

近年の黄河の 急激な水循環変化と その意味するもの

1980年代から渤海への河川流量が激減した黄河を対象として、その原因や為された対策、環境への影響を総合的に調査、解析するプロジェクトです。人口増加に伴う食糧増産策としての乾燥地灌漑による多量の河川水導入は特に黄河だけではなく、半乾燥地に集中して発生している問題ですが、こと黄河に関して見れば、黄土高原に発する土砂が移動しやすく、下流の河床堆積による洪水氾濫の危険性が上がっている点、渤海環境への影響などが焦点となります。古来、中国の黄河治水思想の変遷をたどりながら、現在の黄河問題を探ってゆきます。

プロジェクトリーダー ■ 福嶋義宏 総合地球環境学研究所

コメンター ■ 井村秀文 名古屋大学大学院環境学研究科

大西暁生 総合地球環境学研究所

小野寺真一 広島大学総合科学部

木下鉄矢 総合地球環境学研究所

高 会旺 中国海洋大学

佐藤嘉展 総合地球環境学研究所

夏 軍 中国科学院地理科学及び自然资源研究所

篠田太郎 名古屋大学地球水循環研究センター

高橋厚裕 総合地球環境学研究所

谷口真人 総合地球環境学研究所

陳 建耀 中山大学大学院地理科学科

郭 新宇 愛媛大学沿岸環境科学研究センター

樋口篤志 千葉大学環境リモートセンシング研究センター

檜山哲哉 名古屋大学地球水循環研究センター

藤波初木 名古屋大学地球水循環研究センター

柳 哲雄 九州大学応用力学研究所

劉 昌明 中国科学院地理科学及び自然资源研究所

馬 雙銚 地球環境フロンティア研究センター

背景

近年、水資源利用と開発に伴う環境問題が世界各地で起こっている。中国では、主に農業用灌漑用水のための大量取水により、黄河の河川水が渤海湾に到達しない、いわゆる黄河断流が発生しています。この黄河流域下流部の地表水量の著しい低下は、流送されてきた黄土高原からの土砂を河床に堆積させ、洪水氾濫の危険性を高めている他、地下水位の低下や水質の悪化、渤海湾への物質輸送量の変化をもたらし、生態系への影響が懸念されています。世界の一大穀物供給地としての黄河流域における、自然要因としての気候変動・温暖化と、土地利用変化などの人為要因の両者を併せた現代的な、そして古来からある中国の治水思想からの検討が人類の知恵として必要とされています。

研究目的

本研究プロジェクトは1990年代から、急激に下流部で地表水量の低下が著しい黄河（75万平方キロ）を対象として、(1) 地球温暖化や土地利用形態変化を含めて、その原因解明と(2) 対応策検討及び(3) 将来的な影響を調査・解析しています。このうち、(1) は日本と中国との共同研究として、(2) は中国側主体の研究として、(3) は日本が主体となる研究課題と位置づけています。中国側ではすでに、黄河流域を対象とした総合的な水文・気象・水質調査の観測と解析を実施しており、日本から加わる現地調査は、日本の現在の科学技術レベルから十分な貢献が可能な次の二課題に絞ります。①黄

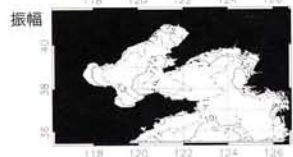
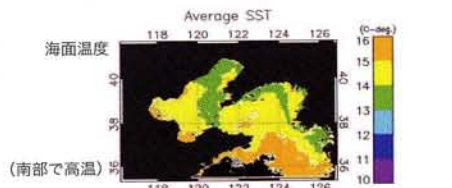
河中流域の半乾燥域における大気と陸面との熱・水輸送と雲・降水過程の解明、および②黄河下流から沿岸海洋域までの物質循環を含めた地表水と地下水の動態把握と海洋生物への影響です。①、②それぞれについて最新の測器を用いた観測を重点的に実施して、現在進行中の中国側調査結果と併せて、黄河流域における水循環と水利用に関する高解像度の水文・水資源モデルを基に水利用の実態把握と解析を行います。一方、社会経済等の統計資料解析および現地調査から、1950年以降の経済発展と水需要構造等の変化を分析します。最終的に、黄河における水利用の動態変化を、自然という制約条件と人間社会側の働きかけという両側面を並立させて理解し、問題の抽出を行いたいと思います。

研究方法

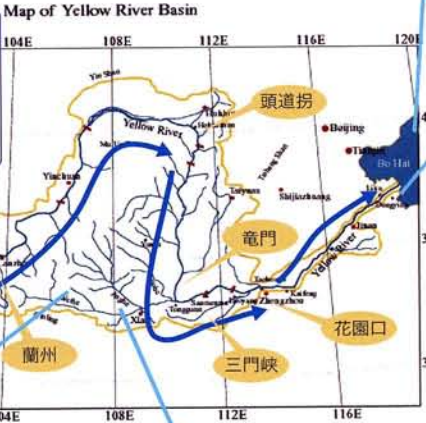
表記の研究課題に対して以下の5班の研究チームで研究を進め、最終的に第5研究チームが統合する。なお、平成17年度後半から中国の治水思想班を第6班として立ち上げました。

- 1) 黄土高原における大気境界層観測と解析
- 2) 黄河河口域の地下水・海水相互作用の観測と解析
- 3) 渤海海洋生物変動観測と解析
- 4) 経済発展と水需要構造の関係解析
- 5) 高解像度水文・水資源モデル構築と土地利用変化の評価
- 6) 中国の治水思想の変遷

衛星データによる
渤海海面温度
の調和解析



流量面積：752,443km²
本流長さ：5,464km
降水量*：452mm (花園口以上)
流水量**：581.6×10⁹m³ (利津)
* 王ら, 2001
** 張ら, 2001



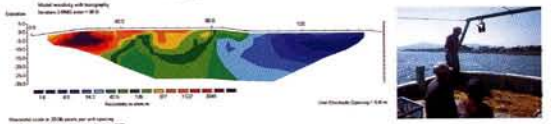
研究対象地域：黄河流域

黄河河川水・地下水・海水相互作用の解明

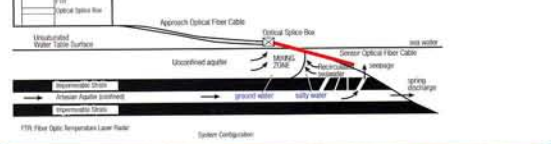
Seepage Meterによる
海底湧出地下水連続測定



比抵抗トモグラフィーによる塩淡水境界面の推定



光ファイバーケーブルを用いた
沿岸環境の測定



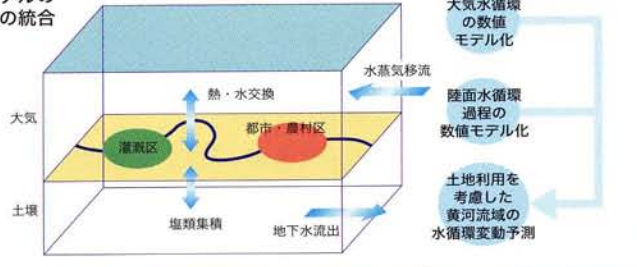
持続可能な社会経済発展モデル



大気・陸面過程の解明



水文・水資源モデルの
開発による研究の統合



研究成果

黄河の水資源危機は実際には自然変動と人間活動の複合要因によって起こっています。地球温暖化と土地利用変化が水循環にどのような影響を及ぼしているのか？ この成果は、黄河流域だけでなく、多くの人口稠密域の沿岸水域で起こりうる生物圏変化研究の先駆けとなる課題であるとともに、広く渤海、黄海を経て日本の水産資源にも影響を及ぼす可能性がある重要な課題です。

本年度は黄河中流部の黄土高原地域における1960～1980年代に、試算した水収支より過大な実測河川流量が出ていることが判明しました。日本の荒廃山地緑化例や1973年6月に発刊された「人民中国」の黄河特集を参考にすると、「水土保持

持」事業で営々と、山腹植林を行ってきた成果が顕れるまでの黄土高原は荒廃度が高く、従って年蒸発量が少なかったと想定すれば、上記の結果は十分理解可能です。また、下流部の黄河治水方式は歴史的に「分散」型と「集中」型が取られてきましたが、前者の方が長年月に渡って安定であったことが判ってきています。堤防で流路固定する現在の治水方式は、過去の豊富な知識を含めて再考した方が良いでしょう。なお、渤海への地表水と地下水から供給される栄養塩類についての測定値では窒素が少なかったにもかかわらず、渤海調査からは無視し得ない窒素供給が検出されています。最終年にはこの不一致を調べる調査を準備しています。

持続的森林利用 オプションの 評価と将来像

陸上の生物多様性は、森林の消失や劣化を主要な原因として減少しつつあり、生物多様性を保全しつつ森林を利用する仕組みが求められています。この研究では、過去の森林利用とそれを变化させた社会・経済的要因、それが生物多様性に与えた影響、および生物多様性の減少によって失われる生態系サービスを明らかにします。また、伝統的で持続性が高いといわれている利用方法を含め、各種の森林利用オプションの生態学的・社会経済的評価を行うことで、持続的な利用方法をさぐります。

プロジェクトリーダー ■ 市川昌広 総合地球環境学研究所

コメンター ■ 中静 透 東北大学大学院生命科学研究所

赤尾健一 早稲田大学大学院社会科学研究所

北山兼弘 京都大学生態学研究センター

甲山隆司 北海道大学大学院地球環境科学研究所 相場慎一郎 鹿児島大学理学部

佐藤 仁 東京大学大学院新領域創成科学研究科

新山 馨 森林総合研究所

目的と内容・対象地域

陸上の生物多様性は、森林の消失や劣化を主要な原因として減少しつつあります。生物多様性を維持しつつ持続的に森林を利用するしくみが求められています。この研究では、森林と生物多様性の持続的利用のありかたを明らかにする目的で、以下の研究を行ってきました。

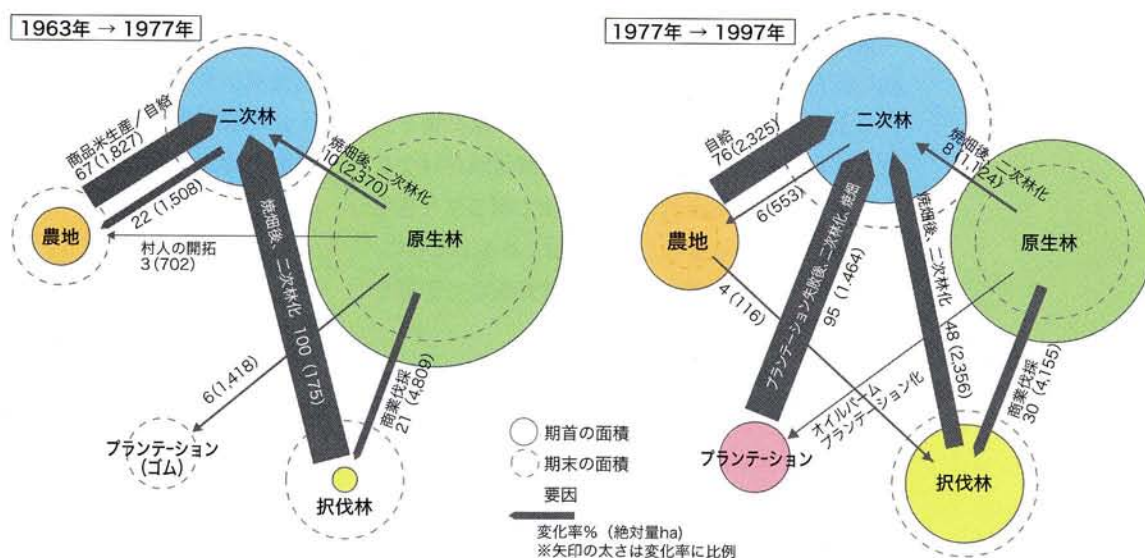
- (1) 森林利用によって変化する生物多様性の実態を明らかにします。
 - (2) それらの森林利用や生物多様性の減少をもたらした社会的・経済的・生態学的要因を明らかにします。
 - (3) 生物多様性の減少が人間社会にもたらす影響を評価します。
 - (4) それらを基礎として、持続性の高い森林利用のために必要な条件を明らかにします。
- 対象地域は以下の4地域です。

- 1) マレーシア・サラワク州ランビル国立公園およびその周辺（熱帯雨林）
- 2) マレーシア・サバ州キナバル国立公園およびその周辺（熱帯山地林）
- 3) 屋久島（温帯常緑広葉樹林）
- 4) 阿武隈山地（温帯落葉広葉樹林）

これまでのおもな成果と今後の課題

- 1) 各地域で過去約数十～100年間の森林利用の変遷が明らかとなり、変化を引き起こした各時代の要因が定量的に解析されました（図1）。
- 2) 森林利用タイプが生物多様性および生態系機能に与える影響の評価を行い、生物多様性の変化と変化予測に関するツールが開発されました（図2）。温帯・熱帯ともに最近の森林利用の変化により生物多様性の高い森林生態系が減少している状況が明らかとなりました。

図1 ランビル国立公園周辺の土地利用変化の推移確率

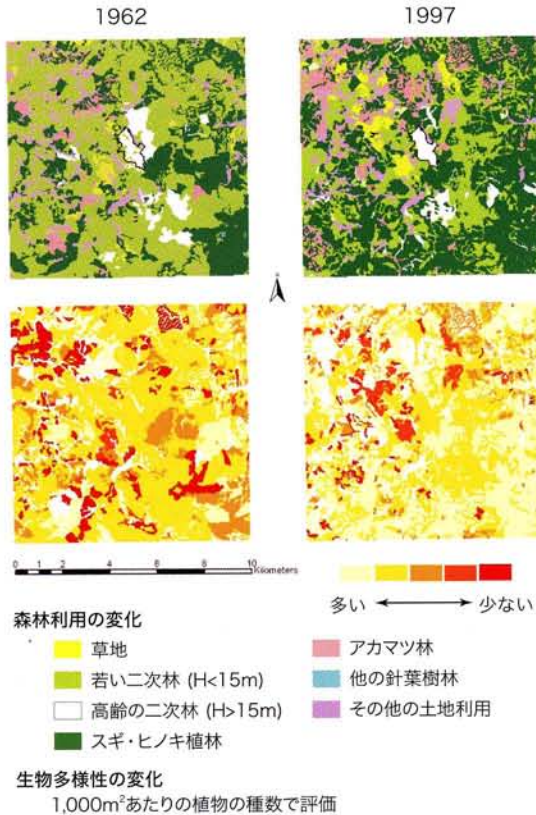


3) サル・シカなどの農作物被害(屋久島)、草食昆虫の天敵の減少(阿武隈)などが、森林の利用や施業にともなう生物多様性の変化によって起こっていることが明らかとなりました。このような、生態系サービスの変化を定量的・空間的把握が可能になりました。

4) 熱帯地域では、地域住民の森林生物多様性利用の実態解明が進み、非木材森林資源の住民の生活に対する経済的貢献度や、植物の命名法や生活パターンなど地域文化への影響が明らかになりました。

5) 土地利用の持続性と個人のインセンティブ、絶滅危惧種の保全における取引禁止などの制度が成功する経済的条件、資源利用の持続性を妨げる要因などに関するモデルが開発された。また、個人の森林利用方法と、生物多様性の高い森林に対する価値評価などが分析できました。

図2 生物多様性の減少を空間的に推定



今後の課題

今後は、地域間で森林変化の定量的比較や、生態系機能、生態系サービスの定量的・空間的把握手法の開発をすすめ、森林利用やそれにもなう生物多様性変化のアセスメントや将来予測を可能にします。生物多様性や森林の保全とかかわる既存の社会制度について、プロジェクトで得られた成果に照らして評価します。このような検討とともに、地域社会における生物多様性の利用と社会経済学的貢献の把握を進め、持続的利用を可能にする条件の総合的とりまとめをおこないます。生物多様性の減少問題や保全について、大学教養課程レベルの学生を対象にしたスライドの教材(全11巻)を製作します(図3)。

図3 製作中の生物多様性のスライド教材の例(大学の教養課程程度を対象にしたスライドセット、計11巻)

第5巻の表紙

第1巻『生物多様性とはどのような問題なのか?』より

第2巻『どうして地球上の生物は多種多様なのか?』より

第3巻『人は生物多様性を減らしているのか?』より

第4巻『森林の生物多様性の減少』より

第6巻『人は生物多様性をどのように利用しているのか?』より

アジア・熱帯モンスーン地域における地域生態史の統合的研究：1945-2005

本研究は、東南アジア大陸部のモンスーン地域に生きる人びとと環境との相互作用環の過程を「地域の生態史」として明らかにすることを目的とします。この地域では、この50～60年に国家統治機構の変化、戦争と内戦、市場経済の浸透、人口増加現象などが起こりました。その変化が環境と住民に何をもたらしたのかについて統合的に分析します。

プロジェクトリーダー ■ 秋道智彌 総合地球環境学研究所

コメンター ■ 阿部健一 京都大学地域研究統合情報センター

池谷和信 国立民族学博物館

久保正敏 国立民族学博物館

河野泰之 京都大学東南アジア研究所

ダニエル・クリスチャン

東京外国語大学アジア・アフリカ言語文化研究所

中村 哲 国立国際医療センター研究所

野中健一 立教大学文学部

門司和彦 長崎大学熱帯医学研究所

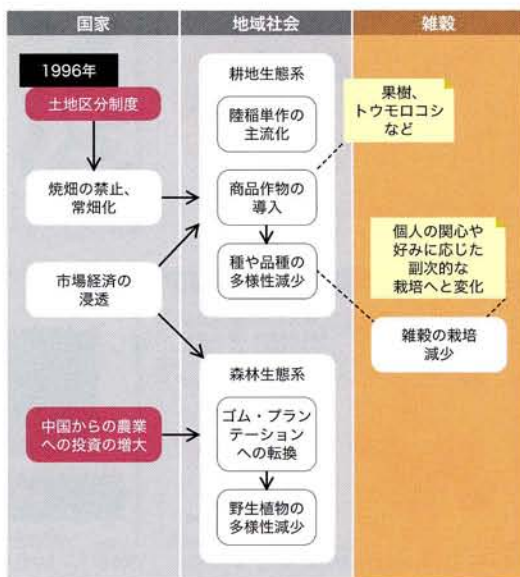
研究の目的

本プロジェクトは、中国雲南省から東南アジア大陸部のモンスーン気候下にある地域を対象として、第2次大戦後から現在に至る50～60年間に、100～2000mの海拔高度にある生態環境に居住する多様な民族集団と環境との相互作用環を地域の生態史 (regional eco-history) として明らかにすることを目的とします。この地域では国家の統治機構の改編、インドシナ戦争、市場経済の浸透、経済のグローバル化などのさまざまな変化が人びとの暮らしに大きな影響を与えてきました。環境と人びとの暮らしが相互にどのように変わってきたのかについて、資源と生業複合、食と健康、資源管理の動態に注目して統合的に探ることが研究の大きなねらいです。

研究の方法・地域

本プロジェクトでは、環境に感応する (eco-sensitive) 人間側の要因として、生業複合、食と健康、資源管理の3本柱をたて、6つの班構成による重点的な研究を中国雲南省、北タイ、ラオスを対象として実施してきました。これには、①ラオス北部の山地を中心とする森林・農業班、②ラオス中部の平野部で研究する平地生態班、③ラオス中南部平野で調査する人類生態班、④北タイの山地で調査する北タイ班、⑤中国雲南省における、文書・碑文解析をもとにする歴史生態グループ、森林産物の利用史を研究の核とする森林史グループ、少数民族の生態史を研究する中国・雲南大学グループ、⑥モノ (道具) とその利用形態の変容から生態史の再構成を目指すモノと情報班が含まれます。

図1 ラオス北部の雑穀栽培をめぐる生態史 [落合 2007]



進捗状況・成果・今後の課題

これまでの研究成果としては、まず全体を俯瞰するものとして『図録 メコンの世界—歴史と生態』を2007年3月に弘文堂より刊行しました。本書は「資源と生業複合」、「食と健康」、「生態史の世界」の3部構成で、概要、個別事象、コラムからなる66項目についての研究結果をとりあげました。個別事象の分析では、過去50～60年にどのような要因群が関与し、どのような変化が起こったのかについての連関図を作成しました。

たとえば、ラオスでは1996年の土地区分制度の導入により、焼畑農業の禁止による常畑化が進行しました。一方、耕地では陸稲の単作化や商品作物栽培が開始され、在来品種の多様性が減少し、雑穀の栽培も主流から副次的なものに変化しました。さらに2000年代からは中国からの農業投資の

図2 ラオス北部、タイ・ルーの村のゴム園開発と水牛 [トンワン 2007]

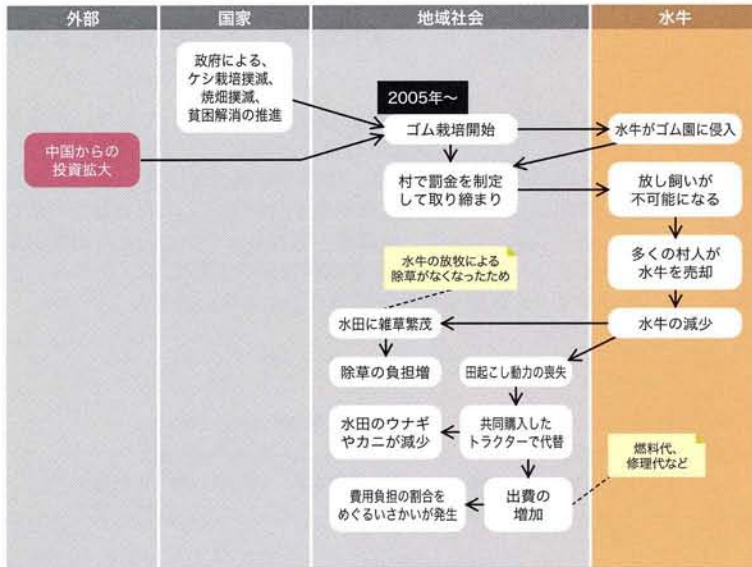
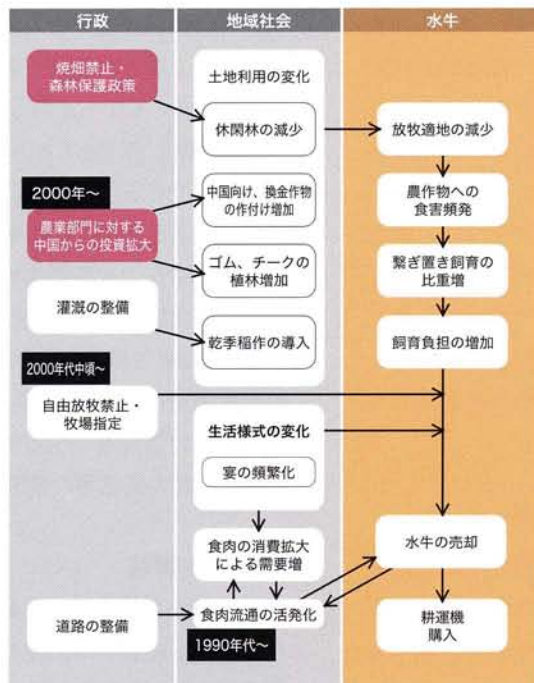


図3 ラオス北部における水牛と人の関わりの生態史 [高井 2007]

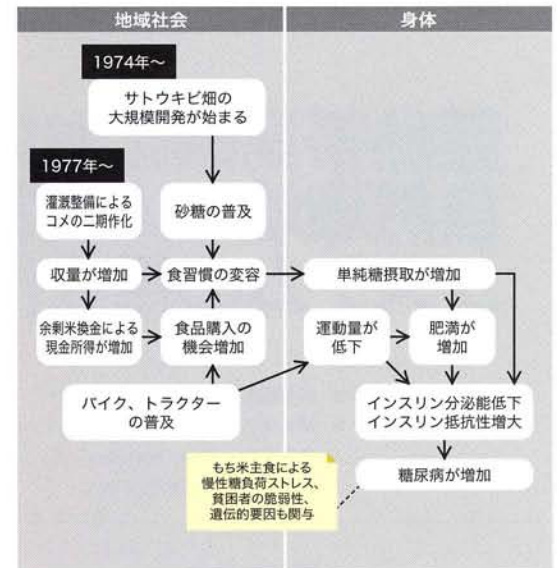


増加でゴム栽培が導入されて森林が改変され、野生植物の多様性が減少しました (図1)。

一方、ゴム栽培の導入が水牛の放牧地をめぐる争いを巻き起こし(図2)、水牛自体も耕耘機の導入以後、食肉として販売され流通経路も大幅に変わってきました(図3)。また、高収量イネの導入、灌漑設備の整備など、農業近代化は余剰米を生み労働形態を変容させ、生活習慣の変化が農村部でも糖尿病を増加させる一因となってきました(図4)。

このように、政府の森林政策や中国の経済政策の変化がたがいに絡まり合っ、さまざまな変化

図4 ラオス・ソンコン地域における糖尿病をめぐる生態史 [奥宮 2007]



※図1~4はすべて秋道智彌編『図録メコンの世界一歴史と生態』(弘文堂 2007) から引用

を誘発してきた事情が個別事象の変化とそのすりあわせから明らかとなります。全体として、この地域に生じてきた環境と暮らしの変化の全体像は、こうした作業を通じて明らかにすることが期待されます。

これまで、中国・雲南グループによる『人類学生態環境史研究』(中国社会科学出版社、2006)、ラオスの栄養改善、食事指導のためのハンドブック *Lao Food Book for Dietary Assessment* (2007)、ピエンチャン周辺の野菜と食に関する冊子 *The Biodiversity of Vegetables in Vientiane* (2007) を出版しました。本年度には、論集『アジア・モンスーンの生態史』3巻本 (弘文堂2007、12月刊行予定)のほか、雲南省の元江南部の生態碑文集、ピエンチャン平野の生態史、『東南アジア研究』の特集、本年度秋にWhite Lotus社から図録の英文本 *An Illustrated Eco-History in the Mekong Basin* を出版する予定です。また、メコン河流域の物質文化や生業の変化をあつかう企画展示を本年10月より来年1月まで天理大学参考館において開催します。

本年度は最終年度にあたるため、9月にピエンチャンにおいて現地政府機関との共催で医療と保健に関する国際シンポジウムと、11月に北部のルアンナムタで森林農業関係のワークショップを開催するとともに、本年10月開催の地球研の第2回国際シンポジウムにおいても積極的な参加、発表を目指しています。最終的には、生態史に関する連関図を統合して新しい地球環境学の構築を目指したいと考えています。

亜熱帯島嶼における 自然環境と人間社会 システムの相互作用

世界各地の島嶼では、様々な環境問題が噴出しており、貴重な自然環境の悪化と地域文化の消失が進んでいます。島嶼における環境問題を解決するには、島嶼の特性に反映された自然環境と人間社会システムの相互関係を十分に理解しなければなりません。当プロジェクトは、沖縄県・西表島をモデルとして研究を展開していますが、研究成果を基に未来可能性を持った島嶼人間社会システム構築の指針を提供することを目的としています。

プロジェクトリーダー ■ 高相徳志郎 総合地球環境学研究所

コアメンバー ■ 新本光孝 琉球大学熱帯生物圏研究センター

井倉洋二 鹿児島大学農学部

大城 肇 琉球大学法文学部

川窪伸光 岐阜大学応用生物科学部

久保田康裕 琉球大学理学部

鈴木 淳 産業技術総合研究所地質情報研究部門

萩原なつ子 立教大学社会学部

前門 晃 琉球大学法文学部

吉村和久 九州大学大学院理学研究院

研究の目的

世界各地の島嶼では、水供給、産業振興等のために貴重な自然環境が荒廃しつつあり、これに伴って地域文化も消失してきています。これらの問題を解決するには島嶼の自然環境と人間社会システムの相互関係を十分に理解しなければなりません。島嶼は地理的な広がりには限りがあり、自然環境と人間社会システムの両面において独自性と脆弱性を持っています。当プロジェクトでは、島嶼の特性に関連した環境問題を重点的な研究対象としています。西表島は湿潤亜熱帯の代表的な島ですが、今日でも豊かな水資源と森林を有し、また豊かな文化を育んでおり、島嶼環境学の研究舞台として理想的と言えます。

研究の方法

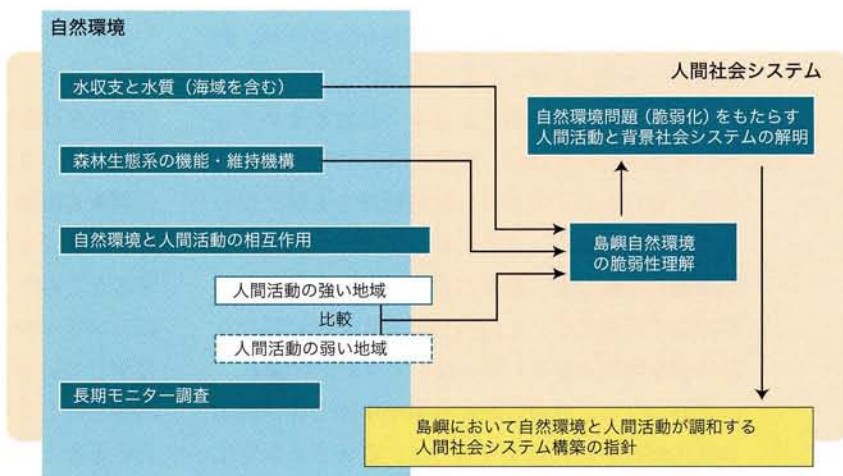
- 1) 降水量、河川水量、蒸散量の推定を基に西表島の水収支モデルを作成し、将来の水利用の指針とします。河川に対する人的影響の評価も行います。

- 2) 常緑広葉樹林とマングローブ林の森林生態系の機能・維持機構の解明を生物多様性、生物相互関係の解明とあわせて進めます。森林の動態に着目し、森林に対する人的影響の評価も行います。また、得られた調査資料は地球温暖化問題の考察資料としても活用します。
- 3) 自然環境の悪化をもたらす人間活動の背景を、生活基盤である産業、人口構成、行政施策等の観点から調べます。特に伝統的な生業であった農業から現在の主要産業である観光への移行とこの間の社会システムの変遷に注目します。
- 4) 地域における意思決定方法について、人間活動が自然環境に与える影響についての住民理解のあり方、自然資源の利用の変化にともなった地域共同規範の変化等の観点から理解を深めます。

期待される課題

- 1) 西表島の水収支を明らかにするために設置した機器からの資料が集積しつつあり、将来に利用できる水の量と質についてより確度の高い推測

図1 研究の概要



西表島は琉球列島の南西端に位置しており、世界的に希な湿潤亜熱帯地域の代表的な島ですが、自然環境の研究に格好の場です。住民は近隣地域の影響を受けながら独自に発達してきた生活様式を営んでいます

図2 節祭 (千立地域)



撮影：ネイチャーイメージ 佐久間文男

図3 西表島の水収支の理解



撮影：渡辺水文企画

図4 生活基盤である産業の理解



撮影：ネイチャーイメージ 佐久間文男

がしやすくなっています。年間を通して酸性雨が降っていることが分かりましたが、今後、原因物質の由来先の特定、降下する原因物質の総量の推定、およびその影響調査を行います。河川水を通して海域（サンゴ礁域）に流入する物質の特定、量の推定とその影響評価も合わせて進めます。

2) 常緑広葉樹林では、森林の更新に台風の影響が大きいことを明らかにできました。マングローブ

林を含め、物質生産・循環、人間活動の影響評価の研究を進めていますが、将来的には、有効な森林管理・利用についても言及します。

3) 人口統計、行政施策、産業活動等の各種統計資料を収集し、分析用に整理をしました。今後、これらの資料を基に観光、農業、健康、教育をキーワードに、循環型で相互に関連する小産業群の振興、活性化のための研究を主に島嶼経済学の観点から展開します。

4) 地域行事、地域（学校・社会）教育に参加し、地域との連携を深めてきましたが、公民館が地域の意思決定に大きな役割を果たしていることが理解できました。

西表島の環境問題を解決するには、地域住民が自信を持ち、自立できる経済基盤が備わっていなければなりません。このためには、有益な情報が地域住民に十分に伝わるようにすることが重要です。今後プロジェクトでは、研究成果を産業振興・育成に結びつくような形で展開します。学校・社会教育にも積極的に参加・企画をし、また、地域の伝統芸能等の文化の伝承・発展にも協力をします。

※参考 <http://www1.gifu-u.ac.jp/~kawakubo/irimoto/index01.html>

図5 森林生態系の機能・維持機構の解明



撮影：ネイチャーイメージ 佐久間文男

流域環境の質と 環境意識の関係解明 ——土地・水資源利用に伴う 環境変化を契機として

環境に対する価値判断に関わる概念、「環境意識」について考察し、その形成に影響を及ぼす環境の質や人文社会的諸要素を、実地調査を通して理論的・実証的に明らかにすることを目的としています。プロジェクトでは、対象とする流域環境に仮想的な人為インパクトを与え、そのとき起こると予想される環境の質的变化を人々に提示します。そして、人々がその環境変化にどのような判断をするのかを解析することにより、環境の質と環境意識の関係を解明したいと考えています。この関係を探るための手法として、環境の変化を予測するモデルと、人々の価値判断の変化を解析する方法論を開発します。

プロジェクトリーダー ■ 中尾正義 総合地球環境学研究所

コメンター ■ 大手信人 東京大学大学院農学生命科学研究科

大西文秀 (株)竹中工務店プロジェクト開発推進本部

木庭啓介 東京工業大学大学院総合理工学研究科

柴田英昭 北海道大学北方生物圏フィールド科学センター

関野 樹 総合地球環境学研究所

高原 光 京都府立大学大学院農学研究科

鄭 躍軍 総合地球環境学研究所

徳地直子 京都大学フィールド科学教育研究センター

中田喜三郎 東海大学海洋学部

永田素彦 京都大学大学院人間・環境学研究科

日野修次 山形大学理学部

藤平和俊 環境学研究所

安江 恒 信州大学農学部

吉岡崇仁 京都大学フィールド科学教育研究センター

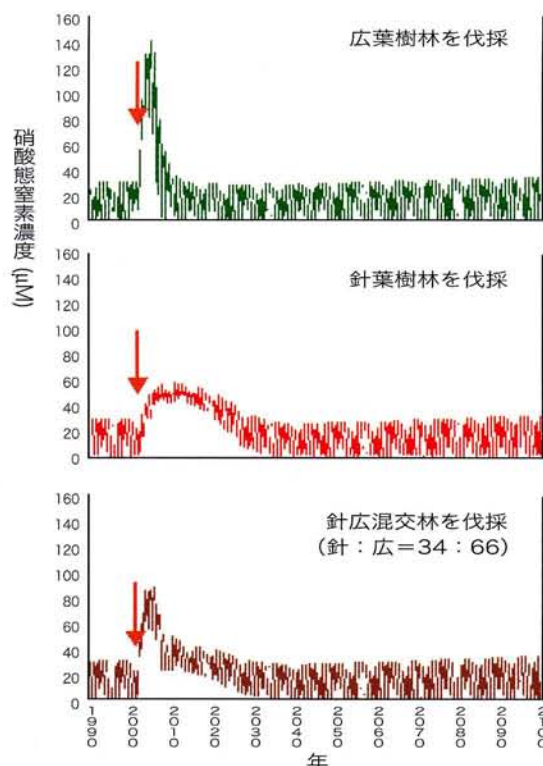
プロジェクトの目的

私たちは、環境をどのようにして認識しているのでしょうか。人間は、環境に対して様々な価値を見出し、環境に対する行動の基準としてきました。プロジェクトでは、この人間の環境に対する価値判断を「環境意識」と呼んでいます。この環境意識の形成に、どのような環境の質的变化が影響を及ぼしているのでしょうか。環境の質を環境要素の定量的

評価として把握することは、環境の現状を理解し、将来を予測するために必要なものです。

一方、環境の質と環境意識の関係を明らかにすることは、自然環境をよりよく利用し、かつ、保全するために重要な課題となります。プロジェクトでは、環境の変化を予測するモデル群（応答予測モデル）の開発と、予測される環境変化を人々に伝え、その変化を人々がどのように評価するのかを解析する方法論を開発することを目指しています。

図1 森林伐採による渓流水中の硝酸態窒素濃度の変化予測

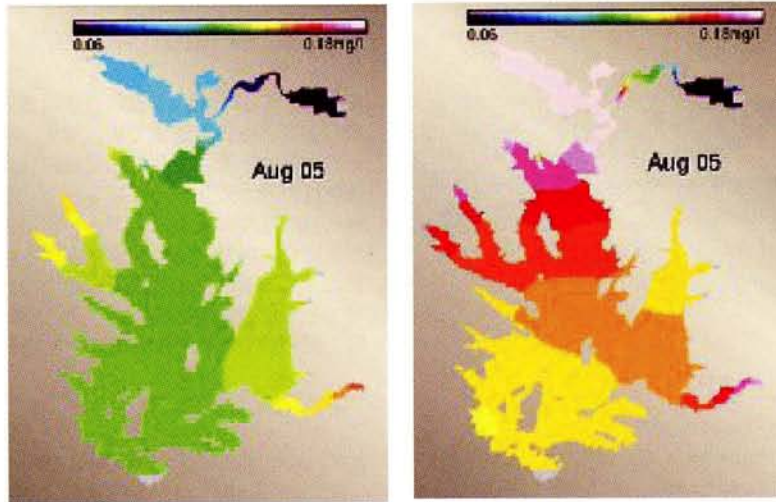


研究方法と対象地域

プロジェクトでは、対象とする環境に対して、いくつかの仮想的な環境変化を想定し、人々がそれらの環境変化に対してどのような価値判断をするのかを問う、という方法を使います。この方法に要求される機能は、(1)仮想的な環境の変化を環境要素の定量的な変化として予測する、(2)環境の変化を人々に適切に伝える、(3)人々の価値判断の変化と各環境要素の変化との対応関係を解析する、の3つです。

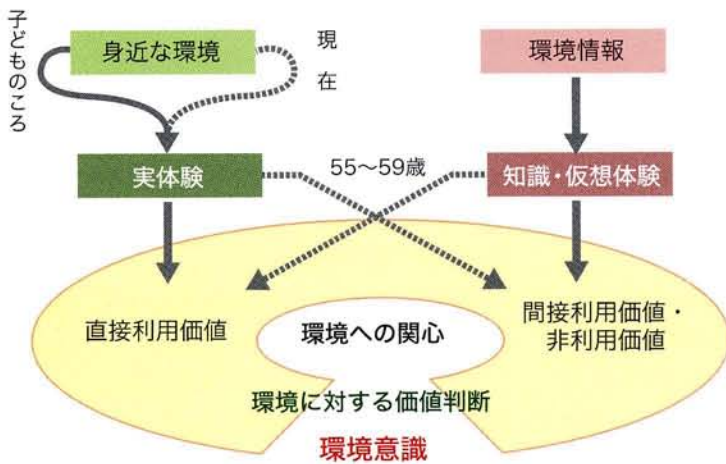
本研究プロジェクトでは、これらの要求を満たす手法の開発を目指します。この手法には、応答予測モデルおよび意識調査の実施と解析するための手法が含まれます。プロジェクトでは、北海道にある朱鞠内湖集水域をおもな研究対象としていますが、あらゆる環境に適応できる方法論を目指して開発に取り組んでいます。意識調査は、人々の環境に対する関心の概略を把握するための関心事調査と仮想的環境改変に基づくシナリオアンケートによって実施します。

図2 湖沼物質循環モデルによる表層水中の硝酸態窒素濃度の計算結果



森林伐採5年後、下流に位置する湖表層における硝酸態窒素の濃度分布をモデルでシミュレートしました。左図は現状を、右図は集水域にある森林を伐採した場合の計算結果を示しています。伐採によって、湖表層の硝酸態窒素濃度が高くなると予想されます。左右の図ともに、8月5日の時点での分布を示していますが、時間的な変化をアニメーションで表現することができます

図3 環境の体験と環境の価値への関心の関係



主要な成果

応答予測モデルは、森林-河川-湖沼からなる流域環境を対象とするために、いくつかのサブモデルで構成しました。各モデルに関する文献レビューとプロジェクトでの適用性に関する総説を学術雑誌に発表する（陸水学雑誌第67巻 2006）とともに、研究報告書No.1として出版しました（ISBN-4-902325-07-1）。森林のサブモデルは、伐採の影響をシミュレートすることができます（図1）。各サブモデルの時空間の取り扱いがそれぞれ異なるため、サブモデル間をつなぐことに困難がありました。森林水文モデルを応用することで、森から各河川に流出する水の量を算出し、それらを湖に流入させる方法で解決しています。湖に関しては、湖内での水の流れを再現し、これに、炭素・窒素の循環モデルやプランクトンの増殖モデルを組み合わせる形で、詳細なメッシュモデルを開発しました（図2）。しかしながら、このモデル計算にはかなりの時間がかかるため、湖を8つのボックスに分割したモデルも合わ

せて構築しています。

人々が、流域環境にどのような関心を持っているのかを調べるための、関心事調査を実施しました。子供のころ身近に森があった人は、木材や林産物の生産といった森を直接利用する価値への関心が高く、一方、新聞やテレビ、インターネットなどさまざまな情報源から環境に関する話題を集めている人ほど、リクレーションや二酸化炭素の吸収といった間接的な利用や生態系の機能（間接利用価値・非利用価値と呼ばれています）への関心が高いという傾向が見られました（図3）。

身近な環境の存在は、環境を実体験として捉えることができ、環境情報は知識・仮想体験として環境を捉えることにつながると考えられます。調査の結果から、この環境の捉え方と環境の価値への関心との間に相互関係があると推測できます。また、55歳以上の人の場合は、実体験と間接・非利用価値、仮想体験と直接利用価値の関係も見られ、環境への関心が高いことがわかりました。

今後の課題

関心事調査に続いて、森林の利用に関する意識調査を実施しました。この調査では、国内8つの河川を選定し、各河川流域の上流と下流にすむ人々を対象として、森林伐採のやり方について意見を聴取しました。上流と下流の住民で意見が異なるのか、あるいは、河川流域間で意見に違いがあるのかなどを解析する予定です。

さらに、これまでの調査の結果をもとに、シナリオアンケートで使う人為的インパクトを選定します。選定されたインパクトによる環境変化は、応答予測モデルを用いて予測し、その結果を盛り込んだ調査票によるシナリオアンケートを実施する予定です。

北東アジアの人間活動が北太平洋の生物生産に与える影響評価

魚付林。岸辺の森から流れ出す栄養分が沿岸に藻場を作り魚を育むことを指す言葉です。近年、アムール川流域が、オホーツク海や北部北太平洋親潮域の巨大な魚付林になっている可能性が浮かび上がってきました。本研究では、これを巨大魚付林と名づけました。アムール川からもたらされる溶存鉄が基礎になって、海の生き物をどう育てているか、また流域における人為的な土地改変が陸面からの溶存鉄流出にどう影響するかを総合的に解析し、変化の背景を探ることによって、陸と海の間での人や生物の健全な関係の構築を目指します。

プロジェクトリーダー ■ 白岩孝行 総合地球環境学研究所
 コアメンバー ■ 植松光夫 東京大学海洋研究所
 大西健夫 総合地球環境学研究所
 柿澤宏昭 北海道大学大学院農学研究科
 岸 道郎 北海道大学大学院水産科学研究科
 久万健志 北海道大学大学院水産科学研究科

近藤昭彦 千葉大学環境リモートセンシング研究センター
 柴田英昭 北海道大学北方生物圏フィールド科学センター
 中塚 武 北海道大学低温科学研究所
 長尾誠也 北海道大学大学院地球環境科学研究科
 春山成子 東京大学大学院新領域創成科学研究科
 松田裕之 横浜国立大学大学院環境情報研究院
 の場澄人 北海道大学低温科学研究所
 楊 宗興 東京農工大学大学院 共生科学技術研究院
 若土正晴 北海道大学低温科学研究所

背景と目的

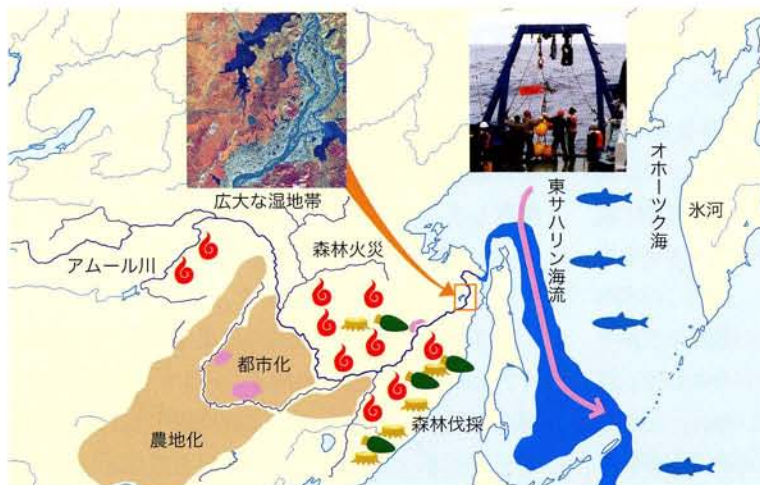
オホーツク海や親潮域が位置する北部北太平洋は、冬季の鉛直対流によって深海から大量の窒素やリンなどの栄養塩が表層にもたらされる豊かな海ですが、最近の研究では、東部を中心に鉄が生物生産を制限していることが分かってきました。植物に必須の元素である鉄は水に溶けにくく海洋表面では不足しがちであるため、植物プランクトンは大気や河川を通して陸から運ばれてくる鉄に依存しています。陸から遠い北部北太平洋の中央部や東部では夏季には鉄が不足して大量の栄養塩が利用されずに表面に残りますが、オホーツク海や親潮では栄養塩が完全に無くなるまで植物プランクトンの生産が続きます。これは大気とアムール川から供給される大量の鉄の恵みであると考えられます。鉄は森や湿地から生み出される腐植物

質と結合することで水に安定して溶けやすくなり、遠方まで輸送されることが可能です。つまり鉄を生み出すアムール川流域の陸面状況の変化、すなわち森林伐採、森林火災、農地や都市域の拡大とそれに伴う湿地の縮小などは、それ故、水産資源の宝庫であるオホーツク海や親潮域の生産力の命運を握っている可能性があります。

本研究の目的は、オホーツク海と親潮域における生物生産に対する大気輸送の鉄とアムール川輸送の鉄の役割を解明し、海洋生態系に与えるアムール川流域における人間活動の影響を評価することです。一方、仮に陸面の人為的な改変が海洋の生態系に影響を与えることがわかったとしても、それを理由に陸面の人間活動を抑制することは現実的な解決策とはなりません。アムール川流域からオホーツク海、親潮域に至るシステムは、モンゴル、中国、ロシア、日本といった複数の国にまたがっており、それぞれの国の論理であらゆる社会、経済的な活動が行われているからです。一方の利益を守るために、他方の利益を制限することは、このような巨大なシステムでは受け入れられません。

日本に古来からある陸と海の生態学的つながりを意味する言葉である「魚付林」という言葉を参考にして、我々はアムール川流域から親潮域に至る生態学的システムを「巨大魚付林」と名づけました。システムの上流域と下流域に生活する利害関係者が受け入れられるシステムの保全はどのようなものなのか？ 巨大魚付林というシステムを総合的に解明する中で、その答えを探っていきたいと考えています。

図1 研究対象地域の概要



アムール川流域の人間活動とその河川水のオホーツク海、および北太平洋への流出の様子

図2 クロモフ号による海洋観測風景



図3 イチンスキー山の山頂氷河における氷コア掘削



図4 水田における土壌間隙水試料のサンプリング



図5 中国三江平原の異なる土地利用における土壌間隙水中の溶存鉄濃度の季節変化

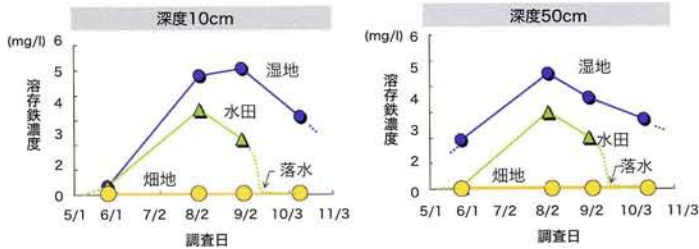
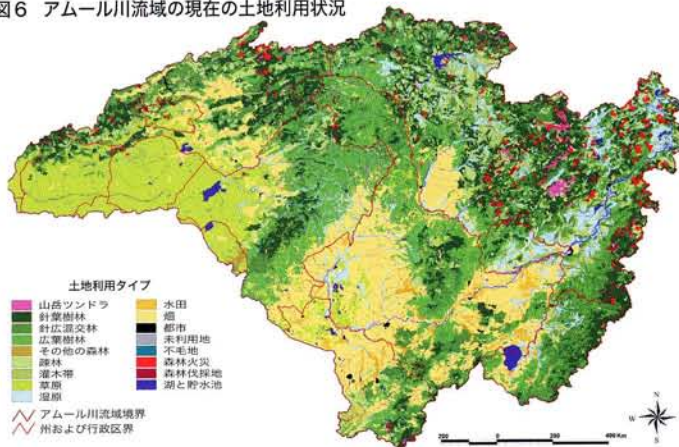


図6 アムール川流域の現在の土地利用状況



主要な成果と課題

平成18年は、念願のオホーツク海での日露共同海洋観測を実施することに成功し、アムール川の河口からオホーツク海にかけての様々な様態の鉄の濃度分布を掌握することに成功しました。その結果、アムール川から輸送された鉄は一旦河口域で沈殿し、海水生成に伴って駆動される熱塩循環と潮汐混合によって外洋に運ばれ、サハリンの東岸を南流する東サハリン海流によって、海洋の中層を千島列島まで輸送されることが判明しました。千島列島から太平洋に通ずる海峡部においては、激しい潮汐混合によって中層の高い濃度の鉄が表層にも輸送され、親潮域に水平輸送されます。このようにして、当初の仮説どおりにアムール川から親潮域に鉄が輸送されていることを確認できたのは大きな成果でした。

一方、大気を通じて輸送される鉄に関しては、カムチャツカ半島のオホーツク海岸において自動のエアゾルモニタリングと、山岳氷河における115m

深までの氷河コア掘削を実施しました。これによって、大気を通じた現在と過去の鉄輸送フラックスの観測に成功しました。今後明らかになる解析結果を待つ、大気からの貢献の割合を定量化する予定です。

さて、果たして陸面における様々な人為的擾乱はアムール川を通じて海洋に運ばれる鉄の総量に影響を与えるのでしょうか。我々はまだ明確な答えを得ていません。しかし、三江平原において平成18年度に実施された野外観測によれば、自然湿原と畑、水田においては明瞭な溶存鉄濃度の差異が認められました。自然湿原は予想通り重要な鉄の供給地であった一方、畑の土壌間隙水中には溶存鉄は認められませんでした。我々の作成したアムール川流域の土地利用分布図によれば、現在、アムール川流域の7%が湿原によって占められています。このわずかな面積の湿原と、腐植物質を供給することによって鉄を可溶状態に保つことに貢献する森林は、鉄の供給地として欠くべからざるものです。果たして、人為的な陸面の改変が鉄の供給過程を通じて海洋生態系に影響を及ぼす可能性があるのか？平成18年度に得られた点の情報を、プロジェクトの後半に完成予定の陸面水文化学モデルと海洋生態系モデルによって面的に拡大することで答えを得る予定です。

このようにして明らかになりつつある鉄を巡る大陸と海洋の結びつきは、我々が持っている魚付林の概念をはるかに越えた空間スケールをもつ生態系システムです。このシステムの保全のためには、農業と林業に依存するシステム上流部の人々と、水産業に依存するシステム下流部の人々の利害を共に考慮する必要がありますが、両者に密接なつながりが無い、あるいはあっても認識されていないため、事は簡単ではありません。プロジェクトの後半においては、巨大魚付林というシステムに依存する人々の様々なつながりを明らかにすることによって、この貴重な生態系システムをいかに保全することが可能か、学問的な基盤を整備したいと考えています。