

印旛沼の沈水植物再生における光条件と食害対策

Light condition & protection from herbivores for the regeneration of submersed plants in Lake Inba

酒井憲司¹, 竹内亀代司², 山崎幸司¹

Kenji SAKAI, Kiyoshi TAKEUCHI, Koji YAMAZAKI

¹正会員 河川環境管理財団 (〒103-0001 中央区日本橋小伝馬町 11-9)

²千葉県県土整備部 (〒260-8667 千葉市中央区市場町 1-1)

Regeneration project of submersed plants in Lake Inba started in 2005 by Chiba prefecture of Japan.

To promote the project, the experiments in isolated area and the demonstration practices in a cove have been continuing since 2008. The purpose of this report is to summarize these activities and to discuss light condition and protection procedures from herbivores such as crayfish. As for light condition, more than 21% of the radiation just beneath the surface is necessary in May. To protect submersed plants from crayfish, a fence covered by net of 1.5-2 mm mesh was useful.

Key Words: *submersed plants, light condition, protection from herbivores, isolated area, Lake Inba*

1. 研究の背景と目的

印旛沼は千葉県北部にある沼面積 11.55km², 容量 1970 万 m³, 流域面積 541.1km²の湖沼で, 農業用水, 水道用水, 工業用水の水源であるとともに, モツゴやエビ等を対象とした漁業が行われている。印旛沼及びその流域では, 1969 年に竣工した印旛沼開発事業による沼の干拓と水源化, 及び 1960 年代以降の流域の人口増加等により, 水質をはじめとする水環境が急激に悪化した。

印旛沼は, 1985 年に湖沼水質保全特別措置法に基づく指定湖沼となり, 千葉県は 1986 年度を初年度とする「印旛沼に係る湖沼水質保全計画」を策定した。また, 千葉県は, 印旛沼の水質の改善と流域の自然環境の再生を目的として印旛沼水循環健全化会議を 2001 年に立ち上げ, 住民, 利水者, 学識者, 行政など流域の関係者による取り組みを進めている。印旛沼水循環健全化会議では 2010 年に基本理念と 5 つの目標, 101 の対策をまとめた印旛沼流域水循環健全化計画を策定しており, その中で, 「ふるさとの生き物をはぐくむ印旛沼・流域」という目標に関する具体的な内容として, 「かつて生息・生育していた生物種 (特に沈水植物) の復活」を挙げている。

これを受けて, 千葉県では 2005 年から沈水植物の再生に取り組んでいる。これまでの結果から, 沈水植物の再生における主な課題として, 種子の確保, 光の確保, 食害の抑制, 水生植物間の競合への対応などが挙げられ

ている¹⁾。本報告は, 光の確保と食害の抑制を取り上げ, 印旛沼における取り組み結果を基に, 沈水植物の再生のために必要な光条件と食害対策について考察を行ったものである。

2. 方法

本報告で対象とした取り組みは, 印旛沼の北沼において, 沼の一部を鋼矢板で囲うことにより造成した隔離水域における実験 (以下, 隔離水域実験) と, 沼の沿岸部に消波工等を設けることにより造成した静穏水域における実証 (以下, 静穏水域実証) の 2 つである。両水域の位置と形状を図-1 に示す。

(1) 隔離水域実験

隔離水域は, それぞれ約 1500m²の面積を有する 2 つの区画 (エリア A とエリア B) から構成され, エリア A は 2008 年 3 月, エリア B は 2009 年 3 月に造成された。両エリアは, 直角三角形の形をしており, 直角のところが最も深く, 斜辺にあたる部分が最も浅く, 最深部と最浅部の標高差はいずれもほぼ 70cm である。実験開始前に, エリア内の水位を低下させ, 底部の表面に堆積している浮泥・腐食土及びオニビシ種子を取り除き, 事前に沈水植物の種子が確認されている土の層を露出させた。

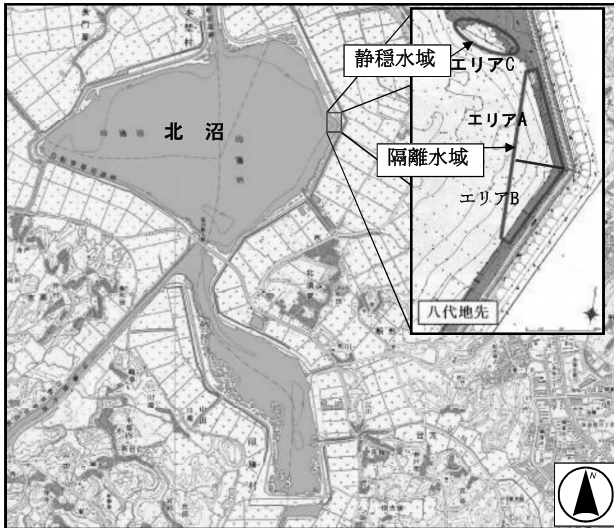


図-1 印旛沼の北沼と実験・実証を行った水域

表-1 隔離水域の実験条件

年	エリアA		エリアB	
	設定水深	供給水	設定水深	供給水
2008	開発前の水深	雨水	—	—
2009	現行の水深	雨水	開発前の水深	雨水
2010	開発前の水深	雨水	開発前の水深	雨水
2011	開発前の水深	雨水	開発前の水深	沼水

注：開発前の水深とは、図-2の開発前の水深以下の意

隔離水域に供給した水は、基本的には雨水であり、沼水を用いた実験も行った。隔離水域の最深部の水深は、開発事業前の沼の水深（図-2 参照）を目標とし、現在の沼の水深（5月～8月は1.5m、それ以外は1.3m）に合わせた実験も行った。実験条件を表-1に示す。

水域内には沈水植物の生育に支障があると思われるヒメガマ、オニビシなどの植物や、アメリカザリガニ、ウシガエル、魚類等の動物が確認されたので、適宜、それらの刈り取り・駆除を行った。

水域内の植物の生育状況を月1回観察し、種類と分布状況について夏季～秋季に調査した。光条件については、毎年5月から月1～2回の頻度で、水面直下と沼底直前まで10cmピッチで光量子量を測定した。また水域の最深部の水深を連続的に測定した。

(2) 静穏水域実証

静穏水域は、沼岸沿いに設置された木柵を2008年3月に補強して消波効果を高めることにより造成された水域で、沖に向かい少し傾斜している。沈水植物のシードバンクとしては、干拓地の一部を印旛沼漁業協同組合が掘って養殖用に造成した池（以下、養殖池）で沈水植物の生育が確認されたので、その池の土を用いた。アメリカザリガニの被害対策として、シードバンクを施用したエリアをネットで囲う方策と、カゴ罟を多数仕掛ける方策を試みた。ネットで囲うエリア（エリアC）の設置は

表-2 静穏水域の実証条件

年	シードバンクの施用		食害抑制手法
	材料	時期	
2008	養殖池の土	2008年4月	特になし
2009	養殖池の土	2009年4月	側面をネット（目合い1.5mm）、1m×6m
2010	エリアAの土	2010年4月	側面（1.5mm）と上面（7.5mm）、2m×6m
2011	（施用せず）	—	・側面（2mm）と上面（7.5mm）、2m×2m ・かご罟の設置（2m×4mに12個）

注：囲いの上面は、かんがい期の設定水深より約30cm上

毎年4月に行い、同時に内部の甲殻類や魚介類の駆除を行った。沼の設定水位に対応するエリアCの最深部の水深は、5月～8月は50cm、それ以外の期間は30cmである。実証条件を表-2に示す。

植物の生育状況を月1回観察し、種類と分布状況については夏季～秋季に調査した。光量子量はエリアCより少し沖の約20cm深い地点で測定したため、最深部より20cm上の値をエリアCの最深部の値とみなした。

3. 結果

(1) 隔離水域実験

隔離水域実験の各ケースにおいて、最深部における水深の日平均値を求め、その年間変化を図-2に示す。エリアBの2009年と2011年4月～8月、及びエリアAの2009年は、ほぼ目標とする水深で運転できた。しかし、エリアAの2008年、2010年、2011年、及びエリアBの2010年は、降雨の状況により目標とする水深が得られず、それ以下に留まった期間がある。

沈水植物の生育状況を表-3に示す。表には生育が確認された種と広範囲に生育していた種に分けて記載した。エリアAの2009年を除いて9～18種類が確認された。広範囲に出現した種は、エリアAではトリゲモ、オオトリゲモ、シャジクモ、コウガイモである。エリアBでは上記の4種の他に、クロモとササバモが多く見られた。生育が良好であったケースにおいては、いずれも6月には比較的広範囲で生育が確認されていた。

エリアAでは、2008年、2010年、2011年には水域の最深部を除くほぼ全域で沈水植物が生育したのに対して、2009年には生育が全く確認されなかった。

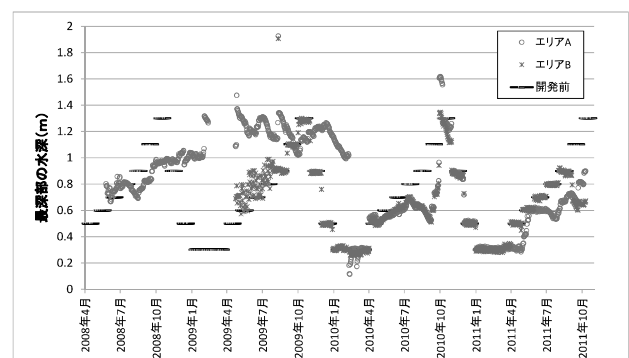


図-2 隔離水域実験における水深の推移

表-3 隔離水域に出現した沈水植物の種類

種名 (年)	エリアA				エリアB		
	2008	2009	2010	2011	2009	2010	2011
クロモ				○	○	◎	◎
セキショウモ					○	○	
コウガイモ	○		◎	◎	○	◎	◎
ササバモ	○		○	○	○	◎	◎
ヒロハノエビモ				○	○	○	○
ヒルムシロ属の1種			○	○	○	○	○
ムサシモ	◎		○	○	○	○	
イバラモ	○		○		○	○	○
トリゲモ	○		◎	◎	○	◎	○
オオトリゲモ	◎		◎	◎	○	◎	○
ハダシジャクモ	○		○		○		
シャジクモ	◎		◎	◎	◎	◎	○
オウシャジクモ					○		
ケナガシャジクモ			○		○	○	
エリナガシャジクモ	○		○				
オトメフラスコモ	◎		○	○	◎	◎	
ニッポンフラスコモ	○			○	○		
オオカナダモ					○		
出現種数計	11	0	12	11	18	13	9

注: ○は出現が確認された種、◎は広範囲に生育した種

エリア B では、2009 年と 2010 年は最深部を除くほぼ全域で沈水植物が生育したが、2011 年は、水際に近い浅い部分でしか生育が確認されなかった。

生育範囲が明瞭に分かれたエリア B の 2011 年について 6 月と 10 月の植生図を図-3、図-4 に示す。6 月には水深 30cm（最深部より 40cm 上に相当）まではシャジクモ、ササバモ、コウガイモなどが生育したが、水深 40cm より深い部分ではほとんど生育しなかった。図は示していないが 8 月には 6 月より 20cm 水位が高くなり、出現種はクロモ主体に変化したが、沈水植物の生育範囲にはほとんど変化が見られなかった。そこで 9 月から

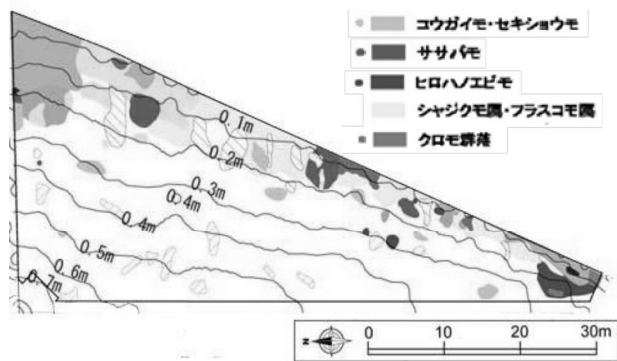


図-3 エリア B の 2011 年 6 月の沈水植物の分布

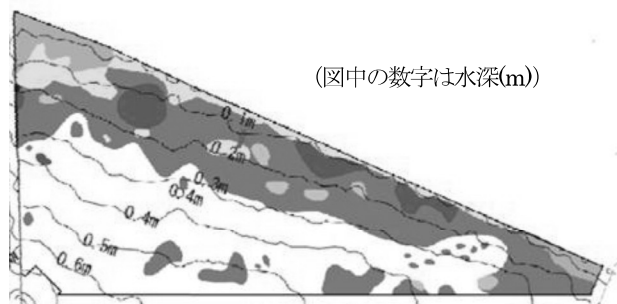


図-4 エリア B の 2011 年 10 月の沈水植物の分布

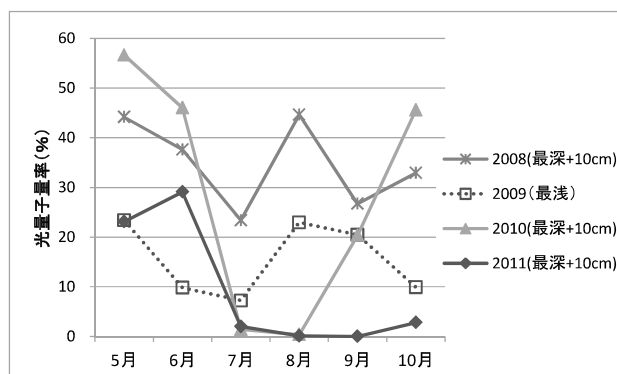


図-5 光量子量率の変化 (エリア A)

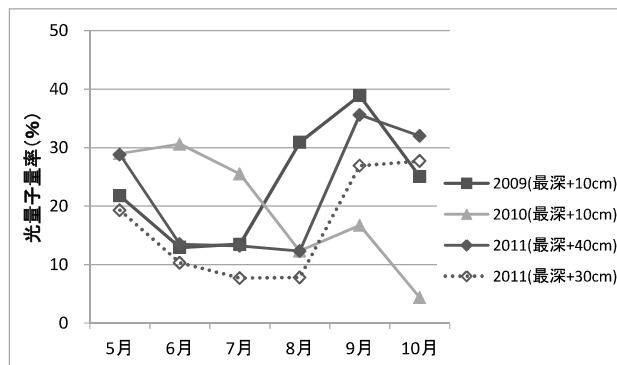


図-6 光量子量率の変化 (エリア B)

水位を 20cm 低くし、6 月とほぼ同じレベルに戻したところ、10 月には図-4 に示すように、クロモの生育範囲が標高の低い方へ拡大した。沈水植物の生育範囲は、10 月は最深部+20cm（水深では 50cm）までで、6 月と比べて拡大している。

沈水植物の生育との関係を知るための光量子量は、水面直下の値を 100% として測定地点の値を表示する光量子量率を用いた。生育良好のケースでは生育範囲で最も深い地点（2011 年のエリア B は最深部+40cm、それ以外は最深部+10cm とした）、生育不良のケースでは不良の範囲で最も浅い地点（2009 年のエリア A は最浅部、2011 年のエリア B は最深部+30cm とした）について、5 月～10 月の光量子量率の変化を図-5、図-6 に示す。

(2) 静穏水域実証

静穏水域のエリア C の水深は、沼の水位の影響を受けて変動するが、沼の設定水位に対応する水深は、最深部で 5 月～8 月は 50cm、それ以外の期間は 30cm である。2011 年は東日本大震災による被害のため、5 月～8 月は通常より 20cm 低い水位で運用されたため、最深部の水深は 30cm が目安となった。エリア C の最深部における 5 月～10 月の光量子量率の変化を図-7 に示す。

沈水植物の生育状況は、以下の通りである。

- ① 2008 年は、沈水植物は全く確認されなかった。
- ② 2009 年～2011 年は、食害対策として目合い 1.5～2 mm のネットで囲んだエリア C では、コウガイモを主とする沈水植物が生育した。2009 年は側面のみの囲い

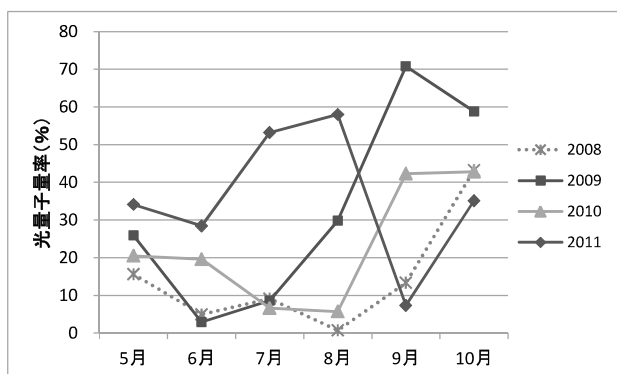


図-7 エリアCにおける光量子量率の変化

であったためか、囲いの内側でアメリカザリガニが確認され、沈水植物は影響を受けたと思われるが、消失には至らなかった。

- ③ 食害対策なしの2009年とネットに代わる手法としてカゴ罟を設置した2011年は、いずれも6月にコウガイモの生育が確認されたが、8月には消失した。

4. 考察

沈水植物の生育と光条件について、生育が良好のケースと不良のケースに分けて、光条件との関係をまとめると、生育良好のケースでは、生育範囲で最も深いと見られる部分の光量子量率は、5月に高い傾向があり、6月以降は高い状態が続く場合もあれば、0近くまで低下している場合もある。後者は、植物の繁茂により光量子量の測定に支障があった可能性が考えられる。

生育不良のケースでは、光量子量率は5月が低く、6月～7月も10%以下と低い状態が続いている。エリアAの2009年は冬から深い水深が維持されており、他のケースでは水深の浅い状態で春を迎え、水深を徐々に深くしていったことから、冬の水深が影響を及ぼした可能性が考えられる。また、エリアBの2011年は、9月に水位を下げたことにより光量子量率が上昇し、10月には生育不良の範囲が縮小している。

そこで、光条件の検討には、繁茂による光量子量の測定への影響の少ない生育初期の5月の値を用いることとした。エリアA、B、Cにおける沈水植物の生育状況と生育範囲で最も深いと見られる深さにおける5月の光量子量率との関係を表-4に示す。

沈水植物の生育が良好のケースにおける5月の光量子量率の最低値は21%である。生育が不良のケースにおける5月の光量子量率は、エリアAの2009年は23%、エリアBの2011年は19%、エリアCの2008年は16%である。エリアAの2009年は、他のケースとは異なり、冬季～春季の水深が深かったため、その影響が考えられる。以上から、印旛沼では沈水植物の生育に必要と考えられる光条件として、5月における光量子量率21%以上

表-4 5月の光量子量率と沈水植物の生育状況

年	エリアA			エリアB			エリアC		
	生育 状況	光量子量率(%)	生育 状況	光量子量率(%)	生育 状況	光量子量率(%)			
		深さ		5月		深さ	5月	深さ	5月
2008	良好	最深部+10cm	44	—	—	—	皆無	最深部	16
2009	皆無	最浅部	23	良好	最深部+10cm	22	良好	最深部	26
2010	良好	最深部+10cm	57	良好	最深部+10cm	29	良好	最深部	21
2011	良好	最深部+10cm	23	水際部は良好 深部は不良	最深部+40cm 最深部+30cm	29 19	良好	最深部	34

を挙げることができる。Chambersらは、沈水性の被子植物では、生育期間における光の強さが、水面における値の21%に相当する深さまで生育が確認され、車軸藻類では11%に相当する深さまで確認された、と報告している²⁾。本報告の結果は、対象とする時期が異なっているが、Chambersらの被子植物の値とほぼ一致する結果となった。

アメリカザリガニの食害については、隔離水域と静穏水域で状況が少し異なっている。隔離水域では、カゴ罟による駆除により沈水植物の生育に支障をきたす事態は防止できている。一方、開放系の静穏水域では、対策なし、もしくはカゴ罟のみでは沈水植物の再生は難しいという結果となった。印旛沼では、これまでのところ、目合い1.5～2.0mmのネットで囲う方策がアメリカザリガニによる食害の抑制に効果を発揮している。

5. 結論

印旛沼における隔離水域と静穏水域を用いた沈水植物の再生の取り組みにおいて、以下の点が明らかとなった。

- (1) 沈水植物の良好な生育には、水面直下を100%として表す光量子量率が、5月において21%以上必要である。
- (2) 開放系の水域においてアメリカザリガニによる食害を抑制する手法として、目合い1.5～2.0mmのネットによる囲い込みが有効である。

謝辞：印旛沼の沈水植物再生の取り組みは、印旛沼水循環健全化会議に属する水草再生ワーキング（座長は国立環境研究所の高村典子氏）の皆様にご指導をいただいて実施したものである。心より御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 久保田一，中村彰吾：印旛沼水質改善に向けた沈水植物再生の取り組み，河川環境総合研究所報告，第15号，平成21年12月
- 2) Patricia A. Chambers and Jacob Kalff：Depth Distribution and Biomass of Submersed Aquatic Macrophyte Communities in Relation to Secchi Depth, Can.J.Fish.Aquatic.Sci., Vol.42, pp.701-709, 1985 (2012.4.5 受付)