

水生植物による水質浄化

島谷理香

(株)中央設計技術研究所

〒920-0031 金沢市広岡 2 丁目 13 番地 37 号 ST 金沢ビル 5F

要約： 過去に行われてきた水生植物を用いた水質浄化実験について検討した。現在までに様々な植物，方法で実験が行われ，条件による栄養塩除去率の違いや回収後の植物の利用法について報告されている。多くの実験から一定の水質浄化能が示されているが，実用化にあたっては回収した植物体の処理が問題となる。

キーワード：水生植物，ホテイアオイ，水質浄化，栄養塩除去，植物再利用法

1. はじめに

水生植物による水質浄化は，経済的で運営管理が容易な栄養塩除去法として注目され，今日まで数多くの実験が行われてきた。これらの実験により水生植物の栄養塩除去能力は実証されたが，必ずしも水中の栄養塩の効果的な除去には成功しておらず，また，回収後の水生植物の有効な利用や処理法が確立していない。このような問題から水生植物を用いた浄化に関する研究はその後活発に行われなくなった。しかし，最近になっていくつかの新しい考え方に基づいた研究例が報告されてきている。本論文では現在までの研究の成果と問題点を整理し，また，最近の結果に基づく新たな水生植物処理法の展望について報告する。

2. 応用が期待される水生植物

水生植物とは水域に生息する植物の総称であり，分類学的には藻類やシダ植物を含む多

岐にわたる分類群から構成される。水生植物は生活形態によりさらに 4 つに分けられる(表 1 参照)。

以下では，現在河北潟での水質浄化実験に用いているホテイアオイとホテイアオイ以上の利用が考えられるウォーターレタス，汐見(1997)による，主な水生植物の要求項目比較表(表 2 参照)で良い評価が得られているものの一つ，アカウキクサについて説明する。

I. ホテイアオイ

ホテイアオイは南米原産の水生浮漂植物で，1884 年南米ベネズエラから北米 New Orleans に持ち込まれたものが野生化して北米南部に広がったものと言われており，現在世界各地に分布し拡大している。わが国には 1890 年代に観賞用として米国から持ち込まれたが，関東・北陸以西の各地で雑草化している。

ホテイアオイは繁殖力が旺盛である，浮漂性であるため沈水植物に比べ回収除去が容易であるという事などから注目されているが，広大な土地の確保の必要性，耐寒性に乏しい，繁殖後の回収，処理などの問題点がある。土

表 1. 水生植物の分類と主な植物名

	分 類	特 性	代 表 種	
			属 名	同 属 植 物 名
固 着 性 水 生 植 物	抽水植物	根と茎の一部が水底にあり、水中葉と空中葉で形の異なるものがある	<i>Alternanthera</i> <i>Phragmites</i> <i>Typha</i> <i>Sparganium</i> <i>Nuphar</i> <i>Alismata</i>	ツルノゲイトウ ヨシ ガマ ミクリ コウホネ オモダカ
	浮葉植物	根や茎は水中または水底にあり、葉を水面に浮かべている	<i>Trapa</i> <i>Nymphaea</i>	ヒシ スイレン
	沈水植物	水面下に根、茎、葉のすべてが存在するもの	<i>Hydrilla</i> <i>Ceratophyllum</i> <i>Myriophyllum</i> <i>Potamogeton</i> <i>Elodea</i> <i>Egeria</i> <i>Najas</i>	クロモ マツモ フサモ エビモ コカナダモ オオカナダモ トリゲモ
	浮漂(遊)性水生植物	根が水底に固着することなく水面に茎葉を浮かべて浮漂生活をする	<i>Eichhornia</i> <i>Lemna</i> <i>Salvinia</i> <i>Pistia</i> <i>Azolla</i>	ホテイアオイ アオウキクサ サンショウモ ボタンウキクサ(ウォーターレタス) アカウキクサ
	その他		<i>Nasturtium</i>	オランダガラシ(クレソン)

(青山,1982より一部改変)

地の確保については道路側溝などの利用，耐寒性についてはホテイアオイのかわりにオランダガラシ，アシ，ガマなどの利用，処理問題については堆肥，飼料，バイオガス原料としての利用などが検討されている(和田,1983)。

II. ウォーターレタス

ウォーターレタスは熱帯アフリカ原産の多年生水生植物で，繁殖茎を分離することで増殖する。ウォーターレタスはホテイアオイのように成長して枝が絡んで一体化することがなく，単株で浮遊するという特徴があり，単株当たりの湿重量も最大 500g/株程度と過大化しないために，水面からの回収が行いやす

いのが利点である(青井ら,1997)。

III. アカウキクサ

アカウキクサは，温熱帯地域に広く生息する多年生の淡水性シダ植物で，ラン藻と共生することにより窒素固定を行う。通常の水生植物の場合，溶液中からの窒素とリンの吸収比は重量比にして約 6:1 であり，排水の窒素とリンの含有比が 6:1 であれば両者の除去は極めて良好に行われるが，この比が崩れるといずれか一方が溶液中に残存するという結果をもたらす。しかし，アカウキクサは空中窒素固定能を有しているため，排水中の窒素が消費されつくした後も，空中窒素と排水中

表2. 水生植物種の要求項目比較表

(対応度 ○>△>×)

水生植物種 重要度		抽水植物			浮葉植物			沈水植物			浮漂植物			他		
		ヨ	マ	ガ	ヒ	ガ	ア	ク	エ	オ	コ	ホ	ア	ア		
		シ	モ	マ	シ	ガ ブ	サ ザ	モ	モ	オ カ ナ ダ モ	コ カ ナ ダ モ	ホ テ イ ア オ イ	ア オ ウ キ ク サ	ア カ ウ キ ク サ		
1次 基本要求項目	2次 基本要求項目															
栄養塩をより多く吸収する	繁殖力が旺盛で密生群落をつくる	A	○	○	○	△	△	×	△	×	△	△	○	○	○	△
	植物体のN、P含有量が多い	A	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	△	△	△
	ターンオーバータイムが短い	A	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	△	○	○	○
栽培が可能である	地下茎があまり大きくない	B	×	×	×	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
	耐寒性が大きい	A	○	△	○	△	△	△	△	△	○	△	△	△	△	○
収集しやすい	生息域の水深が浅い	B	△	△	△	×	×	×	×	×	×	×	△	○	○	○
輸送しやすい	水分が少ない	B	○	△	△	△	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
利用可能である	食品・飼料・燃料になる	A	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○

(汐見,1996より一部改変)

のリンを利用して旺盛に生育し、その結果高い効率でリン除去が期待できると考えられている(汐見,1997)。

研究例の多いホテイアオイと比較すると、成長速度係数ではアカウキクサが 2.8 倍高いが、個体の大きさの違いからトータルの窒素、リン回収率はややホテイアオイの方が勝る。しかし、収穫後のバイオマスとしての利用という観点からはホテイアオイは回収にかなり困難を伴うため、あるいは回収後放置すると悪臭を放つなどの点で難がある。その点アカウキクサは回収が比較的容易でかつ冬期も枯死する事なく、天日で十分乾燥し、コンポスト化が可能で土中での分解も早いとされている(汐見ら,1992)。

3. 水生植物による浄化の特徴と除去率

これまでに行われた主な実験について表 3

に示す。1970 年代当初、植物による栄養塩類の除去機構は、植物体内への栄養塩の取り込みによるものと考えられていたが、木原(1994)は、植物体そのものよりむしろ植物体を取りまく生物群集の複合作用、とりわけバクテリアによる嫌気、好気交互の脱窒システムが重要であることを指摘した。

さらに青井ら(1997)の実験によると、植物の培養液中に $\text{NH}_4\text{-N}$ の減少と $\text{NO}_3\text{-N}$ の増加が同時に確認され、植物の根に付着した微生物による硝化が起こっているものと考えられた。また、リンについては水系から除去された量と植物が回収した量はほぼ等量であったが、窒素については水系からの減少量に対して植物に固定された量は 43~60%であり(表 4 参照)、植物に固定された量とほぼ同量が脱窒作用により除去されているものと考えられた。このように窒素の消長には微生物反応が関与しており、植物が存在することによって、より微生物反応が活性化されているのではない

表3. 水生植物を用いた実験の方法と結果の比較

植 物	水 質	装 置	結 果	備 考
ホテイアオイ (木原, 1994より)	培養混入以前の 最終沈殿池沈殿水 (BOD 20~60mg/ℓ)	1.0×10.5×0.8(m), 水深 63cm ビニールシートを覆い底面に砂利10cm 流量20mℓ/sec, 滞留時間約120min	BOD: 80%以上 SS: 80%以上 T-N, T-Pについては効果が認められない	植物による水質浄化の主な作用は, 根毛によるろ過, 沈殿, または根毛に付着した活性汚泥による生物学的反応である
ホテイアオイ (石井ら, 1985より)	農業用水 窒素・リンは4月下旬と 8月上旬に高濃度	調整池 20m ² 深さ50cm 接触酸化槽 表面積95.5m ² 深さ15cm ホテイアオイ栽培池 表面積53.6m ² 深さ50cm ホテイアオイの植え付けは, 4月13日に植物栽培池 の各区に1m ² 当たり0.6kgずつ行い, 5月26日から約2 週間間隔で収獲管理	除去率 BOD 75% SS 80% 調整池及び接触酸化槽で 高除去率 T-N 75% T-P 65% ホテイアオイ池で 高除去率	ホテイアオイ乾燥中の窒素・リン量は流入口から 流出口へいくに従って減少
ホテイアオイ (保田, 1982より)	家庭排水	排水溝(幅約1m)の総延長約400mにわたってプラスチッ ク充てん材を入れ, それを通過した排水を延長約80m のホテイアオイ栽培池に通す 処理水量 110~120m ³ /d	除去率 BOD: 95.1% SS: 92.1% COD: 89.9% T-N: 45.2% T-P: 76.7% 放流水水質 BOD: 4.0ppm SS: 5.8ppm T-N: 4.0ppm T-P: 0.3ppm	通常の道路側溝の排水水路を利用 酸化池や栽培池を設けて広い土地を使用する必 要もなく排水路の工夫によって十分に廃水浄化 の目的が達成されている
ホテイアオイ オランダガラシ (麻生ら, 1981より)	余呉湖水	接触酸化槽 有効面積約30m ² 硬質塩化ビニル製波形平行板構造のろ材を 敷き詰める 水生植物栽培池 有効面積約42m ² 冬期 5月上旬: オランダガラシ 5月中旬~7月上旬: オランダガラシ, ホテイアオイ 7月中旬~11月 : ホテイアオイ 12月 : ホテイアオイ, オランダガラシ	除去率 BOD: 90% COD: 65% T-N: 55% T-P: 70%	流下式接触酸化法と大型水生植物栽培池の組み 合わせは既存の側溝を利用するなど極めて低廉 な費用で設置が可能
ヨシ (上阪ら, 1995より)	70774a 51~80μg/ℓ T-N 1.35~1.78mg/ℓ T-P 0.058~0.102mg/ℓ	平成4年 幅100m×長さ70m 面積7,000m ² 平成5-6年 幅100m×長さ150m 面積14,100m ² ヨシが自生している渡良瀬貯水池北側のヨシ原に貯水 池からポンプ取水 水深 10~20cm, 滞留時間 2.5~10時間 流速 0.19~1.67cm/s 水面積負荷 0.24~1.92m ³ /m ² /日 ヨシの地上茎の数 64本/m ² ~124本/m ²	滞留時間5時間程度, 水深20cmとすれば クロロフィルaを約70%, T-Nを約35%, T-Pを約50%除去できる	気象条件によってヨシの成育が左右される恐れ がある等確率性の点で不安があるため, 物理化学 的あるいは機械的な浄化方法との組み合わせで 稼動している
ウォーターレタス (青井ら, 1997より)	合併処理浄化槽(200人槽・ 接触曝気法)の消毒前処理水 T: 40mg/ℓ P: 5mg/ℓ 水温: 20℃	定量ポンプで各容量12ℓの直立36連のプランターに供給 (ハウス内に設置)	除去速度 N: 10mg/ℓ/日 N: 2mg/ℓ/日	植物による処理としては非常に高い除去速度を 示した この様な装置で2日程度滞留させれば, 特に高度 処理を行わなくても処理水中のN, Pのほとんどを 除去することが可能である
アカウキクサ (鬼頭ら, 1984より)	下水一次処理水 N: 46.5ppm P: 7ppm 下水二次処理水 NH ₄ -N: 10~20ppm P: 2ppm	プラスチック容器(21.7×15.6×8.4cm)に新鮮重5gの アカウキクサを入れ, グロースキャビネットで培養	一次処理水 NH ₄ -N: → 100%除去 有機態窒素: → 50%除去 二次処理水 N: → 約80%除去 P: → 約100%除去	特にP/Nの高い廃水の脱リンに効果を発揮する

かと考えられる。

4. 水生植物の有効利用法

植物栽培池で一定期間栄養塩を吸収し、繁殖しすぎた植物は、回収、処理する必要がある。そこで、今までに考えられてきた植物体の有効な利用法について述べる。

I. 飼料としての利用法

徳永(1981)は、水生植物を飼料に用いるには、1)容易に収穫できる、2)含水率が低い、3)たんぱく質を多く含む、4)繊維質やリグニンが少ない、5)収穫できる期間が長い、6)毒性がない、7)長期間の貯蔵が可能であるなどの条件を満たさなければならないとし、これらの条件を満足させるものとしてウキクサ類を挙げている。また和田(1983)によると、家畜飼料として東南アジア等で実際に用いられているが、一般化するには動物の嗜好等が影響するため問題もあるとのことである。

乾燥ウキクサを飼料の栄養価として総合的にみるならば、DCP(可消化粗たんぱく質)に富み、TDN(可消化養分総量)がやや低いことから、ダイズ粕などのタンパク質飼料とオオムギ、アルファルファなどの穀物、牧草類の間に位置付けることができ、またアルファルファなど牧草類に比べると、粗飼料というよりはむしろ植物性タンパク質といえると思われる(松本,1981)。

また、アカウキクサについては栄養成分が高く、粗タンパク質 20.0~31.2%、粗脂肪 6.0~7.0%、粗繊維 9.2~11.3%、灰分 9.0~9.3%を示しており、飼料化の可能性は高い(汐見ら,1992)とされている。

II. 食用としての利用法

徳永(1981)によると、一般的に池や湖に繁茂させた水生植物をソウギョなどに摂取させ、その魚を食用にすることが考えられるが、廃水に含まれる微量の重金属類を水生植物が濃縮、蓄積する可能性があり注意する必要があるとしている。同様に保田(1982)によると、工場排水の混入によって栄養塩類の他に重金属が蓄積されることには注意が必要で、肥料や飼料としての利用は出来ないとしている。しかし、石井・上岡(1987)によると、ホテイアオイを食糧化する上で最も心配されているカドミウム、水銀、ヒ素などの取り込みについて、我々が日常食べているものと比較すると逆に低い傾向にあり(表5参照)、毎日我々が食べるものには抵抗を感じないが、ホテイアオイよりも多くの重金属を含んでいると述べている。しかしここで述べているホテイアオイは余剰汚泥から得られた特殊肥料を用いて栽培したものであり、工場排水が混入すると、多量の重金属が蓄積することが予想される。

また保田(1982)によると、有害物質が混入していない状態で栽培されたホテイアオイについては、タンパクのamino acid組成は大豆や

表4. 水からの除去量と植物による回収量の比較

	単位	NH ₄ -N		NO ₃ -N		NH ₄ -N+NO ₃ -N	
		N	P	N	P	N	P
植物中の含有量	%	3.68	0.27	2.90	0.26	2.99	0.27
水から除去された量	g	1.07	0.04	0.78	0.01	1.05	0.06
レタスに含まれる量	g	0.53	0.04	0.34	0.03	0.63	0.06
回収率	%	50	97	43	529	60	101

(青井ら,1997より)

表5. 他の野菜との比較

(単位: ppm)

飼料	有害成分	水銀	カドミウム	ヒ素
ホテイアオイ		0.014	0.084	0.0029
大根		0.045	0.250	0.035
中国キャベツ		0.040	0.565	0.025
人参		0.038	0.565	0.025
じゃがいも		0.030	0.395	0.187
オクラ		0.045	-	-
レタス		0.040	-	-
キャベツ		0.052	-	-
トマト		0.170	1.645	-
アスパラガス		-	7.900	-
ごぼう		-	0.835	-
なすび		-	1.000	-
にんにく		-	0.975	-
かぼちゃ		-	-	0.035
春菊		-	-	0.095
セロリ		-	-	0.457
竹の子		-	-	0.285

(石井ら, 1987より)

綿実のものに匹敵し、ビタミンやミネラルの含有量も FAO の基準をこえており、食糧源としての利用の可能性も指摘されているとしている。

III. 肥料としての利用法

ホテイアオイは緑肥として用いると、カリウム供給肥料として非常によいとされており(徳永, 1981), また保田(1982)によると、ホテイアオイを肥料として利用する試験は中国四国農政局の施設でも行われており、保水性の良い肥料が得られるとされている。

IV. バイオガスとしての利用法

メタン発酵は燃焼利用が不可能な湿性バイオマスの唯一のエネルギー回収法で海藻、水草、ワラ、畜産糞尿などが利用されている。保田(1982)によると、ホテイアオイの再利用として最も有望視されているのは嫌気性発酵によるバイオガスの生産で、NASA での試験では乾物 1kg あたり 350~411 l のガスを生成し(37°C, 23 日間), その約 60% がメタンである

とされている。

また汐見(1992)によると、アカウキクサの C/N 比は 10.1, C/P 比は 100 とメタン発酵の至適域にあり、水生植物の中でも良好な原料と考えられている。大量のアカウキクサを土壌へ直接施用した場合は、土壌の酸化還元電位を下げ、メタンガス、有機酸などの発生など、作物に悪影響を及ぼすことが考えられる。一方、発酵後の残留物は天日で乾燥が十分早く土壌還元も容易と考えられる。この点から、アカウキクサは排水中における栽培(栄養塩除去, リン資源回収)→メタン発酵, 水素ガス発生(エネルギー回収, 新エネルギー開発)→残留物の土壌還元(有機的土壌改良)といった資源化が望ましいとされている。

5. おわりに

各植物ともにある程度の除去率が示されていること、また自然条件に左右され易いことなどから、どの植物を利用するのが良いかは

一概には言えず、利用する地域の気候条件や水質に合う植物を選び、その地域で数種類検討してみる必要がある。

浄化方法としては、排水路を利用したものが注目される。新たに浄化池をつくる必要もなく、水を引かなくてもそのまま処理できるからである。しかし、その既存する側溝によって流速が決まってくるので、ある程度の除去効果を期待するのであれば、充填材の利用等、滞留時間の維持が必要になろう。

また、植物処理法については、飼料、食用としての利用や、肥料、バイオガスとしての利用が考えられているが、飼料、食用として用いる場合、工場排水に由来する有害性に対して懸念があるため、肥料化やメタン発酵によるエネルギー回収が有望な有効利用方法と考えられる。

引用文献

- 青井 透・大月 伸浩・臼田 寛. 1997. ウォーターレタスによる栄養塩除去と大規模生育実験. 環境技術. 26(11):714-719.
- 青山 勲・沖 陽子・西崎 日佐夫・中川 恭二郎. 1981. 自然水域における水質変動とホテイアオイ *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms の生長特性. 農学研究. 59:125-139.
- 阿部 薫・尾崎 保夫. 1995. 陸生と水生の有用植物を活用した水質浄化. 第6回世界大会湖沼会議霞ヶ浦'95. P3-126:961-964.
- 石井 猛・愛甲 博美・青山 勲. 1985. ホテイアオイを用いる水質浄化に関する研究-生活排水及び農業排水-. 岡山理科大学紀要:49-67.
- 石井 猛・上岡 雅幸. 1987. ホテイアオイの水質浄化と有効利用への研究. 水処理技術, 28(3):9-24.
- 上坂 恒雄・新名 秀章・堀部正文. 1995. 渡良瀬貯水池の水質保全対策. 第6回世界大会湖沼会議霞ヶ浦'95. S2-52:418-421.
- 大垣 健吉. 1974. ホテイアオイのメカニズムとその特性に関する研究報告書. 19.
- 大滝 末男・石戸 忠. 1980. 日本水生植物図鑑. 北隆館. 東京.
- 大庭 栄次・青井 透. 1995. 水草(ウォーターレタス)を用いた合併浄化槽処理水からのN,P除去. 第2回下水道研究発表会講演集:646-648.
- 沖 陽子・伊藤 操子・植木 邦和. 1978. 雑学研究. 23:120-125.
- 沖 陽子. 1978. ホテイアオイの生育及び繁殖に関する研究(第1報). 雑学研究. 23(115).
- 沖 陽子. 1980. 水草雑草ホテイアオイをめぐる諸問題. 農業技術. 35(495).
- 茅野 充男. 1995. 生物による重金属の吸収と除去機能. 研究ジャーナル. 18(3):11-17.
- 上坂 良夫・中川 元男. 1995. 琵琶湖における水質浄化対策. 第6回世界大会湖沼会議霞ヶ浦'95. S2-33:382-385.
- 鬼頭 俊而・汐見 信行. 1984. アカウキクサによる合成無機培養液および二次処理水からの栄養塩の除去. 水処理技術. 25:561-567.
- 木原 敏. 1994. 水路中におけるホテイアオイ根毛による脱窒効果について. 環境技術. 23(6):63-69.
- 汐見 信行. 1997. これからの河川・湖沼の水質浄化技術と実際例. 工業技術会.
- 汐見 信行・鬼頭 俊而・佐野 寛. 1992. 淡水性シダ植物・アゾラのため池での栽培とその資源化. 日本化学会誌. (5):512-515.
- 杉野 孝雄. 1975. アカウキクサ線の提唱. 日本シダの会会報. 22:349-350.

- 西田 佐織・田崎 和江. 1997. 植物による水質浄化実験-重金属汚染水の浄化を目指して-. 金沢大学理学部附属植物園年報. 20: 19-30.
- 野上 祐作・平田 まき子・堀 和子・石井 猛. 1986. ホテイアオイの生育に伴う栽培液の形態別窒素の挙動. 岡山理科大学紀要. 21(A): 17-23.
- 野上 祐作・堀 和子・平田 まき子・石井 猛. 1985. ホテイアオイの窒素除去能に対するカドミウムの影響. 岡山理科大学紀要. 20(A): 69-76.
- 橋本 奨・尾崎 保夫・山本 司. 1983. 水生生物による污水处理と食糧生産に関する研究(第 1 報)-パックスの成育に及ぼす窒素, 磷, 有機汚濁物の濃度の影響について-. 下水道協会誌. 20(232): 8-16.
- 藤原 彰夫・坪井 一郎・吉田 文武. 1947. アカウキクサの遊離窒素固定作用について(予報). 農学. 1: 361-363.
- 松本 聡. 1981. ウキクサによる富栄養塩吸収とその利用. 化学と生物. 594-600.
- Miyazaki A., W. Agata, F. Kubota, Y. Matsuda, X. Song. 水上栽培システムにおける植物生産と水質浄化 2. 数種の植物の生育による水質浄化効果. 第 6 回世界大会湖沼会議霞ヶ浦' 95. p.2-1 10: 560-563.
- 本橋 敬之助・笠原 豊. 1991. ホテイアオイの植栽と水質-手賀沼を例にして-. 水処理技術. 32(5): 39-44.
- 山本 武彦・大井 進. 1980. 生物による環境浄化. 東京大学出版会. 280pp.
- 和田 安彦. 1983. ホテイアオイによる水質浄化とその問題点. 水. 25-10(345): 76-81.
- 渡辺 巖. 1981. アカウキクサ-ラン藻の共生による生物的窒素固定とその利用. 日本土壌肥科学雑誌. 52(5): 455-464.

「河北潟総合研究」投稿規定 (1997 年 4 月改訂)

投稿者は、本規定を熟読の上、原稿を作成して下さい。

連絡及び投稿先

〒 920-02 石川県河北郡内灘町大清台302
河北潟湖沼研究所「河北潟総合研究」編集委員会
TEL/FAX 0762-86-0433

投稿資格

投稿資格は特に定めないが、本研究所友の会会員であることが望ましい。ただし、編集委員会が寄稿を依頼した場合はこの限りではない。

受付と校閲

原稿は投稿原稿が下記の規定に適合した体裁で書くこと。受け付けた原稿は複数の校閲者による査読を受ける。その結果に基づき、編集委員会が掲載の可否を決定する。編集委員会は原稿内容に不備がある場合は投稿者に修正を求める。修正を求められた原稿は指定期間内に再送付されなければならない。掲載不相当と判断された原稿は、その理由を明記して編集委員会が投稿者に返却する。

受理

受け付けた原稿は編集委員会が掲載可と認めた場合に受理され、その日を持って受理日とする。

原稿の種類

論文には原著論文、調査報告、総説、活動紹介、意見、情報がある。

原稿の長さ

原稿の長さには原則として制限はないが、極端に長い場合は編集委員会と著者との協議の上、分載とする。

原稿の送付

原稿は本文、図、表とも3部を送付する。図が写真の場合は、3部とも原写真とする。また、原稿が受理された段階で、原稿とともにMS-DOSのテキストファイル形式で保存したフロッピーディスクを添付することが望ま

しい。送付された原稿およびフロッピーディスクは返却されない。フロッピーディスクに入力が困難な場合は、手書き原稿も受け付けるが、400字につき500円の入力手数料を申し受ける。また、旧仮名遣いやJIS第1、第2水準に含まれない特殊な漢字を用いている場合は割増料金を申し受ける場合がある。

原稿の書き方

原稿用紙は縦長A4判用紙横書きとし、原則としてワードプロセッサを用いて印字する。手書き原稿の場合は、必ず升目の入った原稿用紙を用いて楷書体で書くこと。1行25字、1ページ約30行とし、上下約3cm、左右に約4cmの空白をとる。本文の文章はできるだけ簡潔にし、図、表も最小限にする。原稿の性格上特に縦書きを希望する場合は事前に編集委員会に相談すること。

原著論文の構成

原著論文は、表紙、要約項、本文、引用文献、表、図の説明項、図から構成され、この順番に配列し、それぞれの区分ごとに原稿の項を改める。

a) 表紙には表題、著者名、所属、住所を和文で書く。

b) 要約項には、和文、または英文のどちらかに統一して表題、著者名、所属、住所、要約(本文の5%以内の長さ)、キーワード5項目を書くこと。

c) 本文は和文とする。序、材料・方法・調査地(以上3項目は必要に応じて)、結果、考察、謝辞の順序に従う。本文中での文献の引用は次の例にならう。

「81年に尾瀬沼(星, 1982), 84年に榛名湖(栗田・峰村, 1985)」, 「引き起こしており(浜端, 1991a, b; 永坂, 1995)」, 「報告されているが(Phillips et al., 1978)」, 「沢野・中(1997)やTakahashi & Iwasawa(1988)によれば」「また沢野ら(1995)は、」
d) その他の表記

常用漢字、新かなづかいを用いる。ただし固有名詞の場合はこの限りではない。

文中で使う一般数字は、万、億などの単位語をあわせて用いる(1万2500など)。

文中の句点はコンマ(,)、読点はピリオド(.)を用いる。

分数の表記は「2分の1」などとせず、 $1/2$ とする。

単位数字はカタカナでなく、記号で表記する。

例：キログラム→kg

生物の学名などのイタリック体表記はアンダーラインで指定する。

e) 引用文献の項には本文中で引用した文献を全て列記し、引用しない文献は載せない。文献の配列はアルファベット順とし、著者が同じ場合は年代順とし、同一年のものはタイトルのアルファベット順に a, b, c, をつけて区別する。雑誌からの引用の場合に雑誌名は欧文誌、和文誌を問わず省略しない。表記方法は以下に従う。

雑誌などからの引用：著者名．年．表題．雑誌名．巻：項一項。

単行本の引用：著者名．年．書名．出版社名．所在地．総項数（一部引用の場合は項一項）。

論集からの引用：著者名．年．表題．編集者（編）．書名．項一項．出版社名．所在地．

（例）

生嶋 功．1980．コカナダモ・オオカナダモー割り込みと割り込まれ．川合禎次他（編）．「日本の淡水性物」．p.56-62．東海大学出版会．東京．

星 一彰．1989．福島県裏磐梯のコカナダモの分布拡大．水草研究会会報．35:10-11．

Hough, R. A., M. D. Fornwall, B. J. Negele, R. L. Thompson & D. A. Putt. 1989. Plant community dynamics in a chain of lakes: principal factors in the decline of rooted macrophytes with eutrophication. *Hydrobiologica*. 173:199-217.

意見、主張、活動紹介などの構成

原著論文以外の原稿に関しても原著論文の書き方に準じる。ただし、要約項は必要としない。また、本文の構成については特に規定しないが、項目ごとに見出しを付ける。

表

表は一つずつ別の紙に記し、使用言語は要旨頁にしたがう。上部に表 1. (Table1.) … と通し番号をつけ、ついで説明文を記入する。表の挿入場所は原稿本文の欄外に指示しておくこと。

図

図はケント紙、トレーシング用紙などに黒インクで明瞭に書かれたもので、そのまま印刷可能な状態でなければならない。原則として A 4 判を超えるような大きな図は受け付けない。図の細部や文字は縮小されるので、刷り上がりの大きさを考え、細かすぎないように作成する。図中の使用言語は要旨頁にしたがう。図の右上に鉛筆で薄く通し番号をつけること。図の挿入場所は原稿本文の欄外に指示しておくこと。

図の説明

図の説明の使用言語は要旨頁の説明に従う。

校正

校正は初校のみ著者がおこなう。

原稿の返却

原則として返却しない。

別刷

別刷は 50 部単位で作成できる。必要部数（表紙の有無を含む）は原稿が掲載可となった後に指定すること。別刷にかかる費用はすべて著者の負担とする。

著作権

「河北潟総合研究」に掲載された全ての内容の著作権は河北潟湖沼研究所に帰属する。