

熊本市・江津湖における湧水中の窒素の年間変動と 流下及び代表河川の窒素の変化について

熊谷 幸恵*, 市川 勉**

On Annual Change of Nitrogen Concentration in Spring Water in the EZU-Lake,
KUMAMOTO-City, Change of Nitrogen Concentration
with flowing down to the Sea and another rivers

by
Sachie KUMAGAE and Tsutomu ICHIKAWA
(Received: September 30, 2011, Accepted: February 24, 2012)

Abstract

The authors observed spring rates in 14-points in every month during 1992 to 2011 and observed water qualities in 9-points during 2009 to 2011 in the EZU-Lake, KUMAMOTO-City. Moreover, the authors examined concentration changes in the nitrogen through the river stream of the KASE-River, downstream of the EZU-Lake. As a result, the tendency of total spring rate in EZU-Lake is increased gradually from 2005, but slow fall of it starts from 2011. The authors compared consumption of nitrogen by aquatic plants in 3-blocks as upper, middle and lower EZU-Lake. As the results, it is understood that patterns and peak in consumption of nitrogen are different in each block of the EZU-Lake. It seems that differences of characteristics in spring of each block affect those consumption patterns. The concentration of nitrogen in the KASE-River hardly changed until junction with MIDORI-River. It is thought that the reason why the nitrogen concentration did not decrease within a flowing down the river is drainage from irrigation systems during flowing down. And it seems that the concentration of nitrogen lowered by joining stream of the MIDORI-River with low concentration. However, the load of nitrogen by groundwater outflow from the EZU-Lake was estimated with almost 500-t on a year. Therefore measures to nitrogen pollution of groundwater are necessary.

1. はじめに

江津湖は熊本市の南部に位置し、長さ2.5km、周囲6km、面積約50haで、環境省の平成名水百選に認定されている。また、熊本市街地にありながら、約400種類もの多様な動植物が存在し、その中には絶滅危惧区であるヒメバйкаモヤスイゼンジノリ、カワセミなどが生息している都市部でも稀な河川膨張湖である。しかし、近年では湧水量の継続的な減少や水質悪化、特に栄養塩類の増加が問題となっている。その結果、帰化植物であるオオカナダモや特定外来植物であるウォーターレタス（ポタンウキクサ）が異常繁殖している（Pic.1 参照）。



Pic.1 水草の繁茂の写真(2011/9/12)

著者らは、1992年より江津湖で流量観測を行ってきた。その結果、1992年当時は、約50万m³/日あった湧水が、2004年には約35万m³/日まで低下した。しかし、2004年から白川中流域の農地で湛水事業が行なわれ、湧水量

* 東海大学大学院産業工学研究科社会開発工学専攻院生

** 東海大学産業工学部環境保全学科教授

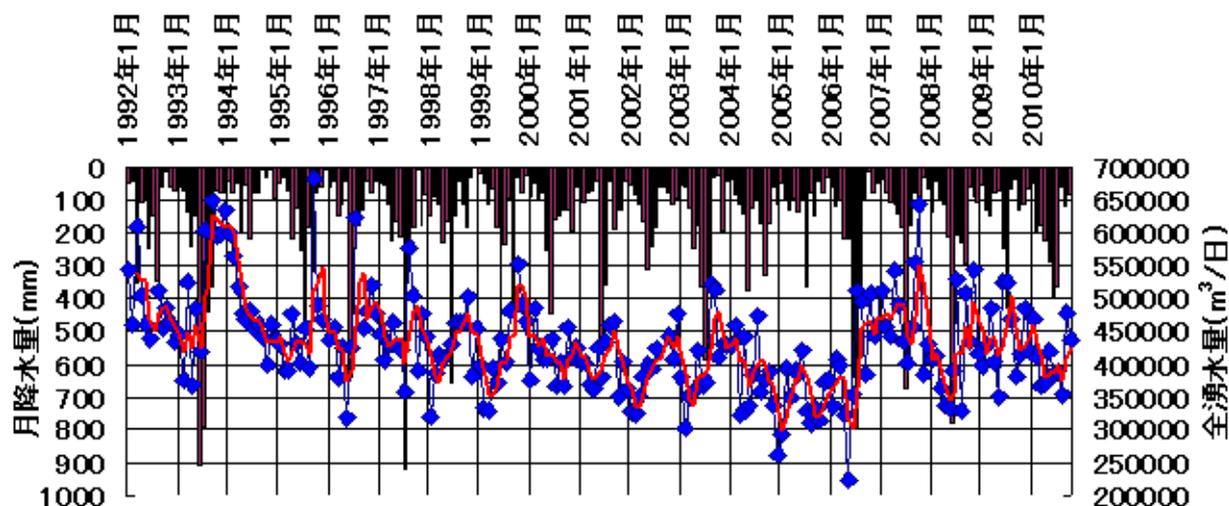


Fig. 1 江津湖全湧水量の経年変化

は上昇し、2010年までは横ばいの状態である (Fig.1 参照)。また、2009年4月よりデジタルパケットによる水質観測を開始し、その結果、江津湖では富栄養化していることがわかった。本研究は、1992年から行なっている湧水量観測と2009年から行なっている栄養塩類の水質観測のデータを基に、江津湖を上中下の三ブロックに分けて、湧水量の変動を考慮し、湧水中の全窒素($\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の合計量)の季節変動の解析を行なった。また、江津湖の水質観測と同時に、2011年6月から江津湖の流下河川である加勢川と熊本県を代表する緑川、白川でも2011年7月から水質観測を行い、各河川の観測値を比較し、検討した。

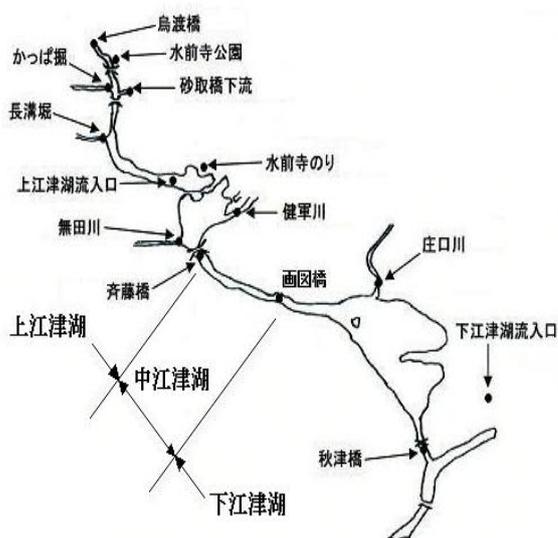


Fig. 2 江津湖流量観測地点とブロック分け

2. 江津湖湧水量の変動

江津湖の流量観測地点は、代表的な河川地点と都市河川からの流入口の計14地点で行なった。その際に上江津湖、中江津湖、下江津湖の3つのブロックに分けて湧水

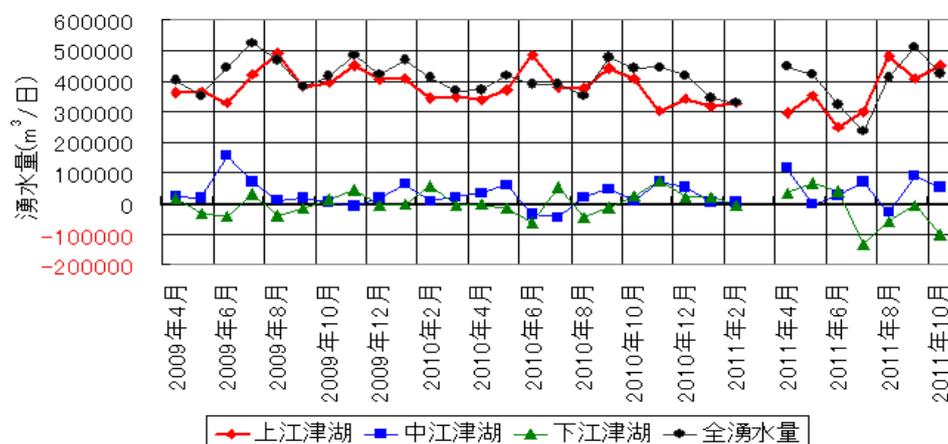


Fig. 3 各ブロックの湧水量の変化

量を検討した (Fig.2 参照)。

Fig.3は各ブロックの湧水量の変化を示している。この図より、上江津湖の湧水量は、全湧水量の100%近く占めていて、湧水地域が限定されていることがわかる。一方、中江津湖と下江津湖は湧水量が少なく、中江津湖では湧出する時期が限られ、下江津湖では逆に浸透していることがわかる。これまでの調査から全湧水量は地下水位の変動と一致しており²⁾、年間で最も地下水位が高くなる9月から10月にかけて最大となっている。

Fig.1に示したこれまでの観測結果によれば、江津湖の湧水量は2005年以降増加傾向、2010年まで横ばいであったが、2011年には若干減少傾向にあることがわかる。この原因については、今後の検討が必要である。

3. 湧水の水質調査

Fig.4に示している9つの観測地点で2009年4月から湧水量の観測と同じ日にデジタルパックテストによる水質調査を実施した。湧水での観測地点は、芭蕉園、ぞうさんプール周辺、スイゼンジノリ発生地、東駐車場横、健軍川の5地点、河川は鳥渡橋、斉藤橋、画図橋、秋津橋の4地点で、水質調査項目は、pH、電気伝導度(EC)、アンモニア態窒素(NH₄-N)、亜硝酸性窒素(NO₂-N)、硝酸性窒素(NO₃-N)、リン酸態リン(PO₄-P)の6項目である。

各水質調査項目の中でアンモニア態窒素(NH₄-N)、亜硝酸性窒素(NO₂-N)、硝酸性窒素(NO₃-N)の合計量を全窒素とし、全窒素の変動をFig.5とFig.6に示した。Fig.5は江津湖各湧水地点の全窒素の経月変化であり、Fig.6が河川(斉藤橋、画図橋、秋津橋)の全窒素の経月変化である。湧水の窒素濃度は夏季に低く、冬季(12月~3月)にかけて高くなっている。江津湖には、浅い第一帯水層と深い第二帯水層の地下水がミキシングされて湧水している。浅い第一帯水層の方が窒素汚染が進んでいると考えられており、小島智佳らによると、江津湖の水位がかんがい用水確保のために、下流でせき止めることによる第二帯水層の地下水が多く湧水する夏期には窒素濃度は低くなり、江津湖の水位が下がるために第一帯水層の影響を受けやすい冬期に窒素の濃度は高くなっていると考えられる³⁾。

一方、河川では、湧水ほど大きな変化はないが、湧水と同様な変化を示している。しかし、湧水と比べて窒素濃度が低いのは上江津湖や中江津湖の水生植物に栄養養分として消費されていると考えられる⁴⁾。

4. 窒素消費量の変化

Fig.2の3つのブロックで湧水から流出する河川までの窒素消費量の変化を流量と濃度から求め、検討した。Fig.7



Fig.4 江津湖の水質観測地点

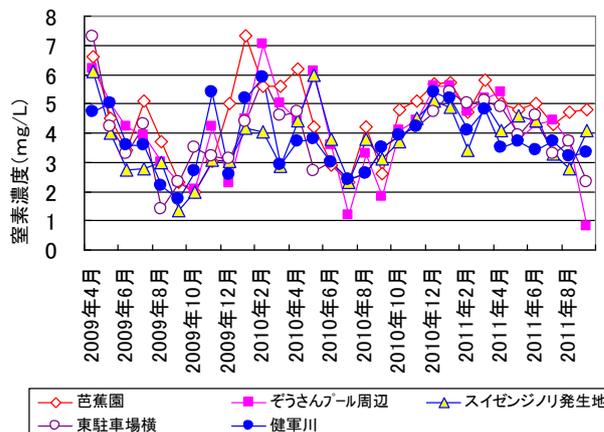


Fig.5 江津湖湧水の窒素濃度の経月変化

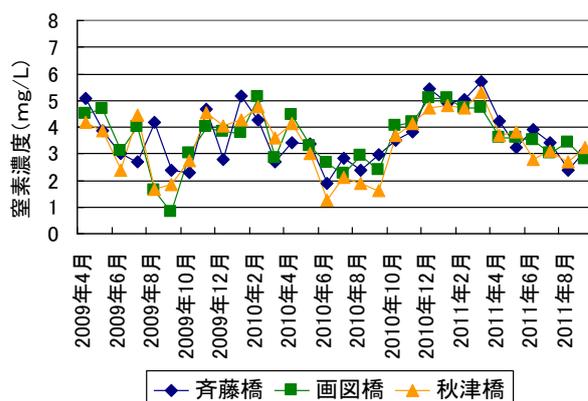


Fig.6 江津湖河川部における窒素濃度の経月年変化

に各ブロックでの窒素消費量の経月変化を示している。ここで、マイナスの値は窒素量の増加を表している。3ブロックのうち、上江津湖は、2010年には6~7月がピークで消費量も多いが、2011年は全体に低い値であり、

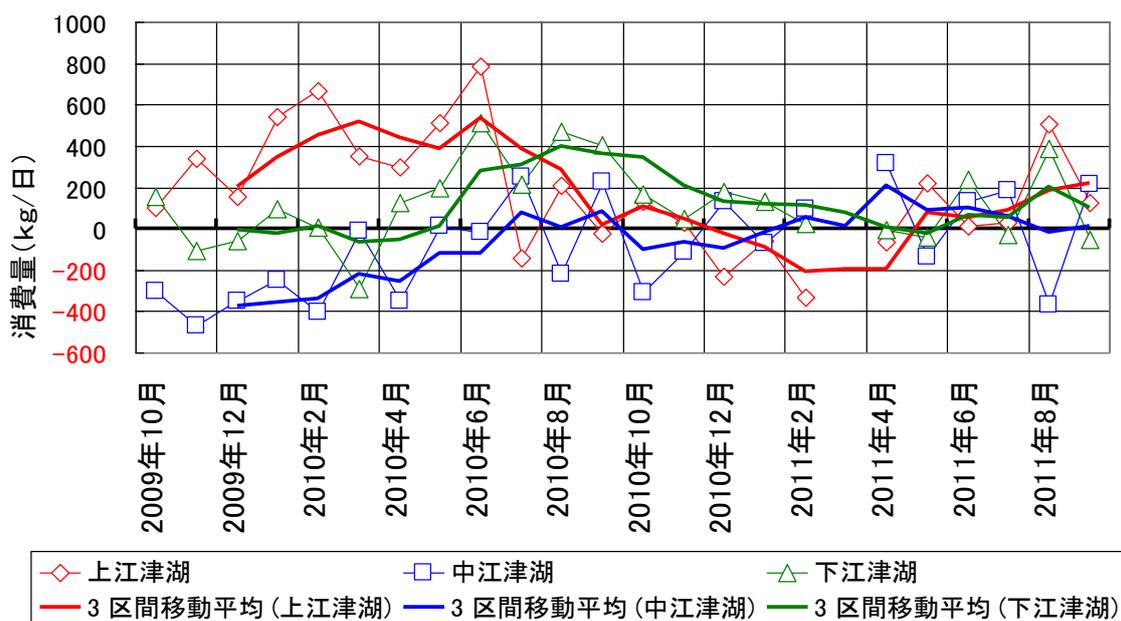


Fig. 7 江津湖窒素消費量の経月変化



Pic. 2 水草除去の写真(2011/8/1)



Pic. 4 中江津湖の写真(2011/9/4)



Pic. 3 刈り取られた水草の写真(2011/9/14)

4月まで消費ではなく増加している傾向で、夏場の8月でも消費量は少ない。また、中江津湖では2010年以降窒素消費は春から夏にかけて非常に大きくなっているが、ピークがずれている。この理由は、上江津湖では夏期に熊本市公園課により水草の除去が行なわれているため

(Pic.2、3参照)、この除去の時期によってピークがずれることが考えられる。実際に、2010年度の除去は8月で、2011年度は6月から開始されている。

下江津湖は、8月がピークであり、消費量もこの時期に多いが、それ以降減少しているパターンを示している。

窒素は植物に成長段階の際に必要なものであるため、中江津湖と下江津湖では水草の除去が行なわれていないので、中江津湖と下江津湖が本来の窒素の消費の傾向であるとされる。また、中江津湖の消費量が上江津湖と下江津湖に比べると低いのは、中江津湖は植生が少ないこと、面積が小さいこと、河川性であり流速が速いことが関係していると考えられる (Pic.4参照)。2010年に比べ2011年の全体の消費量が小さいのは、2011年は熊本市公園課による水草の除去が6月に始まったことにより、夏の時期の窒素消費が少なくなったことが原因と考えられる。

5. 河川における窒素濃度の変動

江津湖の水は加勢川を通り有明海に流下する。そこで、緑川水系の大六橋、中の瀬橋、下仲間橋、加勢川橋、六間堰管理橋、平木橋の6つの地点と緑川、白川で水質調査を行い、河川流下に伴う窒素変化と緑川、白川との比較し、検討を行なった。

5.1 水質調査地点

水質観測はFig.8で示すように、江津湖と木山川の合流後の地点(大六橋)をはじめ、緑川と合流する前の地点(六間堰管理橋)と合流後の地点(平木橋)の計6地点で行なった。また、緑川と白川で水質調査を行ったが、調査地点は緑川が緑川橋で、白川が小碓橋でそれぞれ行った。

5.2 窒素濃度の変化

江津湖から流下する河川の各地点の窒素をグラフにしたものがFig.9である。また、白川と緑川の窒素をグラフにしたものがFig.10である。

Fig.9に示すように、全体的に6月に比べ7、8、9月は窒素濃度が低い。また、緑川と合流する前の六間堰管理橋と後の平木橋では窒素濃度が大幅に低くなっているのが分かる。しかし、緑川に合流するまでの間(大六橋から六間堰管理橋の約12km)、窒素の濃度は大きく変化せず、消費されていない。これは、嘉島町、熊本市画津地区の農地からの灌漑用水の排水が流れ込んでいるためかもしれない。

木山川は秋津川、矢形川の2つの川を併せて江津湖からの流れ、すなわち加勢川に合流する。加勢川は六間堰管理橋の下流で緑川と合流して有明海へと流れ出ている。Fig.10に示したように、緑川の窒素濃度は加勢川に比べると大幅に低い。その結果、緑川と合流した後の平木橋では窒素濃度が低くなっていると考えられる。

Fig.9より、膨大な有明海にとって加勢川による窒素負荷は大きいとは言えない。しかし、白川と比べると加勢

川の窒素濃度は高いので、白川よりも有明海への窒素負荷量は高いと言える。また、現在、江津湖から流れ出ている窒素量はFig.11に示す窒素月量から、年間約500トンであり、江津湖と同じ湧水地域である嘉島湧水群を通る矢形川(木山川と合流後、加勢川と合流する)と合わせると、Fig.12に示すように、年間約750トンになる。このため、江津湖で湧出する窒素がさらに増加する場合(地下水の窒素濃度の上昇)は有明海への窒素負荷の増大につながると考えられる。



Fig.8 河川流下の水質観測地点

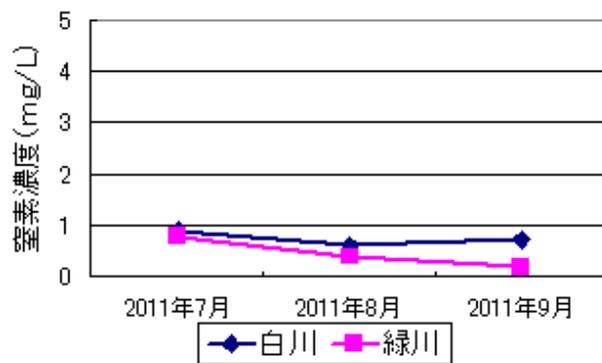


Fig.10 白川と緑川の窒素濃度変化

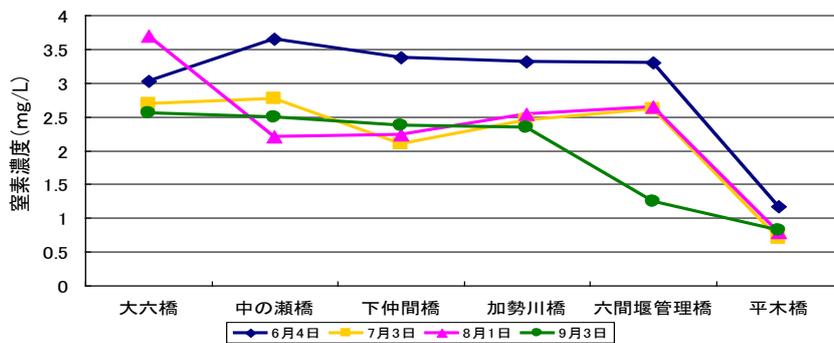


Fig.9 流下河川の各地点の窒素濃度変化

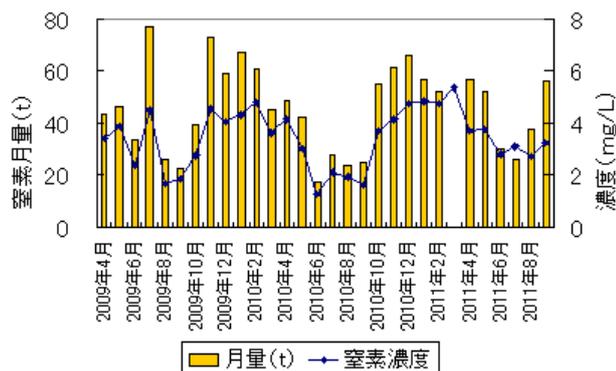


Fig. 11 秋津橋の窒素の径月変化

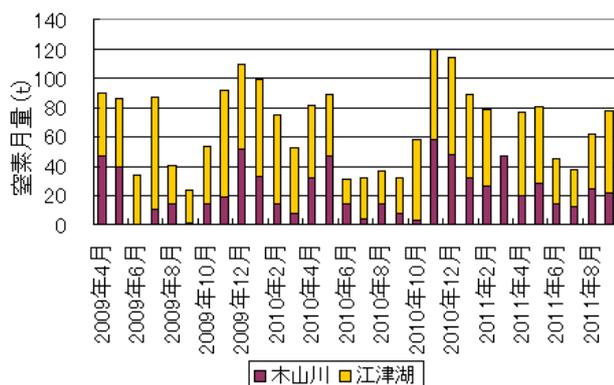


Fig. 12 矢形川と江津湖の窒素量の変化

6. まとめ

窒素は春から秋にかけて消費される。しかし、江津湖では熊本市公園課によって水草の除去が行なわれているため、上江津湖、中江津湖、下江津湖ではピークが異なる。また、窒素消費量には水草の除去や除去した水草を乾燥させるため岸に一旦放置していることも大きく関わっている可能性がある。その他、それぞれの湖内の植生や面積、流量などの特性にも影響される。

大六橋から六間堰管理橋までは窒素の濃度はほとんど変わらないが、平木橋では窒素濃度が大きく下がっている。加勢川下流部では窒素はほとんど消費されず、良質な緑川の水と合流したことが大きく関わっていると考えられる。しかし、今後、江津湖から湧出する地下水の窒素濃度がさらに増加すると、良質な緑川と合流しても有明海へ流れ出る窒素の総量は増加する。その結果、有明海への窒素負荷量は増大すると考えられる。よって、有明海への窒素負荷量を減らすためにも地下水の硝酸性窒素汚染への対策が必要だと考える。

加勢川の水質データが不十分であるので、今後も調査を行い、データ解析を行なっていきたい。また、江津湖の異常繁殖している水草のおかげで窒素が消費されているのも事実である。水草の除去を行うことは江津湖の窒

素消費量を抑制するため、加勢川の窒素濃度が高くなり有明海への負荷が増える可能性がある。しかし、水草除去をやめるわけにはいかない。要は、地下水中の硝酸性窒素汚染の進行を食い止めることが重要である。

参考文献

- 1) 刑部新也：熊本地域における白川中流域湛水事業による地下水涵養の効果評価、東海大学大学院修士論文、p. 12、2010.
- 2) 今辻銀二：水前寺・江津湖における湧水メカニズムとその変動に関する研究、東海大学大学院修士論文、p. 19～20、2008.
- 3) 小島智佳・市川勉：熊本・江津湖における硝酸性窒素濃度の挙動と湧水量の関係について、東海大学紀要産業工学部 3 (2010 年) p. 41～48.
- 4) 熊谷幸恵・市川勉：熊本・江津湖における窒素とリンの消費量について、東海大学紀要産業工学部 3 (2010 年) pp. 49～55.
- 5) 農業資材情報センターホームページ：肥料の基礎知識、http://sizai.agriworld.or.jp/index.html#a_1