

資料

鹿児島湾における窒素、リンの濃度変動について

切通 淳一郎 西中須 暁子 大淵脇 久治
宮田 義彦

1 はじめに

鹿児島湾は県本土中央に位置する閉鎖性の内湾である。湾内水と外洋水の海水交換が悪いことに加え、湾域での産業活動の増加、人口の集中等により水質の悪化が懸念されている。

鹿児島湾海域は1975年に環境基準A類型（港湾部はB類型）に指定され、さらに1996年に窒素・リンに係る環境基準II類型に指定された。本県では1976年（昭和51年度）から同湾での水質の常時監視を開始し、現在、湾域全体で24基準点（うち港湾地区7基準点）及び10監視点において調査を行っている。

本報では、これまで蓄積されたデータを用いて、鹿児島湾における窒素、リンの濃度変動について解析したので報告する。

2 調査概要

2.1 調査期間及び時期

1981年度から2004年度までのデータを使用した。調査は偶数月に年6回行われた。

2.2 調査地点

解析した調査地点は、常時監視を行っている地点のうち、港湾地区と基準点17を除いた16基準点及び10監視点とした（図1）。基準点1, 3, 13では層採水を行っているので、各層のデータを解析し、それ以外の基準点及び監視点では0.5m層のデータを解析した。採水時は、0.5m層ではバケツを、それ以外ではバンドーン採水器を用いた。

なお、調査地点を下記のとおり区分して解析した。

湾奥部：基準点1, 2, 3, 4, 5,

監視点イ, ト, チ

湾中部：基準点7, 8, 9, 10, 11, 12, 13,

監視点ロ, ハ, ニ

湾口部：基準点14, 15, 16, 監視点ホ, ヘ, リ, ヌ

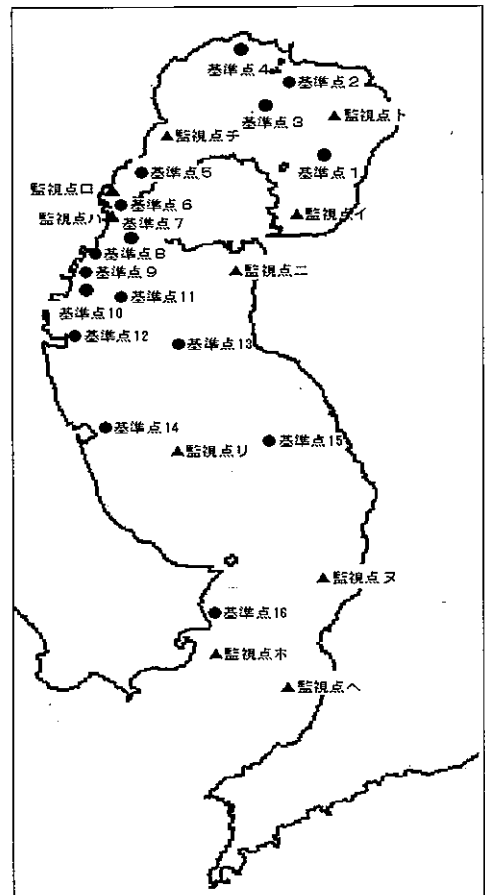


図1 調査地点位置図

2.3 調査項目

全ての地点、層で全窒素と全りんを測定し、基準点1, 3, 7, 11, 13, 14, 監視点イ, ニ, ホ, ヘでは全窒素と全りんのほか無機態窒素（アンモニア態窒素, 硝酸態窒素, 亜硝酸態窒素）及び無機態りん（りん酸態りん）を測定した。測定方法はJIS K 0102に従った。なお、1981年度から1993年度までは全窒素は総窒素（アンモニア態窒素, 硝酸態窒素, 亜硝酸態窒素及び有機態窒素の合計値）として、全りんは総りん（りん酸態りんと有機態りんの合計値）として測定した。

3 調査結果

3.1 経年変化

0.5m層の全窒素について、環境基準Ⅱ類型に指定された1996年～2004年度までの年度平均値の経年変化を図2に示す。この結果、基準点5, 6, 8, 9, 12, 監視点チ, ホなどが2002年度を境に上昇傾向を示した。基準点2は天降川の影響を強く受けるとされており、他地点より濃度が高く、年によるばらつきも大きかった。上昇傾向を示した地点の多くは河口や港湾地区に近い地点であったが、監視点チや監視点ホのように河川等の影響を受けにくいと推定される地点でも上昇傾向がみられた。基準点11や基準点12で年度平均値が異常に高い年がみられるのは、赤潮の発生により全窒素が非常に高くなり年度平均値を押し上げたためである。

次に全りんの年度平均値の経年変化を図3に示す。この結果、2002年度を境に基準点5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 監視点ロ, ハ, チが上昇傾向を示した。これらの地点のほとんどは全窒素が上昇傾向にあった地点と一致したが、基準点10, 11, 監視点ハは全窒素は横ばいだったのに対し、全りんは上昇傾向を示した。上昇傾向にあった地点は全窒素と同様、河口や港湾地区に近い地点であった。基準点11や12, 14で年度平均値が異常に高い年がみられるが、全窒素と同様、赤潮発生の影響を受けたためである。

3.2 0.5m層における季節変化

基準点1, 3, 7, 11, 13, 14と監視点イ, ニ, ホ, ヘにおいて、環境基準Ⅱ類型に指定される以前から測定している全窒素、全りん、無機態窒素及び無機態りんの季節変化を図4に示す。解析には1981年～2004年度までのデータを使用し、無機態窒素及び無機態りんは報告下限値未満のデータは報告下限値を使用した。

3.2.1 全窒素 (T-N)

0.5m層における全窒素は、どの地点においても季節変化は認められなかった。なお、基準点11は2001年4月に赤潮の発生により全窒素が1.3mg/Lと高濃度となったため、これが4月の平均値を著しく押し上げたものである。この赤潮発生による影響は、以下に述べる全りんや無機態りんについても認められた。

3.2.2 無機態窒素

全窒素については季節変化は認められなかったが、無機態窒素は、ほとんどの地点で4月から10月に低く、12月から2月に増加するという季節変化が認められた。こ

の冬季に高くなる傾向は湾奥部ほど顕著であった。湾口部は湾奥部、湾中部に比べて冬季に低かった。なお、全ての地点において、増加した無機態窒素の多くは硝酸態窒素であった。

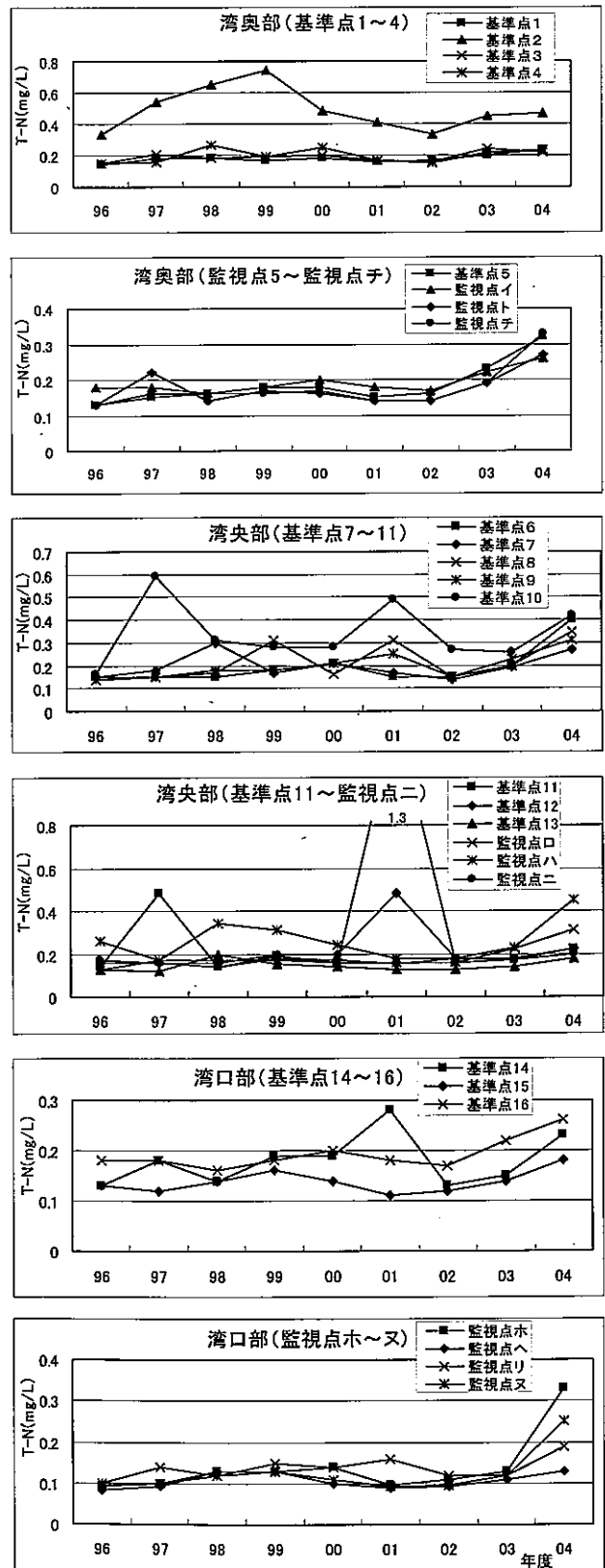


図2 全窒素の経年変化 (1996～2004年度)

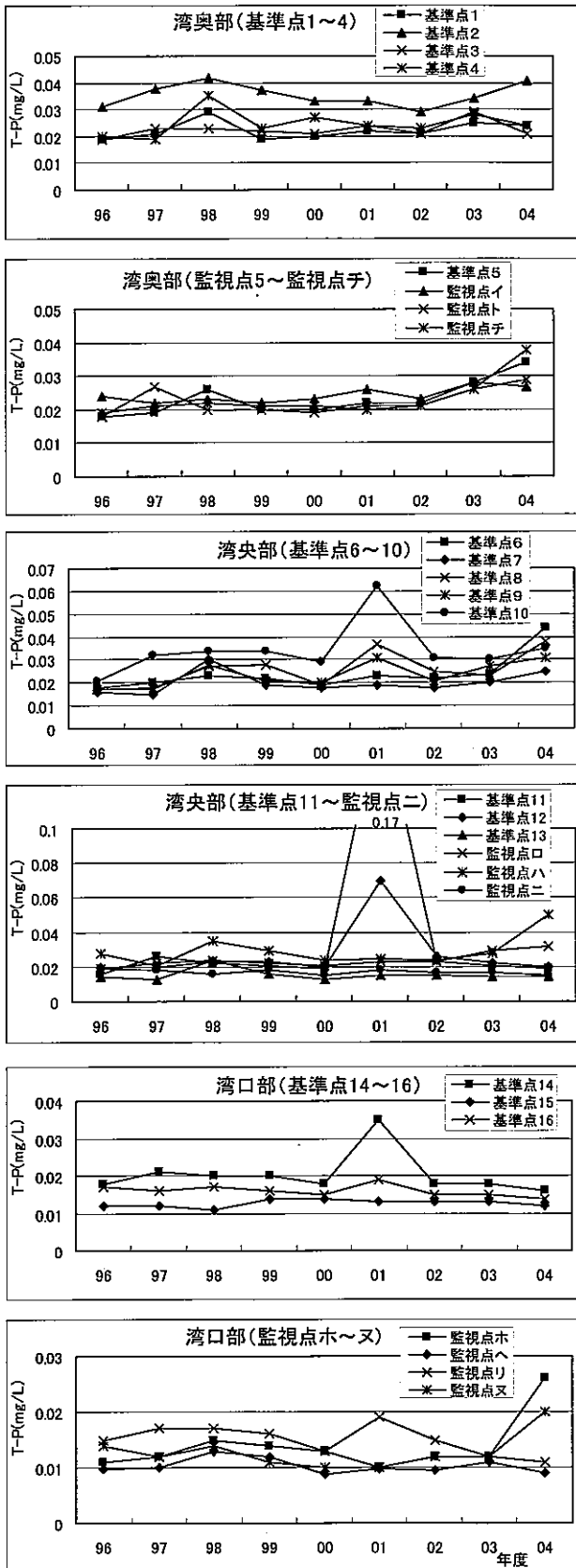


図3 全りんの経年変化 (1996~2004年度)

3. 2. 3 全りん (T-P)

0.5m層における全りんは、全ての地点で夏季に低く

冬季に高い季節変化が認められた。季節変化は湾奥部において特に顕著であり、冬季は夏季の2.5倍ほどの濃度に達したが、一方、湾口部の季節変化は小さかった。湾奥部は閉鎖的な海域であるため、この海域で冬季に起こる鉛直混合の影響を強く受けていることが一因と考えられる。

3. 2. 4 無機態りん

無機態窒素と同様に、12月と2月に無機態りんが増加した。2月の無機態りんは湾奥部、湾央部、湾口部の順に高く、特に湾奥部では全りんの約8割が無機態りんであった。

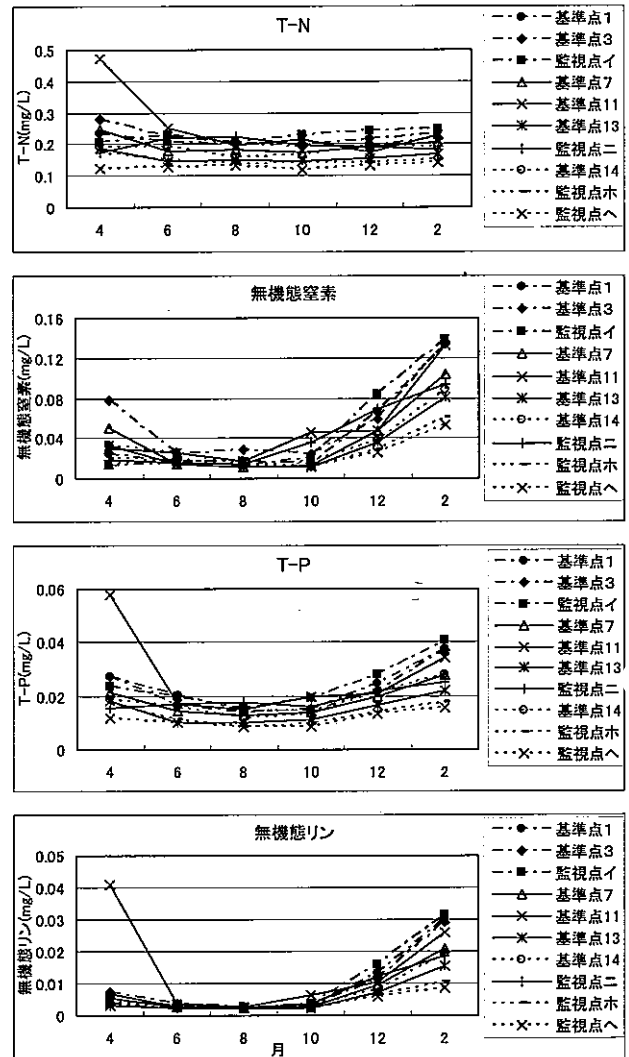


図4 表層における各項目の季節変化

3. 3 各層における季節変化

バンドーン採水器による多層採水を実施している基準点1, 3, 13の各層における季節変化について検討した。使用したデータは3. 2と同様である。

3. 3. 1 基準点1

基準点1の結果を図5に示す。基準点1では、0.5m層、20m層、50m層で採水、分析している。全窒素については年間を通して、層による濃度の違いはなかった。

無機態窒素については、0.5m層は前述のとおりであるが、20m層では6月から漸増し、4月に減少していた。50m層は年間を通して変動が小さく、全窒素の約半分が無機態窒素であった。

全りんは、年間を通して0.5m層よりも下層の濃度が高かった。全ての層で夏季に低く、冬季に高い季節変化が認められた。

無機態りんは全ての層で全りんと同様の季節変化が認められた。年間を通して表層と20m層の濃度差は小さいが、50m層は表層及び20m層より濃度が高かった。50m層では年間を通して全りんの多くは無機態りんであった。

2月の各層の全窒素、全りん、無機態窒素及び無機態りんの濃度レベルそれぞれ一致していることから、基準点1における鉛直混合が確認できた。

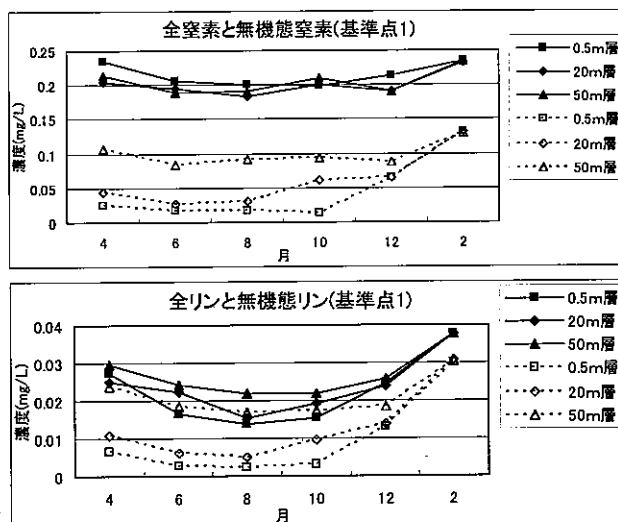


図5 各層の季節変化 (基準点1)
(— は全窒素, りん --- は無機態窒素, りん)

3. 3. 2 基準点3

基準点3の結果を図6に示す。基準点3では0.5m層、20m層、65m層、130m層で採水、分析している。全窒素は、0.5m層において4月に若干高いが、0.5m層から65m層までは年間を通して層による大きな違いはなかった。130m層は4月から12月まで漸増し、2月に減少する季節変化がみられた。

無機態窒素は、0.5m層と20m層は基準点1と同様の変動を示したが、65m層は年間を通して明確な変動は認められなかった。130m層は全窒素と同様の季節変化を

示した。水深が深くなるほど、無機態窒素の濃度は高くなった。

全りんは各層で季節変化が見られた。0.5m層と20m層では基準点1と同様の変動を示したが、65m層では明確な季節変化は認められなかった。130m層は全窒素同様4月から12月まで漸増し、2月に減少した。

無機態りんは0.5m層と20m層では基準点1と同様の変動を示したが、65m層では明確な季節変化は認められなかった。130m層では全りんと同様の季節変化がみられ、65m層と130m層では年間を通して全りんのほとんどは無機態りんであった

なお、2月は鉛直混合により各項目とも同一レベルの濃度を示した。

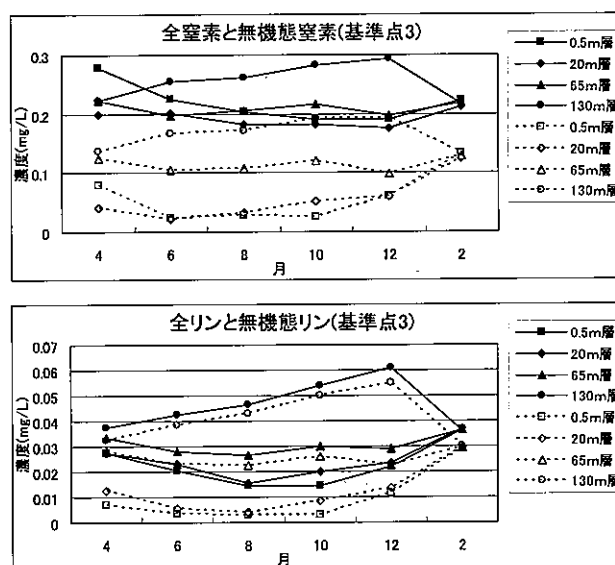


図6 各層の季節変化 (基準点3)
(— は全窒素, りん --- は無機態窒素, りん)

3. 3. 3 基準点13

基準点13の結果を図7に示す。基準点13では0.5m層、20m層、100m層、200m層で採水、分析している。全窒素は0.5m層において4月にやや高いが、その他の月は大きな変動はなかった。20m層は年間を通して季節変化は認められなかった。100m層においては、4月は表層とほぼ同じで、8月まで緩やかに増加し、2月にかけて緩やかに減少した。200m層も100m層と同様の変動を示したが、どの月も他層より濃度が高かった。

無機態窒素は、0.5m層と20m層は基準点1、3と同様の変動を示した。100m層は年間を通して濃度変動が小さかったが、2月に若干減少した。200m層は年間を通して濃度の変動は小さかった。8月がやや高くなっていくが、これは1981年8月に非常に高い硝酸態窒素を測定しその影響を受けているものである。100m層と200m

層では年間を通して全窒素の約7割が無機態窒素であった。基準点3と同様、水深が深いほど無機態窒素は高かった。

全りんは各層で季節変化がみられ、0.5m層と20m層では基準点1, 3と同様の変動を示した。100m層は4月から12月までほぼ一定で推移し、2月にやや減少した。200m層は4月から12月に漸増し、2月にやや減少する季節変化が認められた。

無機態りんは0.5m層と20m層では基準点1, 3と同様の変動を示した。100m層では4月から12月までは濃度変動が小さく、2月にやや減少した。200m層では全りんと同様の季節変化がみられ、100m層と200m層は年間を通して全りんのほとんどが無機態りんであった。

冬季の鉛直混合により、全窒素、全りんとも100mまでは同程度の濃度を示したが、200m層の濃度レベルとは異なっており、基準点13の200m層では鉛直混合による水質変動はほとんど認められなかった。

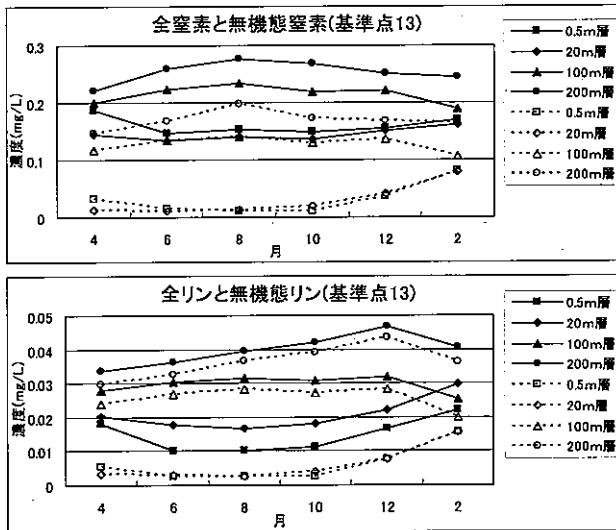


図7 各層の季節変化(基準点13)

(—は全窒素, りん ---は無機態窒素, りん)

3.4 N/P比

表層及び各層における全窒素/全りん(重量比,以降T-N/T-P)の経年変化を図8に、無機態窒素/無機態りん(同比,以降DIN/DIP)の経年変化を図9に示す。

0.5m層におけるT-N/T-Pが、近年10~15であるのに対し、いくつかの特異なものを除くとDIN/DIPは4~6であることから、当湾においては全りに占める無機態りんの割合に比べて、全窒素に占める無機態窒素の割合が小さいことが分かる。また、東京湾奥部(37.6)や洞海湾(154)、瀬戸内海(6~10)など他地域に比べて、

DIN/DIP比が小さかった³⁾⁴⁾。今回は公共用水域常時監視データを使用しており、無機態窒素と無機態りんについ

ては報告下限値未満のデータは報告下限値を使用しているため、報告値と測定値との間に大きな開きがある場合はDIN/DIPの誤差が大きくなることに注意が必要である。

T-N/T-Pについては、0.5m層では全ての地点において全りと比較して全窒素が減少し続けていたが、1995年度を境に、全りに対して全窒素が増加しており、2001年度以降、この傾向はより顕著であった。その他の層においても、ほぼ同様の傾向がみられた。DIN/DIPについても各層で同様の傾向がみられたが、T-N/T-Pほど顕著ではなかった。

基準点3と基準点13の0.5m層と底層(130m層及び200m層)における全窒素と無機態窒素の経年変化を図10に示す。底層(130m層及び200m層)で全窒素と無機態窒素はほぼ同様の変動を示している。これに対して0.5m層の全窒素は近年増加傾向を示し、無機態窒素は横ばいで推移していることから、0.5m層では有機態窒素や懸濁態窒素が増加していると考えられた。

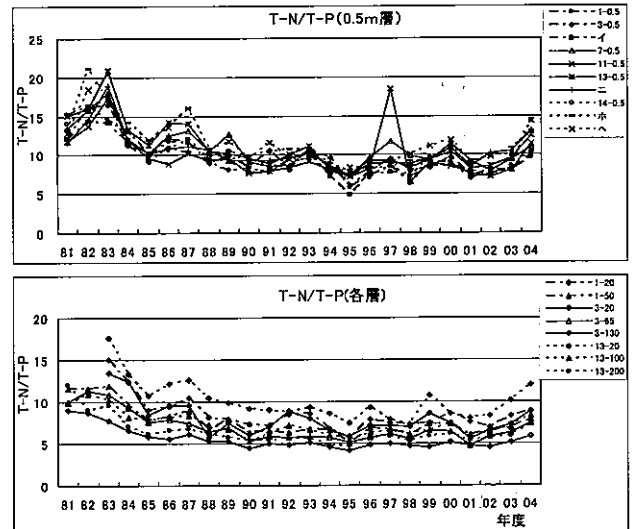


図8 表層及び各層におけるT-N/T-Pの経年変化

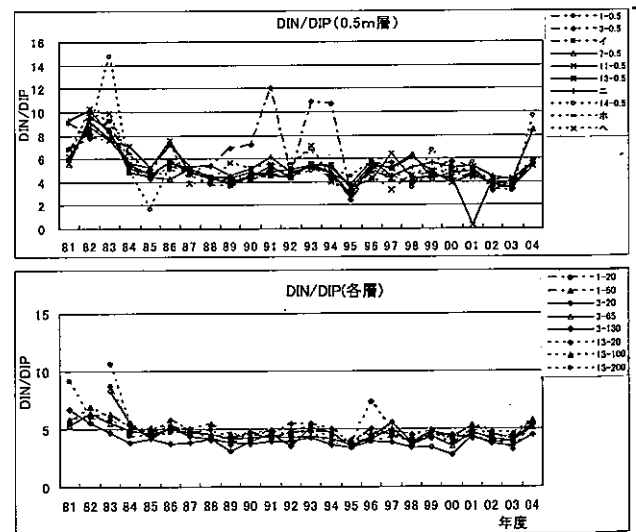


図9 表層及び各層におけるDIN/DIPの経年変化

参考文献

- 1) 鹿児島県；公共用水域の水質測定結果
(昭和51年度～63年度)
- 2) 鹿児島県；公共用水域及び地下水の水質測定結果
(平成元年度～16年度)
- 3) 平野敏行；沿岸の環境圏，175～179 (1998)
- 4) 小林志保，藤原建紀，他；成層期の瀬戸内海における各態窒素・りんおよびケイ素と栄養塩元素比の分布，海の研究，15，283～297 (2006)

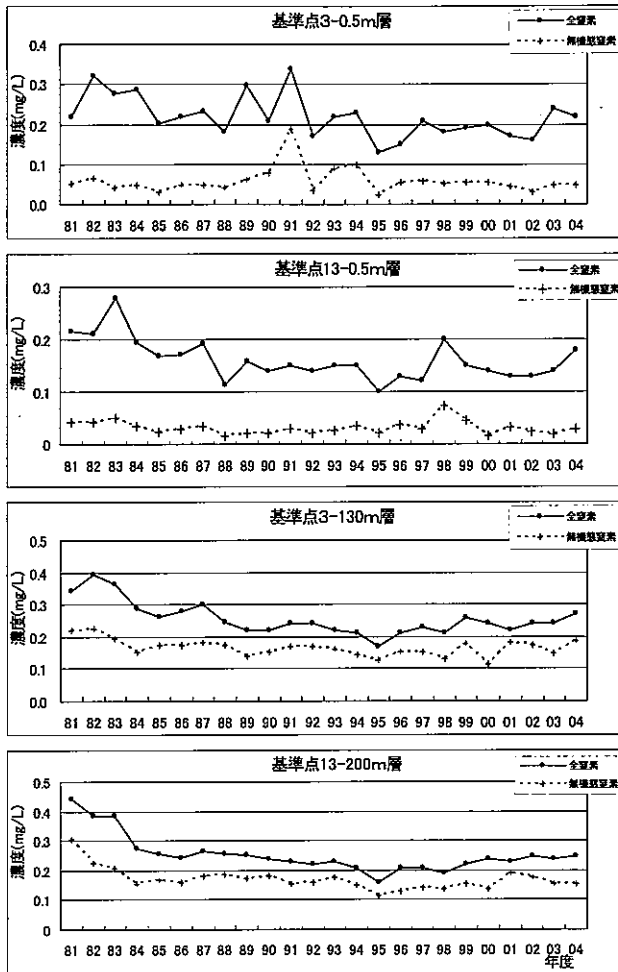


図10 基準点3と13における全窒素と無機態窒素の経年変化

4 まとめ

1981～2004年度の鹿児島湾における窒素，りん濃度変動を解析し，以下の知見を得た。

- 1) 0.5m層における全窒素の年度平均値は，5基準点及び2監視点で上昇傾向を示した。
- 2) 0.5m層における全りんの年度平均値は，7基準点及び3監視点で上昇傾向を示した。
- 3) 0.5m層において無機態窒素は12月と2月に増加する季節変化が見られた。
- 4) 0.5m層と20m層の全りん及び無機態りんは，夏季に低く冬季に高い季節変化が見られた。
- 5) 底層では全ての項目について4月から12月に濃度が増加し2月に減少する季節変化が見られた。
- 6) 冬季における鉛直混合による水質変動は水深200mではほとんど認められなかった。
- 7) 多くの地点において，1995年度以降全りに比べて全窒素の増加傾向が認められた。