

## 資料

## 鹿児島湾の水質変動に関する調査研究（第VI報）

—鹿児島湾流入河川における水質の推移—

吉留雅仁            末吉恵子            清原拓二  
山田正人            下菌清香

## 1 はじめに

鹿児島県では鹿児島湾の水質保全を目的として鹿児島湾水質環境管理計画、通称鹿児島湾ブルー計画を1979年度に策定し、これまで計画を推進してきており、現在はその4期目にある。この間、1998年度を境として化学的酸素要求量（COD）が環境基準を達成しない環境基準点の割合が急増し、その原因の究明と対策が求められているところである。

本調査研究では、これまでに過去のCOD<sup>1)</sup>や内部生産COD<sup>2)</sup>の動態を調べることにより、近年のCODの上昇にプランクトンが影響していることを明らかにしてきた。また、多変量解析による分類<sup>3)</sup>などから、CODの上昇が湾内で均一に生じているのではなく、特に鹿児島市沖において顕著であることも明らかになってきている。より詳細に原因を把握するためにも、プランクトン発生要因となる窒素やリンの動態や、鹿児島湾への外部からの負荷の現状の把握などが課題となっている。

鹿児島湾への負荷要因の一つとして河川からの流入がある。これまでも濱島らによって流入河川のCOD、生物化学的酸素要求量（BOD）などの推移について報告がなされており、1980年代以降COD、BODは共に低下傾向にあり、ここ数年はほぼ一定で推移していることが明らかになっている<sup>4)</sup>。本報告では、鹿児島湾に流入する河川からの負荷のうち、プランクトンの栄養塩となる窒素とリンの推移について解析し、近年の鹿児島湾における河川流入負荷の傾向を検討した。また、プランクトンの発生には河川が流入した沖の水質も重要であると考えられることから、表層における海水温の近年の推移についても併せて解析、検討したので報告する。

## 2 調査方法

## 2.1 調査地点

鹿児島湾に流入している河川のうち、鹿児島県の水質測定計画により常時監視を実施している河川を調査対象とした。表1に調査対象とした河川及び採水地点の一覧を示す。また、海水温の調査地点としては、鹿児島湾における環境基準点を調査対象とした。

## 2.2 解析データ

全窒素、全リン、海水温のデータとして、1990年度から2007年度に測定した「公共用水域及び地下水の水質測定結果」の値を用いた。ただし、鹿児島市以外の河川における1993年度と1996、1997年度の全窒素及び全リンの

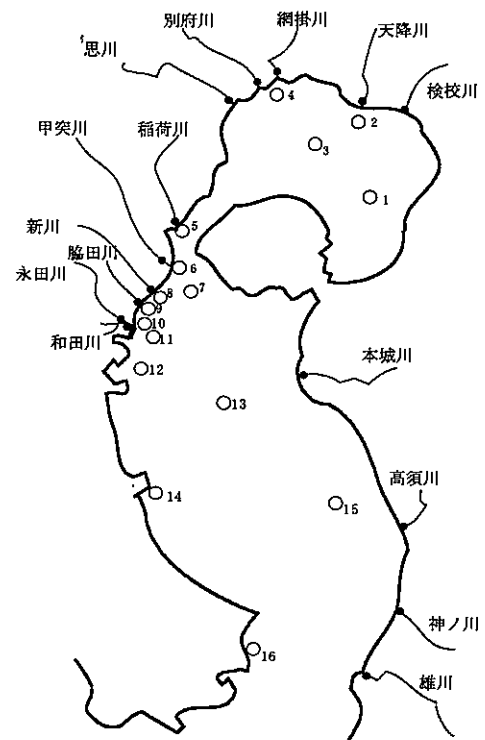


図1 調査地点

表1 調査地点の概要

	河川名	採水地点	流量 (1000 m <sup>3</sup> /日)
鹿児島市	和田川	潮見橋	50
	永田川	永田橋	109
	新川	脇田井堰	27
	脇田川	鶴ヶ崎第二橋※	42
	甲突川	松方橋	346
	稲荷川	黒葛原橋	56
湾奥域	思川	青木水流橋	135
	別府川	岩淵橋	700
	網掛川	田中橋	161
	天降川	新川橋	1646
	検校川	検校橋	173
湾央・湾口域	本城川	中州橋	209
	高須川	高須橋	159
	神ノ川	神ノ川橋	289
	雄川	雄川橋	696

※2007年度以降は南田橋

年平均値は「第4期鹿児島湾ブルー計画 資料編」の値を用いた<sup>5)</sup>。河川の流量は2002年度から2003年度にかけて年4回測定した結果の平均値を用いた<sup>6)</sup>。

### 3 調査結果

#### 3.1 全窒素及び全リン濃度の推移

図2及び図3に鹿児島市の流入河川については1990年度から2007年度までの、その他の河川については1993年度及び1996、1997年度の平均と2003年度から2007年度までの全窒素及び全リンの年平均値の推移をそれぞれ示す。

全窒素濃度は、脇田川では1999年から2002年にかけての顕著な低下が見られ、その後はほぼ一定で推移していた。その他の鹿児島市の流入河川については、和田川、新川及び甲突川では緩やかな低下傾向を、永田川及び稲荷川ではほぼ一定の傾向をそれぞれ示していた。湾奥域、湾央・湾口域の流入河川については、2002年度以前のデータが限られており長期的な傾向の把握は難しいが、1993年度及び1996、1997年度の平均値と2003年度以降を比較し、湾奥域の天降川では低下の傾向を、湾口・湾央域の本城川、神ノ川では上昇の傾向をそれぞれ示していたが、2003年度以降は一定で推移していた。その他の河川についてはほぼ一定で推移していた。

全リンの濃度は、鹿児島市の流入河川のうち和田川、新川、脇田川、甲突川の4河川では低下傾向にあった。稲荷川では1996年度から1998年度にかけて濃度が低下していたが、その後緩やかな上昇傾向を示していた。永田川的全リン濃度はほぼ一定で推移していた。湾奥域、湾央・湾口域の流入河川では、天降川で低下の傾向が、神ノ

表2 全窒素及び全リン濃度の経年変化の分類

全窒素	全リン	河川名
低下	低下	和田川、脇田川、新川、甲突川、天降川
一定	一定	永田川、思川、別府川、網掛川、検校川、高須川、雄川
一定	上昇	稲荷川
上昇	一定	本城川
上昇	上昇	神ノ川

川で上昇の傾向がそれぞれ見られた以外は、ほぼ一定で推移していた。天降川と神ノ川についても、2003年度以降はほぼ一定であった。

以上から、鹿児島湾に流入する河川的全窒素及び全リン濃度の年平均値の推移の傾向は表2に示す5つに分類された。

鹿児島市の流入河川で水質の改善傾向が顕著なのは、区画整備等に伴う公共下水道の普及が進んでおり、生活排水の河川への直接流入量が減少したためではないかと考えられる<sup>7)</sup>。

#### 3.2 全窒素及び全リン濃度の季節変動

季節毎の推移を比較するため、春季(4~6月)、夏季(7~9月)、秋季(10~12月)、冬季(1~3月)の4つの季節に分け、平均値の推移を図2及び図3に示す。全窒素濃度は、別府川、高須川、雄川を除き、いずれの河川も夏季に低くなる季節変動を示した。その中でも、和田川、永田川、本城川及び神ノ川では春季と夏季の濃度がほぼ同等になる傾向をそれぞれ示した。高須川は夏季にも濃度が低下するものの、春季に最も濃度が低下する傾向を示した。別府川、雄川の2河川については明確な季節変動を示さなかった。全窒素濃度がほとんどの河川で夏季に低くなるのは、水温が高くなることによって生物活性に伴う硝酸性呼吸が進行しやすくなり硝酸態窒素が消費されやすくなることや<sup>8)</sup>、夏季に水量が増加すること<sup>9)</sup>による希釈などが原因としてと考えられる。

全リン濃度は全窒素濃度に比べて季節変動が小さく、新川、甲突川、別府川、思川、網掛川、天降川、高須川、神ノ川では、明確な季節変動を示さなかった。和田川、永田川、脇田川、稲荷川、本城川では夏季に濃度が低下し、そのうち和田川、永田川、本城川では、全窒素濃度と同様に春季も夏季と同様に低下する傾向があった。残りの検校川と雄川では、夏季に濃度が高くなる傾向を示した。全リン濃度が全窒素濃度と同様に夏季に低くなる

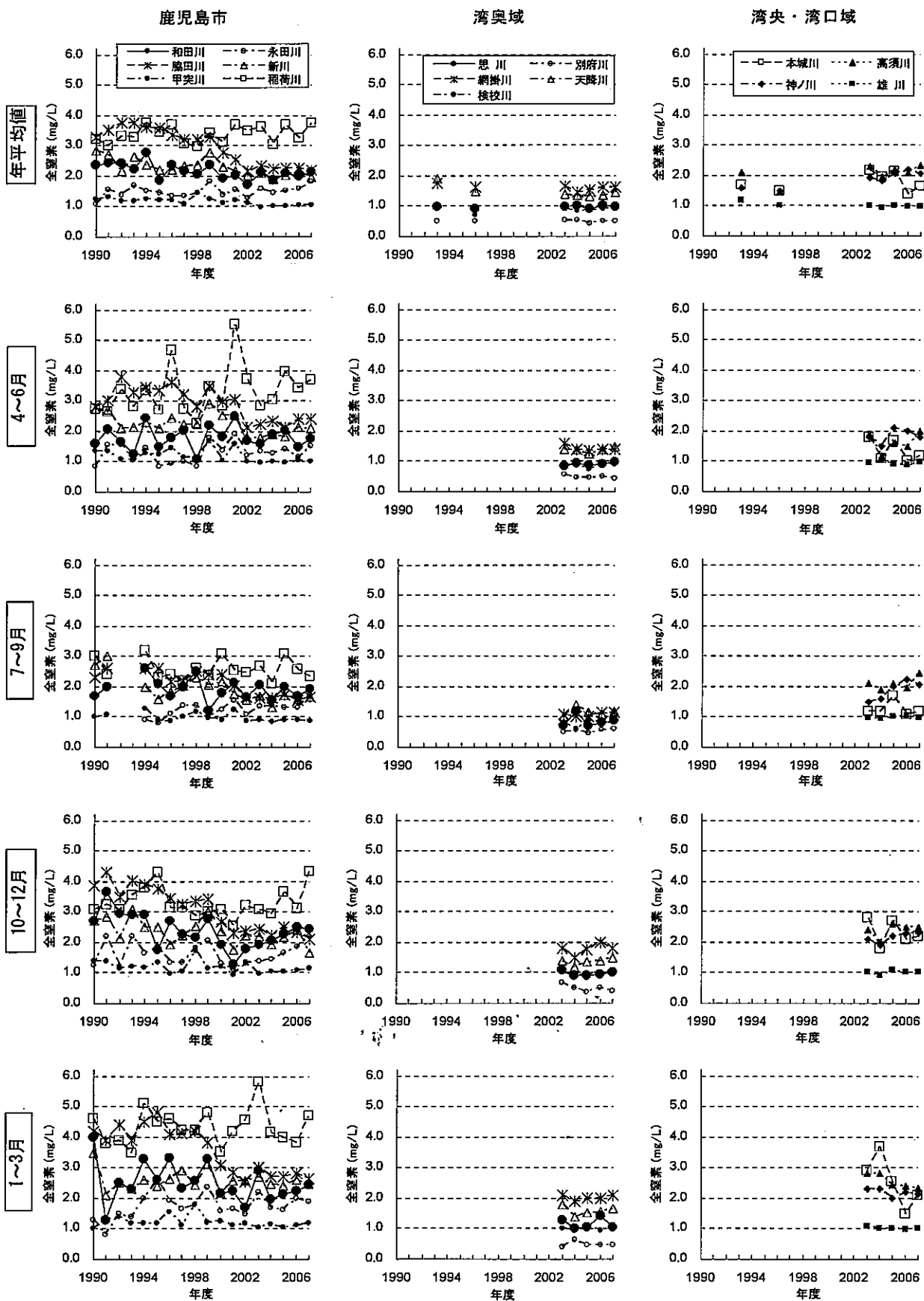


図2 全窒素濃度の経年変化

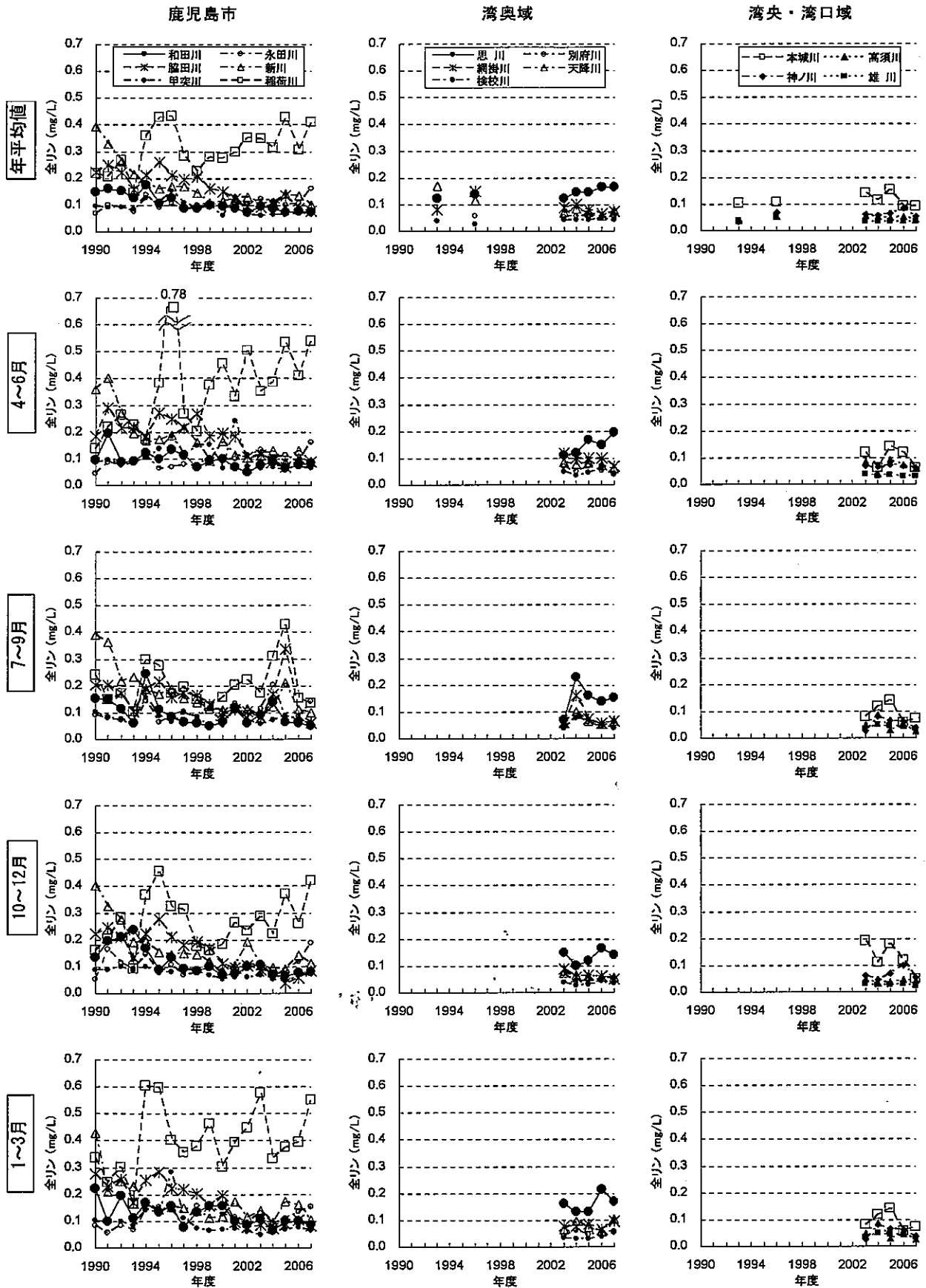


図3 全リン濃度の経年変化

表3 全窒素及び全リン濃度の季節変動の分類

全窒素	全リン	河川名
夏季に低下	夏季に低下	脇田川, 稲荷川
春季と夏季に低下	春季と夏季に低下	和田川, 永田川, 本城川
夏季に低下	不明瞭	新川, 甲突川, 思川, 網掛川, 天降川
春季と夏季に低下	不明瞭	神ノ川
春季に低下	不明瞭	高須川
夏季に低下	夏季に上昇	検校川
不明瞭	夏季に上昇	雄川
不明瞭	不明瞭	別府川

河川では水量の増加による希釈の効果などが考えられる。一方、夏季に濃度が高くなる河川では、底質からのリン酸態の溶出などが可能性として考えられる<sup>8)</sup>。

以上から、全窒素及び全リン濃度の季節変動は表3に示すような傾向に分類された。

いずれの河川においても、それぞれの季節の全窒素、全リン濃度の推移は年平均値の推移と、概ね同様の傾向を示した。

### 3. 3 窒素及びリンの負荷量

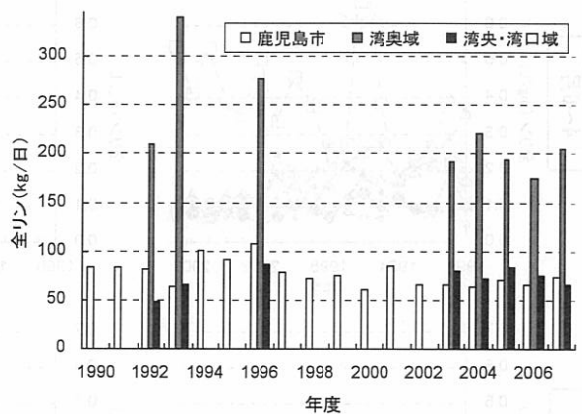
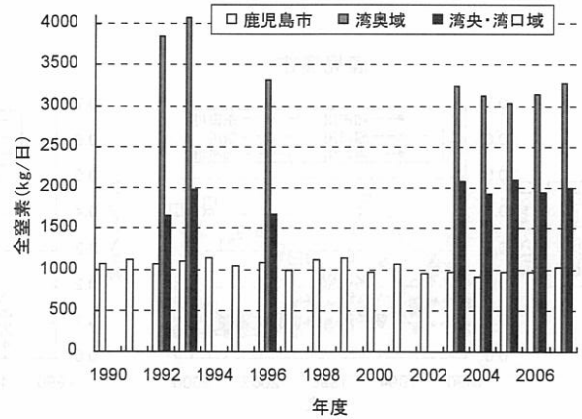
負荷量の大きな傾向を調べるため、図2及び図3で示した年平均値と表1に示した流量を乗算し、窒素及びリンの日平均負荷量を求めた。結果を図4に示す。ただし、1992年度の値は「第三期鹿児島湾ブルー計画 資料編」<sup>10)</sup>に記載の値をそのまま用いた。

鹿児島市及び湾奥域の流入河川については窒素、リン共に減少傾向にあり、近年はほぼ一定で推移していた。湾央・湾口域では窒素、リン共に1996, 1997年度以前と比較して若干の上昇傾向があるが、2003年度以降はほぼ一定で推移していた。

鹿児島湾全体への河川流入負荷量、特に鹿児島市沖に流入する河川の負荷量が減少傾向にあることなどから、河川からの窒素・リン負荷は近年の鹿児島湾におけるCODの上昇の主要因ではないと推測される。

### 3. 4 海水温の推移

プランクトンが増殖する条件の一つとして、窒素、リンなどの栄養塩の他に海水温がある<sup>11)</sup>。そこで流入河川



※湾奥域、湾央・湾口域の1990, 1991, 1994, 1995, 1998~2002は欠測

図4 窒素及びリンの負荷量の経年変化

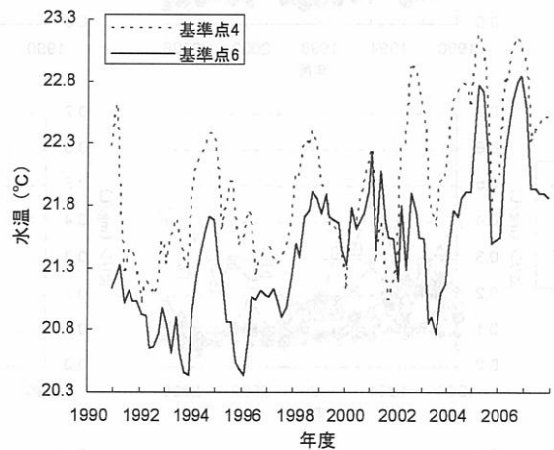


図5 海水温の年移動平均の推移

の沖の海域における表層の水温の傾向について調べた。図5に別府川河口沖と網掛川河口沖の中間に位置する基準点4及び甲突川河口付近の基準点6における1990年度から2007年度までの水温の年移動平均を示す。両基準点とも海水温は漸次上昇傾向を示した。また、鹿児島湾における他の基準点においても、幅に差はあるが、近年水温

が上昇する傾向があった。プランクトン増殖の最適水温は、概ね15～20℃に低温側の境界があり<sup>10)</sup>、海水温が上昇傾向にあることで、最適な水温の日数が増えている可能性がある。今後、近年のCOD上昇の原因を究明する上で、水温の変化なども考慮に入れ、総合的に水質の変化を検討する必要がある。

#### 4 まとめ

鹿兒島湾流入河川における窒素、リンの推移を調査した結果、鹿兒島湾への負荷に対する以下のことが明らかになった。全窒素濃度は、本城川及び神ノ川では1996、1997年度から2003年度までの間に上昇の傾向にあったが、他の河川では低下もしくはほぼ一定で推移していた。全リン濃度については、稲荷川及び神ノ川で上昇傾向を示している他は、低下もしくはほぼ一定で推移していた。また、負荷量で比較した場合には湾央・湾口域で1996、1997年度と2003年度までの間で窒素、リン共に大きくなる傾向があったが、鹿兒島湾全体では窒素、リン共に小さくなる傾向が明らかになった。

窒素、リン濃度の季節変動は河川によって異なる傾向を示し、8種類に分類することができた。また、それぞれの季節における推移は、概ね年平均値と同様の傾向を示しており、特定の季節と近年のCOD上昇との間に相関はみられなかった。

以上の結果から、河川からの流入負荷は、近年のCOD上昇の主要因ではないと推測される。その一方で、河川の流入する海域の水温が上昇傾向にあるなど、仮に負荷量が一定であったにしても、鹿兒島湾の水質への影響力は変化してきていることも事実である。今後、各水質項目を総合的に評価することが、鹿兒島湾における水質変動の要因を把握する上で、重要になると考えられる。

#### 参考文献

- 1) 荒川浩亮, 末吉恵子, 他; 鹿兒島湾の水質変動に関する調査研究 (第I報), 本誌, 7, 49～56 (2006)
- 2) 實成隆志, 末吉恵子, 他; 鹿兒島湾の水質変動に関する調査研究 (第II報), 本誌, 8, 58～62 (2007)
- 3) 末吉恵子, 實成隆志, 他; 鹿兒島湾の水質変動に関する調査研究 (第III報), 本誌, 8, 63～69 (2007)
- 4) 濱島俊郎, 西中須暁子, 他; 鹿兒島湾に流入する河川水質の推移, 本誌, 6, 94～96 (2005)
- 5) 第4期鹿兒島湾ブルー計画 資料編, 83～85 (2005)
- 6) 第4期鹿兒島湾ブルー計画 資料編, 146 (2005)
- 7) 鹿兒島市の環境 平成19年版, 105～106 (2008)
- 8) 野上祐作, 島村淳, 宮永政光; 水環境学会誌, 8, 523～526 (2003)
- 9) 平成5年度 新・鹿兒島湾ブルー計画推進評価調査事業委託報告書 (1994)
- 10) 第3期鹿兒島湾ブルー計画 資料編, 168～169 (1995)
- 11) 山砥稔文, 坂口昌生, 他; Nippon Suisan Gakkaishi, 72, 160～168 (2006)