

八郎湖の水環境改善をめざした沈水植物の再生と課題

秋田県立大学 生物資源科学部

尾崎 保夫

1. はじめに

八郎湖（八郎潟調整池）は、昭和52年3月の国営八郎潟干拓事業完了後、徐々に水質汚濁が進み、平成18年には全国湖沼水質ランキングでワースト3（COD75%値:8.8mg/L）となった（秋田県、2011）。同年8月には、八郎湖で異常発生した藍藻類（アオコ）が、風により馬場目川の浄水場の取水口まで遡上したため、八郎潟町では約10日間の給水制限が行われた。アオコの異常発生は、水道原水の取水障害の他、水産用水や農業用水としての利用価値の低下および集積したアオコの分解に伴う悪臭発生などの問題を引き起こし（秋田県、2013）、漁業者や地域住民等から、八郎湖の早急な水質改善対策の確立が求められている。

このため、秋田県では、平成20年3月に「八郎湖に係る湖沼水質保全計画（第1期）」を策定し（秋田県、2008）、青く澄んだ豊穡の湖「八郎湖」を取り戻すため、下水道等の普及、農業からの流出負荷低減、植生浄化・沈水植物の再生などの様々な対策を推進している。

この内、沈水植物の再生は、湖沼の水質改善や生物多様性の向上にも役立つため、印旛沼や霞ヶ浦等でも精力的に研究開発が進められている（西廣ら、2003、天野ら、2007、中村ら、2007、九城ら、2009）。秋田県でも、八郎湖の水質改善を図るため、平成21年から八郎湖岸に総延長2.2kmの消波堤を建設し、沈水植物の再生を目指している（尾崎、2012）。

著者らは、秋田県八郎湖環境対策室と共同で、埋土種子（土壌シードバンク）や大学圃場で育苗した沈水植物のポット苗等を用いて、八郎湖の環境条件に合った沈水植物の再生法を確立するため研究開発を進めている（林ら、2008、尾崎、2013）。ここでは、これまでの研究開発の概要を報告する。

2. 八郎湖の水質と沈水植物群落の分布変化

平成19年12月に、湖沼水質保全特別措置法に基づく指定湖沼の指定を受け、下水道の普及、高度処理対策や周辺農地からの濁水抑制対策などを推進した結果、CODは低下傾向にあった。しかし、平成24年度は、夏期の降水量が著しく少なく、

アオコが大量に発生したため、八郎湖のCODは8.5mg/L（ワースト4）に上昇し、さらなる、水質改善対策が求められている（環境省、2013）。

干拓前の八郎潟には、多種類の沈水植物が水深3m前後まで生育していた（加藤、1965）。また、干拓直後の1976年に行われた加藤の調査では、図1のように浮葉植物5種、沈水植物8種、車軸藻類3種の合計16種の生育が確認された（加藤、



図1 八郎湖における沈水植物群落の分布調査（加藤、1976）

1976）。その後、2006年に高田らが実施した沈水植物の調査では、図2のように波の弱い野村港内とその付近でホソバミズヒキモ、ヒロハノエビモ、ホザキノフサモ、センニンモおよびコカナダモの生育、馬場目川の河口でホザキノフサモの生育が

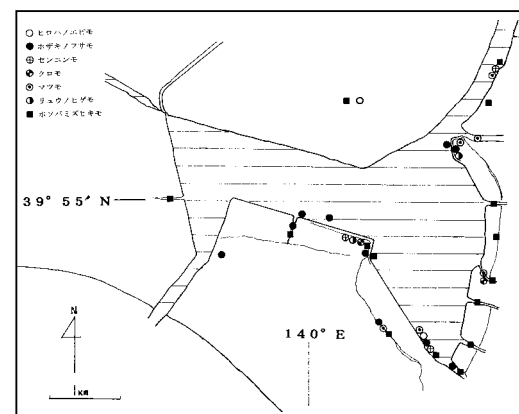


図2 八郎湖とその周辺水域における沈水植物の分布調査（高田ら、2007）

確認されたが（高田ら、2007）、それ以外の八郎湖内では沈水植物の生育は確認できず、干拓前の八郎潟に生育していた沈水植物は大部分消失した

ことが判明した。

3. 沈水植物の水質改善効果と八郎湖における沈水植物再生の取り組み

沈水植物は、図3のように①水中の窒素、リンの吸収・除去、②ミジンコなど動物プランクトンの

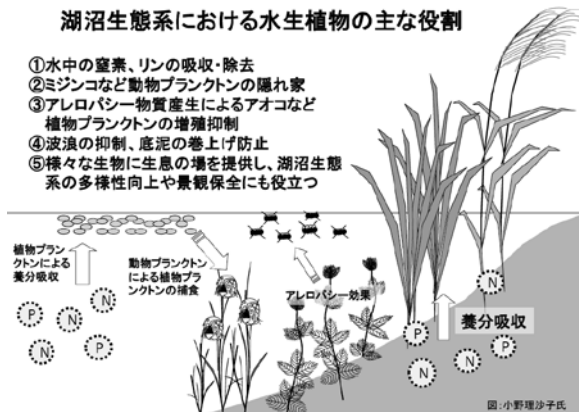


図3 湖沼等における水生植物の水質改善機能の模式図(尾崎ら、2013c)

の隠れ家、③アレロパシー物質産生によるアオコなど植物プランクトンの増殖抑制、④波浪の抑制、底泥の巻上げ防止、⑤魚の産卵や小魚の生育の場の提供など、湖沼の水環境の改善や生物多様性の維持・向上に重要な役割を果たしてしている(中井ら、2000、James et al. 2004、林ら、2009、高村、2009)。

林らは、各水生植物群落中に生息しているミジンコ類の生息密度を調査し、沈水植物群落内に生育するミジンコ類の現存量は、浮葉植物群落内や対照区に比較して著しく高いことを明らかにした(林ら、2007)。これらの結果は、沈水植物がプランクトン食魚やフサカ幼虫など捕食者に対する隠れ家を提供し、植物体がミジンコ類の生息空間として重要な役割を果たしていることを示している。

このため、秋田県では八郎湖の水質改善を図るため、2009年から東部承水路に水深や構造の異なる10種類の消波堤を建設(総延長2.2km)し、沈水植物の再生を目指しているが、これまでのところ沈水植物の再生は期待どおりに進んでいない。この原因としては、第1に八郎湖干拓工事に伴う環境変化、特に地先干拓による遠浅の湖岸の消失と石積み護岸による波のせん断応力の増大、第2には八郎湖の水質汚濁(濁度の上昇、アオコの大量発生)、第3には水位管理(春から夏の水位上

昇)による湖底への光透過率の減少(Chambers and Kalff、1985)などが挙げられる。

4. 八郎湖流域における土壌シードバンク調査と沈水植物の発芽・再生

4-1. 土壌シードバンクの採取と沈水植物の発芽・再生

旧八郎湖に生育していた水生植物の埋土種子の分布調査を行うため、2009年4~7月に八郎湖および周辺水域の合計37ヶ所(図4参照)で、エックマンバージ式採泥器やライナー採土器(大起理化学製、DIK-110B)等を用いて、表層~30cmの底質を採取した。採取した底質は、秋田県立大学実

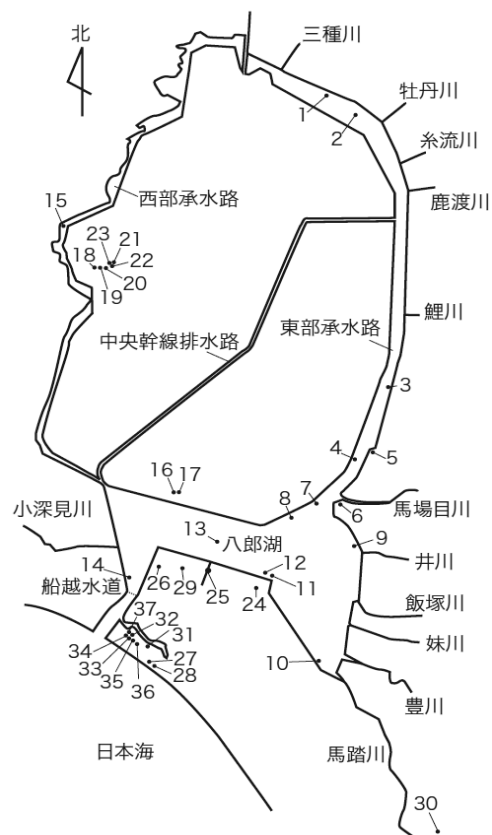


図4 八郎湖流域における土壌シードバンクの採取地点(尾崎ら、2013a)

験圃場に設置した小型コンテナ(28×16cm、高さ8.5cm)と円形コンテナ(直径33cm、高さ20cm)に厚さ4~5cmとなるように充填後、圃場地下水を水深約4cmとなるよう添加して発芽試験を行った。発芽した水生植物等は、角型水槽(123×75cm、高さ55cm)に移植・栽培し、種の同定を行った(尾崎ら、2013a)。

土壌シードバンク採取地点の内、一向池(地点31~37)は旧船越水道跡地内に出現した池で、八

郎潟の残存植生と考えられるリュウノヒゲモ、イバラモ、イトモ、ツツイトモ、タヌキモなど稀少な水生植物が生育しており、八郎湖における沈水植物再生の材料としての活用が期待できる。また、大潟村農村公園の池（地点21～23）は、八郎潟干拓以来、これまで未利用のまま残されていた場所を2009年に大潟村が農村公園として整備した際、表面の土壌を1～2m掘削して造成したもので、池の造成に伴う攪乱により八郎潟に生育していた沈水植物の埋土種子からイトモ、エビモ、リュウノヒゲモやシャジクモ類などが発芽・再生したものと考えられる（尾崎ら、2013c）。

一方、石積み護岸に近い地点11と地点12で採取した底質は、砂質で貝殻も多く含まれていた。両地点で採取した底質を比重分離法で埋土種子を調べたところ（中央農業総合研究センター、2009）、沈水植物の種子は全く確認できなかった。干拓直後の1976年の調査報告（加藤、1976）では、地点11と地点12付近には、沈水植物群落形成されていた（図1参照）が、干拓後の石積み護岸による波のせん断応力の増大や水位上昇などにより、沈水植物群落は徐々に消失したものと推察される。

調査した37ヶ所の内、大潟村農村公園の池（地点21）の底質からエビモとイトモの2種、一向池（地点32）の底質からリュウノヒゲモ、タヌキモ、ヒシの3種、八郎湖流域で水生生物相が豊かな待入堤（地点30）の底質からシャジクモ属とミズオオバコの2種、旧湖岸農業用水路（地点29）の底質からホソバミズヒキモとイトモの2種、馬場目川河口の堤脚水路（地点6）の底質からホザキノフサモおよび野村港内（地点10）の底質からはホソバミズヒキモとヒシの2種が発芽・再生したが、その他の底質からは、沈水植物の発芽・再生は認められなかった（尾崎ら、2013a）。

4-2. 東部承水路の沈水植物再生ゾーンと大学圃場における土壌シードバンクからの沈水植物の発芽・再生

秋田県が2009年に東部承水路の夜叉袋に建設した石積みの沈水植物再生ゾーン（15×9m）を写真1に示した。東部承水路の夜叉袋付近の湖岸400mには、写真1のような水深の異なるL字形の消波堤（灌漑期の水深55～75cm）が10基建設されている。秋田県立大学生態工学研究室では、この内のNo6（灌漑期の水深55cm）とNo9（灌漑期の水深75cm）の2基の沈水植物再生ゾーンを借り上げ、水深、水質および光透過率等が沈水

植物の発芽・再生に与える影響を調査・解析している。

上記発芽試験で、沈水植物の発芽・再生が確認できた大潟村農村公園の池（地点21）、旧船越水道内の一向池（地点32）、待入堤（地点30）および旧湖岸農業用水路（地点29）の底質を、2010年9月にそれぞれ約800L採取した。採取した土壌シードバンクは大型コンテナ内でよく混合後、10月1日に沈水植物再生ゾーンNo9内に設置した16個の網カゴ（61×41cm、高さ31cm）と大学圃場の4基の角型水槽（123×75cm、高さ55cm）に約5cmの厚さに撒き出した。沈水植物再生ゾーンNo9での水生植物の発芽・再生調査は2週間に1回とし、水が濁り水生植物の発芽・生育が確認できない時は、コンテナを静かに水面近くまで持ち上げて調査した。

また、水深別の光量子量は、沈水植物再生ゾーンNo9の消波堤の外側で、11～13時の間に光量子センサー（LI-192SA）を用いて測定した。

消波堤No9の外側で測定した水深別の平均光量子量と光透過率の関係を表1に示した（尾崎ら、

表1 消波堤No9の外側で測定した夏季の水深別平均光量子量と光透過率

水深	0cm	25cm	50cm	75cm	100cm
光量子量 ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	927 (± 470)	365 (± 251)	132 (± 95.3)	47.8 (± 36.8)	21.9 (± 15.9)
光透過率 (%)	100	39.1 (± 15.1)	13.4 (± 5.3)	5.0 (± 3.1)	2.3 (± 1.3)

調査期間:2010年7月6日～8月17日(調査回数:8回、測定は11～13時に実施)
()内は標準偏差

2013)。調査期間は2010年7月6日から8月17日で、調査日に曇りの日も含まれていたため、水面直上の平均光量子量は927($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)で前年より低かった。水深が25cm、50cm、75cmおよび100cmと深くなるに伴い、平均光透過率はそれぞれ39.1%、13.4%、5.0%および2.3%に低下した。

夏季の沈水植物再生ゾーン内の水質調査結果を表2に示した（尾崎ら、2013c）。懸濁物質濃度の

表2 夜叉袋の沈水植物再生ゾーンNo.9における夏季の水質調査結果

項目	水温 ($^{\circ}\text{C}$)	懸濁物質 (mg/L)	pH	D O (mg/L)	E C (mS/m)
平均値	28.1 (± 2.4)	36.0 (± 13.1)	8.27 (± 0.75)	7.74 (± 1.08)	22.3 (± 6.1)

調査期間:2010年7月6日～8月17日(調査回数:8回、測定は11～13時に実施)
()内は標準偏差

平均値は36.0mg/Lであったが、アオコが最も集積した7月23日の懸濁物質濃度は57mg/Lで、光透過率は、水深25cmで17.2%、水深50cmで4.3%、水深75cmで0.8%、水深100cmでは0.4%となり、アオコが長期間にわたりゾーン内に集積すると水深75cmでも光等が制限要因となり沈水植物の生育は難しくなることが示唆された。

東部承水路の沈水植物再生ゾーンNo 9と圃場に設置した角型水槽を用いて大潟村農村公園の池、一向池、待入堤および旧湖岸農業用排水路の4ヶ所で採取した底質の発芽・再生試験を行い、その結果を表3にとりまとめた(尾崎ら、

した水生植物が5種と少なかった原因としては、①アオコの集積や懸濁物質による光透過率の低下、②波浪による埋土種子の流失、③浮泥の堆積等による水生植物の生育環境の悪化などが考えられる。

5. 東部承水路におけるポット苗を用いた沈水植物の移植・再生

5-1. 夜叉袋消波堤No 6とNo 9内における沈水植物の移植・再生試験

夜叉袋の消波堤No 6(灌漑期の水深55cm)とNo 9(灌漑期の水深75cm)内の沈水植物再生ゾーンに、写真3-1のような小型円形構造物(直径78cm、高さ30cm、アゼ楽ガードを2枚使用)3個と写真3-2の食害防止柵(96×96×96cmの柵に、目合い約6mmのトリカルネットを張る)1個を鉄筋で固定した。小型円形構造物の一つには沈水植物の生育促進を図るため柵内に黒土(50L)を約10cmの厚さに充填した。2012年7月2日に根を生分解性ポリ乳酸袋で包んだ5種類の沈水植物(ホザキノフサモ、リュウノヒゲモ、エビモ、センニンモ、ヒロハノエビモ、写真4参照)を3株ずつ移植し、水深や食害防止対策等が、各沈水植物の生育に与える影響を調査した。

表3 八郎湖流域4ヶ所で採取した底質から発芽・再生した水生植物

生活形	和名	学名	採取地点			
			大潟村の池	一向池	待入堤	旧湖岸
沈水	エビモ	<i>Potamogeton crispus</i> L.	○ / ●			
	ホソバミズヒキモ	<i>Potamogeton octandrus</i> Poir.				○
	ヤナギモ	<i>Potamogeton oxyphyllus</i> Miq.				○
	リュウノヒゲモ	<i>Potamogeton pectinatus</i> L.		○ / ●		
	イトモ	<i>Potamogeton pusillus</i> L.	○ / ●			●
	ホッスモ	<i>Najas graminea</i> Delile			○	
	イバラモ	<i>Najas marina</i> L.		●	○	
	オオトリゲモ	<i>Najas oguraensis</i> Miki			○	
	ミズオオバコ	<i>Ottelia alismoides</i> (L.) Pers.			○	
	フラスコモ属の1種	<i>Nitella</i> sp.			○	
	シャジクモ属の1種	<i>Chara</i> sp.			○	
浮葉	ヒツジグサ	<i>Nymphaea tetragona</i> Georgi	○			
	ヒシ	<i>Trapa japonica</i> Flerov.		○ / ●		
抽水	クログワイ	<i>Eleocharis kuroguwai</i> Ohwi			○	
	カンガレイ	<i>Schoenoplectus mucronatus</i> (L.) Palla subsp. <i>robustus</i> (Miq.) T. Koyama	○		○	
	ミクリ	<i>Sparganium erectum</i> L.			○	
	ヒメガマ	<i>Typha angustifolia</i> L.			○	
	ニッポニンヌノヒゲ	<i>Eriocaulon hondoense</i> Satake			○	
発芽・再生した水生植物の種類数(種)			4	3	11	3

○: 大学圃場内に設置した角型水槽(123×75cm、高さ55cm)に4種類の底質を充填

●: 沈水植物再生ゾーンNo.9に4種類の底質を充填した網カゴ(41×61cm、高さ31cm)を16個設置

試験期間: 2010年9月~2011年11月

2013c)。また、角型水槽内で発芽・再生した沈水植物の一例を写真2に示した。東部承水路の沈水植物再生ゾーンでは、エビモ、リュウノヒゲモ、イトモ、イバラモの4種の沈水植物と浮葉植物のヒシの合計5種の水生植物が発芽・再生した。一方、大学圃場に設置した角型水槽では、大潟村農村公園の池で採取した底質からエビモ、イトモ、ヒツジグサ、カンガレイの4種、一向池の底質からリュウノヒゲモ、ヒシの2種、待入堤の底質からホッスモ、イバラモ、オオトリゲモ、ミズオオバコ、フラスコモ属の一種、シャジクモ属の一種、クログワイ、カンガレイ、ミクリ、ヒメガマ、ニッポニンヌノヒゲの11種および旧湖岸農業用排水路の底質からホソバミズヒキモ、ヤナギモの2種、合計18種の水生植物が発芽・再生した。

東部承水路の沈水植物再生ゾーンで発芽・再生

試験は、写真5の手前から馬場目川河口の堤脚水路の底質撒き出し区、黒土充填区、小型円形構造物区、対照区(沈水植物を直接移植)および食害防止柵区とした。底質撒き出し区および黒土充填区は湖岸に近く、また、写真5のようにL型消波堤から約1mしか離れていないため、北風が強い時は波のはね返り等により、小型円形構造物内に充填した細かい粘土粒子やシルトが流失し、期待した沈水植物の生育促進効果は認められなかった。このため、5種類の沈水植物の生育経過は、対照区と食害防止柵区を中心に報告する。

5-2. 夜叉袋消波堤No 6内における沈水植物の移植・再生

消波堤No 6内の沈水植物再生ゾーン(灌漑期の水深55cm)への光透過率は、アオコが発生し

ていない7月18日には約10%であったが、アオコが多量集積した7月30日から9月3日には、1%以下となり、沈水植物の生育が極めて難しい環境条件であった。

黒土充填区に移植した沈水植物は、7月30日には写真6のように最もよく生育し、ホザキノフサモとリュウノヒゲモの被度はそれぞれ15%、ヒロハノエビモの被度は10%に達した。次に、被度が高かったのは食害防止区（ヒロハノエビモ：20%、ホザキノフサモ：10%）で、小型円形構造物区（ホザキノフサモ：10%、リュウノヒゲモ：10%）、対照区（ホザキノフサモ：5%、リュウノヒゲモ：4%、ヒロハノエビモ：1%）の順に沈水植物の被度は低下した。

8月に入り、アオコの多量集積、分解により沈水植物の生育は確認できなくなった（写真7）。しかし、アオコが消失した9月中旬以降、沈水植物の生育が回復し、対照区では11月26日には、エビモの被度が約30%、センニンモの被度は約15%に達したが、他の3種類の沈水植物の生育は確認できなかった。一方、食害防止区では、10月以降、エビモとリュウノヒゲモの生育が良好となり、11月26日には被度はそれぞれ12%と7%に達した。

小型円形構造物区では、10月にエビモが再生していたが、底質の攪乱・流失等により、12月には確認できなくなった。また、黒土充填区の沈水植物の生育は7月には最も良かったが、9月以降の八郎湖の水位低下（灌漑期より50cm低下）に伴い、底面が水面上に約5cm露出したため、沈水植物は生育できなくなった。

5-3. 夜叉袋消波堤No9内における沈水植物の移植・再生

水が比較的透明であった7月18日には、各試験区に移植した5種類の沈水植物はいずれも生育していることを確認した。特に、黒土充填区に移植した沈水植物の生育は最も良好であった。しかし、アオコが多量に集積した8月以降、水面に伸長していた茎葉が消失し、生育を確認できなくなった。その後、食害防止区で、アオコが消失した9月25日にリュウノヒゲモ、10月15日にエビモの生育が確認できたが、各沈水植物の生育は消波堤No6より悪かった。

消波堤No6の灌漑期の水深は55cmで、消波堤No9の水深75cmより20cm浅かったため、アオコが多量集積した環境下でも、沈水植物は良く生育できたものと推察される。これらの調査結果より、

エビモとリュウノヒゲモはアオコが1ヶ月余りも集積し、光透過率の極めて低い環境でも、生育できる汚濁耐性の強い沈水植物であることが分かった。12月下旬には氷結により各沈水植物の生育は確認できなくなったが、来春以降も各沈水植物群落がどのように生長して行くか調査を継続する予定である。

6. 東部承水路におけるマット苗を用いた沈水植物の移植・再生

6-1. 夜叉袋消波堤No6とNo9および牡丹川消波堤D-1における沈水植物の移植・再生試験

沈水植物の移植・再生をより確実にするため、大学圃場の丸型水槽で育苗していた沈水植物（センニンモ、ホザキノフサモ、リュウノヒゲモ、写真8）をルートマットが約15×20cmの大きさになるよう切り取り、目合い2.2cmのトリカルネットN-29（100×120cm）に固定（写真9）し、写真10のようにコンクリート平板を用いて各沈水植物再生ゾーンに設置する。夜叉袋消波堤No6とNo9内の沈水植物再生ゾーンには、2013年6月5日に、センニンモ、ホザキノフサモ、リュウノヒゲモのマット苗をそれぞれ3個ずつ設置した（写真11）。

また、牡丹川消波堤D-1内には、6月30日にセンニンモとホザキノフサモのマット苗を4ヶ所に移植し（1ヶ所：1.0×2.4m）、各沈水植物の生育調査を開始した。

しかし、八郎湖の水位が低下し始めた9月11日以降、水鳥による食害が発生し始めたため、9月12日に夜叉袋の消波堤No6とNo9には、それぞれ3個（合計6個）の食害防止柵を設置した（写真12）。一方、牡丹川消波堤D-1では、4ヶ所に移植したマット苗を鳥害防止ネット（目合い2.0×2.5cm、写真18）で覆った。

6-2. 夜叉袋消波堤No6とNo9内に移植した沈水植物のマット苗の生育

消波堤No6内に移植したセンニンモ、ホザキノフサモ、リュウノヒゲモのマット苗は、移植後1ヶ月近くは生育が悪く、茎葉に付着物が多く付いていたが、7月8日にはホザキノフサモの茎葉が水面近くまで伸長し、センニンモとリュウノヒゲモの生育も回復し始めた。その後、8月8日には、濁度が低下し3種類の沈水植物とも、移植時より生長していることを確認した。また、8月22日には、写真13のように3種類の沈水植物とも茎

葉が水面まで伸長した。9月6日には、水面に伸長していたホザキノフサモの茎葉が水鳥の食害を受けているのが確認されたので、9月10日にマット苗移植地点に水面から約25cmと約1.8mの高さにテグスを張った(写真14)。しかし、テグスの食害防止効果が認められなかったため、9月12日に移植したセンニンモ、ホザキノフサモ、リュウノヒゲモのマット苗、3株の内それぞれ1株に食害防止枠を設置した。消波堤No6の食害防止枠を設置していない各沈水植物の茎葉は、水鳥に食いつくされ完全になくなっている(写真15)が、食害防止枠内のセンニンモは、写真16のように良く生育していることが分かる。

食害防止枠内の3種類の沈水植物も、食害防止枠設置前に一部食害を受けていたが、各沈水植物とも生育し、10月8日には、センニンモの被度は60%、ホザキノフサモの被度は10%、リュウノヒゲモの被度は2%に回復した(被度:食害防止枠96×96cm内の各沈水植物の占める割合)。その後、3種類の沈水植物の被度変化は少なかったが、11月下旬から被度が低下し始め、12月24日には、センニンモの被度は40%、ホザキノフサモの被度は2%、リュウノヒゲモの被度は0%に低下した。

一方、消波堤No9内に移植したセンニンモ、ホザキノフサモ、リュウノヒゲモのマット苗の生育は、消波堤No6と同様、移植後1ヶ月近くは生育が悪く茎葉に付着物が多く付いていた。7月22日には、ホザキノフサモの茎葉が水面まで伸長し、センニンモとリュウノヒゲモの生育も良好になり、8月22日には、ホザキノフサモに加えて、リュウノヒゲモの茎葉も水面まで伸長した。

その後、アオコの発生や濁度の増加により、各沈水植物の生育状態は確認できなくなったが、濁度が低下した10月15日には、食害防止枠内のセンニンモの被度は10%、ホザキノフサモとリュウノヒゲモの被度は約2%となった。また、12月24日には、センニンモの被度は10%であったが、ホザキノフサモとリュウノヒゲモの生育は確認できず、水深が消波堤No6より20cm深い消波堤No9では、各沈水植物の生育は消波堤No6よりも悪くなることが分かった。

また、食害を受けた各沈水植物は、12月末までの期間では新たな茎葉の伸長は認められなかったが、根や塊茎が生きていれば、来春、新たに生育が始まることも期待できるので、引き続き調査を継続

する予定である。

6-3. 牡丹川消波堤D-1内に移植した沈水植物のマット苗の生育

牡丹川消波堤D-1(灌漑期の水深60cm)内の4ヶ所にセンニンモとホザキノフサモのマット苗

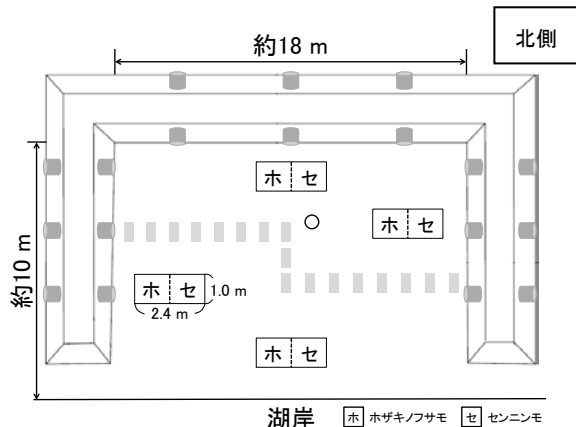


図5 牡丹川消波堤D-1へのセンニンモとホザキノフサモのマット苗の移植(2013.6.30、未発表)

を6月30日に移植した(図5)。7月29日には、4ヶ所に移植したホザキノフサモの茎葉は、いずれも水面まで伸長し、また、センニンモの茎葉は付着物が少なく生育は良好であった。8月22日頃から、ホザキノフサモの生育が悪化し葉が落ち始めたが、センニンモの生育は順調で、群落が大きくなり始めた。9月に入るとセンニンモの生育は良好となったが、ホザキノフサモの生育は良くなく、9月30日には、D-1消波堤の中央(岸)に移植したホザキノフサモは確認できなくなった。写真17には消波堤D-1全体の写真、写真18と写真19には、生育良好なセンニンモの写真を示した。

表4には、10月15日から12月24日のセンニンモとホザキノフサモの被度変化をまとめた。4ヶ所

表4 牡丹川消波堤D-1内に移植した沈水植物マット苗の被度%の変化(未発表)

調査日	北側		中央(沖)		中央(岸)		南側	
	ホザキノフサモ	センニンモ	ホザキノフサモ	センニンモ	ホザキノフサモ	センニンモ	ホザキノフサモ	センニンモ
10月15日	0	15	3	12	0	12	1	15
11月5日	0	18	3	15	0	15	3	20
12月6日	0	20	3	12	0	15	2	20
12月24日	0	15	2	12	0	15	1	18

☆縦1.0m、横2.4mのトリカルネットの上に、鉄筋で縦0.9m、横2.1m、高さ0.45mの枠を作り、防鳥網をかける



写真1 建設直後の夜叉袋消波堤No9 (2010. 5. 18)
—沈水植物再生ゾーン、約15×9 m—



オオトリゲモ、イバラモなど (待入堤)



写真3-1 小型円形構造物
(直径約78cm)



ヤナギモ (旧湖岸農業用水路)



イトモ (大湯村農村公園の池)

写真2 大学園場の角型水槽で発芽・再生した水生植物の一例 (2011)



写真3-2 目合い約6mmのトリカルネットをはった食害防止枠(96×96×96cm)



写真4 移植した沈水植物のポット苗(左上から:リュウノヒゲモ、センニンモ、ホザキノフサモ、エビモ、ヒロハノエビモ)



写真5 沈水植物等の移植完了時の様子
(消波堤No6、2012. 6. 30)



写真6 沈水植物の茎葉が水面まで伸長
(黒土充填区、7月30日)



写真7 アオコが多量集積・腐敗
(消波堤No6、8月27日)



写真8 丸型水槽で栽培していた
リュウノヒゲモ (2013. 6. 5)



写真9 トリカルネットに固定したリュウノヒゲモのマット苗(6月5日)



写真10 マット苗の移植予想写真(未発表)



写真11 消波堤No6内への沈水植物マット苗の移植の様子(6月5日)



写真12 消波堤No6内への食害防止柵の設置(右、10月14日)



写真13 移植した3種類のマット苗の茎葉はいずれも水面まで伸長(消波堤No6、8月22日)



写真14 沈水植物のマット苗を移植した消波堤No6にテグスを張る(9月10日)



写真15 鳥害を受け茎葉が食い尽くされた沈水植物(消波堤No6、10月14日)

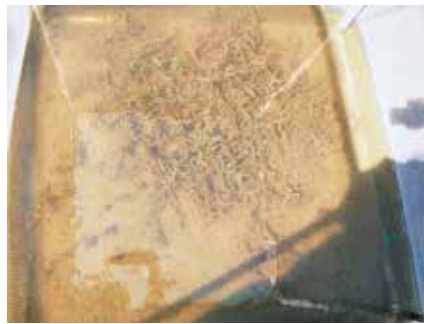


写真16 食害防止柵内のセンニンモ(消波堤No6、10月14日)



写真17 牡丹川消波堤D-1の全景(2013.10.14)

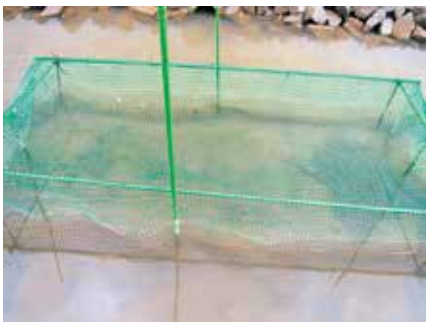


写真18 鳥害防止ネット内のホザキノフサモとセンニンモの生育状況(中央・沖、12月6日)

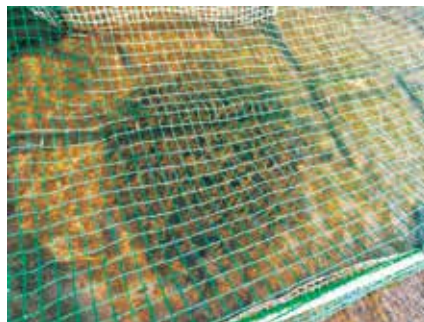


写真19 マット苗から大きく生長したセンニンモ群落(中央・岸、12月24日)



写真20 鳥害防止用のトリカルネットを付けた沈水植物栽培柵(2013.12.4)

に移植したセンニンモのマット苗は、順調に生育し、12月24日には被度は12～18%となったが、ホザキノフサモの生育は、夜叉袋と同様あまり芳しくなく、2カ所に移植したマット苗の地上部は確認できなくなった。

7. まとめ

旧八郎潟に生育していた沈水植物の再生法を確立するため、八郎湖およびその周辺で採取した土壌シードバンクと大学圃場で育苗した沈水植物のポット苗等を用いて、環境条件が各沈水植物の発芽・再生に与える影響を調査・解析し、以下の結果を得た。

- 1) 大潟村農村公園の池、一向池、待入堤および旧湖岸農業用排水路の4ヶ所で採取した底質の角型水槽を用いた発芽・再生試験では、沈水植物11種、浮葉植物2種、抽水植物5種の合計18種の水生植物が発芽・再生した。
- 2) 東部承水路の沈水植物再生ゾーンNo9の消波堤の外側で測定した夏季の平均光透過率は、水深が25cm、50cm、75cmおよび100cmと深くなるに伴い、それぞれ39.1%、13.4%、5.0%および2.3%に低下した。この内、アオコが最も集積した7月23日（懸濁物質濃度57mg/L）の光透過率は、水深50cmで4.3%、水深75cmでは0.8%となり、水深75cmでも光等が制限要因となり沈水植物の生育は難しくなることが示唆された。
- 3) 消波堤内の沈水植物再生ゾーンへの土壌シードバンクの撒き出しによる沈水植物の再生試験は、アオコの集積や懸濁物質による光透過率の低下、波浪による埋土種子や底質の流失、浮泥の堆積等による水生植物の生育環境の悪化などにより芳しい結果が得られなかった。
- 4) 夜叉袋の消波堤No6（灌漑期の水深55cm）とNo9（灌漑期の水深75cm）内におけるポット苗の移植試験より、多量のアオコが1ヶ月余りも集積・腐敗した環境条件下でも、エビモとリュウノヒゲモは生育できる汚濁耐性の強い沈水植物であることが分かった。
- 5) 消波堤No6内に移植したセンニンモ、ホザキノフサモ、リュウノヒゲモのマット苗は、順調な生育を示したが、八郎湖の水位が低下した9月中旬には水鳥の食害を受け、鳥害対策をしていない試験区の地上部は完全に食い尽くされた。
- 6) 水深が深い消波堤No9内に移植した沈水植

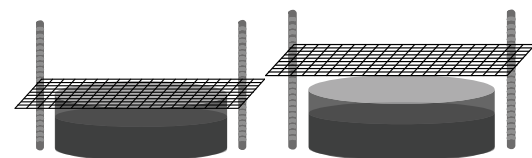
物のマット苗の生育は、消波堤No6に移植したものよりも悪くなることが分かった。

- 7) 牡丹川消波堤D-1内の4ヶ所に移植したセンニンモのマット苗（鳥害対策あり）は順調に生育し、12月24日時点でも被度12～18%を維持したが、ホザキノフサモの生育は夜叉袋と同様あまり芳しくなかった。

8. 今後の課題

平成24年度の調査研究では、アオコの多量集積・腐敗により、移植した沈水植物のポット苗の生育が阻害された。平成25年度は、アオコの発生は少なく、移植した沈水植物のマット苗は順調な生育を示したが、八郎湖の水位が低下した9月中旬には、水鳥の食害により夜叉袋の沈水植物再生ゾーンに移植した各沈水植物の地上部は食い尽くされてしまった。

このため、簡易な食害防止法の確立をめざし、小型円形構造物（直径78cm、高さ20cm）の上に目合い2.8cmのトリカルネットN34（1×1m）を設置した簡易鳥害防止枠を牡丹川の各沈水植物再生ゾーンに3個ずつ設置（図6、写真20）し、平成26年度はその効果を確認する予定である。トリカルネットの上に伸長した沈水植物の茎葉が、水鳥の食害を受けても地下茎等が残っていれば、来春、新たな生育が可能と考えられると同時に、この沈水植物栽培枠を核に各沈水植物が周辺に生育の場を広げ、群落が大きく生長することを期待している。



小型円形構造物にトリカルネットを密着して設置

小型円形構造物からトリカルネットを15cm離して設置

図6 牡丹川消波堤D-1に設置した鳥害防止用のトリカルネットを付けた沈水植物栽培枠（2013.12.4設置、未発表）

謝辞

本研究の推進にあたり、秋田県生活環境部八郎湖環境対策室の皆様には、様々なご協力を頂いた。秋田自然史研究会の高田順氏および千葉県立中央博物館の林紀男氏には沈水植物の同定等大変お世話になった。秋田県立大学生物生産科学科の森

田弘彦教授には、埋土種子の調査法をご教授頂いた。また、現地調査等では、同大学生物環境科学科生態工学研究室の舘田千春氏、國井麻里子氏、吉川進太郎氏、鈴木彩子氏、加藤理氏および非常勤職員の奈良夕夏氏の協力を得た。ここに記して謝意を表す。

本研究は、文部科学省科学研究費補助金「基盤研究(B)、八郎湖の植生浄化をめざした埋土種子を用いた沈水植物の再生に関する研究、研究代表者：尾崎保夫」や秋田県受託研究費などにより実施したものである。

参考文献

- 秋田県(2008)、八郎湖に係る湖沼水質保全計画(第1期)、1-6(平成20年3月)
- 秋田県(2011)、平成22年版環境白書(本編)、53-56(平成23年2月)
- 秋田県(2013)、平成25年版環境白書(本編)、64-69(平成25年12月)
- 天野邦彦、時岡利和(2007)、沈水植物群落の再生による湖沼環境改善手法の提案、土木技術資料、49(6)、34-39
- Chambers P.A. and Kalff J.(1985), Depth distribution and biomass of submerged aquatic macrophyte communities in relation to Secchi depth. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 42, 701-709
- 林紀男、中野芳雄、尾崎保夫、稲森悠平(2007)、水生植物群落が浮遊微生物現存量に及ぼす影響、日本水処理生物学会誌、43(2)、113-119
- 林紀男、高田順、尾崎保夫(2008)、八郎潟旧湖岸水路(秋田県潟上市)の埋土種子発芽能、秋田自然史研究、第54号、31-33
- 林紀男、稲森悠平、尾崎保夫(2009)、ミジンコ個体群動態に及ぼす水生植物代謝産物の影響、日本水処理生物学会誌、45(1)、57-62
- James, W. G, Best, E. P. and Barko, J. W.(2004), Sediment resuspension and light attenuation in Peoria Lake : can macrophytes improve water quality in this shallow system? *Hydrobiologia*, 515, 193-201
- 加藤君雄(1965)、八郎潟の水生植物群落の分布と生産量、八郎潟の研究、389-417
- 加藤君雄(1976)、八郎潟調整池の水生植物群落の分布と現存量、八郎潟調整池の生物相調査報告、139-171(昭和51年3月)
- 環境省(2013)、平成24年度公共用水域水質測定結果、1-53(環境省水・大気環境局、平成25年12月)
- 久城圭、林紀男、西廣淳(2009)、印旛沼(千葉県)湖底の散布体バンクにみる沈水植物再生の可能性、水草研究会誌、91号、1-5
- 中井智司、山根小雪、細見正明(2000)、ホザキノフサモが放出した4種のアレロパシー物質(ポリフェノール)の藻類に対する増殖抑制効果、水環境学会誌、23(11)、726-730
- 中村圭吾、天野邦彦(2007)、沈水植物の有無が水質、生態系に及ぼす影響、土木技術資料、49(6)、52-57
- 西廣淳、高川晋一、宮脇成生、安島美穂(2003)、霞ヶ浦沿岸域の湖底土砂に含まれる沈水植物の散布体バンク、保全生態学研究、8、113-118
- 尾崎保夫(2012)、八郎湖の植生再生をめざした一向池の植生調査と土壌シードバンクからの水生植物の再生に関する研究、平成23年度学長プロジェクト研究成果報告書、57-60、秋田県立大学
- 尾崎保夫(2013)、八郎湖の植生浄化をめざした埋土種子を用いた沈水植物の再生に関する研究、科学研究費補助金研究成果報告書、基盤研究(B)、2010-2012(平成25年6月)
- 尾崎保夫、舘田千春、岡野邦宏、林紀男、森田弘彦、高田順(2013a)、八郎湖(秋田県)流域における土壌シードバンクの調査と沈水植物の潜在的発芽能、水草研究会誌、99号、31~37
- 尾崎保夫、吉川進太郎、舘田千春、林紀男(2013b)、埋土種子を用いた沈水植物再生に及ぼす濁度と光量子の影響、秋田自然史研究、第63号、1-6
- 尾崎保夫、岡野邦宏、高田順、林紀男(2013c)、八郎湖の水質改善を目指した埋土種子等を用いた沈水植物の再生と課題、用水と廃水、55(6)、459-467
- 高田順、猿田基、尾崎保夫(2007)、秋田県八郎湖とその周辺における水生植物群落、水草研究会誌、86号、11-20(2007)
- 高村典子(2009)、湖沼という環境、高村典子編著、生態系再生の新しい視点、3-48、共立出版
- 中央農業総合研究センター(2009)、埋土種子調査マニュアル、分離同定法による埋土種子の調査、9-18 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構、中央農業総合研究センター(2009年5月)