

江津湖の水質の現況と経年変化について

武原弘和 福田照美 坂口美鈴 吉田英美香 津留靖尚

1 はじめに

熊本市の東南部に位置する江津湖は、熊本地域の豊富な地下水を起源としており、豊かな水量と良質な水質に恵まれ、古くから市民の憩いの場として親しまれてきた。しかしながら、昭和40年代以降、流域の都市化に伴い生活排水等の流入による汚濁が進み、また、減反や開発に伴いかん養域が減少したことにより湧水量も減少してきた。

そうしたなか、流入河川の流域の下水道整備が進められたことや江津湖の浚渫が行われたことから、平成3年には、上江津湖のBOD値が環境基準を達成するなど水質の改善が見られている。また、水量についても、地下水かん養量の減少を補うため平成16年度から上流域の白川中流域で行われている水田湛水事業等により、地下水位の上昇とともに湧水量の減少に歯止めがかかったという報告もなされている¹⁾。

江津湖の水質調査は、昭和40年代から継続して行われてきたが²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾、近年水質の改善に伴い調査頻度や項目が削減されてきている。生物多様性の保存が叫ばれるなか、約600種類の動植物が生息する優れた環境を創出し、平成の名水百選に選定された江津湖への関心が高まっており、当所では、江津湖の現況を把握するため水質調査を行ったので報告する。

2 調査の概要

(1) 調査地点及び調査回数

江津湖は、加勢川の一部で、水前寺、砂取、神水地区の湧水群を源とし、秋津橋の下流で木山川と合流後、水田地帯を流れ緑川に合流し有明海に注いでいる。その形状から上江津湖と下江津湖に分かれており、江津湖水質管理計画⁶⁾によると、湖水面の面積は上江津湖が13.6ha、下江津湖が35.0ha、平均水深は1.2mと2.0mである。滞留日数は、それぞれ0.3日と1.2日で、上江津湖は河川の様相を、下江津湖は湖沼の様相を示していると述べられている。

調査は、図1に示した上江津湖の流入部の砂取橋と流出部の江津斎藤橋及び下江津湖の流出部の秋津橋の3地点で行った。これらの地点では、公共用水域の水質測定計画に基づく測定地点(補助点)として、年6回(偶数月)の調査が行われており、奇数月や項目を追加して毎月1回の調査を行った。

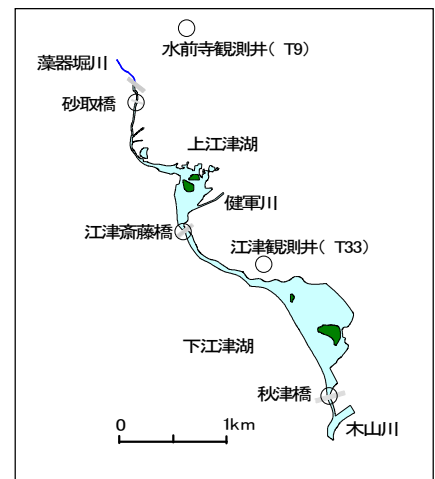


図1 調査地点位置図

(2) 調査項目

生活環境項目のpH、DO、BOD、COD、SS、全窒素及び全リンは、環境庁告示第59号(「水質汚濁に係る環境基準について」昭和46年12月28日)の別表により、アンモニア性窒素は日本工業規格K0102 42.2を、オルトリン酸態リンは同じく46.1を用いて、クロロフィルaは上水試

験方法 27.2 に準じて測定した。また、水温と気温についても現地で測定した。

なお、江津湖は、周辺地域や湖内の湧水が水源となっていることから、地下水質と比較するため、地下水の主要成分である重炭酸イオン（硫酸滴定法）やナトリウムイオン、カリウムイオン、マグネシウムイオン、カルシウムイオン、フッ化物イオン、塩化物イオン、硫酸イオンについてもイオンクロマトグラフにより測定し、地下水観測井の水質と比較した。

3 調査結果

(1) 生活環境項目等

各測定項目の平均値、最小値、最大値及び 75% 値を表 1 に地点毎に示した。江津湖は、加勢川水系の一部で緑川の支流として A 類型に指定されているが、BOD の 75% 値は、砂取橋で 0.5mg/l、江津斉藤橋で 0.6mg/l と環境基準（2mg/l）を達成しており、図 2 に示したように両地点とも年間を通してほぼ報告下限値の 0.5mg/l 程度で推移していた。一方、秋津橋の BOD75% 値は 2.7mg/l と基準を超えており、6 月が 4.6mg/l と最も高く 10 月までの 5 ヶ月間が 2mg/l を超えていた。同様な傾向は COD や DO にも見られており、秋津橋ではこれらの項目も 6 月から 10 月にかけて高くなっていた。

表 1 江津湖の水質調査結果（生活環境項目等）

地点名	砂取橋	江津斉藤橋	秋津橋
BOD (mg/l)	0.6[0.5] (<0.5-1.0)	0.6[0.6] (<0.5-1.3)	1.8[2.7] (<0.5-4.6)
COD (mg/l)	0.5 (<0.5-0.7)	0.8 (<0.5-2.0)	2.1 (0.9-5.2)
SS (mg/l)	1.1 (<1-2)	2.7 (<1-7)	5.0 (3-10)
DO (mg/l)	9.2 (8.9-9.5)	9.0 (7.8-11.0)	10 (7.9-14)
全窒素 *1) (mg/l)	4.1 (4.0-4.3)	3.9 (3.7-4.5)	3.5 (3.0-4.2)
硝酸性窒素 (mg/l)	4.0 (3.8-4.3)	3.7 (3.4-4.0)	3.2 (2.5-3.8)
亜硝酸性窒素 (mg/l)	<0.01 (<0.01)	<0.01 (<0.01)	0.01 (<0.01-0.01)
アンモニア性窒素 (mg/l)	0.02 (0.01-0.03)	0.03 (0.02-0.05)	0.05 (0.01-0.12)
全リン *1) (mg/l)	0.062 (0.048-0.079)	0.065 (0.050-0.082)	0.069 (0.037-0.093)
オルトリン酸態リン (mg/l)	0.059 (0.051-0.071)	0.052 (0.038-0.063)	0.036 (0.007-0.058)
クロロフィル-a (mg/l)	2.1 (0.13-6.3)	1.8 (0.28-2.5)	16 (0.29-46)
大腸菌群数 *2) (MPN/100ml)	12250 (500-24000)	3600 (2300-4900)	25200 (1400-49000)

注：上段は年平均値、BOD の [] は 75% 値、下段は（最小値－最大値）

*1) 12 月欠測、 *2) 8 月、2 月の年 2 回測定

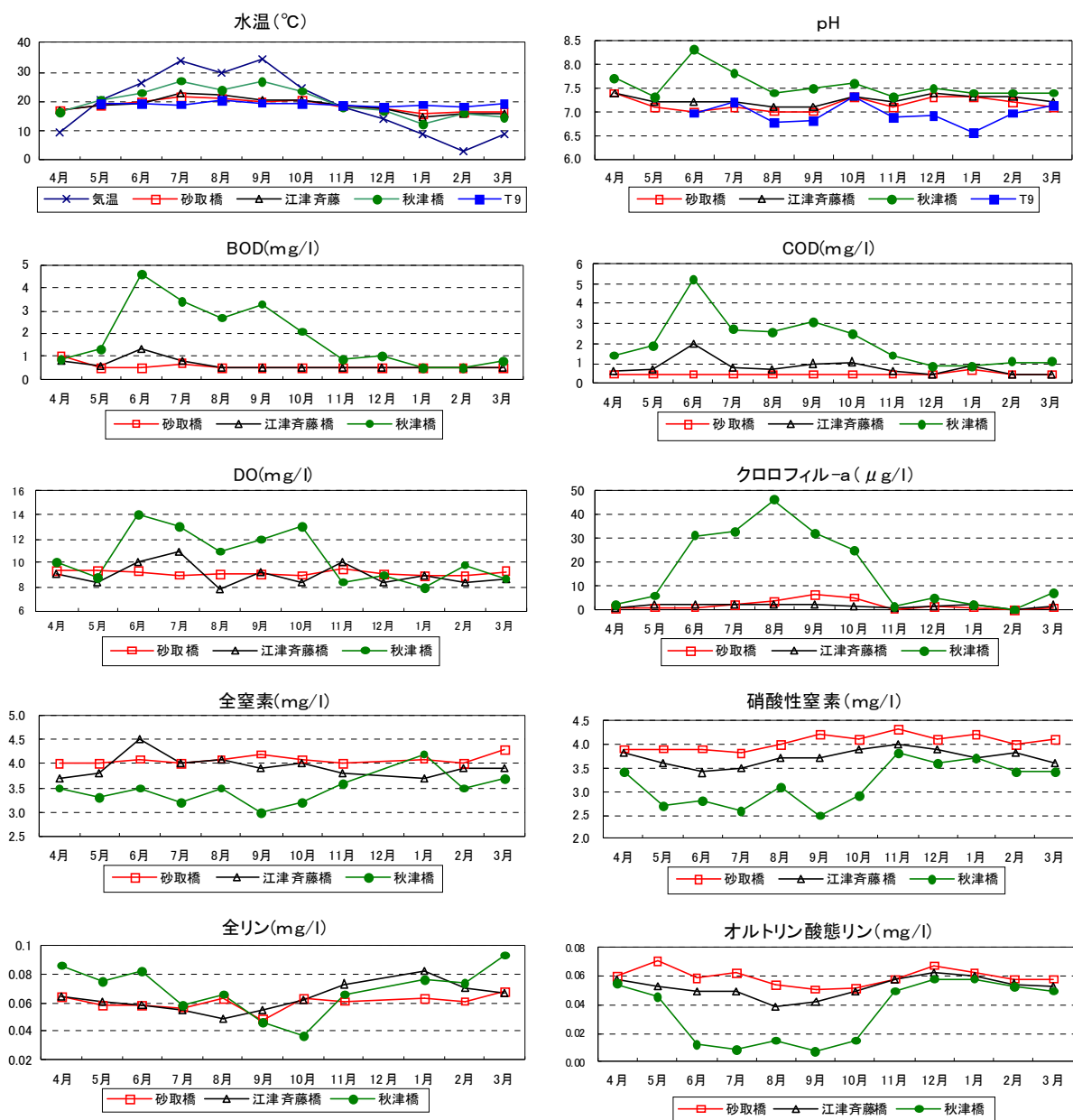


図2 江津湖の生活環境項目等の季節変動

下江津湖においてBODが高くなる原因としては、富栄養化に伴う植物性プランクトンの発生が関与していることが報告されている⁴⁾。植物性プランクトンに含まれており、その指標となるクロロフィルaは、図2に示したように秋津橋ではBODと同様に6月から10月まで高くなっており、両者の相関は高かった(図3参照)。

ところで、植物性プランクトンは水中の窒素やリンを栄養源として光合成を行い増殖しており、窒素の濃度が0.2mg/l、リンの濃度が0.02mg/lが富栄養化の目安とされているが⁷⁾、江津湖の全窒素は年平均で3.5~4.1mg/l、全リンは0.062~0.069mg/lとなっておりいずれも超えている。全窒素は、図2に示したように砂取橋と江津斉藤橋では年間を通して4mg/l前後で推移しており、硝酸性窒素もほぼ同程度で季節変動が小さい。一方、秋津橋では全窒素は3から4mg/lの範囲で変動しており、硝酸性窒素は、5月から10月まで他の時期に比べ1mg/l程度低くなっていた。同様な傾向は全リンにもみられ、砂取橋と江津斉藤橋では0.06mg/l前後で推移

しているのに比べ、秋津橋では 0.037 から 0.093mg/l の範囲で変動しており、夏場に低くなる傾向が見られている。オルトリン酸態リンも BOD の高くなる 6 月から 10 月にかけては、約 0.01mg/l と低濃度になっており、他の時期と比べると約 80%減少していた。

図 3 に秋津橋におけるクロロフィル a と窒素、リンの各成分との相関を示した。いずれも負の相関が見られているが、特にクロロフィル a とオルトリン酸態リンに負の高い相関（相関係数：0.93）があり、植物性プランクトンが増殖する過程でオルトリン酸態リンが主要な役割を担っていることを示唆している。

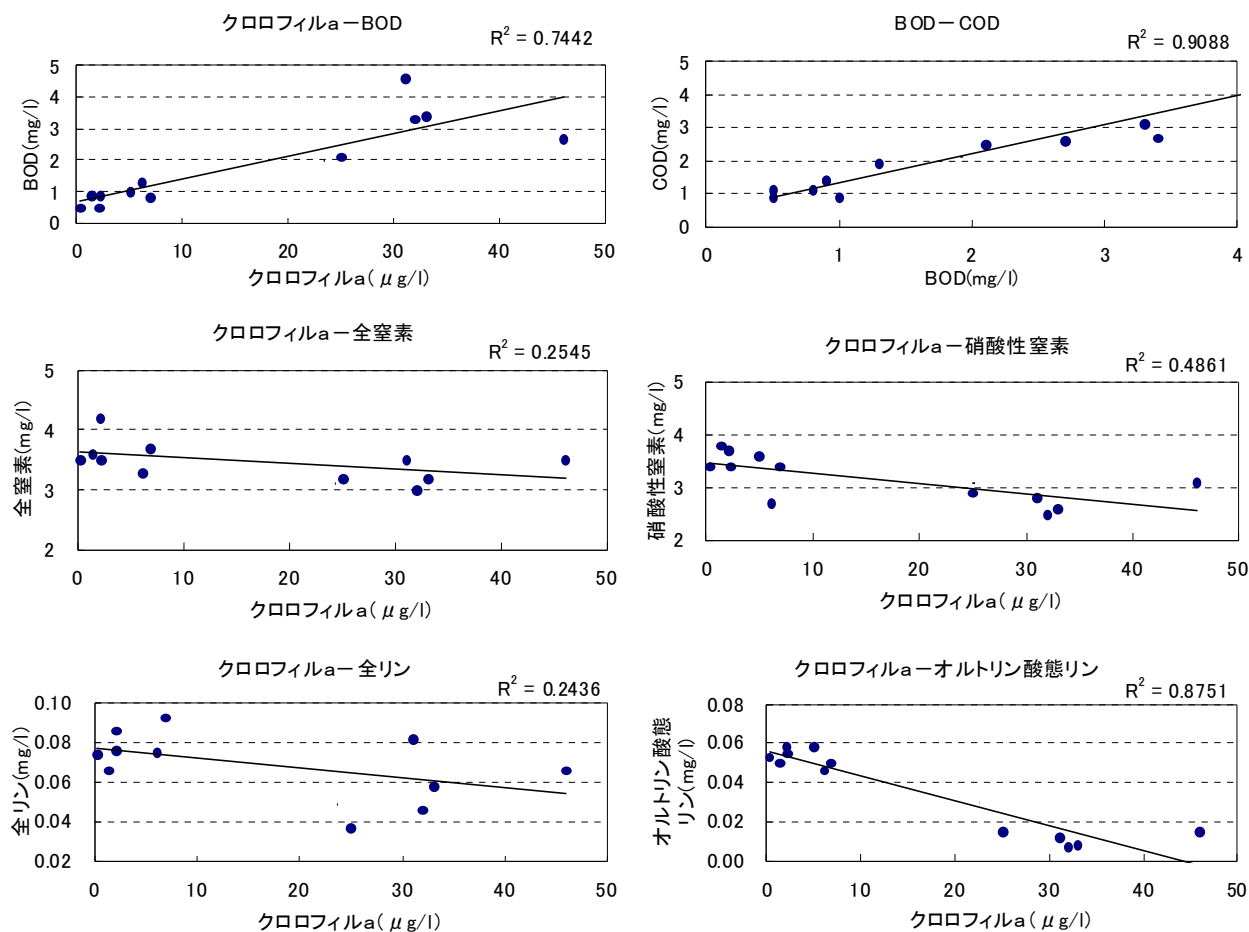


図 3 秋津橋におけるクロロフィル a と各測定項目の相関図

なお、植物性プランクトンは夏場に発生しているが、秋津橋の水温とクロロフィル a は、図 4 に示したように相関が見られ、水温が 23℃を超えるとクロロフィル a も高くなり、BOD も大きくなっている。

図 2 に示した水温の変動をみると、砂取橋と江津斉藤橋の水温は水前寺観測井と同様に季節変動が小さいが、秋津橋では気温の影響を受けて最高で 27℃まで上昇している。文献⁶⁾によると下江津湖の滞留日数は 1.2 日で上江津湖の約 4 倍となっていることから、気温の影響を受け水温が上昇し植物性プランクトンの繁殖しやすい環境が作り出されていると考えられる。

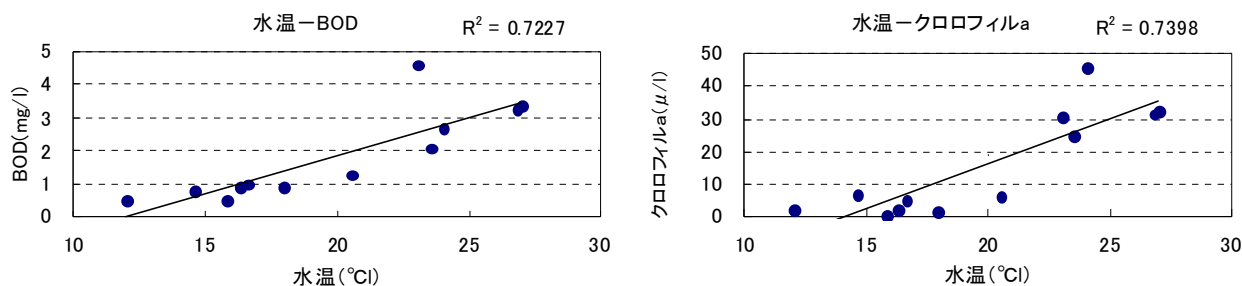


図4 水温とBOD及びクロロフィルaの相関図

(2) 水質の経年変化

今回対象としている3地点では、昭和49年度から年間を通じた調査が行われており、BODの年平均値の経年変化を図5に示した。

砂取橋では、生活排水を多く含む藻器堀川の水が流れ込んでいたため、昭和50年頃のBODは10mg/lを超えることもあったが、下水道が整備されたことで徐々に減少し、平成に入り整備率が50%を超えると、BODも環境基準(2mg/l)を達成できるようになった。その後も減少を続けており、現在は報告下限値の0.5mg/l程度と極めて良好な状況になっている。

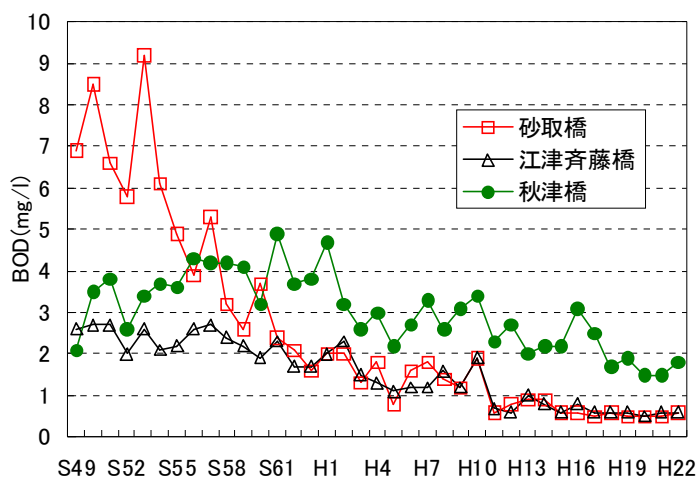


図5 各測定項目の相関図

上江津湖の出口にあたる江津斉藤橋では、藻器堀川や健軍川からの流入水に湧水が加わり、昭和50年代は2~3mg/lで推移していたが、流入水質の改善に伴い平成10年には1mg/lをきり、最近では0.5mg/l程度と砂取橋とほぼ同様な挙動を示し、徐々に改善されている。

最下流部の秋津橋でも、昭和50年代には4mg/l前後あったが、平成に入ると2~3mg/l程度で推移し、最近では2mg/l以下となっている。

富栄養化の原因となるリン及び窒素成分について、昭和53年度と昭和55年度以降5年おきの推移を図6に示した。測定回数や時期が異なっており単純には比較できないが、全リンはいずれの地点も昭和50年代の0.2mg/lから最近では0.06~0.07mg/lと約1/3に減少しており、オルトリン酸態リンも同様に減少している。

一方、全窒素は、砂取橋では昭和60年度以降3mg/l程度で推移していたが、平成22年度には4.1mg/lへ増加しており、アンモニア性窒素が0.6mg/lから0.02mg/lへ減少しているにもかかわらず硝酸性窒素は昭和53年の1.5mg/lから4.1mg/lへと徐々に増加している。同様な傾向は江津斉藤橋や秋津橋でも見られており、アンモニア性窒素はリンと同様に下水道の整備によって減少しているのに対し、硝酸性窒素は、東部地域で見られている地下水中の硝酸性窒素と同様に増加傾向を示している。

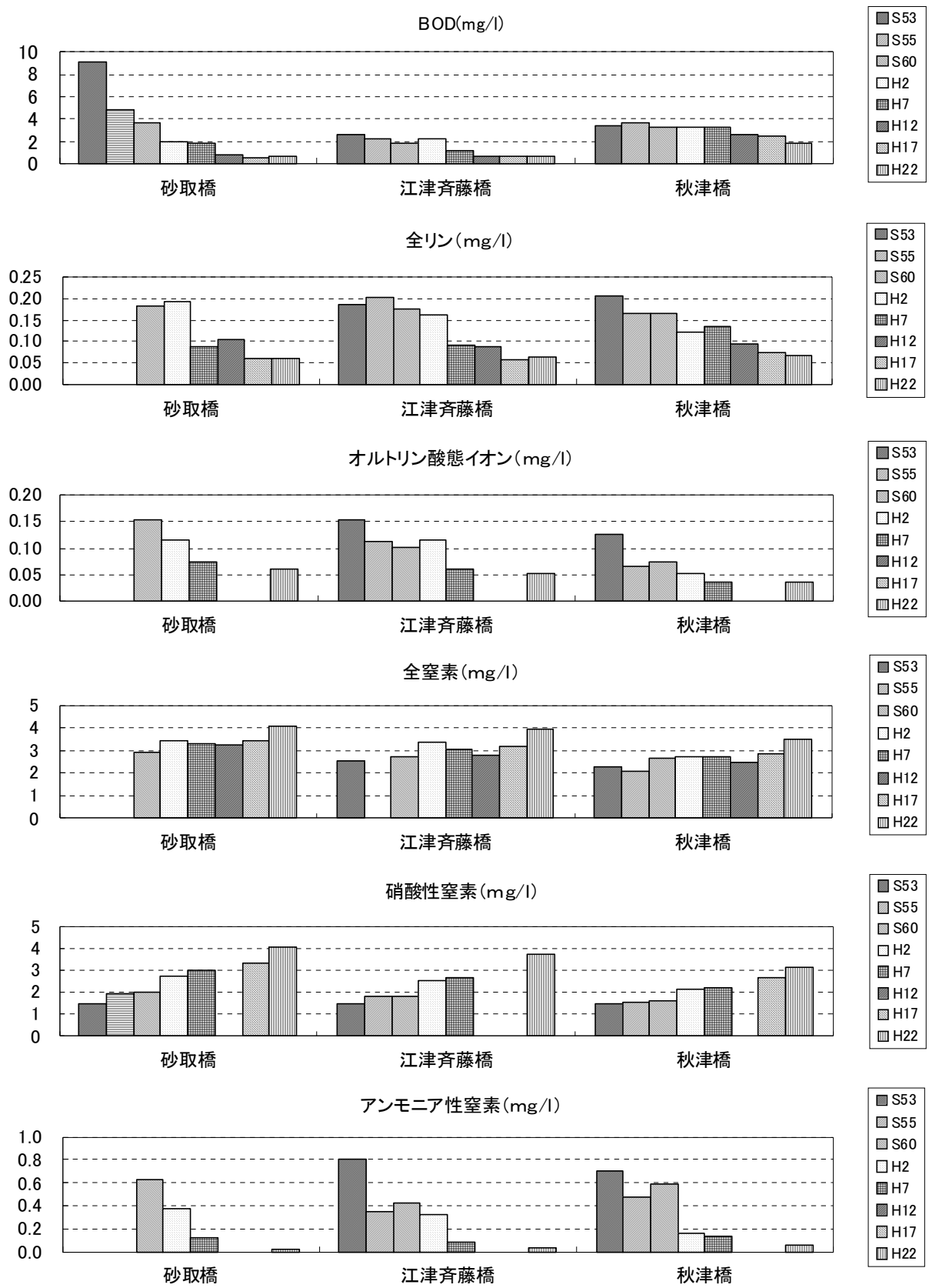


図6 江津湖における各項目の経年変化

(3) 地下水との比較

江津湖の起源が湧水であることから、東部地域で行っている地下水観測井の定期モニタリング調査⁸⁾のデータを用いて水質の比較を行った(表2)。

表2 江津湖と地下水の水質調査結果

	砂取橋	江津斉藤	秋津橋	水前寺観測井(T9)	日向東観測井(T12)	日向西観測井(T13)	江津観測井(T33)	健軍観測井(T40)
水温	18.5	18.6	19.8	18.9	18.7	18.9	18.9	19.2
(°C)	15.7-21.5	14.6-23.0	12.0-27.0	18.0-20.2	18.1-19.8	18.1-19.2	18.3-19.5	18.7-19.5
pH	7.0-7.4	7.1-7.4	7.3-8.3	6.6-7.3	6.8-7.3	6.9-7.3	7.0-7.3	7.0-7.3
F ⁻	0.12	0.14	0.14	0.14	0.14	0.16	0.16	0.14
(mg/l)	0.09-0.16	0.09-0.19	0.08-0.20	0.06-0.21	0.07-0.20	0.08-0.22	0.09-0.20	0.07-0.19
Cl ⁻	11	10	10	11	8.9	9.1	8.9	9.6
(mg/l)	10-11	9.5-11	7.9-11	9.7-11	7.8-9.4	8.0-9.6	8.0-9.5	8.5-10
NO ₃ ⁻	18	17	14	18	17	18	13	17
(mg/l)	17-19	15-18	11-17	17-20	15-18	17-20	12-14	16-18
SO ₄ ²⁻	20	21	21	21	24	24	26	23
(mg/l)	19-22	20-23	18-23	20-23	18-32	18-30	24-26	21-26
HCO ₃ ⁻	79	80	77	78	73	74	72	73
(mg/l)	77-82	77-86	70-81	74-82	71-76	71-77	69-75	71-76
Na ⁺	13	13	13	13	12	12	13	12
(mg/l)	12-14	12-13	11-14	12-13	12-13	12-13	12-14	12-13
K ⁺	5.0	5.0	4.8	5.0	4.6	4.7	4.9	4.8
(mg/l)	4.9-5.2	4.8-5.2	4.1-5.2	4.9-5.2	4.3-4.8	4.5-4.9	4.8-5.1	4.6-5.0
Mg ²⁺	8.5	8.6	8.3	8.8	8.8	8.8	8.8	8.9
(mg/l)	8.0-8.8	8.1-8.9	6.8-8.9	8.6-9.0	8.1-9.7	8.1-9.6	8.5-9.0	8.5-9.4
Ca ²⁺	20	19	19	19	18	19	17	18
(mg/l)	19-20	18-20	16-19	18-20	16-20	17-20	16-18	17-20

注：上段は年平均値、下段は“最小値-最大値”

これらの観測井は、阿蘇西麓台地のかん養域から江津湖へ向かって地下水が流れていく流路上に位置しており、いずれも江津湖の水質と類似していたが、クラスター分析によると図7に示したように水前寺観測井(T9)が砂取橋と江津斉藤橋の水質に最も近かった。水前寺観測井は、深度が約50mであり江津湖周辺一帯に広がる有力な帯水層である砥川溶岩にストレーナーが設けられていることから、江津湖の湧水も主に砥川溶岩から湧出しているものと推定される。江津観測井(T33)は、下江津湖の湖畔にあり距離的には近いが、深度は25mで砥川溶岩より上位のASO-4と託麻砂礫層にストレーナーが設けられており、硝酸イオン等の陰イオン濃度に違いが見られた。

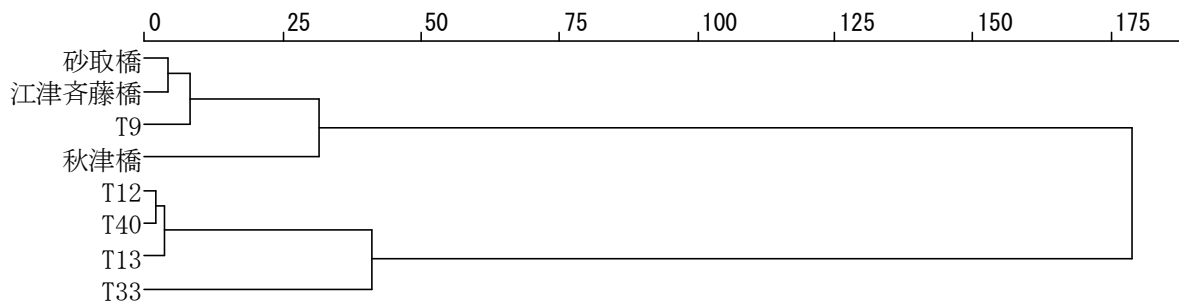


図7 江津湖と観測井のクラスター分析結果

江津湖の3地点と水前寺観測井の各イオン成分の季節変動を図8に示した。砂取橋と江津斉藤橋の各イオン成分の平均値や季節変動は、水前寺観測井とよく一致しており、これらの地点は地下水質の特性を維持しており、生活排水等の影響はほとんど受けていないことがわかった。

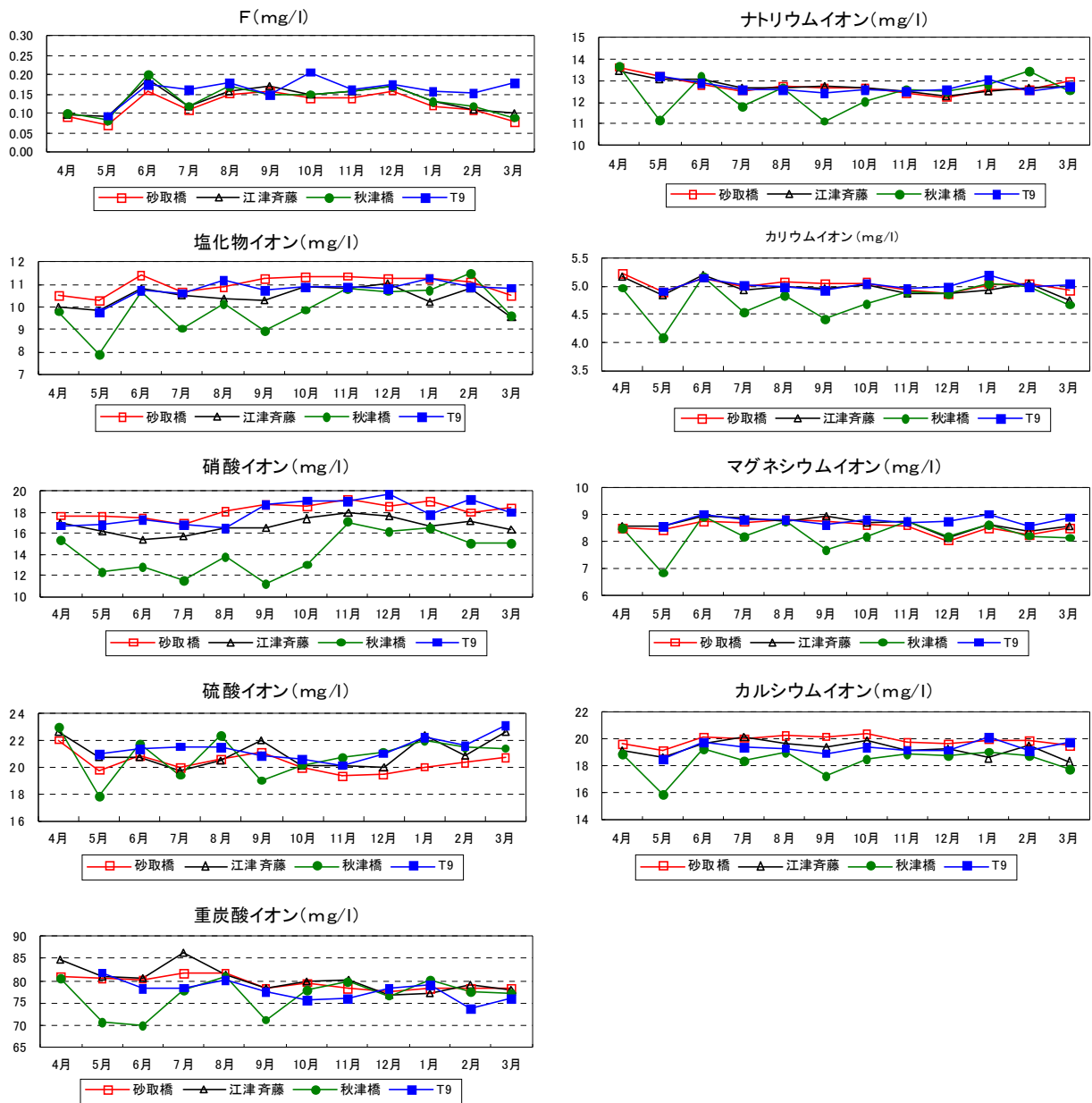


図8 江津湖と水前寺観測井のイオン成分の季節変化

このことから、富栄養化の原因となっている硝酸性窒素やオルトリン酸態リンの起源は、湧水すなわち地下水であると考えられる。

なお、秋津橋では、5月から9月にかけて塩化物イオン等ほとんどの成分で値にばらつきが見られているが、原因としてはこの時期に植物性プランクトンが発生していることや、下江津湖の滞留日数が長いため降雨の影響が採水時まで残っていた可能性も考えられる。

4 まとめ

今回の調査で次のようなことが明らかとなった。

上江津湖は、流入河川の水質の改善等により、BODは年間を通して報告下限値の0.5mg/l程度で推移しており、極めて良好な状態を保っていた。砂取橋と江津斉藤橋の水質は、水前寺観測井の水質と濃度や季節変動がよく一致していた。

一方、下江津湖では、6月から10月まで環境基準を超えるBODが検出されており、その原因は、植物性プランクトンの発生によるもので、湖水に含まれている窒素やリンを栄養源として、水温の上昇に伴って発生していた。

江津湖の水質は、経年的にはいずれの地点の改善に向かって進んでおり、これまでは下水道整備に伴い生活排水等の流入量が減少することによる窒素やリンの削減が大きく寄与してきた。しかし、昭和50年頃には5%にも満たなかった公共下水道整備率が、現在では藻器掘川流域で99%、健軍川流域で92%に達しており、今後は湧水そのものに含まれている硝酸性窒素やリンの削減が重要になってくると考えられる。また、植物性プランクトンの発生には、水温が大きな影響を及ぼしており、夏場に下江津湖の水温を上昇させないための取り組みも有効である。

いずれにしても、江津湖では、地下水が湧出し流れの速い河川の様相を持つ上江津湖と、緩やかな流れの湖沼の様相を持つ下江津湖が、多様な動植物の生息の場を創出しており、今後も水質の変化に注目していきたい。

5 参考文献

- 1) 市川勉:熊本地域の地下水量保全について,清州市環境訪問団国際ワークショップ,1-15,2010.
- 2) 熊本市における公害調査報告書,熊本市衛生局衛生部公害対策課,9,1974~10,1975.
- 3) 熊本市の公害,熊本市,11,1977~20,1986.
- 4) 熊本市公害白書,熊本市,21,1987~31,1997.
- 5) 熊本市地下水年報,熊本市水保全課,1998~2005.
- 6) 江津湖水質管理計画,熊本市,昭和60年8月.
- 7) 上水道試験法解説編,日本水道協会,270,2001.
- 8) 宮本裕美他:熊本市東部地域の地下水質の季節変動について,熊本市環境総合研究所報,17,46-53,2009.