

서해안 임해매립지 녹지공간 토양성분들의 상관성 및 경시적 변화 특성

구본학* · 강재선* · 김정욱**

*해천대학 조경학과 · **서울대학교 환경대학원

Temporal Changes and Correlations Between the Chemical Characteristics of Soils in the Case of the Reclaimed Coastal Area of Kyung-Gi Province, Korea.

Koo, Bon-Hak* · Kang, Jae-Sun* · Kim, Jung-Wk**

*Dept. of Landscape Architecture, Hyecheon College · **Seoul National University

ABSTRACT

In this study, the temporal changes in the chemical characteristics of soil in a reclaimed coastal area, the Shihwa Industrial Complex in the West Coast in Kyung-Gi Province, and the correlations between chemical components were investigated to provide useful information needed for introducing vegetation in the area. The sites were filled with mountain forest soils from 1987 to 1996, and developed into various landuses such as neighbourhood parks, children's parks, buffer greens, pedestrian roads and others.

The correlation analyses showed that pH, organic matter(OM) and available P2O5 had not been closely related to other chemical parameters such as various cations, electro-conductivity(EC) and cation exchange capacity(CEC): especially, pH showed a very low correlation with other factors. The EC turned out to have positive relationships with cations, especially with Na⁻ and Mg⁺⁺ ions. There seemed to be fairly good correlations between cations except Ca⁺⁺ ion. The relation between cations and OM was inconclusive possible because the OM contents in the soils were too low for the analysis. The OM seemed to increase slowly with time and the EC decreased slowly. The salinity and CEC in the original soils decreased rapidly possibly because of leaching.

It is believed that there were some external disturbances such as rainfall which had affected the soil properties. The soils sampled in dry season showed a very high salinity. From this it is possible to assume that the rainfall would affect the soil properties significantly. So it is necessary to continue further studies to investigate the impacts of external disturbances such as rainfall on vertical soil profile and temporal variations as well as to delineate correlations between parameters with external disturbances controlled.

Key Words : Soil Characteristics, Reclaimed Coastal Area, Temporal Change, Correlation

1. 서론

제한된 국토를 효율적으로 이용하고 국토를 확장하며, 식량의 안정적 공급, 인구 및 주택문제의 해결 등의 관점에서 해안지대의 간척 및 매립사업이 그 동안 매력적인 개발 수단으로 이용되어 왔으나, 이러한 기회성에도 불구하고 생태계 파괴 및 환경압 등 몇 가지 문제점을 안고 있다.¹⁾ 최근에는 해안지역의 생태적 가치에 대한 인식이 높아지면서 갯벌 매립이 원천적으로 억제되는 경우가 많으며, 새만금 지구의 경우처럼 사업 자체가 전면 재검토되는 사례도 발생하였다. 한편으로는 기회성을 제고하고 제한성을 완화하기 위한 대안적 개발로서 환경보전형 농업지구로 조성되거나(농어촌진흥공사, 1998), 환경친화형 산업단지 등으로 조성되는 방안들이 검토되고 있다.

임해매립지 지역에 조성되는 녹지공간은 토양조건을 비롯한 각종 환경압에 대한 고려가 필수적이다. 일반적으로 식물의 성장요인으로는 대기, 물, 온도, 광선, 양분, 토양조건 등의 자연적 요인과, 담압과 각종 약제 살포 등의 인위적 요인을 들 수 있는데(近藤, 1988), 이와 관련하여 임해매립지의 대표적인 환경압으로는 토양염분, 조풍, 강풍, 척박한 토양, 비사에 의한 매몰, 토양 고결 및 척박, 염분의 침투 및 축적 등을 들 수 있으며(한국조경학회, 1989), 토양분석을 통해 문제점을 도출하고 해결할 수 있는 기술 및 공법에 대한 검토가 이루어지고 있다.

임해지역에 위치한 간척지나 매립지에 대한 토양 환경을 대상으로 토양특성, 상호관성 및 변화를 고찰한 연구가 학계를 비롯한 관련 공공기관이나 해안 입지 지자체 등에서 진행되고 있다(채상석 등, 1974; 김일중과 이종석, 1977; 반성환, 1979; 이종석, 1980; 임형식 등, 1984; 조인상 등, 1985; 민병미, 1986; 노대철 등, 1986; 최문길, 1988; 심재환 등, 1989; 안열, 1990; 유의열, 1991; 구분학, 1993; 서종철, 1994; Min and Kim, 1997a; 1997b).

일반적으로 간척지 토양은 밭 토양이나 산림토양에 비해 염농도가 높고 알칼리성이며, 유기질 함량이 적고 염기치환용량이 부족하다는 특징이 있으며, 간척지의 과도한 토양염과 높은 지하수위로 인해 Na^+ 이온이 토양콜로이드의 분산제 기능을 하여 토양 입단 형성을

불량하게 하고 공극률이 낮아 물의 수직이동이 곤란하므로 투수성이 불량하여 조기 제염이 곤란하다.

간척지에서는 농작물을 생육단계별로 볼 때 생육초기일수록 토양염에 의한 피해정도가 심하며(Mass and Poss, 1989), 집적된 염이 강우 등에 의해 세척되면 유리염류가 용탈되어 콜로이드가 하강하고 가수분해를 거쳐 알칼리성 토양으로 된다(임형식 등, 1984). 염이 강우로 쉽게 용탈되는 반면 용탈된 경우에도 건조기에 수분 상승과 함께 수분에 용해되어 있는 염이 상승되며, 수분이 증발된 이후 토양 표층에 집적된다.

간척지에 대한 특별한 조치 없이 자연적인 상태로 방치하는 경우 제반 토양 요소가 일반 토양과 같은 상태로 성숙되고 특히 염농도가 농작물의 생육 한계이내로 용탈되기 위해서는 간척지의 토양 구조에 따라 짧게는 10년에서 30년 내지 50년 정도가 필요하며,²⁾ 갯벌이 성숙되어 토양화되는 과정에서 유기물등의 함량이 증대되어 점차 일반 토양과 유사한 토양으로 변화됨을 알 수 있다(반성환, 1979; 임형민 등, 1984; 노대철 등, 1986; 김성채, 1987; 유철현 등, 1990; KIM et al., 1992).

이러한 염과 유효인산의 함량은 강우조건 및 염농도별로 차이가 있는데(이종석 등, 1991), Diaz and Herrero(1996)은 관개 토양에서 염농도를 측정하는 기법을 비교 분석하였으며, Selassie et al.(1992)은 염류토양 매립지에서 Na^+ 이온의 흡수율(SAR) 회귀모형을 개발하였다. 서종철(1994)은 간척지 표층의 유기물 함량이 많아 식생에 의해 유기물이 활발히 보급되며 식생의 분포는 염의 용탈 속도 차이에 따른 pH, 전기전도도 등에 의해 영향을 받았음을 밝혔다.

간척지 토양과는 달리 임해매립지 토양은 매립 초기에는 매립재에 따라 토취장 등 매립재 생산지의 특성을 나타내며, 일정기간 후 바닷물과 원 지반의 영향으로 염농도가 매우 높으나 염의 자연적 용탈로 시간의 흐름에 따라 농도 차이가 나타난다(구분학, 1993). 매립재에 따라서도 유의한 차이가 나타나는데(유의열, 1991; 구분학, 1993), 토양염(NaCl)은 준설 사토로 매립된 경우는 1년 이내, 산림토양인 경우는 2년 경과 후 빗물 등에 의한 자연적 용탈이 이루어졌으나 이토의 경우 토양산도는 약알칼리성이나 제염이 어려워 여러 해가

지나도 염농도가 높았다. 토양산도(pH)는 사토로 매립된 경우 약알칼리성을 나타내었고, 산림토양으로 매립된 경우 약산성 또는 중성이었으나 일정기간 경과된 경우에는 큰 차이를 보이지는 않았으며, 전반적으로 중성화 또는 알칼리화 현상이 나타난다. 그외에도 유기질, 영양염류 등의 농도가 낮은 매우 척박한 토양이다.

앞에서 살펴 본 바와 같이 간척지와 임해매립지에 대한 토양 특성을 고찰한 연구들이 진행되고 있지만, 시간의 흐름에 따른 토양 특성의 변화에 대한 고찰은 주로 간척지를 대상으로 이루어지고 있으며, 임해매립지에 대해서는 토양특성, 식생의 생육 및 하자 등에 초점이 맞추어져 왔다.

따라서 본 연구에서는 산흙으로 매립된 임해매립지 토양이 시간의 흐름에 따라 어떤 변화를 나타내는지를 고찰해 보고자하며, 토양 특성의 상호관계를 파악하고자 한다. 매립 이후 시간 경과에 따른 토양변화 특성의 경시적 변화와 토양 특성간의 관련성을 파악하고자 하였다. 이는 간척지 토양의 변화특성과 비교되며, 수목 식재시 수목의 생태적 특성과 토양성분, 상호관계 등에 의해 식생의 활착 성장은 물론, 관리여부에 따라서는 천이에도 영향을 끼치게 됨은 물론, 식물생육에 영향을 끼치는 주요 인자인 토양성분의 동태를 분석하여 식생 도입을 위한 기초자료로서 유익한 정보를 제공할 것으로 판단된다.

II. 연구 방법

1. 연구대상지 현황

연구대상지는 경기도 시흥시와 화성군에 조성되는 사회지구 개발사업 중 제1단계인 시흥산업단지 내 임해매립지를 대상으로 하였다(Figure 1 참조).

본 지역은 87년부터 매립하기 시작하여 96년까지 연차적으로 매립이 진행되어 매립 시기별로 토양 염 등 변화를 관찰할 수 있는 조건을 갖추고 있으며, 현재 조경공사가 진행중이거나 이미 완료된 상태로서, 주거지역과 공업지역 사이에 높이 10m내외, 폭 200m의 완충녹지가 조성되었다.

토지이용은 공원(근린공원, 어린이공원), 완충녹지(주거공간 완충녹지¹⁾, 하천변 완충녹지), 미관광장,

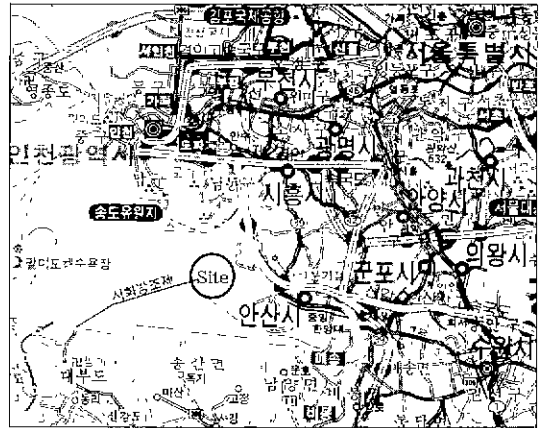


Figure 1 Location map of the site

브행자 도로, 녹도, 가로수, 분리대 등을 연구대상으로 하였다.

2. 연구 범위 및 내용

본 연구는 실제 조경공사가 진행중인 임해매립지 현장에서 채취하여 분석한 토양 시험 결과를 토양산도(pH), 전기전도도(EC), 치환성양이온 등을 주 대상으로 분석하였으며, 완충녹지를 중심으로 하천변, 공원, 가로수, 분리대, 기타 주요 식재 구간으로서, 식생에 악영향을 끼치는 토양 환경압과 이에 대한 기술적 대안을 제시하기 위한 토양 조사 분석을 연구의 주제로 하고 있다.

토양 시험 및 분석은 1996년부터 1998년에 걸쳐 시행하였으며, 비교를 위한 자료로서 사업 시행자와 관련 지자체에서 조사한 88년, 89년, 96년 7월의 자료를 이용하였다.

연구결과의 해석은 1998년의 토양 분석 결과를 중심으로 96년 및 97년 분석자료와 관련 지자체의 분석 자료 및 93년 94년의 분석자료를 토대로 토양 요소간의 상관관계, 토양특성의 시계열적 변화, 식생에 미치는 영향을 예측하는 관점에서 고찰하였다.²⁾

3. 연구 방법

시험용 토양은 96년(2회), 97년 및 98년에 시흥공단 내 조경공간에서 각 토지이용별로 표토층, 50cm,

Table 1. Quantity of Soil Samples and Analysis Factors of Soil Samples

unit. number

	depth	factors*	parks	buffergreen (Industrial/ Residential)	buffergreen (rurban)	pedestrian street, square, greenway	avenue	total
1st. analysis (96. 3-4)	surface	1,2,3,4		29				29
	50cm	1,2,3,4	15	30	27		18	90
	100cm	1,2,3,4	15	28	27		18	88
2nd. analysis (96. 8-9)	surface	3,4		58				58
	50cm	1,2,3,4,5,6,7	20	58	10	17	17	122
	100cm	3,4	20	56	10	17	17	120
3rd. analysis (97. 4-5)	50cm	1,2,3,4,5,6,7	98	55		31	94	278
	100cm	3,4	98	55		31	94	278
4th analysis (98. 9-12)	50cm	1,2,3,4,5,6,7		20		7		27
	100cm	1,2,3,4,5,6,7		20		7		27
total			266	409	74	100	258	1,117

* 1:Texture, 2:OM, 3:EC, Salinity, 4:pH, 5:Ava, P2O5; 6:Exchangeable Cation, 7:CEC

100cm, 150cm 등 깊이별로 각각 2kg씩 채취하였으며, 실험실 내에서 24시간 이상 자연 건조 후 2mm 체를 통과한 시료를 분석용 시료로 하였다. 시료채취 현황 및 분석 항목은 Table 1과 같다.

분석 방법은 농업기술연구소(1988)의 방법에 따라 입도분석은 피펫(Pipet)법으로, 토양산도(pH)는 증류수(H₂O)를 1:5로 혼합하여 방치 후 가끔씩 저어서 pH 미터로, 전기전도도(EC) 및 염농도는 H₂O를 1:5로 혼합하여 30분간 진탕 및 여과 후 EC 미터로 각각 측정하였고, 유기물 함량(OM)은 튜린(Tyurin)법, 치환성 양이온은 1N 초산암모늄(ammonium) 추출에 의한 AA 측정, 양이온치환용량(CEC)은 1N 초산암모늄법, 유효인산(P₂O₅)은 랜카스터(Lancaster)법 등으로 분석하였다. 토양의 상관성은 상관분석(Correlation analysis)으로 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 토양 요소 사이의 상관성

토양분석 결과(구본학 등, 1999)를 바탕으로 토양 화학성 요소사이의 상관분석 결과는 Table 2와 같았다.

1) 토양산도

다른 요인들과 특별히 상관관계가 없으나 Ca⁺⁺이온

과 양의 상관성을 보이고 있고, 다른 양이온과는 K⁺이온과 약간의 관련이 있는 외에는 뚜렷한 상관성을 보이지 않는다.

이는 간척지를 대상으로 한 서종철(1994) 및 Kim and Min(1997b)의 연구에서 토양산도와 전기전도도를 비롯한 각 양이온이 대체로 음의 상관성을 나타내었거나 불규칙하여 상관관계가 이루어지지 않았고, Na⁺이온과는 비교적 상관관계가 높았던 점과 비교하면 토양산도가 외부요인에 의해 불규칙하게 형성됨으로써 관련성이 부족한 것으로 판단되며, 조인상 등(1985)의 연구에서 우리나라 전체 토양에서는 대체로 토양산도가 양이온과 높은 상관관계를 보이고 있는 것으로 나타난 결과와 비교할 때 매립지의 토양 환경이 매우 불안정함을 알 수 있다.

토양산도가 대체로 Ca⁺⁺이온과 일정한 관계를 형성하는 것은 토양 자체의 특성이라기 보다는 전반적으로 콘크리트 및 시멘트 등의 외부요인에 의한 OH⁻이온 등의 영향을 강하게 받고 있기 때문으로 판단되며 Ca⁺⁺이온이 전기전도도에 영향을 끼치지 않을 정도로 시멘트가 중화되어 안정되어 있다는 해석이 가능하다.

2) 전기전도도

K⁺, Mg⁺⁺ 등과 강한 상관성을 보이고 있으나, Na⁺, 양이온치환용량과는 약한 양의 상관으로 나타나 Ca⁺⁺이온을 제외한 양이온과 약하게나마 일정한 관련이 있

Table 2. Correlation coefficients between soil characteristics

	pH	EC	OM	P ₂ O ₅	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	CEC
pH	1								
EC	0.0735	1							
OM	0.0157	0.1317	1						
P ₂ O ₅	0.3546	-0.0762	-0.1192	1					
K ⁺	0.2393	0.4170	0.2978	0.1104	1				
Ca ⁺⁺	0.5241	-0.0274	0.2310	0.0936	0.1606	1			
Mg ⁺⁺	0.0528	0.5679	0.2319	0.1189	0.5448	0.0577	1		
Na ⁺	0.0086	0.3344	0.0905	-0.0654	0.0965	0.1043	0.2514	1	
CEC	0.3778	0.3010	0.1433	0.3399	0.5360	0.5324	0.5134	0.2955	1

음을 알 수 있었다. 간척지에서 전기전도도와 Na⁺이온 사이에 높은 양의 상관성을 나타내었다는 연구 결과(Min and Kim, 1997b)와 차이를 보이고 있다. 특히 전기전도도와 양이온치환용량이 비교적 약한 상관성을 나타낸 것은 구분학 등(1999)의 연구에서 이 지역의 토양이 대부분 사질양토로 구성되어 있다는 점과 관련이 있는 것으로 판단된다.

3) 유기물 함량 및 유효인산

유기물함량과 유효인산은 다른 요소와 특별한 관련이 없었다. 간척지를 대상으로 한 유철현 등(1990)의 연구에서는 유기물함량과 유효인산이 양의 상관성을 나타내었고, 서종철(1994)의 연구에서는 전기전도도와 유기물이 양의 상관성을 나타내었는데, 이는 서종철(1994)의 연구대상지 토양의 유기물 함량이 20-60g/kg으로 비교적 많았던 것과는 달리, 본 지역의 매립제인 산림토양이 유기물이 10g/kg 내외로서 척박한 토양이었기 때문에 유기물 및 인산의 축적량이 적어(구분학 등, 1999) 이들 요소가 특별히 어떤 상관관계를 나타내지 못한 것으로 판단된다.

4) 각 양이온 및 양이온치환용량

Mg⁺⁺와 K⁺를 제외하고는 양이온 사이에는 특별한 상관성을 나타내지 못하고 있다. 간척지를 대상으로 한 연구(노대철 등, 1986; 서종철, 1994; Min and Kim, 1997b)에서 양이온이 서로 높은 양의 상관성을 나타낸 점과 비교하면 본 연구에서는 양이온의 함량이 적고 용탈되지 않은 상태라고 볼 수 있으며, 대상지가 광범위하여 토양의 동질성이 부족한 까닭으로 판단된다.

양이온치환용량은 Mg⁺⁺, K⁺, Ca⁺⁺와는 비교적 높은 양의 상관성을 나타내고 있는데, Ca⁺⁺와 상관성이 높은 것은 앞에서 논의한 비와 같이 시멘트 등의 영향을 받고 있는 것으로 판단된다. 특히 Na⁺이온과의 상관성이 낮은 것은 Na⁺이온이 토양입자에 부착된 양이 불규칙하기 때문으로 보이며, 이는 일반적 예상과는 달리 임해매립지에서 Na⁺이온의 위험성이 그다지 문제되지 않을 수 있다는 점을 시사하고 있다.

5) 토심 50cm 에서의 요소별 상관분석

수목의 식재 초기에서 수목의 뿌리가 가장 많이 분포하여 활착 단계에 생육을 지배할 수 있는 50cm 깊

Table 3. Correlation coefficients at 50cm in depth

	pH	EC	OM	P ₂ O ₅	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	CEC
pH	1								
EC	0.1043	1							
OM	0.0893	0.1148	1						
P ₂ O ₅	0.2387	-0.0617	0.1068	1					
K ⁺	0.1844	0.4747	0.4316	0.0227	1				
Ca ⁺⁺	0.4308	0.0050	0.2173	-0.0118	0.1263	1			
Mg ⁺⁺	-0.0048	0.5774	0.2564	0.0555	0.5468	0.0267	1		
Na ⁺	-0.0159	0.3301	-0.0619	-0.0681	0.1062	0.0728	0.2445	1	
CEC	0.2677	0.3831	0.4400	0.1801	0.5224	0.5170	0.4993	0.3451	1

이에서 채취한 토양을 분석한 결과 토양전체를 대상으로 한 상관분석 결과와는 전반적으로 큰 차이는 없지만 유기물 함량이 양이온 치환용량에 미친 영향에서 차이를 나타내었다(Table 3 참조) 이는 근권 주변의 유기물 농도의 변화에 대해 유의할 필요가 있음을 의미한다고 볼 수 있다.

2. 토양 특성의 시계열적 변화

1) 토지이용별 토양 특성의 시계열 변화

본 연구에서 분석한 앞의 실험결과와 같은 지역에 대한 지자체의 시험에 의해 나타난 토양특성을 시간의 변화에 따라 비교한 결과, 토양산도(pH)는 뚜렷한 변화를 나타내지는 않았다. 이는 간척지를 대상으로 간척연대별 변화를 조사한 엄대철 등(1986) 및 김성채(1987)의 연구에서 간척시간이 경과할수록 토양 산도가 낮아지는 경향을 나타낸 것과는 차이가 있는데, 이는 매립지의 특성상 매립재에 의한 영향을 받은 것으로 판단된다

전기전도도(E.C)는 지속적으로 감소되는 추세 나타냈는데, 근린공원 지역의 E.C값의 변화가 급격한 것은 외부 토양 반입 등의 외부 요인이 작용한 것으로 보이므로 이를 배제한다면 염의 지속적인 용탈 현상을 예측할 수 있을 것이다(Figure 2 참조) 7)

완충녹지에 높이 10m에 이르는 성토작업이 이루어졌으며 그 과정에서 빨흙이 상당히 반입된 점을 고려하면, 해안지대 매립지의 토양 염은 인위적인 교란이나 외부 유입이 매우 중요한 제한 요인이며, 기후 특성도

고려되어야 할 것으로 보인다.

간척지를 대상으로 한 Min and Kim(1997a)의 연구에서 염의 총합을 나타내는 지표인 전기전도도가 매년 감소했다는 결과와 반대의 현상을 나타내고 있으며, 매립지에서 토양 염의 농도가 일시적으로 증가하였다가 다시 감소했다는 구분학(1993)의 연구와 유사한 경향을 보인다.

즉, 간척지는 간척초기에는 갯벌과 바닷물의 영향으로 염농도가 매우 높고 시간의 경과에 따라 점차 농도가 저하되지만(노대철 등, 1986), 매립지에서는 초기에는 매립재의 영향을 일정한 정도 받다가 시간에 따라 염분 상승과 교란 등으로 농도가 일시적으로 높아진다고 볼 수 있다.

유기물함량은 전반적으로 척박한 상태로서 약간 증가하는 추세를 보이고는 있으나, 2차분석에서 전반적으로 감소한 점으로 보아 뚜렷한 경향성으로 보기에에는 아직은 무리가 따른다(Figure 3 참조). 앞의 엄대철 등(1986) 및 김성채(1987)의 연구에서 간척지에서 유기물 함량이 토양 성숙 및 시비의 영향으로 점차 증가한 것으로 나타난 점과 비교할 때 본 지역에 반입된 매립토양이 매우 척박한 토양으로서 유기물이 충분히 성숙되기 위해서는 좀 더 많은 시간이 필요한 것으로 보이지만, 외부의 토양이 유입되었던 3차보다 4차 분석에서 함량이 높은 경향을 보인 것은 시간의 경과에 따라 미미하게나마 토양이 성숙되어 가고 있음을 나타낸다고 볼 수 있다.

양이온치환용량(CEC)은 간척지 토양에서 점차 감소한 것과는 달리, 본 연구에서는 일반적으로 양호한

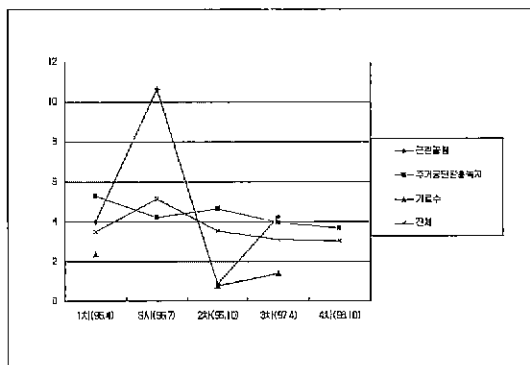


Figure 2 Variation of soil characteristics in temporal process(E.C) (unit ds/m.)

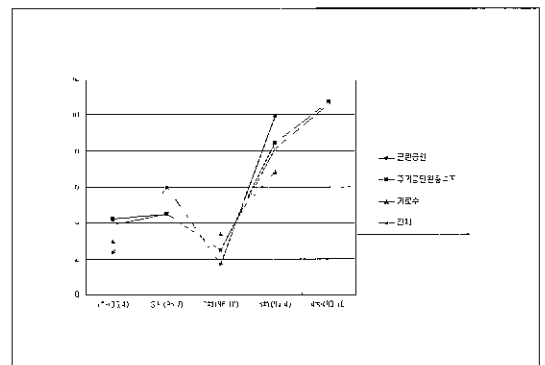


Figure 3. Variation of soil characteristics in temporal process(O.M.) (unit g/kg.)

상태에서 분석 시기와는 큰 관련이 없는 불규칙한 변화를 나타내었다. 4차 분석에서 비교적 낮은 상태였으나 본 지역의 토성이 대체로 사질양토인 점을 감안하면, 어떤 경향으로 해석하기에는 곤란하였다.⁷⁾ 염의 용탈 및 상승여부는 구분학 등(1999)의 연구에서도 부분적으로 고찰되었으나, 깊이별, 경시적 변화에 대한 심층적인 고찰이 필요하다.

2) 50cm 깊이에서의 시계열 변화

토심 50cm 에 대한 분석결과, 토양산도(pH)는 본 연구의 일반적 변화 특성과 같이 1,2차 분석 시기에서는 변화가 없었으나 3차 분석 시기에서 약간 증가하였다(Figure 4 참조).

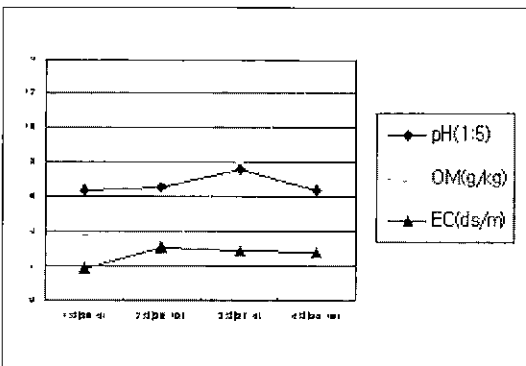


Figure 4 Variation of soil characteristics in the depth of 50cm

전기전도도는 전반적으로 증가추세이며, 3차 이후 큰 변화가 없이 완만한 감소추세를 나타내고 있다. 4차 분석에서 대상지가 비교적 토양의 교란이 없는 안정된 지역이었음에도 불구하고 높은 염농도를 나타낸 것은 2차 분석 이후 2년의 시간 경과에 따라 상당한 정도의 염 상승이 있었음을 시사해주고 있다고 볼 수 있다.⁸⁾

IV. 결론

본 연구에서는 내륙의 산흥으로 매립된 임해매립지 토양이 시간의 흐름에 따라 어떤 변화를 나타내는지를 고찰해 보았으며, 이를 바탕으로 토양 특성의 상호관계를 파악하였다. 이 결과를 간척지 토양의 변화특성과 비교하여 수목 식재 시 수목의 생태적 특성과 식물생육

에 영향을 끼치는 주요 인자인 토양성분의 동태, 상호관계 등에 의해 식생 도입을 위한 기초자료로서 유의한 정보를 제공하고자 하였다.

본 임해매립지의 토양 특성을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

토양 요소간의 상관분석 결과 토양산도, 유기물함량, 유효인산 등은 특별히 다른 요소와 관련이 희박했다

토양산도가 Ca^{++} 이온과는 일정한 관련이 있으나 전기전도도 등 다른 요인과 상관관계가 나타나지 않고 있는 것은 양이온 외의 여러 요소의 활성화에 의해 영향을 받고 있으며, 시멘트 콘크리트 등의 외부요인에 의한 OH^{-} 이온 등의 영향을 강하게 받고 있기 때문으로 판단되며 Ca^{++} 이온이 전기전도도에 영향을 끼치지 않을 정도로 시멘트가 중화되어 안정되어 있다고 볼 수 있다

전기전도도는 양이온과 일정한 관련이 있으며, 특히 Na^{+} 이온, Mg^{++} 이온, K^{+} 이온과 강한 양의 상관성이 있음을 알 수 있었다.

유기물 함량의 경우 본 지역 매립 토양 중 유기물이 10g/kg 내외로서 척박한 토양이었기 때문에 유기물 및 인산의 축적량이 적어 이들 요소가 특별히 어떤 상관관계를 나타내지 못하였다.

치환성 양이온의 경우 함량이 적고 용탈되지 않은 상태이며 대상지가 광범위하여 토양의 동질성이 부족하기 때문에 상관성이 높지 않았다. 양이온치환용량이 Ca^{++} 와 상관성이 높게 나타난 것은 시멘트 등의 영향을 받고 있는 것으로 판단되며, Na^{+} 이온과의 상관성이 낮은 것은 Na^{+} 이온이 토양입자에 부착된 양이 불규칙하기 때문으로 판단되며 임해매립지에서 Na^{+} 이온의 위험성이 그다지 문제되지 않을 수 있다는 해석이 가능하다.

50cm 깊이의 토양 특성은 토양전체의 상관분석 결과와 큰 차이는 없지만 유기물 함량이 양이온 치환용량에 미친 영향에서 차이를 나타내었으며, 이는 수목 생육에서 근권 주변의 유기물 함량 변화가 중요한 요소임을 알 수 있다.

시간 변화에 따른 토양 특성의 변화에서 전기전도도는 지속적으로 감소하는 경향을 보였으며, 유기물 함량은 뚜렷한 경향성으로 보기에는 아직 무리가 따르긴 하지만 전반적으로 상승 경향을 보였다. 원 지반에서는

시간의 흐름에 따라 염의 용탈이 일어나며, 치환성양이온이 급격히 감소되었던 결과와 비교해 볼 때 자연상태에서 염은 비교적 단시일에 용탈되지만, 다른 토양 요소들은 특별한 방향성을 단정하기는 아직 곤란하지만 일정한 방향으로 변하는 경향을 부분적으로나마 확인할 수 있다.

본 연구의 결과 염의 용탈 및 상승 여부에 대해 뚜렷한 경향성을 밝히기 곤란하였는데 이와 관련하여 토양 깊이별 변화와 경시적 변화에 대한 후속 연구 및 고찰이 필요하다.

몇몇 분석에서는 일부 교란에 의한 외부 요인의 영향을 받고 있음을 시사하는 부분이 나타났는데 외부 영향을 조절할 수 있는 제한된 공간과 조건을 갖춘 후속 연구가 필요하다.

또한 건조기에 채취한 토양 시료에 대한 분석 결과 토양 염농도가 매우 높게 나타난 점은 토양의 염농도가 지속적으로 상승되고 있음을 시사해준다고 볼 수 있는데, 본 연구에서는 일조, 강우량 등과 염농도 상승에 대한 충분한 논의가 이루어지지 않았으므로 이 부분에 대한 심층적인 후속연구가 필요하다.

- 주1. 해안지대의 대표적인 습지생태계인 갯벌을 파괴하는 등 생태적 문제와 기존 해안지역의 지역사회 붕괴 등의 문제를 대포하고 있으며, 매립사업은 이외에도 매립재를 확보하기 위해 다른 생태계를 파괴하는 등의 많은 사회적, 환경적, 윤리적 문제를 안고 있다.
- 주2. 심한 경우 80년까지도 경과되는 경우가 있는 것으로 조사되었다.
- 주3. 공업지역과 주거지역 사이의 완충녹지대
- 주4. 원 지반과 매립토양의 토양 성분 변화를 비교 고찰하기 위해서 96년에 원 지반(갯벌 흙), 일정 시간(5년)이 경과되어 용탈된 갯벌 흙, 매립제인 산림 토양 등에 대한 분석을 참고하였다
다른 토지이용에 비해 비교적 시료수가 적어 오차가 클 것으로 예상되는 어린이공원, 분리대 지역은 분석에서 제외하였으며, 미관광장, 보행자도로, 녹도 구간은 통합하여 분석하였다
- 주5. 원지반 및 매립토양에 대한 분석결과, 용탈되기 이전의 전기전도도 13.0에서 5년후 충분히 용탈된 이후 전기전도도가 6.2로 급격히 감소되었던 점과 비교되며(구분학 등, 1999), 자자체의 분석 자료에서는 비교적 높은 농도를 나타내었다
- 주6. 갯벌의 원 지반을 의미하며, '갯흙'이라는 용어로 부르기도 하나 본 연구에서는 뽕흙이라는 용어를 채택하였다
- 주7. 원 토양에 대한 분석에서 각 양이온 및 양이온 치환용량이 급격히 감소한 것으로 볼 때 초기에 이온이 활발하게

용탈되었음을 알 수 있다(앞의 책).

- 주8. 다른 경우와는 달리 4차 분석에서는 토양 시료를 채취하는 시기에 건조상태가 상당시간 유지되었으므로, 염의 상승이 다른 시기보다 두드러졌다고 볼 수 있으며, 토양 분석 결과에도 영향을 끼쳤다는 해석이 가능하다. 이 부분에 대한 심층적인 후속 연구가 필요하다.

인용문헌

1. 구분학(1993) 임해매립지내 조정수목의 하자 요인에 관한 연구 -서해인과 남해안을 중심으로-. 서울대학교 석사학위논문
2. 구분학, 강계선, 장광순(1999) 임해매립지에서 식재 기반 조성을 위한 토양특성에 관한 연구 한국환경생태학회지 13(1) 89-94.
3. 김성채(1987) 간척 연수에 따른 토성 및 작토층위별 수중 화학성분 변화 차이에 관한 연구 한국토양비료학회지 20(1), 23-28.
4. 김일중, 이종석(1977) 내염성 및 내조성 관상식물의 개발을 위한 생태학적 연구. 한국원예학회지 18(2): 215-220.
5. 노대철 등(1986) 간척 연대별 토양의 이화학적 변화 연구 농업시험연구논문집 28(1), 20-27.
6. 농어촌진흥공사(1998) 대호환경농업시험지구. 농어촌진흥공사 간행물.
7. 농업기술연구소(1988) 토양화학분석법. 농촌진흥청보고서.
8. 민병미(1986) 한국서해안 간척지의 토양과 식생 변화. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
9. 반성환(1979) 간척지의 토지이용과 영농개선사업 평가 연구. 한국농촌경제연구원.
10. 서중철(1994) 간척지 퇴적물의 물리화학적 변화에 대한 연구 -김포 지구 간척지를 사례로- 서울대학교 대학원 석사학위논문
11. 심계현, 정계화 안열(1989) 서남해안 간척지 토양의 특성에 관한 조사 연구. 한국토양비료학회지 22(4) 280-284
12. 안열(1990) 우리나라 간척지 특성과 간척 후 토양의 이화학적 성질 변화에 관한 연구 전북대학교 박사학위논문
13. 엄대철, 김동한, 엄기태, 채종한, 윤관희, 이협성(1986) 간척연대별 토양의 이화학적 변화 연구 농업시험장 논문집 28(1) : 20 - 27.
14. 유의열(1991) 임해매립지 조정수목 활착에 관하여. 한양대학교 환경과학대학원 석사학위논문
15. 유철현, 김종구, 이종석, 강종국, 소계돈, 박건호(1990) 간척지 토양의 숙성과 정도별 이화학적 변화 연구 -광활 및 포승동에 관하여. 한국토양비료학회지 23(4) 259-267.
16. 이종석(1980) 내염성 및 내조성 조정수목 개발에 관한 생태학적 고찰 -우리나라 남부지방을 중심으로. 한국조경학회지 8(1) 13-20
17. 임형빈, 김등암, 한왕범, 송희복, 권찬호, 신계두, 황종서(1984) 간척지 초기 조성에 관한 연구 -내염성 목초의 초종 및 풀종 선정. 한국축산학회지 26(5): 471-482.
18. 임형식 등(1984) 치환양이온의 종류 및 pH가 토양의 양

- 이온치환용량에 미치는 영향 한국토양비료학회지 17(2) 114-124
19. 조인상 등(1985) 우리나라 토양의 물리화학적 특성 상호 관계에 관한 연구 한국토양비료학회지 18(2) 134-139.
 20. 채상석 등(1974) 간척연대에 따른 토양화학적 성질변화 조사 호남직물시험소 보고서.
 21. 최문길(1988) 몇 수종의 내염력 특성에 관한 연구. 강원대학교 박사학위논문.
 22. 한국조경학회(1989) 조경수목학. 조경학 대계(II) 서울. 문운당. pp 69-336.
 23. 近藤三雄(1988) 快適な緑化空間を創出するための知基. 土木技術 43(12) 87-94.
 24. Diaz, L. and J. Herrero(1992) Salinity Estimates in Irrigated Soils Using Electromagnetic Induction. Soil Science 154(2) 151-157
 25. KIM, D.J., H. VERECKEN, J.F., D.B., J.J.B.(1992) On The Characterization of Properties of an Unripe Marine Clay Soil Soil Science 153(6)
 26. Mass, E.V. and J.A. Poss(1989) Salt Sensitive of Wheat at Various Growth Stages. Springer-Verlagsol, Irrigation Science 10 29-40
 27. Min, B.M. and J.H. Kim(1997a) Soil Texture and Desalination after Land Reclamation on the West Coast of Korea. Korean J. Ecology 20(2): 133 - 143
 28. Min, B.M. and J.H. Kim(1997b) Desalination Characteristics after Reclamation Tidal Flat on the West Coast of Korea. Korean J. Ecology 20(4). 275 - 283.
 29. Selassie, T.G., J.J. Jurnak, L.M. Dudley(1992) Saline and Sodic-Saline Soil Reclamation - First Order Kinetic Model Soil Science 154(1): 1-7