

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 23 日現在

機関番号：	14501
研究種目：	基盤研究(B)
研究期間：	2010~2012
課題番号：	22405034
研究課題名（和文）	大規模灌漑農地の総合塩害管理技術の開発
研究課題名（英文）	Development of an integrated approach for management of salinity problems in large irrigation districts
研究代表者	長野 宇規 (Nagano Takanori) 神戸大学・農学研究科・准教授 研究者番号：70462207

研究成果の概要（和文）：トルコ共和国の 2 か所の大規模灌漑農地，Seyhan 河下流域プロジェクト内の Akarsu 灌漑区と Euphrates 河流域の Harran 平原において総合塩害管理法の開発のための観測を行った。リモートセンシングを用いた塩害地の分布診断，安定同位体水文学を用いた地下水の経路追跡，灌漑地に特化した分布型水分・塩分移動モデルによる管理シナリオの分析を行った。

研究成果の概要（英文）：Observations were made in two large irrigation districts (Akarsu and Harran) in the eastern Turkey for developing an integrated approach for management of salinity problems. Saline field were indirectly detected by remote sensing, dynamics of shallow water table was monitored using oxygen, hydrogen and strontium stable isotopes. The water budget was verified by the distributed coupled model of water and salt dynamics.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	6,000,000	1,800,000	7,800,000
2011年度	3,700,000	1,110,000	4,810,000
2012年度	2,000,000	600,000	2,600,000
総計	11,700,000	3,510,000	15,210,000

研究分野：農学B

科研費の分科・細目：農業土木学，農村計画学

キーワード：灌漑農地，リモートセンシング，モニタリング，モデル化，塩害，トルコ

1. 研究開始当初の背景

世界の全灌漑農地のうち約 20%は塩害の影響を受けており生産性が低下している。塩害の緩和には設備改良もしくは大量の水を必要とする。気候変動により水不足が深刻化すると，塩害の管理はより困難になると考えられる。また上流で塩害除去を行なうと下流の水質に悪影響が及ぶため，塩害管理には慎重な戦略が必要である。

今後の塩害管理には，塩害を広域的に監

視・評価できるシステムの構築と，塩害の原因を同定し，設備投資と水資源に応じた管理オプションを示せるような地域的塩害管理モデルの双方が必要である。

2. 研究の目的

本研究の目的は実用レベルの大規模灌漑農地の総合塩害管理法を確立することである。総合塩害管理とは，リモートセンシングを用いた分布診断，安定同位体水文学を用い

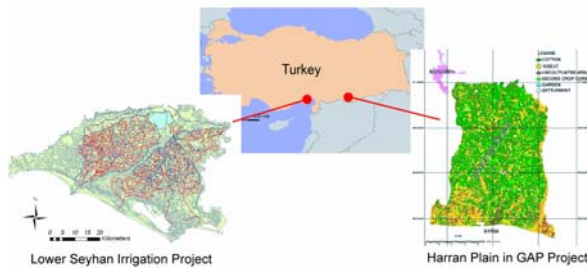


図1 研究対象地域 Seyhan 河下流灌漑プロジェクトの Akarsu 灌漑区(左)と Euphrates 河流域の Harran 平原(右)

た地下水の経路追跡、灌漑地に特化した分布型水分・塩分移動モデルによる管理シナリオ分析を指す。

研究対象地域はトルコ共和国南西部に位置する Seyhan 河下流灌漑プロジェクト内の Akarsu 灌漑区(9,495 ha)とユーフラテス河流域に位置する Harran 平原(225,000 ha)である(図1)。

Akarsu 灌漑区は Seyhan 河下流灌漑プロジェクト(17,500 ha)の中の2次灌漑水路の受益地である。海岸平野に立地し、セイハン河の流出を Catalan, Seyhan ダムに貯水して夏の乾燥期に利用する。主にトウモロコシや綿花・果樹などが栽培されている。灌漑水路と排水路で綿密な水収支観測が行われている。

Harran 平原はトルコ東部の生活水準向上を目的とした南アナトリア開発プロジェクト(GAP)の一部として1990年から灌漑が開始されている。ユーフラテス河上流域に建造された Ataturk ダムを水源として、綿花栽培が始まった。しかしながら既に225,000 haの受益地の2割で塩害が深刻化しており、下流のシリア、イラクへの放流水の水質悪化も懸念されている。

3. 研究の方法

(1) Akarsu 灌漑区

2010年5月より2年間にわたり、水収支と主要水質項目のモニタリングを実施した。水収支については自動観測を行い、灌漑農地の浅層地下水の塩分濃度と水質について108点の観測孔を利用して年4回集中観測を行った。その内8点では地下水位、ECを自動観測した。上記の観測で採取された水サンプルについては日本で水素・酸素・ストロンチウムの安

定同位体の分析を行った。

衛星観測はESAのCHRIS-PROBAを用いて高解像度の塩害地観測を行った他、MODISデータセットを用いて低空間解像度、高時間解像度のデータ取得を行った。

(2) Harran 平原

2011年にHarran大学とMOUを交わし、研究協力体制を構築した。Harran平原の観測データをHarran大学およびDSI(所轄水利当局)から入手し、また平原内の各点で浅層地下水位変化、塩分濃度変化の自動観測を開始した。

4. 研究成果

(1) Akarsu 灌漑区の水収支

灌漑区への2011年の流入は降雨量が605mm、灌漑量が1397mmとなった。一方排水は1125mm、蒸発散が834mmとなった。このうち灌漑期における排水量が60%を超過しており、その原因は無効灌漑量の多さにある。一方浅層地下水は地表面から平均1.4mの深さに存在し、最も深いものでも2.5m以内に存在した。

(2) Akarsu 灌漑区の塩害

Akarsu 灌漑区においては地表面に顕著な塩害は存在しなかった。地下水は高いところで180ppmのNa濃度が見られ、季節的な変化には乏しかった。またNaとMgの濃度分布には高い相関が見られた。

(3) 安定同位体分析

水素・酸素同位体分析により Akarsu 地区の浅層地下水は Seyhan 河の灌漑水と降水の中間の値を取り、灌漑期は灌漑による涵養の影響が顕著に見られた。一方ストロンチウム同位体分析から灌漑区が隣接する Ceyhan 河からの浅層地下水への涵養の影響が認められた。

(4) 衛星による農地診断

Akarsu 灌漑区については水文モニタリング期間中 Chris Proba と Landsat を用いて圃場単位の土地利用分類図を作成した。また MODIS データのミクセルを Landsat の土地利用図を用いて分解し、作物ごとの平均フェノロジーを正確に抽出することに成功した。作灌漑区内の各作物のピュアピクセルで得ら

れる作物フェノロジーと作物別平均フェノロジーとを比較することによって、灌漑区内での作物生育の良否の分布を分析することができ、時系列衛星画像を用いた塩害管理への可能性が開けた。

(5) 水文・塩害挙動モデリング

(1)の水文収支結果と(4)の圃場毎作物分布を入力データとして、灌漑実効評価モデルにより Akasu 灌漑区の水収支を再現した。図2に示すように地下水位に平均1m程度の誤差を生じながらも全体的に灌漑区内各地点の地下水挙動を1年通して再現できた。灌漑実効評価モデルへの塩分挙動モジュールの組み込みは予定より遅れており、今後も開発を継続する。

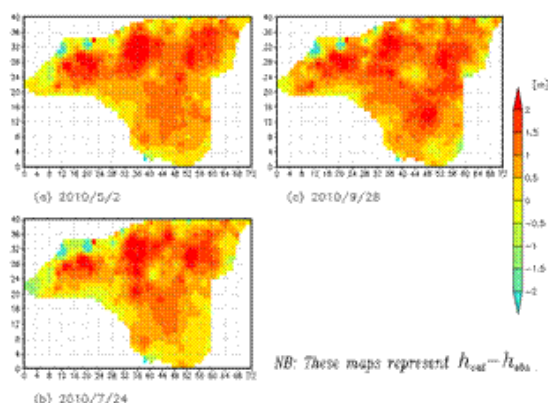
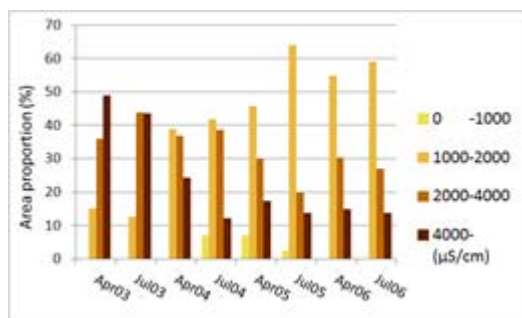


図2 灌漑実効評価モデルによる Akarsu 灌漑区の地下水位のシミュレーションと実測値の差

(6) Harran 平原の塩害挙動

Harran 平原について入手した浅層地下水の塩類化データを解析した結果、平原南部の塩害は緩和方向にあることが明らかになった。図3に示すように重度 ($4,000 \cdot \text{s/cm}$ 以



上) や中度 ($1,000-4,000 \cdot \text{s/cm}$) の地域が減少する

図3 Harran 平原南端地域の地下水塩類化地域の推移 (2003-2006年)

一方で軽度の塩害地が増加する傾向が明らかであった。また地形分析から重度の塩害が確認された地域は非灌漑期に上流地域からの排水の影響で地下水井が上昇する低平地区にあたり、塩害は2次的なものである可能性が高い。

Harran 平原では Akarsu のような詳細な観測は不可能であり、入手可能なデータも限られている。今後は衛星画像解析による土地利用分類と灌漑実効評価モデルを援用して塩分挙動のシミュレーションを展開する予定である。

(7) 国際連携

毎年海外研究協力者の招聘を行った。2010年度は Çukurova 大学から高解像度衛星分析を担当する Onur Satir 氏を短期招聘し、CHRIS- PROBA 衛星を用いた塩害地の検出法について共同研究を行った。2011年度に Adiyaman 大学の Kemal Zorlu 博士 (地質学) を招へいし、Harran 平原周辺の地質構造について情報提供を受けた。2012年度には Çukurova 大学の Ali Demir Keskiner 氏を1ヶ月招へいし、灌漑実効評価モデルの操作法などの技術移転を行った。

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2件)

- ① Buyuk, G., Akca, E., Serdem, M., Isfendiyaroglu, S., Nagano, T., Kume, T. and Kapur, S. (2011) : Effect of 50 Years Reclamation on Soil Quality in a Sand Dune Area of Central Anatolia, Journal of Environmental Protection and Ecology 12(2), 743-751. 査読有
- ② Kume, T., Akca, E., Nakano, T., Nagano, T., Kapur, S., Watanabe, T. (2010) : Seasonal changes of fertilizer impacts on agricultural drainage in a salinized area in Adana, Turkey, Science of the Total Environment 408(16), 3319-3326. 査読有

[学会発表] (計10件)

- ① Nagano, T., Cetin, M., Tilkici, B., Kume, T., Watanabe, T., Berberoğlu, S. Kapur, S., Akca, E. (2013): The Use of Isotope Techniques for Diagnosis of Agricultural Drainage: A Case Study in Akarsu Irrigation District, Turkey, 12th International UFZ-Deltares Conference on Groundwater- Barcelona, Spain Soil-Systems and Water Resource Management, Barcelona, Spain, 16-19 April, 2013.
- ② 藤田藍斗、小寺昭彦、長野宇規(2012) : MODIS 画像のミクセル分解による作物分布の高解像度化、農業農村工学会全国大会, 北海道大学, 札幌, 2012年9月18日-20日.
- ③ 小寺昭彦、長野宇規(2012) : 時系列衛星データから見た過去 11 年間における灌漑農地利用の変化、農業農村工学会全国大会, 北海道大学, 札幌, 2012年9月18日-20日.
- ④ 長野宇規、小寺昭彦、鼎信次郎(2012) : 世界灌漑農業アトラスの開発、農業農村工学会全国大会, 北海道大学, 札幌, 2012年9月18日-20日.
- ⑤ Kotera, A., Nagano, T. (2012): Monitoring dynamics of irrigated agriculture using time-series satellite data as reflections of human activities against fluctuations in the regional water resource, AOGS-AGU (WPGM), Singapore, Aug 13-17. 2012.
- ⑥ Nagano, T., Kotera, A., Kanae, S. (2012): Development of World Atlas of Irrigated Agriculture for Sustainability Science. ICID (International Commission on Irrigation and Drainage) & IAL (Irrigation Australia) 2012 Conference, Adelaide, 28 June 2012.
- ⑦ Fujita, A., Kotera, A. and Nagano, T. (2011): An extraction of pure NDVI temporal responses of crops from time-series satellite imageries, International Symposium Long term vision for the sustainable water & land use, Adiyaman, Turkey, 20-23 September, 2011.
- ⑧ Matsumoto, T., Kotera, A. and Nagano, T. (2011): Simulation of water resource availability for Euphrates River Basin in Turkey, International Symposium Long term vision for the sustainable water & land use, Adiyaman, Turkey, 20-23 September, 2011.
- ⑨ 藤田藍斗・小寺昭彦・長野宇規(2011) : 時系列衛星画像を用いたミクセル分解による作付暦推定, 農業農村工学会全国大会, 博多市, 2011年9月6~9日
- ⑩ 芝井 隆, 長野宇規, Erhan Akca, 久米 崇, Selim Kapur, 渡邊紹裕 (2010) : 安定同位体を用いた灌漑農地の地下水起源同定, 農業農村工学会全国大会, 神戸市, 2010年8月31日~9月2日

[図書] (計 1 件)

- ① Onur Şatır, Süha Berberoğlu (2012): Land Use/Cover Classification Techniques Using Optical Remotely Sensed Data in Landscape Planning, in Murat Ozyavuz (ed.), Landscape, Planning, Intech, ISBN 978-953-51-0654-8, DOI: 10.5772/276121-54.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長野 宇規 (Nagano Takanori)
神戸大学・農学研究科・准教授
研究者番号: 70462207

(2) 連携研究者

渡邊 紹裕 (Watanabe Tsugihiro)
人間文化研究機構・総合地球環境学研究所・研究部・教授
研究者番号: 50175105

久米 崇 (Kume Takashi)
愛媛大学・農学部・准教授
研究者番号: 80390714

小寺 昭彦 (Kotera Akihiko)
神戸大学・農学研究科・研究員
研究者番号: 10435589