

干拓地土壤의 除鹽過程中 水理傳導度の 變化

Changes of Hydraulic Conductivity During Desalminization of Reclaimed Tidelands

具 滋 雄* · 殷 鍾 浩**
Koo, Ja Woong · Eun, Chong Ho

Summary

This laboratory study was carried out in order to produce fundamental data for analyzing salt movement and desalination effects, using samples of silt loam soil collected in Gyehwado and Daeho reclaimed tidelands, and samples of silty clay loam soil collected in Kimje tideland. Desalination experiments with gypsum treatment were performed to analyze changes of the hydraulic conductivity with changes of the soil property and the salt concentration during the desalination of reclaimed tideland soils by leaching through the subsurface drainage, and correlations between factors influencing the reclamation of salt affected soils were analyzed by the statistical method.

The results were summarized as follows:

1. The reclaimed tideland soils used in this study were saline-sodic soils with the high exchangeable sodium percentage and the high electrical conductivity.
2. Changes of the hydraulic conductivity with the amount of leaching water and the leaching time elapsed were affected by the amount of gypsum except exchangeable sodium and clay contents. The regression equation between the depth of water leached per unit depth of soil ($D_w / D_s : X$) or the square root of the leaching time elapsed ($T^{1/2} : X$) and the relative hydraulic conductivity ($HCr : Y$) could be expressed in $Y = a \cdot b^X$.
3. The more exchangeable sodium and clay contents regardless of the amount of gypsum, the more the leaching time was required until a given volume of water was leached through the soil profile. The regression analysis showed that the relationship between the depth of water leached per unit depth of soil ($D_w / D_s : X$) and the square root of the leaching time elapsed ($T^{1/2} : Y$) could be described by $Y = a \cdot X^b$.
4. The hydraulic conductivity was influenced to a major degree by the salt concentration provided that the electrical conductivity was below 10 mmhos / cm during the desalination of reclaimed tideland soils. The regression equation between the relative electrical conductivity ($ECr : X$) and the relative hydraulic conductivity ($HCr : Y$) could be expressed in $Y = a + b \cdot X^{-1}$.
5. In conclusion, the hydraulic conductivity, leaching requirements and the leaching time elapsed can be estimated when the salt concentration decreases to a certain level during the desalination of reclaimed tidelands, and the results may be applied to the analysis of salt movement and desalination effects.

*全北大學校 農科大學

**全北大學校 大學院

I. 緒 論

一般的으로 可溶性塩類와 置換性나트륨이 過多하게 含有되어 있는 塩類알칼리土壤에서 溶脫에 의하여 可溶性塩類의 含量을 減少시키면 浸透水の 電解質濃度가 減少되고 置換性 나트륨의 加水分解率이 增加되면서 pH가 增加되며, 土壤粒子の 分散과 膨潤現象으로 인하여 土壤空隙의 크기가 減少되거나 閉鎖되어 透水性이 顯著하게 낮아지는 경우가 많다. 특히 粘土의 分散과 膨潤은 土壤의 塩分濃度 및 置換性 나트륨含量에 따라 敏感하게 變化하므로 土性は 透水性에 影響을 미치는 큰 要因이 된다.

地下排水에 의한 塩分溶脫方法으로 高塩度 干拓地土壤의 塩分濃度を 許容值 以下로 調節하여 作物生育에 適合한 土壤으로 改良하기 위해서는 除塩進行中 充分한 水理傳導도를 維持시켜주는 것이 대단히 중요한 일이라고 볼 수 있다. 대부분 塩類알칼리土壤으로 되어 있는 干拓地土壤을 地下排水에 의하여 改良하기 위해서는 石膏등과 같은 土壤改良劑를 供給하여 置換性나트륨을 置換시키고 아울러 土壤構造를 發達시켜 除塩進行中에 透水性이 顯著하게 減少하는 것을 防止해야 할 것이다.

Quirk 등²⁾은 浸透水の 電解質濃도가 어느 限界值 以下인 경우 土壤의 置換性나트륨百分率이 增加함에 따라 水理傳導도가 減少하지만 電解質濃도가 限界值 以上이면 置換性나트륨百分率을 높을지라도 水理傳導도는 크게 減少하지 않는다고 發表하였다. 그러나 이 限界值是 土壤의 種類에 따라 다르며 土性이 비슷한 土壤이라 할지라도 實驗을 하지 않고 一般的으로 豫測 하기는 대단히 어렵다.^{5, 9, 13} 土壤內의 粘土分散과 膨潤現象은 서로 밀접한 관계가 있으며 어느 경우나 土壤의 透水性을 減少시키는 原因이 되지만 무엇이 주된 原因인가에 대해서는 文獻上 意見이 다르다. McNeal 등^{7, 9}은 浸透水の 電氣傳導도가 減少하고 置換性나트륨百分率이 增加함에 따라서 土壤의 透水性이 減少하며 粗粒質土壤에서는 分散現象이 水理傳導度 減少의 주된 原因이라고 하였으며, 粘土質土壤에서 飽和 水理傳導도와 粘土의 膨潤에 관한 方程式을 發表하였고 水理傳導도에 미치는 土性의 影響을 粘土의 膨潤現象으로 說明하였다. Rhaodes 등¹³⁾은 透水性을

減少시키는 주된 原因은 膨潤이라기보다는 分散이라고 結論되었으며, Shainderg 등¹⁴⁾은 置換性 나트륨百分率이 25~30% 以上으로 되어야 膨潤現象이 활발하게 일어난다고 하였고, Felhendler 등⁴⁾은 砂質壤土와 微砂質壤土의 實驗에서 電解質濃도가 10 meq/l 以下이면 置換性 나트륨百分率이 10~20%인 경우에도 分散現象이 생기며 이러한 分散現象은 置換性나트륨百分率이 15% 以下인 土壤에서 水理傳導도를 減少시키는 주된 原因이 된다고 주장하였다. 이한 Frenkel 등⁵⁾은 塩分濃도가 0~10 meq/l 이고 置換性나트륨百分率이 10~30%인 塩害土壤에서 水理傳導도의 低下 要因은 주로 分散된 粘土粒子에 의한 空隙의 閉鎖現象이라고 報告하였으며, Oster 등¹¹⁾은 알칼리土壤에서 粘土分散은 置換性나트륨含量에 敏感하고 粘土分散現象이 일어나거나 電解質濃도가 減少함에 따라 水理傳導도가 급격히 減少한다고 發表하였고, Shainderg 등¹⁵⁾은 浸透水の 塩分濃도가 3.0 meq/l 인 경우에는 置換性나트륨百分率이 12% 이상일 때 水理傳導도가 減少되지만 浸透水の 塩分濃도가 0.5 meq/l 인 경우에는 置換性나트륨百分率이 1~2% 정도로 낮을 때에도 水理傳導도가 減少한다고 發表하였다. Bresler 등³⁾과 Wagenet 등¹⁶⁾은 砂質壤土에서 塩分濃도 및 土性에 따른 水理傳導도의 變化를 統計學的으로 分析한 結果 土壤의 飽和 水理傳導도의 變化에 影響을 미치는 주된 化學的 要因은 電氣傳導度이고 物理的 要因은 砂質含量이라고 報告하였다.

置換性나트륨含量이 많은 塩害土壤의 除塩을 위한 土壤改良劑로서는 石膏가 가장 보편적으로 사용되는데 주된 石膏施用效果는 除塩中 적절한 電解質濃도의 維持와 陽이온置換效果에 따른 水理傳導도의 增加에 있다.^{16, 17)} Abrol 등¹⁾은 塩類알칼리土壤의 改良에 필요한 石膏所要量을 決定하는 方法을 提示하였고, Beyce⁸⁾는 塩類알칼리土壤에서 過剩置換性나트륨을 除去하여 置換性나트륨百分率을 一定한 許容值 以下로 減少시키는데 필요한 石膏量을 算出하는 方程式을 導出하였으며, Hoffman⁶⁾은 Oster 등¹⁰⁾의 實驗結果를 引用하여 알칼리土壤에서 置換性나트륨百分率을 10%로 減少시키는데 필요한 石膏量을 算出하는 方法을 提示하였다.

本 研究에서는 過多한 置換性나트륨을 含有하

고 있고 塩分濃度가 대단히 높은 干拓地土壤에서 地下排水에 의한 除鹽過程中 土壤의 特性에 따른 水理傳導度의 經時的變化傾向을 分析하고, 閔聯因子들 사이의 回歸分析을 통하여 塩分學動解析과 除鹽效果分析을 위한 基礎資料를 提供하고자 室內模型實驗을 遂行하였다.

II. 材料 및 方法

1. 供試土壤

界火島 및 大湖干拓地와 金提干拓豫定地에서 土層別로 高塩度 土壤試料를 採取하여 豫備實驗(粒度分析 및 電氣傳導度, 置換性나트륨百分率, pH등의 測定)을 先行한 다음 代表的인 12個所의 土壤을 供試土壤으로 選定하였으며, 완전히 風乾시킨 후 2mm체를 통과할 수 있도록 粉碎한 다음 均一하게 섞어서 本實驗에 使用하였다.

2. 土壤分析

比重計 및 體積分析方法에 의하여 粒度分析을 하였으며 實容積測定法으로 假比重과 眞比重을 算定하였다. 抽出性陽이온과 可溶性陽이온을 EDTA 滴定法 및 炎光分析法로 測定하여 置換性陽이온을 算定하고 AOAC-ASTM 方法으로 陽이온置換容量을 測定한 다음 置換性나트륨百分率을 計算하였다. 飽和抽出液의 電氣傳導도는 電導度測定法으로, pH는 硝子電極法으로 測定하였다.

3. 除鹽實驗

가. 室內模型實驗裝置

水理傳導度의 測定과 아울러 除鹽實驗을 遂行하기 위하여 길이 98cm, 內徑 6.6cm, 두께 0.2cm인 플라스틱 실린더를 사용하여 Fig. 1과 같은 模型實驗裝置와 12개의 실린더를 固定시킬 수 있는 支持台 6條를 製作하여 設置하였다. 실린더의 下部에는 35개의 구멍이 뚫린 플라스틱 스크린을 裝置하고 그 위에 濾過紙를 附着하였으며, 浸出液을 받아 그 양을 測定하기 위하여 눈금이 있는 浸出液採取容器를 스크린 아래에 裝置하였다. 또한 實驗中 실린더 내의 一定한 水位를 維持하기 위하여 Mariotte flask를 設置하였다.

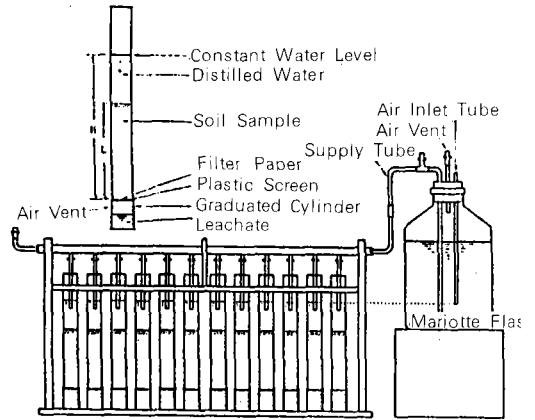


Fig. 1. Arrangement of apparatus for determining hydraulic conductivity and reclamation experiments.

나. 土壤改良劑處理

干拓地土壤은 一般의으로 置換性나트륨이 過多하게 含有되어 있어 浸出法에 의한 除鹽進行中 透水性이 顯著하게 減少되는 경우가 많으므로 이를 防止하기 위하여 土壤試料에 土壤改良劑를 混合하였다. 土壤改良劑로서는 저렴한 값으로 용이하게 구할 수 있고 그 效果도 여러 專門家에 의해서 立證된 石膏를 使用하였으며, 石膏施用量은 Beyce²⁾가 塩類알칼리土壤의 除鹽實驗結果를 土台로 하여 導出한 石膏所要量方程式을 適用하여 決定하였다.

다. 實驗方法

1) 石膏를 土壤과 잘 混合하여 心土 20cm, 表土 20cm깊이의 土壤試料를 Fig. 1에 表示한 바와 같이 裝置한 실린더에 넣고, Mariotte flask를 사용하여 水深 20cm가 維持되도록 蒸溜水로 澆水하여 浸出し킨다.

2) 적당량의 浸出液(1~4회까지는 每回 70ml 정도, 5~8회까지는 每回 140ml 정도, 9~10회까지는 每回 280ml 정도)이 생기면 그때까지의 經過時間과 浸出液의 부피를 測定하고 每回 30ml정도의 分析用 浸出液를 採取하여 保管한다.

3) 위와 같은 方法으로 한 種類의 土壤에 대하여 10회정도 連續해서 3反復抽出實驗을 遂行한다.

4) 實驗終了後에 除鹽過程中 浸出液의 主要陽

이온, 電氣傳導度, pH등을測定한다.

5) Darcy法則으로부터誘導되는 다음方程式에 의하여 除塩過程中 水理傳導도를算定한다.

$$K = \frac{Q \cdot L}{A \cdot H \cdot T}$$

여기에서 K는 Darcy法則의 透水係數로서 平均水理傳導度(cm/hr)를 나타내며, Q는 浸出液의 부피(cm³), L은 浸出되는 土壤깊이(cm), A는 土壤의 斷面積(cm²), H는 水頭差(cm), T는 浸出時間(hr)이다.

III. 結果 및 考察

1. 供試土壤의 特性

本實驗에 사용된 供試土壤은 既存干拓地中 除塩이 이루어지지 않은 高塩度地區와 干拓豫定地의 干潟地에서 採取한 土壤으로 그 理化學的 性質은 Table-1에서 보는 바와 같다.

粒度分析結果 界火島土壤과 大湖土壤은 粘土含量이 각각 1~2%, 8~14%인 微砂質壤土이 있으며, 金堤土壤은 粘土含量이 20~25%인 微砂質壤土이었다. 대체적으로 假比重은 1.3~1.4 정도이었고, 眞比重은 2.6~2.7 정도이었다.

置換性나트륨百分率は 界火島土壤 34~39%, 大湖土壤 64~69%, 金堤土壤 53~64%이었고, 飽和抽出液의 電氣傳導도는 界火島土壤 18~24 mmhos/cm, 大湖土壤 37~44mmhos/cm, 金堤土壤 21~32mmhos/cm이었으며, pH는 界火島土壤 7.3~7.8, 大湖土壤 6.9~7.6, 金堤土壤 6.9~7.4로서 USDA의 塩害土壤分類法¹⁾에 따르면 어느 경우나 塩類알칼리土壤에 속하였다.

2. 浸水出量에 따른 水理傳導도의 變化

石膏를 혼합한 供試土壤의 初期水理傳導도는 界火島土壤의 경우 3.2~5.1 cm/hr, 大湖土壤의 경우 0.2~2.0 cm/hr, 金堤土壤의 경우 0.1~0.2 cm/hr로서, 界火島土壤에 비하여 大湖土壤과 金堤土壤의 透水性이 상당히 낮았다. 除塩이 進行됨에 따라 水理傳導도가 變化하는 傾向을 檢討하기 위하여 單位土壤깊이당 浸出水深의 比(Dw/Ds)와 相對水理傳導度(HCr: 初期水理傳導도에 대한 除塩過程中 水理傳導도의 比率) 사이의 關係를 圖示한 바 Fig. 2와 같았다.

金堤土壤의 水理傳導도가 가장 낮고 除塩이 進行됨에 따라 減少傾向이 비교적 크게 나타난 것은 다른 土壤에 비하여 置換性나트륨과 粘土質을 많이 함유하고 있기 때문에 이로 인한 활발한 粘土分散現象에 起因하는 것이라고 思料된다.

Table-1. Physical and chemical properties of soil samples used in reclamation experiments.

Soil sample	Exchangeable sodium (meq/100g)	CEC (meq/100g)	ESP (%)	ECe (mmhos/cm)	pH (1:1)	Bulk density	Particle density	Mechanical composition (%)			Texture class
								Sand	Silt	Clay	
GH1	2.6	7.6	34.2	17.9	7.3	1.29	2.64	39.6	58.9	1.5	
GH2	2.7	7.8	34.6	18.6	7.4	1.30	2.64	43.7	55.2	1.1	Silt
GH3	2.9	7.9	36.7	22.8	7.7	1.30	2.56	36.7	62.1	1.2	loam
GH4	3.1	8.0	38.8	24.2	7.8	1.31	2.60	32.9	65.7	1.4	
DH1	5.2	8.1	64.2	36.7	7.6	1.38	2.67	26.2	65.6	8.2	
DH2	6.5	9.7	67.0	37.1	7.6	1.39	2.64	21.7	64.8	13.5	Silt
DH3	6.3	9.1	69.2	44.1	6.9	1.40	2.70	9.7	79.4	10.9	loam
DH4	6.0	8.7	69.0	42.8	7.0	1.39	2.68	9.8	79.3	10.9	
KJ1	8.1	12.6	64.3	31.6	7.4	1.28	2.72	2.5	72.7	24.8	
KJ2	7.4	12.5	59.2	27.8	7.2	1.25	2.68	4.5	74.2	21.3	
KJ3	7.3	11.6	62.9	27.0	6.9	1.28	2.68	4.6	75.4	20.0	
KJ4	6.9	13.0	53.1	21.4	6.9	1.31	2.69	4.0	74.4	21.6	Silty clay loam

GH: Gyehwado area soil

DH: Daeho area soil

KJ: Kimje area soil

CEC: Cation exchange capacity

ESP: Exchangeable sodium percentage

ECe: Electrical conductivity of saturation extract at 25°C

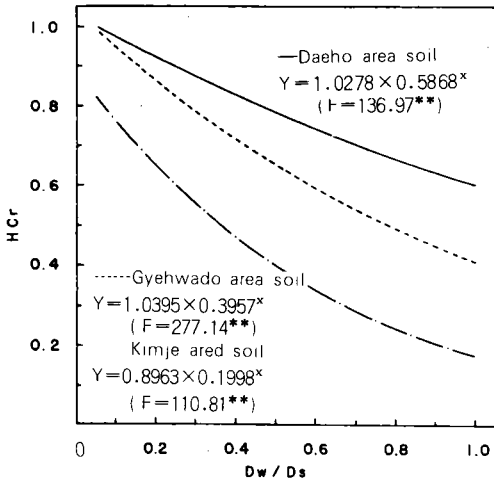


Fig. 2. Relationship between depth of water leached per unit depth of soil ($Dw/Ds:X$) and relative hydraulic conductivity ($HCr:Y$).

그러나 界火島土壤에서 水理傳導度の 減少傾向이 大湖土壤에서 보다 크게 나타난 것은 土壤改良劑로서 混合된 石膏含量의 差異에 의한 것으로 判斷된다. 參考的으로 Beyce의 石膏所要量方程式²⁾을 適用하여 決定한 石膏施要用量은 界火島土壤의 경우 0.8~1.0 ton/10a, 大湖土壤의 경우 2.1~2.6 ton/10a, 金堤土壤의 경우 2.5~3.0 ton/10a 이었다.

單位土壤깊이당 浸出水深의 比率($Dw/Ds : X$)과 相對水理傳導度($HCr : Y$) 사이의 關係를 統計學的으로 分析하여 回歸方程式으로 表示한 結果 Table-2와 같이 나타났으며 어느 경우나 高度의 有意性이 認定되었다.

3. 浸出時間에 따른 水理傳導度の 變化

一般的으로 除鹽이 進行됨에 따라 電解質濃度

가 減少되고 粘土의 分散現象이 생기기 때문에 水理傳導도가 낮아지며 그 減少率은 置換性나트륨 및 粘土含量과 밀접한 關係가 있다. 除鹽이 進行됨에 따라 浸出時間의 제곱근($T^{1/2}: X$)에 대한 相對水理傳導度($HCr : Y$)의 經時的인 變化를 그래프로 표시하면 Fig. 3과 같고, 이들 關係를 回歸分析에 의하여 方程式으로 나타내면 Table-3에서 보는 바와 같았다.

大湖土壤과 金堤土壤에서는 水理傳導度の 減少傾向이 서로 비슷하였으며 置換性나트륨 및 粘土含量이 많은 金堤土壤에서 약간 큰 減少率을 보였다. 보통은 置換性나트륨 및 粘土含量이 훨씬 적은 界火島土壤에서 水理傳導度の 減少率이 작아야함에도 불구하고 本 實驗結果에서와 같이 오히려 大湖土壤과 金堤土壤에서 水理傳導度の 減少率이 더욱 작게 나타난 것은 界火島土壤에

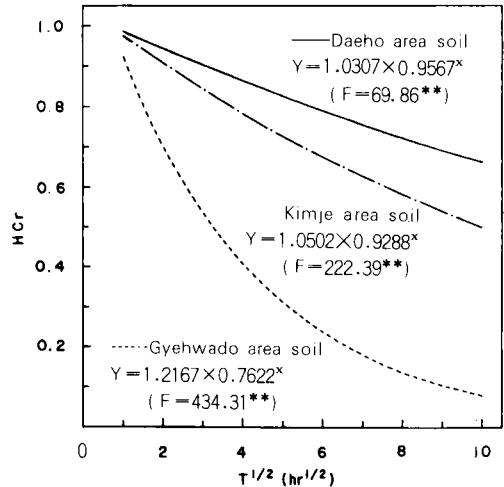


Fig. 3. Relationship between square root of leaching time elapsed ($T^{1/2}:X$) and relative hydraulic conductivity ($HCr:Y$).

Table-2. Regression analysis pertaining to the relationship between depth of water leached per unit depth of soil ($Dw/Ds:X$) and relative hydraulic conductivity ($HCr:Y$).

Soil sample	Regression equation	r	F	SE
GH	$Y=1.0395 \times 0.3957^x$	-0.9499	277.14**	0.0505
DH	$Y=1.0278 \times 0.5868^x$	-0.9057	136.97**	0.0450
KJ	$Y=0.8963 \times 0.1998^x$	-0.8871	110.81**	0.1178

r : Correlation coefficient

SE : Standard error

F : F-value

** : Significance at 1% level

Table-3. Regression analysis pertaining to the relationship between square root of leaching time elapsed ($T^{1/2}:X$) and relative hydraulic conductivity (HCr:Y).

Soil sample	Regression equation	r	F	SE
GH	$Y = 1.2167 \times 0.7622^X$	-0.9672	434.31**	0.0513
DH	$Y = 1.0307 \times 0.9567^X$	-0.8364	69.86**	0.0773
KJ	$Y = 1.0502 \times 0.9288^X$	-0.9387	222.39**	0.0985

r : Correlation coefficient

SE : Standard error

F : F-value

** : Significance at 1 % level

비하여 石膏施用量이 2 배 이상 많았기 때문에 이로 인하여 電解質濃度가 增加되고 時間이 지나감에 따라 陽이온置換效果가 크게 나타났으리라고 思料된다.

4. 浸出水量과 浸出時間사이의 關係

浸出水量 및 浸出時間에 따른 水理傳導度의 經

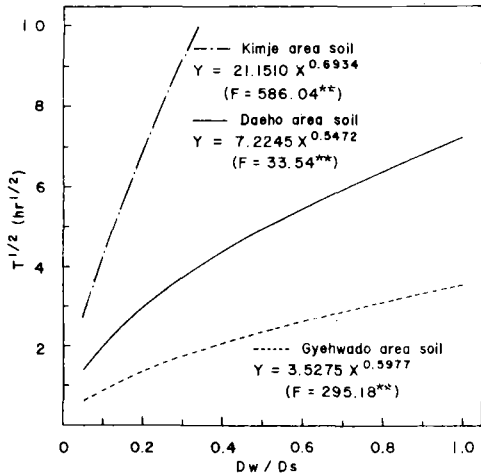


Fig. 4. Relationship between depth of water leached per unit depth of soil ($Dw/Ds:X$) and square root of leaching time elapsed ($T^{1/2}:Y$).

時的 減少傾向은 置換性나트륨 및 粘土含量 外에 石膏施用量의 影響을 받는 것으로 나타났다. 즉 石膏施用量이 비슷한 大湖土壤과 金堤土壤을 비교하면 置換性나트륨과 粘土含量이 많은 金堤土壤의 경우에 水理傳導度의 減少率이 컸지만, 相對的으로 石膏施用量이 매우 적은 界火島土壤의 경우에는 大湖土壤이나 金堤土壤에 비하여 置換性나트륨과 粘土含量이 적음에도 불구하고 水理傳導度의 減少率은 크게 나타난 경우가 있었다. 그러나 一定한 浸出水量에 대한 浸出時間을 비교해 보면 Fig. 4에서 보는 바와 같이 石膏施用量에 관계없이 置換性나트륨과 粘土含量이 많을수록 浸出時間이 많이 所要되었다. 例를 들면 각 土壤에서 單位土壤깊이당 浸出水深의 比率 $Dw/Ds=0.2$ 가 될때까지 所要된 時間은 大湖土壤의 경우 界火島土壤보다 5 배정도, 金堤土壤의 경우 大湖土壤보다 5 배정도 더 걸렸다. 이와 같이 浸出水量과 浸出時間사이의 關係가 置換性나트륨 및 粘土含量에 따라 구별될 수 있는 것은 相對水理傳導度의 變化와 동시에 初期水理傳導度의 影響이 考慮되었기 때문이라고 본다.

除塩過程中 單位土壤깊이당 浸出水深의 比率 ($Dw/Ds : X$)과 浸出時間의 제곱근 ($T^{1/2} : Y$)사이의 關係를 統計學的으로 分析하여 回歸方程式으로 表示하면 Table- 4와 같고 어느 경우나 高度의 有意性이 認定되었다.

Table-4. Regression analysis pertaining to the relationship between depth of water leached per unit depth of soil ($Dw/Ds:X$) and square root of leaching time elapsed ($T^{1/2}:Y$).

Soil sample	Regression equation	r	F	SE
GH	$Y = 3.5275X^{0.5977}$	0.9528	295.18**	0.3125
DH	$Y = 7.2245X^{0.5472}$	0.7265	33.54**	2.5649
KJ	$Y = 21.1510X^{0.6934}$	0.9754	586.04**	2.3148

r : Correlation coefficient

SE : Standard error

F : F-value

** : Significance at 1 % level

5. 電氣傳導도와 水理傳導도사이의 關係

供試土壤 飽和抽出液의 電氣傳導도는 界火島土壤 18~24mmhos/cm, 大湖土壤 37~44mmhos/cm, 金堤土壤 21~32mmhos/cm로서 大湖土壤의 電氣傳導도가 비교적 높게 나타난 것은 防潮堤 築造後 除鹽作業을 實施하지 않고 있었기 때문에 塩分이 상승되어 表土層에 集積되었던 것으로 思料된다. 除鹽이 進行됨에 따라 初期電氣傳導도에 대한 除鹽過程中 電氣傳導도의 比率인 相對電氣傳導度 (ECr : X)와 相對水理傳導度 (HCr : Y) 사이의 關係를 圖示하면 Fig. 5와 같고, 이들 사이의 關係를 回歸方程式으로 表示하면 Table-5와 같으며 모든 土壤에서 高度의 有意性이 認定되었다.

대체적으로 界火島土壤과 金堤土壤에서 相對

電氣傳導도가 0.4 以上, 大湖土壤에서 0.3 以上 일때는 水理傳導도에 큰 變化가 없었지만 그 以下로 낮아짐에 따라 減少傾向이 뚜렷이 나타났으며, 모든 土壤에서 相對電氣傳導도가 0.2 以下 일때는 水理傳導도가 급격히 減少하는 傾向이 있었다. 이것은 塩分濃도가 어느 限界值 以下일 때 水理傳導도에 큰 影響을 미친다는 것을 보여 주고 있으며 本 實驗에서는 電氣傳導도가 10 mmhos/cm 정도 以下일 때 水理傳導도에 상당한 影響을 미치는 것으로 나타났다.

以上の 實驗結果를 綜合的으로 分析하면 除鹽過程中 塩分濃도가 一定值 以下로 될 때 水理傳導도의 變化 및 그때까지의 浸出水量과 浸出時間을 推定할 수 있다. 例를 들면 電氣傳導도를 塩害土壤基準值인 4mmhos/cm로 減少시킬 때의 相對水理傳導度 (HCr)는 界火島, 大湖, 金堤土壤에서 각각 0.89, 0.92, 0.67로 計算되며 그때까지의 浸出水量 (Dw/Ds)은 界火島, 大湖, 金堤土壤에서 각각 0.17, 0.21, 0.18로 算定된다. 또한 浸出時間을 算出해 보면, 界火島, 大湖, 金堤土壤에서 각각 1.5, 8, 40 時間정도로 大湖土壤에서는 界火島土壤에서보다 5 배以上, 金堤土壤에서는 大湖土壤에서보다 5 배정도 더 걸리는 것으로 推定된다.

本 實驗結果는 室內模型實驗을 통하여 얻은 것으로 塩分舉動解析 및 除鹽效果分析을 위한 基礎資料로서는 充分히 活用될 수 있으나, 여러가지 限定된 條件아래 遂行된 實驗에서 얻은 결과이므로 實際에 適用하기 위해서는 氣象條件, 地下水位 등의 現場條件을 考慮한 圃場試驗을 통하여 實證的으로 確認하고 補完해야 할 것으로 思料된다.

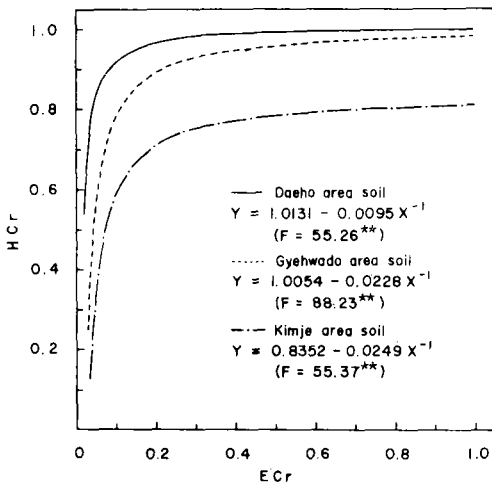


Fig. 5. Relationship between relative electrical conductivity(ECr:X) and relative hydraulic conductivity (HCr:Y).

Table-5. Regression analysis pertaining to the relationship between relative electrical conductivity (ECr:X) and relative hydraulic conductivity (HCr:Y).

Soil sample	Regression equation	r	F	SE
GH	$Y=1.0054-0.0228X^{-1}$	-0.8639	88.23**	0.0950
DH	$Y=1.0131-0.0095X^{-1}$	-0.8051	55.26**	0.0774
KJ	$Y=0.8352-0.0249X^{-1}$	-0.8053	55.37**	0.1532

r : Correlation coefficient

SE : Standard error

F : F-value

** : Significance at 1 % level

IV. 摘 要

地下排水에 의한 塩分溶脫方法으로 高塩度 干拓地土壤을 改良하기 위한 除塩過程中 土壤의 特性 및 塩分濃度の 變化에 따른 水理傳導度の 經時的變化傾向과 關係因子들 사이의 相關關係를 分析하여 塩分舉動解析과 除塩效果分析을 위한 基礎資料를 提供하고자 室內模型實驗을 遂行하였다. 供試土壤으로는 粘土含量이 적은 界火島干拓地區의 微砂質壤土와 粘土含量이 비교적 많은 大湖干拓地區의 微砂質壤土 및 粘土含量이 상당히 많은 金堤干拓豫定地區의 微砂質壤土를 사용하였으며 그 實驗資料를 分析하여 얻은 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 供試土壤은 置換性나트륨百分率과 電氣傳導도가 매우 높은 鹽類알칼리土壤이었다.

2. 浸出水量 및 浸出時間에 따른 水理傳導도의 經時的變化는 置換性나트륨 및 粘土含量外에 石膏施用量的 影響을 크게 받는 것으로 나타났으며, 單位土壤깊이당 浸出水深의 比率($Dw/Ds : X$)과 相對水理傳導度($HCr : Y$) 및 浸出時間의 제곱근($T^{1/2} : X$)과 相對水理傳導度($HCr : Y$) 사이의 回歸方程式은 $Y = a \cdot b^x$ 型으로 表示되었다.

3. 一定한 水量을 浸出し키는데 所要되는 時間은 石膏施用量에는 影響을 받지 않고 대체적으로 置換性나트륨과 粘土含量이 많을수록 더욱 많은 時間이 所要되었으며, 單位土壤깊이당 浸出水深의 比率($Dw/Ds : X$)과 浸出時間의 제곱근($T^{1/2} : Y$) 사이의 回歸方程式은 $Y = a \cdot X^b$ 型으로 나타났다.

4. 除塩過程中 電氣傳導도가 대략 10mmhos/cm 以下일 때에 水理傳導도에 큰 影響을 미치는 것으로 나타났으며, 相對電氣傳導度($ECr : X$)와 相對水理傳導度($HCr : Y$) 사이의 相關關係는 $Y = a + b \cdot X^{-1}$ 型의 回歸方程式으로 表示되었다.

5. 以上の 實驗結果를 綜合적으로 分析하면 除塩過程中 塩分濃도가 一定한 값으로 低下될 때의 水理傳導도 및 그때까지의 浸出水量과 浸出時間을 推定할 수 있으며, 이는 高塩度 干拓地土壤의 塩分舉動解析과 除塩效果分析을 위한 좋은 基礎資料로 活用될 수 있을 것으로 본다. 그러나 本 實驗結果는 室內模型實驗을 통하여 얻은 것이므로 實驗에 適用하기 위해서는 圃場試

驗을 遂行하여 氣象條件, 地下水位 및 기타 現場條件에 맞도록 補完해야 할 것이다.

本 研究는 韓國科學財團의 研究費支援에 의하여 遂行된 것임.

參 考 文 獻

1. Abrol, I.P., I.S.Dahiya and D.R.Bhumbla. 1975. On the method of determining gypsum requirement of soils. *Soil Sci.* 120(1):30~36.
2. Beyce, O. 1973. Experiences in the reclamation of saline and alkali soils and irrigation water qualities in Turkey. *FAO Irrigation and Drainage Paper 16, Drainage of Salty Soils.* pp.63~82.
3. Bresler, E., G.Dagan, R.J.Wagenet and A.Lauffer. 1984. Statistical analysis of salinity and texture effects on spatial variability of soil hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48:16~25.
4. Felhendler, R., I.Shainberg and H. Frenkel. 1974. Dispersion and hydraulic conductivity of soils in mixed solution, 10th Intl. Cong. Soil Sci. *Trans.* 1:103~112.
5. Frenkel, H., J.O.Goertzen and J.D. Rhoades. 1978. Effects of clay type and content, exchangeable sodium percentage, and electrolyte concentration on clay dispersion and soil hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42:32~39.
6. Hoffman, G.J. 1980. Guidelines for reclamation of salt-affected soils. *Inter-American Salinity and Water Management Tech. Conf., Juarez, Mexico. Proc.* pp. 49~64.
7. McNeal, B.L. 1968. Prediction of the effect of mixed-salt solutions on soil hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 32:190~193.
8. _____, D.A.Layfield, W.A.Norvell and J.D. Rhoades. 1968. Factors influencing hydraulic conductivity of soils in the presence of mixed-salt solutions. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 32:187~190.

9. _____ and N.T.Coleman, 1966. Effect of solution composition on soil hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 30:308~312.
10. Oster, J.D. and H.Frenkel, 1980. The chemistry of the reclamation of sodic soils with gypsum and lime. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44:41~45.
11. _____ and I. Shainberg, 1982. Predicting the hydraulic properties of sodic soils. *Intl. Symp. on Salt Afected Soils, Karnal, India. Proc.* pp. 195~201.
12. Quirk, J.P. and R.V.Schofield, 1955. The effect of the electrolyte concentration on soil permeability. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 6:163~178.
13. Rhoades, J.D. and R.D.Ingvalson, 1969. Macroscopic swelling and hydraulic conductivity properties of four vermiculitic soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 33:364~369.
14. Shainberg, I. and A. Caiserman, 1971. Studies on Na / Ca montmorillonite systems (II). The hydraulic conductivity. *Soil Sci.* 111:276~281.
15. _____, J.D.Rhoades and R.J.Prather, 1981. Effect of low electrolyte concentration on clay dispersion and hydraulic conductivity of a sodic soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45:273~277.
16. _____, R.Keren and H.Frenkel, 1982. Response of sodic soils to gypsum and calcium chloride application. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46: 113~116.
17. U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *USDA Handbook* 60. 160p.
18. Wagenet, R.J., R.E.Knighton and E.Bresler, 1984. Soil chemical and physical effects on spatial variability of hydraulic conductivity. *Soil Sci.* 137(4):252~262.