

秋田平野のため池における水生植物の生態と保全に関する研究

秋田県立秋田中央高等学校 躍進探究部

1. 研究目的

湖沼における水生植物は一次生産者として生態系の基盤をなし、水中の栄養塩類の吸収や底質の巻き上げの抑制といった水質の維持を担うと同時に、魚類・昆虫・水生昆虫等の隠れ家・繁殖場の提供といった重要な生態的役割を果たしている¹⁾。しかしため池の水生植物は、近年、各地で減少・消失傾向にあることが報告されている^{2) - 4)}。特に沈水植物は、埋め立てや改修による生息地の直接改変だけでなく、管理放棄などの農業活動の変化に対しても敏感な反応を示すと考えられる。このため沈水植物の生態や生育条件を解明することは、ため池に生息するすべての生物の多様性を保全する上で重要である。

秋田県では、秋田平野をとりまく丘陵地に、谷を堰き止めた古いため池が数多く存在する。ため池の一部は、その豊かな水生植物相ゆえに環境省の日本の重要湿地500に秋田平野湖沼群として指定されている⁵⁾。さらに「待入堤」については、貴重な水生植物が生育することから、秋田市の天然記念物に指定されるなど、水生植物相の多様性および群落の安定性が維持される豊かな生態系として注目されてきた⁶⁾。しかし待入堤を含め、これらのため池群における水生植物の現状は、ほとんど調べられていない。こうした背景から、秋田平

野のため池群における水生植物の分布の現状を把握し、さらに種の分布と環境条件との対応関係について明らかにすることを本研究1つ目の目的とした。

また過去の航空写真判読から、多くのため池で、ヒシ (*Trapa japonica*) やハス (*Nelumbo nucifera*) などの浮葉植物の拡大が確認され、水生植物の多様性が低下したことが示唆された (図1)。劣化したため池の水生植物を保全・再生するためには、過去にどのような種が生育していたかが重要な情報となる。そこで本研究では、2番目の目的として底泥を採取し、これらの撒きだし実験を行うことで、過去の水生植物相の復元と現在の植物相との比較を行った。

さらに事前調査から、これらのため池で数多くの水生植物の切れ端や、葉のちぎられた跡が確認された。これらは魚類の食害によるものである可能性がある。また魚類が水生植物を採食した際、種子や植芽が体内に取り込まれ、これらが糞として体外に排出されることにより、種子分散に貢献していることが考えられる^{7), 8)}。ここでは、これまでになく新たな研究の視点として魚類に着目し、ため池で採捕した魚類の胃内容物を調べ、沈水植物の殖芽など植物体の採集と、体内への種子の取り込みを調べることで、魚類が沈水植物の衰退や種子分散に関わっているかどうかを明らかにすることを3つ目の目的とした。

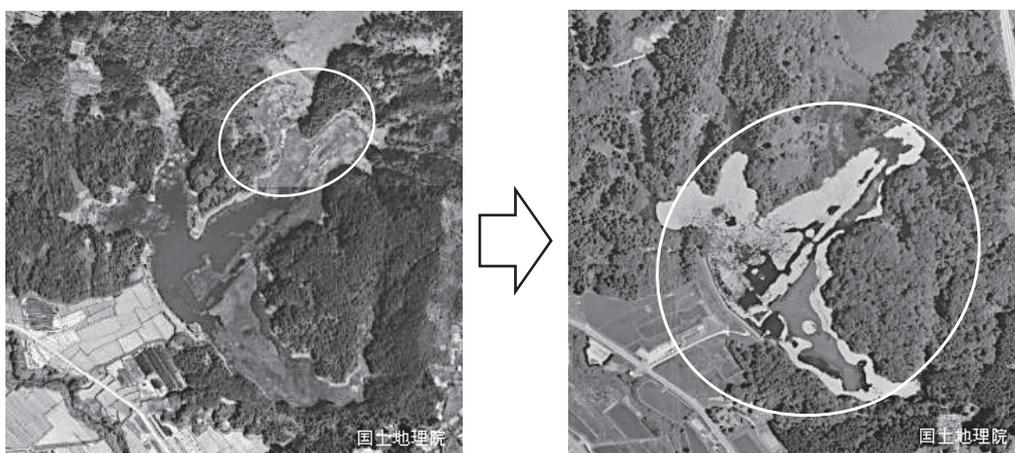


図1 待入堤における浮葉植物群落の拡大 (○は浮葉植物を示す。左: 1975年9月、右: 2014年6月。なお航空写真は、国土地理院の地図・空中写真閲覧サービスによる)

2. 研究方法

(1) 水生植物相および環境条件

秋田県秋田市および潟上市にある比較的規模の大きい7つのため池を調査地(図2)とし、ゴムボートを使用して、水生植物相を把握した。対象とした種は、抽水植物(Emergent plants)、沈水植物(Submerged plants)、浮葉植物(Floating-leaved plants)、浮遊植物(Free-floating plants)のうち、角野(1994)に掲載されているすべての種とした。水生植物の採集については、熊手または鉄のワイヤーを束ねた自作の採集具を投入した。7つのため池では、1×1mの調査区を全49地点に設置した。各調査地点では植生と6つの物理・化学環境因子(水深、泥厚、水温、pH、電気伝導度(以下EC)、溶存酸素量(以下DO))を計測した。植生は、調査方形区内に出現したすべての水生植物を対象とし、各種の被度(%)を5%刻みで記録した⁹⁾。またゴムボートを使用して、可能な限りため池の全域を踏査し、確認された水生植物を記録した。物理環境因子として、調査方形区の中心において水深と泥厚を計測した。水深、泥厚は共に計測棒を用いた。またpH、EC、DO、水温は多項目水質計(東亜ディーケーケーWQC-24)を使用し、現地で測定を行なった。植物相および生育環境条件の調査は9月から10月にかけて計7回行なった。



図2 調査地位置図 (●:秋田市および潟上市)

(2) 埋土種子調査・発芽試験

過去にデータのある待入堤を対象にエクマン・バージ式採泥器を使用して湖底の泥を採集した。採集後、①実生発生法(seeding emergence method)、②直接計数法(種子選別法:direct counting method, hand sorting method)の2通りで埋土種子の確認を行なった。なお、エクマン・バージ式採泥器で採集した土壌は、表層を区別して除去することができなかった。①では、採集した土壌は均一になるように混ぜたのち、低温処理(10℃)を施した。次に、ふるいを用いて根などの植物体を除去した。その後、プラスチック容器に広げた。これらをインキュベータ内で25℃、照度は182~471 μmol の条件下で保ち、約3週間観察した。発芽した種については同定が可能になるまで栽培した。②では、①により残されたサンプルを対象に実体顕微鏡を使用して種子を拾い出した。拾い出した種子は、種名を調べた後、インキュベータ内に撒きだして発芽するかどうかを確認した。湖沼の泥は、11月に採集した。

(3) 魚類調査

植物相調査により多くの沈水植物が確認された2つのため池を対象に魚類の食性調査を行なった。ため池ではかご網と釣り竿を使用して魚類を採捕し、1日以内に顕微鏡を使用して胃内容物を確認した。かご網は



1時間を目安に水中に沈めた。仕掛ける際には水底から浮かび上がらないようにオモリを入れ、木の枝に結びつけて固定した。釣りでは、餌としてザリガニ型のワームもしくは練り餌を用いた。

(4) 統計解析

現地調査により7つため池で得られたデータから、各生育形の被度と環境条件についての相関分析 (Pearson's correlation) を行った。また、多変量解析の一種である正準対応分析CCA (Canonical correspondence analysis) を行なった。植生データについては、被度 (%) を、環境因子については現地計

測データをそれぞれ解析に用いた。相関分析の解析ソフトはR version 3.02、CCAの解析ソフトはCANOCO version 3.1¹⁰⁾を用いた。

3. 得られた結果と考察

(1) ため池の水生植物相

7つのため池で抽水植物17種、浮葉植物8種、沈水植物6種、浮遊植物4種の全16科35種の水生植物を確認した (表1)。このうち、フサモ (*Myriophyllum verticillatum*)、アサザ (*Nymphoides peltate*)、タヌキモ (*Utricularia vulgaris var. japonica*) オオタヌキモ (*Utricularia macrorhiza*)、マルバオモダ

表1 7つのため池で確認された水生植物

No.	科名	種名	生育形	学名	ため池 No.						
					1	2 (待入堤)	3	4	5	6	7
1	スイレン	ジュンサイ	浮葉	<i>Brasenia schreberi</i>		○		○			
2		ハゴロモモ	沈水	<i>Cabomba caroliniana</i>	○						
3		ハス	浮葉	<i>Nelumbo nucifera</i>		○			○		
4		コウホネ	抽水	<i>Nuphar japonicum</i>			○	○		○	○
5		ヒツジグサ	浮葉	<i>Nymphaea tetragona var. angusta</i>		○					
6	マツモ	マツモ	沈水	<i>Ceratophyllum demersum</i>			○	○	○		○
7	ヒシ	ヒシ	浮葉	<i>Trapa japonica</i>		○	○	○	○		○
8		コオニビシ	浮葉	<i>Trapa japonica var. pumila</i>			○				
9	アリノトウグサ	フサモ	沈水	<i>Myriophyllum verticillatum</i>		○					○
10	ミツガシワ	アサザ	浮葉	<i>Nymphoides peltata</i>							○
11	タヌキモ	タヌキモ	浮遊	<i>Utricularia vulgaris var. japonica</i>		○			○		○
12		コタヌキモ	浮遊	<i>Utricularia intermedia</i>							○
13		オオタヌキモ	浮遊	<i>Utricularia macrorhiza</i>		○		○	○		
14	オモダカ	マルバオモダカ	浮葉	<i>Caldesia parnassifolia</i>				○			
15	トチカガミ	クロモ	沈水	<i>Hydrilla verticillata</i>				○	○		○
16	ヒルムシロ	オヒルムシロ	浮葉	<i>Potamogeton natans</i>				○	○		
17		ホソバミズヒキモ	沈水	<i>Potamogeton octandrus</i>					○	○	○
18	イバラモ	オオトリゲモ	沈水	<i>Najas oguraensis</i>					○		
19	アヤメ	キショウブ	抽水	<i>Iris pseudacorus</i>							
20	イネ	ウキガヤ	抽水	<i>Glyceria depauperata var. infirma</i>		○					
21		アシカキ	抽水	<i>Leersia japonica</i>			○	○		○	
22		サヤヌカグサ	抽水	<i>Leersia sayanuka</i>		○	○				
23		ヨシ	抽水	<i>Phragmites australis</i>		○	○	○	○	○	○
24		マコモ	抽水	<i>Zizania latifolia</i>		○	○		○	○	○
25	サトイモ	ショウブ	抽水	<i>Acorus calamus</i>			○				
26	ウキクサ	ウキクサ	浮遊	<i>Spirodela polyrhiza</i>					○		○
27	ガマ	ヒメガマ	抽水	<i>Typha angustifolia</i>		○					○
28		ガマ	抽水	<i>Typha latifolia</i>							○
29	カヤツリグサ	マツバイ	抽水	<i>Eleocharis acicularis var. longiseta</i>					○		
30		ハリイ	抽水	<i>Eleocharis congesta</i>			○	○	○	○	○
31		ヌマハリイ	抽水	<i>Eleocharis mamillata var. cyclocarpa</i>		○					
32		フトイ	抽水	<i>Scirpus tabernaemontani</i>		○				○	○
33		カンガレイ	抽水	<i>Scirpus triangulatus</i>		○	○				
34		サンカクイ	抽水	<i>Scirpus triqueter</i>			○				
35		ウキヤガラ	抽水	<i>Scirpus yagara</i>				○			
種数					7	16	10	11	16	7	13

カ (*Caldesia parnassifolia*)、クロモ (*Hydrilla verticillate*)、オオトリゲモ (*Najas oguraensis*) の6科8種は秋田県のレッドデータ掲載種である^{11), 13)}。多くのため池でヒシやハスなどの浮葉植物が優占し、沈水植物の分布は極めて限られていることがわかった。

(2) 水生植物の生育環境

表2に水生植物と環境条件との相関分析結果を示す。確認された種を、浮葉・抽水・沈水・浮遊植物の4つの生育形に分類した。図4に、水生植物の各生育形と6つの環境条件との相関分析結果を示す。これらの結果から、浮葉植物は、泥厚と正、抽水植物は、水深および泥厚と負、また沈水植物は、pH、DOと正の相関関係にあることがわかった。浮葉植物と泥厚には対応がみられ、水底に泥が厚く堆積したことが、近年、浮葉植物が拡大した要因のひとつと考えられた。また現地での観察から、水底の泥の多くは植物遺体を起源とする有機物であることが確認された。有機物の供給によって嫌気性微生物の活性が促進され、嫌気課程が進行する¹²⁾。このことから、植物遺体の沈降とその分解過程の中で、浮葉植物群落内に堆積した泥中の溶存酸素濃度が低下し、沈水植物が減少したことが示唆された。

表2 水生植物の各生育形と環境条件との相関分析結果

	浮葉植物	抽水植物	沈水植物	浮遊植物
水深		-0.47***		-0.36*
泥厚	0.33*	-0.30*		
pH			0.41***	
電気伝導度				0.29*
溶存酸素量			0.54***	
水温				0.39***

注) 表中の数値は相関係数で、マイナスは負の相関があることを示す。*は有意確率で、***は0.1%水準で有意、*は5%水準で有意であることを示す。

続いて多変量解析の一種であるCCAの結果を示す(図3)。二軸上に各水生植物を点、各環境条件をベクトルで示している。沈水植物は高いpHと高いDOによって、浮葉植物のうちハスとヒシは泥厚が厚く、ECが高いことによって特徴づけられた。また浮葉植物の一部は、抽水植物と同様の環境条件で特徴づけられた。

以上の解析結果から、秋田平野のため池では、近年、底泥の過剰な堆積と、これらに起因すると考えられるDOの低下、さらに富栄養化などによるECの増加により沈水植物が減少し、浮葉植物、なかでもハスやヒシが増加してきたものと考察される。さらに、堆積した有機物が引き起こす嫌気性微生物の活性促進によって水

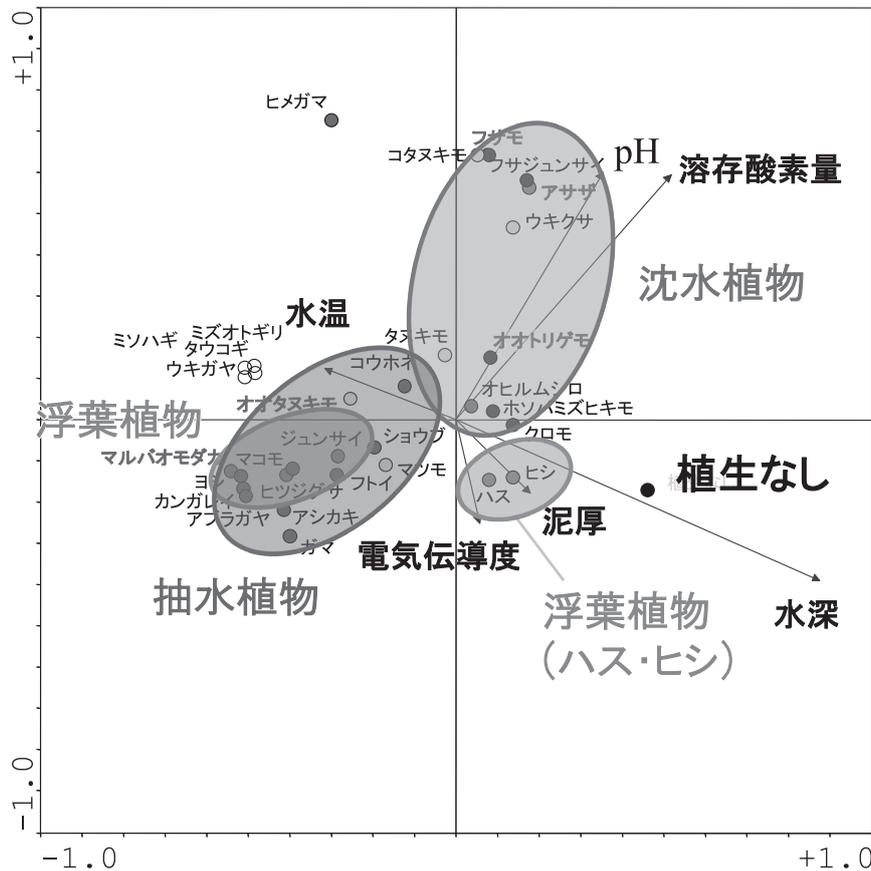


図3 ため池の水生植物のCCAオーディネーションダイアグラム

中のDOが低下し、沈水植物が減少・消失に追い込まれたものと考察される。

(3) 埋土種子の状況

待入堤における埋土種子の発芽試験および種子選別結果を示す(表3)。表中の○は顕微鏡による種子選別で確認した種、◎は発芽試験により確認された種を示す。実生発生法開始から2週間後にインキュベータ内でホソバミズヒキモ (*Potamogeton octandrus*) 1種の発芽を確認した。また実体顕微鏡による種子選別によりオオトリゲモ (*Najas oguraensis*)、カンガレイ (*Scirpus triangulatus*)、ヘラオモダカ (*Alisma canaliculatum*)、ミズオオバコ (*Ottelia alismoides*)、

ヨシ (*Phragmites australis*) の5科5種を確認した(図4)。このうち4種は2014年から2017年のわずか3年間で全て地上部から消失した。オオトリゲモは種子選別により数多くの種子が確認された。現在は地上部から消失しているが、かつては群落を形成していた可能性がある。また待入堤では、2014年に33種の水生植物が確認されていたが⁶⁾、今回の調査では15種しか確認することができなかった。天然記念物に指定されているため池の水生植物の約半分が、わずか3年のうちに消失したということは、特筆すべきことであると考えられる。

(4) 魚類による食害と種子分散

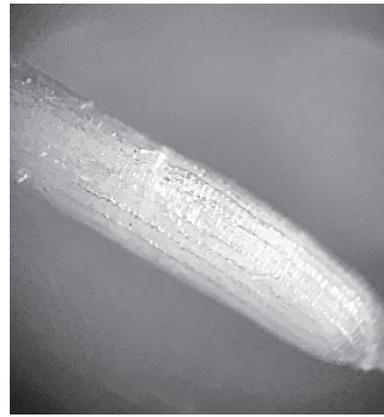
調査対象としたため池で2尾のオオクチバスを採集

表3 待入堤における水生植物の埋土種子発芽試験・種子選別結果

科名	種名	学名	2014	2017	2017 (埋土種子)
スイレン	ジュンサイ	<i>Brasenia schreberi</i>	○	○	
	ハス	<i>Nelumbo nucifera</i>	○	○	
	ヒツジグサ	<i>Nymphaea tetragona var. angusta</i>	○	○	
ヒシ	ヒメビシ	<i>Trapa incisa</i>	○		
	ヒシ	<i>Trapa japonica</i>	○	○	
アカバナ	ミズユキノシタ	<i>Ludwigia ovalis</i>	○		
アリノトウグサ	フサモ	<i>Myriophyllum verticillatum</i>	○	○	
ミツガシワ	ミツガシワ	<i>Menyanthes trifoliata</i>	○		
ゴマ	ヒシモドキ	<i>Trapella sinensis</i>	○		
タヌキモ	タヌキモ	<i>Utricularia vulgaris var. japonica</i>	○	○	
	オオタヌキモ	<i>Utricularia macrorhiza</i>	○	○	
オモダカ	ヘラオモダカ	<i>Alisma canaliculatum</i>	○		○
	マルバオモダカ	<i>Caldesia parnassifolia</i>	○		
	オモダカ	<i>Sagittaria trifolia</i>	○		
トチカガミ	クロモ	<i>Hydrilla verticillata</i>	○		
	ミズオオバコ	<i>Ottelia alismoides</i>	○		○
ヒルムシロ	オヒルムシロ	<i>Potamogeton natans</i>	○		
	ホソバミズヒキモ	<i>Potamogeton octandrus</i>	○		◎
イバラモ	ホッスモ	<i>Najas graminea</i>	○		
	オオトリゲモ	<i>Najas oguraensis</i>	○		○
ミズアオイ	コナギ	<i>Monochoria vaginalis var. plantaginea</i>	○		
アヤメ	キショウブ	<i>Iris pseudacorus</i>	○	○	
ツククサ	イボクサ	<i>Murdannia keisak</i>	○		
イネ	アシカキ	<i>Leersia japonica</i>	○	○	
	サヤヌカグサ	<i>Leersia sayanuka</i>		○	
	ヨシ	<i>Phragmites australis</i>	○	○	○
	ウキシバ	<i>Pseudoraphis ukishiba</i>	○		
	マコモ	<i>Zizania latifolia</i>	○	○	
ミクリ	ミクリ	<i>Sparganium erectum</i>	○		
ガマ	ヒメガマ	<i>Typha angustifolia</i>	○	○	
カヤツリグサ	クログワイ	<i>Eleocharis kuroguwai</i>	○		
	ヌマハリイ	<i>Eleocharis mamillata var. cyclocarpa</i>		○	
	フトイ	<i>Scirpus tabernaemontani</i>	○		
	カンガレイ	<i>Scirpus triangulatus</i>	○	○	○
	サンカクイ	<i>Scirpus triqueter</i>		○	
	ウキヤガラ	<i>Scirpus yagara</i>	○		



カンガレイ (*Scirpus triangulatus*)



オオトリゲモ (*Najas oguraensis*)



ホソバミズヒキモ (*Potamogeton octandrus*)



種子選別作業

図4 光学顕微鏡による沼底の泥からの種子の選別作業 (右下)と選別されたカンガレイとオオトリゲモの種子 (上2枚)、発芽試験により発芽したホソバミズヒキモ (左下)

した。スズメバチ亜科 (*Vespininae*) やトンボ亜目 (*Anisoptera*) を胃内容物として確認したが、水生植物の葉や種子は確認することができなかった (図5)。これらのことから、オオクチバスは近年の沈水植物の衰退には影響を及ぼしていないことが考えられる。オオクチバスは小型魚類や昆虫類を捕食することで知られているが、水生植物を捕食するかどうかについては報告されていない⁷⁾。一方、コイ (*Cyprinus carpio*) については、導入により絶滅危惧種を含む沈水植物と浮葉植物の生育に負の影響を与えていることがわかっ

ている^{8), 14)}。秋田平野のため池では、現地調査の際、複数のため池でコイの姿が目視にて確認されたことから、コイが水生植物を食害し、種子分散に貢献している可能性がある。今後、コイに焦点を当てて胃内容物の調査を行っていくことが必要とされる。

4. 結論

—秋田平野のため池の保全にむけて—

本研究により多くのため池でハスやヒシなどの浮葉植物が優占し、沈水植物の分布は極めて限られている

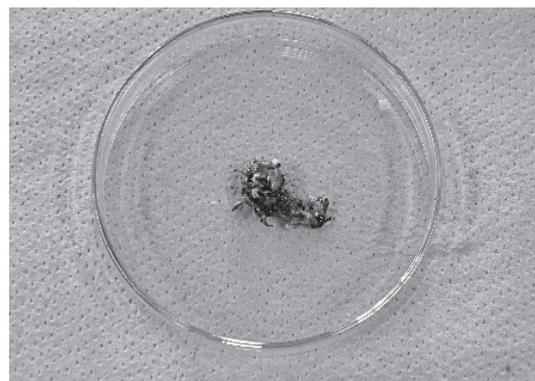
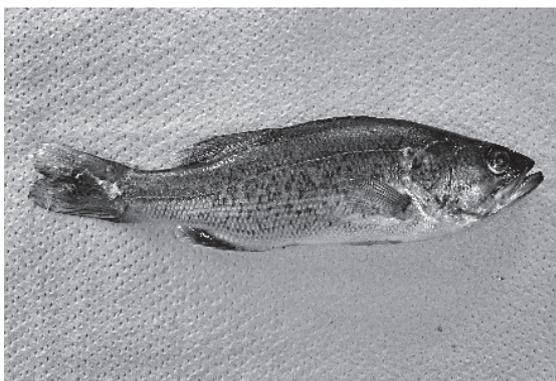


図5 採集したオオクチバス (左)と胃内容物 (右)

ことがわかった。本研究で得られた成果は、全国のため池で起こっている沈水植物の減少、消失を裏付ける結果となっており¹⁵⁾、¹⁶⁾、比較的良好な自然環境が残されているとされている秋田平野でさえも、全国と同様な傾向にあることが把握された。

研究成果から、沈水植物が生育可能なため池を復元するためには、水底の埋土種子を活用することや、堆積した泥を除去することが必要であることがわかった。かつてため池では、秋の収穫が終わると「かいぼり」や「雑魚取り」などとして、ため池の水を抜き、住民総出で魚を取った¹⁾。池の底を空気にさらして干すことで、池底の環境を改善するなど、昔からため池と人とは共存してきた。こうした古くからの「農事」が、泥中の沈水植物の埋土種子の発芽を促し、水草群落の再生に寄与することは、これまで数多くの研究によって指摘されてきた¹⁷⁾。しかし近年、ため池の利用価値の低下や農業従事者の高齢化による労力不足などから、かいぼりや泥さらいが日常的に行われることはなくなった。だが、人為的な干渉のあり方がため池の生物群集を支えてきたことを考えると、人の管理が環境形成に果たしてきた役割をいかなる形で継承するかが課題となる。これまで、ため池は地元の水利関係者だけのものであったかもしれない。しかしこれからは、広く地域全体の共有財産として守っていくことが必要であると考えます。

5. 謝辞

昭和・新城川土地改良区および調査対象のため池を管理する農家の皆様には、1年間にわたる現地調査を快く承諾していただきました。この場をお借りして深く御礼申し上げます。

6. 参考文献

- 1) 角野康郎 (2000)「ため池における生物多様性の保全—植物を中心に—」、『農山漁村と生物多様性』、社団法人 家の光協会
- 2) 藤井伸二 (1999)「絶滅危惧種の生育環境に関する考察」、保全生態学研究 4, 57-69
- 3) 浜島繁隆 (2003)「ため池の水草」、水環境学会誌 26 (5), 8-12
- 4) 江崎保男・田中哲夫 (1998)「水辺環境の保全—生物群集の視点から—」、朝倉書店
- 5) 環境省 (2012)「生物多様性の観点から重要度の高い湿地 (略称「日本の重要湿地500」)」、環境省自

然環境局 自然環境計画課

- 6) 秋田市教育委員会 (2015)「待入堤の水草群落について」、秋田市教育委員会 平成27年3月定例会 (資料)
- 7) 杉山秀樹 (2005)「オオクチバス駆除最前線」、無明舎出版
- 8) K. Jack Killgore & Eric D. Dibble (1993), “Relationships Between Fish and Aquatic Plants: A Plan of Study”, Aquatic Plant Control Research Program, US Army Corps of Engineers
- 9) 吉川正人 (2005) 植生調査の方法と解析方法. (福島 司編) 植生管理学, 206-233. 朝倉書店
- 10) Ter Braak CJF (1986) “Canonical correspondence analysis: A new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis” Ecology 67:1167-1179
- 11) 秋田県 (2014)「秋田県の絶滅のおそれのある野生生物 秋田県版レッドデータブック2014—維管束植物—」
- 12) Ponnampetuna FN (1972) The chemistry of submerged soils. Advances in Agronomy, 24:29-96
- 13) 環境省 (編) (2007) 環境省版レッドリスト (植物 1) 維管束植物 (<http://www.env.go.jp/press/files/jp/20557.pdf>, 2018年9月10日閲覧).
- 14) 宮崎佑介・松崎慎一郎・角谷拓・関崎悠一郎・鷺谷いずみ (2010)「岩手県一関市のため池群においてコイが水草に与えていた影響」、保全生態学研究 15, 291-295
- 15) 石井禎基・角野康郎 (2003)「兵庫県東播磨地方のため池における過去約20年間の水生植物相の変化」、保全生態学研究 8, 25-32
- 16) 角野康郎 (2009) 陸水における水生植物の多様性と保全. (神戸大学水圏光合成生物研究グループ編) 水環境の今と未来—藻類と植物のできること—, 21-34. 生物研究社, 東京
- 17) 西廣淳・藤原 宣夫 (2000) 湖沼沿岸の植生帯の衰退と土壌シードバンクによる再生可能性—霞ヶ浦を例に. 土木技術資料, 42:34-39

秋田県立秋田中央高等学校
躍進探究部