

伊豆沼・内沼のハス *Nelumbo nucifera* の 窒素含有率の季節変動

鈴木 康^{1*}・三宅保士¹・三塚ひろみ²・嶋田哲郎³・溝田智俊⁴

¹ 宮城県本吉響高等学校 〒988-0341 宮城県気仙沼市本吉町津谷桜子 2-24

TEL 0226-42-2627 FAX 0226-42-2628 e-mail suzuyasu@serenade.plala.or.jp

² 宮城県一迫商業高等学校 〒987-2308 宮城県栗原市一迫真坂字町東 133 番地

³ 宮城県伊豆沼・内沼環境保全財団 〒989-5504 宮城県栗原市若柳字上畠岡敷味 17-2

⁴ 岩手大学農学部 〒020-8550 岩手県盛岡市上田 3-18-8

* 責任著者

キーワード: 栄養塩類 刈り取り 水質浄化 窒素含有率 底質 ハス

2009年1月17日受付 2009年12月8日受理

要旨 伊豆沼の水質浄化および自然再生を目的として、優占種であるハスに関する調査解析を行なった。ハスは底質から窒素等の栄養塩類を吸収する一方、枯死した植物体は水質汚染の原因になることが懸念される。ハスの刈り取りによる沼からの栄養塩類の除去や群落の管理等の可能性を検討した。2007年に2つの実験を行なった。1つは、ハスを容器内で栽培し、植物体内での窒素移行および土壤からの窒素吸収について調べた実験である。植物体中の窒素重量の合計は、4月から8月にかけて増加し、8月と11月に同じ値となった。部位別の窒素重量および部位別の窒素寄与率の変化から、8月以降、地上部の窒素が地下部に移行したことが示された。ハスの栽培後、土壤中の窒素の34.2%が減少した。もう1つは、伊豆沼のハス群落について水面上で刈り取る実験である。8~11月の間に月1回の刈り取りを行ない、単位面積当たりの現存量および窒素含有率の値を調べた。各部位の窒素重量は8月が最も高く、11月にかけて減少した。期間を通じて葉身の値が非常に高く、8月には4.0%となった。8月にハス群落の水面上の植物体の刈り取りによって除去できる窒素の絶対量は7.9 g/m²となつた。

はじめに

宮城県北部に位置する伊豆沼・内沼(以下、伊豆沼)は、ラムサール条約登録湿地に日本国内で2番目に指定された湖沼である。かつての伊豆沼の水質は良好で、人々が沼で泳いだり、水生植物のジンサイが自生するほどであったが、現在は富栄養化が深刻な湖沼である。化学的酸素要求量(COD)による汚染度の高さは2003~2006年度まで全国の公共用水域中2番目という、厳しい状況が継続している。

2007 年度には全国で 8 番目となったものの大きな改善は見られていない(環境省 2003-2007). また, 最大水深は 1.6 m, 平均で 0.76 m と浅く, 植物遺体の堆積等による浅底化も危惧される湖沼である. 水質の改善と浅底化防止は, 平成 20 年度から開始された宮城県による伊豆沼の自然再生事業においても, 重要な課題として位置づけられている. 伊豆沼の富栄養化の原因の 1 つと考えられる窒素は, 植物にとって主要な元素の 1 つでもあり, 高等植物の生育を制限する. 植物は, 窒素を土壤から無機態窒素として吸収し, 体内で高分子の物質として蓄え, 必要に応じてそれを分解する.

伊豆沼には大型の抽水植物であるハス *Nelumbo nucifera* が野生化し, 大きな群落を形成している. ハスは日本では北海道を除いた地域に分布する(角野 2004). 伊豆沼において, ハスは優占種で, 例年開催されるハス祭りなど, 地域の特色の 1 つである. しかし, 1980 年および 1981 年夏期の洪水によって水位が上昇した際にハス群落は壊滅的な被害を受けた. ハス群落はその後, 徐々に回復したもの, 1998 年夏期にも同様に, 洪水による壊滅的な被害を受けている. この伊豆沼のハス群落の面積は, 近年, 回復が進み, 湖面の面積に対するハス群落の面積は 2006 年の 23% から 2008 年の 44% へと急激に拡大している(鹿野ほか 2008).

ハスは大型で, 現存量および乾物生産量の大きい植物である. 底質中の塊茎(以下, レンコン)で越冬し, 春になるとレンコンから地下茎を伸ばし, その節の部分から葉柄を伸ばし, 水面上で葉身を展開する. 生長に伴って多くの養分を必要とするため, 富栄養化の原因となる土壤中の窒素も根から吸収する. 生長に伴う土壤からの窒素の吸収は, 水質浄化の役割を果たすと考えられる. また, ハスは秋になると地下茎の先端数節にレンコンを形成し, 翌年に備えて養分を蓄える. ハスは開花後, 種子も多数結実するが, その殻は非常に固く, 自然状態での発芽は稀と思われる. 秋以降に形成されるレンコンは, 夏期に現存量の大きくなった地上部分から養分を受け取ることで肥大すると考えられる. ハスの地上部は, 晩秋には枯れて水中に入り, 分解される. ハスは生長段階においては底質から窒素等の栄養塩類を吸収することで水質浄化に貢献するが, 秋に枯死した地上部は沼の水質にとって負荷となり, 一転して水質汚染や浅底化の原因になることが懸念される.

ハスの地上部分の窒素含有率が高い時期に水面上で刈り取って沼から持ち出すことは, 沼の栄養塩類を除去することにつながり, 伊豆沼の水質浄化を行なえる可能性がある. そのためには, ハス植物体の部位別に窒素含有率の季節変動を把握する必要がある. Nohara (1996) は, コンクリート池でハスを栽培し, ハス植物体の部位別の現存量の季節変動について調べている. 地上部の現存量は 8 月末に最大となり, 9~11 月に, 地下部の現存量の割合が増大している. また, 伊豆沼の水生植物について行なわれた調査では, 8 月に調べたハスの植物体の窒素含有率は 2~4% であり, 他の水生植物と比較すると高い値となっている(渡部ほか 2005). これらの調査研究において, 窒素含有率の時系列変化や, 地上・地下部間における窒素の移行については記述されていない. さらに, 食用として栽培されるハスでは, 食材として可食部の養分の分析は一般的に行なわれている. 食用のハスは, レンコンが太い栽培品種であり, 蓮田等の圃場において多施肥で生産され, 伊豆沼に自生するハスとは種類や生育環境が大きく異なる. そのため, 食用のハスの窒素含有率等の値を野生状態のハスにそのままあてはめることはできない.

以上のことから, 野生のハスに関するデータ, 特に部位別の窒素含有率の季節変動に関するデータは少ないため, 伊豆沼に自生するハスについて, 改めて独自に調べる必要があった.

そこで, 伊豆沼の水質浄化に向けて, ハスに関する基礎データを得ることを目的として, 2007 年 4 月から 2007 年 11 月に平行して 2 つの実験を行なった. 1 つは, ハスをビニールハウス内に設置した容器を

用いて栽培し、閉鎖系におけるハスの植物体内での窒素移行および土壤からの窒素吸収について調べた実験である。もう1つは、伊豆沼に自生するハス群落について水面を境として刈り取り、植物体中の窒素含有率の季節変動を調べる開放系での実験である。

表1. 栽培容器からの分析試料の採取時期(2007年)。

栽培容器No	設置内容 (4月21日)	試料採取			
		4月21日	6月25日	8月24日	11月4日
1~3	土壤のみ	土壤			土壤
4~7	土壤+種レンコン		植物体		
8~11	土壤+種レンコン			植物体	
12~15	土壤+種レンコン	土壤			植物体・土壤
植え付けなし	—	種レンコン3個			

方法

1) 容器栽培によるハスの窒素含有率および土壤からの窒素吸収量分析

栽培には、2007年4月14~15日に伊豆沼で採取したレンコンと底質の土壤を用いた。2007年4月21日、直径約40cm、容量40Lの円筒形の容器に土壤を30cmの深さまで入れ、1節分のレンコンを土壤の底付近に植え付けた。栽培容器には数cmの深さに水を張り、無施肥で栽培した。雨水による窒素の流亡を防ぐために、栽培はビニールハウス内で行なった。ビニールハウスでは通風を確保し、温度の調整は行なわなかった。また、蒸発によって栽培容器の土壤表面が表出しないように適宜灌水したが、窒素の流亡を防ぐために、灌水の際には容器から水があふれないように注意した。容器No.1~3には土壤のみを入れ、ハスの栽培による土壤の変化を比べるための対照とした。

分析試料の採取は、植物体と土壤について行なった(表1)。植物体の試料採取は植え付け後、およそ2ヶ月毎の3時期(6月25日、8月24日、11月4日)にそれぞれ4個の容器から植物体全体を掘り出した。それぞれの試料採取時期においてハスは、生長・開花(6月25日)、開花後(8月24日)、枯死(11月4日)の状態であった。採取した植物体は、葉(葉柄を含む)、花(花柄を含む)、移植時のレンコン(以下、種レンコン)、後期に形成されたレンコン(以下、新レンコン)、その他の地下茎の5つの部位に分けた。土壤などの付着物を水で洗い流した後、1日程度風乾し、湿重量を計測し、時系列で現存量を求めた。その後、劣化を防ぐためにできるだけ早く恒温器に入れ、60°C下で恒量に達するまで約2週間入れて絶乾し、乾燥重量を計測した後、窒素含有率分析のために微粉末に粉碎した。なお、1節分の種レンコン3個も分析試料とした。

また、土壤の採取は、植え付け時と植物試料の採取時に、栽培容器No.12~15および対照用のNo.1~3からそれぞれ行なった。容器の中央付近の土壤が比較的均一な部分から垂直に直径約3cmの柱状に土壤を採取した。採取後、薄く広げて乾かしたのち絶乾し、植物纖維等を取り除いたものを分析試料とした。

2) 伊豆沼に自生するハスの地上部分の窒素含有率分析

伊豆沼に自生するハスを、8月から11月の間、およそ1ヶ月ごとに水面上の植物体を刈り取り、部位別に窒素含有率および現存量を調べた。採取時期のハス群落のおおよその生育段階は、8月に開花の盛期、9月に結実、10月に葉の部分的な枯死、11月に群落全体が枯死という状況であった。採取は、船外機付きボートを使用して沼内を移動し、伊豆沼の北岸に近い均質なハス群落内で行なった。水面に1×1mの方形区を4箇所設定し、水面上の植物体をすべて採取した。採取した植物体は、葉、葉柄、花(9月以降は花床)、花柄の4部位に分け、1)と同様の処理を行ない、分析試料とした。

試料中の全窒素含有率の分析は、岩手大学農学部農業生命科学科の施設において、次の手順で行なった。絶乾後に微粉末にした植物試料50mg(土壤試料の場合は100mg)を熱濃硫酸と過酸化水素水によって分解したのち、水蒸気蒸留(Kjeldahl distillation)し、溜出アンモニア態窒素を混合指示薬入り2%ホウ(水ーエタノール混合)液5mLで捕捉し、10mM硫酸溶液で滴定することによって求めた(土壤養分測定法委員会 1976)。

表2. 2007年に容器栽培したハスの部位別の湿重量、乾燥重量、窒素重量、全窒素含有率、窒素寄与率の季節変化。

(N=4)		湿重量[g]				乾燥重量[g]				窒素重量[g]			
試料採取月日		4月21日	6月25日	8月24日	11月4日	4月21日	6月25日	8月24日	11月4日	4月21日	6月25日	8月24日	11月4日
栽培容器No		-	4-7	8-11	12-15	-	4-7	8-11	12-15	-	4-7	8-11	12-15
葉	-	216.9	141.4	85.6	-	56.7	78.4	69.4	-	1.1	1.6	0.8	
花	-	87.9	31.1	28.1	-	14.6	22.0	23.6	-	0.2	0.3	0.2	
部 位 地下茎	-	264.6	453.5	371.5	-	33.1	116.7	100.6	-	0.4	1.8	1.3	
種レンコン	187.5	62.7	25.8	32.9	37.1	8.1	4.6	4.4	0.8	0.1	0.1	0.1	
新レンコン	-	-	-	126.2	-	-	-	62.6	-	-	-	1.3	
合 計	187.5	632.1	651.7	644.2	37.1	112.5	221.7	260.6	0.8	1.8	3.8	3.8	

(N=4)		全窒素含有率[%]				窒素寄与率[%]			
試料採取月日		4月21日	6月25日	8月24日	11月4日	4月21日	6月25日	8月24日	11月4日
栽培容器No		-	4-7	8-11	12-15	-	4-7	8-11	12-15
葉	-	2.0	2.1	1.2	-	62.5	43.8	21.7	
花	-	1.5	1.2	1.0	-	10.0	7.0	7.8	
部 位 地下茎	-	1.2	1.6	1.3	-	20.1	47.4	32.8	
種レンコン	2.2	1.6	1.4	2.0	100.0	7.5	1.8	2.1	
新レンコン	-	-	-	2.1	-	-	-	35.6	
合 計					100.0	100.0	100.0	100.0	

結果

1) 容器栽培したハスの窒素含有率および底質からの窒素吸収量

ハスの状態は6, 8, 11月の採取時期別に次のようになった。6月には葉、花、地下茎が形成され、種レンコンは劣化が始まっていた。また、8月から11月にかけては地上部が徐々に枯れ始め、11月には地下

茎の先端に新レンコンが形成された。

表2に6, 8, 11月の採集時期毎の部位別の湿重量, 乾燥重量, 窒素重量, 全窒素含有率, 窒素寄与率を示した。窒素寄与率は、部位別に求めた窒素含有率と乾燥重量の積による窒素重量が、植物体全体中に占める割合である。

6月と8月の部位別の窒素含有率の値は植物体中で葉の値が最も高く、それぞれ2.0%, 2.1%であった。11月には葉の値は1.2%に下がり、新レンコンの値が2.1%と最も高くなかった。

葉の窒素寄与率の値は、6月には62.5%と最も高く、8月には43.8%, 11月には21.7%と、徐々に低下した。また、葉と花を合計した地上部の窒素寄与率は、6月に72.5%を占め、8月には50.8%，葉が枯死した11月には、地上部の窒素寄与率は29.5%となった。

11月の種レンコンを除く地下部の窒素寄与率は68.4%を占めた。種レンコンの11月の値は比較的高かったものの、乾燥重量は小さく、窒素寄与率も小さくなかった。

1節の種レンコンから栽培した植物体に含まれる窒素重量は、4月(0.8 g)から8月(3.8 g)まで3.0 g増加し、8月と11月はほぼ同じ値となった(図1)。

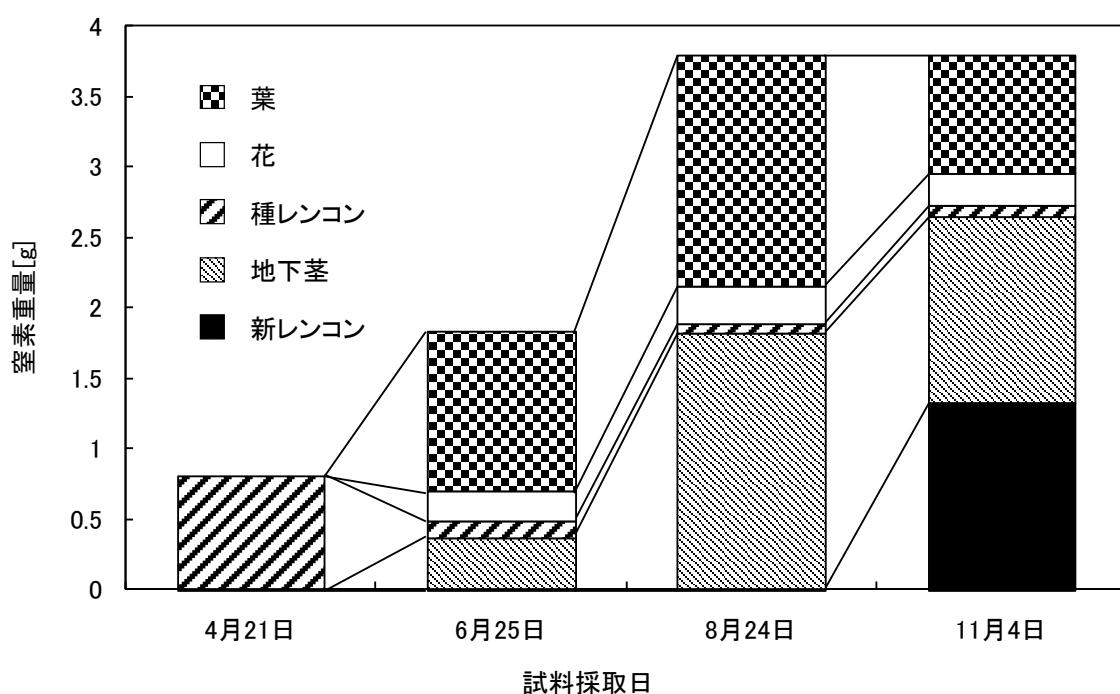


図1. 2007年に容器栽培したハスの部位別の窒素重量。

表3に土壤中の窒素含有率の変化について、栽培開始直後(4月26日)と栽培後(11月4日)のそれぞれの平均値を示した。ハスを栽培した土壤中の窒素含有率は、植え付け時の0.44%から栽培後の0.29%まで、0.15%減少した。ハスを栽培しなかった土壤(栽培容器No.1~3)では、栽培期間の前後でほとんど変化しなかった。

表3. 土壤中の窒素含有率の季節変化(2007年)。

栽培容器No	設置内容 (4月21日)	窒素含有率[%]	
		4月26日	11月4日
1~3	土壤のみ	0.32	0.34
12~15	土壤+種レンコン	0.44	0.29

2) 伊豆沼に自生するハスの地上部分の窒素含有率

表4に8~11月に採取した試料の時期別、部位別の湿重量、乾燥重量、窒素重量、全窒素含有率、窒素寄与率のそれぞれ平均値を示した。

8月の葉の窒素含有率は4.0%であった。葉身の現存量および窒素含有率の値は、他の部位に比べて期間を通じて顕著に高かった。それにともなって、葉身の窒素重量および窒素寄与率においても葉身の値は高かった。

部位別の窒素重量は、いずれも期間を通じて8月が最も高かった(図2)。水面上の植物体中の窒素重量は、葉身で5.8 g/m²、植物体全体では7.9 g/m²であった。

表4. 伊豆沼に自生するハスの2007年における部位別の湿重量、乾燥重量、窒素重量、全窒素含有率、窒素寄与率の季節変化。

(N=4)		湿重量[g/m ²]				乾燥重量[g/m ²]				窒素重量[g]			
試料採取年月日		8月7日	9月15日	10月14日	11月10日	8月7日	9月15日	10月14日	11月10日	8月7日	9月15日	10月14日	11月10日
部 位	葉 身	623.8	703.5	265.0	130.8	147.9	165.5	124.0	68.4	5.8	5.6	3.5	1.4
	葉 柄	378.8	327.0	102.5	97.7	49.1	57.5	31.1	46.0	0.6	0.5	0.2	0.3
	花 柄	198.2	112.0	37.8	25.2	28.1	27.2	30.5	16.3	0.5	0.3	0.3	0.2
	花 托	107.2	56.5	71.1	30.5	30.1	22.2	28.3	22.4	0.9	0.2	0.2	0.2
合 計		1308.1	1199.0	476.3	284.2	255.2	272.4	213.8	153.1	7.9	6.5	4.3	2.1
(N=4)		窒素含有率[%]				窒素寄与率[%]							
試料採取年月日		8月7日	9月15日	10月14日	11月10日	8月7日	9月15日	10月14日	11月10日	8月7日	9月15日	10月14日	11月10日
部 位	葉 身	4.0	3.4	2.8	2.1	74.0	85.5	82.5	68.9				
	葉 柄	1.3	0.8	0.7	0.6	8.1	7.1	5.2	12.5				
	花 柄	1.8	1.0	1.0	1.0	6.3	4.3	6.9	11.1				
	花 托	3.1	0.9	0.8	1.0	11.6	3.2	5.5	7.5				
合 計						100.0	100.0	100.0	100.0				

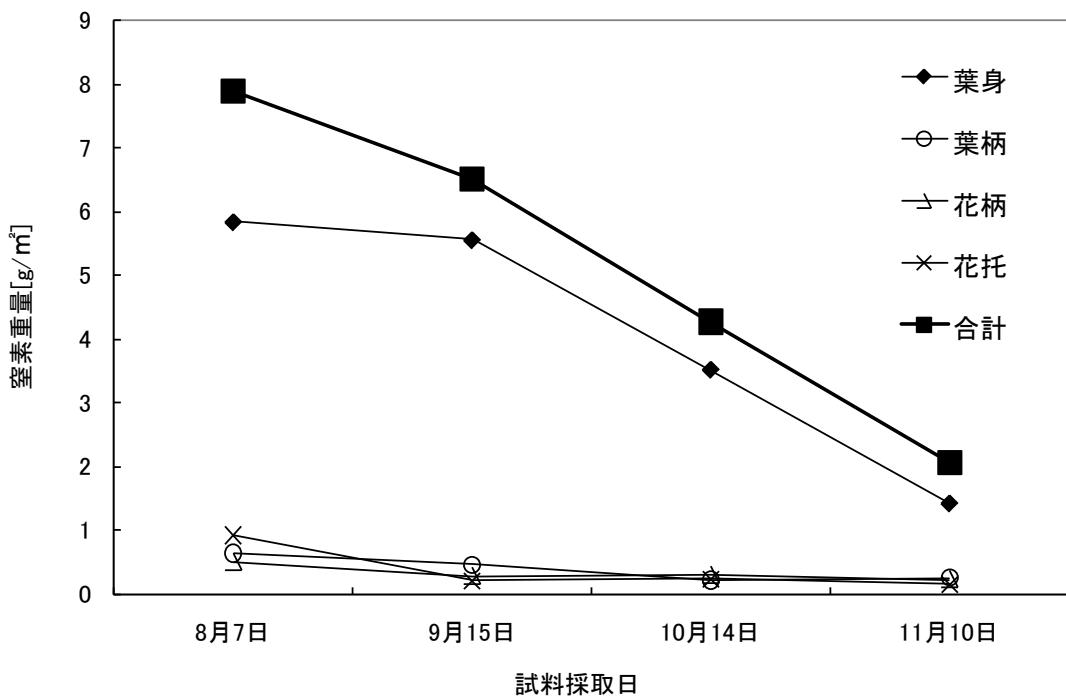


図2. 伊豆沼に自生するハスの2007年における窒素重量の季節変化.

考察

1) ハス植物体内での窒素移行

栽培実験において、1節の種レンコンから生長した植物体全体に含まれる窒素重量は、4月から8、11月までの間に、3.0 g増加した(表2)。この増加は、土壤中の窒素含有率の変化からも(表3)、ハスが生長に伴って土壤から窒素を吸収し、植物体に蓄えたためと考えられる。栽培期間にハスが土壤から吸収し、植物体内に蓄積した窒素の絶対量は、栽培容器の土壤表面積をもとに 23.9 g/m^2 と見積もられた。

窒素寄与率の変化から、6月に地上部に高い割合で存在した窒素は、8月以降、地下部に多くなった。植物体中の窒素重量の合計は、8月と11月に同じ値となったことから、夏から秋にかけては、ハスが土壤から窒素を吸収して植物体に蓄える速度は落ち、それまで地上部に多く存在した窒素が地下部に移行する段階であると考えられる。

この実験は、閉鎖系において無施肥で行なったため、生育状況は自然状態とは異なった。伊豆沼の自然条件下では、窒素等の栄養塩類は常に周囲の土壤や水から供給されることで、ハスによる窒素の吸収量は大きくなると考えられる。これに伴い、植物体の生长期間はより長く、現存量もより大きくなると考えられる。追肥しながらハスを栽培し、湖の底質土壤の絶対量や窒素含有率、さらには沼に流入する河川等の窒素含有率等のデータを参考にして、自然条件下に相当する単位面積当たりの換算を行なうことが、今後の課題と考えられる。

伊豆沼のハス群落の水面上の植物体に含まれる窒素の絶対量は8月に最も高い値を示し、11月にかけて徐々に減少したことは、栽培実験の傾向と一致する。季節の進行に伴う水面上の植物体中の窒素の減少は、枯死により失われた葉身や花床の分を除き、その大部分が地下部へ移行したと考えられる。

2) ハスによる土壤からの窒素の吸収

ハスの容器栽培実験では、栽培期間の前後で、土壤中の窒素含有率は、0.44%から 0.29%まで、0.15%減少した(表 3). これを窒素の絶対量で考えると、土壤中に存在した全体の窒素の34.2%が減少したことになる。また、容器内の土壤の重量等(湿重量 43,000 g, 含水率 63.3%, 乾燥重量 15,787 g)をもとに算出すると、栽培の前後で 1 個の栽培容器の土壤から窒素の絶対量で 23.6 g が減少したこととなる。対照である土壤のみの容器では、実験の前後の値の変化は非常に小さいため(表 3)，土壤のみで起こる変化は無視できると仮定すると、土壤から除去される窒素の絶対量は 188.0 g/m²と見積もられる。栽培容器の土壤の表面積が 0.1256 m²(直径 20 cm)で、ここから窒素が 23.6 g 減少したことから、1 m²あたりの窒素の減少量を算出した。なお、1) で述べたのと同様に、ハスによる土壤からの窒素吸収量についても、伊豆沼の環境に近い条件下で実験し、見積もることは、今後の課題と考えられる。

対照実験との比較から、土壤から窒素が除去された原因是ハスの栽培によると考えられる。1 個の栽培容器の土壤から除去された窒素が 23.6 g であったのに対し、この中で栽培したハスの植物体内での窒素の増加量は 3.0 g(4 月 21 日: 0.8 g, 11 月 4 日: 3.8 g)となつた。ハスの体内に吸収された窒素は、土壤から除去された窒素全体の 12.7% に過ぎず、土壤から除去された窒素の大部分(87.3%)は植物体内に蓄積されていないことになる。ハスなどの抽水植物は、葉と地下茎の間で空気が流れる構造をしており、ハスの植物体内の地上・地下部間での貫流があると考えられている(野内 2001)。根茎部に輸送された酸素により、根の表面部分で硝化が起り、その後、嫌気的な条件下で脱窒が起こる可能性がある(細見 2003)。ハスが土壤から吸収する以外にも、ハス根圏での脱窒等の作用により土壤から窒素が除去できる可能性もあり、今後検証していくべき課題と考えられる。

3) 伊豆沼のハス群落の管理に向けて

ハスの刈り取りにより伊豆沼の水質浄化を行なう場合、刈り取る植物体中の窒素重量の把握が重要となる。それぞれの実験から、ハスの植物体中の窒素の移行の状況と、伊豆沼のハス群落の刈り取りによって除去できる窒素重量の季節変動が解明できた。これらを総合すると、窒素除去の効率が高いのは 8 月と考える。地上部の窒素重量の値は 8 月まで増加して最大となり、9 月以降は地下部への窒素の移行によって刈り取りの効果が小さくなることがその理由である。

ハス群落の刈り取り作業は、水面を境に行なうのが現実的な方法と考える。この水面上の植物体中の窒素重量を部位別に見ると、葉身の値が期間を通じて最も高い値を示し、8 月には水面上の植物体全体のうち 74% を占めたことから、特に葉身の刈り取りは重要であると言える。8 月に葉身の刈り取りによって除去できる窒素の絶対量は 5.8 g/m²、水面上の植物体全体では 7.9 g/m² となつた。各部位の値が最も低くなる 11 月に刈り取った場合には、8 月の値に対し、葉身でわずか 24%、全体でも 27% の窒素しか除去できなくなる。

伊豆沼において、ハスは 5 月に水面に葉を展開し始めるため、5~7 月の期間の調査を行なっていないことは課題である。しかし、ハスの地上部の現存量は 7 月までは小さく、8 月以降、現存量は急激に増加していることから(Nohara 1996)、伊豆沼においても 7 月以前の刈り取りによる窒素除去量は小さいと考えられる。今後、伊豆沼での 5~7 月においても解析を行ない、状況を把握したい。

伊豆沼で分布を急激に拡大しつつあるハス群落を抑制し、管理方法の検討を行なうことも、窒素除去とは別の観点から必要と考える。

霞ヶ浦のハス群落において、地上・地下部の現存量の変化や、洪水による群落への影響について研究されている(Nohara & Tsuchiya 1990). 6~7月の間は地下部の現存量の減少は小さく、7~8月の間はその減少が大きい。洪水の影響は差し引いても、7~8月にかけての地下部の現存量の減少は、その養分が地上部の生長に用いられた可能性がある。また、8月以降の地下部の現存量の増加は栽培実験の結果と一致し、生長した地上部の窒素が地下部に移行する時期と考えられる。地上部が生長する時期、あるいは地上部の窒素が地下部に移行する直前の時期に行なう刈り取りが、翌年の群落の抑制につながる可能性がある。また、洪水時の水位変動の条件の組み合わせによって、ハス群落の影響の違いが考察されている。ハスの生长期に、十分生長した葉が長期間水没して枯死し、地下部の養分の蓄えが少ないという条件が重なると、ハス群落に重大な影響が出ると考えられている。また、ハスは水深 50 cm で現存量が最大となり、それ以上の水位では現存量は減少するとされる(Nohara & Kimura 1997).

以上の例を参考にしながら、刈り取りの時期や水位の管理の工夫などにより、ハスの密度やハス群落の占める面積を管理する視点を持つことが必要である。しかし、水位の管理による生物相全体への悪影響や、極端な刈り取りによるハス祭りへの影響等についても配慮すべきである。このような伊豆沼の現状を把握しながら、自然再生に向けて、沼からの窒素の除去やハス群落の管理の具体的な方法を検討していくことが重要と考える。

謝辞

本調査を行なうに当たり、マコモ軍団の方々には沼からの種レンコン採取に協力いただきました。伊豆沼・内沼環境保全財団の進東健太郎氏には、伊豆沼での試料採取時の舟の運航をしていただきました。また、岩手大学農学部の佐々木みなみ氏には窒素含有率分析にあたりご指導、ご協力いただきました。心より感謝申し上げます。本研究は、平成 19 年度日本学術振興会科学研究費補助金(奨励研究)の助成を受けて行なった。

引用文献

- 土壤養分測定法委員会. 1976. 土壤養分分析法. 養賢堂, 東京.
- 細見正明. 2003. 水生植物が水質浄化に果たす役割. 島谷幸宏・細見正明・中村圭吾(編). エコテクノロジーによる河川・湖沼の水質浄化. 110-125. ソフトサイエンス社, 東京.
- 角野康郎. 2004. 日本水草図鑑. 文一総合出版, 東京.
- 環境省. 2007. 公共用水域水質測定結果. <http://www.env.go.jp/water/suiiki/index.html>.
- Nohara, S. & Tsuchiya, T. 1990. Effects of water level fluctuation on the growth of *Nelumbo nucifera* Gaerth. In Lake Kasumigaura, Japan. Ecological Research 5: 237-252.
- Nohara, S. 1996. Growth of Indian lotus (*Nelumbo nucifera* Gaerth.) and the influence of Tuber Density on Foliage Structure and Biomass. Jpn. J. Limnol. 57: 235-243.
- Nohara, S. & Kimura, M. 1997. Growth characteristics of *Nelumbo nucifera* Gaerth. in

- response to water depth and flooding. Ecological Research 12: 11-20.
- 野内 勇. 2001. 湿地・水田からの大気への水生植物によるメタン放出機構. 2. ハススイレンヨシなどの水生植物のガス輸送:マスフロー. 大気環境学会誌 36 :A51-A57.
- 鹿野秀一・菊地永祐・嶋田哲郎・進東健太郎. 2008. 伊豆沼・内沼のハス群集の生育拡大状況. 日本陸水学会講演要旨集 73: 208.
- 渡部正弘・佐々木久雄・小山孝昭・阿部郁子・牧 滋・大庭和彦. 2005. 伊豆沼の水生植物分布調査(水質浄化に関連して). 宮城県保健環境センター年報 23:95-97.

Izunuma-Uchinuma Wetland Researches 4: 9-18, 2010

Seasonal change of nitorogen content of *Nelumbo nucifera*
in Lake Izunuma-Uchinuma

Yasushi Suzuki^{1*}, Yasushi Miyake¹, Hiromi Mitsutsuka²,
Tetsuo Shimada³ & Chitoshi Mizota⁴

¹ Miyagi Prefectual Motoyoshi-hibiki high school. 2-24 Tsuyasakurago, Motoyoshi, Kesennuma,
Miyagi 988-0341, Japan. TEL 0226-42-2627 FAX 0226-42-2628
e-mail suzuyasu@serenade.plala.or.jp

² Miyagi Prefectual Ichihasama Commercial high school. 133 Machihigashi, Masaka, Ichihasama,
Kurihara, Miyagi 987-2308, Japan.

³ The Miyagi Prefectual Izunuma-Uchinuma Environmental Foundation. 17-2 Shikimi, Kamihataoka,
Wakayanagi, Kurihara, Miyagi 989-5504, Japan.

⁴ Faculty of Agriculture, Iwate University. 3-18-8 Ueda, Morioka, Iwate 020-8550, Japan.

* Corresponding author

Received: January 17, 2009 / Accepted: December 8, 2009