

特 集

日韓トンネル（国際ハイウェイ）について

Prospects for the Japan - Korea Tunnel
(The International Highway Project)

日韓トンネル研究会常任理事
ユーロトンネル上級技術顧問

持 田 豊*

1991年6月28日英仏海峡のほぼ中央の海底下で、3本目のトンネル（英仏海峡トンネルはサービストンネル1本+単線鉄道トンネル2本で成っている）が貫通した。前年12月にサービストンネルが貫通した時と同様に、英仏両国旗、両国歌のみだれ飛ぶ中、この大プロジェクトの中でのリスキーな部分であるトンネル（50.5Km×3）はすべて貫通し、英国とヨーロッパ大陸とは陸路で堅く結ばれた。現在、鉄道による大量自動車輸送と鉄道本来の客貨サービスの開始（1993年予定）に向け輸送設備の建設が進められている。

青函トンネルは開業してすでに3年余を経過し、予想を上回る輸送需要で有効に稼動している。輸送時間の短縮が良い結果をもたらし、特にコンテナによる生鮮食料品の輸送は予想を2倍も上回っている。一方ではデンマーク内のグレートベルト海峡連絡トンネルも掘削が始まり、1993年完成を目指している。これは引き続いて、デンマーク～スウェーデンとの連絡も計画されており、E C全体が陸路でつながることになる。

青函トンネルの完成に触発されて各地での海峡連絡が計画、調査されている。これらを日韓トンネル～国際ハイウェイ計画との関連で考えてみたい。

最近の実際に得た経験（私自身が青函トンネル

*サンコーコンサルタント(株)代表取締役副社長

には職員として約30年間、調査から建設までを完全に内部で経験した。）として、英仏海峡トンネルでは、Senior Technical Adviserとして約7年間従事し、さらにGreat Belt やジブルタル海峡トンネルでも、案の審査や評価をするAdviserとして約5年～10年関係している。青函トンネルについて技術的な問題はすでに1985年のICUS(Washington)で発表したので、今回は英仏海峡トンネルをも含めて日韓トンネルについて考えてみたい。

I-1. それぞれの海峡トンネルは調査～建設までには長い歴史を持っている。特に英仏海峡トンネルでは希望や構想のみの段階を除いても約200年の歴史がある。その間に多くの組織によって調査され設計してきた。そして1985年の両国合意（サッチャー首相とミッテラン大統領）の後に設計コンペに至るまでは、非常に数多くの案が提案され、試掘も1870年代と1970年代の2度にわたって行なわれた。これらを基礎として多くの案の中で現在進行中の案が最終コンペで採用され、今までのどのプロジェクトよりも速い速度で建設が進んでいる。青函トンネルでは、調査によって悪い地質条件が想定されたので、割合少ない案の中で技術開発が広く検討され、それに多くの時間が費やされた。日韓トンネルでは、現在多く

5の案が出て（私自身はさらに多くの案が出ることを望んでいる）、それをFOCUSする段階に入りつつある。

I-2. 自然条件その他の条件でいうと、青函トンネルの場合は世界最初の長大海底トンネル（図-1 a参照）へのチャレンジという一種の手探りの状態、それに加えて水深(140m)が大きく、かつ悪い地質条件（断層や亀裂が多く水を透しやすい火山岩の存在や軟岩の存在）が事前の調査によってわかっていた。施工開始時の1960年代では直ちに利用しうる技術がなかったために、海底トンネルを掘るために新技術の開発を行わなければならず、建設は長期間を要した。

一方英仏海峡トンネルでは、水深は60mで比較的浅く、透水性が低くかつ均一で掘りやすいチョークマールという地層が英仏の海底に連続して存在していることが、長年の調査によってわかっていた。この良好な条件であるチョークマールをその後も種々の調査手段によって追求し、トンネルは、忠実にチョークマールの中を通るように設計、施工された。そのため少し勾配を変えたり、曲線を入れたりしたが、結果的に非常に短い期間で掘削が終わったのである。つまり良好な自然条件を徹底的に利用したことが成功の原因である。

日韓トンネルの場合は自然条件の概要は判明したが、まだ必要なデータがすべて揃っているとはいえない。

I-3. 施工条件を比較すると、先に述べたように青函トンネルの場合は、新しい技術開発が必要であったが、英仏海峡トンネルの場合は自然条件が難しくないので、すべてを既存の実績ある技術で計画し施工して、安定した結果を得ることができた。若干の問題点があるとすれば従業員の訓練（機械を含めて）であったといえよう。日韓トンネルの場合はまだそれをいえるデータが不足しているので論議できる状態ではないが、できるだけ実績ある技術を使用できるように指向すべきである。

I-4. 青函トンネルが、日本国内でのトンネル建設であるのに比べて、英仏海峡トンネルでは2国間のプロジェクトである点で大きく異なる点が出てくる。すなわち輸送設備については、まず安全性の確保が何よりも交通機関として優先される。この安全性に対する考え方は、多くの部分がそれぞれの国の歴史や文化、習慣等に影響されている（幸いに両国間に宗教的な大きい違いはないのであるが）。そのため輸送設備を決める段階で、安全に対する考え方の違いによる無用の時間を費やしているように見える。日韓トンネルもまさに2国間プロジェクトであり、予めこの考え方の相互理解が無いと、終わりの方の段階で思わぬ時間と経費を要することになるので注意すべきである。

I-5. 青函トンネルの場合は、政府保証の形で資金が集められたが、現在は未だ政府機関の手によって借金のまま（約1兆5000億円）残っている。英仏海峡トンネルは、その良好な立地条件で予想される大きい輸送需要予測により、民間資金による形で行なわれつつある。色々な問題はあったが、民間資金である故に政府の政治的経済的な干渉なしで進められていると言えよう。

日韓トンネルの場合は未だ不透明であるが、これは2国間（これが第一に必要だが）のみならずもう少し広い地域で考える必要があるであろう。そのため一つの考え方として次のことを述べたい。

II-1. 今まで述べた青函トンネル、英仏海峡トンネル、日韓トンネルの他、図-1 a, bのように多くの海峡について一部は計画や調査が行なわれている。規模としては日韓トンネルより大きいものはない。詳細は避けるが、それぞれに問題がないわけではないが、これらの海峡を連絡するところは世界の大陸（ユーラシア、南北アメリカ、アフリカおよび南アジア）はすべて連結され、オセアニア大陸も大きい水深に対する水中式等のト

NAME	A FIGURE OF VERTICAL SECTION	
Seikan Tunnel (Japan)	Honshu 23k300m S 140m 100m N Hokkaido 53k850m	commercial operating
Euro Tunnel	U. K. 37k000m W Dover Strait 60m France E 40m 50k500m	tunnels breakthrough under construction
Gibraltar Strait Under sea tunnel	Spain 28k000m N 300m 100m S Morocco 65k000m	investigation (1979~)
Sunda Strait (Indonesia)	Sumatra 26k000m W Sunda Strait 100-120m Jawa 100m E 39k000m	investigation (1985~)
Malacca Strait (Malaysia -Indonesia)	MALASIA 18 2.1 18 4 3.5 2.5 1.1 1 20 SUMATRA W 20m 5.1m E Subterranean Part : 52km 91km Under Sea Portion : 39km	investigation (1987~1990) under construction (1990~)
Great Belt (Denmark)	W 7k500m E 10k700m	
Soya Strait (Japan-USSR)	Sakhalin 51.4 km Hokkaido W 60~67m E	
Mamiya Strait (USSR)	Siberia Mamiya Strait Sakhalin 8.4km 14~20m	
Bering Strait	Siberia Big Diomedes Is. Chukotski Peninsula 39.9 km 86.7 km Little Diomedes Is. Alaska 3km 4km 14km 38.4 km Seward Peninsula 1,48m 1,51m	

図-1a 世界の海底トンネル

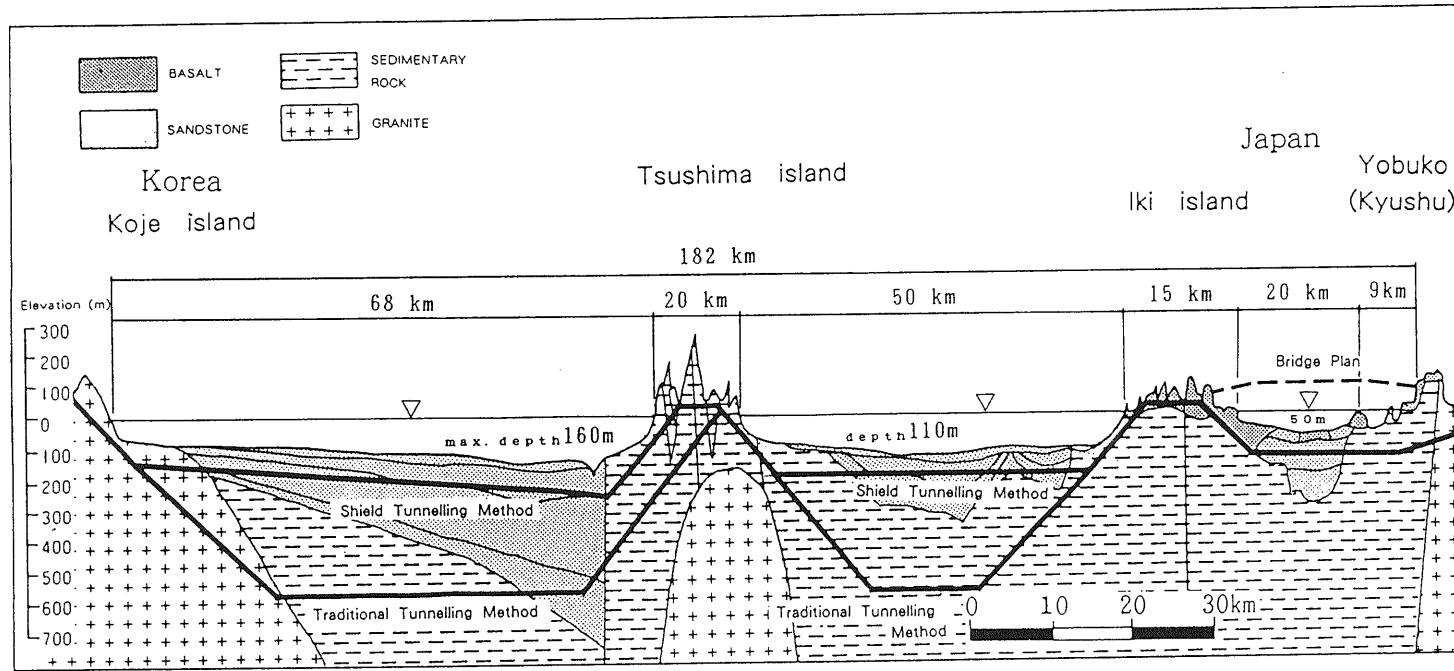


図-1b 日韓トンネル計画案

ンネルで連結することは可能であると考えられる（図-2参照）。これをグローバル・アンダーグラウンド・トランスポーテーション・システムと仮に名付けておく。

現在または将来にかけてボーダレスの時代に入ろうとしている。個々の地域の持つ個性は大切にしながらも“世界は一つ”になろうとしている。そのためには、人、物、エネルギー、情報等の輸送が安全で正確、迅速（ハイ＜スピード＞ウェイ）で、かつ快適に（環境を含めて）行なわれることが望ましい。そしてそれが現在直面している東西問題、南北問題、人口、食糧、そして環境保全等々の解決に寄与すべきであると思われる。言うまでもなくこのプロジェクトには大きいハードルが数多くあることは、現段階ではやむを得ない。しかし、上記の各種問題を解決していく過程の一つとして段階的に取り除かれていくことになると思われる。青函-英仏海峡-日韓トンネルの動きの中にも一つづつ問題解決の手がかりがあると考えられる。少し具体的な点を簡単に述べてみることにしたい。

II-2. 基本的には地震、強風等の天災に強いトンネルまたはそれに類した構造が望ましい。エネルギー的にも1万メートルを越える超高空を飛ぶことはあまり効率的ではない点もある。

図-3に概念図（設計図ではない）を示すが、原則は大小のチューブをトンネル内に入れて人、物（水を含む）、エネルギー、情報の輸送をそれぞれすることである（表-1参照）。高速交通としては、チューブ内を減圧し（超高空と同様な状態）0.1～0.2気圧程度は実用的に可能な範囲であるので、その中を高速リニアモーターによりマッハ4～5程度の速度の走体を通す。これによると世界の主要都市、地域はすべて2～4時間程度の時間で往来が可能である（表-2参照）。

チューブにかかる外圧力は最大でも1気圧をこえることはないし、コンコルドでもマッハ2.5程度の速度は人間の乗り心地にさほどの影響がないことは実証済みである。駅部は扉等による段階的

な与圧によって通常の1気圧にすることは可能である。文書や生鮮食料品（花等を含む）等で特に急ぐ貨物も同様に輸送は可能である。またさほど急がない物はカプセル輸送（鉱石等バルク）やパイプライン輸送（スラリー等）によって別のパイプ内を通ることになる。

II-3. エネルギーに関しては、現在のような化石燃料による発電には地球環境上多くの問題が指摘されている。一方では余剰する深夜電力の利用も発電能力の開発をセーブする意味で重要である。

a) 超電導状態にあっては電気抵抗はほとんどゼロになるため、長距離の送電によっても電力ロスは極めて少ない。この点を利用して各地域の時差による深夜電力を互いに融通し合うことによって（例えば日本（深夜）-ヨーロッパ（夕方））、つまり東西型の深夜電力交換により、総発電力の抑制ができる。結果的には火力発電量の抑制によるCO₂等の増加防止をすることによって環境を保護することができる。

b) 図-4に見られるように亜熱帯高気圧帯つまり砂漠地帯での日照率の高さに着目し、それら地帯での太陽発電所でクリーンな電力を得て、各地にネットワーク（図-2）を通じて送電することができる（南北型エネルギー利用）。これによって北では、火力または原発などの発電所増加抑止による環境保全とエネルギー利用料の南への還元により南の経済レベルを上げ、教育環境を整備することができる。亜熱帯高気圧帯は東西に時差毎に存在するのでいつでも発電可能である。

c) ただし超電導の極低温（現在ヘリウム利用）は、できるだけ高い温度、つまり液化窒素（N₂）程度まで上げることが資源的にも望ましい。無論他の発電方式、例えば長江ダムや潮流による水力発電、核融合等も充分な開発の余地がある。これらによってCO₂等の増加を抑止する。

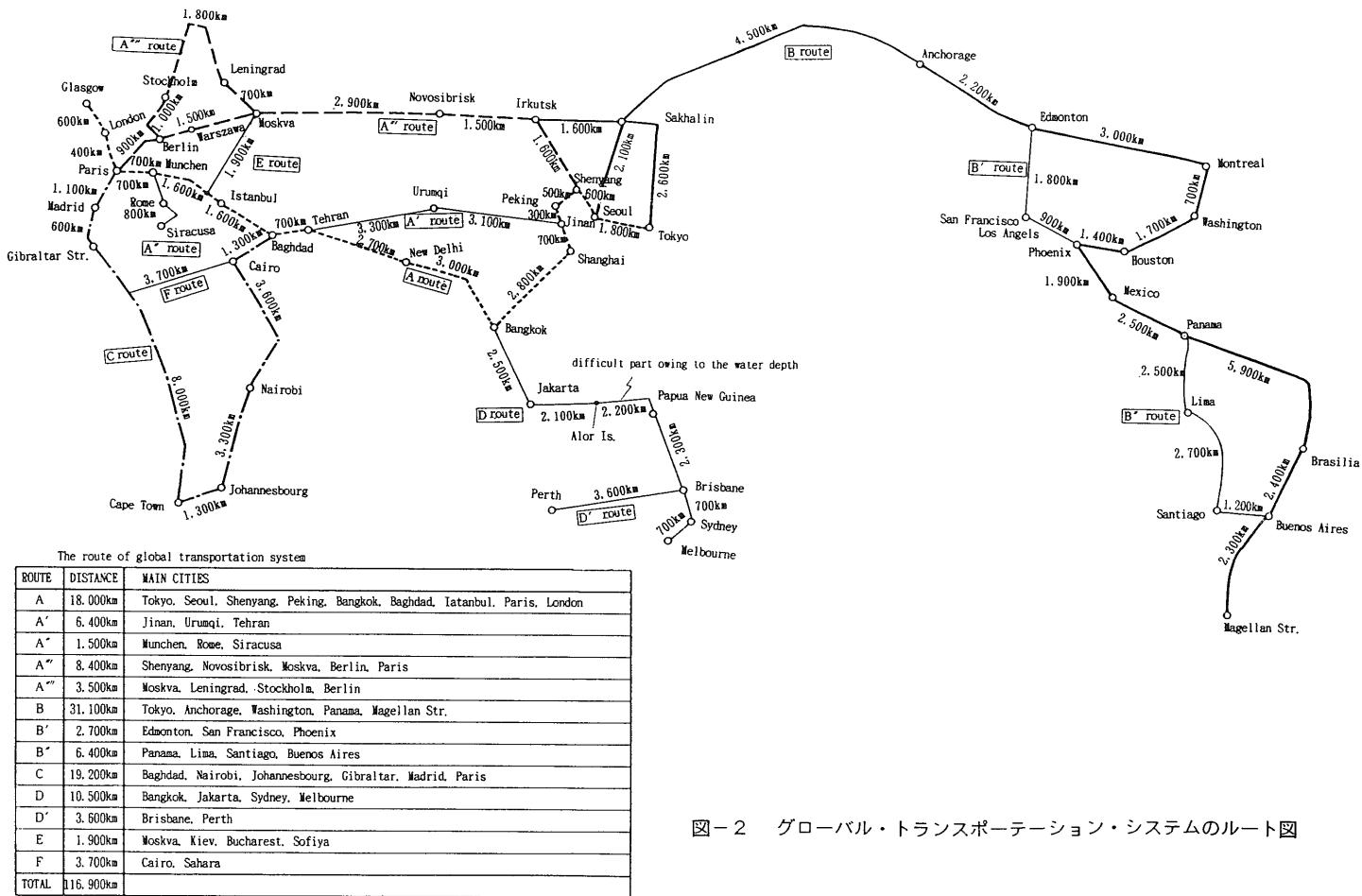


図-2 グローバル・トランスポーテーション・システムのルート図

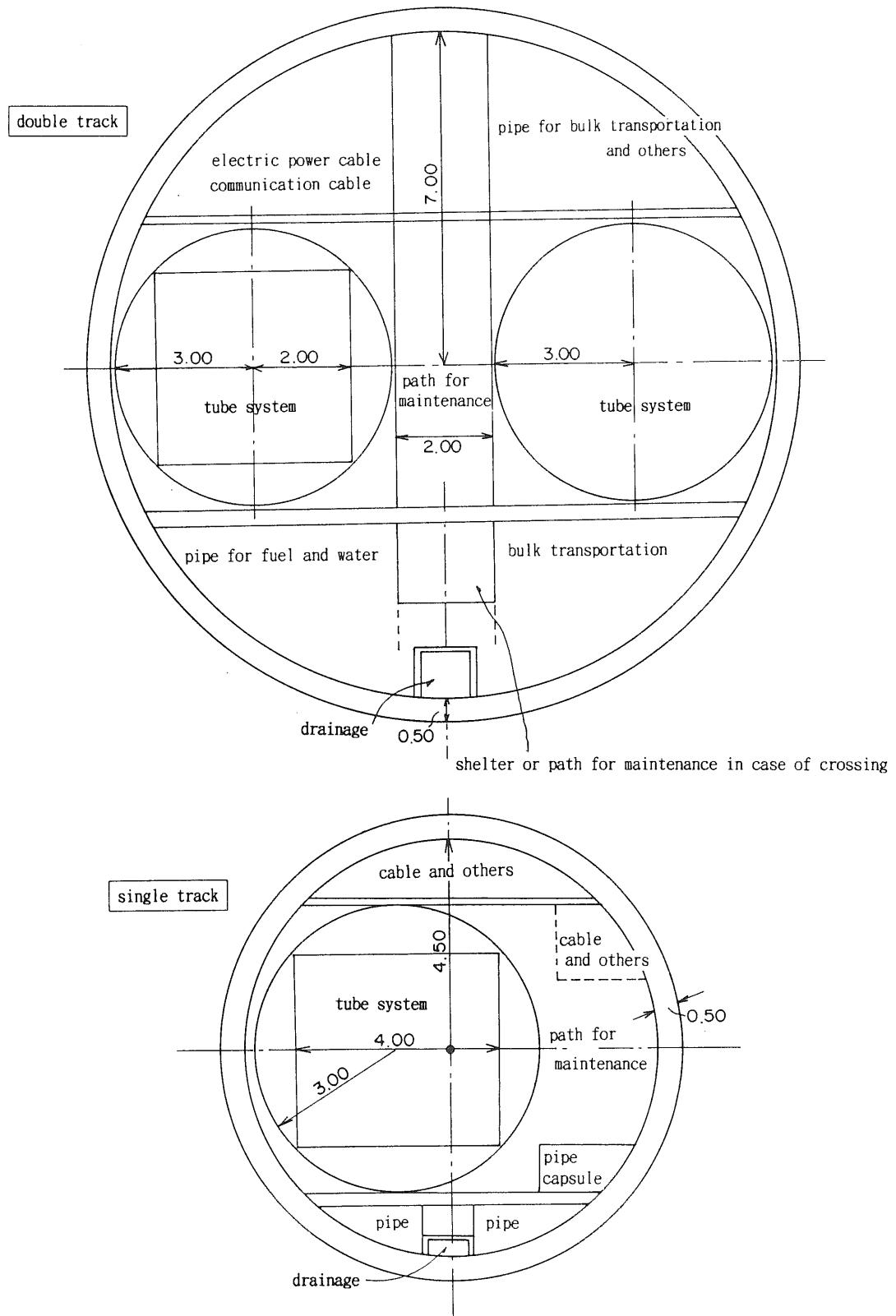


図-3 グローバル・トランスポーテーション・システムの概念図

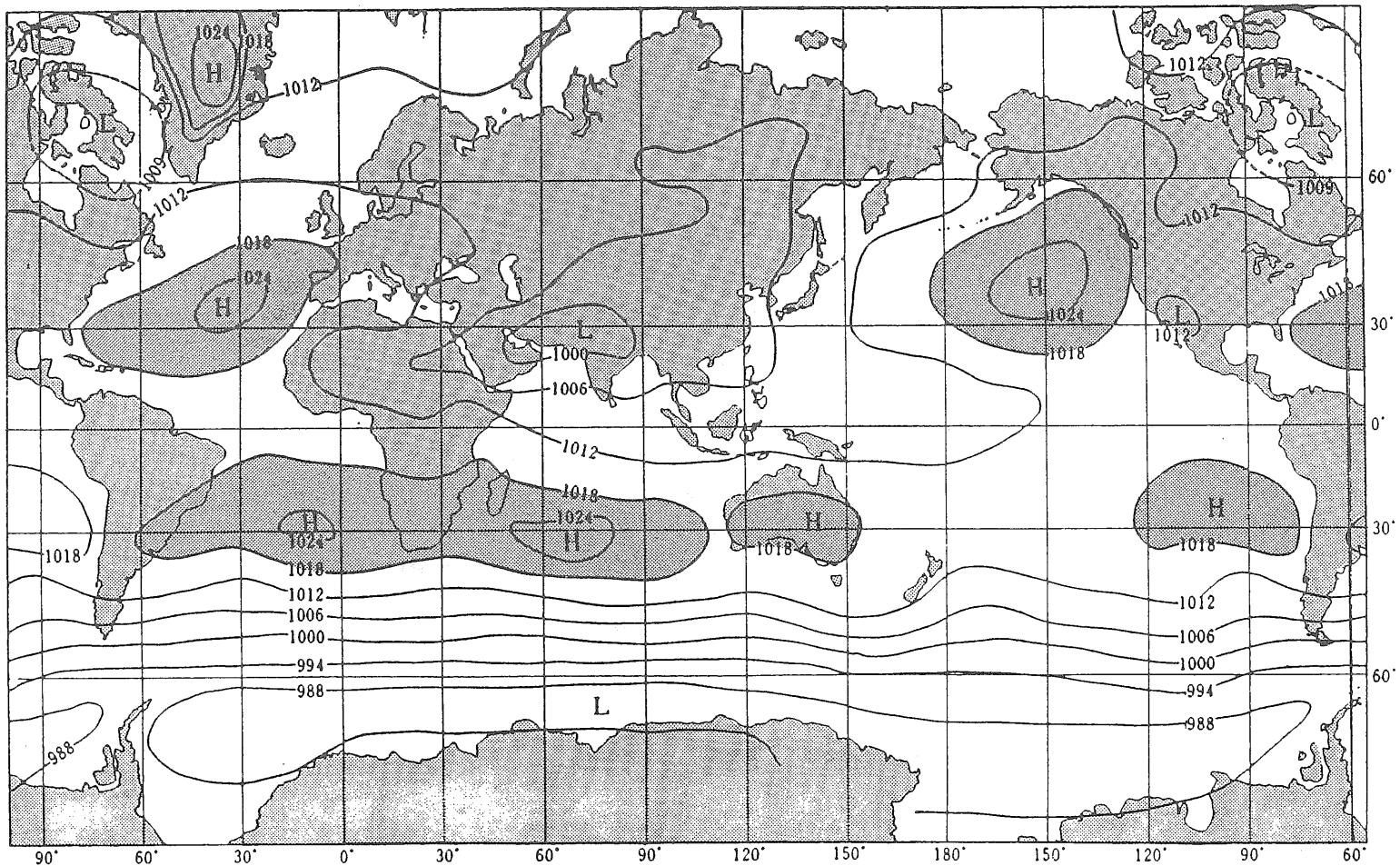


図-4 世界の気圧分布図 (m b) (7月)

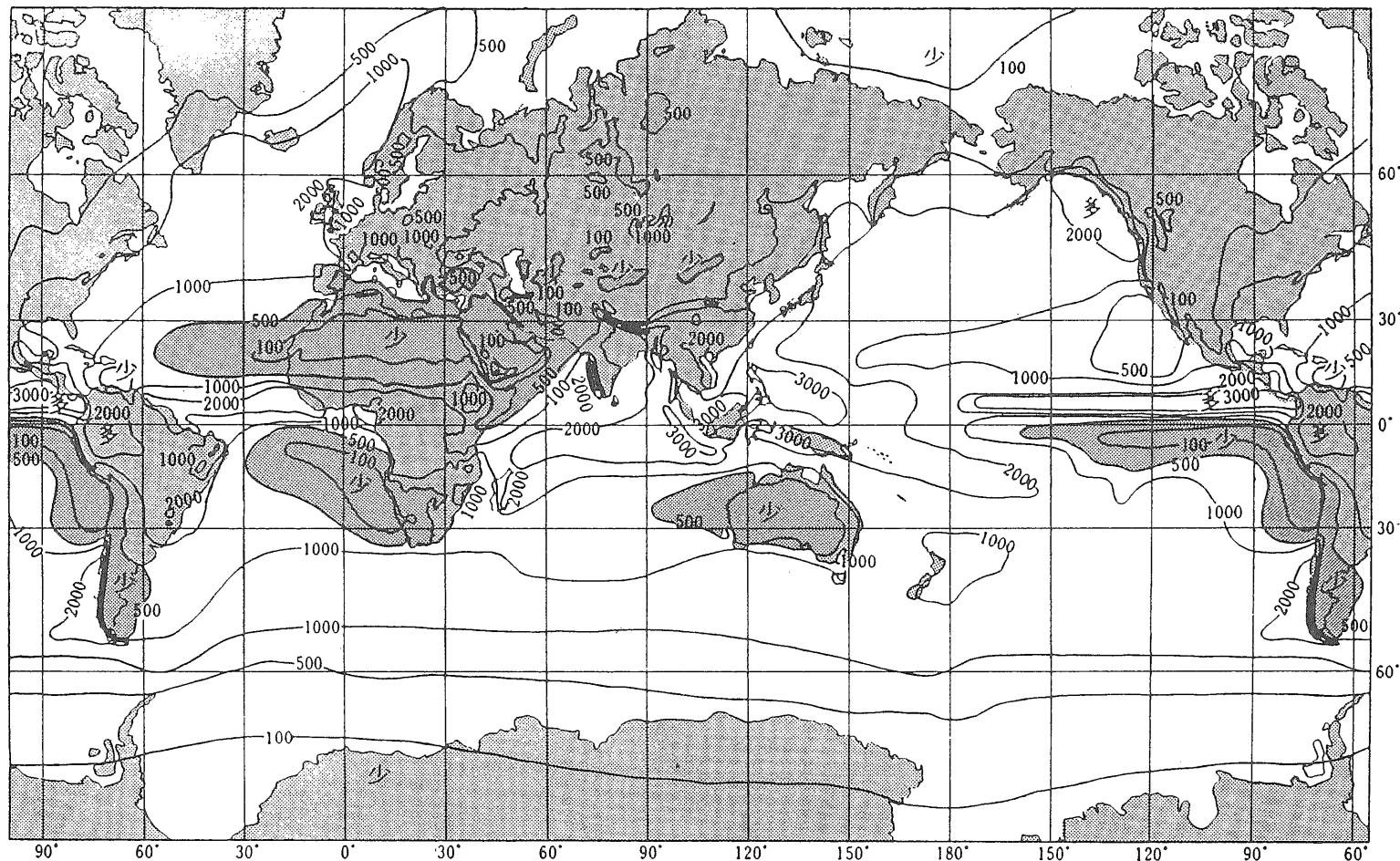


図-5 世界の降水量分布図 (mm) <年>

表-1 グローバル・トランスポーテーション・システムの内容およびルート

ROUTE	EXTENDED DISTANCE							MAIN CITIES
	passenger	freight(capsule)	freight(general)	slurry transportation for fuel	pipe for drinking water	pipe for water	electric power cable	
A	○	○	○	○	○	○		18,000km Tokyo, Seoul, Shenyang, Peking, Bangkok, Baghdad, Iatanbul, Paris, London
A'	○	○	○	○	○	○		6,400km Jinan, Urumqi, Tehran
A''	○	○	○	○	○	○		1,500km Munchen, Rome, Siracusa
A'''	○	○	○	○	○	○		8,400km Shenyang, Novosibrisk, Moskva, Berlin, Paris
A''''	○	○	○	○	○	○		3,500km Moskva, Leningrad, Stockholm, Berlin
B	○	○	○	○	○	○	○	31,100km Tokyo, Anchorage, Washington, Panama, Magellan Str.
B'	○	○	○	△	○	○		2,700km Edmonton, San Francisco, Phoenix
B''	○			△	○			6,400km Panama, Lima, Santiago, Buenos Aires
C	△	△	○	△	△	△	○	19,200km Baghdad, Nairobi, Johannesbourg, Gibraltar, Madrid, Paris
D	△	○	○	○		○		10,500km Bangkok, Jakarta, Sydney, Melbourne
D'	○			○	○			3,600km Brisbane, Perth
E	△	○	○	○	△	○		1,900km Moskva, Kiev, Bucharest, Sofiya
F				○	○	○		3,700km Cairo, Sahara
TOTAL								116,900km

表-2 主要都市間の距離

km

MAIN CITIES	London	Paris	Moskva	Baghdad	Bangkok	Melbourne	Johannesbourg	Peking	Seoul	Tokyo	Montreal	Washington	Panama	Buenos Aires	Antarctica
London	-	400	2,800	4,300	10,700	21,200	11,400	9,300	9,400	11,200	18,500	19,200	22,600	30,900	34,900
Paris	400	-	2,400	3,900	10,300	20,800	11,000	8,900	9,000	10,800	18,100	18,800	22,200	30,500	34,500
Moskva	2,800	2,400	-	3,500	9,900	20,400	20,000	6,500	6,600	8,400	15,700	16,400	19,800	28,100	32,100
Baghdad	4,300	3,900	3,500	-	6,400	16,900	8,200	7,400	8,500	10,300	20,300	21,000	24,300	32,600	36,600
Bangkok	10,700	10,300	9,900	6,400	-	10,500	14,600	3,800	4,900	6,700	17,500	18,200	21,500	29,800	33,800
Melbourne	21,200	20,800	20,400	16,900	10,500	-	25,100	14,300	15,400	17,200	27,900	28,600	32,000	40,300	44,300
Johannesbourg	11,400	11,000	20,000	8,200	14,600	25,100	-	15,600	16,700	18,500	29,200	29,900	33,300	41,600	45,600
Peking	9,300	8,900	6,500	7,400	3,800	14,300	15,600	-	1,100	2,900	13,600	14,300	17,700	26,000	30,000
Seoul	9,400	9,000	6,600	8,500	4,900	15,400	16,700	1,100	-	1,800	13,500	14,200	17,600	25,900	29,900
Tokyo	11,200	10,800	8,400	10,300	6,700	17,200	18,500	2,900	1,800	-	12,300	13,000	16,400	24,700	28,700
Montreal	18,500	18,100	15,700	20,300	17,500	27,900	29,200	13,600	13,500	12,300	-	700	8,200	16,500	20,500
Washington	19,200	18,800	16,400	21,000	18,200	28,600	29,900	14,300	14,200	13,000	700	-	7,500	15,800	19,800
Panama	22,600	22,200	19,800	24,300	21,500	32,000	33,333	17,700	17,600	16,400	8,200	7,500	-	8,300	12,300
Buenos Aires	30,900	30,500	28,100	32,600	29,800	40,300	41,600	26,000	25,900	24,700	16,500	15,800	15,800	-	4,000
Antarctica	34,900	34,500	32,100	36,600	33,800	44,300	45,600	30,000	29,900	28,700	20,500	19,800	19,800	4,000	-

※ Antarctica ~ Antarctic Pole = 2,700km

II - 4. 図-5のように穀物の生育（年間降水量500 mm以上と言われる）に足るような灌漑用水または飲料水の輸送。これにはかなり大きい水路用トンネルが必要であるが、食糧問題の解決の一助としたい。別にバイオテクノロジー的なアプローチも考えねばならない。

II - 5. 光ファイバー等高能力の通信線を組み込んで全世界的なネットワークが現在の100万倍以上のものとなる。これにより情報の充分な利用、教育レベルアップ、これらによって“世界は一つ”という基盤を創出することができ、かつ東西、南北問題の解決の一助ともなる。

II - 6. ただしこれらの実現には、いくつかの問題があることは言うまでもない。

- a. 先に英仏海峡トンネルで述べたように、
2国間、多国間の文化、歴史にまつわる点
- b. 地域特性や宗教の違いによるコンセプト
の違いの調和
- c. 外交、軍事、既得権益等の問題
- d. 建設費のコストダウン。トンネル、チ
ューブ輸送、超電導、太陽発電等々
- e. 各々の建設技術のハードルを乗り越えレ
ベルアップをすること（d. にも関連する）。
- f. 輸送コスト、輸送需要の予測
- g. 上記諸問題を考えながら、建設資金につ
いて国際的合意を得ること。

これはコストダウン（恐らく総額300～500兆円<2～3 trillion dollar>程度）となるので、増加するエネルギーコストの低下、環境保全費さらに輸送収入等により総合的にグローバルな視点に立つと不可能な数字ではないと考えられる。

これらのネットワークは部分的にしか建設が進まないのであろうし、その一つとして日韓トンネルが考えられる。しかし完成したものは事故等を考慮して、図-2のように2重系3重系のリンクネットワークであることが必要である。

以上はOut lineのみの一例であり、今後さらに検討をしていかねばならない。

— 参考文献 —

- 1) 日本機械学会誌 1988年5月号
- 2) 持田豊 「英仏を結ぶ海峡トンネル」 1990年12月 セメント・コンクリート
- 3) Y.Mochida 「Undersea Tunnel」 ICUS 1985