

토양정화검증 보고서

(부산광역시 영도구 봉래동 5가 3)

((주)한진중공업 내 배관선별장)

2021. 03.

신라대학교 산학협력단 토양분석센터

토양정화검증 결과보고서

검 증 명	부산광역시 영도구 봉래동 5가 3 (주)한진중공업 내 배관선별장 토양정화검증 결과보고서			
검증내용	부산광역시 영도구 봉래동 5가 3 (주)한진중공업 내 배관선별장 토양정화공사 검증을 위해 자료 및 정화과정을 검토하고, 부지 내 토양시료 및 반입정화시설의 토양시료를 채취·분석하여 오염농도를 확인 정화목표까지 정화가 이루어졌는가를 검증함.			
검증기간	2020년 12월 01일 ~ 2021년 03월 23일			
수행업체	업체명	신라대학교 산학협력단 토양분석센터	대표자	손 창 식
	주 소	부산광역시 사상구 백양대로 700번길 140 신라대학교 내		
	전 화	Tel) 051-999-5983 Fax) 051-999-6983		
<p>첨부와 같은 내용으로 토양정화검증 결과보고서를 제출하오며, 본 보고서는 사실과 틀림이 없음을 확인합니다.</p> <p>2021년 03월 23일</p> <p>신라대학교 산학협력단 토양분석센터장</p> <p>부 산 광 역 시 영 도 구 청 장 귀 중 (주) 한 진 중 공 업 대 표 이 사 귀 중</p>				

참 여 인 원

성 명	업 무 내 용	학위 및 자격사항
하상안	센터장	공학박사
김명숙	품질책임자	공학박사 토양/수질환경기사
김동준	기술책임자	공학석사 토양/대기환경기사
박성희	선임연구원	공학석사 토양/대기환경기사
신 연	선임연구원	공학사 대기환경기사
정진경	연구원	공학석사 토양환경기사
김민지	연구원	공학석사 토양환경기사
이규태	연구원	공학사

목 차

1. 서 론	1
1.1 개요	1
1.2 정화검증의 목적	1
1.3 정화검증의 범위	2
2. 기본현황조사	3
2.1 정화대상부지의 현황	3
2.2 토양정화방법	5
2.2.1 토양세척법(Soil Washing)	5
2.3 관계법령 검토(토양환경보전법)	7
3. 조사수행방법	17
3.1 토양시료채취방법	17
3.2 토양시료분석방법	19
3.3 정도관리	20
4. 토양정화검증	21
4.1 토양정화검증절차	21
4.2 현장조사내역	22
4.3 토양정화 세부검증방법	23
4.3.1 굴착작업확인	24
4.3.2 굴착검증 및 완료검증	25
4.4 검증결과	28
4.4.1 굴착검증 결과	28
4.4.2 완료검증 결과	29

5. 종합 의견	32
----------------	----

6. 부 록

- 6.1 사진대장
- 6.2 오염토 입고현황
- 6.3 오염토 정화처리현황
 - 6.3.1 폐기물 처리현황
 - 6.3.2 세척자갈 및 큰돌 반출현황
 - 6.3.3 정화토 반출현황
- 6.4 정화토 최종처분
- 6.5 토양오염도검사결과 성적서
- 6.6 토양정화 검증서

<표목차>

[Table 1] 토양정화 검증항목	2
[Table 2] 대상 부지현황	3
[Table 3] 토양세척법 영향인자	5
[Table 4] 중금속 시료의 전처리 방법 및 분석조건	19
[Table 5] 정도관리방법	20
[Table 6] 토양정화검증 시료채취 수량	22
[Table 7] 토양정화 세부검증방법	23
[Table 8] 오염면적에 따른 시료채취 지점수	27
[Table 9] 굴착검증 분석결과	28
[Table 10] 완료검증 분석결과(부지 내)	29
[Table 11] 완료검증 분석결과(반입정화시설)	29
[Table 12] 토양오염우려기준과 대책기준	31

<그림목차>

[Fig. 1] 정화대상부지 오염분포도	4
[Fig. 2] 토양세척법 운영절차	6
[Fig. 3] 토양시료채취방법	17
[Fig. 4] 토양시료채취 순서도	18
[Fig. 5] 토양정화검증 행정절차	21
[Fig. 6] 굴착작업 및 굴착확인	24
[Fig. 7] 시료채취 지점 위치도(굴착검증)	25
[Fig. 8] 굴착검증 및 완료검증 시료채취 사진	26
[Fig. 9] 퇴메움토양 시험성적서	30

1. 서론

1.1 개요

1.2 정확검증의 목적

1.3 정확검증의 범위

1. 서론

1.1 개요

부산광역시 영도구 봉래동 5가 3 (주)한진중공업 영도조선소는 2019년 05월 03일에 실시한 부산광역시 토양오염실태조사 조사결과(분석기관 : 부산광역시 보건환경연구원) Pb 901.9mg/kg, Zn 2,749.1mg/kg으로 토양오염우려기준(3지역)을 초과하여, 2020년 02월 신라대학교 산학협력단 토양분석센터(이하 본 센터)에서 정밀조사를 실시하였다. 조사결과 오염물질은 아연(Zn)이며, 최고오염농도 Zn 3,738.5mg/kg, 오염깊이 GL~1.0m로 조사되었다.

토양정화업체는 (주)에니스환경건설, 정화공법은 토양세척법을 적용하여 2020년 12월 01일 ~ 2021년 03월 18일까지 오염토양 정화공사를 실시하였다.

토양정화검증은 대상부지에 대한 자료조사 및 정화진행상황 등을 근거하여 오염토양 굴착작업의 적정 진행여부를 확인하는 굴착검증 바닥면 7점, 사면 4점, 굴착 후 퇴매움 한 토양의 완료검증 5점, 반입저장시설 정화토 완료검증 5점, 총 21점의 시료를 오염성분에 대한 정량분석을 실시하여 그 결과를 토대로 토양 정화 정도를 파악하고 기준이상의 오염토양이 잔존하는지 유무를 확인, 오염토양이 목표기준 이하로 적절하게 정화처리가 완료되었는가를 검증하였다.

1.2 정화검증의 목적

본 정화검증의 목적은 오염원인자가 오염토양을 정화하기 위하여 토양정화업자에게 위탁하는 경우에 토양정화업자가 수행하는 토양정화공사에 대하여 토양환경보전법 제15조6(토양정화의 검증)의 규정에 의하여 토양정화업자가 오염토양의 정화를 위한 관련법규의 준수 여부와 정화목표치 미만으로 최종 처리하였는지 여부를 판정하는데 있다.

1.3 정화검증의 범위

본 부지의 오염토량은 140.91m³로 과정검증 단계를 생략하고 완료검증을 시행한다.

본 부지의 완료검증 범위는 정밀조사결과 산출된 오염범위 및 현장상황을 고려하여 정한다. 시료채취 깊이는 조사결과 및 정화진행사항을 고려하여 오염이 확인된 깊이 이상 채취한다. 단 불투수층의 지역은 그 상부까지로 한다. 그 밖의 일반적인 사항은 토양환경보전법 제15조6(토양정화의 검증)과 토양정화 검증방법에 관한 고시(환경부고시 제2016-262호, 2016.12.30)에서 정하는 바에 따라 한다.

[Table 1] 토양정화 검증항목

검증항목	세부검증항목 및 방법
오염도 분석	<ul style="list-style-type: none"> · 과정검증 : 정화토양 채취·분석을 통한 오염도 저감정도 확인 · 완료검증 : 정화 완료시 시료채취·분석을 통한 오염도의 정화 목표치 달성
환경관리	<ul style="list-style-type: none"> · 폐기물의 적정 처리 여부 판정
굴착작업	<ul style="list-style-type: none"> · 현장 확인을 통한 오염토양의 적정 굴착 여부 판정 · 자료검토 및 육안검사를 통해 오염토양과 비오염토양의 적정 분류 여부 판정 · 육안검사를 통해 오염토양이 적정하게 야적·보관·이송되는지 여부 판정
정화토양의 처분	<ul style="list-style-type: none"> · 자료검토 및 현장확인을 통하여 정화된 토양의 적정 처분 판정

2. 기본현황조사

2.1 정화대상부지의 현황

2.2 토양정화방법

2.2.1 토양세척법(Soil Washing)

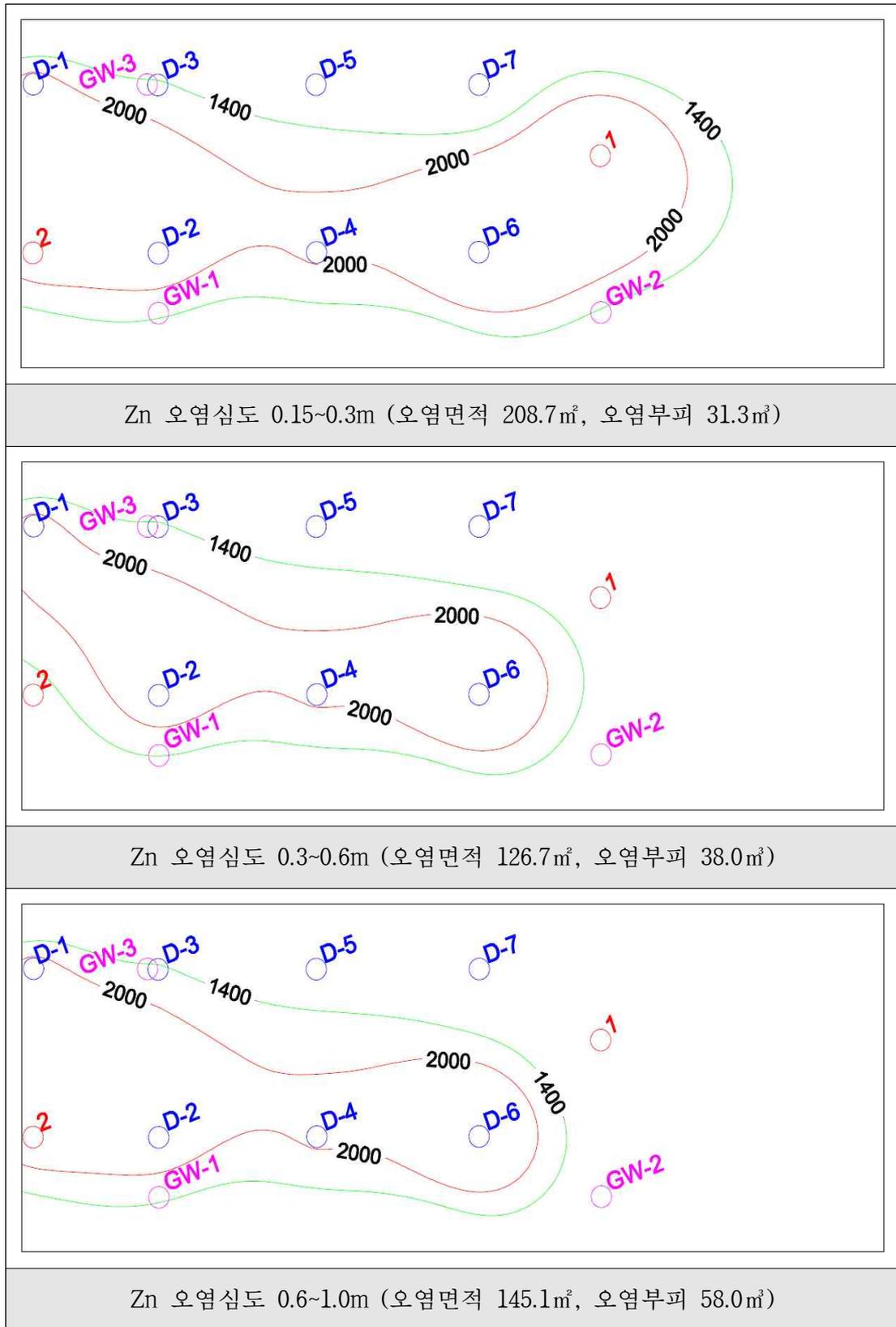
2.3 관계법령 검토(토양환경보전법)

2. 기본현황조사

2.1 정화대상부지의 현황

[Table 2] 대상 부지현황

정화대상지역	부산광역시 영도구 봉래동 5가 3 (주)한진중공업 내 배관선별장
정 화 장 소	경상북도 영천시 북안면 유하큰길 43
토양정화업체	(주)에니스환경건설
적 용 공 법	현장 외 처리(Off-Site) : 반입정화시설(토양세척법)
최고오염농도	Zn 3,738.5mg/kg
오 염 면 적	208.7㎡
오 염 토 량	127.3㎥ → 140.91㎥ (추가굴착으로 오염토량 증가)
정 화 목 표	토양오염우려기준 3지역 이하 (Zn 2,000mg/kg)
정 화 기 간	2020년 12월 01일 ~ 2021년 03월 18일
검 증 기 관	신라대학교 산학협력단 토양분석센터



[Fig. 1] 정화대상부지 오염분포도(정밀조사보고서)

2.2 토양정화방법

2.2.1 토양세척법(Soil Washing)

토양세척법은 적절한 세척제를 사용하여 토양입자에 결합되어 있는 유해 오염물질의 표면장력을 약화시키거나 중금속을 액상으로 변화시켜 토양입자로부터 유해 유기오염물질 및 중금속을 분리시켜 처리하는 기법으로써, 적용방식에 따라 in-situ 토양세척법과 ex-situ 토양세척법으로 대별할 수 있다.

토양세척법에 이용되는 세척제는 오염물질을 토양으로부터 분리·용해시키는 역할을 하는 물질로서, 계면의 자유에너지를 낮출 뿐만 아니라 계면의 성질을 현격히 변화시키며 물에 대해 용해성이 적은 물질을 열역학적으로 안정한 상태로 용해시킬 수 있는 중요한 화학물질이다.

토양세척법의 주 정화대상 오염물질은 준휘발성 유기화합물질, 유류계 오염물질과 중금속 등이다. 특히 고농도의 유류오염 및 중금속 오염인 경우 오염저감이 효과적이다. 또한 휘발성 유기화합물질과 살충제에도 적용될 수 있다. 금속을 회수할 수도 있으며, 광범위한 유기 및 무기오염 물질을 제거할 수 있다.

제약조건으로는 세척 유출수로부터 미세 토양입자(silt나 clay)를 분리해 내기 위해서는 응집제를 첨가해 주어야 할 경우도 있다

[Table 3] 토양세척법 영향인자

토양세척법 영향인자	오염물질 특성	세척제 특성
1. 입도분포 및 점토함량	1. 농도(입도별 농도분포)	1. 종류
2. 유기물 함량	2. 용해도	2. 농도
3. 완충능력	3. 흡착성(분배계수)	3. 생분해성
4. 양이온 교환능력	4. 증기압	4. 독성
5. pH	5. 점도	

토양세척 공정은 1단계 물리적 처리공정과 2단계 화학적 세척공정으로 나누어진 다. 물리적처리 공정은 대상부지에 혼재되어 있는 골재와 선별 세척하는 과정이며, 세척공정은 2.0~0.75mm 입경의 토양에 대하여 약품을 이용한 화학세척방식을 통해 토양 내 중금속을 정화하는 과정이다. 1단계 물리적처리 공정과 2단계 화학세척 공정을 거친 세척수는 중화조를 거쳐 조정조로 보내어 수처리 공정을 거친다. 세척폐수는 고분자응집제와 함께 침전조로 보내어 침전이 되도록 한다. 침전조에서 침전된 슬러지는 농축조로 이송하여 필터프레스를 통해 슬러지케이크 상태로 배출시킨 다.

토양세척 설비를 거쳐 배출된 슬러지케이크는 일반폐기물로 위탁처리하며, 기타 모든 발생폐기물은 ‘폐기물관리법’에서 규정하고 있는 폐기물 성상별 처리절차에 의해 적법하게 처리한다.

세척공정을 마친 오염토양은 모니터링 과정을 거쳐 정화목표 이내로 오염이 저감되었는지를 확인하여, 분석결과가 정화목표 미만으로 저감되었으면 정화검증을 실시한다. 정화검증을 마친 정화완료 토양은 정화목표에 적법한 반출지로 직접 운반하여 공사계획에 따라 사용한다.



[Fig. 2] 토양세척법 운영절차

2.3 관계법령 검토(토양환경보전법)

토양환경보전법 제15조의3(오염토양의 정화)

① 오염토양은 대통령령으로 정하는 정화기준 및 정화방법에 따라 정화하여야 한다.

② 오염토양은 토양정화업자(제3항 단서에 따라 오염토양을 반출하여 정화하는 경우에는 제23조의7제1항에 따라 반입하여 정화하는 시설을 등록한 토양정화업자를 말한다)에게 위탁하여 정화하여야 한다. 다만, 유기용제류에 의한 오염토양 등 대통령령으로 정하는 종류와 규모에 해당하는 오염토양은 정화책임자가 직접 정화할 수 있다. <개정 2014.3.24.>

③ 오염토양을 정화할 때에는 오염이 발생한 해당 부지에서 정화하여야 한다. 다만, 부지의 협소 등 환경부령으로 정하는 불가피한 사유로 그 부지에서 오염토양의 정화가 곤란한 경우에는 토양정화업자가 보유한 시설(제23조의7제1항에 따라 오염토양을 반입하여 정화하기 위하여 등록한 시설을 말한다)로 환경부령이 정하는 바에 따라 반출하여 정화할 수 있다.

④ 제3항 단서에 따라 오염토양을 반출하여 정화하는 자는 환경부령으로 정하는 바에 따라 오염토양정화계획서를 관할 특별자치시장·특별자치도지사·시장·군수·구청장에게 제출하여 적정통보를 받아야 한다. 제5항에 따라 적정통보를 받은 오염토양반출정화계획 중 환경부령으로 정하는 중요 사항을 변경하려는 때에도 또한 같다. <개정 2012.6.1., 2017.11.28.>

⑤ 특별자치시장·특별자치도지사·시장·군수·구청장은 제4항에 따라 제출된 오염토양반출정화계획서를 다음 각 호의 사항에 관하여 검토한 후 그 적정 여부를 오염토양반출정화계획서를 제출한 자에게 통보하여야 한다. <개정 2012.6.1., 2017.11.28.>

1. 제3항 단서에 따라 반출하여 정화할 수 있는 오염토양에 해당하는지 여부
2. 오염토양의 반출·정화 계획이 적정한지 여부

⑥ 제5항에 따라 적정통보를 받은 자는 오염토양을 반출·운반·정화 또는 사용(정화된 토양을 최초로 사용하는 것을 말한다. 이하 같다)할 때마다 토양 인수인계서를 제9항에 따른 오염토양 정보시스템에 입력하여야 한다. <신설 2012.6.1.,

2017.11.28.>

⑦ 오염토양을 정화하는 자는 다음 각 호의 행위를 하여서는 아니 된다. <신설 2012.6.1.>

- 1. 오염토양에 다른 토양을 섞어서 오염농도를 낮추는 행위
- 2. 제3항 단서에 따라 오염토양을 반출하여 정화하는 경우 제23조의7제1항에 따라 등록된 시설의 용량을 초과하여 오염토양을 보관하는 행위

⑧ 제6항에 따른 토양 인수인계서의 작성방법, 작성시기 및 토양인계시기 등 필요한 사항은 환경부령으로 정한다. <신설 2012.6.1., 2017.11.28.>

⑨ 환경부장관은 오염토양의 반출·운반·정화 또는 사용 과정을 전산처리할 수 있는 오염토양 정보시스템을 설치·운영하여야 한다. <신설 2012.6.1., 2017.11.28.>
[전문개정 2011.4.5.]

토양환경보전법 시행령 제10조(오염토양의 정화기준 및 정화방법)

① 법 제15조의3제1항의 규정에 의한 오염토양의 정화기준은 법 제4조의2의 규정에 의한 토양오염우려기준으로 한다. <신설 2005.6.30.>

② 법 제15조의3제1항의 규정에 의한 오염토양의 정화방법은 다음 각 호와 같다.
<개정 2005.6.30., 2011.9.30.>

- 1. 미생물이나 식물을 이용한 오염물질의 분해·흡수 등 생물학적 처리
- 2. 오염물질의 차단·분리추출·세척처리 등 물리·화학적 처리
- 3. 오염물질의 소각·분해 등 열적 처리

③ 제2항 각호의 규정에 의한 정화방법의 세부적인 사항은 환경부장관이 정하여 고시한다. <개정 2005.6.30.>

[전문개정 2001.12.19.] [제목개정 2005.6.30.]

토양환경보전법 시행령 제11조(정화책임자에 의한 직접 정화)

다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 오염토양에 대하여는 법 제15조의3제2항 단서에 따라 정화책임자가 법 제23조의7제1항에 따른 토양정화업 등록을 한 자(이하 “토양정화업자”라 한다)에게 위탁하지 아니하고 직접 정화할 수 있다. <개정 2015.3.24.>

1. 「국방·군사시설 사업에 관한 법률」에 의한 군부대시설안의 오염토양 또는 군사활동으로 인한 오염토양으로서 그 양이 50세제곱미터 미만인 것

2. 유기용제 또는 유류에 의한 오염토양으로서 그 양이 5세제곱미터 미만인 것

[본조신설 2005.6.30.] [제목개정 2015.3.24.]

토양환경보전법 시행령 제11조의3(정화과정 검증의 생략)

법 제15조의6제1항 단서의 규정에 의하여 오염토양의 양이 1,000세제곱미터 미만 [중금속에 의한 오염토양중 토양오염도가 법 제16조의 규정에 의한 토양오염대책기준(이하 “대책기준“이라 한다)을 초과하는 것으로서 500세제곱미터 이상인 것을 제외한다]인 경우에는 정화과정에 대한 검증을 생략할 수 있다.

[본조신설 2005. 6. 30.] [제11조의2에서 이동 <2011. 9. 30.>]

토양환경보전법 시행규칙 제19조(반출정화대상)

다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 법 제15조의3제3항 단서에 따라 오염토양(토양오염도가 제1조의5에 따른 토양오염우려기준을 넘는 토양을 말한다. 이하 같다)을 반출하여 정화할 수 있다. <개정 2009.6.25., 2013.5.31., 2015.3.24., 2018.11.27.>

1. 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」에 의한 도시지역안의 건설공사 현장 등 환경부장관이 정하여 고시하는 경우

2. 토양오염물질 운송차량의 전복 등 긴급한 사고로 인한 오염토양으로서 즉시 처리하여야 하는 경우

3. 오염토양의 양이 5세제곱미터 미만으로서 현장에서 정화하는 때에는 정화효율이 현저하게 저하되는 경우

4. 영 제5조의2제2항, 제8조의3제2항 또는 제9조의2제1항에 따라 오염토양의 정화 조치명령을 받은 자가 오염토양 정화공사를 시행하였으나 오염물질의 종류, 오염정도 및 기술적 한계 등으로 최초 조치명령기간 내에 이를 완료하지 못한 경우로서 법 제15조의6제1항 본문에 따른 토양오염조사기관의 정화과정 검증결과 반출하여 정화할 필요가 있다고 인정한 경우. 다만, 법 제15조의6제1항 단서에 따라 정화과정에 대한 검증을 생략할 수 있는 경우에는 최초 조치명령기간 내에 본문에 따른

이유로 이를 이행하지 못하면 별도의 검증절차 없이 반출하여 정화할 수 있다.

5. 토양오염이 발생한 부지가 같은 시·군·구 내에 흩어져 있는 경우로서 오염 부지의 소유자 또는 정화책임자가 같고 각각의 오염부지에 토양정화시설을 모두 설치하기 곤란하여 토양정화업자가 오염부지 중 어느 한 곳에 설치한 시설을 이용하여 한꺼번에 정화하는 경우(정화 대상 오염토양 전부를 하나의 토양정화업자에게 위탁한 경우만 해당한다)

6. 오염토양을 연구목적으로 이용하려는 경우로서 국립환경과학원장의 의견을 들어 환경부장관이 승인한 경우 [전문개정 2005.6.30.]

환경부고시 제2016-260호 제3조(오염토양의 반출정화대상)

반출정화대상 오염토양은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우를 말한다.
<개정 2013.3.19., 2013.11.19.>

1. 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제6조제1호에 따른 도시지역안의 건설 공사 과정에서 발견되어 부지 안에서의 정화가 곤란한 오염토양
2. 비소, 폴리크롤리네이티드비페닐, 유기인화합물, 병커 시유(C중유) 및 윤활유로 오염되어 열적처리방법으로 처리하여야 하는 오염토양
3. 오염토양을 정화할 수 있는 부지면적(여러 부지의 면적을 합산한 면적이 아닌 단일 부지 면적을 말함)이 300제곱미터 미만으로 협소하여 부지 안에서의 정화가 곤란한 오염토양
4. 다음 각 목의 어느 한 지역에서 발생된 오염토양
 - 가. 「지하수법」 제12조제1항에 따른 지하수보전구역
 - 나. 「수도법」 제7조제1항에 따른 상수원보호구역
 - 다. 「환경정책기본법」 제22조제1항에 따른 수질 및 수생태계 보전과 관련한 특별대책지역
5. 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제6조제4호에 따른 자연환경 보전지역 안에서 발생된 오염토양 중 수질 및 수자원보호를 위하여 즉시 처리가 필요하다고 관할 시장·군수·구청장이 인정한 경우
6. 석유계총탄화수소(TPH)가 20,000mg/kg 이상으로 오염된 토양을 열적처리방법으로 처리하고자 하는 오염토양(TPH가 20,000mg/kg미만으로 오염된 부분은 제외한다)

다)

7. 카드뮴, 구리, 비소, 수은, 납, 6가크롬, 아연, 니켈, 불소로 오염된 토양의 양이 1,000세제곱미터 미만으로 이를 토양세척법으로 처리하고자 하는 경우

8. 오염토양의 정화와 함께 토양오염방지시설의 개선이 필요하여 「토양환경보전법 시행규칙」 제10조의3에 따라 토양오염방지시설의 권장기준에 적합한 시설로 교체 또는 개·보수하고자 하는 경우

토양환경보전법 시행규칙 제19조의2(오염토양의 반출절차 및 방법 등)

① 법 제15조의3제3항 단서에 따라 오염토양을 반출하여 정화하려는 자는 별지 제9호의2서식의 오염토양반출정화(변경)계획서(전자문서로 된 계획서를 포함한다)에 다음 각 호의 서류를 첨부하여 관할 특별자치도지사·시장·군수·구청장에게 미리 제출하여야 한다. <개정 2008.7.30., 2011.10.6., 2013.5.31., 2015.11.30., 2018.11.27.>

1. 운반위탁계약서 사본(운반을 위탁하는 경우만 해당한다)
2. 정화사업계약서 사본
3. 정화검증계약서 사본

② 특별자치시장·특별자치도지사·시장·군수·구청장은 오염토양반출정화(변경)계획서를 검토하여 반출정화의 계획이 적정한 경우에는 10일 이내에 적정통보를 하여야 하며, 제19조의 규정에 의한 반출정화대상에 해당하지 아니하는 등 반출정화계획의 내용이 적정하지 아니한 경우에는 10일 이내에 오염토양반출정화(변경)계획서를 반려하거나 보완을 요구하여야 한다. <개정 2008.7.30., 2011.10.6., 2018.11.27.>

③ 특별자치시장·특별자치도지사·시장·군수·구청장은 제2항에 따라 적정하다고 통보한 때에는 반출정화계획의 내용을 반입지를 관할하는 시장·군수·구청장에게 통보하여야 한다.<개정 2011.10.6., 2013.5.31., 2018.11.27>

④ 법 제15조의3제4항 후단에서 “환경부령으로 정하는 중요 사항” 이란 다음 각 호를 말한다. <신설 2008.7.30., 2011.10.6., 2013.5.31.>

1. 반출 오염토양의 양 또는 오염범위(20퍼센트 이상 증감하는 경우만 해당한다)
2. 반출 오염토양의 오염정도(20퍼센트 이상 증감하는 경우만 해당한다) 또는 토양오염물질 종류
3. 정화방법, 정화소요기간, 토양정화업자 또는 검증할 토양관련전문기관

⑤ 법 제15조의3제4항 후단에 따라 오염토양반출정화계획 중 제4항 각 호의 어느 하나에 해당하는 사항을 변경하려는 자는 별지 제9호의2서식의 오염토양반출정화(변경)계획서에 변경내용과 관련된 서류를 첨부하여 관할 특별자치시장·특별자치도지사·시장·군수·구청장에게 제출하여야 한다. 이 경우 제2항 및 제3항을 준용한다.
 <개정 2013.5.31., 2018.11.27>

⑥ 법 제15조의3제6항에 따른 토양 인수인계서의 입력 방법 및 입력 시기는 별표 6의2와 같다. <개정 2018.11.27.>

⑦ 제1항부터 제6항까지에서 정한 사항 외에 오염토양의 반출 또는 정화에 필요한 사항은 환경부장관이 정하여 고시한다. <신설 2013.5.31., 2018.11.27.>

토양환경보전법 제15조의6(토양정화의 검증)

① 정화책임자는 오염토양을 정화하기 위하여 토양정화업자에게 토양정화를 위탁하는 경우에는 제23조의2제2항제2호에 따라 지정을 받은 토양오염조사기관으로 하여금 정화과정 및 정화완료에 대한 검증을 하게 하여야 한다. 다만, 토양정밀조사한 결과 오염토양의 규모가 작거나 오염의 농도가 낮은 경우 등 오염토양이 대통령령으로 정하는 규모 및 종류에 해당하는 경우에는 정화과정에 대한 검증을 생략할 수 있다. <개정 2012. 6. 1., 2014. 3. 24.>

② 정화책임자는 제1항 본문에 따라 토양오염조사기관으로 하여금 오염토양의 정화과정 및 정화완료에 대한 검증을 하게 할 때에는 환경부령으로 정하는 내용 및 절차에 따라 오염토양정화계획을 작성하여 관할 특별자치시장·특별자치도지사·시장·군수·구청장에게 제출하여야 한다. 제출한 계획 중 환경부령으로 정하는 사항을 변경할 때에도 또한 같다. <개정 2014. 3. 24., 2017. 11. 28.>

③ 토양관련전문기관은 제1항에 따른 검증을 할 때 정화책임자로부터 검증수수료를 받을 수 있다. 이 경우 검증수수료의 산정기준에 관하여는 환경부령으로 정한다.
 <개정 2014. 3. 24.>

④ 제1항에 따른 검증의 절차·내용 및 방법과 그 밖에 검증에 필요한 사항은 환경부령으로 정한다.

⑤ 토양정화업자가 제1항에 따라 정화과정 및 정화완료에 대한 검증을 받는 경우 토양관련전문기관에 의한 검증이 완료되지 아니한 상태에서 오염토양을 반출하여서

는 아니 된다. [전문개정 2011. 4. 5.]

환경부고시 제2020-46호(토양정화 검증방법에 관한 고시)

제1조(목적) 이 규정은 「토양환경보전법」(이하 “법“이라 한다) 제15조의6제4항 및 같은 법 시행규칙(이하 “규칙“이라 한다) 제19조의7제1항의 규정에 의한 오염토양의 정화과정 및 정화완료에 대한 검증을 함에 있어 검증의 절차·내용 및 방법에 관한 구체적인 사항을 정함을 목적으로 한다.

제2조(정의) 이 규정에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

1. “토양정화검증“이라 함은 법 제15조의6제1항의 규정에 의하여 정화책임자가 오염토양을 정화하기 위하여 토양정화업자에게 위탁하는 경우 법 제23조의2제1항제1호의 규정에 의한 토양오염조사기관으로 하여금 정화과정 및 정화완료에 대하여 검증하게 하는 것을 말한다.

2. “토양정화 검증기관“(이하 “검증기관“이라 한다)이라 함은 토양정화업자가 수행하는 토양정화공사에 대해서 법 제23조의2의 규정에 의하여 토양정화의 검증업무를 수행하는 토양오염조사기관을 말한다.

3. “토양정화공사“라 함은 정화책임자가 오염토양을 정화하기 위하여 법 제23조의7의 규정에 의한 토양정화업자에게 위탁하여 수행하는 일련의 토양정화과정을 말한다.

제3조(토양정화 검증신청) 법 제15조의6의 규정에 의하여 토양정화공사에 대한 검증을 받고자 하는 정화책임자(이하 “신청인“이라 한다)는 검증을 받고자 하는 날부터 20일전까지 별지 제1호서식의 토양정화검증신청서 및 첨부서류(이하 “검증신청서등“이라 한다)를 검증기관에 제출하여야 한다.

제4조(검증신청서등의 보완) ① 검증기관은 제3조의 규정에 의하여 검증신청서등을 접수한 때에는 첨부서류의 누락여부 등을 검토한 후 자료가 미비한 경우에는 해당 검증신청서의 접수일부터 5일 이내에 10일이내의 기간을 정하여 보완요구를 할 수 있다.

②검증기관은 제1항의 규정에 의하여 제출된 보완서류가 미비하여 당해 검증을 정상적으로 수행할 수 없다고 판단되는 경우에는 그 사유를 명기하여 검증신청서등과 보완서류를 반려할 수 있다.

③제1항의 규정에 의하여 검증신청서등이 보완된 경우에는 보완서류가 접수된 날을 검증신청서등의 접수일로 본다.

제5조(검증계획 통보) ① 검증기관은 제3조의 규정에 의한 검증신청이 있는 경우에는 검증신청서등의 접수일로부터 15일 이내에 별지 제2호서식의 토양정화검증계획서를 작성하여 당해 신청인에게 문서로 통보하여야 한다.

②신청인은 부득이한 사유로 제1항의 규정에 의하여 통보된 토양정화검증계획서의 검증기간내에 검증을 받을 수 없는 경우에는 당해 검증기관에 검증기간의 조정을 요청할 수 있다.

제6조(검증기간의 조정 등) ① 검증기관은 다음 각호의 사유로 인하여 검증기간내에 검증을 실시할 수 없는 경우에는 검증기간을 조정할 수 있다.

- 1. 천재지변 등으로 인하여 신청인이 당해 토양정화공사를 신청기간에 착공할 수 없는 경우
- 2. 정화검증 수행중 토양정화공사의 진행이 어려워 신청인이 검증기간의 조정을 요청하는 경우
- 3. 신청인이 규칙 제19조의3제2항의 규정에 의하여 오염토양정화계획이 변경되어 검증기간의 조정을 필요로 하는 경우

②신청인은 검증신청을 취하하고자 하는 경우에는 취하하고자 하는 날로부터 7일 전까지 검증기관에 문서로 이를 통보하여야 한다. 이 경우 검증기관은 검증신청서등을 당해 신청인에게 반환하여야 한다.

③검증기관은 제1항제3호의 규정에 의한 검증기간의 조정에 따라 검증수수료를 가감하여 청구할 수 있다.

제7조(검증절차 등) ① 토양정화의 검증은 토양정화공사 착공전에 실시하는 “검증계획의 수립단계“· 토양정화공사 진행 중에 실시하는 “과정검증단계“ 및 토양정화공사 완료시에 실시하는 “완료검증단계“로 구분하여 실시한다.

②과정검증단계 및 완료검증단계에서의 세부검증방법은 별표 1과 같다.

③ 토양정화검증계획을 변경하고자 하는 경우에는 검증기관과 신청인이 상호 협의하여 정하고, 그 내용을 토양정화업자에게 지체없이 문서로 통보하여야 한다.

제8조(검증계획의 수립) 검증계획의 수립은 신청인이 제출한 검증신청서등을 검토하고 검증계획서를 작성하는 단계로서 검증기관은 제3조의 규정에 의하여 다음 각

호의 사항을 수행하여야 한다.

1. 자료검토

- 가. 오염도 조사보고서(토양오염도 조사, 토양정밀조사, 토양환경평가 등)
- 나. 오염토양정화계획서
- 다. 그 밖에 관련자료

2. 제1호의 내용을 확인하기 위한 현장조사

3. 토양정화검증계획서의 작성

제9조(과정검증) ① 과정검증은 토양정화공사 진행 중에 실시하는 검증단계로서 검증기관은 다음 각호의 사항을 수행하여야 한다.

- 1. 오염토양정화계획의 이행여부
- 2. 토양시료의 채취·분석

② 제1항에도 불구하고, 다음 각호의 사항에 한하여 과정검증단계를 생략할 수 있다. 다만, 제2호의 경우에는 토양정화시설의 운영공정에 한한다.

- 1. 「토양환경보전법 시행령」 제11조의3의 규정에 해당하는 오염토양
- 2. 토양세척법, 열탈착법 등 연속공정타입으로 정화하는 토양

제10조(완료검증) 완료검증은 토양정화공사의 완료시점에서 실시하는 검증단계로서 검증기관은 다음 각호의 사항을 수행하여야 한다.

- 1. 토양시료의 채취·분석
- 2. 토양정화검증 결과보고서 작성
- 3. 토양정화검증서 작성

제11조(검증결과의 작성) 검증기관이 제8조 내지 제10조의 규정에 의하여 단계별 검증절차를 완료하고, 토양검증결과를 작성할 때에는 내용의 가감이 없이 사실대로 작성하여야 한다.

제12조(검증결과의 통보 등) ① 검증기관은 제9조의 규정에 의하여 과정검증을 완료한 때에는 별표 2의 규정에 따라 토양정화검증 결과보고서를 작성하여 과정검증 완료일로부터 7일 이내에 신청인에게 이를 통보하여야 한다.

② 검증기관은 제10조의 규정에 의하여 완료검증을 완료한 때에는 별표 2의 규정에 따라 토양정화검증 결과보고서를 작성하여 완료검증 완료일로부터 15일 이내에 신청인과 관할 시장·군수·구청장에게 이를 통보하여야 한다.

③검증기관은 토양정화 검증결과 정화기준 이내로 적합하게 정화완료된 경우에는 별지 제3호서식의 토양정화검증서를 신청인에게 발급하여야 한다.

제13조(재검증) ① 신청인이 토양정화 검증결과 부적합한 토양정화공사에 대하여 토양정화 재검증을 받고자 하는 경우에는 당해 토양정화공사를 개선하여 제3조의 규정에 의하여 재검증을 검증기관에 신청하여야 한다.

②검증기관은 제1항의 규정에 의한 재검증 신청이 있는 경우에는 과정검증을 제외하고 완료검증만 실시할 수 있으며 이 경우의 시료채취 및 시료수는 별표1의 완료검증 시료채취 지점수 산정에 따르되, 이전에 실시한 완료검증에서 정화완료가 확인된 부분을 제외한 나머지를 대상으로 산정할 수 있다.

③재검증을 완료한 경우의 보고서 작성 및 통보는 제12조제2항의 규정을 준용한다.

제14조 삭제 <2009. 7. 30.>

제15조(검증기관의 준수사항) ① 검증기관은 검증업무를 성실하고 공정하게 수행하여야 하며, 신청인에게 피해를 주는 행위를 하여서는 아니된다.

②검증기관은 신청인의 요청이 있을 때에는 시료 분석결과, 정화진행정도 및 검토사항 등에 대한 자료를 당해 신청인에게 제공하여야 한다.

제16조(검증실적 보고) 검증기관은 별지 제4호서식의 토양검증실적에 의한 전년도 검증실적을 매년 1월 31일까지 시·도지사에게 보고하여야 한다.

제17조(검증기록 보존) 검증기관은 제3조의 규정에 의한 토양정화검증신청서, 제5조제1항의 규정에 의한 토양정화검증계획서, 제12조제2항 및 제3항의 규정에 의한 토양정화검증결과보고서·토양정화검증서 사본, 그 밖에 검증과 관련된 서류를 검증완료일로부터 2년간 보존하여야 한다.

3. 조사수행방법

3.1 토양시료채취방법

3.2 토양시료분석방법

3.3 정도관리

3. 조사수행방법

3.1 토양시료채취방법

토양정화검증 대상지역의 굴착검증은 오염토양이 적정하게 굴착되는지를 확인하고, 비오염토양이 불필요하게 굴착되는 것을 방지하기 위해 실시한다. 굴착현장을 확인하고 현장잔류토를 채취·분석하여, 토양오염우려기준을 초과하는 토양은 추가 굴착 후 재검증을 실시하였다.

부지 내 완료검증은 굴착검증이 완료되면 토양오염우려기준(정화목표 미만)을 만족하는 비오염토양으로 되메운 후 시료를 채취하였다. 풍화대 및 자갈, 불투수성 지반을 만났을 때에는 종합적인 판단으로 이하 심도의 토양시료채취를 종결하였다.

반입정화시설의 완료검증은 오염토양이 정화목표 미만으로 저감되었는지를 확인하기 위해 정화완료 된 토양시료를 채취하였다.



[Fig. 3] 토양시료채취방법

분류가 완료된 시료는 폴리에틸렌 봉투에 밀봉한 후 0~4 ℃ 냉장보관 하였으며, 채취 당일 분석실로 이송하였다. 시료의 분석은 실험실에 도착한 분석시료와 시료 인계서를 확인한 후 토양오염공정시험기준의 분석절차에 따라 실시하였다.



[Fig. 4] 토양시료채취 순서도

3.2 토양시료분석방법

분류가 완료된 시료는 아이스박스에 보관하여 실험실로 이송하였다. 분석항목은 Zn이며, 시료의 분석은 실험실에 도착한 분석시료와 시료인계서를 확인한 후 토양오염공정시험기준에 따라 실시하였다.

[Table 4] 중금속 시료의 전처리 방법 및 분석조건

시료의 전처리	<p>시료 3 g을 0.001 g까지 정확하게 취하여 250 mL 반응용기에 넣고 약 0.5 mL ~ 1 mL의 정제수로 시료를 적신 후 염산 21 mL를 첨가하면서 잘 섞은 다음 질산 7 mL를 가한다. 흡수용기에 0.5 M 질산 15 mL를 붓고 흡수용기와 환류냉각관을 반응용기에 연결시킨 후 상온에서 2시간 이상 정치시켜 토양내의 유기물이 천천히 산화되도록 한다. 정치 후 2 시간 동안 그 상태를 유지시키며, 환류냉각되는 부분이 냉각관 높이의 1/3보다 낮은 부분에서 이루어지도록 확인하면서 분해한다. 흡수용기와 환류냉각관을 0.5 M 질산 10 mL로 씻어 반응용기를 정치시켜 대부분의 불용성 잔류물이 현탁액에서 침전되도록 하여, Whatman No. 40 또는 이와 동등한 여과지로 100 mL 부피플라스크에 여과하고 불용성 잔류물을 여과지 위에서 최소량의 0.5 M 질산을 이용하여 세척한 후 0.5 M 질산으로 표선까지 채워 시료용액으로 사용한다.</p>
분석방법 및 조건	<p>▶ 원자흡광광도계(AAs)⁽¹⁾</p> <ul style="list-style-type: none"> · Flame Type : Air-C₂H₂ · Fuel Gas Flow Rate : 2.0L/min · Support Gas : 15.0L/min
농도 계산	$\text{토양 중 금속의 농도(mg/kg)} = \frac{(C_1 - C_0)}{W_d} \times f \times V$ <p>C₁ : 검정곡선에서 얻어진 분석시료의 금속 농도(mg/L) C₀ : 검정곡선에서 얻어진 시약바탕시료의 금속 농도(mg/L) f : 희석배수(검정곡선의 범위를 벗어날 경우) V : 시험용액의 부피(여기서는 0.1 L) W_d : 토양시료의 건조중량(kg)</p>

(1)AAs : Atomic Absorption Spectrophotometry AA-7000F(Shimadzu)

3.3 정도관리

[Table 5] 정도관리방법

현장조사	현장조사 기록유지	사전에 준비된 Log sheet에 기록하여 현장 작업내역을 정확히 파악 및 추적할 수 있도록 수행한다. 모든 작업은 공정시험법 및 당사 자체의 표준운전절차에 준해 시행하여 기술적, 집행상의 오류를 예방하고 오류 시 그 원인의 추적 및 조치가 가능하도록 계획을 수립한다.
	시료운송 기록유지	채취된 시료의 보관 및 운송에 대한 품질관리를 위해 매 운송 단위별로 정확한 Log sheet와 같이 운송 시료는 실험실의 분석담당자에게 운송하며, 실험실의 접수자는 개봉과 동시에 시료의 ID일치여부, 파손 및 유출여부, 온도상태 등을 확인하고 특이사항이 있을 경우는 즉시 발송자에게 해당 내용을 통보토록 한다.
	시료채취	현장이중시료(field duplicate samples)는 동일 위치에서 동일한 조건으로 중복 채취한 시료로서 독립적으로 분석하여 비교한다. 현장이중시료는 필요시 하루에 20개 이하의 시료를 채취할 경우에는 1개를, 그 이상의 시료를 채취할 때에는 시료 20 개당 1개를 추가로 채취한다.
실험실	시약관리	공정시험기준의 시약 혹은 동등규격 이상의 시약을 사용하며, 표준물질은 품질보증서가 첨부된 소급성이 있는 제조사의 제품 사용한다.
	정확도	정확도는 첨가한 표준물질의 농도에 대한 측정 평균값의 상대 백분율로서 나타내고 그 값이 70 % ~ 130 % 이내이어야 한다.
	정밀도	정밀도는 측정값의 상대표준편차(% RSD)로 산출하며 그 값이 30 % 이내이어야 한다.
	시약바탕 시료분석	정도보증/정도관리에 따라 시료군마다 1개의 시약바탕시료를 분석하며, 실험절차와 동일하게 전처리하며, 측정값은 방법검출한계 이하이어야 한다.
	검정곡선 작성	검정곡선의 작성에서 제시한 농도 범위 내에서 3개 이상의 농도(정량한계 이상)에 대해 검정곡선을 작성하고 얻어진 검정곡선의 결정계수(R2)가 0.98 이상 또는 감응계수(RF)의 상대표준편차가 20 % 이내이어야 하며 결정계수나 감응계수의 상대표준편차가 허용범위를 벗어나면 재작성 하도록 한다.
현장이중 시료	현장이중시료(field duplicate samples)는 동일 위치에서 동일한 조건으로 중복 채취한 시료로서 독립적으로 분석하여 비교한다. 현장이중시료는 필요시 하루 20개 이하의 시료를 채취할 경우는 1개를, 그 이상의 시료를 채취할 때에는 시료 20개당 1개를 추가로 채취하며, 동일한 조건에서 측정한 두 시료의 측정값 차를 두 시료 측정값의 평균값으로 나누어 상대편차백분율을 구한다.	

4. 토양정화검증

4.1 토양정화검증절차

4.2 현장조사내역

4.3 토양정화 세부검증방법

4.3.1 굴착작업확인

4.3.2 굴착검증 및 완료검증

4.4 검증결과

4.4.1 굴착검증 결과

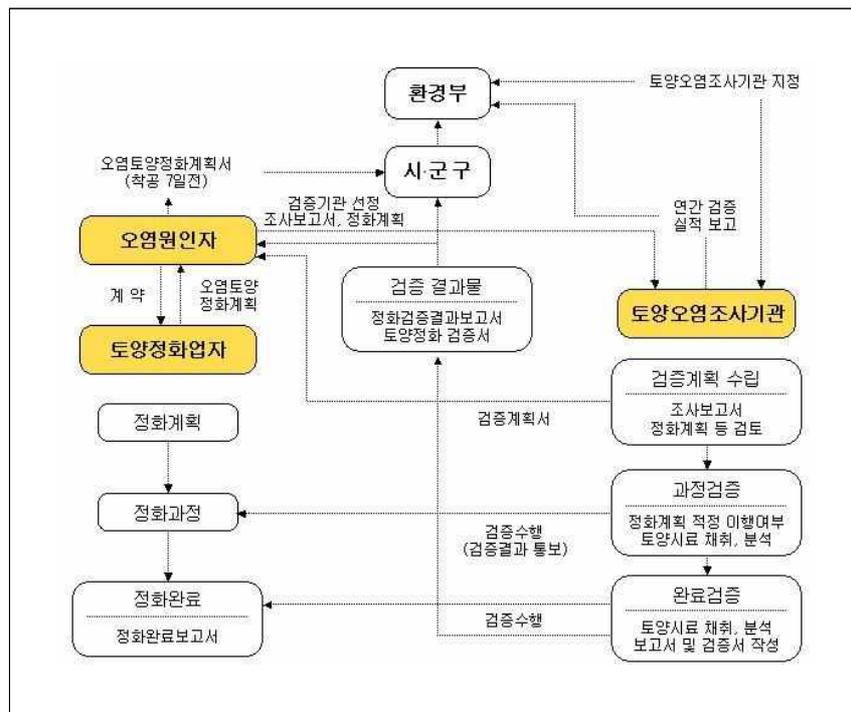
4.4.2 완료검증 결과

4. 토양정화검증

4.1 토양정화검증절차

토양정화검증의 행정 절차는 [Fig. 5]와 같으며, 토양정화의 검증은 토양정화공사 착공 전에 실시하는 “검증계획의 수립단계”, 토양정화공사 진행 중에 실시하는 “과정검증단계” 및 토양정화공사 완료시에 실시하는 “완료검증단계”로 구분하여 실시한다.

검증계획의 수립은 신청인이 제출한 검증신청서등을 검토하고 검증계획서를 작성하는 단계로서 자료검토, 현장조사, 토양정화검증계획서의 작성 수행하는 단계이다. 과정검증은 토양정화공사 진행 중에 실시하는 검증단계로서 오염토양정화계획의 이행여부, 토양시료의 채취·분석을 수행한다. 완료검증은 토양정화공사의 완료시점에서 실시하는 검증단계이며, 검증기관은 토양시료의 채취·분석, 토양정화검증 결과보고서 작성, 토양정화검증서 작성을 한다.



[Fig. 5] 토양정화검증 행정절차

4.2 현장조사내역

본 정화검증 대상부지는 현장 외 처리(Off-Site)로 오염토양(Zn)을 굴착하고 반입 정화시설로 반출한 후 토양세척법을 적용하여 정화하였다. 복원공사 기간은 2020년 12월 01일 ~ 2021년 03월 10일까지 순차적으로 토양정화활동이 진행되었다. 따라서 토양정밀조사 결과 우려기준 이상의 농도가 검출된 지점을 중심으로 오염토양 굴착 후 바닥면 7점, 사면 4점, 부지 내 퇴매움토 완료검증 5점 및 반입정화시설 정화토 완료검증 5점, 총 21점의 시료를 오염성분에 대한 정량분석을 실시하여 그 결과를 토대로 토양 정화 정도를 파악하고 기준이상의 오염토양이 잔존하는지 유무를 확인, 오염토양이 목표기준 이하로 적절하게 정화처리가 완료되었는가를 검증하였다.

[Table 6] 토양정화검증 시료채취내역

	채취지점	시료수	비고
굴착검증	바닥	5	부지 내
	바닥(재검증)	2	
	사면	4	
완료검증	퇴매움토	5	부지 내
	정화토	5	반입정화시설
계		21	-

4.3 토양정화 세부검증방법

과정검증단계 및 완료검증단계의 세부검증방법은 [Table 7]과 같다.

[Table 7] 토양정화 세부검증방법

구 분	세부항목	검증기준	세부검증방법
오염도 분석	과정검증	오염도 저감정도 확인하여야 함	· 오염도 분석결과를 최초 오염도 및 정화 목표와 비교하여 저감정도를 판정
	완료검증	오염도 정화목표 미만이어야 함	· 오염도 분석결과를 정화목표와 비교하여 판정
환경관리	환경의 적정 관리여부	폐기물, 폐수, 폐가스	· 발생 폐기물, 폐수 및 폐가스 관련 자료를 검토하여 적정 관리여부를 판정
		소음, 진동	· 소음 측정기록 관련 자료검토 하여 적정 성 여부를 검토
굴착작업	굴착작업의 적정 진행 여부	오염토양 굴착	<ul style="list-style-type: none"> · 굴착현장을 확인하여 오염토양이 적정하게 굴착되었는지 확인하고 비오염토양이 불필요하게 굴착되는 것을 방지 · 자료검토 및 육안검사를 통하여 굴착토양이 오염토양과 비오염토양으로 적정하게 분류되는지를 판정 · 육안검사를 통하여 오염토양이 현장에서 적정하게 야적·보관·이송되는지의 여부 판정
정화토양 처분	정화토양의 적정 관리여부	정화된 토양 적정 처분	· 자료검토 및 현장 확인을 통하여 정화된 토양이 적법하게 처분되었는지를 판정
퇴매움 토양확인	굴착작업 된 부지의 적정 관리여부	오염도 정화목표 미만이어야 함	· 오염도 분석결과를 정화목표와 비교하여 판정

4.3.1 굴착작업확인

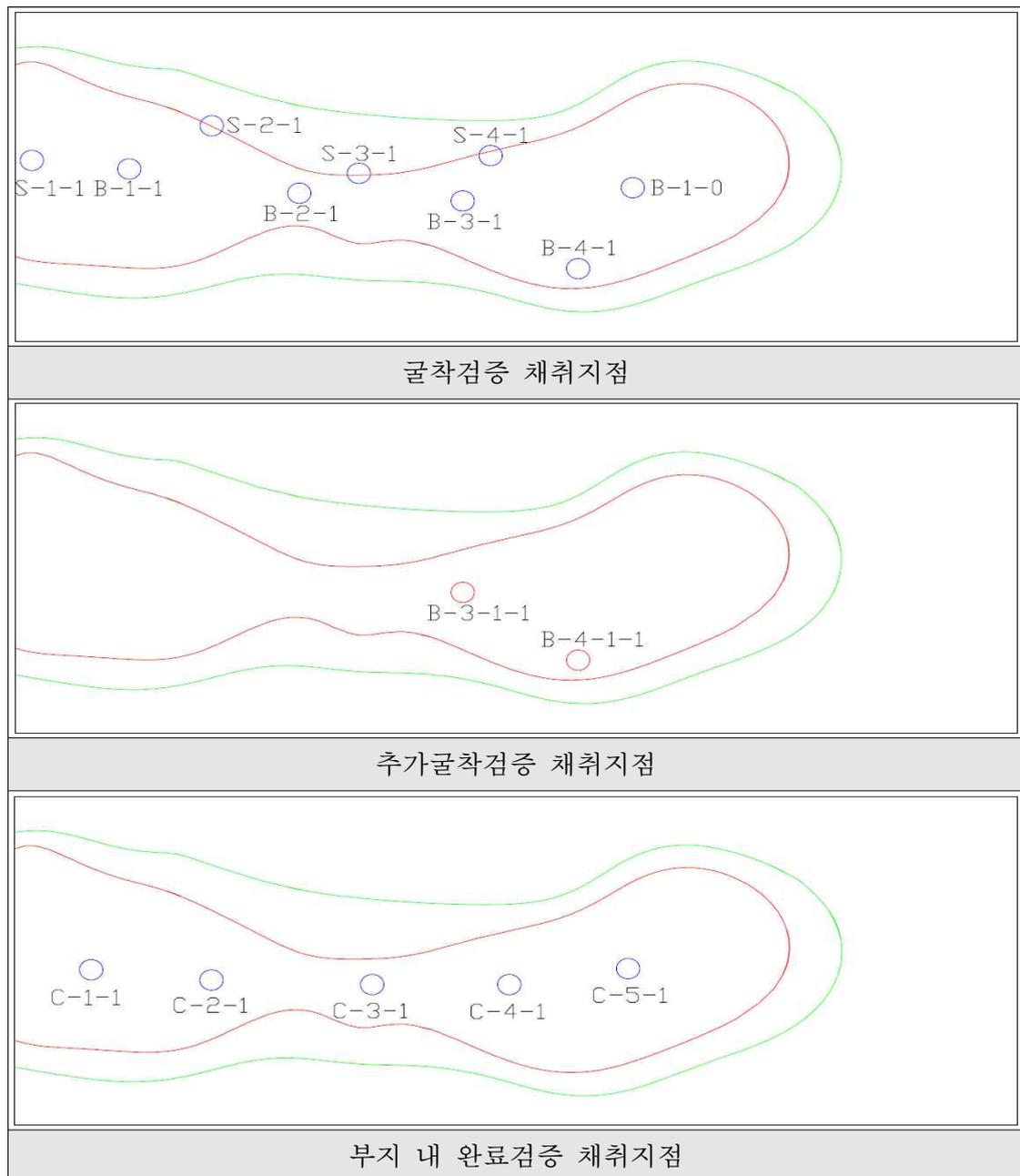
굴착작업확인 과정은 비오염토양과 오염토양을 관능검사를 통하여 적정하게 굴착되었는지, 굴착 된 오염토양을 현장에서 상차하여 반입정화시설로 적법하게 이송되는지를 확인하는 과정이다. 정화대상부지의 오염토양 굴착작업은 토양정밀조사보고서에 작성 된 토양오염 예상분포도를 토대로 진행되었으며, 오염토량 140.91㎥ (253.63ton), 총 10대의 차량으로 반입정화시설에 이송하였다.



[Fig. 6] 굴착작업 및 굴착확인

4.3.2 굴착검증 및 완료검증

본 대상부지는 오염면적이 208.7㎡으로 시료채취 지점수는 [Table 8]의 기준과 정밀조사 결과를 근거로 부지 내 오염개연성이 있는 굴착바닥면 7점, 사면 5점, 부지 내 퇴매움토 완료검증 5점, 반입정화시설로 반출 후 정화처리 한 토양의 완료검증 5점, 총 21점의 시료를 채취한 후 대상항목에 대해 이화학 분석하였다.



[Fig. 7] 시료채취 지점 위치도



굴착검증



부지 내 완료검증



반입정화시설 완료검증

[Fig. 8] 굴착검증 및 완료검증 시료채취 사진

[Table 8] 오염면적에 따른 시료채취 지점수

면적 (㎡)	지점수 (점)	격자간격 (m)
500 미만	5 이상	10 ~ 14 이내
500 이상 ~ 1,000 미만	6 이상	13 ~ 17 이내
1,000 이상 ~ 2,000 미만	7 이상	18 ~ 22 이내
2,000 이상 ~ 3,000 미만	9 이상	20 ~ 24 이내
3,000 이상 ~ 4,000 미만	11 이상	21 ~ 25 이내
4,000 이상 ~ 5,000 미만	13 이상	21 ~ 25 이내
5,000 이상 ~ 6,000 미만	15 이상	22 ~ 26 이내
6,000 이상 ~ 7,000 미만	17 이상	22 ~ 26 이내
7,000 이상 ~ 8,000 미만	19 이상	22 ~ 26 이내
8,000 이상 ~ 9,000 미만	20 이상	23 ~ 27 이내
9,000 이상 ~ 10,000 미만	21 이상	24 ~ 28 이내
10,000 이상 ~ 15,000 미만	25 이상	27 ~ 31 이내
15,000 이상 ~ 20,000 미만	30 이상	29 ~ 33 이내
20,000 이상 ~ 25,000 미만	35 이상	30 ~ 34 이내
25,000 이상 ~ 30,000 미만	40 이상	30 ~ 34 이내
30,000 이상 ~ 35,000 미만	45 이상	31 ~ 35 이내
35,000 이상 ~ 40,000 미만	50 이상	31 ~ 35 이내
40,000 이상 ~ 45,000 미만	52 이상	33 ~ 37 이내
45,000 이상 ~ 50,000 미만	55 이상	34 ~ 38 이내

비 고

- (가) 오염면적이 5만㎡ 이상일 경우에는 면적을 5만㎡로 나누고, 각각의 면적에 대하여 위의 기준을 적용한다.
- (나) 시료는 채취지점의 깊이 1m 간격으로 1개씩 채취하며, 오염이 확산되지 아니하는 깊이까지 채취한다.
- (다) 굴착처리하는 경우 굴착 전의 오염분포에 따라서 지점 및 시료수를 산정한다.
- (라) 지하수 시료수는 오염지역의 지하수 현황에 따라서 별도 산정한다.

4.4 검증결과

4.4.1 굴착검증 결과

굴착검증은 부지 내 오염토 굴착 후 바닥면과 사면에 대한 잔류오염토를 확인하는 과정으로 바닥면 5점, 사면 4점에서 검증을 실시하였고, 바닥면 2점에서 토양오염우려기준을 초과하여 추가굴착 후 재검증을 실시하였다. 분석결과는 [Table 9]와 같으며, 농도범위는 Zn 58.3~1,883.0mg/kg으로 조사되었다.

[Table 9] 굴착검증 분석결과

시료채취일	시료명	아연 분석결과(mg/kg)	판정	비고
2020.12.02	B ⁽¹⁾ -1 ⁽²⁾ -0 ⁽³⁾	842.0	적합	
2020.12.02	B-1-1 ⁽⁴⁾	1,001.4	적합	
2020.12.02	B-2-1	1,634.6	적합	
2020.12.02	B-3-1	3,274.0	부적합	
2020.12.17	B-3-1-1 ⁽⁵⁾	58.3	적합	재검증
2020.12.02	B-4-1	2,360.8	부적합	
2020.12.17	B-4-1-1	70.4	적합	재검증
2020.12.02	S ⁽⁶⁾ -1-1	1,883.0	적합	
2020.12.02	S-2-1	1,286.7	적합	
2020.12.02	S-3-1	1,562.9	적합	
2020.12.02	S-4-1	1,152.1	적합	

- (1) B(바닥면)
- (2) 채취지점번호
- (3) 채취심도(GL~0.15)
- (4) 채취심도(1m)
- (5) 재검증 횟수
- (6) S(사면)

4.4.2 완료검증 결과

대상부지는 오염토량이 약 140.91m³로 과정검증 단계를 생략하고 완료검증을 시행하였다. 굴착검증에서 적합을 받은 구간은 토양오염우려기준 충족 여부를 확인한 비오염토(시험기관 : 재단법인 경기환경과학연구원)로 되메움하고 부지 내 완료검증을 실시하였으며, 반출된 오염토양은 정화된 토양이 토양오염우려기준에 부합하는지 확인하기 위해 반입정화시설에 대한 완료검증을 수행하였다. 분석결과는 [Table 10, 11]과 같으며, 완료검증 결과 농도 범위는 Zn 246.2~1,082.8mg/kg으로 분석되어 모두 토양오염우려기준(3지역)을 만족하는 것으로 조사되었다.

[Table 10] 완료검증 분석결과(부지 내)

시료채취일	시료명	아연 분석결과(mg/kg)	판정	비고
2020.12.18	C ⁽¹⁾ -1 ⁽²⁾ -1 ⁽³⁾	904.2	적합	
2020.12.18	C-2-1	978.5	적합	
2020.12.18	C-3-1	715.0	적합	
2020.12.18	C-4-1	315.0	적합	
2020.12.18	C-5-1	246.2	적합	

(1) C(부지 내 완료검증)

(2) 채취지점번호

(3) 채취심도

[Table 11] 완료검증 분석결과(반입정화시설)

시료채취일	시료명	아연 분석결과(mg/kg)	판정	비고
2021.02.16	완료 ⁽⁵⁾ -1 ⁽⁶⁾	1,082.8	적합	
2021.02.16	완료-2	984.6	적합	
2021.02.16	완료-3	1,012.1	적합	
2021.02.16	완료-4	1,020.7	적합	
2021.02.16	완료-5	1,026.0	적합	

(5) 검증명(반입정화시설)

(6) 시료번호

경기도 환경시험연구원 124 SK하이닉스대로 대곡동 1501호 Tel. 031-776-2921 Fax. 031-776-2922
www.korlab.com

시험 성적서

의뢰자 : 동양구
 의뢰자주소 : 부산시 남구 대인동 산24-1번지 일월
 회사명 : (주)세정건설
 용역명 : 대인동 유스포스텔 신축공사
 시료제취장소 : 원정내
 시료제취자 : 무성토건(주) 시공관리 총 창 구

접수번호 : 19-51-534
 접수일자 : 2019년 12월 03일
 발급번호 : RES-51-534
 발급일자 : 2019년 12월 24일
 쪽번호 : 1 / 1

2019년 12월 03일자로 접수/의뢰하신 시료에 대한 시험결과치는 다음과 같습니다.

시료명	시험항목	시험방법	분석결과	단위	토양오염유리기준		
					1차	2차	3차
토양	카드뮴	ES 07407.2a	0.78	mg/kg	4	10	50
	구리	ES 07401.2a	6.5	mg/kg	150	500	2,000
	비소	ES 07404.2a	13.72	mg/kg	25	25	200
	주석	ES 07405.1b	0.46	mg/kg	4	10	20
	납	ES 07402.2a	27.9	mg/kg	200	400	700
	니켈	ES 07403.2a	4.3	mg/kg	100	200	300
	아연	ES 07406.2a	36.5	mg/kg	300	600	2,000
	시안	ES 07352.1b	불검출	mg/kg	2	2	120
	수은	ES 07408.1b	불검출	mg/kg	5	15	40
	셀레늄	ES 07351.1b	115	mg/kg	400	400	800
	유기인화합물	ES 07501.2b	불검출	mg/kg	10	10	30
	폴리클로리네이티드비페닐	ES 07554.1b	불검출	mg/kg	1	4	12
	계축류	ES 07553.1c	불검출	mg/kg	4	4	20
	벤젠	ES 07600.1a	불검출	mg/kg	1	1	2
	톨루엔	ES 07600.1b	0.2	mg/kg	20	20	60
	에틸벤젠	ES 07600.1b	불검출	mg/kg	50	50	140
	크실렌	ES 07600.1b	불검출	mg/kg	15	15	45
	석유계탄화수소	ES 07552.1c	불검출	mg/kg	200	200	2,000
	벤조(a)피렌	ES 07551.1c	불검출	mg/kg	0.7	2	7
	다이옥소에틸렌	ES 07600.1b	불검출	mg/kg	4	4	40
테트라클로로에틸렌	ES 07600.1b	불검출	mg/kg	4	4	25	
1,2-디클로로에탄	ES 07600.1b	불검출	mg/kg	5	7	70	

< 끝 >

시원자 : 유성현 유성현 이정현
 E-mail : yu0409@hanjin.com E-mail : heop@res51.com


경기도환경과학연구원
 Gyeonggi Research Institute of Environmental Science

*본 성적서는 제시된 시료에 대한 시험결과만을 증명 가능하며, 시료받은 역행차기 제시한 내용을 근거로 작성되었습니다.
 *본 성적서를 악용 도용하거나 위조할 경우 형사고발, 손해배상 소송 및 민사상 책임을 지게됩니다.
 *본의 시험결과는 토양오염정밀시험기관(국립환경과학원고시 제2018-538)에 연하여 분석되었습니다.
 RES-GP-14-04 REV.01 A4(2) (a207rev)

[Fig. 9] 퇴폐음토양 시험성적서

[Table 12] 토양오염우려기준과 대책기준

물 질	우려기준(mg/kg)			대책기준(mg/kg)		
	1지역	2지역	3지역	1지역	2지역	3지역
카드뮴	4	10	60	12	30	180
구리	150	500	2,000	450	1,500	6,000
비소	25	50	200	75	150	600
수은	4	10	20	12	30	60
납	200	400	700	600	1,200	2,100
6가크롬	5	15	40	15	45	120
아연	300	600	2,000	900	1,800	5,000
니켈	100	200	500	300	600	1,500
불소	400	400	800	800	800	2,000
유기인화합물	10	10	30	-	-	-
폴리클로리네이티드비페닐	1	4	12	3	12	36
시안	2	2	120	5	5	300
페놀	4	4	20	10	10	50
벤젠	1	1	3	3	3	9
톨루엔	20	20	60	60	60	180
에틸벤젠	50	50	340	150	150	1,020
크실렌	15	15	45	45	45	135
석유계총탄화수소(TPH)	500	800	2,000	2,000	2,400	6,000
트리클로로에틸렌(TCE)	8	8	40	24	24	120
테트라클로로에틸렌(PCE)	4	4	25	12	12	75
벤조(a)피렌	0.7	2	7	2	6	21
1,2디클로로에탄	5	7	70	15	20	210

※ 비고

1. 1지역: 「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률」에 따른 지목이 전·답·과수원·목장용지·광천지·대(「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률 시행령」 제58조제8호가목 중 주거의 용도로 사용되는 부지만 해당한다)·학교용지·구거(溝渠)·양어장·공원·사적지·묘지인 지역과 「어린이놀이 시설 안전관리법」 제2조제2호에 따른 어린이 놀이시설(실외에 설치된 경우에만 적용한다) 부지
2. 2지역: 「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률」에 따른 지목이 임야·염전·대(1지역에 해당하는 부지 외의 모든 대를 말한다)·창고용지·하천·유지·수도용지·체육용지·유원지·종교용지 및 잡종지(「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률 시행령」 제58조제28호가목 또는 다목에 해당하는 부지만 해당한다)인 지역
3. 3지역: 「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률」에 따른 지목이 공장용지·주차장·주요소용지·도로·철도용지·제방·잡종지(2지역에 해당하는 부지 외의 모든 잡종지를 말한다)인 지역과 「국방·군사시설 사업에 관한 법률」 제2조제1호가목부터 마목까지에서 규정한 국방·군사시설 부지

5. 종합 의견

5. 종합의견

본 대상부지의 오염물질은 아연(Zn)이며, 오염면적 208.7㎡, 오염토량 140.91㎥로 최종 처리되었다.

부지 내 완료검증은 부지 내 오염토양 굴착 후 바닥면 7점, 사면 4점(추가굴착 후 재검증 포함), 부지 내 퇴매움토 5점, 반입정화시설 내 정화토양 5점의 시료를 채취하여 분석 한 결과, 토양오염우려기준(3지역) 및 정화목표치(Zn 2,000mg/kg) 미만으로 나타났다.

토양정화업체는 (주)에니스환경건설, 정화공법은 현장 외 처리(Off-site)기법으로 아연(Zn) 오염토를 반입정화시설로 반출하여 토양세척법을 적용, 2020년 12월 01일 ~ 2021년 03월 10일까지 오염토양 정화공사를 실시하였다.

2020년 12월부터 2020년 03월까지 신라대학교 산학협력단 토양분석센터에서 실시한 완료검증 결과에서는 토양오염우려기준 미만으로 분석되어, 부지 내 및 반입정화시설로 반출 한 오염토양의 정화가 완료된 것으로 판정된다.

반입정화시설에서 처리한 정화토양은 아래와 같이 레미콘원료제조 용도로 사용되었다. (부록 6.4 참조)

지 번	지 목	지역구분
경북 영천시 고경면 대의리 604-8 신우레미콘아스콘(주)	공장용지	3지역