

大規模水田作経営の環境負荷ポテンシャルに関する研究

大潟村水稲作における窒素収支推移モデルの構築

赤堀弘和¹¹ 秋田県立大学生物資源科学部アグリビジネス学科

大潟村を取り巻く自然環境を見ると、八郎湖では富栄養化が問題となっている。すでに、八郎湖は湖沼法による「指定湖沼」の指定を受け、大潟村全域が流出水対策地区に指定され、富栄養化は干拓地水田農業の課題の1つとして指摘されている。八郎湖では、湖沼法に基づく湖沼水質保全計画が策定され、様々な対策が取られている。このような状況の下、湖沼水質保全計画の実施による大潟村農業の環境負荷ポテンシャルの変化を明らかにすれば、経済と環境が調和した持続可能な大規模水田作経営モデルの構築に資する可能性がある。そこで本研究では、大潟村の水稲作を対象とし、窒素収支の時系列推移を把握できる窒素収支モデルを構築し、八郎湖の湖沼水質保全計画が大潟村の大規模水田作経営の環境負荷ポテンシャルに及ぼす影響を明らかにすることを目的として分析を行った。分析の結果、大潟村の水稲作における窒素収支は、OECD（2012）における日本全体の窒素収支と比較して非常に低い水準にあり、おおむね適量施肥が実現できていることが示唆された。

キーワード：窒素収支，環境，水田作，水稲作，八郎湖

近年、有機農業をはじめとする環境保全型農業の社会的認知度が高まり、消費者のニーズも高まっている。秋田県大潟村においても、21世紀大潟村環境創造型農業宣言がなされ、大潟村産の有機ブランド米などが販売されている。

一方、大潟村を取り巻く自然環境を見ると、八郎湖では富栄養化が問題となっている。すでに、八郎湖は湖沼法による「指定湖沼」の指定を受け、大潟村全域が流出水対策地区に指定され、富栄養化は干拓地水田農業の課題の1つとして指摘されている。八郎湖では、2007年から2012年を第1期、2013年から2018年を第2期とし、湖沼法に基づく湖沼水質保全計画が策定され、様々な対策が取られている。

このような状況の下、湖沼水質保全計画の実施による大潟村農業の環境負荷ポテンシャルの変化を明らかにすれば、経済と環境が調和した持続可能な大規模水田作経営モデルの構築に資する可能性がある。

農業生産の環境負荷ポテンシャルを表す指標とし

て、窒素収支がある。窒素収支は、OECD（経済協力開発機構）が公表している農業環境指標の1つで、肥料などの形で農地に投入される養分の量から、作物などの形で農地から持ち出される養分の量を差し引いて求められる指標であり、富栄養化をはじめとする農業由来の環境負荷ポテンシャルの指標とされる。OECDは国を単位とした窒素収支データベースを公表している。

大潟村および八郎湖における水質汚濁物質についての研究としては、近藤（2016）などがある。しかしながら、これらは水循環に注目した研究であり、統計資料を用いて大潟村の大規模水田作経営において、富栄養化の原因となる窒素収支について明らかにした研究は見当たらない。

他方、Mishima（2001）は、統計データを用いて都道府県・市町村単位で窒素収支を算出できるデータベースを構築している。しかしながら、このデータベースでは分析可能な年次が1997年のみであり、

窒素収支の時系列推移を把握することはできない。

そこで本研究では、大潟村の水稲作を対象とし、窒素収支の時系列推移を把握できる窒素収支モデルを構築し、八郎湖の湖沼水質保全計画が大潟村の大規模水田作経営の環境負荷ポテンシャルに及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。

八郎湖の水質と大潟村農業

八郎湖は、2007年に全国で11番目の指定湖沼の指定を受けた。これに伴い、湖沼水質保全計画が策定され、水質改善に向けた取り組みがなされている。2007年から2012年までの第1期計画で大潟村において講じる対策のうち、「環境保全型農業等の推進」に挙げられている対策は、「濁水の流出防止」、「施肥の効率化」、「減農薬・減化学肥料栽培の推進」の3つである(秋田県, 2008)。第1期計画の評価では、落水管理は目標を上回って取り組みが普及し、施肥の効率化はおおむね目標通りに取り組みが普及した一方、農法の転換は課題が多く普及が進まなかったとされている(秋田県, 2014)。また、これらの対策は、現在の第2期計画においても継続して実施されている。

一方で、八郎湖の全窒素濃度の推移をみると、湖沼水質保全計画が策定・実施されて以降も依然として環境基準値である0.6mg/Lを上回っている状況が続いている(図1)。

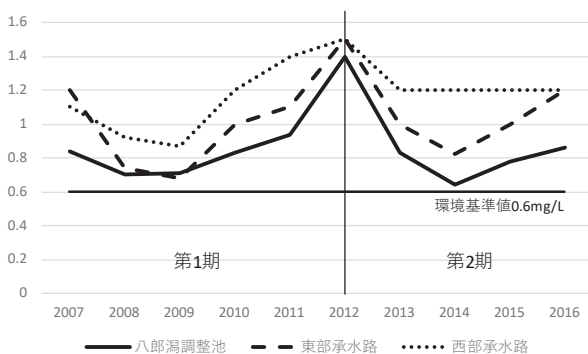


図1 八郎湖の全窒素(年平均値)の推移(mg/L)
資料: 秋田県(2018)より作成。

同じ時期の大潟村における水稲作の状況を見てみると、八郎湖の全窒素濃度がいったん下がった2008

年から2009年ごろには、水稲の作付面積が減少していたことがわかる(図2)。このことから、八郎湖の水質と大潟村の水稲作との間に関連が示唆される。大潟村の水稲作付面積は、2008年から2009年に一度減少したものの、近年10,000haほどで推移している。単収についても、大きく減少した年はあるものの、近年ではおおむね600kg弱で推移している。

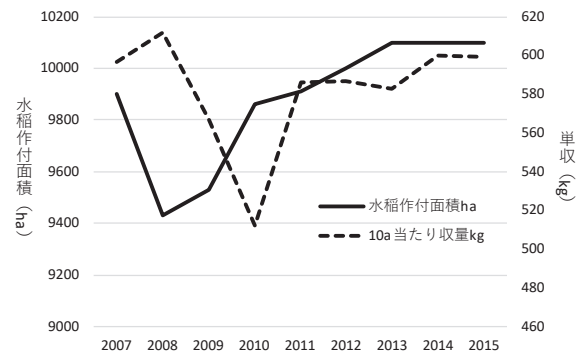


図2 大潟村における水稲の作付面積と単収の推移

分析方法およびデータ

本研究では、三島ら(2004)と同様の窒素収支モデルを用いる。具体的には、次の通りである。窒素収支モデルは図3のように定義される。図中の要素はすべて年間の窒素フローである。窒素収支は、投入窒素量と産出窒素量の差分である。投入窒素量は、厩肥や化学肥料等に含まれる窒素分のほか、灌漑水や雨水に含まれる窒素分、および窒素固定によって空気中から流入する窒素分の合計である。産出窒素量は、収穫された農作物に含まれる窒素分と、脱窒によって大気中に放散する窒素分の合計である。

ただし、大潟村においては畜産経営体の数が数戸程度と非常に少なく、農林業センサス等の統計データにおいても家畜飼養頭数等が秘匿措置により利用できない。このため、家畜ふん尿および厩肥という形ではなく、有機質肥料の投入量として求めることとした。

また、対象作物は水稲のみ、分析期間は八郎湖の第1期湖沼水質保全計画が開始した2007年から2015年までとした。

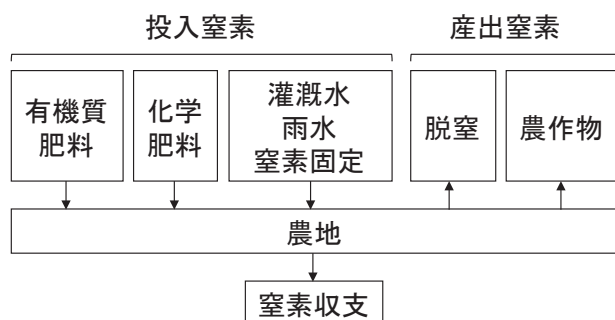


図3 本分析における窒素収支モデル

投入窒素量の推計方法

有機質肥料・化学肥料.

有機質肥料および化学肥料による単位面積当たりの窒素施肥量は、JA 大潟村および大潟村環境創造21（2006）より、それぞれ 1.8kgN/10a および 4.3kgN/10a とした。大潟村における窒素施肥量合計は、単位面積当たりの窒素施肥量に、水稻作付面積を乗じることで求めた。

雨水・灌漑水・窒素固定.

雨水による窒素流入量は、大潟村の平年降水量（気象庁，2018），水稻作付面積および雨水の平均窒素濃度（0.72mgN/L）から求めた。

灌漑水による単位面積当たりの窒素流入量は、15kgN/ha とした（Matsumoto et al., 1996）。この値に水稻作付面積を乗じることで、灌漑水による窒素流

入量の合計を求めた。

単位作付面積当たりの窒素固定量は、Yatazawa（1978）における水田の窒素固定係数より、40kgN/ha とした。この値に水稻作付面積を乗じることで、窒素固定による窒素流入量の合計を求めた。

産出窒素量の推計方法

農作物と農作物副産物.

農作物中の窒素量は、農林水産省の作物統計による大潟村の水稻の収穫量を、農林水産省（2016）における水分含有量を用いて乾物収量に換算したうえで、窒素含有率（尾和，1996）を乗じて求めた。なお、農作物副産物については、水稻の収穫量からの換算係数が入手できなかったため、本研究においては存在しないものと仮定した。

脱窒.

単位面積当たりの脱窒量については、Yatazawa（1978）より 70kgN/ha とした。この値に水稻作付面積を乗じることで、脱窒量の合計を求めた。

窒素収支の推計方法.

上記で求めた投入窒素量の合計から、産出窒素量の合計を差し引くことで、大潟村の水稻作における窒素収支を求めた。

表1 大潟村の水稻作における窒素収支の推計結果（単位：tN/年）

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
投入窒素量	1309	1247	1260	1303	1310	1322	1335	1335	1335
有機質肥料	178	170	172	177	178	180	182	182	182
化学肥料	426	405	410	424	426	430	434	434	434
降水	160	153	154	160	160	162	164	164	164
灌漑水	149	141	143	148	149	150	152	152	152
窒素固定	396	377	381	394	396	400	404	404	404
産出窒素量	1286	1239	1209	1197	1276	1289	1298	1315	1314
農作物	593	579	542	506	582	589	591	608	607
脱窒	693	660	667	690	694	700	707	707	707
窒素収支	23	8	51	107	34	33	38	20	21

窒素収支の推計結果

大潟村の水稲作における窒素収支の推計結果を表 1 に示す。2009 年から 2010 年を除けば、8~38tN/年ほどで推移していることがわかる。一方、単収が減少した 2009 年から 2010 年は、収穫量の減少により産出窒素量が減少したため、窒素収支が悪化している。また、八郎湖の湖沼水質保全計画との関連を把握するため、窒素収支の変化を時系列で見ると、特に減少傾向はないことがわかる。これは、現状のモデルではデータ制約により施肥部分の年次推移を考慮できていない点と、湖沼水質保全計画における面発生源対策は、落水管理等の窒素収支に表れないものも多いためと考えられる。

また、水稲作付面積で除して 1ha 当たりの窒素収支を求めると、およそ 2~4kgN/ha ほどであり、OECD (2012) における日本全体の窒素収支は 169kgN/ha なので、大潟村水稲作の窒素収支は非常に低い水準にあり、おおむね適量施肥が実現できていると考えられる。

おわりに

本研究では、大潟村の水稲作を対象とし、窒素収支の時系列推移を把握できる窒素収支モデルを構築し、八郎湖の湖沼水質保全計画が大潟村の大規模水田作経営の環境負荷ポテンシャルに及ぼす影響を明らかにすることを目的として分析を行った。分析の結果、大潟村の水稲作における窒素収支はおおよそ 2~4kgN/ha ほどであり、OECD (2012) における日本全体の窒素収支は 169kgN/ha なので、大潟村水稲作の窒素収支は非常に低い水準にあり、おおむね適量施肥が実現できていることが示唆された。

一方、以下の点は今後の課題として残されている。第 1 に、施肥量の年次変化を考慮できるようにモデルを改良する点である。都道府県等が施肥基準を公表してはいるものの、統計面から把握することが難しく、実際の施肥量については JA や農家への聞き取り調査が必要である。第 2 に、農作物副産物の持ち出しによる窒素分の持ち出しを考慮できるようにモデルを改良する点である。第 3 に、現在のモデル

では灌漑水による流入窒素量の係数に既存研究のものを用いているため、大潟村に適用した場合流入窒素量を過小評価していることが予想される点である。大潟村では八郎湖から農業用水を取水しており、八郎湖における窒素等の栄養塩濃度が高いため、灌漑水による栄養塩の流入量も高いことが指摘されている。

謝辞

本研究は、秋田県立大学平成 29 年度学長プロジェクト「新任教員スタートアップ支援研究」の支援を受けて行った。

文献

- 秋田県 (2008). 「八郎湖に係る湖沼水質保全計画 (第 1 期)」.
<http://www.pref.akita.lg.jp/pages/archive/2981>
- 秋田県 (2014). 「八郎湖に係る湖沼水質保全計画 (第 1 期) の対策の評価」.
<http://www.pref.akita.lg.jp/pages/archive/26071>
- 秋田県 (2018). 「平成 29 年度における八郎湖の水質 (速報値) について」.
<http://www.pref.akita.lg.jp/pages/archive/33273>
- JA 大潟村. 「環境に配慮した農法」.
<http://www.ja-ogata.or.jp/ogata/enviromental.html>
- 気象庁 (2018). 「降水量 (平年値)」.
- 近藤正 (2016). 「八郎湖の水質と水質汚濁機構の解析—八郎湖の水循環と汚濁負荷特性—」『八郎湖流域管理研究』4, 11-20.
- Mishima, S. (2001). Recent trend of nitrogen flow associated with agricultural production in Japan. *Soil Science and Plant Nutrition*, 47 (1), 157-166.
- 三島慎一郎, 松森信, 井上恒久 (2004). 「都道府県・市町村単位での窒素収支産出を行うデータベースの構築」『日本土壌肥科学雑誌』75 (2), 275-281.
- 農林水産省 (2016). 「稲作関係資料」.
http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/hozen_type/h_sehi_kizyun/attach/pdf/akita01-12.pdf
- OECD (2012). Environmental Performance of

Agriculture in OECD countries since 1990.

https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=ENVPERFINDIC_TAD_2008

大潟村環境創造 21（編）（2006）. 『2006 年度版大潟村農業・環境データブック』大潟村環境創造 21.

尾和尚人（1996）. 「我が国の農作物の養分収支」『関東東海農業養分の効率的利用技術と新たな動向』（pp. 1-15）. 農業研究センター.

Yatazawa, M. (1978). Agro-ecosystems in Japan. In J. Frissel (Ed.), *Cycling of Mineral Nutrients in Agricultural Ecosystems* (pp. 167-179). Elsevier.

〔平成 30 年 6 月 30 日受付〕
〔平成 30 年 7 月 10 日受理〕

Environmental Potential of Agricultural Production of Paddy Fields Modeling the Nitrogen Balance of Rice Production in Ogata Village

Hirokazu Akahori¹

¹ *Department of Agribusinesses, Faculty of Bioresource Sciences, Akita Prefectural University*

The problems presented by the eutrophication of Lake Hachiro have now come to the forefront. The whole of Ogata village has been designated as an outflow water countermeasure district, and various corrective techniques are being implemented. Under such circumstances, a quantitative assessment elucidating the impact of the lake's water quality conservation plan on the environmental potential of the agricultural production of paddy fields is important and constitutes the primary objective of the present study. Through a modeling of the nitrogen balance of the rice production in Ogata village, this study aids in the construction of a sustainable development model of the agricultural production of paddy fields. The results of this study reveal that the nitrogen balance in the production of rice in Ogata village is significantly lower than the rest of Japan as verified by the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). These findings suggest that the rice producers of Ogata village employ appropriate fertilization. However, the current study has left scope for future research initiatives to incorporate the examination of fertilizer input changes, crop by-products, and nitrogen concentration of agricultural water.

Keywords: nitrogen balance, environment, paddy fields, rice production, Lake Hachiro