

12. 環境変化に適合する食料生産基盤への機能強化と持続性のあるシステムの構築に関する研究

研究期間：平成23年度～27年度

プロジェクトリーダー：寒地農業基盤研究グループ 大内幸則

研究担当グループ：寒地農業基盤研究グループ（資源保全、水利基盤）、
寒地水圏研究グループ（水産土木）

1. 研究の必要性

地球規模の気候変動が予想され、陸域および沖合海域の食料生産の現場では温暖化の影響や海象変化の兆候が具現化してきている。食料生産の現場は自然環境の変化を直接に受けやすく、影響回避のための基盤整備やシステムの変更など対処方法の確立が必要となっている。

特に、広い生産基盤を有し、国内自給の多くを担っている北海道では、既存の食料生産システムの持続が重要な課題であり、事業主体や管理組織、また、農家・漁家などに対しての具体的な技術開発が求められている。

2. 研究の範囲と達成目標

本プロジェクト研究では、陸域の生産基盤システムに関して、気候変化に対応する農業用水管理技術や大規模水田における効率的な灌漑排水技術、大規模畑地帯における排水施設の機能改善技術、海域の生産基盤システムに関して、沖合の物理環境改変による漁場整備技術の開発を研究の範囲とし、以下の達成目標を設定した。

- (1) 積雪寒冷地の資源を活用し、地域の特徴を活かした灌漑・排水技術の提案
- (2) 北方海域の生物生産性向上技術の提案

3. 個別課題の構成

本プロジェクト研究では、上記の目標を達成するため、以下に示す研究課題を設定した。

- (1) 積雪寒冷地における気候変動下の農業用水管理に関する研究（平成23～27年度）
- (2) 田畑輪作を行う大区画水田における灌漑排水技術と用水計画手法に関する研究（平成23～27年度）
- (3) 地下灌漑を伴う泥炭水田輪作圃場における土壌養分制御技術に関する研究（平成23～27年度）
- (4) 大規模畑作地帯における排水施設の機能診断に関する研究（平成23～26年度）
- (5) 北方海域の物理環境改変による生物生産性の向上に関する研究（平成23～27年度）

4. 研究の成果

本プロジェクト研究の個別課題の成果は、以下の個別論文に示すとおりである。なお、「2. 研究の範囲と達成目標」に示した達成目標に関して、平成23～27年度に実施してきた研究について要約すると以下のとおりである。

(1) 積雪寒冷地の資源を活用し、地域の特徴を活かした灌漑・排水技術の提案

1) 積雪寒冷地における気候変動下の農業用水管理に関する研究では、気候変動を想定して、水資源の有効利用が可能な用水管理技術の開発に取り組み、次のような成果を得た。

- ・北海道内の農業用ダム(4箇所)と河川(13箇所)の11年分のデータを用いて、流域の積雪水量を近隣の複数のアメダスデータで推定する手法を開発した。、推定に必要となる2つの係数の合理的な決定方法を明らかにして推定の手順を整理し、マニュアル案を作成した。
- ・空知地域・上川地域のそれぞれで、複数の水利施設を有する流域を対象とし、将来の9種の気候モデルの予測値を用いて気候変動が農業用水の需要と供給に与える影響を明らかにした。ダムや頭首工の流域では、積雪

1.2. 環境変化に適合する食料生産基盤への機能強化と持続性のあるシステム構築に関する研究

水量の減少による融雪期流出量と灌漑期流出量の減少と融雪時期の早期化が生じると予測された。融雪時期の早期化の程度は、流域に中標高部～高標高部があり、流域を構成する標高区分の偏りが小さい場合に小さくなる。流出量の減少は平均標高が高い流域で減少割合が低い傾向が見られた。

- ・ 水稲3品種を対象に、過去の栽培実績から生育予測式を作成し、将来の9種の気候モデルの予測値を用いて、生育時期の変化を予測した。これを、北海道内の水田水管理データの分析結果と合わせて、生育期を通じた水田水需要をモデル化した。このモデルは、気候変動で生じる渇水年における節水型配水管理のための水需要予測に利用可能である。
 - ・ 将来、頻度が高まると想定される渇水条件下で、水田の水温・地温を低下させないための圃場水管理方法をシミュレーションにより検討した。節水が求められ早朝取水や夜間取水の励行といった取水時間帯の選択が困難な期間では、数日先の気温の低下が予報された場合の冷害対策として湛水深を深めに保つことが有効であることを検証した。
 - ・ 互いに近傍にあり、流域の標高分布の高低が対照的なために融雪流出の将来変化も異なる2ダムを対象として、4種の気候モデルでシミュレーションを行い、将来の融雪流出の変化に起因する渇水の対策として貯水池の統合管理が有効であることを検証した。
- 2) 田畑輪作を行う大区画水田における灌漑排水技術と用水計画手法に関する研究では、地下水位制御システムを有する大区画水田圃場における効率的な灌漑排水技術の開発に取り組み、次のような成果を得た。
- ・ 地下灌漑システムが整備された大区画水田において、地下灌漑による圃場全体への用水の到達状況や生育期別の用水量、取水強度などの用水需要特性を明らかにした。また、無代かき湛水直播栽培、移植栽培、乾田直播栽培の3種の方式で水稲作を行ったときの地下水位変動は、代かきの有無によってその傾向が異なるが、栽培方式の違いによる浸透量の差は小さいことを示した。さらに、初期取水から中干し後の再湛水までの期間では、圃場の地下水位が高く、浸透量が小さいことから、栽培方式による給水量の差はほとんどみられなかった。
 - ・ 43筆の圃場群（合計75ha）を対象として、圃場の水需要特性を反映させた配水シミュレーションを行い、水需要の集中しやすい時期に同時に取水できる圃場数の割合などを示した。シミュレーションの結果を基にして、水田への安定した用水供給のための配水管理技術を提案した。また、これと同じ圃場群において給水栓操作日時を調査し、移植栽培と直播栽培では初期灌漑の時期が8～10日間程度ずれるために地域の配水を阻害するような水需要の集中はないと考えられる、という結果を得た。
 - ・ 水質負荷の流出抑制に配慮した圃場水管理手法の開発を目的として、圃場湛水と暗渠排水の水質調査を行った。水質濃度および負荷流出特性を基に、流出負荷抑制に配慮した圃場管理手法として、①圃場湛水および暗渠排水の水質濃度に応じて排水方法を選択し、排水の水質濃度を低下させること、②用水量の節約や浅水管理での排水量抑制により排水量を削減することを提案した。
- 3) 地下灌漑を伴う泥炭水田輪作圃場における土壌養分制御技術に関する研究では、良食味米生産を目標として、地下灌漑による土壌養分制御技術の開発に取り組み、次のような成果を得た。
- ・ 地下灌漑利用時の土壌養水分の動態を把握することを目的として、地下灌漑施設が整備された下層に泥炭が厚く堆積している大区画水田輪作圃場で、米の低タンパク化を目的とした水管理（一定の間隔で給水と排水を複数回繰り返す）が土壌理化学性や土壌水分に与える影響を評価した。
 - ・ 室内実験によって、地下水位の上昇下降が、土壌中の無機態窒素量の低減に有効な技術であることが示唆された。
 - ・ 現地試験では、土壌中の無機態窒素の動態は試験圃場内の地点間差や年変動が大きく明確ではなかったが、地下水位制御システムの利用で低減する傾向にあることが確認された。また、地下水位制御システムを利用した地下水位制御を行うことで、低タンパク米の基準値（6.8%以下）に到達はしなかったが、米粒タンパクの蓄積を抑制する傾向は2015年を除き認められた。
- 4) 大規模畑作地帯における排水施設の機能診断に関する研究では、気候変動による降水量の増加などの環境変化の下でも排水施設を適切に維持できる技術の開発に取り組み、次のような成果を得た。
- ・ 北海道内の明渠排水路を対象とした過去の機能診断結果を用いて、北海道でよく用いられる護岸形式である連節ブロック、積ブロック、鋼矢板、コンクリート柵渠の排水路について性能低下とその要因を分析した。

12. 環境変化に適合する食料生産基盤への機能強化と持続性のあるシステム構築に関する研究

- ・また、4つの護岸形式毎の構成部材の変状に着目して、材料劣化に基づく健全度指標の立案および適用性の検証を行い、明渠排水路の機能評価手法の試案を作成した。
- ・さらに、試案に則って現地で機能診断を実施して、試案の適用性評価と運用上の課題抽出を行い、その結果をもとに健全度指標を改良した。この健全度指標を用いた機能評価手法についてとりまとめ、明渠排水路の機能診断マニュアルを作成した。

(2) 北方海域の生物生産性向上技術の提案

5) 北方海域の生物生産性の向上を図るための漁場整備に必要な技術開発を行うものであり、当海域における基礎生産構造を解明し、適切な工法等の効果的な事業推進に向けた効果の評価手法の開発に取り組み、次のような成果を得た。

- ・四季を通じた現地観測を行い、春のブルーミング、夏の密度成層の形成、秋の表層冷却、冬の鉛直混合といった海域の基礎生産構造や生物生息環境などを解明した。さらに、底層からの栄養塩供給効果を試算し、漁場開発による効果の潜在性を確認した。
- ・観測結果から栄養塩や水塊構造の変動、その特徴を基に数値計算による現況再現を行った。特に産卵場や移動経路上および成育場を包括した広域的な流況変化などの物理環境に関する数値計算を実施しその再現性を確認した。
- ・湧昇マウンド礁による栄養塩供給効果を把握するため、局所的な流動場を精度良く評価できる数値モデルを構築し、湧昇マウンド礁周辺の流動環境の詳細な計算を行い、数値モデルの有効性を検証した。また、構築した数値モデルを用いて湧昇効果の試算を行い、湧昇マウンド礁を整備することで一定の基礎生産を増大できる可能性を確認した。
- ・資源予測モデルを用いて保護育成礁を設置した場合の10年後の資源量を試算した。結果は当歳魚資源量(尾数)の3.4%を保護、1歳魚以上の全資源量(尾数)は6.4%増加すると算定され、保護育成礁の整備による生産性向上の可能性を確認した。
- ・湧昇マウンド礁および保護育成礁の整備にあたっての適地選定および効果算定方法も提示するなど、漁場開発効果の評価手法の構築を行った。

A STUDY ON FUNCTIONAL STRENGTHENING OF FOOD SUPPLY INFRASTRUCTURE IN LINE WITH ENVIRONMENTAL CHANGE AND ESTABLISHMENT OF A SUSTAINABLE SYSTEM

Research Period: FY 2011 - 2015

Project Leader: Director of Cold-Region Agricultural Development Research Group
OUCHI Yukinori

Research Group: Cold-Region Agricultural Development Research Group (Rural Resources Conservation, Irrigation and Drainage Facilities)
Cold-Region Hydraulic and Aquatic Environment Engineering Research Group (Fisheries Engineering)

Abstract: Climate change is expected to progress worldwide, and the effects of global warming as well as signs of changes in hydrographic conditions are seen today in food production areas both on land and in offshore seas. Food production areas are susceptible to the direct effects of natural environmental changes, making it necessary to establish countermeasures such as the development of infrastructure to avoid these effects and system changes.

This research project addresses the development of technologies related to land-based production infrastructure systems that enable agricultural water management in response to climate change, efficient irrigation and drainage for large paddy fields, improvement in the function of drainage systems in large upland farming areas, and technologies related to production infrastructure systems in marine areas to support fishing ground improvement by modifying offshore physical environments.

(1) Proposal of irrigation and drainage technologies leveraging resources in cold snowy regions and local characteristics

1) A study on agricultural water management in cold snowy regions under the influence on climate change

By using data on agricultural dams and rivers in Hokkaido that was collected over a period of 11 years, a method was developed for estimating snow water equivalent in catchment basins from multiple data collected in nearby areas by AMeDAS (Automated Meteorological Data Acquisition System). The effect of climate change on agricultural water supply and demand was clarified with the use of nine climate models. A growth prediction equation was created for three varieties of paddy rice based on cultivation records, and the changes in the growth period for the three varieties were predicted by using the meteorological values predicted for the distant future. The integrated operation of multiple reservoirs was verified as an effective measure against droughts caused by future changes in snowmelt runoff.

2) A study on irrigation and drainage technologies for large paddy field plots where rice and upland crops are grown in rotation and on techniques for irrigation planning

For large paddy fields with a subirrigation system, the characteristics of irrigation water demand were clarified, including the state of irrigation water distribution to entire paddy fields, the irrigation requirements at each growth stage under the subirrigation system and water intake strength. The percentage of area where simultaneous water intake is possible during periods of intensified water demand was clarified by simulating the water distribution that reflects the water demand characteristics

of paddy fields. Based on the simulations, water distribution management techniques were proposed for the stable supply of irrigation water to paddy fields. A water quality survey for submerged fields and underdrainage was also conducted toward developing a paddy field water management method in view of the need to suppress the outflow of water quality loads. Based on the data, two techniques were proposed to be included in the paddy field water management method, in the light of the need to suppress the outflow of water quality loads.

3) A study on soil nutrient control technology in peaty paddy-upland rotation field areas with subirrigation

To examine the characteristics of soil nutrients in situations where subirrigation is used, a study was performed on paddy-upland rotation field with thick bottom-layer peat accumulation in which such irrigation was applied. The investigation involved a soil profile survey, physicochemical soil property analysis, soil moisture potential observation, and componential analysis of water in the soil before and after water management for the reduction of rice protein content. In laboratory incubation, we had indication that the water-supply and drainage cycles using subirrigation could decrease soil mineral nitrogen. In the field, there was great variability in soil mineral nitrogen among the sampling points and years, and the effect of subirrigation was not clear. However, the mineral nitrogen in soil tended to be lower after water-supply and drainage cycle of subirrigation, and the rice protein content was lower in irrigated plot than control plot except in 2015.

4) A study on the diagnosis of drainage function in a large-scale upland field area

Past diagnoses of functionality for open-ditch drainage canals in Hokkaido were used for analyzing the performance degradation and their factors regarding common revetment-type drainages in Hokkaido which were built by using articulated blocks, laying blocks, steel sheet piles, or concrete frames and slabs. Focusing on the deformed components of these four different kinds of revetment-type open-ditch drainages, the authors designed a material soundness index on the basis of the extent of deterioration, verified the applicability of the index, and drafted a method for evaluating open-ditch drainage functionality. Additionally, the drafted method was used for on-site diagnoses of the functionality of revetment-type open-ditch drainages to evaluate the applicability of the authors' proposal and to identify problems in implementing the proposal. Based on the findings, the soundness index was revised. The functionality evaluation method utilizing the revised soundness index was compiled into a manual on functionality diagnoses of open ditch drainages.

(2) Proposal of technologies for improving biological productivity in northern waters

5) A research on development of technologies for improved biological productivity by physical methods in the northern ocean area

This research tries to elucidate the primary productivity in the northern ocean area, to develop technologies for improved biological productivity such as fertilization of the ocean and protecting young fish. Ecosystem and population dynamics models will be developed to predict and evaluate effects.

Between 2011 and 2013, field observations such as currents, water quality, plankton and the primary productivity have executed in the exclusive economic zone of the Sea of Japan around Hokkaido. As a result, the primary production rate of this sea area was estimated. In 2014, the effect of the protection of resource was predicted. And the computing model of artificial upwelling producing structure was made,

and a local flow was calculated. The most suitable location and a calculation method is also shown with artificial upwelling producing structure and the most suitable location of the maintenance of protection of resources and evaluation technique of the fishing ground development effect has been decided.

Keywords: climate change, groundwater level control, performance diagnosis, primary productivity, fertilization