

ため池のプランクトンと水環境との関連および小学校における環境学習のための教材作成の試み

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-03-17 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 三浦, 麻, 村井, 大和 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10098/10112

ため池のプランクトンと水環境との関連 および小学校における環境学習のための教材作成の試み

福井大学教育学部 三 浦 麻
関市役所 村 井 大 和

本研究は、小学校理科の学習内容に含まれる水中生物の生息環境の学習や総合的な学習の時間の環境学習において、水環境と生物とのつながりに関する理解を支援するための補助教材を考案した。福井市のため池を対象とし水環境調査を行い、地形類型に基づくため池における水質レベルと存在するプランクトンの現状を把握するとともに、各ため池に含まれる栄養塩類の濃度とため池に生息するプランクトンの種類から、ため池についての水質-プランクトンの関連図を作成した。

キーワード：ため池, プランクトン, 栄養塩, 関連図, 環境学習

1. はじめに

日本各地の学校および地域において、あるいはさまざまな団体において水に関する環境教育または環境学習が盛んに取り組まれている。水を題材とした環境学習では、水とのかかわりに関心をもたせ、水環境に対する態度を養い、水環境保全のための具体的な行動を促すことを目標としている(山田、2009)。また、環境に親しみを持つという観点では、生物を関連付けた環境学習が重要になっている。これまでも、小中学校において、川をテーマとして取り上げられている(全国小中学校環境教育研究会、2001)。

その内容には水環境の水質状態を学ぶために、環境省が定めている環境基準を示した数値(たとえば、有機物濃度など)を指標としたものを用いている。基準値を示す項目以外にも、牧ら(1995)は、水中のクロロフィルa量が湖沼の二次有機汚濁の指標になると報告している。しかし、濃度、物質質量等を数値で示した指標のみによって水環境の状態を把握することは、その水環境中に生息する生物との関連が捉えられず、学習者にとっては理解が十分であるとはいえない。さらに、人の健康または生活環境に与える影響を考慮して定められている基準値に基づく指標では、基準値を達している水環境であっても生物の多様性が失われているならば、生態系としての水環境が健全であるとはいいがたい。水環境とは水質だけではなく生物や水辺も含んでおり、水環境を知るためには数値のみで判断するだけでなくそこに生息する生物との関連を知ることも大切である。

そこで本研究では、福井市のため池における水質と生物との関連を明らかにし、その結果に基づいて小学校教育あるいは環境学習教材として活用される、ため池に生息するプランクトンと水質の関連を表す教材を試作することを目的とした。福井市には小規模のため池が多数存在しており、水環境保全について考える題材が豊富であ

る。地域環境を活用した水環境に関する環境学習の教材を考案することは、水環境問題を理解し、水環境保全に取り組むにあたって意義があると考えられる。

2. 水質とプランクトンの研究と環境学習

水質とプランクトンの関連を知ることは、ため池等の閉鎖性水域における富栄養化問題を考えるために重要である。富栄養化とは、リンや窒素などの栄養塩類濃度の上昇により、湖沼等の水の滞留時間が長い閉鎖性水域が富栄養状態の水域に変化することをいう。富栄養化は主に工場排水や生活雑排水などの点源、山林あるいは農地などの面源から流出される栄養塩類の流入によって進行する(環境省、2002)。富栄養化が進行すると、水面付近での光合成による一次生産が増大し、植物プランクトンが大量繁殖する(環境省・NPEC/CEARAC HPほか)。水の色は優占的に繁殖した藻類の種類によって異なり、淡水赤潮は珪藻や鞭毛藻類によって黄褐色や赤褐色になる。また藍藻類によって青緑色に変化した状態はアオコと呼ばれる(渡辺ら、1994)。アオコを形成する藍藻類には毒性がある。これらの植物プランクトンが夜間に呼吸を行うことで水中の酸素が消費され、溶存酸素が低下し、貧酸素状態となる。プランクトンの群集が死滅し、それが沈降した水底で有機物の酸化的分解が進行することでも溶存酸素が低下する。さらに、プランクトンの増殖が顕著になると有機物の分解が停滞し、汚泥であるヘドロが底質に堆積する。このことによって魚介類などの生物が生育できなくなるほか、悪臭等の影響が出る(環境省HPほか)。このように、富栄養化によるプランクトン繁殖は発生水域の生態系に影響を及ぼすだけでなく、悪臭や毒によって親水、利水等の人間活動にも悪影響を及ぼす。

水環境の水質とプランクトンについての既往研究では、たとえば信里ら(2004)は、湖沼の鉛直方向の水

質とプランクトンの生物層の調査データに基づいて中栄養湖であることを推定した。また、ため池の調査研究結果による環境教育への応用の可能性については、村上(2008)が兵庫県内のため池の調査結果に基づいて、プランクトン繁殖状況が富栄養化の指標の一つとして活用され得ることを報告した。

水質と生物とを関連付けた環境教育はいくつか実施されている。滋賀県にある琵琶湖博物館環境学習センター(2016)では、琵琶湖の水質を知るきっかけとして、プランクトンを観察する環境教育が行われている。福井市では、河川について水質に関する生物指標をもとにした環境教育が行われている(福井市, 2000)。本研究においては、現地観測データに基づき、ため池の水環境とそこに生息するプランクトンとの関連が指標として将来的に水辺の環境学習に活用され得る補助的な教材の作成を試みた。

3. 方法

3-1. 調査地点

ため池の水質とプランクトンの関連性を調べるため、福井市内に立地するため池を無作為に10ヶ所抽出し、調査を行った。ため池の調査は2015年5月28日から2015年10月7日の期間に9日実施し、各地点につき2回ずつ調査を行った。ため池の位置および概要をそれぞれ図1および表1に示す。森林占有率は調査時の目視観察と航空写真から求めた。標高は地理院地図(国土地理院HP)に基づいた。また、ため池の周囲長は、航空写真を利用して求めた。

ため池は、立地する周囲の環境状況について、『市街地型』、『農地型』および『山地型』の3つの地形類型に分けた。分類条件の適用順位は、標高、森林占有率、周囲の環境とした。地形類型の基準およびそれぞれの地形

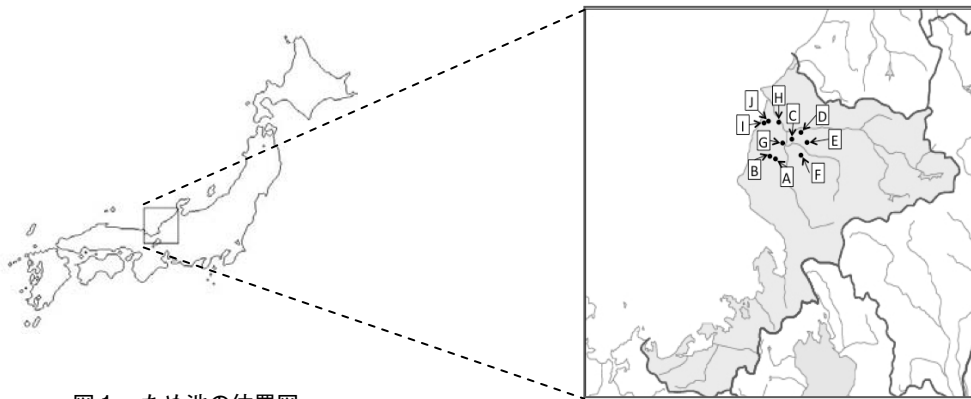


図1 ため池の位置図

表1 ため池およびその周囲の環境状況

記号	水域	調査日	現地写真	周囲の環境状況	記号	水域	調査日	現地写真	周囲の環境状況
A	和田町 ため池 (農)	5月21日 7月15日		<ul style="list-style-type: none"> 周囲約7割が森林 周囲は水田が存在 フェンスはない 標高約25m、周囲長約178m 所在地：福井市和田町 	F	深見町 ため池	7月16日 10月1日		<ul style="list-style-type: none"> ため池の周囲約7割が森林 北側に水田が存在 フェンスがある 標高約51m、周囲長約237m 所在地：福井市深見町
B	和田町 ため池 (山)	5月21日 7月15日		<ul style="list-style-type: none"> ため池の周囲約8割が森林 フェンスがない 標高約42m、周囲長約112m 所在地：福井市和田町 	G	下市町 ため池	8月25日 10月3日		<ul style="list-style-type: none"> ため池の周囲約3割が森林 県道に面している 東側に水田が存在 フェンスはない 標高約16m、周囲長約86m 所在地：福井市下市町
C	福井大学 文京キャンパス内 防火水槽	5月21日 10月7日		<ul style="list-style-type: none"> 森林に囲まれていない 周囲には大学や住宅が存在 フェンスがある 周囲はコンクリート擁壁 標高約9m、周囲長約25m 所在地：福井市文京3丁目 	H	大谷町 ため池	8月25日 10月3日		<ul style="list-style-type: none"> ため池の周囲約7割が森林 南側に水田が存在 フェンスがある 標高約30m、周囲長約75m 所在地：福井市大谷町
D	重立町 ため池	5月21日 10月1日		<ul style="list-style-type: none"> 南側が森林に面している 北側に医薬品、食品など卸売、運輸事業所 東側に水田が存在 西側は北陸自走車道が隣接 フェンスはない 標高約16m、周囲長約1052m 所在地：福井市重立町 	I	石橋町 ため池	8月25日 10月3日		<ul style="list-style-type: none"> ため池の周囲約9割が竹林 周囲は水田が存在 フェンスはない 標高約33m、周囲長約45m 所在地：福井市石橋町
E	篠尾町 ため池	7月16日 10月1日		<ul style="list-style-type: none"> ため池の周囲約5割が森林 周囲には水田が存在 フェンスはない 標高約36m、周囲長約210m 所在地：福井市篠尾町 	J	両橋屋町 ため池	8月25日 10月3日		<ul style="list-style-type: none"> ため池の周囲約5割が森林 周囲には水田が存在 周囲はコンクリート擁壁 フェンスがある 標高約21m、周囲長約103m 所在地：福井市両橋屋町

表2 地形類型分類の基準

立地型	標高	森林占有率	周囲の環境
市街地型	~20 m	0~3割	県道や国道等の交通量の多い道路に面している
農地型	21~40 m	4~6割	周囲に田んぼが存在する
山地型	41 m ~	7割以上	森林がある

表3 ため池の地形類型

市街地型	農地型	山地型
防火水槽	和田町(農)	和田町(山)
重立町	篠尾町	深見町
下市町	大谷町	
	石橋町	
	両橋屋町	

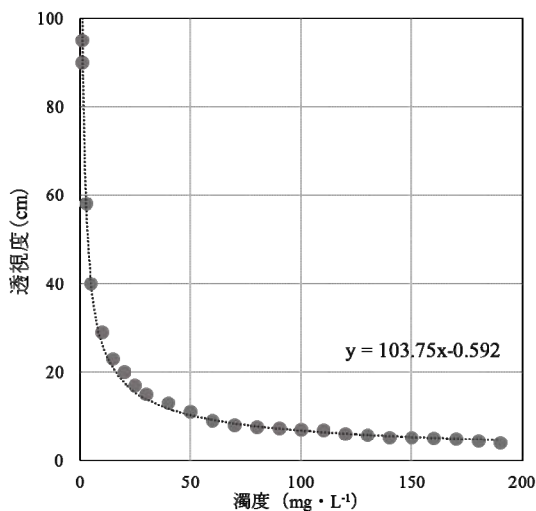


図2 SSと透視度の関係 (山田、2009を参考に作成)

類型が示す各ため池の条件を表2に示す。またこの条件に基づいてため池を分類した(表3)。なお、本論文において、各ため池の通称として「ため池」を省略して町名を用いる。また、和田町のため池は、地形類型によって「和田町(農)」「和田町(山)」とした。「福井大学内防火水槽」については「防火水槽」とした。

3-2. 調査方法

現地調査では、気温、水温、水素イオン濃度(pH)、溶存酸素(DO)、電気伝導度(EC)および岸辺沿の水深の6項目を測定した。水温、pHおよびECはpH/ECメーター(D-54、堀場製作所)を用いて測定した。DOは溶存酸素計(OM-51、堀場製作所)を用いて、岸辺付近において表層および底層の測定を行った。水深は岸辺沿を測定した。気温はデジタル温湿度計(PC-5000TRH、佐藤計量器製作所)によって測定した。また、岸辺から1 m以内の地点において採水した水(試料水)をポリ瓶に入れ、水質分析用は保冷箱、プランクトン同定用は現地条件を維持するため断熱保管箱の2つに分けて実験室に持ち帰った。

実験室において、試料水中の全窒素(TN)、全リン(TP)、および懸濁物質(SS)の分析を行った。TNは紫外吸光度法(JIS K0102 45.2)、TPはペルオキシ二硫酸カリウム分解法(JIS K0102 46.3.1)によって分析した。また、SSについては懸濁物質測定(JIS K0102 14.1)に準じて測定を行い、図2に示すSS分析値と透視度についての関係を用いて透視度を求めた。この透視度によって、採水した水の濁り具合の判断が可能となる。

さらに、試料水中のプランクトンを生物顕微鏡(CX21LEDFS2、OLYMPUS製)によって観察し、図鑑(一瀬ほか、2005; 森下ほか、1991; 森下ほか、1996)を用いて属レベルにおける同定を行った。

4. 結果および考察

4-1. 水質調査

水質項目と調査データを表4に示す。表中の「季節区分」は春(3~5月)、夏(6~9月)、秋(10~11月)として、調査日の季節を表記した。各ため池は[春]・[夏]、もしくは[夏]・[秋]の2回ずつ調査を行った。また、一般にため池は春から秋にかけて水温成層を形成する(環境省、2014)。本研究における各調査はため池の岸辺で行い、それぞれの水深において、重立町[秋]を除いてすべて100 cm以下であるため(表4)、水深方向の変化は小さいと判断し、各ため池における水質分布は調査期間において一様とみなした。また水質項目のうち、pH、DO(表層)、TN、TP、ECおよび透視度について、ため池相互における比較のために取得データをグラフに示す(図3)。

図3(a)から、pHは防火水槽を除くいずれの各ため池において、pH6~7の弱酸性から中性の範囲の値を示した。一方、防火水槽においてのみpH9の弱アルカリ性を示した。これは防火水槽がアオコが出現しやすい環境であると考えられ(村上ほか、2008)、その特徴としては防火水槽の水域が小規模であることと、水の入れ替わりがない完全な閉鎖的環境であることがいえる。

また、DOについて、篠尾町および石橋町においては、環境基準(2 mg/L以上)よりも低い値を示した(図3(b))。このことについて、篠尾町のため池の水面は、調査時にはヒシで覆われていたため日光が遮られ、水中の植物が十分に光合成を行えず、酸素を供給できていなかったことと、空気中の酸素が水中に溶存できなかったことが考えられる。同様に、石橋町のため池の周囲は竹林で覆われており、日光が当たりにくく植物が光合成を行いにくい環境であったためであると推測する。なお、重立町については、DOの表層と低層の値の差が、[夏]では0.1 mg/Lであり、[秋]では3.2 mg/Lとなり、季節によって低層におけるDOの値が大きく変動した(表4)。このことは、岸辺付近の水深が[夏]では浅く、[秋]では相対的に深くなっており、水深が深い[秋]では、低層ほど水中に存在する好気性微生物によって酸化的分解が進

み、貧酸素状態になったことが推測される。また、水中の生物の活動にとって重要なDOは、気温の変動によって、水中への溶存量に影響する（武田、2001）。

富栄養化に対する湖沼の水環境の指標として用いられる項目はTNおよびTPであり、水環境の生活項目の環境基準として定められている（環境省HP）。TNの環境基準値は1.0 mg/L以下、TPでは0.1 mg/L以下である。

TNは農地型の石橋町 [夏]、山地型の和田町および深見町 [秋] においてTN基準値を下回った（図3(c)）。これらのため池を除く市街地型および農地型に含まれるため池では、TN基準値を超過、あるいはほぼ同値となった。市街地型では、周辺の交通状況により排気ガスに含まれる窒素成分が沈着することで水環境中に影響していることが考えられ、特に重立町では、周辺に医薬品、食品等の卸業、運輸会社の事業所が立地しており、交通量の多い道路に面していることから、TN濃度が上昇しやすいと考えられる。また、農地型ではため池に流入する肥料成分の溶解が考えられる。閉鎖的かつ小規模の防火水槽では、水草等の植物あるいは水中に生息する水生生物の影響によってTN濃度が高くなるものと推測する。

TPについては、農地型の石橋町および山地型の二つのため池のTP濃度は基準値を大幅に下回った（図3(d)）。TP濃度の上昇は、工業排水の他に農地排水、生活排水の流入が要因となる。石橋町については、周辺には民家はなく、農地が存在するが周辺農地からの排水流入はない。したがって、石橋町ではリン濃度が顕著に低くなったと考えられる。また、山地型のため池においては、生活圏から離れており、生活雑排水等の流入など人間活動の影響をほとんど受けないことが理由であるといえる。

ECについては、植物プランクトン量、すなわちクロロフィル量に対応することが報告されており（村岡ら、1981）、EC濃度の上昇に伴ってクロロフィル量が上昇する。調査したため池のほとんどにおいて、EC濃度が10

mS/mを超過したが、大谷町および和田町においてはEC濃度が低い傾向を示した。和田町（山）は山間地に立地しており、山地からの土壌によってろ過された滲出水の流入が主であると考えられ、ため池水に溶解するイオン成分が少ないことが示唆される。

SSについては、現地調査時においていずれのため池においても水中には目立った懸濁物質の浮遊は見られず、湖沼における環境保全に対する環境基準値「ごみの浮遊はみられず」を満たしていた。この値に基づいて、図2の関係から透視度を求めた。この結果によると、和田町（山）[春]、和田町（農）[春] および篠尾町 [秋] が26 cm以上の透視度を示し、透明度が高くなった。その他のため池については、透視度10～17 cm程度となった。透明度は水中のプランクトン量にも影響される。透視度とプランクトン量については、4.3項において考察を行う。

以上の水質項目の結果から、各ため池1か所について、[春]・[夏] もしくは [夏]・[秋] の2回ずつの調査において取得したデータに基づき、市街地型、農地型、山地型の特徴によって、ある程度はため池のもつ水質傾向を説明できた。

4-2. 栄養塩濃度の相互関係と地形類型

TNとTPとため池の特徴から地形類型ごとにTN濃度とTP濃度の関係を図4に示す。X軸はTN濃度、Y軸はTP濃度を表し、原点にTNおよびTPの湖沼の環境保全についての基準値（TN：1.0 mg/L、TP：0.1 mg/L）をとり、原点座標は（TN, TP）=（1.0, 0.1）である。ここに示される座標を水質濃度座標と呼ぶ。

各地形類型をみると、市街地型および農地型に分類されるため池はTNの基準値は超えているが、TPの基準値は満たしているという傾向にあった（図4(a), (b)）。しかしながら、TNおよびTPの両方の基準値を満たして

表4 水質調査の結果

地形類型	調査 ため池	調査日	季節区分	気温 (°C)	水温 (°C)	pH	DO (mg・L ⁻¹)		EC (mS・m ⁻¹)	岸辺沿の 水深 (cm)	TN (mg・L ⁻¹)	TP (mg・L ⁻¹)	SS (mg・L ⁻¹)	透視度 (cm)	
							表層	底層							
市街地型	防火水槽	7月15日	夏	34.0	28.9	9.2	5.3	5.3	10.0	100	1.5	0.04	30	13.9	
		10月7日	秋	24.0	18.3	9.2	3.8	3.7	10.7	90	1.5	0.03	20	17.6	
	重立町	7月16日	夏	30.0	28.2	7.4	3.8	3.7	12.4	85	1.4	0.17	60	9.2	
		10月1日	秋	22.5	18.5	7.4	3.5	0.3	11.2	250	1.1	0.05	30	13.9	
		8月25日	夏	29.0	25.9	6.5	2.7	1.8	13.6	33	0.9	0.08	50	10.2	
		10月3日	秋	26.9	19.0	6.6	3.3	3.3	11.8	25	1.6	0.06	40	11.7	
農地型	和田町 (農)	5月21日	春	20.0	20.7	6.0	3.7	2.6	9.3	50	1.8	0.06	10	26.6	
		7月15日	夏	32.0	28.9	7.6	3.5	2.8	9.8	52	1.9	0.06	40	11.7	
	篠尾町	7月16日	夏	29.6	26.7	7.0	2.0	1.3	9.1	30	1.1	0.08	20	17.6	
		10月1日	秋	22.3	18.5	6.7	0.8	0.6	10.4	100	1.0	0.05	10	26.5	
	大谷町	8月25日	夏	25.5	25.6	6.6	2.4	1.9	9.5	25	1.9	0.09	50	10.2	
		10月3日	秋	29.3	21.7	6.6	3.4	3.3	8.0	30	1.1	0.10	40	11.7	
	石橋町	8月25日	夏	25.9	22.5	6.3	1.3	1.8	17.9	10	0.6	0.01	20	17.6	
		10月3日	秋	27.7	17.3	6.5	1.9	1.8	15.8	20	1.3	0.01	20	17.6	
	両橋屋町	8月25日	夏	25.5	24.9	6.5	3.4	3.3	14.8	60	1.3	0.06	40	11.7	
		10月3日	秋	24.6	19.6	6.8	3.5	3.3	12.7	50	1.8	0.17	40	11.7	
	山地型	和田町 (山)	5月21日	春	19.0	21.6	6.5	4.0	3.8	7.4	50	0.3	0.01	20	17.6
			7月15日	夏	39.0	30.4	7.5	4.5	4.4	7.6	70	0.3	0.01	<10	>26.6
深見町		7月16日	夏	32.2	27.4	7.4	3.6	3.8	12.6	50	0.4	0.03	40	11.7	
		10月1日	秋	23.7	20.3	7.7	3.1	3.1	13.9	60	1.4	0.04	30	13.9	

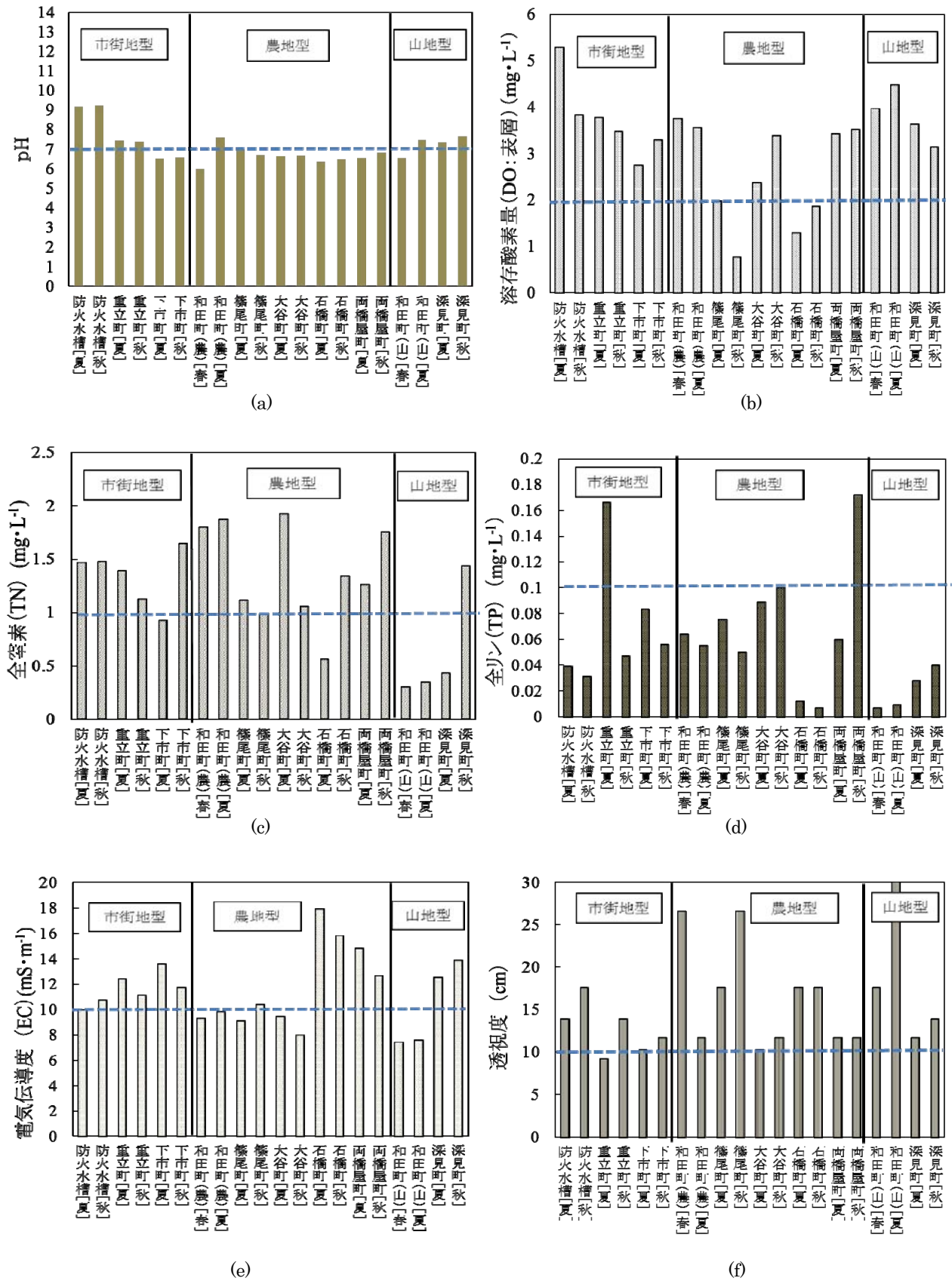


図3 各ため池の主な水質データの比較

(a) pH、(b) 溶存酸素量 (DO)、(c) 全窒素 (TN)、(d) 全リン (TP)、(e) 電気伝導度 (EC)、(f) 透視度を示す。

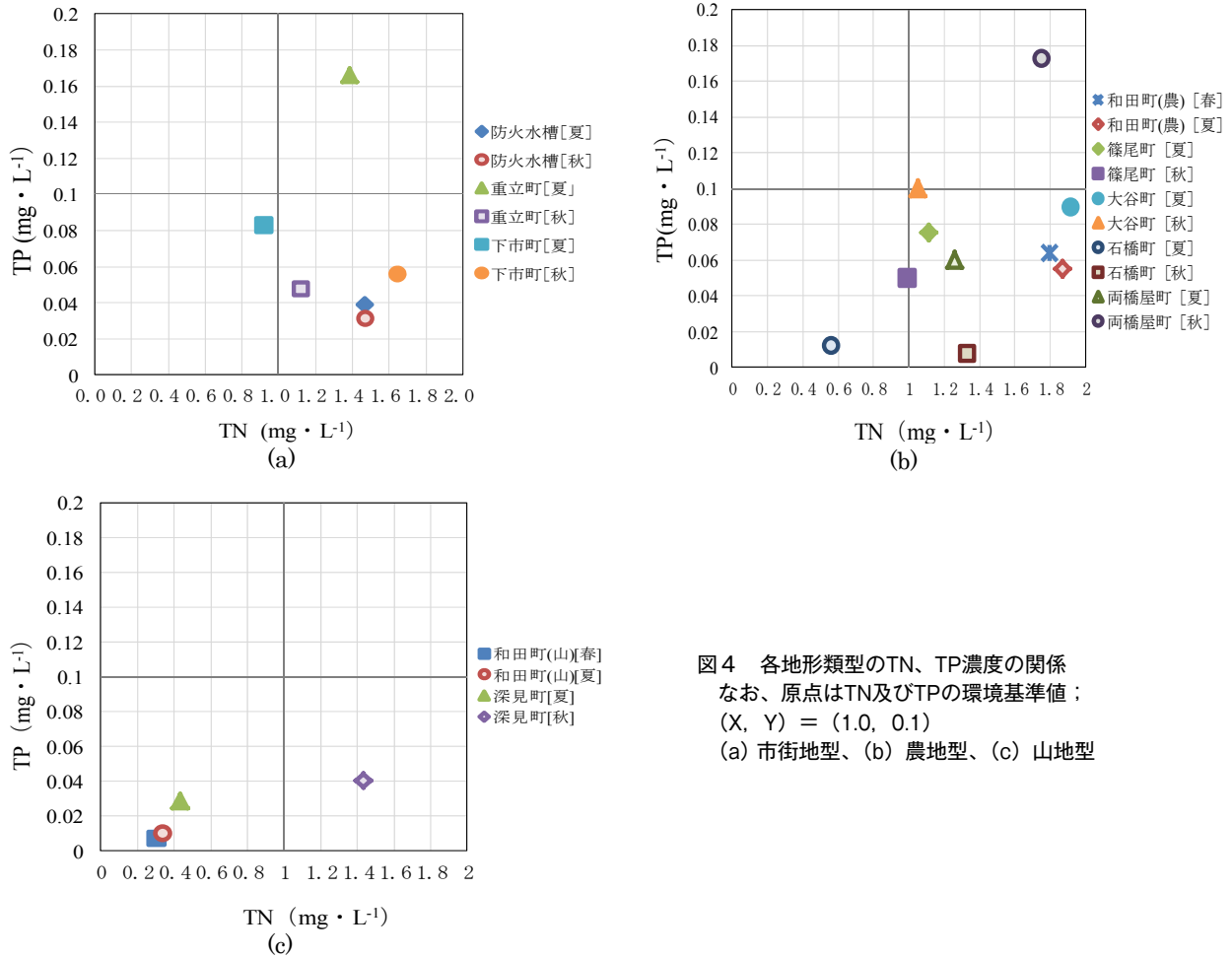


図4 各地形類型のTN、TP濃度の関係
 なお、原点はTN及びTPの環境基準値；
 (X, Y) = (1.0, 0.1)
 (a) 市街地型、(b) 農地型、(c) 山地型

いない場合もあり、市街地型の重立町 [夏] では水質濃度座標 (1.4, 0.17)、農地型の両橋屋 [秋] では (1.8, 0.17) となった。両者のため池は、2回のうち1回の調査においては、TPの基準値は満たした。これらの結果は、市街地型および農地型のため池において、TN濃度が環境基準値より高い傾向を示しており、ため池中の窒素による栄養塩増加によってプランクトンが繁殖しやすいことが示唆される。

一方、山地型のため池に関しては、TPおよびTNのどちらの基準値も満たしている傾向にあった (図4(c))。しかし、深見町 [秋] のみが水質濃度座標 (1.4, 0.04) となり、TNの基準値を超過した。これは調査を行った時期において、深見町のため池へ向かう通り道に工事作業現場があったため、工事車両の影響が多少は及んだことが推測される。このような現地状況を例外とすると、一般に山地型のため池については、生活および生産環境から離れた立地にあることから、人間活動の影響を受けていない山間地からの滲出水や湧水がため池に流入していることや、自動車の排気ガス、生活雑排水等のため池への沈着、流入が少ないことが考えられるため、これらのことから、TNおよびTPの基準値を満たすことが可能であることが示唆される。

4.3. プランクトンの同定

プランクトンを観察し、同定した結果を地形類型ごとに表5に示した。地形類型ごとに属レベルにおいて同定されたプランクトンの数を比較すると、市街地型で観察されたプランクトンは25属、農地型では42属、山地型では16属となった。このことから農地型のため池は他の地形類型と比較して、存在するプランクトンに多様性があることが示唆される。なお、*Anabaena*属、*Aphanocapsa*属、*Nitzschia*属、*Peridinium*属、*Euglena*属、*Scenedesmus*属および*Crucigenia*属の7属は全ての地形類型で確認された。また、いずれのため池においても、動物プランクトンは植物プランクトンと比較し、同定が可能となった属が少なく、とりわけ節足動物は全くみつからなかった。

プランクトン属が10属以上同定されたのは、市街地型の下市町 [夏]、農地型の篠尾町 [夏]、篠尾町 [秋]、大谷町 [夏]、両橋屋町 [夏] および山地型の深見町 [秋] だった。これらのため池では、調査時の水温が25℃以上もしくはTN濃度が基準値1.0 mg/Lを超過しており、必ずしもTPが基準値を超えている場合ではなかった (表4)。また、[夏] に多くの種類のプランクトン属が同定されたのは、和田町 (農)、和田町 (山)、防火水槽、下市町、大谷町および両橋屋町の6箇所であった。小久保

表5 ため池で同定されたプランクトン（属）（上：市街地型、山地型、下：農地型）

類型	防火水槽		市街地型				山地型				
	7月15日	10月7日	7月16日	10月1日	8月25日	10月3日	5月21日	7月15日	7月16日	10月1日	
プランクトンの分類	調査日										
	藍藻	Aphanocapsa 属	Anabaena 属	Aphanothece 属	Anabaena 属	Anabaena 属			Anabaena 属	Aphanocapsa 属	
	珪藻	Rhopalodia 属	Aulacoseira 属	Aulacoseira 属	Aulacoseira 属	Aulacoseira 属				Nitzschia 属	
	鞭毛藻	Peridinium 属				Euglena 属	Euglena 属		Trachelomonas 属	Trachelomonas 属	
	緑藻		Coelastrum 属	Achnanthes 属	Actinastrum 属	Pediastrum 属			Gloeoecystis 属	Ceratium 属	
	原生動物	Cyclidium 属							Coleps 属		
	ワムシ	Monostyla 属							Synchaeta 属		
	節足動物								Hexarthra 属		
	計	4 属	1 属	6 属	8 属	15 属	6 属	0 属	6 属	1 属	11 属

類型	和町町(農)		農地型				石橋町		両橋屋町		
	5月21日	7月15日	7月16日	10月1日	8月25日	10月3日	8月25日	10月3日	8月25日	10月3日	
プランクトンの分類	調査日										
	藍藻		Anabaena 属			Anabaena 属				Anabaena 属	
	珪藻		Aulacoseira 属	Aulacoseira 属	Cymbella 属	Aulacoseira 属	Aulacoseira 属	Hannaea 属	Aulacoseira 属	Nitzschia 属	
	鞭毛藻			Trachelomonas 属	Euglena 属	Euglena 属				Euglena 属	
	緑藻	Chlamydomonas 属	Gloeoecystis 属	Closterium 属	Ankistrodesmus 属	Chlamydomonas 属	Actinastrum 属		Actinastrum 属	Actinastrum 属	
	原生動物			Chilomonas 属	Coleps 属	Actinophrys 属	Oxytricha 属		Actinophrys 属	Sylonychia 属	
	ワムシ					Ascomorpha 属					
	節足動物										
	計	2 属	4 属	10 属	12 属	16 属	8 属	0 属	1 属	12 属	9 属

(1981)による田沢湖の調査では、プランクトン全量は4月～7月に漸次増加して1年のうちの最多に達し、その後9月にかけて漸次減少するが、10月～11月に第2の最多期を示した後に、冬にかけて急激に減少すると報告されている。本研究では、田沢湖の事例に類似した結果を示した。プランクトンが多く観察されたため池、和町町(農) [春]、和町町(山) [夏]、および篠尾町 [秋]では透視度についても高いことが示された(4-1項、図3(f))。これらのため池において、アオコの原因となる藍藻(*Anabaena*属)の存在は見られず、透明度に影響しない珪藻、鞭毛藻、緑藻の植物プランクトン、原生動物、ワムシなどの動物プランクトンが存在していることが分かった。したがって、ため池の透明度はそこに存在するプランクトンの種類にも依存することが示唆される。

各ため池において、同定されたプランクトン属数が季節区分によらず、もっとも少なかったのは農地型の石橋

町であった。ここでは同定された植物プランクトンは、[秋]に観測された*Hannaea*属の1属だけであった。このため池では、TNおよびTP濃度が[夏]には両者の濃度がそれぞれ0.6 mg/Lおよび0.01 mg/Lであり、[秋]ではTN濃度のみが基準値を超過し、1.3 mg/Lを示した。石橋町では他のため池と比較して栄養塩類が低く(図4(b))、プランクトンの増殖が抑制されたと考えられる。その一方で、EC濃度が高い(図3(e))にもかかわらず、同定されたプランクトン属数が少なくなったことについては、村岡ら(1981)の報告とは相違する。本調査で得られたEC濃度に含まれるイオン物質はプランクトンの増殖には寄与されない物質であったと考えられる。これらのことから、ため池のプランクトンは水温、TN濃度が繁殖の主要因になると考えられる。また、その要因を決定するには、立地や周囲の環境が影響することが示唆される。しかしながら、今回の結果は、ため池1箇所

について2回のみ調査データによるものであるため、環境条件、水質項目とプランクトン属との関連の詳細を明らかにするためには、さらに継続したデータを蓄積する必要がある。

5. 地形類型別のため池の水質とプランクトンの関連図

調査および分析等によって得られた水質とプランクトンデータを関連付け、その結果を環境学習において活用することを目指した教材の作成を試みた。水質項目は、富栄養化の原因となる重要項目であるTNおよびTPの濃度を用いた。教材として地形類型別に存在するプランクトン属を考慮した水質—プランクトン関連図を作成した。関連図のベースになる図には円を用い、水質濃度範囲について、円内を6つのエリアに区切り設定した。水質濃度範囲の設定および水質濃度範囲の意味付けを図5に示す。水質濃度範囲は、図4で用いたグラフの第1象限をA、第2象限および第4象限をB、第3象限をCと表す(図5(a))。また、それぞれの象限の意味付けは次のようになる。A: TNおよびTPの基準値をいずれも超過している、B: TNまたはTPが基準値を超過している、C: TNおよびTPの基準値をいずれも満たしていることを意味する。

また、これらの設定水質濃度範囲に存在するプランクトンを合わせて、図5(b)に示す円内の①から⑥までのエリアを次のように表した。①はAの範囲、②はBの範囲、③はCの範囲、④はAおよびBの範囲、⑤はBおよびCの範囲、⑥はA、BおよびCの範囲にそれぞれに存在するプランクトンを示す。

図5の関連図様式を用いて、水質—プランクトン関連図を作成し、完成品を付録に掲載した。完成した関連図には、地形類型は記号で市街地(○)、農地型(□)、山地型(△)で表し、記号を色分けすることでプランクトン属を表した。同じ地形類型かつ同一の範囲に存在したプランクトンは同色で表した。これらのプランクトン属を表す色に対応した属名(和名)およびその写真を掲載した。また、藍藻、珪藻等のプランクトン分類別に6種類の関連図を作成した。

完成した関連図に示されたプランクトン分布によると、緑藻はどのような水質においても生息できることが

確認できる。また、珪藻および鞭毛藻は類似した分布をしており、TNおよびTPが基準値を超過する水質には生息しにくいことが示唆された。動物プランクトンである原生動物やワムシは山地型の水質濃度が低いため池に生息する傾向が関連図から判断された。

6. さいごに

本研究では、ため池の水質環境とそこに生存するプランクトンを把握するために現地調査および採水分析を行い、その結果に基づいて、ため池の水環境を学習するための環境学習教材の作成を試みた。

ため池の水質分析およびプランクトン同定から以下の知見を得た。

- (1) 市街地型および農地型のため池では、TN濃度が環境基準値より高い傾向を示しており、ため池に含まれる窒素による栄養塩増加によるプランクトンが繁殖しやすいことが示唆される。
- (2) 山地型のため池では、生活圏から離れていることから、山間地からの滲出水や湧水の水域への流入や、自動車の排気ガス、生活雑排水等の沈着、流入が少なく、TNおよびTPの環境基準値を満たすことが可能であると示唆される。
- (3) ため池のプランクトンは水温、TN濃度が繁殖の主要因になると考えられ、その要因を決定するには、立地や周囲の環境が影響することが示唆される。

以上の結果に基づき、環境学習の教材として試作した関連図(付録)は、環境(地形類型)、水質のため池、存在するプランクトンが一目で分かるように工夫した。実用においては、採取した水中のプランクトンを顕微鏡で観察し、関連図と照らし合わせることで、観察したプランクトンの生息環境と水質環境を判断することが可能となる。プランクトン観察を行う小学校高学年や中学生における利用が期待できる。また、学校だけでなく地域における環境学習まで幅広く活用できれば、環境学習の教材として有用と考えられる。たとえば、小学校5学年理科ではメダカを取り上げ、餌となるプランクトンの観察を行うが、メダカが生息するために必要な環境をプラ

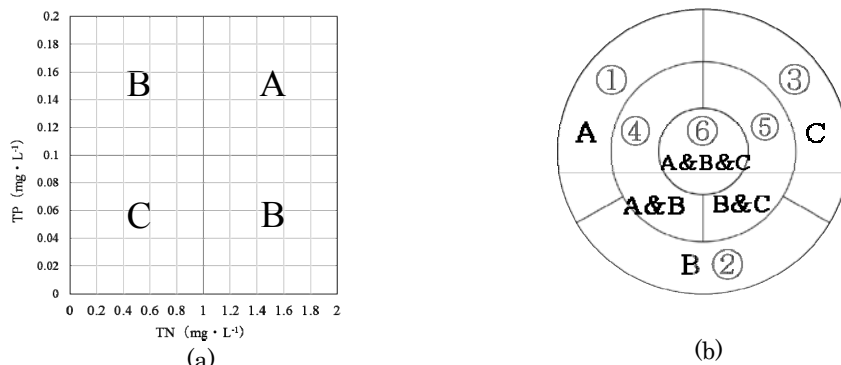


図5 (a) 水質 (TN, TP) 濃度座標および (b) 関連図における濃度設定の意味付け

ンクトンの生息環境と関連づけながら理解を促すための補助教材として、本研究で提案する水質－プランクトン関連図が活用され得る。加えて、本教材の活用において、学習者の環境への幅広い関心や、知識と知識の体系的なつながりを理解する態度の育成が期待できる。

しかしながら、より現実の環境に近づけた内容を含む環境学習を実現するための活用を目指すには、ため池の数、調査頻度、同定プランクトン属の数を増やし、さらなるデータの蓄積が不可欠である。また、プランクトンが生息する環境の水質項目の詳細な検討を行う必要がある。これらのことから、本研究において作成した水質－プランクトン関連図を改良していくための検討と試作を重ねる余地は十分にあるといえる。

引用文献

- 山田一裕（2009）水しらべの知識－環境学習から浄化の実践まで－、オーム社、176pp.
- 全国小中学校環境教育研究会（2001）実践環境教育で取り組む「総合的な学習」、ぎょうせい、230pp.
- 牧浩之・椎名義徳・桑名健夫（1995）農業用ため池「前の池」の水質と水生植物の影響、兵庫県農業技術センター研究報告[農業編]、第43号、pp.31-34.
- 環境省（2002）富栄養化対策マニュアル、
<http://www.pref.shiga.lg.jp/hodo/e-shinbun/dk00/20150812.html>（2015.12.17閲覧）
- 環境省・NPEC/CEARAC 環日本海海洋環境ウォッチ、
<http://ocean.nowpap3.go.jp/>（2015.12.17閲覧）
- 渡辺真利代・原田健一・藤木博太（1994）アオコ－その出現と毒素、東京大学出版会、257pp.
- 信里匡昭・新村行雄・的場義典（2004）湖沼における水質特性とプランクトンに関する研究（第12報）、富山

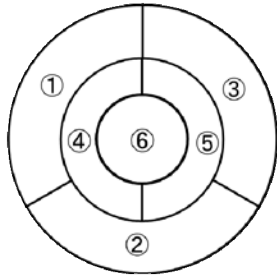
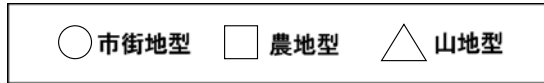
- 県環境科学センター年報研究報告、第32-2号、pp.17-31.
- 村上浩一・上野元嗣・橋本雄一郎・山口修（2008）兵庫県のため池生態系に見られる水の華形成を指標とした環境教育、学校教育学研究：pp.37-50.
- 琵琶湖博物館環境学習センター滋賀県の学習情報エコロジーが、琵琶湖の水環境学習出前講座、
http://www.ecoloshiga.jp/C_program/program.php?id=310（2016.1.7閲覧）
- 福井市（2000）環境学習ガイドブック.
- 国土交通省、国土地理院、地理院地図、<http://maps.gsi.go.jp/>
- 一瀬諭・若林徹哉（2005）やさしい日本の淡水プランクトン図解ハンドブック、合同出版、150pp.
- 森下郁子・森下雅子（1991）生物からのメッセージ川と湖の博物館1植物プランクトン、山海堂、156pp.
- 森下郁子・森下雅子（1996）生物からのメッセージ川と湖の博物館2動物プランクトン、山海堂、161pp.
- 環境省、水・大気環境局、水環境課（2014）日本の汽水湖～汽水湖の水環境の保全と現状～、241pp.
- 武田郁郎（2001）水と水質環境の基礎知識、オーム社198pp.
- 環境省、水質汚濁に係る環境基準、別表1、別表2、
<http://www.env.go.jp/kijun/mizu.html>
- 村岡浩爾・福島武彦（1981）陸水域の富栄養化に関する総合研究、霞ヶ浦（西浦）の湖流、国立公害研究所報告、19、pp.1-149.
- 小久保清治（1981）海洋・湖沼プランクトン実験法、恒星社厚生閣、232pp.

Relationship between plankton of irrigation pond and the water environment - teaching material for environmental learning in elementary school-

Asa MIURA and Yamato MURAI

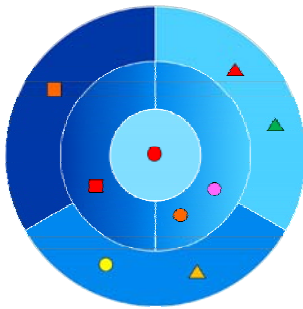
Key words : irrigation pond, plankton, nutrient, related chart, environmental education

◎付録：ため池の水質とプランクトンの関連図



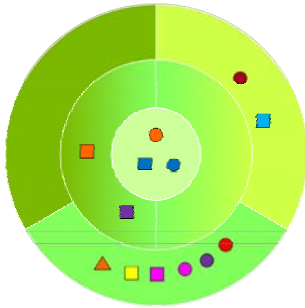
窒素(N)・リン(P)の濃度について
 ①両方とも基準値より高い
 ②NかPのどちらかが基準値より高い(低い)
 ③両方とも基準値より低い
 ④両方またはNかPのどちらかが基準値より高い
 ⑤両方またはNかPのどちらかが基準値より低い
 ⑥NとPの濃度には関係ない

藍藻



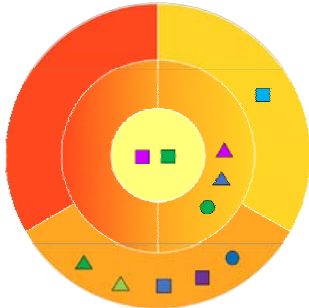
アナベナ	アフノカプサ	メリスモベディア
マイクロキスティス	アフノテケ	

珪藻

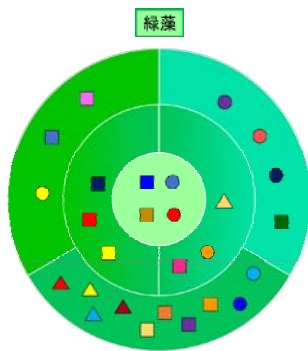


ロバロディア	ササノハケイソウ	クサビケイソウ	クチビルケイソウ
ハネケイソウ	ハリケイソウ	ハンネア	ホシガタケイソウ
アウラコセイラ	タルケイソウ	ハネフネケイソウ	ヌサガタケイソウ

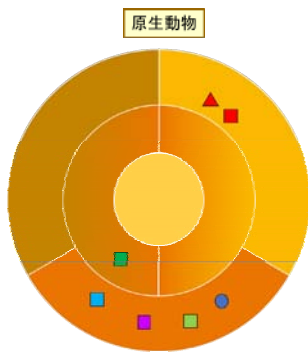
鞭毛藻



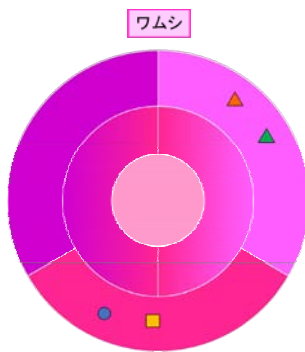
クラチウム	ユージェナ	シヌラ
ペリディニウム	ファクス	トラケロモナス



セネデスムス	ウェステラ	テトラエドロン	ユードリナ	キルクネリエラ	クロステリウム
コダテラ	プテロモナス	ホルミディウム	モノラフィディウム	クンショウモ	クルキゲニア
グロエオキスチス	スフェロキスチス	セレナストルム	アクナンテス	コエラストルム	クラミドモナス
アクチナストルム	トレウバリア	スタウラストルム	アンキストロデスムス	ネフロキティウム	バンドリナ



コレプス	オキシトリカ	アクチノフリス
ステイロニキア	キクリディウム	キロモナス



ドロワムシ	ミドリワムシ
ミジンコワムシ	エナガワムシ

