

## 瀬戸内海中央部における海水中溶存態無機窒素変化と流入負荷量

藤澤邦康・難波洋平

Effects of Nitrogen from Rivers to the Sea on the Changes in the Desolved Inorganic Nitrogen found in the Seawater of the Central Part of Seto Inland Sea

Kuniyasu FUJISAWA and Youhei NANBA

キーワード：DIN, 塩分, 河川流量, TN, 降水量

近年、岡山県下ノリ養殖漁場では色落ちにより漁期が著しく狭められるようになった。その一因として、この時期に出現する珪藻 *Cocinodiscus weilessii*, *Eucampia zodiacus* 等の増殖により栄養塩の溶存態無機窒素(DIN)の著しい低下が認められている。例年DINの低下は年明けにみられたが、2002年度には、年末よりDINが低い状態がみられた<sup>1)</sup>。しかし、珪藻増殖は顕著でなく、夏から秋の降水量がきわめて少ないことから、河川からの窒素負荷が少なかったことが原因と考えられた。このことから、降水量及び河川水量が海水中DIN変化に与える影響について検討した。

## 方法

DIN, 塩分は、浅海定線調査資料を用いた。河川水量は流量年表(吉井川御休, 旭川牧山, 高梁川日羽の流量)<sup>2)</sup>を用いた。また、河川窒素濃度は公共用水域水質測定結果(吉井川鴨越堰, 旭川合同堰, 高梁川壩井堰での全窒素(TN)測定値)<sup>3)</sup>を用いた。降水量は岡山地方气象台、津山特別地域気象観測所の地上気象観測月統計値表<sup>4)</sup>を用いた。

## 結果と考察

岡山県海域には吉井川、旭川及び高梁川の河川水が流入している。これらの流入河川水は閉鎖性の強い岡山県

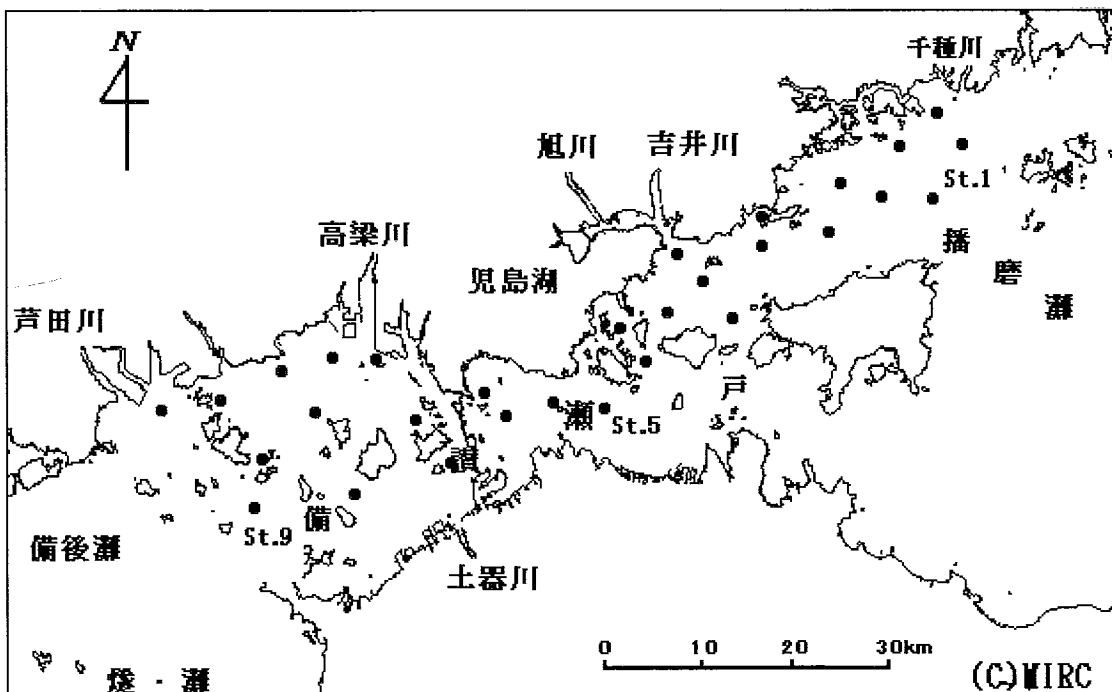


図1 播磨瀬及び備讃瀬戸の浅海定線調査定点(●)と主要流入河川

沿岸海域全体の水質変化に影響を与える。よって、解析には図1に示した浅海定線調査全定点平均値を用いた。

岡山県海域のDIN経年変化は、河川負荷以外に他海域からの流入がある。他海域からの流入変化が大きい場合、河川水の影響を検討する際の支障となる。これを排除するため、次のように考えた。播磨灘・備讃瀬戸を模式的東西に分け、塩分濃度勾配を表底層塩分較差で表し、その経年変化を図2に示した。備讃瀬戸中部(St. 5)と西部(St. 9)の塩分較差は'72~'03年の間、ほぼ一定の負の較差で推移しており、西部に塩分が高く、中部に低い分布を示している。ところが東部(St. 1)と中部(St. 5)の塩分較差は一定の傾向は見られず、'70年代後半には正の較差が大きい。この時期東部の播磨灘塩分が中部より高い分布を示す。さらに'90年代にもわずかに正の較差がみられる。図2には、潮岬からの黒潮離岸距離の推移を並べて示しているが、'70年代後半の正の塩分較差の大きい時は黒潮が100マイル以上離岸している時期と一致

している。備讃瀬戸の最低塩分分布位置が'75年~'80年黒潮蛇行期には非蛇行期と比べて西部にシフトするという報告<sup>5)</sup>があり、上記のことは最低塩分分布域の位置の変化を示しているものといえる。この塩分分布変化をDINの経年変化(図2)と対比した。DINの経年変化は'74'75年に高く、'76'77年に急減して、'80年代に低く、'90年代に再び増加しているが、'00年代に低下傾向にある。この塩分較差が正に大きく偏っている期間のDINは急減しており、塩分分布の変化がDIN経年変化を与えたものとする。この逆転の強く現れている'70年代は以下の検討から除外した。

岡山県沿岸海域のDIN及び塩分の季節変化('73~'03年度の表層全定点平均値による)を図3に示した。塩分は、3月から徐々に低下してゆき、底層では10月に年最低値となっており、表層では7月に一時大きく低下しているが7~10月は低い状態がみられる。成層の崩れる10月以降は上昇し、2~3月に年最高値となる。表底層差は3月以降徐々に大きくなり、7月に最大となり、その後だんだん小さくなっていく。一方、DINは3~4月に低く、7~9月に増加している。特に7月は一時的に高くなり、表層塩分低下からも河川の負荷が窺われる。8、9月には表底層差は大きく、底層が高くなっている。その後、10月に急増し、10~12月に年最高値となっており、この時期は表底層差もなくなっている。そして、年明けの1月以降急速に低下している。DINと塩分の季節変化を対比してみると、塩分が年最低値から上昇に移る時期にDINは急増して年最高値となっている。10~12月にみられるDIN年最高値(DIN秋季値)は夏季の窒素流入負荷量、すなわち塩分年最低値と関係があると考えられる。一方、塩分が上昇して年最高値となる時期にDINは急減している。2月頃にみられるDIN値(DIN冬季値)は前年夏季から冬季に蓄積された河川負荷の程度、すなわち塩分年最高値が高いほど負荷量は少ないと考える。この塩分年最低値とDIN秋季値、塩分年最高値とDIN冬季値に注目して、'83~'02年の表・底層平均値による塩分とDINとの関係を図4に表した。ここではDINは秋季から冬季にみられる珪藻増殖により極端に低下がみられる時があることから、生物作用を極力少なくするためにDIN秋季値は10~12月の最大値を、DIN冬季値は2~3月DIN最大値を用いた。DIN(Y)と塩分(X)の回帰式は $Y = -2.2943X + 80.037$ が得られた。回帰直線下方は生物活動の盛んな年といえる。DIN秋季値とDIN冬季値は回帰直線に沿って変化することは、河川水流入と域外からの高塩分海水の流入が季節によりたがいに優先している

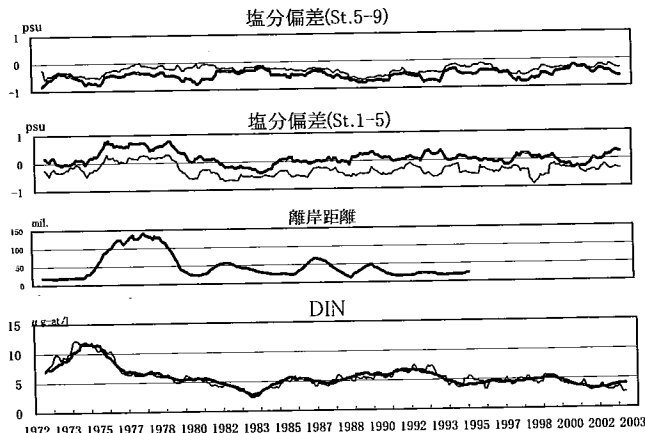


図2 浅海定線定点1, 5, 9それぞれの塩分定点較差(5-9, 1-5)、黒潮流軸の潮岬からの離岸距離及びDINの経年変化(13ヶ月移動平均: 細線は表層, 太線は底層)

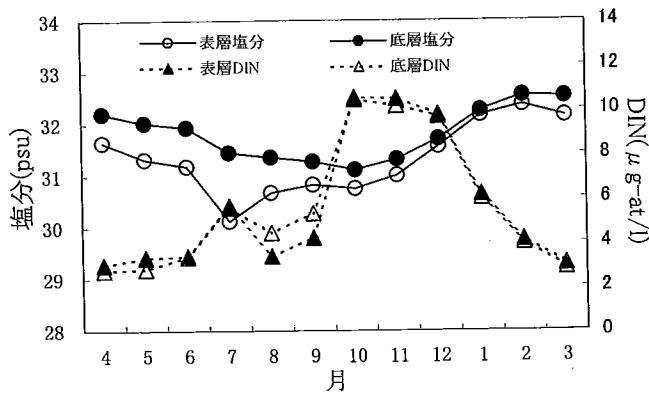


図3 岡山県沿岸海域の表底層塩分及びDINの周年変化(1972~'02年浅海定線調査全定点平均値による)

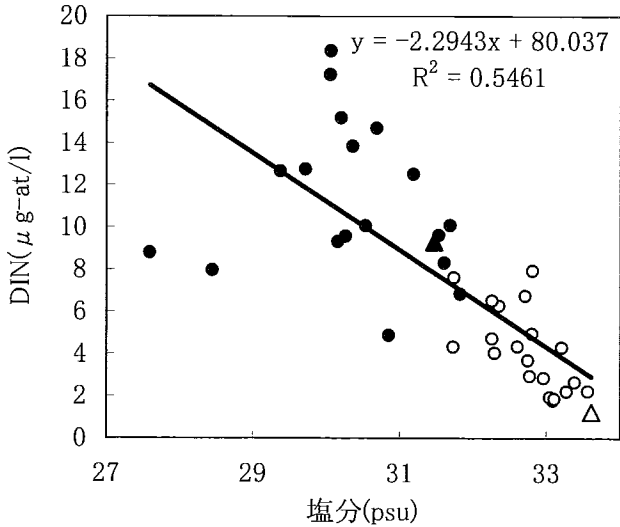


図4 塩分年最低値と10-12月 DIN 最大値(●)と塩分年最高値と2, 3月 DIN 最大値(o)の関係(2002年度は▲, △)

考える。秋季から冬季には岡山県沿岸海域では備讃瀬戸西部に域外の影響が強く現れている<sup>6,7)</sup>。図中の'02年度は最高・最低塩分がいずれも'94年度渇水年に次いで高い位置にあり、河川水の流入が少ない事が窺われる。

次に、上述の海水成分に対する気象・河川成分の影響を検討する。河川水量及び河川窒素(N)負荷量は、岡山県沿岸海域に流入する吉井川、旭川、高梁川の3河川の合計値を用いた。各河川の全窒素(TN)測定日の日河川水量とTN濃度との関係は図5に示した。いずれの河川とも日河川水量とTNの相関係数は低い値を示した。よって、月N負荷量は月1-2回の測定データをその月の代表として、測定TN値を月河川流量に乗じて算出した。得られた'83~'01年の毎月の気象・河川成分の3河川N負荷量、3河川水量、降水量相互の相関係数を表1にまとめた。なお、降水量は岡山と津山について検討し、岡

山より相関係数の高い結果が得られた津山のデータをここでは用いている。気象・河川成分相互間には強い相関関係がみられ、N負荷は河川水量、降水量で代表できるといえる。

海水項目との比較には、気象・河川成分の積算値を用いて検討した。海水項目は上記の塩分年最低値、年最高値とDIN秋季値、冬季値を取りあげた。3河川N負荷量('83~'01年)、3河川水量('83~'01年)、津山降水量('83~'02年)の6-9月積算値が塩分年最低値、DIN秋季値に、6-1月積算値が塩分最高値、DIN冬季値に影響するとして、それぞれ相関係数を表2にまとめた。海水項目と相関係数が最も高い結果を得たのは降水量であった。降水量との関係は、最低塩分、最高塩分、DIN冬季値の順に高く、DIN秋季値は相関関係はみられなかった。相

表1 1983~'01年の間の各月の河川流量、河川N負荷量、津山降水量の相関行列

3河川流量*	3河川N負荷量**	津山降水量	
-	0.953	0.863	3河川流量*
	-	0.859	3河川N負荷量**
		-	津山降水量

\*吉井川、旭川、高梁川合計値 \*\*3河川合計値

表2 1983~'02年の間の塩分年最低値、DIN年最高値と6-9月積算河川水量、河川N負荷量、津山降水量との相関係数(上表)と塩分年最高値、DIN(2,3月)最高値と6-1月積算河川流量、河川N負荷量、津山降水量との相関係数(下表)

	積算3河川流量*	積算3河川N負荷量*	積算津山降水量
塩分年最低値**	0.711	0.335	0.608
DIN年最高値**	0.003	0.055	0.100
	積算3河川流量*	積算3河川N負荷量*	積算津山降水量
塩分年最高値**	0.449	0.167	0.677
DIN(2-3月)最高値**	0.415	0.352	0.535

\*吉井川、旭川、高梁川合計値の積算

\*\*\*浅海定線調査全定点の表底層平均値の最高・最低値

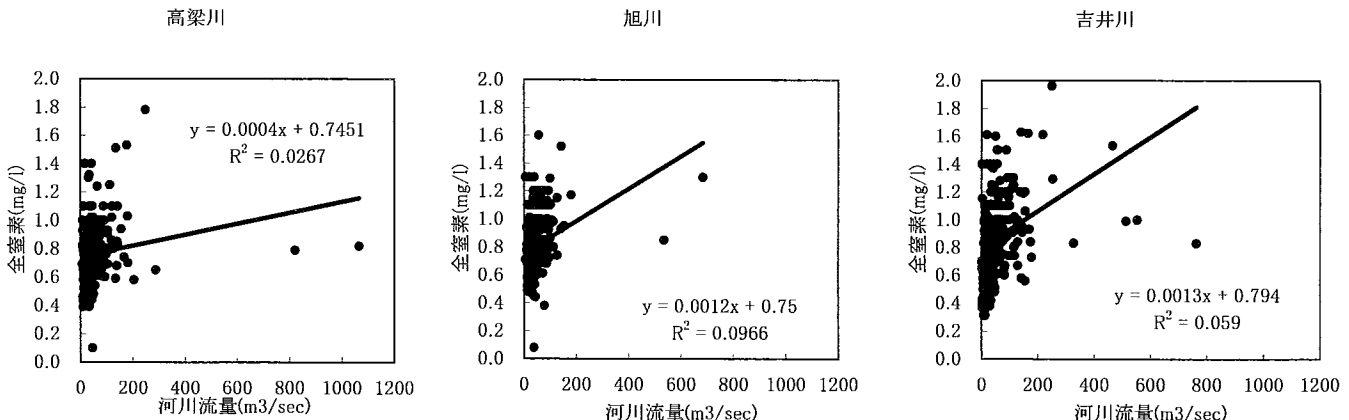


図5 1983-'01年の吉井川、旭川及び高梁川における全窒素濃度と河川流量の関係

関係数の高かった降水量と塩分の関係を図6に示した。'02年度は'94年に次いで降水量が少なく、それに対応して塩分も高くなっている。

以上の検討の結果、直接的には気象・河川成分とDINの関係はみられなかった。しかし、間接的には降水量が

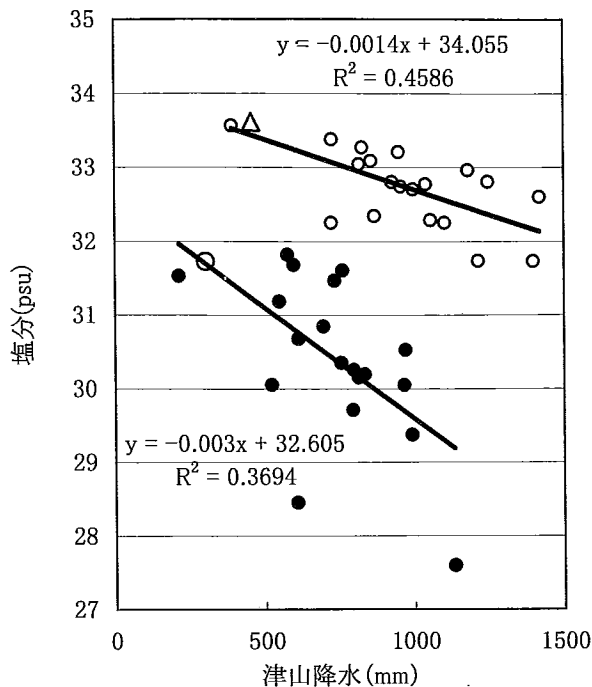


図6 6-9月積算津山降水量と最低塩分(●), 6-1月積算津山降水量と最高塩分(○)の関係(2002年は○△)

少ないことが河川負荷量の減少を、さらには高塩分をもたらすことがわかった。そして、塩分とDINには負の相関があることから、'02年度にみられた低DIN現象は夏季以降の降水量が少なかったことによるものと推察された。

## 文 献

- 1) 小橋啓介・林浩志・藤澤邦康, 2003: 岡山県下のノリ養殖場における溶存態無機窒素の分布(平成14年度), 岡水試報, 18, 37-41.
- 2) 河川協会, 1983-2001: 流量年表, 国土交通省河川局.
- 3) 岡山県, 1983-2001: 公共用水及び地下水の水質測定結果
- 4) 日本気象協会, 1983-2002: 岡山県気象月報
- 5) 中田英昭・平野敏行, 1985: 瀬戸内海全域の漁場環境に与える影響調査, 瀬戸内海の流況, 海況に関する資料解析, 本州四国連絡架橋漁業影響調査報告38, 66-78.
- 6) 藤澤邦康・片山勝介・三宅与志雄, 1982: 岡山県下のノリ養殖場の無機態窒素の分布について, 岡山水試事報, 昭和56年度, 14-17.
- 7) 井上由紀子・藤原建紀・堀豊・原島省, 2003: 東部瀬戸内海における冬季の栄養塩分布と季節風-2002年度のノリの色落ちに関して-, 日本海洋学会秋季大会講演要旨集.