

## [討議・回答]

松梨史郎 共著  
今村正裕

## 「閉鎖性海域の富栄養化の可能性と許容される窒素・リンの負荷量に関する研究」への討議・回答

(土木学会論文集, No. 664/VII-17 2000年11月掲載)

▶ 討議者 (Discussion)

加納正道 (九州産業大学)

Masamichi KANOH

本論文では、閉鎖性海域の水質汚濁について、富栄養化および窒素・リンの流入負荷量に関して、個々の湾のもつ特性に応じて、わが国の様々な湾を評価することを試みている。その手法として、湾をマクロ視した1ボックスとして捉えて物質収支を考える場合に、平均水深と更新率の積と全窒素・全リンの表面積負荷量の相関図によって各湾における富栄養化の特性の相違や許容負荷量の推定を行い、結果として、様々な湾に関して「富栄養化のしやすさ」および「許容される負荷量」について定量的な評価を与えることに成功しており、今後の展開が期待される。以下に、私の意見や質問を述べるが、今後この手法を発展されるためにもご回答を頂ければ幸いである。

①他の湾水域と比較し、湾全体を把握する上で富栄養化のしやすさと許容される窒素・リンの負荷量を検討する目的では、本研究は参考になる点が多いと思われる。但し、特定の湾水域のそれらを論じるためには、環境基準が設定されている目的別程度の、複数ボックスの分割を行い、各小分割水域で評価することが必要と考える。湾口における水質が良好である場合においても、湾内の水交換性が良くないために中央部、湾奥部における水質が悪化する事例はよく観察されることである。

②上述のように、湾内で濃度分布が顕著であるようなケースにおいては、本論文で「清浄な水質」であるとされるI類型であっても、例えば博多湾や周防灘にあっては、湾内の殆どの箇所に有機質の底泥が形成されており、従って、植物プランクトンの沈降および窒素・リンの底泥からの溶出を考慮する必要がある。本論文において、I類型の窒素・リンの沈降等による減衰係数( $\sigma_p$ ,  $\sigma_n$ )を沈降量と溶出量の差し引き量として定義し、東京湾、三河湾、伊勢湾および大阪湾以外の清浄な湾では、植物プランクトンの沈降および窒素・リンの底泥からの溶出が共に小さく従ってゼロと

見なしている。これらの減衰係数は、全リン、全窒素濃度の計算値に重要となっているから、植物プランクトンの沈降および窒素・リンの底泥からの溶出を現地水域の実情を十分に把握して与えることが肝要であると思われる。

③周防灘や洞海湾の計算において、全窒素が実測値と比較して低く、一方、全リンが実測値と近い値を示すが、この理由は下記のようなものであると考える。(1)植物プランクトンの沈降は両湾で顕著に起っており、底泥が形成されている。(2)底泥からの溶出については、リンは夏期など嫌気状態下ではある程度溶出するが、窒素は嫌気状態下で脱窒するが溶出は少なく、また好気状態下の溶出も認められない。(3)上述の(1)、(2)より、湾全体の平均、かつ年平均値を議論する場合には、全リンの減衰係数は、沈降と溶出の両項がほぼ同オーダーである場合には、ゼロとおける。一方、全窒素の減衰係数については沈降が非ゼロであり、溶出はゼロと見なし得るので差し引き正の値となる( $\sigma_p = 0$ ,  $\sigma_n > 0$ )。但し、図-16に示された例では $\sigma_n$ として正値を与えると計算値は小さくなり、ますます実測値との差異が大きくなるので、流入負荷等の再検討が必要であろう。本論文の記述である、「清浄な湾では植物プランクトンの量が少なく、沈降量と溶出量が共に少ないためI類型では $\sigma_p = \sigma_n = 0$ とした。」とは意見を異にするものである。

④富栄養化した水域の底泥においては、脱窒、まきあげおよび渚の自浄作用の影響を考慮する方が望ましいと思われる。夏期における底層水のような嫌気状態下では底泥から脱窒が顕著に起っており、また好気性脱窒を主張する研究者もみられる。私達は徳山湾の窒素濃度をボックスモデル解析した際に脱窒速度係数(0.005(1/日)程度)を与えることで収支がとれた経験を持っている。次に水深が浅い水域で浮泥量が多い場合には、まきあげが有機物、窒素・リン濃度に影響

すると考える。また、人工海浜創設が近傍の水質浄化へ働く報告があるように、渚の自浄作用を何らかの形で導入できれば良いと考える。干潟における生物分解等による自浄作用にはバクテリア、細菌から魚介、鳥類や人の漁業による取り出しを含んでいてその評価は容易ではないが、生物分解と取り出しは真の意味での水域からの減少項であるので重要と思われる。

⑤本論文では年平均濃度で議論を行っており、その結果が有効であることは認めるものであるが、水域近くの住民にとっての富栄養化の評価や不服の申し立ては、市民の親水行動が集中し水質が最悪状態となる夏期によく行われるように思われる。この市民の要望に

答えるためには、例えば夏期およびそれ以外の時期など、複数の時期での議論が必要であろう。これは、著者の松梨氏が水質の季節的変化予測モデルを提案していることを踏まえた上での意見である。

⑥対数表示を行って解析結果を実測値と比較して手法の妥当性を論じる方法は本論文のみならずよく行われるが、数値間に相関が少なくても図上では近くにプロットされることがあり、実数表示により相関係数を記述するなど信頼性を確保する方法を併記するのがよいと考える。

(2001.5.21 受付)

▶回答者 (Closure)

松梨史郎・今村正裕 (電力中央研究所)

Shiro MATSUNASHI and Masahiro IMAMURA

著者らの論文に対し、貴重なご意見をいただき、厚く御礼申し上げます。

本論文は、閉鎖性海域における環境容量を推定するための一手段として、大胆な仮定のもとに海域を相互に比較検討し評価しようとしたものです。

従って、検討の対象あるいは負荷量曲線の導出に当たって参照した海域は、これまでに比較的必要なデータが揃っていた水域であり、これらを基にした議論ですべてが網羅できるわけではありません。

個々の海域そのものの議論を深めるのであれば、個々の海域の水質特性を時空間的に詳細に検討する必要があることは申し上げるまでもないことです。

これらのことを念頭に置かせていただいた上で、以下、個々のご質問に順に回答させていただきます。

①への回答

湾の水質に空間分布が生じていることは明らかであり、それを精度よく予測・評価するためには、その必要性に応じて複数のボックス分割、更には3次元の差分メッシュによる詳細な計算が必要であることは言うまでもありません。しかしそのようなモデルによる検討を実施するためには、入力するためのデータや検証用のデータとして、モデルに見合った詳細なデータが必要となります。そのようなデータが整備され、解析が可能なのは東京湾や大阪湾などの一部の海域に限ります。

本論文ではそのような詳細なデータを必要とすることなく、個々の海域を相互に比較でき得る程度のデータに基づいて整理し、環境容量を探ろうとするものです。

複数のボックスに分割して検討するためには、各ボックス間での交換率の情報が必要であり、そのためには個々の海域についての流動の解析が必要となります。しかしこの場合にはボックスの切り方など、かえて人為的な要素が介入します。このため本論文では個々の海域を1つのボックスで扱うこととしました。

②への回答

各類型における負荷量曲線の導出に当たっては、現段階でデータを収集した海域のうち、その類型に近いと思われる海域で想定される値として設定しているため、参考にした海域の実測値とは必ずしも一致していません。周防灘や博多湾といった特定の海域を設定しているわけではありません。各類型における減衰係数を厳密に設定する方法は無いと思われます。そのためここでは最も清浄な海域類型では減衰係数をとりあえず0とおいてみました。従って、負荷量曲線の導出に用いたパラメーターの値にはある程度の幅があるものと解釈していただきたいと思えます。

③への回答

上述の②と同様にご指摘かと思われま。負荷量曲線の導出に用いたパラメーターの値には、ある程度の幅があるものと解釈していただきたいと思えます。

流入負荷量の精度を向上させる努力は今後も必要と考えます。現実には難しいとは思いますが、

④への回答

干潟の浄化能力については現在、議論が盛んに行われていますが、それはどの程度の規模の海域での物質

収支を考えるかで大きく異なると思われます。本論文の目的とする個々の海域の比較では、個々の海域での特質を詳細に採り上げれば採り上げるほど汎用性を失います。干潟や渚の議論は、別途個々の海域での詳細な時空間での解析で採り上げていくべき内容で、本論文のような1ボックスによる解析においては、基本的には流入負荷と沈降、溶出、外海での海水交換によって水質がほぼ決定されるとして十分と考えます。

#### ⑤への回答

水質が季節的に変化することは重要であり、個々の

海域を詳細に議論するに当たっては当然検討しなければならぬことと考えております。しかし季節的な議論のできる海域は限られており、ここではそこまでは立ち入らず、年平均レベルでの議論でもここまでの議論はできると言うことを示しています。

#### ⑥への回答

今後の論文においては、信頼性の確保の上からもそのような方向で考えたいと思います。

(2001.10.18 受付)