

# グローバルCOEプログラム 「乾燥地科学拠点の世界展開」

Global Center of Excellence for Dryland Science

文部科学省研究拠点形成費等補助金事業  
平成19年度採択拠点(平成19~23年度)

成 果 報 告 書



国立大学法人鳥取大学  
乾燥地研究センター

# グローバルCOEプログラム 「乾燥地科学拠点の世界展開」

文部科学省研究拠点形成費等補助金事業  
平成19年度採択拠点（平成19～23年度）

## 成果報告書

---

Report for the Global COE Program  
“Global Center of Excellence for Dryland Science”  
(2007 – 2011)

国立大学法人鳥取大学乾燥地研究センター

Arid Land Research Center, Tottori University



# 目 次

## 序 文

### I. 本プログラムの概要

1. グローバルCOEプログラムとは	1
2. 組織等	3
3. 拠点形成の目的と成果の概要	4

### II. 人材育成の取り組み

1. 人材育成計画	9
2. 取り組みの概要	10
3. 実績と成果	14

### III. 研究活動の取り組み

1. 概要	18
2. 環境修復研究グループ	21
(1) 研究課題と組織	21
(2) 研究の目的と期待される成果	21
(3) 研究対象地域と研究方法	22
(4) 研究成果	23
(5) 成果の公表	35
(6) 今後の展開	35
3. 農業生産研究グループ	36
(1) 研究課題と組織	36
(2) 研究の目的と期待される成果	36
(3) 研究対象地域と研究方法	36
(4) 研究成果	36
(5) 成果の公表	45
(6) 今後の展開	45
4. 分子育種研究グループ	47
(1) 研究課題と組織	47
(2) 研究の目的と期待される成果	47
(3) 研究対象地域と研究方法	47
(4) 研究成果	48
(5) 成果の公表	56
(6) 今後の展開	56

5. 保健医学研究グループ	57
(1) 研究課題と組織	57
(2) 研究の目的と期待される成果	57
(3) 研究対象地域と研究方法	57
(4) 研究成果	59
(5) 成果の公表	61
(6) 今後の展開	63
6. 地球環境研究グループ	66
(1) 研究課題と組織	66
(2) 研究の目的と期待される成果	66
(3) 研究対象地域と研究方法	66
(4) 研究成果	68
(5) 成果の公表	71
(6) 今後の展開	72

#### IV. 海外連携機関との共同活動および世界学術ネットワークの構築

1. 本拠点の国際化に関する構想	74
(1) 概要	74
(2) 世界の中での本拠点の位置づけ	74
(3) 海外連携機関との連携	74
(4) ICARDA・DRIとの連携がもたらす特筆すべき効果	75
2. ICARDAとの連携活動	76
(1) 研究面	76
(2) 人材育成面	76
3. DRIとの連携活動	78
(1) 研究面	78
(2) 人材育成面	78
4. 国際的に卓越した拠点形成としての成果と評価	81
(1) 国際評価	81
(2) 国内外の学会の評価	81
(3) 産業界等の評価	81
(4) 総括	82

#### 巻末資料

1. 論文・著書リスト	83
2. 学位論文	94
3. 研究会	97
4. ポスドク採用者	103
5. 国際会議等の開催実績	104

## 序文

この成果報告書は、文部科学省の支援を受けて、平成19～23年度に実施されたグローバルCOEプログラム「乾燥地科学拠点の世界展開」（拠点リーダー：恒川篤史）の成果をとりまとめたものである。

グローバルCOEプログラムとは、その前身である21世紀COEプログラムの後継的な事業であり、「我が国の大学院の教育研究機能を一層充実・強化し、国際的に卓越した研究基盤の下で世界をリードする創造的な人材育成を図るため、国際的に卓越した教育研究拠点の形成を重点的に支援し、もって、国際競争力のある大学づくりを推進することを目的とするもの」である。

鳥取大学からは、21世紀COEプログラムには、「乾燥地科学拠点」（平成14～18年度、拠点リーダー：稲永忍）および「染色体工学技術開発の拠点形成」（平成16～20年度、拠点リーダー：押村光雄）の2拠点が採択され、さらにグローバルCOEプログラムには、この「乾燥地科学拠点の世界展開」に加えて、「持続性社会構築に向けた菌類きのこ資源活用」（平成20～24年度、拠点リーダー：前川二郎）の2拠点が採択された。鳥取大学は、地方大学にあってこのように複数の拠点が採択された数少ない大学のひとつであり、鳥取大学の研究面での個性を引き出すことに一役買ったのではないかと考えている。

本事業の実施にあたっては、博士課程として連合農学研究科国際乾燥地科学専攻および医学系研究科医学専攻が、また研究面では乾燥地研究センター、農学部、医学部、工学部、地域学部が参加し、鳥取大学の総力を結集して、事業の推進に取り組んできたと言っても過言ではあるまい。また連携先機関として、米国・ネバダ州・リノに位置する砂漠研究所（Desert Research Institute: DRI）およびシリアのアレッポに位置する国際乾燥地農業研究センター（International Center for Agricultural Research in the Dry Areas: ICARDA）の協力を得た。

鳥取大学では、能勢隆之学長（当時）をはじめ、岩崎正美研究・国際交流担当理事、本名俊正教育担当理事、萩原総務担当理事、研究・国際協力部、乾燥地研究センター、連合農学研究科、農学部、医学部、工学部、地域学部の各教職員の方々に甚大なるご支援を賜りました。ここに厚く御礼を申し上げます。また事業推進担当者をはじめ本事業に協力をいただいた多くの教員、学生さんにこの場を借りて感謝を申し上げます。とくに事業の実施・運営・経理などの実務面を支えてくださった乾燥地研究センターの歴代事務長、渡辺多紀夫氏、北尾富行氏、西尾瀧雄氏、会計担当の土井玄彦氏、小河清史氏、担当職員の大塚優子さん、椿陽子さんの働きがなければ本事業の円滑な実施はあり得ませんでした。深く感謝しています。

本事業の成果を継承し、鳥取大学の乾燥地科学拠点をさらに発展させるため、今後とも尽力して参りますので、引き続きご支援、ご協力のほど、よろしくお願い申し上げます。

平成25年7月  
事業推進担当者を代表して  
拠点リーダー 恒川篤史



## I. 本プログラムの概要

### 1. グローバルCOEプログラムとは

グローバルCOEプログラムは、日本の大学院の教育研究機能を一層充実・強化し、世界最高水準の研究基盤の下で世界をリードする創造的な人材育成を図るため、国際的に卓越した教育研究拠点の形成を重点的に支援し、国際競争力のある大学づくりの推進を目的とする文部科学省研究拠点形成等補助金事業である。

以下、日本学術振興会ウェブサイトより、本事業の紹介を引用する。

#### ○背景

我が国の大学が、世界トップレベルの大学と伍して教育及び研究活動を行っていくためには、第三者評価に基づく競争原理により競争的環境を一層醸成し、国公立大学を通じた大学間の競い合いがより活発に行われることが重要であることから、文部科学省においては、大学の構造改革の一環として、平成14年度から、世界的な研究教育拠点の形成を重点的に支援し、もって国際競争力のある世界最高水準の大学づくりを目指す「21世紀COEプログラム」を実施しています。

「21世紀COEプログラム」により、大学改革の推進、優れた若手研究者の育成、新たな学問分野の開拓や研究水準の向上などが図られてきましたが、知識基盤社会、グローバル化の進展のなかで、国際的に第一級の力量をもつ研究者の育成は益々その重要性を増しており、平成17年9月の中央教育審議会答申「新時代の大学院教育」や平成18年3月に閣議決定された「科学技術基本計画」においても、より充実・発展させた形でポスト「21世紀COEプログラム」を実現することが必要であるとされています。

これらを踏まえ、学際・複合・新領域も含めたすべての学問分野を対象として、特に、産業界も含めた社会のあらゆる分野で国際的に活躍できる若手研究者の育成機能の抜本的強化と国際的に卓越した教育研究拠点の形成を図るため、平成19年度から、「グローバルCOEプログラム」を実施します。

#### ○目的

我が国の大学院の教育研究機能を一層充実・強化し、国際的に卓越した研究基盤の下で世界をリードする創造的な人材育成を図るため、国際的に卓越した教育研究拠点の形成を重点的に支援し、もって、国際競争力のある大学づくりを推進することを目的とするものです。

その目的の達成のために、平成21年度においては、特に研究面で学問分野間の学際的融合または学問領域の創成を図る国際的に新規性のあるプログラムを積極的に支援します。

#### ○公募対象

大学院研究科専攻（博士課程レベル）、大学附置の研究所、研究センター等

（なお、将来的な拠点構想が明確となっており、連携が拠点形成に必要不可欠である場合であって、一定の条件を満たす計画であれば、他の大学を含めた国内外の研究機関等と連携した取組も対象）

#### ○取組期間

原則5年間

○支援規模

1件当たり5千万～3億円程度／年

(分野等に応じた適正な規模の申請が期待され、5千万円以下の申請も可能)

○採択数

分野毎に10拠点程度／年

○予算

平成23年度予算額237億円

平成22年度予算額265億円

平成21年度予算額342億円

平成20年度予算額340億円

平成19年度予算額158億円

鳥取大学では、文部科学省がグローバルCOEプログラムの開始に向けた準備をしているとの情報をもとに、2006年11月には乾燥地研究センターにおいて、「グローバルCOEプログラムへの申請について」という基本方針を承認し、同年11月21日にはその第1回準備会合を開催した。この準備会合は、2007年1月17日までに計7回開催され、この準備会合のもとで申請調書の準備が行われた。

並行して海外連携機関との調整に取り組んだ。2006年12月には恒川が米国に出張し、砂漠研究所およびアリゾナ大学を訪問し、この事業への参加について打診した。

2007年2月には学内での決裁の後、文部科学省に申請調書一式が送付された。

2007年4月18日付けグローバルCOEプログラム委員会より「平成19年度グローバルCOEプログラムヒアリングの実施について（通知）」を受けた。同年5月24日、学術振興会にて、ヒアリングを受けた。ヒアリングには、能勢学長、岩崎研究担当理事、恒川乾燥地研究センター長、渡辺事務長が出席し、能勢学長の概要紹介の後、恒川センター長が内容について説明を行った。

2007年6月14日、独立行政法人日本学術振興会研究事業部研究事業課 グローバルCOEプログラム委員会事務局より「平成19年度グローバルCOEプログラム審査結果の公表について（事前連絡）」を受け、これにより採択結果を知った。

## 2. 組織等

グローバル COE プログラム事後報告書（2012 年 8 月提出）に記載された本事業の組織は以下の通りである。

1. 機関の代表者 (学長)	(ふりがな<ローマ字>) (氏名)	NOSE TAKAYUKI 能勢 隆之	
2. 申請分野 (該当するものに〇印)	A<生命科学> B<化学、材料科学> C<情報、電気、電子> D<人文科学> ⑤<学際、複合、新領域>		
3. 拠点のプログラム名称 (英訳名)	乾燥地科学拠点の世界展開 Global Center of Excellence for Dryland Science		
研究分野及びキーワード	<研究分野:環境学><砂漠化対処(環境修復技術)(植物分子育種)(国際保健学)(地球環境)		
4. 専攻等名	乾燥地研究センター、連合農学研究科国際乾燥地科学専攻(H21.4.1改組、旧 生物環境科学専攻)、医学系研究科医学専攻		
5. 連携先機関名 (他の大学等と連携した場合)	砂漠研究所(DRI、米国・ネバダ)地球・生態系科学部門、国際乾燥地農業研究センター(ICARDA、シリア・アレppo)生物多様性および統合遺伝子管理部門		
6. 事業推進担当者 計 17 名 ※他の大学等と連携した取組の場合：拠点となる大学に所属する事業推進担当者の割合 [76.5%]			
ふりがな<ローマ字> 氏名(年齢)	所属部局(専攻)・職名	現在の専門 学位	役割分担 (事業実施期間中の拠点形成計画における分担事項)
(拠点リーダー)			
TSUNEKAWA ATSUSHI 恒川 篤史 (51)	乾燥地研究センター・教授	緑地計画学、 保全情報学 農学博士	総括
SHINODA MASATO 篠田 雅人 (51)	乾燥地研究センター・教授	気候学 博士(理学)	DRI との連絡・調整 地球環境研究グループリーダー
YAMANAKA NORIKAZU 山中 典和 (53)	乾燥地研究センター・教授	乾燥地緑化学、 森林生態学 農学博士	開発された技術の実用化・普及促進 環境修復研究グループリーダー
INOUE MITSUHIRO 井上 光弘 (65)	乾燥地研究センター・教授	灌漑排水学、 土壌物理学、 乾地土水管理学 農学博士	農業生産研究グループ
YASUDA HIROSHI 安田 裕 (58)	乾燥地研究センター・准教授	乾地水圏環境評価 PhD(工学)	環境修復研究グループ
ANDO TAKAYUKI 安藤 孝之 (56)	乾燥地研究センター・准教授	乾燥地開発学 農学修士	国際的人材の育成・乾燥地における国際協力 平成 20 年 6 月 11 日追加 人材育成
FUJIYAMA HIDEYASU 藤山 英保 (62)	農学部(連合農学研究科国際乾燥 地科学専攻)・教授	環境化学 農学博士	農業生産研究グループリーダー
TSUJIMOTO HISASHI 辻本 壽 (53)	乾燥地研究センター・教授	植物遺伝育種学 農学博士	ICARDA との連絡・調整 分子育種研究グループリーダー 分子育種研究グループ
TANAKA KIYOSHI 田中 浄 (64)	農学部(連合農学研究科国際乾燥 地科学専攻)・教授	植物機能学 農学博士	
KITAMURA YOSHINOBU 北村 義信 (63)	農学部(連合農学研究科国際乾燥 地科学専攻)・教授	乾地広域水管理学 農学博士	連合農学研究科改革 環境修復研究グループ
YAMAMOTO SADAHIRO 山本 定博 (51)	農学部(連合農学研究科国際乾燥 地科学専攻)・教授	土壌化学 博士(農学)	農業生産研究グループ
SHIMADA AKINORI 島田 章則 (56)	農学部(山口大学大学院連合獣医 学研究科獣医学専攻)・教授	環境獣医病理学、 環境科学 博士(獣医学)	獣医学との連携 保健医学研究グループ
KUROZAWA YOUICHI 黒沢 洋一 (55)	医学部(医学系研究科医学専攻)・ 教授	公衆衛生学、乾 燥地保健医学、 産業医保健 医学博士	乾燥地保健医学の構築・人材育成 保健医学研究グループリーダー
Nicholas Lancaster ニコラス ランカスター (63)	砂漠研究所地球・生態系科学部門・ 研究教授	地形学 PhD(地理学)	DRI との共同研究 地球環境・環境修復研究グループ
Rajaram Sanjaya ラジャラン サンジャイ (69)	国際乾燥地農業研究センター生物多 様性および統合遺伝子管理部門・顧問	育種学 PhD(農学)	ICARDA との共同人材育成
Michael Baum マイケル ハウム (51)	国際乾燥地農業研究センター生物 多様性および統合遺伝子管理部 門・部長	生物工学 PhD(農学)	ICARDA との共同研究 分子育種・農業生産研究グループ
Kumud Acharya クムド アチャリヤ(48)	砂漠研究所水文学部門・研究准教 授	水文学および水域 の生態系修復	DRI との共同人材育成 平成 23 年 4 月 1 日交替(追加)

KOIKE ATSUSHI 小池 淳司 (43) Roger Jacobson ロジャー ヤコブソン (68)	工学研究科社会基盤工学専攻・准教授 砂漠研究所・副所長	PhD(生物環境科学) 土木計画学、応用 経済学、博士(工学) 地球科学 PhD(地球科学)	平成23年10月20日辞退 平成23年4月1日交替(辞退)
--	--------------------------------	--	----------------------------------

### 3. 拠点形成の目的と成果の概要

#### (1) 拠点形成の目的

乾燥地は、貧困、不健康などの問題を抱え、さらに砂漠化や干ばつ、黄砂の発生といった固有の災害を受ける、世界でもっとも脆弱性の高い地域である。日本で唯一、乾燥地問題に組織的に取り組む本拠点は、以下のように人材育成や研究を通じて乾燥地の問題解決に資することを目的とする。

- (1) 世界に通用する人材の育成：乾燥地問題に関する豊富な知見と多様な現場経験を持つ研究者・実務者を育て、国連・国際機関、海外研究機関等で乾燥地の問題に取り組みさせること
- (2) 世界最高水準の研究活動の推進：砂漠化、貧困、黄砂といった乾燥地における大きな問題に取り組み、本拠点で得られた知見、開発された技術を乾燥地の現場に還元すること
- (3) 世界学術ネットワークの形成：我が国の乾燥地研究が世界の乾燥地問題の解決につながるよう、日本の乾燥地研究者と世界をつなぐネットワークを形成すること

## 重要性と目的

### 乾燥地

#### 影響

面積：陸地の約4割

人口：約20億人

#### 課題

- ・砂漠化、干ばつ、貧困、低い農業生産力
- ・最も脆弱性の高い地域
- ・黄砂 → 日本にも直接の影響

### わが国唯一の教育研究拠点

#### 世界に通用する人材の育成：

乾燥地問題に関する豊富な知見と多様な現場経験を持つ研究者・実務者を育て、国連・国際機関、海外研究機関等で乾燥地の問題に取り組みさせる

#### 世界最高水準の研究活動の推進：

砂漠化、貧困、黄砂といった乾燥地における大きな問題に取り組み、本拠点で得られた知見、開発された技術を乾燥地の現場に還元する

#### 世界学術ネットワークの形成：

我が国の乾燥地研究が世界の乾燥地問題の解決につながるよう、日本の乾燥地研究者と世界をつなぐネットワークを形成する

## (2) 拠点形成計画及び達成状況の概要

### (1) 人材育成：高い研究能力と語学力を持ち、国際機関等で活躍する若手研究者を育てる

- 1) 博士課程入学者・博士号取得者数の増加：平成21年度に連合農学研究科に新たに「国際乾燥地科学専攻」が設置され、独自の教育カリキュラムにより人材育成を行う体制が整った。入学者数は10.5人から8.2人に微減したが、博士号取得者は5.0人から9.2人に増えた。
- 2) 学会・論文発表数の増加：公募した優秀な助教に対し、研究環境の整備と研究資金の提供を実施した。博士課程学生に対し、学会発表支援、英文論文校正支援等を実施した。博士課程学生1人当たり年間論文発表数は0.76本から0.79本に微増した。
- 3) 英語能力の向上：英会話研修の実施、英語試験受験への支援、海外調査への支援、海外連携機関での研修等を実施した。英語試験の成績（TOEIC換算）は平均で607点を得た。
- 4) 国連・国際機関等への就職者数の増加：博士号取得者をポスドクとして雇用し、研究キャリアを積ませるとともに、経済的補助を行った。19～20年度には計4名が海外機関に就職した。
- 5) 研究機関への就職者数の増加：国内外の研究機関の就職情報を組織的に収集・提供するなど支援を実施した。研究機関への就職者数（ポスドク含む）は、4.0人から6.8人に増加した。

### (2) 研究活動：研究活力を高め、研究基盤を整備し、乾燥地の問題解決に資する研究を進める

- 1) 研究活動の活性化：研究活力の高いグループに資金面でのインセンティブを与えた。研究会の開催、研究連携の促進等の措置を講じた結果、担当者一人あたり論文数(査読付)は5.5本/年となった。
- 2) 研究基盤の整備：乾燥地環境再現実験設備など世界的にも先端的な研究設備を導入した。国内外の研究者との共同研究を推進するため、共同利用・共同研究拠点の申請を行い、認定された。
- 3) 研究の推進と連携：砂漠化、貧困、黄砂の3つの問題に焦点を絞り、総合的な研究を推進した。
  - ①砂漠化土地の修復：二次的塩類集積の防止対策を広域水管理の観点から提案した。また中国山東省での実証試験により、好塩性作物の導入によって塩類化した土壌を修復し、さらに土壌の有効利用が可能となることを証明した。
  - ②農業生産の向上：農業生産向上のため新しい耐乾性作物を作出した。これまで開発が困難とされていた耐乾性作物（ジャガイモ、コムギ等）を遺伝子組換え法または遠縁交雑法により開発することができた。これらを乾燥地で評価し、実用化への道を開くことができた。
  - ③黄砂被害の軽減：乾燥地研究センターとDRI両機関の最先端の黄砂発生観測システムを利用して、黄砂発生の生物物理モデルを開発することによって、世界でも類をみない黄砂発生ハザードマップの作成に成功した。
  - ④乾燥地科学シリーズの出版（古今書院）：乾燥地科学を体系化し大学院教育の教材としても使うため、国内で初の体系的な専門書を企画し、全5巻を出版した。

### (3) 国際連携：海外連携機関と毎年度「契約」を結び、人材育成・研究両面での事業を実施する

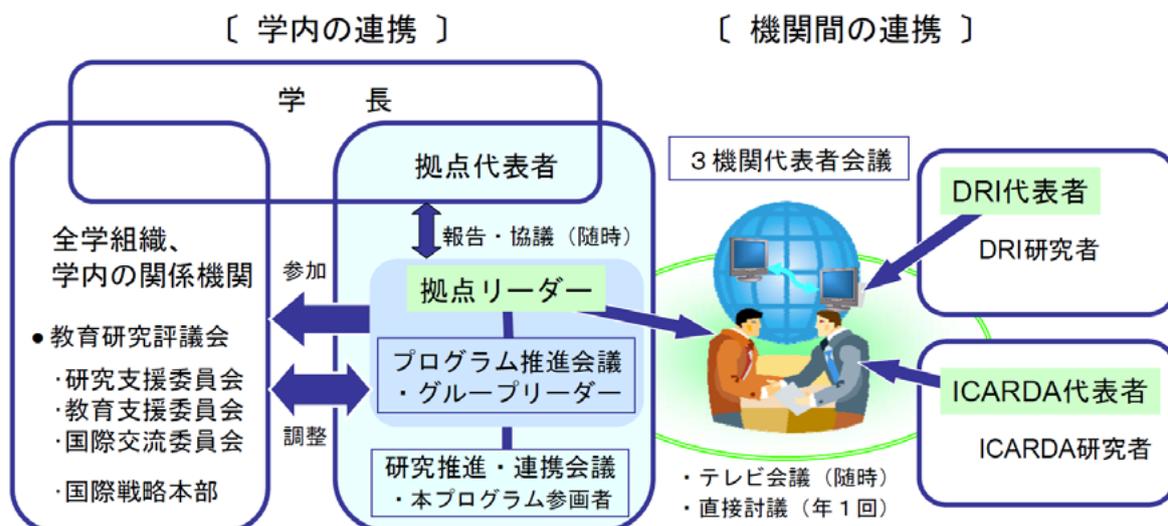
- 1) DRIとの連携：砂漠研究所(DRI、米国)との連携により地球科学分野の研究（とくに黄砂研究）を推進した。DRIが開発した黄砂発生の観測技術を用いてモンゴル草原における共同観測を実施することにより、黄砂発生に対する土壌水分・植生の詳細な影響を解明することができた。ポスドク研究員を3ヶ月間DRIに派遣し、研修を通じて世界最高水準の研究者から黄砂発生の観測技術を習得させた。
- 2) ICARDAとの連携：国際乾燥地農業研究センター(ICARDA、シリア)との連携により、農学分野での研究と国際連携・現場への普及を図った。ICARDAは、乾燥地農業研究の優れた施

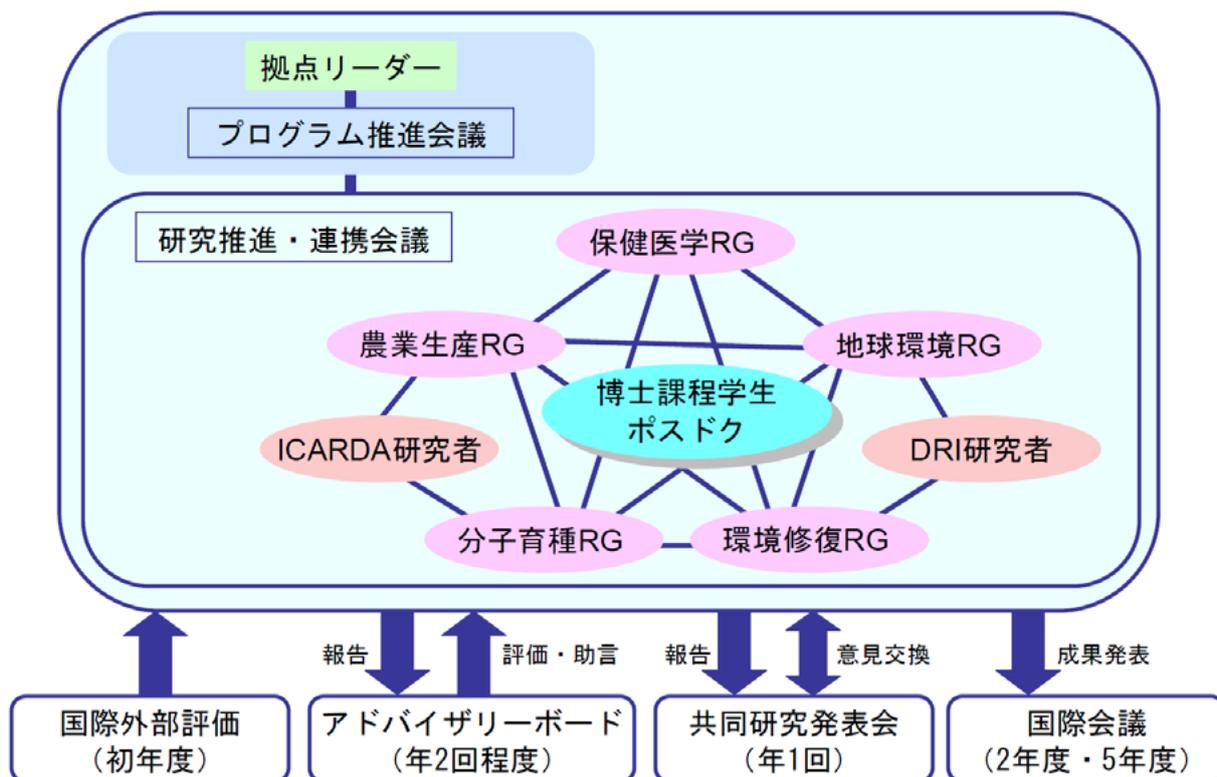
設や人材、ネットワークを保有しており、ICARDAとの連携によって、本拠点で開発された技術や知識を、単に基礎的な内容にとどめず、実際の乾燥地の現場において評価することが可能となった。ICARDAから計12名を鳥取大学に招へいし、一方、鳥取大学から5名の学生をICARDAでの研修に参加させるなど、研究・人材育成の両面で大きな成果が得られた。

### (3) 拠点の運営体制

(1) 拠点リーダーを中心とした事業推進担当者の教育研究活動の連携体制

- 1) 拠点リーダーを座長とするプログラム推進会議を設置し、プログラムの計画・実行・調整を行う
- 2) プログラム推進会議での決定・審議内容等は、随時、拠点代表者（学長）への報告・協議を行う
- 3) プログラム推進会議の代表者は、全学の教育研究評議会、研究支援委員会、教育支援委員会、国際交流委員会、国際戦略本部に参加し、本プログラムと学内関係機関との調整を図る
- 4) 拠点リーダー・ICARDA代表者・DRI代表者による3機関代表者会議を設け、Eメールまたはテレビ会議により随時、進捗状況の確認、管理、運営を行う。さらに年1回、3機関の代表者が一堂に会し、直接、討議を行う
- 5) 5つの研究グループを設ける。5人のグループリーダーは、担当する研究課題についてその推進の責を負う
- 6) 本拠点形成においてとくに以下の7つの重要な取り組みについては、鳥取大学の事業推進担当者の中から担当者を定め、役割分担を明確化する
  - ・人材育成
  - ・連合農学研究科改革
  - ・開発された技術の実用化・普及促進
  - ・乾燥地保健医学の構築・人材育成
  - ・獣医と乾燥地保健医学との連携
  - ・DRIとの連絡・調整
  - ・ICARDAとの連絡・調整
- 7) 本拠点の事業推進担当者・協力研究者・参画学生から構成される研究推進・連携会議を組織する。この会議は月に1回開催し、毎回、各研究グループ持ち回りで研究発表を行うことにより、本拠点全体の教育研究活動の実質的な連携を図る





(2) 教育研究活動の状況を組織的に把握・改善する仕組み、自己点検・評価体制（外部者による評価も含む）の整備

- 1) 外部委員を含むアドバイザリーボードを設置し、年2回程度、アドバイザリーボード会議を開催し、本プログラムの進捗状況を報告する。アドバイザリーボードの意見をもとに実施内容を見直す。
- 2) 3つの改革（教育・研究・連携）を着実に進めていくために、この拠点形成計画をより具体化した拠点形成推進戦略を策定する。この戦略には、各取り組みの実施時期を定めた工程表を盛り込む。推進戦略のフォローアップ（実行管理）は、プログラム推進会議が担う。さらに年2回のアドバイザリーボードでその進捗状況を報告し、評価を受ける。
- 3) 教育活動については、入学者数、学位取得者数、学生の学会発表、論文数、就職状況等を毎年度、アドバイザリーボードに報告し、評価を受ける。
- 4) 研究活動については、学会発表、論文発表、研究の進捗状況等を毎年度、アドバイザリーボードに報告し、評価を受ける。評価結果を当該年度の各グループへのインセンティブ経費に反映させる。
- 5) 事業推進担当者は、各自の役割を明確化するとともに、検証可能な目標を設定する。毎年度アドバイザリーボードにより評価を受ける。評価が低い担当者については入れ替えも検討する。
- 6) 乾燥地研究センターでは、毎年12月に、全国の共同利用研究者と共同研究発表会を開催している。この共同研究発表会を利用して、本拠点の活動を報告し、国内の乾燥地研究者コミュニティとの意見交換を実施する。
- 7) 初年度に国際外部評価を実施し、21世紀COEプログラムの成果を評価・総括するとともに、本プログラムの計画内容の妥当性について、国際外部評価を受ける。適宜、計画を修正の上、

その後の実施を図る。

- 8) 2年目（2008年）にエジプト・アレクサンドリアで開催される乾燥地分野の国際会議（第9回乾燥地開発国際会議）で、本拠点のセッションを設け、連携機関であるDRI・ICARDAとともに成果発表を行う。
- 9) 5年目（2011年）に国外（場所未定）で、DRI、ICARDAと共同で国際会議を開催し、成果発表を行う。

（恒川篤史）

## II. 人材育成の取り組み

### 1. 人材育成計画

#### (1) 若手研究者の育成と教育研究拠点形成への寄与

##### (1) 教育体制刷新への寄与

国際乾燥地科学専攻の新設：本事業の採択を受けて、博士課程の「国際乾燥地農学連合講座」を平成21年度より「国際乾燥地科学専攻」へ格上げした。修士課程についても平成21年度より国際乾燥地科学専攻を新設した。これにより平成21年度より、学部－修士－博士と一貫した正規課程において乾燥地科学を学ぶ体制が整った。これは国内で唯一の特色ある指導体制である。

##### (2) 教育プログラムの改善への寄与

1) 博士課程教育の組織的展開の強化を図るため、平成20年度より単位制を導入した。これにより学位取得に向けたプロセスが明確になり、国際的通用性、信頼性の確保が可能となった。

2) 上記の国際乾燥地科学専攻（博士課程）では、修了に必要な単位数は12単位（必修9、選択3単位）。とくに海外実習は本専攻独自の科目として導入され、その後、他の専攻にも取り入れられた。

3) ICARDAおよびDRIの研究者による講義とセミナーの実施：海外連携機関のICARDAおよびDRIと委託契約を結び、鳥取大学にて講義とセミナーを実施した（ICARDA:5回、DRI:5回）。

4) ICARDAトレーニングコースへ派遣：ICARDAとの委託契約により、シリアで開かれた研修に本学博士課程学生5名を参加させた。

##### (3) 若手研究者育成の具体的事例：本拠点卒業生の活躍事例

1) 国際農業研究協議グループ（CGIAR）傘下のアフリカライスセンター（Africa Rice Center：元WARDA、ベナン）へ研究員として採用された。

2) 同じくCGIAR傘下で、また本事業の連携先機関である国際乾燥地農業研究センター（ICARDA）へ研究員として採用された。

3) 本事業により、米国砂漠研究所（DRI）でのフィールド研究の実績が評価され、DRIにポスドクとして採用された。

#### (2) 若手研究者が能力を十分に発揮できるような仕組み

##### (1) 若手研究者の雇用・採用について

1) 乾燥地研究センターに助教ポストを創設した。また、若手乾燥地研究者を関係部局で採用（乾燥地研究センター：3名、農学部：2名）した。

2) 本専攻博士課程を修了した優秀な学生をプロジェクト研究員として、平成19年度5名、平成20年度6名、平成21年度6名、平成22年度3名、平成23年度5名採用した。また、他大学修了者を平成19年度3名、平成20年度5名、平成21年度2名、平成22年度1名、平成23年度2名採用した。

##### (2) 若手研究者に対する研究支援

農学部および乾燥地研究センターの助教に対して研究費を補助し（平成19年度:3名、平成20年度:4名、平成21年度:4名、平成22年度:3名）、平成23年度はプロジェクト研究員も対象に拡げて13名に支援した。

#### (3) 国際的な人材の育成

##### (1) 海外連携機関での研修

連携先のDRIおよびICARDAに博士課程学生を派遣し、国際機関での学習・研究の機会を与えた。

#### (2) 海外調査の支援

フィールドでの実験、調査のための海外派遣：平成19年度は8名、平成20年度は13名、平成21年度は12名、平成22年度は14名、平成23年度は22名を海外派遣した。

- (3) 英語研修の実施：英会話研修、プレゼンテーション手法研修、論文記述研修を実施した。
- (4) 英語試験受験支援：平成20年度は5名、平成21年度は8名、平成22年度は12名、平成23年度は8名に対し、TOEICまたはTOEFLの受験支援を実施した。
- (5) 就職情報収集・提供：連携機関への派遣、就職情報の組織的な収集・提供等の就職支援を行った。
- (6) 効果：国際感覚と英語能力が高まり、国際機関等で働きたいという学生が増えた。

#### (4) 海外連携機関との連携による有効性

- (1) 委託契約の締結：DRIおよびICARDAと事業内容を明記した委託契約を年度毎に締結した。これにより、協力ではなく業務として、本拠点の人材育成および研究活動に両機関が参加した。
- (2) DRIおよびICARDAでの研修に若手研究者を派遣  
実績：ICARDAでは、「DNAマーカーと遺伝子工学」「乾燥地域における水利用効率改善のための水管理」「作物改良のためのDNA分子マーカー技術」の研修を実施した。
- (3) DRIおよびICARDAの研究者による鳥取大学での講義とセミナーの実施  
実績例：「環境修復（原理、手法、水文、塩類化）」、「風成過程（計測、モデリング法）」、「気象学の農業への応用」、「コムギの形質転換、育種学、作物バイオテクノロジー」等の講義・セミナーを実施した。
- (4) ICARDAへのポスドク研究員の採用：鳥取大学で学位を取得したポスドク研究員1名（分子育種学）が、平成21年度よりICARDAの研究員として採用された。

## 2. 取り組みの概要

### (1) これまでの人材育成計画

#### (1) 博士課程入学者・博士号取得者数の増加

- 1) これまでの取り組み：単位制の導入（平成20年度）、「国際乾燥地科学専攻」の新設（平成21年度）、DRI・ICARDAと連携した海外研修の実施、多様な若手研究者支援の導入（「4-2. 人材育成活動実績」に詳述）を実施した。
- 2) 成果：国際乾燥地農学連合講座への入学者数は10.5人（平成15～18年度平均）から8.2人（平成19～23年度平均）に微減したが、博士号取得者は5.0人から9.2人に増えた。

#### (2) 学会・論文発表数の増加

- 1) これまでの取り組み：助教ポスト等の創設と関係部局での採用（乾地研で3名の採用、農学部で2名の採用）、本専攻博士課程を修了した優秀な学生をプロジェクト研究員として2名採用、若手研究者に対する研究費の補助、学会発表支援、英文論文校正支援等を実施した。
- 2) 成果：博士課程学生1人当たり年間論文発表数は0.76本（平成18年度）から0.79本（平成19～23年度平均）に微増した。また「Environmental Science and Pollution Research」や「Functional ecology」、「Planta」などの国際的にも評価の高い学術誌への掲載が増えた。

#### (3) 英語能力の向上

- 1) これまでの取り組み：英会話研修・プレゼンテーション手法研修・論文記述研修の実施、英

語試験受験への支援、海外調査への支援、海外連携機関での研修等を実施した。

2) 成果：英語試験の成績（TOEIC 換算）は、607 点（平成 19～23 年度平均）となった。

4) キャリアパス：研究機関（とくに海外研究機関）および国連・国際機関等への就職者数の増加

1) これまでの取り組み：博士号取得者をポスドク研究員として雇用し、研究キャリアを積みせるとともに、経済的補助を実施した。また、組織的に就職情報を収集し、国連・国際機関・国際協力機関への就職を促した。国際協力機構（JICA）と鳥取大学との間で人事交流の覚書を取りかわし、平成 20 年 4 月より JICA 職員 1 名を乾燥地研究センターの准教授として採用した。本教員による学生・大学院生への JICA や国際協力関係機関に関する情報の提供や、就職相談を行った。

2) 成果：19～23 年度には計 11 名が海外機関に就職した。また修士課程修了者 1 名が JICA に就職した。研究機関への就職者数（ポスドク含む）は、4.0 人（平成 17～18 年度平均）から 6.8 人（平成 19～23 年度平均）に増加した。国際研究機関への就職については、連合農学研究科の卒業生が平成 21 年度に CGIAR 傘下の ICARDA と Africa Rice Center（ベナン）に採用された。

## （2）特に成功した取り組み・成果

- (1) 国際乾燥地科学専攻の新設：平成 21 年度より、従来の「国際乾燥地農学連合講座」を「国際乾燥地科学専攻」へ格上げした。同時に修士課程にも国際乾燥地科学専攻が新設され、学部の国際乾燥地科学コースと合わせて、国内で唯一といえる学部、修士、博士と一貫した乾燥地科学の指導体制、教育プログラムが形成され、より特化した教育・研究が行えるようになった。
- (2) 単位制の導入：平成 20 年度より、それまでの時間制に代わり、単位制を導入したことにより、学位取得に向けたプロセスが明確になり、国際的通用性、信頼性の確保が可能となった。
- (3) 海外連携機関による人材育成活動：DRI および ICARDA と委託契約を結び、DRI および ICARDA での研修に若手研究者を派遣した。さらに DRI および ICARDA の研究者を鳥取大学に招へいして、講義・セミナーを実施するなどの人材育成を行った。世界トップレベルの研究機関との交流により、学生も大いに刺激を受けて、より高いレベルの研究や海外研究機関への就職を目指すようになった。

## （3）今後改善すべき事項・今後の計画

- (1) 人材育成の継続：本事業で始められ、成功した取り組みを事業終了後も継続していく。とくに海外調査、英語研修など費用を要するものについても特別な学内支援を受け、ポスト GCOE プロジェクトとして継続している。
- (2) 教育カリキュラムのさらなる改善：本事業で得られた経験と海外機関との協力関係を生かして、博士課程教育カリキュラムの改善や、長期の留学、特色あるコースワーク、海外実践演習、国内外機関でのインターンシップなどの実現に向け、競争的資金の獲得を目指す。

## （4）特徴的な教育プログラム：学部

- (1) 農学部生物資源環境学科「国際乾燥地科学コース」：平成 17 年度、学部レベルで、わが国唯一の乾燥地科学を体系的に学べるコースとして設置された。外国人講師による講義「国際コミュニケーション I、II」（各 2 単位）、海外での実習「国際乾燥地農学実習」（4 単位）をはじめ、国際性を獲得し、乾燥地科学に関する基礎的な知識・技術を習得するための体系的な教育を実施している。

- (2) メキシコ海外実践教育プログラム：文部科学省の戦略的国際連携支援事業の一環として、平成 18 年度に開始した。メキシコ南バハカリフォルニア州にある鳥取大学の海外教育研究拠点に農学部の 3 年生を中心とする 20 名程度が 3 ヶ月間滞在し、現地の研究者や大学教員による英語の講義とフィールドワークを通して、国際人としてのコミュニケーション能力や主体的学習姿勢の修得を目指している。
- (3) 乾燥地科学に関する広範な講義科目：全学科目として「乾燥地における農業と緑化」、「砂漠サイエンス」、農学部の専門科目として「乾地環境科学概論」、「乾地生物生産学概論」、「乾地緑化保全学概論」などを開講。医学部においては平成 20 年度から新規に「環境科学：乾燥地科学」を開設している(各 2 単位)。

#### (5) 特徴的な教育プログラム：修士課程

- (1) 農学研究科「国際乾燥地科学専攻」：砂漠化・食料問題など乾燥地が直面する諸問題を解決し、国際的な場で活躍できる人材の養成を目指して、平成 21 年度改組により新設された。当専攻には「国際乾燥地農学」と「国際乾燥地環境科学」の 2 つの教育コースが置かれ、以下の科目を合計 30 単位以上修得したうえで、修士論文を提出することが修了要件となる。共通科目(2 単位必修)：「プレゼンテーション演習」、「コミュニケーション英語演習」、実践科目(2 単位以上)：「インターンシップ」、「科学・技術者倫理」、「国際協力論」等、基幹科目(4 単位以上)：「国際乾燥地農学特論 I、II」、「国際乾燥地環境科学特論 I、II」、展開科目(10 単位以上)：「乾地農業科学特論」、「乾地農業社会開発学特論」、「乾地植物生産学特論」、「乾地栽培学特論」、「乾地土壌学特論」、「乾地作物栄養学特論」、「乾地草地生態学特論」、「乾地環境学特論」、「乾地気候学特論」、「乾地水資源学特論」、「乾地土地保全学特論」、「乾地緑化学特論」、「乾地応用気象学特論」等、演習科目(6 単位)：「国際乾燥地科学特別演習 I、II、III」
- (2) 若手研究者インターナショナルトレーニングプログラム (ITP) による学生の長期海外派遣：乾燥地科学分野における国際的通用性のある若手研究者の育成のために、日本学術振興会による競争的資金を得て、国際連合大学ほか 5 機関の共同による国際修士号プログラム「乾燥地における統合的管理に関する共同修士号プログラム」に修士課程学生を約 1 年間、海外に派遣している(本事業初年度の平成 20 年度には 5 名の農学研究科学生をチュニジア、シリア、中国に派遣)。
- (3) 留学生のための乾燥地農学特別プログラム：乾燥地農学に関する研究を行う国費・私費外国人留学生のために設置した。開設授業科目・研究指導は英語で行われ、留学生の教育研究目的、出身国のニーズ等に合わせた個別プログラムも提供する。平成 20 年度には JICA 研修「ナイル川流域農業開発・環境保全支援(長期)」による研修生を 3 名受け入れている。

#### (6) 特徴的な教育プログラム：博士課程(連合農学研究科)

- (1) 平成 15 年度、21 世紀 COE プログラム「乾燥地科学プログラム」の支援の一環として、生物環境科学専攻に国際乾燥地農学連合講座を設置した。
- (2) 平成 20 年度、連合農学研究科ではこれまでの時間制に替えて単位制を導入した。これにより学位取得に向けたプロセスの明確化および国際的通用性と信頼性の確保が可能となった。修了に必要な最低単位数は 12 単位(必修 9 単位、選択 3 単位)で、科目の構成は下表の通り。とくに海外実習は、国際乾燥地科学専攻独自の科目として導入され、その後、他の専攻にも取り入れられた。本科目は、海外における調査研究の実施、海外の研究機関等での研修、国

際会議等への参加・発表等について、事前の調査・準備から、現地での活動、事後のとりまとめ・報告までを含む。

- (3) 平成 21 年度、グローバル COE プログラムの支援の一環として、これまでの国際乾燥地農学連合講座を国際乾燥地科学専攻に格上げした。同時に定員を 2 名から 3 名に増やした。
- (4) グローバル COE によるショートコース：DRI および ICARDA から研究者を講師として招へいし、1 週間の研修を実施した。
- 1) DRI 研究者による研修：環境修復（原理、手法、水文、塩類化）に関する研修、ダストに関する研修、気象学の農業への適用に関する研修などを実施した。
  - 2) ICARDA 研究者による研修：育種学、作物バイオテクノロジーに関する研修、乾燥地におけるマージナル・ウォーターと塩類土壌に関する研修、育種と気候変動に関する研修などを実施した。
- (5) 連携研究機関（DRI、ICARDA）研究者による教育および海外研修参加支援
- 1) 対象：博士課程学生、ポスドク研究員、助教
  - 2) 内容：海外連携機関である DRI または ICARDA で実施される研修への参加に関する経費（交通費、宿泊費等）を支援した。
- (6) 海外連携機関等と共催の国際会議へ派遣

DRI、ICARDA など海外連携機関等と共催して開催した国際会議へ、大学院生、ポスドクなど若手研究者を派遣し、口頭発表およびポスター発表の機会を与えるとともに、世界の乾燥地科学の研究者との研究交流の機会を与えた。（第 9 回乾燥地開発国際会議（2008 年・アレクサンドリア）、第 10 回乾燥地開発国際会議（2010 年・カイロ）、International Workshop on Dryland Science for Food Security and Natural Resource Management under Changing Climate（2011 年・コンヤ））

### 連合農学研究科教育課程表

区分	授業科目	履修年次			単位数	必修・選択	担当教員	備考
		1 年	2 年	3 年				
研究科共通	農学特論Ⅰ	◎			1	選択	6 連大教員 8 名	
	農学特論Ⅱ	◎			1	選択	6 連大教員 12 名	
	生物生産科学特論Ⅰ		◎		1	選択	専攻教員 3 名	隔年開講
	生物生産科学特論Ⅱ		◎		1	選択	専攻教員 3 名	隔年開講
	生物環境科学特論Ⅰ		◎		1	選択	専攻教員 3 名	隔年開講
	生物環境科学特論Ⅱ		◎		1	選択	専攻教員 3 名	隔年開講
	生物資源科学特論Ⅰ		◎		1	選択	専攻教員 3 名	隔年開講
	生物資源科学特論Ⅱ		◎		1	選択	専攻教員 3 名	隔年開講
	国際乾燥地科学特論Ⅰ		◎		1	選択	専攻教員 3 名	隔年開講
	国際乾燥地科学特論Ⅱ		◎		1	選択	専攻教員 3 名	隔年開講
	科学コミュニケーション		◎		1	必修	専任教員および各専攻より 1-2 名	
国際乾燥地科学専攻	国際乾燥地科学教育指導			◎	1	選択	主指導教員	
	海外実習		◎		1	選択	主・副指導教員	海外での調査研究、研修、国際会議への参加等
	国際乾燥地科学特別実験	◎	◎		2	必修	主・副指導教員	
	国際乾燥地科学特別演習	◎	◎	◎	6	必修	主・副指導教員	

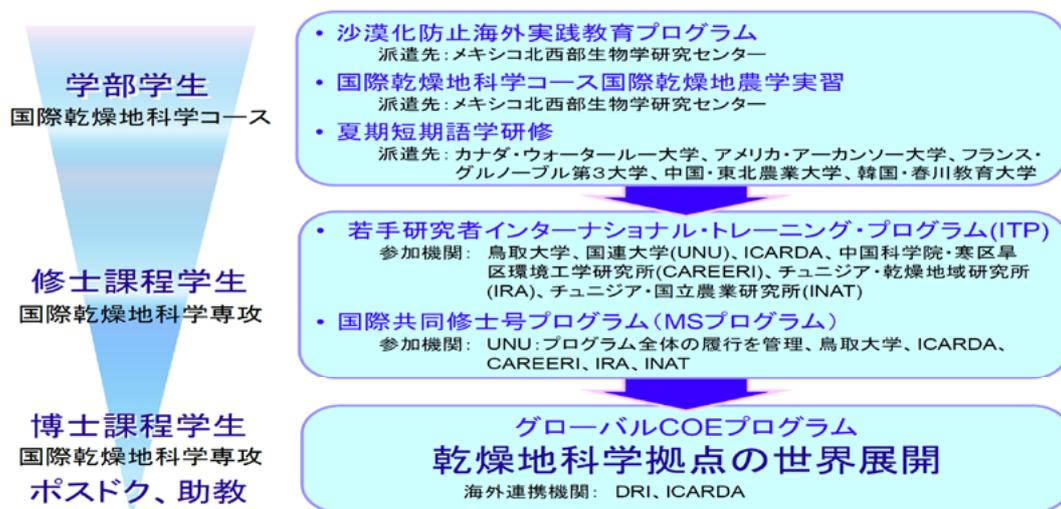
#### (7) 語学力強化のための取り組み

大学院生、ポスドクなど若手研究者の語学力強化のため、毎年度、以下の研修を実施した。

- 1) 英会話研修：研究遂行上必要な英会話能力の向上を目指し、能力別にクラス分けをして実施（合計 84 名参加）した。

- 2) 英語プレゼンテーション研修: 国際学会における研究発表能力の向上を目指し実施した(合計 41 名参加)。
- 3) 英語学術論文記述法研修: 英語論文作成能力の向上をめざし実施した(合計 69 名参加)。  
本研修は講義と個別添削指導(マンツーマン)で構成した。講義で扱ったトピックスの例: Logical writing, Organization, IMRAD, Planning, Instructions to authors, Titles, Articles (a/the), Subject/Verb agreement, Tense, Passive/Active voice, Person, Materials & Methods; References & Citations, Results, Visuals, Discussion, Sentence and paragraph coherence and readability, Introduction, Abstract, Authorship, Publication ethics, Capitalization, Problems for non-native writers of English

## 一貫した乾燥地科学教育・長期海外派遣



### 3. 実績と成果

#### (1) 海外研修参加支援

- 1) 対象: 博士課程学生、ポスドク研究員、助教
- 2) 内容: DRIおよびICARDA等で実施される研修への参加に関する経費(交通費、宿泊費等)を支援した。
- 3) 実績:

[19年度] 「DNA マーカーと遺伝子工学」(ICARDA、3/2~3/15)

[20年度] 「乾燥地域における水利用効率改善のための水管理」(ICARDA、5/4~6/5)、「粒子衝突方法によるコムギの形質転換および再生」(AGERI、5/27~7/5)、「作物改良のためのDNA分子マーカー技術」(ICARDA、8/17~8/28)、「黄砂の観測に係る研修」(DRI、10/1~12/31)

[21年度] 「タマリスク研究に係る研修」(DRI、7/1~10/31)、「作物改良のためのDNAマーカー技術に係る研修」(ICARDA、11/6~11/28)、「耐性ストレス強化のための遺伝子組換えコムギの開発」(AGERI、2/21~2/27)

[22年度] 「タマリスク研究に係る研修」(DRI、12/27~2/27)

#### (2) 海外研究者による鳥取大学での講義・セミナーの開催

- 1) 対象: 博士課程学生、ポスドク研究員

2) 内容：DRI および ICARDA 等連携機関から研究者を講師として招へいし、研修を実施した。

3) 実績

[DRI 研究者による研修]

19 年度：環境修復（原理、手法、水文、塩類化）（参加数：15 名）、風成層形成過程（参加数：15 名）

20 年度：環境と景観評価（参加数：25 名）、実りある留学（参加数：40 名）、気象科学の農業への適用（参加数：13 名）

[ICARDA 研究者による研修]

19 年度：作物バイオテクノロジー（参加数：20 名）

20 年度：ストレス耐性育種（参加数：45 名）

21 年度：オオムギの生産性の向上および食用豆類の生産性の向上（参加数：40 名）

22 年度：デュラムコムギの育種と気候変動（参加数：20 名）

[その他機関による研修]

21 年度：微気象学および砂漠化（参加数：12 名）、モハビ砂漠の生態系（参加数：20 名）

22 年度：モンゴルにおける草地管理（参加数：15 名）、韓国および東アジアにおける干ばつ（参加数：15 名）

23 年度：干ばつメカニズム（参加数：20 名）、農業バイオテクノロジーおよび次世代 DNA 解読（参加数：20 名）

(3) 海外調査支援

1) 対象：博士課程学生

2) 内容：乾燥地のフィールド（海外）での調査・実験に関する経費（交通費、宿泊費等）を支援した。

3) 実績：19 年度は 12 名、20 年度は 13 名、21 年度は 12 名、22 年度は 14 名、23 年度は 22 名が本支援により海外調査を実施した。また、23 年度は調査地において、きめ細かい指導を行うため、指導教員の派遣も実施した。

(4) 特別セミナー

1) 対象：博士課程学生、ポスドク研究員、助教他

2) 内容：国内外の著名な研究者を招へいし、乾燥地科学に関する幅広い内容のセミナー、国際協力に関するセミナー等を実施した。

(5) 博士課程修了者の雇用（ポスドク）

1) 対象：博士課程修了者（ポスドク研究員）

2) 内容：鳥取大学で学位を取得した者を対象として、学位取得後、就職できるまでの期間に経済的な支援をする「就職支援型」と、出身大学を限定せず、グローバル COE における研究活動を支援する「研究支援型」の 2 タイプにより、ポスドク研究員を雇用した。

3) 実績：19 年度は 8 名、20 年度は 11 名、21 年度は 11 名、22 年度は 9 名、23 年度は 11 名をプロジェクト研究員として雇用した。

(6) 助教・ポスドクに対する支援

1) 対象：乾燥地科学分野の研究を行う助教、ポスドク

2) 内容：研究活動や研究環境の整備を支援するため、研究経費・海外渡航等を支援した。

3) 実績：（助教）19 年度は 3 名、20 年度は 4 名、21 年度は 4 名、22 年度は 4 名、23 年度は 4 名に支援。（ポスドク（22 年度新設））22 年度は 7 名、23 年度は 9 名に支援した。

(7) 就職情報支援

- 1) 対象：博士課程学生、ポスドク研究員
  - 2) 内容：就職情報、特に海外研究機関等の空席情報を体系的に収集し、関係者に提供した。また、就職支援セミナーを開催した。
- (8) 英語研修
- 1) 対象：博士課程学生、ポスドク研究員、助教
  - 2) 内容：英会話研修(研究遂行上必要な英会話能力の向上：合計84名参加)、英語プレゼンテーション研修(国内外の学会等で英語による口頭発表能力向上：合計41名参加)、英語論文記述法研修(英語学術論文作成能力の向上：合計69名参加)等を実施した。
- (9) 英語試験受験支援
- 1) 対象：博士課程学生
  - 2) 内容：TOEFL、TOEIC等の英語試験受験に関する経費(交通費、受験料)を支援した。
  - 3) 実績：19年度は8名、20年度は5名、21年度は8名、22年度は12名、23年度は8名に支援した。
- (10) 英文論文校正支援
- 1) 対象：博士課程学生
  - 2) 内容：英文論文の校正(ネイティブ・チェック)に関する経費を支援した。
  - 3) 実績：平成19年度は9名、20年度は13名、平成21年度は16名、平成22年度は14名、平成23年度は12名に支援した。
- (11) 海外学会発表支援
- 1) 対象：博士課程学生
  - 2) 内容：海外での学会発表に関する経費(交通費、学会参加費)を支援した。事前・事後に報告書提出を義務づけた。
  - 3) 実績：19年度は2名、20年度は4名、21年度は2名、22年度は8名、23年度は5名に支援した。
- (12) 国内学会発表支援
- 1) 対象：博士課程学生
  - 2) 内容：日本国内での学会発表に関する経費(交通費、学会参加費)を支援した。事前・事後に報告書提出を義務づけた。
  - 3) 実績：19年度は4名、20年度は10名、21年度は7名、22年度は8名、23年度は11名に支援した。
- (13) 実験器具等整備支援
- 1) 対象：博士課程学生
  - 2) 内容：実験器具等、研究を遂行するために必要な経費を支援した。
  - 3) 実績：19年度は18名、20年度は20名、21年度は19名、22年度は20名、23年度は16名に支援した。
- (14) リサーチ・アシスタント(RA)支援
- 1) 対象：博士課程学生
  - 2) 内容：リサーチ・アシスタントの経費を支援した。
  - 3) 実績：19年度は17名、20年度は17名、21年度は14名、22年度は17名、23年度は13名を支援した。
- (15) 定期的開催する本プログラム「研究会」を活用した人材育成
- 1) 対象：学部生、修士課程学生、博士課程学生、ポスドク研究員、助教他

- 2) 内容：定期的に各研究グループが担当して研究会を開催した。
- 3) 実績：19年度は6回、20年度は10回、21年度は10回、22年度は10回、23年度は5回開催した。21年度以降は、計画的に2研究グループずつ担当することとし、研究グループ間の連携を強化するとともに、俯瞰的でより広い視野を持った若手研究者の育成に配慮し、効果をあげた。

(北村義信・恒川篤史)

### Ⅲ. 研究活動の取り組み

#### 1. 概要

##### (1) 国際的な研究活動

本拠点の大きな特長は、海外連携機関とともに、国際的な研究活動を強力に進めたことである。

- (1) DRI(米国)との共同研究：地球環境グループを中心として、乾燥地地球科学の研究で世界最高水準にあるDRIと黄砂に関する共同研究を実施した。本事業によりモンゴル草原において黄砂発生の国際共同観測を行い、その成果をもとに黄砂発生の生物物理モデルを開発することによって、世界でも類をみない黄砂発生ハザードマップの作成に成功した。
- (2) ICARDA(シリア)との共同研究：分子育種グループを中心としてコムギの耐乾性品種の作出に関する共同研究を実施した。これまで鳥取大学が開発した耐乾性コムギ系統をICARDAの圃場に栽培し、助教1名を派遣して耐乾性関連の生理的形質を調査した。またポストドク研究員1名をエジプト農業遺伝子工学研究所(AGERI)に派遣することによって、これまできわめてむずかしいとされていたコムギの遺伝子組換え法を確立し、系統を育成することが可能になった。
- (3) その他の海外研究：塩類集積地の水管理に関する研究を、Tethys科学協会およびカザフスタン水管理研究所と、また中国の塩類集積問題に関する研究を、中国科学院水土保持研究所や新疆農業大学(中国)等との連携で進めた。

##### (2) 実質的な協力・連携体制

本拠点では、以下のような方策により関連研究者が本拠点形成に実質的に貢献してきた。

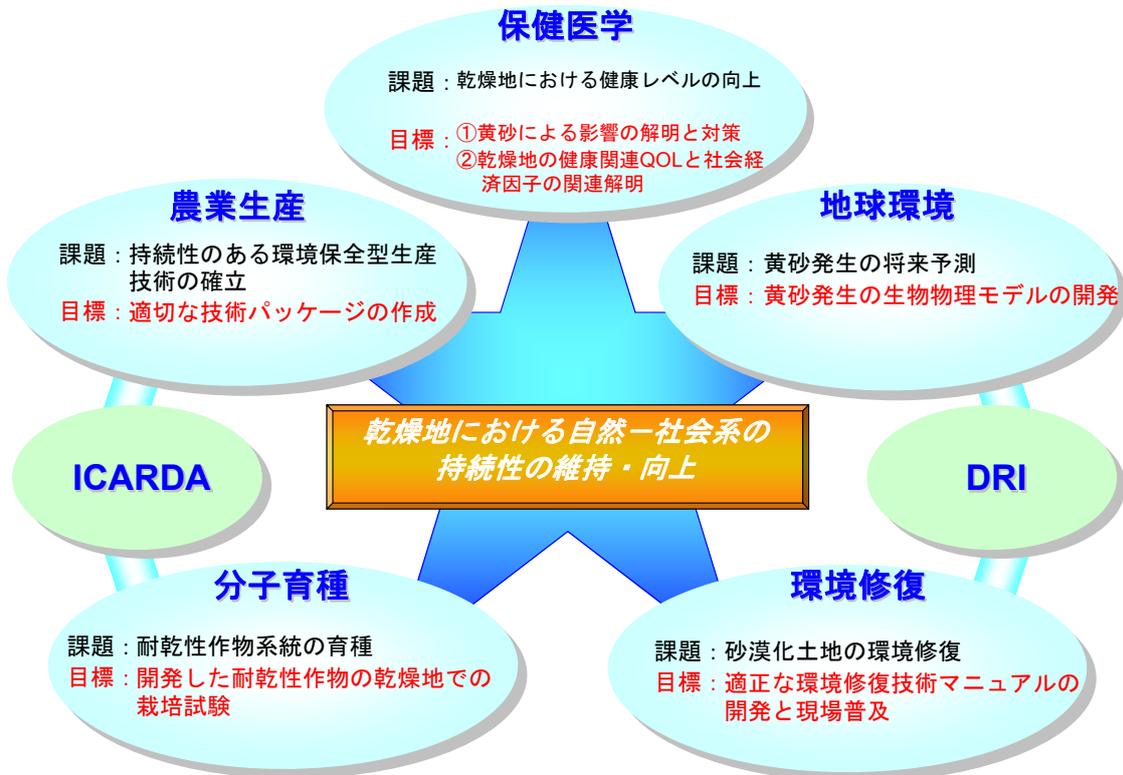
- (1) 海外連携機関との連携：DRIおよびICARDAとの調整を図るため、毎年3機関代表者会議を開催した。このほか研究者間での会合、3機関でのセミナーおよび研修・研究活動等によって緊密に連携し、強い信頼関係を醸成することができた。
- (2) 研究グループ間の連携：プログラム推進会議を開き、本プログラムの計画・実行・調整を行った。3重点研究課題については、とくにグループ間連携研究を実施することによって、学際的な研究を推進した。

##### (3) 研究体制

本拠点では、五つの研究グループ(Research Group: RG)のもとで研究活動を進めた。それぞれのグループの目標は以下の通りである。

- (1) 環境修復RG：二次的塩類集積の防止・改良技術に関し、水管理による防止マニュアルを作成するとともに、塩生植物の利用及び緑化樹木の耐塩性向上技術の開発を目指す。
- (2) 農業生産RG：乾燥地での農業生産技術を確立する。土壌診断、土壌・水管理、保水・保肥性の改善、ファイトレメデーションに関する研究を行い、節水・節肥栽培技術と土壌改良技術の確立を目指す。
- (3) 分子育種RG：野生種の染色体を導入したコムギから耐乾性形質に関わる遺伝子・連鎖マーカーを同定し、耐乾性品種同定のための独自のDNAマーカーとして利用する。耐乾性関連遺伝子を単離し、作物への遺伝子組換えにより、5年以内に、耐乾性作物の乾燥地での栽培を目指す。
- (4) 保健医学RG：黄砂による特異的疾患・家畜への影響を研究し、その対策の樹立を目指す。
- (5) 地球環境RG：地上・衛星観測をもとに黄砂発生の生物物理モデルを開発し、東アジアにおける黄砂発生ハザードマップを作成する。

# 研究課題と目標



## ※ グループ間連携研究の実施

### (4) 重点研究課題

世界の乾燥地科学の中で本拠点が優位性をもち、かつ乾燥地における重要な問題の解決につながる以下の3研究課題を重点的に強化する。砂漠化、貧困、黄砂という乾燥地における3つの問題の解決に資するため、上述の5研究グループを有機的に連携し研究を推進した。

- (1) 砂漠化土地の修復：「塩類集積地改良・修復技術の開発」緑化及び作物生産に有望な塩生植物の開発利用及び、耐塩メカニズムの解明と耐塩生向上に関する研究を進める。
- (2) 農業生産の向上：「耐乾性コムギ系統の育種とその普及」異種遺伝子を遺伝子組換え法及び遠縁交雑法でコムギに導入して、耐乾性・耐塩性コムギ系統を育成し、乾燥地で評価する。
- (3) 黄砂被害の軽減：「黄砂発生ハザードマップの作成」黄砂発生の生物物理モデルを開発することで、世界で初めてダスト発生ハザードマップの作成を目指す。

### (5) 新たな分野の創成や学術的知見等

本拠点の研究活動によって以下のような顕著な学術的知見が得られた。

- (1) 塩類集積地改良技術の開発に関する研究：二次的塩類集積の防止対策を広域水管理の観点から提案した。また中国山東省での実証試験により、好塩性作物の導入によって塩類化した土壌を修復し、さらに土壌の有効利用が可能となることを証明した。
- (2) 耐乾性コムギ系統の育種とその普及に関する研究：これまで複雑な性質のため開発が困難とされていた耐乾性作物（ジャガイモ、コムギ等）を遺伝子組換え法または遠縁交雑法により

開発することができた。これらを乾燥地域で評価し、実用化への道を開いた。

- (3) 黄砂発生生物物理モデルの開発：乾燥地研究センターとDRI両機関の最先端の黄砂発生観測システムを利用して、黄砂発生生物物理モデルを開発することによって、世界でも類をみない黄砂発生ハザードマップの作成に成功した。

#### (6) 連携機関との連携による有効性

- (1) DRIとの連携による有効性：DRIが開発した最先端の黄砂発生観測技術を用いて、モンゴル草原において共同観測を実施することにより、黄砂発生に対する土壌水分・植生の詳細な影響を明らかにすることができた。ポスドク研究員をDRIに派遣し、その観測技術を習得させ、モンゴルでの共同観測にあたらせた。このように、日米それぞれの最先端観測技術を集結させることで当該研究の飛躍的發展が可能となった。
- (2) ICARDAとの連携による有効性：ICARDAとの連携によって、本拠点で開発された技術や知見を、単に基礎的な内容にとどめず、実際の乾燥地の現場において、評価する事ができた。さらに、ICARDAの共同研究機関であるAGERIとの研究交流により、高効率なコムギ遺伝子組換え法を開発し、これにより耐乾性コムギを開発することができた。これらの連携で、実際の乾燥地の状況を把握でき、乾燥地農業の課題を整理でき、多くのアイデアを生み出すことができた。

(恒川篤史)

## 2. 環境修復研究グループ

### (1) 研究課題と組織

(1) 研究課題：砂漠化土地の環境修復

(2) 事業推進担当者：

山中典和（グループリーダー・乾燥地研究センター）：塩害対策（緑化研究）、  
水食対策（緑化研究）

北村義信（農学部）：塩害対策（広域的水管理）、水食対策（チェックダム利用）

安田裕（乾燥地研究センター）：水食対策（緑化研究、チェックダム利用）

(3) 研究協力者

山本福壽（農学部）：塩害対策（緑化研究）、水食対策（緑化研究）

清水克之（農学部）：塩害対策（広域的水管理）、水食対策（チェックダム利用）

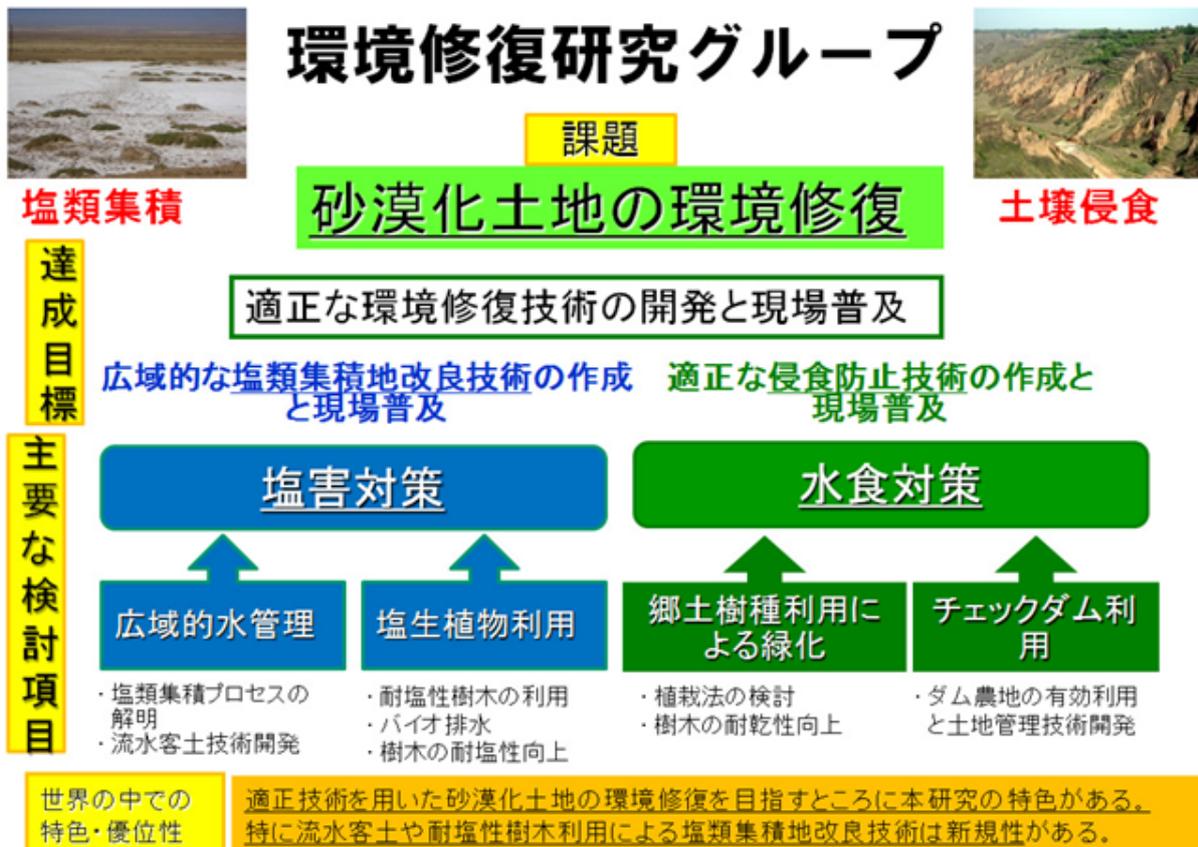
### (2) 研究の目的と期待される成果

環境修復研究グループは砂漠化土地の環境修復という課題のもと、適切な環境修復技術の開発と現場普及を目的に、主要な砂漠化現象である「塩害」と「水食」に焦点を絞り研究を行った（図Ⅲ-2-1）。

「塩害対策」研究としては、二次的塩類集積の防止・改良技術に関し、広域水管理による防止マニュアルを作成するとともに、塩生植物の利用及び緑化樹木の耐塩性向上技術の開発を行った。

「水食対策」研究としては、郷土樹種利用による持続可能な緑化方法の検討と、チェックダムによるダム農地の有効利用と土地管理技術開発研究を行った。

また、本研究は適正技術を用いた砂漠化土地の修復を目指すところに特色をもつものである。



図Ⅲ-2-1 環境修復グループの研究目的と達成目標

### (3) 研究対象地域と研究方法

各研究における研究対象地域を図Ⅲ-2-2 に示す

#### A) 塩害対策研究

##### A-1 広域的水管理研究

- 1) シルダリア川流域 (Tethys Scientific Society, KAZGIPROVODKHOZ との共同研究)
- 2) イリ川下流域 (Tethys Scientific Society, KAZGIPROVODKHOZ との共同研究)
- 3) 中国陝西省洛恵渠灌区 (中国科学院水土保持研究所との共同研究)

##### A-2 塩生植物利用研究

- 1) 中国新疆ウイグル自治区 (新疆農業大学との共同研究)
- 2) 中国内蒙古自治区ダラツ旗 (中国内蒙古林業科学研究院との共同研究)
- 3) 中国陝西省塩地県 (中国科学院水土保持研究所との共同研究)
- 4) アメリカ・モハベ砂漠 (アメリカ砂漠研究所との共同研究)

#### B) 水食対策研究

##### B-1 郷土樹種利用による緑化研究

- 1) 中国陝西省神木市 (中国科学院水土保持研究所との共同研究)
- 2) 中国陝西省延安市 (中国科学院水土保持研究所との共同研究)

##### B-2 チェックダム利用研究

- 1) 中国陝西省神木市 (中国科学院水土保持研究所との共同研究)
- 2) 中国陝西省子洲県 (中国科学院水土保持研究所との共同研究)

## 研究を展開するサイト



図Ⅲ-2-2 環境修復グループが研究を展開する地域

## (4) 研究成果

### A) 塩害対策研究

#### A-1 広域的水管理による塩類集積地改良技術の作成

##### 1) シルダリア川流域

シルダリア川流域においては、下流域において深刻な塩類集積問題に直面している。それに加えてソ連崩壊後、国際河川に転じたことに伴い生じた上下流問題がその問題に拍車をかけている。この点を踏まえて、本流域では中下流域における農地の塩性化の原因究明とその防止対策、ならびに上下流問題の現状掌握と水政策シナリオの提案を目的に研究を行った。

##### ① 下流域における農地の塩性化の原因究明とその防止対策

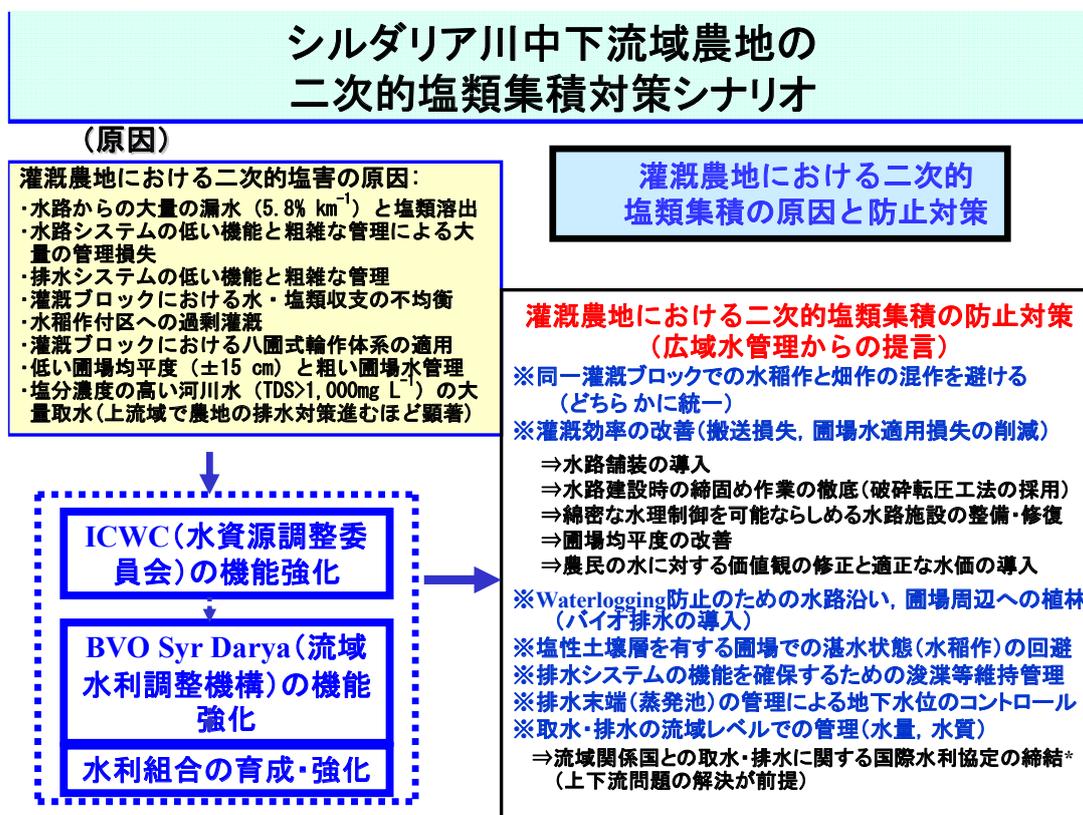
シルダリア川の中下流域における農地の塩性化は極めて深刻な問題であり、このことにより、多くの塩害農地で耕作放棄が進んでいる。中流域の農地では1年間に1 ha 当たり 5.3 トンの塩類が集積すると報告されている。下流域に位置するジャラガシの灌漑区 (716 ha) での調査では、1年間に1 ha 当たり 0.6–6.2 トンの塩類集積が観測された。同一地区における本研究から、シルダリア川下流域で普及している水稻を基本とした輪作システムにおける、二次的塩類集積の形成機構が明らかになった。特筆すべき点は、上層土中水の灌漑期間中における塩類濃度の変動特性や下層土の集積塩類が上方に移動するメカニズムを明らかにしたことである。すなわち、下層土の集積塩類の上方への移動は、拡散によるのではなく、圃場湛水管理における急激な給排水操作によって一時的に下層土で生ずる上向きのフラックスによる。一連の研究から、塩類集積は、まず水路からの漏水と過剰灌漑により農地およびその周辺が過湿状態になり、次の段階として生起するのが一般的なプロセスであり、その根本的な原因は水管理に関係し、次のように要約できる。

(1) 用水路からの大量の漏水、(2) 用水路の低機能に起因する大量の用水管理損失、(3) 排水路系の低機能と劣悪な管理、(4) 灌漑農地における水収支・塩類収支の不均衡、(5) 水稻作付圃場への過剰灌漑、(6) 八圃式輪作体系の運用 (湛水状態の圃場と畑状態の圃場が同一灌漑区で混在)、(7) 粗雑な圃場の均平と水管理、(8) 湛水操作に伴う下層高塩分土中水の上方移動、(9) 可溶性塩類総量 (TDS) が  $1,000 \text{ mgL}^{-1}$  を超える河川水 (灌漑用水) の常時取水、(10) 水路周辺部の集積塩類の溶出。

したがって、これらの問題を解決することが、そのまま塩類集積防止対策となる。水管理の観点から行った塩類集積防止のための提言は、以下のとおりである。

(1) 同一灌漑区での水稻作と畑作の混作を避ける (水稻作か畑作のどちらかに統一することにより、地域の排水管理・地下水管理を徹底させる)。(2) 灌漑効率を改善 (搬送損失、圃場水適用損失の削減) する。そのためには、水路舗装の導入、水路建設時の締固め作業の徹底 (破碎転圧工法の採用など)、綿密な水理制御を可能にする水路施設の整備・修復、圃場均平度の改善、下層集積塩の上昇を生起させる急激な給排水操作の回避、農民の水に対する価値観の修正と適正な水価の導入、等が具体的な対策として挙げられる。(3) 過湿状態を回避するために水路沿い、圃場周辺に植林を導入し、樹木の吸水能力を利用した排水改善を進める (生物学的排水)。(4) 塩性土壌層を有する圃場では湛水状態 (水稻作) を極力回避する。(5) 排水路系の機能を確保するため、浚渫等により排水路の維持管理を徹底する。(6) 排水末端 (蒸発池) を適正に管理することにより、灌漑区における地下水位を適正に制御する。(7) 取水・排水の流域レベルでの量的・質的管理を

徹底する。そのためには、流域関係国との取水・排水等水質保全に関する国際水利協定の早期締結が鍵となる。シルダリア川中下流域における農地の二次的塩類集積対策シナリオ（図Ⅲ-2-3）を示す。

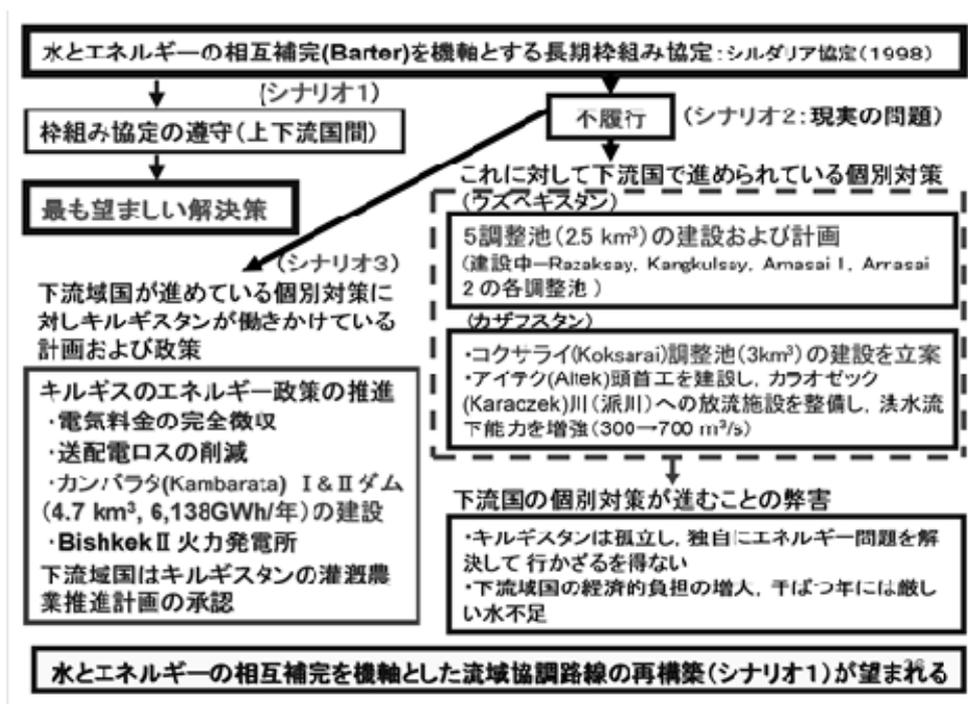


図Ⅲ-2-3 シルダリア川中下流域における農地の二次的塩類集積対策シナリオ

②上下流間の利水競合と問題解決へ向けての将来シナリオ

ソ連崩壊後、キルギスタンは、流域最大の規模を誇る Toktogul ダム (貯水量 195 億 m<sup>3</sup>) を冬期の発電用運転に切り替えた。旧ソ連時代の夏期灌漑放流量は年間放流量の 75% を占めていたが、1993 年以降は 50% を割り、1993-97 年には 44%、1998-2003 年には 36% と減少の一途をたどっている。本来取り決めに基づいて Toktogul ダムの放流管理がなされるべきであるが、実際には、1992 年以降夏期の放流量は協定で定められた放流量を年平均 10 億 m<sup>3</sup> 下回っている。協定で定められた夏期放流パターンは Toktogul ダムへの流入ピークに一致しており、かつ流入量を下回るように設定されていることから、妥当であると評価できる。また、放流パターンがソ連崩壊前の夏期大ピーク-冬期小ピーク型から、崩壊後には夏期小ピーク-冬期大ピーク型に変換しており、このことが、夏期に灌漑用水の不足を生じさせ、冬期に深刻な洪水被害をもたらしている。カザフスタンは下流域の洪水被害の軽減を図るため、Chardara ダム (貯水量 57 億 m<sup>3</sup>) の運用と Arnasai 低地-Aidar 湖への放水を余儀なくされている。この結果 Aidar 湖は拡大の一途をたどり、巨大化している。1993 年以降毎年 Arnasai 低地への冬期放流が行われ、2003 年までの 11 年間に 33.65 km<sup>3</sup> (年平均 3 km<sup>3</sup> 以上) もの貴重な水資源が小アラルではなく、Aidar 湖へ流入したことになる。

図Ⅲ-2-4は、シルダリア川流域における上下流問題を解決していくための3つのシナリオを示す。まず「シナリオ1」は、水とエネルギーの相互補完(Barter)を機軸とする長期枠組み協定である1998年のシルダリア協定を関係国が完全に遵守するというものである。これが最も望ましい解決策といえるが、現在までの状況を見ると、極めて難しい。「シナリオ2」は、下流域国が現在進めている対策で、キルギスタンの冬期放流に対処するため、ウズベキスタンでは5調整池の建設・計画を、カザフスタンは「Koksarai 調整池」の建設計画を進めている。このシナリオでは、建設コスト、周辺水環境の保全等の面で詳細な検討が必要となる。「シナリオ3」は、下流域国が進めている個別対策に対しキルギスタンが働きかけている計画および政策である。この中心になるのは、キルギスタンの Toktogul ダムの上流に Kambarata 第1、第2ダムを建設し、冬期用の発電を割当て、その放流量は Toktogul ダムで貯留して下流域の灌漑期の放流にまわすという方法である。このシナリオでは、建設コスト、流域の水管理にもたらす効果、関係国の賛同獲得の可能性、エネルギー需給バランスの見直し等の詳細な検討が前提となる。経済および水環境保全の点から、シルダリア協定を遵守して水資源とエネルギーの相互補完を基軸とする流域強調路線の再構築を強く提案したい。



図Ⅲ-2-4 シルダリア川流域における上下流問題解決に向けての3つのシナリオ

## 2) イリ川下流域灌漑地区の水稲・畑作物輪作と塩類集積

イリ川流域下流域の水稲・畑作物輪作地区において畑作農地での淡水化・塩類化が問題である。そこで、水稲・畑輪作が適正な塩類化対策技術であるのかの是非を検証することを目的に研究を行い、対象地区における適正な農地・水管理技術についてまとめた。

[塩類化影響要因の特定とメカニズムの解明]

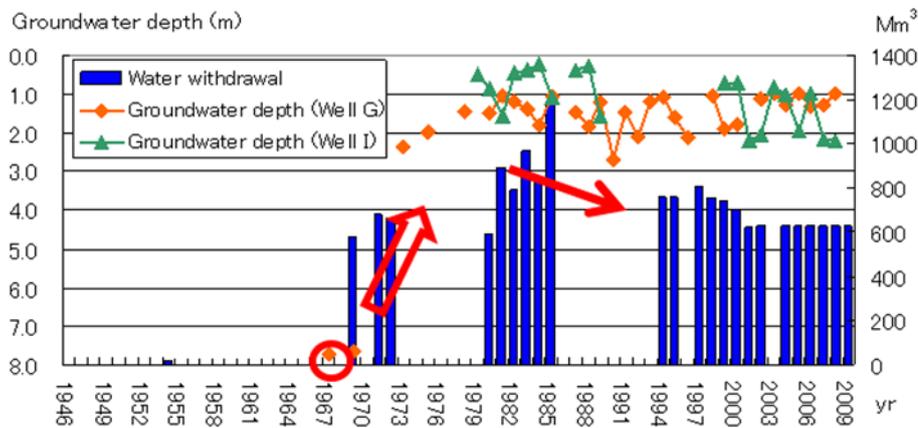
- ① 河川からの大量な取水と農地への灌漑のため、水稲作導入後に地下水位は開発当初の8 m から2 m 程度まで上昇した。近年、取水量は減少傾向にあり、地下水位はわずかながら低下傾向に

ある（図Ⅲ-2-5）。

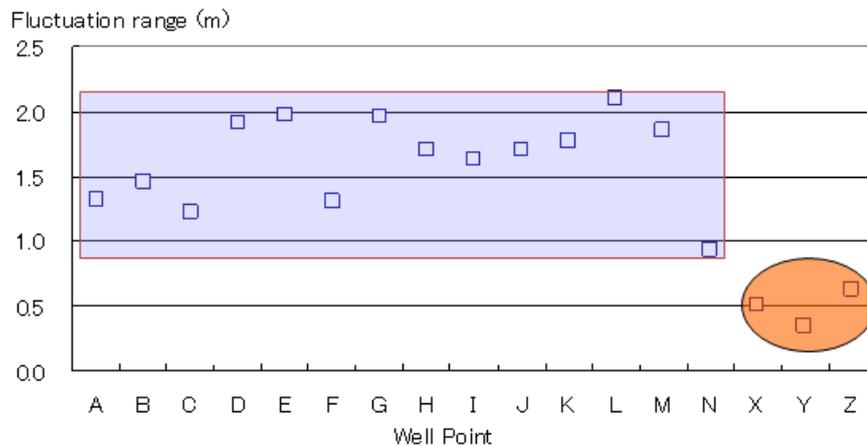
- ② 灌漑直前の4月と灌漑盛期である8月の地下水位の変動幅は灌漑地区内では1~2 m、灌漑地区外でも0.5 m程度変動する（図Ⅲ-2-6）。
- ③ 灌漑期には、水路・水田からの大量の浸透により、畑作農地の地下水位が上昇するため、地下からの水分供給が行われるが、地下水位が上がりすぎるとウォーターロギング、ひいては塩類集積を引き起こす。
- ④ 水稲作農地の空間分布、地区内配水量、排水不良農地の空間分布、地理・地形条件を合わせて、地下水位の変動要因を分析し、地下水位変動要因のマップ化を行った（図Ⅲ-2-7）。

[塩類化対策]

本地区の持続的な水稲・畑作物輪作における農地・水の適正管理について、輪作のメリット・デメリット（リスク）を整理し、現行の輪作を維持しつつ湛水化・塩類化を避けるために必要な条件が地下水位の適正なコントロールであることを明らかにし、それを行う方策について検討した（図Ⅲ-2-8）。

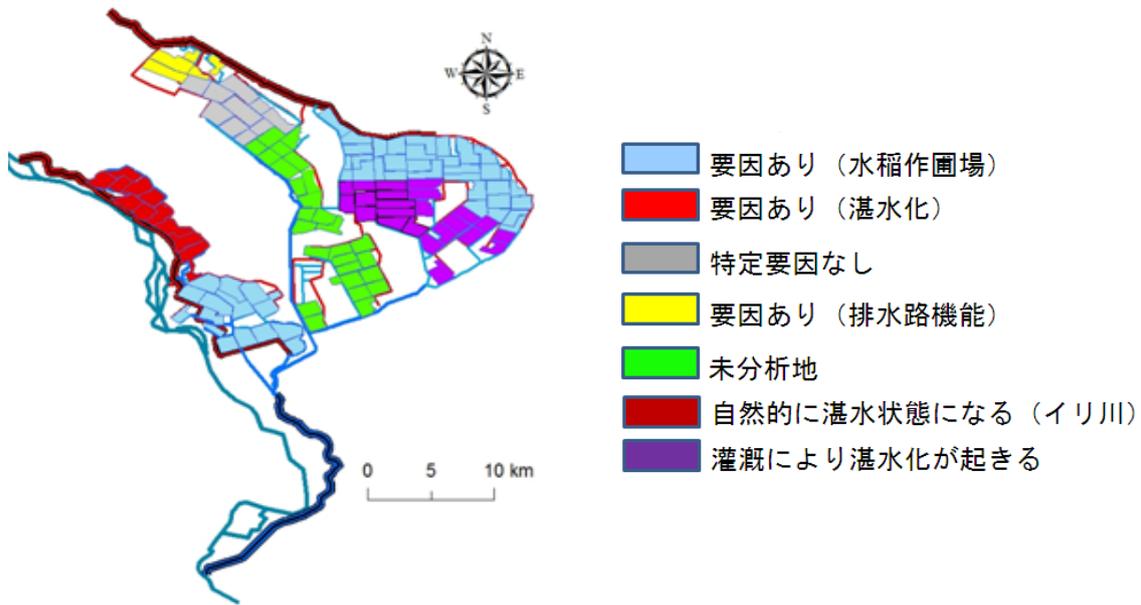


図Ⅲ-2-5 地下水位と取水量の変動



図Ⅲ-2-6 地下水位変動差の空間分布

（四角および丸の囲みはそれぞれ灌漑地区内、灌漑地区外の地下水位変動差）



図Ⅲ-2-7 地下水位の変動要因のマップ化

## イリ川下流域の灌漑地区における適正な農地・水管理技術

問題：畑作農地における湛水化(ウオータロギング)・塩類化

→問題解決のポイント:本地区区の特徴的な水稲-畑作物輪作における農地・水の適正管理

### 水稲-畑作物輪作のメリットとデメリット(リスク)

#### メリット

1. 畑作時に進行する農地の塩類集積の抑制  
(畑作時に集積する塩を水稲作時に下方に押し流す)  
(地区外への塩類排出は少ない。)
2. 連作障害なし
3. 低コスト農業  
(水田の水管理40ha/人, 畑地への灌漑は不要)

#### デメリット(リスク)

1. 湛水化・塩類化進行のリスク  
(高い地下水位, 農地が輪作に組み込まれない場合)
2. 水ストレスに対する高いぜい弱性  
(十分な水がないと, 畑作物の水分供給が不可能)
3. 適切な地下水位管理(2~3m程度)が難しい
4. 低い節水の可能性  
(地区内水路のライニングによる浸透ロス減少は畑地への適度な灌漑を必要とする)

### 現行の輪作を維持しつつ、湛水化・塩類集積を避けるために必要な条件 = 地下水位の適正なコントロール

1. 地形条件(排水を機能させるために、平坦ではなく、緩やかな勾配のある地形での農地開発)
  2. 農地造成(地区内の低位部や高位部での農地造成を避ける。末端圃場では圃場の均平化)
  3. 十分な排水機能(地下水位を過剰に上げない)
  4. 地区内の地理・地形・土性を考慮した用水管理(31,500haの灌漑地区に対して、単一の灌漑必要水量をあてはめるのではなく、高低差、用排水路配置、土性を考慮した灌漑必要水量の決定)
  5. 地下水位を上げるための十分な水供給
  6. 良好な灌漑水質
- 赤字は現在の問題点、橙色は将来懸念される問題

図Ⅲ-2-8 イリ川下流域の灌漑地区における適正な農地・水管理技術

### 3) 中国陝西省洛惠渠灌区における農地の塩性化の原因究明とその防止対策

灌区における塩類化プロセスを類型化し、さらにそのプロセスを引き起こす要因について考察を行った。塩類集積を防止するためには、これらのプロセスを阻止・回避し、その誘因を除去す

ることが不可欠である。それを実現するための方策として広域水管理の立場から、以下のような提案を行った。

#### [塩類化プロセスの類型化]

本地区の灌漑農地における塩類化プロセスは、(1)地下水の毛管上昇による塩類集積、(2)高塩類濃度地下水の継続的灌漑使用による塩類集積、(3)井戸の掘削残土(高塩類濃度)を圃場面に締固め盛土したことによる塩類集積、(4)地区内の地形特性および排水特性に起因して起こる排水不良部の塩類集積の4タイプに類型化できる。

#### [塩類集積プロセスを起こす要因]

塩類化プロセスを助長する要因・誘因として、以下の事項を挙げることができる。

- (1)地下水位が高いこと。特に、地下水位が地表面下3m以内の場合は大きな要因となる(北部および中央部)。(2)排水路管理と地下水管理が不十分で、地下排水はほとんど機能していない。
- (3)排水システムの管理者が灌漑システムのそれと異なり、管理上の問題があること。(4)特に未舗装・舗装部欠損水路の搬送損失が大きく、長い畦長のもとでの畝間・ボーダー灌漑により、圃場内浸透損失が大きいこと。(5)地下水の塩類濃度が高いこと(北部および中央部)。(6)下層土に可溶性塩類が集積していること。(7)下層に難透水性の土壌が存在していること(北部上位段丘面)。

#### [灌漑農地の塩類化の防止対策]

本地区における塩類化を防止するための広域水管理のあり方として、次の点を提案した。

- (1)排水システムの効率を高め、地下水位が適正な高さになるように管理する。したがって、地表排水だけでなく、地下排水も考慮に入れた検討が必要となる。
- (2)地表排水を阻害するような行為を禁止するとともに、排水が阻害される危険性のある箇所への修復・整備を推進する(住民に対する啓発活動が重要)。
- (3)現在灌区が管理している灌漑システムと大荔県人民政府が管理している排水システムについて、両システムの一元管理化を図り、管理体制を整備する。
- (4)灌漑効率の改善(搬送損失、圃場水適用損失の削減)を推進する。よって、1)水路舗装を推進し、欠損部の補修を徹底させ、舗装の高度施工に注意を払う。2)圃場の畦長(長辺方向長さ)を極力短くし、水足を速めるために圃場均平作業の精度を上げる。
- (5)ウォーターロギング(過湿状態)を防止するために水路沿い、あるいは圃場周辺部への植林(生物学的排水)を奨励する。
- (6)塩類濃度の高い地下水については、利用を制限する。塩類濃度に応じた使用基準を設ける。
- (7)井戸の掘削にあたり、塩類濃度の高い掘削土については影響の及ばないところへ搬出する。
- (8)黄土高原よりの流出土砂を活用した流水客土を積極的に導入し、普及する。

## A-2 塩生植物利用研究

### 1) 塩生植物の耐塩メカニズムに関する研究

中国新疆ウイグル自治区の塩類集積地を中心として、塩類集積地の緑化に有望な木本塩生植物について、耐乾・耐塩性にかかわる浸透調節物質の同定と定量を行い、種によって適合溶質の種類が異なることを明らかにした。

また、新疆に生育する塩生植物の *Elaeagnus oxycarpa* では、植物体に軽度の前ストレス(ポリエチレングリコールによる浸透ストレス)を与えることにより、適合溶質の蓄積が進み、耐塩性が向上することが明らかになった(図III-2-9)。

### 2) 塩生植物タマリスクを利用した塩害対策研究

塩類集積地の緑化に有望な木本塩生植物のタマリスクについて、中国内蒙古自治区ダラツ旗、中国陝西省塩地県、そして、アメリカ・モハベ砂漠で研究を行った。

中国内蒙古自治区ダラツ旗では塩類集積地に生育するタマリスクを対象として、塩分胴体に関する研究を行い、樹体内への塩蓄積量を明らかにした。この結果を踏まえて、アメリカの砂漠研究所(DRI)とタマリスクに関する研究を推進した(図III-2-10)。アメリカ・モハベ砂漠のバージン川流域に侵入したタマリスクの研究では、タマリスク林の塩蓄積量を明らかにするとともに、

タマリスクの塩分泌パターンや、タマリスクの浸透調節メカニズムを明らかにした。さらに、タマリスクの細根分布と菌根共生系の関係を調査、解析し、塩類集積地に特異的な微生物群集の存在も明らかにした。

これらの研究結果をもとにして、現在は薬用植物の生産を目的とした、塩類集積地へのタマリスク植栽に関する研究を、中国陝西省塩地県で進めている。

## 塩生植物タマリスクを利用した塩害対策

### DRI (Desert Research Institute) との共同研究

1. タマリスク林の塩分動態解明  
→タマリスク林の塩蓄積量を明らかにした。
2. タマリスクの塩分泌メカニズム解明  
→タマリスクの塩分泌パターン(日変化)を明らかにした。
3. タマリスクの浸透調整メカニズム解明  
→タマリスクの浸透調節物質としてプロリンの重要性解明  
(分子育種グループとの連携研究)
4. タマリスクの細根分布と菌根共生系の解明  
→塩類集積地に特異的な微生物群集の存在！！



図Ⅲ-2-9 PEG による浸透圧ストレスが耐塩性に与える影響

### 現場普及

薬用植物の生産を目的としたタマリスクの植栽へ

中国陝西省定辺政府  
中国科学院水土保持研究所

寄生植物：肉しょうよう 塩類集積地への植栽



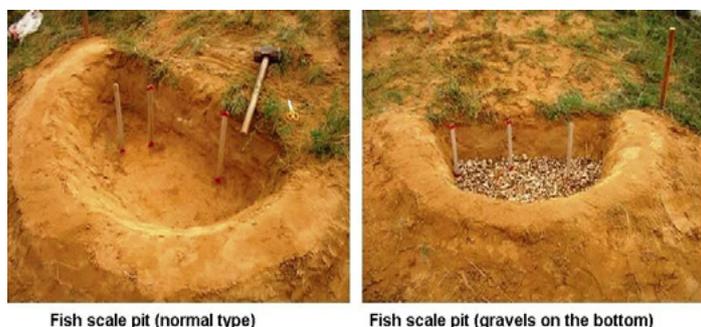
図Ⅲ-2-10 塩生植物タマリスクを利用した塩害対策研究

## B) 水食対策研究

### B-1 郷土樹種利用による緑化研究

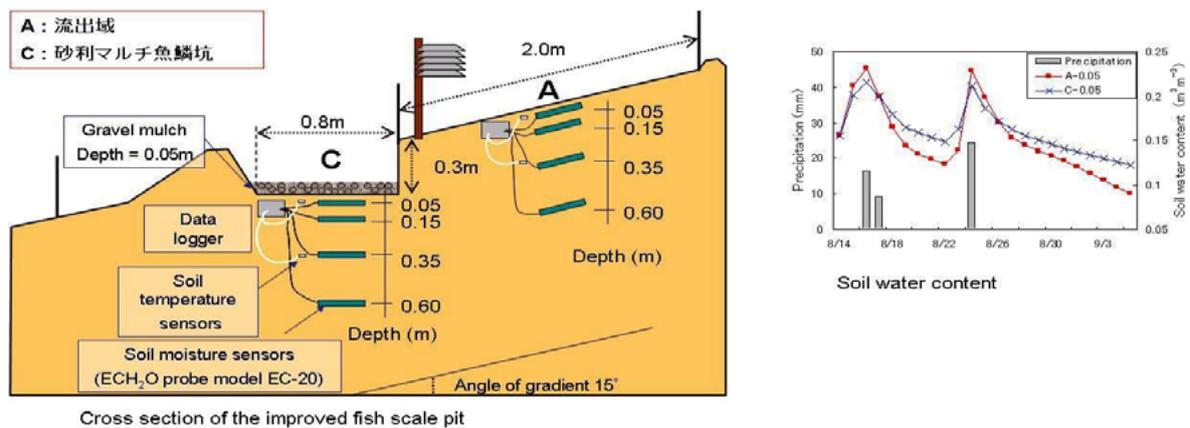
#### 1) 中国陝西省神木市における魚鱗坑の改良

現地の伝統的ウォーターハーベスト手法である魚鱗坑につき現地調査・実証試験を行った結果、魚鱗坑の底面に砂利を入れると浸透・保水効果が高まることが判明した。深すぎる魚鱗坑は作成時の労力を含め効果的でない可能性も示された。



図Ⅲ-2-11 魚鱗坑現地実証実験サイト

左は従来型、右は底部に砂利を入れた改良型

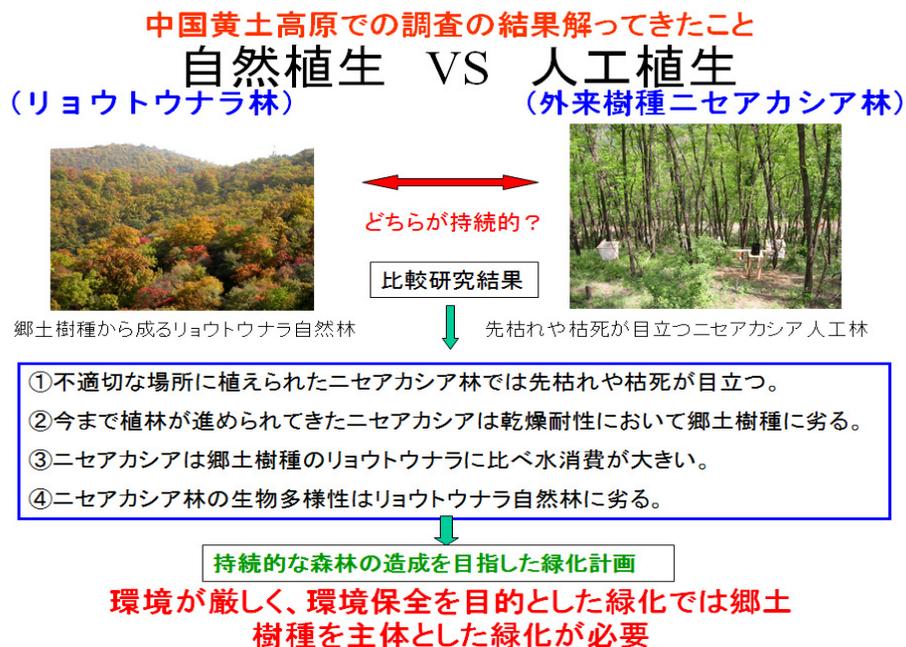


図III-2-12 斜面部と改良型魚鱗坑における 0.05 m 深での土壌水分の変化

## 2) 中国陝西省延安市における郷土樹種と外来樹種の比較研究

黄土高原の中心部に位置する、中国陝西省延安市郊外の森林で、黄土高原での持続可能な緑化をめざし、現地に本来存在する、郷土樹種からなる自然植生と、外来樹種ニセアカシアからなる人工林の比較研究を行った。その結果、特に環境が厳しく、環境保全を目的とした緑化では郷土樹種を主体とした緑化が必要であることが明らかとなった(図III-2-13)。この結果は古今書院から出版された乾燥地科学シリーズ第5巻「高度高原の砂漠化とその対策」に取りまとめられた。

さらに、郷土樹種を進めるに当たり、郷土樹種を中心とした多くの樹種を対象として、乾燥耐性に関わる浸透調節メカニズムの研究を行った。その結果、浸透調節に関わる物質の蓄積は植物種によって、物質の種類や量が大きく異なることが明らかとなった。



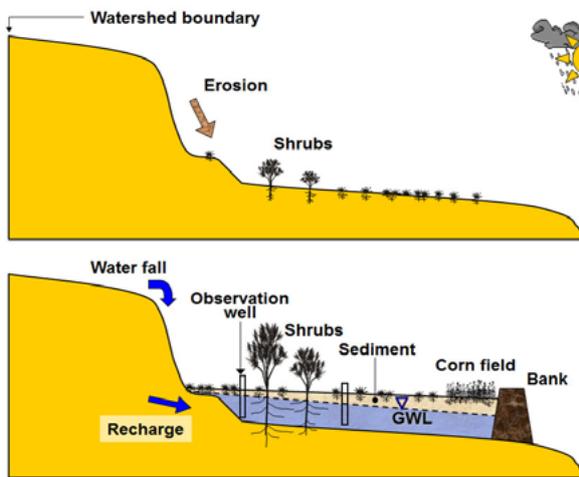
図III-2-13 中国黄土高原における自然植生と人工植生の比較

B-2 チェックダム利用研究

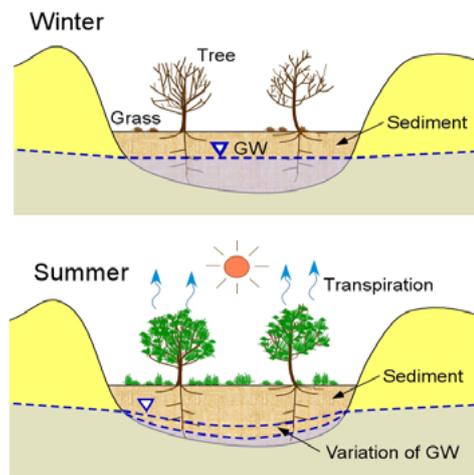
1) 黄土高原におけるチェックダム農地の地下水位変動と水収支

① 黄土高原では、チェックダム建設後数十年で激しい侵食により大量の土砂が貯水池に流入し、平坦なダム農地が形成される。このようにして形成されたダム農地には不圧地下水が存在する。

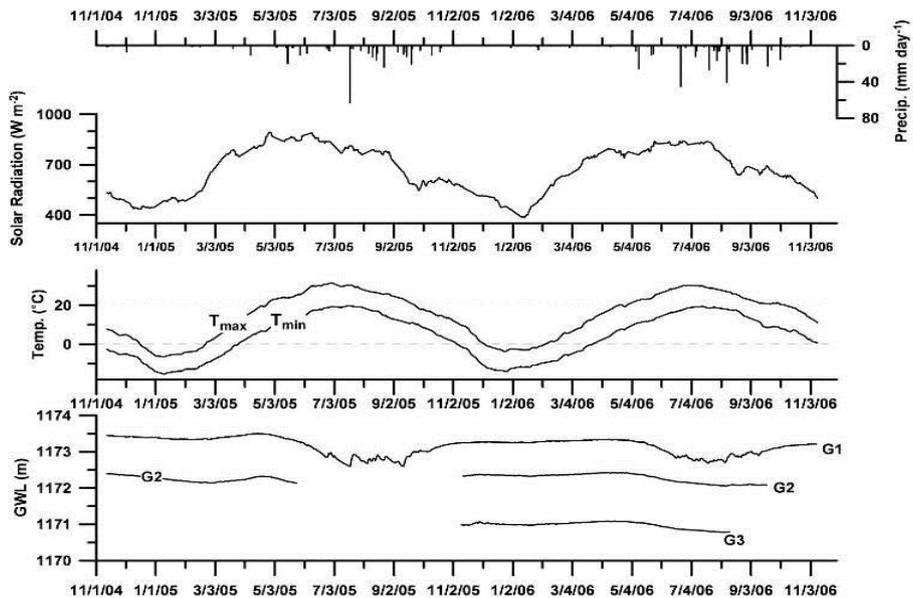
② ダム農地内地下水は植生の吸水による水位低下の影響が大きかった。ダム農地全体の地下水位については、植生の吸水により夏期に低下していた。地下水位の低下は、気温の上昇・低下に反応して、春季に始まり、秋季に終了していた。浅層の地下水位にあつては、近傍の植生による日変動が顕著であった。日変動については、夏季の日照との連関が顕著であった。黄土高原のダム農地における限定された水資源である地下水を、農業利用する場合、現況の野生植生による吸水と、作物による吸水を置き換えることになる。



図III-2-14 チェックダムの建設後流亡土砂により貯水池が堆積してダム農地が形成される。



図III-2-15 植生の吸水による地下水位の季節変化



図III-2-16 ダム農地内地下水位の変動(2004-2005年) (Yasuda et al, 2012)

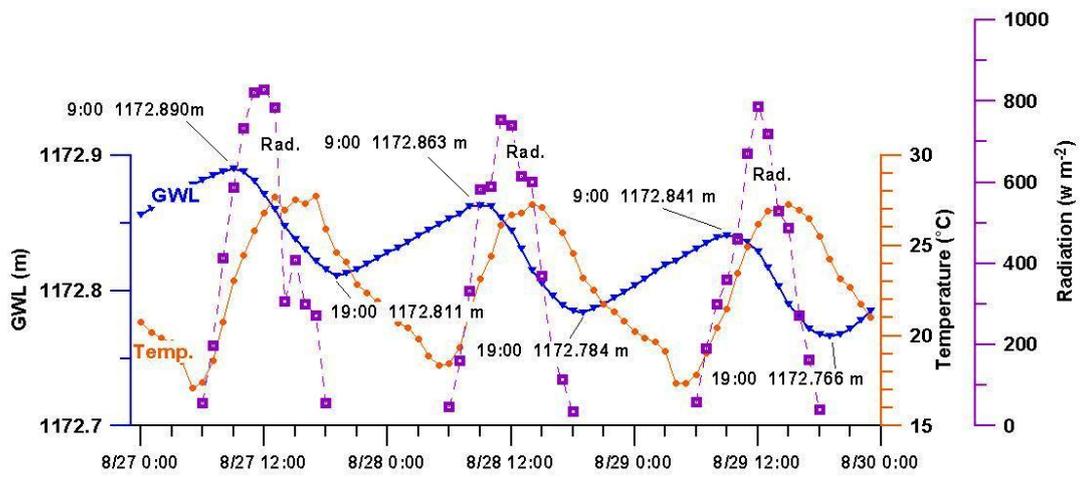
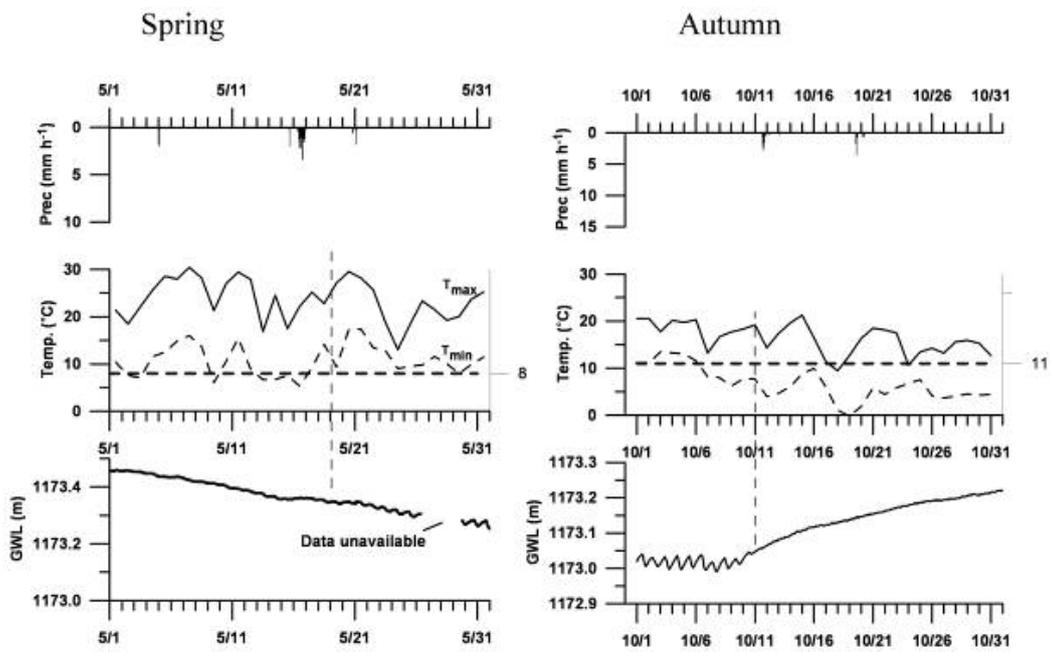


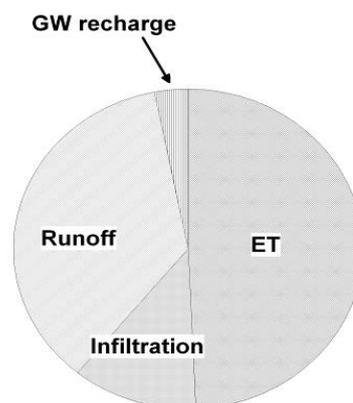
図 III-2-17 日照と連動した地下水水位の変化 (Yasuda et al, 2012)



図III-2-18 春季・秋季の地下水水位変化

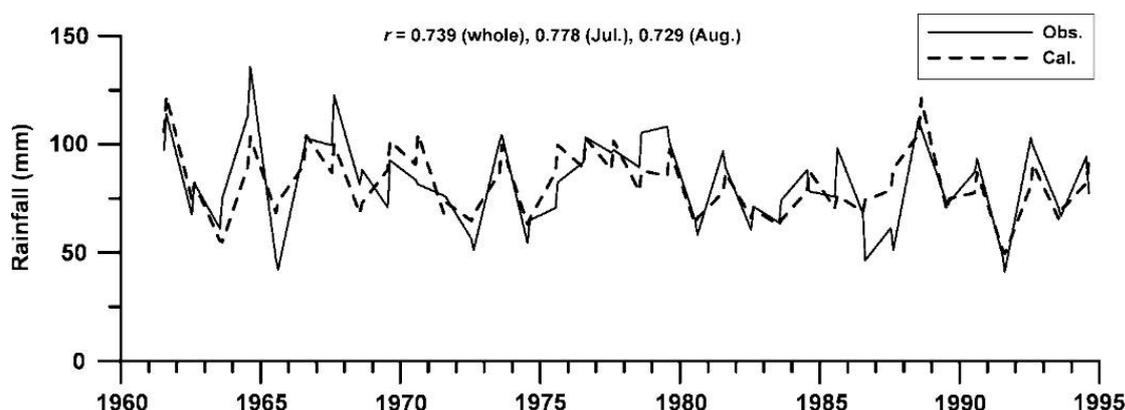
春に気温が上昇すると地下水水位が低下し、日変動も始まる。秋に気温が低下すると日変動が停止し、地下水水位が上昇する。(Yasuda et al, 2012)

③ 黄土高原の水収支上極めて重要であるチェックダムについて、Kinematic-waveを用いたダイナミックモデルによる数値シミュレーションを行った。チェックダム建設前は流出が卓越していたが、建設後形成されるダム農地からの蒸発が極めて卓越し、ほぼ50%を占めていたものであった(図III-2-19)。



図III-2-19 チェックダム流域の水収支  
ほぼ半分は蒸発散(ET)。(Huang et al, 2012)

④ 黄土高原の降水量時系列を解析し、雨季・乾季の差違が大きく、経年変化も大きいことが示された。また、夏季(雨季)の経年降水量時系列と太平洋の海面温度時系列との相関が高いことが示された。太平洋海面温度とのリンクを用いたニューラル・ネットワークによる予測モデルが構築され、雨季の降雨の予測が高相関で可能であることが示された(図III-2-20)。



図III-2-20 太平洋海面温度による夏季降水量の予測 (Yasdua et al., 2009)

## 2) 黄土高原におけるチェックダム農地の塩類集積

中国・陝西省子洲県の小河沟流域下流のチェックダム農地で塩類集積の状況や関係要因を観測・調査分析を行い、これらの結果に基づき塩類化プロセスを解明し、対策を検討した。

[塩類化状況]

① 小河沟および榆林沟の両流域において塩類化が発生するダム農地は、流域内の位置にかかわらず大規模なダム農地、および流域下流に位置するダム農地である(図III-2-21)。

② ダム農地下流側では塩類化は発生しないが、農地上流側においては発生しやすい(図III-2-22)。

[塩類化影響要因の特定とメカニズムの解明]

① 健全農地と塩類化農地の土壌EC、土性、地下水位を比較分析した結果、農地の塩類化には土性よりも地下水位が大きく影響することが明らかになった。

② 塩類化農地の地下水位の長期変動を分析した結果、ダム農地における地下水位は冬季に上昇し春季に下降することがわかった。また、地下水位の上昇には、冬季における土壌の凍結に起因した上昇と雨季における降雨に起因した上昇の2種類があることがわかった(図III-2-23)。

③ 特に、降水に対する地下水位の応答は速く大きい。その応答は降水当日が最も大きく、ダム農

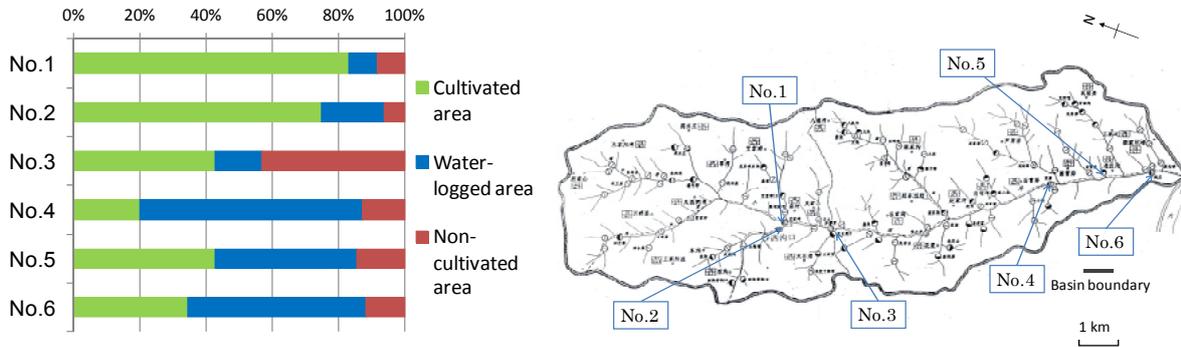
地側面の斜面からの表面流出を主とする浸透の影響が大きいことが示唆された（図Ⅲ-2-23）。

④ 塩類集積の発生過程は、冬季に凍結した土壌が春季に融解することと高い地下水位が相まって発生する毛管上昇と、夏季の高い蒸発散能による毛管上昇が主であると考えられる（図Ⅲ-2-23）。

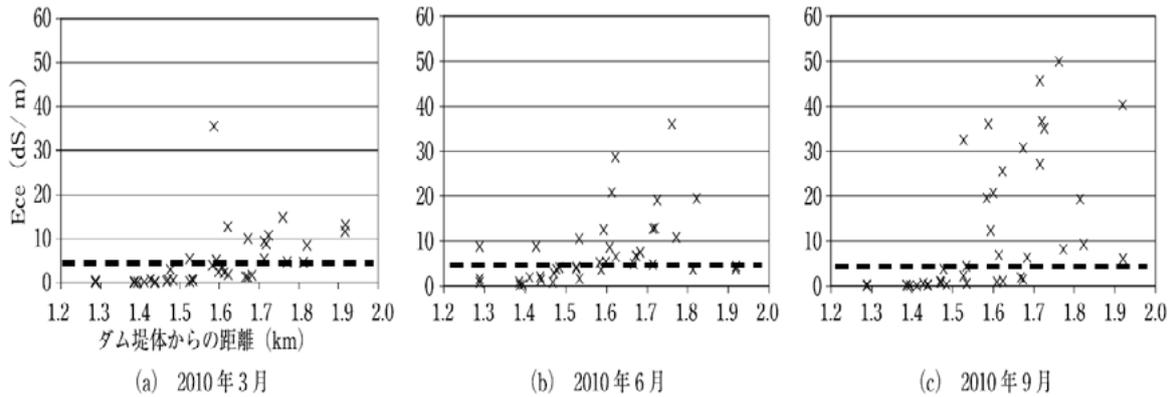
[塩類化対策]

① 農地の地下水位上昇の主要因がダム農地側面の山腹斜面からの表面流出の浸透であることが示唆された。すなわち、地下水位を下げる対策としてダム農地周囲への承水路設置が有効。

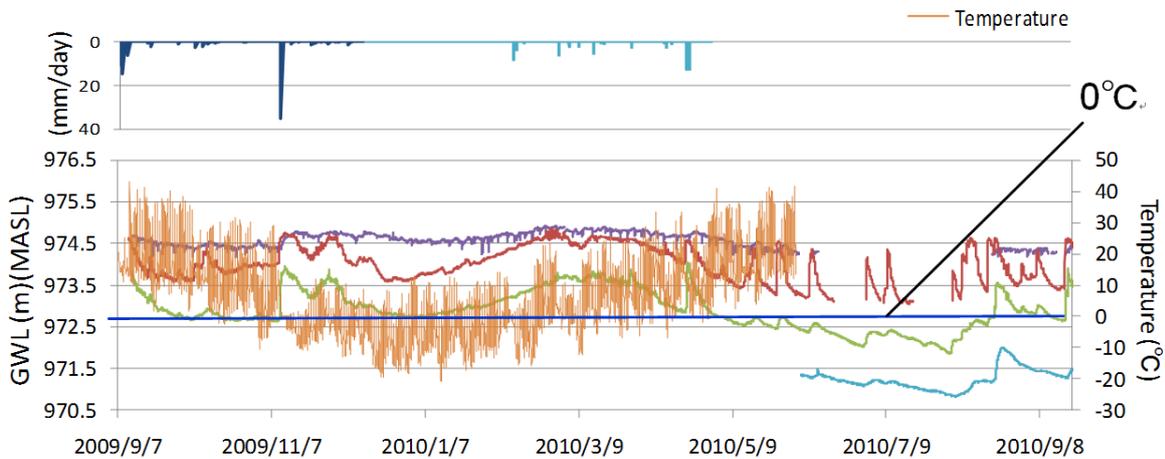
② 冬季の地下水位上昇を抑制する排水対策が必要である。



図Ⅲ-2-21 チェックダムの位置および規模と塩類集積農地の関係（Nos.2, 3, 5 は小規模ダム農地）



図Ⅲ-2-22 チェックダム位置および規模と塩類集積農地の関係（Nos.2, 3, 5 は小規模ダム農地）



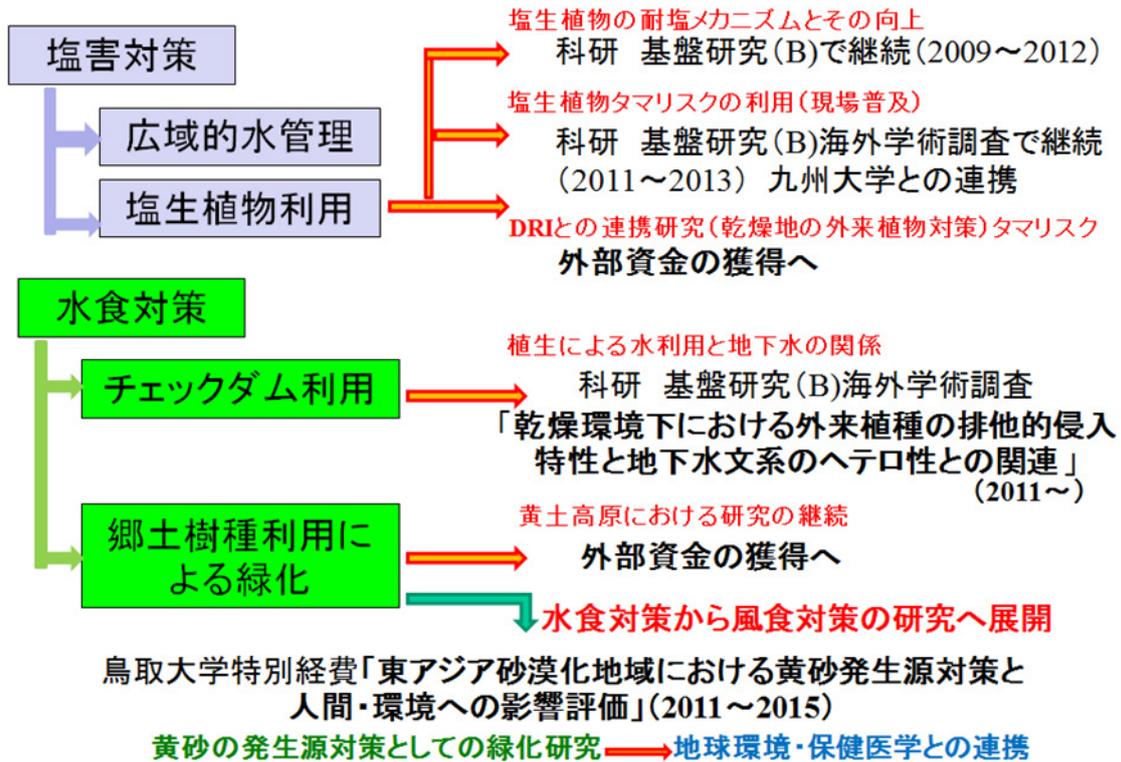
図Ⅲ-2-23 地下水位と降雨，気温観測結果

(5) 成果の公表

巻末に論文・著書リストを掲載。

(6) 今後の展開

### 今後の展開



環境修復グループが行ってきた塩害対策研究のなかで、塩生植物研究については、耐塩メカニズムとその向上に関して、科学研究費 基盤研究 (B) 一般「乾燥地緑化への応用を目指した耐乾・耐塩性植物の浸透調整能の解明とその向上 (2009～2012)」(代表：山中典和)で継続。塩生植物タマリスクの利用に関しては、九州大学、中国科学院水土保持研究所との連携研究として、科学研究費 基盤研究 (B) 海外「乾燥地の塩類化農地における持続可能な植物生産と塩類動態制御 (2011～2013)」(代表：北野雅治 (九州大学))で継続。さらに、アメリカにおけるタマリスク研究に関しては、外部資金の獲得に向けて検討中である。

水食対策のなかで、チェックダム利用に関しては、植生による水利用と地下水の関係解明を目指す、科学研究費 基盤研究 (B) 海外「乾燥環境下における外来植種の排他的侵入特性と地下水文系のヘテロ性との関連 (2011～2015)」(代表：安田裕)として、新たな展開を行っている。さらに、郷土樹種利用による緑化研究は、地球環境グループ、保険医学グループとの連携により、文部科学省特別経費事業「東アジア砂漠化地域における黄砂発生源対策と人間・環境への影響評価」(代表：山中典和)として水食対策から風食対策の研究へと新たな展開を行っている。

(山中典和)

### 3. 農業生産研究グループ

#### (1) 研究課題と組織

研究課題は乾燥地圃場を対象として、1. 土壌診断による塩類化リスクの評価、2. 節水灌漑・除塩技術、3. 保水性・保肥性の改善のための有機物・廃棄物・保水材の利用、4. 好塩性植物による塩類土壌修復（ファイトレメディエーション）、の4つである。

植物、水・塩、土壌の3つのサブグループはそれぞれ藤山英保・山田智、井上光弘・猪迫耕二、山本定博・遠藤常嘉から構成されている。それぞれのサブグループは独自の研究課題とともにサブグループ相互の研究課題に取り組んだ。

#### (2) 研究の目的と期待される成果

乾燥地は日射に恵まれるために本来は農業の生産性が高いが、現実には不適切な灌漑による水資源の枯渇、塩類集積による土壌劣化といった収奪的な農業が行われている。本研究は高い生産性を維持でき、しかも持続可能な農業技術を提供するものであり、その成果は世界の食料生産を飛躍的に高め、人口増加に対処することを可能にする。研究目的は「乾燥地における持続可能な農業生産技術の確立」である。すなわち、乾燥地の圃場における最適の水・土壌・作物管理技術を用いた持続的農業生産を確立し、技術マニュアルを作成し、農家に提供することである。

#### (3) 研究対象地域と研究方法

研究課題1については、中国陝西省黄土高原にある洛恵渠灌区（320 km<sup>2</sup>）とメキシコ・カリフォルニア半島の塩類集積土壌の表層から下層までの詳細な調査を行った。研究課題2については、ケニアとモーリタニアの圃場において、廃タイヤや廃ガラスから再生した資材を用いた灌漑チューブやキャピラリーバリアの有効性を調査した。研究課題3については、研究課題1と同じ地域において、有機物資材やCa資材による土壌の塩類化防止に関する研究を行った。研究課題4についてはメキシコ・カリフォルニア半島の塩類集積土壌にヒユ科の好塩性作物を栽培し、塩類土壌修復と作物生産の両立について調査・検討した。

最終年度の2011年に中国山東省東営市の塩類集積ワタ圃場において研究課題1～4を組み合わせて実証試験を行った。

#### (4) 研究成果

研究課題1：土壌診断による塩類化リスクの評価

中国陝西省黄土高原にある洛恵渠灌区（320 km<sup>2</sup>）とメキシコ・カリフォルニア半島の塩類集積土壌の表層から下層までの詳細な調査を行った。

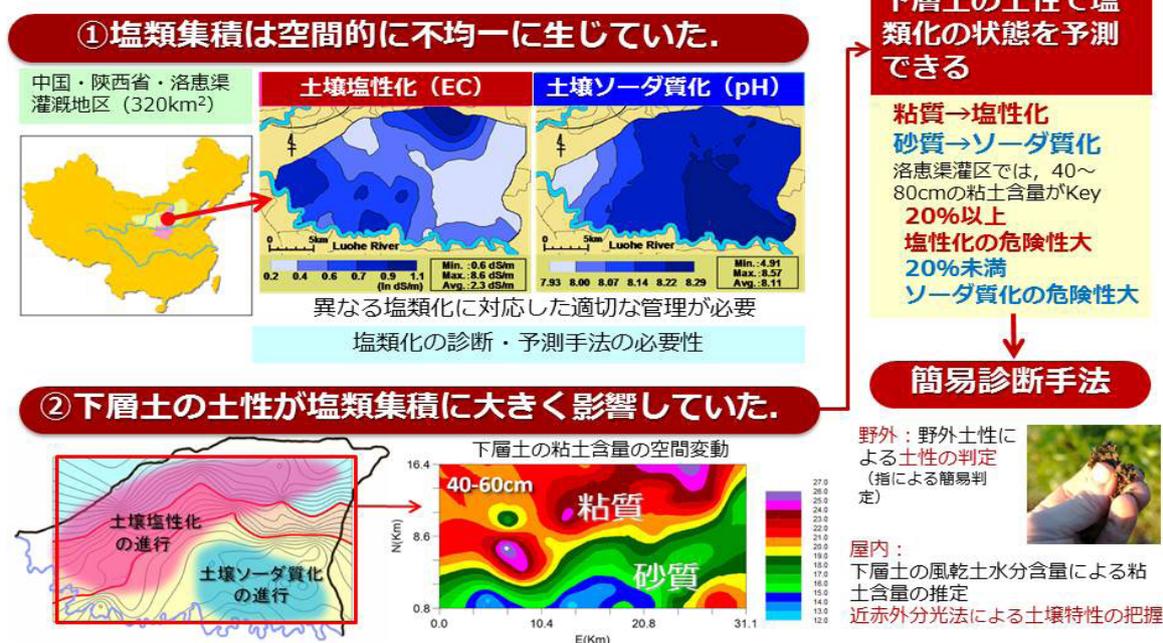
##### ①中国およびメキシコの灌漑農地の調査に基づく土壌塩類化診断と評価

中国陝西省黄土高原にある洛恵渠灌区、曹埠チェックダムおよびメキシコ・カリフォルニア半島南部の農地を対象とし、当該地域における農地の塩類化の現状と灌漑水や地下水の挙動が土壌塩類化に及ぼす影響などを明らかにした。そして、土壌診断による塩類化リスクの評価を行うことにより、適切な土壌管理法を提案した。また、空間的・時間的に不均一である土壌の塩類集積状態と塩類集積要因との関係を広域的かつ長期にわたって調査・解析し、土壌塩類化機構を明らかにするとともに、土壌塩類化の防止・修復のための対策を提言した。

中国陝西省洛恵渠灌区（320 km<sup>2</sup>）内の標高は北から南に緩やかに傾斜しており、大きく三段の段丘面（上位面、中位面および下位面）からなっていたが、上～中位面の土壌層位はA-BまたはA-BC、下位面はA-BまたはA-Cであり、下位面ほど未熟な土壌断面であった。農地内は主に粘

土 15~35%、微砂 15~40%、砂（細砂主体）40~70%の埴壤土~軽埴土の堆積物で構成されていたが、段丘面によって堆積様式が異なっていた。上位面では下層において粘土と微砂含量が多くなるのに対して、下位面では全層にわたり比較的粗粒な土壌であった。また、段丘面により異なった塩類動態が認められ、上位面では、全層にわたり土壌 EC は高く、土壌 pH は低いのに対し、中~下位面では、土壌 EC は低く、土壌 pH は高い傾向を示した（図Ⅲ-3-1）。つまり、上位面では下層土の粘土と微砂含量が多いため、塩類が洗脱されにくい環境下に置かれているのに対し、中~下位面では粗粒な下層土であるため、塩類が洗脱され易い環境下に置かれていた。そのことにより、中~下位面ではナトリウム炭酸塩を含む灌漑水による土壌中の塩類の洗脱過程で塩類組成が変化し、土壌 pH が上昇したと考えられた。土壌塩性化の防止と改良のためには、塩類を効率的に洗い流すことが必須であり、洛惠渠灌区にはそのための排水設備が導入されており、塩害に対する対策は講じられている。しかし、ソーダ質土壌の場合には水による塩類の洗脱では根本的な改良はできないばかりか、乾燥地域に特有な重炭酸イオン濃度の高い水による過度の洗脱はソーダ質化を助長してしまう。そのため、石膏のようなカルシウム資材、難溶性カルシウム塩の可溶化を促進させるための硫黄華などを施与するとともに、補足的に、高 pH の環境で不可給化しやすい微量元素を作物が吸収しやすいように養分元素のバランスも適正状態に維持する必要もある。また、経済性が栽培作物を決める非常に大きな要因になっているが、農地の生産性の持続性を第一に考えれば、適地適作という考えも重要である。今後、塩類化を防止して持続的な栽培と安定的な収入を可能にするためには、いくつかの経営モデルを策定して試算し、その中から適用可能な塩害防止技術を選定し、それらの効果についての伝統的知識も加味した検証が必要であると考えられた。

### 土壌診断：灌漑農地の土壌塩類化の簡易診断技術の開発



図Ⅲ-3-1 土壌断面内の塩類動態（中国・洛惠渠灌区）

また、チェックダム農地における適切な土壌管理法を検討するために、小河沟流域の曹岬ダム農地内 (36 ha) の上流、中流および下流のそれぞれにおいて土壌断面調査を行なった。その結果、

それぞれの地点において異なった土壌堆積様式が認められていた。つまり、上流に比較して、中～下流の上層では多量の粘土とシルト画分が厚く堆積されていた。また2010年6月に調査した時には、農地内における1 m以内には地下水は確認できなかったが、雨期の同年9月に調査した時には、上流において約50 cmにおいて地下水が確認された。異なる地下水位の深さに起因して、塩類集積状況も異なり、下流では塩類の集積は認められなかったが、中流では塩性土壌、上流では塩性—ソーダ質土壌が認められた。土壌塩性化の程度は、表層において顕著であった。そこで、ダム農地内全域において、表層土壌を50地点採取したが、同様の傾向が認められた。同一ダム農地内においても、塩類集積状況に応じて、異なる栽培管理を行なうとともに、それぞれの区域で土壌塩類化の進行もしくは予防を行なわなければならないことが示唆された。つまり、下流域においては、これまでのトウモロコシ栽培を土壌塩性化に配慮しながら続けうるとしても、土壌塩性化が進行している上流域においては、耐塩性および耐ソーダ質性である綿花等の異なる栽培作物を主流とした管理が必要であると考えられた。また、表層における土壌塩性化が顕著であることから、土壌中の塩類除去後、土壌ソーダ質化の予防のためのカルシウム資材の施用も一つの方策であると考えられたが、農家の経済性から現実的には難しいと考えられた。そこで、カルシウム資材と有機物資材の併用により土壌ソーダ質化を抑制する対処も必要であると考えられた。

メキシコ・カリフォルニア半島南部に位置するラパス周辺の灌漑農地の土壌断面形態と塩類集積状況について調査した結果は、以下の通りであった。近郊農地によっても土壌中の塩類動態は異なり、土壌の性質、土壌中の集積塩類量、組成および灌漑水質、量等の要因が複合的に絡み合ったものであった。また、これまでの栽培歴に由来し、土壌中への塩類集積状況も農地によって明瞭な差異が認められた。砂質～壤土質農地では土壌中への塩類集積は認められなかったが、土壌の保水性が低いため過剰灌漑の傾向であった。灌漑水中のナトリウム炭酸塩が多量に土壌へ付加された結果、ソーダ質土壌を生成しており、さらに土壌のアルカリ性化が進行している農地もあった。これらの土壌劣化を防ぐには、節水節肥栽培が重要であり、なるべく少ない水と肥料で効果的に栽培作物の養分を維持するための管理を行うことで、水資源の枯渇防止に直結するとともに、土壌劣化の防止という重要な意味を持つと考えられた。一方、埴土質農地では、長期の過剰灌漑によって表層に白色の塩類結晶が多量に析出し、土壌断面内にも塩類集積が認められた。特に、土壌断面内には多量の塩類が析出しているとともに、土層は極めて堅かった。この緻密な土層のために根圏は狭く制御され、作物生育不良の一因にもなっていた。栽培作物の生育状況は明瞭で、塩類集積している地点の生育は極めて不良であった。農地内の灌漑水の塩類濃度は比較的高く、主要な塩類形態は塩化物塩、炭酸塩であった。灌漑水中のナトリウム炭酸塩が土壌に多量に付加した結果、ソーダ質土壌が生成され、土壌のアルカリ性化も併発していた。このような農地における土壌改良は、心土破碎によって土壌断面内の硬盤層を破壊することにより透水性を改善し、塩類を下層に洗脱させるとともに、根群域を広範囲に確保することである。また、石膏等の土壌改良剤、ビート等のクリーニング作物導入によって塩類を作物に吸収する試みも有効であると考えられた。

以上のように、調査したいずれの農地においても、灌漑農地の塩類の集積状況には、土壌の性質、とくに下層土の透水特性が大きく影響していた。このような下層土の土性と表層における塩類集積状況の関連性は、中国山東省東営市の塩類集積ワタ圃場においても、明らかに認められた。このように土壌塩類化の危険性のある農地においては、野外土性のような簡便な判定指標によって、今後起こりうる塩類集積の状態や危険性を予測して土壌管理に反映させることができれば有益な情報となると考案した。下層土が粘質であれば、表層に塩が析出していなくても、塩性化の危険性が高いので、適切な除塩や排水対策を講じる必要がある。土壌塩性化の防止と改良のため

には、塩類を効率的に洗い流すことが必須である。したがって、下層土に難透水性の層が存在する場合、暗渠などの地下排水性を確保するための方策が必要である。一方、下層土が砂質であれば、除塩対策よりもソーダ質化の対策を積極的に講じる必要がある。ソーダ質土壌の場合には水による塩類の洗脱では根本的な改良はできないばかりか、乾燥地域に特有な重炭酸イオン濃度の高い水による過度の洗脱はソーダ質化を助長してしまう。ソーダ質土壌の改良は土壌化学性の改良が基本となり、土壌溶液中のカルシウム濃度を高め、土壌コロイド上のナトリウムをカルシウムと交換する必要がある。そのため、石膏のようなカルシウム資材、難溶性カルシウム塩の可溶化を促進させるための硫黄華などが施与することも必要である。このような高 pH 環境下で、不可給化しやすい微量元素が作物へ吸収されるように養分元素のバランスも適正状態に維持するための検討も必要である。栽培作物や土壌改良資材の選定など、大規模な灌漑区における塩類集積の問題は、塩類の集積状態の多様性、不均一性を広域的に評価し、適切に対処しなければならない。

## ②近赤外分光法による乾燥地土壌の塩類組成および理化学性の簡易分析の検討

下層土の野外土性に基づく土壌塩性化リスク評価などの簡易な現場での診断法を提案したが、広域的かつ戦略的に灌漑農地の土壌塩類化に対処するためには、灌漑ブロック内、あるいは圃場一筆内で空間的に不均一に生じる土壌塩類化の実態を的確に捉える必要がある。農地における三次元的な塩類の存在状態の不均一性はジオスタティスティクス等のペドメトリックスの手法を用いて、捉えることが可能であるが、位置情報を持つ多数の土壌試料の分析値が必要である。しかしながら、従来の分析法では、この要求に対応できない。そこで、非破壊、迅速、簡便に同時多項目の分析が可能である近赤外分光法（NIR 法）を乾燥地土壌の塩類組成と理化学性分析に適用しその分析精度を検討した。

供試土壌として、EC、pH、SAR、可溶性塩類、粒径組成、未風乾土水分含量、風乾土水分含量の分析値既知の中国、カザフスタン、メキシコ土壌、合計 818 点の風乾細土を供試し、近赤外分析装置（ビーエルテック社 Spectra Star 2400）を用いて 680～2500nm の波長範囲のスペクトルを解析して分析検量線を作成し、その分析精度を評価した。

分析項目によって、検量線作成のためのスペクトル処理条件が異なっており、その定量精度にも差異があったが、おおむね、塩類化の要因として作用する土壌特性を掌握し、圃場の管理に適用するには十分な精度の結果が、非常に簡便かつ迅速に得られることが明らかになった。このたびは、14 項目についての検量線を作成し、検量線のある項目は、1 検体につき 3 分程度で分析できた。14 の分析項目の中で分析の精度が最も高かったのは、粒径組成に関する項目、すなわち粘土、シルト、砂含量であった。この分析項目は、定量に最も時間を要するものであり、土壌塩類化リスクマップ作成に NIR 法は強力かつ有効なツールになることが明らかになった。塩類の含量、組成に関する分析項目は、粒径組成に比べ分析精度がやや低いものの、塩性土壌の判定、さらに作物の栽培可能性と塩類集積量の関係を読み取るには十分な精度であり、さらに土壌 pH も同時に読み取れることから、圃場管理に適応することでより精密な管理が可能になると考える。さらに、NIR 法で特筆すべき点は、過去の土壌状態を予測できるということである。NIR 法には風乾土壌を供試するが、風乾する前の土壌の水分量、すなわち、圃場に存在する土壌水分量も予測できる。これは、現在の状態から過去の状態を予測できるということであり、深さを変えてサンプリングした風乾細土があれば、ある時期の圃場中の水分状態を三次元的に捉えることができ、排水対策等の圃場改良にも活用できる。このように、NIR 法は灌漑農地を診断するきわめて強力なツールになることが明らかになった。

今後は、可溶性塩類の分析精度をさらに高めるために、近赤外領域での吸収ピークと土壌構成

成分との帰属等、より詳細な解析を行うとともに、栽培前の風乾細土の NIR 分析により作物収量、栽培終了後の土壌塩類集積量などの未来の状態の予測への適用についても検討を行う予定である。

## 研究課題 2：節水灌漑・除塩技術

ケニアおよびモーリタニアの圃場において、廃タイヤや廃ガラスから再生した資材を用いた節水灌漑システムとキャピラリーバリアの有効性の実証試験と国内では基礎的な理論検証を行った。

ケニア・モーリタニアの事例：降水量が少ない乾燥地で継続的かつ安定した農業生産を行うためには、塩類集積を起こさないように、また水資源が枯渇しないように適切な灌漑を行う必要がある。そこで、リサイクル資材を用いた省力型持続的節水灌漑システムを提案し、国内の砂地圃場で実験を行い、海外で実証試験を行った。具体的には、モーリタニアでは、厚さ 2 cm の廃ガラス層を深さ 30 cm に埋設して、深さ 7 cm に廃タイヤから製造したポラスチューブを浸潤型地中灌漑システムとして設置した。2008 年 11 月にトマトを移植して翌年 3 月に収穫、2009 年にはオクラを栽培した。これらの灌漑水量の決定には前日の気象データから蒸発散位と作物係数を参考にした。ケニア共和国では、現地のジョロによる手灌漑、バケツ点滴灌漑と、今回提案した定水位地中灌漑の比較試験を行った。2010 年 7 月にケニアハウレンソウを播種し、9 月に収穫した。いずれの野菜栽培の実験結果からも、今回提案した灌漑システムは水利用率が高く、節水であることが認められ、新しい灌漑システムの有効性を確認した（図Ⅲ-3-2）。



図Ⅲ-3-2 砂質土壌における再資源化資材を用いた節水型野菜栽培技術

国内基礎実験①：以前に実施したタンザニアでの籾殻暗渠による塩害水田の除塩効果を検証するために室内実験と数値シミュレーションによる解析を行った。高さ60cm、横50cm、幅15cmの土槽に現地圃場を模擬した塩害水田と籾殻暗渠を設け、リーチングによる除塩水量の計測等を行った。また、数値モデル (HYDRUS-3D) を用いて、現象を再現し、さらに圃場条件を変化させた数値実験を行った。

国内基礎実験②：キャピラリーバリアを敷設した農地において、リーチングによる除塩と浅い地下水からの毛管上昇水の遮断による塩類集積の防止が両立されるか否かについて実験室内で土壌

カラムによる実証実験を行った。ここでは、地下水面が存在しない場合と浅い地下水面が存在する場合の2つの条件下で実験を行った。各実験とも内径5cmのアクリルカラムを使用し、砂土層のみと粗粒層ありの2種類の実験カラムを作成した。実験1では実験カラム下端での自然排水を可能とするために、砂土を充填した50cmの下層土カラムを連結させた。実験2では実験カラムの下端から2cmの位置にEC 30 dS m<sup>-1</sup>の地下水面を作成した。なお、細粒土には砂土（鳥取砂丘砂）を用い、粗粒土には粒径5~10mmの礫を用いた。実験は、温度25℃、湿度25%の恒温で行い、蒸留水でリーチングした後にカラム上部から送風して蒸発させた。実験1では実験開始後1、10、20日目にカラムを解体し、体積含水率とEC<sub>1.5</sub>を計測した。実験2では実験開始後1、7日目にカラムを解体した。いずれの実験においても、実験前後の質量変化から蒸発量と作土層以深への下方浸透量を計測し、水収支を求めた。

### 研究課題3：保水性・保肥性の改善のための有機物・廃棄物・保水材の利用

乾燥地域における土壌の塩類化防止の一助とするため、有機物資材などを用いたソーダ質土壌の改良法についての検討を行った。有機物資材は多種多様であるが、カルシウム溶解特性は大きく異なる。そこで、炭酸カルシウムを10%（W/W）添加した砂丘未熟土に、異なる種類の有機物資材（鶏糞、都市下水コンポスト、トウモロコシ残さ）を、乾物換算で2 Mg ha<sup>-1</sup>相当量添加した。そして、最大容水量の60%の水分条件下で一定とし、カルシウム溶解特性の経時変化を比較した。石膏や硫黄華等の化学資材と比較すると、有機物資材のカルシウム溶解能は小さいが、有機物の種類によってその特性は大きく異なり、動物糞や堆肥よりも、トウモロコシの作物残さのような新鮮有機物資材の方が数倍~10倍高いカルシウム溶解能を示した。圃場で発生する作物残さはソーダ質土壌の改良資材として効果的であり、高価な化学肥料の購入が難しい農家にとって有用な資材になり得ると考えられた。

以上の結果からも、有機物資材は、化学資材と比較して即効的な改良は望めないが、ソーダ質化抑制資材として連用することにより、ソーダ質化の直接的な改良ばかりではなく、総合的な土壌改良も期待できる。たとえば、有機物から生成する有機酸は、ソーダ質化により強アルカリ性化した環境で不可給化しやすい鉄や亜鉛などの微量元素の可給度を高めること、土壌中に腐植物質として付加される画分は、ソーダ質化によって分散した粘土粒子を凝集させ、団粒化を促進させることによって、土壌物理性の改善を促すなど、土壌の総合的な改良が期待できる。さらに、鶏糞、都市下水コンポストおよびトウモロコシ残さなどの有機物資材に、化学資材（石膏、硫黄華）を0.5%（W/W）添加すると、化学資材を単独で施用するよりも土壌溶液のカルシウム濃度が高くなった。化学資材と有機物資材の併用は、化学資材による即効的な改良と有機物資材による土壌の総合的な改良も期待され、ソーダ質化の進行した圃場では、化学資材と植物残さの併用が望ましいと考えられた。

中国山東省東営市の塩類集積ワタ圃場においても、有機物施用試験（トウモロコシ残さ2 Mg ha<sup>-1</sup>相当施用）の結果、ワタの収穫指数がやや改善された。しかし、有機物資材の改良効果を短期的な効果として捉えることは難しく、有機物による土壌改良効果は連用による長期的な効果として評価することが重要であると考えられた。

砂丘に分布する砂質土壌は保水性に乏しく保肥力がないので、他の土壌と比較して農業生産が少ない。そこで、保水性を高め生産量を高めるために種々の保水材が試みられている。CMCゲル吸水材の物理的・化学的特性を明らかにして、トマト栽培を行い、最適な砂との混合比について検討した。具体的には、CMCゲル吸水材の形状（粉末状、粒状）、混合率（砂層10cmの厚さに0.1%、0.3%）そして4 dS m<sup>-1</sup>の塩水灌漑についても検討を加えた。その結果、保水材が粉末状よりも粒状

の方が同じ混合率では保水性が高まること、粒状の0.3%混合区はトマトが約58%増収する結果を得、CMCゲル吸水材の有効性を確認した。また、堆肥の炭化による土壌改良材の検討も行き、栽培試験で有効性を確認した。

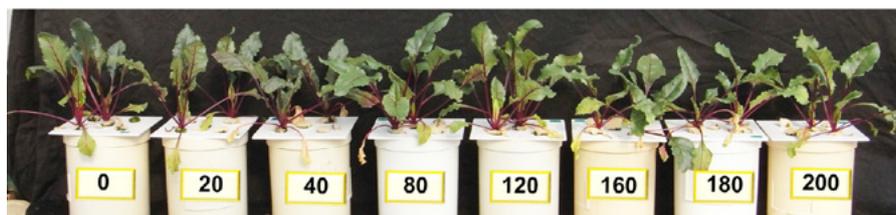
#### 研究課題4：好塩性植物による塩類土壌修復（ファイトレメディエーション）

メキシコ・カリフォルニア半島の塩類集積土壌にヒユ科の好塩性作物を栽培し、塩類土壌修復と作物生産の両立について検討した。すなわち乾燥地農業でもっとも深刻な害を及ぼす元素であるナトリウム（Na）を植物によって除去する。Naの超集積植物としては塩生植物のアッケシソウ（*Salicornia* spp.）が知られている。アッケシソウはNaがない培地では生存できない（写真Ⅲ-3-1）。Naを積極的に吸収し、成長部位に輸送し、地上部のNa含有率は10%を超える。障害が発生しないどころか、生育が促進される。アッケシソウほどではないが、好塩性作物であるテーブルビート、フダンソウ、スアエダ・サルサ等も利用できる可能性がある。Naは動物にとっては生存に欠かせない必須元素であるため、Naを多く含む収穫物は食料や飼料として利用できる。

これまでの研究で、アッケシソウの最適培地 Na 濃度は  $200 \text{ mmol L}^{-1}$ （海水濃度のおよそ 2/5）、テーブルビートとフダンソウは  $80 \text{ mmol L}^{-1}$  であることがわかっている（写真Ⅲ-3-2、3）。



写真Ⅲ-3-1 培養液中の NaCl 濃度がアッケシソウの生育に及ぼす影響



写真Ⅲ-3-2 培養液中の NaCl 濃度がテーブルビートの生育に及ぼす影響

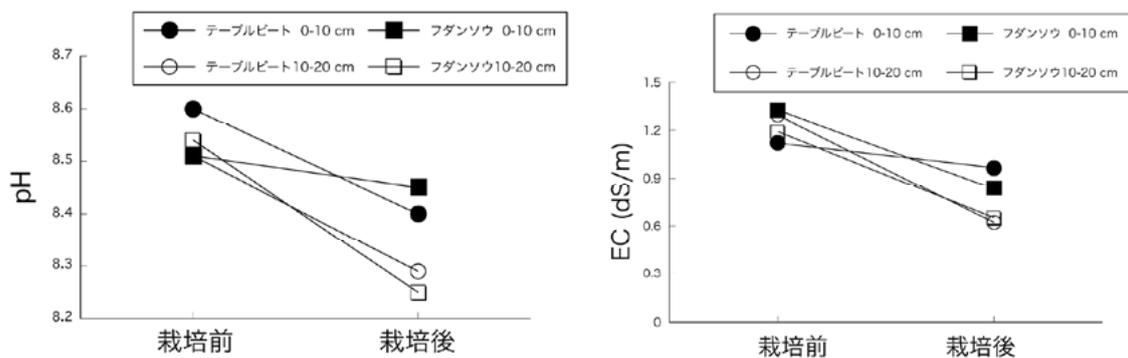


写真Ⅲ-3-3 培養液中の NaCl 濃度がフダンソウの生育に及ぼす影響

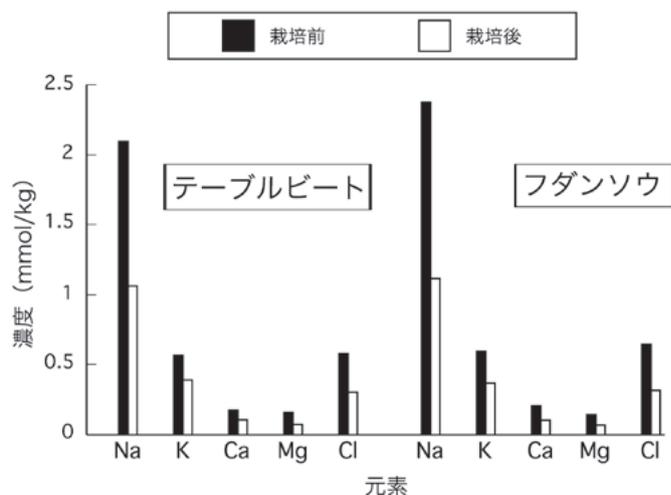
2010年にメキシコ・ラパス市のメキシコ北西部生物学研究センターのソーダ質土壌の圃場においてテーブルビートとフダンソウによる土壌修復実証試験を行った。両植物種とも旺盛な生育を示した(写真Ⅲ-3-4)。収穫後の土壌pHは8.5以下となり(図Ⅲ-3-4左)、ソーダ質土壌が改善されたことがわかる。土壌電気伝導度(EC)も低下し(図Ⅲ-3-4右)、作物にとってより好適な環境になったことがわかる。また、両植物種ともにNaを特異的に吸収したことがわかった(図Ⅲ-3-5)。これらの結果から両植物種が塩類集積土壌の修復に有効であると結論できる。



写真Ⅲ-3-4 メキシコのソーダ質土壌におけるテーブルビートとフダンソウの栽培



図Ⅲ-3-4 テーブルビートとフダンソウの栽培が土壌 pH と電気伝導度 (EC) に及ぼす影響



図Ⅲ-3-5 テーブルビートとフダンソウの栽培が土壌中元素濃度に及ぼす影響

最終年度の2011年に中国山東省東営市の塩類集積ワタ圃場において研究課題1～4を組み合わせ、実証試験を行った。

中国山東省東営地区の事例：過度な塩類集積によって耐塩性の高いワタさえも生育できない圃場においてキャピラリーバリアの有効性に対する実証実験を行った。礫の使用が土地所有者に認められなかったため、キャピラリーバリアの資材としては現地で容易に入手できるワタの残渣を使用した。2m四方の穴を深さ75cmまで掘り下げ、ワタの残渣を10cm敷き詰めた。その後、再び土壌で被覆し、その上に綿花炭を10cm敷き詰めた。地表面にマルチを張ったうえでワタを栽培した。また、裸地区において土壌水分と塩分の挙動を調べるために土壌水分・塩分センサーを埋設した裸地区を設けた。裸地区は1m×1mであり、その他の規格はワタ栽培区と同じとした。また、圃場近傍に地下水位の観測井を設けた。

山東省に自生する *Suaeda salsa* とホウキギ及び市販のテーブルビートとフダンソウによるファイトレメディエーション実証試験を行った。現地は耐塩性強のワタしか栽培できない塩類集積地帯である。事前調査によって土壌ECが  $14 \text{ dS m}^{-1}$  であればワタの発芽が困難となることがわかっている。4種の植物を栽培した結果、1作で吸収するNa ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) はスアエダ・サルサが333、テーブルビートが107、フダンソウが73、コキアが75であった。これらのデータをもとにワタ収量の段階ごとに修復に必要な年数を算出した(図Ⅲ-3-6)。例えばワタの50%の収量を得るためにはスアエダ・サルサを1回(1.04年)栽培すればよい。

実証試験に供試した植物はすべて人間の食料や家畜の飼料として用いられているものである。フダンソウは乾燥地、塩類土壌に適する葉野菜として重要である。テーブルビートはテンサイ(サトウダイコン)の近縁種であり、塊根の糖濃度が高いためにジュース、スープ、ジャム等、用途が多岐にわたっている。スアエダ・サルサは中国ではレストランでの料理に加え、人々の食卓にも登場する普通の野菜として利用されている。写真Ⅲ-3-1のアッケシソウはこれらの作物よりもさらに高濃度の塩に適応し、海水灌漑が可能であるほど好塩性である。アッケシソウはこれまで食料や飼料として用いられてきたが、種子の成分がダイズと似ていることから、近年はバイオ燃料として注目されている。これらの好塩性植物を塩類集積土壌に栽培することによって、土壌修復を達成しながら農家に収益をもたらすことができる。



ワタ収量	その時のEC	各割合のワタ収量を得る土壤ECに修復するまでの年数			
		スアエダ・サルサ 一毛作	テーブルビート 二毛作	フダンソウ 二毛作	コキア 一毛作
50%	12.9 dS m <sup>-1</sup>	1.04年	1.62年	2.40年	4.62年
75%	8.9 dS m <sup>-1</sup>	4.70年	7.31年	10.8年	20.8年
100%	5.0 dS m <sup>-1</sup>	8.35年	13.0年	19.2年	37.0年

図III-3-6 中国山東省東営市塩類集積土壤のワタ栽培地帯におけるファイトレメディエーション実証試験

### (5) 成果の公表

農業生産研究グループの各メンバーが研究実施対象地域で行った研究および2011年度に中国山東省東営市で行った共同研究の成果をとりまとめた圃場管理に関する技術マニュアル冊子を英文と和文で刊行した。

### (6) 今後の展開

農業生産研究グループの研究目的である乾燥地における持続可能な農業生産技術を確立するためには、その基盤となる水・土壌資源の利用と技術を広く普及することが重要であると考えられる。その内容については、1. 治水・利水技術、2. 集水・造水技術、3. 節水技術、4. 生態的修復技術、そして、5. 持続的・経済的な農業技術の発展についてまとめて、国際農林業協力の35巻2号(2012)に公開された。乾燥地農業の重要課題である塩類集積については、地盤工学会誌に「塩類化の現状と除塩技術」と題して、1. 塩類化の原因(自然的要因、人為的要因)、2. 塩類化の現状(塩類土の分類、塩分濃度の測定、海外の塩類化の現状)、3. 塩類集積の軽減と予防対策(上向きの塩移動、下向きの塩移動)、4. 塩類集積地の除塩技術(水理的除塩技術:リーチング、化学的除塩技術:ソーダ質土の改良、生物的除塩技術:ファイトレメディエーション、土木工学的除塩技術)を解説した。

ポストGCOEの研究テーマについては、中国山東省での応用実験で得られた成果の基礎となる理論を構築する研究を進めている。農業用水を造水するための減圧型蒸留法の開発(ヤンマー)、塩類集積の原因になる毛管上昇の切断、集水効率の向上に効果があるキャピラリバリアの活用(飛鳥建設)、定水位省力型地中灌漑システムの応用版として温水利用による砂ベッド野菜栽培の実用化(大協組)などの共同研究を継続している。塩類集積を防止するためには、土壤中の塩分測定が不可欠で、正確な水分、塩分の測定技術の向上のための研究を継続している。塩類集積土壤の

ファイトレメディエーションについては、好塩性植物（作物）種を拡大し、最適塩濃度についてさらに調査を進めている。

外部資金の獲得に関しては、それぞれのサブグループが科学研究費（海外学術調査）を初めとする外部資金を申請し、特に中国やメキシコの現場での応用研究を目指している。

（藤山英保）

## 4. 分子育種研究グループ

### (1) 研究課題と組織

研究課題：耐乾性コムギ系統の育種とその普及

研究組織：辻本壽、田中浄、田中裕之、上中弘典（平成19～20年度）、岡真理子、井上知恵、アミン・エリタエブ（平成21～23年度）

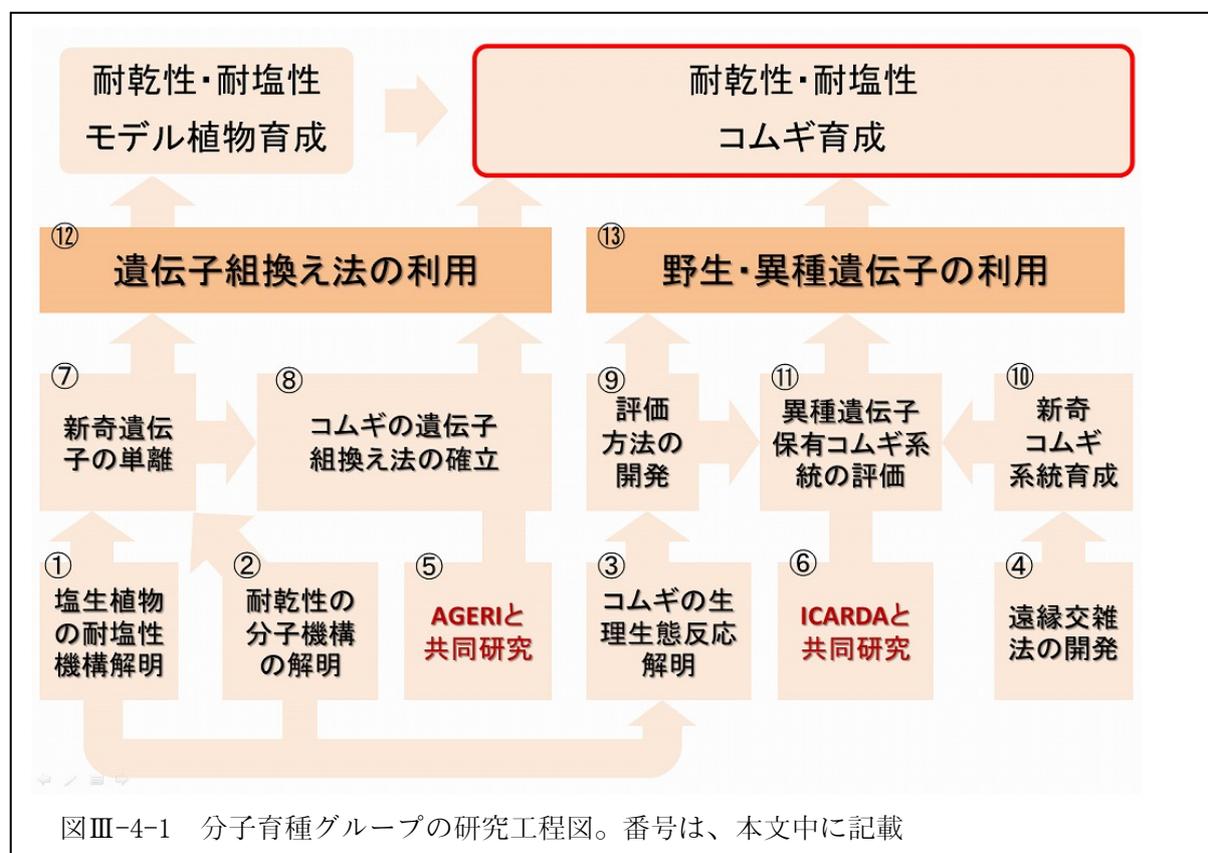
### (2) 研究の目的と期待される成果

研究の目的：耐乾性や耐塩性等のストレス耐性コムギ系統を開発し、圃場試験を通じて乾燥地に普及にむけた研究を行うこと。

期待される効果：乾燥地における食糧の安定的生産。

### (3) 研究対象地域と研究方法

研究の性質上、当初より特定の研究対象地域を定めていない。研究手法は、図Ⅲ-4-1の工程表に従って行った。まず、基礎研究として、①塩性植物の耐塩性機構解明、②耐乾性の分子機構の解明、③コムギの生理生態反応解明、④遠縁交雑法の開発を行った。同時に、本研究において協力関係が必要となる研究機関、⑥国際乾燥地農業研究センター（ICARDA）および⑤エジプト国農業遺伝子工学研究所（AGERI）との連携を進めた。これらの基盤の上に、⑦新奇遺伝子の単離、⑧コムギの遺伝子組換え法の確立を行い、また⑨評価方法の開発、⑩新奇コムギ系統の育成によって、⑪異種遺伝子保有コムギ系統の評価を行った。これらの基礎実験を通じて、最終的には⑫遺伝子組換え法および⑬野生・異種遺伝子の利用による、耐乾性・耐塩性のモデル植物、作物、およびコムギの育成を目指した。



図Ⅲ-4-1 分子育種グループの研究工程図。番号は、本文中に記載

#### (4) 研究成果

本研究の5年間の成果（まとめ）コムギ近縁野生種および野生種の染色体を導入した系統の耐乾性調査を、環境が制御された人工気象機および実際の乾燥地の圃場で行った。その結果、耐乾性には遺伝的な多様性があることを見だし、耐乾性系統を選抜できた。耐乾性に重要な形質として、止葉での光合成活性の維持や、土壌水分の吸収があまり高くなく、節水できる性質のあることが解明された。また、染色体添加コムギ系統の中には乾燥地で問題となる肥料やミネラルの吸収力が高く、節肥性や高含量のミネラルを含む系統が存在することを見いだした。さらに、ストレスに強く、コムギに染色体導入された野生種から、ユニークな遺伝子を単離することができた。一方で、ストレスを受けたときに、細胞内に蓄積される活性酸素を除去するアスコルビン酸やグルタチオン代謝系がストレス耐性に重要であることを見だし、これに関与する遺伝子をモデル植物やジャガイモに導入し、ストレス耐性を示す系統を育成した。さらに、この遺伝子をコムギに導入した系統を育成することができた。

年次毎に、研究の進捗を見ると、平成19年度は、本研究課題の目的達成のために、既往研究の中から本研究課題に関連する研究を抽出し、Ⅲ-4-1の①～④の研究を中心に位置づけた。

平成20年度はこれら研究を発展させた。また、アグロバクテリウム法で遺伝子組換えの容易なタバコの遺伝子組換え体を開発し、そのストレス評価を行った。一方、コムギは遺伝子組換えが極めて難しいため、パーティクルガン法を用いた研究が先行して実施されていたエジプト国AGERIと協定を結び、共同研究を開始した。また、同法関連の遺伝子導入機器を購入し、AGERIで習得した技術を、本学でも遂行するための準備を行った。一方で、今後の栽培試験のためICARDAとも協定書を交わし、生理生態反応について検討を始めた。初年度の研究成果は以下の通りである。

##### ① 塩性植物の耐塩性機構の解明

- ・ 塩性植物アッケシソウが NaCl を浸透物質として蓄積し、吸水の原動力として浸透濃度を高めていること、塩処理によって細胞壁の粘性の低下がおり、胚軸の伸長成長を促進していることを見いだした（図Ⅲ-4-2 下）。

##### ② 耐乾性の分子機構の解明

- ・ インゲンマメ、コムギ、イネ、アトリプレックス等の植物の、塩や乾燥ストレス等に対する生理反応および抗酸化酵素活性等の動態を調査した。また、これらの反応に及ぼす珪酸、光、温度の影響を調査した。
- ・ 塩や乾燥ストレスに関係する酵素遺伝子や液胞アンチポーター制御タンパク遺伝子を導入したタバコをつくり、この植物がオゾン、塩、浸透圧に対して耐性を示すことを見いだした。
- ・ コムギ系統を大規模に調査し、種子の硬軟質性に関与する遺伝子の変異を調べた。種子の硬軟質性は耐乾性と関わる形質の一つであると考えられる。

##### ③ コムギの生理生態反応の解明

- ・ 耐乾性の異なる派生合成コムギ系統を ICARDA の圃場において、乾燥ストレスの影響を調査したところ、開花直前の補助灌漑が収量に最も影響を与えることが分かった。
- ・ 耐塩性ダイズがもつ重要遺伝子をマイクロアレイにより見だし、この機能解析をウイルス誘導性遺伝子サイレンシングによって明らかにする一連の実験手法の確立を行うための研究を行った（図Ⅲ-4-2 上）。

##### ④ 遠縁交配法の開発

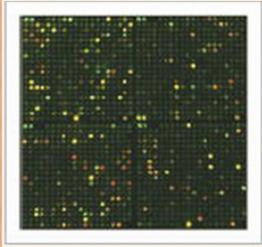
- ・ コムギ近縁野生植物の染色体構造を分子細胞学的に調査し、染色体導入の際にコムギ染色

- 体と識別できるようにした。また、異種染色体導入時に、重要なコムギの1D染色体が脱落する傾向があり、注意する必要があることを見いだした。
- ・ オオハマニンク染色体添加コムギ系統に生物的硝化抑制作用があることを見だし、乾燥地で有効な節肥コムギの育種母本を提案した。
  - ・ 耐乾性作物パールミレットの染色体をコムギに導入するための前実験として、パールミレットおよびその近縁植物の染色体に関する研究を行った。
  - ・ 植物受精のモデル生物であるトレニアを用い、種間受精で見られる受精障壁について研究した。この研究結果により種間雑種を育成するときに考慮すべき情報を得た。

**新奇遺伝子単離 — 耐乾性・耐塩性関連遺伝子の探索**

▶ **耐塩性ダイズから新奇遺伝子を同定した**

Microarray



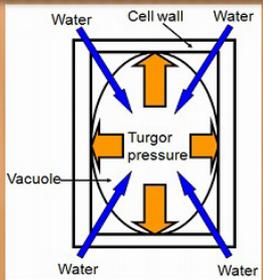
VIGS



▶ **アッケシソウはNaCl存在下で細胞が伸長しやすくなる事を発見した**

*Salicornia herbacea* L.





図Ⅲ-4-2

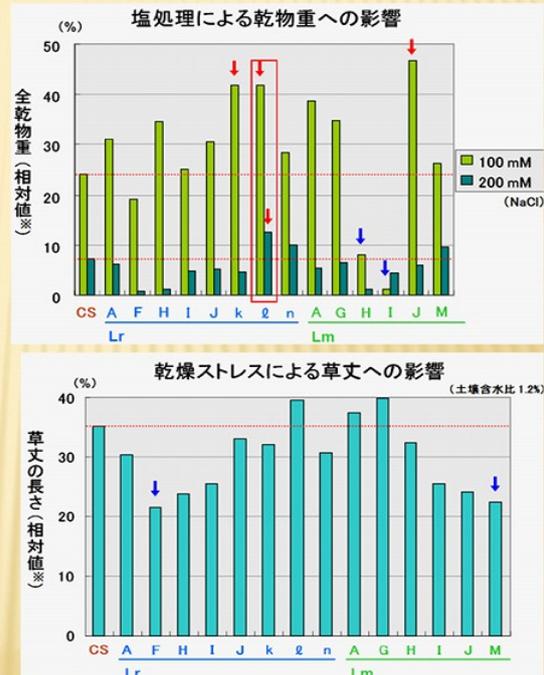
平成 21 年度は、研究が工程図（図Ⅲ-4-1）において⑦～⑩の部分に移行した研究が開始され、成果が現れ始めた。これらの研究は、（1）耐乾性コムギ系統育成のための野生・異種染色体コムギ系統の作成と評価、（2）新奇遺伝子単離、遺伝子組換えによる耐乾性・耐塩性植物の開発、（3）適切な評価法の開発として、取りまとめ遂行された。

（1）耐乾性コムギ系統育成のための野生・異種染色体コムギ系統の作成と評価

- ・ 野生植物タルホコムギ (*Aegilops tauschii*) のゲノムをもつ合成6倍体コムギ系統の栄養成長期の耐乾性について調査をした。その結果、光合成速度および気孔コンダクタンスが耐乾性に関与することを見だし、耐乾性形質と関係する量的遺伝子に連鎖する 3 マーカーを同定した（図Ⅲ-4-3）。

# オオハマニンニク染色体添加コムギ系統の評価

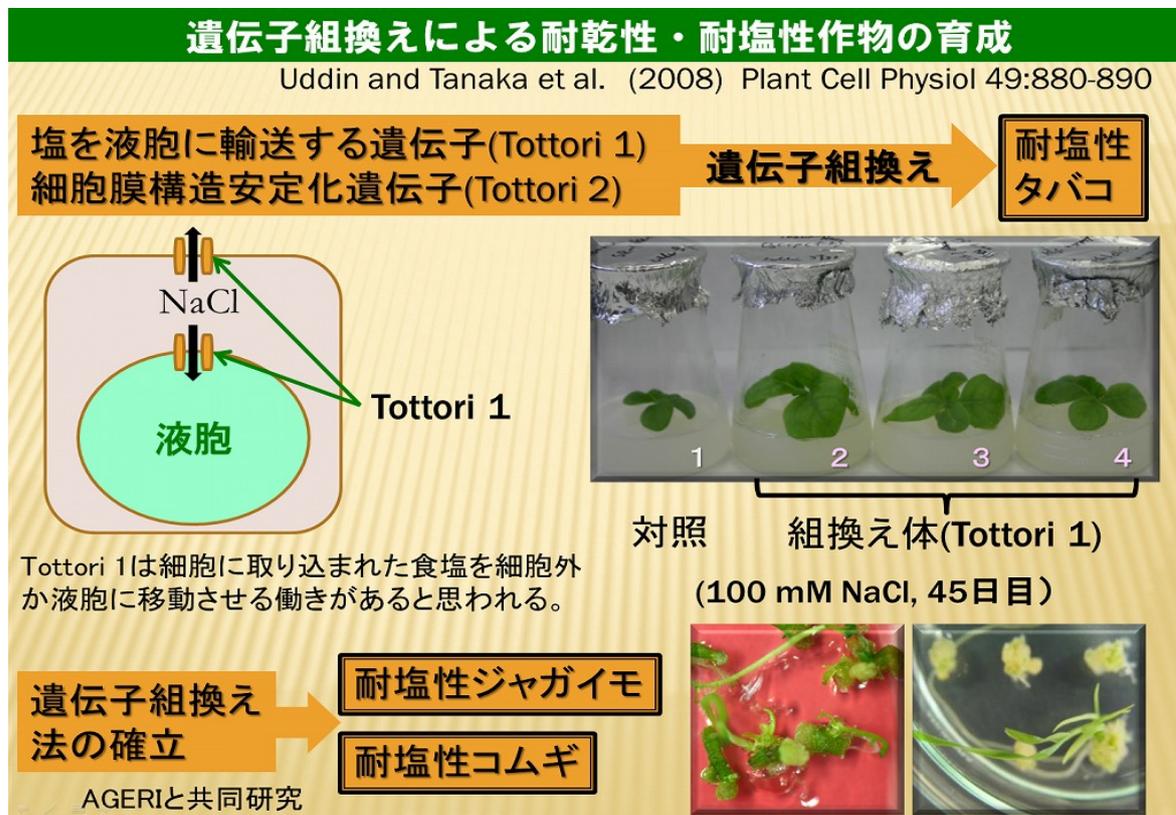
## ▶ 染色体添加系統を評価した



図III-4-3

- 耐乾性作物であるトウジンビエの染色体をムギ類に導入するため、様々なゲノムをもつムギ類系統にトウジンビエ花粉を授粉し、雑種初期胚におけるトウジンビエ染色体の行動を調査した。その結果、エンバクとの交雑では染色体脱落が起こらず、完全雑種細胞ができることを見いだした。
- (2) 新奇遺伝子単離、遺伝子組換えによる耐乾性・耐塩性植物の開発
- 生体膜再生に関わる糖脂質合成酵素遺伝子（モノガラクトシルジアシルグリセロール合成酵素）を過剰発現させたタバコは糖脂質含量が高く、また、高塩ストレス下でも高い光合成と成長を示した（図III-4-4）。
  - 液胞膜への塩輸送を制御するタンパク質（OsARP）を過剰発現させたタバコは高塩ストレス下でも高い光合成と成長を示した。
  - シロイヌナズナのゲノム中にARP様タンパク質が3種存在することを確認した。それぞれの遺伝子の機能を抑制したシロイヌナズナ、過剰発現させたシロイヌナズナの作出を試み、ゲノムPCRで遺伝子の欠損、過剰発現を確認できた。
  - コムギの遺伝子組換え法を確立し、OsARP遺伝子を導入した組換えコムギ個体を育成した。
  - ハマニンニク、ソルガムにおいて塩・珪酸で誘導される遺伝子群の中から、有力な塩耐性遺伝子を見いだした。
- (3) 適切な評価法の開発
- デュラムコムギをICARDA圃場に栽培し、乾燥ストレス条件下での開花前および開花後の同化産物を調査した。その結果、耐乾性には開花後の乾物生産量の増加とその同化産物の子実への効率的な分配が関係したと考えられた。

- 低窒素条件下でアブシジン酸を処理することによりクロロフィル生合成の律速段階であるアミノレブリン酸合成酵素の遺伝子発現が増加することを明らかにした。このことから低窒素条件下においてはアブシジン酸がクロロフィルの生合成を促進していることが示された。



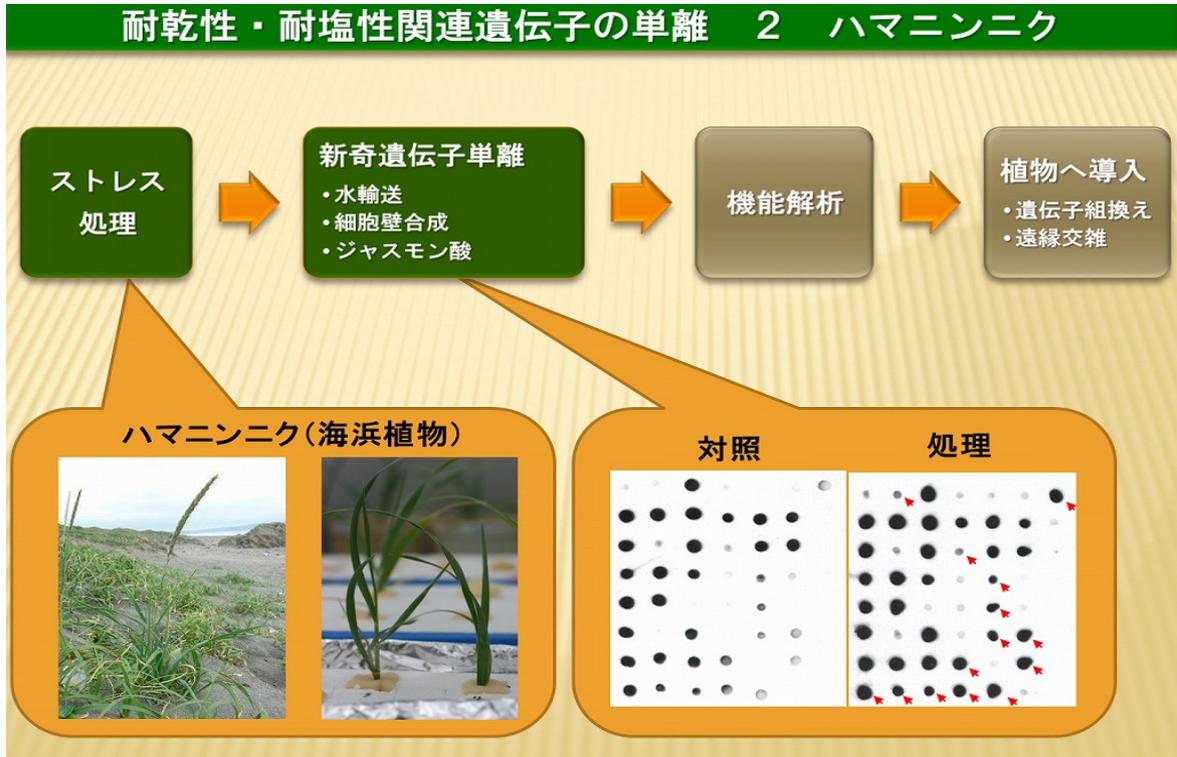
図Ⅲ-4-4

平成22年度は、それぞれの課題が発展し新奇遺伝子を複数単離でき、またジャガイモに導入した系統が耐乾性を示した。コムギについては組換え体を得られ、遺伝子の固定と種子の増殖を行った。基礎研究による論文執筆のみでなく、植物系統も次々と開発された。

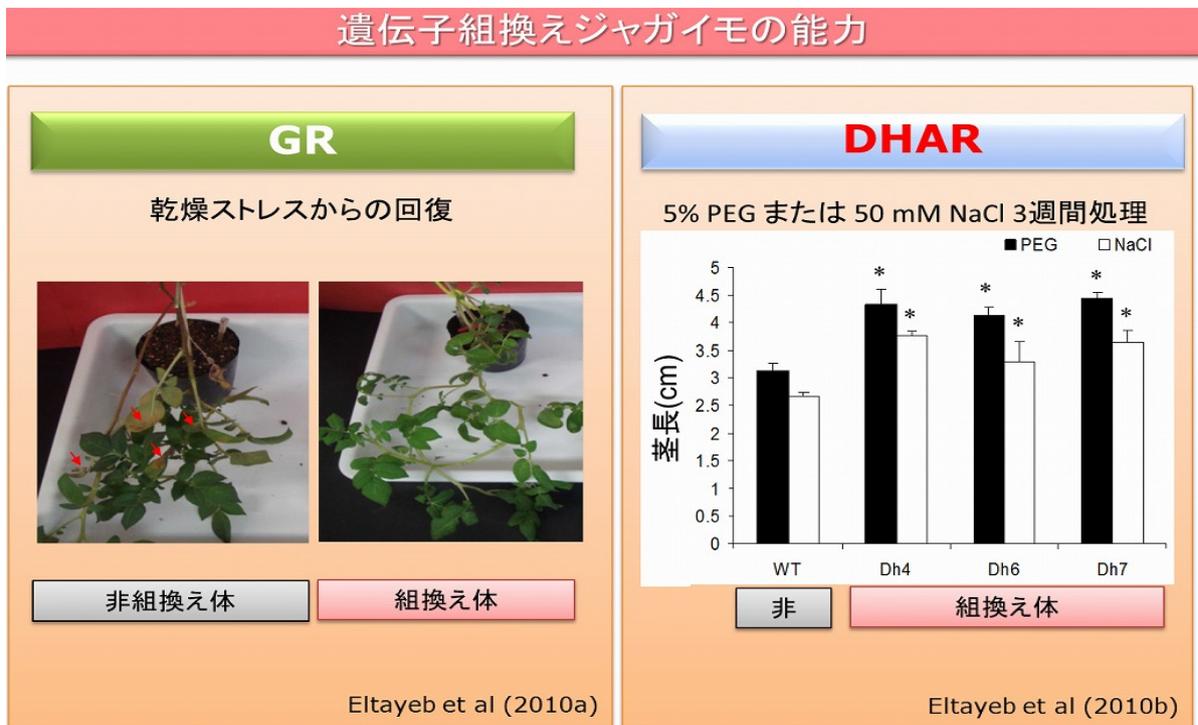
- (1) 耐乾性コムギ系統育成のための野生・異種染色体コムギ系統の作成と評価
  - ・ 合成6倍体コムギ派生系統の耐乾性は、開花後に止葉の水ポテンシャルが低下しても光合成速度を高く保ったことに関係することが分かった。
  - ・ 耐乾性の合成6倍体コムギ派生系統は、高温耐性も強かった。この高温耐性には、気孔開度と光化学系の活性の高さが関与していることが分かった。
  - ・ エンバクに耐乾性作物パールミレットを交配し、亜科間雑種細胞を得た。
- (2) 新奇遺伝子単離、遺伝子組換えによる耐乾性・耐塩性植物の開発
  - ・ 乾燥、高塩耐性作物のハマニンニクとソルガムから、数種の乾燥、高塩耐性遺伝子を単離、構造解析した。(図Ⅲ-4-5)
  - ・ 塩を液胞に輸送することで作物に耐塩性を与えることのできる新奇の遺伝子を発見した。この遺伝子を組換えたコムギ、イネ、シロイヌナズナを作出した。
  - ・ 耐乾性系統において、乾燥ストレスに応答する遺伝子の発現をSuperSAGE法で網羅的に解

析した。その結果、乾燥ストレスに応答して発現が増減した既知遺伝子の他、データベースにはない未知遺伝子も多数見いだすことができた。

- ・ 抗酸化物質グルタチオンを還元型に再生する酵素を過剰発現した遺伝子組換えジャガイモが乾燥耐性を示した (図Ⅲ-4-6)。

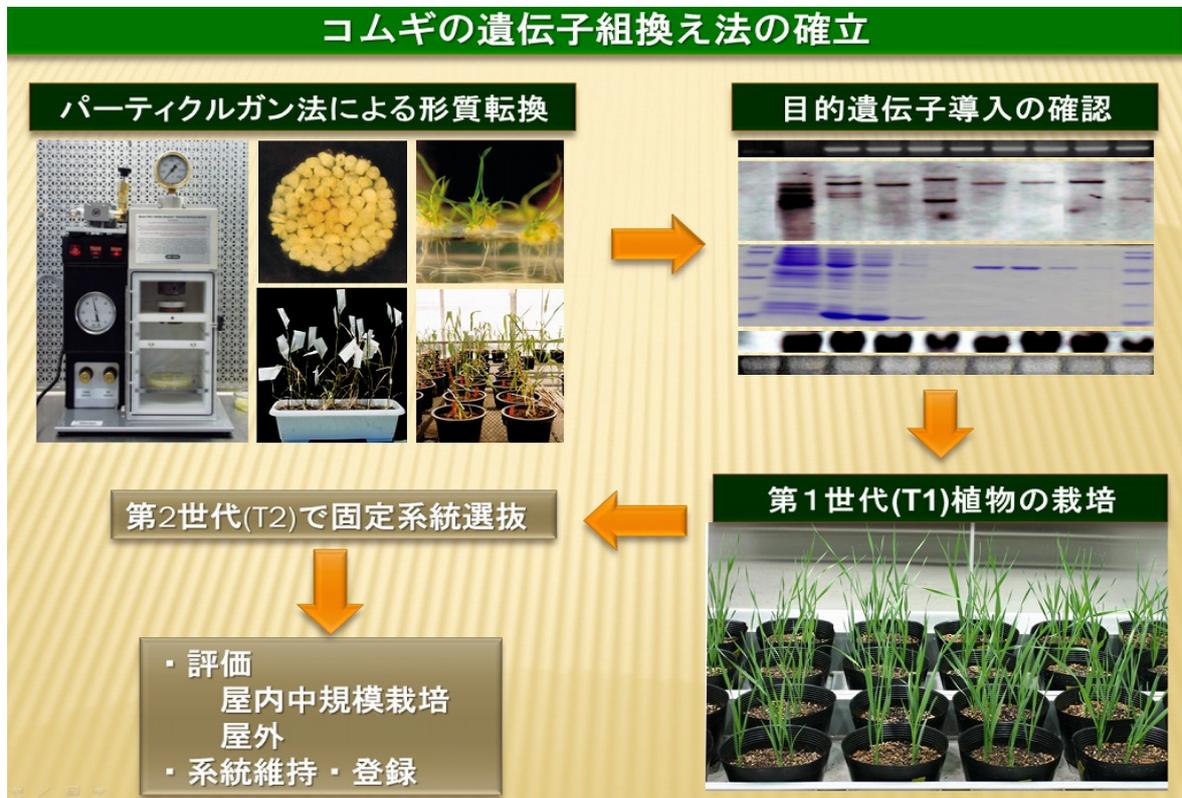


図Ⅲ-4-5



図Ⅲ-4-6

- ・ コムギの遺伝子組換えについて検討し、第一世代の遺伝子発現を確認し、種子を取得した（図Ⅲ-4-7）。
- ・ 高塩濃度条件下において、塩生植物であるアッケシソウは、ナトリウムを取り込むことにより浸透圧を高めて吸水を促進するとともに、細胞壁の粘性および弾性を低下させて伸展性を増加させることにより、胚軸の伸長を促進することを明らかにした。



図Ⅲ-4-7

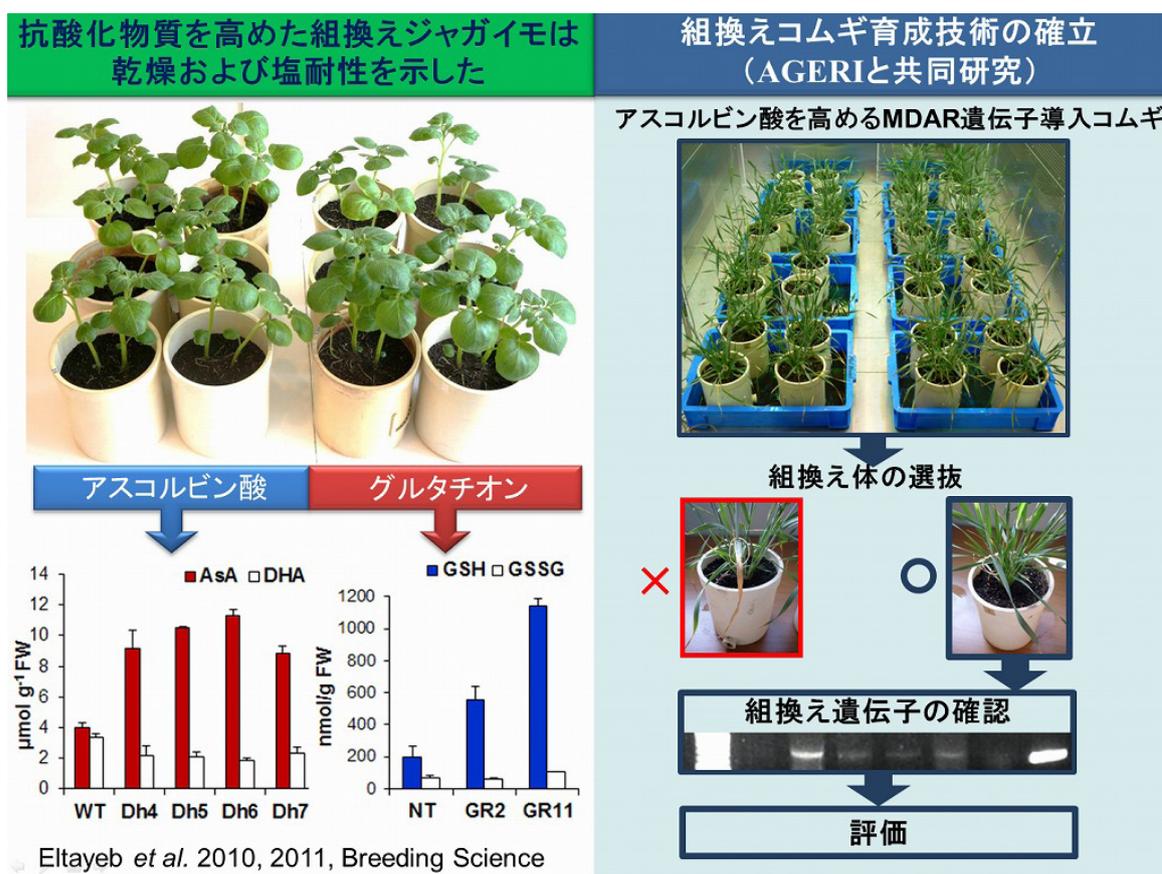
### (3) 適切な評価法の開発

- ・ 耐乾性評価の1つとして、コムギ葉のRate of Water Lossを測定した結果、耐乾性系統ではその反復親と同程度に水分を奪われにくいことがわかった。
- ・ 乾燥ストレスを与えた時の収量の異なるコムギを高浸透圧環境下で育てたところ、収量の少なかったコムギ品種では幼植物体においても成長抑制が大きく、収量の多かった品種では成長抑制が小さいことがわかった。成長抑制が小さい品種においては、葉緑素量が多く、気孔コンダクタンスが高いことにより光合成能力が高く維持されることが明らかとなり、生育初期の光合成能力と生育後期の収量に相関がある可能性が示された。
- ・ 昨年度、Dゲノム提供親の異なる合成コムギについて耐乾性評価を行った結果を元に、Dゲノムに由来するDNAマーカーを用いて連鎖不平衡解析を行った。その結果、乾物重と光合成速度に連鎖する可能性がある染色体を特定できた。
- ・ 乾燥耐性作物作出の指標物質として、酸化型グアノシンが使えることを明らかにした。同様に脂質過酸化により生じるアルデヒド化合物が指標物質として使えること、この化合物生成を抑制することで、乾燥耐性作物を作出できることを示した。
- ・ 乾燥地で起こりやすい窒素制限条件下で栽培したキュウリにおいて、ABA生合成系の遺伝子



(2) 新奇遺伝子単離、遺伝子組換えによる耐乾性・耐塩性植物の開発

- ・ 乾燥耐性を与えるケイ酸を処理したソルガムにおいて、ポリアミン含量とその合成酵素の遺伝子発現が上昇すること、ショ糖含量とその合成酵素の遺伝子発現が上昇すること、エチレン含量とその合成酵素遺伝子の発現が低下することを見出した。
- ・ 抗酸化物質アスコルビン酸を還元型に再生する酵素を過剰発現した遺伝子組換えジャガイモが乾燥耐性を示した。(図III-4-9左)
- ・ MDAR遺伝子導入コムギにおいて、導入遺伝子を確認し、種子を増殖した。(図III-4-9右)
- ・ デンプン含量の増加と環境ストレス耐性を増加させる可能性の高い新奇遺伝子グリコゲンイングルコシルトランスフェラーゼを過剰発現させたジャガイモの作出に成功した。



図III-4-9

- ・ 窒素制限下におけるアブシジン酸の緑色保持効果は、活性酸素の蓄積を抑制することによるものであることを明らかにした。また、それはカイネチンと拮抗作用を示すことが示唆された。
- ・ 高塩濃度条件下において、塩生植物であるアッケシソウは、細胞壁の粘性および弾性を低下させて伸展性を増加させることにより、胚軸の伸長を促進することを示した。細胞壁の粘性の低下は細胞壁構成多糖のペクチンやヘミセルロース含量の減少に起因することが示唆された。

(3) 適切な評価法の開発

- ・ 合成コムギとその親になった野生種 *Ae. tauschii* の耐乾性関連形質を調査し、それぞれの系

統で耐乾性の強弱に大きい変異があるが、親子間では無相関であることが分かった。

- 地中海型半乾燥地域では無灌漑でコムギを栽培した場合に、生育後期（4月以降）に土壤乾燥による水ストレスが厳しくなると同時に、土壤表面が40℃を越す高温障害が発生することが分かった。また、補助灌漑により土壤表面の温度上昇を最大で約20℃抑制できることが分かった。
- 地中海型半乾燥地域では無灌漑でコムギを栽培した場合に、子実収量の高い品種は開花後の同化産物生産量の高い品種であることが分かった。

#### **(5) 成果の公表**

- 論文および著書により公開する。
- 開発された系統は、系統の増殖と評価後、「乾燥地研究センター乾燥地植物資源バンク」に保存し、乾燥地での評価および普及を行う。

#### **(6) 今後の展開**

- 研究の一部の課題については、大学経費、文部科学省科学研究費補助金、JICA/JST地球規模課題対応国際科学技術事業、カタール国立研究基金、中国科学院の支援を受け続けている。組織については、プロジェクトメンバーの退職および配置換えのため、新たなメンバーを含めた組織「耐乾性作物育種グループ」を学内に作り進めていく予定である。

(辻本壽)

## 5. 保健医学研究グループ

### (1) 研究課題と組織

研究課題 乾燥地における健康レベルの向上

テーマ1 黄砂による生体影響の解明

テーマ2 乾燥地の植生変化による動物の特異的疾患の予防

研究組織

事業担当推進者

黒沢洋一（医学部 教授） チームリーダー

島田章則（農学部 教授）

小池淳司（工学部 准教授）

研究協力者

大谷眞二（乾地研 特任准教授）

大西一成（医学部 助教）

ポスドク研究員

穆 浩生（乾地研）

国内協力機関

国立環境研究所

鳥取県衛生研究所

海外協力機関

モンゴル獣医学研究所

### (2) 研究の目的と期待される成果

乾燥地で発生し、我が国にも影響を与える Asian Dust(黄砂)に着目し、黄砂の生体影響を明らかにすることを目的とした。そのため、黄砂の細胞毒性、動物への影響、人への影響、予防対策について医学、農学が連携して研究に取り組んだ。また、乾燥地の植生変化による動物の特異的疾患の予防観点から、モンゴルで発生していた、家畜の特異的疾患（小脳失調性運動障害）についての機序の解明も目的とした。このような研究は乾燥地における健康レベルの向上につながると考えられる。

これまで、砂漠化防止において保健医学分野の研究はほとんど行われていない。今回の研究は医学、農学（獣医学を含む）、工学が総合的に乾燥地科学に取り組むことに特色があり、世界唯一のもので、学際的な新たな研究分野の開拓となる。

### (3) 研究対象地域と研究方法

#### 1. 黄砂の生体影響の解明

##### 1) 動物実験

黄砂（標準物質）の鉍物成分のマウスの気道への影響を急性曝露と3か月間の投与を行い、その病理的变化を調べた。

##### 2) 健康影響調査

①モンゴルにおける砂塵嵐の調査：発生源地域であるモンゴル、中国黄土高原の医療機関や学校、住民の自覚症状、quality of lifeを中心としたアンケート調査を行った。さらに、モンゴルのゴビ砂漠で、砂の採取を行った。

2008年5月にモンゴル中東部で発生した砂嵐と雪をともなった風（砂塵嵐）は、人や家畜の大量死につながる大災害をもたらした。災害発生の1年後に、被災地遊牧民を対象にした個別面接

により健康影響について調査した。調査内容は、曝露の有無と健康関連 QOL（身体的・精神的健康度）であった。

②我が国での黄砂の健康影響：国内では、鳥取大学医学部のある鳥取県西部の住民を対象に黄砂発生の時期を中心に自覚症状を中心としたアンケート調査をおこなった（図Ⅲ-5-1 日記式自覚症状調査票）。その地域の、調査期間中の気温、湿度、気圧、黄砂（視程による判定）、粒子状物質濃度、窒素酸化物、硫黄酸化物の濃度等の気象・環境情報も集め、自覚症状との関連を調べた。

自覚症状調査票 お名前

2009年2月1日（日）

以下の症状があれば、あてあまる位置に ○ をつけて下さい。

部位	症状	症状	軽い	やや軽い	中間	ややひどい	ひどい
鼻	くしゃみが出る	ない	ある				
	鼻水	ない	ある				
	鼻づまり	ない	ある				
	鼻がかゆい	ない	ある				
のど	せきが出る	ない	ある				
	たんが出る	ない	ある				
	のどが痛い	ない	ある				
	のどに不快感	ない	ある				
目	目がかゆい	ない	ある				
	普段より涙が出る	ない	ある				
	結膜が赤い	ない	ある				
	目がしばしばする	ない	ある				
呼吸器	息切れ	ない	ある				
	胸が痛い	ない	ある				
	胸が重苦しい	ない	ある				
	呼吸がにくい	ない	ある				
肌	肌がかゆい	ない	ある				
	肌に湿疹が出る	ない	ある				
	肌に痛みがある	ない	ある				
	肌が赤い	ない	ある				
頭	頭痛がある	ない	ある				
全身	発熱がある	ない	ある				
そのほか							

●調査は1日1回夕方頃に記入してください。一日の間に項目の症状があればその程度についてあてあまる位置に○を付けてください。（夜間、または記入後の症状は次の日に記入してください。）  
 ●そのほかの欄には、項目にない症状がある場合に記入してください。また、症状について黄砂、花粉以外の要因が予測される場合、飲酒、風邪、コンタクトレンズの影響等、思うことを記入してください。

図Ⅲ-5-1 日記式自覚症状調査票（対象者は期間中毎日自覚症状のチェックを行う）

2. 乾燥地の植生変化による動物の特異的疾患の予防

モンゴルにおいて乾燥地の植生の変化により、毒草が増加し、その毒草摂取による家畜の被害が報告されたため、原因物質等の探索のため、モンゴルの家畜の病理学的研究を行った。



図Ⅲ-5-2 乾燥地の植生変化による動物の特異的疾患の想定図

#### (4) 研究成果

##### 1. 黄砂の生体影響

###### 1) 動物実験

①鳥取に飛来した黄砂粒子のうちの鉍成分がマウスの急性肺組織傷害を引き起こすことを実験病理学的にあきらかにした。

②炎症性サイトカイン誘発を介した肺の重度の急性炎症と肉芽腫形成を特徴とする肺の慢性炎症がみられた。この所見は、黄砂の3か月におよぶ慢性毒性を実験的に確かめた初めての報告となる。

###### 2) 健康影響調査

###### ①モンゴルにおける砂塵嵐の調査

モンゴルの住民調査では、都市部住民より砂漠住民の流涙など眼症状の発症率が有意に増加しており、ダストイベントと眼症状との関連性が示唆された。黄砂粒子が物理的刺激やアレルゲンとして影響している可能性が考えられる。しかし、ほかの気象因子も同時に含まれ、とくに、都市部では大気汚染物質が共存しており、今後気象因子や大気汚染物質を考慮する必要がある。

2008年5月の大規模な砂塵嵐の曝露群は非曝露群に比べQOLは低値であった。多変量解析結果においても曝露の有無と健康関連QOLとの関連性がみられた。このことから砂塵嵐の長期的影響として、QOL低下の可能性が検証されたといえる。QOL低下の要因としては、心理的恐怖感、財産の損失、外傷による後遺障害などが推察される。QOLの改善のためには、災害救助はもとより、巡回医療、健康相談、心のケアなどを含めた包括的支援が求められる。また、被災地の医療機関や公的機関で調査を行い、緊急時の通信網や救急搬送システムなど危機管理の不備が被害を大きくした可能性を指摘した。

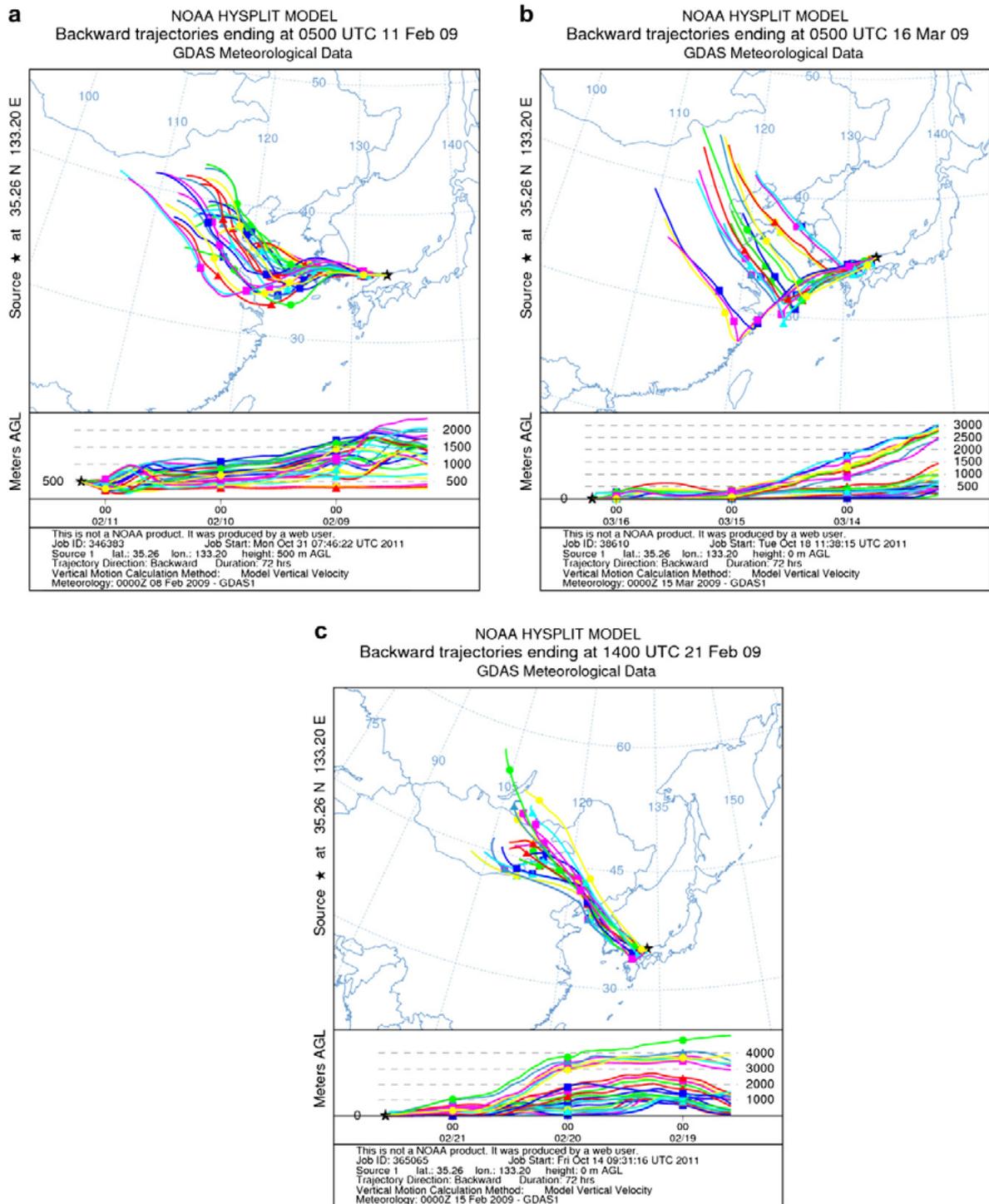
###### ②我が国での黄砂の健康影響

###### 黄砂の飛来と自覚症状調査

国内においても、日記式の自覚症状調査により、健常人において眼や鼻・咽頭、皮膚の症状に黄砂が影響している可能性を指摘した。また、皮膚の症状に関しては、黄砂の成分分析や症状の経過より黄砂粒子に付着した物質（ニッケルなどの重金属）によるアレルギー反応によるもの可能性が示唆された。

##### 黄砂の飛来経路による分類

黄砂の飛来経路により黄砂の成分が異なり、その健康影響も異なると考えられた。下記の図に示すように、aタイプⅠ（非土壌成分が主体：大陸の工業地帯を経由南方経路）、bタイプⅡ（土壌成分と非土壌成分均等：中間の経路）、cタイプⅢ（土壌成分が主体：モンゴルから北方経路）の分類を提唱した。タイプⅠ（非土壌成分が主体：大陸の工業地帯を経由南方経路）は、他のタイプに比較して自覚症状を引き起こしやすい。

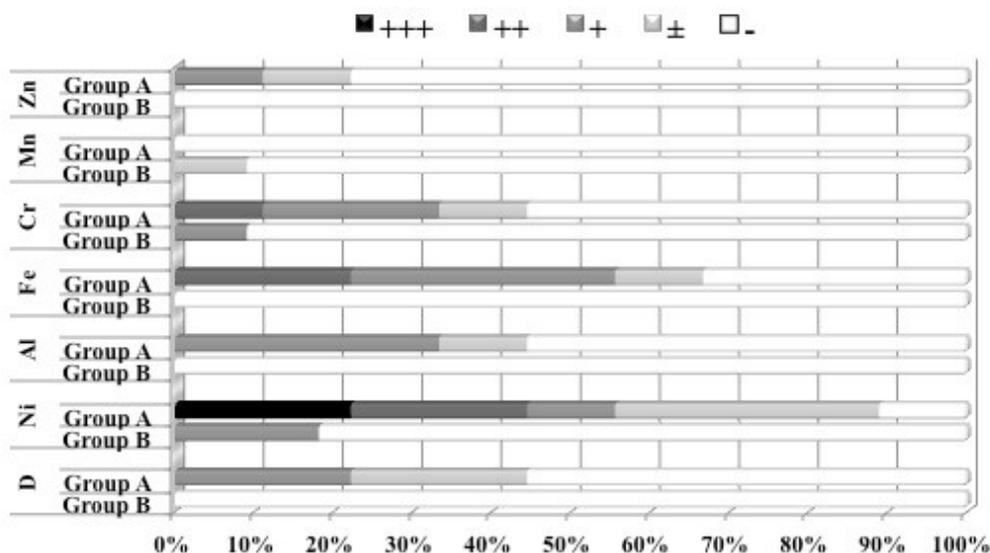


図Ⅲ-5-3 黄砂の飛来経路による分類 (a タイプⅠ：非土壌成分が主体：大陸の工業地帯を經由南方経路, b タイプⅡ：土壌成分と非土壌成分均等：中間の経路, c タイプⅢ：土壌成分が主体：モンゴルから北方経路)

#### 皮膚の自覚症状と黄砂に対するアレルギー症状との関連

2010年の黄砂の自覚症状調査に協力した62人のうち、皮膚に自覚症状のあった人は、18人であった。そのうち9人と自覚症状のなかった11人に、同意を得て、亜鉛 (Zn)、マンガン (Mn)、クロム (Cr)、鉄 (Fe)、アルミニウム (Al)、ニッケル (Ni) と黄砂 (D) のパッチテストを行い、

その反応を比較した。結果を下記に示した。鉄，アルミニウム，ニッケル，黄砂で有意の差がみられた。黄砂飛来時に皮膚の症状を訴える人は，パッチテストによる金属アレルギー，黄砂アレルギー反応を示す人が多いことが分かった。金属アレルギーの既往歴と黄砂アレルギーの関連を示唆する結果を得た。



図III-5-4 皮膚の自覚症状の有無と金属・黄砂に対するアレルギー症状 (Group A:皮膚に自覚症状のあった人 Group B:自覚症状のなかった人)

## 2. 温暖化・砂漠化に伴う牧草の植生の変化を背景としたヤギにおける植物中毒

毒草摂取による小脳失調症を示すヤギの小脳病変および毒素の成分を解析し，ブルキンエ細胞の顕著な脱落および主要毒素成分と考えられているアルカロイド成分であるスバイノソニンが含まれていることが判明した。

さらに，毒草摂取による小脳失調症を示す2例のヤギを追加し臨床ならびに病理学的に検索した。その結果，追加した2例にも同様の臨床症状・病理所見が確認された。毒素スバイノソニンによるライソゾーム内の酵素阻害によるライソゾーム機能低下を原因とする「正常な細胞でのオートファジーを介したミトコンドリア新陳代謝の遅延」が示唆される。この異常が細胞死を誘発する可能性がある。

また，マウスを用いての中毒の再現実験を試みたところ，神経（小脳）症状は再現できなかったが，肝臓，腎臓および膵臓に毒素によると思われる空胞変性（細胞傷害）が確認された。

温暖化・砂漠化に伴う牧草の植生の変化を背景としたヤギにおける小脳失調を主要症状とする植物中毒が発生し，家畜での本疾患は地球環境変異の指標としての意義および乳肉を介した食の安全（公衆衛生）にも関連する可能性があることを指摘した。

### (5) 成果の公表

#### 1. 市民への情報公開 公開シンポジウム

1) 「大気汚染と気道疾患を考える会」 2010年2月13日 米子コンベンションセンター

16:00～ Session1

座長：鳥取大学医学部 分子制御内科学 教授 清水 英治 先生

鳥取大学医学部 健康政策医学分野 教授 黒沢 洋一 先生  
「黄砂の飛来実態とその影響」

鳥取県生活環境部衛生環境研究所 大気・地球環境室 吉田 篤史 先生  
「黄砂飛散と呼吸器疾患」

鳥取大学医学部 分子制御内科学 渡邊 仁成 先生  
「黄砂のスギ花粉症に及ぼす影響」

鳥取大学医学部 耳鼻咽喉・頭頸部外科 准教授 竹内裕美 先生

#### 17:00～ Session2

座長：鳥取大学医学部 分子制御内科学 教授 清水 英治 先生

鳥取大学医学部 健康政策医学分野 教授 黒沢 洋一 先生

「黄砂とアレルギー」

演者：大分県立看護科学大学生体反応学研究室教授 市瀬 孝道 先生

#### 17:30～ パネルディスカッション

司 会：鳥取大学医学部 分子制御内科学 教授 清水 英治 先生

鳥取大学医学部 健康政策医学分野 教授 黒沢 洋一 先生

パネリスト：大分県立看護科学大学 生体反応学研究室 教授 市瀬 孝道 先生

鳥取大学医学部 耳鼻咽喉・頭頸部外科 准教授 竹内 裕美 先生

鳥取大学医学部附属病院呼吸器・膠原病内科 講師 渡部 仁成 先生

鳥取県生活環境部衛生環境研究所大気1地球環境室 吉田 篤史 先生

#### 2) シンポジウム「黄砂と健康」 2011年2月18日(土) 米子コンベンションセンター

##### I 特別講演 13:30～14:30

座長 黒沢洋一 鳥取大学医学部・教授

「鳥取砂丘から世界の乾燥地科学へ」

鳥取大学グローバルCOEプログラム「乾燥地科学拠点の世界展開」・拠点リーダー、  
鳥取大学乾燥地研究センター・教授 恒川篤史 先生

##### II シンポジウム

黄砂の発生要因とその対策 14:30～15:20 (各20分 質疑応答5分)

座長 篠田雅人 鳥取大学乾燥地研究センター・教授

「黄砂の発生要因の解明」

鳥取大学乾燥地研究センター・プロジェクト研究員 黒崎泰典 先生

「中国乾燥地における黄砂発生源対策の現状」

鳥取大学乾燥地研究センター・教授 山中典和 先生

黄砂の生体影響 15:30～16:45

座長 大谷眞二 鳥取大学乾燥地研究センター・特任准教授

「マウスの気管内に投与された黄砂粒子による急性および慢性肺毒性」

鳥取大学農学部・教授 島田章則 先生

「自覚症状からみた黄砂の影響」

エコチル調査鳥取ユニットセンター・助教 大西一成 先生

「黄砂とアレルギー」

京都大学大学院医学研究科・研究員 金谷久美子 先生

全体討論とまとめ 16:45～17:30

3) 「鳥取発！黄砂研究の最前線」2012年2月2日（土） とりぎん文化会館 第2会議室

13:30～15:30

「鳥取大学黄砂プロジェクト紹介」

プロジェクトリーダー

鳥取大学乾燥地研究センター・教授 山中典和 先生

「近年の黄砂多発の原因 –黄砂発生域で何が起きているのか?–」

鳥取大学乾燥地研究センター助教 黒崎泰典 先生

「黄砂の何が人へ健康影響を及ぼすのか?」

エコチル調査鳥取ユニットセンター・助教 大西一成 先生

15:30～16:00

パネルディスカッション

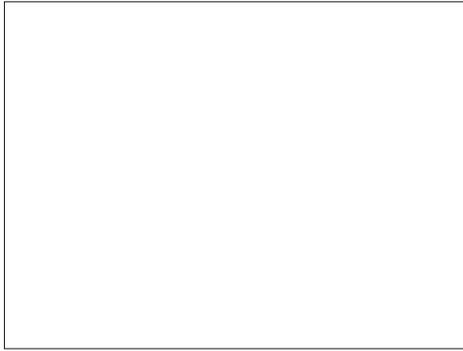
## 2. 論文作成

巻末に論文リストを掲載。

### (6) 今後の展開

1. 鳥取大学特別経費「東アジア砂漠化地域における黄砂発生源対策と人間・環境への影響評価」(2011-2015)





#### 研究・活動内容

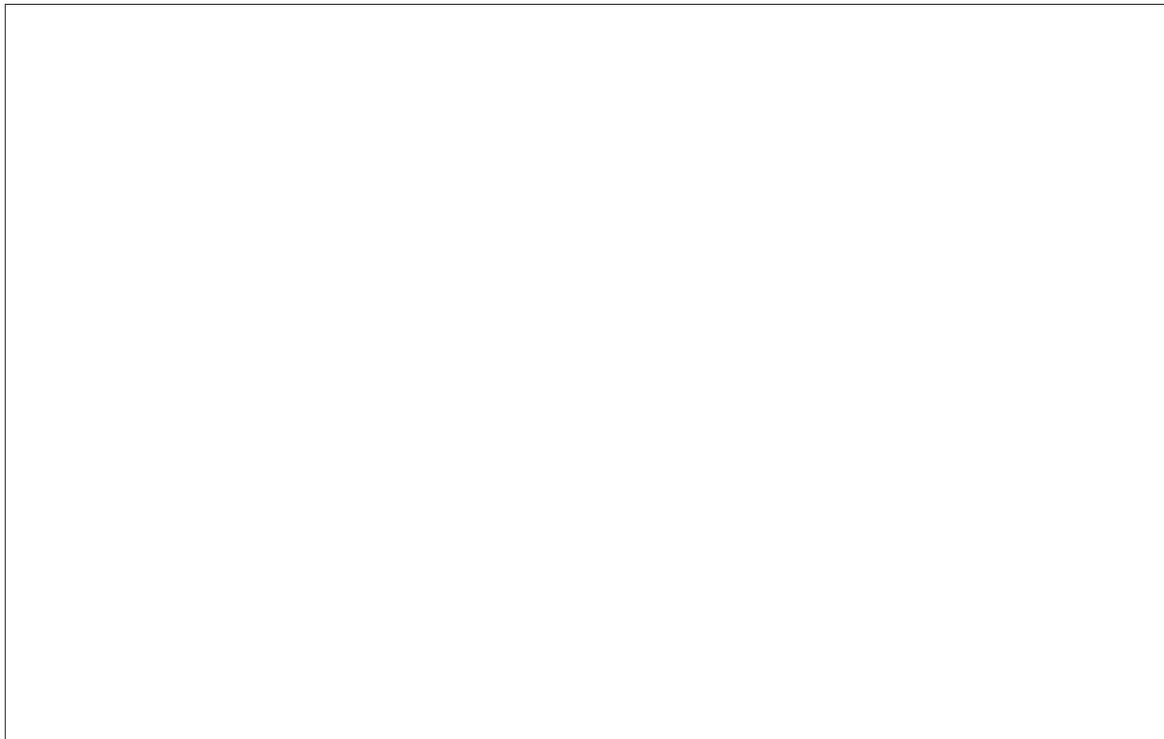
GCOE でのテーマであった黄砂をテーマにさらに発展させて拠点形成と海外協力機関との連携を深める。黄砂の生体影響では、大気汚染物質だけでなく、微生物にも着目して影響を調べる。発生源での生体影響では、モンゴル住民や中国住民の長期の影響評価を行う。遊牧などの人間活動に与える影響についても調べる。

#### 2. 科学研究費「黄砂曝露による健康影響の評価」(2011-2013)



研究・内容 黄砂と飛来時の前後における自覚症状の変化と、血液サンプルの分析によるアレルギー物質との関連を調べる。

3. 環境省「戸外活動時間を考慮に入れた、土壌性ダスト(黄砂)による呼吸器/アレルギー疾患リスクの定量的評価」  
子どもの健康と環境に関する全国調査(エコチル調査)(2010-2022)の追加調査



#### 研究・内容

- 1) 何を明らかにしようとするのか

土壌性ダスト（黄砂）による呼吸器／アレルギー疾患リスク上昇を評価し、黄砂感受性に関わる因子を検索する。

① 小児において、土壌性ダスト（黄砂）による喘息「発症」及び喘鳴発現に対する影響を評価する。

② 妊婦において、土壌性ダスト（黄砂）による呼吸器アレルギー症状発現、血清 IgE 値への影響を評価する。

③ 妊婦において、土壌性ダスト（黄砂）の高感受性を決める因子を検索する。

④ 黄砂の影響の地域差について考察する。

なお、Web 上で入力された回答が、紙ベースでの回答とどの程度一致するかを、一部の回答データを用いて追加的に検証することとする。

2) 対象者登録期間 平成 23 年 8 月から平成 26 年 3 月 31 日

3) 対象者追跡期間

① 小児における、土壌性ダストによる喘息「発症」及び喘鳴発現に対する影響

4 年間（児が満 4 歳をすぎるまで。ただし平成 25 年に予定されている推進費延長申請が認められなければ、平成 26 年 3 月 31 日にて終了する可能性がある。）

② 妊婦における、土壌性ダスト（黄砂）による呼吸器アレルギー症状発現、血清 IgE 値への影響約 8 ヶ月（凡そ出産するまで）

（黒沢洋一）

## 6. 地球環境研究グループ

### (1) 研究課題と組織

研究課題：黄砂発生ハザードマップの作成

組織：篠田雅人（リーダー）・木村玲二・坪 充・西原英治・三上正男（気象研究所）

（図Ⅲ-6-1）



図Ⅲ-6-1 観測地のゲルで生活するグループメンバーと協力者

### (2) 研究の目的と期待される成果

黄砂が日本に飛来するまでの過程は、発生、輸送、沈着に大きく分けられるが、正確な飛来予測のためには、発生過程の十分な理解が不可欠である。従来、黄砂発生研究は砂漠地域を中心としていたが、砂漠化が進行する植生地域も研究の重要性が高まってきた。「春の枯れ草や土壌水分が黄砂（ダスト）発生にどう影響するか」という疑問に答えるため、グローバルCOEプログラム「乾燥地科学拠点の世界展開」のなかで、日蒙米共同プロジェクト、ダストー植生相互作用観測（Dust-Vegetation Interaction Experiment: DUVEX）を実施した。

本研究の目的は、地上・衛星観測をもとに黄砂発生の生物物理モデルを開発し、東アジアにおける黄砂発生ハザードマップを作成することである。

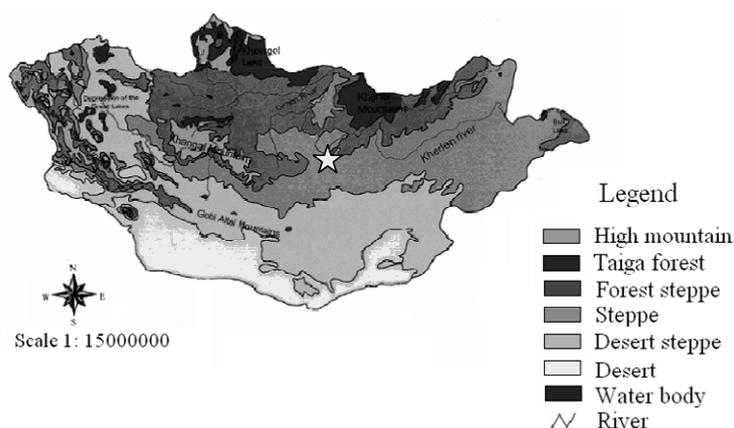
### (3) 研究対象地域と研究方法

ゴビ砂漠（主要な黄砂発生地）北のモンゴル草原に位置するBayan Unjuul（図Ⅲ-6-2星印；年降水量163mm、年平均気温0.1℃）は、2003年以来、ユーラシア大陸の乾燥地におけるフィールド研究のメッカとして多くの調査・観測・実験が行われ、超領域研究のための拠点として重要な役割をはたしてきた。本研究でも、ここで観測研究を実施した。

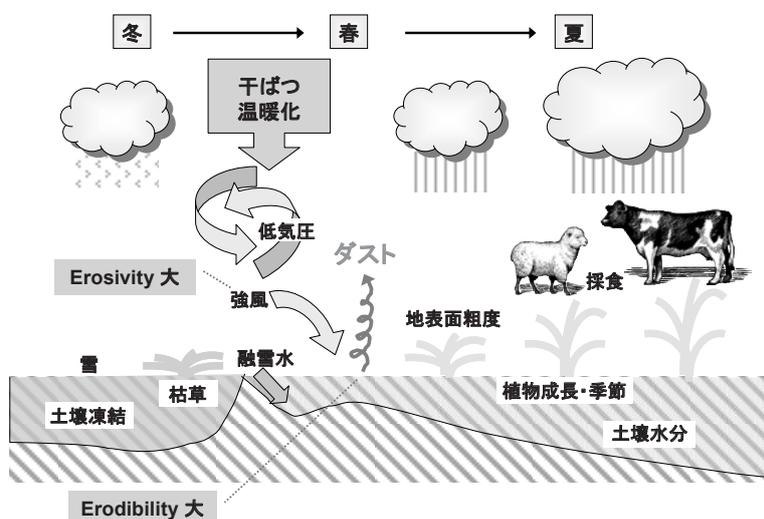
モンゴルにおいて春の黄砂発生に関わる要因は、冬の積雪・土壌凍結、春の土壌水分・枯れ草、大規模な気象などさまざまである（図Ⅲ-6-3）。観測地は、東アジアのなかでも黄砂発生が積雪や植生の変動に対して敏感な地域である。さらに、自然の諸過程に加えて、家畜による採食の影響も考慮する必要がある。過度の放牧は草原の劣化（砂漠化）を引き起こし、黄砂発生を誘発する。こういった地表面状態によって変化する黄砂の発生しやすさは、黄砂が舞い上がり始める風速（臨界風速）で指標化することができる。本研究では、黄砂発生の臨界風速と地表面状態の関係から、黄砂発生の起こりやすさの分布図（黄砂ハザードマップ）を作成する（図Ⅲ-6-4）。将来的

には、このハザードマップと天気（風速）の短期予報を組み合わせ、黄砂発生リスクの評価が可能となる。

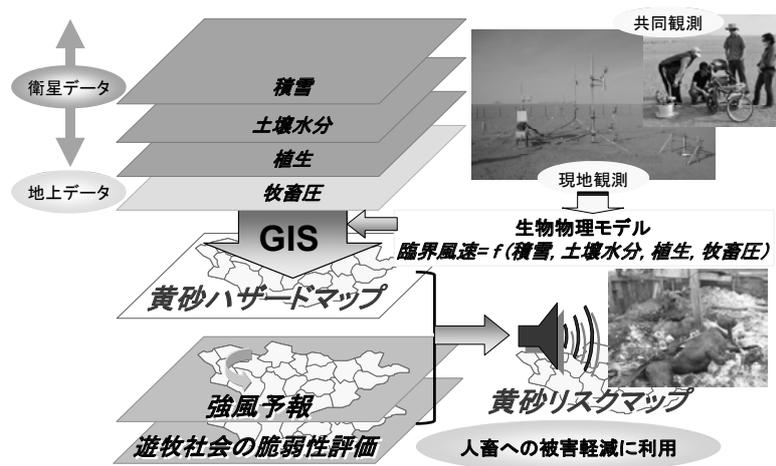
観測地では春に最も黄砂が発生しやすい（臨界風速が極小、Erodibilityが極大）。この臨界風速には、低気圧活動や強風ではなく、春に大きく変化する地表面状態が深くかかわっている（図III-6-3）。春のさまざまな地表面状態には、前年夏の降雨や草原の状態、冬の積雪などがメモリとして影響し、それらの要因の組合せにより黄砂発生の起こりやすさが決まる。



図III-6-2 研究対象地域（Shinoda et al. 2010 SOLA）



図III-6-3 黄砂発生に影響を与える要因（篠田 2010）。左から右へ、冬から夏への季節進行とともに変化する要因を示した。雪、土壤凍結、土壤水分の黒い曲線は、それぞれ、積雪深、土壤凍結深、湿潤土壤の深度を示す。Erosivity は侵食能（風食を引き起こす風の能力）、Erodibility は受食性（風食に対する土壤・地表面の侵食のされやすさ）を示す。



図III-6-4 研究方法、成果、今後の発展（篠田 2010）。現地観測より臨界風速の関数式（生物物理学モデル）を作成し、広域の衛星・地上データを用いて、黄砂ハザードマップを作成した。将来的には、黄砂発生リスクの評価が可能となる。

#### （4）研究成果

##### ダストー植生相互作用観測（Shinoda et al. 2010 SOLA）

2008年春の集中観測期間では、温帯性低気圧の通過にともなって北西風が強まると、ダスト濃度が増加した。当時の地表面は、主に枯れ草による植被率がわずか7.2%、MODIS（中分解能撮像分光放射計）のデータによるNDVI（正規化植生指数）が0.123にもかかわらず、ダスト濃度が上昇し始める風速（10 m 高度の臨界風速）は11.9 m/sと、ゴビ砂漠の裸地のこれまでの観測例より大きい値が得られた。これまでの研究を総括すると、植被が約20%以下の砂漠から草原にかけての地域でのみ、植生変動が黄砂発生に影響し、植被がそれ以上となる地域では黄砂はほとんど発生しない。

##### 気候メモリの概念に基づく枯れ草仮説（Shinoda and Nandintsetseg 2011 Global Planetary Change）

気候メモリとは、「大気の物理量（気温、水蒸気量、降水量など）における季節変化成分あるいは経年変化成分の偏差を、その発生以降、引き継ぎ、保持する地球表層における大気以外のサブ（副次）システムの働き」である。春の黄砂発生メカニズムを解明するためには、そのときの地表面状態を規定している気候メモリの動態の理解が不可欠である。特に鍵となるのは、前年の夏の残渣である枯れ草、冬の間凍結していた土壌水分、融雪水（モンゴル平均で数センチの積雪深）と考えられる。

枯れ草については、前年の干ばつの影響で草の少なかった2008年春と前年に比較的雨が多かったため草が多かった2009年春との違いが大きく、この植生量の違いに対応するように臨界風速は2009年春のほうが2008年春よりも大きかった（Abulitipu et al. 2013, 図III-6-5）。この結果より、枯れ草は春の黄砂発生に大きな影響を及ぼしていると考えている。また、草の量のみならず、種の変動も考慮する必要がある。通常、多年生のイネ科の草本は干ばつなどの擾乱に対して安定性が大きく、草原生態系を縁の下で支える役割を果しているが（Shinoda et al. 2010 J.Arid Environ.）、それに加えて、2009年は長年の干ばつの後、降水量が回復したため、非嗜好性の（家畜が好んで

採食しない) 一年生双子葉植物が優勢となり、残渣の量も多かった。つまり、植物種は採食という過程を経て残渣の量に影響し、最終的には、黄砂発生に影響する。もちろん、長年の採食による植生劣化(砂漠化)の影響もバックグラウンドとして働いている可能性がある。

#### 枯れ草仮説の広域検証 (Kurosaki et al. 2011 Geophys.Res.Lett.)

黄砂発生は、侵食能(風食を引き起こす風的能力)と受食性(風食に対する土壌・地表面の侵食のされやすさ)に依存する。土壌粒子が舞い上がり始める風速(臨界風速)を受食性の指標ととらえ、現在天気と風速を組み合わせて見積もった。その結果、放牧地帯と耕作地帯(モンゴル、内モンゴル、中国東北地方)における近年(2000年代)の黄砂多発化の原因は、土壌・地表面状態の変化(砂漠化)であったのに対して、砂漠地帯(ゴビ砂漠、黄土高原西部)では風速の変化が原因であったことがわかった(図III-6-6)。本研究の方法を用いると、気象データが存在する期間の広域的な受食性を定量的に評価することが可能となる。これらの研究成果が、以下に述べるようにプレスリリースされた。

#### 黄砂発生源としての草原 (Shinoda et al. 2011 Aeolian Research)

2010年2月27日に国際ワークショップ「黄砂発生源としての草原」を開催したことをきっかけにして、これまで4年間の研究成果を総括した結果、「草原が黄砂発生源として現実的、潜在的に重要である」という新しい視点を提示した(図III-6-7)。温帯草原の風食プロセスは、植生の成長・衰退の季節サイクルや気温の極端な季節変化による風化プロセスに大きな影響を受けていることが特徴であり、牧畜や耕作などの人間活動も土地劣化、ひいては、風食の強化につながっている。このような研究の意義がありながら、温帯草原の風食についてはわずかにしか研究されていない。そこで、今後取り組むべき課題について以下の4点を指摘した。

- 1) 草原植生の風食・黄砂発生に対する空力学的・物理的影響のより深い理解。
- 2) 1)で得られた関係の地域スケールへのスケールアップ。
- 3) 黄砂発生に影響する最重要なパラメータ(たとえば、地表面・空力学的粗度)のリーモートセンシングによる見積もり。
- 4) 草原の風食データベースと植生の季節変化と牧畜や耕作の影響を再現する植生モデルを組み込んだ統合風食モデルの作成

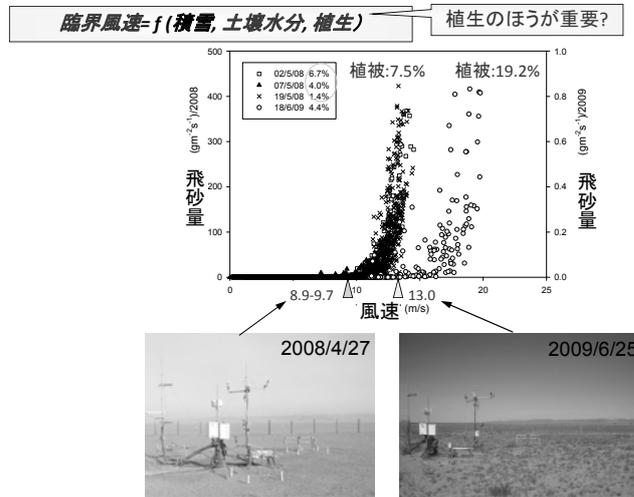
#### 黄砂ハザードマップの作成 (Kimura and Shinoda 2010 Geomorphology)

モンゴル草原において、黄砂発生の現地観測により、植生が黄砂発生の臨界風速に及ぼす影響を明らかにした。この結果をもとに、衛星によるNDVIから植被、さらに地表面粗度・臨界摩擦風速を求めることで、最終的に臨界風速を見積もるモデルを開発し、世界初となる東アジアの黄砂発生ハザードマップを作成した。

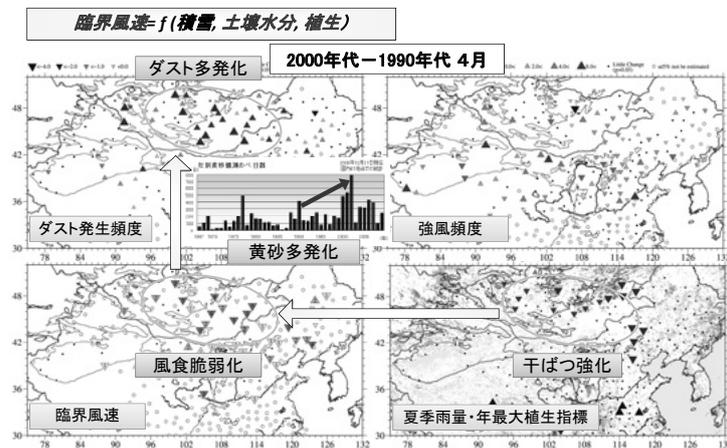
#### 黄砂観測のネットワーキング (Jugder et al. 2011 Global Planetary Change; 2012 Atmospheric Environments)

日中韓各国の協力により、モンゴル国内で9の黄砂観測地点(砂漠草原地域のZamyn-Uud、Sainshand、Erdene、Dalanzadgad、Altai、草原地域のArvaikheer、Undurkhaan、Bayan Unjuul、Ulaanbaatar)のネットワークが完成された。モンゴル水文気象環境研究所から迎え入れた国外客員教授Jugder博士との共同研究により、このネットワークで得られたデータを用いて砂漠草原地域におけるダスト濃度の定量的な時空間分布が初めて明らかとなった。

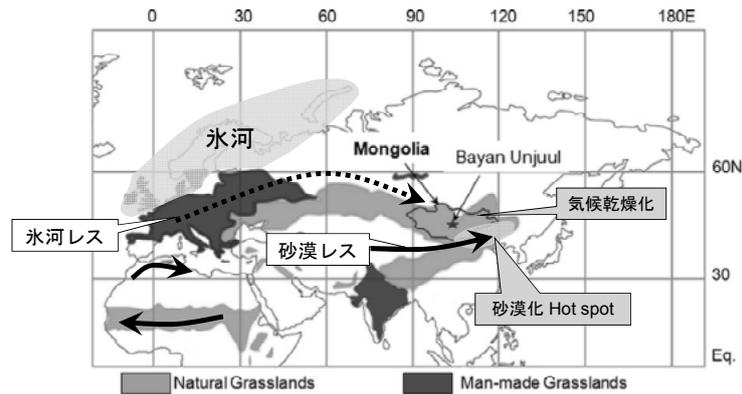
黒崎博士はNASAから準リアルタイムでデータを入力し、東アジア領域の衛星画像を作成するシステムを構築した。この成果はNHK BSプレミアム「体感！グレートネイチャー “黒い嵐”を追跡せよ～モンゴル・ゴビ砂漠～」(2011年6月11日)で紹介された。



図Ⅲ-6-5 2008年と2009年の植生の違いとその臨界風速への影響 (Abulitipu et al.2013 Sand Dune Research)



図Ⅲ-6-6 最近の黄沙多発化の原因 (Kurosaki et al. 2011 Geophys.Res.Lett.)。風が強くなったことより、砂漠化(地表面状態の劣化)が重要である。



図Ⅲ-6-7 黄砂発生源としての草原（Shinoda et al. 2011 Aeolian Research）。

### （5）成果の公表

#### 学会関係

- 国際ワークショップ「黄砂発生源としての草原」（2010年2月27日）
- 海外学術調査フォーラム（2011年6月25日）
- 黄砂シンポジウム（保健医学グループと共催、2012年2月18日）
- 九州イベント（九州大学と共催、2012年2月28日）
- 日本地球惑星科学連合大会（2012年5月20-25日）

#### 報道関係

- プレスリリース：日本海新聞(2011年8月2日)、毎日新聞(同年8月11日)、朝日新聞(同年9月8日)、読売新聞(同年9月13日)に黄砂多発化の原因に関する成果が掲載される(図Ⅲ-6-8)。
- テレビ放送：NHK BS プレミアム「体感！グレートネイチャー “黒い嵐”を追跡せよ～モンゴル・ゴビ砂漠～」(2011年6月11日)で Bayan Unjuul の黄砂発生観測が紹介される(図Ⅲ-6-9)。



図Ⅲ-6-8 朝日新聞（2011年9月8日）に掲載されたプレスリリース



図Ⅲ-6-9 NHK BS プレミアム「体感！グレートネイチャー “黒い嵐”を追跡せよ～モンゴル・ゴビ砂漠～」(2011年6月11日放送)。GCOE 研究員であった Munkhtsetseg 博士が Bayan Unjuul の黄砂発生観測・メカニズムについて解説。

## (6) 今後の展開

### 研究の発展

本研究で得られたハザードマップと遊牧社会の脆弱性に関する情報を組み合わせて、黄砂リスクの評価が可能となり、黄砂被害の軽減に役立つ(図Ⅲ-6-4)。現場における砂漠化防止事業の基礎資料としても価値がある。さらに、文部科学省特別経費事業「東アジア砂漠化地域における黄砂発生源対策と人間・環境への影響評価」(リーダー: 山中典和)により「東アジア黄砂発生監視システム」を構築しつつある(図Ⅲ-6-10)。

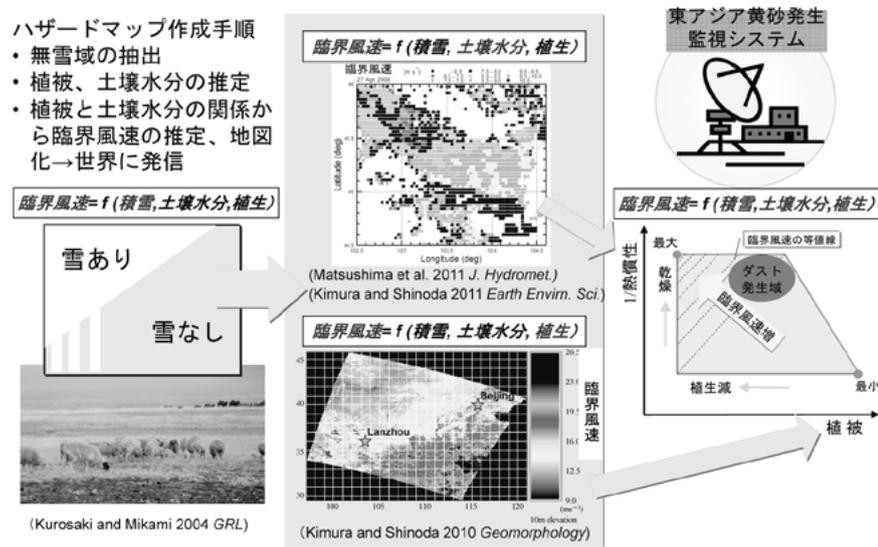
### 外部資金

GCOE のなかで行われた黄砂に関する取り組みが評価され、運営費交付金特別経費(プロジェクト分)「東アジア砂漠化地域における黄砂発生源対策と人間・環境への影響評価」(2011-2015年)の採択につながった。それに加えて以下のような外部資金を獲得している。

- 日本学術振興会科学研究費補助金 基盤研究(A)(海外学術)、2008-2012年、「干ばつメモリの動態」(代表: 篠田雅人)、直接経費 34,600 千円(間接経費は直接経費の3割、以下科研費は同様)。
- 日本学術振興会科学研究費補助金 基盤研究(A)、2008-2010年、「全球ダスト動態解明のための観測・解析・モデルインタラクション」(代表: 三上正男)、直接経費 37,100 千円。
- 日本学術振興会科学研究費補助金 基盤研究(B)(海外学術)、2008-2011年、「黄砂発生源における地表面過程の研究—黄砂抑制政策への反映を目的として—」(代表: 木村玲二)、直接経費 11,100 千円。
- 鳥取大学学長経費・若手研究者の育成、2008年、「大気状態、地表面状態とダストストーム発生の関係の解明」(代表: 黒崎泰典)、300 千円。
- 日本学術振興会科学研究費補助金 基盤研究(B)(一般)、2009-2013年、「モンゴルにおける砂塵嵐の遊牧に対する影響評価」(代表: 篠田雅人)、直接経費 15,100 千円。
- 日本学術振興会科学研究費補助金 若手研究(B)、2009-2012年、「広域の風食評価のための、地表面状態とダスト発生臨界風速の関係解明」(代表: 黒崎泰典)、直接経費 3,510 千円。

千円。

- 日本学術振興会二国間交流事業 共同研究（南アフリカ）、2009-2011年、「南アフリカの乾燥草地のための統合的干ばつ早期警戒システム」（代表：坪 充）、直接経費 4,964 千円。
- 日本学術振興会先端学術研究人材養成事業、2009年、「乾燥地科学拠点」（研究拠点代表者：恒川篤史）、直接経費 19,424,680 円、間接経費 1,775,320 円。
- 日本学術振興会科学研究費補助金 特別研究員奨励費（外国人特別研究員）、2010-2012年、「統合的風食スキームのための生態系モデリング」（代表：篠田雅人）、2010年度直接経費 800 千円、2011年度直接経費 900 千円、2012年度直接経費 300 千円。
- 文部科学省特別経費事業、2011-2015年、「東アジア砂漠化地域における黄砂発生源対策と人間・環境への影響評価」（リーダー：山中典和）、96,694,000 円（2011年度実施経費総額）、87,879,000 円（2012年度実施経費総額）。



図Ⅲ-6-10 黄砂ハザードマップ作成の手順。独自の衛星モニターシステムから世界へ発信

(篠田雅人)

## IV. 海外連携機関との共同活動および世界学術ネットワークの構築

### 1. 本拠点の国際化に関する構想

#### (1) 概要

本事業では、以下のように三つの目標のひとつとして世界学術ネットワークの形成を位置づけている。

○構想：拠点形成の3本の柱とその課題

- (1) 世界に通用する人材の育成：国連・国際機関、海外研究機関への就職
- (2) 世界最高水準の研究活動の推進：現場への還元、乾燥地保健医学、黄砂問題等への取り組み
- (3) 世界学術ネットワークの形成：世界ネットワークの構築と国内ネットワークとのリンク

この世界学術ネットワークの形成にあたっては、連携システムの改革により、以下のようにネットワークを形成することとした。

- ・世界学術ネットワークの形成とそこでのリーディングプレーヤーとしての活動
- ・国内の共同利用研究者のネットワーク資産を活用し、国際ネットワークとリンク

#### (2) 世界の中での本拠点の位置づけ

本拠点は、日本で唯一の乾燥地教育研究機関である。また乾燥地研究センターは、全国共同利用施設として、日本の中では以下のような重要な役割を担っている。

- (1) 日本の乾燥地研究の先導
- (2) 乾燥地分野の研究者および実務者の養成
- (3) 乾燥地分野の唯一の国内拠点としての、世界の乾燥地研究との窓口

世界の中での本拠点の重要性と発展性は、以下の通りである。

- (1) 乾燥地保健医学は世界に類をみない。乾燥地特異疾病（熱中症、粉塵による肺疾患、人畜共通感染症、栄養障害等）を専門的に研究する本拠点は、世界の中でのオンリーワンであり、この分野を学問的に体系化することが期待される。
- (2) 乾燥地農学分野では、ICARDA が世界最高水準にある。そこで本プログラムでは、ICARDA との研究交流を行うことにより、本拠点の農学分野での研究水準を世界最高水準に引き上げる。さらに ICARDA との連携により、本拠点で開発された技術をアジア諸国に普及する。
- (3) 乾燥地地球科学分野では、DRI が世界最高水準にある。そこで本プログラムでは、DRI との研究交流を行うことにより、世界最高水準で黄砂問題等に関する研究活動を行う。
- (4) DRI との共同で乾燥地研究機関グローバルネットワーク（GNDRI）を展開することにより、これまで世界的にも課題とされていた乾燥地研究分野での世界的な学術ネットワークを構築する。
- (5) 本拠点で育成された人材が、国連・国際機関で活躍することにより、世界の砂漠化対処に貢献するとともに、日本の国際的な地位の向上にも貢献する。

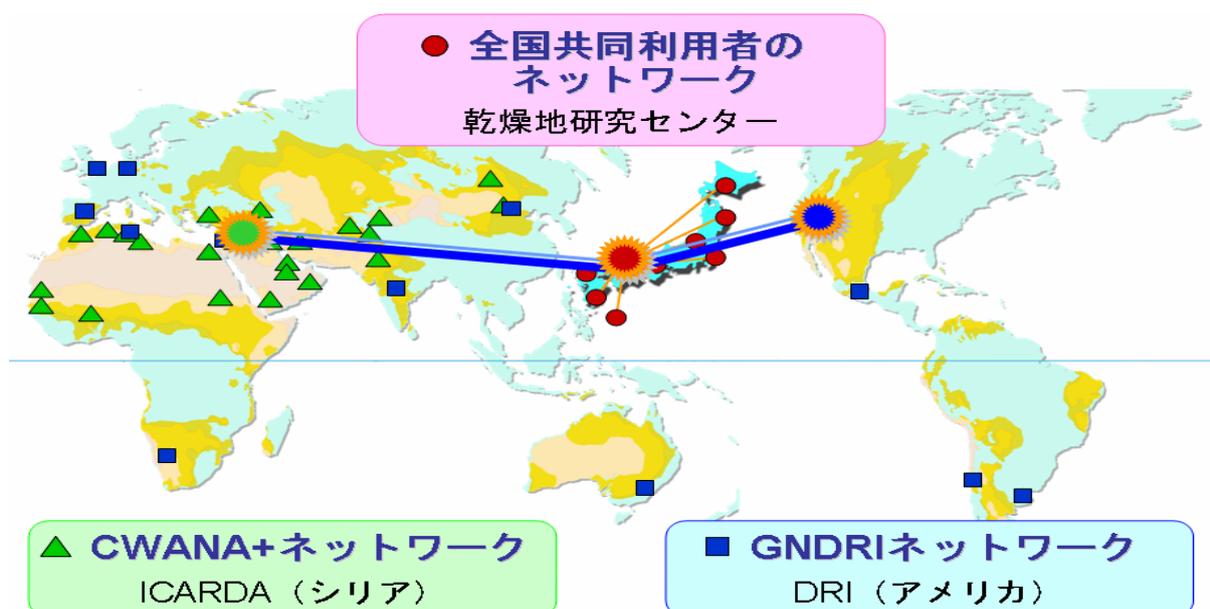
#### (3) 海外連携機関との連携

本拠点は、砂漠研究所および国際乾燥地農業研究センターと連携して形成する。

- (1) 砂漠研究所（Desert Research Institute: DRI、米国・ネバダ）は、乾燥地地球科学の研究で世界最高水準にある。同時に乾燥地研究所グローバルネットワーク（Global Network of Dryland Research Institutions: GNDRI）の中核機関でもある。DRI との連携の必要性は、本拠点の乾燥地地球科学分野での研究水準の向上、GNDRI を利用した国際連携の強化、および大学院教

育の強化にある。

- (2) 国際乾燥地農業研究センター（International Center for Agricultural Research in the Dry Areas: ICARDA、シリア・アレppo）は、国際農業研究協議グループ（Consultative Group on International Agricultural Research: CGIAR）傘下の国際研究機関である。乾燥地農学の分野で世界最高水準にある。アジア・北アフリカ地域の乾燥地ネットワークである「CWANA+ ネットワーク」（Central and West Asia and North Africa <CWANA> and neighboring dry areas network）を国連大学とともに構築しており、当該地域の研究機関と多くの共同研究・共同研修を実施している。ICARDA との連携の必要性は、本拠点の乾燥地農学分野での研究水準の向上、CWANA+を利用した国際連携の強化、および本拠点により開発された技術・得られた知見の実用化・現場への技術移転の促進にある。



※ 色付けした地域は乾燥地

#### (4) ICARDA・DRIとの連携がもたらす特筆すべき効果

- (1) 鳥取大学単独では、本拠点で得られた技術や知見を乾燥地の現場に還元することは容易ではない。ICARDA はアジア・北アフリカの乾燥地にネットワークを持つため、本拠点で開発された技術・得られた知見は、ICARDA の地域ネットワークおよびICARDA でのトレーニングプログラムによって、アジア・北アフリカの現場に還元することが可能になる。
- (2) DRI と共同してGNDRIを構築するため、本拠点で得られた学術的知見の世界の関連研究機関による共有が促進されると同時に、普遍性の検証が可能になる。
- (3) 乾燥地研究センターの全国共同利用研究者が、本拠点を通して世界の乾燥地研究と繋がり、世界水準で研究することが可能になる。

(恒川篤史)

## 2. ICARDAとの連携活動

### (1) 研究面

ICARDAは、乾燥地農業研究の優れた施設や人材ネットワークを持つ。本プログラムでは、ICARDAとの強い連携の中で、教員、学生等の定期的な人的交流を行い、鳥取大学における乾燥地農学の研究水準を国際レベルに引き上げることができた。毎年、ICARDAからは2名程度の第一線の研究者を招聘し、セミナーを開催した。また、鳥取大学から教員と研究者をシリア・アレppoのICARDA本部に派遣し、乾燥地の農業の実際を把握し、視野を広めることができた。学生については、平成20年度から開始した「若手研究者インターナショナル・トレーニングプログラム」によってICARDAに派遣し、乾燥地の農業現場において修士論文研究を行った。平成21年度～24年度に実施した「組織的な若手研究者等海外派遣プログラム」では、助教およびプロジェクト研究員延べ3名、修士課程学生を延べ2名派遣し、ICARDA研究者とともに現地調査地にてデータ収集や圃場視察等を行った。平成23年12月には、鳥取大学とICARDAの共同で、「気候変動下での食糧安全保障と自然資源管理の乾燥地科学に関するワークショップ」（トルコ・コンヤ）を開催（写真IV-2-1）し、グローバルCOEプログラムでの研究を総括した。

分子育種グループでは、ICARDAの「生物多様性および統合的遺伝子管理部」と特に強い連携を築き、ここを通じて、エジプトのAGERIが、コムギの遺伝子組換えを世界で最も効率よく育成していることを知り、プロジェクト研究員を派遣して技術を習得した。また、プロジェクトの開始当初、コムギのDNAマーカーが少なく、分子育種基盤が不足していたが、ICARDAの勧めで、オーストラリアの分子遺伝支援会社との共同でコムギ祖先種タルホコムギのDArTマーカーのパネルを開発し、これを用いて、多数の多型マーカーを用いた研究の基盤を築くことができた。また、マカロニコムギとタルホコムギの交雑によって作られた合成コムギ系統をICARDAの圃場で播種し、その特性を調査した。また、農業生産グループでは、パンコムギとソラマメの混植試験を行い、パンコムギの成長とリン酸吸収が混植により促進されることが明らかとなった。さらに、環境修復グループでは、「統合的水および土地管理部」と強い連携を気付き、都市排水の農業利用について、研究を進めた。

しかしながら、シリアの政情悪化のために、これらの研究連携は中断を余儀なくされた。ICARDAは現在、レバノンに本部を置き、各部がヨルダン、エジプト、チュニジア、トルコ、モロッコで研究を継続している。ICARDAの状況を把握すると共に、今後の連携再構築に向けての働きかけが必要である。

### (2) 人材育成面

ICARDAから研究者を招き、学生と研究者向けに講義を行った。招聘研究者と講義の内容は以下の通りである。（表IV-2-2）

一方、グローバルCOEプログラムの期間中に、ICARDAおよび関連機関（AGERI等）を訪問した教員、研究者、学生数は表IV-2-3の通りである（この中には、GCOE経費以外での渡航も含む）。

この活動を通じて、学生および若手研究者の乾燥地科学の研究力が高められた。また、シニアの研究者はICARDA執行部との交流を通じ、国際的な位置付けを得たほか、国際的な場面での交渉力や会議力を身につけることができた。

写真IV-2-1



表IV-2-2

開催日	講師名	講義名
2009年 3月5日	Dr. Manzoor Qadir	Marginal-quality Water Resources and Salt-affected Soils in Dry Areas
	Dr. Osman Sulieman Abdalla Elnour	Bread Wheat Breeding for Tolerance to Abiotic and Biotic Stresses
2010年 2月2日	Dr. Stefania Grando	Productive Improvement of Barley in Climate Changes
2010年 2月3日	Dr. Muhammad Imtiaz	Productive Improvement of Food Legumes by Molecular Breeding
2010年 12月7日	Dr. Miloudi Nachit	Breeding durum for enhanced durum productivity, yield stability and improved grain quality
		Breeding durum for climate changes in the Mediterranean region

表IV-2-3

	訪問先	人数
平成19年度	ICARDA (国際乾燥地農業研究センター)	9
	AGERI (農業遺伝工学研究所)	5
平成20年度	ICARDA (国際乾燥地農業研究センター)	2
	AGERI (農業遺伝工学研究所)	1
平成21年度	ICARDA (国際乾燥地農業研究センター)	3
	AGERI (農業遺伝工学研究所)	0
平成22年度	ICARDA (国際乾燥地農業研究センター)	6
	AGERI (農業遺伝工学研究所)	0
平成23年度	ICARDA (国際乾燥地農業研究センター)	0
	AGERI (農業遺伝工学研究所)	1

(辻本壽)

### 3. DRIとの連携活動

#### (1) 研究面

乾燥地研究センターとDRI両機関の最先端の黄砂発生観測システムを利用して（図IV-3-1）、黄砂発生の生物物理モデルを開発することによって、世界でも類をみない黄砂発生ハザードマップの作成に成功した。日米それぞれの最先端観測技術を集結させることで黄砂発生研究が飛躍的に発展した。プログラム終了後の発展としては、DRIの研究者と共同で米国国立科学財団(NSF)の研究助成に申請している。

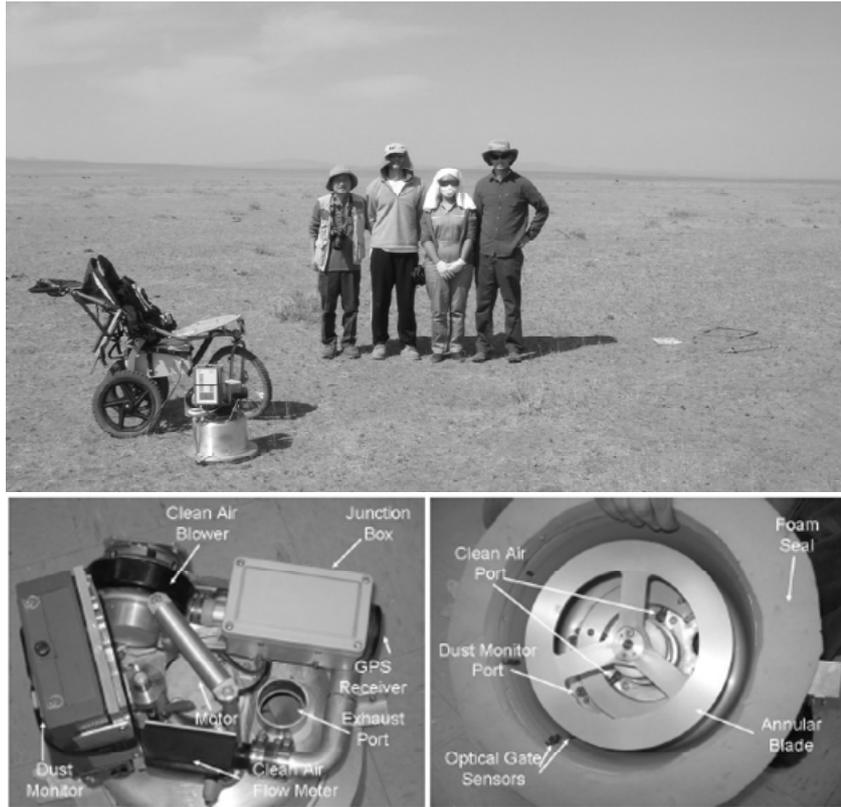


Figure 2-2. Components of PI-SWERL Instrument. Left- Top View, right- Bottom View.

図IV-3-1 DRI が開発した最先端の黄砂発生観測システム、PI-SWERL とそれを用いた共同観測風景（2009年5月13日）

#### (2) 人材育成面

DRI との連携により地球科学分野（とくに黄砂研究）において人材育成を推進した。Munkhtsetseg ポスドク研究員を3ヶ月間DRIに派遣し、世界最高水準の研究者から黄砂発生の観測技術を習得させた。そこで習得した観測技術を用いてモンゴル草原における共同観測に参加させ、観測の成功に大きく貢献した（図IV-3-1、2）。

環境修復研究グループからは、今田ポスドク研究員を平成21年7月から4ヶ月間DRIに派遣し、塩類集積に関する研修に参加させた。また、今田研究員はその後もDRI研究員とタマリスクの塩分分泌・動態などに関する共同研究を実施、平成23年4月からはDRIのポスドクとして雇用された。

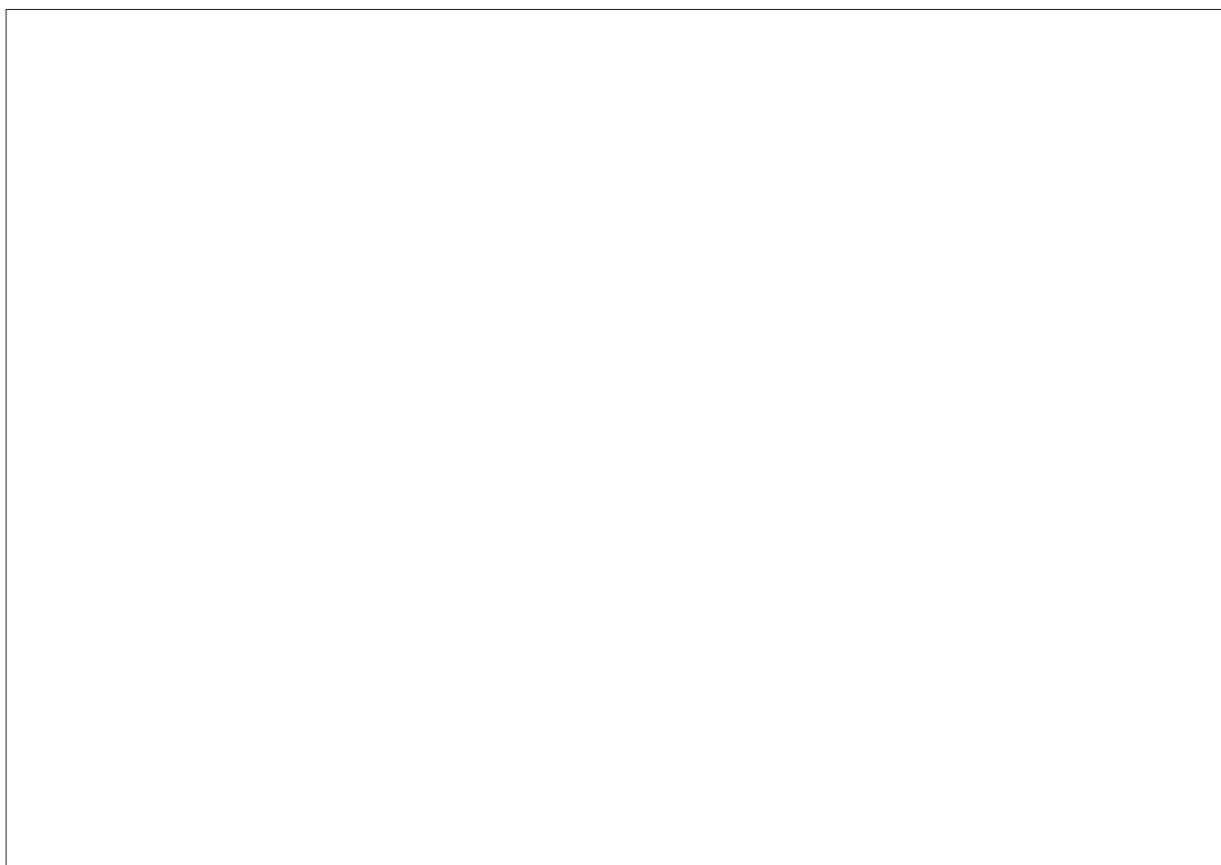
また、DRIと委託契約を結び、鳥取大学にて講義とセミナーを計5回実施した。講義の内容は「風成過程（計測、モデリング法）」、「気象学の農業への応用」などである（図IV-3-3）。DRIな

ど海外連携機関等と共催して開催した第9回乾燥地開発国際会議(2008年・アレクサンドリアへ、黒崎ポスドク研究員などを派遣し、口頭発表およびポスター発表の機会を与えるとともに、世界の乾燥地科学の研究者との研究交流の機会を与えた。



図IV-3-2 モンゴル草原 Bayan Unjuul において DRI 研究者に黄砂発生観測の技術指導を受ける Munkhtsetseg ポスドク研究員 (2009年5月13日)

図IV-3-3





(篠田雅人)

## 4. 国際的に卓越した拠点形成としての成果と評価

### (1) 国際評価

- (1) 乾燥地研究センターの国際外部評価（平成19年7月）：世界的に卓越した外国人研究者3名を含む7名の外部委員から成る国際外部評価委員会を設置し、事前に準備された活動報告書とセンター教職員によるプレゼンテーション、現場視察などをふまえて外部評価を実施した。その結果、「国際外部評価委員会は、研究、教育、アウトリーチ、そして持続可能な農業開発と砂漠化防止に向けたグローバルなネットワーク構築を高く評価した。センターには、基礎研究と応用研究を両立し、乾燥地域に関する知見を統合し、また、この知見を研究者や一般の人々に普及できることが確認された」という評価を受けた。このことから本拠点は世界的な観点で見ても、十分な研究機能を有していると判断される。
- (2) 乾燥地科学の分野では、本拠点の国際的評価はかなり高く、本拠点関係者がしばしば招待講演などと呼ばれている。とくに中東・アフリカ地域では本学に留学した卒業生が多数おり、鳥取大学の同窓会ネットワークが強く連携している。

### (2) 国内外の学会の評価

- (1) 乾燥地研究センターは、共同利用・共同研究拠点の申請にあたり、国内の5学会、国内の8研究機関、海外研究機関8箇所等合計21の国内外の関連学会・コミュニティからサポートレターを受けた。その内容は、「当センターが人類の利益の為に働くことに専念する世界各国の研究者や科学者に開放されており、世界的なネットワークにおいて持続的な農業の開発を促進する」ことや、「砂漠化を防止することと同様に、研究、教育、アウトリーチ活動において素晴らしい業績を挙げている」こと、「基本・応用研究を行い、統合された乾燥地の知識を、研究者や一般市民に広める能力がある」ことを高く評価するものであった。  
サポートレターを受けた主な学会、研究機関は、以下のとおりである。  
日本沙漠学会、日本農学気象学会、日本緑化工学会、独立行政法人国際農林水産業研究センター(JIRCAS)、独立行政法人国際協力機構(JICA)中国国際センター、国際乾燥地農業研究センター(ICARDA・シリア)、乾燥地域研究所(IRA・チュニジア)、中国科学院水土保持研究所(ISWC-CAS・中国)、砂漠研究所(DRI・米国)等
- (2) 本拠点は国内以上に海外で評価および知名度が高い。乾燥地科学分野で最大級の国際会議である乾燥地開発国際会議(International Conference on Dryland Development)では、鳥取大学からの参加者が日本国からの最大数であり、世界的にも大きなプレゼンスを示している。
- (3) 乾燥地と係わる国際的枠組みとして国連砂漠化対処条約(UNCCD)があげられるが、本拠点リーダー(恒川篤史)が各国に1名配置する科学技術連絡員に指名されており、毎回の締約国会議にも日本政府代表の一員として参加している。

### (3) 産業界等の評価

本拠点と係わる業種としては、国際開発・農村開発系企業、コンサルタンツ、種苗・育種関連企業、環境アセスメント・航測系企業などがあり、本学卒業生がそれぞれの企業で要職に就いている。これらの企業の担当者の方からは、本学卒業生は、行動力・実践力に富み、国際性も豊かだとの評価をいただいている。また、本拠点の活動・成果を発展・継続するため申請中の博士課程教育リーディングプログラムにおいても、上記の企業が協力企業として参加している。

#### (4) 総括

21世紀 COE プログラムの5年間とグローバル COE プログラムの5年間、この10年間を振り返ってみると、鳥取大学の乾燥地科学拠点の「国際化」に向けて大きく邁進した10年間だったといえる。

地球温暖化における気候変動枠組み条約、多様性の保全に関する生物多様性条約と並び、リオ3条約と称される国連砂漠化対処条約 (United Nations Convention to Combat Desertification: UNCCD) が乾燥地の分野では国際的な取り組みの中心となっている。気候変動や生物多様性と比べると関係者の数も少なく、国内的には認知度が低いとはいえ、今日、砂漠化・土地劣化・干ばつ (Desertification, Land Degradation and Drought : DLDD) と総称される乾燥地の問題は、地球の抱える大きな問題のひとつである。2012年6月に開かれた国連持続可能な開発会議 (リオ+20) においても成果文書「我々の求める未来」のなかで、分野別課題のひとつとしてこの DLDD が取り上げられている。

鳥取大学の乾燥地科学拠点の存在意義とは、まさにこの世界の DLDD 問題に対する日本の教育研究拠点、砂漠化対処条約への組織的な支援機関としての役割であり、具体的には以下のような活動を通じて世界の乾燥地問題に貢献してきた。

- (1) 本拠点リーダーが砂漠化対処条約において、各国1名を選出する科学技術連絡員 (Science and Technology Correspondence: STC) に指名され、政府への学術的な助言をするとともに、平成20年以降、日本政府代表団の一員として、同条約の科学技術委員会等に参加してきた。
- (2) 平成23年10月、同条約の第10回締約国会議 (COP10) が韓国の昌原市で開かれたが、これはアジアではじめての開催であり、本拠点は同会議においてサイドイベント「Asian dust and desertification」を関係機関とともに開催した。また COP10 に併せて開催された展示イベントでは、鳥取大学乾燥地研究センターが九州大学東アジア環境研究機構と共同で展示ブースを設置し、我が国の乾燥地研究の概要や、砂漠化問題への取り組みを世界に向けて広く紹介した。
- (3) 乾燥地分野における国際的人材養成の取り組みとしては、国際連合大学ほか5機関の共同による国際修士号プログラム「乾燥地における統合的管理に関する共同修士号プログラム (MSプログラム)」に平成19年度より参加してきた。この取り組みは砂漠化対処条約の中でも高く評価されており、砂漠化対処条約では平成23年より、新たに「国連砂漠化対処条約フェローシッププログラム」という取り組みを開始した。本拠点の人材育成面での取り組みが世界的な枠組みの構築にもつながった事例である。
- (4) 乾燥地科学分野で最大の国際会議である乾燥地開発国際会議 (International Conference on Dryland Development: ICDD) については、第8回会議 (平成18年) より乾燥地研究センターが主催機関のひとつとなっている。とくに本事業では、同会議を積極的に支援し、第9回 (平成20年) および第10回 (平成22年) では、日本からの参加者の数、またその研究成果の質の高さが大きく認識される場となった。このような活動が評価されて、平成23年より国際乾燥地開発委員会 (International Commission on Dryland Development: ICDD) の理事に本拠点リーダーが任命された。
- (5) この事業では、「世界学術ネットワークの形成」を3つの計画の柱のひとつとして取り組んできたが、乾燥地研究機関グローバルネットワーク (Global Network of Dryland Research Institutes: GNDRI) についても平成20年の発足後、継続的に活動を展開しており、その推進委員会の構成機関として乾燥地分野における国際的ネットワークの形成に貢献した。

(恒川篤史)

## 卷末資料

### 1. 論文・著書リスト

#### 論文リスト

##### ● 2007 年

Du, S., Yamanaka, N., Yamamoto, F., Otsuki, k., Wang, S., Hou, Q. (2007): The effect of climate on radial growth of *Quercus liaotungensis* forest trees in Loess Plateau, China, *Dendrochronologia* 25:29-36.

Eltayeb, A.E., Kawano, N., Badawi, G.H., Kaminaka, H., Sanekata, T., Morishima, I., Shibahara, T., Inanaga, S., Tanaka, K. (2007): Overexpression of monodehydroascorbate reductase in transgenic tobacco confers enhanced tolerance to ozone, salt and polyethylene glycol stresses, *Planta*, 225 (5): 1255-1264.

布和敖斯尔, 縄田浩志, 長澤良太, 佐藤廉也, 山中典和, Zhang, W., Hou, Q. (2007): リモートセンシング地表パラメーターを用いた中国黄土高原「退耕還林(草)」緑化プロジェクトの生態効果の検証, *沙漠研究*, 17:87-91.

Gama, P.B.S., Inanaga, S., Tanaka, K., Nakazawa, R. (2007): Physiological response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings to salinity stress, *African Journal of Biotechnology*, 6(2):79-88.

Huang, M., Deng, X., Zhao, Y., Zhou, S., Inanaga, S., Yamada, S., Tanaka, K. (2007): Water and nutrient use efficiency in diploid, tetraploid and hexaploid wheats, *Journal of Integrative Plant Biology*, 49(5):706-715.

田村悠旭, 山中典和, 玉井重信 (2007): 土壌中の水位条件が塩生植物ギョリュウ(*Tamarix chinensis* Lour.)の成長と養分分布に及ぼす影響について, *日本緑化工学会誌*, 32(4):497-503.

Taniguchi, T., Tamai, S., Yamanaka, N., Futai, K. (2007): Inhibition of the regeneration of Japanese black pine (*Pinus thunbergii*) by black locust (*Robinia Pseudoacacia*) in coastal sand dunes, *Journal of forest research*, 12:350-357.

Uddin, MD.I., Rashid, MD.H., Khan, N., Perveen, MST.F., Tai, T.H., Tanaka, K. (2007): Selection of promising salt tolerant rice mutants derived from cultivar 'drew' and their antioxidant enzymes activity under salt stress, *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 39(2):89-98.

山本牧子, 玉井重信, 山中典和 (2007): 異なる地下水位条件で生育させた樹木 6 種の生理生態的特性, *日本緑化工学会誌*, 33(1):89-94.

山中典和, 笹木智華子, 玉井重信 (2007): 落葉性コナラ属実生の水分生理特性, *日本緑化工学会誌*, 33(1):100-104.

##### ● 2008 年

Bai, W.B., Li, P., Li, B.G., Fujiyama, H., Fan, F.C. (2008): Some physiological responses of Chinese iris to salt stress, *Pedosphere*, 18:454-463.

Bai, Y., Inosako, K., Liang, Y., Inoue, M., Yamada, S., Takuma, K. (2008): Practical estimation method for soil hydraulic properties based on observed data in short-term experiments conducted in a foreign field, *Sand Dune Research*, 55:71-84.

Faridulla, Yamamoto, S., Irshad, M., Uchiyama, T., Honna, T. (2008): Phosphorus fractionation in chicken and duck litter burned at different temperature, *Soil Science*, 173:287-295.

原有香里, 張文輝, 杜盛, 玉井重信, 山中典和 (2008): 中国黄土高原における緑化用樹種 4 種の水分生理特性, *日本森林学会誌*, 90(4):247-252.

- Huang, J., Hinokidani, O., Yasuda, H., Kajikawa, Y. (2008): Study on characteristics of the surface runoff of the upper region in Loess Plateau, *Annual Journal of Hydraulic Engineering*, 52:1-6.
- Imada, S., Yamanaka, N., Tamai, S. (2008): Water table depth affects *Populus alba* fine root growth and whole plant biomass, *Functional Ecology*, 22:1018-1026.
- Inoue, M., Ould Ahmed, B.A., Saito, T., Irshad, M. (2008): Comparison of twelve dielectric moisture probes for soil water management under saline conditions, *American Journal of Environmental Sciences*, 4:367-372.
- Inoue, M., Ould, Ahmed, B.A., Yamazaki, S., Saito, T., Irshad, M., Uzoma, K.C. (2008): Comparison of three dielectric moisture sensors for measurement of water in saline sandy soil, *Soil Use and Management*, 24:156-162.
- Irshad, M., Inoue, M., Eneji, A.E., Yamamoto, S., Honna, T. (2008): Evaluation of nutrient release in salt-saturated soils, *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 39:789-799.
- Kudo, N., Yamada, S., Larrinaga, J.A., Fujiyama, H. (2008): Responses of crops to soil salinization in south Baja California, Mexico, *J. Plant Nutr.*, 31:1800-1810.
- Li, W., An, P., Liu, X., Khan, M.A., Tsuji, W., Tanaka, K. (2008): The effect of light, temperature and bracteoles on germination of polymorphic seeds of *Atriplex centralasiatica* Iljin under saline conditions, *Seed Science and Technology*, 36(2):325-338.
- Mao, H.P., Iwanaga, F., Yamanaka, N., Yamamoto, F. (2008): Growth, photosynthesis, and ion distribution in hydroponically cultured *Populus alba* L. cuttings grown under various salinity concentrations, *Landscape and Ecological Engineering*, 4:75-82.
- Nakano, T., Nemoto, M., Shinoda, M. (2008): Environmental controls on photosynthetic production and ecosystem respiration in semi-arid grasslands of Mongolia, *Agricultural and Forest Meteorology*, 148(10):1456-1466.
- Saito, T., Fujimaki, H., Inoue, M. (2008): Calibration and simultaneous monitoring of soil water content and salinity with capacitance and four-electrode probes, *American Journal of Environmental Sciences*, 4:683-692.
- 田村悠旭, 張文軍, 玉井重信, 山中典和 (2008): 土壤塩分組成と濃度が *Tamarix austromongolica* N.の体内塩分組成と分泌塩分組成に及ぼす影響, *日本緑化工学会誌*, 34(1):27-32.
- Taniguchi, T., Tanaka, C., Tamai, S., Yamanaka, N., Futai, K. (2008): Identification of *Cylindrocladium* sp. causing damping-off disease of Japanese black pine (*Pinus thunbergii*) and factors affecting the disease severity in a black locust (*Robinia pseudoacacia*)-dominated area, *Journal of Forest Research*, 13:233-240.
- Uddin, Md.I., Qi, Y., Yamada, S., Shibuya, I., Deng, X.P., Kwak, S.S., Kaminaka, H., Tanaka, K. (2008): Overexpression of a new rice vacuolar antiporter regulating protein OsARP improves salt tolerance in tobacco, *Plant & Cell Physiology*, 49(6):880-890.
- Yamauchi, Y., Furutera, A., Seki, K., Toyoda, Y., Tanaka, K., Sugimoto, Y. (2008): Malondialdehyde generated from peroxidized linoleic acid causes protein modification in heat-stressed plants, *Plant Physiology and Biochemistry*, 46:786-793.
- Zahoor, A., Honna, T., Yamamoto, S. (2008): Leachability and phytoavailability of NPK from different bio-composts under chloride and sulfate dominated irrigation water, *Journal of Environmental Quality*, 37:1288-1298.

● 2009 年

- Andry, H., Yamamoto, T., Irie, T., Moritani, S., Inoue, M., Fujiyama, H. (2009): Water retention, hydraulic conductivity of hydrophilic polymers in sandy soil as affected by temperature and water quality, *Journal of Hydrology*, 373:177-183.
- Faridulla, Irshad, M., Yamamoto, S., Honna, T., Eneji, A.E. (2009): Characterization of trace elements in chicken and duck litter ash, *Waste Management*, 29:265-271.
- Faridullah, Irshad, M., Yamamoto, S., Zahoor, A., Endo, T., Honna, T. (2009): Extractability and bioavailability of phosphorus from soils amended with poultry litter and poultry litter ash, *International Journal of Food, Agriculture & Environment*, 7:692-697.
- Faridullah, Irshad, M., Yamamoto, S., Eneji, A.E., Uchiyama, T., Honna, T. (2009): Recycling of chicken and duck litter ash as a nutrient source for Japanese mustard spinach (*Brassica rapa* L.), *Journal of Plant Nutrition*, 32:1082-1091.
- Gama, P.B.S., Tanaka, K., Eneji, A.E., El Siddig, K. (2009): Salt-induced stress on biomass, photosynthetic rate, and reactive oxygen species-scavenging enzyme accumulation in common bean, *Journal of Plant Nutrition*, 32(5):837-854.
- Imada, S., Yamanaka, N., Tamai, S. (2009): Effects of salinity on the growth, Na partitioning, and Na dynamics of a salt-tolerant tree, *Populus alba* L., *Journal of Arid Environment*, 73:245-251.
- Inoue, K., Takano, H., Shimada, A., Satoh, M. (2009): Role of metallothionein in inflammatory lung diseases, *Current Respiratory Medicine Reviews*, 5:6-11.
- Inoue, K., Takano, H., Yanagisawa, R., Koike, E., Shimada, A. (2009): Size effects of latex nanomaterials on lung inflammation in mice, *Toxicol Appl Pharmacol*, 234:68-76.
- 森井俊広, 竹下祐二, 井上光弘, 松本智 (2009): キャピラリー・バリア地盤における雨水浸潤挙動の現地計測と限界長の評価, *農業農村工学会論文集*, 263:91-97.
- Ould Ahmed, B.A., Inoue, M. (2009): Increasing crop productivity using a porous alpha amendment in sandy soil, *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 7:546-550.
- Saito, T., Fujimaki, H., Yasuda, H., Inoue, M. (2009): Empirical temperature calibration of capacitance probes to measure soil water, *Soil Science Society of America Journal*, 73:1931-1937.
- Sonobe, K., Hattori, T., An, p., Tsuji, W., Eneji, A.E., Tanaka, K., Inanaga, S. (2009): Diurnal variations in photosynthesis, stomatal conductance and leaf water relation in sorghum grown with or without silicon under water stress, *Journal of Plant Nutrition*, 32:433-442.
- 田中一平, 谷口武士, 二井一禎, 山中典和 (2009): 異なる塩ストレス下におけるアブラマツ (*Pinus tabulaeformis* Carr.) 苗木の生存及び成長と菌根形成, *日本緑化工学会誌*, 35(1):33-38.
- Taniguchi, T., Kataoka, R., Tamai, S., Yamanaka, N., Futai, K. (2009): Distribution of ectomycorrhizal and pathogenic fungi in soil along a vegetational change from Japanese black pine (*Pinus thunbergii*) to black locust (*Robinia pseudoacacia*), *Mycorrhiza*, 19(4):231-238.
- Taniguchi, T., Kataoka, R., Tamai, S., Yamanaka, N., Futai, K. (2009): Distribution of bacterial species in soil with a vegetational change from Japanese black pine (*Pinus thunbergii*) to black locust (*Robinia pseudoacacia*), *Microbes and Environments*, 24(3):246-252.
- Wei, Z., Liang, Y., Yamada, S., Zeng, X., Zhou, M., Huang, M., Wu, Y. (2009): Relation of soil microbial diversity to tomato yield and quality under different soil water conditions and fertilizations, *Chinese Journal of Plant Ecology*, 33:580-586.
- 烏日樂瑪, 清水克之, 北村義信, Habtu, S., 長澤良太, Li, Z., Li, P., 喜多威知郎 (2009): 中国・洛

- 恵渠灌区における農地の塩類化とその対策の効果に関する考察, 沙漠研究, 18(4):135-142.
- 安田裕, 檜谷治, 黄金柏, 斎藤忠臣, 安養寺久男, 木村玲二, 張興昌 (2009): 中国黄土高原堆積貯水池 (ダム農地) の地下水流動調査報告—乾燥環境下での植生の吸水が地下水位変動に及ぼす影響, 水文水資源学会誌, 22:301-306.
- Yasuda, H., Berndtsson, R., Saito, T., Anyoji, H., Zhang, X. (2009): Prediction of Chinese Loess Plateau summer rainfall using Pacific Ocean spring sea surface temperature, Hydrological Processes, 23:719–729.
- Yin, L., Mano, J., Wang, S., Tsujiand, W., Tanaka, K. (2009): The involvement of lipid peroxide-derived aldehydes in aluminum toxicity of tobacco roots, Plant Physiology, 152:1406-1417.
- Zahoor, A., Honna, T., Yamamoto, S., Faridullah, Irshad, M., El-Hassan, W.H.A. (2009): Effect of  $Cl^-$  and  $SO_4^{2-}$  salinity on micronutrients release and uptake from different composts applied on total phosphorus basis, Communications in Soil Science and Plant Analysis, 40:1566–1589.
- 2010 年
- Abe, S., Hashimoto, S., Umezane, T., Yamaguchi, T., Yamamoto, S., Yamada, S., Endo, E., Nakata, N. (2010): Agronomic and environmental performance of rapeseed oilcake in the lowland rice farming of Japan, Communications in Soil Science and Plant Analysis, 41:1944-1958.
- Azuma, R., Ito, N., Nakayama, N., Suwa, R., Nguyen, N.R., Larrinaga-Mayoral, J.A., Esaka, M., Fujiyama, H., Saneoka, H. (2010): Fruits are more sensitive to salinity than leaves and stems in pepper plants (*Capsicum annuum* L.), Scientia Horticulturae, 125:171-178.
- 坂東悟, 藤山英保 (2010): 水田転換畑におけるダイズ不耕起無培土栽培の継続が土壤理化学性に及ぼす影響, 土肥誌, 81:472-480.
- 遠藤常嘉, 山本定博, 本名俊正 (2010): アジアにおける多様な土壌と我が国ペドロジストによる研究の最前線 6. 中国の乾燥～半乾燥地における最新土壌研究 中国黄土高原周辺の灌漑農地における土壌塩性化とソーダ質化—陝西省洛恵渠灌漑区における事例—, 日肥誌, 81: 281-288.
- Hinokidani, O., Huang, J., Yasuda, H., Kajikawa, Y., Khunbulani, D., Li, S. (2010): Study on surface runoff characteristics of a small ephemeral catchment in the northern Loess Plateau, China, Journal of Arid Land Studies, 20(3):167-172.
- Hinokidani, O., Huang, J., Yasuda, H., Kajikawa, Y., Khunbulani, D., Li, S. (2010): Annual water balance of a small basin in the northern Loess Plateau in China, Journal of Arid Land Studies, 20(3): 173-177.
- Imada, S., Yamanaka, N., Tamai, S. (2010): Fine root growth, fine root mortality, and leaf morphological change of *Populus alba* in response to fluctuating water tables, Trees-Structure and Function, 24:499-506.
- Imada, S., Yamanaka, N., Tamai, S. (2010): Contribution of root growth responses to leaf traits and relative growth rate of *Populus alba* under different water table conditions, Trees-Structure and Function, 24(6):1163-1172.
- Kimura, R., Shinoda, M. (2010): Spatial distribution of threshold wind speeds for dust outbreaks in northeast Asia, Geomorphology, 114(3):319-325.
- 北村義信, 清水克之 (2010): カザフスタンにおける灌漑農地の塩類化の現状と対策, 土壌の物理性, 115:37-41.

- Kudo, N., Fujiyama, H. (2010): Responses of halophyte *Salicornia bigelovii* to different forms of nitrogen source, *Pedosphere*, 20, 311-317.
- Kudo, N., Sugino, T. Oka, M., Fujiyama, H. (2010): Sodium tolerance of plants in relation to ionic balance and the absorption ability of microelements, *Soil Science Plant Nutrition*, 56:225-233.
- Mao, H.P., Okada, Y., Michimata, S., Wang, W., Iwanaga, F., Yamanaka, N., Yamamoto, F. (2010): Responses to non-aeration and/or salinity stress in hydroponically cultured *Populus nigra* and *Populus alba* cuttings, *Landscape and Ecological Engineering*, 6(1):11-21.
- Mu, H., Badgar, Battsetseg, Ito, T., Otani, S., Onishi, K., Kurozawa, Y. (2010): Effects of Asian dust storm on health-related quality of life: A survey immediately after an Asian dust storm event in Mongolia, *International Journal of Health Research*, 3:87-92.
- Nakano, T., Shinoda, M. (2010): Response of ecosystem respiration to soil water and plant biomass in a semi-arid grassland, *Soil Science and Plant Nutrition*, 56(5):773-781.
- Nandintsetseg, B., Shinoda, M. (2010): Seasonal change of soil moisture in Mongolia: Its climatology and modeling, *International Journal of Climatology*, 31(8):1143-1152.
- Nandintsetseg, B., Shinoda, M., Kimura, R., Ibaraki, Y. (2010): Relationship between soil moisture and vegetation activity in the Mongolian steppe, *Science Online Letters on the Atmosphere*, 6:29-32.
- Naota, M., Mukaiyama, T., Shimada, A., Yoshida, A., Morita, T., Inoue, K., Takano, H. (2010): Pathological study of acute pulmonary toxicity induced by intratracheally instilled Asian sand dust (Kosa), *Toxicol. Pathol.*, 38(7):1099-1110.
- Nishimura, Y., Kenzaka, T., Sueyoshi, A., Li, P., Fujiyama, H., Baba, T., Yamaguchi, N., Nasu, M. (2010): Similarity of bacterial community structure between Asian dust and its source region determined by rRNA gene-targeted approaches, *Microbes Environ.*, 25:22-27.
- 篠田雅人 (2010): 枯れ草は黄砂発生にどう影響するか?: 日蒙米共同プロジェクト DUVEX, *Japan Geoscience Letters*, 6(1):5-7.
- Shinoda, M., Kimura, R., Mikami, M., Tsubo, M., Nishihara, E., Ishizuka, M., Yamada, Y., Munkhtsetseg, E., Jugder, D., Kurosaki, Y. (2010): Characteristics of dust emission on the Mongolian steppe: The 2008 DUVEX intensive observational period, *Science Online Letters on the Atmosphere*, 6:9-12.
- Shinoda, M., Nachinshonhor., G.U., Nemoto, M. (2010): Impact of drought on vegetation dynamics of the Mongolian steppe: A field experiment, *Journal of Arid Environments*, 74(1):63-69.
- Wang, Y.L., Liu, G.B., Kume, T., Otsuki, K., Yamanaka, N., Du, S. (2010): Estimating the water use of a black locust plantation by the thermal dissipation probe method in the semiarid region of Loess Plateau, China, *Journal of Forest Research*, 15:241-251.
- 烏日樂瑪, 北村義信, 長澤良太, 清水克之, 喜多威知郎 (2010): 中国・内モンゴル自治区バインタラ地域における沙漠化の変遷についての考察—衛星画像データの解析による—, *沙漠研究*, 19(4):545-555.
- 山本定博 (2010): メキシコ・カリフォルニア半島コモンドゥ地域における灌漑農地の塩類化の実態と要因解析, *土壌の物理性*, 115:31-36.
- Yan, M.J., Yamanaka, N., Yamamoto, F., Du, S. (2010): Responses of leaf gas exchange, water relations, and water consumption in seedlings of four semiarid tree species to soil drying, *Acta Physiologiae Plantarum*, 32:183-189.
- Yin, L., Wang, S., Eltayeb, A.E., Uddin, M.I., Yamamoto, Y., Tsuji, W., Takeuchi, Y., Tanaka, K.

(2010): Overexpression of dehydroascorbate reductase, but not monodehydroascorbate reductase, confers tolerance to aluminum stress in transgenic tobacco, *Planta*, 231:609-621.

● 2011 年

坂東悟, 藤山英保 (2011): 水田転換畑におけるダイズ不耕起狭畦無培土栽培による収量, 品質の経年変化, *日作紀*, 80:426-432.

Cho, S.W., Ishii, T., Matsumoto N., Tanaka H., Eltayeb, A.E., Tsujimoto, H. (2011): Effect of the cytidine analogue zebularine on mitotic chromosomes, *Chromosome Science*, 14:23-28.

Cho, S.W., Moritama, Y., Ishii, T., Kishii, M., Tanaka, H., Eltayeb, A.E., Tsujimoto, H. (2011): Homology of two alien chromosomes during meiosis in wheat, *Chromosome Science*, 14:45-52.

Dou, Q.W., Zhang, T.L., Tsujimoto, H. (2011): Physical mapping of repetitive sequences and genome analysis in six *Elymus* species by in situ hybridization, *Journal of Systematics and Evolution*, 49:347-352.

Du, S., Wang, Y.L., Kume, T., Zhang, J.G., Otsuki, K., Yamanaka, N., Liu, G.B. (2011): Sapflow characteristics and climatic responses in three forest species in the semiarid Loess Plateau region of China, *Agricultural and Forest Meteorology*, 151:1-10.

Endo, T., Yamamoto, S., Juan A.L., Fujiyama, H., Honna, T. (2011): Status and causes of soil salinization of irrigated agricultural lands in southern Baja California, Mexico, *Applied and Environmental Soil Science*, 2011:1-12.

今田省吾, Acharya, K., 岩永史子, 山中典和 (2011): 異なる塩水灌漑条件下における塩生植物 *Tamarix ramosissima* Ledeb の  $\text{Na}^+$  動態, *日本緑化工学会誌*, 37(1):50-54.

Jiranapapan, J., Kikuchi, S., Manochai, B., Taychasinpitak, T., Tanaka, H., Tsujimoto, H. (2011): A simple method of chromosome doubling using colchicine in *Torenia* (Linderniaceae), and the behavior of meiotic chromosomes in amphidiploids, *Chromosome Science*, 14:29-32.

Jugder, D., Shinoda, M. (2011): Intensity of a dust storm in Mongolia during 29–31 March 2007, *Science Online Letters on the Atmosphere*, 7A:29-31.

Jugder, D., Shinoda, M., Sugimoto, N., Matsui, I., Nishikawa, M., Chun, S.U. Park, Y.S., Park, M.S. (2011): Spatial and temporal variations of dust concentrations in the Gobi Desert of Mongolia, *Global and Planetary Change*, 78(1-2):14-22.

Kurosaki, Y., Shinoda, M., Mikami, M. (2011): What caused a recent increase in dust outbreaks over East Asia?, *Geophysical Research Letters*, 38, L11702, doi:10.1029/2011GL047494.

Kurosaki, Y., Shinoda, M., Mikami, M., Nandintsetseg, B. (2011): Effects of soil and land surface conditions in summer on dust outbreaks in the following spring in a Mongolian grassland, *Science Online Letters on the Atmosphere*, 7:69-72.

松島大, 木村玲二, 篠田雅人 (2011): 熱慣性を用いた表層土壌水分量推定に関する研究, *水工学論文集*, 55:S361-S366.

Mu, H., Battsetseg, B., Ito, T., Otani, S., Onishi, K., Kurozawa, Y. (2011): Health effects of dust storms: subjective eye and respiratory system symptoms in inhabitants in Mongolia, *Journal of Environmental Health*, 73:18-20.

Ohori, T., Fujiyama, H. (2011): Water deficit and ABA production of *Salicornia bigelovii* under salinity stress, *Soil Sci. Plant Nutr.*, 57:566-572.

Osada, K., Ura, S., Kagawa, M., Mikami, M., Tanaka, T.Y., Matoba, S., Aoki, K., Shinoda, M.,

- Kurosaki, Y., Hayashi, M., Shimizu, A., Uematsu, M. (2011): Temporal and spatial variations of wet deposition flux of mineral dust in Japan, *Science Online Letters on the Atmosphere*, 7:49-52.
- 大谷眞二, 大西一成, 穆浩生, 細田武伸, 岡本幹三, 黒沢洋一 (2011): 黄砂が健常人の自覚症状に与える影響, *医学のあゆみ*, 234(11):1067-1068.
- Otani, S., Onishi, K., Mu, H., Kurozawa, Y. (2011): The effect of Asian dust events on the daily symptoms in Yonago, Japan: a pilot study on healthy subjects, *Archives of Environmental & Occupational Health Arch Environ Occup Health*, 66:43-46.
- Schubert, V., Meister, A., Tsujimoto, H., Endo, T.R., Houben, A. (2011): Similar rye A and B chromosome organization in meristematic and differentiated interphase nuclei, *Chromosome Research*, 19:645-655.
- Shi, W.Y., Tateno, R., Zhang, J.G., Wang, Y.L., Yamanaka, N., Du, S. (2011): Response of soil respiration to precipitation during the dry season in two typical forest stands in the forest-grassland transition zone of the Loess Plateau, *Agricultural and Forest Meteorology*, 151 (7):854-863.
- Shinoda, M., Gillies, J., Mikami, M., Shao, Y. (2011): Temperate grasslands as a dust source: Knowledge, uncertainties, and challenges, *Aeolian Research*, 3(3):271-293.
- Shinoda, M., Nandintsetseg, B. (2011): Soil moisture and vegetation memories in a cold, arid climate, *Global and Planetary Change*, 79(1-2):110-117.
- Sohail, Q., Inoue, T., Tanaka, H., Eltayeb, A.E., Matsuoka, Y., Tsujimoto, H. (2011): Applicability of *Aegilops tauschii* drought tolerance traits to breeding of hexaploid wheat, *Breeding Science*, 61:347-357.
- 浦幸帆, 長田和雄, 香川雅子, 三上正男, 的場澄人, 青木一真, 篠田雅人, 黒崎泰典, 林政彦, 清水厚, 植松光夫 (2011): 非水溶性大気沈着物中の Fe 含有量を用いた鉱物質ダスト量の推定, *エアロゾル研究*, 26(3):234-241.
- Uzoma, K.C., Inoue, M., Andry, H., Fujimaki, H., Zahour, A., Nishihara, E. (2011): Effect of cow manure biochar on maize productivity under sandy soil condition, *Soil Use and Management*, 27:205-212.
- Uzoma, K.C., Inoue, M., Andry, H., Zahour, A., Nishihara, E. (2011): Influence of biochar application on sandy soil hydraulic properties and nutrient retention, *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 9:1137-1143.
- Wang, S., Yin, L., Tanaka, H., Tanaka, K., Tsujimoto, H. (2011): Wheat-*Aegilops* chromosome addition lines showing high iron and zinc contents in grains, *Breeding Science*, 61:189-195.
- Zhang, J., Kume, T., Otsuki, K., Yamanaka, N., Du, S., (2011): Sap flow dynamics of dominant trees of *Quercus liaotungensis* Forest in the semiarid Loess Plateau Region, *Scientia Silva Sinicae*, 47(4):63-69 (in Chinese with English summary).
- 2012 年以降
- Abulitipu, A., Kimura, R., Shinoda, M. (2013): Effect of vegetation on sand transport in a Mongolian grassland, *Sand Dune Research.*, 59(3):117-128.
- Ahmad, Z., Abd-Elbasit, M.A.M., Inoue, M., Yasuda, H., Honna, T., Yamamoto, S. (2012): Use of two industrial wastes as soil amendments I: Effect on dissolved reactive phosphorus in runoff, *Soil and Sediments Contamination*, 21(2), 207-226.
- Ailijiang, M., Iwanaga, F., Murata, N., Hara, N., Nishizawa, M., Matsuo, N., Qimen, Y., Yamanaka, N.

- (2012): Cation contents of five halophytes growing in saline soil around Aiding Lake in Turpan Basin, Xinjiang, China, *Sand Dune Research*, 58(3):95-102.
- Ailijiang, M., Qimen, Y., Murata, N., Yamanaka, N. (2012): Photosynthetic performance and salinity tolerance of *Elaeagnus angustifolia* L. saplings, *Sand dune Research*, 58(3):103-112.
- Aly, A. M., Kitamura, Y., Shimizu, K. (2013) : Assessment of irrigation practices at the tertiary canal level in an improved system - a case study of Wasat area, the Nile Delta. *Paddy and Water Environment*, 11(1-4):445-454.
- Aly, A.M., Kitamura, Y., Shimizu, K., Kita, I. (2013): Performance assessment of automated irrigation network in the Nile delta. *Journal of Rainwater Catchment Systems*, 18(2): 7-15.
- 安西俊彦, 清水克之, 北村義信, Shakibaev, I.I.(2013) : カザフスタン・イリ川下流域灌漑地区における地下水位変動特性とその要因に関する研究, *農業農村工学会論文集*, 283(81-1):51-56.
- Chen, D., Zhang, X., Kang, H., Sun, X., Yin, S., Du, H., Yamanaka, N., Gapare, W., Wu, H.X., Liu, C. (2012): Phylogeography of *Quercus variabilis* based on chloroplast DNA sequence in East Asia: multiple glacial refugia and Mainland-migrated island populations, *Plos One*, 7(10):1-14.
- Endo, T., Yamamoto, S., Haruta, Y., Kitamura, Y., Li, Z., Li, P., Honna, T. (2012): Soil salinization related to morphological and physicochemical characteristics in Luohui irrigation scheme, China, *Arid Land Research and Management*, 26:122–136.
- Endo, T., Yamamoto, S., Honna, T. (2012): Disolution properties and analysis of salt-affected soils as influenced by soil water content in arid land, *Sand Dune Research*, 59:11–21.
- Frank, K., Nishihara, E., Endo, T., Zahoor, A., Rumana, Y., Moses, M.T., Yamamoto, S. (2012): An evaluation of aerobic composting of banana peels treated with different inoculums for soil nutrient replenishment, *Bioresource Technology*, 126:375–382.
- Habora, M.E.E., Eltayeb, A.E., Tsujimoto, H., Tanaka, K. (2012): Identification of osmotic stress-responsive genes from *Leymus mollis*, a wild relative of wheat (*Triticum aestivum* L.), *Breeding Science*, 62:78-86.
- Huang, J., Hinokidani, O., Yasuda, H., Kajikawa, Y., Ojha, C.S.P., Li, S. (in press): Effects of check dam system on water budget of a small basin in the Northern Loess Plateau, China, *Journal of Hydrologic Engineering*, doi: 10.1061/ (ASCE).
- Imada, S., Acharya, K., Yamanaka, N. (2012): Short-term and diurnal patterns of salt secretion by *Tamarix ramosissima* and their relations with climate conditions, *Journal of Arid Environment*, 83:62-68.
- Imada, S., Acharya, K., Li, Y.P., Taniguchi, T., Iwanaga, F., Yamamoto, F., Yamanaka, N. (2013): Salt dynamics in *Tamarix ramosissima* in the lower Virgin River floodplain, Nevada, *Trees:Structure and Function*, doi:10.1007/s00468-013-0847-3.
- Imada, S., Taniguchi, T., Acharya, K., Yamanaka, N. (2013): Vertical distribution of fine roots of *Tamarix ramosissima* in an arid region of southern Nevada, *Journal of Arid Environment*, 92:46-52.
- Ishizuka, M., Mikami, M., Yamada, Y., Kimura, R., Kurosaki, Y., Jugder, D., Gantsetseg, B., Cheng, Y., Shinoda, M. (2012): Dust events during the spring of 2012 in Tsogt-Ovoo, Mongolia, *Science Online Letters on the Atmosphere*, 8:129-132.
- Jugder, D., Sugimoto, N., Shinoda, M., Kimura, R., Matsui, I., Nishikawa, M. (2012): Dust, biomass burning smoke, and anthropogenic aerosol detected by polarization-sensitive Mie lidar measurements in Mongolia, *Atmospheric Environments*, 54:231-241.

- Kimura, R., Shinoda, M. (2012): Estimation of surface soil water content from surface temperatures in dust source regions of Mongolia and China, *Environmental Earth Sciences*, 65:1847-1853.
- 北村義信, 猪迫耕二, 山本定博, 清水克之 (2012): シルダリア川流域におけるソ連崩壊にともなう上下流問題, *水土の知*, 80(12):23-26.
- 北村義信, 李鴻, 清水克之, 東條雅行 (2012): 黄土高原下流域における農地の塩類化とその改善対策, *水土の知*, 80(2):95-98.
- Kume, T., Otsuki, K., Du, S., Yamanaka, N., Wang, Y.L., Liu, G.B. (2012): Spatial variation in sap flow velocity in semiarid region trees: its impact on stand-scale transpiration estimates, *Hydrological Processes*, 26:1161-1168.
- Larson, S., Kishii, M., Tsujimoto, H., Qi, L.L., Chen, P.D., Lazo, G.R., Jensen, K.B., Wang, R.R.C. (2012): *Leymus* EST linkage maps identify 4NsL-5NsL reciprocal translocation, wheat-*Leymus* chromosome introgressions, and functionally important gene loci, *Theoretical and Applied Genetics*, 124:189-206.
- 李鴻, 清水克之, 北村義信, 東條雅行 (2012): チェックダムにおける農地の塩類集積と地下水位変動, *水土の知*, 80(2):87-90.
- Li, H., Kitamura, Y., Shimizu, K., Kita, I. (2012): Identification of recharge sources and groundwater movement in a semiarid region by stable isotope analysis: A case study in the eastern block of the Luohui Irrigation District, China, *Journal of Arid Land Studies*, 21(4):181-189.
- Liang, Y., Lin, X., Yamada, S., Zhou, M., Inoue, M., Inosako, K. (2012): Cucumber productivity and soil degradation in recropping system in greenhouse, *Communications in Soil Science and Plant analysis*, 43:1743-1748.
- 松島大, 木村玲二, 篠田雅人 (2012): 熱慣性を用いた裸地面上におけるダスト発生臨界風速の推定法, *水工学論文集*, 68(4): I\_1789-1794.
- Matsushima, D., Kimura, R., Shinoda, M. (2012): Soil moisture estimation using thermal inertia: Potential, practical feasibility, and sensitivity to data conditions, *Journal of Hydrometeorology*, 13(2):638-648.
- Murata, N., Iwanaga, F., Ailijiang, M., Mori, N., Tanaka, K., Yamanaka, N. (2012): Significant improvement of salt tolerance with 2-day acclimation treatment in *Elaeagnus oxycarpa* seedlings, *Environmental and Experimental Botany*, 77:170-174.
- Nakano, T., Bavuudorjb, G., Urianhai, N.G., Shinoda, M. (2012): Monitoring aboveground biomass in semiarid grasslands using MODIS images, *Journal of Agricultural Meteorology*, 69:33-39.
- Naota, M., Shiotsu, S., Shimada, A., Kohara, Y., Morita, T., Inoue, K., Takano, H. (2013): Pathological study of chronic pulmonary toxicity induced by intratracheally instilled Asian sand dust (kosa), *Toxicol Pathol*, 41:48-62.
- Oka, M., Shimoda, Y., Sato, N., Yamazaki, T., Shimomura, N., Fujiyama, H. (2012): Abscisic acid substantially inhibits senescence of cucumber plants (*Cucumis sativus*) grown under low nitrogen conditions, *J. Plant Physiol.*, 169:789-796.
- Onishi, K., Kurosaki, Y., Otani, S., Yoshida, A., Shugimoto, N., Kurozawa, Y. (2012): Atmospheric transport route determines components of Asian dust and health effects in Japan, *Atmospheric Environment*, 49:94-102.
- Onishi, K., Otani, S., Yoshida, A., Mu, H., Kurozawa, Y. (2012): Adverse health effects of Asian dust particles and heavy metals in Japan, *Asia-Pacific Journal of Public Health*.

- Otani, S., Onishi, K., Mu, H., Yokoyama, Y., Hosoda, T., Okamoto, M., Kurozawa, Y. (2012): The relationship between skin symptoms and allergic reactions to Asian dust, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 9:4606-4614.
- Shimizu, K., Anzai, T., Takahashi, N., Kitamura, Y. (2012): An analysis on propriety of paddy rice and upland crop rotation system in the lower Ili River Basin, Kazakhstan, *Journal of Arid Land Studies*, 22(1):111-114.
- Shi, W.Y., Zhang, J.G., Yan, M.J., Yamanaka, N., Du, S. (2012): Seasonal and diurnal dynamics of soil respiration fluxes in two typical forests on the semiarid Loess Plateau of China: Temperature sensitivities of autotrophs and heterotrophs and analyses of integrated driving factors, *Soil Biology & Biochemistry*, 52:99-107.
- Sohail, Q., Shehzad, T., Kilian, A., Eltayeb, A.E., Tanaka, H., Tsujimoto, H. (2012): Development of diversity array technology (DAR-T) markers for assessment of population structure and diversity in *Aegilops tauschii*, *Breeding Science*, 62:38-45.
- Taniguchi, T., Usuki, H., Kikuchi, J., Hirobe, M., Miki, N., Fukuda, K., Zhang, G., Wang, L., Yoshikawa, K., Yamanaka, N. (2012): Colonization and community structure of root-associated microorganisms of *Sabina vulgaris* with soil depth in a semiarid desert ecosystem with shallow groundwater, *Mycorrhiza*, 22(6):419-428.
- Uozumi, Y., Yamada, S., Masunaga, T., Hioki, Y., Fujiyama, H. (2012): Adaptive strategy of six native herbaceous species growing over the whole region of Mt. Daisen: characteristics of N, P, K, Ca and Mg accumulation in leaves, *Soil Science and Plant Nutrition*, 58:583-594.
- Yan, M.J., Yamamoto, M., Yamanaka, N., Yamamoto, F., Liu, G.B., Du, S. (2013): A comparison of pressure-volume curves with and without rehydration pretreatment in eight woody species of the semiarid Loess Plateau, *Acta Physiol. Plant*, 35:1051-1060.
- Yasuda, H., Berndtsson, R., Hinokidani, O., Huang, J., Zheng, J., Saito, T., Kimura, R. (2013): The impact of plant water uptake and recharge on groundwater level at a site in the Loess Plateau of China, *Hydrology Research*, 44:106-116.
- Zhang, J., Liu, G.B., Xu, M.X., Xu, M., Yamanaka, N. (2013): Influence of vegetation factors on biological soil crust cover on rehabilitated grassland in the hilly Loess Plateau, China, *Environmental Earth Sciences*, 68:1099-1105.
- Zhang, J., Taniguchi, T., Tateno, R., Xu, M., Du, S., Liu, G.B., Yamanaka, N. (2013): Ectomycorrhizal fungal communities of *Quercus liaotungensis* along local slopes in the temperate oak forests on the Loess Plateau, China, *Ecological Research*, 28:297-305.

## 著書リスト

### ● 2007 年

恒川篤史編, 乾燥地研究センター監修 (2007): 「21 世紀の乾燥地科学—人と自然の持続性—」, 乾燥地科学シリーズ 1, 古今書院, 東京, 254 頁, ISBN 978-4-7722-3105-3.

### ● 2008 年

北村義信 (2008): 第 3 章水不足が中心となる流域の水問題 3.1 シルダリア川流域, (砂田憲吾編著, CREST アジア流域水政策シナリオ研究チーム著, 「アジアの流域水問題」, 技報堂出版, ISBN 978-4-7655-3424-6), pp.105-107, 112-114, 118-126 (分担).

山本定博 (2008): 第 3 章水不足が中心となる流域の水問題 3.1 シルダリア川流域 3.1.3 中下流域における灌漑農地の水不足・塩類化とその対策(1)灌漑農地の塩類化の実態と塩類集積土壌の特徴, (砂田憲吾編著, CREST アジア流域水政策シナリオ研究チーム著, 「アジアの流域水問題」, 技報堂出版, ISBN 978-4-7655-3424-6), pp.107-114 (分担).

山本太平編, 乾燥地研究センター監修 (2008): 「乾燥地の土地劣化とその対策」, 乾燥地科学シリーズ 3, 古今書院, 東京, 270 頁, ISBN 978-4-7722-3107-7.

山中典和編, 乾燥地研究センター監修 (2008): 「黄土高原の砂漠化とその対策」, 乾燥地科学シリーズ 5, 古今書院, 東京, 254 頁, ISBN 978-4-7722-3109-1.

#### ● 2009 年

篠田雅人編, 乾燥地研究センター監修 (2009): 「乾燥地の自然」, 乾燥地科学シリーズ 2, 古今書院, 東京, 224 頁, ISBN 978-4-7722-3106-0

田中浄 (2009): 第 3 部環境応答と農作物の生理 第 15 章農作物の生理学と環境, (塩井祐三・井上弘・近藤矩朗共編, 「植物生理学」, ベーシックマスター, オーム社, ISBN 978-4274206634), pp.330-347 (分担).

#### ● 2010 年

北村義信 (2010): 4-2 小アラル・シルダリア川流域における環境修復シナリオ, (ワークショップ「自然と共生した流域圏・都市の再生」実行委員会編著, 丹保憲仁監修, 「自然と共生した流域圏・都市の再生－流域圏から都市・地域環境の再生を考える」, 技報堂出版, ISBN 978-4-7655-1774-4), pp.203-213, (分担).

篠田雅人・山下博樹・門村浩編, 乾燥地研究センター監修 (2010): 「乾燥地の資源とその利用・保全」, 乾燥地科学シリーズ 4, 古今書院, 東京, 236 頁, ISBN 978-4-7722-3108-4.

山田智, (2010): 塩類集積土壌, (間藤徹・馬建峰・藤原徹編, 「植物栄養学」, 第 2 版, 文永堂出版, 東京, ISBN978-4-8300-4119-8), pp.209-219 (分担).

#### ● 2011 年

山中典和, (2011): 1 章ナラ林構成種の生態と生理, (鳥取大学広葉樹研究刊行会編, 「広葉樹資源の管理と活用」, 海青社, 大津市, ISBN 978-4-86099-258-3), pp.7-24 (分担).

山中典和, (2011): 1-1 乾燥地とはどういうところか, 1-2-③塩ストレスへの対応, 植物解説, (吉川賢・山中典和・吉崎真司・三木直子編, 「風に追われ水が蝕む中国の大地―緑の再生に向けた取り組み―(Desertification and its combating measures in China – Japanese contribution to rehabilitation of degraded lands-)」, 学報社, 東京, ISBN 978-4-904079-10-2), pp.3-16, 30-34, 191-201, (分担).

#### ● 2012 年以降

清水克之 (2012): 第三章第二節中央アジアにおける灌漑農業, (渡邊美津子編, 「中央ユーラシア環境史 第三巻 激動の近現代」, 臨川書店, ISBN978-4-653-04193-1), pp.121-152 (分担).

Sato, R., Nawata, H., Buhei, A., Nagasawa, R., Jia, R., Zhang, W., Hou, Q., Yamanaka, N. (2012): Traditional Land Use on the Loess Plateau (China) and the “Grain-for-Green” Project: a Case from Ansai, Shanxi, (Edited by Zheng Xiw'yun, 「CURRENT PROBLEMS OF ENVIRONMENT AND

ITS CULTURAL BACKGROUND(当代的琢境向題及其文化背景)」、中国書籍出版社, ISBN 978-7-5068-2625-9), pp.76-110 (分担).

## 2. 学位論文

### 平成19年度

- ・張 宝林  
Monitoring and Simulation of Long-range Mineral Dust from China and Mongolia  
(中国およびモンゴルからの長距離輸送鉱物ダストのモニタリングとシミュレーション)
- ・ERDENE BAYAR MUNKHTSETSEG  
Interactions between vegetation activity and land surface processes  
(植生活動と地表面過程間における相互作用)
- ・秋友 勝  
日本の耕地土壌におけるホウ素の動態と可給度に関する研究  
(Dynamics and availability of boron in cultivated lands in Japan)
- ・AL-BUSAIDI AHMED SALIM  
Effect of Seawater Irrigation Management on Physicochemical Properties of Soil – Water – Plant System  
(土壌の理化学的特性に及ぼす海水灌漑管理の影響)
- ・ANDRY HENINTSOA RAVOLONANTENAINA  
Acid Soil Erosion and Its Improvements  
(酸性土壌の水食とその改良)
- ・OULD AHMED BOUYA AHMED  
Sustainable drip irrigation scheduling using poor quality water under arid environment  
(乾燥条件下における低質水を用いた点滴灌漑の持続的用水計画)
- ・森谷 慈宙  
屋上緑化の斜面薄層基盤における灌漑計画と土壌保全に関する研究  
(Irrigation Scheduling and Soil Conservation for Sloped Bed Soil Used for Green Roof)
- ・AMIN ELSADIG ELTAYEB HABORA  
Improving plant tolerance to environmental stresses by over expression and identification of stress tolerance genes  
(ストレス耐性遺伝子の過剰発現と同定による植物の環境ストレス耐性の改良)
- ・山崎 真吾  
砂質土壌における塩水を用いた2深度地中灌漑に関する研究  
(Subsurface irrigation with saline water at two depths in a sandy soil)
- ・OSUGA, ISAAC MAINA  
The Nutritive Value of Tree and Shrub Forages as Supplements to Low Quality Basal Diets for Ruminants in Kenya  
(ケニアにおける低品質反芻家畜基礎飼料に補給する木本類茎葉部の栄養価)
- ・MAN CHI TRUNG  
STUDIES ON HYDRAULIC ANALYSIS FOR DESIGN AND MANAGEMENT OF IRRIGATION SYSTEMS  
(灌漑システムの水力設計およびその管理に関する研究)

- ・孫 頤  
灌漑システムにおける曲がり管を用いた肥料混入装置の開発に関する研究  
(Studies on the Development of Curved Pipe for Chemigation in Irrigation System)

#### 平成20年度

- ・MD. IMTIAZ UDDIN  
Functions of Unique Stress-Induced Genes from Rice and Its Mechanism of Salinity Tolerance  
(イネの新規ストレス誘導性遺伝子の機能解析と耐塩性機構)
- ・PETER BATALI SAMUEL GAMA  
Mechanisms of salt tolerance and their physiological implications on growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.)  
(インゲンマメの塩耐性の生理機構と成長との関係)
- ・今田 省吾  
Studies on growth characteristics of *Populus alba* under different water table depths and salinity levels  
(異なる地下水位および土壌塩分条件下におけるウズンロハコヤギの生育特性に関する研究)
- ・ZAHOOR AHMAD  
Effect of Saline Irrigation on Phosphorus Leaching and Bioavailability  
(塩水灌漑がリンの溶脱と生物利用特性に及ぼす影響)
- ・渡邊 芳倫  
Evaluation of growth and carbon storage, and influence of soil physico-chemical properties on useful tree species in West Africa.  
(西アフリカの有用樹種の生長量と炭素蓄積量の評価、および土壌の理化学性の影響)
- ・李 偉強  
Physiological and Ecological Studies of Polymorphic Seeds of Two Halophytes: *Suaeda salsa* and *Atriplex centralasiatica*  
(塩生植物 *Suaeda salsa* および *Atriplex centralasiatica* の多型種子の生理生態学的特性)
- ・MOHAMED ABD ELBASIT MOHAMED AHMED  
Modeling of Interrill Sediment Generation and Soil Microtopography Dynamics under Variable Simulated Rainfall Erosivity  
(降雨侵食による微地形動態とインターリル土壌堆積のモデル化)
- ・田村 悠旭  
塩生植物タマリスクを用いた塩類集積地の改善に関する研究  
(Studies on improvement of salt accumulated areas using *Tamarix* spp)

#### 平成21年度

- ・HUSNAIN  
NUTRIENT DYNAMICS IN WATERSHEDS AND LOWLAND SAWAH IN JAVA ISLAND IN RELATION TO THE SUSTAINABILITY OF SAWAH FARMING SYSTEMS IN INDONESIA  
(ジャワ島の集水域および低地水田における養分動態とインドネシアの水田農業システムの持続可能性)
- ・張 清涛  
Study on Evaluation of mulching effect and establishment of irrigation threshold for water-saving production  
(節水のためのマルチング効果と灌漑時期の評価に関する研究)

・ FARIDULLAH

Characterization and Recycling of Poultry litter Ash as Potential Source of Phosphorus Fertility

(リン酸質肥料としての家禽糞灰の特性と利用法)

・ 烏日樂瑪

中国の乾燥地域における沙漠化と土地・水利用の変化の相互作用に関する研究

(Research on interaction between changes in land and water management and desertification in dry region of China)

・ 韓 祥偉

Effects of simulated nitrogen deposition on grassland in the northern Loess Plateau region of China

(中国黄土高原北部の草地に及ぼす模擬窒素降下の影響)

・ 殷 俐娜

Improvement of aluminum tolerance through scavenging reactive oxygen species and lipid peroxide-derived aldehydes

(活性酸素と過酸化脂質由来アルデヒド消去によるアルミニウム耐性の改善)

**平成22年度**

・ ABDELMONEIM ABDELSALAM MOHAMED AHMED

Developing an Index based on surface temperature for assessment of moisture availability over vegetated land

(地表面温度を用いた植生地の水分効率評価指標の開発)

・ AFLIZAR

SOIL EROSION STATUS AND SUSTAINABLE LAND MANAGEMENT IN AN AGRICULTURAL WATERSHED IN WEST SUMATRA, INDONESIA

(インドネシア西スマトラの農業集水域における土壌侵食と持続的な土地管理)

・ 李 莉

Effects of the Grain for Green Program on Rural Household Productivity and Efficiency in Loess Plateau, China

(中国黄土高原における退耕還林政策が農家の生産性と効率性に及ぼす影響)

・ 韓 立建

Active and passive microwave remote sensing of near-surface soil freeze/thaw event in northern China and Mongolia

(中国北部及びモンゴルを対象とした表土凍結融解現象の受動型・能動型マイクロ波リモートセンシング)

・ BANZRAGCH NANDINTSETSEG

Soil Moisture Dynamics in the Cold, Arid Climate of Mongolia

(モンゴルの寒冷・乾燥気候における土壌水分動態)

・ KHUMBULANI DHAVU

Water saving in irrigation by sand mulch on drip lines

(点滴灌漑施設の砂マルチによる灌漑水の節減)

**平成23年度**

・ 小池崇子

Synoptic climatological study on extreme weathers in Mongolia

(モンゴルにおける異常気象の総観気候学的研究)

- ・坂東 悟  
水田における不耕起栽培に関する研究  
(Studies on no-tillage cultivation in paddy field)
- ・TSERENPUREV BAT-OYUN  
Estimation of pasture productivity in Mongolian grasslands: Field survey and Model simulation  
(モンゴル草原における牧草生産力の推定：現地調査およびモデルシミュレーション)
- ・KINGSLEY CHINYERE UZOMA  
Effect of Biochar Application for Improvement of Sandy Soil  
(砂質土壌改良のための炭化物施用効果)
- ・SOHAIL QUAHIR  
Molecular genetic and physiological studies for drought tolerant wheat production  
(耐乾性コムギ育成のための分子遺伝学および生理学的研究)
- ・趙 晟佑  
Studies on Leymus Species as Genetic Resources for Wheat Breeding  
(コムギ育種の遺伝資源としてのハマニンニク属植物の研究)
- ・WAMBUI CAROLINE CELINA  
Evaluation of the Associative Effects of Mixing Kenyan Tree Browse Foliages and Yeast  
Supplementation on Digestion in ruminants  
(ケニア在来飼料木本葉部の混合および酵母添加が反芻家畜消化率向上に及ぼす影響)
- ・AILIJIANG MAIMAITI  
Studies on the Salt Tolerance Mechanism of Halophytes Growing in Xinjiang, China  
(中国新疆ウイグル自治区における塩生植物の耐塩メカニズムに関する研究)
- ・MESHESHA DEREGE TSEGAYE  
Spatial analysis of soil erosion and sediment yield in Central Rift Valley of Ethiopia  
(エチオピアの中央地溝帯における土壌侵食と堆積の空間解析)

### 3. 研究会

#### 平成19年度

##### 第1回

開催日：平成19年10月5日

タイトル：グローバルCOEプログラム概要説明（恒川篤史教授）

保健医学研究グループ研究発表（黒沢洋一教授、島田章則教授、大谷眞二特任准教授）

##### 第2回

開催日：平成19年10月12日

タイトル：「塩生植物を用いた塩類集積地の緑化技術開発」山中典和准教授

「塩類集積を防止するための広域的水管理技術の開発」北村義信教授、清水克之講師

##### 第3回

開催日：平成19年11月9日

タイトル：地球環境研究グループ研究発表

#### 第4回

開催日：平成19年12月21日

タイトル：ICARDA／AGERI訪問記録(分子育種研究グループ)

参加者数：31名

#### 第5回

開催日：平成20年1月11日

タイトル：International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA) Aleppo, Syria(農業生産研究グループ)

参加人数：46名

#### 第6回

開催日：平成20年2月8日

タイトル：A Quantitative Analysis for Sustainable Development in Dry Land

乾燥地の持続的発展のための定量評価手法

小池淳司准教授、李莉(博士課程学生)

参加人数：20名

### 平成20年度

#### 第1回

開催日：平成20年4月11日

タイトル：「郷土樹種苗木の耐乾燥性向上に関する研究」山中典和准教授

「黄土高原の山地小流域における地下水と黄土高原の雨の予測」安田裕准教授

#### 第2回

開催日：平成20年5月9日

タイトル：農業生産研究グループ研究発表

参加者数：32名

#### 第3回

開催日：平成20年6月13日

タイトル：分子育種研究グループ研究発表

参加者数：40名

#### 第4回

開催日：平成20年7月11日

タイトル：「東アジアにおける風送ダストの発生状況および、風速、地表面状態とダスト発生との関係」黒崎泰典(GCOEプロジェクト研究員)

参加者数：25名

#### 第5回

開催日：平成20年9月12日

タイトル：”EFFECTS OF THE ASIAN DUST EVENTS ON DAILY SYMPTOMS OF HEALTHY SUBJECTS IN WESTERN TOTTORI, JAPAN” (保健医学研究グループ)

参加者数：16名

#### 第6回

開催日：平成20年10月10日

タイトル：「樹木の浸透調節メカニズムと耐乾燥、耐塩性の向上について」山中典和准教授

「生態系修復への菌根菌利用について」谷口武士プロジェクト研究員

参加者数：24名

#### 第7回

開催日：平成20年11月14日

タイトル：「乾燥地の灌漑農地における土壌塩類化の診断と改良」山本定博教授

参加者数：40名

#### 第8回

開催日：平成20年12月12日

タイトル：「コムギの耐乾性に関わる生理生態学的・遺伝学的特性」井上知恵助教

“Biotechnology for Wheat improvement”

(Engineering a poverty free world) Amin Elsadig Eltayeb Habora プロジェクト研究員

参加者数：30名

#### 第9回

開催日：平成21年1月9日

タイトル：ダスト発生と植生の乾性—モンゴル草原の植生について—

参加者数：44名

### 平成21年度

#### 第1回

開催日：平成21年5月8日

タイトル：「地上気象データ、衛星画像から見えるダスト(黄砂)」黒崎泰典(GCOEプロジェクト研究員)

「黄砂の生体影響の関する研究」Mu浩生(GCOEプロジェクト研究員)

参加者数：5名

#### 第2回

開催日：平成21年6月12日

タイトル：「塩類集積における耐塩性樹木の細根成長および塩類動態」今田省吾(GCOEプロジェクト研究員)

「乾燥地における疾病～渡航時の注意事項・危機管理と新型インフルエンザ対策など～」黒沢洋一教授

参加者数：29名

#### 第3回

開催日：平成21年7月10日

タイトル：「中生植物における耐塩性とナトリウム取り込み—放射性同位元素 $^{22}\text{Na}+$ を利用した取り組み—」山田智准教授

「新規乾燥・高塩耐性関連遺伝子の単離とコムギ形質転換技術の確立」Amin Elsadig Eltayeb Habora (GCOEプロジェクト研究員)

参加者数：60名

#### 第4回

開催日：平成21年9月11日

タイトル：「Effect of Asian dust events on the daily symptoms during the spring fo 2009 in Yonago, Japan」大谷眞二特任准教授

「直接摂取法による土壌水のモニタリング」猪迫耕二准教授

#### 第5回

開催日：平成21年10月9日

タイトル：「アラル・シルダリア川流域における水環境の修復シナリオ」北村義信教授  
「中国洛恵渠灌区における流水客土による土壌の物理・化学特性の変化」東條雅行(修士課程学生)

参加者数：60名

#### 第6回

開催日：平成21年11月13日

タイトル：「低窒素条件下における植物の応答機構—特にアブシジン酸の役割—」岡真理子講師

「低窒素条件下で生育させたキュウリにおけるアブシジン酸によるクロロフィル生合成及び分解の調節」下田洋輔(修士課程学生)

“Soil Moisture Effect on Dust Emission in Mongolia” Erdenebayer Munkhtsetsegプロジェクト研究員

“Why did a synoptic storm cause a dramatic damage in a limited area of Mongolia?” Dari Chimgee教授(モンゴル国立大学)

参加者数：43名

#### 第7回

開催日：平成21年12月11日

タイトル：「耐乾性作物の品種改良の現状と課題」辻本壽教授

On the training course in ICARDA, “Genetic transformation and DNA marker application for crop improvement” Quahir Sohail(博士課程学生)

「渡航に役立つ医学の基礎知識」大谷眞二特任准教授

参加者数：29名

#### 第8回

開催日：平成22年1月8日

タイトル：「乾燥地域の灌漑農地における土壌特性に関わる塩類評価」遠藤常嘉助教  
「地表面状態がダストの発生に及ぼす影響」木村玲二准教授

参加者数：26名

#### 第9回

開催日：平成22年2月3日

タイトル：「降水量と放牧圧がモンゴルの植生変化に及ぼす影響」程云湘(プロジェクト研究員)

「アメリカ・ネバダ州に侵入した塩性植物タマリスクの塩蓄積」今田省吾(プロジェクト研究員)

「アメリカ南西部に生育するタマリスクの適合物質蓄積」岩永史子(プロジェクト研究員)

「乾燥地で生育する塩性植物タマリスクのアーバスキュラー菌根共生」谷口 武士助教

参加者数：49名

#### 第10回

開催日：平成22年3月1日

タイトル：「乾燥地植物の浸透調整メカニズムとその向上」山中典和教授  
「塩性植物のNa依存度の種間差とその要因解析」藤山英保教授

参加者数：25名

## 平成22年度

### 第1回

開催日：平成22年5月14日

タイトル：“Climate Future Projection and Possible Changes in Extreme Weathers in Mongolia”  
Gomboluudev Purevjav（モンゴル気象水文研究所 室長）

「植物(*Oxytropis glabra*)中毒によりモンゴルのヤギで発生している小脳失調症：温暖化や気候変動などの地球環境変化の指標としての意義」島田章則教授

参加者数：22名

### 第2回

開催日：平成22年6月11日

タイトル：「黄砂とアレルギー」黒沢洋一教授

「カザフスタン・イリ川下流域における農業水利用」清水克之講師

参加者数：14名

### 第3回

開催日：平成22年7月9日(金)

タイトル：「合成コムギ派生系統における耐乾性遺伝子の網羅的発現解析と連鎖不平衡解析」田中裕之准教授

“Phosphorus release and plant uptake under the saline environment” Zahoor Ahmad  
(農学部 外国人研究者)

「乾燥地における都市排水の長期間灌漑利用が土壌-作物系に及ぼす影響：シリア, アレッポ近郊の事例紹介」佐藤敏雄（博士課程学生）

参加者数：45名

### 第4回

開催日：平成22年9月10日

タイトル：「合成六倍体コムギ派生系統(SW8, SW10)およびその親品種Cham6の耐塩性について」森谷慈宙（プロジェクト研究員）

「子どもの健康への環境調査～黄砂付着金属および微生物について～」大西一成助教

参加者数：25名

### 第5回

開催日：平成22年10月8日

タイトル：「樹木の浸透調節機能とその向上」山中典和教授

「アメリカ南西部に生育するタマリスクの適合物質蓄積」岩永史子（プロジェクト研究員）

“Function of polyamine in silicon-induced drought and salt tolerance in *Sorghum bicolor*” Lina Yin（プロジェクト研究員）

“Engineering antioxidants in transgenic potato (*Solanum tuberosum* L.) confers greater tolerance to various environmental stresses” Amin Elsadig Eltayeb Habora（プロジェクト研究員）

参加者数：45名

#### 第6回

開催日：平成22年11月12日

タイトル：「遺伝子銀行にある生物多様性をいかに品種改良に利用するか」辻本壽教授  
“Expression of drought-related traits of *Aegilops tauschii* accessions and their corresponding synthetic hexaploid wheat” Quahir Sohail（博士課程学生）  
「ダスト(黄砂)発生臨界風速を用いた砂漠化(風食化)定量化の試み」黒崎泰典  
(プロジェクト研究員)

#### 第7回

開催日：平成22年12月2日

タイトル：「低窒素環境における植物の制御機構」岡真理子講師  
“Mechanisms regulating water/solutes import from host plants to hemiparasitic weed *Striga* under drought” 井上知恵（プロジェクト研究員）  
「植物(*Oxytropis glabra*)中毒によりモンゴルのヤギで発生している小脳失調症  
(2)：病期の異なる動物個体間の脳病変の比較」島田章則教授

参加者数：22名

#### 第8回

開催日：平成23年1月21日

タイトル：「塩類集積土壌における植物を用いた除塩」山田智准教授  
「地下水の流れる音を用いた乾燥地における地下水資源探査方法」河合隆行  
(プロジェクト研究員)

参加者数：44名

#### 第9回

開催日：平成23年2月8日

タイトル：「モンゴル草原における過放牧に順応したキク科ヨモギ属 *Artemisia adamsii*  
の繁殖戦略」坪充准教授  
「中国黄土高原の水と土」安田裕准教授

参加者数：28名

#### 第10回

開催日：平成23年3月10日

タイトル：「表層吸引溶脱法による節水的除塩方法の開発」猪迫耕二准教授  
「カザフスタン・イリ川下流域における灌漑地区の地下水位変動特性」安西俊彦  
(修士課程学生)

参加者数：21名

### 平成23年度

#### 第1回

開催日：平成23年5月13日

タイトル：「黄砂の生体影響：モンゴル遊牧民に対する砂塵嵐の長期的影響」穆浩生（プロジェクト研究員）  
「塩生植物・マングローブの浸透調整」岩永 史子（プロジェクト研究員）

参加者数：28名

## 第2回

開催日：平成23年7月8日

タイトル：「強光ストレス障害と乾燥耐性作物の作出」田中浄教授

「塩類集積土壌のPhytoremediation ～中国山東省東営における実証試験の現況報告～」山田美奈（プロジェクト研究員）

参加者数：50名

## 第3回

開催日：平成23年9月9日

タイトル：「高用量の気管内投与黄砂粒子による慢性肺毒性についての病理学的研究」塩津静香（農学部 獣医学科6年次）

「モンゴル国における半乾燥草原の過放牧地に群落形成するキク科Artemisia adamsiiの土壌理化学性の特性」西原英治准教授

参加者数：14名

## 第4回

開催日：平成23年11月11日

タイトル：「乾燥地におけるリサイクル資材を用いた野菜栽培のための省力型定水位節水技術」井上光弘教授

「塩生植物タマリスクの生態、生理と利用」山中典和教授

参加者数：14名

## 第5回

開催日：平成24年1月20日

タイトル：「乾燥耐性野生作物の遺伝子を利用した乾燥耐性作物の分子育種」田中浄教授

「東アジアにおける2000年代のダスト(黄砂)多発化の原因 - 気候変動に伴う強風多発 vs. 砂漠化などに伴う地表面状態の変化」黒崎泰典（プロジェクト研究員）

参加者数：26名

## 4. ポスドク採用者

### 平成19年度

河合隆行

Erdenebayar Munkhtsetseg

松井 猛彦

末継 淳

Ould Ahmed Bouya Ahmed

### 平成20年度

黒崎 泰典

河合隆行

Erdenebayar Munkhtsetseg

松井 猛彦

末継 淳

谷口 武士

#### 平成 21 年度

黒崎 泰典  
Erdenebayar Munkhtsetseg  
Mohamed Abd Elbasit Mohamed Ahmed  
松井 猛彦  
森谷 慈宙  
Andry Henintsoa Ravolonantenaina  
今田 省吾

#### 平成 22 年度

黒崎 泰典  
松井 猛彦  
森谷 慈宙  
今田 省吾  
井上 知恵  
李 莉

#### 平成 23 年度

黒崎 泰典  
Mohamed, Abdelmoneim Abdelsalam Ahmed  
井上 知恵  
韓 立建  
岩永 史子

### 5. 国際会議等の開催実績

The First Workshop of Alliance for “Global Center of Excellence in Dryland Sciences”

開催時期：平成 19 年 7 月 28 日

場所：鳥取大学乾燥地研究センター

参加人数：23 人（4 人）

参加機関：

鳥取大学、砂漠研究所（DRI、米国）、国際乾燥地農業研究センター（ICARDA、シリア）

Plant biochemical and biotechnological researches for antidesertification in collaboration among Japan, Korea and China

開催時期：平成 19 年 11 月 28 日

場所：鳥取大学農学部

参加人数：60 人（10 人）

主な招待講演者：

Xi-Ping Deng (Soil and Water Conservation (ISWC), Chinese Academy of Sciences, China)

Sang Soo Kwak (Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology (KRIBB), Korea)

Ho-Sung Yoon (Kyungpook National University, Korea)

Management of water resources and environment in the Aral Sea Basin

開催時期：平成 20 年 2 月 23 日

場所：鳥取大学農学部

参加人数：63 人(10 人)

主な招待講演者：

Leonid N. Dmitriev (Kazgiprovodkhoz, Kazakhstan)

Roman Jashenko (Tethys Scientific Society, Kazakhstan)

荻野芳彦 (大阪府立大学)

International symposium on agricultural meteorology ISAM 2008

開催時期：平成 20 年 3 月 21～22 日

場所：下関海峡メッセ

参加人数：295 人(50 人)

主な招待講演者：

Richard G. Allen (University of Idaho, USA)

Ninth International Conference on Dryland Development (第 9 回乾燥地開発国際会議)

開催時期：平成 20 年 11 月 7～10 日

場所：エジプト・アレクサンドリア

参加人数：450 人(416 人)

主な招待講演者：

Ismail Serageldin (Library of Alexandria, Former President of the World Bank)

Kanayo Nwanze (International Fund for Agricultural Development (IFAD))

Michel Jarraud (World Meteorological Organization (WMO))

Tenth International Conference on Dryland Development (第 10 回乾燥地開発国際会議)

開催時期：平成 22 年 12 月 12～15 日

場所：エジプト・カイロ

参加人数：150 人(134 人)

主な招待講演者：

H.E. Amin Abaza (Ministry of Agriculture and Land Reclamation)

International Workshop on Dryland Science for Food Security and Natural Resource Management under Changing Climate

海外連携機関である ICARDA とともに、本事業の最終成果発表を目的に開催。

開催時期：平成 23 年 12 月 7～9 日

場所：トルコ・コンヤ

参加人数：100 人(81 人)

主な招待講演者：

K. Arzu (Ministry of Agriculture, Turkey)

N. Dogan (Government of Konya, Turkey)





グローバル COE プログラム  
「乾燥地科学拠点の世界展開」  
成果報告書

Report for the Global COE Program  
“Global Center of Excellence for Dryland Science”

平成 25 年 11 月 29 日発行

---

編集／鳥取大学乾燥地研究センター  
〒680-0001 鳥取市浜坂1390  
TEL 0857-23-3411 FAX 0857-29-6199  
ホームページ(URL) <http://www.alrc.tottori-u.ac.jp/>