

印旛沼での建設工事に伴う代替処置としての ヨシ原復元手法の検討

STUDY OF REED FIELD CREATION TECHNIQUE AS ALTERNATIVE
INTERVENT OF CONSTRUCTION WORKS IN INBA MARSH

入江光一郎¹・菰田直典²・田中賢一²・小川泰弘²・鈴木伸宏²・
裏戸秀幸³・中田陽子⁴

Kouichiro IRIE・Naonori KOMODA・Kenichi TANAKA・Yasuhiro OGAWA・
Nobuhiro SUZUKI・Hideyuki URATO・Yoko NAKADA

¹正会員 東海大学海洋学部 (〒424-8610静岡県静岡市清水区折戸3丁目20番1号)

²千葉県 北千葉道路建設事務所 (〒286-0017千葉県成田市赤坂2-1-14B棟3階)

³株式会社 三洋コンサルタント (〒103-0013東京都中央区日本橋人形町1丁目19番3号)

⁴株式会社 水辺環境研究所 (〒103-0004東京都中央区東日本橋3丁目6番20号)

The Narita new rapid transit railway and the general highway No.464 north Chiba road were maintained as an elevated bridge that crosses the Inba marsh. Rare birds as Eurasian Bittern lived in reed field where the plan place of the bridge. This thesis reports that newly development of reed field creation technique in a short term. There were 2 conditions, the improved land has subsided and width of the growth belt was not wide. The technique reached as a result nearly to an existing reed field in two years, using new stalks of reed by planting method in the group. Growth became excellent because the waterway was made and observing the pF value and water level of underground. Amphibia Tokyo Daruma Pond Frog and ichthyic Stone moroko fish that bird's food were confirmed. It seems that 3 conditions, ORP, PFvalue and soil hardness that seemed relate to the growth of reeds for a certain period of the same valley, and those stalks was planted by planting method in the group

Key Words : *reed field, mitigation, planting method, monitoring, oxidation reduction potential, water level*

1. はじめに

東京と成田を短時間で結ぶ成田新高速鉄道並びに千葉県北部地区の地域活性化を図るために整備されている一般国道464号線北千葉道路は、印旛沼高架橋により印旛沼を横断しているが、橋梁の整備箇所には自然のヨシ原が広がっていて、事業により消失するヨシ原の代替が求められていた。

本報告は、建設事業に伴う代替措置として千葉県北印旛沼で実施されたヨシ原復元事業において、地域特性に合わせた早期のヨシ原復元手法を検討し、一定の成果を得たので報告するものである。

北印旛沼は、数多くの湿地性鳥類の重要な生息地であり、特に希少鳥類サンカノゴイ(環境省RL絶滅危惧IB類)の、わが国における重要な繁殖地とされている¹⁾。ヨシ原は、サンカノゴイを初めとした湿地性希少鳥類の餌場や繁殖場所として重要な位置づけにある。

本報告を行う北須賀地区では、2007年から汀線部に印旛沼浚渫土を基盤とする埋立地(岸沖方向約50m、延長約600m)を造成し、ヨシ原の復元事業を行ってきた。しかし、造成後の地盤沈下により植栽したヨシが活着せず、また、沈下を免れた箇所においても植栽したヨシの生育は不調であった。

本報告では、復元事業実施箇所(以下復元地とする)のヨシ生育不調に対処するために実施した2年程度の短期間でヨシ原を復元する手法について述べるとともに、復元地の鳥類の餌場としての機能創出状況や今後の課題について報告する。

2. ヨシ原の復元事業実施箇所の概要

復元地の位置は、図-1に示すとおりである。

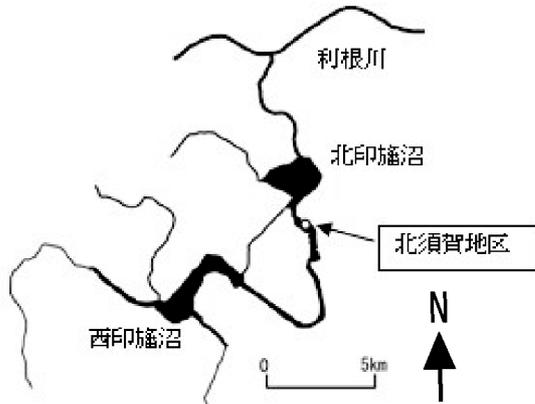


図-1 ヨシ原復元地の位置

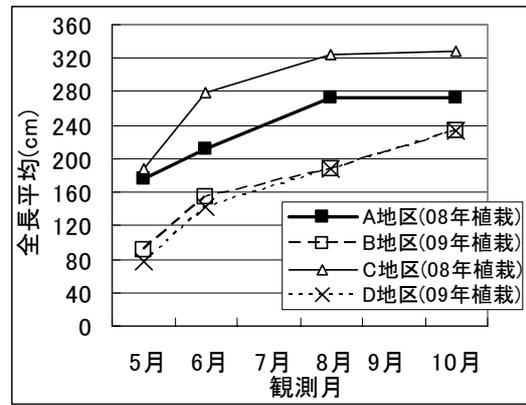


図-4 2010年のヨシ全長計測結果

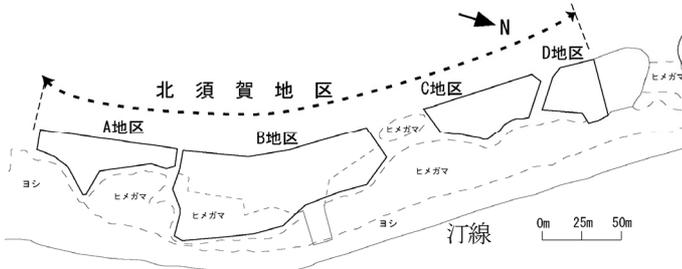


図-2 復元地(北須賀地区)の詳細

結果を図-4に示す。

図-4からも明らかなように、2010年10月段階でC地区のヨシは3m以上、A地区は2.8m程度に生長し、また、B及びD地区についても一部を除き2mを超える全長にまで生長しヨシ原の復元は順調に進んでいる状況にある。



図-3 北須賀地区の状況(2010年10月)

復元地は、A地区からD地区の4つから構成されている(図-2)。造成は、2007年1月から実施し、造成高さはYP+2.5mとした。しかし造成後1年以内に造成箇所の腐植土層が原因と思われる地盤沈下が生じ、造成地の大半が水没しその高さはYP+2.1m程度となり、ヨシ苗の生育状況は不調となった。2008年1月からA地区とC地区の2箇所の造成地は、増し盛り工事とヨシ苗の追加植栽工事を実施し、地盤高はYP+2.5mとした。一方、B地区とD地区の2箇所は経過観察を行ったが、2008年10月段階で地盤高はYP+2.0m程度となったため、2009年1月からB地区並びにD地区でも増し盛り工事とヨシ苗の追加植栽工事を実施した。

B及びD地区の増し盛り工事实施後2年余りが経過した造成地全域の状況を図-3に示す。

植栽したヨシが3m程度の高さに生育するまで、通常は3～5年程度の年月を要するが、2年後の状況で周辺の自生ヨシ帯と遜色ない状態まで生長した。各地区5箇所5m×5mの方形枠を設置し、枠内のヨシの全長を計測した

3. 短期間でヨシ原復元手法の検討

ヨシ原の復元地に短期間でヨシ原を造成するために2007年1月以降実施してきた造成工事で得られた課題を整理し、実験なども実施しながら対応策を検討した。

(1) ヨシの生育に適した地盤高の検討

ヨシの生育する地盤高は、一般的に2m程度の生育帯を持っているのに対し、復元地では生育帯幅が狭く50cm程度の地盤沈下でヨシの生育阻害が生じている状況が確認されていて、ヨシ生育に適した地盤高や土壤環境を検討した。なお、印旛沼は夏季5～8月はYP+2.5m、9月以降はYP+2.3mで水位管理がなされている。

a) 調査方法

復元地の地盤高さと成立植生の対応関係を把握するために、復元地に調査ラインを設定しベルトトランセクト調査を実施した。ラインは、A、B、C地区に各3本、D地区に1本、各地区とも岸沖方向に設置した。

調査項目は、水深、植生、酸化還元電位とした。水深は、ライン上1mおきに測定した。植生は、ライン上流側(南側)1mの範囲において、群落組成や構造等をもとに群落を区分し、区分した群落ごとに全体の植被率を記録した。酸化還元電位は、各ラインで代表的な3～4点の測定地点を設け、各地点の表層土壌を、円筒形コアサンプラーを用いて採取し、速やかに酸化還元電位計(堀場社製)を用いて、表面から5cm深度まで1cm刻みで測定した。水深と植生調査は2008年7月と10月、酸化還元電位は、2008年8月、10月に実施した。

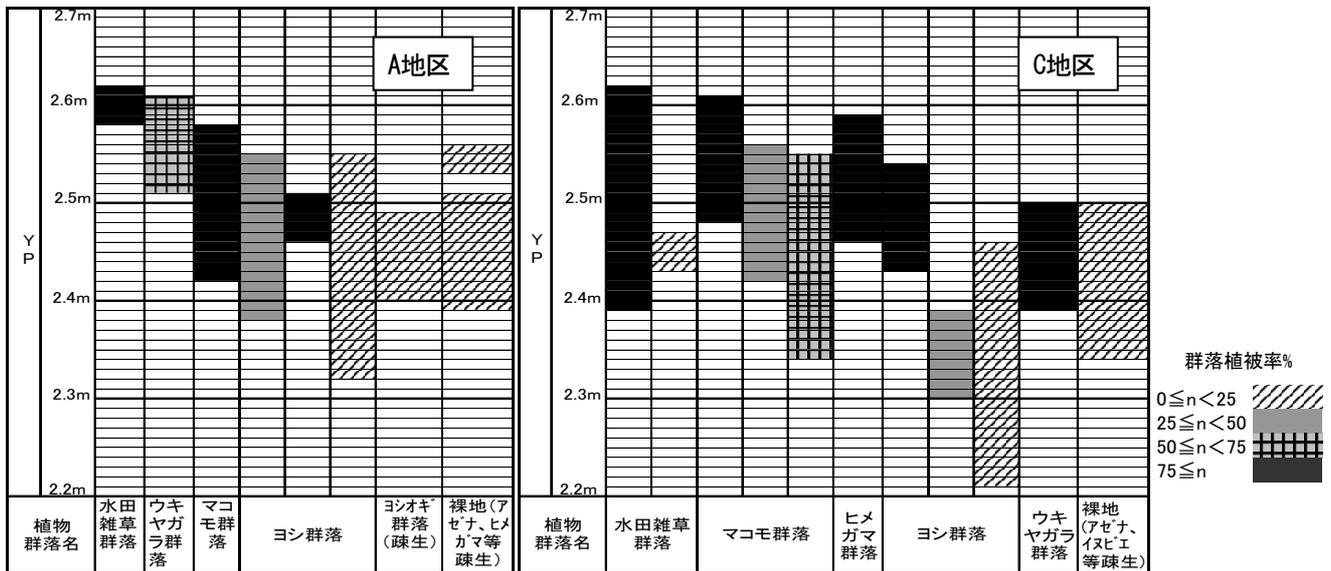


図-5 ベルトトランセクト調査によるA、C地区の植物群落と分布した地盤高

b) 調査結果

4地区のうちヨシ群落の生育が旺盛なA及びC地区についてヨシの生息帯幅を図5に示した。生息帯幅は、A地区ではYP+2.3~2.55m、C地区がYP+2.2~2.55mとなっており、一般の湖沼などで見られる生息帯幅よりも狭い範囲に集中していた。また、ヨシが密に分布した地盤高さは両地区ともYP+2.5m付近であった。

水位の高い夏季における、各地区の深度5cmまでの酸化還元電位の計測値は、B、D地区はいずれも-100mV未満、一方A、C地区は、-100mVより高い地点が、A地区で10地点中3点、C地区では10地点中6点見られた(図-6)。

この値とヨシとの関係を見ると、ヨシ密度が高い群落付近の酸化還元電位は、A地区の被度95%の群落が-66mV、C地区の被度85%の群落が229mV、その他被度が20%以上の3つのヨシ群落のうち2つは-100mV以上であり、ヨシ群落付近では、比較的酸化還元電位が高い傾向が見られた。

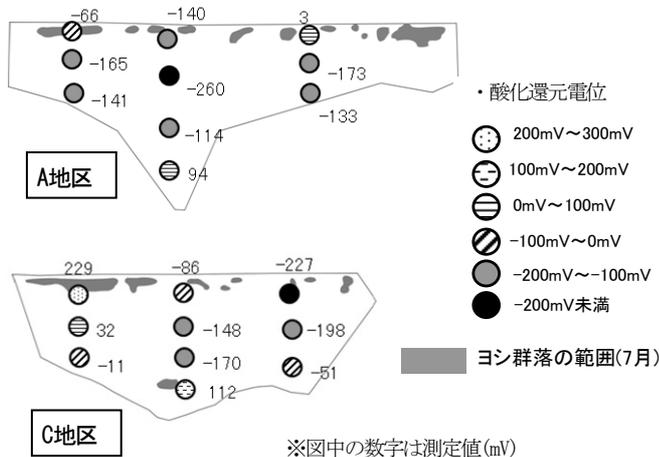


図-6 2008年8月の酸化還元電位の状況

(2) 効果的な造成手法の検討

短期間でヨシ原を復元するためには効果的な造成手法を検討する必要がある。ここでは、2008年1~3月に植栽した市販品である再生ダンボールを原料とする紙製植栽ポット(カミネッコン)を用いたヨシポット苗と地下茎の生育状況を比較するとともに、新たに開発したヨシ新条株(活着促進処理をした挿し木株)による造成方法についての検討結果を示した。

a) カミネッコンと地下茎を用いた造成手法の検討

復元地には、2008年1~3月にカミネッコンを用いたヨシポット苗と、地下茎(長さ1m程度)を用いたヨシ植栽が行われており、その追跡を行った。植栽箇所の地盤高さと生育状況を記録し、植栽手法と地盤高さ別の生育状況の確認を行った。調査は、2008年6-7、9、10月に実施した。

2つの造成手法の植栽後5ヶ月が経過した時点での生存率は、地下茎25%程度、カミネッコン20%程度であった。5ヵ月後以降の生存率は、地下茎はほぼ一定に推移したが、カミネッコンでは9月以降に低下する傾向が見られた(図-7)。両手法ともに生存率の高い地盤高さはYP+2.5~2.6m程度であった(図-8)。YP+2.5mより低い地

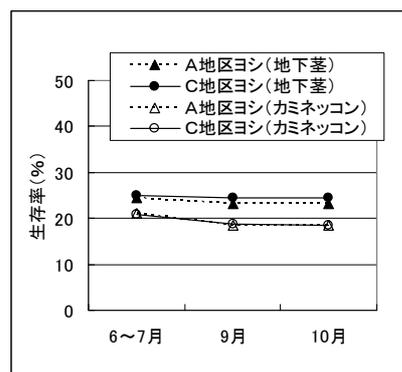


図-7 カミネッコンと地下茎移植の生存率の経時変化

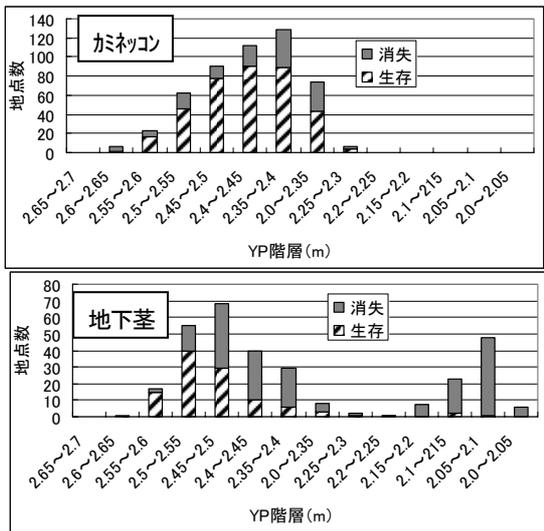


図-8 カミネツコン、地下茎植栽の地盤高さ別生存率 (10月の状況)

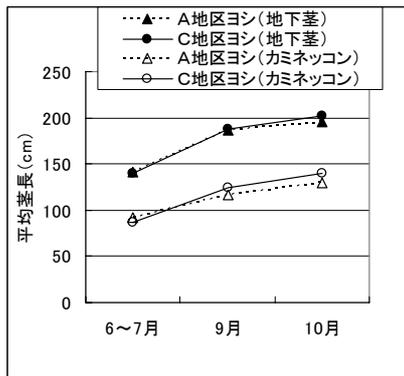


図-9 カミネツコンと地下茎の平均茎長の経時変化

盤では、地下茎で生存率が急速に低下するが、カミネツコンでは、YP+2.3m程度まで一定の生存率が確保されていた。

また、生長量は地下茎がカミネツコンを大きく上回った(図-9)。

b) ヨシ新条を用いたヨシ原造成手法の検討

ヨシ原を効率的かつ早期に復元する手法として現地産のヨシを一定期間養生しその後復元地に移植する手法について実験を通じて検証した。

2008年4月にC地区の一部に実験圃場を設置し、一定期間(3日間)養生したものとしていないもの各30株を植栽して全長と茎長の変化を10月までの6ヶ月間調査した。

その結果、実験開始後2ヵ月後の段階での生存率は、養生株が80%であったのに対して非養生株は40%であり、養生の効果が明確であった(図-10)。また、6ヶ月後の生長状況も養生株の方が良好であり、特に茎径が大きくなっていた。

実験圃場のヨシの生育状況は2009年5月にも苗の状況を確認したが、養生株に関しては2008年10月に生存していた個体全てで発芽が確認され、前記した2つの造成手法より生存率が高いと思われた。

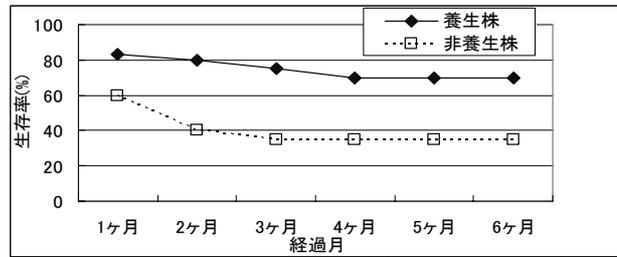


図-10 新条株の養生株、非養生株の活着率の比較

4. ヨシ植栽後のモニタリングと管理

(1) 順応的管理検討のためのモニタリング調査

植栽後のモニタリング調査として、主に以下のような調査を開始、現在も継続中である。

a) 植栽ヨシ個体の追跡調査

各地区別の詳細なヨシ生育状況の把握のため、計測個体を抽出して、全長や茎径等を追跡して計測している。また、ベルトトランセクト調査によって地区全体の植生変化の追跡も実施している。

b) 底質調査

ヨシ生育基盤である底質状況について、ヨシ個体の追跡調査箇所と連携して、酸化還元電位、土壤硬度、土壤水分等の調査を行い、ヨシ生育と土壤条件との関連性を検討し、ヨシの良好な生育条件を詳細に検討している。

北須賀地区のヨシ追跡調査地点において、2010年8月の底質調査結果とヨシの生育との関連性を検討したものが図-11である。

これによると、最も生育良好なヨシ調査地点であるC地区(C6)が、酸化還元電位が20mV程度、土壤硬度が40kg/cm²程度、土壤水分pFが1.7程度であり、地区内で

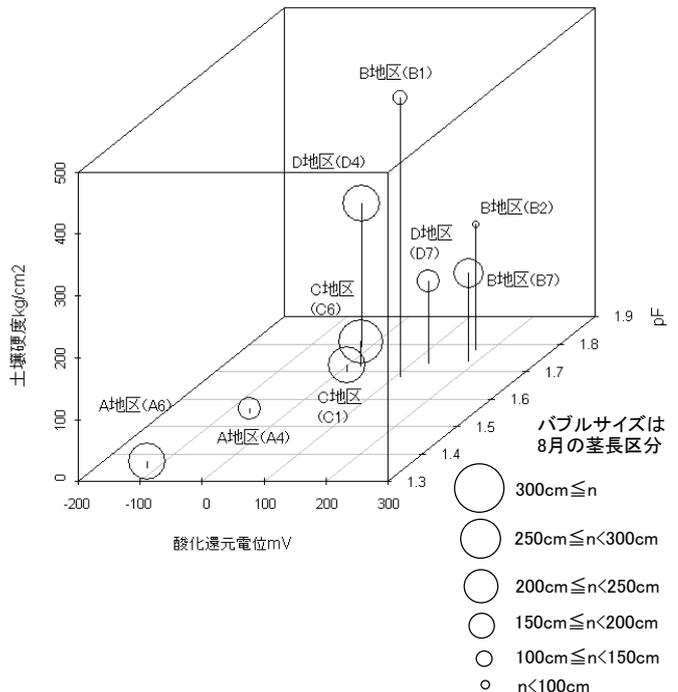


図-11 各地区のヨシ植栽箇所の土壤条件

は、土壌が柔らかく、酸化還元電位では中間的な水準であることが伺えた。その他、生育が良好な地点であるA地区(A6)、C地区(C1)、D地区(D4)を含めて見ると、酸化還元電位が $-115\sim 20\text{mV}$ の範囲、土壌硬度は $10\sim 230\text{ kg/cm}^2$ の範囲であった。一方、生育が比較的不良のB地区では、土壌硬度が $140\sim 450\text{ kg/cm}^2$ の範囲、酸化還元電位が $100\sim 180\text{ mV}$ であり、良好な地点と比較して、土壌が硬く酸化還元電位が高い傾向であった。

c) 餌料生物調査

各地区内及び周辺において、魚介類や両生類等の希少鳥類の餌資源の生息状況を調査し、生息環境としての機能の把握とともに、餌料生物生息増大を検討している。ヨシの発達とともに造成地内の生物は多様化しつつあるが、ウシガエルやアメリカザリガニなどの外来種の増加も見られ、今後の追跡が重要である。

(2) 水路による乾燥化抑制と餌生物増大の管理対策

モニタリング調査により把握された、植栽後1年目(2009年)の課題としては、①B、D地区のヨシ生育不調、②餌料生物の生息向上が挙げられた。

①については、B、D地区の比高の高い部分の乾燥が推定された。②については、各地区内に池は設置されているものの、印旛沼との連絡がなく魚類の進出が容易でないことが要因に挙げられた。

そこで、印旛沼と連絡する水路を造成し、地区内への水の浸透と、魚類の進出を促進することを計画した。なお、一部の水路は深堀りとし、水位が低下する秋季以降においても恒常的な生息環境の確保を図った。

水路は2010年2月に造成した(図-12)。この結果、2010年夏季においては、水路周辺域でのヨシ生育が改善されるとともに、良好な魚類の生息環境が形成された(図-13)。なお、水路内では、モツゴの稚魚の群れのほか、印旛沼でかつて多産したテナガエビの進出も確認されており、実際に餌生物の多様化が確認された。

5. 考察

筆者らの他地区も含めた観察によると、ヨシの生長は、地下茎の発達状況と密接に関係していると考えられる。ヨシの地下茎は、地中の最深約60cm程度まで、多くは40cmまで伸長し²⁾、横に這う水平部と節から上方に伸び何本かの稈を分枝する垂直部からなっている³⁾とされている。

a) ヨシ生育に適した地盤高

ヨシは、地下茎の伸長によって群落を拡大し、群落が分布する水位は、一般的には、水深1mまで⁴⁾、また良好な生育は水深60~80cmまで⁵⁾とも言われている。また、筆者らが静岡県浜名湖で観察した事例では垂直距離で2.5mの生育帯幅での生育が確認されている。これに対し、



図-12 造成直後の水路(2010年2月)



図-13 ヨシが岸に生育した水路(2010年7月)

復元地でヨシが生育する地盤高さの範囲は、植栽ヨシ個体の追跡調査からは $YP+2.5\sim 2.6\text{m}$ 程度、ベルトトランセクト調査からは $YP+2.45\sim 2.5\text{m}$ 程度と似通った値が得られ、他地区の事例と比較すると極めて限定的な範囲に生育していることが判明した。したがって、造成地でのヨシ生育不調は、ヨシが生育可能な地盤高さの範囲が極めて狭いことによるものと考えられた。

地盤高さの下限側については、印旛沼の夏季の水位が $YP+2.5\text{m}$ であることから、わずかな冠水によってもヨシ生存に影響することが判明した。30cm未満の冠水は、無冠水よりも植栽ヨシの増加速度が大きいとの報告もあることから⁶⁾、本来は $YP+2.2\text{m}$ 程度までヨシの生育が確認されるべきもの造成地では何らかの理由で生育が抑制されているものと考えられた。

この要因として、例えば、造成地の基盤土壌である沼底浚渫土が有機質を極めて豊富に含み、冠水した場合に強い還元性を呈しヨシ生育の障害になる可能性などが考えられた。ベルトトランセクト調査からは、ヨシ群落が分布する箇所の酸化還元電位は、 -100mV 以上と比較的高い傾向を示しており、造成地でのヨシ生長は、一定水準以上の好氣的条件の確保が必要であることを示唆するものと考えられた。

一方、地盤高さの上限側は、他の植物との競争によるヨシ生育抑制が考えられた。これを裏付けるものとしてベルトトランセクト調査より、 $YP+2.6\text{m}$ 以上では乾性の水田雑草やセイタカアワダチソウが繁茂する傾向が確認された。

b) ヨシの効果的な植栽方法

植栽方法については、市販の紙製ポット苗(カミネツコン)、根茎、現地産ヨシの新条を養生した苗の3種類

について検討したが、経済性も含めた効果的な植栽方法としては、現地産ヨシを用いた新条苗が最も優れていると思われた。

現地産のヨシを用いることは、生存率の向上や地域の遺伝子保護の観点からも望ましいと思われると同時に新条苗は根茎に比較して比較的得やすいことから、大規模なヨシ原を整備するには最も効率的な手法と考えられた。なお、実験によると環境水温が15℃以上になるような環境でヨシ苗の植栽を実施する場合には一定期間の養生を実施することが極めて効果的であることも今回の実験で明らかになった。

c) 順応的管理検討のためのモニタリング調査

復元地においてヨシ生育と関連が有ると思われる土壌の項目としては、土壌硬度、酸化還元電位が挙げられた。土壌の硬さは、ヨシの生長に影響を与え、硬度が小さい方がヨシが優占する傾向があるとの報告もあり⁷⁾、本報告の結果もそれと合致するものである。また、酸化還元電位は、土壌中の酸素量の指標となるものであり、低い場合、むしろ植物の根に悪影響を及ぼすものである⁸⁾。しかし、電位が高く酸素の多い状態は、乾燥状態でもあり、ヨシ生育に良好な状態ではないと推定される。したがって、ここで得た酸化還元電位-100~0mVの範囲は、生育に適した湿潤状態の一つの指標としてとらえるべきものと考えられる。

6. まとめと今後の課題

(1) ヨシ原復元事業の概要

千葉県印旛沼において、建設事業に伴う代替措置として、造成地上でのヨシ原復元を行った。浚渫土を基盤としたA~D地区の4つの造成地は、2007年より造成を開始したが、当初は地盤沈下によってヨシ原の復元は難航した。増し盛りと追加植栽を、2008年1月にA、C地区、2009年1月にB、D地区で行った。2010年には、早期に増し盛りしたA、C地区のヨシは、C地区で3m以上、A地区で2.8m程度と、背後の既存ヨシ帯と遜色ない生育状況に至り、現在、ヨシ原復元は順調に進んでいる。

(2) ヨシ原復元手法の検討

造成後、初期段階でヨシ植栽が不調であったため、生育に適した地盤高と、効果的な植栽手法を検討した。

調査の結果、ヨシが良好に生育できる地盤高の範囲は、夏季の沼水位であるYP+2.5m前後の10cm程度のごく狭い範囲であった。その要因としては、冠水下では強い還元状態、高い地盤では水田雑草やセイタカアワダチソウの繁茂による競争であると推定された。

以上のような造成地の条件を踏まえ、早期に大規模なヨシ原を形成するための植栽方法を検討した。その結果、現地産ヨシを活用する生産性の高い新条法に着目し、実

験圃場での活着試験を経て植栽を行った。

(3) ヨシ植栽後の維持管理と今後の課題

植栽後、各地区は、順調にヨシが生育したが、1年目(2009年)のモニタリングによる課題として、B、D地区の生育不良と餌生物確保が挙げられた。そこで、ヨシ生育促進のための地区への水浸透と、印旛沼より餌料生物誘致を図るための水路を造成した。その結果、岸にヨシを伴った良好な水路が形成され、餌資源となる魚類生息量増加を確認した。

また、ヨシ生育については、さらに生育条件の解明を進めており、北須賀地区では、柔らかい土壌と、適度な湿潤状態を示す指標として酸化還元電位(-100~0mV程度)との関連性が示唆された。

なお、現在の課題としては、さらなる餌料生物の増大とヨシ群落の長期の維持管理が挙げられる。餌料生物については、A、B地区では水路の水深が不十分であり、秋季以降干上がるため恒常的な餌生物の生息環境として機能を果たしていない。また、ヨシの長期管理については、ヨシ群落の衰退への対処である。A地区などで早期に植栽されたヨシ群落では、過密化、茎径の縮小が生じており、衰退の兆候が見られている。今後、例えば野焼きなどによって、ヨシ原を長年にわたり維持していく手法確立が必要になると思われる。

参考文献

- 1) 千葉県：千葉県の保護上重要な野生生物-レッドデータブック-動物編, pp. 53, 2011
- 2) 桜井善雄・渡辺義人・村沢久美子・滝沢ちやき：湖沼沿岸帯における抽水植物の立地条件, 日本陸水学甲信越支部会報, 11巻, pp. 138-139, 1986
- 3) 角野康郎：日本水草図鑑, 文一総合出版, pp. 68, 1994
- 4) 梅原徹：琵琶湖研究シンポジウム記録(農山村地域の生物と生態系保全), 第14回, pp. 427-437, 1996
- 5) 中村宣彦・山下祥弘・北牧正之：琵琶湖におけるヨシ植栽, ダム工学, No. 9, pp. 66-76, 1993
- 6) 田中周平・藤井滋穂・山田淳・市木敦之, 水環境学会誌, 24巻, No. 10, pp. 667-642, 2001
- 7) 水沼薫・杉浦敏広・小林裕志・馬場光久, 日本緑化工学会誌, 25巻, No. 4, pp. 595-598, 2000
- 8) 平野俊・白石勝恵：高位収穫田の研究(第2報)土壌の酸化還元電位と水稻の生育について, 日本土壌肥料学会講演要旨集(1), pp. 2-3, 1955

(2011. 5. 19受付)