

## 調査と研究④

# 水域の自浄作用－名護屋浦付着微生物 の有機物の取込分解活性

Environmental Quality and Micro Organism Activities  
Uptaking and Dissolving Organic Matters in the  
Natural Water Areas of the Nagoya Bay

近藤満雄\*

## 1. 序論

海等の自然水域では、様々な微生物が、河川を通じてあるいは降雨時に沿岸の町や村から直接流入する様々な有機物を分解し、浄化している。しかし開発や産業活動等の人間活動が高まり、その上人口が増加するとともに、流入する生活排水や工業排水や農業排水や細泥が増大し、自然水域に大きな打撃を与えるようになった。自然水域の自浄作用に影響する要因は複雑多様であり、微生物活性を水環境の指標にするためにはこの要因を確定し、分離する必要がある。筆者らはこれまで川や海等の自然水域の底質の微生物活性の簡単・迅速・安価な測定法の開発に取り組み、自浄作用を定量化するとともに、微生物活性を水環境の指標にすべく研究してきた。今回筆者らは水環境と微生物活性との相関や、水深と微生物活性との関係や、微生物活性の季節変化を明らかにするため、名護屋浦の調査地点で、粒径2-1mmの川砂をナイロン・ストッキングに詰め、様々な水深に一定期間（2-4ヶ月間）セットし、その後これを回収し、この砂に付着した微生物の有機物（グル

コース、サッカロース、デンプン、グルタミン酸）の取込分解活性を測定したので報告する。

## 2. 方 法

### (A) 川砂試料のセット

調査地点は図-1に示すT-1, T-2, T-3, T-4, T-5の5地点である。口径2mmのフリイを通して口径1mmのフリイに残留した釣川の下流の川砂0.5~1kgをパンティストッキングの足部に詰めストッキングの足部の残布で三重から五重に包み、次にこれを網戸用の防虫ネットで三重から四重に包み、更にこれを鉄製の金網で包み（1987年度と1988年度は金網で包んだが、鉄錆が酷く出たので1989年度以降は金網の使用を止めた。）、最後にこれを魚網で包み、調査地点でこれを浮きブイや浮きドッグや養殖筏からロープで水中に吊り下げ、その地点の水深が許す限り、1987年度は水深 0.5m、1m、2m、4m、8mと海底、1988年度は水深 2m、3m、4m、5m、6m、8m、16mと海底、1989年度は水深 2m、3m、4mと海底に試料をセットした。

1987年度は8月10日に試料をセットし、11月9日に回収し、10日と11日の両日に微生物活性を測

\*九州産業大学教授

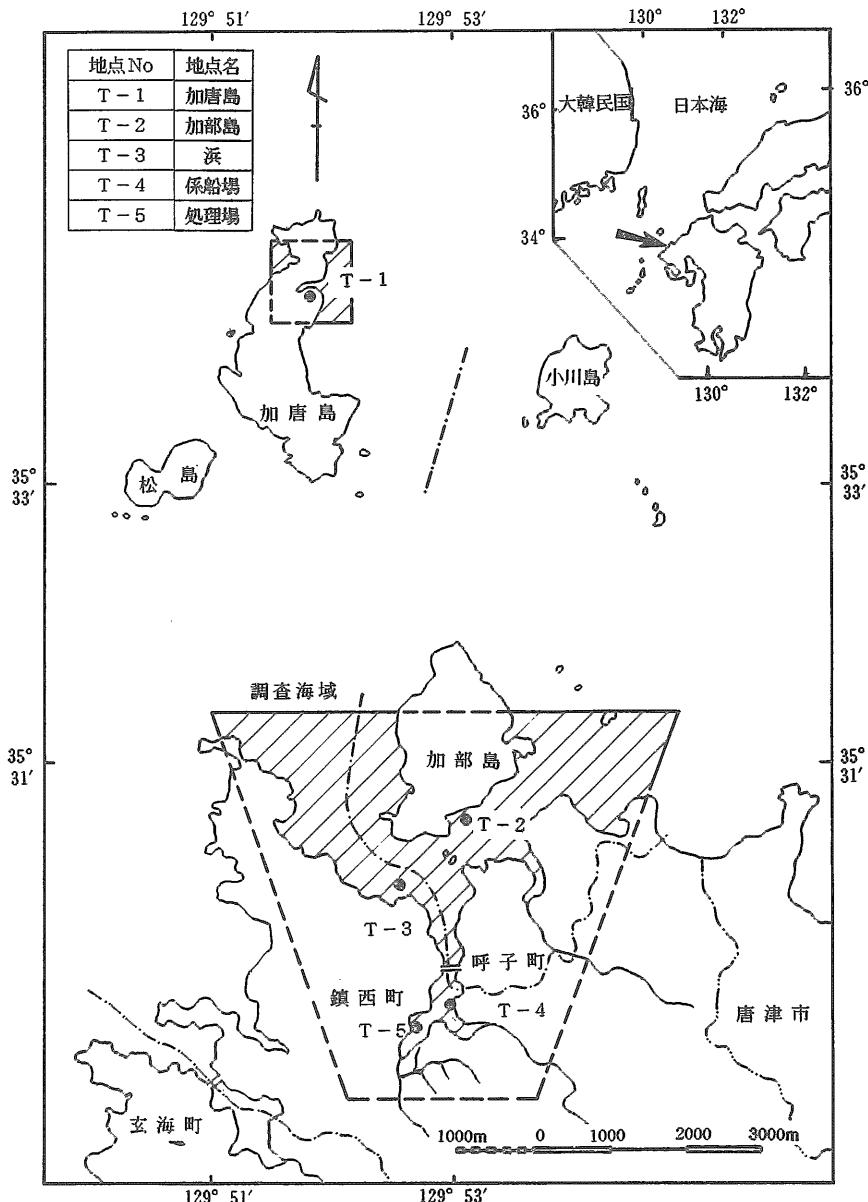


図-1

定した。1988年度は6月27日に試料をセットし、2カ月後の8月29日、3カ月後の9月26日、4カ月後の10月31日の三回に分けて回収し、直ちにその日の内に付着微生物の分解活性を測定した。

1989年度は8月10日に試料をセットし、11月2日、11月11日、11月16日の3回に分け試料を回収

し、直ちにその日の内に微生物活性を測定した。回収した試料からパンティストッキングの足部に詰めた砂袋を取りだし、これを現場の海水で良く洗い（1987年度は海水で洗浄しなかった。1988年度以降から現場の海水で細泥や鉄錆を良く洗浄した。）、よく海水を切って、ポリエチレンの袋に

詰め変え、発泡スチロール製の箱に入れ、アイスパックで冷やし、低温に保って大学に持ち帰り、大学で砂の付着微生物の有機物取込み分解活性を測定した。

(B) 付着微生物の有機物取込み分解活性の測定法

(1) 各調査地点、各水深、各測定項目毎に2個の100mℓビーカに砂試料をそれぞれ20gずつ量り取る。一方を対照検体とし、他方を測定検体とする。

(2) 測定検体には一定濃度(表-1)の有機物を一定量(表-1)加え、20℃で、4時間インキュベートする。

(3) インキュベート後直ちにこれに一定濃度の反応停止液を一定量加え、取込み分解を停止させる。

(4) これに加えた有機物溶液の10倍量の純水を加え、良く攪拌混合後、濾過する。

(5) 濾液中の有機物濃度を測定する(表-1)。

(6) 一方対照検体には(2)と同濃度の有機物溶液を同量と、(3)と同濃度の反応停止液を同量混合したものと加える。

(7) これに(4)と同量の純水を加え、良く攪拌混合し、濾過する。

(8) 濾液中の有機物濃度を測定する。

(9) (8)と(5)の総有機物量の差を付着微生物の取込みと分解の総和とする。

(10) 底質20g当たりの含水量を測定する。

(11) (2)のインキュベート前後の重量を測定し、インキュベート中の水分蒸発量を算出する。

(C) 砂の比重測定

砂を電気炉で120℃で、10時間乾燥させ、砂の比重を比重ビンで測定する。

(D) 活性値と指標値の定義

砂1g(乾燥重量換算)当たりに生息する付着微生物が1時間に取り込んだり分解する有機物の総量を活性値と定義する。砂の表面積1mm当たりに生息する付着微生物が1時間に取り込んだり分解する有機物の総量を指標値と定義する。

(E) 砂粒子の表面積算出

砂1g(乾燥重量換算)当たりの平均表面積は次の仮定に基づき算出した。

1) 砂粒子の形状を球形と仮定する。

2) 砂粒子の密度がすべて等しいものと仮定する。

3) 粒子数の分布密度が粒子半径に依らず一定であると仮定する。

分解物質名	濃度 μg/mℓ	溶液量 mℓ	分解時間 hr	分解法
グルコース	200	5	4	Parc-Johnson法
サッカロース	500	4	4	Parc-Johnson法
デンプン	3500	4	4	ヨウ素法
グルタミン酸塩	1500	5	4	ニンヒドリン法

表-1

### 3. 結果と検討

#### [1] 1987年度

1987年度は8月10日に図-1に示す5地点に試料をセットし、11月9日に回収(T-3の浜養殖場ではロープが切断され、回収できなかった。)し、翌10日と翌々11日の両日付着微生物の活性を測定した。

##### (1) グルタミン酸取分解活性

グルタミン酸取分解活性は試料回収後1日経た10日の測定では、水環境の良い外海側ほど活性が高く、内海側ほど活性が低いのに(図-2)、試料回収後2日経た11日の測定では、試料の微生物が変化し、内海側ほど活性が高く、外海側ほど活性が低くなる(図-3)。

##### (2) デンプン取分解活性

デンプン取分解活性は生活排水の影響を強く受ける内海側ほど活性が高く、生活排水の影響の

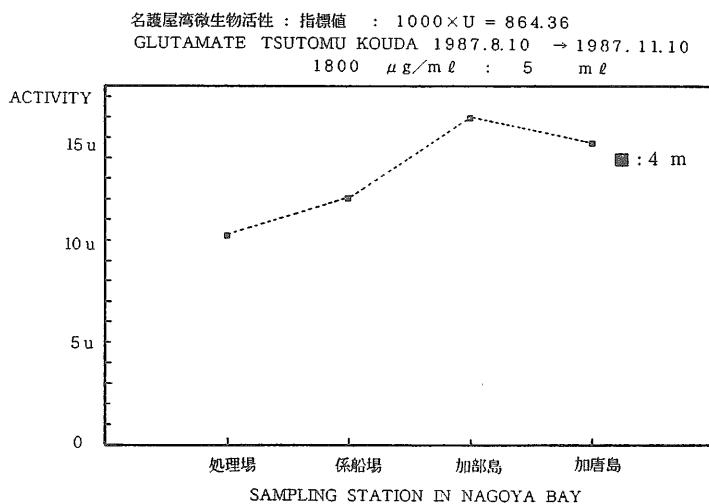


図-2

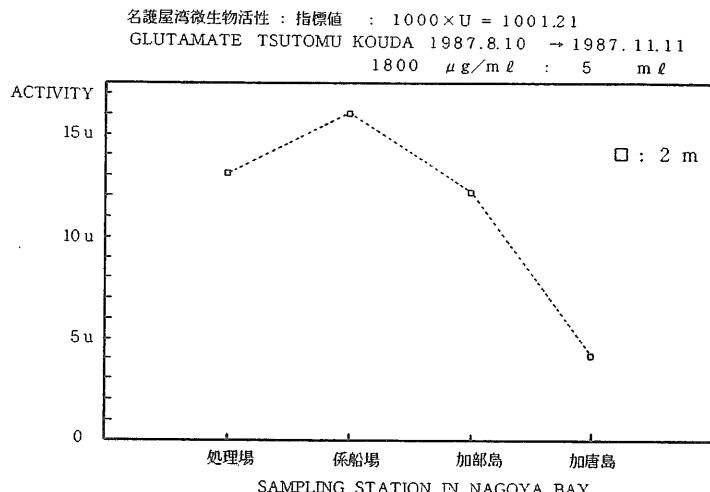


図-3

小さい外海側ほど活性が低くなる(図-4)。この傾向は10日の測定データより、11日測定データの方が強まる。

### (3) グルコース取分解活性

10日測定のグルコース取分解活性は汚れの酷い内海側ほど高く、汚れの少ない外海側ほど低い

ことが分かる(図-5)。11日測定のグルコース取分解活性ではこの傾向が一層強まる。

### (4) サッカロース取分解活性

10日測定のサッカロース取分解活性(図-6)は11日測定のグルコース取分解活性とよく似た傾向を示す。すなわちサッカロース取分解

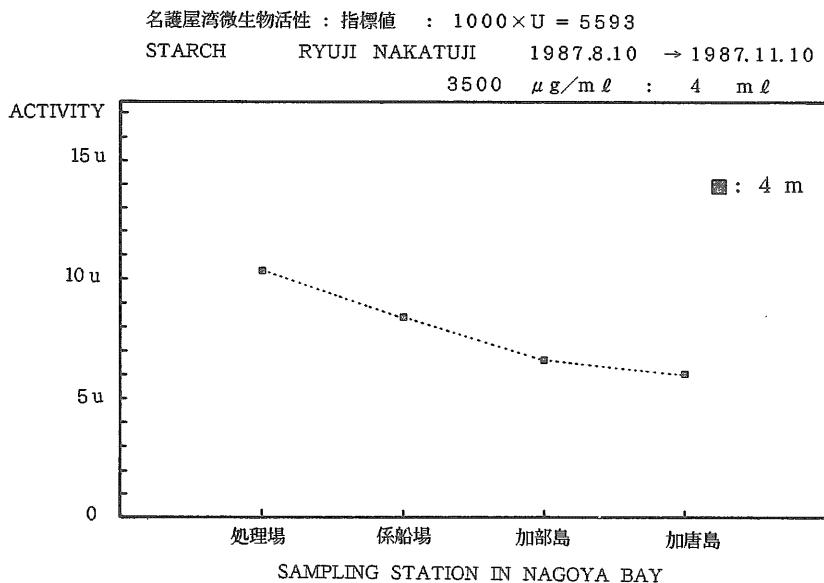


図-4

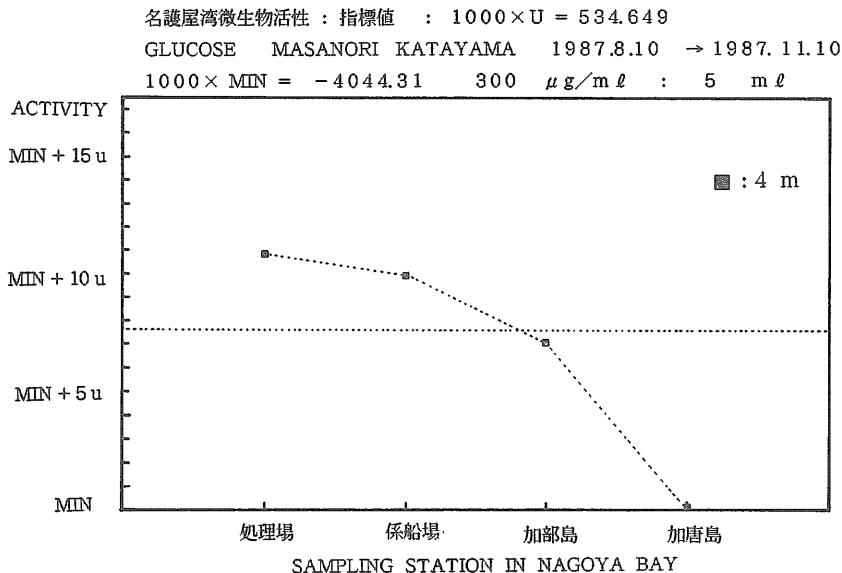


図-5

活性は汚れの酷い内海側ほど高く、汚れの少ない外海側ほど低いことが分る。

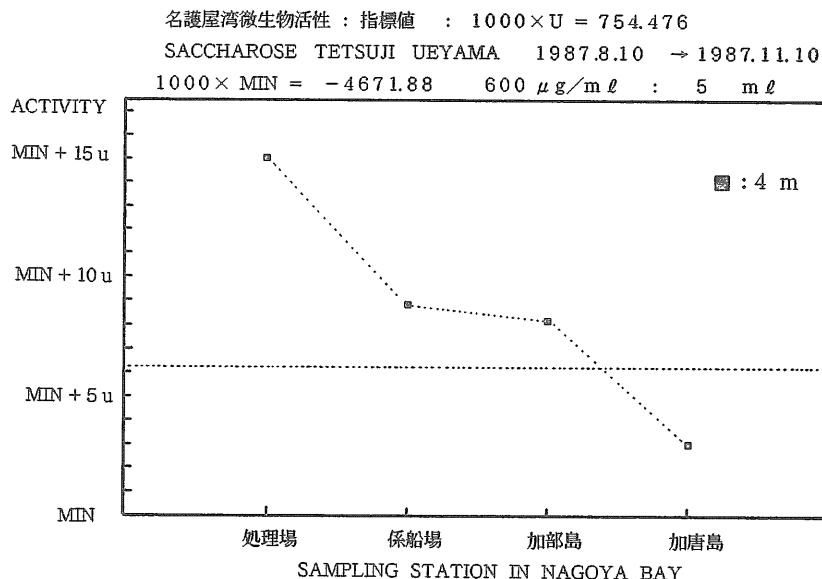


図-6

### (5) まとめ

デンプン、グルコース、サッカロース取分解活性に比べて、グルタミン酸取分解微生物の方が試料回収後の時間経過に比較的安定で、試料回収1日後の試料のグルタミン酸取分解微生物は回収直後の微生物に近く、1日の保存に耐えるが、デンプン、グルコース、サッカロース取分解微生物は不安定で、試料回収一日後の試料の微生物群が大きな変化をしていることが1987年のデータと、1988年と1989年のデータとの比較検討から分る。

水深4mに設置した川砂に付着した微生物の回収1日後のデンプン取分解活性、グルコース取分解活性、サッカロース取分解活性は、図-4, 5, 6に示すように、汚濁の影響を強く受けた内陸沿岸部の方が、水のきれいな沖合部より高く、水質環境の最も悪い処理場(T-5)で活性が最大となり、水質環境の最も良い加唐島(T-1)活性が最小となる。人間生活や人間活動の影響の小さな自然度の高い環境ほど、これらの活性が低く、人間生活や人間活動の影響を強く受ける

環境ほど、活性が高いことが分る。処理場や係船場(T-4)は人間生活や人間活動の影響を強く受けているが、加唐島は人間生活や人間活動の影

響が軽微であり、加部島(T-2)はやや人間生活や人間活動の影響が現れ出していることが分る。

一方水深4mに設置した川砂に付着した微生物の回収1日後のグルタミン酸分解活性は図-2に示すように水の汚い内陸部ほど活性が低く、水がきれいな沖合ほど活性が高く、水質環境の最も悪い処理場で活性が最低で、

水質環境の最も良い加唐島で活性が最大となる。これらの活性は人間生活や人間活動の影響を受ける環境ほど高く、人間生活や人間活動の影響の小さな、自然度の高い環境ほど、活性が低いことが分る。特に、処理場での活性の低さは、この地点の環境の悪化が著しいことを示している。

水深が、0.5m、1m、2mに設置した砂や、海底に設置した砂に付着した微生物の分解活性は明確な指標性を持たないのは、水深2m以下では波や風や潮の干満で水が攪拌混合され、水質環境が均質化し、指標性が薄れ、一方海底付近もセットした試料が底質に埋没し、微生物膜の形成が悪く、環境質の差が反映しにくいためと思われる。

閉鎖性の強い内海側、すなわち係船場や処理場の環境悪化が著しく進んでいるので、早急に環境保全対策を講じる必要がある。今後開発が進み、人口が増大すると、汚濁が加速されるので、生活排水の処理と、開発によって裸地が増え、大雨の際に流入する細泥を減少させる対策が必要である。特に名護屋浦に流入する細泥はシルト質で自浄作用を低下させるため、今後名護屋浦への生活

排水の流入が増大すると、死の海になりやすいので注意する必要がある。加部島も人間生活や人間活動の影響が現れ出しているので、今後自然度の低下が著しく加速されるものと思われる。

養殖場は餌の過剰投与により、富栄養化し、赤潮発生の原因となるので、環境を配慮した餌の投与を行ない、海の環境管理を適切に行なう必要がある。現在の加唐島の自然度はかなり良いといえよう。この自然度を保持するよう、環境保全対策を講じつつ、自然と調和した、自然と共存できる開発を心掛ける必要がある。

## [2] 1988年度

1988年度は6月27日に試料をセットし、8月29日、9月26日、10月31日（10月31日は、T-5の加唐島ではロープが切断され、試料を回収できなかった。）の3回に分けて回収し、その日の内に活性を測定した。

### （1）グルタミン酸取分解活性

試料回収日測定のグルタミン酸取分解活性は、海水の溶存酸素濃度が高く、透明度の高い水環境の良い所ほど高く、溶存酸素濃度が低く透明度の低い水環境の悪い所ほど低い。8月29日回収試料では水深4mのグルタミン酸分解活性は浜が最も高く、残りの地点の活性は低い。従って浜の水環境が最も良いことが分る。内海の処理場や係船場では、水域の水環境が年々悪化しているため、活性が低いが、沖合の加部島や離島の加唐島の活性もそれと同じかそれ

以上に低く、魚の養殖で加部島や加唐島の水環境が急速に悪化したことが分る。

秋になると外海との海水交換が進み、微生物生態系が変化し、9月26日回収の水深4mの試料では（図-7）内海側より外海側の海水の水質が改善され、内海側より外海側の活性が高くなる。特に10月31日回収の水深4mの試料ではこの傾向が更に強まり、外海との海水交換が一層進み、処理場や係船場の活性に比べ浜や加部島の活性が一層高くなり、外海側の水環境が改善されたことが分る。

### （2）デンプン取分解活性

試料回収日に測定したデンプン取分解活性は、水環境が良い所ほど低く、水環境が悪い所ほど高い。8月29日回収の水深2mの試料では、水環境の最も良い浜の活性が最も低く、年々生活排水の流入で汚れの進む内海の処理場や係船場や、魚の養殖場があり、餌の過剰投与で海の汚れの目立つ加部島や加唐島の活性が高い。9月26日の水深2mの回収試料では、内海側の活性に比べ、加部島や加唐島の活性が高く、ここの魚の養殖場の餌にデンプン質の物が相当混合されていることが分る。10月31日回収の水深2mや4mの試料では

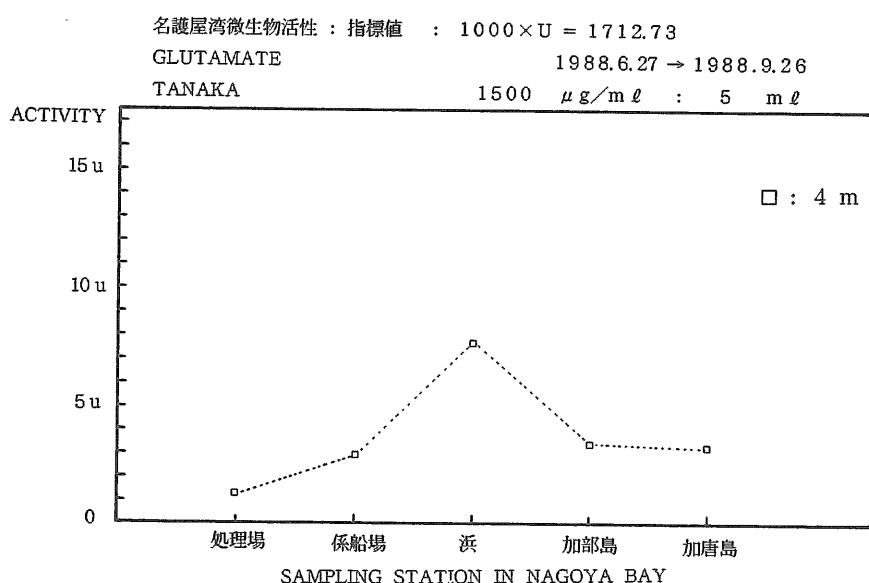


図-7

この傾向が更に強まり、内海側に比べて加部島の活性が極めて高く、この地点の水環境の悪化が著しいことが分る。図-8に示すように水深4mの試料で見ると加部島が魚の養殖場の餌の過剰投与

で著しく汚れていることが分る。

### (3) グルコース取込み分解活性

試料回収日に測定したグルコースの取込み分解活

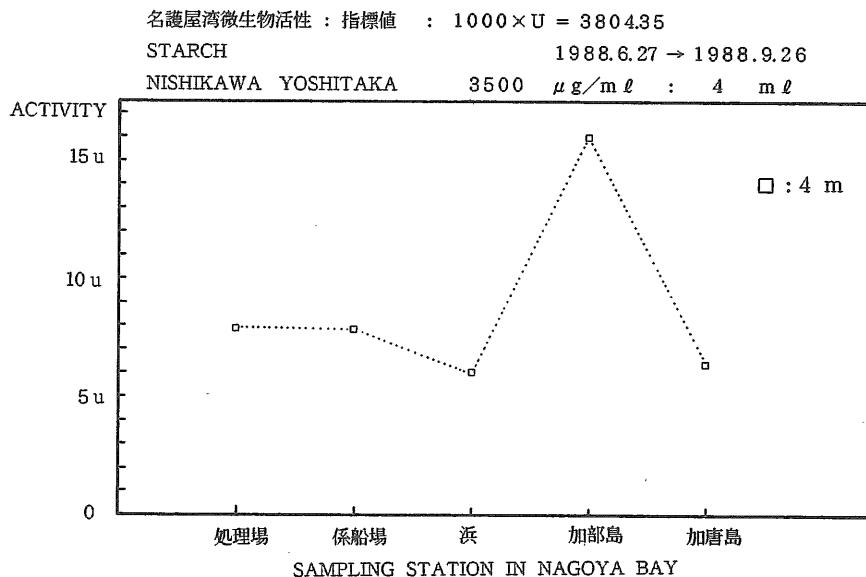


図-8

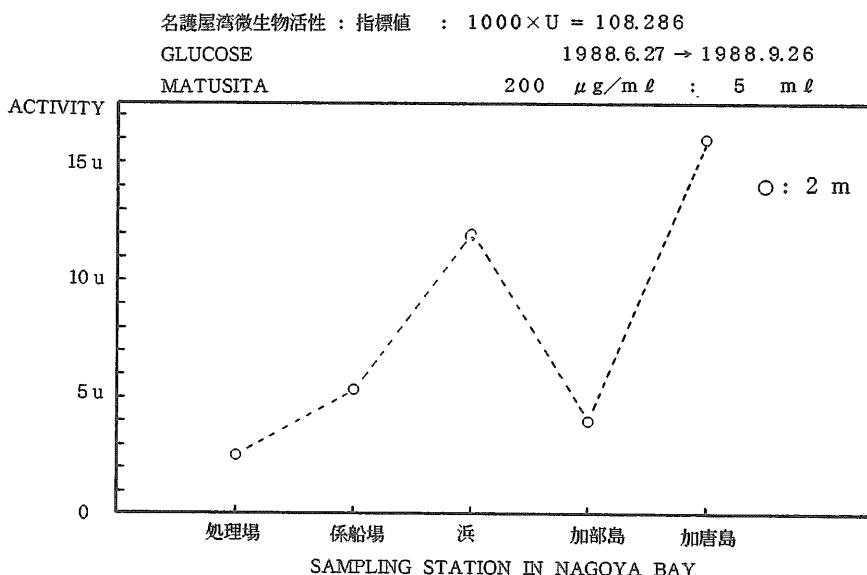


図-9

性は水環境が悪い所ほど低く、水環境の良い所ほど高い。このため8月29日回収の水深4mの試料では、加部島や加唐島の活性が最も低い。加部島や加唐島の活性が低いのは養殖場の餌の過剰投与で、水環境が極めて悪化したためである。9月になると外海との海水交換が盛んになり、外海側から内海に向かって、次第に水質が改善され、微生物生態系が変化し、海の自然本来の微生物生態系が回復し、9月26日回収の水深2m（図-9）と4mの試料では、外海にある加唐島の活性が最も高くなり、海水交換による水環境の改善が著しいことが分かる。10月31日回収試料ではこの傾向が更に強まり、加部島の活性が極めて高くなり、海水交換による水環境の改善が著しいことが分かる。

#### （4） サッカロース取込分解活性

試料回収日に測定したサッカロース取込分解活性は、生活排水や有機性の産業排水の影響を強く受ける水環境の悪い所ほど低く、生活排水や有機性産業排水の影響の少ない水環境の良い所ほど高い。このため8月29日回収の水深2mや4mの試料では、加部島や加唐島の活性が最も低く、ここでは魚の養殖場の餌の過剰投与で、水環境が極めて悪化していることが分かる。9月になると外海との海水交換が盛んになり、外海側から海水の水質が改善され、これが次第に内海側に進むようになる。これとともに微生物生態系が変化し、海の自然本来の微生物生態系が回復し、9月26日回収の水深2mの試料では、外海側の加部島や加唐島の活性が高くなり、浜や係船場と同じぐらいになる。10月31日回収の水深2mの試料で、海水交換が内海側にまで及ぶため、この傾向が内海にまで及び、環境が均質化するが、水深4mの試料では処理場の水質改善が著しくなる。

#### （5） まとめ

水深2mまたは4mに設置した川砂に付着した微生物の、試料回収日に測定したデンプン分解活性は、汚濁の影響を強く受ける内陸沿岸部の方が、水のきれいな沖合部より高く、水質環境の最

も悪い所で活性が最大となり、水質環境の最も良い所で活性が最小となる。人間活動や人間生活の影響の小さな自然度の高い環境ほど、これらの活性が低く、人間活動や人間生活の影響を強く受ける環境ほど、活性が高いことが分る。処理場や係船場は人間活動や人間生活の影響を強く受けているが、1987年には人間活動や人間生活の影響が極めて軽微であった加唐島と、1987年にはやや人間活動や人間生活の影響が現われ出していた加部島は1988年には人間活動や人間生活の影響を強く受け、水環境が極めて悪化したことが分かる。

一方水深4mに設置した川砂に付着した微生物の、試料回収日に測定したグルタミン酸分解活性、グルコース分解活性、サッカロース分解活性は、水の汚い所ほど活性が低く、水がきれいな所ほど活性が高く、水質環境の悪い処理場、係船場、加部島、加唐島で活性が低く、水質環境の最も良い浜で活性が最大となる。これらの活性は人間活動や人間生活の影響を受ける環境ほど低く、人間活動や人間生活の影響の小さな自然度の高い環境程、活性が高いことが分る。特に処理場での活性の低さは、この地点の環境の悪化が著しいことを示している。

以上述べたように名護屋浦の水深2mから4mに一定期間設置した川砂に付着した微生物の、試料回収日に測定した取込分解活性は海の水質環境を示す指標性を持つことが分かる。

加部島と加唐島の海の水環境の悪化が著しく進んでいるので、早急に環境保全対策を講じる必要がある。魚の養殖などの人間活動の影響が強く現われ出している。今後自然度の低下が著しく加速されるものと思われる。養殖場は餌の過剰投与により、富栄養化し、赤潮発生の原因となるので、環境管理を適切に行なう必要がある。環境保全対策を講じつつ、自然と調和した、自然と共に存できる開発を心掛ける必要がある。

### 【3】 1989年度

1989年度は8月10日に試料をセットし、11月2

日、11日、16日の3回に分けて回収(11日と16日はT-3の浜で、海底にセットした試料のロープが切断され、海底試料だけが回収できなかつた。)し、その日の内に活性を測定した。

### (1) グルタミン酸取込分解活性

試料回収日測定のグルタミン酸取込分解活性は、海水の溶存酸素濃度が高く、透明度の高い水環境の良い所ほど高く、溶存酸素濃度が低く透明度の低い水環境の悪い所ほど低い。11月2日回収の試料では、外海にあり、海水交換の最も盛んな加唐島の活性が最も高く、次いで浜の活性が高く、加部島と内海側の係船場や処理場の活性は低い。11月11日回収の試料では、海水交換が加部島に及び、加部島の活性が上がり、水環境の改善が認められる(図-10)。11月16日回収の試料では、海水交換による水環境の改善が内海の係船場にまで及び、係船場の活性が高くなつたことが分かる。

## (2) デンプン取込分解活性

試料回収日に測定したデンプン取込み分解活性は、水環境が良い所ほど低く、水環境が悪い所ほど

ど高い。11月2日回収の水深4mの試料では生活排水の影響を強く受ける内海の処理場と係船場の活性が極めて高く、次いで加部島の活性が高く、この時点では水環境の良い浜と加唐島の活性は最も低い。11月11日回収の試料では、処理場の活性が最も高く、外海に向かうほど、徐々に活性が低くなる(図-11)。11月16日回収の水深4mの試料では係船場を除く全地点でこの傾向を保ちつつも、係船場の活性が最も高くなる。

### (3) グルコース取込分解活性

試料回収日に測定したグルコースの取込み分解活性は水環境が悪い所ほど低く、水環境の良い所ほど高い。11月2日回収の試料では(図-12)、養殖場の餌の過剰投与による水環境の悪化の目立つ加部島と生活排水の影響を最も強く受ける処理場の活性が低い。この時点では外海にある加唐島では海水交換が盛んで、水環境が改善され、活性が高い。また比較的海水交換の容易で、活性がいつも高い浜はやはりこの時も活性が高い。風や波で内海まで外海との海水交換が行なわれ、水環境が改善された係船場の活性も高い。この傾向は11月11日回収の試料でも変わらない。ところが11月16

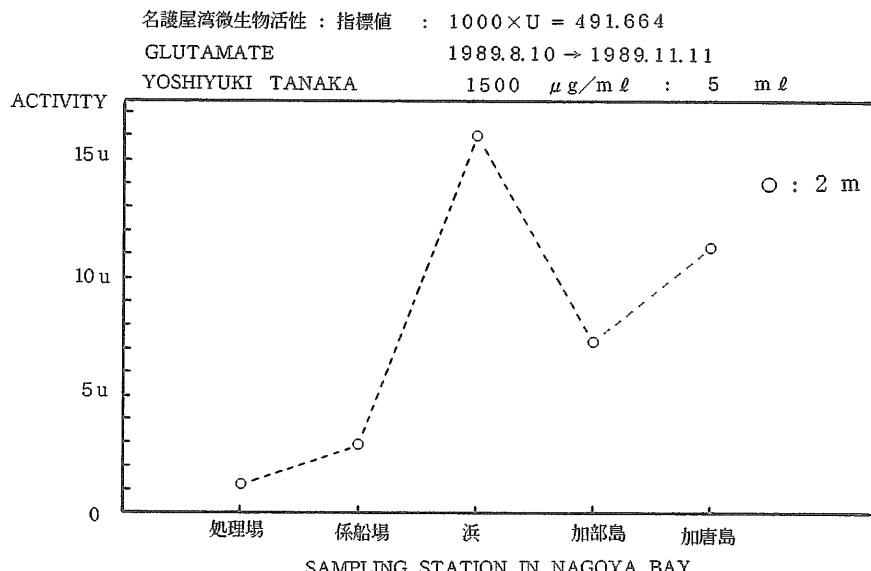


图-10

日回収の試料では外海との海水交換の影響が全地点に及び、活性に大差がなくなる。

#### (4) サッカロース取込み分解活性

試料回収日に測定したサッカロース取込み分解活

性は、生活排水や有機性産業排水の影響を強く受ける水環境の悪い所ほど低く、生活排水や有機性産業排水の影響の少ない水環境の良い所ほど高い。11月2日回収の水深2mと4mの試料では水環境の良い浜の活性が高く、内海の処理場と係船

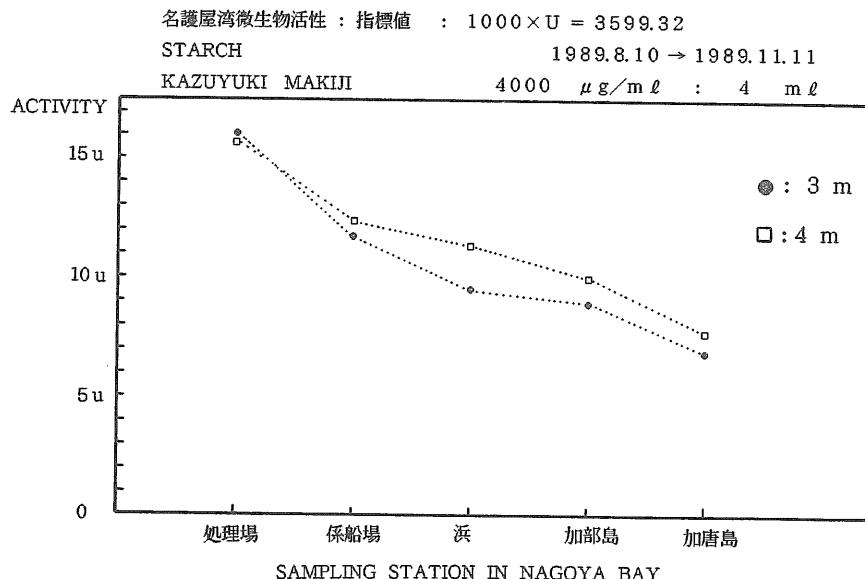


図-11

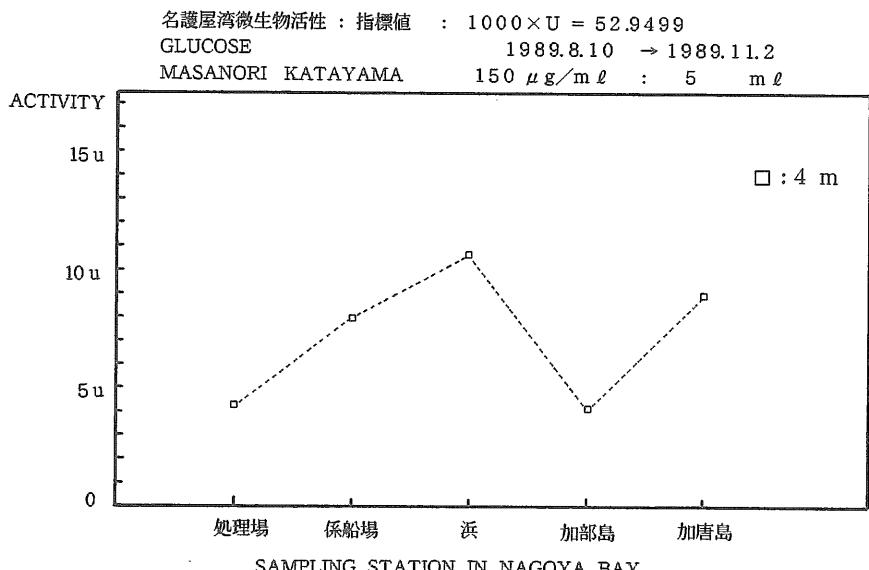


図-12

場の活性は最も低い。11月11日回収の水深3mの試料では水環境の良い浜と加唐島で活性が最も高く、水環境の悪い内海の処理場と係船場の活性が最も低い(図-13)。11月16日回収の水深3mの試料では、浜の活性が最も高く、内海の処理場と係船場の活性が最も低い。

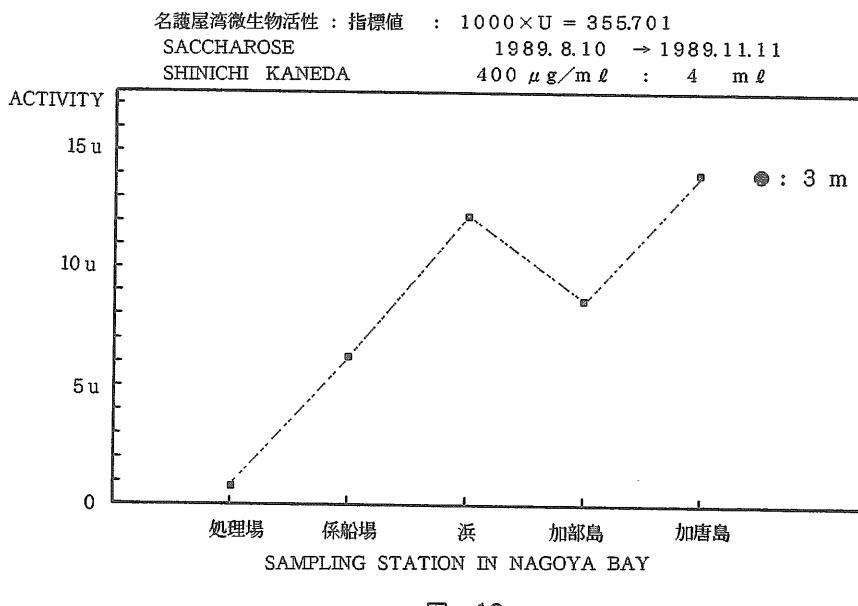


図-13

### (5) まとめ

試料回収日に測定したデンプン分解活性は、汚濁の影響を強く受ける内陸沿岸部の方が水のきれいな沖合部より高く、水質環境の最も悪い所で活性が最大となり、水質環境の最も良い所で活性が最小となる。試料回収日に測定したグルタミン酸分解活性、グルコース分解活性、サッカロース分解活性は、水の汚い所ほど活性が低く、水がきれいな所ほど活性が高く、水質環境の悪い所で活性が低く、水質環境の最も良い所で活性が最大となる。この調査で驚くべき発見は、名護屋浦の付着微生物群が僅か1週間で大きな質的量的な変化を遂げるということである。名護屋浦の調査地点全体を見ると、1988年度に水環境が著しく悪化した加部島は1989年度も水環境が悪かった。

しかし1988年度に水環境が著しく悪化した加唐島は1989年度はかなり改善された。浜には魚の養

殖場があるが、海水が調査地点中最も入れ替わりやすい場所にあるため内海と外海の境界地にもかかわらず、水環境が最も良く、微生物活性が最も高い。内海の処理場と係船場は生活排水の影響を最も強く受け、そのうえ陸上部の開発で、細泥の流入が増え、これが自浄作用を大きく低下させている。

のことから分かることは魚の養殖場は外海との海水交換の容易な場所に設置すべきであり、外海との海水交換の困難な場所や閉鎖性の強い海域には決して設置して

はならない。また魚の養殖場の餌の過剰投与は海水を汚すので、厳に戒めるべきことである。餌は魚が食べきる量以下しか与えてはならない。また魚の養殖場では海水を汚す液状、泥状、粉末状の餌を厳禁し、固形状の餌に限定すべきである。

## 4. 結論

1987年度と1988年度と1989年度の結果をまとめると次のようになる。

### (1) グルタミン酸取込み分解活性

試料を回収直後では透明度が高く水のきれいな所で活性が高く、透明度が悪く水の汚い所で活性が低い。透明度が高く水がきれいだと、海水中深く太陽光が侵入し、藻類や海草がよく繁茂する。藻類や海草が繁茂すると様々なアミノ酸を放出するためグルタミン酸取込み分解活性が高くなる。試

料回収後2日すると透明度が高く水のきれいな所で活性が低く、透明度が悪く水の汚い所で活性が高くなる。

#### (2) デンプン取分解活性

生活排水が流入濃度の高い所で活性が高く、生活排水の流入の少ない所で活性が低い。従って内陸側ほど活性が高くなる。

#### (3) グルコース取分解活性

試料回収直後では透明度が高く水のきれいな所で活性が高く、透明度が悪く水の汚い所で活性が低い。透明度が高く水がきれいだと、海水中深く太陽光が侵入し、藻類や海草がよく繁茂する。藻類や海草が繁茂するとグルコースなど様々な糖類を放出するためグルコース取分解活性が高くなる。試料回収後1日経つと透明度が高く水のきれいな所で活性が低く、透明度が悪く水の汚い所で活性が高くなる。

#### (4) サッカロース取分解活性

試料回収直後では透明度が高く水のきれいな所で活性が高く、透明度が悪く水の汚い所で活性が低い。透明度が高く水がきれいだと、海水中深く太陽光が侵入し、藻類や海草がよく繁茂する。藻類や海草が繁茂するとグルコースなど様々な糖類を放出するためグルコース取分解活性が高くなる。試料回収後1日経つと透明度が高く水のきれいな所で活性が低く、透明度が悪く水の汚い所で活性が高くなる。

#### (5) 水深2~4mの付着微生物の活性が海洋の水環境の質を良く反映する。

(6) 浦に流入する河川、島、潮流、外海は浦の微生物の活性分布に極めて大きな影響を及ぼしている。

### 5. 謝 辞

試料の作成、試料のセット、試料の回収、および取分解活性の測定をしてくれた研究室の院生の片山正紀、田中義幸の両君と卒業研究の学生諸君に深く感謝する。この研究に多大の協力をしていたとき、その上測定試料のセットや回収の際に大変お世話になった平野敦士氏、および永田宗義氏に深く感謝する。

広告掲載のお申し込みは、

研究会事務局まで

TEL 03(3481) 6977

FAX 03(3481) 6295