

요약 및 정책건의

I. 연구요약

1. 연구의 배경 및 목적

도시 토양은 화학물질 저장탱크가 설치된 부지나 운반 중 탱크로리 유출사고 등으로 인하여 오염될 수 있다. 이러한 토양오염은 부지 내에서는 만성적으로 오염이 진행되는 등 신속한 발견이 어렵고 운반 중의 사고는 급성으로 발생하여 신속한 대응이 쉽지 않기 때문에 시민건강의 위험요소가 될 수 있다. 따라서 토양오염의 신속한 발견과 조치를 원활하게 할 수 있도록 하는 대책이 필요하다.

그러나 서울시에서는 공장, 교통시설 및 군부대 부지 등 토양오염에 취약한 지역의 체계적인 조사 및 자료 구축이 미흡하고 오염의 사후관리에 치중하고 있기 때문에 잠재적 오염원 현황과 업무상의 취약성을 분석하여 대책을 마련하는 등 예방적인 관리가 필요하다.

이에 따라 이 연구에서는 서울시의 토양오염 예방대책에 관한 개선방안을 제시한다.

2. 토양오염관련 사례

1) 국내외 토양오염 사례

국내외 토양오염 사례를 급성과 만성으로 나누어 살펴보았다. 만성 토양오염은 토양오염에 취약한 토양오염원에서 주로 발생하였고 급성 토양오염은 운전부주의, 시설관리 소홀 등에 의해 발생하였다.

〈표 1〉 국내 주요 토양오염 사례

구분		주요 내용
만성	부산 문현지구	<ul style="list-style-type: none"> • 이는 군부대 정비창 부지로 '97년 문현지구 금융단지 조성 공사과정 중 토양 내 폐유와 폐기물이 대거 발견됨. • 토양오염 조사결과, '52년부터 '95년까지 군수장비 정비 등의 과정에서 발생한 폐유, 폐기물을 무단 매립 - 오염토양 117,865톤, 오염지하수 44,741톤, 지정폐기물 438톤, 혼합폐기물 10,158톤이 발견됨. • 2003년 3월 기준으로 토양복원 결과 법적 목표기준 도달
	용산 역세권 부지	<ul style="list-style-type: none"> • 2008년 오염조사 결과 부지의 80%에 37만^m의 폐콘크리트, 폐침목, 고철 등이 불법 매립 • 오염토양의 48%는 지하 1~3m 구간에 위치하여 지하수 오염 우려 • 용산구청은 용산역세권개발(주)에 2011년 5월까지 정화조치 명령
	광명시 가학광산	<ul style="list-style-type: none"> • 폐광산인 가학광산 주변지역 조사결과 중금속 오염이 발견됨. • 오염우려기준 : Cd는 최대 17배 초과, Zn은 최대 8배 초과 • 주변이 주로 농경지로 이용되어 농산물에도 영향 가능 • '95년부터 개선사업 실시, 2010년까지 생태 테마공원으로 조성
급성	염소 누출	<ul style="list-style-type: none"> • 2001년 8월 전남 여수시 염소와 가성소다 생산 공장에서 발생한 염소용액을 배관에 이송 중 배관 결함 발생 • 염소가 누출되어 주변 토양 오염
	톨루엔 운반차량 전복	<ul style="list-style-type: none"> • 2006년 11월 충남 천안-아산 간 도로에서 위험물 운전자의 음주운전으로 인하여 발생한 탱크로리 전복사고 • 인근 토양에 톨루엔 8,000L 유출
	연성알킬벤젠 운반차량 전복	<ul style="list-style-type: none"> • 2008년 7월 대전 대덕구 경부고속도로 나들목에서 운전자 부주의로 추정되는 탱크로리 전복사고 • 연성알킬벤젠 29,000L가 도로로 유출되어 토양오염
	병커C유 운반차량 추돌	<ul style="list-style-type: none"> • 2008년 12월 전남 보성군에서 위험물 탱크로리를 트레일러가 추돌 • 병커C유 700L가 주차장으로 유출

〈표 2〉 국외 주요 토양오염 사례

구분		주요 내용
만성	미국 Love Canal	<ul style="list-style-type: none"> • 1940년대 Love Canal 지역에 후커케미컬사가 화학물질 4만톤 이상을 10년간 투기함. - 화학물질을 넣은 금속제 드럼이 부식되어 화학물질이 누출되어 Love Canal 지역주민에게 두통, 피부병, 유산 증가 등이 나타남. • '78년 환경재해지역으로 선포되고, 복구작업이 실시되었으며, 슈퍼펀드법이 제정되는 직접적인 계기가 됨.
	미국 콜로라도 UST	<ul style="list-style-type: none"> • '92년 콜로라도에서 지하저장탱크(UST) 이음새 부분 균열로 유류 10,500갤론이 유출됨. • 유출 탱크 제거 및 오염지역평가 실시로 오염정도와 분포를 파악함. • 감시정 설치, 토지경작법, in-situ bioventing으로 오염지역 처리

〈표 계속〉 국외 주요 토양오염 사례

구분		주요 내용
만성	미국 플로리다	<ul style="list-style-type: none"> • '79년부터 '81년까지 폐수처리시설과 재활용 폐기물처리시설이었던 Cantonment 지역에서 PAHs, PCP, VOCs 오염이 발견됨. • 96년까지 현장복원 및 토비화공정을 통한 오염복원을 실시하였음.
	홍콩 카이탁 공항 토양오염	<ul style="list-style-type: none"> • '25년부터 '98년까지 송유파이프라인과 유류저장시설에서 제트연료와 항공정비용 솔벤트의 누유로 광범위하게 토양이 오염되었음. • 조사 결과 토양 약 300,000m³ 오염, 오염이 공항주변 해협으로 확산 • 토양증기추출법 등으로 토양오염을 처리
	네덜란드 러카케르트	<ul style="list-style-type: none"> • 이는 '70년부터 '71년까지 각종 폐기물을 매립 후 모래 70cm로 피복해 조성된 택지임. '78년 수도관에서 유해폐기물이 혼입되는 사건이 발생함. 조사결과 1,652개의 화학물질이 들어 있는 드럼이 땅속에서 발견되고, 토양에서 고농도 유기화학물질 및 중금속이 검출됨. • 주민 270명이 대피, 주택지의 토양 86,700m³가 제거됨. • 이 사건을 계기로 토양정화법이 제정됨.
급성	미국 미시간주 PBB	<ul style="list-style-type: none"> • '73년 산불진화용 소방제와 가축사료 첨가제의 용기가 바뀌어 유독성 화학물질이 포함된 가축사료 300kg이 유통됨. • 이로 인해 가축 폐사, 농장주 신경마비 증상 발생, 죽은 가축의 불법 매립으로 토양과 지하수, 하천오염이 초래됨. • '79년 RCRA법(유해물질 관리를 위한 특별법)을 제정하여 관리함.
	이탈리아 세베소	<ul style="list-style-type: none"> • '76년 세베소에서 ICMESSA사가 TCP(트리클로로페놀) 생산 중 사고로 유독화학물질을 15분간 대기 중으로 방출 • 1,807ha의 지역이 오염되어 주변 토양, 수질오염이 발생하고 어린이 피부병, 유산 증가 등의 증상이 발생함. • EU에서 '82년 EC Major Hazard Directive 82/50을 제정하고 '96년 정량적 위험평가를 강화하고 토지이용계획을 수립하도록 하는 Seveso II Directive 마련

2) 국내외 환경오염관리체계 사례

(1) 우리나라의 환경오염관리체계

우리나라 환경오염사고의 대응체계는 화학물질사고의 대응체계와 수질오염사고의 직접적인 대응체계가 대부분이며, 현재 토양오염사고의 대응체계는 구축된 것이 없는 실정이다.

유해화학물질의 안전관리와 사고 발생에 관한 대응체계로는 환경부에서 운영하는 화학물질사고대응정보시스템이 있다. 수질오염사고 대응체계로는 정부 및 지자체에서 구축한 예방·방제 매뉴얼(환경부), 수질오염 방제정보시스템(한국환경공단), 수질오염사고 위기대응 실무 매뉴얼(서울시) 등이 있다.

〈표 3〉 우리나라의 환경오염관리체계

구분	주요 내용
환경부 화학물질사고 대응정보시스템	<ul style="list-style-type: none"> 유해화학물질사고 및 테러와 관련하여 실시간 기상정보 및 확산평가 정보, 화학물질 유해성, 대응요령, 방제정보 등으로 구성된 종합시스템임. GIS를 기반으로 공간정보, 속성정보를 함께 관리할 수 있으며, 주요기능으로 정보검색, 사고대응마법사, 위험성평가, 상세확산평가, 기상정보 업데이트가 있음.
한국환경공단 수질오염방제 정보시스템	<ul style="list-style-type: none"> 4대강 살리기 사업에 따라 공사 중 흙탕물 발생, 수질 및 수생태계 훼손사고에 대응하기 위한 감시·예방 및 방제체계 구축·운영을 위한 시스템임. 수질오염사고 감시에서 방제까지 일관된 수질오염사고 대응체계 구축을 통한 수질 오염사고 피해 최소화, 방제지원체계 선진화가 기대됨.
서울시 수질오염사고 위기대응 실무 매뉴얼	<ul style="list-style-type: none"> 유류 및 유해화학물질 등으로 인한 수질오염사고 발생요인을 사전에 제거·감소하고 재난발생 시 신속하고 효율적인 수습으로 피해를 최소화하기 위하여 서울시가 조치하여야 할 사항을 세부적으로 규정하는 매뉴얼임.

(2) 국외 환경오염관리체계

미국과 일본은 대부분 화학물질에 의한 안전사고를 대비하는 조직을 구성해 환경오염사고의 대응체계를 구축하고 있다.

① 미국

대형 토양오염사고에 대하여 국가, 지자체, 전문기관 등이 역할을 분담하여 대책을 수립하도록 하고 있다.

〈표 4〉 미국의 환경오염관리체계

구분	내용
국가비상계획 (National Contingency Plan : NCP)	<ul style="list-style-type: none"> 지방 및 주정부에서 감당할 수 없는 유해물질사고 및 유류 누출 등 대형사고에 대비하여 연방정부 차원에서 비상대응계획을 수립 국가비상계획 조직은 국가사고대응팀, 지역사고대응팀, 국가사고대응센터로 구성됨.
토양오염사고 대응방안	<ul style="list-style-type: none"> 긴급조치가 필요한 유해폐기물 부지도 국가비상계획에 포함하여 Superfund 부지에 서의 토양오염 복원활동은 국가비상계획(NCP)의 국가사고대응시스템을 따르게 됨. EPA, 주정부, 잠재적 오염책임자는 긴급제거조치와 복원조치에 관한 절차를 국가비상계획의 세부절차에 의하여 실시
CEPPO(Chemical Emergency Prepared ness and Prevention office)	<ul style="list-style-type: none"> 유해화학물질로 인한 사고에 대한 전문적인 연구기관의 필요성이 대두되면서 미국환경청(EPA) 내에 설치 화학물질사고에 대한 예방과 대응, 환경 위기에 대한 대비, 지역사회에 잔재한 유해화학물질의 위험성 정보제공, 화학사고로부터 얻은 정보의 공유 등의 역할을 담당
화학물질 수송 비상대응센터(Chemical Transportation Emergency Center : CHEMTRAC)	<ul style="list-style-type: none"> 미국에서 1971년에 화학물질 취급업체에 의해 설립된 협회 성격의 민간단체로 유해화학물질에 관한 수송자 및 사고 시 비상 대응기관 및 개인을 대상으로 운영하고 있음. 많은 양의 화학물질 안전보건 DB가 확보되어 있으며 필요시 의료기관과의 연결 네트워크를 가동시켜 비상대응 활동을 지원

② 일본

중앙정부는 사고의 분석을 통한 예방, 방재조치 또는 국가적 차원에서의 대응계획을 부처별로 준비하여 만일의 사태를 대비하며, 지방자치단체는 그 지역에서의 사고처리, 원인규명, 제재조치를 담당하고 있다.

정부부처에 속한 비상대응기관에는 화학물질관리센터, 화학물질 리스크 관리연구센터가 있으며, 민간 비상대응기관에는 (사)일본화학물질안전·정보센터, 일본RC위원회가 있다.

〈표 5〉 일본의 환경오염관리체계

구분	내용
화학물질관리센터(Che-mical Management Center)	<ul style="list-style-type: none"> 2001년 4월 제품평가기술기반기구 내에 화학물질관리센터가 설립됨. 화학물질의 특성에 따른 리스크의 평가와 관리, 환경과의 조화, 화학물질의 위험성 정보와 방출량의 수집, 제공 등의 업무를 수행
화학물질 리스크 관리연구센터(Research Center for Chemical Risk Management)	<ul style="list-style-type: none"> 안전한 환경과 조화로운 화학물질 사용에 필요한 위해도평가와 위해도관리의 기법 개발과 연구 결과를 토대로 정부기관, 산업체, 일반인이 합리적이고 과학적인 결정을 하도록 지원하기 위하여 산업기술총합연구소 내에 설립
(사)일본화학물질안전·정보센터 (Japan Chemical Industry Ecology-Toxicology Information Center : JETOC)	<ul style="list-style-type: none"> 1978년 화학공업계에서 협동하여 안전성에 관한 정보의 수집과 해석, 제공을 수행하는 기관으로 설립 화학물질의 안전성에 관계되는 정보 수집·제공, 화학물질의 안전성에 관한 강연회, 강습회 개최, 유해물질 데이터베이스 작성 및 검색서비스 제공 등의 업무를 수행
일본RC위원회(Japan Responsible Care Council : JRCC)	<ul style="list-style-type: none"> 1990년 “환경·안전에 관계되는 일본화학공업협회기본방침”에 따라 Responsible Care(RC)의 추진을 구체화하기 위하여 1995년에 설립 주요 기능으로는 환경보호, 보안방재, 노동안전위생(근로자의 안전과 건강을 지킴), 화학제품안전, 사고예방대책 마련(위험물 수송에 있어서의 안전관리 등의 지침서 마련) 등의 역할을 수행
유류오염대책 가이드라인	<ul style="list-style-type: none"> 유류함유 토양에 의해 해당 토지의 표토, 지표수 등에서 기름 냄새와 유막이 발생할 경우, 토지 소유지 등이 오염 토지에 어떤 조사와 대책을 실시해야 하는지에 대한 방법에 대하여 제시 따라서 본 가이드라인에서는 기름 냄새와 유막 등 생활환경보전에 지장을 주는 것을 제거대상으로 함. 즉, 유류 함유 토양의 존재 자체가 아니라 그로 인하여 발생하는 기름 냄새와 유막을 대상으로 함. 지하수가 있어도 음용의 목적이 아니고, 기름 냄새와 유막의 문제가 없다면 유류오염문제로 파악하고 있지 않음.
기업의 토양오염대책 관련 사례집	<ul style="list-style-type: none"> 이는 기업에서 토양오염대책을 수립할 때 참고할 수 있도록 경제산업성에서 발행하는 사례집임. 토양오염 예방에 관련해서는 토양오염의 미연방지 등에 대한 대책사례와 리스크 커뮤니케이션 대책사례가 있음.

도쿄도는 토양오염에 대한 정보제공, 토양오염대책에 대한 세미나, 담당 공무원 교육뿐만 아니라 토양오염 발생 시 대처할 수 있는 가이드라인을 만들어 배포하고 있다.

〈표 6〉 도쿄도의 토양오염관리체계

대책	내용
종합적인 정보제공	<ul style="list-style-type: none"> • 토양오염대책 종합상담창구를 도쿄도청 환경국에 설치하여 토양오염에 관한 각종 상담을 실시함. • 토양환경 관련 신고서 작성 방법, 공장 등을 폐기 시 토양오염상황 조사방법 등에 관한 설명이 적힌 소책자(도금공장편, 청소편, 주유소편)를 만들어 창구에서 배포하고 있음. • 홈페이지에 토양관련 법 규정의 개요, 조례에 관련된 Q&A, 법에 의한 지정지역 현황 등의 정보 게재, 신고서 등 작성방법 안내서 등을 게시함.
토양오염 대책 세미나	<ul style="list-style-type: none"> • 2004년도에 토양오염 관련 업계의 이해와 협력을 얻기 위하여, 금융기관, 부동산, 보험업 등 관계자를 대상으로 토양오염 대책 세미나를 개최함. 토양오염의 실태와 중소기업의 문제 및 오염된 토지의 부동산 평가 등에 관한 문제를 거론함. • 토양오염대책 추진을 위하여 주변 주민에게 토양오염에 대한 적절한 정보를 제공하고, 2006년에는 토양오염 대책사업자, 유해물질 취급자 및 공무원을 대상으로 토양오염 정보공개를 주제로 한 강연을 실시함.
공무원 연수회	<ul style="list-style-type: none"> • 공무원의 토양관련 업무 향상을 위하여 설명회 및 의견교환회를 정기적으로 실시함. • 도쿄도 특별 행정구 공무원연수소와 도쿄 도시공해업무협의회에서 실시하는 연수에 토양관련 강사를 파견함.
협소한 지역에서 실시하는 토양오염 대책 지원	<ul style="list-style-type: none"> • 단순하고 신속한 조사방법 개발 촉진 : 토양오염 조사의 비용 절감, 신속화를 도모하기 위하여 민간기업 등이 현장에서 쉽게 분석이 가능한 간이분석법을 공모하여 우수기술을 선정하려고 함. • 토양오염 처리기술 포럼 : 협소한 지역에 적용 가능한 저비용 처리기술의 개발을 촉진하기 위하여 토양오염 처리업체의 처리기술 및 그 비용에 대한 정보를 공개할 목적으로 2004년도부터 매년 토양오염 처리기술 포럼을 실시함. 2004년부터 2006년도 포럼에서는 구체적인 사례를 제시하였음. 2007년도에는 도쿄도 내에서 실제로 적용한 토양오염 대책 사례를 발표함.
도쿄도 중소기업자를 위한 토양오염대책 가이드라인	<ul style="list-style-type: none"> • 도쿄도에서 토양오염대책이 필요한 중소기업자를 위하여 토양오염에 의한 건강리스크나 토양오염조사에 관한 기본적인 지식, 저비용·저환경 부하로 건강리스크를 방지하는 방법 등을 구체적이고 쉽게 제시함. • 주요내용은 토양오염의 정의, 토양오염 조사 시기, 오염토양 발견 시 대처방안, 합리적인 토양오염 대처 방안 등임. • 이 가이드라인에서는 기준 부적합 토양이 발견되었을 경우, 사람에게 노출되는 곳인지, 주변에 음용 가능한 우물이 있는지 등으로 구분하여 합리적인 대책을 선정하고 있음.

3. 서울시 토양오염 예방을 위한 취약성 분석

1) 서울시 토양오염원 현황

서울시의 토양오염을 예방하기 위해서는 토양오염원을 분류하여 오염원별로 관리해야 한다. 현재 서울시의 토양오염 관리는 특정토양오염관리대상시설의 관리와 토양오염실태조사를 통한 토양오염 우려지역의 관리로 구성되어 있다.

〈표 7〉 서울시 토양오염원

구분	내용
특정토양오염 관리대상시설	<ul style="list-style-type: none"> 석유류 제조 및 저장시설이나 유독물 제조 및 저장시설 등 특정토양오염관리대상시설은 저장탱크의 부식이나 누출사고에 의해 BTEX, TPH, PAH, VOCs 등의 오염물질이 토양을 오염시킬 가능성이 큼.
폐기물 처리시설	<ul style="list-style-type: none"> 과거 단순 투기방식으로 폐기물이 매립되었기 때문에 침출수 누출에 의한 유기물, 중금속, VOCs 등 토양오염물질이 확산되기 때문에 사용종료 매립지는 토양과 지하수의 주요 오염원임. 폐기물 소각장의 경우 배출가스 및 소각재가 오염을 유발시키며 다이옥신, PAHs, Pb, Cd 등에 의해 토양 내 중금속 오염이 될 수 있음.
공업지	<ul style="list-style-type: none"> 공업지는 지속적인 화학물질·폐수배출 등에 의한 오염물질 축적의 문제가 심각하기 때문에 토양오염의 가능성이 큼. 과거 공업지였으나 현재 타 용도로 사용되고 있는 지역 또한 토양오염의 관리대상이 되어야 함.
교통관련시설지	<ul style="list-style-type: none"> 자동차 타이어 제조과정에서 첨가되는 산화아연이 타이어의 마모로 토양오염에 영향을 줄 수 있으며, 자동차 정비소에서 발생하는 폐유 등이 토양오염을 초래할 수 있으므로 교통관련시설지의 토양오염 관리가 필요함.
하수관거	<ul style="list-style-type: none"> 하수관거 내의 오수가 관거 불량으로 지하로 누출될 경우 토양과 지하수의 직접적인 오염원이 됨. 또한 오수와 함께 하수관거 부식의 주요인자인 황성분이 토양에 직접 전달될 경우 누출된 오수는 토양의 산성화를 초래함.
지하수오염지역	<ul style="list-style-type: none"> 오염물질이 토양으로 흡수될 경우 토양 공극사이로 이동하다가 불투수층을 만나 포화 지하수를 형성하므로 오염물질이 토양에서 지하수로 이동할 가능성이 큼. 지하수오염과 토양오염은 밀접한 관련이 있으므로 관리가 필요함.
폐수배출시설	<ul style="list-style-type: none"> 지하 저장탱크에 폐수를 보관할 경우에 탱크 불량으로 인하여 폐수가 유출 가능
기타수질오염원	<ul style="list-style-type: none"> 점 및 비점 오염원으로 관리되지 않는 수질오염물질을 배출할 수 있는 시설이므로 잠재적으로 오염이 가능함.
유독물취급시설	<ul style="list-style-type: none"> 유독물 저장시설의 이상으로 인하여 누출 가능
가축 매몰지역	<ul style="list-style-type: none"> 가축 전염병에 의한 가축매몰 시 친환경적 매몰이 이루어지지 않을 경우 침출수 등으로 인한 토양 및 상수원의 2차 오염까지 우려됨.
이동 오염원	<ul style="list-style-type: none"> 이동 탱크저장소는 전복되거나 추돌되는 경우 화재 폭발 및 가스 방출 등으로 인하여 인명사고 및 토양오염을 일으킬 수 있음.

〈표 8〉 서울시 토양오염원의 분포 및 관리 현황

구분	분포	관리 현황
특정토양오염 관리대상시설	<ul style="list-style-type: none"> 주유소 692개, 설치연수 16~20년 325개 강남(53개), 영등포(47개), 서초구(47개) 	<ul style="list-style-type: none"> 자치구 : 인허가, 결과 조치 설치자 : 검사 의뢰, 보고 전문기관 : 검사
폐기물 처리시설	<ul style="list-style-type: none"> 매립지 : 상암동, 도봉동 등 자원회수 시설 : 상암동, 중계본동 등 적치장 등 : 강서구 등 58개소 	<ul style="list-style-type: none"> 푸른도시사업소 : 공원화된 매립지 관리 (난지도) 이외의 매립지 : 관리 없음. 자원회수시설 등 : 별도의 토양오염 관리 없음.
공업지	<ul style="list-style-type: none"> 성수2가3동 등 10개 동 	<ul style="list-style-type: none"> 공업지에 대한 토양오염 관리는 없음.
교통관련시설지	<ul style="list-style-type: none"> 공영주차장 : 126개소 버스차고지 : 101개소 택시차고지 : 255개소 자동차정비소 : 4,336개소 	<ul style="list-style-type: none"> 자치구 : 교통시설지에 대한 폐수 처리에 관하여 관리 감독
하수관거	<ul style="list-style-type: none"> 불량하수관거 : 1,318,970개 불량하수관 비율 : 253개/km 	<ul style="list-style-type: none"> 자치구 : 관거정비 사업추진 오염발생 시 대처 : 구체적인 대책 없음.
지하수오염지역	<ul style="list-style-type: none"> 국가 측정망 : 36개소 서울시 측정망 : 100개소 	<ul style="list-style-type: none"> 자치구 : 지하수 오염 발생 시 해당지역 토양오염실태조사 실시
폐수배출시설	<ul style="list-style-type: none"> 폐수배출시설 : 4,491개 중구(1,108개) 최다 	<ul style="list-style-type: none"> 자치구 : 폐수 수질에 관한 관리만 실시, 토양오염에 관한 관리는 없음.
기타수질오염원	<ul style="list-style-type: none"> 기타수질오염원 : 5,222개 강남구(462개) 최다 	<ul style="list-style-type: none"> 자치구 : 적정처리여부 감독 설치자 : 폐수처리 위탁 위탁업체 : 폐수처리
유독물취급시설	<ul style="list-style-type: none"> 유독물취급시설 : 1,003개 영등포구(201개) 최다 	<ul style="list-style-type: none"> 자치구 : 지도점검 설치자 : 취급관리
가축 매몰지역	<ul style="list-style-type: none"> 2008년 조류인플루엔자 발생 시 매몰 물량 : 21,126마리 	<ul style="list-style-type: none"> 자치구 : 모니터링 실시 중
이동 오염원	<ul style="list-style-type: none"> 2006년부터 2008년까지 전국 위험물 사고 445건 중 이동 탱크저장소 사고는 57건으로 13% 차지 	<ul style="list-style-type: none"> 소방서 : 진화 및 인명구조 도시교통본부 : 응급복구 및 시설물 안전 진단

2) 서울시 토양오염 현황

2002년부터 2009년까지 토양오염실태조사 지점수는 1,359개이며 이중 46개 지점이 토양오염우려기준을 초과하여 총 토양오염률은 3.4%이다. 토양오염우려기준 초과 지점비율인 토양오염률은 주유소 지역이 33.3%, 공단 등 주거지역이 17.2% 등으로 높았고 토양오염우려기준의 초과 정도인 토양오염도도 주유소 지역이 21.1%로 높게 나타났다. 오염이 발견되는 비율인 토양오염률은 주유

소 지역과 공단 등 주거지역이 높았고 오염이 기준을 초과하는 비율인 토양오염도는 주유소가 높게 나타났다. 서울시에서는 주유소와 공단 등 주거지역 등에서 토양오염이 주로 발생하는 것으로 나타났으며 주유소에서는 오염기준 초과비율도 높은 것으로 파악되었다.

〈표 9〉 서울시 토양오염 현황

구분	토양오염률 ¹⁾	토양오염도 ²⁾
주유소 지역	33.3	21.1
폐기물 적치·매립·소각 등 시설	2.9	0.5
공장 및 공업지역	2.1	2.1
교통관련시설지역	5.6	2.4
사고발생·민원유발지역	3.3	2.5
기타토지개발 등 지역	1.5	3.3
공단 등 주거지역	17.2	0.7
어린이놀이터지역	0.4	0.8

서울시 토양오염을 예방하기 위해서는 토양오염을 일으킬 우려가 있는 잠재적 토양오염원도 관리하여야 한다. 서울시에는 특정토양오염관리대상시설을 포함하여 폐기물처리시설, 공업지, 교통관련시설지역, 하수관거, 지하수오염지역, 폐수배출시설, 기타수질오염원, 유독물취급시설, 가축매몰지역 등의 고정오염원과 위험물 이동저장소 등의 이동 토양오염원이 있다.

고정 토양오염원은 대부분 토양오염이 서서히 축적되어 발생하는 만성적인 형태로 나타나기 때문에 관리감독 강화의 형태로 토양오염을 예방하는 것이 바람직하다. 반면 이동 토양오염원은 예기치 못한 사고로 발생하는 토양오염형태로 나타나기 때문에 지자체에서 직접적인 대응을 하기보다 교육 및 매뉴얼의 정비 방식으로 토양오염 발생을 예방하는 것이 적절한 대책으로 보인다.

1) 토양오염률 = 토양오염우려기준 초과 지점수 / 토양오염 조사 지점수 × 100

2) 토양오염도 = $\sum(\text{각 원소의 분석값} / \text{토양오염우려기준 값}) / \text{조사원소의 개수}$

4. 서울시 토양오염 예방대책 강화 방안

1) 토양오염 예방을 위한 업무 개선방안

(1) 서울시 토양 관련 업무 현황

〈표 10〉 서울시 토양 관련 업무 현황

구분	내용	
서울시	<ul style="list-style-type: none"> • 토양보전계획 수립업무 • 토양오염실태조사 총괄 • 특정토양오염관리대상시설 총괄 • 토양관련 환경오염사고 처리 	
자치구	토양오염 실태조사	<ul style="list-style-type: none"> • 토양오염우려지역 자료조사 • 조사예정지역 조사순위 선정 • 조사결과 토양정밀조사 명령 등 후속조치 • 서울시 본청에 결과 보고
	특정토양오염 관리대상시설	<ul style="list-style-type: none"> • 특정토양오염관리대상시설의 설치 및 변경 신고 • 토양오염검사 관리 및 재검사 여부 판단 • 우려기준 초과 시 정밀조사 및 정화명령 등 후속조치
	오염토양 반출사업	<ul style="list-style-type: none"> • 오염토양 반출 절차 및 방법 관리 • 오염토양 반출 계획 정정 여부판단 및 통보
	토양오염 신고처리	<ul style="list-style-type: none"> • 토양오염사고 신고 접수 시 정밀조사 및 정화 이행 검증
	미군기지 토양오염관리	<ul style="list-style-type: none"> • 반환미군기지 오염토양 정화 명령 및 감시 • 미군 기지 주변 토양오염 발생 시 처리

(2) 서울시 토양오염 예방대책 강화를 위한 시사점

〈표 11〉 서울시 토양오염 예방대책 강화를 위한 시사점

구분	내용
특정토양오염관리대상시설에 국한된 토양오염원 관리	<ul style="list-style-type: none"> • 토양환경보전법에 따른 특정토양오염관리대상시설 관리, 20년 이상 된 오래된 유류저장시설의 토양오염실태조사, 클린주유소 설치 유도 등 특정토양오염관리대상시설 관리 는 잘 되고 있음. • 그러나 자치 특정토양오염관리대상시설로만 국한되어 토양오염원을 관리할 경우 가축 매몰지역에 의한 토양오염 등 다른 토양오염원에 의한 토양오염사고 발생 시 신속한 대처가 어려울 수 있음.
토양오염실태조사에 의존하는 미흡한 잠재적 토양오염원 관리	<ul style="list-style-type: none"> • 잠재적 토양오염원의 환경적 관리는 토양오염실태조사의 실시 결과를 통하여 간접적으로 이루어지고 있음. • 그러나 매년 200여개라는 한정된 조사지점을 대상으로 실시하는 토양오염실태조사로 잠재적 토양오염원을 관리하는 것은 무리가 있으며, 토양오염실태조사 지역에 포함되지 않는 잠재적 토양오염원의 조사가 누락될 가능성이 있음.

〈표 계속〉 서울시 토양오염 예방대책 강화를 위한 시사점

구분	내용
사후관리적 성격의 토양오염원 관리	<ul style="list-style-type: none"> 토양환경보전법을 바탕으로 한 자치구의 토양오염사고 업무가 사고 대응 측면보다는 행정적 측면(오염정화 명령 등의 사후관리적 성격)이 강조되어 있기 때문에 향후 토양오염사고가 발생하거나 환경오염사고 발생으로 토양오염이 야기될 경우 방재적 측면으로 대응하기 어려움.
토양업무의 전문성 부족	<ul style="list-style-type: none"> 자치구의 토양관련업무는 수질, 대기, 폐기물 등 기타 환경업무와 비교하여 비중이 작아 자치구청에서 실질적으로 토양관련업무를 처리하는 인력은 1/5~1/10명임. 또한 순환보직 등으로 업무 담당자가 자주 바뀌고, 다른 업무도 함께 해야 하기 때문에 전문성이 부족함. 자치구의 토양오염실태조사 지점 선정 업무 : 합리적이고 적절한 지점 선정을 통해 오염토양을 정확해야 하는데 전문성이 부족한 구청담당자가 조사지점을 선정하고 있음.

(3) 서울시 토양오염 대책의 개선방안

① 업무적 측면의 개선방안

〈표 12〉 업무적 측면의 개선방안

구분	내용	서울시	자치구
단속 강화	<ul style="list-style-type: none"> 현재 대기, 수질분야 중심으로 단속하고 있는 염색공장, 인쇄업소, 세차장, 도금업소 등은 토양오염을 유발시킬 수 있으므로 추가적으로 이들 시설에 대한 단속을 실시하여 토양오염사고를 예방함. 	○	
시민신고 활성화	<ul style="list-style-type: none"> 인터넷, 전광판, 시·구 소식지, 지역방송 및 신문을 통한 환경신문고제도의 홍보와 함께 소셜 네트워크를 이용한 신고방법의 다양화로 환경신문고제도를 활성화시킴. 	○	○
토양업무에 대한 전문성 제고	토양전문 공무원 배치 <ul style="list-style-type: none"> 25개 자치구를 5개 권역(동부, 서부, 남부, 북부, 중부)으로 나누어 5개 권역별 토양전문공무원 채용 자치구 토양담당 공무원과 더불어 토양업무를 수행토록 하여 토양업무 전문성을 향상시킴. 	○	○
	토양환경전문 네트워크구축 <ul style="list-style-type: none"> 서울시 토양환경전문위원회를 구성하여 토양오염사고 대응, 오염토양 정화조치 적정성에 대한 자문, 공무원 교육을 담당하게 함. 토양오염 대응 세미나 개최 : 토양환경전문위원회, 서울시, 자치구, 토양전문회사 등이 세미나 개최, 정보교류 	○	○
연계·통합적 관리	<ul style="list-style-type: none"> 현재 실시하고 있는 “환경오염물질배출시설 통합지도·점검”에 토양오염에 관한 지도점검을 포함시켜 타 환경오염원과의 통합적인 관리를 실시함. 		○

② 제도적 측면의 개선방안

〈표 13〉 서울시 토양오염 대책 수립을 제도적 개선방안

구분	내용	
서울시 토양오염 예방에 관한 지침 마련	안전관리자 지침	<ul style="list-style-type: none"> 총 저장시설 용량이 50,000L 이상인 특정토양오염관리대상시설은 안전관리자를 두어 시설의 자체 점검 및 수리 보수, 위험요소 발생 시 긴급대처, 누유 사고 등의 감시 업무를 하도록 함.
	자체 방제계획 수립	<ul style="list-style-type: none"> 주유소 등 특정토양오염관리대상시설 중 벤젠 및 톨루엔이 포함되어 있는 휘발유를 저장하고 있는 용량이 보관수량을 초과할 경우, 자체 방제계획을 세우게 하여 지하에 저장되어 있는 물질 등의 누출 사고가 발생할 경우 토양오염 발생 및 유해화학물질의 노출로 인한 피해를 최소화함.
토양정밀조사 및 정화조치의 이행 기간 엄수	<ul style="list-style-type: none"> 토양환경보전법상 정밀조사는 6개월, 정화조치는 2년 동안 연장이 가능함. 즉 정밀조사 후 정화조치까지 연장하면 오염토양 정화에 총 5년이 소요됨. 서울시 지하수관측망의 지하수 수위자료를 이용하여 토양이 오염된 지역이 지하수위가 높거나, 지하수위 변동이 심하거나 인구가 집중된 경우 정밀조사와 정화조치의 기한 연장을 규제하는 방안을 마련함. 	
시설설치자 등의 자체 수시검사 유도	<ul style="list-style-type: none"> '정유회사와 환경부 간의 자발적 협약'과 같이 특정토양오염관리대상시설 설치자가 자체 수시검사를 할 경우 정기검사를 면제해주는 조례 제정 특히 직영주유소에 비해 영세한 자영주유소를 대상으로 자체 수시검사를 실시하도록 유도함. 	

2) 토양오염 예방을 위한 매뉴얼 개선방안

(1) 신속대응방안

예기치 못한 사고로 유류 및 유해화학물질 등의 오염물질이 토양표면으로 노출되는 경우 화재 및 유해물질 확산 등의 피해가 발생한다. 따라서 인명 피해 및 토양으로의 유출을 막기 위해 신속하게 대응하는 것이 필요하다.

이를 위해 서울시 위험물질 유출 위기관리 실무 매뉴얼의 현장 대응방안을 중심으로 토양오염 예방 사항을 보완하도록 한다. 보완사항은 위험물질 유출에 의해 2차적으로 발생하는 환경오염에 대해 도시안전본부와 해당 자치구 환경과를 중심으로 방제인력 및 장비 지원 대책을 마련하는 것이다.

(2) 자원동원방안

서울시 및 자치구에서는 현장대응 시 필요한 방제장비를 확보하기 위하여 방

제업체와의 긴밀한 연계가 필요하다. 한강유역 환경청에 등록된 토양정화업체 중에서 서울시에 위치하고 있는 46개소 가운데 선별하여 서울시 토양오염 방제를 위한 방제업체 동원 협약(가칭)을 맺어 급성 토양오염 사고 발생 시 방제 기술 및 장비의 효율적인 지원이 가능하도록 한다. 주요 협약 사항은 방제업체의 제공서비스 항목 규정, 방제업체 전문가의 토양오염전문분과위원회 위원 위촉, 토양오염도 조사 및 실태조사 결과 정화 필요시 우선 정화사업자 지정 등이다.

〈표 14〉 현장대응방안 및 자원동원 방안

구분	단계		개선방안
현장대응 방안	현장 투입 전 단계	사고 주변 현황 파악	• 사고발생지역 토양 및 지하수 현황자료 바탕으로 오염물질의 위험 정도 파악
		방제장비 및 인력 파악	• 일차사고수습을 바탕으로 오염물질 종류, 유출 오염량 파악 • 방제업체 협조를 통하여 장비협조를 받음. • 인력 확보 후 투입 대기
	현장 대응		• 차단벽, 웅덩이 등을 설치하여 확산 방지 • 방제장비를 이용하여 방제작업 실시 • 서울시 보건환경연구원에서 방제사업 전후의 토양을 채취하여 분석
자원동원 방안	정화업체와 협약 체결		• 방제업체의 서비스 제공항목 규정 • 방제업체 전문가의 토양오염전문분과위원회 위원 위촉 • 토양오염도 조사 및 실태조사 결과 정화 필요 시 우선 업체로 선정

(3) 재난관리 단계별 매뉴얼 개선방안

토양오염이 화재, 유독물 유출 등의 대규모 사고의 형태로 확산되는 경우에 대하여 재난관리의 4단계인 예방, 대비, 대응 및 복구의 단계별로 매뉴얼을 구성하도록 한다.

〈표 15〉 재난관리 단계별 매뉴얼 개선방안

단계		구성 항목	
예방		<ul style="list-style-type: none"> • 특정토양오염관리대상시설 관리 강화 • 지하수수질측정망과 지하수관측망이용 토양오염 감시 • 토양오염 예방 홍보 및 교육 실시 • 불법 토양오염 배출시설 단속 • 토양오염 정화업체와의 연계 강화 • 토양오염 예방을 위한 예산확보 	
대비	구분	징후	조치
	관심주의 단계	<ul style="list-style-type: none"> • 지하수 이상 징후 • 기름냄새 발생 • 이동탱크 교통사고 • 지진 등 재난 발생 	<ul style="list-style-type: none"> • 토양오염 우려지역 현장조사 및 감시강화 • 사고대비 대응태세 • 취약지역 집중관리 • 협조체계 구축 및 장비 점검
	경계심각 단계	<ul style="list-style-type: none"> • 교통사고로 위험물질이 토양에 유출 • 위험물 유출사고 • 지진 등 재난으로 시설 피해 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 상황판단회의를 통해 자치구 및 유관기관에 조치 통보 • 자체 비상근무 • 방제장비 확보 • 유관기관 연계강화
	구분	소형사고	중·대형 사고
대응	규모 기준	<ul style="list-style-type: none"> • 주변에 하천 없음 • 지하수위 낮음 • 보전지역 > 1km • 오염물 < 2,000L • 주변 인구 저밀 	<ul style="list-style-type: none"> • 주변에 하천 있음 • 지하수위 높음 • 보전지역 < 1km • 오염물 > 2,000L • 주변 인구 밀집
	사고접수전파	• 사고발생 자치구에서 해결이 원칙	• 서울시와 자치구에서 접수받고 대응
	현장대응	<ul style="list-style-type: none"> • 급성사고 <ul style="list-style-type: none"> - 방제업체와 현장 오염물질 제거 • 만성사고 <ul style="list-style-type: none"> - 일차적 현장대응 - 보건환경연구원, 누출검사이정기관과 오염 정도 파악 	<ul style="list-style-type: none"> • 상황판단회의 개최 <ul style="list-style-type: none"> - 피해상황 분석 - 외부협조사항 결정 - 현장지휘소 운영 • 신속한 초동대처 • 반별 임무 수행
복구	구분	소형사고	중·대형 사고
	복구 활동	<ul style="list-style-type: none"> • 급성사고 <ul style="list-style-type: none"> - 오염도조사 결과 정화조치 여부 판단 - 원인자에 방제비용 청구 - 결과 보고 • 만성사고 <ul style="list-style-type: none"> - 오염조사 결과를 바탕으로 방제계획 수립 - 지속적 관리 및 결과보고 	<ul style="list-style-type: none"> • 합동조사반 편성 및 운영 <ul style="list-style-type: none"> - 방제조치 완료후 현장조사 - 사고수습 평가회의 개최 - 진행여부 지속적 관리 • 방제비용 처리 <ul style="list-style-type: none"> - 원인자에게 방제비용 청구 • 사후관리계획 수립 및 시행 <ul style="list-style-type: none"> - 폐기물 처리 및 시설 복구 - 오염토양 개선사업 관리 - 토양오염실태조사 지점 포함

Ⅱ. 정책적 시사점

1. 예방에 집중하여야 할 서울시 토양오염 대책

토양오염은 부지 내에서는 장기간 만성적으로 진행되거나 시설 노후화 및 관리소홀로 인하여 급격하게 악화한다. 부지의 만성적 오염은 사후 정화에 비용과 시간이 장기간 투입되어야 하므로 가능한 한 빠른 시일 내에 오염을 발견하고 조치하는 것이 필요하다. 그리고 급성 오염사고는 일차적으로 소방서 등이 대처하고 서울시는 현장대응을 지원하는 업무를 수행한다. 이렇듯 사후관리에 중점을 두고 업무를 수행 중이므로 사전에 발생을 억제하거나 피해를 저감할 수 있는 조치를 중심으로 대책을 수립할 필요가 있다.

따라서 서울시에서 필요한 것은 예방대책이다. 이 연구에서는 예방과 민관협력력을 강조하고 있는 선진사례를 참고하여 예방대책을 제시하였다.

2. 서울시 토양오염 예방을 위한 개선사항의 제시

특정토양오염관리대상시설뿐만 아니라 교통관련시설, 공업지, 폐기물처리시설 등 오염원 등과 가축전염병에 의한 매몰지 등 새로운 오염원의 발굴과 단속의 강화가 필요하다.

이 연구에서는 오염원별로 오염의 메커니즘, 분포 및 관리 현황, 오염 현황 등을 제시하였다. 더 나아가 배출시설 통합지도점검에 토양항목 추가, 시민신고 활성화 등의 대책을 제안하였다.

토양업무 담당자들이 전문성을 강화하기 위한 대책도 제시하였다. 또한 전문 공무원 충원과 전문가 네트워크의 구축 및 활용방안도 제안하였다.

이러한 대책을 제도적으로 뒷받침하기 위하여 첫째 서울시 토양오염 예방에 관한 지침 마련, 둘째 토양정밀조사 및 정화조치의 이행기간 엄수, 셋째 시설설치자 등의 자체 수시검사 유도 등의 개선사항을 제시하였다.

3. 향후 추진과제의 제시

- 토양오염 유발 사업체의 자체 토양오염 예방 강화
 - 50,000L 미만 저장탱크를 가지고 있는 특정토양오염관리대상시설 운영 사업자도 토양오염 예방지침을 마련하여 시행하도록 적극 권장한다.
 - 토양오염 예방지침은 관리자, 오염물질 현황, 방제장비 현황, 응급대책 등으로 구성하며 서울시는 관련 가이드북을 마련하여 제공하도록 한다.
 - 서울시는 자체 토양오염 대책을 수립한 우수 사업자에게는 우수사업자 인증 및 공개, 서울시 토양오염 예방대책 관련 회의 참석, 의견 적극 반영 등의 혜택을 부여하도록 한다.
- 토양오염 예방을 위한 기준의 상세화
 - 토양오염 예방을 위한 매뉴얼 중에서 발생 징후 및 규모 등의 항목에 관하여 보다 상세한 기준이 필요하다. 이는 향후 예방지침의 적용사례를 분석하고 개선하여 수립한다.
- 토양오염 예방을 위한 민관협력모델의 지속적 개발
 - 토양오염 예방업무의 전문성 및 인력의 지속적인 보완을 위해 토양정화 업체, 시민단체, 지역주민 등의 적극적인 참여를 유도하여야 한다. 이를 위하여 서울시에서 주관하는 교육, 세미나 및 주민 설명회 등의 시행모델을 개발하도록 한다.
 - 토양오염 예방을 위한 민관협력모델은 참여자의 역할, 교육 콘텐츠, 설명자료 작성 가이드 등의 개념정의 및 설명형 모델과 모임 방식, 전달 매체(웹사이트, 소셜 네트워크 서비스 등), 인센티브 전달 등의 시행방식 모델로 구성하도록 한다.