

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月1日現在

機関番号：16201

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22760373

研究課題名（和文） 播磨灘の栄養塩異変の科学的原因解明と陸圏からの栄養塩負荷量変動との関連

研究課題名（英文） Recent Decrease of Nutrients in Harima-Nada Sea and Its Relation to Variation of Nutrient Flux from River Basins

研究代表者

石塚 正秀（ISHIZUKA MASAHIDE）

研究成果の概要（和文）：

播磨灘に流入する河川流量は兵庫県播磨域（本州側）からの流入量が多く、海域におよぼす影響が強いことが定量的に示された。とくに、出水時の短期的な河川流出による影響が大きく、播磨灘の海域環境を考察する際には河川流量の空間偏差や出水時の短期的な河川流出の影響を考慮することの重要性が示された。これより、河川の水質・流量の変化・変動が播磨灘の栄養塩異変の一因である可能性が示唆された。

研究成果の概要（英文）：

We quantitatively show a large amount of river waters flow into the Harima-Nada Sea from Harima area (Honsyu Island side) as compared with the Shikoku and Awaji Islands sides. The river waters have strong influence on the nutrient concentration in the sea. Especially, a short-term river runoff during a flood has a large influence. It is clarified that the difference of river water spread in the north side of the Sea of Harima and the south side and the effects of short-term river flood inflow are important to understand the water environment in the Harima-Nada Sea. We suggest the possibility that the change and variation of river water chemistry and discharge is one of factor to the recent decrease of nutrients in Harima-Nada Sea.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：環境工学

科研費の分科・細目：土木工学、水工学

キーワード：総量規制、栄養塩異変、河川水質、播磨灘、負荷量

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

1. 研究開始当初の背景

瀬戸内海は過去、高度経済成長期には著しく富栄養化が進行し、「瀕死の海」と呼ばれるまで悪化した。このような状況下で、1973年に瀬戸内法が制定され、水質を中心とした環境改善の努力が続けられ、その結果、赤潮発生件数は減少し、水質は大幅に改善された。これは瀬戸内法の排水総量規制の効果によるものと考えられている。しかし、ここ数年、海水中の栄養塩濃度が急激に減少していると報告されており (Tada et al., 2009)、この急激な減少の原因は不明である。

2. 研究の目的

近年、播磨灘では栄養塩濃度が減少し、この現象は「栄養塩異変」とよばれている。ノリの色落ちや牡蠣の質の低下など、水産業が深刻な状態になっているが、その原因が明らかでない。本研究では、陸起源の栄養塩流入に着目し、播磨灘の栄養塩異変の原因究明と植物プランクトンの生物量と種組成に与える影響を明らかにするために、流出・水質統合モデル（分布型流域水質モデル）を構築し、河川からの栄養塩負荷の変動特性を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 分布型水文流出モデルによる河川流量算出と淡水量の推定

播磨灘を囲む河川流域を対象として、数値モデルによる河川流量を算出し、陸圏から播磨灘に流入する総淡水量を推定する。そして、出水時における短期的な淡水流入量を明らかにする。

(2) 流出・水質統合モデルによる河川水質の推定

負荷量解析用基礎データを用いて、負荷量の空間分布を考慮した河川水質シミュレーションを行う。水質モデルには、定常モデルを非定常モデルに改良する。さらに、水質モデルと流出モデルの結果を用いた水質シミュレーションを行い、河川水質の時間変動を推定する。

4. 研究成果

(1) 分布型水文流出モデルによる河川流量算出と淡水量の推定

① 河川流出解析

分布型水文流出モデルを用いて播磨灘に流入する河川流量を推定した結果、播磨灘に流入する河川流量のうち、兵庫県播磨域（本州側）からの流入量が流域圏全体の約 85% を占める結果が得られた。この割合は 2002 年と 2003 年ともにほぼ同じであった。また、1 年間の総流量のうち出水時に流入する割合は、出水日数を 30 日（1 年間の 8.2% の日数）とした場合に約 35~60% を占めていることがわかった（図 1）。

② 出水直後の播磨灘の水質

播磨灘の海域水質は、出水直後（高松アメダス：47.5 mm/day、2004 年 9 月）において、2004 年の平均値と比較して播磨域側ではケイ素は約 6.5 倍、リン酸イオンは約 2.5 倍、硝酸イオンは約 11 倍に増加し、四国側ではそれぞれ約 2.1 倍、約 2.0 倍、約 1.5 倍に増加した（図 2）。この結果から、播磨域側では河川出水の影響を強く受けることが明らかとなった。

③ COD 負荷量の推定

播磨灘に流入する COD 負荷量を濃度 - 流量法 (C-Q 式) により推定した結果、加古川と揖保川における出水時の負荷量は、出水日数

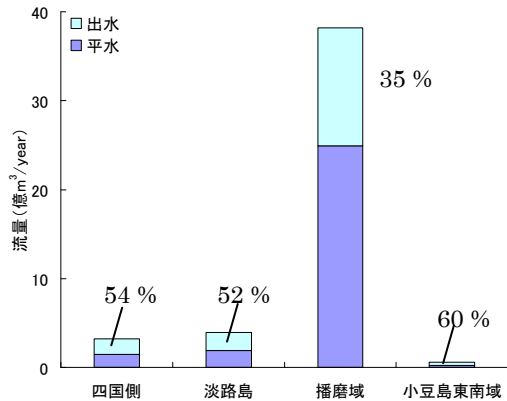


図 1 地域毎の出水・平水時の河川流量の比較（出水日数 30 日，2003 年）

が 30 日の場合、2002 年、2003 年においては年間総負荷量の約 40%、2004 年においては年間総負荷量の約 70% を占める結果が得られた。

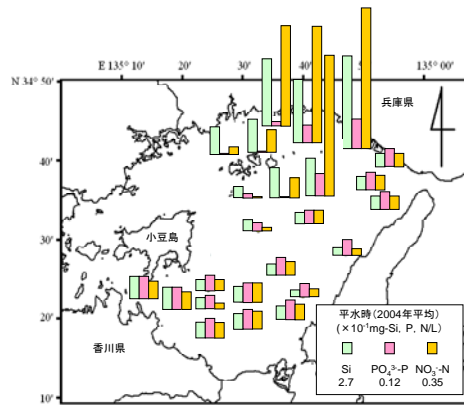


図 2 播磨灘における水質濃度の空間分布（ケイ素・リン酸イオン・硝酸イオン：2004 年の平均値に対する 2004 年 9 月の比率）

④ まとめ

播磨灘に流入する河川流量は兵庫県播磨域（本州側）からの流入量が多く、海域にお

よばず影響が強いことが定量的に示された。とくに、出水時の短期的な河川流出による影響が大きく、播磨灘の海域環境を考察する際には河川流量の空間偏差や出水時の短期的な河川流出の影響を考慮することが重要である。

(2) 流出・水質統合モデルによる河川水質の推定

① 分布型流域水質モデル

本研究で構築した分布型流域水質モデル（流出・水質統合モデル）の構成を図3に示す。まず、流域情報解析として、河川流域を斜面グリッドおよび河道グリッドによりメッシュ化し（本研究では、2 km×2 km）、流域地形モデルを作成する。ここでは、土地利用、斜面勾配を決定する。これ以降、負荷量解析、汚濁負荷流出解析、水文流出解析、河

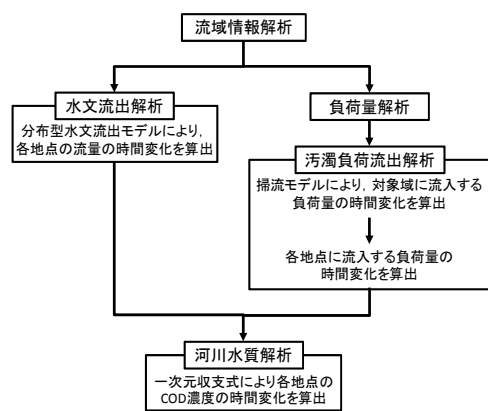


図3 分布型流域水質モデルの構成

川水質解析を行う。

② 負荷量解析

手順1：河川流域における晴天時および雨天時の発生源別の負荷量を算出する。流域内の個別データが存在する畜産・土地からの負荷量は原単位法を用いた。個別データの存在しない生活系、産業系からの負荷量は比率法（石塚・溝口、2010）を用いた。このとき、晴天時の土地系からの負荷はゼロとした。

手順2：排出源別に負荷発生地点の空間分布を決定する。生活系・土地系からの負荷は国土数値情報を、その他からの負荷は香川県より提供を受けた住所データを用いた。

手順3：これらを用いて、河川流域全体に対する各地点に流入する負荷量を算出する。つぎに、ここから対象域に対する各地点に流入する負荷量の割合を算出する。

③ 汚濁負荷流出解析

対象域を一つのボックスとみなし、点源および面源から発生した負荷が流出する過程を解く汚濁負荷流出モデルを用いることにより、ボックス内で河川に流入する負荷量の時間変化を算出した。汚濁負荷流出モデルでは、晴天時・雨天時・流量逡減期の3パターンを考慮した。図4に示すように、晴天時には、点源による発生負荷量のほとんどが沈

降・堆積し、面源による発生負荷量はすべて堆積するとした。一方、雨天時には、点源および面源による堆積物が掃流されるとした。流量逡減期には、晴天時と雨天時の半分の量が堆積・掃流されるとした。

最後に、河川に流入する時間毎の負荷量の合計値を、各地点に流入する負荷量の割合に基づいて分配することにより、対象域における汚濁負荷量の各地点の時間変化を算出した。

④ 水文流出解析

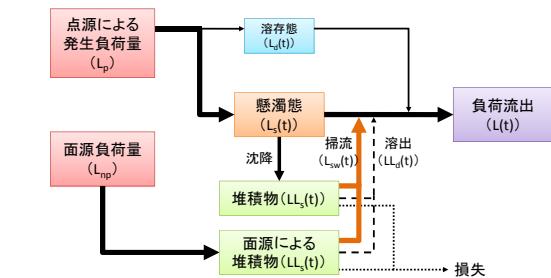
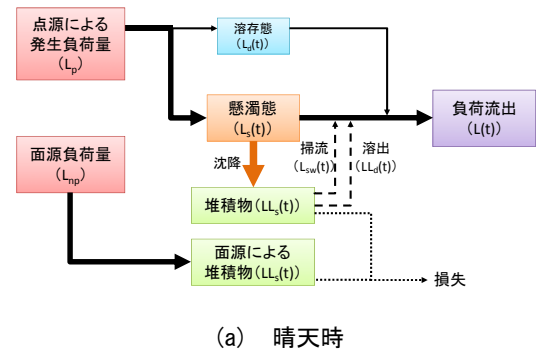
分布型水文流出モデルを用いて、綾川の河川流量の各地点の時間変化を算出した。流域グリッド分割は負荷量解析で用いた大きさと同一とした。降雨量については、レーダー・アメダス解析雨量を用いた。また、レーダー・アメダス解析雨量のメッシュサイズと、流出解析に用いるモデル化された流域のグリッドサイズが異なっていたため、近接補間方法による補間を行った。

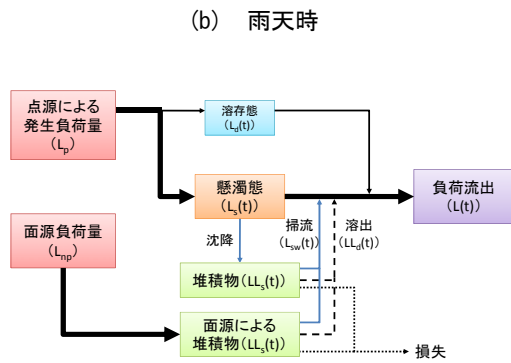
⑤ 河川水質解析

基礎方程式として、物質濃度の一次元収支式を用いた。移流速度は河川流量を河川断面積で除することによって算出した。

⑥ 河川水質シミュレーションの結果

以上より、河川の各地点におけるCOD濃度の時間変化を算出することができる。本研究では、香川県の綾川（流域面積 137.5 km²）を対象として、府中ダムに流入する滝宮地点におけるCOD濃度の時間変化を推定した（図5）。シミュレーション結果では、降雨開始時における濃度の増加など時々刻々の変動を推定することができる結果が得られた。観測データは月一回しかないが、概ね一致した数値を示した。





(c) 通減期
図4 汚濁負荷流出モデル

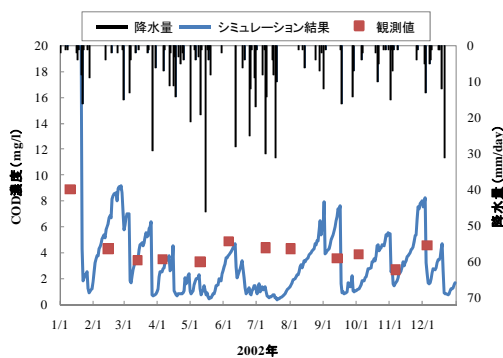


図5 滝宮における降水量およびCOD濃度の季節変化

⑦まとめ

汚濁負荷量と河川流量の空間分布および時間変化を推定し、物質濃度の一次元収支式に適用することにより、河川水質の時間変化を推定する流出・水質統合モデル（分布型流域水質モデル）を構築した。本モデルは、流域情報解析、負荷量解析、汚濁負荷流出解析、水文流出解析、河川水質解析から構成される。香川県の綾川を対象とした水質シミュレーションを行った結果、各地点におけるCOD濃度の時間変化を推定することができた。よって、今後は、モデル条件を変化させることで負荷量変化の予測を行うことが可能となった。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計1件）

- 1) 日野良太・江種伸之・石塚正秀・平田健正：果樹園の月別窒素原単位に基づいた河川水質の季節変化特性に関する数値解析、土木学会論文集B1（水工学）、第68巻、No. 4、pp. L_605-L_612、2012. 2.

〔学会発表〕（計6件）

- 1) 宇野裕太・石塚正秀・溝口大介：汚濁負荷量と流量の空間分布を考慮した河川水

質モデルの構築、土木学会第66回年次学術講演会講演概要集、VII-019、pp. 37-38、2011.

- 2) 日野良太・江種伸之・石塚正秀・平田健正：果樹園栽培が盛んな流域を対象としたTN流出負荷量解析、土木学会第66回年次学術講演会講演概要集、II-091、pp. 181-182、2011.
- 3) 宇野裕太・石塚正秀：時間変動を考慮した汚濁負荷解析にもとづく河川水質の推定、瀬戸内海研究フォーラムin大分 発表概要集、p. 30、2011.
- 4) 宇野裕太・石塚正秀・溝口大介：綾川流域における汚濁負荷量と流出量の空間分布を考慮した河川水質シミュレーション、平成23年度土木学会四国支部第17回技術研究発表会講演概要集、pp. 79-80、2011.
- 5) 横内和成、石塚正秀、多田邦尚、和田有朗：播磨灘に流入する河川流量の推定と出水による海域水質への影響、土木学会第65回年次学術講演会講演概要集、II-148、pp. 295-296、2010.
- 6) 横内和成、石塚正秀、多田邦尚、和田有朗：播磨灘に流入する河川流量の推定と海域水質への影響、平成22年度土木学会四国支部第16回技術研究発表会講演概要集、pp. 155-156、2010.

〔図書〕（計0件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（計0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等
無し

6. 研究組織

- (1) 研究代表者
石塚 正秀 (ISHIZUKA MASAHIDE)
香川大学・工学部・准教授
研究者番号：50324992