

# 中海における水生植物群落再生のための実験研究

(財)中海水鳥国際交流基金財団

神谷 要

鳥取県

## 1、はじめに

### 中海における藻場の消失

中海は、鳥取県と島根県の県境に位置し、日本で五番目の大きさを持つ湖である。日本有数の汽水湖で、東側に境水道を通して日本海、西側に大橋川で宍道湖とつながり、日本最大の汽水域を形成している。この中海は、かつて豊穡の海と呼ばれ、広大な藻場があったとされる。ところが、水質汚濁や干拓事業などにより現在では湖の中に小さな群落が残されているにすぎない(宮本ら 2008)。藻場が消失し、漁獲高の減少やコハクチョウを初めとする水鳥の採食場所の変化などを引き起こしている。現在、中海自然再生事業として中海の藻場の自然再生を進められているが、一度プランクトン中心の生態系となってしまった広大な中海を、もとの水草中心の生態系へ回復させることには多くの困難がある。

中海では、過去の記録において藻場が存在していたことが明らかとなっている(Nishigami et al1989)。しかしながら、その分布だけでその種類については明らかになっていない。現在の中海の塩分濃度は、2 パーセント程度の中塩分域の汽水であり、この濃度は、海洋において藻場を形成するアマモ(*Zostera marina* L.)よりも汽水性のコアマモ(*Z. japonica* Aschers. Et Graebn.)が最適であるであると予想している。しかし、コアマモによる藻場の再生については、その取り組みの例は多くない(国井, 2001, 2003)。

また、現在中海において藻場が見られない原因として、水質による原因や鳥による被食や波浪による攪乱など様々な原因が考えられる(宮本・国井 2008)。今回、この要因を明らかにするために、大型魚類や鳥類による被食を防ぐためのケージを設置し、植栽したコアマモを保護して生育実験をおこなった。このケージ内でコアマモの苗が生育すれば、かく乱要因として魚や鳥類の影響が大きく、生育しなければ別の要因であると考えて考察した。

## 2、調査地

### 米子水鳥公園

米子水鳥公園(鳥取県米子市彦名新田 東経 133 度 17 分 22.5 秒、北緯 35 度 26 分 16.8 秒)は、中海東端にある彦名工区の一部を、水鳥の保護区として残した場所である(図 1.2)。公園は、従来の陸地とは承水路によって隔てられており、流入河川のない平均水深 60cm の池となっている。底質は、中海の湖底より吸い上げられた砂泥でできており、面積 28ha、塩分濃度の度 8-20‰の汽水の人口池となっている。この池には 2005 年ごろまでは、汽水性の水草であるリュウノヒゲモ(*Potamogeton pectinatus* L.)が池全面に繁茂しており、ほかにもイバラモ(*Najas Marina* L.)やイトクズモ(*Zannichellia plustris* L.)、カワツルモ(*Ruppia Maritima* L.)、シャジクモ(*Chara* sp.)がみられた。しかしながら、2008 年ごろには園内にリュウノヒゲモがパッチ上に生育するだけとなっている。この理由については、塩分濃度の上昇、富栄養化などが考えられるが理由は明らかとなっていない。

また、公園は中海の一部としてラムサール登録湿地となっており、毎年秋から冬にかけて 3000-7000 羽のカモ科鳥類が飛来する。また、日本有数のガンカモの飛来地として東アジア・フライウェイ・パートナーシップの参加地ともなっている。

### 3、材料

#### コアマモ

コアマモは、河口域や内湾水域の浅い砂泥底に見られる植物で、海域におけるアマモと同様に藻場を形成し、植物プランクトンや海藻などと同様に汽水域における一時生産者となっている。また、水中に伸ばした葉や茎により三次元構造を作り出し、魚介類の産卵場所や稚魚の隠れ家、さらにはヨコエビなどの魚介類のえさ生物の格好の生育場所になるなど、汽水域において水産学的に重要な役割を果たしている(國井 2003)。

中海では、Nishigami et al (1987), 國井秀伸(2001)によると、コアマモは大橋川と中海のほぼ全域の沿岸でみられたもののかつてのような大きな群落は見られなくなっている。

今回、実験で植栽したコアマモは、鳥取県衛生環境研究所が中海において採取し、実験水路において移植して増殖を行ったものを持ち、中海の自生地を破壊しないように配慮しつつ実験を行った。

### 4、方法

#### (1)植栽したコアマモの被度による調査

米子水鳥公園内に重機を用いて水深 10cm 程度の砂質の浅場を造成し(図 3)、植栽地とした。また、水鳥などによる被食を評価するために、長さ 2.0m、幅 1.5m、高さ 30cm のステンレス製の長方体の枠に 20mm メッシュの金網を張ったものを製作し(図 4)、この中に、コアマモを 10 株、対照実験区として、網の外側に枠と同じ範囲に 10 株を移植した。コアマモの苗は、生育している底質ごと 10cm 四方、深さ 10cm ほど掘りだし、10 cm 四方の立方体のようにして移植地に植栽した(図 5.6)コアマモの植栽は、2009 年 5 月 16 日につばさ池で行った。しかし、9 月には完全に植物体がなくなってしまったので、再度 2009 年 10 月につばさ池と 11 月 18 日に公園外側の承水路に植栽を行った。コアマモの被度の計測は、植栽した場所を中心に 30cm 四方の範囲を設定し、10 cm 四方の 9 枠に区切った方形区を植栽したコアマモの株にかぶせ、5%ごとで表した。計測の間隔は、植栽後最初の 1 週間は、2 日ごとを目安に計測し、その後は、1 か月ごとに計測した(図 7)。

#### (2)環境条件について

月に一回のペースで、水質の測定を行った。計測は、HORIBA U-10 を用いて pH、電気伝導度、水温、塩分濃度(psu)を測定するとともに、透視度計(50cm)を利用して測定した。また、過去において水草が繁茂していた時期(2005 年)の透視度のデータを米子水鳥公園水系生態循環回復システム維持管理業務報告書より集めて解析した。

さらに、生育地(水深 10cm)の溶存酸素量の 1 日の変化調べ寝るために 2009 年 7 月 4 日と 2010 年 2 月 7 日に測定をおこなった。この DO の測定には HORIBA D-55 を使い、20 分ごとに 48 時間継続して計測した。

### (3) ケージの光抑制に関する調査

ケージにより保護したコアマモは、ケージにかけた金網により被陰される。その影響がどの程度あるか示すために、2009年11月16日11:00に、比較的透視度の高い承水路の実験区において、水面とケージの内側(水深10cm)と外側(水深10cm)の光照度( $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ )を光量子計で調べた。計測は、それぞれ3回ずつ行い、平均値を値とした(図8)。

### (4) ケージの流水の抑制に関する調査

ケージにより保護したコアマモは、ケージにかけた金網により水流が抑制される。このケージによる水流の制限の程度を調べるために、その影響がどの程度あるか示すために、2009年11月16日12:00、承水路の実験区において、流速計( $\text{m}^3/\text{s}$ )で計測した。計測は、それぞれ3回ずつ行い、平均値を値とした。

## 3 結果

### (1) 植栽したコアマモの被度による調査

春に植栽したコアマモの被度の変化を図に示した。植栽当初は、ケージをかけた保護区とケージをかけなかった非保護区では、実験開始当初には被度に差が見られたが、時間が経過するにつれてその差はなくなり、2009年9月の調査でどちらの区域も植物体が見られなくなった(図9)。

これに対して、秋につばさ池の中と、承水路において植栽したコアマモの被度は、非保護区において数日で、コアマモの被度が0%になったのに対して、ケージをかぶせた保護区では、いったん被度が下がったものの翌年(2010年)の春には再度葉が伸びて高い被度となった(図10.11.12.13)。

また、承水路の植栽地では、植栽を行った二日後の調査でマガモが逆立ちして採食する様子が見られ、また、12月～3月の調査時には、その周囲には水鳥が採食したくぼ地がたくさんできていた(図14)。

2010年の春に同様な成長した承水路と園内の保護区のケージをかけたコアマモ(図15.16)は、7月に大きな生育の差を見せた。承水路の保護区はホトドギスガイ *Musculista senhousia* (Benson, 1842)に覆われてしまい、被度が0%になったのに対して、園内の保護区のコアマモは、100%近い被度となっていた(図10.11.17)。承水路の移植地でホトドギスガイに覆われたのはケージの中だけで、その周辺は非保護区も含め砂地で維持されていた。

### (2) 環境条件について

透視度については、2005年4月～2006年6月の結果と2009年4月～2010年6月の結果をそれぞれ図18.19にして表示した。2005年には、透視度が50cmになる期間が長かったが、2009年には、透視度が50cmを超える調査日はなかった。

水温については、図20に示した。コアマモの生育が鈍るとされる水温が20℃以上であったのは、ともに6月～10月であった。

電気伝導度換算の塩分濃度を図21に示した。2010年は2009年に比べ0.5%ほど低い塩分濃度が低かった。また、承水路の表層と底層では、数十cmの水深であるが、塩分濃度が大きく違った。

pH については 9.8-7.5 の範囲の値を示し、とくに傾向はなかった。

米子水鳥公園のコアマモを植栽した浅瀬で連続測定した水温と DO(溶存酸素量)について、図 21.22 に示した。水温は夏と冬でそれぞれ 32.6-22.4℃と 13.4-0.2℃、DO は 10.68-0mg/l と 18.16-6.75mg/l の範囲で変化し、ともに昼間高く、夜に低い値を示した。とくに DO において大きな日変化があり、夏季には 0mg/l と夜間に無酸素状態になっている。

### (3) 保護ケージの光抑制に関する調査

承水路のコアマモの移植地で計測した光照度は、水面表層で 709.4  $\mu$  mol/m<sup>2</sup>s であった。これに対して、水面から水深 10cm において 542.7  $\mu$  mol/m<sup>2</sup>s (76.5%)に減衰し、さらに コアマモを保護するケージの中では、346.6  $\mu$  mol/m<sup>2</sup>s となり、水面比で 48.5%に光照度が減衰していた。ケージの外側に対するケージ内部の照度は、63.9%であった(図 23)。

### (4) 保護ケージの流水の抑制に関する調査

承水路のコアマモの移植地で計量した水流は、保護区のケージの外側で 0.22m<sup>3</sup>/s に対して、非保護区に対して保護区のケージの中の水流は、0.18 m<sup>3</sup>/s (82.0%)に減速していた。ほぼ同時に計測した近くの非保護区の流速は、0.20 m<sup>3</sup>/s であった(図 24)。

## 5、考察

### (1) 植栽したコアマモの被度による調査

園内におけるコアマモは、4-6 月の期間については、保護区非保護区ともに同様に衰退している。これは、ケージによる植物体の保護効果がないことを示している(図 9)。つまり、ケージによる水鳥の捕食の妨害があっても、コアマモが衰退してしまったことから、コアマモの生育できない理由は夏季の水質などの生育条件が整っていないことが原因と考えられた。これに対して、秋の調査では、ケージによる保護の有無により、生育の成否が分かれていることから(図 10.11)、冬季の生育阻害の要因として、水鳥などの捕食生物による被食が予想される結果となった。

秋期に植栽したコアマモは、翌年の春に葉を伸長させて、植栽が成功したように見た。しかし、承水路で7月にマット状に貝が繁茂し植物体がなくなってしまった(図 17)。貝類の繁茂は、ケージの中のみで起こっており、このことから被食圧の削減が逆に、障害となったことが考えられる。園内については、そのまま植物体が夏越できると考えられたが、8月には昨年同様に衰退してしまった。これは、前年の夏と同じ生育環境が原因であると考えられる。

### (2) 環境条件について

環境条件として、コアマモの生育が不可能となる 20℃以上(越川ら 2007)の期間が、長い期間存在したことが分かる(図 20)。夏季の生育状況の減退は、これが原因していると考えられる。

### (3) 保護ケージの光抑制に関する調査

水鳥の保護ケージのよる被陰により、照度は 69%まで低下した(図 23)。この値は、光条件の悪いケージ内の方がコアマモの被度が上昇していることから、水鳥などの捕食圧より

もコアマモの成長に影響をあたえていなかったと考えられた。

#### (4)保護ケージの流水の抑制に関する調査

流水は、ケージ内で減衰していることが確認された(図 24)。ケージにより内部の水交換が阻害されていた可能性があるが、コアマモに対する成長の阻害は、ケージによる光の抑制と同様に水鳥などの捕食圧よりもコアマモの成長に影響をあたえていなかったと考えられた(図 10.11)。

しかしながら、承水路においては、翌年の 7 月に貝類の繁茂がおこっており、ケージ内の攪乱が小さいことは、コアマモの生育に有利となることばかりではないようである。

#### (5)まとめ

コアマモの生育条件として米子水鳥公園に不足している要因を春と秋、3回の植栽の比較から予想した。コアマモは、米子水鳥公園園内では、初夏において水の濁りにより生育が阻害される。逆に冬季においては、水鳥による強い捕食圧にさらされており、それぞれの季節において、別の生育を妨げる要因がある。これに対して、承水路は、ホトトギスガイとの生息地の競争にさらされていることが予想された。

#### 謝辞

この実験をするにあたり、実験場所の利用を許可いただいた米子市漁協、国土交通省出雲工事事務所、また実験のためにコアマモの株を提供いただいた鳥取県衛生環境研究所他の皆さんの協力に感謝する。

#### 引用文献

Nishigami,K.,Onoda, T.,Oshima,A., Kashiwamura, S . and Itoh,

Kazutaka(1987)Distribution and brackish environments of *Zostera japonica* in the reaches of the River Hii. *Studies of the San'inRegion(Natural Environment)*,3:19-24.

宮本 康・丸鬼貴弘・初田亜希子・國井秀伸(2008)中海におけるコアマモ (*Zostera japonica*) の移植技術の検討(予報), *LAGUNA*:15, 83-89.

國井秀伸(2001)宍道湖・中海における水生絶滅危惧植物の分布,*LAGUNA*:8,95-100.

國井秀伸(2003)汽水域における水生絶滅危惧植物の保全と修復,研究成果報告書.pp56.

越川義功・中村華子・田中昌宏・小河久郎(2007)コアマモ場再生を目指した草体増殖および種子発芽特性の検討.沿岸工学論文集,54:1076-1080.

財団法人中海水鳥国際交流基金財団(2009)平成 20 年度米子水鳥公園事業報告書.pp56

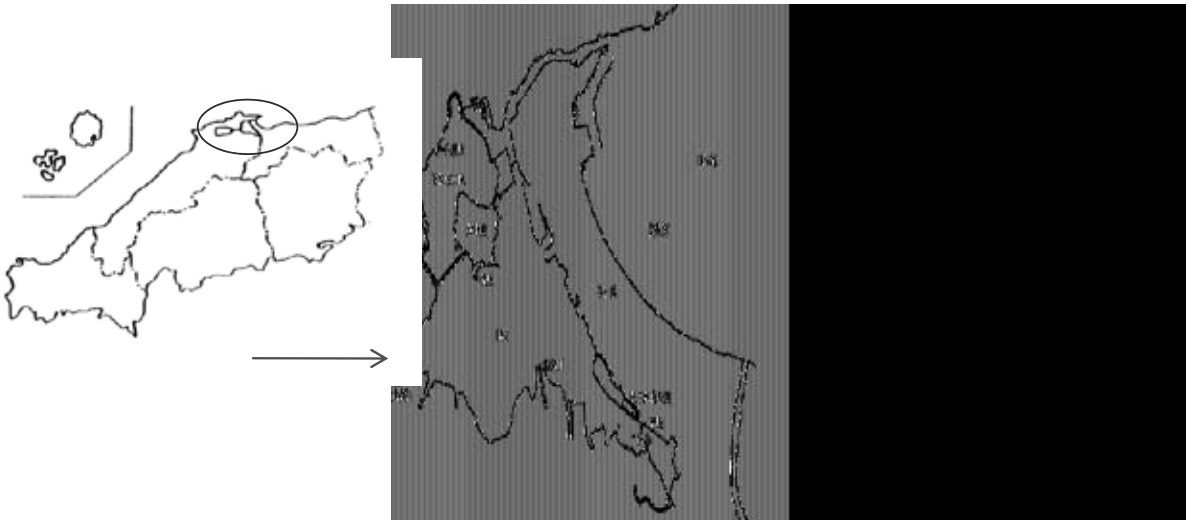


図1.調査地 米子水鳥公園および中海その周辺の地図



図2.調査地 米子水鳥公園および中海その周辺の写真



図3.工事の前後の様子 左:工事途中 右:工事後の様子



図4.保護 水鳥の被食防止のケージの製作



図5.コアマモの株の運搬方法の様子



図6.コアマモ植栽の様子



図7.コアマモの被度の測定様子



図8.植栽地周辺での光照度と流速の測定様子



## コアマモの生育結果

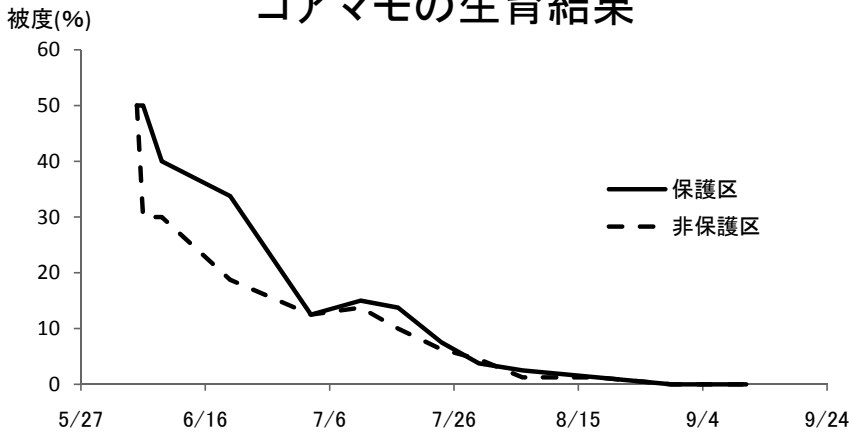


図9.初夏に植栽したコアマモ、ケージによる保護の有無にかかわらず衰退し、9月には植物体がみられなくなった。

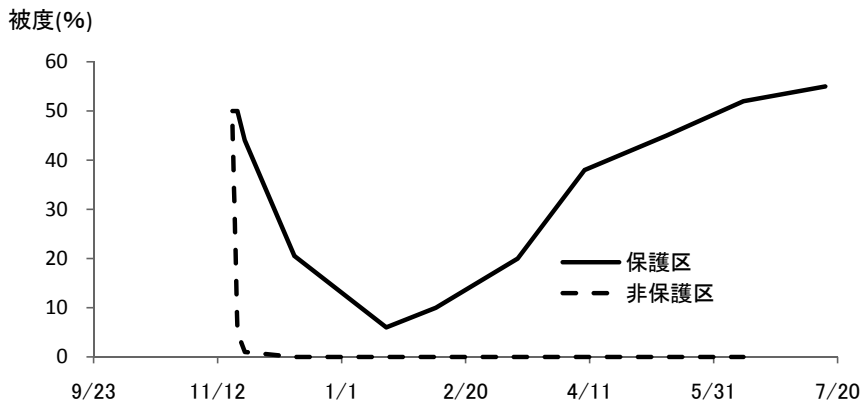


図10.米子水鳥公園内に植栽したコアマモの被度変化、保護ケージのなかった非保護区は、すぐに植物体がなくなったが、保護区は、わずかであるが残り、その後、春になって回復した。

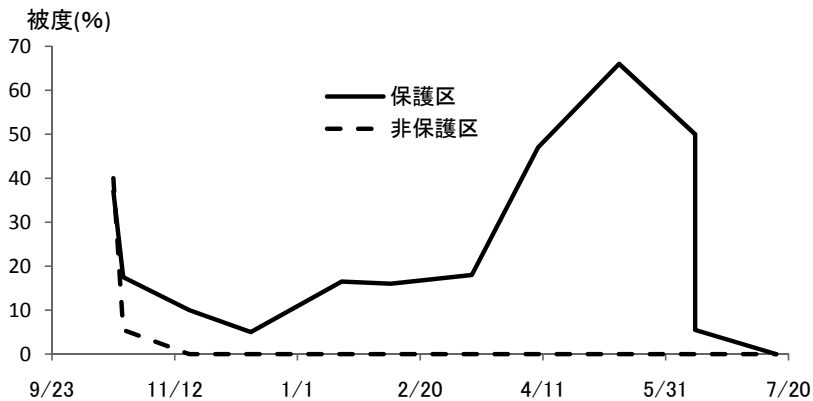


図11.承水路に植栽したコアマモの被度の変化。非保護区はすぐに被度が0パーセントになったが、保護区は、冬を越えると急速に生育した。



図12.植栽翌日に植栽地周辺で採食するマガモの様子(承水路、秋の植栽)

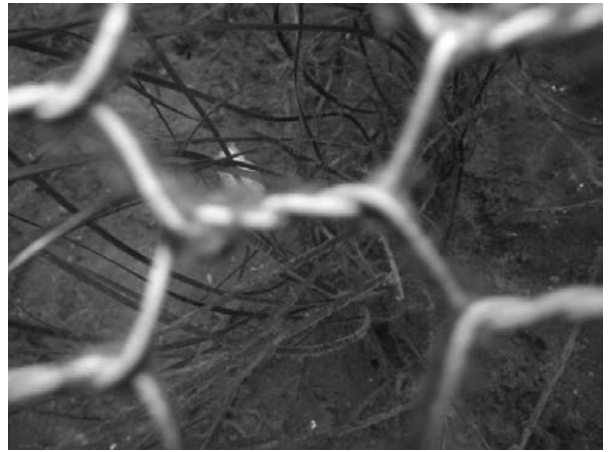
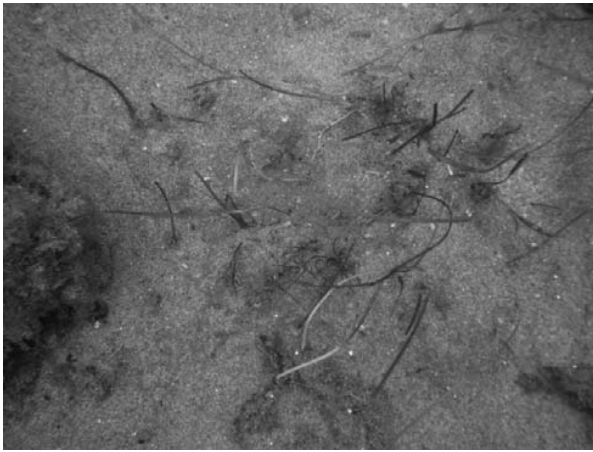


図13.非保護区と保護区の植栽2日後の様子(承水路、秋の植栽)



図14.保護区とその周辺のカモ類による掘り返しの食痕(承水路、秋の植栽)

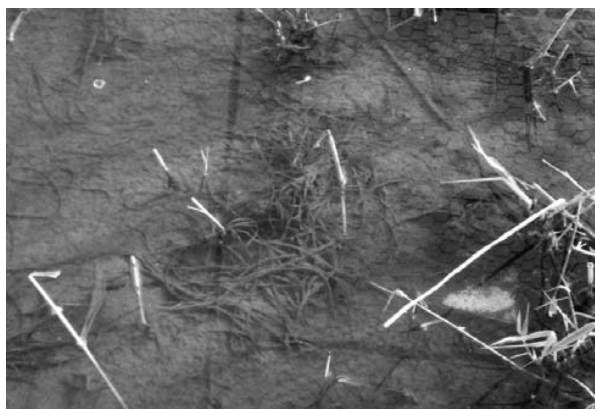


図15. 植栽地の様子と越冬中のコアマモの生育状況(園内、秋の植栽の翌年の3月)



図16. 秋に植栽し、越冬して繁茂したコアマモに花芽がついている。園内、2010年6月



図17. 一年間ケージを設置した保護区では、非保護区が底層が砂のままだったのに対して、ケージ内の保護区はホトドギスガイのマットに覆われていた。2010年7月承水路

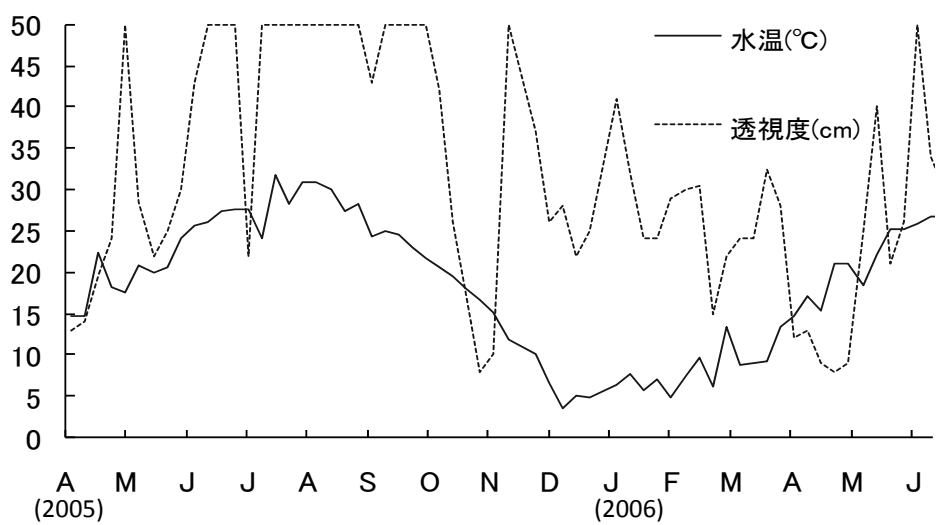


図18.米子水鳥公園における透視度の変化 (2005-2006年)  
夏の時期に透視度が50cmを超えることが多かった。



図19.米子水鳥公園における透視度の変化 (2009-2010年)  
夏の時期においても透視度が改善することがなく、透視度が50cmを超えることは一年を通じてなかった。

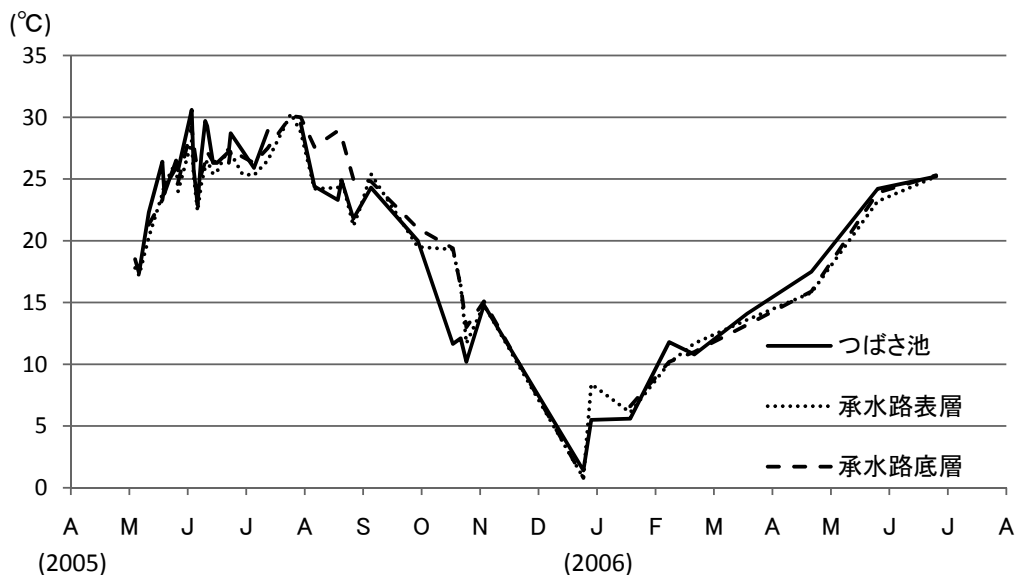


図20.各植栽地の水温の年変化、20°C以上の水温があったのは、6月～10月の期間である。

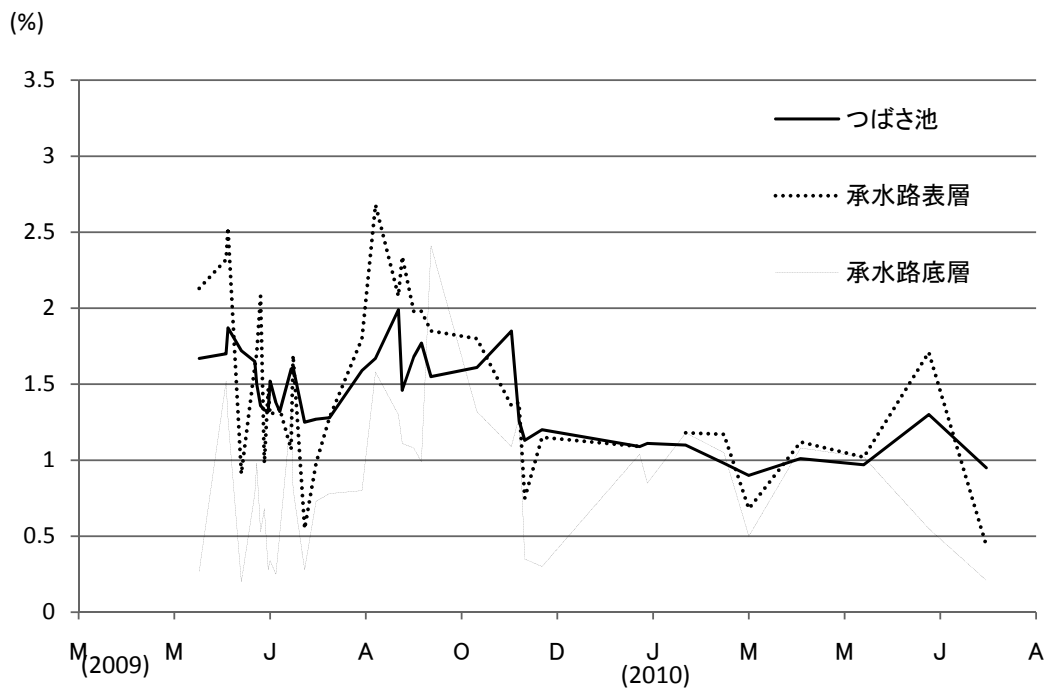


図21.各植栽地における塩分濃度の年変化(電気伝導度換算)  
2009年に比べ2010年は、塩分濃度が低い傾向がある。また、承水路においては、表層は塩分濃度が低く底層では高い。

つばさ池における溶存酸素の変化

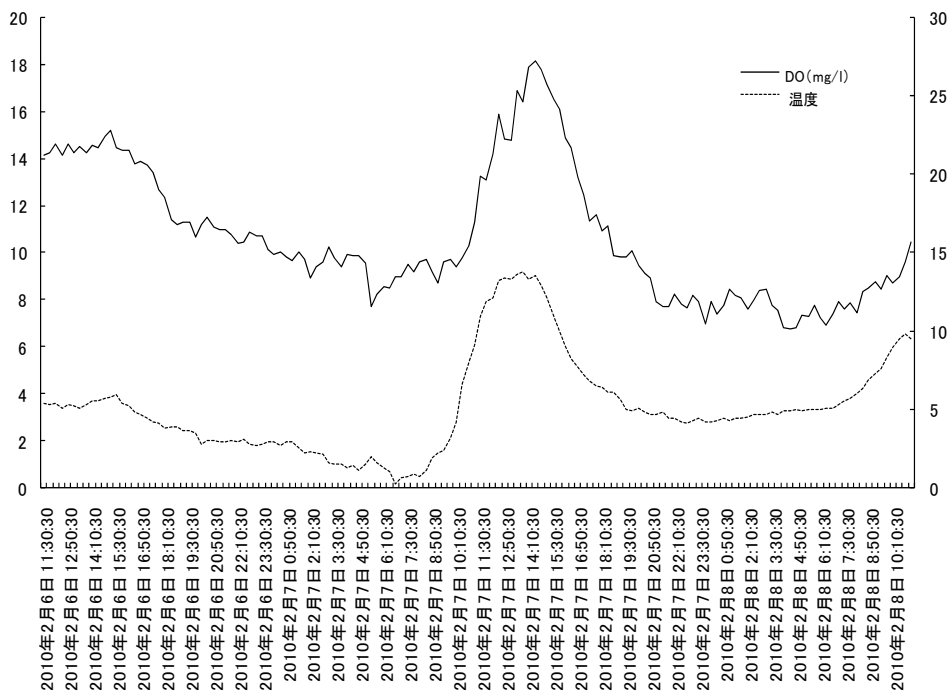
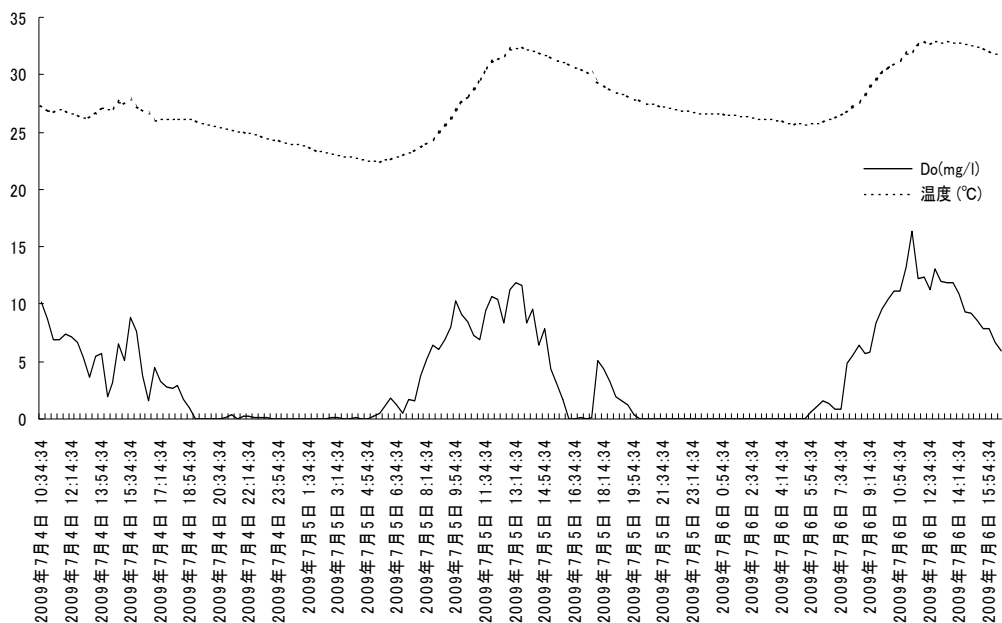


図22,米子水鳥公園園内の植栽地における水温とDO(溶存酸素量)の日変化  
 溶存酸素量において大きな日変化がありとくに夏季には、0mgになっている。  
 右縦軸が溶存酸素量を示し、左縦軸が水温を示す。

上: 2009年7月4日 下:2010年2月7日

光照度( $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ )

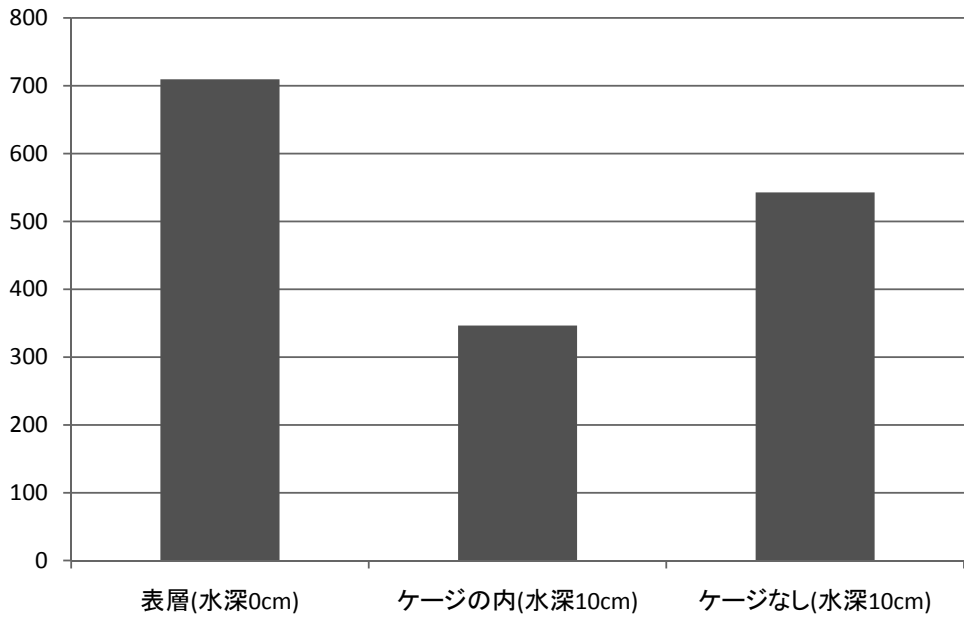


図23.ケージの効果、水面の表層の光量子量と水深10cmにおける保護ケージの内側と外側における値の違い。

流速計( $\text{m}^3/\text{s}$ )

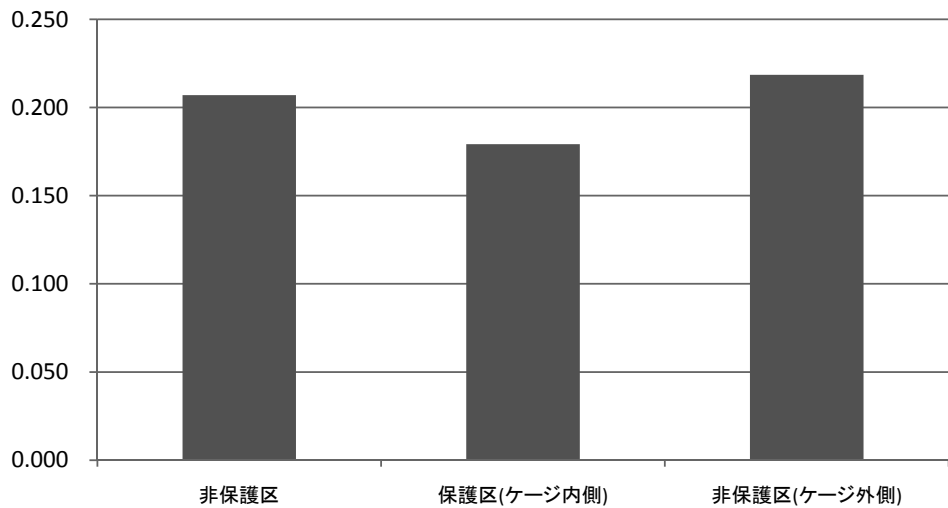


図24.流速の比較、保護ケージの内側と外側における湖水の流速の違い。ケージを設置していない場所に対して、ケージの内側と外側の流速差を示した。

