

総合報告

瀬戸内海における窒素・リンの存在量とその長期変動

速水祐一*・碓井澄子**・武岡英隆***

要 旨

環境省による20年間のモニタリングデータ（瀬戸内海広域総合水質調査データ）の平均値を使い、武岡・村尾⁽¹⁾の提唱したバックグラウンド濃度の考え方にもとづいて、瀬戸内海における外海起源窒素・リン量を推定した。瀬戸内海に存在する全窒素・リンのうち、外海起源の占める割合は、それぞれ64%および62%であった。これは、仮に陸域から瀬戸内海に流入する窒素・リンが全てなくなったとしても、瀬戸内海に存在する窒素・リンの量は現在の60%以下にはならないということを意味する。また、瀬戸内海の硝酸態窒素・リン酸態リン濃度に関して、外海の陸棚斜面上の経年変動が影響を与える範囲を調べた。紀伊水道と豊後水道から伊予灘南部にかけての水域では、底層の水温と硝酸態窒素濃度の間に良い負の相関関係が見られた。このことは、これらの水域では現場の栄養塩濃度変動に対して外海からの硝酸態窒素流入が直接影響していることを示唆する。リン酸態リンに関しては、硝酸態窒素に比べると相関が低く、特に瀬戸内海東部では、高い相関があるのは紀伊水道南端部に限られた。

キーワード：瀬戸内海、窒素、リン、外海の影響

1. はじめに

近年、瀬戸内海の水質について、外海から流入する栄養塩の重要性が指摘されている（藤原ら⁽²⁾；武岡ら⁽³⁾など）。しかし、外海の影響が及ぶ範囲や、影響の大きさについてはまだよくわかっていない。そこで我々は、長期的なモニタリングデータから求めた瀬戸内海の平均場について外海起源の窒素・リンの存在量を求め、また、瀬戸内海内部の窒素・リン濃度経年変動に対して、外海の陸棚斜面上の変動がどの程度影響しているのか調べた。

2. 資 料

用いた資料は、環境省が瀬戸内海全域でおこなっている瀬戸内海広域総合水質調査データ、紀伊水道沖でおこなわれていた神戸海洋気象台春風丸の定期観測データ、愛媛県水産試験場が豊後水道でおこなっている沿岸定線観測データであり、解析した期間は1981年度から2000年度までの20年間である。瀬戸内海広域総合水質調査デー

タは環境省環境管理局閉鎖性海域対策室から提供をうけた。神戸海洋気象台春風丸のデータは、MIRC Ocean Dataset 2001 および気象庁海洋観測資料から用いた。愛媛水試沿岸定線データは漁海況事業報告書および豊後水道海況情報にあるものを用いた。用いたデータの観測点の位置を Fig. 1 に示す。

3. 外海起源窒素・リンの存在量

本研究では background 濃度（武岡・村尾⁽¹⁾）という考え方に基づいて瀬戸内海における外海起源窒素・リン量を推定した。対象物質としては全窒素・全リンを考え、第1近似としてこれらは保存的に振る舞い、海面や海底を通しての出入りはないものとした。仮に陸域から瀬戸内海に流入する窒素・リンがゼロになったとしても、外海の窒素・リン濃度はゼロではないので、瀬戸内海内部の濃度もゼロにならず、ほぼ外海と同じ濃度になるはずである。これが background 濃度である。解析には環境省のデータを使い、各測点について20年間の平均値を求め、さらにそれを上下層で平均した値を用いた。このデータについて塩分とTN、TPの相関関係をみると、河川の影響を強く受ける大阪湾北部、周防灘および高梁川河口の点（備讃瀬戸）を除くと、良い負の相関関係が見られた（Fig. 2）。そこで、ここから塩分とTN、TPの間で回帰直線を求め、さらに全測点の中で最も高塩分（豊後水道南端の点にあたる）である34.27を外海の塩分として、回帰

2004年4月26日受領

2004年5月6日受理

*愛媛大学工学部

〒790-8577 松山市文京町3

TEL: 089-927-8997 FAX: 089-927-9846

E-mail: hayami@dpc.chime-u.ac.jp

**愛媛大学理工学研究科

***愛媛大学沿岸環境科学研究センター

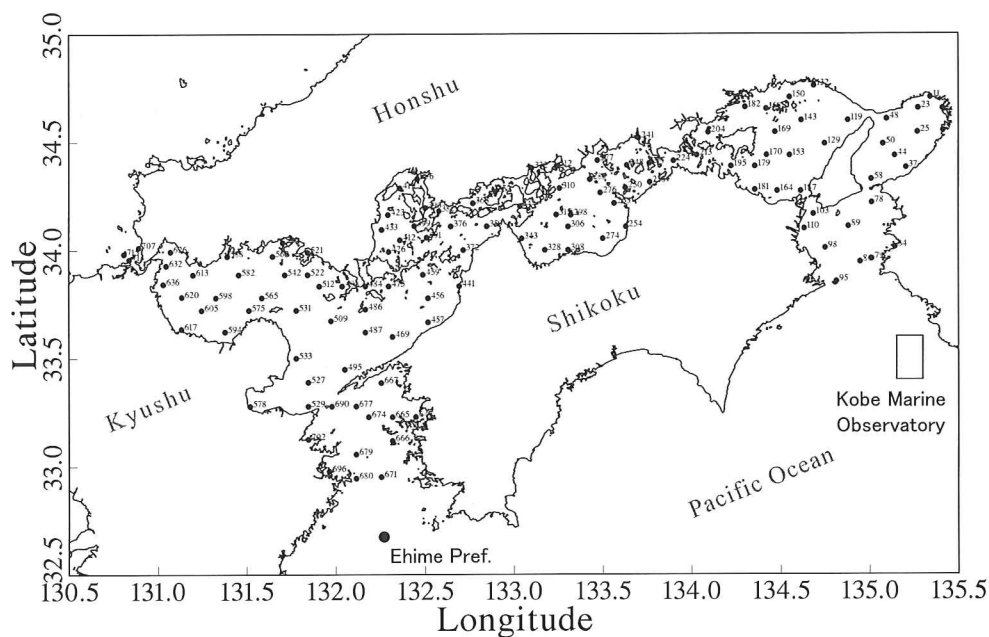


Fig. 1 Map of the Seto Inland Sea and the locations of the monitoring station. Filled circles indicate the monitoring stations of the Ministry of Environment. The filled and open rectangles indicate the monitoring stations of Ehime Prefectural Fisheries Experimental Station and Kobe Marine Observatory.

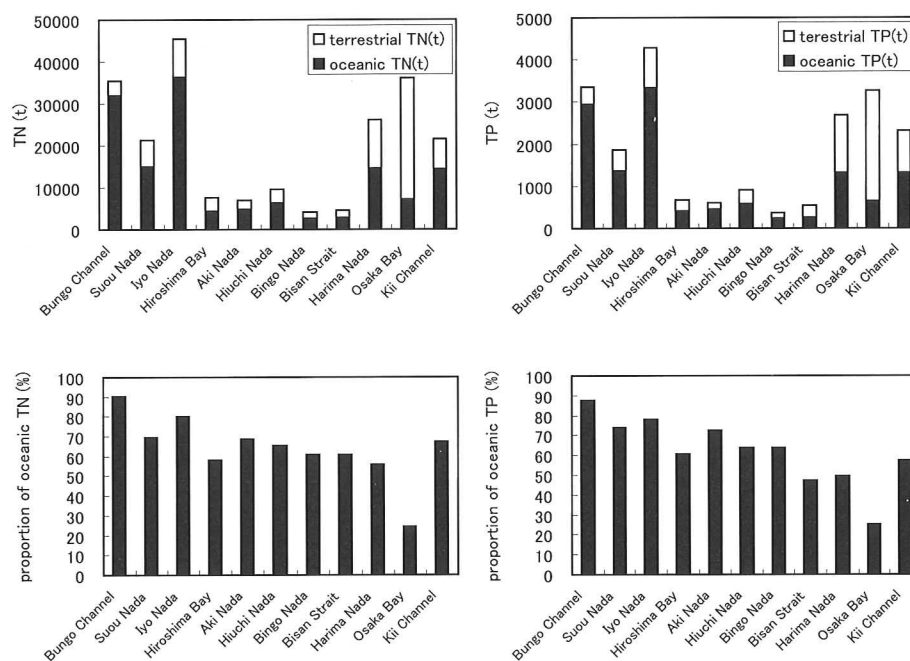


Fig. 3 The regional variation in the stock and proportion of the oceanic contents of TN and TP in the Seto Inland Sea.

直線上でその塩分に対応するTN, TP濃度を求めてbackground濃度とした。得られたbackground濃度は, TNが $11.6\mu\text{M}$, TPが $0.5\mu\text{M}$ である。こうして得られたbackground濃度を各点のTN, TP濃度で割ったものをそ

の点における外海起源窒素・リンの寄与率とし, background濃度に海域の容積をかけて得られる値をその海域における外海起源の窒素・リン量とした。

こうして求めた外海起源TN, TPの全TN, TPに対する

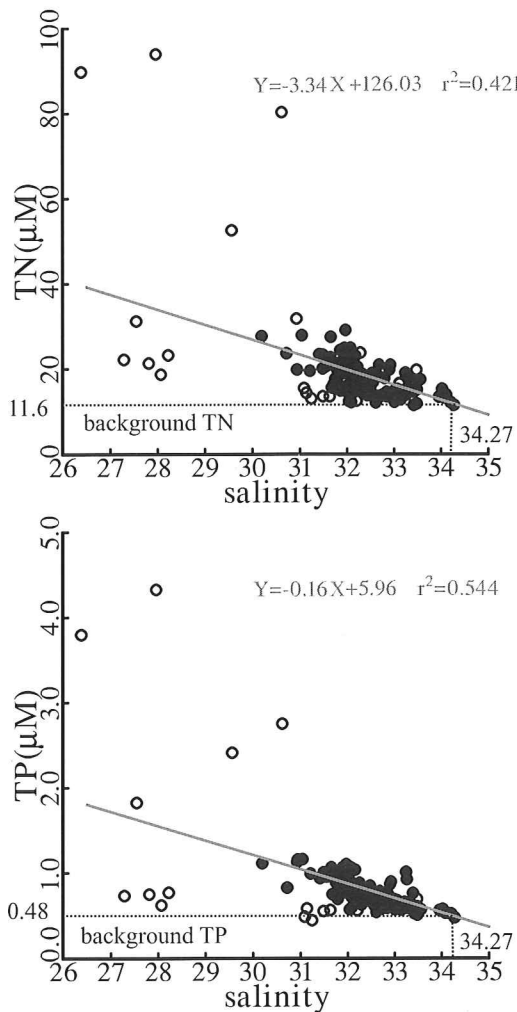


Fig. 2 The relationship between salinity and total nitrogen and total phosphorus in the Seto Inland Sea. The data taken at the stations strongly affected by the fresh water discharge (Osaka Bay, Suou Nada and at a station off the mouth of the Takahasi river) are indicated with the open circles.

寄与率は、瀬戸内海全体ではTNで64%、TPで62%であった。また、外海起源窒素・リンの寄与率は、瀬戸内海西部で高く、備讃瀬戸以東で低くなっていた。大阪湾では特に低く、窒素・リン共に外海起源の割合は25%程度であった (Fig. 3)。

以上の結果は、瀬戸内海の多くの海域、特に西部瀬戸内海では、陸域からの栄養塩流入量を減らしても海域全体の平均全窒素・全リン濃度を大きく変化させることにはならないことを示している。瀬戸内海全体では、陸域から流入する窒素・リン負荷量がゼロになったとしても、全窒素・リンの量は現在の約60%程度にまで減るだけであることを意味する。

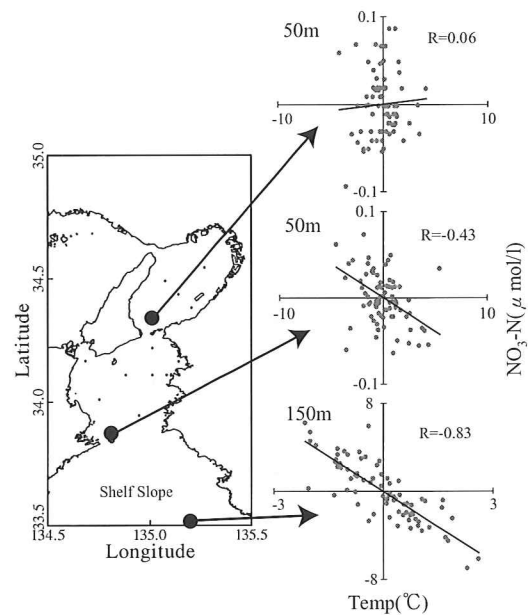


Fig. 4 The relationship between nitrate concentration and temperature in the bottom layer in and around the Kii Channel for 20 years.

4. 窒素・リン濃度の長期変動

長期変動の解析には、四季毎に20年間の平均値を求め、その値を生値から引いて季節変動を除いたものを用い、瀬戸内海各点の経年変動と紀伊水道沖・豊後水道沖における経年変動を比較した。栄養塩濃度の高い外海水は紀伊水道・豊後水道の海底にそって瀬戸内海の中へ進入してくることが知られている。そこで、底層の栄養塩・水温について解析をおこなった。

紀伊水道沖の陸棚斜面上における水温、水質変動をみると、水温が低い時ほど硝酸態窒素・リン酸態リン濃度が高く、水温と栄養塩濃度の変動の間には強い負の相関がある (Fig. 4)。このような負の相関関係は瀬戸内海の奥へゆくほど悪くなる。底層における硝酸態窒素濃度変動と水温変動の相関係数の空間分布を調べたところ (Fig. 5)、豊後水道・紀伊水道内では陸棚斜面上と同様に水温が低いほど硝酸態窒素濃度が高く、外海よりほど両者の相関は強くなっていた。ただし、紀伊水道内でも鳴門海峡よりの2点ではこのような関係は見られず、また大阪湾でもこうした関係は見られなかった。豊後水道側では、こうした相関関係は伊予灘の佐田岬半島北岸沖の測点まで見られたが、伊予灘東部・西部ではこのような関係は見られなくなった。こうしたことから、瀬戸内海西部では豊後水道及び伊予灘南部まで、東部では紀伊水道内で、現場の栄養塩濃度変動に対して外海からの栄養塩流入が直接影響していると考えられた。リン酸態リ

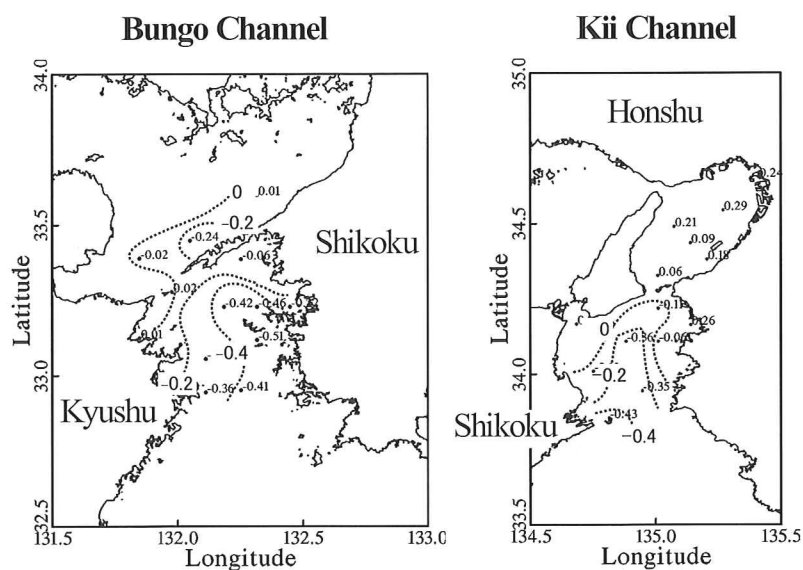


Fig. 5 The distribution of the correlation coefficient between the temperature variation and the nitrate variation for 20 years in and around the Kii Channel and Bungo Channel.

ンに関しては、硝酸態窒素に比べると相関が低く、瀬戸内海東部で相関があるのは紀伊水道南端部に限られた。時にはこれらの海域より内側まで外海からの栄養塩流入が達することはあると思われるが、それは陸域からの影響や内部生産の影響など他の変動に隠されて、卓越した変動としては見えなくなっていると考えられる。

参考文献

- (1) 武岡英隆・村尾 肇 (1997): 窒素, 燐の流入負荷量の削減に対する水質の応答. 沿岸海洋研究, 34, 183-189.
- (2) 藤原建紀・宇野奈津子・多田光男・中辻啓二・笠井亮秀・坂本 亘 (1997): 外洋から瀬戸内海に流入する窒素・リンの負荷量. 海岸工学論文集, 44, 1061-1065.
- (3) 武岡英隆・菊池隆展・速水祐一・榊原哲郎 (2002): 瀬戸内海における外洋起源の栄養物質. 月刊海洋, 34, 406-411.

The stock and long term variation in
nitrogen and phosphorus in the Seto
Inland Sea

Yuichi HAYAMI*, Sumiko USUI**
and Hidetaka TAKEOKA***

Abstract

The oceanic nitrogen and phosphorus in the Seto Inland Sea were estimated using the 20 years monitoring data of the Ministry of Environment with the method of the "background concentration" (Takeoka and Murao⁽¹⁾). In the whole of the Seto Inland Sea, the oceanic nitrogen and phosphorus occupied 64 % and 62 % of the total nitrogen and phosphorus respectively. It means that if the terrestrial inputs of nitrogen and phosphorus were reduced to zero, more than 60 % of the present stock of nitrogen and phosphorus would remain in the Seto Inland Sea. The extent of the area where the oceanic condition variation on the continental slope influenced the nutrient concentration in the Seto Inland Sea was also examined. The year-to-year variation in nitrate concentration in the bottom layer was negatively correlated with temperature in the Kii Channel and an area from the Bungo Channel to the southern part of the Iyo Nada. This implies that the direct input of nitrate from the ocean reaches to these areas. In case of phosphate, the high correlation area was similar to that of nitrate in the western Seto Inland Sea. However, in the eastern Seto Inland Sea, the high correlation area was limited in the southern part of the Kii Channel.

Key Words: Seto Inland Sea, Nitrogen, Phosphorus, Oceanic input

Received 26 April 2004

Accepted 6 May 2004

* Faculty of Engineering, Ehime University

** Graduate School of Science and Engineering, Ehime University

*** Center for Marine Environmental Studies, Ehime University