

希少水生植物保護の取り組み(第2報) - 久米池における整備工事後の環境モニタリングについて -

Activities for Conservation of Endangered Aquatic Plants (2) - The Post construction Monitoring of Kume Pond's Environment -

張 志保子 多田 薫 白井康子 石原 暁
Shihoko HARI Kaoru TADA Yasuko SHIRAI Akira ISHIHARA

要 旨

アサザ *Nymphoides peltata* は、平成15年3月に策定された香川県版レッドリストで絶滅危惧Ⅰ類(環境省、平成14年4月、絶滅危惧Ⅱ類(VU))に分類されている希少水生植物で、香川県では久米池でのみ自生が確認されている。近年、水質汚濁の進行により、ミクロキスティス属のアオコの常時発生が見られるようになった。

平成14年度に東の池内に捨石工によるアサザ観察用遊歩道の基礎工事等を行った。これらの工事区域はアサザ自生区域と一部重なっており、アサザ保護の観点からも影響調査が重要であると考えられる。

本報では工事後の水質、水位、アサザの分布、及び底質の追加調査について述べる。工事後、沈水提内ではCOD、SS、TN、TPの増加が見られた。アサザの分布域は沈水提によって埋め立てられた部分を除き、工事以前と同程度の範囲で分布しており、工事の影響は見られなかった。しかし、沈水提の出現が今後の水質及び底質に変化を与える可能性は十分に考えられ、アサザ保護の観点からも引き続きモニタリングしていく必要があると考えられる。

キーワード：希少水生植物，アサザ，生育環境，保護

I はじめに

アサザ *Nymphoides peltata* は、平成15年3月に策定された香川県版レッドリストで絶滅危惧Ⅰ類(環境省、平成14年4月、絶滅危惧Ⅱ類(VU))に分類されている希少水生植物で、香川県では久米池でのみ自生が確認されている。

久米池は高松平野の東端に位置する台地ため池で、香川県では比較的大きなため池である。古高松南地区を対象とした県営地域ぐるみため池再編総合事業の一部として、平成14年度には東の池内に捨石工によるアサザ観察用遊歩道の基礎工事として、沈水提の建設や地区外からの雑排水の流入水路の整備等を行った。これらの工事区域はアサザ自生区域と一部重なっており、アサザ保護の観点からも影響調査が重要であると考えられた。

第1報では工事前の池内の水質、底質、地形、及びアサザの分布について述べた。本報では工事後の水質、水位、アサザの分布及び底質の追加調査について述べる。

II 方 法

1 水質調査

(1) 調査地点

新田町久米池における調査地点をアサザ自生区域の沈水提内2地点(St 3 4)沈水提外1地点(St 2)対照地点として西岸に1地点(St 1)の合計4地点とした。図1に示す。

(2) 調査方法

平成15年5月から平成16年3月まで毎月1回、各調査地点の表層水及び下層水を採水した。尚、採水は自作の吸引式採水器を用いて行った。水位については毎月2回、観測を行った(図1)。



図1 久米池全体図及び調査地点

(3) 調査項目

調査項目は、透視度、水温、pH、EC、DO、COD、SS、TN、TP、chl a、NH₄ N、NO₃ N、NO₂ N、PO₄ P の14項目について行い、濾過水についてはCOD、TN、TPの3項目について分析し、それぞれ溶存態COD、溶存態TN(DTN)、溶存態TP(DTP)とした。

透視度は透視度計、水温はアルコール温度計を用いて、それぞれ現地で測定を行った。その他の項目についてはセンターに持ち帰り、chl aについては海洋観測指針¹⁾、その他はJIS K 0102²⁾に従い分析を行った。

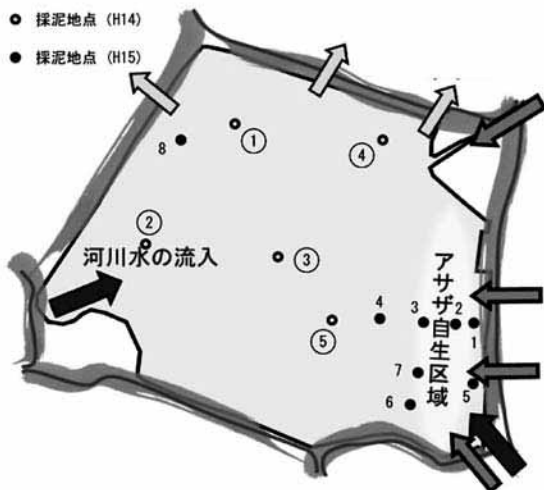


図2 採泥地点

2 底質調査

(1) 調査地点

平成14年11 - 12月に調査を行った8地点はアサ

ザ自生区域を含む岸よりの地点である。平成15年は久米池全体の底質を把握するため、池の中央部についても5地点で採泥を行った。図2に調査地点を示す。

(2) 調査方法

平成16年3月9日にエクマンバージ採泥器を用いて採泥し、風乾試料とした。

(3) 調査項目

調査項目は、強熱減量、COD、TN、TP、粒度組成の5項目について行い、強熱減量、COD、TN、TPについては「底質調査方法とその解説³⁾」、粒度組成については「土壌物性測定法⁴⁾」に従い分析を行った。

3 アサザの分布域調査

平成15年5月から久米池東岸域を7つに区分し(図3)、目視により局所個体群の分布と局所個体群の展葉面積を観察記録した。浮葉が広がり始めた平成15年5月から、浮葉が消失した11月まで月2回、調査を行った。

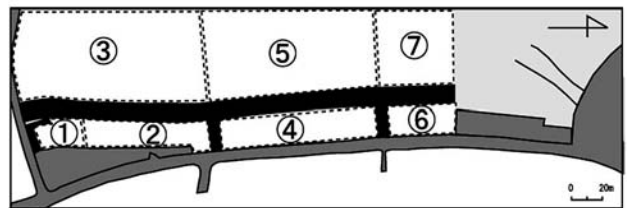


図3 アサザの分布域調査地点(池東岸)

III 結果

1 水質と水位変動

(1) 水質調査(工事後)

各項目の経月変化について、例としてSt 3を図4に示した。又、H14年(工事前:平成14年4 - 11月)とH15年(工事後:平成15年5 - 11月(10月を除く;著しく高い10月の値により平均値が大きく変わるため))の各地点の表層について、年平均値を表1に示した。

H15年の水温は7.0 31.6を示し、H14年と同様に気温の変動による影響が見られた。8月には表層、下層共に30℃まで上昇したが、1年を通して表層と下層に温度差はほとんど見られなかった。

(図4-1)

H15年のpHは7.310.2を示し、藻類の増殖により春夏季(5-8月)には高い値を示した。H14年とH15年で顕著な差は見られなかった。H15年のECは18.3-26.3mS/mを示し、H14年と比べて秋季に低い値を示した。(図4-2)

H15年のCODは14.150mg/lを示し、特にSt2,3の秋季では顕著に高く、St3で年平均値(10月を除く)がH14年の1.2倍、H15年10月では5.5倍を示した。クロロフィルaはH14年には地点間に大差は見られなかったが、H15年にはSt3,St4(沈水堤内)はSt1,St2(沈水堤外)に対し、年平均値(10月を除く)で2倍を示した。また、St3においてH15年平均値(10月を除く)はH14年の6倍、H15年10月は13倍を示した。(図4-3)

DOは2.022.0mg/lを示した。H15年5月に高濃度を示したが、クロロフィルaやCODの濃度が低いことから藻類による供給ではなく、河川水の流入による攪乱によるものではないかと考えられる。又、9-10月は約2mg/lと低酸素状態を示した。この時、クロロフィルa及びCODが顕著に高いため、藻類の増殖によるDOの供給を呼吸及び分解が上回ったためと考えられる。H15年のSSは11.304mg/lを示し、又、St3では年平均値(10月を除く)でH14年の1.4倍、H15年10月では8.2倍を示した。夏秋季のアオコの増殖による影響が大きいと考えられる。(図4-4)

H15年のTNは1.320.0mg/lを示し、そのう

ち溶存態N(DTN)は0.61.6mg/lであった。TNはSt3で平均値がH14年の1.4倍、H15年10月では5.9倍を示した。溶存態Nは季節変動があまりみられず、TNは懸濁態Nに大きく依存していた。H15年のTPについては0.13.0mg/lを示し、そのうち溶存態P(DTP)は0.016.0.15mg/lであった。各地点でTPは年平均値(10月を除く)がH14年の1.51.9倍を示し、H15年10月では15倍を示した。TN,TPはすべての地点においてH14年より高い値を示した。(図4-5,6)

栄養塩類については工事後(平成15年5-3月)の値を示した。無機態窒素(NH₄-N,NO₃-N,NO₂-N)は植物プランクトンの発生時期である6-10月において、NO₃-Nは検出限界以下、NH₄-N,NO₂-Nにおいても検出限界値を示し枯渇していたと考えられる。12-3月に増加したが、このときの主成分はNO₃-Nであった。反対にリン酸態リン(PO₄-P)は6-10月では存在したが、11-3月に枯渇していた。(図4-7)

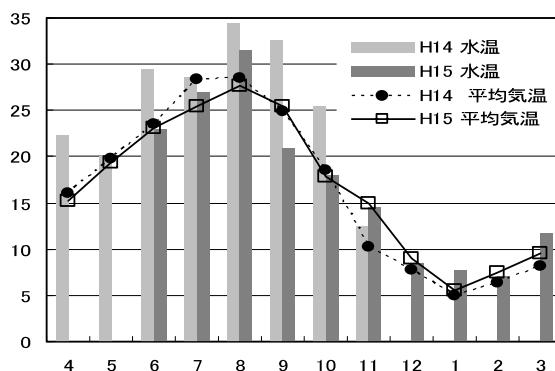


図4-1 水温及び平均気温(H14,15)

表1 地点別年平均値(H14:4-11月,H15:5-11月(10月を省く))及びH15年10月の値

項目	pH	EC mS/m	DO mg/l	COD mg/l	SS mg/l	TN		TP		クロロフィルa µg/l	
						mg/l	うち溶存態	mg/l	うち溶存態		
St 1	H14	9.4	23.5	10.4	21.6	26	1.9	0.75	0.15	0.033	68
	H15	9.8	24.0	14.5	21.0	32	2.2	0.82	0.24	0.078	221
St 2	H14	9.3	24.0	10.8	23.0	30	2.1	0.75	0.17	0.028	71
	H15	9.6	24.4	11.8	22.8	36	2.3	0.94	0.25	0.090	227
St 3	H14	9.4	24.2	10.8	27.3	37	2.5	0.77	0.20	0.030	69
	H15 (10月)	9.0	23.0	9.9	33.5 (150)	51 (304)	3.4 (20)	0.75 (1.6)	0.38 (3.0)	0.058 (0.15)	430 (920)
St 4	H15	8.9	22.1	9.0	24.7	38	3.2	1.09	0.39	0.074	391
農業(水稲)用水質基準	6.0-7.5	<30	>5	<6	<100	<1					

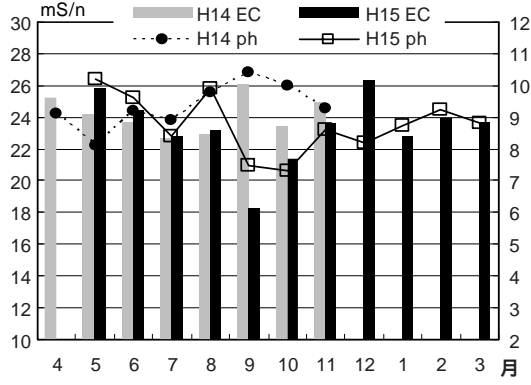


図4 - 2 EC及びpH (H14, 15)

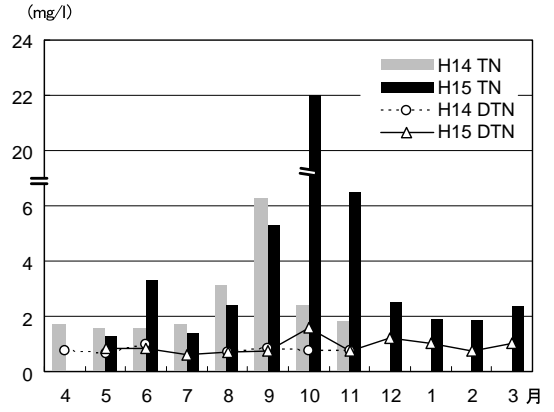


図4 - 5 TN及びDTN (H14, 15)

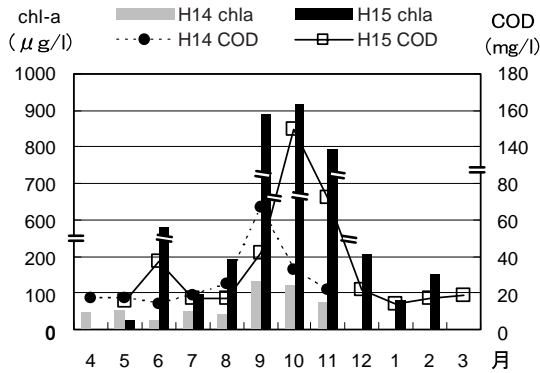


図4 - 3 クロロフィル *a* 及びCOD (H14, 15)

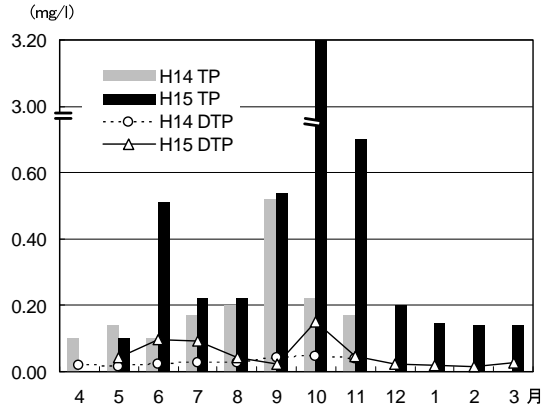


図4 - 6 TP及びDTP (H14, 15)

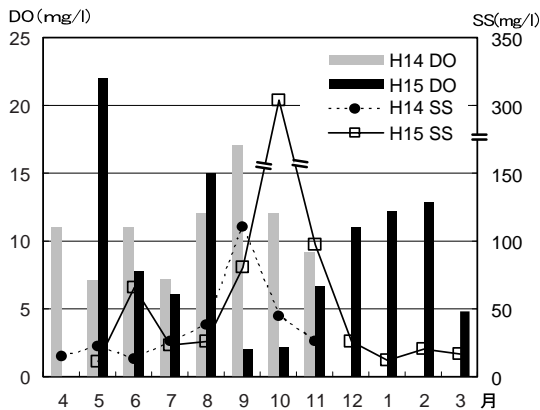


図4 - 4 DO及びSS (H14, 15)

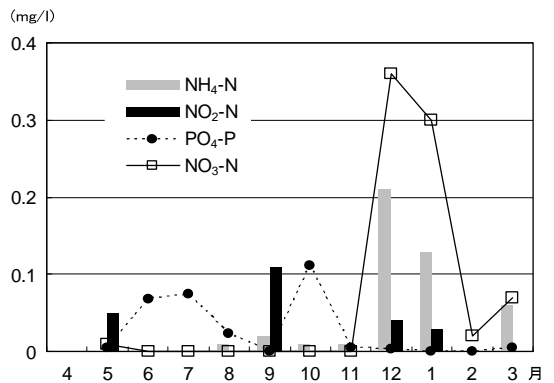


図4 - 7 栄養塩類 (H14, 15)

図4 水質経月変化 (St - 3)

表2 底泥表層調査結果

地点番号	粗砂	細砂	シルト	粘土	COD	TN	TP	強熱減量	土性区分		pH	ORP (E _{N.H.E})	アサザ有無
	%	%	%	%	mg/g	mg/g	mg/g	%				mV	
①	0.2	16.8	20.2	62.8	64.7	6.8	0.848	36.1	HC	重埴土	6.71	-50.2	無
②	21.5	24.2	16.0	38.3	59.7	4.98	0.546	24.7	LiC	軽埴土	7.00	28.5	無
③	2.6	21.0	31.4	45.0	60.4	7.42	0.795	36.6	HC	重埴土	6.79	-66.5	無
④	28.2	25.0	3.5	43.3	58.0	5.04	0.707	18.9	LiC	軽埴土	6.79	-50.5	無
⑤	0.2	17.7	15.7	66.4	61.4	6.27	1.129	42.6	HC	重埴土	6.63	28.2	無
1(東岸) ⁸⁾	94.2	1.5	3.5	0.8	2.0	0.47	0.075	0.7	S	砂土			有
6(南岸) ⁸⁾	77.7	5.6	7.6	9.2	5.5	0.34	0.11	2.0	SL	砂壤土			有
香川県のため池 ⁷⁾						4.4 13.6	0.75 1.1	8.8 24.6			6.4 7.0	60~160	

(2) 水位変動

水位の変動を図5に示した。久米池における満水時は標高6.7 - 6.8mである。

久米池水利組合長稲田氏への聞き取り調査と測定値を照合した結果、平成15年4月2日から河川水及び香川用水からの注水が行われ、5月24日に満水とした。このときの水位は標高6.7m(今後これを0mとする)であった。6月に10日程度農業用水として水田へ水が供給され、水位は約-0.2mだったが、8月8、9日に高松市に上陸した台風の影響等により水位が+0.2mとなったため、8月上旬から排水し9月上旬には-0.3mとなった。以降、-0.3~-0.2m前後を維持し、冬季でも池底は干出しなかった。平成16年1月上旬より、注水を行い、下旬に満水とした。

久米池の総貯水量は35万トンであるが、例年、河川水(新川)が南西角の流入口から1-2月に

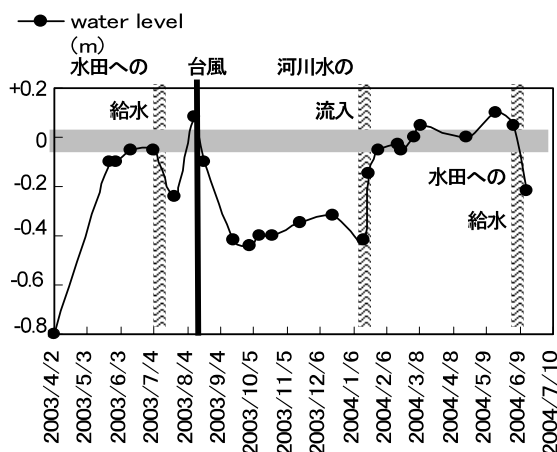


図5 水位の経月変化

約15万トン、南東角の流入口から香川用水が年間約15万トン注水される(図1)。又、東側3箇所、北東角1箇所の4箇所から、家庭雑排水や雨水等が流入している。流出は6月の田植え用水として北西角の2箇所から農業用水路へ、又、水量管理のため、随時、北側の余水吐けから行われている。池干しは3年に一度行われ、近年は工事が行われた平成14年であった。

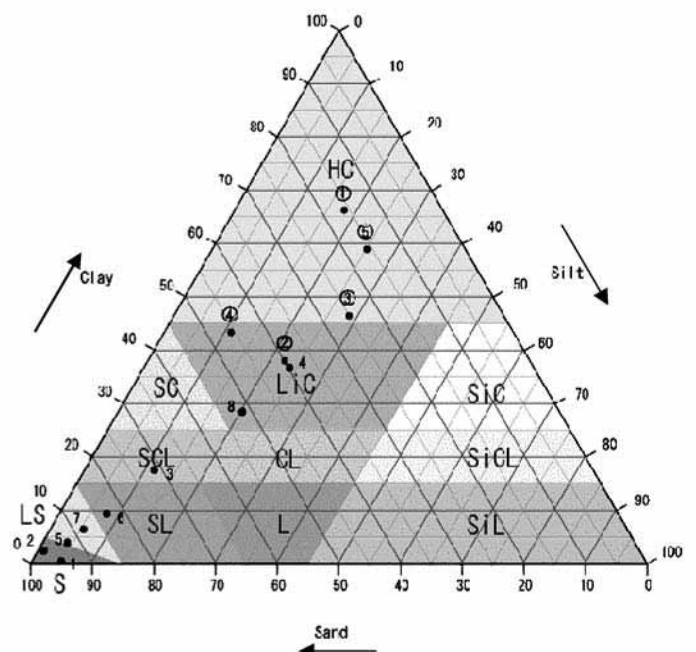


図6 底泥表層の土性三角図

S: 砂土, LS: 壤質砂土, SL: 砂壤土, L: 壤土, SiL: シルト質壤土, SCL: 砂質埴壤土, CL: 埴壤土, SiCL: シルト質埴壤土, SC: 砂質埴土, LiC: 軽埴土, SiC: シルト質埴土, HC: 重埴土

2 底質調査

表2に底質調査結果を示した。又、粒度組成分析結果を基に土性区分⁵⁾を行い、平成14年度に行った調査結果と共に土性三角図に表した(図6)。

池中央部の③⑤及び北西の角の①はシルトと粘土が全体の76 - 82%を占め、土性区分は重埴土であった。強熱減量 36.1 - 42.6%, TN 6.37.4mg/g, TP 0.801.1mg/g, COD 60.4 - 64.7mg/g と共に池内の他の地点と比較して高い値を示し、池の有機物が堆積している箇所であると考えられる。南西の角の②, 北西の角の④は強熱減量 18.924.7%, TN 5.0mg/g, TP 0.550.71mg/g, COD 58.059.7mg/g と、①③⑤と比較して共に低い値を示した。これは②は新川からの河川水の流入口に近く、又④は余水吐付近であることから、水が停滞せず、①③⑤と比べて有機物の堆積が抑制されているためと考えられる。又、①③⑤は、砂の割合が80%以上を占めるアサザの自生区域の1(東岸), 6(南岸)と比べると、強熱減量, COD, TN, TPの各項目で5 - 60倍と著しく高い値を示した。しかし、香川県の他のため池と比べるとCOD, TN, TPは同程度であった。

pHは各地点とも6.6 - 7.0とほぼ中性であった。ORPは-66.5 ~ -28.5mVであった。これらの値はFe(II)の生成の範囲に相当し、半嫌氣的分解過程にあると考えられる⁶⁾。香川県内の他の池と比較してpHについては同程度、ORPについてはあまり還元状態が進んでいないと考えられる⁷⁾。

3 工事によるアサザの経緯及び群落分布

工事以前のアサザの自生区域を図7に示した。これは平成14年度の落水時にアサザのシュート及び地下茎の分布域を測量したものである。工事によりアサザ自生区域の一部が埋め立てられることとなったため、平成14年12月に一株ずつビニル製の黒いポツ

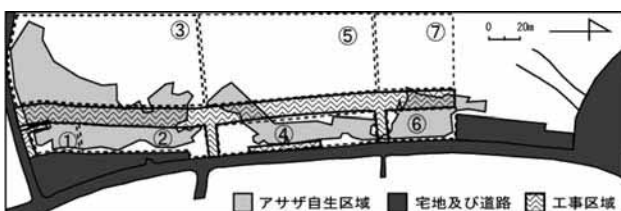
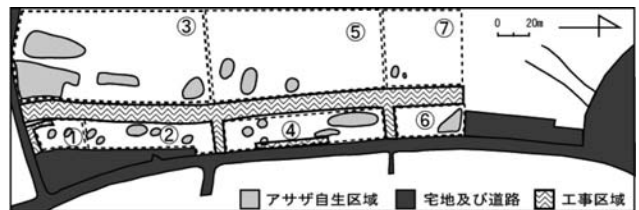


図7 工事前のアサザ分布域

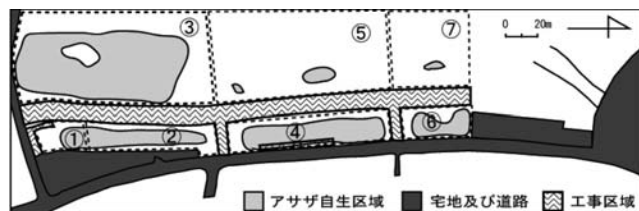
トに入れて池外に避難させ、香川県環境保健研究センター及び古高松小学校、古高松南小学校に持ち帰り、水を張ったコンテナの中で越冬させた。これらは平成15年4月17日、工事の終わった久米池の沈水堤以東の砂質域に定植した。

湛水開始後、すぐに浮葉が見られるようになった。調査を始めた5月29日、東岸及び南岸でアサザの浮葉が確認できた。③及び④で他の場所と比べて広い範囲で浮葉が確認できた。H15年5月29日、7月4日、10月1日のアサザの分布域を図8に示した。7月4日には遊歩道以東の①②④⑥で分布域は拡大し、10月1日には分布域は最大となり、工事によって埋め立てられた工事域の周辺を除き、沈水堤以東の①②④⑥でほぼ全域に広がった。また、沈水堤以西の③⑤⑦では分布域が拡大し、新しい局所個体群が確認された。11月17日にはすべての局所個体群で葉が茶色く冬枯れしていた。

初期 (5月29日)



開花期 (7月4日)



最大期 (10月1日)

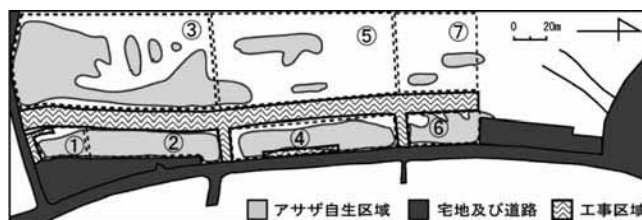


図8 アサザ分布域の経月変化

IV 考察

久米池の水質測定項目の値は高く、良好な水質とはいえないが、他の香川県の平地ため池と同程度の水質であると考えられる。久米池の底質は、アサザの自生区域である東岸及び南東岸の一部を除いた部分において、香川県の他のため池と類似した泥質であり、自生区域の砂質は特異的である。久米池は砂質域を好むアサザに適した底質環境を部分的に保持していると考えられる。加えて、久米池の水位は1 - 7月に0m(満水位)、8 - 12月に-0.3 ~ -0.2mを維持管理しているため、アサザの水位変動による適応性が鈍っていると考えられる生長期後期(10 - 11月)⁹⁾は水位の変動はない。このことも久米池でアサザの繁殖が維持されている要因の一つであると考えられる。

しかしながら、工事後のH15年のSt 3(沈水堤内)において、夏秋季にCOD, SS, TN, TP, クロロフィルaの急激な増加が見られた。クロロフィルaはH14年には地点間に大差は認められなかったが、H15年にはSt 3, St 4(沈水堤内側)はSt 1, St 2(沈水堤外側)に対し、年平均値で2倍を示した。又、St 3においてH15年平均値はH14年の6倍、H15年10月は13倍を示した。久米池でのクロロフィルaとSSの相関は高く、R = 0.803(危険率1%)を示しており、SSは植物プランクトンに由来していると考えられる(表3 表9)。又、TN, TPについても良い相関(表3)が得られることから、水中のリン及び窒素は植物プランクトン量に依存していると考えられる。富栄養化した池では藍藻類アオコ、特に*Microcystis*の優占時期(6 - 10月)は緑藻類の優占時期(1 - 3月)に比べてN/P比が低く、無機態窒素(DIN)の枯渇とPO₄-Pが高濃度で存在するという現象がみられる¹⁰⁾¹¹⁾。*Microcystis*の優占が顕著である場合のN/P比は5以下、他の植物プランクトンが優占している場合は10程度と報告されている¹²⁾。久米池でもクロロフィルaの急激な増加の見られるH15年

表3 クロロフィルaとSS, TN, TPの相関係数(R)

(** : 危険率1%以下)

	SS(n=89)	TN(n=93)	TP(n=93)
クロロフィルa	0.803**	0.836**	0.858**

6, 7, 9, 10月のSt 3では、N/P比低下(6.3 - 6.7)、DINの枯渇とPO₄-Pの増加が見られた(図10)。11 - 12月ではDINの各態(NH₄-N, NO₃-N, NO₂-N)で濃度が高くなっており、その主成分はNO₃-Nである。夏秋季に増殖した植物体の分解に因る可能性が考えられ、藍藻類の大量発生による水質悪化が与える影響は大きいと考えられる。さらに、アサザ等の枯死分解による影響も考慮する必要がある。

又、沈水堤の建設により地区外からの家庭雑排水や山、道路の雨水等は、まず沈水堤内に流入することとなる。水は沈水堤内から堤外へ堤内部の3箇所の水路、もしくは沈水堤をオーバーフローして流動しているが、8 - 12月の水位(-0.3 ~ -0.2m)は沈水堤よりも水面が低く、3箇所の水路のみで水は流動している。このため、水の循環が滞り沈水堤内に流入水が停滞すると考えられ、沈水堤内における局所的な水質の変化の可能性が示唆される。

アサザの分布域についてH14年は落水後のシュート及び地下茎の調査であり、H15年は浮葉の調査であったため、同等に比較することは難しいが、工事により埋め立てられた区域を除き、工事後H15年において工事前のアサザ自生区域をほぼ保持できたと考えられる。

しかしながら、沈水堤の建設工事等による水質、底質の富栄養化の進行等の変化がアサザの自生域に与える影響は大きいと考えられる。アサザ保護の観点から定期的なモニタリングと富栄養化の進行を防ぐ対策についての検討が必要であると考えられる。

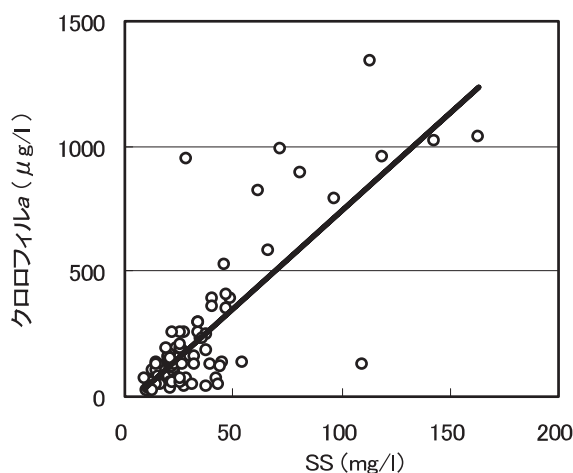


図9 クロロフィルaとSSの相関

V まとめ

久米池は香川県唯一のアサザの自生区域である。池の水質は富栄養化が進行しているが、香川県の平野部の他のため池と比較すると、ほぼ同等と考えられる。アサザが分布している東岸の底泥は、粒度組成に占める砂の割合が80%以上と高く、強熱減量、COD、TN、TPの各項目で他のアサザの分布していない範囲の底泥より低い値を示した。アサザの分布していない範囲の底泥は各項目において、香川県の他のため池と同程度の値であることから、久米池のもつ砂質域は特異的であり、アサザが自生している要因の一つであると考えられる。また、水位は、12 - 1月に河川水の注水により満水(海抜標高6.768m)とし、6月上旬の水田への供給により水位は0.2032m低下する。その水位を維持し、再び12 - 1月上旬に河川水からの注水により満水とするサイクルで管理されている。このため、アサザの水位変動に対する適応性が鈍っていると考えられる成長期間後期(10 - 11月)の水位は維持されていたと考えられる。池干しは3年に1回、11 - 12月に行われる。近年ではH14年11 - 3月の間池干しし、この期間に工事が行われた。工事終了後4月から注水が行われた。

水質はCOD、TNで農業用水質基準を大幅に上回っており、工事後のH15年に見られたSt 3 A(沈水堤内側)でのCOD、SS、TN、TP、クロロフィルaの値の上昇は沈水堤により水の流動が停滞したことが原因の一つと考えられる。

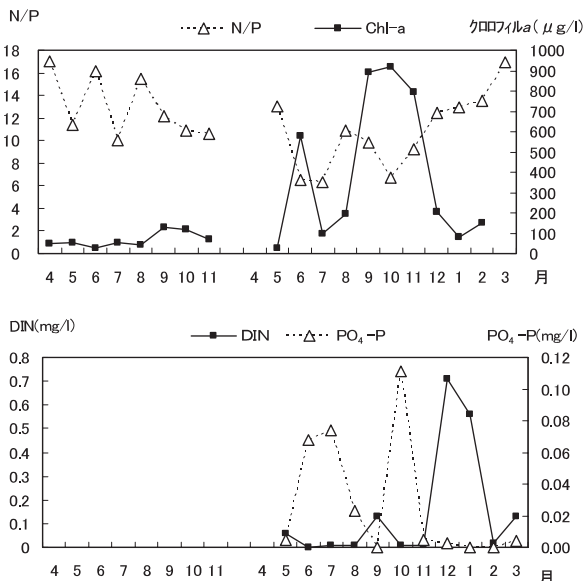


図10 St 3におけるN/P、クロロフィルa、DIN、PO₄-Pの経月変化

工事後のアサザの分布域は沈水堤によって埋め立てられた部分を除き、以前と同程度の範囲で展葉しているが、沈水堤の出現が今後の水質及び底質に変化を与える可能性は十分に考えられ、アサザへの影響が懸念される。

VI 参考文献

- 1) 気象庁編：海洋観測指針，1975
- 2) 日本規格協会：工場排水試験方法 JIS K 0102 (平成5年1月1日改正)，1993
- 3) 環境庁水質保全局水質管理課：改訂版底質調査方法とその解説，丸善株式会社，2000
- 4) 土壌物理性測定法委員会：土壌物理性測定法，養賢堂，1972
- 5) 土壌環境分析法編集委員会編：土壌環境分析法，24 - 29，博友社，1997
- 6) 高井康雄等：水田土壌学 川口桂三郎編，講談社，23 - 44，1978
- 7) 石原暁等：ため池の富栄養化とオニバスの成育(第4報) - ため池底泥の富栄養化の実態 - ，香川県環境研究センター所報，25，45 - 49，2000
- 8) 白井康子等：希少水生植物保護の取り組み(第1報) - 香川県で唯一アサザの自生する久米池の環境について - ，香川県環境保健研究センター所報，2，64 - 71，2003
- 9) 西廣 淳等：霞ヶ浦におけるアサザ個体群の衰退と種子による繁殖の現状，応用生態工学，4(1)，39 - 48，2001
- 10) ため池の自然談話会：身近な水辺ため池の自然学入門，合同出版株式会社，16 - 39，1994
- 11) 土山ふみ等：深海池における富栄養化について(ため池における富栄養化の基礎研究 - 第1報 -)，名古屋市公害研究所報，13，69 - 82，1983
- 12) Louis B. Juggia *et al* : Initial results of remediation activities to restore hypereutrophic Villerest Reservoir(Roanne ,France) , *Lakes reserve. : Res. Manage.* 9 , 109 - 117 , 2004