

# 八郎湖高濃度リン湧出水の実態とその対策に関連する先進的取り組み

成田修司 和田佳久

八郎湖の正面堤防沿いにある方上地区には高濃度のリンが湧出する地帯があり、その湧出リンの八郎湖水質への影響が懸念されている。そこで、これまでの調査で不明な点が残るリンの湧出量の把握やその濃度変化等を明らかにすることを目的として、年間を通じた現地調査を実施した。高濃度リンを含む湧出水は農業用水路へと流れ込むことから、その流入点のうち比較的濃度が高い2地点で調査を行った。その結果、これら2地点のリン湧出量は年間8.1tものリンを流出していることが明らかとなった。また、この流出しているリンは八郎湖の水質保全対策上、除去・回収することが必要であるため、その方法を検討することとしている。そこで、参考となる他県での先進的な取組例があることから併せて報告する

## 1. はじめに

秋田県の男鹿半島の付け根に位置した八郎湖は、戦後の農業政策のもと、干拓事業が行われ、1977年の事業終了後、大潟村干拓地水田への淡水供給及び供水調節機能を有する八郎湖として残存している。同湖は2006年度に全国のワースト3に位置づけられるほど水質が悪化したことから、2007年12月、湖沼水質保全特別措置法に基づく指定湖沼の指定を受け、その対策の推進が図られている。この八郎湖の正面堤防沿いにある方上地区には、高濃度のリンが湧出する地帯（以下、リン湧出地帯）が存在し<sup>1)</sup>、その源となる地下に埋蔵するリンの濃度は $\text{PO}_4\text{-P}$ で $30\text{ mg l}^{-1}$ 以上であることが確認されている。片野（秋田県立大教授）らによると、リン湧出地帯における湧出リンの八郎湖への負荷量は年間約30t、同湖へ流入するリン全量(T-P)の約25%を占めると推計されており<sup>1)</sup>、実効ある水質浄化対策を検討していく上で、このリン負荷低減は重要である。本研究では、リン湧出地帯（図1）についての年間を通じた現地調査を初めて実施することによって、湧出するリン濃度の年間変動とその湧出量の実態を明らかにするとともに、リンに関する対策を行うための、参考となる他県での先進的な取組について技術調査を行ったので、その結果を報告する。

## 2. 調査方法

リン湧出水は、湧出源から流れやすい地層を水脈とし、地表面に染み出すと考えられている。この湧出水は数多くある小さな水路の底や側面

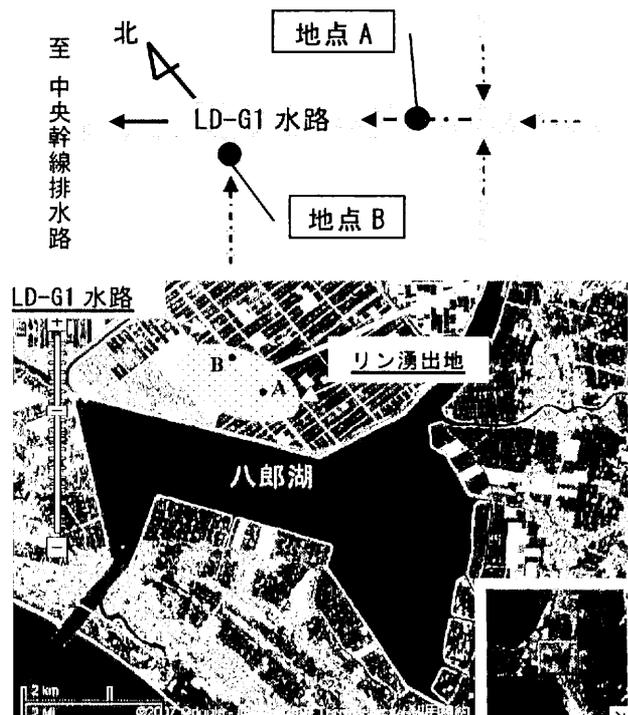


図1 方上地区のリン湧出地帯における調査地点A及びB

からも染み出しており、それらは合流を繰り返しながら、図1に示した農業用水路(LD-G1)に流入する。そこで、調査地点はLD-G1水路に流入する3つの小水路の合流点である地点Aと、 $30\text{ mg l}^{-1}$ 以上の濃度のリン地下水が確認されている正面堤防沿いの地点からLD-G1水路に流入する地点Bを選んだ。調査は5～3月まで月1回行い、それぞれの地点において、流量( $\text{m}^3\text{sec}^{-1}$ )、pH、EC( $\text{mSm}^{-1}$ )、全リン[T-P]( $\text{mg l}^{-1}$ )を測定した。

### 3. 結果と考察

地点 A の流量と T-P の年間変動を図 2 に示す。LD-G1 水路の地点 A における 5 月の流量は約  $0.3 \text{ m}^3 \text{ sec}^{-1}$  であったが、6~8 月にかけて約  $0.15 \text{ m}^3 \text{ sec}^{-1}$  まで急激に減少した。また、9 月以降は、流量がさらに低下し、安定的に  $0.05 \text{ m}^3 \text{ sec}^{-1}$  前後であった。一方、5~8 月の T-P は約  $0.5 \text{ mg l}^{-1}$  と相対的に低濃度で観測されたが、9 月以降は急激に上昇し、 $1.0 \sim 2.5 \text{ mg l}^{-1}$  と高濃度で推移していた。これらの流量と T-P の変化は大潟村農地の灌漑期と非灌漑期の状況を顕著に反映した結果であると考えられる。図 3 に示した調査地点 B の流量と T-P の年間変動の結果をみると、地点 B の流量と T-P の変化は年間を通して、それぞれ約  $0.1 \sim 0.5 \text{ m}^3 \text{ sec}^{-1}$ 、 $0.4 \sim 1.3 \text{ mg l}^{-1}$  の間で上下変動を繰り返していた。これらの結果の全体的な傾向は、地点 A の灌漑期及び非灌漑期を反映した結果と類似したものであるが、地点 A に比べ、それぞれの変動が一部で大きく現れている。このような地点 B における挙動は、地点

A のように大潟村の利水管理に基づいた大きな水の動きに伴うものだけではなく、降雨等の気象の影響を受けた比較的狭い範囲の変化をより強く反映した現象であると考えられる。また、表 1 の流量と T-P の積から算出した地点 A 及び B でのリンの流出量 (t/年) は、それぞれ、2.7 t 及び 5.4 t となり、地点 B は地点 A の 2 倍であった。この結果は、地点 B への流入水が約  $30 \text{ mg l}^{-1}$  の高濃度の地下水が観測されている方上地区方向からの流入であることから理解できる。つまり、地点 A 及び B で観測された現象は、一定の量と濃度で湧出しているリンが農地の水利用や気象の変化により変動することが示唆された。

前述のように、地点 A 及び B での年間のリンの流出量は、それぞれ、2.7 t 及び 5.4 t であることからリンの和は 8.1 t となる。つまり、2 調査地点だけで、片野らの推計値 (約 30 t) の 1/4 以上を占めることが明らかとなった。

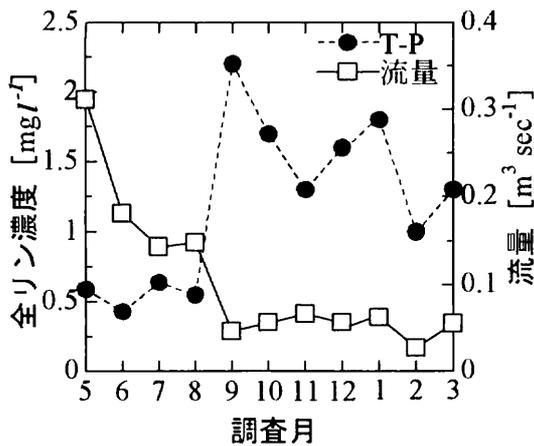


図 2 調査地点 A における流量と T-P の年間変動

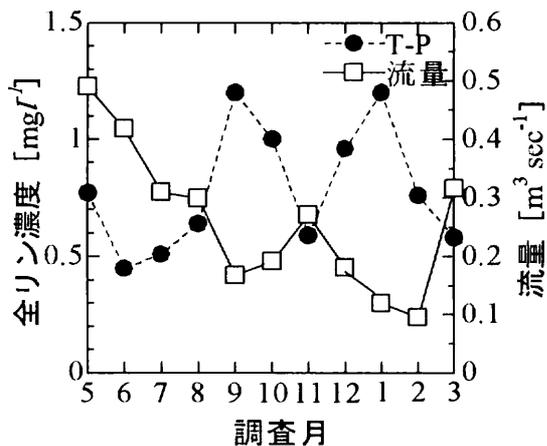


図 3 調査地点 B における流量と T-P の年間変動

表 1 調査地点 A 及び B における各月ごとの流量と全リンの測定値

地点	調査項目	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
A	流量 ( $\text{m}^3 \text{ sec}^{-1}$ )	0.31	0.18	0.14	0.15	0.05	0.06	0.07	0.06	0.06	0.03	0.06
	全リン ( $\text{mg l}^{-1}$ )	0.59	0.43	0.64	0.55	2.20	1.70	1.30	1.60	1.80	1.00	1.30
B	流量 ( $\text{m}^3 \text{ sec}^{-1}$ )	0.49	0.42	0.31	0.30	0.17	0.19	0.27	0.18	0.12	0.10	0.32
	全リン ( $\text{mg l}^{-1}$ )	0.77	0.45	0.51	0.64	1.20	1.00	0.59	0.96	1.20	0.76	0.58

#### 4. 他県での先進的な取り組みについて

上記のリン湧出水の形態は、ほぼ 100%がリン酸イオンであり、生体が利用しやすい形態で存在している。つまり、アオコを含む藻類の増殖に必要な栄養塩類として、大きな影響を与える因子の一つである。その負荷量が八郎湖へ流入するリン全量 (T-P) の約 25%を占めると推算されていることから、このリン湧出水に対してリンを除去するための対策の意義は大きいものである。そこで、フィールドにおいて、どのような対策ができるのかという課題について、技術調査を行い、その検討を行った。

リン湧出地帯では、T-Pで約  $2 \text{ mg l}^{-1}$  のリン濃度の湧出水が、図4のような水路に染み出しているため、その直後にリンを吸着除去することが最も効果的であると考えられる。このような水路における水質浄化技術を調査したところ、浄化対策を行う上で参考となる水路式の浄化システムを使った実証試験が、滋賀県の琵琶湖のほりで行われていた。

実証設備は、Biyoセンター（琵琶湖・淀川水質浄化共同センター）と呼ばれる施設の中にある。Biyoセンターは、国土交通省、滋賀県、(独)水資源機構、(財)琵琶湖・淀川水質保全機構等が管理・運営している施設で、水質浄化等の技術を公募によって選定し、選ばれた技術が、施設を利用して実証試験を行うことができる仕組みになっている。我々が、現地調査した技術は、日本植生(株)が公募により採択されたもので、自社で製造した窒素吸着材と共同実施者が開発したリン吸着材を用いて実証試験を行ったものである。



図4 リン湧出水が染み出す水路

日本植生(株)が実証試験を行った浄化システムは、図5に示すようなSS除去区→リン除去区→窒素除去区からなり、琵琶湖へ流入する河川水を直接導入し浄化を行っている。具体的な浄化施設の様子を図6の写真①～⑧に示す。

原水の河川水はかなり白濁し、大量のSSを含むものであった(写真②)。その原水がSS除去区を通過する。本調査時期は2月だったため、SS除去区の植物は枯れていたが、通常は繁茂した状態でSSを除去する働きをする(写真③)。その影響もあるのか、SS除去区におけるSSの除去が不完全であり、写真④のリン除去材に接触する手前の流入水は白濁が残っていた。しかしながら、日本植生(株)製造の窒素吸着材が充填された窒素除去区(写真⑤)を通過した後は、写真⑥のようにSSは除去され、透明な水に変わっていた。このような浄化プロセスの窒素除去区において、窒素を吸着した窒素吸着材の施肥効果を調べた結果が写真⑦、⑧である。



図5 琵琶湖水質浄化施設の概要図

Biyoセンター 平成20年度版パンフレットより



図6 浄化システムの詳細と使用済み吸着材の施肥効果

これらは、同量の窒素を含む化学肥料と使用済み吸着材を、同じ種類の植物に与え、比較した試験結果である。これらの結果から、花の大きさ、色合い、葉の繁茂の様子や緑色の濃さなど、すべてにおいて、河川水中の窒素成分を含む使用済み吸着材の方（写真⑧）が化学肥料を与えたもの（写真⑦）よりも生育が優れていた。

このような技術を、八郎湖のリン湧出水対策へ適用する場合、琵琶湖の流入河川対策と比較して幾つかの利点が存在する。一つは、リン湧出水はSS分及び窒素分が非常に少ないため、システムとしてSS除去区及び窒素除去材を使用する窒素除去区を設ける必要が

ないことである。さらに、リン湧出地帯の水路は、広大な土地の中で直線的に続くため、上記のシステムでは滞留時間を長くするために考案された、水路を折り曲げる等の工夫も必要ない。このような利点を踏まえた上で、来年度から現地フィールドにおける実証試験を行い、リンの除去効果とリンを吸着した資材の肥料効果を検証する予定である。

参考文献

1) 片野ら, 秋田県環境技術センター年報, 18, 1990, 104-109.