

# 塩害抑制と土壌水分保持を両立する 石膏を有効利用した新しいキャピラリーバリアの開発



青森県立名久井農業高等学校

Treasure Hunters Jr.

寺沢ゆき、中居泉穂

# 1 研究の背景

地球温暖化、砂漠化など地球規模の環境問題が世界規模で進行している。中でも塩類化による土壌の劣化は、アフリカ、アジア、南米などの乾燥地や半乾燥地の100ヶ国以上で発生している。塩類集積は、植物の生育を妨げるため、砂漠化につながる深刻な現象(図1)である。またこれらの開発途上国では、人口増加も伴い食料増産が求められている。しかし地域によっては農業に適した土地が少ない。そのため土壌塩類化の抑制や塩類土壌での食料生産技術の開発が急務である。現在、塩害対策として大量の水で塩分を洗い流すリーチングや塩類集積した土壌表面を剥離する方法などが一般的だが、コストがかかるため進んでいない。塩類集積とは、降水量以上に蒸発量が増えることで地中内の塩分を含む地下水を上昇させ、塩類を地表付近に集積させる現象(図2)である。仕組みは蒸発作用によって過度に起こる土壌内の毛細管作用である。近年、この毛細管作用を土壌内に設けた礫層で遮断するキャピラリーバリア(以下CBと記す)が新しい土壌塩類化の防止対策として注目されている。CBは砂など細粒の土層と礫など粗粒の土層を重ねた単純な土層で構成され、2層に浸透した水が粗粒土層に浸透できず、層境界に集積する現象を応用した毛細管現象遮断技術(図3)である。日本では古墳や産業廃棄物放射性廃棄物への雨水浸透抑制に用いられている。しかし地下水上昇を遮断するため、層の上部が過乾燥となり作物が栽培できなくなるという大きな欠点を抱えている。



図1 塩類が集積した圃場

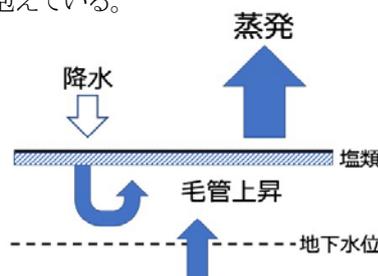


図2 塩類集積が起こる土中水の動き

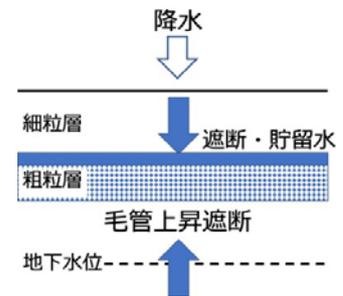


図3 CBの仕組み

日本は東日本大震災で発生した津波で沿岸部は津波による塩害を受けた。その対策として用いられた技術のひとつに石灰資材の散布がある。土壌粒子に吸着されたNaイオンを石灰のCaで置換して洗い流す仕組みだが、その際、消石灰と違って土壌pHを上昇させない石膏(硫酸カルシウム)の効果が高く評価された。石膏はアメリカ大陸、中東、アジア、アフリカ、ヨーロッパと世界各地で産出されている。また加工された石膏ボードは世界中で使われているが、年間1500万トン以上の廃石膏ボードが埋め立て処理されている。そのため石膏ボードや排ガス中の硫黄酸化物を除去する排煙脱硫装置から副生される脱硫石膏など資源の有効利用が叫ばれている。そこで私たちは、微細な土壌中の水の動きを利用して、塩類集積を防ぎながら必要な土壌水分を確保する新しい技術開発に挑戦した。

## 2 研究方法

### (1) 塩害土壌の製作

- ①無肥料の赤玉土(粘土)と川砂を7:3で混ぜる。
- ②水に塩と液肥ハイポネックス(6-10-5)を溶かし土に散布し混ぜる。  
配合: 土壌体積の20%の水に食塩0.8%とハイポネックス(N:6%、P:10%、K:5%)2000倍液を溶かし土によく混ぜる。
- ③温室内で1週間乾かしてから、プラスチック鉢に14L充填する。

### (2) 試験区の設定

実験は地下水の上昇を想定した毛管上昇遮断実験(表1)、降雨を想定した表層からの浸透実験(表2)、そして地下水と降雨を想定した除塩実験(表3)の3つとした。鉢の様式は図4に示す。場所がガラス温室とした。

表1 地下水を想定した毛管上昇遮断実験の試験区と概要

区名	CBの概要
Control	土を充填した鉢
礫層区	鉢の中層に粒径10mmの小石層10mm、その上に粒径20mmの礫層20mmでCBを設ける
ワラ層区	鉢の中層にワラ30mmのCBを設ける

図5 左: 廃石膏ボード粒、右: 石膏塗布ワラ

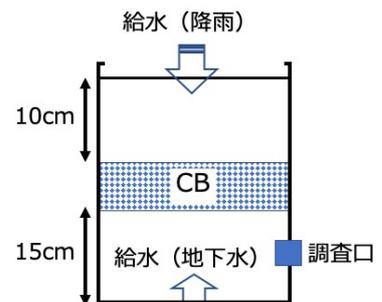


図4 鉢の様式(高さ30cm)



※全区とも地下水を想定して、鉢底4cmに自動灌水装置で1日1回150ml水を染み込ませる。

表2 降雨を想定した表層からの浸透実験の試験区と概要

区名	CBの概要
Control	土を充填した鉢
ワラ石膏層区	鉢の中層に焼石膏のスラリーでコーティングしたワラ層 30mm で C B を設ける
廃石膏ボード層区	鉢の中層に粒径 10~50mm の廃石膏ボード層を 20mm、その上に粒径 10~20mm の軽石層 10mm を重ね C B を設ける

※全区とも降雨を想定して、地表から自動灌水装置で1日1回150ml水を染み込ませる。

表3 地下水と降雨を想定し上下灌水した実験の試験区と概要

区名	CBの概要
ワラ石膏層+軽石区	鉢の中層に焼石膏のスラリーでコーティングしたワラ層 20mm 設け (図5)、その上に粒径 10~20mm の軽石層 10mm を重ね C B を設ける
廃石膏ボード層+軽石区	鉢の中層に粒径 10~50mm の廃石膏ボード層 20mm を設け (図5)、その上に粒径 10~20mm の軽石層 10mm を重ね C B を設ける

※全区とも地下水と降雨を想定して鉢底4cmと地表から自動灌水装置で1日1回各150ml水を染み込ませる。

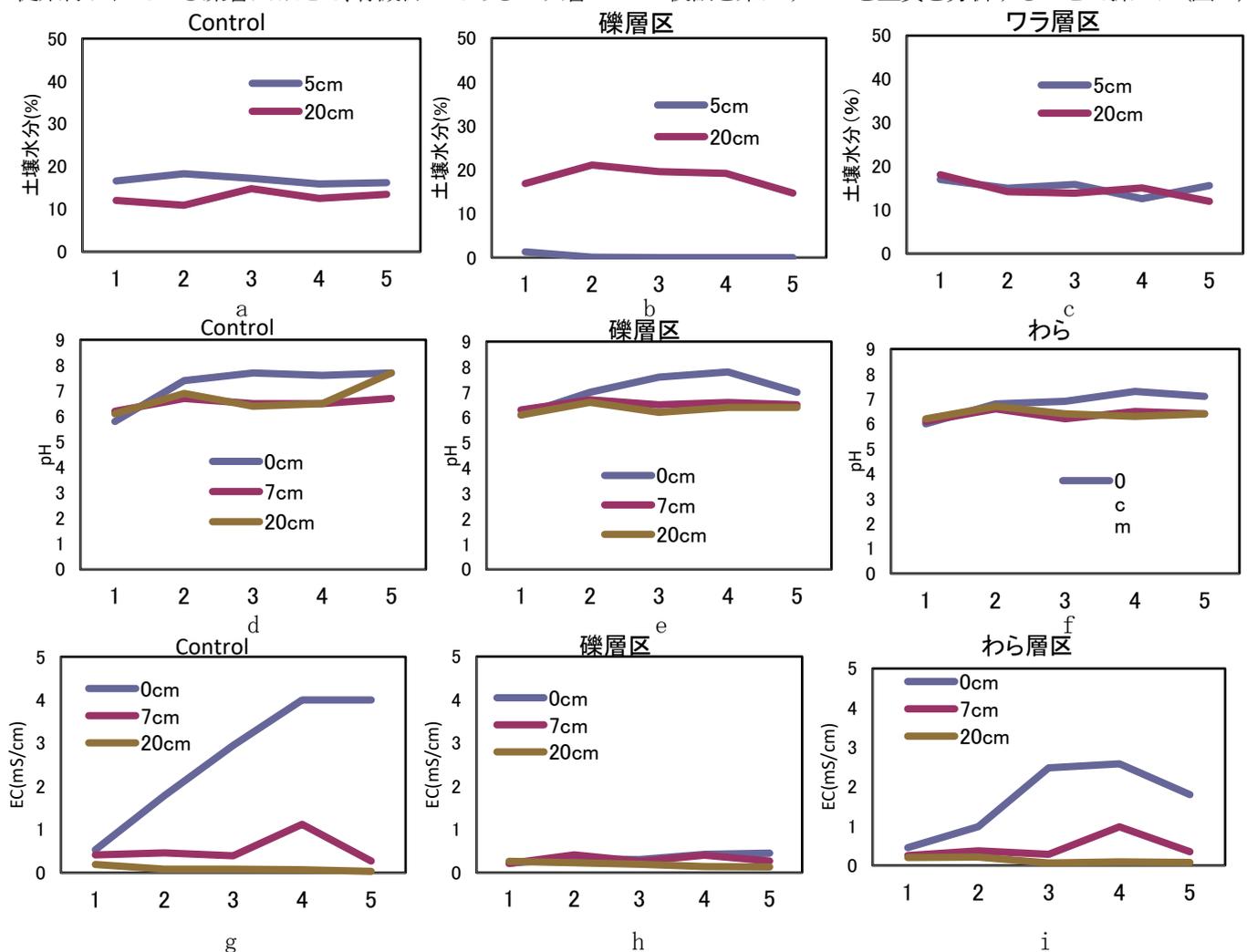
### (3) 調査項目

土壌水分量、pH、EC、Na、Caとし、表層、地下5cm、20cmの3ヶ所を毎週調査した。(土壌水分量は地下5cm、20cm)。

## 3 結果

### (1) 地下水を想定した毛管上昇遮断実験

塩類集積は地下水が毛管上昇によって発生する。そこで鉢底から灌水し、どのようにして塩害が発生するのか、また従来行われている礫層に加えて、有機物であるワラ層がCBの役割を果たすのかを土質を分析することで探った(図6)。



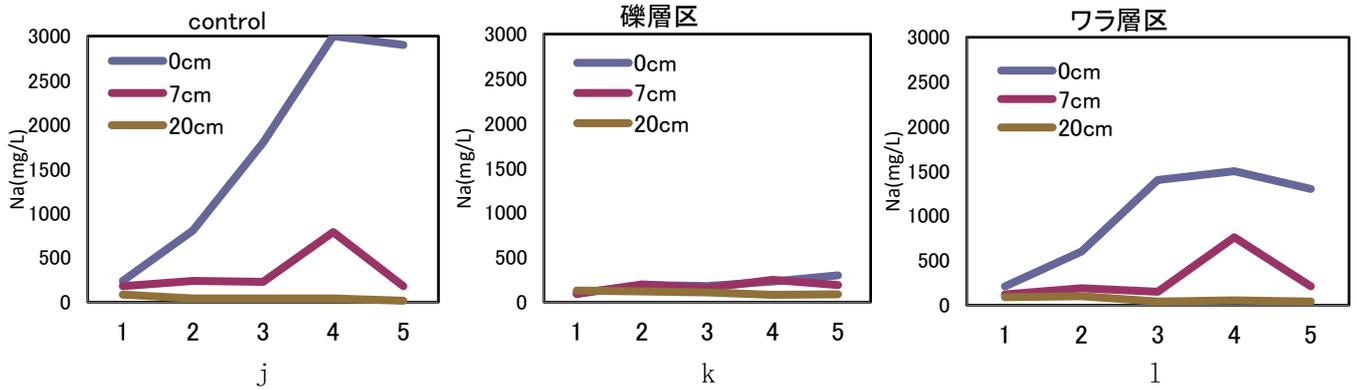
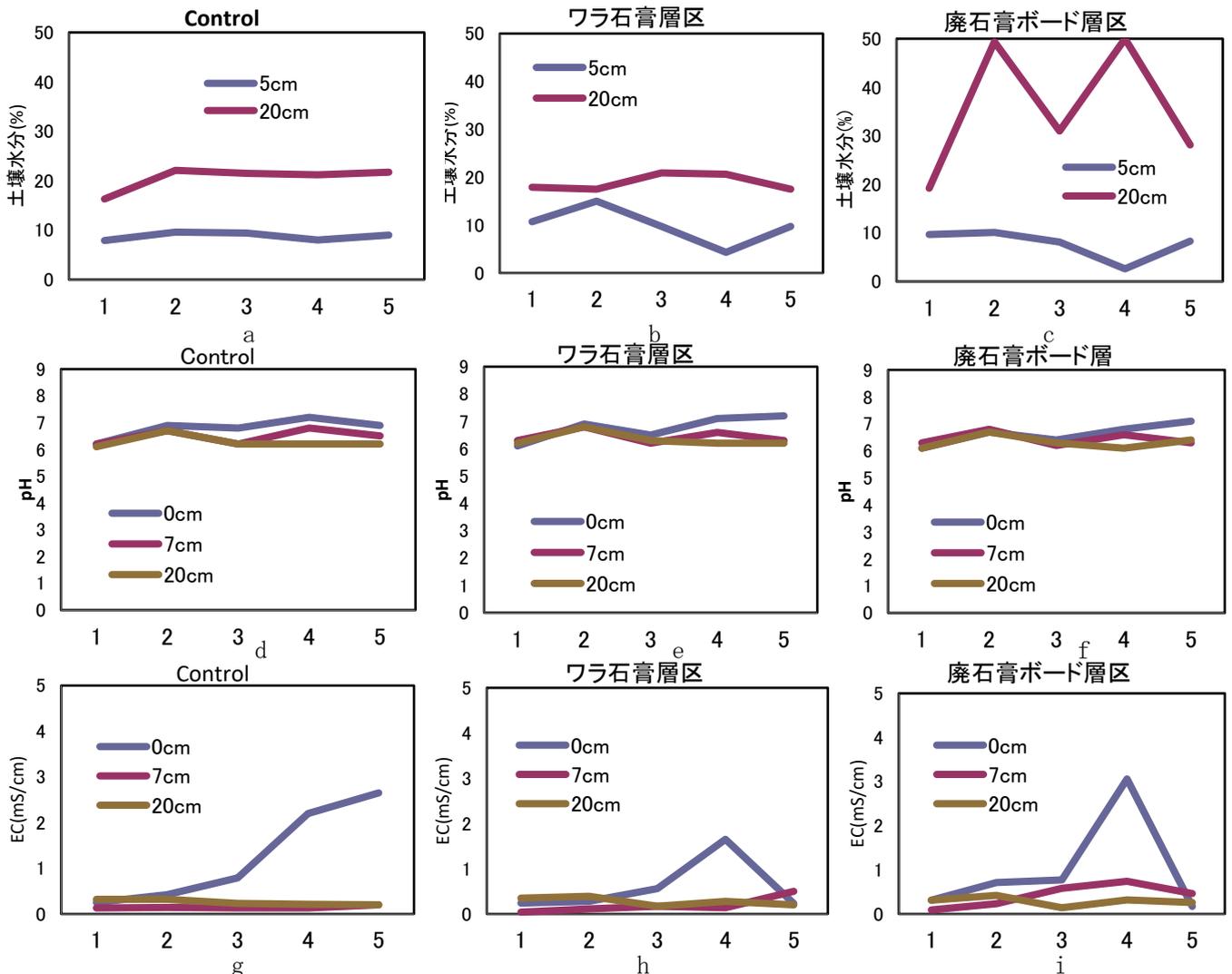


図6 5週間の水質の推移 (土壌水分: abc、pH: def、EC: ghi、Na: jkl) 左からControl、礫層区、ワラ層区。

Controlの地下5cmの土壌水分が多い。鉢底の水分が地表に上昇しているのがわかる。なおワラ層区ではControlと大差なく遮断効果がないことがわかる。pHはほぼ中性であった。またControl、ワラ層区で地下5cmのECとNa濃度が上昇している。これは塩類集積が起きているのが原因だと思われる。しかし礫層区では、CB効果で毛管現象を遮断でき、塩害を抑制しているのがわかる。しかし地下5cmの土壌水分は0%であった。過乾燥により作物栽培ができなくなるという欠点を確認できた。

(2) 降雨を想定した表層からの浸透実験

半乾燥地帯の年間降水量は700mm前後ある。そのため土壌は雨季になると降雨により表層から水分を得ることになる。そこで鉢の表層から灌水するとどのように土質が変化するか、また石膏の除塩効果を探るため実験を行った(図7)。



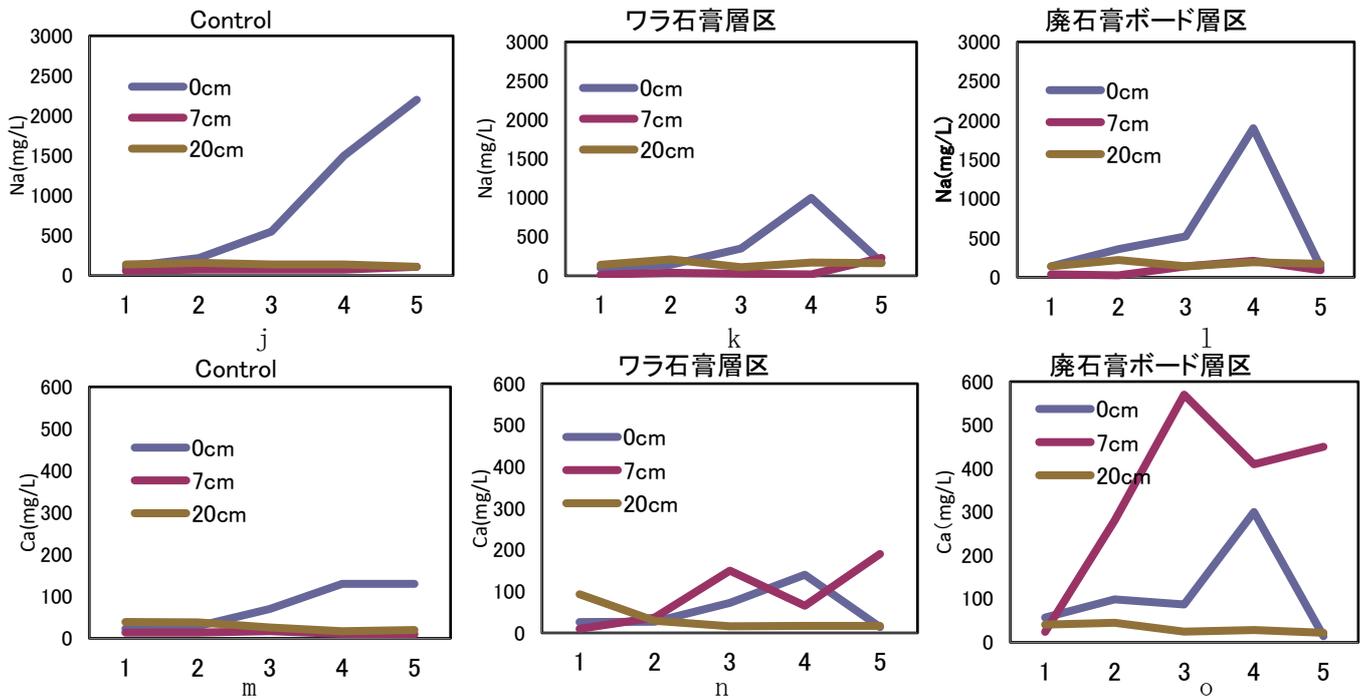
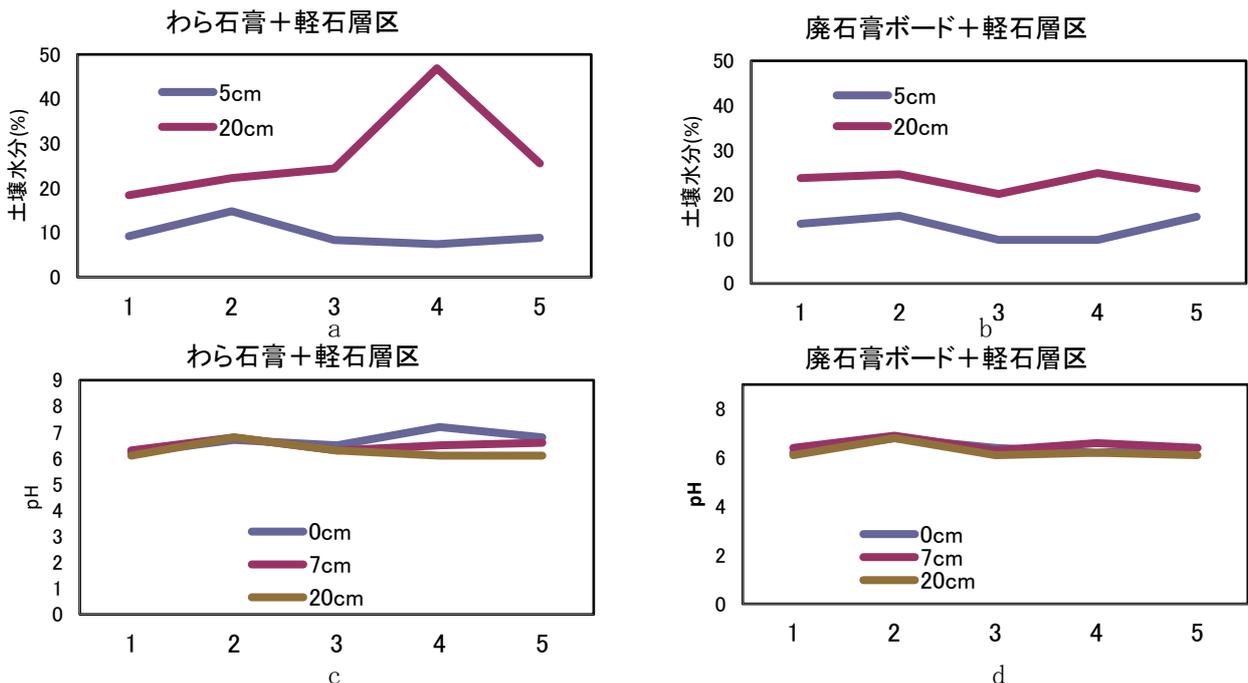


図7 5週間の水質の推移 (土壌水分: abc、pH: def、EC: ghi、Na: jkl、Ca: mno) 左から Control、ワラ石膏層区、廃石膏ボード層区。

Control は灌水した表層が下層よりも乾燥しており、水分がすぐ蒸発しているのがわかる。これはワラ石膏層区でも同様である。しかし廃石膏ボード区では鉢下 20cm の水分が高く、ボードが染み込んだ水分を保持していると考えられる。pH は石膏の CB を設けてもアルカリ性にならず中性であった。EC は表層から灌水しても徐々に高くなった。染み込んだ水が塩類とともに表層に集まったと思われる。またワラ石膏層区と廃石膏ボード層区では 4 週目に表層で 2~3mS/cm と高くなったが 5 週目には急激に低くなった。Na は EC と同じような推移をしているため、EC の上昇は Na が原因と思われる。しかし Ca は CB を設置している中層で徐々に高まっていた。水分によって硫酸カルシウムは溶け出し、土壌の Na と置換し、除塩が始まったことがわかる。また Ca 濃度からみて廃石膏ボード層区のが溶解しやすいと推測できる。

### (3) 地下水と降雨を想定し上下灌水した実験

半乾燥地の土中水分は降雨による下方と、その降雨や地下水が毛管上昇により表層に集まる上方への動きが起きている。そこで鉢の表層と CB より下方の地下 20cm から灌水して、土質の変化を探り、除塩効果を評価した (図 8)。



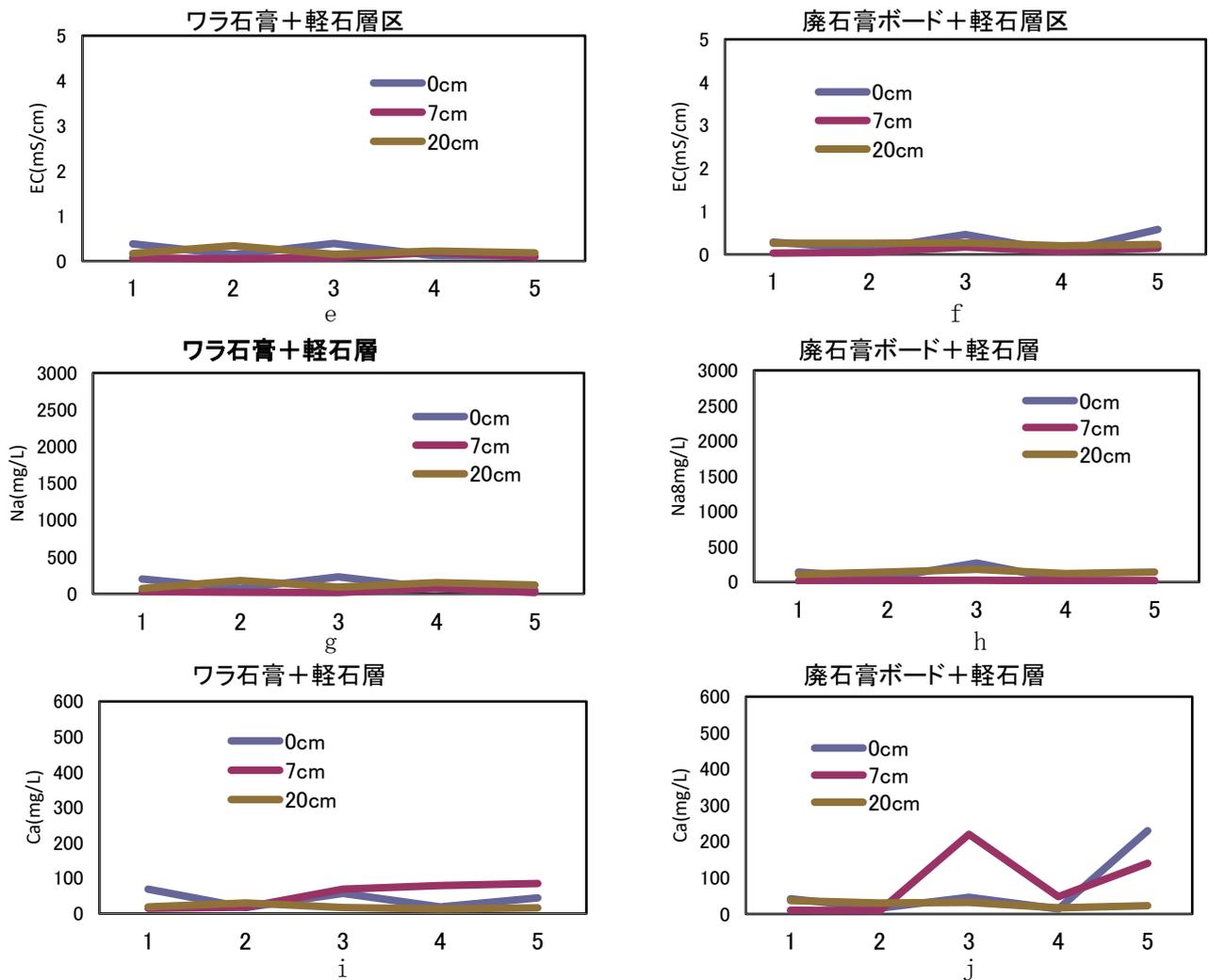


図8 5週間の水質の推移 (土壌水分: ab、pH: cd、EC: ef、Na: gh、Ca: ij) 左からワラ石膏+軽石層区、廃石膏ボード+軽石層区。

実験の結果、ワラ石膏+軽石層区と廃石膏ボード+軽石層区でEC、Naが大幅に低減されていること、またCBを設けた地下7cm近辺でCa濃度が上昇していることから判断して、両区とも塩類集積を抑制していることがわかる。また土壌水分はどの深さでも確保されていた。これは混合させた軽石が水分保持しているのも要因のひとつと考えられる。

#### 4 考察

本研究は、雨季と乾季のある半乾燥地での塩類集積対策として石膏を活用したキャピラリーバリアの評価を行なった。その結果、石膏や廃石膏ボードをCBにすることで、pHをあげることなく土壤に吸着されたNaイオンを石膏の硫酸カルシウムで置換できること、さらに今までの礫によるCBの欠点であった過乾燥を抑制でき、作物栽培ができる環境も確保できることを明らかにした。このように安価なワラや廃石膏ボード、軽石などをCB材料にすることで礫のように地下水の上昇を完全に遮断せず上下に移動する水の動きを利用して石膏層を透過させ、効率良い耕地の除塩と作物への水分供給をする技術は今までなく、塩類集積問題を抱える開発途上国の環境修復や緑化、食料増産に貢献できるものと考えられる。

#### 5 今後の展望

現在、乾燥地域のみならず、施設栽培による人為的な塩類集積が発生している。また高潮も塩害の原因となるため、大型台風による気象災害が多発する日本でも深刻な問題となりつつある。私たちのCB原料となる石膏ボードは、今までのような埋め立て処分ではなく、再資源化にむけて国や企業が動き出している。汚染が懸念される添加物が含まれている製造年の古いもの以外は、農業資材、土木資材など多方面での活用が十分期待されている。今後は研究をさらに進め、世界に眠っている廃棄物を利用した環境対策技術の開発普及のため取り組んでいきたい。