

信濃川・阿賀野川河口周辺海域における 底泥の全炭素量と全窒素量*

檜山 義明¹⁾・永原 正信¹⁾・長沢 トシ子¹⁾

Carbon and Nitrogen Contents of the Sediments in the Coastal Areas Around the Mouths of the Rivers Shinano and Agano

YOSHIKI HIYAMA, MASANOBU NAGAHARA and TOSHIKO NAGASAWA

Abstract

Carbon and nitrogen contents of the sediments sampled from river water, sea water and the sea bottom were measured with a C N coder; ignition loss of the sea bottom sediments was also determined.

Carbon and nitrogen contents and ignition loss of the sea bottom sediments at the surface layer ranged from 5.5 to 20.4 mg/g dry weight, from 0.3 to 1.2 mg/g dry weight and 4.8 to 12.4%, respectively. Distribution of carbon and nitrogen contents and ignition loss of the sea bottom sediments showed such similarities that the highest values occurred at the station of about 72m depth, relatively low at the deeper stations and that their values decreased linearly in proportion to the decrease of the depth.

The C N ratio of the river water, the sea water and the sea bottom sediments were remarkably high in these areas. The C N ratio of the sea bottom sediments were somewhat high at the shallow stations and decreased linearly with the increase of the depth.

Key words sediment, carbon content, nitrogen content

信濃川と阿賀野川は、流量において日本の河川中、1位、2位を占める(東京天文台 1986)。信濃川は、新信濃川、関屋分水に分流し、旧信濃川河口は阿賀野川河口に隣接している。河口周辺海域では、陸上起源の浮泥が海水中の栄養物質を凝集吸着してフロック化したデトリタスが、生物生産の大きな部分を支えていると言われる(代田 1981)。河口周辺海域において、河川からの懸濁物質負荷量を推定し、海域での懸濁物質の拡散と沈降および堆積状態などを把握することは、デトリタスに基づく生物生産を考察するための基礎的な資料を提供することになると考える。

1986年10月21日受理 日本海区水産研究所業績A第443号

1) 〒951 新潟市水道町1丁目5939-22 日本海区水産研究所 (Japan Sea Regional Fisheries Research Laboratory. Suido-cho, Niigata 951, Japan)

*本研究結果の概要は昭和60年度日本水産学会中部支部例会において発表した。

また、デトリタスに含まれる栄養物質の評価方法として、全有機炭素量、全窒素量 (T-N) (田中・代田 1983), 強熱減量 (IL) (代田 1981), 脂質・アミノ酸等有機物の定量 (半田・松枝 1985) などが行われている。本報告では、全炭素量 (T-C), T-N と IL を有機物の指標と考えて測定した。

本報告の目的は、信濃川・阿賀野川の河口周辺海域におけるデトリタス研究の一段階として、底泥の T-C, T-N と IL の分布を明らかにすることである。また、両河川の河川水懸濁物質およびセディメントトラップで採集した海水中の沈降性懸濁物質の T-C と T-N, および海水の濁度も測定したので併せて検討した。

I 材料と方法

調査は、海域調査と河川調査からなる。海域調査は、1984年6月18・19日 (調査 I), 1985年6月10・11日 (調査 II) および1985年7月16・17日 (調査 III) に、日本海区水産研究所所属の調査船みずほ丸によって、図1に示す20定点**について行った。採泥は調査 II で、沈降性懸濁物質採集は調査 II・III で、表層採水と5 m ごとの各層濁度測定はすべての調査で行った。

採泥には、パンタグラフ式採泥器と口径10cm, 深さ20cmのスピードコアラ採泥器を使用した。スピードコアラで採泥したのは、St. A・5・6・7・8である。パンタグラフ式採泥器による試料は、船上で表層部分をスプーンですくい取った。採泥試料は-20℃で凍結して研究室に持ち帰り、スピードコアラによる試料については、表面から16cmまでを2 cm ごとに切って分析した。粒度分析は、37 μ m 目合のふるいを用いて湿式でふるい分け、粒径37 μ m 以下の微細泥率を求めた。

濁度は、100cm スパン濁度計 (マーテック XMS) によって測定し、懸濁物質質量 (mg/l) に換算して示した。

沈降性懸濁物質の採集には、佐藤 (1983) の方法を参考にして、口径16cm・高さ60cmのセディメントトラップを作成し、2個を連結して St. 11 (水深約66m) で海底上約10m に設置した。セディメントトラップは調査 II で24時間、調査 III で18時間設置した。採集物はガラスファイバーフィルター (ワットマン GF/C 直径47mm) で吸引ろ過し、フィルター上に残った物質

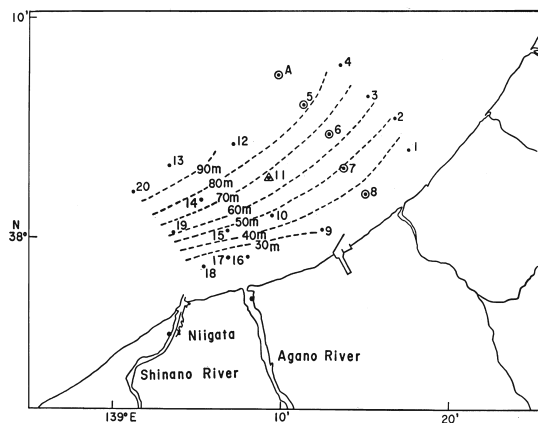


図1 調査定点
Fig. 1. Location of sampling stations.

**調査 I は St. A を除く, 調査 II・III は St. 17 を除く20定点.

を沈降性懸濁物質とみなした。

河川調査は、1984年5月から1985年8月まで、毎月1回程度、合計15回行い、信濃川と阿賀野川の河口付近において、5ℓバンドン採水器で採水した。河川水は、グラスファイバーフィルター（ワットマン GF/C 直径47mm）で吸引ろ過し、フィルター上に残った物質を懸濁物質とみなした。

塩分はサリノメーター（オートラプ）で測定し、T-CとT-NはCNコーダー（柳本 MT-500）で定量し、乾物換算で示した。ILは電気炉で800℃1時間加熱し、その減量値から求めた。

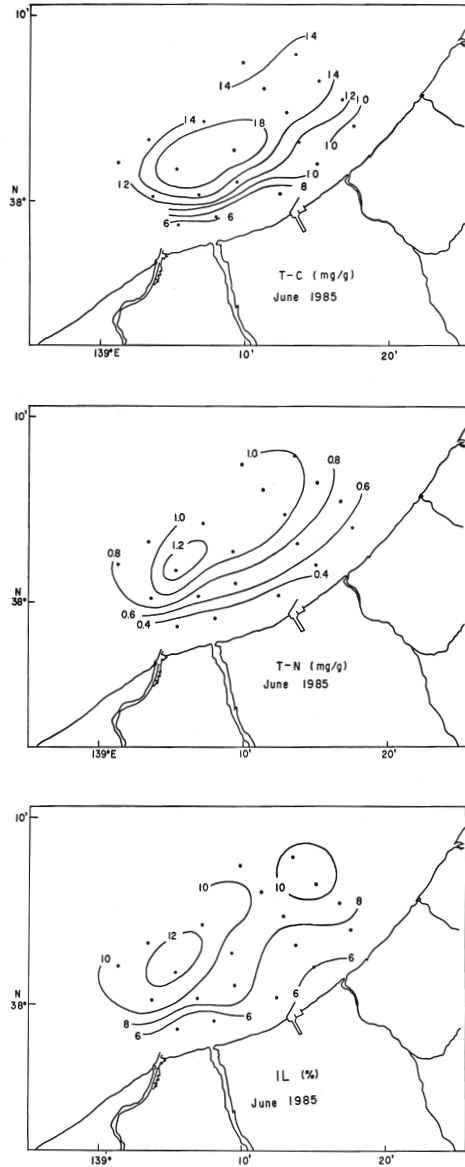


図2 海底泥におけるT-C、T-NとILの水平分布
Fig. 2. Distribution of carbon and nitrogen contents and ignition loss of the sea bottom sediments.

II 結 果

1. 海底泥の T-C, T-N と IL

海底表層の泥について、T-C, T-N と IL の水平分布を図 2 に示す。この試料は、パンタグラフ式採泥器による表層部分、およびスベードコアラー採泥器による 0~2 cm 深の部分を使用した。測定値の範囲は、T-C 5.5~20.4 mg/g, T-N 0.3~1.2 mg/g および IL 4.8~12.4 %で、これらは共通した分布パターンを現した。すなわち、いずれも、水深約72m の St.14 で最高値を示し、同程度の水深の定点で比較的高い測定値であるが、近傍の定点ではやや低い測定値になっている。St. 14 は、同程度の水深の定点の中では、信濃川・阿賀野川両河口に近い位置にある。この分布パターンを水深に対する各測定値からみると、St. 14 以浅の定点では、水深が浅くなるにつれて、各測定値は直線的に減少している(図 3)。St. 14 以浅の定点についての、水深とそれぞれの測定値との相関係数は、T-C 0.938, T-N 0.977 と IL 0.884 である。

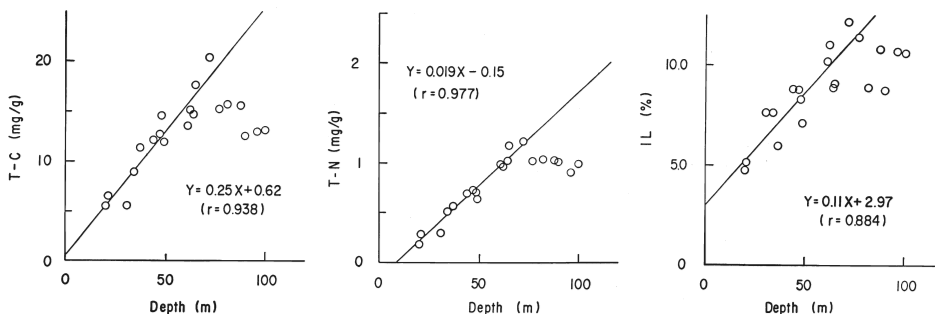


図 3 水深に対する T-C, T-N と IL の関係
Fig. 3. Relationship of the depth to carbon and nitrogen contents and ignition loss.

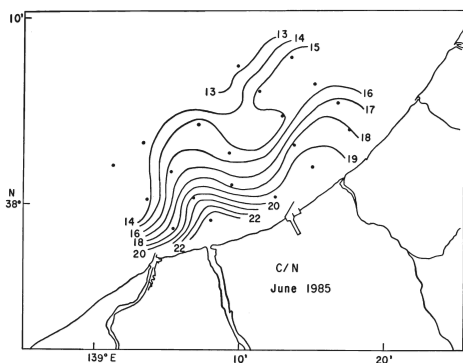


図 4 海底泥における CN 比の水平分布
Fig. 4. Distribution of CN ratio of the sea bottom sediments.

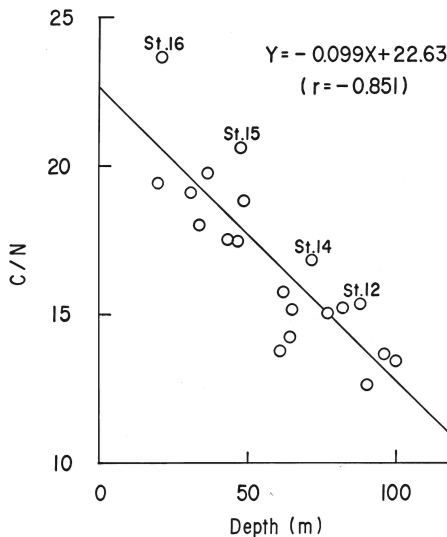


図 5 水深と CN 比の関係
Fig. 5. Relationship of the depth to CN ratio.

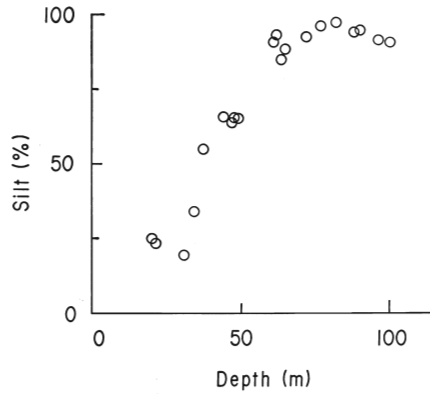


図6 水深と微細泥率の関係
Fig. 6. Relationship of the depth to silt content.

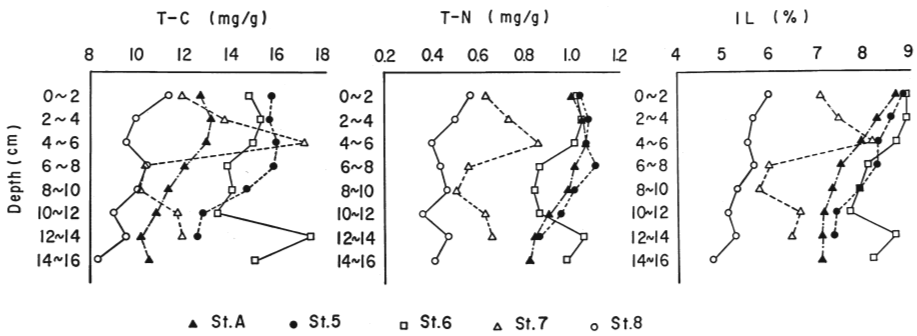


図7 St. A, 5, 6, 7, 8で採取した柱状泥のT-C, T-NとILの鉛直分布
Fig. 7. Vertical distribution of carbon and nitrogen contents and ignition loss of the sediment cores sampled at the station A, 5, 6, 7 and 8.

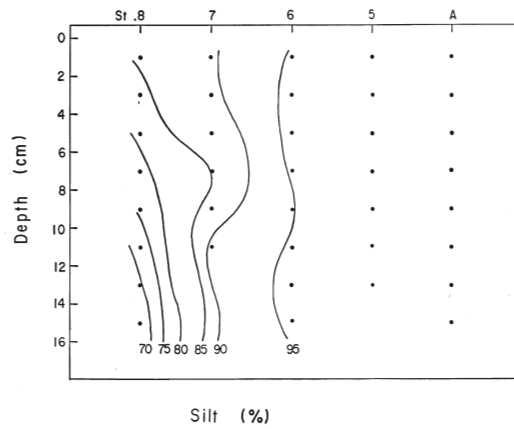


図8 St. A, 5, 6, 7, 8で採取した柱状泥の微細泥率の鉛直分布
Fig. 8. Vertical distribution of silt content of the sediment cores sampled at the station A, 5, 6, 7 and 8.

CN比の分布は、図4に示すように全体的に高い値で、河口付近の浅い海域で最も高く、水深が深くなるにつれて減少する。特に阿賀野川河口付近のCN比が高く、St. 16・15・14では、他の同程度の水深の定点より高い値になっている。水深とCN比の関係は、図5に示すように直線的で、St. 14以浅の定点についての相関係数は-0.851である。

微細泥率をみると、図6のように水深に対応して、浅い海域では低く、深くなるにつれて高くなっている。水深80m程度で最も微細泥率が高く、水深100m付近ではやや低くなる。

つぎに、スベードコアラーで採泥したSt. A~St. 8の試料について、表面から16cmまでの2cm層別T-C、T-NとILの測定値を図7に、微細泥率を図8に示す。T-C、T-NとILは、全体的には一般に言われているように、深層泥になるにつれて減少する傾向がある。しかし、St. 7の4~6cm層やSt. 6の12~14cm層には、表層よりかなり高い濃度が存在した。微細泥率は、水深の浅いSt. 7とSt. 8では、深層泥になるにつれて微細泥の割合が少なくなっている。

2. 河川水懸濁物質

信濃川・阿賀野川の河川水懸濁物質、懸濁物質のT-C、T-NおよびCN比を表1に示す。懸濁物質の平均値は、信濃川が阿賀野川より高いが、T-CとT-Nは阿賀野川が高濃度である。調査した各月のT-CとT-Nを平均すると、信濃川はそれぞれ47.2 mg/g、4.2 mg/g、阿賀野川はそれぞれ91.6 mg/g、7.1 mg/gになる。両河川において、T-CとT-Nには、図9にプロットしたように正の相関が認められ、相関係数は、信濃川0.884、阿賀野川0.923である。両河川の平均流量で、T-CとT-Nの負荷量を推定すると、1984年の平均流量は、信濃川(関屋分水も含む)246.44 m³/sec(荒町流量観測所)、阿賀野川313.92 m³/sec(馬下流量観測所)であるので、信濃川はT-C 462 g/sec、T-N 41 g/sec、阿賀野川はT-C 394 g/sec、T-N 31 g/secとなり、ほぼ同程度の懸濁物質中のT-C、T-Nをこの海域に負荷していること

表1 信濃川・阿賀野川の河川水懸濁物質のT-C、T-NとCN比

Table 1. Carbon and nitrogen contents and CN ratio of the sediments of river water in the Rivers Shinano and Agano.

| Date | Shinano River | | | | Agano River | | | |
|------------|---------------|---------------|---------------|-------|--------------|---------------|---------------|-------|
| | SS (mg/l) | T-C (mg/g) | T-N (mg/g) | C/N | SS (mg/l) | T-C (mg/g) | T-N (mg/g) | C/N |
| May, 1984 | 75.0 | 31.4 | 1.6 | 19.63 | 52.0 | 37.1 | 1.9 | 19.53 |
| June, 1984 | — | — | — | — | 13.1 | 61.1 | 5.2 | 11.75 |
| July, 1984 | 45.1 | 20.6 | 1.6 | 12.88 | 9.0 | 92.5 | 8.9 | 10.39 |
| Aug., 1984 | 57.3 | 12.0 | 1.3 | 9.23 | 4.0 | 187.5 | 19.5 | 9.62 |
| Sep., 1984 | 31.0 | 36.1 | 4.3 | 8.40 | 5.6 | 82.1 | 9.8 | 8.38 |
| Oct., 1984 | 19.1 | 47.6 | 3.4 | 14.00 | 5.5 | 85.5 | 3.8 | 22.50 |
| Nov., 1984 | — | — | — | — | 5.3 | 122.6 | 8.3 | 14.77 |
| Dec., 1984 | 18.0 | 44.4 | 2.2 | 20.18 | 5.2 | 69.2 | 3.5 | 19.77 |
| Jan., 1985 | 14.1 | 53.2 | 3.8 | 14.00 | 22.6 | 46.0 | 2.5 | 18.40 |
| Feb., 1985 | 8.3 | 92.8 | 9.2 | 10.09 | 6.0 | 103.3 | 4.7 | 21.98 |
| Mar., 1985 | 11.2 | 67.0 | 3.7 | 18.11 | — | — | — | — |
| Apr., 1985 | 30.7 | 32.6 | 2.2 | 14.82 | — | — | — | — |
| June, 1985 | 9.2 | 87.0 | 8.7 | 10.00 | 2.4 | 179.2 | 15.4 | 11.64 |
| July, 1985 | 182.5 | 11.2 | 0.9 | 12.44 | 34.2 | 33.3 | 1.7 | 19.59 |
| Aug., 1985 | 14.0 | 77.1 | 11.2 | 6.88 | — | — | — | — |
| mean | 39.7 | 47.2 | 4.2 | 13.13 | 13.7 | 91.6 | 7.1 | 15.69 |

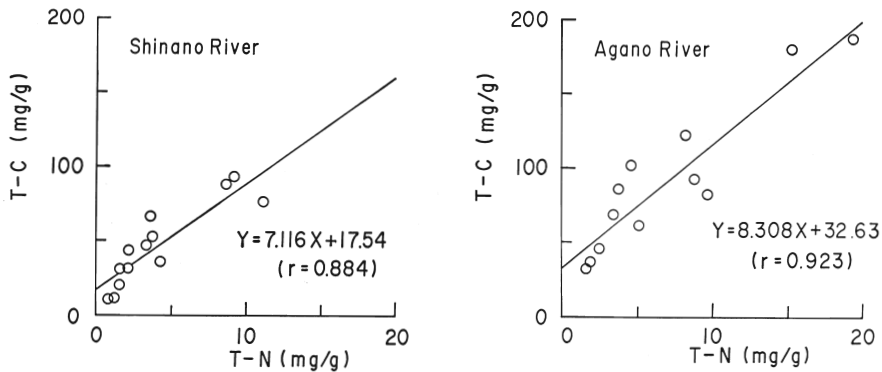


図9 信濃川・阿賀野川の河川水懸濁物質における T-C と T-N の関係
 Fig. 9. Relationship of carbon content to nitrogen content of the sediments of river water in the Rivers Shinano and Agano.

になる。また、CN 比は、信濃川では平均 13.1、阿賀野川では平均 15.7 とともに高い値を示した。

3. 海域の塩分と濁度の分布

調査 I～III の表層塩分を図 10 に示す。3 回の調査とも、低塩分水は、信濃川河口よりも阿賀野川河口から顕著に広がっている。調査 I では、河口から北東方向に低塩分水の分布がみられるが、調査 II では、阿賀野川河口付近と St. 1～St. 4 に低塩分域があるのみで、調査 I に比べて低塩分水の分布域は狭い。調査 III は、河川流量が増大したために調査域全体が 2.3～28.2‰ と低塩分で、なかでも阿賀野川河口付近から St. 13 にかけて特に顕著な低塩分域が形成されている。

表層の濁度は、図 11 に示すように低塩分域で高く、相互によく対応している。濁度の鉛直分布は、図 12 に示すように 3 回の調査とも表層と海底近くで高い濁度が観測された。調査 I では、表層の濁度が高い St. 6～St. 8、St. 9～St. 11 と St. 16 では、1mg/l の濁度が 5～10 m 層にまでみられる。St. 15 と St. 16 の間では塩分変化が大きいが、それにもなって濁度の変化も大きくなっている。調査 II では、高濁度域は河口付近の極表層のみに分布する。調査 III では、全体に 3 回の調査のうち最も深くまで表層に高濁度水が分布しており、St. 1～St. 4、St. A～St. 8 で特に顕著である。また、水深約 100 m の St. 13・20 では、これより水深の浅い定点よりも深くまで高濁度である。

セディメントトラップで採集された沈降性懸濁物質は、調査 II では 0.23 mg/m²・hour、調査 III では 1.40 mg/m²・hour である。沈降性懸濁物質の T-C と T-N は、調査 II ではそれぞれ 51.1 mg/g、3.8 mg/g、調査 III ではそれぞれ 62.6 mg/g、2.0 mg/g である。これは表 2 に示すようにほぼ河川水の懸濁物質と同レベルの含有率である。調査 III の T-C の値は異常に高い。

III 考 察

永原 (1984) は、本調査域を含むより広い海域で、底泥の T-C 10～16 mg/g、T-N 0.8～1.2 mg/g という測定値を報告しているが、今回の調査でも同程度の含有量を得た。

海底表層泥において、T-C、T-N と IL は共通した分布パターンを示した。このパターンを形成する要因としては、河川水の影響範囲、流れによる輸送や収束域での沈降などの物理的な

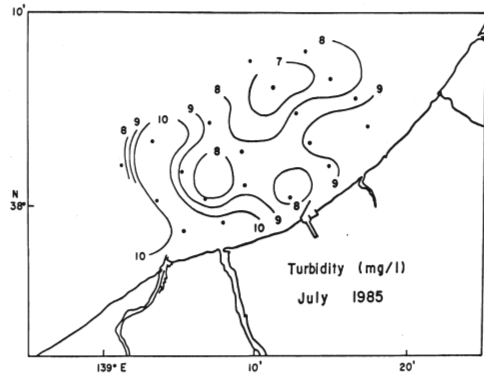
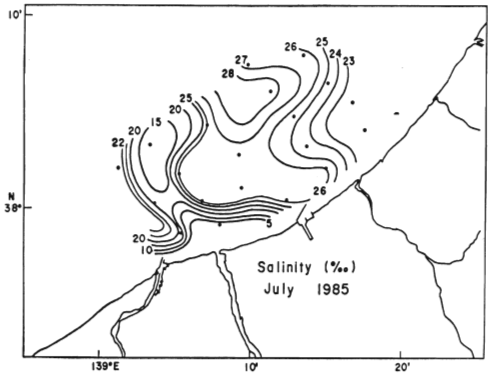
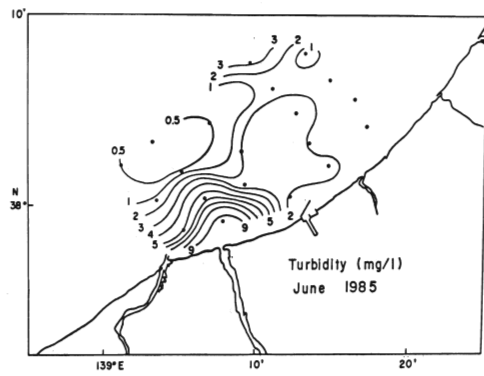
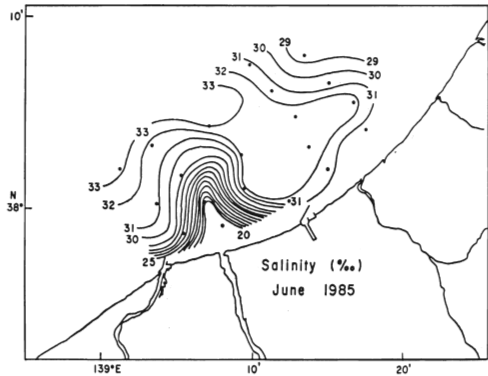
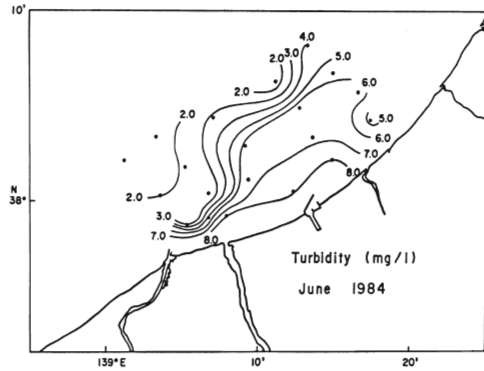
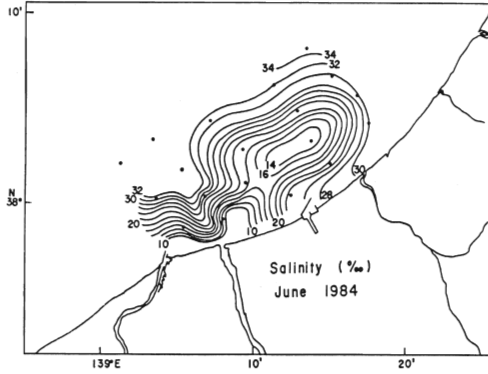


図10 表層塩分の水平分布
Fig. 10. Distribution of salinity at the surface layer.

図11 表層濁度の水平分布
Fig. 11. Distribution of turbidity at the surface layer.

要因とベントスによる有機物の消費，バクテリアによる分解などの生物的要因が考えられる。

河川起源の懸濁物質のうち，粒径の小さなものは大きなものより遠くまで運ばれ，また，浅い海域ではより深い海域よりも沿岸にそって北上する流れの影響を強く受け，懸濁物質が流れ去る割合も高いと考えられる。このため，水深の浅い海域では堆積物の粒径が大きく，有機物質量が少なくなっていると考えられる。

また，河川起源の表層低塩分域は，信濃川河口よりも阿賀野川河口を中心に広がっている。

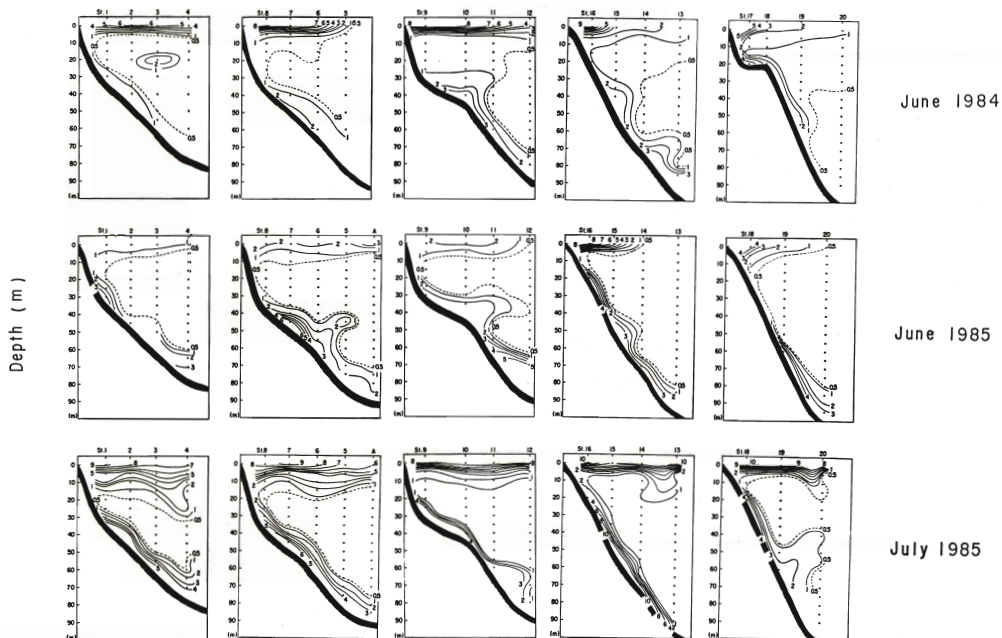


図12 濁度の[○]垂直分布
 Fig. 12. Vertical distribution of turbidity.

表2 セディメントトラップで採取した沈降性懸濁物質質量, および沈降性懸濁物質と St. 11 の海底泥における T-C, T-N と CN 比

Table 2. Carbon and nitrogen contents and CN ratio of the sediments sampled from sea water with sediment trap and from sea bottom.

| | | Sediment Sampled with sediment traps | Sediment Sampled from sea bottom (St. 11) |
|--|------------|---|--|
| Amount of the sediment (g/m ² ·hour) | June, 1985 | 0.23 | — |
| | July, 1985 | 1.40 | — |
| T-C (mg/g) | June, 1985 | 51.1 | 17.7 |
| | July, 1985 | 62.6 | — |
| T-N (mg/g) | June, 1985 | 3.8 | 1.2 |
| | July, 1985 | 2.0 | — |
| C/N | June, 1985 | 13.4 | 14.8 |
| | July, 1985 | 31.3 | — |

この低塩分水の分布方向は、沿岸海流と河川流量との関係によって決まると考えられるが、調査Ⅱ、Ⅲでは阿賀野川河口から北東方向に広がっていて、海底泥中のT-C, T-N と IL の値が最も高い定点の方向と一致している。また、海底泥中のCN比は、阿賀野川河口から St. 14 方向に向って、他の同程度の水深の定点の値よりも高く、阿賀野川河川水懸濁物質の高い CN

比の影響を強く受けていると考えられる。両河川の年平均流量を比べると、1983年、1984年について、阿賀野川の流量は、関屋分水を含む旧信濃川のその約1.7倍、約1.3倍（建設省1984、1985）であり、流量の差も、St. 14 方向に阿賀野川がより強く影響する要因であると推定できる。

渇水期にあたる調査Ⅰ、Ⅱでは、沖合外洋水と低塩分水の境界が明確に認められ、調査Ⅲでは、調査域全体が低塩分であったが、そのなかでも比較的塩分の高い水域と低塩分域との境界域が形成されていた。永原（1984）は、新潟北部沿岸域において、向岸流が低塩分水塊のほり出しをおさえることによって、T-C、T-N と IL の高濃度な分布域が制限されていることを示唆した。代田（1981）は、デトリタスが潮流の陸側に堆積することを指摘している。本調査海域内で、密度差の大きい境界域が頻繁に形成されることによって、水深 60～90 m の海底に T-C、T-N と IL が高濃度な懸濁物質が堆積すると考えられる。

一般に、CN 比が大きいことは、有機物の分解が進んでいることを示す（日本水産資源保護協会1985）。調査海域における底泥の CN 比は14.7～23.2と全体的に高いが、信濃川・阿賀野川の懸濁物質についても CN 比は高い値になっている。信濃川河川水については、河川水の T-N と無機 3 態窒素の比率からも有機物の分解が進んでいると考えられ（檜山・永原印刷中）、両河川の懸濁物質中の炭素と窒素は、有機物の分解がかなり進んだ状態で海域に負荷されていると推定される。また、底泥の CN 比は水深の浅い定点で高く、深い定点では低い傾向があった。浅い海域では無機化速度が速く（YAMADA et al 1981）、本調査域でも浅い海域ではより速く有機物の分解が進み、水深が浅くなるにつれての減少傾向は、T-N が T-C より大きいので、浅い海域で CN 比が高くなっていると考えられる。

以上のことから、この海域における有機物の分布および分解状況は、強い河川水の影響のもとに、流れや収束域などの物理的条件と、さらに、生物的な分解作用によって形成されていると説明することができる。

また、林（1984）によれば本調査海域は、多毛類相からみて、水深50m前後を境に出現種が多様で密度分布の豊富なより浅い海域と、比較的貧弱なより深い海域とに分けられることになる。本調査では、St. 14 以浅で水深の減少とともに直線的に T-C、T-N と IL の値が減少し、微細泥率の鉛直分布では、St. 7・8 の水深49m以浅の定点と St. 6～St. A の64m 以深の定点ととの間に顕著な差がみられている。これらの水深による海底環境の変化が、生物相とどのように対応しているのかについては、今後検討する必要がある。

本論文の校閲をいただいた日本海区水産研究所野上和彦浅海開発部長と本研究の実施に際し有益な御助言をいただいた南西海区水産研究所代田昭彦赤潮部長に厚くお礼申し上げる。また、調査に御協力いただいた吉田仲夫船長をはじめとするみずほ丸乗組員、日本海区水産研究所浅海開発部池原宏二技官と、試料処理、作図をお手伝いいただいた島宗智子さんに心から謝意を表す。

文 献

- 半田暢彦・松枝秀和（1985）海洋における有機物の鉛直輸送。pp. 310-355, 海洋の動態, 梶浦欣二郎編, 恒星社厚生閣, 東京, 531 pp.
- 林 勇夫（1984）新潟北部沿岸域のマクロベントス。pp. 115-120, 海洋生物資源の生産能力と海洋環境に関する研究 北陸沿岸地域調査成果報告, 日本海区水産研究所, 433 pp.
- 建設省（1984）流量年表, 466 pp.

- 建設省 (1985) 流量年表, 438 pp.
- 永原正信 (1984) 新潟北部沿岸域の栄養塩類とクロロフィル-a の季節変化. pp. 85-97, 海洋生物資源の生産能力と海洋環境に関する研究 北陸沿岸地域調査成果報告, 日本海区水産研究所, 433 pp.
- 日本水産資源保護協会 (1985) 底質改良事業実施指針, 110 pp.
- 佐藤善徳 (1983) 沈降物捕集法 セジメントトラップの形状と設置法. pp. 158-160, 内湾底泥をめぐる物質収支の動態解明に関する研究 5年間の研究成果, 東海区水産研究所, 南西海区水産研究所, 養殖研究所, 水産大学校.
- 代田昭彦 (1981) 懸濁粘土粒子の floc 化と低次生物生産への役割. 水産海洋研究会報 (39), 68-75.
- 田中勝久・代田昭彦 (1983) 東シナ海大陸沿岸水中における懸濁粒子と凝集体. 西水研報 (60), 1-9.
- 東京天文台編 (1986) 理科年表, 昭和61年. 丸善, 東京, 1017 pp.
- YAMADA, H., A. MURAKAMI and M. KAYAMA (1981) On the mineralization of organic materials in the coastal marine sediments. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 42(2), 171-177.