

平成 29 年度
ハス刈取り事業委託

報告書

平成 29 年 11 月

株式会社水圏科学コンサルタント

目次

I	業務概要	1
1.	受託内容	1
1-1.	件名	1
1-2.	目的	1
1-3.	場所	1
1-4.	期間	2
1-5.	内容	2
1-6.	発注者	2
1-7.	受注者	2
2.	実施項目及び数量	3
3.	実施フロー	4
II	実施内容	6
1.	事前準備	6
1-1.	既存知見・調査結果の把握	6
1-2.	現地踏査	7
1-3.	関係者への事前説明及び調整	7
1-4.	法令に基づく手続き	8
1-5.	安全対策について	8
2.	ハス群落の試験的刈取り	9
2-1.	実施日時	9
2-2.	使用機材・船舶	9
2-3.	実施範囲	10
2-4.	実施方法及び結果	10
(1)	葉・茎等の刈取り	10
(2)	根茎の切断	11
(3)	陸揚げ	11
(4)	刈取り物の処理	11
2-5.	見学者	12
2-6.	作業上の課題等	12
(1)	実施時期について	12
(2)	刈取り・回収方法について	12
(3)	根茎の切断について	13
(4)	陸揚げ及び処理について	13

(5) 陸揚げ場所について	13
2-7. 課題解決に向けた提案	13
(1) 実施時期について	13
(2) 刈取り・回収方法について	14
(3) 根茎の切断について	14
(4) 陸揚げ及び処理について	14
(5) 陸揚げ場所について	14
3. 刈取り後の葉・茎等の放射性物質濃度測定	19
3-1. 実施日時	19
3-2. 試料採取位置	19
3-3. 分析試料	19
3-4. 分析項目・分析方法	20
3-5. 分析結果	21
4. 刈取り後の葉・茎等の処分	22
4-1. 実施日時	22
4-2. 使用車両	22
4-3. 処分先及び処分方法	22
4-4. 実施内容及び結果	22
4-5. 作業上の課題等	24
4-6. 課題解決に向けた提案	24
III 今後のハス群落の管理方法に関する提案	25
1. これまでの知見の整理	25
1-1. ハス群落の経年変化	25
1-2. ハス群落の拡大抑制に関する既存報告のまとめ	29
(1) 刈取りによる管理について	29
(2) 根茎の切断について	29
(3) 水位変動	29
(4) 生態的な抑制要因	30
(5) 柵の設置	30
(6) 利用事例	30
2. 管理方法の検討	32
2-1. 実作業の方法について	32
(1) 実施時期及び回数について	32
(2) 刈取り・回収方法について	32
(3) 根茎の切断について	33
(4) 陸揚げ及び処理について	34

(5) 陸揚げ場所について	34
2-2. 作業にかかる人数、時間及び車両等の設備について.....	35
(1) 人数及び時間について	35
1) 浮葉のみが展開する時期に手刈りで行った場合.....	36
2) 浮葉のみが展開する時期に曳航式の刈払い装置を用いた場合.....	36
3) 陸揚げ及び処理についてクレーン装置付トラックを用いた場合.....	37
(2) 車両等の設備について	37
1) 船舶について.....	37
2) 必要な機材、車両について.....	38
2-3. 刈取りに付随したモニタリング項目について.....	39
2-4. その他の方法について（参考）	40
IV 文献	41

I 業務概要

1. 受託内容

1-1. 件名

平成 29 年度ハス刈取り事業委託

1-2. 目的

本業務は、手賀沼の水環境保全の一環として、沼の南岸に繁茂するハス群落の試験的刈取りを実施し、その抑制手法を検討することを目的としている。

1-3. 場所

一級河川 手賀沼（柏市岩井新田地先）

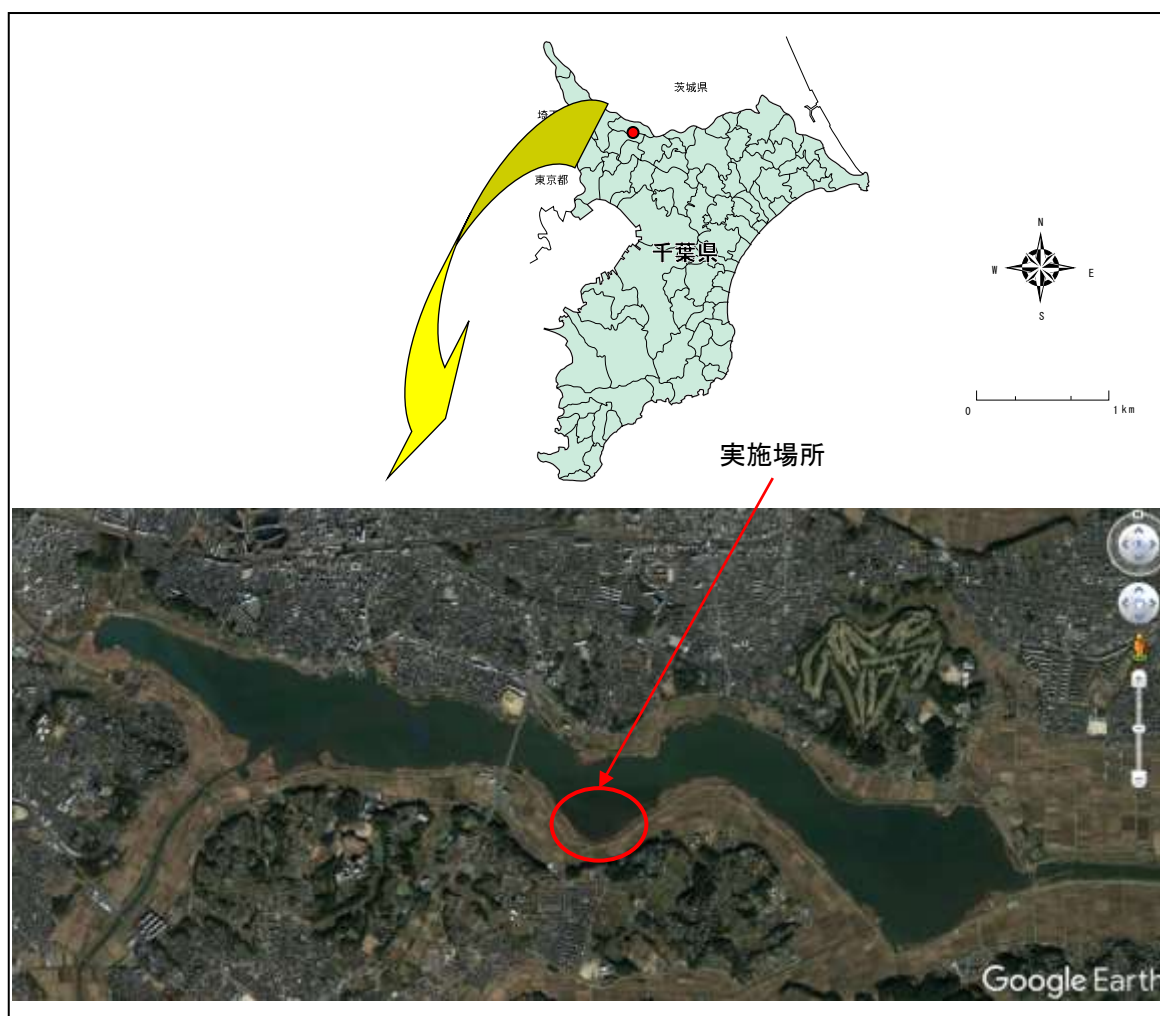


図 I-1 実施場所

1-4. 期間

平成 29 年 8 月 24 日～平成 29 年 11 月 30 日

1-5. 内容

- (1) ハス群落の試験的刈取り
- (2) 刈取り後の葉・茎等の放射性物質濃度測定
- (3) 刈取り後の葉・茎等の処分

1-6. 発注者

手賀沼水環境保全協議会

1-7. 受注者

株式会社 水圏科学コンサルタント

〒144-0031 東京都大田区東蒲田 2-30-17

2. 実施項目及び数量

実施項目及び数量を表 I-1 に示した。

表 I-1 実施項目及び数量

実施項目	実施内容 数量	実施時期			
		平成 29 年			
		8 月	9 月	10 月	11 月
事前準備	現地踏査	28 日			
	関係者説明	28 日、30 日			
ハス群落の試験的刈取り	約 1,020 m ² 湿重量 440 kg		6 日		
刈取り後の葉・茎等の放射性物質濃度測定	4 検体		8 日～11 日		
刈取り後の葉・茎等の処分	乾重量 390 kg		12 日		
データ整理・成果品作成			15 日～30 日		
打ち合わせ協議		28 日		6 日	1 日

3. 実施フロー

本業務のフローを図 I-2 に示した。

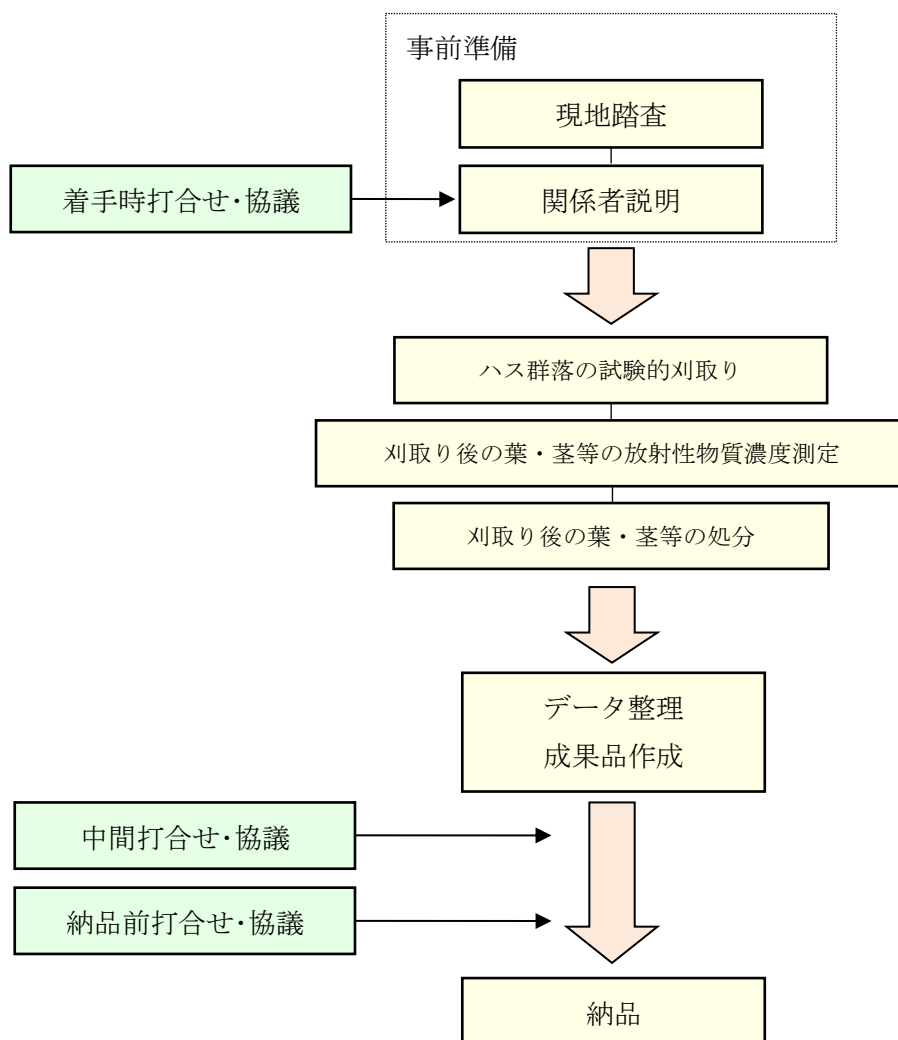


図 I-2 実施フロー

参考

ハスの部位名について

ハスの部位には様々な名称があるが、本報告書では「葉・茎等」とは葉柄や葉身、花、花柄、花托を含む地下茎より上部を指し、「根茎」とは地下茎及び根を含む地中に横走する部分として表記した(表 I-2、図 I-3)。

表 I-2 ハスの部位名

ハスの部位名		部位の説明	
葉・茎等	花	生殖器官として機能する部位。	
	花托	花が受粉後に果実をつける部位。	
	葉身	浮葉	水面に浮かび展開する葉身。
		立葉	空中に立ち上がり展開する葉身。
	茎	葉柄	送出枝から伸び、先端に葉身をつける茎。
花柄		送出枝から伸び、先端に花をつける茎。	
根茎	地下茎	養分の貯蔵器官として機能する部位。貯蔵茎が肥大化したものがレンコンと呼ばれる。	
	送出枝	貯蔵茎と葉柄や花柄をつなぐ地下茎。	
	根	貯蔵茎の節から伸びるひげ状の部位。	

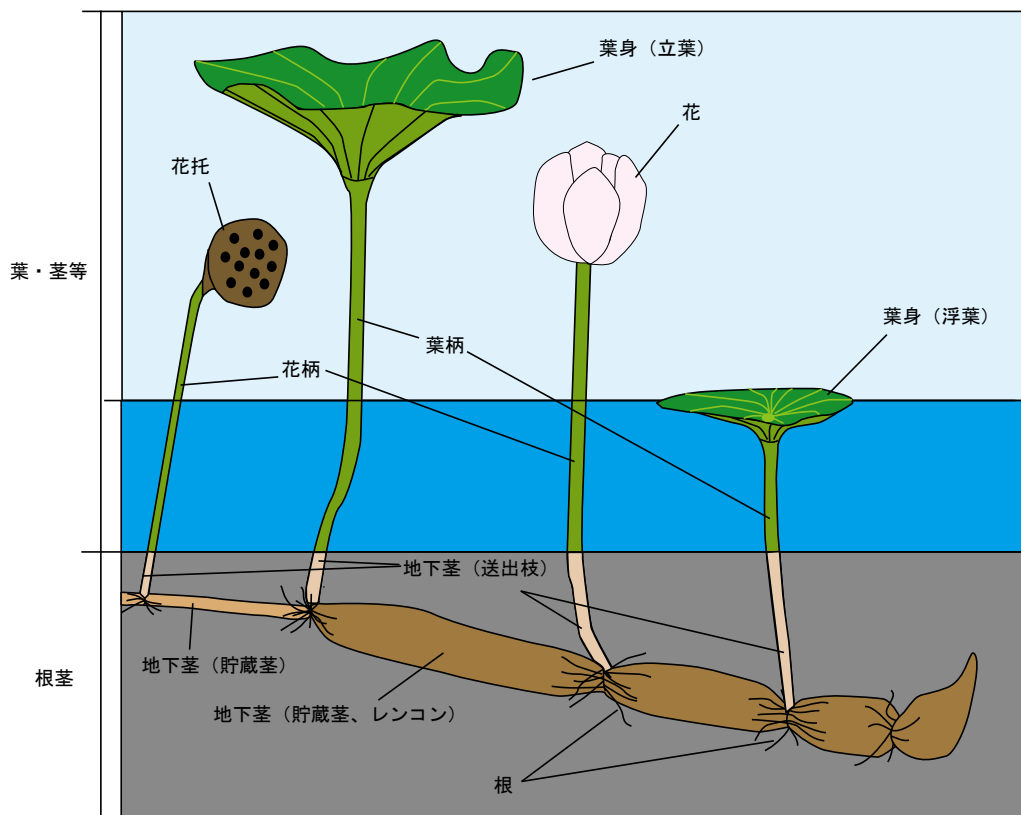


図 I-3 ハスの模式図

II 実施内容

1. 事前準備

本業務を実施するための既存知見や過去の調査結果を把握するとともに、現地踏査により現状把握を行った。また、業務を適切に実施できるよう、技術方針及び作業工程を検討し、具体的な業務計画書について作成を行うとともに、業務の遂行に必要な諸準備を行った。

1-1. 既存知見・調査結果の把握

ハスの生態や管理方法に関する既存知見として表 II-1 に示す文献を収集・整理した。なお、整理した結果については「Ⅲ-1. これまでの知見の整理」に示す。

表 II-1 整理した文献

発行年	筆頭著者	資料名
平成 28 年	林 紀男	千葉生物誌第 66 巻 1 号会員研究発表要旨
平成 27 年	芦沢 淳	湖沼における刈払い装置を用いたハス群落の抑制方法に関する試験
平成 27 年	手賀沼水環境保全協議会	平成 27 年度手賀沼ハス群落調査
平成 26 年	林 紀男	千葉生物誌第 64 巻 1 号会員研究発表要旨
平成 25 年	林 紀男	手賀沼(千葉県)南岸のハス繁茂域の変遷
平成 25 年	平塚 智子	国内におけるハス群落管理対策の事例
平成 25 年	千葉県柏土木事務所	平成 24 年度県単河川調査委託(河川整備計画関連資料作成)報告書
平成 24 年	手賀沼水環境保全協議会	平成 24 年度手賀沼ハス群落調査
平成 22 年	山室 真澄	河川整備基金助成事業 手賀沼においてハス群落が水環境に及ぼす影響評価と適切な整備・管理方法に関する研究
平成 22 年	手賀沼水環境保全協議会	手賀沼内に生育するハス群落調査報告書

1-2. 現地踏査

現地踏査は8月28日に行い、周囲の環境の把握及び確認を行った。図 II-1 に現地踏査の状況を示した。



図 II-1 現地踏査の状況

1-3. 関係者への事前説明及び調整

刈取り実施前に関係者への説明を8月28日及び8月30日に行った。説明は手賀沼の貸船事業者に対して行い、業務実施日程の調整を行った。

1-4. 法令に基づく手続き

- (1) 河川の立ち入りや占有に当たっては河川法第 24 条に定められた河川管理者への許可申請が必要となる場合がある。本業務では発注者が河川管理者（千葉県柏土木事務所）と協議し、河川区域の立ち入り及び使用が短期的かつ小規模であるため許可申請は要しないと判断されたが、河川敷の管理上必要であると判断し「河川敷一時使用願」を提出したうえで実施した。また、河川敷への車両の乗り入れにあたっては河川管理者の立会いの下に行った。
- (2) 本業務で刈取り処分するハス（葉・茎等）は廃棄物処理法第 2 条により一般廃棄物に該当するため、同廃棄物の処理の手順に準じた処分を行うこととした。また刈取り物を適切に運搬、処分を行うため、予め刈取り物の放射性物質濃度を分析し、確認を行うこととした。

1-5. 安全対策について

本業務の実施に当たっては「労働基準法」「道路交通法」等の関係法規を遵守し、労働災害や公衆災害の防止を図った。

また現地作業に当たっては、作業員はライフジャケットを着用すると共に、緊急時に適切な対応がとれるよう陸上に監視員を配置することで水難事故防止に努めた。

2. ハス群落の試験的刈取り

2-1. 実施日時

平成 29 年 9 月 6 日

刈取り及び陸揚げ作業 9 : 00～12 : 00

土嚢への袋詰め・計量作業等 14 : 00～17 : 00

2-2. 使用機材・船舶

- 鋤、動力式刈払い機、草刈鎌（長柄、短柄）、枝切鋏、スコップ、レーキを使用した。
- 船舶は貸船業者に委託し、船外機付ボート 1 隻、手漕ぎボート 2 隻を使用した。



図 II-2 使用機材及び船舶

2-3. 実施範囲

実施範囲は図 II-3 に示した手賀沼中央に突出して形成された群落とした。

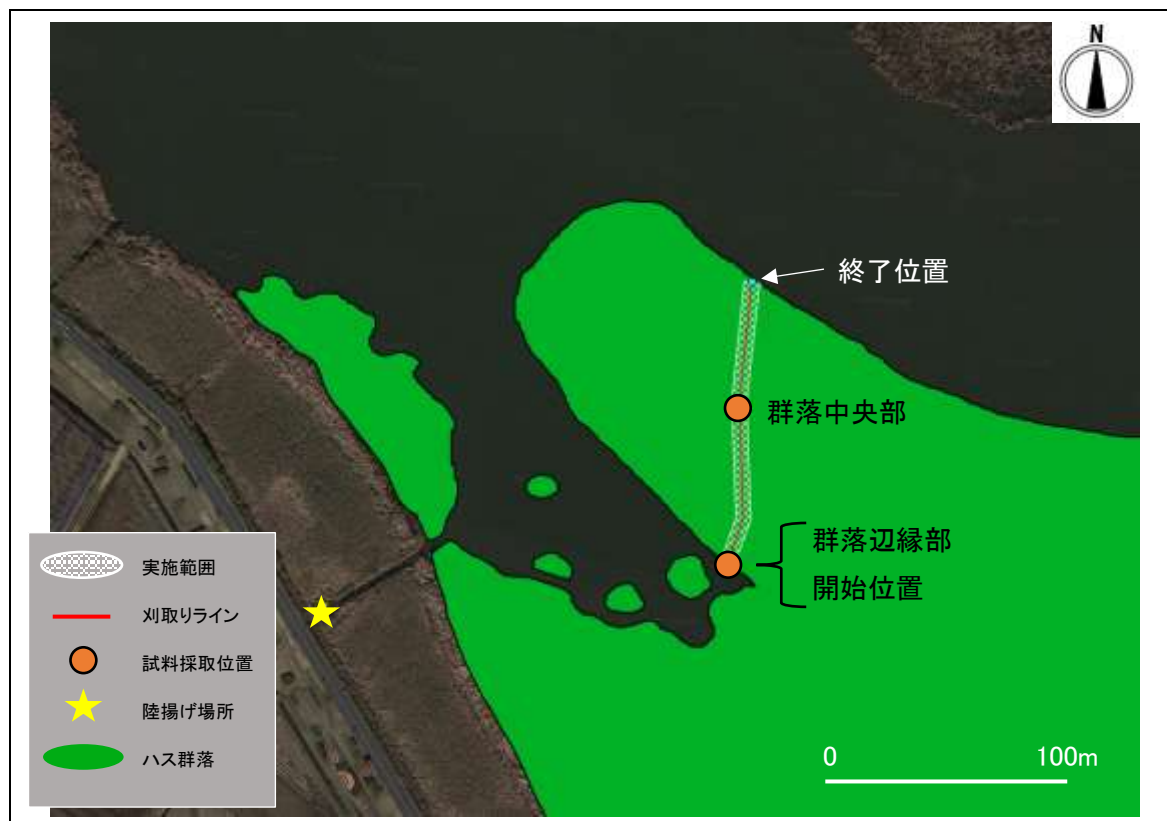


図 II-3 実施範囲

2-4. 実施方法及び結果

(1) 葉・茎等の刈取り

- 刈取りの際は可能な限り根茎に近い部分より上部を刈取った。
- 船上では作業員 1 名による動力式刈払い機を用いてハスの刈払いを行うと共に、レーキや手作業により船上へのハスの回収を行った。
- 船外（沼内）ではウェットスーツを着用した作業員 2 名により草刈鎌（長柄及び短柄）を用いたハスの刈払い及び船上へのハスの回収を行った。
- 刈取った面積は約 520 m²であった。

(2) 根茎の切断

- 沼内に降りた作業員 1 名による鋤及びスコップを用いた根茎の切断を行った。
- 水底面下にある根茎の場所を把握することができないため、無作為に鋤等を突き刺し、手ごたえがあった場所で切断した。
- 根茎の切断は約 500 m²の範囲において行い、切断したのは 169 回であった。
- 根茎の採取は放射性物質濃度分析用試料についてのみ行い、その他の切断した箇所については、採取は行わなかった。
- 放射性物質濃度分析用試料は群落内の 2 箇所（群落辺縁部及び群落中央）において「葉身・葉柄部」及び「根茎」の各検体（合計 4 検体）について、約 500 g 採取した。

(3) 陸揚げ

- 陸揚げは図 II-3 に星印で示す場所で行った。
- 陸揚げ場所に至る水路の水深が浅く船外機付ボートが使用できないため、ハスを積み込んだ手漕ぎボートを作業員が沼内に降りて曳航した。
- ボートは護岸に接岸し、刈取り物を手作業で堤防法面におろした。

(4) 刈取り物の処理

- 回収したハスは処分前に放射性物質濃度測定を行う必要があったこと、及び天日干しによる重量削減効果を把握するために堤防法面に仮置きすることとした。
- 手賀沼遊歩道利用者への景観に配慮し、刈取ったハスを 30～50 cm に切断したうえで土嚢袋に詰め、仮置きをした。
- 土嚢袋への詰め込みは作業員 4 名で行い、約 3 時間を要した。
- 詰め込み後、バネ計りを用いて刈取ったハスの湿重量を測定した。湿重量は 440 kg であった。
- 放射性物質濃度分析用試料を分析準備として 1 cm 角程度に切断し、チャック付ポリ袋に入れて分析室に持ち込んだ。

表 II-2 実施結果

		面積	作業量 (船頭を含まない)	作業効率	備考
実施範囲(全体)		約 1,020 m ²	4 名 × 3 時間	-	
内訳	葉・茎等の刈取り	約 520 m ²	1.5 名 × 3 時間	0.012 ha/時間/人	130 m × 4 m
	根茎の切断	約 500 m ²	1 名 × 3 時間	-	169 回
	回収・陸揚げ	-	1.5 名 × 3 時間	-	湿重量 440 kg

2-5. 立会者

作業に立ち会った関係者を表 II-3 に示した。

表 II-3 立会者一覧

団体名	人数
手賀沼水環境保全協議会 事務局	1名
我孫子市役所 手賀沼課	1名
千葉県柏土木事務所 調整課	1名
管理課	1名
柏市役所 環境政策課	2名
美しい手賀沼を愛する市民の連合会	8名
報道関係者	3名
その他	1名

2-6. 作業上の課題等

(1) 実施時期について

- 今回実施した9月はハスの立葉が展開する時期であるため回収量が多く労力を要した。
- ハスは秋季から冬季にかけて葉・茎等が枯死し、越冬するため地下茎に十分に栄養を蓄えていることから刈取りによる群落抑制効果を得るには適さないと予想される。
- 非灌漑期で水位が低下したことで沼内に降りての作業は容易であったが、陸揚げ場所に通じる水路が船外機付ボートでは進入できない水位になったため、作業員が手漕ぎボートを曳航しなければならず陸揚げが困難であった。

(2) 刈取り・回収方法について

- 船上からの刈取りは、刈払いに使用する機材の届く範囲が限られること、回収したハスにより船上の作業スペースが限られること、透明度が低い水面下の茎が視認できず手探りの状態で刈取らなければならないこと等の理由で非効率であった。
- 動力式刈払い機では水面上のハスの葉柄を刈払うことができたが、水面下では使用できないため本業務で目標とした根茎に近い部分での刈取りには適さないことが示された。
- 船上からの回収は、手やレーキ等が届く範囲が狭いことや一度に少量しか持ち上げることができないため、船外の作業員による回収作業に比べて作業効率が低かった。
- 今回は非灌漑期で水位が低下し、水深が1.2 m程度であったため沼内に降りての

作業が可能であったが、灌漑期は水深が 1.7～2.0 m 程度になるため実施が困難であることが予想された。

(3) 根茎の切断について

- 灌漑期に実施する場合は、水位が 1.7～2.0 m 程度になることに加え、根茎は水底面下 10～30 cm 付近にあるため、鋤等を根茎が切断可能な深度まで差し込むことは困難であると予想される。
- 無作為に突き刺す方法では根茎を切断できる頻度が低く、特に切断面が小さい鋤等での切断は非効率的であった。

(4) 陸揚げ及び処理について

- 運搬、処分時の作業性及び景観上の観点からハスを袋詰めすることとしたが、土嚢袋の口が刈取ったハスに比べて小さいことからハスを切断する必要があり、余分な時間と労力を要することとなった。

(5) 陸揚げ場所について

- 今回使用した陸揚げ場所は水路が狭く浅いため、船外機付ボートは進入できなかった。
- 陸揚げ場所は手賀沼遊歩道に面した堤防法面の一部であり、面積が限られているため刈取り量によっては仮置きが困難であると予想される。
- 手賀沼遊歩道に面しているため一時的に置くことしかできず、長期の集積場所としては利用できない。

2-7. 課題解決に向けた提案

以下に前項 2-6. で示した課題に対処し、効率よく作業を実施するための解決方法を提案する。

(1) 実施時期について

- ハスの浮葉が展開する 4～6 月に実施することでハス群落の抑制に効果的であるとされている^{1,2}。また 4～6 月はハスの成長が比較的穏やかであるため回収量を削減しつつ効果を得ることができると考えられる。さらに 4 月は非灌漑期で水位が低いいため作業に適していると考えられる。
- 年 2 回の刈取りがハス群落の抑制に効果的であるとされており¹⁻³、2 回目の刈取りは、灌漑期であっても作業量は少ないと予想される。

(2) 刈取り・回収方法について

- 水面下で効率よく刈取るためには今回行った方法では困難であることから他の方法が必要である。例として、他地域の研究事例に宮城県伊豆沼で試行された曳航式の刈払い装置があり、草刈鎌と比べて約4倍の作業効率により効果が実証されている³。動力式刈払い機は水面上での刈取りに効果的であったため、ボートの進入を手助けするにとどめ、水面下の刈払いは曳航式の刈払い装置を試行する。
- 船上への回収は労力を要し、作業スペースを圧迫するため、網等を用いて刈取ったハスを船外でまとめ、船外機付きボート等で曳航する等の方法を試行する。
- 水位が高い灌漑期では今回と比較して作業に労力を要することが予想されるため、実施時期を選ぶ必要がある。したがって沼内に降りて作業する場合は水位が低い非灌漑期に実施する。

(3) 根茎の切断について

- 根茎の切断を行う場合は上述のとおり水位が低い非灌漑期に沼内に降りて実施する。その際に使用する機器は切断面の広いスコップを用いる等、道具の検討が必要である。

(4) 陸揚げ及び処理について

- 1 t 程の容量があり開口部が大きなフレキシブルコンテナバック（フレコンバック；建設現場等の土木作業で用いられる）を用いることで、詰込み作業を簡便化する。
- フレコンバックに詰めたハスを堤防上からクレーン装置付トラックで持ち上げることで陸揚げ作業を簡便化する。

(5) 陸揚げ場所について

- 船外機付ボートで接岸でき、仮置きに十分な面積が確保できる場所を検討する。
- 上記のような陸揚げ場所が確保できない場合は今回使用した水路を拡幅・浚渫することで船外機付ボートでの曳航を可能にする。
- 仮置きによって減少する水分量はわずかであるため（後述）、仮置きをせず処分先に運搬する。

表 II-4 課題解決に向けた提案

	課題等	提案
実施時期について	今回実施した 9 月はハスの立葉が展開する時期であるため回収量が多く労力を要した。	ハスの立葉が展開する前の、浮葉が展開する 4~6 月に実施することでハス群落の抑制に効果的であるとされている ^{1,2} 。また 4~6 月はハスの成長が比較的穏やかであるため回収量を削減しつつ効果を得ることができると考えられる。さらに 4 月は非灌漑期で水位が低い ⁴ ため作業に適していると考えられる。
	ハスは秋季から冬季にかけて葉・茎等が枯死し、越冬するため地下茎に十分に栄養を蓄えていることから刈取りによる群落抑制効果を得るには適さないと予想される。	
	非灌漑期で水位が低下したことで沼内に降りての作業は容易であったが、陸揚げ場所に通じる水路が船外機付ボートでは進入できない水位になったため、作業員が手漕ぎボートを曳航しなければならず陸揚げが困難であった。	
刈取り・回収方法について	船上からの刈取りは、刈払いに使用する機材の届く範囲に限られること、回収したハスにより船上の作業スペースに限られること、透明度が低い ⁵ ため水面下の茎が視認できず手探りの状態で刈取らなければならないこと等の理由で非効率であった。	水面下で効率よく刈取るためには今回行った方法では困難であることから他の方法が必要である。例として、他地域の研究事例に宮城県伊豆沼で試行された曳航式の刈払い装置があり、草刈鎌と比べて約 4 倍の作業効率により効果が実証されている ³ 。動力式刈払い機は水面上での刈取りに効果的であったため、ボートの進入を手助けするにとどめ、水面下での刈払いは曳航式の刈払い装置を試行する。
	動力式刈払い機では水面上のハスの葉柄を刈払うことができたが、水面下では使用できないため本業務で目標とした根茎に近い部分での刈取りには適さないことが示された。	
	船上からの回収は、手やレーキ等が届く範囲が狭いことや一度に少量しか持ち上げることができないため船外の作業員による回収作業に比べて作業効率が低かった。	船上への回収は労力を要し、作業スペースを圧迫するため、網等を用いて刈取ったハスを船外でまとめ、船外機付きボート等で曳航する等の方法を試行する。
	今回は、非灌漑期で水位が低下し、水深が 1.2 m 程度であったため沼内に降りての作業が可能であったが、灌漑期は水深が 1.7~2.0 m 程度になるため実施が困難であることが予想された。	水位が高い灌漑期では今回と比較して作業に労力を要することが予想されるため、実施時期を選ぶ必要がある。したがって沼内に降りて作業する場合は水位が低い非灌漑期に実施する。

表 II-5 課題解決に向けた提案

	課題等	提案
根茎の切断について	<p>灌漑期に実施する場合は、水位が1.7～2.0 m程度になることに加え、根茎は水底面下10～30 cm付近にあるため、鋤等を根茎が切断可能な深度まで差し込むことは困難であると予想される。</p> <p>無作為に突き刺す方法では根茎を切断できる頻度が低く、特に切断面が小さい鋤等での切断は非効率的であった。</p>	<p>根茎の切断を行う場合は上述のとおり水位が低い非灌漑期に沼内に降りて実施する。その際に使用する機器は切断面の広いスコップを用いる等、道具の検討が必要である。</p>
陸揚げ及び処理について	<p>運搬、処分時の作業性及び景観上の観点からハスを袋詰めすることとしたが、土嚢袋の口が刈取ったハスに比べて小さいことからハスを切断する必要があり、余分な時間と労力を要することとなった。</p>	<p>1 t程の容量があり開口部が大きなフレコンバックを用いることで、詰込み作業を簡便化する</p> <p>フレコンバックに詰めたハスを堤防上からクレーン装置付トラックで持ち上げることで陸揚げ作業を簡便化する。</p>
陸揚げ場所について	<p>今回使用した陸揚げ場所は水路が狭く浅いため、船外機付ボートは進入できなかった。</p> <p>陸揚げ場所は手賀沼遊歩道に面した堤防法面の一部であり、面積が限られているため刈取り量によっては仮置きが困難であると予想される。</p> <p>手賀沼遊歩道に面しているため一時的に置くことしかできず、長期の集積場所としては利用できない。</p>	<p>船外機付ボートで接岸でき、仮置きに十分な面積が確保できる場所を検討する。</p> <p>上記のような陸揚げ場所が確保できない場合は今回使用した水路を拡幅・浚渫することで船外機付ボートでの曳航を可能にする。</p> <p>仮置きによって減少する水分量はわずかであるため(後述)、仮置きをせず処分先に運搬する。</p> <p>船外機付ボートで接岸でき、仮置きに十分な面積を有する場所を検討する。</p> <p>仮置きによって減少する水分量はわずかであるため(後述)、仮置きをせず処分先に運搬する。</p>

	
<p>刈取り前の群落の状況</p>	<p>動力式刈払い機による刈取り作業</p>
	
<p>船外での刈取り作業</p>	<p>船外での根茎の切断作業</p>
	
<p>葉・茎等の回収作業</p>	<p>刈取り後の群落の状況</p>

図 II-4 作業状況 (1)



図 II-5 作業状況 (2)

3.刈取り後の葉・茎等の放射性物質濃度測定

刈取り後の葉・茎等及び根茎については、放射性物質濃度を測定した。測定方法は「緊急時における食品の放射能測定マニュアル(平成14年厚生労働省)」に準ずるものとした。詳細を以下に示した。

3-1. 実施日時

刈取り：平成29年9月6日

分析：平成29年9月8日

3-2. 試料採取位置

刈取り範囲の中央部及び辺縁部において採取を行った。



図 II-6 試料採取位置

3-3. 分析試料

群落中央部：「葉身・葉柄」1検体、「根茎」1検体、合計2検体

群落辺縁部：「葉身・葉柄」1検体、「根茎」1検体、合計2検体

上記4検体をそれぞれ約1cm片に切断後、チャック付ポリ袋に入れて分析室に持ち込んだ。試料の状況を図II-7に示した。

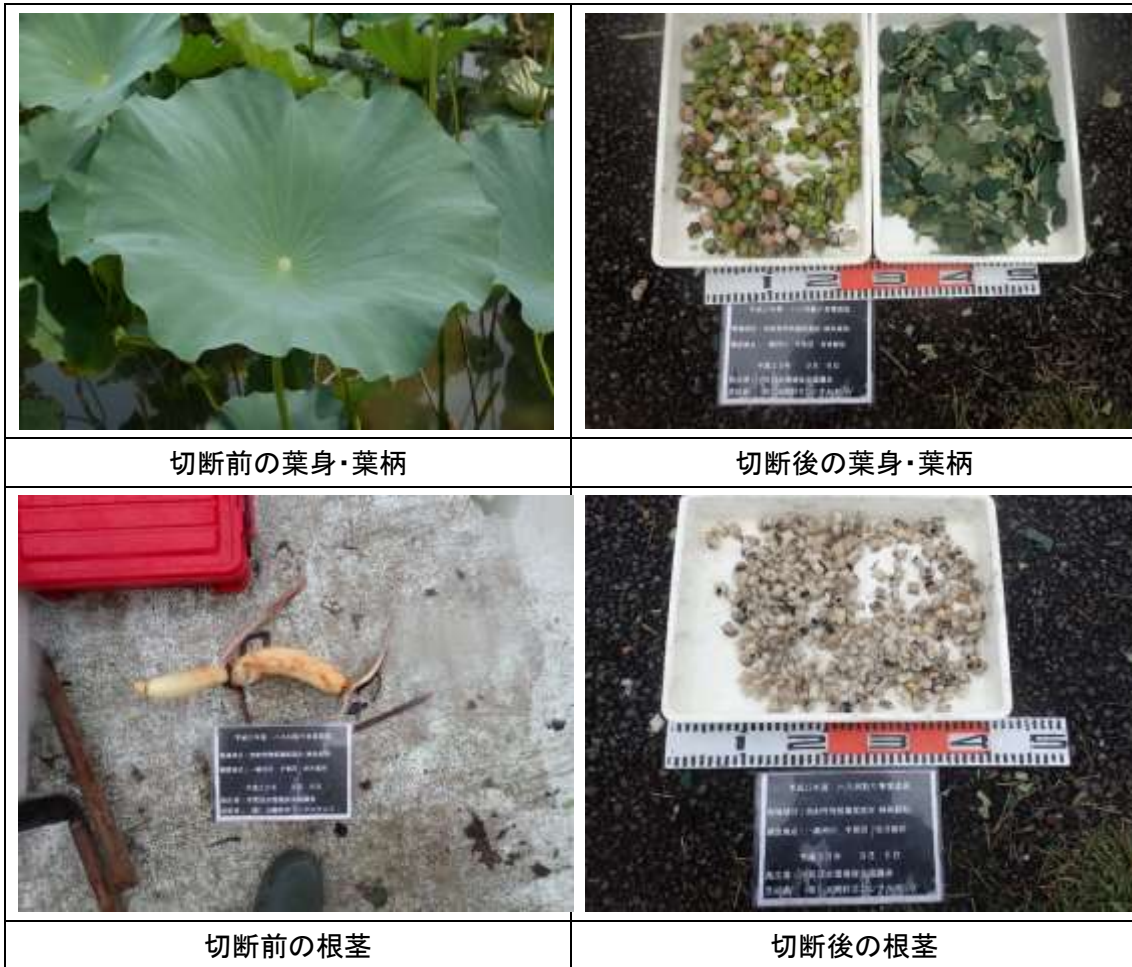


図 II-7 試料の状況

3-4. 分析項目・分析方法

分析項目：放射性ヨウ素（ヨウ素 131）、放射性セシウム（セシウム 134、セシウム 137）

分析方法：食品中の放射性セシウム検査法（平成 24 年 3 月厚労省医薬食品局食品安全部）

3-5. 分析結果

分析結果を表 II-6 に示した。また、参考として食品における放射性物質の基準値と放射性物質を含有する廃棄物の処理基準について表 II-7 に示した。

表 II-6 ハスの部位ごとの放射性物質分析結果

採取地点		ハス群落中央		ハス群落辺縁部		
分析部位		葉身・葉柄	根茎	葉身・葉柄	根茎	
分析項目	単位	分析値				検出下限値
ヨウ素 131	Bq/kg	検出下限値未満	検出下限値未満	検出下限値未満	検出下限値未満	8.8
セシウム 134		検出下限値未満	検出下限値未満	検出下限値未満	検出下限値未満	9.3
セシウム 137		24.8	47.6	35.6	52.0	8.3
セシウム合計値		25	48	36	52	-

表 II-7 放射性物質に関する基準

食品の基準値	
項目	基準値
一般食品	100 Bq/kg
乳児用食品 牛乳	50 Bq/kg
飲料水	10 Bq/kg

廃棄物の基準値		
項目	基準値	処分場での措置
一般廃棄物	8,000 Bq/kg 以下	適切な措置のもと、既存の埋め立て処分場に埋め立ててよい
指定廃棄物	8,000 Bq/kg を超える	公共の水域や地下水に接触しない等の特殊な措置が必要

※食品の基準値は食品衛生法第 11 条第 1 項に基づく。

※廃棄物の基準値は「平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法」に基づく。

4.刈取り後の葉・茎等の処分

刈取り後の葉・茎等は、一般廃棄物に該当するため、その具体的な処理方法については、柏市環境政策課、我孫子市手賀沼課の担当職員と発注者が協議した結果を踏まえて決定した。詳細は以下に示した。

4-1. 実施日時

平成 29 年 9 月 12 日

4-2. 使用車両

2 t ロングトラック（荷台約 2 m×4 m）

4-3. 処分先及び処分方法

処分先：柏・白井・鎌ヶ谷環境衛生組合 クリーンセンターしらさぎ

処分方法：焼却処分

4-4. 実施内容及び結果

- 土嚢袋に入れたままトラックへの積み込みを行い（作業員 5 名×0.5 時間）、処分先へ運搬した。
- 手賀沼遊歩道への車両の乗り入れは千葉県柏土木事務所職員の立会いの下に行った。
- 処分先で土嚢袋とハスを分別し、処分した。
- 処分費等は表 II-8 の通りであった。



土嚢に詰めたハス

積み込み作業

トラックへの積み込み後

積み下ろし及び分別作業

図 II-8 刈取ったハスの処分作業

表 II-8 ハスの処分量及び処分費

			備考
ハスの重量	陸揚げ時の重量	440 kg	
	天日干しによる減重量	-50 kg	
	処分先での計測量	390 kg	
処分にかかった費用	運搬費(2tトラック)	5,100 円	運搬回数 1 回
	処分費	7,020 円	単価 180 円/10 kg

※運搬費は月刊積算資料 2017 年 11 月版（一般財団法人経済調査会）に準拠
 ※税抜きで表示

4-5. 作業上の課題等

- クリーンセンターしらさぎでは、土嚢袋を不燃物として分別するため、別々に分ける必要があった。

4-6. 課題解決に向けた提案

- 下部に口がついた 1 t 程の容量のあるフレコンバックをクレーン装置付トラックで持ち上げ、下部口からハスを排出することで、分別の作業を簡便化する。

表 II-9 課題解決に向けた提案

課題等	提案
クリーンセンターしらさぎでは、土嚢袋を不燃物として分別するため、別々に分ける必要があった。	下部に口がついた 1t 程の容量のあるフレコンバックをクレーン装置付トラックで持ち上げ、下部口からハスを排出することで、分別の作業を簡便化する。

III 今後のハス群落の管理方法に関する提案

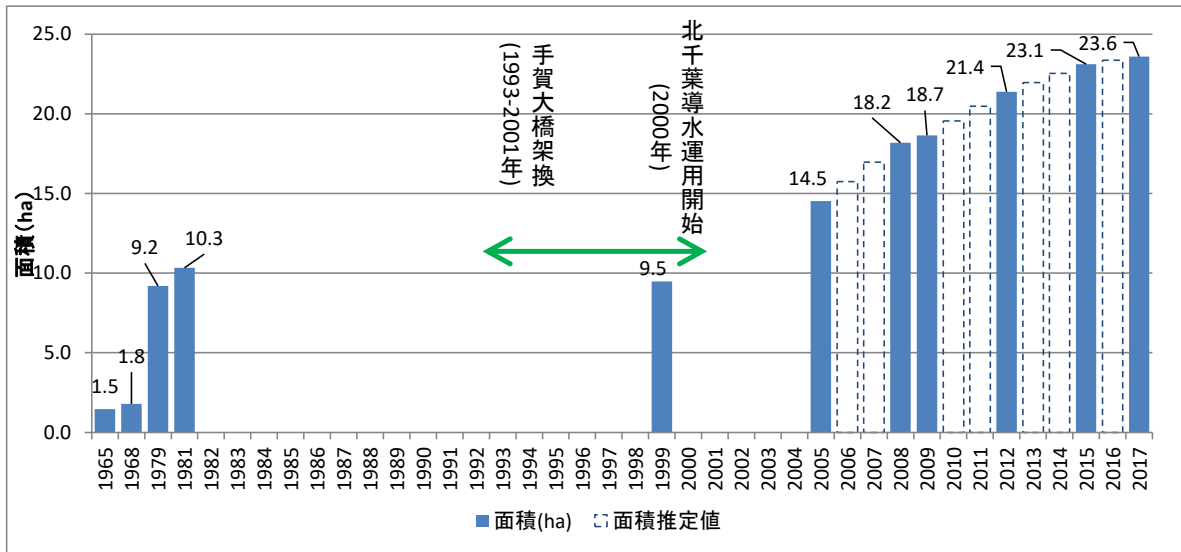
1. これまでの知見の整理

1-1. ハス群落の経年変化

手賀沼におけるハスの群落形成は、戦後すぐに食用種の育種や周辺農地からの逸出により定着したものが始まりと考えられ、1965年（昭和40年）には1.5 haの分布が確認されている¹。その後ハス群落は生育範囲を拡大し、群落の拡大が及ぼす水質や生態系への影響が懸念されている。

ハス群落面積の推移を図 III-1 及び表 III-1 に、これまでのハス群落の拡大過程を図 III-3 に示した。ハス群落面積は1965年（昭和40年）の1.5 haから増加したが、1995年（平成7年）頃までは10 ha前後で推移していた。しかし、手賀大橋の架換や北千葉導水の運用等の事業が開始された後の2005年（平成17年）には14.5 haに拡大していた。これは事業の影響で流動状況が大きく変化したことが要因であると推測されている⁴。その後も徐々に拡大し、本年度の刈取り作業直前には23.6 haまで拡大していることが確認された。特にその傾向が顕著に見られるのは手賀沼の上流に向かって舌状に伸びた範囲である。

近年の分布拡大傾向をみると、2005年（平成17年）から現在までのハス群落の拡大面積は9.1 ha（平均年間拡大面積は0.76 ha/年）であるのに対し、2015年（平成27年）と2017年（平成29年）の2年間の平均拡大面積は0.25 ha/年であり、群落の拡大は鈍化傾向にあることが示唆された。これは、流速が比較的大きな水域に達していること⁴等により群落の拡大が抑制されているためではないかと考えられる。



※「手賀沼内に生育するハス群落調査」(手賀沼水環境保全協議会、2010)⁴を基に作成
 ※面積推定値の算出は、推定する年の前後で明らかとなっている群落面積の差を経年により除した値を、前年の群落面積に加えることで算出した。
 面積推定値の算出例 (2013年の場合)

$$21.4 \text{ (2012年群落面積)} + (23.1 \text{ (2015年群落面積)} - 21.4) / 3 \text{ (経年)} = 22.0 \text{ (2013年面積推定値)}$$

図 III-1 ハス群落面積の推移

表 III-1 ハス群落面積の推移

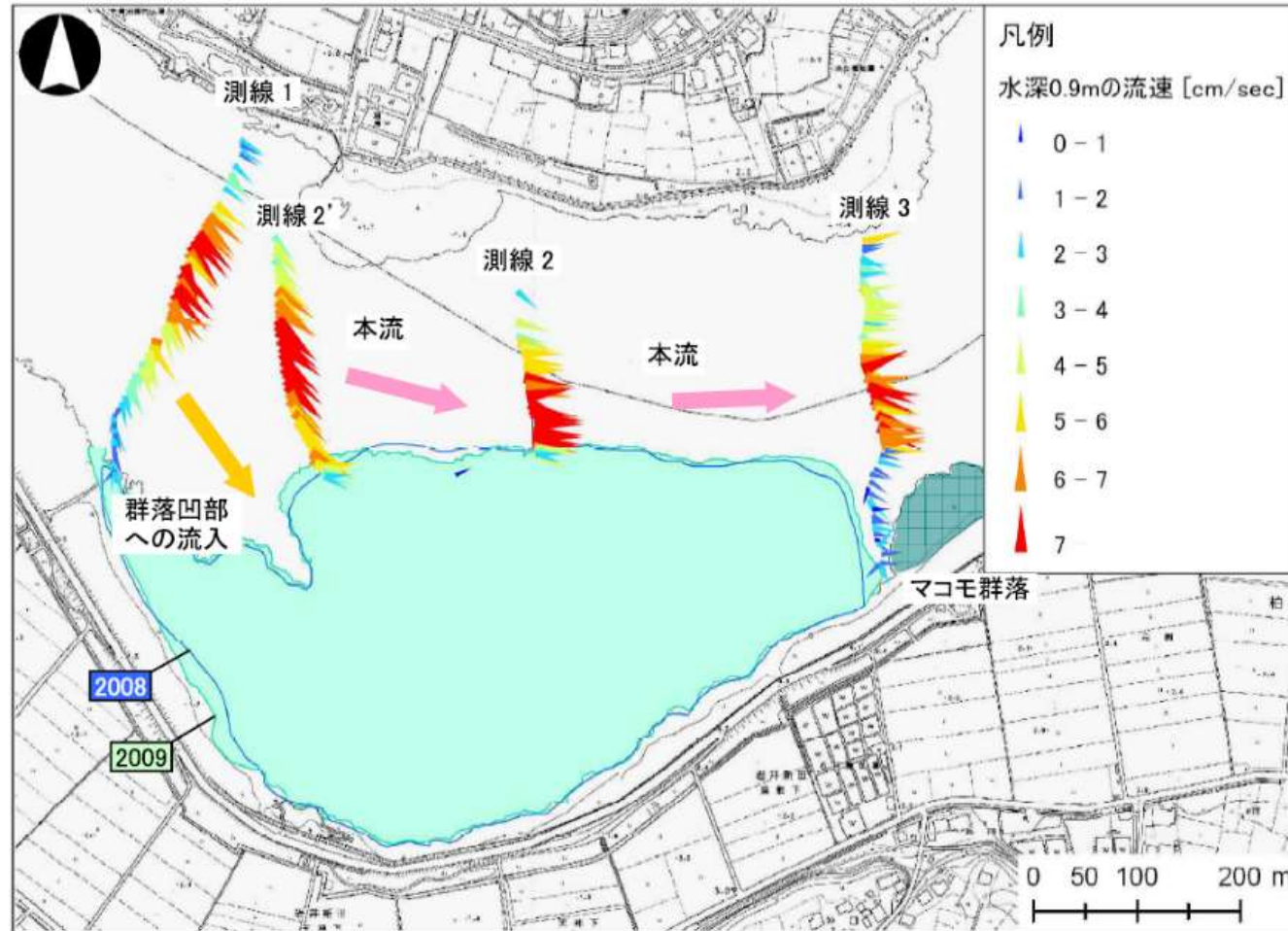
年	ハス群落面積[ha]	成長速度[ha/年]	ハス群落長[m]	
			手賀沼縦断方向	手賀沼横断方向
1965年(昭和40年)	1.5		200	80
1968年(昭和43年)	1.8		250	90
1979年(昭和54年)	9.2		590	230
1981年(昭和56年)	10.3		610	250
1999年(平成11年)	9.5		660	170
2005年(平成17年)	14.5	0.83	740	290
2008年(平成20年)	18.2	1.23	750	360
2009年(平成21年)	18.7	0.50	780	350
2012年(平成24年)	21.4	0.90	810	370
2015年(平成27年)	23.1	0.57	850	380
2017年(平成29年)	23.6	0.25	900	380

※「手賀沼内に生育するハス群落調査」(手賀沼水環境保全協議会、2010)⁴及び「平成29年度手賀沼ハス群落調査」(手賀沼水環境保全協議会、2017)を基に作成

※成長速度の算出は、算出したい年の群落面積と、算出したい年以前の直近で明らかとなっている群落面積の差を経年で除することで算出した。

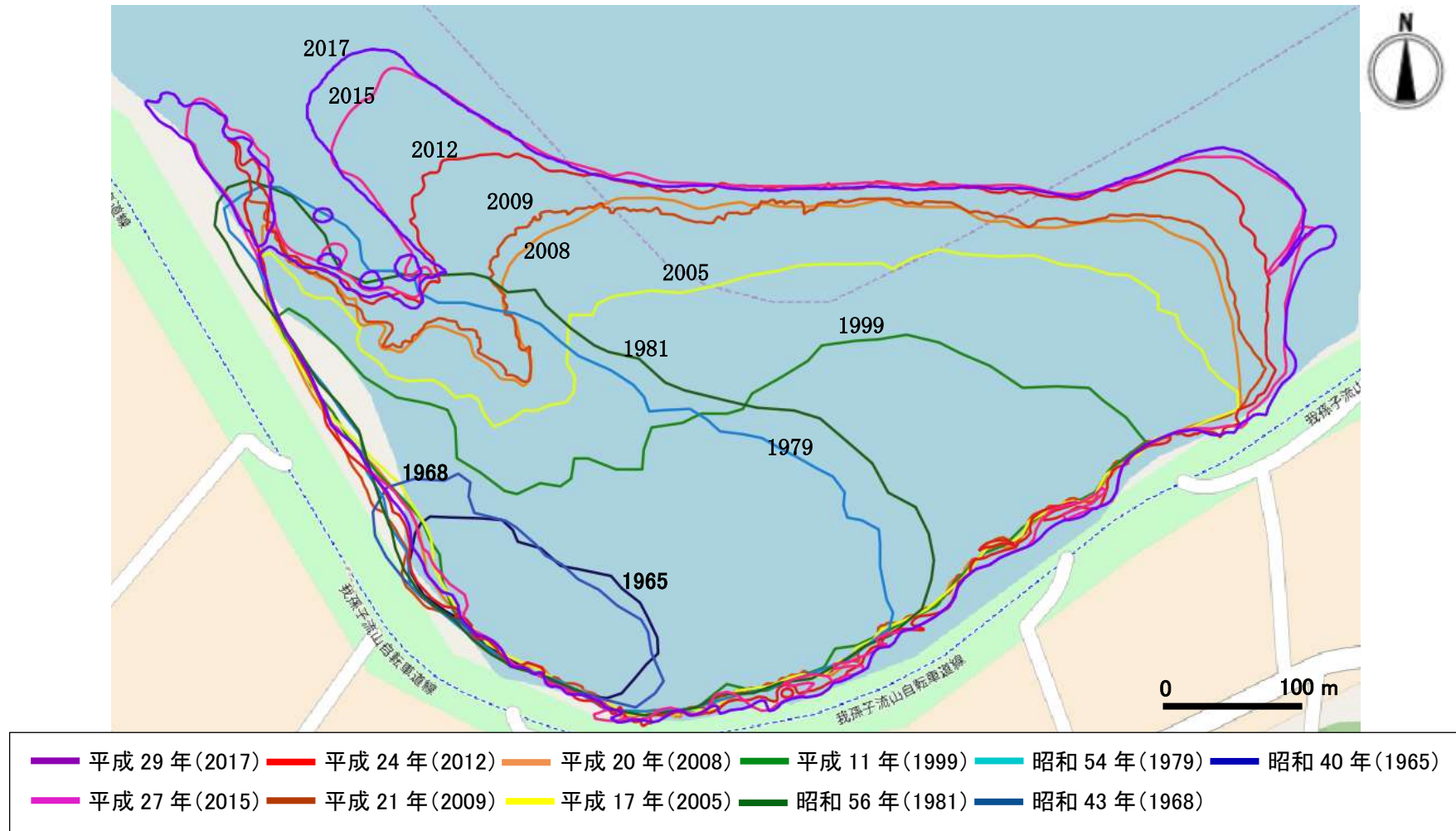
成長速度の算出例 (2017年の場合)

$$(23.6 \text{ (2017年群落面積)} - 23.1 \text{ (2015年群落面積)}) / 2 \text{ (経年)} = 0.25 \text{ (2017年成長速度)}$$



出典)「手賀沼内に生育するハス群落調査」(手賀沼水環境保全協議会、2010) ⁴

図 III-2 水深 0.9 m における流動状況 (開花期)



「平成 29 年度手賀沼ハス群落調査」（手賀沼水環境保全協議会、2017）を基に作成

図 III-3 ハス群落の拡大過程

1-2. ハス群落の拡大抑制に関する既存報告のまとめ

ハスの群落抑制は各地の池沼において検討が行われてきた。これまでに報告されたハス群落の拡大抑制に関する事例を表 III-2 に示し、手賀沼での実施にも有効であると思われる知見を赤字で示した。

国内の池沼におけるハスの管理については、地方自治体やNPO 法人がそれぞれに試行錯誤して行っている場合が多く、いまだ効果的な維持管理方法は検討段階であると言える。また、手賀沼では、面積、密度抑制の他に、水質や生態系の改善も目的としており、刈取り後のハスの処分も視野に入れた方法を検討しているが、回収後の処分に関する報告例は少ない。

(1) 刈取りによる管理について

これまでの知見において、ハスの刈取り方法で群落抑制に効果的であるとされているのは、立葉が展開する前の4~6月に水面下で葉柄を切断する方法であり、葉柄の切り口から根茎まで水が浸入することで植物体を窒息、枯死させる効果があるとされている^{1,2}。また実際に、その後成長した浮葉を年2回以上繰り返し刈取ることにより、刈取りを行わない対照区に比べて群落の葉柄密度に有意な差が確認されている³。

一方、手刈り以外の刈取り方法として、宮城県伊豆沼で試行された曳航式の刈払い装置があり、草刈鎌と比べて約4倍の作業効率を実証されている³。今後はこのような試験的な技術の利用を含めた検討も必要である。

(2) 根茎の切断について

窒息させるという観点では根茎を傷つけることでも同様の効果が期待できると考えられている^{1,4,5}。ただし、ハスの根茎は地下10~30cm以深に横走するため、根茎の切断や除去は労力を要することや、湖沼等の開放水面では、透明度の低下や溶出成分の拡散が懸念されることから有効な実施例を確認することはできなかった。

(3) 水位変動

宮城県伊豆沼では過去に2度の洪水による冠水が発生し、その際にハスの植物体全体が冠水し群落が消失している。このことからハスは4日間程度の冠水で窒息し枯死することが示唆されている^{1,2}。しかし手賀沼では水位調整を行っており、洪水や冠水が生じることが稀であることに加え、ハス群落の拡大抑制を目的に、調節された水位を変動させることは実現が困難であると考えられる。また、他生物への影響も大きいと考えられ、仮に実施する場合は注意が必要である。

(4) 生態的な抑制要因

青森県の弘前公園内の蓮池ではアメリカザリガニの食害が原因とみられるハス群落の消失が確認されている^{1,2}。しかし、アメリカザリガニ等の外来生物は増殖速度が速く、管理も困難であり、近年では逸脱し他水域へ拡大することも深刻な問題となっている。そのため手賀沼のように開放された水域では食害作用を利用した拡大抑制策の実施は困難であると考えられる。

(5) 柵の設置

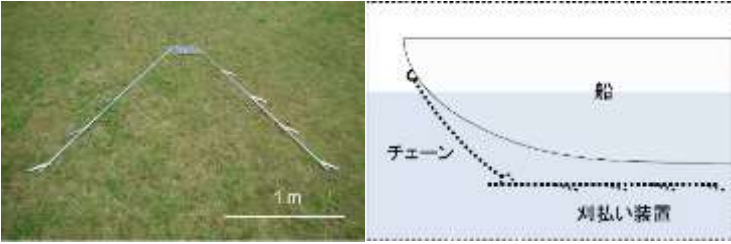
青森県の弘前公園では前項のアメリカザリガニの食害によるハス群落消失の際、食害から保全する対策として金網を用いハスの植栽を行うと共に、アメリカザリガニの駆除を実施している。この際ハスの地下茎が伸長を抑制され一定以上の面積には広がらないことが確認されており^{1,2}、柵の設置が群落の拡大を抑制する有効な方法となり得ることが示唆されている。手賀沼においても過去にハス群落拡大の抑制手法として類似した対策の意見がみられるが⁶、実現はしていない。

(6) 利用事例

ハス群落の刈取りに伴って刈取り物の処分が問題となるため、刈取ったハスの有効利用を検討している事例は多い。宮城県伊豆沼では堆肥化や葉身を利用した和紙の作成が試行されている。埼玉県荒川花ハス園では花托の販売やレンコンの配布、茶葉や線香の作成が行われている。茨城県の宍塚大池でも堆肥として利用していた^{1,2}。

手賀沼においても水質保全の観点から刈取り後のハスは回収することが検討されており、刈取り物の有効利用は処分費の削減につながるだけでなく、新たな観光資源としての価値にも注目されている⁴。

表 III-2 ハス群落の拡大抑制に関する知見について

生育地 (水域名)	管理者	ハス群落の拡大抑制に関する知見について				
		刈取りによる管理	水位変動	生態的な抑制要因	柵の設置	利用事例
青森県(弘前公園 蓮池)	弘前市商工観光部 公園緑地課	<ul style="list-style-type: none"> ● 水面付近にある葉柄・葉身・花托を刈取っていた^{1,2}。 ● 秋季に枯死体の刈取りを行い、水質悪化や浅底化を防止していた^{1,2}。 		<ul style="list-style-type: none"> ● アメリカザリガニの食害により11,000 m² のハスが消失した。その後、アメリカザリガニの駆除と食害防止のための金網により回復した^{1,2}。 ● 関連生物の生態を把握し密度管理を行う必要があることから実施は困難^{1,2}。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 金網の設置により地下茎の伸長を抑制したことで一定以上の面積には広がらないことが確認された^{1,2}。 	
宮城県(伊豆沼・内沼)	宮城県環境生活部 自然保護課自然再生事業担当/財団法人宮城県伊豆沼・内沼環境保全財団	<ul style="list-style-type: none"> ● 曳航式の刈払い装置を用いたハス群落の抑制効果が検討されていた³。 ● 1回の刈払いでは、刈払いを行わなかった対照区より3ヶ月後の葉柄密度が高かった³。 ● 年2回以上の刈払いでは、対照区より葉柄密度が有意に低かった³。 ● 刈払い方法により葉柄密度に差はみられなかったが、曳航式の刈払い装置は手刈り(鎌)に比べて約4倍の作業効率であった³。 ● 複数年の刈払いによりハス群落の完全な除去ができた³。  <p>左: 曳航式の刈払い装置 右: 使用時の模式図、出典) 芦沢淳(2015)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 洪水により植物体全体が水に沈んだことで群落は消失した。この結果から4日間程度の冠水で窒息し枯死することが示唆された^{1,2}。 ● 現在多くの湖沼では水位管理がされているため、浮葉が繁茂する程度である春季には実施の可能性があるが実現は困難^{1,2}。 		<ul style="list-style-type: none"> ● 堆肥化^{1,2} ● 和紙の作成^{1,2} 	
千葉県(手賀沼)	千葉県柏土木事務所	<ul style="list-style-type: none"> ● 船上から浮葉の葉柄を水中で切断し、根茎への空気供給を断つ方法で刈取りを試行した。刈取り後しばらくすると葉柄が切断面を水面上に持ち上げることで空気の確保をしようとする現象が確認された⁷。 ● 有識者への聞き取りにより根茎の横連携を断ち切り窒息させる方法は小規模ではなく広範囲で実施することが望ましいと示唆された⁵。 ● 20 m 方形区にて根茎を傷つけ、根茎内部を浸水させ窒息させる試験的取り組みを実施⁵。 			<ul style="list-style-type: none"> ● 有識者へのヒアリングにおいて柵の設置に関する意見あり⁶ 	
埼玉県(荒川花ハス園)	秩父観光協会荒川支部 事務局 荒川商工会	<ul style="list-style-type: none"> ● 10月と3月に枯死体の刈取りを行い、水質悪化や浅底化を防止していた^{1,2}。 				<ul style="list-style-type: none"> ● 花托の販売、レンコンの配布^{1,2} ● 茶葉や線香を作成^{1,2}
滋賀県(赤野井湾)	滋賀県河港課/滋賀県琵琶湖再生化	<ul style="list-style-type: none"> ● 6月と8月の年2回刈取ることにより翌年の新芽の抑制効果が観察された^{1,2}。 				
茨城県(穴塚大池)	土浦市環境保全課/NPO法人 穴塚の自然と歴史の会	<ul style="list-style-type: none"> ● 水面付近にある葉柄・葉身・花托を刈取っていた^{1,2}。 				<ul style="list-style-type: none"> ● 堆肥化^{1,2}
茨城県(ハス田、詳細不明)	レンコン農家へのヒアリング(詳細不明)	<ul style="list-style-type: none"> ● 葉柄を水面下で刈ると葉柄から水が浸入し地下茎まで達することで植物体が窒息し枯死する^{1,2}。 ● 浮葉のみが展開する時期に1度刈取りを実施した後に、刈取りきれず成長した植物体を7-8月に刈取ることによりほぼ完全に群落を消失させることが出来る^{1,2}。 				

2. 管理方法の検討

2-1. 実作業の方法について

今回の試験的刈取りで得られた課題や既存資料を基に今後の効果的な刈取り実施の方法について検討した。

(1) 実施時期及び回数について

実際の作業において、沼内に降りての作業に比べて船上からの作業が非効率的であったこと、ハスの立葉が展開する時期には刈取り量が膨大となり作業効率が低下すること(2-2.において後述)、徐々に枯死する時期であるため刈取りによる効果の把握が困難なことから、水位が低下する非灌漑期であり、かつ、ハスの成長初期にあたる4月の実施が望ましい。手賀沼では灌漑期(5~8月)にはY.P.+2.20 m、非灌漑期(9月~翌年4月)にはY.P.+1.80 mに水位が調節されており、沼内に降りての刈取り作業には水位が制限要因となる。

一方、既存知見において、刈取り時期及び刈取り回数については、浮葉のみが展開する時期に1度刈取り、1回目の刈取り後に成長したものを再度刈取る年2回の刈取りにより効果的に群落を抑制できるとされている^{1,2}。以上を踏まえ以下のように提案する。

- 非灌漑期であり、ハスの浮葉のみが展開していると考えられる4月に1回目の刈取りを行う。
- 2回目の刈取りは5~6月とし、1回目の刈取り範囲において、刈取り後に成長したハスを対象に刈取りを行う。灌漑期であるが1回目の刈取り後に成長したハスの刈取りのみのため船上からでも十分に作業が可能であると予想される。
- 4月に浮葉が十分に繁茂していない場合は5~6月に2回に分けた刈取りを行う。灌漑期に当たるため、刈取り方法は後述する曳航式の刈払い装置を用いる等の検討が必要である。また灌漑期である5~6月であれば、(5)陸揚げ場所について、で後述する課題が解決されるため船外機付ボートによる護岸への接岸が可能となる。

(2) 刈取り・回収方法について

船上からの作業は刈取り及び回収において、船外での作業に比べて効率が低いことが明らかとなった。非灌漑期の水位が低下する時期に沼内で作業を行うことで作業効率の改善はできるが、依然として労力は大きいため継続して他の方法を模索していくことが必要である。特に回収については非灌漑期であっても労力は大きく、刈取り物により船上の作業スペースも圧迫するため、刈取り物を船外でまとめ、船外機付ボートで曳航する等の方法を試行する。動力式刈払い機は水面上の葉柄を刈り払うには効率的であったが、水面下では使用できないため、他の方法を模索していく必要がある。

刈取り方法の例として、伊豆沼で試行された曳航式の刈払い装置の水面下での葉柄の刈取り効果が実証されている³。以上を踏まえ以下のように提案する。

- 沼内に降りて鎌による切断を行う。非灌漑期の浮葉のみが展開する時期に刈取りを行った場合の作業効率については2-2.において後述する。
- 曳航式の刈払い機を用いた方法を試行する。この場合、ボートの推進力が効果に直結すると考えられるため事前に効果の検証や伊豆沼関係者への聞き取りを行うことが望ましい。
- 刈取りを立葉が展開する時期に行う際はハス群落内にボートで進入するのは困難であるため、船上から動力式刈払い機による刈払いを行う。
- 刈取ったハスを、網等を用いて船外でまとめ、ボートで曳航する。この場合浅瀬ではボートの進入及び曳航に支障が出るため、陸揚げ場所の検討が必要である。

(3) 根茎の切断について

根茎の切断による効果は知見が不足しており今回の実施においても効果の把握は困難であった。根茎は水底面下 10~30 cm に横走り目視ができないため、無作為に突き刺し傷をつける方法を取ることはできなかった。切断面の広い道具を用いることで切断の頻度は上がるため、実施するには道具の検討が必要である。

既存知見においては、根茎の切断による効果は示されているものの、レンコン農家へのヒアリングによるものであり^{1,2}、どの程度の効果が生じるか定量的な検証をする必要がある。根茎の切断に関する試験的な取り組みについては手賀沼において試行されているが⁵、現時点では研究発表要旨が公表されているのみであるので今後の報告が参考になると考えられる。以上を踏まえ以下のように提案する。

- 根茎の切断によるハス群落の成長抑制効果を試験する。ハス群落内で流速や底質の環境が類似する2地点において試験区と対照区を設定し、試験区においてのみ根茎の切断を実施する。試験区と対照区は根茎のつながりがないと考えられる十分に距離をとった地点に設定する。
- 実施時期は効果の把握が比較的容易と考えられる成長初期とし、実施から3日後、1週間後、2週間後等、間隔をあけて実施効果を検証することで効果の持続性、再繁茂までの期間等を把握できると考えられる。なお、実施時期や効果の把握間隔については有識者にヒアリングを行うことが望ましい。
- 根茎の切断は刃幅がなるべく広いものを用いると根茎を切断しやすいため、使用する機器についても比較、試験することが必要である。

(4) 陸揚げ及び処理について

刈取り物の陸揚げは、刈取り物を積載した手漕ぎボートから作業員が手作業で堤防法面におろしたため労力を要した。また、回収したハスの放射性物質濃度の測定と天日干しの効果について検証するため、景観に配慮し土嚢袋へ詰めて仮置きを行ったが、土嚢袋の開口部はハスに比べて小さいためハスを再切断する必要があった。よって、作業効率の改善には開口部が広くハスの再切断を必要としない袋を使用することで作業の簡便化を図ることが考えられる。また、仮置きについては放射性物質濃度が、一般食品の基準値及び廃棄物の基準値を十分に下回ったこと、天日干しでは湿重量の1割程しか減少しなかったことから、今回程度の規模であれば仮置きの必要はないと考えられる。一方、今後より大規模な体制をとることができ、刈取り規模が大きくなった場合は、作業効率の点から仮置き場所の検討が必要である。以上を踏まえ以下のように提案する。

- 今回はハスの立葉が展開する時期での実施であったため刈取り物の体積が大きかったが、前述したように実施時期を成長初期にすることで刈取り物の処分量が削減できると考えられる。
- 袋詰めには1 t程度の容量があり開口部が大きなフレコンバックを用いることで詰込み作業を簡便化すると共に、フレコンバックに詰めたハスを堤防上からクレーン装置付トラックで持ち上げることで陸揚げ作業を簡便化する。
- フレコンバックには上部と下部に開口部がついているものがあり、クレーン装置付トラック等で持ち上げることで下部口から刈取り物を排出でき、分別作業についても簡便化を図ることができる。
- 仮置きは今回程度の規模であれば必要ないため、陸揚げ後トラック等に積載し直接処分先へ運搬する。実施する際には景観上問題にならず仮置きに十分な面積が確保できる場所を検討する。

(5) 陸揚げ場所について

今回陸揚げに使用した場所は、8月の手賀沼ハスマつりに伴って運航している蓮見船の乗り場として利用されている地点である。非灌漑期では水位が浅く運航ができなかったが、灌漑期であれば船外機付ボートでも運航可能である。しかし、水路が狭いため複数のボートを用いる場合はすれ違うことができず、大規模な刈取り実施に際しては問題が生じる可能性がある。解決策としては本地点の環境改善もしくは別地点の検討が必要であり、継続して本地点を陸揚げ場所として用いる場合は、灌漑期に実施する、もしくは水路を拡幅・浚渫し非灌漑期でも余裕を持った運搬ができる水深とする方法が考えられる。

また、刈取りの規模を拡大し、刈取り量が多くなった場合は、新たな仮置き場所を検討する必要がある。以上を踏まえ以下のように提案する。

- 船外機付ボートで接岸でき、仮置きに十分な面積を確保できる場所を検討する。
- 上記のような陸揚げ場所が確保できない場合は今回使用した水路を拡幅・浚渫することで船外機付ボートでの曳航を可能にする。

2-2. 作業にかかる人数、時間及び車両等の設備について

前項 2-1. で提案した作業方法について、作業にかかる人数、時間及び車両等の設備について検討した。

(1) 人数及び時間について

今回の実施にかかった人数及び時間は表 III-3 のとおりである。土嚢袋への詰込み作業及びトラックへの積み込み作業にかかった作業量についても表 III-4 に示した。また、参考として伊豆沼で試行された船刈りと手刈りによるハス群落の刈払い作業の比較を表 III-5 に示した。

表 III-3 実施結果（再掲）

		面積	作業量 (船頭を含まない)	作業効率	備考
実施範囲(全体)		約 1,020 m ²	4 名 × 3 時間	-	
内訳	葉・茎等の刈取り	約 520 m ²	1.5 名 × 3 時間	0.012 ha/時間/人	130 m × 4 m
	根茎の切断	約 500 m ²	1 名 × 3 時間	-	169 回
	回収・陸揚げ	-	1.5 名 × 3 時間	-	湿重量 440 kg

表 III-4 陸揚げ後の処理にかかった作業量

	作業量
土嚢への詰込み作業	4 名 × 3 時間
トラックへの積み込み作業	5 名 × 0.5 時間

表 III-5 刈取り方法による作業効率の比較（伊豆沼）

	船刈り(刈払い装置)	手刈り(鎌)
時期	6 月及び 8 月	6 月及び 8 月
作業人数	2 名(うち 1 名操船)	4 名(うち 1 名操船)
葉柄密度(本/m ²)	6.7	5.5
面積(延べ)	0.6 ha	0.2 ha
作業時間(延べ)	1.4 時間	1 時間
作業効率(ha/時間/人)	0.21	0.05

※「湖沼における刈り払い装置を用いたハス群落の抑制方法に関する試験」(芦沢淳、2015)³を基に作成
 ※回収は含まない

1) 浮葉のみが展開する時期に手刈りで行った場合

今回の試験的刈取りはハスの立葉が展開する時期であり、浮葉のみが展開する時期の刈取りと比較すると繁茂するハスが多く作業量が多いと考えられる。浮葉のみが展開する時期に手刈りで行った場合について、伊豆沼での報告では作業効率が 0.05 (ha/時間/人) であり³、今回の作業効率の約 4 倍である。伊豆沼での成果を参考とし、今回の人工に換算して刈取り面積を算出した。なお今回の作業には根茎の切断なども含まれるため計算に用いる人数及び時間は葉・茎等の刈取りについての値を使用した。

$$\begin{aligned} & 0.05 (\text{ha/時間/人}) (\text{伊豆沼での手刈りによる作業効率}) \times 2.5 (\text{船頭を含む今回の作業人数}) \times 3 (\text{時間}) \\ & = 0.38 (\text{ha}) \end{aligned}$$

となった。立葉が展開する時期に行った今回の刈取り面積は 0.052 ha であり、約 7 倍の刈取り面積となる。このことから浮葉のみが展開する時期の実施が効率的であることが示された。

2) 浮葉のみが展開する時期に曳航式の刈払い装置を用いた場合

伊豆沼で試行された曳航式の刈払い装置と同程度の装置を用いた場合を検討する。作業効率が手刈りの 4 倍という知見があるが³、実施方法が異なるため単純に今回の作業効率が 4 倍となるわけではない。故にここでは伊豆沼での成果を参考として今回の作業時間に換算した刈取り面積を算出した。なお伊豆沼での刈払い装置は 1 隻につき船頭を含む 2 名による作業であるため人数は 2 名とした。

$$0.21 (\text{ha/時間/人}) \text{【伊豆沼での刈払い装置による作業効率】} \times 2 (\text{船頭を含む作業人数}) \times 3 (\text{時間}) = 1.26 (\text{ha})$$

前項で算出した手刈りによる刈取り面積の約 3 倍となり、作業効率の改善が期待できる。刈取り作業に 2 名しか必要としないため、回収や陸揚げの作業に人員を割くことで船体の作業効率も改善される可能性が示唆された。曳航式の刈払い装置を用いる際はこの数値を踏まえ、刈取り目標に応じた作業人数及び時間を設定する。

3) 陸揚げ及び処理についてクレーン装置付トラックを用いた場合

クレーン装置付トラックを用いた場合、今回袋詰めにかかった作業量及び、トラックへの積み込みにかかった作業量を削減し刈取りや根茎の切断に充てることが可能である。今回土嚢袋への袋詰め及びトラックへの積み込み作業にかかった作業量を一人当たりの作業時間に換算すると

$$3(\text{時間}) \times 4(\text{人}) \text{【袋詰め】} + 0.5(\text{時間}) \times 5(\text{人}) \text{【積み込み】} = 14.5(\text{時間} \cdot \text{人})$$

となり、今回の作業効率では刈取り面積 0.17 ha (1,700 m²)、伊豆沼での手刈りによる作業効率では面積 0.73 ha (7,300 m²) に相当する。

(2) 車両等の設備について

1) 船舶について

曳航式の刈払い装置を用いる場合は推進力がより大きいものを使用することが望ましい。参考として今回使用したボートの備船費を表 III-6 に示した。手漕ぎボートを回収用に用いる際は作業員の人数に応じて数量を増やすことが望ましい。

表 III-6 今回の実施にかかった備船費

名称	単位	数量	単価(円)	金額(円)	摘要
船外機付ボート(20馬力)	時間	9	9,000	81,000	3隻を3時間使用
手漕ぎボート	時間	6	1,000	6,000	2隻を3時間使用

※備船費は今回実際にかかった使用料に準拠

※税抜きで表示

2) 必要な機材、車両について

今回提案する方法で想定する使用機材を表 III-7 に、使用する車両を表 III-8 に示した。

表 III-7 想定する使用機材

用途	機器名	使用法	仕様・規格	数量	価格の目安(円)
刈払い	動力式刈払い機	水面上のハスの刈払いを行い、ポートが群落内に進入しやすくする。	排気量:23~30 cc 使用燃料:ガソリン、混合 刈刃:金属刃(竹・笹・雑木用)	1	27,000~60,000 (刈刃は含まない)
	手刈り鎌	船上からの刈取り作業では長柄のものを、船外に降りて作業を行う場合には短柄のものを用いると作業を行いやすい。曳航式の刈払い装置を使用する場合は設定目標に合わせて実施する。	長柄 刃渡り:20~30 cm 程度 柄長さ:1.0~1.5 m 程度	1	2,000~8,000
			短柄 刃渡り:20~30 cm 程度 柄長さ:30~50 cm 程度	1	1,500~5,000
	曳航式の刈払い装置	伊豆沼での使用方法に準ずる。曳航に使用するポートや船外機の規格についてヒアリングを実施することが望ましい。	V字金属枠 幅:約 2.5 m 刃渡り:20 cm 刃数:両側 8 箇所	1	-
根茎の切断	スコップ	船外に降り、沼底に差し込むことで根茎を切断することを想定し、柄が長く、切断面が広いものがより有効である。	刃渡り:30~50 cm 程度 柄長さ:1.0 m 程度	1	1,000~3,000
陸揚げ	フレコンバック	刈取ったハスの袋詰め使用する。処分先で分別が容易となる下部に排出口のあるものが望ましい。	容積 1 t (角型 86 cm 角×長 120 cm)	1	800~2,000

※単価は自社調べ

※税抜きで表示

※曳航式の刈払い装置については伊豆沼の関係者にヒアリングを行うことが望ましい。規格は(芦沢淳、2015)³を参考。

表 III-8 運搬費の例

名称	規格	単位	数量	単価(円)	金額(円)
トラック (クレーン装置付)	2 t (2.9 t 吊)	日	1	8,900	8,900
	4 t (2.9 t 吊)	日	1	11,100	11,100

※単価は月刊積算資料 2017 年 11 月版(一般財団法人経済調査会)に準拠

※税抜きで表示

2-3. 刈取りに付随したモニタリング項目について

ハス群落内は枯死したハスが堆積し、その分解に伴う溶存酸素 (DO) の低下や、ハスの立葉が太陽光を遮断することによる植物プランクトンの光合成の阻害により嫌気的環境になりやすい。また、このような水質の悪化が要因となってハス群落内は生物多様性が低いことが報告されている¹⁾。群落内での水質や底質の調査は経年でモニタリングはされておらず、現状の把握及びハスの刈取りによる効果の把握は重要である。また、根茎の切断によるハス群落の成長抑制効果を試験する場合は試験区及び対照区の選定の際に生育環境の類似した地点で行うことが望ましい。よって以下のように提案する。

- 目的

ハス刈取りによる影響及び効果の検討を行うと共に、根茎の切断等の実証試験を行う前段階として試験区及び対照区の選定のための環境の把握を目的とする。

- 調査項目

水質調査、底質調査、生物調査（魚類、底生生物）

- 調査時期

各刈取りの前後とする。ただし、刈取り後については懸濁物等の状態が落ち着いた3日～1週間後に行うこととする。

- 調査場所

根茎の実証実験を行う前段階の調査であるため、複数地点について調査を行う。また、群落内との比較のため群落外についても代表的な地点で調査を行う。なお、立葉が展開する時期には調査地点が判別困難になると予想されるため、GPSにより調査位置情報を明確にする。

- 調査方法

- ① 水質調査

- ・ 表層及び底層にて試料採取を行う。表層は水面下 10 cm、底層は底泥直上で行う。
- ・ 採水方法はバンドーン採水器により行う。
- ・ 調査項目は水温、pH、溶存酸素 (DO)、濁度、化学的酸素要求量 (COD Mn)、クロロフィル *a*、光量子量とする。
- ・ 群落内の調査結果と群落外の調査結果を比較することでハス群落による影響及び効果を検討する。

② 底質調査

- ・ 採泥方法はコアパイプにより行う。
- ・ 調査項目は粒度組成試験（JIS A 1204（土の粒度試験法）に則り篩い分け試験を行う）、強熱減量、含水率、酸化還元電位（ORP）、有機性炭素含有量、全硫化物濃度、全窒素、全リンとする。

③ 魚類調査

- ・ 採取方法はカゴ網及び定置網により行う。
- ・ 網の設置は一昼夜とし、魚種ごとに個体数を記録する。

④ 底生生物調査

- ・ 各調査地点で 50 cm 四方のコドラート付きサーバーネットにより、定量採集を行う。
- ・ 魚類調査時に設置するカゴ網に混獲される甲殻類及び貝類を調査対象とする。

2-4. その他の方法について（参考）

今回の試験的刈取り以外の方法について参考として示した。なお、ここで示す方法は試験的段階や、文献等の実証例がないため検討する際には事前試験を行う等、十分に検証することが望ましい。

- ロボット船によるハス刈取りの試験的实施
宮城県伊豆沼等において、大学と連携したロボット船によるハス群落の試験的刈払いが行われている。
- 水面藻刈船によるハス群落の刈取り
新潟県瓢湖において、地元の建設会社と連携した水面藻刈船によるハス群落の刈取りが行われている。

IV 文献

1. 山室真澄. 河川整備基金助成事業 手賀沼においてハス群落の水環境に及ぼす影響評価と適切な整備・管理方法に関する研究. 2010.
2. 平塚智子, 山室真澄. 国内におけるハス群落管理対策の事例. 水草研会誌 2013;99.
3. 芦澤淳, 星雅俊, 藤本泰文, 嶋田哲郎. 湖沼における刈り払い装置を用いたハス群落の抑制方法に関する試験. 伊豆沼・内沼研究報告 2015;9:61-70.
4. 手賀沼水環境保全協議会, エヌエス環境株式会社. 手賀沼内に生育するハス群落調査. 2010.
5. 林紀男, 間野吉幸, 森康行, 竹内順子, 八鍬雅子. 手賀沼ハス繁茂抑制に向けた試験的試み. 千葉生物誌会員研究発表要旨 2016.
6. 千葉県柏土木事務所, 株式会社水圏科学コンサルタント. 平成 24 年度県単河川調査委託 (河川整備計画関連資料作成) 報告書. 2013.
7. 林紀男, 竹中真里子, 八鍬雅子. 手賀沼ハス繁茂域の変遷と繁茂抑制の試み. 千葉生物誌会員研究発表要旨 2014.