



レーの洪水現場

〈インド ラダック、レー〉

2010年8月6日の洪水で600人ほどの犠牲者が出た。いまだ数百人は堆積物中に埋まっている。慰問に来ていたダライラマがこの直後通過した

● 奈良間千之



Alone in the Andes Misti volcano

〈Arequipa、ペルー〉

標高5000mの地に一匹でたたずむ

ビクーニャ(アルパカの一種)

● Carlos Renzo Zeballos Valarde



ラダックの月〈レー王宮〉

レー王宮からの眺望。月世界のようなレーの街並に月が懸かっています

● 濱田篤

夢のつづき

〈トルコ・アンカラ〉

ゲジェコンド(一夜作りの家)が破壊され、ビルが建設されている

● 松永光平



Circulation Program

循環領域プログラム



プログラム主幹 ● 中野孝教

地球環境問題を循環というキーワードで考えると、どのような課題設定が可能になるのでしょうか。ここでは、大きく2つの概念に分けて整理してみます。1つは、言うまでもなく地球表層の物質循環やエネルギーの収支です。この場合、物質には水や大気そのもの、およびそこに含まれる化学成分や生物、さらにより広い概念で見ると、人間や、人間を取り巻く様々な社会経済活動にともなう商品なども含まれます。地球表層では基本的には太陽放射エネルギーや化石燃料エネルギーが形を変えながら物質の動きを引き起こしています。そのような物質の動きは、ある時空間スケールをとれば循環として捉えることができますが、より小さなスケールでは、流れとして現れます。地球環境問題において問題になるのは、これら物質の循環が急激に変化すること、一見循環しているように見えても、実際はもとに戻らない螺旋状の循環で予測が困難であること、そして、そのような変化に人間の文化、思想や行動が大きく関与していることにあります。

もう1つの概念としては、地球環境問題を人間と自然系の相互作用の結果生じるものとして見る場合、その相互作用環そのものを一種の循環と捉えるというものです。すなわち、人間社会における欲望や経済・産業・科学技術の発展の結果、人口の集中、エネルギー消費の増大や土地利用の変化が起こり、地球温暖化や水資源の枯渇、生物多様性の減少など、いわゆる自然環境の変化をもたらすこととなります。その自然環境の変化は我々の生活、文化、経済活動にフィードバックされ、人間社会に影響を及ぼします。そして、人間活動の変化は再び自然環境に影響を及ぼすことになるのです。このような一連の相互作用、フィードバックの過程も、ここでは、広い意味での地球環境問題における循環と見なすことが可能でしょう。

以上のような2つの概念の下に、地球研の研究プロジェクトが個々に孤立したものではなく、プログラムそして地球研という研究機関の下に有機的に結びついて成果が発信できるものと考えています。

終了プロジェクト	プロジェクトリーダー	テーマ
C-01 (CR)	早坂忠裕	大気中の物質循環に及ぼす人間活動の影響の解明
C-02 (CR)	鼎信次郎	地球規模の水循環変動ならびに世界の水問題の実態と将来展望
C-03 (CR)	福嶋義宏	近年の黄河の急激な水循環変化とその意味するもの
C-04 (CR2)	白岩孝行	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
C-05 (CR1)	谷口真人	都市の地下環境に残る人間活動の影響
本研究	プロジェクトリーダー	テーマ
C-06 (FR5)	川端善一郎	病原生物と人間の相互作用環
C-07 (FR3)	檜山哲哉	温暖化するシベリアの自然と人 ——水環境をはじめとする陸域生態系変化への社会の適応
C-08 (FR2)	村松 伸	メガシティが地球環境に及ぼすインパクト ——そのメカニズム解明と未来可能性に向けた都市圏モデルの提案
C-09-Init (FR1)	渡邊紹裕	統合的水資源管理のための「水土の知」を設える

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。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 北海道大学低温科学研究所（総合地球環境学研究所客員准教授）

何がどこまで分かったか

本プロジェクトは、アムール川流域という大陸スケールの陸面環境が、オホーツク海や親潮の“魚付林”として機能していることを世界で初めて解明し、新しい物質循環・生態系連環システムの認識に貢献しました。そして、この類い希なる自然の恵みに依存して生きている東アジアの国々が、連携して巨大魚付林の保全に取り組む必要性を訴え、この問題を学問的な見地から討議するための多国間ネットワーク“アムール・オホーツクコンソーシアム”の設立に中心的な役割を果たしました。

地球環境学に対する貢献

2009年11月7-8日に開催された第1回アムール・オホーツクコンソーシアム会議で決議した2011年の第2回会議を企画するため、その準備会合を2010年11月1-2日に開催しました。第1回の会議に参加した諸機関の代表者を始め、新たにモンゴ

ルの代表者、日本国外務省、国連環境計画から関係者が参加し、第2回の開催計画について検討しました(写真)。

一方、アムール・オホーツクコンソーシアムの予備的なウェブサイト (<http://www.chikyu.ac.jp/AMOC/>) を構築し、英語による基本的な情報発信を開始しました。

成果の発信

Journal of Geophysical Research、Journal of Hydrologyおよび Hydrological Research Letters などの学術誌に成果の一部を発表するとともに、一般誌やサイエンス・カフェなどにおいてプロジェクトメンバーが積極的にプロジェクトの成果を発信しました。幸い、プロジェクトが解明したオホーツク海と親潮における鉄の流れが、NHKスペシャル「日本列島 奇跡の大自然」で取り上げられ、多くの国民の知るところとなりました。



写真 2010年11月の準備会合における討論の様子
最前列はロシア科学アカデミー会員のビョートル・Y・バクラノフ教授

都市の地下環境に残る人間活動の影響

アジアの都市で繰り返しおこる地盤沈下・地下水汚染・地下熱汚染などの「地下環境問題」を、地域の自然許容量と都市の発展段階の観点から、「地上と地下」「陸と海」の環境を統理解することによって明らかにしました。そして「地下環境」を、地上の気候変動や人間活動に対する「適応・代替・回復」力と捉え、地下環境との賢明な付き合い方・共存のありかたについての提言を試みました。

■プロジェクトリーダー 谷口真人 総合地球環境学研究所

何がどこまで分かったか

アジアの7都市における過去百年の人間活動の影響が、「地下環境」にどの程度及んでいるかを明らかにすることができました。地上での人間活動による地下の水・物質・熱の攪拌は、現在、深さ百数十m～数百mに及んでおり、過去百年で、地下水循環速度は10倍以上速くなり、都市化によるヒートアイランドの影響を含めた地下への蓄熱は、温暖化による地下蓄熱の2～6倍に及ぶこと等が明らかになりました。

また、東京・大阪・バンコク・ジャカルタにおいては地下水詳細モデルを構築し、地下水涵養域の変動や、「陸-海」境界を跨ぐ水・物質収支の変化などを明らかにしました。さらに、地下水貯留量変動評価のための衛星GRACEデータのダウンスケール(チャオブラヤ流域)を行い、流域モデルとの比較を行いました。そして、GISをもとにしたデータベースの構築を行い、アジア7都市の3時代区分(1930年、1970年、2000年)の土地利用図を0.5kmメッシュで完成させ、地上と地下の境界を跨ぐ水・熱・物質輸送量を評価しました。

これらを統合するために、自然許容量に関する指標群と、変化する社会・環境に関する指標群をもとに、地盤沈下、窒素汚染、重金属汚染、地下熱汚染に関する都市発展ステージモデルを設定しました。そして、後発の利益、過剰開発、自然許容量享受等にもとづく類型化を行い、将来の地下環境と社会の

ありかたに関する提言メニューを構築しました。その結果、地下の水量に関しては2つの「境界」を超えた管理を行うことで持続的な利用が可能であること、一方、地下の水質・熱に関しては、「負荷」は管理できるが「蓄積」の監視が必要であること等が明らかになりました。

地球環境学に対する貢献

「アジアの都市で繰り返しおこる地下環境問題は、地域の自然許容量・社会の適応力を理解せず、それを超えて利用したことが原因である」との仮説のもとプロジェクト研究を行った結果、地下環境(自然)のcapacity(貯留量・涵養量等)に関しては、ほぼ評価することができました。一方、社会の適応力(capability)に関しては、国際社会の枠組みでの「後発の利益」などの国際知を共有するプラットフォームの枠組みを提示することで、地球環境学に貢献しました。また、持続的な地下環境の利用のためには、「地上と地下」「陸と海」の2つの境界を跨いだ統合管理が必要であること、地下水を含む地下環境の共同管理(公水化含む)の必要性、都市の発展段階と地域のcapacity/capabilityに応じた適応の重要性などを指摘することで、地球環境学に貢献できました。

成果の発信

計5回の国際シンポジウム(第3回はCOP13のサイドイベント、第5回はユネスコ他共催)を通して、成果を広く国際社会へ発信するとともに、120編以上の査読付き論文の公表、本の出版(日本語3冊・英語2冊)を行いました。また一般から専門家までを対象に、重層構造をしたCD Book(日・英)を作成し、成果の公表を行いました。さらにプロジェクト成果をアジア地域のコミュニティに還元する目的から、計3回にわたるフィードバックセミナー(マニラ・ジャカルタ・バンコク)を開催し、アジアの都市の水問題に関するコンソーシアムの基盤を作ることで、成果の発信ができました。

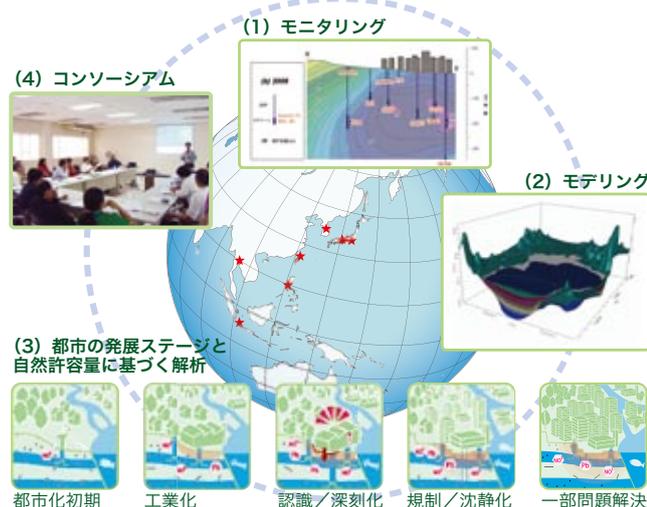
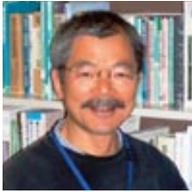


図 研究プロジェクトの概要

(1)自然許容量と変化する社会・環境のモニタリングデータ等を(2)モデル化し、(3)都市の発展ステージに基づく解析をとおして、(4)新しい制度設計へのコンソーシアム構築へ

病原生物と人間の相互作用環

近年の新たな感染症の拡大は、直接的あるいは間接的に人間生活の脅威となっています。本プロジェクトでは、『人間による環境変化－感染症の発生・拡大－人間生活の変化』の相互作用環を明らかにすることを目的としています。プロジェクトの成果を踏まえて、感染症の発生と拡大を防ぐ環境と、人間と病原生物との共存の在り方を提案することを目指します。



プロジェクトリーダー
川端善一郎 総合地球環境学研究所教授
 東北大学理学部助手、愛媛大学農学部教授、京都大学生態学研究センター教授を経て、現在は総合地球環境学研究所教授。専門分野は、微生物生態学、水域生態系生態学。

サブリーダー
源 利文 総合地球環境学研究所
浅野耕太 京都大学大学院人間・環境学研究所
板山朋聡 長崎大学大学院工学研究科
安部 彰 総合地球環境学研究所
大森浩二 愛媛大学沿岸環境科学研究センター

奥田 昇 京大学生態学研究中心
梯 正之 広島大学大学院保健学研究科
孔 海南 中国上海交通大学・環境科学与工程学院
吳 德意 中国上海交通大学・環境科学与工程学院
那須正夫 大阪大学大学院薬学研究科
松岡正富 滋賀県朝日漁業協同組合
山中裕樹 龍谷大学理工学部

研究目的

ヒトや家畜や野生生物の感染症の拡大は人間を直接死に至らしめるだけでなく、経済的損失や生態系の崩壊を引き起こす可能性があり、人類が直面するきわめて深刻な地球環境問題です。感染症の拡大を未然に防ぐためには、発症の病理的メカニズムを解明するだけでなく、病原生物を生み出す背景としての人間と環境の相互作用環の理解が不可欠です。

本プロジェクトでは、1) 1990年代後半から急速に世界中に拡大したコイヘルペスウイルス (KHV) 感染症(写真1)を研究材料として、人間の環境変化が感染症の発生と拡大をまねき、結果的に人間の文化に関与していることを実証的に明らかにし(図1)、2)「環境変化－病原生物－宿主－人間」系モデルを様々な感染症へ適用し、3) 感染症拡大のリスクを抑えた人間と病原生物とのかかわり方について提言することを目指します(図2)。

研究体制と研究内容

調査は琵琶湖全域と中国雲南省アーハイ (Erhai) で行います。研究体制は、以下のように研究グループ5班および統括班からなります。

- 1班(人間による環境変化班)
 人間による環境変化のうち水辺環境変化を取り上げ、これらの相互関係を実験的に明らかにする。



写真1 コイヘルペスウイルス感染症で死んだコイ
 (琵琶湖、2004年、松岡正富撮影)

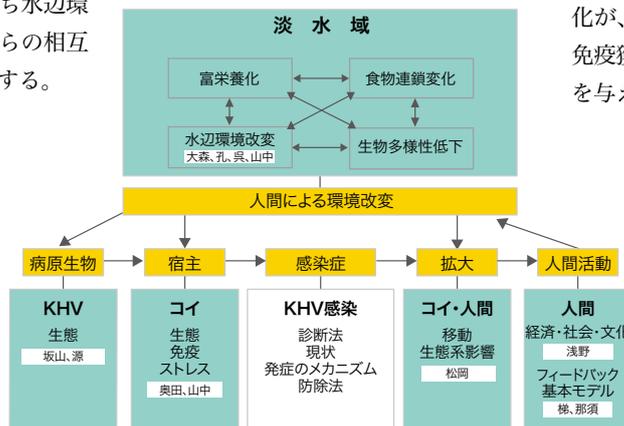


図1 「病原生物と人間の相互作用環」のケーススタディー：コイヘルペスウイルス感染症と人間の相互作用環

● 2班(病原生物・宿主生態班)

病原生物であるKHVと宿主であるコイ (*Cyprinus carpio carpio*)の動態と、これらに係る環境要因を明らかにする。

● 3班(感染経路・生態系影響班)

KHV感染症伝播の経路と機構およびコイが消失した場合の生態系影響を明らかにする。

● 4班(経済・文化班)

KHV感染症が発生した場合の経済的、生態的および文化的資源価値の消失とその代償的価値の創出過程を明らかにする。

● 5班(フィードバック班)

「病原生物KHVと人間の相互作用環」の概念モデルを構築する。

● 総括班

「KHVと人間の相互作用環」モデルを他の感染症へ適用する。さらに、感染症拡大のリスクを抑えた人間と病原生物とのかかわり方について提言する。

これまでの主な成果

1)水温変化を引き起こす水辺環境変化

人間の水辺環境変化が水温変化を引き起こすことがわかった。自然の水辺では多様な水温環境が存在するが、人工的な水辺では水温が時空間的に均質化することが明らかになった。この水温分布の変化が、コイの行動、KHVに対する免疫獲得、コイのストレスに影響を与えることが考えられた。



写真2 ヨシハラにおけるコイの産卵
 (琵琶湖、2009年5月、内井喜美子撮影)

出典：総合地球環境学研究所編(2010) 地球環境学事典、弘文堂、p.284

図2 『人間による環境改変－感染症の発生・拡大－人間生活の変化』の相互作用環解明に向けた各研究レベルのつながり

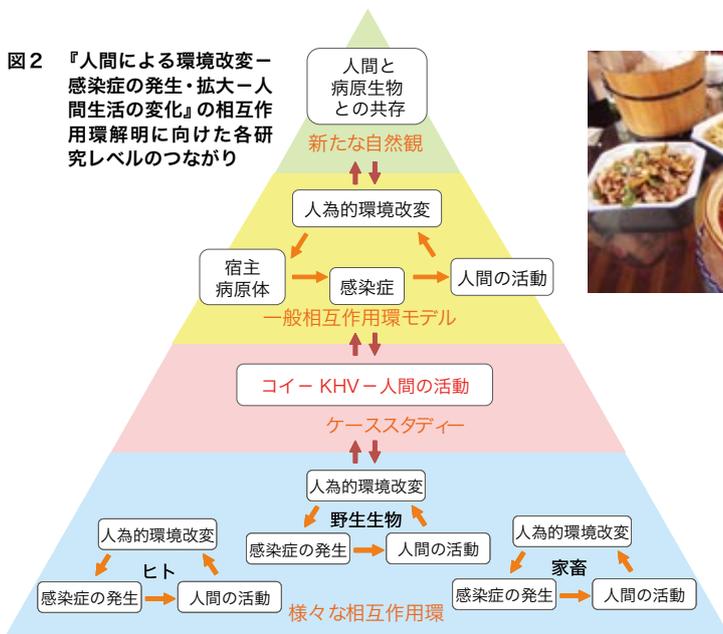


写真3 コイ料理 (2010年11月、川端善一郎撮影)
コイは貴重なタンパク源。コイ料理は貴重な文化。アーハイ湖畔(中国雲南省大理市)の食堂



写真4 ピン川(タイ、チェンマイ市)のテラピア大量死の調査 (2010年7月、川端善一郎撮影)

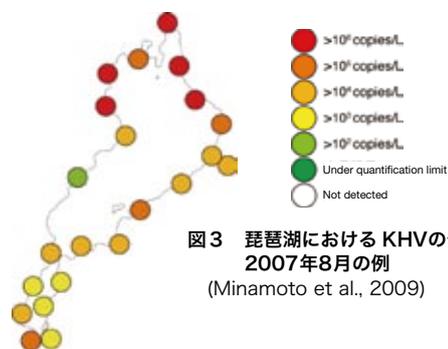


図3 琵琶湖におけるKHVの分布
2007年8月の例
(Minamoto et al., 2009)

2) 感染症対策に根本的変革をもたらす考え方の提示

2007年に開発に成功した自然水域中のKHV検出法を用いて、琵琶湖の湖水、底泥、プランクトン、全国の河川からKHVが検出された(図3)。これらのデータから、2003年に国内で初めてKHV感染症が報告されて以来、全国の湖と河川はKHVで汚染されていることが強く示唆された。このことから、KHV感染症対策は、KHVを持ち込まないようにする従来の水際対策から、KHVが存在しても甚大な感染症が起きない環境対策への変更を迫る結果を得た。

3) 感染ホットスポットの発見

コイの成体がKHV抗体を持ち、水温上昇とコイの繁殖が起こる春期にコイ体内のKHVの量が増加し、集団繁殖が起こる場所の湖水中のKHV量が増加することから、コイの集団繁殖場所がKHV感染のホットスポットになっていることがわかった(写真2)。

4) 水温変化とストレスの関係解明

水中のコルチゾール濃度を測定することによって、水温上昇に伴いコイに対するストレスが増加することが、実験的に明らかになった。

5) KHV感染症モデルを「環境改変－感染症－人間」

の事例研究へ展開

KHVモデルをレジオネラ感染症、非結核性マイコバクテリア症、メチシリン耐性黄色ブドウ球菌(MRSA)感染症、KHV感染症(中国)、ノロウイルス感染症(以上、他大学に所属する共同研究員が中心に研究を推進)ケニアの住血吸虫症、タイのテラピア死亡の研究に適用した。

6) 研究の意義の国内外発信

「環境改変－感染症－人間のつながり」に関するシンポジウム、ワークショップを企画し、研究成果を発表(地球研、東京大、イスラエル・ヘブライ大にて)した。

今後の主な取り組み(2011年度)

汎用性の高い手法の開発

- 1) コイの現存量を迅速・簡便に測定する方法を確立する。
- 2) 自然環境水中のKHVの量と活性を迅速・簡便に測定できる方法を開発する。

病原生物と宿主の生態学的知見の蓄積

- 3) KHVの現存量と活性、およびコイの現在量に関わる環境要因を明らかにする。
- 4) コイに対する水温変化ストレスとKHV感染症発症の関係を実験的に明らかにする。

コイと人間の関係

- 5) コイの食料資源としての価値を評価する(写真3)。
- 6) コイの消失の経済的・文化的影響を評価する。

感染症の概念モデル

- 7) 琵琶湖で得られた「環境改変－病原生物－人間」の連環の概念モデルを他の感染症に適用し、環境改変によって感染症が発生し、拡大するという観点の妥当性を検討する(写真4)。

病原生物と人間の共存哲学

- 8) 本プロジェクトで取り上げた感染症の事例をもとに、病原生物と人間の共存の在り方を検討する。

学問の創出

- 9) 「環境疾患予防学」の観点から研究成果を国内外に発信し、研究継続発展のための研究組織を構築する。

温暖化するシベリアの自然と人

——水環境をはじめとする陸域生態系変化への社会の適応

シベリアは温暖化が最も顕著に現れると予測される北半球高緯度にあります。シベリアの温暖化は、降水量の変化、融雪時期やその規模、河川・湖沼の凍結融解時期の変化、永久凍土の融解など、水循環や雪氷環境に影響します。その結果、洪水の頻度や規模、湖沼の拡大・縮小、森林土壌の湿潤化や乾燥化の変動幅が大きくなり、住宅や農地のみならず、トナカイ牛馬飼育や野生動物の狩猟・漁撈など、地域の人々の生業に大きな影響を与えます。人々がそれらにどのように適応しているのか、どの辺りに被害の閾値があるのかなど、現地調査に基づいた研究を進めています。



■プロジェクトリーダー
榎山哲哉 総合地球環境学研究所准教授
 生態水文学・水文気象学が専門。1995年に筑波大学大学院地球科学研究所を修了後、名古屋大学大気圏科学研究所助手、名古屋大学地球水循環研究センター助教および准教授を経て、2010年4月から現職。博士(理学)。

■サブリーダー
藤原潤子 総合地球環境学研究所
■コメンタリー
山口 靖 名古屋大学大学院環境学研究所
佐々井崇博 名古屋大学大学院環境学研究所
安成哲三 名古屋大学地球水循環研究センター

太田岳史 名古屋大学大学院生命農学研究所
杉本敦子 北海道大学大学院地球環境科学研究センター
山崎 剛 東北大学大学院理学研究科
高倉浩樹 東北大学東北アジア研究センター
奥村 誠 東北大学東北アジア研究センター
立澤史郎 北海道大学大学院文学研究科

研究の目的

シベリアは温暖化が最も顕著に進行すると予測される地域のひとつです。長期的な気温の上昇として表出する温暖化は、短期的には乾燥と湿潤を繰り返しながら、永久凍土と陸域生態系に影響を及ぼします。本研究プロジェクトでは、人工衛星データを用いてシベリアの水・炭素循環の特徴を俯瞰的にとらえ、それらの変動の近未来予測を行い(グループ1:広域グループ)、水・炭素循環の変動要因を現地観測から明らかにし(グループ2:水・炭素循環グループ)、都市と農村の双方において、水・炭素循環の変動や社会変化に対して人々がどのように適応しているのかを見極め(グループ3:人類生態グループ)、今後どのように適応していくのかについて考察を行います(図1)。

主要な成果

●グループ1: 広域グループ

レナ川沿いに立地しているヤクーツクなどの都市や農村がどのように春のレナ川の雪解け洪水に適応しているのかの手がかりを得るために、人工衛星データを用いて洪水の時間変化をとらえるとともに、洪水の前後の水位を調べました。その結果、ice-jamと呼ばれる解氷群が南からの融解水に押し出されて北に向かって流れていくこと、そのスピードは1日当たり約100km程度であることがわかりました(図2)。

このような雪解け洪水が温暖化によってどのように変化していくのかの手がかりを得るために、レナ川沿いの都市や農村で測られた過去の気温データを用いて温暖化の傾向を調べました。その結果、上流(流域南部)では気温が経年的に上昇していたのに対して下流(流域北部)では気温の変化傾向が小さく、雪解け洪水による被害のリスクが高まっていることがわかりました。また、勾配が非常に緩やかな北極

海沿岸のコリマ低地・アラゼヤ川流域での洪水の規模や期間、成因についても調査しました(図3)。さらに、高緯度のメタン濃度の近年の増加の原因を明らかにするためにモデル解析を行い、温暖化や湿潤化がその主要因であることを指摘しました。そして、カラマツを主とするタイガ林の劣化の原因を人工衛星と現地調査から探り、虫害や森林火災が主な原因である手がかりをつかみました。土壌の凍結・融解過程と森林火災の効果を取り入れた植生動態モデルを用いて、今後2℃以上の気温上昇となった場合、融解層が深くなることでカラマツが生育できなくなることが予測されました。

●グループ2: 水・炭素循環グループ

ツンドラとタイガの遷移帯、ヤクーツク付近のタイガ帯で樹木年輪を採取し、年輪ごとの炭素安定同位体比を分析し、水ストレスが翌年の樹木の生長に関係することなど、新たな発見がありました。この結果に基づき過去百年程度の土壌水分の復元を行い、復元された土壌水分をもとに蒸散や光合成など、

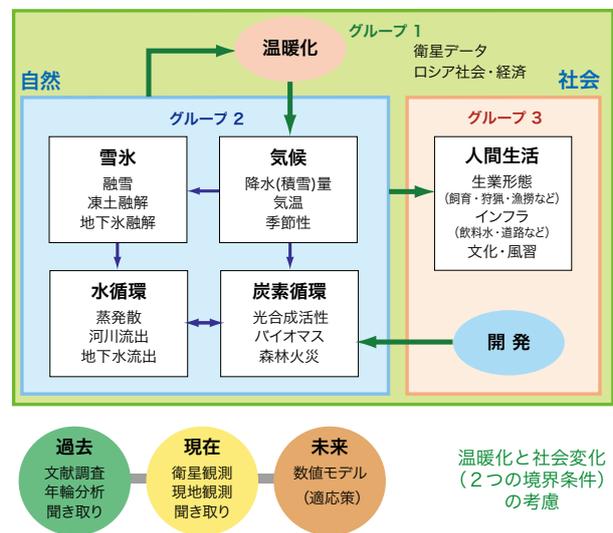


図1 プロジェクトの構造と研究対象

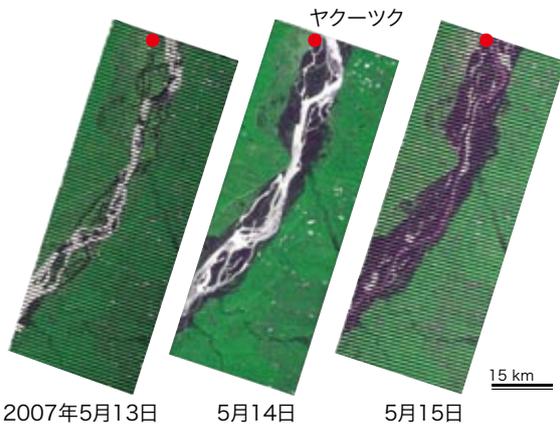


図2 人工衛星データから得られたレナ川(ヤクーツク付近)の雪解け洪水の発生の様子

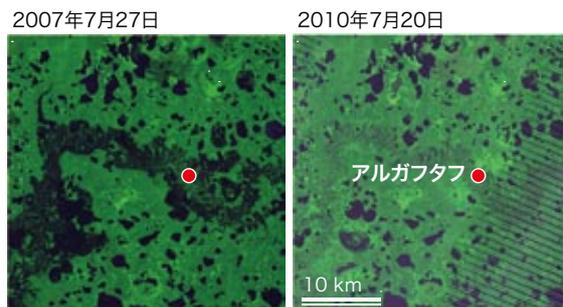


図3 人工衛星データから得られたコリマ低地・アラゼヤ川付近での河川・湖沼の年による違い

植生活性の復元を行う準備ができました。

一方、降水量の少ないヤクーツクでの観測と対比させるために、降水量がヤクーツクよりも約3割多いアルダン川流域のウスティマヤに観測タワーを設置し、光合成や蒸発散に関する貴重な観測データが蓄積されつつあります。そして局地循環モデルを使って、レナ川流域で今後予想される降水量の増加が、土壌水分や水面を増やすことで蒸発散を増加させ、再び降水量の増加へとフィードバックする過程を明らかにしました。

さらに、これまで未知であった凍土中の地下水や地下水(写真1)の動態を見出すために、ロシア科学アカデミー永久凍土研究所と共同研究協定を締結しました。この協定に基づき、フロン類などの人為起源微量物質をトレーサーとして地下水年代を推定した結果、数十年程度であることがわかりました。現在、高緯度帯でも適用可能な凍土過程を含んだ水循環モデルの精度向上をめざし、さまざまな検討を行っています。

●グループ3：人類生態グループ

レナ川の雪解け洪水に対する現地住民の在来知を、インタビューや新聞などのマスメディアを活用しながら記録化しはじめました。さらに、重要な交通手段であるレナ川凍結時の冬道路の交通量・車のタイプ・積積量などのデータを分析し、冬道路が温暖化の影響を強く受けるのかどうかについて予測しました(図4)。その結果、温暖化によって冬道路とし



写真1 東シベリアに見られる地下水の露頭

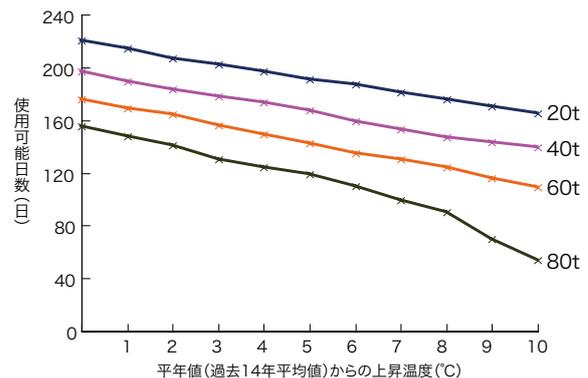


図4 温暖化によって冬道路の使用可能日数がどの程度減少するかを予測した図

て使用できなくなる日数は、重い車両ほど増えることがわかりました。

また、農村住民の狩猟の対象として重要な野生トナカイの移動パターンと気温・植生・積雪深・害虫発生などの環境との関係を明らかにするために、野生トナカイに衛星テレメトリー発信機を取り付け、データの収集を開始しました。さらに動物資源とその利用者の動態を知るために、トナカイ牧民の参与観察、毛皮獣狩猟と毛皮流通量の調査、サケ漁の実態調査を行いました。

温暖化によって生じる災害に対し、行政がどのように認識し対応しているのかを知るために、行政機関へのインタビューや、政令やマスメディア情報の収集とそれらの分析にも着手しました。特に、気候変動への適応／不適応の分かれ目を明らかにするために、移住が検討されているいくつかの村で現地調査を行いました。

今後の課題

シベリアは凍結した期間が半年以上もあるため独自のインフラを有しています。また多民族からなる社会であるため、多くの問題点を抱えています。自然資源の開発や森林伐採などが顕在化していくなかで、温暖化とともに、社会変化がどのようにシベリアの陸域生態系に影響を及ぼし、翻ってそこに住む人々に影響を及ぼしていくのか、そして人々はどのように適応していくのかを考えていく必要があります。

メガシティが地球環境に及ぼすインパクト ——そのメカニズム解明と未来可能性に向けた 都市圏モデルの提案

地球上の人口の半分を支える都市は、人類の今後の生きるべきもっとも重要な空間です。本プロジェクトは、この都市と地球環境とが調和する方法を導きだすため、人口1,000万人以上のメガ都市に関して、1)異なる学問領域、歴史、文化などからメガ都市を統合的に認識する手法の確立、2)問題低減に向かう統合的解決策の提示、3)環境、経済、社会の豊かさを統合した都市のあるべき姿の提示、を目標としています。



■プロジェクトリーダー

村松 伸 総合地球環境学研究所教授
中国を中心としたアジアの建築史、都市史を研究してきました。都市をこれまでにない新しい見方で分析したいと考え、本プロジェクトに挑戦しています。著書に、『上海—都市と建築』、『中華中毒』、『象を飼う』、『アジア建築研究』、『全調査：東アジア近代の都市と建築』などがあります。
アジアの近代建築の評価、保存、再生の NPO、mAAN(www.m-aan.org)創設者。

■サブリーダー

林 憲吾 総合地球環境学研究所

■コアメンバー

岡部明子 千葉大学大学院工学研究科

籠谷直人 京都大学大学院地球環境学学

加藤浩徳 東京大学大学院工学系研究科

谷川竜一 東京大学生産技術研究所

深見奈緒子 早稲田大学イスラーム地域研究機構

村上暁信 筑波大学大学院システム情報工学研究科

山下裕子 一橋大学大学院商学研究科

研究の目的

地球上の人口の半分を支える都市は人類の今後の生きるべきもっとも重要な空間です。本プロジェクトは、この都市と地球環境とが調和ある関係を有する方法を導きだすことを目的とし、人口1,000万人以上のメガ都市に関して、1)異なるディシプリン、歴史、文化などからメガ都市を統合的に認識する手法の確立、2)問題低減に向かう統合的解決策の提示、3)環境、経済、社会の豊かさを統合した都市のあるべき姿の提示、を目標としています。

1,000万人を超えるメガ都市は20世紀において、

人類史上初めて生み出された、すぐれて新しい現象です。その振る舞いは地球規模の環境問題(地球温暖化)、また、ローカルな環境問題(都市の脆弱化)を引き起こし、反対に、それらからメガ都市は多大な影響を受けると予測されます(図1)。しかも、このメガ都市の多くは、非

西洋の温帯、熱帯のモンスーン地域の発展途上国という、都市に関する制御の方法が必ずしも成熟していない場所で発現しつつあります。

目指すべき目標

以上の目的を達成するために、熱帯モンスーンの稲作を生業とするインドネシアの首都圏ジャボデタベックをプロジェクトの主たる研究対象とし、比較

として他の26のメガ都市を考察対象としました。プロジェクトの目標は、認識科学、設計科学の両面において計4項目を設定しています。

A. 認識科学

目標1 メガ都市化の仕組みと環境問題の発現を左右する歴史的拘束条件の解明

目標2 メガ都市化による環境問題の特定化とメカニズム解明、および分析手法の確立

B. 設計科学

目標3 地球環境に対して都市が及ぼす影響を評価する指標づくりと都市空間地理情報の統合と可視化

目標4 都市のマイクロからマクロまで様々なステークホルダーに対する地域社会および国際社会への働きかけ

メガ都市化が地球環境問題とどのようにかわり、それをどのように解決するかの流れを模式化したものが図2です。この流れに沿って、以上の4つの目標を達成していきます。

そして、最終成果は具体的に、以下の6項目をイメージしています。1)都市の状況を評価するCSI(City Sustainability Index)の開発、2)次世代が生きる2050年までのメガ都市シナリオ2050の提示、3)メガ都市把握を容易にするMegacity GIS networkの構想、4)メガ都市のマクロ、メソ、マイクロな状況に介入するための教育/啓発プログラムの開発、5)メガ都市研究の成果、最先端の状況を紹介する叢書Megacity Studies(英語/日本語)の刊行、6)国際機関と連携して国際的役割の発揮。

本研究の特色と研究組織

本プロジェクトは、以下の3つの特色があります。

1. 都市認識における統合性: 都市における地球環境問題(ローカル、グローバル)について、問題を限定せず、その問題を特定化するところから開始する点であ



図1 都市の地球環境への負担

都市が地球環境に及ぼすインパクトは強大ですが、同時に、都市は人類に多くの恵みを提供してくれています。都市は決して地球の敵ではありません

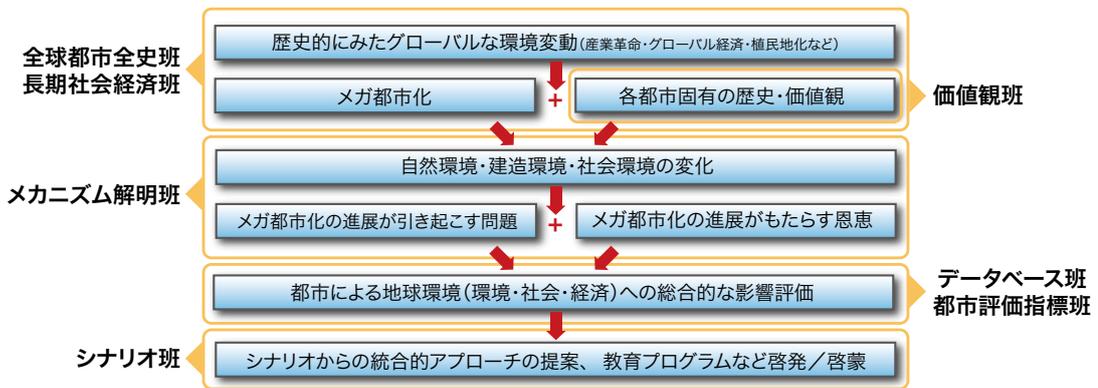


図2 問題解決へのアプローチと研究組織

り、それが研究の統合化を推進することになります。現時点では、洪水の多発、ヒートアイランドの発生、生物多様性の減少、生態系の変化、温暖化、都市の脆弱化、階層差の拡大についての複数の問題について焦点を合わせてそのメカニズムを、生態学、河川工学、建築計画学、都市史学、流通社会学、水産学、都市社会学、等、多数の学問分野によって解明にあたっています。

2. 認識科学、設計科学における歴史的、文化的視点の重視: 都市と地球環境問題についての、既存の国際的な研究は、歴史的要因、文化的要因、生態学的要因を、軽視するか、一方で、相対化しないで個別的拘束条件として利用しています。本プロジェクトでは、都市で発現している地球環境問題が、歴史的要因、文化的要因、生態学的要因に拘束されているとみなし、歴史研究者、社会研究者とともに研究を進めています。

3. 設計科学における統合性: 都市における地球環境問題というような複合的問題の解決には、ひとつの方法では対処できません。多くの手法を束にして用い、この解決における手法の束こそが、重要であることを示すことも本プロジェクトの特色です。つまり、近代科学(自然科学、工学、農学、社会科学等)による直接的手段とともに、基盤的手段(教育、啓発)を用い、同時に、その都市の生態的に適したローカルの知恵を発掘し、再利用を考えています。対象においても、ひとりひとりの生活というマイクロなものから、都市全体、さらにそれを国際的というマクロなものにも適応するという仕方でも、多様なスケールに対処する手法の開発を行います。

研究組織は、図2のように、問題解決の流れに即して、全球都市全史班、長期的社会経済史班、価値観班、メカニズム解明班、データベース班、都市評価指標班、シナリオ班を配し、その全体を統括する統括班をおいています。メカニズム解明班には、自然環境を対象とする自然環境チーム、建造環境を扱う建造環境チーム、食糧資源を扱う食糧資源消費チームを設置しています。

2010年度の成果と2011年度の課題

2010年度は、以下の3点で成果をあげました。

1. 建造環境の変化による環境負荷の増減分析の手法開発

都市化に伴う市街地の拡大には、多くの建設活動を要します。本プロジェクトのメカニズム解明班建造環境チームでは、ジャカルタ市内の総建材ストック量および建材使用に伴うCO₂発生量を推計すること、ならびに震災などの災害に対する都市全体の建造物の脆弱度を算定することを目的として、ジャカルタの住宅類型ならびに建材特性を明らかにしました。

2. 都市化による温熱環境への影響評価

本プロジェクトのメカニズム解明班自然環境チームでは、都市化の進行がヒートアイランド問題、洪水リスクの増大、生物多様性の劣化などに与える影響を分析しています。2010年度はジャカルタ郊外に研究対象地を設定し、30年の間に生じた水田の放棄化や宅地への転用、建築物の増加、樹木の減少などを、インタビューや実測、衛星画像解析、3次元CADを用いたシミュレーションなどから明らかにしました。それにより、熱帯の水田をベースとする地域が都市化されることで、地表面温度が大きく上昇し、ヒートアイランド現象を加速させるメカニズムの解明につながることができました。

3. City Sustainability Index(CSI)構築のための文献レビューと分析

都市評価指標班は、City Sustainability Index (CSI)を構築する前段階の研究として、既存の主要なSustainability Indicatorsをレビューしました。カバーした指標は、Environmental Sustainability Index (ESI)、Environmental Performance Index (EPI)等、20種類弱です。「都市」の評価指標としての適応可能性の視点から、それらを評価・分類することによって、都市の評価指標として必要な5つの特性を明らかにしました。

2011年度は、これまでの研究をさらに深く進めると同時に、ジャカルタの低所得者が居住する超高密度地域を調査し、マイクロな側面に焦点をむけます。また、中国やインド、ラテンアメリカのメガシティとの比較も視野にいれることにします。

統合的水資源管理のための「水土の知」を設える

地球研第 I 期の水資源管理や流域管理に関する複数のプロジェクトの成果を検証することで、地球環境問題の解決策の一つとして“地域レベルの資源共同管理のあり方”をデザインする必要性が見えてきました。この基幹研究プロジェクトでは、世界のさまざまな水文や水利の地域において、水管理の《功罪》とあるべき姿を、農業生産性、水収支と水質・水環境、水管理の制度と組織、利水の行動と意識などの観点について、歴史的な評価を含めて総合的に調査研究します。研究成果は、人類生存のための「水土の知」としてまとめ、地域レベル水管理システムの基本構造や整備のガイドラインを提言します。



プロジェクトリーダー

渡邊 紹裕 総合地球環境学研究所教授

専門は農業土壌学。地球研プロジェクト「乾燥地における地球温暖化が農業生産システムに及ぼす影響」(R-01、2002～2007年)のリーダーを務める。その後、研究推進戦略センター教授・戦略策定部門長を経て、2011年度から再び研究部教授。

コアメンバー

水谷 正一 宇都宮大学農学部

實 馨 京都大学防災研究所

沖 大幹 東京大学生産技術研究所

長野 宇規 神戸大学大学院農学研究所

内藤 正典

同志社大学大学院グローバルスタディーズ研究科

鏡味 治也 金沢大学大学院文学研究科

高宮 いずみ 近畿大学文芸学部

田村 うらら 京都大学大学院人間・環境学研究科

GUNDUZ, Mustafa

アドゥヤマン大学社会文化学部

AKCA, Erhan アドゥヤマン大学農学部

SETIAWAN, Budi ボゴール農業大学

RAMPISELA, Agnes ハサヌティン大学

MOLDEN, David 国際水管理研究所

研究の背景と目的

人口増大や経済成長に伴う水需要の増加は、地球の水循環に大きな変化をもたらしています。洪水や干ばつなど、水に関わる災害も、気候変動の影響下において、ますます深刻になることが予想されています。そうした中で、統合的水資源管理(IWRM)は地球環境の喫緊の課題となっています。しかしながら、この統合的水資源管理はこれまでのところ、十分には展開されておらず、とくに具体的な管理の実効を評価する手法の確立は遅れています。このためには、流域や広域的な水資源管理の根幹であって、さまざまな水利用の現場である地域レベルの水管理のあり方を見直し、整えて行くことが求められます。地域レベルの水管理の実践は、地域の社会経済や環境に

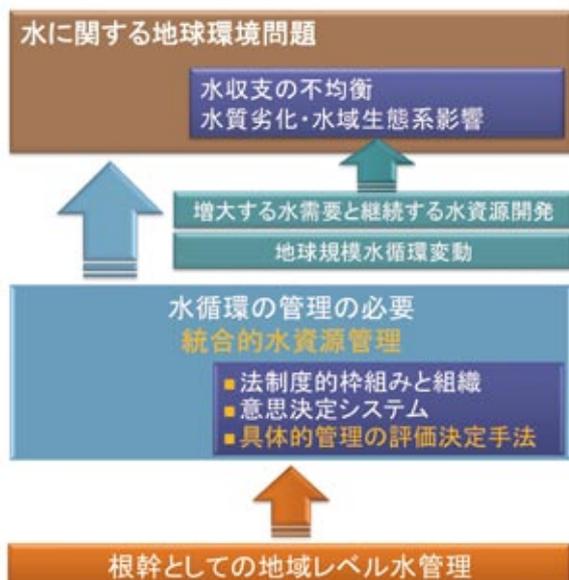


図1 研究の目的

地球環境問題の多くは水に関連して、地域レベルの不適切・非持続型の水管理が原因となっている。統合的水資源管理は、こうした問題に対しての世界的な取り組みの潮流であり、地域レベル水管理はその根幹を構成するものとして、そのあり方を提示することが求められる

直接的な影響をもたらすからでもあります。

プロジェクトの目的は以下の2点です。

- 1) 世界の地域レベル水管理の意味を歴史的に、また環境の視点から評価します。これは、未来可能な社会の構築に向けて、統合的水資源管理を検証しながら、地域レベル水管理の理念と基本方向を提示することにつながります。
- 2) 地域レベル水管理システムの基本構造をデザインします。水利システムの機能形態だけでなく、利水者や関係機関の参加を前提にした共同的管理組織の枠組みと機能も対象とします。

これまでの主な成果

FS期間中には、地球研の未来設計イニシアティブを中心に、研究の課題と手法を議論し、その過程で地球研第 I 期のプロジェクトの成果を見直しました。多くのプロジェクト(プロジェクト番号 C-03、R-01、R-02、E-01など)が、地域レベルの水管理は水収

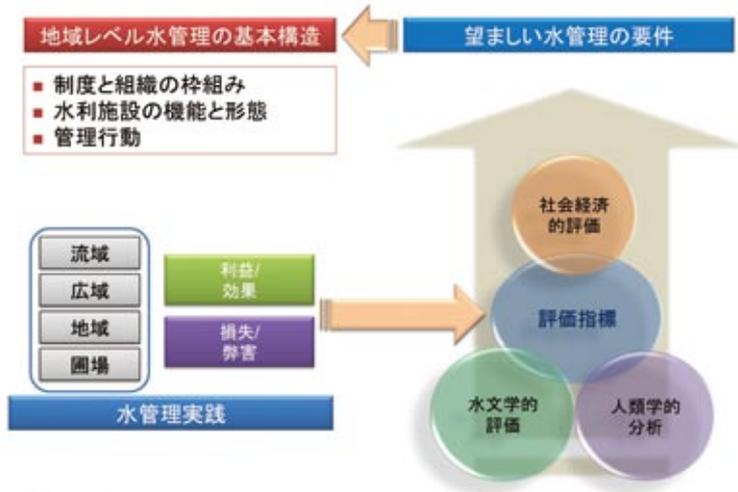


図2 研究フロー

どのような管理が適用可能で未来可能性があるのかを中心に、地域レベル水管理の基本要件を3つの側面から評価する。1)水文学的評価、2)社会経済的評価、3)人類学的な分析



図3 主要事例研究地域

南東アナトリア及びチュクロパ平野(トルコ)、ナイルヴァレー及びデルタ(エジプト)、バリ島及びスラウェシ島南部(インドネシア)、張掖地域(中国)、琵琶湖湖東地域(日本)



写真1

トルコ・チュクロパ平野の圃場灌水。大量の河川水が導水されている



図4 研究組織の基本構成



写真2

インドネシア・バリ島の水田灌漑の分水施設(スバクという水利組織では詳細な分水ルールが定められている)

支や水質などの環境問題を解決する鍵となることを指摘し、その地域環境に及ぼす影響は大きいこと(C-01、C-03、C-04、R-01、R-03、H-01)、流域水管理を含めた階層的な管理構造が有効であること(E-01、C-03)、その機能が気候変動などの地球規模変動への対応の要件となること(C-01、R-01)、を示すなど、地域レベル水管理の仕立て直しの重要性と、これまでの地球研での研究蓄積を整理しました。さらに、関係する国際機関や国際学会の関係者とも協議して、この課題への取り組みの世界的な要請と成果活用場の大きさを確認しました。

この研究課題は、さまざまな水文や水利の条件を有している具体的な地域での事例考察が求められ、世界的に地形や農業、水利開発の歴史など特徴ある地域を取り上げました(図3)。

プロジェクトは、図4に示す構成を持つ研究チーム体制で実施します。各地域において、大学や研究機関の研究者や、事例研究地域の行政やNGOの実務者と密接に連携する体制を整えました。さらに、国際水管理研究所(IWMI)や国際灌漑排水会議(ICID)などの関係国際機関とも協働する体制を作っています。

研究の展開

地域レベルの水管理システムは、次に示す4つの視点から評価考察します。1) 環境(土壌、水文、水利用

など)、2) 経済(農業、畜産、地域経済など)、3) 社会(法制度、組織など)、4) 文化(水利意識、行動など)、です。各事例研究地域ごとに、それぞれの視点・テーマに対してサブ・チームを置く一方で、管理の各階層(集落・コミュニティレベル、地域レベル、広域地域、流域など)ごとに、各チームの成果によるさまざまな「知」を統合した具体的な管理システムを描く研究ユニットを設けます。

事例研究地域(図3)は、地形、水文、気候、などに加えて、水利や水管理の歴史的な展開の状況を勘案して選定しました。湿潤地域か乾燥地域か、安定した管理か近年の開発かなども考慮しています。

研究成果は、効率的で省資源型の食料生産基盤の構築に直ちに貢献するものとなります。また、ここで開発するモデルや手法は、水管理行動が地域の生産や水環境に及ぼす具体的な影響を、定量的・定性的に表現・評価でき、管理の基本要件や望ましい管理オプションの選択に貢献するものとなるのです。

成果として提示する地域レベルの水管理の基本要件は、さまざまな対象や形式でとりまとめる予定です。たとえば、「国際機関向けの参加型水管理実現ガイドライン」や「地域関係者向け水管理整備基本方針」などです。このガイドラインなどは、世界銀行(WB)や国際協力機構(JICA)の担当者とも協働して作成し、早期に実際の地域に適用して効果があがることをめざします。