

〈研究発表〉

湖沼への沈水植物再生における派生バイオマスのリサイクル評価

見島 伊織¹⁾, 柿本 貴志¹⁾, 池田 和弘¹⁾, 田中 仁志¹⁾,

袋 昭太²⁾, 久保田 洋²⁾, 石川 光祥²⁾, 稲森 悠平³⁾,

¹⁾ 埼玉県環境科学国際センター 水・土壌研究領域 水環境グループ (〒347-0115 埼玉県加須市上種足 914,
E-mail: mishima.iori@pref.saitama.lg.jp)

²⁾ 株式会社フジタ技術センター 環境研究部 (〒243-0815 神奈川県厚木市小野 2025-1, E-mail: fukuro@fujita.co.jp)

³⁾ 福島大学 共生システム理工学類 (〒960-1296 福島県福島市金谷川 1 番地,
E-mail: ina0120@sss.fukushima-u.ac.jp)

概要

湖沼の水質改善のために植生の再生による自然浄化機能を活用した対策が重要視されている。中でも沈水植物は、バイオマスが多く水環境の回復に及ぼす影響が大きいとされており、再生に期待が寄せられている。また、派生バイオマスも有価な資源であるが、そのリサイクル手法についてエネルギー収支の観点から詳細に検討した報告はない。本報告では、指定湖沼において沈水植物を再生したと仮定し、湖沼周辺の水田および畑地へ緑肥、堆肥、液肥として還元した際のエネルギー収支について算定し、それぞれの手法の評価を行ったので報告する。

キーワード: 湖沼, 沈水植物, 派生バイオマス, リサイクル

1. はじめに

閉鎖性水域などの富栄養化は依然として大きな環境問題である。水環境の改善には発生源対策が基本となり、下水処理場や合併処理浄化槽などでの高度処理が望まれる。しかしながら、これらが整備されていない地域、ノンポイント汚染が著しい地域などでは、水の直接浄化も必要である。特に湖沼は、環境基準達成率が河川や海域に比べて低いため、対策は急務の課題である。湖沼においては法改正により、湖辺環境保護地区が指定されるなど、湖岸植生帯の保全・再生による自然浄化機能を活用した対策の重要性が高まっている。湖岸植生帯には、陸域から水域へと抽水植物、浮葉植物、沈水植物が見られる。中でも沈水植物はその大部分が水中にあることから、アレロパシー機能、捕食者の増加機能、遮光機能、沈降促進機能などの水環境に与える量的・質的な効果が極めて大きいため、沈水植物群落の再生による湖沼の水環境回復が強く期待されている。

しかしながら、過剰繁茂した沈水植物群落はそのままでは、枯死後に湖底へ堆積し、より一層の底質の富栄養化につながるため、逆に水質汚濁の原因となりかねない。実際に滋賀県の琵琶湖ではオオカナダモなどの沈水植物が繁茂し、刈り取りのために多額の費用を投入している。また、刈り取った後の沈水植物の多くは利用用途がないのが現状である。さらには、これまでのところ、沈水植物のリサイクルをした場合のエネルギー収支などを明らかにした報告した例はない。よ

って、沈水植物の利用には、水質保全としての刈り取りによる系外への除去が不可欠となるが、一方で、大量に派生する沈水植物をリサイクルするシステムの構築が低炭素循環型社会の実現のために求められる。

以上より、沈水植物を湖沼に再生しリサイクルするとした場合において、リサイクル手法別のエネルギー収支を算定することを本報告の目的とした。そして、指定湖沼において沈水植物を再生したと仮定し、緑肥、堆肥、メタン発酵による液肥として、湖沼周辺の水田および畑地へ還元した際のエネルギー収支について算定し、それぞれの手法のエネルギー収支について評価を行った。

2. 方法

日本の指定湖沼である霞ヶ浦、印旛沼、手賀沼を対象とした。これらは水質改善が望まれている湖沼であり、平均水深も最大の霞ヶ浦で4m程度と高くなく、有光層で光合成を行う沈水植物の生育に適している。

はじめに、GISソフトのArcGISを用いて湖の端から0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1, 2, 5, 10kmにバッファーを発生させ、その領域内の水田系および畑地系の面積を求めた。次にこれらの農地へ化成肥料の施肥をする場合の投入エネルギー量を施肥の原単位を用いて計算した。別途、湖沼面積から沈水植物の発生量を計算し、窒素の含有率から沈水植物を農地還元できる最小のバッファー領域を上記の領域から求めた。

次いで、既存の報告値を元に、緑肥化、堆肥化、メタン発酵を経た液肥化を行うための単位沈水植物重量

あたりの必要エネルギーを算定した。求めたバッファ一領域へ、沈水植物を緑肥、堆肥、液肥として農地還元する場合の必要エネルギー量を加工、刈り取りについて求めた。これらから、沈水植物のリサイクルによるエネルギー収支を算定した。

3. 結果と考察

3.1 湖沼周辺の農地面積

霞ヶ浦における湖の端から 0.2~10km のバッファ一領域内の水田系および畑地系利用状況は Fig. 1 に示したとおりである。0.2km バッファ一領域では水田系が 23km²、畑地系が 1.0km²であり、1km バッファ一領域では水田系が 84km²、畑地系が 20km²であった。特に湖の近傍において水田系の農地面積が高いことがわかる。湖沼周辺に水田系、畑地系の農地面積が多いほど、農地還元の際に受け入れ可能な沈水植物量が多く、派生バイオマスのリサイクルに適していると考えられる。

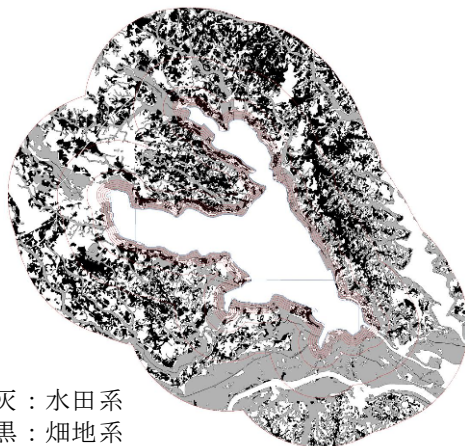


Fig.1 霞ヶ浦周辺の土地利用状況

沈水植物は常緑性の他に、夏緑性、冬緑性がありこれらの組み合わせにより長期間派生バイオマスが得られると考えられる。また、水中に存在するために含水率が高く 90%程度であるとされている。1回の刈り取りで乾燥重量として 200g/m²の沈水植物バイオマスが湖面面積に対して刈り取りでき、年間2回の刈り取りを行うと仮定した場合に、各指定湖沼における派生バイオマス量は Fig. 2 に示したとおりである。湖沼面積に応じて、沈水植物バイオマスが発生するという仮定であるので、最大の面積を有する霞ヶ浦で、最大の 88000 t の想定派生バイオマス量が得られた。

これらの想定派生バイオマス量について窒素量を基準として湖沼周辺の農地に還元した場合に、湖沼周辺のどのバッファ一領域で派生バイオマスを全量使用できるかを検討した。今回設定したバッファ一領域では、霞ヶ浦で 10km、印旛沼で 2km、手賀沼で 0.8km となった。特に、印旛沼と手賀沼は湖沼周辺で派生バイオ

マスの全量を利用できるため、輸送で消費されるエネルギーも低減できると考えられる。また、湖沼周辺で派生バイオマスを利用できることは地産地消につながり、施設などを作る際も住民や行政の理解を得やすいと考えられる。以降はこのバッファ一領域の条件を用いて計算を行った。

先にも述べたが、沈水植物を湖沼に再生させる場合に、沈水植物が光合成を行う必要があるため、比較的水深が浅い湖沼が適している。よって、他の指定湖沼である琵琶湖、中海、野尻湖などの水深が高い湖沼よりも、今回対象とした霞ヶ浦、印旛沼、手賀沼といった最大水深、平均水深共に小さい湖沼が適している。また、霞ヶ浦、印旛沼、手賀沼においては、湖沼周辺で派生バイオマスの全量を比較利用しやすい。

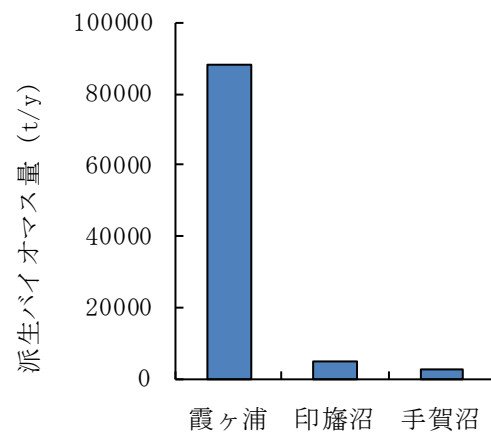


Fig.2 派生バイオマス量

3.2 リサイクルに要するエネルギー

沈水植物の刈り取りに要するエネルギーを乾燥重量あたりで求めると、表 1 のとおりとなった。機械式が最もエネルギーを要し、人力式は他の 2 つの方法に比べ極端に低い結果となった。霞ヶ浦、印旛沼、手賀沼の湖面面積はそれぞれ、220km²、12 km²、7 km²あり、沈水植物の刈り取りを行う際には、機械式もしくは半機械式が現実的である。それぞれの方法のイニシャルコストとランニングコストを算出し、減価償却を 15 年として年間コストで比較すると、いずれの湖沼においても機械式を用いた場合が最もコストが低かったため、以降の計算では刈り取りには機械式を用いることとした。

霞ヶ浦に液肥化を導入した際の、沈水植物の加工過程で必要となるエネルギーは Fig. 3 に示すとおりであ

Table 1 刈り取りに要するエネルギー

機械式	3700 MJ/t
半機械式	2300 MJ/t
人力式	44 MJ/t

る。沈水植物の運搬や液肥化施設の維持管理、メタン発酵をさせる際の加温にエネルギーを要することがわかる。また、回収は大きい負の値となった。これは、メタン発酵によりエネルギーが回収できるためである。この回収エネルギーは他のエネルギーよりも大きいため、全体としてエネルギーを生産できることがわかる。

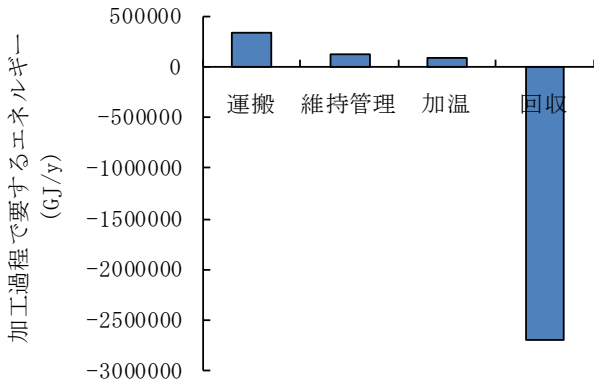


Fig.3 液肥化の加工過程で必要となるエネルギー

3.3 エネルギー収支

霞ヶ浦に液肥化、堆肥化、緑肥化のリサイクル技術を適応させた場合のエネルギー収支を試算する。刈り取りエネルギーはそれぞれのリサイクル技術において共通であり、320000GJ/yとなった。また、刈り取った沈水植物を農地還元するとした際に、水田への化成肥料投入の原単位を用いて計算すると210000GJ/yのエネルギーが削減可能であることがわかった。各リサイクル技術において、刈り取りエネルギーと加工エネルギーの和から化石肥料の削減エネルギーを減じたエネルギー収支は、Fig. 4に示したとおりである。液肥化を選択した場合、メタン発酵でエネルギー回収ができるため使用する加工エネルギーが負になり大幅なエネルギー回収が見込まれる。緑肥化と堆肥化を比べた際は、堆肥化の加工エネルギーが高く、結果として堆肥化には多量のエネルギーが必要であることがわかる。緑肥化はその加工過程が簡便であり、使用するエネルギーも少ないため実現可能性が高いと考えられる。また、刈り取りエネルギーは全エネルギーに占める割合が大きいため、今後、効率的に刈り取りを行うなどのエネルギー削減が課題である。

また、印旛沼、手賀沼の試算結果においても同様に液肥化を選択した場合でエネルギーが回収できることがわかり、その回収量は印旛沼で99000GJ/y、手賀沼で54000GJ/yであった。

沈水植物を農地還元する際の必要エネルギーの試算や収支に関してはこれまでほとんど報告されていなかったが、指定湖沼に沈水植物を再生させ緑肥化、堆肥化、液肥化のリサイクル技術を適応させるとした場合のエネルギー収支を試算できた。なお、本報告で計算

に用いた原単位などを変更することで、他の湖沼においても容易にエネルギーなどを試算でき、リサイクル技術を選定する際の情報として活用できる。

また、具体的に沈水植物の加工を行う施設の位置を特定し、施設までの沈水植物の輸送にかかるエネルギーを詳細に検討することや、肥料効率、操作性を考慮したりリサイクル技術の選定が今後の課題である。

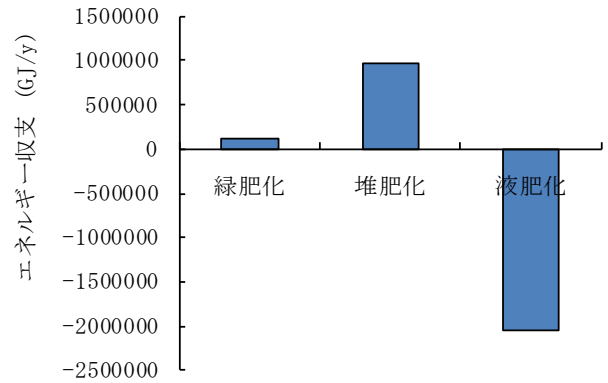


Fig.4 霞ヶ浦における各リサイクル手法のエネルギー収支

4. まとめ

湖沼の水質改善として期待が寄せられている沈水植物に着目し、指定湖沼へ沈水植物を再生したと仮定した場合に発生するバイオマスのリサイクルした際の必要エネルギーや収支を明らかにした。これにより、地域特性や湖沼特性に応じてエネルギー収支からリサイクル技術を評価することが可能となった。緑肥化は、必要エネルギーが少ないため、低炭素社会構築への貢献として実施することが可能と考えられる。そのためには、ボランティア等を活用した人力式の刈り取り方法の積極的な選定と実施が不可欠である。液肥化は、回収できるエネルギーが極めて大きく、非常に有効である。受入れ可能施設の利用などにより、積極的に活用すべきリサイクル技術と考えられる。また、地域未利用バイオマスの集約による混合発酵施設の建設によってエネルギー消費を抑制し、さらなる低炭素化が可能と考えられる。

謝辞

本研究は環境省環境技術開発等推進費（生態工学技法としての沈水植物再生による湖沼の水質回復と派生バイオマスリサイクル統合システムの開発、代表：稲森悠平）の一部として実施した。ここに謝意を記す。