

## QGIS를 이용한 경기도내 토양오염원의 중점관리 지점 선정

손영금<sup>†</sup> · 김지영 · 박진호 · 임흥빈 · 김종수  
경기도보건환경연구원북부지원

### Priority Management Using the QGIS for Sources of Contaminated Soil in Gyeonggi-do Province

Yeong-Geum Son<sup>†</sup>, Ji-Young Kim, Jin-Ho Park, Heung-Bin Im, and Jong-Su Kim  
*Gyeonggi-do Institute of Health & Environment, Gyeonggi-do*

#### ABSTRACT

**Object:** The purpose of this study was to select priority points for soil management using the location of groundwater and to suggest this method for soil contamination surveys.

**Method:** Groundwater impact range was set to an area of 100 to 500 meters from the center point of agricultural groundwater wells. Data on industrial complex and factory areas, areas of stored or used ores and scrap metals, areas associated with waste and recycling, and traffic-related facilities areas were collected and checked for whether they fall within the groundwater impact range. Longitude and latitude coordinates of these data were mapped on the groundwater impact range using QGIS (Quantum Geographic Information System).

**Results:** Considering the groundwater impact range, the points were selected as follows: 589 points were selected from 6,811 factories and 259 points were selected from 1,511 recycling business points. Traffic-related facility areas were divided between gas stations, bus depots, and auto mechanics. Thirty-four points were selected from 149 bus depots and 573 points were selected from 6,013 auto mechanic points. From the 2,409 gas station points, 323 were selected.

**Conclusion:** Contaminated soil influences groundwater and crops, which can harm human health. However, soil pollution is not easily identified, so it is difficult to determine what has occurred. Pollution must be prevented beforehand and contaminated soil found. By selecting and investigating soil contamination survey points in consideration of the location of groundwater wells, we can safely manage water resources by preventing groundwater contamination in advance.

**Key words:** Groundwater well, QGIS (Quantum Geographic Information System), soil contamination survey, priority management

## I. 서 론

토양은 인류가 생존하기 위한 터전으로 오랜 시간 자원의 공급원천, 다양한 생물의 서식지로 역할을 해왔다. 하지만 산업발달과 인간의 소비증대에 따라 토양이 훼손되고 오염의 규모가 확산되면서 토양 생태

계는 물론 인류의 건강까지 위협받고 있다. 토양에 축적된 오염물질은 수목과 농작물의 생육을 저해시키고, 지하수를 오염시키게 된다. 특히 지하수는 생활용수, 농업용수, 식수원으로 다양하게 활용되는데 오염될 경우 복원이 쉽지 않아 사전예방이 매우 중요하다.<sup>1)</sup>

<sup>†</sup>**Corresponding author:** Gyeonggi-do Research Institute of Health and Environment, 1, Cheongsa-ro, Uijeongbu-si, Gyeonggi-do, 11780, Republic of Korea, Tel: +82-31-8030-5954, Fax: +82-31-8030-5959, E-mail: yeonggeum@gg.go.kr  
Received: 13 January 2020, Revised: 7 February 2020, Accepted: 10 February 2020

과거 우리나라에서 발생한 토양오염 발생 사례를 살펴보면 납, 안티몬, 주석 등을 생산하는 제련공장 등에서 공장부지에 특정폐기물을 장기간 방치하여 토양오염 및 인근 상수원을 오염시켰고, 원전레이온에서 공장의 가동 중단으로 해당 공장부지에 다량의 산업폐기물을 매립하여 토양오염을 발생시켰다. 또한 1995년 지하수 중 유기성 오염물질의 농도를 측정한 결과 전국 25개 공단부지 지하수에서 트리클로로에틸렌이 지하수 공급용수의 기준을 4.3배 초과한 것으로 밝혀진 바 있다.<sup>2)</sup> 이처럼 오염물질에 노출된 토양은 토양오염에서 그치지 않고 상수원, 지하수에까지 영향을 미치게 된다.

오염된 토양은 육안으로 확인이 어렵고, 오염이 발견되어도 장기간 오염물이 축적된 상태로 발견되어 정밀조사 및 복원에도 많은 비용과 시간이 소요된다. 이에 국내에서는 토양오염을 사전에 방지하고 오염실태를 파악하기 위해 1995년 토양 환경보전법 제정 이후 유류저장시설 등 특정토양 오염원 관리정책, 휴·폐광산 조사 등을 실시하고 토양 오염측정망 및 실태조사를 통해 토양오염 현황을 파악해 왔다.<sup>3-5)</sup> 특히 토양오염 실태조사는 1년 동안 전국 지자체에서 토양오염우려지역을 선정하고 보건환경연구원에서 분석을 수행하는 사업으로 사전오염예방 차원에서 중요한 조사사업이다.

효과적인 토양오염실태조사를 위해서는 지점선정이 가장 중요하다고 할 수 있는데 Kim et al.(2019)<sup>6)</sup>의 연구에 따르면 과거 실시되었던 토양오염실태조사 지점을 분석한 결과 위치가 중복되고 지역적으로 고른 분포가 이루어지지 않아 위치선정의 한계점을 지적하였다. 또한 지하수 위치를 고려한 지점선정이 이루어지고 있지 않아 토양과 지하수의 통합적인 관리가 이루어지고 있지 못한 실정이다.

QGIS 프로그램은 GIS의 프로그램 중 일부로 공간데이터를 조회, 편집, 분석할 수 있는 대표적인 오픈소스 데스크탑 GIS 프로그램 중의 하나로 많은 연구에서 활용되고 있다. Lee et al.(2016)<sup>7)</sup>의 연구에서는 석면건축물 분포현황과 우선제거대상 건물을 선정하기 위해 QGIS를 활용하였으며, Kim et al.(2003)<sup>8)</sup>의 연구에서는 GIS를 이용하여 토양침식 위험지역을 분석하였다. Wang et al.(2019)<sup>9)</sup> 연구에서는 GIS buffer 기능을 이용하여 버스정류장의 영향권을 분석하였다. 본 연구에도 QGIS의 공간데이터

분석기능 중 buffer 기능을 활용하여 지하수관정의 영향범위를 표시하고 토양오염원을 함께 도시하여 토양오염실태조사 지점 선정시 지하수 위치를 고려한 중점관리지점을 제안하고자 하였다.

## II. 연구 방법

토양오염실태조사결과 및 Kim et al.(2019)<sup>6)</sup>의 연구에 따르면 토양오염실태조사지역 오염원지역 세부 분류<sup>10)</sup> 중 산업단지 및 공장지역, 원광석·고철 등의 보관·사용지역, 폐기물 처리 및 재활용 관련지역, 교통관련시설지역에서 토양오염 중점관리가 필요한 것으로 분석되었다. 이에 본 연구에서는 위의 선정된 지역분류를 중심으로 중점관리 지점을 선정하였다.

위 오염원의 위치데이터를 지하수 분포와 중첩하여 지하수 근방에 위치한 오염원을 중점관리대상으로 선정하는 것이 본 연구의 목표였으나 지하수는 모니터링이 어렵고 지표수처럼 위치정보가 쉽게 확보되지 못하는 한계점이 있다. 이에 대안으로 지하수 관정 위치정보를 이용하여 지하수 영향 범위를 나타내고자 하였다.

### 1. 자료수집

토양에 영향을 줄 수 있는 경기도내 오염원 자료는 경기도 공공데이터포털인 경기데이터드림에서 제공하는 공공 데이터를 활용하였다.<sup>11)</sup> 산업단지 및 공장지역은 공장등록일과 업종, 생산품정보, 경·위도 좌표가 포함된 공장등록현황(2019)을 이용하였으며, 원광석·고철 등의 보관·사용지역과 폐기물 처리 및 재활용 관련지역은 폐기물처리업체현황자료(2016)를 활용하였다. 교통관련시설은 버스차고지(2019), 자동차정비소(2019)와 지자체 협조를 받은 주유소(2019) 위치정보와 등록일자를 활용하였다. 지하수 위치는 농업용 공공관정관리시스템(농어촌공사)에서 제공하는 농업용지하수관정데이터(2019)를 이용하였다.<sup>12)</sup>

### 2. 분석방법

수집된 자료는 QGIS 2.18.28 버전<sup>13)</sup>을 이용하여 공간분석을 실시하였다. 지하수 영향 범위를 표시하기 위하여 QGIS의 buffer 기능을 이용해 지하수 관정을 중심으로 반경 100~500 m 지점을 표시하고 이를 지하수 영향 범위로 가정하였다.<sup>14)</sup>

본 연구에서 수집한 오염원을 QGIS를 이용해 공간분석을 하여 지하수 영향 범위에 해당되는 오염원을 확인하였으며, 이를 중점관리 대상으로 선정하였다. 또한 지하수의 경우 관정에서 지하수를 뽑아내면 지하수위가 낮아져서 주변 지하수가 관정으로 흘러들어오는 흐름의 특성을 갖고 있으므로 관정과 가까운수록 관리의 우선순위를 제안하였다.

### III. 결 과

지하수 분포를 고려한 토양오염중점관리 지점 선

정을 위하여 한국농어촌공사에서 제공하는 농업용지하수관정 데이터를 활용하여 지하수관정 중심으로 반경 100~500 m를 표시하여 지하수 영향 범위임 Fig. 1과 같이 나타내었다. 영향 범위 안에 들어오는 중점관리 지점의 갯수는 Table 1과 같다.

#### 1. 산업단지 및 공장지역

산업단지 및 공장지역은 시설의 개수가 많고 규모가 크며, 각종 화학물질과 금속물질이 고농도로 밀집되어 있다. 적치된 폐기물이나 폐수가 토양과 지하수로 유입될 경우 고농도의 토양오염을 일으킬 수

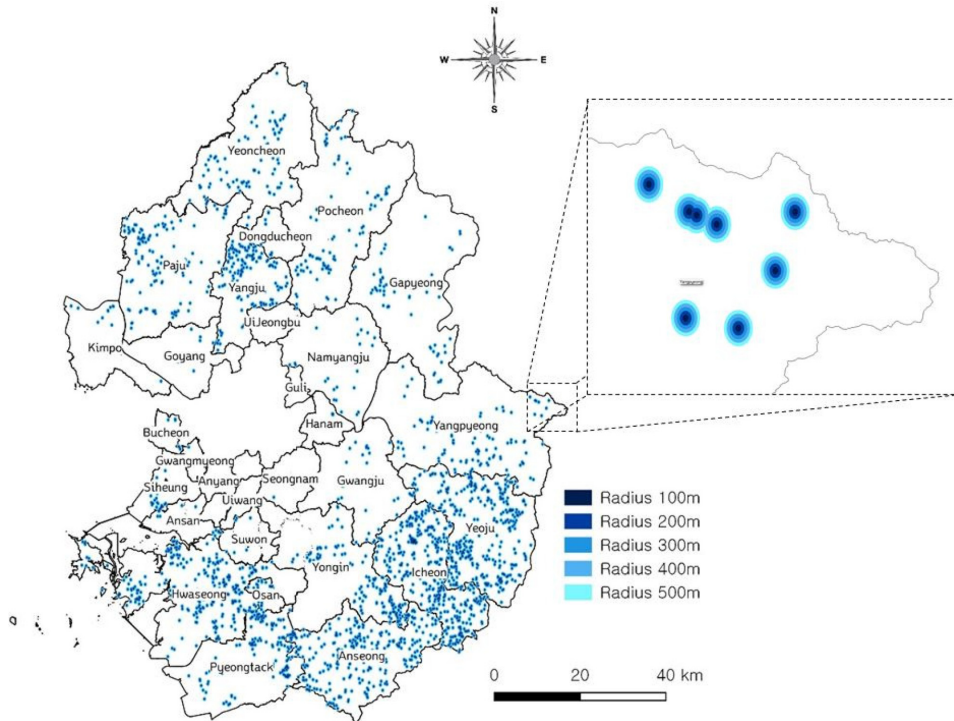


Fig. 1. Agricultural groundwater well and impact range in Gyeonggi-do

Table 1. Number of points within groundwater impact area (unit: EA)

	Total	Number of points within groundwater impact area				
		center-100 m	100-200 m	200-300 m	300-400 m	400-500 m
Factory	6,811	24	68	131	159	207
Recycling Business	1,551	14	29	60	78	78
Bus depot	149	1	2	6	14	11
Auto mechanic	6,013	31	79	129	162	172
Gas station	2,409	20	41	60	100	102

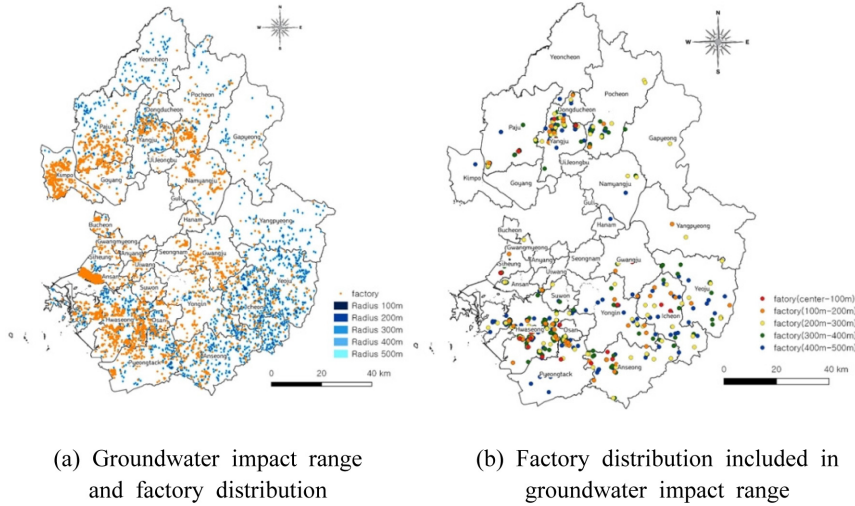


Fig. 2. Distribution of factory in Gyeonggi-do

있는 만큼 사전오염예방이 중요한 지역이다. 2011~2018년 경기도 전 지역 토양오염실태조사 결과에서 초과한 업종은 비금속광물 제조업, 가공금속제품 제조업, 기타화학 제품제조업 등이 해당한다. 경기도 공장등록현황(경기데이터드림, 2019) 69,862개 중 6,811개가 해당되었으며, 경·위도 좌표를 이용하여 Fig. 2(a)와 같이 나타내었다. Fig. 1의 농업용지하수 공공관정의 반경 100~500 m 지점을 오버랩하여 거리별 반경에 해당하는 지점을 Fig. 2(b)와 같이 나타내었다. 빨간색으로 나타낸 지점은 관정으로부터 100 m 반경에 들어오는 24개 오염원의 분포이고 주황색은 100 m에서 200 m 반경 사이에 들어오는 68 개 지점을 표시한 것이다. 이어 200 m에서 300 m 사이에 131개 지점, 300 m에서 400 m 사이에 159 개 지점, 400 m에서 500 m 사이에 207개 지점이 분포되는 것으로 분석되어 총 589개 공장이 지하수공공관정 반경 500 m 내에 분포하는 것으로 확인되었다. 동일한 반경 내에 존재하는 공장의 경우에는 공장등록일이 오래된 공장부터 노후화에 따른 오염이 우려되므로 우선순위를 정할 수 있을 것으로 판단된다.

**2. 원광석·고철 등의 보관·사용지역과 폐기물 처리 및 재활용 관련지역**

원광석·고철 등의 보관·사용지역과 폐기물 처리 및 재활용 관련지역은 일반적인 제조용 원료를 취급하는 것이 아닌 다양한 배출원에서 발생한 고철, 고

물 등의 폐기물을 야적, 하역, 상차 및 해체작업에 의해 비산먼지, 침출수 및 배출가스가 발생하는 오염원으로 고물상과 폐기물재활용업이 해당된다. 본 연구에서는 이들 분류를 구분없이 경기데이터드림에서 제공하는 폐기물처리업체현황 자료를 활용하여 우선관리지점을 선정하였다. 경기데이터드림에서 제공하는 폐기물처리업 1,551개소 현황을 경·위도 좌표를 이용하여 Fig. 3(a)와 같이 나타내었고, 지하수영향 범위에 해당하는 259개소를 관정을 중심으로 반경거리를 나누어 Fig. 3(b)와 같이 나타내었다.

관정을 중심으로 100 m 이내에 14개소가 분포해 있으며, 100 m에서 200 m 사이에 29개소가 분포해 있는 것으로 확인되었다. 200 m에서 300 m 반경 내에는 60개소가 분포하며, 300 m에서 400 m 반경 내에 78개소가 확인되며, 400 m에서 500 m 반경 내에 78개소가 분포되어 있는 것으로 분석되었다.

**3. 교통관련시설지역**

교통관련시설은 자동차 해체재활용업소, 정비소 및 주차장, 차고지, 조선소, 선박 정비창 등의 선박관련 시설부지와 영향권 지역과 비행기 정비시설 등 항공 관련 시설부지와 영향권 지역을 대상으로 하고 있다. 이와 같은 오염원은 수리 또는 구조변경 중 발생할 수 있는 폐유류 및 용매와 지하에 저장된 유류저장고의 노후화로 인해 토양오염을 일으키게 된다.

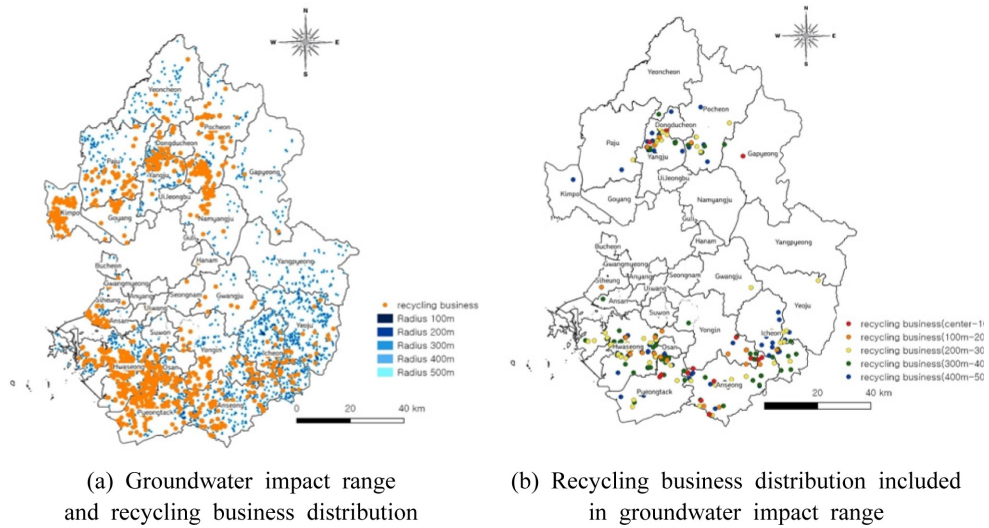


Fig. 3. Distribution of recycling business in Gyeonggi-do

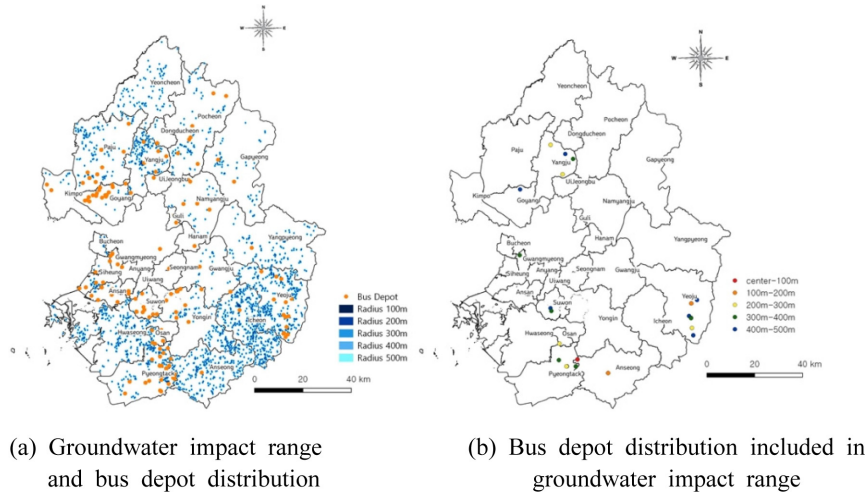


Fig. 4. Distribution of bus depot in Gyeonggi-do

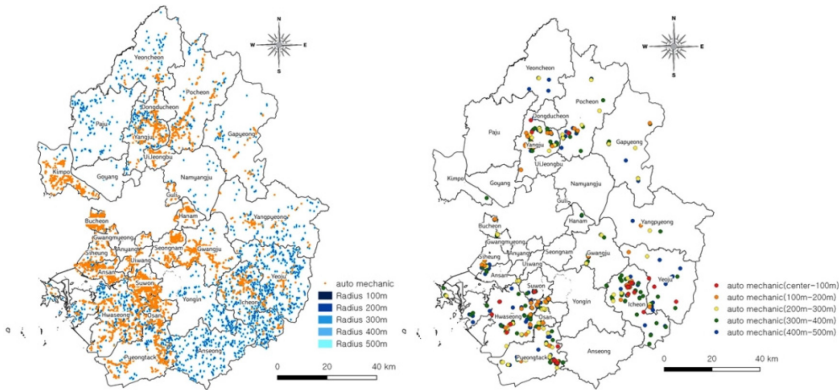
### 3.1. 버스차고지

버스차고지는 시내버스 차고지로 버스의 정비, 세차, 주유가 함께 이루어지는 곳으로 제대로 관리되지 않을 경우 토양오염을 유발할 가능성이 매우 높다고 할 수 있다. 경기데이터트림에서 제공하는 경기도내 버스차고지 149개소 현황을 경·위도 좌표를 이용하여 Fig. 4(a)와 같이 나타내었고, 지하수 영향 범위에 해당하는 34개소를 관정을 중심으로 반경거리를 나누어 Fig. 4(b)와 같이 나타내었다. 관정을 중심으로 100 m 이내에 1개소가 분포해 있으며, 100

m에서 200 m 사이에 2개소가 분포해 있는 것으로 확인되었다. 200 m에서 300 m 반경 내에는 6개소가 분포하며, 300 m에서 400 m 반경 내에 14개소가 확인되며, 400 m에서 500 m 반경 내에 11개소가 분포되어 있는 것으로 분석되었다.

### 3.2. 자동차정비업소

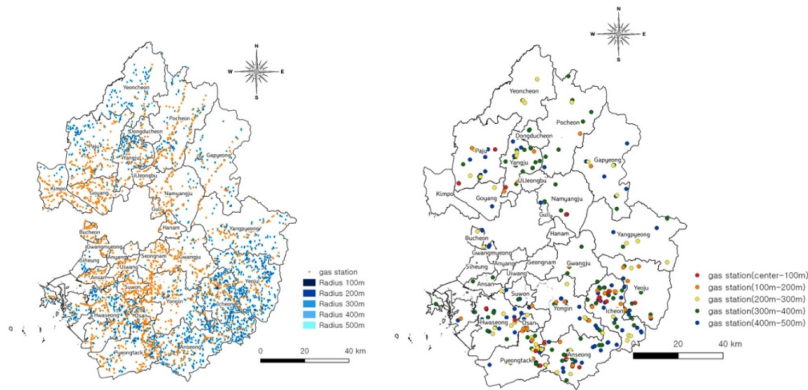
자동차정비업소는 공공데이터로 제공된 25개 지자체를 대상으로 하였으며, 자동차정비업소는 총 6,013 개소로 Fig. 5(a)와 같이 지도화 한 후 지하수 영향



(a) Groundwater impact range and auto mechanic distribution

(b) Auto mechanic distribution included in groundwater impact range

Fig. 5. Distribution of auto mechanic in Gyeonggi-do



(a) Groundwater impact range and gas station distribution

(b) Gas station distribution included in groundwater impact range

Fig. 6. Distribution of gas station in Gyeonggi-do

범위에 해당되는 자동차정비업소를 Fig. 5(b)와 같이 나타내었다. 영향범위에 해당되는 자동차정비업소는 총 573개소로 관정을 중심으로 100 m 이내에 31개소가 분포해 있으며, 100 m에서 200 m 사이에 79개소가 분포해 있는 것으로 확인되었다. 200 m에서 300 m 반경 내에는 129개소가 분포하며, 300 m에서 400 m 반경 내에 162개소가 확인되며, 400 m에서 500 m 반경 내에 172개소가 분포되어 있는 것으로 분석되었다.

### 3.3. 주유소

경기도 31개 지자체에 위치한 주유소 2,409개소 현황을 Fig. 6(a)와 같이 지도화 한 후 지하수 영향 범위에 해당되는 주유소를 Fig. 6(b)와 같이 나타내었다. 영향범위에 해당되는 주유소는 총 323개소로 관정을 중심으로 100 m 이내에 20개소가 분포해 있으며, 100 m에서 200 m 사이에 41개소가 분포해 있는 것으로 확인되었다. 200 m에서 300 m 반경 내에는 60개소가 분포하며, 300 m에서 400 m 반경 내에

100개소가 확인되며, 400 m에서 500 m 반경 내에 102개소가 분포되어 있는 것으로 분석되었다.

#### IV. 고 찰

토양은 오염물질이 유입되었을 때 스스로 자정하는 능력을 갖고 있지만 능력을 초과할 경우 광범위하게 오염 확산이 일어나게 된다.<sup>15)</sup> 특히 우리나라는 2/3 정도가 오염물질에 대한 완충능력이 약한 화강암계 토양으로 이루어져 있어 오염물질이 유입될 경우 지하 지질을 통해 지하수의 오염이 쉽게 일어나게 된다.<sup>2)</sup> 또한 오염된 토양에서 식물이 성장할 경우 식물은 토양으로부터 여러 성분을 흡수하므로 식물로부터 먹이사슬의 고층부로 이동하여 독성 농축의 우려가 있다.<sup>16)</sup> 지하수내에서 오염물질의 이동 및 농도변화는 분산과 이산에 의해 좌우된다. 지하수 흐름이 멈춰 있거나 속도가 아주 느릴 때는 확산이 우세하나 흐르는 대부분의 지하수에서 오염물질은 주로 역학적 분산에 의하여 퍼지게 되고 확산은 무시해도 된다.<sup>17)</sup> 본 연구는 관정을 중심으로 거리별 지하수 영향 범위를 설정하였고 관정과 가까울수록 중점관리가 필요하다고 설명하였는데 관정을 통해 물이 양수되었을 때 관정주변으로 지하수의 흐름이 생기기 때문에 관정과 가까운 곳에 오염물질이 있을 경우 관정으로 쉽게 오염물질이 분산될 수 있다. 또한 Lee et al.(2013)<sup>18)</sup>의 연구결과에 따르면 지하수를 양수정에서 양수하였을 때 일시적으로 관측점에서 농도가 낮아지다 다시 서서히 증가하는 현상을 보임으로써 지하수 내 오염물질의 농도는 평균적이지 않으며, 흐름이 생겼을 때 오염물질의 이동이 발생한다는 것을 알 수 있다.

대기, 수질 오염에 비해 토양은 오염을 인지하기까지 긴 시간이 소요되므로 신속한 대처가 어렵고 오염된 토양에 대한 사람들의 복구의지가 부족한 편이다. 하지만 토양 오염은 수생태계 특히 지하수에 미치는 영향이 크므로 오염된 토양의 실태를 파악하고 복원하는 것은 매우 중요하다. 이를 위해 토양오염우려기준을 초과한 지점들이 지하수분포지역에 위치해 있는지 파악해야 할 필요성이 있지만 아직까지 토양과 지하수의 통합적인 관리가 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 환경부에서는 토양과 지하수의 통합관리를 위해서 특정토양오염 관리대상시설과 지하

수오염유발시설을 연계관리하고 오염원 통합조사 및 평가, 정보화 시스템의 통합 운영체계를 구축하는 방향으로 나아가려 하고 있다.<sup>19)</sup> 이러한 일환으로 토양오염실태조사도 본 연구의 결과처럼 지하수관정에서 반경 100 m 지점에 위치한 각 분류의 오염원을 우선적으로 조사하고 추후 영향범위를 확대해 나간다면 지하수 사전오염예방과 토양·지하수 통합관리가 함께 이루어질 것으로 판단된다.

다만 본 연구에서는 공공데이터로 제공된 농업용 지하수관정 위치데이터만 활용하여 중점관리지점을 선정했지만 추후 모든 지하수개발관정 공간정보를 활용하여 지점선정을 한다면 체계적인 실태조사가 이루어질 것이다. 이를 위해 지하수 미등록 관정에 대한 전수조사 및 정확한 위치정보 확보가 필요할 것으로 판단된다.

지하수의 근접한 오염원이라 할지라도 준공연도에 따른 시설 노후화 정도, 화학물질 취급량, 종류 등에 따라 영향을 미치는 정도가 다르므로 이에 대한 고려와 지하수위 심도, 지하수 함양량, 대수층 매질, 토양 매질, 비포화대 매질, 수리전도도 등을 고려하지 못한 한계점이 있으므로 이에 대한 고려도 추후 이루어져야 할 것으로 판단된다.

#### V. 결 론

본 연구에서는 QGIS를 이용하여 지하수의 위치를 고려한 토양오염원의 중점관리 지점을 선정하였으며 산업단지 및 공장지역, 원광석·고철 등의 보관·사용지역과 폐기물 처리 및 재활용 관련지역, 교통관련 시설지역을 대상으로 하였다. 산업단지 및 공장지역은 토양에 영향을 미칠 수 있는 오염원 6,811개소 중 지하수 영향범위에 해당하는 589개소를 중점관리지점으로 선정했으며 원광석·고철 등의 보관·사용지역과 폐기물 처리 및 재활용 관련지역은 1,551개소 오염원 중 259개소를 선정하였다.

교통관련시설은 크게 버스차고지, 자동차정비업, 주유소로 버스차고지는 149개소 중 34개소, 자동차정비업은 6,013개소 중 573개소, 주유소 2,409개 323개소로 지하수 영향 범위를 고려하여 중점관리지점으로 선정되었다.

위 결과를 바탕으로 향후 토양오염실태조사지점 선정 시 지하수 관정을 중심으로 반경 100 m 이내

에 포함되는 오염원을 우선적 조사할 것을 제안하며 점차적으로 반경을 넓혀가며 조사지점 선정할 필요가 있다고 판단한다.

## 감사의 글

본 연구는 국립환경과학원의 시도보건환경연구원 국고보조사사업의 일환으로 진행되었으며, 이에 깊은 감사를 드립니다.

## References

1. Ministry of Land Infrastructure and Transportation. Annual report of groundwater survey. 2016.
2. Lee MH. Soil and groundwater pollution is approaching (current and future prospects of soil and groundwater pollution). *Korea Environmental Preservation Association*. 2000; 22: 8-16.
3. Korea Environment Institute. Program of the maintenance and the remediation for soil contaminated sites, Final Report. 2003.
4. Ministry of Environment. General soil investigation for abandoned heavy metal mines in Korea, Annual Report. 2007.
5. Ministry of Environment. Assessment of soil and groundwater pollution for industrial complex in Korea, Annual Report. 2012.
6. Kim JY, Bae YS, Park JH, Son YG, Oh JG. Mapping soil contamination using QGIS. *J Environ Health Sci*. 2019; 45(5): 487-496.
7. Lee JH, Bae IS, Ha KT, You SS, Han KM, E SM, J K, Lee JS, Koo JY. A study on the distribution map construction of asbestos buildings owned by seoul using QGIS. *J Korean Society of Environmental Engineers*. 2016; 38(9): 528-533.
8. Kim JH, Kim KT. Analysis of soil erosion hazard zone using GIS. *J Korean Association of Geographic Information Studies*. 2003; 6(2): 22-32.
9. Wang J, Yan JJ. Research on the calculation of coverage rate of bus stop based on GIS. *The national academies of sciences engineering medicine*. 2017; 2: 13-20.
10. Ministry of Environment. Soil contamination Investigation Guidelines. 2017.
11. GyeongGi-Do. Gyeonggi Data Dream. 2018; <http://data.gg.go.kr>
12. Korea Rural Community Corporation. Rural groundwater Net. 2019. <https://www.groundwater.or.kr>
13. QGIS (2.18.28). <https://www.qgis.org/ko/site>
14. Ministry of Environment. National groundwater information center. Groundwater impact assessment. 2019. <http://www.gims.go.kr>
15. Ki SJ, Kim KH, Lee HG, Shin KH. Review of soil vulnerability assessment tools in Korea and other developed countries. *Korean Society of Environmental Engineers*. 2017; 39(12): 741-749.
16. Peralta-Videa JR, Lopez ML, Narayan M, Saupé G, Gardea-Torresdey J. The biochemistry of environmental heavy metal uptake by plant: implications for the food chain. *The international journal of biochemistry & cell biology*. 2009; 41(8-9): 1665-1667.
17. Korea Environment Corporation. Groundwater contamination management and clean-up technique. 2014.
18. Lee JY, Kwon HP, Jun SC, Cheon JY. Simultaneous evaluation of distribution characteristics of hydraulic parameters and groundwater contaminants estimated by a short-term pumping. *J. Geo. Soc. Korea*. 2013; 49(2): 275-287.
19. Hong JH. Significance and impact of the expert forum for soil and groundwater areas proposed policy direction. Soil and Groundwater special session, Korean Society of Soil and Groundwater Environment 2019 Fall Meeting.

### <저자정보>

손영급(환경연구사), 김지영(환경연구사), 박진호(환경연구사), 임홍빈(환경연구관), 김종수(환경연구관)