

6. 平成21年度研究交流目標

(1) 全課題に共通する研究交流目標

①日中の研究者間の交流目標

第2フェーズからの新たな研究交流体制と研究対象地を有効に活用し、流域を対象とした日中共同調査・研究の実施及び課題間の連携を図る。

平成21年度は、本事業の最終年度1年前にあたる。そこで本事業終了後も引き続き、本事業で得られた研究の成果や交流活動を継続・発展させるため、本年度より日中の研究者間で、本事業終了後の研究交流のあり方について、新たなプログラムに応募する可能性も含めて検討を開始する。

②研究成果に関する交流目標

これまでの研究成果の蓄積を活かし、両国研究者による共著論文を作成すること、及びより評価の高い国際誌に論文を掲載する。

研究成果の取りまとめとして、「乾燥地科学シリーズ(第1巻)21世紀の乾燥地科学—人と自然の持続性—」(古今書院、平成18年度出版)、「乾燥地科学シリーズ(第5巻)黄土高原の砂漠化とその対策」及び「乾燥地科学シリーズ(第3巻)乾燥地の土地劣化とその対策」(平成19年度出版)、「乾燥地科学シリーズ(第2巻)乾燥地の自然」(平成20年度出版)に引き続き「乾燥地科学シリーズ(第4巻)乾燥地の資源とその保全・利用」を出版する。

(2) 課題ごとの研究交流目標

第1課題：砂漠化のプロセスと影響に関する解析

①土地利用評価のための水文・気象モデルの作成に関する研究：中国黄土高原の中でも特に水食・風食の激しい陝西省神木県六道溝流域を研究対象地域として、現状および持続可能な土地利用を評価するための水文・気象モデルの開発を目標とする。これまで続けてきた雨水の流出や地下への水浸透過程のモニタリングを引き続き行うとともに、蒸発散量の推定も含んだ流出解析モデルの検証を行う。また、②で作成される流域の地形単位ごとに植物生産量を算出するためのモデルを流出解析モデルに組み込むことによって、複数の土地利用シナリオの評価を目指す。具体的な研究項目について以下に示す。

- i) 小流域を対象とした地下水位や雨水流出量、土壌水分の多点観測の継続。
- ii) 流出解析モデルの開発(蒸発散量の推定を含む)と観測データによる検証。
- iii) 局地気象モデルによるメッシュ気象データの作成とその精度検証。
- iv) 渦相関法による草地の生産量の把握と植物生産モデル(局地気象モデルを統合した)の開発。

②砂漠化のプロセスと地域・社会への影響を明らかにすることを目的とした砂漠化ハザードマップの作成：開発目標のハザードマップは、気候条件で決まるその土地の潜在的な植物の生産量と、さまざまな阻害要因(土壌水分、気温、放牧圧)によって減少する植物生産量との差を検討することによって、砂漠化の傾向を定義するものである。本年度は、現地の自然草本である長芒草と家畜対象のアルファルファを対象に、生産量に対する阻害

プロセスを観測とシミュレーションの両方向によって調べ、最適な土地利用のシナリオ構築を目指す。具体的な研究項目について以下に示す（一部①と重複）。

- i) 局地気象モデルによるメッシュ気象データの作成とその精度検証。
- ii) 渦相関法による草地の生産量の把握と植物生産モデル（局地気象モデルを統合した）の開発。
- iii) いくつかの土地利用シナリオを想定して植物生産モデルを走らせ、最適な土地利用を検討。中国側に提示するとともに、中国側が考えているシナリオも同時に検討。

第2課題：適正技術と代替システムの開発

- ① 土壌及び水保全技術開発：ベンチマークサイトである葦園溝流域におけるダム農地を精査し、ダム農地の持続的利用のための技術的課題を明らかにするとともにその解決法を検討する。洛恵渠灌区ベンチマークサイトでの地下水位・水質観測、土壌調査を継続し、長期的なモニタリングに基づいた水管理、二次的塩類集積改善法の検討を行う。
- ② 農業技術開発：ビニルハウス野菜栽培における収量および品質に及ぼす養水分量の影響を調査し、節水栽培技術を開発する。また、耐乾性コムギ作出のために、既存の耐乾性中国コムギの水利用効率を明らかにし、海浜性コムギ類縁植物ハマニンニクと耐乾性中国コムギとの耐乾性を生理的に比較する。
- ③ 生態系サービスを考慮した緑化技術開発：郷土樹種を用いた緑化技術の開発研究を継続するとともに、植生保存のため、立地条件や退耕還林政策が植生に及ぼす影響調査を進める。森林生態系の機能及びサービスの現地調査を継続し、最終年度に向けて長期モニタリングに基づいた黄土高原における森林生態系の機能やサービスの特徴や問題点を検討する。

第3課題：砂漠化防止に対する総合的アプローチ

最終的な研究交流目標である「砂漠化防止対策オプションの効果を定量的に評価し得る数値モデルの開発」のため、研究対象流域（紙坊溝流域）の経済学、公衆医学及び生態学的調査を継続し、経済状況、健康状態、環境意識、生態学的健全性に関する基礎データをさらに収集する。また、当該流域の自然－社会系の健全性を評価しうる総合的な指標についても引き続き改良を加える。これらのデータおよび指標を基に、一昨年度・昨年度に試作した経済学・生態学に関する数値モデルのバリデーションを行い、実証分析可能なモデルに仕上げるとともに、当該流域の健康状態の特徴とそれを規定する社会経済的な要因を明らかにする。

7. 平成21年度研究交流成果

7-1 研究協力体制の構築状況

インターネットを利用して（IP電話、電子メール）、中国側研究者と研究経過や成果に関する情報のやりとりを日常的に行っている。研究対象地が乾燥地であるため不自由もあるが、中国側研究者は研究器材の調達、研究設備や研究圃場の整備・メンテナンス、観測データの収集・蓄積等に非常に協力的である。

中国側拠点がカバーしていない研究領域については、日本側研究者が中国側ポスドクや学生にミーティング・アドバイスをを行い、研究に必要なデータも適宜提供している。また、観測現地（神木等）に滞在する中国側博士課程の学生に観測・解析・論文指導等に関する細かい指導も行い、必要に応じてこちら側のデータも供給している。

7-2 学術面の成果

平成18年度より課題間の連携を深め、本事業全体の統合性を高めるため、これまでの5つの研究課題を次の3つの研究課題に再編した：第1課題「砂漠化のプロセスと影響に関する解析」、第2課題「適正技術と代替システムの開発」、第3課題「砂漠化防止に対する総合的アプローチ」。

各研究課題の主な学術面の成果は、以下の通りである。

（第1課題：砂漠化のプロセスと影響に関する解析）

①土地利用評価のための水文・気象モデルの作成に関する研究

i) MODIS衛星による昼夜地表面温度と熱収支モデルで計算された昼夜地表面温度を同化した指標NTDI (Normalized Temperature Difference Index) を用い、六道溝流域を含む100km×100kmの地表面湿潤度の空間分布を作成した。NTDIは、従来よく用いられている正規化植生指標(NDVI)と比較して、土地被覆(水域、灌漑農地、天水農地、自然草地、裸地)による地表面湿潤度の違いを明確に表しており、砂漠化の診断方法として有効な指標であることが示唆された。

ii) 退耕還林政策に用いられる魚鱗坑に関して、水収支・土壌物理的観点から評価と改良を行うと共に、植林樹木の生長・土壌・地形の関係を明らかにした。

iii) 六道溝流域の堆積貯水池内の地下水位は、植物成長期である春から秋にかけて、植生の吸水により低下しており、特に低木直近の地下水位には日周期変動が見られ、高温期に午前中から日没にかけて水位低下し、日没後に水位が回復することを明らかにした。

②砂漠化のプロセスと地域・社会への影響を明らかにすることを目的とした砂漠化ハザードマップの作成

i) 黄土高原六道溝流域における苜蓿(*Medicago sativa*)生産のモデルシミュレーションの構築のために、苜蓿の現存量の調査を2009年5月中旬～9月中旬に行った。6月、7月の苜蓿の成長は2007年と2008年に比べ10～40%程度低かった。このようにな

りの年次変動があることを確認した。

ii) 苜蓿の生産モデルの入力データとして、領域気象モデル TERC-RAMS を用い、黄土高原六道溝流域の日射、気温、風速、降水量のシミュレーションを行い、観測値との比較検証を行った。システムティックな誤差はあるものの、領域内の測定値を基準として補正可能であることが明らかとなった。その結果、TERC-RAMS が黄土高原六道溝流域について、苜蓿生産モデル入力に必要な春～夏期の日射、気温の分布を再現できることを確認できた。

(第2課題：適正技術と代替システムの開発)

- ① **土壌及び水保全技術開発**: 榆林溝流域を対象に、流域内に分布するチェックダム農地(以下、ダム農地)において塩類集積が生じやすいダム農地の特徴について分析を行い、原地盤の縦断勾配が急なところよりも緩やかなところに形成されたダム農地ほど塩類集積の被害が生じやすいことを明らかにした。また、小河溝流域の曹崙ダム農地を精査し、同一ダム農地においては上流側ほど塩類集積被害が大きく、それは地下水位に起因することを明らかにした。洛恵渠灌区においては、高塩分濃度の地下水の補助灌漑利用による二次的塩類集積が本地区の塩害の一因となっており、適切な用水配分が重要である。そこで、灌区内の水路掛りごとに供給率、効率、信頼性、公平性の点から灌漑実効評価を行い、用水配分の実態を明らかにした。その結果、東部幹線水路掛りでは、他の幹線水路掛りと比べて、供給率がやや低いことが明らかになった。また、水路掛りごとの評価対象期間を1カ月以上の長い期間にすると、評価結果はおおむね良好であった。同時に、同灌区内における地下水の適切な灌漑利用可能量を作物別、行政区別に明らかにし、マップ化した。さらに、洛恵渠灌区において農家の施肥管理の実態を調査した。調査は、農民への聞き取り調査と当該農地の土壌分析を併用した。施肥管理の実態として、1) 化学肥料と有機物資材が併用されていること、2) 窒素、リンの施肥量は過剰(特にリン)であること、3) 養分の過剰施与は有機物に起因することが明らかになり、ハウス土壌では、過剰の堆肥施与(現物 100~300t/ha)も相まって、著しい可給態窒素、リンの集積が生じていた。地下水は高濃度のリンと硝酸が検出され、大半は飲用不可の状態にあり、現状の不適切な施肥管理による環境汚染進行の実態を捉えることができた。その深刻さの事例として、硝酸態窒素が 100ppm を超える、液肥として使用できるほど高濃度の地下水が複数認められた。
- ② **農業技術開発**: ビニルハウスの野菜栽培における収量および果実品質に及ぼす養水分量の影響調査を継続した。トマト果実のビタミンCおよび可溶性タンパク質含量を有意に上昇させる施肥量と灌水量の組み合わせがわかった。ソルガムをケイ酸処理したときに乾燥ストレスが軽減されるが、この時に、可溶性糖とアミノ酸が増加することを見いだした。
- ③ **生態系サービスを考慮した緑化技術開発**: 郷土樹種の活着率の向上につながる技術開発

の基礎として、郷土樹種の耐乾燥性に関わる浸透調節物質の解明に向けた研究を行った。その結果、黄土高原の森林に生育する郷土樹種 20 種について、浸透調節に関わるベタイン類の物質を解明し、種により、蓄積するベタインの種類が異なることを明らかにした。さらに、浸透調節物質の一つである、グリシンベタインの植物への投与実験を行い、グリシンベタインがストレス条件下で樹木苗の光合成活動を維持させる効果を持つことを明らかにした。また、ベンチマークの延安地域に生育する樹木の光合成・蒸散特性や、ニセアカシア人工林の水消費量に関する論文を発表した。

(第3課題：砂漠化防止に対する総合的アプローチ)

「砂漠化防止対策オプションの効果を定量的に評価し得る数値モデルの開発」のため、研究対象流域（紙坊溝流域）を主体に経済学、公衆医学および生態学的調査を継続し、必要なデータをさらに収集した。また、これらを総合的に評価する指標の改良を継続した。

- ① 経済学的調査：退耕還林政策による当該流域の村落の全要素生産性(TFP)を調査したところ、TFP が大幅に増加すること、この増加が「技術効率性」ではなく、「技術的改良」に起因することを見出した。また、テラス造成が TFP と「技術的改良」の増加に貢献することを明らかにした。
- ② 生態学的調査：当該地域に造成されたテラスの低地部における生物生産力の高さが土壌水分量が多いことに起因していることを明らかにした。これが雨水の表面流去によると考えられたため、開発中の生物物理モデルの水分流出量計算式の改良を行った。
- ③ 中国黄土高原北部の自然草地を対象とした窒素降下のシミュレーション実験の結果、土壌乾燥が主な制限要因となる自然草地においてもイネ科植物の成長が向上するが、マメ科植物では窒素降下に対して負の反応を示すこと、および微地形がバイオマス変化の閾値に影響することを明らかにした。

7-3 若手研究者養成

本事業は、若手研究者の育成に特に力を入れている。具体的には下記のとおりである。

- (1) 鳥取大学大学院連合農学研究科（博士課程）を修了した学生が、本事業の中国側拠点である中国科学院水土保持研究所の採用試験に合格し、平成 20 年 4 月より 2 年間ポスドクとして雇用されている。
- (2) 本事業の経費だけでなく、他の経費も投入して、学生やポスドクを現地調査等に帯同、あるいは単独滞在型の研究を実施させている。(21 年度延べ訪中人数：学生；13 名、ポスドク；4 名)。
- (3) 平成 21 年度は、中国側拠点大学及び協力大学から、留学生 9 名（うち 4 名は拠点枠）を受入れている。
- (4) 拠点プロジェクトメンバーの工学研究科博士課程学生(黄金柏)が六道溝調査区の調査を基に博士論文をまとめて学位を取得した。

- (5) 拠点プロジェクトメンバーの連合農学研究科博士課程学生(韓祥偉)が、窒素降下が黄土高原の植生に与える影響について明らかにし、これを博士論文にまとめ博士(農学)の学位を取得した。

7-4 社会貢献

- (1) 平成22年1月29日～30日、東京国際フォーラムにて開催された「日中大学フェア」において本交流事業に関するポスター発表を行った。
- (2) JICA 集団研修「乾燥地における土地・水資源の適正管理と有効利用」において、本拠点の成果を盛り込んだ講義および演習を行った。

7-5 今後の課題・問題点

本年度は、本事業9年目にあたり、研究成果の収穫期を迎えている。

来年度は本事業の最終年度であることから、本事業で得られた成果を発表する方法として、英文書籍の出版について中国側へ提案し協議を進めている。

7-6 本研究交流事業により発表された論文

平成21年度論文総数 34本

うち、相手国参加研究者との共著 7本

うち、本事業がJSPSの出資によることが明記されているもの 10本

(※ 詳細は別紙「論文リスト」に記入して下さい。)

8. 平成21年度研究交流実績概要

8-1 共同研究

各研究課題は以下の共同研究を行った。

(第1課題：砂漠化のプロセスと影響に関する解析)

砂漠化のプロセスと地域・社会への影響を明らかにすることを目的として、砂漠化ハザードマップの作成及び土地利用評価のための水文・気象モデルの開発を進めており、具体的に下記の研究を行った。

- ① 砂漠化の診断を目的とする指標 NTDI を用い、六道溝流域を含む 100km×100km の地表面湿潤度の空間分布を作成し、土地被覆（水域、灌漑農地、天水農地、自然草地、裸地）による地表面湿潤度の違いを明確に表すことが出来るかどうかを検証。
- ② 黄土高原における効率的水利用および侵食対策として用いられる工法（魚鱗坑）に関して、水収支・土壌物理的観点からの評価と改良および植林樹木の生長と土壌、地形との関係を検討。
- ③ 黄土高原小流域の水動態を解明するための水文観測の実施。また、雨水流出解析法をチェックダムを考慮できるモデルに改良し、チェックダムの効果について流出解析的に検証。
- ④ 黄土高原六道溝流域における草地の総生産量や蒸発散量を把握するため、熱・CO₂フラックスを渦相関法により観測（昨年度より継続）。また、黄土高原六道溝流域における草地生産力を評価するため、植生（苜蓿 *Medicago sativa*）の現地調査の実施。
- ⑤ 領域気象モデル TERC-RAMS を用い、2007年3～8月における気象ステーションを中心とした六道溝流域の気象シミュレーションを実施。6ヶ月の長期データを得ることが可能。

(第2課題：適正技術と代替システムの開発)

土壌及び水保全技術開発、農業技術開発ならびに生態系サービスを考慮した緑化技術開発をすすめており、具体的に下記の研究を行った。

- ① 榆林沟流域（流域面積：65.8 km²）を対象に、流域内に分布するチェックダム農地において塩類集積を生起し易いダム農地の特徴について分析を実施。また、小河沟流域の曹峁ダム農地（36ha）の精査と塩類集積状況調査、および塩類集積の原因を分析した。
- ② 洛惠渠灌区で灌漑実効評価の実施と用水配分の実態分析と地下水の灌漑利用可能量を算定した。施肥管理実態の調査と過剰施肥が土壌、地下水等環境汚染に及ぼす影響を評価。
- ③ 安塞研究試験地および鳥取大学農学部にてビニルハウス野菜節水栽培試験を実施（継続）。また、ケイ酸処理によるソルガムの乾燥ストレス軽減メカニズム解明に関する研究を実施。
- ④ 郷土樹種の耐乾燥性に関わる浸透調節物質の解明と植物への投与実験を行った。また、菌根菌を利用した樹木の耐乾燥性向上に向けた調査を開始。
- ⑤ 延安南部で植生動態のモニタリングを行うとともに、森林生態系の物質循環、水循環、

流出、河川水質等のモニタリングを継続。

(第3課題：砂漠化防止に対する総合的アプローチ)

対象地域の抱える問題を総合的に解明するため、研究サイトとして選出した黄土高原の紙坊溝流域を対象に、経済学、医学、生態学の研究者が引き続き以下の研究を行った。

- ① 対象地域における経済、健康、環境意識、生態に関する基礎データを継続的に収集した。これらに中国側の研究者と合同で抽出した新たな指標を加え、自然-社会系の健全性を評価する総合数値モデルの開発に関連する解析を進展させた。
- ② 退耕還林政策によって紙坊溝流域の村落における「総要素生産性」が増加し、これがテラス造成などの「技術的改良」に起因することを解明した。
- ③ 紙坊溝流域のテラスにおける生物生産性を評価し得る新たな生物物理モデルに、表面流去を考慮した計算式を組み込んだ。
- ④ これまでの研究成果を基に、「地球環境読本（日本語版・中国語版、外務省日中研究交流支援事業による出版物）」に「急がれる砂漠化対処」と題する章を執筆し、日中両国に頒布した。

8-2 セミナー

平成21年度は、中国科学院水土保持研究所において、9月14日、15日の2日間にわたって実施した。日中双方の研究者による課題別の研究成果発表(口頭発表：日本側5題、中国側：5題)、ポスターセッション(46題)、及び日中双方のコーディネーターによる事業内容の総括、本交流事業の最終年度である来年度の研究計画等について議論した。また、課題別の研究報告及び来年度の研究内容についての検討を行った。

8-3 研究者交流（共同研究、セミナー以外の交流）

- (1) 平成21年7月から8月にかけて中国側カウンターパートの梁銀麗教授が鳥取大学農学部および乾燥地研究センターに滞在し、日本側担当教員と本事業の共同研究に関する試験地の視察および意見交換を行った。
- (2) 平成21年12月7日から12月14日にかけて中国側カウンターパートの杜盛教授が乾燥地研究センターに滞在し、第2課題の研究について、今年の研究結果の検討と、来年度の研究計画について打ち合わせを行った。12月11日に乾燥地研究センターで、研究紹介の講演「Integrated studies on combating desertification and rehabilitating degraded ecosystems in the Loess Plateau region」を行った。
- (3) 平成22年1月11日から1月25日にかけて中国側カウンターパートの馬永清教授が乾燥地研究センターに滞在し、日本側担当教員と本事業の共同研究に関する試験地の視察および意見交換を行った。1月14日に研究紹介の講演「Germination physiology in root parasitic weeds、 Striga、 Orobanche and Cistanche deserticola)を行った。
- (4) 平成22年1月には、日本側コーディネーター、山中教授、技術専門職員が訪中し、

来年度の事業計画、セミナー開催時期等の情報交換や意見交換を行った。