

## 期別総括：第3期（2010–2011）

Summary of the 3st Period (2010–2011)

松岡 憲知\*・浅沼 順\*・山中 勤\*

Norikazu MATSUOKA\*, Jun ASANUMA\* and Tsutomu YAMANAKA\*

### I はじめに

2004～2009年度の第2期終了後、2010～2015年度の6年を第3期として、新たに「陸域環境研究センター第3期中期計画」を定めた（第1表）。本中期計画では、第2期までの基本方針や実施事業を踏襲しつつ、特に気候変動に関わる研究に重点を置き、中部山岳地域の環境変動やアジア大陸における陸面過程に関する研究を推進

することを目標に掲げた。また、実験・観測研究に数値モデル研究を融合させることにより、環境変動の広域的な解析や将来予測にも重点を置くこととした。特に、「地球環境再生プログラム」において、陸域環境研究センターは、中部山岳地域の環境変動に関する大学間連携事業の中核拠点として、事業全体を主導・調整する役割を果たしている。また、アジア太平洋地球変動研究ネットワークからの研究費を得て、国際プロジェクト

第1表 第3期中期計画の概要

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大型水路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、陸域および流域における水・物質・エネルギー循環に関する基礎研究および土壌・植生・大気間の水・エネルギーフラックスと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。さらに気候変動に関わる研究として、中部山岳地域の環境変動や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水・物質・エネルギー循環に関する基礎研究 1.1 山岳域における地形プロセスに関する研究 1.2 物質移動機構と地形発達に関する水理実験 1.3 地表面と大気間の熱・水・二酸化炭素の交換に関する研究 1.4 トレーサーインフォマティクスによる水・物質循環系の解明 [2] 大学間連携研究 2.1 地球環境再生プログラム [3] 陸域環境に関わる学際的・国際的研究 3.1 アジアの乾燥・半乾燥域における陸面・生態モデルの相互比較に関する国際共同研究 3.2 国際連携・国際研究計画の立案 [4] 社会貢献 4.1 環境サイエンスインタプリターの養成と次世代環境教育の推進

\* 筑波大学陸域環境研究センター

「アジア乾燥地における陸面モデル相互比較プロジェクト（ADMIP）」を推進している。海外における環境研究の対象地域はさらに寒冷地域へと拡大し、地球規模での環境変動研究が展開している。さらに啓蒙活動として、次世代環境教育の推進、とくにつくば市の小中学生を対象とする環境教育プログラムの開発と実践に貢献している。

第3期の2年経過時点において、本センター事業に関連して発表された研究論文数は、国際誌（査読つき）23編、国内誌（査読つき）7編、センター報告等に掲載されたその他の論文（査読なし）11編、著書（分担執筆等を含む）4件であった。また、博士論文2件、修士論文5件、卒業論文10件が本センター事業に関連して作成された。この期間における科学研究費等の競争的外部資金の獲得総額は、代表・分担を含め1.5億円以上に及んでいる。

当該期間における主な教育研究活動を以下に総括する。

## II 第2期からの継続事業

### 1. 文部科学省特別教育研究

特別教育研究経費（研究推進）に基づく戦略的研究プロジェクト「地球温暖化に伴う植生の変化が地下水涵養機構に与える影響に関する研究」が2010年度に最終年度を迎えた（2010年度の配分額は6,150千円、6年間の総額は51,018千円）。

最終年度は、新たな環境同位体分析技術を導入し、数値モデルと分析を融合させた研究を展開するとともに、地球温暖化に伴う植生の変化が陸域の水循環に及ぼす影響について「生態水文科学」の視点から総括を行った。また、本事業を今後地球規模で展開することを見通して、「アジア永久凍土帯における温暖化と地下水循環系変動」と題するミニシンポジウムを2010年度末の年次報告会（2011年3月11日開催）で企画した。アジア永久凍土帯を南北横断方向に課題を探る会であっ

たが、このシンポジウムの開催中に東日本大震災が発生し、中断されたのが心残りとなった。

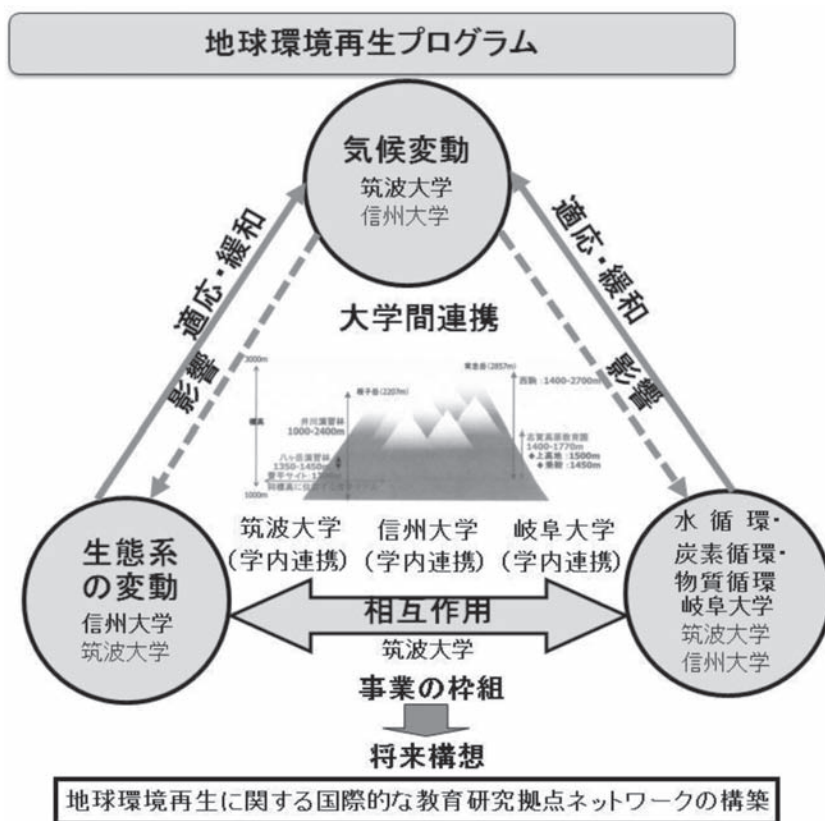
## III 地球環境再生プログラム

### 1. 概説

第2期の総括で述べたように、2008年度より計画を進めた3大学連携事業は、2010年度から5年間の文部科学省特別教育研究経費（研究推進）に採択され、第3期の開始とともに始動した。事業名は「地球環境再生プログラム—中部山岳地域の環境変動の解明から環境資源再生をめざす大学間連携事業—」であり、筑波大（陸域環境研究センター・菅平高原実験センター・農林技術センター）・信州大（山岳科学総合研究所）・岐阜大（流域圏科学研究センター）の3大学・5研究組織の連携事業として始まった。

本事業は「気候変動が早期に検出できる中部山岳地域を対象として、気候変動の監視・復元・予測、水循環・物質循環・炭素循環および生態系の変動解明とその将来予測を行い、地域空間スケールにおける温暖化適応・緩和策、生物多様性の保全策、防災対策に係わる総合研究を推進する」こととする。具体的には、各研究施設が保有する観測ステーションを拠点化し、3大学の学際的研究体制の中で、気候変動の監視・復元・予測、水循環・物質循環・炭素循環変動の観測・分析・予測、生態系変動の実験・分析・予測を行うという計画である。そのアウトプットとして、気候変動が水資源・生物資源・森林資源・農業資源に及ぼす影響、下流域や地域人間社会に及ぼす影響を明らかにし、地域スケールにおける温暖化適応・緩和策、生物多様性の保全策、防災対策を立案することをめざしている（第1図）。

陸域環境研究センターは、主として気候変動の監視・予測、水循環・炭素循環の変動と将来予測、土砂輸送に係わる物質循環の変動と将来予測、水循環と生態系変動の相互作用に関する課題



第1図 「地球環境再生プログラム」における大学間連携

を分担している（第2表）。

## 2. 2010年度活動概要

初年度は、事業を実施するためのコンソーシアム（中部山岳地域環境変動研究機構：以下、JALPSと称する）を設立した。陸域環境研究センター内に事務局を置き、JALPSのホームページを開設し、連携機関間の情報交換や外部への情報発信を推進している（第2図）。JALPSでは、研究手法の統一化と責任体制の確立を図り、以下の研究活動を開始した。

3大学が中部山岳地域に有する観測ステーション（志賀高原、菅平、八ヶ岳、南アルプス、井川、諏訪湖、乗鞍、高山、西駒）の拠点化を行った。大学間共同ステーションで温暖化実験を開始する

とともに、筑波大学で管理する既存・新規の4ステーションにおける気象・水文・土砂輸送等に関する観測システムを構築した。各ステーションの既存資料をデータベース化するためのシステム構築にも着手した。また中部山岳地域の広範囲で水・地形・土壌・植生に関わる調査や試料採取を行うとともに、環境同位体トレーサーの分析を開始した。

3大学の合同事業として、研究会議（4月・菅平高原実験センター）、運営委員会（4月・東京）、キックオフミーティング（6月・信州大／諏訪）、共同ステーションの設置（8月・西駒：第3図A）、共同ステーションでの野外研究会（10月・信州大／伊那）、生物多様性条約締約国会議（COP10）への出展（10月・名古屋）、年次研究

第2表 「地球環境再生プログラム」に関する陸域環境研究センターの主な担当事業・観測項目

研究グループ	担当事業・観測項目	対象地域	主な担当教員・研究員
気候変動研究グループ	気象データアーカイブ	中部全域	上野*・若月・鈴木
	気象・積雪観測	菅平	上野*
	地域スケール気候変化	中部全域	若月
	積雪分布	中部全域	鈴木・木村*
	古気候変動	中部全域	植田*
水循環・物質循環変動研究グループ	融雪出水観測	八ヶ岳, 伊那, 高山	脇山
	降水同位体マッピング	中部全域	山中・脇山
	永久凍土観測	富士山	池田*
	岩盤崩壊・土砂移動観測	南アルプス	松岡・西井*
	凍上・土壌侵食観測	八ヶ岳	若狭・脇山
	湿地帯の水質分析	菅平	岩上
	岩盤河川の侵食実験	水理実験施設	関口

\* 協力教員, 他センター教員・研究員。



第2図 「地球環境再生プログラム」のホームページと出版物(年次研究報告会の発表要旨集)



報告会（12月・筑波大）を実施した（第3表）。3大学合計で64名の教員・研究員、院生を合わせると100名以上が構成員となり、筑波大学からも約40名がプロジェクトに参加し、強固な研究組織が築かれた。特に若手研究者が多く加わることにより、研究対象や観測内容が当初計画よりも格段に充実した。本事業は新聞等で報道され、地域住民の関心も高まった。陸域環境研究センターが企画・運営した年次研究報告会には81名の参加と63件の研究発表があり、充実した報告集が出版された（第2図；中部山岳地域環境変動研究機構、2010）。

### 3. 2011年度活動概要

3大学間の連携研究として、菅平ステーションに新たな温暖化実験区の設置、各観測地域を対象とした航空レーザ測量の実施、既存の気象資料、空中写真や地上写真のデータベース化を進めた。筑波大学では、大学間連携研究課題を公募し、重点研究支援も行った。

陸域環境研究センターでは、昨年度設置した各

観測拠点から、気象データ、水文データ、土砂輸送データを収集し、解析を進めた。広範囲の調査地域を対象に水質調査や土壌試料採取を継続した。実験室では、水・土壌の同位体分析や、岩石破壊や河川変動のシミュレーション実験を進めた。

3大学の合同事業として、上記の研究に加えて、運営委員会（4月・東京）、共同ステーションでの野外研究会（6月・井川演習林、8月・岐阜大／高山試験地）、合同野外実習（10月・志賀高原）、年次研究報告会（12月・信州大／松本：第3図B）を実施した（第3表）。研究機構の構成員は、3大学合計で77名の教員・研究員、院生を合わせると120名以上に増加し、筑波大学からも約50名がプロジェクトに参加し、研究組織が強化された。各大学の観測拠点を利用した大学間連携研究がより発展するとともに、新課題もスタートし、研究対象や観測内容が一層充実した。野外研究会や観測・調査の連携により、研究の学際性が強化された。年次研究報告会には125名の参加（前年比65%増）と103件の研究発表（前

第3表 「地球環境再生プログラム（中部山岳地域環境変動研究機構）」の主な行事

年度	月日	行事名 <sup>1</sup> （参加者数等 <sup>2</sup> ）	会場・場所
2010	2010.4.23-24	中部山岳連携事業研究会議（27名／4名）	菅平高原実験センター
	2010.4.28	機構運営委員会（9名／1名）	筑波大学東京リエゾンオフィス
	2010.6.12-13	3大学連携キックオフミーティング（約50名／1名）	信州大学山地水環境教育研究センター
	2010.10.16-17	研究会議・エクスカーション（25名／4名）	信州大学南箕輪キャンパス・西駒ステーション
	2010.10.18-19	生物多様性条約締約国会議（COP10）出展	名古屋国際会議場
2011	2010.12.17-18	機構年次報告会・機構運営委員会（107名／8名）	筑波大学総合研究棟A
	2011.4.28	機構運営委員会（16名／2名）	筑波大学東京リエゾンオフィス
	2011.6.5-6	水循環・物質循環変動RGフィールドミーティング（6名／1名）	筑波大学井川演習林
	2011.8.2-3	炭素循環変動RGフィールドミーティング（25名／1名）	岐阜大学高山試験地
	2011.11.28	筑波大学中部山岳連携研究交流会（32名／7名）	陸域環境研究センター
2012	2011.12.16-17	機構年次報告会・機構運営委員会（125名／8名）	信州大学松本キャンパス
	2012.4.20	機構運営委員会（21名／3名）	信州大学松本キャンパス
	2012.5.20	日本地球惑星科学連合大会「中部山岳地域の自然環境変動」セッション開催（発表44件／5件）	幕張メッセ国際会議場
	2012.9.15-16	フィールドミーティング・生命環境学群連携実習	筑波大学八ヶ岳・川上演習林ほか
	2012.12.13-14	機構年次報告会・機構運営委員会（予定）	高山市民文化会館

<sup>1</sup> 当センターの教職員が参加・貢献した行事のみを示す。

<sup>2</sup> 人数の括弧内は（全参加者数／当センター教職員の参加者数）を示す。



第3図 中部山岳地域環境変動機構の研究会風景  
(A) 2010年度研究会議・巡検（信州大学西駒ステーション：2011年10月17日）。  
(B) 2011年度機構年次報告会（信州大学松本キャンパス：2011年12月16日）。

年比 61% 増）があり，小規模な学会に近い会となり，さらに充実した報告集が出版された（第2図；中部山岳地域環境変動研究機構，2011）。2年間の研究成果を広く学界に紹介するために，2012年5月開催の日本地球惑星科学連合大会において「中部山岳地域の自然環境変動」セッションを提案し，44件の発表がエントリーされた。本セッションに基づいて，地学雑誌（東京地学協会）の特集号が企画され，編集が進んでいる。

#### IV 第3期におけるその他の主要な事業・活動

##### 1. アジアの乾燥・半乾燥域における陸面・生態モデルの相互比較に関する国際共同研究

陸面モデルと生態モデルとは，それぞれ，全球気候モデルなどの大気モデルにおいて，陸面での熱・水交換プロセス，生態系の炭素交換プロセスを表現するサブモデルである。これらのモデルは，プロセスを表現する数値モデルに，観測値を用いたキャリブレーションを適用することによって初めて，実際の現象の再現性を獲得することができる。よって，乾燥地域のような，これまで観測値が得られてこなかったような，気候帯や地表面被覆においては，再現性がモデルによって大きく異なるため，モデル間の相互比較によってモデルの精度評価が必要である。

主に第1期に実施された RAISE プロジェクトの後継となる研究活動は，日本学術会議の環境学委員会・地球惑星科学委員会の下，IGBP-WCRP 合同 MAHASRI（モンスーンアジア水文気候研究計画）小委員会の下で小規模に行われた。この活動を一つの契機として，2010年7月より Asia Dryland Model Intercomparison Project (ADMIP) が開始された。

2009年7月に中国長春において開催された第2回 MAIRS（Monsoon Asia Integrated Regional Study）の International Workshop on Asian Dryland Study において，中国科学院の Congbin Fu 教授より提唱され，浅沼とコロラド州立大学の Dennis Ojima 教授が共同議長として，プロジェクトを立ち上げた。主な資金源として，APN（Asia-Pacific Network for Global Change Research），中国科学院の推進する MAIRS，日本の科学研究費などの支援を受け，MAIRS や MAHASRI の国際プロジェクトのサブプログラムとして位置づけられるに至った。

まず，2010年7月に中国北京において，日・

中・米・韓・豪・蒙などを中心とした研究者を集めたキックオフ会議が開催され、プロジェクトの推進計画を承認し、モデル比較の対象地としてモンゴルと中国東北部の2地点を選択した。続いて、データ準備作業が行われた後、2011年7月に中国蘭州にて第2回国際ワークショップが開かれ、モデル比較研究の端緒が開かれた。さらに同年12月には、札幌においてデータ準備会合が開かれた後、2012年には、第3回国際ワークショップが米国コロラドにて開かれ、これまでの研究成果が確認された。この時点で、世界中の代表的な陸面モデル・生態モデルより約15モデルが参加している。得られた研究成果は、近日中に国際学術誌に投稿することが予定されている。

## 2. 地球寒冷圏の地表変動研究

海外を対象とする陸域環境研究に関して、第2期まではアジアの乾燥地域や湿潤熱帯地域を中心に取り組んできたが、第3期では北極圏や中緯度高山地域など「地球寒冷圏」にも展開した。気候温暖化が氷河や永久凍土の融解に直結する寒冷圏では、地表環境への影響が急速に表れる。そのため、気候の年々変動や長期変動に対する地表環境の応答について早急に評価する必要がある。2007～2009年の国際極年を契機として、地球規模での観測網が整備され、環境評価が重点的に進められている（IPY Joint Committee, 2011）。

2010～2011年度は、特に北極圏スバルバル諸島（ノルウェー）を対象として、気温・地温・積雪等の気象条件（第4図）と各種周氷河地形（岩石氷河・氷楔多角形土・淘汰円形土・ハンモック土等）の動態の関係に関する観測を集中的に実施した（例えば、Watanabe *et al.*, 2012）。対象地域では、特に最近20年間の温暖化の傾向が顕著である。我々が観測を開始した2005年以降も永久凍土（3 m以深）の温暖化傾向が見られた。ただし、積雪深の年々変動が大きいために、気温に対する永久凍土地温の応答性は非直線的となって



第4図 北極圏スバルバル（北緯78°）の観測ステーション  
気温、地温、積雪深、地表変位、地中の変形を観測している。2009年4月26日撮影。

いる。

## 3. 次世代環境教育カリキュラムの作成と試行実践

2009年につくば市が策定した「つくば環境スタイル行動計画」では、「環境教育」が「交通体系」「田園空間」「実験タウン」と並ぶ取り組みの柱と位置づけられた。そして、5年以内に実施する重要施策として「小中学校における環境教育カリキュラムの作成」が掲げられ、筑波大学とつくば市教育委員会が実施コアとなってこれを進めることとなった。そこで、本センター教員が幹事となり、本学教員のほか教育委員会・小中学校教員・市民団体等の協力を得ながら次世代環境教育ワーキンググループを組織し、つくば市立小中学校における環境教育の現状、現職教員の環境教育に対する意識、さらには国内外での環境教育のトレンドに関する包括的な調査結果にもとづいてカリキュラム構成を検討し、具体的な単元計画案を作成した（筑波大学次世代環境教育ワーキンググループ, 2011）。また、これをもとにPPT教材や

ECO 健康診断カルテ等を整備し、本センターの Web サーバー上で公開した。2010 年度には 6 校、2011 年度には 9 校において出前授業を含む試行実践を行い、カリキュラムの改善を図った。このカリキュラムの特徴を端的に表現すれば、「万人のための環境教育」ということになる。すなわち、熱心な環境保全活動家を育成するためだけでなく、単なる教養として環境の理解を深めるだけでもない、次世代を担う全ての子ども達が自分達の意味で望ましい未来の環境を創り上げるために必要な教育と言える。単元計画は、小学校～中学校の各学年における個々の単元が全体として調和的・有機的に結びつくようにデザインされており、その中核となるコア単元と、それを取り巻く多様なサテライト単元の 2 種類で構成されている（第 5 図）。

本カリキュラムはその後、つくば市独自の教科

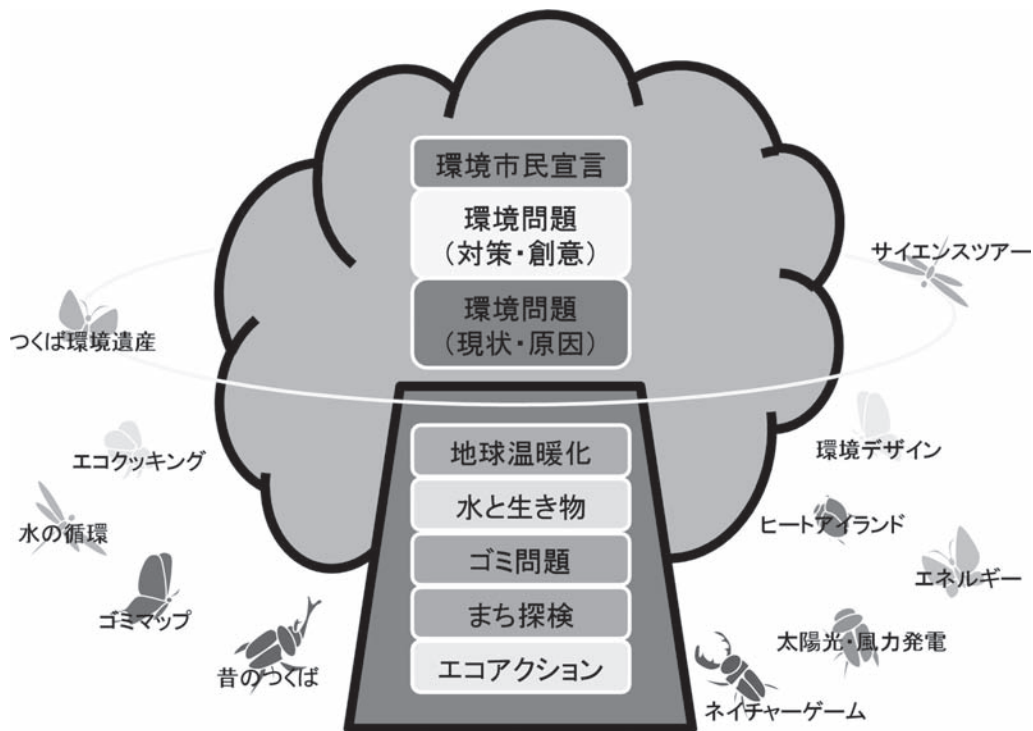
として新設された「つくばスタイル科」の一部として再編され、2012 年度より全ての小中学校に導入されている。

#### 4. 研究施設更新

熱収支・水収支観測圃場に関しては、大規模な設備更新はなく、測器類の更新と検定、定期メンテナンスと草刈りを実施して機能の維持・強化を図っている。観測データは概ね順調に供給されている。

大型水路では、ポンプ用電源、砂礫循環設備、測定台車、実験棟屋根部分の不具合に関して更新・撤去・補修等で対処した。しかし、耐震補強工事と屋根の全面的補修が課題として残される。水理実験棟に関しては新規設備の導入や排水設備改修を行ったが、実験装置の収容力が限界に近づいている。

センター研究棟に関しては、設備の老朽化とス



第 5 図 次世代環境教育カリキュラムの構成（単元計画 Ver. 2）



スタッフ（研究員・研究支援員）や常駐学生の増加に伴う緊急な改修が必要となった。2010 年度には、通信関連の工事、個別冷房化、机・椅子・棚の更新、耐震固定工事を実施した。2011 年度には、セキュリティシステムの導入、研究室、サーバ室、機械室等の仕様替えのための工事を実施して、研究スペースの増加と居住性の向上に務めた。以上により、研究環境はかなり改善された。研究棟実験室には環境トレーサー分析機器類一式を導入し、分析機器の運用を開始した。

## V まとめ

第3期では、第2期に企画・申請した大学間連携研究に関して文部科学省特別研究経費を獲得し、センター一丸となって中部山岳地域の環境変動研究を重点的に推進してきた。同時に、海外での陸域環境研究を拡張する一方で、環境教育プログラムを開発して地域に貢献するなど、多彩な活動を展開した。各教員・研究員はそれぞれ科学研究費や財団等の助成金を獲得し、様々な課題の基盤研究に取り組んだ。若手のスタッフや常駐学生が増加して組織全体が若返り、研究が活性化するとともに、センター内部での研究会や他組織との連携・交流事業が格段に進んだ点は特筆される。第2期に築かれた研究・教育・社会貢献の中核

拠点としての機能が、より一層強化された時期であったといえよう。

## 参考文献

- 中部山岳地域環境変動研究機構（2010）：「地球環境再生プログラム」2010 年度年次研究報告会発表要旨集，81pp.
- 中部山岳地域環境変動研究機構（2011）：「地球環境再生プログラム」2011 年度年次研究報告会発表要旨集，128pp.
- 筑波大学次世代環境教育ワーキンググループ（2011）：つくば次世代環境教育カリキュラムの作成と試行実践—中間報告書—。筑波大学陸域環境研究センター，84pp.
- IPY Joint Committee (2011): Understanding Earth's Polar Challenges: International Polar Year 2007-2008. University of the Arctic, Rovaniemi, Finland /CCI Press, Edmonton, Alberta, Canada, 695pp.
- Watanabe, T., Matsuoka, N. and Christiansen, H.H. (2012): Mudboil and ice-wedge dynamics investigated by electrical resistivity tomography, ground temperatures and surface movements in Svalbard. *Geografiska Annaler*, in press.