

修士論文

筑後川河口域の塩分環境と ヨシの生態特性との関係

北九州市立大学大学院 国際環境工学研究科

国際環境工学研究科 環境工学専攻

2007061011 中園 亜由美

1. 概要 Abstract

ヨシ (*Phragmites australis*) の群集成立と塩分環境との関係を議論するために、筑後川河口域の塩分環境の異なる 6 地点において、環境分析およびヨシの生態特性の調査を行った。塩分濃度の範囲は、0.05~2.5%であった。塩分濃度 0.2%の調査地において、ヨシの群落高は約 300 cm と他の群落と比較して 1 m 以上の差があり、稈の直径に関しても最も大きいことが分かった。また、全窒素、全リンの結果より求めた TP/TN が塩分濃度 0.2%の調査地で高い傾向を示し、リンが生産性を上げる要因となっていることを示唆した。

また、0~5.0%の範囲における塩分の影響は、それぞれの地点で採取した種子の発芽率および実生の初期成長において検証した。3.5、5.0%の塩分濃度ではほぼ全地点の実生が枯死したが、5.0%の塩分濃度においても地上部の成長が観察された。

ヨシは種子発芽の段階では耐塩性はなく、実生の段階で耐塩性を獲得することが示唆された。

ABSTRACT

The field salinity tolerance of *P.australis* was evaluated by investigating 6 natural reed habitats along the Chikugo-river, Fukuoka. Six *P. australis* populations were selected from three sites along salinity level, three each in low brackish, medium brackish and saline. Salinity of these sites ranged from 0.05 to 2.2%. The ratio of Total -P / Total -N of river water showed high value at around medium brackish site. Phosphorus could sustain the high productivity of this community. At medium brackish site was the largest height and column diameter. Moderate salinity and nutrient could sustain the high productivity of the medium brackish site.

P.australis seeds were collected from each site in November, 2008. Seed production was lowest at saline site. Effect of salt stress was evaluated by germination at 0~5.0 % of salinity range. Germination rate was 0 % at above salinity level 2.3 %. Growth of seedlings in shoot and biomass production were measured a 21 day exposure to constant saline solution, ranging from 0~5.0 %. Mortality was high at salinity level 3.5 % and 5.0 %. However, elongation was examined at salinity level 5.0 %.

In this study, it is clarified that *P.australis* does not have salt tolerance as the germination stage. But it acquires the salt tolerance as the stage of seedlings growth.

2. 緒言 Introduction

近年、世界中で砂漠が広がっており、重大な環境問題として捉えられている。砂漠化の原因は、干ばつや少雨などを起因とする気候的要因と、過放牧や過耕作、灌漑農業による土壌の塩集積化を起因とする人為的要因がある。これらの原因の中でも特に、灌漑農業による土壌の塩集積化は、農作物の生産と密接に関係しているために改善が急務となっている事項である。土壌の塩集積化を防止するために、土壌中の塩分除去や耐塩性植物の植栽などの取り組みがされている。特に、耐塩性植物の植栽は現在盛んに取り組まれており、多くの研究者が耐塩性植物の形態的、生理的特性とその利用について研究している。

本研究では、耐塩性植物であるヨシに着目した。ヨシ(*Pragmites australis*)は、湿地から乾燥地域、高塩分濃度地域など幅広く環境に適応するイネ科の多年生草本である。ヨシは、塩分のほかに、硫化物や、硫化水素、アンモニア化合物などにも耐性があるとされ(坂口豊, 1974)、様々な緑化に有用であると考えられる。ヨシの耐塩性については、塩分濃度の違いに対する応答や耐塩性の機構などの報告があるが、塩分濃度や栄養塩の時間的、空間的変動と関連して群集成立を議論している報告はない。

本研究の目的は、筑後川河口域に生育するヨシ群集の生育環境および生態特性を研究することにより、ヨシ群集の成立と塩分環境との関係の解明である。また、調査地点のヨシの種子を用い、異なる塩分濃度において生育させ、発芽率および実生の初期成長がどのように影響を受けるのかについて実験的に検証した。

3. 実験 Materials and Methods

3.1 調査地 Study site

3.1.1 調査地点の選定

調査は、熊本、大分、福岡、佐賀の4県を流れる九州最大の一級河川である筑後川の河口域で行われた(図1)。調査地点の選定を行う上で、まず筑後川の河口から25 kmの範囲で塩分環境を把握し(図2、表1)、この結果より3つの調査地点を選定した。3地点は、それぞれ低汽水性地(最大塩分濃度が0.05%)、中汽水性地(最大塩分濃度が0.4%)、塩性地(最大塩分濃度が2.5%)と分類した。



図

図1 筑後川



図2 筑後川河口域

河口からの距離 [km]	平均塩分濃度 [%]
0	1.753
4.2	1.131
6.358	0.857
9.18	0.359
12.92	0.105
14.755	0.057
16.4	0.025
18.719	0.003
20.035	0.004
23.435	0.005

表1 各ポイントの平均塩分濃度
(n=7)

3.1.2 塩性地における調査地点の選定

塩性地では、個体サイズが不均一な 4 つのヨシ群集を確認した。汀線側から岸に向かって 2 m おきに 130 cm のパイプを設置し、調査ラインを設けた。調査ラインに沿って測量を行い、地形の勾配を把握した。さらに調査ラインの各ポイントにおける大潮時の塩水曝露時間を推定した（図 3）。塩水曝露時間の推定は、筑後川河川事務局が筑後川河口域の六五郎橋を定点として測定した水位データと塩性地の各ポイントの水位データを用いて行った。それらの結果と関連して、4 つのヨシ群集を基準とした調査地点を選定した（図 4）。汀線に最も近い地点を 0 とし、st.1 とした。さらに、st.1 から 8 m 岸側に位置する地点を st.2、17.7 m 地点を st.3、21 m 地点とした。

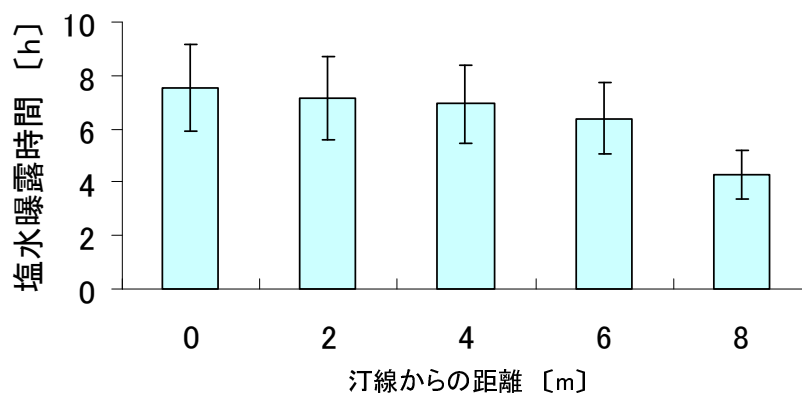


図3 大潮時における 1 日の塩水曝露時間

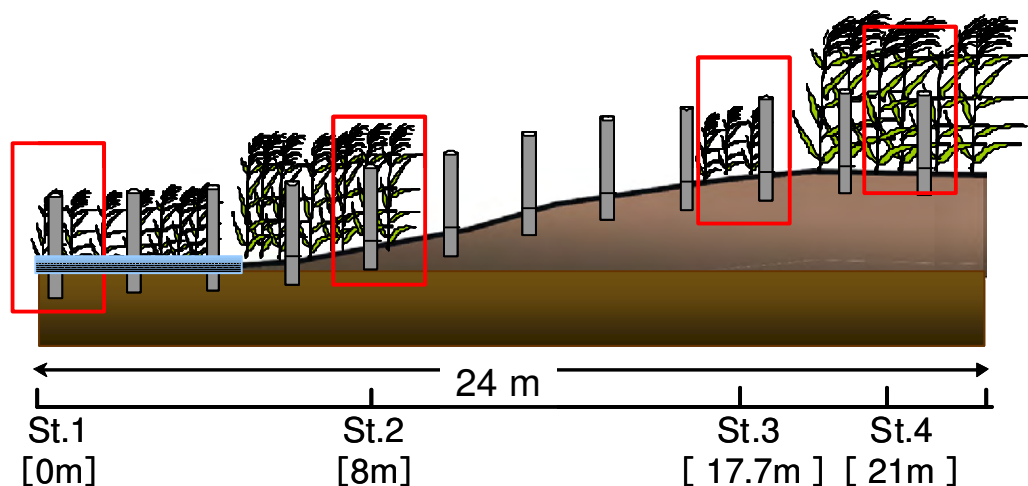


図 4 塩性地の調査地点

3.2 野外調査

3.2.1 筑後川河口域における窒素、リンの時間的、空間的変動

窒素、リンは植物の主要な栄養素である。本研究では、筑後川河口域の窒素、リンの時間的、空間的変動とヨシの生態特性の関係を明確にするために全窒素、全リンを測定した。

3.2.1.1 全窒素測定

全窒素測定は、ペルオキシ二硫酸カリウム・水酸化ナトリウム分解・紫外線吸光度法を用いた。まず、検量液とサンプルを分解瓶に 5 mL ずつ量り取り、4%ペルオキシ二硫酸カリウム溶液を 1mL 加え、ただちに密栓して混合した。これらの分解瓶をオートクレーブを用いて 120 度で 30 分間加熱した。加熱後、放冷した溶液を波長 220nm で吸光度測定を行った。測定結果は 1 試料に対して 3 反復の平均値である。

3.2.1.2 全リン測定

全リン測定は、海洋観測指針に従ってペルオキシ二硫酸カリウム分解・モリブデンブルー吸光度法を用いた。このとき、標準試薬の調整は全て 3%の塩化ナトリウム水溶液を用いた。検量液とサンプルを分解瓶に 10 mL ずつ量り取り、4%ペルオキシ二硫酸カリウム溶液を 2.5 mL 加え、ただちに密栓して混合した。これらの分解瓶をオートクレーブを用いて 120 度で 30 分間加熱した。加熱後、放冷した溶液に $\text{PO}_4\text{-P}$ の混合液 1.25 mL 加え、30 分後 880nm で吸光度測定を行った。測定結果は 1 試料に対して 3 反復の平均値である。

3.2.2 塩分環境の把握

3.2.2.1 塩分の時間的変動の把握

調査地点の塩分環境のより詳細なデータを得るために、塩性地の st.2、中汽水性地、低汽水性地において水および土壌内の干潮－満潮－干潮の電気伝導度の変動を連続的に測定した。電気伝導度計の本体を容器に入れ密閉し、電極のみを外に出した状態で各調査地点に設置した。なお、土壌内の電気伝導度に関しては、深さ 15 cm に電極を埋設した。

それぞれ 2 回の測定を行い、電気伝導度の値を塩分濃度に換算した。

3.2.2.2 土壌塩分濃度の測定

各調査地点における土壌塩分濃度を測定するために、各調査地点において土壌コアを深さ 60 cm まで採取した。土壌サンプルは、10 cm ごとに区切り 105℃で絶乾した。絶乾試料 10 g と蒸留水 50 ml を 100 ml サンプリングボトルにいれ、密栓し 2 時間振とうさせた。静置後、上澄みを採取し 5C のろ紙でろ過した後、イオンクロマトグラフィを用いて塩化物イオン濃度を求めた。それらの結果を、塩分濃度に換算した。

3.3 ヨシの生態特性調査

3.2.1 ヨシの群落高および稈径の測定

各調査地点において、ヨシの群落高（草丈）および稈径の測定を行った。各調査地点のヨシ群集よりランダムに 10 個体選び、メジャーを用いて群落高を測定した。

3.2.2 ヨシのバイオマス密度測定

各調査地点において、ヨシのバイオマス密度の測定を行った。各調査地点のヨシ群集よりランダムに選択した 10 個体の生重量を測定した。また、1 m²あたりのヨシの本数を計数し密度とした。ヨシ 1 個体の平均生重量 [g/個体] を求め、密度 [個体/m²] とかけたものをバイオマス密度とした。

3.2.3 ヨシの種子生産量の概算

2008 年 12 月に各調査地点において、ヨシの 1 m² あたりの種子の生産量を概算した。各調査地点で 1 m の円錐花序を採取、計数した。その後、実験室に持ち帰り、花序を目視で、大・中・小と分け、小穂以外を全て取り除き、花序の全小穂の重さを量った。また各調査地点におけるばらした小穂（大・中・小）を 100 個ランダムに選択し、重さを量った。

$$\text{全体の小穂の重さ} / 100 = \text{小穂 1 個の重さ} \cdots (1)$$

(1) より、小穂 1 個の重さを求めた。

さらに、全体の小穂の重さを小穂 1 個の重さで割り、全体の小穂の数を概算した。

次に、ランダムに選択した 100 小穂から種子を取り出し、計測した。100 個の小穂中の種子数から、比例式により、1 花序あたりの種子数を概算した。

3.4 塩ストレス実験

異なる塩分濃度において発芽率および実生の初期成長がどのように影響を受けるのかについて実験的に検証した。塩分濃度は、野外調査において測定した大潮時における各調査地点の表層水の平均の結果をもとに決定した（表 2）。

ヨシが自然界において塩分濃度 3.5%以上で生存を確認した報告がある（Matoh et al., 1988, Helling and Gallagher, 1992）が、3.5%以上の塩分濃度において実験的に発芽率や実生の初期成長を検証した報告は少ない。したがって、塩ストレス実験において塩分濃度を 0、0.2、0.75、2.3、3.5、5.0%の 6 段階に設定した。

調査地点	塩分濃度 [%]
塩性地	2.19
中汽水性地	0.126
低汽水性地	0.05

表 2 各調査地点における大潮時の平均塩分濃度
(n=3)

3.4.1 発芽における塩ストレス実験

各調査地点において 2008 年 12 月に採取した花序より、各調査地点のヨシの種子を 800 粒取り出し、発芽試験まで冷蔵庫にて保管した。

発芽試験は、塩分濃度を 0、0.2、0.75、2.3、3.5、5.0%の 6 段階に設定し、実施した。各調査地点において採取したヨシの種子を 100 粒ずつ、異なる塩分濃度の塩水で湿らせた脱脂綿上に播種し、グロースチャンバー内に 20℃で静置し、12 日目の発芽率を観察した。

3.4.2 発芽における塩ストレス実験

発芽試験と同様に 6 段階に NaCl 濃度を変えた塩水をコンテナに入れ、そのコンテナ中に、蒸留水にて発芽させたヨシの実生を土壌に移し換えたポットを設置した。14 時間（明）／10 時間（暗）のサイクルで、温度は 25～29℃（明）、19～24℃（暗）の条件に下で栽培された。毎日、減った分の水を加え、1 週間に一度水を入れ替え、塩分調整を行った。ヨシは 21 日間栽培し、毎日地上部の高さを測定した。収穫後 80℃で 48 時間以上乾燥させ、その乾燥重量を測定した。

4. 結果

4.1 筑後川河口域における窒素、リンの時間的、空間的変動

図5、図6は、筑後川河口域における全窒素、全リンの時間的、空間的変動を示している。

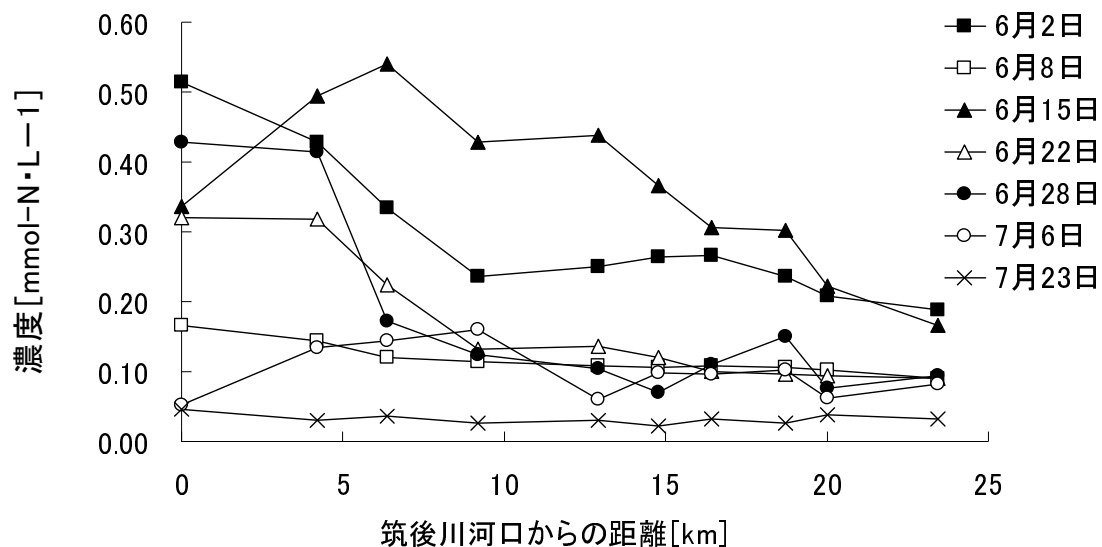


図5 筑後川河口域における全窒素（TN）の時間的、空間的変動

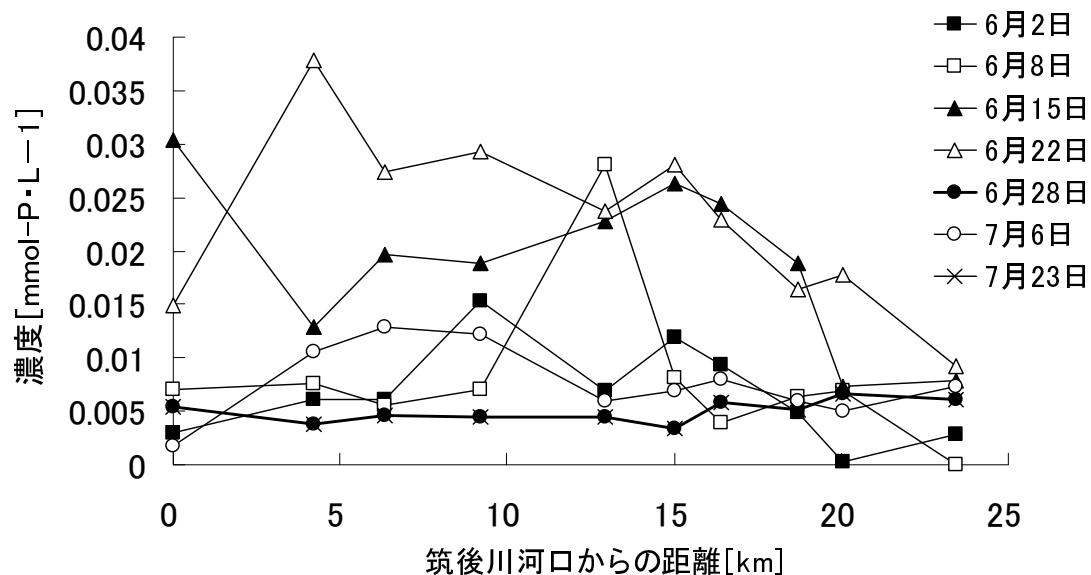


図6 筑後川河口域における全リン（TP）の時間的、空間的変動

黒の凡例マーカーは大潮、中抜きの凡例マーカーは小潮
×の凡例マーカーは、長潮時を示す。

全窒素、全リンの結果より、筑後川河口域において窒素、リンの時間的、空間的変動が大きいことが分かった。これらの結果を用いて、窒素とリンのどちらが筑後川河口域において生物の生産性を上げているかを明らかにするために、 TP/TN を求めた（図 7、図 8）。

通常の河川では、 $N : P = 10 : 1$ であることから、この比より高い場合リンが生物の生産性の制限要因となっていることがいえる。

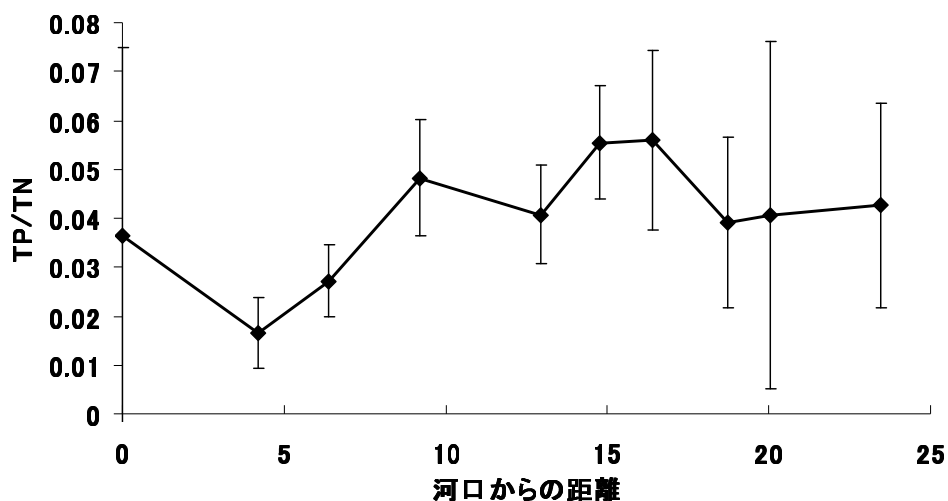


図 7 大潮時の TP/TN

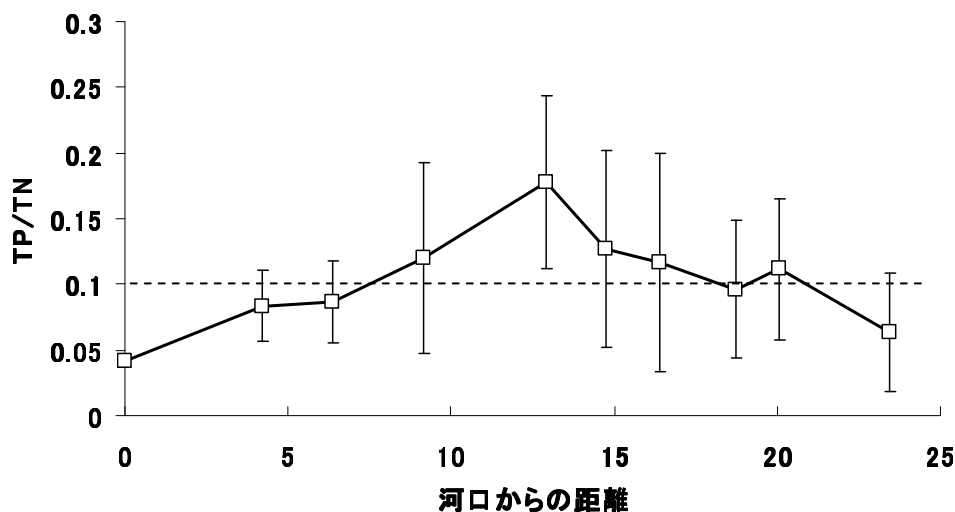


図 8 小潮時の TP/TN

図 8 より、中汽水性地において TP/TN が 0.1 を越えておりリンが制限要因となっていることが分かった。

4.2 塩分環境の把握

4.2.1 塩性地 (st.2) における塩分の時間的変動

図 9、図 10 は、それぞれ塩性地 st.2 における水および土壌内の塩分濃度の干潮－満潮－干潮の連続測定結果である。

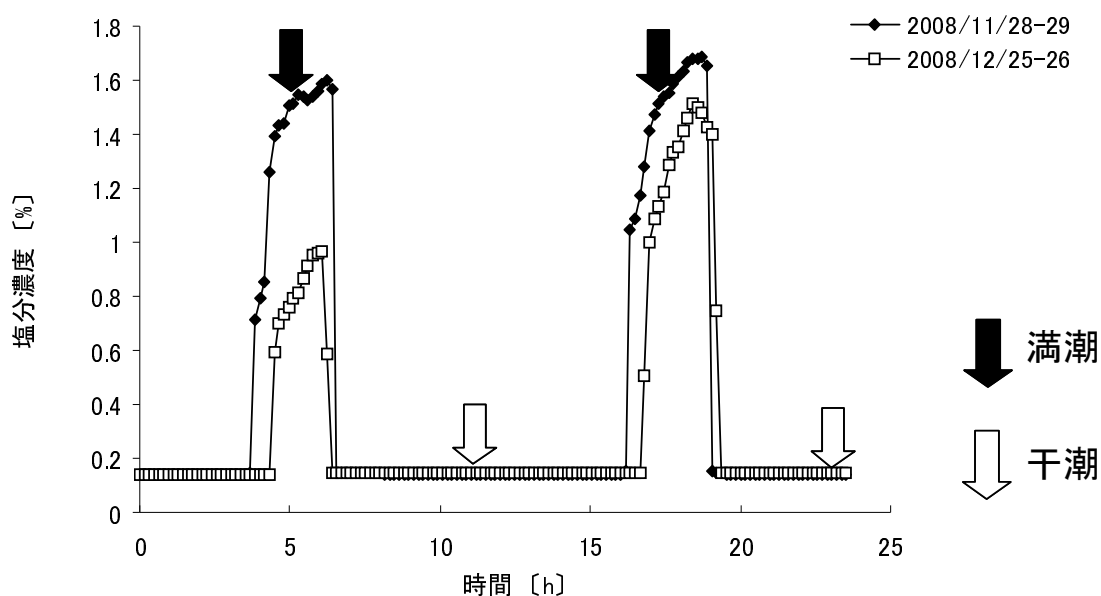


図 9 st.2 における水の塩分濃度の連続測定結果

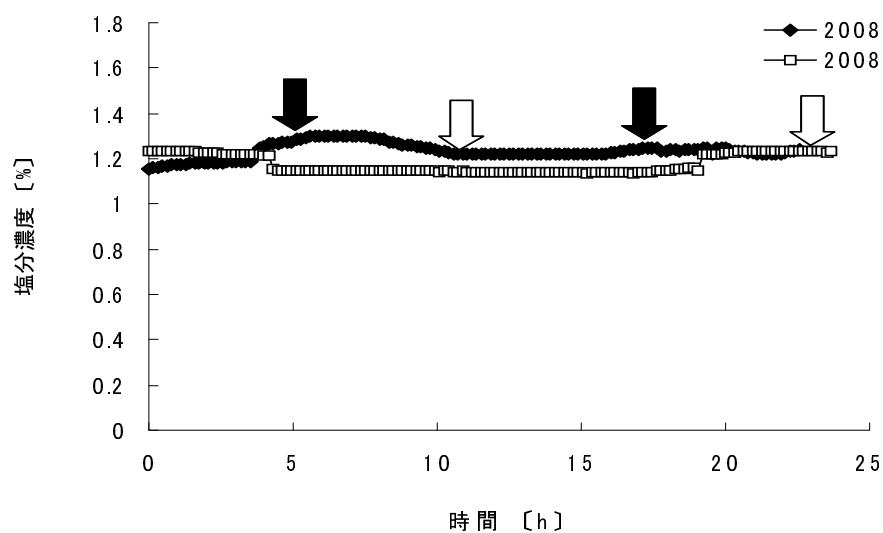


図 10 st.2 における土壌内の塩分濃度の変動

図9により、1回目と2回目の測定値が同様の傾向を示していることがわかる。満潮になると、値が大きくなっている。また水の塩分濃度の変動がダイナミックなのに対し、土壌内の塩分濃度の変動は小さいことがわかった。

図10の土壌内の塩分濃度との対応関係については、1回目の水-土壌内の塩分濃度の変動は連動しているが、2回目の水-土壌内の塩分濃度の変動は連動していないことが分かった。

4.2.2 中汽水性地向および低汽水性地向における電気伝導度の時間的変動

図11、図12は、それぞれ中汽水性地向における水および土壌内の塩分濃度の干潮-満潮-干潮の電気伝導度の時間的変動である。

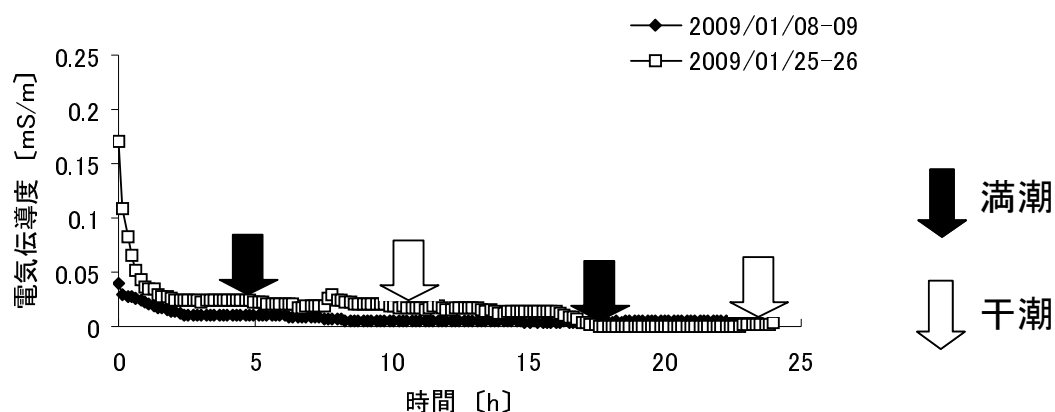


図11 中汽水性地向における水の電気伝導度の変動

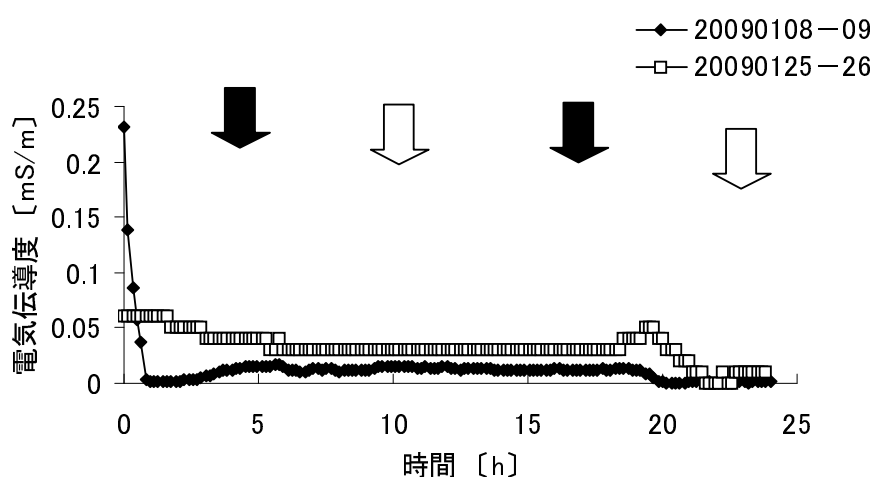


図12 中汽水性地向における土壌内の電気伝導度の変動

図 11、図 12 より、水および土壌内の電気伝導度の変動は 1 回目、2 回目ともに同様の傾向を示していることがわかった。また、水および土壌内の電気伝導度の変動が小さいことが分かった。

図 13、図 14 は、それぞれ低汽水性地における水および土壌内の塩分濃度の干潮－満潮－干潮の電気伝導度の時間的変動である。

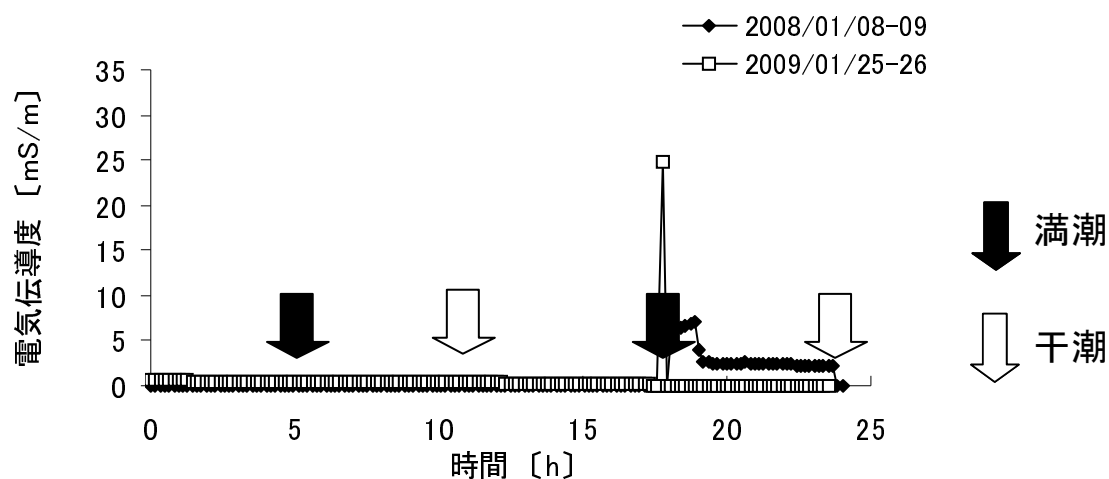


図13 低汽水性地における水の電気伝度の変動

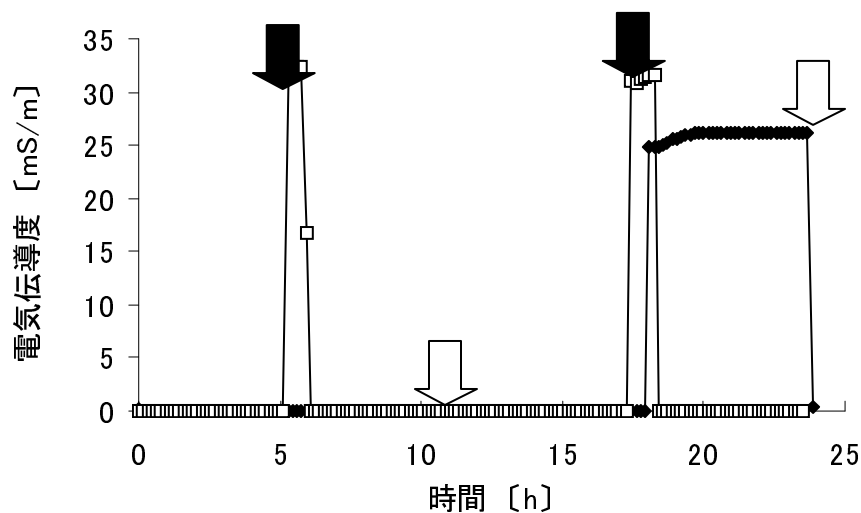


図14 低汽水性地における土壌内の電気伝度の変動

図 13、図 14 より、水－土壌内の電気伝導度の変動が連動していることが分かった。

4.2.3 各調査地点における土壌塩分濃度

図 15 に、塩性地における深さ 60 cm までの 10 cm 毎の土壌塩分濃度の結果を示す。また、図 16 に塩性地、中汽水性地、低汽水性地における土壌塩分濃度の比較結果を示す。

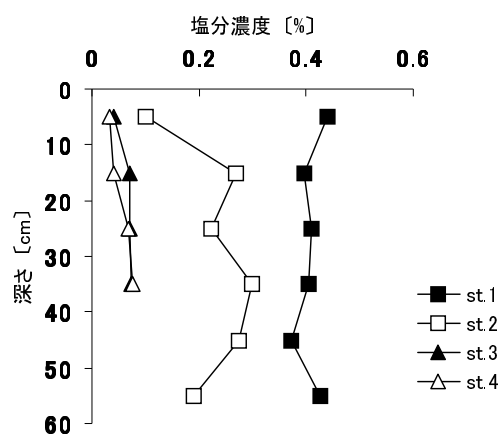


図 15 塩性地における土壌塩分濃度

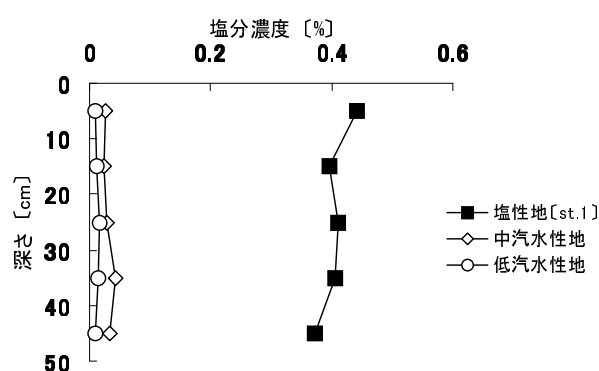


図 16 3 地点における土壌塩分濃度の比較

図 15 により、汀線側の土壌塩分濃度が高いことが分かった。深さごとの土壌塩分濃度の変動はいずれの地点も小さいことが分かった。また、図 16 により塩性地の土壌塩分濃度が中汽水性地および低汽水性地と比較して著しく高いことが分かった。中汽水性地および低汽水性地の土壌塩分濃度に大きな差はなかった。

それぞれの調査地点の土壌の特性としては、st.1 は粘土、st.2 は深さ 15 cm までは粗砂であるが深さ 15 cm 以降は、粘土層であった。また地下水が流れていた。st.3 および st.4 は細砂であった。また、中汽水性地および低汽水性地の土壌の特性は、さらさらした感じでよく粘る軽塩土であった。

4.3 ヨシの生態特性

4.3.1 各調査地点におけるヨシの群落高

図 17 に、塩性地の st.1～st.4 のヨシ群集における群落高の結果を示す。また図 18 に塩性
地（st.2）、中汽水性地、低汽水性地の 3 地点における群落高の比較の結果を示す。

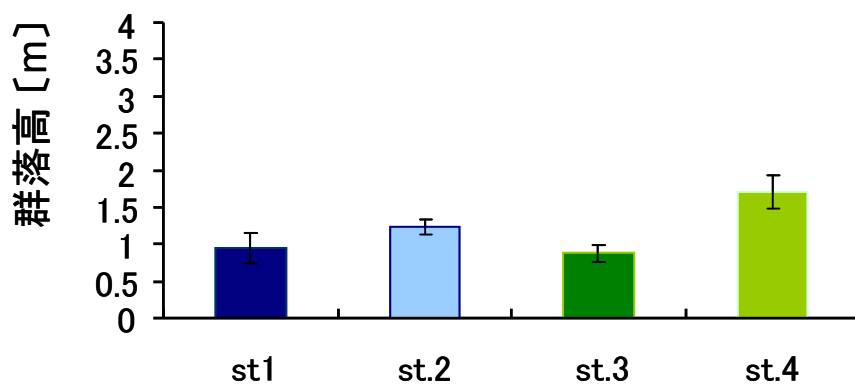


図 17 塩性地上における各調査地点のヨシの群落高

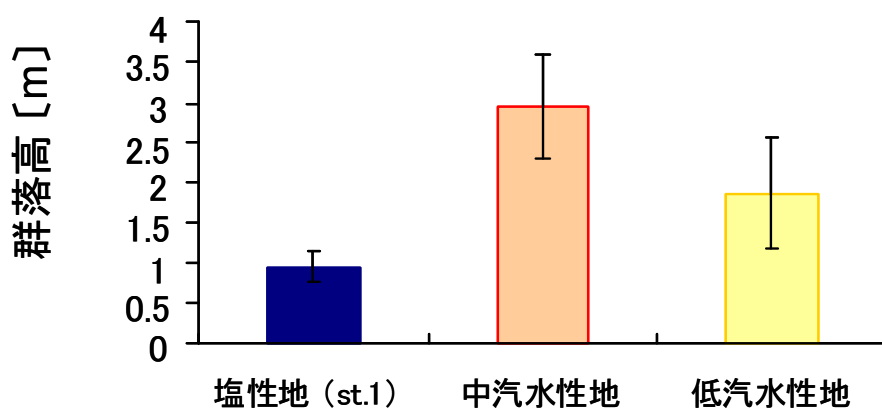


図 18 塩性地、中汽水性地、低汽水性地におけるヨシの群落高

図より、汀線側のヨシの成長が良くないことが分かった。また、図 16 により、中汽水性地の群落高が最も高く、成長が良いことが分かった。塩性地と中汽水性地のヨシでは約 2 m もの差があることが分かった。

4.3.2 各調査地点におけるヨシのバイオマス密度

図 19 に、塩性地の st.1～st.4 のヨシ群集における単位面積当たりのバイオマス密度の結果を示す。また図 20 に塩性地（st.2）、中汽水性地、低汽水性地の 3 地点のヨシ群集における単位面積当たりのバイオマス密度の結果を示す。

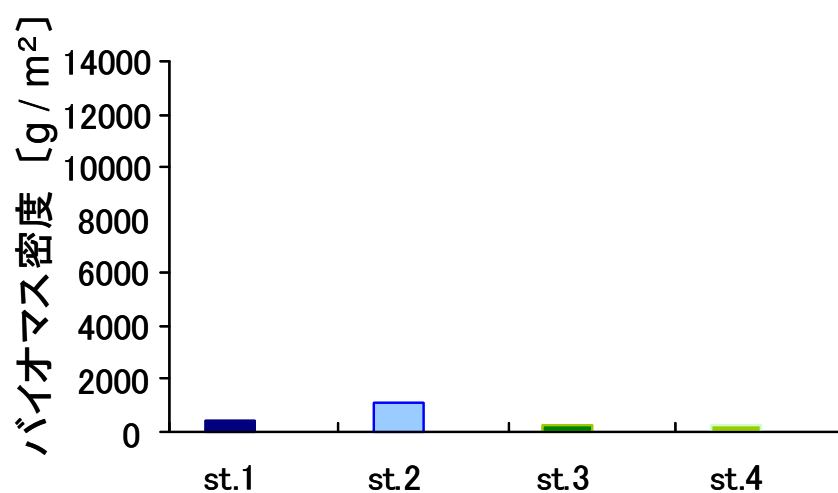


図 19 塩性地におけるバイオマス密度

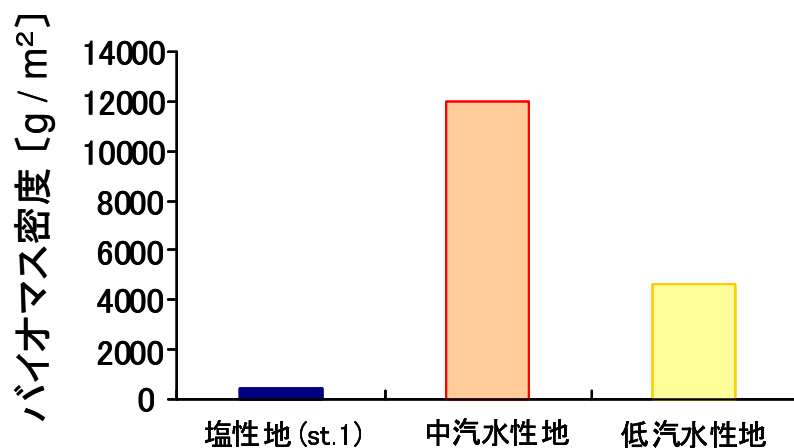


図 20 塩性地、中汽水性地、低汽水性地におけるヨシのバイオマス密度

図 19 により、最もバイオマス密度が高い地点は st.2 であることが分かった。また、図 20 により、塩性地、中汽水性地、低汽水性地の 3 地点では、中汽水性地のバイオマス密度が著しく高いことが分かった。

4.3.2 各調査地点におけるヨシの種子生産量

図 21 に塩性地上における単位面積あたりのヨシの種子生産量の結果を示す。また、図 22 に中汽水性地および低汽水性地における単位面積あたりの種子生産量の結果を示す。

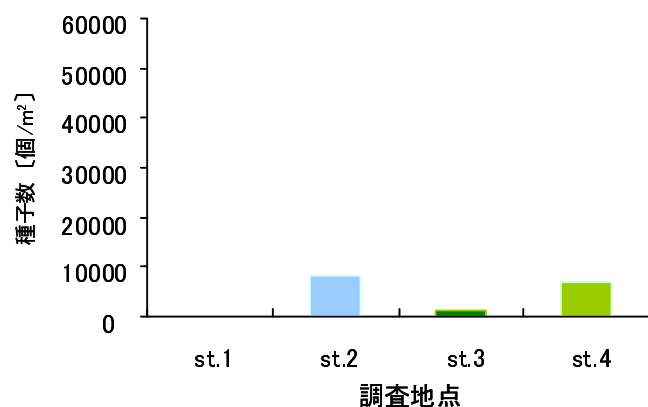


図 21 塩性地上における種子生産量

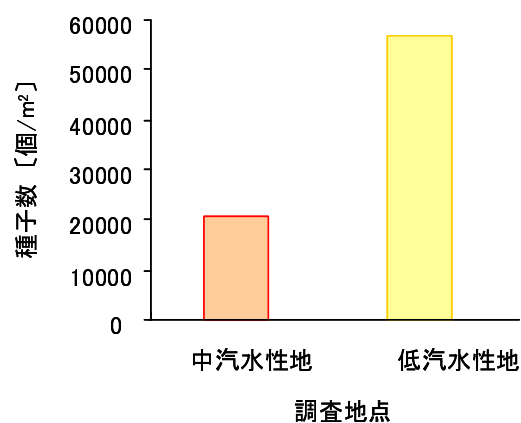


図 22 中汽水性地および低汽水性地における種子生産量

図 21 より、st.1 の種子生産量が他の地点に比べて著しく低いことが分かった。群落高やバイオマス密度における、塩性地、中汽水性地、低汽水性地の比較では、それぞれの値で最も高かった地点は、中汽水性地であったのに対し、種子生産量については最も種子の生産量が多い地点は、低汽水性地であることが分かった。

4.4 塩ストレス実験

4.4.1 発芽における塩ストレス実験

図 23 に、塩分濃度がそれぞれ 0、0.2、0.75、2.3、3.5、5.0% の塩ストレス条件下で発芽を見た結果を示す。塩分濃度が高くなるにつれて、発芽率は低下していることが分かる。特に塩分濃度 2.3% 以上では発芽率はいずれの調査地点の種子も 20% 越えず、塩ストレスの影響を受けている。しかしながら、塩分濃度 3.5% においても低汽水性地をのぞく調査地点の種子は 10% 未満の発芽率を得た。塩分濃度 5.0% では、いずれの調査地点の種子も発芽率は 0% であった。

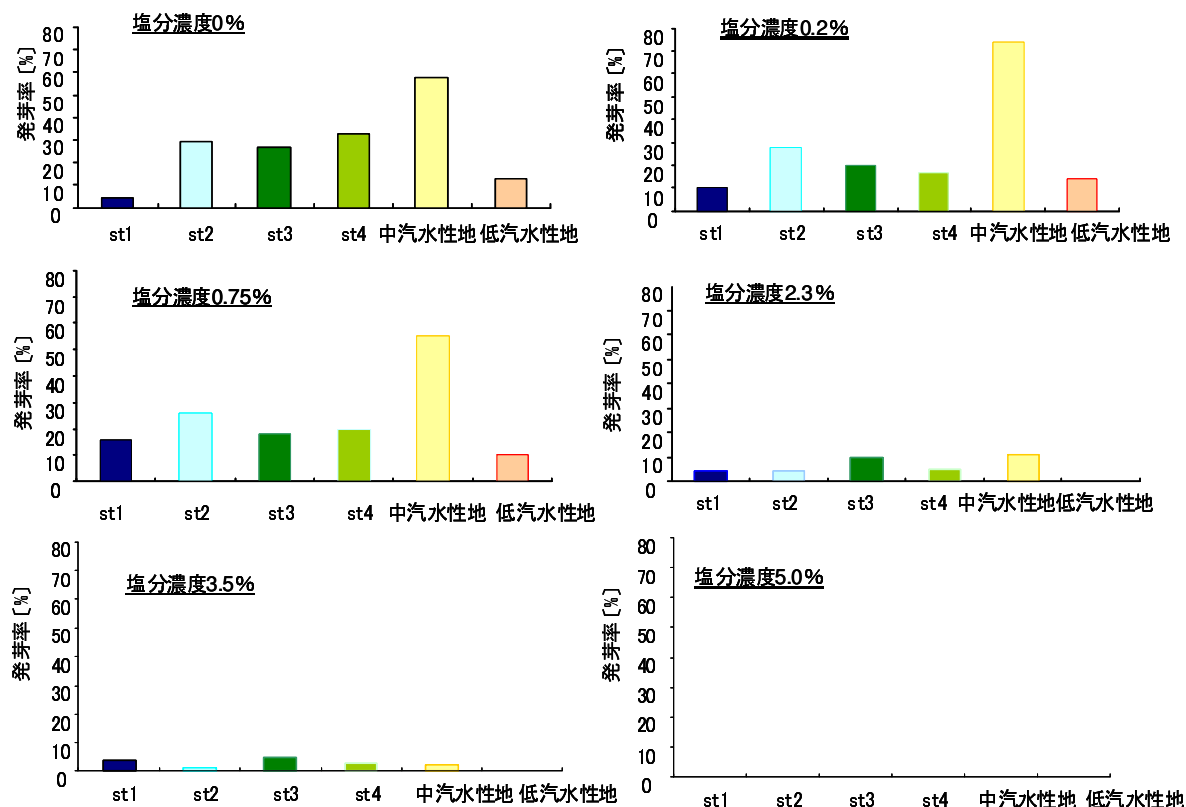


図 23 塩ストレス条件下における 12 日目の発芽率

4.4.2 実生の初期成長における塩ストレス実験

図 24 に、塩分濃度がそれぞれ 0、0.2、0.75、2.3、3.5、5.0%の塩ストレス条件下で実生の地上部の生長を見た結果を示す。また、図 25 に塩分濃度がそれぞれ 0、0.2、0.75、2.3、3.5、5.0%の塩ストレス条件下において 21 日間栽培させた実生の乾燥重量を測った結果を示す。

図 24 により、塩分濃度が 2.3%以上では地上部の高さが塩分濃度 0%（コントロール）に比べて低くなっており、塩ストレスの影響を受けていることが分かった。しかしながら、発芽試験では発芽しなかった低汽水性地の種子は、実生の初期生長事件では塩分濃度 3.5%においても地上部の成長が確認され、枯死率は高くなるものの 5.0%においても、st.3、st.4、中汽水性地の実生で初期生長が確認できた。

一方、塩分濃度は乾燥重量との関係を議論するために、一元配置分散分析を行った結果、塩分濃度は乾燥重量に影響を与えないことが分かった。

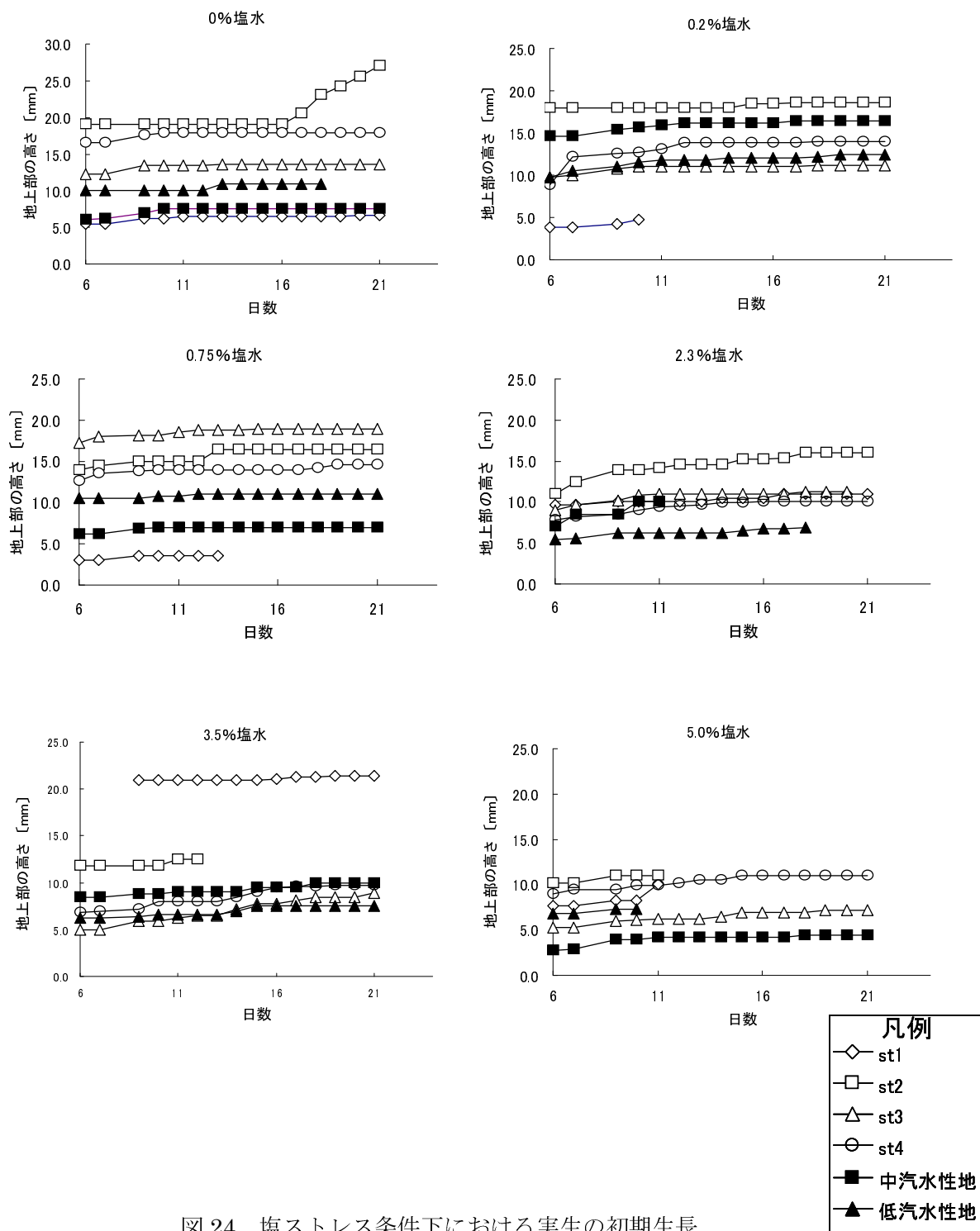


図 24 塩ストレス条件下における実生の初期生長

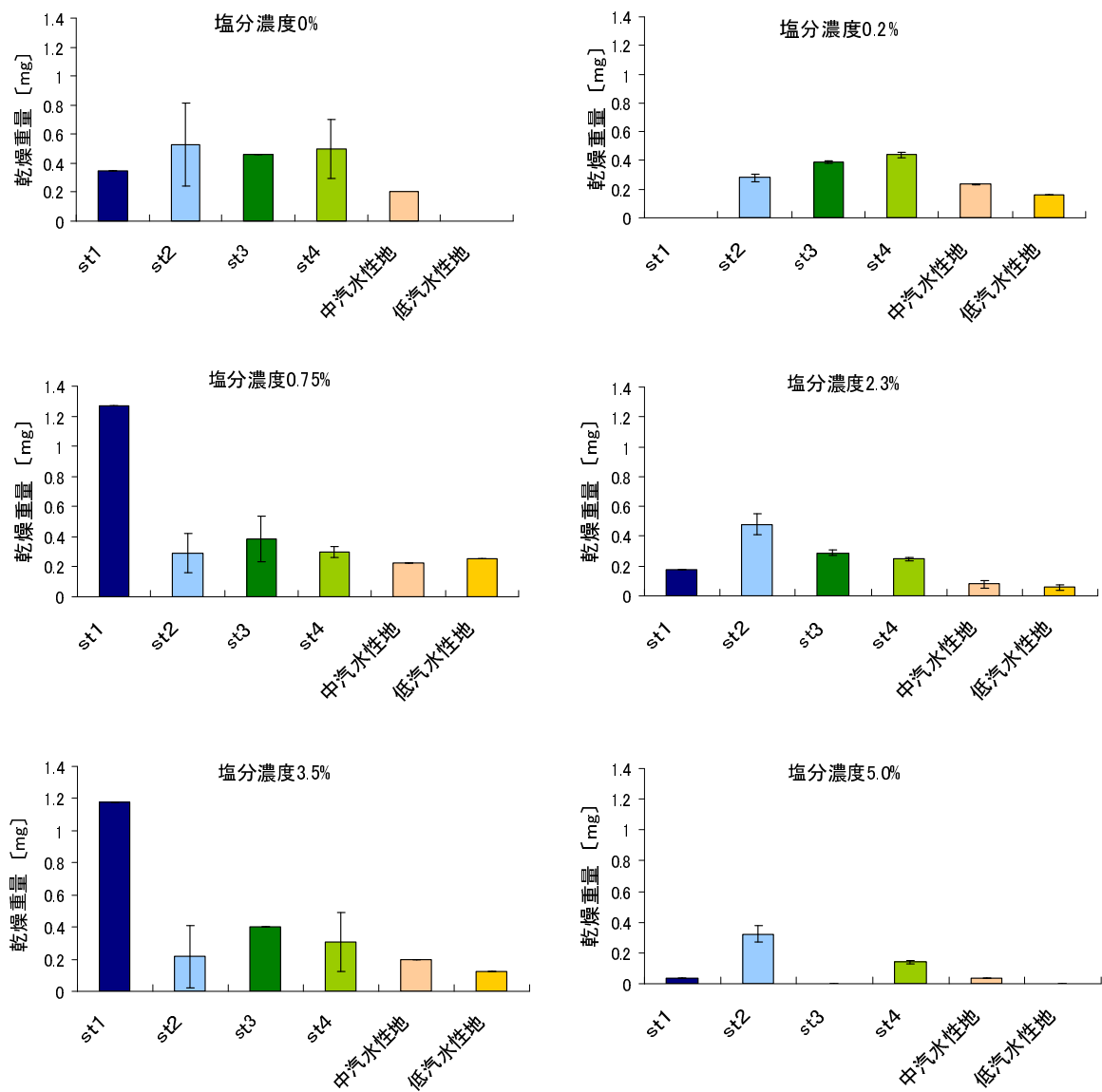


図 25 21 日間の塩ストレス条件下で生育させた実生の乾燥重量

5. 考察 Discussion

5.1 塩分環境とヨシの生態特性との関係

筑後川河口域のヨシにおいて生育可能な塩分濃度の限界は 2.5%であった。これは、地中海沿岸に生育するヨシの生育限界と類似している (Andre et al., 2001)。塩性地 st.2 における水-土壌内の塩分濃度連続測定結果により、土壌内の塩分濃度の変動は潮の干満に影響せず、常に高い土壌塩分濃度を保っていることが分かった。さらに、汀線に近づくほど、塩水曝露時間が長くなり、これら 2 つの要因がヨシ群集の成立にあたって、群落高、バイオマス密度、種子生産性に影響を及ぼしていることが示唆された。群落高およびバイオマス密度が中汽水性地で高い値を示したのに対し、種子生産量のみ低汽水性地が最も高い値を示したことから、特に、種子の生産性は塩分の影響を受けやすいと考えられる。イネにおいて生殖成長期に 1 つないし複数の環境ストレスが与えられた場合、小穂に形態変化が起こり、それが稔実阻害に結びつくという報告が多くあり (武岡洋治, 2000)、イネ科植物のヨシについても同様のことが起こっていると考えられる。このことをより明確にするためには、小穂の形態変化を SEM などで観察することが必要である。さらに、土壌塩分濃度が群集成立に影響を及ぼすという仮説をより確かなものにするためには、地下茎の観察も必要であり、今後の課題である。

ヨシは塩性植物ではないにも関わらず、日本 (Matoh et al., 1988) や、ユーカス山脈、(FAO/UNESCO, 1973) アメリカ (Hellings and Gallagher, 1992) において塩分濃度 4.5~6.0% で生育しているという報告がある。したがって、ヨシの野外における耐塩性の評価は、これらの塩性地における調査により議論されると考えられる。

5.2 発芽および実生の初期生長に塩分の及ぼす影響

発芽における塩ストレス実験において、低汽水性地の種子のみ 3.5% で発芽しなかった。これは、親となる成熟したヨシが生育する塩分環境に依存していると考えられる。しかしながら、塩分濃度 3.5% において発芽した種子に関して、用いた種子の群落間の差はほとんどないことが分かった。したがって、この仮説をより明確にするためには、本実験により採取した種子から発芽させた実生を成熟するまで生育させ、結実した種子を用いて同様の実験を行う必要がある。また、塩分濃度 5.0% では、いずれの種子も発芽しなかったことから、筑後川河口域のヨシの種子における発芽の塩ストレス上限は 3.5% であることが示唆される。

実生の初期生長における塩ストレスは、地上部の高さに影響を及ぼしたが、乾燥重量には影響を及ぼさなかった。本実験では、発芽して 2 週目の幼苗を土壌に移植した。しかしながら他の研究報告を見ると、地下茎が発達した苗を用いて実験を行い、塩分濃度と乾燥重量の間に負の相関があることを明らかにしている (Andre et al., 2001)。したがって、塩

分濃度と乾燥重量との関係をより明確にするためには、地下茎が発達した苗を用いる、あるいは、野外に生育しているヨシの地下茎を切断し、土壌に移植し同様の実験を行うことが望ましい。また、本実験では野外より採取した種子を 100 粒蒸留水にて発芽させたが、その発芽率は 10%前後が多く、2 反復しかデータを得ることができなかった。したがって、本実験のデータの信頼性を上げるために、同様の実験を数回行うことが必要である。

塩分濃度 3.5%において低汽水性地のヨシの実生の地上の伸長が確認された。しかしながら発芽の段階において塩分濃度 3.5%では発芽率は 0%であった。これは、ヨシが種子の段階ではなく実生の段階でより高い耐塩性を獲得することを示唆している。Jorgen ら (1997) は、ヨシの幼植物と成熟したヨシとで、塩ストレス実験を行い、幼植物よりも成熟したヨシのほうが高い耐塩性をもつと結論づけた。したがって、ヨシは年齢とともに耐塩性が高くなる可能性が示唆される。この仮説は、Haslam (1971) の報告と類似する。この仮説を明らかにするために、葉の中の固体ケイ酸の分析を行う必要があると考えられる。なぜならば、塩性地に生育する野生の稲では、普通の栽培稲に比べて固体ケイ酸がはるかに多く含まれているという報告があり、耐塩性と固体ケイ酸に何らかの関係があるのではないかと考えられているからである。しかしながら、それらの関連性は未だ明らかにされていない。今後の課題である。

6. 結言 Conclusions

本研究の結果より、ヨシが自然界において塩分濃度 5.0%でも生育できる可能性が高いことが分かった。また、ヨシは発芽段階ではなく実生の段階でより高い耐塩性を獲得することが示唆され、以上のことから、塩性地では種子繁殖ではなく地下茎による栄養繁殖で群集を成立させていると考えられる。

さらに、塩集積地においてヨシを植栽するならば、地下茎が発達したヨシが好ましいと考えられる。

7. 謝辞 Acknowledgements

原口昭教授、伊豫部勉特別研究員、筑後川河川事務局の方々をはじめとし、本研究を進めるにあたりご指導及びご協力いただきました全ての方々に深く御礼申し上げます。

8. 引用文献 References

- 1) Andre Mauchamp, Francois Mesleard, 2001 Salt tolerance in *Phragmites australis* populations from coastal Mediterranean marshes, Aquatic Botany 70, 39-52
- 2) Hellings S.M., 1972. Biological flora of the British Isles: *Phragmites communis* Trin. J.Ecol.60, 585-609
- 3) Jorgen Lissner, Henrik Schierup, 1997. Effect of salinity on the growth of *Phragmites australis*. Aquatic Botany 55, 247-260
- 4) Matoh,T,Matsushima, N., Takahashi, E, 1988 Salt tolerance of the reed plant *Phragmites communis*. Physiol Plant 72, 8-14
- 5) Haslam,S.M., 1971. The development and establishment of young plants of *Phragmites communis* Trin. Ann. Bot., 35: 1059-1072
- 6) 坂口豊（1974）, 泥炭地の地学, 東京大学出版会,97-98
- 7) 武岡洋治（2000）, 環境ストレスと生殖戦略, 107-109