

第4章 総合検討

4-1 ハス群落拡大の可能性

4-1-1 ハス群落と水深の関係

本業務で実施した流動状況把握(3-4-1 章参照)では、沼水の流向・流速と同時に水深も測定しており、この水深データに基づき測線 2 における手賀沼の断面図*を作成した。(図 4-1-1 参照) この断面図を見ると、ハス群落はすでに断面の最深部(-1.56m)に近い-1.53m まで分布していることが分かる。

「日本水生植物図鑑(昭和 55 年 7 月) 大滝末男,石戸忠」によると、ハスの生育範囲は水深 1m 程度までとされ、水深がハスの生育を制限する重要な要素となっている可能性が考えられたが、手賀沼のハス群落では適合しない結果となった。また、ハスの維持管理等に係る事例調査(3-1-2 章参照)においても、弘前公園蓮池(青森県)、伊豆沼・内沼(宮城県)及び琵琶湖赤野井湾(滋賀県)で、水深 1.4m 以上に生育するハスの情報が得られており、ハスの種や栄養状態等にもよるが、水深だけではハス群落の拡大を制限することができない可能性が示唆された。

なお、ハスの繁茂が問題化している伊豆沼・内沼(宮城県)では、過去に 2 回(1980 年、1998 年)洪水によりハス群落が消滅した経緯があり、その後の研究で、葉が冠水するほど水位が上昇した場合、短期間(4 日間程度)で窒息死することが分かった。一方、手賀沼では、利根川合流部の排水機場や利根川からの逆流を防ぐ手賀沼調節水門などの連携的運用により水位が厳密に調節されており、繁茂期には水面から約 1.5m の高さになるハスの葉が冠水するような洪水はほとんど起こり得ないといえる。

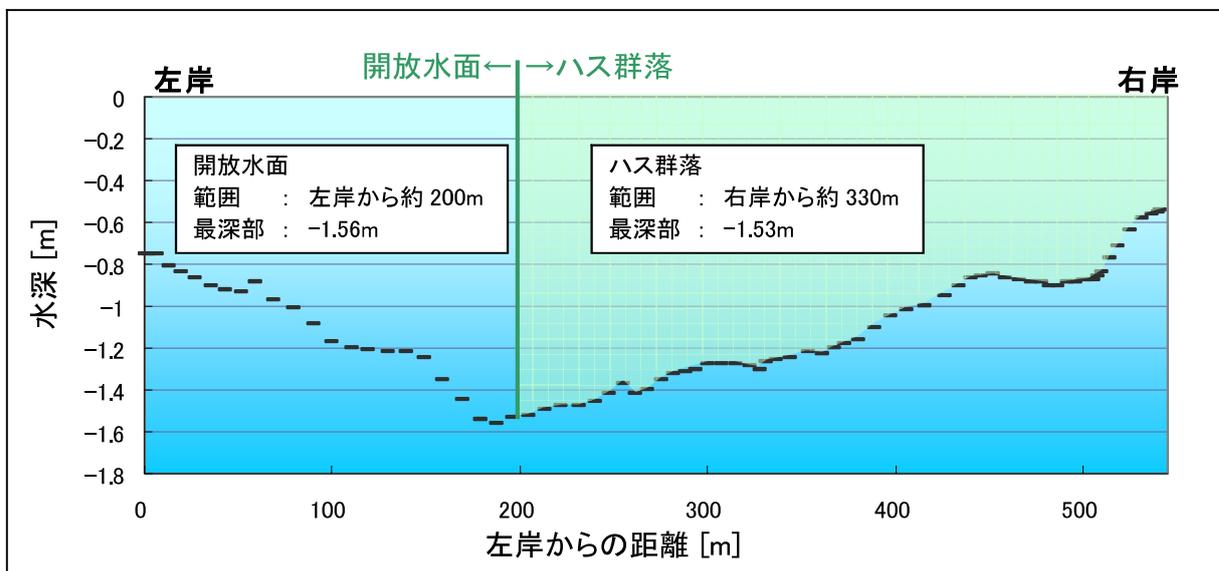


図 4-1-1 手賀沼断面図 (測線 2)

※ 開花期流動状況把握(平成 21 年 7 月 16 日)における測線 2 の断面を示す (右図参照)

左岸及び右岸からの距離は、水際線ではなく測線の端点からの距離を示す



4-1-2 ハス群落と流動状況の関係

空中写真から判読した 1965 年から 2009 年までのハス群落分布範囲を地形図上に重ねると、1981 年と 1999 年の間で群落の形状が大きく変化したことがわかる。(図 4-1-2 参照)

1965 年に現在木道が整備されている湖岸付近に分布していたハス群落は、その後上流方向、下流方向及び横断方向に拡大し続け、1981 年には 10.3ha に達した。しかし、1999 年には 9.5ha に縮小し、上流端は約 100m、横断方向の幅は約 80m 後退した。その後のハス群落は主に下流方向に拡大し、2009 年現在では 18.7ha を占めるまでになったが、上流端は 1981 年の群落境界までに達していない。(図 4-1-2 の赤色着色部)

このようにハス群落の形状が変化した要因の一つとして、流動状況の変化について以下に考察した。

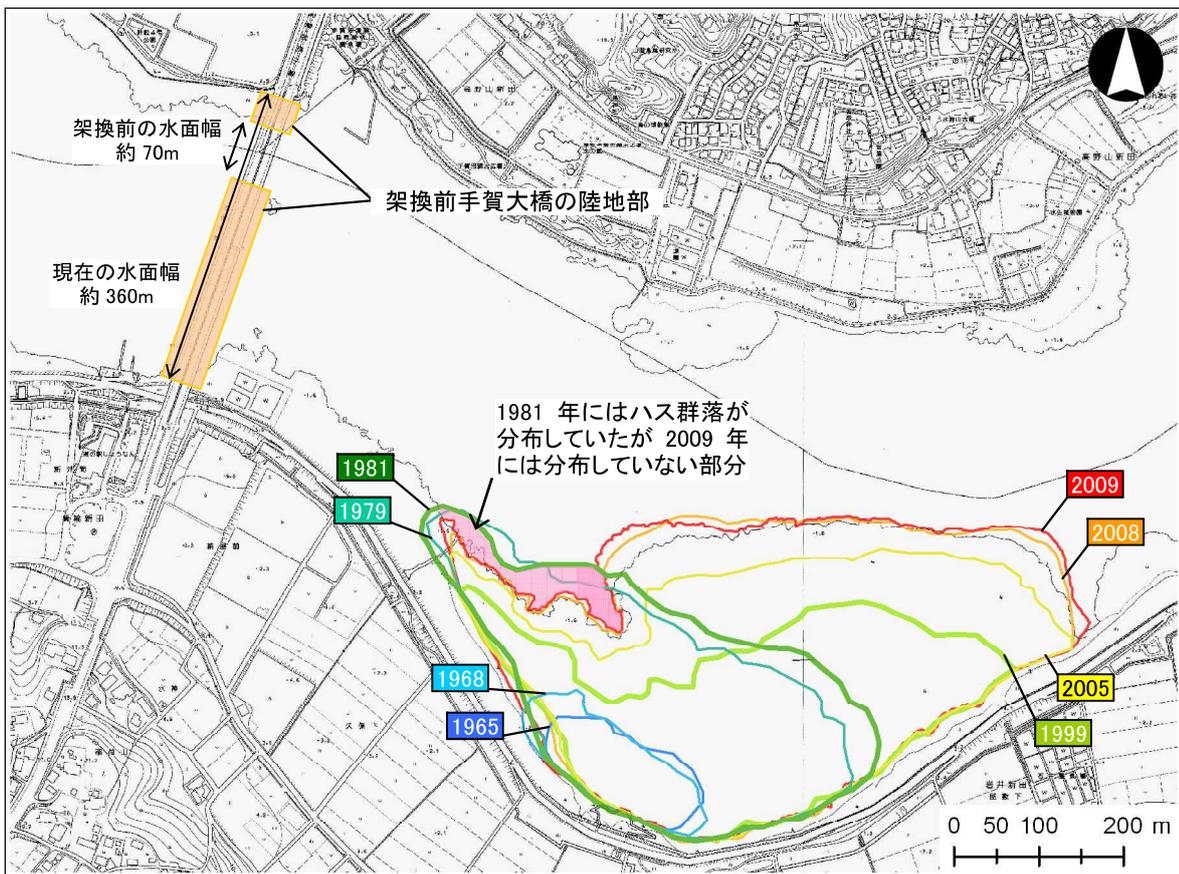


図 4-1-2 ハス群落分布範囲の変遷

ハス群落の上流約 400m には手賀大橋があり、ハス群落の形状が大きく変化した 1999 年当時には、橋の架換工事(1993 年着工～2001 年完成)が行われていた。

現在の手賀大橋は、10 本の橋脚がある以外は全て開放水面となっているため、橋梁下部の開放水面幅は約 360m(橋脚幅を含む)あるのに対して、架換前の手賀大橋では右岸側の約 250m と左岸側の約 40m が陸地となっていたため、開放水面幅は約 70m(現在の約 19%)しかなかった。当

時、橋の架換工事に伴い陸地部の掘削が行われていたとすると、ボトルネックの解消により下流の流動状況が大きく変化(流速向上、流向変化)していたと考えられ、ハス群落の生育に影響を与えた可能性が考えられる。

また、2000年から運用が開始された北千葉導水は手賀沼の流量を大幅に増加させたため、ハス群落周辺の流動状況をさらに大きく変化させる要因となった可能性がある。

生長期に実施した流動状況把握の結果(図 4-1-3)を見ると、測線 1 から測線 2'にかけて、群落境界が凹んでいるエリアに流入する沼水の流れが認められる。この凹部は、1981年にハス群落が分布していたがその後回復していないエリア(図 4-1-2 参照)と重なっており、沼水の流れがハスの生育を制限している可能性を示唆する結果と考えられる。

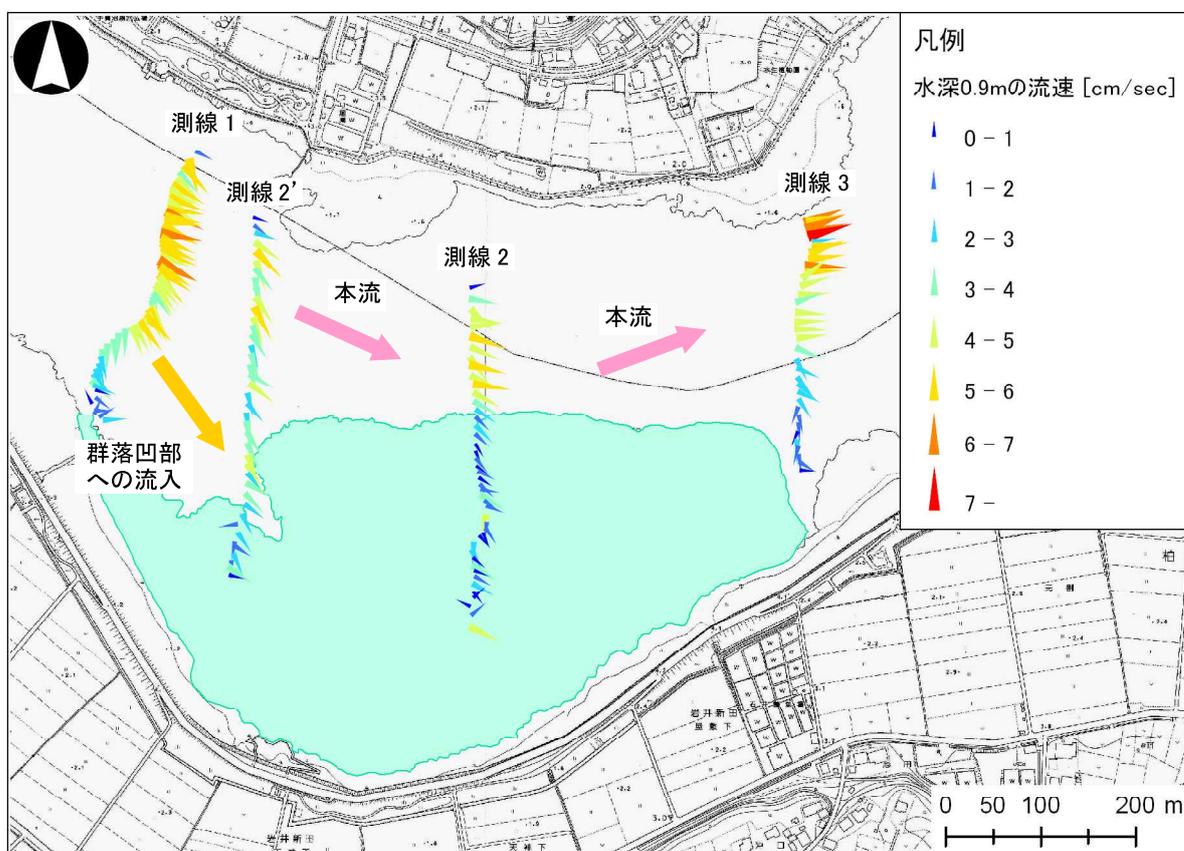


図 4-1-3 水深 0.9m における流動状況 (生長期)

4-1-3 ハス群落拡大の可能性

ここでは、ハス群落の生育に影響している可能性のある流動状況との関わりから、今後のハス群落の動態を考察した。

2009年現在のハス群落左岸側には手賀沼の本流が流れており、開花期に実施した流動状況把握(図4-1-4)では、群落境界に接する部分に最も速い流れが観測された。この流れは、群落凹部に流入する流れより速く、ハス群落の生育を阻害する可能性が十分考えられる。この部分は水深も最も深いため、ハス植物体にかかる力は大きく、今後横断方向へのハス群落の拡大は鈍化する可能性が考えられる。なお、2008年(GPS測量)と2009年(空中写真)のハス群落分布範囲を見ると、この1年間で横断方向にはほとんどど拡大していないことが分かる。

一方、ハス群落の下流側には非常に流速の遅い部分があり、現在はマコモ群落が発達している。1999年以降、ハス群落の下流端が拡大し続けていることから、今後このエリアでマコモと競合しながらハス群落が拡大してゆく可能性が考えられる。

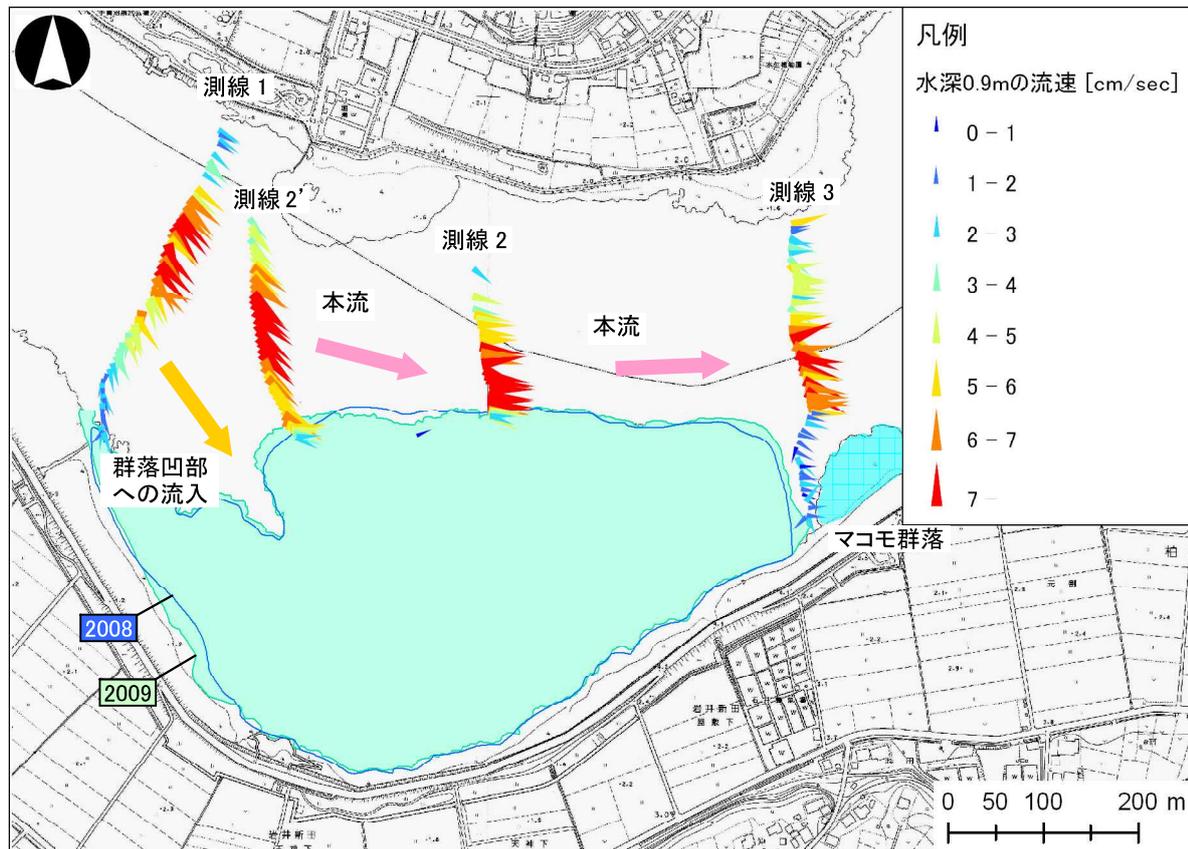


図 4-1-4 水深 0.9m における流動状況(開花期)

4-2 ハス植物体内における栄養塩含有量の動態

4-2-1 バイオマス

植物体内の栄養塩含有量の動態検討(3-3章参照)では、生長段階の異なる4時期において、群落内4箇所(図4-2-1参照)のハスを採取し、部位別に重量計測及び栄養塩含有量分析を行ったが、ここでは特にバイオマス(湿重量及び乾燥重量)の動態について、採取箇所別、時期別及び部位別に考察した。

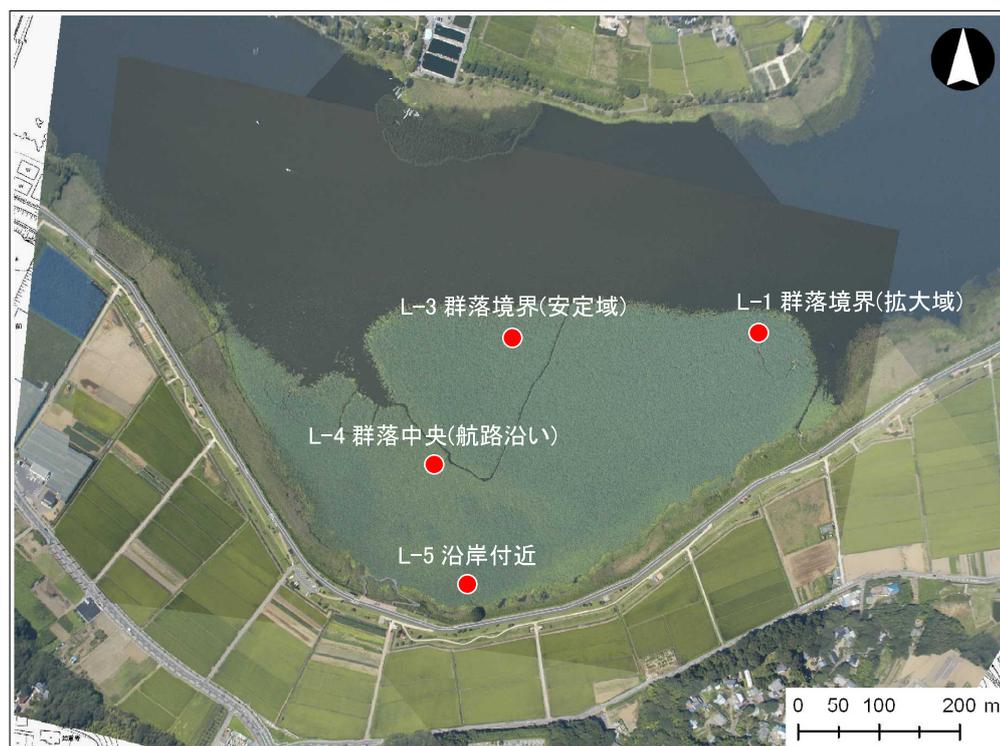


図 4-2-1 ハス植物体試料採取箇所

(1) 採取箇所及び部位別

採取箇所別のバイオマスを比較するために、4 時期に分けて採取したハス植物体の湿重量及び乾燥重量の合計値を植物体の部位別に比較した。(図 4-2-2 及び図 4-2-3 参照)

葉、茎、根ともに最も多かったのは群落境界拡大域(L-1)で、その重量は他の 3 箇所に比べて顕著に多かったといえる。

他の 3 箇所について部位別に見ると、葉の重量に顕著な差が認められなかったのに対して、茎の重量は湿重量、乾燥重量ともに L-3、L-4、L-5 の順で多かった。この順序は 3 箇所の水深順と同じで、ハスが水深に応じて茎を長く伸ばした結果と考えられる。また、根の重量は沿岸付近(L-5)が若干多い結果となった。

ハスの生育密度は、古くから群落が成立していた沿岸付近に近いほど高くなると予想されたが、実際には最も新しく成立したエリアの重量が最大となった。長年に渡り生育・枯死・堆積が繰り返された群落内では、底質中の栄養塩類濃度が低下している可能性がある他、沼底や底泥中に残存する多くの枯死体が新たなハスの生育を抑制している可能性が考えられる。

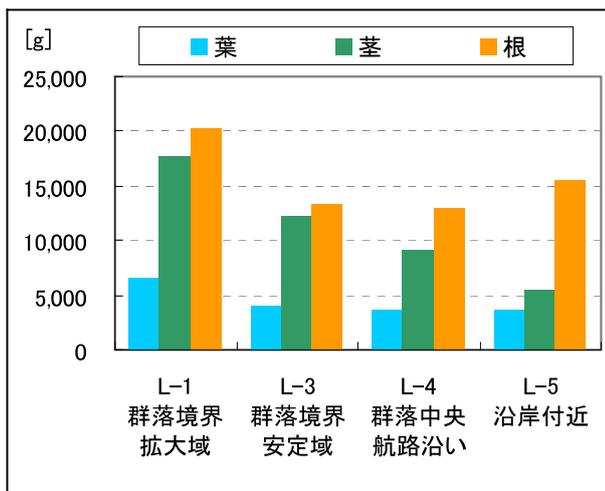


図 4-2-2 湿重量の比較(4期合計)

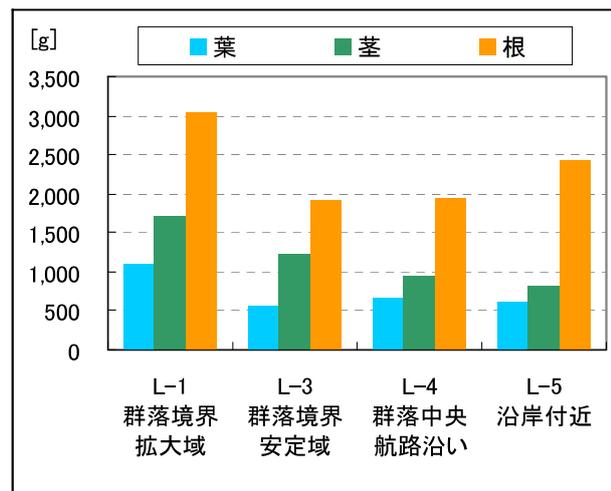


図 4-2-3 乾燥重量の比較(4期合計)

(2) 採取時期及び部位別

採取時期別のバイオマスを比較するために、4箇所では採取したハス植物体の湿重量及び乾燥重量の合計値を植物体の部位別に比較した。(図 4-2-4 及び図 4-2-5 参照)

葉と茎の重量が最も多かったのはハスの葉が最も繁茂していた開花期(6月採取)で、この時期だけ、茎の重量が根の重量を上回っていた。今後、ハスの刈取りによって沼内の有機物や栄養塩類を系外に排出する必要が生じた場合、最も効率がよいのがこの時期といえる。なお、今回の調査では地上部枯死期(1月採取)にも 10kg 程度の茎試料が採取されたが、これは全て枯れ残った枯死体である。

一方、根の重量は湿重量と乾燥重量で順序が大きく異なっていた。これは、開花期に 89.4% あった含水率(湿重量と乾燥重量の差より算定)が結実期に 81.4%、地上部枯死期に 79.7%まで低下したことによるが、このような含水率の変化が起こる理由は不明である。

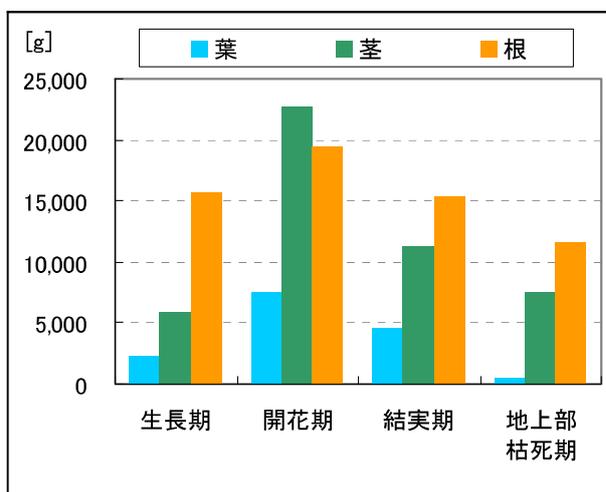


図 4-2-4 湿重量の比較(4箇所合計)

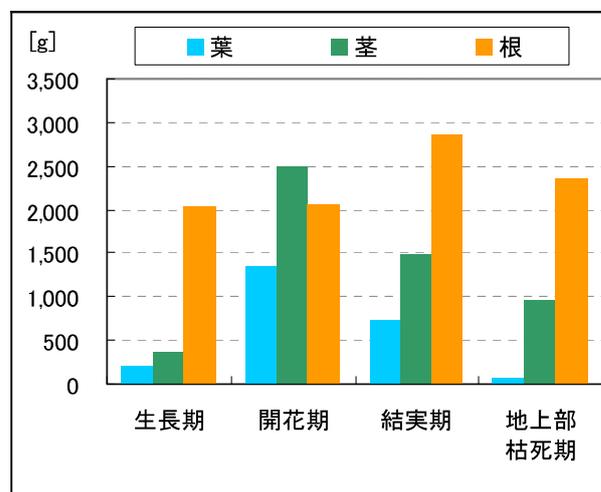


図 4-2-5 乾燥重量の比較(4箇所合計)

4-2-2 栄養塩含有量

(1) 採取箇所及び部位別

採取箇所別の栄養塩含有量を比較するために、4 時期に分けて採取したハス植物体の栄養塩含有量の平均値を植物体の部位別に比較した。(図 4-2-6～図 4-2-9 参照)

窒素含有量は全地点で葉に多く、植物体全体の半分近くが葉に局在していた。このことは、窒素が光合成色素の重要な構成要素であることと関連しているものと考えられる。

りん含有量は、L-1、L-3、L-4 で茎に少ない傾向が共通していたが、理由は不明である。

窒素とりんの含有量に共通する特徴として、群落境界部(L-1、L-3)の含有量が群落内部(L-4、L-5)に比べて多い点があげられる。この結果は底質調査(3-5 章参照)の結果とも整合しており、ハスが主として底質(及び間隙水)からこれらの栄養塩類を吸収していることを示唆する結果といえる。また、窒素とりんは植物にとって最も重要な要素であり、その含有量の差はハスの生育状況(葉量、花付き等)に影響を与えているものと考えられる。

なお、有機物の指標である有機性炭素含有量と強熱減量には顕著な差が認められなかった。

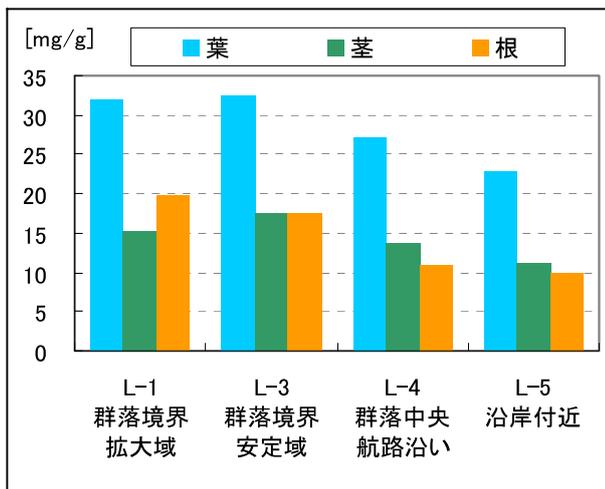


図 4-2-6 全窒素含有量の比較(4期平均)

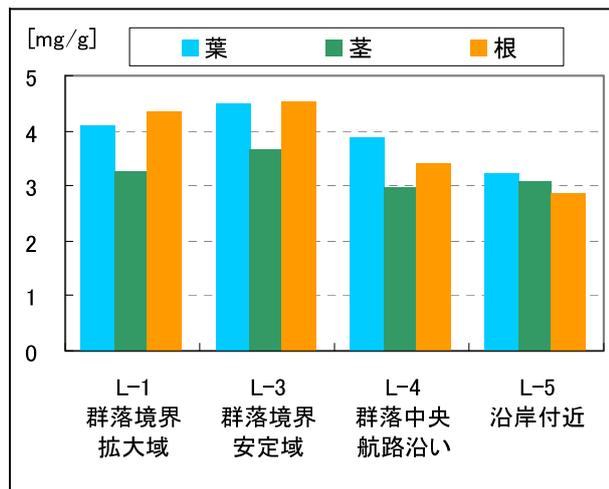


図 4-2-7 全りん含有量の比較(4期平均)

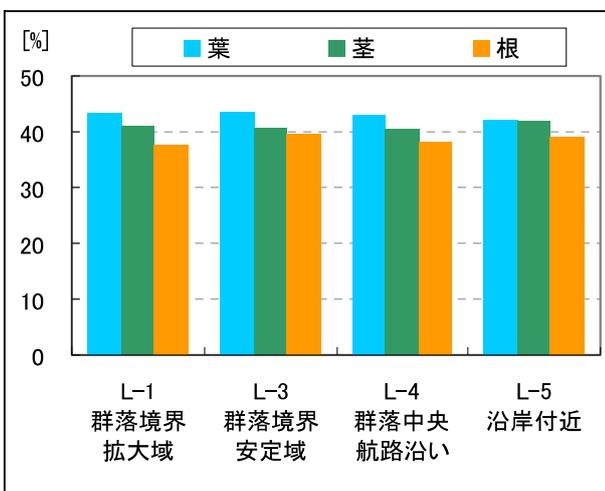


図 4-2-8 有機性炭素含有量の比較(4期平均)

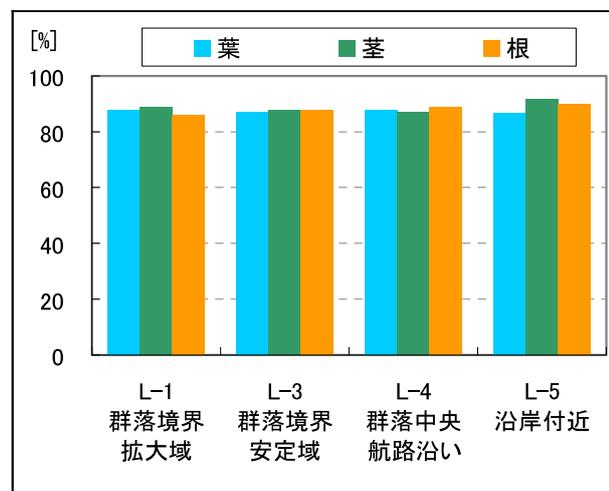


図 4-2-9 強熱減量の比較(4期平均)

※ グラフは乾燥重量に対する含有量・百分率を示す

(2) 採取時期及び部位別

採取時期別の栄養塩含有量を比較するために、4箇所で採取したハス植物体の栄養塩含有量の平均値を植物体の部位別に比較した。(図 4-2-10～図 4-2-13 参照)

葉及び茎における窒素・りん含有量は生長初期に最も多く、結実期及び地上部枯死期に向かって減少していた。同時期に根の含有量や重量が増加していないことから、花や種子を成熟させるのに利用されたものと考えられる。また、結実期以降は地上部の枯死が急速に進むため、植物体外に流出したことも含有量が減少した要因の一つといえる。

この他に、りん含有量の季節変化を部位別に見ると、生長期に茎に局在している点や結実期以降に根の含有量が減少している点など、特徴的な動態が認められる。りんは核酸の構成要素で、細胞分裂を伴う生長に必須な栄養素であることから、生長段階に応じて葉芽や花芽、根などに移動・局在しているものと考えられる。

なお、有機物の指標である有機性炭素含有量と強熱減量には顕著な差が認められなかった。

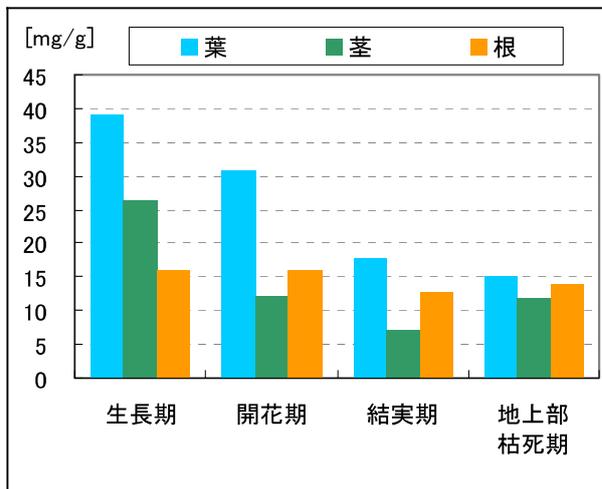


図 4-2-10 全窒素含有量の比較(4箇所平均)

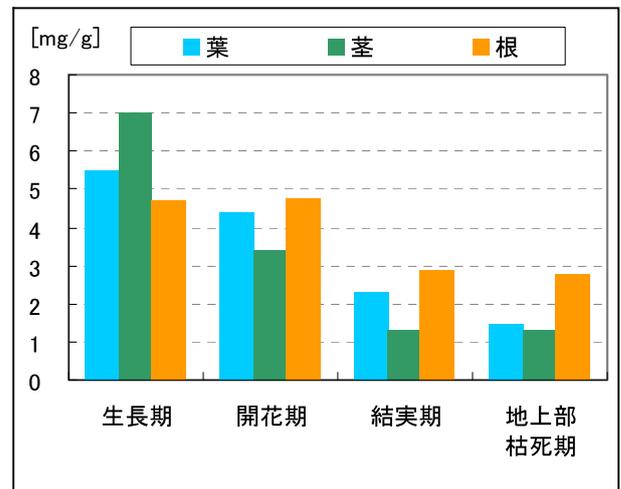


図 4-2-11 全りん含有量の比較(4箇所平均)

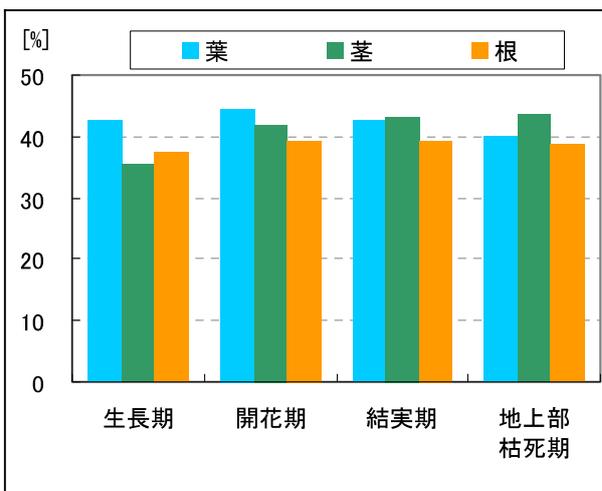


図 4-2-12 有機性炭素含有量の比較(4箇所平均)

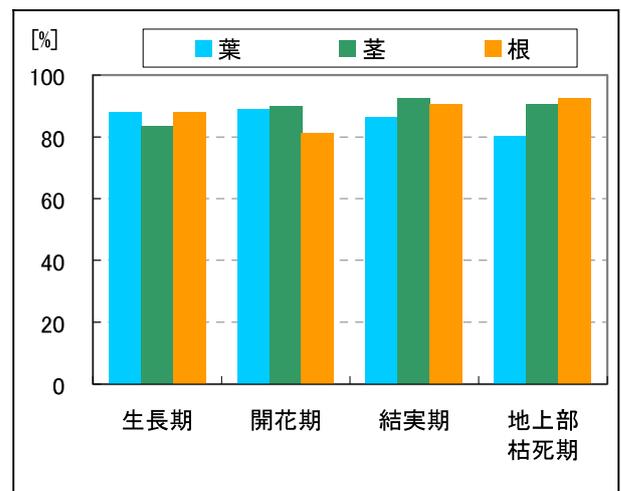


図 4-2-13 強熱減量の比較(4箇所平均)

※ グラフは乾燥重量に対する含有量・百分率を示す

4-2-3 ハス刈取りによる栄養塩類の排出効果

ハス植物体のバイオマス変化及び栄養塩含有量動態の検討から、ハスの刈取り・搬出により沼内の栄養塩を系外に排除しようとする場合、地上部(葉柄及び葉身)のバイオマスが最大となり、窒素・りん含有量が比較的多い開花期に行うことが最も効率的であることが示唆された。

ここでは、植物体内の栄養塩含有量の動態検討調査結果に基づき、開花期にハス地上部を刈取り、沼外に搬出した場合の栄養塩類除去効果をエリア別に推定した。(表 4-2-1 参照)

1m²のハス地上部に含まれる窒素量は 9.6~33.6g(平均 18.4g)、同じく 1m²のハス地上部に含まれるりん量は 2.1~6.2g(平均 3.6g)、エリアにより約 3 倍の差があったが、いずれも群落境界拡大域(L-1)が最も多く、沿岸付近(L-5)が最も少なかった。

この結果から、栄養塩類の排出を目的としてハスの刈取りを行う場合、ハスが最も繁茂する開花期に群落境界拡大域で実施するのが最も効率的といえる。また、ハス群落下流端付近は群落の拡大速度が最も速いと考えられる部分でもあり、群落拡大を抑制する上でも効果的な刈取りエリアといえる。

ただし、手賀沼では生活排水や自然由来の流入負荷量が窒素 1,384kg/日、りん 147kg/日(平成 20 年 千葉県水質保全課)と非常に多く、ハス群落全体(地上部)を刈り取って除去できる窒素・りん量が数日間で流入してくるため、ハスの刈取りによる水質改善効果は限定的と考えられる。

表 4-2-1 ハス地上部刈取りによる栄養塩類除去効果 (開花期)

	L-1 群落境界 拡大域	L-3 群落境界 安定域	L-4 群落中央 航路沿い	L-5 沿岸付近	4 箇所 平均値	ハス群落 全体
ハス地上部の 窒素含有量	33.6 g/m ²	16.6 g/m ²	13.8 g/m ²	9.6 g/m ²	18.4 g/m ²	3,439 kg
ハス地上部の りん含有量	6.2 g/m ²	2.9 g/m ²	3.1 g/m ²	2.1 g/m ²	3.6 g/m ²	672 kg

※ 開花期における乾燥重量及びハス植物体内栄養塩含有量分析結果に基づく推定値

ハス群落全体については、4 箇所平均値にハス群落面積(18.7ha)を乗じて算定

4-3 ハス群落と水質の関係

4-3-1 ハス群落前後の水質変化

ハス群落が手賀沼の水質に与える影響を考察するのにあたり、手賀沼全体の水質変化を考慮しておく必要がある。図 4-3-1 に示すとおり、手賀沼の水質はハス群落以外の要因により大きく変動しており、今回の水質調査結果についても絶対値による比較では、ハス群落による影響を正しく捕らえることができない。

そのため本章では、ハス群落に流入する水質(L-8)とハス群落から流出した水質(L-6)の変化率から中間に位置するハス群落の影響を考察した。L-6 地点の水質には群落を通過していない沼水の影響が及ぶと思われるが、群落下流端に出来るだけ近い採水地点を設定したことにより影響を低減しており、ハス群落が水質に及ぼす作用を考察する上で一定の精度を見込めるものとする。

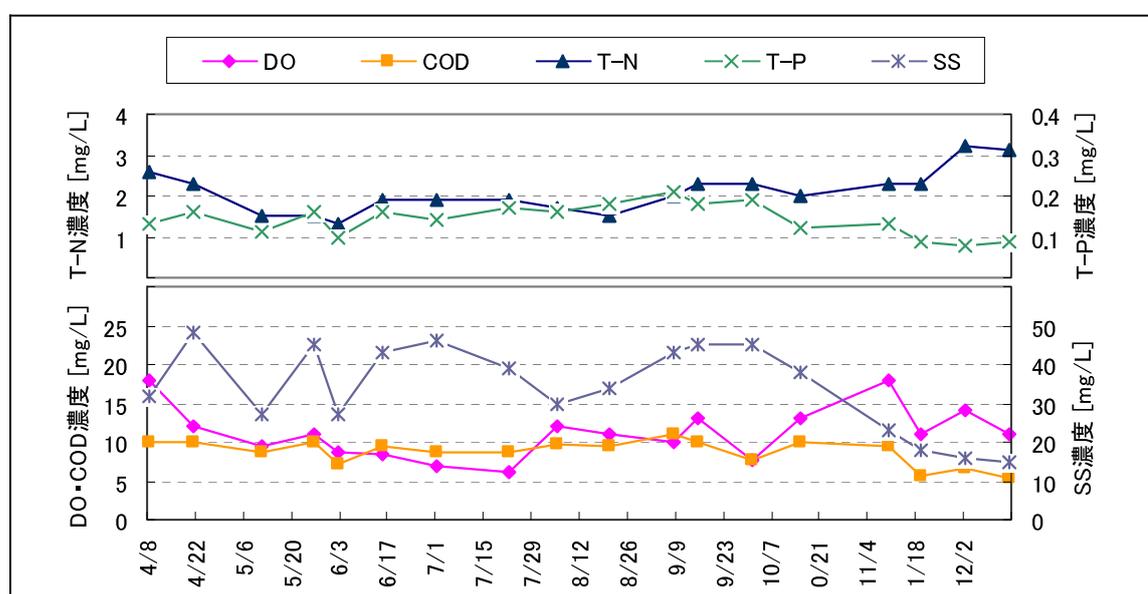


図 4-3-1 平成 21 年度水質測定結果(手賀沼中央)

出典：千葉県公共用水域水質測定結果速報値



図 4-3-2 ハス群落流入水質及び流出水質の測定地点

ハス群落に流入する水質(L-8)とハス群落から流出した水質(L-6)の変化率を表 4-3-1 に示す。

年平均では溶存酸素量(DO)、化学的酸素要求量(COD)、溶存性化学的酸素要求量(D-COD)及び亜硝酸性窒素(NO₂-N)の4項目で水質が悪化していた。

特に影響が大きかったのはDOで、ハスが繁茂する開花期を含む3期でハス群落下流におけるDOの低下が認められた。(ハスの繁茂と流速低下に伴う貧酸素化については次項で別途考察する)

有機物量を指標するCOD及びD-CODの変化率は結実期以降増加に転じており、ハス枯死体の腐植・分解による上昇と考えられる。

亜硝酸性窒素(NO₂-N)、アンモニア性窒素(NH₄-N)、全りん(T-P)及びりん酸態りん(PO₄-P)の4項目は、元来の濃度が低いためわずかな濃度変化でも変化率が大きく変動し、一貫した傾向が認められなかった。窒素やりんは植物体を構成する重要要素だが、主に根を通じて底質(及び間隙水)から吸収していると考えられ、ハスが水質中の溶存性成分を積極的に変化させている可能性は低いといえる。

これに対して浮遊物質(SS)では、生長期～開花期には減少的、結実期を過ぎると増加するという顕著な傾向が認められた。ハスが繁茂する生長期～開花期には、ハス群落内の流速が低下するため、SS分の沈降を促進しているものと考えられる。また、水中の葉柄やそれに付着する藻類などが一種のフィルターの役割を果たす、濾過効果もSS改善の一因となっている可能性がある。ただし、これらの効果は結実期以降ハスの枯死により低下し、逆に、腐植・分解されるハス枯死体がSS供給源にもなっていると考えられる。

総括すると、ハス群落による水質への影響は、夏季の貧酸素化や枯死体からの有機物・SS供給など負の効果が目立つ結果となった。ただし、手賀沼全体の流量に対してハス群落内の流量が非常に小さいことから、正負いずれの効果もごく限定的と結論できる。

表 4-3-1 ハス群落流入水質及び流入水質の変化率

分析項目	生長期	開花期	結実期	地上部枯死期	年平均
溶存酸素量 (DO)	90.1%	71.3%	91.4%	100.0%	88.2%
化学的酸素要求量 (COD)	90.4%	85.9%	120.5%	125.5%	105.6%
溶存性化学的酸素要求量 (D-COD)	96.4%	100.0%	104.0%	104.2%	101.1%
全窒素 (T-N)	100.0%	96.2%	96.4%	97.1%	97.4%
硝酸態窒素 (NO ₃ -N)	70.0%	83.3%	90.0%	80.0%	80.8%
亜硝酸態窒素 (NO ₂ -N)	84.6%	133.3%	80.0%	133.3%	107.8%
アンモニア態窒素 (NH ₄ -N)	52.0%	90.0%	100.0%	109.1%	87.8%
全りん (T-P)	77.8%	88.9%	106.7%	82.8%	89.0%
りん酸態りん (PO ₄ -P)	42.5%	105.3%	80.3%	83.3%	77.9%
浮遊物質 (SS)	68.9%	62.5%	100.0%	153.3%	96.2%

※ 変化率はL-6濃度/L-8濃度により算定
水質が改善した項目を青色、悪化した項目を赤色着色にて示す

4-3-2 ハス群落内の貧酸素化

前項では、ハス群落内における DO の低下が群落下流の水質に影響を与えていることが示唆されたが、ここでは、ハス群落内の貧酸素化状態について考察を行った。

ハス群落内での水質変化調査(3-4-3 章)では、開花期(7 月)にハス群落内外で水質の 4 日間連続観測を行った。(詳細な結果は図 3-4-36~図 3-4-39、3-58 頁を参照)

この結果から考察される、日射量、光合成量及び溶存酸素の関連を図 4-3-3 に示す。

開放水面部では、水面上に日射を遮るものが無いため、この図に示すとおり DO が増加するが、ハス群落内では夏季に繁茂する葉身が日射を遮るため、水中に到達する光量子数は開放水面部の 1/4 程度となる。これにより光合成量は抑制され、水中への酸素供給が減少する。さらに、光合成量が呼吸量を下回ると水中の O_2 は消費され続けることになる。実際、このような状況は曇の天候が数日続いた後の 7 月 22 日のデータに見られ、翌 23 日の朝には 1.7mg/L という貧酸素状態が観測された。なお、この観測値は表層 50cm のものであり、光合成量が少なく、微生物による有機物の分解作用が大きい底層部はより強い貧酸素状態になっていることが推測される。

同じハス群落内でも、開放水面部からの流入量が多い上流端や境界付近、葉が開けている航路沿いでは状況が異なるが、大部分のエリアでは一夏に数回以上このような貧酸素状態が発生しているものと考えられる。

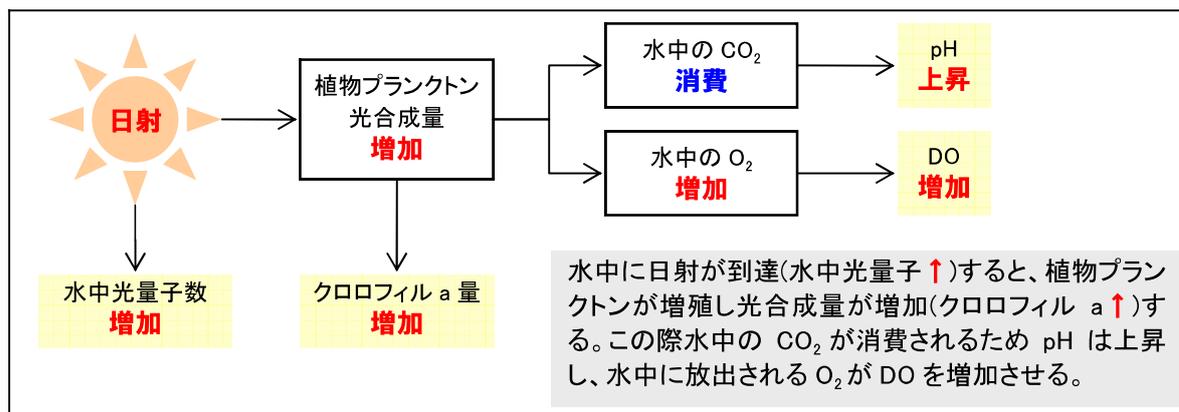


図 4-3-3 日射量・光合成量・溶存酸素量の関連

ハス群落内における採水分析の結果では、開花期(7 月)の沿岸付近(L-5)で最も低い DO 濃度(4.3mg/L)が確認された。この付近は開放水面部から最も遠く、沼水の流動がほとんど無いため、夏季の貧酸素化が最も顕著に現れるエリアといえる。このような環境では、硫黄を含む有機物が嫌氣的に分解され、硫化水素が発生する可能性があるが、手賀沼においても沿岸付近では強い硫化水素臭が感じられた。

底層水や底質の貧酸素化とそれに伴う硫化水素の発生は、移動性の低い底生生物への影響が大きく、ハス群落内の貧弱な底生生物相(3-6-4 章参照)の一因となっている可能性が考えられる。

4-4 ハス群落と底質の関係

4-4-1 粒度組成と含有量の関係

底質の栄養塩類及び有機物含有量に影響する工学的な要素の一つとして粒度組成と含水率があげられる。一般に、粘土やシルトなど粒子径が小さい土質ほど土粒子間に保持する水分が多く、単位体積あたりの土粒子表面積も大きくなるため、栄養塩類や有機物を吸着しやすく、含有量が高くなる傾向にある。本調査においても、粒径 $75\mu\text{m}$ 以上の砂分を主体とする群落中央(L-4)や群落外(L-7)に対して、粒径 $75\mu\text{m}$ 以下のシルト分と粘土分が90%以上を占める群落境界域(L-1、L-3)の底質は含水率が高く、窒素、りん及び有機物含有量も高い値を示した。

ただし、沿岸付近(L-5)の調査結果は例外的で、粒径 $75\mu\text{m}$ 以上の成分が60%を占めるにも関わらず、含水率が78%と最も高く、窒素、りん及び有機物含有量も5地点中最も高い値であった。この要因としては、底質構成要素の違いが考えられる。ハス群落内の沼底にはハス枯死体由来の腐植分が堆積しているため、採泥時はこの堆積物ごと底泥を採取したが、古くからハス群落が成立していた沿岸は堆積層が厚く、試料の大部分を腐植分が占める結果となった。このため、沿岸付近(L-5)の粒度組成に見られる $75\mu\text{m}$ 以上の成分は主に腐植分から成ると考えられ、多孔質で生体由来の栄養塩類や有機物を多く含む腐植分が、含水率や窒素、りん及び有機物含有量の分析結果に大きく影響した可能性が高い。

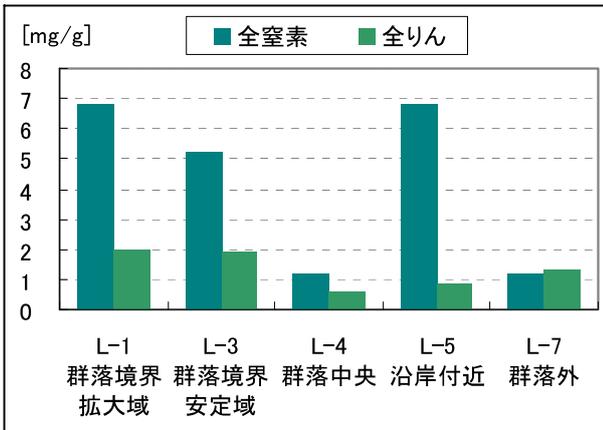


図 4-4-1 全窒・りん素含有量の比較

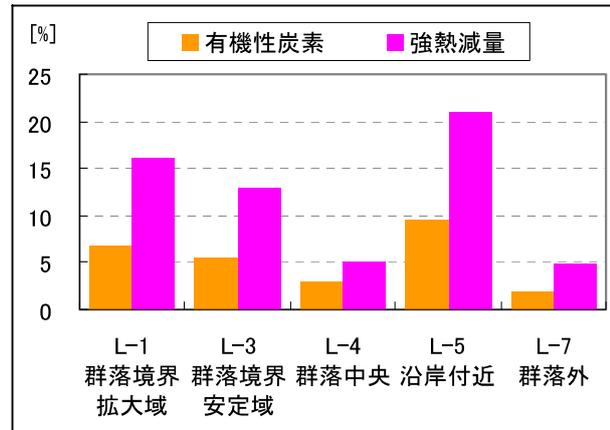


図 4-4-2 有機性炭素・強熱減量の比較

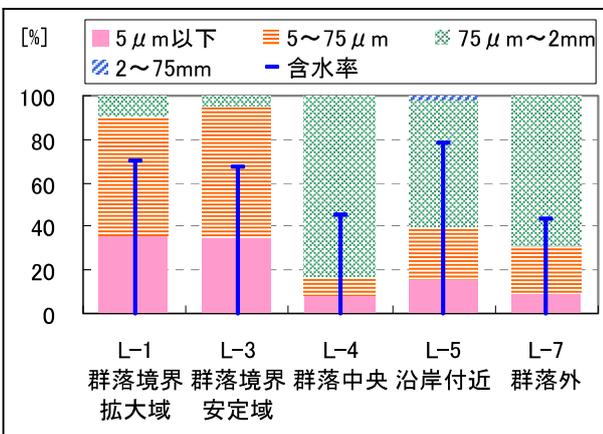


図 4-4-3 粒度組成・含水率の比較

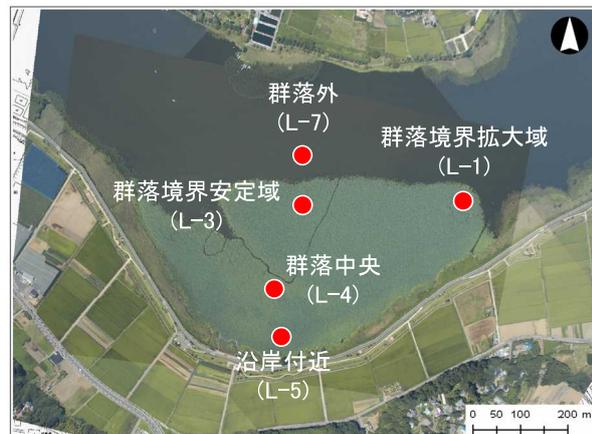


図 4-4-4 底質試料採取箇所

4-4-2 ハス群落と底質の関係

ハス群落と底質の関わりとしては、ハスによる底質からの栄養塩類の吸収、ハス植物体の枯死による底質への有機物の供給といった直接的な影響と、流動状況やプランクトン類の増殖状況の違いによる間接的な影響が考えられる。

(1) 底質からの栄養塩類の吸収

ハスは植物にとって最も重要な要素である窒素とリンを、底質から吸収していると考えられ、ハス植物体内の栄養塩含有量分析結果もこの可能性を示唆していた。

植物体内に吸収された栄養塩類は植物体の枯死により再び分解され、大部分は再び底質に還元されるが、一部は枯死体から SS 分として流失するため、長期的にはハスの生育により底質中の栄養塩類は減少してゆくものと考えられる。

また、SS 分が流失する時期には短期的に水質中の栄養塩類濃度を上昇させる可能性が考えられる。

(2) ハス枯死体からの有機物の供給

ハスはその生育過程で、光合成により空気中の二酸化炭素から有機物を合成し、その後枯死・堆積することで底質に有機物を供給する。堆積した枯死体の大部分は、微生物により分解され、二酸化炭素やメタンとして底質から除去されることが考えられるが、夏季に貧酸素化するハス群落内では分解速度が低下し、未分解のまま蓄積され有機物量が多いと考えられる。

結果的にハス群落は、空気中の二酸化炭素の吸収・貯留源として機能するが、一方で水質・底質の富栄養化や沼の浅底化など、負の影響もあるといえる。

(3) 流動状況及び植物プランクトン増殖状況による影響

前項では粒度組成と栄養塩及び有機物含有量の関係を考察したが、このような土質の差を生じた要因の一つがハス群落の存在にあると考えられる。

底質の粒度組成は水深や流速に影響を受け、流速の速い部分では粒径の小さい粘土やシルトが流され、主に砂や礫が堆積するのに対して、流速の遅い部分では小さい粒子が堆積しやすいため、粘土やシルトを主体とする底質となる。流動状況把握(3-4-1 章参照)の結果は、群落内の流速が群落外に比べて顕著に低下していることを示しており、群落外(L-7)と群落境界付近(L-1、L-3)の粒度組成の違いはこの流動状況の違いに起因するものと考えられる。

これに対して、同じ群落内でも群落中央(L-4)の粒度組成は群落外(L-7)と類似し、栄養塩類や有機物の含有量も低い値を示した。この理由は今回の調査結果からは不明であるが、群落内に流入する沼水の流れ(図 4-1-3 参照)や L-4 付近を通過する航路の存在が影響している可能性が考えられる。また、水中の栄養塩類を吸収し沈降・堆積することで底質にこれらを供給する植物プランクトンが群落外に比べて顕著に少ない(3-6-5 章及び 4-3-2 章参照)ことも、栄養塩濃度が低い要因の一つと考えられる。

4-5 ハス群落に形成される生態系

生物調査の結果からハス群落及びその周辺環境に形成されている生態系を推定し、モデルを構築した。

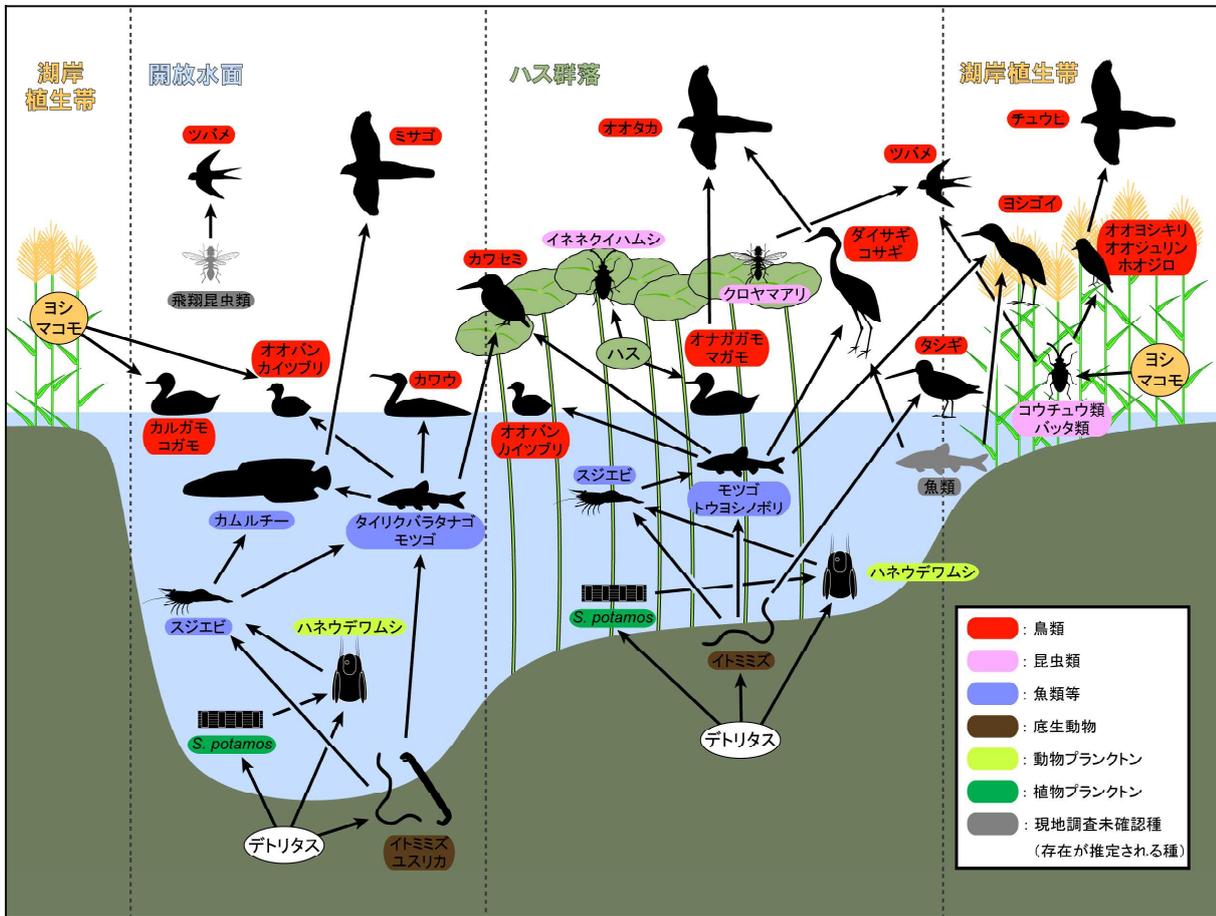


図 4-5-1 ハス群落及び周辺環境における推定生態系モデル

周辺環境(開放水面、湖岸植生帯)との比較を含め、手賀沼のハス群落に形成される生態系の特徴を以下に示す。

4-5-1 植物

ハス群落の植生はハスのみで構成されており、ハス以外の植物はほぼ存在しなかった。

4-5-2 鳥類

ハスが繁茂する夏季は、群落内部に進入できる鳥類は限定されるが、群落内部に進入可能な鳥類にとっては外敵から身を隠す場としての利用価値が高いといえる。また、茎や葉に付着する藻類は植物食の水鳥類に豊富な餌を供給し、このような環境をオオバン、カイツブリなどが子育て場や餌場として利用しているものと考えられる。

ハス群落周辺のヨシ・マコモ帯で繁殖するヨシゴイは警戒心が強く、湖岸から離れたハス群落内を安全な餌場として利用しているものと考えられる。一方、オオヨシキリやホオジロなどの小

鳥類はほとんどハス群落に進入せず、主に陸域を利用していた。

密生したハスが枯死する冬季には状況が一変する。

枯れ残ったハスの枯死体は、風や波を遮り、多くの鳥類にとって良好な隠れ場として機能する。冬季のハス群落内ではマガモ、オナガガモ、オオバン、カイツブリ、タシギなど多種の水鳥類が休息・採餌を行っており、個体数も非常に多かった。特に、マガモ、オナガガモ、タシギは開放水面地区ではほとんど見られず、これらの種にとって冬季のハス群落は貴重な生息環境となっているといえる。

また、ハスの葉身が枯死・脱落することで、夏季には進入できなかった中型～大型鳥類も利用可能となり、湖岸付近の浅場はサギ類が採餌場として利用していた。

上位捕食者では、オオタカがハス群落に集まるカモ類やサギ類を狙っており、冬季にはオナガガモやコサギを狩る場面を数回確認した。一方、開放水面で魚類を狙うミサゴやヨシ・マコモ帯で小型鳥類を狙うチュウヒはハス群落をほとんど利用していなかった。

4-5-3 昆虫類

ハス群落内に生息する昆虫類は少なく、昆虫相は非常に単純である。

昆虫類調査では、葉の上でクロヤマアリの有翅個体を多数確認したが、周辺地域で羽化した個体が群落上に飛来したものと考えられる。ハスへの依存度が高い種としては、ハスを食草とするイネネクイハムシを確認した。

湖岸植生帯ではコウチュウ類やバッタ類などを確認したが、ハス群落と共通する種は少なかった。昆虫類は植生との関連が強く、ハス群落やヨシ帯それぞれに特有の種が生息しているものと考えられる。

4-5-4 魚類・甲殻類

ハス群落内ではモツゴが多数生息していた他は、トウヨシノボリ、ヌマチチブなどのハゼ科魚類が目立つ程度であった。甲殻類ではスジエビが生息していたが、開放水面地区に比べると生息数は多くなかった。

開放水面と比較してハス群落に固有の魚類や甲殻類はほとんど無いが、開放水面地区で確認されたニゴイやカムルチーなどの大形魚類はハス群落内には見られなかった。ハス群落内では水面下も多くの空間をハス植物体が占有しており、大形魚類の進入を制限しているものと考えられる。

4-5-5 底生動物

ハス群落内の沼底にはハスの枯死体が厚く堆積しており、底質はデトリタスを豊富に含んでいる。しかし、底生動物は種数、個体数ともに極めて少なく、イトミミズ類以外の種はほとんど確認されなかった。

前述した底質及び底層水の貧酸素化とそれに伴う硫化水素の発生が、ハス群落内の底生生物相に大きな影響を与えている可能性が考えられる。

ただし、底生生物には局在性の強い種が多く、今回の調査箇所以外のエリアで生息が確認される可能性はある。

4-5-6 プランクトン類

動物プランクトンは繊毛虫類やワムシ類を中心に約 30 種が確認され、開放水面部に見られないアメーバ類などの付着性の種が含まれた。

一方、植物プランクトンは珪藻類のタラシオシラ科 *Skeletonema* 属及び *Cyclotella* 属を中心に約 50 種が確認された。開放水面部との種数や種構成の違いはほとんど無かったが、細胞数は 66%程度と少なく、植物プランクトン類の増殖が抑制されている状況が示唆された。

4-5-7 生態系モデルに見るハス群落の有用性

ハス群落内においては、ハス以外の植物が存在せず、また底生動物等の下位消費者が極めて少ないことから、群落内部における生産性は低いものと考えられる。ハス群落における生態系は、主にハス群落を外敵からの隠れ場として集まる生物と、それを餌資源として集まる生物により構成されていると考えられる。

夏季は利用種数が少なく、利用可能な限られた種がハス群落を独占する状態にある。ハス群落内部の利用種は、オオバン、カイツブリなどの下位、中位消費者が多く、外敵(上位消費者)からの身を隠す場としての利用価値が高いものと考えられる。生態系としては、上位消費者を欠いた状態であり、特殊な環境といえる。

一方、冬季はハスが枯死し水面が広がるため利用種が増える。枯れ残ったハス枯死体と同じ褐色系色彩のカモ類やタシギなどの鳥類には隠れ場としての利用価値が高いといえる。夏季と大きく異なる点は、オオタカが狩場として利用する点である。このため冬季には上位消費者までを含めた生態系が構築されている。

以上のように、ハス群落の生態系はそれ単体で見ると生息種、利用種が少なく、群落内の生態系が単純かつ不完全なものとなっている。しかし、手賀沼を構成する一環境として捉えると、ハス群落の存在が、手賀沼全体の生態系に多様性を持たせているといえる。上述した様な下位、中位消費者はハス群落の存在により繁殖、採餌、休息の場を確保し、生息環境が良好になっていると言える。さらに一部の種はハス群落に密接した生活環を持ち、生息にはハス群落が必須といえる。

なお、手賀沼ハス群落に形成される生態系において特筆すべき生物種を以下に列挙する。

オオタカ

冬季にハス群落を良好な狩場として利用していると考えられ、上位種として指標性が高い。

タシギ

タシギは一般的には大きな群れを作らない鳥類であるが、同地では推定 100 羽程度の群れが越冬していると考えられ、越冬環境として極めて優れているものと考えられる。

マガモ・オナガガモ

カルガモやコガモと同様の水面採餌ガモであるが、周辺の湖岸植生帯ではほとんど見られず、ハス群落を選好的に利用している。

4-6 ハス群落による影響の整理

以上の調査・検討結果を考慮し、ハス群落が手賀沼の環境に与える影響(メリット・デメリット)を表 4-6-1 に整理した。

表 4-6-1 ハス群落による影響 (メリット・デメリットの整理)

項目	メリット・デメリット
水質・底質	<p>繁茂期に群落内が貧酸素化するが、手賀沼全体に対する影響は限定的</p> <ul style="list-style-type: none"> ・葉の繁茂により日射が遮られ、DO 低下が発生している ・底層水や底質の貧酸素化に伴う硫化水素の発生や栄養塩類の溶出が考えられる ・繁茂期には SS を除去するが、枯死後は SS や COD の供給源にもなる ・底質から吸収した栄養塩類の一部は、枯死体から水質中に流失すると考えられる ・流速低下に伴う SS 堆積、底質の富栄養化が考えられる ・枯死体の堆積による底質の富栄養化や浅底化について情報が不足している ・群落内の流量が少ないため、手賀沼全体への影響は限定的
生態系	<p>周辺に無い環境のバリエーションを提供している</p> <ul style="list-style-type: none"> ・繁茂期は生物相が単純になり、個体数も減少する ・葉の繁茂により日射が遮られるため、ハス以外の水生植物の生育に適さない ・繁茂期は貧酸素化と硫化水素による底生生物相への影響が考えられる ・ハス群落を積極的に利用する種(希少種を含む)を確認 ・冬季はカモ類やサギ類にとって貴重な生息環境(休息・採餌場)となる ・魚類や昆虫類について、繁茂期以外の情報が不足している
観光資源	<p>観蓮やバードウォッチングなど潜在的な有用性は高いが、有効活用の工夫が必要</p> <ul style="list-style-type: none"> ・全国各地の施設で多くの集客効果が認められている ・7～8 月にはハスの花を見に来る観光客が多数認められたが、開花情報が無いためか、開花前に来る人が多かった ・手賀沼には多くのバードウォッチャーが訪れるが、ハス群落内の鳥類に関する情報が無いため、群落周辺では少なかった ・食用種のためか、花の密度が低く、多くの花は葉の下で開花していた(10 万人の観光客が訪れる伊豆沼・内沼は花密度が高く、葉の上で開花していた)
漁業・遊魚	<p>産卵場・育成場としての価値について、情報が不足している</p> <ul style="list-style-type: none"> ・漁業・遊魚の対象となるコイ類やフナ類の確認数は多くない ・大型魚が少ない群落内は、コイ類やフナ類の産卵・育成場として利用されている可能性があるが、情報が不足している

ハス群落の面積は 2009 年現在で 18.7ha まで拡大したが、手賀沼全体からすればごくわずかであり、群落内を流下する水の量も流速の速い開放水面に比べるとごく少ないものと考えられる。そのため、手賀沼全体の水質・底質及び生態系への影響は現時点で限定的といえる。ただし、今後ハス群落が横断方向や下流方向に著しく拡大した場合や枯死体の堆積による浅底化が進行した場合は、その影響程度が大きく変化することが想定されるため、継続的なモニタリングを実施してゆくことが望ましい。

一方、局所的に見ると、ハス群落の環境は手賀沼内の大部分を占める開放水面やヨシ・マコモ等湖岸植生帯とは全く異なっており、手賀沼の生態系における貴重なバリエーションの一つとして機能していることが示唆された。

手賀沼及びハス群落の利用という観点からは、観光資源や漁業・遊漁場としての価値が考えられる。アンケート調査及びヒアリング調査を行った全国のハス関連施設では、観蓮を中心に様々な形態でハスを利用しており、ハス群落の持つ潜在的な有用性が示唆された。しかし、手賀沼における実際の活用に向けては、花付きの改善や各種 PR などについて、今後の更なる検討・施策展開が必要である。