

オニビシ群落制御による環境改善手法の検討

TECHNICAL EXAMINATION OF IMPROVEMENT METHOD BY CONTROL WATER CHESTNUT COMMUNITY

入江光一郎¹・板橋昭夫¹・中田陽子¹・小林翔¹

Koichiro IRIE・Akio ITABASHI・Yoko NAKADA・Kakeru KOBAYASHI

¹株式会社 水辺環境研究所 (〒285-0811 千葉県佐倉市表町四丁目1-7)

Water chestnut *Trapa natans* var. *japonica* causes pollution in marsh by making Hypoxic water and rot after withering. On the other hand, it prevents waterblooms and turbidity. Moreover, it provides habitat to organisms. In this report, we made some experiments by cutting or remaining water chestnut in Lake Inba-numa, Chiba Pref. and assessed the effects of improving water quality and economic efficiency. From result of survey, we proposed effective method of cutting water chestnut.

Key Words : water chestnut, cutting or remaining Lake Inba-numa,
the effect of improving water quality

1. はじめに

千葉県印旛沼では、オニビシ *Trapa natans* var. *japonica* の繁茂 (写真-1) により、水中の照度や溶存酸素量の低下が起き、沈水植物や水生生物の生育阻害や枯死後の腐敗による水の汚濁が生じているとされている¹⁾。また沼ではモツゴやスジエビといった種を対象に漁業を行っているが、オニビシの繁茂が操業障害を引き起こしている^{1), 2), 3)}。しかし、一方でオニビシ群落付近には摂餌のため鳥類が飛来することが知られており、現地での観察の結果も含めて考察すると、オニビシ群落と開放水域との境界部 (以下、境界部という) でその傾向が顕著であり、境界部では水生生物の生息やそれに伴う水質浄化機能向上には良い影響を与えている可能性も考えられる。

このようにオニビシの繁茂にはマイナス面ばかりでなくプラス面もあると思われることから、プラス面の働きを確保しつつ、ヒシ繁茂の拡大による害が生じないようにオニビシの管理が必要と考えられる。

本報告では、今後のオニビシ管理の基礎資料を作成するために、オニビシ帯の中で、刈取り方法を変えた実験区を設定し、水質改善効果と生物増集効果、経済性などの観点から評価を行い、オニビシ群落制御による費用対効果の高い環境改善手法の検討を行うことを目的とした。

2. 実験区の設定



図-1 西印旛沼土浮地区

西印旛沼土浮地区 (図-1) において、平成26年8月にヒシ刈り専用船 (写真-2) により刈取りを行って実験区を設置した。実験区は、幅30m、長さ70mのベルト状刈取り部を3本造成し、ベルト状刈取り残部が2本できるようにし調査地点を2点ずつ確保できるようにした。また、幅150m、長さ70mの全面刈取り区域と刈取りを全く行わない区域を対照区として設定した。実験区と対照区は刈取りの影響が及ばないよう十分な離隔 (100m程度) を確保した。さらに、流水環境を確保することが重要であるとの櫻井⁴⁾に倣い、試行的に幅4m、長さ100mの水路を沼水の流動方向に沿った流路状実験区を設定した (図-2)。



写真-2 ヒシ刈り専用船

写真-1 大繁茂したオニビシ群落

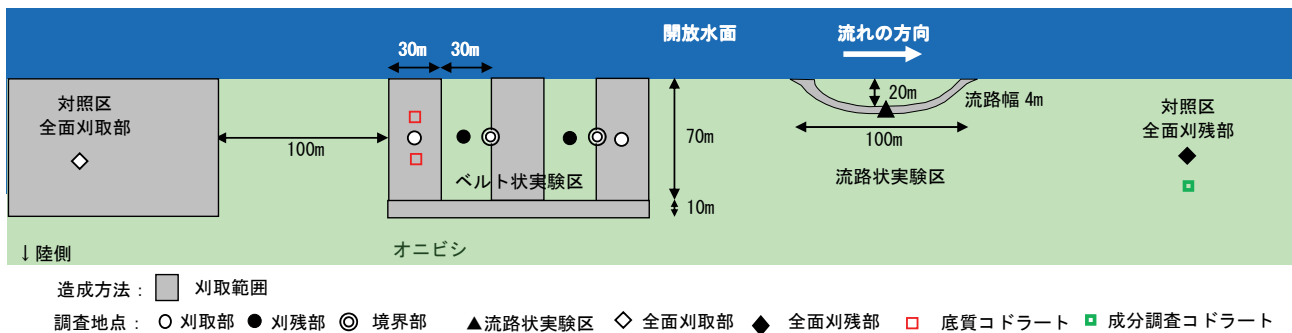


図-2 実験区設置状況図

3. 実験区での調査内容

(1) 水環境測定

ベルト状刈取部, ベルト状刈残部, 境界部, 全面刈取部, 全面刈残部, 流路状実験区それぞれにおいて, pH, DO, 光量子を測定した. 光量子は, 水面直下より10cm刻み, その他の項目は, 20cm刻みで水深別に測定した. 調査は, 刈取り1ヶ月後の9月20日に行った.

(2) 水質調査

水環境測定と同一点において, 水面より1m深度までの鉛直採水を行い, COD, 全窒素 (T-N), 全リン (T-P), SSについて分析を行った. 調査は, 刈取り1ヶ月後の9月20日に行った.

(3) 底質調査

ベルト状刈取部, ベルト状刈残部, 全面刈取部, 全面刈残部, 流路状実験区それぞれにおいて, 底泥を採取し, 土性 (底泥表層~50cm深度), COD, 強熱減量, 酸化還元電位について観察, 分析を行った. さらに, 実験区作成のために使用した刈取り船はその構造から, オニビシ葉体を水面から30cm程度しか刈取れないため, 残りの葉体は沈むこととなる. この影響を調査するため, ベルト状の刈取部で2m×2mのコドラートを2箇所設置し, 刈



写真-3 2m×2mコドラート設置状況

取り船による刈残しをすべて除去した試験区と除去しない試験区を設定し, 刈残しの有無による影響を比較検討した (写真-3). 調査は, 刈取り1ヶ月後の9月20日に行った.

(4) 生物調査

水環境測定と同一点において, 定置網を一晩設置して魚介類を捕獲した. 捕獲した魚介類は, 種別に個体数を計数, 体長の概要 (最大最小, 平均的な体長等) を把握した. 調査は, 刈取り1ヶ月半後の10月12日に行った.

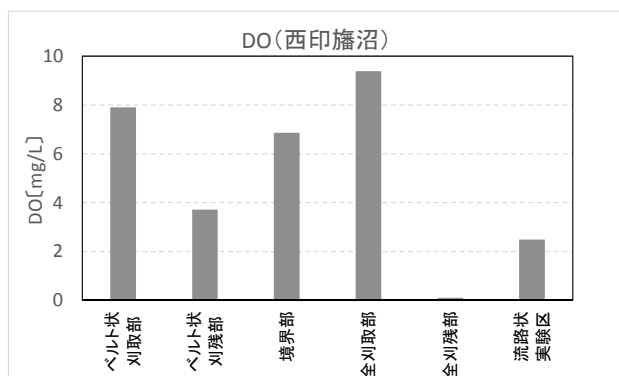


図-3 DOの測定結果

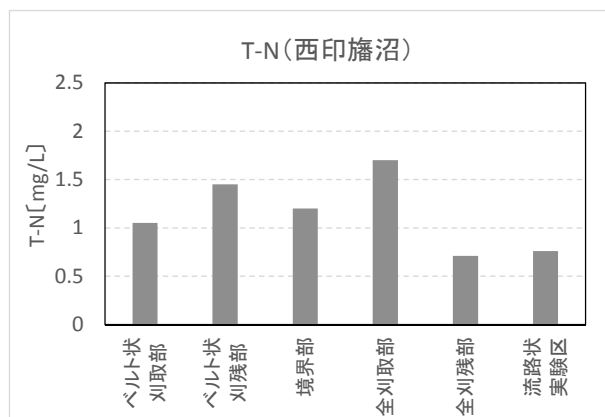


図-5 全窒素 (T-N) の測定結果

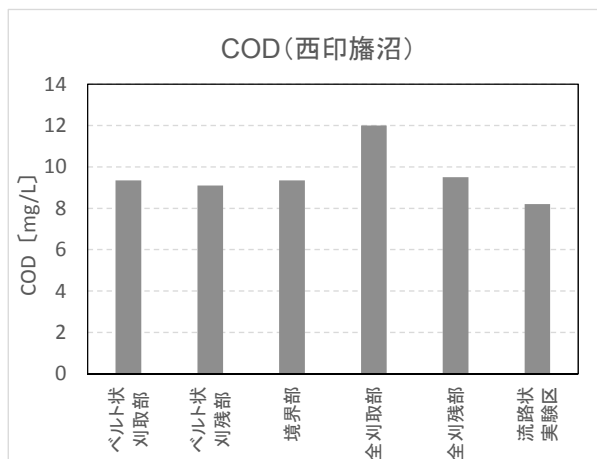


図-4 CODの測定結果

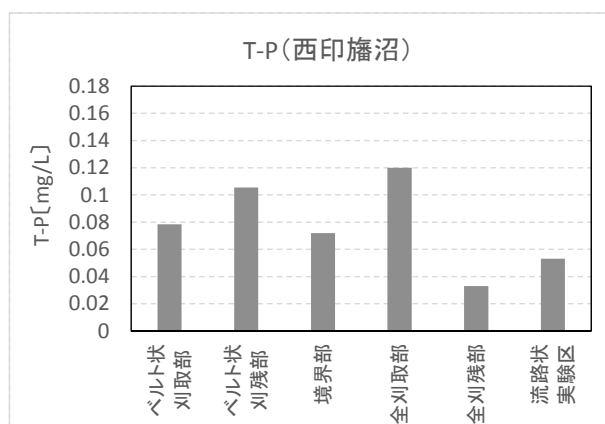


図-6 全リン (T-P) の測定結果

(5) オニビシ成分調査

全面刈残部内1地点において50cm×50cmのコドラートを設置し、コドラート内のオニビシの株数、種子数を記録した。また、コドラート内の代表5株を採取し、窒素とリンの含有量を分析した。調査は、7月～11月の1回/月、計5回とした。

4. 調査結果

(1) 水環境測定

DOの結果（水深別の平均値）を図-3に示す。図-3より、全刈残部におけるDOの値はほぼ0であった。さらに、流路状実験区、ベルト状刈残部、境界部、ベルト状刈取部、全面刈取部の刈取りの程度に対応してDOの値が増加する傾向が見られた。

(2) 水質調査

COD, T-N, T-P, SSの結果を図-4, 5, 6, 7に示す。

図-4より、全面刈取部でのCODの値が最も高く、流路状実験区でのCODが最も低かった。

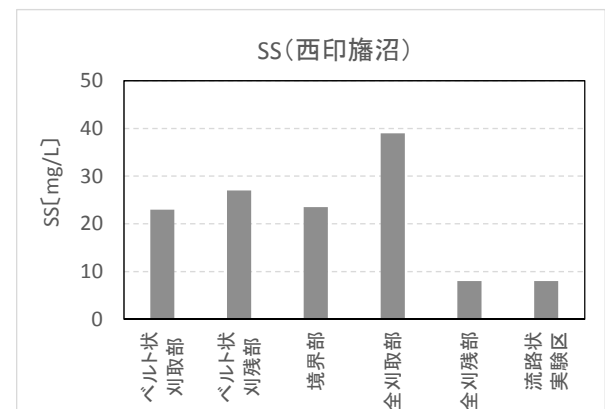


図-7 SSの測定結果

図-5より、全面刈取部での全窒素の値が最も高く、全面刈残部での全窒素の値が最も低かった。また、流路状実験区では全面刈残部に次いで低かった。

図-6より、全面刈取部での全リンの値が最も高く、全面刈残部での全リンの値が最も低かった。また、流路状実験区では全面刈残部に次いで低かった。

図-7より、全面刈取部でのSSの値が最も高く、全面刈残部でのSSの値が最も低かった。また、流路状実験区では全面刈残部に次いで低かった。

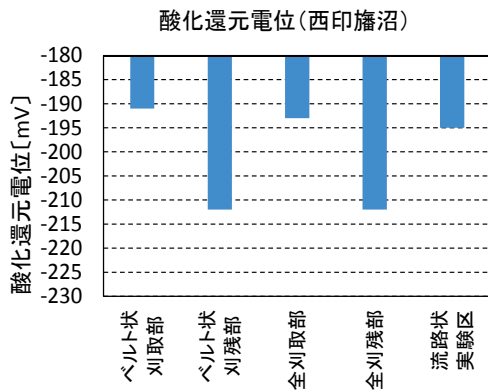


図-8 酸化還元電位の測定結果

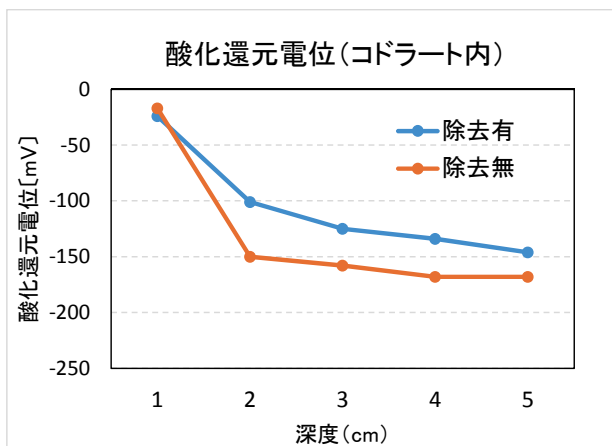


図-9 刈残しの除去有と除去無の酸化還元電位の比較

表-1 魚類の確認種数, 生息確認数, 多様度指数

実験区	ベルト状刈取部	ベルト状刈残部	境界部	全刈取部	全刈残部	流路状実験区
確認種数	3	5	5	3	1	3
生息確認数	8	32	43	45	1	8
多様度指数*	1.500	1.524	1.905	0.307	0.000	1.061

* 多様度指数: Shannon-WeaverのH'

(3) 底質調査

底質の酸化還元電位の結果を図-8に示す。図-8より、酸化還元電位の値が低いのは、ベルト状刈残部と全面刈残部であり、オニビシの刈取りを行うことにより、底質が好氣的環境になっていることが分かった。

刈取部について、刈残し除去を行った試験区と除去を行わなかった試験区における2ヶ月後の底質の酸化還元電位の結果を図-9に示す。図-9より、刈残し除去を行った試験区の方が除去を行わなかった試験区より酸化還元電位の値が20%程度高かった。

(4) 生物調査

魚類の確認種数, 生息確認数, 多様度指数を表-1に、生息確認数を図-10に示す。表-1, 図-10より、全面刈取部では、生息確認数が最も多かったが多様度指数は低かった。一方、境界部では確認種数が多く、多様度指数は最も高かった。

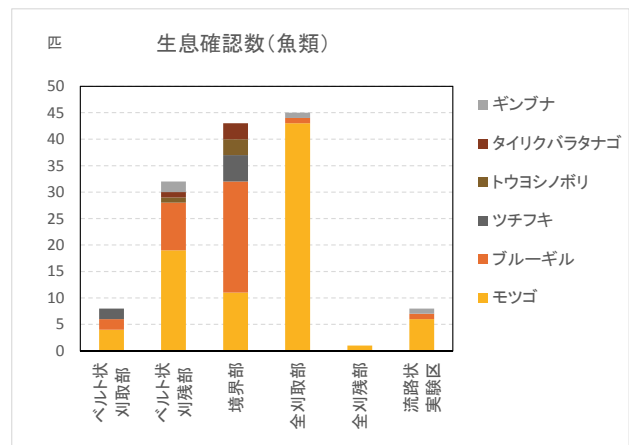


図-10 魚類の生息確認数

表-2 オニビシの株数と種子数

月	株数	種子数
7月	15	0
8月	16	0
9月	17	27
10月	14	3
11月	12	12
平均	15	8

表-3 窒素とリンの含有量

月	窒素		リン	
	mg/5株	mg/g	mg/5株	mg/g
7月	269	20	31	3
8月	456	15	70	2
9月	1,439	19	173	2
10月	422	18	43	2
11月	801	21	92	2
平均	677	19	82	2

(5) オニビシ成分調査

50cm×50cmのコドラート内におけるオニビシの株数, 種子数を表-2に示す。表-2から種子は8月までは見られなかったが、9月から見られるようになった。

オニビシ5株あたりの窒素とリンの含有量を表-3に示す。表-3より、5株あたりの窒素とリンの含有量が高いのは9月であった。

また単位重量あたりの窒素とリンの含有量の平均値をトン当たり換算するとオニビシ内の窒素, リン量はトン当たり窒素が19kg, リンが2kgと算定された。つまり、オニビシ刈取りによりこれだけの窒素, リンが削減されることが推定された。

オニビシ刈取り工事費用および浚渫工事費用の千円当たりの窒素・リンの削減量の比較を表-4に示した。表-4より、窒素については、オニビシ刈取り工事の方が浚渫工事よりも削減量が2倍程度多くなっていた。また、リンについては削減量が同程度となった。

表-4 窒素・リンの削減量の比較

項目	単位	西印旛沼	
		窒素	リン
刈取り工事	A.オニビシ内の窒素・リン量	kg/トン-dry	19 2
	B.刈取り工事費用(平成26年度)	千円	7,800
	C.刈取りオニビシ重量	トン	215
	D.単位重量当たり刈取り工事費用 (B/C)	千円/トン	36
	E.オニビシ刈取り工事千円あたりの窒素・リンの削減量 (A/D*1000)	g/千円	524 55
浚渫工事	F.底泥内の窒素・リン量	kg/トン-dry	4 0.8
	G.浚渫工事土量(平成25年度)	m ³	4,180
	H.重量換算係数	トン/m ³	1.1
	I.浚渫重量換算土量 (G*H)	トン	4,598
	J.浚渫工事費用	千円	69,000
	K.単位浚渫土量工事費用 (J/I)	千円/トン	15.0
	L.浚渫工事千円あたりの窒素・リンの削減量 (F/K*1000)	g/千円	267 53

5. 考察

(1) 水質調査等の結果から見た刈取り方法の検討

水質調査等は刈取り作業の1ヶ月後に実施しており、各実験区が安定した状態で調査を行っている。その結果、図-3～7に示したとおり、全面刈取部はDOの値が大きく改善しているもののCODやT-N、T-P、SSの各項目は全実験区のうち最も高い値となっていた。また、まったく刈取り作業を実施しなかった全面刈残部では、DOの値は極めて低いがCOD以外のT-N、T-P、SSの値は低くなるという結果となった。この理由としては、刈取りを行うことによって、特に水深1m程度の浅い湖沼では、刈取り方向と平行な風波による底泥の巻き上がり現象が生じた場合には、CODやT-N、T-P、SSの値が大きくなる可能性があると思われ、必ずしもオニビシを全面的に刈取ることが湖沼環境の改善につながるとは言えないことが明らかになった。

一方、流路状実験区は、COD、T-N、T-P、SSとも低い値を示しつつ、DOも改善傾向にあることが分かった。この理由としては、隣接するオニビシ群落により風波の影響が抑えられ各水質項目の分析値が低くなる一方で、オニビシ群落内の低いDO値を示す水が流入してくる可能性が考えられる。したがって、今後は流路状実験区における水路の水路幅について、DO値が高く、各水質項目の分析値が低い水路幅を確定することが重要であると考えられる。

なお図-5、6においてベルト状刈残部のT-N、T-Pの値がベルト状刈取部より高い理由は、隣接する刈取部からの風波の影響を受けた可能性が考えられる。

(2) 底質調査結果から見た刈取り方法の検討

底質調査の結果からは、図-8に示したとおり、オニビシの刈取りを行うことにより、底質が好氣的環境になっていることが分かった。

また、刈取船によるオニビシの刈取り範囲は水面から

30cm程度であり、残りの葉体は沼底に沈むこととなる。この影響を酸化還元電位から判定すると(図-9)、現状の刈取り方法を改善し刈取り残渣を無くす方法での刈取りが可能となれば、さらに大きな水質改善効果が生じるものと推察される。

(3) 生物調査結果から見た刈取り方法の検討

生物調査の結果からは、表-1、図-10に示したとおり、全面刈取部では、生息確認数は多いものの確認種数は少なく多様度指数は0.3とかなり低くなっており生物多様性に乏しいことが示された。

一方、境界部では確認種数が多く、多様度指数は1.9と最も高かった。境界部は、水中のDOが高く、隠れ場にもなる場が近いことが生物多様性の高くなる可能性が高いことが分かり、そのことから全面刈取は生物多様性面からも適切でないと思われる。

(4) 成分調査結果等から見た効果的な刈取り時期

窒素とリンの除去効果を高めるためには窒素とリンの含有量が最も大きくなる時期が適切であり、表-3より8月～9月に刈取るのが最も効果的であると考えられる。さらに、次年の生産量を抑えるためには種子の形成数が増加する前の時期が適切であり、表-2より8月以前に刈取るのが効果的であると考えられる。

それらを踏まえると8月までには刈取るのが適切であると推察される。

(5) 刈取り工事と浚渫工事の比較

表-4に示したとおり、オニビシ刈取り工事費用および浚渫工事費用の千円当たりの窒素・リンの削減量を比較した結果、窒素については、オニビシ刈取り工事の方が浚渫工事よりも削減量が2倍程度多くなっており、オニビシ刈取り工事の方が浚渫工事より費用対効果が高かった。この理由は、刈取り工事の場合、底泥に比較して窒素の含有量が高いオニビシそのものを除去することによる効果である。

6. 効果的な刈取り方法

今回の調査から、オニビシの効果的な刈取り方法としては、次のような条件が必要であると考えられる。

一つ目は、酸素および光を供給するために、ある程度の開放水面が必要であること。

二つ目は、風波による巻き上げによる窒素やリン、SSの上昇を抑制するために、ある程度の幅のあるオニビシ帯が必要であること。

三つ目は、沼の水流方向に沿った刈取りを行うことで水流を確保し、底泥の掃流を促し底質の悪化を抑制すること。

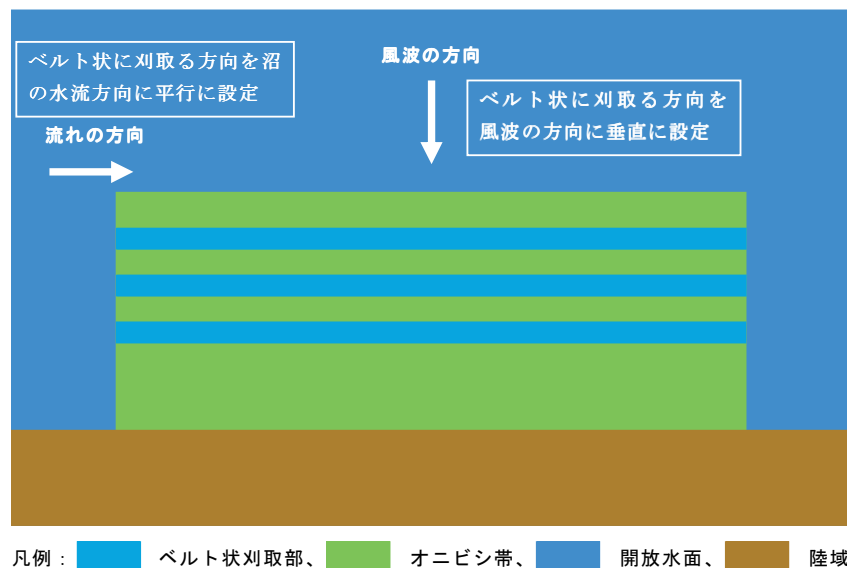


図-11 オニビシの効果的な刈取り方法の模式図

四つ目は、刈残しの沼底への堆積による底質の悪化を防ぐため、刈残しがないように根こそぎ刈取ること。

以上の条件からオニビシの効果的な刈取り方法としては、図-11に示したように、

- ①酸素および光を供給するため一定間隔でベルト状に刈取る
- ②風波による巻き上げを抑制するためベルト状に刈取る方向を風波の方向に垂直に設定する
- ③底泥の掃流を促し底質の悪化を抑制するためベルト状に刈取る方向を沼の水流方向に平行に設定し、さらに根こそぎ刈取る
- ④窒素とリンの除去効果を高めるとともに次年のオニビシの生産量を抑えるために8月までには刈取ることがあげられる。

これらのことから、湖沼などで繁茂するオニビシは、夏までに湖沼の流れに沿って湖底直上からすべての葉体をベルト状に刈取ることによって、湖沼中の富栄養化物質の除去だけでなく、湖沼生態系の多様化にも貢献する可能性が高いものと考えられる。さらに、浚渫工事よりも窒素とリン削減の費用対効果が高く、沼の環境改善が図られるものと考えられる。

7. 今後の課題

様々な刈取り方法による実験区を比較した結果、流路状実験区を整備することが環境改善効果が高く、経済性も高いことが確認された。

今後の課題としては、第1に流路の幅をどの程度に設定するかを明らかにすることである。

即ち、流路の幅が広いと風波の影響により底泥の巻き上がりが生じて、DO値が高くなるものの各水質項目の分析値が高くなる。一方、流路の幅が狭いと隣接する

オニビシ群落内の貧酸素水塊の影響を受ける可能性が高い。

第2の課題としては、流路内のDO値を上げる方法の検討が考えられる。即ち、現地観測の結果によれば、オニビシ群落内に生じる自然の水路には場所によりイヌタヌキモ *Utricularia australis* などの沈水植物が生育していることが確認されている。このような場所はSSが低く、DOは4~5mg/Lの値を示している。このことは流路状に刈取った水路内に沈水植物を植栽することにより水路内のDO値を向上させることができる可能性を示していると考えられ、沈水植物の効果的な植栽方法の検討も必要であると考えられる。

謝辞：本報告の作成にあたり既存事例に関する助言を賜った国立研究開発法人土木研究所の片桐浩司氏ならびに大寄真弓氏に謝意を表します。また実験区の設置場所に関する助言を賜った印旛沼漁業協同組合の小見美朗氏に謝意を表します。

参考文献

- 1) 吉田正彦ほか：第3章5節、里沼における人の営みの変遷と生態系サービス、ちばの里山里海サブグローバル評価最終報告書：生物多様性ゆたかな持続可能な社会に向けて、千葉県生物多様性センター、千葉県環境生活部自然保護課、pp. 124-151, 2011
- 2) Kurihara, M. and Ikushima, I.: The Ecology of the Seed in *Trapanatans* var. *japonica* in Eutrophic Lake, Vegetaito, Vol. 97, No. 97, pp. 117-124, 1991
- 3) 印旛沼のはなし、(財) 印旛沼環境基金編、2010
- 4) 櫻井善文、片桐浩司、余湖典昭：水質指標を超えてー湿原の場合ー日本水環境学会シンポジウム、2008

(2015. 4. 3受付)