

ノート

鹿児島湾の水質変動に関する調査研究 (第V報)

—窒素, りんの変動—

末吉恵子 吉留雅仁 清原拓二
山田正人 下菌清香

要 旨

鹿児島湾の水質常時監視データを使用して、プランクトンの栄養塩である窒素とりんについて解析検討を行った結果、以下のことが明らかになった。

- (1) 窒素とりんの形態の季節変化を調べた結果、窒素はP-N (懸濁態窒素) が夏季に増加し、冬季にDIN (溶存無機態窒素) が増加していた。また、りんはDIP (溶存無機態りん) が冬季に増加するという季節変化があった。
- (2) DIN/DIP比の推移に季節変動はなく、近年はレッドフィールド比を下回っている地点がほとんどである。
- (3) N/P比の主成分分析により各基準点間の栄養塩の類似性を調べた結果、ほとんどの基準点は類似していたが、基準点2及び10は他の基準点と区別された。
- (4) 鹿児島市沖南部 (基準点10) に流入する永田川の窒素, りんはほぼ横ばいであり、基準点10と異なる変動をしていたため、河川流入より影響力のある他の供給源の存在が示唆された。

キーワード：鹿児島湾, 窒素, りん, DIN/DIP比, レッドフィールド比, 主成分分析

1 はじめに

本調査研究により、近年の鹿児島湾におけるCOD濃度上昇の傾向¹⁾は、湾奥部、鹿児島市沖 (北部, 南部) 及び湾央・指宿沖など海域によって異なること、COD濃度上昇に懸濁態COD (P-COD) の寄与が大きいこと、CODの濃度上昇と春季から夏季のプランクトンの増殖が密接に関係していることを報告した²⁾。さらに、鹿児島市沖南部において近年内部生産COD (Δ COD) の上昇が著しいこと³⁾、鹿児島市沖南部及び湾奥では窒素とりんがCOD濃度変動に関係していることを報告した⁴⁾。

これらの検討結果を踏まえて、鹿児島湾におけるCOD (Δ COD) の濃度上昇については、富栄養化現象の究明という観点から窒素やりんの動態^{5), 6)}に関する検討が必要である。

そこで本報告では、まず、鹿児島湾の窒素, りんの形態がどのように季節変化するのか調べた。また、DIN/DIP比の推移を求め、主成分分析^{7), 8)}により各基準点の栄養塩の類似性と、そのグループ分けを試み、比較検討した。

2 調査方法

2.1 調査地点

解析対象とした調査地点は、鹿児島湾海域で環境基準A類型に指定されている基準点1～16である。各基準点の位置を図1に示す。

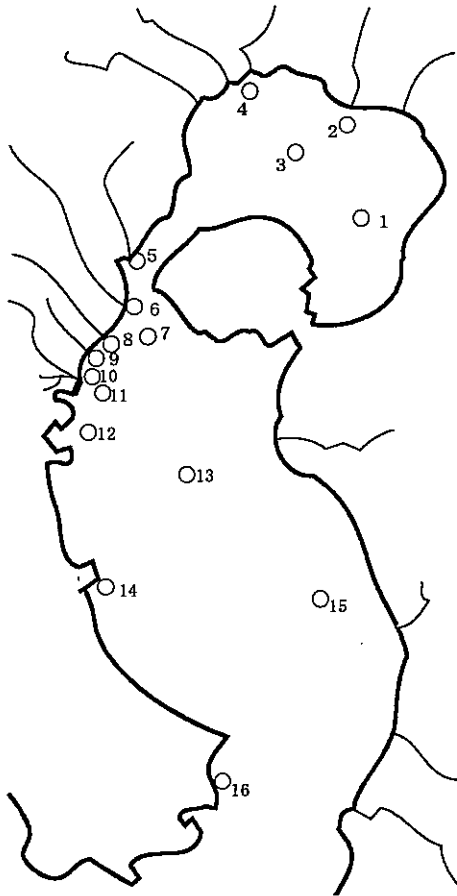
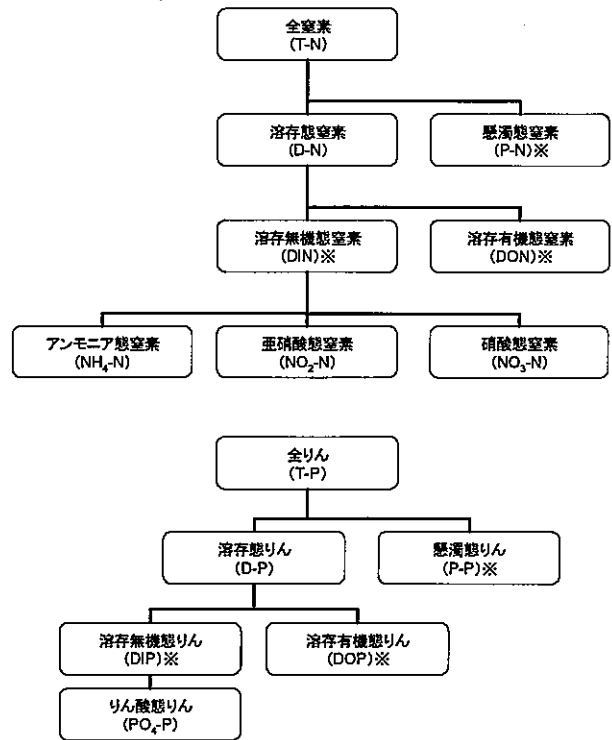


図1 調査地点



※計算により算出

DIN=NH₄-N+NO₂-N+NO₃-N, DON=D-N-DIN, P-N=T-N-D-N,
DIP=PO₄-P, DOP=D-P-DIP, P-P=T-P-D-P

図2 窒素とりの形態

2. 2 解析データ

解析には、1978～2007年度の「公共用水域及び地下水の水質測定結果」から表層(0.5m)の水質常時監視データと、2007年度に基準点1, 3, 7, 13で調査した溶存態全窒素(D-N)、溶存態全りん(D-P)の表層のデータを使用した。

2. 3 窒素, りんの形態について

D-N, D-Pを分析することにより、図2に示す各形態の窒素, りんを求めることができる。

3 結果および考察

3. 1 窒素, りんの形態

2007年度に調査した基準点1, 3, 7, 13の表層の窒素とりの形態を図3, 4に示す。

窒素は各地点とも冬季に栄養塩である各溶存無機態窒素(NH₄-N, NO₃-N, NO₂-N)の濃度が増加しており、特にNO₃-Nが顕著であった。D-Nの主要な形態は冬季DINで、夏季はDONであったが、基準点13のみ一年をとおしてDONであった。DINは植物プランクトンの栄養分であり、夏季のプランクトンの増殖によりDINが消費さ

れ、濃度が減少したことが示唆される。P-Nの濃度は若干夏季に増加する傾向にある。

りんは各地点とも冬季にDIPの濃度が増加しており、DOP濃度は一年を通してあまり濃度の変動は見られなかった。

3. 2 DIN/DIP比

海洋中の植物プランクトンは太陽光を受け、二酸化炭素と栄養塩を使って光合成をする。このときに植物プランクトンが取り込む炭素:窒素:りのモル比率は、一定で106:16:1になるという。この比率をレッドフィールド比といい、一般的に海水の富栄養化の現象について語られるときに良く用いられる^{9),10)}。海水中に溶解している窒素とりの比率も、16に近い値をとるといわれていたが、最近の研究でその値は海洋表層において必ずしも一定にならないことが報告されている¹⁰⁾。

植物プランクトンの増殖に係る栄養塩類は、NH₄-N, NO₃-N, NO₂-N, PO₄-Pである。DIN/DIP比を求めてレッドフィールド比と比較し、さらにDIN, DIP濃度と海域で優占種の植物プランクトンの栄養塩摂取能力を示す指標(DIN, DIPの半飽和定数)と比較すること

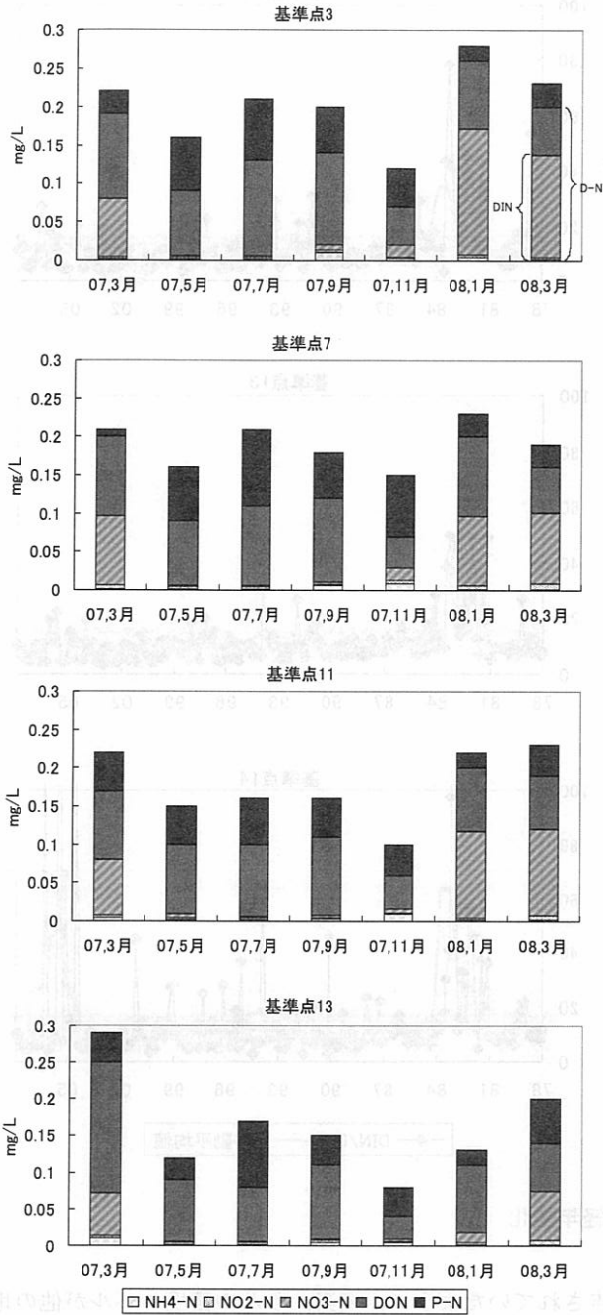


図3 基準点における表層の窒素の形態

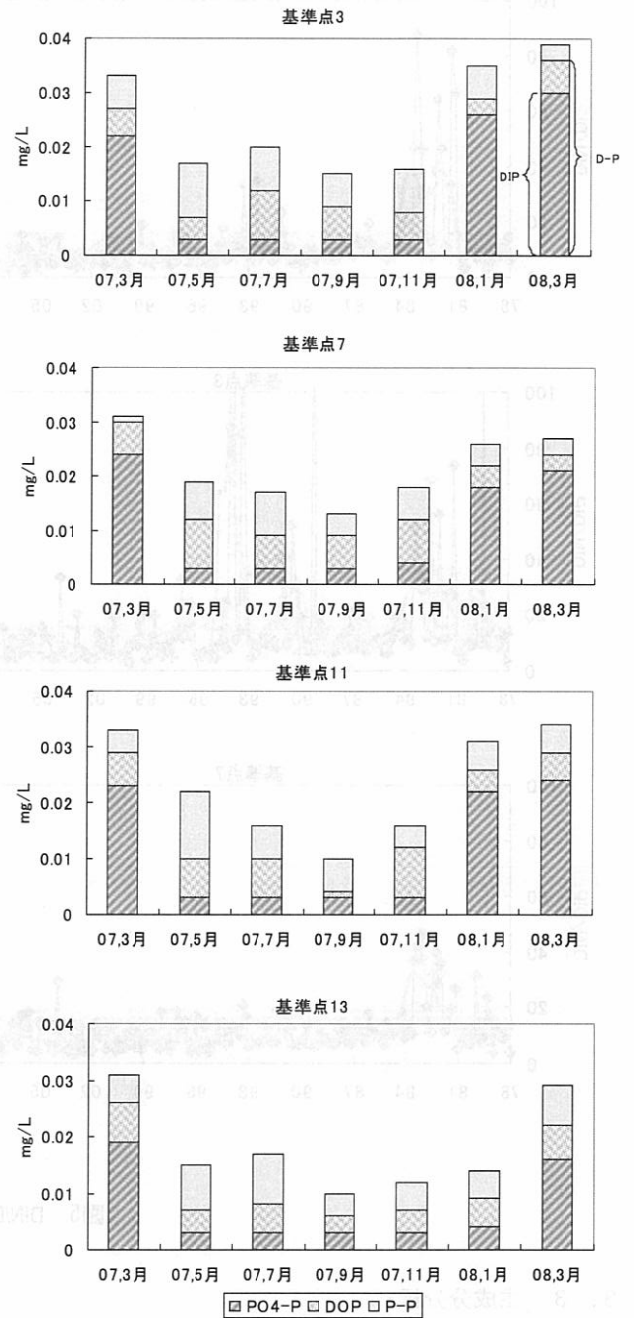


図4 基準点における表層のリンの形態

で、窒素とリンのどちらが植物プランクトンの増殖を制限しているか検討することができる。

そこで今回は、鹿児島湾において各溶存無機態窒素、リンを測定している基準点1, 3, 7, 11, 13, 14のDIN/DIP比の経年変化を求めた。測定データは、1978年からのDINとDIPのデータをモル濃度にして用いた。結果を図5に示す。

DIN/DIP比の推移に季節変動はみられなかった。

湾全体でDIN/DIP比は1980年代初めに高く、レッドフィールド比16を上回り、1984年あたりで減少し、その後

横ばいで推移しており、近年16を下回っている地点がほとんどである。

その中でも、DIN/DIP比は基準点3で変動が大きく、特に1994年4月には243ともっとも高い値を示した。湾口に割と近い基準点14では近年変動が大きく、DIN/DIP比が16を上回っていた。

DIN/DIP比は、東京湾で25.3、大阪湾で25.8、瀬戸内海・伊予灘で11.4と報告されている^{9)・12)} ことより、鹿児島湾は富栄養化の進んでいる東京湾・大阪湾より低いことがわかった。

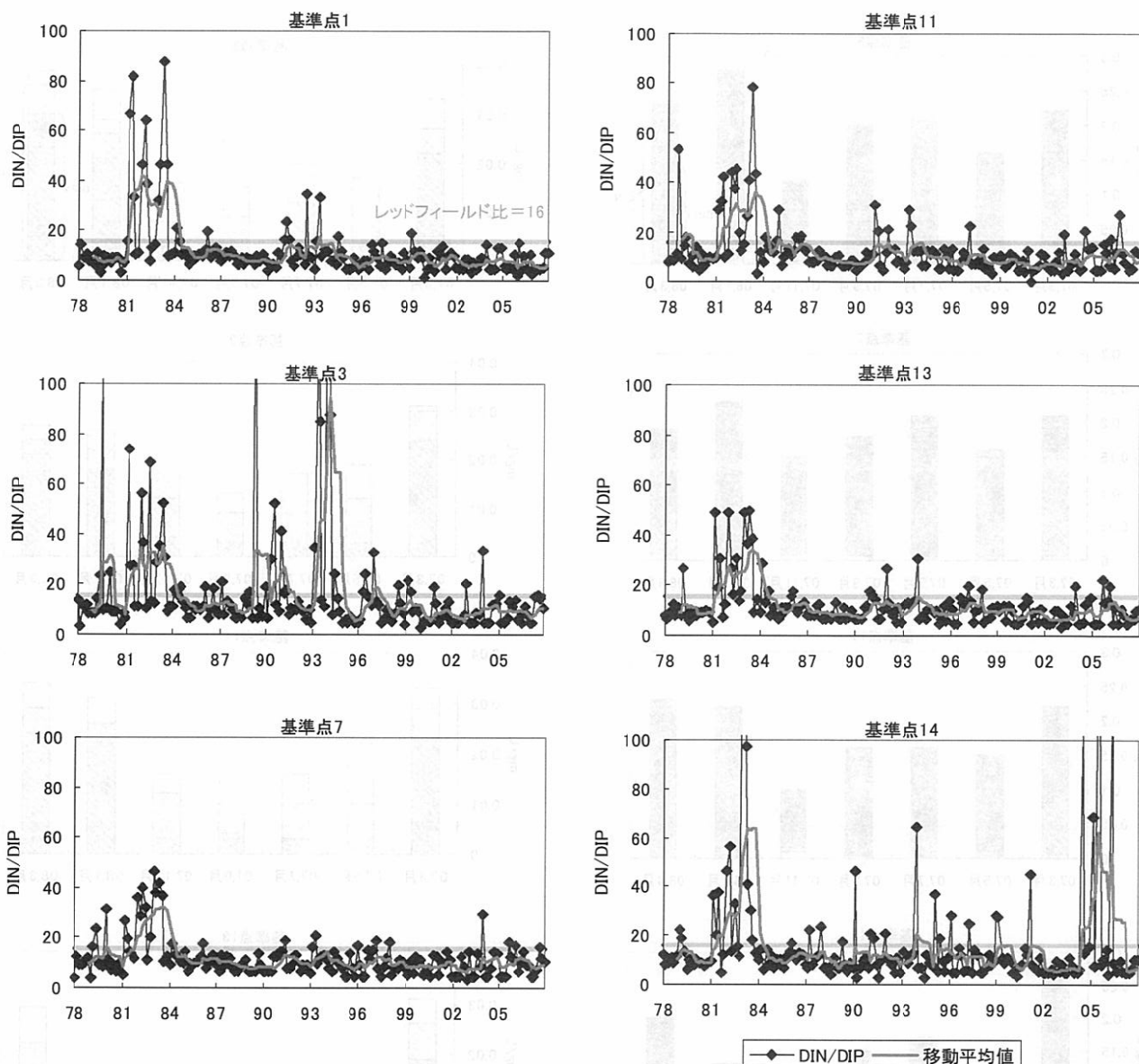


図5 DIN/DIP比の経年変化

3. 3 主成分分析

各溶存無機態窒素，りんについて測定している地点が6地点しかなかったので，大まかに鹿児島湾の各基準点における栄養塩の類似性とグループ分けを試みるために，各基準点におけるN/P比の年平均値を用いて主成分分析を行った。測定データは，全地点での測定が開始された1996年からのデータを用いた。

第1から第4主成分の累積寄与率を表1に示す。第2主成分までの累積寄与率が70%以上となったため，第2主成分までを対象として議論する。

主成分分析の第1，第2主成分のスコアを図6に示す。ほとんどの基準点は類似していたが，基準点2及び10は，他の基準点と区別された。この2点については，以前報

告されていたように，窒素，りんの濃度レベルが他の地点に比べ高く，年間の濃度変動幅が大きい地点である⁴⁾。今回の主成分分析の結果からもそれが明らかになった。また，群に別れなかった他の地点は，おおまかに湾奥から湾口へと並んでいた。基準点2，10以外の地点はプランクトンの増殖に関する栄養塩はさほど差はないことが示唆される。

基準点2は海域全体の中で特異性のある地点⁴⁾なので，この地点だけ別途解析する必要があると示唆される。

表1 主成分累積寄与率

(単位：%)	
	累積寄与率
第1主成分	67.09
第2主成分	76.15
第3主成分	83.81
第4主成分	89.31

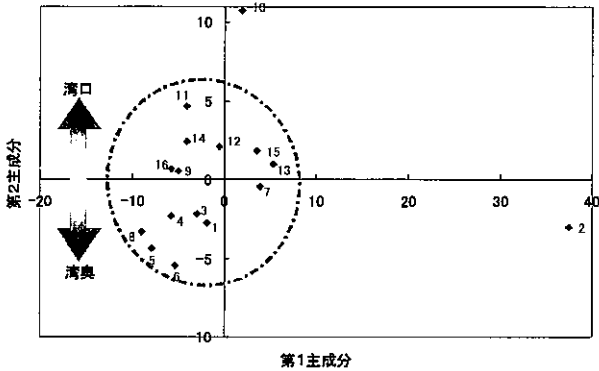


図6 1996～2007年度のN/P比の主成分スコア

3. 4 鹿児島市沖南部に流入する河川の窒素，りん
の推移

窒素，りんの供給源として，河川，降雨，底泥からの溶出及び終末処理場の排水などがあげられる¹³⁾。

そこで，近年COD濃度上昇が大きい鹿児島市沖南部に流入する永田川の窒素，りんの推移を図7に示す。

永田川の窒素とりんは1990年当初より現在まではほぼ横ばいで推移している。

永田川と永田川沖の基準点10の窒素，りんの濃度は，異なる変動をしており，経年変化を見る限り河川よりも影響を与える他の供給源の存在が示唆される。

今後，他の地点を含めて窒素，りんの供給源についての詳細な検討が必要である。

4 まとめ

鹿児島湾海域において近年春季から夏季にかけて主にプランクトンの増殖によりCOD濃度が上昇する要因を検討するため，プランクトンの栄養塩である窒素とりんについて解析を行った結果，以下のことが明らかになった。

- 1) 窒素とりんの形態の季節変化を調べた結果，窒素は，P-Nが夏季に増加し，冬季に減少する。また，DINが冬季に増加し，夏季に減少する。りんはDIPが冬季に増加するという季節変化があった。
- 2) DIN/DIP比の推移に季節変動はなく近年はレッドフィールド比を下回っている地点がほとんどである。

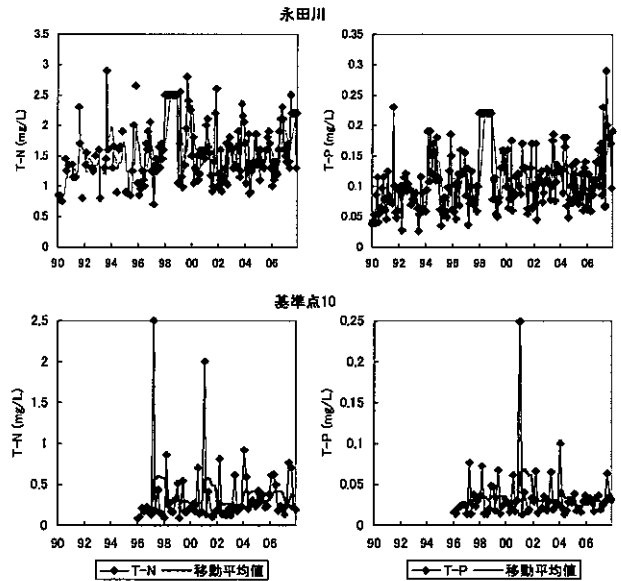


図7 永田川と基準点10の窒素，りんの経年変化

- 3) N/P比の主成分分析において基準点2及び10は他の基準点と区別された。その他の地点は分類されなかったため，栄養塩に大きな差はないことがわかった。窒素とりんのみでの解析でも区別された基準点2は，海域全体の中で特異性を有する基準点であるため，別途解析が必要である。
- 4) 鹿児島市沖南部に流入する永田川の窒素，りんは横ばいで推移しており，永田川沖の基準点10と異なる変動をしていたことから，河川からの流入より影響力のある他の供給源の存在が示唆された。

今後，鹿児島湾全体の窒素，りんの供給源について詳細な検討が必要である。

参考文献

- 1) 鹿児島県；第4期鹿児島湾水質環境管理計画（平成17年3月）
- 2) 荒川浩亮，末吉恵子，他；鹿児島湾の水質変動に関する調査研究（第I報），本誌，7，49～56（2006）
- 3) 實成隆志，末吉恵子，他；鹿児島湾の水質変動に関する調査研究（第II報），本誌，8，58～62（2007）
- 4) 末吉恵子，實成隆志，他；鹿児島湾の水質変動に関する調査研究（第III報），本誌，8，63～69（2007）
- 5) 大庭大輔，中尾兼治，他；鹿児島湾の水質及びCOD環境基準未達成要因について，本誌，3，67～95（2002）

- 6) 切通淳一郎, 西中須暁子, 他; 鹿児島湾における窒素, リンの濃度変動について, 本誌, 7, 108~113 (2006)
- 7) 奥野忠一, 久米均, 他; 多変量解析法<改訂版>, 日科技連 (1983)
- 8) 多田薫, 多田千鶴子, 土取みゆき; 香川県海域における水質評価について, 香川県環境保健研究センター所報, 1, 49~59 (2002)
- 9) 林美鶴, 柳哲雄; 伊予灘南部・大阪湾におけるDIN・DIP濃度とN/P比の変遷, 海の研究, 9, 133~142 (2000)
- 10) 李英植, 向井徹雄, 他; 瀬戸内海西部域, 太平洋における植物プランクトン群集のサイズ構造とその制限栄養塩に関する研究, 水環境学会, 18, 717~723 (1995)
- 11) 名取雄太, 岩田樹哉, 他; 駿河湾における窒素およびリンの季節変動, 静岡大学地球科学研究報告, 29, 29~36 (2002)
- 12) 柳哲雄; 東京湾, 伊勢湾, 大阪湾の淡水・塩分・DIP・DIN収支, 沿岸海洋研究, 35, 93~97 (1997)
- 13) 川島月夫, 稲本信隆, 他; 降水中のリン・窒素負荷に関する調査研究, 鹿児島県環境センター所報, 1, 52~64 (1984)

Studies on the Water Quality Variations of Kagoshima Bay (V)

— Transition of nitrogen and phosphorus —

Keiko SUEYOSHI, Masahito YOSHIDOME, Takuji KIYOHARA

Masato YAMADA, Seika SHIMOZONO

(Kagoshima Prefectural Institute for Environmental Research and Public Health)
18, Jonan-cho, Kagoshima-shi, 892-0835, JAPAN

Abstract

We analyzed transition of nitrogen and phosphorus, which were nutrient salts of plankton, using water quality data of Kagoshima Bay. The summary of results is shown below.

- (1) As a result of studying seasonal variation in form of nitrogen and phosphorus, P-N (particulate nitrogen) increased in summer. DIN (dissolved inorganic nitrogen) and DIP (dissolved inorganic phosphorus) increased in winter.
- (2) DIN/DIP ratio didn't indicate any seasonal variations, and fell below the Redfield ratio at most survey points in recent years.
- (3) Similarities of nutrient salts between each survey point was examined by using the principal component analysis of N/P ratio. As a result, survey point No.2 and No.10 were distinguished from other survey points though most survey points were similar.
- (4) The concentration of nitrogen and phosphorus of Nagata river, which flowed in the southern offshore Kagoshima City (survey point No.10), were almost level-offs, and indicated a different characteristic from survey point No.10. Therefore, it was indicated that it had the existence of other supply sources that influenced more than the riverine input.

Key Words : Kagoshima Bay, nitrogen, phosphorus, DIN/DIP ratio, Redfield ratio, principal component analysis