

# 北潟湖の水質改善に関する調査研究

高 島 正 信\*

## Study for water quality improvement in Kitakata Lake

Masanobu Takashima

This is a preliminary study for the water quality improvement in Kitakata Lake, Fukui, Japan, after the bilateral agreement made between Awara City and Fukui University of Technology in 2005. The water quality of Kitakata Lake has been chronically eutrophic. Over the last 20 years, Chemical Oxygen Demand (COD), Total Nitrogen (T-N) and Total Phosphorus (T-P) concentrations have remained on the same level, which violate the water quality standard imposed to the lake (classified as the type B and IV). The seasonal variation has shown that, in summer, pH, COD and T-P increase whereas Dissolved Oxygen (DO) and T-N decrease, which may be typical for eutrophic lakes. The analysis of incoming loads to the lake revealed that approximately 60% of COD, T-N and T-P originates from non-point sources like rice field, farm and forest, indicating the importance of measures against those sources.

### 1. はじめに

北潟湖は漁業、農業のほか憩いの場として利用され、福井県民にとって貴重な資産となっている。しかし、北潟湖は全国湖沼の例にもれず、閉鎖性水域特有の富栄養化現象が慢性化している。環境省の平成16年版環境白書<sup>1)</sup>によると、湖沼のCOD平均値によるランキングでは全国165湖沼のうち北潟湖はワースト15位に位置し、水質の相当悪い方に分類される。

平成17年7月、福井工業大学はあわら市と相互協力協定を締結し、①地域に密着した生涯学習の推進、②環境の保全および再生に向けた共同研究、③ITを活用した電子自治体の構築、④産業振興の支援、⑤政策形成の支援等について協力することになった。筆者は②の担当となり、そのなかには「北潟湖の水質改善」という項目が含まれている。本報では、北潟湖の水質改善のための最初段階として、水質に関連する基本事項について調査・解析を実施したので、その内容について報告する。

### 2. 北潟湖の概況<sup>2)</sup>

北潟湖は、北東から南西方向の谷に沿って細長くのびる全長約6km、総面積約2.2km<sup>2</sup>の日本海に面する汽水湖である(詳細は表1および図1参照)。湖心からの直線距離で、観光名所の東尋坊まで約12km、芦原温泉まで約7kmの場所に位置する。

---

\* 原子力技術応用工学科

表1 北潟湖の緒元<sup>3)</sup>

	周囲 km	面積 km <sup>2</sup>	最大水深 m	平均水深 m	容積 10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup>	流域面積 km <sup>2</sup>
北潟湖北部	1.6	0.17	1.8	1.6	27.2	0.4
北潟湖水路	3.3	0.29	2.8	2.6	75.9	2.6
湖心・北潟湖	6.0	1.10	3.1	2.7	296.0	21.1
北潟湖南部	3.2	0.41	2.2	2.2	89.7	5.0
日之出・塩尻	4.8	0.25	2.6	1.6	40.3	5.6
合計	18.9	2.22	—	—	529.1	34.7

主な流入河川として湖の中心部に入る観音川があり、また湖末端部において大聖寺川が合流している。開田橋（かいでんばし）に設置された水門は、農業用水の取水のため海水の遡上を防止する目的で、4月から9月にかけて上流部の水位が下流部の水位より高い時のみ開く自動開閉方式を採っている。平成16年9月には新しい水門が完成し、同年12月より供用開始されている。

利水目的は、農業用水と水産であり、こい、ふな、うなぎ等の漁業権が免許されている。12月から翌年3月の間には寒ブナの「紫漬漁」が行われ、冬の風物詩となっている。近年、カヌー競技の好

適地として「カヌーポロ大会」等が夏季を中心に開かれ、全国各地からカヌーヤーが集まっている。また、本学あわら校舎近くの花菖蒲園では、毎年6月に「花菖蒲祭り」が行われ、多彩なイベントを楽しむことができる。

平成11年には、湖南部の湖畔に人と自然の共生を目指した「北潟湖畔公園」が完成した。この公園にはサイクリングロード、水辺の休憩スポット等が配置され、サイクリングのほか魚釣りや水遊び、カヌーが楽しめるようになっている。湖中心部と南部の湖畔を結ぶ「アイリスブリッジ」は、全長175mの赤色の斜長橋であり、冬季を除いて夜間ライトアップされている。

### 3. 北潟湖の水質状況

北潟湖の水質環境基準を表2に示す。福井県による水質監視のための湖内採水地点は図1に示す8地点

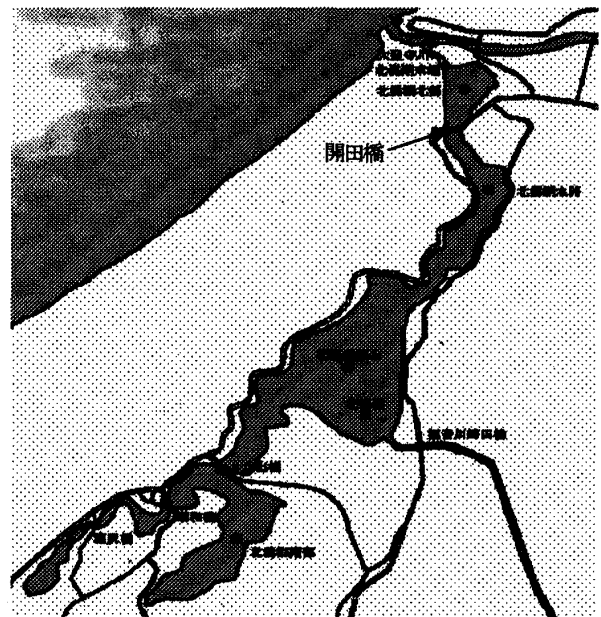


図1 北潟湖と採水地点

であるが、代表的な5地点（北潟湖北部、北潟湖水路、北潟湖湖心、北潟湖南部、塩尻橋）について、主な水質項目のS58～H15年度の経年変化を図2に、H15年度の経月変化を図3に示す<sup>4)</sup>。

表2 北潟湖の水質環境基準

	COD	全窒素	全りん
類型	B	IV	IV
基準値 mg/l	5	0.6	0.05

図2の過去20年以上にわたる経年変化については、全体的にCOD（化学的酸素要求量）、T-N（全窒素）およびTP（全りん）はほぼ横ばいに推移していると言ってよい。場所ごとにみると、ほとんどの地点が環境基準を超過している。また、湖奥部（上流側）になるほど濃度が高く、塩尻橋が最も高い値を示すことが多い。この理由の一つとして、湖末端側ほど海水による希釈効果の高いことが挙げられる。

図3は平成15年度を代表として月変化を示しているが、ここ数年間は年毎にパターンが微妙に異なっている。一部例外があるものの、pH、COD、TPおよび全クロロフィル（植物プランクトン量の指標）については、春から夏の間が高く、秋から冬に低下している。これは、春から夏にかけて光合成を行う植物プランクトンの増殖が活発化することによって、弱酸であるCO<sub>2</sub>が消費されてpHは上がり、増殖した植物プランクトンはCOD、TP等として検出されるためだと考えられる。DO（溶存酸素）とT-Nについては、

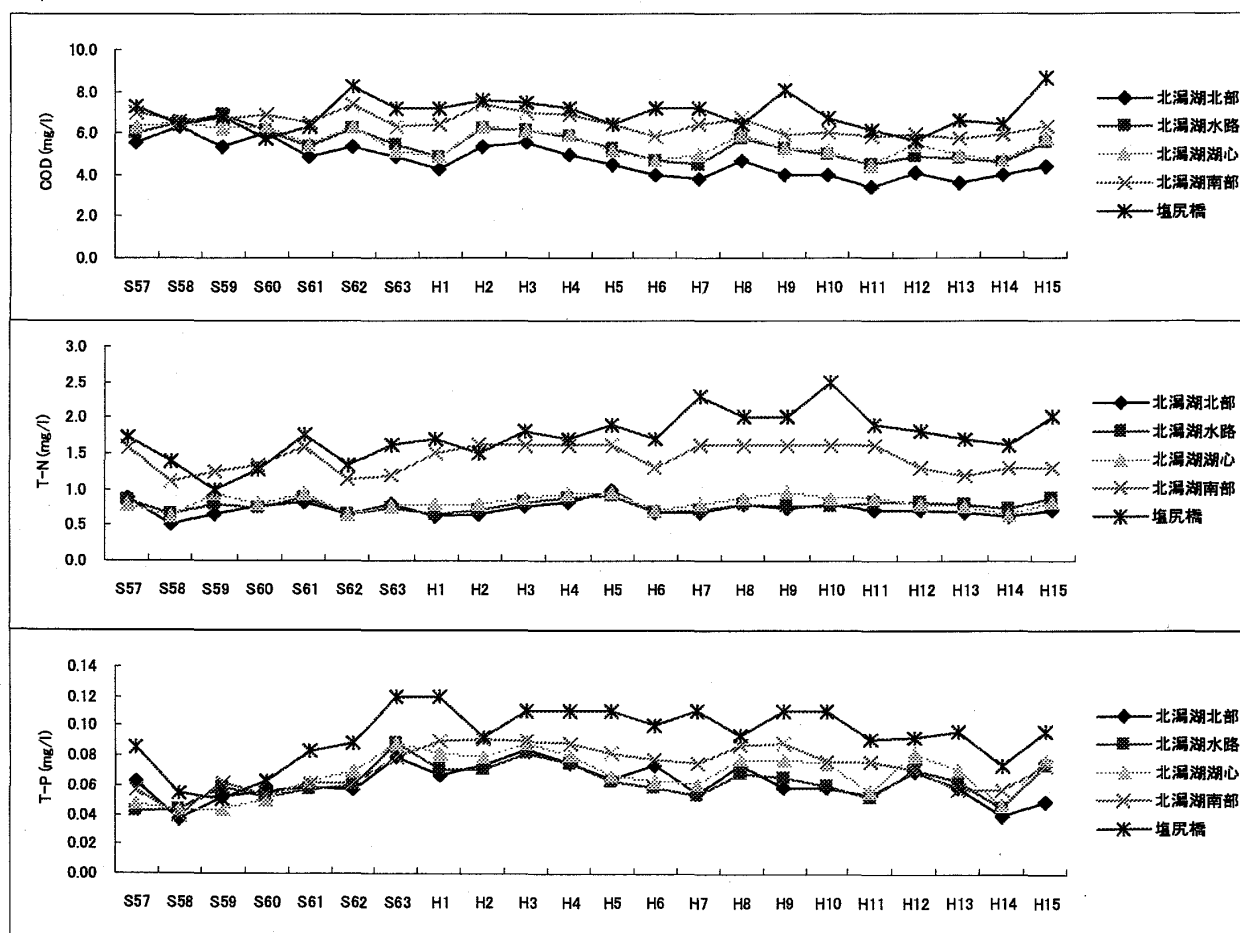


図2 北潟湖水質の年変化（昭和57～平成15年度、年度平均値）

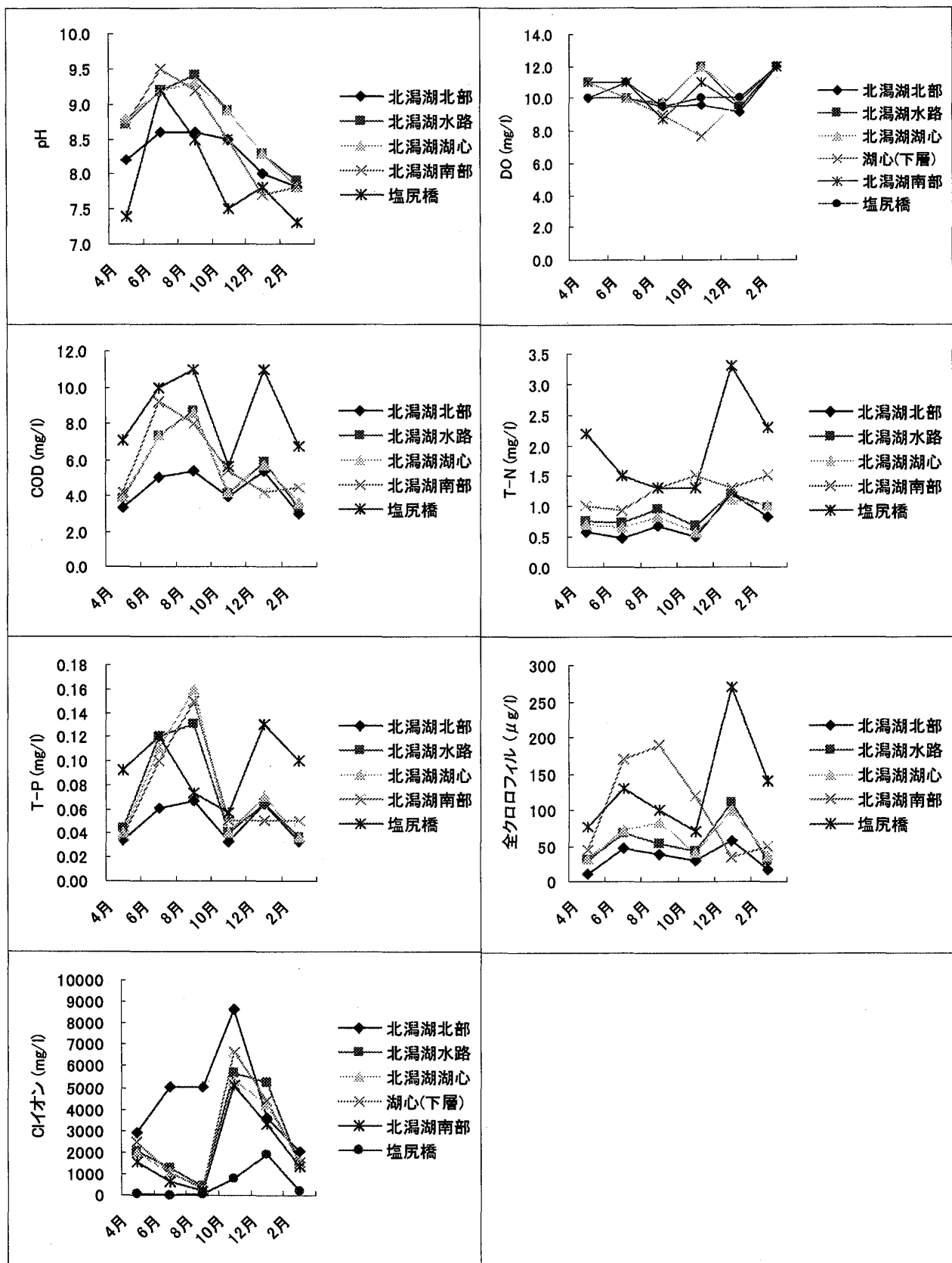


図3 北潟湖水質の月変化 (平成 15 年度)

逆に夏場に低下する傾向があり、特に汚濁の進んだ塩尻橋では DO が 0mg/l 近くまで下がる年があった。水温の高い夏場では、底泥の腐敗が進行して有機物や栄養塩が溶出し、DO の低下と硝化・脱窒による窒素の消失を招くものと考えられる。一方、塩尻橋ほど汚濁されていない湖心では、上層（水深 0.5m）と下層（水深 2.0m）の DO 濃度に大差なく、ほぼ全層にわたり好氣的雰囲気が保たれていることが示唆される。

日の出橋より奥の塩尻橋や北潟湖南部では、冬季における T-N の急増が毎年みられる。この付近では多量のヒシが繁殖することが報告されている<sup>5)</sup>。ヒシは 5 月ごろ出現し、8 月に最盛期を迎え、10 月ごろより枯死し始める。湖奥部で夏期に水質が若干改善され、冬期に向け水質が悪化することはこのヒシの繁殖による栄養塩の吸収と、枯死による放出が主な原因ではないかと考えられる。しかし、この影響が COD、TP にみられず、T-N にのみ出る理由については明白でない。

塩素イオン濃度は、水門が常時開放となる 10 月以降に急激に高まっている。やはり、日本海に近い湖北部で最も高く、塩尻橋で最低となっている。年毎の変動は激しいが、塩尻橋における塩素イオンの最高濃度は 2,000mg/l 程度である。湖北部は常に干満によって海水が流出入し、塩水層が形成されていると報告されている<sup>6)</sup>。また、湖心における上層と下層で塩素イオン濃度に 1,000~2,000mg/l の差が頻繁にあることから、開田橋より湖奥部でも塩水層または塩水楔は形成されていると推測される。

北潟湖では長年、藍藻、珪藻、緑藻の共存した安定した植物プランクトン相が報告されている<sup>7)</sup>。富栄養化が進行した湖沼であるにも関わらず、主なアオコ形成種である *Microcystis* 属が優占せず、この原因として塩素イオンが考えられる。*Microcystis* 属は塩素イオンに感受性があり、三方湖由来の *Microcystis aeryginosa* も塩素イオンが 1,500mg/l までは順調に生育するが、2,500mg/l を超えると増殖量が低下することが確認されている<sup>8)</sup>。北潟湖においては、北部にある開田橋の水門の開放により日本海からの潮流の影響を受け 10 月から 12 月に塩素イオンが上昇する現象に加え、冬季の低水温により翌年度の生長が阻害されると考えられる。また、日の出橋付近以奥では、密生したヒシによる栄養塩の吸収や遮光によりアオコが発生しにくい状況になっていることも要因として考えられる。

#### 4. 汚濁負荷量解析

湖沼および集水域の汚濁物質循環図を図 4 に示す。図 4 における湖外部からの汚濁物質流入量を把握することは、湖沼の水質汚濁解析および対策にきわめて有用である。そこで、今回は平成 8 年の福井県による汚濁解析<sup>9)</sup> を基にして、下水道・浄化槽整備や側条施肥田植機・緩効性肥料の普及に関する新たなデータを盛り込んで、最新の汚濁解析を実施してみた。ここで、側条施肥田植機は、田植えと同時に施肥ができる田植機で、苗に近い土中に適量を施肥するので施肥量が少なくすみ、栄養塩類の水中への流出を減らすことができる。また、緩効性肥料は、肥効発現期間を長くした肥料であり、作物の生育に応じて養分が供給さ

れるので、施肥量および回数を減らし、過剰養分の系外への流出を少なくすることができる。

表3には北潟湖流域における平成8および16年の普及率、表4には背景調査結果をまとめる。そして、背景調査結果に原単位を乗じて、流域毎、発生源毎の発生負荷量を算出した。COD、TN、TPそれぞれについての汚濁負荷量結果を図5に示す。なお、詳細な北潟湖流域分割図と算出に用いた原単位は、文献9)を参照した。

北潟湖の流入負荷を発生源別にみると、図5に示すように、田畑や山林からの自然排水など面源による汚濁負荷割合がCOD60%、TN68%、TP55%と60%前後を占める結果となった。北潟湖では、三方五湖と共に平成元年度から発生源対策、湖沼内対策および湖沼周辺対策を含む「湖沼水質保全対策事業」が実施されている。具体的には、公共下水道の整備、肥料流出防止と施肥の適正化、側条施肥田植機の普及や、平成4年からは湖を直接浄化するため湖内堆積物のしゅんせつが中心である。今後は、下水道の普及などによって生活排水などの点源からの汚濁負荷量がさらに減少していくので、田畑などの面源対策がますます重要性を増してくると思われる。特に、側条施肥田植機および緩効性肥料は、表3のように徐々には普及してきているが、面源対策の中心であるのでさらに推し進める必要がある。

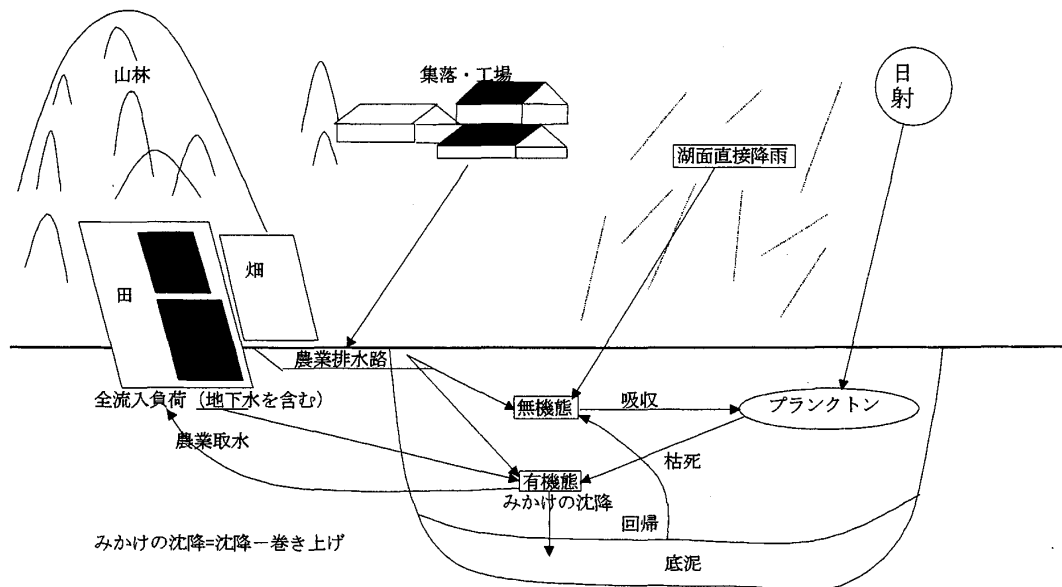


図4 湖沼および集水域の汚濁物質循環図<sup>9)</sup>

表3 北潟湖流域における普及率(%)

	H8年	H16年
下水道整備	2	12
側条施肥田植機	48	65
緩効性肥料	35	47

表 4 北潟湖流域状況

	北潟湖 北部	北潟湖 水路	北潟湖	北潟湖 南部	日之出橋 ・塩尻橋	合計
生活系 下水道人口	0	0	292	154	179	625
合併処理浄化槽人口 (501 人以上)	0	0	0	0	0	0
合併処理浄化槽人口 (501 人以下)	153	12	64	50	400	679
単独処理浄化槽人口	32	10	10	0	99	151
くみとり	306	269	2,400	338	410	3,723
小計	491	291	2,766	542	1,088	5,178
工業系 大規模工場・事業所数 (従業員 10 人以上)	0	0	4	1	0	5
小規模工場・事業所数 (従業員 10 人未満)	2	0	18	2	4	26
小計	2	0	22	3	4	31
畜産系 牛 (頭)	0	0	0	77	0	77
豚 (頭)	0	0	0	24	0	24
鶏 (羽)	0	12,500	28,500	0	125,400	166,400
小計	0	12,500	28,500	101	125,400	166,501
上記 養殖漁場 (従事者数)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
以外 水田面積 (km <sup>2</sup> )	0.00	0.02	4.83	0.88	1.70	7.42
畑地 (km <sup>2</sup> )	0.00	0.08	0.92	0.44	0.98	2.41
山林面積 (km <sup>2</sup> )	0.19	2.35	14.14	3.47	2.15	22.29
その他の面積 (km <sup>2</sup> )	0.20	0.13	1.20	0.26	0.74	2.52
小計 (流域面積のみ)	0.39	2.57	21.08	5.04	5.57	34.65

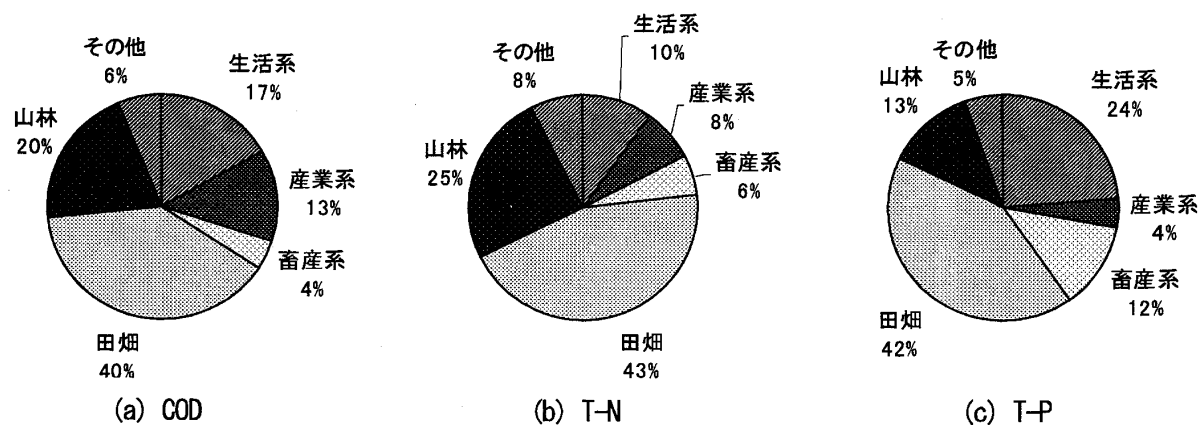


図 5 発生源別汚濁負荷量

## 6. おわりに

福井県北部に位置する北潟湖では、県および周りの市町村による水質保全対策事業が実施されてきたが、水質の改善は遅々として進まない状況にある。その最大の理由は、汚濁源の大部分 (60%程度) が流域の田畑や山地からの面源であることであり、その場合の対策は非常に難しくなる。福井県三国土木事務所によると、新築された水門は平成 18 年より年間通して自動開閉方式になっており、そうすると海水の侵入が抑

制されて塩素イオン濃度が低下することにより、植物プランクトンが将来大発生する恐れがある。また、観光・レジャー資源としての北潟湖は利活用度が十分高いとは言えず、その分水質保全事業に十分な予算が投入されないという問題もある。今後は、総合的な取り組みを推進するとともに、地域の活性化を含めた議論も大いに必要となるであろう。

## 謝辞

ご指導ならびにデータの提供をいただいたあわら市生活環境科内田氏、同上下水道課松永氏、福井県衛生環境センター加藤氏、福井県坂井農業改良普及センター酒井氏、福井県三国土木事務所砂村氏および福井工業大学建設工学科建築学専攻前田主任教授（カヌー部顧問）に感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) 環境省：平成16年版環境白書、2004.
- 2) あわら市ホームページ (<http://www.city.awara.fukui.jp>)
- 3) 田中正明：日本湖沼誌、名古屋大学出版会、1992.
- 4) 福井県：昭和57～平成15年度公共用水域および地下水の水質の測定結果報告書、1985～2003.
- 5) 塚崎嘉彦ほか：北潟湖におけるヒシ(*Thapa sp.*)の水質への影響に関する研究、福井県環境科学センター年報、Vol. 29、103-106、1999.
- 6) 吉田耕一郎ほか：北潟湖における水位の変動関数について、福井県環境科学センター年報、Vol. 24、117-126、1994.
- 7) 塚崎嘉彦ほか：北潟湖および三方湖における植物プランクトンの変遷について(第1報)、福井県環境科学センター年報、Vol. 31、68-76、2001.
- 8) 福井県環境科学センター：アオコ除去技術開発事業報告書、2001.
- 9) 福井県環境科学センター：富栄養化汚濁解析業務報告書、1998.

(平成19年3月22日受理)