

筑波大学
陸域環境研究センター中期計画
中間報告書

筑波大学陸域環境研究センター

平成 16 年 3 月



まえがき

陸域環境研究センターは、それまでの水理実験センターを改組・拡充することにより、平成 12 年 4 月に発足した研究センターです。新センターは 10 年間の時限付で設立されたため、定められた期間内に本センターの設立趣旨に沿った成果を確実に挙げるとともに、陸域環境に関する研究・教育のさらなる発展へ向けた展望を切り開くため、平成 13 年 9 月に「陸域環境研究センター中期計画」を定めました。この中期計画は、本センターにおける組織的研究と運営の方向を示す「基本方針」と、基本方針に基づいた具体的な研究計画およびそれに関連する業務からなる「研究推進計画」から構成されています。

本中期計画では、平成 15 年度に研究の進捗状況を報告し、平成 17 年度に研究成果のとりまとめを行うことになっています。このため、ここでは平成 12 年度～15 年度までの研究業績を中心として、「研究推進計画」に記された研究課題ごとに簡略な総括を行い、「中期計画中間報告書」としてとりまとめました。

この「中間報告書」は、今後本センターが予定している「中期計画の見直し」および「第一次中期計画に関する活動報告と第二次中期計画を含めた自己点検評価報告書」作成のための準備資料として意図されたこともあり、その総括部分は研究課題ごとに記載方法が異なっておりますが、教官・技官・事務官および非常勤研究員等を合わせて 11 名からなる陸域環境研究センターにおいて、新センター発足からの 4 年間にわたって行われた研究の内容やその活動をとりまとめています。過去 4 年間に本センター業務に関連して発表された研究論文数は、国際誌（査読つき）49 編、国内誌（査読つき）23 編、紀要等その他の論文（査読なし）125 編、著書（分担執筆等を含む）6 件となっています。また、同期間において、博士論文 10 件、修士論文 42 件、卒業論文 34 件が本センター業務に関連して作成されました。この期間における科学研究費等の外部資金の導入は、代表・分担を含め 1,139,025 千円に達しています。

平成 16 年度からの法人化に伴い、大学が益々社会に対する説明責任を求められ、本センターの活動についても内部・外部評価が課される状況を踏まえ、自己点検評価を率先して行う必要があります。この報告書はその第一歩を記したものです。

この報告書がセンター教職員の相互理解と研鑽の拠りどころとして活用され、また、関係各位におかれましては本センターの研究・教育活動をご理解いただき、ご指導ご助言を賜る機会となれば幸いです。

最後になりましたが、この報告書をまとめるにあたり、ご尽力いただきましたセンターの教職員の皆様に厚く御礼申し上げます。

平成 16 年 3 月 30 日

陸域環境研究センター長

田 中 正

- 目 次 -

陸域環境研究センター中期計画	1
課題総括および業績等リスト	
[1] 陸域および流域における物質・エネルギー循環に関する基礎研究	
1-1 陸域環境研究センターの保有する実験施設を活用した研究	
1-1a 地表物質移動に及ぼす植生の影響に関する実験的研究	4
1-1b 大気境界層内における熱・物質輸送に関する研究	7
1-1c 草原生態系の微気象生態学的解析	14
1-2 流域を対象とした研究	
1-2a 山から海への地表物質の流出過程および地形形成プロセスに及ぼす 生物の影響評価	19
1-2b 水文プロセスと生物地球化学プロセスの統合化に関する研究	23
1-2c カラム大気の大気熱・水蒸気量の変動観測手法の研究	31
[2] アジア域における物質・エネルギー循環に関する研究 (RAISE プロジェクト)	37
[3] 乾燥地域における降水過程とその変動予測に関する研究 (地球研プロジェクト)	42
[4] 陸域環境に関わる学際的研究計画の立案	45

陸域環境研究センター中期計画

陸域環境研究センターは平成12年4月に10年間の時限付きで設立されている。定められた期間内に当センターの設立の趣旨に沿った成果を確実にあげるとともに、陸域環境に関する研究・教育のさらなる発展へ向けた展望を切り開くため、陸域環境研究センター中期計画を定める。中期計画は当センターにおける組織的研究と運営の方向を示す「基本方針」と基本方針に基づいた具体的な研究計画およびそれに関連する業務からなる「研究推進計画」から構成される。この中期計画は5年をめぐりに見直される。

【基本方針】

陸域環境研究センターでは、陸域環境に関わる基盤研究としてセンターの保有する流水実験施設および熱収支・水収支実験施設を活用した実験的・観測的研究を推進する。とくに土壌・植生・大気間の水・二酸化炭素などの物質交換に関する観測および研究を実施する。さらに全球および大陸規模の気候変動に関わる研究として、アジア大陸における陸面過程に関する研究を推進する。上記の研究を遂行するにあたり、これらの実験および観測に密着した数値モデルの研究も併せて推進する。

【研究推進計画】

[1] 陸域および流域における物質・エネルギー循環に関する基礎研究

上記の基本方針に従い、[2] ~ [4] の研究と関連しながら、以下の基礎研究を推進する。平成15年度に研究の進行状況を報告し、17年度に研究成果のとりまとめを行う予定である。

1-1 陸域環境研究センターの保有する実験施設を活用した研究

1-1a 地表物質移動に及ぼす植生の影響に関する実験的研究

山地斜面における地表物質の動態に及ぼす植生の効果を明らかにするために、三次元地形模型実験手法を開発する。また、河川における研究では、大型水路実験施設を活用して植生の河床形態・河川環境の変化過程に関する基礎的な研究を行う。さらに、造波水槽や小型水路実験装置を利用して、湖岸地形・海岸地形にまで応用・発展させる。

1-1b 大気境界層内における熱・物質輸送に関する研究

大気境界層乱流による熱や水蒸気・二酸化炭素などの物質輸送に関して、長期間にわたる信頼できるデータ取得を可能とするような観測手法を確立する。また、熱・物質輸送の、相互の相似性、特異性、非定常性に関するデータ解析を通じて、乱流輸送現象を解明する。また、特に生態系との物質交換について、1-1cと連携して研究を進める。

1-1c 草原生態系の微気象生態学的解析

陸域環境研究センターの実験草原を中心として、生態学と微気象学の両面から草原生態系の動態を解析し、草原生態系の環境形成作用を炭素・水・熱の観点から明らかにする。

1-2 流域を対象とした研究

1-2a 山から海への地表物質の流出過程および地形形成プロセスに及ぼす生物の影響評価

地形環境の成り立ちに植生をはじめとする生物が重要な役割を演ずる仕組みを、山地小流域、河川、湖岸、海岸を対象として明らかにする。

1-2b 水文プロセスと生物地球化学プロセスの統合化に関する研究

森林流域を基本単位とし、流出機構や水の流動経路といった流域の水循環プロセスを明らかにするとともに、流域内の有機・無機物質の動態解析を行い、流域の水文プロセスが水質形成や生態系物質循環に及ぼす影響を明らかにする。

1-2c カラム大気の大気熱・水蒸気量の変動観測手法の研究

孤立した山岳とその周辺に高精度の気圧計を複数展開することにより下層大気の加熱量の鉛直積算値を見積もることができる。また GPS により水蒸気の鉛直積算値である可降水量を見積もることができる。陸域環境研究センターに近い筑波山周辺や北関東の山岳を対象に、下層大気の加熱量や可降水量を継続的に観測し、渦相関法などによる地表面熱フラックスと比較する。また、境界層や局地循環の日変化および大規模場の変動との関係を明らかにする。

[2] アジア域における物質・エネルギー循環に関する研究

北東アジアにおける大気・水・植生間の水・熱・物質循環を題材として、現地観測とそのデータ解析・数値モデルの構築を通じて、森林・草地・砂漠からなる植生変遷域での水循環機構の変化のモデル化を行い、効率的な水利用のあり方を探る。特に、1) 大気境界層の挙動と領域水・熱フラックスの関係、2) 同位体比の観測による広域水循環の把握、3) 大気モデルによる乾燥地・半乾燥地の水・熱循環把握、4) 草原生態系の水・炭素循環と人間活動の関係の把握、5) 分布型水文モデルによる水利用のモデル化、を中心に研究を行う。以下のような年次計画で研究を進行させていく。

平成13 - 14年度：概略的な研究計画、そして詳細な研究計画の立案と観測計画の作成

平成15 - 16年度：現地における観測、モデル入力値の取得

平成17 - 18年度：観測データの解析、モデル化研究、研究のとりまとめ

(関連：CREST プロジェクト)

[3] 乾燥地域における降水過程とその変動予測に関する研究

地球規模の気候変動が地域の降水量の与える影響については、いまだに有効な予測手段がない。この研究ではとくに水資源の脆弱な乾燥域を対象に、該当地域の農業活動との関係を念頭において、温暖化など地球規模の気候変動や地表面の改変が該当地域の降水量や日照時間に及ぼす影響

の予測可能性について研究する。領域気候モデルを用いて大規模循環場と地域の降水量の関係を調べるとともに、乾燥域で得られた観測データをもとに、陸面過程（顕潜熱フラックス）と大気境界層および雲活動との相互作用を検討し、地域内の大気・陸面フィードバックシステムを解明する。これにより、大規模場の変動や地表面の人為的改変による地域の降水変動の予測に必要な条件を探る。実施にあたっては研究推進計画[2]と緊密に連携する。

平成13年度：対象地域の選定，基礎資料の収集

平成14年度：乾燥域における対流雲と放射の関係のモデル化

平成15年度：乾燥域における陸面過程と境界層・対流雲の相互作用の解明

平成16年度：客観解析データおよびGCM出力と領域気候モデルによる大規模循環場と地域の降水量の関係の解明

平成17年度：複数のGCMおよび領域気候モデルによる予測実験と相互比較

平成18年度：地域の降水量・日射量の変動の予測信頼性の総合評価，とりまとめ

（関連：地球研プロジェクト）

[4] 陸域環境に関わる学際的研究計画の立案

陸域環境研究センターでは水文学，生態学，気候学など複数の学問分野の研究者が協力して研究を進めている。しかしながら，陸域における環境問題の解明の一環として，土壌・植生・大気間の水・二酸化炭素などの物質交換に関する研究をさらに推進・拡大するためには，理学系の枠組みを越えた一層広範な学際的な研究が不可欠である。このため陸域環境にかかわる複数の学系の研究者が中心となって，陸域における環境問題の解明に直結するとともに，学際的国際的かつ新しい視点に立った研究計画を立案し，その実施に向けての条件整備を行う。研究推進計画[2]，[3]の後継計画であり平成15 - 17年度開始をめざす。

平成13年度：地球環境学研究所のプロジェクト研究の動向調査，関係学系との協議

平成14年度：CREST，振興調整費，科研費Sなどの動向調査，関係学系との協議

関連する学内部局との協議，海外機関・研究者との協議

GEWEX, IGBP など国際研究組織の動向調査

研究計画の概要の立案

平成15年度：研究計画の立案，予算要求，研究の開始

平成16年度：同上

（関連：地球研・科研費S・その他大型予算）

課題総括および業績等リスト

[1] 陸域および流域における物質・エネルギー循環に関する基礎研究

1-1 陸域環境研究センターの保有する実験施設を活用した研究

1-1a 地表物質移動に及ぼす植生の影響に関する実験的研究

***** 総括 *****

山地斜面における地表物質の動態におよぼす植生の効果を明らかにするために、三次元地形模型実験手法を開発する。また、河川における研究では、大型水路実験施設を活用して植生の河床形態・河川環境の変化過程に関する基礎的な研究を行う。さらに、造波水槽や小型水路実験装置を利用して、湖岸地形・海岸地形にまで応用・発展させる、という中期計画に基づいて、以下のように、水路実験による研究を実施した。

1) 植生の影響で網状流路から蛇行流路へ

大型水路の砂礫床に平成 13 年度は粟を、平成 14 年度には大麦の種を播種して、発芽して数センチの長さに成長した植物群落が水流に及ぼす影響を調べた。播種前には網状流だった流れが植物群落の影響を受けて、メリハリの利いた流れ、具体的には蛇行流に変態することを確かめた。河道の変態は流量や流砂量の変化によって生じるという従来知見に対して、新たな視点が加えられた。

時を同じくしてミネソタ大学の St. Anthony Falls Laboratory において実施された同種の実験結果との比較のために、Chris Paola 教授の指導を受けて実際に実験を実施した Karen Gran (現在はワシントン大学の大学院生) を招聘して、「河畔植生が網状流河道の形状に及ぼす影響」という講演会を開催した。その結果、共通した結論に至っていることがわかったが、ミネソタ大学でも、われわれと同様に、繰り返し播種 (multiple seeding) の必要性を認識していることに驚いた。

2) 斜面侵食過程におよぼす生物 (地衣類) の働き

屋外に傾斜角 45°、長さ 2 m ほどの斜面を砂で作成し、その地形変化を平成 15 年度に通年観測した。砂山は春から夏にかけては次第に変形したものの、風雨にたたかれているにもかかわらず、秋には全く変化しなくなった。その斜面が冬になって急激に変化した。乾燥と凍結とによって斜面を構成していた砂層中の地衣類が死滅・破壊されたためと判断されるが、この種の実験を今後一層盛んにすることが望まれる。

3) 侵食基準面の変動が河川地形環境に及ぼす影響

(1) 大型水路実験

平成 15 年度から、侵食基準面（具体的には海水準）の変動速度が河川地形環境に及ぼす影響を調べる実験を大型水路で開始した。実際の河成平野は後氷期の海水準変動の環境下で発達したからにはほかならない。その結果、海水準変動速度の重要性を明らかにできた。

(2) 平面水路実験

従来の水路実験がともすれば直線・長方形断面水路を用いた土砂水理実験にとどまっていたとの反省に立って、河成平野の成り立ちを平面水路で探る実験手法の開発に努めてきたが、大型水路実験の成果を取り込むことによって、河成平野の成り立ちに氾濫水流の働きが重要であることを平面水路実験によって明らかにした。

松本栄次教授による講演会（平成 16 年 2 月 28 日開催）の際の実験観察会では、アマゾン川中流における分岐河道の存続条件を 60 名の参加者に平面水路を用いて説明した。

4) 実験手法の開発

磯の海底（海食台）の多くは侵食過程にあり、砂礫の欠乏状態にある。このような磯の海食台の成り立ちを調べる造波水槽実験手法を平成 15 年度に開発し、これを用いて、海食台の縦断勾配が海底の起伏の大小に支配されていることを明らかにしたのをはじめとして、山地斜面プロセスや山体の開析過程を調べる降雨実験手法など、いくつかの新たな実験手法を開発した。

5) 盛んになった共同実験

各種の小型実験装置を用いて、1) 飛砂と砂丘、2) 海底におけるオウムガイの運搬・堆積、3) 鍾乳洞の壁面に発達するスカラップ、4) 海底におけるバックセット層理、5) 岩石海岸の海食台の縦断勾配、6) 砂浜海岸の浅海底地形縦断形、7) 海水準変動と三角州堆積層など、さまざまな実験的研究が学内外の研究者によって盛んに行われるようになった。

6) 実験観察会をたびたび開催

学園都市の研究機関の研究者との連携を強めるべく、講演会やセミナーに加えて実験観察会を毎年数回開催して、地形環境の成り立ちを調べる水路実験法を宣伝している。学内外の研究者との共同研究件数の増加はこのような努力が次第に認められるようになったためであろう。

***** 研究業績 *****

著書 (分担執筆等)

池田 宏 (2001): 「地形を見る目」. 古今書院, 158p.

紀要・報告書・解説・Proceedings 等 (査読なし)

飯島英夫 (2003): 大型水路に「鉄砲水」を発生させる. 筑波大学技術報告, 23, 49-54.

小暮哲也・青木 久・前門 晃・松倉公憲 (2003): 琉球石灰岩からなる海食崖の崩落に関する斜面安定解析の再検討. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 4, 97-101.

小松陽介 (2002): 大型水路実験へのデジタル写真測量技術の適用. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 3, 67-73.

佐々木良宜・若月 強・松倉公憲 (2003): 西津軽地域における海成段丘崖の勾配と地質との関係. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 4, 89-95.

島田博明・小口千明・松倉公憲 (2002): レンガの塩類風化に関する一室内実験. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 3, 59-65.

鈴木麻沙美・高屋康彦・松倉公憲 (2000): 石灰岩タブレットを用いた溶解実験. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 1, 19-25.

関 智弥・池田 宏 (2003): 霞ヶ浦におけるヨシ原の分布と低地の成り立ち. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 4, 75-88.

豊田麻衣・池田 宏 (2003): 霞ヶ浦湖岸平野の形成過程. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 4, 61-73.

山田 剛・松倉公憲 (2000): 凝灰岩の塩類風化に関する一実験. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 1, 27-34.

山田 剛・松倉公憲 (2001): 凝灰岩の柱状試料を用いた塩類風化に関する予察的実験. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 2, 19-23.

山田 剛・高橋 学・松倉公憲 (2002): 塩類風化に与える岩石物性の影響: 特に間隙径分布について. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 3, 49-57.

1-1b 大気境界層内における熱・物質輸送に関する研究

***** 総括 *****

大気境界層内における熱・物質輸送に関する研究は、a)GAME および GAME-AAN の下で行われたプロジェクト研究、b)広域における地表面熱・物質フラックスに関する研究、c)大気-地表面相互作用に関する基礎的プロセス研究、d)衛星リモートセンシングによる地表面熱・物質輸送の把握とその検証、の4つのカテゴリーに分類できる。以下、この順に概要を説明する。

a) GAME および GAME-AAN 関連

本センターはその前身である水理実験センターの時代より、GAME (GEWEX Asia Monsoon Experiment) の中で GAME-AAN(Asia Automatic Weather Station Network) をその中核センターとして推進して来た。GAME 後半の科学研究費特定領域研究 B「アジアモンスーン地域におけるエネルギー・水循環」においても、「放射・熱収支モニタリング」班(代表: 木村教授)の事務局として、国際・国内ワークショップの開催や GAME-AAN データベースの維持・管理、研究班の成果とりまとめなどの作業を行ってきた。また、2001年度からは GAME 全体の国内事務局としての機能も併せて果たしている。これらのプロジェクト推進事務局としての機能は、GAME がフェーズ2となっても引き継がれている。

このようなプロジェクト研究の事務局機能を果たしながら、プロジェクトの研究推進の一翼を担ってきた。GAME-AAN に関連する研究としては、モンゴルやチベット高原などにおける AWS を用いたフラックス観測の実施やフラックス観測機器の比較観測(石田ほか、2004)を通じて、地表面と大気の熱・物質交換に関する観測技術の確立に貢献してきた(宮崎ほか、2001など)。また確立した観測技術によって得られたデータから、東ユーラシアの各地域での様々な時間スケールにおいて見た、地表面熱収支の気候学的、微気象学的特性を明らかにしてきた(例えば、Miyazaki *et al.*, 2000)。また、AAN 以外の GAME プロジェクトへの貢献として、シベリアタイガ林上での航空機観測結果から、地表面での熱・水フラックスの時空間分布と土地被覆との関係、また大河川周辺の局地循環との関連を明らかにした(Hiyama *et al.*, 2003; Strunin *et al.*, 2004 など)。

b) 広域における地表面熱・物質フラックス

地表面における熱・水・二酸化炭素フラックスの広域平均値と広域分布を、ラジオゾンデ観測、航空機観測、タワー観測などを用いて、明らかにしようとする研究である。当該期間においては、航空機観測を用いた広域地表面フラックスに関する研究(浅沼ほか、2003a, 2003b)、ラジオゾンデを用いた研究(Asanuma *et al.*, 2000)、タワー観測を用いた研究(小谷・杉田、2003)等がある。

c) 大気 - 地表面相互作用に関する基礎的プロセス研究

大気と地表面間の熱・水・二酸化炭素などの交換に関する相互作用について、植生・土壌との関連や大気境界層内の乱流過程など、基礎的なプロセスに関する研究が行われた。土壌と大気とのインターフェースにおける水蒸気フラックスに関する研究(Yamanaka *et al.*, 2004)、大気境界層乱流における消散率と地表面フラックスとの関係に関する研究(浅沼・工藤, 2000; 浅沼, 2001)などが行われた。

d) 衛星リモートセンシングの検証

衛星リモートセンシングを用いて地表面の植生指標のモニタリングや、地表面熱・水フラックスの広域計測を行うことを念頭に、その手法開発や検証を行う研究が行われた。当該期間においては、当センターで行われた大規模な検証実験から衛星リモートセンシングから得られる植生指標の検証を行い、植生指標と地表面熱収支との関係を明らかにした(Higuchi, 2000; 樋口・近藤, 2000; 樋口ほか, 2000)。また、衛星リモートセンシングをもちいて広域地表面熱収支を求める手法に関する広範囲なレビューが行われた(松島, 2003)。

***** 研究業績 *****

国際誌 (査読つき)

- Asanuma, J., Dias, N.L., Kustas, W.P. and Brutsaert, W. (2000) : Observations of neutral profiles of wind speed and specific humidity above a gently rolling land surface. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **78**, 719-730.
- Gao, Z., Wang, J., Ma, Y., Kim, J., Choi, T., Lee, H., Asanuma, J. and Su, Z. (2000) : Calculation of near-surface layer turbulent transport and analysis of surface thermal equilibrium features in Naqu of Tibet. *Phys. Chem. Earth (B)*, **25**, 135-139.
- Gao, Z., Wang, J., Ma, Y., Kim, J., Choi, T., Lee, H., Asanuma, J. and Su, Z. (2000) : Study of roughness lengths and drag coefficients over Nansha sea region, Gobi desert, oasis and Tibetan Plateau. *Phys. Chem. Earth (B)*, **25**, 141-145.
- Higuchi, A., Kondoh, A. and Kishi, S. (2000) : Relationship among the surface albedo, spectral reflectance of canopy, and evaporative fraction at grassland and paddy field. *Adv. Space Res.*, **26**, 1043-1046.
- Hiyama, T., Strunin, M.A., Suzuki, R., Asanuma, J., Mezrin, M.Y., Bezrukova, N.A. and Ohata, T. (2003) : Aircraft observations of the atmospheric boundary layer over a heterogeneous surface in Eastern Siberia. *Hydrological Processes*, **17**, 2885-2911.
- Strunin, M.A., Hiyama, T., Asanuma, J. and Ohata, T. (2004) : Aircraft observations of

the development of thermal internal boundary layers and scaling of the convective boundary layer over non-homogeneous land surfaces. *Boundary-Layer Meteorology*, **111**, 491-522.

Suzuki R., Hiyama, T., Asanuma, J. and Ohata, T. (2004) : Land surface identification near Yakutsk in eastern Siberia using video images taken from a hedgehopping aircraft. *Int. J. Remote Sensing* (in press).

Yamanaka, T., Inoue, M. and Kaihotsu, I. (2004) : Effects of gravel mulch on water vapor transfer above and below the soil surface. *Agricultural Water Management* (in press).

国内誌 (査読つき)

浅沼 順 (2001) : 消散法による地表面フラックスの算定とその水田上での応用(2) - 消散率算定に伴う諸問題 - . 土木学会水工学論文集, **45**, 247-252.

浅沼 順・工藤裕己 (2000) : 消散法による地表面フラックスの算定とその水田上での応用. 土木学会水工学論文集, **44**, 181-186

浅沼 順・玉川一郎・檜山哲哉・松島 大 (2003a) : 航空機を用いた大気-地表面相互作用の観測 - その特徴と歴史, そして成果 - . 水文水資源学会誌, **16**, 183-192.

浅沼 順・小林秋規・早川典生 (2003b) : 航空機を用いた非一様地表面からの顕熱フラックスの定量化にまつわる諸問題について - FIFE における航空機観測データの再評価 - . 水文水資源学会誌, **16**, 101-112.

石田祐宣・松島 大・樋口篤志・檜山哲哉・戸田 求・浅沼 順・玉川一郎・宮崎 真・田中賢治・杉田倫明・永井秀幸・田中久則・飯田真一・小林菜花子 (2004) : 2001 年筑波大学陸域環境研究センター(TERC)における乱流計測機集中観測: 機器比較と校正による誤差の解析. 水文・水資源学会誌, **17**, 43-66

樋口篤志・近藤昭彦 (2000) : 草地・水田・雑木林での地表面フラックスと衛星より得られる可視・近赤外波長域の分光反射特性および植生指標との関係 II. 衛星より得られる可視・近赤外波長域の分光反射特性と地表面フラックスとの関係. 水文・水資源学会誌, **13**, 137-147.

樋口篤志・近藤昭彦・池田正一・黒子裕史 (2000) : 草地・水田・雑木林での地表面フラックスと衛星より得られる可視・近赤外波長域の分光反射特性および植生指標との関係 I. 各土地被覆での地表面フラックスの季節変化. 水文・水資源学会誌, **13**, 124-13.

松島 大・浅沼 順・檜山哲哉・玉川一郎 (2003) : 熱赤外リモートセンシングと熱収支法に基づいた地表面熱フラックスの推定法. 水文・水資源学会誌, **16**, 170-182.

Yamanaka, T. (2000) : Testing an energy balance model for the simultaneous estimation of actual evaporation and soil moisture conditions. 日本地下水学会誌, **42**, 47 - 60.

紀要・報告書・解説・Proceedings等(査読なし)

- 飯田真一・新村典子・浅沼 順 (2002) : 筑波大学陸域環境研究センター熱収支・水収支観測圃場における短波および長波放射量の個別測定に基づく放射4成分収支の評価. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 3, 1-10.
- 北村彩子・泉 岳樹・松山 洋 (2003) : 筑波大学陸域環境研究センターにおける地表面熱収支の日変化とリモートセンシングへの応用. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 4, 31-40.
- 小谷亜由美・杉田倫明 (2003) : 陸域環境研究センター気象観測塔における広域熱・水蒸気・CO₂フラックスの測定. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 4, 103-108.
- 戸田 求・玉川一郎・宮崎 真・松島 大・後藤順也・宮本 格 (2000) : 解説シリーズ「水文・水資源観測最前線」乱流フラックス集中観測 - フラックス野郎の会 -. 水文・水資源学会誌, 13, 396-405.
- 新村典子・飯田真一・浅沼 順 (2002) : 熱収支・水収支観測圃場に設置した4成分放射計の概要について. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 3, 11-16.
- 樋口篤志・西田顕郎・飯田真一・新村典子・近藤昭彦 (2000) : PGLIERC (Preliminary Global Imager Experiment at Environmental Research Center); その概要について. 日本水文学会誌, 30, 81-91 .
- 宮崎 真・杉田倫明・安成哲三 (2001) : 各種プロジェクトにおけるフラックス測定例 (GAME - AAN). 気象研究ノート, 199, 201-213 .
- 山中 勤・岸井徳雄・葛葉泰久・杉田 文 (2001) : 大気 - 陸面間の水・熱交換過程における表層土壌水分の役割に関する風洞実験と数値実験. 全球水文過程における災害予測に関する研究成果報告集, 防災科学技術研究所, 232-239.
- Aoki, S., Asanuma, J., Hayakawa, N., Kim, J., Choi, T.J., Lee, H., Gao, Z., and Wang, J. (2001) : Scale analysis of the turbulence heat transfer over the Tibetan Plateau with wavelet transform. *Proceedings of GAME-AAN International Workshop*, GAME Publication, No.28, 79-80.
- Asanuma, J. and Kamimera, H. (2003) : Long-term trend of the pan evaporation as an index of the global hydrological change, *Proc. International Symposium on Disaster Mitigation and Basin-Wide Water Management*, Niigata, Japan.
- Asanuma, J. and Kamimera, H. (2004) : Long-term trends of pan evaporation measurements in Japan and its relevance to the variability of the hydrological cycle, *Symposium on Water Resource and Its Variability in Asia in the 21st Century*, March 1-2, Tsukuba, Japan, 37-40.
- Asanuma, J., Aoki, S., and Hayakawa, N. (2001) : Time-scale analysis of the sensible/latent heat transfer over the Tibetan Plateau using orthogonal wavelet transform. *Proc. Climate Conference 2001*, Utrecht, Belgium.

- Asanuma, J., Aoki, S., Hayakawa, N., Kim, J., Choi, T., Wang, J., and Gao, Z. (2001) : Time-scale structure of the heat/vapor flux over the Tibetan Plateau revealed by orthogonal wavelet transform. *Proceedings of the 5th International Study Conference on GEWEX in Asia and GAME*, Nagoya.
- Asanuma, J., Ishikawa, H., Tamagawa, I., and GAME-Tibet Boundary Layer Group (2001) : Mobile turbulence measurements of heat fluxes over Tibetan Plateau. *Proceedings of the 5th International Study Conference on GEWEX in Asia and GAME*, Nagoya.
- Asanuma, J., Hiyama, T., Strunin, M., Metzrin, M.Y., Suzuki, R. and Ohata, T. (2001) : Spatial scales relevant to the heat and scalar transports over Siberian Taiga forest revealed with the aircraft observation. *Proceedings of the 5th International Study Conference on GEWEX in Asia and GAME*, Nagoya.
- Ishida, S., Toda, M., Tamagawa, I., Miyazaki, S., Sugita, M., Matsushima, D., Gotoh, J., Miyamoto, T., Iida, S. and Ishikawa, H. (2001) : Comparison of the different turbulent measuring sensors. *Bulletin of the Terrestrial Environment Research Center, University of Tsukuba*, No.1, Supplement, 86-88.
- Kaihotsu, I., Ohno, H., Miyazaki, S., and Yasunari T. (2000) : Different scale measurements of soil moisture on the ground. *Proceedings of IGARSS 2000 of IEEE*, 1250-1252.
- Miyazaki, S., Tsukamoto, O., Kaihotsu, I., Miyamoto, T. and Yasunari, T. (2000) : The energy imbalances observed in Tibetan Plateau and Mongolian Plateau. *Proceedings of the 2nd International Workshop on TIPEX/GAME-Tibet*, 1-3.
- Miyazaki, S., Miyamoto, T., Kaihotsu, I., Yasunari, T., Davaa, G., Oyunbaatar, D. and Natsagdorj, L. (2001) : The relation among vegetation, soil moisture and seasonal variation of evapotranspiration over Mongolia. *Proceedings of the 5th International GAME Conference*, 107-112.
- Miyazaki, S., Ohishi, H., Yasunari, T., and Natsagdorj, L. (2001) : Inter-annual variation of surface heat balance in northern Mongolia. *Proceedings of the 4th International Scientific Conference on the Global Energy and Water Cycle*, 86.
- Miyazaki, S., Sugita, M., Suzuki, R., Tsukamoto, O., Kaihotsu, I., Tanaka, K., Toda, M., Tanaka, K., Ishikawa, H., Yabuki, H., Kodama, Y., Ohta, T., and Yasunari, T. (2001) : A comparative study of surface conditions and surface heat flux with seasonal march in Eurasian Continent. *Proceedings of the 5th International GAME Conference*, 476-480.
- Miyazaki, S., Tsukamoto, O., Toda, M., Ohta, N., Tanaka, K., Kaihotsu, I., Miyamoto, T. and Yasunari, T. (2001) : Comparative study of seasonal variation of surface heat

flux in Asia. *Proceedings of the International Workshop on GAME-AAN/radiation, Bulletin of the Terrestrial Environment Research Center, University of Tsukuba*, No.1, Supplement, 95-97.

Nishida, K., Higuchi, A., Iida, S., Niimura, N. and Kondoh, A. (2001) : PGLIERC: a test of remote sensing of hydrology in a grassland. *"Remote Sensing and Hydrology 2000", IAHS Publication, 267*, 223-224.

Nohara, D., Miyazaki, S., Sugita, M., Yamanaka, T., Kimura, F. and Yasunari, T. (2003) : *GAME Asian Automatic Weather Station Network Data CD-ROM*, Ver. 1.0 (through year 2000), Terrestrial Environment Research Center, University of Tsukuba.

Shannigrahi, A.S., Fukushima, T. Ozaki, N. and Hasegawa, S. (2003) : Settling flux of PAHs on the ground surface. *筑波大学陸域環境研究センター報告*, 4, 41-50.

Tsukamoto, O., Joko, M., Ishikawa, H., Miyazaki, S., Kim, J., Ma, Y., and Hu, Z. (2001) : Diurnal and seasonal variations of surface fluxes and boundary layer over Tibetan Plateau. *Proceedings of the 5th International GAME Conference*, 300-303.

Yasunari, T., Miyazaki, S., Igarashi, H. and Ohishi, H. (2001) : Climatology of surface energy balance over Eurasia deduced from GAME-AAN and NCAR/NCEP. *Bulletin of the Terrestrial Environment Research Center, University of Tsukuba*, No1., Supplement, 107.

Yatagai, A., Miyazaki, S., Sugita, M., Tsukamoto, O., Ohte, N., and Toda, M. (2001) : Comparative study of surface fluxes derived from four-dimensional data as simulation products with AAN observations. *Bulletin of the Terrestrial Environment Research Center, University of Tsukuba*, No.1, Supplement, 25-28.

修士論文

青木幸子 (2000) : チベット高原における乱流による水・熱・運動量輸送の時間・スケール特性の評価. 90p. (長岡技術科学大学大学院)

宮本 格 (2001) : モンゴルにおける蒸発散量の季節変化と植生及び表層土壌水分量との関係. 58p. (筑波大学環境科学研究科)

小谷亜由美 (2003) : 多様な土地利用形態が混在する地域における広域スケールの熱収支. 96p. (筑波大学環境科学研究科)

卒業論文

大石 斉 (2000) : モンゴルにおける地表面熱収支の年々変動. 88p. (筑波大学自然学類)

中村史郎 (2002) : シベリアにおける航空機観測による地表面フラックスの評価. 101p. (筑波大学自然学類)

家本 薫 (2003) : 大口径シンチロメーターを用いた収穫後の水田における顕熱フラックス

の測定. 35p. (筑波大学自然学類)

富田幸子 (2003) : 航空機によるシベリアタイガ林複雑地表面での地表面フラックス分布の
相関解析. 65p. (筑波大学自然学類)

網川明芳 (2004) : 草地上の大気水蒸気および蒸発散フラックスの同位体組成. 39p. (筑波大
学自然学類)

***** 競争的資金獲得状況 *****

(科学研究費等)

H11-14 科研費特定研究(B): 「アジアモンスーン地域におけるエネルギー・水循環」(代表:
安成哲三, 研究班代表: 木村富士男, 分担: 宮崎 真・浅沼 順) 554,500 千円

H12-14 科研費特定研究(B)内の研究課題「放射・熱収支モニタリング」(代表: 木村富
士男, 分担: 宮崎 真) 72,300 千円

H13 筑波大学学内プロジェクト奨励研究: 「大気境界層内における熱・水・二酸化炭素輸
送の相似性に関する時間-周波数解析」(代表: 浅沼 順) 500 千円

H13-14 科研費奨励研究(A): 「乱流変動値を用いた地表面における熱・水・物質交換量の
算定手法に関する研究」(代表: 浅沼 順) 2,300 千円

H13-14 鳥取大学乾燥地研究センター共同研究(B-II): 「非均質条件下における土壌面蒸発
の抑制過程」(代表: 山中 勤) 528 千円

H14-15 科研費成果公開促進費(データベース)「アジア自動気象観測装置ネットワーク
(GAME-ANN) データベース」(代表: 木村富士男, 分担: 宮崎 真, 野原大輔, 山中 勤)
8,000 千円

H14-16 科研費基盤研究(A): 「モンスーンアジアにおける地表面変化と気候・水循環変動」
(代表: 安成哲三, 分担: 木村富士男・浅沼 順) 42,800 千円

H15 筑波大学学内プロジェクト奨励研究: 「大気境界層内における熱・水・二酸化炭素輸
送の相似性に関する時間-周波数解析」(代表: 浅沼 順) 500 千円

1-1c 草原生態系の微気象生態学的解析

***** 総括 *****

本研究は、1) 観測から地表面と大気間の炭素交換過程を明らかにし、連続的な観測結果から生態系炭素収支(NPP)を求め、その年内あるいは年々変動を議論する観測研究、2) 気温上昇・CO₂ 倍増条件下での生態系の反応を調べる実験的研究、3) 観測研究・実験研究の結果を基に、植生の気候への反応またそのフィードバックをモデル化するモデル研究、の3つの段階に分類することができる。

観測研究では、当センター水収支・熱収支観測圃場における長期間における炭素フラックスの渦相関法による観測を下に、草原生態系の年間炭素収支とその年々変動について議論した (Toda *et al.*, 2000; Li *et al.*, 2003; Li *et al.*, 2004)。

実験研究では、温度・二酸化炭素勾配型温室を用いて、IPCCにおいて予測される温暖化進行後の気候に対して、C3・C4の各植物がどのような反応をするかを調べた (Lee *et al.*, 2000; Lee *et al.*, 2001; Usami *et al.*, 2001)。

モデル研究においては、陸上生態系における炭素循環モデル(Sim-CYCLE)を作成し、その検証を行った。また、月単位のモデルである Sim-CYCLE を日単位、または1時間単位の細かい時間ステップで実行できるような改良(Sim-CYCLE-eddy)を行っている(李, 2002)。

***** 研究業績 *****

国際誌 (査読つき)

Alexandrov, G.A. and Oikawa, T. (2002) : TsuBiMo: A biosphere model of the CO₂-fertilization effect. *Climate Research*, **19**, 265-270.

Alexandrov, G.A., Oikawa, T. and Yamagata, Y. (2002) : The scheme for globalization of a process-based model explaining gradations in terrestrial NPP and its application. *Ecol. Modelling*, **148**, 293-306.

Alexandrov, G.A., Oikawa, T. and Yamagata, Y. (2003) : Climate dependence of the CO₂ fertilization effect on terrestrial net primary production. *Tellus B*, **55**, 669-675.

Ito, A. and Oikawa, T. (2002) : A simulation model of the carbon cycle in land ecosystem (Sim-CYCLE): A description based on dry-matter production theory and plot-scale validation. *Ecol. Modelling*, **151**, 147-179.

Kasai, K., Usami, T., Lee, J., Ishikawa, S. and Oikawa, T. (2000) : Responses of ectomycorrhizal colonization and morphotype assemblage of *Quercus myrsinaefolia* seedling to elevated air temperature and elevated atmospheric CO₂. *Microbes and*

- Environments*, **15**, 197-207.
- Lee, J., Oikawa, T., Mariko, T. and Lee, H. (2000) : Effects of elevated CO₂ and temperature on seedling emergence of herbs in Japanese temperate grassland. *The Korean Journal of Ecology*, **23**, 423-431.
- Lee, J., Usami, T., Oikawa, T. and Lee, J. (2000) : High performance of temperature gradient chamber newly built for studying global warming effect on plant population. *The Korean Journal of Ecology*, **23**, 293-298.
- Lee, J., Usami, T. and Oikawa, T. (2001) : High performance of CO₂-temperature gradient chamber newly built for studying global warming effect on a plant population. *Ecological Research*, **16**, 347-358.
- Li, S., Harazono, Y., He, H., Chang, X., Zhao, X., Zhang, T. and Oikawa, T. (2002) : Micrometeorological changes following establishment of artificially established artemisia vegetation on desertified sandy land in the Horqin Sandy Land, China and their implication in regional environmental change. *J. Arid Environment*, **52**, 101-119.
- Li, S.G., Lai, C.-T., Yokoyama, T. and Oikawa, T. (2003) : Seasonal variation in energy budget and net ecosystem CO₂ exchange over a wet C3/C4 co-occurring grassland: effects of development of the canopy. *Ecological Research*, **18**, 661-675.
- Li, S.G., Lai, C.-T., Lee, G., Shimoda, S., Yokoyama, T., Higuchi, A. and Oikawa, T. (2004) : Evapotranspiration from a wet temperate grassland and its sensitivity to microenvironmental variables. *Hydrological Processes*, **18** (in press).
- Toda, M., Saigusa, N., Oikawa, T. and Kimura, F. (2000) : Seasonal changes of CO₂ and H₂O exchanges over a temperate grassland. *J. Agric. Meteorol.*, **56**, 195-207.
- Usami T., Lee, J. and Oikawa, T. (2001) : Interactive effects of increased temperature and CO₂ on the growth of *Quercus myrsinaefolia* saplings. *Plant, Cell and Environment*, **24**, 1007-1019.
- Yamazaki, J., Ohashi, A., Hashimoto, Y., Negishi, E., Kumagai, S., Kubo, T., Oikawa, T., Maruta, E. and Kamimura, Y. (2003) : Effects of high light and low temperature during harsh winter on needle photodamage of *Abies mariesii* growing at the forest limit on Mt. Norikura in central Japan. *Plant Sci.*, **165**, 257-264.

著書 (分担執筆等)

- 及川武久 (2003) : 「エルニーニョが二酸化炭素増加を遅らせる？」. パリティ編集委員会編 『地球大循環とエルニーニョ』, 13-16, 丸善.
- 及川武久 監訳 (2003) : 「植生と大気の4億年:陸域炭素のモデリング」. 京都大学学術出版会, Beerling, D.J. and Woodward, F.I. "Vegetation and the Terrestrial Cycle", 454p.

紀要・報告書・解説・Proceedings 等 (査読なし)

- 井栴史彦・莫 文紅・加藤美恵子・及川武久 (2002) : 陸域環境研究センター圃場における 2001 年の C₃/C₄ 混生草原の LAI と地上部バイオマスの季節変化. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 3, 17-25.
- 加藤知道・古 松・杜 明遠・李 英年・趙 新全・唐 艶鴻・及川武久 (2002) : 中国青海省高山草原における CO₂ フラックスと環境要因. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 3, 105-110.
- 下田星児・李 勝功・及川武久 (2002) : 草原における群落表面温度と微気象要素の日変化. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 3, 111-114.
- 下田星児・莫 文紅・村山昌平・高村近子・及川武久 (2003) : 大気炭素安定同位体比による C₃/C₄ 混生草原生態系 CO₂ 交換特性の解析. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 4, 11-17.
- 西田顕郎・樋口篤志 (2000) : リモートセンシング実験でみられた, 水理実験センターの圃場の草地植生の季節変化. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 1, 1-10.
- 莫 文紅・下田星児・鞠子 茂・及川武久 (2002) : 筑波大学実験草原圃場(C₃/C₄ 混生草原)における炭素フラックスの細分化. 生態学的解析. 基盤研究(A)(1)平成 14 年度成果報告書, 5-7.
- 莫 文紅・井栴史彦・横山智子・及川武久 (2003) : 陸域環境研究センター圃場における 2002 年の C₃/C₄ 混生草原の LAI と地上部バイオマスの季節変化. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 4, 109-117.
- 望月久美子・及川武久・広田 充・李 載錫・鞠子 茂 (2002) : アオウキクサの生長に及ぼす CO₂ 濃度と温度の影響. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 3, 115-119.
- 横山智子・及川武久 (2000) : 水理実験センターの圃場における C₃/C₄ 植物の LAI とバイオマスの季節変化. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 1, 67-71.
- 横山智子・及川武久 (2001) : 陸域環境研究センター圃場における 2000 年の C₃/C₄ 混生草原の LAI とバイオマスの季節変化. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 2, 37-39.
- 李 吉宰・及川武久 (2002) : 温帯性 C₃/C₄ 混生草原の炭素・水フラックスのモデル (Sim-CYCLE-Eddy) 開発. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 3, 97-103.
- 李 勝功・及川武久 (2000) : C₃/C₄ 混生草原における CO₂ フラックスの日変化. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 1, 73-75.
- 李 勝功・下田星児・李 吉宰・及川武久 (2002) : 各種陸上生態系における炭素・水・熱フラックスの相互関係の微気象. 生態学的解析. 基盤研究(A)(1)平成 14 年度成果報告書, 5-7.
- 李 載錫・李 吉宰・及川武久 (2002) : パラグライダーから撮影した写真に基づく草原群落の種組成解析とバイオマスとリター量の推定について. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 3, 27-33.

Imanishi, K., Ito, A. and Oikawa, T. (2003) : Model analysis of carbon dynamics of ecosystems in eastern Siberia taking account of permafrost dynamics. *Proceedings of the Tenth Symposium of the Joint Siberian Permafrost Studies Between Japan and Russia in 2001*, 59-63.

博士論文

- Kato, Tomomichi (2004) : CO₂ exchanges between the atmosphere and an alpine meadow ecosystem on the Qinghai-Tibetan Plateau. 193p. (筑波大学生物科学研究科)
- Lee, Jae-Seok (2001) : An analysis of growth in C₃ and C₄ plant populations using newly built temperature gradient chamber and CO₂-temperature gradient chamber. 123p. (筑波大学生物科学研究科)
- Li, Sheng-Gong (2001) : Micrometeorological and ecological analyses of energy budget and CO₂ flux over a C₃ and C₄ co-existing grassland under global warming conditions. 155p. (筑波大学生物科学研究科)

修士論文

- 横山智子 (2001) : C₃/C₄ 混生草原の季節動態に及ぼす地球温暖化の影響について生理生態学的解析. 42p. (筑波大学環境科学研究科)
- Fujita, Yoshiko (2004) : Estimation of underground biomass of each species in a grassland using quantitative real time PCR. 27p. (筑波大学環境科学研究科)
- Sakai, Hiroaki (2001) : Ecophysiological analysis of the effects of increasing CO₂ and temperature on growth characteristics of *Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii* saplings. 69p. (筑波大学環境科学研究科)
- Shimoda, Seiji (2002) : Analysis of CO₂ and H₂O fluxes of grassland on the basis of canopy surface temperature obtained by an infrared thermal imager. 70p. (筑波大学環境科学研究科)

卒業論文

- 井柵史彦 (2002) : C₃/C₄ 混生草原における季節動態の生態学的解析. 14p. (東洋大学生命科学部)
- 藤田美歩 (2003) : 草原における顕熱・潜熱・CO₂ フラックスの季節変化と植生との関わり. 54p. (筑波大学自然学類)
- 武者正人 (2003) : 陸面植生水文モデルの草原上熱収支への適用 SiB2 を用いた植生変化の再現 . 66p. (筑波大学自然学類)

***** 競争的資金獲得状況 *****

(科学研究費等)

H12-14 筑波大学学内プロジェクト助成研究(A):「草原生態系接地境界面を介した熱輸送・炭素交換過程に関する微気象学および生態学的解析」(代表: 及川武久, 分担: 浅沼 順) 10,000 千円

H13-16 科研費基盤研究(A):「各種陸上生態系における炭素・水・熱フラックスの相互関係の微気象生態学的解析」(代表: 及川武久, 分担: 浅沼 順) 16,800 千円

1-2 流域を対象とした研究

1-2a 山から海への地表物質の流出過程および 地形形成プロセスに及ぼす生物の影響評価

***** 総括 *****

地形環境の成り立ちに植生をはじめとする生物が重要な働きを演ずる仕組みを，山地小流域，河川，湖岸，海岸を対象として明らかにする，という中期計画に沿って，以下のよう
な研究活動を展開した．

1) 「流域の土砂流出環境を読む」研究集会の主催

流域からの土砂流出現象を総合的に明らかにするためには，異なる学問分野の研究者が
共に現地を歩いて討議することが必要である．この考えに基づいて，「流域の土砂流出現象
を読む 工学と地形学の双方のアプローチから」と称する2泊3日の現地シンポジウム
を，京都大学防災研究所の一般研究集会(14K-11)として，穂高砂防観測所で開催した(平
成14年9月12日～14日，29名参加)．地形環境の成り立ちを「紙芝居」ではなく「ムー
ビー」で見ることの大切さを，この研究集会を通じて参加者に伝えた．

2) 生き物の働きによって成り立っている河川・湖岸・海岸

(1) 海岸の硬岩を弱体化させる生き物

山に木がなかったら，山の土が雨水に流されて禿山になってしまうことは理解されてい
るが，川や湖や海岸に生き物がいなかったらどうになってしまうかは，十分理解されていな
い．川の流れ，そして結果的には河川地形に河岸の植物が強い影響を与えることが大型水
路実験によって明確になったことから，湖岸や海岸の成り立ちを同様な視点から見直した．

海岸は浜と磯とに分けられる．周辺から大量の砂礫が供給されない，比較的硬い岩盤か
らなる海岸が磯になる．磯には，海面付近の高さに平坦な波食棚が発達する比較的軟岩か
らなる磯(たとえば外房や三浦半島などの磯)と急に深くなって波食棚が発達しない硬岩
からなる磯がある．中生代の硬岩からなる銚子半島の海老島(あしかじま)の磯には，し
かし，そのどちらとも異なり，大潮の低潮時にも干出しない，巨礫を載せた波食棚が発達
している．その成り立ちを現地で仔細に観察した結果，穿孔貝をはじめとする磯の生物の
働きによって硬岩が弱体化されることによって，海面下の波食棚が形成されている可能性が
明らかになった．

(2) 砂を貯留させて土地をつくる植物

霞ヶ浦の湖岸低地もアシ(葦，蘆)をはじめとする植生の働きによって成り立っている．
すなわち，砂礫が波によって激しく打ち寄せられる湖岸にはアシの群落は成立せず，湖岸

は海岸と似た浜になるが、やや波が弱い湖岸では、アシをはじめとする植物の群落が成立し、これによって浮遊土砂が沈積して、湖面の高さに平坦な土地が発達する。

このような視点に立つと、現在の湖岸低地は、波によって打ち上げられた砂礫が湖側に傾斜して堆積した砂礫浜・砂浜と生き物の働きによって湖面の高さに生じた平坦な泥からなる低地と湖面下に発達する海食台という、形態も構成物質も異なる3面が同時に形成されていることに気づく。これらを同時異面と呼ぶことを提案した。

3) 霞ヶ浦の流域環境研究と現地見学会の開催

陸域環境研究センターがその力を発揮して取り組むべき課題のひとつが地元にある。われわれが日々の飲み水を得ている霞ヶ浦が今まさに危機に瀕しているからだ。霞ヶ浦を再生させようと、研究機関も国も県も、さらには環境の保護と保全を訴える住民運動もそれぞれは熱心に進められてはいるものの、互いの共同・協力体制が弱い。当面の課題は、時間的(歴史的)・空間的(地理的)に広い視野を持ちながら、自然および社会との多面的な関わりの中でのもの考える視点を学ぶことである。

この考えに立って、霞ヶ浦流域を調査すると共に、福島県の松川浦、茨城県の涸沼や北浦など、異なる環境下にある汽水湖の比較調査を、平成15年度学内プロジェクト研究(実地調査等研究)経費の配分を受けて、実施した。その成果を現地で検討すべく、2回の現地見学会を開催した。第1回は霞ヶ浦の流域環境を探るバス巡検(桜川・恋瀬川流域、平成15年11月8日)であり、第2回は霞ヶ浦の生い立ちと現状を学ぶバス巡検(平成15年12月6日、各30名参加)である。

4) 現地見学会(巡検)をたびたび主催

陸域の地形環境の成り立ちを総合的に明らかにするためには、異なる学問分野の研究者が共に現地を歩いて討議することが必要であるとの考えに基づいて、身近な地域を歩く現地見学会を毎年数回以上、毎回30名ほどの参加者を得て実施した。

***** 研究業績 *****

国内誌(査読つき)

目代邦康・千木良雅弘(2004): 赤石山脈南部、大谷崩から山伏にかけての山体重力変形地形. 地理学評論, 77, 55-76.

紀要・報告書・解説・Proceedings等(査読なし)

赤崎久美子・松倉公憲(2001): 豊浜トンネル岩盤崩落:海食崖の不安定性に与えるノッチの影響. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 2, 7-12.

- 猪股 豪・松倉公憲 (2001) : 津軽十二湖における地すべり性大規模崩壊について. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 2, 13-18.
- 岡本圭世・池田 宏 (2000) : 利根川下流のシルト河床区間の成因. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 1, 35-41.
- 木村知子・松倉公憲 (2003) : 塩化ナトリウムによる大谷石の塩類風化実験. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 4, 149-155.
- 小花和宏之・有賀雄高・山本憲志郎・松倉公憲 (2000) : 磐梯山の崖錐斜面に分布する礫のファブリック. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 1, 51-57.
- 千木良雅弘・目代邦康 (2003) : 大谷崩と山伏. 日本地質学会第 110 年学術大会見学旅行案内書, 83-94.
- 柴山卓史・松倉公憲 (2000) : 斜面安定解析からみた 1998 年那須・白河豪雨にともなう斜面崩壊. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 1, 11-18.
- 橋本亜希子・小口千明・松倉公憲 (2003) : 高濃度の二酸化炭素環境下における石灰岩の溶解実験. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 4, 141-148.
- 林 千夏・池田 宏 (2000) : 四万十川中流の穿入蛇行の成り立ち. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 1, 43-50.
- 松倉公憲・高屋康彦・小口千明 (2001) : 光明寺墓石外柵に使用された花崗岩の風化について. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 2, 31-36.
- 目代邦康 (2003) : 堆積岩山地と花崗岩山地における山体の重力変形による地形的特徴・地質構造の比較研究. 地学雑誌, 112(3), 416-418.
- 目代邦康・池田 宏・飯島英夫・小松陽介・斉藤健一 (2003) : 河床形状に及ぼす植生の影響に関する大型水路実験. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 4, 129-134.
- 山口宏子・小口千明・西山賢一・松倉公憲 (2000) : 火砕流堆積物の岩石物性に関する予察的考察. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 1, 59-65.
- 若月 強・滝沢 茂・田中幸哉・松倉公憲 (2001) : 韓国京畿道に分布する花崗岩と片麻岩の鉱物粒径の差異. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 2, 25-30.
- 若月 強・飯田智之・松倉公憲 (2002) : 愛知県小原村, 粗粒花崗岩山地における簡易貫入試験からみた表層崩壊後 28 年間の土層形成. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 3, 35-47.
- 若月 強・佐々木良宜・松倉公憲 (2003) : 粒度組成の異なる地盤における土研式と筑波丸東製の簡易貫入試験計測値の比較. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 4, 135-140.

修士論文

- 斎藤健一 (2001) : 栃木県北部, 余笹川における 1998 年 8 月洪水による河道形状変化. 90p.
(筑波大学地球科学研究科)

卒業論文

関 智弥 (2003) : 霞ヶ浦におけるヨシ原の分布と低地の成り立ち. 69p. (筑波大学自然科学類)

豊田麻衣 (2003) : 霞ヶ浦湖岸平野の形成過程. 46p. (筑波大学自然科学類)

西川知行 (2002) : 銚子半島海鹿島海岸に発達する2段のベンチについて. 44 p. (筑波大学自然科学類)

湯本 学 (2001) : 栃木県那珂川支流, 荒川中・下流の地形発達. 44 p. (筑波大学自然科学類)

* * * * * 競争的資金獲得状況 * * * * *

(科学研究費等)

H14 社団法人東京地学協会 研究・調査助成: 「堆積岩山地と花崗岩山地における山体の重力変形による地形的特徴・地質構造の比較研究」(代表: 目代邦康) 400 千円

H15 筑波大学学内プロジェクト奨励研究: 「堆積物を用いたマスマーブメントの発生時期および様式の解明」(代表: 目代邦康) 400 千円

H15 京都大学防災研究所萌芽的共同研究: 「大規模山体変形メカニズムと速度の解明」(代表: 目代邦康) 260 千円

1-2b 水文プロセスと生物地球化学プロセスの統合化に関する研究

***** 総括 *****

本研究領域では、2000年2月に日米科学セミナー「森林流域の水文・生物地球化学に関する合同セミナー」が開催され、日米両国における水文物理過程および生物地球化学過程に関する研究およびモデリングに関する研究発表が行われた。このセミナーにおいては、日米における気候や地形・地質といった自然条件の違いが流域での流出プロセスや窒素動態におよぼす影響が指摘され、特に日本からは急峻な地形による水文物理過程の特徴や地下水の挙動が重要であることが示された。また、水質の変質過程において、森林～河川移行帯である河畔域(riparian zone)が重要であることや流路内での水質の変換プロセスの重要性が討議され、さらに個別研究の一般化やモデル化に関する議論が行われた。これらは今後のわが国における同分野の発展性を考える上で非常に重要であったと言える。本研究領域における本セミナーでの研究成果は、国際誌4編に公表され、セミナー全体の成果はMcDonnell, J.J. and Tanaka, T. eds.(2001): *Hydrology and Biogeochemistry of Forested Catchments*, John Wiley & Sons, 400p.としてまとめられた。

上記のセミナーでの結果を受けて、筑波大学農林技術センター川上演習林に設置した試験流域を対象にして、河畔域の地中水が渓流水の水質形成過程に果たす役割に関する研究が行われた。本研究においては、5.2haの一次流域を調査対象とし、土壌水・地下水を含む密な観測網を配置し、約1年間にわたって降雨流出、融雪流出および各月毎に降水、渓流水、土壌水、地下水の採取が行われ、一般水質分析および溶存有機炭素の分析が行われた。この一連の研究の結果、降雨流出と融雪流出過程および渓流水の水質形成過程において、河畔域の浅い地下水と斜面土壌水が重要な役割を果たしていることが明らかにされた。この結果は、斜面土壌水の流動経路とその成分濃度は、河畔域に存在する地下水によってリセットされることなく渓流に流出し得ることを意味しており、従来の研究結果に対して、新たな知見を得ることができた。本研究の結果は、地球科学研究科の博士論文として取りまとめるとともに、国際誌(査読つき)1編(印刷中)とその他の論文(査読なし)5編として公表された。

また、本研究領域における一般水質に関する研究として、半乾燥地域であるスーダン北東のガッシュ沖積盆地を対象にして、その水文地質学的特性と地下水の水質進化に関する研究が行われ、この研究成果は地球科学研究科の博士論文として取りまとめられた。さらに、地下水中の硝酸イオンの輸送・消滅に関する研究が、水理学的・生物化学的観点から進められ、この成果は国内誌(査読つき)1編、その他の論文1編としてまとめられた。

本研究領域における特色として、安定同位体や放射性同位体を利用して、流域研究に係わる研究が数多く実施された点が挙げられる。実施された研究テーマは、流域の乾湿や間伐といった流域の状態変化が渓流水の滞留時間に及ぼす影響に関する研究、降水の水蒸気

源に関する研究，関東平野における降水毎の同位体組成の時空間変動に関する研究，土壌中の有機物・二酸化炭素の炭素安定同位体比に関する研究，降水のトリチウム濃度の長期変動に関する研究，天然水の安定同位体データベースに関する研究，森林域における大気水蒸気と地中水の安定同位体組成に関する研究，同位体をトレーサーとした植物の土壌水利用戦略に関する研究等，多岐にわたっており，近年におけるこの分野での世界的な研究動向を反映している．これらの研究成果は，地球科学研究科の修士論文 1 件，国際誌 1 編，国内誌 1 編，その他の論文 4 編として公表された．

また，本研究領域においては，陸域環境研究センターに隣接するアカマツ林を対象として，不飽和帯におけるゼロフラックス面の挙動を明らかにし，これに基づいて林地からの蒸発散量と地下水涵養量を定量化した研究，土壌中の二酸化炭素の動態に関する研究，Granier 法を用いた樹液流速測定に基づく林分蒸散量の定量化に関する研究，植生遷移に伴う林地水収支の変化に関する研究等が精力的に実施された．これら一連の研究成果は，地球科学研究科の博士論文 2 件，国際誌 1 編，国内誌 3 編，その他の論文 8 編として公表された．

本研究領域における国際共同研究として，中国華北平原を研究対象とした「水循環過程に基づいた水資源の評価とその持続的利用」に関する研究が実施された．華北平原は中国の一大穀倉地帯であるが，水資源，特に地表水が不足しており，農業・産業・都市用水に係わる水資源はほとんど地下水に頼っている状況から，本共同研究では地下水利用の現状とその把握，広域地下水流動の実態調査等を実施し，水質を含む水資源としての地下水の評価を行った．これらの研究成果は，国際誌 3 編，国内誌 3 編，その他の論文 7 編および Proceedings 1 冊にまとめられた．

この他，扇状地における河川水と地下水の交流に関する研究，関東平野における地下水開発と管理に関する研究が行われ，それぞれ論文として公表された．また，「地下水の自然涵養」，「水資源」についてそれぞれ分担執筆が行われた．

本研究領域における過去 4 年間の公表論文数は，国際誌（査読つき）9 編，国内誌（査読つき）8 編，分担執筆および編著 3 件，その他の論文等（査読なし）32 編である．また，博士論文 4 件，修士論文 1 件，卒業論文 5 件が作成された．

***** 研究業績 *****

国際誌（査読つき）

Hamada, Y. and Tanaka, T. (2001) : Dynamics of carbon dioxide in soil profiles based on long-term field observation. *Hydrol. Processes*, **15**, 1829-1845.

Kobayashi, Y. and Tanaka, T. (2001) : Water flow and hydraulic characteristics of Japanese red pine and oak trees. *Hydrol. Processes*, **15**, 1731-1750.

- McDonnell, J.J. and Tanaka, T. (2001) : On the future of forest hydrology and biogeochemistry. *Hydrol. Processes*, **15**, 2053-2055.
- Ohte, N., Tokuchi, N., Shibata, H., Tsujimura, M., Tanaka, T. and Mitchell, M.J. (2001) : Hydrobiogeochemistry of forest ecosystems in Japan: major themes and research issues. *Hydrol. Processes*, **15**, 1771-1789.
- Shen, Y., Kondoh, A., Tang, C., Zhang, Y., Chen, J., Li, W., Sakura, Y., Liu, C., Tanaka, T. and Shimada, J. (2002) : Measurement and analysis of evapotranspiration and surface conductance of a wheat canopy. *Hydrol. Processes*, **16**, 2173-2187.
- Subagyono, K., Tanaka, T., Hamada, Y. and Tsujimura, M. (2004) : Defining hydrochemical evolution of streamflow through flowpath dynamics in Kawakami headwater catchment, Central Japan. *Hydrol. Processes* (in press).
- Yamanaka, T., Shimada, J. and Miyaoka, K. (2002) : Footprint analysis using event-based isotope data for identifying source area of precipitated water., *Journal of Geophysical Research*, **107**(D22), 4624, doi10.1029/2001JD001187, 2002.
- Yamanaka, T., Shimada, J., Hamada, Y., Tanaka, T., Yang, Y., Wanjun, Z. and Chunsheng, H. (2004) : Hydrogen and oxygen isotopes in precipitation in a northern part of the North China Plain: Climatology and inter-storm variability. *Hydrol. Processes*, **18** (in press).
- Zhang, Y., Liu, C., Shen, Y., Kondoh, A., Tang, C., Tanaka, T. and Shimada, J. (2002) : Measurement of evapotranspiration in a winter wheat field. *Hydrol. Processes*, **16**, 2805-2817.

国内誌 (査読つき)

- 飯田真一・田中 正 (2003) : Granier 法を用いた樹液流速の長期連続測定. 水文・水資源学会誌, **16**, 13-22.
- 井岡聖一郎・田瀬則雄 (2004) : 地下水中の硝酸イオンに対するシルト, 粘土層の役割-水文学的バリアか生物化学的バリアか-, 日本地下水学会誌, **46**(1), 37-50.
- 小林 義和・田中 正 (2001) : TDR 法による樹幹貯留水分の測定. 水文・水資源学会誌, **14**, 207-216.
- 近藤昭彦・田中 正・唐 常源・佐倉保夫・嶋田 純・芝野博文・劉 昌明・張 万軍・胡 春勝・劉 小京・李 紀人・陳 建耀・沈 彦俊 (2001) : 中国華北平原の水問題. 水文・水資源学会誌, **14**, 376-387.
- 近藤昭彦・唐 常源・佐倉保夫・田中 正・嶋田 純・宋 献方・新藤静夫・陳 建耀・沈 彦俊 (2002) : 中国 ,河北平原における水循環の認識と水問題の理解. 第 6 回水資源に関するシンポジウム論文集, 217-222.
- 唐 常源・近藤昭彦・嶋田 純・新藤静夫・佐倉保夫・田中 正・陳 建耀・沈 彦俊・

- 宋 献方 (2002): 中国,河北平原の地下水における硝酸態窒素汚染の現状について. 第6回水資源に関するシンポジウム論文集, 223-228.
- 濱田洋平・田中 正 (2002): tensionic 法を用いた土壌水の pH 測定. 水文・水資源学会誌, 15, 594-604.
- 山中 勤・嶋田 純・宮岡 邦任 (2001): 関東平野における暖候期のイベント降水同位体組成の時空間変動. 日本水文科学会誌, 31, 123 - 133.
- 著書 (分担執筆等)
- 田中 正 (2001): 「地下水の自然涵養」. 日本地下水学会編「雨水浸透・地下水涵養」, 理工図書, 50-64.
- 田中 正 (2002): 「水資源」. 不破敬一郎・森田 昌敏編「地球環境ハンドブック第2版」, 朝倉書店, 105-115.
- McDonnell, J.J. and Tanaka, T. eds. (2001): *Hydrology and Biogeochemistry of Forested Catchments*. John Wiley & Sons, 400p.
- 紀要・報告書・解説・Proceedings 等 (査読なし)
- 飯田真一・濱田洋平・田中 正 (2001): 筑波大学陸域環境研究センターに隣接するアカマツ林の胸高直径と立木密度の変化について. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 2, 1-6.
- 飯田真一・濱田洋平・安部 豊・田中 正 (2003): 筑波大学陸域環境研究センターに隣接するアカマツ林の下層植生について. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 4, 1-9.
- 嶋田 純・唐 常源・岩月輝希・徐 勝・田中 正・佐倉保夫・宋 献方・楊 永輝 (2001): 中国河北平原における近年の地下水状況変化と地下水流動について. 京都大学防災研究所水資源研究センター研究講演要旨集, 117-121.
- 田瀬則雄・井岡聖一郎 (2003): 水文地質と地下水・土壌汚染. 地下水学会誌, 45(1), 49-58.
- 田中 正 (2000): 水の循環 動いている水 . 第9回日本水環境学会市民セミナー「水環境の豊かさと水循環」, 1-6.
- 田中 正 (2002): 「長期モニタリングシステムによる林地からの実蒸散量の評価に関する研究」. 平成 12~13 年度科学研究費補助金基盤研究(C)(2)研究成果報告書, 75p.
- 田中 正・嶋田 純・近藤昭彦・佐倉保夫・唐 常源・芝野博文 (2001): 中国穀倉地帯における水循環過程に基づいた水資源の評価とその持続的利用. 日産科学振興財団研究報告書, 24, 53-56.
- 濱田洋平・田中 正 (2003): 筑波台地における土壌中の有機物および二酸化炭素の炭素安定同位体比. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 4, 19-30.
- 藪崎志穂・田瀬則雄・辻村真貴 (2002): 筑波大学陸域環境研究センター構内における地下水と土壌水の酸素・水素安定同位体比の特徴について. 筑波大学陸域環境研究センター

- 報告, 3, 89-95.
- 藪崎志穂・辻村真貴・田瀬則雄 (2003) : 関東における降水のトリチウム濃度の近年の変動について. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 4, 119-124.
- 山中 勤・田中 正・浅沼 順・濱田洋平 (2003) : 栃木県那須扇状地における地下水と河川水の交流. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 4, 51-59.
- Fernando, A.R.I., Hamada, Y. and Tanaka, T. (2000) : Soil properties and soil water dynamics of natural pine forest and disturbed grassland. *EOS Trans., AGU*, **81**(22), WP46-47.
- Hamada, Y. and Tanaka, T. (2000) : Indirect measurement of pH in soil water without degassing dissolved carbon dioxide. *EOS Tran., AGU*, **81**(22), WP55.
- Hamada, Y. and Tanaka, T. (2001) : Dynamics of soil carbon dioxide during a storm event. *Ann. Rep., Inst. Geosci., Univ. Tsukuba*, **27**, 3-6.
- Hamada, Y. and Tanaka, T. (2001) : Effect of anthropogenic vegetation change on the dynamics of carbon dioxide in soil profiles. *Ext. Abst. 6 th Int. Carbon Dioxide Conf. 2001*, **1**, 580-583.
- Iida, S., Kobayashi, Y. and Tanaka, T. (2000) : Middy depression of transpiration considering stem water storage in Japanese red pine. *EOS Trans., AGU*, **81**(22), WP27.
- Machida, I., Kondoh, A., Tanaka, T. and Shimada, J. (2000) : Data base for stable isotopes ($\delta^{18}\text{O}$ and δD) of natural water. *Proceedings of First Perspective on Hydrology and Water Resources in Southeast Asia and the Pacific, IHP-V, Technical Document in Hydrology*, No.7, UNESCO, 173-178.
- Sakura, Y., Tang, C., Tanaka, T., Shimada, J., Song, X., Yang, Y., Tian, K., Zhang, G. and Sun, J. (2000) : A preliminary study on mechanism of salinization influenced by ground water flow system in NCP. *Proc. Int. Work. Sustainable Develop. Water Resour., North China Plain*, 45-46.
- Shimada, J., Tang, C., Tanaka, T., Sakura, Y., Song, X., Yang, Y., Tian, K., Zhang, G. and Sun, J. (2000) : Groundwater flow system study of Hebei plain area: Preliminary results revealed by environmental isotopes. *Proc. Int. Work. Sustainable Develop. Water Resour., North China Plain*, 20-24.
- Shimada, J., Tang, C., Tanaka, T., Yang, Y., Sakura, Y., Song, X. and Liu, C. (2002) : Irrigation caused groundwater drawdown beneath the North China Plain., *Proc. Int. Groundwater Conf., IAH*, 1-7.
- Subagyono, K. and Tanaka, T. (2002) : The role of riparian zone in controlling stream water chemistry in Kawakami forested headwater cathment. 筑波大学分析センター報告 2001, 29-34.

- Subagyono, K. and Tanaka, T. (2003) : Subsurface hydrologic flowpaths and biogeochemical controls of NO₃⁻ transport in Kawakami forested headwater catchment, central Japan. *IUGG 2003, Abstract B*, B344.
- Subagyono, K. and Tanaka, T. (2003) : Transport of dissolved silica in Kawakami forested headwater catchment: implication for tracing flow pathway. *Ann. Rep., Inst. Geosci., Univ. Tsukuba*, **29**, 11-16.
- Subagyono, K. and Tanaka, T. (2004) : Subsurface hydrologic flowpaths and NO₃⁻ transport in Kawakami forested headwater catchment, central Japan. *Sci. Rep., Inst. Geosci., Univ. Tsukuba, Sec. A*, **25**, 1-16.
- Subagyono, K., Tanaka, T. and Hamada, Y. (2002) : The importance of near surface riparian on storm runoff generation and stream chemistry in Kawakami forested headwater catchment. 筑波大学陸域環境研究センター報告, **3**, 75-88.
- Subagyono, K., Tanaka, T. and Hamada, Y. (2003) : Spatial controls on the episodic stream water chemistry in Kawakami forested headwater catchment, central Japan: the role of solute flushing., *Proc. 1st Int. Conf. Hydrol. and Water Resour. in Asia Pacific Region, APHW 2003*, **1**, 444-450.
- Tanaka, T. ed. (2000) : *Proceedings of International Workshop on Sustainable Development of Water Resources in North China Plain*. Inst. Geosci., Univ. Tsukuba, 46p.
- Tanaka, T., Yang, Y., Wang, X., Liu, C. and Song, X. (2000) : Regional characteristics of climate and hydrologic conditions in the Hebei plain. *Proc. Int. Work. Sustainable Develop. Water Resour., North China Plain*, 1-4.
- Tanaka, T. (2003) : Groundwater development and management in the Kanto plain, Japan., *Integrated Management Policy of Groundwater, 3rd WWF*, 3-9.
- Tang, C., Chen, J., Shimada, J., Tanaka, T., Sakura, Y., Zhang, G., Song, X., Yang, Y. and Tian, K. (2000) : A primary study on nitrate in groundwater used for agriculture and urban life in NCP. *Proc. Int. Work. Sustainable Develop. Water Resour., North China Plain*, 40-43.
- Tsujimura, M., Onda, Y., Sasaki, R. and Tanaka, T. (2003) : Stable isotopic compositions of subsurface water and water vapor in the atmosphere at forested regions. *IUGG 2003, Abstract B*, B357.
- Yamanaka, T., Shimada, J. and Miyaoka, K. (2000) : Time-space structures of variations in the stable isotopic compositions of summer rainfall over the Kanto Plain, Japan. *EOS Trans. AGU*, **81** (22), WPGM Meet. Suppl., WP51.

博士論文

- Fernando, Anetta Rosari Indra (2002) : Behaviors of zero flux planes in the unsaturated zone and estimation of evapotranspiration and drainage rates at a Japanese red pine forest. 182p. (筑波大学地球科学研究科)
- Bireir, Fath Elrahman Ali (2002) : A study on the hydrogeological characteristics and the geochemical evolution of groundwater in Gash alluvial basin, semi-arid area, north east Sudan. 200p. (筑波大学地球科学研究科)
- Iida, Shin-ichi (2003) : Change of water balance in Japanese red pine forest under the successional process. 206p. (筑波大学地球科学研究科)
- Subagyono, Kasdi (2003) : Linking runoff process and spatial and temporal variation of water chemistry in a forested headwater catchment. 201p. (筑波大学地球科学研究科)

修士論文

- Mori, Miyuki (2003) : Estimation of mean residence times of stream water in a forested headwater catchment using hydrogen- oxygen stable isotope ratios. 65p. (筑波大学地球科学研究科)

卒業論文

- 飯塚幸子 (2004) : 同位体トレーサーを用いた植物の土壌水利用戦略の研究. 42p. (筑波大学自然学類)
- 佐々木リサ (2002) : 地表面付近における水循環に伴う安定同位体比変動プロセス. 43p.(筑波大学自然学類)
- 長坂英治 (2001) : 地下水環境に及ぼす都市化の影響 - 筑波研究学園都市およびその周辺地域の場合 - . 69p. (筑波大学自然学類)
- 中谷 壮 (2003) : 筑波大学川上演習林における天然ミズナラ林の蒸散特性について. 54p. (筑波大学自然学類)
- 丹羽尚史 (2001) : 筑波台地斜面末端部におけるパイプ流の NO₃濃度変化について. 56p. (筑波大学自然学類)

* * * * * 競争的資金獲得状況 * * * * *

(科学研究費等)

- H11-12 日産科学振興財団 海外協同研究:「中国穀倉地帯における水循環過程に基づいた水資源の評価とその持続的利用」(代表: 田中 正) 2,100 千円
- H11-12 科研費奨励研究(A):「土壌水水質データによる水循環変動の復元に関する基礎研

- 究」(代表: 山中 勤) 2,000 千円
- H12 筑波大学学内プロジェクト助成研究(B):「水循環の生物的側面に関する基礎研究」(代表: 田中 正) 900 千円
- H12-13 科研費基盤研究(C)(2):「長期モニタリングシステムによる林地からの実蒸散量の評価に関する研究」(代表: 田中 正) 4,000 千円
- H13-14 科研費奨励研究(A):「環境トレーサーを用いた降水起源の推定に関する研究」(代表: 山中 勤) 2,200 千円
- H13-15 科研費基盤研究(A):「瀬戸内流域における自然物質循環速度を考慮した環境劣化の影響評価 - 岩石-水-生物相互作用の速度論的解析 - 」(代表: 福岡正人, 分担: 山中 勤) 36,270 千円
- H14 筑波大学学内プロジェクト助成研究(B):「流域の水文プロセスと生物地球化学プロセスの統合化に関する研究」(代表: 田中 正) 900 千円
- H14-17 科研費基盤研究(A):「山体基盤岩地下水流動の実態解明とその水資源的評価」(代表: 嶋田 純, 分担: 田中 正) 46,000 千円
- H15 筑波大学学内プロジェクト実地調査等研究:「霞ヶ浦の流域環境に関する研究」(代表: 田中 正, 分担: 池田 宏・浅沼 順・山中 勤) 150 千円
- H15 笹川研究助成:「地下水中の硝酸性窒素の動態における難透水層の役割 - 物理的バリアか生物化学的バリアか - 」(代表: 井岡聖一郎) 650 千円

(奨学寄附金)

- H12 (財)産業創造研究所:「地下水年代・起源評価のための分析技術検討」(田中 正) 500 千円
- H13 (財)産業創造研究所:「地下水年代・起源評価のための分析技術検討」(田中 正) 500 千円
- H14 (株)地水環境研究所:「火山地域における水循環に関する研究」(田中 正) 400 千円
- H15 (株)地水環境研究所:「火山地域における水循環に関する研究」(田中 正) 1,250 千円

1-2c カラム大気の熱・水蒸気量の変動観測手法の研究

***** 総括 *****

筑波大学陸域環境研究センターは、振興調整費 [GPS 気象学] (平成10年度 - 14年度) のなかで第1期平成10年度 - 12年度は東日本大学連合 (筑波大, 群馬大, 上越大, 福島大) の一翼としてサブ課題「メソスケールの気象現象による水蒸気量の非一様性の評価」を担当した。この計画の中で10年から13年の夏に北関東の山岳域を中心に GPS とラジオゾンデ等による集中観測を実施した。また第2期の13, 14年度はほぼ同じ体制にて、観測部分を大幅に縮小したうえサブ課題「実況監視・予測に関する研究」を分担した。得られた主な研究成果は以下の通りである。

夏の北関東の山岳域で観測された GPS 可降水量に国土地理院の地理院の GPS 観測網のデータ、レーダーによる降水量及びアメダスによる地上風のデータを加えた解析により、局地循環と水蒸気輸送の関係が明らかになった。この研究ではじめてメソスケールの水蒸気輸送の実態を観測により把握することが出来た。さらに局地循環と水蒸気輸送、対流性降水と水蒸気輸送の関係についても、観測事実と数値モデルにより明らかにすることができた。また、毎時の地上気温と可降水量の統計的な関係から、国内の気候区分ごとの、可降水量の変動特性を解明した。この結果、可降水量と地上気温および降水との3者に密接な統計的な関係があることがわかった(新村ほか, 2000)。

GPS による詳細な可降水量の変動が観測される以前では、局地循環による水蒸気輸送は直接的に観測することは難しかった。そこで、アメダスにより観測される日照時間の日変化の地域性や、局所的降水量の日変化と地形との関係が研究されてきた。とくにレーダ観測により降水と地形との関係をより詳細に調べられていた。これらによると早朝には山岳地帯では降水頻度は低く、むしろ降水は太平洋上で目だつ。午後になると富士山、日光、奥秩父、南アルプスなど標高の高い山地から降水頻度が増加し始める。その後降水頻度はさらに増加しつつ周辺に向けて拡大し、15時頃には山岳地域一帯で頻度が高まる。

上記の変動はこの研究で実施された GPS 観測と解析により、以下のように説明される(佐々木・木村, 2001)。日中には、大規模な谷風及び太平洋あるいは日本海側からの海風と思われる地上風の収束が北関東の山岳域に見られる。これらの下層風により水蒸気が輸送され、この領域では可降水量が午後に大きく増加し18時頃に最大となる。一方、関東平野の内陸部ではそれより遅れて24時頃に可降水量は最大となる。可降水量の増大に対応して降水も見られる。これとは対照的に、関東平野の沿岸部における日変動の振幅は小さく、特に沿岸部では海風の吹き込む時間帯には可降水量がほとんど増加していない。大島の可降水量・地上比湿を本土と比較した結果、海上は陸上に比べ下層大気は湿潤であるものの可降水量は少ないことがわかる。沿岸部で日中可降水量の増加が見られない理由は、海上大気の可降水量が小さいことと、この領域が局地循環による発散場になるためである。

これらのことから夏の関東の対流性降水には局地循環とそれによる水蒸気輸送が極めて重要であることが明らかとなったばかりでなく、中緯度地方の一般的な山岳周辺の降水の日変化を特徴づけている重要な要因であることも明らかとなった(Sato and Kimura, 2003)。このほか同様の手法によりチベット高原やインドネシアでも局地循環・可降水量・降水との関係が明確となった(Takagaki *et al.*, 2000; Okamura and Kimura, 2003a, 2003b; Wu *et al.*, 2003)

***** 研究業績 *****

国際誌 (査読つき)

- Inoue, T. and Kimura, F. (2004) : Urban effects on low-level clouds around the Tokyo Metropolitan Area on clear summer days. *Geophys. Res. Lett.* (in press).
- Iwasaki, H., Kimura, F., Nakagawa, K., Miki, T., Kimata, F., Shimada, S. and Nakao, S. (2000) : The influence of the moisture gradient in the accuracy of precipitable water derived from GPS data. *J. Meteor. Soc. Japan*, **78**, 223-231.
- Kusaka, H. and Kimura, F. (2004) : Coupling a single-layer urban canopy model with a simple atmospheric model: Impact on urban heat island simulation for an idealized case. *J. Meteor. Soc. Japan* (in press).
- Kusaka, H., Kimura, F., Hirakuchi, H. and Mizutori, M. (2000) : The effects of land-use alteration on the sea breeze and daytime heat island in the Tokyo metropolitan area. *J. Meteor. Soc. Japan*, **78**, 405-402.
- Kusaka, H., Kondo, H., Kikegawa, Y. and Kimura, F. (2000) : A simple single-layer urban canopy model for atmospheric models: comparison with multi-layer and slab models. *Boundary-Layer Meteorology*, **101**, 329-358.
- Nohara, D. and Tanaka, H.L. (2004): Development of deterministic prediction model using ensemble forecast assimilation in nonlinear dynamical system *J. Meteor. Soc. Japan*, **82**, 167-178
- Okamura, O. and Kimura, F. (2003a) : Behavior of GPS-derived precipitable water vapor in the mountain lee after the passage of a cold front. *Geophys. Res. Lett.*, **30**, 1746, doi:10.1029/2003GL017572.
- Okamura, O. and Kimura, F. (2003b) : Diurnal variation of the rainfall frequency in the Kyushu district during summer season. *Hydrological Processes* (in press).
- Sasaki, T., Wu, P., Kimura, F. and Liu, J. (2003) : Drastic evening increase of precipitable water over the southeastern Tibetan Plateau. *J. Meteor. Soc. Japan*, **81**, 1273-1281.

- Sato, T. and Kimura, F. (2003) : A two-dimensional numerical study on diurnal cycle of mountain lee precipitation. *J. Atmos. Sci.*, **60**, 1992-2003.
- Takagi, T., Kimura, F. and Kono, S. (2000) : Diurnal variation of GPS precipitable water at Lhasa in premonsoon and monsoon periods. *J. Meteor. Soc. Japan*, **78**, 175-180.
- Ueda, H., Hori, M.E. and Nohara, D. (2003): Observational study of the thermal belt on Mt. Tsukuba. *J. Meteor. Soc. Japan*, **81**, 1283-1288.
- Wu, P., Hamada, J., Mori, S., Tauhid, Y.I., Yamanaka, M.D. and Kimura, F. (2003) : Diurnal variation of precipitable water over a mountainous area in Sumatra Island. *J. Appl. Meteor.*, **42**, 1104-1115.

国内誌 (査読つき)

- 木村富士男 (2002) : アメダス観測点における 1980 年代と 90 年代の強雨の変動と地形影響. *災害と気象*, **33**, 77-81.
- 佐々木太一・木村富士男 (2001) : GPS 可降水量からみた関東付近の水蒸気の日変動 . *天気*, **48**, 65-74 .
- 田中 博・村規子・野原大輔 (2003) : 福島県下郷町中山風穴における風穴循環の成因. *地理学評論*, **76**, 1-18
- 新村典子・佐々木太一・木村富士男 (2000) : 首都圏における GPS 可降水量と降水の統計的關係 . *天気* , **47**, 635-642 .

紀要・報告書・解説・Proceedings 等 (査読なし)

- 野原大輔 (2003) : 夏に暑ければ暑いほど氷が成長する Ice Valley. *水文・水資源学会誌* **16**, 82.
- 野原大輔・村 規子・田中 博 (2002) : 福島県中山風穴の冬季に見られる地温高温帯. *天気*, **49**, 302-303.
- Kimura, F. and Yoshikane, T. (2001) : Effects of Soil Moisture of the Asian Continent upon the Baiu Front. In Matsuno, T. and Kida, H. (eds.): *Present and Future of Modeling Global Environmental Change*, 101-110.
- Yamanaka, T., Kaihotsu, I., Shimada, J. and Nandakumar, V. (2001) : Soil moisture variability and its possible impact on the atmosphere: A case in Sri Lanka. *Mem. Fac. Integrated Arts and Sci., Hiroshima Univ.*, Ser. IV, **27**, 77-93.

博士論文

- Yoshikane, Takao (2002): A Study of Formation Mechanism of the Baiu Front using a Regional Climate Model. 98p. (筑波大学地球科学研究科)
- Kusaka, Hiroyuki (2003): Formation Mechanism of Urban Heat Island: Numerical

Study on Flow and Heat Budget. 152 p. (筑波大学生命環境科学研究科)

Okamura, Osamu (2004): Topographic Effects on Water Vapor in Mountain Lee after Passage of a Cold Front. 96 p. (筑波大学地球科学研究科)

修士論文

岡村 修 (2001): 梅雨期および夏期の九州地方における降水日変化. 54p. (筑波大学地球科学研究科)

桜久美子 (2001): 微気圧計を用いた多様地表面上の広域顕熱フラックスの観測. 69 p. (筑波大学環境科学研究科)

中西直明 (2001): 光化学大気汚染の気象学的解析と定量的評価の困難性に関する研究-南米チリ・サンチャゴ盆地を事例として-. 64p. (筑波大学環境科学研究科)

李 庸熏 (2001): 降水と可降水量の統計的な関係とその地域特性. 90p. (筑波大学環境科学研究科)

佐藤友徳 (2001): 二次元単純地形上の降水日変化. 68p. (筑波大学地球科学研究科)

原 政之 (2001): チベット高原上におけるスーパーセルストームの数値実験. 63p. (筑波大学地球科学研究科)

阿部恵都 (2002): 関東地方の夏季の発雷と地上風系の統計的關係. 43p. (筑波大学環境科学研究科)

安東大輔 (2002): 冬季西日本の日本海側で発達する雪雲. 45p. (筑波大学環境科学研究科)

飯村卓郎 (2002): AMeDAS データから求めた日本列島における最近 20 年間の豪雨の変化. 37p. (筑波大学環境科学研究科)

大田宏和 (2002): 関東地方における二酸化窒素の高濃度汚染に関する研究. 40p. (筑波大学環境科学研究科)

長田良一 (2002): タクラマカン沙漠における黄砂の鉛直輸送と拡散過程. 114p. (筑波大学環境科学研究科)

小峯邦裕 (2002): 人間活動が与える気象要素の週変化. 81p. (筑波大学環境科学研究科)

佐々木暁 (2002): 数値モデルを用いたモンゴル乾燥域における総観規模擾乱についての研究. 60 p. (筑波大学環境科学研究科)

高野松美 (2002): 中国地方における光化学大気汚染物質の変動特性. 47p. (筑波大学環境科学研究科)

常松展充 (2002): 天候による関東地方山間部高速道路の通行止およびそれに伴う交通量・物流への影響. 50p. (筑波大学環境科学研究科)

吉田佳史 (2002): 関東地方における夏期晴天日の対流性降水と都市の關係. 59p. (筑波大学環境科学研究科)

森田 格 (2002): チベット高原における水蒸気の収支と変動要因. 44p. (北海道大学地球環境科学研究科)

- 青木 功 (2003): 中国西北部タリム盆地における砂塵嵐発生過程. 114 p. (筑波大学環境科学研究科)
- 井上忠雄 (2003): 暖候期の関東平野における積雲の出現パターンに及ぼす都市の影響. 58p. (筑波大学環境科学研究科)
- 岡田拓也 (2003): 三宅島火山ガスのつくばにおける大気および降水中の硫酸化物濃度への影響. 46 p. (筑波大学環境科学研究科)
- 高石知治 (2003): 夏期の関東地方における高温域の出現特性. 60 p. (筑波大学環境科学研究科)
- 廣瀬直之 (2003): シベリアのツンドラ地域における境界層の風と気温の鉛直構造. 68 p. (筑波大学環境科学研究科)
- 藤田実季子 (2003): タイ国周辺域の可降水量変動. 70 p. (筑波大学環境科学研究科)
- 森尻秀樹 (2003): ヒマラヤ山脈南麓における降水システムの日変化. 31 p. (筑波大学環境科学研究科)
- 北谷内唯衣 (2003): スマトラ島, マレー半島周辺における対流活動と降水の日変化. 88p. (筑波大学環境科学研究科)
- 竹内慶高 (2004): 日本における冬季降水の標高依存性. 45p. (筑波大学環境科学研究科)
- 平林容子 (2004): 黄河上流域における降水量と河川流量の年々変動. 34 p. (筑波大学環境科学研究科)
- 山田 功 (2004): 日本のウインドプロファイラー観測網データを用いた上昇流を伴う局地風の解析. 53 p. (筑波大学環境科学研究科)

卒業論文

- 岩本裕之 (2001): 関東平野における対流性メソ擾乱の発達・盛衰環境の解析的研究. 56p. (筑波大学自然学類)
- 北谷内唯衣 (2001): 数値実験による梅雨前線の温度構造についての研究. 36p. (筑波大学自然学類)
- 黒川知恵 (2001): 釧路の霧におけるミリ波レーダーを用いた事例解析. 54p. (筑波大学自然学類)
- 平林容子 (2001): 冬季季節風下における降雪分布の地形による影響とGPS可降水量の変動. 92 p. (筑波大学自然学類)
- 松沢直也 (2001): 長野県飯山地方の冬期における夜間局地的低温について. 26 p. (筑波大学自然学類)
- 鵜飼紘子 (2002): 初夏の降雹を伴う擾乱の性質について. 52p. (筑波大学自然学類)
- 奥村政佳 (2002): レーダーを用いた関東沿岸域の降水の日変化に関する研究. 43 p. (筑波大学自然学類)
- 竹内慶高 (2002): 冬季山越え気流卓越時における可降水量の分布. 68p. (筑波大学自然学類)

類)

六車功治 (2002): 中国・四国地方における豪雨時の降水分布について. 75p. (筑波大学自然科学類)

山田 功 (2002): 日本における日照時間の地域分布. 53 p. (筑波大学自然科学類)

川瀬宏明 (2003): 冬の日本列島南海上に見られる筋状雲の出現特性. 66 p. (筑波大学自然科学類)

新藤克典 (2003): 大気安定度から見た初夏と盛夏の対流性降水の発生条件について. 62 p. (筑波大学自然科学類)

藤原稔久 (2003): 降水開始時における GPS 可降水量の変動. 55p. (筑波大学自然科学類)

松山妙子 (2003): 日本各地に吹く強風の気候学的特性の解析. 84 p. (筑波大学自然科学類)

仲田伸也 (2004): さいたま新都心で夏期の晴天時に観測された積雲の発達過程. (筑波大学自然科学類)

若本実希 (2004): 高分解能モニタリングによる降水システムの同位体水文学的研究. 50p. (筑波大学自然科学類)

***** 競争的資金獲得状況 *****

(科学研究費等)

H14 学内プロジェクト奨励研究:「データ同化の技術を利用したアンサンブル予報値の同化実験」(代表: 野原大輔) 400 千円

H15 学内プロジェクト奨励研究:「データ同化の技術を利用したアンサンブル予報値同化実験」(代表: 野原大輔) 400 千円

H15 学内プロジェクト奨励研究:「陸域 - 大気間の水循環過程における水蒸気同位体変動の解明」(代表: 山中 勤) 500 千円

H15-17 科研費若手研究(B):「陸域再循環過程の定量化に関する同位体水文気象学的研究」(代表: 山中 勤) 3,100 千円

[2] アジア域における物質・エネルギー循環に関する研究 (RAISE プロジェクト)

***** 総括 *****

中期計画に沿った研究プロジェクト案「北東アジア植生変遷域の水循環と生物・大気圏の相互作用の解明」(通称 RAISE プロジェクト, 代表: 杉田倫明・地球科学系助教授)が 2001 年 12 月に科学技術振興機構の戦略的創造研究推進事業 (CREST)として採択され, 下記のとおり順調に進められている。

このプロジェクトは, モンゴルのゴビ砂漠北縁半乾燥草原からシベリアタイガ林南部にかけての植生変遷域を対象として, 気候変動や人間活動などの外部条件変化に対する水循環・大気圏・生態系の応答とそれらの相互作用を明らかにすることを目的としたものであり, 次の 5 つを中心課題としてそれぞれに対応するサブグループが組織されている。

1. 広域地表面と大気間の熱・水蒸気の交換過程の解明と蒸発散量の推定
2. 草原生態系と人間活動の関係の解明
3. 同位体を利用した水・物質循環プロセスの解明
4. メソスケールモデルの構築とモンスーン水循環と東アジア半乾燥域の間の水蒸気輸送プロセスの解明
5. 分布型水文モデルによる流出解析

本センターでは, 上記のうち 1 と 4 のサブグループリーダーを務めるとともに, 3 にも参画し, かつ事務局としての機能と責務を果たしている。

2002 年度は, モンゴル国気象水文研究所をはじめとしたカウンターパートと研究実行計画に関する折衝を進め, 首都・ウランバートルの東方に位置する Kherlen 川上流域を主たる研究地域と定めた。また, 6 度にわたる現地視察によって現地の状況を把握し, 年度末には計 6 地点に 7 台の自動気象観測ステーション (AWS) を設置した。

以上の下準備を経て, 2003 年度は 4 回 (6・7・8・10 月) の集中観測を実施した。各観測キャンペーン中には, 森林サイト (Mongonmorit) と草原サイト (Kerlen Bayan Ulaan) の双方において, 乱流観測, 土壌・植生調査, 微地形調査, 降水・土壌水・水蒸気同位体測定, GPS 観測等がなされ, これと同期して航空機による乱流観測・分光反射測定・水蒸気サンプリングが行われた。またキャンペーン終了後には, フラックス・植生状態・土壌水分・陸水水質等の移動調査も実施された。

こうした研究活動は, モンゴルにおいて同時に進行している AMPEX プロジェクト (JAXA) や地球観測フロンティアのプロジェクトと連携しつつ進められており, 3 プロジェクト合同の国際ワークショップが毎年開催されている。また, 2004 年 5 月には, 地球惑

星関連学会合同大会において、RAISE プロジェクトのスペシャルセッションが設けられ、これまでに得られた研究成果について包括的な議論がなされる予定となっている。

既に公表された具体的な研究成果の概要は次の通りである。まず、AWS による取得データを用いて水・熱・CO₂ フラックスが算出され、地理条件・植生条件・土壌水分条件などの対応関係が明らかになった。また、植生の地上部・地下部バイオマスや葉面積指数(LAI)などの季節変化といった基礎情報が明らかになると共に、保護区と非保護区の比較から放牧圧の影響も評価されつつある。土壌については、複数地点の土壌断面調査から土壌生成メカニズムが考察され、また斜面における侵食量分布やその地表流出との関係なども明らかにされた。同位体トレーサーを用いた水循環研究としては、降水・地下水・河川水の水素・酸素安定同位体組成から地下水流動系および河川・地下水相互作用を解明する研究が、また水蒸気と土壌水の同位体組成から蒸発・蒸散成分分離や地表面付近における異種水蒸気の混合過程を明らかにする研究が、それぞれ行われた。メソスケール大気循環モデルを用いた研究としては、アジア内陸高緯度乾燥地域の形成メカニズムに関して、チベット高原との対比の観点から新たな知見が得られ、山岳や地表植生が風系・降水活動に及ぼす影響も検討されている。さらに、分布型水文モデル適用のための予察的研究として、モンゴル現業機関による河川流量観測データに本プロジェクト独自の取得データを加えた解析が行われた。このほか、旱魃をはじめとした気象・水文環境の変化に対する植生や家畜の応答特性が、既存の長期観測データをもとにして概括的に把握された。

今後は、本年度集中観測によって得られたデータの解析を精力的に行い、かつ各種データを統合的に用いた数値シミュレーション研究へと発展させてゆく予定である。

***** 研究業績 *****

国内誌 (査読つき)

山中 勤・開発一郎・ウウィンバートル・ダムバラヴィア (2003): TDR による土壌水分測定値の温度依存性とその原位置測定データに基づく補正. 水文・水資源学会誌, 16, 246-254.

紀要・報告書・解説・Proceedings 等 (査読なし)

浅野真希 (2003): 日本モンゴル学術交流会. 岩波「科学」, 2003 年 11 月号, 1231-1233.

佐藤友徳 (2003): モンゴル国における地上風系の日変化について. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 4, 125-128.

杉田倫明 (2003): 北東アジア植生変遷域の水循環と生物・大気圏の相互作用の解明: RAISE Project の概要. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 3, 147-156.

杉田倫明 (2003): 水循環プロセスと生態系との係わり-水文学から見たモンゴル高原-. 岩

- 波「科学」, 2003年5月号, 559-562.
- 田村憲司 (2003) : モンゴル草原の土壤保全にむけて-土壤学からみたモンゴル高原-. 岩波「科学」, 2003年5月号, 541-544.
- Asanuma, J., Matsushima, D. and Sugita, M. (2002) : Surface flux observations during RAISE intensive observation and estimation of regional energy/water fluxes over Kherlen river basin. *Proceedings of the International Workshop on Terrestrial Change in Mongolia*, 3-4 December, 2002.
- Kimura, F. and Sato, T. (2002) : The roles of orography on northeastern Asia dry climate. *Proceedings of the International Workshop on Terrestrial Change in Mongolia*, 3-4 December, 2002.
- Li, S., Asanuma, J., Kotani, A. and Sugita, M. (2003) : Environmental controls on CO₂ flux over Mongolian larch forest and stipa grassland. *Proceedings of the 2nd International Workshop on Terrestrial Change in Mongolia*, 2-3 December, 2003.
- Lu, M., Kamimera, H., Oyunbaatar, D. and Davaa, G. (2003) : Hydrological observation and preliminary analysis of Kherlen River basin. *Proceedings of the 2nd International Workshop on Terrestrial Change in Mongolia*, 2-3 December, 2003.
- Mariko, S. and Lee, G. (2002) : Ecological model and observations to study grazing and climatic impacts on Mongolian rangeland. *Proceedings of the International Workshop on Terrestrial Change in Mongolia*, 3-4 December 2002.
- Mariko, S., Urano, T. and Oikawa, T. (2003) : Biomass and carbon fluxes in a Mongolian grassland. *Proceedings of the 2nd International Workshop on Terrestrial Change in Mongolia*, 2-3 December 2003.
- Sugita, M. (2002) : RAISE project to study the atmosphere-hydrosphere-biosphere interactions in northeastern Asia. *Proceedings of the International Workshop on Terrestrial Change in Mongolia*, 3-4 December, 2002.
- Sugita, M. (2003) : Outline of the RAISE 2003 Field Campaigns and some Initial Findings. *Proceedings of the 2nd International Workshop on Terrestrial Change in Mongolia*, 2-3 December, 2003.
- Tanaka, Y. (2002) : Runoff processes of granite and sandstone drainage basins around Ulaanbaatar. *Proceedings of the International Workshop on Terrestrial Change in Mongolia*, 3-4 December, 2002.
- Tsujimura, M. (2002) : Isotopic analysis to study hydrological processes in Mongolia. *Proceedings of the International Workshop on Terrestrial Change in Mongolia*, 3-4 December, 2002.
- Tsujimura, M. (2003) : Water and mass cycle processes revealed by tracer approach in Kherlen River Basin, eastern Mongolia. *Proceedings of the 2nd International*

Workshop on Terrestrial Change in Mongolia, 2-3 December, 2003.

Sato, T. and Kimura, F. (2003) : Subsidence over East Asia responded by diabatic heating of Tibetan Plateau. *Proceedings of the 2nd International Workshop on Terrestrial Change in Mongolia*, 2-3 December, 2003.

Yamanaka, T., Kaihotsu, I. and Oyunbaatar, D. (2002) : Time-space structure of surface soil moisture variation over a Mongolian grassland. *EOS Trans. AGU*, **83** (22), WPGM Meet. Suppl., WP24.

Yamanaka, T., Kaihotsu, I., Oyunbaatar, D. and Ganbold, T. (2003) : Time-space variability of soil moisture and surface energy/water balance. *Proceedings of the 2nd International Workshop on Terrestrial Change in Mongolia*, 2-3 December, 2003.

修士論文

小島 透 (2003) : モンゴル国ヘルレン川流域における蒸発散を支配する要因の解明. 85p. (筑波大学環境科学研究科)

佐々木リサ (2003) : モンゴル国ヘルレン川流域における水循環に伴う安定同位体比変動プロセス. 58p. (筑波大学環境科学研究科)

西川知行 (2003) : 環境同位体を用いたモンゴル国半乾燥地域における土壌侵食量と侵食履歴の推定. 138p. (筑波大学環境科学研究科)

Abe, Yutaka (2004) : Study on groundwater flow system in the Kherlen river basin, Mongolia. 63p., Appendix 8p. (筑波大学生命環境科学研究科)

卒業論文

鈴木和美 (2004) : モンゴルを対象とした Palmer Drought Severity Index (PDSI) の適用可能性. 44p. (筑波大学自然学類)

鈴木将郎 (2002) : モンゴル国ヘルレン川流域の植生変化と水文環境の関係. 40p. (筑波大学自然学類)

***** 競争的資金獲得状況 *****

(科学研究費等)

H12-16 宇宙開発事業団 ADEOS 公募研究: 「Ground Truth for Evaluation of Soil Moisture and Geophysical/Vegetation Parameters Related to Ground Surface Conditions with AMSR and GLI in the Mongolian Plateau」(代表: 開発一郎, 分担: 山中勤) 42,422 千円

H13-15 科研費基盤研究(C): 「乾燥寒冷地域の国際河川トロー川流域の水循環機構の解

- 明」(代表: 開發一郎, 分担: 山中 勤) 3,200 千円
- H13-18 科学技術振興事業団 戦略的創造研究推進事業 (CREST):「北東アジア植生変遷域の水循環と生物・大気圏の相互作用の解明」(代表: 杉田倫明, 分担: 木村富士男・浅沼順・田中 正・山中 勤) 280,000 千円
- H14 平和中島財団 アジア地域重点学術研究助成:「モンゴル国寒冷乾燥地域での大気 - 地中連続系の水循環に関する国際共同研究」(代表: 開發一郎, 分担: 山中 勤) 1,995 千円
- H15 筑波大学学内プロジェクト助成研究(A):「北東アジア半乾燥地域における広域水循環構造の解明と循環速度評価」(代表: 杉田倫明, 分担: 山中 勤・浅沼 順) 3,500 千円

[3] 乾燥地域における降水過程とその変動予測に関する研究 (地球研プロジェクト)

***** 総括 *****

本課題は、総合地球環境学研究所プロジェクトの一つである、「乾燥地域の農業生産システムに及ぼす地球温暖化の影響」(平成14年度-18年度, リーダー 渡辺紹裕:地球研教授)と密接に連携して実施されるものである。以下に、目的・研究体制・研究成果について概略を記す。

【目的】

乾燥地域の農業生産システムにおける、現在の土・水管理の問題の構造を整理する。とくに、営農、作付け体系と圃場・地域における水循環・水収支との関係を定量的に評価する。予想される地球規模の温暖化や気候変動が農業生産システムに及ぼす影響と適応を、土・水管理の視点から予測・評価する。

【研究体制】

プロジェクトチームの構成員はすべて一体として行動するが、便宜上以下のグループに分かれて研究を進めることがある。

専 門	サブリーダー
気候気象	木村富士男 筑波大学陸域環境研究センター教授
地下水	藤縄克之 信州大学工学部教授
地表面過程	小尻利治 京都大学防災研究所教授
植物植生	玉井重信 鳥取大学乾燥地研究センター教授
灌漑	渡辺紹裕 総合地球環境学研究所教授
社会経済	辻井博 京都大学農学部教授

陸域環境研究センターに関わるのはこのうち【気候気象】で主として対象地域における温暖化予測のダウンスケールを担当する。

【平成15年度までの研究成果】

(1) 基本方針

現在のGCMとRCMの組み合わせでトルコ全域において10-25km格子での降水、気温、日射量の将来予測を実施することを最終目的とする。過去の研究では上記のことをこの地域で信頼に足る予測することは今のところ困難とされているのが平均的な結論と思われる

ので、単なる将来予測に加えて、モデルアンサンブル予測および、予測されうる変動の規模について定性的な推測を行うことを加え単純予測とあわせた3点を当面の目標とする。

そのため、複数の GCM と複数の RCM の組み合わせにより、モデルアンサンブルを実施し、変動の幅を予測する。また後者の推測を行うため、現在の該当地域の気候特性をモデルにより再現し、各種の感度実験を行うなどして、気候変動の大きさを推測することを試みる。このためには GCM・RCM モデルのさらなる改良と同時に、該当地域の局地的な気候システムの実態を良く把握することが極めて重要である。

(2) これまでに得られている結果

まず領域気候モデルとして改造したメソモデル RAMS(Yoshikane *et al.*, 2001; Kimura and Yoshikane, 2001)を利用して、現況の気象条件として全球客観解析データを境界値として与え、100km メッシュで地中海地域の降水量の再現計算を行った。この結果、降水の多い冬季については観測値とよく整合する結果を得ることができた。

次にストックされていた気象研の GCM の月平均出力による 1975 年の再現計算結果を初期値として、同様の計算を実施した。この結果、実測データに対して降水分布にいくつかの類似点は見られるものの、かなり異なる結果を得た。このことについて詳しく分析すると以下のことが判明し、気象研の GCM の正当な評価にはなっていないことが判明した。地中海地方の冬の降水は主として北欧・中欧からの寒気が流入することにより、比較的海面温度の高い地中海上で小低気圧が発達することによりもたらされる。このような降水システムは、大規模場の日々の変動によりもたらされるので、大規模場を月平均のような平均値として領域気候モデルに入力しても正確には再現されないことが明確となった。実況値を月平均して領域モデルに与えると、GCM の月平均計算値を使った降水量再現結果と良く一致する。

夏の東アジアの降水分布についてはこの様な効果は小さく、月平均の観測値を境界値として与えても、現状と比較的良く似た降水システムが再現されることが知られている。この結果は、今後、GCM と領域モデルを用いた降水量の予測計算を行う上で、1日あたり4回程度の GCM 出力が必要であることが示された

(3) その他の成果

MODIS の衛星画像で見られる夏のチクロバ平野の下層雲の出現頻度を比較的地形の似ている Antalya 周辺と比べると、明らかに雲の出現頻度が特異的に高い。アダナの年降水量が約 700mm しかも夏期には少ないこと、夏期の灌漑水量が同程度になることから、灌漑の影響が考えられる。

* * * * * 研究業績 * * * * *

国際誌 (査読つき)

- Kang, S.D. and Kimura, F. (2003) : Teleconnection between tropical SST forcing and subtropical anticyclone: Part I, A numerical study on the linear propagation of the rossby wave. *J. Meteor. Soc. Japan*, **81**, 1225-1242.
- Kurosaki, Y. and Kimura, F. (2002) : Relationship between topography and daytime cloud activity around Tibetan Plateau. *J. Meteor. Soc. Japan*, **80**, 1339-1355.
- Lee, S.H. and Kimura, F. (2001) : Comparative studies in the local circulation induced by land-use and by topography. *Boundary-Layer Meteor.*, **101**, 157-182.
- Yoshikane, T. and Kimura, F. (2003) : Formation mechanism of the simulated SPCZ and Baiu front using a regional climate model. *J. Atmos. Sci.*, **60**, 2612-2632.
- Yoshikane, T., Kimura, F. and Emori, S. (2001) : Numerical study on the Baiu front genesis by heating contrast between land and ocean. *J. Meteor. Soc. Japan*, **79**, 671-686.

[4] 陸域環境に関わる学際的研究計画の立案

***** 総括 *****

陸域環境研究センターの中期計画によると、陸域における環境問題の解明に向けて、「学際的国際的かつ新しい視点に立った研究計画を立案し、その実施に向けての条件整備を行う」ことになっている。これは、ここで中間とりまとめを行っている研究推進計画の後継計画であり、平成 15～17 年度の開始を目指すことになっている。

これを受けて、「陸域環境に関わる学際的研究計画の立案」では、まず、平成 16 年度 21 世紀 COE プログラム「革新的な学術分野」に申請するため、拠点形成計画の立案、作成を行った。「21 世紀 COE プログラム」の学内公募が通知されたのは平成 16 年 1 月 9 日であり、上記の申請分野の正式な公募通知が発表されたのは同年 1 月 26 日であったが、本センターでは学術月報（平成 15 年 9 月号）や新聞報道等の情報に基づき、平成 15 年 10 月 10 日に第一回「21 世紀 COE へ向けた戦略ミーティング」を行い、センターを中核とした COE プログラムを立案することを決めた。その後、平成 15 年 12 月 8 日に開催されたセンター運営委員会において、「センター COE 構想」の承認を得るとともに、プログラム立案のための WG を設置することが了承された。この WG はセンタースタッフと関連研究科メンバーおよび連携大学院担当で構成され、COE プログラムの組織、キーワード、研究・教育の内容等が検討された。その後、研究協力部長、生命環境科学研究科長、地球科学系、関連研究科・専攻、連携大学院先研究機関等への協力要請を行い、木村富士男本センター教授を拠点リーダーとする「『陸域環境学』の国際研究教育拠点」を平成 16 年 1 月 16 日に学内選定用に申請した。

その後、学内ヒアリングの過程で、提出された 16 件の拠点計画プログラムは、本学として数件に絞られることになり、最終的に本センターから提出した COE プログラムは、農林から提出された COE プログラムと統合した「アジア陸域環境と人間活動の調和推進」（拠点リーダー：木村富士男教授）拠点プログラムとして本学から選定された。このプログラムは、本学として選定された他の 4 つの拠点プログラムとともに、平成 16 年 3 月 4 日に日本学術振興会に提出され、「21 世紀 COE プログラム委員会」の審査・評価を受けることになっている。

本拠点プログラムは、「地球観測」、「地縁技術」、「環境変動」、「キャパシティービルディング」、「調和型社会」をキーワードとし、アジアにおける陸域環境を的確に把握・予測するための「陸域環境学」と環境調和型生産活動のための「地縁技術農学」を融合したプログラムである。プログラム計画立案の背景には、平成 15 年 7 月に開催された「ワシントン地球観測サミット」に始まる「地球観測」に関わる国際的枠組みの急進展や地球温暖化予測のためのダウンスケールモデル研究の進展、持続的発展のための農業技術移転の必要性等がある。研究プログラムは 4 つの研究フロンティアで構成され、アジアの持続的発展の

ために必要な環境監視・予測と地縁技術を集約した革新的学術分野の創生を目指している。また、教育プログラムでは、革新的融合学術分野を担う若手の教育としての大学院教育の充実を柱とし、陸域環境と地縁技術農業に関するアジアのリーダー・技術者・実務者教育を掲げている。

「21世紀 COE プログラム」の拠点となるためには、まだ多くのハードルを越えなければならないが、関連研究科・センターとの協力のもとに、採択を目指して、今後更にセンタースタッフが一丸となって取り組む必要がある。

上記 COE の立案とともに「平成 16 年度科学技術振興調整費」の新規課題の募集に際し、公募要領（5）「我が国の国際的リーダーシップの確保」の（課題 2）「アジア諸国とのパートナーシップの強化につながるもの」として、筑波大学を中核機関とした研究課題「アジア陸域環境・災害監視と高度実務者養成」（代表者：田中正センター長）を企画・立案し、「提案書」として平成 16 年 1 月 29 日に科学技術振興機構に提出した。

この提案書立案の背景には、2004 年 4 月にわが国で開催が予定されている地球観測サミットに向けての政府間作業部会（GEO）や総合科学技術会議の地球観測 WG において、地球温暖化、地球規模水循環、地球環境問題、人材育成やアジア諸国との国際協力等が地球観測に係わる重点分野として位置づけられ、中でも「陸域環境」の重要さが挙げられ、これに基づいて 10 年計画が策定されつつあること、また、統合地球観測戦略（IGOS）においては、昨年 11 月に全球炭素循環、全球水循環、陸域災害の 3 テーマの戦略計画が承認され、今後 10 年間の実施計画が検討されつつあること、さらに、総合地球観測戦略や統合地球水循環強化観測計画（CEOP）など、世界の主要な国際組織、政府機関および有力研究機関が一致協力して、地球観測の研究推進計画を立案する動きが加速しており、陸域における継続観測と環境変化の予測はこれらの計画の主要課題となっていること、などが挙げられる。また、環境変化の監視と予測に必要な観測データを国際社会で共有するためには、現地の実務機関の理解と観測・解析能力の向上が不可欠であり、先の政府間作業部会や総合科学技術会議の地球観測 WG でもこの点の重要性が強調されている。さらに、アジア域では水災害に加えて土砂災害も頻発しており、資産災害だけでなく人的災害が拡大する傾向にある。これらの災害をもたらす極値事象に対し、途上国においては観測すら行われていないのが実情であり、観測手法、災害防御・管理システムの確立が国際的な重要課題となっている。また、地球規模の気候変動の予測だけでなく、地域レベルの環境変化予測にも社会的関心が高まっていることから、各国政府からは、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）などに地域レベルでの気候変動や水循環変動の予測精度向上に強い期待が寄せられている。

中核機関である筑波大学では、本センターを中心とした国際共同観測プロジェクトを遂行し、研究学園都市の地の利を活かした他研究機関との連携大学院方式によって、学術研究・教育の融合を図ってきた実績がある。上記した国内外の地球観測に関する動向と筑波大学での実績を踏まえて、本課題では、国内外の陸域観測研究機関のネットワーク化を進

めると同時に国際共同観測の継続・強化を図ることを意図している。また、実務者養成トレーニングコースを開設して、アジア諸国の観測実務者を対象とした高度教育研修の実施基盤を形成し、これにより、アジア地域の陸域環境と自然災害に係わる監視体制の強化を図ることを目的としている。本課題の実施により、途上国における継続的観測能力と学術的見地からの分析能力の向上が図られ、アジア域の陸域環境の解明と予測精度の向上に寄与することが期待される。

この他の学際的研究計画の立案として、「IHP（国際水文学計画）第7期計画」への事業提案を行った。これは UNESCO IHP において、2008年～2014年の事業計画の立案に際し、日本ユネスコ国内委員会 IHP 分科会からの要請に応じたものである。UNESCO IHP では、この事業活動における3つの基本路線の一つとして「education and capacity building」を挙げている。こうした状況に鑑み、本センターからの事業提案として、先の COE および科学技術振興調整費に申請した内容を骨子とした「アジア陸域環境の監視と高度実務者養成：フラックス観測・トレーサー解析・数値モデリングの融合プログラム」を企画・立案した。

地球温暖化や全球的な気候変動・水循環変動は、アジア域における陸域環境に様々な影響を与えることが予測されていることから、本事業提案では、アジア域における陸域環境の変化を的確に把握・予測するための国際共同観測の継続・強化と継続的な観測・予測を支える人材を育成するための高度実務者養成を行うことを目的としている。特に、下記の3課題を柱とした融合プログラムを構築し、普及・発展に努めることにしている。1) 水・熱・物質循環の定量的な把握と境界領域における相互作用の解明を行うためのフラックス観測、2) 各地域を繋ぐ循環系（起源・輸送経路など）を把握するためのトレーサー解析、および3) 気候変動や地表改変による循環系の応答にかかわる診断と予測を行うための数値モデリングである。具体的には、本センターおよび関連する国内外の連携機関において、すでに実績のある陸域環境に関する継続的観測と高度化された観測技術を背景として、実務者養成トレーニングコースを開設して、アジア域の気象・水文などの継続的観測を担う高度実務者養成を行うとともに、国際ワークショップ等を開催して、上記の3つのアプローチによりアジア域における気候変動・水循環変動といった陸域環境変化のメカニズムを解明することを意図している。

本事業の実施により、アジアを対象とした現地政府機関・専門家との協力関係が結ばれ、トレーニングコースを通じて陸域環境に係わる若手専門家が育ち、将来の環境問題の解決を担う人材が輩出されることが期待される。さらに、今後の大型共同観測プロジェクトの実施やデータ共有の面でのアーカイブセンターとしての役割を果たすことが可能となる。

以上の本センターにおける「陸域環境に関わる学際的・国際的研究計画の立案」は、いずれも申請段階のものであり、実現したわけではない。法人化を目前に控え、外部資金導入の必要性を迫られている中、今後その採択・実施に向けてセンタースタッフ一同が最大限の努力を払う必要がある。