

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 11 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2012～2014

課題番号：24248041

研究課題名(和文) 灌漑管理統合評価指標の開発～改めて「良い灌漑とは？」

研究課題名(英文) Development of Integrated Indices on Water Management Performance for Wise Irrigation

研究代表者

渡邊 紹裕 (Watanabe, Tsugihiro)

京都大学・地球環境学堂・教授

研究者番号：50175105

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 31,200,000円

研究成果の概要(和文)：世界における人口と食料需要の増加や、日本国内の農業・農村の構造変化、さらに気候変動に鑑み、今後さらに重要となる灌漑管理の役割の再評価と改善策の検討に必要な評価指標の開発を進めた。既存の調査研究や改善事業で用いられてきたものを基礎に置きながら、エジプト・ナイルデルタと日本・愛知川地区を主要な事例地区として、灌漑の根幹にある共同管理の意義とその機能を評価する視点から実態を観測・分析する事例考察を重ねた。エジプトでは、共同管理の歴史的形成過程を再現・考察する方法の基礎をも構築した。

研究成果の概要(英文)：The assessment indices of irrigation management performance have been developed, which is necessary to the study of re-evaluation of the role of irrigation management and its improvement, under the forth-coming conditions of population growth and increase food demand of the world and agricultural and rural structural change in Japan, as well as global climate change. Based on the indices that have been used in the previous and on-going researches and improvement projects, the case studies and diagnosis have been carried for observation and analysis of the actual situation from the perspective of evaluating the significance and the function of cooperation in the foundation of irrigation. In the research, the Nile Delta of Egypt and the Echigawa District of Japan are selected as major case areas. In Egypt, even the basis of the method has been developed to reconstruct and evaluate the historical formation process of cooperation in irrigation management.

研究分野：地域環境工学・農業農村工学

キーワード：灌漑排水管理 総合評価指標 用水需給 農家水管理組織 ナイルデルタ 洪水氾濫・ベイスン灌漑

## 1. 研究開始当初の背景

世界の食料生産における灌漑の役割の拡大は限界に迫り、今後の人口と食料需要の増加への対応は喫緊の課題であるが、農業用水需要の増大への対応や具体的な管理手法の開発は遅れている。水動態の実態と、管理の変更による変化を具体的に示す「道具」の開発が急務で、まず、灌漑を評価して改善方法を具体的に絞り込むための指標が必要である。とくに「農業生産性の向上のための灌漑排水システムの診断」だけでなく、灌漑の役割や影響を総合的に評価する「視点」と「ものさし」が必要で、そのための新たなアプローチが求められていた。

## 2. 研究の目的

本研究は、新たな「灌漑管理統合評価指標」(Integrated Performance Assessment Indices of Irrigation Management)を開発することを基本的な目的とした。この指標開発は、改めて「良い灌漑とは何か？」が問われている状況を鑑み、その回答の根拠を整え、灌漑管理の現状評価に基づいて、改良の方向や具体的な手法を提示することに繋がる。

そこでは、農業生産性の視点だけでなく、地域環境や農村での協働などの社会関係も含め、灌漑管理を包括的に評価する具体的指標が求められており、本研究はその基本的な視点と手法開発を目的とした。

研究では、事例地区を選定し、灌漑の効果と問題の内容と構造(背景、原因、対応と経過など)を、とくに、管理行為との関係を意識して診断する、事例の蓄積を重視した。また、統合的な管理評価指標で対象とすべき、農地の水動態と水過不足、用水配分、作物生産、水環境、管理労力とコスト、共同管理における協働の実態を、改めて把握することにした。

## 3. 研究の方法

研究は、主に以下ように進めることとした。

(1) 世界で、長期間安定的に灌漑が継続している地域や、近年に開発が進行し変化のある地域を、気候条件を勘案して、事例地域として選定する。実際には、現地の治安や研究環境を考慮して、主にエジプトと日本の事例を対象とした。

(2) 事例研究地域において、灌漑の効果と問題を、水動態、管理行為、農業生産、地域環境の側面から実態把握する。

(3) 灌漑の効果と問題の記述及び因果関係の考察を通じて、状況を端的に表現する項目を選択し、評価指標としてまとめる考え方を示す。

## 4. 研究成果

### (1) 灌漑管理評価の基本について

新たな灌漑管理のための統合評価に有効な指標は、各事例や他の調査研究での知見を重ねると、農業生産性の視点だけでなく、地

域環境と農村における協働などの社会関係も含めた実際の効果(実効)というアウトカムを評価に資する具体的指標が必要であることが確認された。また、灌漑の有様(インプット)としては、継続して灌漑施設・器具の機能、管理組織の機能と費用の評価の改善に加えて、関係する人や組織の関係と情報形成・共有を評価することの意義を明らかにした。また、これらのインプットとアウトカムの関係を表現する具体的なモデルの開発必要性は明らかとなったものの、その定量化モデルの提示には至らず、今後の課題となった。

### (2) 灌漑用水の需給管理

総合的なアウトカム評価の基本としては、灌漑の本来の目的と意味を考え、やはり用水の需給バランス(効率)とその調整が、生産性・環境・社会関係において継続して根幹にあるとの認識から、この実態の分析、管理を総合的に体现するものとして、総合評価の切り口として位置付け、実態を詳細に把握分析した。

エジプト・ナイルデルタの中央に位置するダカルト支線水路受益地区(面積2,310ha、図1)において、地区内の複数の三次水路受益ブロック毎の用水需給を詳細に観測・分析した。

各ブロックに設置された複数の小型揚水機の運転時間を、新たに開発したパイプと大気との温度差を検知することから把握する手法を開発・適用し、供給水量をこれまでにないレベルで観測した。また、作付け体系・作付面積を衛星画像で詳細に把握した上で、各作物ごとの圃場需要水量を、最新のモデルを改良・適用して推定した。

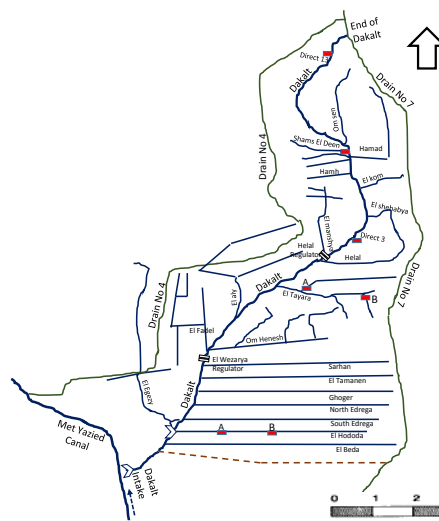


図1 ダカルト地区概要(赤色四角が観測揚水機)

この結果(2013年と2014年の夏季・冬季作の各ブロックごとの灌漑期用水需給)を示すと、表1ようになる。圃場需要水量や配水システムでの損失量の推定の精度にはなお課題もあるが、相対的な配分の分析から、以下の点を明らかにすることができた。

表1(1) ブロック別用水需給 (2013年)

ブロック名 (3次支線名)	作付面積	2013年 夏季作						
		主要作物作付面積			圃場需要	取水	灌漑効率	余裕率
		イネ	ワタ	メイズ				
ha	ha	ha	ha	mm	mm			
Edrega A	24.7	22.1	1.2	1.4	941	1191	0.79	1.27
Edrega B	42.4	41.3	0.0	1.1	967	1038	0.93	1.07
mobasher 3	26.7	16.7	7.2	2.8	860	1002	0.86	1.17
Tayara A	32.4	21.3	7.6	3.5	866	968	0.89	1.12
Tayara B	30.7	27.9	0.9	1.9	938	1018	0.92	1.09
Shams El-Deen	27.5	24.6	1.2	1.7	941	942	1.00	1.00

ブロック名 (3次支線名)	作付面積	2013年 冬季作						
		主要作物作付面積			圃場需要	取水	灌漑効率	余裕率
		コムギ	ビート	ベルシーム				
ha	ha	ha	ha	mm	mm			
Edrega A	23.5	11.7	5.9	5.9	503	360	1.40	0.72
Edrega B	42.2	20.6	12.0	9.6	504	325	1.55	0.64
mobasher 3	25.6	14.6	5.0	6.0	490	467	1.05	0.95
Tayara A	31.9	13.5	8.1	10.3	518	433	1.20	0.84
Tayara B	30.5	13.9	8.7	7.9	510	369	1.38	0.72
Shams El-Deen	26.4	12.5	6.6	7.3	508	408	1.25	0.80

表1(2) ブロック別用水需給 (2014年)

ブロック名 (3次支線名)	作付面積	2014年 夏季作						
		主要作物作付面積			圃場需要	取水	灌漑効率	余裕率
		イネ	ワタ	メイズ				
ha	ha	ha	ha	mm	mm			
Edrega A	24.4	12.1	0.5	11.8	701	604	1.16	0.86
Edrega B	42.9	42.1	0.0	0.8	857	1156	0.74	1.35
mobasher 3	26.1	21.3	1.1	3.7	812	635	1.28	0.78
Tayara A	32.7	23.5	5.5	3.7	798	635	1.26	0.80
Tayara B	30.7	24.0	3.8	2.9	813	728	1.12	0.90
Shams El-Deen	27.9	20.3	3.2	4.4	793	842	0.94	1.06

ブロック名 (3次支線名)	作付面積	2014年 冬季作						
		主要作物作付面積			圃場需要	取水	灌漑効率	余裕率
		コムギ	ビート	ベルシーム				
ha	ha	ha	ha	mm	mm			
Edrega A	23.5	8.5	7.1	7.9	517	323	1.60	0.62
Edrega B	40.8	11.8	11.4	17.6	530	356	1.49	0.67
mobasher 3	24.1	8.1	9.7	6.3	522	235	2.22	0.45
Tayara A	31.8	9.2	14.7	7.9	529	271	1.96	0.51
Tayara B	31.0	12.2	12.0	6.8	512	267	1.92	0.52
Shams El-Deen	27.8	13.5	10.1	4.2	497	419	1.19	0.84

- ①各ブロックとも全体として用水供給に大きな不足は発生していない。ブロック間で需要に対する相対供給水量に差が生じているが、これはブロックの位置等による「上下流問題」ではなく、費用のかかる揚水機運転の調整の感度(精緻さ)に規定される。
- ②夏季は、水田稲作が中心であり、圃場の需要の推定精度の向上の必要と合わせて、過剰取水の問題の可能性が示された。一方冬季は、同様に需要水量の推定精度の課題とともに、取水を制約する何らかの動因の作用がうかがわれ、今後の調査の必要が明確となった。
- ③各ブロックの供給管理の精緻さは、農家用水組合の組織化や機能ではなく、ポンプ運転管理者の個別の技能と組合員農家との関係を含む経験による。これは、アンケート調査からも確認された。
- ④ポンプ運転・配水担当者の管理操作を含めての農家用水組合の実効を評価する指標の必要性を示すことができた。
- ⑤リーダーと担当者の技量、農家が共同に参加することの喜びの度合いを、それらが効果的な操作や奉仕的な作業に結びつくことを含めて表現する指標の必要性を明らかにした。

(3) 灌漑管理の各階層の評価視点

灌漑管理の階層性を鑑み、エジプトを中心に、各レベルでの評価の方向と指標化を進めた。それぞれの主要な成果は以下のとおりで

ある。

①流域レベル

エジプト全体(ナイル川)の水資源計画全体を、持続可能性の観点から評価する指標の開発を試みた。その要素として、資源(利用可能水量、システム中の損失、衛生環境、水源ダム状況、取水可能性、排水能力)、環境(水質[DO, COD, BOD5, TDS]、上水需要、農業用水需要)、社会経済(人口、所得、HDI、GDP、教育投資、純農業投資、耕地面積)を設定し、2025年と2050年の予測を行った。その結果、エジプトの水資源計画の持続可能性は、灌漑排水の管理改善、ダムの供給量、カイロの都市用水管理に大きく規定されることが明らかとなった。

②灌漑地域における送配水システムの管理

灌漑地区の灌漑管理を評価し、また改善する基盤条件として、以下のような看過されがちなハードの条件に注目することが重要である。a)送配水路の粗度係数を設計水準に維持。b)水位調整ゲート導入などによる送配水の柔軟性の確保。c)各管理施設の用水到達時間を精緻に考慮した運用操作。d)公平配水のために、分土工・取水工のゲート開度の連続的調節。

また、灌漑システムの配水状況を評価する指標に、需要変動への柔軟性・即応性を組み込むことを検討した。ナイルデルタのように降水が期待できない地域では実水需要が計画量以下にならないことに加え、広大な灌漑地域で予定しない需要増に対応することは困難であることから、支線や3次レベルの水路受益地区で独立した柔軟性評価は困難であることを示した。

③圃場レベルの需給評価

需要量算定の基礎としての圃場での水動態の評価と、その視点からの効率的な灌漑方法の検討を行った。水分モニタリングに基づいて自動的に灌漑する場合、天気予報と土壌水分動態モデルを組み合わせる灌水量を決定する場合を、想定される作物生産による純収益から比較した(点滴灌漑、トウモロコシ)。その結果、後者の高収益性可能性を示すことができた。これは、エジプト現地圃場の実験に加えて、国内の実験圃場でも確認した。

(4) 日本・愛知川地区での用水需給分析

滋賀県愛知川扇状地における農業用水管理について、現地観測を含め主に用水需給と配分を調査・分析し、以下の成果を得た。

- ①ダムが主要水源の愛知川地区では、圃場整備による排水改良、兼業農家増加による水利用の集中化・粗放化、多様品種栽培による送水期間の長期化が地域内の水不足をもたらしている。
- ②効率的活用が必要な補助水源(地下水揚水、反復利用施設、調整池、溜池)が、水利組合・集落の水管理の弱体化で活用されていない。
- ③末端分土工受益地で、上流部の粗放的取水

管理による下流部水不足の発生リスクを表現する指標として、上流に位置する配水水田面積（上流側配水面積）の有効性を示した（図2）。

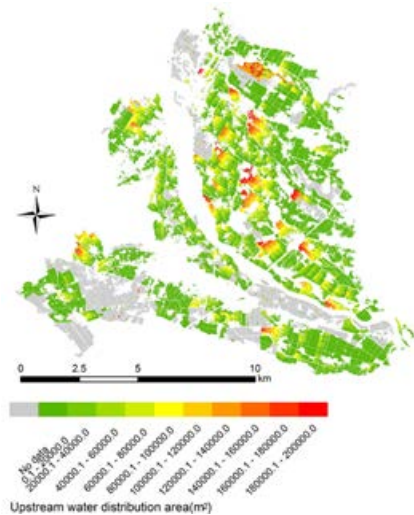


図2 愛知川地区の上流側配水面積

- ④兼業化や担い手農家による大規模化などの構造変化を考えると、土地改良区他の上位水管理組織団体が末端分水工受益の水管理をも行う必要の拡大を示した。
- ⑤参考に検討を加えたベトナム紅河デルタ地域における灌漑排水の事例からは、a)水資源有効利用と水田からの温室効果ガス（メタン）の放出抑制が課題となっていて、生産と環境を両立させた水管理が求められている。b)上記の両立は個別農家では実施困難で、農業組合組織による統合的な管理が求められる。c)70ha程度毎に農業組合が水配分調節可能な小型ゲートを整備することの有効性を提示した。

(5)管理における共同の意味と効果

- ①エジプトにおける共同水管理形成の考察  
ナイル川河谷・デルタにおける農業用水管理は、古代エジプトから長く続いたナイル川の季節的氾濫を利用したベイスン灌漑の形成とその歴史の変遷の解明まで立ち返っての検討が必要であるとの判断から、古代からアスワンハイダム建設までの氾濫と、堤防と水路による氾濫調整と耕地の拡大を、水文モデルで再現することを試みた。資料と時間の制約から、所期の計画全部を実現することはできなかったが、以下の成果をあげることができた。この成果は、上述のねらいに沿って、今後の水管理の評価と改善に資するべく活用され、継続したモデル開発に結びつけるべきものである。  
a)歴史的な治水と灌漑用の構造の再現解析プロセスを構築すべく、古水文と合わせ活用する歴史的土地利用を再現する「古土地利用再構築プログラム（PLUR）」を開発した。  
b)また、古文書や古地図など過去の環境資料を用いて歴史的な灌漑構造を再現する数値

化モデルを開発した。c)この流域モデルは、セル分布型流出モデル（CDRMV3）を基礎とし、洪水の再現については、京都の鴨川流域を検証事例に選び、1902年の土地利用を再現した上で、1930年の豪雨洪水の再現計算を行って、土地利用や気候変化の潜在的影響を比較評価できることを示した。d)古環境の再現及び古水文・氾濫モデルをエジプト・ナイル川流域に適用して、過去の仮想的な条件下での、氾濫と湛水の拡大再現を再現するモデルを構築した。

②農家参加型灌漑管理の意味と実態の検討

国家灌漑庁を中心にして1980年代より国営灌漑システムにおいて農家参加型の灌漑管理を推進してきたフィリピンにおいて、ボホール州の灌漑システムを事例として灌漑管理の実効を分析した。そこでは、a)灌漑管理は、「灌漑用水の割当て制度」など配分の基本的な設計が十分でないことが、用水需給や配分の調整が十分に実現していない主要因であること、b)水利費が面積割収されていて従量制ではなく、配水量が少ない下流部農家は相対的に高い水利費を払わされることと、水利組合が水利費不払い者、非組合員受益者、不正行為を働いた役員に制裁を科していないこと、c)制度の運用を含めて関係者の関係の構築が不十分なことが水利組合の運営に問題を生じ、十分な利用可能水量を活かせていないこと、を明らかにした。

③乾燥地における灌漑の管理と影響の評価

用水供給に制約が多い乾燥地域においては、農業は牧畜より多くの水を利用し、灌漑で土壌塩性化の問題を起こすことがあることから、灌漑管理の評価・改善はとくに重要な課題である。さらに、近年の経済発展がその構造に影響を加え、鉱産資源開発による水源枯渇という環境劣化も頻発している。この基本構造と近年の状況を、モンゴル国を主な事例として検討し、a)乾燥地における農業用水管理による環境変化と改善の影響の大きさ、b)国の社会経済体制の変化が農地・農業用水管理、さらに地域環境に及ぼす影響の大きさ、c)地域の生産性の回復力は元植生と破壊程度に応じる、ことを明らかにした。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計17件）

- ①Pingping LUO, Bin He, Kaoru Takara, Yin E Xiong, Daniel Nover, Weili Duan, and Kensuke Fukushi. Historical Assessment of Chinese and Japanese Flood Management Policies and Implications for Managing Future Floods, Environmental Science & Policy. 査読有 .Vol.48. 2015. pp. 265-277. DOI:10.1016/j.envsci.2014.12.015.
- ②鈴木康平, 上條隆志, Undarmaa Jamsran, 小長谷有紀, 田村憲司. モンゴルの森林ス

- トップと典型ステップにおける耕作放棄地の植生回復. 植生学会誌. 査読有. 32-1. 2015 (印刷中)
- ③ Ieko Kakuta. Impact of Participatory Irrigation Management on the Bohol Irrigation Project in the Philippines. 亜細亜大学アジア研究所紀要. 査読無. 41. 2015. pp.123-162
- ④ Abou El Hassan W.H., G. ElKassar, H. Fujimaki, Y. Kitamura and A. Khater. Assessment of Cost effective Alternatives for Improving Irrigation Systems in Nile Delta. Irrigation and Drainage Journal, 査読有. 64-3. 2015. 掲載決定
- ⑤ Jane Singer and Tsugihiko Watanabe. Reducing reservoir impacts and improving outcomes for dam-forced resettlement: Experiences in central Vietnam. Lakes and Reservoirs: Research and Management. 査読有. 19-3, 2014, pp.225-235.DOI 10.1111/Ire.12072
- ⑥ Freeg M. R., T. Watanabe, E.H. ElSeidy, W H. Abou ElHassan, U.A. Abd ElRazek. Challenges for Sustainable Paddy Water Management under the Improved Irrigation System in the Nile Delta. PAWEES 2014 International Conference Proceedings, 査読有. CD. 2014
- ⑦ Pingping LUO, Kaoru TAKARA, APIP, Bin HE and Daniel NOVER. Reconstruction assessment of historical land use: a case study at the Kamo River basin, Kyoto, Japan. Computers & Geosciences. 査読有. 63. 2014. pp.106-115, DOI: 10.1016/j.cageo.2013.07.024
- ⑧ Pingping LUO, Kaoru TAKARA, Bin HE, Weili DUAN, APIP, Daniel NOVER Tsugihiko WATANABE, Maochuan Hu, Kenichi NAKAGAMI and Izumi TAKAMIYA. Assessment of paleo-hydrology and paleo-inundation conditions: the process. Procedia Environmental Science. 査読有. 20. 2014. pp.747-752. DOI:10.1016/j.proenv.2014.03.
- ⑨ A. Khater, Y. Kitamura, K. Shimizu, W. Abou El Hassan, and H. Fujimaki. Quantitative analysis of reusing agricultural water to compensate for water supply deficiencies in the Nile Delta irrigation network. Paddy and Water Environment. 査読有. 2014. DOI:10.1007/s10333-014-0454-y.
- ⑩ Abd Elhamed Khater, Yoshinobu Kitamura, Katsuyuki Shimizu, Hiroaki Somura and Waleed H. Abou El Hassan. Improving water quality in the Nile Delta irrigation network by regulating reuse of agricultural drainage water. Journal of Food, Agriculture and Environment. 査読有. Vol.12 (3&4). 2014. pp.329-337
- ⑪ Aly, A.M., Kitamura, Y. and Shimizu, K. 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. 査読有. 11(1-4). 2013. pp.445-454
- [学会発表] (計 20 件)
- ① Katsuyuki Shimizu. Soil salinization and its mechanism on check dam farmlands in the Loess Plateau, China, JIRCAS International Symposium on Soil Environment and Crop Production, 2014 年 11 月 28 日. 秋葉原コンベンションホール (東京都千代田区)
- ② Haruyuki Fujimaki. Prediction of salt accumulation at wet soil surface under drip irrigation, ASA, CSSA, &SSSA International Annual Meeting, 2014年11月25日. Long Beach(USA)
- ③ 岩崎有美, 中村公人, 安藤哲城, 川島茂人, 橋本慧子, 渡邊紹裕. 扇状地水田地域における取水管理の状況とその影響要因, 第 71 回農業農村工学会京都支部研究発表会, 2014 年 11 月 13 日, ホテルグランパール 岐山 (岐阜市)
- ④ Tsugihiko Watanabe. How irrigation and Drainage can play an Important Role in Climate Change Adaptation?. 22nd ICID Congress (keynote). 2014 年 10 月 8 日. 光州 (韓国)
- ⑤ 安藤哲城, 中村公人, 大塚瑠香, 岩崎有美, 橋本慧子, 渡邊紹裕, 川島茂人. 水田水管理における水不足状況の指標となる末端分水工掛の特徴, 平成 26 年度農業農村工学会大会講演会. 2014 年 8 月 26 日~8 月 28 日, 朱鷺メッセ (新潟市)
- ⑥ 山本忠男, 久米 崇, 清水克之. 環境変動に対するレジリエンス強化からみた乾燥地農業の持続可能性, 平成 26 年度農業農村工学会大会, 2014 年 8 月 26 日~8 月 28 日, 朱鷺メッセ (新潟市)
- ⑦ 石川 敬, 清水克之, 北村義信: 灌漑農業における水利用の実態とその評価ーエジプト・ナイルデルタの事例. 日本砂丘学会 第 60 回全国大会. 2014 年 7 月 20 日. 鳥取市
- ⑧ Khater A. El-Hamed., Kitamura, Y., Shimizu, K., Somura, H. and Waleed H. Abou El Hassan. Improving water quality in the Nile Delta irrigation network by regulating reuse of agricultural drainage water. 2nd Annual International Conference on Ecology, Ecosystems and Climate Change & 2nd Annual International Conference on Water. 2014 年 7 月 14~17 日. Athens (Greece)

- ⑨ 角田宇子. 灌漑システムの水利組合の成否の要因～フィリピン・ボホール州の灌漑システムの事例から～. 平成 26 年度日本 ICID 協会講演会. 2014 年 6 月 10 日. TKP 虎ノ門会議室(東京都港区)
- ⑩ 橋本慧子, 中村公人, 渡邊紹裕. 農業用水反復利用実施地区における水系の水質特性と水利用の関係, 平成 25 年度農業農村工学会大会. 2013 年 9 月 3 日～5 日, 東京農業大学 (東京都世田谷区)
- ⑪ Khater A. El-Hamed., Kitamura, Y., Shimizu, K. and Waleed H. Abou El Hassan. Impact of use of drainage on water delivery performance in irrigation networks at the lower Nile Delta). 11th International Dryland Development Conference- Global Climate Change and its Impact on Food and Energy Security in the Drylands. 2013 年 3 月. Beijing (中国)

[図書] (計 5 件)

- ① 渡邊紹裕. 京都通信社. にぎやかな田んぼ. 2015. 224 頁 (分担 58-65, 68-71)
- ② 小長谷有紀. 丸善出版. 世界民族百科事典. 2014. 816 頁 (「環境破壊」624-625)
- ③ 小長谷有紀, サランゲレル, ソヨルマ編. 国立民族学博物館. 20 世紀におけるブリヤート人たち—中国内モンゴル自治区フルンボイルにおける口述史 (モンゴル語および日本語), 2014, 489 頁
- ④ 小長谷有紀, 前川愛 編著, 明石書店. 現代モンゴルを知る 50 章. 2014, 336 頁

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

渡邊 紹裕 (WATANEBE, Tsugihiro)  
京都大学・大学院地球環境学堂・教授  
研究者番号: 5 0 1 7 5 1 0 5

### (2) 研究分担者

仲上 健一 (NAKAGAMAI, Ken'ich)  
立命館大学・政策科学部・教授  
研究者番号: 1 0 1 0 9 0 7 7

小長谷 有紀 (KONAGAYA Yuki)  
大学共同利用機関法人 人間文化研究機構・本部役員会・理事  
研究者番号: 3 0 1 8 8 7 5 0

中村 公人 (NAKAMURA, Kimihito)  
京都大学大学院・農学研究科・准教授  
研究者番号: 3 0 2 9 3 9 2 1

藤巻 晴行 (FUJIMAKI, Haruyuki)  
鳥取大学・乾燥地研究センター・教授  
研究者番号: 9 0 3 2 3 2 5 3

### (3) 連携研究者

寶 馨 (TAKARA, Kaoru)

京都大学・防災研究所・教授  
研究者番号: 8 0 1 4 4 4 3 2 7

浜口 俊雄 (HAMAGUCHI, Toshio)  
京都大学・防災研究所・准教授  
研究者番号: 9 0 2 6 3 1 2 8

北村 義信 (KITAMURA, Yoshibobu)  
鳥取大学・乾燥地研究センター・教授  
研究者番号: 8 0 2 8 4 0 0 8

清水 克之 (SHIMIZU, Katsuyuki)  
鳥取大学・農学部・准教授  
研究者番号: 1 0 4 1 4 4 7 6

高宮 いずみ (TAKAMIYA, Izumi)  
近畿大学・文芸学部・教授  
研究者番号: 7 0 2 2 1 5 1 2

角田 宇子 (KAKUTA, Ieko)  
亜細亜大学・国際関係学部・教授  
研究者番号: 2 0 2 9 6 3 9 6

長野 宇規 (NAGANAO, Takanori)  
神戸大学・農学部・准教授  
研究者番号: 7 0 4 6 2 2 0 7

### (4) 研究協力者 (主な協力者)

羅 平平 (LUO, Pingping)  
国際連合大学・博士研究員

Waleed H. ABOU EL HASSAN  
エジプト・国立水研究センター・准教授