

機関番号：82101  
 研究種目：基盤研究（B）  
 研究期間：2008～2010  
 課題番号：20310021  
 研究課題名（和文） マルチトレーサーを用いた河口域生態系における流域環境影響の評価手法に関する研究  
 研究課題名（英文） Studies on environmental assessment technique on the estuarine ecosystems using multi-tracer  
 研究代表者  
 野原 精一（NOHARA SEIICHI）  
 独立行政法人国立環境研究所・アジア自然共生研究グループ・室長  
 研究者番号：60180767

研究成果の概要（和文）：島嶼における河川水や地下水の物質輸送が、どの程度沿岸域に影響をおよぼすのかを評価することを目的として、東京都小笠原諸島と八丈島および伊豆大島の島嶼で、1997年～1999年及び2005～2008年に陸水及び、海水の採水、海藻の調査を行った。小笠原父島や母島の河川水の栄養塩環境は夏期に低く、冬期に高い季節変化が見られた。伊豆の島嶼の地下水の硝酸態窒素は高い濃度であり、沿岸域の海藻の重要な窒素源となっているが、近年の生活形態や農業による水需要の変化によって、陸からの沿岸域への陸水供給減少に伴う栄養塩供給の減少と考えられた。海藻の $\delta^{15}\text{N}$ 値から陸水の栄養塩の影響を受け沿岸域の富栄養化が時代とともに進んで、きたと推定された。その影響は伊豆大島、八丈島、小笠原と本州から離れるにつれて小さくなってきていた。近年の伊豆大島、八丈島の海藻の $\delta^{15}\text{N}$ 値の低下は、陸からの陸水の栄養塩類供給が減少してきていることを示唆した。

研究成果の概要（英文）：Chemical analysis of river water and groundwater were carried out for the samples from Izu-Ohshima Island, Hachijyoujima Island and Ogasawara Islands from 1997 to 1999 and from 2005 to 2008. Concentrations of nitrate-N of inland water of Ogasawara Islands were higher than those in summer. The analytical results show that nutrient concentrations of the groundwater around the coastal area were increased from Ogasawara Islands to Izu Islands because of land use of agriculture and sewage water from human activity. The analytical results of nitrogen isotope ratio in seaweeds show that the nutrient supply from inland water was decreasing in Hachijyoujima Island. This indicates the importance of nutrient from groundwater seepage for seaweed vegetation in Izu Islands.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	4,400,000	1,320,000	5,720,000
2009年度	3,700,000	1,110,000	4,810,000
2010年度	3,300,000	990,000	4,290,000
年度			
年度			
総計	11,400,000	3,420,000	14,820,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境影響評価・環境政策

キーワード：生態系影響評価、生態系サービス

## 1. 研究開始当初の背景

近年生態系サービスの評価が重要視され

ている。国連環境計画主導のミレニアム・エコシステム・アセスメント（MA）が自然共

生概念を意識した研究手法であり (MEA 編, 2005)、水域や湿地のもつ生態系サービスについて整理が行われているものの、現象を表現するモデルの開発が不十分であり、定量的な流域圏評価技術体系には至っていない。我が国では、総合科学技術会議主導の自然共生型流域圏・都市再生イニシアティブでシナリオ誘導型研究が推進され、理念及び水・物質循環モデル、社会対策シナリオ設計等では諸外国に対して優位性が認められるが、水循環・物質循環と生態系の相互作用を理解するモデル化にまでは至っていない。また、シナリオに対する応答の概略理解は可能になったものの、新しい環境を如何に創出するかの実践的方法論は十分には整備されておらず、環境影響やシナリオ構築における評価軸と具体的な評価法、シナリオ実践の方法論、対策を開始すべき空間、また評価する環境容量をどこに設定していくか等については、依然重要な課題として残されている。さらに、流域スケールより小さい地域スケール、大きい圏域スケールの持続性を考えるためには、地域スケールの生態系機能をアップスケールする集積的モデルが必要とされている。一方、地球環境問題である地球温暖化の沿岸域への影響は深刻で、大河川のデルタ地域をかかえるバングラデシュとベトナムは海面上昇によって国土の 10~20%が水没し 14~23%の国民が危険にさらされると予想され、日本では 50cm の海面上昇で 14 万 ha の土地が水没し 2.3%の人口が危険にさらされる可能性が予測されている (IPPC, 2001)。更に主要なデルタ地帯での湿地の埋め立ては過去 20~30 年の間に行われてきている。中国でも沿岸線に沿って潟湖の形成がなされ、底質の堆積や植物の繁茂の結果、面積が減少する傾向にある。海面上昇や川によって運ばれる底質の減少はデルタの拡大や湿地の更新を減速させると予測され、日本やアジアの湿地の生物多様性はまた海面上昇による湿地消失の重大な脅威にさらされている。

## 2. 研究の目的

本研究では、流域からの土砂堆積が問題になっている河口域 (伊勢湾-櫛田川) を対象とし、自然の豊かな干潟・塩生湿地の河口域生態系において、1) 流域からの栄養塩類の流入量評価と 2) 分解機能並びに 3) 酸素供給機能を調査・解析・モデル化を行い、生態系への環境影響の評価手法を得ることを目的とする。

河口域生態系は流域の水量の変化や流入土砂・栄養塩によって生物への直接影響が出やすい。そこで保全地域とその集水域、エコトーンを含む全体の水循環及び物質循環をマルチトレーサーとしての安定同位体比の  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 、 $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ 、 $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  (安定同位体

比) 等の測定から明らかにし、植生や生物生産への影響を評価する。特に野外での水循環を明らかにするため  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  の安定同位体比を解析し、水の交換速度や海・陸域双方からの流入栄養塩の影響を立証する。また、河口部に形成された干潟や塩生湿地生態系では河川から供給される有機物質の沈殿とその分解により放出される栄養塩類並びに底生藻類によって生産された酸素が生態系の生物群を支えている。その底泥の酸素供給機能や有機物分解機能は水・物質循環に大きく影響されると同時に河口域生態系の重要な機能の一つであるから、このような酸素供給・分解機能からも生態系を評価する。それらのデータ解析、モデル化により豊かな生物環境を持つ河口域生態系を回復、管理するための評価手法を提供する。

河川河口域における塩生湿地・干潟及び藻場の水文地形学及び景観生態学的なユニット構造を航空機及び船舶リモートセンシングにより抽出し、ユニット毎に一次生産や分解速度等の物質循環機能と生物分布・群集構造を明らかにして生物多様性の実態と生態系機能への人為影響を評価する。生態系の遷移に影響を及ぼす土砂堆積等の環境要因を特定し、上流における人為かく乱の影響を評価する。これらを基に沿岸域における自然共生度の評価指標を開発する。具体例の一つとして、伊勢湾の三重県側の櫛田川河口域に存在する塩生湿地・干潟及び藻場を対象にマルチトレーサーを指標にして、物質循環に及ぼす人為影響と生物多様性を評価する。

## 3. 研究の方法

水循環機能・物質循環機能と微生物の分解機能の面から環境のモニタリングを行い、日本の典型的な河口域である櫛田川 (伊勢湾) の河口生態系の相互比較をする。

### 【 I 調査・観測 】

#### (1) 水循環・物質循環機能の把握

##### 1) 水循環機能の把握

・各区に表層から深さ別に塩ビパイプを埋設し、定期的にピエゾメーター水位を測定し、表層地下水の流動性を場所・深度別に比較する。・電磁流速計 (2 台) をも場や干潟に設置し、波浪や水の交換を測定する。・各地点に連続測定用の自記装置を設置する。・河川水、土壌間隙水、雨水、海水等の採取を行い、水の酸素安定同位対比 ( $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ) を測定する。

##### 2) 土壤環境の変動性の把握

・調査区において植物の現存量・密度・群落高・葉面積指数の測定を行う。採取した植物の窒素・炭素安定同位体比 ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 、 $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ) を測定する。・実験区での環境測定、土壌水分の測定を行う。

##### 3) 物質循環機能の把握

・土壌コアサンプルを採取し間隙水を採取し、

栄養塩類の分析を行い、一方は埋設し6週間後に重量の増減を測定する。栄養塩の溶出量（無機化速度）を推定する。・土壌コアサンプルの加水分解酵素活性を用いた干潟底泥の有機物分解機能を評価する。・埋設した標準の綿布の分解状態を張力試験し、現場の分解活性を簡易評価する。

#### 4) 酸素供給機能の把握

・植物による底質への酸素供給機能の観測

採取した実生、植物体を実験室に持ち帰り、根からの酸素漏出速度を測定する。・採取した底質の酸素発生量（光合成）及び酸素吸収量（呼吸）を実験室で測定する。・大潮に近い時期の昼間干潮時、底泥が干出した時間帯に調査及び試料の採取を行う。・採取した底質の酸素発生量（光合成）及び酸素吸収量（呼吸）を実験室で測定する。

#### （2）微生物による分解機能の推定

##### 1) 方法及び調査地

・櫛田川河口域及び網張において景観、植生、立地条件（前浜、河川岸、中洲、潟湖）の異なる地点を選定し、調査及び試料採取を行う。・底泥試料は、50 ml 容ポリシリンジを用いて、底泥表面から深さ75 mmまでをコア試料とする。・酵素活性の層位別分布の測定に供するため、採取した3本の試料のうち1本を15 mm厚の5層位測定まで5℃で保存する。

##### 2) 酵素活性測定法

それぞれ植物細胞壁及び甲殻類の外殻の主要な構成高分子である、セルロース及びキチンの分解に関与するβ-グルコシダーゼ活性（GLU）、β-アセチルグルコサミニダーゼ活性（AGA）、また、微生物的活性の指標としてエステラーゼ活性（EST）を測定する。

##### 3) 細菌群集の多様性の測定

細菌群集の機能的多様性について、Biologシステムを用いて評価する。すなわち、31種類の有機物について、供試土壌中の細菌が炭素源として利用可能であるかどうかを判定し、基質としての利用可能パターンから、細菌群集の機能的多様性を評価する。

#### 4. 研究成果

島嶼における河川水や地下水の物質輸送が、どの程度沿岸域に影響をおよぼすのかを評価することを目的として、東京都小笠原諸島と八丈島および伊豆大島の島嶼で、1997年～1999年及び2005～2008年に陸水及び、海水の採水・海藻の調査を行った。小笠原父島や母島の河川水の栄養塩環境は夏期に低く、冬期に高い季節変化が見られた。伊豆の島嶼の地下水の硝酸態窒素は高い濃度であり、沿岸域の海藻の重要な窒素源となっているが、近年の生活形態や農業による水需要の変化によって、陸からの沿岸域への陸水供給減少に伴う栄養塩供給の減少と考えられた。海藻の  $\delta^{15}\text{N}$  値から陸水の栄養塩の影響を

受け沿岸域の富栄養化が時代とともに進んで、きたと推定された。その影響は伊豆大島、八丈島、小笠原と本州から離れるにつれて小さくなってきていた。近年の伊豆大島、八丈島の海藻の  $\delta^{15}\text{N}$  値の低下は、陸からの陸水の栄養塩類供給が減少してきていることを示唆した。

腹足類の摂餌面積調査から、一色干潟のウミナナの平均摂餌面積は  $6.49\text{cm}^2/\text{h}$ 、汐川干潟のウミナナの平均摂餌面積は  $8.36\text{cm}^2/\text{h}$ 、伊川津のウミナナの平均摂餌面積は  $4.30\text{cm}^2/\text{h}$  であった。汐川干潟のヘナタリの平均摂餌面積は  $5.80\text{cm}^2/\text{h}$ 、伊川津干潟のヘナタリの平均摂餌面積  $30.40\text{cm}^2/\text{h}$  と伊川津干潟のヘナタリの平均摂餌面積は汐川干潟のヘナタリと比較し約5倍高い値となった。一昼夜の追跡調査では汐川干潟のウミナナの平均摂餌面積は

$8.79\text{cm}^2/\text{h}$ 、ヘナタリの平均摂餌面積は  $0.99\text{cm}^2/\text{h}$  とウミナナは80分調査と同程度の値に対しヘナタリは80分調査と比較しかなり低い値となっていた。各干潟で行動パターンが異なっていた。

鈴鹿川、田中川、櫛田川、宮川の河口植生調査を2010年に行い河川環境と植生の形成要因について明らかにした。【鈴鹿川】シナダレスズメガヤ、コウボウムギ、チガヤ、オオオナモミの各群落が砂地に分布し、ヨシ、ハマツナ群落等が砂泥地に分布した。陸生・外来植物群落は全体の70%以上の面積率を占め、シナダレスズメガヤ群落は全体の60%以上と最も高かった。河口干潟は満潮時に冠水しにくい砂地が大部分を占め、外来のシナダレスズメガヤ、オオオナモミが群生し、現在は良好な環境ではなかった。【田中川】海岸植物群落が砂地に広範囲に分布し、ヨシ群落が泥地、ハマツナ群落が砂泥地を中心に分布した。満潮時冠水型のヨシ群落が45.2%、海岸植物群落が43.2%と全体の90%近くを占めた。満潮時に冠水し、土砂堆積・浸食の影響を受けやすい立地に群生するハマツナ群落等、受けにくい立地に群生するヨシ群落、砂地における海岸植物群落に分かれ、外来植物が少なく、良好な環境であった。

【櫛田川】アイアシ、ヨシ、ハマボウの各群落は砂地に分布し、ハマツナ、ハマヨモギ、ナガミノオニシバの各群落が砂泥地に分布していた。各植物群落及び植生タイプの面積率をみると、満潮時非冠水型のアイアシ群落は50%と全体の半分を占めた。一年生植物であるハマツナ、ハマヨモギが群生する攪乱を受けやすい環境と、アイアシ群落の塩性湿地植物群落、海岸植物群落などの冠水を受けにくい安定した環境がある。【宮川】ハマツナ・ハマヨモギ群落、ヨシ群落が砂泥地及び砂礫地に分布し、セイタカアワダチソウ、シナダレスズメガヤ群落が砂地に分布して

いた満潮時冠水型は、ハマツナ-ハマヨモギ群落の41.1%、ヨシ群落の31.4%と、全体の70%以上の面積率を占めた。全体の70%以上が一年生塩性湿地植物群落を形成し、上流からの土砂供給による攪乱を受けやすいと考えられた。

#### 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12件)

- ① Inoue T., Nohara S., Takagi H., Anzai Y. (2011) Contrast of nitrogen around roots of mangrove plants. *Plant and Soil*, 339 (1/2), 471-483 (査読有)
- ② 森康則, 吉村英基, 前田 明, 志村恭子, 大熊和行, 小川正彦, 橋爪清, 野原精一, 近藤雅秋, 加治佐隆光 (2010) 直近の新規温泉掘削が既存温泉に与える地球化学的影響. *温泉科学*, 60, 22-36 (査読有)
- ③ 野原精一 (2010) 湿原生態系の窒素汚染. *地球環境*, 15 (2), 153-160 (査読有)
- ④ 千賀有希子, 廣田充, 野原精一 (2010) 水生植物を介したN<sub>2</sub>O輸送に関する研究. *地球環境研究*, 12, 127-132 (査読無)
- ⑤ 野原精一, 佐竹潔, 高瀬智洋, 黒川信 (2009) 伊豆・小笠原島嶼における陸水・沿岸水の栄養塩環境の特徴. *陸水学雑誌*, 70 (3), 225-238 (査読有)
- ⑥ Senga Y., Hirota M., Hirao M, Fujii T., Seike Y., Nohara S., Kunii H. (2009) Nitrogen dynamics and N<sub>2</sub>O emission in restored salt marsh Lake Shinji Japan. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 30 (6), 907-910 (査読有)
- ⑦ Yabe T., Ishii Y., Amano Y., Koga T., Nohara S., Tatsumoto H. (2009) Green tide formed by free-floating *Ulva* spp. at Yatsu tidal flat, Japan. *Limnology*, 10 (3), 239-245 (査読有)
- ⑧ 野原精一 (2009) 干潟の生息地評価手法と生態系評価手法. *環境アセスメント学会誌*, 7 (1), 55-61 (査読無)

[学会発表] (計25件)

- ① Inoue T., Asano T., Anzai Y., Nohara S. (2010) A key to a highly productive mangrove ecosystem: Characteristics of water quality and bacterial functions in Can Gio mangrove forest, Vietnam. The National Workshop, Restoration and management of mangrove ecosystems in the context of climate change, Abstracts, 97-103 (2010.11.23)
- ② 齋藤由倫・木村真也・小澤邦寿・飯島明宏・野原精一 (2010) 希土類元素を指標にし

た温泉流動モデルの構築に関する基礎的研究. 日本陸水学会 第75回大会, 同講演要旨集, 66 (2010.9.19)

- ③ Nohara S., Kameyama S., Fukushima M., Shimazaki H., Inoue T. (2010) River restration in Kushiro river and Mekong river -Can we be "Back to the future?". Int.Symp.18th Anniv.World Water Day 2010, Abstracts, 85-96 (2010.3.19)
- ④ 井上智美・野原精一・浅野哲美・安西康晴 (2010) メコンデルタマングローブ林における窒素固定機能. 第57回日本生態学会大会 (ESJ 57), 同講演要旨集, 506 (2010.3.18)
- ⑤ 井上智美・野原精一・安西康晴・松本勝美, 松本幸子 (2009) マングローブ植物の根圏窒素動態. 第15回日本マングローブ学会, 同予稿集, 11 (2009.11.23)
- ⑥ Nohara S., Inoue T., Asano T. (2009) Characteristics of water quality variation in mangrove swamp of Can Gio District and Mekong River Estuary in Vietnam. 10th Int. Congr. Ecol., Abstracts (2009.8.18)
- ⑦ Inoue T., Hashizume M., Takagi H., Anzai Y., Matsumoto K., Matsumoto S., Nohara S. (2009) Radial oxygen loss from the roots of three mangrove plants, *Avicennia marina*, *Rhizophora stylosa* and *Bruguiera gymnorhiza*. 10th Int. Congr. Ecol., Abstracts (2009.8.18)
- ⑧ 石井裕一・矢部徹・玉置雅紀・中村雅子・野原精一, 中嶋信美 (2009) 谷津干潟におけるグリーンタイドが物質収支に与える影響. 第1回日本湿地学会大会 (学術報告会), 同講演要旨集 (2009.5.9)
- ⑨ 井上智美・野原精一・橋爪雅彦・高木拓之, 安西康晴・松本勝美・松本幸子 (2009) マングローブ植物3種(オヒルギ・ヤエヤマヒルギ・ヒルギダマシ)の根圏酸化機能. 第56回日本生態学会大会 (ESJ 56), 同講演要旨集, 229 (2009.3.18)
- ⑩ 野原精一, 井上智美, 浅野哲美 (2009) ベトナム・カンザー地域のマングローブ林における水質変動特性. 第56回日本生態学会大会 (ESJ 56), 同講演要旨集, 317 (2009.3.18)
- ⑪ 野原精一・福島路生・亀山哲・井上智美・島崎彦人 (2008) メコン河上流域及び河口域における水質変動特性. 日本陸水学会 第73回大会, 同講演要旨集, 337 (2008.10.13)

[図書] (計3件)

- ① 野原精一 (2010) 湿地機能の歴史的背景. 坂上潤一 他編著, 湿地環境と作物, 養賢

堂, 11-25

- ② 高瀬智洋, 黒川信, 野原精一, 田中優平 (2010) 7.5 マクサ群落の衰退と栄養塩環境. 藤田大介, 村瀬昇, 桑原久実編著, 藻場を見守り育てる知恵と技術, 成山堂書店, 199-204
- ③ 野原精一, 井上智美, 広木幹也 (2009) 9章 海域生態系への陸域系負荷とその緩和技術. 生田和生 他編, アサリと流域圏環境—伊勢湾・三河湾での事例を中心として (水産学シリーズ), 恒星社厚生閣, 127-143

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

野原 精一 (NOHARA SEIICHI)  
独立行政法人国立環境研究所・  
アジア自然共生研究グループ・室長  
研究者番号: 60180767

### (2) 研究分担者

広木 幹也 (HIROKI MIKIYA)  
独立行政法人国立環境研究所・  
生物圏環境研究領域・主任研究員  
研究者番号: 40142103  
井上 智美 (INOUE TOMOMI)  
独立行政法人国立環境研究所・  
アジア自然共生研究グループ・研究員  
研究者番号: 80435578

### (3) 連携研究者

該当なし