

# 水生植物（沈水植物）の水質浄化効果に関する実験

Water Purification Experiment Using Aquatic Plant

藤田和男，北村雅美，斎藤直己（水質第一科）

Kazuo Fujita, Masami Kitamura, Naomi Saito

【調査研究】

## 水生植物（沈水植物）の水質浄化効果に関する実験

### Water Purification Experiment Using Aquatic Plant

藤田和男, 北村雅美, 斎藤直己 (水質第一科)

Kazuo Fujita, Masami Kitamura, Naomi Saito

#### 要 旨

岡山県南部地域に普遍的に生育している水生植物(沈水植物)を入れた容器(容量100L)に用水路の水を滞留時間1日で通過させ、流入水と流出水の水質の変化を調査した。

その結果、懸濁態成分であるP-COD、P-TOC、P-N及びP-Pの削減率は51~87%と高かったが、溶存態成分であるD-COD、D-TOC、D-N及びD-Pの削減率は0~27%と低く、浄化効果は主として懸濁態成分の沈降等によるものと考えられた。

なお、沈水植物を入れなかった場合も自然沈降により懸濁態成分の減少が認められたが、沈水植物を活用することによって水質は更に10~20%改善された。

[キーワード：水生植物, 沈水植物, COD, 全窒素, 全リン]

[Keywords : Aquatic Plant, Submerged Plant, COD, T-N, T-P]

#### 1 はじめに

植生により水質浄化を図る方策は環境負荷が少なく、豊かな生態系が維持されるものとして注目されている<sup>1)</sup>。

水草の水質浄化への効果は透明度を高め(底泥の巻き上がり防止, 沈降促進), 生物多様性を増加させることが考えられる。沈水植物(フサジュンサイ)の増加に伴い池の透明度が著しく向上し, SS(懸濁物質), クロロフィルa, COD及びT-P(全リン)の値が減少した事例<sup>2)</sup>, シヤジク藻の増加に伴い池の透明度が向上した事例<sup>3)</sup>などが報告されている。

湖沼について, 全国のCOD環境基準達成率は42%<sup>4)</sup>と低い値である。岡山県の児島湖ではCODが7.7 mg/L(平均値, 平成16年度)<sup>5)</sup>と, 環境基準(5mg/L)の1.5倍程度であり, その汚濁の約4割は植物プランクトンの内部生産によるものと推定されている<sup>6)</sup>。

今回の実験では水生植物(沈水植物)を用い, 水生植物による(1)植物プランクトンや底泥からの再懸濁の防止及び透明度の向上, (2)底泥から溶出する窒素・リンの水生植物による吸収の効果を想定し, 河川(用

水路)水が浄化される場合の懸濁態及び溶存態物質の各削減率, 時間経過に伴う削減率の変化, また, 汚泥からの栄養塩の溶出による流出水への影響などについての検討を目的とした。

#### 2 実験方法

##### 2.1 期間及び実験装置

実験期間は平成17年4月から平成18年3月までの1年間で, 岡山市内尾の用水路に隣接する場所に実験用の容器等を設置して行った。図1に実験に用いた容器等の概要を示す。

ガラス水槽(幅45cm, 高さ45cm, 長さ90cm)は湛水量100L(水深24.7cm)とし, 水生植物及び金網を入れるものと入れないものの2槽を設置した。

水生植物は岡山市内尾の用水路に繁茂するキンギョモ(*Ceratophyllum sp.*)として, 長さ約30cmの120個体(約240g w.w.)を3個の円筒形の金網(直径30cm)に40個体ずつ分けて入れ, これを容器に浸漬した。

この容器に農業用水路の水を1日当たり100L(平均滞留時間1日)で通水し, 流入水及び流出水の水質を測定

した。流入水はチューブで容器の端部から入り、対角線上に位置するもう一端からオーバーフローし流出するものとした。

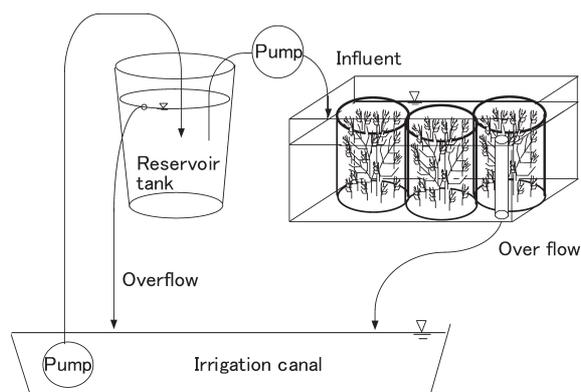


図1 実験装置

## 2.2 水質測定方法

SSは濁度計(日本電色工業, Water Analyzer 2000), 全有機体炭素(TOC)はTOC計(島津, TOC5000), クロロフィルaは吸光光度法<sup>7)</sup>により測定した。COD, T-N(全窒素), T-P(全リン)は工場排水試験法(JIS K0102)に準じた。NH<sub>4</sub>-N(アンモニア態窒素), NO<sub>2</sub>-N(亜硝酸態窒素), NO<sub>3</sub>-N(硝酸態窒素)及びPO<sub>4</sub>-P(リン酸態リン)はイオンクロマトグラフ(日本ダイオネクス製DX-320)により測定し, NO<sub>3</sub>-N+NO<sub>2</sub>-N+NH<sub>4</sub>-NをI-N(無機態窒素)とした。

なお, サンプルをろ紙(Whatman, GF/C)によりろ過し, ろ液のCODを溶存態COD(D-COD)とし, CODからD-CODを差し引いた値を懸濁態COD(P-COD)とした。TOC, T-N及びT-Pについても同様にP-TOC(懸濁態TOC), P-N(懸濁態窒素)及びP-P(懸濁態リン)の値を求めた。

## 3 結果及び考察

### 3.1 容器の変化

経過日数に伴い, 珪藻などの流入水中の懸濁物質が容器の底に堆積していくのが観察された。流入水はやや茶色く濁っており顕微鏡観察では珪藻綱(*Cyclotella* sp.)が優占していたが, 流出水は流入水と比べて透明であり, 沈水植物を入れた実験槽では, 植物を入れない場合と比較してより透明であった。沈水植物は光が多く当たる表面付近で増殖していった。

### 3.2 削減率及び経日変化

各実験槽での削減率を表1に, 各項目の経日変化等を図2~7に示す。以下, 植物を入れた実験槽についての結果を示す。

表1 削減率

削減率(%)	SS	Chl.a	COD			TOC			窒素			リン		
			T-COD	P-COD	D-COD	T-TOC	P-TOC	D-TOC	T-N	P-N	D-N	T-P	P-P	D-P
沈水植物 有り	87	80	20	69	-6	28	74	1	37	52	23	58	79	27
沈水植物 無し	70	64	8	45	-12	19	57	-4	23	33	13	37	56	7

#### 3.2.1 SS (図2)

流入水は平均値37mg/L, 流出水は平均値6mg/L, 削減率の平均値は87%で, 実験期間中流出水は連続して高い透明度であった。

#### 3.2.2 クロロフィルa (図3)

流入水は平均値110 mg/L, 流出水は平均値23 mg/L, 削減率の平均値は80%でSSと同様に高い値であった。流入水中の植物プランクトンの大部分は実験槽から流出しなかったと考えられた。

#### 3.2.3 COD (図4)

流入水は平均値14mg/L, 流出水は平均値11mg/L, 削減率の平均値は20%であった。懸濁態CODの削減率の平均値は69%で, CODの削減率と比べて高く, 逆に溶存態CODの削減率は-6%で, すなわち逆に増加していた。SSやクロロフィルaの削減率も高いことから, 実験槽を通過するときに, 主に懸濁態のCOD成分が除去されると考えられる。

#### 3.2.4 全有機体炭素 (図5)

全有機体炭素(TOC)については, CODとほぼ同様の結果であった。

#### 3.2.5 窒素 (図6)

削減率の平均値は37%で, これに比べて懸濁態窒素の削減率の平均値は52%で高く, 溶存態窒素の削減率の平均値は23%と低かった。

無機態窒素(I-N)について, 流入水と流出水の無機態窒素の差(流入水-流出水)を $\Delta$ I-Nとすると, この平均値は0.28 mg/Lであった。実験開始後10ヶ月以降この値は大きくなっており, 実験槽の底に堆積した汚泥からの溶出や硝化により流出水の値が増加したものと考えられる。また, 流出水のT-N中に占める $\Delta$ I-Nの割合は16%と低かった。

#### 3.2.6 リン (図7)

削減率の平均値は58%で, これに比べて懸濁態リン

の削減率の平均値は79%と高く、溶存態リンの削減率の平均値は27%と低かった。無機態のリンであるリン酸態リン(図7-d)については、流入水と流出水の差の平均値が-0.02mg/Lとほとんどなかったことや、増加傾向もなかったことなど見かけ上の汚泥からの溶出の影響は見られなかった。

### 3.2.7 対照容器

沈水植物を入れた実験槽を通過させたとき、SS及びクロロフィルaはそれぞれ87%、80%、COD、TOC、

T-N及びT-Pはそれぞれ20%、28%、37%、58%減少していた。

一方、沈水植物を入れない実験槽では、流出水のSS及びクロロフィルaは、流入水と比較してそれぞれ70%、64%減少していた。またCOD、TOC、T-N及びT-Pはそれぞれ8%、19%、23%、37%減少しており、懸濁態成分の自然沈降があるものと推察された。

このことから、植物を入れた実験槽は入れない槽よりも流出水の水質が10~20%減少していた。

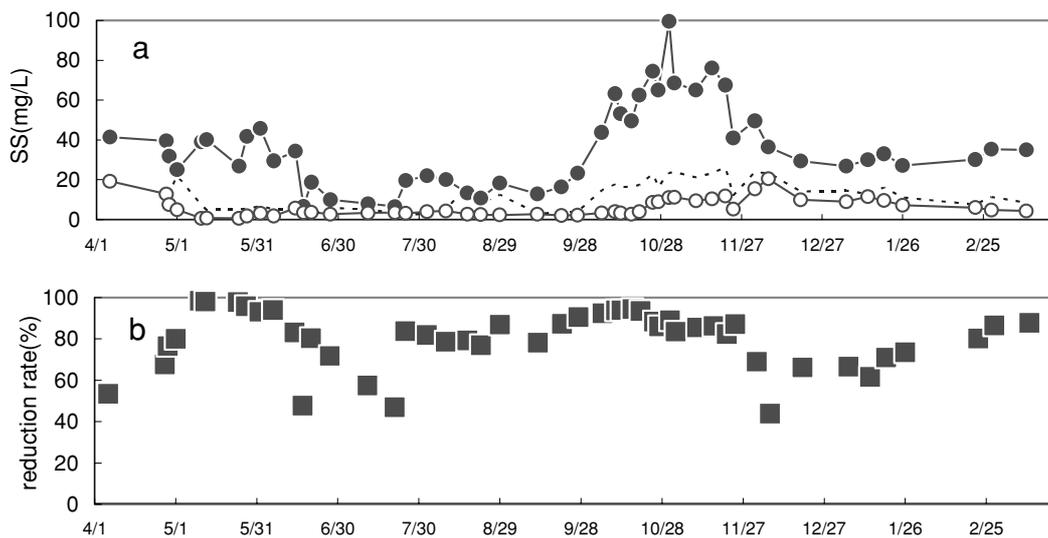


図2 SSの経日変化

a ●—: 流入水, ○—: 流出水, ---: 沈水植物を入れない場合

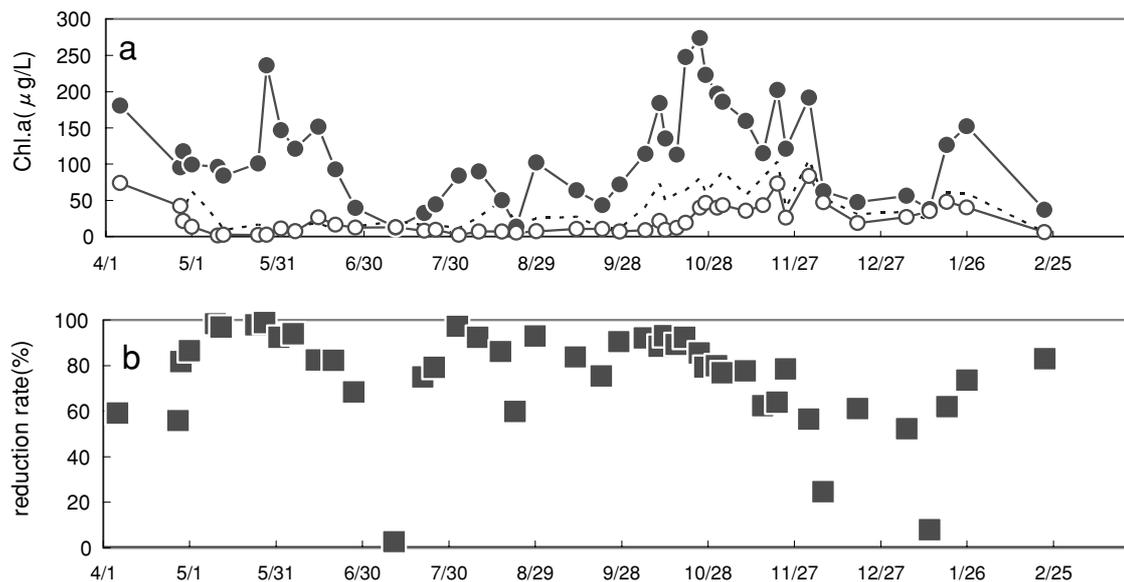


図3 クロロフィルaの経日変化

a ●—: 流入水, ○—: 流出水, ---: 沈水植物を入れない場合

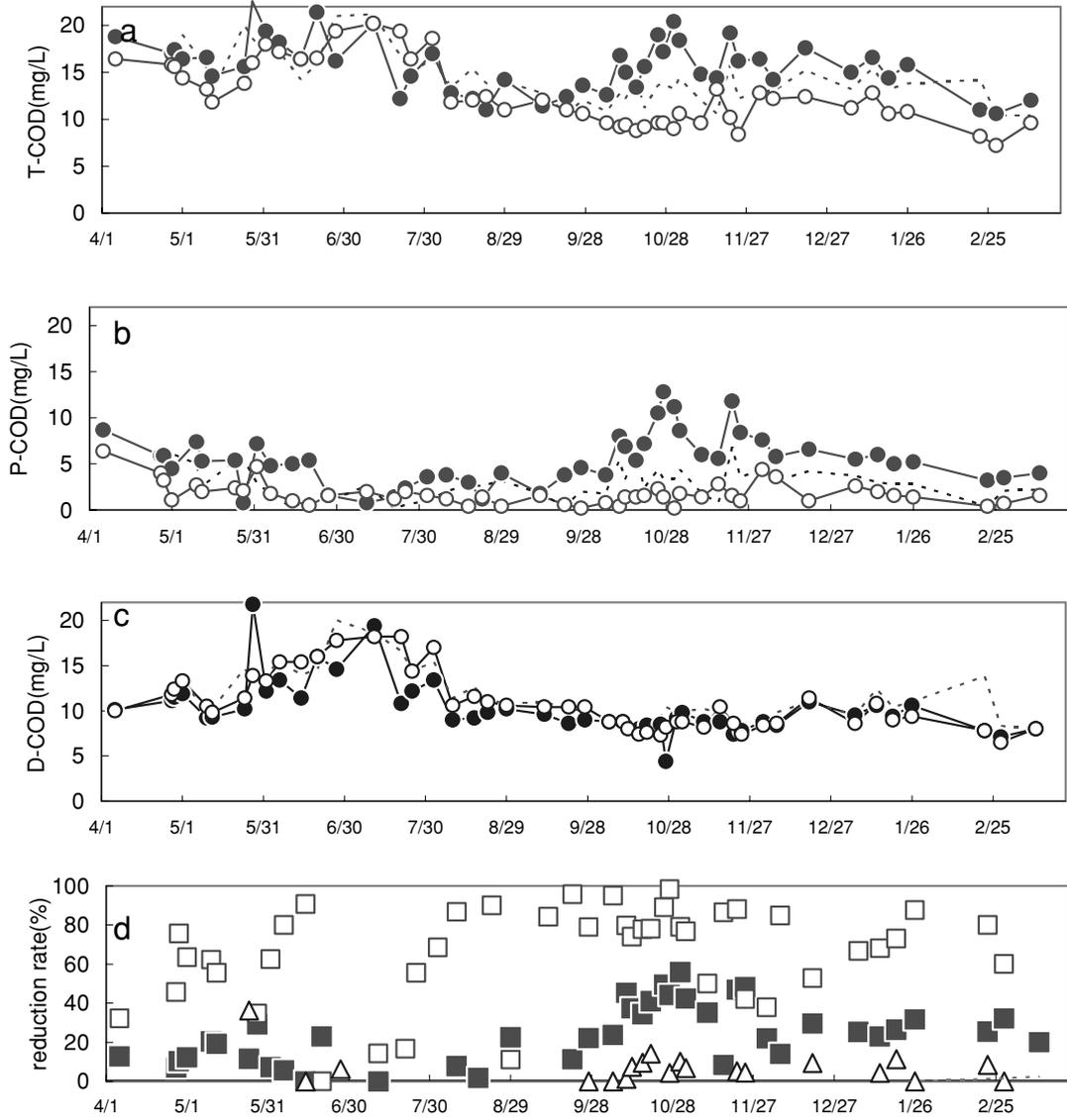


図4 CODの経日変化

a, b, c ●—: 流入水, ○---: 流出水, - - -: 沈水植物を入れない場合  
 d ■: COD, □: P-COD, △: D-COD

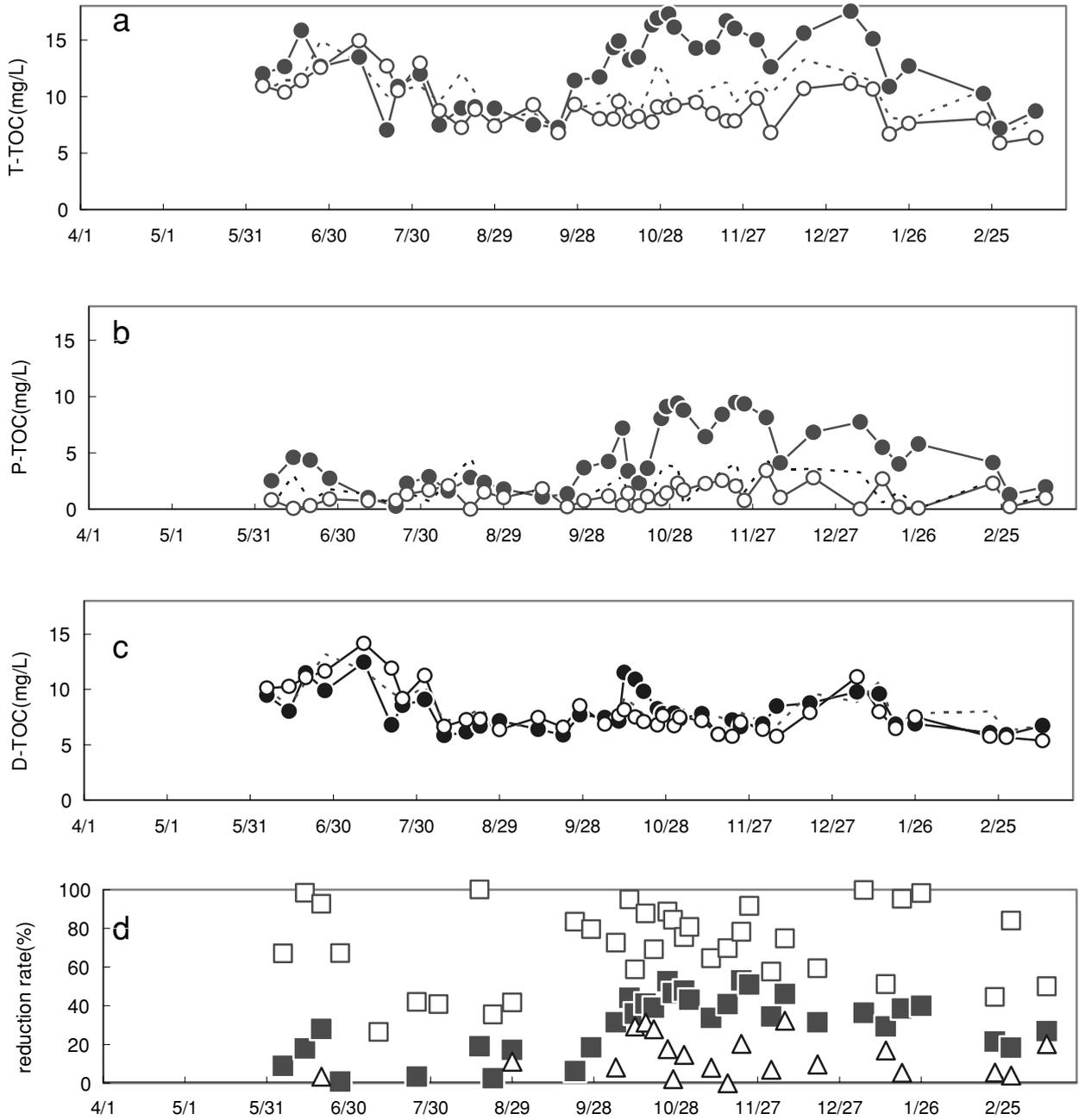


図5 TOCの経日変化

a, b, c ●—：流入水，—○—：流出水，---：沈水植物を入れない場合  
 d ■：TOC，□：P-TOC，△：D-TOC

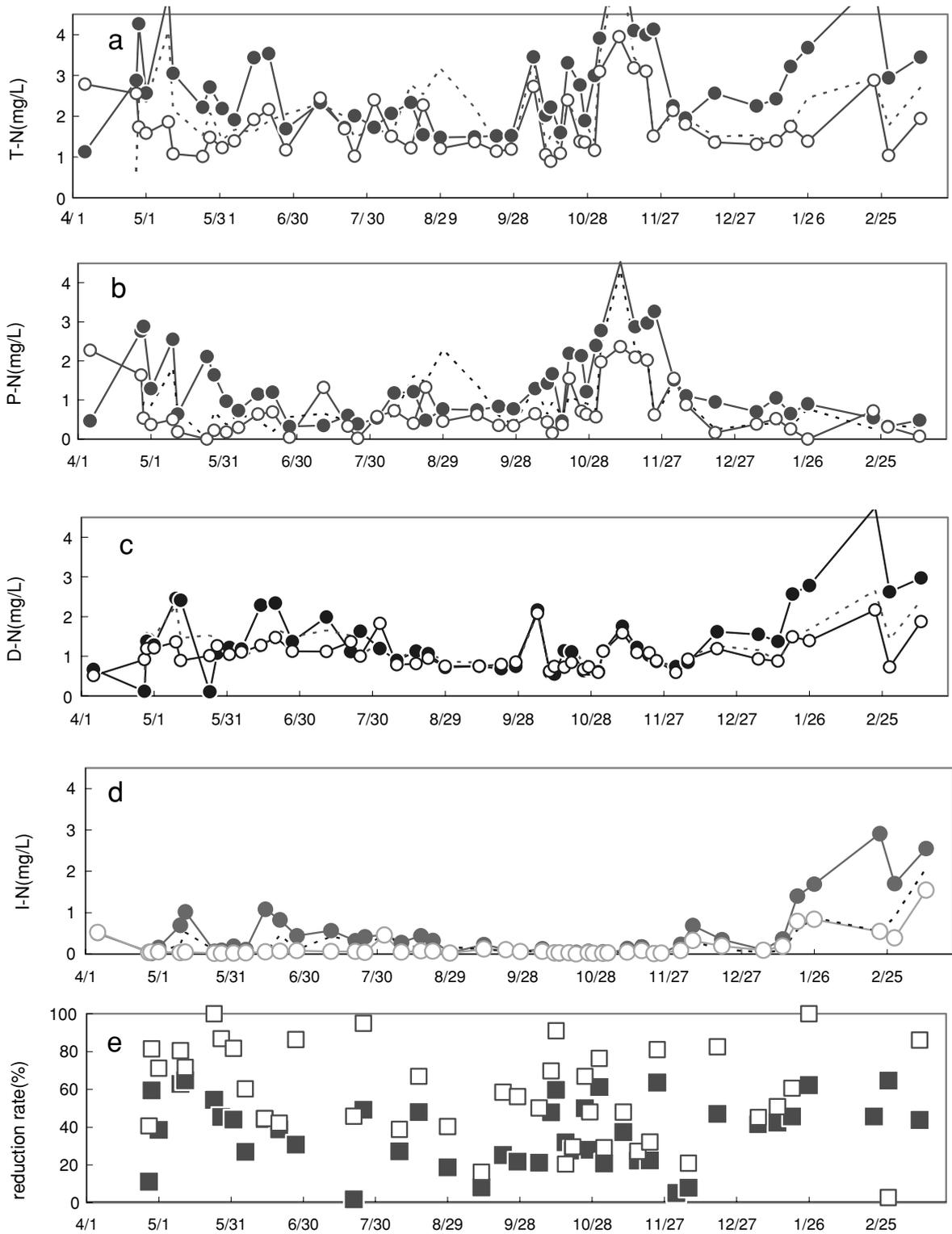


図6 T-Nの経日変化

a, b, c, d ●—: 流入水, ○—: 流出水, ---: 沈水植物を入れない場合  
 e ■: T-N, □: P-N

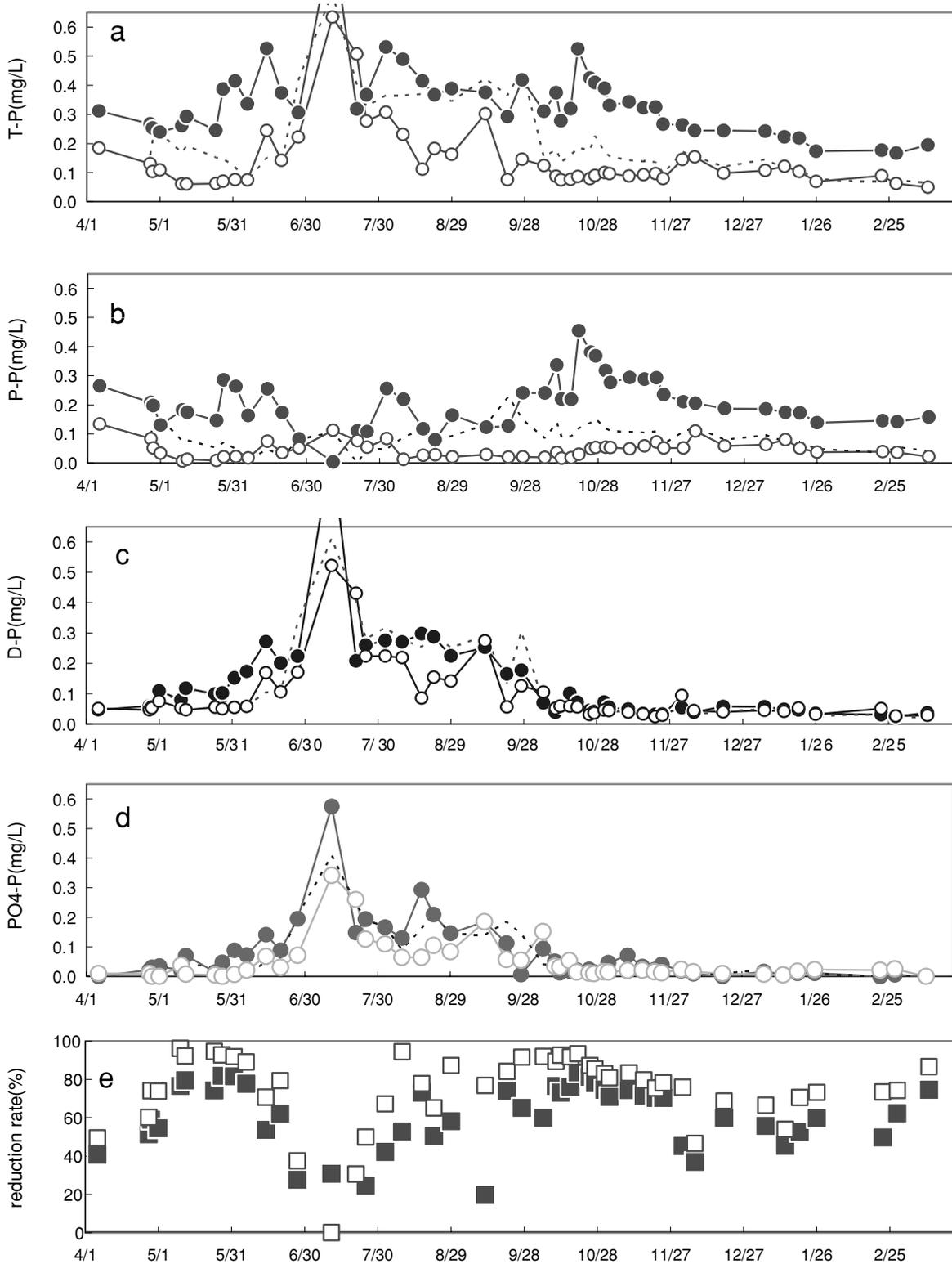


図7 T-Pの経日変化

a, b, c, d ●—: 流入水, ○—: 流出水, - - -: 沈水植物を入れない場合  
 e ■: T-P, □: P-P

### 3.3 事例等

今回の実験ではT-N及びT-Pの削減率の平均値は37%, 58%であった。植生による浄化に用いる植物としてはアシ, ヨシ及びマコモが多く用いられるが, これらによる8件の水質浄化事例ではT-N, T-Pの削減率はそれぞれ10~70%, 30~80%で, 平均滞留時間10時間以上ではT-Nは50%程度, T-Pは70%程度の削減率の施設が多い<sup>1)</sup>。

今回の実験では水草としてキンギョモ(沈水植物)を用いた。沈水植物の水質浄化の効果に関する定量的研究は国内では少ない<sup>1)</sup>が, 実験池(長径50m, 短径30mの楕円形, 水深0.9m)ではクロモ(沈水植物)の植生の多い池で明らかにクロロフィルa及びCODが低く, また植物を刈り取った後の植生の回復に伴い濁度が低下した例<sup>8)</sup>が報告されている。

今後の課題として堆積する汚泥の処理や栄養塩の溶出, より良い効果が期待される植物や容器の形状, スケールアップ, 長期間での試験等の問題が考えられる。

### 4. まとめ

用水路の水を容器及び水生植物(沈水植物)の区画を通過させることでの水質浄化効果の検証を試みた。

(1)沈水植物を入れた容器においてはSS, クロロフィルa, COD, TOC, T-P, T-Nの削減率の平均値は, それぞれ87%, 80%, 20%, 28%, 37%, 58%であった。

(2)沈水植物を入れていない容器のみを通過させたときも, 流出水のSS及びクロロフィルaは, 流入水と比較してそれぞれ70%, 64%減少し, またCOD, TOC, T-N及びT-Pはそれぞれ8%, 19%, 23%及び37%減少していたので, 懸濁態成分の自然沈降があるものと推察

された。

(3)COD, T-P, T-Nについては, 懸濁態の削減率の平均値が高かったことに対し溶存態の削減率が低かったこと, SS, クロロフィルaの削減率が高かったことから, 除去は主に懸濁態成分についてなされている。

(4)底泥からの窒素の溶出により, 流出水の無機態窒素は流入水に比べて平均0.28mg/L増加し, これは流出水のT-Nの16%であった。

### 文 献

- 1) 中村圭吾, 三木理, 島谷幸宏: 実大規模の浸透流方式湿地浄化法の開発とその評価. 土木学会論文集, 81-92, 2001
- 2) 土山ふみ: ため池の透視度と水環境の関係について, 国立環境研究諸研究報告 第183号, 83-88, 2004
- 3) 渡邊 信: 水環境と生物多様性に関する研究の展望, 第30回環境保全・公害防止研究発表会要旨集, 64, 2003
- 4) 環境省: 平成14年版環境白書, 147-148, 2002
- 5) 岡山県: 平成16年度 公共用水域及び地下水の水質測定結果, 33, 2005
- 6) 藤田和男, 鷹野 洋, 吉岡敏行, 山本弘捷: 児島湖流域の内部生産, 平成12年度 岡山県環境保健センター年報, 25, 7-9, 2001
- 7) 西澤一俊, 千原光雄編: 藻類研究法, 共立出版, 東京, 398, 1979
- 8) 中村圭吾, 川村竹治, 西廣淳, 高村典子, 尾澤卓思: 沈水植物の有無が池の水質に与える影響, 第37回日本水環境学会年会講演集, 151, 2003