

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 11 日現在

機関番号：16201

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24560625

研究課題名(和文) 都市・農村活動の社会構造変化に伴う河川流域からの栄養塩負荷量変動の推定

研究課題名(英文) Evaluation of nutrients load variation from river basins due to changes of social structure of urban and agricultural activities

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：播磨灘流域における河川調査を毎月実施し、栄養塩形態の特徴を明らかにすることができた。また、地理情報システム(GIS)を用いた発生負荷量解析を行い、生活、土地からの負荷量を算定することができた。この結果を用いて、下水道整備範囲を考慮した発生負荷量の抑制効果を示し、漁獲量が多かった1985年頃の負荷量に戻すために必要な下水処理効率を明らかにした。また、経済価値評価モデルを用いて、赤潮の発生件数と漁獲量の長期的な推移を比較して、赤潮発生とノリ色落ちを回避するための最適ナリスク計算を行うことができた。

研究成果の概要(英文)：I carried out the river water sampling and chemical analysis in the Sea of Harima-Nada river basin every month and was able to clarify the nutrient characteristics. In addition, I made a generation load analysis using Geographic Information System (GIS) and was able to calculate the generation loads from household and land. Using this result, I showed a reduction effect of the generation load in consideration of a sewerage development area and clarified necessary sewerage treatment efficiency to return the load to the quantity of load in around 1985 when fishery production was the largest. In addition, using an economic evaluation model, I was able to calculate the most suitable risk to evade red tide outbreak and bleach of Nori by comparison of the long-term change of fishery production with the number of outbreak of the red tide.

研究分野：土木工学

キーワード：河川環境 負荷量解析 瀬戸内海 貧栄養化 ノリ色落ち

1. 研究開始当初の背景

瀬戸内法施行以来、38年が経過し、環境管理のあり方が今、問い直されている。第6次排水総量規制においては『赤潮の多発と富栄養化の防止のために水質改善が叫ばれた時代は既に終わり、今、瀬戸内海は栄養不足による漁獲量の低下の問題に直面している』という考え方に变化した。第7次総量規制においてもこの考え方が継続されている。この根拠の一つとして河川からの栄養塩負荷の減少が指摘されており (Tada et al., 2009)、実際、河川の環境基準達成率は近年、上昇し、川はきれいになってきている (例えば、香川県、2010)。つまり、川がきれいになることで、海の魚が捕れないという皮肉な状況となっている。

申請代表者はこれまで、河川流出解析、河川の栄養塩と植物プランクトンの種構成変化、流域のCODの負荷量解析など、陸域の栄養塩環境と水動態について研究を実施してきた。その結果、現状もしくは過去の負荷発生の特徴が明らかとなった。しかし、今後必要なことは、都市活動や農業活動などの陸側の政策影響が負荷発生に及ぼす影響を予測し、水産資源への影響を含めた、より高度な水質管理政策を講ずることである。水環境の変化は進行が緩やかであるが、気がついたときには重傷となっている場合もある。瀬戸内海における昨今の水産業が抱える問題を鑑みると、水環境の管理策には社会構造変化を見据えた戦略性が求められ、その対応は喫緊の課題である。

2. 研究の目的

本研究では、水文学、環境水理学だけでなく、都市・地域計画学や農業経済学を加えた学際的な視点で、以下の(1)~(3)を通して、総量規制のあり方に対する新たな科学的な知見を示す。

(1) 河川水質変化の実態を調査する。とくに、NPの溶存態・懸濁態などの形態別の水質特性、および河川毎のN/P比の相違を明らかにし、海域水質との関係を明らかにする。

(2) 人口変化、産業構造変化などの社会構造の変化に伴う漁業被害や保障制度を考慮した経済価値推定モデルを構築する。

(3) 発生負荷量の基礎データの空間情報を作成し、社会構造変化を考慮した水質管理の適正化方策を検討する。これを用い、土地利用変化に伴う下水道ネットワークの効率変化に伴う負荷量の変化を推定する。以上により、対象陸域における発生源と負荷量を明らかにする。

3. 研究の方法

平成24年度から、①河川水質調査を開始し、②社会経済構造解析に関する基礎情報の収集・データ整理と経済価値推定モデルの基礎概念の構築、③負荷量解析に必要な基礎データの収集と整理を行う。平成25年度以降

は、前年度の成果をもとに、リスク評価を考慮した経済価値推定モデルを構築する。また、負荷量解析および下水処理場の排水データの解析を行う。

(1) 対象流域は、播磨灘を囲む香川県東讃域および兵庫県播磨域・淡路島とする。窒素、リン、ケイ素を含めた水質調査・分析を1ヶ月に1回の頻度で行う。窒素・リンについては、香川大学に既存の分析装置を用いて、溶存態と懸濁態を分けて分析を行う。香川県では、鴨部川、津田川、湊川等の東讃域と備讃瀬戸海域に流入する高松市域の新川など、兵庫県では、三原川、明石川、加古川、揖保川、市川、夢前川、千種川で行う。

(2) 最適な負荷量の算定には、経済価値推定モデルを用いた。本研究では、ブリ・ノリ被害額の確率分布の推定を行う。ここで、被害額の期待値を評価できるが、同じ期待値であっても分散が大きいほど漁業者のリスクは高くなる。そのため、仮想的な保険を導入し、保険料を漁獲高から差し引くことで期待収入を算定するモデルとした。

(3) 負荷量解析のための基礎データの取得を行う。具体的には、人口、排水量別の特定事業場、合併浄化槽等の家庭排水処理戸数、産業廃棄物処分量、牛・豚の畜産頭数、水田・畑・果樹園・市街地・山林などの土地利用データである。また、これらをGISソフトを用いて可視化する。

4. 研究成果

(1) 水質調査結果より、TNに対する、DIN、DON、PONの割合はそれぞれ約7割、約2割、約1割であり、窒素の多くが溶存無機態として存在していることがわかった。同様に、TPに対する、DIP、DOP、PPの割合はそれぞれ約5割、約2割、約3割であり、約5割が溶存無機態として存在し、懸濁態は約3割を占めているとわかった。また、溶存無機態が約1割しかない千種川や、懸濁態が約6割も占めている加古川など、リンは窒素以上に河川毎の栄養塩形態が異なる傾向がみられた。CODに対するP-COD、D-CODの割合はそれぞれ約2割、約8割であり、溶存態が多いことがわかった。

水質調査結果および海域調査結果の考察により、河川水の窒素の形態は溶存態無機窒素(DIN)が大部分を占めているのに対して、海域では溶存態有機態窒素(DON)が63%と大きい結果が得られた。また、リンの形態は、河川ごとに特徴が異なっていたが、千種川と加古川では懸濁態リン(PP)が50%以上を占めているのに対して、海域では、約50%がPPである結果が得られた。

河川において、出水時にPIPの値が増加する結果が得られた。とくに新川では、詰田川と比較して、大きな増加率となった。

香東川浄化センターでは通常運転時にN/P比は約10であるが、調整運転時には約30まで上昇し、レッドフィールド比(=16)より

も高い値となった。一方、鴨部川浄化センターでは通常運転時にN/P比は約1であったが、調整運転時において約6に上昇した。ただし、レッドフィールド比(=16)よりは小さい値であった。

(2) 経済価値推定モデルによるTN負荷量の変化に対する漁業被害のリスク評価により、TN負荷量の増加に対して、ブリ養殖の期待収入は減少し、逆にノリ養殖の期待収入は増加する傾向にあることが示された。また、TN負荷量の変化に対する漁業被害のリスク評価により、漁業者の収入を最大化するCOD負荷量は75 t/dayであり、TN負荷量は、65 t/dayである結果が得られた。これらの負荷量は、現在の負荷量よりも大きな値であることから、環境政策に対する一つの知見を得ることができた。

(3) GISを用いて負荷量を空間情報化し、負荷量分布を作成した。播磨灘流域圏における生活系負荷量は、COD・TN・TPのすべての項目においても兵庫県南部を中心とする人口の集中している地域に生活系負荷量が多く集中していることが分かった。播磨灘流域圏における産業系負荷量は、COD・TN・TPのすべての項目において、臨海部および河道沿いに集中して分布していることが分かった。とくに集中している場所は、兵庫県東南部(加古川下流および明石川下流)の臨海部と、揖保川、加古川流域の河道沿いでみられた。播磨灘流域圏における土地系COD負荷量の増加傾向にある場所は、局所的に分布し、減少傾向にある場所は流域圏全体に分布することが分かった。播磨灘流域圏の土地系TN・TP負荷量は、増加傾向にある場所も減少傾向にある場所も流域圏全体に広がるということが分かった。

また、播磨灘流域圏全体で、TN/TP比は25年間で増加傾向にあることがわかった。一方、土地系からの負荷量の30年間で緩やかに減少の傾向があることが分かった。下水処理における汚濁除去率は、姫路市、神戸市、加古川市において実施することで、より効率的な負荷量管理を行うことができる結果が得られた。

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4件)

1) Ishizuka, M.: Factor causing recent decrease of nutrients from rivers, Proceedings of the Global Congress on ICM: Lessons Learned to Address New Challenges, EMECS 10 -MEDCOAST 2013 Joint Conference, 30 Oct - 03 Nov, Marmaris, Turkey, E. Ozhan (Editor), MEDCOAST, Mediterranean Coastal Foundation, Dalyan, Mugla, Turkey, Vol.2 785-796, 2013. (査読有り)

2) Kii, M. and M. Ishizuka: Water Quality Control Concept in Seto Inland Sea, Proceedings of the Global Congress on ICM: Lessons Learned to Address New Challenges, EMECS 10 -MEDCOAST 2013 Joint Conference, 30 Oct - 03 Nov, Marmaris, Turkey, E. Ozhan (Editor), MEDCOAST, Mediterranean Coastal Foundation, Dalyan, Mugla, Turkey, Vol.2 977-988, 2013. (査読有り)

3) 石塚正秀・石川真菜・宮川昌志・赤井紀子・多田邦尚: 香川県における河川水の栄養塩形態と備讃瀬戸・播磨灘への影響、土木学会論文集 B1 (水工学)、第69巻、No.4、I_1423-I_1428、2013. (査読有り)

4) 石塚正秀・矢野利樹・平木大補・和田有朗: 下水道整備が陸域の有機物負荷量の長期的な変化に与える影響、土木学会論文集 B1 (水工学)、第69巻、No.4、I_1717-I_1722、2013. (査読有り)

[学会発表] (計5件)

1) Ishizuka M. and M. Kii: How to control nutrient load from domestic sources in the Sea of Harima-nada catchment?, International Conference on the Water Crisis in the Asia-Pacific Region, Kagawa University Joint Research Building (Kagawa・Takamatsu), 10-12 Feb. 2015.

2) 後藤健太・石塚正秀・宮川昌志・多田邦尚: 香川県における下水放流水の調整運転による負荷量変化、瀬戸内海研究フォーラム in 和歌山、和歌山県民文化会館 (小ホール・特設展示室) (和歌山県・和歌山市)、2014年8月28-29日。

3) Ishizuka, M.: Factor causing recent decrease of nutrients from rivers, Global Congress on Integrated Coastal Management, EMECS 10 - MEDCOAST 2013 joint conference, Marmaris (Turkey), 30 October - 03 November 2013.

4) Kii, M. and M. Ishizuka: Water Quality Control Concept in Seto Inland Sea, Global Congress on Integrated Coastal Management, EMECS 10 - MEDCOAST 2013 joint conference, Marmaris (Turkey), 30 October - 03 November 2013.

5) 平木大補・石塚正秀・矢野利樹: 播磨灘流域圏における生活系発生負荷量の推定に関する研究、平成25年度土木学会四国支部第19回技術研究発表会、愛媛大学城北地区キャンパス (愛媛県・松山市)、2013年5月11日。

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

(2) 研究分担者

紀伊 雅敦 (KII, Masanobu)

香川大学・工学部・准教授

研究者番号：20426266