

機関番号：15201
 研究種目：基盤研究（A）
 研究期間：2007～2010
 課題番号：19201017
 研究課題名（和文） ラムサール条約登録後の中海における汽水域生態系の再生と長期生態学研究
 研究課題名（英文） Restoration and long-term ecological research of brackish lake ecosystem in Lake Nakaumi after the registration of Ramsar convention
 研究代表者
 国井 秀伸（KUNII HIDENOBU）
 島根大学・汽水域研究センター・教授
 研究者番号：70161651

研究成果の概要（和文）：高度汚水処理法・直接浄化法の開発と、底質処理法（無害化・資源化）の開発を行い、流域統合管理の視点を加えて、流域の管理の違いが水文循環過程に与える影響を評価した。さらに、科学的・普遍的な立場もふまえて、汽水域生態系モニタリングのシステムを研究・開発・構築し、さらに地域と一体となった汽水域の生態系保全活動を行うことを目的に、地域住民との連携による汽水域長期モニタリング法を検討した。

研究成果の概要（英文）：This research project aimed at developing a new model for the wise use of estuaries and coastal lagoons by conducting interdisciplinary research on complex phenomena relevant for conservation and management of the lagoon system, especially that of damaged Lake Nakaumi.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	8,900,000	2,670,000	11,570,000
2008年度	12,400,000	3,720,000	16,120,000
2009年度	8,600,000	2,580,000	11,180,000
2010年度	5,700,000	1,710,000	7,410,000
年度			
総計	35,600,000	10,680,000	46,280,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学 環境技術・環境材料

キーワード：汽水域, 長期モニタリング, 自然再生, 中海, 流域統合管理, 環境修復技術, LTER, 生態系修復

1. 研究開始当初の背景

宍道湖・中海では、およそ40年にもわたる干拓・淡水化事業が平成12年に中止され、劣化した湖沼生態系の修復が急務となった（國井，2002）。平成15年1月には自然再生推進法が施行され、さらに昨年（平成17年）秋には宍道湖・中海ともにラムサール条約の登録湿地となったこともあり、両湖の自然再生に向けての社会的な体制が整ったと言える。これら2つの汽水湖のうち、現在でもヤマトシジミの漁獲量が日本一である宍道湖に比べ、干拓の行われた中海の生態系の劣化

が著しい。中海の湖岸の8割以上は人工的なコンクリート湖岸であり、かつての浅場は干拓され、昭和30年代後半までは広く見られたアマモ・コアマモの海草藻場はほとんど姿を消した（平塚ら，2006）。干拓淡水化のための水門の設置や築堤により湖は典型的な閉鎖的な海域となり、さらに上下層の湖水の循環を妨げる塩分躍層が形成されるため、湖底の貧酸素化が著しい。弓ヶ浜半島沿いには干拓のための浚渫跡地（水深10m以上の窪地）が存在し、貧酸素水塊を生み出し、最近では毎年のように赤潮や青潮の発生が見ら

れる。

このような中、申請者の所属する汽水域研究センターを中心として、これまで両湖を対象とした研究に大きく関わってきた島根大学には、両湖の環境修復に「学」の立場から協働して取り組み、地域に密着した研究を普遍化・多様化することが求められている。このような背景のもと、島根大学では、学内の重点研究プロジェクトとして、「汽水域の自然・環境再生拠点形成研究プロジェクト」を平成 17 年度に立ち上げた。このプロジェクト研究は、本学に隣接するわが国有数の汽水域である宍道湖・中海をモデルフィールドとして、学内研究者の様々な専門領域の視点（植物生態学、同位体地球科学、施設材料工学、環境地質学、生態工学など）から汽水域の環境特性を総合的に分析し、自然と調和した汽水域の賢明な利用のあり方について提言することを目標としたものであり、3 年目となる平成 19 年度がこのプロジェクト研究の最終年度となっていた。

2. 研究の目的

具体的には、工学的・実用的な立場からの湖水の浄化法として、(1)高度汚水処理法・直接浄化法の開発と、(2)底質処理法(無害化・資源化)の開発を行い、さらに流域統合管理の視点を加えて、(3)流域の管理の違いが水文循環過程に与える影響を評価する。そして、科学的・普遍的な立場もふまえて、(4)汽水域生態系モニタリングのシステムを研究・開発・構築し、さらに地域と一体となった汽水域の生態系保全活動を行うことを目的に、(5)地域住民との連携による汽水域長期モニタリング法を検討する。これら(1)から(5)の研究成果を有機的に結合することにより、汽水域の自然環境を復元する循環型水環境修復技術を構築し、自然と調和した汽水域の賢明な利用のあり方を明らかにするというものである。平成 18 年度までに、短期的な課題に対処する工学的・実用的な立場からの研究(上記(1)と(2))については着実にその成果を挙げてきているが、長期的な課題に対処する(3)から(5)については、さらに継続研究の必要があると考え、ここに平成 19 年度から 4 年間の研究計画書を提出することとした。

3. 研究の方法

本研究は、前述した学内重点研究プロジェクトに従って 5 つのチームで構成し、チームごとに研究期間内の達成目標を立てることとした。具体的には、以下のような課題について研究を行った。

(A)生態系モニタリング：汽水域の環境観測(監視)拠点とするため、宍道湖・中海の自動水質観測網を整備・各種観測データを集中管理するシステムの構築・水中ビデオを

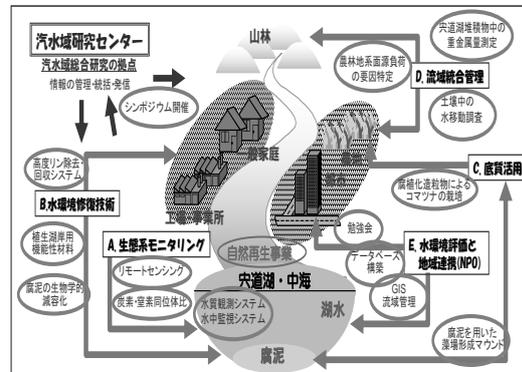
用いた水中ビジュアルモニタリングシステムの開発・安定同位体や DNA の分析による生態系環境モニタリングシステムの開発・生態系モニタリングシステムとリモートセンシングとのリンク法の確立。

(B)水質浄化用高機能材料開発：資源循環型リン除去システムの構築・多自然型工法用機能性材料の開発・汽水湖腐泥の生物学的減容化方法の開発。

(C)底質活用：汽水湖底質(腐泥)の加熱造粒方法の開発・アマモ場用藻礁の開発。

(D)流域統合管理法開発：流域の管理の違いが水文循環過程に与える影響の評価・流域水循環モデル(SWAT)の日本への適用。

(E)水環境評価と住民参加プロセス検討：住民参加型の簡便な水質測定並びに簡便な生物調査の実施・GIS を利用した栄養塩収支の解明。



プロジェクト研究を構成する5つのチームの各種活動

4. 研究成果

(1)中海本庄水域では、モニタリング調査の結果、2009 年に行われた森山堤の開削により、本庄水域に塩分による成層が形成されるようになり、底層は無酸素水塊の影響を受け、特に底生生物相に大きな影響を与えていることが明らかとなった。

(2)排水からリンを除去・回収する際に、夾雑イオンの影響を受けにくいハイドロタルサイト化合物(HT)の合成方法を確立した。さらに、従来の担持繊維形成体(HTCF)に比べ貫流容量が 20%高い新型 HTCF を開発できた。

(3)底泥から溶出するリンに対し、高い溶出抑制効果を発揮する、廃瓦を複合した機能性覆砂材も開発した。

(4)SWAT モデルを用い、流域からの浮遊物質および栄養塩、特に窒素やリンの流出と流域内の営農活動について解析を進め、流域からの浮遊物質量が推定された。

(5)中海に流入する飯梨川上流部にあるダムを対象に、流域からの負荷とダム湖水質の関係を調べ、上流部の小流域を単位に土地利用、人口、農地などの情報を GIS により解析した結果、窒素については流入河川水質がそのままダム湖水質になっており、ダム湖における

浄化作用がないことが明らかになった。

(6) 宍道湖の底泥の柱状試料の元素組成分析をもとに環境変遷の検討を行った。その結果、富栄養化を示唆するリン濃度の増加や周辺地域での人間活動の状況を示す亜鉛および重金属濃度の増加が認められた。

(7) 絶滅が危惧される塩性の湿生植物オオクグや海草コアモモ・アマモの遺伝的多様性をマイクロサテライトマーカーにより調べた。その結果、生育場所が分断化されている中海のコアモモは、大橋川のコアモモに比べて遺伝的多様性が低下していることが明らかとなり、大橋川河口域のオオクグ群落は他所の群落に比べて遺伝的な多様性が大きいことが明らかとなった。

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50件)

①Ahmed,F.,Bibi,M.H.,Seto,K.,Ishiga,H., Fukushima,T.,Roser,B.P.,Abundances, distribution, and sources of trace metals in Nakaumi-Honjo coastal lagoon sediments, Japan, Environmental Monitoring Assessment, 167, 473-491,2011, 査読有り.

②Takata,H.,Seto,K.,Kurata,K.,Hiratsuka, J. and Khim,B.-K.,Life history of Ammonia "beccarii" forma 1 on hard substrate in the Ohashi River, southwestern Japan. Fundamental and Applied Limnology, 178, 81-88,2010,査読有り.

③Takata,H.,Nomura,R. and Khim,B.-K., Response of abyssal benthic foraminifera to mid-Oligocene glacial events in the eastern Equatorial Pacific Ocean (ODP Leg 199).Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 292,1-11,2010,査読あり.

④Nomura,R. and Kawano,S., Foraminiferal assemblages response to anthropogenic influence and parallel to decadal sea-level changes over the last 70 years in Lake Kugushi, Fukui Prefecture, southwest Japan. Quaternary International,230,1-13,2010,査読有り.

⑤Takeda, I., Somura,H. and Mori,Y., Recovery of phosphorus from natural water bodies using iron-oxidizing bacteria and woody biomass. Ecological Engineering, 36, 1064-1069,2010,査読有り.

⑥Hodoki,Y.,Ohbayashi,K. and Kunii,H., Genetic analysis of salt-marsh sedge *Carex scabrifolia* Steud. populations using newly developed microsatellite markers, Conservation Genetics, 10,1361-1364,2009, 査読有り.

⑦Somura,H.,Arnold,J.,Hoffman,D., Takeda,I.,Mori,Y.and Di Luzio,M.,Impact of climate change on the Hii River basin and salinity in Lake Shinji: a case study using the SWAT model and a regression curve, Hydrological Processes, 23,1887-1900,2009,査読あり.

⑧Takata, H., Seto, K., Kurata, K. and Khim, B.-K., Distribution of living (stained) benthic foraminifera (Protista) in the Ohashi River, southwest Japan: a clue to recent faunal change in the Lake Shinji - Nakaumi system. Fundamental and Applied Limnology,174,185-192,2009,査読有り.

⑨Takata,H.,Dettman, D. L., Seto, K., Kurata, K.,Hiratsuka, J. and Khim, Boo-Keun, Novel habitat preference of Ammonia "beccarii" forma lin a macrobenthic community on hard substrates in the Ohashi River, southwest Japan. Journal of Foraminiferal Research, 39, 87-96,2009,査読有り.

⑩作野裕司, ルイ ソチュー, 國井秀伸, 田中義和, 國定栄二, 若松芳樹, 気球搭載ビデオカメラによる中海のアマモ場の植被推定, 水工学論文集, 53, 1357-1362, 2009, 査読有り.

⑪桑原智之, 兵頭正浩, 佐藤利夫, 野中資博, 産業副産物を用いた中海浚渫産地の埋め戻しに向けて, 環境技術, 37, 2008, 12-17, 査読有り.

⑫兵頭正浩, 桑原智之, 佐藤周之, 野中資博, 解体コンクリート微粒分の機能性覆砂材としての再資源化, 農業農村工学会論文集, 257, 19-25, 2008, 査読有り.

⑬Ohbayashi,K.,Hodoki,Y.,Nakayama,S., Shimada,M. and Kunii,H.,Development of new microsatellite markers from a salt-marsh sedge *Carex rugulosa* by compound simple sequence repeat-polymerase chain reaction, Molecular Ecology Resources,8, 1497-1499,2008,査読有り.

⑭Araki,S. and Kunii,H.,Relationship between seed and clonal growth in the reproduction of *Carex rugulosa* Kuk. In riverside meadows,Plant Species Biology,23,81-89,2008,査読有り.

⑮Somura,H.,Nakayama,D.,Aizaki,M., Seike,Y., Okumura,M. and Nishikata,K., Spatial distribution of water quality and load units in the Inashi River basin, Shimane Prefecture, Japan, The Open Hydrology Journal, 2, 7-17,2008, 査読有り.

⑯Ichikawa,T.,Aizaki,M. and Takeshita,M., Numerical study on amelioration of water quality in Lakes Shinji and Nakaumi: a

coastal brackish lagoon system. *Limnology*, 8,281-294,2007,査読有り.

〔学会発表〕(計82件)

- ① 國井秀伸, 宍道湖・中海における自然再生の現状と課題, 日本生態学会, 2011年3月10日, 札幌コンベンションセンター.
- ② 國井秀伸, ラムサール条約登録後の中海における汽水域生態系の再生と長期生態学研究(科研費基盤研究(A))を終えて-イントロダクション-, 汽水域研究会, 2011年1月8日, 松江くにびきメッセ.
- ③ 野村律夫, 汽水湖の水の中景観と中海・宍道湖の水族館構想, 汽水域研究会, 2011年1月8日, 松江くにびきメッセ.
- ④ Mori, Y., Ide, J., Somura, H. and Morisawa, T., EM sounding characterization of soil environment toward estimation of potential from non-point sources, 2010 AGU Fall Meeting, 2010年12月14日, San Francisco, USA.
- ⑤ Nomura, R., Decadal changes in response to human activities and sea-level change in the 20th Japanese lagoons: Foraminiferal evidence, PAGES 1st Asia 2k Workshop 2010年8月27日, Nagoya Univ., Japan.
- ⑥ Mori, Y., Matsumoto, Y. and Fujihara, A., Enhancing bio-remediation process for oil-contaminated soils by controlling nutrient dispersion using dual-characteristics of soil pore system, Interfaces Against Pollution, 2010年5月17日, Beijing, China.
- ⑦ Mori, Y. and Hirai, Y., Effective vertical solute transport in soils by artificial macropore system, Japan Geoscience Union Meeting, 2010年5月26日, Makuhari, Japan.
- ⑧ Seto, K., Anthropogenic changes due to partial dike removal in the Honjo Area of Nakaumi Lagoon, Southwest Japan. AGU 2009 Fall Meeting, 2009年12月18日, San Francisco, USA.
- ⑨ 大島久満, 佐藤利夫, 野中資博, 阿部公平, 森真一朗, 羽田野一幸, 排水からのリン除去・再資源化システムの確立による地域産業の保全と地域活性化, 平成21年度地域活性化学会大会講演会, 2009年7月11,12日, 東京.
- ⑩ Kunii, H., Seagrass ecosystem monitoring and data management, 3rd GEOSS Asia-Pacific Symposium, 2009年2月5日, Kyoto, Japan.
- ⑪ Kunii, H., Future prospects of the nature restoration in Lakes Shinji and Nakaumi, newly registered Ramsar sites in Japan, 8th INTECOL International Wetlands

Conference, 2008年7月24日, Cuiaba, Brazil.

- ⑫ Seto, K., Anthropogenic changes and ecosystem monitoring in the Honjo Area of Nakaumi Lagoon, Southwest Japan. AGU 2008 Fall Meeting, 2008年12月15日, San Francisco, USA.
- ⑬ Mori, Y., Optimizing contaminated soil remediation processes by controlling nutrient injection rate, ASA-CSSA-SSSA International Annual Meeting, 2008年10月8日, Houston, USA.
- ⑭ 木戸健一朗, 松崎喬, 相崎守弘, 中海・米子湾浚渫窪地における栄養塩蓄積量の推定, 日本陸水学会, 2008年10月13日, 北海道大学.
- ⑮ 米澤真梨子, 中山大介, 相崎守弘, 飯梨川流域における森林と上流域からの流出負荷量, 日本陸水学会, 2008年10月11日, 北海道大学.
- ⑯ 兵頭正浩, 佐藤周之, 桑原智之, 野中資博, セメント結合材から環境水中へ溶出する重金属類の定量評価に関する研究, コンクリート工学年次大会2008, 2008年7月9日, 福岡.
- ⑰ Seto, K., The distribution pattern of the red tide and the process of oxygen depletion in the coastal brackish Lake Nakaumi, Southwest Japan. the AGU 2007 Fall Meeting, 2007年12月13日, San Francisco, USA.
- ⑱ Kunii, H., Seto, K., Horinouchi, M. and Kurata, K., Activity report of ReCCLE and the future prospects of the nature restoration in Lakes Shinji and Nakaumi, newly registered Ramsar sites in Japan, ILTER conference 2007, 2007年8月20日, Beijing, China.

〔図書〕(計4件)

- ① 國井秀伸, 地人書館, 宍道湖・中海の自然再生事業の現状と課題, 日本生態学会編「自然再生ハンドブック」, 2010, 89-96.
- ② 野中資博他, 農業農村工学会(東京), 改訂7版農業農村工学ハンドブック本編「1.3.1仕様設計と性能設計, 7.3.3施工, 4.3.3機能保全対策」, 2010, 302-303, 443-444, 703-704.
- ③ 野中資博他, 朝倉書店(東京), コンクリート工学ハンドブック「11.10コンクリートの抗菌性, 38水路コンクリートの施工」, 2009, 510-511, 1227-1233.
- ④ 國井秀伸, 技報堂出版, 川の環境目標を考える-川の健康診断-, 2008, 122.

〔産業財産権〕

- 出願状況(計2件)

①名称：排水処理装置および吸着材の再生方法
発明者：佐藤利夫・野中資博・桑原智之・大島久満・帝人株式会社・クリオン株式会社・イズコン株式会社

権利者：

種類：特許

番号：特願2008-113501

出願年月日：2008年2月28日

国内外の別：国内

②名称：汚水処理水の脱色方法及び脱色用部材の再生方法

発明者：佐藤利夫・野中資博・桑原智之・大島久満・帝人株式会社・クリオン株式会社・イズコン株式会社

権利者：

種類：特許

番号：特願2008-048884

出願年月日：2008年2月28日

国内外の別：国内

〔その他〕

報道関連情報

・「宍道湖ヤマトシジミの現状報告」2011年1月9日（日本海新聞）

・「海再生へ干拓地を干潟に」2010年12月10日（朝日新聞）

・「中海・宍道湖 浅場造成『効果あり』」2010年8月18日（山陰中央新報）

・「森山堤防部分開削から1年 環境改善効果は限定的」2010年5月27日（朝日新聞）

・「旧本庄工区の環境変化報告」2010年1月11日（中国新聞）

・「水生植物再生 環境保全を. 米子で全国アマモサミット開催」2009年11月7日（山陰中央新報）

・「森山堤防一部開削から半年. 水質改善さらに対策を」2009年10月23日（朝日新聞）

・「中海は『老人の肺』」2009年7月15日（日本海新聞）

・「全国アマモサミット, 11月に」2009年6月28日（山陰中央新報）

・「森山堤防矢板撤去 資源回復に期待」2009年5月12日（山陰中央新報）

・「森山堤防潮通し『中海再生のスタート』」2009年5月12日（日本海新聞）

・「気球使い『アマモ』空撮」2008年5月31日（山陰中央新報）

・「アマモ場分布探れ」2008年5月31日（日本海新聞）

・「大橋川河口部群生オオクグ『遺伝的多様性高い』」2008年1月13日（山陰中央新報）

・「汽水域を科学する 島根大学お宝研究 中海本庄水域の今 夏の湖底は貧酸素状態」2007年10月27日（山陰中央新報）

・「汽水域を科学する 島根大学お宝研究 重点プロジェクトの研究成果 5 チーム協同で

総合分析」2007年10月13日（山陰中央新報）

・「水質調査で台船設置」2007年9月27日（山陰中央新報）

アウトリーチ活動情報

(1)本研究が開始された直後(2007年6月)に設立された「中海自然再生協議会」に研究代表者並びに分担者が専門家として加わり, 全体構想のとりまとめに大きく関与した.

(2)科研費による研究成果の社会還元と普及を目指した JSPS の「ひらめき☆ときめきサイエンス」事業により, 「中海・宍道湖の自然を再生するために—科学の目で見る汽水域の自然—」と題した船上実習を, 2008年7月に地元の高校生を対象に行った.

(3)研究代表者が実行委員長となった「全国アマモサミット2009」を, 2009年11月に鳥取県米子市で開催し, 中海におけるアマモ場の重要性について漁業者を含む地域住民に啓発した.

(4)汽水域研究会の全国大会(2010年1月)において, 「河口—内湾域の人為的改変の現状と課題」と題した公開シンポジウムを企画・開催し, 中海におけるモニタリングの成果等について発表した.

(5)汽水域研究会の全国大会(2011年1月)において, 「中海における汽水域生態系の再生と長期生態学研究」と題したスペシャルセッションを企画・開催し, 本科研費での4年間の成果を発表した.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

国井 秀伸 (KUNII HIDENOBU)
島根大学・汽水域研究センター・教授
研究者番号：70161651

(2) 研究分担者

瀬戸 浩二 (SETO KOJI)
島根大学・汽水域研究センター・准教授
研究者番号：60252897

野中 資博 (NONAKA TSUGUHIRO)
島根大学・生物資源科学部・教授
研究者番号：60093655

森 也寸志 (MORI YASUSHI)
島根大学・生物資源科学部・准教授
研究者番号：80252899

相崎 守弘 (AIZAKI MORIHIRO)
島根大学・生物資源科学部・教授
研究者番号：20109911

石賀 裕明 (ISHIGA HIROAKI)
島根大学・総合理工学部・教授
研究者番号：80183002

野村 律夫 (NOMURA RITSUO)
島根大学・教育学部・教授
研究者番号：30144687