

オオカナダモが河川水の溶存酸素と pHに及ぼす影響

飯盛和代

(西九州大学子ども学部子ども学科)

(平成22年1月14日受理)

Effect of the *Egeria densa* on Dissolved Oxygen and pH in River Water

Kazuyo ISAGAI

(*Department of Children's Studies, Faculty of Children's Studies, Nishikyushu University*)

(Accepted January 14, 2010)

Abstract

Effect of algae *Egeria densa* on pH and Dissolved Oxygen (DO) of the water of Tafuse River, Japan in which algae flourished was studied. The value of DO and pH of the river water was high in the daytime and low in the night. The model experiment for this phenomenon was carried out by using algae and river water. The values of both DO and pH of water were the highest at afternoon (about 14 o'clock). These values lowered with the time and were the lowest at next morning (about 6 o'clock) respectively. In the case algae was absent, the values of DO and pH almost unaltered with time. The results showed that algae consumed a large amount of oxygen by the respiration in the daytime, while it supplied the river water with a large amount of oxygen by photosynthesis in the night. Hence, if algae grows thick in the river, DO in the river may become almost to zero.

Key words : *Egeria densa* オオカナダモ
Dissolved Oxygen 溶存酸素
River water 河川水

1. 緒 言

河川の水質を明らかにするには、まず対象とする試料の化学分析が実施される。分析に先立つ試料の採取は重要な操作であり、結果の解析に重大な影響を与える。分析技術の精度が高くても、研究目的に合致した試料の採取が実施されなければ無意味になる。河川のpHと溶存酸素（以下DOと記す）は河川の水質を知るための基本となり、生活環境に係わる環境基準の項目である。

佐賀市の河川における水質の通日調査データによるとDOの値は午前10時頃から次第に増加し、16時頃には最大になりそれから次第に減少する。そして、午前2時ごろには最小となり、夜明けと共にまた増加し始める。pHもDOと同じように変化し、日中では高くなり、夜間は低くなる¹⁾。同様な変化は佐賀市の河川のみでなく、多摩川支流でも見られている²⁾ことから、河川においては良く見られる現象と考えられる。このような変化の原因は、河川水中に生育する植物の光合成と呼吸作用によるものであることを報告した。³⁾ オオカナダモは光合成を行う植物であるために、この植物が水のpHやDOに影響を与えることが考えられる。オオカナダモは、佐賀市において河川や水路に繁茂し、沈水植物であるにもかかわらず水量が少ない水路においては水面にまで繁茂し、水の流れを妨げる。また、簡単に切断されやすく、これが腐敗し、河川や水路の水質の富栄養化の一因になる。国は平成17年6月に特定外来生物による生態系等にかかわる被害の防止に関する法律（外来生物法）を施行した。この法律は自然の生態系を守るために制定され、オオカナダモは要注意外来生物リストにあげられている。佐賀県においては生態系をまもるために移入種（外来種）の規制が平成18年4月1日より始まった。これには18種類の植物が選ばれ、オオカナダモがそのの一つに選定された。

本研究は移入種オオカナダモが河川水のDOとpHに与える影響を知るために佐賀市の多布施川の水を用いてモデル実験を行い検討した。

今後、佐賀市を流れる河川および水路の水質の解析に参考になる結果がえられたので、報告する。

2. 実 験

2. 1 河川水のpHとDOの時間的変化の測定

オオカナダモが生育している多布施川の水について、夏と冬に、日の出から日の入りまで、DOとpHを測定した。

2. 2 モデル実験

多布施川の水5リットルを入れたビーカー3個を用意し、この中の2個にオオカナダモ80gを入れ、3個のビーカーを日光が当たる場所に2日間置いた。オオカナダモを入れた2個のビーカーの一方から実験開始1日目の18時にオオカナダモを取り去り、さらにその後2日目の日の出（6時）から日没（18時）まで、pHとDOを1～2時間おきに測定した。残る1個のビーカーには多布施川の水のみを入れた。

2. 3 測定方法

(1) DOの測定 YSI MODEL 51B OXYGEN METERを用いた。

(2) pHの測定 DKK TOA HM-20Pを用いた。

(3) CODの測定 過マンガン酸カリウム酸性法によって行った。

3. 結果および考察

3. 1 日の出から日の入りまでの多布施川のDOとpH

多布施川は嘉瀬川から分岐した人工の河川であり、家庭排水の流入はほとんどない天井川である。この河川の流量は嘉瀬川の分岐点で人工的に調節できる。また、佐賀市上水道の取水源であり、生活環境の保全に関する環境基準のAA類型を満足する河川である。水量は豊富であり、オオカナダモが繁茂しても

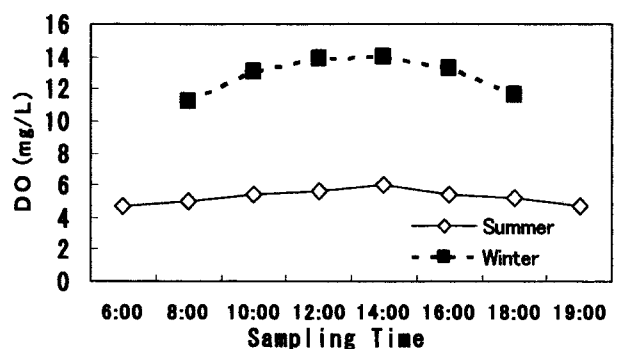


Fig. 1 Variation of DO at sampling time

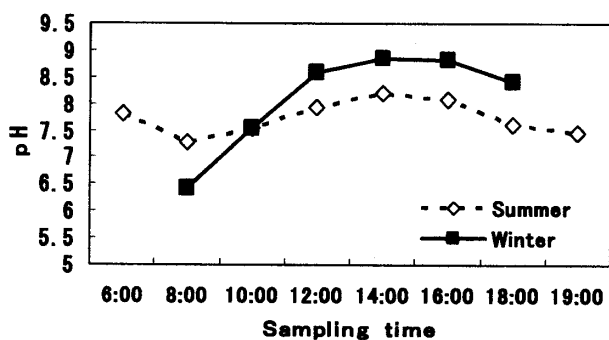


Fig.2 Variation of pH at sampling time

流れを妨げることはほとんどない。今回、試料とした多布施川のDOとpHが1日を通じてどのように変化するかを知るために日の出から日の入りまで冬（測定日平均水温8.5℃、平均気温14℃）と夏（測定日平均水温25℃、平均気温34℃）に測定した。その結果を Fig.1および Fig.2に示した。DOは Fig.1に示したように、夏より冬が高い値を示し、夏、冬とも14時の値がもっとも高かった。pHは冬の値が夏に比べ高く、測定時刻は冬、夏ともDOと同じく、14時に測定した試料が最も高く、このときの値は冬8.89、夏8.21であった。DOとpHの日の出から日の入りまでの変化の様子は先に報告したものと同様の傾向が見られた⁴⁾。

日中には水中の緑色植物による光合成により酸素の発生が盛んになり水中のDOの値が高くなる。夜になると植物の呼吸作用により水中の酸素は消費される。溶存酸素の測定値から飽和率を求めると冬の値は100%を超える値がほとんどであったが、夏の飽和率は14時の80%がもっとも高い値であった。これはヘンリーの法則により、水温が低いときに、水に溶ける酸素の量が多くなるためであると考えられる。今回の測定結果より実際に河川水のpHが生活環境の保全に係わる環境基準の8.5を超える時間が冬の日中に4時間存続することがわかった。

3. 2 夏と冬におけるDOとpH

通日調査（上記3.1）において河川のDOとpHが最も高かった14時に多布施川の水を採取し、夏（No.1～No.8）と冬（No.9～No.13）のDOとpHを測定した。さらに河川の汚染の状況を知るためにCODを測定した。その結果を Table 1 に示した。佐賀市を流れるこの河川においてはCODとBODの間にはほぼ1：1の関係が見られるのでBODに比べ短時間で結果が得られるCODを測定した。Table 1 に示し

た多布施川のCODの値は生活環境の基準値から判定するとA類型およびA類型を満足する値であった。DOとpHの値は冬（No.9～No.13）が夏（No.1～No.8）に比べてともに高く、多布施川にはオオカナダモの繁茂が見られたことから、この藻の影響があるものと考えられる。

水中のDOの値は水中の緑色植物の光合成と大気中からの酸素の溶解が考えられる。大気中からの酸素の溶解量は大気の水蒸気圧に左右されるため、気温が高い夏は溶解量が少なく、気温が低い冬に溶解量が多い。

光合成によりpHが上がる理由として電子伝達との関係からの報告^{5) 6)}があり、著者らは先にえび藻を用いた光合成のモデル実験においても電子伝達が要因ではないかと推論し報告した³⁾。

水中の緑色植物はクロロフィルが吸収した光エネルギーを利用して、水が電子伝達反応により分解され、水素は二酸化炭素を固定するのに必要な助酵素NADP（ニコチンアミドアデニンジヌクレオチドリン酸塩）に渡され還元型助酵素NADPH₂を生成し、この反応に不要な酸素は放出される^{5) 6)}。光合成が行われる間は水の加水分解が起こり、OH⁻は水中に残され、水中のpHは次第にアルカリ性になるであろうと考えられる。そのためオオカナダモが生育する河川水のpHが上昇することが考えられる。

Table 1 Value of pH, DO and COD at Various weather condition

Samples	weather	A.T	W.T	pH	DO	COD
1	fine	32.0	21.0	8.10	9.11	2.01
2	cloudy	30.0	23.0	7.40	7.98	1.03
3	cloudy	27.5	21.2	7.55	8.80	1.05
4	cloudy	27.0	21.1	7.11	7.56	2.03
5	fine	29.0	20.0	7.90	8.94	2.05
6	fine	33.0	25.0	8.13	9.19	2.01
7	fine	35.0	25.2	8.11	9.00	2.10
8	fine	34.0	25.1	8.20	9.23	2.13
9	fine	14.0	8.0	8.82	14.7	1.05
10	fine	20.3	8.5	8.85	14.2	1.06
11	rainy	9.8	8.3	7.75	11.9	1.00
12	cloudy	13.0	8.5	8.56	12.7	1.05
13	cloudy	12.0	9.0	8.35	12.4	1.22

AT; Air temp WT; Water temp

No.1～No.8 (summer), No.9～No.13 (Winter)

3. 3 モデル実験

オオカナダモの存在が河川や水路のDOとpHの値

に与える影響について知るために、それぞれのピーカーにオオカナダモと河川水を入れ、DOとpHを測定した。Fig. 3はDOについて Fig. 4はpHについて示した。

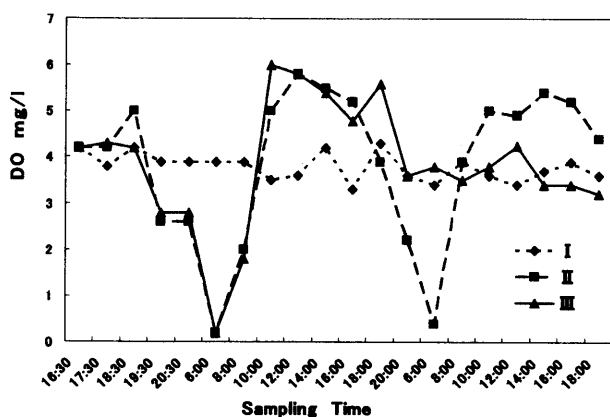


Fig.3 Effect of the *Egeria densa* on Dissolved Oxygen in river water

- I : none *Egeria densa* in river water
- II : *Egeria densa* in river water
- III : none *Egeria densa* after 18:00 in river water

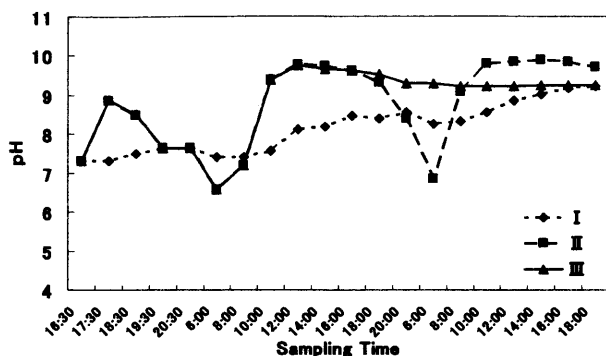


Fig. 4 Effect of the *Egeria densa* on pH in river water

- I : none *Egeria densa* in river water
- II : *Egeria densa* in river water
- III : none *Egeria densa* after 18:00 in river water

オオカナダモを入れていないものについて測定したDOとpHの値を Fig. 3 および Fig. 4 中の I に示した。オオカナダモを入れたものについて2日間に亘りDOとpHを測定した結果は Fig. 3 および Fig. 4 中の II に示した。オオカナダモを途中で（1日目の18時）ひきあげたものについての結果は Fig. 3 および Fig. 4 中の III に示した。

3. 3. 1 DOの変化

オオカナダモを入れない場合のDOは Fig. 3 I

に示したように、測定時刻による大きな違いは見られなかった。しかし、オオカナダモが存在すると Fig. 3 II に示したように水中の気温が最高になる14時にもっとも高くなり、2日間のそれぞれの値は1日目が5.8mg/l（気温34℃，水温26℃）2日目が5.4mg/l（気温33℃，水温26℃）であった。DOは日没とともに減少し、明け方6時の測定値が最も低くなった。

これらのことからオオカナダモの光合成により、日中に多量の酸素が水中に供給され、オオカナダモが光合成をしない夜にはその酸素はオオカナダモの呼吸作用に消費され、明け方には水中の酸素はほとんど0に近い状態になったことが考えられる。オオカナダモが存在するこの状況が繰り返し行われることがわかった。以上のことから多量のオオカナダモの存在は明け方に河川水中の酸欠状態を招きやすく、生物に影響を与えることも考えられる。また、オオカナダモの生育は非常に早いので水量が少ない水路では特に注意が必要である。

3. 3. 2 pHの変化

DOの測定と同じ時刻に上記の試料について2日間に亘りpHを測定した。その結果を Fig. 4 に示した。pHの変化の様子は Fig. 3 に示したDOの様子と似ており、オオカナダモが存在すると水中の気温が最高になる14時にpHが最も高くなった。これは先（3. 2）に述べたように、水の加水分解の影響によるものと考えられる。測定期間中のpHの最高値は9.90であった。pHの値は日没とともに低くなり、明け方6時の値が最も低く1日目の値は6.58、2日目の値は6.86であった。

3. 4 DOとpHの関係

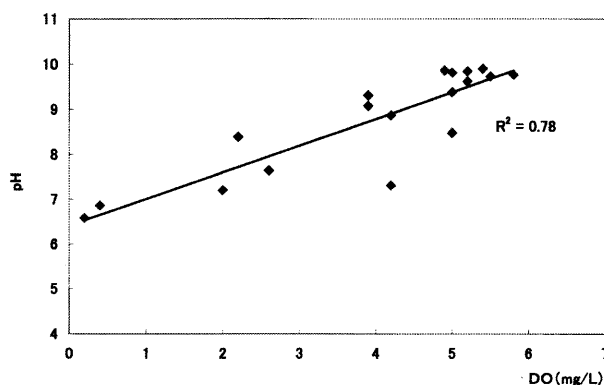


Fig.5-① Relationship between DO (Fig.3 I) and pH(Fig.4 I)

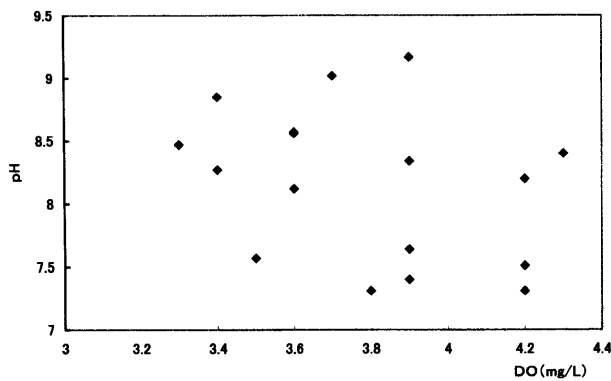


Fig.5-② Relationship between DO (Fig.3Ⅱ) and pH (Fig.4Ⅱ)

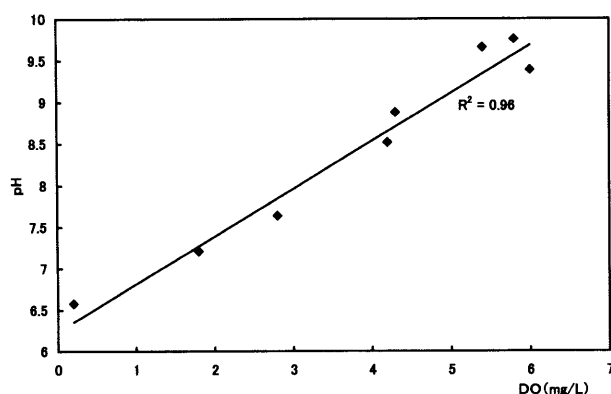


Fig.5-③ Relationship between DO (Fig.3Ⅲ before 18:00) and pH (Fig.4Ⅲ before 18:00)

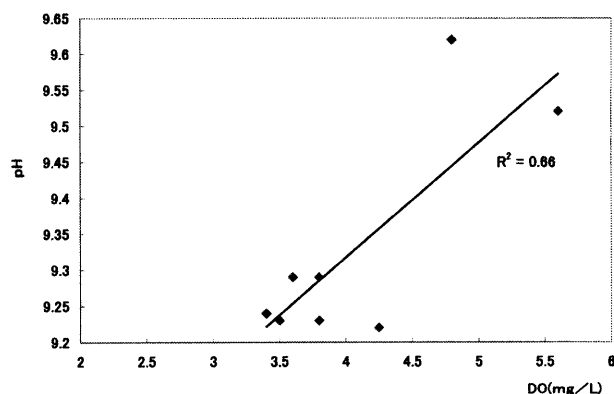


Fig.5-④ Relationship between DO (Fig.3Ⅲ after 18:00) and pH (Fig.4Ⅲ after 18:00)

2日間のモデル実験の結果から得られたDOとpHの関係について Fig. 5 に示した。オオカナダモと河川水を入れて2日間戸外においたものは Fig. 5-① に示した。この場合には溶存酸素と水素イオンの間には $r^2=0.78$ の強い正の相関が見られた。オオカナダモを入れていない河川水については Fig. 5-②に

示した。この場合はDOとpHの間には一定の関係は見られなかった。河川水中にオオカナダモを入れたビーカーから、オオカナダモを引き抜くとその前後で河川水のDOとpHの関係は大きく異なった。オオカナダモを引き抜く前は Fig. 5-③に示したようにDOとpHの間には $r^2=0.96$ の非常に強い正の相関関係が見られたが、オオカナダモを引き上げたあとは Fig. 5-④に示したようにDOとpHの関係は $r^2=0.66$ となり、引き抜く前に比べ相関関係は弱くなった。上記のモデル実験の解析結果からDOとpHにオオカナダモは影響を与えるといえる。

4. 結 論

日中の河川のpHとDOはオオカナダモが存在するときは存在しないときに比べ高くなることがわかった。多布施川においては、オオカナダモが存在する冬の晴天時にはpH8.5以上を超える時間が正午より4時間程度持続することがわかった。また、モデル実験においてはオオカナダモが存在する場合、日中における水中のpHは9.0以上になった。

オオカナダモが河川や水路に存在すると夜から明け方にかけて酸素の不足を招き水中の生物への負荷を与えることが推論された。

モデル実験の値が多布施川の測定値より高くなったのはビーカー中の水量に対してオオカナダモの量が多いためと考えられる。これはオオカナダモが水量の少ない、水路に繁茂するときにはこのように高いpHが出現することを示唆し、水中に生息する生物への影響が懸念される。繁殖力の旺盛なオオカナダモは生態系に影響を与えるのみでなく、河川の流れの妨げや空気中から河川への酸素の取り込みの妨害になり、さらに水質に大きな影響を与える。

pHやDOは生活環境の保全に関する環境基準項目であるため、環境影響評価等の解析資料には、必ず測定値が記載される。しかし試料採取の環境、すなわち、日時、気温、水温、光合成を営む植物の有無、天候などの記載はほとんどなされていない。今回の結果からDOやpHの解析にはこれらの記載が必要であり、記載がない資料の解析は満足に実施することはできないことがわかった。河川水の調査のためには採取時の環境条件の記載が是非とも必要である。謝辞：本実験の一部を佐賀短期大学くらし環境学科卒業生近藤沙千子さんに手伝って頂きました。感謝致します。

参考文献

- 1) 佐賀市：佐賀市内河川の水質およびその特性；
p 217、佐賀市公害交通課（1976）
- 2) 小倉紀雄、高田秀茂、小川浩史:文部省「環境
科学」研究報告書、B-341-R02-2,84（1988）
- 3) 飯盛喜代春、飯盛和代、佐藤正，岡本泰明：永
原学園西九州大学・佐賀短期大学紀要、No26,
99～104（1996）
- 4) 飯盛和代、飯盛喜代春：工業用水、No554,
2～6（2015）
- 5) L.winkler:Ber., 21, 2843(1888)
- 6) L.winkler:Ber., 22, 1764（1889）