

汽水域に生育するリードカナリーグラス (*Phalaris arundinacea* L.) の耐塩性

前田良之・大田忠親*・武長 宏*

Salt Tolerance in Reed Canarygrass (*Phalaris arundinacea* L.)
Grown in Seaside Areas
Yoshiyuki MAEDA, Tadachika OTA*
and Hiroshi TAKENAGA*

Summary

The differences in salt tolerance among reed canarygrass (*Phalaris arundinacea* L., RCG) grown in seaside areas (S-RCG), in pasture areas perfused with feces and urine (P-RCG) and on control (C-RCG) were discussed in regard to the relative growth rate and the cation content. The seedlings grown on each sampling area were cultured in standard solution (Kimura's B solution) for 10 days, then NaCl was applied to the solution to adjust its concentration to 0, 100 and 200mM. Ten days after NaCl application, the plants were harvested to measure the weights and the cation contents. The relative value of dry weight increase in plant tops during NaCl treatment to that during standard solution culture was used as an indicator of salt tolerance.

1. When the growth rates of C-RCG, P-RCG and S-RCG in standard solution were expressed as 100, the rates of C-RCG, P-RCG and S-RCG were 5, 92 and 62 at 100mM, and 0, 72 and 8 at 200mM. The salt tolerance became stronger in the order of C-RCG, S-RCG and P-RCG.
2. Sodium content of plant tops and roots in C-RCG increased, whereas K, Mg and Ca contents decreased with increasing NaCl concentrations in solution culture. While Na content of the

plant tops in P-RCG increased with increasing NaCl concentrations, that of the plant tops and roots in S-RCG markedly increased at 200mM. Potassium, Mg and Ca contents of plant tops and roots in S-RCG and P-RCG decreased at 200 mM. In S-RCG, the plant top/root ratios in Na, K, Mg and Ca did not change at 100mM, but markedly increased at 200mM.

As a result of this study, salt tolerance of S-RCG was stronger than that of C-RCG and it was suggested that S-RCG showed the positive exclusion of Na for salt tolerance.

キーワード：汽水域、耐塩性、リードカナリーグラス
Key words : Reed canarygrass, Salt tolerance, Seaside area.

緒言

牛糞尿が長年流入している草地に生育するリードカナリーグラス (*Phalaris arundinacea* L.、以下RCG) は、通常の草地に生育するものに比べて強い耐塩性を示し、しかもカチオン吸収量の多いことが判明されている^{1,2,3)}。一方、河口や浜辺近くの汽水域を調査したところ、ヨシ (*Phragmites communis* Trin.) に混在してRCGの生育がみられ、群落を形成していることが観察された。これら地域は施肥や刈取管理はほとんどされず、海水や潮風による塩類の影響があると思われ、生育するRCGの耐塩性には管理された草地に生育するRCGに比べて変化のあることが予想される。そこで、本試験

東京農業大学富士農場、富士宮市麓422、418-01

* : 東京農業大学農学部、世田谷区、桜丘1-1-1、156

Fuji Farm, Tokyo University of Agriculture, Fumoto, Fujinomiya 418-01, Japan

* : Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture, Setagaya 156, Japan

本研究費の一部は東京農業大学一般プロジェクト研究費による。

では牧草の生育環境と耐塩性発現との関連を明らかにするために、汽水域に生育するRCGに注目し、耐塩性の

強弱および機構を対照および牛糞尿流入土壌に生育するRCGと比較検討した。

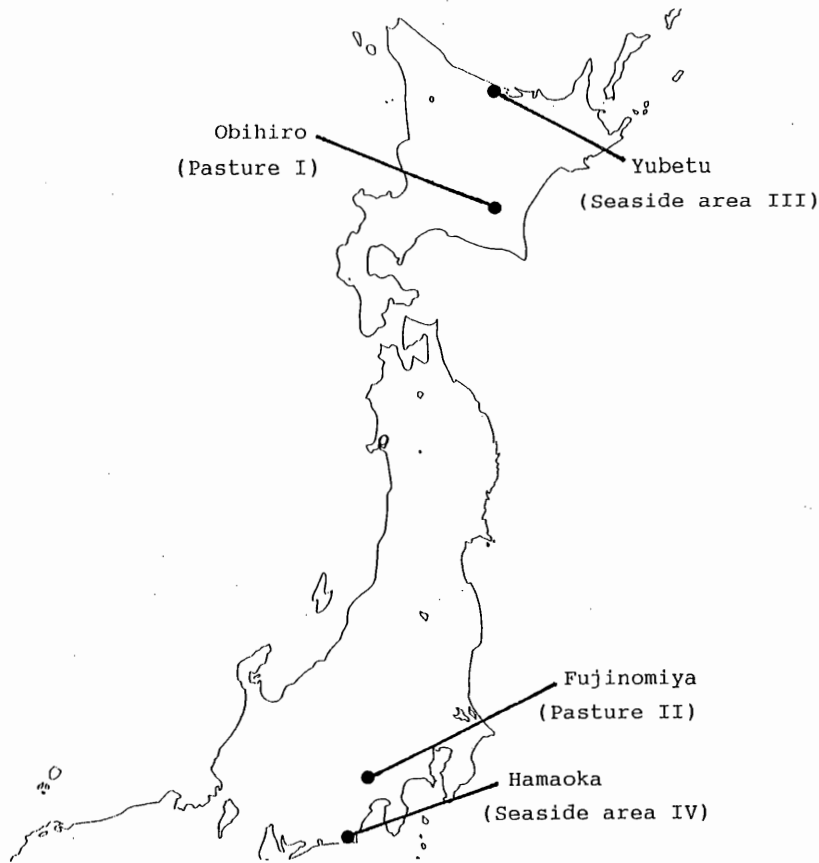


Fig. 1. Sampling areas.

材料および方法

牛糞尿流入地域（糞尿区）として北海道帯広市郊外の酪農家草地および東京農業大学富士畜産農場内の草地、汽水域（汽水区）として北海道湧別川河口および静岡県浜岡町原子力発電所付近を選定した（第1図）。それぞれの地域より4月上旬～5月下旬に土壌およびRCGを採取した。また、対照区としてバーミキュライトを充填したワグネルポットに播種したRCG（品種ベンチャー、雪印種苗株）を設定した。土壌は表層より約20cmの深さまで採取し、乾燥後2mmの篩を通して分析用試料とした。植物体は新鮮物のまま、または通風乾燥して重量を測定後、粉碎し、以下の各項目について測定をおこなった。pHはガラス電極法、ECはECメーター、全窒素（T-N）はNCアナライザーで測定した。交換性塩基は1M酢酸アンモニウムで抽出し、CaおよびMgは原子吸光法、NaおよびKは炎光法で測定した。採取したRCG（草丈約15cm、新鮮物重量約1g）は10日間木村B液6）を基

本培養液として水耕栽培した。その後、NaClを培養液中の濃度が0、100、および200mMとなるように添加し、添加後10日目に採取し、乾物量およびカチオン含有率を測定した。耐塩性の強弱は、NaCl添加直前から添加後10日目までのRCG地上部乾物増加量を求め、無添加時における増加量を100として算出した相対値（相対生育量）で比較した。

Table 1. Some chemical properties of soils.

| Soil | pH(H ₂ O) | EC (μ S/cm) | Ex. cations | | | | Total N (mg/100g dry soil) |
|--------------|----------------------|---------------------|------------------|------|-------|------|-------------------------------|
| | | | K | Na | Ca | Mg | |
| | | | me/100g dry soil | | | | |
| Pasture A) | | | | | | | |
| Obihiro | 6.3 | 820.0 | 2.50 | 0.41 | 15.56 | 1.91 | 730 |
| Fujinomiya | 6.5 | 850.0 | 2.73 | 0.69 | 17.01 | 2.50 | 870 |
| Seaside area | | | | | | | |
| Yubetu | 6.7 | 75.0 | 0.09 | 1.21 | 2.00 | 1.00 | 75 |
| Hamaoka | 7.1 | 80.0 | 0.06 | 0.98 | 2.40 | 2.01 | 90 |

A) Soil was perfused with feces and urine.

結果

糞尿区および汽水区における牧草採取地土壌の分析結果を第1表に示した。帯広および富士宮の糞尿区ではpH 6.3および6.5と良好な値であったが、交換性K、Na、CaおよびMg含量、T-NおよびEC値はいずれも高い値であった。一方、湧別および浜岡の汽水区ではpH値は6.7および7.1と高く、Na含量は糞尿区に比べて高かった。また、Mgを除く他の項目はいずれも極めて低い値であった。

採取したRCGを供試し、NaClを0、100及び200mMとなるように添加した培養液で耐塩性試験を行った結果を第2図に示した。NaCl無添加では10日間におけるRCG地上部の新鮮物増加量は3.9~4.5g前後であった。そこでこれらの値をそれぞれ100とし、NaCl添加時の増加量との相対値を比較した。対照区RCGでは塩添加によって生育は著しく阻害され100mM区での値は5、200mM区では枯死した。帯広及び富士宮の糞尿区に生育したRCGではそれぞれ、100mM区で93及び91と生育

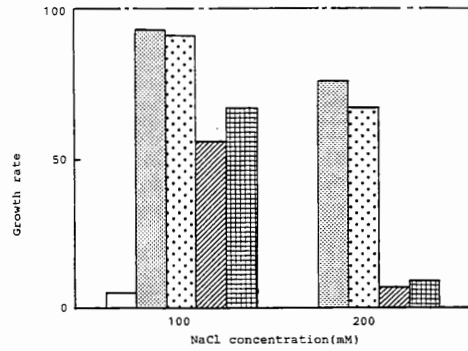


Fig. 2. Growth rate of plants grown in solution culture at different NaCl concentrations. Growth rate shows the relative dry weights of plants grown in 100 and 200mM NaCl solution to in 0mM. □: Plants grown on control, ▨: Plants grown in pasture I, ▤: Plants grown in pasture II, ▩: Plants grown in seaside area III, ▪: Plants grown in seaside area IV.

低下は7~9%で小さく、200mM区では76及び67と24~33%低下した結果となった。汽水区RCGでは、湧別及び浜岡はそれぞれ、100mM区で56及び67と生育量は半減し、200mM区では7および9と生育は著しく阻害された。

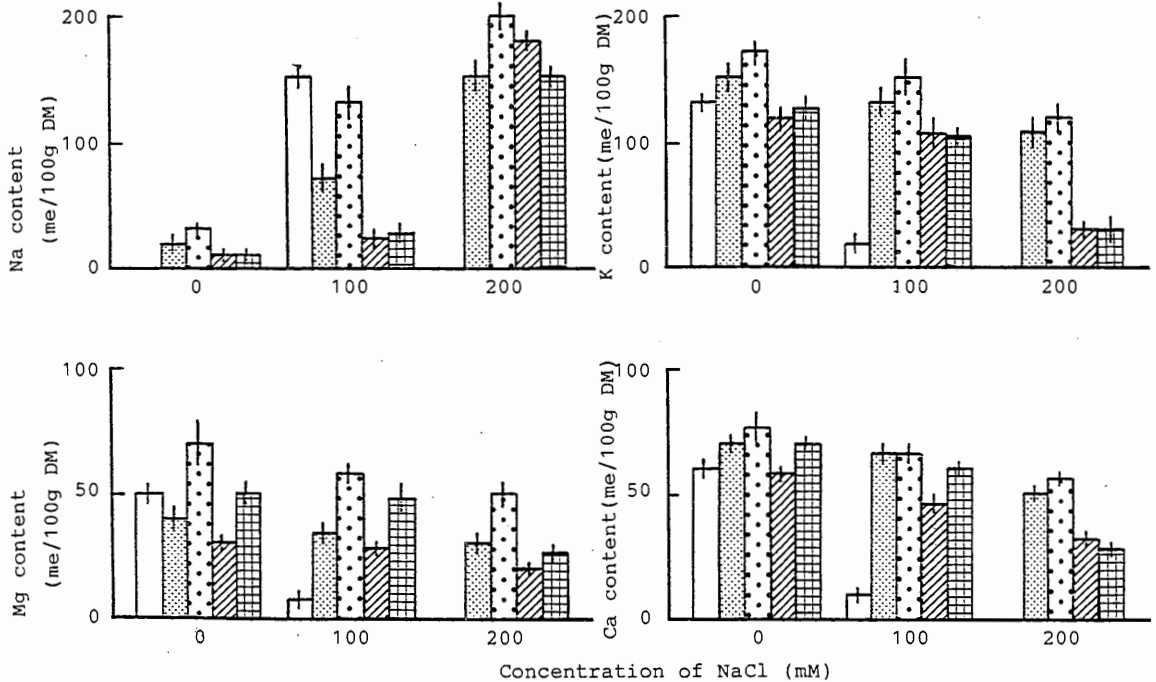


Fig. 3-1. Relationships between cation contents of plant tops and concentration of NaCl in solution culture. Vertical bars indicate standard error. Symbols are the same as those in Fig. 2.

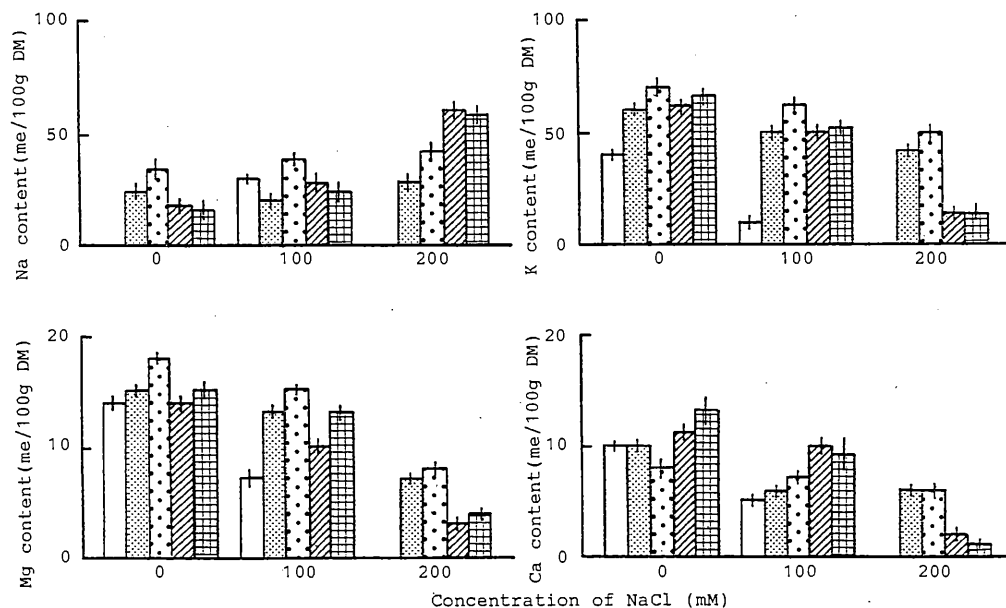


Fig.3-2. Relationships between cation contents of roots and concentration of NaCl in solution culture. Vertical bars indicate standard error. Symbols are the same as those in Fig.2.

塩添加時の地上部および根部のカチオン含量 (me/100gDW) の変化を第3-1図および第3-2図に示した。地上部の場合、対照区RCGのNa含量は1me(無添加区)から150me(100mM区)へ急激に増加した。糞尿区においても100および200mM区でそれぞれNaCl添加時の約4倍および7倍に含量は著しく増加した。汽水区RCGの場合、100mM区ではほとんど変化はみられなかったが、200mM区でNa含量が無添加時の10倍以上に著しく増加した。K含量は対照区RCGで130me(無添加区)から20me(100mM区)へ急激に低下した。糞尿区および汽水区の場合、100mM区ではほとんど変化はみられなかったが、汽水区RCGでは200mM区でK含量は著しく低下し、無添加時に比べて低下率は約60%であった。対照区RCGのMgおよびCa含量はNaCl添加によって急激に低下した。糞尿区および汽水区RCGでは200mM区で低下する傾向がみられた。

根部の場合、NaCl添加によって対照区RCGのNa含量は地上部同様、急激に増加した。一方、糞尿区では変化はほとんどみられなかった。汽水区では200mM区のNaCl濃度が無添加時の約3倍の値に増加した。K含量は対照区RCGで40me(無添加区)から10me(100mM区)へ急激に低下し、また糞尿区では200mM区で若干低下した。一方、汽水区RCGでは100mM区で有意な低下はみられなかったが、200mM区で著しく低下し、

その低下率は無添加時に比べて約80%であった。Mg含量はNaCl添加によって対照区RCGでは1/2の値に低下した。また、糞尿区および汽水区RCGともNaCl濃度が高いほど含量は低く、200mM区でそれぞれ無添加区の約50%および80%低下した。Ca含量はMg同様、対照区RCGでは100mM区で、糞尿区では100および200mM区で含量は約1/2の値となった。一方、汽水区RCGのCa含量は200mM区で急激に低下した。

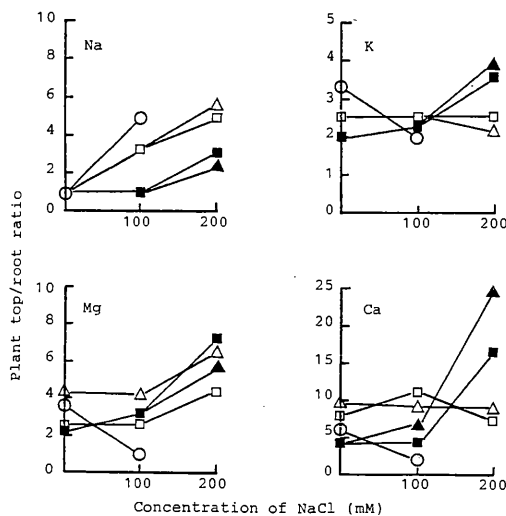


Fig.4. Changes in plant top/root ratios of cation contents in solution culture at different NaCl concentrations.
 ○:Plants grown on control, □:Plants grown in pasture I,
 △:Plants grown in pasture II, ■:Plants grown in seaside area III,
 ▲:Plants grown in seaside area IV.

NaCl添加によるRCGのNa、K、MgおよびCa含量の地上部/根部比の変化を第4図に示した。対照区RCGではNa含量の地上部/根部比は添加濃度の増加とともに高まり、逆にK、MgおよびCaの場合には低下した。糞尿区においてもNa含量の地上部/根部比は増加したが、Mgの場合は200mM区でのみ増加、KおよびCaの場合には変化が認められなかった。一方、汽水区RCGではNa、K、MgおよびCa含量の地上部/根部比は200mM区で著しく増加した。

考 察

土壌への塩類集積は、1) 過度の蒸散による塩類残留 2) 海水、灌漑水および過剰施肥等による塩類侵入が原因として挙げられている⁷⁾。本試験の糞尿区および汽水区は2)の観点から設定したが、土壌分析結果からは塩類集積土壌とは判断できなかった。これは糞尿、海水などの土壌への侵入があるものの一時的であり、また降雨等によって塩類集積が生じないことが理由として考えられ、沙漠地域や高塩類集積地域とは状況が異なることを示唆した。

一方、耐塩性比較の結果、RCG採取地の違いにかかわらず耐塩性は糞尿区で最も強く、次いで汽水区、対照区の順であった。これまでの研究成果^{2,3)}から牛糞尿流入土壌に生育した牧草の耐塩性が強い原因として、牧草によるNa吸収が多く、逆に牧草中Kの低下が少ないことが考えられた。また植物体中のNa動態が好氣的代謝に依存していることも示された⁴⁾。一般的に、Naの積極的排除能が耐塩性の機構の一つと考えられ、植物によるNa吸収が多いと耐塩性は弱いとされる⁷⁾。このことは耐塩性の弱い対照区RCGにおいてNa含量が増加し、K、MgおよびCa含量が低下した結果で明白に示された。一方、糞尿区ではNa含量が増加したにもかかわらず、K、MgおよびCa含量の低下はごく僅かであった。この現象は前報の結果^{2,3)}を支持し、耐塩性の強い原因の一つとして再認識された。しかし、Naの積極的排除能と耐塩性との関連性の観点からは矛盾した結果であり、本試験ではその理由を明らかにできなかった。

汽水区RCGの耐塩性は糞尿区よりは弱かったが、対照区に比べると強かった。汽水域に生育し、耐塩性は比較的強いとされるヨシでは、イタリアンライグラスと比較して耐塩性は強く、イオン吸収特性においてNa吸収は少なく、前述のNa積極的排除能の存在が知られている⁸⁾。また松下らは⁹⁾、イネ (*Oryza sativa* L.) とヨシのNa吸収パターンを比較し、高Na条件下ではヨシは地上部基部においてNaの地上部移行を阻止しているこ

とを報告した。本試験で供試した汽水区RCGではNa吸収量は0および100mM条件では低く、しかも地上部/根部比は1以下と、根部に比べて地上部Na含量が低かった。従って、培地のNaCl濃度が0および100mMではNa吸収がみられず、しかもNaは地上部へ移行していないことが示唆された。この結果は培地のNaCl濃度が100mM以下では汽水区RCGの耐塩機構におけるイオン吸収特性がヨシで報告されたNa積極的排除能である可能性を示唆した。一方、NaCl濃度が200mMでは植物体における急激なNa吸収と地上部への移行、K、MgおよびCaの低下、顕著な生育低下が生じた。NaCl濃度が200mMと100mMの場合とでは植物体における反応がまったく異なり、塩濃度水準によって耐塩機構が変化することが示唆された。

以上のことから、汽水区に生育したRCGは対照区に比べて耐塩性は強く、また培地中のNa濃度水準に制限があるものの耐塩機構としてNa積極的排除能を有している可能性が示唆できた。今後、この機構の存在を明確に示すためにNa濃度水準数を増加し、代謝との関連を調査する必要がある。

謝 辞

本試験の遂行にあたり、リードカナリーグラス種子を御提供くださった雪印種苗株式会社に感謝の意を表します。

引用文献

- 1) MAEDA, Y. and H. TAKENAGA (1993) Salt tolerance of reed canarygrass (*Phalaris arundinacea* L.) grown on soil perfused with urine. *J. Japan. Grassl. Sci.* 39, 116-119.
- 2) 前田良之・武長 宏 (1993) 牛尿侵入土壌に生育する牧草のNaCl耐性の変化. 北草研報 27, 113-116.
- 3) 前田良之・竹本 圭・麻生末雄・武長 宏 (1995) 牛尿流入土壌に生育するリードカナリーグラス (*Phalaris arundinacea* L.) の耐塩性と草体中のカチオンおよび遊離アミノ酸含量との関係. 日草誌 41, 60-66
- 4) MAEDA, Y., Y. OTANI, K. OGIWARA and H. TAKENAGA (1996) Influence of metabolic inhibitor on the uptake of cation by reed canarygrass (*Phalaris arundinacea* L.) grown on soil perfused with urine. *Grassland Science* In Press.

- 5) MATSUSHITA, N. and T. MATOH (1991) Characterization of Na⁺ exclusion mechanisms of salt-tolerant reed plants in comparison with salt-sensitive rice plants. *Physiol. Plant.* 83, 170-176.
- 6) 嶋田典司 (1987) 農学大事典 (野口弥吉・川田信一郎共監修). 養賢堂. 東京. p. 817.
- 7) 但野利秋 (1993) 栄養特性. 植物栄養・肥料学 (山崎耕宇・杉山達夫・高橋英一・茅野充男・但野利秋・麻生昇平). 朝倉書店. 東京. pp. 150-161.
- 8) 高橋英一 (1987) 生命にとって塩とは何か. 農文協. 東京. pp. 98-114.

摘 要

汽水域 (汽水区) に生育するリードカナリーグラス (RCG) に注目し、その耐塩性の強弱および機構を牛糞尿流入地域 (糞尿区) に生育する RCG と比較検討した。また、対照区としてバーミキュライトを充填したポットに播種した RCG (品種ベンチャー) を設定した。それぞれの区から採取した幼植物を10日間基本培養液にて水耕栽培後、NaClを培養液中の濃度が0、100および200mMとなるように添加した。添加後10日目に植物

体を採取し、重量およびカチオン含量を測定した。

1. NaCl無添加時における地上部の乾物生育量を各区それぞれ100と設定した場合、NaCl100mM添加時の対照区、糞尿区および汽水区に生育したRCGの相対生育量は5、92および62、200mM時ではそれぞれ枯死、72および8を示し、耐塩性は糞尿区で最も強く、次いで汽水区、対照区の順であった。
2. NaCl添加により対照区RCGのNa含量は地上部および根部ともに急激に増加し、逆に、K、MgおよびCa含量は低下した。糞尿区および汽水区RCGのK、MgおよびCa含量は地上部および根部ともにNaCl200mM添加時に低下した。一方、Na含量の変化は異なり、糞尿区RCGではNaCl濃度が高まるにつれて地上部のみ増加したが、汽水区では地上部および根部ともに100mMでは変化がなく、200mMで急激に増加した。また、汽水区RCGのNa、K、MgおよびCa含量の地上部/根部比はいずれも100mMでは変化がなかったが、200mMで急激に増加した。

以上のことから、汽水区に生育したRCGは対照区に比べて耐塩性は強く、耐塩機構としてNa積極的排除能を有している可能性が示唆された。

(1996年2月13日受理)