

平成20年度

海域と流域圏の一体的な管理方法の調査研究

報 告 書

平成21年3月

海 洋 政 策 研 究 財 団
(財団法人 シップ・アンド・オーシャン財団)

はじめに

本報告書は、競艇交付金による日本財団の助成を受け、平成 20 年度「総合的
海洋政策の策定と推進に関する調査研究」で実施した海域と流域圏の一体的な
管理手法の調査研究結果をとりまとめたものです。

沿岸環境、特に閉鎖性海域の環境は、上流の森林の状況に大きく影響を受け
るといわれています。わが国では、沿岸環境の保全のために森林を保護するし
くみである「魚つき林」の整備と保全が古くから実践されてきたことからもわ
かるように、流域と沿岸環境は密接に関係しているという認識のもと、健全な
沿岸環境の維持のためには、森・川・海の一体的な取り組みが必要とされてき
ました。

そこで本研究では、海域と流域圏とのつながりやそれらの一体的な管理の必
要性に関する既存研究のレビューを行い、科学的視点から調査するとともに、
一体的管理へのニーズやその管理手法、そして社会的必要性について検討する
ことを目的としております。

本調査研究の成果が、このような分野の研究を促進し、沿岸環境の持続可能
な利用と健全性の確保のための政策立案に資するものとなれば幸いです。

最後に、本事業の実施にあたりご指導いただきました検討会の先生方、さら
には本事業に対するご理解と多大なご支援をいただきました日本財団にこの場
を借りて厚く御礼申し上げます。

平成 21 年 3 月

海 洋 政 策 研 究 財 団
(財団法人シップ・アンド・オーシャン財団)
会 長 秋 山 昌 廣

目 次

第1章 研究概要	1
1-1 目的	1
1-2 研究内容	1
1-3 研究体制	2
第2章 関連研究のサーベイ	5
2-1 海域と流域圏のつながりに関する研究サーベイ	5
2-2 海域と流域圏の一体的管理に向けた活動に関する研究サーベイ	10
第3章 パイロット研究	12
3-1 これまでの森川海の研究の概要	12
3-2 東京湾における海域と流域圏のつながりに関する研究	30
3-3 養老川におけるフルボ酸を例とした森と海のつながりに関する研究	44
3-4 大畑川流域における海域と流域圏の一体的管理に向けた活動に関する研究	64
第4章 まとめと今後の課題	81
参考文献・参考資料	83

付属資料

I. 検討会記録	付-1
II. 合同検討会 発表資料	付-25

第1章 研究概要

1-1 目的

海域と流域圏は互いにつながっており、ひとつのシステムとして総合的に管理する必要があるといわれている。わかりやすい例としては、海から蒸発した水が雨となって森を潤し、川を下ってまた海へ注ぐという水循環があげられるが、それだけではない。海から遠く離れた内陸の森、上流域の河川周辺の森、中流、下流の水辺の林や河畔林など、水源を涵養している広い範囲の森林は河川を通じて栄養塩や有機物の供給源として海の生態系へ影響を与える一方、アユやサケなどの海から河川へと遡上する通し回遊魚、あるいは魚やゴカイなどを餌とする渡り鳥は、海域から流域・陸域へと有機物を運ぶ役割を果たしている。最近では、漁民の森運動や流域ネットワークなど、海域と流域圏のつながりを意識した取り組みも多くみられるようになった。

しかし、このような森・川・海のつながりの議論は概して定性的、理念的であり、取り組みの必要性和実現性について十分な検証がなされていないとの批判もある。そこで本研究では、海域と流域圏の一体的な環境管理の必要性を検証するため、森・川・海をつないでいるわかりやすい環境要素を取り上げ、各生態系の相互作用について具体的な検証を行うために必要な研究を検討することを目的とした。また、森川海を総合的に捉えた管理の実現には、関係するさまざまな主体が連携することが必要といわれているが、連携による具体的なメリットおよび連携のための要件を明らかにするための研究手法を検討し、今後の管理手法の確立に資することを目的とした。

1-2 研究内容

本年度の研究項目は以下のとおりである。

(1) 関連研究のサーベイ

ある流域圏を軸として、森川海の一連の生態系のつながりを把握するために適切な指標や調査手法を検討するため、先行研究をサーベイした。海域・流域圏の一体的な管理を実施するには、関係主体のネットワーク化が必要だといわれているが、その必要性について具体的な検証を行った先行研究についてサーベイした。

(2) パイロット研究

(1)による関連研究サーベイの結果、森川海の一連の生態系のつながりを把握するための調査対象として、河口生態系およびフルボ酸を取り上げることとした。また、これら

を指標とした調査研究の可能性などをさらに詳しく検討するため、表 1-1-1 に挙げる 1 および 2 のパイロット研究を実施した。

海域・流域圏の一体的管理のための関係主体のネットワーク化については、具体的な検証を行った先行研究がほとんど見られなかった。本研究では、海域と流域圏との一体的な管理を実施するにあたって、どのような関係主体が存在するか、また、それら関係主体が連携することで具体的にどのような効果が望めるのかなどについて先行事例から分析し、今後の研究課題として検討することとした。したがって、ここではパイロット研究として表 1-1-1 に示した 3 について実施した。

表 1-1-1 パイロット研究のテーマおよび実施者

Index	テーマ	実施者
1	河口域生態系を例とした海域と流域圏のつながりに関する研究	河野 博（東京海洋大学海洋環境学科 海洋生物学講座 教授）
2	フルボ酸を例とした森と海のつながりに関する研究	矢沢 勇樹（千葉工業大学 生命環境科学科 助教）
3	大畑川流域を事例とした流域圏と海域の一体的管理に向けた地域活動に関する調査	角本 孝夫（サステイナブルコミュニティ研究所 理事長）

（3）今後の研究課題の検討

（1）および（2）の結果をもとに、今後の研究課題および研究の必要性について検討した。

1-3 研究体制

本研究の実施に当たっては、森川海の一体的管理に関わる活動家や関連する学術分野の専門家等の有識者による検討会を開催し、研究の方向性について助言を受けながら行うこととした。検討会は自然科学の研究者による「森川海空の相互作用の検証」検討会、管理活動の実践者による「関係主体のネットワーク化の研究」検討会をそれぞれ組織し、最後に合同検討会を開催した。検討会のメンバーおよび実施担当者、検討会の開催状況は以下の通りである。

(1) 検討会メンバー（五十音順）

テーマⅠ：「森川海空の相互作用の検証」検討会

- 河野 博（東京海洋大学海洋環境学科 海洋生物学講座 教授）
多紀 保彦（財団法人自然環境研究センター 理事長）
寺島 紘士（海洋政策研究財団 常務理事）
福島 朋彦（東京大学海洋アライアンス 特任准教授）
松島 昇（財団法人自然環境研究センター 調査役研究主幹）
矢沢 勇樹（千葉工業大学生命環境科学科 助教）
山下 洋（京都大学フィールド科学教育研究センター 舞鶴水産実験所 教授）

テーマⅡ：「関係主体のネットワーク化の研究」検討会

- 角本 孝夫（サステイナブルコミュニティ研究所 理事長）
河西 悦子（桂川・相模川流域協議会 代表幹事）
新谷 恭子（北海道漁協女性部連絡協議会 会長）
清野 聡子（東京大学大学院総合文化研究科 広域システム科学系 助教）
竹村 公太郎（財団法人リバーフロント整備センター 理事長）
寺島 紘士（海洋政策研究財団 常務理事）
松田 治（広島大学 名誉教授）

(2) 海洋政策研究財団 実施担当者

- 日野 明日香（海洋政策研究財団 政策研究グループ 研究員）
小牧 加奈絵（同 上）
櫻井 一宏（同 上）
鈴木 理映子（同 上）
段 烽 軍（同 上）

(3) 検討会実施概要

① 森川海空の相互作用の研究（テーマⅠ） 第1回検討会

日時：平成20年6月12日（木）15:00～17:00

出席者（敬称略）：

河野博，多紀保彦，寺島紘士，福島朋彦，松島昇，山下洋，事務局

検討項目：

- a. 本年度の実施計画案について
- b. 森川海空の相互作用の検証方法について

② 関係主体のネットワーク化の研究（テーマⅡ） 第1回検討会

日時：平成20年10月16日（木）10:00～11:30

出席者（敬称略）：

角本孝夫，河西悦子，清野聡子，竹村公太郎，寺島紘士，事務局

検討項目：

- a. 本年度の実施計画案について
- b. 海域と流域圏の一体的な管理に向けた活動主体のネットワーク化に関する調査枠組みについて

③ 合同検討会

日時：平成21年2月27日（金）13:30～15:30

出席者（敬称略）：

角本孝夫，河西悦子，河野博，新谷恭子，清野聡子，多紀保彦，寺島紘士，
福島朋彦，松島昇，松田治，矢沢勇樹，山下洋，事務局

検討項目：

- a. 活動主体のネットワーク化に関する本年度の研究結果について（研究報告）
- b. 森川海空の相互作用に関する本年度の研究結果について（研究報告）
- c. 海域と流域圏の一体的な管理手法に関する研究の今後の課題

第2章 関連研究のサーベイ

2-1 海域と流域圏のつながりに関するサーベイ

海域と流域圏のつながりに関する国内外研究状況について、文献調査とヒアリングを中心にサーベイを実施した。以下は、学術研究、調査研究プロジェクトと海外動向に分けて、サーベイの結果をまとめる。

(1) 学術研究

水文・水資源学会は、水の循環に関わる諸問題を総合的に取り扱うため、地球物理学、気象学、地質学、地理学、土木工学、農業工学、林学、砂防工学、衛生工学、人文科学など、従来の各学問分野を縦糸としながら、横断的な研究組織の創設を目的としている。その趣旨は、分野横断的な自然界の相互作用の研究及びネットワーク作りを目標とする「海域と流域圏の一体的管理方法の調査研究」の趣旨と合致している。特に、本調査研究では、「水循環」は大きなキーとなると考えられるため、水文・水資源学会誌に掲載されている論文・発表をレビューした。

水循環の視点からみると、森林に洪水緩和機能との大きな役割がある。大規模開発や人工林の荒廃による植生変化が河川水量にもたらす悪影響が懸念されており、現在までに森林伐採によって森林からの水の流出量は増加することが定性的には知られている。そのため、流出量と降水量の定量的な解析（前橋工科大工学部，2005）、植生の違いによって洪水がどう変わるかの調査（東京大学農学生命科学，2006）、富栄養化の原因となる窒素が洪水によってどの程度森林から流出するのかの調査（森林総合研究所，2006）などといった現状把握やメカニズム解明を目的とした研究は多く行われた。また、富栄養化現象のある河川と湖沼において、水質モデル・物質循環モデルを構築し、影響要素解析や水質改善策検討などの研究例も多数（(株)福田水門センター・(独)北海道開発土木研（2004）、滋賀県琵琶湖環境科学研究センター（2007）など）がある。さらに、閉鎖性内湾において、河川から汚濁物質の流入の調査及びそれが湾内環境への影響の調査などに関して研究されている（日大理工地球水資源評価研（2007a）、日大理工地球水資源評価研（2007b））。

これらの研究は、河川流量、森林からの流出量、栄養塩、無機イオン、汚濁物質などといった物理化学量をパラメータとしたものが多く、生物（森林・植物を除く）に着目した研究は少ない。そうではあるが、これらの物理化学量は生態系の土台となる部分であり、これらの状態を把握することはまず必要である。その上で、例えば「栄養塩に急激な変化がある場所で生態系に異常があるかないか？」、などといった視点で調査するに臨むと、生物との相互作用も発見・関連づけやすいだろう。また、GIS やリモートセンシングデータ解析、シミュレーションモデル構築などの手法を用いている研究も多い。広域を扱うた

め、これらの手法を積極的に取り入れることも検討する必要がある。

(2) 調査研究プロジェクト

平成 15 年度に水産庁漁港漁場整備部，林野庁森林整備部，国土交通省河川局により行われた国土総合開発事業調整費事業「森・川・海をつなぐりを重視した豊かな漁場海域環境創出方策検討調査」報告書をレビューした。

① 目的

公共事業やNPO，漁業者による環境活動を実施するにあたり，森・川・海をつなぐりを重視して連携する方策について検討し，これらの視点から，漁場海域の健全な生態系の維持・構築のための基本方針を策定することである。

② 実施内容

a. 森・川・海をつなぐりに関する知見の整理

既往文献調査，研究者への聞き取り調査，植樹活動を行っている漁業関係者団体へのアンケート調査，委員会の設置などが行われた。聞き取り調査の質問は，下記の通りである。

- ・良好な漁場海域環境を形成・維持する上で重要と考えられる森林・河川・海域等における主な作用やメカニズム
- ・森林・河川・海域の役割等に関する課題やその解決策
- ・森・川・海をつなぐりを重視した連携方策等に関する特徴的・先進的な取り組み事例
- ・森・川・海をつなぐりを重視した連携方策を今後検討・展開していくにあたって必要となる重点的な調査・研究分野
- ・森・川・海をつなぐりを重視した連携方策を今後検討・展開していくにあたって，特に留意すべき事項
- ・その他，森・川・海をつなぐりに関連した意見・考え

b. 森・川・海のあるべき姿の検討

整理した知見・考えを「森・川・海をとおした視点」でとりまとめ，森・川・海の役割，機能，つながりにおける論点について，明らかな点，不明な点を整理した。

c. モデル地域における現地調査

モデル地域（宮古湾，大槌湾とその流域）を抽出し，その状況についてとりまとめ，現地調査（水質，底質，森林・土壌調査，底生動物調査，付着藻類調査，藻場等目視観

察結果，AGP試験）を実施し，結果をとりまとめた。

d. 総合考察

検討した論点について，現地調査から得たデータを用いて総合的に考察し，また，今後の検討課題について整理した。

e. 今後の事業展開に向けた検討

森・川・海のつながりの機能を発揮させるための，モデル地域での今後の整備の方向性と具体的な公共施設整備事業や取り組み等を検討した。

③ 知見の整理について

報告書では，まず，森林（51文献），河川（30文献），海域（48文献）ごとに文献調査を実施し，知見の整理を行った。各分野に共通して取り上げられ整理されているのは，栄養塩や生物などの物質循環に関する知見である。特に海域では，河川からの栄養塩流入による影響について詳しく説明している。文献調査から得られた知見を，「栄養塩・成分」，「流量」，「土砂」，「生物」という4つのキーワードごとに，「森川海のつながり」として再整理している。

しかしながら，文献調査からは，森・川・海のつながりを示唆する研究成果は見いだされるものの，森・川・海全体を通じた視点からの研究成果及び研究者は少ない，と判断された。そのため，各分野の研究者から，森・川・海のつながりに関する聞き取り調査を行った，としている。この聞き取りでは，「流域全体を通しての状況把握が重要である」や，「森川海のプラスの作用面ばかりをみるのではなく，マイナス面もみるべきである」といった，「研究者ならではの」意見が多く収集されている。

最後に自治体や漁業者に対して，アンケート調査を実施し，61自治体・団体から回答を得，活動場所や活動内容，活動における問題点，森川海のつながりに関しての意見などを整理している。

こうして得られたすべての知見を，「栄養塩・成分」，「流量」，「土砂」，「生物」という4つのキーワードごとに，「森川海のつながり」として再整理している。

④ 論点について

整理した知見を参考に，検討すべき論点をまとめている。

- a. 森林・河川から供給された栄養塩類は，海域の生産に寄与しているか？
- b. 森林・河川から供給された微量元素類は，海域の生産に寄与しているか？
- c. 森林・河川から供給された有機物は，海域の生産に寄与しているか？
- d. 森林・河川から流出する水量が安定することは，健全な海域生態系の維持に寄与して

いるか？

- e. 森林による土砂流出防止機能は、濁りの発生を抑制し、健全な海域生態系の維持に寄与しているか？ また、流域からの土砂の適度な供給は健全な海域生態系の維持に寄与しているか？
- f. 森林・河川生態系が適切に維持されることは、海域の生産に寄与しているか？
- g. 動植物の存在や水産資源の収穫は、海域の生産に寄与しているか？

報告書では、「良好で豊かな漁場海域環境」を、漁業にプラスとなる海域の生産が維持されていること、又は、漁業にプラスとなる海域生物群集が健全に維持されていること、と定義している。従って、上記の論点についても海域の生産への寄与に関することに絞られているようである。

⑤ 現地調査について

良好で豊かな漁場海域環境に寄与し、指標となる森・川・海それぞれの生物に着目し、これに関連する化学的・物理的要素を対象として、モデル地域における調査を実施している。得られた調査結果から、「森・川・海のあるべき姿」と「そのつながりを評価する項目」に関して、評価を行っている。

モデル地域の選定については、漁場の良好さや豊かさの指標となる水産動植物の生息・生育状況について比較・評価ができること、そして、森林・河川と漁場海域とが密接な関係にあること、の理由から、カキの生産地である三陸沿岸域の宮古湾・大槌湾とその流域が選ばれた。

調査時期は、生物生産が多く、落葉前の晩夏（9-10月）と、生物生産が少なく、落葉後の初冬（12月）に設定された。

調査項目には、森林・河川・海域における水質調査、河川・海域における底質調査、森林における土壌調査、森林・河川における底生動物調査・付着藻類調査、海域における藻場等の目視確認調査、及び採水サンプルのAGP試験などがある。調査結果は、項目ごとに図や表にまとめられている。

⑥ 総合考察と今後の検討について

検討すべき論点について、調査結果から回答を導いている。例えば、栄養塩については、河川から河口域に供給された栄養塩類が海域の生産に寄与しており、特に河口域の存在が海域の生産に重要な役割を果たしていると、推測している。

また、今後の調査・行動については、以下の5点を指摘している。

- a. 森・川・海のつながりに係る調査の充実
- b. 森・川・海のつながりを意識した長期的視点に立った取り組みの展開

- c. 森・川・海のつながりに係る知見等の情報の共有化
- d. 森・川・海の手がかりに係る調査・解析手法の検討・確立
- e. 森林域・河川域・海域の「接点」の健全化

⑦ レビューのまとめ

「良好で豊かな漁場を得るためにはどのような森・川・海が環境が良いか」という視点から、既往研究の整理を行い、モデル海域にて気象・水質・植生・土壌・生物など多項目にわたる詳しい調査を実施し、まとめている。徹底したレビューや聞き取り調査及びあらゆる環境要因を考慮している点などは評価でき、海域と流域圏の一体的管理の調査研究の参考になる。ただし、総合考察における森川海の手がかりに関する結論は、一般的な知見の焼き直しという感が否めない。言い換えれば、このような総合的な調査・研究の難しさを示しているかもしれない。

(3) 海外動向

カリフォルニア海岸・砂場保護協会 (The California Shore and Beach Preservation Association (CSBPA)), カリフォルニア沿岸連合 (the California Coastal Coalition (CalCoast)), 南カリフォルニア湿地再生プロジェクト (the Southern California Wetlands Recovery Project) と湿地科学者学会 (the Society of Wetland Scientists) の共催で、2003 年に Headwaters to Ocean (H2O) Conference が発足した。大会当初から打ち出した主題が「川、湿地と海岸線を統一の都市環境に総合する」(Integrating Rivers, Wetlands, and Coastlines in an Urban Environment) である。その趣旨により、幅広く沿岸域の諸課題をカバーし、政府機関、大学、研究機関、民間企業、NPO などの各セクターからの参加者が意見交換、議論のプラットフォームとなっている。発足の 2003 年に続き、2004、2005 と 2007 年に計四回の大会が開催された。それぞれの大会には、80、103、92 と 63 件の発表が集まり、8 つのセッションに分けて議論が行われた。以下に、幾つ代表的な研究発表例を紹介する。

① Development of Nutrient Numeric Endpoints¹

河口域の富栄養化状態を評価する数値指標についての研究で、カリフォルニアにおける栄養塩基準開発の歴史を踏まえて、既存問題点を指摘し、生物反応変数の候補をリストアップしてから、河口域を分類してそれぞれの実施可能性について検討した。

② Food Web Impacts by Blooming Macroalgae in a Southern California Estuary²

¹ K. McLaughlin et al, Development of Nutrient Numeric Endpoints,
http://www.websurfer.us/coastal/h20_2008/2007_presentations.php

鳥類の観測から、河口域の藻類大増殖（赤潮）が食物連鎖への影響を分析した。

③ Tracking the Efficiency of Native Plants for Use in Bioswales at Manzanita Village – UCSB³

ラグーンに栄養塩流出を防ぐための地元植物の役割に関する実験研究である。結果として、役割を証明されたが、植物種に関する更なる研究が期待されている。

2-2 海域と流域圏の一体的管理に向けた活動に関する研究サーベイ

海域と流域圏の一体的管理に向けた活動に関する国内の研究状況について、ヒアリング調査および文献調査を実施した。以下にその結果概要をまとめる。

(1) ヒアリング調査結果

海域と流域圏のつながりを意識した活動には、北海道漁連女性部によるお魚殖やす植林運動や宮城県の牡蠣の森を慕う会による広葉樹の植樹活動など全国的に有名な事例もいくつか存在する。しかし、活動の新規性やその効果などが情緒的に紹介されることが多く、活動を進めるにあたっての制度的障害やその調整手法、関係主体のネットワーク化といった視点からの体系的な調査研究はまだみられない。

流域圏に関しては、桂川・相模川流域協議会や矢作川流域委員会をはじめ、ようやく多様な活動主体がネットワークを形成してきたところである。この流域協議会に類する団体は、近年全国各地で組織されるようになってきているが、沿岸域までカバーするような規模までは組織化されていないのが現状である。

海域と流域圏の一体的管理に向けた活動が政策に結びついたものとしては、青森県大畑川の取り組みが「森県ふるさとの森と川と海の保全及び創造に関する条例」の策定につながった事例がある。本事例はすでに多くの報告書に取り上げられているが、事例研究の多くは、サクセスストーリーのみに光が当てられることが多く、具体的な政策課題を検討する際に必要な情報を詳しく整理しているものは少ない。

大畑川流域の活動は、森川海はつながっているという情緒的な議論からはじまったのではなく、地域の暮らしを成り立たせるためには、課題に個別に取り組んでも何も解決でき

² L. Green and P. Fong, Food Web Impacts by Blooming Macroalgae in a Southern California Estuary, http://www.websurfer.us/coastal/h20_2008/2007_presentations.php

³ M. Gomez and W. R. Ferren, Tracking the Efficiency of Native Plants for Use in Bioswales at Manzanita Village – UCSB, http://www.websurfer.us/coastal/h20_2008/2003_presentations.php

ないという実感から始まったものだった。個別事例においてどのように連携を構築していたのか、連携に際してどのように組織的、制度的障害を解決していったのか、そこにどんなコンフリクトがあったのか、その過程を整理することは非常に重要である。しかし、そのような研究はまだほとんど行われていない。

農林水産省生物多様性戦略（2007年7月）では、「里海・海洋の保全」と「森・川・海を通じた生物多様性保全の推進」が取り上げられるなど、森・川・海の一体的な管理に向けた施策作りの機運は非常に高まっている。今後の取り組みが必要である。

ヒアリング対象者

- 角本 孝夫 （サステイナブルコミュニティ研究所 理事長）
- 河西 悦子 （桂川・相模川流域協議会 代表幹事）
- 新谷 恭子 （北海道漁協女性部連絡協議会 会長）
- 清野 聡子 （東京大学大学院総合文化研究科 広域システム科学系 助教）
- 竹村 公太郎（財団法人リバーフロント整備センター 理事長）
- 松田 治 （広島大学 名誉教授）

（2）文献調査

森川海のつながりに関し、その一体的な管理のあり方まで視野に入れた研究としては、京都大学フィールド科学教育研究センター（2007）や、宇野木早苗ら（2008）など、近年になってその成果が出版されている。宇野木早苗ら（2008）の最終章「海域を考慮した河川の管理」では河川管理の視点に海域環境への影響を組み込む必要性が指摘され、そのためには下流（海）側からの要求・要望を取り入れられるような「流域委員会」の立ち上げや、その体制作りが重要な課題であり、その構成委員には海洋生態系に詳しい有識者のほか、行政、一般住民、漁業者などが入る必要があることが述べられている。しかし、効果的なネットワークの規模や構築手法、推進に向けて必要となる制度的支援等については今後の研究課題とされている。

また、個別の取り組み事例に関してその経緯や取り組み成果など概要を紹介した文献は多く見られるものの、本研究の目的である海域と流域圏の一体的管理に向けた関係主体のネットワーク化を分析の中心にすえた研究や文献は見つけることができなかった。

なお海域を含まない流域に関しては、そのガバナンスのあり方に関する研究が最近始められており、例えば流域政策研究フォーラムなどが活動を行っている（滋賀大学、2007）。

第3章 パイロット研究

3-1 これまでの森川海の研究の概要⁴

(1) 森と海とのつながりの歴史と複雑さ

① 北海道のニシン漁

北海道の初期経済の基盤を形成したともいわれるニシン漁は、1897年に最大漁獲である97万トン記録した後、1950年代の末には日本の沿岸からは姿を消した(田中, 2002)。今では、その盛業ぶりは小樽市総合博物館(運河館)や鯨御殿、旧青山別邸などによって窺い知ることができるのみである。

ニシン漁の19世紀後半から20世紀初めにかけての盛衰は、北海道の森林伐採面積と相関しているという(田中, 2007)。ニシンを原料とした魚油や魚粕の製造には多量の薪炭が必要で、そのため、1870年代の後半の北海道南部の森林はすべて禿山に近い状態であったという(『北海道山林史』:柴田・竹内(2007)より引用)。しかも、森林開発は水運に頼っていたため、まずは沿岸の、次いで河川沿いの、さらに奥地の森林が伐採されていった。

これらのことから、ニシン漁の減衰は、魚付き林(=魚介類の成育、水産資源の涵養に役立つ水辺の森林)のことで、最近では森と海をつなぐ活動のシンボルとしても見直され、植林などの市民活動にもつながっている:京都大学フィールド科学教育研究センター(編)・山下 洋(監修)(2007)を一部改変)の減少によると考えられている。

② 1980年代以降の運動

こうした魚付き林と漁獲との関係は、1950年代から60年代の高度経済成長期と公害の時期を経て、1980年代以降の自然の保全や保護といった議論から環境保全といった意識の広がりとともに、再び注目されてきた。

こうした運動のシンボリック的存在であったのが、「森は海の恋人運動」である。これは、岩手県の気仙沼湾の湾奥に流入する大川の源流である室根山に木を植えようという漁民の運動である(畠山, 2000)。きっかけは、1965年から1975年に気仙沼湾の奥で発生した赤潮によってカキの養殖が大打撃を受けたことで、その対策として植林を行おうというものである。この運動の背景には、海域の植物プランクトンの増殖のためには、流入する河川水に、上流域の森林の腐葉土を透過することによって抽出されるフルボ酸鉄が含まれていることが必要である(松永, 1993)という理論的な背景があるという(畠山, 2007)。

その他の運動として、北海道漁協婦人部連絡協議会による創立30周年記念事業として山に木を植えようという「お魚を殖やす植樹運動」がある(柳沼, 1999)。さらに、長崎(1998)

⁴ 本稿は東京海洋大学河野博教授の原稿による。

はマイワシの豊かさをもたらしていることの要因として、主要な産卵場である薩南海域に影響を与える屋久島の存在を指摘している。

③ 森と川の関係の重要性とその解明の困難さ

宇野木ら（2008）が指摘しているように、川は、海の環境形成と海洋生産にとってきわめて重要な存在であり、限りない自然の恵みを生み出す源泉となっているにも関わらず、川と海との関係についてのわれわれの理解は乏しい。

上で述べたような、最近の森と川を巡るいろいろな活動についても、森と川が海域の好漁場を作り出しているのではないかと考えられるが、その因果関係は明らかではない（佐々木，2008a），あるいはそんなに単純ではない（向井，2007）などといった意見も多い。むしろ、畠山氏の活動は、ただ山に木を植えるだけではなく、山地に住む人々、とくに児童たちに、海と山とが密接につながっていて、山の変化が海にまでおよぶことを、身をもって体験してもらい、その意識を変えたことにあるという評価（白山，2007）が妥当であろう。

したがって、山下（2007）が述べているように、森から川までのつながりに関する研究は始まったばかりであり、また佐々木（2008a）が指摘しているように、山に木を植える妥当性の検証を研究者は求められているのである。森林と沿岸生態系の関係についてはさまざまなプロセスがあり、これに影響する要因も非常に多いため、ある一つの条件に対して生態系がとる反応にもいろいろなバリエーションがある。そういう意味では、森と海の間を簡単に一般化することは不可能に近いのかもしれない（向井，2002）。

④ 最近の森と海をむすびつける研究の方向性

こうした背景を反映するように、2000年に入ってから森と海とを結びつける研究の重要性が認識されるようになり、シンポジウムなどが開催されている。例えば、

- 沿岸生態系に森林の改変はどのような影響をあたえるのだろうか？を問う森と海の相互作用に関するシンポジウム（向井，2002），
- 田中（2008）が提唱する「森里海連環学」を具現化するために、森から海までのつながりやそれを構成する生態系に関して、現在の知見をまとめ森里海連環学創生の基礎をつくることを目的の著書（京都大学フィールド科学教育研究センター（編）・山下洋（監修），2007），
- 森から海までのつながりを科学的に解明する第一歩として、陸域が沿岸域の生物生産に与える影響について知見を整理し、新しい研究の方向性を探ることを目的としたシンポジウム（山下・田中（編），2008），
- 川と海を含む流域圏全体を総合的にとらえて理解し、管理するために、現在われわれ

が科学的にどの程度理解しているのかを明確にしようとして編まれた著書(宇野木ら(編), 2008)

などがあげられる。

さらに、流域のさまざまな構成要素がもつ安定同位体比を体系的に調べることで、流域環境の評価を行おうという新アプローチを提案する著書(永田・宮島, 2008)もある。この背景には、これまで流域環境管理の現場で有効に活用されてきた全リンや全窒素, BOD, COD, あるいは生物指標などといった手法が、新しい状況への対応や複雑な流域システムの把握といった面でやや手詰まりとなったということがある。

安定同位体比分析は、水圏生物の生態や陸域と水圏をまたがるエネルギーの流れを知るための強力なツールであるということで、これをスコープにして海洋生物の生態を覗く試みをしているのが富永・高井の編集によるシンポジウムの成果である(富永・高井(編), 2008)。

また、森と川あるいは沿岸域に限らないが、群集生態学と生態系生態学との統合的な発展に対する今後の課題と展望について議論するための著書(大串ら(編), 2008)も最近出版された。この背景には、これまで生態系生態学と群集生態学とは、密接な関連があるにもかかわらず、異なる方法論や理論に基づいて発展してきたことがある。しかし最近、とくに1990年代以降の研究によって、生態系の間での物質や生物の移動といった相互作用が、群集や生態系の動態に大きな影響をもつことなどが明らかになってきた。とくに沿岸生態系に関するものとしては、ここでは、陸域と水域の生態系をつなぐエネルギーや栄養塩の交換がおよぼす影響(岩田, 2008)と、気候変動にともなう沿岸生態系の変化(仲岡, 2008)が取り上げられている。

(2) 森と川の生態系, および海から森への循環

① 森林の機能

森林生態系は樹木や動物、微生物などの生物と土壌や水、大気などの非生物とからなる複雑系で、これらの中で物質が循環している(徳地, 2008)。こうした森林が荒廃すると、森林生態系の内部だけではなく、他の生態系、とくに森林内の河川や地下水を通して、河口域へと影響を及ぼしてしまう。

森林とその中の溪流に生息する魚類には、かなり直線的な関係がある(例えば、井上(1998)では、北海道や北アメリカでの森林と魚類の関係を紹介している)。すなわち、森林の荒廃が始まると、まず水温の上昇が生じる。水温が上昇すると、一次生産が活発になることで餌となる生物が増えるが、この場合には魚類資源は増大する。しかし森林の荒廃は、同時に生息場所の質の低下を招き、これが魚類資源の減少を促進する。森林内の溪流に生息する魚類の資源は、このような外部からの影響に対して、増減という形で反応を示している。

② 森林と河川

森林が存在することによって森林生態系の系外へ与える影響としては、1) 土砂の流出防止、あるいは適度な土砂の流出、2) 栄養塩や有機物、倒流木の供給を調整する機能、3) 健全な河畔林があることによる、水温の変動を抑える機能、4) 緑のダムとも呼ばれる健全な森林のもつ水源涵養力による流量の安定化などが考えられる(向井, 2008)。したがって、森林が荒廃すると、川が濁ったり、洪水が起きやすくなったりすることはよく知られている(向井, 2002)。

河川水の総量は $2 \times 10^3 \text{ km}^3$ で、地球上の海水や氷河、地下水などをふくめた水の総量($139 \text{ 万} \times 10^3 \text{ km}^3$)の0.00014%でしかない(近藤, 1994; 沖, 2007)(表 3-1-1)。このような、地球全体からみれば微量ともいえる河川水は、「循環が速い」という特徴のために、地球上の物質循環や生態系にとって重要なものとなっている(宇野木, 2008)。

表 3-1-1 地球表面の水の存在量と比率(宇野木(2008)より引用)

	沖(2007)		近藤(1994)
	10^3 km^3	%	%
海水	1,338,000	96.5	97.1
氷河と積雪	24,064	1.74	2.2
永久凍土	300	0.022	-
湖	176	0.013	-
湿地	11	0.0008	-
土壤水分	17	0.0012	0.002
地下水	23,400	1.69	0.7
河川	2	0.00014	-
生物中の水	1	0.00007	-
水蒸気量、海上	10	0.0007	} 0.001
水蒸気量、陸上	3	0.0002	
計	1,385,984	100.0	100.0

③ 森林内での陸域から水域への有機物の移動(研究例)

ここでは、陸域としての森林内河畔林と水域としての渓流域における有機物の移動経路の研究事例として、北海道中部の日本海に注ぐ濃昼川におけるサクラマスとその餌料生物の解析結果を示す(下田ら, 2004; 長坂ら, 2008)。サクラマスの胃内容物と餌料生物の同化率、餌資源としての河川性藻類と陸上植物の安定同位体比から各々の利用率などを調べ、食物網上における陸上植物起源の有機物とサクラマス幼魚の量的なつながりを明らかにすることが目的である。

その結果、サクラマスの総同化量のうち、42.2%から78.1%は陸上植物の生産した有機物に由来することが明らかになった。夏から冬にかけては主にヨコエビ類を摂食していた

が、河川性のヨコエビは河床に堆積した陸上植物の葉や河床の藻類を食べていた。この時期には生葉が落葉する季節で、サクラマスは餌資源に占める陸上植物の寄与率を高めたと考えられる。一方、冬には、ヨコエビ類は河川性藻類をよく利用していたため、サクラマスの陸起源餌資源の割合は減少した。サクラマスにとって、ヨコエビ類に次いで、ヒラタカゲロウ科の幼虫が重要な水生餌生物であった。春には、総同化量の割合が66.9%であったが、これはサクラマスがヒラタカゲロウ科の幼生のような陸生の無脊椎動物を直接捕食することによって取り込まれたもので、陸上植物由来の有機物を効率よく同化していると考えられた。

これまで、森林生態系の中でも、河川生態系と陸上生態系との間では物質の供給などがあると考えられていた。とくにサケ科魚類は渓流域の魚類ということで、餌資源の一部は陸上生態系の有機物に由来するとみられていたが、実際にどの程度が陸上由来なのかは不明であった。それを、この研究では定量的に示したという点で、評価されるものである。

④ 海から森への循環

海洋生態系から森林生態系への物質循環については、帰山（2005）が栄養段階別に詳しい総説を発表している。また、帰山・南川（2008）によると、知床半島のルシャ川での安定同位体比を利用した研究では、人工工作物の存在によって、河川生態系の構造と機能が不完全となり、サケ科魚類による物質循環がうまくいっていないという。

一方、海域から陸域への鳥類を介した物質の循環も、ハシボソガラスやアオサギ、カワウなどによって調査され、餌生物や鳥自身の死体、排出物などによって森林生態系に与える影響の一端が明らかにされている（堀ら、2002；亀田ら、2002；上野ら、2002）。

（3）河口域を中心とした最近の研究の概要

① 河口域の重要性と河口域生態系の特性

a. 河口域の価値

河口域は、陸水と海水が混合するために物理的・化学的な環境の変動が激しいため、生息する生物が限られるという意味では生物多様性の低い水域である（マクラスキー、1999）（図3-1-1）。しかしその一方で、河口域の生産性は高い。Costanza et al. (1997) は、いろいろな生態系の総合的な経済的価値を比較した結果、単位面積当たりで最も価値が高いのは河口域であると評価した（表3-1-2）。

b. 河口域生態系の複雑さ

河口域生態系の高い生産性を支えているのは、1) その内部で複雑な物質循環の構造がなりたっているだけでなく、2) その物質循環に大きな影響を及ぼす系外からの物質が流入するからである。

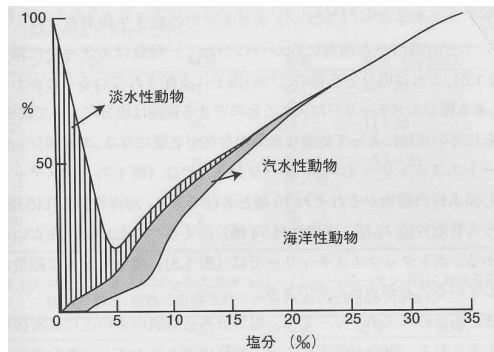


図 3-1-1 汽水性動物を海洋性動物として、本来の生息地での種の多様性を 100%とし、出現割合を塩分との関係で示した図（マクラスキー（1999）より引用）

1) については、一般的に、一次生産者（植物プランクトン）の生産力を 100 とすると、二次生産者（動物プランクトンや貝類）が 10、消費者（魚類など）が 1 で、次のような物質循環が認められる（佐々木，2008b）：まず、窒素やリンが植物プランクトンの大量発生を促すが、ここでは餌資源が増大するということで、浮魚類の資源量も増加する。しかし、やがて過度な植物プランクトンの増殖は大量斃死と赤潮といった現象を引き起こし、浮魚類の餌も不足する。また、斃死した植物プランクトンは沈降し、海底で分解される。この時に酸素が消費され、貧酸素水塊が生じることで、底魚類や貝類が影響を受ける。

さらに河口域生態内では、植物プランクトンや底生微細藻類によって自生性（あるいは現地性）の有機物が生成されることで、さらに複雑な生態系内の物質循環構造がなりたっている。

一方、2) の陸域から沿岸域に注ぐ河川の運んでくる他生性（あるいは異地性）物質は、具体的には淡水そのものや有機物、栄養物質、土砂などである。流入する淡水や土砂などは、河口沿岸域の干潟や砂浜海岸、浅瀬等を形成したり、河川プリュームとエスチュアリープリューム、さらにエスチュアリー循環を生じさせたりすることで、河口域の物理・化学的な構造に複雑な影響を与えている（図 3-1-2）。

有機物や栄養物質は、河口域の高い生産性に影響し、笠井（2008a）は河川から流入してくる有機物は生物の餌に、栄養物質は一次生産の増大に直接的につながるとしている。しかし、陸上有機物については、ヤマトシジミなどの一部の生物が直接的に利用しているという報告（Kasai and Nakata, 2005；Kasai et al., 2006；Sakamoto et al., 2007）もあるが、動物の餌資源としては不適格（Yokoyama et al., 2005）あるいは消費者の有機物供給源としては貢献度が小さい（Schlacher and Wooldridge, 1996；Riera et al., 1999；Bouillon et al., 2000；富永・牧田，2008）という報告もある。

表 3-1-2 生態系サービスの評価 (Costanza et al. (1997)より引用)

Table 2. Summary of average global value of annual ecosystem services

Ecosystem services (1991-2000 \$ yr ⁻¹)	Ecosystem services (1991-2000 \$ yr ⁻¹)																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Area (10 ⁶ km ²)	Climate regulation	Disasters regulation	Water regulation	Water purification	Water regulation	Water purification	Water regulation	Water purification	Water regulation	Water purification	Water regulation	Water purification	Water regulation	Water purification	Water regulation	Water purification	Water regulation	
36,302	38	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	
Open ocean	33,200	38	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	
Coastal	3,102	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	
Estuaries and lagoons	160	507	507	507	507	507	507	507	507	507	507	507	507	507	507	507	507	
Coastal wetlands	62	2,750	2,750	2,750	2,750	2,750	2,750	2,750	2,750	2,750	2,750	2,750	2,750	2,750	2,750	2,750	2,750	
Shelf	2,660	1,431	1,431	1,431	1,431	1,431	1,431	1,431	1,431	1,431	1,431	1,431	1,431	1,431	1,431	1,431	1,431	
Terrestrial	15,323																	
Forest	4,055	141	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Tropical	1,000	223	5	6	8	245	10	322	87									
Temperate/boreal	2,955	88	0	0	0	0	0	0	0									
Grasslands	3,088	7	0	3	29	1	87	25	23									
Wetlands	330	133	4,529	15	3,000		4,177	304	259	106	514	681	14,025	4,019				
Total (mean)/range	165	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029	
Swamps/floodplains	165	295	7,240	30	7,600		1,659	439	47	49	481	1,391	10,580	3,221				
Lakes/reservoirs	200			5,495	2,177		605											
Desert	1,025																	
Tundra	763																	
Ice/snow	1,040																	
Cryopland	1,400																	
Urban	332																	
Total	51,625	1,241	884	1,779	1,015	1,682	576	53	11,075	2,277	117	477	124	1,396	721	79	815	3,205

Numbers in this table are in \$ ha⁻¹ yr⁻¹. Row and column indicate the sum of the products of the per ha services in the table and the peak of each biotic, or the sum of the per ha services themselves. Shaded cells indicate services that do not occur or are known to be negligible. Open cells indicate lack of available information.

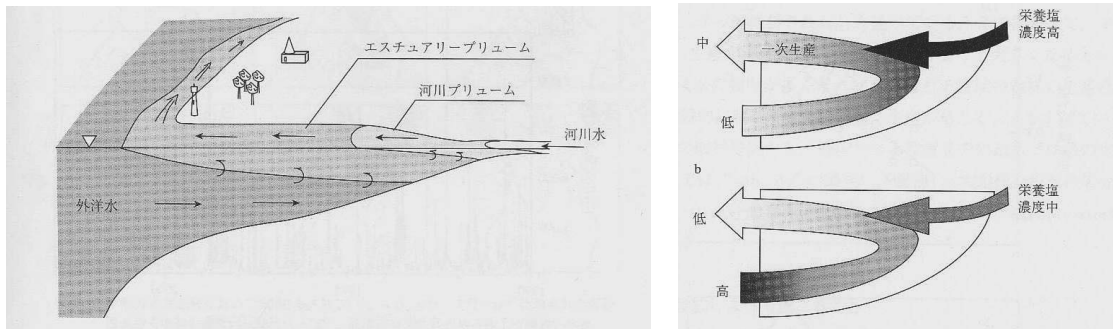


図 3-1-2 河口・沿岸域の流れの模式図 (左: 笠井 (2008a) より) とエスチュアリー循環で想定される二つのケース (右: 山本 (2008b) より)

河川水の流入が海域の水質や生態系に与える栄養として、山本 (2008a) は、次のような直接的および間接的な影響に分けた：直接的—粒状物質と溶存物質が陸域から流入し、凝集作用によってフロックと呼ばれる凝集物が生成されること；間接的—河川水と海水との間で成層が形成されたり、河川水の流出とそれともなう密度効果による下層の海水が上層に引き込まれるエスチュアリー循環が生じたりすること。

このように、河口域の複雑な生態系は、自らの内部での複雑な物質の循環構造だけではなく、自生性や他生性の物質が付加されることで、さらに複雑なものとなっている。

② 河口域生態系を研究するための新しいツール

a. 他生性資源の受け入れ側生態系に与える影響

上で述べたように、他生性（あるいは異地性）の栄養塩や有機物の流入が河口域生態系内の群集構造や物質循環に影響を及ぼし、河口域の生産速度を高めている場合が多い。このような、他生性資源が受け入れ側の生態系の生物群集に与える影響については、ポリス（Polis, GA）の一連の先駆的研究とそれに続く多くの実証研究で明らかになりつつある。岩田（2008）は、これらの研究をまとめ、次の6項目の生態過程を定義した（一部改変：図3-1-3）：

- A) 他生性の無機栄養元素は、生産者の成長速度を高めることで、生食連鎖のエネルギー流を増加させる（上位栄養段階へ伝播する）。
- B) 他生性有機物のうちデトリタスは、腐食連鎖や微生物食物連鎖のエネルギー流を増加させる。
- C) さらに他生性のデトリタスは、分解を経て無機栄養元素を供給する。
- D) 他生性有機物のうち餌生物は、受け入れ側の捕食者に直接利用される。
- E) 他生性餌生物の補給による受け入れ側の捕食者の増加は、一つ下の下位栄養段階に直接的に影響する。
- F) 同じく、他生性餌生物の補給による受け入れ側の捕食者の増加は、二つ以上の下位栄養段階に間接的に影響する。

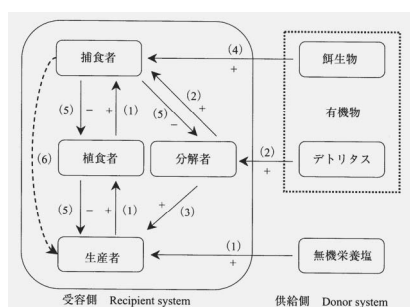


図3-1-3 他生性資源の流入が受け入れ側の生物群集におよぼす影響

（岩田（2008）より引用）

b. 新しいツール（安定同位体比）の必要な理由

このような、他生性資源が受け入れ側生態系に与える影響を明らかにした実証試験の中でも、とくに近年注目を浴びているのが安定同位体分析である。岩田（2008）は、安定同位体分析の普及により、食物網の中での炭素や窒素の起源推定が比較的容易に行うことが

できるようになったことをあげている。富永・高井（2008）も、食物起源まで遡って物質輸送の経路を推定したり、時空間的なつながりをもった胃内容物解析ができるようになったりしたことから、安定同位体分析が陸圏と水圏の間のエネルギーの流れを知るための強力なツールとなったことを強調している。

③ 安定同位体の基本概念

安定同位体の基本的な概念は、和田（2008）や宮島（2008）、高井・富永（2008）、陀安（2008）が紹介している。また、安定同位体を用いた食物網の解析方法やその有効性については奥田（2008）が詳しく紹介している。ここでは、主にこれらの論文に基づいて、とくに炭素と窒素の安定同位体比（ $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ ）について、実際の研究を進める際に使用するような代表的な考えや計測数値等を説明する。

a. 安定同位体とは？

同位体は「同じ元素ではあるが質量数が異なるもの」である。同位体には、放射性崩壊をおこして別の種類の原子になってしまう放射性同位体と、放射性崩壊をおこさないで自然界に一定の割合で存在する安定同位体が存在する。炭素の場合には ^{12}C と ^{13}C が、窒素の場合には ^{14}N と ^{15}N が安定同位体である。

このような複数の異なる安定同位体をもつ元素の場合、それぞれの同位体の原子数の比を安定同位体比という。炭素の場合は $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ という安定同位体比である。元々地球上では ^{12}C と ^{13}C の存在割合がほぼ決まっていて、国際基準物質（炭素がベレムナイト Vienna Pee-Dee Belemnite という化石炭酸塩鉱物、窒素が大気中の窒素ガス）では、 ^{12}C が 98.8944%、 ^{13}C が 1.1056%、 ^{14}N が 99.6337%、 ^{15}N が 0.3663% である。したがって、これらの基準と試料の安定同位体比の変動は 0.001% というように小さい桁で変化するため、一般的には千分率（‰）で表わす。これをデルタ（ δ ）記法といい、ふつう質量数の大きいほうの同位体に δ を付けるため、 $\delta^{13}\text{C}$ あるいは $\delta^{15}\text{N}$ となり、次のように定義される：

$$\delta^{13}\text{C}, \delta^{15}\text{N} = \left\{ \left(R_{\text{sample}} / R_{\text{ref}} - 1 \right) \right\} \times 1000 \text{ (‰)}.$$

ここで、 R_{sample} は測定試料の比率、 R_{ref} は国際基準物質の比率を表わす。

測定試料が重い同位体を基準物質よりも多く含んでいると $\delta^{13}\text{C}$ や $\delta^{15}\text{N}$ は正の値をとる。とくに水圏生物における $\delta^{13}\text{C}$ の場合、重い炭素同位体が少ないために、ふつうは負の値となる。

b. 炭素同位体比

炭素同位体比 $\delta^{13}\text{C}$ は、生態系の一次生産者によって決定される。まず、C3 植物（光合成の炭酸固定経路でカルビン・ベンソン回路だけが働いている植物で、最初の炭酸固定産物が炭素数 3 である：日本動物学会／日本植物学会（編），1998）と C4 植物（光合成の炭

酸固定で最初の産物が炭素数4で、これらのC4酸はふたたび脱炭酸され、遊離した二酸化炭素がカルビン・ベンソン回路によって再固定される)では、C3植物では-30~-25‰の範囲に分布するのに対し、C4植物は-15~-10‰の範囲に分布する。なお、C4植物は被子植物の一部でトウモロコシやサトウキビが含まれ、C3植物は一部の被子植物とすべての裸子植物、シダやコケ類、藻類からなる。

水圏の一次生産者の場合には、光合成回路だけではなく、取り込む無機態炭素や増殖速度などの複雑な要因によって決定されるため解釈が難しいが、一般には次のようにみなされている (Fry and Sherr, 1984) :

- 植物プランクトン -24~-18‰
- 底生微細藻類 -20~-10‰
- 海藻類 -27~-8‰
- 海草類 -15~-3‰

したがって、炭素安定同位体比は基礎生産者で異なり、これら物質の起源の推定に有効である。しかし、とくに河口域などの水圏生態系では、他生性の陸起源物質の流入に注意を払う必要がある。

c. 窒素同位体比と食物網

窒素同位体比は、被食-捕食関係によって上昇するため、栄養段階の指標になる。

一次生産者を起点として、一次捕食者や二次捕食者といった食物網の構造を明らかにするには、被食者と捕食者との同位体比の変化 (栄養段階における濃縮係数: 同位体炭素比であれば $\Delta\delta^{13}\text{C}$ と表記し、 $\Delta\delta^{13}\text{C} = \text{捕食者の } \delta^{13}\text{C} - \text{餌の } \delta^{13}\text{C}$ である) を知る必要がある。その基礎は、すでに1970年代から80年代に行われた研究で、次のように明らかになっている:

- $\Delta\delta^{13}\text{C}$ は、約 0.8‰ (DeNiro and Epstein, 1978)
- $\Delta\delta^{15}\text{N}$ は、約 3.4‰ (Minagawa and Wada, 1984)

これら二つの濃縮係数の大きさの違いから、 $\delta^{13}\text{C}$ は食物網の基盤の指標であり、 $\delta^{15}\text{N}$ は栄養段階の指標といわれる。しかし、実際の濃縮係数については、被食者や捕食者の種類や栄養状態によってかなりの変動が生じることがあるので、注意が必要である。また、濃縮係数の見積もりについては、現在も研究が続けられている (例えば、Vander Zanden and Rasmussen (2001) や Post (2002) など)。

④ 安定同位体に基づく河口域研究の事例

河口域生態系における安定同位体比による物質の起源や食物網の研究は、1980年代に先駆的な研究が和田ら(1984)によって行われた後、1990年代の後半からはいろいろな研究成果が発表され始めた。ここでは、まず栄養段階別の研究事例を列挙し、その次にいくつかの河口域に限定した研究事例を示す。なお、事例研究では安定同位体を中心にした要約だけを示す。また、東京湾に関する研究については、後述するため、ここでは省略した。

a. 栄養段階別の研究事例

a) 堆積物中の有機物

- 和田ら(1984) 大槌湾に流入する鶴住居川水系と大槌湾の堆積物中の $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ を測定した。その結果、堆積物中の陸起源有機物の寄与率は、内湾で55~90%、湾口で $35\pm 5\%$ という値が得られ、内湾に河川によって供給された有機物が多量に沈積していることが明らかとなった。
- Mishima et al. (1999) 大阪湾と淀川の表層堆積物中の $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ を測定した(図3-1-4)。その結果、淀川の河口域から上流では $\delta^{13}\text{C}$ が -23‰ より、 $\delta^{15}\text{N}$ が 5‰ より低い値であった。河口から10kmほどの大阪湾内では両値が上昇したが、それよりも離れるとほぼ横ばいの値となった。
- 岡村ら(2005) 有明湾奥部と諫早湾の表層堆積物中の $\delta^{13}\text{C}$ を測定した(図3-1-5)。 $\delta^{13}\text{C}$ は、筑後川河口付近が -23‰ で最も低く、筑後川から流入した陸起源の有機物が多く含まれていると考えられた。その一方で、諫早湾の $\delta^{13}\text{C}$ は有明海奥部に比べて1~2%ほど高く、これは高い $\delta^{13}\text{C}$ 値をもつ海産生物起源の影響を強く受けているものと推察された。

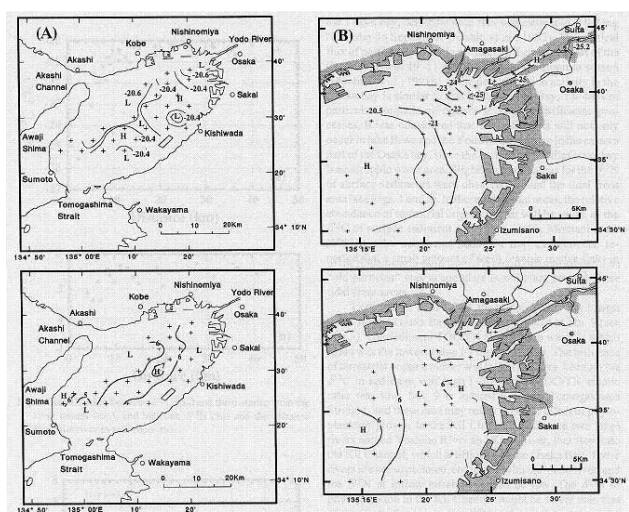


図3-1-4 大阪湾の表層堆積物中の $\delta^{13}\text{C}$ (上)と $\delta^{15}\text{N}$ (下)値。
右は拡大図(Mishima et al. (1999)より)

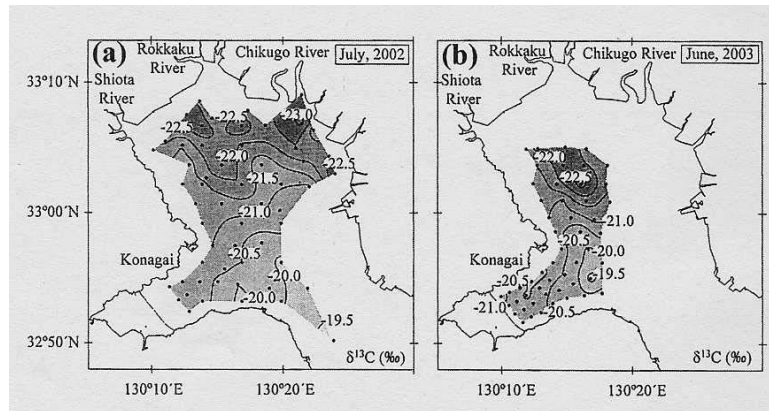


図 3-1-5 有明海の表層堆積物中の $\delta^{13}\text{C}$ 値. (a)は 2002 年 7 月, (b)は 2003 年 6 月
(岡村ら (2005) より)

b) 懸濁態有機物

- 杉本ら (2004) 伊勢湾北部での河川流量と懸濁態有機物の変化を調べた。平水時と出水後の $\delta^{13}\text{C}$ は, $-19.3 \pm 1.4\text{‰}$ と $-18.3 \pm 2.5\text{‰}$ で, これらは植物プランクトンの値 (-20‰) に近かった。出水後に得られた $\delta^{13}\text{C}$ の最大値 (-14.3‰) は植物プランクトンのブルームによるものと考えられた。また, 出水時には, $\delta^{13}\text{C}$ が $-21.5 \pm 2.6\text{‰}$ と -20‰ よりも小さく, 陸上由来の有機物が寄与していたと考えられた。なお, Sugimoto et al. (2006)では, さらに河口域の物理的環境などのデータも加え, 伊勢湾での陸上起源有機物の挙動を詳しく述べている。さらに, これらの結果は笠井 (2008a) でも詳細に紹介されている (図 3-1-6)。

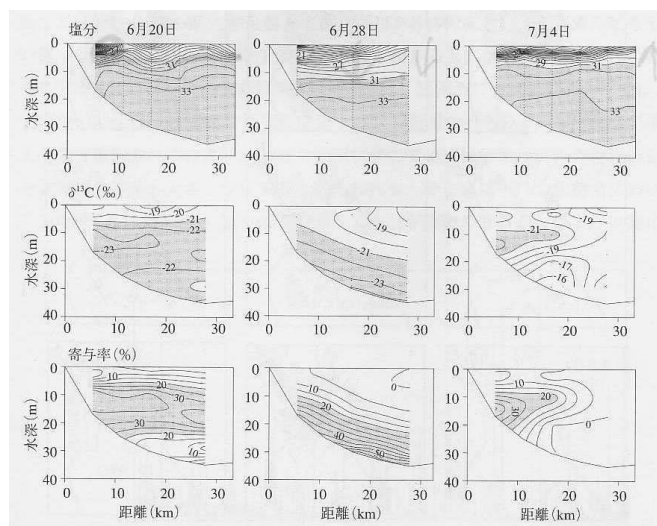


図 3-1-6 伊勢湾北部表層 (左) と伊勢湾中央断面 (右) の塩分と懸濁態有機物の $\delta^{13}\text{C}$ 値, および懸濁態有機物に占める陸上有機物の割合
(笠井 (2008a) より)

c) 大型藻類

- Umezawa et al. (2002) 人為的な排水は高い $\delta^{15}\text{N}$ 値をもち, その影響がとくに海

藻に反映するという McClelland et al. (1997) の説に基づき、石垣島のサンゴ礁での陸起源窒素の負荷の状況をウミウチワ属とアミジグサ属の藻類の $\delta^{15}\text{N}$ 値によって明らかにした。その結果、汀線から離岸するにしたがって $\delta^{15}\text{N}$ は 8‰ から 2‰ に減少した。礁域の海水の滞留時間や陸起源の窒素を含有した凝集物などによって離岸距離と $\delta^{15}\text{N}$ 値の関係は変化するものの、海藻類が陸起源の窒素を同化していること、また陸起源窒素の時間軸による変化を推定することができた。

d) 多毛類

- Kikuchi and Wada (1996) 仙台湾の七北田川で2種類の多毛類（表層堆積物食種のゴカイと亜表層堆積物食種のゴカイの1種）と堆積物の $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ を測定した。その結果、とくに上流のゴカイは陸上由来の有機物を、下流のゴカイはプランクトン由来の有機物を食物源としていることが分かった。一方、ゴカイの1種は上流でも下流でも植物プランクトン由来の有機物を餌料源としていた。

e) 二枚貝類

- 笠井（2008b）複数の起源の異なる物質や餌資源を摂取した場合の、各々の割合を推定する方法を紹介し、二枚貝についての応用例を示している。

一つの例はアサリの食物源で、餌として考えられる海産植物プランクトンと底生微細藻類、陸起源有機物、およびアサリ軟体部の $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ を測定した。その結果、水中の懸濁物には約 90% の陸起源有機物が含まれているが、アサリの餌料源としては 10% であり、アサリが植物プランクトンや底生微細藻類を選択的に同化していることを示した（図 3-1-7）。

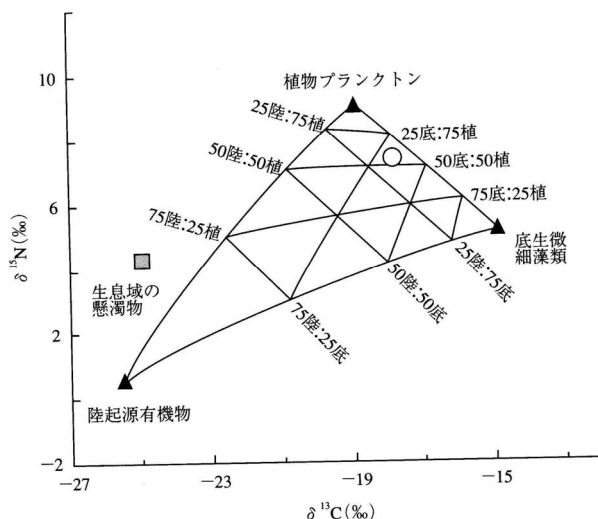


図 3-1-7 宮川河口域におけるアサリと粒状有機物の C-N マップ。白丸はアサリの同位体比から濃縮率 ($\delta^{13}\text{C}=1\text{‰}$, $\delta^{15}\text{N}=3\text{‰}$) を引いた値 (笠井 (2008b) より)

もう一つの例は、アサリよりも低塩分域に生息するヤマトシジミである。ヤマトシジミでは上流ほど $\delta^{13}\text{C}$ 値は低かった (図 3-1-8 の上)。また、餌についてはア

サリのような選択性はあまりみられず、餌の選択性が認められなかった。とくに河口域の上流では陸起源の有機物がヤマトシジミの餌として重要であることが判明した（図 3-1-8 の下）。

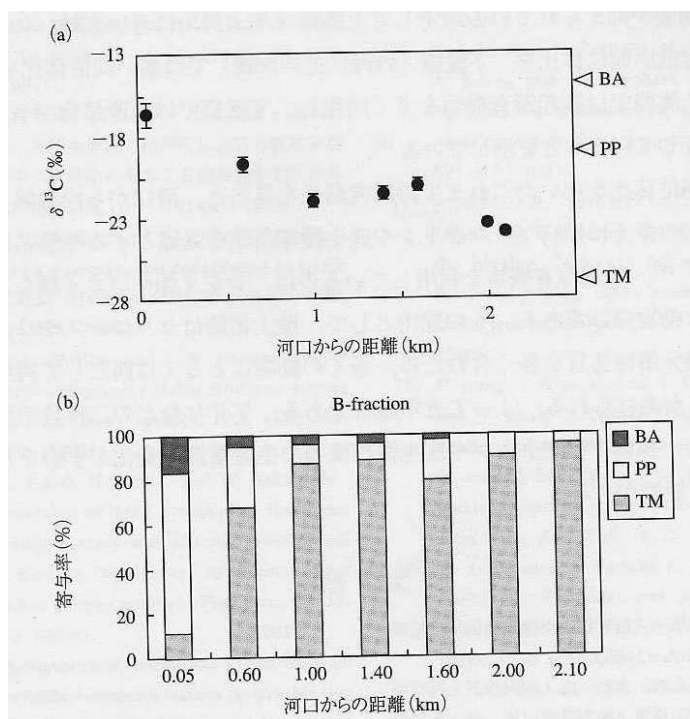


図 3-1-8 櫛田川河口域のヤマトシジミと餌料候補の $\delta^{13}\text{C}$ 、濃縮依存モデルで推定した各餌料候補がヤマトシジミの餌に占める割合。左側が上流。BA=底生微細藻類、PP=植物プランクトン、TM=陸起源有機物

- 木暮 (2008) 新潟県（北部沿岸で信濃川などの河川が流入している）と愛知県（知多湾内で流入河川は少ない）で堆積有機物と貝類（オオキララガイ、サクラガイ、ツメタガイ、アサリなどの貝殻破片）の $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ を測定した。堆積物の $\delta^{13}\text{C}$ は、新潟県（平均で -24.6‰ ）で愛知県（平均 -21.0‰ ）よりも低く、陸起源物質を多量に含有していることが分かった。しかし、新潟県の貝類では $\delta^{13}\text{C}$ 値は $-16.4\sim-20.9\text{‰}$ で堆積物とは 5‰ 以上の差があったことから、陸起源有機物は主要な餌料になっている可能性は低いと判断された。むしろ、海産植物プランクトンや海産底生微細藻類が餌料の候補とされた。
- 青木 (2008) 浜名湖のアサリ（濾過食者）とユウシオガイ（堆積物食者）、および餌源となりうる物質の $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ を測定し、餌源の可能性のある利用率を計算するコンピュータプログラムである IsoSource を使って利用状況を調べた。アサリは植物プランクトンを、ユウシオガイは堆積有機物を主な餌として利用しており、淡水起源の有機物は利用していない、という結果が得られた。

f) 仔魚

- Hoffman et al. (2008) アメリカ北東岸のチェサピーク湾に注ぐヨーク川を成育場としている 4 種の魚類仔魚について、安定同位体比を用いて仔魚生産における有

機物源を分析した。有機物源としてヨーク川上流のマタポニ川の陸起源腐植土壌、維管束植物、現場植物プランクトン、およびヨーク川の懸濁態有機物、陸起源腐植土壌、河川上流からの懸濁態有機物、海産植物プランクトンを調べた。

その結果、仔魚はエスチュアリー内で生産された有機物、陸上有機物、海域起源有機物の少なくとも3通りの炭素源を利用していた。

エスチュアリー上流から淡水域では陸上有機物が仔魚の炭素源として貢献していた。

エスチュアリー上部では、仔魚←動物プランクトン←デトライタスや細菌という栄養段階が想定される。河川流量の増加によって動物プランクトンの密度が増加していることが知られているが、これは陸上有機物起源への依存度をより高めていることを示している。これは、ボトムアップ効果によって、エスチュアリー上部に生息するアメリカンシャッドの仔魚の成育環境に大きな影響を与える。

エスチュアリー下部では、仔魚←動物プランクトン←植物プランクトンという栄養段階であった。とくに2月には、さらに海側で生産された植物プランクトン性有機物がエスチュアリー循環によって運ばれて栄養源となることが推察された。今後の課題として、自生性植物プランクトンと海域からの海産植物プランクトンの基礎生産への貢献度を明らかにする必要がある。

なお、アメリカンシャッドについての詳しい研究は Hoffman et al. (2007) で発表されている。

g) アユ

- 伊藤・掛川 (2008) は、宮城県の名取川河口域と約 7km 上流の汽水域で採集したアユ稚魚の安定同位体比を比べた。その結果、河口の $\delta^{13}\text{C}$ 値 -18‰ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 値 12‰ が、上流では -15‰ と 9‰ へと変化し、動物プランクトン (-19‰ と 9‰) や付着藻類 (-16‰ と 6‰) を反映していると判断された。河口域では個体による差異が著しく大きい。これはアユが食性を変化させる転換期に広い食物選択の幅をもっていることや遡上の個体差などによるものと考えられた。

b. いくつかの河口域の研究事例

a) 福井県小浜湾 (富永・牧田, 2008)

福井県小浜湾における懸濁態有機物 (POM) と堆積有機物 (SOM) の $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ の値に基づいた食物網の構造を解析し、河川由来の有機物が食物連鎖を通して底生魚に利用されるまでの経路と貢献度を検討した。

まず POM の $\delta^{13}\text{C}$ は流入河川である北川河口で下流 (-28.7‰) と近い -28.0‰ (=陸起源) だったが、それ以外の湾内の測点では $-23.7\sim -20.6\text{‰}$ (=植物プランクトン

起源)であった。SOM では、傾向としては河口から離れるにしたがって値が大きくなるが、河口から数 km 離れた地点でもっとも低く、河口のそばの浅海砂浜海岸では高かった。これらの結果から陸上有機物の堆積率を計算したところ、河口から 1~2km では 90%以上を陸上有機物が占め、湾の中央部では 40~60%、湾口では 20%以下となった(図 3-1-9)。

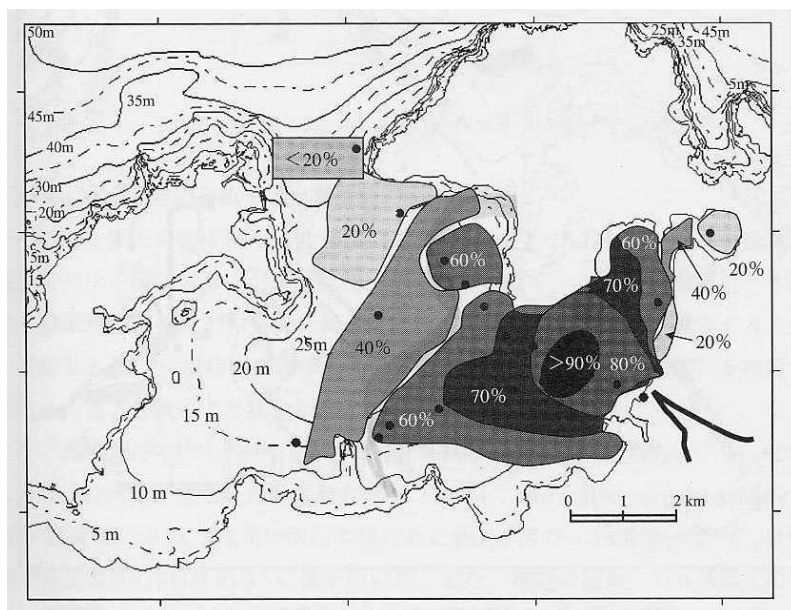


図 3-1-9 小浜湾における 2005 年 11 月の堆積有機物に占める陸上有機物の割合(富永・牧田(2008)より)

次に多毛類の $\delta^{13}\text{C}$ を測定した。河口付近では低い値を示し、離れるにしたがって高い値を示した。これは SOM と同様の結果である。河口付近の多毛類の $\delta^{13}\text{C}$ 値は陸起源 POM と海域 POM の中間の値であった。

次に食物構造を $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ の関係から推察した。対象としたのは、コペポータや堆積物食多毛類、肉食性多毛類、甲殻類、魚類など 22 分類群である。とくに $\delta^{15}\text{N}$ の結果、一次消費者は、堆積物食多毛類やコペポータなどで、二次消費者が肉食性多毛類やエビ類、スジハゼなど、さらに三次消費者がヒラメやトカゲエソなどであった。また、 $\delta^{13}\text{C}$ の値からは、ヨコエビやクルマエビ類などの甲殻類と堆積物食多毛類、肉食性多毛類では大きな差が認められ、コペポータはその中間の値であった。これは利用している餌料源の違いを示している。魚類でも $\delta^{13}\text{C}$ は魚種によって差がみられスジハゼやヒイラギにくらべてヒメジやトカゲエソは高かった(図 3-1-10)。

結果的に、対象とした多くの生物は比較的高い $\delta^{13}\text{C}$ 値(約 $-19\sim-16\text{‰}$)を示し、これは植物プランクトンや底生珪藻などを主な有機物源としている可能性が高い。逆に、陸上有機物が小浜湾の生物生産に重要な役割を果たしているという証拠は得られなかった。ただし、堆積物食多毛類はやや河川由来の有機物に近い傾向にあり、河川有機物を餌料源の一つとして利用している可能性は高い。

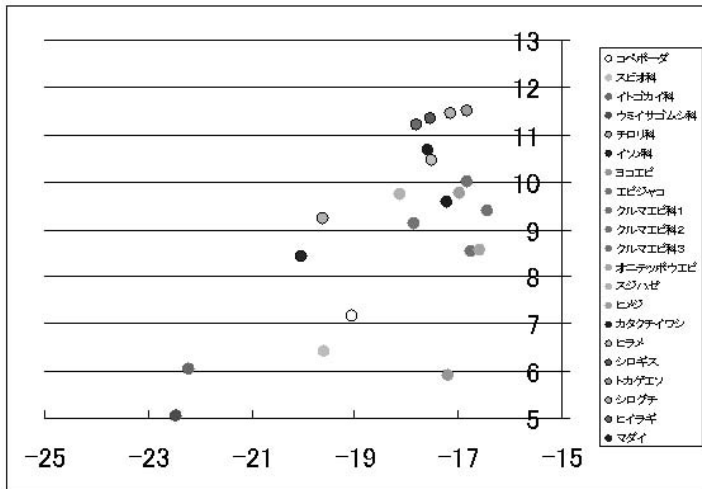


図 3-1-10 小浜湾で採集された生物の $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ 値. 富永・牧田 (2008) の表 4.1 から作成した

b) 北海道厚岸町 (飯泉・鈴木, 2002 ; 向井ら, 2002 ; 向, 2008)

北海道厚岸町の別寒辺牛水系および厚岸湖での、人為的影響のほとんどない沿岸生態系の研究。平水時と降雨時の流量や水温、栄養塩、粒状有機物量などの変化を明らかにした。降雨時には懸濁態の窒素が多く流入し、溶存態の窒素の流入量はあまり変わらないが、流量が大きいため厚岸湾外へ流出する量も多い。その結果、植物プランクトンの生産に必要な窒素は少なくなり、その一方で、泥底に堆積する量が増えるためアマモやコアマモ→カイヤアサリといった物質循環に寄与すると考えられた。

こうした変化に厚岸湖の生態系がどのように反応するのかを次のように整理した：

植物プランクトンを基盤として

→ 動物プランクトン → 小型魚類 → 大型魚類

→ カキ・アサリ → 人間

アマモ群落を基盤として

→ アマモ枯死 → 分解 → 堆積物食性ベントス → 底生魚類

→ アマモ枯死 → 分解 → 懸濁態粒子 → アサリ・カキ

付着藻類を基盤として

→ アミ類 → 魚類

底生微細藻類を基盤として

→ 堆積物食性ベントス → 底生魚類

付着藻類と底生藻類が懸濁して

→ (懸濁) → カキ・アサリ → 人間

このような食物連鎖を念頭において、陸上からの有機物の利用状況を明らかにするため、安定同位体比による検証を行った。しかし、図 3-1-11 に示すとおり、安定同位体比だけでは、時空間的に変異の大きな生態系の変動を十分には把握できていないのが現状である。

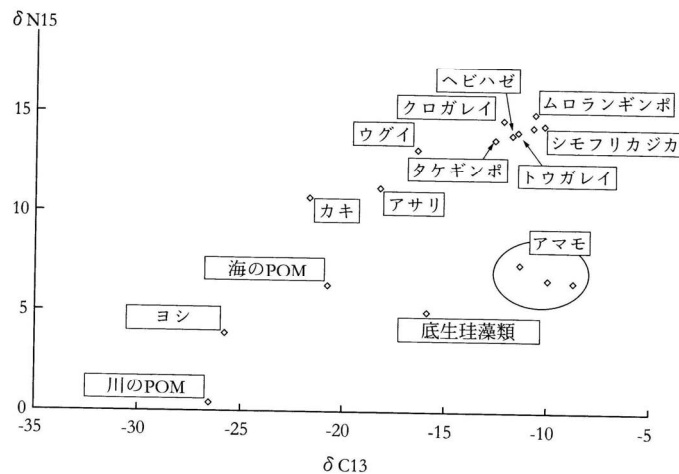


図 3-1-11 厚岸湖における動植物や有機物粒子の $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ 値の分布 (向井 (2008) から)

c) 北海道濃昼川 (櫻井, 2004 ; 櫻井ら, 2007 ; 櫻井・柳井, 2008)

北海道の日本海側に注ぐ濃昼川河口域での「落ち葉だまり」における食物連鎖を調べた。まず、同じ場所で長坂ら (2008) が森林域から渓流域、河口域の有機物の供給や流出を 1 年間調査した結果、沿岸域に流入する総有機物に占める割合は、1mm 以上の粗粒有機物が 1%で、溶存態有機物が 51%、 $0.45\mu\text{m}\sim 1\text{mm}$ の細粒有機物が 48%であること、また、出水時や雪解け時には大量に排出されることはすでに判明している。

その落ち葉だまりは、季節によって $4\sim 200\text{ m}^2$ と変化する。そこで、底生生物の種組成を調べた結果、落ち葉だまりにヨコエビ類などが 9 種、砂泥底域には多毛類のキョウスチロリなどが 26 種出現した。とくに落ち葉だまりで優占したトンガリキタヨコエビ、およびその餌料資源である落ち葉と海藻碎片の安定同位体比を調べた。その結果、トンガリキタヨコエビは 69%が海起源の有機物を、31%が陸起源の有機物を利用していることが考えられた。

さらに落ち葉だまりを含む汀線から 100m 沖合までの魚類を採集したところ 20 科 27 種が確認された。このうち、クロガシラガレイを対象として、胃内容物に基づいて、食性と落ち葉だまりの関係を解明した。その結果、多毛類や甲殻類を主に食べていた。とくに秋から春にはトンガリキタヨコエビを、初夏から秋にはソコシラエビなどを食べていた。

以上の結果は、森林起源有機物が水産資源の涵養に重要な役割を果たしている一つの証拠ではあるが、魚類については安定同位体比の調査を行わなかった。そのため、食物網の解明にまではいたらなかった。

3-2 東京湾における海域と流域圏のつながりに関する研究⁵

(1) 東京湾の概要

① これまでの総説

東京湾については、これまで、地質学的な成り立ちや地形、地質、水（貝塚（編），1993），あるいは環境の変遷（小倉（編），1993），生物学的な特徴（沼田・風呂田（編），1997）や魚類研究（河野（監修）・東京海洋大学魚類学研究室（編），2006）など、多くの総説がある。また、安藤（2007）は過去数十年にわたる東京都の環境や生物調査の結果をまとめた。

以下では、最後の項目以外は、主に河野（監修）・東京海洋大学魚類学研究室（編）（2006）で説明された内容を簡単に紹介する。もう少し掘り下げた内容、とくに次項の「東京湾で川と海との関係を研究する」に関連する研究などについては、ここでは省略する。

② 地形と流入河川

東京湾は、房総半島先端の西側にある洲崎と三浦半島の剣崎を結ぶ線から北の海域であるが、千葉県富津岬と神奈川県観音崎を結ぶ線以北の海域を狭義の東京湾と呼ぶこともある（図3-2-1）。あるいは、富津岬と観音崎の線で内湾と外湾に分けることもある。さらに、多摩川河口と姉ヶ崎とを結ぶ線で湾奥と湾中央に分ける場合もある。

⁵ 本稿は東京海洋大学河野博教授の原稿による。

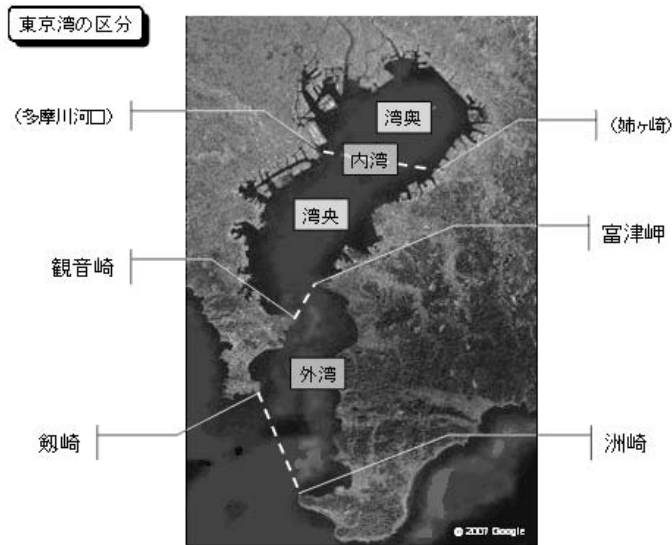


図 3-2-1 東京湾の区分

内湾は南北 50km，東西 30km で，面積は約 960km²。水深は 50m よりも浅く，水深 10～40m，平均 15m の平坦地からなっている。また，水深の浅い砂質の平坦地である「州」とやや深みにある泥底域の「平場」に分けることもある。州は，さらに干潮時に海底域が水面上に現れる「干潟」と現れない「浅場」に分けられる。

外湾の面積は約 300 km²。水深 40～50m より浅い「沿岸部」と水深 50～100m の観音崎海底水道，および浦賀沖の水深 100m から相模湾底の 1,000m 以深にまで続く東京海底谷に分けることができる。外湾では，漁港などの整備以外の埋め立てはほとんどなく，自然の岩礁域や砂浜海岸などが残されている。

東京湾に流入する主な河川は流域面積が大きい順に荒川 (2,940 km²)，多摩川 (1,240 km²)，中川 (811 km²)，隅田川 (690 km²)，小櫃川 (267 km²)，養老川 (246 km²)，鶴見川 (235 km²)，江戸川 (200 km²) である (図 3-1-13，表 3-1-3)。また，主要河川以外の河川も，東京湾流入河川群として下のような区別がされている：

- 上総丘陵河川—小糸川など 7 河川，
- 下総台地河川—都川や海老川など 9 河川
- 武蔵野台地河川—古川，目黒川，呑川の 3 河川，
- 多摩丘陵河川—大岡川など 3 河川
- 三浦丘陵河川—宮川など 3 河川。

合計で 67 河川が東京湾に流入しているが，都県別には，東京で 16 河川，神奈川で 17 河川，千葉で 34 河川である。これらの河川を通して，埼玉県をふくむ 1 都 3 県の首都圏生活圏に住む約 2,600 万人の屎尿や生活廃水が東京湾に流れ込んでいる。

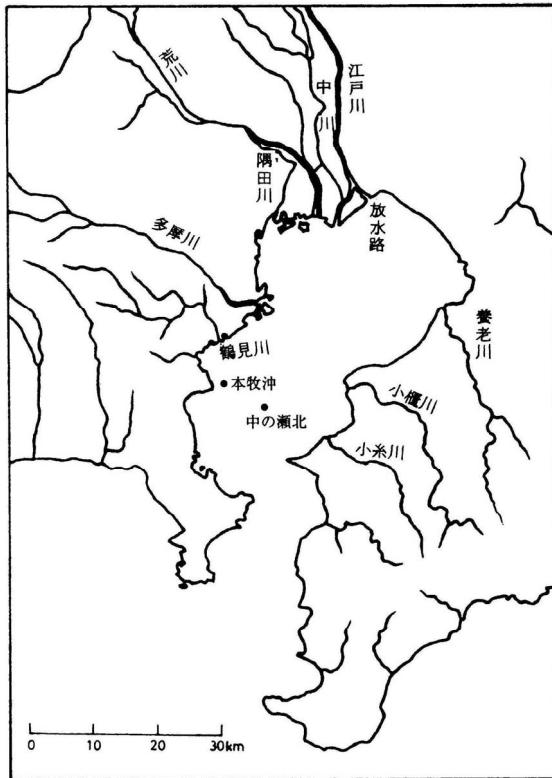


図 3-2-2 東京湾に流入する主な河川
(佐々木・風間 (2008) より)

表 3-2-1 東京湾に流入する河川とその流域面積 (佐々木・風間 (2008) より)

河川名	流域面積 (km ²)
鶴見川	235
多摩川	1,240
隅田川	690
荒川	2,940
中川	811
江戸川	200
養老川	246
小櫃川	267

③ 水と流れ

東京湾の内湾の水量は 15km³ で、その水は平均 1.6 か月に 1 回入れ替わると見積もられている。また、淡水の補給量は年間 11.8 km³ で、そのうち 1.5 km³ は湾に降る雨水から、10.3 km³ は流入河川から補給されていると計算されている。

東京湾での海水の流れは、潮の干満だけではなく、河川流入水や風、海面の水温の上昇、外洋の流れなどによって発生したり、影響を受けたりする。そのため、流れはかなり複雑であるが、一般的には東京湾内を時計回りの海流が流れている。ただ、川崎から横浜の三浦半島沿いには反時計回りで南下する流れも知られている。

流速は通常湾口部で 20～30cm/秒、湾の奥では数 cm/秒だが、観音崎と富津の間の狭まったところでは 1m/秒といったやや速い流れも観測されている。

④ 環境汚染

東京湾の汚染は、1960 年代から始まり 1975 年前後にピークをむかえた。その後やや沈静化しているものの、1980 年代から最近にかけては汚染度がやや高い状態で安定している。

このような東京湾の汚染の実態を、有機汚濁の由来によって、1970 年代後半を境に

してそれ以前の汚染を一次型（直接型）、それ以降を二次型（間接型）と分けることがある。一次型は、高度成長期とともに私たちの生活廃水にふくまれる有機汚濁物質が直接東京湾に流れ込むことで、汚染が進行してきた他地性（異地性）タイプ。一方、二次型は、流入する有機物は減少したものの、窒素やリンなどの栄養塩類が流入し、それを利用するプランクトンの増加によって二次的に有機物汚染が進行する半自生性（半現地性）タイプである。

ここでは、有機汚濁を示す COD と窒素とリンの栄養塩類、およびこれらの河川からの流入についての概略を示す。

a. COD

東京湾の汚染が目立ってきた 1950 年代後半から 1960 年代にかけて、東京湾の湾奥部での COD も、1958 年までの 1 mg/L から、1960 年～70 年代にかけては 2～3 mg/L に上昇した。さらに急速に上昇した後、1973 年には 7 mg/L の最高値を記録した。1976 年には 4.4 mg/L、1980 年代の中ごろには 6 mg/L 前後で推移し、それ以降は 4～5 mg/L でほぼ横ばいの状態である。

b. 窒素とリン

アンモニア態窒素濃度は 1963 年までは 0.05 mg/L であったものが、1965 年には 0.2 mg/L に増加し、1972 年には最大値の 0.6 mg/L を記録した後 1976 年には 0.2 mg/L と一時は減少した。しかし、1980 年代から 90 年代には再び上昇して 0.6 から 0.8 mg/L あたりで横ばいになっている。

一方、リン酸態リンは、1963 年までの 0.02 mg/L から 1970 年には 0.03 mg/L、1972 年には 0.045 mg/L に増加した。その後、1980 年代から 90 年代には 0.05 から 0.1 mg/L あたりで横ばいとなっている。

c. 河川からの流入

河川から東京湾に流入する有機物の量は、私たちの生活の改善とともに急速に減少してきている。例えば荒川での COD は、1975 年の 16 mg/L から 1985 年には 5.4 mg/L になっている。その一方で、窒素は 1970 年代から増加し続けている。また、リンは合成洗剤の無リン化によってやや減少している。

⑤ 東京湾の川と海との関係

東京湾を「川と海」との視点で行った研究は、例えば栄養塩の負荷量であったり、両側性回遊魚のアユの漁獲量であったりと、かなり限られた情報しかない（ただし、次の項で紹介する研究例は除く）。

COD の発生負荷量は、1979 年の 477 トン／日から 2004 年の 211 トン／日に、総窒素

量は 365 トンから 208 トンに、また総リン量は 41.4 トンから 15.3 トンへと減少している。これらの減少率は、各々 56%、43%、63% で、リンの負荷量の減少率が大きい（環境省，2006：佐々木・風間（2008）から引用）。一方，流入負荷量については，松村・石丸（2004）が，1997 年から 1998 年にかけての平均で総窒素量は 285 トン／日，総リン量は 16.5 トン／日であったと見積もっている。

1983 年以降アユの遡上調査を行っている東京都島しょ農林水産総合センターによると（<http://www.ifarc.metro.tokyo.jp/22.2748.44.html>），多摩川の調布取水堰でのアユの遡上数は，増減を繰り返している（図 3-2-3）。平成 2（1990）年から増加した後は平成 5（1993）年と平成 14（2002）年に 100 万尾を超え，さらに平成 18（2006）年以降の 3 年間は 127 万尾，214 万尾，139 万尾と高い水準を維持している。

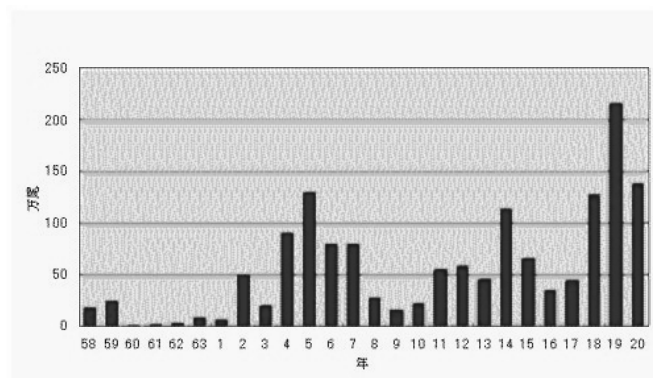


図 3-2-3 昭和 58（1983）年から平成 20（2008）年までの調布取水堰におけるアユの遡上量（東京都島しょ農林水産総合センターの HP より）

（2）川と海との関係を示唆する研究例

ここでは，東京湾を舞台にして「川と海との関係を研究する」場合に，その研究方法や方向性を示唆してくれると考えられる既存の研究を紹介する。

① 陸域からの有機物の動態研究

前述したように，河口域における堆積物中や懸濁態の有機物が，河口域生態系内での自生性なのか陸域からの他生性なのかについては，多くの研究が行われている。東京湾でもとくに多摩川とその河口域で研究がすすめられている。

まず，石渡（1988）は，非汚染陸源有機物としてリグニン物質やセルロース，あるいは汚染物質として多環芳香族炭化水素やアルキルベンゼンなどの挙動を多摩川と隅田川の河口を中心にして上流域と海域とで調査した。また，堆積物については有機物の炭素同位体比を測定した。その結果，隅田川の堆積物中の炭素同位体比は，上流から下流に向かって陸成有機物の特徴である -25% から海成有機物の -20% へと変化した（図 3-2-4）。また，陸源物質については，対象とする物質によって分布特性が異なることが分かった。

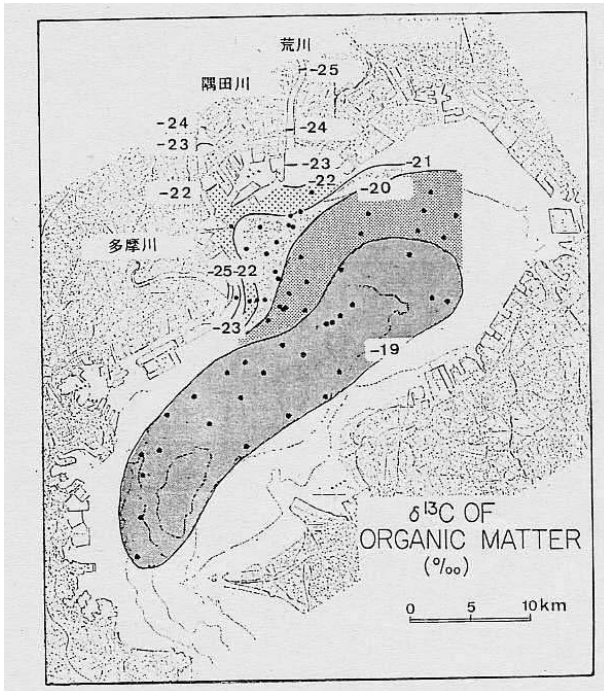


図3-2-4 表層堆積物中の有機物の $\delta^{13}\text{C}$ 値 (石渡 (1988) より)

小川・小倉 (1990) は、溶存有機炭素濃度 (DOC) と塩分、クロロフィル a 濃度の関係から、DOC の起源の割合を推定した。その結果、沿岸に近い測点では植物プランクトン起源 15%、河川水起源 53%、外洋水起源 32%であったが、湾中央に近い測点ではそれぞれ 27%、16%、57%となった。

さらに小川ら (1994) と Ogawa and Ogura (1997) は、懸濁態および堆積有機物の $\delta^{13}\text{C}$ 値の測定を東京湾の湾奥で行い、起源の推定を行った。懸濁態有機物の $\delta^{13}\text{C}$ 値は、塩分の上昇とともに高くなり、これは相対的に陸起源の懸濁態有機物が自生性のものと置き換わっていくことを示している (図 3-2-5)。また、内湾の $\delta^{13}\text{C}$ 値は $-15.4\sim-14.5\%$ で、中緯度海域の植物プランクトンの値 (-20%) よりも高かったが、これは夏季に植物プランクトンの活発な増殖によって炭酸の拡散律速が生じたためと考えられている (高井 (2005) によって、都市化の進んだ湾奥では海藻類の $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ の値が上昇することを報告している)。さらに、これに基づいて、陸域起源と海域起源の代表値によって起源解析を行う端成分モデルに第三成分として河口域で生産された植物プランクトンを仮定して夏季の変動幅の説明を行っている (図 3-2-6)。

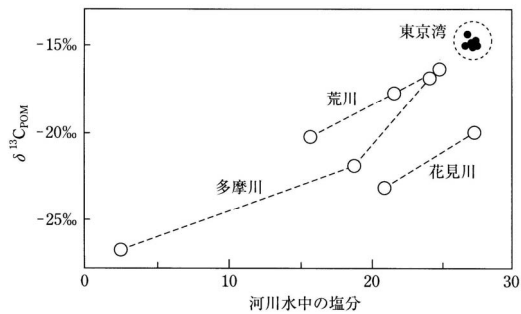


図 3-2-5 東京湾とその流入河川河口域の $\delta^{13}\text{C}$ と塩分の関係 (宮島 (2008) より)

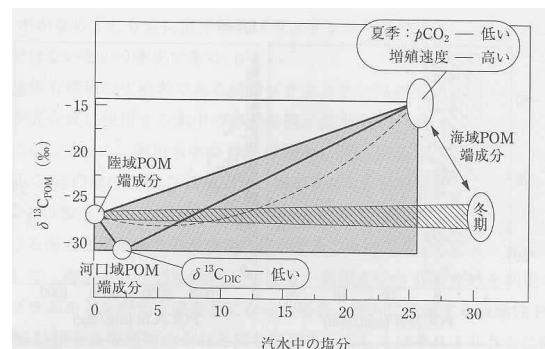


図 3-2-6 多摩川河口域の POM の $\delta^{13}\text{C}$ の変動を説明するために仮定されたエンドメンバー (宮島 (2008) より)

なお、多摩川からの栄養塩や有機物の流入状況の把握については、羽田空港の拡張工事にもなう環境調査の一環として神田穰太氏 (東京海洋大学海洋環境学科) や小川浩史氏 (東京大学海洋研究所) によって現在研究が行われている。

② 貝類の安定同位体比研究

これまでに、東京湾では、貝類の安定同位体比研究は行われていないと思われる。しかし、上述した羽田空港の拡張工事にもなう環境調査の中で、平成 19 年度から (独) 水産総合研究センターの児玉真史氏によって、二枚貝類の安定同位体比の研究が行われている (羽田周辺水域環境調査研究委員会の平成 21 年度同調査研究計画書 (案) より)。それによると、多摩川河口域の干潟と浅場の 2 地点で二枚貝類とその餌料源候補の $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ を測定した。その結果、2 地点の二枚貝類の $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ の値は大きく異なっており、餌料源候補と環境データとの比較から、それぞれの生息場所を反映していることが分かった。

③ 魚類の安定同位体比研究

東京湾における魚類の安定同位体比の研究は、おそらく Kon et al. (2008) の研究があるのみである。Kon et al. (2008) では、多摩川の河口干潟に出現したスズキとマハゼ、ボラ、およびそれらの餌資源の $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ の測定を行った (表 3-2-2)。その結果、スズキは魚類や甲殻類を、マハゼは多毛類や甲殻類を主に食べていると判断された。ボラについては、安定同位体比が底質や底質上にみられる有機物片の値とは異なり、底生微細藻類のそれと近いことから、底生微細藻類を餌として同化している可能性が考えられた。なお、この研究の基礎となっているのは Kanou et al. (2004) などの加納光樹氏 (茨城大学広域水圏環境科学教育研究センター) の行った東京湾湾奥部沿岸での一連の研究である。

表 3-2-2 多摩川河口域で採集された魚類と餌料源の $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ の値
(Kon et al.(2008)より)

Samples	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	n
Fishes			
<i>Lateolabrax japonicus</i>	-16.6±0.4	11.7±1.6	5
<i>Acanthogobius flavimanus</i>	-18.8±0.9	11.4±0.7	5
<i>Mugil cephalus cephalus</i>	-15.6±2.5	9.0±1.1	19
Food sources			
Cumaceans	-19.0	5.7	3 (pooled)
Gammaridean amphipods	-20.5±1.7	5.5±0.5	3
Mysids (5-9 mm in Body Length, BL)	-17.8±0.6	7.5±0.6	3
Mysids (10-15 mm BL)	-18.6±0.3	7.5±0.6	3
Shrimps	-18.3	10.6	3 (pooled)
Polychaetes (5-9 mm BL)	-20.3	10.2	3 (pooled)
Polychaetes (10-25 mm BL)	-21.5	8.2	3 (pooled)
Zooplankton	-22.6±0.1	6.3±0.1	3
Epilithic macroalgae	-19.7±1.2	0.7±1.8	3
Deposit organic materials	-27.2±0.4	2.0±0.5	3
Sediments	-25.0±1.2	5.1±0.8	3

また、近（印刷中：『東京湾 魚の図鑑』（河野 博・加納光樹・横尾俊博（監修）・東京海洋大学魚類学研究室（編），平凡社刊のコラム）は、この結果から、ボラが従来いわれていたようなデトリタス食ではなく、底泥上に繁茂する底生微細藻類（付着珪藻）を食べているのではないかと述べている。

④ 魚類相の研究

東京湾の魚類群集，あるいは魚類相の研究は，河野・加納（2006）によって次のようにまとめられている。

a. 漁獲物調査あるいは試験操業による調査

江戸時代から明治にかけての漁業に関する文献資料には不完全なものが多いが，最初のしっかりとした文献としては，金田・熊木（1900）の『東京湾漁場調査報告』があげられる。この附図が，有名な『東京湾漁場圖』で，1908年に泉水宗助が農商務省の認可を得て復刻したもので，それが一般に普及した。さらに，江戸時代から昭和37年にかけての東京都内湾漁業の様子については『東京都内湾漁業興亡史』（東京都内湾漁業興亡史編集委員会（編），1971）に記されている。

東京湾を囲む一都二県では，それぞれ漁獲量統計を出している。とくに，昭和30年代から60年代にかけての内湾部における主要水産物の漁獲量の変遷については，清水（1984a, b, c, 1987a, b, 1990）によってまとめられている。さらに，東京湾の漁業生産と資源の動向については東京湾水産資源生態調査委員等（2005）がまとめている。

試験操業による東京湾の本格的な魚類相研究は，Takagi（1959）が行った富津岬から竹岡沖の53地点の桁網によるもので，26科55種の魚類が確認された。さらに，内湾の

生物と環境パラメータの空間的分布を知るために、昭和 52 (1977) 年から内湾に設定した 20 定点で年に 2~6 回の頻度でビームトロールによる試験漁獲を実施した結果、昭和 61 (1986) 年までに 83 種、平成 7 (1995) 年までに 123 種の魚類が確認されている (清水, 1997 ; 時村・清水, 1998)。

b. モニタリング調査

長期間続いた魚類相のモニタリング調査としては、横浜市の調査がある。これは、昭和 48 (1973) 年から 49 (1974) 年に第 1 回の調査 (四竈, 1974) が行われ、以後 3 年に 1 回の調査を継続しているもので、現在までに第 10 回 (岩下ら, 2005) までの結果が公表されている。なお、最新の調査は平成 17 (2005) 年から 18 (2006) 年にかけて行われているが、まだ公表はされていない (河野ら, 印刷中)。これらの調査によって、これまでに、横浜市沿岸域では約 260 種の魚類が確認されている。

また、東京都水産試験場と環境局では、昭和 48 (1973) 年あるいは昭和 57 (1982) 年から、湾奥部での小型地曳網や底曳網を用いた魚類相調査を行っている。その結果、底曳網では約 40 種が、小型地曳網では約 90 種の魚類が記録されている。

c. 仔稚魚相研究

仔稚魚相研究と魚類相研究とを厳密に分けることはできないが、ここでは、とくに仔稚魚の季節的消長や分布様式の解明を目的とした研究を扱う。

この分野での最初の論文は、神谷 (1916) で、東京湾湾口部に位置する館山湾に出現する 21 種の卵や仔稚魚の形態を記載したものである。その後、しばらくの間、東京湾で仔稚魚相の研究がまとまって公表されることはなかった。

1970 年代後半から 80 年代にかけて、湾奥部の新浜湖や内湾の小櫃川河口域での調査で仔稚魚調査が行われ始めた (これらの研究については、河野ら (2008) がまとめている)。その後、東京海洋大学 (当時の東京水産大学) の魚類学研究室では、主に二つの方法、すなわち稚魚ネットと小型地曳網による調査を 1993 年から開始した。稚魚ネットによる調査は、湾奥から湾央、外湾にかけての全域で行っている (甲原・河野, 1999 ; 加納ら, 2002 ; 長岩ら, 2006)。また、小型地曳網については、外湾の房総半島側 (荒山ら, 2002) と三浦半島側 (高麗, 2005) のほか、内湾では 10 か所以上での調査を行ってきた (那須ら, 1996 ; 加納ら, 2000 ; 桑原ら, 2003 ; 山根ら, 2004) (図 3-2-7)。



図 3-2-7 東京湾でのサンプリング地点.
青丸は船での稚魚ネット，橙丸は地曳網
調査

なお，現在も，羽田空港の拡張工事にともなう環境調査の一環として，東京海洋大学魚類学研究室で，羽田周辺の4測点で地曳網，1測点で稚魚ネットによる仔稚魚相の研究を続けている。

⑤ 個別の魚種の研究

a. アユの研究

アユは日本で最も重要な淡水漁業対象種である。また，両側回遊魚（河川を降ったり遡ったりするが，産卵のためではない。具体的には，秋に河川で産まれたアユの仔魚は，降った海域で初期生活をおくり，春には河川を遡り，中・上流で成長した後，秋に中流域で産卵する）という特徴的な回遊生態をもっているため，日本中でいろいろな研究が行われてきた。

多摩川では，河野・島田（2006）によると，流下仔魚は秋から冬，9月から12月にかけて採集され，体長は4.4～7.8mmでそのほとんどが卵黄囊仔魚であった（図3-2-8と3-2-9）。湾奥の沖合では，採集されたのは体長3.8～13.2mmであったが，卵黄囊仔魚はほとんど採集されず，多くは上屈前仔魚であった。人工なぎさで採集され始めるのは体長7mmくらいからであるが，12mmくらいまではほとんど採集されない。この大きさの仔魚はまだ遊泳能力が低く，かなり受動的になぎさにやってくると考えられている。体長20mmを超えると人工なぎさでの採集個体数が急に増え始め，体長30mmくらいでピークを迎え，その後は徐々に減っていく。そして春になると，多摩川を遡り始める。遡上稚魚の最小個体は体長37.4mmであったが，体長45mmくらいまでは個体数は少な

い。ただし、体長 40mm を超えると十分な遊泳能力と付着藻類を削り取る能力も備え、いよいよ階段状の魚道を登って多摩川の中・上流へと向かう。

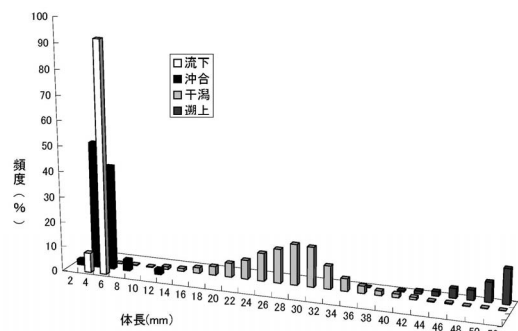


図 3-2-8 東京湾で採集されたアユの採集場所別の体長組成 (河野・島田 (2006) より)

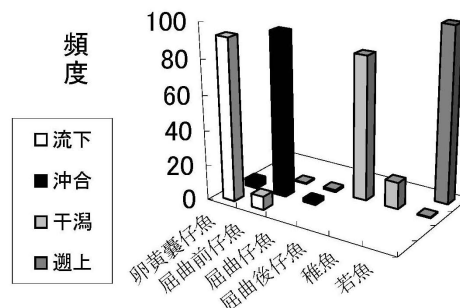


図 3-2-9 東京湾で採集されたアユの採集場所別の発育段階組成 (河野・島田 (2008) より)

外湾でも、荒山ら (2007) によって、館山湾での汀線とやや沖合の浅瀬での季節的な出現様式などが研究されている。

b. 多摩川最下流のハゼ類の分布

多摩川の河口域で、内田ら (2008) はハゼ類について興味深い研究を行っている (この研究は加納 (2006) の研究が基となっている)。多摩川河口域の左岸の東西 4km の河口干潟で、干潮時にできる水溜り (干潟のタイドプール) の魚類をすべて採集し、魚類にとって干潟のタイドプールがどのような場となっているのかを検討した。

その結果、採集されたのはすべてハゼ科魚類で、とくにマサゴハゼとマハゼ、エドハゼで全個体数の 98.6% を占めた。また、マサゴハゼは上流側で、エドハゼは海側で多く採集された (図 3-2-10)。とくにマサゴハゼは着底期以降の稚魚から成魚が採集され、生活史のほとんどを干潟のタイドプールに依存しているものと考えられた。それに比べてマハゼやエドハゼは、限られた大きさの個体だけが出現し、しかもそれらは同じ水域での浅瀬や干潟域の地曳網調査でも採集されることから、生活史のある期間だけに成長する場の一つとして干潟のタイドプールを利用していることが分かった。

この研究は 4 月から 7 月までに限定されていたため、魚類学研究室では現在さらに 1 年間を通して観察するために、研究を継続している。

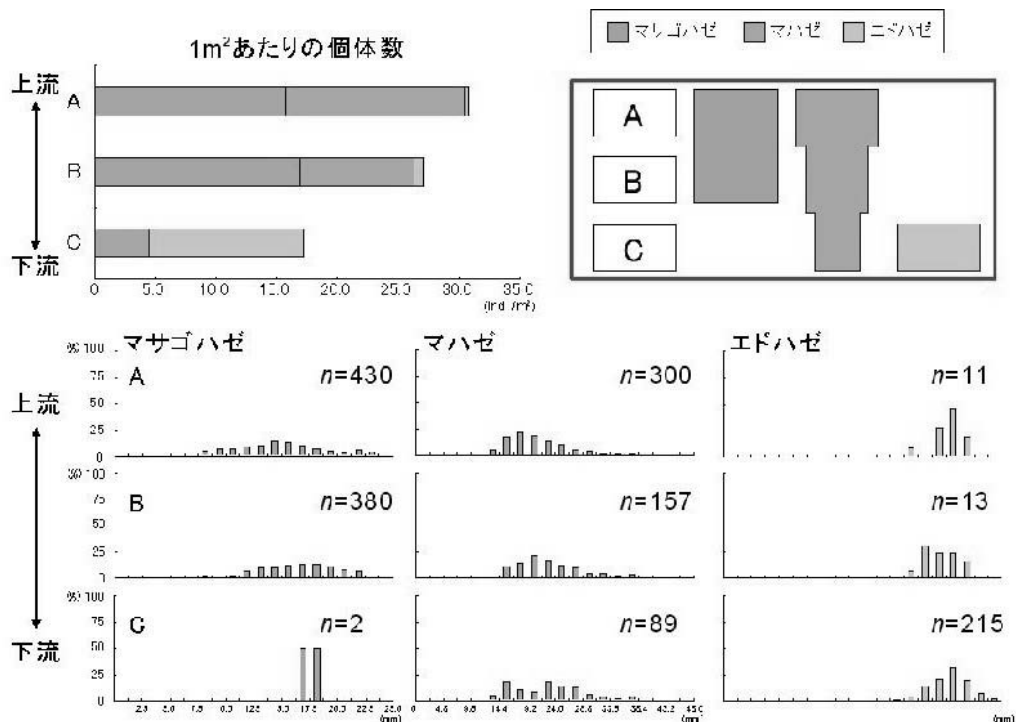


図 3-2-10 多摩川河口で採集されたハゼ科魚類 3 種の個体数と体長組成
(内田ら (2008) より)

c. ビリンゴの生活史にともなう場所の変化

ハゼの仲間であるビリンゴも両側回遊魚である。未公表であるが、東京海洋大学魚類学研究室の小櫃川での調査で、成長とともに生息場所が上流に移動することを確認している (図 3-2-11)。また、多摩川河口でも、多摩川本流の下流に位置する海老取川合流地点と京浜島とは出現状況が異なることも確認している。

(3) 東京湾で川と海との関係を研究する際の基本方針

東京湾を舞台にして「川と海との関係を研究する」には、縦糸としての「研究場所」と横糸としての「研究内容」とに分けられる。

① 研究を行う場所の選定

東京湾の内湾部は、陸からのさまざまな他生性物質の流入とさまざまな自生性物質が作られることによって、生物群集がいろいろな影響を受け複雑な生態系を形成している。とくに基礎生産については、他生性・自生性を問わず、栄養満点の状態にある。

しかし、上述したように、現在も多摩川河口域では、羽田空港の拡張工事にとまなっ

て懸濁物質の分布や挙動，栄養塩の状況などが調査されている（例えば，碓井らによる「羽田周辺水域における懸濁態物質の分布及び挙動」平成 21 年度日本海洋学会発表講演要旨，など）。さらに，多摩川の対岸にある小櫃川は，河口干潟などもほぼ自然の状態で残された場所で，多摩川とは好対照をなしている。また，小櫃川よりも湾奥の養老川では，河川そのものは自然が残っているものの，河口部はコンクリート護岸で覆われ，河口部沿岸には上流からの落ち葉が堆積している場所もある。

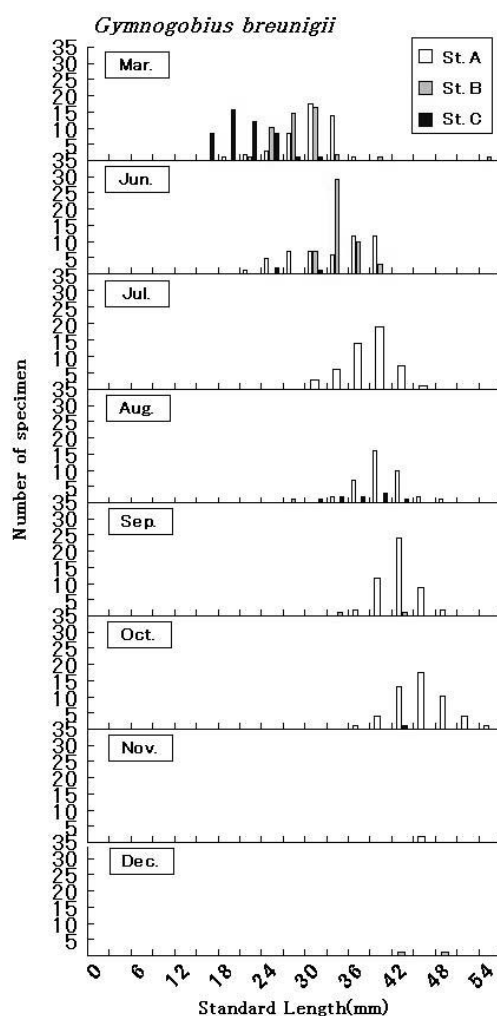
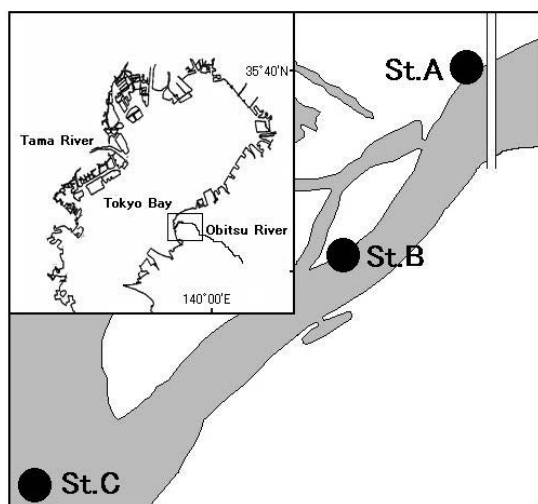


図 3-2-12 小櫃川の採集地点 (St.A～St.C) とビリンゴの月別・場所別の体長組成

一方，すでに述べたように，外湾は漁港などの垂直護岸などを除けば，ほとんどが自然の状態で残されている。外湾には大きな河川はないものの，とくに房総半島側では，自然の状態でいくつかの河川が流入している。例えばそのうちの一つである湊川では，河口部に近い河川でシラウオ漁も行われていたり，アユの遡上も確認されていたりするなど，自然状態は良いようである。

以上のようなことから，研究の場所としては，内湾では多摩川や小櫃川，養老川など

の河口部と河川域，外湾では湊川とその河口域などが想定される。

② 研究内容

研究内容としては，大きく分けて次の3分野に分けられる。分野ごとに研究項目を列挙する。ただし，すべての研究分野あるいは研究項目を行うのではなく，「資料収集」という形や，他の研究者の動向などを考慮に入れた「引用」あるいは「参考」という形で，川と海との関係を明らかにしている。

a. 他生性物質および自生性物質の分布と挙動

河川からの流入物質やその場での生産物質，とくに受け入れ側の河口域の群集構造に変化を与えるような他生性物質はどのように分布し，どのような挙動を示すのかを明らかにする。研究項目としては，

- 河川流入量や土砂の輸送量
- 栄養塩の流入量と挙動
- 有機物の流入量と挙動，起源
- 自生性物質の状況（基礎生産量や堆積量など）

b. 他生性物質に対する河口域の生物群集の反応

他生性物質と河口域生物群集の反応とを直接結びつけることは難しいが，異なる河川での生物群集を比較することで間接的に関連づけられる可能性があると考えられる。ただし，河川のもつ特性によって生物群集の反応が大きく変わる可能性が高いため，比較方法を十分に検討する必要がある。

- 仔稚魚相
- あるグループ（ハゼ類など）の時空間的比較

c. 河口域生物群集を構成する個別生物の反応

河口域の生物が他生性物質の流入によってどのような影響を受けているのかを明らかにする。研究方法としては分布と出現様式や胃内容物，安定同位体比などが考えられる。想定される魚種等は下のとおりである。

- 藻類
- 二枚貝類
- 多毛類
- 魚類（アユ，ハゼ類，スズキ，イシガレイ，マコガレイなど）

3-3 養老川におけるフルボ酸を例とした森と海の間繋がりに関する研究⁶

(1) 養老川の自然環境と土地利用 (養老川流域懇談会事務局, 2006; 酒井ら, 2007)

養老川と呼ばれるようになったのは江戸期以後のことであり、元々は「ヨホロ川」ではないかと考えられている。ヨホロとは、膝の屈側を意味する古語であり、養老川の激しい蛇行が名前の由来になっているものと考えられている。養老川は、その源を千葉県夷隅郡大多喜町の清澄山系に発し、北西に流下しつつ、古敷谷川、平蔵川、内田川を合わせ、市原市五井および京葉工業地域を貫流して東京湾に注ぐ二級河川で、流域面積(分水界) 245.90 km²、指定延長 73 km の千葉県有数の河川であり、その流域面積は千葉県全体 5,146 km² の約 5% を占めている (図 3-3-1)。千葉県が管理する二級河川として支川の内田川、平蔵川、古敷谷川の 3 河川があり、指定延長の合計は約 83 km になる。養老川は隣接する小櫃川や夷隅川と並び蛇行の激しい川である。洪水時は蛇行部に水流の力が加わり、河岸が流出したり、堤防が破堤したりする被害が相次いだ。なお、このような著しい河川の蛇行に関しては、過去には「川廻し」により切り通しやトンネルが掘られるなど、新田開発と蛇行の直線化が行われてきている。

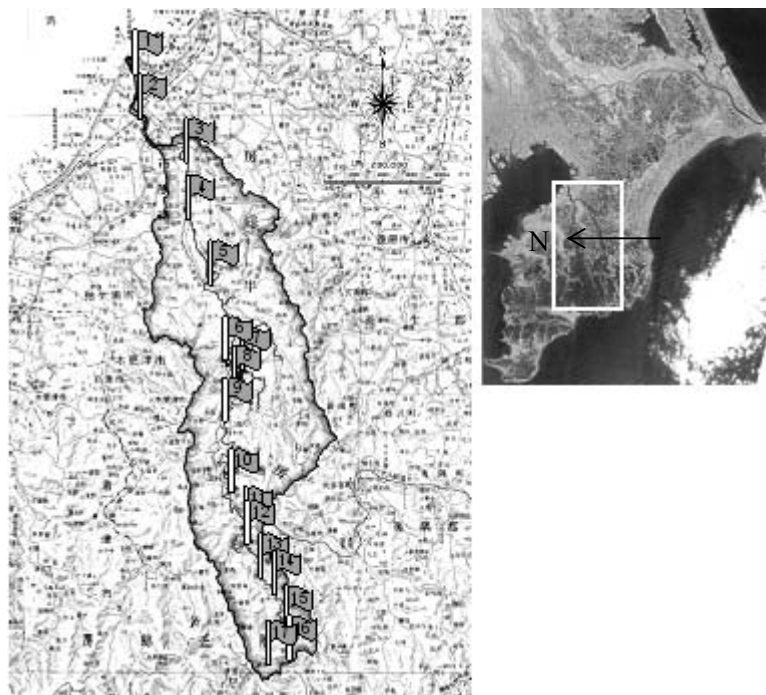
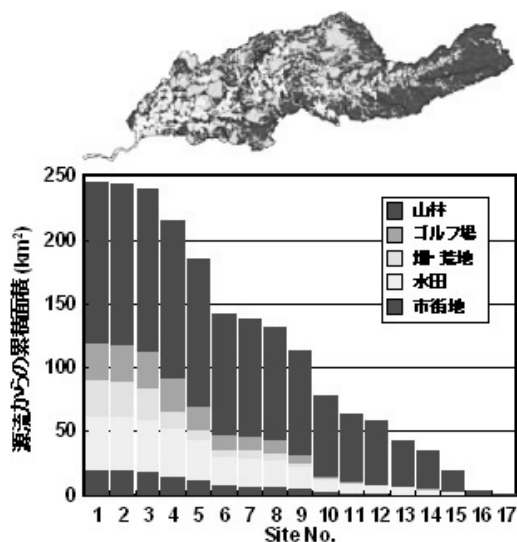


図 3-3-1 養老川流域と調査対象地。実線は分水界，数字は調査地点を示す

養老川流域は、市原市、木更津市、袖ヶ浦市、大多喜町、長南町の 3 市 2 町で構成され、流域の 99% 近くが市原市と大多喜町に位置する。養老川流域懇談会事務局 (2006)

⁶ 本稿は千葉工業大学矢沢勇樹助教の原稿による。

に報告された土地利用のデータをもとに各調査地を東西に区切った場合の累積面積を図 3-3-2 に示す。上流域は、山林が大部分を占め、養老溪谷、栗又の滝、養老温泉、麻綿原高原などの豊かな自然を有し、観光資源（地下古代海水「地下かん水」）が豊富で県内でも屈指の観光スポット（養老温泉）となっている。中流域は、豊かな緑に覆われた市原市南部の丘陵地帯で農業や酪農が盛んでゴルフ場も多数点在している。下流域は、養老川によって形成された三角州の沖積平野で、JR 内房線、国道 16 号などの交通網が発達し、利便性の高い地域であることから住宅や商店が密集している。最下流は京葉工業地域の一角をなす埋立地となっており、重化学工場が多数進出している。このように、養老川流域は千葉県社会経済における基盤をなしており、本水系の治水・利水・環境の重要度は極めて大きい。



養老川流域の土地利用を各調査地点で東西方向に区切った場合の累積面積

図 3-3-2 養老川流域の土地利用を各調査地点で東西方向に区切った場合の累積面積

地形・地質については、上流部は標高約 300 m の清澄山系に位置し、養老川はその谷間を縫うように流れている（図 3-3-3）。中流部は上総丘陵の中を蛇行しながら流れており、沿川には河岸段丘が発達している。下流部は三角州が形成して数多くの派川が流れる沖積平野であったが、住宅や工場の進出によって派川は次第に姿を消し、ほぼ現在の流路になった。また、東京湾の沿岸は広大な干潟が形成されていたが、養老川の河口では昭和 1957 年～1968 年に埋め立てが行われた。流域の勾配は、河口から 20km（二瀬橋）くらいまでは 1/1,000 程度と比較的平坦であるが、そこから 1/200 程度と徐々に勾配が急になり、高滝ダム上流は 1/70 以上の勾配と急になっている。養老川上流部の上総丘陵の地質は、上総層群と呼ばれる洪積層で、その地質は凝灰質の砂礫層や泥岩、砂質泥岩が主体であり、固くて透水性が低いことが特徴となっている。この上総層群には約 300 万～50 万年前に地中に封鎖された古代海水が含まれており、養老溪谷を中心

に湧出している。中流域の台地部は、下総層群と呼ばれる洪積層で、その地質は砂質土を主体に粘性土が混在しているため、多くの地下水が涵養されている。下流の三角州や川沿いの河岸段丘には、養老川の土砂運搬・堆積作用により形成された未固結な砂や泥、泥炭などによる沖積層が厚く堆積している。これらの土壌は水はけの良い灰色低地土であることから、良好な水田環境に寄与している。最下流の埋立地は非常に軟弱な地盤であるため、1987年の「千葉県東方沖地震」の際には液状化や流動化が多数確認されている。

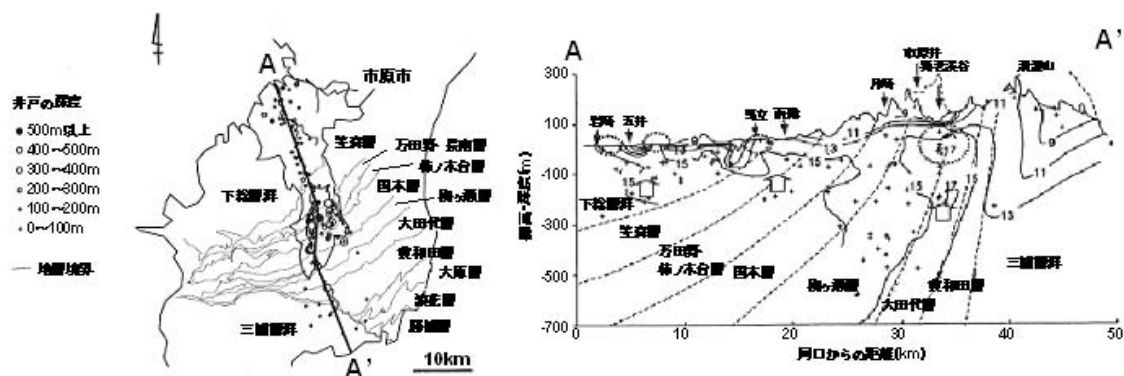


図 3-3-3 養老川の地形と地質（上総層群と下総層群）（酒井ら, 2007）

千葉県の気候（図 3-3-4）は、南西日本の太平洋沿岸地方と同じ冬暖夏冷型の海洋性気候区の東端にあたるため、関東地方の他都県より温和な気候に恵まれており、平均気温は 14℃程度となっている。年間降水量は流域の南北で大きな差があり、流域の北部では 1,500~1,600 mm 程度であるが、流域の南部では 1,900 mm を超えており、千葉県でも最も雨量の大きい地域のひとつとなっている。

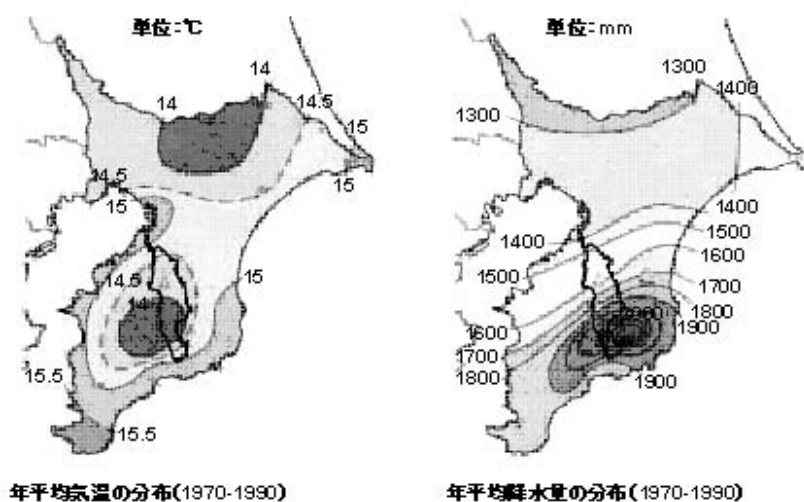


図 3-3-4 千葉県全域の気候分布（1970-1990 年平均）

養老川の土地利用状況（図 3-3-5）は、市街化が継続的に増加していますが 1985 年以降の伸びは鈍化しており、現況の市街化率は 7.4%となっている。養老川流域の土地利用上の特徴であるゴルフ場は、1960 年代には 1%未満であったが、1980 年代には 7.9%に達し、2000 年代には流域の 12.1%にまで増加した。そこで 1992 年に市町村と協議の進んだものを除いてゴルフ場開発計画を受付けないことが決まり、ゴルフ場の面積は今後も同水準で推移していくものと考えられている。水田は市街地が増大した時期にあわせて減少しており、水田が宅地として開発されたことが伺える。また、山林とゴルフ場を合わせた面積率が各年代を通じて 65%程度で推移していることから、ゴルフ場の開発が山林を中心として行われたことも伺える。

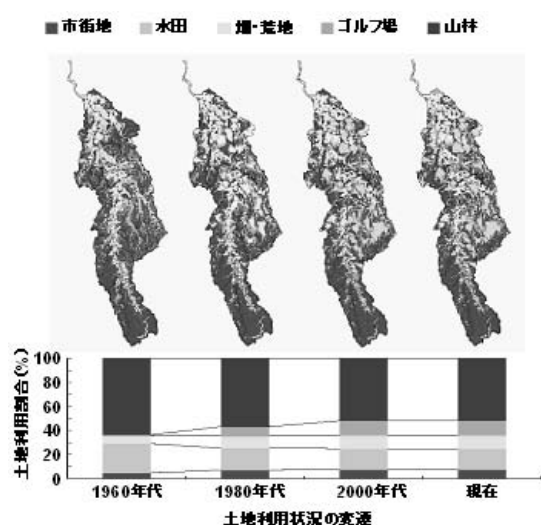


図 3-3-5 養老川流域の土地利用の遷移

(2) 上総層群湧出の地下かん水中フルボ酸の抽出と化学構造

千葉県が位置する房総半島の地下深くには 5,000 万年前に固定・濃縮されたヨウ素 (I_2) (Muramatsu et al., 2001) と高純度の水溶性メタンといった、自国資源の乏しい我が国にとって重要な地下かん水資源が隔離されている。地下かん水が地中に隔離されている地層は、約 300 万～50 万年前の新第三紀鮮新世～第四紀更新世に相当する地質時代に形成された上総層群であり、砂岩と泥岩の交互層を示している（図 3-3-6）。

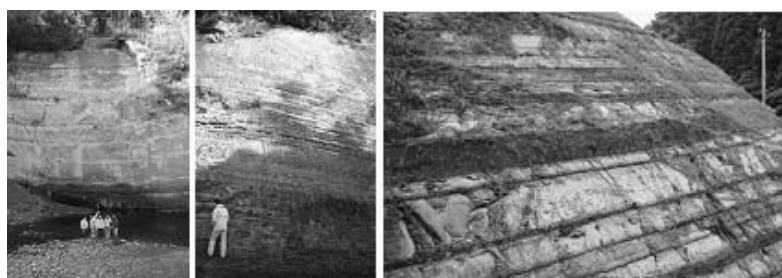


図 3-3-6 上総層群の地層（左から黄和田層，大田代層）

渡部ら（1987）の報告では、その当時の地球は2億年前の中生代から続く温暖期から寒冷化の移行期であり、関東地域の大部分が広大な大陸棚として海底に沈み、かつ房総半島東部には深海底1,000 m以深の海盆が存在した。この海盆には太平洋プレートとフィリピン海プレートにより有機堆積物（ヨウ素含有炭素源）と無機堆積物（粘土）が運ばれ、付加体（資源濃縮）を形成したと考えられる。同時に、房総半島西部に広がる大陸棚には陸上の河川から輸送された砂などの碎屑物が幾多もの地震により混濁流（タービダイト）が発生し、付加体を交互に埋没・封鎖したと考えられる。この時を境に古代海水は光合成により生産される酸素や利用しやすい有機物の供給が完全に途絶えたことになる。

この地下かん水（図3-3-7）に溶存している天然ガス（ガス水比2～30）の成分は99%がメタンガスであり、特に精製操作を加えなくても家庭用、工業用として利用することが可能となっている。天然ガス資源に乏しく大半を海外に依存している日本にとって、国内生産量の20%を占める千葉県天然ガスは重要な資源である。また、ヨウ素は海水の約2,000倍もの100 mg/L含まれており（表3-3-1）、その生産量も世界の生産量の40%を占めている。このことから天然資源の乏しい日本においてかん水は天然ガスやヨウ素を生産する貴重な天然資材として注目されている。これらの資源は約100年前から発掘・利用されており、現在の重要なエネルギーや製品資源となっている。しかしながら、天然ガス採取およびヨウ素生産に使用した後の排かん水は有効な利用法が定まっておらず、その大部分が排水として河川や海域に放流もしくは地中に再び還元されているのが現状である。その排出量は年間5000万 m^3 にのぼる。ちなみに南関東ガス田の地下かん水埋蔵量は100億 m^3 と推定されていることから、現在の産出量から考慮すると1,000年分以上の埋蔵量を有する。この地下かん水にはヨウ素特有の紫色とは異なった黄褐色を有しており、全有機炭素（TOC）濃度80 mg/Lと海水の約50倍以上も含まれている（表3-3-1）。その内、約50%の有機炭素が国際腐植物質学会（IHSS）の基準でのフルボ酸であることが我々の研究室にて明らかにされている。単純に、地下かん水年間揚水量から計算すると年間約100t以上生産可能であると見積もられる。参考までに、IHSSおよび日本腐植物質学会で販売している標準フルボ酸は約10万円/gである。一般的にフルボ酸には植物ホルモン成分と同様の植物成長促進効果がみられており、農業分野への期待は大きい。



図3-3-7 上総掘りで湧出する地下かん水（養老温泉）

フルボ酸を含む腐植物質の化学構造は一義的なものでなく、あくまでも酸・アルカリ溶媒に対する溶解性で区分されている。腐植物質の区分として、酸・アルカリ溶媒いずれも不溶性の画分をヒューミン、アルカリ溶媒にのみ可溶性の画分をフミン酸、そして酸・アルカリ溶媒いずれも可溶性の画分をフルボ酸と定義している。この違いは分子量と分子中の含酸素官能基（親水基，陽イオン交換基）量，さらには芳香族骨格の割合によるものと考えられる。特に，フルボ酸は腐植物質の中でも低分子量かつ含酸素官能基量が高い物質であり，水に可溶であるため土壌層から容易に溶脱しやすく，さらに芳香族骨格の割合が低い場合には生物分解性（親和性）が高い。

表 3-3-1 地下かん水と一般海水の含有成分の比較

	[mg/L]						
	pH	TOC	I	Cl	Br	HCO ₃	SO ₄
Ancient brine water (ABW)	7.9	74	100	17,000	120	925	< 2
Seawater (SW)	8.2	1.5	0.05	18,230	56.2	105	2,600
ABW/SW	—	49	2,000	0.93	2.1	8.8	< 0.001
	Na	Mg	K	Ca	Ba	NH ₄	
Ancient brine water (ABW)	9,350	400	356	200	3.7	200	
Seawater (SW)	10,500	1,160	380	372	0.012	26	
ABW/SW	0.89	0.34	0.94	0.54	308	>10	
	Fe(II)	Li	Rb	Mn	Cs	U	
Ancient brine water (ABW)	1.51	0.82	0.11	0.089	0.0014	<0.000002	
Seawater (SW)	0.01	0.18	0.12	0.00019	0.0003	0.00032	
ABW/SW	151	4.56	0.92	468	4.7	<0.001	

そこで，ヨウ素製造会社から入手した地下かん水（原水と排水）について IHSS 法に準拠してフルボ酸を抽出した（図 3-3-8）。地下かん水（いわゆる海水）からのフルボ酸を抽出する方法は現状としては定まっていないので，淡水中フルボ酸の IHSS 抽出法（Thurman and Malcolm, 1981）を一部改変して行った。図 3-3-8 がその結果であり，有機炭素基準で物質収支を示している。試料水中 TOC からの腐植物質抽出率はフミン酸が原水の場合 30%，排水の場合 20%，フルボ酸が 20%，40%であった。それ以外は濃縮時に分離された画分（20%，10%）および XAD 8 樹脂未吸着画分（いずれも約 30%），すなわち揮発性ないし低分子有機化合物と考えられる。ここで，原水からのフルボ酸抽出率が排水の 1/2 となった要因として，ヨウ素生産工程の塩素酸化処理または溶存 I イオン濃度の差により抽出過程でフミン酸の酸化分解（低分子化）を引き起こし，フルボ酸が生成されたと考えられる。もしくは，フルボ酸の選択的分離に寄与する XAD 8 樹脂にヨウ素が吸着したため，フルボ酸吸着量が減少したと考えられる。

地下かん水から抽出したフルボ酸の平均化学構造を 1) 元素組成，2) 平均分子量，3) NMR スペクトルより決定し，黒ボク土，森林土壌，草炭，風化炭から抽出したフルボ酸と比較した（図 3-3-9）。地下かん水フルボ酸の元素組成は他のフルボ酸と比べ炭素含量が低く，そのため H/C および O/C 元素数比が高い。一方，C/N 比が低いことから，

腐植化にともなう生分解の進行が緩慢であり、母原料の基本骨格を保持している。平均分子量（約 800 Da）に差異はみられず，XAD 8 樹脂による分子サイズ排除の影響がうかがえる。これらの結果をもとに平均化学式を定め，NMR スペクトルより水素種，炭素種の構造割合を設定した。地下かん水フルボ酸の特徴として脂肪族構造骨格が大部分を占めており，表層のフルボ酸とはこの点が大きく異なる。このようにフルボ酸の平均化学構造を調査することにより，森—川—海をつなぐを明らかにすることが可能と考えられる。

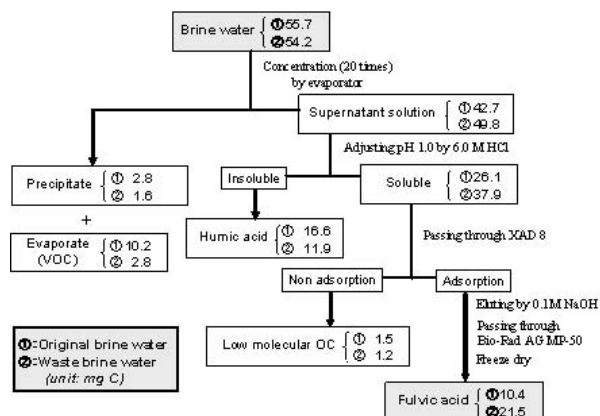


図 3-3-8 地下かん水からのフルボ酸の抽出と有機炭素収支

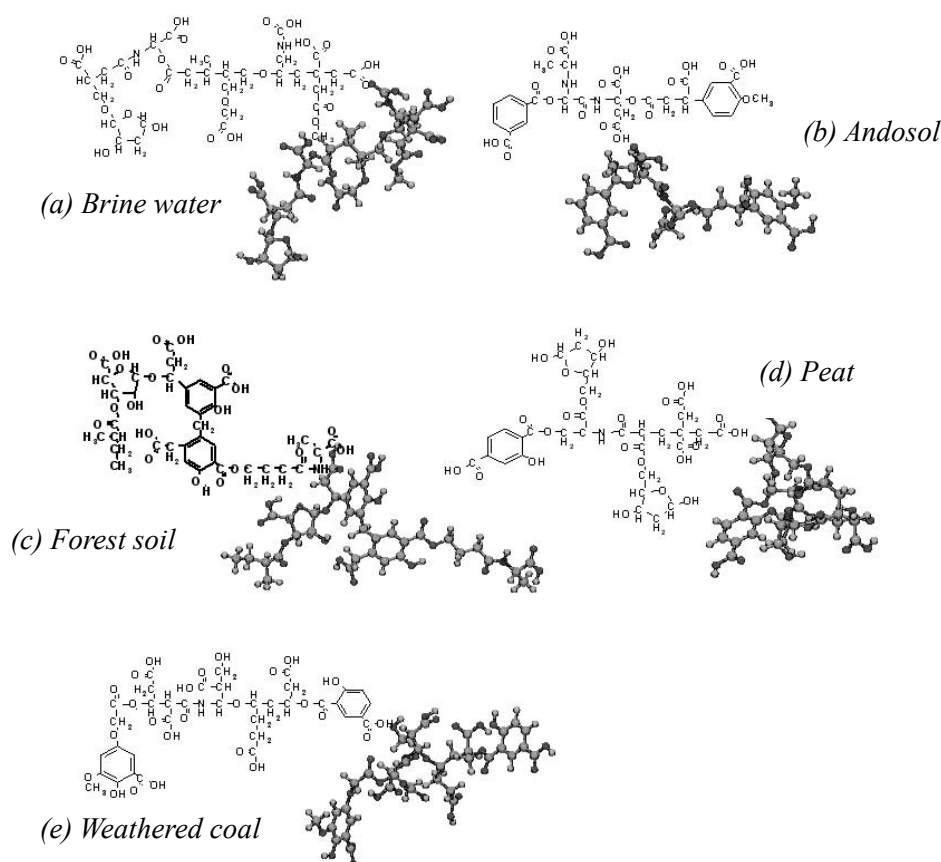


図 3-3-9 地下かん水フルボ酸と他のフルボ酸の平均化学構造

(3) フルボ酸の地球化学的風化と鉄溶脱作用

我々が住む地球は水の惑星と例えられるように豊かな生態系を構築しながら現在に至っている。しかし近年、地球温暖化や陸域生態系の変移により陸域のみの「沙漠化」が海域にもみられるようになった。その根本的理由として、陸域森林生産の衰退により根から放出される有機酸や腐葉土（フルボ酸）の生産・供給量が減少し、造岩鉱物の物質進化が停止したことによると考えられる。つまり、鉄含有鉱物からの鉄の溶解→輸送→安定化が途絶えてしまい、磯焼けによる藻場の減少、サンゴの白化を引き起こし、水産資源である魚介類にも影響を及ぼしている。一方、いかなる生物体も寄せつけない荒れ果てた大地を見せる月や火星は一見、地球上の沙漠地と錯覚してしまうが、実は固体惑星の物質進化の原始と終結といえよう。そのような中、人類は他天体への移住計画を具体的な準備段階に移行し、単に有価資源の探査だけではなく食糧の確保を最大課題としてあげている。ここでは、始原物質である造岩鉱物（斜長石，黒雲母）を天然フルボ酸により溶解させ、物質進化の根本的素過程を探り、そこから地球の沙漠化について考察する。

月や火星で撮影された画像をみると、それらの表面は地球の沙漠（＝水の少ない不毛の地）と大差ない。当然のこととして地球上の生命体にとって極限環境である。色合いでは、月であれば白色でニューメキシコホワイトサンズに酷似される。火星の赤色はルブ・アル・ハリ砂漠やピナクルス砂漠の奇岩を想像させる。ただし、決定的に異なる点として地球の沙漠ではマグマ活動により形成された造岩鉱物が大気や水、さらに生物作用により物質分化が生じ、砂（石英）や炭酸カルシウム、石膏のような形態で局在的に集積している（図 3-3-9）。しかし、月や火星ではそのような物質進化や分化がほとんど進行しておらず、造岩鉱物のまま太陽系誕生以来の 46 億年保たれている。多くの研究報告の中で月や火星の表層物質を「土（Soil）」と記載されているが、土壌学の定義では「母材・母岩（Regolith）」が正しく、地球の表層物質資源とは異なる。月や火星の表層物質はカルシウムに富む斜長岩や玄武岩が主であることがわかっており、Takeda ら（Earth Planet. Sci. Lett., 247, 171-184, 2006）により解明した月の裏側の隕石（42.3 億年前）が地球のオマーン砂漠で発見されたことも、その因果関係が興味深い。ただし、火星においてはわずかに大気と水、そして生命体の存在を示唆する風化産物も確認されている。

図 3-3-10 は各種酸溶液を用いた場合のカルシウム斜長石（ $\text{Ca}_{0.78}\text{Na}_{0.23}\text{Al}_{1.73}\text{Si}_{2.23}\text{O}_8$, Crystal Bay 産 An76）の溶解速度を示したものである。初期の水素イオン濃度を一定（ $\text{pH}=2.0$ ）にした場合、アルミニウム、ケイ素の溶解速度は無機酸に比べ有機酸の方が高いことがわかった。特に、有機酸によるケイ素の溶解速度が無機酸に比べて約 1.3 倍高くなった。この要因として、低 pH の場合に斜長石構造から溶解性の高い成分元素（Na, Ca）が優先的に取り除かれるため、未反応物質表面にケイ素が重合した層（浸出層）の発達を示唆されるが、有機酸の場合には抑制されると考えられる。また有機酸のカルボ

キシル基含有濃度を一定 (0.01mol/L) にした場合、アルミニウムやケイ素の溶解は酸解離定数の低い順に溶解速度が高くなっているため、酸の強さに依存していることが判明した。他の有機酸と比べ、没食子酸や草炭フルボ酸 (CP-FA) はカルシウム溶解速度が高く、その他の金属元素も一様に溶解しているが、地下かん水フルボ酸 (BW-FA) については個々の金属元素の溶解速度が低い。カルシウムの溶解に関しては芳香族性の高い酸が溶解を促進していると考えられる。pH の低いシュウ酸の Ca 溶解速度が低い要因については、溶解が行われているが、溶液中の物質と反応し、再析出している可能性が高いと考察される。また、ケイ素の溶解速度はカルシウムと異なり反応温度に依存し、特に反応初期の水素イオン濃度が低いものほどケイ素の溶解速度の増加率は顕著であった。そこで反応前後の斜長石粉末の X 線回折パターンより、無機酸である塩酸で溶解した試料と原試料では大きな変化がみられなかったが、溶解速度が非常に低い $\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ の浸出層の形成が確認された。有機酸 (シュウ酸・乳酸) で溶解させた試料には、シュウ酸の場合、シュウ酸カルシウム水和物の部分形成が確認され、乳酸の場合では粘土鉱物特有の層状ケイ酸塩鉱物 (カオリナイト) の部分形成が確認された。

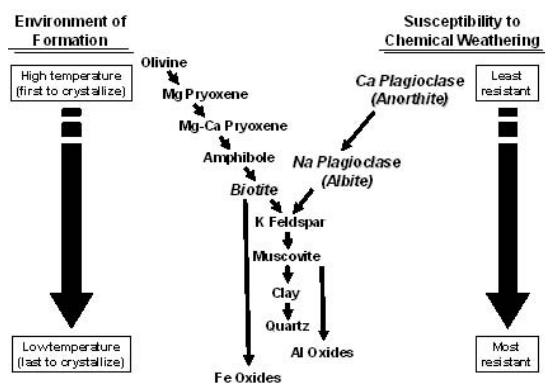


図 3-3-10 Bowen が提唱した珪酸塩鉱物の風化過程

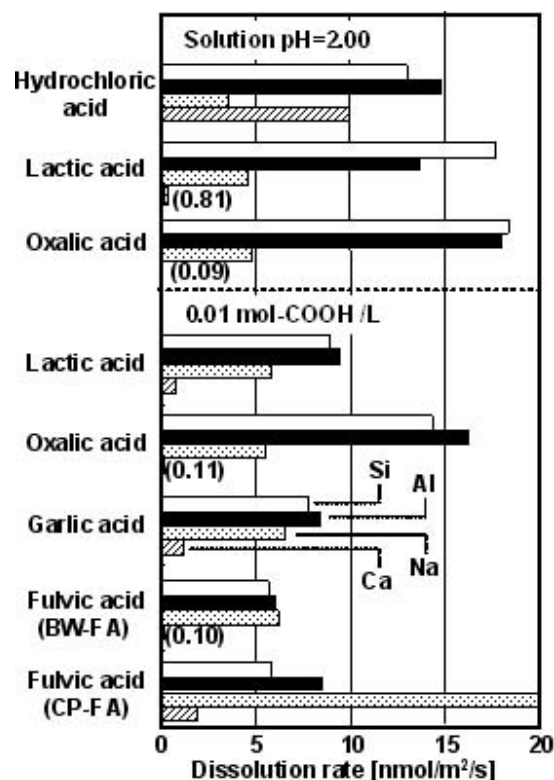
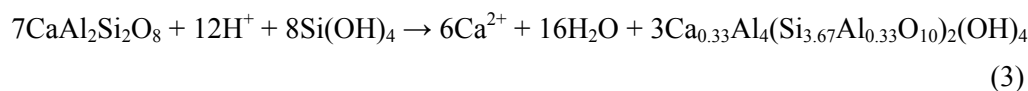
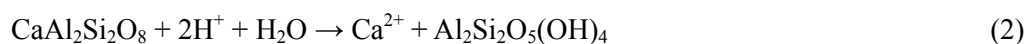


図 3-3-11 フルボ酸と他の酸によるカルシウム斜長石の溶解速度

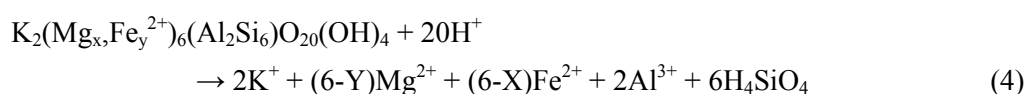
このことから乳酸での溶解ではシュウ酸とは異なり、斜長石中の金属元素を一様に溶解しているため、下式の化学反応のように粘土の生成が進行したと考えられる。



熱力学的計算からカルシウム斜長石の溶解により、 H_2O 、 $\text{Si}(\text{OH})_4$ 、 $\text{Ca}^{2+}/\text{H}^+$ 活量比の違いから生成物がギブサイト、カオリナイト、スメクタイトと異なる。しかしながら、無機酸や他の有機酸と異なりフルボ酸は斜長石の溶解を示しているにもかかわらず粘土の生成は確認されなかった。これは、フルボ酸が約 800 Da 程度の分子量を有し、かつ 1 分子中に多くの陽イオン交換基（酸性官能基）を有することから H^+ イオンを多段階分離する特性があるからと考えられる。そのため、反応初期では斜長石に付与される H^+ イオンは少ないが、斜長石より溶出した多価金属イオンがフルボ酸の酸性官能基の H^+ イオンとイオン交換し、 H^+ イオンが斜長石に付与され... というように逐次的に反応が進行すると推測され、造岩鉱物からの早期土壌化が期待される。その際、フルボ酸と多価金属塩は錯形成している可能性がある。

次に黒雲母 $(\text{K}_{0.92}\text{Na}_{0.07})(\text{Fe}^{2+}_{0.92}\text{Fe}^{3+}_{0.25}\text{Mg}_{1.62}\text{Mn}_{0.06} \text{Ti}_{0.13})\text{Al}_1\text{Si}_{12.99}\text{Fe}^{3+}_{0.11}(\text{O},\text{OH},\text{F},\text{Cl})_{12}$ 、Silver Crater Mine 産) に対する溶解速度について検討した。黒雲母は、火成岩、変成岩、堆積岩中に広く産出され、斑岩銅鉱床にともなう熱水変質によって生成されていると言われている。暗褐・暗緑色であり、その結晶構造の骨格は、 $(\text{SiO}_4)^4-$ と $(\text{AlO}_4)^5-$ とが交互に連結した四面体と Fe と Mg が同型置換した八面体が 2:1 層で構成され、その層間には K^+ イオンが入った互層構造をもつ六角板状結晶である。黒雲母の地球化学的風化過程による鉄の溶脱は、その場と周辺の生態環境に重要な因子となりうる。一般的に、一次鉱物（造岩鉱物）である黒雲母の風化過程において $\text{biotite} \rightarrow \text{hydrobiotite} \rightarrow \text{randomly interstratified mica/vermiculite (RMV)} \rightarrow \text{vermiculite} \rightarrow \text{montmorillonite or hydroxy-interlayered vermiculite (HIV)} \rightarrow \text{kaolinite}$ のように層状珪酸粘土鉱物が生成される。各種酸溶液に対して黒雲母の溶解速度が顕著に高い金属陽イオンは四面体層の Si と八面体層の Fe 、 Mg 、さらに層間陽イオンの K であった。一方、四面体層 Al の溶解速度は若干低いものの、酸水溶液による差異は小さかった。反応後の溶液 pH と黒雲母からの鉄溶解速度 (k_{Fe}) の対数値との関係から、pH が増加するに従いいずれの酸溶液においても鉄溶解速度が低下することがわかった。些少であるものの芳香族性有機酸は脂肪族性有機酸に比べ、鉄溶解速度が高い傾向を示した。そこで、酸の強さ（平均酸解離定数 $\text{av. p}K_a$ ）を基準に比較すると、芳香族性有機酸は脂肪族性よりケイ素に対する鉄の溶出効果 ($k_{\text{Fe}}/k_{\text{Si}}$) が 4~5 倍高いことがわかった（図 3-3-12）。このことから、水系フルボ酸よりも陸上の土壌系フルボ酸のほうが黒雲母からの選択的に鉄溶脱に寄与する

のと同時に二次鉱物である粘土の生成が期待される。そこで、酸処理後の黒雲母の X 線回折図を確認した結果 (図 3-3-13), 溶解後の黒雲母の結晶性は大幅に低下し, 特に芳香族性有機酸で処理したものは低角度側にモンモリロナイトに帰属されるスペクトルが明瞭に現れた。さらに有機酸は溶出した鉄と錯形成を示すことによる呈色が見られたことから, 溶出後の鉄の酸化や高 pH 化にともなう不溶化を防御すると考えられ, その中でもフルボ酸の場合, 構造内に多くの酸性官能基を有し, 多段解離を示すのと同時に, 錯体安定度も高いと考えられる。以上の結果より, 土壌系フルボ酸のような芳香族性有機酸は地下かん水フルボ酸を含めた脂肪族性有機酸よりも鉄の溶出量は高く, 逆に地下かん水フルボ酸は(4)式の化学反応式のように黒雲母を一様に溶解することがわかった。



また斜長石と同様, 塩酸のような酸解離度の高い酸と比べ有機酸は遊離酸 (H^+) により黒雲母を溶解し, 溶出した塩基金属により多段的に酸を供給し, さらに反応後の溶液に呈色が見られたことから鉄との錯体を形成することがわかった。

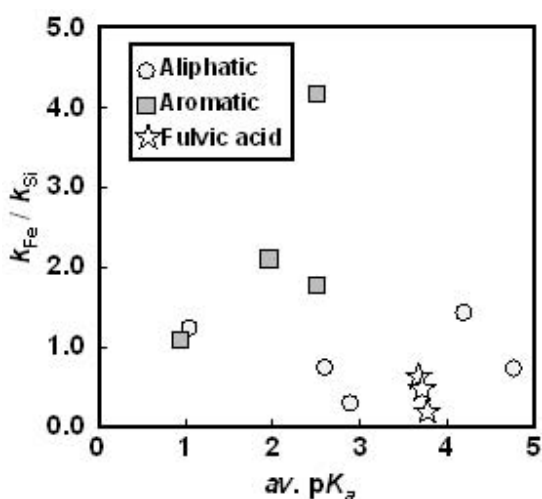


図 3-3-12 各種酸の酸解離定数と鉄の溶出割合との関係

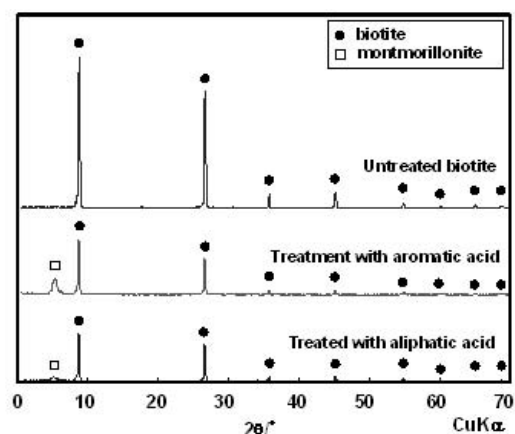


図 3-3-13 芳香族または脂肪族性有機酸と反応させた黒雲母の X 回折パターン

(4) 地下かん水フルボ酸の水稲および海洋植物プランクトンへの生理活性

フルボ酸を含む腐植物質の植物に対する直接的な働きとして, 植物根と腐植物質間に分子レベルで物質のやり取りがあると思われる。そのやり取りに関わる腐植物質は, 腐植画分に随伴している低分子のポリフェノールやキノン類, あるいは腐植物質の化学構造の一部が想定されている。また, 腐植物質の植物ホルモン様効果も指摘されているが, その詳細に関する研究はまだ乏しい。さらに, 北海道大学低温科学研究所や国立極地研究所を中心に 2005 年より「アムール・オホーツク国際プロジェクト」が開始した。こ

のプロジェクトにおいて対象となるアムール川はオホーツク海への豊かな水産資源を生む鉄供給源となっているが、近年、河川流域の森林や湿地の衰退により「フルボ酸鉄」の生成量が低下した。結果、海洋への鉄供給が減少し、水産物の生産量に歯止めを及ぼしていると仮定されている。同様な報告例に、「フルボ酸鉄」の供給不足により石灰藻や赤潮など大発生（磯焼け）し、海の砂漠化現象（シーデザート）といわれるほどに過去10年間の日本近海の漁獲量が約半分の500万tにまで落ち込んでいるとされている。これについても陸の森林衰退が原因であると指摘している。「フルボ酸鉄」の生成は、古くは土壌学分野において活発に調査・研究されてきており、特にポドゾル化土壌や森林土壌に関する腐葉土生成にともなう鉄の溶脱・集積機構について教科書レベルで記載されている。おそらく海の砂漠化現象に対する「フルボ酸鉄」の仮説は土壌学分野からの推論によるものである。ここでは、我々がこれまでに実証した地下かん水フルボ酸の生理活性効果について二つの例を紹介し、房総半島の陸域の農産物と海域沿岸の水産物の自然産物が豊かであることの裏づけと考えられる。

まず2002～2003年において千葉県茂原市内の水田にて水稻（コシヒカリ）栽培を行った結果を示す。水田灌漑用には利根川水、基礎肥料としてくみあい有機入り尿素高度液状複合肥料222号（片倉チッカリン（株））を用いた。透水しないパレット（29×37×2 cm³）に苗床を敷き、そこへ100g/パレットの消毒済みイネ種子を播いた。イネ苗の水需要に応じて井戸水（対照）もしくは井戸水に地下かん水フルボ酸5 mg/L 溶液2 Lを与え、ビニールハウス内で2週間育苗させた。育苗3週間後のそれぞれのイネ苗をうね間30cm、株間30cmとして休耕水田（8×7.5 m²）に定植させ、生育期間中に分けつ数、根の伸長、草丈、乾重量、葉緑素含有量、収穫後に穂長、穂当たり稔実粒数、もみ千粒重などの測定を行った。粒数計算法により1 m²当たりの収量を計算した。結果より、対照に比べフルボ酸処理では分けつ数に40%、根の伸長に61%、根乾重量に136%、地上部乾重量に157%、葉緑素含有量に9%の増加が認められた（図3-3-14）。収穫時の穂長が7%の増加を示したが、その他の項目においては大きな違いが認められなかった。休耕田であるため対照の1 m²当たりの収量は0.345kgに留まり、フルボ酸処理では0.475kgまで増加して37.7%の増収となった。根の発達が進んだ苗を用いることで休耕田であって土壌の栄養状況が決してよくないのにも関わらず、分けつが促進され、対照に比べて茎も太く発達していた。特に、本品種米は豪風雨により倒伏しやすいが、田植え前に苗床をフルボ酸溶液に含浸させるだけでイネが全く倒伏しなかったことは注目されるものである。さらに黒ボク土や森林土壌、もしくは草炭や風化炭から抽出したフルボ酸に比べてもこの効果は明瞭であり、水や栄養吸収に重要な根毛の発達も顕著であった。以上のことから、フルボ酸を含む地下かん水が湧出する地域において、そこで産生する農作物への影響は大きいと予測される。

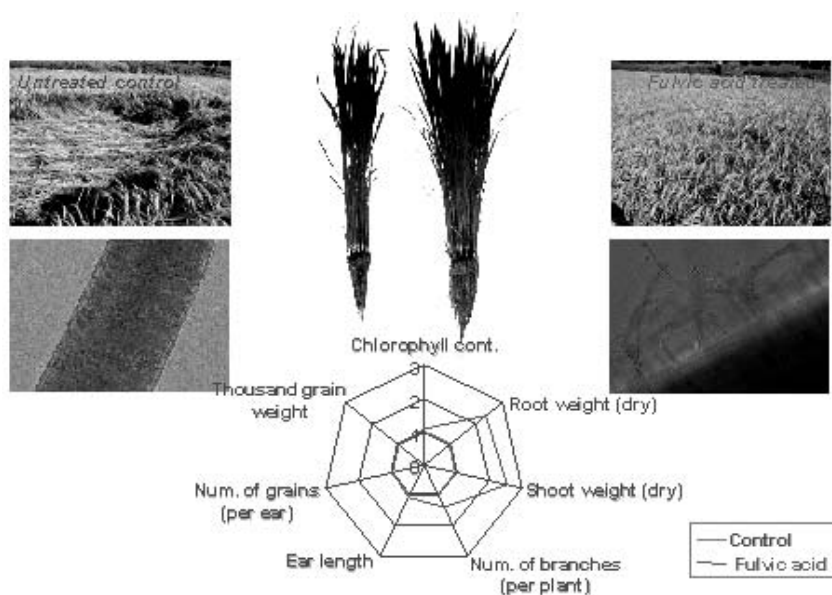


図 3-3-14 地下かん水フルボ酸を処理したコシヒカリ米の植物生理活性作用

次に、地下かん水フルボ酸の海洋植物プランクトンに対する活性を調査した。東京湾千葉港（2007.10.6）より採水した海水を空気になるべく混在しないように密栓の透明容器に移し、約2ヶ月間、照明（12 h 周期）、25℃で静置培養した。次に、微小な植物プランクトンを含む上澄液を回収し、そこに改変 *f*/2 培地（ $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ と $\text{Na}_2\text{EDTA} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ を除く）成分を加え、今度はシリコ栓で約1ヶ月、同条件にて静置培養した。この培養液を均一混合し、50 mL 容バイアル瓶に2 mL ずつ分注し、同様に改変 *f*/2 培地成分を含む海水を18 mL 加え、8日間、同条件にて静置培養した。条件として、□対照区 (Control)，□ $1\mu\text{M Fe}^{2+}$ 添加区 (Fe)，□50 mg/L フルボ酸添加区 (FA50)，□10 または 50 mg/L フルボ酸・ Fe^{2+} 添加区 (FA10-Fe, FA50-Fe) と設定した。所定時間に培養液全量 (20 mL) を採取・ガラス繊維ろ紙にてろ過し、SCOR/UNESCO 法 (アセトン抽出による吸光度法) に従って液中のクロロフィル a (*Chl.a*) 濃度を測定した。同ろ液中の酸化還元電位 (Eh)，鉄濃度 (C_{Fe}) を測定し、光学顕微鏡にて植物プランクトンを観察した。湧出地下かん水の組成は表 3-3-1 の通り、pH と NaCl 塩濃度は千葉港から採取した東京湾の海水とほとんど差異は認められない。しかし、Eh について地下かん水はかなり還元状態 (-400 mV) であった。付随して溶存鉄濃度も高く、pH □ Eh 間の値から溶存鉄の大部分は Fe^{2+} イオンの形態であることが推定される。一般海水の pH (8.2) □ Eh (+120 mV) 間の値はいずれも高く、この環境では無機単量体 Fe の大部分は $\text{Fe}(\text{OH})_3$ の形態で不溶化する。先述の通り溶存有機炭素濃度も一般海水に比べ高く、その平均化学構造から脂肪族性に富んだ有機酸であることがわかった。ここでの研究では、地下かん水フルボ酸を用い、千葉港から採取した海水中の海洋植物プランクトンの生理活性評価を行った。図 3-3-15 の観察写真から、Fe 添加区と FA-Fe 添加区が培養2~4日目に培養液の緑化が確認され、以降、退色した。その培養8日間における各条件区の *Chl.a* 濃度の変化を図 3-3-16 に示す。合わせて、培養液中の Eh と C_{Fe} の経時変化を示す。観察写真でも明確であった通

り、溶液中の *Chl.a* 濃度は Fe 添加区と FA-Fe 添加区において顕著な増加がみられ、対照区もしくは FA50 添加区と比べ 2~3 倍高くなった。特に、FA-Fe 添加区において大きな変化がみられたが、4 日目以降は Fe 添加区との差異が小さくなった。光学顕微鏡による観察より、培養初期の植物プランクトン占有種は珪藻類羽状目 *Navicula sp.* であった。しかし培養 8 日目において、この種は希少になり、対照区では珪藻綱羽状目 *Bacillaria sp.*、Fe 添加区では緑藻綱シオグサ目 *Phithophora sp.*、FA50 添加区では *Bacillaria sp.* とディクティオカ藻綱ディクティオカ目 *Dictyocha sp.*、そして FA-Fe 添加区では *Phithophora sp.* や緑藻綱カエトフォラ目 *Draparnaldia sp.* など微細藻類が密集し、かつ唯一、動物プランクトンに属するリトストマ綱シオカメウズムシ目 *Mesodinium sp.* のコロニーが観察された。次に鉄添加の条件のみについて Eh と C_{Fe} の経時変化を比較すると(図 3-3-16)、培養全域において FA-Fe 添加区では酸化電位の変動幅が小さかった。しかし、 C_{Fe} には添加区間の顕著な差はみられず、培養初期において減少傾向を示し、後半は増加傾向を示した。そこで、初期値に対する鉄消費量 (ΔC_{Fe}) と *Chl.a* 生産量 ($\Delta Chl.a$) との関係を図 3-3-17 に示す。全体的に鉄消費量と *Chl.a* 生産量には正の相関性 ($r = 0.77$) がみられ、内部生産量(鉄消費に対する *Chl.a* 生産量; $mg-Chl.a/mg-Fe$) は 0.39 であった。同様に各添加区について比較すると、Fe 添加区 0.29 ($r = 0.79$)、FA10-Fe 添加区 0.44 ($r = 0.86$)、FA50-Fe 添加区 0.46 ($r = 0.97$) のようにフルボ酸を共存させることにより内部生産量が約 1.5 倍高まることがわかった。このことからフルボ酸鉄錯体が海洋植物プランクトンの増殖に強く影響することが確認された。

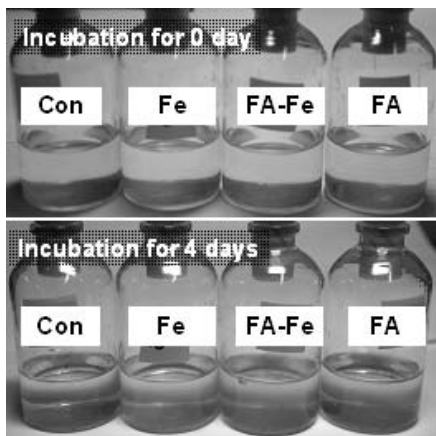


図 3-3-15 フルボ酸-鉄添加による海洋植物プランクトンへの影響

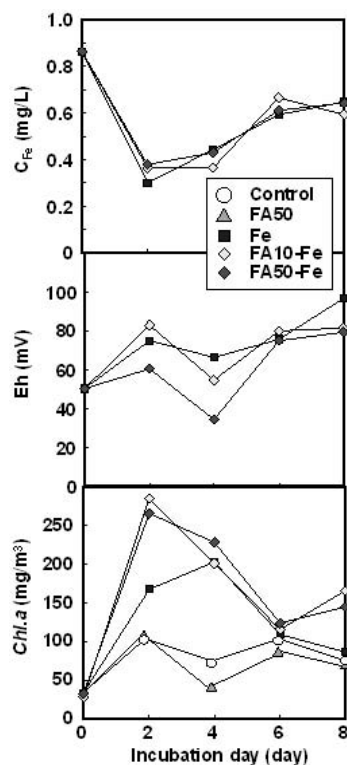


図 3-3-16 フルボ酸添加による溶存鉄濃度、酸化還元電位、クロロフィル a 濃度への影響

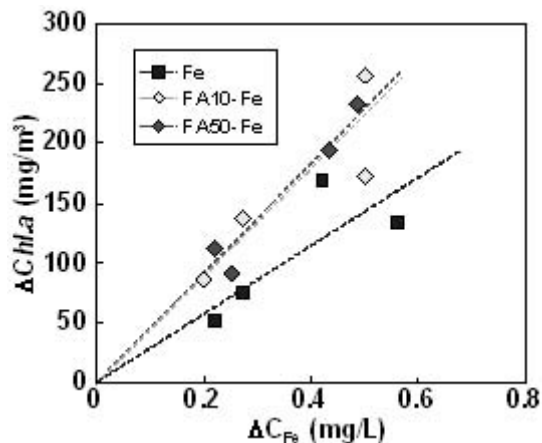


図 3-3-17 フルボ酸添加による内部生産量

これらの研究で明確にすることができなかったフルボ酸鉄錯体の形態と安定性について今後学術的に証明し、さらに植物プランクトンにフルボ酸を付与した際に発現していると推定されるシデロフォアの鉄捕捉機能（キレート剤）について詳細に調査する必要がある。以上の成果から、今後さらに危惧される自国の食糧事情に対応できる地球環境調和型農水産資源の向上が期待される。

(5) 房総養老川の里山から里海への物質輸送と生態系との関連

再び養老川流域について予備的調査の結果を紹介する。2008年5月15・16日、同年10月11・12日、さらに2009年1月9・10日の計3回、図3-3-1の調査地点に対し採水および計測を行った。その詳細な位置と環境状況写真は表3-3-2の通りである。指定延長73kmに対し17調査地点を設定し、平均5km間隔で計測、採水を行った。特に高滝ダム（Site 6）より上流域は調査地点の間隔を短く設定し、いわゆる養老川本流に対し垂直方向に上総層群の露頭が走向している区域となる（図3-3-3）。Site 11～13の区域は観光名称ともなっており、地下かん水の湧水を利用した養老溪谷温泉である。調査地点の高低差は233mと平均傾斜度2°と緩やかであるが、高滝湖流入地点 Site 8 から上流は急勾配となっている。環境状況写真からも理解されるように下流（Site 1）から上流（Site 17）に行くにしたがい、河川幅が狭くなり、図3-3-2に示した土地利用の面積図を反映して市街地と農耕地から森林地に移行していることが理解される。

図3-3-18に2008年10月11・12日と2009年1月9・10日に簡易計測した各調査地点の河川流量を地形情報とともに示す。いずれの場合も源流から河口域に下るに従い流量は急増し、特に晩夏の10月は冬の1月に比べ高かった。流量の増加傾向は高度よりも原水からの分水界累積面積に関係しており、支川の合流地点（高滝湖）あたりの増加量が高くなっていることがわかる。1月の調査時において Site 2 の流量が急減しているのは満潮時による逆流の影響である。

表 3-3-2 調査地点と環境状況

Site No.	Latitude (N)	Longitude (E)	Altitude (m)	Environmental condition
10	35°10'28"	140°08'57"	91	
11	35°15'17"	140°09'49"	97	
12	35°15'02"	140°09'57"	96	
13	35°13'11"	140°10'50"	735	
14	35°13'54"	140°11'01"	147	
15	35°11'57"	140°11'48"	103	
16	35°10'58"	140°11'01"	216	
17	35°10'53"	140°10'35"	233	
Site No.	Latitude (N)	Longitude (E)	Altitude (m)	Environmental condition
1	35°21'36"	140°24'35"	0	
2	35°22'19"	140°25'15"	2	
3	35°23'25"	140°27'01"	3	
4	35°23'05"	140°27'53"	30	
5	35°23'22"	140°28'01"	38	
6	35°21'08"	140°28'45"	36	
7	35°21'08"	140°29'11"	33	
8	35°20'33"	140°28'03"	34	
9	35°19'11"	140°28'48"	42	

次に各調査地点の水質データを図 3-3-19 に示す。調査項目として、島津製作所製 TOC-V_{CSH} 計による全有機炭素 (TOC) と全窒素 (TN), HACH 社製 DR/890 分光光度計による鉄 (Fe) とリン酸態リン (PO₄-P), 東亜ディーケーケー社製 WM/EE2P 計による

pH および電気伝導度 (EC), HACH 社製 HQ40d 計による溶存酸素濃度 (DO), Turner Designs 社製 Aquafluor 蛍光分光計または笠原理化学工業社製 CHL-30 計との併用によるクロロフィル a 濃度 (*Chl.a*) をそれぞれ測定した。pH, EC, DO および *Chl.a* 値についての測定は現地で行い, それ以外は研究室にて行った。

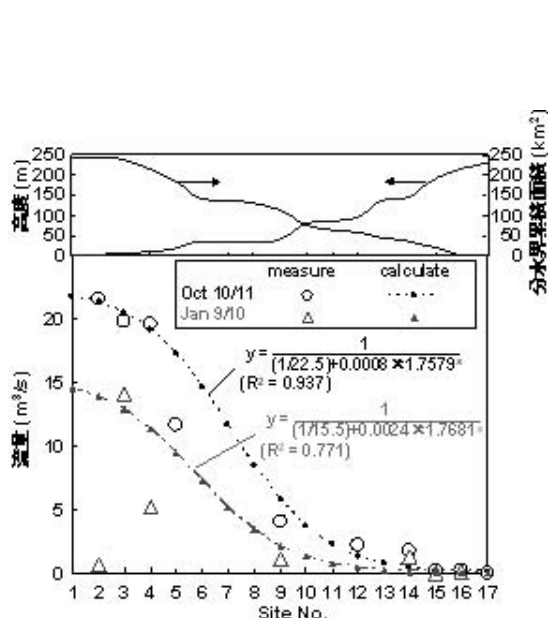


図 3-3-18 各調査地点の河川流量

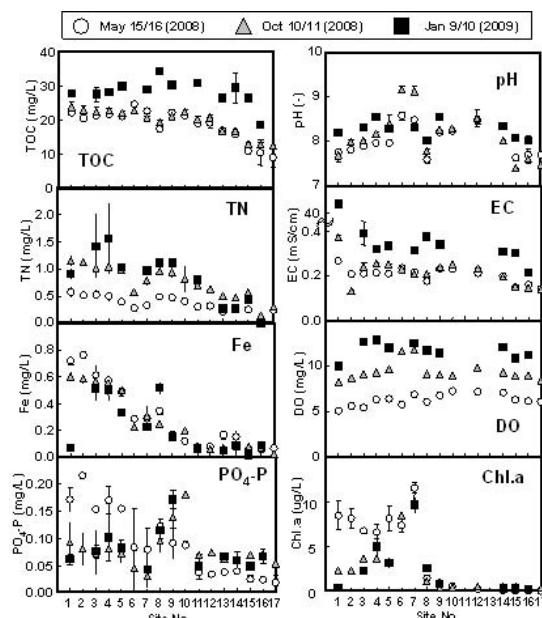


図 3-3-19 養老川流域各調査地点の水質データ

栄養塩類に相当する TN, Fe, PO₄-P 濃度および EC は上流から下流に従い増加傾向を示し, 調査時期により有意的に異なることがわかった。pH は調査地点 Site 6~8 で最大となり, この傾向は TOC および *Chl.a* 値との相関がうかがえる。

そこで本題となる養老川流域における里山から里海への物質輸送と生態系との関連を考察してみる。里山において産生された森林資源からの落葉落枝は土壤微生物により腐植化(つまり腐植化)し, 降雨とともに水溶性腐植物質であるフルボ酸は地下に浸透する。この際に 3 項で述べた造岩鉱物の地球化学的風化作用が働き, 鉱物中の構成元素が溶脱もしくは粘土化する。つまりフルボ酸の溶脱とともに鉄元素も溶脱しながら, やがて河川にフルボ酸-鉄錯体として流入する。養老川流域のフルボ酸-鉄の供給源には地下かん水の湧出も該当し, これらの物質輸送により陸海域ともに生態系が豊かになっていると考えられる。図 3-3-19 の TOC の結果をみてみると, 源流 (Site 17) から養老溪谷付近 (Site 11) まで TOC が増加し, それより下流ではほぼ一定となっている。その増加量は 1 月の調査時が顕著であった。しかし, Fe については源流から養老溪谷付近まではそれほど増加せず, むしろ下流から比例増加している。1 月の河口域 (Site 1) での Fe 濃度は急激に減少しているが, EC でも理解されるように満潮による海水の逆流により

鉄が不溶化または希釈されたと考えられる。このことについて考察すると、TOC は山林土壌表層から直接河川に流入する部分と一度地下に浸透し、養老溪谷付近の Site 11 から下流で鉄と錯形成しながら湧出・流入している可能性がある。植物プランクトンの増殖の指標として *Chl.a* 値をみると、Fe 濃度の増加と同様に Site 17 から増加し、高滝湖 (Site 6~8) 辺りを最大 (最大内部生産) に下流では減少を示している。

各水質データ間での相関分析を調査時毎に整理したのが表 3-3-3 である。季節により相関性は異なるものの、TOC-EC 間、TN-Fe 間の相関が高いことがわかる。また、5 月の TOC- *Chl.a* 間、Fe- *Chl.a* 間の相関が高く、DO- *Chl.a* 間は負の相関であるのに対し、10 月と 1 月では逆に TOC- *Chl.a* 間、Fe- *Chl.a* 間の相関が低く、DO- *Chl.a* 間は正の高い相関がみられる。これらの相関性から、水中の有機炭素が増加すると鉄に限定せず多くのミネラル成分を溶脱させ、特に窒素含有化合物が鉄の溶脱に関与していることが示唆される。さらに 5 月の季節ではフルボ酸-鉄錯体により植物プランクトンが相互影響しながら増殖期をむかえ、それにとまなう溶存酸素の消費しているのに対して、10 月と 1 月は植物プランクトンの定常・衰退期にとまなう溶存酸素の増加が考えられる。

表 3-3-3 養老川の水質データ間における相関係数

May 15/16 (2008)									Jan 9/10 (2009)								
	TOC	TN	Fe	PO ₄ -P	pH	EC	DO	<i>Chl.a</i>		TOC	TN	Fe	PO ₄ -P	pH	EC	DO	<i>Chl.a</i>
TOC	1.00	0.64	0.55	0.61	0.40	0.91	0.10	0.67	TOC	1.00	0.56	0.39	0.32	0.26	0.81	0.22	0.26
TN	-	1.00	0.78	0.84	-0.16	0.62	-0.09	0.49	TN	-	1.00	0.79	0.44	0.54	0.78	0.46	0.46
Fe	-	-	1.00	0.93	-0.29	0.52	-0.36	0.77	Fe	-	-	1.00	0.38	0.20	0.37	0.69	0.42
PO ₄ -P	-	-	-	1.00	-0.25	0.52	-0.23	0.69	PO ₄ -P	-	-	-	1.00	0.45	0.56	0.06	-0.18
pH	-	-	-	-	1.00	0.38	0.32	0.06	pH	-	-	-	-	1.00	0.28	0.47	0.27
EC	-	-	-	-	-	1.00	-0.29	0.56	EC	-	-	-	-	-	1.00	0.41	-0.06
DO	-	-	-	-	-	-	1.00	-0.11	DO	-	-	-	-	-	-	1.00	0.62
<i>Chl.a</i>	-	-	-	-	-	-	-	1.00	<i>Chl.a</i>	-	-	-	-	-	-	-	1.00

Oct 10/11 (2008)								
	TOC	TN	Fe	PO ₄ -P	pH	EC	DO	<i>Chl.a</i>
TOC	1.00	0.84	0.72	0.29	0.57	0.70	0.25	0.43
TN	-	1.00	0.83	0.35	0.15	0.59	-0.12	0.18
Fe	-	-	1.00	0.05	0.10	0.49	-0.08	0.35
PO ₄ -P	-	-	-	1.00	-0.15	0.32	-0.45	-0.51
pH	-	-	-	-	1.00	0.25	0.89	0.77
EC	-	-	-	-	-	1.00	0.02	0.18
DO	-	-	-	-	-	-	1.00	0.85
<i>Chl.a</i>	-	-	-	-	-	-	-	1.00

しかし、本研究では森林土壌からのフルボ酸と湧出地下かん水からのフルボ酸についての区別をすることができなかった。平均化学構造からの差異は 2 項に既述の通り、前者は芳香族性を、後者は脂肪族性を母構造として構成されていることから養老川水中のフルボ酸を抽出することにより鉄元素の物質輸送と植物プランクトンの生産との関連が明瞭となろう。酒井ら (2007) の調査では養老川流域の 327 ヶ所の井戸について放射性炭素 (¹⁴C) 年代測定を行い、Ca-HCO₃ 型地下水、Na-HCO₃ 型地下水、および塩水系地下水の 3 種類が賦存しており、それぞれの起源は、Ca-HCO₃ 型地下水は数千年前以降に

涵養された地下水、Na-HCO₃型地下水は数千年～2 万年前の寒冷期に涵養された天水、そして塩水系地下水は約 2 万年前の化石海水（いわゆる地下かん水）であることを明らかにしている。本研究では抽出フルボ酸の年代測定までには至っていないが、平均化学構造との併用によりフルボ酸の供給起源がより明確になると考えられる。図 3-3-20 は 10 月調査時の TOC, Fe 濃度, *Chl.a* 値について、流量（図 3-3-18）および分水界域の山林面積累積（図 3-3-2）を基準にした正味生産量を示したものである。調査地点に対し同様な傾向を示しており、TOC 量に対し約 1/100 の Fe 量、1/1,000 量のクロロフィル a が単位時間・面積あたりに生産・供給されていることが理解できる。

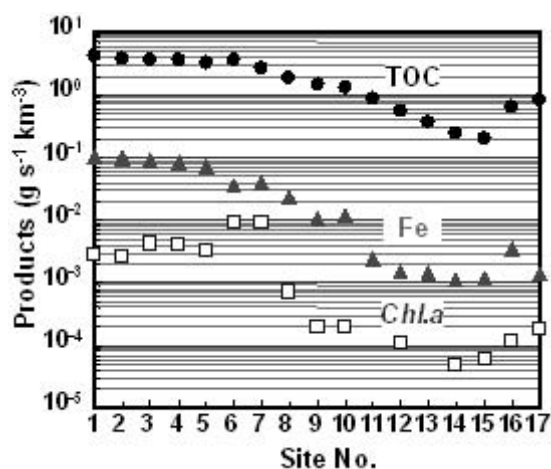


図 3-3-20 養老川の有機炭素, Fe およびクロロフィル a の正味生産量

(6) 房総養老川から小櫃川へ

養老川と小櫃川は非常に類似した二級河川であり、房総半島の中では源流から河口までの延長が 88 km と最も長い河川である。土地利用や地形・地質的自然環境も似ており、盤洲干潟をまもる会編著の「小櫃川流域の自然□源流から河口干潟まで」にわかりやすく説明されている。養老川と大きく異なる点は木更津市畔戸・久津間地先の東京湾に注ぐ小櫃川河口域に河口干潟（盤洲干潟）が形成・維持されている点である。養老川河口域は工業用埋立て地帯と大きく変貌しているのに対し、小櫃川は広大な沖積平野と海域沿岸への自然遷移により形成されており、沖積地は穀倉地帯として利用され、沖から 2.2 km も広がる前浜は上流の地質を反映した砂質干潟が形成されており、感潮クリークや塩沼のある三角州には粘土質でありヨシ、アシの大群落に覆われている。自然環境が豊かであるため、キイロホソゴミムシなどの絶滅危惧種や塩性湿地植物群落など貴重な動植物に恵まれているほか、潮干狩り、海苔養殖、アサリ漁、カレイ漁などの漁業として利用されている。

房総半島の自然の豊かさを深く実感し、後世に残していくためには「環境教育」に力を

注ぐことが必要不可欠である。林業、農業、漁業さらには工業、娯楽・観光業を共存させ、自然を守るためには「関心・興味」を残すことが重要であり、単に個々の産業として区別するのではなく、「森・川・海・空のつながり」または「里山・里海のつながり」を実感させることが重要と考える。千葉県立中央博物館において2005年に「旅する地球の水展」が開催され、その体験展示「ミニミニ養老川に雨を降らせる」では子供から大人まで「水が旅をする」ことを実感できた一例といえよう（図3-3-21）。さらに、ここでの予備調査にかかわった私の研究室の学生達（図3-3-22）も教室で学ぶ専門知識が現場で直接体感することで「実感」から「将来への確信」に発展していると感じ取ることができた。ここの敬意を賞し、一緒に学ぶことができたことに感謝する。

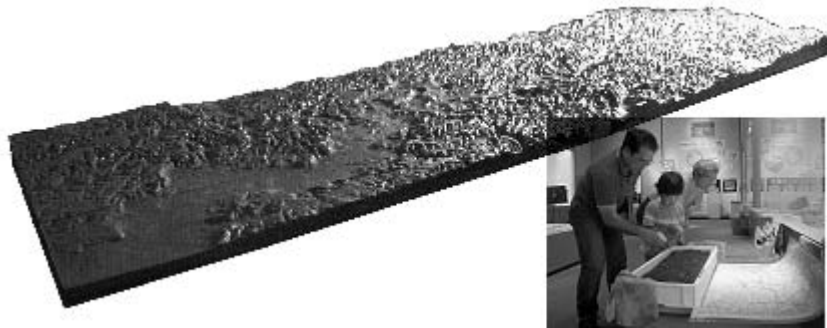


図 3-3-21 養老川流域の地形モデル（1260mm×760mm×高さ 39mm，1/50,000）

（作成：産業技術総合研究所 前川 仁）



図 3-3-22 養老川の調査に協力してくれた学生たち

3-4 大畑川流域における海域と流域圏の一体的管理に向けた活動に関する研究⁷

(1) 大畑川流域の概要

青森県下北半島の旧大畑町（現むつ市）の中心部を貫流する大畑川は、下北半島の朝比奈山系に源を発し、津軽海峡に流入する流域面積 16,900ha、流路延長 31.6km の 2 級河川である。大畑川の流域を取り巻く外輪山は、旧川内町と境をなす丸山（806.7m）、朝比奈岳（874.0m）、石山（504.2m）、佐井村との境に荒沢山（671.6m）、大間町との境に大滝山（563.4m）、そして風間浦村との境界に目滝山（618.4m）、大石八森（574.0m）、燧ヶ岳（781.3m）などが位置し、分水嶺を形成している。

旧大畑町の総面積 23,559ha のうち山林面積は 22,456ha（95.3%）を占めているが、その内 21,155ha（90%）が国有林野である。平成 16 年大畑町森林整備計画によると、国有林野の 25%以上が人工林である。平野部は大畑川、正津川の下流域約 700ha で、このうち農用地は 355ha（1.0%）、市街地は大畑川河口付近の 340ha（0.8%）に形成されている。都市計画区域面積は 1,416ha である。また、旧大畑町の海岸線延長は約 10km である。

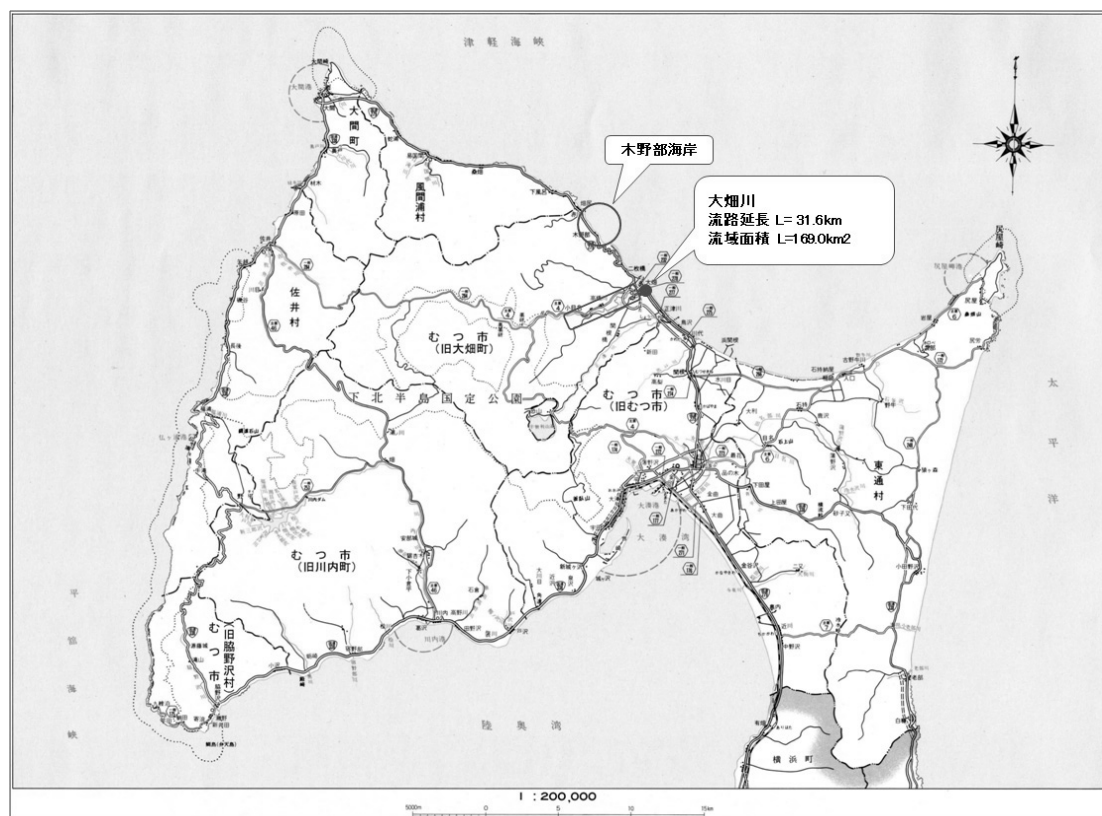


図 3-4-1 大畑川流域

⁷ 本稿はサステイナブルコミュニティ研究所角本孝夫理事長の原稿による。

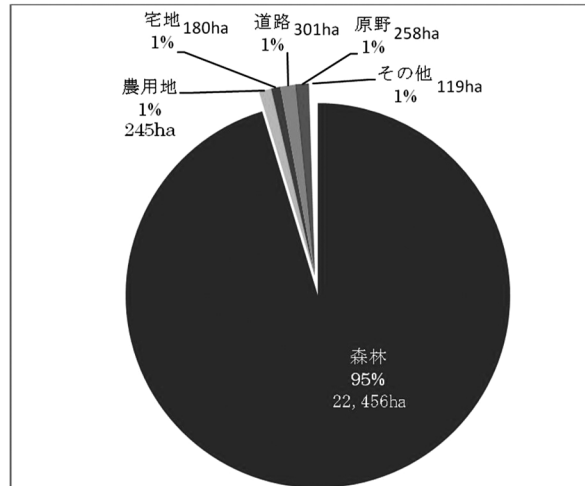


図 3-4-2 旧大畑町の土地利用状況

① 河口の年平均流量

大畑川河口の年平均流量は $5.341\text{m}^3/\text{sec}$ である (1993 年～2002 年／小目名水位観測所)。

② 月別平均降水量

当地域 (観測地点名：むつ) の月別平均降水量を以下に示す。観測期間は 1999 年から 2008 年である。この期間における年間の平均降水量は約 $1,300\text{mm}$ であり、9 月に極大がある。

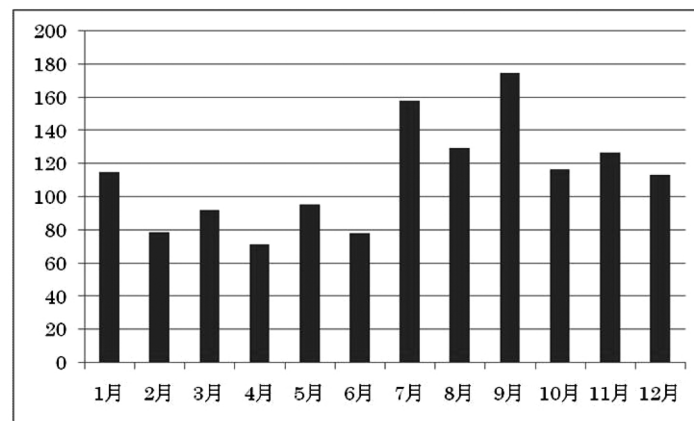


図 3-4-3 1999 年～2008 年の月別平均降水量(mm) (気象庁 HP より)

③ 流域人口

大畑川の流域人口は 2008 年 12 月現在で約 6500 人である。

④ ダム

SCR が 2002 年 11 月に行った調査によると、林野庁砂防ダムは約 70 基、県土整備部のダムは 8 基である。

(2) 大畑川流域および地先海域の一体的な管理に向けた地域活動に関する経緯

① 取り組みのきっかけ

1994年1月17日、後の「94フォーラム in 大畑」(以下フォーラム)代表にして、2000年1月にそのフォーラムを母体にして結成された、「特定非営利活動法人 サステイナブルコミュニティ総合研究所」(以下SCR)理事長の角本孝夫の呼びかけに応じた34名によって、「94イカの文化フォーラム in 大畑」実行委員会が結成された。

「イカの文化フォーラム」とはイカ博士 奥谷喬司(当時東京水産大学教授)氏を会長として、新潟・長岡市で旗揚げされたイカを愛する人々の会であった。その第一回目は東京で行い、二回目は1993年8月に新潟で行われた。当時大畑旅館組合長であった角本は、地元の水産加工会社の社長からその大会を知り、大畑町役場企画課や金融機関2行の支店長、商工会、観光協会の役員等12名を引き連れて、第二回目の新潟大会に参加した。

大畑は明治末以降、イカの町として知られた場所である。新潟大会に参加した一行は、その場で発表されたイカ墨の抗腫瘍活性を発見したのが、他ならぬ青森県産業技術開発センターであることを知ると同時に、大畑では「などきいか」として刺身にしない、白く濁ったイカの刺身を美味しそうに頬張る参会者たちに衝撃を受け、「生きたイカを食べさせてやる」という気合のもとに、その場で第三回目は大畑で開催したい旨を主催者に申し入れた。その際、地理的に遠いこともあり、大畑開催は大畑独自の組織で、また独自の方式で行うことが確認された。1994年1月の実行委員会結成はそれを受けてのものであった。

そのため、大畑のイカの文化フォーラムの趣意書には、4.(1)で触れるように、内容がイカを超えるものとして構想されたため、全町的な協働が必要であるということが呼びかけられ、新たな街づくりのための最初の一步であることが謳われた。そして町役場は勿論、大畑町漁業協同組合、大畑町製材業協同組合、大畑町商工会や大畑町観光協会等、大畑町のほぼすべての組織が呼びかけに応じたことが後々重要な意味を持つてくる。

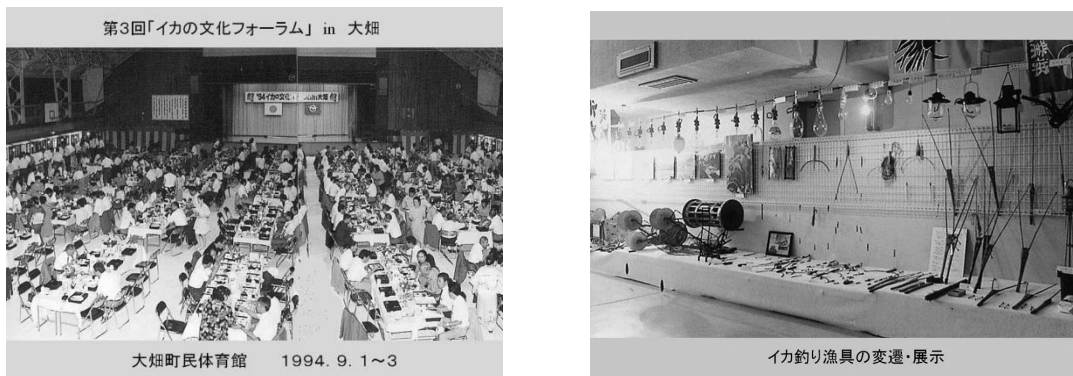


図 3-4-4 イカの文化フォーラム in 大畑の様子

そういう経緯でスタートした94年のイカの文化フォーラム in 大畑であったが、その準備の過程で、過去から現在に至るまでのイカ漁の記録をまとめ、イカが泳ぐ海の変化のありようをつぶさに検証していくなかで、イカ漁の発展の歴史というよりは、イカによって

何が失われ、まちの風景がどう変わっていったのかを、収集された多くの画像資料によって否応もなく考えさせられることになる。

イカの文化フォーラム開催の過程で明らかになっていったのは、厳しいイカ漁の実態と、ポストイカの新たな転換を不可能にしている、沿岸域の環境悪化であった。

② 取り組みの中心となった組織及び取り組みに関係した主体の体制

そこで9月1日から3日までの「'94 イカの文化フォーラム in 大畑」が盛会裏に終わるやいなや、収集した漁労器具や資料の継承と地域全体の課題を総合的に検証するための組織『'94 フォーラム in 大畑』を立ち上げることになる。フォーラムは内部に4つの委員会を設けた。イカの文化フォーラムを継承し、継続的に地域の漁業資料を収集していく「イカの文化委員会」、大畑の町の歴史を掘り起こし、埋もれた古文書などを解読しながら地域の歴史を読み解いていこうという「歴史と神話の委員会」、イカの文化フォーラムで生まれた新たな疑問、「海のことだけやっていると海の見えてこない、むしろ海へとつづく水の回廊全体を一体のものとして考えていこう」という「森と川と海の委員会」、そして2000年にSCRとしてNPO認証をうけ法人格を取得するに至るフォーラムのシンクタンク「IINC委員会」（インテリジェンス・インフォメーション・ネットワーク・カンパニーの略）がそれである。

フォーラム・SCRは、その活動資金を、会費、民間からの寄付、収蔵品の貸出収益、そして財団その他の研究費等であり、現在に至るまで、行政からの補助金は一切受けずに活動している。それは制約の受けない自由な発想と予算割を重視するからである。

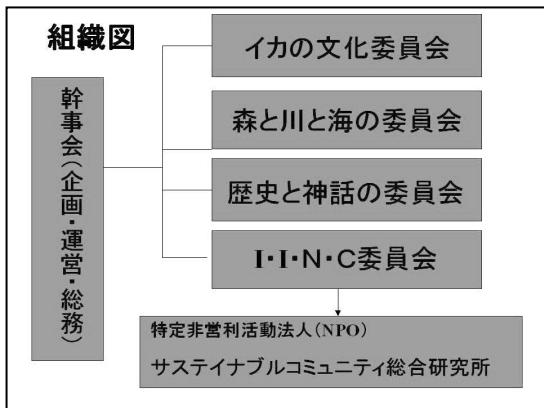


図 3-4-5 '94 フォーラム in 大畑の組織図及び行事

このフォーラムには漁業者から商店主、町役場の職員から一般のサラリーマンまで多様な業種の人々が参集し、地域再生に向けた様々な調査や試みをしていくことになる。

③ 具体的な取り組み内容

a. 大畑川—近自然河川工法（珪藻・藍藻の森づくり）

この工法の大畑川への導入のきっかけは、沿岸域の環境悪化を憂慮していた「'94フォーラム in 大畑」の会員が、1996年元旦の日経新聞に掲載された近自然河川工法と、それを日本に紹介した福留脩文さんの記事を会に持ち込んだところに始まる。そこにはまさに彼らがそうあればいいと願っていた川づくりの思想と技術があり、すでに長野県の千曲川で実践に移されていると云うことが書かれていた。しかもこの工法はすでに30数年前にスイスやドイツで生みだされ大ざっぱに云えば、「流路を無理に直線化せず自然な蛇行を残す、土や石を多用し草や木に覆われた護岸を形成する、自然の岩石などを配置し、魚類や昆虫が棲息できる環境を作るなどが特徴である」と書かれており、さらに驚いたことにはあの激しい阪神淡路大震災で、地域河川のコンクリート護岸・堤防に崩落などの被害がでたのに対し、この工法を施した約30ヶ所のほとんどが無傷であった、と記されていた。それは用いられた土石や植物が衝撃を吸収するなど、この工法が柔構造だったため、耐震性という点からもこの工法は一段と脚光を浴びたということであった。

そこで1997年7月11日、前年11月にも合同の研修を積んだむつ土木事務所（当時）の全面協力の下に、民間組織「'94フォーラム in 大畑」設計発注による近自然河川工法の現地実習を行い、その後の本格的な導入の口火を切っていった。



図 3-4-6 大畑川における近自然河川工法の現地実習

b. 木野部海岸「心と体をいやす海辺の空間整備」事業（海の森づくり）

大畑町では、新海岸法の理念のもとに、キノップ海岸「心と体をいやす海辺の空間整備」事業という住民合意形成型海岸事業が実施され、2004年3月までに18回の懇話会が開催された。

キノップ懇話会の独創性の一つは、どんな構造物を設置するかという考えをはじめから前面に押し出すのではなく、思い出すところからはじめたところにある。セピア色の記念写真の背後に広がる『海』のあるべき姿と、それに支えられた本来の地域の暮らしのあり方が見えてきたとき、環境復元の方角性とそれを実現させるための手法もまた見えてきた。

その背景の記憶をたぐり込みながら、あるべき海岸整備のあり方を模索していったのが「キノップ海岸―心と体を癒す海辺の空間整備」であった。



図 3-4-7 心と体をいやす海辺の空間

c. つぶて合戦

大畑町観光協会主催で2000年10月1日から始められた「つぶて合戦」は、その後毎年10月の第一日曜日に開催され、現在にまでつづいている。

大畑町観光協会では、「イカの文化フォーラム in 大畑」の催事に連動する形で、1994年頃から有志の間で「川に石を入れて大畑川を甦らせよう」という話し合いがなされてきたが、97年の近自然河川工法をきっかけに「豊かな川は、地域を潤わせ、多くの人たちを招き寄せる」として、この事業を実施するにいたった。「観光」の語源は「観よ邦の光(誇り)」を、ということであるが、郷土の誇りである豊かな川を甦らせることが、まさに「観光」そのものであると考えて、つぶて合戦に踏み切ったことは、近道ばかり通ったがる観光施策とはひと味違った粋なものであった。

2002年からは大畑高校の生徒たちも参加して、いよいよすそ野が広がり始めたが、今後は漁業者や家族連れも巻き込んで、全町的な行事に発展していくことが期待されている。



図 3-4-8 市民活動「つぶて合戦」

将来的な構想としては、両岸に陣取った参加者が、それぞれの漁船の大漁旗を掲げ、修験道の法螺貝の音一声で、合戦のように喊声を上げて石を投げ入れるというイメージを持っているが、いまは単に楽しみながら石を投げ入れる催事である。

d. 魚林祭（魚の森づくり）

「'94 イカの文化フォーラム in 大畑」開催の過程で浮かび上がってきた海の再生の問題については、いち早く 1994 年 5 月 21 日に、大畑町漁業協同組合主催、「'94 イカの文化フォーラム in 大畑」実行委員会後援で、『魚林祭』が举行された。この催事は古くからある《魚付林》、魚は森に付くという考え方を踏襲した試みであった。この思いはその後、1997 年 5 月から始まった「青森県森と海づくり運動推進事業」、大畑町林業振興対策協議会や大畑町が共催した「大畑町植樹祭」へと引き継がれ、市町村合併後の現在に至るまでつづくことになる。



図 3-4-9 平成 6 年 5 月 21 日 サケ・マスふ化場

e. 「林業者の森と川と海の保全および創造への取り組み」植樹祭

大畑町林業振興対策協議会及び大畑町は、森を蘇らせ、美しい自然を取り戻すことを目標に、大畑川の上流・赤滝山国有林に設定した数箇所で、10 年単位で計画的に毎年約 1ha 程度青森ヒバを中心にトチ・ブナ・クルミを植樹、山栗の移植、育樹を行っている。



H12.6.18



H10.6.21

図 3-4-10 植樹祭のようす

f. 鎮守の森づくり

フォーラムは1997年8月に、これからの大畑町のあり方を提案する日本で初めてのサステイナブルコミュニティ宣言である『大畑原則』を発表する。その中での重要な柱である「林系」論には鎮守の森づくりも提案されている。

それを受ける形で1999年5月に上野地区の祭り山の青年組織が、地域の氏神である上野矢成儀稻荷神社にイチイの木を植樹した。昭和30年代には鬱蒼たる鎮守の森が生い茂っていた集落の精神的な支柱であり、寄り合いや防災空間でもあった稲荷神社も、その頃にはほとんど樹もない状態で、古い社がむき身のまま風雨にさらされていたからである。

翌2000年には、郷社大畑八幡宮の祭典に参集する各町内会有志が集い、鎮守の森実行委員会を結成し、4月23日に八幡宮の鎮守の森づくりが始まっていった。



図 3-4-11 森づくり運動

g. 河畔林 (川面を覆う影の森づくり)

1997年4月27日、フォーラムは大畑川の近自然工法導入を前にして、河畔林としての『桜堤造成事業』を実施した。河岸に繁茂する鬱蒼とした森は、川面に影をつくり、陸生昆虫の落下によって淡水魚への給餌をするなど川の守り神ともいえる。その河畔林を創生することで穢な河川環境を回復させるだけではなく、『大畑原則』にいう森と海をつなぐ重要な導線の役割を果たしてもらおうというシナリオの一環であった。



図 3-4-12 森づくり (河畔林)

h. 氾濫原教育の一環としてのそば作り-大畑中学校総合学習の指導

SCR・フォーラムでは2000年7月から、氾濫原である休耕農地を借り上げ、「縄文試行農園」として、そば作りを始めた。それと同時に、以前から、大畑小学校・中学校・高校と、深い連携をとり、講演会や授業の一環に参画してきた。そこで2001年から、大畑中学校の総合学習の一環として、生徒98名の参加を得て、種まきから収穫、ソバ打ちまでの活動をはじめた。営農指導は、昔からおいしいソバ作りで定評のあった、大畑中学校隣接の関根橋集落のお母さんやおばあさんであった。生徒と地域住民が協働して行う作業は、双方に新たな想いを結ばせ、日頃食するソバが、いかに大きく天候に左右されるか、いくら努力しても、風水害にあつて採れるとは限らないなかで、地域の人々はどのような知恵を生み出していったのか、つぶさに体験することで、風土と命の微妙なかかわりが見えてくる。そして、川の氾濫がどういう意味をもってくるのか体感することで、川の氾濫が否定的な意味あいだけではなく、氾濫原で増水した水が遊ぶことで、大畑という扇状地に開けたまちの危機がどう緩和されていくのか、具体的に知る機会を得ることができた。



図 3-4-13 縄文試行農園

④ 活動の成果

青森県ふるさとの森と川と海の保全と創造に関する条例第1号指定へ

大畑での上記のような一連の活動と同時期に、青森県でも「流域」に関しての地域政策が進展し、2001年12月に「青森県ふるさとの森と川と海の保全及び創造に関する条例」が制定された。これは、流域管理が各セクターに分断されているものを統合化する理念の意欲的な全国初の流域保全条例であつて、2002年には基本計画作成が行われている。この条例作成の過程において、NPO法人サステイナブルコミュニティ総合研究所（SCR）ではそれまで蓄積した知見や情報をもとに、具体的な提言活動をパブリックコメントとして行った。また流域情報を「大畑川流域—水辺のクロニクル」という冊子にまとめて青森県に提言するなどの活動もあつて、2004年11月、県条例で謳われている「流域保全地域」の指定対象地の第一号として大畑川流域が決定された。

またこれらの民間の一連の活動は、1994年11月「大畑町文化功労章」、1997年11月「東

北地方建設局主催 RACコンテスト クリエイト部門受賞」, 2002年12月「国土交通省主催「手づくり郷土賞・地域整備部門」を受賞」, 2007年5月「2006年度土木学会デザイン賞最優秀賞受賞」, 2007年10月「2007年度グッドデザイン賞金賞受賞」など, 数々の賞を受賞して町民を勇気づけた。

(3) 流域圏と海域の一体的管理の必要性

① 一体的管理に向けた取り組みを必要とした理由

海の再生のためには, そこに至る川を再生しなければならないという議論から, 近自然河川工法による川の再生に着手したものの, 青々と水をたたえる美しい淵は上流の国有林野から流れ下る土砂で埋まり, その微粉末の泥はせっかくつき始めた川石の苔を覆い, 1998年9月に襲来した台風五号の際のように, 流木と土砂を海に吐き出すということが度々くりかえされた。



図 3-4-14 1998 年台風五号による森・川・海の被害

そこで, 海を再生させるためには, 川や農用地, そして暮らしの在り方や, 上流の森の再生が必要だということを強く意識していくことになる。

② 既存の管理システムにおける課題と問題点

言うまでもなく, 流域を取り巻く管理の所管は細分化されている。漁港は水産庁, また海岸もその用途により国土交通省海岸や水産庁海岸などに分断され, 河川管理は国土交通省であるが, 内水面漁業権は水産庁, 市街地を貫流する川の周辺もまた居住空間であるがゆえに別の所管の制約を受け, 農用地は農林水産省, そして周囲を取り巻く山々は林野庁で, それに重なるように広がる国立公園は環境省というように, 一つの流域には数々の管理の違う省庁が犇めいている。その調整は, 「青森県ふるさとの森と川と海の保全と創造に関する条例」の地域指定の際にも問題になったように, 困難を極め, 多くの時間ばかりが費やされ, なかなか先に進まないというケースがしばしばである。また, 薬研橋の架け替え工事の際に明らかになったように, 同じ土木部ですら道路と河川の管理の違いから, 川の領分から出た石の流用には, しっかりとした戦略性をもった調整体制がなければ非効率な用途使用に終わりがねない(一般的には置き場所の確保の問題もあり, 土木の業者の引

き取りか、所管内で処理しているともいう)。たまたま、フォーラムの申し入れで「川の領分から出たものは、それがたとえ道路所管の工事で出たものであっても、川に返してもらいたい」という申し入れを受けて調整がなされたが、総合的なビジョンのもとに、それぞれの所管の内包する資材の効率的な運用を考えるなら、多くの予算の無駄を省くことにも繋がるはずである。こういう事態は予算の縦割りの執行の中では普通に起きる事態である。だからそれは、制度的制約というよりは、自分のことのようにお金の執行を考えることをしない時にはしばしば起きる事態であるといっている。フォーラムがこうした申し入れをしたのは、洪水疎通能力を高めるという理由で、川工事のたびごとに河道にある石が揚げられ、川はいよいよ自然の配置を崩して水路化していったためである。また大畑川近自然工法での工事は 97 年以来継続的に実施されてきたが、川の再生のために必要な石は、いくらあっても足りないという事態を受けてのことであった。ちなみにこの工事から出た石は、川の近自然河川工事の資材に投入されると同時に、木野部海岸の築磯・消波施設の石組にも活用された。この問題は、1999 年 12 月に開催された「NAGISA「浜」の工学シンポジウム」において、海の所管をめぐる議論へと発展していった。地域住民にとって、見えない線で区切られた管理所管をめぐる、同じ海の一体的なビジョンに障害が生じることは戸惑い以外の何ものももたらさない。地域にとっては「浜は浜」であった。

(4) 関係主体の連携の必要性

① 関係主体の新たなネットワークづくりが必要だった理由

「'94 イカの文化フォーラム in 大畑」以前と以後の活動の違いは歴然としている。それまでは海は海、川は川、山は山、商店街は商店街の関係者だけが、ほぼ何の連携ももたずにそれぞれの課題に取り組んでいた。かろうじて、大畑旅館組合や大畑町観光協会という外来者に向かって開かれた機関だけが、それぞれの催事に合わせて各団体と連携をとっていたにすぎない。しかし、先にも記したように、イカフォーラムには、実行委員会の呼びかけに応じ、全町の主だったほぼすべての組織の参画が実現した。それは、このフォーラムが「イカを通して海に開かれたまちの歴史」そのものを主題としたために、多岐にわたる機関の参画が不可欠であったからである。そこに共通の土俵が生まれた。またイカフォーラム以後には、新たな組織として生まれ変わったフォーラムをベースにして、2.(2)の項で述べたように、〈海は海だけでは解決できない〉というように、いままで個別主体がかかえた問題点は、それ自体では解決できない場合が多いということが徐々に理解され、連携して取り組む必要性が痛感され始めた。その意味ではフォーラムは、文字通り異業種をつなぐプラットフォーム、広場となっていった。

② 関係主体をどのようにネットワーク化したか、その手法

イカの文化フォーラムの実行委員会を組むにあたって、発起人は、その会の企画・構想

を担当する人員を逆指名し、派遣要請を出すというかたちで実行委員を選任していった。その際に、実行委員会での討議をそれぞれの会でもみ合う体制づくりを要請すると同時に、財源の要請も行った。参画するときは人もだすし、お金もだすし、口も出す、という形であれば、それぞれの会の関与も真剣さを増す。そうして全町的な連携を作り上げていった。

そしてフォーラム再結成後は、それらのメンバーが再集結することで、各組織間の風通しも良くなって課題解決する連携体制が整っていった。

また、大畑にできた広場という名を持つこのフォーラムは、森川海やまちづくりの専門家、研究者を招へいし、数々の講演会を開催しながら、各種の機関が持つそれぞれの課題を連携して解決していく役割を担った。

③ 参加した各主体にとって連携に参加することにどのようなメリットがあったか

NPOは個別利害ではなく、公益に奉仕する組織であるとはいうものの、実際の活動の中では、深く個別利害にかかわることの方が多くも確かである。近自然河川工法の大畑川への導入や木野部海岸の環境再生事業を例に、各主体の利益がどこにどのような形で配分されていったのか見ていくことにする。

まず一般的で下世話な話から言うと、人が集まれば酒屋がもうかる。その流れで呑み屋やたばこ屋が賑わう。そして酒税が増え、たばこの交付金が町にあり。各催事に伴う資材調達に参加している電気屋、文具屋、看板屋などに当然にして発注する。またそこでの知見は行政施策に反映され、役場の職員や各機関の所属員の課題解決能力の向上を促し、ひいては地域全体の意識変革に寄与していく。これは「風が吹けば桶屋が儲かる」式の連関である。しかし会に参加するには、会に参加するに足る、その多様な欲求を満たす会の内容が問題になる。フォーラム・SCRは、専門家との多彩なネットワークを構築することで刺激的な広場となっていった。

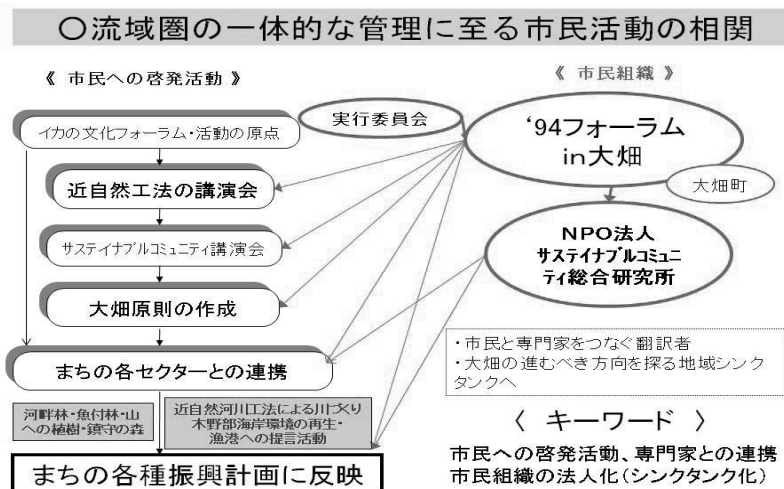


図 3-4-15 市民活動ネットワークのイメージ図

近自然河川工法を実施する際に、招聘した福留修文氏は「近自然河川工法は、生き物も地域の人も工事をやる人もみんな幸せになれる仕事である」と講演で語った。工事会社は自分の技術がお金になることで喜び、川の生きものは棲息環境の改善で喜び、地域の人たちはそれによって美しく甦った景観を享受し、増えた生きものを採捕することで喜び、発注者は地域の人たちの喜びをみて喜ぶ。この喜びの輪は、木野部海岸の事業でも見ることができる。地区の住民の関与は最初はおざなりであったことは否めない。またいつもの形ばかりの意見聴取か、程度感覚しかなかったのである。しかし、懇話会が進行し、一番豊かだった時代の海の環境の再生が現実のものとなっていったとき、目の色が変わってきた。すべての事業の力強い動因は、その事業が、どれだけ自分たちにとって大きな利に繋がっていくのか、その利の公益的な連関と重ねて、個別の利の回路を提示できるかにかかっている。

(5) 地域活動年表

1994年	
1月17日	イカの文化フォーラムin大畑 実行委員会結成
5月21日	魚林祭(大畑町漁協主催、フォーラム共催)ブナとヒバの苗木植樹
9月1～3日	イカの文化フォーラムin大畑開催 全国から500名参加(清野聡子氏ほか)
1995年	
4月11日	JICA派遣 森林研修団との交流会(インドネシア、タイ、他の研修生)
5月15日	大畑漁港環境整備事業への提言書作成(同年11月県知事の下北ブランドセンター設置を公約、2001年開所)
6月17日	「青森ひば物語り」の著者 内山康夫氏講演会
1996年	
6月9日	朝比奈岳登攀(森と川と海の委員会 主催)
6月18日	春日神社 宵宮放談会(歴史と神話の委員会、イカの文化委員会共催)
8月21日	「イカネットホームページ」を下北ではじめて立ち上げる。(IINC)
8月31日	全国8カ所を電話回線で結んで日本ではじめて双方向テレビシンポジウム「'96イカリンピック」を開催
10月5日	「森林理想郷を求めて」(中公新書)の著者、平野秀樹氏(林野庁)講演会
11月12日	近自然河川工法、福留修文氏来町、「近自然河川工法とは」講演会を開催
11月20日	下北地域河川環境管理基本計画策定委員に選任される。(第一回会議)
1997年	
1月23日	管内小学校に富山和子「・・・生きている」シリーズ三巻21セットを寄贈
2月7日	漁業関係団体との懇談会

2月15日	松永勝彦 北海道大学教授による「森が消えれば海も死ぬ」講演会
4月20日	「海がら陸(おが)を眺める会」(イカの文化委員会 主催)
4月27日	桜堤造成事業「河畔林の創生」100名参加(森と川と海の委員会)
5月5日	湯ノ又 山の神堂 遠足・学習会(森と川と海の委員会、歴史と神話の委員会共催)
5月27日	大畑営林署主催「育樹祭」に参加
6月11日	近自然河川工法による大畑川現場実習についてむつ土木事務所鈴木康男所長と会う。(同席 太田慶生建設課長)
6月27日	森巖夫氏「農業を基盤とした地域づくり」の講演会を後援(主催 起業塾)
7月11日	福留脩文氏の講演会「近自然工法によるマチづくり」
7月12日	近自然工法による大畑川現地研修「東北ではじめて同工法による川づくりが始まる」
8月22日	200年前のイカ釣り漁業を再現し、映像記録として保存する
8月23日	奥谷喬司、窪寺恒実、赤羽水産試験場長を囲んで検討会
8月30日	「大畑原則発表」シンポジウム
9月19日	大畑町役場主催「植樹祭」参加
9月28日	全国育樹祭に参加(青森市)
10月23日	秋田県太田町で開催された「グリーンツーリズムと国有林の活用」に参加
11月10～16日	米サステイナブルコミュニティ視察研修団派遣
1998年	
5月5日	大尽山登攀(森と川と海の委員会主催 遠足)
5月22日、23日	平野秀樹氏来訪 「森林都市について」懇談
5月23日、24日	清野聡子氏来訪 「イカタコグッズの整理」
5月24日	「あおもりの川を愛する会」発会式にて講演(青森市)
6月12～14日	建設省土木研究所 宇多高明河川部長 巡検団一行来町
6月21日	大畑町植樹祭に参加(参加者600人)記録撮影 田村 敦
8月17日	大畑町水産振興検討会委員として参加
9月2日	福留脩文氏来訪 「近自然型森林工法とは何か」ミニ講演会
9月16日	八幡宮例大祭最終日に台風5号上陸、田村敦記録班が村井健太助手とともに、増水中の大畑川を撮影記録
9月26日、27日	9805土木石流を伴っての大畑川の増水調査
11月19日	水産庁漁港部 漁港建設課長 長野章氏来訪「ミニ講演会」懇談会
12月11、12日	東京大学海洋研究所正式シンポジウム「水産学における空白領域」に参加(太田、駒井、坂井、角本、東京会員 中村)

1999年	
2月17～19日	宮崎県綾町 視察研修(角本、駒井、坂井、小原)
3月3日	第一回木野部海岸「心と体をいやす水辺の空間整備設計」懇話会、役場3階会議室
3月25日	「9805号台風に伴う青森県大畑川の洪水記録」完成
5月5日	佐藤ヶ平燧岳登攀(森と川と海の委員会 主催)
5月9日	釣屋浜 佐藤又四郎さん(72)から「漁民が磯をつくった話」を採録
5月16日	上野稻荷神社・鎮守の森植樹祭 プロデュース
6月20日	大畑町植樹祭に参加
7月9日、10日	福留脩文氏来町 近自然河川工法の現場視察・研修会
8月22日	長津総本家 サンパ船 舟だし(祈祷後搬出)
9月4日	今別町河川研修団来訪(澤藤、藤田対応)
10月1日	建設省土木研究所 島谷河川環境室長来町(ミニ講演会)
10月22日	孫次郎間、二枚橋、釣屋浜地区漁港計画 緊急検討会に参加
10月31日	舟小屋竣工式
11月14日	桜堤植え直し(河畔林造成事業)
11月24～26日	福留脩文氏による近自然河川工法の新しい展開(床固め工、土出し水制工)現場指導と講演
12月18日	NAGISA「浜」の工学シンポジウム
2000年	
4月23日	鎮守の森づくり(鎮守の森緑化推進実行委員会主催)(八幡宮)参加8名
5月14日	第6回自然観察会－黒森山(玉垂神社奥の院)参拝登山－森と川と海の委員会主催 参加10名
5月14日	第2回上野稻荷神社鎮守の森植樹祭プロデュース(天女丸保存会)
5月20日	喜和田川、三日月湖生物調査、参加11名
6月18日	第3回大畑植樹祭参加
7月5日	大畑漁港環境整備事業に対する懇談会(下北地方漁港事務所)
7月30日	縄文試行農園耕作開始(雑穀文化と氾濫原、ナショナルトラスト)
8月17～18日	尻屋から大畑までの海岸巡検、産・官・学・民参加(指導－宇多、清野)
8月21日	法政大学人間環境学部一行大畑町でフィールドスタディ合宿(学生20名)
8月29日	内水氾濫調査懇談会(むつ土木事務所、(株)ニュージェック)
8月29日	大畑漁港環境整備事業懇談会(下北地方漁港事務所、パシコン仙台)
9月27日	「大畑漁港環境整備事業」のワークショップ参加(パシコン仙台、漁港事務所、SCRコーディネイト)

9月29日	近自然河川工法 福留脩文氏 来訪、鹿児島県始良町(大隅半島)・始良川河川愛護会一行13名来町、交流会
9月30日	縄文の岩鎮め祭を大畑川で実施、福留脩文氏SCR・ふおーらむ
10月1日	第一回大畑川つぶて合戦に参戦。清野聡子女史来訪
10月20日	大畑町漁港環境整備事業ワークショップ(パシフィックコンサル 仙台)
11月2日	大畑市街地内水排水ヒヤリング(むつ土木事務所、ニュージェック)
2001年	
1月29日	漁港環境整備事業の方向性について(パシコン仙台 金子氏との懇談)
5月9日	第3回／大畑まちづくりワークショップー中型いか釣り船通信士・機関士会ヒヤリング(RASC・法政 jvSCR)
5月21日	三輪 弐岩手大学農学部 農林環境科学科 水利研究室教授 来訪。「河川の砂礫堆形成と水流蛇行」と題して講義
6月3日	第4回／大畑まちづくりワークショップ／まち歩き・山歩き・海歩き
6月17日	第4回大畑植樹祭参加
7月8日	鎮守の森フェスタ参加
7月18日	縄文試行農園、中学生によるソバ撒き(参加ー生徒98名 他)
8月3日	下北地方農林水産事務所むつ地域農業改良普及センター 鳴海大輔技師、清野貴将技師 来訪。〈縄文試行農園の営農指導について〉
8月22日、23日	法政大学人間環境学部石神隆教授引率、生徒15名フィールドスタディ
10月7日	第2回大畑川つぶて合戦参加
10月14日	自然観察会(大畑～薬研温泉徒歩)報告書『川のぼりだらだら旅』
11月12日	「青森県ふるさとの森と川と海の保全及び創造に関する条例案の骨子」に対する意見書を提出(青森県県土整備部河川砂防課)
12月23日	兔沢子供会講演「海と川と森の物語」(澤藤一雄)
2002年	
5月15日	下北森林管理署・大畑森林事務所・町会議員2名・SCRとの合同調査(佐藤ヶ平のブナ植林箇所視察)
7月19日	《大畑川流域ー水辺のクロニクル》暫定版・県土整備部河川砂防課提出
7月28日	大畑中JRC生徒との旧河川生物調査(調査指導 澤藤研究員)
8月2日、3日	弘大東信行助教授南部下北地区河川生物調査随行(澤藤研究員)
10月19日	森と川と海の関係者による意見交換会・主催青森県、澤藤研究員出席
11月29日	大畑川上流域調査・撮影、太田・澤藤・駒井
11月30日	大畑川上流域調査・撮影、澤藤、駒井
12月1～3日	大畑川上流域調査・撮影、澤藤、駒井／APP取材(ニュース・ステーション)

12月4日、5日	大畑川流域調査・撮影、澤藤/下流域撮影、駒井/海岸撮影、太田
12月	大畑町が国土交通省主催「手づくり郷土賞・地域整備部門」を受賞
2003年	
1月19日	畑マタギの里－蛸崎城址跡周回の後、川村健一氏と終日打ち合わせ
6月2日	青森県流域条例大畑流域見学会(清野聡子氏随行)
10月19日	大畑川旧河川蛇行部清掃参加(坂井、田村、岡崎)
2004年	
5月14日	大畑川流域会議結成 SCR理事長 議長に就任
6月20日	第7回大畑町植樹祭「二階滝(奥薬研より1km先)」(a.m10:00)
10月3日	つぶて合戦(於大畑川)
11月	青森県ふるさとの森と川と海の保全と創造に関する条例第1号指定
2005年	
1月27日	ふる里の森と川と海の保全と創造に関する条例審議会(青森市)
6月30日	郷土学報告書提出(日本財団)
11月19日	氾濫原調査 弘前大学東信行助教授・SCR
2006年	
5月4日	弘大東信行氏来訪 大畑川周辺生物調査(旧河川人工沼調査)
5月5日	人工沼 セルビンと定置網(イトヨ、ウキゴリ、スミウキゴリ、トミヨ、フナなど)弘大グループと共同調査
2007年	
5月26日	土木学会デザイン賞最優秀賞授賞式(東京)
10月8日	大畑川つぶて合戦
10月25日	グッドデザイン賞金賞授賞式(東京-坂井)

第4章 まとめと今後の課題

本研究では、海域と流域圏の一体的な管理に関して、必要性検証と管理手法検討のために、先行研究のサーベイおよびパイロット調査を実施した。

まず、一体的な管理の必要性を検証するため、森・川・海をつなぐわかりやすい環境要素として、ローカルな物質循環を取り上げ、各生態系の相互作用に関する研究の現状をレビューし、今後の研究課題をまとめた。

森林・河川・海洋生態系の相互作用が集中的に現れているのは、河口域である。先行研究の多くは、河川由来の有機物の河口域生態系に対する影響と貢献度を定性・定量的に検討したものであり、食物網や生産性などの総合的な解析が足りなかった。今後の課題として、次のような研究が必要であると考えられる。

・他生性物質および自生性物質の分布と挙動に関する研究

河川からの流入物質やその場での生産物質、とくに受け入れ側の河口域の群集構造に変化を与えるような他生性物質はどのように分布し、どのような挙動を示すのかを明らかにする。

・他生性物質に対する河口域の生物群集の反応

他生性物質と河口域生物群集の反応とを直接結びつけることは難しいが、異なる河川での生物群集を比較することで間接的に関連づけられる可能性があると考えられる。ただし、河川のもつ特性によって生物群集の反応が大きく変わる可能性が高いため、比較方法を十分に検討する必要がある。

・河口域生物群集を構成する個別生物の反応

河口域の生物が他生性物質の流入によってどのような影響を受けているのかを明らかにする。研究方法としては分布と出現様式や胃内容物、安定同位体比などが考えられる。

これらの研究場所は、関東近辺の内湾では多摩川や小櫃川、養老川などの河口部と河川域、外湾では湊川とその河口域などが適切であると想定された。

また、ローカルな物質循環を追跡するために、微量物質の輸送に働くフルボ酸の化学構造、挙動と生態系への貢献について調査した。養老川の調査研究例によって、フルボ酸に着目することで、森・川・海をつなぐ可能性を明らかにできる可能性があることがわかり、調査場所としては、養老川や小櫃川などが適切と考えられた。

今後以上のような研究を実施することで、海域と流域圏のつながりに関する科学的な根拠を示していくことが必要である。

また本研究では、海域・流域圏の一体的な管理のための関係主体のネットワーク化の必要性について検証するため、先行研究のサーベイを実施した。さらにパイロット研究とし

て、大畑川流域の活動をもとに、どのような関係主体が存在するか、それらが連携することで具体的にはどのような効果が望めたのかなどを調査した。その結果、海域と流域圏の一体的管理に向けた活動は、北海道漁連女性部によるお魚殖やす植林運動など全国的に有名な事例もいくつか存在するが、これまでの研究では活動の新規性やサクセスストーリーに焦点を当てたものが多く、活動を進めるにあたっての制度的障害やその調整手法、関係主体のネットワーク化といった視点からの体系的な調査研究が不足していることがわかった。また、森川海のつながりを念頭においた活動が全国的にどの程度行われているかについても、把握されていないことから、現状把握のための調査も必要である。

海域と流域圏の一体的管理に向けた活動が政策に結びついたものとしては、青森県大畑川の取り組みが「青森県ふるさとの森と川と海の保全及び創造に関する条例」の策定につながった事例がある。大畑川流域の活動は、森川海はつながっているという情緒的な議論からはじまったのではなく、地域の暮らしを成り立たせるためには、課題に個別に取り組んでも何も解決できないという実感から始まったものであった。新規性やサクセスストーリーのみに焦点をあてていては、ネットワーク化の必要と限界の実態をつかむことができず、政策提言にはつながらない。個別事例においてどのように連携を構築していったのか、連携に際してどのように組織的、制度的障害を解決していったのか、そこにどんなコンフリクトがあったのか、その過程を整理するきめ細かな事例研究が今後必要である。

参考文献・参考資料

第2章

- (株)福田水門センター・(独)北海道開発土木研. 2004. 茨戸川における長期水質モデルの構築. 第17回(2004年度)水文・水資源学会研究発表会要旨集.
- 京都大学フィールド科学教育研究センター編. 2007. 里海連環学 ―森から海までの統合的管理を目指して. 京都大学学術出版会.
- 前橋工科大工学部. 2005. 森林植生の異なる流域における洪水流出解析. 第18回(2005年度)水文・水資源学会研究発表会要旨集.
- 松永勝彦・畠山重篤. 1999. 漁師が山に木を植える理由. 成星出版.
- 日大理工地球水資源評価研. 2007a. 汚濁負荷量と第五次総量規制による閉鎖性水域の評価及び河川汚濁負荷原単位による日本海への評価について. 第20回(2007年度)水文・水資源学会研究発表会要旨集.
- 日大理工地球水資源評価研. 2007b. 東京湾の高解像度流動解析-2006年における多摩川沖側線データを用いた東京湾のDO濃度の再現. 第20回(2007年度)水文・水資源学会研究発表会要旨集.
- 滋賀大学. 2007. 流域政策研究フォーラム報告書 流域ガバナンスとは何か.
- 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター. 2007. 陸域・湖内流動・湖内生態系を統合した琵琶湖流域水物質循環のシミュレーション. 第20回(2007年度)水文・水資源学会研究発表会要旨集.
- 森林総合研究所. 2006. 四万十川源流部の森林における大雨時の渓流水のNO₃-N濃度変動. 水文・水資源学会誌, Vol.19.
- 水産庁漁港漁場整備部・林野庁森林整備部・国土交通省河川局. 2004. 森・川・海のつながりを重視した豊かな漁場海域環境創出方策検討調査報告書.
- 東京大学農学生命科学. 2006. 森林伐採による年流出増加量の降水依存量. 第19回(2006年度)水文・水資源学会研究発表会要旨集.
- 宇野木早苗・山本民次・清野聡子編. 2008. 川と海 流域圏の科学. 築地書店.
- 柳沼建彦. 1993. 木を植えて魚を殖やす. 家の光協会.
- 矢間秀次郎編著. 1992. 森と海とマチを結ぶ. 北斗出版.

第3章

- 9805号台風大畑調査委員会. 1999. 9805号台風に伴う青森県大畑川の洪水記録, p.72.
- 安藤晴夫. 2007. 東京湾における水質と水生生物の長期的変遷に関する研究. 東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科博士論文, 165pp.
- 青木 茂. 2008. 浜名湖におけるアサリの食物源. 安定同位体スコープで覗く海洋生物の

- 生態. 富永 修・高井則之 (編), 水産学シリーズ, 159, 恒星社厚生閣: 58-69.
- 荒山和則・今井 仁・加納光樹・河野 博. 2002. 東京湾外湾の碎波帯の魚類相. *La mer*, 40: 59-70.
- 荒山和則・河野 博・茂木正人. 2007. 館山湾の砂浜海岸におけるアユ仔稚魚の季節的および日周的出現様式. *水産増殖*, 55: 245-252.
- 盤洲干潟をまもる会. 2006. 小櫃川流域の自然 -源流から河口干潟まで-.
- Bouillon, S., P.C. Mohan, N. Sreenivas, F. Dehairs. 2000. Sources of suspended organic matter and selective feeding by zooplankton in an estuarine mangrove ecosystem as traced by stable isotopes. *Mar Ecol Prog Ser*, 208: 79-92.
- Costanza, R., R. d' Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R.V. O' Neill, J. Paruelo, R.G. Raskin, P. Suttin, and M. van den Belt. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387: 253-260.
- DeNiro, M.J. and S. Epstein. 1978. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 42: 495-506.
- 原始謾筆風土年表, 下北半嶋史, 大畑消防史, 笹澤魯洋文庫, 宇曾利百話, 宮浦家文書, 大畑漁業協同組合資料, 大畑土地改良区記念誌, 青森分局事業統計書, 樹齢百年, 公民館探訪教室 (平成九年から平成一三年まで), 大畑の伝説 (大畑町教育委員会).
- 畠山重篤. 2000. 漁師さんの森づくり. 講談社, 東京, 173pp.
- 畠山重篤. 2007. 森は海の恋人. 森里海連環学 森から海までの統合的管理を目指して. 京都大学フィールド科学教育研究センター (編)・山下 洋 (監修), 京都大学学術出版会: 223-243.
- Hoffman, J.C., D.A. Bronk and J.E. Olney. 2007. Tracking nursery habitat use in the York River estuary, Virginia, by young American shad using stable isotopes. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 136: 1285-1297.
- Hoffman, J.C., D.A. Bronk and J.E. Olney. 2008. 陸上有機物は河口域の仔稚魚生産に寄与するか. 山下 洋 (訳), 森川海のつながりと河口・沿岸域の生物生産. 山下 洋・田中克(編), 水産学シリーズ, 157, 恒星社厚生閣: 35-45.
- 堀 正和・野田隆史・上野裕介. 2002. 鳥を介した海から陸への物質供給機構—繁殖様式に由来する供給機構の違いを例に—. *月間海洋*, 34: 429-435.
- 飯泉 仁・鈴木健吾. 2002. 厚岸湖生態系における安定同位体比の分布. *月刊海洋*, 34: 412-416.
- 井上幹夫. 1998. 3・4 森と魚. 魚から見た水環境—復元生態学に向けて/河川編—. 森 誠一 (監修・編集). 信山社サイテック, 東京: 145-157.
- 石渡良志. 1988. 東京湾への陸源資源有機物の流入と堆積. 沿岸海洋研究ノート, 25: 127-133.
- 伊藤絹子・掛川 武. 2008. 河口汽水域を利用する魚類の食物源. 安定同位体スコープで

- 覗く海洋生物の生態. 富永 修・高井則之 (編), 水産学シリーズ, 159, 恒星社厚生閣: 70-84.
- 岩下 誠・長坂 裕・今泉和樹・今福智仁・井本昌臣. 2005. 横浜市沿岸域の魚類相調査 (2002年度) 魚類相及び漁獲情報の経年変化. 横浜の川と海の生物 (第10報・海域編): 17-52.
- 岩田智也. 2008. 陸域と水域の生態系をつなぐ 流域動脈説の提唱. 生態系と群集をむすぶ. 大串隆之・近藤倫生・仲岡雅裕 (編), シリーズ群集生態学 4, 京都大学学術出版会: 91-114.
- 帰山雅秀. 2005. 水辺生態系の物質輸送に果たす遡河回遊魚の役割. 日本生態学会誌, 55: 51-59.
- 帰山雅秀・南川雅男. 2008. 遡河性魚類による陸域生態系への物質輸送. 安定同位体スコープで覗く海洋生物の生態. 富永 修・高井則之 (編), 水産学シリーズ, 159, 恒星社厚生閣: 110-123.
- 貝塚爽平 (編). 1993. 東京湾の地形・地質と水. 東京湾シリーズ (沼田 眞監修), 築地書館, 東京, 211pp.
- 角本孝夫・太田慶生・澤藤一雄・坂井隆・駒井秀雄・清野聡子. 2000. 合意形成型海岸事業と環境復元の課題 -青森県大畑町木野部海岸を例として-. 海洋開発論文集.
- 角本孝夫・太田慶生・清野聡子・宇多高明・澤藤一雄・駒井秀雄. 2000. 江戸期以降における青森県大畑川の氾濫原と河口の変遷. 河川技術に関する論文集, 第6巻, pp.387-392.
- 角本孝夫・太田慶正・清野聡子・宇多高明・澤藤一雄・藤田則康. 2001. Data-miningによる大畑漁港の変遷調査と沿岸域環境復元のための方策. 海洋開発論文集, 第17巻, pp.481-486.
- 亀田佳代子・保原 達・大園亨司・木庭啓介. 2002. カワウによる水域から陸域への物質輸送とその影響. 月間海洋, 34: 442-448.
- 神谷尚志. 1916. 館山湾に於ける浮性魚卵並に其稚仔. 水産講習所試験報告, 11 (5): 1-92.
- 金田歸逸・熊木治平. 1900. 東京湾漁場調査報告. 水産調査報告第八巻第二冊, 漁場調査報告第二集: 35-220, 51版, 1附図.
- 環境省. 2006. 化学的酸素要求量, 窒素含有量及びリン含有量に係る総量削減基本方針.
- 加納光樹. 2006. 干潟域の魚類. 東京湾 魚の自然誌. 河野 博 (監修)・東京海洋大学魚類学研究室 (編). 平凡社, 東京: 73-81.
- 加納光樹・荒山和則・今井 仁・金澤 健・小池 哲・河野 博. 2002. 東京湾の表層域における仔稚魚の季節的出現と分布様式. La mer, 39: 11-27.
- 加納光樹・小池 哲・河野 博. 2000. 東京湾内湾の干潟域の魚類相とその多様性. 魚類学雑誌, 47: 115-129.
- Kanou, K., M. Sano and H. Kohno. 2004. Food habits of fishes on unvegetated tidal mudflats in

- Tokyo Bay, central Japan. *Fish. Sci.*, 70: 978-987.
- 笠井亮秀. 2008a. 河口・沿岸域での陸上有機物の挙動. 森川海のつながりと河口・沿岸域の生物生産. 山下 洋・田中 克(編), 水産学シリーズ, 157, 恒星社厚生閣: 23-34.
- 笠井亮秀. 2008b. 安定同位体を用いた餌料源の推定モデル. 安定同位体スコープで覗く海洋生物の生態. 富永 修・高井則之 (編), 水産学シリーズ, 159, 恒星社厚生閣: 46-57.
- Kasai, A. and A. Nakata. 2005. Utilization of terrestrial organic matter by the bivalve *Corbicula japonica* estimated from stable isotope analysis. *Fish. Sci.*, 71: 151-158.
- Kasai, A., H. Toyohara, A. Nakata, T. Miura and N. Azuma. 2006. Food sources for the bivalve *Corbicula japonica* in the foremost fishing lakes estimated from stable isotope analysis. *Fish. Sci.*, 72: 105-114.
- Kikuchi, E. and E. Wada. 1996. Carbon and nitrogen stable isotope ratios of deposit-feeding polychaetes in the Nanakita River estuary, Japan. *Hydrobiologia*, 321: 69-75.
- 木暮陽一. 2008. 新潟沿岸および知多湾産貝類の炭素・窒素安定同位体比分布様式の比較. 日本生物地理学会会報, 63: 21-28.
- 河野 博 (監修)・東京海洋大学魚類学研究室 (編). 2006. 東京湾 魚の自然誌. 平凡社, 東京, 253pp.
- 河野 博・加納光樹. 2006. 東京湾の魚類研究史. 東京湾 魚の自然誌. 河野 博 (監修)・東京海洋大学魚類学研究室 (編). 平凡社, 東京: 65-72.
- 河野 博・島田裕至. 2006. 冬の湾奥の代表種—アユ. 東京湾 魚の自然誌. 河野 博 (監修)・東京海洋大学魚類学研究室 (編). 平凡社, 東京: 148-160.
- 河野 博・横尾俊博・茂木正人・加納光樹. 2008. 東京湾岸に位置する人口潟湖 (新浜湖) の魚類相. 日本生物地理学会会報, 63:133-142.
- 高麗行武. 2005. 東京湾の汀線域に出現する仔稚魚の群集構造. 東京海洋大学博士論文.
- Kon, K., K. Kanou, T. Inoue, A. Kobayashi, K. Hayashizaki and H. Kurokura. 2008. Food resource partitioning among fishes in an estuarine nursery as revealed by stable isotope analysis. *La mer*, 46: 13-17.
- 近藤純正. 1994. 地球上の水の量. 水環境の気象学—地表面の水収支・熱収支, 近藤純正(編著), 朝倉書店, 東京: 21-24.
- 甲原道子・河野博. 1999. 稚魚ネットで採集された東京湾湾奥部の仔稚魚. *La mer*, 37: 121-130.
- 桑原悠宇・土田奈々・元山 崇・河野 博・加納光樹・島田裕至・三森亮介. 2003. 葛西人工渚西浜 (東京湾湾奥部) の魚類相. *La mer*, 41: 28-36.
- 京都大学フィールド科学教育研究センター (編)・山下 洋 (監修). 2007. 森里海連環学 森から海までの統合的管理を目指して. 京都大学学術出版会, 京都, 364pp.

- 松永勝彦. 1993. 森が消えれば海も死ぬー陸と海を結ぶ生態学. 講談社, 東京, 190pp.
- 松村 剛・石丸 隆. 2004. 東京湾への淡水流入量と窒素・リンの流入負荷量 (1997, 98年度). 海の研究, 13 (1):25-36.
- McClelland, J.W., I. Valiela and R.H. Michener. 1997. Nitrogen-stable isotope signatures in estuarine food webs: A record of increasing urbanization in coastal watersheds. *Limnol. Oceanogr.*, 42: 930-937.
- マクラスキー, D. C. 1999. エスチャリーの生態学. 中田喜三郎 (訳), 生物研究社, 東京, 246pp.
- Minagawa, M. and E. Wada. 1984. Stepwise enrichment of ^{15}N along food chains: Further evidence and the relation between $\delta^{15}\text{N}$ and animal age. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 48: 1135-1140.
- Mishima, Y., A. Hoshika and T. Tanimoto. 1999. Deposition rates of terrestrial and marine organic carbon in the Osaka Bay, Seto Inland Sea, Japan, determined using carbon and nitrogen stable isotope ratios in the sediment. *Journal of Oceanography*, 55: 1-11.
- 向井 宏. 2002. 森と海の相互作用. 月刊海洋, 34 : 389-395.
- 向井 宏. 2008. 海を守る森. 森里海連環学 森から海までの統合的管理を目指して. 京都大学フィールド科学教育研究センター (編)・山下 洋 (監修), 京都大学学術出版会 : 43-79.
- 向井 宏・飯泉 仁・岸 道郎. 2002. 厚岸水系における定常時と非定常時における陸域からの物質流入. 月刊海洋, 34 : 449-457.
- 永田 俊・宮島利宏 (編). 2007. 流域環境評価と安定同位体 水循環から生態系まで. 京都大学学術出版会, 京都, 476pp.
- 長岩理央・茂木正人・河野 博・藤田 清. 2006. 東京湾湾口部における表層域の仔稚魚相. *La mer*, 43 : 35-42.
- 長坂晶子・河内香織・柳井清治. 2008. 河川・沿岸域への森林有機物の供給過程. 森川海のつながりと河口・沿岸域の生物生産. 山下 洋・田中 克(編), 水産学シリーズ, 157, 恒星社厚生閣 : 59-73.
- 仲岡雅裕. 2008. 気候変動にともなう沿岸生態系の変化 生物群集から考える. 生態系と群集をむすぶ. 大串隆之・近藤倫生・仲岡雅裕 (編), シリーズ群集生態学 4, 京都大学学術出版会 : 179-204.
- 那須賢二・甲原道子・渋川浩一・河野博. 1996. 東京湾湾奥部京浜島の干潟に出現する魚類. 東京水産大学研究報告, 82 : 125-133.
- (株)西日本科学技術研究所. 1998.3. 大畑川近自然河川工法検討業務委託報告書.
- 日本動物学会／日本植物学会 (編). 1998. 生物教育用語集. 東京大学出版会, 東京, 191pp.
- 沼田 眞・風呂田利夫 (編). 1997. 東京湾の生物誌. 築地書店, 東京, 411pp.

- (株)ニュージェック. 2000.12. 大畑川河川総合開発治水対策検討業務委託報告書.
- 小川浩史・青木延浩・近 磯晴・小倉紀雄. 1994. 夏季の東京湾における懸濁態および堆積有機物の炭素安定同位体比. 地球科学, 28 : 21-36.
- 小川浩史・小倉紀雄. 1990. 東京湾における有機炭素の起源および挙動. 地球科学, 24 : 27-41.
- Ogawa, N. and N. Ogura. 1997. Dynamics of particulate organic matter in the Tamagawa estuary and inner Tokyo Bay. *Estuarine, Coastal and Shelf Science.*, 44: 263-273.
- 小倉紀雄 (編). 1993. 東京湾—100年の環境変遷—. 恒星社厚生閣, 東京, 193pp.
- 大畑町. 1982.7. 大畑都市計画区域 緑のマスタープラン計画書.
- 大畑町. 1998.1. 大畑町公共下水道全体計画説明書.
- 大畑町. 2002.3. 大畑都市計画マスタープラン.
- 大畑町役場. 1992. 大畑町史, p.1291.
- 岡村和磨・田中勝久・木元克則・清本容子. 2005. 有明海奥部と諫早湾における表層堆積物中の有機物の分布と有機炭素安定同位体比. 海の研究, 15 (2) : 191-200.
- 沖 大幹. 2007. 地球規模の水循環と世界の水資源. *Japan Geoscience Letters*, 3(3) : 1-3.
- 奥田 昇. 2008. 食物網解析にもとづく沿岸生態系の健全性評価. 流域環境評価と安定同位体 水循環から生態系まで. 永田 俊・宮島利宏 (編), 京都大学学術出版会 : 309-365.
- 大串隆之・近藤倫生・仲岡雅裕 (編). 2008. 生態系と群集をむすぶ. シリーズ群集生態学 4, 京都大学学術出版会, 京都, 252pp.
- 太田慶生. 1999.11. 青森県大畑町の取組み-賑やかで豊かな「浜」の再生を目指して-. 海岸, 第 39-1 号, pp.74-78.
- 太田慶生・清野聡子・宇多高明・駒井秀雄・沢藤一雄・藤田則康・田村 敦・阿部晴生. 1999. 流域全体を視野に入れた住民参加による流木災害調査 -青森県下北郡大畑川の 9805 号台風に伴う流木災害-, 河川技術に関する論文集, 第 5 巻, pp.213-218.
- Post, D.M. 2002. Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions. *Ecology*, 83:703-718.
- Riera, P., L.J. Stal, J. Nieuwenhuize, P. Richard, G. Blanchard and F. Gentil. 1999. Determination of food sources for benthic invertebrates in a salt marsh (Aiguillon Bay, France) by carbon and nitrogen stable isotopes: importance of locally produced sources. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 187: 301-307.
- 酒井・宗像・木村. JAEA Research 2007.
- Sakamoto, K., K. Touhara, M. Yamashita, A. Kasai and H. Toyohara. 2007. Cellulose digestion by common Japanese freshwater clam *Corbicula japonica*. *Fisheries Science*, 73: 675-683.
- 櫻井 泉. 2004. 森林が河口域の水産資源に及ぼす影響. 北水試だより, 65 : 19-26.
- 櫻井 泉・柳井清治・伊藤絹子・金田友紀. 2007. 河口域に堆積する落ち葉を起点とした

- 食物連鎖の定量評価. 北水試研報, 72 : 37-45.
- 櫻井 泉・柳井清治. 2008. カレイ未成魚による森林有機物の利用. 森川海のつながりと河口・沿岸域の生物生産. 山下 洋・田中 克(編), 水産学シリーズ, 157, 恒星社厚生閣 : 74-88.
- 佐々木克之. 2008a. 森林・集水域が海に与える影響. 川と海 流域圏の科学. 宇野木早苗・山本民次・清野聡子 (編), 築地書館 : 45-57.
- 佐々木克之. 2008b. 川が海の生きものと漁業に与える影響. 川と海 流域圏の科学. 宇野木早苗・山本民次・清野聡子 (編), 築地書館 : 70-83.
- 佐々木克之・風間真里. 2008. 東京湾とその流入河川. 川と海 流域圏の科学. 宇野木早苗・山本民次・清野聡子 (編), 築地書館 : 132-149.
- 笹沼魯洋編. 1961. 大畑町誌, 第5版, p.281.
- Schlacher, T.A. and T.H. Wooldridge. 1996. Origin and trophic importance of detritus-evidence from stable isotopes in the benthos of a small, temperate estuary. *Oecologia*, 106: 382-388.
- SCR. 2002.7. 大畑川流域ー水辺のクロニクル (年代記).
- SCR. 2003.2. 青森県ふるさとの森と川と海保全地域指定調査報告書.
- SCR. 2005.3. オ・ハツタル (川尻の淵) 流域の習俗・民俗資料調査・収集事業報告書.
- SCR. 2006.6. 河川生態環境回復と総合的な流域管理を目指した大畑川氾濫原の復元に関する研究.
- 清野聡子・花田一之・宇多高明・角本孝夫・五味久昭・石川仁憲. 2001. 青森県木野部海岸における合意形成と海岸事業の実施. 海洋開発論文集, 第17巻, pp.499-504.
- 清野聡子・宇多高明・花田一之・五味久昭・石川仁憲・太田慶生. 2000. 住民合意に基づいた海岸事業の進め方に関する研究-青森県大畑町木野部海岸の事例-. 環境システム研究論文集, 第28巻, pp.183-194.
- 柴田昌三・竹内典之. 2007. 連環する環, 連環しない環. 森里海連環学 森から海までの統合的管理を目指して. 京都大学フィールド科学教育研究センター (編)・山下 洋 (監修), 京都大学学術出版会 : 3-28.
- 清水 誠. 1984a. 東京湾の魚介類(1)昭和 30 年代の生物相. 海洋と生物, 6(1) : 9-13.
- 清水 誠. 1984b. 東京湾の魚介類(2)昭和 40 年代の生物相. 海洋と生物, 6(2) : 135-139.
- 清水 誠. 1984c. 東京湾の魚介類(3)昭和 50 年代の生物相. 海洋と生物, 6(3) : 168-172.
- 清水 誠. 1987a. 東京湾の魚介類(4)シャコの個体群生態. 海洋と生物, 9(5) : 340-347.
- 清水 誠. 1987b. 東京湾の魚介類(5)マコガレイの個体群生態. 海洋と生物, 9(6) : 434-439.
- 清水 誠. 1990. 東京湾の魚介類(6)昭和 60 年代の生物相. 海洋と生物, 12(3) : 183-189.
- 清水 誠. 1997. 水産生物. 東京湾の自然誌. 沼田 眞・風呂田利夫 (編), 築地書館, 東京 : 143-155.
- 下田和孝・中島美由紀・柳井清治・河内香織・伊藤絹子. 2004. 陸上植物からサクラマス

- 幼魚への物質移動経路. 魚類学雑誌, 51 : 123-134.
- 白山義久. 2007. モニタリングと沿岸環境の保全. 森里海連環学 森から海までの統合的管理を目指して. 京都大学フィールド科学教育研究センター (編)・山下 洋 (監修), 京都大学学術出版会 : 151-174.
- 四竈安正. 1974. 海域の魚類. 横浜市内河川・海域の水質汚濁と生物, 横浜市郊外対策局, 公害資料, 53 : 153-163, plts.6-7.
- 杉本 亮・笠井亮秀・山尾 理・藤原建紀・木村琢磨. 2004. 伊勢湾における河川流量の変動に伴う懸濁態有機物の変化. 水産海洋研究, 68 : 142-150.
- Sugimoto, R., A. Kasai, S. Yamao, T. Fujiwara and T. Kimura. 2006. Short-term variation in behavior of allochthonous particulate organic matter accompanying changes of river discharge in Ise Bay, Japan. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 66: 267-279.
- Takagi, K. 1959. Zoogeographical studies on the demersal fish of the Tokyo Bay. *J. Tokyo Univ. Fish.*, 45: 37-77.
- 高井則之. 2005. 瀬戸内海の生態系解析における有機物質フローの指標としての炭素・窒素安定同位体比. 日本生態学会誌, 55 : 269-285.
- 高井則之・富永 修. 2008. 安定同位体比分析を始める人たちへ. 安定同位体スコープで覗く海洋生物の生態. 富永 修・高井則之 (編), 水産学シリーズ, 159, 恒星社厚生閣 : 9-30.
- 田中 克. 2008. 森里海連環学への道. 旬報社, 東京, 182pp.
- 田中伊織. 2002. 北海道西岸における 20 世紀の沿岸水温およびニシン漁獲量の変遷. 北水試研報, 62 : 41-55.
- 田中 克. 2007. 「森・里・海」の発想とは何か. 森里海連環学 森から海までの統合的管理を目指して. 京都大学フィールド科学教育研究センター (編)・山下 洋 (監修), 京都大学学術出版会 : 307-333.
- 陀安一郎. 2008. 群集生態学の研究に用いる同位体解析. 生態系と群集をむすぶ. 大串隆之・近藤倫生・仲岡雅裕 (編), シリーズ群集生態学 4, 京都大学学術出版会 : 55-65.
- 時村宗春・清水 誠. 1998. 東京湾内湾部の底魚群集の変遷と環境変化. 月刊海洋, 30 : 347-359.
- 徳地直子. 2008. 森をめぐる物質循環. 森里海連環学 森から海までの統合的管理を目指して. 京都大学フィールド科学教育研究センター (編)・山下 洋 (監修), 京都大学学術出版会 : 29-42.
- 東京都内湾漁業興亡史編集委員会 (編). 1971. 東京都内湾漁業興亡史. 東京都内湾漁業興亡史刊行会, 東京.
- 東京湾水産資源生態調査委員等. 2005. 東京湾の漁業と資源 その今と昔. 漁業情報サービスセンター, 東京, 273pp.

- 富永 修・牧田智弥. 2008. 沿岸域の底生生物生産への陸上有機物の貢献. 森川海のつながりと河口・沿岸域の生物生産. 山下 洋・田中 克(編), 水産学シリーズ, 157, 恒星社厚生閣: 46-58.
- 富永 修・高井則之 (編). 2008. 安定同位体スコープで覗く海洋生物の生態. 水産学シリーズ, 159, 恒星社厚生閣, 東京, 165pp.
- 内田和嘉・横尾俊博・河野 博・加納光樹. 2008. 魚類は干潟域のタイドプールをどのように利用しているか? *La mer*, 46: 49-54.
- 宇多高明・清野聡子・花田一之・五味久昭・石川仁憲・芹沢真澄. 2000. 住民合意型海岸事業の推進手法 -青森県大畑町での新しい試み-. 海洋開発論文集, 第16巻, pp.523-528.
- 上野裕介・野田隆史・堀 正和. 2002. アオサギによる海洋から陸域への物質輸送が林床の生物群集に及ぼす影響. 月間海洋, 34: 436-441.
- Umezawa, Y., T. Miyajima, M. Yamamuro, H. Kayane and I. Koike. 2002. Fine-scale mapping of land-derived nitrogen in coral reefs by $\delta^{15}\text{N}$ in macroalgae. *Limnol. Oceanogr.*, 47:1405-1416.
- 宇野木早苗. 2008. 地球表面における水の循環. 川と海 流域圏の科学. 宇野木早苗・山本民次・清野聡子 (編), 築地書館: 12-18.
- 宇野木早苗・山本民次・清野聡子 (編). 2008. 川と海 流域圏の科学. 築地書館, 東京, 297pp.
- 宮島利宏. 2008. なぜ安定同位体比なのかー同位体比の基礎知識とその読み方ー. 流域環境評価と安定同位体 水循環から生態系まで. 永田 俊・宮島利宏 (編), 京都大学学術出版会: 13-32.
- 和田英太郎・水谷 広・柄沢亨子・蒲谷裕子・南川雅男・米本昌平・辻 堯. 1984. 大槌水系における有機物の挙動. 地球科学, 18: 89-98.
- 山下 洋. 2007. はじめに. 森里海連環学 森から海までの統合的管理を目指して. 京都大学フィールド科学教育研究センター (編)・山下 洋 (監修), 京都大学学術出版会: iii-iv.
- 山下 洋・田中 克 (編). 2008. 森川海のつながりと河口・沿岸域の生物生産. 水産学シリーズ, 157, 恒星社厚生閣, 東京, 147pp.
- 山本民次. 2008. 川が海の水質と生態系に与える影響. 川と海 流域圏の科学. 宇野木早苗・山本民次・清野聡子 (編), 築地書館: 58-69.
- 山本民次. 2008b. 河川流量の時間的変化とエスチュアリー生態系. 森川海のつながりと河口・沿岸域の生物生産. 山下 洋・田中 克(編), 水産学シリーズ, 157, 恒星社厚生閣: 99-116.
- 山根武士・岸田宗範・原口 泉・阿部 礼・大藤三矢子・河野 博・加納光樹. 2004. 葛西臨海公園と八景島海の公園の人工海浜に出現する仔稚魚の比較. *La mer*, 42: 35-42.

柳沼武彦. 1999. 森はすべて魚つき林. 北斗出版, 東京, 246pp.

養老川流域懇談会事務局. 2006. 養老川河川整備計画.

Zanden, M.J.V. and J.B. Rasmussen. 2001. Variation in $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ trophic fractionation: implications for aquatic food web. *Limnol. Oceanogr.*, 46 (8): 2061-2066.

付 属 資 料

I. 検討会記録

1. 森川海空の相互作用の研究 第1回検討会

(1) 日時

平成20年6月12日（木）15:00～17:00

(2) 場所

東京都港区虎ノ門1-15-16 海洋船舶ビル8階 第2会議室

(3) 出席者（敬称略）

河野 博 （東京海洋大学海洋環境学科 海洋生物学講座 教授）
多紀 保彦 （財団法人自然環境研究センター 理事長）
福島 朋彦 （東京大学海洋アライアンス 特任准教授）
松島 昇 （財団法人自然環境研究センター 調査役研究主幹）
山下 洋 （京都大学 フィールド科学教育研究センター 舞鶴水産実験所 教授）
寺島 紘士 （海洋政策研究財団 常務理事）

事務局

菅原政策研究 G 長・日野・小牧・櫻井・段

(4) 検討項目

- a. 本年度の実施計画案について
- b. 森川海空の相互作用の検証方法について

(5) 配布資料

- 資料1. 出席者名簿
- 資料2. 平成20年度実施計画案 説明資料
- 資料3. 平成21～23年度調査研究案 説明資料
- 参考1. 平成19年度放談会 出席者名簿
- 参考2. 平成20年度実施計画案
- 参考3. 関連研究のレビュー
- 参考4. 森・川・海のつながりを重視した豊かな漁場海域創出方策検討調査報告書
要約編

(6) 議事

事務局説明

日野

- ・平成19年度の放談会など、当事業に関する経緯の説明
- ・当検討会における検討内容の確認

小牧

- ・既存研究レビューについての報告（資料2）
- ・水産庁・林野庁・国土交通省「森・川・海のつながりを重視した豊かな漁場海域創出方策検討調査報告書」（平成16年3月）の紹介

段

- ・今年度の研究テーマ案の説明（資料3）

討議・コメント

福島

- ・水産庁他の報告書をベースにして研究テーマを設定し、課題を検証していくつもりと捉えてよいのか？
- ・同報告書では、関係する研究者へのアンケートをもとにした研究課題項目の設定が行われており、それぞれの論点を整理している。これでよいかどうかを含め、少なくともこのレベルを超えるような調査研究を企画しなければならない。

段

- ・現状の問題点として、想定している指標などのデータ蓄積がない。1年の観測くらいでは上流から海域までの何らかの検証を行うことは難しいのではないか。

福島

- ・データを取るというだけでなく、森川海のつながりをどう捉え、それを検証できるか、そのやり方を十分に検討しなければならない。

河野

- ・水産庁他の報告書では、現地調査を2回だけしか行っていないが、これでどのようなことがわかるのだろうか。
- ・現地調査を行う際、少なくとも2つのやり方が考えられる。ひとつはいくつかの項目を各フィールドで同様に調査し、比較する。もうひとつは例えば小櫃川におけるさまざまな項目、指標を詳細に調査する。どのようなアプローチで考えるのか検討しなければならない。

山下

- ・今説明をきいたが、趣旨はわかるけれども森川海のつながりを考えるためのストラテジ

ーがない。

多紀

- ・例えば、アユなどの食物連鎖をもとに定量的に考えるというのは具体的にはどのような方法があるのだろうか。

河野

- ・ひとつは、例えば小櫃川を対象にする。そこでの無機・有機物、その他関連する元素など、対象となる物質を計測することはできる（東京海洋大学 神田先生など）。河川だけでなく、小櫃川河口域のデータを、元素レベルも含め調査可能（例えば海起源・陸起源の物質、安定同位体、海底溶出物など）。これらを全体的に把握して解明する。
- ・3年の調査期間のうち、1箇所を調査するかどうか。
- ・または、いくつかの重要な対象となる指標（フルボ酸など）を小櫃川や養老川など複数の河川で調査し、これらを比較する。
- ・ちなみに栄養状態の比較をする場合、アユではなくハゼのエサについて分析する。

山下

- ・いずれにしても調査対象は複雑系であり、森川海のつながりを調べようとすれば3年間では難しい。
- ・レビューした既存研究などから使えそうな仮説を設定し、それを検証してみるという手もある。少々博打的な考えだが。
- ・例えば山、森林が作ったフルボ酸が重要だとすれば、2つの対象地域の山から河川の環境（自然の多いところと都市的地域）で調査して比較し、その効果を計測できないか。

多紀

- ・河川全体を調べるのではなく、2箇所のいくつかの指標を比較する場合、トレーサーとして何を使うのか。

松島

- ・小櫃川、養老川とも非常に近いところの河川なので、森林の状態は大して変わらないのでは？
- ・多少の距離があっても違いが明らかそうな河川や地域を対称にした方がよい。

段

- ・フルボ酸鉄の場合、森林よりも地質の方が影響が大きいようで、小櫃川はフルボ酸鉄の調査には適しておらず、養老川の方が調査しやすいらしい。

多紀

- ・地質ではなく、森林の影響を中心に考えないといけない。

河野

- ・生物相からいうと、小櫃川の方が豊かな状態にある。

山下

・フルボ酸鉄は海域にそれほど影響がないという説もある。指標の設定は慎重に行うべき。

福島

- ・大学などの研究と違い、当事業の調査研究の場合は制約もある。それを踏まえて、①仮設を立て、その検証をする、②2箇所の河川の状況の比較、といった視点が考えられる。
- ・複雑系なわけだから、いきなり全てを考慮するのではなく、例えばアユを中心に据え、関連する項目を検討して展開するという方法もありうる。

日野

- ・論点7より、アユを中心にしての物質循環を考えるというテーマも検討できる。アユの生態とその周辺環境の化学的データ、土地利用の状況などを調査するという展開はどうか。

福島

- ・その場合、アユに関連する項目、影響要因などを十分に調べるべき。

多紀

- ・付着珪藻を調べている事例などはあるのか？

河野

- ・恐らくない

多紀

- ・多摩川の例などはいくつか参考になるかもしれない

河野

- ・アユについては、森林環境の影響よりも人工物による影響の方が大きく、今回の調査研究のテーマである森林の影響を検証するのは難しいかもしれない。四万十川との比較などをすればできるかもしれない。

多紀

- ・林相と栄養塩類の関係についての研究などはあるのか

松島

- ・あるかもしれないが少ない。基本的にこの分野は砂防工学、水利用や土砂をメインにしている。

山下

- ・開発した森林の比較研究はある。

河野

- ・小櫃川、養老川はそれほど変わらないように思う。

松島

- ・四万十川の林相はかなり違う。アユにとっては非常にいい環境だと思う。

山下

- ・アユの population を決める要因について、森林に関係しているかどうかを判断するのは

困難ではないだろうか。

多紀

- ・貝類の方が指標にしやすいかもしれない。栄養塩、重金属など水質に大きく関連している。

河野

- ・貝類もイメージすると、ハゼを指標にするのがいいと思う。
- ・大槌湾の事例などはどうか。

山下

- ・大槌湾では森との関係はあまり考えていない。東北地方の事例はいずれもそのような感じだと思う。
- ・東京湾でハゼを対象にすると面白いのでは。

河野

- ・ビリンゴという種も考えられる。

段

- ・森林から海域までのつながりをメカニズム的な視点で研究している事例があるとありがたい。

日野

- ・例えばハゼを対象とした場合、押さえておくべきファクターは？

河野

- ・胃の内容物で、食べているものの起源が海なのか陸なのかわかる。
- ・ただ、対象地域の範囲も考慮しなければならない。小櫃川が 88km くらいだとすれば同じくらいの規模で考える方がよいと思う。

山下

- ・由良川は 147km もあり、手に負えない。50km くらいの規模が望ましい。

河野

- ・由良川の研究は見当たらない。アユについてもないようだ。富山湾の方ならいくつかある。

山下

- ・指標をアユとすると、フルボ酸、ケイ酸、リン、窒素などがさらに関連する指標になる。それらの栄養塩の出所を調べ、さらに関係する項目をみていくという流れになる。ハゼにしても同様であろう。
- ・さらに、それらの河川ごとの違いをみる。例えば森林の有無や環境の違いを考慮に入れる。

河野

- ・アユだと海域との関連がつかみにくいと思うので、ハゼの方がいいと思う。

段

- ・小櫃川の生物などのデータは時系列で（20-30年くらい）存在するのか？

河野

- ・ない

段

- ・栄養塩の状況を考えると、地質状態が似たところで比較すべきだろうか？

山下

- ・地質については微量元素が重要。その他、人為的な影響なども避けられない。

福島

- ・アユを指標と考えた場合、森林から海域の影響だけでなく、生物としての下流から上流への貢献・影響も考えたい。

日野

- ・基本的に東京湾および近隣地域を想定しており、小櫃川、養老川が適切かと考えているが、例えば山下委員のフィールドで比較可能な対象河川はないだろうか？

山下

- ・河川環境、システムが違いすぎて比較するのが難しい。房総周辺の河川の方がよいのではないか。

多紀

- ・対象とする指標、比較する内容によって違いが明らかになりやすいところを対象にするべき。

段

- ・時系列データが存在し、同一河川で比較できる対象河川があるとありがたい。

日野

- ・矢沢先生によると、（検証していないが）小櫃川流域は針葉樹が多く、養老川流域の方が自然林が残っているという。

松島

- ・千葉の森林はあまり研究対象として魅力的ではない。標高が最大で 300mほどしかなく変化に乏しい。

山下

- ・適切なフィールドが見つければ詳細に調べるのはいいが、河口のシステム、構造の違いで状況が大きく異なる。特に人工物、港の影響は非常に大きい。
- ・現状では適した対象地域を設定すること自体、非常に難しい。
- ・科学的に比較するなら、森林の部分だけ違うがそれ以外は同じというような条件の対象地域を考えなければならない。

寺島

- ・昨年度の放談会などから、科学的検証のための研究企画を考えたい。今年度は項目を絞って、2箇所くらいを比較したい。これをもとに3年のプロジェクトとして展開できればと考えており、それを視野に入れて企画したい。
- ・ただ、当財団の視点として海洋を中心に据えて森や川、空とのつながりを検討したいというのが基本的にある。

多紀

- ・では、今年度については研究のフィージビリティを中心に検討して企画案を作成するというのでよろしいか。

河野

- ・8～9月に計画をつくる？

寺島

- ・内部で内容を検討するのが9月となるが、8月中に企画案の方向性は決めたい。

日野

- ・ハゼ、アユを陸→海、海→陸の相互関係の指標とした場合、小櫃川と比較すべき対象河川は？

福島

- ・ストラテジーによるが、森林の状況が同じようでも、小櫃川、養老川のそれぞれ河口域の環境が大きく異なるというのであれば、その異なる点を比較するという手もある。

山下

- ・8月までにデータ収集や調査を行うというのは難しいのではないか。

多紀

- ・今年度は明確な結果を出すのではなく、手探り状態でいい？

山下

- ・しかし、8月までに、少なくとも3年のプロジェクトにつながるようなフィージビリティ・スタディーにならないと困る。どれくらいの具体性が必要なのか？

寺島

- ・厳密に対象河川を挙げなくてもよい。ただし、調査する項目くらいは必要になる。11月中旬までには内容を具体化しなければならない（ヒアリング対応）。

河野

- ・基本的に東京湾を対象とする？

日野

- ・東京湾を想定している。

山下

- ・森林の影響を明らかにしなければならない。

河野

- ・東京湾周辺だと森林があるのは多摩川くらいだと思う。

山下

- ・調査可能な項目と、調査できれば面白いというレベルの項目とをそれぞれリストにして検討するとよい。
- ・小櫃川で生物生産を徹底的に調査し、森林からの起源をみる。それとともに森林がない場合の推計や他の地域との比較などを組み合わせてみるとよいのではないかな。

河野

- ・小櫃川を対象とするのがよいと思う。

山下

- ・由良川では、河口域のプランクトン、アユ、スズキなどの調査を行っている。

河野

- ・それぞれの対象地域において独立で調査し、結果を合わせてみるというのもありうる。

山下

- ・直接の比較は難しくても分析できることはある。さまざまなパターンで考察できると思う。
- ・森林の効果を見るならば東京湾で考えた方がよい。
- ・由良川は、河口から 20km は河川なのか海域なのかわからないような構造の河川になっている。比較が非常に難しいと思う。

多紀

- ・生活系の負荷がなければ、栄養塩類は基本的に森林起源になるはず。

山下

- ・栄養塩類は、生活系以外にも水田や耕地などの負荷が非常に大きく、影響を無視できない。
- ・有機酸の効果がとても大きい。三大栄養素、鉄など、いろいろな物質のバランスが重要で、できることなら調べる方がよい（矢沢研究室などに依頼）。

多紀

- ・分析化学の分野に協力を得ることも考えてよい。

山下

- ・うまくいけば面白い成果が出せると思う。
- ・本来、河川には植物プランクトンが生じないはずだが、ダムだけでなく水田で生じて川にも入ってくるということもある。

段

- ・アユの逆輸送について、何が上流に戻ると考えてよいのか？

福島

- ・基本的にアユそのものの個体が上流に戻り、そこで死ぬ。わずかかもしれないが元素的

に計算できる。

山下

- ・バイオマス量としては大して影響はないと思う。アユの場合、インパクトが大きい。量だけでなく、質的な面でも海の役割を考えることが必要ではないか。

河野

- ・ダムや堰などさまざまな要因も含めてつながりを考えるのが重要。

日野

- ・アユ・ビリンゴによる森林の影響を考える際、小櫃川を先ず調査し、その他の地域に展開するという流れを考えるべき？

河野

- ・アユは指標としてはあまり適していない。人工物に左右される。

山下

- ・アユを指標としても、エサとしている付着藻類を対象にして、それらに対する森林の影響を考えることはできる。それを1河川でやるか、2河川で比較するか。

河野

- ・アユよりは鳥による作用の方が大きい。
- ・東京湾でのコアジサシの研究などが行われている。

山下

- ・「海洋と生物」誌などに、鳥が森に有機物を移送するという研究があった。

松島

- ・森の場合も、鳥の影響の方が大きい。小櫃川できっちりと調査するとよい。

山下

- ・やればできると思うので、まず小櫃川で調査してみるとよい。

日野

- ・小櫃川を対象として、河野先生の研究室にご協力をお願いしたい。
- ・また、矢沢研究室の協力を仰ぎ、微量元素の森から海への流れという項目も考えたい。

河野

- ・Mailing List が欲しい。気軽に情報交換を行いたい。

寺島

- ・河野先生の研究室をメインに、山下先生にも適宜ご協力いただきたい。

山下

- ・実施している研究成果の紹介などは可能。

閉会

2. 関係主体のネットワーク化の研究 第1回検討会

(1) 日時

平成20年10月16日（木）10:00～11:30

(2) 場所

海洋船舶ビル 8F 第2会議室

(3) 出席者（敬称略）

角本 孝夫 （サステイナブルコミュニティ研究所 理事長）
河西 悦子 （相模川・桂川流域協議会 代表幹事）
新谷 恭子 （北海道漁協女性部連絡協議会 会長）〔欠席〕
清野 聡子 （東京大学大学院総合文化研究科 広域システム科学系 助教）
竹村 公太郎 （財団法人リバーフロント整備センター 理事長）
松田 治 （広島大学名誉教授）〔欠席〕
寺島 紘士 （海洋政策研究財団 常務理事）

事務局

菅原政策研究 G 長・市岡政策研究 G 長・日野・小牧・櫻井・段

(4) 検討項目

- a. 本年度の実施計画案について
- b. 海域と流域圏の一体的な管理に向けた活動主体のネットワーク化に関する調査枠組みについて
- c. その他

(5) 配布資料

資料1 出席者名簿
資料2 平成20年度 実施計画・スケジュール案
資料3 平成20年度 実施計画案（テーマII）
資料4 平成21～23年度事業計画案
資料5 テーマI検討会 資料

(6) 議事

事務局説明

日野

- ・本年度の実施計画案について（資料 2, 3, 5）

櫻井

- ・海域と流域圏の一体的な管理に向けた活動主体のネットワーク化に関する調査枠組みについて（資料 4）

討議・コメント

a. 本年度の実施計画案について

角本

大畑川流域の活動について、1994年10月には民間の組織として、森川海を一体的に議論する委員会を立ち上げた。もともと地元では地域のくらしの問題として、情緒的ではなく現実的な視点から、個別の課題をそれぞれに議論するのでは何も解決できないという実感があつた。海や沿岸はもちろん、まちの暮らし、農用地、森林など含め、すべてを全体的に考えることが必要で、それは経験上、実態的、視覚的にわかっており、当時、海を中心に生活する人だけでなく、他の生活者、森の人などみんなの問題意識として生じてきた。

これらの実際に経験した課題や問題を抽出して整理すればかなりの情報になるので、本年度の調査については、それをもとに調査を進めるとよい。そうすることで3ヵ年の調査についても、初年度から何らかの方向性を具体的に考えて進めることができるのではないかと。

寺島

今年の調査については21年度以降3年間の調査のプレ調査という位置づけで考えている。しかしながら、大畑の事例を大いに参考にして当初から政策的な視点、ビジョンを考えながら進めたい。

大畑では1994年から委員会を組織したというが、それ以前からすでに問題が出ていたのではないかと。あるいは、その当時、大きなモチベーションとなるような問題が起こったのか。

角本

例えば大畑川の河川改修により川での漁や魚釣りがダメになったなど、伏線としてはいろいろあつた。が、漁師にしてもそれぞれが愚痴を言い合う程度で終わっていて具体的な活動としてはなかつた。ただし、もともと当地には記述資料が豊富にあり、それらを清野先生はじめさまざまな方のサポートを受けながら活かすかたちで1994年に委員会を立ち上げた。これは純粹に民間ベースで組織され、行政関係者は個人としては参加していたが、

役所としての関係はなく、自由な活動ができた。

寺島

個々の集落単位ではどのような参加となったのか。

角本

個別の集落には、それぞれの集会やまつりなどを含めて酒を持って話を聞きに行ったりした。あとは「おしかけ講座」のようなものを行っていろいろな意見を収集した。

清野

そのような、個別事例をきちんと整理してまとめることは非常に重要。最近はいろいろな事例研究も行われてきたが、サクセスストーリーとしてうまくいった部分のみに光が当てられることが多く、具体的な課題やその活動のきっかけなどを詳細に整理することは意外と行われていないと思う。このようなことをもとにして今後の政策課題、具体的な政策として検討していくべき。

角本

1997年以降、各省庁で河川や流域などといったキーワードを含めたさまざまな方針や計画などが作成されてきたが、実際にどのセクションが統括するか、中心として進めていくかがはっきりしておらず、なかなか進展していないのが現状である。その理由のひとつとして、地域、森、川などさまざまな範囲や分野におけるそれぞれの「作法」というものがあり、協働するのが難しいということがある。

清野

意外と知られていないが、北海道の昆布漁などで青森地域との連携などもある。

寺島

偶然かもしれないが、このような事例は圧倒的に北の方の地域に多い気がする。

角本

東北地方などは、本当に生き死にの問題になってしまうということが影響しているかもしれない。

清野

確かに北の方はシビアで、自然が破壊されるとアウトということがある。

竹村

そういう意味では、南の方だと島嶼地域がそのような環境にあるかもしれない。

清野

そのように多様な地域環境があることを踏まえると、日本の中で画一的な政策を進めるということが可能なのかという気がする。

竹村

先ほどまでの大畑川の事例で、本調査で行うべき基本的なコンセプトは含まれていると思う。あとはいかにサンプルとしての事例を集めるかが問題になる。最近になってようやく

く、持続可能な流域圏という考え方がリアルに出てきた。やはり問題となっているのは海域での漁業などが中心であり、河川や陸域が中心となるのは難しい。エネルギー分野では、永続性というのがキーワードになっており、「永続地帯」という小地域のまとまりが重要視されている。例えば、エネルギーや食糧など、木材や野菜なども含めたさまざまなものが供給でき、自立したエリアがどのようなかたちで存在するかを考えるもので、適切な人口規模や環境のあり方を具体的に検討することができる。大河川地域などで永続性があまりない地域でもそれぞれの地域の役割を考え、ネットワークするという発想で考えればよい。千葉大学の倉阪先生が研究している。

これらを参考に、是非海域につながる適切な対象地域について研究するとよい。

清野

大畑でも人口の最適規模についての議論はあった。インフラを含めどのような地域がありうるのかを検討するということがあったが、平成の市町村大合併でその枠組みがわからなくなってきたということがある。やはり、「流域」というセグメントで考えるべきだと思う。

竹村

そういう意味では、今回、海洋政策研究財団ならではの研究ができると思う。河川中心の流域だけを議論するのではダメで、海を知っている財団が海からの視点をもって研究しなければならない。

角本

地域資源も踏まえて社会の仕組み、規模がどの程度になるべきか、そのような視点で十分に議論が必要。

竹村

適正規模を検討するのは、現在となっては非常にリアルで、十分に議論するに値する。海までつながる流域圏の人口の適正規模を考えるとよい。

寺島

人口が減少してゆくという現在から今後にかけて、どのように持続可能な状況が得られるかという視点だと思う。

角本

以前と違って、既に現状は田舎が都市を支えるという構図が成り立たなくなっている。

寺島

地域社会を念頭に検討することが重要。

清野

各々の地域の事例をまとめて整理し、それぞれの個性とそれから得られる何らかの普遍的なものを検討していくことが必要。まずは小規模な地域から、次第に大きなスケールの事例を考えてゆけばよい。

b. 海域と流域圏の一体的な管理に向けた活動主体のネットワーク化に関する調査枠組みについて

日野

来年度以降の調査について、適当な対象地域なども含めて議論していただきたい。

清野

上流から海域までを視野に入れた取り組みの活動として、北海道の鶴川の事例がある。当地はシシャモが特産で、主要な産業となっていることから、上流から沿岸、海域にかけての意識が高い。早くから広範な活動を行っている。

竹村

南日本あるいは西日本における地域で、沿岸および流域の活動が盛んなところはないだろうか。

清野

中津市の山国川流域では「水辺に遊ぶ会」というグループが活動している。市町村合併で内陸山間地域も含まれたので、流域で検討する素地となるかもしれない。総合土砂管理という視点からも課題がある。また、岡山県など瀬戸内海地域では、漁業のために内陸からの栄養塩が必須なので、ダムの緊急放流を実施するように働きかけるなど、沿岸あるいは下流域の人たちは流域への関心が非常に高い。例えばこのように政策的につながりが強い地域を対象に研究するとよい。

河西

相模川でも土砂の問題があり、ダムとの関わりで土砂懇談会のような会合が行われている。また、横浜国立大学と協力しての関係で流域のデータベース化を進めている。水の流れや窒素、リンなどの負荷について調査を行い、桂川の流域下水道の是非も含めた検討を行いたいと考えている。しかし、いまだに協議会の役割がきちんと果たせていないところがある。森林との関連で言えば、山梨では切り捨て間伐の問題が非常に大きく、間伐材の再利用も含めてワークショップなどを実施して検討していきたい。

日野

全国事例調査については、連携先も含めて全体的に検討をお願いしたい。

清野

全国事例を網羅するのは大変だが、活動グループのネットワークを進めているところとしては、横浜で活動している「海づくり研究会」の木村氏が挙げられる。特に全国でアマモに関して活動をしている団体と広く連携しているので、対象として検討してほしい。

寺島

本調査で検討としているような上流から海域までをカバーしているような活動事例というのは、現状ではなかなか事例としてないかもしれない。どのような考え方で調査すべきか検討してほしい。

清野

直接的に一体的管理という視点ではなく、海あるいは沿岸域まで関連しているところを対象にすればよい。相模湾や横浜周辺などいくつかの事例はあると思う。また、全国調査といっても事例の数ばかり意識するのではなく、発展してきた経緯などの調査の内容を深めることが重要で、そういう意味での調査の枠組みを考えるべきである。

寺島

事例をどのような要件でもって整理するか。

日野

いくつかのポイントが検討された。漁師の活動含め海や沿岸域を含むという事例、そして上流域も考慮して政策的につながっていることが重要。これらを視野に入れて調査研究の内容を検討したい。

清野

実際は政策に対して主体的な役割を果たしているような活動事例というのは非常に少ない。

河西

相模川流域の神奈川エリアでは河川整備計画策定を考慮しながら活動しているがまだまだ十分ではない。

寺島

流域間あるいは他地域へのネットワークというものはあるのか。

河西

それは今のところない。

寺島

問題があるところというのは本来、政策につなげていかななくてはならないはず。

清野

海洋基本計画にしても相当期待はあったが、実際は関連予算には反映されず、地域はがっかりしているのが現状。やはり当事者である地域が声を上げ、活動していかなければならない。

閉会

日野

さまざまな有意義なコメントをありがとうございました。次回は12月に本調査のテーマI「森川海空の相互作用の研究」検討会との合同検討会を開催する予定。

3. 海域と流域圏の一体的な管理手法の調査研究 合同研究会

(1) 日時

平成 21 年 2 月 27 日 (木) 13:30～15:30

(2) 場所

海洋船舶ビル 10F 会議室

(3) 参加者 (敬称略)

角本 孝夫 (サステイナブルコミュニティ研究所 理事長)
河西 悦子 (桂川・相模川流域協議会 代表幹事)
河野 博 (東京海洋大学海洋環境学科 海洋生物学講座 教授)
新谷 恭子 (北海道漁協女性部連絡協議会 会長)
清野 聡子 (東京大学大学院総合文化研究科 広域システム科学系 助教)
多紀 保彦 (財団法人自然環境研究センター 理事長)
竹村 公太郎 (財団法人リバーフロント整備センター 理事長) [欠席]
福島 朋彦 (東京大学海洋アライアンス 特任准教授)
松島 昇 (財団法人自然環境研究センター 調査役研究主幹)
松田 治 (広島大学 名誉教授)
矢沢 勇樹 (千葉工業大学 生命環境科学科 助教)
山下 洋 (京都大学 フィールド科学教育研究センター 舞鶴水産実験所 教授)
寺島 紘士 (海洋政策研究財団 常務理事)

事務局

菅原政策研究 G 長・市岡政策研究 G 長・日野・小牧・櫻井・段・鈴木

(4) 検討項目

- a. 活動主体のネットワーク化に関する本年度の研究結果について (研究報告 I)
- b. 森川海空の相互作用に関する本年度の研究結果について (研究報告 II)
- c. 海域と流域圏に一体的な管理手法に関する研究の今後の課題

(5) 配布資料

- 資料 1 出席者名簿
- 資料 2 本年度開催した検討会の概要
- 資料 3 報告書目次案

(6) 議事

事務局説明

日野

- ・参加者紹介（資料1）
- ・前回までのテーマⅠ，テーマⅡの検討会の概要（資料2）

研究報告Ⅰ

角本

「旧大畑町における流域圏と海域の一体的管理に向けた取り組み」（Ⅱ. 検討会資料1）

討議・コメント

松島

私も林学をやっているのですが、森、川、海につながりに大変関心を持っている。具体的にお聞きしたいのだが、ショートカットは近自然工法とは相反するのか。あるいは結果としてどうか。

角本

自然な川には石だまりがあり、多様な生き物が棲んでいる。川の洪水措置能力を上げる目的でショートカットを行ったが、それは川の中の石を全部あげてしまう工事であったため、結果河川の生き物が激減してしまった。その経緯は細かく記録してある。我々は94年に海から調査をスタートしたが、海の中の生物の暮らしを再生するためには、海だけに取り組んでいてはだめで、川、町の暮らし、森のありようを考える必要がある。調査の中で、昭和30年代には、森、川、海それぞれに付き合い方の作法があり、自制がきいていたのだが、やがてそれが一気に崩れてしまったことがわかった。その現状を発表させていただいた。

松島

森、川、海に目配りがきいている角本さんの本業は何か。

角本

以前は旅館をやっていた。

松田

大畑川が第一号指定地となった「青森県ふるさとの森と川と海の保全及び創造に関する条例（流域一体条例）」は、実際どのような効果があったのか。条例を作ればよいというものではないが、他の県でも作れば後押しになるかどうか伺いたい。

角本

流域一体条例には意味があると思う。河川とその周辺の管理は、内水面漁業権は水産庁、

河川は国交省，周辺の農地は農水省，上流の国有林野は林野庁，というように分割されている。しかし海を再生させるためには，川，森も一体として再生させる必要がある。流域一体条例の際に我々は考えたことは，各省庁がそれぞれの管轄において，川の再生のためにどういう理念を持ち，どのような貢献ができるかを提案してもらうことだった。各セクターがそれぞれの役割を明確にすることは重要であったにもかかわらず，長い間放置されていたので，流域一体条例はその問題提起の意味でも将来像を考える意味でも大きな意義があった。各セクターの壁を取り払い，流域を一体として考えるためには自分の部署はどんな貢献ができるかという発想で取り組む体制ができたという意味で，私はこれを「この指とまれ条例」と呼んでいる。

河野

木野部海岸の緩傾斜護岸堤について詳細な説明を伺いたい。

角本

1999年に海岸法が改正されたのを機に木野部海岸の整備が始まった。緩傾斜護岸堤は，大波がきたときにそのスロープに沿って国道まで水が這い上がってきってしまうことや，浜辺の横断を遮ってしまうといった理由から壊すことになった。護岸堤の粉砕物は，磯の基盤に補強として埋め込み，海岸法の3つの理念を満たすような消波施設としてうまく生かした。献納された補助金を上手に役立てることができた。

河野

東京湾の砂浜の海岸では，離岸堤はアユの横の動きを遮ってしまうため，作るのはやめようという話がある。

寺島

1999年の海岸法の改正が，木野部海岸では役に立っているということが，非常に興味深い。

角本

我々は1997年の河川法改正に先立って1996年からいち早く川の再生に取り組んでいた。海岸法の改正のときには，その3つの理念を沿岸域に実現させようと全員で頑張った。

日野

緩傾斜護岸を改修したあとにどのように海が再生していったかについて，データを取られていると伺っている。

角本

月に1回以上データをとっている。消波堤は周辺の砂をコントロールする強大な力があるので，大きさが適切かどうか総合的に検証するために，海域全体の生物，水温，塩分濃度などのモニタリングを続けている。木野部海岸の場合は大きさがたまたま適合したのだが，この方法が他の海岸でそのまま適用できるとは限らないので，海岸工学的な解析を徹

底的に行うことを目的に、何年にもわたってデータを収集してきている。

研究報告 II

河野

「河口生態系に着目した海域と流域圏のつながりに関する研究の現状」

(II. 検討会資料 2)

矢沢

「無機栄養塩に着目した海域と流域圏のつながりに関する研究の現状」

(II. 検討会資料 3)

討議・コメント

山下

川の中のクロロフィル源は何か。

矢沢

一般的に、特に流れがゆるいところだと内部生産が活発になるので、窒素、リンの滞留時間が長いところでプランクトンが多くなる。

山下

そうするとクロロフィルは植物プランクトンということになるのか。それとも河床の藻類がはがれて出てきたものなのか。

矢沢

細かい種の分類は行っていないが、あくまでもクロロフィル a という葉緑素で、一つの植物プランクトンの指標となっている。

河野

最後の図で、養老川より小櫃川の方が赤くなっているのはなぜか。

矢沢

干潟や三角州の効果だと思われる。その部分はアサリや潮干狩りで有名な生産の場所である。河川から送られてきたものがそこで一旦生物によって蓄えられ、やがて海の方へ流れていく。

河野

養老川は河口が完全に護岸されているが、サンプリングは行ったのか。

矢沢

実際には安全にサンプリングできる場所なので、河口の端のところからサンプリングを行った。

河野

端のあたりは浮き芝が多くなっているが。

矢沢

サンプリングは全域行った。

河野

東京湾は栄養分に富んでいるが、その影響はどうか。

矢沢

非常に若い炭素の供給源なのか、地下の部分のフルボ酸が効いているのか、を解明するためには、構造解析をする必要がある。同位体の年代を追跡すれば、いつごろ森で生産された炭素が、川、海のどこのあたりまで行っているのかを見ることができる。

事務局説明

日野

- ・ 報告書目次案の紹介（資料3）

総合討論

日野

本日の検討会を通して、どのような点に関心を持ち、また今後どのように調査を進めればよいかなどについてぜひご提案いただきたい。

角本

1996年に北大の松永さんにフルボ酸鉄のお話を伺ったが、当時は化学的知見はまだ統制がとれていなかった。流域の一体的管理において化学的根拠を求めるのは難しいと感じたので、当時はそれ以来踏み込まず、森川海を自然の形に整えてやれば良い状態が維持されるだろうという考えでやってきた。その結果、流域にはその土地に合った森、川、海の相があり、条件さえ整えればそれらは爆発的に再生、増殖していくことが明らかになった。これは現場での経験では明らかであるが、やはり化学的な面での検証にも興味がある。研究者間の個別研究を統合、調整し、結果を外に発信していく作業は山下先生たちが始められたと思うが、まだ始まったばかりなので、今後もっと科学的・化学的な成果を出してほしい。

山下

森川海のつながりに関する科学的な研究は緒についたばかりで、やっと少しまとめられそうな段階にあり、「川と海—流域圏の科学—」などの良い本も出始めている。しかし良い森川海のあり方を科学的に提案できるほどのレベルには達していないのが現状である。今年の3月の水産学会では、たまたま森川海に関わる研究発表の報告が多かったので、まとめてセッションを設けることにした。このような研究者のネットワークを構築して、今後、もっときちんとオーガナイズされた研究にしていかなければならないと思っている。

角本

流域の一体管理は、地域のネットワークだけでなく研究者のネットワークも構築して、共に進めていった方がいろいろな意味で良いと思う。

松田

里海は国の政策として取り上げられてきているため、いろいろな事業が始まっている。その中で「流域一体型の里海づくり」の事例として先ほどの小布施川や山口県の樫野川などがあり、昨年度の報告書でまとめられている。また、国連大学が中心となって里山・里海サブグローバル評価というものを行っている。これは生態系や生物多様性に関して、過去50年でどのように変わってきて、現状はどのようなものか、今後どのように変わっていくかをマクロ的にまとめたものである。

新谷

私たち漁師は、経験的に木を植えて、森と川と海のつながりを実感してきた。植樹をすることによって、水が湧き出してきたり、日高では土砂が流れが良くなり良い昆布が採れるようになったりした例があり、実体験からそのつながりを理解している。特に科学的根拠を意識していなかったのが、今日の科学的研究のお話は大変勉強になった。今後は科学的な見方もしていきたいと思っている。

寺島

森川海の相互作用は一般に知られているにも関わらず、まだよく検証されておらず、研究は始まったばかりだというお話があった。今後、どのようにこの話題を取り上げていけばよいか。先ほど水産学会でのセッションのお話があったが、それ以外に大学などで、この話題を取り上げるような場はあるのだろうか。

清野

同じ科学分野でも、森川海のつながりがないと思っている分野と、それを前提としている分野とでは見ている場所が違っている。例えば海岸工学では海岸侵食や砂防という具体的な問題を抱えており、森川海のつながりの有無を議論するというより、そのような現象面から分析を始めている。今後は自分の興味のある学会に参加することに加え、いくつかの学会がまとまってシンポジウムを開催し、議論し合う場を作っていくのが重要だと考える。

また、科学的に森川海のつながりを検証しようとするときに、一般的な人と科学者との認識、考え方、見ている世界が異なることがある。同じフィールドワークを通してその違いを明らかにすることによって両方が見えてくると思う。

角本

流域の再生連動の話は、地域にとっては生きるか死ぬかの問題になっている。(特に市町村合併以降、) 地域としての自立性やオリジナリティーを出すためには、流域がまとまる以外に方法はない。その流域における飯食う手立てや文化、暮らしの技法に関するきちんとした評価方法が必要である。そうした流域評価を通じて、新しい国土像を提案していける。

研究者にもより大らかに、目に見える形でネットワークを作ってもらえれば、社会的な活動をしている側の励みにもなる。

清野

科学的研究では一般論はなかなか難しいので、いきなり普遍を迫及するのではなく、まずは事例研究を積み重ねるべき。科学研究者ができない場所では一般市民と一緒にデータをとるなど、市民との協力活動も考慮すべきではないか。

寺島

普段は付き合いの無い様々な立場の人が一同に会することは重要。森川海空 P においても、研究が盛んになるような支援や相互作用検証を行ってきた。その中で、「そうした研究は既にやっている」とか「大変な研究なので他でやるほうがよい」と言われることがあったが、実はまだ始まったばかりのテーマでよくわかっていなかった。研究者に、科学者の意見を取り入れていくことも大事だと感じた。来年以降、どうやってこの問題を取り上げていくべきかご意見を伺いたい。

松田

里海プロジェクトでは、アセスメントと科研費が表裏一体で動いているが、森川海関連分野ではどうか？

山下

大きな科研費はないが、京大フィールド研では、森の手入れと水圏の関係について来年度から文科省予算で5年間のプロジェクトを行う。このプロジェクトでは水圏といっても海まで研究することは難しいと考えている。個々にはいろいろあり、JST のクレストという大型研究において、京大生態学研究センターの琵琶湖ベースのプロジェクトや、筑波大学恩田先生の森林から出る土砂についてのプロジェクトがある。

松島

自然科学研究と地域研究が平行して取り組む必要があり、そうした意味ではこのプロジェクトは画期的であり、前向きに取り組むべきである。自然科学者はデータをつきつめて分析するために小さくまとまる傾向がある。一方で、地域は生きるために特色を出して再生することが大切である。2つのテーマを平行して行うことが大切。

清野

一つのテーマについて一緒に何かを行うことは大事である。研究者以外でも、好奇心を持って活動している一般の人がたくさんいる。そうした人をもっと見える形で活用することも研究の一つのあり方かと思う。森川海は経験値が膨大にある領域であるので、一緒にやることで見えてくるものもある。あまり大きなことでなくても一緒に測定してデータをとるなどで問題解決につながると思う。

河西

桂川・相模川流域協議会で10年が経過するが、最近では、横浜国大が既存データの集積・

連携を行っている。流域協議会では、地域活動を通して流域の再生を目指してやってきたが、現在では科学的なデータの裏づけも必要になり始めている。実際の暮らしを存続させるために、経済的政策（治水減税など）が必要であり、そこでは科学者のデータや知見が政策の裏づけとなる。科学的な裏づけは、政策提言の冷静な議論をするためにも必要である。地域の活動事例と、研究者の事例研究とが上手くつながることが大事であると感じる。地域における生活者の実感と、科学的研究が合致するかどうかも大切なので、横のつながりの強化も必要である。

寺島

横浜国大の先生が関わった経緯は？

河西

ニッセイの助成を受ける際に、実際に流域と活動している行政や人と連携することが条件だったようである。このように、最近、研究者から歩みよってきてくれるケースが増えている。

清野

フルボ酸の研究発表でとても興味深かったことは、ヨウ素をたくさん含む地下海水が生産性を高めていること。九十九里浜などでは、現在は、漁業では立ち行かなくなり、地下水を汲んでヨウ素をとる産業で成り立っている。そのため、地元では地盤沈下なども心配されている。今後こうした研究が発展して、もしヨウ素を含む地下海水を保存しておくことで海の生産性向上のために使えるのであれば（何らかの形でフルボ酸鉄の活性を利用することができるならば）、もう少し砂浜の利用も変わってくるのではないかと？日本のいくつかの砂浜の産業のあり方が変わると思う。

閉会

日野

活発なご議論ありがとうございました。来年度以降もよろしくお願いします。

寺島

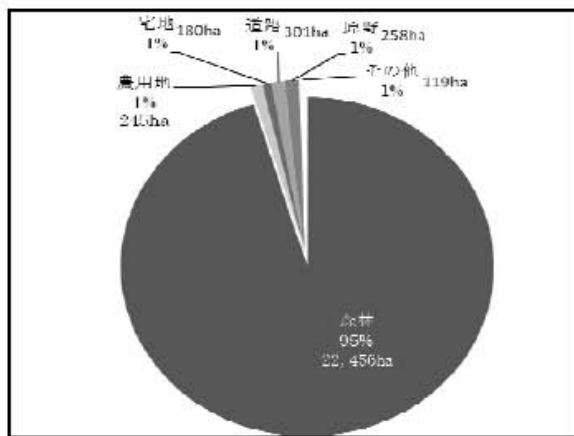
今日は、プレゼンテーションとご議論ありがとうございました。今年度はこれで終わりだが、来年度から3ヵ年計画位で、さらなる取り組みを深めたい。基本的には今までの延長上で進めたいが、同じような研究を他でもやっているというご指摘もあるため、我々でよく調べて来年度以降のやり方を考えたい。本日の議論でヒントを頂いた。一つは、社会的な取り組みをしている方々と科学的な研究とを結びつけることをしたい。また、問題意識を持っている地域の方々と行政を巻き込み、さらに研究機関を巻き込んでいくことで議論を冷静に客観的に進められると感じた。それらを踏まえて、次年度以降の研究計画を立てたいと思う。今後もお知恵をお借りしたいのでご協力をお願いします。

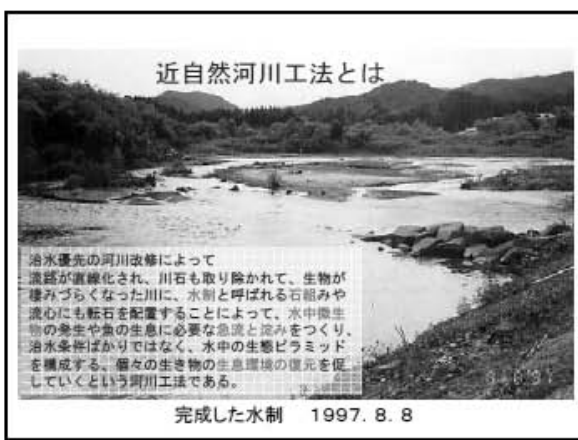
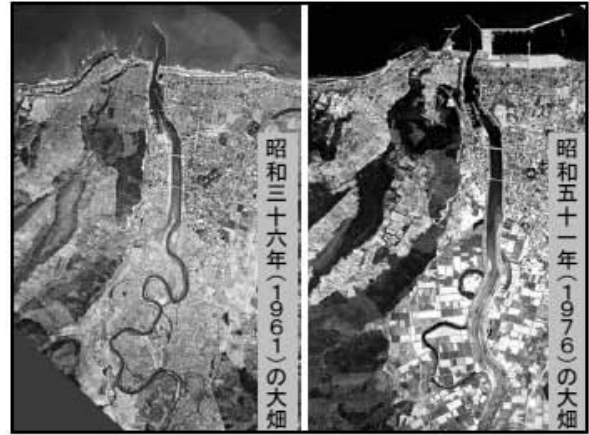
Ⅱ. 合同検討会 発表資料

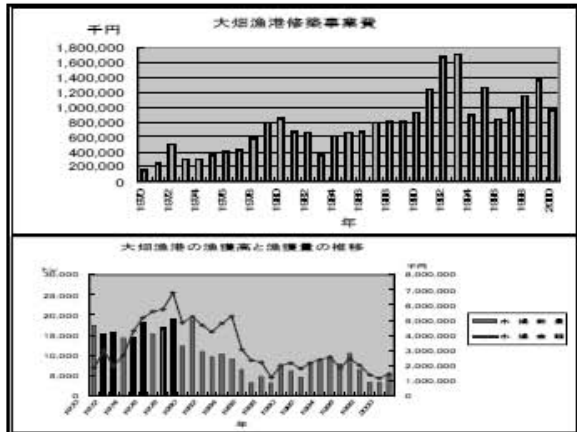
平成 21 年 2 月 27 日に開催した合同検討会で、本年度実施した 3 件のパイロット研究に関する研究発表を行った。

資料 1. 旧大畑町における流域圏と海域の一体的管理に向けた取り組み

(角本孝夫氏研究報告)



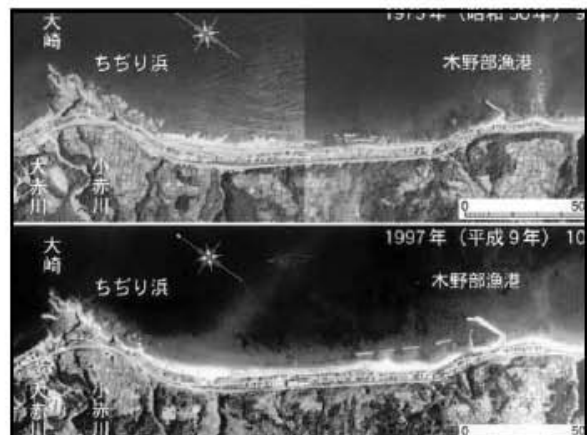
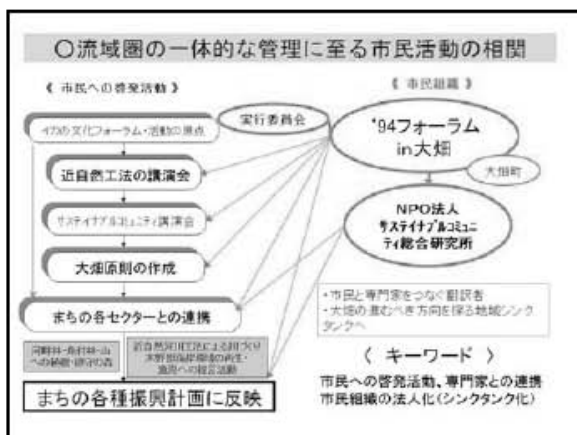
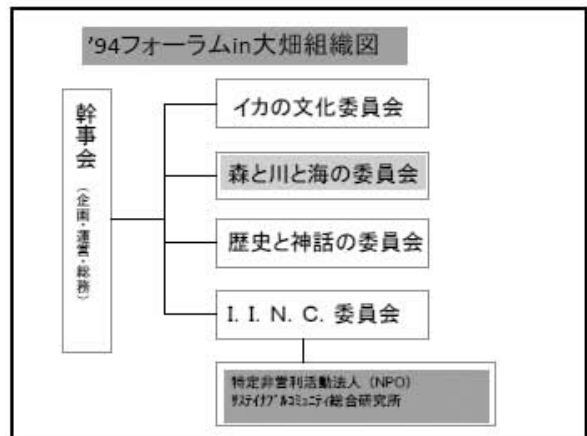




大畑町の漁業

- ・イカによって栄えた大畑町(いかの功罪)。
- ・永遠の100万ドル漁業(モンレーの鰯)
- ・多様な選択肢と柔軟性を失い、沿岸地先への関心を失っていった。

昭和30年代のイカ蒔き 昭和30年代のイカのカーテン







魚付林

1911年（明治44年）から下北半島北辺最東端の尻屋三餘会によってはじめられた砂防林の造成は、昭和25年に建立されたその記念碑に「藩政当時、我が尻屋部落は鬱蒼とした大森林と豊富な漁場とを擁し、豊かな生活を営んでいたが、腐藩後森林の無計画な伐採により林地の大部分が砂丘化し、為に漁場の荒廃甚だしく、部落は凋落の一途をたどるにいたった。・・・青年層で組織する三餘會は此の惨状を黙視するに忍びず明治43年断然起って砂防林造成を計画し、・・・今日見る美林を造成するに至ったのであるが、其の結果漁業は自ら往時の域に復興し、・・・」とあるように、およそ100年になんなんとする歳月のなかで、甦った森が海を再生させ、その豊かな大地と海の尻屋は、暮らしのサステナビリティを確実に手にするまでにいたった。

資料 2. 河口生態系に着目した海域と流域圏のつながりに関する研究の現状

(河野博氏研究報告)

河口生態系に着目した海域と流域圏のつながりに関する研究の現状
河野 博 (東京海洋大学)

「森は海の恋人」ということので確かな科学的根拠はない (向井, 2005)

森から海までのつながりに関する研究は始まったばかりである
(山下, 2007)
山に木を植える妥当性の検証を研究者は求められている
(佐々木, 2008)

生態系間の相互作用の研究がなかった: 系外から (異地性) の産物の影響

河口生態系に着目した海域と流域圏のつながりに関する研究の現状 河野 博 (東京海洋大学)

「森は海の恋人」ということので確かな科学的根拠はない (向井, 2005)

生態系間の相互作用の研究がなかった: 系外から (異地性) の産物の影響

系外から (異地性) の産物の影響

「森は海の恋人」ということので確かな科学的根拠はない (向井, 2005)

生態系間の相互作用の研究がなかった: 系外から (異地性) の産物の影響

河口生態系も「川と海との接点」ということで研究例はある・・・しかし、複雑

「森は海の恋人」ということので確かな科学的根拠はない (向井, 2005)

生態系間の相互作用の研究がなかった (系外から (異地性) の産物の影響)

シンポジウム等の開催 (2000年代に入ってから)

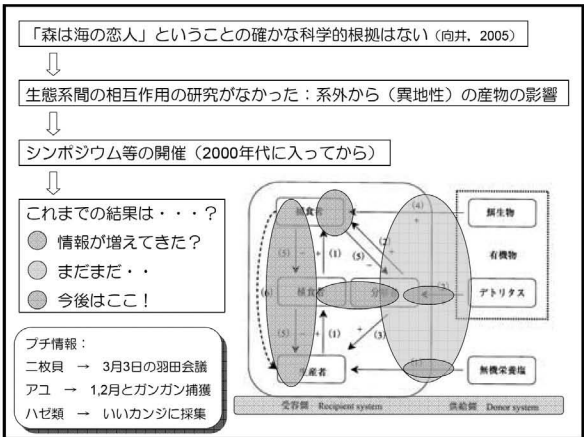
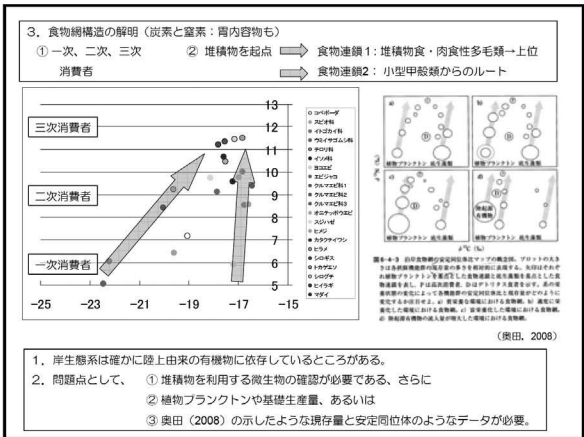
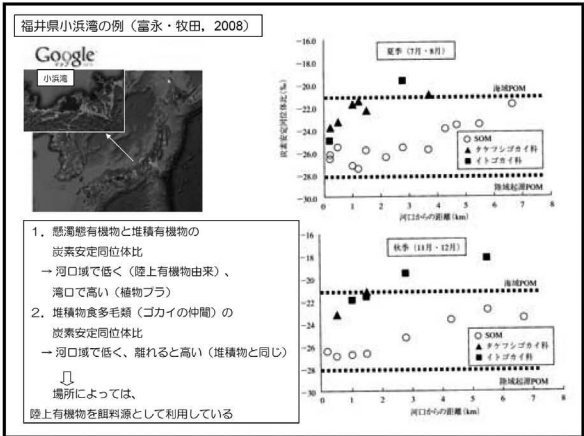
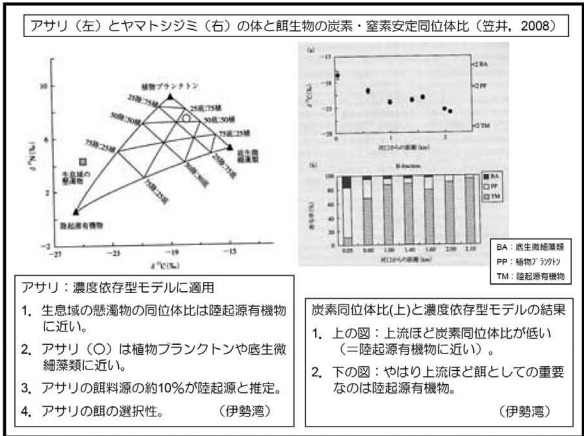
これまでのアプローチは・・・

① 河口域生態系のレベル別研究
② 河口生態系の総合的研究
③ 従来法
④ 安定同位体 (起源と食物網)

いくつかの例

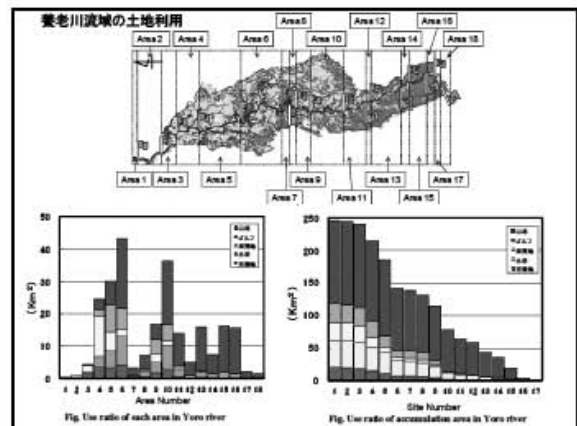
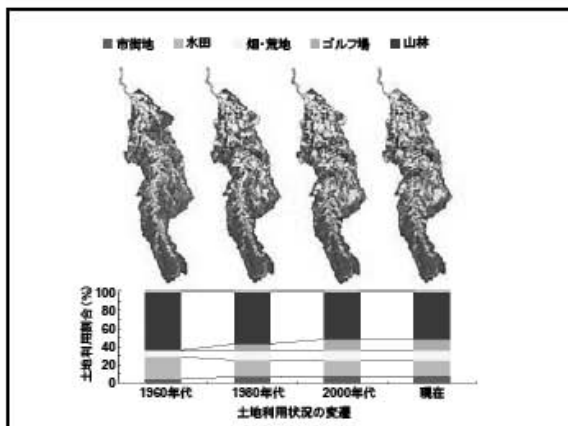
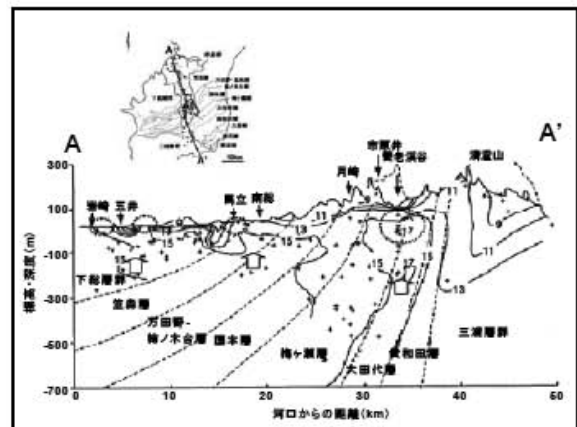
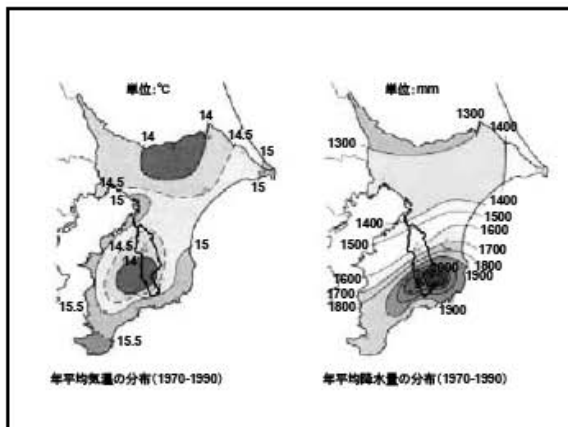
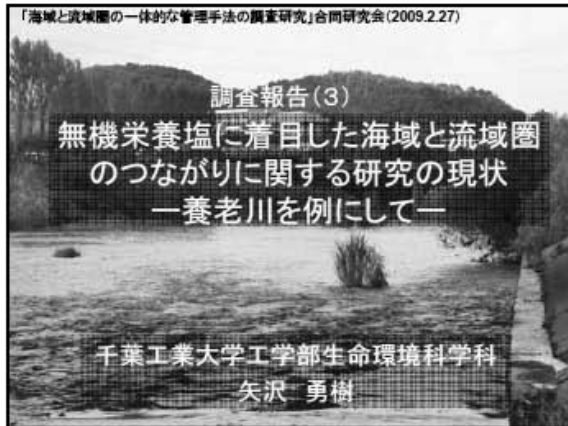
① 河口域生態系のレベル別研究
② 河口生態系の総合的研究
③ 従来法
④ 安定同位体 (起源と食物網)





①-④ アサリとヤマトシジミの食物源
②-③・④ 福井県小浜湾











資料 3. 無機栄養塩に着目した海域と流域圏のつながりに関する研究の現状





(矢沢勇樹氏研究報告)




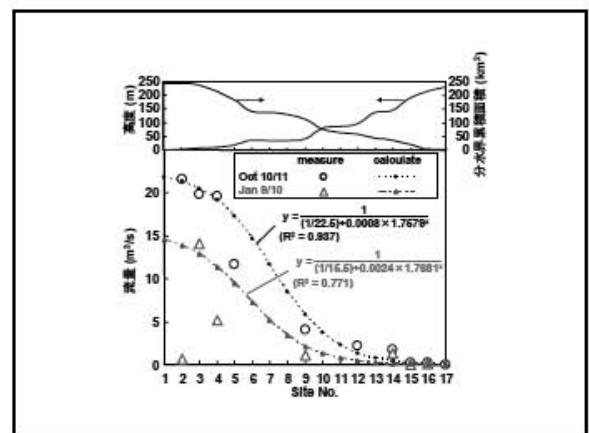
Site No.	Latitude (N)	Longitude (E)	Altitude (m)	Environmental condition
1	35°31'56"	140°04'39"	0	
2	35°29'29"	140°05'15"	2	
3	35°28'29"	140°07'01"	7	
4	35°26'93"	140°07'09"	10	

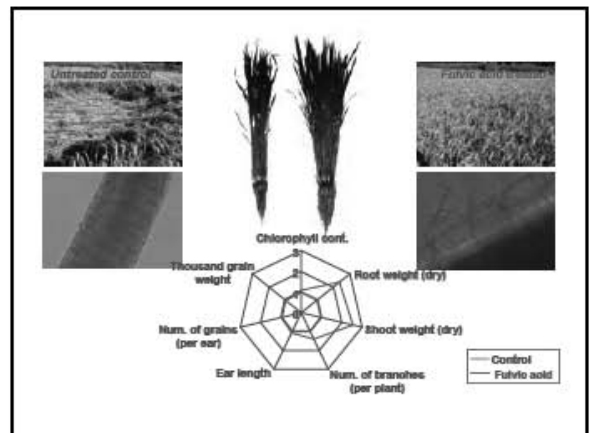
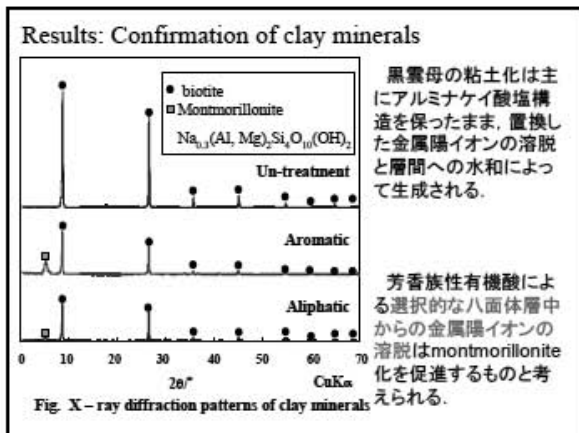
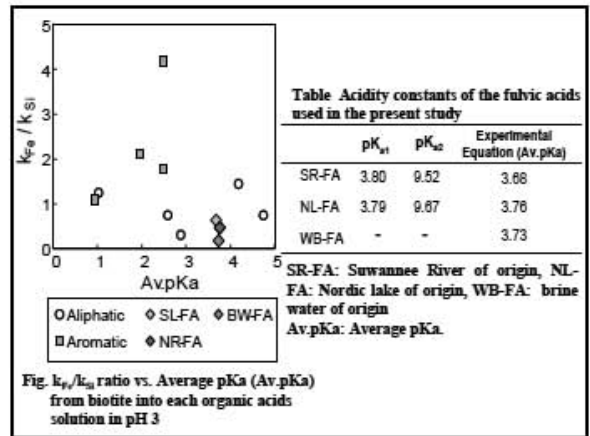
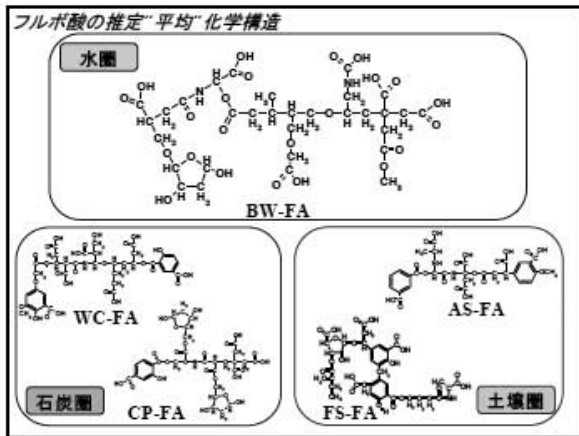
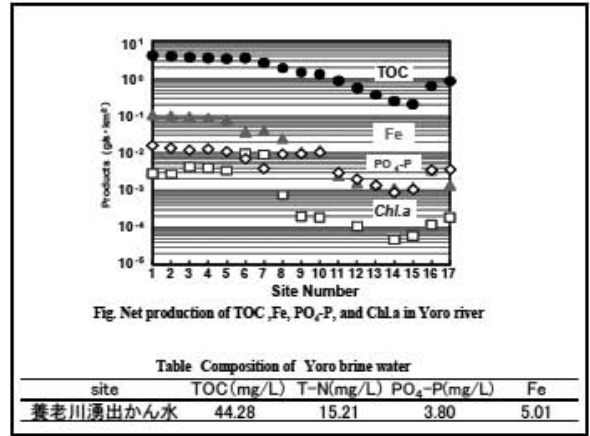
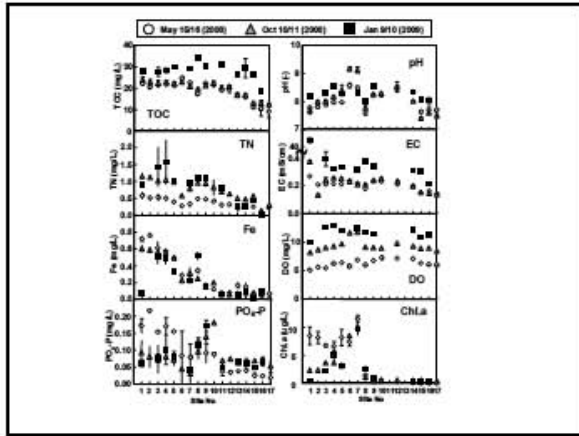
Site No.	Latitude (N)	Longitude (E)	Altitude (m)	Environmental condition
5	35°24'12"	140°08'05"	18	
6	35°21'28"	140°08'45"	36	
7	35°21'08"	140°09'35"	33	
8	35°20'36"	140°09'08"	34	

Site No.	Latitude (N)	Longitude (E)	Altitude (m)	Environmental condition
9	35°19'21"	140°08'46"	42	
10	35°16'29"	140°08'57"	81	
11	35°15'17"	140°09'42"	87	
12	35°15'05"	140°09'37"	96	

Site No.	Latitude (N)	Longitude (E)	Altitude (m)	Environmental condition
13	35°13'12"	140°10'56"	138	
14	35°13'04"	140°11'01"	147	
15	35°11'57"	140°11'46"	192	
16	35°10'35"	140°11'01"	216	

Site No.	Latitude (N)	Longitude (E)	Altitude (m)	Environmental condition
17	35°10'33"	140°10'35"	233	





各種フルボ酸のイネ根に対する生理活性効果

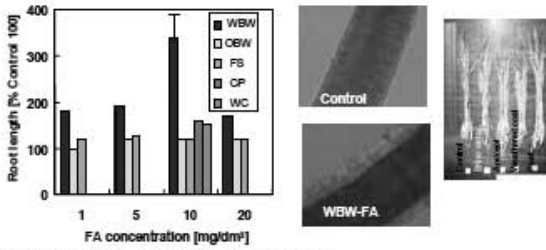


Fig. Effect of fulvic acids on the rice root length

Control (春日井氏水精液, 栄養素量mg/dm³): N: 40, P₂O₅: 20, K₂O: 30, CaO: 4, MgO: 6, Fe₂O₃: 5

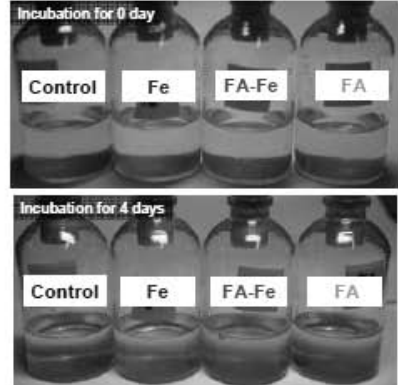


Fig. Photograph of changing color after incubation for 4 days.

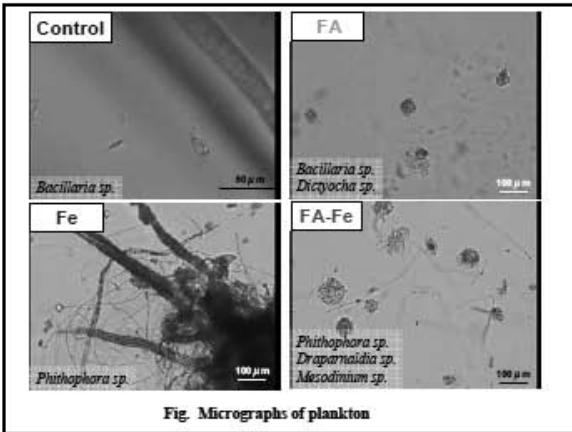


Fig. Micrographs of plankton

鉄消費量とChl.a生産量との内部生産

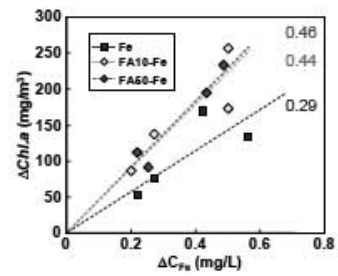
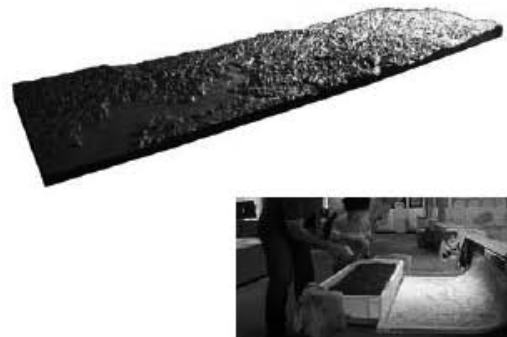
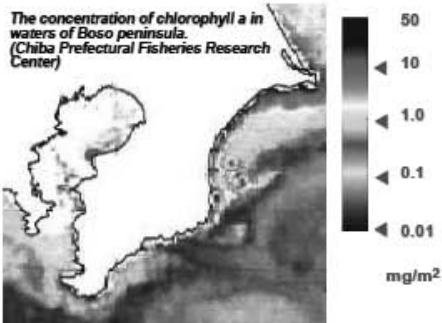


Fig. Relationship between amount of Fe consumption and chlorophyll-a production for incubation for 8 days.

フルボ酸を含む古代海水は房総半島沿岸の豊かな水産資源を創生している可能性がある







この報告書は、競艇交付金による日本財団の助成金を受けて作成しました。

平成 20 年度 海域と流域圏の一体的な管理方法の調査研究報告書

平成 21 年 3 月 発行

発行 海洋政策研究財団（財団法人シップ・アンド・オーシャン財団）

〒105-0001 東京都港区虎ノ門 1-15-16 海洋船舶ビル

TEL: 03-3502-1828 FAX: 03-3502-2033

<http://www.sof.or.jp> E-mail: info@sof.or.jp

本書の無断転載，複写，複製を禁じます。 ISBN978-4-88404-218-9