

秋田県産浮草（duckweed）の水質浄化能を探る

生物資源科学部 生物環境科学科
1年 熊谷 洸希
1年 大野 颯真
生物資源科学部 生物生産科学科
1年 佐藤 春樹
1年 嶋原 慶
1年 鍋田 卓摩
生物資源科学部 生物環境科学科
助教 岡野 邦宏
客員研究員 片桐 浩司

【背景と目的】

私たちは、過去に魚などの水中生物が見えないほど汚れていた河川や水路が浄化されて水中生物が見えるようになるほど綺麗になっていくのを目の当たりにし、河川などの水環境がどのように浄化されていくのかに興味を持った。

近年、省エネルギーかつ持続可能な水質浄化技術として水生植物を用いた浄化技術が注目されている。水生植物の中でも増殖の速さや回収後のバイオマス利用の観点から浮草（duckweed）による水質浄化が日本国内でも盛んに研究されている¹⁾。秋田県では八郎湖の水質汚濁が深刻化しており、湖沼の直接浄化や汚染源となる生活排水処理水に浮草による水質浄化が応用できないかと考えた。そこで、本研究では秋田県内の浮草の水質浄化能力を明らかにし、湖沼や生活排水処理水の水質浄化に利用可能かを検証することを目的とした。

【実験方法】

1. 浮草の採取

秋田県の八郎湖南部の水田圃場でウキクサ (*Spirodela polyrhiza*) とコウキクサ (*Lemna minor*) を採取した (図1)。

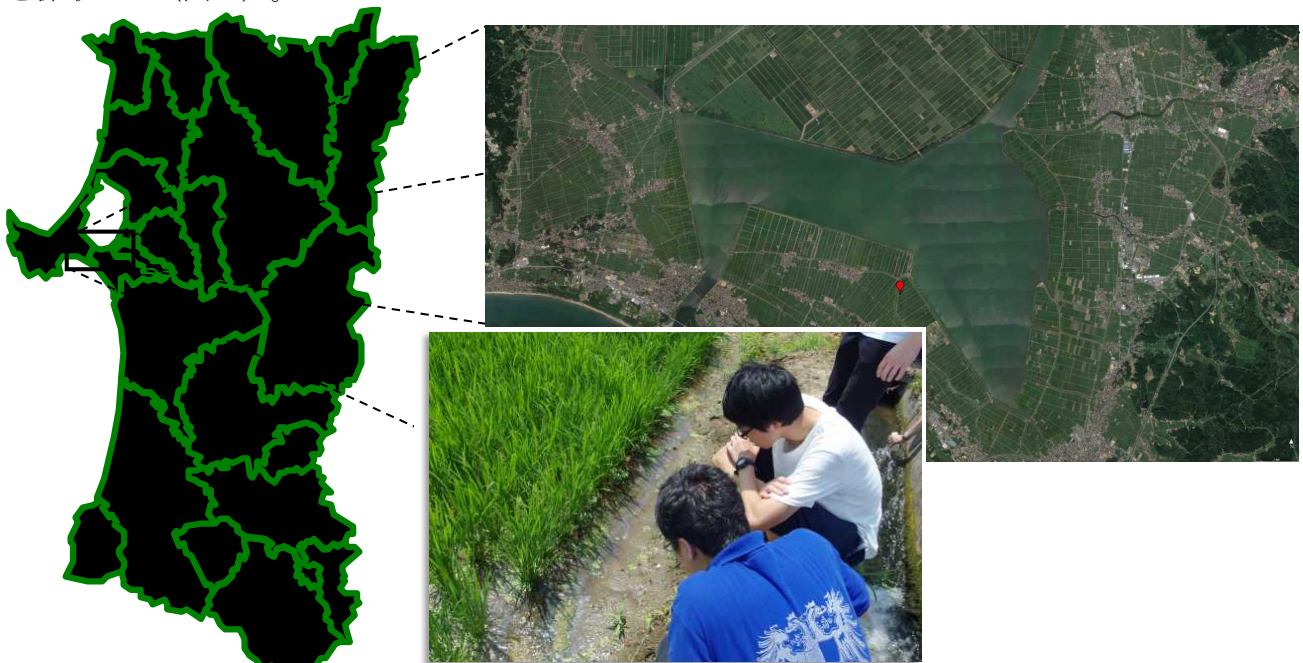


図1. 採取場所 (39° 90' 6.18"N、140° 01' 36.98"E)

2. 浮草の培養方法

2-1. 培地の作成

表1の改変Hoagland培地（継代培養）をNaOHによりpH7に調整して定容した（表1）。500 mL三角フラスコに250 mLの培地を入れてオートクレーブ（120℃、15分）で滅菌した。なお、水質浄化試験には改変Hoagland培地（浄化試験）を使用した。

表 1. 改変Hoagland培地の組成

試薬	継代培養(mg/L)	浄化試験 (mg/L)
KNO ₃	36.1	36.1
(NH ₄) ₃ SO ₄	-	<u>141.6</u>
NaH ₂ PO ₄	3.87	<u>11.6</u>
K ₂ SO ₄	29.3	29.3
MgSO ₄ ・7H ₂ O	103	103
CaCl ₂ ・2H ₂ O	1.47	1.47
FeSO ₄ ・7H ₂ O	3.33	3.33
H ₃ BO ₃	0.95	0.95
MnCl ₂ ・4H ₂ O	0.39	0.39
CuSO ₄ ・5H ₂ O	0.03	0.03
ZnSO ₄ ・7H ₂ O	0.08	0.08
Na ₂ MoO ₄ ・2H ₂ O	0.24	0.24

2-2. 浮草の純粋培養

浮草を1000倍希釈したキッチンハイターに3分間、次に70%エタノールに1分間浸漬させて殺菌した。その後、滅菌した蒸留水で3回浸漬してから、ウキクサとコウキクサを培地に植種した。培養は照明付き恒温器（FLI-2000）を用いて温度28℃、光量子密度80 μmol/m²/s、明16時間・暗8時間周期で行った。

3. 水質浄化試験

3-1. 試験方法

約2週間培養を行ったウキクサとコウキクサを用いて水質浄化試験を行った。改変Hoagland培地（浄化試験）をオートクレーブ（120℃、15分）で滅菌して浮草を植種した。培養は照明付き恒温器（FLI-2000）を用いて温度28℃、光量子密度80 μmol/m²/s、明16時間・暗8時間周期で行い、試験期間は12日間とし、定期的に採水した。また、試験開始前と終了後の浮草の湿重量を測定し、試験は3連で行った。

3-2. 水質分析

採水試料を適宜希釈してアンモニア態窒素（NH₄-N）、亜硝酸態窒素（NO₂-N）、硝酸態窒素（NO₃-N）、リン酸態リン（PO₄-P）を測定した。測定は自動水質分析機（QuAatro 2-HR）を使用し、3連の試験結果を平均してグラフを作成した。

【結果および方法】

1. 浮草の純粋培養

野生の浮草には細菌だけでなく藻類も付着している。特に藻類は水質浄化試験において浮草と競合するため、除去の必要がある。そのため、Toyamaらの方法に従い0.5%次亜塩素酸と70%エタノールを用いた殺菌を行ったが¹⁾、ウキクサの純粋培養系を構築することは出来なかった。そこで次亜塩素酸をキッチンハイターに変更した結果、2種の浮草の純粋培養系を確立できた(図2)

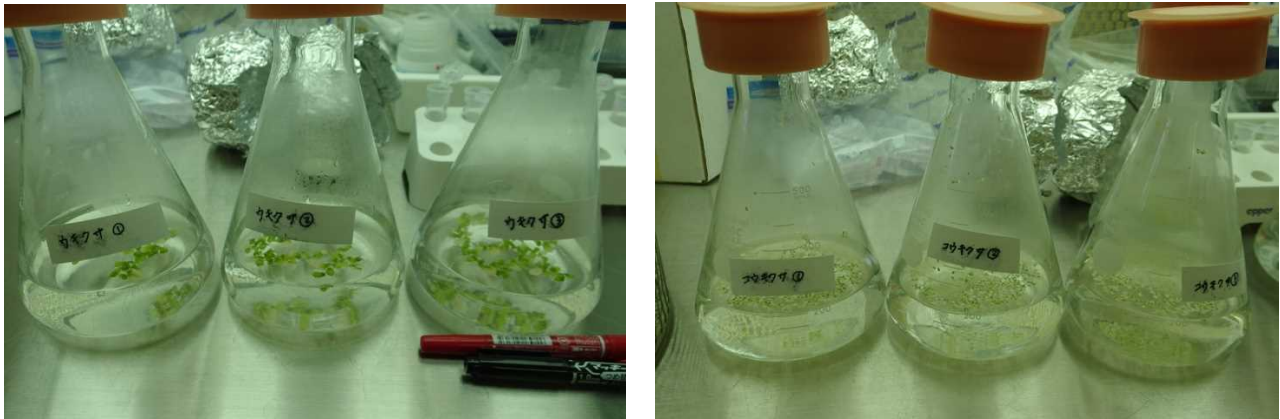


図2. ウキクサ(左)とコウキクサ(右)のフラスコによる培養の様子

2. 浮草の水質浄化能力

アンモニア態窒素は、ウキクサ、コウキクサ共に実験開始直後から減少し、除去能力が確認された(図3)。また、ウキクサよりもコウキクサの方が濃度の減少が大きかったため、コウキクサの方が窒素の除去能力が高いと考えられた。一方で、硝酸態窒素は、どちらの浮草でも減少していなかったため、除去能力が無いと考えられた(図4)。しかし、継代培養用の改変Hoagland培地にはアンモニア態窒素は入っておらず、浮草は硝酸態窒素も吸収するはずである。同じ浮草を用いて都市下水を浄化した論文でも同様の結果が見られたため¹⁾、2種の浮草はアンモニア態窒素を優先的に吸収していると考えられた。

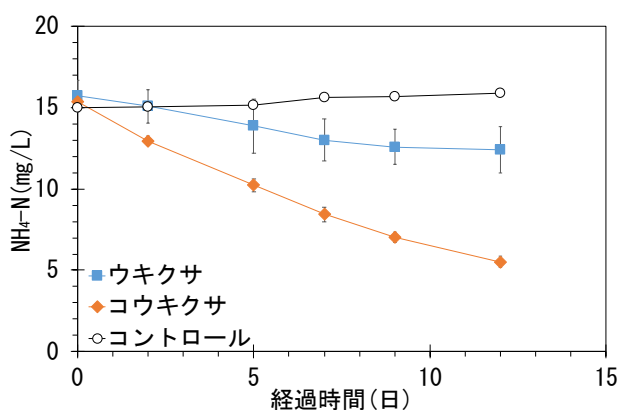


図3. アンモニア態窒素の経時変化

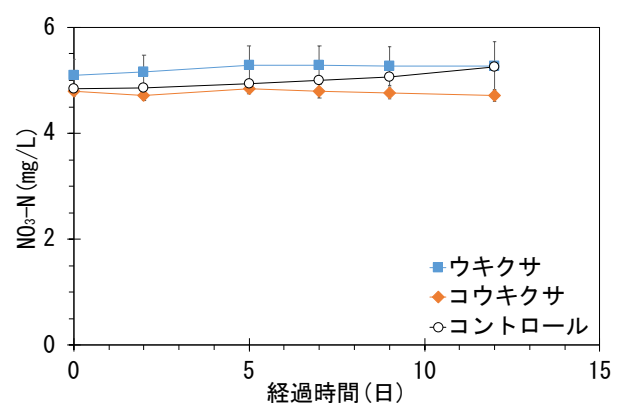


図4. 硝酸態窒素の経時変化

リン酸態リンはウキクサ、コウキクサ共に実験開始直後から減少し、除去能力が確認された(図5)。また、ウキクサよりもコウキクサの方が濃度の減少が大きかったため、コウキクサの方がリンの除去能力が高いと考えられた。

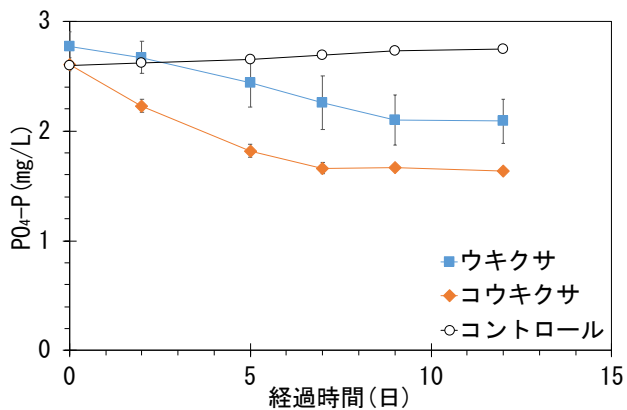


図5. リン酸態リンの経時変化

3. 浮草 1 g 当たりの水質浄化能力

試験開始前と終了後の浮草の湿重量を用いて 1 g 当たりの除去量を求めたところ、アンモニア態窒素の除去量はコウキクサが約3倍高かった (図6)。また、リン酸態リンもコウキクサが1.4倍高かった (図7)。ただし、コウキクサは根が切れているものがあり、湿重量を求める際に全てを取りきれなかったため僅かだが過大評価していると考えられた。今後は、ろ過操作などを用いて正確な湿重量を求める必要がある。

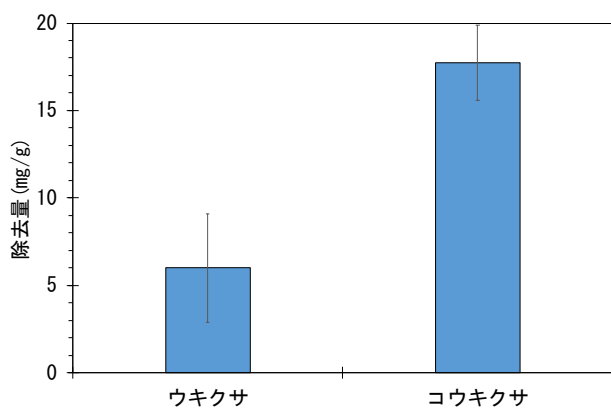


図6. アンモニア態窒素の除去量

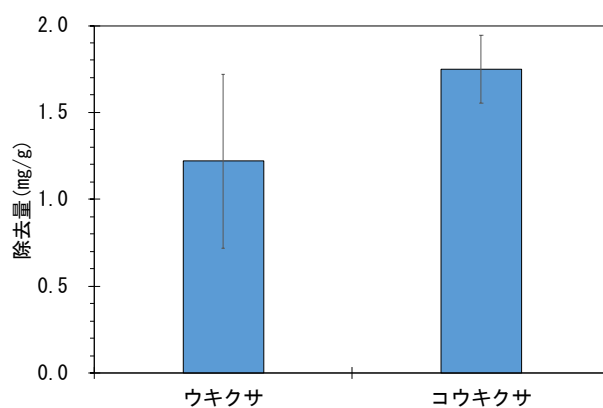


図7. リン酸態リンの除去量

【まとめ】

- ・秋田県産のウキクサとコウキクサの純粋培養系を確立できた。
- ・2種ともにアンモニア態窒素とリン酸態リンの浄化能力を持つことが明らかとなった。
- ・28°Cの条件では、ウキクサよりもコウキクサの方が浄化能力が高いことが明らかとなった。
- ・特に浄化能力の高かったコウキクサは、アンモニア態窒素を多く含む生活排水の二次処理水の浄化などに利用可能であると考えられた。

参考文献

- 1) Toyama, T., Hanaoka, T., Tanaka, Y., Morikawa, M., Mori, K: Comprehensive evaluation of nitrogen removal rate and biomass, ethanol, and methane production yields by combination of four major duckweeds and three types of wastewater effluent. *Bioresource Technology* Vol. 250 (2018) 464-473.