ISSN 0289-9116

日韓トンネル研究

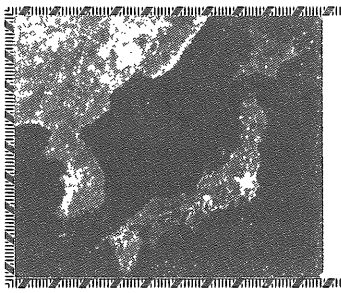
JOURNAL OF THE NIKKAN TUNNEL STUDY GROUP

NO.4—1986

No. 4

1-
0304
-00

国際ハイウェイプロジェクト・日韓トンネル研究会



NO.4, FEBRUARY 1986

日韓トンネル研究

目　　次

▶巻　頭　言 ……佐々　保雄 ——1

▶メッセージ ……文　　鮮明 ——2

▶歴史と文化
■慶州の秋—韓国文化の源流を歩く—……増子　耕一・題府　志郎 ——4

▶調査と研究
■日韓トンネルプロジェクトの経済的側面の予備調査……
……日韓輸送量研究会 ——23

■日韓トンネル関連地域開発整備計画……吉武　祐一 ——45

■韓半島南岸部の内湾度……満塩　大洸 ——53

■日韓トンネル工事計画に関わる海域および陸域の環境
に関する調査研究(1)……竹下健次郎・斉藤　一生 ——63

■九州における大型プロジェクトの実施例とその社会的
・経済的意義(2)……表　俊一郎・竹下健次郎・斉藤　一生 ——85

▶海外資料
■韓半島の地質(3)……韓国国立地質鉱物研究所 ——103

■韓国周辺海域の海洋地質(1)……S. K. Chough ——127

■海底トンネル工事における水中ケーソンの使用……
……J. V. Harrington・W. L. Bohannan ——1

■ドーバー海峡計画(3)……英国運輸省 ——179

▶寄　　書
■ブルネル父子とテームズ河第1トンネル(2)……村上　良丸 ——189

巻　頭　言

佐々保雄
日韓トンネル研究会会長
北海道大学名誉教授

日韓トンネル研究会が生れて，間もなく満３年になろうとしている．その間，委員の方々及び会員諸氏の御協力によって，多くの研究や調査が行われて来た．その経過については，季刊の「時報」に，また得られた成果については「研究」誌に述べられている．

関連地域の陸上部の地形や地質に関しては５千分の１縮尺の準精査的資料が既に得られているし，海域については２万５千分の１の地形図や音波探査にようる海底地形図も描かれている．これに基づいて，目下，路線の選定や工法も検討されつつあり，それによって，本年は，より精細な調査に入ろうとしている．

その間，問題は枚挙に暇が無いが，全区間をトンネルにとなると200粁を越す長大なものとなり，幅広な海峡部には高さ100米を越す人工島も必要となろうし，その一部を橋にとなると50粁を上回る長大橋となる．また，対馬西部海域の軟弱層をどう突破するかも特段の研究を要する．

いずれも今までの常識からすると「超」の字のつく世紀の大工事となり，知識と技術の莫大な集約，想像外の経費と月日を要することを覚悟せねばならない．

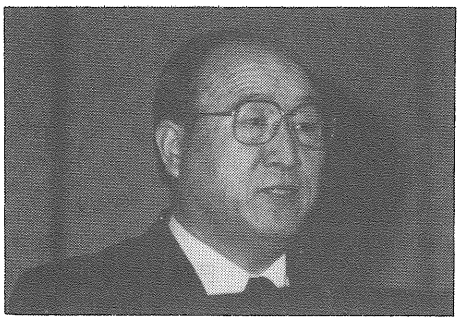
しかし，それが世界平和，将来の背骨，ユーラシア大陸ハイウェイの出発点であり，その成否がことの運命を決することを知れば，我々の責務の重さに身のしまる思いである．しかも，これこそ日本の世界への貢献の最たるものになることを悟るならば，身命をかけても惜しくないと思わざるを得ない．

願わくは，同志の輪が，日韓のみならず，世界に広がり，共通の目標として，相協力する日の近いことを，それを踏台として道は更に西に延び，多くの国々と結ばれんことを，物と身の頻りな往き交いが，やがて人々の心の交わりを齎らすことを，それがいつの日にかの平和に続くこと，それが本会の使命と感ずる昨今である．

メッセージ

『日本の進路』

1985年12月12日
リトルエンジェル芸術学校にて



国際文化財団創設者　文鮮明師

ここにはすべての国々，とりわけ米国，日本，南米の方たちが集まっていますので，それらの国々の使命についてお話ししたいと思います．

まず，米国は世界的な指導国家として残るためには，ゴッディズム（神主義），すなわち神の思想を受け入れることです．すなわち，この思想に対して関心をもって，門を開けることによって，生きる道があるのです．次に南米は，まさに世界の舞台です．今後一つの世界が訪れる時代に生き残る方法は，ラテンアメリカ統一連合（ＡＵＬＡ）を編成することです．私がこの地上にある間に，これができなければなりません．皆様方は南米31カ国をいかに結びつけるかに生死をかけ，未来をかけて取り組んでいただきたいのです．ＡＵＬＡを通じて世界と共存できる，すなわち南米の豊富な資源を活用して，世界に貢献できるようお願いします．

日本は周知のように，アジアの中心国家になっています．今後，アジアを連結するにあたって，日本は過去の侵略国家としての烙（らく）印や，エコノミック・アニマルの汚名をどう克服するかが，国家創立以来の重大問題となっています．この点日本は，アジアが連合して一つのブロックを形成するにあたり，これと共同歩調を合わせる以外に，世界に出ていく道はありません．その意味で統一教会は日本，韓国，中国を結びつける中継ぎの役割を果たさなければなりません．そうしなければ，アジアで日本を中心とする連合体は生まれません．そのために，これまで統一運動を展開してきたのです．

今後，米国はじめ自由世界が日本への原料供給を歓迎しなくなった場合，日本は中国を中心とする原料供給の道を求める必要に迫られるでしょう．そのような意味から，私は1981年，世界の先端技術の粋を集めた国際ハイウエーの建設計画を宣布しました．同計画は日本を大陸と連結し，満州と西欧あるいはシベリアを

連結することによって，自動的に原材料を供給できる道を整えることを一つの目的としています．

もし日本自体が，中国に通じる高速道路をつくるなら，40年前に侵略した経路であるため，他国から願われないでありましょう．しかし，私が間に立つなら，これを推進していくことができるのです．

第２に，日本が国際的に解決しなければならない問題は，人口問題です．この問題解決には，日本人を海外に送り込まなければなりませんが，それにあたって，日本人を敵視する世界の門をどう開くかが，今日の日本にとっての重大課題です．そのためには日本政府は，統一教会がすでに統一思想を中心に各国に定着している道を，活用できることを知っていただきたいのです．統一教会は毎月日本国民を世界に輩出する計画を実践していますが，これを国家的次元から生死をかけて支援していかなければならない時に来ています．

次に，南米と日本，開発途上国と先進諸国とを連結する問題です．世界から従属状態を除くため米国は南米との平等化，平均化をいかに図るか，またアジアでは，日本を中心とした先進国家陣営を中心に南米とどう連結するかです．アジアの技術工業力を南米に導入していく道を整えなければなりません．

これらのことを実践するにあたって問題となるのは，経済や技術上の問題ではありません．この平等化運動の第１の問題は，人間です．米国や日本の責任者が自国を中心とする組織化や方向性を定めても成功しないでしょう．ですから，結局，世界的な思想をもって国家を超越して，世界の公益のための人間をいかにつくるかが緊急事業です．

それでは，それをいかに実行するか，一例を挙げてみましょう．現在，米国は退廃的な滅びの末期症状を呈しています．私は第２次大戦中，米国の怨讐（おんしゅう）であった日本人を通して米国を生かす運動を行っています．また40年前，米国の敵国であったドイツ国民を通じて米国を救う運動を行っています．そして私はかつて怨讐だった日本国民と一つになって，米国を生かす運動をしているのです．これは歴史的事実であり，驚くべきことであります．そのために，私は怨讐である日本人を米国に送り，ドイツ人を米国に送らなければなりませんでした．

このように，世界のために自国を超えて世界を救済しようとする思想は，永遠なる絶対的価値基準を中心にすることなくして不可能です．そのために，世界の若者が，このような伝統的思想を打ちたてていくという驚くべき前例のない事件が展開していることを世界はわからずにいるのです．

怨讐の国家に行って，自国よりももっと愛し，その国の人々が自国を愛する以上に怨讐の国を愛するようになれば，世界は一つにならざるを得ません．

歴史と文化

慶州の秋

—韓国文化の源流を歩く—

増子　耕一(文)*
題府　志郎(写真)*

全斗煥大統領は慶州の町を巡回した1982年3月27日,「88年オリンピックはソウルで，観光は慶州で」という方針を発表した．それに従って5カ年計画の「慶州観光総合開発」が立てられ，86年までにすべて計画内容が実現することになるという．半島東南部に位置する慶州は，古代三国時代から統一新羅王朝まで，約千年間の栄華を誇った王都だった．そして飛鳥から奈良時代にかけてのわが国にもたらされた仏教文化の内容には，絶大なものがあった．しかしその後，幾たびもの戦乱のなかでこの王都はその文化を語る多くの遺産を灰燼(かいじん)に帰してしまった．その遺跡は，今日復興したものもあり荒れはてたままのものもある．いま国際的観光都市として成長しつつあるこの古都を訪ね，その過去と現在を探り歩いた．

1.　新羅の工匠祭る

1.1　芸術精神継承めざす

「鶏林」という言葉は，わが国でも昔から韓国の代名詞として使われてきた名称である．

新羅でこの国号が最初に使われるようになったのは307年のことで，その名称は，主族の1つである金氏の始祖の誕生の物語に由来する．

第4代の脱解王のとき(60年)，部下が夏の深夜に月城の西里を歩いていると，林の中から大きな光がさすのが見えた．紫色の雲が空から地面をおおい，雲の中には黄金の櫃(ひつ)が枝に掛かっていた．光はそこから発し，白い鶏(にわとり)がその枝の下で鳴いていた．そのことを王に知らせると，王はその林にお出ましになり，櫃をあけると中に男の児がいた．王が子供を抱いて宮殿に帰ると，鳥や獣たちも喜びながらいっしょについて来たという．

林の中で鶏が鳴いたことからこの林は鶏林と呼ばれるようになった．この林は，慶州市街の東南のはずれにあって，月城址(し)と隣り合わせになっている．にれとけやきの巨木がおびただしくはえていて，何とも霊妙な空間をつくりあげているのだ．

10月のある晩のこと，この鶏林の西はずれにある奈勿王陵の前の赤松林で，小さな「新羅文化祭」が開かれた．

まっくらな夜道を土地の老若男女がやってくる．松林の中の30メートル四方の空間が電灯の光で照らされており，その空間の王陵の側に祭壇がしつらえてあった．そこにあげられているのは，高さ3メートルにもなる，赤のトサカの鮮やかな，白い鶏の像である．羽を広げ首をのばして，ときの声をつげている姿だ．

この祭りは，今から30年前に民間ではじめられたもので，祭られているのは，新羅の工匠たちだという．

* 世界日報記者

「新羅文化を創造した，無名工匠たちの業績をたたえ，その芸術精神を受け継ぐべく新羅の理解者たちが集まってはじまりました．毎年行われているものです」と，慶州古跡発掘調査団の１人，李鍾聲氏は言う．

工匠たちというのは，古代の仏師であり，建築士であり，陶器師であり，金冠細工師である．

1.2　ユーモラスで楽天的

祭主は趙慶珪氏という坊さんで，今年80歳になるという．孤児たちを育て，土地の人々から最も徳の高い人物だと尊敬されている．

鶏の像の前でおごそかに祖先の徳をたたえた趙老人が，五体投地の礼拝をしたのに続いて，参列した国会議員や大学教授，文化財研究所の所員らが次々に礼拝する．それにつづいて踊りや歌や仮面劇がその前でくり広げられた．

ピンクに赤と金のししゅうの入ったチマ・チョゴリを着た少女たちによるカヤグムの演奏と歌．老人の吹く粛々(しゅくしゅく)とした笛のソロ．ソプラノ独唱．シャーマニズムとキリスト教の出合いの葛(かっ)藤を演じた劇「乙女」．そして学生たちによる安東河回仮面劇．

この仮面劇は，身分の低い屠(と)殺人が牛の睾(こう)丸を貴族たちのところへ売りにいったところ，大勢から売ってくれと懇願される物語だ．太鼓とドラのリズムに乗って演じられる風刺劇である．

それを老婆たちが地べたに座ってにこやかに笑いながら見ている．時折，たき火がはぜて枝の焼けるにおいが風に乗ってくる．

そして第２部は，５人，６人と輪になって，持ち寄ってきた山のようなモチやキムチやカルビをつつきながらマッカリを飲み，おしゃべりにふけるのである．

新羅の文化は歴史の古い層に属するもので，今日の韓国を規定しているものからは遠い．「しかし古い新羅的なものは今も大衆の中に残っている」と，東国大学新羅文化研究所の李箕永教授は言う．

「慶尚道の人々はユーモラスで楽天的．とくに女性たちは歌ったり舞ったり遊んだりするのが大好きで，少し官能的なところもあります」

鶏林という国名もユーモラスで，いささか威厳には欠けるところがあるが，しかし三国を統一する武人もまたこの鶏林の国から出現したのである．

「鶏林」第４代脱解王の古墳

2.　雁鴨池よみがえる

2.1　使節の往来は頻繁

新羅千年の宮殿は月城に造営されたが，今ここに残っているのは石氷庫がひとつと，城の輪郭を示す松の並木だけである．何もない広々とした原が広がっているばかりだ．

王宮が拡張されて，月城の東隣に雁鴨池(アナプチ)と呼ばれる東宮が造られたのは，半島統一の大業を果たした文武大王の時(674年)だったという．

７世紀の韓半島は騒然としていて，めまぐるしく事件が展開する．高句麗，百済，新羅の三国間の争いは激しくなり，百済は新羅と唐の攻撃を受けて660年に滅亡．高句麗もまた668年に滅ぶ．

こうした動乱の中で，日本の斉明天皇は百済救援軍を送ったが，663年，白村江の戦いで唐と新羅の連合軍に敗れて多くの百済人とともに撤退した．斉明天皇が筑紫朝倉宮で亡くなると，次いで天皇の地位についた天智天皇は冠位二十六階を制定し，百済人70余人に官位を授けて登用した．

高句麗が滅んだ後，新羅は唐と戦って半島に独立した立場を築く．日本では672年の壬申の乱で政権を取った天武天皇が，半島に対する政策を親新羅政策にきりかえて，遣新羅使と学問僧を派遣した．韓半島の安定とともに，白鳳期の文化が日本でも栄えるのである．695年までに日本は遣新羅使を８回送り，新羅は使節を21回派遣してきた．

そして８世紀の遣新羅使は15回にのぼる．

東宮は王たちが国家的式典を行ったり，外国の使節を迎えたりするために建てられたものだという．日本の使節が迎えられたのがこの宮殿だった．美しい樹木や草花が植えられ，池には珍しい鳥や獣を放していたと伝えられる．

この雁鴨池の調査，発掘が行われたのは1974年から76年にかけてのことだった．発掘を担当した慶州古跡発掘調査団の１人，金善泰氏は，当時の様子を次のように語る．

「はじめ池の形だけしかなかった．部分的に土が山のようになっていて，それを掘り出してみたら石垣が出てきた．それで本格的な発掘に入ったのです」

2.2 「地下の正倉院」と

池の南辺と西辺は直線的な護岸石積みとなっている．北岸と東岸は多くの入り江，半島をふくんで複雑な曲線を描き，奇岩奇石が組みこまれていた．そして池の中には大小３つの島がある．池の南側と西側の広い空間には規模の大きな建物がならび，岸辺にも大小５棟の楼(ろう)閣がつくられて，渡り廊下で結ばれていた．現在，池の姿がそっくりよみがえり，岸辺に３つの建物が再現されている．

「池をそっくり再現できたのは，石があったからです．石をそのままにして復元した」と金善泰氏は語る．

この発掘からおびただしい量の文化財が出土した．池の周囲の建物のものと思われる瓦類や，飾り金具，宮殿で使用された土器類，鉄製かぶと，鉄製甲冑(かっちゅう)片，やり，カマ，スプーン，青銅盒，仏像，木印，木簡，木船など１万２千余点．

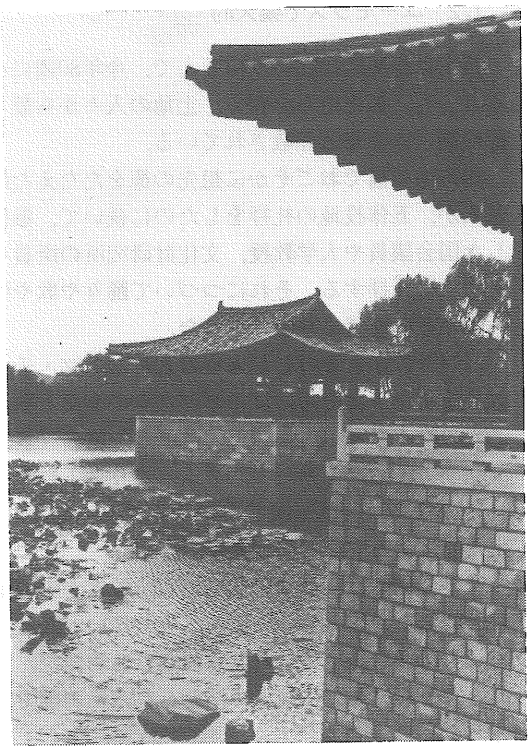
これらの文化財の中には，正倉院に所蔵されている宝物と全く同じ形態のものが少なくなく，「地下の正倉院」と呼ばれるようになった．

奈良時代の漢詩集「懐風藻」には，新羅国からやってきた使節を接待した時の詩がのっている．

勝地山園の宅，秋天風月の時．酒を置きて桂賞を開き，履(くつ)を倒(さかさま)にして蘭期を逐(お)う．人は是れ鶏林(けいりん)の客，曲(しらべ)は即ち鳳楼の詞．青海千里の外，白雲一(もはら)に相思はむ．(百済公和麻呂作)

新羅からの使節を迎えて，心から歓迎している様子が，さりげない情景描写によって表現されている．

雁鴨池は名勝地とあって，大勢の観光客が訪ねてくる．池の形は神仙思想の表現だと言われ，いつまで見ていてもあきない味がある．この名所の外は田畑が広がっていて，空気はとびきり澄んでいる．



雁鴨池

3. 皇龍寺の跡

3.1 53年間治めた真平王

天武，持統，文武とつづく白鳳時代に，日本の仏教界は新羅に学ぶことに積極的だった．

しかしそれ以前の時代で，新羅と友好関係を結んだ為政者は，唯一，聖徳太子のみである．韓半島南部にあった日本の足場である任那(みまな)が562年に新羅に滅ぼされて以来，大和朝廷の政策は新羅征伐の方針で一貫し，百済の立場を支持してきたからだ．597年に新羅の真平王が，大和朝廷に仏像を送ってきたが敏達天皇はそっぽを向いた．

聖徳太子の急激な新羅政策の転換は何を物語るのか.

聖徳太子には2人の師があった. 高句麗の僧慧慈(えじ)は仏教を教え, 百済の博士覚哿(かくか)は儒教を教えたといわれる. そして新羅系出身の秦河勝(はたのかわかつ)も側近だった.

冠位十二階の制定, 十七条憲法の発布, 中国との対等外交など, 聖徳太子による中央集権国家形成の諸政策は, 韓半島の師たちからの教育なくしてありえなかったろう. そしてまた, 彼らを通して太子は東アジアの政情をつぶさに学んでいたとも推察されるのだ.

聖徳太子の親新羅外交への転換は, 新羅が隋と手を結んだことに理由があったといわれる. 新羅の背後にある隋と戦うことだけはさけなければならない, と太子は判断した. 太子が外交の主導権をもつ601年から亡くなる622年までの間に, 新羅からの使者の来日は6回をかぞえ, 百済の使者の来日は1回だった.

新羅の真平王は, 秦氏を通して聖徳太子の人柄を知っていたらしい. 太子が亡くなった622年の7月に使者が来日し, 仏像, 金塔, 舎利などを送ってきた. 太子の死を悼んで真平王がとどけたのである. このとき送られてきた仏像が, 京都太秦(うずまさ)広隆寺の半跏思惟像だと言われている.

ところでこの真平王は, 新羅を53年間統治した最長期の王で, 体が大きく, 即位の時に天使から授かった玉帯は実にみやびやかだったという. 狩猟が大好きで, 即位した当初は国務をそっちのけで猟に時間を費やし, 大臣たちを困らせたこともあった.

この王の娘, 善徳女王の時の伝説にこんな話がある. 後高麗の王, 弓裔が新羅を討とうと計画を立てた. ところが, 「新羅には3つの宝があってこれを侵してはならない. その3つの宝とは, 第1が皇龍寺の丈六尊像, 第2がその寺にある九重塔, 第3が天賜玉帯である」と天使にいさめられてその計画をとりやめたという.

ところで皇龍寺の発掘調査がはじまったのは1976年で, 現在も続けられている.

3.2 常に外敵におびえる

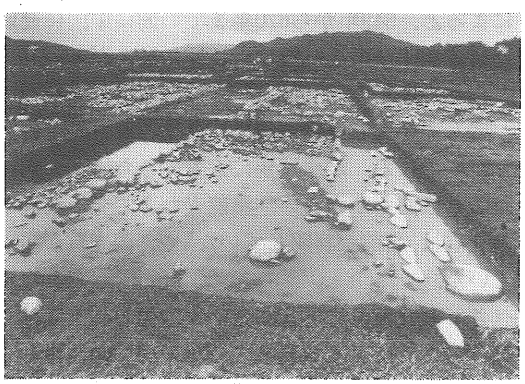
一塔三金堂式の伽藍配置が明らかとなったが, その広さは観光の名所となっている仏国寺の8倍の大きさで, 回廊の内だけで9千坪あるという. 今はその礎石が当時をしのばせるだけだ. 調査事務所が敷地のわきにあって, そのそばに出土した塼(せん)と瓦が山のように積まれていた. 慶州古跡発掘調査団の李鍾聲氏は言う.

「ソウルの文化財管理局の文化財研究所から派遣されて調査しています. 雁鴨池(アナプチ)の調査を終えてこちらに移り, 皇龍寺の調査もほぼ終わりました. 現在調査中なのは慶州の平地部で100カ所, 磨崖仏のたくさんある南山で130カ所あります. 昔の町は半月城や皇龍寺のあたりに広がっていたらしいのですが, 元軍が攻めてきた時に焼かれ, 人々は冬の寒い風をさけるために古墳群の間に身を移しました. 古墳公園が町の中心にあることから分かるように, 今の町は古墳の上につくられたものです. 道路をつくった時だけで, 300以上の古墳が出てきた」

さて, この皇龍寺に建っていた九層の塔の高さは74メートルもあった伝えられる. 丈六尊像と呼ばれた仏像は金と鉄で鋳造したもので, 重さ27トンに及んだという. そして大雄殿は間口50メートル, 奥行き18メートルの巨大な建物だった.

たえず周囲の好戦的な国からおびやかされ, いかにして国を守護するかという問題は, 新羅の王たちの最大の課題だった. 皇龍寺は国家守護を祈願して554年に建設がはじまり, 真平王の時に完成したものだと伝えられている.

九重塔には, こんな伝説がある. 慈蔵という僧が中国におもむいた時に, 護法龍の父だという神人に出会い, 「皇龍寺に九層の塔を建てれば隣国が降伏し, 朝貢して, 王業が長らく太平になるだろう」という啓示を受ける. その話を僧から聞いた善徳女王は, 百済の工匠をよんでその九層の塔



皇龍寺の発掘現場

を造らせたという．

文武王のとき，その予言どおりに新羅は三国統一を果たし，王業が長らく太平となる．この安定した政権と並行して，日本にも奈良時代から平安時代の安定期がおとずれ，独自の国風文化を育てていくことになるのである．

4. 新羅の四天王寺

4.1 多くの学問僧が渡る

新羅の仏教に対して最初に目を開いたのは，中国に留学した学問僧たちだったと考えられている．僧旻(みん)，高向玄理(たかむこのくろまろ)，南淵請安(みなみぶちのしょうあん)らは，608年(推古16年)に隋に留学し約30年後に唐から帰って来るが，帰国の船は新羅の船だった．唐から新羅に渡り，ある期間慶州に滞在した後に日本に送りとどけられたらしい．

インドから帰国した玄奘(げんじょう)のもとに，日本からも智通，智達が勉強するために出発したが(658年)，その際に彼らを唐に送り迎えしたのも新羅の船であり，新羅経由のルートだった．

新羅では法興王の時(528年)に仏教を国の指導理念として以来，年とともに信じる人が増え，寺院の建立もさかんとなった．『三国遺事』の表現によると，「新羅のみやこは寺と寺とが星のようにいっぱい建っており，塔と塔とがあたかも雁(がん)の行列のように連なっていた」という．

日本の学問僧たちは，七堂伽藍がたちならび，朝夕には梵(ぼん)鐘の音が流れる様子を目の当たりにしたに違いないのである．新羅の僧の学問研究は熱心で，田村圓澄・九州大学名誉教授の研究によると，549年から670年までの間に中国に赴いた新羅学問僧の渡航数は，15回に及んだという．

今日の慶州で，記録に残る寺院数は69，寺址(し)が残っていたり遺物が現場で発見された寺院は31カ所にのぼる．が，ほかにももっとたくさんあったことはまちがいない．皇龍寺わきで発掘調査中の寺院は，名前が判明していないと，調査員が語っていた．

さて天武天皇にはじまる白鳳時代の40年間は，毎年のように日本の使者，新羅の使者が往復し，学問僧たちもさかんに新羅に行って勉強した．

そういった証拠として学者たちが指摘する材料の1つは，寺院の伽藍配置の比較である．

高句麗から日本に伝えられた伽藍配置は中門，塔，金堂，講堂が南北一直線上に配されるもので，大阪の四天王寺がそれに当たるが，新羅では別の形態を生み出した．金堂の東西に塔を配した双塔式の伽藍配置で，679年に完成した慶州狼山(ろうざん)の四天王寺や，682年に完成した感恩寺に見ることができる．

4.2 唐軍からの防衛願う

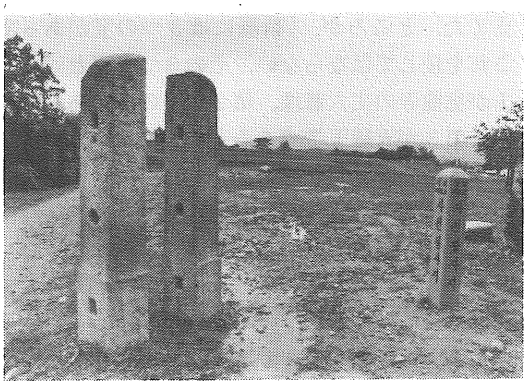
帰国した新羅学問僧たちによって天皇は新しい伽藍のスタイルを知った．その形態を取り入れて建てた日本の寺院の代表が，華麗な2つの塔をもつ奈良の薬師寺だ．持統皇后の病気平癒を祈願して天武天皇が発願建立した寺である．こういった文化の交流の中に，日本の新羅に対する尊敬の念やこまやかな気持ちを読み取る研究者は少なくない．

奈良を見物した韓国人の観光客は，ひとしく昔の故郷に帰ったような気持ちを味わうらしいが，当然のことといえるかもしれない．

韓国慶州の四天王寺はいま幢竿支柱と礎石以外には何も残っていない．ハイウェイのわき野原に，ポツンとその空間が存在するだけである．が，西には南山のおごそかで美しい岩山が遠望され，心を慰める．

四天王寺は，文武王が新羅を強力な唐の軍事力から防衛するために建てた寺だといわれる．

百済と高句麗が滅んだ後，唐はその矛先を新羅に向けた．文武王が唐を迎え撃つように軍隊に命令すると，唐の皇帝は使者として来ていた王の弟を投獄し，侵攻の準備をすすめた．文武王は，秘



四天王寺跡

法を学んだという僧明朗に助言を求めたところ，狼山の南に四天王寺を建てて，その前に軍隊を訓練する練兵場を設置するよう建議した．

唐の軍船が新羅に着いた時，明朗が四天王像を礼拝して秘法を行使すると，突然，台風が巻き起こって唐の軍船はみな海に沈んでしまった．激怒した唐の皇帝は翌年２次遠征軍を送ったが，前と同じように船は沈没してしまったという．

文武王はいま，三国統一を果たした武烈王，金庾信将軍とともに，南山(慶州南部)の東麓(ろく)にある統一殿に祭られている．この統一殿は遺跡というよりも，現代の韓国人が南北統一を祈願する，祈禱と礼拝の殿堂として朴大統領によって建てられたものである．

5. 落葉の芬皇寺

5.1 最高の水準の研究

天武，持統，文武朝に新羅に学んだ日本の学問僧は13人をかぞえる．観常，雲観，智隆，明聡，観智，弁通，神叡，行善，義法，義基，惣集，慈定，浄達である．この期間，唐に赴いた僧は道慈，弁正の２人にすぎなかったから，いかに日本の仏教界が熱心に新羅に学び，関心をそそいだかが推察される．

東西に塔を配した奈良・薬師寺の伽藍配置の決定には，685年に新羅から帰国した観常，雲観，あるいは687年に帰国した智隆らが関与していたと想像されるのである．

また持統朝には，新羅の僧，詮吉ら50人が大挙日本に帰化と記録されている．

奈良の律令体制を支えたのは護国仏教だったが，その学問研究機関である南部六宗のうち，華厳宗の開祖，審祥や，法相宗の智鳳，智鸞，智雄は新羅の人だった．

当時の新羅仏教界は，元暁，義湘，義寂，順璟，璟興ら多くの高僧を輩出する．その仏教研究は東アジアの中で最高の水準に達していたといわれる．そして彼らの著述した，仏教教典に関する注釈書の多くが，日本にもたらされたのである．

とりわけ元暁(618-686年)と義湘(625-702年)の存在は歴史的にも重要で，中国の宗代に編纂(さん)された『宋高僧伝』にもその生涯が描かれた．

のちの時代，『宋高僧伝』に記された元暁伝，義湘伝を読んで感動し，心から尊敬と憧憬の思いをいだいたのは，鎌倉時代に華厳宗を再興する，京都高山寺の明恵上人高弁だった．

元暁，義湘に憧憬の念をいだいた明恵上人は，２人の生涯を絵巻物に描いた．元暁絵２巻，義湘絵４巻である．それらは高山寺に保存されていたが，現在は京都国立博物館に寄託されている．

元暁と義湘は，どんな人物だったのだろうか．東京大学東洋文化研究所の鎌田茂雄教授はこんなふうに紹介する．

「明恵上人は『宋高僧伝』を読んで，元暁と義湘が自分の分身のように感じたのだろうと思います．明恵は華厳宗を再興するのに，中国仏教ではなく，元暁や義湘を祖師と考えた．それだけ２人に信仰をもっていたのだと思う」

「元暁と義湘の学問の傾向や性格は違っていました．元暁は世界的な思想家です．行動と思想のスケールが大きい．戒律を破りながらそれを超えている．中国へは行かなかったけれども，みごとに中国の教学を統一し，しかも元暁が生み出した独創的な思想を中国仏教が取り入れている．それはすごいことです．この時代，新羅の僧たちは自由に中国に行っているし，中国人に同化してしまった僧もいる．義湘も中国に行って華厳を学んだ１人です．義湘の果たした役割は，三国統一という，国家仏教形成のうえで重要です．義湘は，長安，慶州，奈良を結ぶアジアの大きな線の中で意味をもってくる．奈良仏教を理解し，東大寺の建立を考える上でも無視できない人物です」

5.2 どくろのたまり水

元暁と義湘の２人はまだ若い日，玄奘に学ぶために遊学の途についた．東海岸に行って船便を持つことにしたが，途中で長雨にあい，ある夜，宿がみつからず，塚の間で野宿をした．その夜半，元暁は渇きを覚えて目をさまし，手にふれた器の中の水を飲んだ．翌朝それをみると，昨夜飲んだ水が髑髏(どくろ)のたまり水であることを知って急に吐き気をもよおしたという．その時元暁は，何も知らずにいて飲めた水が髑髏の水と知って飲めなくなるのは，一切が心の持ち方によって生じるからだと悟った．

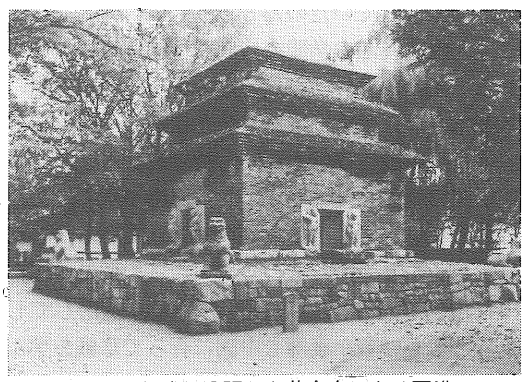
元暁は入唐を放棄し，義湘はのちにひとり入唐

を果たす.

元暁がのちに著述に没頭したという寺が慶州に残っている. 皇龍寺のとなりにある芬皇寺で, 今は石塔しか残っていない. が, この石塔は慶州にある塔の中で一番古いものだという. 石材を塼(せん)の形に切り出して積み上げて建てたもので, 現在三層までが残っているが, もともとは七重, あるいは九重の塔だったと推量されている.

1915年, 第二層と第三層の間から石函(かん)がみつかり, 中から銀の盒(さら), 玉, はさみ, 銀の針筒, 金の針, 糸巻などが出てきた. 創建者の善徳女王のものと想像されている.

芬皇寺の境内には売店があって, 読経のテープを流していた. 落ち葉は, 掃いても掃いても積もってくる.



元暁が著述に没頭した芬皇寺にある石塔

6. 東洋の美徳 犠牲精神

6.1 戒律を破って結婚

明恵上人が華厳宗の祖師として慕い, 『華厳宗祖師絵伝』に描いた新羅の元暁(ウォンヒョ)と義湘.

元暁研究の第一人者, 東国大学の李箕永(イ・ギヨン)教授は, 「明恵上人は元暁の直弟子みたいな人ですね」という.

「天台宗の管長をしておられる葉上照澄さんに案内されて, 上人ゆかりの栂尾(とがのお)高山寺に行ったことがあります. 場所をそこに選んでくれた. たいへん印象的でした. 何か新羅的なものが残っている気配がした. 元暁は少しずつ世界に知られはじめましたが, ああいう偉い人が世界に知られずにいたということは, 後裔(えい)として情けない子孫だという気がします. 葉上さんのような方が, 元暁を勉強なさればいいのにと思った」

元暁は, 人間とその世界の根源を明らかにすることを, 自分の思想的探求の目標とした, と李箕永氏は述べる. 悪と無知の状況の中に, 光明をもたらすものは何か. 李箕永氏は『元暁の思想』の中でこう記す.

＜その光明, その夜明け, 太陽はどこから来て, どこにあるのか? 元暁はそれをわれわれ各自の心のもっとも根源的で, 元初的な所に見出した. すべての人間は自分ではわからないが, 何もない虚空に, あらゆる宝物の価値をも創造し尽くす無窮の力をもつような心, 深い正しい心, 慈悲深い心をもともと持っている, という悟りであった＞

元暁は仏教全体を広く理解する基準を設定し, 仏教を民衆のものとする実践活動を行った. 何より自在奔放の人だったという. 山水に座禅していたかと思えば民衆の中に入って歌を歌い, 踊りを踊り, 驚くような説教をし, 戒律を破って結婚をした. 戒律をこえる何かを彼はつかんでいたのだ.

東大寺大仏建立に力を尽くした僧の行基は, 民間伝道者として, あるいは土木事業の先駆者として知られているが, 彼の行動が弾圧されずにむしろ称賛されたのは, 当時仏教教団の監督にあたっていた僧正や僧都, 律師たちが新羅に留学して, そこで崇敬されている元暁の姿を見ていたからだともいわれる.

6.2 日本には弟橘媛物語

ところで明恵上人が描いた義湘絵4巻のうち, 2つの場面が『原色国宝』(毎日新聞社)にも収録されている. 義湘は入唐の旅の途上, 山東半島の登州という所で, ある仏教信者の家に滞在した. 主人はその人柄に感銘をうけ, 少女の善妙は思慕をよせた. が, 義湘の道心は堅い. 絵の1枚は, 彼が善妙に会って言葉をかわしている場面だ.

義湘は長安南方の終南山で華厳を智儼(ちごん)に学び, 10年後に帰国の途につく. 登州を出発した義湘の船を, 善妙は守りたいと念じて海中に身を投げると, 竜となり, 船底について無事新羅まで送りとどけたという. 2枚目の絵は, 船を竜が守護している図だ.

この話は, 善妙伝説と呼ばれているものだが, 善湘が帰国して開いた道場である慶尚北道栄州郡

の浮石寺には，今も善妙像を安置した善妙閣がある．

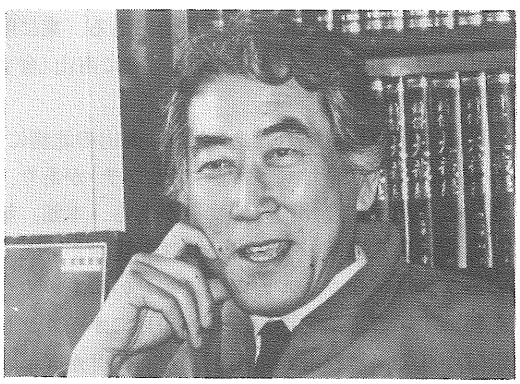
日本武尊が東国に遠征した時，海難にあい，それを救うために，身を投じた弟橘媛(おとたちばなひめ)の物語が日本にもある．こういった女性像は，東洋人にとって永遠の理想の存在なのかもしれない．

明恵上人は，この善妙伝説に深い感銘を覚えた．

承久の乱(1221年)の時に，宮方に加わって処刑された貴族の未亡人の中には尼(あま)となって明恵のもとに集まるものがいた．彼女たちは高山寺に近い平岡に尼寺を建てて住んだが，この寺は善妙寺と名付けられ善妙像が安置された．明恵は，「不犯の聖(ひじり)」とたたえられた名僧である．

いま日本の仏教史も，韓国の仏教史も，互いを知らなければよく理解できないところに，研究者たちは立っている．日本を何度か訪れている李箕永教授は，こう語る．

「飛鳥時代や奈良時代の日本の仏像は，韓国のものとそっくりです．が，新羅が滅び高麗時代になると，まったく表情が互いに異なってくる．飛鳥の寺に行って，私は無意識に韓国式の五体投地の礼をしました．それを住職さんが珍しそうに見ていて，五体投地というんですか，と尋ねてきた．日本ではこういう礼拝をしないのですね．歴史の中で礼拝のしかたもそれぞれ変わっていった．知恩院に1週間いたことがありました．坊さんたちと木魚をたたきましたが，はじめはできませんでしたね．日本は仏教に鍛えられて発展してきたと思いますよ．国民の従順さ，正直さは，仏教が鍛えたものだと思います」



日韓の仏教について語る東国大学の李箕永教授

7. 仏国寺の世界

7.1 韓半島の独自性みる

日本と韓国の歴史が，文化交流の観点から研究されるようになったのは戦後のことである．1965年に日韓条約が締結されて往来が自由になり，日韓の学者，僧侶，文化人の交流がうまれるようになった．その結果，歴史が大きく書き換えられるようになったのである．

そうした仕事をしてきた学者の1人，鎌田茂雄東大教授は，はじめて韓国を訪れた時のことをこんなふうに語る．

「偶然17年前に韓国に行き，寺院を見ました．寺院空間の建物の配置，色彩がまったく中国のものとも，日本のものとも違う．韓国仏教は，従来中国の亜流と考えられていた．ところが，そこに独自な仏教文化が発達したと気がついて，研究しなければならない課題だと知ったのです．韓半島の独自性を知ることは，中国の独自性，日本の独自性を知ることでもある」

その翌々年から鎌田教授の寺院めぐりが始まった．

当時鎌田教授が訪れた慶州の仏国寺は，紫霞門(しいかもん)の前の青雲橋，白雲橋が崩れかかっており，荒れ果てた寺だったという．

「しかしそれでも，風情がありました」

日本の統治時代，晩秋初冬に，このさびれた，しかし素朴で高貴な気配をただよわせている仏国寺に，1人訪れた詩人がいる．この詩人，三好達治はそこで一編の詩「冬の日」をつくり，戦後再び訪れて「百たびののち」という詩をつくった．

ああ智慧は　かかる静かな冬の日に　それはふと思ひがけない時に来る
人影の絶えた境に　山林に　たとへばかかる精舎の庭に来て
前触れもなくそれが汝の前に来て　かかる時ささやく言葉に信をおけ
「静かな眼　平和な心　その外に何の宝が世にあろう」

(「冬の日」から)

樹木は裸となり，頭上の空は晴れきって，遠い吐含山の山脈が波うってみえる．風雨にさらされた紫霞門の前で詩人は，人生の哲理を悟ったのである．

7.2 秀吉の征伐時に消失

生前の三好達治に「文章会」で指導を受けた俳人の文挾(ふばさみ)夫佐恵さんは，師の心を訪ねて仏国寺に旅し，こんな俳句をつくった．

栗鼠かくれ木の葉しぐれの仏国寺
消えがての空の渚や秋の蝶

仏国寺は華麗で勇壮な寺院である．11月に入って紅葉がひときわ美しくなる．

この寺院は法興王の母，迎帝夫人の発願によって創建され(535年)，その後，景徳王の時(742-764年)に宰相，金大城の発願で重建された．

青雲橋，白雲橋から紫霞門につづくファサード(建物の正面)は，下界と上界とを分けて，天上世界の王城のようである．仏国寺というその名が象徴するように，ここの寺院の僧侶の中には，金銅で毘盧遮那仏と阿弥陀仏を造成した韋難陀和尚のように天界に霊通する人がいたという．

秀吉の朝鮮征伐の時に兵火で2千余間の大伽藍が消失し，現在の規模はその時の10分の1である．1970年朴大統領の発願で再建，修復工事が行われ，74年に完成した．

大雄殿，無説殿，観音殿，毘盧殿，地蔵殿と境内の中を案内してくれたのは，若い坊さんだった．呑空(どんくう)という法名をもち，僧になって14年，今年32歳になるという．

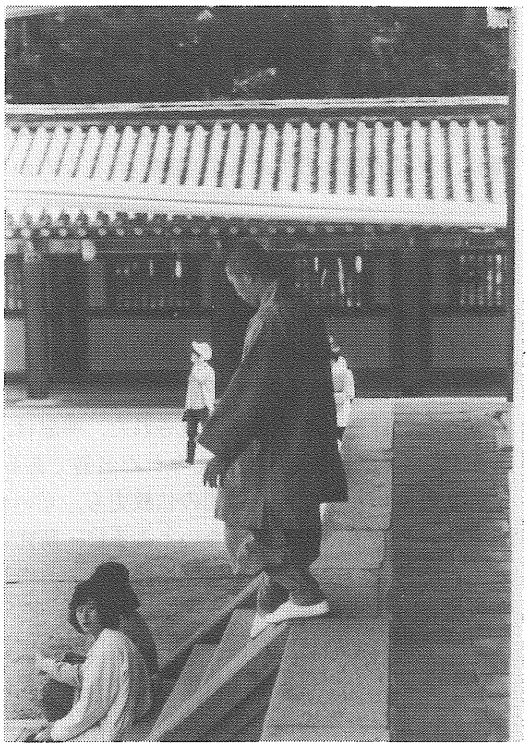
仏国寺の背後の山間に，仏国禅院という，曹渓宗の修行道場があって，そこでこの青年僧は6年間，座禅の修行をした．

「一度ここに入ると，かぎをかけてしまう．出たら，地獄に落ちると言われました．修行期間中は横になりません．座ったまま1時間ぐらい眠るだけです．今，3カ月期間の修行を，38人の坊さんたちがやっています」

「悟道者不入」と門にかかげられた禅院を外からのぞいたら，若い坊さんが窓から首だけ見せて，じっとしていた．

昼食を庫裡(くり)でごちそうになったが，庶民と同じキムチがおかずだった．「大きな体格をしていて，これだけだとおなかがすきませんか」と尋ねると，「とてもすきます」と笑って答えた．

呑空師は今，東国大学大学院で学んでいるが，高校時代からはじめた武道は，柔道その他合わせて二十段になるという．モントリオール・オリンピックの候補選手だった．



旅行者や信者でにぎわう仏国寺

8. 独特の新羅仏教

8.1 仏教伝来が遅れる

慶州は周囲を山に囲まれた盆地にある．東に明活山，西に仙桃山，北に金鋼山，南に南山(金鰲＝きんごう＝山)がある．

市街を南東にはずれたあたりの，南山の北側に，月城があり，東宮址(雁鴨池＝アナプチ)があり，さらにその南に慶州国立博物館がある．本館，第1別館，第2別館，レストハウスの建物が並んでいるが，単純なフォルムの中に美しい線をいくつも秘めている．第2別館はこの10月にオープンしたばかりで，雁鴨池から出土した文化財が展示されていた．

慶州博物館の鄭良謨(チュン・ヤンモ)館長は，新羅の文化を概括してこう言う．

「半島の東南部にあった新羅は，中国の先進文化を受け入れるのに，たいへん不便な地にありました．仏教が入ってきたのも高句麗，百済を通してであり，いちばん遅れて入ってきた．それだけ

にまた，保守的で世襲的な立場を守るということを知っていました．だから，地下から発掘されるのは，仏教文化以前のものが多いのです」

高句麗の仏教伝来は小獣林王の時で，372年．百済の仏教伝来は沈流王の時で，385年．新羅に仏教が入ってくるのは5世紀の前半とされるが，公認されたのは法興王の15年，528年であった．

「仏教公認以後，新羅はそれをもって国の精神とし，三国の統一を果たしました．その仏教というのは護国仏教ですが，もともと韓国人がもっていた精神である，シャーマニズムや，青年の教育機関だった花郎道(ファランドー)とひとつになったものです．そういう独特の仏教が統一新羅の根幹になった」

日本，中国，韓国の寺院をたんねんに見てきた鎌田茂雄東大教授は，「東アジア仏教圏の共通性は，漢訳大蔵経をテキストに使ったことです．そして相違性は教理の相違，実践の相違，寺院の伽藍配置の相違をあげることができます」と指摘する．

白鳳時代に新羅に留学した日本の学問僧たちは，新羅によってあらたに創造された仏教に出合った，と言うことができるだろう．

この当時のことを記した，高麗時代の僧，一然の『三国遺事』を読むと，シャーマニズムの気配を感じるのは筆者だけではないと思う．序文でこう記す．

＜むかしの聖人は礼楽で邦をおこし，仁義で教えたが，怪力乱神を語らなかった．しかし帝王がまさしく起こる時には，天命や瑞兆の知らせを受け，凡人とは異なるところがある．その後に変革に乗り，大器を執り，大業を成し遂げたのである＞

天帝，天神，帝釈天，釈迦，文殊菩薩，弥勒菩薩，護国竜，山神，神人，などなどが人間界におりてきて，仏国土の建設に協力する，という説話にこの歴史書は満ちている．

8.2 石清水八幡宮の神に

青年たちの花郎集団は，国家に枢要な人物を養成するための訓練機関だった．歌舞遊戯の社交の場であるとともに，弥勒信仰にもとづいて呪(じゅ)術を行い，心身を鍛錬し，山野を跋(ばっ)渉した．

新羅上期の僧に，儒学を学び，のちに中国に留学して仏教を学んだ円光という人がいる．600年に新羅に帰国し，君臣に経典を講じ，その名声は天下を風靡(び)した．友人の2人が，一言で終身の戒を教えたまえと請うと，彼らに「世俗五戒」を示した．

＜君に事(つか)ふるに忠を以てす＞＜親に事ふるに孝を以てす＞＜友に交はるに信を以てす＞＜戦いに臨みて退くこと無し＞＜殺生に択(えら)むあり＞

ここで興味深いのは，仏教の不殺生戒にもかかわらず，新羅仏教はあえて，一度戦争に臨んだら敵陣に背を向けてはならぬ，と説いたのである．

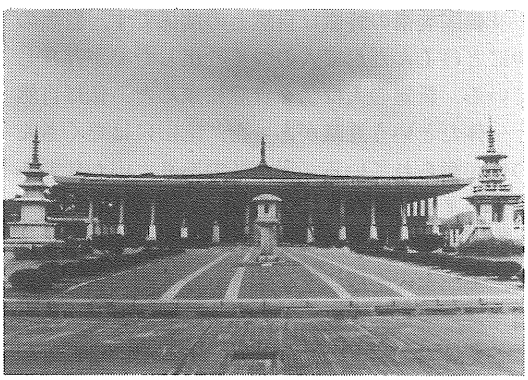
軍事的対抗力で新羅は高句麗に劣っていた．花郎道の，信義を重んじ，正義のためには死をいとわなかった気風が，三国統一の原動力となったのである．

日本の武士道は，源氏にはじまる．「天下第一武勇之士」と評された源八幡太郎義家は，石清水八幡宮で元服した．石清水八幡宮の神は，源流をたどると，新羅の渡来人の神である．

鄭良謨氏はつづける．

「南山には三国時代末から統一新羅時代にかけての遺跡がたくさんあり，山それ自体が仏国のようなものです．36の谷があり，それら谷々の風景のいいところに塔や寺址や磨崖仏がある．300以上の遺跡があります」

花郎の青年たちもこの山中で修行したと想像されている．



国立慶州博物館

9. 南山を登る

9.1 東アジア唯一の存在

慶州博物館の庭園にはおびただしい数の石仏が並べられている．これらの石仏の大部分は，慶州南方にある南山から出土したものだという．

南山は南北に長い山で，東の斜面，西の斜面から，谷が尾根すじに向かって36本刻まれている．この36の谷に，現在のところ，石仏79，石塔62，寺址(し)106が教えられている．南北８キロ，東西３キロの小さな岩山に，これほどおびただしい仏教遺跡が存在するのは，東アジアでも唯一の存在だ．

『三国遺事』にこんな説話がのっている．
景徳王の８年(749年)に徳望寺という寺で塔が完成した．落成会の場にこじき僧が来て，参席させてほしいと王に願うと，末席に座らせてくれた．供養が終わって，王は僧にすまいを聞き「帰ってから，王みずから行った祝典に参加させてもらった，などと言うな」というと，僧は「陛下も釈迦に会ったと他人に言ってはならない」と答え，王は驚いて礼拝しようとすると僧は去ってしまった．家来に追わせると，南山の谷まで来て，岩の上に錫杖(しゃくじょう)と鉢を置いて姿を消したという．

慶州博物館の鄭良謨(チュン・ヤンモ)館長は，韓国人の自然観についてこう言う．

「韓国美術の特徴は自然との関係です．自然の中にとけこんだ形で人のつくり出した美が存在している．新羅の人は仏を自然に求めた．仏は自然と一体だという意識があった．南山にはたくさんの仏が彫られている．岩が仏であり，山が仏であり，つまり仏国なのです」

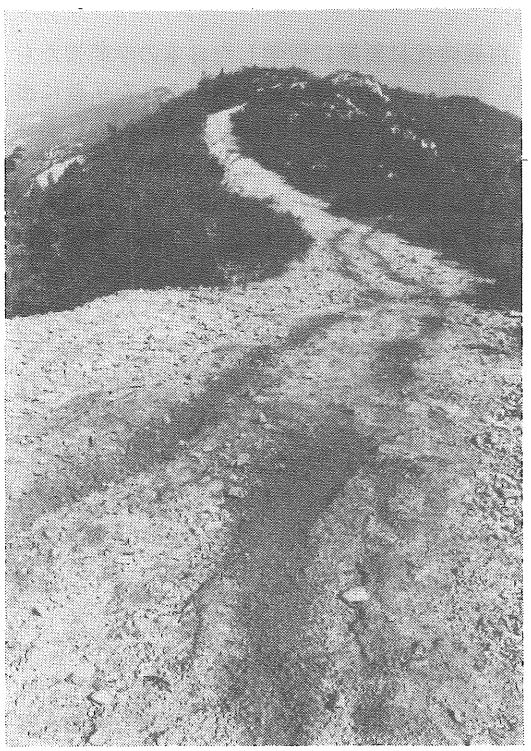
イスラエル民族も神を岩にたとえて表現してきた．モーセの十戒は岩に刻まれたものであり，詩篇では「主はわが岩」とたたえ，黙示録ではキリストを「白い岩」と象徴した．モーセの十戒と仏教の菩薩戒とで多くの条項の内容が同じなのにも驚かされる．

9.2 固有文化の解明に

ところで記者たちは，南山の尾根につくられた「南山周遊道路」を車で走ってみた．山の北西麓(ろく)にある鮑石(ほうせき)亭から入って尾根を南にたどり，頂上をこえ，東南麓の南山里に抜けるこの道路は，1966年に造られたものだ．が，ほとんど使われることがないらしく，「私もこの道は，実は，運転の腕がビビる」とタクシーの運転手がいうほどの悪路．しかも，夏の樹木の繁茂で，車も向こう側へ通り抜けることができなかった．

しかし468メートルの頂上の眺望はすばらしく，東の谷々，西の谷々の露出した白い，あるいは褐色の岩肌は，秋の日に照らされて，心をひきつけてやまない美しさをもっていた．荘厳，厳粛，酷烈で，慈悲の生命を感じさせる．

頂上の北側，東側に下ったところに「想思岩」というのがあった．シャーマンや僧侶たちが祈禱(とう)をささげ，瞑(めい)想にふけった岩だという．岩の割れ目，組み合わせが雨風から人を保護する形になっている．が，眼下は断崖(がい)であり，大きな空と，遠くの尾根と谷とが目に入ってくるだけだ．彼らはここで何を祈ったのだろうか．



南山の頂上をつらぬく「南山周遊道路」

そんなことを考えていたら，松茸(たけ)とりの男たちが登ってきては通りすぎて行き，しばらく

して，スポーツウェアの胸に「滅共」のワッペンをつけた高校生の集団が，ぞろぞろとやってきた．

「滅共」とは，共産主義撲滅の意である．

この南山に50数回登り，遺跡の1つ1つをたんねんに調べて写真におさめた日本の美術史家がいる．東国大学の講師をしていたという，小田原市に住む正木晃氏である．

「今の学会では，古代の対馬海峡を地中海と考えて，半島南部と北九州に連合政権があったのではないか，とさえ考えられています．ところがある時代になると，両国にナショナリティーがはっきりと表れてくる．日本の平安の国風文化です．半島には半島の固有の文化が現れてくる．それはなぜなのか．南山はそれを解くカギになります．東アジアでこれほど仏教遺跡が集中しているのはここだけです．しかも千年間にわたって彫りつづけられ，守りつづけられた」

「地図を見ると，新羅は今の北朝鮮の方まで統一したにもかかわらず，首都は南の端の方にあった．地理的にはソウルとか平壌においた方が有利だったのではないかとも考えられる．新羅が生まれたのは南山北西麓の蘿井(ナジョン)．滅んだのも同じ北西麓の鮑石亭です．景哀王の時(927年)，後百済の将軍に急襲を受け，月城に逃亡中につかまって王は殺された．最後まで新羅は南山にこだわり続けた」

10. 再び南山へ

10.1 太陽信仰と関係か

「慶州南山の高さは468メートルです．奈良の三輪山と1メートルしか違わない．三輪山は467メートルです．東アジアで，神が宿った山は共通している点があるのではないかと思う．ヒマラヤのようにあまり高いと，魔が住んでおり，力が強すぎて人が近づけない．人間が天上世界と交流できた場は，自然条件がある程度限られていたと思う．南山の頂上に磐座(いわくら＝神の鎮座する山中の大岩)がある．三輪山にもある．おそらくそこは神おろしの場所だった」

2年間，南山の遺跡を研究してきた正木晃氏(元東国大学講師)はつづける．

「南山の茸長(ようちょう)谷にあるのがすごい．石仏，石塔が南北一直線上に並び，その延長線上に磐座がくる．春分，秋分の日には真南に太陽がくる．太陽信仰とも関係していたのではないか」

「南山には，日本と韓国とで，同じ部分と異なる部分とがみられる．三輪山は，南山と違って仏教化されずに神道的なものとして残った．日本にも奈良市頭塔の四面仏とか，滋賀・金勝山狛坂寺の磨崖三尊仏などの石仏があるが，しかし山ぜんたいに石仏が彫られ，塔がつくられ，庵(いおり)のような寺が建てられた，というのではない」

記者たちは日の出とともに宿を出発し，南山西部にある谷の1つ，三陵谷を登ってみた．谷の出合いの松林に，3つの王陵が祭られていることからこの谷の名前がある．

岩の上をすべって流れる谷の水を眺めたり，雑木林をくぐったりしていくと，首のない，石仏坐像があった．そしてその斜面の上には，7～8メートルの高さの磨崖観音立像がある．この観音立像の身体は，背や足の部分が背後の岩にとけこんで，岩がすなわち仏だという感性と思想がよく理解できる．それぞれの石仏の前にろうそくの火がともされていて，上流の方からは，陽気なリズムを刻む木魚の音が聞こえてきた．

さらに登ったところに，高さ5～6メートルの岩の壁面に，阿弥陀三尊仏が2組，線で描かれていた．その前で僧衣の夫人が礼拝をささげていた．仏たちの線の表情はしなやかで，優美で，東大寺二月堂の本尊光背に描かれた，美しい天女たちの表情に似ている．

10.2 日本の石仏に影響

山道を歩きはじめて1時間余，急斜面を登って上禅庵という寺にたどりついた．オンドル部屋をもつ小さな建物が2棟．寺の柱は7色の彩りで装飾されている．他方の小屋は，ここに下界から祈禱(きとう)に来る夫人の信者たちの宿として使われていた．

さらに登ると山の稜(りょう)線直下の岩壁に，10メートルくらいのみごとな釈迦如来坐像があった．頭部は丸彫りで，下部は線刻である．遠くには西の平野部を見おろすことができる．

稜線にたどり着くと，大きな谷をへだてた東のむこうに，数日前にたどった「南山周遊道路」の尾根があった．

「登りきったところにあるのが磐座なんです．表示されているわけではないから，教えられないと分からないのですが…」

正木晃氏は，自説を展開する．

「南山が日本の石仏に影響を与えたことは否定できない．九州国東の石仏もそうだし，東大寺頭塔の石仏など，顔の形がよく似ている．韓国の学者は，古代において韓国は日本に一方的に影響を与えた，とよく言います．それは確かです．しかしそれだけじゃなくて，韓半島も日本も，今のようにナショナリティーが分化しない時代があったのだということ，日本と韓国とをいっしょにくくることのできる時代があったのだと，私は言いたいのです」

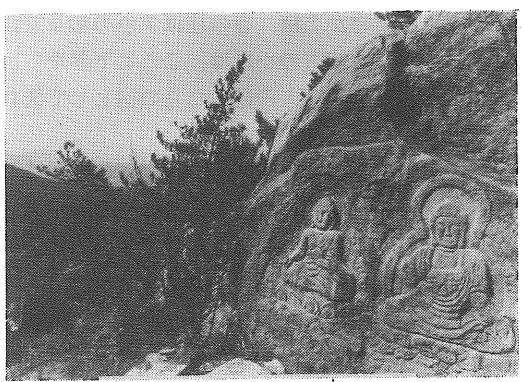
正木氏によれば，南山の石仏は三国時代末期から始まって高麗時代まで彫られつづけたという．石仏の種類と表情は，多種，多様，多彩，無秩序，混とん．新羅が滅びても，南山は仏教の中心地として栄え，彫られつづけたらしい．

美術史上，日韓の違いが決定的な形をもって表れてくるのは鎌倉時代である．鎌倉期のリアリズムと，高麗期の土俗的抽象的表現．そういう比較は，ナショナリティー形成を理解する材料となる．

「日本の仏教は密教が支配的になります．密教は，平安期に中国からもたらされたものです．それは普通考えられているよりはるかに強大だった．源氏物語や枕草子の世界がそうだし，戦争のときは武士たちが加持祈禱をした．密教がなくなるとき，近世を迎える．韓国では密教は発展しなかった」

日本の密教とは何か？　正木氏は，一言で答えた．

「〝玉体加持〟をしたことです．天皇のおからだを，国家と考え，祈禱した．それによって国家の安全をはかろうとした．毎年正月になると，真言院で大日経，金剛経をつかって玉体加持をしました．国家そのものをそのようにして宗教レベルで支えたのです．これは明治初年までつづいた．しかし韓国の仏教は，国家をそのようにとりこむ形では発展はしなかった」



おびただしく彫られた南山磨崖仏の一つ

11.　弥勒菩薩の美

11.1　王者の雰囲気漂う

吐含山(とがんざん)石窟庵は，仏国寺と並んで観光客に最も人気のある名所だ．

日の出の時刻になると，人々は列をなしてやってくる．山の頂き近くにあるので，東に日本海を眺めることができ，ご来迎の時に参拝するのが最高とされているからだ．そして日中もひっきりなしに人はやってくる．

建物で保護された石窟の中には，高さ5メートルの石で造られた釈迦如来坐像が安置されている．それは，慶州博物館の鄭良謨(チュン・ヤンモ)館長などが，「100回，200回見てもまだ見足りない．一生見つづけても見あきない美しさがある」と言うほど魅力ある仏像だ．

人々が大勢押しかけてきても，山中は清浄であり，高貴な空間を保持している．

ところでこの石窟庵に哲学者の梅原猛氏が訪れたとき，その案内をしたのは東国大学の李箕永(イ・ギヨン)教授だった．その時の感想を，李教授はこう言う．

「梅原さんは石窟庵の中に入って仏像をしばらく見ると，第一声にこう言いました．『王様ですね！』それはたいへん鋭い見方だと思って感心した．たしかにその時の国王の理想を表現したものです」

釈迦如来坐像は威厳があり，高貴で，そして健康的で，右ひざの上においたさりげない手の配置などには，自由で平和な気配がある．周囲の壁面には四天王や，仁王や，八部衆や，羅漢などもろもろの弟子が従い，王者の雰囲気を感じさせる．

石窟庵は8世紀中葉，宰相金大城によって造られたものだが，一千年の間忘れ去られ，1909年，偶然に，吐含山の峠を越えてきた郵便配達人に

よって発見されたという．

ところで釈迦如来坐像が，国王の理想像として表現されたとすれば，国を担っていく，若い青年貴族，花郎(ファラン)たちの理想であり守護神とされたのは，弥勒菩薩だった．菩薩は釈迦の青年の時の姿だ．

弥勒菩薩は片足をひざにあげほおづえをついて思索している姿で表現され，半伽思惟像と呼ばれている．わが国にも，斑鳩(いかるが)の中宮寺，太秦(うずまさ)の広隆寺，大阪の四天王寺に安置されている．いずれも古代に韓国から送られてきたものだ．赤松の木でつくられた広隆寺の弥勒菩薩と，金銅でつくられたソウル国立中央博物館にある弥勒菩薩とは，双子の兄弟のようによく似ているので有名である．

新羅の青年貴族たちは，弥勒菩薩にどんな理想をたくしたのだろうか．蓮弁(れんべん)に足をおき，地上界をしっかり踏んだ一方の足．天上界に瞑(めい)想して動かないひざの上の足．動中静，静中動．静かなポーズの中に，過去と未来の行動を暗示している．

11.2 死んで菩薩の元に

李箕永教授は，花郎集団の弥勒信仰についてこう解説する．

「花郎というのは1人，2人の特定の人物ではなく，無名の青年の集まりでした．弥勒菩薩はその守護であり理想だった．それは華厳思想から来たものです．華厳経の中に，善財童子という人が出てくる．立派な心を宝として持っているいろいろな人に会って，いかに生きるべきかを教わりながら一生をすごした．そして最後に会ったのが弥勒菩薩だった．弥勒菩薩は童子が来るのを待っていて，童子が来た時に右腕を動かすと，そこに新しい世界が現れた，と記されている」

弥勒菩薩は第2の釈迦といわれ，人間世界に下生(げしょう)して救いにもれた衆生(しゅじょう)を救いとる使命をもっている，と言われている．

「花郎は，岩や太陽を拝み，山や谷に遊んだ．心身を鍛錬し，文武を兼備した．彼らの修行の目的は何か．それは生きている間に，衆生に益をなすことでした．そのためにはいつ死んでもいい．その時，弥勒菩薩のもとに行く．すなわちそこが仏国土です．『三国遺事』に，新羅の最初の殉教者，異次頓の物語が出てくる．その話は事実なのか，それとも作者の創作なのか，分からない．しかし花郎の精神と一致する．首を切られても，異次頓は，自分が死ぬんだとは考えなかった．永遠に生きると考えた」

聖徳太子は，日本で最初の菩薩とされた人物である．九州歴史資料館の田村圓澄館長は，著書『古代朝鮮仏教と日本仏教』の中で，「聖徳太子」信仰の骨格は，花郎の弥勒信仰によって準備されたものだった，という事実を論証した．

吐含山の山頂近くにある石窟庵

12. 運命共同体の意識

12.1 金庾信将軍を尊敬

慶州市の北のはずれにある隍城(ファンソン)公園に，金庾信(キム・ユシン)将軍の銅像がたっている．金庾信将軍は，武烈王，文武王に仕えて，三国統一の大事業を果たした武将だ．銅像は樹木におおわれた小さな丘の上にある．馬にまたがり，剣をふりかざした勇壮な将軍の姿は，遠くからも見ることができ，夕暮れ時など，夕陽をあびて，丘の上をいま走っているようにさえ感じられる．

3人，4人と観光客が見物に来る．観光客たちは像をめぐりながらじっくりと眺め，将軍の業績をたたえた碑文を読んだあと，こんどは像の正面に行って，両手を合わせ深々と三礼した．

偶然に出くわした場面だが，古代の将軍が現在の韓国民の間で熱い尊敬の念で迎えられているのを目の当たりにして，祖先との精神的結びつきの強さに感心させられた．

慶州南山の東麓に統一殿という，壮大な霊廟がある．山のゆるやかな斜面を利用して建てられ，

興国門，誓願門と，くぐるごとに，高みに登っていく．興国門の前庭には「三国統一殉国無名勇士碑」があり，誓願門の前庭には「三国統一記念碑」がある．そしてその奥の本殿には文武大王を中心にして，右に金庾信，左に武烈王の肖像がかかげられて祭られている．その周囲の回廊には，三国統一の過程のさまざまな戦争や事件，凱(がい)旋の場面を描いた油絵がかけてあった．

金庾信将軍は，新羅の花郎道(ファランドー)が生んだ英雄の１人である．

百済の興亡戦，白村江の戦い(663年)の時，文武王と金庾信将軍は唐と結んで百済と日本の連合軍をやっつけて敗退させた．中大兄皇子は敗戦の結果，唐の水軍の襲来を恐れて，国土防衛に力を入れ，筑紫大宰に山城を築かせることになる．

12.2　金春秋，日本と唐へ

武烈王は若い時，名を金春秋といった．中大兄皇子が政権をとって間もない647年に来日したことが日本書紀に記録されている．百済を征服するために，協力を乞(こ)いに来たのではないか，と推測されているのである．その後彼は唐へ行き，太宗と会見して百済，高句麗征討のための同盟を結成する．

この三国統一は歴史的にどう評価されているのだろうか．失ったものは少なくない．遼東半島から吉林，豆満江下流にわたる広大な高句麗の領土が，韓国史の領域から消えていったこと．その住民が唐に強制連行され，あるいは周辺種族と融合して消えていったこと．

＜にもかかわらず，この統一が高く評価される理由は，新羅を主軸に，百済の遺民と韓半島内の高句麗民が，わが国史上初めて唐を共同の敵として，民族的な損失を防ぐため，運命共同体的な意識をともに抱いて戦った，という点からである＞

と，東国大学李龍範(イ・ヨンボム)教授は『三国統一の文化史的意識』で記している．

この時，血縁，文化，言語の共通意識よりも，運命共同体としての意識がここに生まれたのである．百済，高句麗の遺民は，新羅王に忠誠を誓う軍団となって，唐の勢力を半島から一掃した．

統一殿の入り口には，「第７回特別統一誓願祈禱期間」の幕が張られていた．南北統一を祈禱(とう)する特別な場となっているのである．

慶州の観光開発は，朴大統領によって強力に推し進められ，現在も続いている．それは単なる開発事業というよりも，韓国の背景にある新羅精神の高揚という意味が強いのかもしれない．

東国大学の李箕永(イ・ギヨン)教授はこう言う．

「朴大統領の生まれは慶州のある慶尚北道です．金日成(首相)は高句麗精神を語る．朴政権は新羅精神から生まれてきた．花郎の哲学があったと思う．統一殿を造ったのもそういう関係です．韓国の場合，政治家にクリスチャンが多い．そのキリスト教は非常にドグマティックである．朴大統領が悩んだのはそういう人たちに囲まれていたこと

金庾信将軍像

です．立派なアドバイザーがいなかったかもしれない」

13.　霊妙なる多宝塔

13.1　日本人に圧倒的人気

韓国のほこる最高の芸術品の１つが，仏国寺にある．そしてこれは，観光ポスターなどによって世界中に知られているものだ．すなわち多宝塔で

ある．

多宝塔は，大雄殿と紫霞門の間の，回廊で囲まれた空間に，釈迦塔と対になって建っている．高さが10.4メートル，周囲が7メートル四方．純白，良質の花崗岩で造られている．

複雑な形態をしているが，荘重にして華麗，落ち着いた品位の中に繊細さ，ふくよかさ，霊妙な感じを漂わせている．

大勢の美術家から，意匠が秀でている点，神技といわざるをえない，とたたえられ，類例のない奇想天外な石塔だ，と推賞されている．

多宝塔は多宝如来に由来する．多宝如来は釈迦牟尼が現れる以前，真理が説かれた時にそれを証明することを誓った菩薩で，釈迦が説法した時に降臨し，その教えの真実を証明した，という．釈迦塔と多宝塔が並んで建てられているのは，その状況を表現したものである．

この多宝塔は日本人の間で圧倒的に人気があって，そのミニチュアを家宝とする家庭もある．某旅行会社の話によると，この多宝塔を見るための観光ツアーには，毎回300人が参加しているという．

琵琶湖畔にある日蓮宗妙法山正音寺の住職，村岡練素師は，民心の浄化，世界の平和，日韓の友好親善を誓願して，天の橋立を望む境内に，総工費1億5千万円余をかけて，実物とまったく同一の多宝塔を建てた．落慶法要が行われた昭和59年の釈尊隆誕の日(4月8日)には，林田悠紀夫京都府知事，金月棲仏国寺住持，尹榮燁韓国総領事，金山政英元駐韓大使らが祝いにかけつけ，全国から千人が参拝に集まった．

ところで慶州一帯にあるすぐれた芸術作品のほとんどすべてが，統一新羅が絶頂をむかえる8世紀の中葉につくられたものだ．多宝塔もその1つである．

統一を達成した新羅は仏教を全面的に受け入れ，積極的な政策をとり，中流層や下層の民衆まで浸透していった．仏教という精神的支柱は，流亡民を定着させ，統一戦争がもたらした人的，物的損失を収拾して，仏教文化の花を咲かせたのである．高句麗や百済の技術者，学者が統一新羅文化の血となり肉となっていった．

多宝塔の作者もそんな1人で，百済の人だったという．名を阿斯達(アサタル)といった．

13.2 釈迦塔と夫婦の如く

ひとつの悲話が伝説として伝えられている．阿斯達の妻が夫を慕って新羅の国にやってくるが，造塔工は多宝塔をつくり終えたものの，釈迦塔をつくることができない．妻は面会が許されず，近くの影池で持つことにしたが，いつまでたっても池には多宝塔が映るだけで釈迦塔が映らない．妻はある日，夫が死んでしまったものと思って池に身を投げてしまう．阿斯達は釈迦塔を完成して妻に会いにいってみると，すでに妻は死んでいた…．

この伝説は，釈迦塔が別名，無影塔とよばれる由来を物語ったものだ．が，この話はまた，釈迦塔がいかに苦心の作だったかも教えている．

記者は，2つの塔を何度も見比べながらこの伝説をはんすうした．釈迦塔は，率直，明快，簡潔，単純な美しさを持った塔で，多宝塔とコントラストをなす．が，フォルム自体は，当時他にもおびただしくつくられた石塔とほぼ同一である．妻を悲劇に追いやった苦心の作は，凡作だったのか？と考えてみた．

出会った韓国人の学者，建築芸術家にこの2つの塔への好みを聞いてみた．すると釈迦塔の方が好きだ，という人が実に多かった．

ソウル・オリンピックのモニュメントゲートの設計で当選した建築家の金重業(キム・チュンアプ)氏は，多宝塔のプロポーションをグラマー美人にたとえ，釈迦塔の率直，単純，簡明を，健康な男性美にたとえた．

小さな空間に，タイプを異にする2つの塔が仲よく並んでいるのは，家庭の中に夫と妻とが存在していることにたとえられるかもしれない．

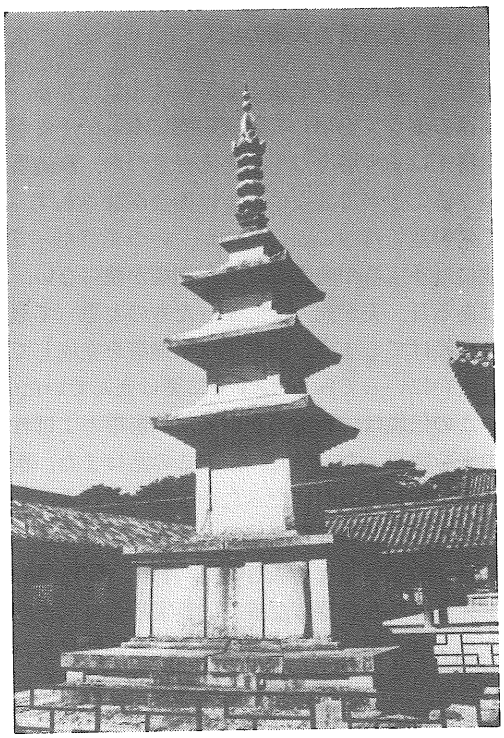
釈迦生誕の日，僧侶，信者たちは，2つの塔のまわりを念仏をとなえながら歩く．

14. 南北分裂の下で

14.1 国軍をもたなかった

慶州南山の北部に，周囲3.8キロにわたる南山城址(し)がある．石垣のほとんどが崩壊して，原形を確認できるのは寺谷方面のごく一部だ．石壁の高さが3メートル．

この山城は東の明活山城，西の仙桃山城と対応



仏国寺大雄殿の前に並ぶ釈迦塔(左)と多宝塔(右)

し，王宮の月城とは日精橋，月精橋を通じて直結していた．

その北端の，慶州博物館を眼下にみる高地一帯に，3つの巨大な倉庫跡が発見された．兵器と穀物を貯蔵するためのもので，最大のものは横99メートル，縦22メートルという巨大さで，炭化した籾(もみ)が発見された．

南山城は真平王の時(591年)に築かれ，679年に増築された．

南山に2年間かよいつづけた美術史家の正木晃氏(元東国大学講師)はいう．

「新羅の歴史は上代，中代，下代と分けられます．統一して50年間はたいへん威勢がよかった．が，百年して落ちめになっていき，最終的には慶州地方しかおさえていなかった．南山城の倉庫跡は，全盛時代の国力がいかに強大だったかを示している．しかし古代の王権については分からないことが多いんです」

韓国の武士道である花郎道(ファランドー)はいつしか消滅し，日本の武士道のような発展，洗練はみなかった．

正木氏はつづける．

「花郎がなぜなくなるのか．韓国は自前の国軍を持つことがなかった．中国との関係で，強い軍隊を持つと反乱を起こすのではないかと疑われた．新羅の全国統一も，地方の勢力を温存させた．一種の連合政権．貴族の連合体．そしてそれらの貴族は私兵を持っていた．国軍として組織することはなかった．国家の統一形態が日本とは異なっていた．それが武士道を発展させなかった理由だと思います．それに花郎は，南山の特殊な自然環境と結びついた存在でした．モンゴル軍が侵入してきてたたかれた時，あまりにその軍隊が強大で，戦争にならなかったでしょう」

14.2 観光開発されぬまま

新羅最大の規模を誇った寺院，皇龍寺も，モンゴル軍によって焼かれてしまった．地上に姿をとどめない文化遺産は多く，慶州は地下が「宝庫」だと言われている．

外国軍が来ると山に逃げる以外になかった彼らは，地上的な財宝に執着する以上に，生きのびる道を探してきたことは当然だったのかもしれない．それは独自の美意識を育ててきた．

「金剛山も食べたのちの金剛山といいます」

慶州国立博物館の鄭良謨(チュン・ヤンモ)館長は

言う．金剛山は，風景の美しい山として有名だ．今後食(サン)と同音の言葉だ．

「経済発展と国防が第1で，そののちに文化です．だから予算が足らない．慶州にはいたる所に遺跡がある．こうしたらいい，ああしたらいいと思うが，国の立場としてできない．一般の観光客が見て楽しむことのできる所は限られてくる．仏国寺とか，石窟庵とか，雁鴨池(アナプチ)とか．勉強家は南山へゆく」

おびただしい仏跡のある南山は，しかし観光開発計画からは除外されている．

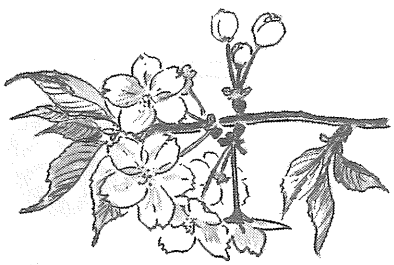
「10月2日に新しく第2別館がオープンし，雁鴨池から発掘した文化財を陳列しています．予算がないから自分たちの手で陳列した．構図，配置，色彩の工夫．これは予算がなくともできます．1つのケースのために1日かけることもある．リズミカルに，スムーズに見られるように．これは目の問題です．精神を入れたらうまくいく．芸術家は創造すると威張っているが，どう配置するかも創造だと思う」

展示物のコンポジションが，物質に生命を与えるのだ．

歴史や文化行政についてうかがいながら，ふと口をついて出た鄭館長自身の体験談が印象的だった．

「私は六・二五動乱の時高校生でした．共産主義の恐ろしさをしみじみ知っている．30万人以上の知識人が北に引っぱられていって，途中で殺された．父もその1人だった．生きているとすると90歳をすぎています．共産主義者は人間ではない，と思っている．彼らは人間を物質だと考えているからです．私の姉が嫁に行ったところの父親は，北朝鮮の副首相だった．私の父を引っぱっていったのは，姉のだんなさんでした．北の人は，親子だからといって，信じられない．いつ密告されるかわからない．南北が分裂しているこんな立場なので，韓国は多少荒っぽく，安定していないところがあります」(おわり)

新羅最大の規模を誇った寺院皇龍寺跡



道・新時代

関越自動車道が全線開通した．東京―新潟が3時間半で結ばれる．1本の高速道が〝日本海新時代〟の幕開けをもたらしたわけだ．内需拡大の柱として大きな期待が寄せられている「東京湾横断道路」．全国の自治体でブームとなっている景観行政では歩行空間の整備が中心である．長く〝道路後進国〟といわれた日本だが，21世紀に向けた道づくりが急ピッチで進んでいる．昨今の〝道〟をめぐる話題を追ってみた．

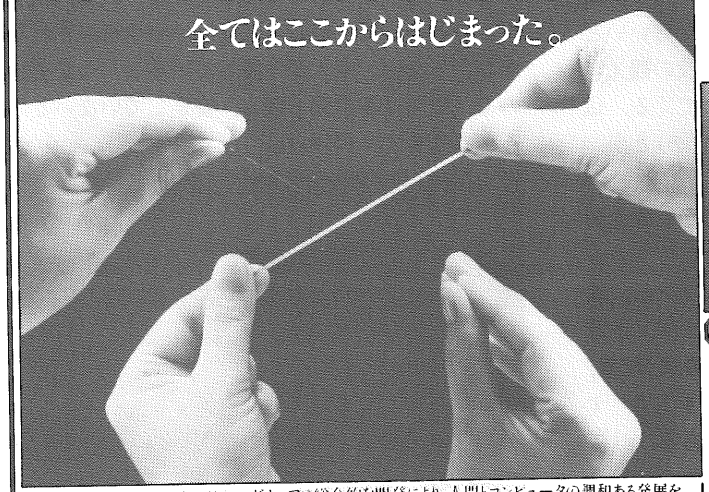
新潟に新時代

「新幹線についで関越自動車道の全通は待望久しかったもので，大変うれしい．〝高速時代の新潟〟を迎えて，県としてもアクセス道路の整備などを現在，進めている最中です」(新潟県企画調整部交通対策課・長谷川義夫氏)

気の早い向きは，「新潟の時代」という．関越自動車道の全通を見越して新潟への企業進出は全国でもトップクラス．東京通産局の調べでは，昨年は長野県に次いで2位（113件）．今年上半期も広島に次いで2位．織物の縮（ちぢみ）と錦鯉で知られる小千谷市に新潟三洋電子をはじめ13社のハイテク団地が建設されている．テクノポリスで先頭をきる長岡市はいうまでもない．

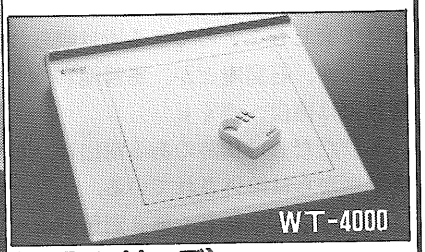
WACOM

不可能を可能にした20μの新素材。
全てはここからはじまった。



まさに名作、ワイヤレスカーソルの画期的タブレット

世界初のワイヤレスカーソルを実現。その結果、最大の操作性を発揮／金属板上からのデジタイズも可能／メンテナンスフリー（着磁作業不要）／世界随一の読取り高さ



（WT-シリーズ）

汎用タイプタブレット	WT-4000
液晶搭載型タブレット	WT-4010
静電吸着盤付タブレット	WT-4400SE
ライトパネル付タブレット	WT-5000LP
タブレット搭載システムデスク	WT-7400/8400

従来不可能とされていた数々のことが、アモルファス合金の採用により、解決されました。

特許出願件数……90件
（'85年8月現在）

新製品 マウスモード付小型タブレット WT-460M
（'86年1月発売予定）

㈱ワコムは ソフトウェアとハードウェアの総合的な開発により、人間とコンピュータの調和ある発展をめざし、人類の平和と幸福に貢献します。

株式会社ワコム

東京支社 東京都渋谷区神宮前6-19-14渋谷ハッピーヒル☎(03)409-9711代 FAX(03)409-9718
ソフトウェア事業部 東京都豊島区池袋2-947東和ビル☎(03)989-1720代 FAX(03)986-2219
大阪営業所 大阪市北区梅田1-2-2 大阪駅前第2ビル13F☎(06)344-5252代 FAX(06)344-5289
本社 埼玉県北葛飾郡鷲宮町桜田5-23-4鷲宮工業団地内☎(0480)58-1118代 FAX(0480)58-4642

西日本技術開発株式会社

代表取締役社長 田代信雄

業務内容

1 土木部門の調査・計画・設計・工事管理
◇河川（ダムを含む）砂防・海岸・道路・橋梁・トンネル等
◇基礎・地中ダム・都市計画・発電土木・上下水道・工業用水道等
◇地質調査・解析及び土質・岩石・コンクリート諸試験・評価
◇電算機による水理計算・構造計算等プログラムの開発利用
4 地熱部門 環境・調査・解析・評価
3 環境調査部門 自然環境・騒音振動等に関する調査・解析・評価
2 建築部門及び電気機械部門 全般の調査・計画・設計・工事管理
5 火力部門 発電プラント・附属設備の調査・設計・工事管理

本社 〒八一〇 福岡市中央区渡辺通り一丁目一番一号（サンセルコビル十階）
総務・営業・建築・地熱・電気・環境 ☎〇九二（七八一）二八三一
土木本部（開発・調査・土木一・二） ☎〇九二（七八一）一三五三
火力本部 ☎〇九二（七一三）〇四七〇
東京事務所 〒一〇一 東京都千代田区内神田二丁目十一番六号（竹ビル五階） ☎〇三（二五一）七三四一

松尾建設株式会社

取締役社長 松尾幹夫

本社 佐賀市多布施一丁目四番二七号 〒八四〇 電話（佐賀）(0九五二)(24)一一八一
支店 東京・大阪・広島・福岡・長崎 熊本・大分・宮崎・鹿児島
営業所 名古屋・神戸・下関・北九州・久留米 唐津・佐世保・沖縄

日韓トンネルプロジェクトの経済的側面の予備調査

日韓輸送量研究会*

まえがき

日韓トンネル研究プロジェクト総括委員会（松下正寿委員長）は，1983年３月，「第１次基本構想を発表し，その第Ⅴ編「開発効果の検討」において，社会環境ならびに建設投資効果の予備調査を行った．

そこでは，「今後2,000年に向けて，日本，韓国，九州，福岡県，長崎県，佐賀県がどのような方向に進もうとしているのかの予備調査を行い，日韓トンネルが経済的効果を有するための方向性を探る」，「日韓を含む技術移転や国際分業化を推進することが，日韓トンネルの経済的成立のためには必要」であることが指摘された．

さらに，「地域間産業連関分析により，建設投資の生産波及効果を試算」し，

(1) その生産波及効果は，全国を総計すると建設投資額の2.03倍であること，

(2) 地域別では，九州地域に1.37倍（全国の67.5％），関東地域0.207倍，近畿地域0.190倍，中部地域0.121倍の生産が誘発されること，ならびに

(3) 産業別には，建設業への波及効果が最大で，0.487倍，１次金属0.274倍，窯業土石製品0.194倍，金融・不動産・サービス0.170倍となること，等が推測されたが，

(4) これらの効果は，いわゆる「フロー効果」であり，建設期間中のものであること，したがって，「建設期間中は，九州地域を中心に，〈日韓トンネル景気〉のようなものをもたらすであろうが，あくまで一過性のものであり，建設完了後の地域の産業構造への考慮が必要である」との結論が出されていた．

この第１次基本構想をふまえて，昨夏，社団法人・日本工業技術振興協会マクロエンジニアリング部会の「日韓輸送量研究会（橋中一誠座長）に対し，日韓トンネル研究会（佐々保雄会長）から経済性予測のための予備調査に関する研究が委託された．

橋中座長を中心とする住友金属工業株式会社のエキスパートから成る，「日韓輸送量研究会」の諸氏は，激職のなか，献身的な奉仕の精神を発揮して，この困難な課題に取り組み，学生研究員を指導して関連資料を幅広く収集し，キャリアに由来する堅実な解析力によってトレンドを洞察し，さらに福岡と対馬に飛んで現地調査を行い，斯界の専門家を招いてヒアリングを重ね，深更におよぶまで議論すること十有余回，ここに最初の報告書をまとめてくださった．

わずか８カ月たらずの短期間に，この種の調査研究としては異例の奉仕的予算を以て，大きな歴史の流れをマクロにつかみ，このプロジェクトの有意義な将来性を明示していただいたことは，まことに欣快である．別記の研究委員ならびに学生

* （社）日本工業技術振興協会　マクロエンジニア部会

研究員の各位に対し，衷心より感謝と敬意の念をささげるものである．

先の基本構想が，トンネル建設による建設需要（フロー）の面での開発効果を予測したことを受けて，本報告書では，建設後（ストック）の効果について，(1)東北アジア開発の進展，(2)加工貿易国として共通の世界的経済摩擦に悩む日韓両国にとっての同時的解決策，(3)日韓両国それぞれの島国・半島的限界の脱却，(4)環太平洋連帯の中核としての日韓共同市場の水平分業的形成，(5)トンネル・橋梁土木工学技術の高度化と国際移転による世界的貢献，等の積極的意義が高く評価されている．

とりわけ(4)の論点（2，4参照）は，今回の報告書のカナメである．国際資本の投資先が，日本から韓国へ拡大展開しつつある現状を，世界史的なトレンドとしてマクロに把握することが，日本の生き残りのために如何に重要であるか，ここで指摘された問題点を今後，本格的な計量化にもとづく定量分析によって実証する作業の成否が，このプロジェクトの概念設計の鍵となるにちがいない．

また，新しい経済関係に適合的な輸送システムを構想するにあたり，この報告書によってはじめて明らかにされた次のような事実は，きわめて重要である．すなわち，3.において解明されたように，日本国内の輸送手段の動向分析によれば，物流の大半（工業製品等）は，トラック輸送が主流となってきた．空路の物流が緊急品ならびに高価長距離品を，また海路の物流がバルクカーゴを分担するのに対し，日韓水平分業の新時代における加工貿易品の物流を主として担当する輸送手段は，トラックとなるであろう．さらに，人流についても空路が500km以上の長距離において優勢であるのに対し，500km以内圏にあっては，自動車が大半を占めるのである．

対馬を中心とする500km圏といえば，まさに韓国と西日本の全域をカバーする．その中央を貫くことになる日韓トンネルの交通需要を，輸送手段の観点から見れば，主力は物流のトラックと人流の自動車だ，ということになる．このことのもつ意味については，巻末の「まとめ・Ⅰ」に私見をのべたが，「国際自動車ハイウェイ」という本来の提唱の現実的な正しさが証明されようとしている．今後，大型コンピューター利用のシュミレーションによる本格的検討が切望される所以である．

巨大プロジェクトの生命は，それが求められているということである．マクロエンジニアリングの開祖F．P．デビッドソン博士の表現をかりれば「マンモスにも愛を！」である．経済的にも，文化的にも，社会的にも，政治的にも，人々の広汎な需要があり，その実現への心情的な深い要請があれば，短期間或いは局部的（ミクロ）に見てとても無理だと思われるようなプロジェクトであろうとも，長期的・大局的（マクロ）に見れば実現可能となるものである．我々の取り組んでいる国際ハイウェイ日韓トンネル計画は，ミクロ的には，完全に不可能であり，経済的には，コスト・ベネフィットの面で絶対に成立しない．だからこそ単純な経済効果を超えた未来事業としての工夫が必要となるのであり，たとえば「まとめ・Ⅱ」に記したようなアプローチをするならば，マクロに実現可能となるし，切に求められ，愛されるようになるであろう．

1985年5月5日

中川　學
一橋大学経済学部教授
社団法人・日本工業技術振興協会マクロエンジニアリング部会長

日韓輸送量研究会メンバー

座　長	橋中	一誠
研究委員	秋山	和紀
	田中	正満
	沼尻	重男
	古津	彰三
学生研究員		
主査	藤田	浩生
	加藤	真理
	日野	桂文
	山中	隆夫

1.　日韓トンネルの理念と意義

1.1　日韓トンネルプロジェクトと東北アジア開発への志向

1.1.1　プロジェクトの性格と理念の必要性

現在検討されている日韓トンネル（総延長235km，北九州—壱岐・対馬—南韓国）の下記性格より，プロジェクトの推進は内外の協力且つ持続的な協力を得るための明確な理念が必要.

(1) 巨大プロジェクト——建設費用　約3兆円(125億ドル)

(2) 長期プロジェクト——10年単位の工期（調査～完成まで30～40年）

（交通技術を含めた環境の変化，完成後のトンネルの有効性）

(3) 完成までの巨額な資金調達と金利負担

(4) 国際プロジェクト——日本，韓国2国だけでなく，北鮮，台湾及び米，ソ，中，巨大国の利害と関係

(5) 内外へ強力なインパクトを与え得る（政治・経済・文化）——トンネル完成による日本—韓国(大きくは日本列島—ユーラシア大陸)の隣接化・地続化→　一体感の醸成

1.1.2 開発効果—プロジェクトのねらい

トンネル建設による建設需要（flow）は，日韓相互に大きなメリットを与えるが（建設期間中），建設後(Stock)の効果は下記の項目が考えられる.

(1) 東北アジア開発の進展（東西両陣営の相互メリット）

（注）東北アジアの構成：極東シベリア（沿海州），満州，モンゴル，北鮮，韓国，日本

(2) 日本・韓国各々加工貿易国として，現在直面している世界の経済摩擦による伸びなやみに対する解決策

(3) 日本・韓国の持っている島国・半島としての限界の脱却

(4) 日・韓（直接的には北九州・韓国南部）を中核とした開かれた（閉鎖的でない）日韓共同市場への足がかり

• 日韓連帯の位置づけ

日本—韓国　……北鮮・満州・沿海州→ユーラシア大陸内部との交易

• 水平分業

日本—韓国→韓国を除くアジア中進国（台湾・香港・シンガポール）

ASEAN 4国（タイ・マレーシア・インドネシア・フィリピン）→環太平洋連帯

（注1）日韓の人口は1.6億人で米国2億人ともバランスがとれる.

（注2）北九州—南韓国の先端産業を中心とした地域が中核的役割を持つと予想される.

（注3）アジア水平分業化の動向

韓国が一番早い.

(5) 日韓トンネル（含架橋）建設により，青函トンネル，本四架橋で蓄積した技術ノウハウを更にレベルアップし，世界（含東北アジア）の自然改造事業へ利用可能.

1.1.3 東北アジア開発の一環としての日韓トンネル建設の意義

日韓トンネルは，国際トンネルとの性格のみならず，地政学的にも重要な地点にあるため，日韓の合意のみならず日韓をとりまく北鮮・米・ソ・中の支持（少くとも反対をしない）可能な構想を設定することが，実現のための必要条件と考えられる.

そのために東北アジア開発志向（東北アジア開発同盟の設置もありうる）が望ましい.

(1) 創造的（長期的に見て実現可能な）目標を設定することにより，東北アジア地域住民の国際連帯を生みだし，安定した国際関係を作る.

(2) 東北アジア地域は，人的・物的資源が多彩且つ豊富であり，交通機関を充実させることにより経済圏を作ることが出来る．その際日韓が工業国として中核的役割をもつ.

(3) 東北アジア地域の住民の対等な協力関係を予定しており，地域開発も閉鎖的ブロックではなく強大国米・ソ・中の参加支援がより効果的結果を生む.

(4) 日韓トンネル建設にあたり，日韓両国民のコンセンサスを得るさい最大のネックは，両者間の心の断層である.

そのためには，東北アジア開発という高次且つ両国民が力をあわせて達成みこみのある創造的な課題をかかげ，相共に創造達成することである.

これは，北鮮・韓国の協力関係を生み更に東北アジア地域住民の連帯につながる.

(5) 東北アジア開発は，交通・通信面で環日本海地域と密接な関係を持ち，人・物・金・情報の流れで，韓半島・日本列島は従来の半島・島の性格を脱却し，それぞれのマイナス面をなくす契機となる.

(6) 超長期的には，東北アジア開発の進展に伴い，宗谷トンネル，樺太沿海州間のトンネル他巨大土

木工事発生の可能性があり，日韓トンネルでレベルアップした技術・ノウハウを活用する機会が得られる．

（注１）日韓トンネル建設に於ける日韓の最大のネック……心の断層で，その解決策として両国にとり創造的目標の設定が必要．

（注２）川喜田二郎著　パーティー学（1964年）参照

人と人，グループ間での創造的目標の設定

心の通い（意思疎通）の向上

生きがい，やりがい

（注３）東北アジア地域　言語（ウラルアルタイ系），文化とも類似協力しやすい環境にある．

1.2　国際環境と本プロジェクトの意義

本プロジェクトの研究は1982年より開始されているが，下記の様な最近の国際環境の動きより推進しやすい時期に来ていると考えられる．

(1)　全斗煥大統領訪日（1984年９月６日）を契機とする日韓新時代の開幕．

(2)　中国の対外開放政策の進展と，韓国・北鮮の経済交流の開始．

• 北鮮「朝鮮民主主義人民共和国合営（合弁）法」の即時実施（1984年９月８日）

経済特区（清津・南浦等）を創設する方向で検討開始

• 韓国と北鮮の次官級南北経済会談の開催（1984年11月15日　於板門店）→南北の新時代

(3)　レーガン大統領再選に伴う Pacific League Doctrine の準備

国内的条件よりみても，青函トンネル，本四架橋工事進展に伴い技術者集団の次期目標として格好なプロジェクトとなって来ている．

2.　日韓経済関係と今後の展開

2.1　韓国経済の現状と問題点（第５次５カ年計画(82—86年)を中心として）

2.1.1　経済成長

韓国の経済成長は，60年代，70年代を通じて，10％の高成長を維持してきたが，79年の第２次石油危機によるエネルギー価格の上昇は，韓国経済に大きな打撃を与え，80年の経済成長は，初めて▲6.2％のマイナス成長を記録した．その後，政府の社会資本への積極投資政策により，81年以降再び成長軌道に乗っている．82年から始まった第５次５カ年計画の目標成長率は，年平均7.6％であるが，この達成は容易でないが，年平均６％程度の成長は十分可能であろう．

表－１　韓国の成長率と１人当り GNP

	成長率	ＧＮＰ　人
65～69	10.0%	('69)　210$
70～74	9.1	('74)　523
75～79	10.1	('79)1,546
80	▲6.2	1,481
81	6.4	1,607
82	5.4	1,678
86	7.6	2,107

2.1.2　輸出主導の経済成長と輸出産業の育成

韓国の経済成長は，低賃金且つ優秀な労働水準を武器とした輸出拡大に依って成し遂げられてきたが，今後共この傾向を強めてゆくものと思われる．

表－２　韓国の教育水準（％）

		'70	'81
初等教育	男	86	100
	女	81	100
中等教育	男	40	80
	女	27	74
高等教育	男	NA	21
	女		7

韓国の GNP における輸出寄与度をみると，日本の15％に対して37％（80年）と約2.5倍の高水準であるが，今後この輸出を更に伸ばし GNP を拡張する計画である．

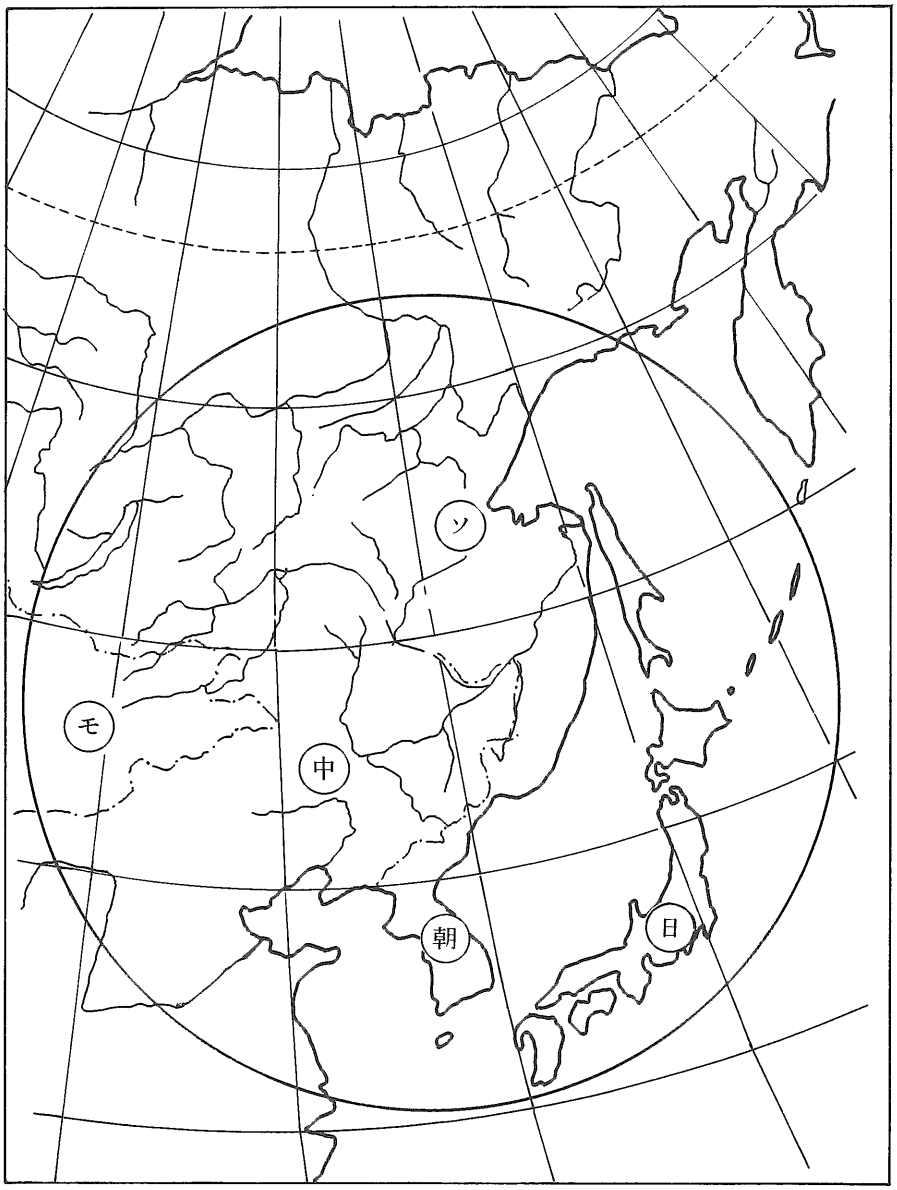
第５次５カ年計画の最終年（86年）には，GNP の49％を占める見込みである．

表－３　日韓の GNP 規模と輸出寄与度
（1980年）（出所：IMF「IFS」）

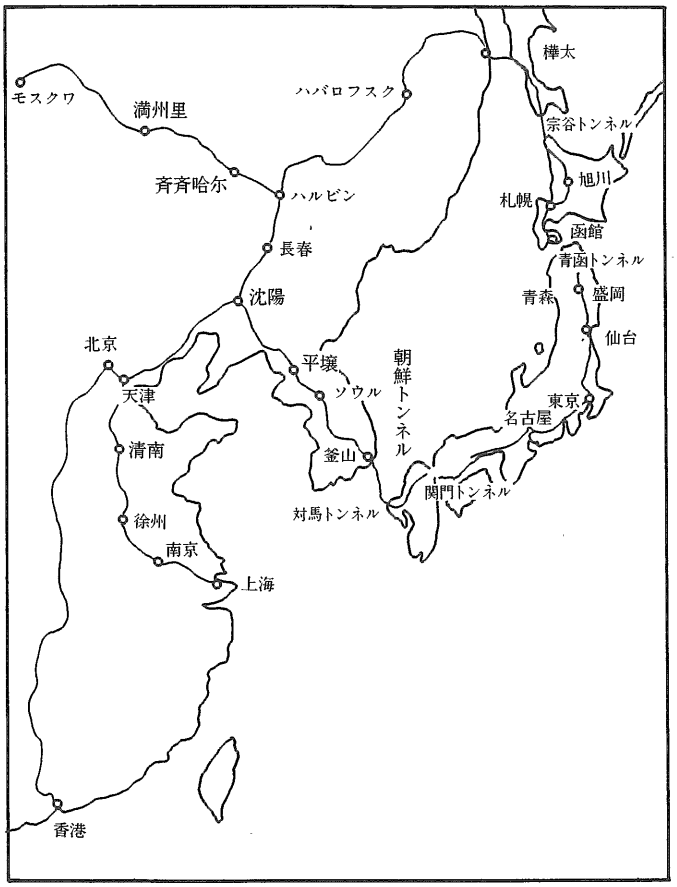
日本のＧＮＰ		億ドル 10,397	100%
	輸　出	1,575	15.1
韓国のＧＮＰ		億ドル 577	100%
	輸　出	212	36.7

東北アジア開発構想と日韓トンネル（参考資料）

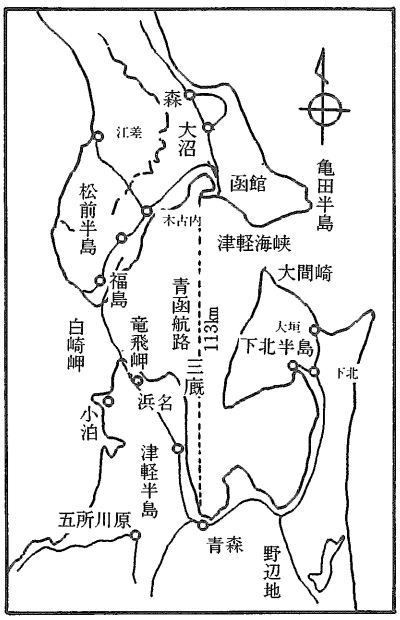
資料－1　東北アジアの地図



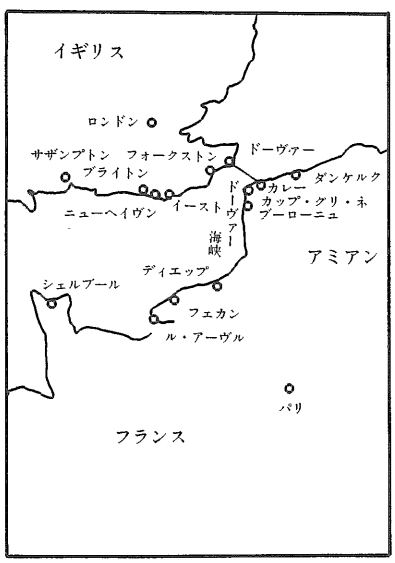
資料ー2　日韓トンネルプロジェクトにからむすでに
発表された諸海底トンネル計画



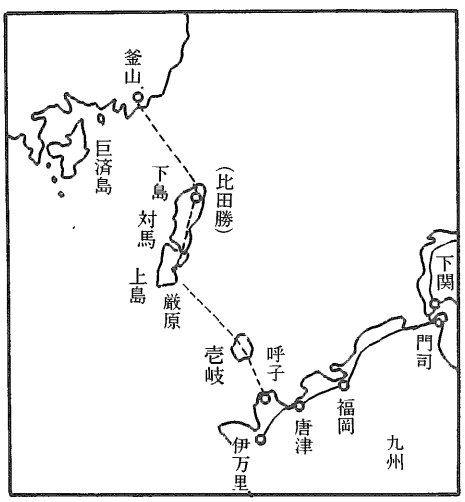
大陸縦断鉄道の計画路線



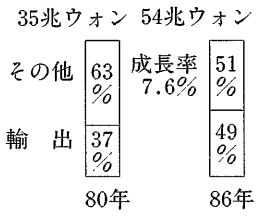
青函トンネル位置図



ドーバートンネル位置図



朝鮮海峡トンネルルート図



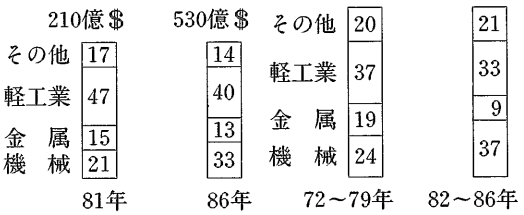
(注) 1980年価格

(出所：経済企画院「5カ年計画書」)

図－1　韓国のGNP拡張計画

輸出の中心は，繊維，日用品等の軽工業が主体であったが，ここ数年，造船，鉄鋼製品の急成長がめざましく，更に今後，自動車，電子，電気等の機械類にその拡大の重点をおいている．

第5次5カ年計画では，この達成のため，産業別投資配分を24%（72—79年）から37%（82—86年）へ増加させている．



図－2　輸出構造（%）　図－3　産業別投資配分（%）

(出所：経済企画院「5カ年計画書」)

2.1.3　産業の高度化の問題点

従来の韓国の工業化の過程は，繊維等の軽工業から，鉄鋼，造船に代表される重工業および電子，電気，自動車等の組立工業へと移行してきた．その発展は優秀な労働力と低賃金をベースとした労働集約的な産業構造，或いは装置産業型の構造である．

即ち各部門で抱えている問題は，共通しており，低中級品中心の単純組立型の生産構造である．今後，より発展するためには，高級品化を成し遂げる必要がある．

具体的には，自動車では部品工業の育成，電子工業では半導体産業の育成，精密機械では最新の精密加工機械の導入による部品の国産化等が課題である．

鉄鋼，造船部門では，技術導入，新規投資により，特殊鋼の生産およびオフショアリグ，特殊船の製造を可能にすることである．

従来の最も有力な武器であった低賃金は，インフレと経済成長に伴い，急速に上昇しており，今後この傾向は強まってゆく．この結果，軽工業品では中国等との競合が激化し，その優位が崩れ，また，労働集約型の造船，電子，電気産業に於いても，その優位が低下する可能性があり，韓国経済の前途は楽観できない．

このため，今後更に外資の導入，外国の技術導入により，高度化を図ると共に，国際分業の中での韓国の地位を模索する必要があろう．

表－4　80年代の産業政策の基本方向と課題
李眞錫（韓国産業銀行調査月報82年2月号）

産　業	現状の問題点	産業政策の方向
自動車	部品生産の低位、性能の低位 研究開発投資が不足	部品工業の育成（標準化、規格化、量産化） 優良技術導入、国際分業体制への参加
電　子	労働集約的単純組立品中心 半導体部門が脆弱、技術開発が微弱	半導体部門の国家的次元での育成 産業機械部門の拡充、研究開発への投資
精密機械	低級品中心、精密加工設備が不足 技術水準が低い	技術導入、合弁投資の奨励、技術開発投資 新設備の導入、部品の国産化
鉄　鋼	高級鋼、特殊鋼の生産が低位	技術導入 新設備の導入
造　船	特殊船舶建造能力の不足 造船関連工業の後進性	部品工業の育成 技術開発力の向上

表－5賃金上昇率の推移

	'80	'83
韓　国	388	591
台　湾	228	316
日　本	138	157

(1975年＝100)（出所：経済企画院「5ヵ年計画書」）

表－6第5次5カ年計画必要外資

外資所要額	465億円
借　款	218
バンクローン	115
その他	132

（出所：「外国経済統計年報」）

2.2　日韓の経済関係

2.2.1　対外貿易における日本の地位

韓国の82年の貿易額（輸出入）は，462億ドル（内輸出で219億ドル，輸入243億ドル）に達しているが，この内，対日貿易額は，87億ドル（輸出34億ドル，輸入53億ドル）と全体の19％を占めている．国別では米国の122億ドルに次いで，第2位である．

78年から82年にかけて，韓国の貿易相手国は多様化された中で，日本のシェアは減少している．中でも輸入先として，78年40％ものシェアを持っていたものが，このわずか4年間で22％と激減し，米国に1位の座を奪われている．

この間韓国の輸入は150億ドルから243億ドルと1.6倍に増加したのに対し，対日本では60億ドルから53億ドルと絶対額でも減少している．

このため，韓国の対日入超は変わらないものの，その差は▲34億ドルから▲19億ドルと大幅に改善されている．しかし，依然貿易赤字24億ドルの80％を占めている．

表－7　韓国の貿易推移

		輸　出		輸　入	
		'78	'82	'78	'82
総額（億ドル）		127	219	150	243
シェア％	日　本	21	16	40	22
	米　国	32	29	20	25
	英　独　仏	10	10	8	5
	サウジアラビア	6	5	9	13
	その他	31	40	23	35

表－8　韓国の対日貿易額　　億ドル

	'78	'82	増減
輸出	26	34	＋ 8
輸入	60	53	▲ 7
差	▲34	▲19	15

2.2.2　借款，技術導入における日本の地位

韓国の技術導入の推移をみても，70年代前半は，日本が72％を占めていたが，70年代後半には，54％へ低下した．一方米国は，この間18％から24％へ増加し，韓国における米国の経済的地位は向上している．

表－9　韓国の技術導入の推移　件数

	年平均	シェア（％）	
		日　本	米　国
'70～'75	73件	72％	18％
'76～'79	231	54	24

これに反し，2国間の援助では，77年1.7億ドルの内，日本0.8億ドル，米国0.6億ドルとほぼ2分していたが，81年には，3.3億ドルの90％を日本が行うといった，経済援助面で米国の肩代りの役割を日本が果している．

経済援助は，過去のベトナム，インドネシア等の例に明らかなように，常に政治的配慮で行われてきており，韓国の経済基盤の充実に日本が大きな関心を抱いていることの現われであろう．

表－10　2国間援助額　億ドル

		'77	'81	増減
総　額		1.7	3.3	1.6
内訳	日　本	0.8	3.0	2.2
	米　国	0.6	0.1	▲0.5
	他	0.3	0.2	▲0.1

2.2.3　日韓の貿易関係

日本からの対韓輸出は，78年から82年にかけて，大きな変化がなく，金属・機械類が大宗（82年64％）を占め，次いで化学工業品（18％）である．金属機械の中で鉄鋼を中心とする金属製品は16％にすぎず，主要な品目は，電機機器及び一般機械である．

一方対韓輸入では，78年から82年にかけて，構造変化の兆しがみられる．即ち，78年52％と大半を占めていた軽工業品（繊維中心）が，15ポイントの大幅な減少（絶対額では，微増）となった半面，金属製品（鉄鋼）が3％から15％へ急増したことである．農水産品は，21％と第2位の地位を

占めている．

中期的には，金属製品の輸入は，現状で安定し，軽工業品の微減，その他機械が微増することが予想されるが，大きな変化はない見通しである．

日本の対韓貿易を地域別にみると，近畿以西で約50％を占めている．（輸出56％輸入50％）

輸出では，金属機械，化学工業品が40％未満で平均より低く，軽工業品は，近畿以西が80％と大宗を占めているのが特徴である．

輸入についても，軽工業品は近畿中心に66％と大きなウエートをもち，又，農水産品は，下関での水産品の荷揚げが多く，中，四国で全体の44％を占めているのが目立つ．

地域的に近い日韓貿易でも，関東，中京地区のウエートは50％以上を占めている．

表－11　日本の対韓貿易，構成　10億円　％

	輸出			輸入		
	'78	'82	増減	'78	'82	増減
合計	1,257	1,229	▲ 28	536	802	266
(内訳構成) 農水産品	1.7	0.9	▲0.8	21.9	21.0	▲ 0.7
林産品	0.2	0.2	——	2.6	1.1	▲ 1.5
鉱産品	2.7	4.5	1.8	4.7	7.4	3.0
金属機械	70.7	63.8	▲6.9	13.1	24.9	11.8
金属製品	18.9	15.6	▲3.3	2.9	15.0	12.1
輸送機械	7.7	6.9	▲0.8	0.1	0.1	0
その他機械	44.1	41.3	▲2.8	10.1	9.8	0.3
化学工業品	14.9	18.3	3.4	4.2	5.9	1.7
重工業品	8.9	11.1	2.2	51.9	37.3	▲14.6
特殊品	0.9	1.2	0.3	1.6	2.4	0.8

表－12　日本の対韓貿易品種別地域構成（83年）単位％

	輸出				輸入			
	近畿	中四国	九州	その他	近畿	中四国	九州	その他
合計	29.5	10.4	4.6	55.5	24.6	22.5	3.0	50.1
農水産品	33.8	3.7	8.1	54.4	5.0	44.4	1.0	49.6
林産品	31.1	0.4	26.7	41.8	28.5	2.5	8.6	60.4
鉱産品	46.0	7.3	2.7	44.0	21.2	26.0	4.7	48.1
金属機械	23.6	10.9	4.4	61.1	16.4	15.8	4.6	63.2
金属製品	23.1	17.4	12.0	47.5	27.8	5.6	7.7	58.9
輸送機械	8.7	4.3	6.8	80.2	80.1	2.4	1.6	15.9
その他機械	25.4	9.3	1.4	63.9	7.4	29.6	0.5	37.5
化学工業品	27.3	3.5	1.1	68.1	39.3	11.2	3.1	46.4
軽工業品	50.9	18.6	10.5	20.0	48.2	15.5	2.2	34.1
特殊品	5.6	8.8	0	85.6	16.2	4.1	1.1	78.6

2.2.4 日本の対韓投資

日本の対韓投資は，1951年から82年の累計で13億ドルで，全体の2.5%を占めるにすぎない．国別でみれば，米国（26.3%），インドネシア（13.7%），ブラジル（6.7%），オーストラリア（5.4%），英国（4.3%），パナマ（3.8%），香港（3.4%），リベリア（3.2%），シンガポール（2.6%）に次いで，10位である．

表—13 日本の直接投資実績（100万ドル）

	'81	'82	'51～'82 累計
全世界	8,931	2,552	29,063
韓　国	73	103	1,312
比率%	0.8	1.3	2.5

表—14 日本の対韓投資目的調査

	回答件数	構成
労働力利用	153件	43%
販路拡大	115	32
現地政府の保護	71	20
その他	17	5
合　計	356	100

表—16 対韓進出企業状況

	計	～'69	'70～	'75～	'80～
合　計	*333	14	216	61	21
(内訳)					
電気機器	68	3	52	9	3
化　学	49	1	29	12	7
繊　維	40	2	30	5	0
機　械	34	1	17	9	2

注）*操業年次不明のものを含むため明細と一致しない。

表—17 進出企業の製品販売先等

		件数	構成
製品の販売先	日本へ輸出	48	27
	現地市場	93	52
	第3国へ輸出	38	21
原材料の調達	日本から輸入	45	52
	現地市場	37	43
	第3国から輸入	4	5

表—15 対韓投資の位置づけ

	件数	金　額 (百万$)	1件当り (百万$)	構成比	目　的
韓　国	1,105	1,312	1.19	2.5%	労働力利用
香　港	2,002	1,825	0.92	3.4	
シンガポール	1,373	1,383	1.01	2.6	
インドネシア	1,148	7,268	6.33	13.7	資源利用
ブラジル	1,215	3,545	2.92	6.7	

表—18 主な対韓進出企業（売上高：82年千ドル）

企　業　名	売上高	日本側出資企業	出資比率
三星重工業	258,187	石川島播磨	13.6%
Kolon Industries Ltd	241,682	東レ、三井物産	23.6
Gold S　tar Cable Co.Ltd	200,000	日立電線	33.3
第一合繊	140,948	東レ、三井物産	29.6
現代尾浦造船所	111,082	川崎重工業	5.0
Korea Synthetic Rubber Ind.	82,340	日本合成ゴム、三井物産	50.0
Han Kun Yakult-Milk Products	71,129	ヤクルト	38.3
Doosan Glass Co.Ltd	48,205	東洋ガラス、三菱商事	26.3
金星アルプス電子	44,538	アルプス電気	50.0

韓国への投資は，労働力の利用を目的とした，比較的小規模な投資が多く，業種別でも電気機器，化学，繊維，機械などが主要なものである．

1件当りの投資額でみると，1.19百万ドルと資源利用型のインドネシアの5分の1以下である．

韓国と同様なパターンの国としては，香港，シンガポールがあげられる．

対韓進出企業は，70年代前半に集中しており，その後大きく減少している．

これは，対韓進出の主要な目的である安い労働力を利用し，原料輸入，製品加工の上輸出するといった加工貿易型投資の優利性が，賃金の上昇に伴って，薄れつつあるためである．

対韓進出企業の主なものは下記の通りである．

電気，化学，繊維，重工，食品があげられている．

2.3 今後の日韓経済関係の行方

韓国側としては，対日貿易赤字の是正のために，輸入規制を含めた国産品保護政策をとる一方，日本側に対し，韓国の工業高度化の政策目標を達成するために，技術移転をより一層求めてくる．

現在，韓国側が実施しつつある工業高度化には，米国の優位な基礎研究・開発或いは最先端技術よりも，日本の得意な工業化のための応用技術が主に必要とされており，日本の果し得る役割は大きい．

日韓の国際市場での競合は，鉄鋼等で顕著に現れてきており，日韓の経済関係は，従来の安価な労働力利用といった企業協力ではなく，将来へ向けての工業分野への調整も含めた検討の上に立脚した新たなビジョンを構築する時期にきているといえよう．

3. 日韓の輸送量の実態と今後の展開

3.1 日韓の交流概観

3.1.1 人的交流

日韓の人的交流は，年々増加し，82年で往復140万人にのぼっている．

交通手段は，関釜フェリー等によるもの（10%）を除き，大半は航空機によるものである．

輸送量としてみた場合，日本における関東・北九州間の輸送人員は，81年で，往復547万人にのぼっており，日韓輸送人員はこの26%程度にすぎない．

表－19 日韓の人的交流 （千人）

		'72	'82	増減
日本人渡韓	合計	180	414	234
	観光	150	361	211
	業務公用	29	50	21
	他	1	3	2
韓国人来日	合計	86	285	199
	短期滞在	14	128	114
	在日韓国人	66	126	60
	他	6	31	25
合計		266	699	433

表－20 日本→韓国旅客便数 便/数

発着	釜山	済州	ソウル	計
東京	6		45	51
名古屋			(4) 5	(4) 5
大阪	14	(3) 3	(4)21	(7) 38
福岡	14		12	26
新潟			4	4
小松			(2) 0	(2) 0
熊本			1	1
計	34	(3) 3	(10)88	(13)125

（ ）経由地で外数

地域的には関西以西からの入出国者は，約52%を占めている．

今後，日韓の経済関係の緊密化に伴い，人的交流は拡大するものの，輸送量としては問題にならない．

3.1.2 貨物輸送

日韓の貨物輸送量は，78年16百万トン（輸出入）をピークに減少しており，82年には，輸出5.1百万トン，輸入6.7百万トン，計11.8百万トンである．

表－21 日韓貨物輸送量の推移 万トン

	'76	'77	'78	'79	'80	'81	'82
輸出	550	715	983	834	633	670	513
輸入	614	770	645	650	642	687	669
差	▲64	▲55	338	184	▲9	▲17	▲156

日韓の貿易は金額面でみれば，日本の大幅な出超（輸出が輸入の1.5倍）であるが輸送量としては，逆に輸入が輸出を1.3倍も上廻る入超状態となっている．

即ち，日本から韓国へは，付加価値の高い機械

類が中心なのに対し，韓国からは，繊維品，農水産品，鉄鋼製品のような単価の低いものがその中心となっている．

今後日韓の経済関係が，韓国経済の成熟に伴い，日本からの輸出は，より高度化し，また，韓国からも素材中心から加工品，組立品が増加することが予想され，輸送量の観点からは大きく増加する可能性は小さい．

尚，11.8百万トンの輸送規模は，関東・北九州間の9.3百万トンの約1.3倍，阪神・北九州間の16.4百万トンの約7割に相当し，日本の国内輸送の面からみても相当な輸送量といえよう．

3.2 日韓の貨物輸送量

3.2.1 品種別輸送量

日本の対韓輸出量は，78年から82年にかけて470万トンの減少を示したが，貨物の品種は，金属機械類・化学工業品主体で変化がない．

一方輸入量は，同時期24万トンの微増．内容は金属機械品が増加し，軽・雑工業品が減少している．（表—22，23参照）

3.2.2 貨物輸送の船籍及びフレート

日韓の貨物輸送量の82％は韓国船によって運ばれている．（表—24参照）

日韓の輸送は，日本の国内輸送とその条件は変わらず，その平均フレート（韓国船ベース）は，輸入で14$／TON，輸出は23$／TONと日本国内運賃と変わらない．この運賃差は，貨物の品種構成差によるもので，輸入がフレートの安い金属・機械が主体であるためである．

3.2.3 貨物輸送のコンテナ比率

日韓のコンテナ化は，神戸・横浜港からの定期航路では，90％近くに達しているがその他の不定期船ではコンテナは殆どなく，全体では25％程度で推定される．

コンテナ品の平均フレートは，22$／TONであり，コンテナ輸送量は296万トンとし，日韓全体のコンテナ運賃は，65百万ドル（約16億円）と試算される．（表—25参照）

今後，コンテナ比率は，製品の高度化によって上昇傾向は辿るものの，北米，豪州等の航路と異なり，小型船舶でのきめ細かな輸送が可能なことから，大幅に上昇する可能性は少ない．

3.2.4 地域別輸送量

日韓輸送を地域別にみると，近畿，京浜葉，中国，九州次いで中京地区の順である．近畿以西のウエートは，輸出で68％，輸入で70％に達している．

金額ベースでは，近畿以西の比重は輸出で45％，輸入で50％である（日韓の貿易関係参照）．これからみて，近畿以西の輸送品は単価の比較的低い

表—22 日韓の品種別輸送量 万トン

		輸出			輸入		
		'78	'82	増減	'78	'82	増減
合計		983	513	▲470	645	669	24
農水産品		44	19	▲ 25	36	31	▲ 5
林産品		5	4	▲ 1	24	12	▲ 12
鉱産品		34	13	▲ 21	73	73	——
金属機械		450	214	▲236	78	205	127
内訳	鉄鋼	253	119	▲134	10	149	139
	輸送機械	45	10	▲ 35	3	2	▲ 1
	その他機械	120	60	▲ 60	46	35	▲ 11
	その他金属	32	25	▲ 7	19	19	——
化学工業品		290	164	▲126	65	83	18
内訳	化学薬品	91	75	▲ 16	22	17	▲ 5
	その他化学品	74	48	▲ 26	8	13	5
	セメント	66	—	▲ 66	—	—	——
軽工業品		65	40	▲ 25	59	48	▲ 11
雑工業品		21	13	▲ 8	290	196	▲ 94
特殊品		73	47	▲ 26	21	19	▲ 2

表—23 品種別構成比 ％

	輸出		輸入	
	'78	'82	'78	'82
金属機械	46	42	12	31
化学工業品	30	32	10	12
軽工業他	24	26	78	57

表—24 貨物船籍 万トン

82年	輸出	輸入
計	513	669
韓国船	423	547
比率	82%	82%

表—25 日韓のコンテナ化 万トン

82年	輸出	輸入
韓国船	423	547
内コンテナ	107	135
比率	25%	25%

ものが多いといえよう．

表－26　地域別輸送量（82年）

	輸出		輸入	
	万トン	%	万トン	%
北海道・東北	9	1.7	13	1.9
京浜葉	110	21.5	120	17.9
北陸	9	1.8	5	0.7
中京・東海	24	4.8	67	9.9
近畿	206	40.3	375	56.1
中国	75	14.8	47	7.1
四国	6	1.1	14	2.1
九州	62	12.1	29	4.4
近畿以西	349	68.3	465	69.7
合計	511	100.0	669	100.0

一方，韓国の地域別には，輸送量全体の40％強を占める主要４港（神戸，横浜，北九州，東京）の相手港から判断すると，釜山が輸出で69％，輸入で87％の高率を示し，仁川を除くその他の港（木浦，蔚山，浦項等）も，韓国南部及び東部地域に集中している．（表－27参照）

これらの地域は，韓国の輸出産業の中心である造船・鉄鋼・電機・電子及び軽工業の工業団地が存在しており，当然であろう．

表－27主要４港（神戸・横浜・北九州・東京）の向先

		輸出		輸入	
		万トン	%	万トン	%
	釜山	151	68.8	244	86.8
	仁川	42	19.2	20	7.0
	その他	26	12.0	18	6.2
合計		219	100.0	282	100.0
（４港比率）		43.0		42.1	
主要港内訳	神戸	102	46.6	209	74.1
	横浜	80	36.5	48	17.0
	北九州	27	12.3	14	5.0
	東京	10	4.6	11	3.9

要約すれば，全体輸送量の60％が近畿以西と韓国東南部との間に集中している．この間の輸送距離は，７～800km にすぎず，輸送日数も２日未満である．

もし，将来日韓トンネルが開通し，トラック輸送が可能となった場合，この60％の内25％即ち全体の15％程度のコンテナ品がトラック輸送に変わる可能性を秘めている．

しかしこの場合，現状のフレートがわずか23$／TON であることを考慮すると，安いトンネル利用料を前提にしても，時間制約の極めて高い農水産品，輸送コストが影響しない高価格品に限られるであろう．

3.3　高速輸送機関の発達に伴う輸送方法の変化

日本の高速鉄道網（新幹線）及び，全国縦貫高速道路の発達に伴い，人的な流れと，物流において，どのような変化が起こったかを検証する．これは，韓国のモータリゼーションの進展と，日韓トンネルの成立によって起こる日韓の物流変化を占うことに役立つであろう．

3.3.1　人的流れ（旅客人員）

阪神・北九州（500km 圏）間では，新幹線，高速道路（関門架橋）の開通によって，その輸送手段は大きく変化した．絶対量では鉄道が34万人増加したが，何んといってもバスが０人から190万人へ大幅に増加した．一方航空機は絶対量で横

表－28　阪神・北九州間旅客人員

	'72		'81		差	
	万人	%	万人	%	万人	%
鉄道	228	47	262	37	34	▲10
自動車	0	0	190	27	190	27
船舶	61	13	68	9	7	▲ 4
航空	196	40	196	27	0	▲13
合計	485	100	715	100	230	——

這い構成比で40％から27％へ減少した．

南関東・北九州（1,000km 圏）では，新幹線の開通にも拘わらず，鉄道は250万人から192万人へ減少し，航空機が145万人から355万人へと2.4倍と増加した．ここでは，所要時間の差が大きく評価されている．（航空：1.5ｈ;新幹線：８ｈ）

表－29　南関東・北九州間旅客人員

	'72		'81		差	
	万人	%	万人	%	万人	%
鉄道	250	63	192	35	▲58	▲28
航空	145	37	355	65	210	28
合計	395	100	547	100	152	100

3.3.2　物の流れ

貨物輸送に関しては，高速道路網の充実に伴って，鉄道輸送から自動車輸送への変化がみられる

ものの，船舶輸送の役割は減少することなく，約70%を担っている．

自動車輸送は，時間の制約の多い農水産品，単価が高く輸送コストが大きな影響をもたない軽・雑工業品，更に半導体等の高度化した部品などに優位性を発揮している．

表—30　阪神・北九州間貨物輸送

	'72		'81		差	
	万トン	%	万トン	%	万トン	%
鉄　道	126	8	82	5	▲44	▲ 3
船　舶	1,193	73	1,188	72	▲ 5	▲ 1
自動車	322	19	374	23	52	4
合　計	1,641	100	1,644	100	3	——

表—31　南関東・北九州間貨物輸送

	'72		'81		差	
	万トン	%	万トン	%	万トン	%
鉄　道	144	19	100	11	▲44	▲ 8
船　舶	465	61	636	68	171	7
自動車	155	20	201	21	46	1
合　計	764	100	936	100	172	——

4.　今後の課題と展望

4.1　日韓経済関係の展開と経済統合へのきざし（EC 方式，水平分業への胎動）

4.1.1　第2次大戦後の日本の産業構造

他の先進諸国に比較して工業製品輸入比率の小さい〝ワンセット自給型工業構造〟となる

（理由）戦後の経済課題の特殊性

（膨大な労働人口，国際収支不均衡，巨大な国内市場）

極東に存在する唯一の工業国，有利な固定為替レート（～1971年）

非関税障壁（～1964年）

→輸出促進・輸入抑制

比較劣位にある産業も輸出市場に向わした

4.1.2　韓国の急速な工業化（輸出志向工業化）

→日本にとって水平分業圏を拡大すべき相手国が日本の近くに新たに出現→日本産業構造調整へのインパクト

（輸出志向工業化のメカニズム）

工業製品の輸出比率の増加→外資取得→大規模な資本材，中間財，技術輸入への充当→国内資本形成→高度成長への下支え→製造業製品の国際競争力の強化→製造業製品の輸出拡大→国内資本形成比率の増大（スパイラル状の発展）

4.1.3　対韓水平分業（同一産業内の分業）の動き及び生産品目の拡大

→中間財の交易誘発→工業化の相互波及

(1)　日本企業の直接投資を通じての企業内分業（いわば垂直的産業内分業）の性格が強い

(2)　同一産業内での輸出特化の方向（A）→（B）への傾向

(A)　資本集約財（日本→韓国），

※労働集約財（韓国→日本）

(B)　高位技術商品（日本→韓国），

低位技術商品（韓国→日本）

(3)　日韓相互依存度の増大と問題点

• 日韓の相互依存：繊維・革製品，電気機械，輸送機械の3業種の中間財相互需要を中心に進展して来た→中間財貿易を通じて相互の工業構造の直接的連関を強め→有機的経済圏形成へ寄与

• 工業化のパターンの特色，日韓の相違，今後の問題点

日本：全範囲工業化の充足的構造（輸出大・輸入小）ワンセット自給工業構造

韓国：部分工業化，非充足的構造（輸出小・輸入大）強度に輸入誘発的

(4)　不合理となった日本の自給型構造を崩すインパクトの増大（市場開放要請）と，それを促進する為の政策努力と必要な時間の到来→輸出競争力の高い日韓分業体制の形成（拡大された市場1億6,000万人の市場）→EC 方式への胎動

（参照）渡辺利夫・梶原弘和著「アジア水平分業の時代」

• 貿易収支黒字基調の定着（1965年前後）

• 工業品生産，特に機械は生産迂回度高く，財の種類も多く→交易量増大の原因

• 国際的下請体制に組み込まれた企業内分業の傾向あり

※ • 韓国の人件費 UP により ASEAN 諸国へ競争力が移る．

（例）電子部品の競争力移動

日本→香港→韓国→シンガポール→マレーシア→フィリピン→インドネシア

• 構造的な対日貿易赤字の原因

• 日韓，欧州のベネルックスと同様，東北アジア経済圏が環太平洋連帯の中核となる可能性あり

4.2 日韓物流動向

韓国の輸出競争力の強化と工業製品，機械類の輸出増大（表−32参照）

4.2.1 機械類輸出の急成長

アジア中進４カ国（韓国，台湾，香港，シンガポール）輸出総額での機械類輸出の比率

• 先進国との分業関係を垂直型→水平型へ変化させた最大の要因

• 機械類の範囲：一般機械，電気機械，輸送機械，精密機械

表−33

	1961年	1971年	1978年
韓　国	0.3%	9.0%	22.0%
台　湾	1	18	26
香　港	3	14	22
シンガポール	5	1	27

4.2.2 先進国の輸入総額に占める機械類の輸入比率

先進工業国（国内に機械産業を確立し，輸出競争力をもつに至った経済）でも輸入比率が高い．→生産される財の範囲がきわめて広く，垂直的連関において無限の深さをもつ機械産業は貿易相手国との間で，同一産業カテゴリー内部の輸出入（水平分業）を多角的に展開しうる中心的産業となりうる．

表−34

先進国平均	41%	工業製品の輸入比率
米　国	46%	(56%)
カナダ	63%	(79%)
英　国	35%	(67%)
スウェーデン	46%	(不明)
日　本	33%	(23%)
西　独	31%	(60%)

（　）工業製品の輸入比率　1979年

4.3 輸送手段の選択

4.3.1 日韓トンネルの性格→日韓両国の隣接化→交通の安定化，円滑化（自然災害の影響排除）

• 陸路，鉄道の両機能

• 浮上式リニアモーターカー（500km/h）相当の輸送機械を前提

——総延長235km＝30分間の距離→80km/h 自動車で高速道路40km 相当

• 国際的公共空間の創設——交通施設＋空間の多目的利用

4.3.2 日韓の経済動向と輸送ルート

• 水平分業化の進展

表−32

	国内総生産		農　業		工　業	
	1960年代	1970年代	1960年代	1970年代	1960年代	1970年代
韓　国	8.6	9.5	4.4	3.2	17.2	15.4
台　湾	9.2	8.0	3.4	1.6	16.4	12.9
先進国	5.2	3.2	1.4	0.9	5.9	3.1
日　本	10.9	5.0	4.0	1.1	10.9	5.6
米　国	4.3	3.0	0.3	1.2	4.9	1.2

	製　造　業		サービス業		(工業部門のウエイト)	
	1960年代	1970年代	1960年代	1970年代	1960年代	1970年代
韓　国	17.6	16.6	8.9	8.5	20%	41%
台　湾	17.3	13.2	7.8	4.1	29	※48
先進国	5.9	3.2	4.8	3.5	40	37
日　本	11.0	6.4	11.7	5.5	45	41
米　国	5.3	2.9	4.2	3.2	38	34

※1978年

①中間材を中心とした工業製品の物流増大→韓国南部，九州北部工業比率の効率的分業の促進

②日韓の有機的経済圏（比較優位財を組合せた高度な分業体制）の対外競争力の向上→北鮮，中国東北部，ソ連沿海州との垂直分業の進展→日韓物流の加速

・日韓トンネルの効果と輸送手段の位置づけ

①先端産業（Leading Industry）高速道路の相互依存（道路による輸送ルート，光ファイバーによる情報のNetworkの拡大—電子カンバンの様な効率的産業の発展）

②日韓トンネル（陸路）の成立→日韓両国の先端産業を中心とした水平分業化促進効果

・日韓トンネル成立後の各輸送手段の分担予想

物流：大半（工業製品等）トラック輸送—日韓トンネルを含めた高速道路の利用

緊急品，高価長距離品，空路，バルクカーゴ，海路

人流：＜500kmの大半，自動車≧500kmの大半，空路

・輸送量の予想——今後の検討課題

4.4 日韓トンネルと現地調査に基づく壱岐・対馬開発の展望

4.4.1 日韓トンネルの2面性

・日韓トンネル

Phase A　九州～壱岐・対馬トンネル架橋（約150km）—国内問題

Phase B　韓国～対馬トンネル（約50km）—国際問題

・日韓トンネル成立による経済統合前に離島，壱岐・対馬の開発の促進

（理由）①トンネル経由地の住民の協力取得
②国益

・日韓トンネルPhase A,Bの建設優先順位——今後の課題

4.4.2 対馬開発のポイント（Phase Aの重要性）

(1) 対等な立場にたった望ましい日韓パートナー作り

(2) 経済統合めざしての両国の条件の違いの当面の緩衝地帯

(3) 将来の東北アジア開発推進センターの役割をもたせる，その為下記の点配慮の要あり

①位置　国境の島（釜山まで53km，博多まで147km），韓半島，九州地域の中心

②歴史　大陸との交流の経由地

③めぐまれた自然条件，観光

④観光資源，水産業，林業

⑤通信の中継

⑥軍事面の重要性（日本海の入口）→国際協調のセンター

⑦絶海の弧島→歴史学的，民俗学的，生物地理学的に貴重な島（文化財の島）

・開発内容，今後の検討事項——開発計画をコンペできそうことも一案

（例）国際交流センター，研修センター，
国際会議場，海洋開発センター，
無関税，自由貿易地域

まとめ・Ⅰ　（1984年11月26日於，日韓トンネル研究会会議室）

交通経済学の観点からして，交通投資が果して経済的にペイするかという問題になりますと，建設後のフィジビリティ（事業化）は，ほとんどゼロに等しい．つまりいかにして建設コストを回収できるかということを考えた場合に，この位の巨大な大規模な投資をした建設費を，そこを利用する運賃を基本として回収しようとすることは100年を持ってしても，まず不可能であろうということが結論的にでました．これはもう初めから見えていることではあると思っていましたけれども，このようにデータを踏まえて確かめてみますと，なるほどはっきりとしてまいります．そこで先程，沼尻氏が締くくりで言われましたように，交通施設としてだけ考えるというようなものではない，もっと大きく，東北アジアの経済共同体，経済だけではなくて平和構造を作っていくという場合に，欠かすことができないインフラストラクチャーであるというふうに押さえることが，まず大前提である．そしてその場合にはどうしても多目的利用ということが入ってこないと，これは絶望的という御趣旨であると思われます．

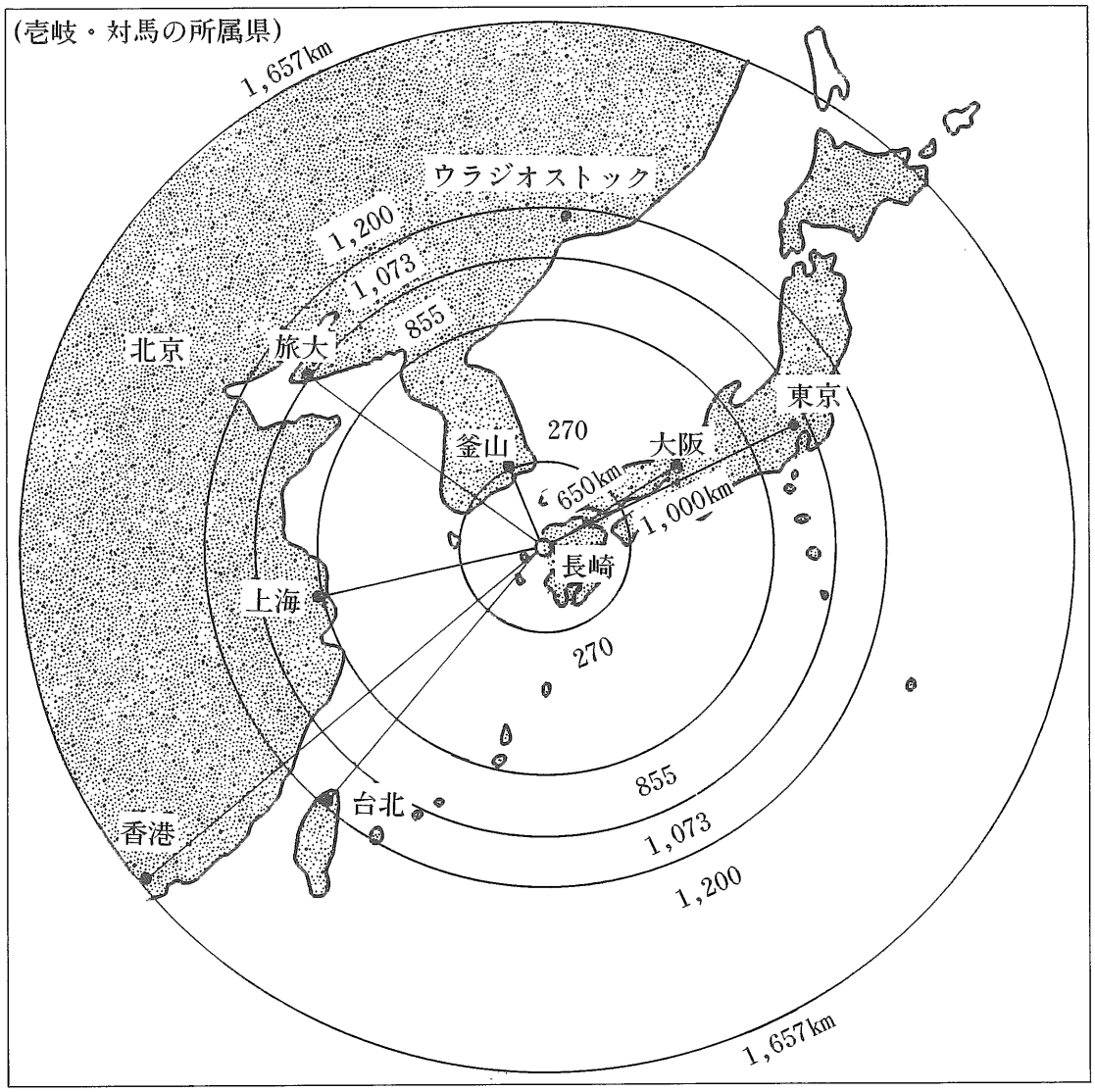
そして更に重要な点は，対馬という中継点を本当の意味での中継地，ターミナルにしていくことが重要である．対馬は日本にとって国境の島であり，日韓を結ぶ問題がある場合には緩衝地帯とい

資料—3 日韓トンネルと対馬の役割
（対馬開発の重要性）

うような役割を果し，更に単に日韓だけではなくて国際東北アジア共同体の，あるいは更に国際的な協力関係のセンターにしていくような施設をここに建設するということもこのプロジェクトの一つの目玉にするべきである．まず日本側としては当面対馬の総合開発ということを急いで検討する必要があるだろうというお話であったと思います．そこで今の交通経済上の問題につきましては，清水馨八郎先生もいらっしゃいますし，日韓経済関係につきましては大塚先生初めとして，今日はおみえになっていないと思いますけれども鳥羽先生初め皆様いらっしゃいます．政治関係は金山先生初め皆様いらっしゃいます．ということでいろいろな問題点，これから押さえなければならない問題点を後程御指摘頂ければと思います．

一番重要な点はそれでは一体，交通施設という話が今出ておりますけれども，交通施設の概念そのものがもう既に変ってきている．それは日韓というものを結ぼうとすると，物流に於てはトラックだという結論がこのデータから出てくる．これ

資料ー4　長崎県位置図（壱岐・対馬の所属県）



は非常に重要な発見であろうと思います．そして，実は昔の日本通運型のトラック輸送というものがすっかり様変り致しまして，トラック産業ではなくなってきている．というより日本に於てはトラック産業は成立しない．あるいはアメリカに於てもトラック産業は成立しない．そこにあるものは何かというとシステム輸送産業であると，つまり具体的に申しますと佐川急便であるとか宅急110番といったようなものが，現在トラック輸送の革新を成し遂げてしまった．そこで旧来のトラック事業体が大幅に今経営改革を始めている．これは一体どこに根本原因があるかというと，従来のトラック輸送はあるいは鉄道輸送というものは，需要待ち注文待ちであった．注文があった上で初めて動き始めるということをやっていたのです．ところが鉄道におきましても私鉄が非常に効率が良くなったのに対して，国鉄がどうにもうまくいかなくなった．国鉄はあくまでも需要待ちの体制である．それに対して私鉄の方は阪急・阪神から始まりまして，西武・東急と，全てディベロッパーとして，システム産業としてスタートしました．

最初にまず作ってしまって，そしてその供給を先にやってしまって，そして需要を引き出してく

る．初め与えてしまって，後から刈り入れるという方式を取ったわけですね．その言うなれば，授けた上で受け取るという授受作用的な発想方法ですね，これをまず私鉄においてはやってしまった．トラック産業に於いてはこれを佐川が真先にやった．黒猫ヤマトこれがまた大成功した．現在それがどんどん広がっているということでありますから，トラック輸送というものについては小規模というけれど非常に確実な根があるとすれば，それをそのようなシステム輸送産業として位置づけていくと，その為には大変な情報システムが必要になります．

その点が最後に沼尻さんが指摘した点であり，秋山さんがふれられた点であるのですけれども，これは道路そのものが非常に複合的な通信ネットワークの幹線にもなるし，それだけではなくて，バラボナアンテナを対馬に置いて，そして衛星中継をやっていくような場合，そういう空と宇宙とそれから陸と両面での通信システムによって，木目細かく各地の情報を一個一個のニーズというものをキャッチして，そしてどういう輸送がおこるのか，どういう物や人の移動がおこるのかということを摑んで動かしていくという時代に入ってきている．そしてそれをやっていこうとした場合に，必ずターミナルとして複合ターミナルが必要になってくる．これは私の見るところでは，恐らく対馬をおいて外にないだろう．日韓に於ては対馬にそのような共同一環輸送の複合ターミナルを作る．これはアメリカの方では出来てきていますけれども，日本にはまだこの複合一環輸送システムを民間でもって担いきれる程の仕組が出来ていない．

しかしそれは時代が要請している．ですからこれをハイウェイプロジェクトの一つの仕事として最初に入れてしまう．そしてそれに対応する国内での最初のターミナルとして，やはり先程吉武さん（地域設計研究所代表取締役）がおっしゃいました呼子の辺りが，これは非常に重要になってくる．その複合ターミナルというのは，必ず海・陸・空，全部を含んで全てを結合していく転換システムである．そのようなものを設計することが急を要する課題になっている．それは出来る．

それから更にそれを進めていく場合には，経営システムの立場からするとフランチャイズの方式を活用していく．フランチャイズの方式を活用した株式形態というのが非常に有望になってくると思います．その具体的イメージが今日詳しく申し上げるだけの準備が実は出来ておりません．何故かと申しますとこのようなデータが出て，まずトラックあるいはバスが伸びたとか，というようなことを見て驚いてしまいます．まるで想像していなかったといってもいい位です．そのようなことを踏まえて，これから3月までの締めくくりの作業と致しまして，今のどういうシステムを作れば，それでは経済的にもペイするということをシュミレートしてみたい．当初の予定とは相当大がかりな変更で，これからの作業は大変になることは目に見えているのですが，一応そのような格好で経済的には大変絶望的であるがゆえに，かえって非常に新しくハイウェイ構想の本来の趣旨がやっぱり正しいというか，そういう結論を中間的に持たされたということを申し上げて，私達からの中間報告を終らせて頂きまして，先生方からの御指導をお願いしたいと思います．

（注・最終的にシュミレートの作業は，今回の報告書の対象外となった．）

今後の要検討事項…韓国側からの問題点（清水馨八郎先生御指摘）

まとめ・Ⅱ

現在，欧米各国による対日経済批判は，激化する一方である．

批判者の側に，ユダヤ系の多国籍資本があり，ワシントンやロンドンの政府要路に影響力を及ぼし，マスコミを動かしている，と分析する向きもある．たとえば，宇野政美氏（中東問題研究センター所長）の主宰する「エノク」誌によれば，韓国の全大統領の訪日を象徴的な転機として，ユダヤ国際資本は，対日投資により対韓投資へと戦略を転換しつつあるという．これまで，「世界の工場」として日本の経済成長に協力してきたユダヤ系の流通・金融資本が，方向転換をして，韓国を新たな「世界の工場」として育成する道を選んだ，と見るわけである．すでに，1977—78年，ハーバードのアジア研究グループが，韓国経済研究のための特別プロジェクトチームを編成し，「次は韓国の高度成長だ」との合言葉のもとに，ワシントン

との連係プレーを演じはじめたのを，同大学の中で見ていた私の実感とその後の観察からしても，宇野仮説を否定することはできない．

とりわけ，懸念されるのは，訪日のセレモニー後の，米韓の親密度の増大が，日本からの対韓技術移転の拒絶をきっかけに拍車をかけられ，鉄鋼の対米輸出規制を受けた日本が同時に韓国からの鉄鋼輸入を増加せねばならなくなった現実の背景にある米韓協力の強化である．このような経済現象を生む国際政治力学の面で，見落としてはならないことは，米軍の極東戦略が新展開をはじめたことだ．日本列島防衛の努力に関して，日本の対応がなまぬるいと見た米国は，一旦縮小した佐世保基地を再拡張し，第7艦隊の大連（旅順）寄港の実現を中国に働きかけている．その目標が，対馬海峡の制海権にある，と見る小川和久氏の分析（「正論」6月号）は，中東における米国イラクの国交回復の連鎖反応としてのソ連イラン同盟の加速による中東戦争の新局面，ならびにそれにからむ極東軍事情勢の緊迫化というトレンドの中に位置づけてみれば，正解といえよう．

軍事優先の時代になれば，極東防衛の要塞は米国から見て韓国となり，その経済力強化は不可欠となる．その逆に，経済優先で独走する日本に対しては，ブレーキをかけるほかなくなるのであり，この力関係の赴くところ，日韓水平分業による経済共同体の形成へ，と展開せざるをえないのである．このような文脈において，私も，本報告書の見解を支持したいと考える．

日韓経済共同体の形成にすら日本が冷淡であるならば，自由圏の国際資本は，ユダヤ系にかぎらず，対日ボイコットを発動するにちがいないし，この日韓経済共同体は，排他的な小ブロックであってはならず，環太平洋共同体に有益なものでなければならない．

さて，このような自由共同体のなかで，対馬と壱岐の役割を考えることが大切なのだ．軍事的要衝にあって，しかも，平和の砦として，自由世界のすべての構成国から支持され共産世界へも愛をこめて平和へのよびかけをおくることのできる施設を，これらの海峡の島に創造することはできないだろうか．一つのコンセプトとして，「ザ・ホーライ・プロジェクト」と仮称する試案を次に記しておこう．

対馬に，国際赤十字の協力のもと，東西医学総合研究施設ならびに総合療養センターを開設する．韓国ならびに中国・台湾から東洋医学の権威と漢方医を招へいし，欧米から西洋近代医学の大家をむかえる．ユダヤ系ならびにアラブ系の研究者と投資も歓迎する．ここに東西の融合した生命科学の殿堂を築き，難病の克服に挑戦する．世界の生命保険会社の協力によって，長期療養のためのセンターを置き，恒久平和を国際赤十字の旗のもとに保障する．世界生命保険会社協会のクラブも建てて保険の牙城にする．

長生学の付属施設として，海産物の食品総合研究所，野菜の水耕栽培農場，海水淡水化プラントも必要である．リハビリテーションのための体育施設も，海陸に展開する．土地が足りなければ，沖合に人工島をつくる．精神の疲労を癒し，霊性を高める芸術センターも併設する．

対馬は，長崎県に所属するが，現代版の出島として，タックス・ヘイブンとし，保険金融を中心とするオフショア・マーケット機能をもたせる．

むかし，秦の始皇帝は，不老不死の霊薬を産するという東方の「蓬萊島」へ，臣下の徐福を派遣した．その薬を手に入れた徐福は，遂にそこに永住した．その「蓬萊島」の現代版が対馬の生命科学芸術センター「ザ・ホーライ」なのである．

壱岐は，「ザ・ホーライ」を全面的にサポートするためのハイテクノロジー基地とする．

水深100メートル未満の周辺海域を全面的に利用して，海底ロボット工場群を建設し，壱岐本島の地上コントロールセンターからの遠隔操作により，対馬センターで必要とされるエレクトロニクスの補給・保繕作業が休みなく続けられる．その設計にあたっては，越村信三郎教授提案の「シードラド」方式を採用したい．

北九州全域には，人間科学芸術センターに参集する世界の人々を前提とするさまざまな新規事業や再開発の機会が生まれる．早晩，国際ハイウェイと直結した国際海上空港を建設することになるであろう．太平洋をこえて飛来した患者は，ただちに救急車に移されて「ザ・ホーライ」へ直行する．

「ザ・ホーライ」への道が，国際ハイウェイである．この道は，乗用車，バス，トラック，コン

テナー・トレーラーを輸送手段とする．そのために，日本領内は，橋梁が主力となるであろう．対馬海峡西水道に関しては，トンネルが主力になるとすれば，輸送システムを現在考案させているものの中から選ぶとして，ピギーバック方式のほかにM.I.Tのデビッド・ウィルソン教授発明のパレット方式も研究に値するであろう．

このような施設が創造されれば，おのずからプロジェクト・ファイナンスへの新しい道も開けてくるのである．その詳細設計は，我々の「クリエイティブ・ファイナンス」のノウハウによって開発可能なのである．

(1985年5月1日)

中川　學

参考、引用文献一覧表

著者名	発行年	書名	発行所
日韓トンネル研究プロジェクト総括／環境委員会	1983	日韓トンネル研究プロジェクト 第1次基本構想予備調査分析報告書	国際ハイウエー研究所
国際ハイウエー建設事業団	1983	国際ハイウエイ・プロジェクト基本構想	国際ハイウエー建設事業団
中川　學	1982	巨大技術の時代が来た	ＰＨＰ
内藤克人	1982	匠の時代（第3巻）	講談社
川喜田二郎	1964	パーティー学	社会思想社
環太平洋連帯研究グループ	1980	環太平洋連帯の構想	大蔵省印刷局
渡辺利夫、梶原弘和	1984	アジア水平分業の時代	日本貿易振興会
岡崎久彦	1984	戦略的思考とは何か	中央公論社
福地嘉彌	1983	日本を変える／極東回廊の改造で未来を制す	広世出版
鳥羽欽一郎	1984	これからの韓国	サイマル出版会
中谷和男	1984	韓国事情・今の読み方	講談社
日経ビジネス	1983	韓国特集・日韓共同市場構想	日経マグロウヒル社
石井慎二	1984	朝鮮・韓国を知る本	ＪＩＣＣ出版局
中嶋嶺雄	1982	中国—歴史・社会・国際関係	中央公論社
曽村保信	1984	地政学入門	同上
高野　猛	1982	世界地図の読み方	日本実業出版社
ニューガイド編集部	1984	ニューガイドトップ⑯九州	弘済出版社
日本交通公社出版事業局	1983	新日本ガイド九州〔1〕	交通公社
永留久恵	1977	対馬～自然と文化	大神企画㈱
津江篤郎／蒲田明夫	1984	対馬	扇　長雄
長留久恵	1978	対馬の文化財	杉屋書店
平山国調	1984	対馬藩秘史物語	長崎出版文化協会
永留久恵	1977	対馬の歴史探訪	扇　長雄
長崎県対馬支庁	1981	改訂つしま百科	長崎県対馬支庁
日本道路公団経済調査室 国民経済研究協会	1975	高速道路が九州地域経済に及ぼす影響に関する調査	日本道路公団 国民経済研究協会
日本道路公団審議室 国民経済研究協会	1984	先端産業における高速道路の役割	同上
石井威望	1984	日韓の世紀が始まる（Voice 7月号）	ＰＨＰ
謝　世輝	1984	米ソ時代の終えん（同上）	ＰＨＰ
ＴＩＭＥ	1984	South Korea Land of the "Can Do" (Vol.124, No.11, Sept.10,1984)	ＴＩＭＥ
Bartholomew	1976	World Travel Map Eurasia	Bartholomew
昭文社	1984	エアリアマップ　対馬	昭文社

国土を担う！

建設コンサルタント

営業種目
1．建設事業の計画ならびに設計に関する相談および指導
2．建設事業の計画調査およびフィージビリティーレポートの調整
3．建設事業の設計および工事監理
4．地すべり事業の総合調査および解析
5．地すべり対策工事の計画および設計
6．砂防事業の調査、計画および設計
7．各種事業の地質調査
8．水理模型実験および土質試験

日本工営株式会社

代表取締役会長　久保田　豊
代表取締役社長　池田　紀久男
代表取締役副社長　黒田　晃

本社　東京都千代田区麹町5－4　(03)263－2121
技術研究所　埼玉県東松山市松山小松原砂田2960　(0493)23－1300
支店・営業所　仙台(27)3525　札幌(281)1561　大阪(343)1173　名古屋(971)2521　金沢(32)3155
福岡(781)3740　広島(21)8086　沖縄0988(68)7712　長野(26)8092　甲府(52)3555
新潟(25)0789
海外事務所　韓国・インドネシア・ネパール・ナイジェリア・タイ・フィリピン・バングラデシュ・マレーシア・スリランカ・シリア・ヨルダン・ケニア・タンザニア

日韓トンネル関連地域開発整備計画

吉武　祐一*

1.　調査の目的と方法

日韓トンネルの建設・供用に伴う社会環境への影響は，関連地域の人口，土地利用，交通体系等の社会的基盤や地域経済において建設，供用開始それぞれの段階に予想される．

中でも日韓トンネルのルートに想定されている壱岐，対馬，東松浦半島及び多久地域においては，情報，人，物資の流れによって地域の都市構造や産業構造が大きく変化し，住民の生活にも直接的な影響が予想される．従ってこれらの影響を踏まえ，地域振興整備という立場から関連地域の活性化を図ると共に自然や歴史的遺産等の地域資源を保全し，生かしていく必要がある．そこで本調査では地域振興整備という観点から，壱岐，対馬，東松浦半島及び多久地区について，開発整備の基本計画を策定する．

本調査では次のような調査方法をとっている．

1.1　広域レベル*での地域振興整備の方向性

まず前年度までの調査に基づいて広域的レベルでの地域課題及び，地域ストックを抽出する．

これらの地域課題や地域ストックを踏まえ，上位計画，関連計画，トンネル建設のインパクトの活用，韓国の現状等を広域的レベルでの地域振興整備にいかに反映させていくか，その方向性を探る．

*広域レベルとは，主として工業等の基幹的な産業への影響が予想される地域であり，ここでは福岡県，佐賀県，長崎県の3県を設定する．

1.2　広域レベルでの地域振興整備計画

1.1で検討した地域振興整備の方向性に基づいて，広域レベルでの地域振興（ソフトな面）及び地域整備（ハードな面）の基本構想を策定する．

1.3　拠点地域振興整備の方向性及び拠点地域開発整備計画

各拠点地域の現況を把握し，課題及び既存ストックを抽出し，また1.2で策定された広域レベルでの地域振興整備計画との整合性を図りながら拠点地域の振興整備の方向性を探る．さらにこの方向性に基いて，各拠点地域の振興整備計画を策定する．

2.　広域レベルでの地域振興整備の方向性

広域レベルでの地域振興整備の方向づけは以下の通りである．

2.1　地域の持つ既存ストックの活用

トンネル開発効果の積極的な活用を図るためには，企業誘致等，外部から新たな機能を持ち込むだけでなく，地域の既存ストックを最大限に活用

*地域設計研究所㈱代表取締役社長

していくことが，地域の長期的な発展と安定を確保する道である．従って農林水産品等地場資源の活用，地域の技術・経験・伝統等の蓄積の活用，及び観光資源の活用を積極的に進めることとする．

2.2 上位計画，関連計画を踏まえた地域振興策の導入

国も地方も財源難の続く今日，地域振興整備も従来型の国庫補助中心の中央依存型のあり方から，自前活力の創出型整備に向けて大きく転換を迫られている．一方，テクノポリス，テレトピア等にみられるように，個性的な地域活性化努力に対しては従来になく国が地域活性化に援助を増大するすう勢にあり，またバイオテクノロジー（遺伝子工学），新素材，ニューメディア等にみられる技術革新は，従来のシステムの枠組をこえて都市機能集積に乏しい地域にも，未来型の生活・産業システムを導入することを可能としつつある．

これからの地域振興整備にあたっては，地域の側でもこれらの動向を踏まえ国・県の諸制度の活用を図りつつ，新しいシステム導入を積極的に検討していくことが重要な視点となる．

2.3 日韓トンネル開発効果の積極的な活用

日韓トンネルのインパクトを活用して，地域振興整備を図るためには以下のような方向性をもたせる必要がある．

(1) 広域的な機能をもつ拠点都市を形成することによって，地域の経済・社会の発展に結びつける．
(2) 日韓交流を軸とする，国際交流拠点を形成することにより，物資・情報・人間等の国際的流動を活性化を図る．
(3) 地域の交通利便性向上を活用し，圏域内の地域相互の交流を活性化する．
(4) 物流機能の向上を活用し，地場産業の振興による経済基盤の強化を図る．
(5) 産業立地ポテンシャルの向上を活用し，企業誘致によって地域経済の発展を図る．

2.4 韓国の現況を踏まえた地域振興整備

韓国は第5次5カ年計画の中で，産業構造の転換を図り，より先進型の工業構造の実現をめざしている．この中ではエネルギー節約，技術革新，及び人材開発に重点を置き，機械工業の競争力を高め，電子工業の高度化に力を入れている．(事実，近年の韓国の産業は総体的に第1次産業から第2次産業へと構造的な変化を示している．)

輸出面では輸出構造の高度化を図るため，機械工業部門における輸出産業化を推進し，品質，生産性の向上に力を入れ，輸出競争力を高めることに重点を置いている．

以上の背景の下で，日本は韓国の輸出市場の第2位を占める国であり，輸入では日本が第1位の相手国となっている．また近年，エレクトロニクス部門での民間レベルの技術協力の動きが始まっている．今後世界経済の重要な役割を担うことが予想される東アジアの中で，日本韓国相互の文化・産業の交流技術面での協力体制は，不可欠のものとなっている．

日韓トンネルの建設はこうした日本・韓国相互の交流を促進する大きな要素となり，広域レベルでの地域振興整備において，以下にあげる方針を反映させる必要がある．

(1) 日本韓国間のみならず広く国際的な文化・技術交流の場を設ける．
(2) 韓国側からの供給が予想される資源の有効利用や先端産業の技術協力を促進する施設を立地させる．
(3) 日韓間の貿易拡大のため流通機能を充実させる．

3. 広域レベルでの地域振興整備計画

地域振興に関しては，国際・国内の発展との連携，新しい社会システムの導入先端技術産業の導入の3つの方針をとる．

3.1 国際・国内の発展との連携

新産業革命時代に対応しつつ日韓トンネルのインパクトを最大限活用した地域振興は，流動する国際化社会の中でもそのあり方を問われている．

地域の産業発展，都市機能充実という地域定住環境の向上のみを指針としたミクロ的な地域振興は，地域の発展にとっても既に限界性を持っている．特に日韓トンネルによる地域の国際化状況下での地域振興は，各地域開発整備が北部九州をは

じめとする国内開発を促進し，さらには韓国をはじめとするアジア諸国との経済・文化交流を真に促進してゆくようなマクロな視点からとらえることにより，地域の飛躍的発展もまた可能となるといえる．

3.2 新しい社会システムの導入

産業革命時代の中で大きく変わりつつある世界に地域を位置づけ発展させてゆこうとする際，新しい社会システムの導入は不可欠のことである．各地域の特性，独自性に沿った新社会システムの導入によって地域の定住環境は充実し住みがいのある地域社会として旧来の地域構造を越えてゆくことができよう．このような各地域の社会システム導入による地域活性化は，九州（国内）全体の活性化へと連動してゆくだろう．また新社会システムの導入は，自然と人間との共存，定住環境の充実を可能とする．

3.3 先端技術産業の導入

近年，重化学工業中心の開発や，大規模開発の行き詰まりの反省から，先端技術産業に対する関心が高まりつつある．これからの日本の産業の発展における新しい成長分野として期待されている先端技術を誘致，振興することによって　これまで開発が遅れていた当地域の活性化を図る．この際，地域の特性を十分に考慮した地域独自の開発計画が必要である．

地域整備に関しては，土地利用，交通体系について以下のような構想を打ち出す．

3.3.1 土地利用構想（拠点配置構想）

日韓トンネル建設を踏まえて国際・国内・地域の3レベルの振興を図っていくための，拠点配置を構想する．

そのためトンネル沿線の対馬・壱岐・東松浦半島そして多久の4地域を以下に示すそれぞれの機能分担の拠点として位置付け，国際交流・北部九州の発展・地元地域の振興の相乗効果を高めるよう整備を図るものとする．

(1) 国際交流　アイランド対馬

韓国との国境に最も近い対馬地域は，日韓両国の国境交流拠点として経済・文化交流を深める場としていくとともに，特に国際自由貿易の拠点として整備を図り，香港・シンガポールと並ぶ国際自由市場の形成を目指す．また離島ならではの美しい自然と歴史・文化資源を背景とした国際観光の拠点としていく．

(2) レストランド壱岐

壱岐地域は立地条件の向上と豊かな自然環境を踏まえて，九州における保養・レジャーの拠点として国内外の人々の高級リゾート宿泊地として整備を図り，レストランドとして新たな発展を図る．

(3) ハイテックソサエティ東松浦

トンネル玄関口にあたる東松浦半島は，その中心都市唐津市においてトンネル内交通のコントロール拠点として整備を図る．また唐津焼の技術の蓄積を背景とするファインセラミックス企業の誘致をはじめ先端技術の集積を進め，九州の新たな工業拠点としていく．また半島地域の一体性と都市機能充実を図るため，情報・交通等の新技術を駆使したシステム導入を進め，半島全体の経済・生活・文化の新技術に支えられた発展を目指す．以上の方向のもとに東松浦半島地域はハイテックソサエティとして新な発展を図る．

(4) 国際産業交流都市—多久

トンネル延長線上に位置する多久地域は，九州横断自動車道との結節点となる立地条件を踏まえて，日韓両国をはじめ東アジア・太平洋地域諸国の国際交流拠点として整備を図る．そのため国際会議場，国際見本市会場（メッセ）をはじめとして政府・民間各層の政治・経済・文化の調整・交流機能の集積を図り，国際交流都市の形成を目指す．また多久I·Cを活用して職住一体の工業開発を進め，北部九州，特に佐賀県の工業開発を加速していく．以上の方向のもと多久地域はインターナショナル・コングレスシティとして新たな発展を図るものとする．

3.3.2 将来交通体系

日韓トンネルの建設により，九州の国際的立地条件は一挙に向上していく．日韓トンネルを組み込み，各上位計画より想定される将来交通体系は図－1に示す如くである．これら高速自動車・新幹線・航空路の充実により，日韓両国間の旅客流動が高まるとともに，トンネル拠点地域の開発，周辺大プロジェクトの開発が促進される．また離

島からの安定した交通手段が確保されるとともに，各都市間の時間距離短縮が図られる．

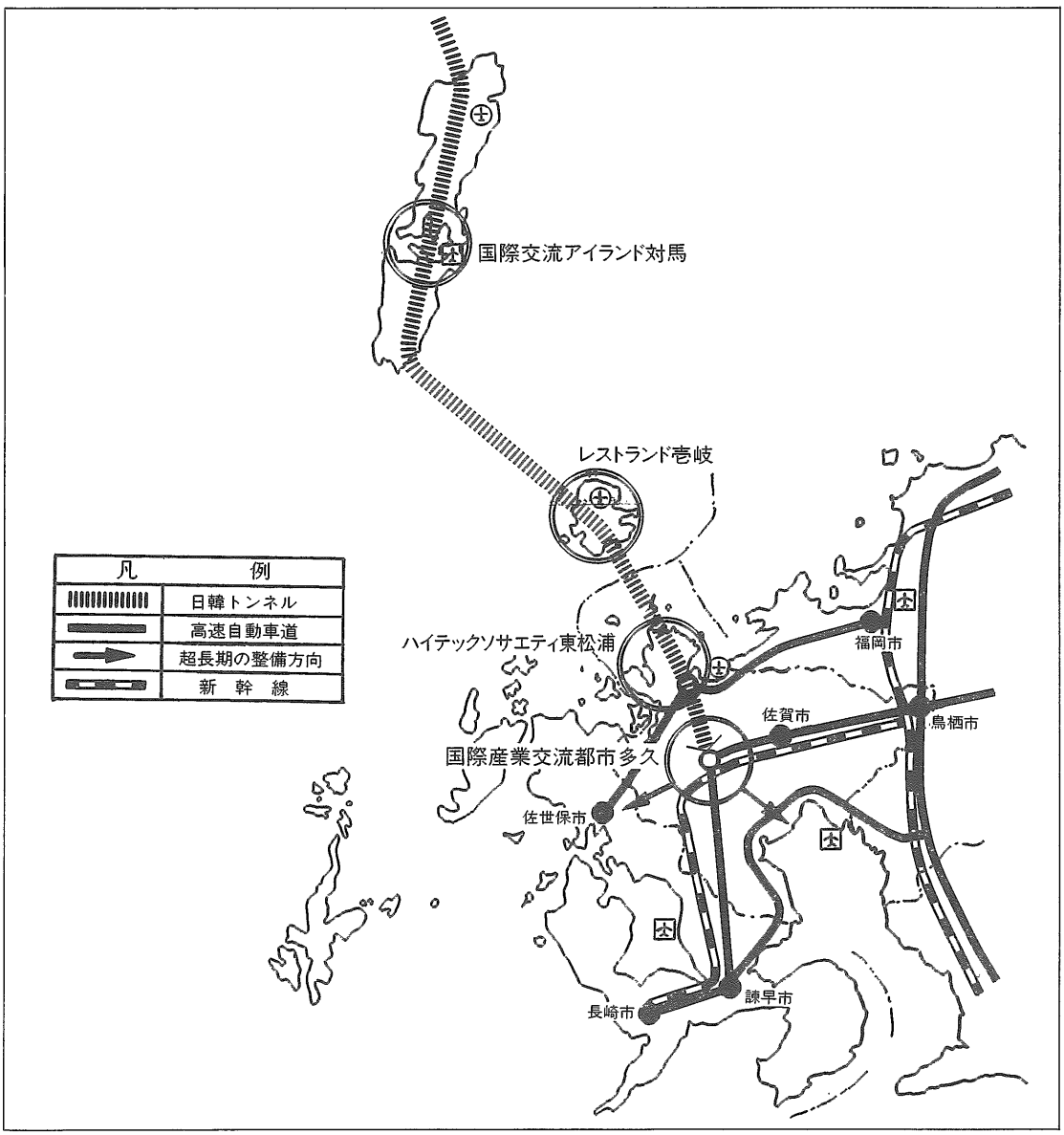
4. 地域振興整備の方向性及び拠点地域開発整備計画

広域レベルでの地域振興整備の方向性に沿い，また地域課題の解決に導くよう各拠点の地域振興整備の方向づけを行い，施設配置や都市構造等を検討し，開発整備計画を策定する．

4.1 対馬地域

4.1.1 島の資源を活用した新時代の食糧・観光基地の形成

基幹産業である水産業については栽培漁業の振興により魚種・漁獲の増大を図る．また農林業は対馬牛，対馬しいたけをはじめとする産品の産地形成力を強化するとともに，農地の地勢的制約を克服するため，先端技術の導入により非土地利用型農業の開発を推進する．さらに，日韓トンネル建設による交通立地条件の向上に対応して市場拡



図－1　将来交通体系

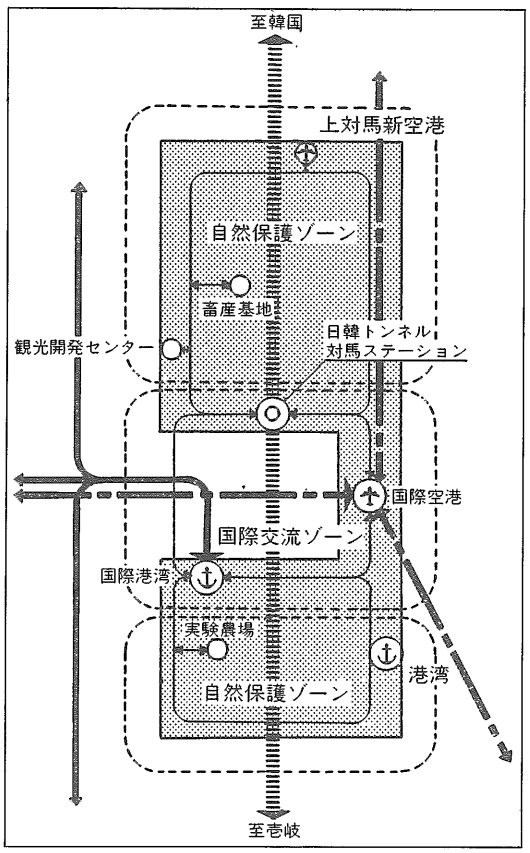
大を図るべく流通加工機能，商品開発機能を確立する．また産業基地と連動して新たな観光資源育成を進め，一方では，浅茅湾周辺の美しい溺れ谷など既存の資源を保護することによって観光地としての魅力の増大を図る．

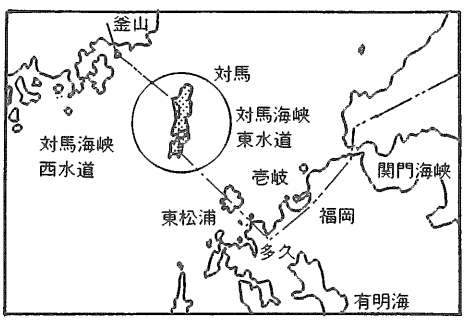
●導入施設—海洋牧場．畜産基地．実験農場．流通加工センター．観光開発センター

4.1.2 日韓両国の架橋としての文化・観光交流拠点の形成

海峡の中心に位置し，歴史的な日韓交通の中継拠点という条件を踏まえ，フリートレードセンター，インターナショナルコングレスセンターを建設し，新たな対馬の特色として文化・観光の拠点機能確立を図る．

●導入施設—フリートレードセンター．インターナショナルコングレスセンター





拠点—1　対馬地域

4.1.3 新しい社会システムの導入による島嶼定住環境の向上

離島の生活と産業活動の不便を克服するため，新技術を駆使した生活・産業システムを導入する．そのためテレトピア計画と連動してニューメディア利用による医療情報，生活情報など多元情報システムの導入を図る．

また地場産業の現代化に向けて先端技術農業システム，海洋牧場，林業機械システムなど産業システムの導入を図る．

さらに生活と産業のエネルギー供給に向けて島の自然条件を活用し，波動，潮汐などの海洋エネルギー，また風力・太陽熱エネルギーのシステム導入を図る．

4.2 壱岐地域

4.2.1 地域の自然を活かした観光拠点の形成

壱岐島が持つ豊かな自然を生かすことによって北部九州圏の観光の拠点づくりを図る．このために，トンネルの建設による環境への影響を最少限に抑え，また観光施設の建設においても大規模な開発は避け，中，小規模の施設を点在させることを方針とする．

ここでは，学生を対象としたセカンダリースクール，大学セミナーハウスなどの校外教育施設や社会人を対象にした企業研修施設などを自然に溶け込む形で建設する．

●導入施設—校外教育施設・企業研修施設

4.2.2 観光客の流入に伴う地場産業の活性化

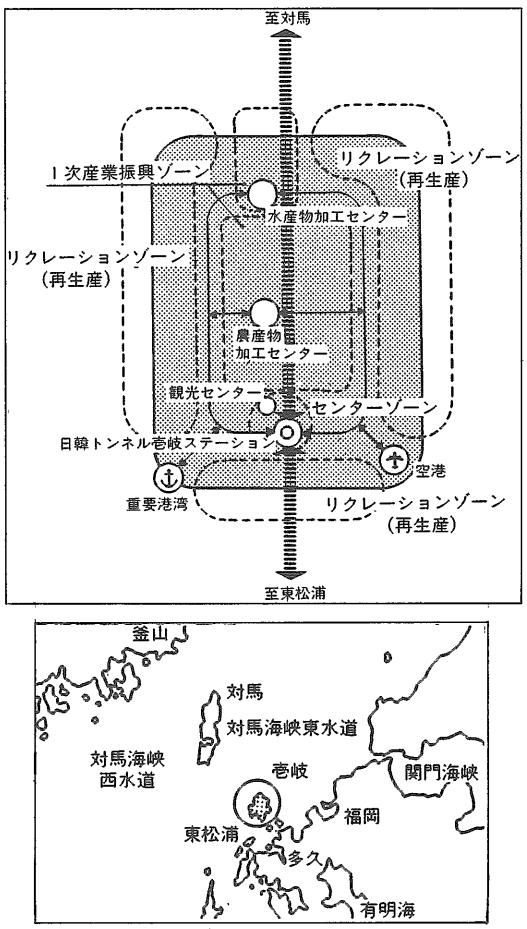
大規模開発を避けることによって自然の破壊を防ぐことは，地場産業である農業，水産業を守ることにも通じる．また4.1.1であげた観光客の流入により需要の増加が見込まれ，地場産業の活性化が図れる．この際この需要の増加に対処するため供給システムを確立し，農業及び水産業のセンター的機能を充実させる必要がある．

●導入施設—農産物加工センター．水産物加工センター

4.2.3 新しい社会システムの導入による定住環境の向上

観光客の流入に伴う，生活雑排水やゴミの増大は，自然破壊を招き観光資源の損失にも通じる恐れがある．これを防ぐため新しい社会システムとして分散型排水処理システムや廃棄物処理システムの導入を図る．

また，前述の地場産業の活性化のために海洋牧場システムや先端産業技術農業システムを導入の必要がある．



拠点－2　壱岐地域

4.3 東松浦半島地域

4.3.1 地域特性を生かした産業基盤の強化

玄界灘の沿岸漁業，上場台地の畑作，唐津焼等の地場産業，また唐津市の工業集積，玄海国定公園の観光資源など地元の多様な産業集積を生かしつつ，唐津市の妙見工業団地等への新規産業導入を図り，東松浦半島の工業を軸とした産業開発を推進する．特に妙見工業団地においては地元の焼物産業(唐津焼)の技術を活用したニューセラミックス産業の導入を図り，工業開発と地場地業の連携強化を図る．

●導入施設—地場産業振興センター．新産業振興センター

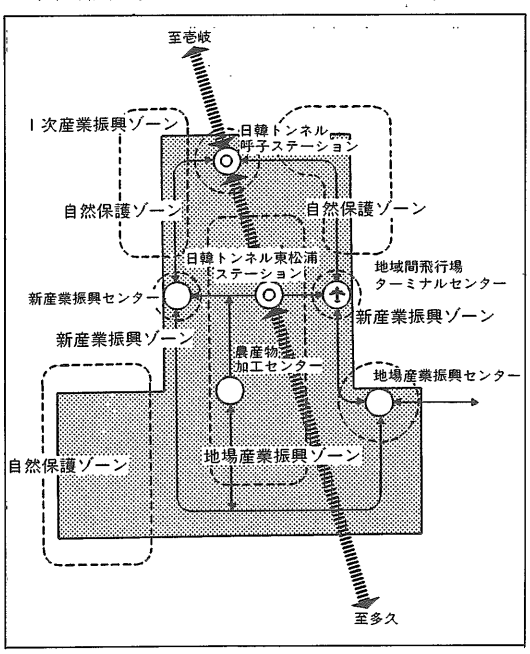
4.3.2 日韓の玄関口としてのターミナル拠点の形成

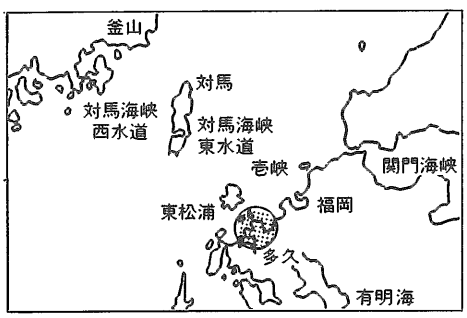
日韓トンネルの玄関口として，呼子に観光ターミナルセンター，観光宿泊施設を設置し，トンネル利用者への各種サービス機能の導入を図るとともに，トンネル利用交通の調整機能確立を図る．

●導入施設—宿泊施設．ターミナル施設．地域間飛行場

4.3.3 唐津市を中心とする新しい社会システム導入による半島定住環境の向上

東松浦半島の産業の高度化を図るため，トンネ





拠点－3　東松浦地域

ル建設に伴う道路網調整と対応して情報幹線ネットワークを構築し，産業情報システムの確立を図る．

唐津市を核として半島の一体的定住環境を整備するため，原子力，火力発電所排熱エネルギーの地元還元，海洋エネルギー等のローカルエネルギーシステム等を開発する

4.4 多久地域

4.4.1 I.C 機能を生かした流通産業基地の形成

多久 I.C 建設に対応して予定されている別府工業団地（仮称）計画を核に地元の資源・労働力を活用した職住一体の流通団地・流通加工団地の建設を図る．多久 I.C は唐津市経由で日韓トンネルと接続するとともに，佐賀県西部の佐賀・唐津・武雄また長崎県北部の佐世保市等との諸都市と高速自動車道により結ばれる結節拠点 I.C である．このI.C 機能を生かし，多久市を佐賀県西部から長崎県北部一帯における中核流通産業基地として形成し，開発真空地域からの脱却を目指すものである．また，この流通産業基地は日韓トンネル並びに高速自動車整備に伴う韓国・九州間の物流誘導と佐賀と長崎両県の物流円滑化を促進し，広域的な工業開発に寄与せんとするものである．

●導入施設—流通団地・流通加工団地・住宅団地

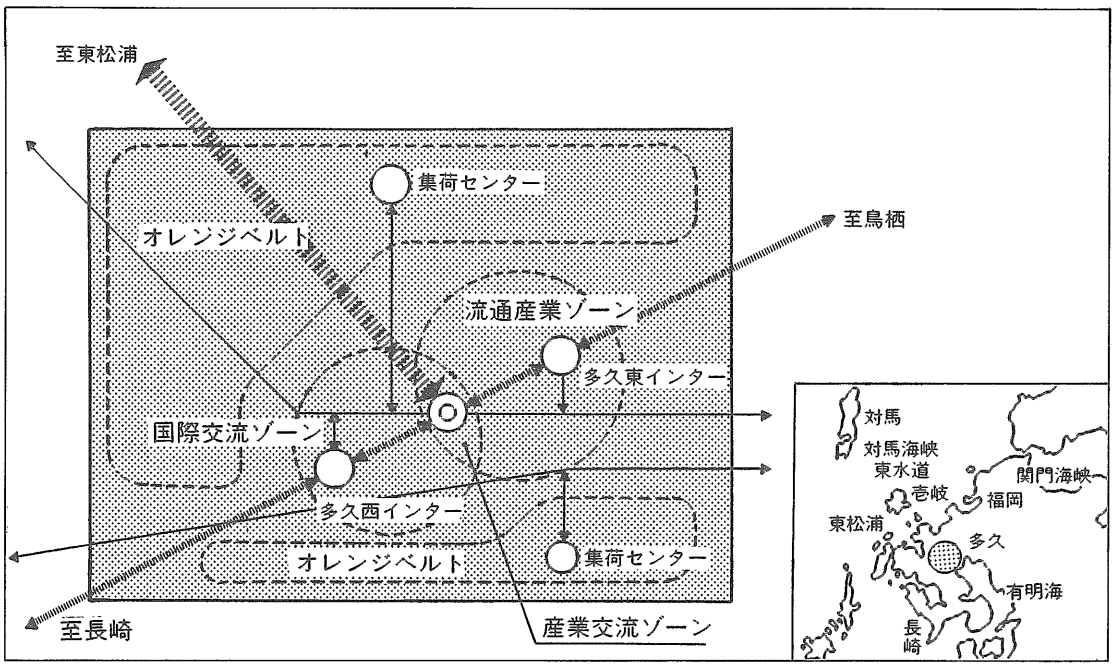
4.4.2 日韓トンネル建設を契機とした国際交流拠点の形成

日韓トンネルへの接続と，北部九州諸都市への交通接続機能を合せもつ多久 I.C を核に多久盆地のまとまった平坦地を活用して，日韓間をはじめとする東アジアの国際交流拠点を形成する．そのため国際化時代のなかで複雑化する交流・調整経済活動等の諸国間関係を円滑化するための国際情報センター，国際見本市会場，日韓総合展示場等の諸施設の集積を図る．これにより，多久市を新たな国際都市として拠点性を高めるとともに，高次都市機能の集積，文化の充実により都市整備を加速していくものである．

●導入施設—国際情報センター．国際見本市会場．日韓総合展示会場．在日外国公館

4.4.3 新しい社会システム導入による21世紀の中核都市機能の充実

多久市の新たな産業・文化都市形成に対応して定住社会環境の向上を図るため，21世紀へ向けた未来都市機能の充実を進める．そのため，多久 I.C を核とする道路体系の整備とともに，住宅団地（雇用住宅）と市街地を核とする新交通システムの導入を図る．またニューメディアを用いた生活映像情報システムの開発導入を進めるなど，新技術を活用した都市基盤整備を図る．



拠点—4　多久地域

綜合建設・設計・施工

建設大臣登録

株式会社 幸世建設（しあわせ）

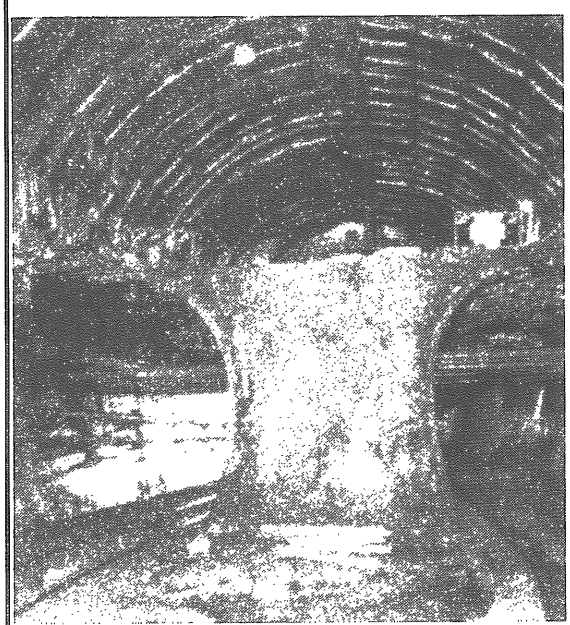
代表取締役 松山貢三

本社 千葉県千葉市千種町107番地の1
電話（代）0472－59－7744

支店 長崎県下県郡厳原町
電話（代）09205－2－5206

Sumicon 調査の総合コンサルタント

住鉱コンサルタント株式会社



当社が地質調査を行った青函トンネル

トンネルの計画調査から
施工監理まで

本社：東京都港区新橋4-24-8
TEL.03(434)8941(代)

支店：札幌 011(221)3381
仙台 0222(61)6466
大阪 06(584)1113
四国 0897(33)3123

韓半島南岸部の内湾度

——極浅海域の海洋地質、その8——

Embayment Degree of Several Bays on the Southern Coast of the Korean Peninsula
—Marine Geology of Very Shallow Portions, Part8—

満塩　大洸*
T. MITSUSIO

ABSTRACT

32 embayments (bays and ports) of the southern part of the korean peninsula, including 9 bays from the southwestern part, were examined according to the degree of embayment which is defined by the writer (Mitsusio, 1967).

Consepuently, the results are generalized on Tab.1, and there are mostly "closed bays" with 1.0 of the degree of embayment. Some of them are" strongly-closed bays", and several are "opened bays". And the depth of the embayment is less than 23m, and the bottom sekiments are mostly mud and rocky bottom. The main direction of bay-axis is NS, and this is well in coinsidence with the main direction of the korean peninsula. The subordinate directions are NESW which is the main direction of the southern korean Coastline, and NWSE which is the conjugate direction.

Judging form all these characteristics, the embayments on these coasts have been formed by depression in the postglacial age, and this agrees well with the papers by kang and chough (1982), and Chough (1983).

1. はじめに

筆者はかつて，北部九州の諸内湾の海底地形や堆積物の調査過程で，湾の特徴の記載のために，湾を形成する横幅（a）に対して，奥行（b）を計測し，その比 b/a を内湾度，Degree of Embayment と定義した（MITSUSIO, 1967）．そして，各湾の湾口付近において，等深線が湾奥のほうに変曲し始める深度を湾入深度と定義した．

これらの値によって，玄界灘付近（満塩，1965; 1982; 1983; 1984）や四国南岸の土佐湾の沿岸部の海底地形や堆積物を検討した（満塩，1985a; MITSUSIO, 1985; 満塩，1985b）．特に，土佐湾北東部には，典型的なリアス式海岸が発達しており，この付近の沖合の海底平坦面を，鶴津海底平坦面と命名し，その沖合の広大な面を土佐湾大陸棚平坦面と命名して，これらの形成に関する海水準変動史について述べた．

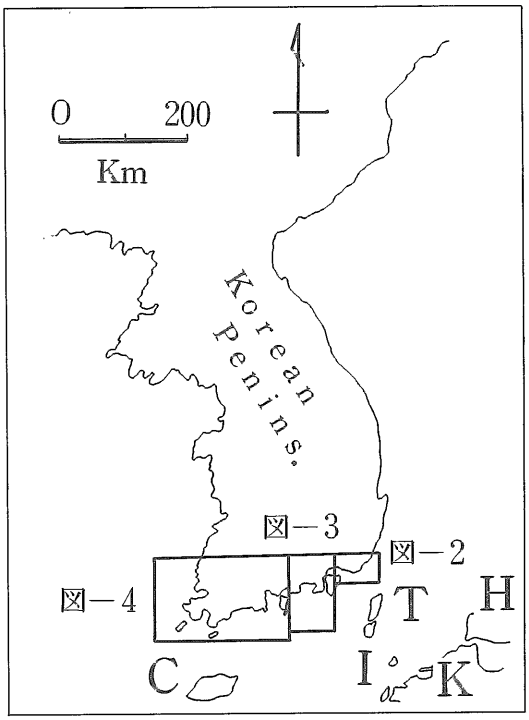
今回は，極浅海域における海洋地質シリーズのその8として，土佐湾と同様の典型的なリアス式海岸が顕著に発達している韓半島南岸の直線距離にして約280km を有している海岸における諸湾入部の検討結果について述べる（図－1）

なお，ここでは半島部のみの湾入について述べているが，島の部分についてはごく一部に限定した．

2. 韓半島南岸の海底地形概観

韓半島周辺の海洋地質学的な諸成果は，韓国・日本・米国・ソ連・中国等のデータを集めて，CHOUGH (1983) が総括的に述べている．筆者はこ

*高知大学理学部地質学教室海洋地質講座



図－1　調査域の位置図
C, 済州島　H, 本州　K, 九州　I, 壱岐　T, 対馬

の本の邦文訳出を終了し，本研究会誌に掲載の予定であるが，ここに彼のデータの一部をも引用して，本論の考察を進めよう．

韓半島の南部と西部は日本海と東シナ海を結ぶ要路に位置し，リアス式海岸および極めて多数の島々によって特徴づけられている（図－1）．南西部の海岸には，ヨンサン（栄山）川が流入しており，また，南東岸にはナグドン（洛東江）川のような，2，3の川があるにすぎない．CHOUGH (1983) によれば，この付近の海岸は，後氷期の沈水によって形成されたという．

さて，この南岸地域における，それぞれの湾入についての諸要素と特徴を，後述のように表－1に示しているが，これは韓半島南東端の釜山東の水営湾より始めて，慶尚南道より全羅南道の南西部までの，主要な湾入部について32個を検討したものである．[*1] これは，韓半島南岸の距離約280kmに対して，23個で分割すると，約12kmについて1個の割合で湾入部が存在することになり，土佐湾北西部より多い数となる．また，日本における典型的なリアス式海岸である山陸地方では，約200kmに対して，約23個の湾入部がある．これは約8.7kmに対して1個の割合となり，韓半島南岸の湾入部の数より多くなっている．規模は小さいが，三重県の紀伊半島西部では，約120kmの距離に対して，約20個の小肢湾の湾入があり，これは6kmに対して1個の割合となっている．

これら諸湾入部の湾入深度は，表－1より明らかなように，最大でもドクラン（得粮）湾の23mをこえない．このことは，満塩（1985a，b）・MITSUSIO (1985)・星野（1964，1985）が述べているように，韓国南岸の湾入部はすべて，約1万年前の洪積世～沖積世間の境界の年代より新しい時代に沈水したことを示している．
これは，前述したCHOUGH (1958) の結果とも一致している．

なお，これら諸湾入に隣接する大陸棚の地形については別に述べる予定であるが，対馬・済州島間のほぼ中央部に，－70m～－110mの広大な平坦面が発達していて，これは土佐湾大陸棚平坦面（満塩，1985a; 1985b; MITSUSIO, 1985）に対応するものである．竹下（1985）もこの付近の海底地形などの概要を述べて，海底地形図等を示している．これは筆者が，1969～1973年の5年間にわたって，地質調査所の，九州西方から北部九州にわたる海域調査に参加し，大嶋ら（1973）が出版した海洋地質図でも表現されている．

また，図－4にも示しているように，この付近の広大な海底平坦面に連結して，－10m～－70mの海底平坦面が，ヨース（麗水）半島とナムヘ（南海）島間のヨース海湾から，南西方向に発達している．この海底平坦面は，土佐湾北東部に広くみられる鶴津沖海底平坦面，満塩（1985a，b）に対応するものである．

次には，各湾の湾入形態について述べる．

3. 各湾入部の形態

韓半島の南岸は，前述のように約280kmもあるので，とうてい1枚の図では表示しがたい．それ故に，図－2～図－4の3枚にわけて表示し，それぞれの海域ごとの特徴をだした．また，総括したものを表－1に示している．

図－2は対馬海峡の西水道に面した，韓半島南

＊1 南岸部では23個あり，本論では西岸の9個を加えて32個について論じている．

表—1　韓国南岸の諸湾入部の特徴

No.	名　称	a (km)	b (km)	b/a	Depth (m)	底質	開口の方向	remarks
1	水　営　湾	6.8	3.8	0.6	16.0	M	NW→SE	水営江流入。肢湾多し。
2	釜　山　港	3.7	2.3	0.6	12.0	M	NW→SE	小川流入。島あり。
3	甘川里湾	1.8	4.2	2.3	15.0	M	N→S	狭長。小規模。リアス海岸。
4	多大里湾	2.0	2.3	1.2	12.0	M	N→S	小島と小肢湾。
5	熊　川　湾	2.0	3.5	1.8	4.0	M	N→S	肢湾あり。湾奥に干潟。
6	院浦里湾	1.5	1.7	1.1	5.0	?	NE→SW	小規模。リアス海岸。
7	鎮　海　港	2.5	4.3	1.7	10.0	R	N→S	釜島水道北方。小肢湾。
8	鎮海湾入部	0.8	1.2	1.5	5.0	?	NE→SW	小規模。リアス式。Bight.
9	馬　山　港	6.2	11.2	1.8	18.0	M	NNW→SSE	大規模。肢湾と島多し。
10	鎮　海　湾	8.0	5.0	0.6	10.0	R	N→S	肢湾と島多し。リアス海岸。
11	鎮海湾西	0.5	14.0	28.0	10.0	?	SSW→NNE	極めて狭長。湾奥は干潟。
12	固　城　湾	1.5	6.3	4.2	9.0	?	NE→SW	島多くリアス海岸。三角状。
13	紫　蘭　湾	6.6	5.4	0.8	9.0	?	N→S	島多く、四角状。
14	晋州湾東	6.5	14.0	2.2	5.0	M	N→S	肢湾多し。湾奥に干潟。
15	晋州湾西	3.5	6.0	1.7	3.0	?	NNW→SSE	大半は干潟。リアス海岸。
16	光　陽　湾	13.5	24.0	1.9	20.0	M	W→E	大規模。島と肢湾多し。
17	駕莫洋湾	11.0	5.8	0.5	5.0	M	N→S	小肢湾多し。リアス海岸。
18	汝　自　湾 (順天湾)	6.3	24.0	3.8	10.0	R	N→S	大規模。肢湾と島多し。干潟多し。
19	海　倉　湾	5.5	10.5	1.9	5.0	M	W→E	島多し。干潟大部分。
20	高興半島南	4.0	3.5	0.9	4.0	M	NW→SE	島あり。リアス海岸。小肢湾多し。
21	得　粮　湾 (宝城湾)	12.8	34.5	2.7	23.0	M	NE→SW	大規模。島と肢湾多し。干潟多し。
22	都　庁　里	4.8	4.5	0.9	0.4	M	NW→SE	肢湾多し。大部分干潟。
23	馬　島　海	7.8	20.0	2.6	5.0	M	N→S	狭長。肢湾と干潟多し。
24	海南角北	5.0	4.0	0.8	2.5	?	NE→SW	最も単純。
25	馬路海東	2.7	6.0	2.2	1.5	M	E→W	肢湾多し。殆んど干潟。
26	馬路海北東	9.5	14.0	1.5	5.0	M	NE→SW	肢湾多し。干潟大部分。
27	花　源　江	4.4	14.2	3.2	5.0	M	SSE→NNW	肢湾多く、リアス海岸。殆んど干潟。
28	海　南　江	3.0	23.0	7.7	15.0	M	SSE→NNW	肢湾多し。大部分干潟。
29	南　海　湾	1.7	25.4	14.5	10.0	M	NEE→SWW	肢湾多し。大部分干潟。
30	務　安　西	5.7	11.5	2.0	12.0	M	NNE→SSW	肢湾多し。殆んど干潟。
31	咸　平　湾	2.3	13.6	5.9	13.0	M	SE→NW	肢湾多し。干潟半分。
32	南溪里西	4.0	6.0	1.5	1.0	M	NEE→WWS	三角形。殆んど干潟。

東部の諸湾入部を示している．まず第１は水営湾であり，南岸部の諸湾入部では，中規模の湾である．湾入深度も16mあって，最も深い湾に属しており，湾口部は泥質が多く，他は岩盤も多い．肢湾が多く，湾奥には水営江が流入していて，湾全体はNW→SE方向に開口している．

第２は釜山港であり，牧島があって全体的には大きくみえるが，実際の湾入部は奥のほうにあって，湾奥には小川が流入し，市街地が発展している．湾入深度は12mで，湾口部は泥質である．この港も水営湾と同様に0.6の湾入度を示し，開いた湾であり，NW→SE方向の開口を示している．

第３は，釜山港の南西にある甘川里の湾入部であり，固有名詞はないので，甘川里湾と仮称しておく．この湾は細長い半島に囲まれていて，N→Sに開口した狭長な湾で，湾岸はリアス海岸である．

第４は，前述の甘川里湾のすぐ西に隣接しており，名称がないので，多大里湾と仮称する．これも小規模な小湾で，N→S方向に開き，リアス式海岸が発達し，湾入深度は12mある．

この西方には，ナグドン（洛東江）の大河川が流入し，広大なデルタを形成している．図－２には水深30mまでしか示していないが，等深線は南東方に向って０m～－40m間まで，ほぼ等間隔で深くなっている．－40m～－50m間はそれよりやや広い平坦面が発達しており，この付近の海底下に埋積谷が想定される．

第５はナグドン（洛東江）川西方にあり，熊川湾と呼ばれ，湾奥には馬川里がある．この湾は主としてN→S方向に開いているが，他に東西性の肢湾が発達している．湾奥では干潟が少し発達し，内湾度は1.8で，湾入深度は４mのかなり小さい湾である．

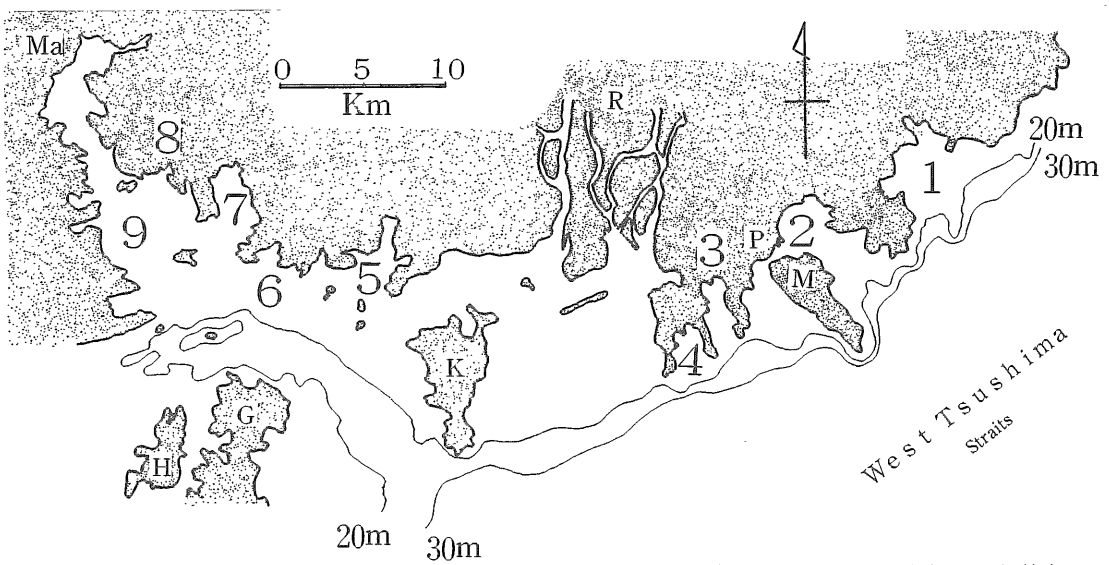
第６は第５の西にある院浦里の小湾で，NE→SW方向に開き，リアス式海岸が発達するBightである．内湾度は1.1で，湾入深度は５mである．

第７はジンヘ（鎮海）港であり，釜島水道の北にあってN→S方向に開き，小肢湾と小島が発達している．内湾度は1.7のかなり閉じた港であり，湾入深度は10mであって湾口部には岩盤がある．

第８は第７の北西方にあり，ジンヘ（鎮海）市にある湾入部で，鎮海湾入部と仮称する．これは内湾度は1.5で，湾入深度は５mと浅く，主としてNE→SW方向に開いていて，リアス式海岸が発達している．この湾は小規模で，Bight状である．

第９は馬山港で，釜島水道北西奥にあり，大規模な湾である．肢湾と島が多く，内湾度は1.8で湾入深度は18mもあり，主としてNNW→SSE方向に開いている．

次の第10から第15までは，図－３に示しており，ついでに水深90mまでの等深線も示している．この図より明らかなように，カドク（加徳）水道付近に水深約－60mまで追跡できる海底谷があり，これを加徳海底谷 Kadaok Submarine Valley と命



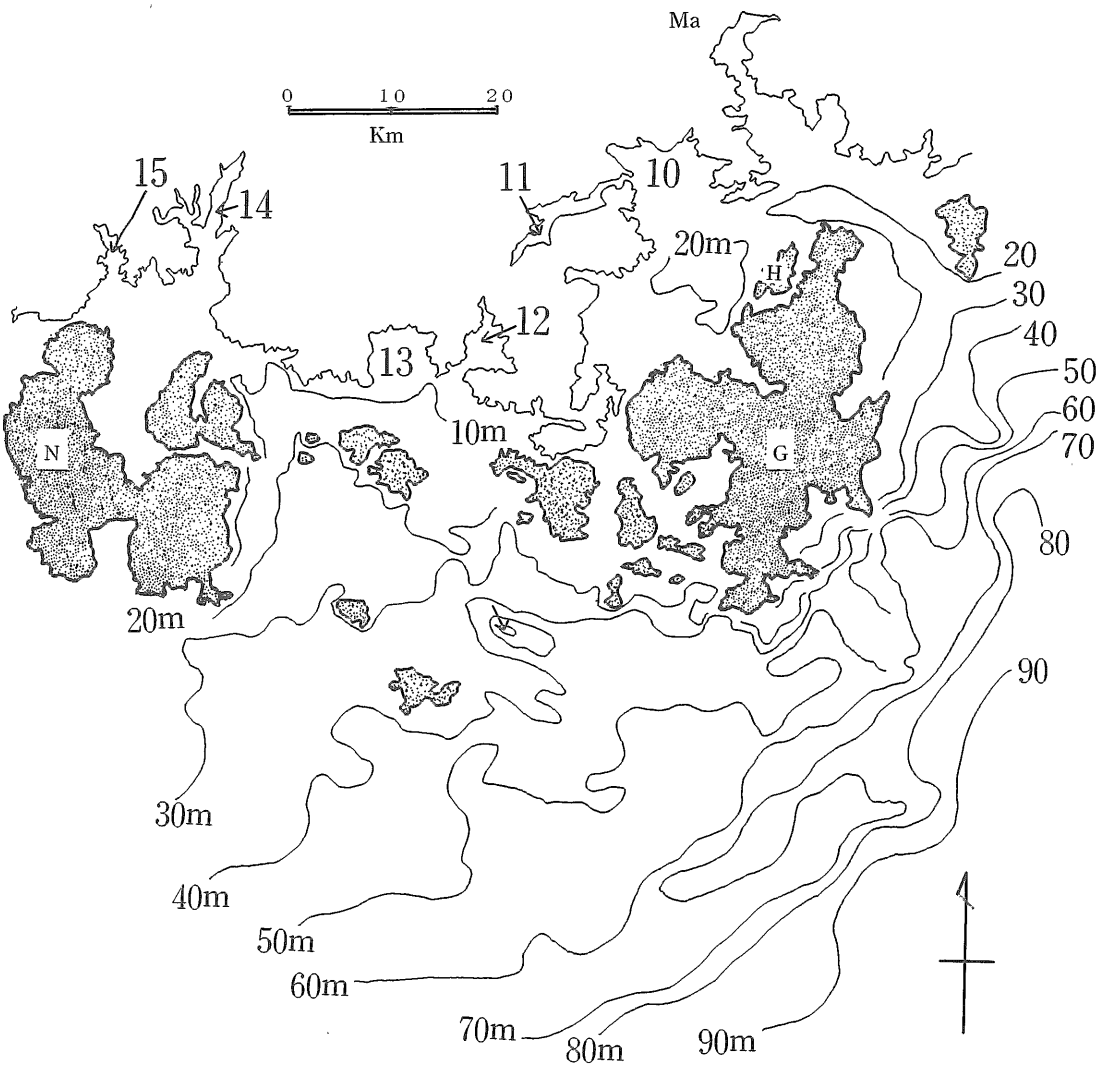
図－２　韓国南岸東部の湾入部 番号は，表－１を参照，P, 釜山　Ma, 馬山　R, 洛東川　M, 牧島　K, 加徳島　G, 巨済島　H, 加助島

名する．また，コチェ（巨済）島とヨンファ（蓮花）列島との間に水深約－60m の海釜があり，これをヨンファ（蓮花）海釜 Yaonhwa Caldron と命名する．この付近はナムヘ（南海）島付近との間に，－10m～ －70m の広い海底平坦面があることは前述した．

さて，第10はジンヘ（鎮海）湾であるが，これは本報では義昌郡周辺の狭義の湾として計測している．何故なら，ジンヘ（鎮海）湾は本来巨済島との間の広い海域を呼んでいるが，これらの間には狭い海峡があって，湾として囲まれていないからである．この狭義の湾は，内湾度は0.6の開いた湾で，湾入深度は10m あり，主として N→S に開口している．小肢湾と小島が多く，リアス式海岸をなし，むしろ東西に細長くなっている．

第11はジンヘ（鎮海）湾の西に隣接し，ジンヘ（鎮海）湾西湾入部と呼んでおく．これは SSW→NNE 方向に開口した狭長な湾で，湾入深度は10m だが，内湾度は28.0もある強閉塞性を示している．リアス式海岸からなり，湾奥には干潟が発達している．この湾はいろいろな点からみて，土佐湾の浦内湾（満塩, 1979; 1980; 1985; Mitsusio, 1985）に似ている．

第12は固城湾であり，これは NE→SW 方向に開口し，湾入深度は 9 m で，内湾度は4.2の閉じた湾である．外形は三角形状で，波部（1958）の言う典型的な巾着状の湾で，小島が多く，リアス式海岸である．



図－3　韓国南岸中央部の等深線と湾入部 番号は，表－1 を参照，Ma, 馬山　G, 巨済島　H, 加助島　N, 南海島

第13は紫蘭湾で，主としてN→S方向に開口しているが，全体の形状は四角形であり，湾入深度は9mで，内湾度は0.8の開いた湾である．湾内には小島と微小な小肢湾が多く，リアス式海岸をなしている．

第14はナムヘ(南海)島などに囲まれたチンヂュ(晋州）湾であるが，狭義には泗川の方にある湾入を晋州湾東と呼んでおく．これは湾入深度は5mと浅く，泥があり，また内湾度は2.2のかなり閉じた湾である．主としてN→S方向に開口しており，湾内には肢湾が多く，干潟も広く発達している．

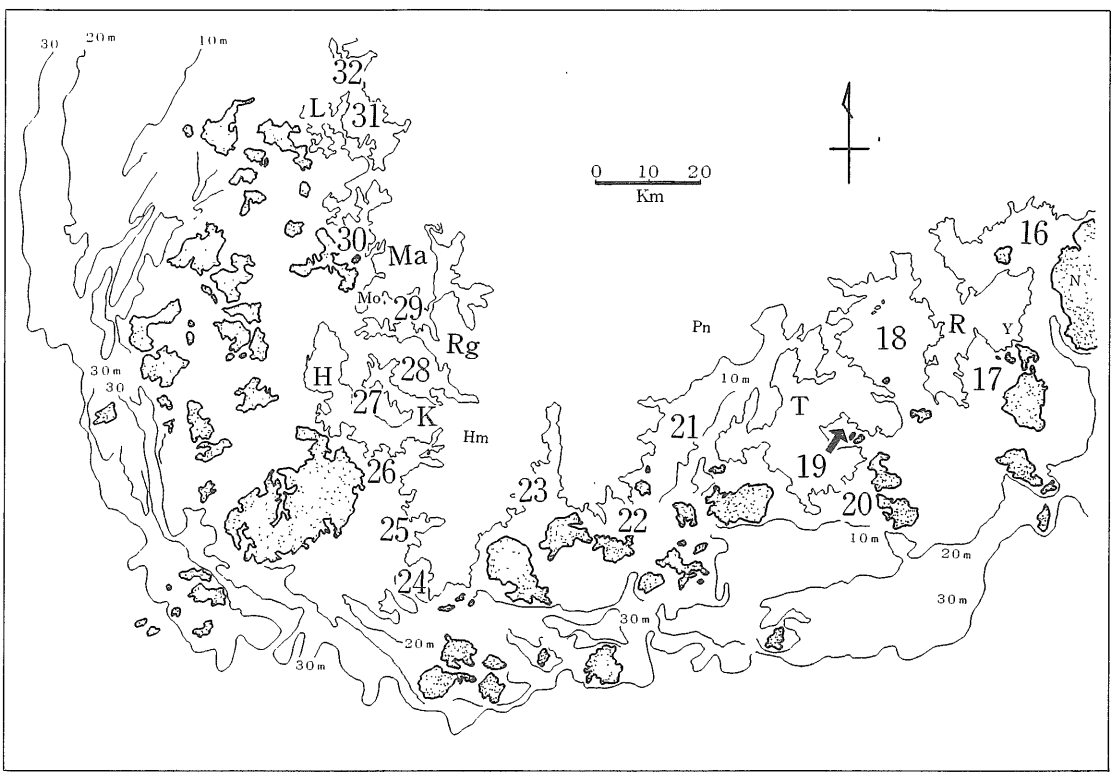
第15は前述のものと同じく，狭義の湾入部であって，昆陽の方に発達しており，晋州湾西と呼んでおく．これは湾入深度は3mで，内湾度は1.7であり，NNW→SSE方向に開口している．湾内には小肢湾と干潟が発達して，リアス式海岸をなしている．

図－4には韓半島南岸のほぼ西半分から，南西岸までの湾入部を示し，これには第16から第32まで存在している．また，特筆すべきことは，南西岸ではNE→SW方向の顕著な砂礁および広大な干潟が発達しており，これは他には例を見ないことである．それ故水深－30mまでを図示している．

さて，第16は光陽湾であり，ヨース（麗水）半島に囲まれた広大な湾で，くの字型におれ曲っているが，主体としてみればW→E方向に開口している．湾入深度は20mで，内湾度は1.9であり，湾内には島と肢湾が多い．また，広大な干潟も発達しており，リアス式海岸を形成している．南岸最大の湾の一つである．

第17はヨース（麗水）半島南部にあり，ガマギヤン（駕莫洋）湾と呼ばれる．これはKANG *et al.* (1982)，CHOUGH (1983) によって報告されている．湾入深度は5mで，内湾度は0.5の開いた湾である．主としてN→S方向に開き，泥質が発達していて，湾内には小肢湾が多く，リアス式海岸である．

第18はヨース（麗水）半島とクフング（高興）半島に囲まれた順天（汝自）湾で，韓半島南岸では，最大の湾の一つである．これは主としてN→S方向に開口しており，湾入深度は10mで岩盤が



図－4　韓国南西部の湾入部 番号は，表－1を参照，Y, 麗水　Pn, 宝城　Hm, 海南　Mo, 木浦　R, 麗水半島　T, 高興半島　H, 花源半島　K, 海南半島　Rg, 霊巌半島　Ma, 務安半島　L, 臨水半島

あり，内湾度は3.8のかなり閉じた湾である．湾内には肢湾と島が多く，また湾奥には干潟が多くて，リアス式海岸を形成している．

第19は海倉湾で，湾入深度は5mと浅く，内湾度は3.8とかなり閉じた湾である．これは主としてW→E方向に開口し，湾口部は泥があって，湾内は大部分干潟となる．湾内には小島が多く，リアス式海岸をなしている．

第20はクフング（高興）半島の南部にあり，高興半島南湾入部と仮称しておく．これは主としてNW→SE方向に開口し，湾入深度は4mと浅く，内湾度は0.9の開いた湾で，Bight状である．湾内には島と小肢湾が多く，リアス式海岸をなして，湾口部は泥がある．

第21はドクラン（得粮）湾，あるいは，ポソン（宝城）湾であり，南岸最大の湾の一つである．ここもCHOUGH（1983）によって報告され，湾口部は泥であり，湾入深度は23mで，南岸部では最大の深度である．内湾度は2.7でかなり閉じた湾であり，全体的にはNE→SW方向に開口している．湾内には肢湾と島が多く，また干潟も広く露出する．

第22は都庁里湾であり，主としてNW→SE方向に開口しているが，湾入深度は0.4mと浅く，内湾度は0.9である．湾内には小肢湾があり，また，殆んど大部分が干潟となっている．

第23は馬島海北方にあり，全体としてN→S方向に開口し，狭長な湾である．湾入深度は5mと浅く，内湾度は2.6とかなり閉じた湾である．湾内には肢湾と島が多く，また干潟も広い．

ここまでは，韓半島の南岸部にあるが，これから先は西岸にある内湾の湾入部である．

第24はヘナム（海南）角と呼ばれる岬の北にあり，海南角北湾入部と称しておく．湾はNE→SWに開口していて，湾入深度は2.5mと浅く，内湾度は0.8と開いている．形状は半円状のBightで最も単純な形態である．

第25は馬路海の東にあり，馬路海東湾入部としておく．これはE→W方向に開口し，湾入深度は1.5mと浅く，内湾度は2.2とかなり閉じている．湾内は肢湾が多く，また干潟が殆んど大部分を占めている．

第26は馬路海北東湾入部としておくが，これはNE→SW方向に開口している．湾入深度は5mで，内湾度は1.5となり，湾内には肢湾が多い．また，大部分は干潟が発達している．

第27は花源江であり，これは主としてSSE→NNW方向に開口している．湾入深度は5mで，内湾度は3.2の閉塞湾であつて，湾口には島があるが，他には泥がある．細長い湾であって，湾内には小肢湾が多く，殆んど大部分に干潟が発達している．

第28は海南江で，大きな湾であり，SSE→NNW方向に開口している．湾入深度は5mと浅く，内湾度は3.2と閉塞されている．湾内には肢湾が多く，リアス式海岸であり，殆んど大部分に干潟が発達し，ほぼ中央部をみず筋が通っている．

第29は南海湾であり，これは3つの大きな湾からなっているが，主要な開口方向はNEE→SWWである．湾口部にモッポ（木浦）市があって，湾入深度は10mで，内湾度は14.5の強閉塞湾である．湾内には肢湾が多く，小島も多い．また，殆んど大部分は干潟となり，みず筋がほぼ中央部を刻んでいる．

第30は務安半島の西にあり，務安西湾入部と呼んでおく．これは全体的にはNNE→SSW方向に開口している．湾入深度は12mで，内湾度は2.0となり，泥質が多い．湾内は肢湾が多く，リアス式海岸をなし，また殆んど全部は干潟となる．

第31は咸平湾であり，これは主としてSE→NW方向に開口し，湾口は泥質である．湾入深度は13mであって，内湾度は5.9の強閉塞湾を示している．湾内には肢湾が多く，典型的なリアス式海岸をなし，大部分は干潟が発達している．

第32は南溪里の西にあり，南溪里西湾入部としておく．ここは湾入深度は1mしかなく，内湾度は1.5であって，三角形状である．全体としてNEE→SWW方向に開口しており，湾内の殆んど全体が干潟となる．

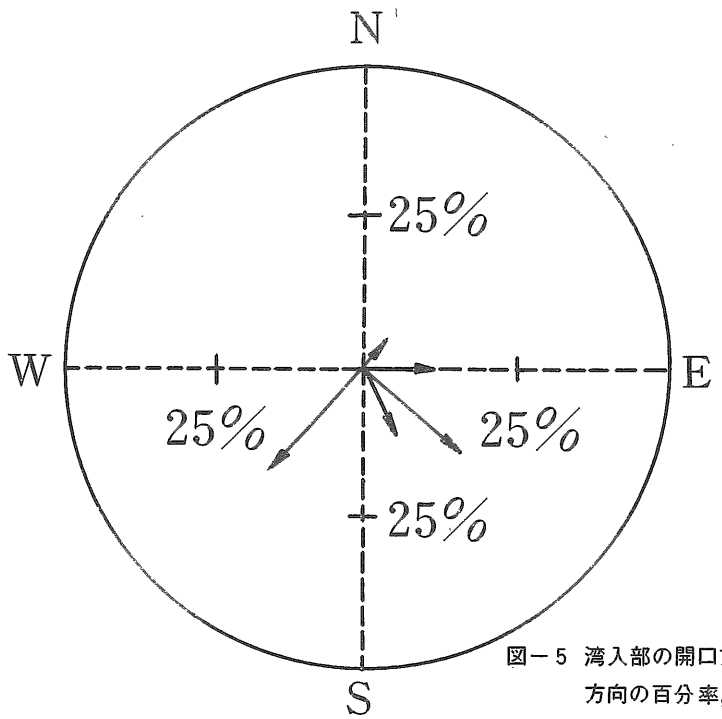
4. 湾入部の主要開口方向

以上に述べた湾入部の主要な開口の方向について考察しよう．

一般に，現在の地形の形状を呈するに至るまでには，ある地質系統が形成されて，それが陸化して地表に露出し，長い地質時代の風化作用や削剝・侵食作用等の諸作用が働いて現在の形態に

なっているのである．従ってこれは地質系統・地質構造等に，始源的には支配されることになる．

韓半島の第１級の方向性は，とりもなおさず大陸からほぼ南方に，半島状を呈して南に下っている．従ってこの南方向が第１に多く，南岸の湾入部（特に南岸の23個の湾入部に限る）の23個のうち10個（43.5％）がN→Sである（図－５）．また，ナグドン（洛東江）川の上流も南旨邑付近の合流点で東進する前は，ほぼN→Sに向って流れている．



図－５ 湾入部の開口方向あるいは湾軸方向の百分率，円弧は50%

次にみられるものは，NE→SW方向（４個で，17.4％）およびNW→SE方向（４個で，17.4％）である．このうち，前者はこの南岸の主要な海岸線の方向や，主要な地質構造帯の方向（Emery *et al.*,1969;木村ら，1985など）とほぼ一致している．後者はこれに直交するいわば共軛的な方向である．

他には，NNW→SSE方向とW→E方向が，それぞれ２個（8.7％）ずつある．（図－５）．これらはいづれも従的な方向であり，最後に，SW→NE方向の湾入部も１つある．

南西部の海岸での９つの湾入部では，NE→SW方向とSSE→NNW方向が２個ずつあって，最も多い．前者の方向は，前述したように韓半島南岸沿いの方向や，南西部の砂礫の方向と一致している．また，前者のSSE→NNW方向やSE→NW方向がみられるのも，この南西部の特徴である．他には，E→Wや，NEE→SWW，NNE→SSWなどの開口方向がみられる．

5. おわりに

前章までは，韓半島南岸および南西方の一部の海岸についての諸特徴，とくに諸湾入部の形状や内湾度等について記載した．

以上をまとめれば次のようになる．

１） 韓半島周辺の海底地形や海岸地形をみれば，この報告の南岸部では直線距離にして約280kmに対して，23個の湾入部がある．これは12kmに対して１個の割合の湾入となり，典型的なリアス式海岸を形成している．

２） これらの諸湾入の主要な開口方向は，第１義的には韓半島の延長方向であるところのN→Sに支配されていて，この方向が約43％を占めている．次には，この半島の南岸部の主要な方向であるところの，NE→SW方向であり，湾入部の

開口方向もこの方向が約17％を占めている．また，この方向に共軛方向のNW→SE方向の湾入部も約17％ある．他の方向はいずれも従属的な方向である．なお，南西部では砂礫と同方向のNE→SWが顕著で，また湾内には干潟が多いという特徴がみられる．

3） これら諸湾入部の湾口部は岩盤か泥質が多く，湾入深度も最大がドクラン（得粮）湾の23mである．また，内湾度も1.0以下の開いた湾opened bayは8個であり，1.1～4.2の閉塞湾closed bayは20個もあつて最も多い．内湾度5.0以上の強閉塞湾は4個ある．このように，この半島の南岸および南西岸の一部では，閉塞湾が多くみられる．

4） 以上の諸特徴からみて，韓半島南岸の諸湾入は，更新世末期に沈水したと考えられ，これは土佐湾周辺の浦戸湾・須崎港・宿毛湾などとほぼ同時代の形成時である（満塩，1985 a，b; MITSUSIO，1985）．KANG and CHOUGH（1982）やCHOUGH（1983）も後氷期の沈水を述べている．

引用文献

1）CHOUGH, S.K（1983）Marine geology of Korean seas. p157, Reidel Pub. Co.

2）波部忠重（1956）内湾の貝類遺骸．京大理，生理生態業績，77号，p20-80

3）星野通平（1964），日本列島周縁のリアス式海岸．日高教授退官記念号，p479-485

4）星野通平（1983）海洋地質学．p373，東海大出版会

5）KANG, HJ and S.K. CHOUGH（1982）Gamagyang Bay, Southern Coast of Korea: Sedimentation on a tide-dominated rocky embayment. Marine Geology, vol.48, p197-214

6）満塩大洸（1965）福岡県糸島半島付近の底質．九大理研報，地質学之部，vol.8,1号，p63-72

7）T. MITSUSIO（1967）Bottom sediments in bays of North Kyushu, Mem, Fac. Sci. Kyushu Univ. ser. D. Geology, vol.18, NO.1, p.7-34

8）満塩大洸（1976）土佐湾の海底地形．高知県百科事典，p.633-634

9）満塩大洸（1982）極浅海域の底質，その2，福岡市西方芥屋沖の底質と貝類遺骸．高大海洋センター研報，vol.4, p75-86

10）T.MITSUSIO（1983）Bottom sediments of very shallow portions, part3, off Nogita, west of Fukuoka, Mem. Fac. Sci. Kochi Univ. ser. E, Geology, vol.4, p.1-12

11）満塩大洸（1984）極浅海域の底質，その5，唐津湾沖海底谷の末端部．高大学研報，vol.32,p.305-320

12）満塩大洸（1985）海底をのぞく——海洋地質学の課題．高大公開講座資料，p47-69

13）満塩大洸（1985）土佐湾の海洋地質－1，極浅海域の底質，その6．高大海洋センター研報，vol.7, p.73-85

14）T. MITSUSIO（1985）Marine Geology of Tosa Bay, Shikoku, Bottom sediments of very shallow portions, part7. Res. Rept. Kochi Univ. vol.34, p.201-214

15）竹下健次郎（1985）日韓トンネル海域の環境．日韓トンネル研究，No.2, p.28-45

16）柳井修一（訳）（1985）韓半島の地質(1)．日韓トンネル研究，No.2, p.114-138

遅れる道路網整備

ユニークな〝1村1品運動〟などで，「地方の時代」の旗頭といわれる大分県．県北国東テクノポリスも，隣の熊本県と並んでトップを行く．「自分たちの村や町に全国的に誇れるものを自分たちの手でつくろう」という平松知事の呼びかけにこたえ，えのきだけの大山町，車えびの姫島村といったふうにむらおこしの息吹は盛り上がっている．全国の自治体はもとより，中国や東南アジアの首長が続々と教えを請いにやってくるほどだ．

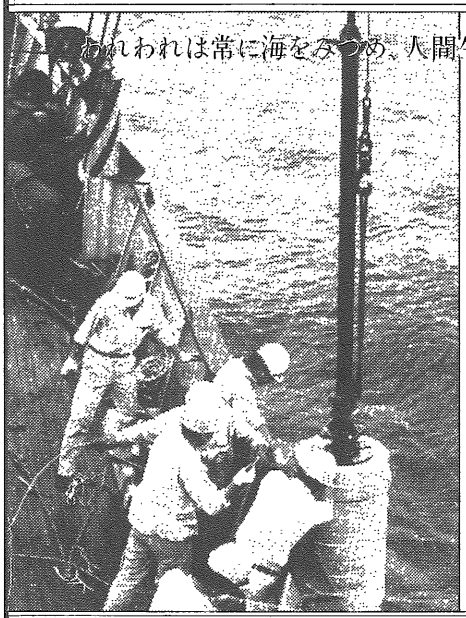
しかし，意外なことに大分県には高速道路がない．九州縦貫自動車道は，熊本・八代—宮崎・えびの間をのぞいて福岡から鹿児島まで走っている．高速道の開通とともに，石炭産業の壊滅で低迷していた工業は回復した．九州全体でみると西高東底の傾向があり，それだけに大分県としても高速道路の整備の立ち遅れに切歯扼腕（やくわん）の思いが強かった．

平松知事は『道路』8月号に『地方の時代』は『道路の時代』と題する一文を寄せ，県が進めている5大プロジェクトの遂行にとって「その成否を決定づけるものは道路網の整備」とし，財源問題を含めた道路への社会資本投下の重要性と緊急性を訴えている．

逆にいえば，道路網整備の立ち遅れにもかかわらず〝全国自治体のお手本〟といわれるまで引っぱってきた同知事の手腕は並々ならぬものといえよう．それはともかく，2年後，待望の九州横断自動車道が部分開通する．全通すれば大分を起点にして縦貫道の鳥栖を経由して福岡，熊本と2時間圏内で結ばれる．

海洋環境調査・海底地形地質調査

われわれは常に海をみつめ、人間生活と海との調和を考えて、積極的に行動します——。



●環境アセスメント・シミュレーション

●水質調査，プランクトン・底生生物・魚類調査，潮汐・海潮流・水温・拡散・波浪等の調査（解析・予報）

●海底地形・地質・地層・構造の調査，水深調査，海図補正測量

未来を測る……

三洋水路測量株式会社

本　社　〒103 東京都中央区日本橋堀留町1-3-17
Tel. 03(666)3417代表

■支社：大阪　■支店：福島　■出張所：札幌・仙台・釜石・富山・広島・福岡

CHUO KAIHATSU CORPORATION

CKC

中央開発は地味な会社です。
総合技術コンサルタンツとして大地と水を相手に
コツコツと手固く信用と実績を築いてきました。
明日への創造を求め今日も努力しています。

■調査部門
- 地表地質調査
- 物理探査
- 物理検層
- 各種ボーリング調査
- 岩盤試験及び岩石試験
- 土質サンプリング
- 原位置試験
- 土質試験
- 環境試験
- 解析業務
- その他特殊調査

■計画・設計部門
- 農業土木
- 河川及び砂防
- 発電土木
- 地質・土質及び基礎
- 鋼構造物及びコンクリート
- 地方計画及び都市計画
- 上下水道
- 道路
- トンネル
- 各種測量
- 施工設備計画及び管理

■海外部門
- 水資源開発
- 農業開発
- 地下水開発
- 都市及び地域開発
- 道路及び橋梁
- 土地保全その他

建設総合コンサルタント

中央開発株式会社

代表取締役会長 工学博士 瀬古新助　代表取締役社長 技術士 瀬古隆三

●本社・東京事業部　東京都新宿区西早稲田3－13－5 TEL03(208)3111
●支　店　札幌011(221)0024　東北0222(35)4374　名古屋052(481)6261　大阪06(386)3691　広島082(244)1114　九州092(831)3111
●営業所　新潟0252(83)0211　北陸0764(32)3126　東関東0472(41)1250　神戸078(361)2381　松山0899(46)1446　南九州0963(84)1534

日韓トンネル工事計画に関わる海域および陸域の環境に関する調査研究（1）

竹下健次郎*
斉藤　一生**

1.　まえがき

日韓トンネルは，想定の一案としては，韓国の馬山－釜山の中間地点に開口し，巨済島，対馬，壱岐を経て九州北部沿岸開口とされている．勿論，着工実現の暁には工事に必要な海況，海底の地質調査，測量，試験掘削，および竣工開業が周辺に及ぼす社会的・経済的インパクトや車公害等による環境問題等について考察する必要がある．

しかしここでは，この工事のための事前調査，竣工後の環境影響評価に資する意味をこめて，想定ルートに関わりのある自然環境として，対馬暖流に関わる海域の海況，対馬・壱岐・福岡市・唐津市とその周辺の自然条件，およびそれぞれの社会環境についての調査を行った．

対馬暖流域は，周辺の海洋産業や関係地域住民の生活・経済に大きく関わっていることは言うもでもない．

また，海洋地勢学的にも南は台湾北方から，東シナ海，黄海ともその海象を絡ませながら日本海へ抜ける広大な関わりをもつため，すこし視点を広げ，そのなりたち，経路，変化の態様を見てみたい．トンネルは海底を通るとはいえ，工事調査の時点や開口後の社会へのインパクトの色々の波及効果を考えると，その意味は決して小さくはない．

社会環境については，現時点における各都市および島内の状況を調査したが，トンネル着工もまだ想定の域を出ないいま，一見して無意味には見えるが，すべてこの種のプロジェクトがそうであるように，こうした調査が，これからの折々の論議の叩き台の役割を果せるのではないかと考えられる．

2.　対馬暖流域の環境

2.1　概要[1)]

海上保安庁水路部発行の海図によれば，長崎県壱岐と対馬の海峡を対馬海峡東水道とし，対馬と韓国との間の海峡を対馬海峡西水道としている．一般には，東水道を対馬海峡，西水道を朝鮮海峡と呼んでいる．東水道は幅約50kmの水域で，対馬暖流が北上している主路であり，水深は50～100mである．この水域は下関－比田勝間，博多－厳原間に定期航路があり，イカ漁業の盛んなところである．西水道の幅は対馬北端と釜山の間が約40km，この水域を北上する対馬暖流の勢いは強く，3ノットの速度がある．

日韓トンネルと対馬暖流のかかわりの水域の概要は以上のとおりで，その詳細については後述するが，まず対馬暖流の概略について述べる．

対馬暖流とは，対馬海峡を経て，本州および北

*九州産業大学教授
**（財）九州環境管理協会嘱託

海道西岸沖の日本海を北上して流れる黒潮系の暖流をいう．東シナ海を北東に流れる黒潮は屋久島西方で２つに分かれ，その一部は九州西岸沖を北上し，その大部分は対馬海峡を経て対馬暖流となるが，一部は五島列島付近で西に向きを変え，済州島南岸をかすめて黄海に注ぐ黄海暖流となる．

対馬海峡東水道を通過した海流は，本州と隠岐島諸島の間を通り，陸岸沿いに北上する．一方，対馬海峡の両水道を通過した海流は韓国東岸に沿い，沿岸水との混合を起こしながら北上し，鬱陵（ウツリョウ）島付近にまで達するが，そこから東方向に転回し，南北に非常に大きな振幅をもつ蛇行をして能登半島の北方に達し，前の東水道からのものと合流する．秋田県沖を北上した対馬暖流の大部分は，津軽海峡東口から三陸北部海岸に暖流水域を形成する．またその一部は，北海道西岸沖を北上し，宗谷海峡を経てオホーツク海に入り，さらに残りの一部はサハリン西岸まで達する．

流速は，主流部で毎秒50cm，黒潮域に比べて弱い．表面の水温は南北に大きな差があるが，能登半島北方で夏期約25℃，冬期約９℃である．対馬海流は気候，漁業など種々の面で日本海沿岸地方に影響を及ぼし，冬季に日本海沿岸地方にもたらす雪は，北西季節風が温暖な対馬海峡を渡る間に，多量の蒸発が起ることにより生ずるものである．

2.2　対馬暖流域の海況特性[2) 3)]

対馬暖流について考える場合，南はフィリピンや台湾付近から日本列島の両側を北東に進む広大な範囲となるが，ここでは日韓トンネルに関わる範囲に的を絞り，九州西方より対馬海峡，朝鮮海峡を経て日本海に入り，さらに北上して北海道西方から宗谷にいたる範囲をみることにする．

対馬暖流のルーツとも言うべき黒潮の流路をくわしく追ってみると，台湾沖で北へ折れた流れは，まず八重山諸島と台湾を東西の門柱とする第１の門をくぐり東シナ海に入り，東シナ海を円弧を描きながら北上する．このときの円弧は，薩南諸島と沖縄諸島とで形成する円弧とは２点でしか交わらない．したがって，黒潮はこれらの諸島をさけて流れている．黒潮のまっただ中にある島としては，八重山諸島や与那国島はその数少ない例である．

２つの円弧が交わる交点の１つが奄美大島と屋久島を南側と北側の門とする第２の門と言うことができる．黒潮はこの第２の門をくぐる直前に北に向けて枝を出しているが，これが対馬暖流である．ちなみに，第２の門をくぐった黒潮は，ふたたび太平洋に出て北東に進み，潮ノ岬沖でもっとも日本本土に近づいたのち，やや東に向きを変え，八丈島と三宅島を南北の門柱とする第３の門をくぐって日本を去る．第３の門をくぐったあと，黒潮は黒みがかった奔流となり「黒潮川」という呼称をもつことになる．

前述のとおり，東シナ海で黒潮から分かれた海流が対馬暖流である．この海流はのちに日本海に入り，裏日本海岸沿いに北上する．しかし，この流れは，対馬暖流の黒潮の性質を失わず，高温で密度が小さいため，日本海の表面に拡がる傾向を示す．黒潮に比べて透明度はやや小さいが，黒潮特有の黒みを著しく失っているのでコバルト色である．これは，中国大陸，韓半島，日本列島から供給される淡水が熱帯系の黒い海水にまじり込むためにおこる現象である．

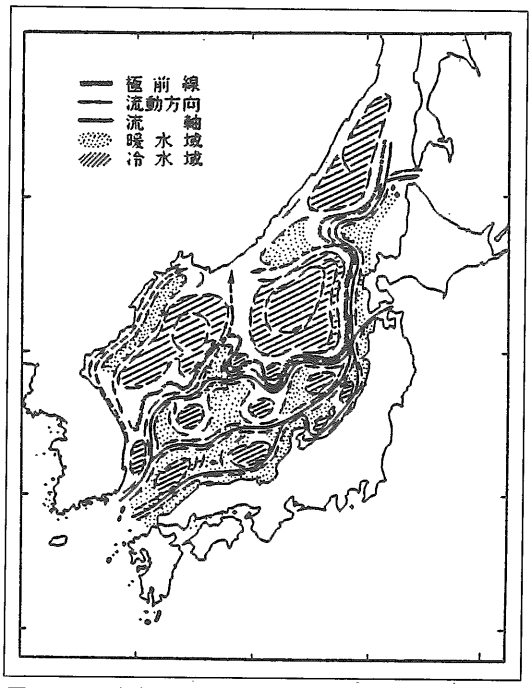
対馬海流は津軽海峡や宗谷海峡から太平洋やオホーツク海へ枝を出しながら，樺太西海にまで達する．津軽海峡を東進した対馬暖流の枝は南下する潮流におされて南へ折れる．

対馬暖流の本命は日本海に関連づけられる．前述のとおり，日本海は，南は対馬海峡，津軽海峡，宗谷海峡よおび間宮海峡を通じてほかの海と結びつく．海底地形の大きさも様々であるが，全体的には深い海盆の形をなす．資料によれば，最深部は3,610m，平均深度は1,350mである．これと比べると，海峡はいずれも浅く，対馬海峡と津軽海峡に200mを越える深みが一部にみられる程度で，間宮海峡は20m以浅で，浅い所は４ｍぐらいのところもある．全体として半閉鎖的海で地中海に似る．こうした条件は日本海に独得の海洋構造をもたらし，同じ対馬暖流域といっても東シナ海の暖流域とは著しく性格を異にする．

日本海の海流は対馬暖流系とリマン系からなり，さらに対馬暖流系は第Ⅰ分枝，第Ⅱ分枝，第Ⅲ分枝よりなる．また，リマン海流系はリマン海流・沿海州海流・北鮮海流に分けられる．

図－１は各海流と水塊分布を夏季を例にした模式図である．対馬を境にして東側と西側から２つ

に分かれて日本海に流れこむ．第Ⅰ分枝は，東水道から流入した流れが，本州西岸沿いに北東に流れ，その大部分は津軽海峡を経て津軽暖流として太平洋側に抜ける．残余は北海道西岸を北上し，一部は宗谷海峡から宗谷暖流となってオホーツク海へ，他は西樺太沖を北に流れながら徐々に暖流としての性格を失う．



図－1　日本海の夏季における海水の流動と水塊配置（長沼，1972）

対馬西水道から流入した第Ⅱ分枝は，隠岐諸島を通って大和海嶺南部に達し，大きく蛇行しながら北東に進み，男鹿半島沖合で第1分枝と合流するとみられる．したがって，この流れの大部分は，以後第1分枝と同じように，一部は津軽，宗谷両海峡から太平洋に，また残りは北海道西方で方向を西に転じ，沿海州海流を補強するといわれている．

第Ⅲ分枝は対馬西水道から日本海に流入した第Ⅱ分枝から分かれたもので，沖合分枝，または東朝鮮流と呼ばれている．この分枝は韓国東岸に沿って北上し，先年問題となった竹島近くの鬱陵（ウツリョウ）島付近で東に向きを転じ，大和海嶺付近を経て，入道崎沖あたりで第Ⅱ分枝に合流する．第Ⅲ分枝の北側には低温低塩のリマン寒流系水があり，分枝流との間に極前線というきわだった前線，つまり潮境が形成されている．前線に沿ってこの分枝の流れはかなり発達しているとみられる．

リマン寒流系は，前述のように，リマン海流・沿海州海流・北鮮海流に区分される．これらの海流は間宮海峡から沿海州岸を経て韓半島東岸まで連続したものとみなされ，一括してリマン海流と呼んだこともある．しかし，海域によって流れの態様が違い，環流が形成されていることなどが明らかにされて，それ以後は現在のように3つの海流に区分されている．リマン海流は間宮海峡の南から始まり，シベリヤ大陸沿岸に沿って南下し，徐々に向きを東に変え，樺太西方海域で環流状の形をとりながら流れる．

対馬暖流は日本海を北上する過程で蒸発，沿岸水の影響，冷却，対流混合などによって次第に変質し，前述したように，一部は北海道の西方で反転し，沿海州の沖合に接近していく間に冷却や希釈をうけて暖流の性質を失うのである．

対馬暖流については，3分枝説にもとづいて述べたが，このほかに，蛇行型や2分枝型の説もある．これらは今もなお論議されているが，どの説が是か非かではなく，海流の推定は主として，水温や塩分分布の特徴にもとづくものであり，解釈の相違によりそれぞれの説がなされているものと思われる．季節や海水の流動状態および気象・海底地形などの諸要因が重なり，それぞれの流れや2つの型の組合せにより種々のパターンが形成されるものと考えられる．

日本海の海況特性を考える場合，暖・冷水域の存在と鉛直方向の海層の重なりが無視出来ない．前出の図－1にもみられるように，暖・冷水域が各所に分布している．暖・冷水域の発生とか消長のメカニズムやプロセスはまだ十分に解明されてはいないが，対馬暖流の蛇行と海底地形が相乗のうえ，形成されているようであり，暖流の蛇行に伴って強流帯の南側に暖水域，北側に冷水域が存在する．規模の大小はあるが，毎年ほぼ同じ海域に形成されることが多いので，その分布する場所名を冠して呼んでいる．例えば，島根沖冷水域，鬱陵（ウツリョウ）島暖水域などである．水塊分析の結果から暖・冷水域は別の水塊が水平方向に移動してできたものではなく，暖水域では表層水の沈降，冷水域では中層水の湧昇によるものらしい．したがって，暖・冷水ともそれぞれ決った水

温を保っているのではなく，周囲の水より暖水域では高く，冷水域で低いという相対関係のものである．しかし，暖・冷水域の規模，持続期間は表層回遊性魚類の回遊経路や滞留などを決定づける大きな要因となっているので，それらの消長は極めて重要である．

終りに，日本海の鉛直水理構造について触れておく．大別すると表層水と深層水に分けられる．暖流域と寒流域の表層では海水の性質が異なるので，表層の水はさらに細かく類別される．

成層の顕著な夏季の鉛直水理構造についてみると，暖流域の表層は高温または低温の水が数10m足らずの厚さで表層を薄く覆っている．それより以深の100～300m付近に暖流中層水が分布している．暖流中層水の下方から底層にかけては，日本海固有水が中間水，深層水，底層水の順に重なっている．一方，寒流域では中層水を欠いて表層水から直ちに日本海固有水となっている．暖流系中層水は高温高塩で，塩分がもっとも高い．寒流系表層水は低温低塩である．日本海固有水は日本海全体の海水量の約90％を占めるといわれる．この水塊の水温・塩分は年間を通してほとんど変化がなく，水温は0.0～0.5℃，塩分は34.0～34.1‰，溶存酸素は0.5～5.5mℓ/ℓである．深層においても酸素量が多いのは日本海のきわだった特徴でもあり，日本海固有水の生成過程を暗示している．

日本海は対馬暖流が流入して暖かい海との見方があるが，日本海全体からみれば，それは表層に限られたもので，250～300m以深になると1℃以下の水が散見される．日本海固有水はさしずめ超大型の天然の冷蔵庫の中同様であり，対馬暖流は外側の防熱材という格好となっている．表層から300m足らずの深さに1℃以下の冷水が存在することは，暖かい表層水とのエネルギー変換には都合がよく，将来はこの上下の海水温度差を利用した電源開発も想定できる．要するに，対馬暖流は日本海の海況を大きく左右する．新潟など日本海側の世界でも有数の豪雪の要因の大半も対馬暖流に原因している．なお，冬季に襲来するシベリヤ寒気団の緩和作用をしているのも対馬暖流である．

2.3 海流と水塊分布および黒潮[2)]

東シナ海の構成は，台湾，フィリピン付近から東北方向に流れる黒潮系水と，中国大陸沿岸水と，中国大陸と韓半島間に介在する黄海中央底層冷水の3つが主役とみなされる．

東シナ海の黒潮については一部前にも触れたが，詳細にそのプロセスを追えば次のとおりである．

台湾の東側を北上した黒潮は西表島－与那国島－台湾北端を結んだ間を通って東シナ海に入ることは前にも触れた．流入した黒潮は尖閣諸島の魚釣島から赤尾島にかけて東方に向う．また，流れが東方に方向変換する魚釣島辺りで一部北に向けての分流を生ずる．主流はかくて奄美大島から徐々に大陸棚を離れ，トカラ海峡を経て太平洋に出る．

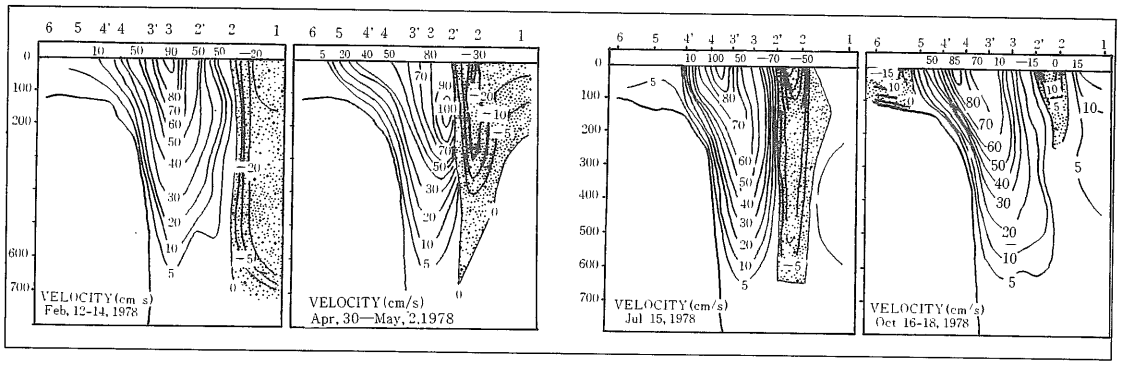
東シナ海における黒潮主流路は，長崎海洋気象台の観測によれば，変動幅は20～30マイル程度とされ，太平洋側における蛇行などはない．

東シナ海の黒潮の流速は大陸斜面部の表層付近で，75～100cm/s，最大150cm/s前後である．トカラ海峡付近ではこれよりやや速い．黒潮の強流帯（50cm/s以上）の幅でみると，20～50マイルの範囲で変化しているが，平均的な幅は30マイル位である．なお，琉球列島沿いには，南下流（反流）が形成されることが多い．流速は50cm/s以下であるが，時にはそれ以上の強い流れが観測されることがある．

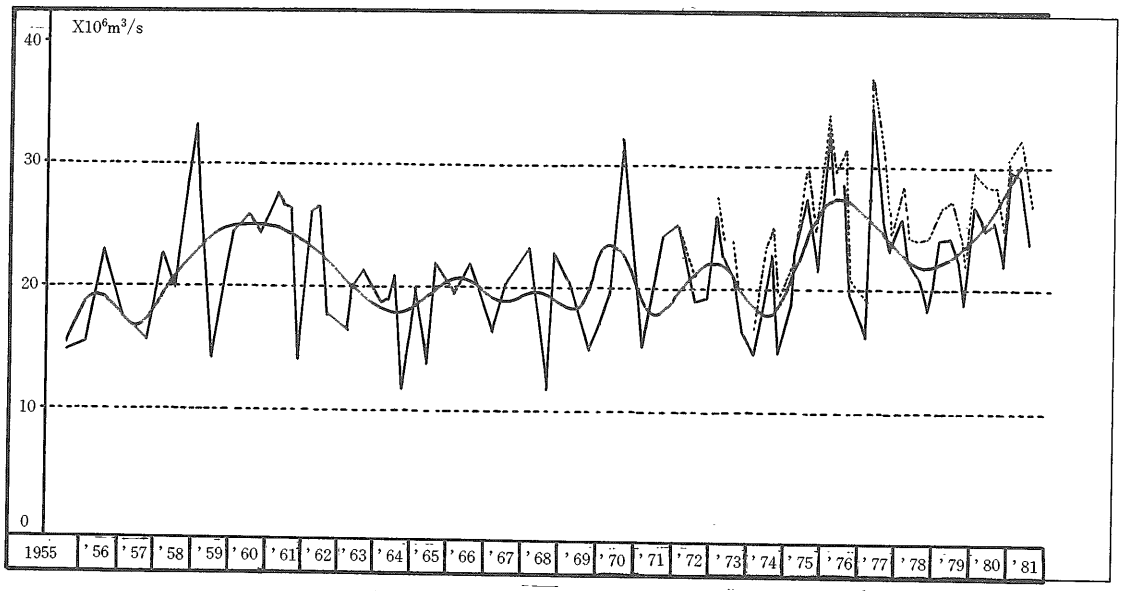
図－2に沖縄北西方海域における1978年の四季別の流速分布を示す．斜影の部分は反流で，観測点1～2'付近の反流は琉球列島沿いの南下流である．

次に東シナ海の黒潮の流量について調べてみる．図－3は長崎海洋気象台観測による沖縄北西方を通過する黒潮流量の1955～1981年の推移を示したものである．

15～30×10^6m^3/sの間の変動がみられるが，平均流量は21.4×10^6m^3/sである．曲線は年平均値で，変動傾向から数年おきの周期らしきものもみられるが定かではない．流量は前に述べたように観測された水温・塩分資料にもとづいたものであり，また，ある深さで流速が0（無流面）と仮定して計算されるものであるから，東シナ海のように大陸斜面部に沿って流れる流量の計算では無流面の採用は，せいぜい700mの深さである．したがつて，計算で得られた値より実際の流量は多少



図－2　沖縄北西海域における黒潮の流速分布



図－3　東シナ海（沖縄北西方）における黒潮の流量変動

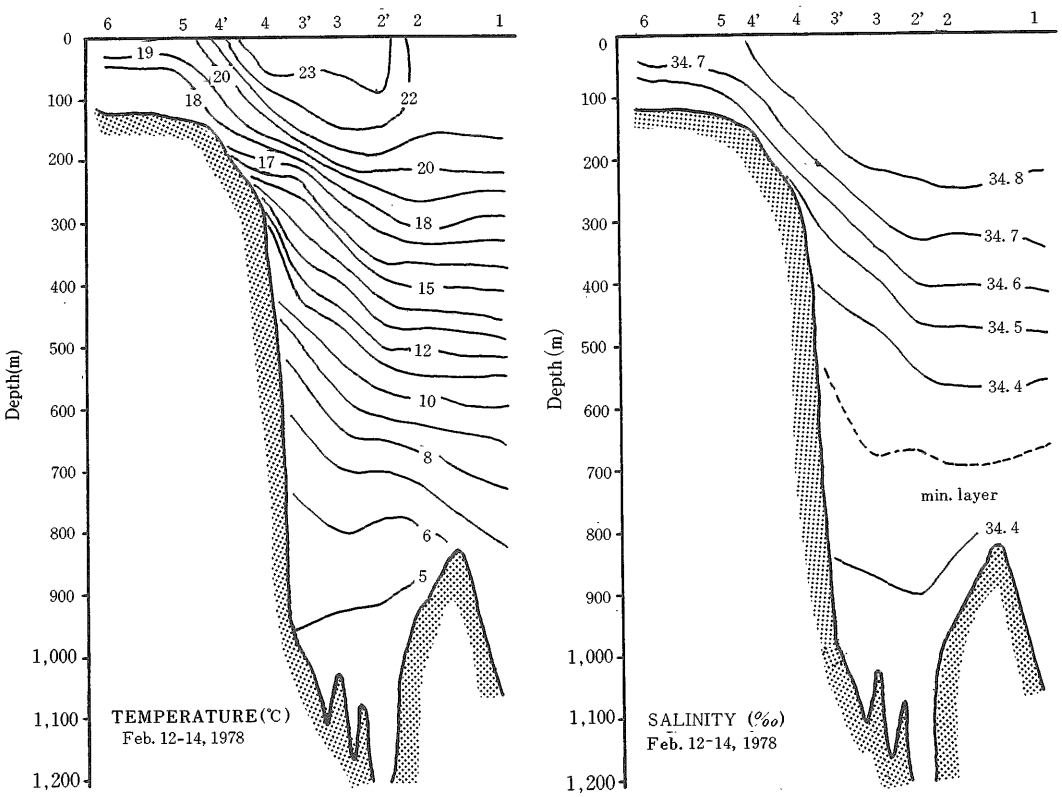
多くなると考えられる．同図の中で1972年以降，点線で示している部分は，再計算による流量である．

つぎに，黒潮流域における鉛直的な水理構造を水温・塩分・溶存酸素量の鉛直分布について記述する．

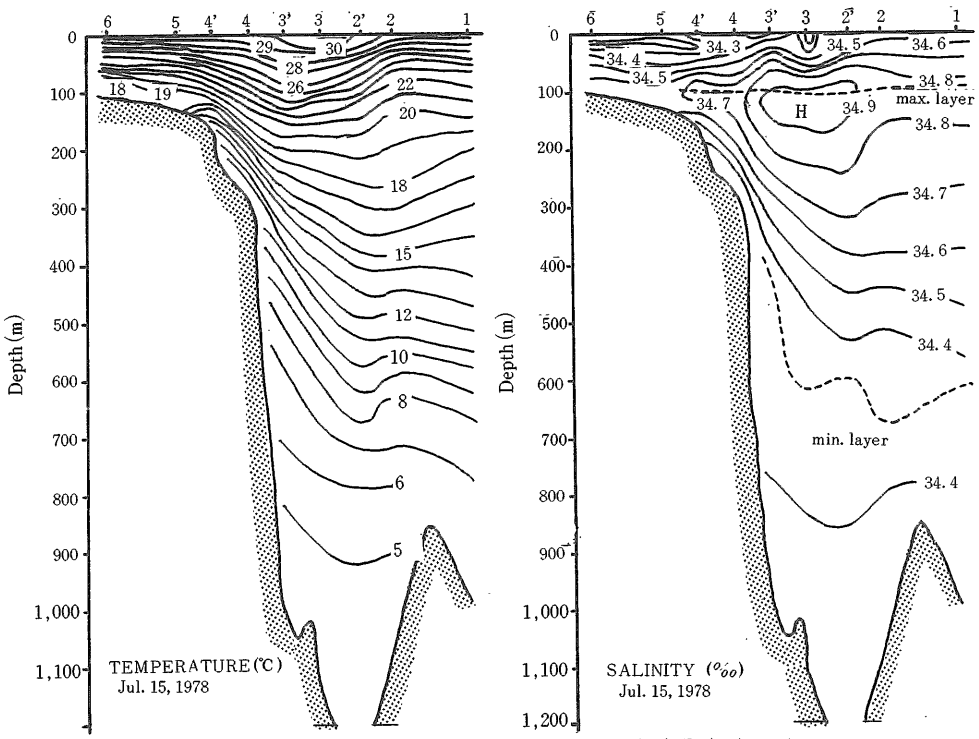
図－4，図－5は沖縄北西方の断面の冬季と夏季の水温・塩分の鉛直分布をそれぞれ示したものであり，図－6は同じく溶存酸素量の鉛直分布図を示したものである．

冬季には表層からの冷却と海水の上下混合が活発で，表層から150m深付近までは，水温・塩分ともに鉛直方向にほぼ均一な水が形成される．黒潮域の表層均一層の水温は，21～23°C台である．200m深で20°C前後で，それより以深では深さと共に低温となり，700～900m深で5～7°C台である．一方，塩分は黒潮主流域の200m以浅では34.8‰台で最も高い．水温と同様に深さとともに低塩になるが，大陸斜面部で500mの深さ，沖合で700m台以深になると僅かに塩分が高くなる．塩分のもっとも低い値が出現する層を塩分極小層という．塩分極小層は夏季（前出，図－4）でもわかるように，季節に関係なく，周年を通してほぼ同じ深みの部分に形成されている．溶存酸素量も深さとともに減少し，800～900m深で2mℓ/ℓ前後である．また，溶存酸素量にも極小層がある．極小層の酸素量は1.8mℓ/ℓ前後で，その深さは1,100m辺りである．沖縄舟状海盆はそれほど深くないので，東シナ海では酸素極小層が形成されている海域は少ない．

夏季においては，表層付近の水温が30°Cを越えることも珍しくない．暖候期の春先から夏季にか



図－4　沖縄北西方断面における水温・塩分の鉛直分布（冬季）



図－5　沖縄北西方断面における水温・塩分の鉛直分布（夏季）

けては表層からの水温上昇に伴って躍層が形成される．躍層の深さは大陸棚上で10～30m，黒潮域で60～80mである．躍層以浅と以深では異った水塊であるが，200m以深では，水温・塩分・溶存酸素量は冬季とほぼ同じ状態で，この深さになると季節変化が及ばないことを示している．塩分は冬季に比べると低くなる．夏季，表層付近の著しい塩分低下の様相は東シナ海全域にわたっていえることが，とくに大陸棚西部ほど著しくなる．これは中国大陸から排出される陸水の影響によるもので，黒潮域もそれらの影響をうけているのである．しかし，塩分低下がみられるのは躍層以浅で，黒潮域では100m以深を中心に塩分極大層が出現する．塩分極大層は冬季は鉛直混合によって識別できないが，他の季節では明らかである．

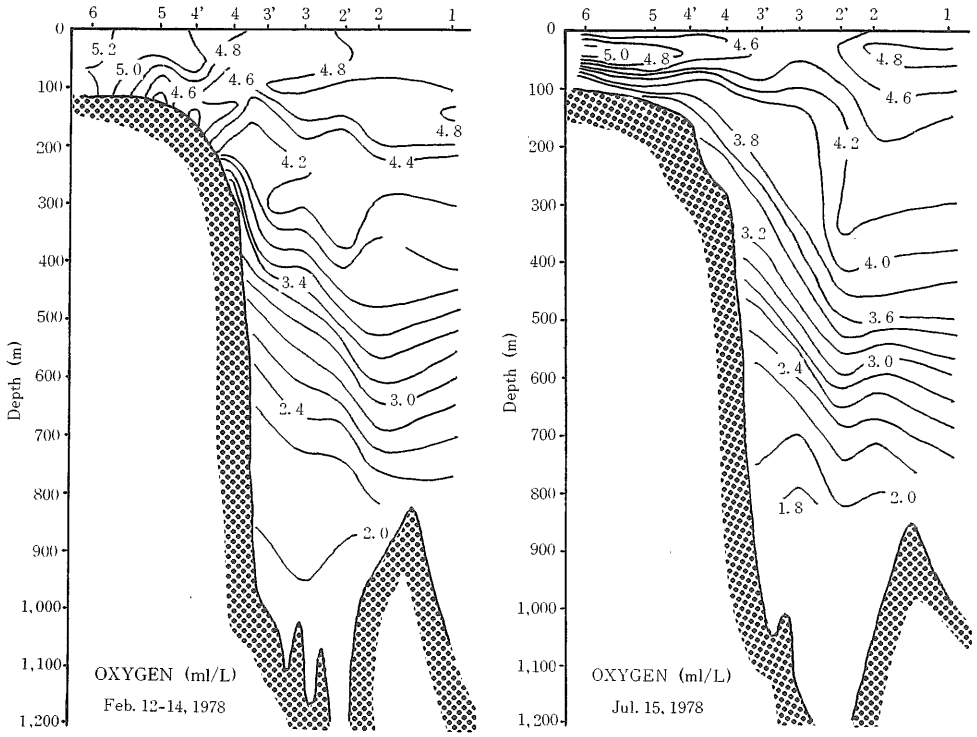
黒潮域の鉛直的な水温・塩分・溶存酸素量の鉛直分布の特徴をまとめてみると，塩分極大層の塩分は34.8～34.9‰，これに対応する水温は斜面部で16℃以上，沖合で18℃以上であり，極大層の上限は75m深，下限は250m深付近にある．一方，塩分極小層の塩分は34.31～34.39‰で，中心深度は斜面部で500m，沖合で700m，水温は7～8℃，溶存酸素量は2～3mℓ/ℓである．極小層の下限以深の水温は7℃以下，塩分は34.4‰台，酸素量は2.0～1.8mℓ/ℓで季節的にも経年的にもほとんど変化はない．

以上のような特徴から，黒潮域では海深別に3つの水塊に大別できる．かりに上層，中層，下層水塊と呼ぶこととする．上層水塊は塩分極大層付近までの水塊で季節変動が大きく，大陸棚外縁付近で大陸棚上の水塊との間で水平混合が盛んである．中層水塊は塩分極小層以浅，下層水塊は極小層以深となる．

なお，上層水塊は塩分極大層の中心付近（大陸棚外縁）でそれぞれ以浅と以深，中層水塊は塩分極小層の上限（500m）付近で水塊を2つにそれぞれ細区分できる．したがって，東シナ海の黒潮域の鉛直水理構造は細かく区分すると5つの水塊の層数により構成されている．

2.4 九州西方海域における対馬暖流[2)]

対馬暖流は東シナ海にその源を発するとされているが，日本海に突入する辺りまでは判然とした海流の姿を見せない．それに関わる諸要因が複雑であるためでもあると思われる．なお，諸説も多いが，集約的に眺めてみると，前にも述べたとお

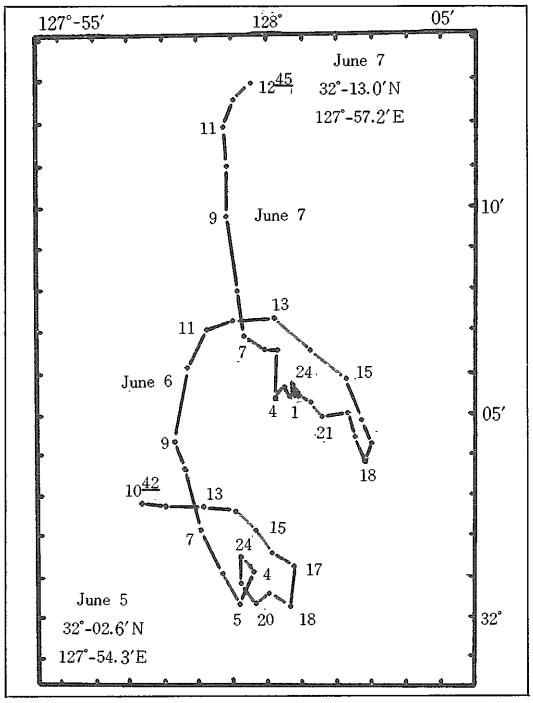


図—6　沖縄北西方断面における溶存酸素量の鉛直分布（冬季と夏季）

り，黒潮主流から対馬暖流の分枝が始まるのは，奄美大島北西方の28°30′N～29°30′N，127°－30′E付近で，黒潮が東シナ海大陸斜面から離れ始める辺りになっている．ここで派生された暖流は東シナ海大陸棚上の水塊の影響をうけながら，対馬列島にさしかかって２枚の流軸に分かれて日本海に流入する流動の形が一般概念のようである．しかし，対馬暖流が黒潮から分かれるとするならば，では果してその後のプロセスはどうなっているかについては，それほど明確には解明されてはいない．ある調査によれば，対馬暖流は海流としては黒潮などに比べ流速も弱く，厚さもうすく，幅も狭く，流路の屈曲もひどいがために，観測も解析も困難である．また，九州西方海域の対馬暖流は主に大陸棚上の浅海のために，気象の影響をうけ易い．さらに，潮流が海流を大きく上回っていることや他の水塊が複雑に接していることから，海流構造が複雑かつ変動性に富んでおり，単純には述べられない．しかし，最近その起源と流動特性は次第に明らかにされつつあり，西海区水産研究所，関係各県水産試験場等の調査研究による対馬暖流の起源説の概要はおおむね次のとおりである．

一つは，水系別の流量，水塊分析および人工衛星による写真資料を用いての整理の上に立って，対馬暖流は台湾北方海域で発生し，大陸棚上を変質しながら流れるという説と，海底用人工クラゲの調査結果から，対馬暖流の黒潮主流からの分枝は，東シナ海南部や北部の屋久島西方で生じ，その分枝流のうちの一部と大陸棚上の海流の一部が合流して対馬海峡を経て，対馬暖流の母体を形成しながら日本海に流入するとする説．また，黒潮からの分枝流の剝離は，東北海区での黒潮続流よりの流線剝離（黒潮続流の北縁をある距離にわたって辿った流線群の一部は，ある箇所で少しづつ，または束となって剝離する）に類似し，時空間変動の大きいことを暗示している．流れの方向は，調査によれば，東シナ海の大陸棚外縁から対馬海峡にかけてほぼ一定方向の流れを示しており，流速は10m深で，毎秒15～50cm程度である．

九州西方海域における対馬暖流の流れに関する若干の調査研究については，前記の西海区水産研究所，各県水産試験場がそれぞれの調査船をもちより，標流板を追った報告がある．それによると，



図－７　10m深における漂流板の流跡（1974. 6 西水研，陽光丸）

４船共同の追跡調査は五島西沖と対馬海峡においてそれぞれ行われた．図－７の流跡からも分かるように，五島西沖では五島寄りと沖合海域ではかなり流況が異なる．平均流速は五島寄りでは小さく，沖合になるほど速くなっている．最西側の船で追跡した標流板の流速は毎秒33cm（0.65ノット）で海流同様の速さを見せている．標流板追跡前の事前観測で得られた積算水温分布や力学的高低図によると，済州島と対馬を結んだ海域に強い流れが推定され，西寄りの標流板の流跡は対馬暖流の主流に乗っていたものとみられる．各標流板の流速変動をそれぞれの東西成分についての周期分析結果では五島西の沖合の標流板では日周潮流の変動がきわだっており，沿岸寄りの標流板はそれよりより短い周期の変動が相対的に大きな傾向をみている．対馬海峡の結果は五島西沖の沖合部のそれと似た流速変動を見せている．

海水の移動に着目したラグランジエ型の流動調査から，対馬暖流域と言われているこの海流域の流れは単純ではなく，種々のスケールの変動が加わって複雑な流れを形づくっている．殊に注目されるのは，流れが直線でなく，標流板の流跡は一般にトコロイド曲線状を示し，潮流の影響が大き

いというほかに，慣性流が重復しているとも考えられる．男女群島西側における標流板の流跡のように，流れの傾向として１日１回の円を描きながら全体として北東～東北東に移動するという特徴のある流れみせている．慣性円周期は緯度によって決まるが，この海域（32°～34°N）では22.1～21.4hrであるので１日周期流成分と分離することは難しい．しかし，五島西沖における船による追跡標流板の東西成分の自己相関では，１日周潮流よりやや短い．ちょうど慣性円周期に該当するあたりで相関がよくなっている．

以上が調査のあらましであり，標流板は時計回りの円に近い運動をしながら全体として東～東北東に標流していて，流速変動は対馬暖流の主流部と考えられる沖合寄りで相対的に流れが安定しているが，沿岸寄りでは流速変動が大きいにもかかわらず，同じ海域に停滞するなどして複雑な水の動きがみられる．

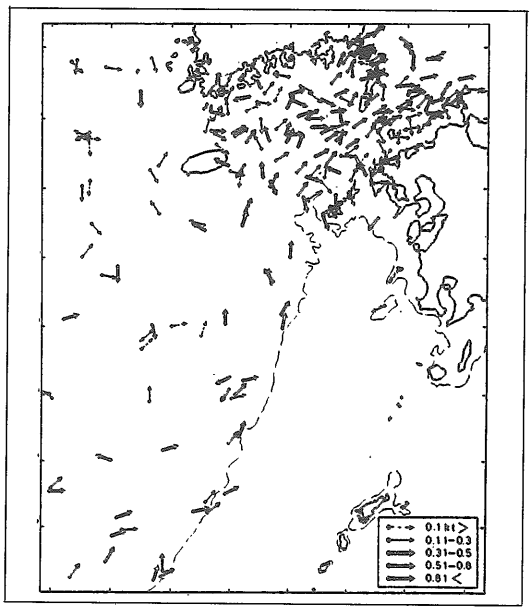
図－８は，過去の定置潮流観測資料にもとづく10m深の恒流の分布図である．かなり複雑な分布を示しているが，五島西沖から対馬海峡にかけての沿岸部をのぞけば，大勢としては一定方向の流況をみせている．

この海域では流向はほとんど西～南西から東～北東へ向かっており，対馬暖流の北東流の存在を具体的に示し，また四季別の流れの対比も行った結果，上層の流れの流速は夏季に強く，冬季に弱く，流向は僅かであるが夏に北に偏し，冬に東に偏よる傾向がある．この相違は底層付近では見られず，季節的な変化がきわめて小さいと，調査にあたった研究者等は指摘している．

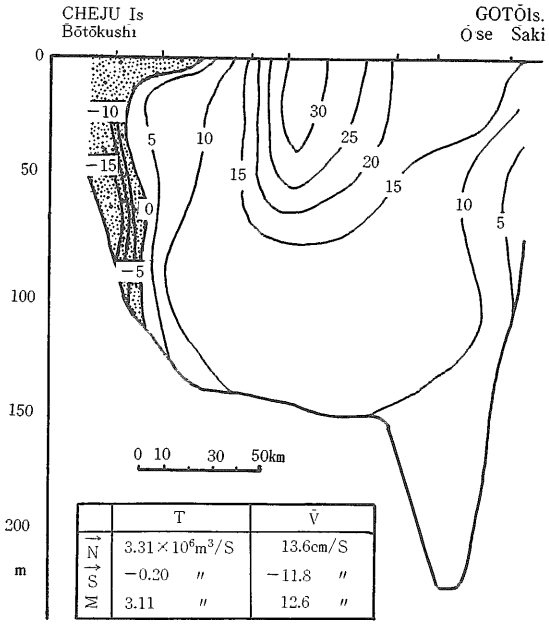
図－９，図－10は南北両端の断面における流速分布を示している．旧海軍水路部による調査資料にあるもので夏季の流況という．各断面の流速分布をみると，ほとんど北東流によって占められており，その中心付近に強流部が存在する．その流れの強い部分を連続した強流帯とみると，九州西方海域での対馬暖流には流軸が存在しているとみることができる．

五島西沖以南の海域については東シナ海大陸棚外縁付近に沿って北上してきた対馬暖流が五島～済州島間では福江島から50～60海里西方沖台を流軸が通っていると見る見方もある．それは，五島西方海域（**図－９のB断面参照**）で，すでに流軸の分離が生じて東西の２つの流軸が形づくられるとしている．

分離した流軸は対馬東・西水道へとそれぞれ連なっており，東側の流軸はほぼ直線的に東北東へ流れ，東水道中央付近から川尻岬沖へのびる．西側の流軸は五島西方を北北東に進み，対馬列島に



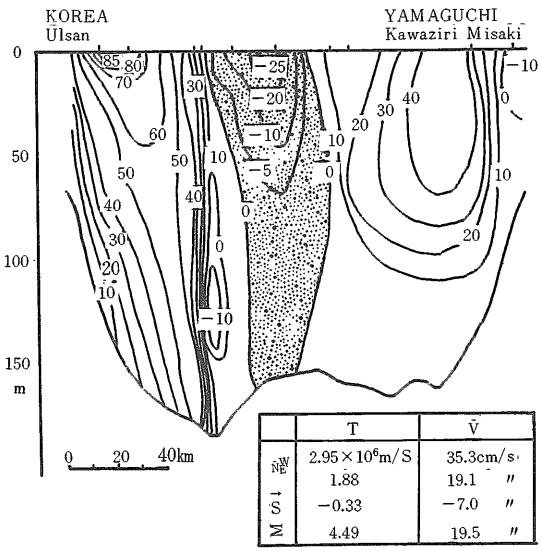
図－８　定置測流による10m以浅の恒流の分布



図－９　五島大瀬崎～済州島間の流速分布

沿って流れ，日本海さらに韓国東岸に沿い北上する．

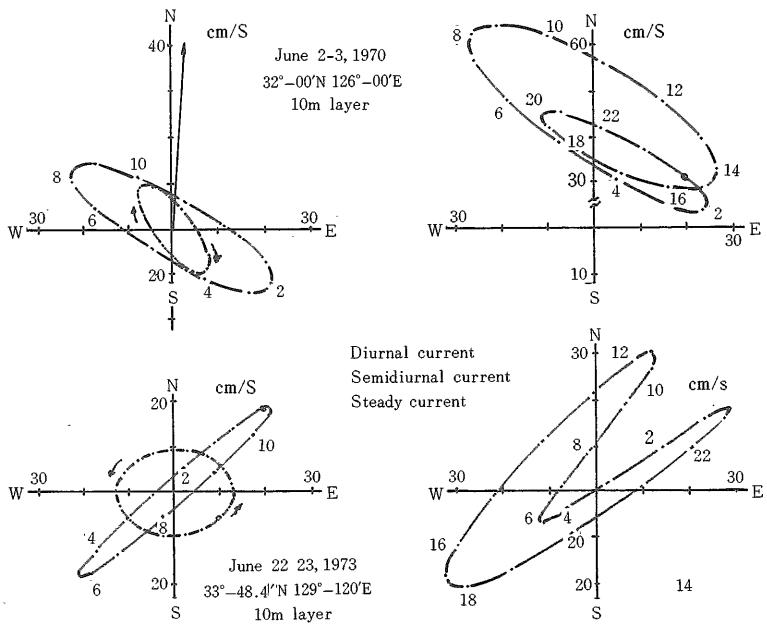
五島西方海域における２つの流軸とも表層で毎秒30～40cm，中層で25～30cm，底層付近で20cm前後である．対馬に接近するにつれて流速は増すが，対馬海峡に入ると流速は急激に増大する．これは，地形の影響により流れが収束するためと言われ，とくに西水道で顕著である．西水道入口では全層にわたって毎秒50cmを上回っている．さらに西水道出口付近での流れはさらに強化され，毎秒85～90cmに達している．中・底層では流速は衰え，中層で50～55cm，底層付近で25～30cmである．一方，東側の流軸付近の流速は西側ほど強くはないが，入口でもっとも強い流速となり，表層で毎秒65cm程度，中層で50～55cm，底層で40～45cmである．東水道出口から川尻岬沖辺りでは北上するにしたがって流速は弱くなる．



図―10　川尻～蔚山間の流速分布（三井田，1976）

こうして潮流は，以上の経過を経て日本海入口を節として東シナ海方向や日本海方向に流入していく．この場合，地球自転の偏向力のため，東シナ海の高潮時頃より低潮時頃までは九州・本州側の海面が高まり，韓国側が低くなる．逆に，低潮時頃から高潮時頃までは韓国側が高くなる．この両者の海面の水位差から対馬暖流の流速の試算もなされている．日本海入口の日本側と韓国側の水位差から試算された流速は毎秒50cm/sで，大潮時の最強流量の実測値とほぼ一致することが確認されている．潮流は潮汐に伴う海水の水平方向の周期的流動であるので，潮差が大きい海域ほど潮流は優勢である．したがって，同じ海域でも大潮時と小潮時では流速が異なり，大潮の流速は小潮の1.5～2.0倍に達し，また同じ大潮でも春秋の朔望期に年間最大となる．

対馬暖流域の潮流は，たとえば有明海湾口部の早崎瀬戸では大潮平均流速は6.6ノット，最大７

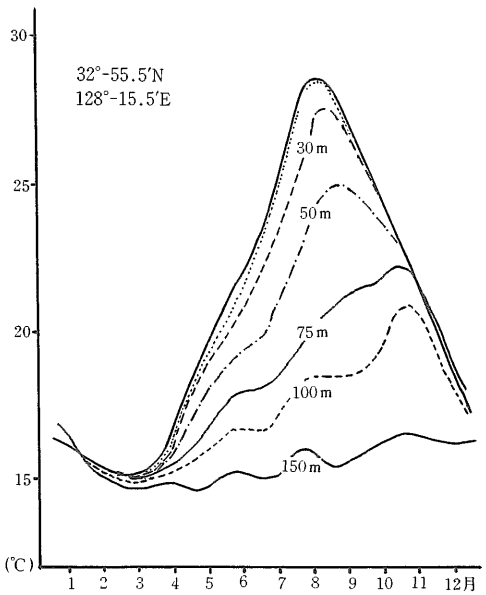


図―11　対馬東水道と済州島南方における潮流楕円とホトグラフ

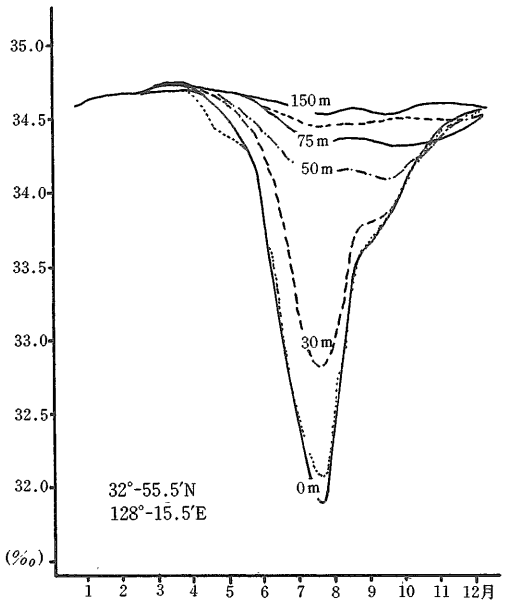
ノットを越える．東シナ海大陸棚上で1～2ノット，対馬海峡付近で1～3ノット程度となっている．

東シナ海全般の潮型は半日周潮流が多いが，海底地形の複雑な所や島々の多い所では必ずしもそうでなく，1日周潮流が多いときもあり，半日周と1日周が互角の所も多い．五島西沖から対馬海峡にかけての半日周潮流の割合をみると，全般的には半日周潮流型であるが，対馬周辺や五島列島から玄界灘の九州寄りでは1日周潮流型もみられる．

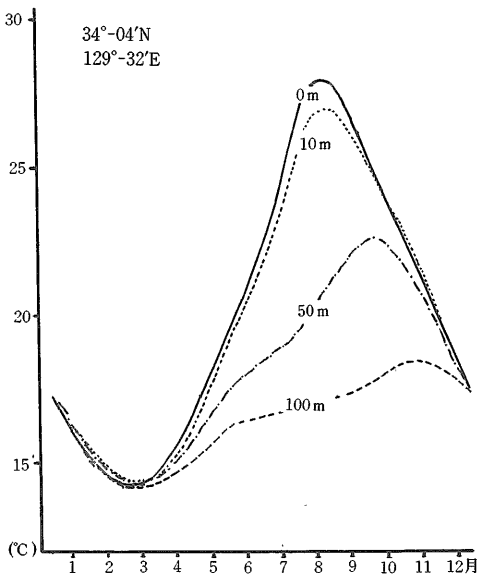
図—11は対馬東水道と済州島南方における潮流観測結果（長崎海洋気象台）に基づいて求めた潮流楕円とホトグラフ（合成流）の一例である．図上段の済州島南方では半日周潮流は西北西から東南東方向に流速が早く，半日周潮流がまさってい



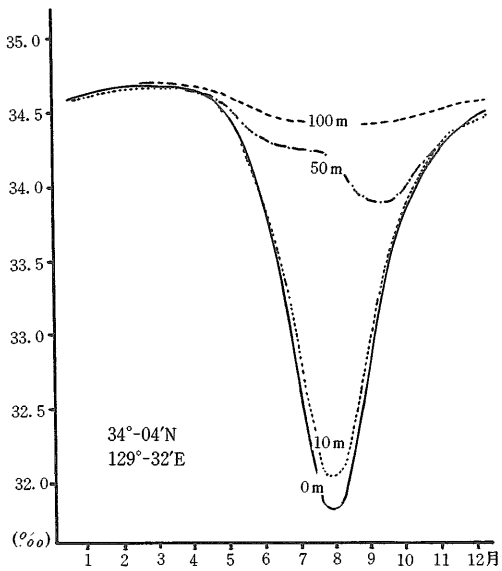
図—12　五島西沖における水温の季節変化



図—13　五島西沖における塩分の季節変化



図—14　対馬東水道における水温の季節変化



図—15　対馬東水道における塩分の季節変化

る．恒流はほぼ北向きの流れで，流速は41cm/sで，対馬暖流の北上海域とみられる．一方，対馬東水道では１日周潮流と半日周潮流はたいした差はない．半日周潮流は南西から北東方向の流れが速く，１日周潮流は流速に大きな変化はなく，時間とともに流向だけが変化する．

潮流は，海水の周期的流動で，その周期はほぼ半日か，海域により１日である．したがって，海水はある所を中心として半日または１日の周期で流動する．海水流動を潮流に着目する限りでは，さほど複雑ではないが，海水の流動には海流の共存がほとんどで，そのため流れは複雑となる．九州西方の対馬暖流域がこれに該当する．

つぎに，対馬暖流域の水温・塩分の季節変化についてみてみたい．図－12，13は五島西沖(32°55.5′N，128°15.5′E)，図－14，15は対馬東水道（34°04′N，129°32′E）における水温と塩分の平均値の経月変化をそれぞれ示す．

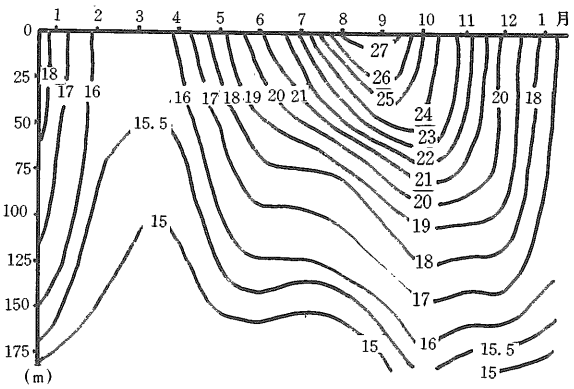
両海域とも対馬暖流域にあるため，水温・塩分の季節による変化は大体同じである．水温は３月上旬頃にそれぞれ最低温を示し，４月頃より上昇開始，30m以浅では８月中旬に年間最高になるが，深さとともに上昇割合も，最高水温も低くなる．また，最高水温の起こる時期は，深さとともに遅れ，50m深で９月上旬，75m以深では10～11月頃となっている．

また，図からわかるように，塩分の季節変化は，水温の変化とほぼ逆位相となっており，塩分の年最高は３月下旬～４月上旬頃に各層同時におこっている．５月頃から30m以浅の低塩化が目立ち，８月に年間最低となる．しかし，50～75m深では２カ月程度遅れて10月に年間最低が出現している．11月から５月までの約半年間，表面から100m深までの塩分は，ほとんど一杯な値を示し，この期間の季節変化は100 m以深では変化はほとんど認められないほどである．要するに，水温・塩分ともに季節変化は１年周期が主で，半年周期以下の成分はきわめて小さい．

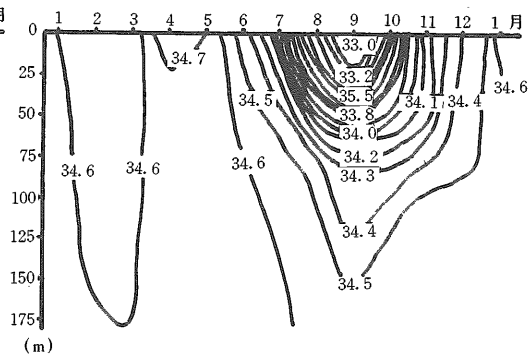
以上みてきた対馬暖流の主流域にある五島西沖と対馬東水道の水温・塩分は長期間の平均値であり，ならされた姿をしているが，季節的・経年的な現実は複雑な形をとる．年によっては最高最低で起時的１カ月の遅速が生じたり，またかなりにばらついている．九州西方海域では対馬暖流勢力の消長につれて，年により水温や塩分の変化に相違が生じる．また，対馬暖流は北流過程で東シナ海の大陸棚上の水塊の影響をうけるので，大陸棚の水塊の消長とも密接に結びついている．大陸棚上の水塊は気象や中国大陸の降雨量に影響をうける．したがって，大陸の雨量が少ない場合は河川水量が少ないため，夏季に東方へ張り出してくる低塩大陸沿岸水が弱い．逆に，洪水年は，東シナ海中部以北から対馬暖流域にかけては，九州西岸の沿岸水による低塩になることがある．図－16および図－17は五島西沖における鉛直水温と塩分の季節変化を形をかえて描いたものである．

2.5　黄海暖流沿岸水[2)]

台湾の北方海域で，一部は黒潮から分かれ北方に向って分岐した流れは舌状となって，流速0.5ノット程度で揚子江河口沖まで達する．この流れは中間暖流とも言い，黄海冷水の南への張り出しを補う形となるが，他にも黄海冷水の南下を補う形で黄海の北部に流入する暖流が見られる．これ



図－16　五島西沖における鉛直水温の季節変化



図－17　五島西沖における鉛直塩分の季節変化

を黄海暖流と称している．

台湾北方を流れる黒潮の本流は，韓半島南方海域を経て日本海に向うことは前にも述べたが，済州島南側の海域において暖流の一部がはぐれて黄海に流れこむ．これが黄海暖流である．やはり黄海冷水の南下に起因する補償流的な性格をもっている．流れそのものはさ程強くはなく，黄海冷水の動きに従っている．そして，黄海冷水の南下がもっとも多い冬季に黄海暖流が大きくなるため，その水温は意外に低くならない．

2.6 中国大陸沿岸水と黄海冷水[2)]

中国の大陸上にある水塊の大部分を中国大陸沿岸水および黄海冷水と呼ぶ．いずれも主として中国大陸から排出された河川水によりなる栄養塩類に富んだ水塊で，冬季には低温低塩，夏季には高温低塩の性格をもつ沿岸水である．したがって，この水塊は中国大陸中部以北，すなわち，揚子江河口沖合から北部にある．降温期の秋から冬にかけて，中国大陸沿岸水は表面からの冷却効果と対流混合により海底まで冷却される．そして寒冷な北西季節風が何日も吹く頃になると，この沿岸水は黄海北西部から大陸沿岸に沿いながら南東方向に張り出し，南東方向と南に向かう２つの流れに分かれる．前者は対馬暖流基幹部を西方から，後者は東シナ海南部の黒潮を北から圧迫するように張り出し，大陸棚外縁に沿い暖流系水との間に著しい潮境を形成する．

４～５月の暖候期になると，主風向の変化とともに，夏に向かっての冬の大陸沿岸水の張り出しも勢力が衰える．上層部分が上昇し，揚子江を主とする河川水の流出量の増加につれ，冬季の冷水と変換がすすみ，著しく塩分の低い水が大陸棚上の表層を覆う形で東方に張り出してくる．九州西方海域の夏における対馬暖流の低塩な表層水の発達の主な要因は，夏季の大陸沿岸水によるものである．

中国大陸沿岸水や黄海冷水は，季節により前述のように水質が大きく変化するだけでなく，年によっても，それらの水塊の態様や分布状況も著しく変化を見せるケースがある．とくに，冬季の気象状況や大陸における降水量などは，水塊変化の極めつきの要因である．冬季の気象，すなわち低気温度と期間，季節風の連吹時間と風速，シベリヤ高気圧の南下経路などにより，これらの水塊の発達規模が形づくられる．これは，東シナ海の大部分が大陸棚上の浅海のため，容易に水温が降下し，大体２℃程度の水温変化は気象上の影響からも生ずる．さらに水送流の発達，すなわち海水の水平移動による水温変化もかなりのものである．

つぎに，夏の中国大陸沿岸水と黄海冷水の態様に最も影響を与えるのは，やはり中国大陸の中部における降雨量であり，それによる大河川から流出される水である．ために，洪水年と旱ばつ年には東シナ海の海況に歴然とした違いが認められる．すなわち，旱ばつ年には中国大陸沿岸水の東方への張り出し規模は小さく，これを含めた黄海冷水も小規模のまま大陸棚北部にとどまる．逆に，台湾北方の黒潮分岐流の北への流れが拡延されることになる．

この流れは，かなり北方へ迫るため周囲は勿論，東シナ海全体の塩分が高くなる．

また，洪水年には塩分の低い中国大陸沿岸水が広範囲に広がり，30°N線辺りで東に移流し，徐々に北東に向きを変え，対馬暖流の西縁に沿って対馬海峡を経て日本海に向う．対馬暖流域の表層水が極端に低塩になるのは，中国大陸沿岸水の希釈を強くうけるためである．日本における降水影響による九州沿岸の低塩化はあまり見られず，降雨面積の差のほどを示している．全般的には，対馬暖流の表層水に比べ夏季を除けば全般に低温・低塩である．

2.7 表面水温[4)]

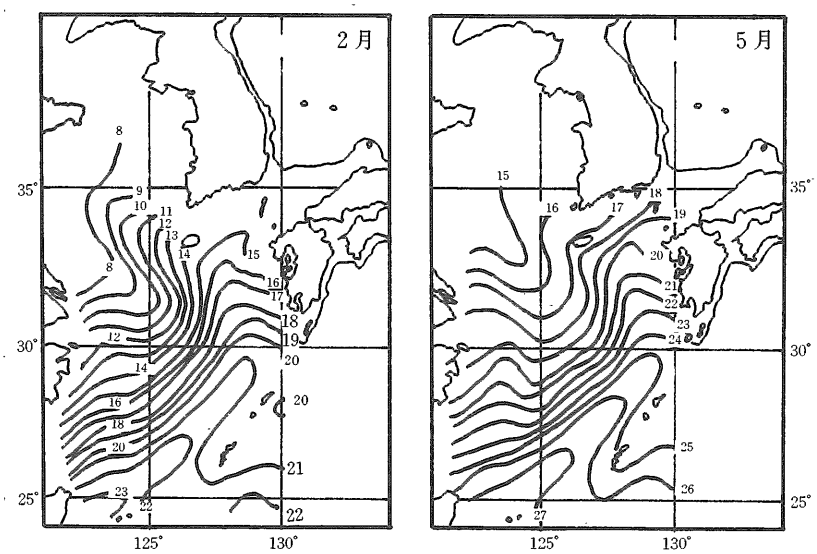
対馬暖流の海況に大きな影響を与える東シナ海を見るとき，それぞれの水塊の特徴を示すこともあり，長期間にわたり集積された表面水温の平均状態の特性が役に立つことが多い．

図－18～19は，四季を代表する月の中旬の10年平均水温分布図である．東シナ海のようにいろいろの水塊が接し合う海域では，表面水温の勾配が相当に大きく，夏季には北部冷水域の水温上昇が著しく，黒潮域の水温示度の差は非常に小さくなるが，水塊の境界は想像するより以上に現実にははっきりしており，水塊間には極めてはっきりした水温前線が形成されている．

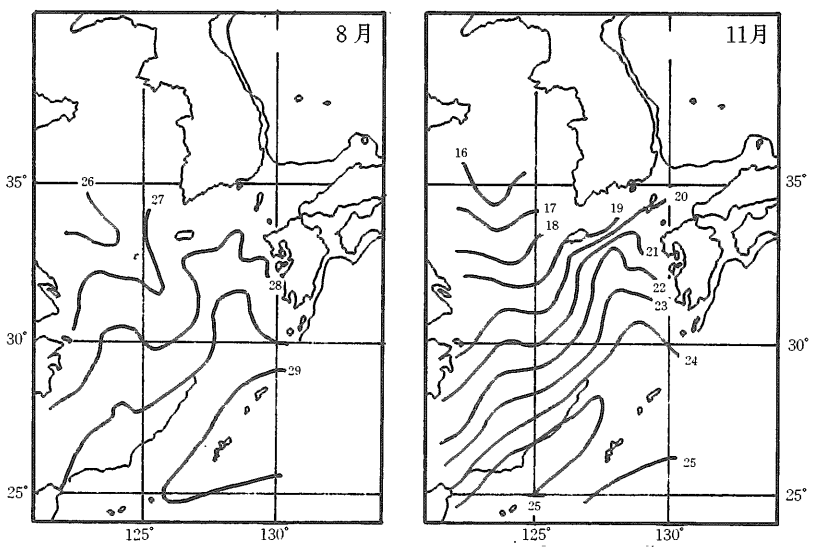
表－１は主要海域の水温特性を示したものである．各水系それぞれ，冬低夏高の年周期の波を画

くが，その振幅や位相にははっきりした特徴がみられる．すなわち，極大値は黒潮で７月下旬に現われ，29～30℃であり，極小値も黒潮域中南部で２月上旬に現われ，21～23℃を示す．対馬暖流の極大値は黒潮より少し遅れて８月上中旬で28～29℃極小値は２月中旬から３月上旬で14～20℃，黄海冷水域の極大値の出現時は対馬暖流域とほぼ同時期であるが，対馬暖流域より３～４℃低い25～28℃で，極小値は２月下旬～３月上旬で８～12℃である．大陸沿岸水域の極大値は８月中下旬，極小値は南部で２月下旬，北部では３月上旬にあらわれ，その起時が他の水域より約１～２旬遅れる．水温の上昇・下降率も水系により異なり，黒潮域が最小で，大陸沿岸水域，黄海冷水域が最も大きい．

表面水温の月ごとの標準偏差も海域により特徴があり，東シナ海全般にわたっての標準偏差の幅は0.2～2.0℃となっている．平均的には黒潮流域が最も低く，対馬暖流域から黄海冷水域の順に高くなる．とくに，黄海暖流で最も高く，寒暖両水塊の変動の大きさを暗示している．月ごとの標準偏差の値は，季節的には黒潮域は冬高夏低，黄海冷水域では冬低夏高，対馬暖流域ではその中間型である．



図―18　２，５月中旬10カ年平均水温水平分布



図―19　８，11月中旬10カ年平均水温水平分布

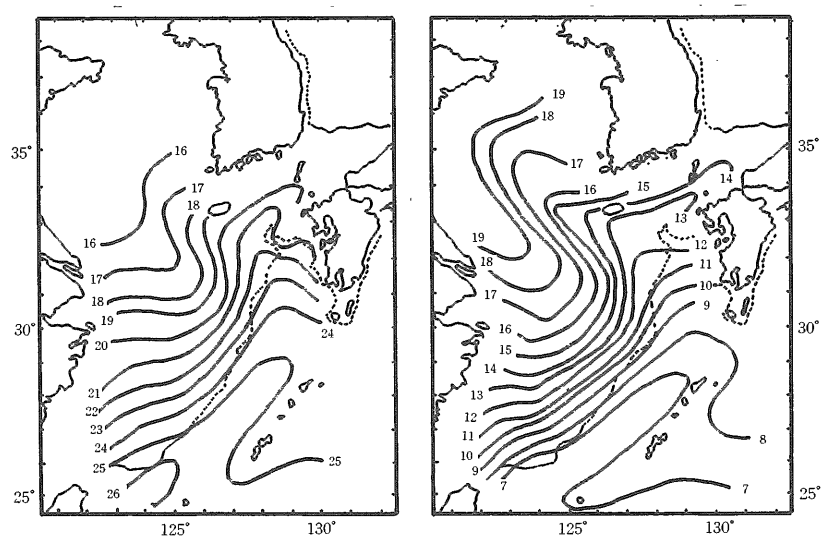
年較差は黒潮で7～9℃で，北上するにつれてわずかに増える．対馬暖流では10～13℃で，北上するほど年較差の度合は大きくなり，その様子は図—20に示すとおりである．黄海冷水と大陸沿岸水は15～19℃の較差で最も大きく，黒潮域の約2倍となっている．中心部は19℃で大体一様な較差分布を示しているが，周辺より大きく，暖流系のそれと対称的である．寒暖両水塊の潮境では両者の中間で，12～15℃であるが，水平傾度が大きく，3～4℃160マイルとなっている．このように，年較差の特徴は黒潮域が最小で，ついで対馬暖流域，黄海域，大陸沿岸水域の順に大きくなる．また，水塊内部の年較差はおおむね一様な値を示し，混合水塊では水平傾度が大きく現われる．

各水塊の表面水温の年変化がそれぞれに特徴をもっているのは，それらの海域の深浅，海潮流の強弱，緯度の高低などの相異，海面における熱平衡が異なるためである．とくに，大陸棚上の水温変動については，空気と海水の熱収支の見地からその特性を調べておく必要がある．

以上述べたように，水塊的には東シナ海と南方と東方は黒潮系水に，北西方は中国大陸沿岸系水により占められ，対馬暖流域も含めた東シナ海全体の海況は，大きくみるとこの両水系の変動によって決定される．しかし，いろいろな自然条件からみると，東シナ海の海況特性は海洋学的には大陸河川の河口という性格が強く，したがって，大陸河川からの流入と態様が重要な研究課題である．

表—1　表面水温の水域別特性

場所(水塊)	緯　経　度	極大水温の時期と示度		極小水温の時期と示度		年較差(℃)
		時　期	水温示度(℃)	時　期	水温示度(℃)	
黒潮域(南部)	25°N・123°E	7月下旬	29.9	2月上旬	23.1	6.8
黒潮域(北部)	28°N・127°E	7月下旬	29.5	2月中旬	21.5	8.0
対馬暖流基幹部	32°N・123°E	8月中旬	28.8	2月中・3月上旬	16.1	12.7
対馬暖流	33.5°N・128.5°E	8月上旬	28.2	3月上旬	15.2	13.0
ソコトラロック	32°N・125°E	8月中旬	26.7	3月中旬	9.3	17.4
大陸沿岸水域(北部)	31°N・124°E	8月下旬	28.1	3月上旬	9.8	18.3
大陸沿岸水域(南部)	29°N・123°E	8月中・下旬	28.1	2月下旬	13.1	15.0
黄海冷水域	34°N・123°E	8月上・中旬	25.9	2月下旬	8.0	18.0



図—20　表面水面の年平均分布（左）と年較差の分布(右)

3. 対馬の環境

3.1 対馬の概説[5)6)]

本島は昭和55年現在の調査によれば，6島で50,810人，面積706,43km^{2}となっている．

北は韓半島に対し，南は対馬海峡を隔てて壱岐島，九州本土に面している．福岡まで147 km，上対馬より釜山まで53kmの距離がある．島は南北82km，東西に8kmと細長く，海岸はリアス式海岸をなし，その総延長は828kmに及ぶ．83%は山林でおおわれ，標高200～300mの山々が海岸までせまっており，平坦地に乏しい．

気候は対馬暖流の影響により，年平均気温は15℃，年間降雨量は2,200mmと，緯度の高い割には温暖である．冬は大陸からの季節風のため冷えこみがひどく，積雪は少ない．

現在，島内は厳原，美津島，豊玉，峰，上県，上対馬の6町があり，前3町が下県郡，後3町が上県郡となっている．対馬の行政・経済の中心は厳原町で，ここに長崎県対馬支庁のほか官公署あるいは本土の銀行商社の支店等がおかれている．また，厳原町は藩制時代の対馬藩の城下町であり，対馬のいわば表玄関としての位置にある．すなわち，本土と対馬との交通は，博多から壱岐を経て厳原に至る航路がほとんど唯一の交通路であった．ほかに，上対馬町比田勝から北九州市小倉に至る航路があるが利用者は少ない．昭和50年に美津島町に対馬空港が開設され，博多－対馬間の航空便が就航し，本土との距離は著しく短縮された．それまでは航路のみで，飛行機の通わぬ大きな離島としての地位におかれていた．現在，航空路は1日に博多－対馬間4便，長崎－対馬間1便，航路は1日に博多－厳原間2便，小倉－比田勝間1便の就航を見ており，以前に比べ便利となった．そのため，風光明媚な対馬の自然景勝と最近の歴史ブームにより，多くの観光客が来島する．なお，島の中央浅茅湾を中心とする全島の17%が昭和43年国定公園に指定された．

本土の土地構成は，山林原野が87%を占め，農地はわずか4%にすぎない．島内最高峰は厳原町にある矢立山で海抜649mにすぎないが，全島200mないし300m以上の山によっておおわれ，山腹傾斜が急で，峻険である．これが島内陸上交通の大きな妨げとなっている．戦前は要塞地帯であったため，軍事上の理由から道路が全く整備されず，村路はほとんど海岸にあったため，島民はもっぱら海上交通に依存していた．対馬の表玄関厳原から北の玄関比田勝に至る総貫道路が開通したのは実に昭和46年で，それまではこの間の全部または一部を船便にたよった．この道路は昭和50年に国道382号線となり全面舗装され，現在はこの間を直通バスが1日4往復，約3時間半で走っている．島内各集落にはおおむね道路が通じてはいるが，未舗装部も多い．また，一般に屈曲勾配が多く幅員も狭いため，島内の交通事情は良いとはいえない．

農地はわずか4%の24km^{2}にすぎず，かつ土地の肥沃度が低いため，農業生産の比率は低い．対馬の米は島民を3カ月しか賄えないといわれたこともあるほどであるが，生産高をみると水稲が第1位を占め，肉用牛，いも類がこれについでいる．道路や農地の整備がおくれていた対馬では運搬や耕運に牛馬が多く使われていたが，道路の整備と耕運機の普及により役牛が肉用牛へと移行した．馬は減少の一途を辿ったが，対馬の馬は数少い日本在来馬として保存が図られている．対馬でもっとも重要な産業は漁業で，周辺を対馬暖流が流れて漁類も豊富であり，加えて海岸線が屈曲に富み天然の良港が多く，漁場として恵まれている．漁業には，共同，定置，区画の漁業権漁業はもとより，大臣許可のいか釣漁業，中小型まき網等の知事許可漁業のほか，いか一本釣の自由漁業も重要な地位を占め，これらが全体として対馬産業の基幹をなしている．(図－21)．

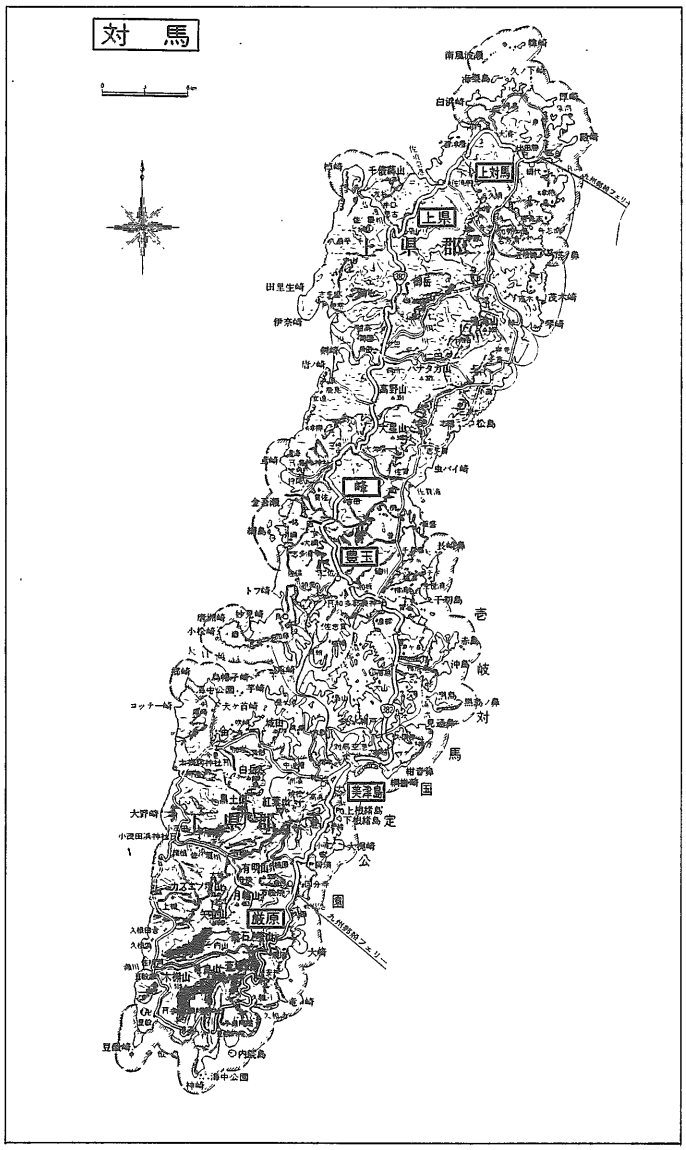
図－20

3.2 対馬の自然環境[5)6)]

地勢としては，山林が土地の圧倒的部分を占めているので，その利用，とくにその林業用利用が島の経済にとって重要である．島内の山林面積は616.91km^{2}におよぶが，天然林が多く，人工林率は31.2%にすぎない．

対馬の林業で特筆すべきは対馬林業公社による造林で，現在島内6町に合計4,700haの造林を行っており，その造林対象地にはいわゆる入会的共有林が少なくない．

対馬の気象については，その地理的位置のほか，前記の対馬暖流の動向，態様に影響されている比率も大きい．対馬の気象については，北と南とでは多少の差はあるが，地理的には厳原で対馬を代表させてよいと考えられる．表－3の最高気温部に日最高気温の極値は36.0℃（1966年8月）という記録がある．これは，梅雨あけの太平洋高気圧が厳原地方をおおう時期で，過去の最高記録の殆んどがこの期間に集中している．このことから，夏の対馬はしのぎやすいが，冬は風が強く過ごし



図－21　対馬の地図

表－2　対馬の気温（30年間平均，℃）

内訳＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均気温	4.8	5.6	8.6	13.2	17.2	20.4	24.8	26.3	22.7	12.6	7.3	15.1
最高気温	—	—	—	—	0.0	0.2	7.5	15.6	2.4	—	—	—
最低気温	13.7	10.8	2.8	—	—	—	—	—	—	—	0.4	5.5

ただし、最高気温：30℃≦の日数
　　最低気温：0.0℃以下の日数

にくいことがわかる（表－2）.

次に，風速については表－4にみるとおり，10m/s以上の日数でも分かるとおり非常に多い．とくに冬期が多いのは季節風のためと思われる．厳原測候所は，南側が比較的開放的である点を除けば，3面共ほとんど山に囲まれているため実際はもっと強く出て，回数もさらに多くなると推定される．

対馬は南北に島が横たわるため，風向によって島の東西で差が出るのは当然であるが，北東風のときは東沿岸，とくに上対馬の方で風が強く波も高くなっているのに，南端ではたいした波もないといった現象があらわれる．通常北東風は対馬近海は荒れる．その理由は，日本海からの吹走距離が長いためと対馬暖流の影響で，風速に比して波が高く，いわゆる三角波となるため，これが海難の原因になる．

これに比して，北西，南東風は風速が強いわりには波が高くならない．また南西風も東シナ海という巨大な吹走距離にしては波があまり高くならないのは，対馬暖流と同じ方向のためと思われる（表－5）（図－22）.

ところで，対馬近海では意外な時に突風（10～15m/s）がある．九州本土では風が弱く，殆んど静穏に近い状態なのに，対馬では10m/s以上になることがある．これは図－23のような天気図で移動性高気圧が上海付近にあり，低気圧または低気圧性のへこみが日本海にある時に起るようである．時期としては冬期に多く，春先にも起ることがある．天気は殆んど快晴に近く，夜間に発生する傾向があり，冬型の気圧配置がゆるむ時である．また，低気圧が日本海に入ると発達して，風が強くなる率が高い．

つぎに，対馬の降水量は表－10でもわかるように年平均2,170mm，福岡に比べ400mm以上の降水がある．これは天気と関連があるのはもちろんであるが，冬型の気圧配置の時，対馬は快晴，福岡はしぐれとなる傾向があるためと思われる．9月は通常秋晴れの天気のため，降水量は少ないと思いがちだが，対馬では9月に豪雨の傾向がある．表－6でわかるように，1，2位は共に9月に出ている．393mmはおよそ1月分の雨が1日で降ったことになり，いかに多量の降水かがわかる．また，表－9でわかるように，月最大は1,152mm，およそ年平均雨量の半分に相当する．幸い対馬は山が9割以上を占めているため，水がたまることは少なく，大雨の割には被害は少ない．ただし，昭和46年7月の北部対馬の豪雨は異常なもので，

表－3　日最高気温極値　厳原（1896～1970）日最低気温極値

順位	値	年月日（起日）	順位	値	年月日（起日）
1	36.0	1966. 8. 7	1	−7.9	1920. 2.11
2	35.7	1944. 8.30	2	−7.7	1915. 1.15
3	35.7	1922. 8. 5	3	−7.6	1929. 2.11
4	35.6	1942. 7.27	4	−7.4	1900. 2. 7
5	35.4	1929. 8. 1	5	−7.2	1931. 1.11

表－4　厳原における風速

風速＼月別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均風速（m/s）	4.3	3.6	3.5	3.5	2.9	2.8	3.4	3.0	3.2	3.2	3.1	3.3
10m/s以上の風速の日数（日）	10.4	6.2	7.5	6.3	5.1	3.3	6.0	3.8	3.2	2.7	5.3	7.1

表－5　最大風速極値　厳原1896～1970　　最大瞬間風速極値　厳原1919～1970

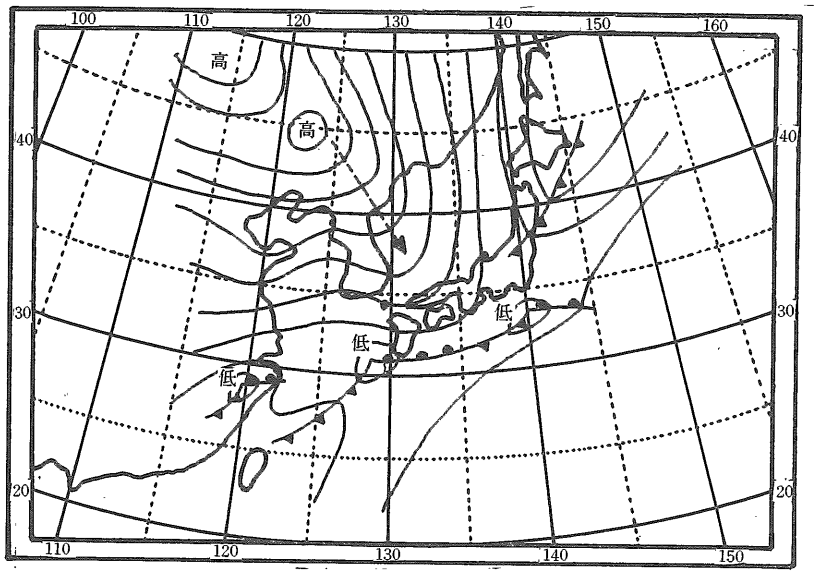
順位	風速m/s	風向	起年月日	順位	風速m/s	風向	起年月日
1	26.5	S	1959. 9.17	1	47.2	SSW	1968. 7.18
2	26.2	NNW	1942. 8.27	2	43.6	SSE	1959. 9.17
3	25.3	SSW	1931. 9.12	3	34.9	NNW	1942. 8.27
4	25.0	SSW	1968. 8.16	4	34.0	SW	1963. 6.20
5	24.0	SW	1930. 7.18	5	34.0	SSE	1957. 8.21

21日～26日間の総降水量は800mm以上であった．このため崖くずれ，山くずれが多数発生した．

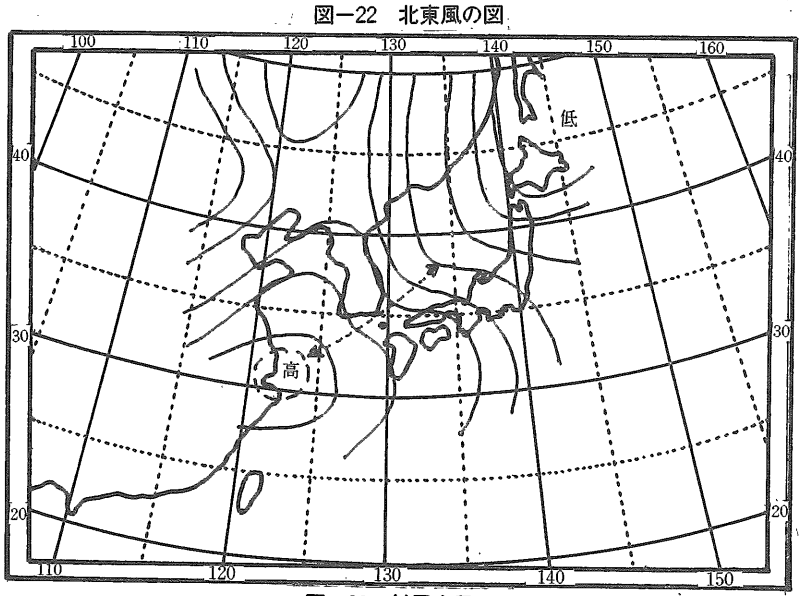
対馬では，日降水量1mm以上の日数は平均100日を越え，3～4日に1回雨があり，同じように10mm以上は1週間，30mm以上は半月に1回の割合となる．ただし，冬期は降水が少ないため夏期の割合はもっとふえることになる．日降水量の最小は2.1mm，渇水の対策は町でも県でも構じられていると思われるが，断水の辛さは厳しいものがある（表－7～表－10）．

最後に対馬の天気について触れておきたい．

例えば，対馬の近隣都市長崎と福岡と比べてみると，快晴日数は全年で対馬が多く，次に長崎となっている．福岡と対馬の12月～2月の冬期間の快晴・曇天日数は表に見られるように，その差は大きい．これは，対馬では晴れていても福岡では曇っていることを示している．原因は，北西の季節風が吹いている時で，大陸からの気流は韓半島の山にあたり，西側は曇り東側は下降気流となって，天気がよくなっているのが気象衛星でわかる．対馬は韓半島のカゲになって，いわゆる下降気流となり好天となるが，福岡の方はその影響がなく，曇天となって小雨か雪が降る悪候となるようである．しかし，九州山脈の東側にある大分は対馬と



図—22　北東風の図



図—23　対馬突風の型

同じ状態となって，好天の日が傾向として多いようである．このことは平均曇量でもはっきりと現れている（表－11）．

対馬は日本海側のように曇天が続くことはあまりなく，天気変化は割合早いが，北東風が吹くいわゆるカブリ型（北高型）となった時4～5日悪天候が続くことがある．この時は風も強く時化模様で，定期船もよく欠航する．

また，雪については，対馬は雪が降った日数では福岡と大した変りはないが，積雪日数がぐんと少ない．30年の平均を見ると，1年に3日の積雪となっており，福岡の約半分に過ぎない．これは，平均湿度からわかるように，福岡に比べ乾燥しているためと考えられる．また，霧も雷も少なく，その上空気もきれいである（表－12～13）．

3.3 対馬の社会・生活環境[5)]

対馬の水道の普及率は98.1％である．水源は，一部地域を除き不足しており，渇水期には制限給水を余儀なくされる地域が多い．恒久的対策として，水源の確保が本地域の深刻な課題である．

し尿は，2町づつで1つの事業組合を設置して，共同で処理している．

ごみは，一部事業組合または町でそれぞれ処理しているが，今後広域化を図る必要がある．

以下，環境関係について諸指標を示す（表－14～23）．

（次号に続く）

表－6　極値（厳原）

順位	1時間降水量		日降水量	
	値	起年月日	値	起年月日
1	111.8	1925.11.25	392.5	1916. 9.24
2	96.3	1967. 7. 5	290.6	1928. 9.18
3	95.8	1954. 7.16	290.5	1957. 6.26
4	95.5	1967. 9. 4	273.2	1935. 8. 9
5	90.3	1963. 7.26	252.2	1963. 6.25

表－7　（厳原）

年間	降水量 mm	1.0mm以上の日数	10.0≦の日数	30.0≦の日数
1951年	2269.6	93	50	21
1952	1700.3	109	51	17
1953	2474.4	106	56	27
1954	2887.3	114	64	34
1955	1527.1	93	43	19
1956	2740.8	106	53	27
1957	2427.9	105	51	27
1958	2363.5	119	50	24
1959	2369.8	108	47	24
1960	1734.8	98	45	19
平均(計)	2232.3	1051	515	239

表－8　（厳原）

年間	降水量 mm	1.0mm≦の日数	10.0≦の日数	30.0≦の日数
1961年	2306.5	116	56	24
1962	2534.6	93	51	24
1963	2901.5	116	66	33
1964	1590.6	112	37	17
1965	2148.5	104	52	23
1966	1952.5	100	48	25
1967	2055.9	95	49	20
1968	1958.0	107	42	21
1969	2401.0	117	64	25
1970	2446.0	107	57	24
平均(計)	2231.9	1067	522	236

表－9　（厳原）

順位	月最大の極値mm		順位	月最小の極値mm	
	値	起年月日		値	起年月日
1	1152.0	1891. 7	1	2.1	1918. 1 月
2	915.5	1899. 8	2	2.6	1954.11
3	867.3	1916. 9	3	2.7	1936.10
4	824.2	1923. 6	4	3.0	1943. 1
5	811.8	1945. 9	5	3.6	1928. 0

表－10　平均月降水量（1941～1970）

場所＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
厳原	66.4	93.9	127.1	205.5	213.1	308.8	332.0	227.0	307.5	116.4	108.9	64.3	2170.7
福岡	76.5	76.9	96.5	133.9	144.1	272.6	252.2	161.2	237.2	100.2	79.2	74.3	1704.8
長崎	75.8	78.2	113.5	184.3	215.5	308.7	297.6	193.8	233.0	98.4	90.4	86.7	1975.8

表—11　対馬の天気（1941～1970間の厳原の記録）

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計
雲量	5.6	5.9	6.1	6.5	6.8	8.0	8.0	6.7	7.2	5.6	5.2	5.4	6.4（平均）
快晴日数	5.8	4.8	5.1	4.6	4.3	1.9	2.5	3.7	3.0	6.8	7.7	6.3	56.5
曇天日数	10.1	10.8	12.6	14.4	16.4	19.7	21.5	14.9	16.7	10.7	9.5	8.8	166.0
不照日数	3.0	3.9	4.9	5.7	5.7	6.7	6.7	3.3	5.7	3.2	2.9	2.6	54.3
月別日照率	47	48	48	46	46	36	33	47	38	51	51	50	—
雪日数	7.5	4.0	1.5	0.2	—	—	—	—	—	—	0.4	3.3	16.9
積雪日数	1.7	0.9	0.1	0.0	—	—	—	—	—	—	—	0.4	3.1
霧日数	0.0	0.1	0.1	0.6	0.9	0.8	1.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	3.7
雷日数	0.4	0.4	0.8	0.9	0.6	0.8	2.5	3.1	2.3	0.7	0.7	0.7	14.0
湿度	62	64	67	71	74	81	84	81	79	71	69	65	—

表—12　降雪の初終日

	初終日	平日	最早・最晩
厳原	初	12月14日	11. 9(1968)
	終	8. 9	4. 8(1943)
福岡	初	12. 16	11.12(1938)
	終	3. 10	4. 4(1962)
長崎	初	12. 20	11. 9(1924)
	終	3. 3	4. 3(1962)

表—13　霜の初終日

	初終日	平年	最早・最晩
厳原	初	11月25日	10.22(1888)
	終	3. 24	4.21(1889)
福岡	初	11. 17	10.21(1903)
	終	4. 7	5.11(1913)
長崎	初	11. 27	10.28(1941)
	終	3. 21	4.23(1947)

表—14　対馬の河川の生活環境項目環境基準適合状況

河川名	類型	地点名	PH	DO	BOD	SS	大腸菌
舟志川	A	堂坂川合流点	○	○	○	○	○
佐渡川	A	井口橋	○	○	○	○	○
三根川	A	中里橋	○	○	○	○	○
仁田川	A	堅滝橋上流	○	○	○	○	○
佐須川	A	宮前橋	○	○	○	○	○
佐須川	A	今田小学校前	○	○	○	○	○
瀬川	A	瀬橋	○	×	○	○	○

（昭和57年度）

表—15　対馬海域の生活環境項目環境基準適合状況

類型	地点名	PH	DO	COD	油水	大腸菌
A	佐須名港	○	×	○	○	×
A	比田勝港	×	×	○	○	○
A	仁位港	×	○	○	○	○
A	竹敷港	×	○	○	○	○
A	厳原港	○	×	○	○	○
A	小茂田港	○	○	○	○	○
A	豆酸港	○	×	○	○	○

（昭和57年度）

表—16　騒音規制地域

市町名	第1種区域		第2種区域		第3種区域		第4種区域		計	
	面積	人口	面積	人口	面積	人口	面積	人口	面積	人口
	(ha)	(人)	(ha)	(人)	(ha)	(人)	(ha)	(人)	(ha)	(人)
下県厳原町	20	936	57	6,231	52	3,583	—	—	129	10,750

表—17　悪臭規制地域

市町村	A		B		計	
	面積(km²)	人口(人)	面積(km²)	人口(人)	面積(km²)	人口(人)
厳原町	7.70	11,931	0.15	420	7.85	12,381
上対馬町	1.75	2,581	—	—	1.75	2,581

表—18　昭和53年～57年の海域別赤潮発生件数

年度	53年	54年	55年	56年	57年
件数	5(1)	1	17(2)	13(1)	10(2)

表—19　し尿海洋投入処分の市町村別内訳

市町名	勝本町	芦辺町	石田町
処分量(kℓ/年)	1,470	2,470	1,773

表—20　し尿浄化槽

市町名	52年	53年	54年	55年	56年	57年
厳原	(34) 273	(31) 304	(45) 349	(26) 379	(24) 399	(66) 465

表—22　公園施設

公園名	市町名	園地名	施設名
壱岐・対馬国定公園	芦辺町	竜神崎園地	便所、駐車場
	勝本町	①辰ノ島園地 ②天ヶ原園地	便所、園路園地、休憩所
	石田町	筒城浜園地	駐車場、休憩所、便所、園路
	厳原町	上見坂園地	休憩所、駐車場、園地
	美津島町	万関園地	駐車場、園地、休憩所、便所

表—23　厳原における特定事業場数（昭和58年3月31日現在）

事業名	事業場数
鉱業及び水洗炭業	1
畜産、農業およびサービス業	5
畜産食料品製造業	4
水産食料品製造業	21
野菜果実保存食料品製造業	—
みそ、しょう油、アミノ酸、食酢製造業	4
パン菓子製造業、製あん業	35
飲料製造業	2
めん類製造業	12
豆腐、煮豆製造業	33
セメント製品製造業	8
生コンクリート製造業	9
旅館業	142
洗たく業	12
写真製造業	4
と畜業、へい獣取扱業	2
自動式車輌洗浄施設	7
試験研究機関	5
焼却施設	5
し尿処理施設	7

表—21　苦情発生状況

市町村	大気	水質	土壌汚染	騒音	振動	地盤沈下	悪臭	その他	計
厳原町	—	—	—	5	1	—	1	—	7
美津島町	—	—	—	—	—	—	—	—	—
児玉町	—	—	—	—	—	—	—	—	—
峰町	—	—	—	—	—	—	—	—	—
上県町	—	—	—	—	—	—	—	—	—
上対馬町	—	—	—	—	—	—	—	—	—

九州における大型プロジェクトの実施例とその社会的・経済的意義(2)

表　俊一郎*
竹下健次郎**
斉藤　一生***

3.4.5　新大隅開発計画[9)]

新大隅開発計画は，一連の新産都市計画，たとえば，大分新産都市，響灘開発，伊万里北松地域開発，その中核工業団地開発等と相前後して計画されたものであり，鹿児島本土東部に位置する大隅地域2市17町（鹿屋市，垂水市，曾於郡，肝属郡で構成）を対象にした総合的基本計画であり，昭和55年12月に鹿児島県において計画決定された．

この計画の志布志港臨海部の工業開発については，工業再配置計画（昭和52年7月）および第3次全国総合開発計画（昭和52年11月）において，それぞれ基幹資源型工業を含む新工業生産拠点建設地として位置づけられている．

3.4.5.1　工業開発計画の概要

新規学卒者，Uターン希望者等の就職機会の増大，農村漁業者の安定兼業による所得の向上を図るとともに，地域産業の振興をも促すため，大隅地域の土地・水・港湾等の有利な条件を活かし，志布志臨海部および内陸部の工業開発を進める．

まず，志布志臨海部の工業開発については，志布志湾奥の一部を埋立て，造成を行い，立地業種は食品加工，木材および住宅，石油貯蔵施設，機械金属，流通加工関連工業等とされた．

内陸部の工業開発については，農工団地の計画的推進はもとより，地域内の適正な工業配置を図ることとし，中央部に相当規模の工業団地およびこれと関連する工業団地等を建設し，北部，南部にそれぞれ相応の工業団地を建設することとしている．

立地業種は，農業の振興に結びつく食品加工や，男子の就業に適した輸送運搬機械，農業用機械，建設用機械，事務用機器，電気機器などの機械工業，金属製品製造業，機械工業のための素形材産業等が考慮された．

3.4.5.2　開発の方向

今後，工業開発にあたっては，環境保全に十分留意するとともに，今後の経済社会の推移や，企業立地動向を見極めつつ，段階的にかつ強力的に対処する方向である．

3.4.6　九州における資源エネルギーの開発と促進

3.4.6.1　開発と促進の背景

急迫する国際的資源エネルギー情勢に対応するため，昭和48年頃より官民学関係者により協議がもたれるにいたった．

わが国の資源エネルギーの長期安定確保に資するため，活動の基本を，国際協調を基本とする資源エネルギー対策の研究，国内資源エネルギーの活用と開発ならびに研究の推進，資源エネルギー立地対策の推進，資源エネルギーの節約と効率的

*九州産業大学教授
**九州産業大学教授
***九州環境管理協会嘱託

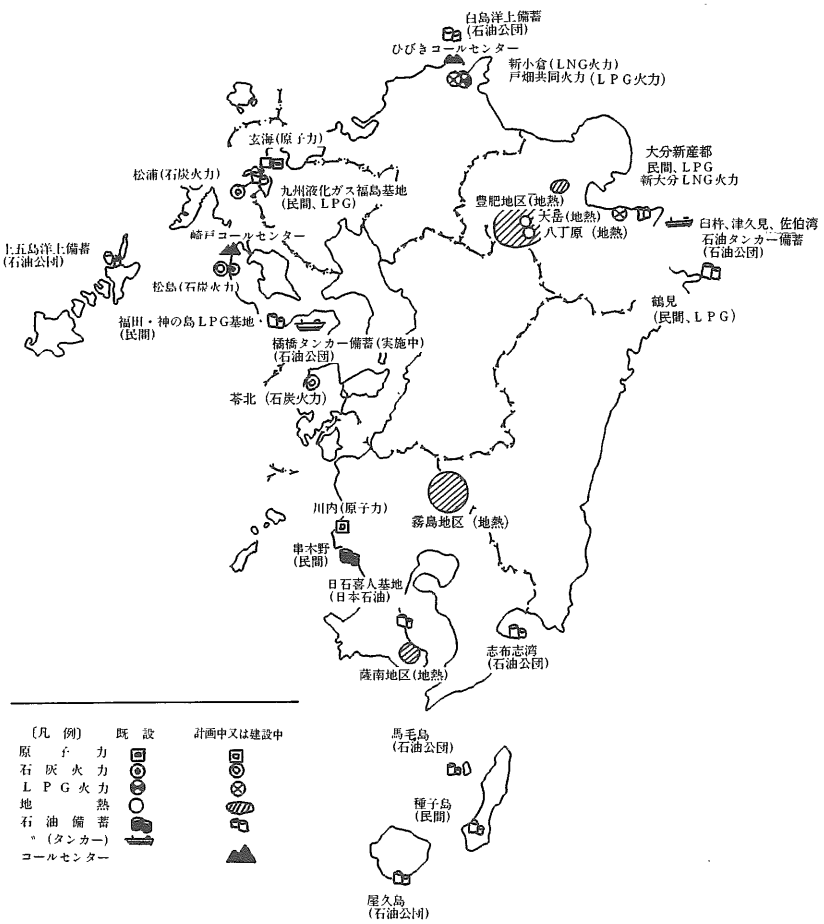
利用の促進の4点においた．ちなみに，第1次石油ショックはこの年の10月に勃発した．

まず，資源エネルギー開発については，当地の豊富な地熱の開発を行い，電気エネルギー変換を目的として関係官公民合同により，九州の地熱開発適地，開発可能包蔵量等ついて検討が行われた．その結果は，重要性と事業化促進アピールと共に中央に伝達され，政府はサンシャイン計画に基づいて地熱開発に積極的に取組むこととなった．とくに，大規模深部地熱発電所環境保全実証調査として，熊本・大分両県にまたがる豊肥地区で，また地熱開発促進調査が霧島地区でそれぞれ実施されるなど，具体化へ向けて推進の手が打たれた．

つぎに，代替エネルギーの開発，なかんずく，原子力開発の円滑な推進は最優先の重要課題となっていたが，これも関係者により，まず原子力懇談会が設立され，原子力開発に関する知識と情報の交換，普及と啓蒙が図られることになり，講演会開催，参考資料の配布，東海村原子力施設，原子力発電所見学会等が実施されて徐々に機運が高められていった．

また，西日本地域は，三全総において石油供給基地として位置づけられており，日石喜入基地が操業，橘湾タンカー備蓄などが実施されている．有利な地理的立地条件を有する当地域では各地で資源備蓄基地建設計画が具体化しつつあるが，なかんずく，福岡県白島石油備蓄基地は，う余曲折はあったが，59年工事がスタートした．

さらに当地域では，石炭の液化・ガス化の研究，コールセンターの建設，東シナ海大陸棚開発，海洋温度差発電，ローカルエネルギー開発など，地域特性を活かした資源エネルギーの多面的開発が進展しており，当地域は資源エネルギー政策の国家的要請に応える重要な地位と役割を果すものと望まれている．

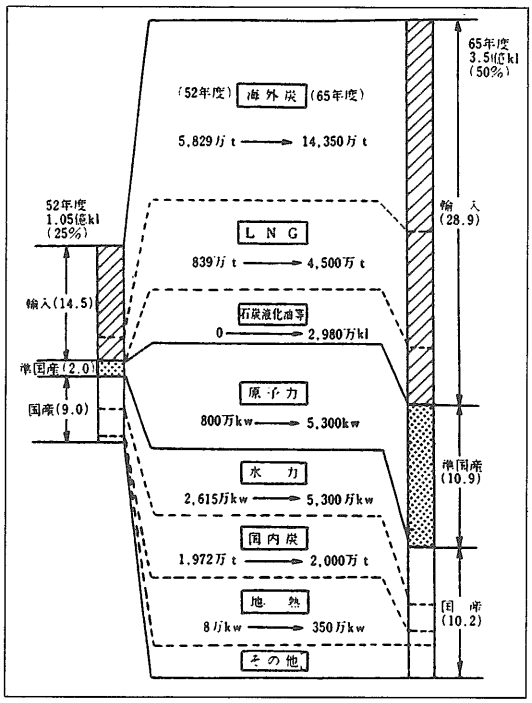


図－8　エネルギー関連主要プロジェクト

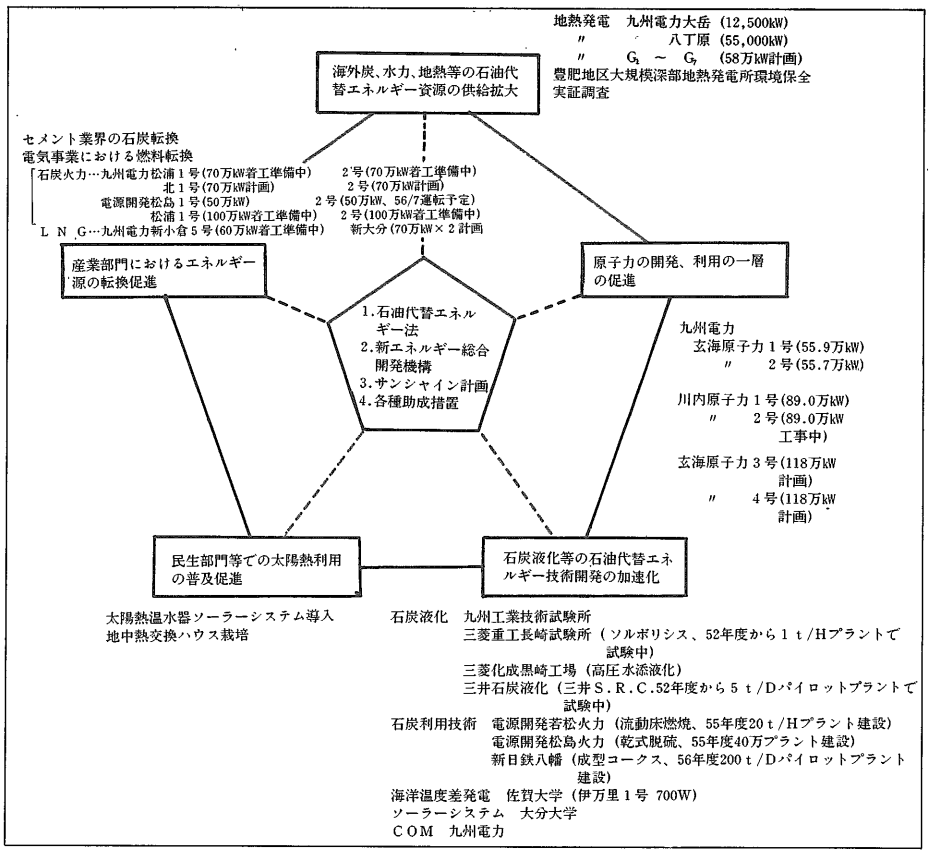
図—8は，九州におけるエネルギー関係プロジェクトの実施，または予定図である．完工したものもあり，工事中のものもあり，また未着手のものもあるが，ここでは原子力発電，地熱発電，石油備蓄関係を主として眺め，あわせてその他のエネルギー，つまりローカルエネルギーについても触れることとする．

図—9～10，表—22～23は，代替エネルギーの開発導入の目標構図と，九州における石油代替エネルギー対策の施策の概要，さらに通産省工業技術院策定のエネルギー需給バランスにおけるサンシャイン計画によるエネルギー供給量の昭和65年と70年の見通し，ならびに石炭利用技術の開発状況の現状を示したものである．

図—11は，太陽エネルギーの九州各地のそれぞれの機関における全天日射量と共に，ソーラーシステム，太陽電気灯台，太陽熱利用研究，太陽熱利用公共団体名が示されている．太陽熱エネルギーは，まだ工業的利用にはコスト的に採算と技術開発上の種々の課題が残されてはいるが，九州



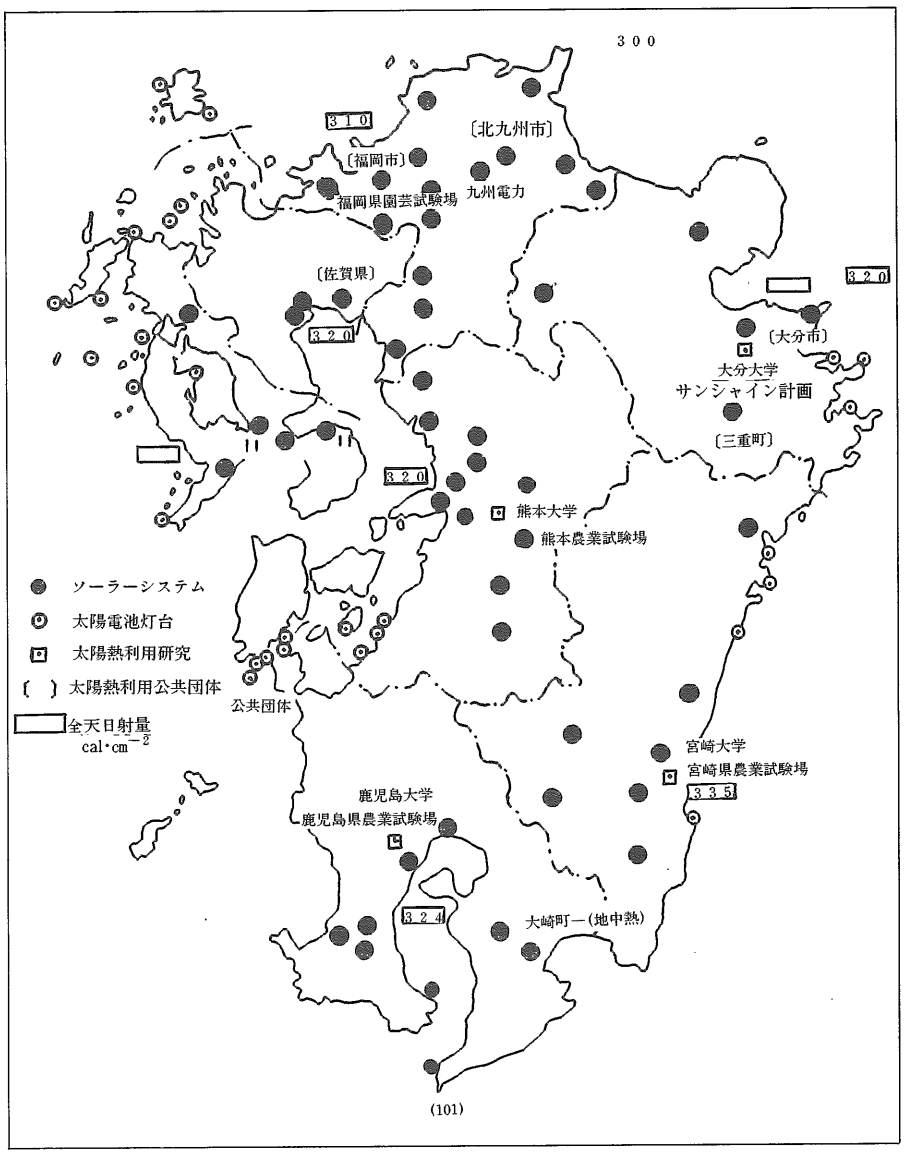
図—9　代替エネルギーの開発・導入の目標



図—10　九州地域における石油代替エネルギー対策

表—22　エネルギー需給バランスにおけるサンシャイン計画によるエネルギー供給量（総合エネルギー調査会需給部会「長期エネルギー需給暫定見通し」）

	1990年(昭和65年)	1995年(昭和70年)
石炭液化等石炭エネルギー (うち石炭液化)	石油換算2,140万kℓ (1,500)	石油換算3,460万kℓ (2,770)
大規模深部地熱発電等地熱エネルギー	540万kℓ	1,210万kℓ
太陽電池、ソーラーハウス等太陽エネルギー	650万kℓ	1,020万kℓ
海洋温度差発電、風力発電	—	20万kℓ
計	3,330万kℓ	5,710万kℓ
全一次エネルギー供給に占める割合	4.8%	7.1%



図—11　九州における太陽エネルギー利用システム

表—23　石炭利用技術の開発状況

区分	課題	主開発者	開発場所	開発方式	開発スケジュール
石炭利用技術	流動床燃焼	電源開発㈱ (財)石炭技術研究所	電源開発㈱ 若松発電所	粗粉砕された石炭（約10㎜以下）を投入し、下部から燃焼用空気を吹込み流動状態で燃焼させ、蒸気を発生させる方式。	昭和53年度からフイジビリティ、スタデイを開始、その成果に基づき昭和55年度に20t/日パイロットプラント建設を行い、昭和56年度から実験を行う。
	乾式脱硫	電源開発㈱	電源開発㈱ 松島発電所	排ガス中のSO_2を活性炭により吸収処理し、単体硫黄として回収する方式。	昭和53年度から1万m³/Hテストプラントにより試験中であったが、昭和55年度から30万Nm³/Hの実証装置を建設し、昭和56年度から実験を行う。
	成型コークス製造	日本鉄鋼連盟	新日本製鉄㈱ 八幡製鉄所	非粘結一般炭を粉砕し、粘結剤を加えて成型加工された成型炭（豆炭状）を特殊な乾留炉で高温乾留してコークスを製造する方式。	昭和53年度から設計のための実験、プロセス改善研究等を行ってきたが、昭和55年度からコークス製造能力200t/Dパイロットのプラントの建設を行う。
石炭液化技術	ソルボリシス液化	工業技術院 電源開発㈱	三菱重工業㈱ 長崎研究所	微粉炭にアスファルトを混入し、常温高圧下で、水素を使用することなく液化させる方式。	工業技術院九州工業技術試験所が開発した技術を昭和52年度から1t/Hパイロットプラントで試験中。
	三井S.R.C液化	三井石炭液化㈱	三井コークス工業㈱ 大牟田工場	微粉炭に溶剤を添加攪伴し、水素を混合し高圧高温で液化させる方式。	昭和52年12月から昭和52年12月から5t/Dプラントで試験中、昭和56年から豪州褐炭の液化試験を行う。
	高圧水添液化	九州工業技術試験所 三菱重工業㈱ 三菱化成工業㈱	三菱化成工業㈱ 黒崎工場	S.R.Cに水素を添加して高圧下で液化する方式。	工業技術院九州工業技術試験所で研究開発されたソルボシス液化法でS.R.C状に液化されたものに、高圧下で水素を添加して重質油を精製しようとするもので、工技院及び三菱重工業㈱の委託を受けて三菱化成工業㈱が研究開発を受持つ。

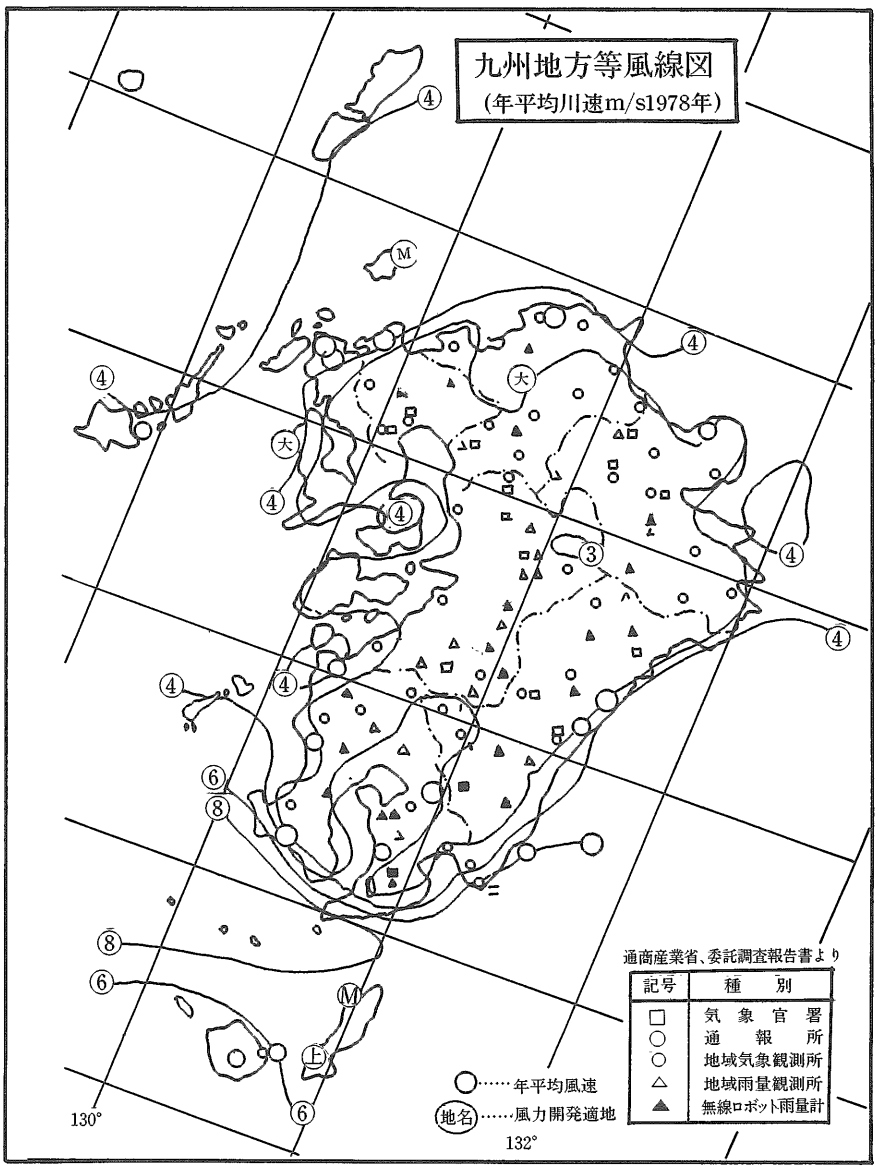
は地理的に太陽エネルギーにはもっとも恵まれた土地ではあり，アモルファス等の太陽エネルギーの電力転換のための材料革命が完成すれば，九州におけるソーラーシステムの発展は予想外の伸びを見せる可能性もなしとはしないであろう．

図—12は九州における1978年のデータにもとづく等風線図を示す．風力発電は，平均風速が早く，かつ極力一定の強弱のなさが利用の条件であるが，九州での風力利用は，一部の実験や研究用としては実施されてはいるが，家庭・工場等を問わず，採算的に利用できるか否かは，九州の立地上果たして見込みがあるのか分らない．これも，新たな発電技術，システムの開発にまたなければならないであろう．

図—13は，海洋温度差発電の波及効果と，九州近海における海温度を地図上に示したものである．

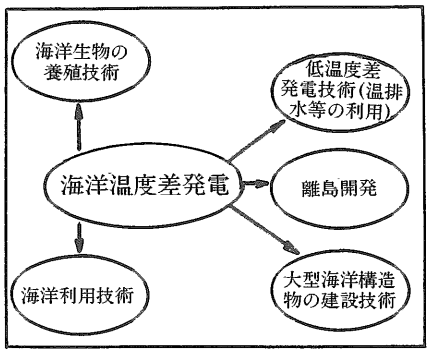
3.4.6.2 地熱開発の推進[7)]

昭和48年の第1次石油ショック以来，燃料の多様化と石油代替エネルギーの開発が急務となり，

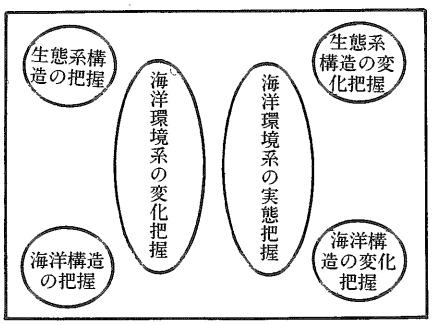


図—12 九州地方の等風線図

海洋温度差発電の波及効果



海洋温度差発電の環境問題



九州近海の海洋温度差
(海面と深海の水温の差)

上段海洋温度差(℃) 下段海洋の深さ(m)		0.2 30	20.6 30
	10.2 125	11.8 250	0.7 20
17.5 400	19.5 500	15.2 75	20.0 500
21.3 500	20.6 500	16.0 300	19.8 500
		19.8 500	17.9 500

(海上保安庁資料)
Marsden Square

図—13　海洋エネルギー利用関係データ

24年以来，地熱の将来性が買われ，大岳・八丁原両発電所が九州電力により建設され良好な実積をみたことから，九州の地熱開発は新段階に入った．

52年の八丁原発電所の運転開始により，それまで研究過程であった地熱発電技術は通常ポスト(火力部）に移され，発電設備の計画，建設，運用と地熱資源の開発が推進されるまでにいたった．

42年８月，認可出力11,000KWで運転を始めた大岳発電所は，ここ数年の掘削技術の向上の結果として補充蒸気井の掘削に相次いで成功し，54年11月には認可出力を12,500KWとした．

地熱発電の経済性を確保しながら，短期開発をするためには，技術・立地対境・環境・資金・資源等数々の分野で困難はあったが，八丁原発電所の完成を契機として，55年６月，3,000m 級地熱井の掘削ができる大型地井掘削装置を導入し，スピードが早められた．

九州での地熱開発は，政府の強力な促進策もあり，九州電力の他，国・県企業局および蒸気生産を目的とする地熱開発担当者が，他地区の豊肥・霧島・薩南等でも調査を行い，熱水利用の地域振興策への協力や温泉との共存の問題が取り上げられている．その中から，八丁原発電所の例につき以下記述する．

㋑　八丁原発電所の完成

52年６月，大岳発電所に次ぐ地熱発電所として八丁原発電所が完成した．八丁原発電所は，九州の最高峰久住山の北方約６km，標高1,081m，既設大岳発電所からは南方に約２km はなれた位置にある．付近一帯は，草地で小松地獄・わたらせ地獄・筋湯温泉等の地熱徴候が顕著であり，大岳・八丁原の開発実績からして，わが国有数の地熱地帯であることを暗示している．

大岳開発の実績を基盤として，38年から42年にかけて，生産井規模の実証査井６本を掘削し，うち５本が蒸気噴出に成功した．特に４号井は深度1,084m，初期締切圧力は42atg，口元圧力7.5atg，１本で16,600KWという強力なものであった．

48年７月，計画出力規模５万 KW で第62回電源開発調整審議会を通過，49年２月，建設所開設となった（表—24)．

㋺　出力の規模決定と竣工までの過程

43年３月から有望とみられる用地が準備され，240万 m^3 の用地に実証井規模の調査井を掘削し46年までに５本噴出，うち４本の坑井を発電用に

表—24　八丁原発電所の建設経緯

年月日	主　要　事　項
47. 8. 17	(発電設備) 自然公園法許可申請
48. 7. 9	第62回電源開発調整審議会通過
49. 2. 1	八丁原発電所建設所設置
49. 4. 1	地元、九重町と建設協定を締結
49. 8. 13	分湯用熱交換器完成 (熱水を全量地下還元に変更)
49. 11. 20	自然公園法許可
49. 12. 6	工事計画認可申請 (第1回分)
50. 4. —	用地造成工事着手
50. 7. —	本館基礎工事着手
51. 3. —	本館建方開始
51. 7. —	タービン室天井クレーン上架
51. 8. —	復水器内管装置組立開始
51. 10. —	タービン、発電機オンベース
51. 12. —	蒸気設備水圧試験
52. 2. 4	11万V受電
52. 2. 27	蒸気設備に通気
52. 4. 7	タービン通気
52. 4. 11	初併列
52. 6. 24	運転開始(認可出力23,000kW)

使用することにし，47年4月には，35,000KW相当の噴気を得て5万KWの出力規模を決定した．

48年5月砒素問題が発生し，地熱熱水の河川放流が禁止されることになり，還元井の掘削を開始，その後の蒸気井の掘削遅れもあり，52年6月の運転開始時の出力は23,000KWであったが，年次ごとの同時着工の掘削本数を増加した．その間，掘削技術の向上もあり短期間で計画出力を上回る55,000KWで55年4月運転開始となった．

その後56年3月までの1年間の運転実績は稼動率94%，利用率87%，平均出力，51,000KWで，発生電力量4億2,000万KWHは石油10万トンを節約したこととなり，石油代替エネルギーとしての有用性が実証された．発電原価も新設の石油火力よりはるかに安く，わが国の地熱開発促進上大きな役割を果たしている (表—25)．

なお，地熱発電の経済性追求を目的にメーカーとの共同研究により数々の現地試験が行われ，世界に先駆けて成功したダブルフラッシュ方式および二相流体輸送方式の採用，さらに半地下式のタービン基礎台と一体としたコンクリートコンデンサーと電動ガスブローワーによるガス抽出の新設計の採用などの新技術が評価をうけた．

㈧　環境に対する配慮

八丁原発電所は，阿蘇国立公園特別地域第2種の区域内にあるため，建屋の形状・色彩，屋外機器の形状・色彩など官庁の指導を受けるなどして，自然景観との調和に留意した．また，緑化計画も大学の指導を受けた．

国産エネルギーについての開発と自然景観の保全との協調は地熱開発促進上の重要な課題であるが，この点八丁原は，一つのモデルとして関係者の高い評価をうけている．

㈢　地熱熱水の全量地下還元

大岳・八丁原とも，熱水の河川放流が見込まれないため，噴出熱水の全量地下還元を計画するこ

表—25　八丁原発電所の出力増加の状況

年月日	出　力	使用蒸気井 No.	本数
52. 6. 24	23MW	4. 6. 7	3
53. 4. 21	27 〃	4. 6. 7. ⑩	4
54. 3. 23	35 〃	4. 7. 10. ⑪. ⑫	5
54. 4. 26	44 〃	4. 7. 10. 11. 12. ⑭	6
54. 6. 28	48 〃	4. 7. 10. 11. 12. ⑬. 14	7
55. 3. 14	50 〃	4. 7. 10. 11. 12. 13. 14. ⑯	8
55. 4. 1	52 〃	同　上	8
55. 4. 19	55 〃	4. 7. 10. 11. 12. 13. 14. ⑮. 16	9

6号蒸気井は53. 12. 7に噴出停止

ととなった．当時，全量地下還元は世界でも例はみず，当初は還元井の短期間での減衰が問題となったが，種々の技術改善により解決された．

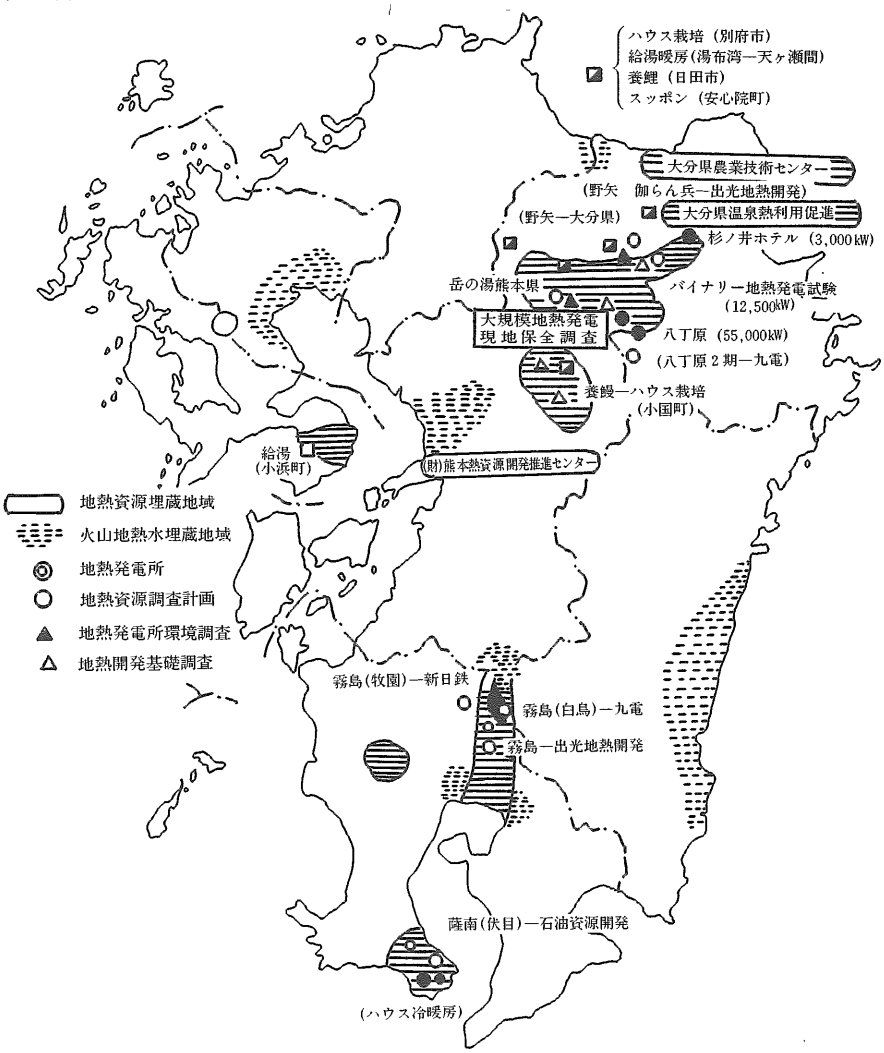
54年4月の大分県中部地震以後，地熱発電に伴う熱水の地下還元と地震との関連も問題とされたりしたが，学者と電力会社の協力のもとに地震観測網を整備し，その相関の有無を長期的に調査したが，今のところ因果関係は見られない．このシステムは，引き続き最高の精度をもって稼動中で，地熱資源探査の手法としての活用も検討中である．

㊭ 地域分湯の開始と地元寄与

八丁原発電所の直接熱交換方式による地域分湯は，地熱多目的利用の先駆けとして注目されている．これは，大岳・八丁原開発初期には利用可能であった地熱熱水の直接利用が前出の砒素問題以降は不可能となったため，その代替措置として熱交換した河川水を大岳下流へ150t/h,八丁原下流へは90t/h 供給開始したものである．当初の熱交換器は，間接熱交換方式でスタートしたが，スケールトラブルのため，53年6月，フラッシュ蒸気利用による直接熱交換方式とした．この分湯水は，浴用・暖房用・園芸用等多目的に利用されているが，地元は増量と水質改善を希望している．

また，地熱開発地近傍での温泉枯渇の問題が提起され，地熱開発推進熱に打撃となっている．地熱発電のための地熱流体採取の温泉に与える影響については，今後の長い測定と研究が必要であろうとされている．

図—14は九州における地熱エネルギー資源につ



図—14　九州における地熱開発状況

いて，その埋蔵地域・火山地熱水埋蔵地域・地熱発電所，出力および地熱利用等を示している．

3.4.6.3 原子力発電[8)]

最近の国際的なエネルギー情勢は，石油価格の下落にみられるように，需給緩和基調で推移しているが，中長期的には石油需給が逼迫化するという基本的方向に変化は考えられない．したがって，エネルギー資源に欠けるわが国としては，エネルギーの安定供給体制の確立が不可欠の課題であり，そのため石油依存度の低減を図り，石油代替エネルギーの開発・導入を着実に進めてゆくことが重要である．とくに，原子力発電は供給の安定性，経済等に優れた特性を有しており，石油代替エネルギーの中核として，重要な役割が期待される．

わが国における原子力発電の現状は，運転中の原子力発電所が24基，1,718万KWに達しており，昭和57年度の全発電電力量のおよそ20%を占め，さらに建設中，建設準備中のものを合わせれば，44基，33,613万KWとなっている．

また，昭和57年度のわが国の全原子力発電所の平均設備利用率は67.6%と，世界的にみても極めて高い水準に達している．いまや原子力発電は量的にも技術的にもわが国に定着しつつある．

通商産業大臣の諮問機関である総合エネルギー調査会は，最近のエネルギー情勢の変化等を踏まえ，昭和58年11月「長期エネルギー需給見通し」の改定を行い，その中で原子力発電の開発規模は現実の開発状況を勘案しつつ，昭和65年度3,400万KW程度，70年度4,800万KW程度という目標を揚げており，前回見通しに比べて，下方修正されたものの，原子力発電は，「電力供給の中核的役割を担うもの」としてもっとも有望とされている．

わが国では，そのエネルギー資源の大部分を輸入でまかなっており，年間に消費するエネルギーの約6割を輸入石油に依存しているのが現状である．

第1次，第2次の石油危機を契機に世界の先進消費国が省エネルギーを進め，石油代替エネルギーの導入に積極的に努力し，さらには，世界的長期不況の影響によるエネルギー需要の低下のため，現在の石油は過剰気味で値下りの傾向にあるとはいえ楽観はできない．すなわち遠からず石油の増産に限界がくると予想されることや，中長期的に原油価格の高騰が見込まれ，産油国側の資源保護政策や国際政情の不安もある．

一方，エネルギーの需要は，中長期的には先進国の経済・生活水準の向上，適切な雇用の場の確保ばかりでなく，発展途上国の産業の振興や生活

表―26 長期エネルギー需給暫定見通し

年度	52年度（実積）		60年度		65年度	
省エネルギー前の需要	4.12億kℓ		6.62億kℓ		8.22億kℓ	
省エネルギー率			12.1%		14.8%	
省エネルギー後の需要			5.82億kℓ		7.00億kℓ	
エネルギー別 ＼ 区分	実数	構成比(%)	実数	構成比(%)	実数	構成比(%)
水力 一般水力	1,810万kW	4.8	2,200万kW	4.7	2,600万kW	4.6
水力 揭水	805万kW		1,950万kW		2,700万kW	
地熱	15万kW	0.0	220万kℓ	0.4	730万kℓ	1.0
国内石油・天然ガス	379万kℓ	0.9	800万kℓ	1.4	950万kℓ	1.4
国内石炭	1,972万t	3.2	2,000万t	2.5	2,000万t	2.0
原子力	800万kW	2.0	3,000万kW	6.7	5,300万kW	10.9
海外石炭	5,829万t	11.6	10,100万t	13.6	14,350万t	15.6
（うち一般炭）	〔95万t〕		〔2,200万t〕		〔5,350万t〕	
LNG	839万t	2.9	2,900万t	7.2	4,500万t	9.0
新燃料油、新エネルギー、その他	31万kℓ	0.1	520万kℓ	0.9	3,850万kℓ	5.5
小計	1.05億kℓ	25.5	2.16億kℓ	37.1	3.50億kℓ	50.0
輸入石油	3.07億kℓ	74.5	3.66億kℓ	62.9	3.66億kℓ(3.50億kℓ)	50.0
（うちLPG）	〔739万t〕		〔2,000万t〕		〔2,600万t〕	
供給合計	4.12億kℓ	100.0	5.82億kℓ	100.0	7.16億kℓ(7.00億kℓ)	100.0
供給－需要	—		—		1,600万kℓ（—）	

（総合エネルギー調査会需給部会・昭和54年8月31日）

水準の向上にともない増加してゆくものと考えられる．このような理由から，増大するエネルギー需要に対して石油以外にも，より安定したエネルギー供給源の確保を図っていくことが，大きな課題となる．たとえば，過去数回の先進国首脳会議において，石油消費の低減に最大の努力を行い代替エネルギーの開発をすべきこと，世界のエネルギー需要を満たすため原子力発電の開発を進めるとともに石炭や液化天然ガスの利用，また新規開発として石油火力発電所は原則として建設しないことなどの申し合わせが了承された．

エネルギー源確保の多様化は国際的にみても一つの流れである．エネルギー源の絶対量の点も勿論あるが，政治や地政学的な絡みを考えると，これからのわが国経済，民生の発展と安定のために，原子力発電の動向は，その成果を左右する意味を有していると言える　(表—26)．

㋑　九州の原子力発電計画の推進と経過[7)]

九州電力株式会社（以下九電）は，エネルギー源として原子力がクローズアップされた初期，つまり昭和30年代初期から，原子力発電所の建設を目標に各種の準備調査を進めてきたが，40年代に入り急進展をみた技術革新の結果，その技術上の信頼性・経済性および安全性も十分実証的段階にあるとの判断をもつに至った．

また一方，将来に発電用エネルギーを安定的に確保し，電力の安定供給に万全を期すことは電気事業者に課せられた重大な責務であり，その面からも核燃料利用により，エネルギー源の多様化を図ることは必要不可欠である．原子力発電の導入による電源の多様化は，輸入石油依存度の低減とともに，外貨節約という我国経済社会の基本命題にも合致するため，原子力発電を導入し，企業としての実証的経験を積み重ねるとともに，電力コストの高騰を抑えることは，電気事業経営の長期的安定化を図る上からも必須の課題であるとの結論にいたった．

以上の経営判断の上にたって，かつそれまでの準備調査状況をふまえて，九州初の原子力発電所の建設に着手することとし，立地条件を総合的に検討した結果，第１号機を佐賀県玄海地点に設置する方針を固め，46年３月着工，50年10月に運転開始の運びとなった．

玄海原子力発電所１号機は，同社技術陣の総力を傾注して完成したもので，運転開始以降，極めて良好円滑な運転実績をあげ，とくに55年からの345日という連続運転記録は，わが国の軽水炉型原子力発電所としての最長記録を達成した．この１号機の貴重な建設，運転経験を十分活かした玄海原子力発電所２号機は51年６月に着工し，56年３月に運転開始となった．

40年代におけるわが国の高度経済成長期において，電力の安定供給の基盤を強固なものとするため，大型電源の拡充が図られ，とくに原子力発電を中核とする方策がとられたが，この流れは，40年代末に顕在化した国際石油状勢の緊迫もあって，加速されることになったのである．

こうした環境の中で，九電は，九州第２の原子力発電所建設地点として鹿児島県川内地点を選定し，玄海原子力発電所より大型の設備を建設することとした．

しかし，この川内原子力発電所は，高度経済成長に伴うひずみとして顕在化してきた公害問題の関連で急激な盛り上りを見せ始めた原子力反対運動の渦中で計画の中断をせざるを得なかった．ために，立地にあたっての，う余曲折はあったが，全社的な協力体制のもとに障害を乗り越え，１号機は54年１月着工し，59年度竣工となった．また，２号機も60年度の運転開始を目標として56年５月に着工し，順調な進展状況にある．

第１次石油ショックに始まったエネルギー狂乱時代を経験したわれわれにとって，輸入石油依存体制からの脱却は，国の安全保障にかかわる最重要課題であると認識され，その対応策の中でも，とくに原子力発電は，中心的な石油代替エネルギーとしての役割を担わなければならない情勢となった．こうした情勢をふまえて，原子力発電をベース電源の中核として位置づけ，さらに積極的にその開発を促進することとした．同社の年間最大電力は53年に783万 KW で，引き続き毎年60～70万 KW 程度の増加が見込まれる結果，66年度には1,600万 KW を予想するにいたった．その電力需要に対処し，かつ脱石油電源の増強に努めてきたが，66年度以降の供給力不足に備え，単機容量118万 KW というわが国最大級の原子力ユニット２基を同時着工し，それぞれ65，66年に運転を開始する方針を固めた．53年12月，その建設地を玄海原子力発電所敷地内に求めるため，佐賀県お

よび玄海町に，3，4号機開設の申し入れを行った．

㊁ 原子力発電の今後の動向

昭和60年に入り，わが国の発電量に占める原子力発電量が遂に25％を越えた．少しまえ，その発電原価の高原価のため，全発電量の10％にいつ届くかと言われたことを思えば，隔世の感じがする．勿論，今後の石油・石炭等の生産・流通動向に常に影響を受けるものと考えられるし，また一部国民の原発反対の声にもかかわらず，わが国の原子力発電量は今後とも漸増が予想される．

3.4.6.4 九州の石油備蓄計画の経緯[9)]

わが国は石油危機の経験から，緊急時における石油の安全供給を図ることにより，国民経済と国民生活の安全を確保するため，石油備蓄の抜本的増強が必要とされる．すなわち，石油備蓄法に基づいて，石油精製業者等に備蓄を義務づけることにより，民間における90日石油備蓄計画推進のほか，国家備蓄を長期的に3,000万kℓを目標としつつ，当面2,000万kℓ達成を目指している．さらにLPGについても昭和56年度から輸入業者に対し備蓄義務が課せられることになった．

九州は，石油備蓄立地にとって恵まれた自然条件を有していることもあって，現在，世界最大の備蓄容量を持つ日本石油喜入（民間備蓄），国家備蓄の暫定措置として長崎県橘湾タンカー備蓄等があり，石油備蓄において先導的地位を占めている．また，域内には，これまでフィージビリティスタディが実施された全国11カ所の石油国家備蓄立地調査地のうち5カ所の調査地があり，その他LPGの民間備蓄計画も多数存在する．

このように，九州が石油の備蓄地点として注目される背景には，①中東等産油国からのタンカーの経路にあたること，②気候が温暖で良港を備えた用地など，自然条件に恵まれている点などが考えられる．

㋑ 九州の石油備蓄計画

現在，九州地域における国家備蓄を対象とした調査地点として白島地区（約560万kℓ），上五島地区（616万kℓ），馬毛島地区（約515万kℓ），屋久島地区（約314万kℓ）および志布志地区（約500万kℓ～1,000万kℓ）の5カ所がある．またその他，LPGの民間備蓄計画も現在建設中の九州液化瓦斯福島基地（昭和57年10月竣工予定）のほか，有力な候補地として大分新産都（7号地B地区），鶴見および福田・神ノ島等の地区がある．

なお，これらの地区の建設が具体化すれば巨額の投資が見込まれ，その建設工事が地元産業の振興と技術水準の向上という誘発効果をもたらすとともに，雇用機会の増加，固定資産税等税収の増大など，九州に与える経済メリットは大きいものがある．

また，石油備蓄建設が推進されることにより，国内石油供給中継地域としての優位性が活かされ，石油精製および石油化学等の川下産業発展の足がかりともなり得る可能性がある．図―15に九州における石油備蓄基地，および候補地を示す．

㊁ 日石喜入基地建設の経緯[10)]

石油備蓄の歴史は，スエズ動乱1967年の第3次中東戦争で，アラブ諸国のとった対欧州石油禁輸等がEC諸国への石油供給に大きな危惧を抱かせたことなどから芽を吹いた．

その後，わが国も1972年の第4次中東動で大きな影響をうけ，対外的には国際エネルギー協力機構（IEA）へ加盟，国内的には昭和50年12月の石油備蓄法の制定となり，昭和54年末までの90日分の備蓄義務の責任制となった．日本石油グループの喜入基地は，産油地→1次船→C.T.S→2次船（中型タンカー）→製油所の経過をたどるタイプである．

近年，90日分備蓄達成のため，国内各地でC.T.S設置の傾向にあるが，既設の製油所所内地付近は都市化とともに過密傾向にあるため新規立地は難しく，とくに東京湾・伊勢湾・瀬戸内海等の大消費地をひかえた地区は海上交通も過密化しており，その立地はますます離島・僻地に依存せざるを得ない情勢下にある．日石グループ喜入基地はこうした背景のもとに設置されたもので，国内外を通し最大級の貯油能力660万kℓ設備能力をもって昭和44年稼動開始となった．いわば一つの中継地であるため，社会・経済に及ぼす影響もさることながら，わが国のエネルギー政策における大きな意味あいがあると考えられる．以下，その概略を述べる．

喜入基地は，日本石油㈱，日本石油精製㈱，興亜石油㈱の共同出資により昭和42年3月に設立された日本石油基地㈱である．同社は，出資3社の輸入原油のうち主として中東系を受け入れ貯蔵

し，ここから日石グループ7製油所（室蘭，横浜，根岸，大阪，麻里布，下松，新潟）向けを主として2次配送する．

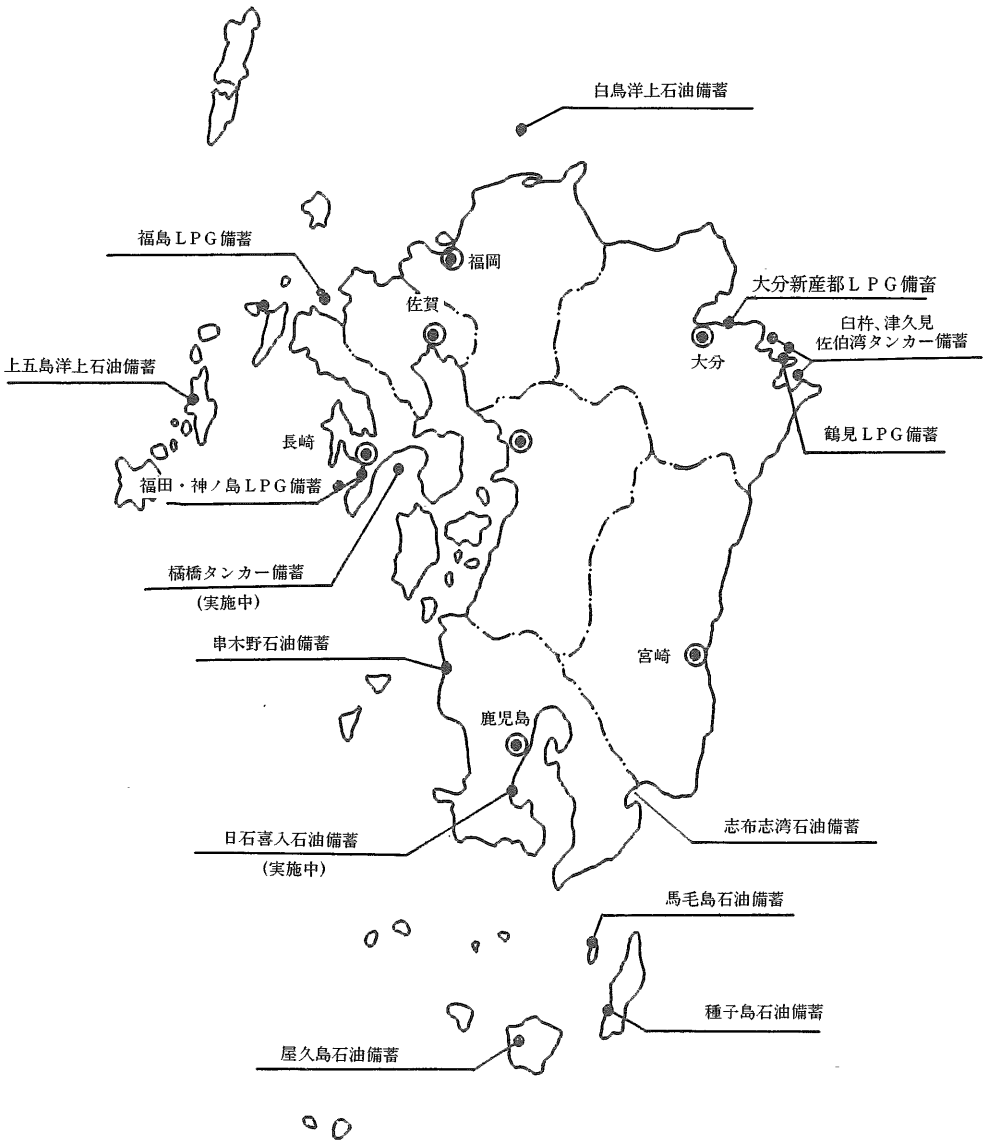
喜入基地は，鹿児島揖宿郡喜入町地先の海面を埋めたてた造成地上にあり，鹿児島湾の西側，薩馬半島側のほぼ中間点付近にある．（図—16）．

敷地面積は，約189万 m²で，既存海岸線より1,250m 突き出て，一辺1,486m の正方形をなしている．敷地造成は2期に分けて行われ，それぞれ昭和44年と47年に完成している．敷地周辺の水深は，既存海岸線より沖へ1,600m 程度で-2m，1,800m で-5m 以後急に深さを増し1,900m 付近では-18～40m に，さらに湾中央部では-100m 以上に達する．

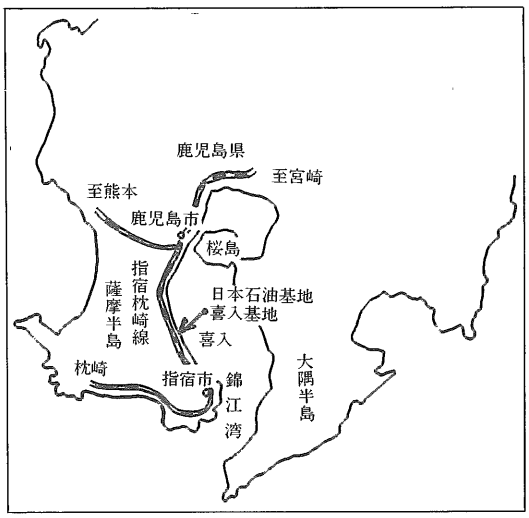
埋立用土砂は用地周辺海底からの浚渫土を使用し，その土質は埋立地を含め良好な砂質土である．埋立地盤高は DL＋4.5～5.6m で陸側から沖に向かい1/1,000の排水勾配をつけている．

㈧ 施設の概要

喜入基地の主要施設の概要は図—17に示すとおりで，北半分に10万kℓ原油タンク30基，南半分に15万kℓ原油タンク24基が配置され，中央部東側にコントロール室，排水処理施設，出荷ポンプ，消防ポンプ，ボイラーおよびコンプレッサー等の原



図—15　九州における石油備蓄基地および候補地点

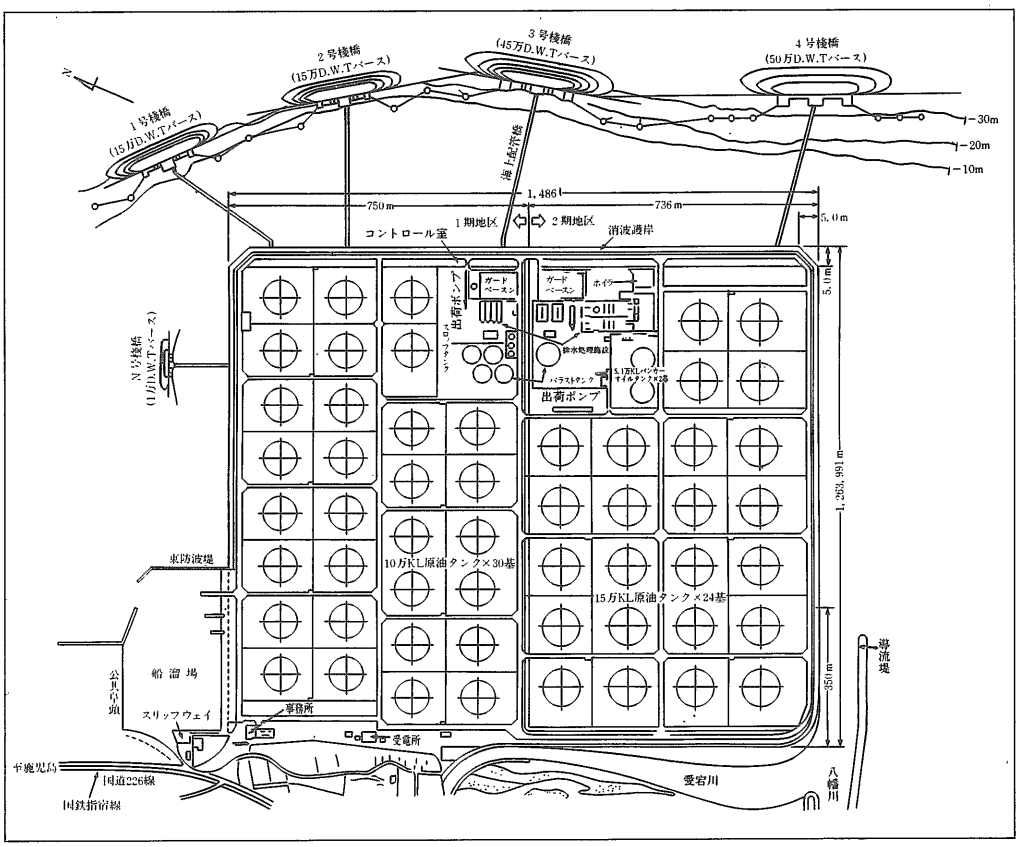


図―16　日本石油基地㈱喜入基地所在図

油受払いのための諸施設をまとめている．

既存海岸側は，敷地幅のほぼ2/3を河川により旧海岸と隔絶されており，残り1/3に事務所，消防車庫，受電所，スポーツ施設等となっていて，それが国道に接している．敷地北側は防波堤をもつ公共船溜場があり，その西および南側には作業船用の桟橋があり，それに面した陸側には通船の待合所，作業船船員の宿舎等が設置されている．また敷地の沖側には360～420m のところに受払い用大型桟橋４基があり，その間隔はそれぞれ着桟が予定される最大船型船長以上の距離をとり，渡り橋で相互に通じあっている．また，用地北側にコースタル・タンカー用桟橋１基がある．

大型桟橋は北から NO.1～4と呼ばれ，出荷専用の NO.1のほかは受入出荷兼用となっている．桟橋は岸壁型，１点係留ブイ型，多点係留ブイ型，ドルフィン型（片側接舷型と両側接舷型）と種々の形式があるが，それぞれ泊地・航路・気象・海象等の港湾条件等に応じて選択される．喜入基地では片側接舷ドルフィン型をとり上げている．これらは，いずれも中央の荷役桟橋を中心として主ドルフィン２基，副ドルフィン２基，ムアリングドルフィン４～６基，およびそれらを接続する渡橋よりなりたっている．桟橋に関する主な設備については表―27，表―28に示すとおりである．陸



図―17　喜入基地配置図

上と桟橋を結ぶ配管方式は，ここが比較的近距離で，かつ設置場所の水深が浅いこと，さらには他船舶の航路となっていないこと，保守管理や補修がし易いことなどの理由により，海上配管方式をとっている．

桟橋と並んでもう一つの重要設備であるタンク施設の概要は次のとおりである．

貯油方式としては従来陸上タンクが多く，欧米では岩盤を活用した地下備蓄が行われるようになった．日本においてはそうした自然条件下にはなく，また地域住民との合意問題等も含めて，廃鉱の利用，トンネル式の地下備蓄，海底着底式，海上浮遊式，余剰係船タンカー利用などの海上方式等が検討されている情況下にある．

当基地においては，原油タンクについては地上式のフローティング方式（FRT）を採用しており，昭和44年開業時は10万kℓ12基から逐年増設を行い現在にいたっている．原油タンクの概要は表—29のとおりである．

主要施設として最後にポンプについて記す．

原油の受入れにはタンカーのポンプによるが，2次船あるいはパイプラインによって出荷するには陸上ポンプを使用する．タンカーの揚荷ポンプはそれぞれ異なるが，2次船に対する積荷能力は船内パイプラインの大きさ，構造等によって異なり，3万DWT級で3,000～5,000kℓ/hr，15万DWT級では10,000～12,000kℓ/hr程度が普通である．

パイプラインの場合は管径と配管延長で定まるが，長距離配送や，高所配送にはブースタポンプが必要となる．喜入基地の出荷ポンプの主なものは，原油出荷ポンプでは5,000kℓ/hr 6基，3,000kℓ/hr 3基，1,000kℓ/hr3基，またバンカー出荷ポンプは1,000kℓ/hr 2基などとなっている．

以上のほかに，飲料水・工業用水・ドレーン油抜き出し・排水処理施設等の各種目的別のポンプがあるが，消防用を除きほとんどのポンプはモーター駆動となっている．その理由は，化学工場等のように停電による品質への影響，異常反応などの危惧がないためである．

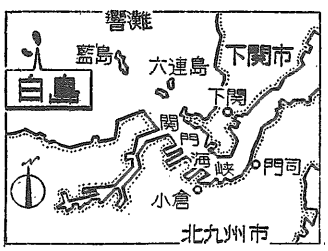
㊂ その他の石油備蓄計画の推進状況[12)]

九州における石油備蓄については，ほかに，昭和53年に取扱いが始った長崎県橘湾タンカー備蓄基地のほか，表—30に見るとおり沢山の計画があり，一部は既に工事に着入したものもある．ここでは，福岡県白島基地および志布志湾石油基地について少し触れておく．

国際エネルギー事情の変遷やわが国経済の低成長移行による財政面からの影響もあり，59年にいたり，当初の計画より10年余の遅れをもって漸く緒に着くことになった．

まず白島石油備蓄基地については，総額2,200億円の費用の予定をもって，石油公団の出資を受け，第3セクターとして白島石油備蓄会社は，北九州市若松区沖に，石油の洋上備蓄システムの建設を目指し，59年10月15日に起工式を行い，北九州市が埋立工事を始めている．若松区沖の響灘に浮ぶ備蓄タンク（貯蔵船）を囲む東・西・南・北の4つの防波堤工事と備蓄タンク係留設備の一部は，同年9月末に約150億円，59年度末までに約200億円（予定）が受注された（図—18）．

計画の内容としては，国家備蓄をめざす白島基



図—18

表—27　喜入基地大型桟橋要目表

項目	No. 1　桟橋	No. 2　桟橋	No. 3　桟橋	No. 4　桟橋
型式	ドルフィン型	同左	同左	同左
構造	鋼管杭RC造	〃	〃	〃
中央荷役桟橋	1基	1基	1基	1基
主ドルフィン	2基	2基	2基	2基
副ドルフィン	2基	2基	2基	2基
ムアリング・ドルフィン	4基	4基	6基	6基
対象船型	3～15万DWT	同左	3～45万DWT	4.6～50万DWT
水深	18m	18m	28m	34m
荷役能力	10,000kℓ/hr	10,000kℓ/hr	20,000kℓ/hr	38,000kℓ/hr

表—28　桟橋上の主要設備

設備内容	No.1　桟橋	No.2　桟橋	No.3　桟橋	No.4　桟橋
ローディングアーム	12Bφ×4	12Bφ×5	16Bφ×6	24Bφ×3 16Bφ×2 12Bφ×1
ショアラダー	2段式　1基	同　左	同　左	同　左
照明塔	ショアラダー塔上 (20kW×2灯)	30m高×1基 (同　左)	同　左 (同　左)	ショアラダー塔上 (同　左)
電気室	RC造（応急資材庫，控室付）	同　左	同　左	同　左
原油配管	40Bφ×1	40Bφ×1 30Bφ×1	40Bφ×3 22Bφ×1	48Bφ×2
バラスト配管	26Bφ×1 (5,000kℓ/hr)	同　左	同　左	同　左
バンカーオイル配管				22Bφ×1 (2,000kℓ/hr)
飲料水配管	4Bφ×1 (40kℓ/hr)	同　左	同　左	同　左
空気配管（浮沈式オイルフェンス用）	2Bφ×1 (No.2桟橋から)	2Bφ×1	2Bφ×1 (No.4桟橋から)	2Bφ×1
スチーム配管			3Bφ×1 4Bφ×1	3Bφ×1
消火配管	6Bφ×1	同　左	同　左	同　左 10Bφ×1（泡用）
滞油抜ポンプ	35kℓ/hr×1台	同　左	50kℓ/hr×1台	120kℓ/hr×1台
クイック・リリーズ・フック (キャプスタン付)			150T　2基	110T×2基4組 110T×1基2組
係船ビット	100T直柱　14基 80T　〃　10基 50T曲柱　2基	85T直柱　14基 80T曲柱　10基 50T　〃　2基	150T直柱　6基 100T　〃　28基	150T直柱　8基 85T　〃　8基
キャプスタン	4台	4台	4台	4台
ウインチ	40T　2台	40T　2台		40T　2台
電話器	2個(内1本直通)	同　左	同　左	同　左

表—29　原油タンクの要目

項目	10万kℓタンク	15万kℓタンク（計画）
型式	浮屋根式	浮屋根式
直径	81.5m	100.1m
高さ	22.57m	22.57m
側板厚	36～10mm	44～10mm
材質	60kg高張力鋼およびSS.41	同　左
エアホームチャンバー	12個～14個（MAF-25K）	18個（MAF-200V）
ミキサー	サイドエンタリングミキサー3台/1基	サイドエンタリングミキサー4台/1基
レベルゲージおよび温度計	遠隔指示型	遠隔指示型

地は防波堤で囲んだ約60haの海上に備蓄タンク8基を浮べ，約560万kℓを備蓄する．海上施設のほか，約14haの埋立て地に管理棟などの陸上施設を建設し，完成は65年の予定となっている．

また，志布志湾石油備蓄基地計画は，鹿児島が取り組んでいる新大隅開発計画の臨海部の中核にあたるもので，総工事費は約1,800億円を予定し，63年度に一部完成を計画している．

本計画は，鹿児島県肝属郡東串良町地先の志布志湾南奥部の海上に約196haの出島を造成し，地上タンク方式で43基，容量約500万kℓの貯蔵を予定しているものである．鹿児島県知事は59年10月，関係2漁協と漁業協定書の調印を行い，併せて漁業対策についての覚書も締結した．2漁協に支払われる漁業補償費は41億2,500万円の予定である．全体の完成は64年度以降になる予定であり，国家備蓄基地としては白島と長崎県上五島に続く3番目となる．

また，石油備蓄としては，通産省・資源エネルギー庁がかねてから計画していた地下備蓄方式による基地建設が60年度よりスタートする．工事は61年度に着工し，計500万kℓを全国3地点に予定しており，九州でこの対象となるのは串木野で，地下60～70mの岩盤をぐり抜いて貯油槽を作り，一つの貯油槽に石油を約15万kℓずつ貯えるというものである．

以上，九州のビッグプロジェクトとしての資源エネルギー事情をみてきたが，関係官庁の調査によれば，九州が全国有数のローカルエネルギー先進地域を形成しつつあることが明らかにされている．例えば，太陽エネルギーを中心に実用化や研究開発に着手されているものの数は2,000件以上，風力発電・液化天然ガス冷熱発電・水車やミニ水力発電・波力潮力発電・地熱や工場発電などがそれである．これらのローカルエネルギーの期待可採量は昭和55，56年の調べで385兆カロリー（原油換算4,099万kℓ）と言われる．これは昭和54年度の九州全県での最終エネルギー需要量を上回り，単純な計算によれば，九州はエネルギー需要をすべてローカルエネルギーでまかなえることを意味する．

4. 結び

以上述べたように，一連の九州ビッグプロジェクトの推進は，交通体系や生活環境などの社会基盤の整備，自動車，プラント産業などの導入・育成，地理的好条件を生かした石油備蓄基地，自然の好条件を生かした地熱・太陽熱等，いわゆるローカルエネルギーの開発等に目ざましい進展をみせた．ここでは触れなかったが，九州の無公害，水事業，交通事情の諸般の条件をもとめてICランドと称される新しい電子産業が形成されつつあるが，昭和55年3月の産業構造審議会答申の「80年代の通産政策ビジョン」において打ち出されたテクノポリス（技術集積都市）建設構想により，大分県北国東地域・熊本地域・鹿児島県国分隼人地域，福岡県久留米地域が指定地域となり，新たな活性化への道を辿り始めた．

これらの流れは，また新たなビッグプロジェクトを形づくりながら，九州経済を次のように推移させるであろう．すなわち，第1次産業は主流を

表—30 石油備蓄

プロジェクト	事業主体	備蓄量	位置	取扱開始時期
日石喜入石油備蓄	日本石油基地㈱	660万kℓ(実施中)	鹿児島県喜入町	昭和44年
橋湾タンカー備蓄	石油公団	345万kℓ(〃)	長崎県	昭和53年
臼井、津久見、佐伯湾、タンカー備蓄	〃	約175万kℓ	大分県	
上五島洋上石油備蓄	〃	約616万kℓ	長崎県上五島町	
白島洋上石油備蓄	〃	約560万kℓ	北九州市若松区	
屋久島石油備蓄	〃	約314万kℓ	鹿児島県屋久町	
馬毛島石油備蓄	〃	約515万kℓ	鹿児島県西之表市	
志布志湾石油備蓄	〃	約500～1,000万kℓ	鹿児島県	
串木野石油備蓄	民間備蓄	約500万kℓ	鹿児島県串木野市	
種子島備蓄	〃	約500万kℓ	鹿児島県中種子町	
福島LPG備蓄	〃	32万トン	長崎県福島町	
大分新産都LPG備蓄	〃	21.5万トン	大分市	
鶴見LPG備蓄	〃	約18万トン	大分県鶴見町	
福田・神ノ島LPG備蓄	〃	約32万トン	長崎市福田町	

占める稲作の減少の代わりに，広大な原野を活用した畜産業の生産拡散への期待となり，第２次産業は自動車産業などに加え，既に定着したICを中心とした高付加価値産業の急速な進展が，前記テクノポリスや大分新産都市，大牟田新産都市などに現出することが考えられる．そして，第３次産業では経済のサービス化，情報化などの進展によるサービス業，運輸通信業の伸長が期待できる．

一方，既往のビッグプロジェクトの推進により，地域間格差はかなり解消されたが，十分とは言えず，今後もこうした点も一つの課題として残されるであろう．

以上

参考文献

1） 九州新幹線（鹿児島ルート）の役割と課題（九州経済調査協会，57年10月）
2） 福岡市水道事業統計年報（福岡市水道局，57年４月１日～58年３月31日）
3） 福岡の導水（福岡市水道局，59年）
4） 大分百科辞典（大分放送大分百科辞典刊行本部，55年12月１日）
5） 産業構造の高率化，九州経済の展望（九州経済社，56年度）
6） 産業構造の変革と九州経済の展望（九州経済調査協会，56年度）
7） 九州電力30年史（九州電力社史編算委員会　57年３月～５月発行）
8） 原子力発電（通商産業省資源エネルギー庁　1983年）
9） 80年代の九州地域産業ビシォン（産業構造審議会，九州地域産業分科会，1881年10月発行）
10） 日本石油社史（日本石油KK）
11） 世界大百科辞典（平凡社，1961年発行）
12） 朝日新聞（59年10月12日刊）
13） 西日本新聞（59年10月８日刊）
14） 博多駅史（52年７月，大石文雄ほか）
15） 福岡市総合計画書（1966年，福岡市）
16） 高速道路が地域経済に及ぼすインパクト調査（59年３月，日本道路公団福岡建設局ほか）

産業構造に変化

高速道路の整備にともなって，企業が安い土地と豊富な労働力を求めて，沿線に進出するのはいまやごく普通のケースになっている．たとえば東北縦貫自動車道．開通以来，各インタチェンジ周辺には続々と大規模工業団地がつくられ，「シリコン・ハイウェイ」となった．岩手県には，富士通，日本電気，日立製作所，東芝など大手電子工業の進出が目立っている．

「企業誘致では，東北６県はいま，戦国時代です」岩手県企画調整部地域振興課の土井進氏はいう．「岩手県の場合，九州，長野，首都圏で飽和状態になったためハイテク企業が目をつけたようです．これまで，工業集積が低かったので一気にばん回しよう，と県をあげて取り組んでいるところ」（土井氏）

岩手県の強力な〝ライバル〟といわれる福島県でも最近は工場立地がめざましく，昭和59年の立地件数は前年比44％の伸びだった．工場の進出で町中の履歴書用紙が売り切れたというエピソードもあちらこちらで聞かれたぐらい．雇用の創出による人口の定着が進んでいるのだ．福島県の場合，59年の１年間の新規雇用が8,128で前年に比べて２倍強．

「高校新卒者の50％が今年は地元就職です．これまでは30％ぐらいだったわけで，若年労働力の流出に悩まされていた岩手県にとってありがたいことです」（土井氏）．東北自動車道は，碇ケ関―十和田間が来秋開通，開発の波はさらに北上する．東北自動車道は太平洋側の内陸部を通っているので，秋田，山形両県では「横断道」の建設を心持ちにしているといったところ．が，新幹線，空港，高速道の〝三位一体〟作戦ができる太平洋側の方が一歩リードしている．

海外資料

韓半島の地質（3）

大韓民国地質構造形成史

ANTONY JOHN REEDMAN*
嚴 相 鎬**
翻訳 柳井 修一***
監訳 木村 敏雄****

5. 三畳紀後期とジュラ紀の岩石：大同大層群

5.1 中生代構造運動と中生代前期の堆積作用

北中国—韓半島卓状地は，古生代を通じて非常に安定した状態を保っていた．構造運動としては，間欠的におこる緩やかな沈降と造陸的な隆起がおこったのみである．すなわち，卓状地上の原生代後期から古生代にかけての堆積層中に傾斜不整合は全く認められないし，堆積層中に残された古生代中期の大堆積欠如のもととなった隆起運動も，卓状地被覆堆積物をとりわけ著しく褶曲させるようなものではなかった．しかしながら中生代になるとこの長い安定期は終りをつげ，いくつかの時階の激しい地殻変動がはじまり，そのうちあるものは火山岩および深成岩の活動をともなった．北中国—韓半島卓状地の広い地帯の構造発達史は，このような活動をともなう地殻変動により特徴付けられる．いくつかの時階の地殻変動の強さは場所によって異なる．中国では三畳紀中期からジュラ紀前期の時階は，一括してインドシナ（印支）運動と呼ばれ，ジュラ紀中期から白亜紀後期の地殻変動は燕山運動と呼ばれている．韓半島では，三畳紀中期とジュラ紀中期とから始まった主要な褶曲時階は，それぞれ松林変動・大宝造山運動と呼ばれている．これら2度の主要な地殻変動の間に，大同大層群を構成する堆積層が堆積した．したがって，これらの堆積層の層序学的研究は，韓半島の中生代構造発達史の特質と時期を知る上で，重要な役割をになっている．

北部韓半島では，平南盆地内で原生代後期と古生代の堆積層が結晶質基盤岩の上を厚く覆っていて，これらはさらに松林変動によって強く褶曲しかつ断層によって切られている．この事実は平壌南方松林里においてはじめて明らかにされた．ここでは，大同大層群の地層が顕著な傾斜不整合をもって，朝鮮大層群のオルドビス紀石灰岩層の上に重なっている（KOBAYASHI, 1930）．後になって，同じような関係が，平南炭田の大同大層群の地層と平安層群の地層との間に見出された．

松林時階の褶曲運動は，二畳紀後期から三畳紀前期と考えられている北部韓半島の緑岩統の堆積より後の時期におこっている．一方，三畳紀後期の地層である大同大層群の最下部ユニットは，松林変動後に堆積したものである．従って，松林変動は三畳紀中期にさかのぼる．平南盆地北東部の巨大な花崗岩体が貫入した時期は，ほぼこれに一致する．この花崗岩体のK/Ar同位体による年代は，200m.y.～225m.y.の範囲に収まる．松林変動期の変形運動に起因する平南地域の複雑な地質構造をもつ地層は，ジュラ紀中期大宝造山運動期の

* 地質学研究所（ロンドン）
** 韓国国立地質鑛物研究所
*** 東京大学理学部地質学教室
**** 東京大学名誉教授

褶曲および衝上断層運動によって，さらに相当量の変形をうけている．

南部韓半島では，松林変動の影響は平南盆地よりもはるかに弱い．しかしながら，沃川盆地の広域にわたる長い堆積作用に終止符をうったのは，この時期の緩やかな波曲と隆起とによってであって，この後にはそれまでの広い沈降地帯だった，沃川地区やまわりの安定なマッシーフの中に，非常に限定されて孤立した湖沼が形成されただけになる．沃川盆地が消滅して，短かい侵食期を経て，大同大層群の非海成堆積物が沃川帯の古生代の岩石や京畿マッシーフの古期結晶質岩類を傾斜不整合で覆って堆積した．大同大層群の堆積物が堆積した湖沼堆積盆地は，多くの点からみてそれ以前のより大きな古生代堆積地帯とはほとんど関係をもたないと考えられる．このことは，松林地殻変動が北中国—韓半島卓状地上でのそれ以前の堆積盆地発達の枠組（pattern）を根本的に組みかえたことを示している．

南部韓半島の大同大層群は，盤松層群・藍浦層群・金浦層群よりなる．これらの地層群の堆積層は，それぞれ異なった孤立した堆積盆地に形成されたために，各堆積盆地間での堆積層の精密な対比はまだできていない．これらの各層群は全て大きな不整合によって境されており，どの地層も大宝造山運動時の褶曲および断層運動の影響を被っている．大同大層群堆積層はモラッセ型の岩質組み合せからなる．大同大層群には数層準にはさまれる礫岩主体層を含む粗粒砕屑岩層が特徴的に分布し，大同大層群堆積期，すなわち松林および大宝地殻変動という間欠的（paroximal）な変動時階の間にも，堆積区周囲の地帯は構造的に不安定な状態が継続していたことを示している．大同大層群は沃川褶曲帯中の古期岩類だけでなく，京畿マッシーフの古期岩類をも覆っていることが見出されているので，本大層群の地質構造は沃川褶曲帯縁辺のマッシーフが大宝造山運動期にどの程度変形したのかについて重要な手がかりを与える．

5.2 大同大層群の層序

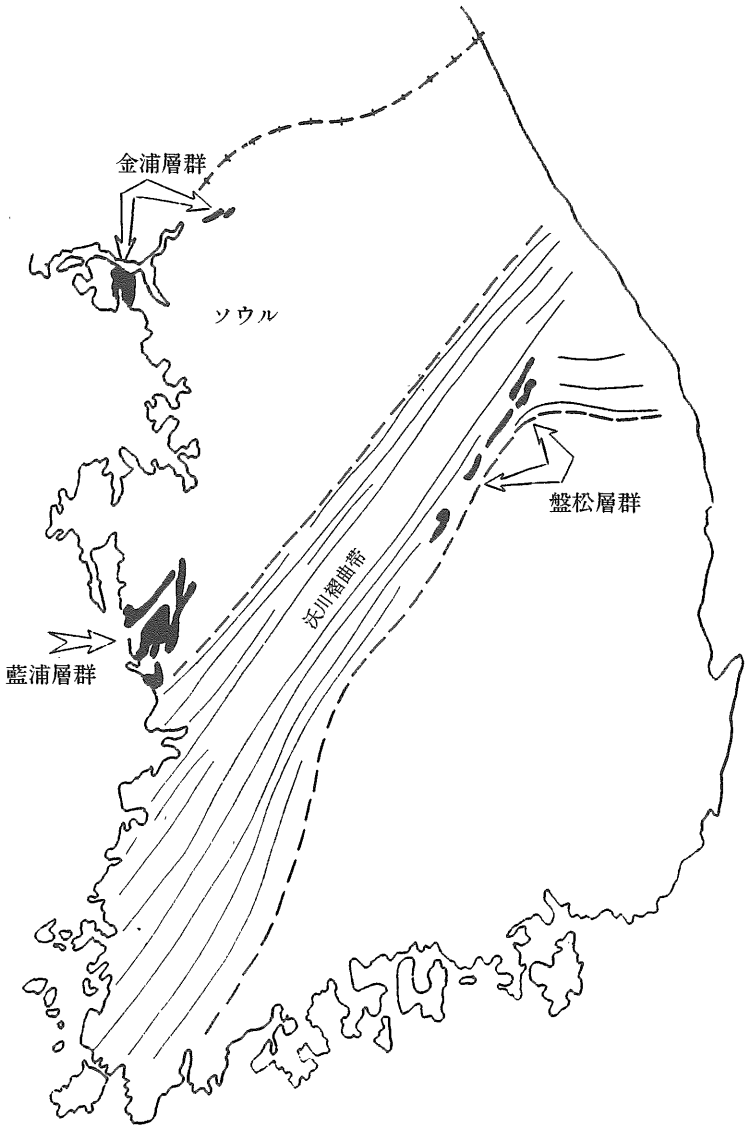
5.2.1 盤松層群

盤松層群の堆積層は，沃川褶曲帯北東部の咸昌と旌善との間の狭長な地域に分布する(図－5.1)．分布地域が北東方向に伸長して見えるのは，本層群が大同大層群堆積後の褶曲および衝上断層運動をうけているためである．盤松層群は，公須員衝上断層の東側の地域に分布が限定される．公須員帯の衝上断層が地下深くの基盤岩中の断層群の存在を反映した長い歴史をもつものであることは，すでに前章までに強調したことである（3，4）．この断層群は沃川盆地における堆積作用に，繰り返し影響を及ぼしていて，カンブリア紀からオルドビス紀にかけてと古生代後期との2回にわたって，堆積盆地の軸部と縁辺部の陸棚区とを分けるものになっている．また，松林変動時におけるこの断層群の活動が，盤松層群を構成する河成ないし湖沼堆積物を堆積させた細長い沈降地帯の位置を左右している（図－5.2）．松林変動期に朝鮮大層群と平安層群構成層は，傾動運動または波曲をうけて，波長の大きな緩やかな褶曲を形成している．そして，それらは侵食をうけて，盤松湖の細長い沈降地帯をとりかこむ小高い地形をなした(図－5.2)．盤松層群の基底層は，河成—湖沼盆地のデルタ扇状地に堆積した礫岩層である．礫岩層中の巨礫は，主に平安層群の地層からもたらされたもので，よく円磨されており径も1mにおよぶ（写真－10.A参照）．粗粒な岩屑は，流速の速い河川によって周囲の高地から盤松湖へ運搬されたもので，場所によっては400m以上の礫岩層が形成されている．砂岩層・頁岩層が基底礫岩層を覆い，また薄い炭層をはさむ．盤松層群中には，主に凝灰岩・玄武岩・流紋岩よりなる火山岩類も部分的に存在する（Kobayashi, 1953）．いくつかの頁岩主体の層準からは，豊富な植物群が見出され，Kawasaki (1925) によりライアスの植物群と同定されている．盤松層群の特徴的な植物化石には，*Baiera, Cladophlebis, Coniopteris, Marattiopsis, Cteris, Giugkoites, Pityophyllum, Podozamites, Pterophyllum* などがある．

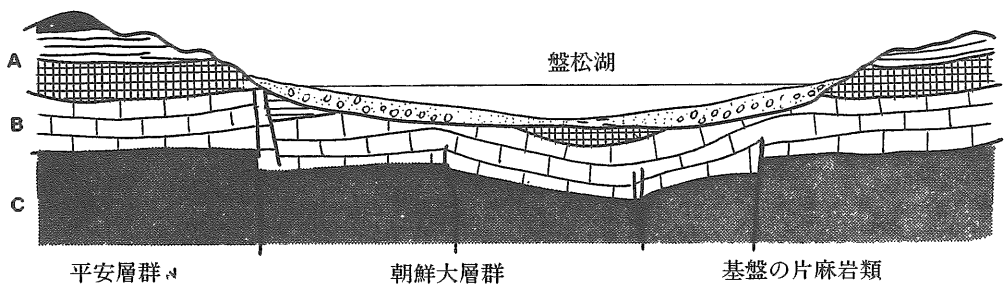
盤松層群の層序は，丹陽炭田・聞慶炭田においてよくわかる．丹陽炭田では，盤松層群は次に示す3層に分けられている（C.M. Son *et al.*, 1967A; C.H. Cheong, 1971）：

（3） 徳川里層：灰白色中粒長石質砂岩，暗灰色頁岩レンズ． 300m

（2） 玄川里層：暗灰色頁岩，長石質砂岩，部分的に見られる3層の炭層．豊富な植物化石． 20−100m



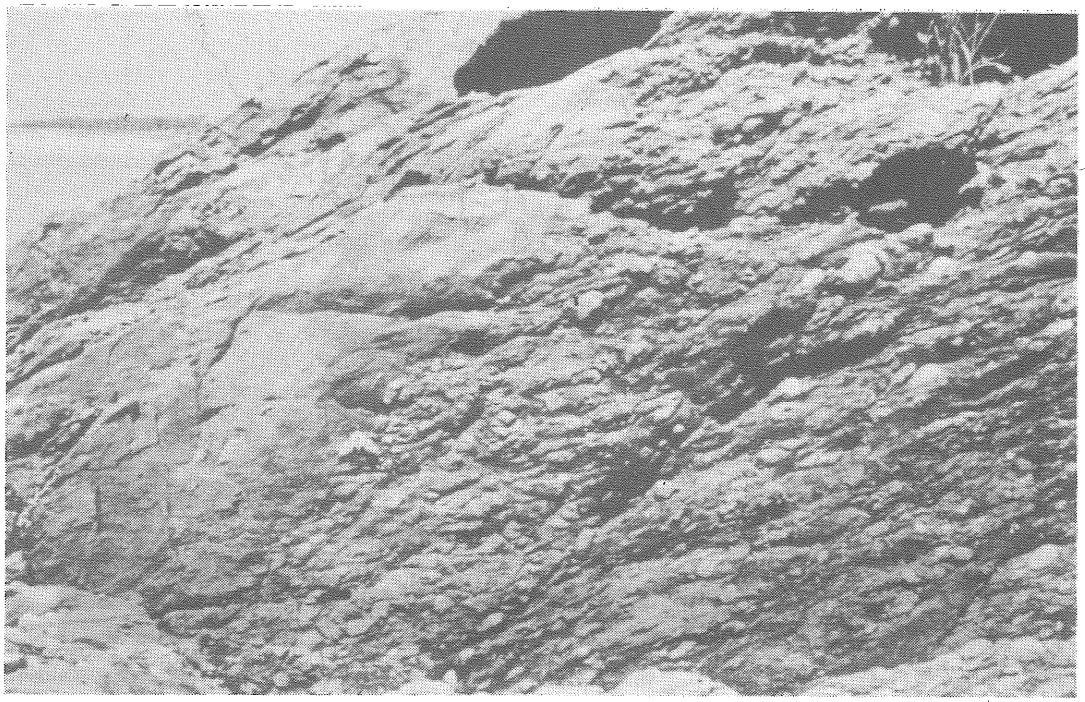
図—5.1　大韓民国の大同大層群の分布



図—5.2　盤松湖の堆積断面図
（KOBAYASHI. 1967を改変）

写真－10. A　盤松層群基底部の礫岩層・江原道，旌善付近

A. J. Reedman



写真－10. B　変形し，逆転した藍浦層群の礫岩層，忠清南道，大川海岸

（1）　沙坪里層：珪岩，花崗片麻岩，頁岩，石灰岩の中礫と長石質砂岩の基質よりなる礫岩　10－300m

── 不 整 合 ──

玄川里層の炭層は沙坪炭坑で採掘されているが，下位の平安層群中の炭層に比較して，その品位は悪い．しかし，さらに南方の聞慶炭田では盤松層群の炭層はかなり重要である．

聞慶地域では，盤松層群は2つの主要なサイクロセムより成る．それぞれのサイクロセムは，礫岩層とその上に重なる砂岩層・頁岩層・少数の石灰岩層よりなり，炭層をはさむ．基底礫岩層（M.S. Lee and S.W. Kim, 1968; N.J. Kim *et al.*, 1967）は，平安層群の地層を覆う（図－5.3）30mから200mの厚さの地層で，檀山層に覆われる．檀山層は，明灰色石英質砂岩・黒色細粒砂岩・頁岩・無煙炭層，上位サイクロセムの基底をなす中部礫岩主体層よりなる．無煙炭層は，檀山層の下部と上部に認められ，上部の無煙炭層は聞慶近くの鳳鳴炭坑において特に産出量が高い．檀山層上部は朝鮮大層群の石灰岩層と断層で接するため，盤松層群の全層厚は不明である．

5.2.2　藍浦層群

藍浦層群は忠清南道の忠南炭田に露出する．藍浦層群は主として粗粒な砕屑性堆積岩の厚い地層群よりなる．この砕屑岩層は，京畿マッシーフの結晶片岩・片麻岩よりなる地帯にできた低地中の淡水湖で形成された．この湖は隆起した沃川盆地の北東側に位置し，盤松湖と同じように構造的には不安定であった．その結果，堆積盆地を横切るような大きな広がりを持った粗粒岩屑の周期的堆積がおこった．本層群の堆積層は3つの主要なサイクロセムよりなる．各サイクロセムは，下部が厚い礫岩層と粗粒砂岩層によって特徴づけられ，上部が砂岩，頁岩，下部のものより薄い礫岩層によって特徴づけられる．下部の2つのサイクロセムには，堆積作用が活発でなくなった時期に炭層が形成されている．藍浦層群の全層厚は，最も厚い部分でおよそ3,000mである．

藍浦層群ははじめ Shimamura（1931）により調査され，後に Son *et al.*（1967B）により研究された．Shimamura によって提唱された地層区分を採用すると，本層群の層序は以下のようである：

（6）　玉馬山層：砂岩と礫岩との互層で頁岩をはさむ．　800m

（5）　平里礫岩層：礫岩と砂岩．　30m

（4）　白雲寺層：炭層をはさむ黒色頁岩，砂岩，礫岩レンズ．植物化石，貝蝦類化石．　650m

（3）　開花里礫岩層：礫岩．　70m

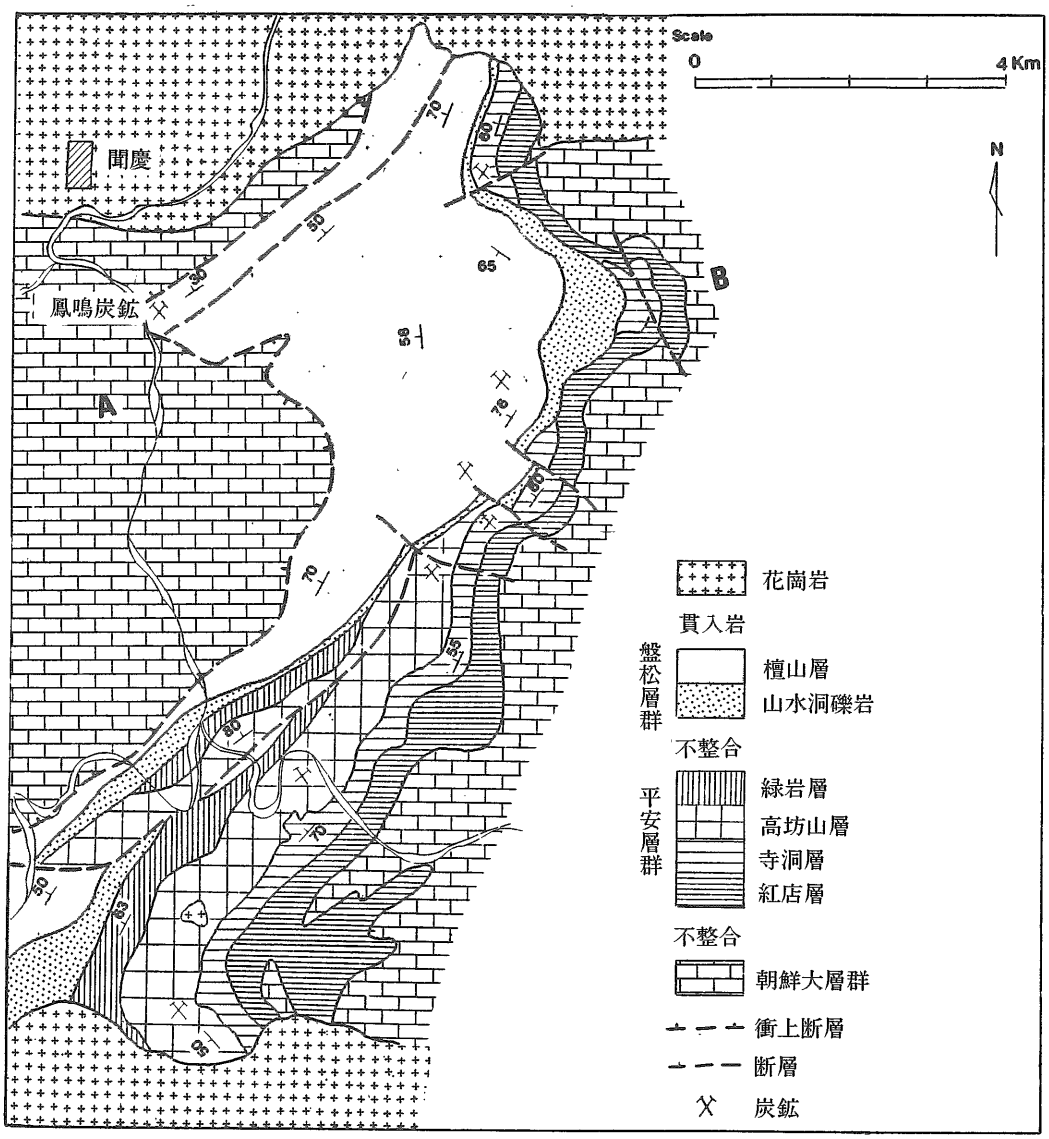
（2）　峨嵋山層：礫岩レンズを含む頁岩と砂岩との互層．下部の頁岩と黒色炭質砂岩中に，炭層をはさむ．　多量の植物化石と貝蝦類の化石．　500m－750m

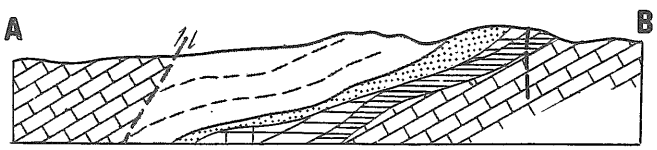
（1）　月明山層：礫岩と砂岩．非常によく円磨された巨礫を含む．平均礫径10cm．基質は砂質で一部長石質．巨礫，中礫は大部分が珪岩．　20m－650m

── 不 整 合 ──

本層群堆積層の周期性は，聞慶炭田の盤松層群が示す周期性とよく類似している．そして，月明山層と峨嵋山層，および開花里礫岩層と白雲寺層とからなる藍浦層群下部の2つのサイクロセムは，聞慶地域の盤松層群堆積層を構成している2つのサイクロセムに対比できる．C.M. Son *et al.*（1967）は，藍浦層群の2番目のサイクロセムが下位のサイクロセムを不整合で覆っており，従って場所によっては，開花里礫岩層が先カンブリア系の基盤岩類を直接覆っているとしている（図－5.4参照）．しかし，下位の片麻岩類との接触関係は，多くの場合変成作用や構造的剪断作用によってわかりにくいものになっている．従って，衝上断層やすべり面に沿った動きによって，基盤と被覆層との間にどの程度移動が生じ，どの程度，被覆層の基底部層を欠如させることになったかはよくわからない．

藍浦層群は広域にわたって褶曲運動の影響をうけていて，基盤の片麻岩類との接触部近くでは部分的に小褶曲と変成作用とが著しくなっている．大褶曲の多くは，南方に向かって転倒している．これらの褶曲の軸面のトレースは曲がっていて，かつ部分的に分布しているより高度に変成された千枚岩質岩に認められる線構造は2方向あるので，少なくとも2回の褶曲期があったことは明瞭である．この褶曲運動と断層運動とは，大宝造山


Scale
0
4 Km
N
聞慶
鳳鳴炭鉱
A
B
花崗岩
貫入岩
盤松層群
檀山層
山水洞礫岩
不整合
平安層群
緑岩層
高坊山層
寺洞層
紅店層
不整合
朝鮮大層群
衝上断層
断層
炭鉱


A
B

図—5.3　聞慶炭旧地質図

運動期に始まったもので，これらの存在はこの造山運動の影響が沃川盆地をこえて，縁辺マッシーフにまで及んだことの証拠となっている．

峨嵋山層と白雲寺層との頁岩からは，以下に列記するような属を含む大量の植物群が得られている．すなわち，*Clathopteris, Cladophlebis, Neocalamites, Schizoneura, Anomoziamites, Pterophyllum, Baiera, Pheonicopsis, Podozamites* である．KAWASAKI (1925) はこれらの植物化石群集をジュラ紀前期（ライアス）のものとしたが，KOBAYASHI (1950) は貝蝦類の化石より，本堆積層の下部は三畳紀後期に堆積したと結論した．

5.2.3 金浦層群

京畿マッシーフ北部において，大同大層群は先カンブリア系の結晶片岩類や片麻岩類を覆って，断片的な小地域に分布する．この地層群も大部分粗粒砕屑性堆積物よりなり，礫岩を主としてそれにともなって，砂岩と薄い炭層をはさむ少量の頁岩が含まれる．ソウル北東方の金浦地域では（図—5.1参照），金浦層群は通津層と文周山層とよりなる．前者は，基底部の多源性礫岩層・褐色砂岩層・バン土質灰色頁岩層，低品位の無煙炭層をはさむ黒色頁岩層・礫岩層よりなり，上部に時おり白色石灰岩層をはさむ．文周山層は，礫岩層・砂岩薄層・紫色頁岩よりなり，軽微な傾斜不整合で下位の通津層を覆う．両層とも層厚は約800m である．礫岩はほとんどが淘汰不良で，よく円磨された灰色珪岩礫を含む．しかし，江華島では，通津層基底付近の礫岩はアルコーズ砂岩の基質中に，石英・緑色砂岩・黒色頁岩の礫を含む（B.K. KIM and Y.A. PARK, 1968）．本堆積層は急傾斜し，大宝造山運動期に少なくとも２回の褶曲運動をうけている（C.J.N. FLETCHER，私信）．

通津層の頁岩層には植物化石が豊富に含まれる．それらは，KAWASAKI (1925) によるとライアスの群集であるという．しかし，通津層の頁岩層から産する貝蝦類は，KOBAYASHI (1950) により三畳紀後期のカーニアンからノーリアンのものとされていて，さらに一部の種は藍浦層群の峨嵋山層より発見されたものと同種であるという．

金浦層群の堆積層が堆積した低地は，北東方の抱川地域にまで広がっていた．本地域では，本層群の衝上くさび体（an inthrust wedge）が先カンブリア系基盤岩類中に見出されている．また，本層群の地層は北に傾斜していて，分布域の北縁と南縁とに衝上断層がある．この地域の地層は，淘汰の悪い黒色砂岩層，70cm に及ぶ礫径をもつ白色珪岩の巨礫を含む礫岩層，植物片を含み方解石をともなう黒色頁岩層，石墨質石炭の薄層よりなる．基底衝上断層（basal thrust）付近の砂岩層に見られる斜交層理から，本堆積層は逆転しているらしい（C.J.N. FLETCHER，私信）．

引用文献

CHEONG, C.H.

1971：Stratigraphy and palaeontology of the Danyang Coalfield, North Chungcheong-do, Korea ; *Geol. Soc. Korea*, J., v. 7, No. 2, p.63–88.

KAWASAKI, S.

1925：Some older Mesozoic plants in Korea ; *Geol. Surv. Chosen, Bull*, v. 4, pt. 1.

1926：Addition to the older Mesozoic plants in Korea ; *Geol. Surv. Chosen, Bull.*, v. 4, pt. 2.

KIM, B.K. and PARK, Y.A.

1968：Outlines of geology of Ganghwa Island ; *Geol. Soc. Korea, J.*, v. 4, No. 1, p. 31–40.

KIM, N.J., CHOI, S.O. and KANG, P.C.

1967：Geological Map of Korea, Mungyeong Sheet ; *Geol. Surv. Korea.*

KOBAYASHI, T.

1930：The significance of the unconformity at the base of the Daido (Daedong) formation ; *Geol. Soc. Japan, J.*, v. 37.

1951：Older Mesozoic Estherites from Eastern Asia ; *Univ. Tokyo Fac. Sci., J., Sect.* 2, v. 7, pt.10.

1967：Geology of South Korea with special reference to the limestone plateau of Kangweon-do ; *Geol. and Min. Res. Far East* (ed. T. OGURA), v.1, p. 25–138.

LEE, M.S. and KIM, S.W.

1968：Geological Map of Korea, Hamchang Sheet ; *Geol. Surv. Korea.*

SHIMAMURA, S.

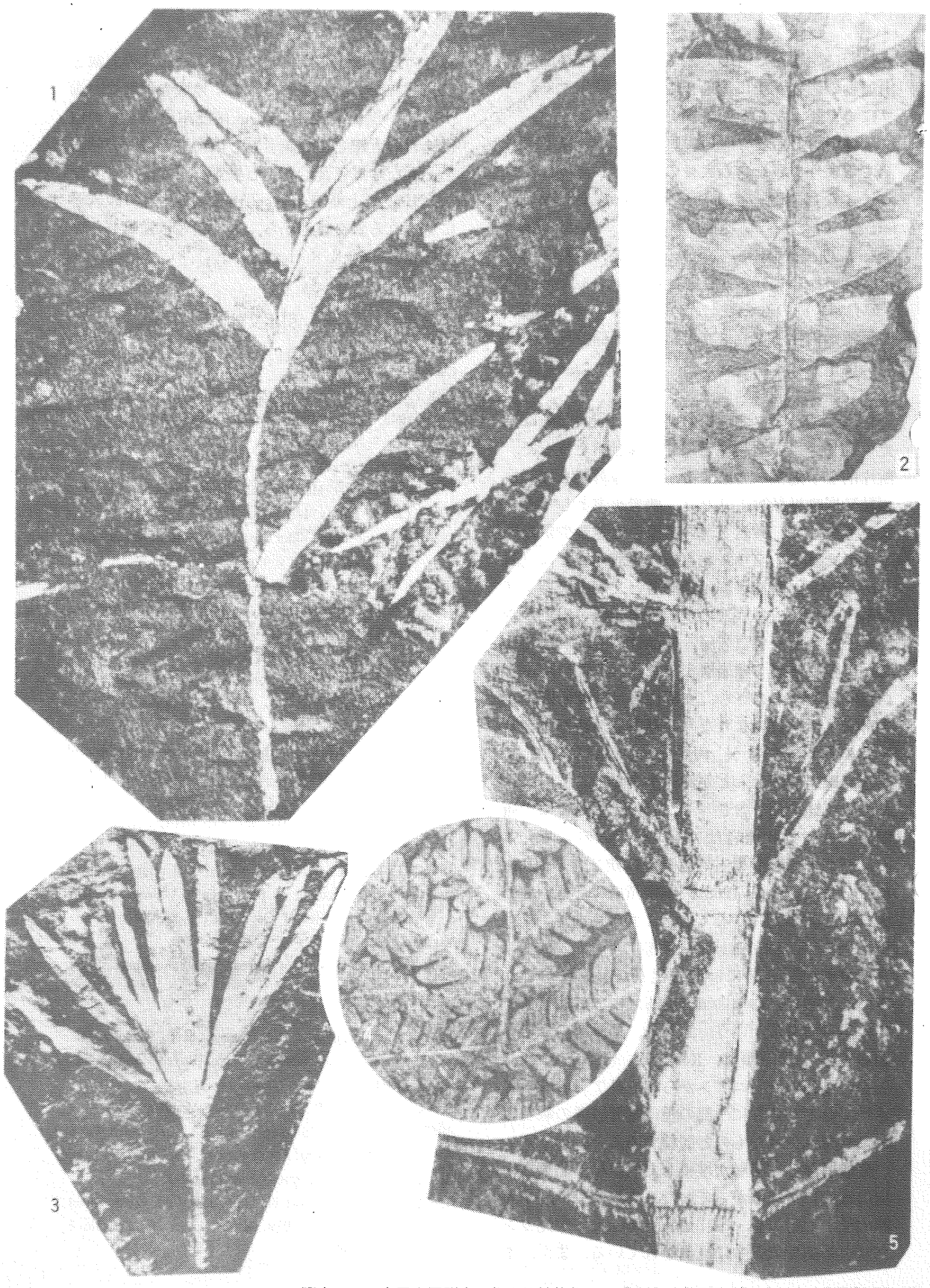
1931：Geological Atlas of Chosen, Seiyo (Cheonyang), Daisenri (Daecheonri), Fuyo (Buyeo) and Nampo Sheets ; *Geol. Surv. Chosen.*

SON, C.M., CHEONG, C.H., KIM, B.K., LEE, S.M.and KIM, S.J.

1967A：Geology of Danyang Coal Field ; *Geol. Surv. Korea, Geol. Rept. on Coal Fields of Korea,* No. 8, p. 73–94.

SON, C.M., CHEONG, C.H., KIM, B.K. and LEE, S.M.

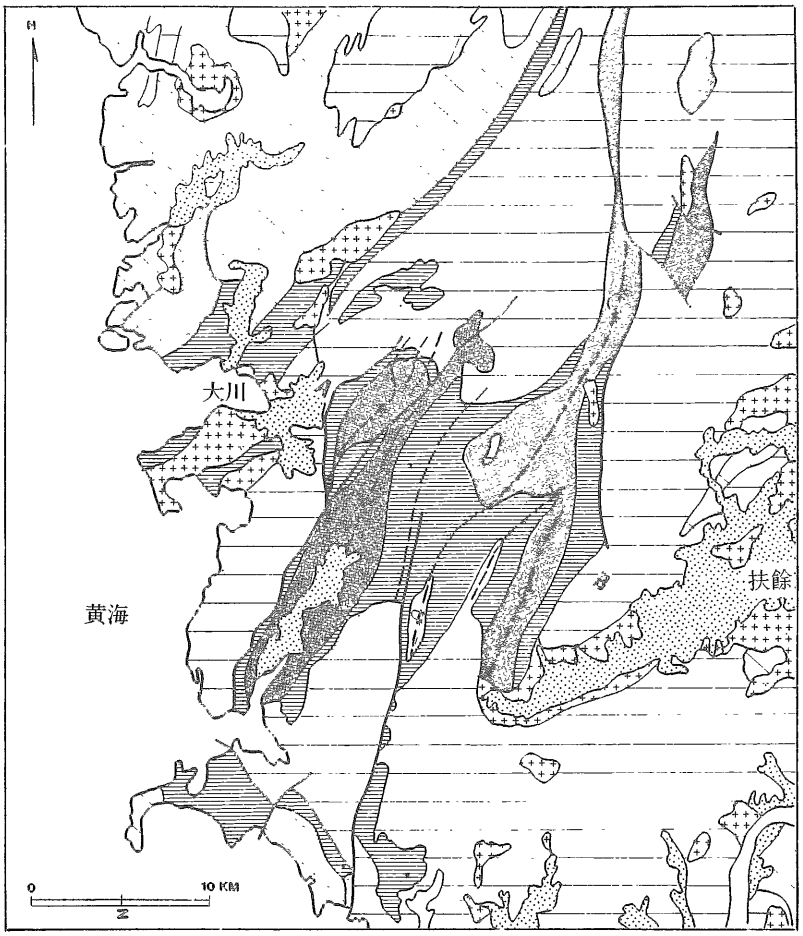
1967B：Geological report on Chung-nam Coal Fields ; *Geol. surv. Korea, Geol. Rept. on Coal Fields of Korea,* No. 8, p. 119–156.



写真ー11　大同大層群産の代表的植物化石

0 1 2 3 4 5 Cm

写真—11　1，*Podozamites lanceolatus*（L.&H.）
江原道寧越郡上東面蓮下里
2，*Pterophyllum* sp. cf. *P. propinquum* Goepp
慶尚北道聞慶郡磨城面外於里
3，*Baiera gracilis* Bunb
慶尚北道聞慶郡磨城面内於里
4，*Cladophlebis nobbensis* Brongn
慶尚北道聞慶郡磨城面内於里
5，*Neocalamites Carrerei* Zeill
忠清南道保寧郡大川面蓼庵



沖積層
花崗岩
藍浦層群　五馬山層　平里礫岩層　白雲寺層　開花里礫岩層
峨嵋山層　月明山礫岩層
—不整合
京畿変成複合岩類
黒雲母—白雲母片岩
花崗片麻岩

図—5.4　忠南炭田の地質

6. 大宝造山運動

北部・南部韓半島にわたり広い地域に影響を与えた変形運動，変成作用とそれにともなう深成活動などのジュラ紀の一連の地殻変動は，大宝変動(Daebo Disturbance)，あるいはより一般的な名称として大宝造山運動（Daebo Orogeny）と呼ばれている．大宝造構運動は実際は，三畳紀松林変動にはじまり，中期ジュラ紀の大宝底盤花崗岩類の貫入で終了する一連の造構造運動のサイクル(tectonic cycle）の中で，最も激しかった時期に相当する．松林造構運動は，北部韓半島では大宝造山運動と同程度の強さをもち，三畳紀花崗岩類の貫入もあった．一方，同じ時期に南部韓半島では，単に盤松，藍浦，金浦湖沼性盆地群を形成する程度のゆっくりとした隆起・沈降運動をもたらすにとどまった．大宝山造山運動は沃川盆地の消滅をもって完了し，それによって沃川褶曲帯や大宝花崗岩質底盤群が形成された．

6.1 沃川褶曲帯

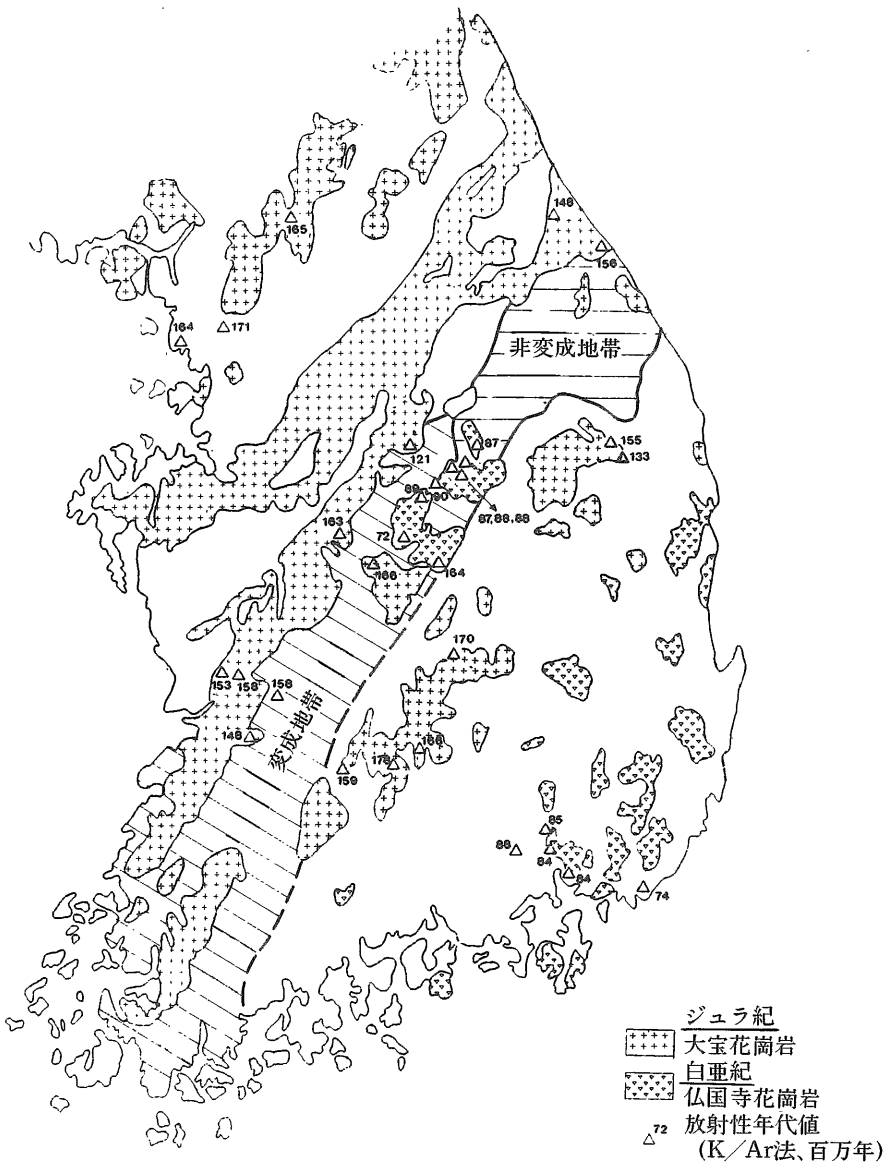
沃川褶曲帯は，その前に存在した沃川盆地地区に生じ，韓半島を横切るように京畿・嶺南両マッシーフの間に存在する．沃川褶曲帯は南西部の変成地帯と北東部の非変成地帯とに分けられる（図－6.1）．前者は原生代後期沃川層群堆積岩起源の変成岩とミグマタイト化した岩石とを含み，後者は，弱変成ないし非変成の堆積岩層群である朝鮮大層群・平安層群より成り，場所により大同大層群をも含む．両地帯はその層序，変成度が対照的なだけでなく，その地質構造も著しく異なる．変成地帯では，大スケールの相似褶曲が特徴的にみられ，軸面片理，ちりめんじわ片理，構造的に生じたさまざまなタイプの線構造など，岩石が著しい塑性変形をうけた結果生じた流動変形小構造(penetrative minor structures）がいたるところに見出される．一方，非変成地帯の地層は，著しく褶曲していることにちがいはないが，形態的には同心円状褶曲がより卓越していて，多くの高角衝上断層群や覆瓦状構造地帯の形成にともなう脆性破断変形をうけている．

沃川褶曲帯変成地帯は，古生界の下位にあり，泥質岩を主体とした古期沃川盆地堆積層である沃川層群が地表に露出している地区である．この古期の沃川盆地は，O.J. Kim (1972) により，古沃川地向斜（Ogcheon Palaeogeosyncline）と呼ばれた．変成地帯と非変成地帯の両者にまたがる忠州東方地域では，沃川層群が北方に急激に薄層化し，その上をのりこえて朝鮮大層群基底部の地層が重なっている．沃川盆地は，カンブリア紀大海進の最初期に北東方へ広くなり，朝鮮大層群が堆積した（3参照）．この堆積盆地を，O.J. Kim (1972) は新沃川地向斜と呼んだ．この変化にともない沃川盆地中軸部は，'古沃川地向斜'をこえて，寧越・博芝山地域にまで達し，そこには古生界の厚い堆積層が形成された．一方，縁辺の陸棚区は斗圍峰・三陟地域に広がり，陸棚層が薄く堆積した（3参照）．変成地帯では古生界の大部分は既に侵食により失なわれていて，その詳細はわからないが，それでも上部原生界・古生界の全層厚は大宝造山運動以前に10,000m 以上あったと推定される．非変成地帯では沃川層群は堆積せず，古生代堆積層が古期の先カンブリア系結晶片岩類・片麻岩類の上に直接重なり，その全層厚は，新沃川地向斜中央部の6,000m から縁辺陸棚区の4,000m 以下のはばをもっている．変成地帯と非変成地帯内部での堆積層の岩質・層厚の多様性は，少なくとも一部構造様式の多様さによるものである．

6.1.1 変成地帯の地質構造と変成作用

沃川褶曲帯変成地帯は，北東走向で水平に近い軸をもつ相似褶曲の存在により特徴付けられる．この褶曲は，大宝花崗岩質底盤の伸びの方向と平行で，褶曲帯が地質図上で特徴的な木目を描くもとになっている．大スケールの褶曲は数 km の振幅をもち，1つ1つの褶曲軸は10数 km 連続し，それらは雁行配列をなす．軸面は北西に傾斜し，あるものは南東方向に著しく転倒している．この北東方向の褶曲構造は，いたるところでペネトラティブな片理面を形成していて，千枚岩質岩とか片状岩では，この片理面はすでに存在している片理を切るちりめんじわ片理と一致する（写真－12参照）．

変成地帯北端部，忠州東方では，褶曲構造は特に複雑なものになっている．これは，この地域で沃川層群が急激に薄くなることと関連していて，Reedman *et al* (1973) は，流動変形による片理構造や線構造などの小構造が，3つの別々の時期に



図—6.1　沃川褶曲帯の変成域と非変成域との配置と大宝及び仏国寺花崗岩類の分布とを示した図.

褶曲構造形成にともなって生じたことを認めた．先にのべた北東トレンド褶曲構造は2番目のF_2フェーズの褶曲運動により生じたもので，これによってその前の西北西トレンドの横ぶせ褶曲は再褶曲している．最後に東西方向のゆるく波曲するようなF_3褶曲が形成された．沃川褶曲帯変成地帯北東部の地層が複雑な分布・構造パターンをとるのは，このような大宝造構運動期の一連の褶曲・再褶曲運動によるものである（図－2.8，図－2.9参照）．この地域の小地質構造は，FLETCHER (1975) により記載されている．

変成地帯では，主要な褶曲運動は広域変成作用をともなう．変成鉱物組み合わせから，本地帯は中間型P/T変成相系列，バロヴィアン型変成帯系列の変成作用をうけた．本地帯に最も広く分布するのは緑泥石—黒雲母帯であるが，はばせまくザクロ石—珪緑石帯も出現し，一部には連続性は悪いがラン晶石—十字石帯も認められている．(REEDMAN *et al*,1973)．一般に変成分帯は，褶曲帯構造方向に平行で，変成度は北西方に高くなり，大宝花崗岩質底盤群のうち最も巨大なものに沿う変成地帯北西縁部が最も高くなっている（図－6.1参照）．

褶曲帯の最も深部をなすミグマタイト質岩石は，変成地帯南東部の全州と木浦との間に広域に分布している．この地域のミグマタイト類は，H.S. KIM (1974) によって卓越した組織と鉱物組成とから，花崗岩質タイプと片麻岩質タイプの2つに区分されている．このミグマタイト類は従来より‘片状花崗岩類’と称され，造山運動期の貫入岩体であると考えられた．しかしD.S. LEE (1971) やH.S. KIM (1974) の研究結果によれば，ミグマタイト類は沃川盆地に堆積した堆積岩類にその起源をもつという．また，ミグマタイト地帯と呼んでいる中には，基盤岩類が新たな片理面の形成をうけ，それが地表付近にまで隆起したものが含まれている可能性は大きい．H.S. KIM（上掲）は，ミグマタイト類の変成鉱物の組み合わせが緑色片岩相—角閃岩相遷移部に相当することを示し，ミグマタイト類が変成作用後期の後退変成作用をうけたことを示した．沃川褶曲帯南東部の地質構造はまだあまりくわしく研究されていないが，ミグマタイト類の片理面は，褶曲帯全体の構造方向と調和的であることが知られている．

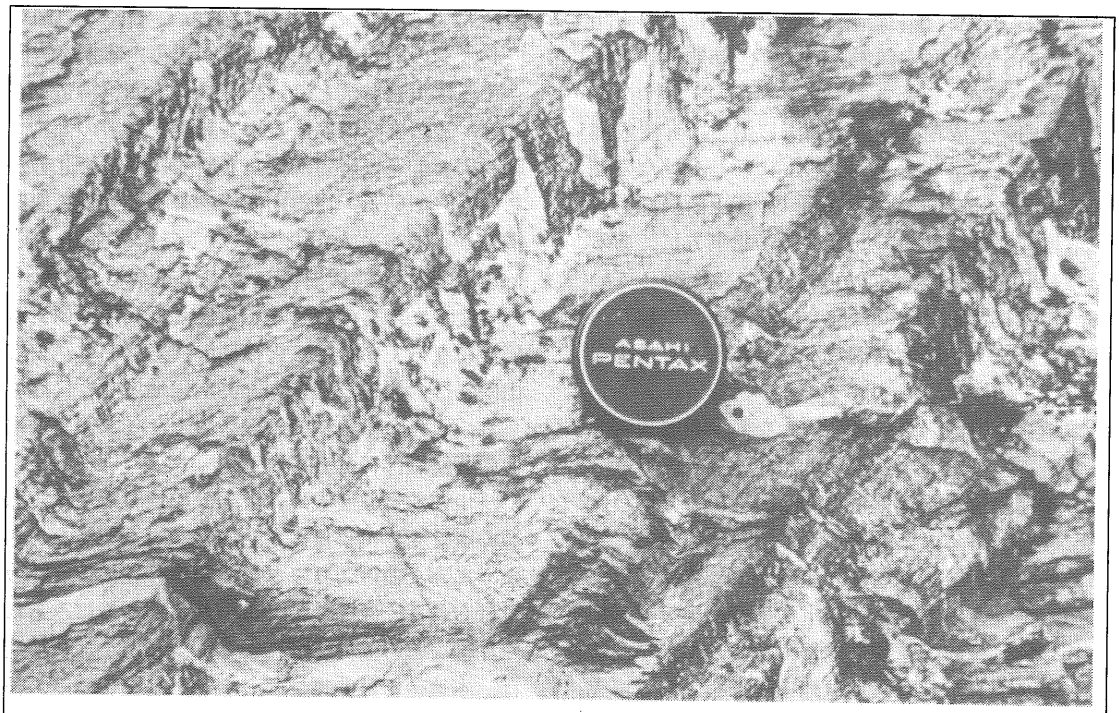
REEDMAN *et al* (1973) は，変成地帯北部の変成組織の研究から，沃川褶曲帯内部における変成—変形史の対応関係を調べた（図－6.2参照）．それによると，ザクロ石を生じた初期の変成作用は最初（F_1）と2番目（F_2）の褶曲運動の間におこり，ラン晶石と十字石とを生じた後期の変成作用はF_2褶曲運動直後におこったものである．黒雲母は，だいたいF_1褶曲とF_2褶曲運動期の間に再結晶している．最後に，大宝花崗岩類やさらに後の仏国寺花崗岩類の貫入にともなう接触変成作用が認められるが，この接触変成鉱物はただ単に後造山性の組織を示すだけである．

非変成地帯と接している変成地帯の北端部は，特に地質構造が複雑な地域であることは既に述べた．通常，両地帯の境界は，泥質岩が多い沃川層群と考えられている地層群と石灰質堆積物よりなる朝鮮大層群との間におかれるが，変成作用が必ずしもその境界部でかわるわけではない．非変成地帯とされている中にも，局所的に低度広域変成作用をうけた部分がある．聞慶地域では，両地帯の境界には大きな衝上断層があって，変成地帯沃川層群がこの断層に沿って朝鮮大層群上部層の上に東に向かって衝上している．同様にさらに北東方の黄江里地域でも，沃川層群と朝鮮大層群との間に衝上断層があるといわれているが，実証されているわけではない．両地層群の境界，あるいは推定断層の位置は，古沃川地向斜の境界にほぼ一致する．

6.1.2 非変成地帯の地質構造

沃川褶曲帯非変成地帯は，褶曲と衝上断層のどちらが相対的に卓越するか，あるいは大構造の方位（orientation）によって，いくつかの地質構造単位に分けられている．これらの地質構造単位は，寧越複背斜区・博芝山向斜区・旌善—丹陽衝上断層地帯・中峰山地塊・白雲山向斜区である（図－6.3参照）．これらの地質構造単位は，下位の基盤岩類の配置の仕方と，上位の原生界被覆層の厚さのちがいとによってそれらの地質構造のちがいを生じている．

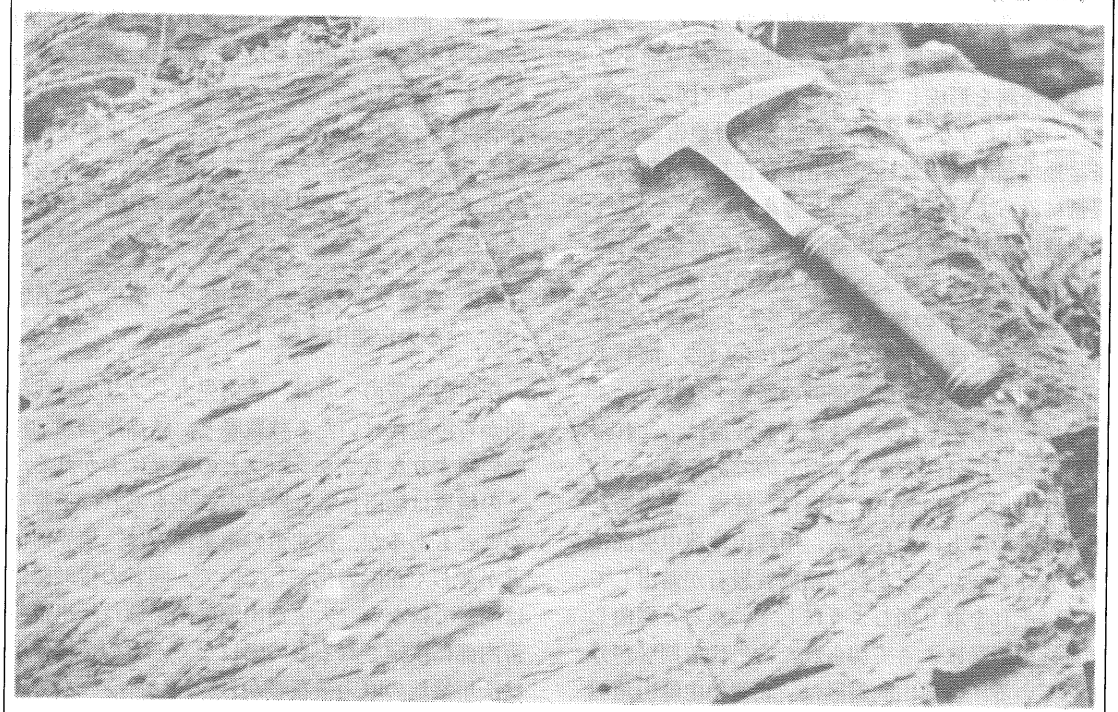
寧越複背斜は，堆積層が厚い新沃川地向斜軸部に形成された．寧越複背斜区は褶曲・衝上断層地帯をなし，その褶曲軸面と断層面はともにアーチ状のトレースをもつ．最初の褶曲・断層は，あとで生じた変成地帯F_2褶曲運動に対応する北東ト



写真—12. A　黄江里層の石英—黒雲母片岩にみられる初期の片理構造を切る粗いちりめんじわへき開

A. J. Reedman

J. H. Chang



写真—12. B　沃川褶曲帯変成地帯の北部における黄江里層永礫岩にみられる2方向の片理面

レンドの主要な背斜状構造の曲隆をうけている．褶曲軸面や断層面の傾斜方向より，初期の地質構造は，北東ないし東フェルゲンツをもつ．すなわち，褶曲帯変成地帯が衝上断層に沿って非変成地帯あるいは嶺南マッシーフの上にのし上げたのと同じように，非変成地帯の地層は，衝上断層に沿って堆積盆地の伸びの方向と平行に北東方に，あるいは縁辺の陸棚区に向かって東方に移動している．この複背斜地帯では同心円状褶曲が卓越し，流動変形による小地質構造が見られることは少ない．

寧越複背斜区の東には，巨大な衝上断層地帯である旌善—丹陽衝上断層地帯がある．丹陽付近では，初期の複背斜構造はこの断層群により切られる．旌善—丹陽衝上断層地帯は，西に傾斜した数多くの衝上断層よりなり，聞慶から旌善にかけて分布している．本地帯は沃川盆地変遷史を通じて古地理的に極めて重要な地帯である．カンブリア紀・オルドビス紀の沃川盆地中軸部相である寧越タイプ朝鮮系と縁辺陸棚相の斗圍峰タイプ朝鮮系とは，この地帯を境として接している．同じように，この地帯は平安層群堆積期には最も沈降の速かった地帯であったし，三畳紀後期からジュラ紀後期にかけては断層で囲まれた沈降帯の一部をなし，盤松湖を形成していた（図－4.3，図－5.2参照）．このようなことから，この断層地帯は，沃川盆地堆積期に基盤岩類の中に存在した古期の断裂帯に沿って分布していると考えられる．そして，大宝造山運動期に，この基盤断裂帯の最後の若返りである断層運動によって，上位の被覆層中に高角の衝上断層群の地帯が形成されたと推定される．沃川盆地は，その北西縁部において，同じように古期の断裂群の断層運動の影響をうけた．この地域に分布する巨大な花崗岩質底盤は，これら古期断裂群に沿って上昇したものであろう．

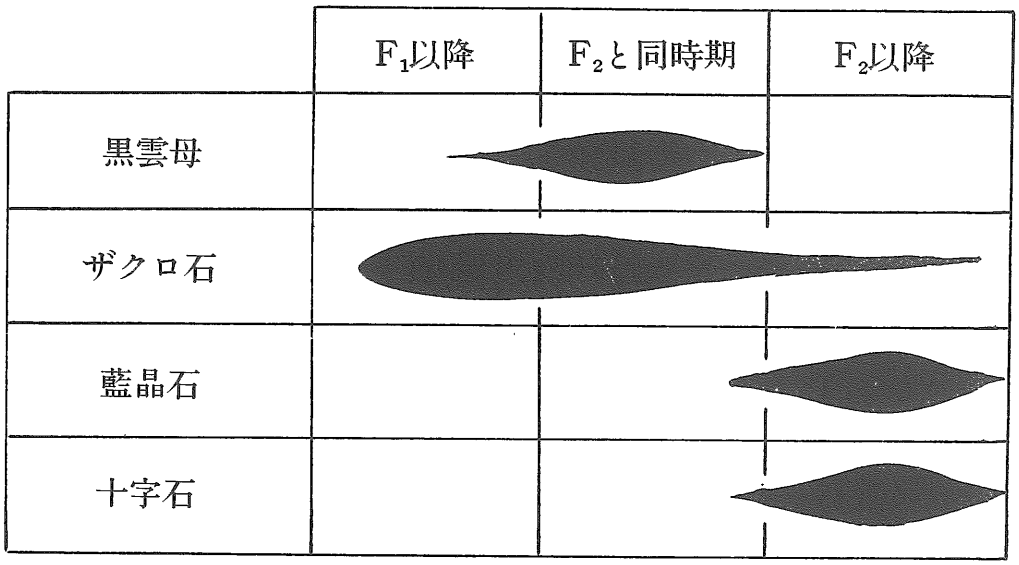
中峰山地塊と白雲山向斜区は，旌善—丹陽衝上断層地帯の東方に存在する．中峰山地塊中央部には，先カンブリア紀基盤の結晶質岩石が露出していて，それを取り囲むようにして，ゆるく褶曲し北東性の断層によって切られた古生代前期層が分布している．白雲山向斜区は，北側の中峰山地塊と南側の嶺南マッシーフ大白山地塊との間に存在し，沃川褶曲帯非変成地帯に認められる大褶曲構造のうちの１つをなす．白雲山向斜は非対称で，場所によってはその北翼は逆転している（図－6.4）．その向斜軸は，北東方向を主たる構造方向とする沃川褶曲帯とほぼ直交する．向斜構造東部では，北翼部を構成する平安層群夾炭層の上に，朝鮮大層群石灰岩層が低角な断層に沿って北方から衝上している．白雲山向斜のような主要な向斜構造が形成されたのち，多くの交差褶曲（cross-folds）が北東性褶曲構造の上に重複し，そのうちいくつかのものはさらに発展して高角な衝上断層群になっている．この後期の交差褶曲は，白雲山向斜区の西縁，咸白や玉洞炭田地域などに認められ，これらの地域では炭層のポケットが交差褶曲の背斜軸部に認められる．

沃川褶曲帯非変成地帯大部分の地質構造は，地層の脆性変形による高角な衝上断層や断層をともなうような曲げスリップ褶曲群の存在により特徴付けられる．変成地帯ではいたるところにみられた片理などの流動変形によって生じた小地質構造は，本地帯では非コンピーテント層中にのみ，稀に認められるだけである．平安層群中には，このような地質構造がよくみられ，コンピーテント層と非コンピーテント層と互層が層内褶曲を形成している．例えば，コンピーテントな高坊山珪岩層は開いた大波長の褶曲をなし，概して単純な構造をなすのに対して，隣あった非コンピーテントな寺洞層はしばしば強く褶曲していて，複雑な褶曲構造をなす．このような複雑な構造が，いくつかの炭田地域における炭層採掘を非常に困難なものにしている．

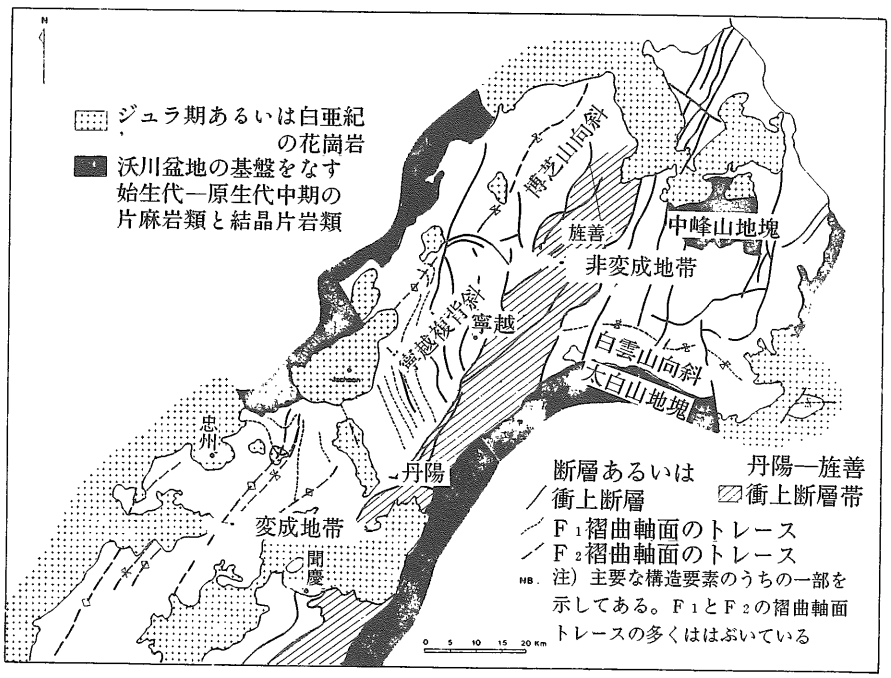
6.2　京畿マッシーフと嶺南マッシーフにおける大宝造山運動

沃川褶曲帯のへりは，通例先カンブリア時代後期から古生代にいたる被覆層と，結晶片岩類・片麻岩類よりなるマッシーフとの境界におかれる．この境界は場所により断層のこともあれば不整合のこともあるが，褶曲帯の南東部では，境界部付近が著しく花崗岩化されていて，両者の接触関係は明瞭ではない．大宝造山運動の影響は沃川褶曲帯内部に限定されるものではなく，その造構作用は沃川盆地の厚い被覆層から縁辺マッシーフ群にも及んでいる．大宝花崗岩類は，沃川褶曲帯と古期のマッシーフ群との区別なく貫入している．

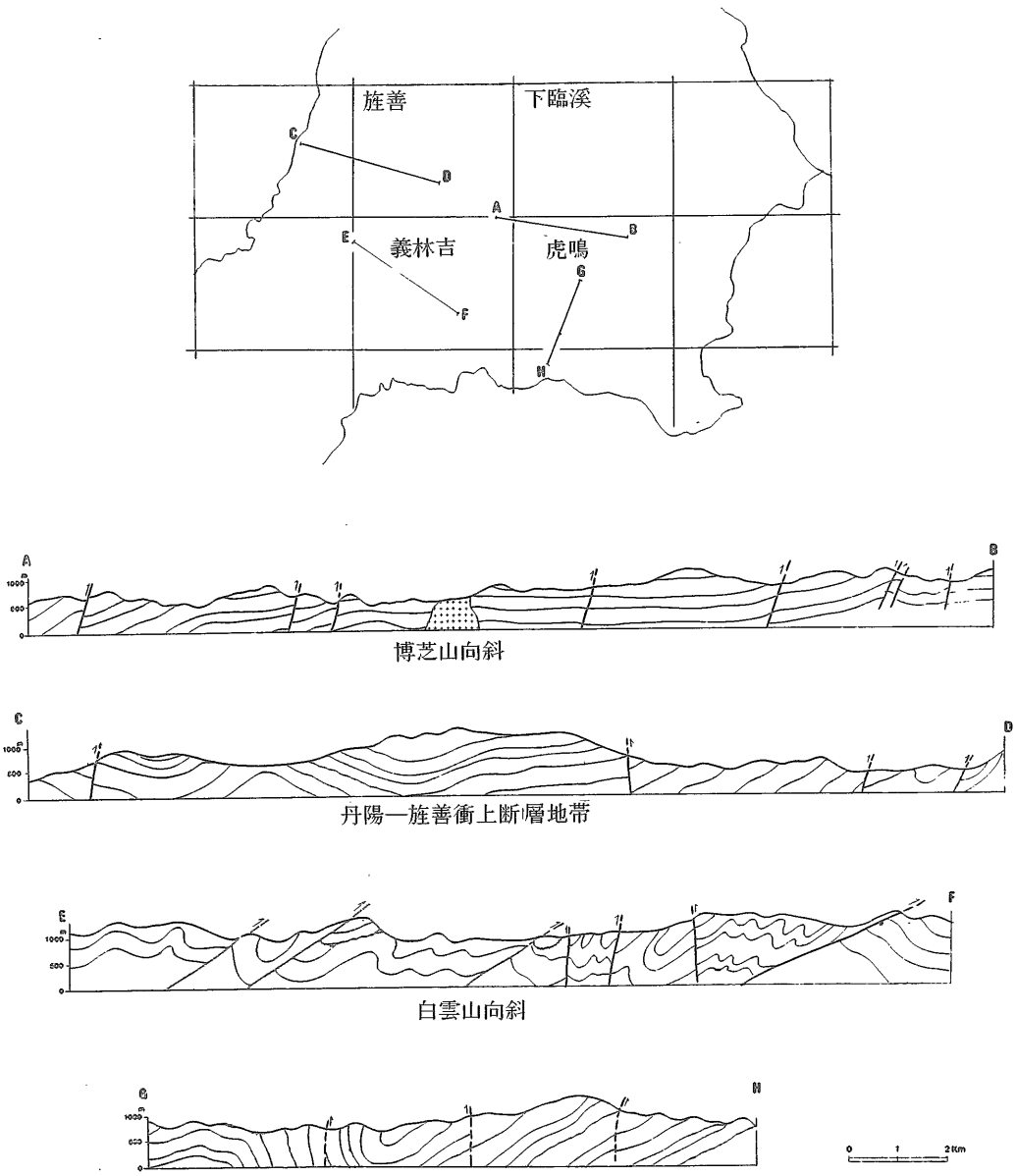
大宝造山運動期に，マッシーフ群を構成する古



図—6.2　沃川褶曲帯変成域北部における幾つかの変成鉱物の結晶作用と変形時相との相対的時間関係（REEDMAN *et al.*, 1973による）

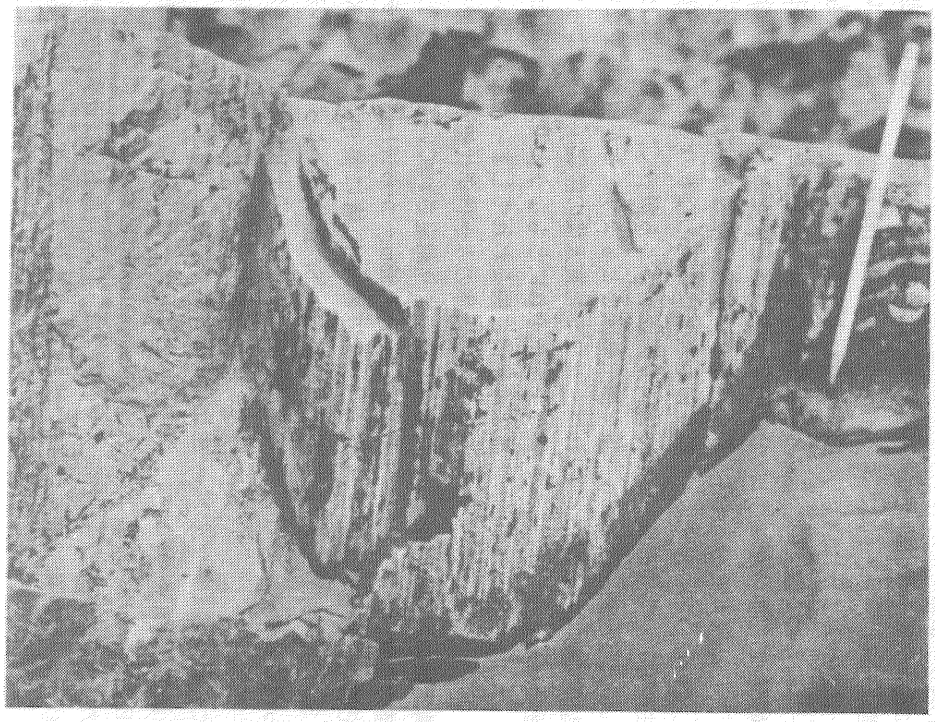


図—6.3　沃川褶曲帯北部の地質構造

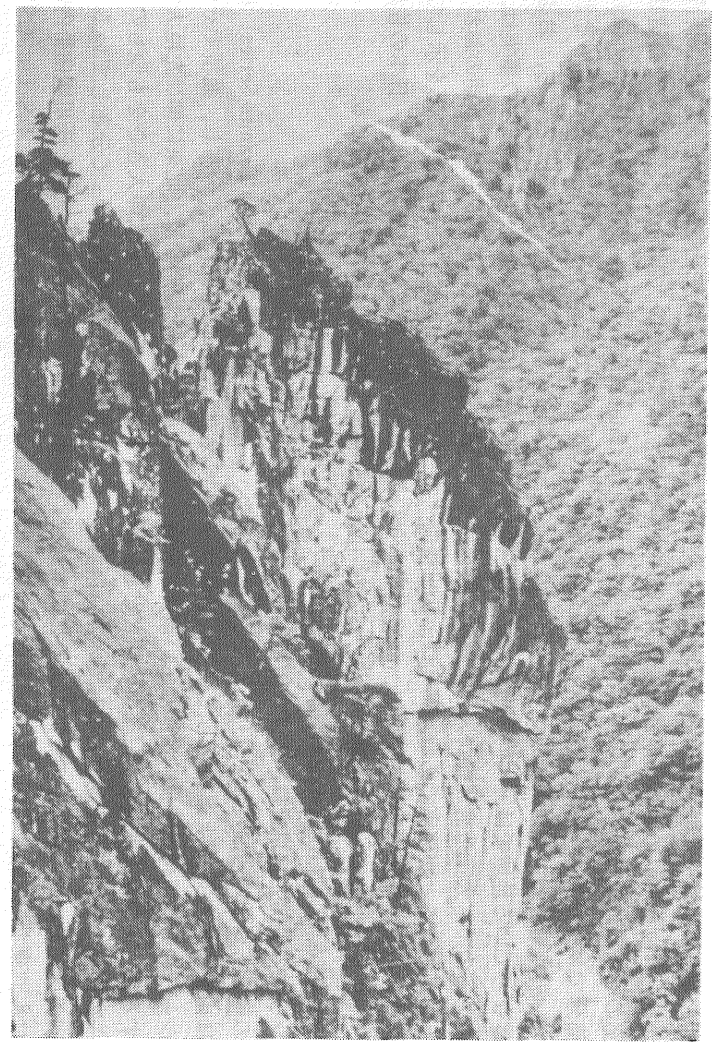


図—6.4　沃川帯非変成地帯の一部の断面図

J. H. Chang



A. J. Reedman



↑ 写真—13. A　沃川褶曲帯変成地帯の北部における褶曲した珪岩中の線構造

→ 写真—13. B　雪岳山付近における大宝花崗岩類アダメロ岩の形成する小尖塔

期の結晶片岩類・片麻岩類がどの程度変形したのかは，マッシーフの詳細な地質構造解折がごく一部のせまい地域に限られていて，マッシーフの大部分ではなされていないのでよくわかっていない．外座層として大同大層群がマッシーフの上に重なっている地域では，大同大層群は常に褶曲しているので，大宝造構運動が大同大層群堆積後にもおこったことが確実である．例えば，沃川褶曲帯北西縁の藍浦層群は強く褶曲し，断層変形をうけ，南東方に転倒した褶曲群を形成している（図－5.4参照）．C.J.N. Fletcherによれば，京畿マッシーフの金浦と抱川では，大同大層群は北東方向の軸をもつ強い褶曲変形をうけ，基盤岩類とともに南東方向への衝上運動をしている．嶺南マッシーフの三斤里付近では，はばせまい地帯に分布する古生代の変成堆積岩が，基盤岩類とともに同一の褶曲・衝上断層運動に参加している．白雲山向斜区においてみられたのと同じように，本地域にも，東ないし南東方向のトレンドをもつ初期の褶曲フェーズと北東トレンドの後期の褶曲フェーズとの複合がみられるが，衝上断層や横ぶせ褶曲などから推定される地質構造運動方向は，南へ向かうものの方が重要である．上に述べたように，沃川褶曲帯のまわりのマッシーフにおける散点的な観察事実からみて，大宝造構運動が褶曲帯をこえてさらに広い地域に及んだことは確実であるが，ジュラ系の被覆層が分布していないところでは基盤岩類とジュラ系以前の被覆層とが共通の地質構造を形成していても，それが大宝運動期のものかあるいは本当はより古い造構運動期のものであるのかを認定することは困難である．

6.3 大宝山運動の時代

大宝造山運動変成作用・造構運動の主要な時期は，大同大層群堆積後で慶尚層群堆積前である．前者が三畳紀後期からジュラ紀前期，後者が白亜紀前期・中期のものなので（5．7．参照），大宝造山運動がジュラ紀におこったことは確実である．

沃川褶曲帯変成地帯南東部に分布するミグマタイト中の黒雲母は，K/Ar 法で158m.y. から178m.y. の間の年代値を示す．Hurley *et al.* (1973) は，褶曲帯縁辺の先カンブリア系片麻岩類がジュラ紀180m.y.の年代測定値に集中し，同位体元素均質化をうけたことを示した．大宝花崗岩質深成岩体は，その大部分が大宝造構運動造山後期 (late-tectonic) ないし後造山期 (post-tectonic) のものである．K/Ar 法によれば，それらは133m.y. から171m.y. のはばをもち，おおよそ160m.y. に最頻値をもつ．これらの事実は，大宝褶曲運動・変成作用がジュラ紀前期のおわり，すなわち170±10m.y. におこったことを示している．大宝造構・変成作用の絶頂期は，日本の佐川造山輪廻大賀時階にやや先んじている．

6.4 大宝花崗岩類

大宝花崗岩類 (Daebo Granite Series) は深成岩体は南部韓半島に広く分布し，面積でその30％を占める．花崗岩類は，北東に伸びた巨大な底盤を形成していて，最大の大きさをもつものは，沃川褶曲帯北西縁部に沿って分布している（図－6.1参照）．この巨大な底盤と沃川褶曲帯内部にあるこれと関連した岩体とは，D.S. Lee (1971) により研究されている．それによると，これらの岩体は花崗閃緑岩の化学組成をもち，斑レイ岩から，トーナル岩・花崗閃緑岩・アダメロ岩にいたる様々な岩石より成り，量的には後２者が最も多い．

大宝深成岩類は，多くの点でより新しい白亜紀の仏国寺深成岩類と異なる．両者は化学組成が大きく異なり，前者は地殻のかなり深部で貫入し，現在の地表面に露出したものである．大宝底盤群は仏国寺深成岩体とちがって，同じ時期の火山岩類や後生鉱床をともなうことが極めて少ない．これは，ジュラ紀貫入後の隆起・侵食によって，底盤の上部やそれにともなう火山岩類や鉱床が，白亜系堆積前に失なわれてしまったためであろう．

大宝深成岩体のみかけ年代値が，黒雲母を用いた K/Ar 法により測定されていて，その結果によると，大部分が133m.y. から171m.y. の間にあって，160m.y. 周辺の年代値に集中する．B.K. Park (1972) は，Rb/Sr 全岩法によってソウル花崗岩の年代測定を行い，160±10m.y.という年代値を得た．アイソクロンよりこの花崗岩の Sr^{87}/Sr^{86}初生比は0.712で，もともとのマグマがマントル起源のものとすると，貫入期に相当の地殻物質の混入 (contamination) を受けたことになる．このマグマの成因は，日本列島および近隣の大陸地域の下に沈み込む中生代サブダクションと密接に関連

したものと考えられ，この点について次に考察したい．

6.5 韓半島のプレートテクトニクスと中生代造山運動

プレートテクトニクス理論によれば，地球上部層は数多くのリソスフェア・プレートに分かれていて，それらはお互いに一定の運動をし，生産的な境界・消費境界・定常的な(コンサーバティブ)境界をもって接する．生産的プレート境界は中央海嶺に沿って存在し，新たな大洋地殻が形成されている．定常的プレート境界は，通常巨大なトランスフォーム断層であって，断層に沿ってプレート同志が横方向に相互に移動しあうだけで，地殻物質が新たに生産されたり消費されたりすることはない．顕生代造山帯の多くは，消費的ないし収束プレート境界に近接したところで形成されたと考えられている．本書でも南部韓半島の地質構造形成史をそのような考えに基づいて議論する．日本列島の地質学的特徴からみて，中生代前期以降，日本列島およびその背後の大陸地域のそばに，収束プレート境界区が存在したことはまちがいない．

現在の東北日本は収束プレート境界区に位置し，活動的島弧系の一部をなしている．その模式的な断面図を図—6.6に示す．東北日本は，上部に大洋地殻をのせた太平洋リソスフェア・プレートがアジアプレート縁辺部の下に沈み込んでいる地区に相当する．プレート同志の境界は日本列島下大陸側に傾斜し，地震活動の著しい地帯であるベニオフ帯を形成しながら，700km の深さに達している．ベニオフ帯に沿った深い所で生じたマグマは上昇し，火山弧内部の火山活動のもととなった．火山弧が高熱流量地帯であることから，MIYASHIRO (1973) は，高温低圧タイプ変成作用が火山弧の地下でおこる可能性を指摘している．またこれとは対照的に，冷たい地殻物質が，沈み込むプレートとともに移動してベニオフ帯に沿って深いところにもたらされれば，それらは高圧で概して低温の変成作用をうけるであろう．その後に，収束プレート境界が非活動的になって，隆起と侵食とが進めば，一方は高温低圧の変成相系列の，もう一方は低温高圧の変成相系列の鉱物組み合わせをもった，対をなすお互いに平行な変成地帯が出現するであろう．

西南日本では，サブダクションによって生じた現在の海溝区の北側に，2組の古期の変成帯が認められる．そのうち古い方が二畳紀—ジュラ紀の飛騨変成帯と三郡変成帯で，新しい方がジュラ紀—白亜紀の領家変成帯と三波川変成帯である．三郡変成帯と三波川変成帯とは，それぞれ中生代前期と後期とのサブダクション帯の近くで生じた．2組の対の変成帯は，ともに南方へむかう極性をもっていて，サブダクション帯はアジア大陸の方向に沈み込んでいたと考えられる．2組の対の変成帯および現在の海溝の相対的な位置関係から，中生代前期以降ザブダクション帯は累進的に南方へ移動したと推定される．

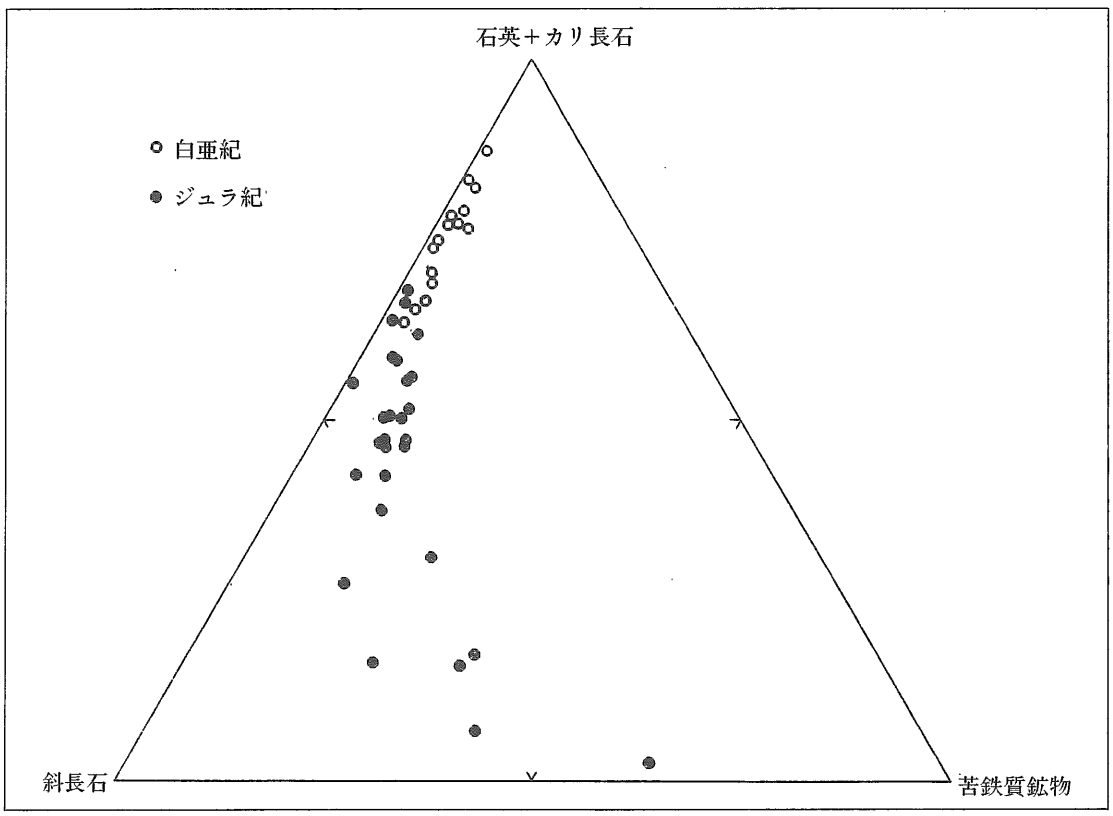
日本列島とアジア大陸との間には，現在日本海がある．第三紀以前には，日本列島はアジア大陸縁辺の海岸地帯の一部をなしていたが，第三紀以降縁海海盆である日本海が形成された．中生代ないしそれ以前には，日本列島は現在の位置よりも韓半島に近いところにあって，サブダクション帯は島弧型というよりむしろアンデス型収束プレート境界として，アジア大陸—日本列島下に沈み込んでいた（図—6.6a 参照）．新生代より前の日本列島と韓半島のおおよその相対的位置関係を，図—6.7に示す．

大宝花崗岩類底盤群のもととなったマグマは，中生代の2つのサブダクション帯のうち，古期のサブダクション帯と関連して，それに沿った地下深部で生じたものであろう．この古期のサブダクションによって，飛騨—三郡の対の変成帯が形成された．日本列島飛騨地帯には，大宝花崗岩類底盤群と同じ時期の花崗岩類が認められ，飛騨地帯は韓半島嶺南マッシーフ南東部につながると考えられる．現在はその間に，白亜紀の堆積岩類・火山岩類よりなる被覆層が存在する．沃川盆地を埋めたてた堆積層プリズム体は，大宝花崗岩類のもととなったマグマの生成と上方への移動にともなって，変形作用をうけ，場所によっては著しい変成作用をうけた．変成作用は盆地深部で熱流量が増加したためにおこったもので，変形運動は，沃川盆地が沈降する際もともとの盆地形態を規定していた古期の断裂群が，盆地基盤を大きく分ける地魂運動による若返りをした結果生じたものである．現在南部韓半島に分布している大宝底盤群

の露出面積から推定すると，底盤群の貫入によって韓半島はそのもとの長さの20％に相当する長さが，付け加わったことになってしまう．そうでないとすると，マグマ上昇にともなって，相当量の地殻表成岩石（supracrustal rocks）が同化作用をうけたか，あるいは底盤群間の地殻ブロックが大きな圧縮をうけたかのどちらかであろう．実際がどのようであったかはともかく，大宝底盤群のような巨大なマグマ物質の上昇があれば，大宝褶曲帯を形成するのに充分なほどの上層地殻岩石の調整を引きおこしたにちがいない．変形した被覆層中に認められる地質構造の方向性は，常に南方へむかう衝上運動，言葉をかえれば北方へむかうアンダー・スラスト運動があったことを示す．このことは，中生代前期のサブダクション帯に沿って，南側のプレートが北側のプレートの下に沈み込んでいることのあらわれかもしれない．

上に述べた事実から，我々は沃川褶曲帯がプレート内造構運動（intra-plate tectonism）の産物であり，そのもととなった堆積物はシアル質な基盤の上に生じた堆積盆地に堆積したものであると考えている．しかしながら，一部の研究者（例えば，B.K. Park and C.S. So, 1973や Burrett, 1973）は，沃川盆地地史のある時期に沃川盆地でサブダクションがおこり，沃川褶曲帯はその古縫合帯に相当するものであると考えている．この場合，沃川褶曲帯は，嶺南マッシーフのような南側の大陸断片と北側の大きな大陸地魂とが衝突することにより生じたことになる．しかし，この考えでは大宝造山期の地殻変動が北部韓半島の平南盆地にも及んだことや，北部中国での燕山運動など，北中国—韓半島卓状地内部で同時期におこった一連の地殻変動の存在を説明しえない，などの難点をもつので，我々はこの考えに賛同できない．

韓半島の中生代花崗岩は，三畳紀のものが半島北部に，ジュラ紀大宝底盤群が半島中央部に，そして白亜紀仏国寺花崗岩類深成岩体が南部に集中して分布するというように，大きくみて帯状の配



図ー6.5　沃川褶曲帯中の大宝（ジュラ紀）及び仏国寺（白亜紀）花崗岩貫入岩体の鉱物組成を示した三角ダイアグラム（D.S. Lee（1971）を改変）

列をなす（図—6.7B 参照）．日本列島でも，ジュラ紀花崗岩類と白亜紀後期花崗岩類とが帯状配列をなし，日本列島を中生代の位置にもどすと，これらは韓半島の花崗岩地帯に連続する（図—6.7B）．このようなジュラ紀から白亜紀にかけての花崗岩地帯の南方への移動は，中生代の前期と後期との間にサブダクション帯が後退して，マグマ・フロントの位置が南に移動したことによるものである．北部韓半島の三畳紀花崗岩類がなぜ日本列島のはるか北方に存在するのかはよくわかっていないが，最近の知識では，これらの花崗岩類は，韓半島南方に存在したサブダクション帯や，同じようにかなり離れた，北方の中部中国褶曲帯に沿って存在したサブダクション帯とは全く無関係に生じたものらしい．

中生代花崗岩類の成因については，B.K. Park and I.K. Do (1974) と Workman (1972) によって，これと異なった考えが示されている．これらの研究者は，もともとのマグマがマントル・ホット・スポットないし熱上昇流（Thermal rises）から生じたものと考えていて，特に Park and Do (1974) は，もし韓半島が中生代を通じて1年あたり1cm の速度で，このような上昇流の上を北方に移動すれば，現在みられるような，花崗岩類帯状配列を説明できるとしている．この考えでは，たしかにプレートのかなり内陸部での花崗岩類の存在を説明できるが，中生代前期以降，マントル深部に対する東アジアの運動方向が北方ではなく，南方であるという事実とは相容れない（Uyeda and Miyashiro, 1974）．

収束プレート境界とかけ離れた地域に広域に分布する花崗岩類やそれにともなう火山岩類の成因は，よく解明されていない．Uyeda and Miyashiro (1975) は，ユーラシア・プレート東部に広範に分布する白亜紀後期の火山岩・深成岩複合岩類（volcano-plutonic association）の成因を考察し，80m.y. から90m.y. にかけて，クラー太平洋プレート中央海嶺拡大軸がサブダクション帯に沿って日本列島下に沈み込んだと結論した．拡大軸周辺では，地殻は充分にあたたかいと考えられるので，低角なサブダクション帯は上にのるプレート上に広範な火成活動をもたらしうる．拡大軸が沈み込めば，その上のプレートの内部には張力が生じ，最終的には大陸縁辺部の構造を大きくかえてしまうであろう．日本列島弧の骨格である大陸地殻断片がこのような張力の結果として南方に移動し，その間に日本海が形成された．

以上のべたことをまとめると，日本列島は顕生代の大部分を通じてアジア大陸縁辺部に近接していて，古生代後期以降は，太平洋プレートが沈み込む収束プレート境界をなしていた．韓半島や近隣のアジア一部にみられる中生代の火山岩—深成岩火成活動・造構運動が，収束プレート境界のある日本列島区と密接に関連していたことはまちがいない．しかしながら，造構運動・火成活動・サブダクションの間の複雑な関係について，我々はまだ充分に解明しているとは云えない．

引用文献

Burrett, C.F.

1974: Plate tectonics and the fusion of Asia ; *Earth Plan. Sci. Letters*, v. 21, p. 181–189.

Fletcher, C.J.N.

1975: Structures in folded rocks, illustrated by structures from the Republic of Korea ; *Geol. Min. Inst. Korea.*

Hurley, P.M., Fairbairn, H.W., Pinson, W.H. and Lee, J.H.

1973: Middle Precambrian and older apparent age values in basement gneisses of South Korea, and relations with south-west Japan ; *Geol. Soc. Am. Bull.*, v. 84, p. 2299–2304.

Kim, H.S.

1971: Metamorphic facies and regional metamorphism of the Ogcheon Belt ; *Geol. Soc. Korea, J.*, v. 7, No. 4, p. 221–256.

1973: On migmatites in the Jeonju-Mogpo area, Korea ; *Geol. Soc. Korea, J.*, v. 9, No. 4, p. 207–234.

Kim, O.J.

1972: Precambrian geology and structure of the central region of South Korea ; *korean Inst., Min. Geol., J.*, v. 5, No. 4, p. 231–240.

Lee, D.S.

1971: Study of the igneous activity in the middle Ogcheon Zone, Korea, *Geol. Soc. Korea, J.*, v. 7, No. 3, p. 153

Miyashiro

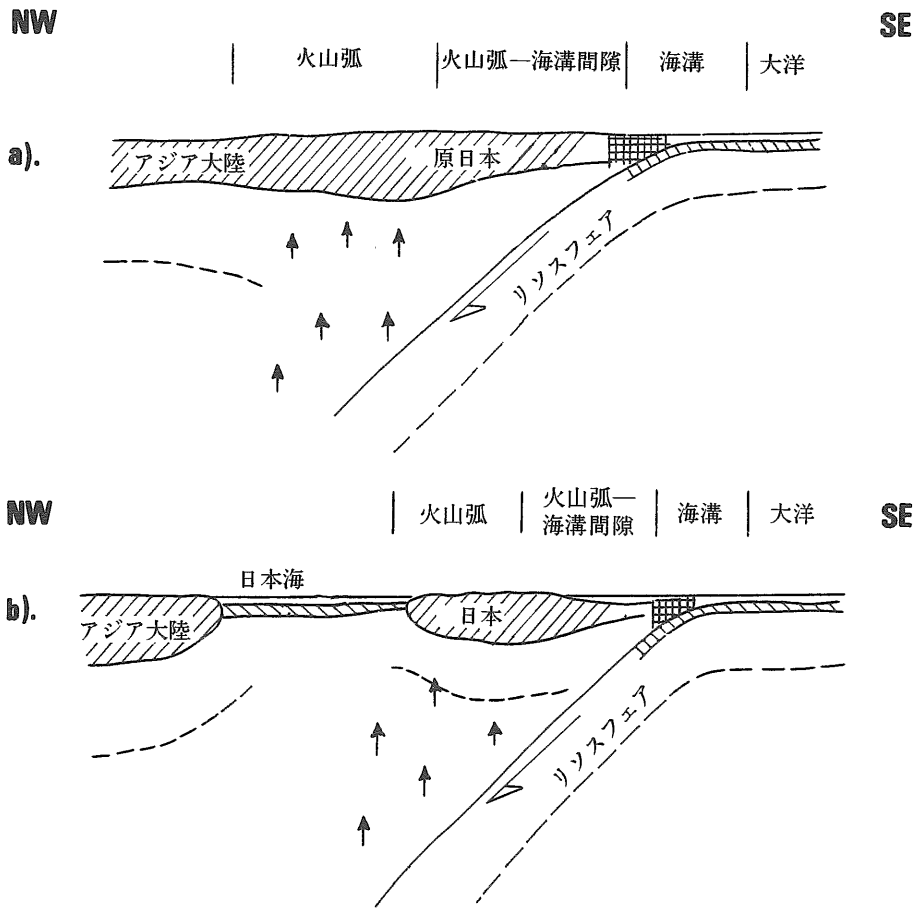
1973: Metamorphism and Metamorphic Belts ; *Geo. Allen and Unwin Ltd., London.*

Park, B.K.

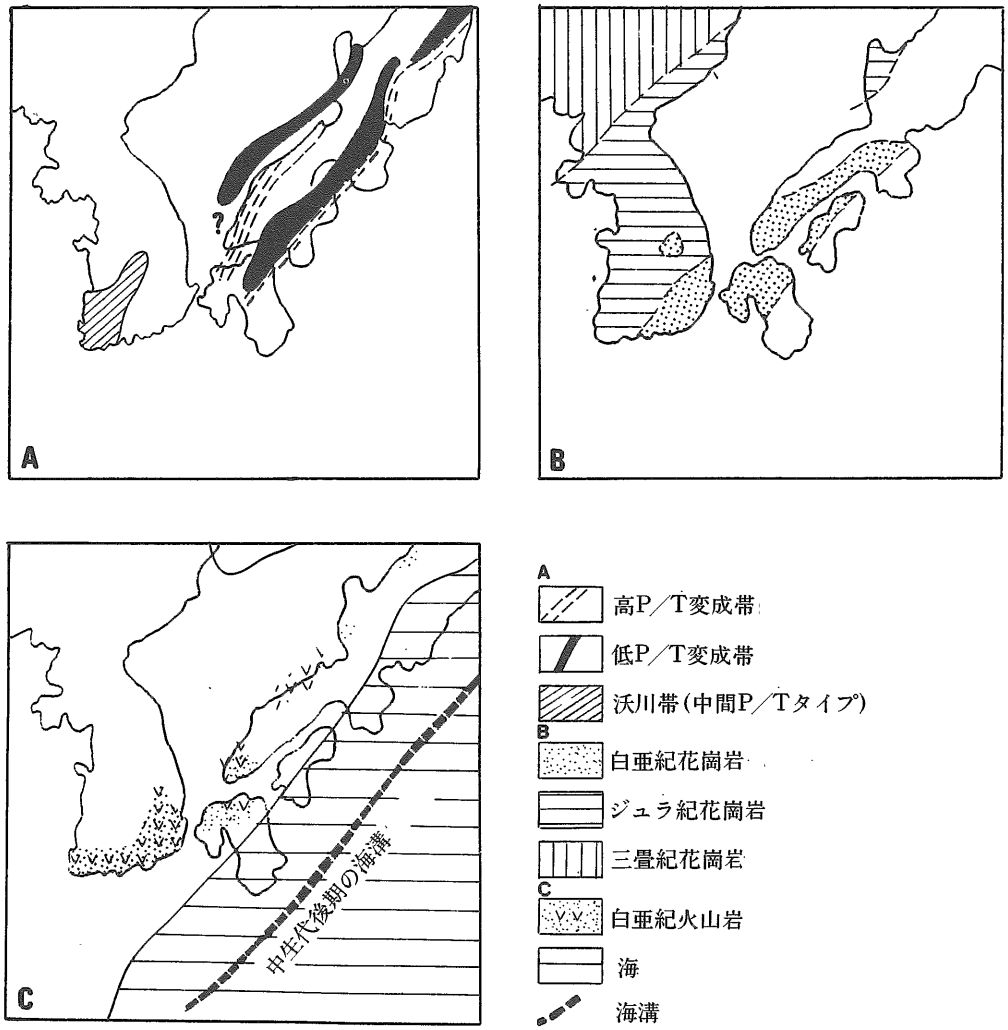
1972: Whole-rock rubidium-strontium age of the Seoul Granite ; *Geol. Soc. Korea, J.*, v. 8, No. 3, p. 156–161.

PARK, B.K. and DO, I.K.
1974: The Mesozcic granitic batholiths in the Korean peninsula and global tectonics ; *Geol. Soc. Korea*, v. 9, No. 3, p. 149–160.
PARK, B.K. and SO, C.S.
1973: The Ogcheon System in the central part of southern Korean peninsula as an ancient island arc ; *Geol. Soc. Korea, J.*, v. 8, No. 4, p. 198–210.
REEDMAN, A.J., FLETCHER, C.J.N., EVANS, R.B., WORKMAN, D.R., YOON,K.S.,RHYU, H.S., JEONG, S.W. and PARK, J.N.
1973: Geological, geophysical and geochemical investigations in the Hwanggangri area, Chungcheong bug-do ; *Geol. Min. Inst. Korea, Rept. Geol. Mineral Expl.*, v. 1, part2, p. 1–119.
SEGAWA, J.and OSHIMA, S.
1975: Buried Mesozoic volcanic-plutonic fronts of the northwestern pacific island arcs and their tectonic implications ; *Nature*, v. 256, No. 5512, p. 15–19.
UYEDA, S. and MIYASHIRO, A.
1974: Plate tectonics and the Japanese Islands ; A synthesis ; *Geol. Soc. Am. Bull.*, v. 85, no. 7, p. 1159–1170.
WORKMAN, D.R.
1972: The tectonic setting of the Mesozoic Granites of Korea ; *Geol. Soc. Korea, J.*, v. 8, No. 2, p. 67–76.

（次号に続く）



図—6.6 アジア・プレートと太平洋プレートとの境界部の模式断面図
a）ジュラ紀 b）第三紀後期
矢印は，火山岩と深成岩との上昇を示す．



図—6.7

A，日本中生代の対の変成帯，古い時代の対は北側に，新しい時代の対は南側にある．

B，韓半島及び西南日本の三畳紀，ジュラ紀と白亜紀の花崗岩類の分布．

C，韓半島と日本との白亜紀古地理．

注）日本の第三紀より前の位置は SEGAWA and OSHIMA (1975) に従って復元した．

久光製薬株式会社

取締役会長　中冨丘邦
（正義）

佐賀県鳥栖市田代大官町４０８ ㊡841
電話（09428）3-２１０１

東京支店・営業本部：
東京都渋谷区代々木４丁目31－８ 〒151
電話 （03）375－6211
大阪営業所：
大阪市南区南船場１丁目11－12 〒542
電話 （06）252－2741
名古屋営業所：
名古屋市千種区仲田２丁目７－11 〒464
電話 （052）761－3111
西日本営業所：
佐賀県鳥栖市田代大官町408 〒841
電話 （09428）3－2101
出張所：札幌・仙台・金沢

建設で豊かな人間生活を実現する

佐藤工業株式会社
九州支店

支店長　浦田滋昭

九州支店　福岡市博多区博多駅南一丁目三番一号
〒812 電話（〇九二）四七一－五三二一

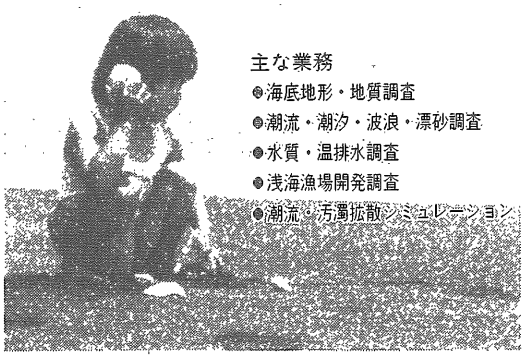
高速道路
の総合メンテナンス

●土木　●電気
●通信　●機械
●建築　●植栽

東京道路エンジニア(株)
代表取締役　比留間　豊
〒110 東京都台東区台東1-10-3
TEL.03-834-0851(代)

豊かなめぐみを与えてくれる海

その開発と保全のために、
海域の総合的な調査・解析を展開しています。



主な業務
●海底地形・地質調査
●潮流・潮汐・波浪・漂砂調査
●水質・温排水調査
●浅海漁場開発調査
●潮流・汚濁拡散シミュレーション

海域環境アセスメント
株式会社パスコ
（旧社名・パシフィック航業株式会社）
水域環境部
TEL.(03)792-4441

海外資料

韓半島周辺の海洋地質(1)

—— Marine Geology of Korean Seas ——

"Copyright 1983 IHRDC, 137 Newbury Street, Boston, Ma00216. All Rights Reserved"

Sung Kwun Chough*
訳　満塩　大洸*

訳者の前書き

このたび，国際ハイウェイプロジェクトの一環として，日本と韓国の間にトンネルを掘削しようという，まさに国際的な大計画があるのを知って，驚ろき，かつ，嬉しくなった．というのは，北米・南米・欧州・アジア・アフリカの五大陸に足を運んだ訳者としては，かねがね日本の国際的孤児ということを痛感しており，海という地理的バリア(古生学で言うところの，生物分布を妨げる障壁)および異民族という心理的，あるいは，人文・社会学的な heterogeneous 性を乗り越えうるのは，まさにハートとラブ(これは，アナハタチャクラー胸腺のチャクラで，万物をいつくしむ愛）という四次元世界，および，三次元世界（この世の物質世界）においては橋をかけたり，トンネルを掘削して両国間をつなぐというテクニックをいっしょにしたもので，これらを克服しなければならないと考えているからである．

いっぽう，韓国の人々も諸外国に発展しているが，もし小松左京氏の小説のように沈没してしまうと，日本と同様に帰る所がなくなってしまう．それ故にこそ，両国はいろいろな意味で交流を深めねばならないのである．

「国際的」あるいは，「国際化」ということが言われて久しいけれども，ここでこれらの語の意味を考えていただきたいと希念するのである．Inter-national とは，National（松下氏の会社もあるが，ここでは，「国民」という意味の形容詞）の inter（「間」という意味で，インターハイスクールの野球戦が，甲子園の全国高校野球戦のことである）という意味であるから，「国民の間」ということなのである．すなわち，「多国の国民の間」ということである．又，「国際」という語は，「国の際(きわ)」ということであって，英語のような意味は出てこないようである．「国のまじわり」という意味もあるが，これは「国交的」であり英語には無いけれども Inter-countries ということであって，人々のまじわりとは少し異質のようである．それ故に，韓国と日本の間には，植民地ー被植民地の過去の関係，さらには，北と南との分断という，人文・社会科学的な軋轢等々を乗り越えるものは，前述のような，四次元科学（宗教・精神界）と三次元科学（技術）の統合しかないと思うのである．

「多国の国民の間」ということを考えてみると，まず，日本の隣国は太平洋をはさんで米国があることは確かであるが，もっと近い隣には，韓国（北朝鮮）・中国・ソ連も存在している．さて，「多国の国民」が使用しているのは，それぞれの国の言葉であり，米国語（英語）は大多数の日本人は知っていようが，中国語・ロシア語を知る人は非常に少なく，한글にいたっては殆んど知らない人

*ソウル大学助教授
**高知大学教授

ばかりである，最も近い隣国であるのに！　しかも，奈良県のナラは「나라」であって，国を意味しているというのに（満塩．1976，高知県百科事辞）！　さらに，高松塚の古墳の壁画は昔の韓国の古い風俗と同様というのというのに！　また，日本は 일본（イルボン）と呼ばれていることも日本人は知らない人が多すぎるのではなかろうか？「多国民の間」なら，せめて隣国のハングルくらいもう少し知ってもよいのではなかろうか．

そこで，このたび「Marine Geology of Korean Seas」を翻訳する機会があって，両国間を結ぶ，「心のかけ橋」あるいは「心のトンネル」の一支柱となれればと希念して，これに力を注いだわけである．

訳出にあたっては，한글 には漢字をあてるべきという意見も多かろうが，結局は漢字の読み方は日本では「漢」の時代で，韓国では，より以前の読み方であるので，日本式の片仮名を当てるべきというのが，私の意見である．例えば，海という字は，「ウミ」と「カイ」であるように，일본では「바다（pada）」と「애（he）」という訓読みと音読みがあるのである．また，【　】内は訳者が附加したものであり，韓海峡は【対馬海峡】であり，ドク島は【竹島】である．

この本の著者は，ソウル大学の海洋地質学の助教授で，まさに poly-lnguestie で多国語で書かれている文献を収集しており，国際的に活躍している．ソウル大学には海洋学教室があるのに，日本では東海大学に海洋学部はあるが，「海洋学士」や「海洋学修士・博士」はなく，琉球大学理学部に海洋学科があるのみである．それ故にこそ，私は「海洋学部」を創立すべく，頑張っているのである．地球の表面の70％も占めているというのに，さらには，日本は「海洋国家」であるはずなのに，何とまあ「島国」になっていることか？

最後に，「国際的」ということの裏返しは「民族的」ということであり，私の経験上からみて，外国で己を主張しないのは，「こんにゃく，か，なまこ」であり，日本人は不信感をもたれるのである．個人のレベルで言えば，正当に「自己主張」することは，国家のレベルで言えば「国の主張」である．すなわち，

個人⟷民族主義的
↕　↖↘　↕
国家⟷国際的

この図式が成立するのである．

訳　満塩大洸
高知大学理学部地質学教室
海洋地質学講座

著者について

スン・クウン・チュー（学術博士）は，韓国のソウル国立大学における海洋地質学の助教授である．彼は韓半島周辺の海域の，多数の地質調査プロジェクトに参加して，多くの言語で存在しているすべての研究の要約を最初にここに集めたのである．韓国エネルギー・資源研究所および韓国海洋研究発展研究所の両方ともの，海洋地質学・地球物理学研究チームの科学顧問として時おり彼は奉仕している．また，彼は，米国石油地質学者協会・米国地球物理学連合・経済的古生物学者および鉱物学者協会・国際堆積学者協会・米国地質学会・韓国地質学会・韓国海洋学会・シグマザイ〔科学調査協会〕の会員である．

前　文

韓半島と境している浅海と深海は，これらの海が繁栄をもたらすだろうと信じている韓国民の好奇心をひいたのみならず，同様に，科学的な諸調査をも刺激してきた．

最近の20年間，すなわち合衆国や欧州諸国の戦後の開拓者的な努力以後の20年間に，一連の韓国人地質学者達が，海底およびその表面を基本的な器機類でもって探査を始めた．このグループは韓国動力資源研究所の海に出る調査チームによって指導された（KIER，以前の韓国地質調査所，韓国地質鉱物研究所，および，韓国地球科学鉱物資源研究所）．海底の地図を作り，その下の堆積層を同定するために，チームは毎年比較的小さい海域をカバーして，浅い構造（ふつう80m 以浅）および海岸線から約80km 以内の海底堆積物の特徴に焦点をしぼった．

専門の研究所と政府支援の調査研究所の韓国海洋研究発展研究所（KORDI，1973年設立）における海洋地質学者達もまた，KIER チームと協同して研究を遂行する役割をになった．進歩した外国および国際機関との多数の協同研究が，現在までの間に，目的とされた海域において，鉱物や石油・ガスの資源探査で，基礎的な地質情報を収集するためになされてきた．いっぽう，東海（日本海）は，米国・日本・ソ連，そして最近は韓国の地質学者による，多数の調査の目標とされてきた．

多くの興味ある論文が，韓国の地質学者によって（いくつかは外国の地質学者といっしょに），たいていは国内誌あるいは未公表の論文として書かれてきた．しかしながら，これらの地質学者は，韓半島周辺の海域の地質に興味をもった他の人々にはめったに認められなかった．これは韓国のまわりの海域についての要約に適当な時であるようにみえる，何故ならば有用な情報が若干の一般化に対して今は十分であるからである．

このモノグラフは1981年の秋にまとめられたのである．それは一冊の参考書としてのみならず，国立ソウル大学（SNU）での海洋学教室の，海洋地質学コースにおける大学院生へのガイドとして書かれたものである．この目的のために，周辺海域の地質構造・堆積相・地史，およびそれらに働いた地質的プロセスに私は焦点をしぼった．

この本は，沿岸や河口でのプロセスのような韓国周辺の海域の海洋地質の各概要に関する学術論文ではない．むしろこれは，沖合でのデータによって認められた若干の事実や問題に制限したものである．一般的に，流れ・温度・塩分のような物理的指標類は，堆積物の運搬・堆積のいくつかの最近の諸過程を議論するのに必要な以外には，取扱っていない．韓半島の北部（38度線に平行な北部，DMZ【軍事境界線】）に関する私達の知識の欠如のために，この総括は大韓民国沖合の海底のみを強調している*．

※この本に表現されている地理上の名称は現在使用されている文法，すなわち，韓国教育省によって提唱されたシステムにおおむね従い，そして英語の発音は韓国標準によって代表されている．誤記されたか，あるいは，不適当であった，以前の表現や名称は，多くの場合，かっこで示されている．

1. はじめに

1.1 以前の研究

韓国周辺の海域は地質学的にユニークである（図－1.1）．黄海（あるいは西海）は浅くて（約100m 以浅），後氷期に沈水した浅海であり，その東側はリアス式海岸の長い延長によって区切られている．東海【日本海】※は日本海の西部をなし，直線状の海岸線をもった狭い大陸棚によって特徴づけられている．黄海の海底はかなり平坦であって，この南東方へ向ってしだいに深くなり，東シナ海の北部において琉球トラフを形成している．東海【日本海】は海側に向って急激に深くなり，海岸とそのまわりの縁辺部との間に，多数の海盆を形成している．そして，それらは太平洋プレートの沈み込みに関係した後背孤※※海盆の上昇におそらく関係していただろう．南海は韓半島の南岸を区切っており，黄海に似て，同様に浅くて平坦である．しかし，それはおおむね岩の多い湾入によって特徴づけられている．

黄海の地質構造に関する地域的な研究は，「アジア沿岸域における鉱物資源の合同開発の共同委員会（CCOP）に支援されたところの（図－1.2），協同調査によってなされた（Emery *et al.* 1969; C.S. Kim *et al.* 1969）．黄海・南海，および東海【日本海】の南部において，空中磁気探査も行われた（Bosum *et al.* 1971）．黄海では，これらの研究によって多数の第三紀の大陸棚の海盆があり，それらの堆積作用は黄海の入口での一連の褶曲した基盤の高まりによって支配されていることが示された（Emery *et al.* 1969）．

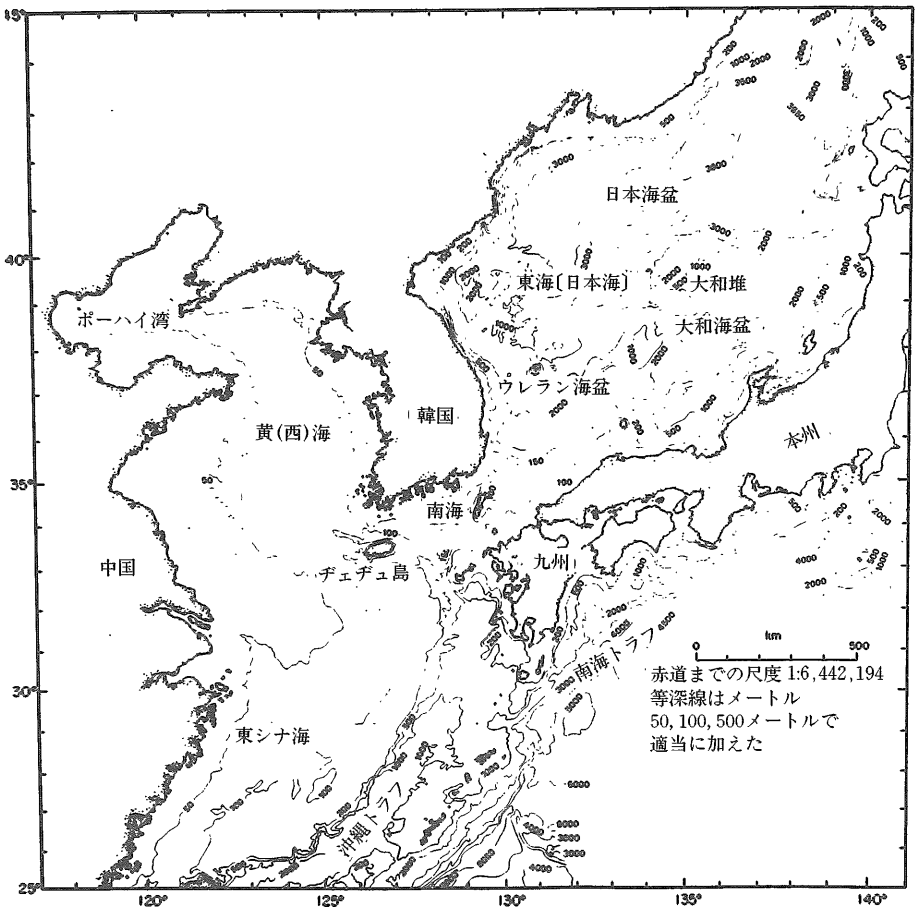
褶曲した第三紀層を覆って，鮮新世－更新世時代の広域不整合もまた発見された．この不整合は韓半島に向ってしだいに浅くなっていく（Frazier *et al.* 1976）．これは海の中での古海洋学および古環境に対して重要な意味をもっている．それは韓半島にまで追跡されるのである．1970年代の初期には，黄海の浅海部の地質構造に関する資料を得るための，KIER の地質図作成プロジェクトの試みがなされた（例えば，Koo *et al.* 1971; C.S. Kim *et al.* 1972; C.M. Kim and Lee. 1974a, 1974b; C.S.

KIM *et al.* 1976; S.W. KIM *et al.* 1984a; C.M. KIM *et al.* 1981など).

密な間隔の音波探査プロファイルおよび多数の探査ボーリングが，より初期に発見されたデータを確かめるために，黄海において多数の外国会社が契約下でなされた．第三紀の褶曲層をねらったボーリング作業が，最近南海と北部東シナ海で多数なされてきたが，これは石油ガスに対する経済的ポテンシャルが，これまでの研究により強く推定されたためである．1961年の初めに，NIINO and EMERY は1940年以前に得られたデータを編纂し，解析して，黄海・東シナ海全域の海底表層堆積物の分布について記述した．

東海【日本海】の大陸縁辺部において，韓国地質鉱物研究所（KIER と略す）は，西独の連邦地球科学鉱物資源研究所（SCHLÜTER and CHUN 1974）と協同音波探査を行って，北部（38度線以下）における挾炭層の海側への可能な延長，および，ポーハン沖合での石油ガスのポテンシャルを明確にした（図－1.2）．国連極東経済委員会（ECAFE）および国連開発計画（UNDP）の支援のもとに，高解像の音波探査研究が HUNTEC (1968) によって，後者の海域においてなされた．構造的には，この縁辺は南北の方向をもち，先第三紀の地塁状の高まりおよび盆地から成り立っている（K.P. PARK *et al.* 1981）．東海【日本海】の縁辺はたぶんウレヴン後背孤盆地の上昇に関連した地塊断層によって初期に形成されただろうということを，そのデータがこのごろに明らかに表わしたのである．

東海【日本海】の起源については，まだ予想であるが，その地質構造は米国・日本・ソ連の多くの地質学者によって議論されてきた（例えば，

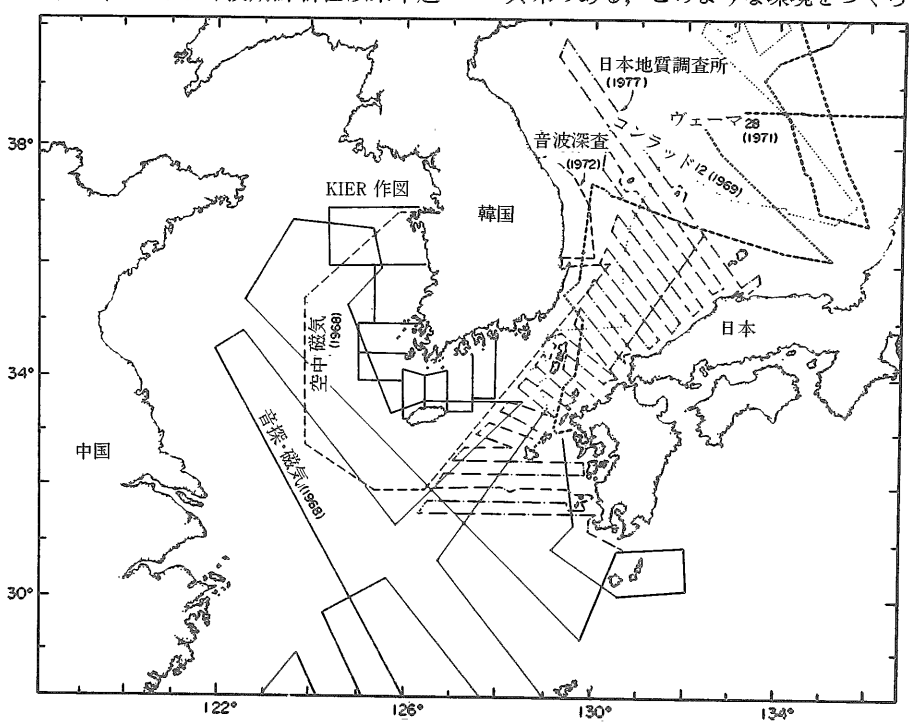


図－1.1　韓国周辺海域の等深線：黄海，東シナ海の北部および東海（日本海）
等深線はメートル．MAMMERICKX *et al.*（1976）を修正，米国地質学会の許可による．

BERESNEV and KOVYLIN 1970; BERESNEV 1971; LUDWIG *et al.* 1975; KOBAYASHI and ISEZAKI 1976; GNIBIDENKO 1979; UYEDA 1979). この海の起源については，基本的には2つの仮説がある．一つは後背孤海盆のヨコ方向，すなわち，日本列島孤の東方への拡大とするものである．これは米国人やたいていの日本と韓国の地質学者が賛意を表している．もう一つの仮説は，より以前の陸境の現在の深度までの鉛直方向の移動を仮定するもので，たいていのソ連および若干の日本の研究者によって提案された見方である．しかしながら，日本海全域の起源を議論するのはこの本の範囲を越えており，むしろこの本はウレウン海盆（対馬）・韓プラトー，および，韓半島の東部縁辺に関連した海域の西部における造構運動と堆積相に関した諸事実を取扱うものである．

ウレウン海盆はその東部の2/3が，LUDWIG *et al.* (1975) や HONZA (1979a,1979b) によって広く調査されたが，これは透明な半遠洋性堆積物とダービダイトによって連続的におおわれた海洋性基盤からなっていることがわかった．主として細粒の平行ラミナの発達する泥からなるタービダイト層 (CHOUGH 1982) は，おそらく後期鮮新世以来卓越していただろう．この海盆中のタービダイトに関する研究は最近増加し，周囲を取りまく斜面上のスランプ・地辷り・砕屑流を示す相のような，海底の質量流のいろいろなタイプへと，その広大なタービダイト相は漸移していることも解明された．この海盆は，北方を韓プラトーに隔てられ，これはジュラ・白亜紀の花崗岩類の延長であって，陸と海底下での地質情報に重要な指標を与えている．この海盆中では，厚いタービダイト堆積物および高い地殻熱流量が炭化水素のポテンシャルを示唆しており，これらの堆積物は将来の開発の目標となるであろう．

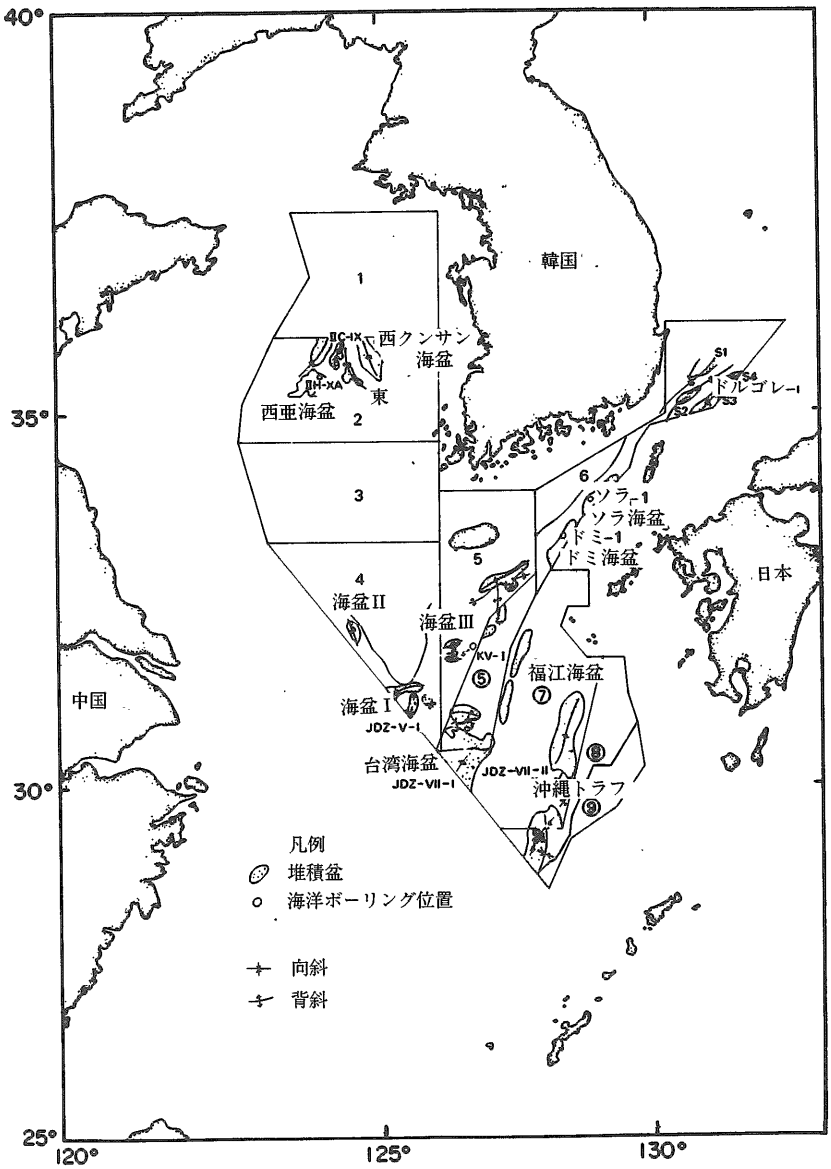
韓半島（図—1.1）の南岸は，その大部分が後氷期に沈水した岩盤によって特徴づけられている．湾入部における海底下の反射は，基盤（大部分は白亜紀火山岩類）が厚い（30m まで）第四紀堆積物に覆われていることを示している．(J.H. CHANG *et al.* 1980; H.J. KANG and CHOUGH 1982)，堆積層中の強い層内反射は，第四紀の間に，南部海岸と湾入部が交互に沈水したり，上昇したりしたことを示している．後氷期には沖合から運ばれてきた細粒物が湾入部にトラップされ，地質学的に興味のある，このような環境をつくっている．堆



図—1.2 韓半島周辺海域における主要な地質学的および地球物理学的調査の航跡ラインとブロック

積物はしばしば大量の有機炭素を含んでいることが発見された．後氷期の海水準変動に関連した地質的過程は，第四紀地史（Y.A. Park 1969）および土地利用における人類活動に関連した諸問題の両方にとって，韓半島の海岸沿いに重要であることが証明された．沖合と沿岸海域における経済的価値がある鉱物類の発見のための努力が，地球化学的および鉱物学的データを得て，それらを評価するために，KIER と KORDI の海洋地質チームによって最近なされた（Y.O. Lee 1979; Koo *et al.* 1980b）．

以上に概括された諸研究によって明かにされた多くの地質学的概要は，韓半島周辺海域における地質構造・造構運動・堆積相とその過程・起源と発達史に関連する諸問題として要約される．これらには，黄海の浅海部・東シナ海の北部大陸棚・



図ー1.3　韓国周辺海域における炭化水素採掘権のブロック（1～6）円で囲んだ番号は韓国ー日本協同開発帯（ＪＤＺ）のサブゾーン，目標の堆積盆地も示されている．図は韓国動力資源研究所の好意による．

狭い大陸棚および深い海盆をもった東海（西部日本海），および無数の岩盤の多い湾入をもつ南海が含まれている．

韓半島周辺の海域について議論する前に，陸上の地質を簡単に記述することが重要である．

1.2 韓 半 島

韓半島は地質学的には，中国－朝鮮プラットフォームの一部分を形成しており，先カンブリア紀の変成岩類が基本となっている．半島の南半分は多数の北東－南西方向の造構要素（図－1.4a）から構成されている．すなわち，先カンブリア紀のギョォンギ地塊・オグチョン（オクチョン）褶曲帯（後期始生代？～白亜紀）・テベサン盆地（古生代）・先カンブリア紀のヨンナン（リョンナン）あるいはソベサン地塊，および，白亜紀のギョンサン（キユンサン・キョンサン）盆地である（S.M. Lee 1974; Reedman and Um 1975; M.S. Lee 1981）．第三紀の堆積岩類が地域的に，南海岸部（ポハン盆地）およびヂェジュ（チェジュ）島に露出している．

1.2.1 ギョンギおよびヨンナン地塊

先カンブリア紀のギョンギおよびヨンナン地塊は大部分花崗岩質片麻岩と片岩から構成されており，韓半島の中部と南部に産出していて，オグチョン褶曲帯に境されている（図－1.4b）．オグチョン褶曲帯は泥質岩の弱変成堆積層の複合体からなっている．ギョンギ地塊は大部分が層状黒雲母片麻岩・石英長石質片麻岩・ミグマタイト質花崗片麻岩・眼球片麻岩を含んでいる．鉱物学的には，それらは大部分，微斜長石・斜長石・黒雲母 and 角閃石を含み，副成分鉱物として，柘榴石・ジルコン・緑簾石・アンダリューサイト・珪線石・菫青石があって，大部分は角閃岩相である（Na 1980）黒雲母片麻岩・黒雲母－珪線石片麻岩・黒鉛質変麻岩・石英白雲母片麻岩のような各種の片麻岩類が存在して，角閃岩と大理石がこれら片麻岩類の間に散在している．片麻岩類と片岩類は両方とも，堆積岩系から由来したと信じられている（Reedman and Um 1975）．また，広く分布している弱変成堆積岩類は，珪岩と石英－絹雲母片岩であって，古い基盤上に不整合にのっている．（Son 1971a,1971b; Na 1972; その他）．ヨンナン地塊はふつう層状黒雲母片麻岩と眼球片麻岩からなり，珪岩・石英－絹雲母片麻岩・黒雲母片麻岩・角閃岩・大理石のレンズを含んでいて，ギョンギ地塊によく類似している．斜石岩・斑糲岩・閃緑岩の大規模な併入岩体もある．これらの試料の放射年代測定によれば，この地塊の時代は2,800から800Ma* にわたっており（図－1.4c），始生代以来多くの変成作用があったことを示唆している（Hurley *et al.* 1973; Na and Lee 1973; Fullagar and Park 1975）．

*：100万年

1.2.2 オグチョン褶曲帯

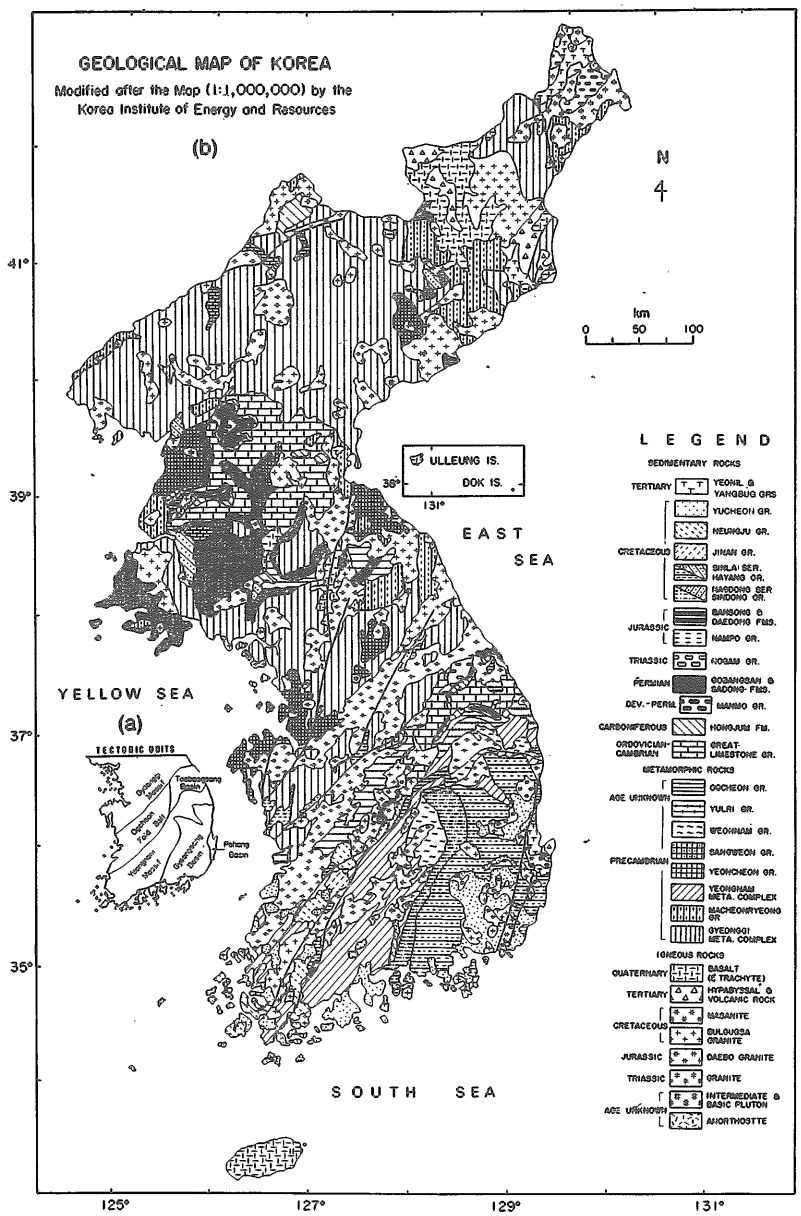
オグチョン墨層群の砕屑岩類は，初生の泥岩・砂岩・石灰岩・礫質砂岩・泥岩からなっている（M.S. Lee and Park 1965; Son 1970; O.J. Kim 1970; Reedman *et al.* 1973; その他）．それらは南部韓半島を北東－南西に横切って露出している．（図－1.4b）．角閃岩および花崗岩質の巨大なプルートンもまた，この盆地の周囲に露出している．堆積物類はたえず深くなっていく細長い盆地の中に，その長軸方向に堆積した．上昇した先カンブリア紀の基盤を削って，この縁辺には砂岩と泥岩が広く産出しており，盆地の中心方向に向って，より深い相の海成相にしだいに漸移していく．この盆地中の砕屑流の堆積物は礫を含んでいて，それらはかなり良く円磨されており，おそらく河成かあるいは，沿岸の環境を通じて再堆積したものであろう．堆積物はたえず沈降していくオグチヨン盆地の斜面か，あるいは，より深い相を代表している．この盆地は浅海起源のケイ岩と石灰岩によって区切られている（Chough1981b; Chough *et al.* 1981a）．

強い変形作用を3回蒙ったデボ造山運動（ジュラ紀）の間に，オグチョン墨層群は激しく褶曲し，変成された（Reedman *et al.* 1973; P.C. Kang and Chi 1980）．これらの結果，複雑な剝理や線構造，および，緑色岩相角閃岩相までのいろいろな変成相となった（H.S. Kim1971; Reedman *et al.* 1973）．初生の地層面はたいていの場合，剝理や線構造によって不明確になっている．このオグチヨン層群の岩石類に関する層序の対比および地質年代の決定は，化石が産出せず，また，その造山運動の間に強い変形作用を受けたことによって妨げられている．後期原生代（O.J. Kim 1970; J.H. Lee 1972; Reedman and Um1975），あるいは，後－カンブリ

ア紀（K.W. Kim and Lee 1965; Son 1970）のいずれかの時代に，おそらくこの盆地はできていて，そして後造山期の地層として白亜紀に続いている．この地層群全体において，岩相層序学的単位，および，それらの関係についての一般的合意はまだなされていない（P.C. Kang and Chi 1980; O.J. Kim and Yoon 1980を参照せよ）．

1.2.3 テベサン盆地

オグチョン褶曲帯の北東縁に，テベサン盆地があり，ガンカオン堡層群（ジョンサン層群，カンブリアーオルドビス紀）およびジャンセン堡層群（ピョンガン層群，石炭ー初期三堡紀）からなっている（図ー1.4c, K.H. Chang 1975; Cheong 1982）．前者は後者によって不整合に覆われる石灰岩から



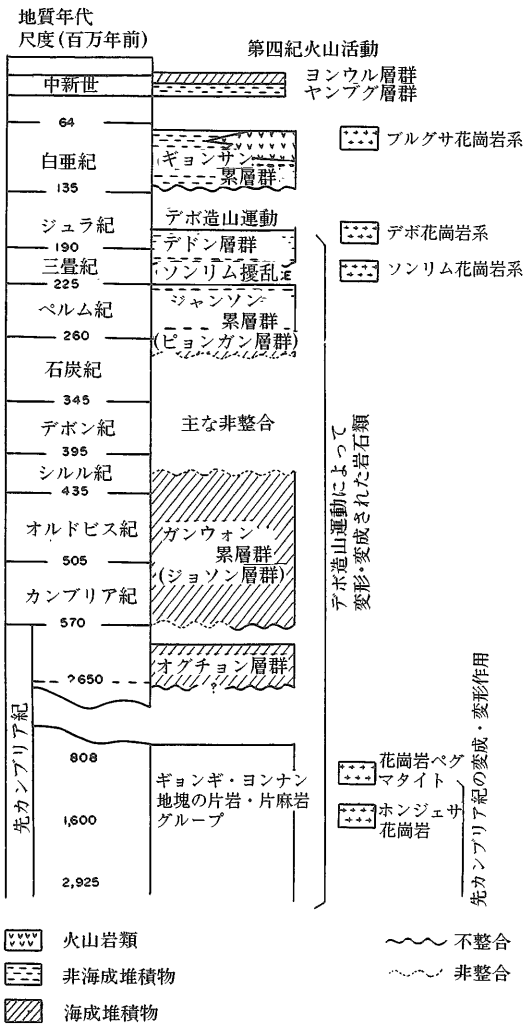
図ー1.4　a：造構単位; b：韓半島の単純化した地質図; c：主要層序単位; d：韓国動力資源研究所による（1981 a）．
c：Reedman and Um（1975）および M.S .Lee（1981）による．

主に構成されており，後者は重要な挾炭層を含む非海成の砕屑岩類が主要なものである．オグチョンとテベサンの両盆地中に，バンソン層群（ジュラ紀）とギョンサン層群（白亜紀）があり，これらは非海成であって，変成後期の付属物である．H.Y. LEE (1980) によって最近発見されたガンウォン墨層群（ジョンソン層群）の最上部にシルル紀の地層がある．

1.2.4 中生代の造山運動

中生代の花崗岩の貫入に伴う一連の造構運動は，南部韓半島の先中生代層を擾乱させた（図—1.4b，図—1.4c）．最初の擾乱（ソンリム擾乱）は主に，韓半島の北部において，中期～後期三畳紀に起った．変形作用の後期に，デドン層群は内陸盆地において地域的に堆積した．第2の造山運動（デボ造山運動）は中期ジュラ紀に起って，そして北東方向の方向性をもつ広大な花崗岩の貫入によって，韓半島の中部全体に影響を与えた．オグチョン褶曲帯の北東縁および南西縁に向って，変成作用の程度は緑色岩相から角閃岩相に増大する（H.S. KIM 1971; REEDMAN *et al.* 1973）．泥質岩中の鉱物の組合せは，鉄柘榴石・十字石・珪線石を含んでいて，中間の圧力の変成環境を示唆している．

中生代に韓半島に貫入した花崗岩類（花崗岩・花崗閃緑岩・トナーレ岩）は，一般に南方に若くなっていく．K-Ar 法および Rb-Sr 法によれば，これらは韓半島の北部で約2億年（三畳紀）から，主としてオブチョン褶曲帯に近い中央部で，約1億6千万年（ジュラ紀）の時代にわたっている（図



図—1.4c

－1.4b)．白亜紀から第三紀（1億2千万年～5千万年）に貫入した花崗岩類は，半島の多くの場所に産出する傾向がある(M.S. Lee, 印刷中)．ギョンサン盆地では」それは約1億年前に貫入し，火山活動と関連している．Workman (1972) and B.K. Park and Do (1973) は，南方へ若くなる火成作用を，固定された熱栓（ホットスポット）の原因とし，韓半島は北あるいは北東方向へ移動したものとした．南方は若くなる火成活動と同様に，変成作用もまた若くなることから，海洋プレートが時間とともに大洋方向へ沈み込んでいく島弧一海溝系を，S.M. Lee (1974) は提唱したのである．

1.2.5 ギョンサン盆地

ギョンサン墨層群は韓半島南部（図－1.4a, 1.4b）において前期白亜紀に形成され，造山運動後期の内陸の河成－湖成盆地である（K.H. Chang 1977)．砕屑物は北西から由来し（K.H. Chang and Kim 1968)，沖積扇状地から洪水原までの，南東方へのタテの相変化の結果となっている(H.I. Choi, 1981)，後期白亜紀の花崗岩の貫入に伴なわれた中性・酸性火山岩類は，盆地中に存在し，銅・鉛・亜鉛およびホタル石－タングステン－モリブデン鉱床が，これらに伴なっている．Sillitoe (1977) によれば，後期白亜紀中に太平洋プレートが韓国の地下に浅く沈み込んでいくことが，この鉱化作用のパターンから示唆される(Jin 1981)．

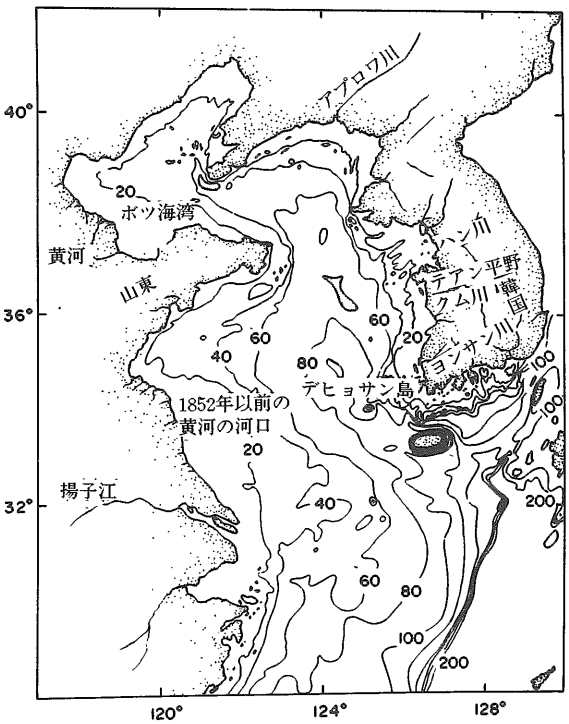
1.2.6 新生代の事件

第三紀の間に，韓半島の南東端に比較的浅い海域の盆地が形成され（図－1.4a, 1.4b)，その中に砕屑物が堆積した．これら砕屑物は火成活動に伴なわれており，大部分は現在の大陸棚と近接の地域の方に延長している（ヨンニル層群)．非海成砕屑物もまた，地域的に堆積している（ヤンブグ層群)．主としてアルカリ玄武岩類からなる第四紀の火山活動は，チェヂュ島やウレウン島に活発であった．

2. 浅い大陸棚海（黄海）

2.1 地理

黄海（韓国では西海）を含む浅海大陸棚の海域の広さは，約500,000平方キロメートルであり，それはヂェヂュ島と揚子江の南を結ぶ直線により，北部東シナ海，および，その南東側の大陸棚とによって，専ら境されている．(図－2.1)．ヂェヂュ島と対馬との間の韓半島の南部浅海域は，韓国では南海と名づけられている．



図－2.1 黄海に隣接する地理学的名称を示す位置図．等深線はメートル，堆積岩岩石雑誌（ＪＳＰ）の許可による Chough and Kim (1981) より

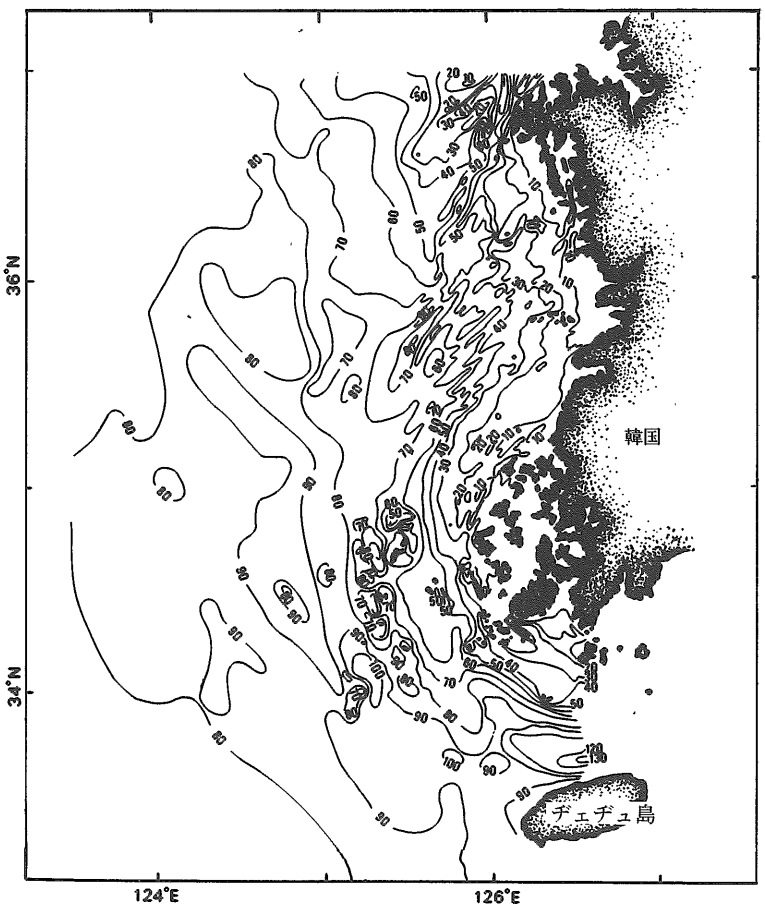
黄海は平坦で広大な，そして特色のない平均約55m（最深は図－2.1の約100m 以浅）の水深の海底によって特徴づけられている．この海底の西方は黄河と揚子江の両方のデルタによって境され，等深線はおおむね海岸線に平行である．東部黄海(図－2.2) は無数の諸島に縁どられ，海岸に沿って潮干帯の広大な広がりによって特徴づけられている．潮干帯の砂礁は水深約70m 以浅の東部黄海に普遍的にあり，これらは海岸線に対してやや斜交している（図－2.2)．この海の東方およそ三分の二は在る軸方向に向って，海底はしだいに深くなっていく（図－2.1)．大陸棚の海底は南東方にしだいに深くなり，沖縄トラフの北方延長を形成している（図－2.3)．海底に露出している岩盤は，韓半島の西方に局所的に知られているのみであり，それはヂェヂュ島の短距離の連続と，この島

の南西のソコトラ岩礁にある．ヂェヂュ島周囲の海底は，より深くなり，約100mをこえている．

2.2 地質構造

2.2.1 音響基盤

黄海中央部は厚い第三紀の堆積物（図—2.4a）からなり，これは周囲を取りまく大陸塊中に露出している火成岩・変成岩および堆積岩類の音響的基盤をおおっている（Emery *et al.* 1969），堆積物の層は中国の方に向って，より厚くなり（あるいは，基盤はより深くなり），推定断層によってその西端を区切られている（C.S Kim *et al.* 1969; Wageman *et al.* 1970）．山東半島へ向って音響基盤が浅くなっていくことは，恐らく山東—ラオエリン地塊の延長のためであろうし，この地塊は北部韓半島に向って北東方向への連続となっている．南部黄海と南海へ向って，基盤もまた浅くなっていく（図—2.4a，図—2.4b，図—2.5）．黄海入口を横切って浅くなるこの礁は，中国の福建地塊に関係しているようにみえる．中生代に上昇した南部韓半島におけるヨンナン（嶺南・リョンナン; ソベサシ）地塊への，福建地塊は最も可能性のある延長である．（図—2.6）．地磁気のプロファイルは基盤の深い所でやや波状であるが，しかし基盤が浅い所では不規則である（図—2.4a，図—2.4b）（Koo *et al.* 1970; Wageman *et al.* 1970; Bosum *et al.* 1971），韓半島の南東端のヘウサン（フクサン）プラットホームの近くでは，基盤の浅い所はオグチョン褶曲帯とヨンナン地塊（図—2.6）の海側への延長であり，これは変形した古第三系の薄層および不整合にのる新第三紀の堆積物に覆われている（図—2.7）．プラットフォーム上の基盤



図—2.2 南東部黄海の詳細な等深線図．
等深線はメートル，C.S. Kim *et al.*（1982）による．
韓国動力資源研究所の好意による．

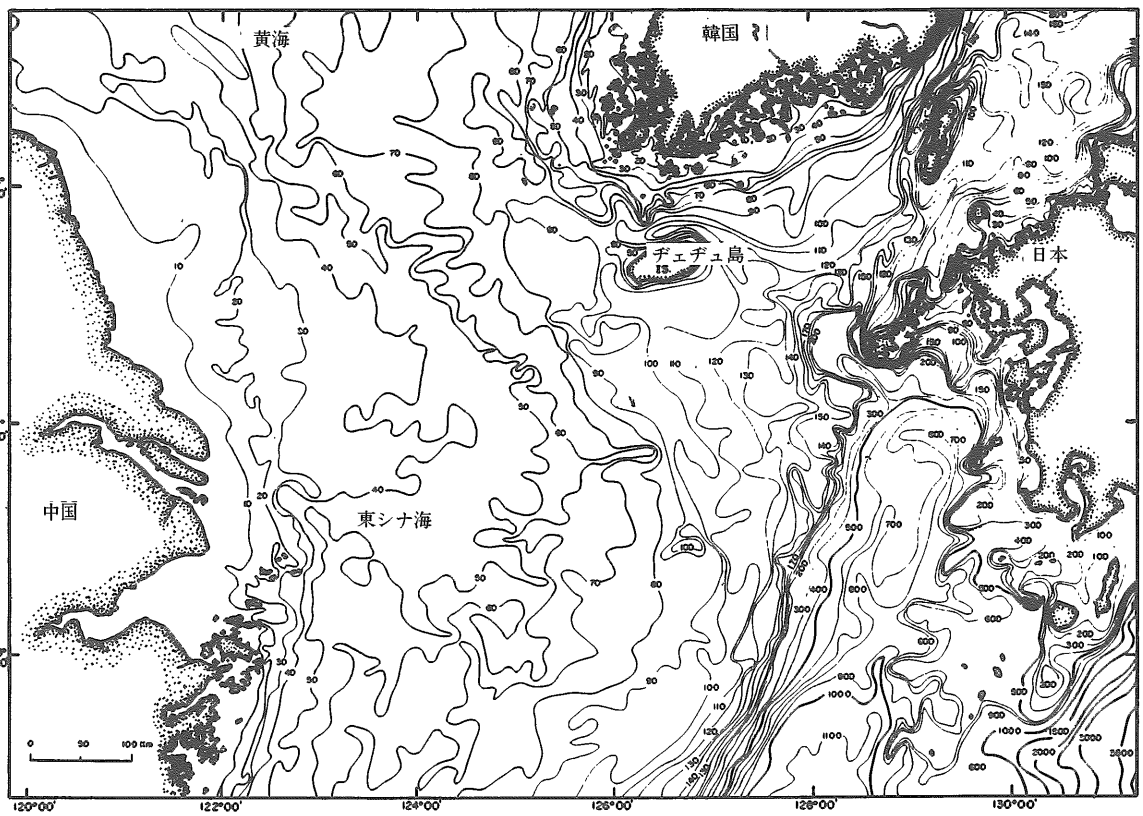
に対する深さは約500mより浅い.

大陸棚地域では,激しく褶曲した厚い堆積層が,北東—南西方に延びており（図−2.4b),西九州付近に露出している貫入岩類の部分的に下位にくる(WAGEMAN *et al.* 1970).ここで,KOO *et al.*(1970)およびBOSUM *et al.*（1971）の空中磁気探査のデータもまた,厚い堆積層の存在の可能性を大きくしている.これは台湾—宍道褶曲帯の南西延長であって,5,000m以上の厚さを有している.(MENG 1968).北東では,その地層は日本の九州近くに延長している（EMERY and NIINO 1967).

2.2.2 堆積層

黄海中で音響基盤を覆う堆積層は,2,000m以上の厚さをもち,2つのユニットからなっている(EMERY *et al.* 1969; FRAZIER *et al.* 1976)（図−2.7).すなわち,1)古第三紀およびそれ以前の変形した堆積層が直接基盤を覆っているもの,2）上を覆う新第三紀の未褶曲層は中新世の造山運動に続く,主要な広域不整合によって区切られている.堆積層はより厚くなって,南西方へ平らに横たわっている.そして,それは韓半島近くにおいて,より多く変形されているようにみえ,そこでは無数の傾斜層と向斜構造が存在する（WAGEMAN *et al.* 1970).広域の不整合は韓半島の西岸に向ってしだいに浅くなり（図−2.8),ヒュサンプラットフォーム近くで地表に出てくる.このプラットフォームは薄い新第三紀の海成堆積物に覆われていて,鮮新世以来の沈降を示唆している.音響基盤を覆う堆積物全体（図−2.9a）および主要な不整合を覆う変形後の（新第三紀）層（図−2.9b）の両方の,堆積物の等層厚線図はWAGEMAN *et al.*（1970）によって編纂され,これによって,堆積盆地は新第三紀に一般に西方と南西方に移動したことが明らかになった.

西部黄海とクンサン盆地（図−1.3,図−2.6）との間の小さいが深い沈降によって西部サブベイズンは特徴づけられ,堆積物の5,000m以上の沈積を伴った断層によって形成された（FRAZIER *et*

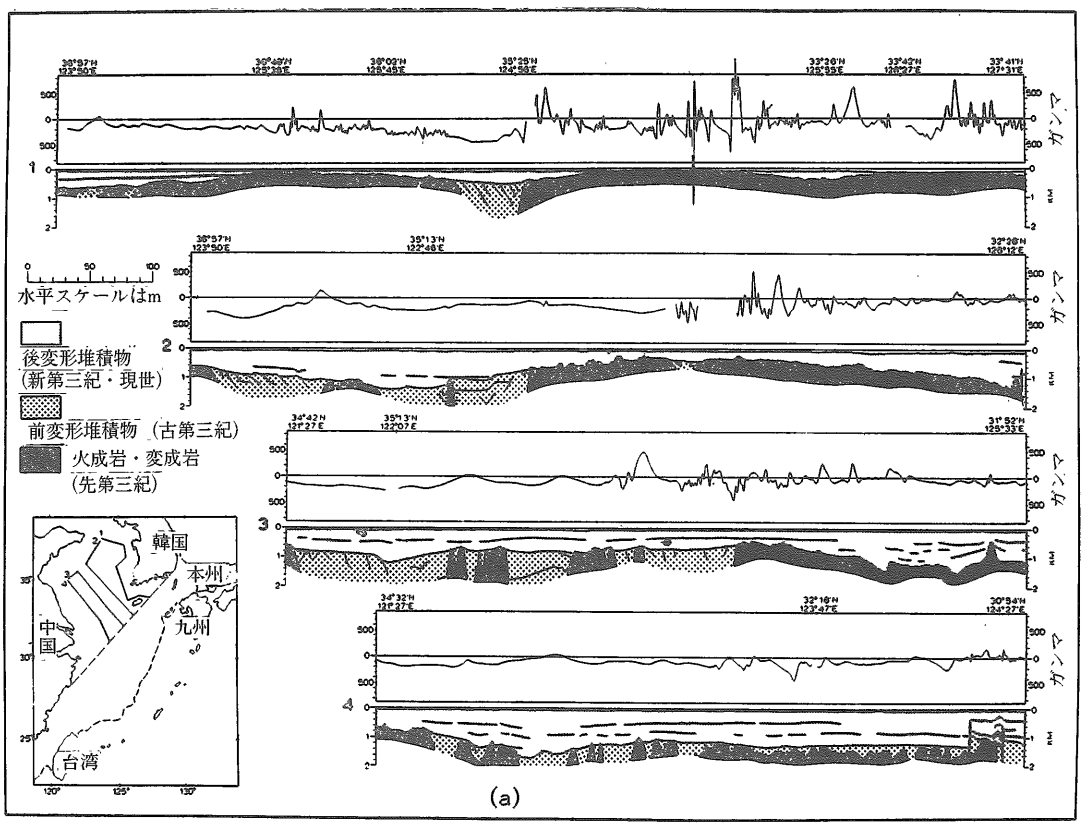


図−2.3 南部黄海および北部東シナ海の詳細な等深線海図,韓国海洋科学研究所報告の好意により,HAHN（1979）より修正.

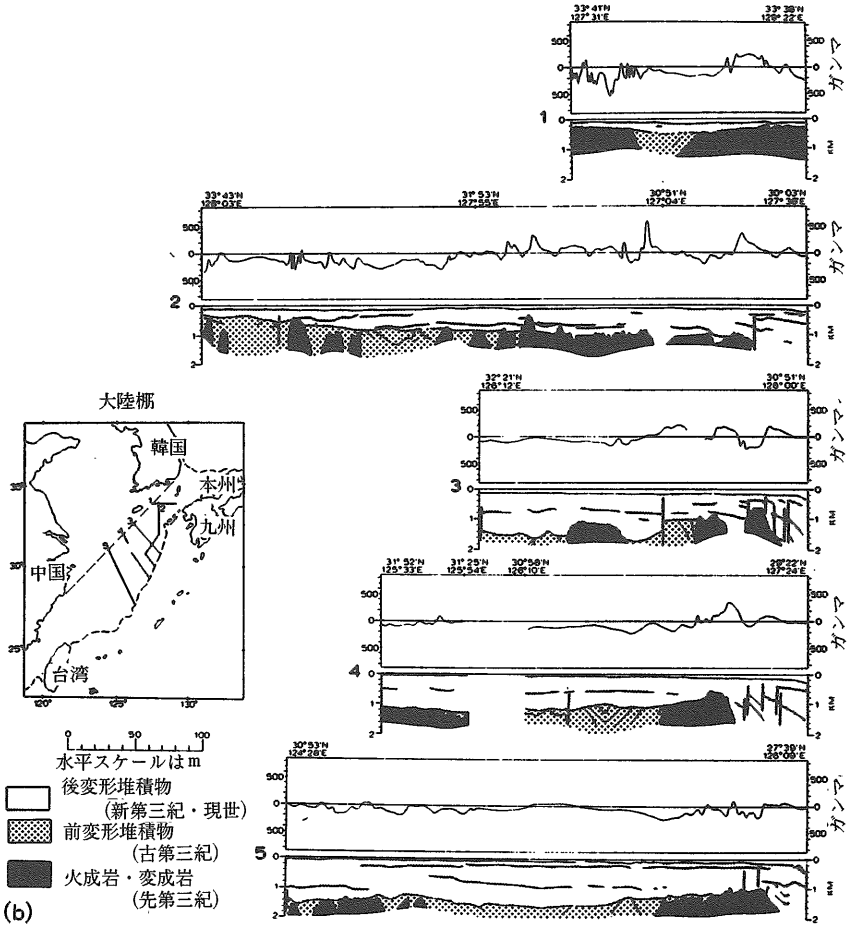
al. 1976)．その盆地（図－1.3）の中で堀られた井戸（ⅡH—1XA）において判明したように，変形後の地層（719m）は，半固結の灰色砂岩と泥岩から構成され，間に亜炭が含まれている（Frazier *et al.* 1976)．変形前の地層は主として赤渇色の泥岩・泥灰岩・砂岩および礫岩からなっている（719—3,284m)．この深度（3,284—3,467m）より以下では，たいてい薄層の赤渇色シルト質頁岩が産出し，そのマトリックスは酸化されていて，鉄に染色されている．花粉の研究によれば，最上部層（311—497m）は完新世であり，549—716m は漸新世から完新世になり，780—3,230m は第三紀に同定され，3,241—3,467m は不明である．この変形前の地層中には，黄銅鉱や淡水性のオストラコーダが産出して，ナンノ化石を含まないことにより，それは沖積扇状地や洪水氾濫原のような大陸の環境下に堆積したことがわかった（Frazier *et al.* 1976)．変形前の地層中の伝播速度は速く，3,050m/S から4,575m/S の範囲となる．これはたぶん石灰質頁岩と粘土岩における高い石灰質含有量のせいであろう（Frazier *et al.* 1976)．

クンサン盆地中の堆積物もまた，広域不整合を覆う変形前の厚い層（約3,000m）と変形後の薄い堆積物（約600m）とからなり，盆地の両翼における開発井戸（ⅡC—1X）の中で観察されたのである（図－1.3)．黄海中において確認された他の堆積盆地（図－2.6）は，西部黄海海盆・北部キヤンス海盆・上海海盆を含み，一つの内陸の沈降のすべての部分が，海盆発達の初期（古第三紀）にたぶんお互いに分離したものであろう．上海海盆の東の小ソコト海盆も，第三紀の厚い堆積層（3,600m 以上）から構成されている．

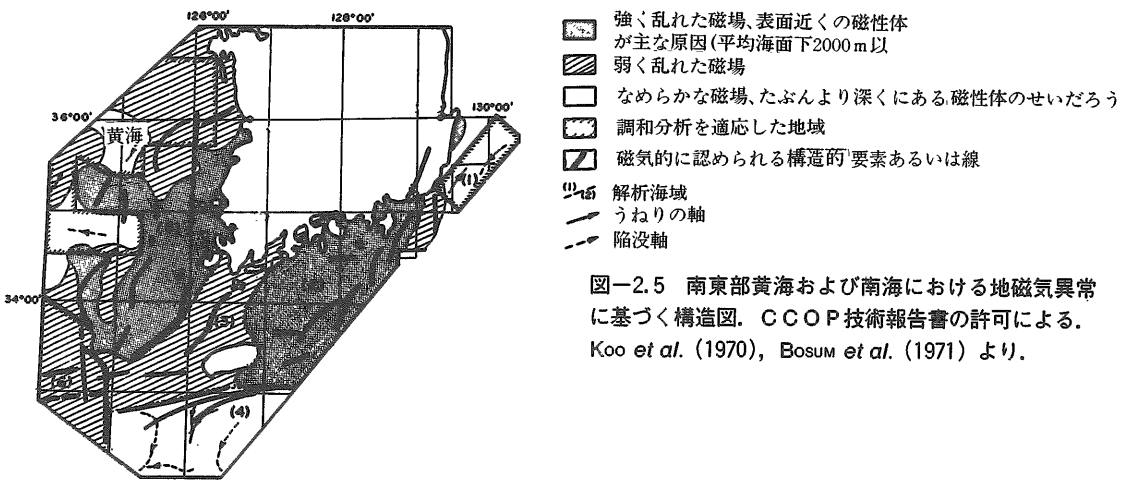
南海では，ソラとドミ海盆がヂェヂュ島の東にあり，そこでは2本の井戸（Sora—1 と Domi—1）（図－1.3）が新第三紀堆積物の3,000m 以上もの厚さに掘られた．ここでは，堆積物はたぶん沖積扇状地から海岸平野の環境に沈積した．より南方の大陸棚上では，変形前の地層は，北部においては浅海大陸棚の方向（すなわち，福江海盆）へ集中していって，約500～1,500m の深さの角不整合



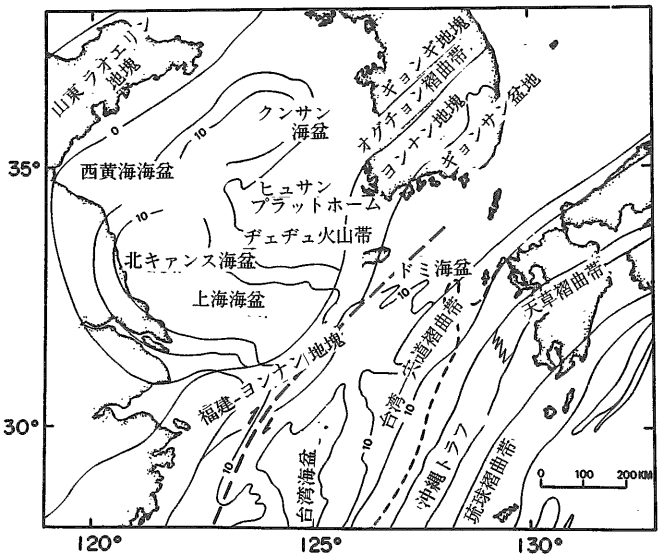
図－2.4　黄海（a）および北部東シナ海（b）の解析された連続音波反射断面と地磁気の断面，AAPG 報告の許可による，Wageman *et al.* (1970) より．



図ー2.4　黄海（a）および北部東シナ海（b）の解釈された連続音派反射プロファイルおよび地磁気のプロファイル．AAPG報告の許可による，WAGEMAN *et al.*（1970）より．



図ー2.5　南東部黄海および南海における地磁気異常に基づく構造図．ＣＣＯＰ技術報告書の許可による．Koo *et al.*（1970），BOSUM *et al.*（1971）より．



図—2.6 中国，日本，韓国の近接陸塊上の造構単位と対比された黄海および東シナ海における簡略図．等深線は，数100メートルの堆積物の厚さを示す．CCOP技術報告書の許可による，Emery *et al.* (1969) より修正．

の下位にくる（Wageman *et al.* 1970）．

変形後の地層もまた，ヂェヂュ島と中国の沖で数10m から，大陸から離れて南方に2,000m 以上の厚さの新第三紀層からできている（補遺を参照せよ）．

2.3 浅い構造

韓半島の西海岸沖合で，東径125° の東側の浅い地質構造は KIER の調査チーム（図—1.2）によって，一連の音波探査（エアーガンおよびユニブームの両方），および，地磁気調査を通じて明らかにされた（Koo *et al.* 1971; S.J. Yang *et al.* 1971; C.S. Kim *et al.* 1972; Koo 1972; J.H. Lee *et al.* 1972; S.W. Kim *et al.* 1980a,1980b; C.M. Kim *et al.* 1981; S.W. Kim and Min 1981; C.S. Kim *et al.* 1982; その他）．これらの諸成果は最近一連の地図シリーズとして出版された．最近，3.5KHz による海底探査が，海底近くの構造を得るために使用された．

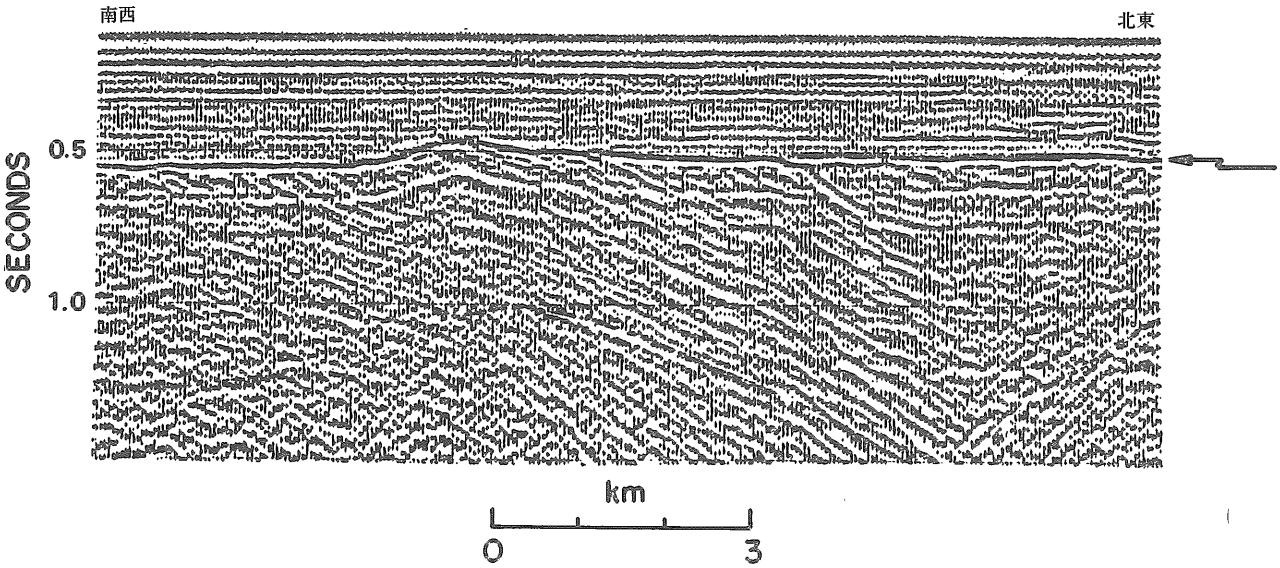
2.3.1 音響基盤

音響基盤は未固結あるいは半固結の第四紀の堆積物類の薄いベニアで覆われているようで，それらは沿岸では約30m の厚さ（地域的には60m まで）より薄く，海側にやや厚くなる（図—2.10）．ヒュウサンプラットフォーム上では，堆積物は薄くて，しばしば基盤岩類は海底に露出している．（図—2.11）．強い潮流が堆積物の沈殿を妨げている所の島の近くでは，岩盤がみられる．音響基盤は先カンブリア紀の片麻岩・片岩，ジュラ紀の花崗岩・準堆積岩類，およびその他（C.J. Cho and Choi, 1970; N.Y. Park *et al.* 1972）のような陸上の岩石の海側への延長からなっており，それらは弱い磁気強度に絶対的に対比される（図—2.11）．地域的には，磁鉄鉱岩体をもった噴出岩と片岩のいくつかは強い磁性を示している（S.J. Yang *et al.* 1971; C.M. Kim and Lee 1974a; C.M. Kim *et al.* 1981）．

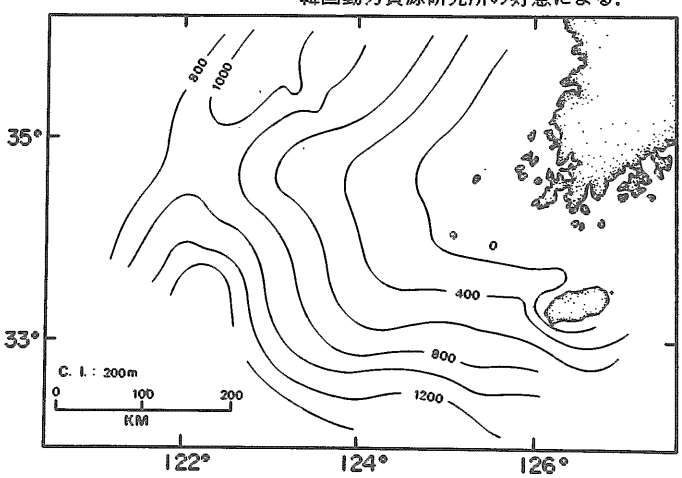
2.3.2 堆積層

堆積物類は多数の層内反射によって，いくつかの層に区分される（図—2.11，図—2.12）．ここではこれらの反射面を便宜的に上からの α・β・γ などのように命名している．それぞれは第四紀の時代の海水準低下に対応する固い基盤からたぶん形成されている．最初の反射面は α 反射であり，ウイスコンシン（ウルム）氷期の海水準低下時の結果の可能性が強く，海底面下のいろいろな深度，あるいは，海底面のいくらかの所で表面に露出している（図—2.12，図—2.13a），A 層とした（海進層）α 反射面より上の層は，たぶん未固結の完新世堆積物からなり，これは後氷期海進の間に堆積して，2，3 m から約40m の厚さ（平均10m）をもっている（図—2.13b，図—2.14b）．

α 反射面と β 反射面との間の堆積層としたB層もまた，東南部黄海の沿岸部の大部分の所で均一に分布し，厚さは50m もある（図—2.14b）（S.W. Kim *et al.* 1980a; C.S. Kim *et al.* 1982）．B 層は複雑な構造を示している．すなわち，地層はしばしば傾斜し，多くの所で削りこまれ，堆積物で再充塡されている（図—2.13a，図—2.13b）．B 層はウ



図－2.7　変形した第三紀層を覆う鮮新－更新世の広域不整合（矢印）を示す．ソヘサン島（北緯33°35′，東経124°07′）近くのヘサン台地上の黄海における音波反射断面，鉛直方向のスケールは往復走時（秒），韓国動力資源研究所の好意による．



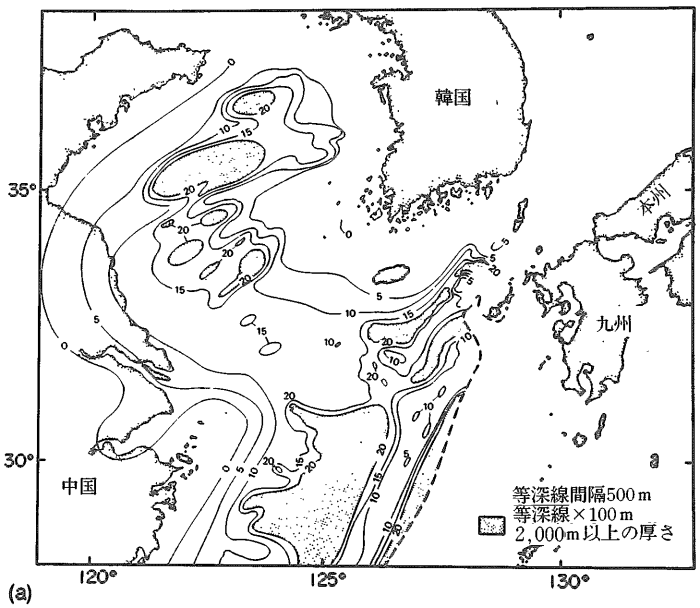
図－2.8　南東部黄海中の広域不整合の海底面よりの深さ，AAPG誌の許可による．
Frazier *et al.*（1976）より．

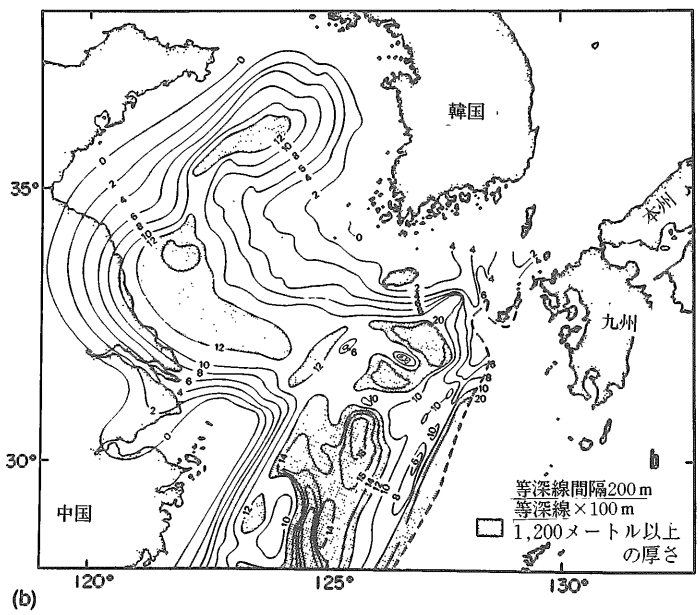
イスコンシン氷期の海退（海退相）期に沈積した堆積物を代表する可能性が強い．堆積物は浸食作用も受けていて，下位にくる地層は反射面が露出している所では断ち切られている（図－2.12・図－2.13a）．β反射面と音響基盤との間の堆積層Cは，地域的に産出し，島々に接する海底に露出しており，そこでは強い潮流によってえぐられている（図－2.14c）．α反射面は後氷期の堆積作用が起った基準面に斜交している．ガマギャン湾（H.J. Kang and Chough 1982）において，それは年代測定されていて，約4,500年～5,000年より以前に形成された．いっぽう，Emery *et al.*（1971）の海水準変動曲線によって推定すれば，この基準面は約9,000年前までは，さらに沖合の所でたぶん露出していただろう．海岸線におおむね直角か，あるいは平行的な古水路もまた，高性能音波探査によってわかった．これら水路は最終氷期の海水準低下時期には活性化していた浸食水路の可能性が強い．

後氷期堆積物の非堆積あるいは浸食という現象もまた，強い潮流が地形的に高い所かあるいは島にぶつかる所と一致している．この場合はたぶん

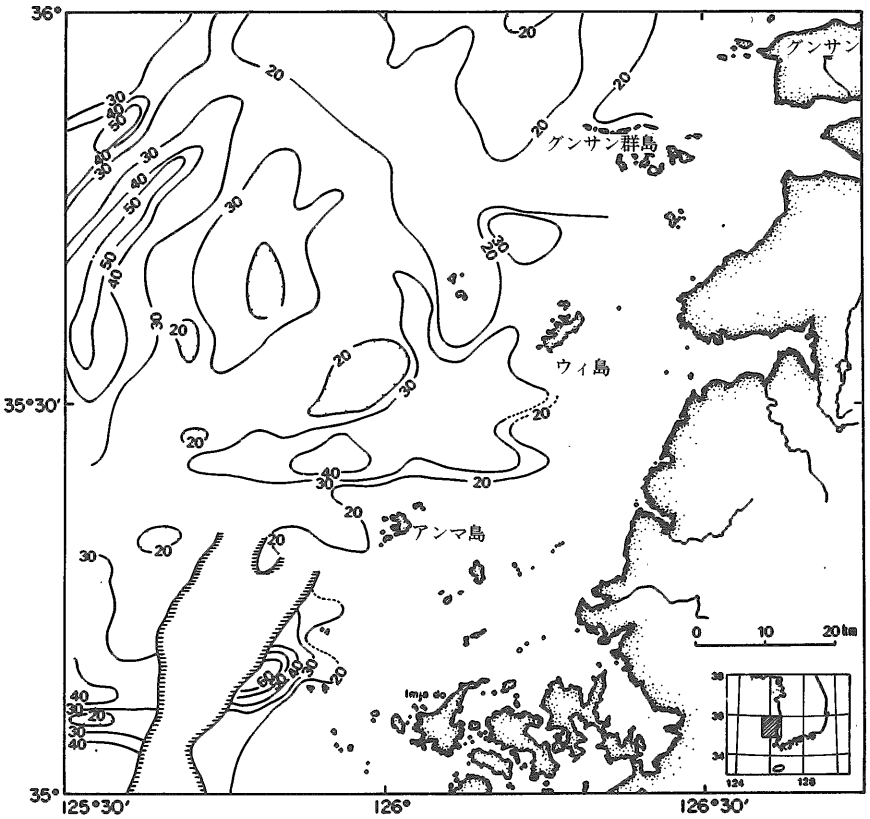
潮流であろうが，ここでも強い流れのために，堆積物はしばしば剝ぎとられて堀を作ったりして，どこか別の所に堆積した．このこともまた，砂丘および，大規模な潮干帯の礁によって示される（C.M. Kim and Lee 1974b; S.W. Kim *et al.* 1980a; C.M. Kim *et al.* 1981; C.S. Kim *et al.* 1982; Klein *et al.* 1982）．アンミョン島沖合の海域で測定された潮流は，主に北東と南西方に流れていて，2ノットまでになる（図－2.15b）．砂礁は高さが約1～3mあり，流れの方向に主としてむいていて，約90～155mの間隔がある．

ヂェヂュ島の北方の南海では，薄い堆積層（約30m以下）は，たぶん新第三紀層の半固結堆積層である音響基盤上にのっている（図－2.16a，図－2.16b）．それは南部においてやや厚くなっている．（図－2.17）．ここでの堆積物の欠如は強い底層流，あるいは，潮流のせいであり，選別作用を通じて細粒物を移動させている．この海域の部分は，40％の$CaCO_3$量の結果となる豊富な貝殻片を含む粗粒堆積物によって特徴づけられている

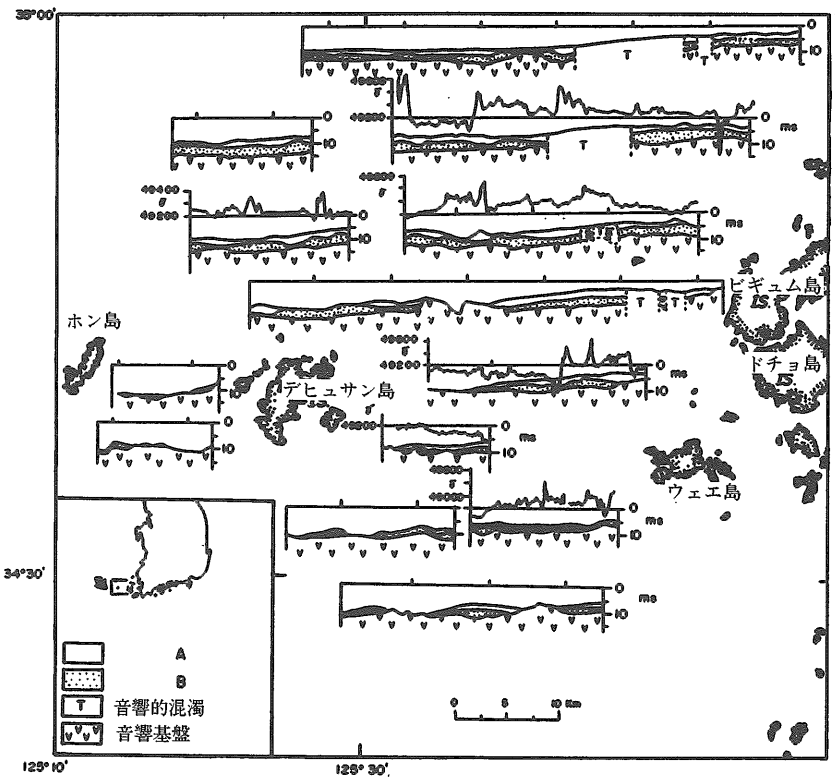




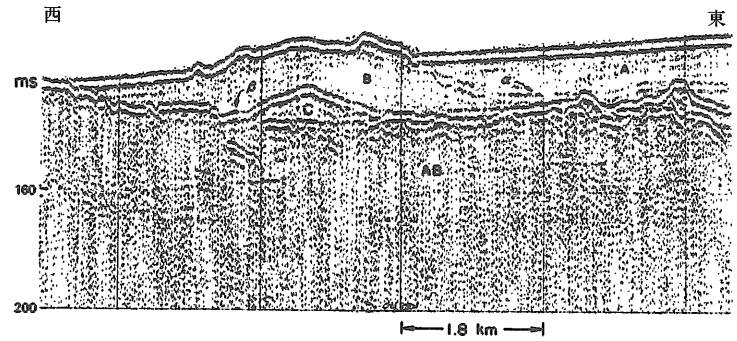
図－2.9　黄海および東シナ海における，全体（a）と後変形作業（b）の堆積層の等層厚線図AAPG誌の許可による，Wageman *et al.*（1970）による．



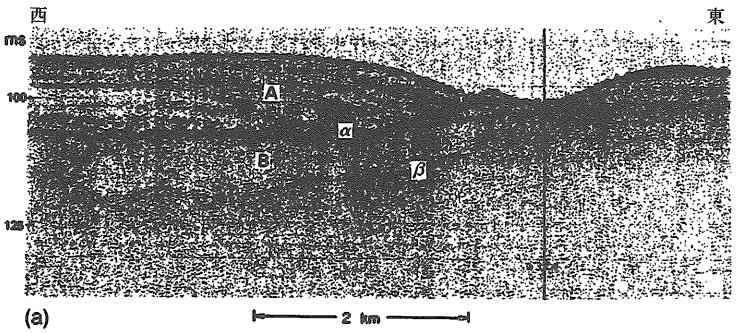
図―2.10　南東部黄海における音響基盤（？古第三紀）上の堆積物の厚さの等層厚線図（挿入図を参照）．ハッチをつけた海域はガス放出の堆積物，等深線はメートル，KIER MAP SERIES（Ⅱ）（1981 b）より．



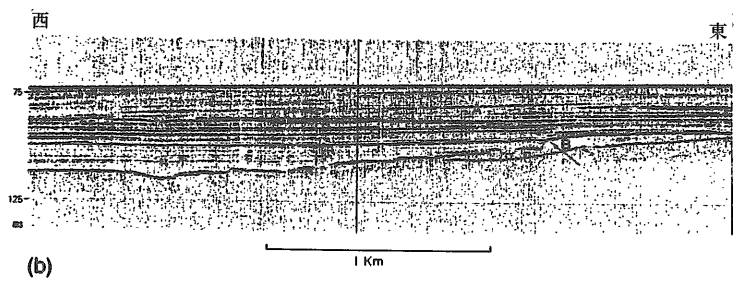
図―2.11　表層堆積物層（A層・B層）・ガス放出の音響的な混濁層（T）および音響基盤を示す，南東部黄海（挿入図参照）の簡便化した浅い構造，ガンマ（γ）単位の磁気強度も示されている．鉛直スケールはミリ秒の往復走時，韓国地球科学・鉱物資源研究所報告書の好意による．S.W. KIM *et al.*（1980 a）より修正．



図—2.12　ハテ島（北緯34°20′，東経125°30′）近くの層間反射面αとβを示すユニブームの断面．αを覆う未固結海進層（A），その下のB層（海退層）と音響基盤（AB）上のC層も示されている．鉛直スケールはミリ秒の往復走時．断面位置は，図—2.14aを参照．
韓国動力資源研究所の好意による断面．



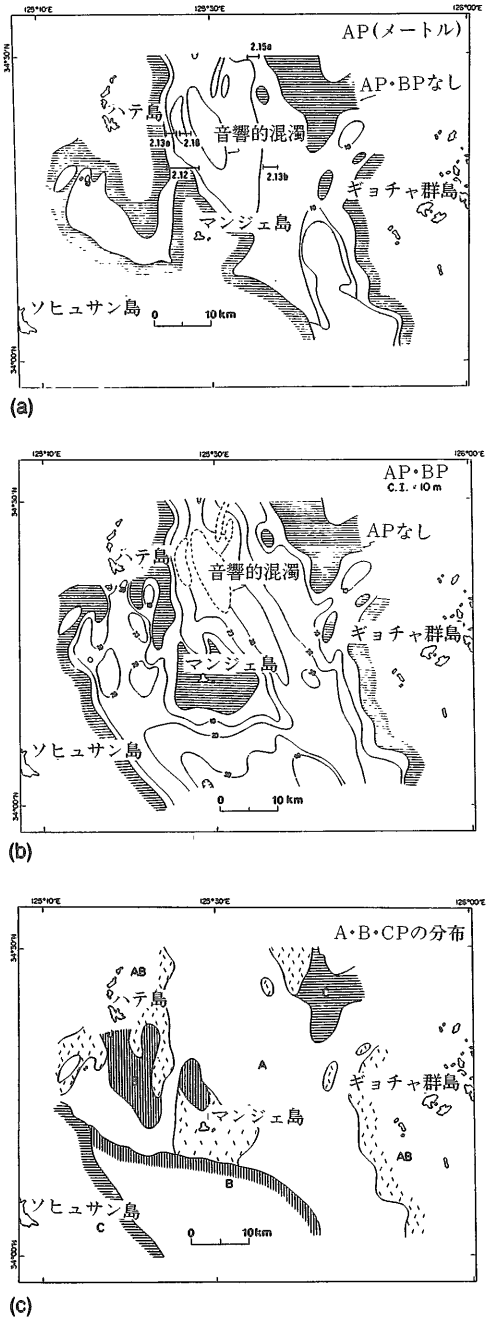
図—2.13　a：A層（海進層）中の傾斜層と，右側へ海底に露出している．下位にくる層間反射面αを示しているヘテ島（北緯34°22′，東経125°30′）東の3.5KHz音波反射断面（ORE）B層と下位にくる層間反射面βも示されている．



b：韓半島の方への海岸の上位（矢印）を示す海進層A．鉛直スケールはミリ秒の往復走時．断面の位置は図—2.14aを参照．
韓国動力資源研究所の好意による．

(S.W. Kim *et al.* 1980b).

東部黄海のいくらかの部分は音響波のエネルギー減衰の結果となるガス(二酸化炭素とメタン)でたぶん充満されている（図—2.18）．この特徴は南西部の海岸地域に沿ってはむしろふつうである（図—2.10，図—2.11）．高エネルギー音波探査では，音響不透明層は斜交した不連続の成層状態を示し，これは貝殻の濃集か，別の音響インピーダンスの他の物質の結果であることを示唆している．



図－2.14　ソヒュサン島北東，南東黄海における；a：A層の等層厚線図，b：A層とB層の等層厚線図，C：A層・B層・C層と音響基盤の表面分布，韓国動力資源研究所の好意による断面.

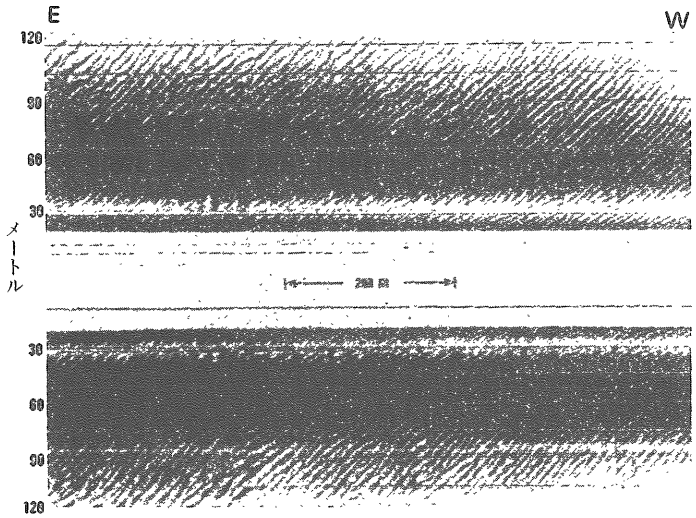
2.4　表層堆積物

2.4.1　分布

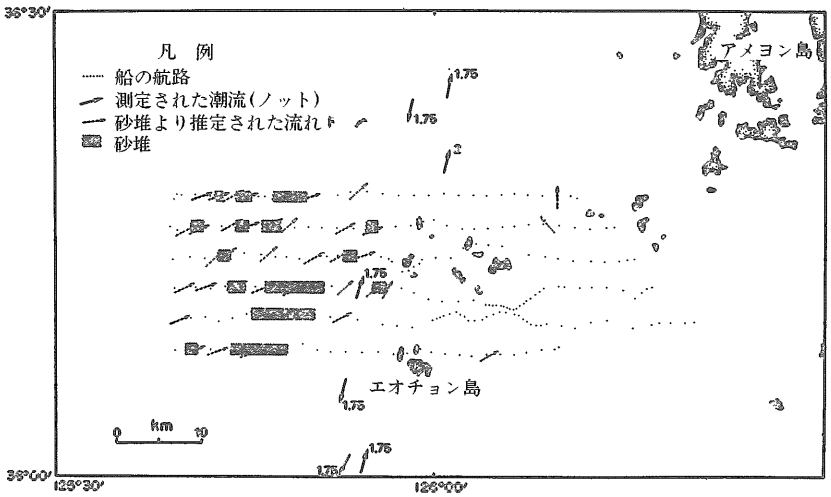
黄海の浅い大陸棚は，近接する陸塊の中国および韓半島から由来した堆積物の，造構的に安定で後氷期に沈水した蓄積の場である．この北東部では，黄海がこの海に主として黄土（レス）からなる泥質堆積物の巨大な量(毎年1,080×10^6万トン)を放出していて（Milliman and Meade 1983），この海を淡黄褐色に染めているのである（図－2.19a）．楊子江もまた，南西部の黄海と東シナ海に巨大な量の砕屑物を移している（毎年478×10^6万トン）（Milliman and Meade 1983）．南西黄海と北部東シナ海において，泥質砂と砂質泥の帯を形成している（図－2.19b）．多数の短かくて急峻な韓国の河川が，東部黄海に，相対的に少量の砂質堆積物を放出している（Chough and Kim 1981）．砂質堆積物もまた，黒潮による細粒堆積物の分離（Niino and Emery 1961）に対応して，大陸棚の外部に卓越している（図－2.19b）．

南西部黄海における KIER 地質図作成プログラムによってなされた詳細な調査によってもまた，韓半島の近くにおいて，豊富な量の細粒堆積物の存在がわかってきた（図－2.20）（N.J. Kim *et al.* 1970; Seo *et al.* 1971; S.W. Kim *et al.* 1972; N.Y. Park *et al.* 1973; C.G. Kim *et al.* 1974; C.G. Kim *et al.* 1975; J.H. Chang *et al.* 1978; S.W. Kim and Chang 1979; S.W. Kim *et al.* 1980a; S.W. Kim and Min 1981; C.S. Kim *et al.* 1982）．キュム（クム，ギュム）川・ヨンサン川，および，附近の陸の影響からの粗粒堆積物以上に，細粒堆積物が相対的に多い放出に，後者の存在は主に依存している（H.I. Choi and Hahn 1975; D.C. Kim 1980; J.H. Choi 1981; S.C. Kim 1982）．

分級の良くない泥質堆積物もまた，沿岸域と島の周囲を除いて，韓半島の南西端に卓越しているが，それらの場所では強い潮流が細粒物質をより分けてしまっている．オド島近くのような沿岸域において，潮流は非常に分級が良いものから普通の分級の砂からなる砂州を形成している（S.W. Kim *et al.* 1980a; Klein *et al.* 1982）．しかしながら，



(a)



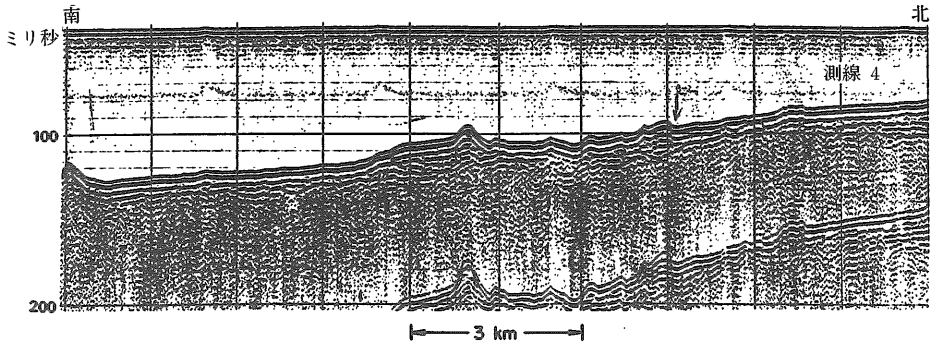
(b)

図—2.15　a：ハテ島北東（北緯34°30′，東経125°35′）の砂丘帯上のサイドスキャンの反射記録．断面の位置は図—2.14a を参照．

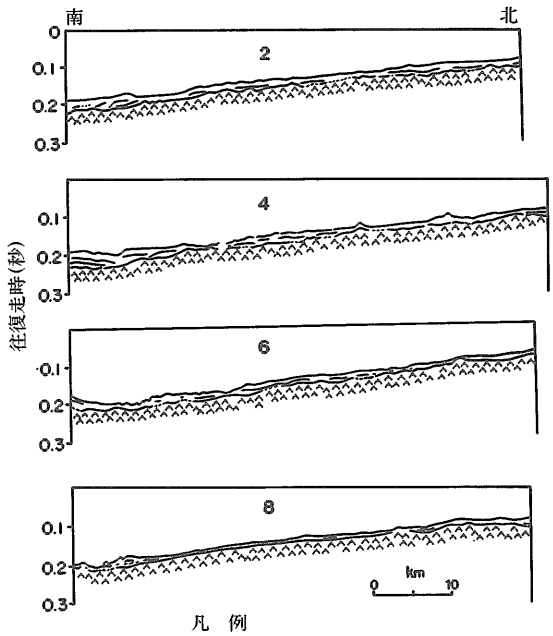
非対称の砂丘の実際の大きさ：長さ約3—3.5m;高さ0.22—0.36m;傾斜角約25—30°．流れは，北東から南西へ．韓国動力資源研究所，S.W. Kim の好意による．

b：アンミョン島の沖合で発見された潮干帯の砂堆．韓国地質調査所報告書の好意による．C.M. Kim and Lee(1974) より．

ヂェヂュ島と韓海峡【対馬海峡】では，堆積物は主に分級の良いものから悪いものまでの砂礫からなっている（Y.A. Park and Song 1971; S.W. Kim *et al.* 1980b; S.W. Kim and Min 1981; Suk 1981）（図－2.20）．これは強い潮流のせいであり，また，おそらく対馬海流（黒潮の一支流）の影響のせいであろうし，そしてこれは南からヂェヂュ島に接近した後に東方に流れている（K. Kim 1980）．ヂェヂュ島の北では黒潮の影響は，水塊（Y.C. Park 1981）と底質（Choe 1981）の両方とも，動物相

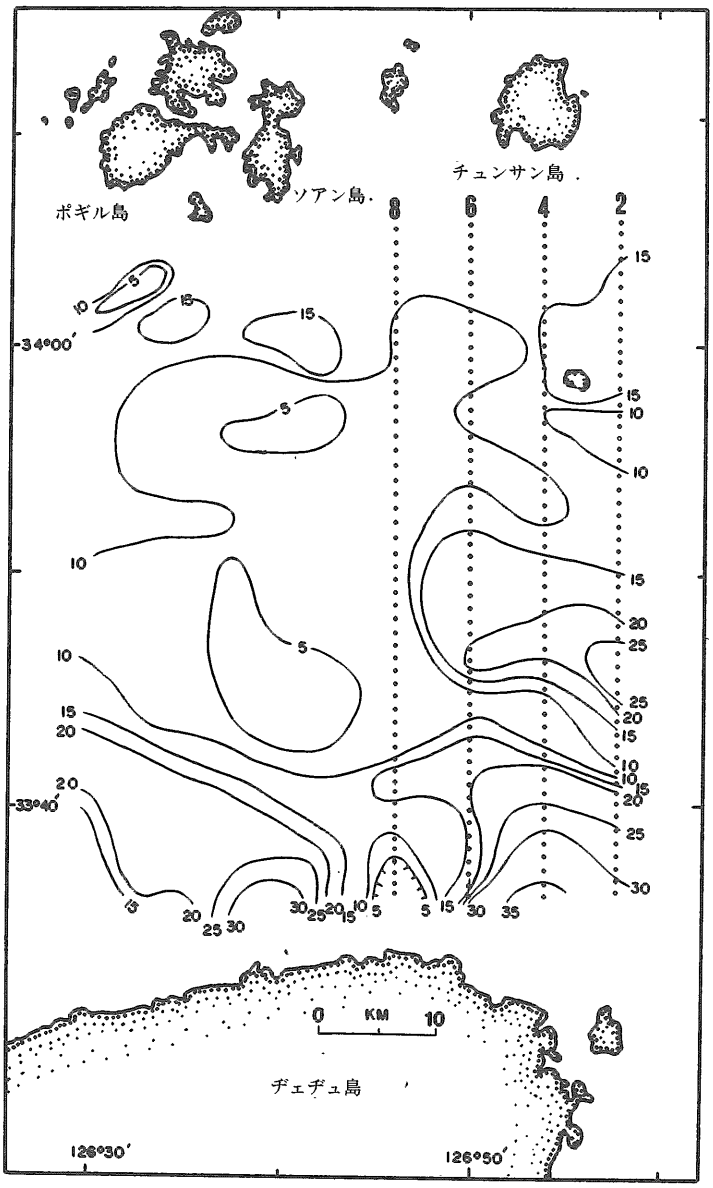


(a)

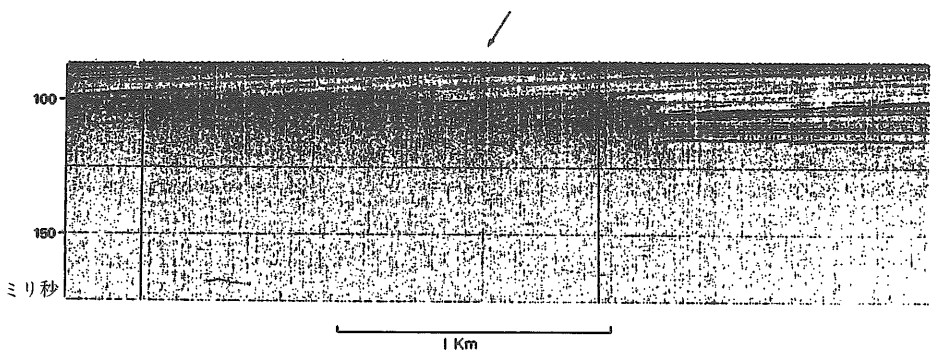


(b) V.E ×66

図－2.16　恐らく古第三紀と薄い新第三紀の堆積岩の，強い反射と音響基盤の薄い堆積層を示すヂェヂュ島の北における，ユニブームの断面（a），およびラインの略図（b）．
鉛直スケールは，ミリ秒の往復走時．
断面の位置は，図－2.17を参照．
韓国地球科学・鉱物資源研究所報告書の好意による．
S.W. Kim *et al.* (1980b)



図—2.17　ヂェヂュ島北の新第三紀堆積物の厚さ（メートル）．韓国地球科学・鉱物資源研究所報告の好意による．S.W. Kim *et al.*（1980b）．



図—2.18　音響的混濁層で，その下で音響エネルギーの減衰を示すヘテ島東における3.5KHzの音波反射断面（ＯＲＥ）

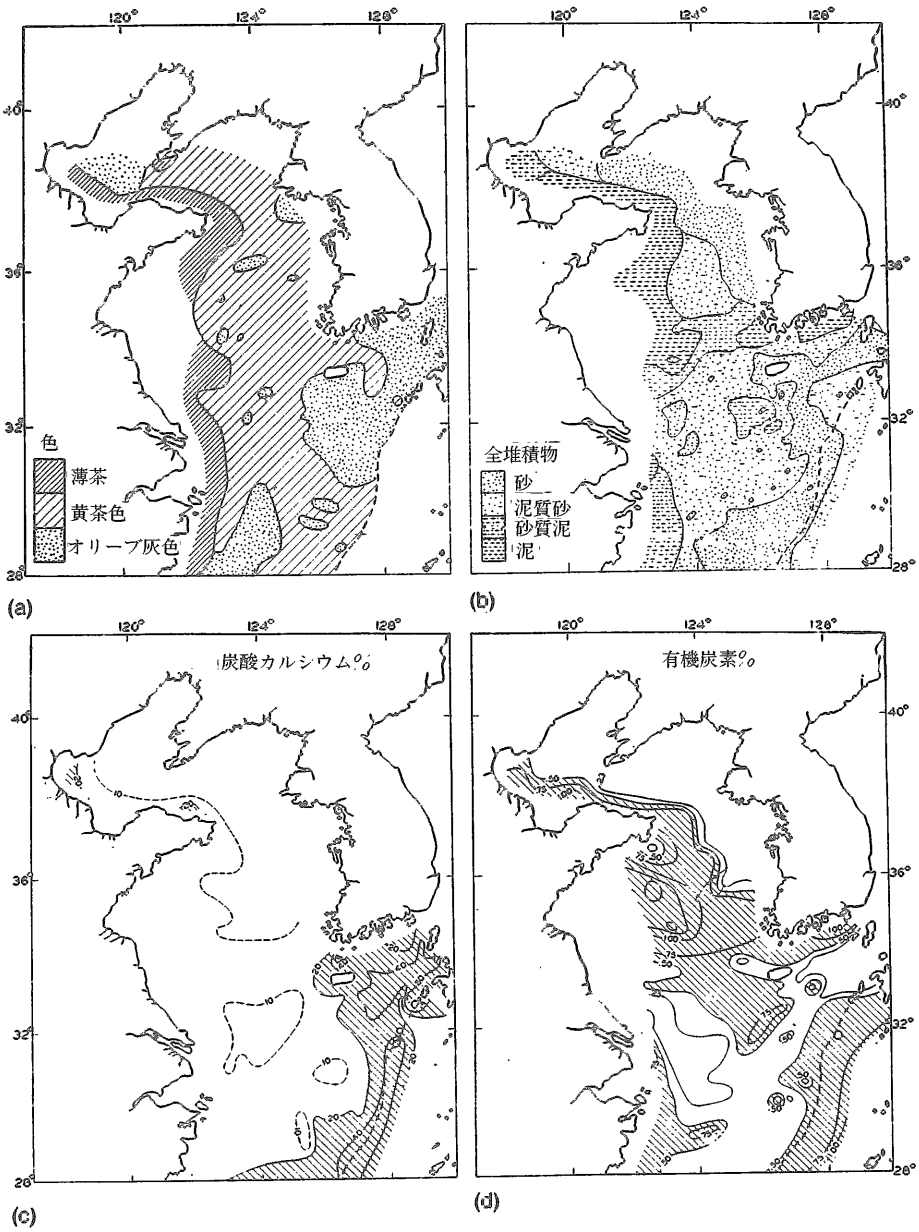
（位置は，図—2.14aを参照せよ）．
鉛直スケールはミリ秒の往復走時．
韓国動力資源研究所の好意による断面．

の組成によって示されている．

音波探査のプロファイルに示されているように(図－2.16)，この海域の堆積層は薄く，しばしば基盤岩類が海底に露出している．砂礫質堆積物に発見された，鉄に染められた石英砂（S.W. Kim and Min 1981）の存在は，堆積物の後氷期の期間における蓄積は最少であったことを示している．むしろ，堆積物は地域的に侵食作用を受けていたのである．

2.4.2 鉱物組成と地球化学的組成

黄海全体の堆積物は大部分砕屑性の粒子からなり，一部に少量の有機物および自生の不溶性粒子

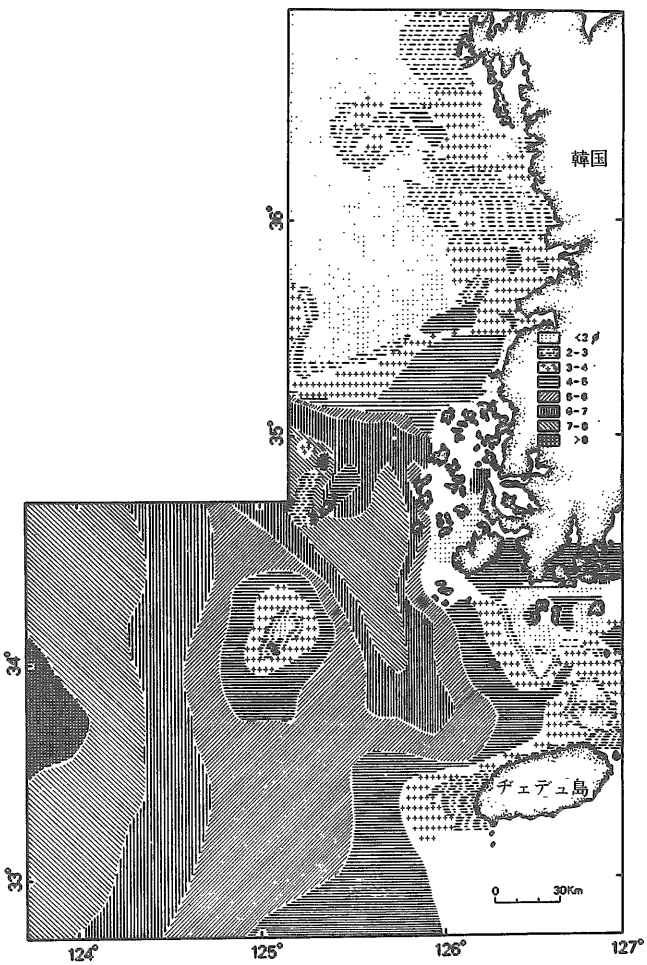


図－2.19 黄海と北部東シナ海における表層堆積物の一般的記載（Nino and Emery, 1961）．a：色; b：粒径による分類; c：炭酸カルシウム（%）; d：有機炭素（%）．米国地質学会報告の許可による再印刷．

を含んでいる．炭酸カルシムウは約10％であり，それは南東方に増加していく（図—2.19c）．陸源性のシルトと粘土の量は西方に多く（57.8％），いっぽう，砂の成分（主として軽鉱物）は東方に卓越している．東部においては，砂粒サイズの軽鉱物は亜円から角状であり，石英（43—75％）・カリ長石（3—4％）・斜長石（3—25％）・岩片（1—10％）から主としてなっており（図—2.21a，図—2.21b）（N.J. Kim *et al.* 1970; Seo *et al.* 1976; S.W. Kim *et al.* 1972; H.I. Choi and Hahn 1975; C.G. Kim *et al.* 1975; S.W. Kim *et al.* 1977; Koo *et al.* 1980b），アーコーズあるいは岩質アーコーズ（コンパクトにした時）に属する．

韓半島の近くでは，細粒砂中の重鉱物組成は，角閃石・カンラン石・チタン鉄鉱・柘榴石・リューコクシン・ジルコン・緑簾石・金紅石・モナズ石・変質物等からなる（堆積物の約2.5％以下）（Niino and Emery1961; N.J. Kim *et al.* 1970; Seo *et al.* 1971）．少量の単斜輝石，斜方輝石・電気石・磁鉄鉱・リン灰石・赤鉄鉱・スフェーンもまた報告されている（J.N. Kim *et al.* 1970 Lee *et al.* 1980b）．

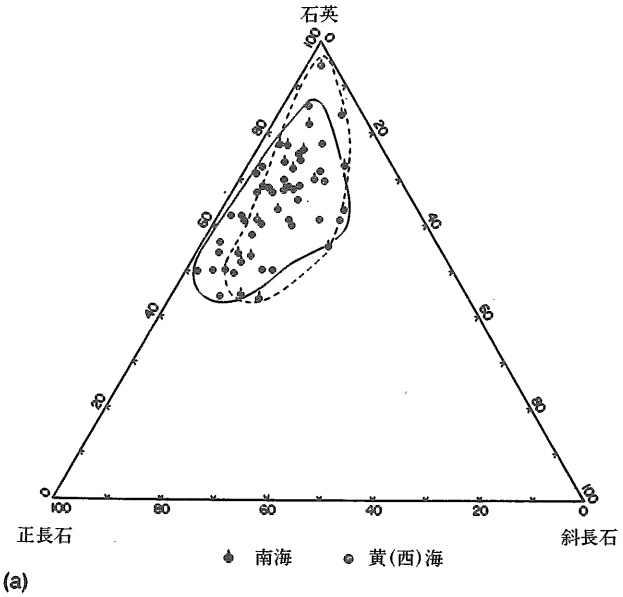
堆積物中の有孔虫含有量は黄海で約5％であり，ヂェヂュ島の南方大陸棚では約40％となる（Niino and Emery 1961; J.J. Kim 1970; C.G. Kim 1975）．浮遊性有孔虫は，*Globigerina bulloicles, G. falconensis, G. pachyderma, G. quinqueloba* のような寒冷種，および，*Globigerinoides ruber, G. sacculifer, Globoquadrina dutertrei, Pulleniatina obliquiloculata* などのような温暖種を含んでいる．B.K. Kim



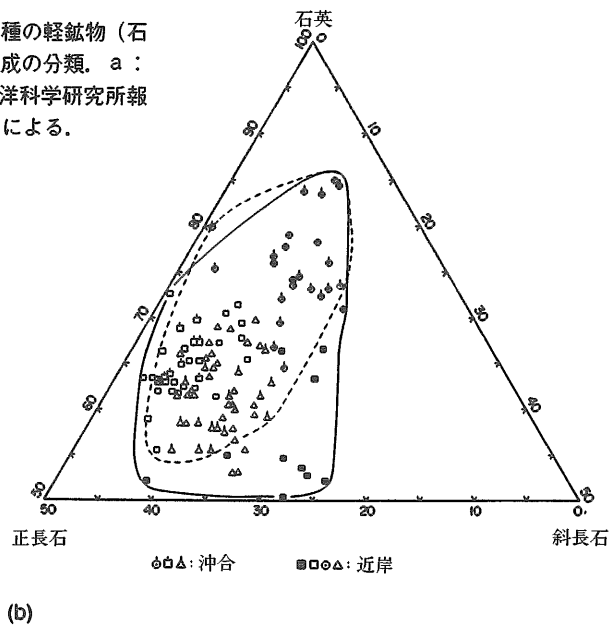
図—2.20　南東黄海の平均粒径分布を示す概念図．堆積岩岩石学雑誌の許可による，Chough and Kim (1981) より修正．

et al.（1970）によれば，後者は温暖な黒潮の南東部黄海への侵入によるものである．この海で豊富に発見された底棲有孔虫は，*Pararotalia nipponica, Ammonia beccarii, Hanzawaia nipponica* を含んでおり，それらは約40％以下の砂を含む泥質堆積物中にも含まれている．貝殻片・ケイソウ・オストラコーダ・ウニのとげ，魚の菌や他の有機物の遺物もまたふつうに存在している．

堆積物全体中の有機炭素含有量は，約0.3％（0.1－0.9％）以下であり（図－2.19d），細粒堆積物中に普通にみられる．沿岸の湾入部や河口の環境下において，それはかなり高く，ギョンギ湾（S.W. Kim *et al.* 1979; Koo *et al.* 1980b），およびヨンサン河口（J.H. Chang *et al.* 1978; S.W. Kim and Chang 1979）においては，3.0％の範囲になる．堆積物中のチッ素含有量はおよそ，0.005％から0.01％の間にある（C.G. Kim *et al.* 1975），によって測定された黄海中の底質の無機物分析は，SiO_2 が最も多くて（71－86％），次に Al_2O_3（6－16％），K_2O（3.2－3.9％），Fe_2O_3（1.2－3.8％），Na_2O



図－2.21　黄海と南海の堆積物中の3種の軽鉱物（石英・正長石・斜長石）による堆積物組成の分類．a：海岸域；b：沖合および近岸．韓国海洋科学研究所報告の好意による，Koo *et al.*（1980b）による．



(1.2—2.5%), CaO (0.5—6.7%), MgO (0.1—2.3%) であった．東部黄海と南海との海岸泥帯および沿岸域では，主として SiO_2 (46—88%) および Al_2O_3 (2.8—17.5%) が存在し，Fe_2O_3 (0.3—6.0%)，CaO (0.6—6.7%)，Na_2O (1.6—3.8%)，K_2O (1.2—3.9%)，MgO (0.2—3.0%)，P_2O_5 (0.01—0.3%)，MnO_2 (0.02—0.2%)，TiO_2 (0.05—0.7%)，S (0.005—0.7%) がそれらに続いている (Koo *et al.* 1980b)．少量ではあるが，これらの堆積物中の痕跡元素は，Cu, Ni, Co, Cr, B, V, Ba, Sr, Pb, Zn, In, Zr, Th, U, Au を含んでいる．

図—2.22は，黄海および南海の堆積物中の全鉄量 (Fe_2O_3として表現) プラス酸化マグネシウム (MgO) の相対量を，Na_2O と K_2O との量を比較したものである．鉄とマグネシウムは，イライト・緑泥石・モンモリロナイトと同様に，黒雲母・角閃石のような，鉄とマグネシウム鉱物中に発見されている．K_2O と Na_2O はアルカリ長石・白雲母・イライト中に存在している．堆積物は大部分が中央部の範囲におち，これはタフロ地向斜のような，造構的環境を急激に充塡するところに見出されるようなアーコース質の特徴をもっている (Blatt *et al.* 1980)．化学成分のデータはこのように，前述した鉱物のデータと一致している．

2.5 分散パターン

南東部の黄海における細粒堆積物の分散パターンは，D.C. Kim (1980)，J.H. Choi (1981)，Chough and Kim (1981)，Chough (1981a・1983a) によって決定され，彼等は2 μm 以下の粘土鉱物および全堆積物中の若干の微量元素を研究した．この海域の粘土鉱物は，カオリナイト—緑泥石—イライトの組成で代表される．モンモリロナイトはふつう少なく，痕跡ていどにのみ産出する．

2.5.1 粘土鉱物分布

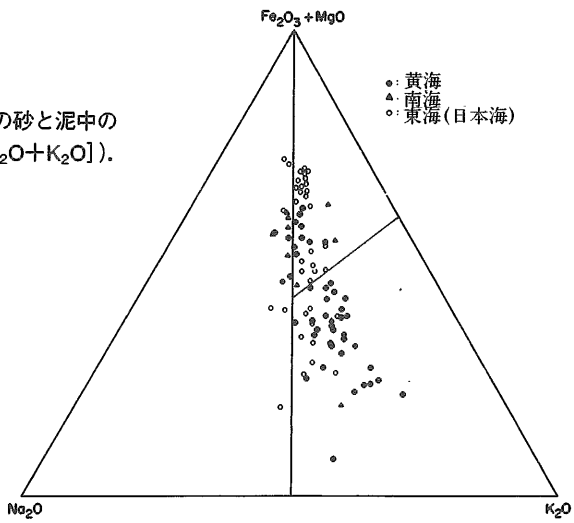
カオリナイトの20%以上の高濃度の所は近岸，特にキュム川の河口近くにあり，北西方と南西方との両方に約120km も延長している (図—2.23a)．北西方の延長は海岸に接近し，テアン半島沖の南西方にかたよる．南東方の延長では，高濃度のカオリナイト帯は20m 以浅に制限されている．さらに南では，カオリナイトの量はキュム・ヨンサン河口から離れて，しだいに減少していく．

緑泥石の分布はカオリナイトのそれに似ているが，より不明確である (図—2.23b)．20%以上になるところの海岸近くと，両方の河口でその濃度は一般に高い．

カオリナイトと緑泥石の代りに，イライトは粘土の75%以上を包含している (図—2.23c)．キュム川とヨンサン川の影響から離れて海がわにイライトは増加していき，北韓35° の南の海域において，キュム川河口の西に濃縮している．黄海と東シナ海の大部分において，イライトの全量は，黄海と楊子江から由来したと信じられている (Gradusov 1974; Chen 1978)．

2.5.2 微量元素の分布

分析された6つの微量元素のうち，4つ (すな



図—2.22 黄海・南海・東海 (日本海) の砂と泥中の化学組成 (Fe_2O_3+MgO 対アルカリ [Na_2O+K_2O])．

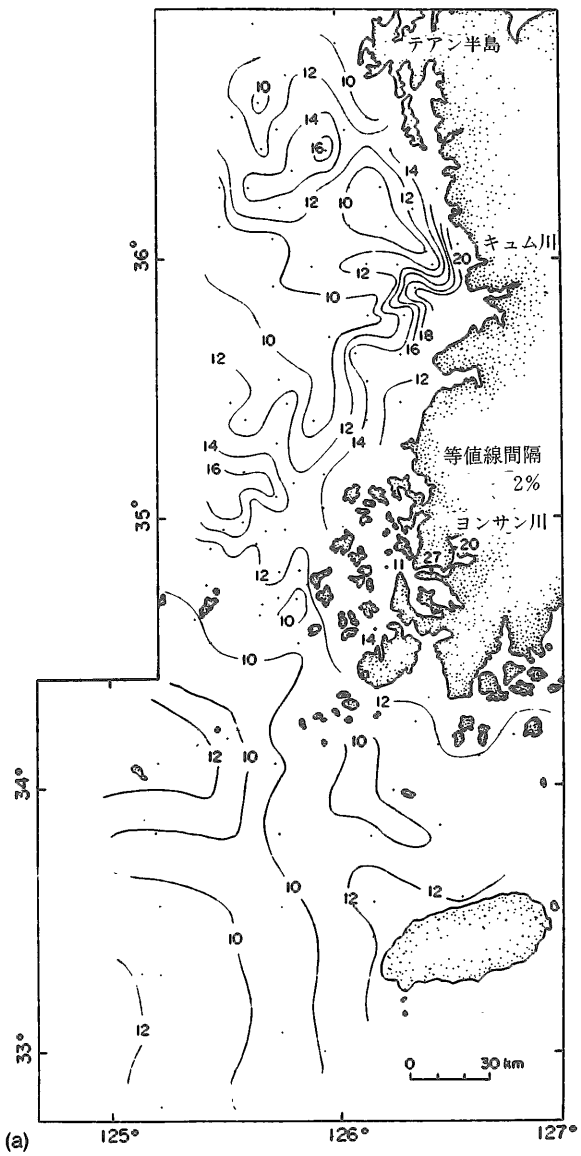
わち，Zn，Cu，Ni，Fe）は，キュム川とヨンサン川の河口，および，隣接している沿岸域近くで，濃度を増す傾向がある．他の2つ（すなわち，Pb と Co）はむしろ分散しており（Chough 1983a），以前に Chough and Kim（1981）によって発見された細粒堆積物の分布パターンと異なっている．

Zn の分布（図－2.24a）は，カオリナイトや緑泥石の分布と若干の類似性を示している．すなわち，増大した値（150ppm 以上）はキュム川とヨンサン川の河口，および，沿岸域で岸から約50km 以内にある．W.Y. Kim and Park（1978）によって測定された，キュム川の河口での底質中の Zn の値は，約60から170ppm にわたっている．Koo *et al.*（1980b）もまた，懸濁物中に同様な値，すなわち，15から50μg/ℓで平均25.5μg/ℓの値を報告している（K.W. Lee *et al.* 1979）．近接する河川の集水盆中の，先カンブリア紀の片麻岩と片岩からの材料と流入と，Zn の分布は恐らく関係している．南東黄海中の Zn 濃度は，土壌中の約50－100ppm という世界の平均値よりやや高く（Aubert and Pinta 1977），それは泥質堆積物中において一般に高い（図－2.20，図－2.24a）．Zn は粘土鉱物とそれらのコロイド物質と主に関係していることを示唆している．

銅濃度の分布（図－2.24b）は，キュム川とヨンサン川の集水域における酸性岩からの堆積物の生産を反映しているかも知れない．その分布パターンも Zn のそれに従い，キュム川とヨンサン川河口近くにおいて高い，キュム川の河口での懸濁物中では，K.W. Lee *et al.*（1979）は，Cu の20μg/ℓより大きい平均を発見し，より高濃度（韓国における他の川と比較して）は川の上流における公害のせいであるとした．キュム川の河口の西において，Cu が沖合に一般に減少することは，堆積物の砂含有量に対比され，それは主に粘土鉱物と他のコロイド相に関連していることを示しているようである．

鉄濃度（Chough 1983a）の沿岸での富化は，変成岩から由来した鉄の多い砕屑堆積物の流入の結果として説明できるだろう．キュム川河口の底質中の鉄濃度は約25,000ppm より一般に高く，これは懸濁物において，3,600μg/ℓまである（W.Y. Kim and Park 1978）．南東黄海中の鉄濃度もまた，泥質堆積物に関係していて，これは細かく分割された酸化物と水酸化物として存在するであろう．

ニッケルの分布はかなり低く，たぶんこれは酸性岩，および，温帯における溶脱したポドソル質の堆積物中における低濃度のせいであろう．しかしながら，それは沿岸地域では濃縮される傾向が



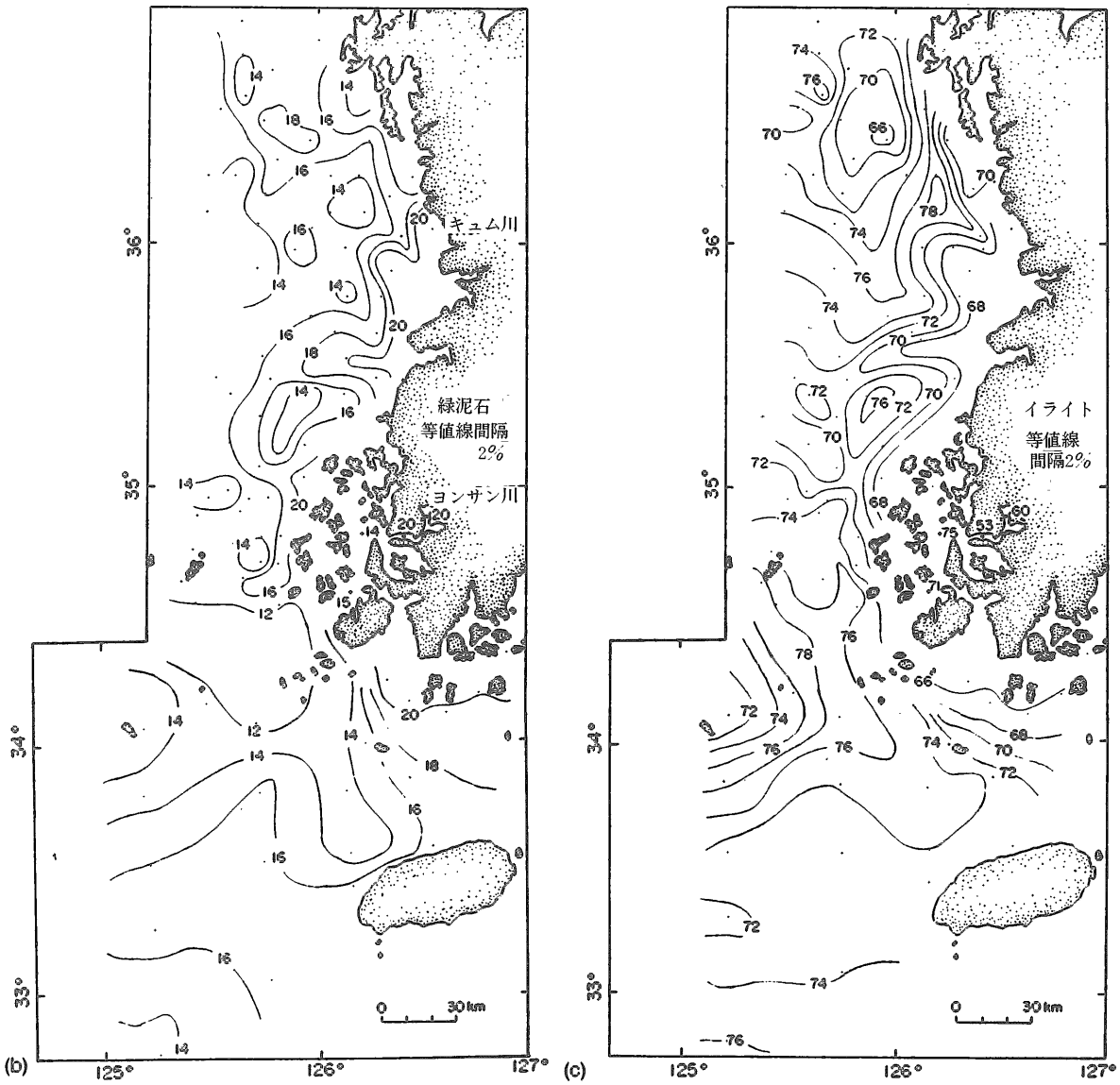
図－2.23　南東黄海における粘土鉱物の分布（2μm 以下で，炭酸塩フリーの粒子）．
a：カオリナイト;b：緑泥石;C：イライト，点はサンプル採集地点．堆積岩岩石学雑誌の許可による Chough and Kim（1981）より修正．

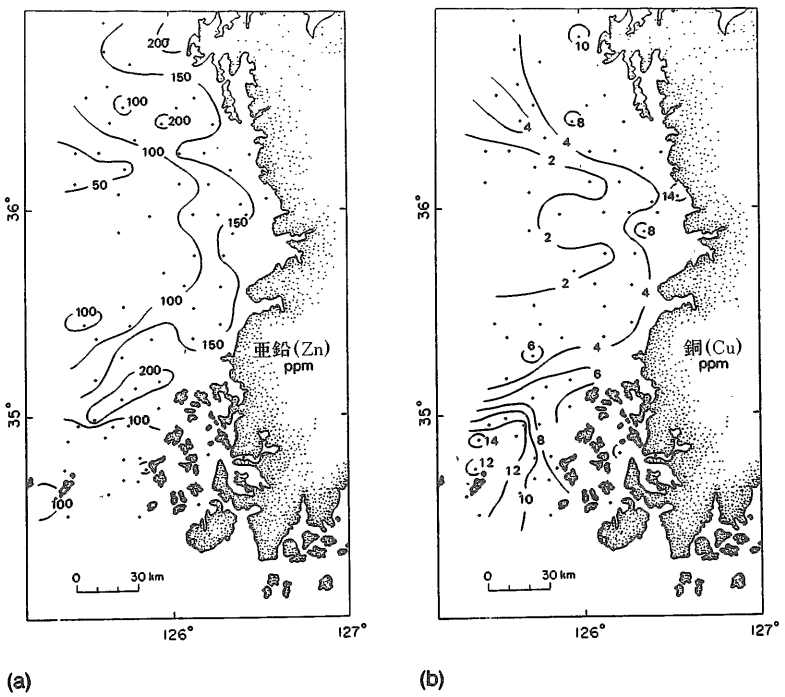
あり，南西方に増加する傾向がある．

鉛とコバルトの両方の分布パターンは，上述のものからかたよっている．鉛は南東黄海の上位3分の1と下位3分の1に濃縮しているが，いっぽう，コバルト濃度はむしろパッチ状である．酸性岩あるいは変成岩中のコバルト含有量は比較的低く，5－30ppm（AUBERT and PINTA, 1977）であり，南東黄海においてコバルトのより低い濃度はその分散のためであろう．キュム河口と隣接する南岸における懸沖物中の鉛の値は，5－20μg/ℓ以上もあり，これは上流の公害のせいである（K.W. LEE *et al.*, 1979）．

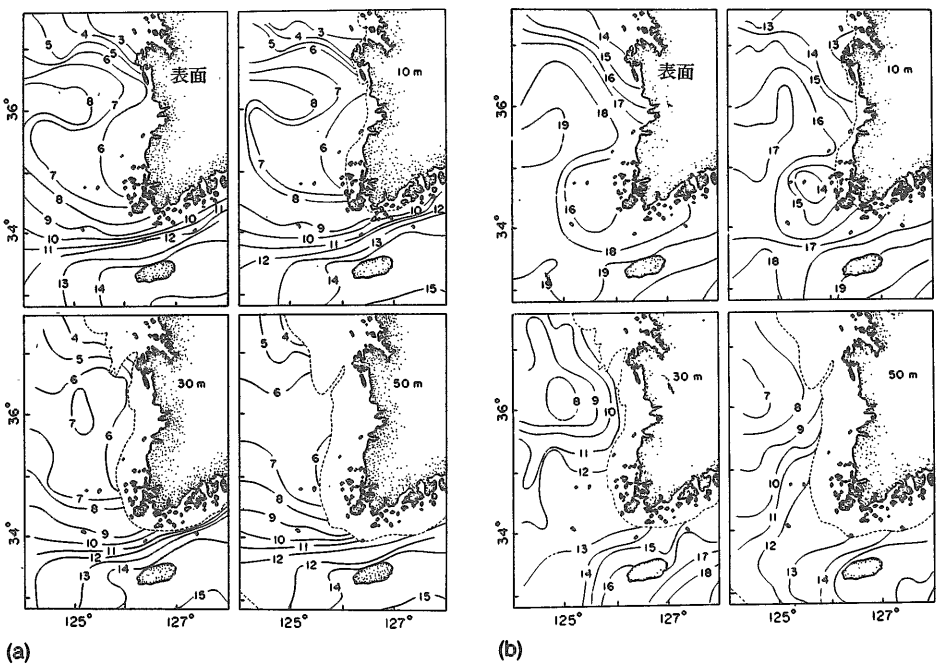
2.5.3 細粒堆積物の分散

HAHN *et al.*（1978a, 1978b）によって編纂された等温線のパターンは，観察された細粒堆積物の分布パターンと一致しているようにみえる．すなわち，1961年から1975年間に観測された，固定した温度の間隔での水平的な温度分布は，冬季に典型的には2月（図－2.25a）に低温（3－6℃）の等温線がすべての水深において南東方へ延びており，テアン半島近くで海岸のほうに収斂していることがわかった．これらの等温線はそれからおよそ北緯25°以下で南西方に延びており，それは東部黄海中において，時計まわりの沿岸流の存在を指示している．夏ではこの傾向は逆転する．特に30mと50mの深度で，等温線は南方から延びて





図—2.24　南東黄海の全堆積物中の微量元素の濃度，
a：亜鉛（Zn）;b：銅（Cu）.
ＣＯＯＰ技術報告書の許可による，Chough（1981a, 1983a）による.



図—2.25　南東黄海における温度（°C）．a：２月；
b：６月．堆積岩岩石学雑誌の許可による，Chough and Kim(1981）による.

きて，反時計まわりの流れのジャイロを示唆している（図－2.25b 下）．1979年 6 月から1980年 6 月の間（NAM and SEUNG 1980）になされた．北緯35°のやや北方海域での一連の現地の流速測定もまた，冬季に約 4 cm/s の南西方への運動を示している．それは夏季に大きく逆転するのである．春と秋には，温度構造は不安定な天候状態のために一時的である．

カオリナイトと緑泥石に富む細粒堆積物の北西方への延長は，夏の間に反時計まわりの沿岸流によってキュム川から細粒物質の移動の結果であり，反対に冬の間は，時計まわりの循環が細粒物の南西方への帯状分布の原因である（図－2.26）ことを，CHOUGH and KIM（1981）は示唆した．半島の南西端と残りの海におけるイライトに富んだ堆積物を南東黄海に運び込む影響は最小と考えられる．泥質堆積物の分散への潮流の影響は，まだ評価されていない．

図－2.26　南東黄海中の細粒堆積物の可能な運搬径路．堆積岩岩石学雑誌の許可による，CHOUGH and KIM（1981）による．

（次号に続く）

物流が大きく変化

高速道路は，日本の時間地図を大きく塗りかえてしまった．鳥取県の境港で前夜，陸揚げされた水産物が，翌朝の築地市場のセリに出される時代だ．所要時間は12時間．高速道路による輸送時間の大幅な短縮，輸送コストの減少，到着時間の正確さによって日本の物流が大きく変わってしまった．特に農産物は，東京をはじめとする大都市圏の近接地と遠隔地との地域的な差がなくなり，産地間の競争を激しくしている．

もともと，農産物は傷みやすい上に鮮度が重視される品種が多いため，迅速性や簡便性，一貫性に優れる自動車輸送になじみやすい．香川県のレタス，態本県のトマト，青森県の大根などが高速道路輸送によって，どんどん東京市場へ出荷されている．

「標高1,015メートル」の標識が立っている中央自動車道．八ケ岳，中央アルプスを縫うように走るこの道路は，夏には「サラダ街道」になる．レタス，トマト，白菜，アスパラなど高原野菜を満載したトラックが東京へ向かって次々と疾走していくのだ．原産地は長野県の高原地帯．長野県は夏野菜にかけては日本一を誇る．特に，東京で消費される夏のレタスの 8 割を占める．

「野菜全体でみると，東京への出荷は26％で，市場の中心は京阪神です．ただ，夏場は東京へのウエートが高くなります．長野では高原を利用した夏野菜の生産が盛んですが，高速自動車道の開通が非常に大きい．野菜は鮮度が価格を左右するので，特に夏に長時間かけて運搬したのでは品質的価値が下がって売りものにならない．そのネックを解消してくれた」というのは長野県園芸蚕糸部流通課の丸山課長．

伊那地区を例にとると，中央自動車道開通以前は，朝のうちに出荷した野菜果物が翌朝の市場に間に合うのは東京，名古屋，大阪まで．いまは中国，四国，九州まで送れるようになった．集荷された野菜などを 5 ～10度に冷す予冷庫が整備されたことにより，完熟のトマトを傷めずに出荷できるようになった．

技術と英知で確かな明日を創る——総合建設業 熊谷組

KUMAGAI 熊谷組

取締役社長　熊谷太一郎

本　　社　〒162　東京都新宿区津久戸町17-1　☎03(260)2111
支　　店　札幌・仙台・新潟・北関東・東京・横浜・名古屋・北陸・大阪・広島・四国・福岡・那覇・豊川工場・香港・東南アジア・中近東・豪州・北京

21世紀への
かけ橋。

三井建設

海外資料

海底トンネル工事における水中ケーソンの使用

"Use of Submerged Caissons in the Construction of Undersea Tunnels"

Marine System Engineering Division Taurio Corporation

J.V.Harrington*
W.L.Bohannan*

1. 概　要

より多くの切羽での作業を目指して，地表から地下の作業箇所へ立坑を下すことは，鉱山やトンネル工事では，普通になっている．同様にして，海底トンネル工事の工期も，そのトンネル・ルート沿いに，中間進入点を設けることで，短縮できる．これを実施し，所要の安全を維持するのに，「水中ケーソン (submerged caissons)」の使用があり，必要な完全防水を与え，潜在的な災害に対処できる能力がある．

この論文は，トンネルを数区間に分割して施工することを調べており，その各分割部分を別々に，平行して掘削し，最後に，各端部を接合して，連続した通路にするものである．トンネル・ルートへの海中進入口には，水中ケーソンがあてられ，そのケーソンは，作業空間を完全防水するものである．このケーソンに関係する作業活動，特に工程と補給兵たん活動 (logistic activities) への影響を，詳細に論じている．

ここでの目的は，トンネル工事に含まれる主な作業活動の１つひとつを調べ，それらの方法がケーソン能力に最もよく適合していることを確認することである．ケーソンの設計に係わる因子は，次の通りである：　適切な工期; 掘削とズリ出しの最適な方法; 掘削面の支保工と覆工の最適方法; 中間境界点を通る人員，機械，固形材料の移動，および通信所のような場所での多くのサービス性やその他の所での，快適性と居住性を与える上での最適な方法．

ケーソン工事の検討がなされている．完全防水を維持するには，安全設備が必要なので，数通りのやり方を論じる．ケーソンの予備設計スケッチ図を出し，設置方法を示す．

本論は，イギリス海峡トンネル工事でのケーソン使用を述べているが，その方法は全く一般的で，その他の海底トンネル工事にも適用できる．

2. トンネルとケーソンの接合部

2.1 序　論

英仏間の海岸連絡路の設置は，過去250年近い間，討議されている．交互に English Channel と La Manche と呼んでいるイギリス海峡の下のトンネル建設を始めようとする活動は，過去，何度も行われた．なされた活動は，この事業の完成までは支持されず，毎回，その理想の遂行を将来に残した．

現在，２国間のこのような連絡路の建設について，新しい考えが現れている．大問題は資金と技術の問題である．この連絡路建設に選ぶ工法と，工費の形での連絡路の性格評価は，これらの因子の必要な反映になる．

*Taurio Corporation，海洋システム、エンジニアリング部
36 Laurelwood road，Groton，CTO6340

資本条件の現在の主流的な解析では，建設期間の短縮が利息を減らし，工事期間中の資本金を減らすことになり，また，投下資金のより早い回収になることを示している．これは，工事に使用すべき最も望ましい技術は，最大限の努力をして，最短の工期で，その仕事を終らせうる技術であることを意味している．

海中作業を支援するには，多くのシステムがある．大きな方の最も重要なシステムを詳しく論じる．ズリ処理，電力，給水のような主要システムが，工事を支える補給兵たんシステムである．救命，通信，その他の似たような活動に対する別な多くのシステムが当てられている．それらの確認はするが，詳しくは論じない．

2.2 概　観

イギリス海峡のトンネルの施工は，そのトンネル・ルート沿いに，数個の中間進入点を設けることで，したがって，掘削の行える多数の切羽を用意することで，工期の短縮と工費の節減ができる．

イギリス海峡の水路部は20海里（1.852×20≒37 km）で，ルートのこの部分への進入には，上方にある水と，その下の土の部分の両方を通り抜けることが必要である．

当初のやり方の１つは，１個ないし複数の囲繞締切堤をつくって，その下の海底に，立坑を掘り，作業箇所まで貫入させ，水のない進入路にすることを考えた．海面上に出る締切堤は，船舶航行上の障害と思われたので，航海上の関心から拒否された．完全に水没する水密ケーソンの設置は，そのケーソンの設置頂面と海面の間に，水深20m の航路をとるなら，反対されなかった．

どのケーソンも，作業活動の進行によく釣合った速度で，全ての補給支援の手段になると期待されており，こうした要求を，ケーソンの設計に反映させねばならない．

考慮すべき主要な因子は次の通りである：

1．地下作業箇所から海面上への，人員，機械，材料用出入口の設置．
2．掘削した土の，作業箇所から適当な投棄地への連続移送．
3．機械，宿泊所，安全設備および所要作業活動を支援するのに必要で便利な設備などに対する電力の連続供給施設．
4．露出トンネル面の支持と覆工に必要な材料のほぼ連続に近い供給．
5．作業活動の支援に必要と思われる空気とか携行飲料水，排泄物のような流体の供給と排出．

2.3 基礎データ

この試行に組み入れた計算に使用した基礎データは，参考文献(3)から採った．イギリスとフランスの両側で，立坑やトンネルで行ったテストは，この地層が，陶土質石灰岩（80％が $CaCO_3$）から石灰質粘土（20％が $CaCO_3$）へ周期的に変化する厚さ0.5～２m の粗目の帯状地層であることを示している．この帯状地層を横切ると同時に，物理的性質が変化した．周期的変動のため，この地層全体の性質を査定するには，大規模なテストの実施が，明らかに大切だった．フランス側のチョーク質泥灰土は，イギリス側のものよりも緻密で，強いようだった．６～21％範囲の含水比は，平均12％と推定された．また，1.6～2.3t/m³範囲の乾燥密度の平均値は２t/m³，さらに1.5～14MN/m²（15.3～143kgf/cm²）の圧縮強度は，平均6.5MN/m²（66.3kgf/cm²）で，0.2～0.3のポアソン比を持つと推定された．全計算を通じて，これらの平均値を使用した．参考文献(3)に示されるその他のデータは，このトンネルの海底部分が平均海面下110m までの所にあって，海底床下40～60m の間になることを示している．設計は，内径7.1m の２本の走行用トンネルと，その傍らの，中心間隔15m の所にある直径4.5m のサービス用トンネルからなっていた．この複合体は250m 間隔の横断通路で，連結されていた．150km 以上のトンネルが，つくられることになる．

2.4 掘削スケジュール

1959年頃作られたトンネル施工工程（参考文献(2)）が，それ以後の，このプログラムの施工と財政の両面を査定する基礎として使われている．その工程は図―１に出ている．このトンネルの水底区間の掘進速度は，１作業切羽当り，１日68フィート（20.7m）と示されていた．

その後の数年間に，採掘とズリ出しの機械に，大きな改良があった．工期を減らすための手段としての，海峡中間の進入路という新施設と組み合

わせて，現在の技術に基づく，このトンネルの水底区間に対する新しい工程が調べられている．はじめの頃の工程（図—1）を調べてみると，第1年度は，本質的には準備作業に当てられていて，6カ月目に掘削が始まり，54カ月目まで続いている．トンネル内の鉄道装置と地表工事は共に，60カ月目にまで及んでいるので，工事が5年目の年末を越えて続くのかどうかは，明らかでない．このスケジュールは，掘削の全期間を示すものである．それはまた，本トンネルの水底区間の作業が，14カ月目に始まることも示している．水底部分に対するこの準備時間は，今でもなお，合理的なものである．

軟かい地山での現在の採掘機の掘進速度は，1日数百フィートであり，数種類の掘削機の設計の間で変化している．最初のスケジュールが発表されて以来，ズリの処理装置と運搬もまた，大きく改良されている．より早い掘削と処理装置の組み合わせ，およびケーソンを使っての，より多数の作業切羽を準備する能力が，現在，入手できる機械を使って，予定の完成工期に，最大限の短縮をもたらすであろう．

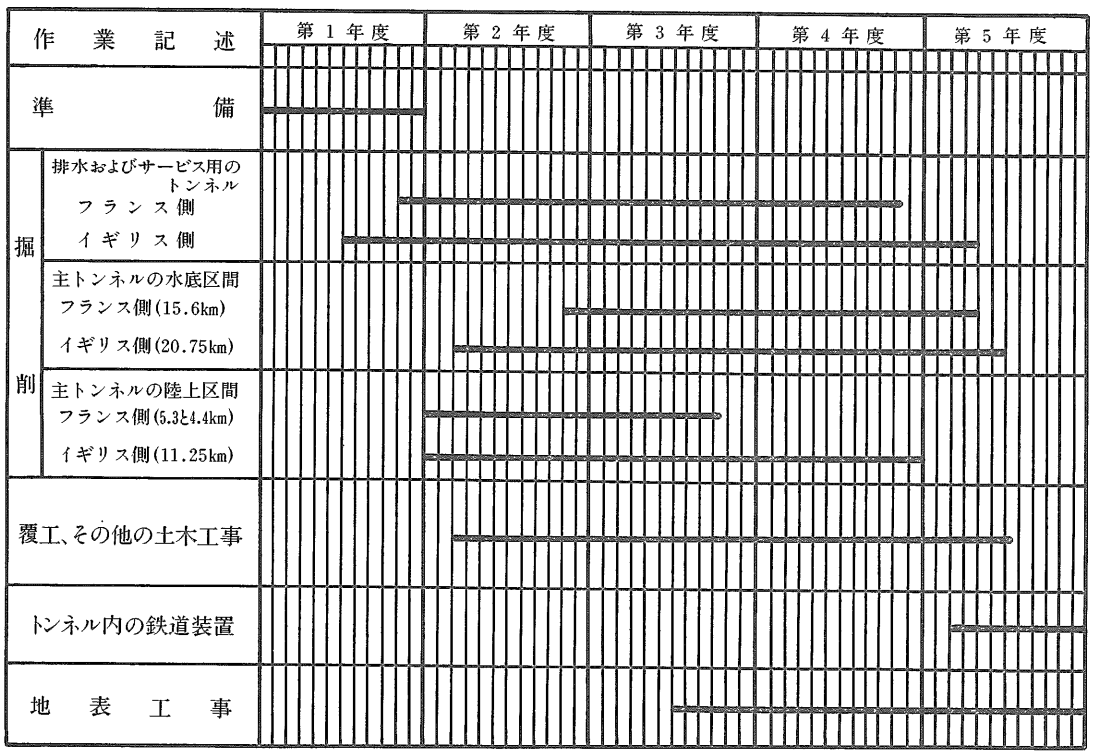
掘削と作業箇所からの掘削土の除去速度は，その作業に付随する機械の仕様についての詳細な情報がないため，正確にはわからないので，新しい工程では，パラメータによる研究が行われた．それは，1ケーソンと2ケーソンが掘削時間に及ぼす影響，ならびに，工程に及ぼす掘進速度とズリ出し速度の影響を調べている．それはまた，このプログラムの工費に及ぼす掘削作戦の影響も調べている．

次のような3つの掘削方法がある：

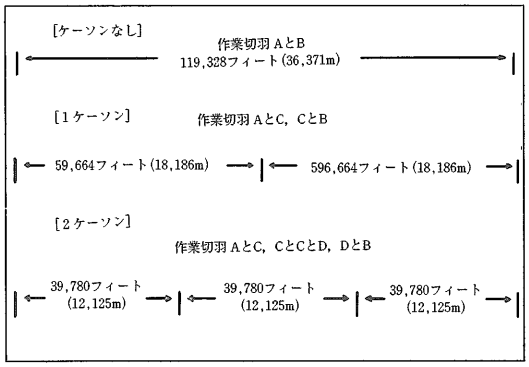
1．海峡の各岸に立坑を下ろし，その両立坑から通路（図－2のAとBからXまで）を掘進して，海峡の中央付近で互いに出合うことにする．

2．各岸に1本づつの立坑と，海峡の中央に水のはいらない進入口を下げ，次いで，AとCからX1までと，BとCからX2まで掘進し，図－2に示すように，X1およびX2で出合うようにする．

3．各岸に1本づつの立坑と，トンネル・ルート沿いの所々に，水のはいらない2つの進入口を下げ，AとCからX1までと，CとDか



図—1　工程表



図－2

表－1

掘進速度 (ft/日/1切羽)	ケーソンなし (日数)	1ケーソン (日数)	2ケーソン (日数)
50(15.2 m)	1,194	597	400
100(30.5 m)	597	300	200
150(45.7 m)	399	200	133
200(61.0 m)	300	150	100
250(76.2 m)	240	120	80
300(91.4 m)	198	100	67
350(106.7 m)	170	86	57
400(121.9 m)	149	74	50

らX2まで，そしてDとBからX3まで掘進して，図－2に示すように，各通路が，X1，X2，X3でつながるようにする．

これらの各掘削方法には，表－1に示すような全体工期を考えている．この表には，両岸の間に通路を通すのに必要な掘削日数が，種々の日進掘削速度を使って示されている．

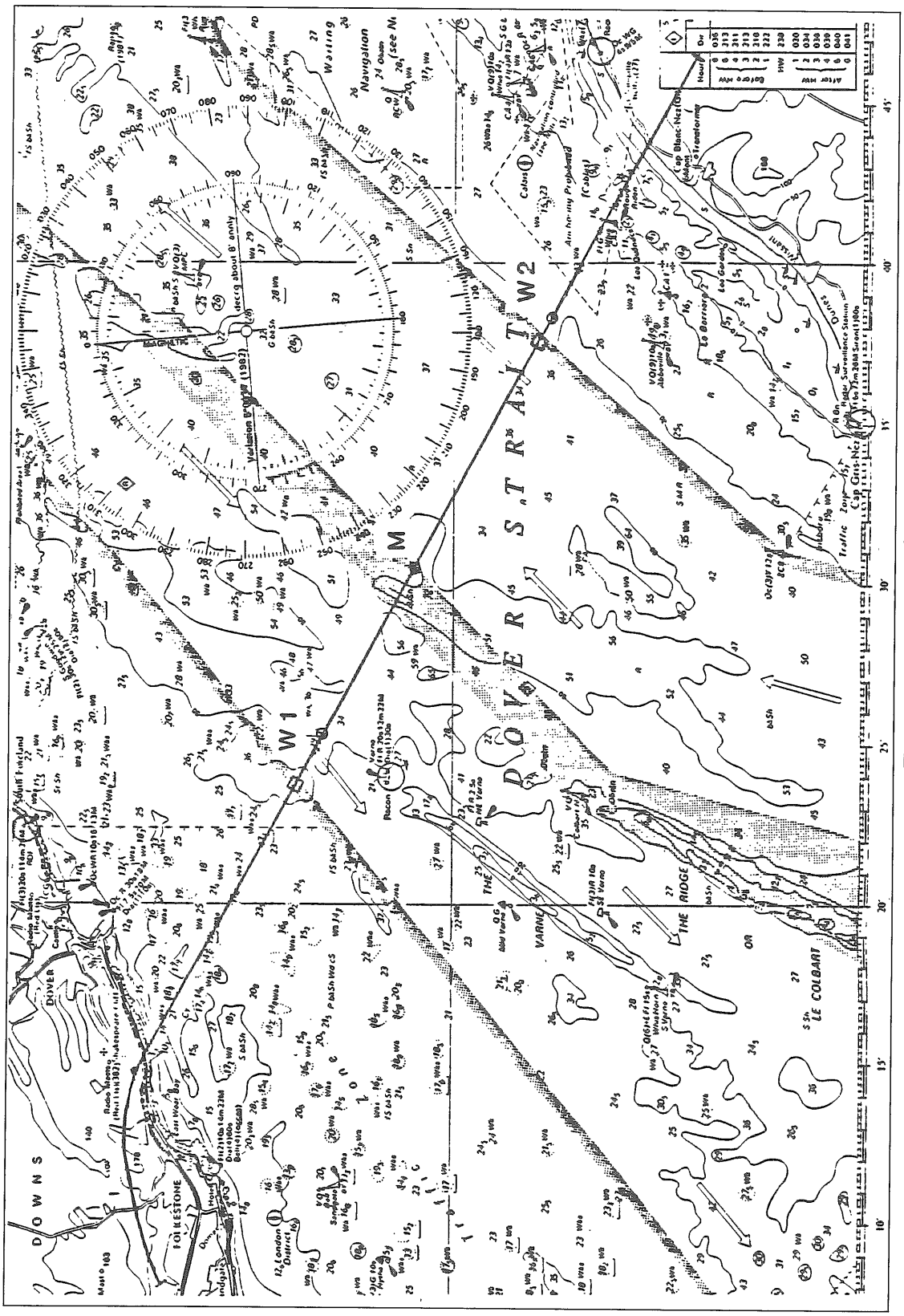
海峡中間での進入に使うケーソンを1つにするか，2つにするかの判断には，図－3に示すドーバー海峡の海図と，図－4に示すこのトンネルの縦断図を調べることが必要である．この海峡のフランス側とイギリス側には共に，沿岸航行船舶用の沿岸航路帯が設けられている．海峡の中央には，この海峡を通る船舶用の，2本の沖合航路レーンが印るされている．この2本の航路レーンの間には，分離帯が設けられていて，航路標識がある．トンネルのルート線に沿って，イギリス側の沿岸航路帯が，海側に6.0海里（11km）ひろがっている;南西行きの航路ゾーンは，幅4海里（7.4km）;海峡中央付近には，1海里（1.85km）の分離ゾーンがあって，北東行きの船舶から南西行きの船舶を分離している．北東行きの航路レーンは，幅5海里（9.3km）で，それに続いて，フランス側の沿岸航路ゾーン5海里がある．

ケーソン1個を使用する場合は，そのケーソンは，2本の航路レーンの間の中央分離帯におかれ，このトンネルの水底部分の中央点と一致する．その代わりに，2個のケーソンを使うとすれば，それらのケーソンは，この海峡の航路レーン境界の標識線上におかれることになる．これらのケーソン位置はまた，航行上の障害になってはならない．選定された位置でのこれらのケーソンは，その上方の足場（プラットフォーム）で支持され，その足場もまた，補給兵たん上の貯蔵所になる．

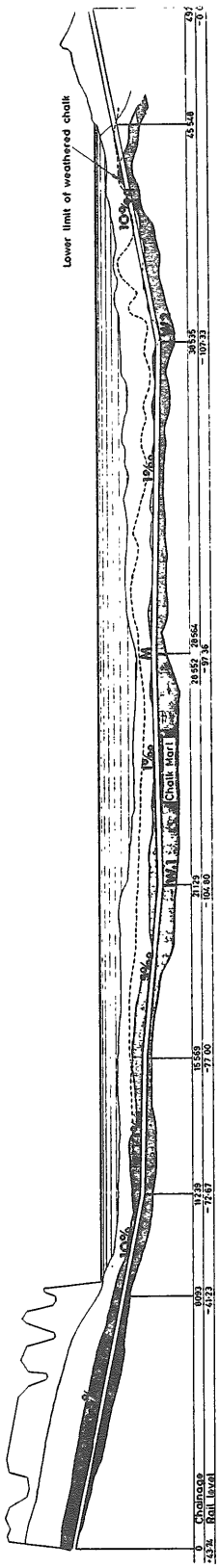
ケーソン位置の判定を下すためには，縦断線形を調べねばならない．この縦断図は，それぞれW1，W2と印るされた2つの低点と，Mと印るされた海峡中央付近の高点を示し，トンネルの両端では昇って，地表に出ている．低点では，トンネルの排水ができる．ケーソン底までのズリ移動は，樋を使って，最も効果的に行えるので，ケーソンの位置は，トンネルの最低点にすべきであり，それぞれW1とW2になる．しかしながら，これらの地点の現在位置は，海面作業をするには，最適の位置である航行ゾーンの境界とは一致していない．W1，W2を航路ゾーン境界に移し，M1をそれらの中間点に動かすことによって，このトンネルの水底部分で掘ったズリの大半を，ケーソンの基底へ動かし，そこから，このズリを投棄場所へ，ポンプで送ることができよう．掘削したズリは，水とチョーク質泥灰土を混ぜたスラリー（泥水）を流す樋式水路の中を，重力で動くことになる．

排水目的に対しては，海峡中央点Mは高い地点なので，この地点だけの単一ケーソンには，そこまでの掘削土の重力配送という利点はない．故に，航路ゾーンの境界に2つのケーソンを使い，W1とW2を，それらのケーソンの基底に移すのが，最適の選択である．切羽からケーソンへのズリ輸送が，掘進速度の支配因子になる場合には，2ケーソン型式での樋式水路の使用が，掘削時間を最も短くすることになる．

ケーソンを設置することになるこの地域は，春の大潮のとき，約22フィート（6.7m）の高潮位と3ノット（5.6km/h）位の流速を有している．ケーソン位置の海底深度は，30mを越えるであろう．


DOVER STRAIT
W1
W2
DOWNS
DOVER
FOLKESTONE
THE RIDGE
LE COLBART
Navigation
Waiting

図—3　ドーバー海峡海図



図－4　トンネル路線での地質縦断面と完成第2段階での縦断図

施工の優先権は，サービス用トンネルの掘削に与えねばならない．というのは，このサービス用トンネルに，3つの作業切羽のそれぞれから伸びて，ケーソン基底へ泥水（スラリー）を送るための樋式水路を入れるからである．このことが，共通の樋式水路に，掘った土をあけることになる他のトンネル・チューブの前進速度よりも，サービス用トンネルの前進速度の方が先行することを要求している．250m 間隔の横坑が，この樋式水路への便利な進入路になる．サービス用トンネルの掘進に優先権を与えた結果として，これ以外の利点も生じる．

表－1を調べると，海峡トンネルの中間進入路にケーソンを採用すると，サービス用トンネルは，1年たらずで岸から岸まで開通できることを示している．このケーソンは，船とケーソンの間の，機械や装置，人員の移送として，海面とトンネル通路の間の進入ができるようにする能力と共に，ケーソンと岸の間を結ぶケーブルやパイプを通して，電力や通信，流体材料用に，ケーソンと岸の間のサービスをすることにもなる．この流体材料には，ケーソンからの泥水の排除と，トンネル作業に必要と思われる新鮮な水やコンプレスト・エア，その他の流体の供給が含まれている．

サービス用トンネルが岸から岸まで，ないし岸からこの複合トンネル体の与えられた作業箇所まで完成すると，機械や装置，人員は，海面上の船からよりも，このサービス用トンネルで，岸から作業箇所へと送られるであろう．このサービス用トンネル内に，仮軌道を敷設すれば，供給サービス用の船を使うよりも，費用と時間の面で，かなり大きな節減になるであろう．それはまた，この海峡航行の通常の船舶に与える障害を減らし，輸送作業から，気象依存因子を除き，さらに，傭船費用をなくすことになる．

掘削の全期間中，ケーソンは取扱う電力や通信，流体サービスでの機能を，天候に左右されずに持続し，海峡交通に影響することもないであろう．

この海峡の季節的天候への依存因子を考慮して，掘削作戦と予定時間表をつくることは，掘削費，とくに，機械や装置，人員の全てを，海面上から送らねばならない初期作業段階の掘削費に，大きな影響をもっている．トンネル・プログラムを練る際には，これらの因子を慎重に調べること

を推奨する．というのは，これらの因子は，建設費に大きく影響するからである．

2.5 掘　削

トンネルを掘削することには，適切に同時進行する一連の作業活動を含んでおり，その中には，作業切羽で地山を削る作業，削った岩を作業切羽の直接部分から動かして，掘削機が作業を続けられるようにする除去作業，削った岩を砕き，ふるい分けて，水と混ぜ，スラリー（泥水）をつくり，そこからポンプで送れるように処理する作業，そして露出したトンネル岩面に，少なくとも一時的な支保工をして，その面が通路に落ちないようにする設備などがある．

参考文献(1)からとった図－5は，孔径12フィート（3.7m）と20フィート（6m）のトンネルについて，1日20時間作業で，種々の硬さの岩内に，孔を掘りうる速度（フィート/日の進行率）を示している．図－6は平均ズリ出し速度（t/日）を示すもので，上述のものと同じ寸法のトンネルについて，種々の硬さの岩から取り出せる速度を示している．

7mのトンネルでの進行速度は100フィート(30m)/日で，2,650米t/日（2,400t/日）のチョーク層の除去になる．4mトンネルでの進行速度では100フィート（30m)/日で，860米t/日（770t/日）の産出となる．7mトンネルのズリ量は，ほぼ11,000米t/日（10,000t/日），4mトンネルでは7,000米t/日（6,300t/日）となる．このデータから7mトンネルでは400フィート/日（120m/日），4mトンネルでは800フィート/日（240m/日）の進行速度を維持できると推定される．この場所ではまたロックボルトや支保工の設置作業のような，他の作業活動も行わねばならないし，さらに，できれば，掘削の後，間もなく，覆工体を仕上げる．

トンネルの掘進には，数種の方法がある．その1つはトンネル径に等しい頭部（head）直径を有する掘進機か，または，多数のカッターないしドリルを有して，しばしばジャンボ（jumbo）と呼ばれている装置のいずれかを使う全断面法である．部分切羽法も使われ，その掘削はクラウンで始まり，数段のベンチをへて，インバート部まで下向きに進めている．掘削作戦のうちのこの部分は，機械装置の選択と寸法に大きく影響し，またケーソンの寸法にも影響する．というのは，その単体部分は，ケーソン通路を通して下さねばならないからである．直径20フィート（6m）を越える掘進機は，部分切羽の掘進に選ぶ場合の機械よりも，はるかに大きな通路を必要とする．下組み法を使って，より大きな単体に，容易に組立てられるようにすることは，関連する輸送作業活動にとって重要である．

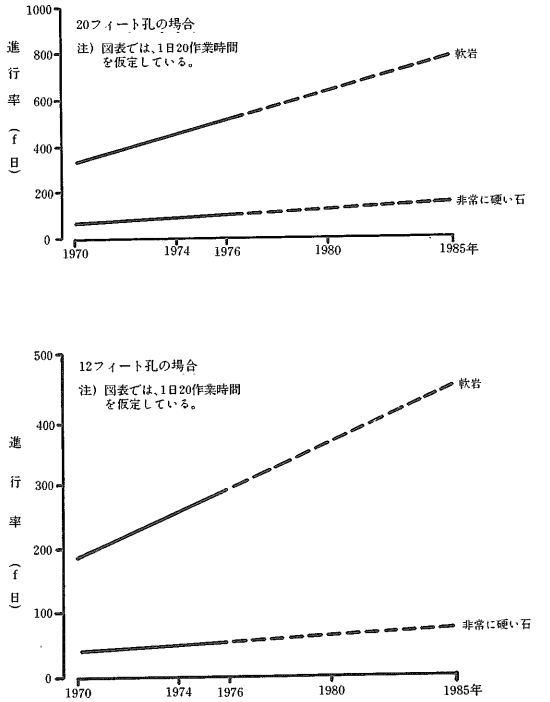
掘削した岩を動かす作業には，クラッシャーとふるい分け装置を使って，その岩を適当な大きさにすることを含んでいる．コンベアが掘削土を仮置場へ移す．そこで，このズリの最終投棄のためのスラリー（泥水）がつくられる．

イギリス海峡トンネルの場合，ズリをスラリーにするための大量の水が入手できる．スラリーを最も多く輸送できるのは，パイプラインであるが，樋式開水路でも送れる．海峡下のトンネル部分は，水平か，または水平に近いと予想されているサービス用トンネルの底に，溝として切り込まれる樋式開水路は，全部で3本のトンネル・チューブからのスラリーを，ケーソンの基底まで運べるようにする．この樋式水路の寸法を決める計算によれば，スラリーをつくるのと同じ速さで，そのスラリーを，この開水路が処理できることを示している．

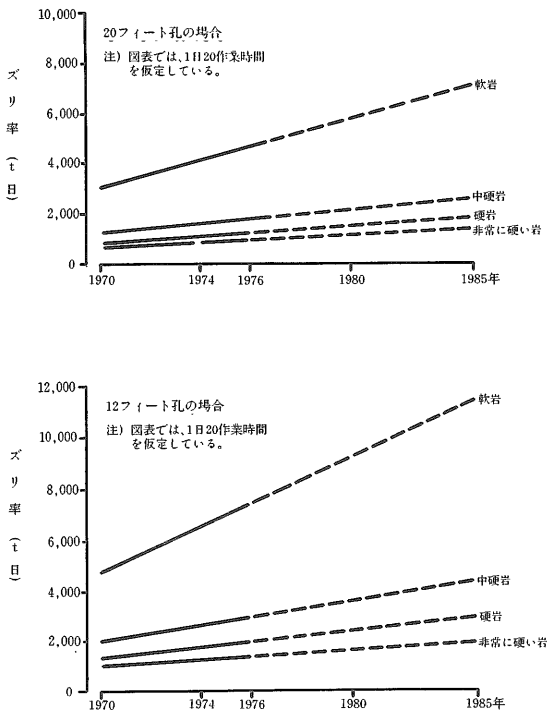
以上の技術調査に基づいて，1日数百フィートの速さでサービス用トンネルを掘り，その両側に，2本の本トンネルを，少なくとも，1日200フィート（61m）の速さで掘ることは，可能と思われる．進行率を，表—1に示した情報と比較することで，新しいスケジュールが，容易に開発できよう．

ポンプによるスラリーの輸送速度，トンネル通路から掘削土を排除するのに，ケーソン基底で必要とする排出ポンプの台数，および，掘削土のポンプ輸送に必要な電力を求めるために，数案の進行率を使って計算した．樋式水路の容量，パイプの寸法，ケーソン頂面から岸までスラリーを運ぶのに必要なポンプ動力などを示す計算も出されている．スラリー密度や掘削速度，ポンプ輸送速度などを含む多数のパラメータを調べて，所要能力の全体的な検討をした．

入手されたこれらの計算から，掘削機械やクラッシャー，運搬装置，コンベア，スラリーの配



図－5　トンネルの計画日進速度



図－6　トンネルのズリ発生量

合，スラリー用ポンプなどの詳細な検討に，それらを関連づけることができよう．こうした装置の売り手は多数いるから，買い手は，このプログラムの中の種々の作業活動に適切に同調する一連の適合機器を入手するように努力せねばならない．これが工学的な全体計画の中での１つの重要な要素である．

第２の要素は，粒子寸法に関係している．掘削機から出る粒子の中には，寸法の大きな粒度のものがありうる．高圧でポンプ輸送するためのスラリーをつくる際には，またとくに，トンネルの底からケーソンの頂上までのような垂直方向とか，ケーソンの頂上から岸までのような所では，圧送ポンプが最も多く使われると思われ，全粒子が，そのポンプ通路をきれいに通過しなくてはならない．さらに垂直管の中では，粒子が流送中に沈降する傾向がある．垂直管中の合理的な速度は12フィート（3.6m）／秒であろう．そして粒子は全て，この流れで運ばれるのに十分なだけ小さくなくてはならない．従って，掘削機やクラッシャーからの粒子や，樋式水路内の粒子の寸法とその分布を知っておかねばならないし，さらに，適切粒度のものだけが，ポンプに入ることを確実にするための監視をせねばならない．樋式開水路は，大きな貯水池であるから，輸送プロセスの一部として，攪拌と，補助的なすりつぶしを考慮するのが合理的である．

スラリーの比重は，ポンプ動力と容量に大きく影響する．海水の比重は1.02，ズリの比重は1.6～2.3で変化するが，計算に使った平均値は2.05である．比重1.1のスラリーは，ズリ容積１に対して水容積11.8を必要とし，比重1.3のスラリーは，ズリ容積１に対して水容積2.65を，比重1.5のスラリーは，ズリ容積１につき水容積1.14を必要としている．トンネルから取り出されるズリの体積は一定しているから，機械で適切に処理できる，最も高密度のスラリーを使うのが，望ましいことになる．この因子は，単に運転費だけでなく，その他の因子と同様に，ポンプの寸法と台数，方式とケーソンの寸法，投資する機械装置に大きな関係を持っている．この研究の一部として行った計算には，含まれる工学的因子の概要がはっきりと出ている．ロックボルト工とショットクリート設備のことも，この問題の検討の中で，評価すべきである．

以上に概説した因子のさらに突っ込んだ検討，つまり，この報告の第２段階の，精練された反覆

は，機械装置の売り手に頼んで，彼らの種々の機械の能力の概要を説明して貰う時になるであろう．ここでは，売り手が，達成できると考える機械の性能を概説し，買い手が，適当で同調できると考えるための共通の場を，確立しておかねばならない．入手したこの情報で，トンネル建設の工学的な面と，財政的な面が，はっきりするはずである．

ここで特別に考慮する事項を出しておく．Taurio社は，非常に小さな粒子寸法にする掘削方法と，その掘削過程でスラリーをつくる方法に注目している．この方法は，キャビテーション領域*で運転する小口径高速ジェット水の使用からなっている．このプロセスには，無数の小泡の発生と崩壊があり，それが衝突したものには，激しい侵食が起こる．硬岩に数秒間で，大きな穴をつくれるようなこの技術が，実演されている．小さな粒子をスラリーの形にすることに加えて，作業用のジェット水をつくるノズルには，数千時間もの長い寿命がある．岩のせん孔に使うカッター・ビットは短命で，高価で，しかも取り換えに時間がかかる．この技術のトンネルへの適用について，若干の用法が考えられている．例えば，ロックボルト用のせん孔とか，スラリーをつくるための小粒子にする際のクラッシャーの代わりとか，上述した特性をもつ掘削機などである．工程計画の早い時期に，この開発への支援，激励があれば，このトンネル工事全体の工費を，さらに節減することになろう．

2.6 トンネルの覆工

大半のトンネルは，覆工して，地山を支持し，シール（密閉）している；主として，水を排除し，トンネル内に落ちることになる岩ブロックの分離を防ぐためである．トンネルの覆工には，多くの選択があり，掘削中に遭遇する種々の地山への適合性に基づいて選ばれる．その種類には，次のものがある：①ヒンジ継手と拡張部のある通常5個のセグメントからなるコンクリート・リング，②ボルト締めする継手用節部のある鋳鉄覆工，③半径方向の等圧下で，コントロールされた変形をする柔な覆工，④吹き付け式覆工．

掘削後1日以内というような早期覆工が提案されている．というのは，この地層は，多量の水分を含んでいて，その蒸発から，収縮と版（slab）の形成が起こり，その版が分離して，掘削部分に落ちるからである（参考文献(3)，(4)）．チョーク層の乾燥は，空気中の水分と湿気を取り除くための換気速度の影響を受ける．

早期覆工の代わりに，トンネルの最終覆工をする前に，待ち時間をとる別な理由も出されている．掘削の直後には，新しくできた開口部の方へひずむ，岩体の寸法増加がある．当初の変形は，比較的高い速度で起こり，次いで，時間の対数に比例する速度で減衰し，事実上，地層の長期クリープになる．トンネルの覆工を，掘削後，10日から100日位の間，遅らせることによって，時間と共に，消散するひずみエネルギーと減少するひずみ速度が，覆工にかかる荷重の分布を減らすことになる．

覆工の早期と遅延という，明らかに相反する2つの推奨は，海峡トンネルでは，版片の落下につながる地山の乾燥と収縮を防ぐには，ある量の早期支持が必要であることを認識することによって，解決できよう．市販のシール材製品のようなものでの不透水性コーティングをして，地層中の水分を保持させておくことができる．ロックボルトとアーチ支保工の組み合わせが，版片の落下を阻止するであろう．後に設置する最終覆工が，地山を安定させる．トンネル覆工についての膨大な討論が，参考文献(5)に出ている．

トンネルの覆工方法は，ケーソンとそれに関連する海上での支援作業活動に影響する．プレキャスト式の覆工材は，プレキャスト・コンクリート，ないし鋳鉄のいずれであっても，ひとまとめにして，ケーソンを通して設置箇所へ送らねばならない．これは，かなり長期にわたる高価な人と船の強力な活動を表わしている．配送船からケーソンを通して，作業現場まで，トンネルの覆工材料をポンプ輸送プロセスで供給すれば，作業強度を大いに減らし，投下資金と運転費の両方を減らすことになろう．ロックボルトとアーチ支保工は，水中エレベータで，ケーソンへ配送されよう．

トンネルを覆工するには，規則的な時間間隔で，大量のコンクリートを作業箇所へ配送する必要がある．既述のように，ケーソン内のパイプを通す

（脚注）　＊　Cavitationとは，急回転する遠心ポンプのまわりなどに生じる真空部分をいう．

材料の配送の方が，ケーソンのハッチを通して，大きな物を下ろすよりも，時間の消費を大幅に減らす．したがって，海面上の船ないし塔から送る材料を使ってのコンクリートの方が，覆工材料を供給するためには，好ましいやり方である．掘削の開始時点から，サービス用トンネルが両岸の間に開通するまでの期間，シール用コーティング材だけですますという選択を実行するなら，工費の一層の低減になろう．というのは，船で運び，配送する量が減れば減るほど，運搬の時間と回数が，少なくてすむからである．

参考文献

1．Faddick, Robert R. and Martin, James W.. "The Transportation of Tunnel Muck by Pipeline.", Report No. UMTA-MA-06–0025–78–4, U.S.Department of Transportation, Urban Mass Transportation Division, NTIS PBZ81103.

2．Bruckshaw, John M.; Goguel, Jean ; Harding Harold, J.B. and Malcor, Rene, "The Work of The Channel Tunnel Study Group, 1958-1960", Journal of the Institution of Civil Engineers, Paper No. 6509

3．Curtis, D.J.; Lake, L.M.; Lawton, W.T. and Crook, D.E. "In-Situ Ground and Lining Studies for the Channel Tunnel Project", Tunnelling '76, The Institution of Mining and Metallurgy.

4．Potts, E.L.M.; Dunham, R.K.; Maconochie, D.J. and Reid, A.G. "Design and Installation of Ground Instrumentation for the Channel Tunnel", Tunnelling '76, The Institution of Mining and Metallurgy.

5．Horst Pochhacker; "Austrian Method of Tunnel Building In Very Heavily Squeezing Ground in Mountainous Terrain, Theory and Practice" , Proceedings, 1976 Rapid Excavation and Tunnelling Conference, The American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, Inc.

3. 水中ケーソン方式

3.1 概 観

水中ケーソン開発の初期段階のとき，その中で行われる主要作業の機能ならびに居住性の支援についての需要を確認するために，一連のシステム図を作成した．ケーソンとトンネルの境界面因子の継続調査から，今回，これらのシステムについて，もっと進んだ評価をするのに十分なだけの情報と技術データの集積を得た．

大きな機械と高レベルの電力を要するこれらの主要システムに注目が集まっている．そのシステムは，作業量が極度に広範囲にわたっており，作業活動遂行上，きわめて重要である．計測や通信機能のようなレーザー・システムもまた重要で，寸法と電力需要の面では，主システムよりは小さいが，主システムが発展するにつれて，進展することを期待されている．

最初の努力は，掘削速度を調べることで始まった; 関連するズリの発生速度，およびそのズリを適切な捨て場へ送る速度．ズリを動かす考えの中には，ズリをスラリーとして運ぶことと，輸送できるスラリーをつくるために，ズリに混ぜねばならない水量があった．種々のスラリー密度とズリの発生速度（掘削切羽数に対応した）を仮定して，反覆計算をした．スラリー用ポンプと管路の寸法，樋式水路の寸法，所要電力量，1気圧の大気を維持するのに必要な新鮮空気量などの値が求められた．その計算は，スラリー密度と掘進速度が，樋式水路の寸法やポンプの台数，所要馬力数，電力消費量に及ぼす影響を，はっきりと示している．これらの計算結果は，その評価に用意したグラフを見ると，最もよく判る．この評価の後段で，各グラフをもっと詳細に吟味する．ポンプ台数と関連するシステムおよび必要となった装置は，投下資金に直接関係し，電力消費量は，資金と運営費の両方に直接ひびく．

3.2 エア・システム

ケーソンとそれに付属する作業空間全体に，コンプレスト・エアを供給するシステムが用意される．コンプレスト・エアは，多くの目的に役立つ．水密で，気密な閉塞空間である作業空間から，地山をとり除くにつれて，掘った土の量だけの空気を入れて，1気圧の大気を完全に維持しなくてはならない．コンプレスト・エアはまた，多くの道具，とくに手作業道具を運転するのに必要で，後者は維持その他の目的の多くの場合に使われる．

埋設管を通してケーソンにコンプレスト・エアを供給するために，海岸に設置するコンプレッサー基地のことを査定した．計算では8インチ（20cm）のパイプと200 psi（14kg/cm^2）の初期圧を使うと，そのエアがケーソンに届くまでに，4～16％の圧力降下があることを示した．ケーソン

内にはトンネル複合体全体に行きわたるサービス・ライン網がセットされ，必要な道具へのサービスをすることになる．6つの各切羽で，10フィート（3m）／時の掘進速度を採用しておれば，トンネル内の大気を1気圧に維持するには，コンプレッサーは，毎秒0.55ポンド（0.25kg）のエアを配送せねばならないであろう．道具の動力所要量を考慮すると，コンプレッサー所からは，毎秒最大1ポンド（0.45kg）のエアを，ケーソンへ送らねばならないであろう．

3.3 大気コントロール・システム

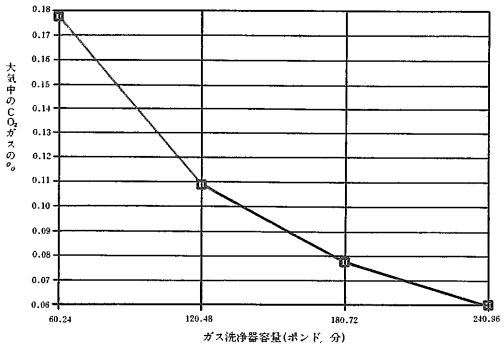
全作業箇所を通じて，空気を循環させるために，換気システムを設置する．このシステムはまた，必要に応じて，暖房と冷房をする．閉塞システム内の汚染物は，多くの発生源から生じうるが，代表的には，同化作用の二酸化炭素は，人から生じるし，煙とその他の汚染物は，溶接作業ないし潤滑油を使う機械に付随する油の蒸気から，また地山に取り込まれたガスから生じうる．

地下の空気容積が，外側の大気から遮断されている期間中は，汚染物の蓄積がありうる．故に，住んでいる人の快適さを保証するには，汚染物についての大気監視プログラムが必要である．汚染物は，吸収，ろ過，その他の処理のような多くの方法で，大気中から除去されよう．

人が住む閉塞空間では，1人1時間当り1／10ポンド（0.045kg）の割合で生成される二酸化炭素（CO_2）のあることは，確かである．作業空間に連続して滞在する100人に対して，CO_2の平衡値を与える種々の寸法のCO_2ガス浄化器の性能が，図—7に示されている．

3.4 スラリー・システム

スラリー処理システムはトンネルを掘ることで発生するズリを，切羽から海岸の土捨場まで運ぶことを想定している．このシステムは，次の事項からなる：作業箇所のすぐ後で，クラッシャーないしグラインダー（すりつぶし機）が，ズリを小粒にする．この粒子をコンベアで，サービス用トンネルに送る．サービス用トンネルの中で，このズリに海水を混ぜて，スラリーをつくる．そのスラリーを樋式水路にあけ，ケーソン底まで，重力で流す．ケーソンは，トンネル縦断線形の低い地点にある．スラリーをケーソンの底から頂面まで動かすには，多数のポンプとライザー（riser）が使われよう．ライザーが，スラリーを大きなパイプの中にあけ，そのパイプが，海岸の土捨場へスラリーを送る．



図—7　トンネル空洞で100人が働いていると仮定した時のCO_2と同ガス洗浄器容量の平衡レベル

スラリーの沈澱を防ぐためには，その流速を毎秒6フィート（1.8m）ないしそれ以上のレベルに保たねばならない．これはスラリー用ポンプを吸引側に2台投入すれば達成される．スラリーの最大生産状態下で，このスラリー・ポンプは，樋式水路ないし付属貯水槽からのスラリーの吸い出しを行い，そのスラリーをライザーを通して吐出し，排送ラインを通して，ケーソンから岸までスラリーを運ぶ．スラリーが，最大速度では生産されていない場合には，このスラリー・ポンプのうちの1台か，または2台が，スラリーから海水の方の吸引に移され，スラリーをつくるために，樋式水路に海水を供給するラインによって，海水をケーソン底に注ぎ込む．この供給源の方に移したスラリー・ポンプは，海面からポンプまで測った正の吸引水頭をもつことになり，それらのポンプは，このシステムを通して吐水するので，その負荷電力は最小になる．正運転になったポンプとして，これらは同じ流速を出し，このパイプ・システム全体を通して，最適の流速を維持し続けることになる．この海水流入は，排送ライン中の泥水の密度を減らし，すべての沈澱物を，そこから除去するのに役立つであろう．

指定されたスラリー密度にするのに加えねばならない水の割合，そのスラリーを作業箇所からケーソン底まで送るのに必要な樋式水路の寸法，

スラリーをケーソンの底から頂面まで送るのに必要なポンプとライザーの台数，そして，このスラリーをケーソンの頂面から海岸の土捨場へ送るのに必要なパイプ寸法とポンプ寸法を求めるための計算が行われた．この計算は，スラリー密度，作業切羽数，ライザー直径，掘削土をケーソンから岸まで送るパイプの直径などからなる変数の範囲に対して，実施された．この計算結果は，付属のグラフに出ている．

次のような仮定をした：鉄道トンネルの掘削直径は8m，サービス用トンネルの直径は5m，掘進速度は1時間当り10フィート（3m），1日の作業は20時間，作業のできる切羽の最大数は6個，ズリの密度は2.05t/ya^3（2.67t/m^3），ケーソンの底から頂面までの距離は250フィート(76m)，ケーソンから海岸の土捨場までの距離は6.67マイル(10.7km)，スラリーの許容最大流速は12フィート（3.6m）／秒．

図－8は，スラリーの製造速度（ft^3/sec）を掘削切羽数の関数として，またスラリー密度の関数として表わした棒線グラフである．作業切羽数を増す方法には，意味がない．

図－9は，スラリー製造速度のカーブで，全部で6つの切羽を使うときのスラリー密度の関数になっている．

図－10は，ケーソンの底から頂面まで，スラリーをポンプで上げるのに要する総電力量と所要ライザー数を，スラリー密度の関数として示す棒線グラフである．このグラフは，指定されたスラリー密度に対しては，ライザーの直径とは係わりなく，所要電力量は，ほぼ同一であることを示している．

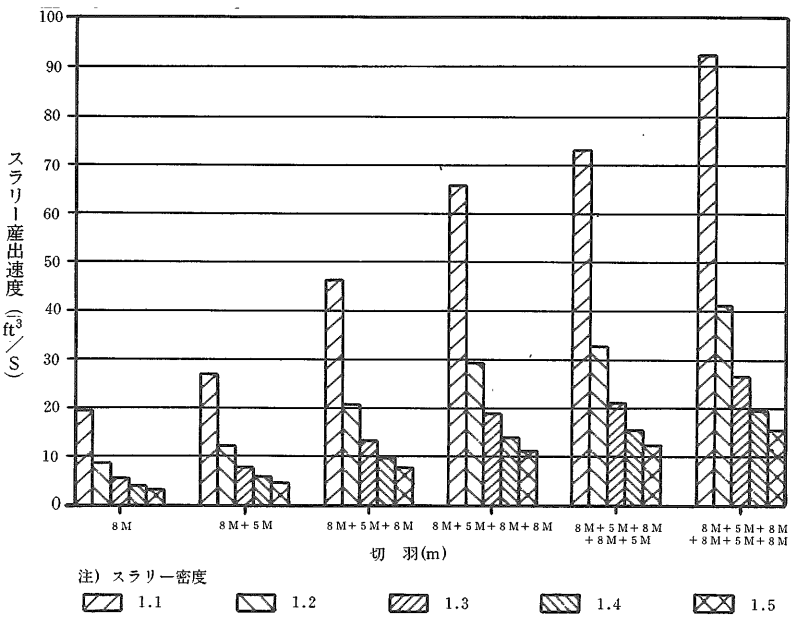
図－11は，パイプ直径を変えて，ケーソンの頂面から海岸の土捨場へスラリーを，ポンプ輸送するのに必要な総電力量を，スラリー密度の関数として示す棒線グラフである．このグラフは，パイプの直径を減らすことによって，したがって，スラリー速度を減らすことによって，電力量が劇的に減ることを示している．

図－12と13は，ショットクリートで巻いた樋式水路と滑めらかな覆工をした同じ水路について，通水容量（ft^3/sec）を，深さの関数として示したカーブである．

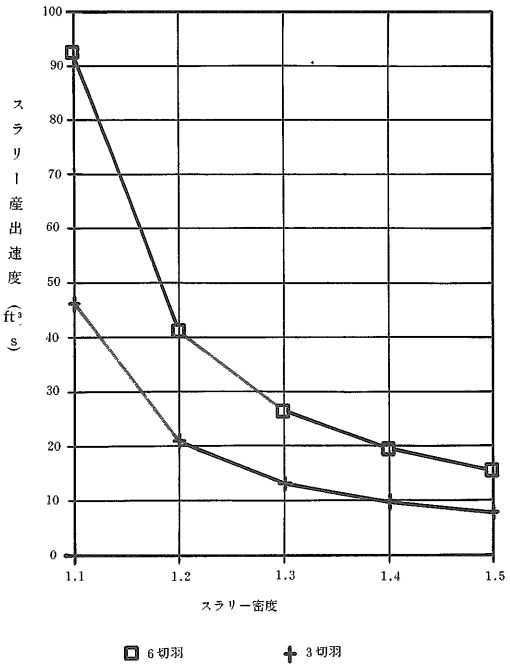
図－14は，樋式水路ないし海水ラインのいずれかから吸引するスラリー・ポンプの能力を示す基本図表である．

3.5 上水および下水システム

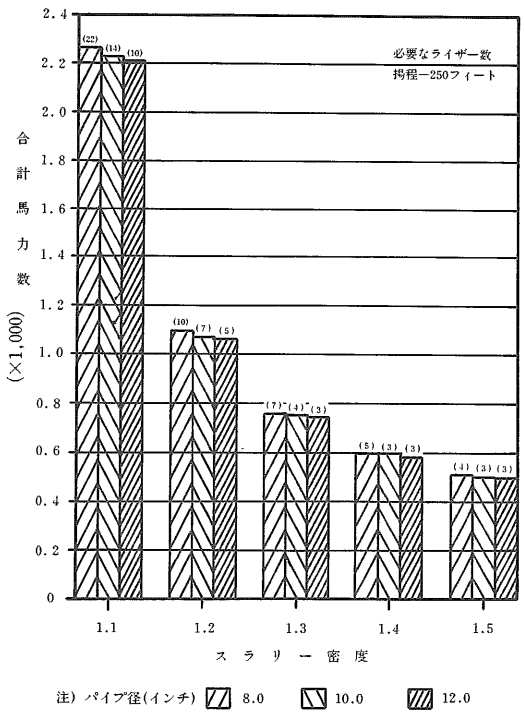
上水道ラインは，飲料用，調理用，洗濯用，セメント水用，工事に付属するその他の作業活動用に，海岸からケーソンまで設置される．新鮮な水を貯蔵するために，5,000ガロン（19m^3）の水槽が，ケーソン複合体の内部に設けられる．海岸と



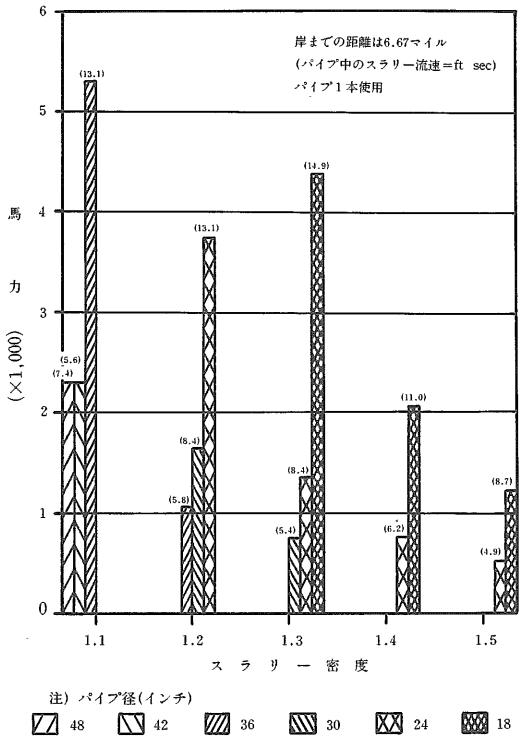
図－8　10t/時の掘進速度で掘られる切羽の数の関数としてのスラリー産出速度



図—9　全部で6つの切羽が10ft/時の速度で作業している時のスラリー密度の関数としてのスラリー産出速度



図—10　全部で6つの切羽が10ft/時の速度で稼動している時，ケーソンの底から頂面までスラリーをポンプで上げるのに必要な電力とライザー数



図—11　全部で6つの切羽が10ft/時の速度で稼動している時ケーソンの頂面から岸までスラリーをポンプ輸送するのに必要な電力

ケーソンの間の水頭差によって，水は，ポンプを使うことなしに，自然流下し，3インチ（75mm）パイプを通して，2,500ガロン（9.5m³）／時が流れるであろう．所要水量については，まだ確定されていない．

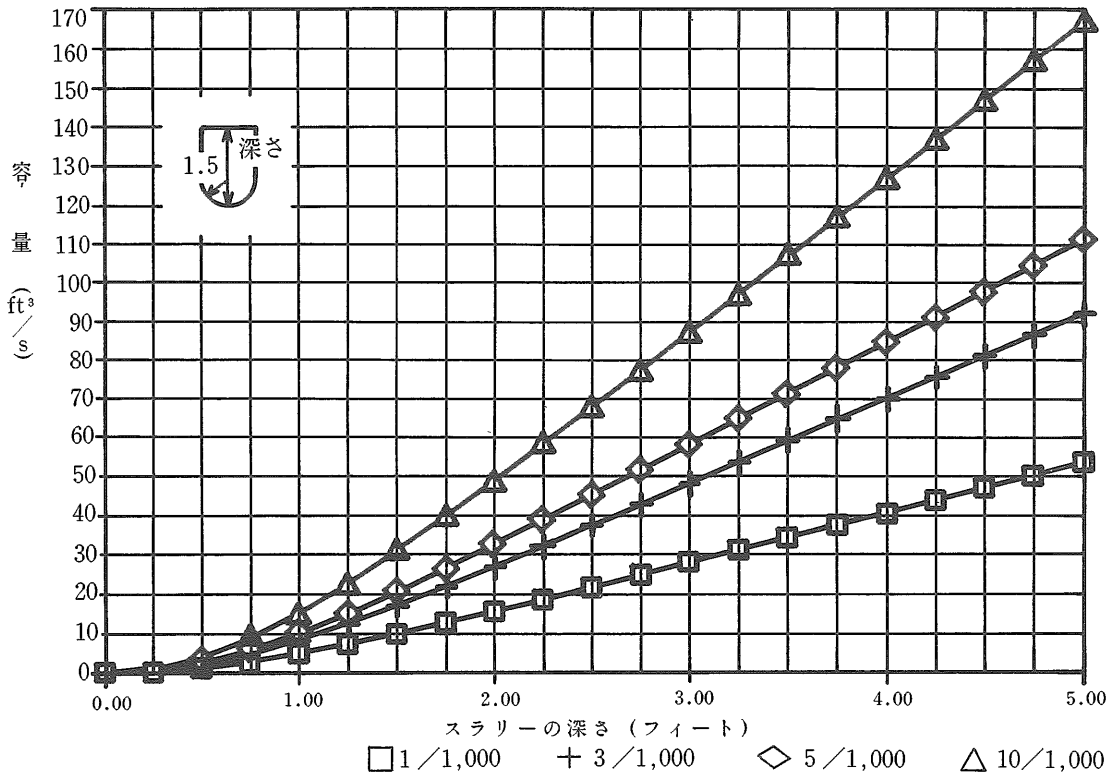
台所の流しや洗面所，便所からの排水はすべて，スラリーと混ぜて，排水システムを通して排出する．

実施した計算では，径3インチ（75mm）パイプを使えば，水の流速は2フィート（0.6m）／秒になることを示している．この流れを使えば，5,000ガロン（19m³）の水槽を一杯にするには，約2時間かかる．

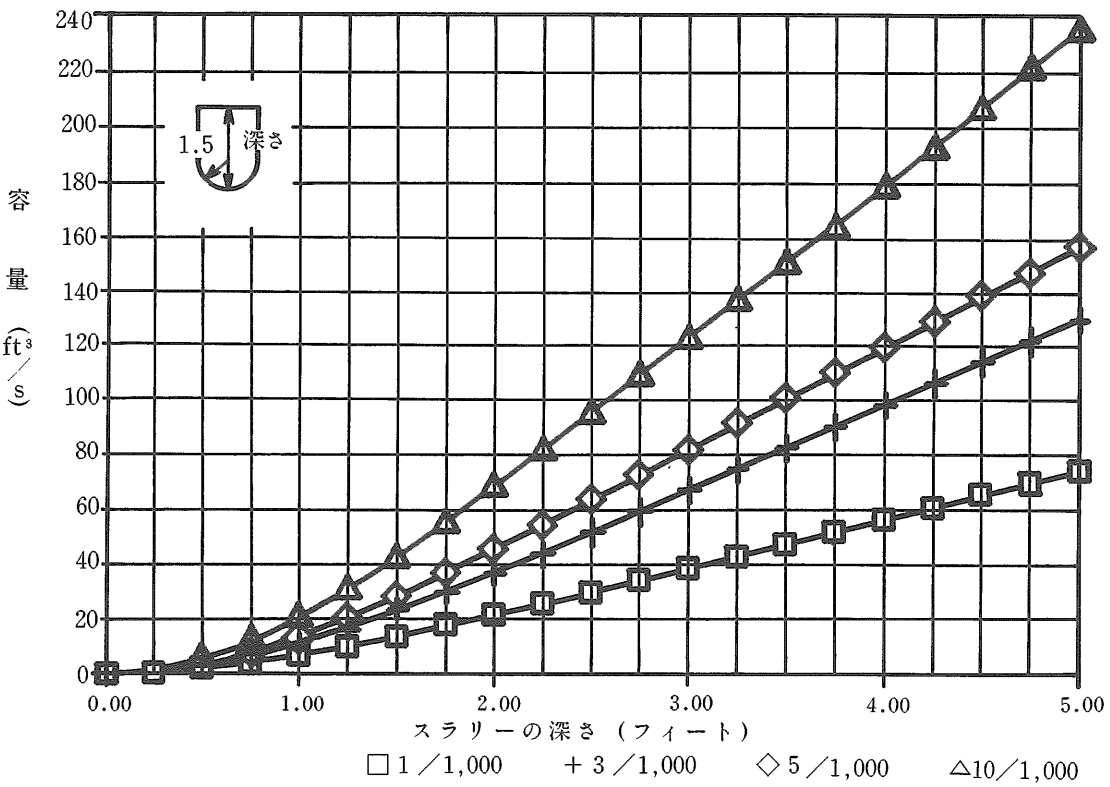
3.6　その他のシステムの図表化

種々のシステムの要約を，図—15に掲げる．また負荷電力の予備解析を表—2に示す．図—16は，バッテリーの特性を示すもので，海岸からの送電が途絶えた時の支援に使われる．

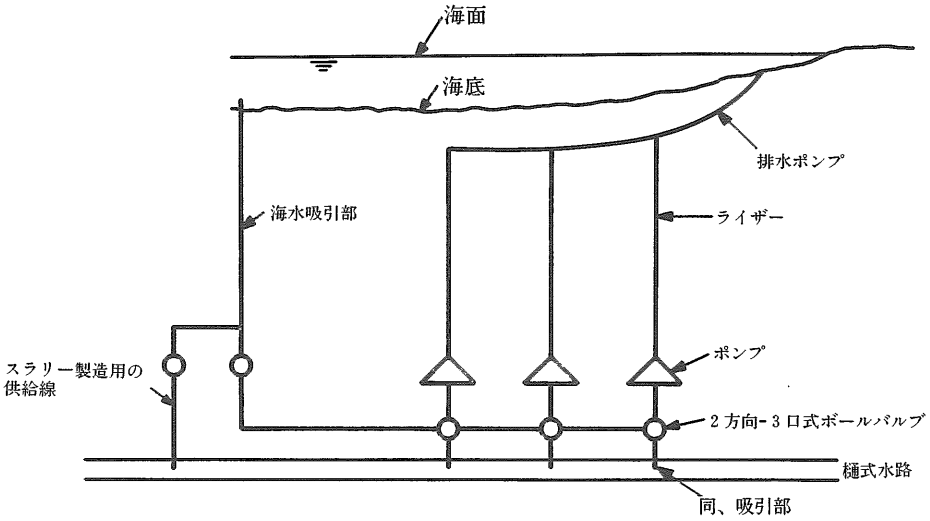
4.　ケーソンの設計



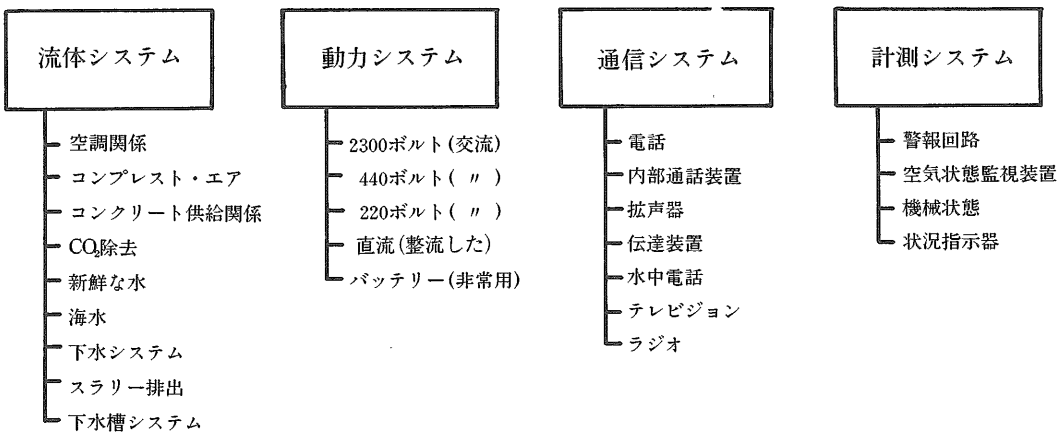
図—12　樋式水路の容量と深さの関係（ショットクリート覆工）



図—13　樋式水路の容量と深さの関係（滑らかな覆工）



図—14　スラリー関係システム基本図表



図—15　一般システム

表—2　イギリス海峡トンネルの負荷電力の解析（1ケーソン当り）

項　目	単　体	単体数	合　計
大型掘削機	750馬力	4台	3,000馬力
小型掘削機	500	2	1,000
大型コンベア	100	4	400
小型コンベア	50	2	100
大型クラッシャ／グラインダー	150	4	600
小型クラッシャ／グラインダー	100	2	200
換気ファン	10	10	100
ポンプ（ケーソン底）	250＊	6	1,500
ポンプ(ケーソン頂面のブースター)	1,500	6	3,000
CO_2ガス浄化器	125	2	250
照明関係（1ワット／フィート）	0.00134	21X6080	180
その他の機械	10	20	200
計器および通信器			100
その他の宿泊所用			300
クレーンとエレベーター			500
地下輸送系統			500
			11,930馬力 ＝8,900kW

＊スラリー密度＝1.2とする。8,900kW／2,300V＝3,870アンペア

126　電池型式　TLX-39-B　工業用バッテリー

TIME HOURS	SERVICE ⊙ 1.210 SP. GR. AMPS.	1.210 SP. GR. KW.	1.250 SP. GR. AMPS.	1.250 SP. GR. KW.	1.280 SP. GR. AMPS.	1.280 SP. GR. KW.	FINAL VOLTAGE AT BATTERY TERMINALS 100 EMPTY ON FINAL VOLTS CURVE VOLTS	DISCHARGE CHARACTERISTICS ⊙ AVER. FINAL CELL VOLTS	⊙ MIN. FINAL CELL VOLTS	EFFICIENCY AMP. HOURS	EFFICIENCY WATT HOURS	CAPACITY AT DIFFERENT INITIAL TEMPERATURES ⊗ 50°F. HR.	50°F. MIN.	60°F. HR.	60°F. MIN.	70°F. HR.	70°F. MIN.	80°F. HR.	80°F. MIN.	90°F. HR.	90°F. MIN.	100°F. HR.	100°F. MIN.	110°F. HR.	110°F. MIN.	120°F. HR.	120°F. MIN.	130°F. HR.	130°F. MIN.
½					6100	1136	160	131	105	90%	57%	—	24	—	26	—	28	—	30	—	31	—	32	—	33	—	34	—	35
1					4000	830	180	146	128	90%	68.5%	—	31	—	34	—	37	1	00	1	02	1	04	1	05	1	06	1	08
3					1790	390	201	161	151	90%	75%	2	38	2	46	2	53	3	00	3	05	3	08	3	11	3	13	3	16
5					1185	279.6	207	165	157	90%	76%	4	31	4	41	4	52	5	00	5	06	5	10	5	14	5	18	5	21
8					1025	243.9	208	168	158	90%	76.5%	5	24	5	30	5	50	6	00	6	08	6	13	6	17	6	21	6	25
10					840	183.8	212	169	163	90%	77.5%	9	16	9	30	9	46	10	00	10	10	10	17	10	23	10	26	10	30
20					370	90.2	215	171	166	90%	78.5%	18	42	19	14	19	40	20	00	20	12	20	20	20	28	20	34	20	37
30					215	52.8	217	172	168	90%	79%	34	12	34	58	35	34	36	00	36	14	36	24	36	32	36	39	36	39
40					165	40.7	217	172	168	90%	79.5%	45	51	46	48	47	31	48	00	48	12	48	20	48	26	48	31	48	31

図—16

4.1　概　観

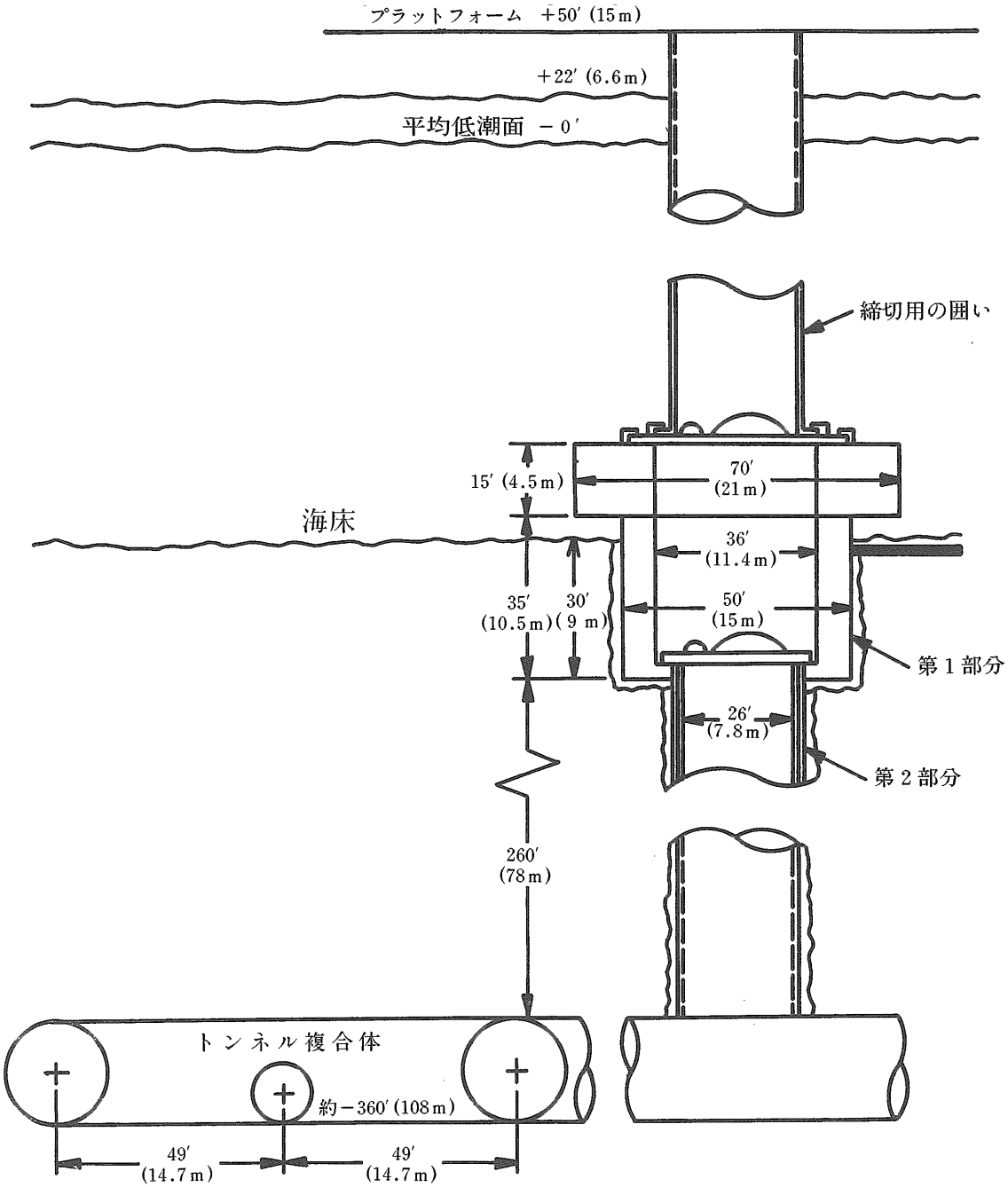
人や機材の地下空間への出入りをさせるのに使うケーソンには，2通りの運用形態がある; それは，地下通路を，海峡の海面上にあるプラットフォームと直接結ぶか，または，全体としては水没した形で機能し，地下空間を，海底上に立ち上っているケーソン部分と連結する．後者の運用形態では，ケーソンは，その頭上海面にアンカーされた船と，水中エレベーターを使って連絡するか，または潜水バージで断続的に連絡する．

両運用形態とも，ケーソンは一連のハッチによって，地下作業場の洪水を防いでおり，それらのハッチは，この複合体の完全な水密性を得るために，ケーソンの種々の高さのところで，閉まるようになっている．本論では，基本的な面で，ケーソンの構造とその組み立て方を論じよう．

ケーソン構造には，海峡底にのせる第1ケーソン部分があり，それは高さ50フィート（15m）の円筒区間である．埋め込んだ30フィート（9m）が，海底に貫入するとき，その海床上には，残りの20フィート（6m）が出る．第2ケーソン部分は，第1ケーソン部分から吊られ，第1部分と地下作業空間の間の立坑に沿って並べられる．この第2部分は，立坑を掘ってから設置する．次いでこれは，立坑壁にグラウトづけされる．第3ケーソン部分は，第1ケーソン部分に剛結，シールされ，海面上に出て，その端はプラットフォームの便利な位置の所にする．このプラットフォームは，海底についた脚の上に独立して立つ．

4.2　第1ケーソン部分

図—17に示す第1ケーソン部分は，環状の鋼構造物で，その下の方の部分は，50フィート（15m）の直径を有し，高さは35フィート（10.5m）である．この上には，70フィート（21m）の外径と15フィート（4.5m）の高さを有する上方部分がのっている．下方の部分は，海底に30フィート（9m）埋められ，水平にされて，海床中にグラウトづけされる．ケーソンの内径は，直径36フィート（10.8m）で通されている．下方の環体は，構造的には，水槽（tank）のような形をしていて，内殻，外殻，および，部材を補剛する内部水槽にのっている環状の隔壁平板を有している．この補剛部



図—17　水中ケーソン構造図

材は，環体の内部空間を，独立した水槽に分けるように設置される．この水槽は，全体システムの設計が進むにつれて，有効になる．

この区間の上方の環状部分には，作業空間全体を通じての補給兵たんと安全管理をするための事務室とコントロール室のスペースがある．それは，作業空間への人員，機械，材料の出入りをコントロールする．それは頭上にあるプラットフォームと協同して，また海上の支援船と協同して働いたり，あるいは独立して立つ管理センターとして，丁度その時，進行中の作業活動の基地にもなりうる．後者のケースでは，それはまた，非番労務者

用の適切な宿泊施設を入れることにもなる．

下方環体の底のところに，1つのフランジが内殻から内向きに突き出している．このフランジを使って，第2ケーソン部分を吊り，第1部分と第2部分が互いに接合された後，その間の水密シールをする．このフランジ面は，機械仕上げし，第1部分の底と地下空間の間の立坑を掘る作業過程で，被害を受けないようにせねばならない．

第1部分の上面は，支持面および，第1部分と第3部分の間のシール面の両方として働く．この面ないし，それに続く部分もまた，機械仕上げし，掘削過程での防護をせねばならない．上面の正確な形状は，詳細設計の過程で定まる．

第1部分は，施工中の種々の時点で，様々な荷重状態を受ける．結果として，それは自立し，次いで第2部分を支持する;最後に第3部分が加えられる．補給支援活動中に，機械や装置の重量が，断続的な荷重になる．というのは，それらが，この複合体を通るからである．最後に，ケーソン複合体は，作業空間の洪水を防ぐことを目的とした水密な障壁であるから，種々の災害形態が，この構造物に及ぼす影響を調べておかねばならない．荷重状態毎の解析をしておくべきである．

第1ケーソン部分はまた，立坑を掘る作業にも使われる．せん孔作業装置をまわすには，大きなトルク荷重をかけねばならない．通常，このトルク荷重に抵抗するのは，プラットフォームの高さのところである．しかしながら，海床に適切にアンカーすると，第1ケーソンをせん孔トルクに抵抗させるのに使える．第1部分の頂面にのっている減速機は，ビットを低速で動かすが，一方，プラットフォームは，かなり高いスピードでピニオン（小歯車）を動かしており，結果として，プラットフォームにかかるトルク荷重を低くする．これは，プラットフォームの脚にかかる片張り出し荷重を，速度比の倍数だけ減らすことになる;それは立坑をせん孔する時間を減らすものである．この立坑は，第2ケーソン部分を入れるが，直径28フィート（8.4m）まで掘られると予期している．それは，孔の表面粗度が，地山の切削作業で，かなり変化すると考えているからである．

4.3 第2ケーソン部分

図—17に示すケーソンの第2部分は，外径約26フィート（7.8m）を有する，長さ約260フィート(78m)の円筒シェルを補剛したリングからなり，垂直軸を一致させて，第1部分から吊っている．この部分の上端は，外側フランジのところで終っており，その外側フランジは，第1部分下方の内側フランジの上にのっている．密着する2つのフランジ面の間のエラストマー・シール剤*は，海水がケーソンにはいるのを防いでいる．第2部分の頂面に，1つのハッチが設けられる．それは外側フランジの上面に対して開閉でき，また，洪水災害に対する予防として，エラストマー・シール剤を有している．

第2部分のシェルの荷重状態は，設計上，2つの形態が考えられる．この部分は，事実上，孔の覆工であるから，シェル底に対する全上載荷重圧が，それにかかる最大圧縮荷重を表わすと考えうる．一方，その代りとして，このシェルは，それが立坑内に下げられる時には，洪水になることはなく，設置当初にかかる差圧を受けることもないと考えられ，このシェルと地層の間に注入するコンクリートの型枠と考えうる．この形態では，型枠内の水頭の内圧以下の，ほぼ260フィート(78m)の高さのコンクリート・ヘッドに等しい基底での差圧で，このシェルは加圧される．シェルの外周に，厚さ約1フィート（30cm）のコンクリート覆工があれば，そのコンクリートが凝固すると，上載部分の荷重圧力を適切に支え，シェルに追加的な荷重を伝えることはないはずである．この後者の形態では，第2ケーソン部分は，それの受ける荷重が軽くなるので，かなり軽い目方になる．

4.4 第3ケーソン部分

ケーソンの第3部分は，円筒状の，リング補剛した締切囲い（coffer dam）であり，クランプ（止め金）で，第1部分の頂面に連結されている．両者の間のフランジ継手には，エラストマー・シール剤を入れて，完全水密にする．締切り囲いは，海面上に立っているプラットフォームのデッキ面の付近で終る．この第3部分は，プラットフォームが，ケーソン複合体の上に据えられた時にのみ使われる．

4.5 吟 味

（脚注）＊ elastomer：ゴムのような弾性をもつ人造物質

ケーソンは，トンネル軸（導坑）を，岸から岸まで通す作業に含まれる多くのプロセス遂行にとって，中心となるものである．このトンネル軸を通す主要な作業活動は，掘削，ズリ出し，掘削土をスラリーにして適切な土捨場へ送る作業，トンネル軸の掘削後に残る地層の完全性を保つためのロックボルトと支保工の設置工，トンネル壁を防護し，支持し，最終仕上げをするために，覆工材料を供給し，それを適用する作業などである．作業切羽が，ケーソン底から遠ざかるにつれて，機械やその他のサービスに対する電力を供給するために，電力ケーブルの連続的な追加需要がある．サービス用トンネルと，その中の樋式水路が，ケーソン底から伸ばされるにつれて，スラリーをつくるための海水を供給するパイプ工の連続的な追加需要がある．トンネル軸（導坑）表面に適用するロックボルトや支保工装置，覆工材料の連続的供給が要求される．トンネルが伸びて，絶えず通行時間が増えるにつれて，運搬車両の追加が必要になる．その結果，常時，ケーソンに出入りする材料や機器，人員の連続的供給がある．トンネルの水平交通に加えて，ケーソン複合体を通る垂直方向にも大きな交通がある．

ケーソンを通る兵たん補給的支援は，パイプやケーブル，エレベーター，解装装置で行われる．ケーブルはエネルギー（電力）を供給し，岸，プラットフォーム，管理所，作業空間を相互連絡する通信サービスをする．パイプは，掘削土の大半をケーソンに運び，そこから土捨場へケーソン底を起点とするパイプを通して動かす．スラリー製造に使う海水は，ケーソンの所で，海峡の水からとり，スラリーをつくっている所で，樋式水路に配送する．エアや新鮮な水のような，その他の流体や，セメントと砂のような細かな固体もすべてが，パイプを通して持ち込まれる．

ある種の固体材は，連続した台の上にある解装装置と分裂防止装置を通して，作業場所へ持ち込む．作業の前進につれて，かなりの量の大小のケーブルが，毎日の基礎として，必要になることを認識するなら，巻いていないかなりの長さを，通路内に考えるのが合理的である．この方法は，ホースにも同じように適用される．作業要求に合わせて，作業箇所に必要な端末がくるようにする．鋼棒や鋼板のような工事材料のストックも，連続した長さで巻いて，送ることが必要であろう．ロックボルト工用や，天井支保工と覆工支持用の枠をつくるためのこれらの材料は大量になる．

ロックボルトを切断し，ネジ山をつけることや，地下の場所での圧延プロセスで，枠をつくり，それによって，補給兵たんプロセスを簡略化することを考えるのが合理的である．カーブした骨組は，特に大きなスペースと取扱い場所をとり，完成した形でケーソンを通すことは，非効率な荷物となる．

エレベーター・システムは，垂直に動く作業活動のうちで，最も厄介なものである．その理由の一部は，全体の完全水密と人の安全を維持するために，数段階でハッチを操作して，荷物を移送するからである．

このため，可能なところでは，パイプ法やケーブル法，解装プロセスを使うべきである．ケーソン設計の主な因子の中には，構造的，機械的，電気的，通信的考慮と共に，各種の部品要素を輸送するための補給支援をする最も有効な手段の決定，人員と各項目の材料の安全を，常時，確保するための機構と装備の設置がある．

4.6 ハッチとエレベーター

ハッチは，ケーソン複合体の２カ所に設けられ，２つは第１ケーソン部分の頂面に，また２つは第２ケーソンの頂面に置かれる．各段には直径18フィート（5.4m）の開口部を閉める大きなハッチと，直径30インチ（75cm）の開口部を覆う小さなハッチがある．大きなハッチは，作業空間を使う最大寸法の装置を通すことを目的にしており，小さな方のハッチは，ケーソン複合体を通る人の通路用を目的にしている．

人員の移送は，第３ケーソン部分を通るエレベーターで，人員をプラットフォーム・ケーソン部分まで下げることで行われる．彼らは，小さなハッチを通り，プラットフォームから，はしごか階段で第１ケーソン部分を通り抜け，第２ケーソンの頂面に，小さなハッチを通ってはいり，このケーソンの頂面直下のプラットフォームに降り立つ．このプラットフォームから彼らは，恒久装置の人用エレベーターでトンネルのレベルまで下がる．

第３ケーソンを通る垂直通路は，150フィート

(45m) を越えるであろう．また，第1ケーソンの通路は，約45フィート (13.5m)，第2ケーソンの通路は260フィート (78m) 位になろう．作業班の終了交代時には，この手順は逆になる．ハッチは，使わないときは常に，閉じておくようにする．

ケーソン複合体を通しての装置の搬送には，プラットフォームから，第3ケーソン部分を通して，第1ケーソン部分に，部品片を下げることが含まれており，第1ケーソンの所で，この部品片は，構造物上に置かれる．次いで，荷物を下げたクレーンを十分に引っ込めて，第1ケーソン部分頂面の上方ハッチを，閉められるようにする．このハッチ中央のシール用装置 (分裂防止装置) を開いて，再びクレーンのフックが入れるようにして，それに再度，荷物を取り付けて，つかみ上げる．完全水密になるように，つり綱のまわりをシールする．第2ケーソン部分頂面の下段ハッチを開け，荷物をトンネルのレベルまで下げる．次いで，つり綱を引っ込め，入れた時と逆の手順で行う．この荷降ろし方法は，水が入るのを防ぐハッチの1つは，常に閉じられていることを保証するもので，それは完全防水を保証する．

5. 結　論

1．水中ケーソンは，海底トンネルの施工に，次のような利点を与えることができる：

- 工期の大きな減少
- トンネル縦断線形の低点上におく時の単純なズリ処理
- トンネル空間での車両交通と労力の大幅な縮減
- 施工費のかなりの節減

2．ケーソンの使用を，トンネルの設計と施工方法の計画段階で考慮すれば，工費と工期の便益を最大にでき，海面船舶との相互干渉を最少にできる．

3．サービス用トンネルのインバートに掘った樋式水路の使用によるトンネル内のズリ移動は，施工費節減の上で，多くの必然的長所を有している．スラリー形成用の大量の水は，入手可能である．スラリー密度はできるだけ高くして，混合物中の水量を最少にすべきであり，そうすることで，ポンプ輸送の容積と所要馬力を減らせる．

4．作業切羽掘進用に，またロックボルトのせん孔用に，さらに，スラリーの粒子寸法を減らすために，キャビテーション法のジェット水能力を調べるべきである．この能力は，装置の寸法と費用，ならびに運転費を減らすであろう．スラリーは，掘削過程で形成することを期待している．

5．トンネルを支持し，覆工する方法は，その方法と同時に，施工時期についても査定せねばならない．最終覆工の設計をする前に，参考文献(3)，(4)，(5)の種々の技法を，技術的内容と同時に，施工に対する財政的影響についても，評価しておくべきである．

6．水中ケーソンを使う海峡水底トンネル工事のやり方の記述は，性質上，一般的なものである．故に，それは，他の海底トンネルにも適用できる．

6. 謝　辞

筆者たちは，この資料作成にあたって，Taurio社チームの他のメンバーが，それぞれの分野で，貴重な貢献をしてくれたことに謝意を表したいと思う．Anthony Travelyn氏は，多くの時間をかけて，マイクロコンピューター用プログラムをつくってくれ，そのプログラムが反覆解析プロセスの工学的計算をした他，多くの数表を作成した．Frank Bennett氏もまた，所要電力量のさらい出しと，その他の作業を調べるのに，惜しみなく時間をさいてくれた．Chris Golnik女史とJulia Holmberg女史は，ワードプロセッサー操作や編集，査続の仕事をしてくれたし，Paul Havener女史とMara Beckwith女史は，論文用の図を用意してくれ，その同僚各位がグラフをつくってくれた．

タウリオ社 (Taurio Corporation) の概要

本社：ヴァージニア州アレクサンドリア

独立部門研究所：2カ所

支店：3カ所 (米国内)

社長：W.E.KUHLMANN

設立：1979年

従業員数：約25名 (1984年現在)

売上高：1億1千万ドル (1984年)

特徴：技術専門サービス会社 設計、システムエンジニアリング　ライフサイクルプロジェクトマネジメント　設備計画・設置・運用　トレーニング解析

海外資料

ドーバー海峡連絡計画（3）

――英仏調査団の報告――

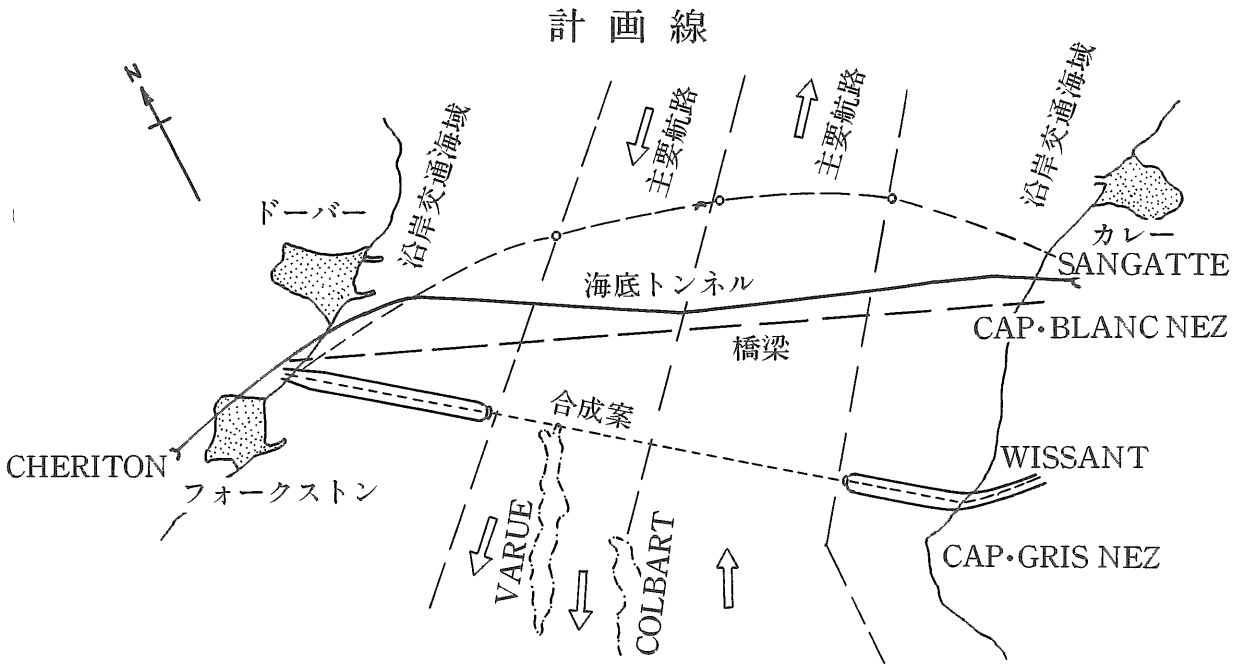
Fixed Channel Link
Report of UK/French Study
Group
"British Crown copyright translated and published by permission of the Controller of Her Britannic Majesty's Stationery office"

英国運輸省
監訳　中川　学*

付属資料A.　海運の発展

A.1　既存の海上サービスを発展させることを支持する資料の多くは，ドーバー港湾局（DHB）が召集した小委員会でDHBの構成員であるヨーロッパ・フェリーplc，P&Oフェリー Ltd，シーリンク Uk Ltd，（後に）ホバースピード Ltd と監視者として英国船舶協議会，英国港湾組合，ケント州協議会による共同研究の結論が出される直前に提出された．著名なフランスやベルギーの海運業者（ferry orerators）や港湾業者の意見も考慮された．

A.2　フェリー業者は，船舶業務は予測交通量の全てをカバーするだけでなく，現在よりも実質



図－1　計画線

*一橋大学教授

上低いコストで運ぶ能力があると主張している．連絡路のない場合，彼らは運賃（tariffs）を現在の料金より30％値下げし1979／80年レベル以下にすることが可能だろうと思っている．もしフェリーがシャトル輸送付きのトンネルと競合するなら，利用者は交通手段を選択することにより，運賃はさらに1979／80年レベル以下の40％も値下げが可能になり，連絡路の実現性に疑問を投げかけよう．

A.3　これらの議論は以下の3つの主要因に決定的に左右される．すなわち，

(a)　より大型，高速，効率的な船の導入（新技術）

(b)　年間を通じて交通量がより均等に分散する傾向の持続（平準化）（dereaking）

(c)　需要と密接に結びついた収容力（合理化）

A.4　新しい技術．400台収容可能な多目的フェリーでドーバー～フランスルートを1日5往復できるものは既に就航している．それに対して，より小型で速度も遅い船（1日に4往復しかできない）は姿を消しつつある．海運業者は，1990年代には600台の収容台数をもつフェリーが運用されるようになると予期している．しかしながら，それらに必要な資本や運用コストは収容力に比例して上昇するということはないであろう．例えば，1日5往復できる600台収容船は，製造コストが2,100万ポンド，年間運用コストが510万ポンド（1981年価格）であるのに対し，既に運転中の1日4往復の300台収容船の中のある1隻は同順に1,500万ポンド，330万ポンドである．それに従って適切な港湾設備（より広い停泊余地，車輛待合場所など）も用意されるだろう．現在の列車フェリー業務も，一方のデッキに列車，もう一方のデッキに道路車輛を収容する混合フェリー（hybrid ferries）（既にバルト海で利用されているものと同様な）の導入によって，大いに改良され発展した．しかしながら，これについては新しいターミナル施設にドーバー側だけをとっても1億3,000万ポンドという膨大な出費を課するであろう．

A.5　平準化．トラック交通量は既に年間を通じてかなり均等に分散しており，海運業者は現状に変化はないと憶測している．それとは対照的に，乗用車とバスの交通量は夏期に極端にピークとなる．しかし，業者の料金政策や第2，第3の休日の増加といった社会的変化に呼応して，ピークは緩和される傾向にある．ドーバー～フランスルートの乗用車とバスのピーク4週間の交通量は，1975年当時年間の24％であったものが1981年には18％に減少している．この傾向がより低い割合で続くと推定しても，乗用車とバスの交通量は2010年までにはピークの4週間で全体の12％を僅かに上回るだけという状況が起こるであろう．ピークの4週間中には突び抜けたピークの日もあるが，業者の提出した意見では，一方向の流れのピークの日（the peak day one way flow）とピークの4週間全体との現在の関係は今後も続くだろうと仮定している．

A.6　合理化．近年，ドーバー～フランスルートの総有効収容力は，ピークの期間中でさえ，需要を大幅に超えている．業者は，概して言えば，総収容力が一方向のピークの日を25％以上超えないようにするために，より需要に接近しそれを維持することは可能だと思っている．この25％という数値は1日の間の変動と交通量を予測することの不確実性を考慮したものである．

A.7　新しい技術と平準化と合理化を組み合わせれば，船団（fleet）の利用率（各々の収容台数の船の1年間の利用回数）は高まるであろう．1970年代の間にドーバー～フランスルートで達成した利用率は，平均して600を少し上回る程度であった．それが交通量の増加と高速船の導入の結果，1981年には927に上昇した．さらに1990年までには1,350前後まで急速に改善され，その後は緩やかに改善を続けて2010年には1,450前後になるだろうと業者は予測している．より明確に表現すれば，2010年には今日の交通量の3倍以上の量が，総収容力がかろうじて現在の2倍の同数の船で運ばれるであろうと予測している．

A.8　調査団の評価．我々はフェリー業務は連絡路のない場合には，予測される交通量の増加の全てを処理するぐらいの発展は可能であることを認める．新しい技術の導入に対しては何も障害は

ない．より大型の船は既に他地域で使用されている．ドーバーの港湾設備に対する必要な変更を実施することや，大陸側のいくつかの港における僅少の問題を解決することに関しては何も困難な点はないと思われる．しかしながら，新技術が導入されるペースとその費用は正確ではなく，我々の資源（resource）コストと比較すると業者の予測の数箇所は修正される必要があると思われる．
修正箇所は付属資料Kで詳述されている．重要な修正項目は以下の通りである．

(a) 業者は，600台収容船が1990年代に導入されるだろうと予測しているが，現在運用中の船を完全に償却することを望むであろうから，より大型船の導入は2010年近くまで実現されないだろうと，我々は中間シナリオの中で仮定している．

(b) 業者は，船内食堂や売店で働く乗組員の賃金を除外しているが，我々は乗客数と乗組員数との比が最低限安全と思われる程度までこれらの乗組員を含めた．

(c) 業者は，港湾運営コストとフェリー会社の「沿岸」利用コストは，部分的には固定されているが，部分的には交通量によって変動を受けており，また，規模の経済性からの恩恵を受けるだろうと仮定している．が，我々はこれらのコストは船の動向や利用効率によって直接変動するであろうと予測している．

A.9 今後，より一層交通量のピークが平準化されるだろうということでは，我々は業者と意見が一致しているが，業者はそういう状況の起こり得るペースをいささか誇張していると思われる．

A.10 我々は，過去に決して達成することができず，また現行の法令下では見込みのない過剰収容力の除去（elimination）という問題について，フェリー業者は調整の段階を踏まないでどこまで実現可能であるかという評価においても，意見が異なる．現在の高度な競争構造が残存する限り，マーケット・シェアを保護し新規参入者を思い止まらせるために，業者は常習的な業務に追い込まれることになろう．近年，総収容力は1981年は約30％のところまで減少を見たが，ピーク日の必要収容力（交通混雑に対する余裕の25％を含む）を50％も超過している．ドーバー港湾局調査委員会はこの超過はほとんど完全に無視されるようになると予測しているが，我々は1981年中に意味のある改善がなされることは難しいだろうと考えている．

A.11 平準化と合理化と組み合わせることで，我々は中間シナリオで利用率は1,160まで改善するだろうと仮定した．sensitivity test では，低い方の基準に930（1981年の達成率に近い），高い方の基準に1,400（業者が達成すると主張する率）という数値を使用した．

A.12 業者はユニット・コストに換算したデータを公表していないが，それはドーバー～フランスルートにおける船舶・港湾コスト（資本の償却を含む）の合計が2010年までには50％以上引き下がると予期していることから類推できる．これは，ドーバー港湾局調査委員会の予測した30～40％の料金値下げよりもはるかに大きい引下げである．この不一致の原因として，費用見積もりの不確実性と他のルートとの相互作用（おそらく横断補助物 (cross-subsidiation) も含む）のどちらがどの程度影響しているのか，考察すべき問題である．方法論が違うので，我々独自の資源コスト査定と容易に比較することはできない．とても大雑把ではあるが，我々の中間シナリオではフェリー・コストは調査委員会が言外に示した現行レベルより10～20％低いと仮定している．我々の sensitivity test では，大まかに言えば，現行のコストを変更しないか，それぞれ3分の1ずつ減少させるか，いずれかを選択することになるだろう．

付属資料B． 橋梁案

解 説

B.1 調査団の検討した計画案は，隣接した巨大な吊り下げ式のスパン（径間）から成る全長約36km の構造物である．橋の径間部は海峡の主要部（約30km）を横切り，両側は200～300m の金属製のスパンで造られた高架橋に接続している．橋床は海面上60m のところにある．

計画案の1つは，8個または9個の3,000m のスパンと2個の3,750m のスパンで構成される．

橋塔の高さは290m 以上で，橋床は２個の路面（各４車線）とサービス面から成り，全体は楕円形の断面をしたチューブ状の枠組で被われている．この構造では11本の橋脚が水中深く設置されるが，その中の２本は主要航路上に位置している．

もう１つの案は，265m 以上の高さの橋塔をもつ15個の2,000m のスパンから構成される．橋床は単一の運用面から成り，片側３車線の２方向の道路を提供する．連続した側面の遮壁は利用者を暴風から保護し，格子で覆われた車線間の縦の通風孔は橋床に空力上の平衡を与える．この案では15本の橋脚が水中深く設置され，その中の３本が主要航路上に位置し，４本が他の航路上にある．

B.2　この種の構造は道路交通しか適さない．鉄道連絡を準備するならば，沈埋トンネルか海底トンネルの中に別個に造られなければならない．吊り橋式のスパンが鉄道交通に適さない理由は，運行中に橋床が風による横揺れや，重い貨車による伸張や上下振動を受けるからである．

B.3　橋の正確な建設場所はまだ明確にされていないが，およそ図－１に示されたコースに近いであろう．このコースならば，地質学上，生態学上の見地から適していると思われるし，少なくとも英国側には国内産業基盤に関連した問題点はほとんど見当たらない．

B.4　橋脚を船の衝突から防ぐために，既存の人工島とより革新的な防護施設の両方を考えなければいけない．後者の例としては，橋脚をとり囲む巨大な砂袋の輪や特殊な金属製の緩衝装置から成る「環礁」がある．

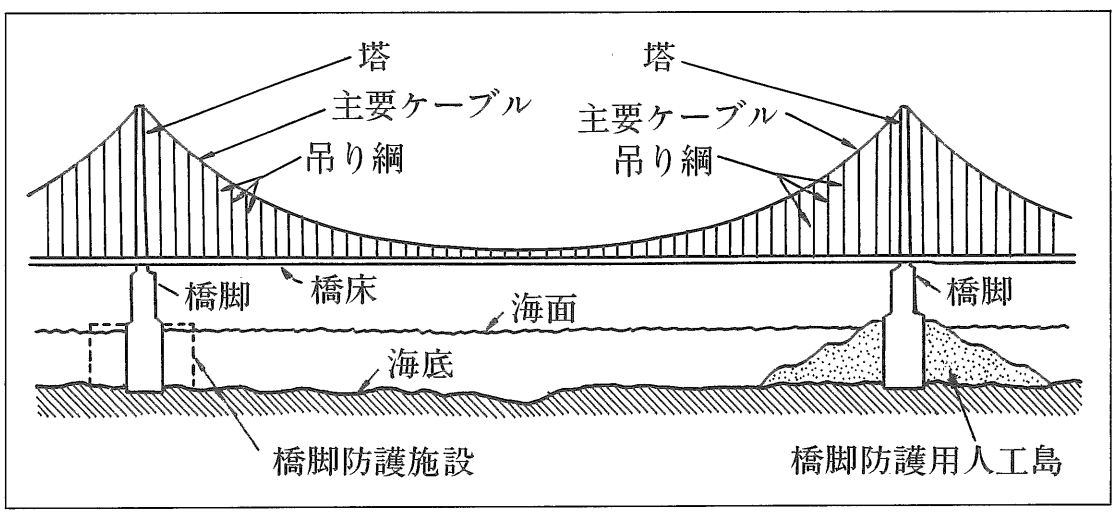
考　察

B.5　設計と建設可能性．調査団は純粋に技術的見地からは，約2,000m の隣接するスパンから成る橋を設計し建設することは可能だろうと考える．先例がなく現存の技術の限界ではあるが，このような橋は全く新しい技術をほとんど必要としないからである．しかし，より長いスパンや鉄道を含んだ橋，証明の不十分な要素を組み入れた橋は，可能性はないと思われる．

B.6　航行の安全性と橋脚の防護．この構造物は相当量の船舶航行に影響を及ぼすであろう．海峡を航行する最大級の船舶は25万トンもあり，１日約300隻が海峡を通過し，同時にまたほとんど同数の船が海峡を横断している．通過船用の２つの主要航路は，国際規約によって海峡中央部に定められており，北海方面行きは仏側，大西洋方面行きはイギリス側に航路をとる．また両国の沿岸部は双方向利用可能である．現在，海峡通過中の船舶事故は年間15件にのぼる．

橋脚を船の衝突から防ぐだけでなく，特にタンカーの場合など荷こぼれのないように船舶自身を保護することが大切である．

調査団は，提案されたより革新的な防護施設に



図－２　代表的な吊り橋

ついてはこれを留保している．この種のいかなる防護施設も，それが十分であるとみなされる以前に，ほとんどあらゆる点にわたって詳細な調査や実験を必要とするからである．

最近では，侵食防止のための石の土台（stone bedding）や類似（Similar shell）した骨組みで被われた核から成る人工島についての研究が小規模ながら行われている．しかしこれらの研究はとても満足のいくものではなく，大規模なモデルにおける実験を重ねなければより明確なデータは得られないであろう．また，それらのデータはドーバー海峡の環境に合わせて修正されなければならない．現在のところは，大体の寸法が与えられているだけである．これまでの研究の結果，少くとも40～60mの幅の台地（plat form）が海面上の橋脚をとり囲み，まわりの斜面は3対1から5対1の間の勾配が必要であると示されている．それゆえ，人工島は巨大な装造物になってしまう．30mの高さであれば，体積130万 m^3，底面の幅350～400mの島となり，60mという高さでは，体積およそ630万 m^3，底幅は600mに及ぶであろう．

橋の利用によって海峡を横断する船舶がかなり減少し，その結果海峡フェリーと通過船の衝突の危険性も低下すると仮定した場合，船舶自体の安全性は，船を規定の航路に制限し橋脚との衝突から防ぐためにとられる手段にかかわるであろう．

B.7　海峡の水理学に与える影響．一連の人工島が海流や海底に与える影響（たとえば，VarneやColbartの砂州に及ぼす影響や，沿岸の侵食や砕屑の危険性など）は，海峡全域にわたる水力学モデルを使って研究されねばならないだろう．

B.8　吊り橋のケーブルと橋床．橋が一連の隣接した吊り下げ式のスパンで構成されるということは，単に1個のスパン長が革新的に長いだけでなく，現在までに造られた多くの橋よりもはるかに詳細な基礎的研究が要求されていることを意味している．特に，強風時の橋の安定性については風洞実験で研究されねばならないであろうし，さらに，隣接したスパンのケーブルの張力が橋脚の中心部で互いに釣り合った場合，1個のスパンや橋塔が倒れただけで〝将棋倒し〟に橋が崩れ落ちる危険があるだろう．このような失敗をしないように何らかの方策が考案されねばならないだろう．

付け加えるが，ケーブルを腐食から保護するためには，ケーブルが定位置に引き上げられる際に被る損傷に耐え得るよう特に頑丈に設計されなければならないだろう．この部分が，最近建造されたものも含めて全ての吊り橋の弱点である，と経験が語っている．それ故に，橋全体を分解しないで，不良ケーブルの全部或いは一部を相応の経費で取り替えることが可能な設計かどうか，が考慮の対象となる．

建造中の船舶への妨害に関して言えば，橋床は様々の長さに分割されて海面を浮遊し，定位置に吊り上げられるので，一度に海峡の一部は通行不能となる．しかしながら最悪なのは，ケーブルを引き上げている間であろう．何故ならこの過程では，どの場合でも2つのスパン（全長4～7.5km）を封鎖せざるを得ないので，実際に主要航路の1つが閉鎖となる危険があるからだ，とこの案の推進者は指摘している．

B.9　保守．最近建造された巨大な吊り橋の保守の面で発生した問題点を考察すると，このような場所に位置する複合構造物の監察，保守，修復は，現行の慣用方法をただ適用するだけでは，十分に目的を果たすことは不可能であろうと調査団は考えている．

B.10　他の危険性．仮に，推進者（promoter）が大幅な遅れや，予期せぬ追加費用等により，建造途中で現場を放棄することが生じた場合，橋梁案は両政府に明確なリスクを与える．両政府は引き続き橋の完成を保証するか，または既に建造済みの部分を取り壊すか，調停に入らねばならないだろう．取り壊しの費用はとても高くつくことになる．

運用中の橋は，とりわけ破壊行為を受けやすい．完全に破壊されることはないとしても，1本の吊り綱が被害を受けただけで，その部分を交換するために橋は閉鎖されなければならないであろう．橋が開通すれば，おそらく多くのフェリーが運行を停止すると思われるので，橋の閉鎖が与える影響は見当がつかない．

B.11　費用の見積もり，期間，研究手順．信頼性の高い見積もりから巨大橋の建設費を引き出すと，概要によれば，1981年末価格で25億ポンドから40億ポンドの間と推定される．運用・保守費は年間2千万ポンド前後，建設期間は約6年であろう．この見積もりには別個にトンネルの中に敷く鉄道連絡は含まれていない．また，1千万ポンドに及ぶ関連研究が今後も実行されるので，技術革新に伴って見積もり額が変化することにも注意するべきである．ところが実際は，政府が橋の建設を決定する前に敢えてこれらの研究に出資しようという推進者は存在せず，同時に政府側も，当該計画が実験に成功し，航行の安全を保証するシステムについて国際間の同意が得られなければ，研究を後援したり推進者の計画を受け入れたりはしないので，今のところ難局に直面している．

唯一の打開策は，両政府が橋梁を選択することが他の形態と比較して圧倒的な利点をもつことを確信し，推進者や公共団体を選ぶ以前に，一連の研究費を捻出できるかどうか，ということである．この研究は3～5年かかるであろうし，結果が好ましいものであるとは保証できない．それでもやはり，この計画案の革新性や一連の研究を通じて得られる技術上の知識は，両政府の示す関心を正当化するであろう．

要　約

B.12　調査団の結論は，船舶の安全を保証する国際間の一致した体系を案出するには，3年またはそれ以上の研究や交渉が必要であり，場合によっては全くまとまらないこともあり得る，ということである．

技術的研究，実験，試行も3年はかかるだろう．しかも，これらには1千万ポンドも費用がかかり，その上満足のいく解決策が何も見つからないという危険もある．

この構造は，建設・保守に相当の時間と費用が加算されるので，建設・運用中に船舶により引き起こされる損害の危険性がかなり高い．

調査団としては，これらの要求が満たされ，上記の疑問点が取り除かれたとしても，この計画案の選択の適否に関してより深い疑問点を挙げていくと，橋の監察・保守・必要な修復は，現在の技術水準では極端に困難であると思われる．

付属資料C.　沈埋トンネル案

解　説

C.1　実現性のある3つの案は，図－3に描いたように，鉄道のみのトンネル，道路のみのトンネル，それに道路と鉄道の複合トンネルである．実際，推進者によって提出された計画は，2つの一方通行の道路と複線鉄道から成っている．

C.2　海底の形態による違いだけでなく，海底を形成している物質－石灰，砂，沈泥－の性質の相違からも，幾つかの平面設計が考えられる．図－1は，完全に石灰層の上に位置するよう提案されたものを示している．この比較的硬い物質に溝を浚渫するには，砂や沈泥に浚渫するよりもより強力な機械が必要とされるが，溝は完全に垂直な側面で切ることが可能で構造の基盤はより信頼性がある．

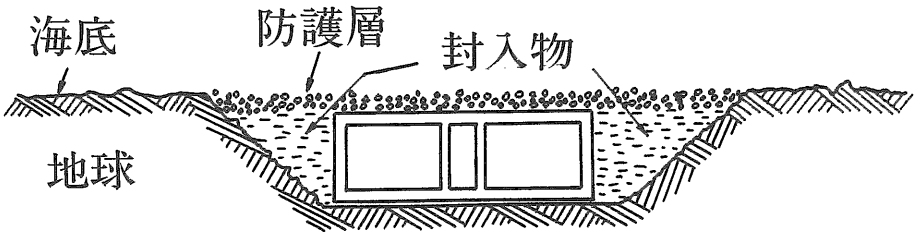
C.3　海底に関するトンネルの位置は，最大許容勾配（鉄道は1％，おそらく道路は5％）と，船舶に要求される水深（26mまたは水深がそれ以下の場合は海底の深さ）と，溝を作るのに必要な浚渫量に依存するであろう．最深部では，トンネルが船舶航行や海洋形態（marine regime）や生態学に抵触しないならば，勾配の変化を減少させるために海底に直接トンネルを横たえることも可能かもしれない．しかし，その場合には，トンネルはその周辺に降ろされる錨に対して防護層をもつ必要があろう．

C.4　トンネルは，最初から最後までチューブ状のユニットから成り，各ユニットは全長100－150mで重量は5万トンに達し，金属製の枠組をできる限り取り囲んでいる鉄筋コンクリートで形成される．これらは乾燥（dry）したドッグで造られ，両端を密封されて目的地まで漂流していき，それから水中に沈められ組み立てられる．

C.5　換気については，道路トンネルは約6kmおきに換気筒が設けられている．鉄道部分は，汚れた空気が道路トンネル自体から換気筒を通して抜き取られるので，道路部分へ新鮮な空気を送

道路または鉄道トンネル—2種類

複合トンネル（道路と鉄道）



海底におけるトンネルの位置

図—3　代表的な沈埋トンネル

り込む誘導管の役割をするだろう．(semi-transverse system)

考　察

C.6　実現性．この方法は，川（パリのセーヌ川やカナダのセントローレンス川）や湾（香港や東京）を横切る幾多のトンネルに利用されてきた．このようなユニットを作り，運び，集める技術は十分先例があるが，公海においてこれほど大量に，深い位置で作業が可能な設備は存在せず，既存の機械と比較すると全く新しい規模で設計，開発される必要があるだろう．このため，適切な設備の開発期間や，製作・運用費については疑問点が多い．

C.7　道路トンネルの換気．現在の道路車輌はガソリンエンジンにより一酸化炭素を発生し，ディーゼルエンジンにより煙霧を発生するよう設計されているので，これらの有害物質を取り除くためには，トンネルの換気は，利用者とエンジンに酸素を供給するために必要な空気量より，かなり大量の空気の流れが必要となるだろう．

前述したsemi-transverseシステムと6 kmおきの換気筒のおかげで，トンネル容量は最大限に活用できるのだが，各断面の空気流は空気速度が換気能力に対する適正値を超えていないか，トンネルの幾何学的特性よりもかなり低い交通基準に制限された道路の容量に収まっているかどうかが重要である．こういった換気の原則によれば，鉄道を含む部分は他の部分よりも大きくなければならないであろう．

その規模やその特性のいくつかについて先例のないこの種の換気システムの採用にあたっては，徹底的に研究や実験がくり返される必要があろ

う.

C.8　トンネルの保全と船舶の防護．いったん敷設されると，トンネルはいかなる危険も呈示しないだろう．換気筒は，付属資料Bで議論した橋脚と同様の問題を提起するだろう．しかしながら，筒と筒の間隔は橋脚の場合よりかなり広く，それらの位置は均等に置かれたスパンによって決定されるものではなく，ある程度まで，海底の地域的形態や航路というものに左右されるだろう．明白なことだが，換気筒は通過船舶を最も妨げないように航路の境界上に設置されると思われる．図－1に書かれた計画線にほど近いものが最適の位置を示しているが，換気筒も両沿岸海域内に1個ずつとフランス側の主要航路の中央部に設置されなければならないだろう．

かなりの数のユニットが短い間隔で岸を離れ，乾舷をほんの数センチ間隔で漂流しながら目的地まで運ばれ敷設されるのだが，そういった建設作業中にも多くの問題があると思われる．換気筒の建設も，敷設作業計画も共に国際的航行の安全を保証する必要があるだろう（付属資料Gに詳述）．

C.9　水理学．もしトンネル自体がその全長を超える長さの溝に埋められるならば，沈埋トンネル構造による海峡への障害は換気筒を防護する人工島によって生じる障害に限定されるかもしれない．これらの換気筒は橋脚より数が少ないから，海峡の水理学体系への影響はほとんどとるに足らないものであろう．また地域的危険があるかどうか調べることもおそらく十分であろう．一方，海底の最深部に直接トンネルを横たえるという決定，すなわちトンネルとその保護層の厚さに等しい高さにより海峡を通過する流れの断面積を減少させることは，海峡全体の水力学モデル上での研究が成し遂げられるまでは採用されないだろう．深く広い溝を浚渫したり，ケーソンのまわりにバラスとして浚渫した土を利用することは，水中に相当量の微細粒子，つまりチョーク粒子や沈泥や砂を漂わせるだろう．このように自然環境を乱すものが生態学に与える影響は調査されなければならないであろう．

C.10　他の危険．放棄する場合は，橋と違って，政府の調停費用は高くはないだろう．というのは，トンネル自体は放棄されているので，費用は換気筒の撤去に限定されるからである．もし自動安全密閉装置が装備されていなければ，換気筒に裂け目が入った場合，トンネル内の車や人は恐ろしい結果をみることになるが，破壊に対する危険性は橋のときほど大きくはない．

C.11　計画．推進者は調査，実験，試行に必要な期間は約3年で十分だと言っているが，調査団はこれに信頼を置いてはいない．特に，国際的航行の安全を保証する案を考え出すために必要な時間というものが，明らかに考慮されてはいない．

C.12　見積もり．この形態の連絡路の既存の見積もりを用いると，接合（joint）道路と鉄道トンネルの費用は約4兆ポンドと推定される．しかし空前の規模の建設物であることを考慮すると，調査団はこの概算の精度には疑問が残ると思われる．

要　約

C.13　調査団の結論は，航行の安全を保証するための国際的に容認されたシステムを決定するためには，一層の研究と交渉に少なくとも3年を要する，ということである．橋に比べるとはるかに小さな確率ではあるものの，橋の場合と同様に，満足のいく解決策が見つからないという危険性があるだろう．この型の構造物にとって好ましい決定が下される前に，比較的経費を要する試行と研究が実行されなければならない．橋の場合ほどではないにせよ，この案は汚染と損傷へつながる船舶の偶発事故の危険を含んでいる．

付属資料D．　合成案

解　説

D.1　合成案は，海岸から主要航路の境界までは道路橋あるいは陸橋で構成され，境界地点には人工島が造られ，人工島内で道路は海底下のレベルまで降り，そこから沈埋トンネルに入る．このチューブ状のトンネルは海岸から海岸へは鉄道路線を提供し，人工島内では道路を提供するため拡

大される．中間の換気の島々は6km間隔で主要2島間に造られる．船舶への危険は，こうして，より密接した橋脚と比べて低減するであろう．

D.2　1つの計画線は，図－1に示されているが，正確な線は海底の測量と海底の岩質の選択にかかっているだろう．

D.3　沈埋トンネルは島々間の最小限の浚渫をするだけでよいだろう．というのは，もしも沈埋管が海洋形態に影響を与えないということが証明されるならば，管は船舶航行に必要とされる海面下26mの深さ以下の海底に横たえられるからである．そうでない場合は，図－3に示されているように，沈埋管は保護層で蓋われてほとんど完全に埋められなければならないだろう．

考　察

D.4　実現性．もしもある型の吊り橋が島と陸との連絡に使われるとしたら革新的要素がありうるかもしれないが，人工島や沈埋トンネルには新しい材料は何も使用されないだろう．（付属資料B）

革新的技術は吊り橋や主要な人工島の建設に利用され，新しい装置が，付属資料BとCでそれぞれ論じられているように，トンネル管の構成単位を設置するのに必要とされるであろう．

D.5　船舶の安全と構造の保護．この案では，主要航路は沈埋トンネルと同様の問題を，沿岸海域や巨大主要人工島では道路橋に橋脚という問題をもたらす．

したがって，それは，船舶航行の観点からは最も多様な危険を露呈する案なのである．　特に，沿岸海域には巨大な船が近づきやすいという理由から，船舶は，付属資料Bで分析されているのと同様の非常にスパンの長い吊り橋にするよりも，スパンの短い陸橋，従って非常に多くの橋脚（125～250mの間隔で計画された）によってはるかに妨害されるであろう．さらに，非常に多くの橋脚を保護する量と費用が法外なものになりうるという理由から，この案において進歩するためには，非常に巨大な吊り橋のスパンによってもたらされる問題を解決するか，あるいは，固定されたスパンの陸橋にとって価値のある受容可能なスパンの単位を見い出すことが必要であろう．500mという長さが最小限度を表わしていると思われる．トンネル部分によって起こる障害に関しては，これらは確かに，フランス側の海峡の中央の換気人工島と，あるいは，採用される計画線に依存するもう一方の海峡の中央の島を含むであろう．

D.6　水理学．たとえ沈埋トンネルがトレンチの中に位置し，自然の海底上に設置されなかったとしても，合成することから生じる海峡障害は，少なくとも，主要島の大きさと沿岸の陸橋における橋脚の数が増加するという理由から，巨大な橋によって生じる障害と同じであろう．それゆえ水力学モデルを使った包括的研究がいかなる場合においても必要とされる．

D.7　道路トンネルの換気．付属資料Cで沈埋トンネルについて論じられた考察は，主要海峡を横断する18～20kmの沈埋管にも全く有効である．

D.8　主要島．この案の目立った特徴は，道路が海抜60mの橋床から海面下50mのトンネルに通じるためのランプ（ら旋状傾斜路）を含んだ人工島であろう．それに関する2つの島は〝沖の〟鉄筋コンクリートの構造物で，その大きさは石油の時代に属する建築物の大きさをかなり上回るが，それでもやはり，道路は非常に急なカーブを課せられるであろう．

人工島が500m×300m以下の面積ならば，完全なループを描くための125mの道路半径で約8％の勾配をもつランプは実現不可能である．

D.9　他の危険．この案は，付属資料BとCでそれぞれ，陸橋の部分とトンネルの部分に対して述べられている他の危険を包含している．

D.10　計画．調査団は，この案に含まれるすべての研究と実験を実行するにはかなりの時間が必要とされ，特に，主要島は海洋形態に与える長期の影響を調査するための水力学モデルを使った広範囲で詳細なテストに加えて建設方法と防護手段の徹底的な研究が必要であろうと考える．

D.11　見積もり．沿岸のターミナルを含むこの案に対する推進者の見積もりは，3兆8,000億ポンドである．調査団は，現時点では不確実なこの案の実現性を保証するためには，まだまだ幅広い多様な研究や調査が必要とされることから，この見積もりについては疑問をもっている．橋梁と沈埋トンネルに関しては，必要な研究費の支払いという問題が生じるため，否定的結論になりかねない．

要　約

D.12　調査団は，これは技術的見地から最も問題の多い案であると考える．それは橋，沈埋トンネル両案の最大の危険と難点を包含するからである．

（次号に続く）

よみがえる活気

「地方の時代」だという．事実，「まちづくり」が全国的に盛んだ．確かにすべての都市が〝ミニ東京〟になるのはばかげている．それぞれの地方の特色や個性，独自の文化を生かした「魅力ある都市」こそ求められるべきだろう．しかし現実には〝3割自治〟の厳しい状況の中で，四苦八苦しているようだ．特に，農業を主体にした人口5～6万人の小都市では，「地方の時代」は〝キャッチフレーズ倒れ〟になりかねない．

中国山脈の真ん中に位置する岡山県津山市も，そんな地方都市の1つだった．人口8万人，豊かな自然に恵まれ，農・林業を中心とする静かな城下町で，横溝正史の『八つ墓村』の舞台でもある．高度経済成長に乗り遅れたまま，眠っていたこの〝小京都〟が目ざめたのは昭和50年代に入ってから．中国縦貫自動車道が開通して以来，がぜん変わり始めた．4つの工業団地をつくったところ，またたく間に売り切れ，100社以上の企業が進出．若者のUターンが増えて，都市に活気がよみがえった．

「やはり，大阪から車で2時間という地理的な有利性が大きかった．1日2往復できますからね．それと，中国自動車道の中では行政，経済，教育といった都市基盤が整っていたということ．地価が隣の兵庫県の半分だったことも大きい」と言うのは，津山市産業部工業振興課課長の堀内健稔氏．

地域社会の発展に高速道路が〝カンフル剤〟となるケースはよくある．だからこそ，地方の中小都市にとって高速道路の建設の成り行きに熱い視線を送るのもむりはない．計画では，21世紀初頭までに7,600キロメートルのネットワークを完成させることをメドに整備を急いでおり，現在その半分まで達成している．が，今後ますます厳しくなっていく．

「なにしろ，一時期は7万6千人まで減っていた人口が，現在では8万6千人と盛り返してきました」（堀内氏）というように，高度成長時代，水島工業地帯など県内外への人口流出が続き，過疎化が進んでいた．大阪などへ出ていった若者がUターンができやすい環境ができると同時に，若者の流出に歯止めがかかったからである．

魅力あるまちづくり

市としても，そのために「雇用労働センター」をつくり，地元企業の情報を伝えるなどの努力を怠らなかった．それにしても，かつては「地元にはいい就職口がないし，都会の魅力もない」といって流出していったことを思えば隔世の感があるという．

津山市では，いまの勢いをバネにして「10万都市構想」を進めている．農村の持つ素朴な良さを生かしながら先端産業を核とする近代的な都市づくりである．「そのためにも，次は若者にとって楽しめる魅力あるまちにしなければ」（堀内氏）と，商店街の再開発も行った．

商工会議所が中心になって進めているのが〝エアコミューダー構想〟．小型飛行機の発着できる「飛行場」を設置して〝空陸〟一体の作戦を展開しようというわけだが，これはまだ先の話．もっとも，〝カンフル効果〟の出すぎで自然破壊などひきおこさないよう，十分な配慮がいる．

そのほか，62年開通予定の瀬戸大橋にあわせて「国際音楽祭」を予定している．津山市にある作陽音楽大学（松田藤子学長）は，西日本一の水準を誇るといわれ，この地方の音楽レベルの向上に一役買ってきた．

寄　書

ブルネル父子とテームズ河第1トンネル（2）

村上　良丸*

前回のあらまし

前回は，19世紀の英国最大の天才技術者といわれる Marc I. Brunel の生い立ちからテームズ河底トンネル着工までの経緯，ならびに彼の考案した古今未曽有のセル式大シールド機の構造とその操作方法などを述べ，人類最初の水底トンネル工事として，全世界の注目を浴びる中で，息子の Isambard K. Brunel と苦労しながら，全長の半分に近い182m 区間を完成した所で，死者6人を出す大出水事故に会い，イサンバードも足を骨折し，この工事は6年間の中断になったことを紹介した（表－1）.

今回はその工事の再開，南岸ワッピングに到達するまでの下水堆積土中での苦闘，開通直前に卒中で倒れ，失意の晩年を送ったブルネルと，このトンネルは地下鉄用として今日も使われている

表－1　テームズ川第1トンネル工事誌

1822年	：ロンドン土木学会でブルネルが、セル式シールド機を発表。
1824年	：Thames Tunnel Co. (資本金16万ポンド)設立、ブルネル技師長（年俸1,000ポンド、3年契約、シールド機の特許使用料5,000ポンド、トンネル完成時褒賞金5,000ポンド）
1825年3月2日	：起工式、Rotherhithe立坑着手。
〃　11月28日	：同立坑底からのシールド発進。
1826年1月26日	：最初の出水事故、覆工完成長4.2m
1827年2月上旬	：約90m完成、見物者から1シリングとる。
〃　5月18日	：163m完成直後に大出水事故（1回目)、死者なし。
〃　11月10日	：復旧して工事再開式典、トルコ・エジプト艦隊をE. Codringtoy提督がNavarino港で撃破のニュースと重なる。
1828年1月12日	：182mの完成部分が完全水没する2回目の大出水事故、死者6人。奇蹟的に助かった息子のイサンバード・ブルネルも右足を折る重傷。
〃　8月	：工事の一時中止決定。ブルネルは排出の終ったトンネル壁面をしっくいで化粧し、先端のシールド機内にレンガを詰め前面に大きな鏡を据える――ロンドンの新観光名所――1834年までの工事中断の為に、息子イサンバードは、Great Western Railway Co. の技師長になって、この現場を去る。
1834年12月	：ピール内閣より、工事再開資金24.6万ポンドの融資をうける。
1836年3月	：古い80tのシールド機をひき出し、140tの新しいシールド機に置き換えて、掘進を再開。
〃　6月21日	：3回目の大出水で、6週間の進行停止。
〃　8月	：河心通過、月進約6m。

*宮崎大学教授

が，それは貫通後25年たった1865年からであったことなどを述べる．

失意の時代

1828年１月12日の大出水事故で，右足を折り，内臓を傷めて入院したイサンバードが退院して間もない，同年８月に，このトンネル工事は中断されることになった．それは公債が集らず，夥しい出費のため，会社が破産状態になったためである．

失業した息子イサンバードは，ブリストル市（セバーン川河口の港湾都市）の実業家たちが，ロンドン～ブリストル間に鉄道を建設するための技師を募集している新聞広告を見て応募した．当時22歳だったイサンバードは，並いる出資家たちに向って「皆さんは，最も上手にへつらって，安い報酬で働こうとする最低の人材を集めようとしている．故に，私は辞退する」と啖呵をきった．これが逆に出資家たちの関心をひいて採用がきまり，鉄道ルートの予備調査を担当することになった．そして1833年に Great Western Railway Co. が設立された時，27歳の若さで，その技師長に指名され，同線を英国最初の７フィート（2.1m）軌間の広軌で建設した．（これは論議の的となり，1892年に４ft8.5in＝1,435mm の標準軌間に修正された）．同線には鉄製つり橋のクリフトン橋（ブリストル）やハンガーフォード橋（ロンドン）などが架設されたし，また医学的見地から大反対をうけ，工事も大変な難航だった Box（2,926m）トンネルが掘られた．その後，イサンバードは1838年に最初の大西洋横断定期汽船 Great Western 号（長さ212フィート，2,300トン）をつくり，ついで1843年には，最初の鋼鉄船で，スクリュー推進方式を採用した Great Britain 号（長さ90.6m，3,675トン）を進水させ，当時の世界最高の造船技師になった．

一方，ロンドンの観光名所の１つにされてはいたが，半分しかできておらず，〝ワインの貯蔵庫〟にしたらとまでいわれたテームズ河底トンネルの工事再開に奔走する父ブルネルを援けたのは，旧知の間柄で，ワーテルローの大英雄ウェリントン卿（Duke of Wellington）だった．第１次ピール内閣（Sir Robert Peel，1788－1856，第１次内閣は1834－35，第２次は1841—46）の重鎮となったウェリントン卿は，蔵相 Lord Althorp を説いて，工事再開資金24.6万ポンドの国庫融資をさせたのは，1834年12月だった．これに対して国会は，ブルネルとの癒着をはげしく攻撃し，それがピール第１次内閣倒壊の原因の１つになった．

再開された工事の状況

こうした非難の中でブルネルは，切羽にある古い80トンのシールド機を苦労してひき出し（1835年11月），それを基にして，9,000個の部品からなる新しい140トンのシールド機（図－６）をつくって置き換えた（1836年３月）．このような節減をしてまで望んだ排水路の新設も，大蔵省は認めなかった．その結果は，この大シールド機の推進開始直後の1836年６月21日に起きた通算３回目の大出水の人力処理に，６週間を要する大出費となった．

それでも同年８月には，やっと川の中央部を過ぎ，９月からは毎月約６m 前進した．しかし翌37年１月になると，再び出水が激しくなり，月進は2.1m におち，さらに７月には僅か0.3m となった．そして８月と11月，翌38年３月21日と，７カ月間に３度も大出水をうけて，この間には僅か7.8m しか前進しなかった．しかし，強化されたシールド機のおかげで，死者はなかった．

ブルネルの日記

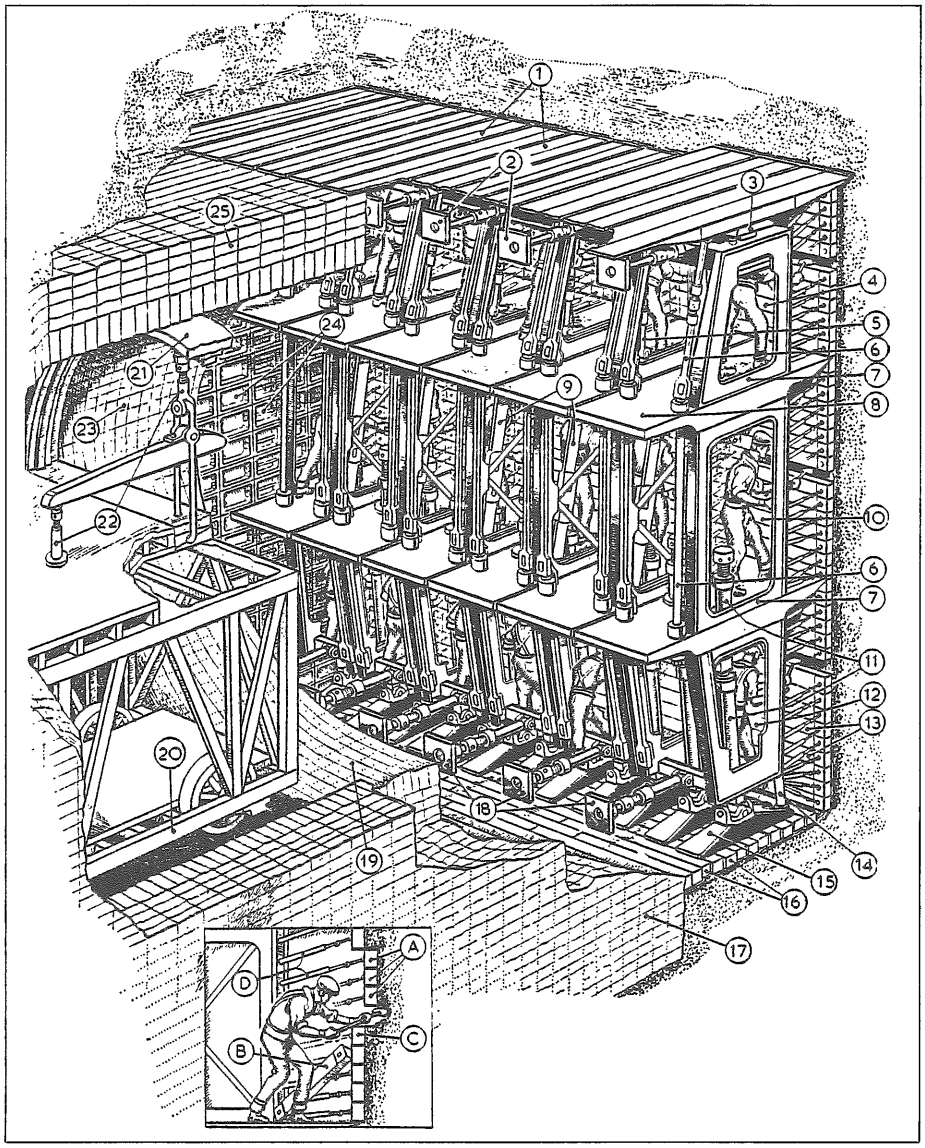
当時のテームズ川は，ロンドン下水道の大動脈だった．硫化水素の悪臭に満ちた有毒ガスが，しばしば，河底からトンネル内に噴出して，青白い炎を奔らした．坑夫たちはそれを〝湿った火（fire-damp）〟と呼んだ．そして，一寸した出水でも，トンネル内には，黒くて臭い泥がたまり，作業員の健康を損ねる原因となった．

当時の苦闘状況をブルネルは，その日記に，次のように書き残している：

「昨夜の作業は，大変，危なかった．……地山は非常にもろかった……今朝，そこを見て，全く身の毛のよだつ思いだった……．

「不快な悪臭は，大変な苦しみとなり，足場上で吐くものもいた……．」

「今朝，Heywood が息をひきとった．……この



1．頂部矢木、2．頂部スクリューうけ台、3．頭頂、4．No.6フレームの上段ボックス、5．尾端ジャッキ、6．練鉄製補強部材、7．練鉄製側枠部材、8．No.6フレーム上床板、9．つり索、10．No.6フレームの中段ボックス、11．脚部、12．No.6フレームの底ボックス、13．切羽押え矢板、14．底板押し下げジャッキ、15．沓、16．車道用レンガをおくための床板、17．中央仕切壁のレンガ工、18．底スクリューうけ台、19．車道レンガ、20．移動足場、21．天井用セントル、22．天井セントルの調整ジャッキ、23．西側側壁レンガ工、24．側方矢木、25．天井レンガ工、A：前進させた矢木、B：掘さくするために外した矢木、C：まだ前進させていない矢木、D：切羽押えジャッキ

図－6　改良された9,000部品からなる140tのシールド機（参考文献4より）

ガスには，目がまずやられる．皆，目の烈しい傷みを訴える．そして下痢と頭痛におそわれる．私も大変な疲れを覚えている……．日曜日には，レンガ工が意識不明になって，足場から落ちた……」

このようなトンネル内にブルネルは当時，昼夜の別なく常駐したという．仮眠する彼は，2時間毎に起きて，新しく掘られた切羽土のサンプルを，ランプの灯で調べ，号令に新しい指図をした．それでもこのトンネルには，毎週900人以上の見学者があった．

南岸への到達

1840年4月4日に，この大シールド機は，テームズ川南岸の高水敷下にはいった．その時，ここの泥土が急激に沈下するのを陸岸の人たちが目撃し，大騒ぎとなった．トンネル内には，「雷鳴」のような音と共に，空気が流れ込み，ガス灯を吹き消した．大半の作業員は，既成のトンネル内を，北岸に向けて逃げたが，大小の洪水を経験している号令とベテランの坑夫は踏み止まり，出水に備えた．しかし幸いにも干潮だったため，最悪の事態は避けられた．それは，陸岸からだけでなく，ボートにのって，シールド機の水没状況を見ようとした沢山の野次者たちを失望させたという．

これまでのすべての出水事故の処理と同様に，高水敷にできたこの陥没孔にも，直ちに，大量の粘土袋が投入された．こうしてやっと掘進を再開したシールド機が，ワッピングの陸岸下に到達したのは，1840年8月だった．

トンネルの完成

ワッピング側の立坑は，未着工だった．それはこのトンネルの南岸到達を，ブルネルを除いては，会社の重役さえ半信半疑だったことを物語っている．13カ月を要してワッピング立坑が完成したのは，1841年7月である．そして推進を再開したシールド機の一隅が，この立坑壁を破ったのは，1841年8月12日午後2時と記録されている．この間にもテームズ川は，毎分450ガロン（2 t/min）という湧水で，最後の抵抗をした．

かくしてロザヒース立坑での起工式（1825年3月2日）以来，16年5カ月を要し，7人の死者を出したこの人類初の水底トンネル工事の戦いは主要部分が終った．この年，ヴィクトリア女王（Queen Alexandrina Victoria, 1819—1901，英国女王在位1837—1901年）は，ブルネルにSirの爵位を授けた．

しかしシールド機の解体撤去が終ったのは，翌42年1月7日で，立坑とトンネルの間に残った13mmの隙き間からの漏水を止めるのに1年以上を要した．そしてこの年の年末近くに，ブルネルは過労からの卒中に襲われた．

世紀の開通式

このトンネルの公式開通式は，1843年3月25日（土）に挙行された．卒中で半身不随となった74歳の老技師ブルネルは，驚異的な精神力で，〝何事もなかったような態度〟で，この世紀の祝典に出席したという．

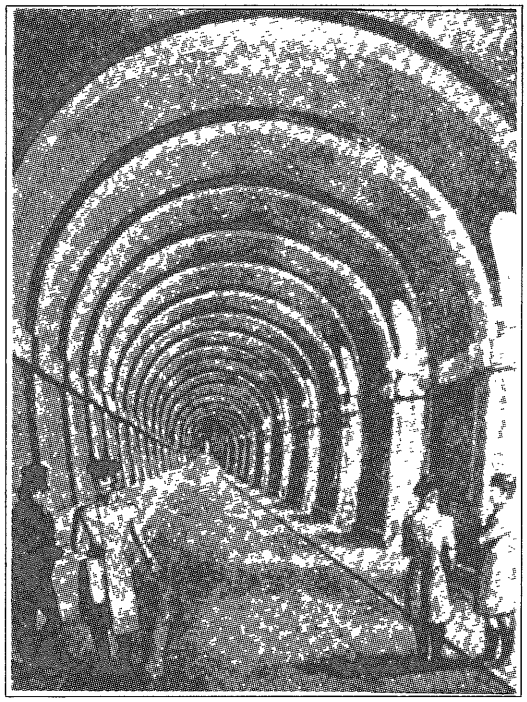
同日の午後6時から一般に開放されたこのトンネルを，翌日の午後9時までに5万人のロンドン市民が通った．彼らは，高さ25mのらせん階段をおり（前回の図－1参照），450mのトンネルを歩いて対岸につき，そこの立坑の同じようならせん階段を上った．そして開業後僅か3カ月半で，100万人をこえる世界の文明国からの訪問者が，ガス灯で照明されたテームズ川の下のトンネルを歩いた．

19世紀最大の不思議とされたこの水底トンネルの建設に要した総工費は，46万8,249ポンドと記録されており，それは当初見込みの3倍に近かった．そして着工以来18年をこえる歳月の流れは，交通機関を馬車から鉄道へと変えつつあった．そのため，当初に予定していた馬車用の取付斜路の建設は勿論，ブルネルが提案した立坑用エレベータの設置さえ実現しなかった．

浮浪者用ホテル

無策のまま，通行者から1人1ペニイをとるだけだったThames Tunnel Co.社は，忽ち財政的に行き詰り，国庫ローンの返済もできなくなった．そしてブルネルには，完成報酬5,000ポンドのうち1,700ポンドを支払っただけだった．

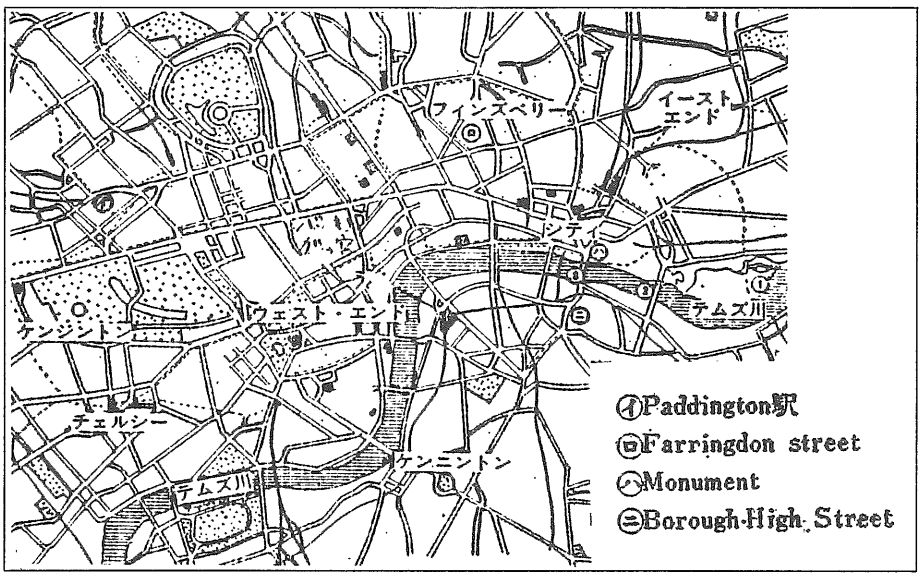
このトンネルで儲けた人は，唯一人といわれる．それはこのトンネルの入口に店を出した記念品屋で，彼は，1843年7月26日に，ヴィクトリア女皇とアルバート（Albert）皇太子がこのトンネルに臨幸したとき，在庫の絹ハンカチ全部を出して，地面にひろげ，その上を王家の一行に通らせた．こうして汚れた原価3シリング6ペンスのハンカチを彼は，半ギニア（10.5シリング）で売ったという．



図－7　浮浪者のホテルとなる直前のテームズ河底トンネル

その後間もなく，一般大衆から飽きられたこのトンネルは（図－7），雨の日に浮浪者が1ペニイで泊まる恰好のホテルとなり〝Hades（ギリシア神話の「黄泉の国」）Hotel〟という有難くない異名をもらった．そして19世紀前半の世界最高の技術者といわれたブルネルも，不自由な身体と失意の中で晩年を送り，1849年12月12日に，ロンドンで，80歳の生涯を閉じた．フランス生れの彼が，後進に与えたモットーは，〝Si je l'avais á refaire, je le ferais mieux（それをなし終えたら，次は，もっと上手にやるだろう）〟．

ブルネルの死後20年たった1869年に，南アフリカ生れの若冠25歳の青年 James Henry Greathead が，ロンドン塔の丘の下と対岸の Vine ストリートの間に（図－8），第2のテームズ河底トンネル（402m）を掘った．Tower Subway と呼ばれたこの第2トンネルをグレートヘッドは，円筒形シールド機と鋳鉄セグメントを使って，1年たらずの工期と2万ポンドの工費で完成した．その直



図－8　ロンドン主要部とテームズ河底トンネル位置

①Brunelのトンネル
②Tower Subway
③the City and South London Ry. のテームズ河トンネル

径は2.5mで，ブルネルの第1トンネルとは比べものにならないが，僅か3人で掘進したこの工法こそ，後にグレートヘッド式シールド工法と呼ばれた今日のシールド工法の原型となったものである．(この第2トンネルは，「タワー地下道」として1894年まで人間ケーブル車が通っていたが，その年に〝タワー橋〟が開通したので，以後は，水道管専用トンネルとして，今日も使われている)．

人類永遠の記念物

19世紀前半の天才技師ブルネル父子が，文字通り，心血を注いで完成した人類最初の水底トンネルは，長さこそ1,506フィート（452m）にすぎないが，幅37フィート（11.3m），高さ23フィート（6.9m）という大断面（78m^2）は，その後約80年間，軟弱地山での世界最大の断面積を誇った．このテームズ川第1トンネルは，一時的には，「浮浪者ホテル」にまで没落したが，供用後22年たった1865年にEast London Railway Co.社が買収し，天井板をはっただけで，蒸気運転の列車を走らせた時，その真価を発揮した．それから今日まで，Metropolitan Underground（ロンドン地下鉄）の大動脈として，地下鉄電車を通し続けている．それはまさに，1世紀以上の将来を見越した不屈の気概の持ち主だったブルネル父子が遺した人類永遠の記念物といえよう．

スチーブンソン父子との対比

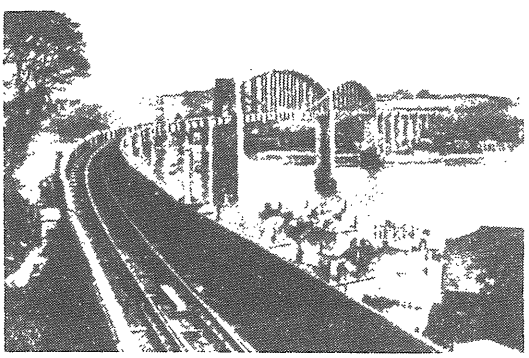
ブルネル父子と全く同時代のイギリスで活躍したのが，スチーブンソン父子で，両者の生涯は全く対照的だった．

父のマーク・ブルネル（1769－1849）と同時代に生きたGeorge Stephenson (1781－1848)は，火夫の息子としてニューカッスル近くのWylamに生れ，小学校も出ずに独学で，Wattの蒸気エンジンの勉強をし，蒸気機関車をつくって，ブルネルがテームズ河底トンネルに着工した1825年に，Stockton-Darlington間で，450人をのせた客車を，時速24kmで走らせた．ついでブルネルが工事を中断して，失意の時代にはいった1829年10月6日に，リヴァプール～マンチェスター間で行われた蒸気機関車の競争に〝Rocket号〟で出場，平均時速48km（最高58km）を出して優勝した．同線は翌1830年9月15日に公式開業され，鉄道時代が開幕，ジョージ・スチーヴンソンは，蒸気機関車生みの親としての栄誉を与えられた．そして1847年に創立された英国機械学会の初代会長に推され，その翌年67歳で栄光の生涯を閉じた．

その子のRobert Stephenson（1803－59）は，イサンバード・ブルネル（1806－59）より3歳年長で，下院議員在職中の1859年10月12日に他界した．それはイサンバードの死（同年9月15日）の4週間後だった．父ジョージのRocket号の完成を手伝ったのち，ロンドン～バーミンガム鉄道線建設の主任技師となったロバートは，1833年にKilsbyトンネル（2,216m）を掘った．また1850年には，橋梁史上のこる4スパンのメナイ海峡橋（70－140－140－70m）を，練鉄製の箱形断面でつくり，その中に列車を走らせた．さらにその没年には，モントリオール（カナダ）でセント・ローレンス川を横断する当時の世界最長スパンのグレート・ヴィクトリア橋を完成した．

これに対して，天才イサンバード・ブルネルの活躍分野は，はるかに広大だった．彼の関与した鉄道建設は，英本土での1,600kmの他に，イタリアで2本，オーストリアとインドでの各1本があった．1852年にはChepstow橋と彼の最後の作品となったRoyal Albert橋（図－9）の水中橋脚基礎の施工に，ニューマチック・ケーソン工法を採用した．またクリミア戦争の時には，大砲を改良し，それを積む台船（1854年）や，完全プレハブ式の病院建物（1855年）などを設計した．

しかしイサンバード・ブルネルを最も有名にしたのは，最初の鉄船でしかもスクリュー推進の大



図－9　Royal Albert橋（レンズ状主スパン長138m×2）1859年完成　Cornwall近くのTamarm横断，高水位上30m

西洋横断汽船となった．Great Britain 号の成功だった．これによって当時の世界最高の造船技師の地位をえた彼は，インド航路に超大型の高速船を就航させることの有利性を企業家たちに説いた．当時のインド貿易は，最も儲かる企業ではあったが，南アフリカまわりの航路には途中に石炭の補給基地がなく，また，変質するお茶の輸送には，高速性が要求されていた．

イサンバードの造船哲学では，「船は大きい程，小さな単位動力で，大きな速度が出せる」ことになっていた．彼は自重で，グレート・ブリテン号の5倍の船（19,000グロス・トン）をつくれば，最大15ノットで，給炭することなしに，35,000km のセイロン島往復ができることを示した．1851年に Eastern Steam Navigation Co. 社が設立され，ブルネルが設計し，船体は John Scott Russel（1808—82）が，ロンドンのテームズ河畔にある彼の造船所で建造し，スクリュー・プロペラとその蒸気エンジンは，バーミンガムの James Watt Co. 社が製作することになった．

かくして，上甲板での全長が692フィート（210m），そこまでの船高が58フィート（17.6m），船体幅が82.5フィート（25m）という巨大船がつくられることになった．厚さ22mm の鉄板による最初の2重底船として，また船体内部は多数の隔壁によって，22室に分割されて，強度と安全性が保たれた（表－2）．これらはすべて，今日の船体構造の基本型式となったものである．

この巨大船の推進にブルネルは，当時の3つの方式を全部採用した．すなわち船体中央の両外側には，1,000馬力駆動の直径56フィート（17m）の大水車外輪を，また船尾には，1,600馬力駆動，直径24フィート（7.25m）という当時最新鋭のスクリュー・プロペラを，そして甲板上には6,500ヤード（5,900m）の巨大な帆を用意した（図－10）．

予定通り，船体自重18,915トンとなったこの巨大船は，テームズ川の河幅から，通常の縦進水はできず，横進水方式を採用せざるをえなかった．当初から問題になったこの横進水のために，イサンバードは多くの実験と計算を重ねたが，結局，錆のついた鉄材間の摩擦係数の予測が狂って進水に失敗し，90日間，この巨船は，不様な姿を進水台上に曝らすことになった．

当時の英国最大の油圧ジャッキを何台もこわして，やっと着水した時には，当初の予算78万ポンドは，使いつくされ，政府からの援助も打切られて会社は倒産した．

技術的問題の他に，金策に奔走して疲れ果てたイサンバードは，1859年9月15日に突然倒れて，不帰の人となった．彼が残した積載排水量27,380トンのグレート・イースタン号を超える巨船があらわれたのは，約50年後（1906年）のモーレタニア号（同31,938トン）だった．

父は造船家として世に出，25年後の水底トンネルをつくって，失意の晩年を送り，息子はトンネル家として血まみれのスタートをし，50年後の船をつくって，53歳の若さで頓死した．このブルネル父子は，鉄道一筋に生きて栄光の生涯を閉じたスチーブンソン父子とは，好対照だったといえよう．

表－2　Isambard K. Brunel のつくった3大巨船（何れも建造時の世界一）

項　目	Great Western 号	Great Britain 号	Great Eastern 号
進水年	1837年	1843年	1858年
全長（上甲板部）	236 フィート	322フィート	692 フィート
船首・船尾直立部間距離	212 〃	285 〃	680 〃
外輪の所での幅	59.8 〃	——	118 〃
船体幅	35.3 〃	50.5フィート	82.5 〃
上甲板までの高さ	23.2 〃	32 〃	58.0 〃
積荷時吃水	16.7 〃	18 〃	30 〃
載荷時排水量	2,300トン	3,675トン	27,380トン
船体材料	木	鉄	鉄
船体の鉄材重量	——	1,040トン	6,250トン
推進方式	帆と外輪	スクリュー	帆、スクリュー、外輪
設計馬力	420HP	1,000HP	外輪1,000HP、スクリュー1,600HP
外輪直径	28.7フィート	——	56フィート
スクリュー：直径	——	15フィート	24 〃
ピッチ	——	25 〃	44 〃
羽	——	6枚	4枚
回転数	——	54rpm	39rpm

（付記）

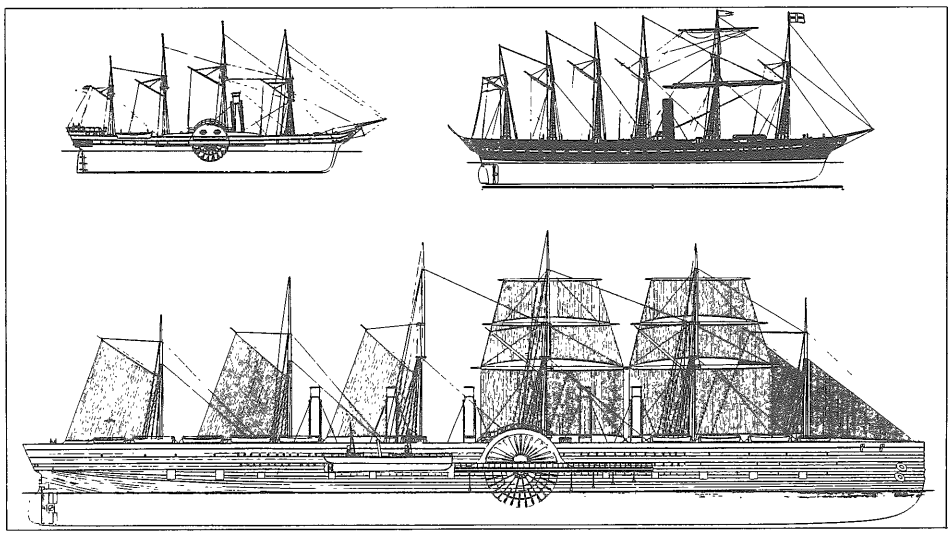
筆者はこの夏，ロンドンのハイドパーク公園の北にあるGreat Westernホテルに泊った．この古いホテルの食堂に，イサンバード・ブルネルの写真（図－11）がかかっており，そこが彼の事務所だったことが記るされていた．このホテルとGreat Western鉄道線の起点Paddington駅とは直結しており，同駅ホームのレンガ造りのフラット・アーチは，イサンバードの傑作の1つに教えられている．なお街路をへだててホテルの向い側にある地下鉄のパディントン駅は，ロンドン最初の地下鉄として1863年にFarrlingtonストリートまでの5km区間を開業させたところである（図－12）．

参考文献

1）Henry S. Drinker : "Tunneling, Explosive Compounds and Rock Drills." 1878.

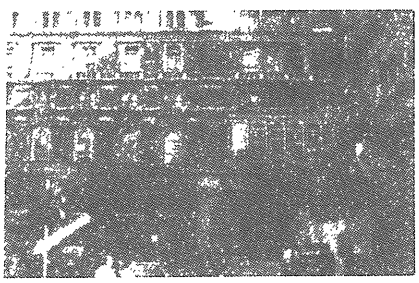
2）Joseph Gies : "Adventure Underground." 1962

3）Gösta E. Sandström: "The History of Tunnell-

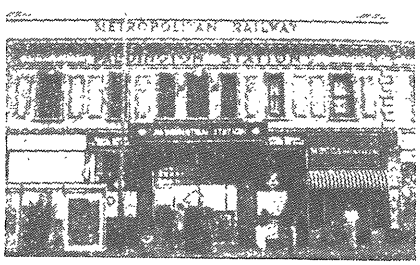


図－10　ブルネル3大巨船のスケッチ

図－11　Isambard K. Brunel



(a) Great Western線の駅入口と同ホテル



(b) 地下鉄駅

図－12　Paddington駅

ing." 1963.
4) Sir Alfred Pugsley (Edited): "The Works of Isambard Kingdom Brunel." 1976.
5) 村上良丸：「トンネル技術小史—シールド工法」. 道路, 1979－5.

注1) Great Eastern 号の生涯. 難産の末に進水し, イサンバード・ブルネルを頓死させたグレート・イースタン号の生涯にふれておく. 競売に付されたこの巨船をひきとり, "Leviathan (大海獣) 号" と命名した新会社は, 処女航海に, インドの代りに米国を選んだ. 3,000席を有するこの大客船に数百人をのせて, 1860年に米国東海岸の各港をまわる一大デモンストレーションを試みたが, 乗客は集らず大欠損だった. それでも翌1861年には, 海運史上最大の積荷といわれた5,000トンの小麦運搬をした.

しかしその後は, ボイラーが爆発したり, 操船ミスで座礁するなどの事故をくり返し, (沈没しなかったのは, ブルネルの設計の優秀さである), 航海毎に大赤字を出し, 港での碇泊には, 大面積を占めて, 全く手に負えない「大海獣」となっていた.

これが再び, グレート・イースタン号の名に戻ったとき, 世界の通信史上にのこる大西洋横断海底ケーブルの敷設という大事業を成就した. この海底ケーブル敷設のために, 1855年に Atlantic Cable Co. 社を設立したのは, 紙業で巨大な資本を蓄えた米国の大事業家 Cyrus West Field (1819—92) だった. 英・米両政府の協力をえた彼は, 多くの反対を押し切って, 4度敷設に失敗したのち, 1858年8月18日にやっと最初の海底ケーブル通信線の敷設に成功したが, それは束の間で, すぐ通じなくなった.

しかし不屈のフィールドは, 南北戦争 (Civil War, 1861－5) が終った1866年に, この仕事を再開した. 今度は, 当時最新の絶縁被覆をした継手なしの長さ4,800km, 重量5,000トンの大ケーブルをつくった. これが積める唯一の船が, グレート・イースタン号だった. 大改造された同船は, 見事にこの大任を果し, アイルランドとニューファウドランド間で, ヨーロッパとアメリカの両大陸を結ぶ大海底通信線を完成させた.

しかし同船はこれを最後に, 無用の長物として邪魔物扱いされ, 当初目的のインド航路には, 一度もでることなく, 1888年に, リーバプールで解体, スクラップにされて, 30年の生涯を閉じた. ちなみに, 1843年に進水したグレート・ブリテン号の方は, 退役後も80年間, 海上倉庫として使われ, 今日では, それがつくられたブリストルのドックに, 記念物として, 保存されているという.

注2) 日本史との年代対比 (表－3).

表－3　日本史との年代対比

1825年	外国船打払令でる。	1837年7月	：出水が多く、月進0.3mとなる
1827年	シールボルト事件	8月	：4回目の大出水
1832—8年	天保大飢饉	11月	：5回目の大出水
1837年	大塩平八郎の乱	1838年3月21日	：6回目の大出水
(1840—42年	アヘン戦争)	1840年4月4日	：南岸ワッピング側高水設下に到達 陥没事故あり
1842年	外国打払令廃止	〃 8月	：ワッピング側陸岸下に到達。
1847年	幕府への海防勅書	1841年7月	：ワッピング立坑完成。
1850年	江川坦庵が伊豆韮山に反射炉築造	〃 8月12日 午後2時	：シールド機がワッピング立坑に到達。ヴィクトリア女王よりブルネルは、Sirの爵位をうける。
1853年	ペリーの浦賀来航	1842年1月7日	：シールド機の解体終る。
1854年	安政和親条約	〃 12月	：ブルネル卒中で倒れる。
1859年	安政の大獄	1843年3月25日	：開通式。1日で5万人通る。
1860年	桜田門外の変	1849年12月12日	：80歳でブルネル永眠。
1868年	明治維新、東京遷都	1865年	：ロンドン地下鉄網に編入され、現在に至る。

この間の7か月間に7.8m進行。

バックナンバー

日韓トンネル時報（年４回）

創刊号(1984年４月)

○主な内容
- 設立総会報告
- 会長就任挨拶
- 中間報告会報告
- 韓国教授訪日報告
- 役員メッセージ
- その他
  在庫ナシ

第２号(1984年７月)

○主な内容
- 第２回総会報告
- 記念講演(西堀栄三郎)
- 地形地質調査報告会報告
- 人物登場(持田豊)
- その他

第３号(1984年11月)

○主な内容
- 第２回九州支部総会報告
- 記念講演(持田豊)
- 韓国だより
- 人物登場(瀧山養)
- その他

第４号(1985年３月)

○主な内容
- 座談会
- 対馬と壱岐および東松浦半島踏査メモ
- 対馬人の世紀
- 現場だより
- 人物登場(辻田時美)

第５号（1985年６月）

- 第３回総会報告
- 記念講演（中川学）
- 欧州視察記
- 人物登場（瀬古新助）

第６号（1985年９月）

- 第３回九州総会報告
- 記念講演（西堀栄三郎）
- 実験視察記
- 人物登場（西尾元充）

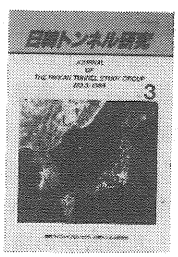
日韓トンネル研究（年２回）

第１号(1984年５月)

○主な内容
- 日韓トンネルの地形・地質
- 日韓トンネル地域における環境の問題
- 日韓トンネルにおける諸問題
- 日韓問題についての考察
- 随筆
- 海外資料編
- 現地視察記

第２号(1985年３月)

○主な内容
- 歴史と文化
- 研究報告
- 技術情報
- 海外資料
- 寄書



第３号（1985年５月）

- 歴史と文化
- 調査と研究
- 海外資料
- 寄書
- 特集（青函から日韓へ）

バックナンバーについて

バックナンバー購読を希望される方は日韓トンネル研究会（TEL 03-496-9211）へ申込み頂ければ右記価格でお分けしております。

○価格
時報　１冊￥500(送料込)
研究　１冊￥2000(送料別)
在庫のないものはコピー代実費

投稿原稿を受付けています。

また、皆様のご意見・ご感想を、右記宛お寄せ下さい。

国際ハイウェイプロジェクト
日韓トンネル研究会
〒150 東京都渋谷区道玄坂 2-10-12
新大宗ビル３号館 930号室
TEL 03（496）9211

編集後記

◇この対馬海峡を舞台として、有史以来幾多の歴史絵巻が展開されたであろうか。数えれば切りが無い程であろう。表舞台に登場し歴史に名を残した者、人知れず波の中に藻屑として消え去った者。そしてその者達を見送り無事に生還する事をひたすら耐えて待っていた家族や友人達。いずれにしても否応無しに運命の糸に左右されながら悲喜こもごもの人生があった事であろう。

荒涼たる対馬海峡よりかすかに韓国の影をみながら、日韓両国間の壮大なドラマを思いうかべる時、胸が熱くなるのである。　＜M．H＞

◇東京湾横断道路、関西新空港、明石海峡大橋、海外では英仏海峡トンネル計画が動き出した。有史以来、営々として蓄積されてきた土木技術の粋が大きな恩恵をもたらし、その技術はさらに高まりつつある。技術者の責任と使命は、天賦の材料とそれらの技術をもって、その使用目的、方向性を誤ることなく、よりよき環境を創ることである。天からの構想に基づく本計画での技術研究、開発が、地球的貢献をなすことを信じてやまない。

＜K．M＞

◇76年周期のハレー彗星が地球に接近している。生涯に一度しかないであろう巡り会い故に、厳寒の星空を仰いだ御方も多いのではなかろうか。私もその一人である。宇宙の運行が原則に貫かれているためか予報位置は極めて正確だという。

編集という作業はそうはゆかない。人間に与えられた自由と創造性を正しく発揮するのは何と難しいことか。次回の接近は2062年らしい。ネオン洪水の東京からも、この宇宙の珍客を見守りたいものだ。　＜A．H＞

◇日韓トンネル研究も4冊目を発行するようになりました。今振り返ってみると、雑誌等を作った事のない土木屋等が集まって、アカデミックな研究雑誌を作るという事で、夜の更けるのも忘れ夢中になって第1号を世に出したのを想い返します。戦後40年、冷めた日本と韓国の間のホットラインとして充実したものにしていきたいと願っています。　＜S．A＞

◇編集も最終段階を迎えた頃、スペースシャトルの爆発のニュースが飛び込んできた。そのニュースを聴きながら、数日前に惑星探査機ボイジャーからの天王星の鮮明な写真を全世界の人々が注目し、賛美した事を忘れたかのように批判するマスコミに驚かされた。今後、我々に於いても成功や失敗があるに違いない。しかし、その事に一喜一憂することなくハイウェイ完成の為、歩みたいものだ。　＜A．I＞

編集委員長　原　美輝雄
編集委員　前川　和弥　　稲田　昭俊
平野　敦士　　浅利　聡

昭和61年2月1日発行

日韓トンネル研究

第4号1986年（No.4—1986）

振込先　銀行口座　普通口座5986474
三菱銀行渋谷支店
郵便振替　東京8－143133
国際ハイウェイプロジェクト
日韓トンネル研究会

発行者　佐々　保雄
編集発行　国際ハイウェイプロジェクト
日韓トンネル研究会
〒150 東京都渋谷区道玄坂 2-10-12
新大宗ビル3号館 930号室
TEL 03（496）9211
FAX 03（476）0243
制作印刷　㈱ユニバーサル企画
©無断転載を禁ず