

《原著》

토양측정망 운영목적에 따른 토양측정망 지점 선정 방안 연구

정 승 우*

군산대학교 환경공학과

Development of Monitoring Site Selection Criteria of the Korean Soil Quality Monitoring Network to Meet its Purposes

Seung-Woo Jeong*

Department of Environmental Engineering, Kunsan National University

ABSTRACT

This study developed the classification of National Soil Quality Monitoring Network (NSQM) and its site selection criteria to meet the recently established purposes of the NSQM. The NSQM were suggested by this study to classify into the six-purposes site groups from the current classification of land uses. The six purposes site groups were 1) intensive observation sites, 2) contaminant loading sites, 3) human activity sites, 4) background sites, 5) river soil sites, and 6) sites near the groundwater quality monitoring wells. Furthermore, this study developed the site selection criteria of NSQM utilizing the accumulated NSQM data, road traffic data, chemical emission data, census, soil information, and the literature related to soil quality variation due to contaminant loads. For selecting suitable sites for NSQM, this study used road traffic, chemical emission, the distance from the contaminant sources, and population information as specific criteria. The suggested site classification and criteria were applied for the current 100 NSQM sites for evaluation. Forty sites were met to the criteria suggested by this study, but sixty sites were not met to the criteria. However, some of the sixty sites also included the obscure sites that their addresses were not apparent to find them.

Key words : Soil quality monitoring network, Soil quality standard, Land use, Soil contamination, Soil environmental policy

1. 서 론

우리나라 토양측정망은 토양환경보전법이 제정되기 이전인 1987년부터 운영되고 있다. 2001년부터는 전국망에 해당하는 토양측정망과 지역망에 해당하는 토양실태조사로 이원화하여 운영되고 있다. 토양측정망과 토양실태조사는 운영주체 및 운영목적이 구분되어 있다. 토양측정망은 환경부(지역 환경청)에서 직접 운영하고 있으며 토양실태조사는 각 지자체에서 운영하고 있다. 또한 토양측정망과 실태조사는 각기 다른 운영목적 가지고 있다. 토양측정망은 매년 전국의 토양오염추세를 파악하기 위해 고정식으로 운영되지만 토양실태조사는 오염원 주변 오염 우려지역의 토양오염을 발견하기 위해 매년 조사지점이

변경된다(MOE, 2011).

환경부는 매년 1500여개 지점에 대한 토양측정망 운영 결과를 발표하고 있다. 그러나 토양환경보전법상 토양측정망 관련 조항이 토양실태조사와 같은 조항에 규정되어 있고 매년 토양측정망 운영결과와 토양실태조사결과가 같이 발표되다 보니 목적이 다른 두 개의 제도 모두, 오염부지를 발견하는 데 더 큰 목적을 두는 것으로 보여진다. 지금까지 발표된 토양측정망 운영결과 발표의 예로 살펴보면, 2007년 토양측정망 운영결과(MOE, 2008) 13개 지점(0.9%)에서, 2008년 토양측정망 운영결과(MOE, 2009) 11개 지점(0.7%)에서 토양오염우려기준을 초과하는 것으로 발표되었다. 즉, 매년 발표되는 토양측정망 운영결과보고가 토양오염우려기준 초과여부에 초점이 맞춰져 있다. 토양측

*Corresponding author : swjeong@kunsan.ac.kr

원고접수일 : 2013. 1. 17 심사일 : 2013. 3. 29 게재승인일 : 2013. 3. 29
질의 및 토의 : 2013. 6. 30 까지

정망 운영도중 오염부지를 발견할 수도 있겠지만 토양측정망의 원래 목적인 전국 토양의 질과 오염추세를 지속적으로 파악하여 토양환경관리의 기초정보로 활용하는데 보다 중점을 두는 것이 바람직하다. 그러나 토양측정망과 관련된 연구가 극히 드물어 토양측정망의 효율적 운영과 활용을 위해 다양한 연구가 필요한 실정이다(Jeong, 2010).

환경부는 2009년 「토양측정망 중장기 확대 개편계획안」(MOE, 2009)에서 토양측정망 운영목적을 세 가지 방향으로 재정립하였다. 첫째, 토양측정망은 비점오염으로 인한 토양 내 오염물질 축적경향 및 오염정황을 파악하는 것이다. 이는 공장지역, 폐기물매립장 등 점오염에 의한 토양오염 발견을 위해 지자체에서 실시하는 「토양오염실태조사」와 구분하고자 하였다. 둘째, 토양 직접접촉 및 비산먼지 흡입 등 인체에 영향을 미칠 수 있는 노출경로와 관련된 지점을 측정망에 포함하여 위해성개념의 토양측정망을 운영하고자 하였다. 셋째, 토양측정망 운영결과를 배경농도 정보제공, 토양의 생산성, 오염물질의 확산 등 다양한 토양환경 관리 및 연구를 위한 기초 자료를 제공할 수 있도록 재정립되었다. 그러나 세부적인 목적별 운영방안에 대해서는 연구되지 않았다. 따라서 본 연구는 최근 설정된 토양측정망 운영목적에 부합하는 효율적 토양측정망 지점 분류와 토양측정망 지점 선정 기준을 개발하고자 하였다(MOE, 2010). 또한 본 연구에서는 개발한 지점 분류와 지점선정기준을 100개 토양측정망 지점에 시범 적용하여 보았다.

2. 토양측정망 측정지점 선정 방향 설정

2.1. 기존 토양측정망 지점선정 기준

매년 발표되는 토양측정망 세부운영계획에 제시된 현재 토양측정망 측정지점 세부선정기준은 각 토지용도별 지점수가 명시되어 있고, 세부선정기준은 상당히 포괄적으로 되어있는 실정이다. 예를 들면 전(田)의 경우 “영농화학물질에 의해서만 영향을 받는 곡물 채소류를 재배하는 밭”으로 되어있으며 도로의 경우 “자동차 주행에 의한 오염 영향을 받는 도로변 지역”으로 되어있다. 서론에서 언급된 세 가지 토양측정망 운영목적을 이루기에 현재 지점선정 기준정보가 극히 부족한 실정이다.

2.2. 비점오염부하에 따른 토양환경변화

본 연구에서는 비점오염부하에 따른 토양오염관련 문헌을 활용하여 토양측정망 측정지점 선정 기준을 설정해 보았다.

2.2.1. 도로교통이 주변 토양에 미치는 영향

Kim et al.(1995)은 호남고속도로와 88고속도로 주변 토양내 중금속을 조사하고 오염범위와 풍향 및 고속도로 경사와의 관계, 중금속원소들의 존재형태별 특성 등을 연구하였다. 표층 토양의 중금속원소의 함량분포는 주 풍향 방향과 일치하였고 Cd, Cr, Pb은 고속도로 주변에서 높은 함량을 보이고 멀어질수록 낮은 양상을 보였지만 Cu는 전반적으로 고루 분포하였다. 0.5 km를 기준으로 근접지역과 외곽지역으로 구분하여 비교해 본 결과 근접지역의 유기물흡착형과 Fe-Mn산화물흡착형의 비율이 외곽지역 보다 높게 나타났다.

Ronald et al.(1980)에 의하면 과거 유연회발유를 사용하던 시기에 자동차내연기관에서 배출되는 Lead halide형태인 납화합물의 95-98%가 도로변 8-25 m 지역에 축적되며 Koeppel and Miller(1970)은 50% 가량이 도로변 30 m 이내에 축적되고 나머지는 대기 중으로 비산된다고 하였다. Cannon and Bowles(1962)는 도로변에서 150 m 떨어지게 되면 자동차 배기가스에 의한 납의 축적은 극히 감소하는 것으로 보고하였다. Lee and Kim(1991)은 도로변에 인접한 경작지(논) 토양 내 납오염 특성은 담수상태의 논에 오염물질이 낙하되었을 때 물의 흐름에 따라 이동하므로 도로와의 거리에 상관없이 축적경향을 보인다고 보고하였다.

2.2.2. 공업지역이 주변 토양에 미치는 영향

Kim et al.(1997)은 여천공업단지와 전주공업단지 지역으로 부터 2 km를 기준으로 주변과 외곽을 구분하여 중금속 원소들의 존재형태별 함량비를 비교하였다. Fe-Mn 산화물 흡착형으로 존재하는 중금속원소의 함량비가 공업단지에 가까워질수록 높아지는 경향을 보였다. Cr, Cu, Zn의 존재형태는 잔류광물형인 반면 Pb은 유기물흡착형태의 비율이 40-50%로 매우 높으며 Cd 역시 다른 원소에 비해 산화물흡착형과 유기물흡착형으로 존재하는 비율이 높게 나타나 여천공단의 공업활동에 의해 유발되는 주된 중금속은 Pb과 Cd으로 판단하였다. 전주공업단지에서도 공단지역 내 산화물흡착형태와 유기물흡착형태의 비율이 높게 나타났다. 공업단지로부터 멀어질수록 중금속함량은 감소하는 경향을 보였다. 공업단지 주변 토양 내 중금속의 분산형태는 풍향과 어느 정도 관계가 있으나 주변 지형에 의한 영향도 크게 나타났다.

Song and Lee(2003)는 시화공업단지 주변지역의 토양내 중금속분포를 조사한 결과 카드뮴과 크롬의 경우 공단지역이 주변 주거지역 및 녹지지역에 비해 각 각 10배

및 5배 정도 높게 나타났다. 기타 중금속(코발트, 구리, 수은, 니켈, 납, 아연)도 약 2-3배 정도 높았다. 2005년 온산공단내 원광석을 이송하는 도로 주변 토양에서 As, Cd, Cu, Pb, Zn 등 5개 중금속이 토양오염우려기준을 초과하여 비산에 의한 영향으로 판단하였고(MOE, 2005), Park(2006)은 온산공단 내 이송도로로부터 풍향방향을 따라 500 m 이내 근거리에 원광석에 의한 토양오염이 심각하며 최대 2 km까지 영향을 미치는 것으로 예측하였다.

Ji(2008)는 부산 신평, 장림 지방산업단지 주변 반경 2 km 이내 위치한 학교 운동장의 중금속분포를 조사하였다. 카드뮴과 수은의 경우 타 지역에 비해 높은 수준을 나타내었다. 풍향결과와 비교하여 대상지역의 토양이 산업단지 배출원의 영향을 받을 가능성이 높은 것으로 판단하였다. Byun et al.(1996)은 서울시 공단지역 학교 운동장에서 Cu와 Zn이 비교적 높게 검출되었으며 교통밀집지역 운동장에서는 Pb와 Cd이 높게 나타난 것으로 보고하였다. 그리고 공단지역 보다 교통량이 많은 지역의 오염 지수가 더 높은 것으로 보고하였다.

2.2.3. 논토양 중금속함량 관측

Kim et al.(2008)은 1999년부터 4년 주기로 2007년까지 3회에 걸쳐 논토양의 중금속 함량과 장기적인 변화양상을 파악하였다. 광산이나 공단 등 오염원의 영향을 적은 논토양을 대상으로 1999년에 4,047지점, 2003년과 2007년에는 2,010지점을 조사하였다. 대부분 토양오염우려기준을 초과하지 않았으나 일부지점에서 As와 Ni이 초과하였다. 장기적으로 As, Ni, Zn은 증가 경향을 보였고, Cd, Cu는 다소 감소하였다. Pb은 큰 변화를 보이지 않았다.

2.2.4. 시사점

지속적인 비점오염부하에 따른 토양오염관련 문헌을 조사한 결과, 도로상 자동차운행으로 발생된 오염물질과 산업단지 내 산업활동으로 인해 유발된 비산 오염물질이 주변 토양의 질에 상당한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구는 문헌에 기초하여 토양측정망 지점 선정 기준은 도로의 자동차 운행 및 산업활동으로 인해 발생된 비점오염부하를 간접적으로 파악할 수 있는 범위에서 결정되어야 한다는 점을 확인하였다.

3. 토양측정망 측정지점 선정 기준 개발

3.1. 토양측정망 지점 목적별 분류

현재 토양측정망 지점의 분류는 토지용도별로 되어있다.

앞서 서론에서 언급한 바와 같이 「토양측정망 중장기 확대 개편계획안」(MOE, 2009)에서 토양측정망 운영 목적을 세 가지 방향으로 재정립하였으므로 목적에 따른 지점의 세분화가 필요한 실정이다. 따라서 본 연구는 토양측정망 지점의 분류를 Table 1과 같이 “1) 토양농도 변화 관측지점(Intensive observation sites), 2) 오염영향 지점(Contaminant loading sites, 3) 사람활동 지점(Human activity sites), 4) 배경농도 지점(Background sites), 5) 하천토양 지점(River soil sites), 6) 지하수수질 연계지점(Sites near the groundwater quality monitoring wells)” 등 6개로 세분화하여 세 가지 토양측정망 운영 목적에 부합할 것을 제안한다. 현재 1500여개 토양측정망 지점에 대한 평가를 통해 새로운 토양측정망 운영목적에 부합한 지점은 계속적으로 운영하고 그렇지 않은 지점은 다른 지점으로 이동하는 것이 바람직하다.

3.2. 토양측정망 지점 선정 기준

본 연구는 설정된 6개 토양측정망 운영 목적에 따른 토양측정망 지점 세부 선정기준을 Table 1과 같이 개발하였다.

3.2.1. 토양농도 변화관측 지점

“토양농도 변화 관측지점”은 과거 토양측정망 운영 결과 상위허용한계(upper tolerance limit)가 토양오염 우려기준을 초과하는 지점이 될 수 있다. 상위허용한계란 통계학적으로 데이터가 분포될 수 있는 최고 범위가 되는데(McBean and Rovers, 1998), 어느 지점의 과거 토양측정망 운영결과에서 통계적 상위허용한계치가 우려기준을 초과할 정도라면 차후 토양측정치가 우려기준을 초과할 가능성이 높거나, 토양농도 변화가 지금껏 매우 크게 나타난 지점이다. Jeong(2010)은 1997-2007년간 각 지점 토양측정망 운영결과치의 상위허용한계를 분석한 결과, 70개 지점이 우려기준을 초과하는 상위허용한계를 가지고 있었으며, 이들 70개 지점은 토양농도 변동 폭이 다소 크므로 차후 지속적 관측이 필요하다고 하였다.

토양농도가 변동을 나타내는 원인은 첫째, 시료채취 지점이 일관되지 않은 시료채취상 오류가 있을 수 있으며 둘째, 분석상 오류가 발생할 수 도 있고 셋째, 외부 오염원에 의해 토양농도가 변화한 것이다(Jeong and An, 2008). 따라서 토양농도 변화 관측지점은 시료채취 및 분석 경과, 현장조사 등을 거쳐 토양농도 변화 원인에 대한 면밀한 평가가 필요하다. 따라서 토양농도 변화 관측지점은 과거 측정치의 변화가 매우 큰 지점을 분류하여 면밀

Table 1. Guidelines on site selection of soil quality monitoring network

Objectives	Definition	Criteria for site selection	Land use	Required data
① Intensive observation sites	Sites that need intensive observation due to the highly variable soil quality data	<input checked="" type="checkbox"/> Where tolerance limits of soil quality monitored data exceeding the soil pollution standards	All land uses	Soil quality monitoring network results
② Contaminant loading sites	Road	Farmlands receiving continuous contaminant loads from the road <input checked="" type="checkbox"/> Within 50 m from the road having the road traffic greater than 5,000/day	Farmland (Field, Paddy field, Pasture, Orchard)	Maps Satellite images Road traffic Chemical emission, Field investigation
	Rail	Farmlands receiving continuous contaminant loads from the rail way <input checked="" type="checkbox"/> Within 50 m from the rail way		
	Industrial complex	Farmlands receiving continuous contaminant loads from the industrial complex <input checked="" type="checkbox"/> Within 1 km from the industrial complex having the chemical emission greater than 5,000 kg/year		
③ Human activity sites	Sites at where humans contact soil and inhale dust	<input checked="" type="checkbox"/> Where playgrounds and parks having population greater than 5,000 (Eup, Myon, Dong unit)	Residential Park	Maps Satellite images Census Field investigation
④ Background sites	Natural	<input checked="" type="checkbox"/> Foreset areas beyond 100 m from roads and rails and 2 km from the industrial complex <input checked="" type="checkbox"/> Residium areas	Forest	Maps Satellite images Soil information Field investigation
	Farmland	<input checked="" type="checkbox"/> Farmlands beyond 100 m from roads and rails and 2 km from the industrial complex	Field Paddy filed	
⑤ River soil sites	River soils that are not exposed to water	<input checked="" type="checkbox"/> National river area where are not used as park and farmland	River edge	Maps Satellite images
⑥ Sites near the groundwater quality monitoring wells	Soil sites near the national groundwater quality monitoring network	<input checked="" type="checkbox"/> Upstream soil area of the national groundwater quality monitoring network operated by MOE	All uses	Maps Satellite images Address of the national groundwater quality monitoring network

히 관찰할 필요가 있다. 이는 토양측정망의 첫 번째 운영 목적인 토양 내 오염물질 축적경향 및 오염징후를 파악하고자 하는 것이다.

3.2.2. 오염영향 지점

“오염영향 지점”은 지속적인 오염물질 퇴적으로 인한 토양농도 변화를 파악하기 위한 것으로 지속적 오염물질 퇴적이 발생하는 도로, 철도, 산업단지 주변 농경지(전, 답), 과수원, 목장용지가 선정될 수 있다. 따라서 오염원에 따라 선정기준을 3가지로 구분하였다.

도로 주변에 대한 구체적인 선정기준은 도로교통량 5,000대/일 이상, 도로변 50 m 이내로 제안한다. 철도는 오염영향권으로 예상되는 철도 변 50 m 이내로 제시하였다. 산업단지 주변에 대한 구체적인 평가(선정)기준으로는 화학물질배출량 5,000 kg/년 이상의 산업단지로부터 1 km 이내 지역에 위치한 농경지, 과수원, 목장용지로 제시하였다. 앞서 언급한 기존 문헌에 기초하여 도로변 오염부하 범위를 50 m로 보았으며 산업단지로부터 오염부하 범위는 1 km로 본 것이다. 본 연구에서 도로교통량 기준은 국토해양부의 교통량정보제공시스템(<http://www.road.re.kr>)에서 얻은 도로 교통량 분포를 분석한 결과 중간 값에 가까운 5,000대/일로 설정하였다. 또한 환경부 화학물질배출량 정보공개시스템(<http://ncis.nier.go.kr/total/triopen/>)으로부터 각 산업단지의 화학물질배출량 분포를 분석한 결과 역시 중간 값에 가까운 5,000 kg/년을 기준으로 삼았다.

3.2.3. 사람활동 지점

“사람활동 지점”은 토양측정망 운영의 두 번째 목적인 토양 직접접촉 및 비산먼지 흡입 등 인체에 영향을 미칠 수 있는 노출경로와 관련된 지점의 토양농도 변화를 파악하기 위함이다. 따라서, 사람활동 지점은 사람 활동 시 토양과 직접 접촉할 수 있고 비산으로 인해 토양을 흡입할 수 있는 운동장, 놀이터, 공원이 적합하다.

운동장, 놀이터, 공원에 대한 구체적인 선정기준은 인구 5,000명 이상 되는 읍, 면, 동지역으로 제시하였다. 일정 인구 규모 이상 되는 지역은 교통량과 사람의 활동이 많아지게 되어 지속적 오염부하 발생 및 노출이 발생하므로 이를 간접적 인자로 채택하였다. 5,000명을 기준으로 삼은 이유는 본 연구에서 우리나라 읍, 면, 동 기준의 인구센서스 조사결과(Statistics Korea, 2010)를 분석한 결과 중간에 해당하는 규모가 5,000명 선이었기 때문이다.

3.2.4. 배경농도 지점

“배경농도 지점”은 토양측정망 운영의 세 번째 목적인 다양한 토양기초정보를 제공하기 위한 목적을 이루기 위함이다. 오염되지 않은 지역의 배경농도의 파악은 차후 토양환경정책 수립과 토양환경관리를 위해 필요한 기초데이터가 된다. 따라서 배경 농도 지점은 그동안 토양의 교란이 일어나지 않았고 오염의 영향이 적은 지역으로 선정되어야 한다. 오염의 영향이 적은 지역에 대한 구체적 기준으로 도로, 철도로 부터 100 m 이외, 산업단지로 부터 2 km 이외 위치한 임야지역으로 하였다. 도로로 부터 100 m 이외 및 산업단지로부터 2 km 이외에 대한 기준은 앞서 언급한 토양질 관측 연구 문헌을 기초하였다.

배경 농도 지점에 대한 부가적인 선정기준으로 잔적층지대를 고려하는 것이 바람직하다. 잔적층지대는 모암이 풍화되어 제자리에 남아 형성된 모재층으로부터 생긴 토양(Ryu, 2000)이므로 그 지역의 배경농도에 대한 선정기준으로 활용될 수 있다. 잔적층지대는 토양정보시스템(<http://asis.rda.go.kr>)의 「토양퇴적양식」에서 확인할 수 있다.

3.2.5. 하천토양 지점

최근 하천퇴적토에 대한 관리 필요성이 대두되고 토양 생태학적 측면에 대한 관심이 늘어나고 있는 점을 감안하여 “하천토양 지점”을 신규로 설정하였고, 홍수기의 평상시 수면 밖으로 노출되어 있는 하천 하상토양 지점으로 정의하였다. 이는 상시 물에 잠겨 있는 퇴적토와 구분되어야 한다. 하천토양지점은 토양측정망 운영의 세 번째 목적인 다양한 토양기초정보를 제공하기 위한 목적에 가깝다.

구체적인 선정기준으로는 국가하천 중 평상시 수면 밖으로 노출된 하상토양을 고려해 볼 수 있다. 하천토양 지점의 목적은 수질오염물질 퇴적으로 인한 하상토양 변화를 파악하기 위한 것이므로 하천변 농경지 및 공원 등으로 기 사용되는 지역은 배제하는 것이 바람직하다.

3.2.6. 지하수수질 연계 지점

지하수수질 연계 지점의 세부 선정기준은 지하수오염감시 전용 측정망 인근 상류에 해당하는 토양지점으로 하는 것이 바람직하다. 현재 환경부 지하수오염감시 전용 측정망은 27개소가 존재한다.

현재 지하수 수질 측정망 운영결과 수질기준을 초과하는 대부분의 항목은 질산성질소, TCE, PCE 등이다. 질산성질소는 토양오염기준항목이 아니므로 토양측정망에서는 고려되지 못한다. TCE, PCE는 토양오염기준항목이나 휘

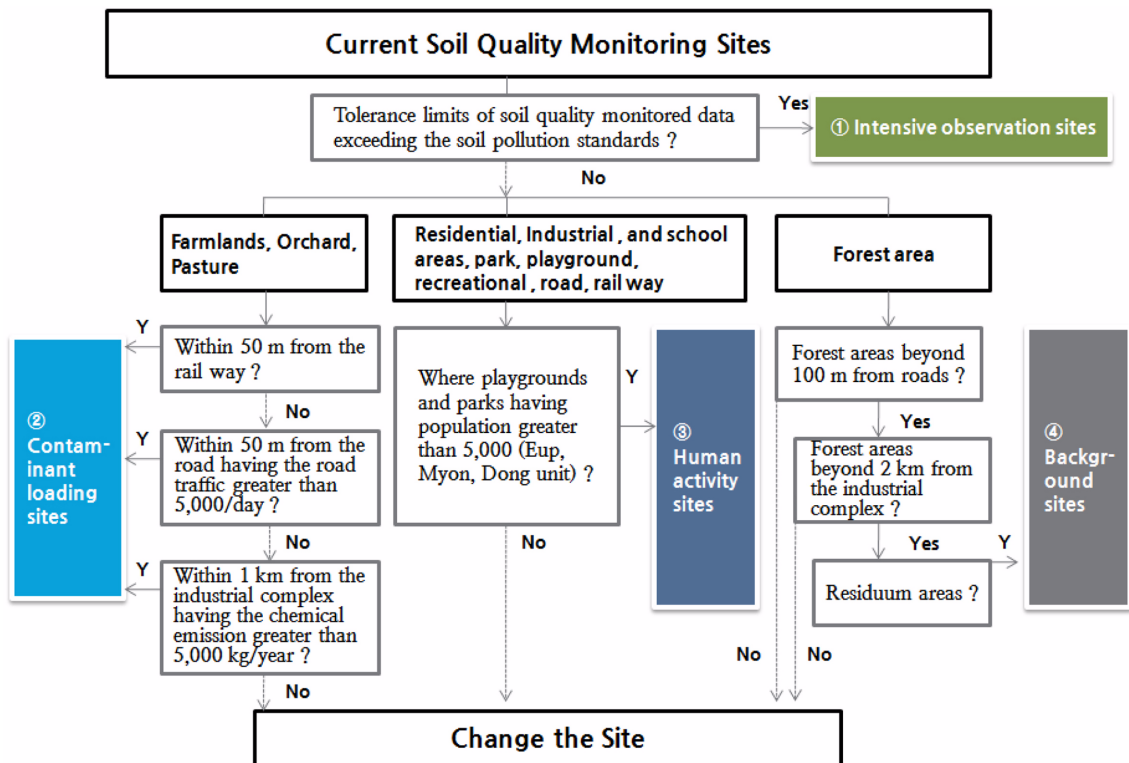


Fig. 1. Procedures for evaluation of the current soil quality monitoring sites.

발성물질이며 점오염원에 의한 토양 및 지하수오염특성을 가지고 있으나 지하수수질기준을 초과하는 지역내 1-2개 토양지점의 주기적 관측은 거의 의미가 없다(Jeong, 2003). 그러나 토양과 지하수간 연계의 필요성 측면에서 지하수수질 연계지점을 운영목적으로 추가하는 것도 고려해 볼 수 있다. 그리고 지하수오염과 연계된 토양관측망식은 차후 오염원을 찾고자 하는 목적을 지닌 각 지자체 토양실태조사와 연계하는 것이 더욱 바람직 할 것으로 판단된다.

4. 토양측정망 지점 선정기준 시범 적용 결과

4.1. 시범적용 방법

본 연구에서는 Table 1에 제시된 토양측정망 지점 선정 기준을 현재 운영 중인 100개 토양측정망 지점에 대해 시범 적용하여 보았다. 100개 지점은 먼저 토양측정망 운영대장이 구비되어 있으며 현장 확인 결과 토양측정망 표지목이 존재하거나 시료채취지점이 비교적 일관되게 이루어진 지점을 대상으로 선정하였다. 시범적용 절차는 Fig. 1의 흐름에 따라 진행하였다. 시범평가를 위해 먼저 각 지점의 도로와의 거리, 교통량, 산업단지와의 거리, 화학물

질 배출량, 인구 등의 자료를 구축하였다(Table 2 실례 참조). 현재 토지용도별로 되어 있는 토양측정망 지점에 대해 토양측정망 지점 선정기준에 입각하여 토양측정망 목적별 4개 지점으로 분류해 보았다. 지점선정기준에 부합하지 않는 지점은 현재 개편된 토양측정망 운영목적에 부합하기 위해 타 지점을 신규로 선정하는 것이 바람직하다.

4.2. 시범적용 결과 및 시사점

전국 100개 토양측정망 지점을 선별하여 시범평가 한 결과 40개 지점은 본 연구에서 제시된 토양측정망 지점 선정기준에 부합하여 토양측정망 운영목적에 따라 새롭게 분류될 수 있는 것으로 나타났다. 반면 60개 지점은 지점 선정기준에 부합하지 않거나 지점 평가가 불가능하여 지점의 이동이 필요하다. 지점이동이 필요한 경우는 해당지점에 대한 평가기준 자료(교통량, 거주인구, 화학물질배출량 등)가 존재하지 않을 경우)가 유효하지 않아 평가가 불가능할 경우이다. 또한 현재 토양측정망운영대장상 주소가 주소데이터베이스와 불일치하여 위치확인이 불가할 경우 평가가 불가능하였다. 지점선정기준에 부합하지 않은 지점은 기준에 부합한 타 지점을 재선정하여 운영하는 것이 바람직하다.

Table 2. A trial evaluation table for the current soil monitoring network sites (only 6 examples shown)

Point Number	Land use	Distance from the road (m)	Road traffic (cars/day)	Distance from the industrial complex (m)	Chemical emission (kg/year)	Population	Decision
UA-01	School	74	71978	1580	115661	15272	“Keep” ③Human activity site
UO-05	Forest	240	13244	4050		6678	“Keep” ④Background site
US-03	Farmland	14	97499	76	13508		“Keep” ②Contaminant loading site
UB-03	Pasture	60	4482	65800		8637	“Cancel” Relocate for ② Contaminant loading site
UK-15	Residential	114	2231	3270		1857	“Cancel” Relocate for ③ Human activity site
UP-27	Industrial	15	9782	2330	8807	7451	“Cancel”, Relocate for ② Contaminant loading site

5. 결 론

사 사

본 연구는 최근 설정된 토양측정망 운영목적에 부합할 수 있는 토양측정망 지점 분류와 토양측정망 지점 선정기준을 개발하고자 하였다. 토양측정망 지점 선정기준 개발을 위해 지속적 오염부하에 의한 토양환경변화 관련 문헌과 국가가 구축한 과거 토양측정망 운영결과 및 교통량정보제공시스템, 화학물질배출량 정보공개시스템, 인구센서스, 토양정보시스템 등으로부터 관련 자료를 획득하여 충분히 활용하였다. 이에 따라 본 연구에서는 아래와 같은 세부 결론을 도출하였다.

1. 도로상 자동차운행 및 산업단지 내 산업활동으로 인한 지속적 비점오염부하는 주변 토양의 질에 상당한 영향을 미치는 것으로 나타났다므로 토양측정망 지점 선정 기준은 도로의 자동차 운행 및 산업활동으로 인해 발생된 비점오염부하를 파악하여 반영하는 것이 바람직하다.

2. 현재 토지용도별로만 구분되어 있는 토양측정망 지점분류를 최근 설정된 토양측정망 운영목적과 부합하는 6개 세부목적별로 동시에 분류하는 방안을 제시하였다. 본 연구에서 개발한 6개 세부목적별 분류는 “토양농도 변화 관측지점”, “오염영향지점”, “사람활동지점”, “배경농도지점”, “하천토양지점”, “지하수연계지점” 등이다.

3. 본 연구에서 제안한 토양측정망 지점선정기준을 100개 토양측정망 지점에 시험적용한 결과 40개 지점은 기준에 부합하였지만 나머지 지점은 평가정보가 부족하거나 주소 불분명 등으로 평가가 불가능하여 차후 지점이동이 필요하다.

본 연구는 환경부 정책과제 및 GAIA사업지원을 받았 습니다. 이에 감사드리고 현장조사에 참여한 환경복원원 구실원에게 또한 감사드립니다.

참 고 문 헌

- Byun, H.O., Kim, K.H., and Chon, H.T., 1996, Heavy metal contamination of the playground soils and dusts in the middle schools of the Youndungpo-ku and Kuro-ku area, Seoul, *J. Korean Earch Sci. Soc.*, **17**(2), 192-204.
- Cannon, H.L. and Bowles, J.M., 1962, Contamination of vegetation by tetraethyl lead, *Science*, **137**(3532), 765-766.
- Jeong, S.-W., 2003, Implications of national soil and groundwater monitoring results, *J. Korean Soc. Environ. Eng.*, **25**, 1596-1599.
- Jeong, S.-W. and An, Y.-J., 2008, Significant parameters for assessing soil contaminant-leaching to groundwater and determining soil sample size in field survey, *Environ. Eng. Res.*, **13**(2), 73-78.
- Jeong, S.W., 2010, Analysis on Monitoring Results of Korean Soil Monitoring Network, *J. Soil & Groundwater Env.*, **15**(2), 18-23.
- Ji, H.S., 2008, Distribution and Characteristics of Heavy Metals in Soil Collected from School Playgrounds around the Sinyeong-Jangnim Local Industrial Complex, Busan, M.S. Thesis, Pusan National University.
- Kim, O.B., Lee, M.S., Park, H.Y., and Park, J.Y., 1995, “An environmental geochemical study on the pollution by the heavy metals in the around of highways,” Proc. of the Fall Conference

of Korea Society of Mineral and Energy Resources, 39-44.

Kim, O.B., Lee, M.S., Park, H.Y., Park, J.Y., and Na, C.K., 1997, An environmental geochemical study on the pollution by the heavy metals in the around of industrial complex, *J. Mineral Energy Resour.*, **34**, 1-10.

Kim, W.I., Kim, M.S., Roh, J.S., and Lee, S.G., 2008, Long-term monitoring of heavy metal contents in paddy soils, *Korean J. Soil Sci. Fert.*, **41**(3), 190-198.

Koeppel, D.E. and Miller, R.J., 1970, Lead effects on corn mitochondrial respiration, *Science*, **167**(3923), 1376-1378.

Lee, S.J. and Kim, J.E., 1991, Pollution of Pb in paddy field soil and rice plants at roadside areas: 1. Pollution of Pb in paddy field soil and its chemical forms, *Korean J. Environ. Agric.*, **10**(1), 1-10.

Ministry of Environment (MOE), 2005, Investigation Results on Soil and Groundwater Quality of Industrial Complex, MOE, Gwachun.

Ministry of Environment (MOE), 2008, 2007 Investigation Results of Soil Quality Monitoring Network, MOE, Gwachun.

Ministry of Environment (MOE), 2009, 2008 Investigation Results of Soil Quality Monitoring Network, MOE, Gwachun.

Ministry of Environment (MOE), 2009, Master-plan on Expansion and Reformation of Soil Quality Monitoring Network, MOE, Gwachun.

Ministry of Environment (MOE), 2010, Evaluation and Re-selection of Soil Quality Monitoring Network Sites, MOE, Gwachun.

Ministry of Environment (MOE), 2011, 2011 White Paper of Environment, MOE, Gwachun.

Park, I.S., 2006, A Study on the Geostatistic Assessment of Soil Contamination in the Industrial Complex, Korea, M.S. Thesis, Kwangwoon University.

Ryu, S.H., 2000, Dictionary of Soil, Seoul National University Press, Seoul.

Song, Y.B. and Lee, S.M., 2003, Heavy metal distributions of soils in the vicinity of Shi-Hwa industrial complex region, *J. Soil & Groundwater Env.*, **8**(2), 87-91.

Statistics Korea, 2010, 2010 Census, <http://www.census.go.kr>

Ronald, P.M., Lagerwerff, J.V., Brower, D.L. and Biersdorf, G.T., 1980, Soil lead accumulation alongside a newly constructed road way, *J. Environ. Qual.*, **9**(1), 6-8.