Kobe University Repository : Kernel

PDF issue: 2026-07-25

土／水／空気／溶解物質連成有限要素解析プログラムを用いた塩害抑制手法の検討

田中，琢
飯塚，敦
河井，克之

(Citation)
神戸大学都市安全研究センター研究報告,18:44-53

(Issue Date)
2014-03

(Resource Type)
departmental bulletin paper

(Version)
Version of Record

(JaLCDOI)
https://doi.org/10.24546/81011442

(URL)
https://hdl.handle.net/20.500.14094/81011442

神戸大学都市安全研究センター
研究報告，第18号，平成26年３月

土/水/空気/溶解物質連成有限要素解析
プログラムを用いた塩害抑制手法の検討

Examination of technique to control salt damage with Finite Element analysis program of soil-water-air-dissolved material

田中　琢 [1)]
Taku TANAKA
飯塚　敦 [2)]
Atsushi IIZUKA
河井　克之 [3)]
Katsuyuki KAWAI

概要：現在，地球の全陸地面積の約 4 分の 1，そして世界の人口の約 6 分の 1 が沙漠化の被害を受けている．沙漠化の拡大は世界手に深刻な環境問題となっている．沙漠化の主な原因として，塩害が挙げられる．塩害とは，地盤内に溶解する塩分が，気候条件（降水量の少ない乾燥地帯）や，人為的要因（過剰な灌漑や開墾）により，地表面に析出し，地盤の不毛化に繋がることである．タイは南部，中部，北部，東北部の 4 つの地域に分類されるが，この中でも東北部における塩害の被害は甚大であるので，本研究では，タイ東北部に焦点をあてることにする．地盤内における，塩分濃度の移動をシミュレートするために，土/水/空気/溶解物質連成有限要素解析プログラム DACSAR-MP_ad[1)] を用いる．

キーワード：沙漠化，塩害，移流・拡散，タイ東北部，マルチング

1.　研究背景

沙漠化とは，「乾燥，半乾燥，乾性半湿潤地域において気候変動，人間活動などさまざまな要因に起因して起こる土地の劣化（国連砂漠化防止会議，1992 年アジェンダ 21）」である．[2)] 沙漠化は土地の乾燥地化だけを意味しているのではなく，土壌の浸食や塩性化などの土地の劣化も含まれるということである．アジアは全世界の沙漠化地域に占める割合が最も大きい大陸である．沙漠化の原因としては，大きく気候的要因と人為的要因に分けることができる．気候的要因には気候変動，干ばつ，温暖化による土地の乾燥化などがあり，人為的要因には過度の放牧・耕作・伐採・開墾・灌漑などの人間活動がある．これらは，植生の減少，土壌浸食の増大，表層土壌へ

の塩類集積を引き起こし，土壌の劣化，土地の生産力の減退をもたらしている．国際連合環境計画（UNEP）の調査結果によると，気候的要因による沙漠化は全体の 13%に過ぎないと推定されている．残りの 87%は人間活動によってもたらされている．このようにさまざまな要因によって，地中深くにあるはずの塩類が上昇し，地盤上部に集積して，濃縮されるケースが増大している．塩類の濃度上昇により，農作物が育たず，土地の不毛化に繋がり，土壌の科学変質によって生活用水が確保できなくなる，などの弊害が起こる．このような塩類上昇による土地の不毛化は，「塩害」として沙漠地形成要因の一つとして挙げられる．よって，本研究では塩害被害が甚大である，タイ東北部において塩害抑制の検討を行う．

図-1.1　塩害を受けた水田：ナコンラチャシマ [3)]

図-1.2　土壌表面に集積した塩 [4)]

2.解析条件

　本項では，タイ東北部において塩害被害が発生している地域に焦点を当て，塩害の様子をシミュレートする．今回は，ウドンタニ，サコンナコンを例にとる．

解析領域：水平方向 x＝1.0m

　　　　　鉛直方向 y＝8.0m

要素数：400（5×80），節点数：1771

変位境界：下端完全固定，左右端水平方向固定，上端自由

水理境界：下端面排水境界，左右端非排水境界，上面流量境界

物質境界：下端面物質境界：$c(x,0)=0.03$

左右上端非透過境界である．

次に，各地域ごとの気候条件を示す．タイ東北部における，蒸発量は詳細なデータが得られなかったため，今回はタイ国バンコクにおける蒸発量の値を入力する．[1)] 降水量は各地域ごとの値を入力する．

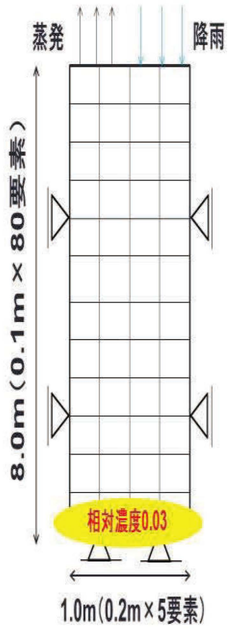
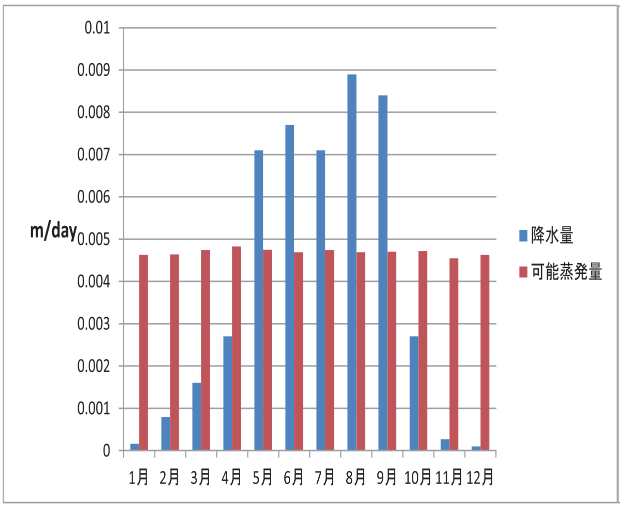
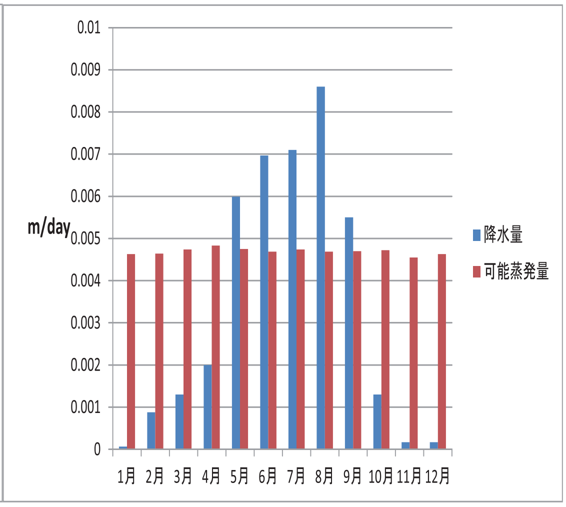


図-2.1　解析条件



ウドンタニの気候条件

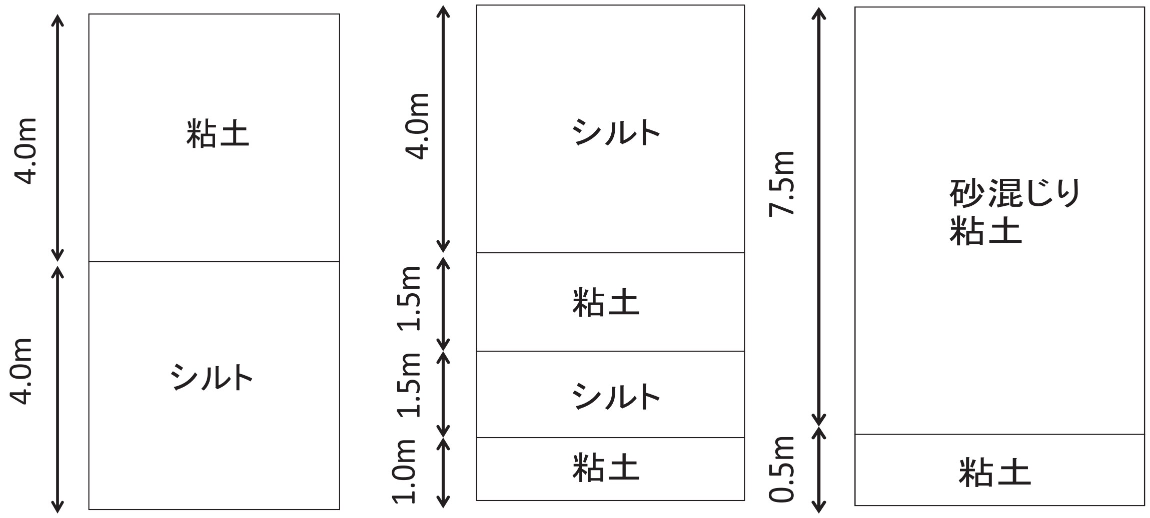


サコンナコンの気候条件

図-2.2　各地域における気候条件

図-2.3 は，各地域ごとの地盤柱状図の概略図である．[5] サコンナコン 2 の砂混じり粘土においては，粘土の透水係数をワンオーダー高く設定しておく．以下に各土試料のパラメータを示す．なお，ウドンタニ，サコンナコンで地下水位を測定したのが，それぞれ，10 月，7 月なので，地下水位を測定した月から気候条件を入力する．また地下水位以降には，初期塩分濃度 0.03 を与えるものとする．

飽和度は，要素ごとに地下水位から高さ相当のサクションが作用していると想定し，図-2.5 に示す試料水分特性曲線の吸水曲線の値の飽和度を入力するものとする．



	ウドンタニ	サコンナコン 1	サコンナコン 2
地下水位	−4.0m	−3.0m	−2.0m

図-2.3 各地域ごとの地盤柱状図の概略図

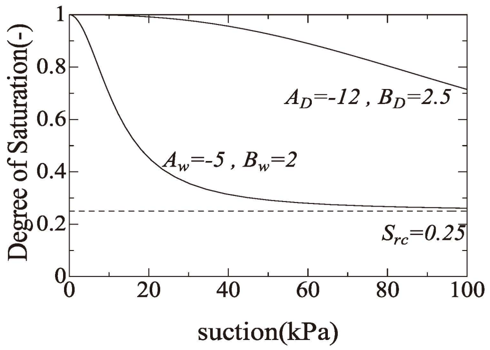
λ	κ	M	ν
0.107	0.011	0.88	0.30
p'_{sat}(kPa)	a	n	e_i
9.8×10^2	150	1.0	1.93
k_w(m/day)	D(m^2/day)	m	γ
0.0421	0.000421	0.8	0.0

粘土のパラメータ

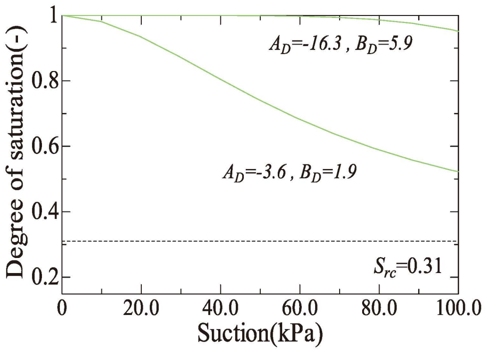
λ	κ	M	ν
0.06	0.01	1.33	0.30
p'_{sat}(kPa)	a	n	e_i
9.8×10^2	150	1.0	1.3
k_w(m/day)	D(m^2/day)	m	γ
0.086	0.00086	0.8	0.0

シルトのパラメータ

図-2.4　各土試料のパラメータ



粘土の試料水分特性曲線



シルトの試料水分特性曲線

図-2.5　各土試料の試料水分特性曲線

3.解析結果

以上の条件を入力し解析を行い，気候条件の変化による，経年的な地盤内塩分濃度分布の様子をシミュレートする．

初期　　1年後　　2年後　　Concentration ratio

図-3.1　ウドンタニの地盤内塩分濃度分布図

初期　　1年後　　2年後

図-3.2　サコンナコン 1 の地盤内塩分濃度分布図

Concentration ratio

初期　　1年後　　2年後

図-3.3　サコンナコン 2 の地盤内塩分濃度分布図

図-3.1，3.2，3.3 より全ての地盤において，2 年経過後には，塩害が発生していることがわかる．よって，塩害抑制を行わない場合では，塩害が発生する．

4.塩害抑制手法の検討

3 項より，地中に塩類を有する地盤では，気候条件により，地盤内の塩分濃度の上昇は避けられないことがわかった．よって，本項では，塩害抑制の手法を検討してみる．本研究では，「マルチング」という手法を行い，地盤内の塩分濃度の上昇の抑制を試みる．マルチングとは，地盤上部の蒸発量を抑える目的で，比較的粒径の大きな試料を地盤に巻き均すことである．よって，本研究でもこの手法に倣い，地盤上部を保水性の低い試料で覆い，塩害抑制の検討を行う．また，マルチング試料の幅を変更することにより，どの程度，塩害抑制に関係があるのかも考慮する．

本研究で使用するマルチング試料のパラメータと試料水分特性曲線を図-4.1 に示す．図-4.1 より，マルチング試料は透水性が高く，低サクション領域で低飽和度を維持する試料であることがわかる．

λ	κ	M	ν
0.06	0.01	1.375	0.30
p'_{sat}(kPa)	a	n	e_i
9.8×10^2	150	1.0	1.0
k_w(m/day)	D(m^2/day)	m	γ
11.23	0.1123	0.8	0.0

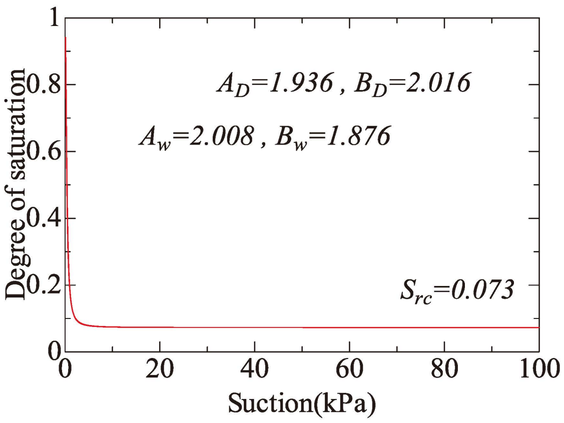


図-4.1　マルチング試料のパラメータ（左）と試料水分特性曲線（右）

4-1 塩害抑制手法を考慮した場合の解析結果

本項では，地盤上部を覆うマルチング試料の幅を変更していき，地盤内の塩分濃度の移動の様子をシミュレートする．

まず，地盤上部を覆うマルチング試料の幅を 0.6m（地盤上部のマルチング表面積 60%）にした場合の，地盤内の塩分濃度分布図を見てみる．

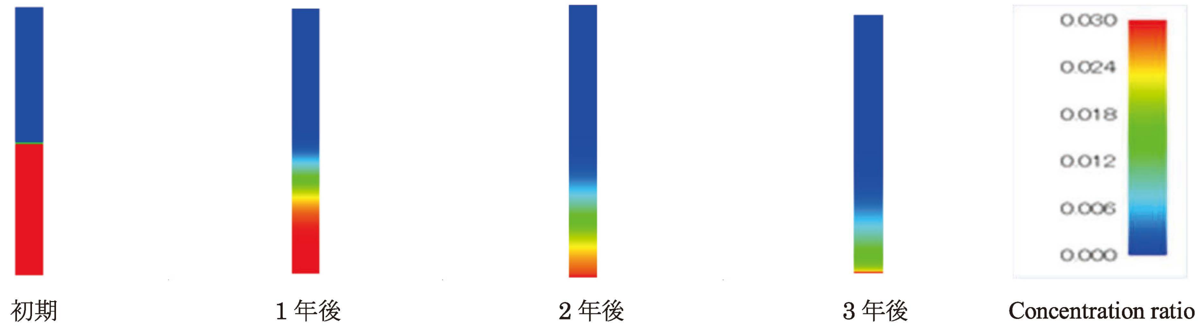


図-4.1　マルチング試料の幅 0.6m の時のウドンタニの地盤内塩分濃度分布図

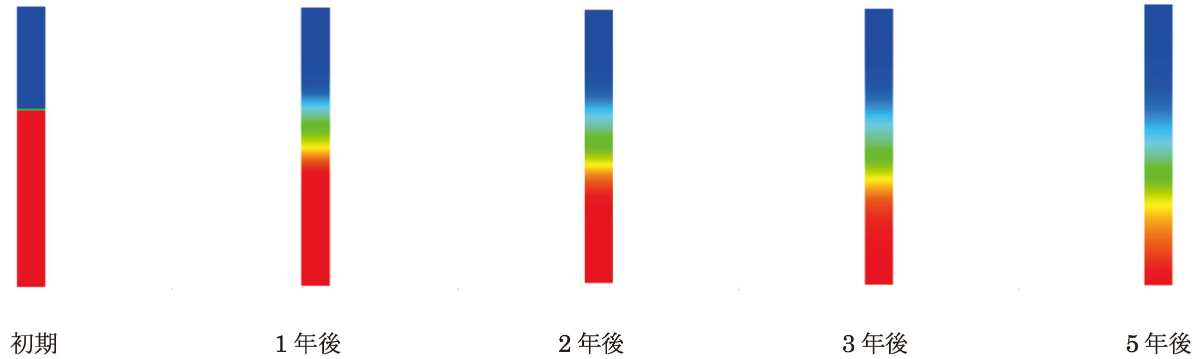


図-4.2　マルチング試料の幅 0.6m の時のサコンナコン 1 の地盤内塩分濃度分布図

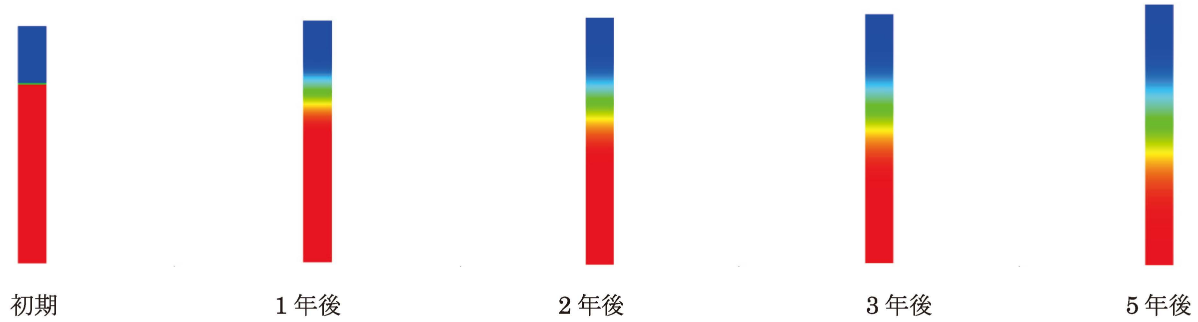


図-4.3　マルチング試料の幅 0.6m の時のサコンナコン 2 の地盤内塩分濃度分布図

図-4.1，4.2，4.3 より，マルチングによる塩害抑制の効果がみられることがわかる．マルチング試料の幅 0.6m の場合では，取り挙げた 3 つの地盤すべてにおいて，塩害を抑制できると言える．次にマルチング試料の幅を 0.4m（地盤上部のマルチング表面積 40%）にした場合について検討する．以下に解析結果を示す．

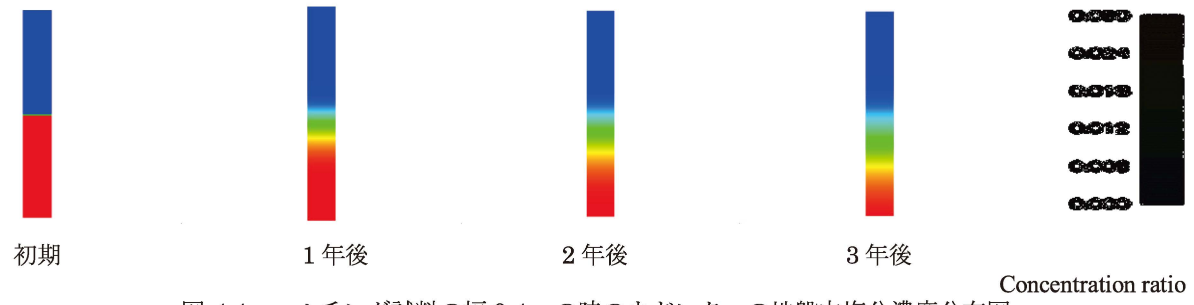


図-4.4　マルチング試料の幅 0.4m の時のウドンタニの地盤内塩分濃度分布図

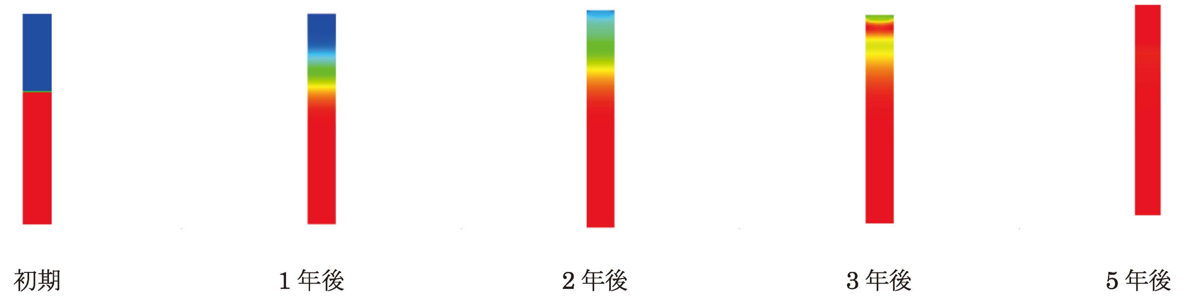


図-4.5　マルチング試料の幅 0.4m の時のサコンナコン 1 の地盤内塩分濃度分布図

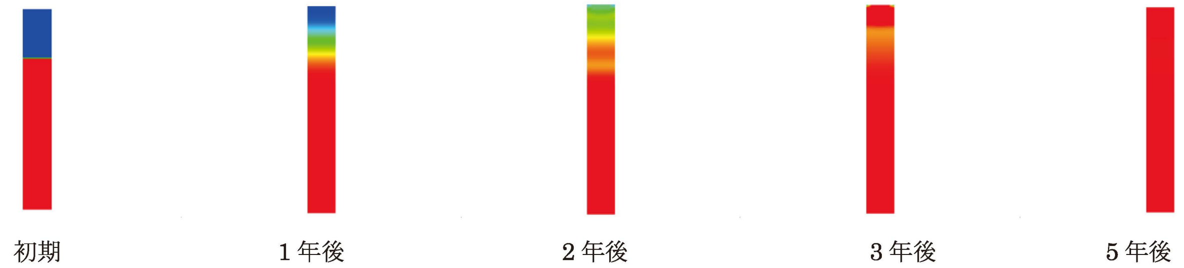


図-4.6　マルチング試料も幅 0.4m の時のサコンナコン 2 の地盤内塩分濃度分布図

マルチング試料の幅 0.4m の場合でも，図-3.1，3.2，3.3 と比べてみても，塩害の抑制には効果が発揮できることがわかる．ウドンタニの地盤については，塩害を抑制できると言えるが，サコンナコン 1 と 2 の地盤については，塩害が発生すると考えられる．原因として考えられるのは，ウドンタニの年間の総降水量は，0.047517m/day で与えているが，サコンナコンでの年間の総降水量は，0.040045m/day で与えており，降水量の多い，ウドンタニの方が塩害が発生しにくいと考えられる．

5.結論

本項では，本研究で得た結論について述べる．

低サクション領域において，低飽和度を維持するマルチング試料によって，地盤内の塩分濃度の上昇を抑えることが判明した．これは地盤上部が低飽和度を維持するので，日射などによる地盤上部のマルチング試料における蒸発量が減少し，地盤内の鉛直上向きの水の流れが弱くなり，水に溶解している塩分も上昇しにくくなるからであると考えられる．またマルチング試料の幅が大きい方が塩害の抑制に効果がみられるのは，マルチング試料の幅が大きい分だけ蒸発量を抑えられているからであると考えられる．ウドンタニとサコンナコン 1.2 の地盤について，サコンナコン 1.2 の地盤の方が塩害が発生しやすくなっているのは，年間の総降水量がウドンタニの地域の方が多く，サコンナコン 1.2 の地域の方が少ないからであると考えられる．タイ東北部のような，乾季の影響が強い地域では，地盤上部の蒸発量を適切に抑え．地盤内の鉛直上向きの水の流れを制御することは，地盤改良による塩害抑制手法においては非常に大切であると言える．今後の課題としては，マルチング試料の選定や，マルチングを施工するにあたっての費用対効果なども考慮し，効率的かつ，実用的な塩害抑制の手法を検討する必要がある．

参考文献

1) 野村瞬：溶解物質の移動を考慮した土/水/空気連成数理モデルと地盤工学への適用　神戸大学大学院，博士論文，2013

2) 遠藤勲，安部征雄，小島紀徳：沙漠工学，森北出版株式会社，1998

3) 東京工業大学　タイオフィス：タイ国東北地方においた塩類集積被害調査

4) 玉木浩二，田島淳，樹野淳也：東北タイにおける塩害地の修復-ソーラーポンプを用いた地下水位制御-

5) Available data of log boring profile in the northrast of Thailand:Database of soil profile in public projects throughout Thailand

Examination of technique to control salt damage with Finite Element analysis program of soil-water-air-dissolved material

Taku TANAKA

Abstra

This thesis describes the technique to control salt damage. Desertification becomes one of the most serious environmental issues all over the world. Salt damage gave one cause of desertification. Too reclamation, irrigation and inappropriate managing water sources are cause. There are anthropogenic factors. In the northeastern part of Thailand, example Khon Kaen, Nakhon Ratchasima, Sakon Nakhon, Udon Thani, the problem of salt damage is too serious and should solve subject as soon as possible. In order to do that, we need properly understand dissolved material for advection-dispersion. To tackle this problem, we have to derive advection-dispersion equation. In this study, in order to treat this problem, using the finite element method with the soil-water-air-dissolved material coupled analysis program, DACSAR-MP_ad is coded. This code is applied to treating ground mechanism. So we have to study the mechanism of salt damage in the northeastern part of Thailand using this code.

©2014 Research Center for Urban Safety and Security, Kobe University, All rights reserved.