

備讃地域陸海域の水・栄養塩動態解明

Explanation of Water and Nutrient Dynamics from Inland and Sea Waters in the Bisan Area

笹田康子* 吉川省子** 高橋英博** 鷹野洋*** 高橋暁**** 湯浅一郎**** 小野寺真一*****
 YasukoSASADA SeikoYoshikawa HidehiroTAKAHASHI HiroshiTAKANO AkiraTAKAHASHI IchiroYUASA ShimichiONODERA

要 旨

瀬戸内海の水質は改善傾向が見られたものの、近年は頭打ちの状況にある。さらに、赤潮の発生¹⁾や養殖のりの色落ち²⁾などの漁業環境の悪化は歯止めがかからない状況にある³⁾。そこで、瀬戸内海の備讃地域を対象に、陸域における効果的な栄養塩負荷量の制御を行うため、陸域から海域にかけて連続的に水や窒素、リンの動態を解明する共同研究を5研究機関が立ち上げた。初年度、香川県環境保健研究センターと岡山県環境保健センターは協力して、水質モニタリングデータベースを作成し、両県から備讃海域に流入する水量・汚濁負荷量を算出した。水量は降雨量で変動するが、3つの一級河川がある岡山県が9割以上を占めていた。COD負荷量は河川経由が61%を占めていた。栄養塩負荷量は海域直接の割合が高く、窒素負荷量の83%、リン負荷量の87%を占めており、産業系の負荷の寄与が圧倒的に大きいことが分かった。

キーワード：備讃地域 赤潮 養殖のりの色落ち 汚濁負荷量 水質モニタリングデータベース

I はじめに

閉鎖性海域である瀬戸内海では、陸域からの負荷の影響で水質汚濁が進行し、水質保全への取組みが行われて約30年以上が経過した。最近では水質の改善は頭打ちとなり、水産資源の減少が深刻化している。栄養塩濃度に深く関わる水産被害が生じて、陸域からの栄養塩負荷が海域に及ぼす影響範囲と影響程度が明らかでないために対策が取りにくいという問題があった。そこで、水資源に乏しく、赤潮や養殖のりの色落ちが頻発している備讃地域を対象として、陸域から海域にかけて連続的に水や窒素、リンの栄養塩の動態を解明し、海域の栄養塩濃度や比率⁴⁾からみて水産被害を生じる可能性の高い海域の特定を試み、その海域の栄養塩負荷に深く関わる陸側流域において、農業分野での栄養塩制御対策を検討し農業の水利用技術を開発する共同研究を、5研究機関で立ち上げた。本稿は初年度の課題として水質モニタリングデータベースを作成し、解析することで備讃海域に流入する負荷量を算出したので報告する。

* 中讃保健福祉事務所

** (独)農研機構 近畿中国四国農業研究センター

*** 岡山県環境保健センター

**** (独)産業総合技術研究所 中国センター

***** 広島大学

II 研究の概要

研究イメージを図1に示す。研究課題は以下のとおりで、各参画機関が分担した(図2)。なお、研究対象の備讃地域とは便宜上、岡山の西県境と香川の荘内半島の先端を結び、岡山の東県境と香川の東県境を結び、その間に挟まれた海域とし、陸域は岡山県全域と燧灘沿岸流域を除いた香川県とする。



図1 研究イメージ

1 備讃地域の水質モニタリングデータベース作成及び解析

香川県、岡山県の公共用水域の水質モニタリングデータや関係機関が測定したデータを使いやすい形にデータベースの構築をする。データベースをもとに陸域から海域に流入する負荷量を算出するとともに、測定項目間の関連性を解析し、水産被害状況を検証し、被害が生じやすい水質の特性等を明らかにする。

2 備讃地域陸域からの負荷量推定

土地利用情報、農林業センサス等をもとに、栄養塩負荷量等の流域GISシステムを構築し、陸域で発生する負荷量を推計する。流域ごとにマッピングし、備讃地域陸域からの窒素、リンの負荷量と負荷量発生位置を流況再現モデルに提供する。

3 地下水流出負荷・干潟浄化量推定

地下を経由して海域に至る間に、濾過、脱窒、分解等により浄化される栄養塩量を推計する。汽水域で潮流の満ち引きによる脱窒量等を、備讃地域の土壌分布や海岸形態に基づいて推定する。

4 改良流況モデルによる備讃海域の栄養塩の動態解明

備讃海域の流況再現数値モデルを用いて季節変動を明らかにするとともに、栄養塩の消長を表現しうる生態系モデルを組み込んだ水質再現モデルに発展させ、栄養塩負荷量を与えることでこれらの時間的消長や輸送過程を解明する。

5 農業への再利用技術の開発

栄養塩負荷の制御が必要な流域において、硝酸性窒素が高い地下水を農業に再利用して、作物生産と負荷低減を図る技術を開発する。

III 水質モニタリングデータベースの作成

1995～2005年度分の公共用水域の水質モニタリング調査、瀬戸内海広域総合調査、浅海定線調査、漁場環境監視調査等を汎用ソフトを用いて、統一形式で香川県約6万件、岡山県15万件のデータベースを構築した。5研究機関がデータベース化された情報を共有し、水・栄養塩の動態解明の基礎データとして活用する。

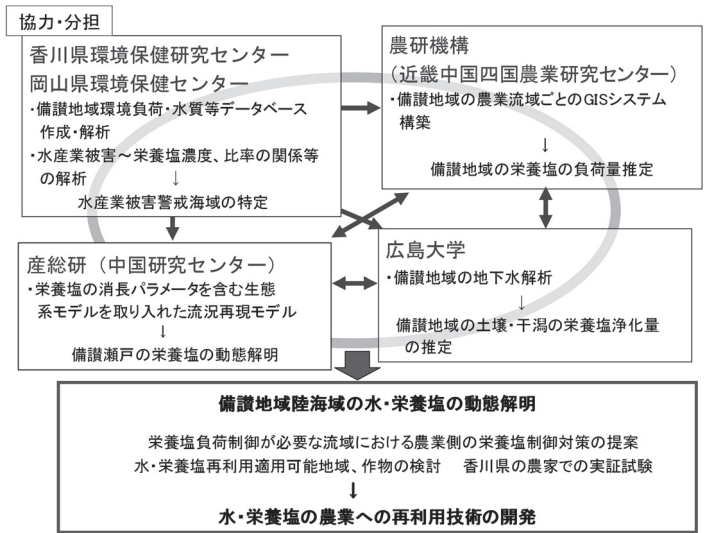


図2 研究の協力体制

IV 備讃海域に流入する水量・負荷量

1 河川から流入する水量・負荷量（香川県）

まず、原単位及び実測に基づく汚濁負荷量の算定を確定している第6次総量規制の基準年にあたる2004年から算出した。しかし、実際作業を進める過程で、2004年は香川県では近年になく降雨が多い年で、6回の台風の襲来があり河川の氾濫が相次いだ年でした。従って、2004年は非定常年⁵⁾とし、その前年の2003年を定常年⁵⁾として対比して評価することにした。

河川の負荷量算出で問題となるのが流量の把握である。一級河川では、水位と流量の実測データ⁶⁾があり、河口に近い環境基準点の流量と水質データから積算されるが、それ以外の二級河川では流量データがなく、県下18箇所の二級河川の流量の把握に取組んだ。主要二級河川は防災上水位を連続計測しており、このデータを用いて水位-流量の相関回帰式から流量を求めることにした。水質モニタリングデータベースから河川毎に水位(全水深)と流量の相関回帰式を求めたが、水質モニタリングの調査方法として、採水日前に比較的天候が続き水質が安定している日を選んで観測する取り決めがあり、低水位のみの相関に留まった。多降水時の高水位-流量の補足調査を行ったが、香川県では機会が少なくこれからも継続したデータの蓄積が精度を上げるうえで必要となる。

図3に一級河川土器川の水位-流量の相関図を示す。2004年は水位幅が0～4mと高水位までデータが充実していたので高精度の相関回帰式が得られた。

図4に汚濁負荷量と流量の相関関係を示しているが、いずれも高い相関が見られ、負荷量-流量の相関回帰式か

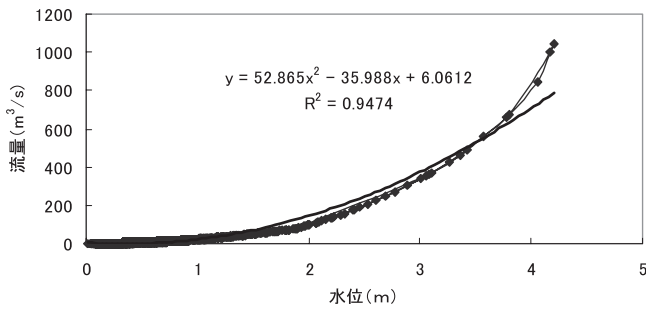
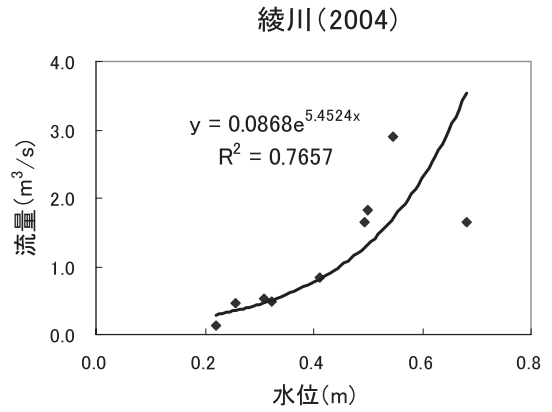
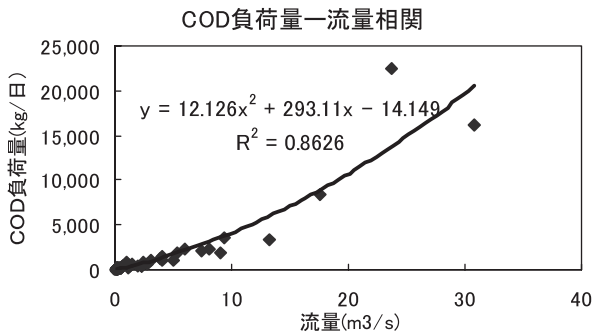


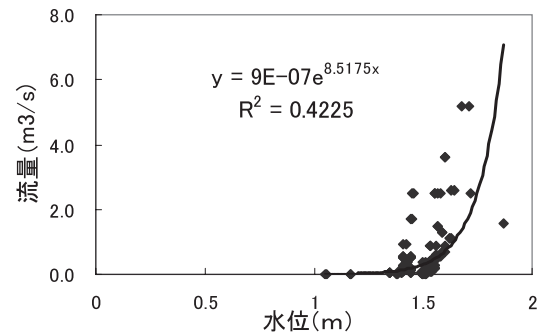
図3 土器川の水位—流量の相関(2004)



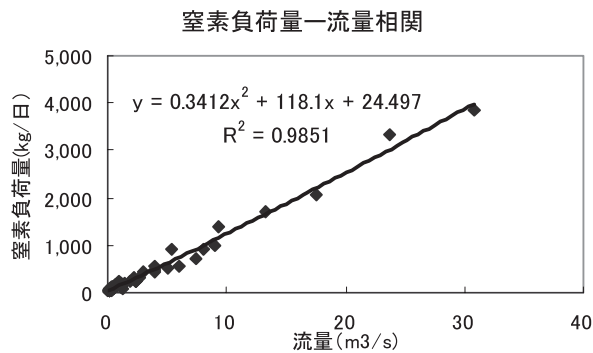
綾川(2004)



COD負荷量—流量相関

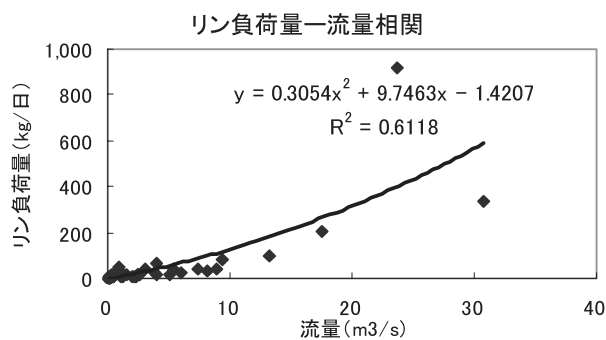


香東川(2004)



窒素負荷量—流量相関

図5 二級河川の水位—流量の相関



リン負荷量—流量相関

図4 土器川の汚濁負荷量と流量の関係

表1 主要河川年間水量・負荷量 (香川県)

年	2003	2004
降水量(mm)	1,299	1,824
水量(m³/年)	292,000,000	909,000,000
COD負荷量(t/年)	2,080	7,320
窒素負荷量(t/年)	640	2,000
リン負荷量(t/年)	70	190

積算した。先述のとおり天候の安定した時の水質データなので、負荷量としては過小評価の危惧は残る。問題点はあるが、県下の主要河川の年間水量・負荷量の総計を表1に示す。

2003年と2004年の降水量の差は1.4倍であるが、水量は3倍の違いがあった。COD負荷量は3.5倍、窒素負荷量は3.1倍、リン負荷量は2.7倍の差があった。降水量による水量・負荷量の変動は予想以上であった。

なお、香川県の河川汚濁負荷量(原単位等で求めた流域で発生する負荷量)と、実際に海域に流入する実測汚濁負荷量の比である流達率⁷⁾を表2に示す。香川県では降水量が少ないため海域に流入する水量の比が小さいのは、利水上から当然の特性と思われる。COD負荷量に比較

らも積算されたが、どちらの方法でも同様な負荷量が算出された。

図5に二級河川である綾川と香東川の水位-流量の相関を示す。高水位のデータ不足は明らかではあるが、相関回帰式から流量を求め、環境基準点の水質から負荷量を

すると、窒素やリン負荷量の流達率が低いのは流下過程で自浄作用を受けやすい挙動を示すと思われる。

表2 水量・負荷量の海域流達率 (香川県)

年	2003	2004
水量	0.15	0.33
COD負荷量	0.36	1.27
窒素負荷量	0.17	0.53
リン負荷量	0.23	0.62

2 海域に直接流入する水量・負荷量の算出 (香川県)

河川を経由せずに沿岸部から直接海域に流入する水量・負荷量は実測できないので、香川県発生負荷量管理等調査⁸⁾のデータを用いた。燐灘を除いた香川県沿岸部から備讃海域に直接流入する汚濁負荷量を表3に示す。

海域直接負荷量(2004)を定常年である2003年の河川經由分と比較すると、水量は3分の1であるが、COD負荷量は1.4倍、窒素負荷量は8倍、リン負荷量は2倍あり、産業系の負荷の寄与が大きかったことが分かった。

表3 海域に直接流入する汚濁負荷量 (香川県)

年度	2004
水量(m ³ /年)	83,500,000
COD負荷量(t/年)	3,000
窒素負荷量(t/年)	5,190
リン負荷量(t/年)	131

3 備讃海域に流入する水量・負荷量 (岡山・香川県)

表4に岡山・香川両県から備讃海域に流入する水量・負荷量を示す。流入水量は3つの一級河川を有する岡山県が9割以上を占めていたが、全体の水量としては河川經由と海域直接は概ね同量であった。汚濁負荷量はCODについては河川經由の割合が高いが、窒素、リンは海域直接の割合が高かった。海域直接流入する負荷は圧倒的に産業系の寄与が大きかった。

表4 備讃海域に流入する水量・負荷量

年度	2003	2004
水量(m ³ /年)	12,400,000,000	14,800,000,000
COD負荷量(t/年)	39,500	46,700
窒素負荷量(t/年)	47,000	50,000
リン負荷量(t/年)	4,820	5,040

図6, 図7, 図8は備讃海域に流入する汚濁負荷量(2003年)を相対値で示している。一番発生量が多い流域を基準に相対的な円の大きさを負荷量を表している。

図6のCOD負荷量は河川経由が61%を占め、海域直接が39%であり、高梁川から児島湖にかけての沿岸からの直接流入が30%を占めていた。図7の窒素負荷量は海域直接が83%を占め、河川経由は17%であり、高梁川から児島湖にかけての沿岸からの直接流入が70%を占めていた。図8のリン負荷量は海域直接が87%を占め、河川経由は13%であり、高梁川から児島湖にかけての沿岸の直接流入が83%を占めていた。

V まとめ

初年度の実績として、水質モニタリングデータベースの作成及び備讃海域の流入負荷量の算出を行った。

今後改良流況モデル解析に水量・負荷量データを与えることで水・栄養塩類の季節変化、時間的消長や輸送過程を解明する作業に進み動態解明を進展させる。

1 公共用水域等の水質モニタリングデータベースは動態解明作業に必要な不可欠であり、当研究だけでなく水環境の様々な解析に活用することができる。

2 備讃海域に流入する水量は降水量によって変動するが、岡山県からの流入が9割以上を占めており、河川経由と海域直接は概ね同量であった。

3 備讃海域に流入する栄養塩負荷量は、海域直接の割合が高く、窒素負荷量の83%、リン負荷量の87%を占めており、産業系の負荷の寄与が圧倒的に大きいことが分かった。

4 水質モニタリングは、悪天候時や高水位時のデータが反映されないため、河川の汚濁負荷量は過小評価の傾向が認められる。

5 海域や沿岸で発生する降雨による負荷量や海域底質から溶出する負荷量は今後の検討課題である。

本研究は、「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業」の助成を受けて行っている。

参考文献

- 1) 城久, 矢持進: 赤潮, 水産学シリーズ 62, 漁業からみた閉鎖性海域の窒素・リン規制, 日本水産学会編, 32-47, 恒星社厚生閣 (1986)
- 2) 菊池有美: ノリの「色落ち」とプランクトン
<http://www.pref.ehime.jp/060nourinsuisan/210cyuyosuisi/00007513051226/tayori/v13/13nori.pdf>
- 3) 瀬戸内海環境保全知事・市長会議: 瀬戸内海再生方策—豊かで美しい瀬戸内海をめざして—2007. 9. 12
- 4) 岡市友利: プランクトンをめぐる窒素およびリンの循環, 水産学シリーズ30, 水域の自浄作用と浄化, 日本水産学会編, 70-83, 恒星社厚生閣 (1979)
- 5) 蛭間豊春: 流域荒廃の影響を受ける閉鎖性海域の水環境, 日本水環境学会誌, 31(6), 43-48, (2008)
- 6) 国土交通省 水文水質データベース
<http://www.skr.mlit.go.jp/>
- 7) 日本地球化学会編: 水汚染の機構と解析—環境科学持論—, 115-124, 産業図書 (1978)
- 8) 香川県: 発生負荷量等算定調査報告書 (2004)

Abstract

The water quality in the Seto Inland Sea has improved gradually, and it has remained constant in recent years. Moreover, a series of occurrences of red tide¹⁾, and a bad harvest of seaweed²⁾ have caused fishing conditions to deteriorate rapidly³⁾. Five research institutions came together to do joint research that clarifies the water, nitrogen, and phosphorus dynamics from inland and sea waters, in order to reduce pollutant load discharge from the land in the Bisan Area. In the first year, the Kagawa Prefecture Environmental Research Center and the Okayama Prefecture Environmental Research Center worked together to make a water quality monitoring database and we estimated the water flow and pollutant load discharged into the Bisan sea area from both prefectures. The flow from Okayama Prefecture, which has three class A rivers, makes up 90 per cent of the total water flow, though the volume of water depends on the amount of rainfall. The COD outflow load from river basins was 61%. The T-N outflow load directly from coast basins was as high as 83%. The T-P outflow load directly from coast basins was as high as 87%. Furthermore, most of the outflow load consisted of industrial discharge.