

지중 환경의 정의에 대한 정책적 고찰

양지훈 · 유근제 · 황상일*

한국환경정책 · 평가연구원

A Study on Definition of Subsurface Environment in Korea

Jihoon Yang · Keunje Yoo · Sang Il Hwang*

Korea Environment Institute

ABSTRACT

Many improper development action were performed at subsurface environment, because there were not any definition about subsurface environment in Korea. The purpose of this study was to establish a definition on subsurface environment. Subsurface environment could be divided by subsurface natural environment and subsurface living environment. The soil, groundwater, ecosystems, landscapes, underground space (naturally occurred) were included in subsurface natural environment. And space and facilities used by human were classified as subsurface living environment.

Key words : Subsurface environment, Definition, Natural environment, Living environment

1. 서 론

2014년 8월, 서울 송파구에서 발생한 땅꺼짐 현상으로 인해 지반 침하에 대한 국민들의 관심과 우려가 매우 높아졌다. 그 후로도 인천, 일산, 제주 등지에서 큰 규모의 땅꺼짐 현상이 지속적으로 발생하고 있으며 이로 인한 경제적 피해가 보고되고 있다. 실제 경기도의 경우, 지난 5년간 보고된 땅꺼짐 현상 발생 건수가 185건에 달하며 점차 땅꺼짐 현상 문제가 국민들을 위협하는 재난의 한 형태로 인식되고 있다(Kyeonggi.com, 2015).

땅꺼짐 현상에 대한 법적 정의는 존재하지 않으나 일반적으로 땅꺼짐 현상은 지하수의 거동으로 인하여 지하에 빈 공간이 발생하게 되어 상부로부터의 압력을 견디지 못하고 대규모로 지반이 내려앉는 현상을 말한다.

우리나라는 석회암층이 좁아 땅꺼짐 현상 발생 가능성이 낮은 비교적 안전한 나라이지만 대규모 공사로 인한 교란, 상하수도 배관의 노후로 인한 누출 등에 의해 자주 발생하고 있다(Lee and Kang, 2014).

Huffingtonpost(2014)에 의하면 이와 같은 문제가 발생하게 된 근본적인 원인은 무분별한 개발에 있다고 보도되었다. 해

당 문헌은 “70년대 강남개발이 주먹구구식으로 진행되면서 지하철, 하수관 등 도시 인프라가 계획 없이 얽히고설켜 지하공간은 손도 댈 수 없을 정도로 복잡해졌다. 이런 상황에서 예상치 못했던 지하수 고갈 현상으로 인해 땅꺼짐 현상이 나타나고 있는 것”이라는 전문가의 의견을 인용하였다.

이와 같은 지중 환경의 무분별한 개발이 70년대 강남개발 이후 50년 이상 지속될 수 있었던 것은 지중 환경과 관련된 법제도의 부재로 인한 것일 수 있으나 가장 근본적인 원인은 지중 환경의 정의 및 그 구성 요소, 범위에 대한 명확한 설정이 없기 때문이라 판단된다.

현행법에서는 「지하수법」에 의하여 ‘지하수’의 정의가 설정되어 관리해야 할 대상을 규정하고 있다. 또한 「자연환경보전법」은 ‘생태계’의 정의를 규정하고 관리해야 할 생태계의 범위 및 그 구성 요소를 설정하고 있다.

이와 같이 법을 기반으로 한 효율적인 환경 관리를 위하여 환경의 법적 정의 확립은 가장 우선시되어야 추진되어야 할 과제이며 법적 정의 및 범위가 확립되는 경우 해당 환경의 관리 대상 및 주체를 명확히 구분할 수 있다. 현행법에서는 지중 환경의 정의가 존재하지 않는 관계로 관리 주체가 불분명할 뿐만 아니라 관련 명칭 역시

*Corresponding author : sangilh@kei.re.kr

Received : 2015. 12. 10 Reviewed : 2015. 12. 16 Accepted : 2015. 12. 16

Discussion until : 2016. 4. 30

이용 주체에 따라 다르게 사용되고 있는 실정이다.

실제 2014년 송파구 땅꺼짐 현상 발생 이후, 정부 및 언론에서는 땅꺼짐 현상을 의미하는 명칭으로 지반 침하, 지반 붕괴 등의 용어를 혼용하여 사용하였다. 또한 이로 인해 발표되는 땅꺼짐 현상 발생현황 통계자료 역시 부처 별로 다른 것으로 나타났다(Upkorea, 2014).

관련 법적 정의 및 범위의 부재로 인해 발생한 또 다른 문제는 관리 주체의 불확실성이다. 실제 2014년 서울 송파구 땅꺼짐 현상 발생 당시 국토교통부에서는 법적 근거 부재를 이유로 지하 공간 관리의 컨트롤 타워 역할에 소극적인 모습을 보였다. 그 뿐만 아니라 현재 지하 공간에 존재하는 다양한 시설은 각 지방자치단체, 전문 기관에 따라 각각 관리되고 있다.

이로 인해 관련 사고가 발생할 시 그 책임은 서로에게 전가되고 있으며 관리 체계의 허점을 악용한 난개발 사례가 지속적으로 발생하고 있다. 또한 법적 관리가 되지 않기 때문에 사고 발생 시 명확한 원인 규명 및 영향 조사 대신 뱀질식 처방이 자주 활용되고 있다.

제19대 국회 국토교통위원회 위원인 이현승 의원에 의하면 2014년 8월 5일 석촌동에서 첫 번째 땅꺼짐 현상이 발생한 직후, 당국에서는 그 원인을 조사하지 않고 단순히 160톤의 토사를 메우고 아스팔트 포장을 진행했다고 발표되었다(Upkorea, 2014). 하지만 불과 2일 후 2미터의 지반이 추가로 침하되었으며 당국에서는 이번 사고 역시 아스팔트로 긴급 처방하였다. 추후 확인된 바에 따르면 해당 공사장 주변은 지하 내 다섯 개의 추가 땅꺼짐 현상이 존재하였으며 뱀질식 처방이 지속되었다면 더 큰 사고를 발생시켰을 것으로 보고되었다.

이와 같이 현재 우리나라는 지하 공간을 포함하는 지중 환경에 대한 명확한 정의나 범위 설정이 이루어지지 않은 실정이다. 급격한 발전을 위한 개발 방식이 다양한 문제를 일으키고 있는 현 시점에서 이제는 인류의 지지기반이 되며 생활 터전이 되는 지중 환경에 대한 정의 및 범위, 그 구성요소에 대한 정립이 필요한 시점이다.

본 연구는 현행법상 환경의 정의를 조사하여 그 형식 및 본래 의미를 훼손하지 않는 범위 내에서 지중 환경의 정의를 정립하고자 하였으며 지중 환경의 구성 요소 및 그 범위를 설정하였다.

2. 지중 환경의 정의

2.1. 현행법상 환경의 정의

현행법상 환경의 정의는 「환경정책기본법」에서 찾을

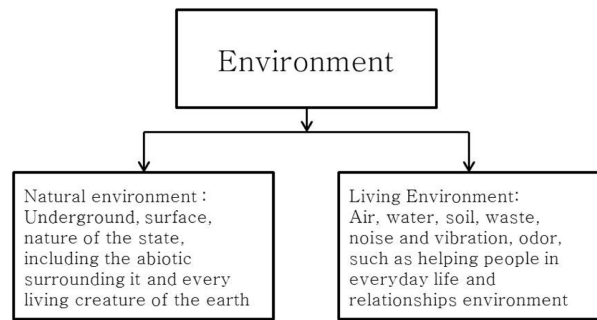


Fig. 1. The definition of environment on current regulation in Korea.

수 있으며 그 내용은 Fig. 1과 같다. “환경이란 자연환경과 생활환경을 의미”하며 “자연환경은 지하 및 지표, 지상의 모든 생물과 이들을 둘러싸고 있는 비생물적인 것을 포함한 자연의 상태(생태계 및 자연경관 포함)”를 의미한다. 또한 “생활환경이란 대기, 물, 토양, 폐기물, 소음 및 진동, 악취, 일조 등 사람의 일상생활과 관계되는 환경”을 의미한다.

해외에서 사용 중인 환경의 정의는 유엔환경계획(United Nations Environmental Programme)을 참조하였다. 유엔 환경계획에 따르면 환경은 자연환경, 인간과 환경으로 구분할 수 있으며 “자연환경의 구성요소는 대기, 대양, 물, 암석, 육상생태계, 인간과 환경의 구성요소는 주거, 건강, 에너지, 안전 등으로 구성되어 있다”고 정의하였다.

국내·외 대표적 환경의 정의를 확인한 결과, 환경은 자연적으로 발생한 것과 인위적으로 생산된 모든 것을 모두 포함하고 있었으며, 생물과 비생물적인 것을 모두 포함하는 포괄적인 개념이었다. 따라서 본 연구에서 정립하고자 하는 지중 환경의 정의는 지표면 아래에 존재하는 생물, 비생물적인 것과 인간의 일상생활과 관련된 환경 역시 고려해야 한다는 것을 확인하였다.

2.2. 지중 자연환경

본 연구에서는 지중 환경의 정의를 정립함에 있어 현행법의 형태를 크게 벗어나지 않는 것을 원칙으로 하였다. 따라서 지중 환경 중 자연적으로 발생한 것을 ‘지중 자연환경’이라 명명하였으며 이에 대한 정의는 “지표면 아래에 존재하는 생물과 이들을 둘러싸고 있는 비생물적인 것을 포함한 자연의 상태(생태계, 자연경관, 자연적으로 발생한 지하 공간 포함)”로 하였다.

이와 같은 정의에 따라 지중 자연환경의 구성요소로 토양, 지하수와 생태계 및 자연경관, 지하 공간(자연적으로 발생한 것)을 선정하였으며 각각의 구성요소에 대한 법적

정의는 다음과 같다.

2.2.1. 토양

우리나라에는 법적으로 명시된 토양의 정의가 존재하지 않는다. 또한 농업, 지질학, 토목공학, 지구과학 등 토양을 연구하는 학문의 목적에 따라 토양의 정의가 다르게 사용되고 있는 실정이다. 하지만 모든 학문 분야에서 공통적으로 사용되는 개념은 “토양은 생명현상의 근원이 되는 필수적인 것”으로 인식되고 있다.

토양의 법적정의로 가장 활용이 가능한 개념은 환경부에서 제시하고 있다. 환경부는 토양을 “암석의 풍화물로 지칭되며 지표면이나 지표 근처에 노출된 암석이 산소, 물, 열작용 등에 의해 크고 작은 입자로 깨진 혼합물과 화학반응 생성물(점토광물, 탄산칼슘 등), 유기물”로 정의하고 있다.

해외의 경우는 독일의 사례를 참고하였다. 독일의 경우, 「연방토양보호법」 제2조에 따라 토양을 정의하였다. 해당 법령에 따르면 토양은 “토양의 기능 수행자로서 지하수와 하상을 제외한 액체구성부분(토양 중 액체)과 가스형태의 구성부분(토양 중 기체)을 포함하는 지각의 상층부”로 정의하고 있다. 또한 네덜란드의 경우 「수정토양보호법」 제1조에 따라 토양을 “액체나 기체 구성물 및 그 곳에 포함된 유기물질을 비롯한 육상의 토양”으로 정의하고 있다(Ministry of Environment, 2012).

한국, 독일, 네덜란드의 사례를 분석한 결과, 모든 경우에 있어 토양의 정의는 토양 내에 존재하는 물, 공기를 구성요소로 포함하고 있으며 유기물질과 무기물질을 모두 포함하고 있었다. 이를 통해 지중 환경에서 활용가능한 토양의 정의는 “지표면이나 지표 근처에 존재하는 암석의 풍화물로서 토양 입자 사이의 물과 공기를 포함하는 것”으로 고려할 수 있다.

2.2.2. 지하수

지하수의 경우, 국내에서도 법적 근거를 명시하고 있다. 현재 지하수는 「지하수법」에 의해 정의된다. 동일법 제2조에 따르면 “지하수란 지하의 지층이나 암석 사이의 빈틈을 채우고 있거나 흐르는 물”을 의미하고 있다. 또한 한국지하수토양환경학회에서는 “지하수는 광의로는 지표면 아래에 있는 모든 물을 의미하지만, 일반적으로 지하수면보다 밑에 있는 포화대 내의 물”을 지하수의 일반적인 의미로 설명하고 있다.

이 외에도 국가지하수정보센터 홈페이지 등에 따르면 “강우에 의해 지표에 내린 물은 대부분 지표를 따라 흐르

거나 토양으로 스며들어 하천으로 유입된다. 그 중 일부는 암석의 틈이나 공극을 채우게 되는데 이와 같이 지하에 포화된 상태로 들어있는 물을 지하수라 정의한다.”고 명시되어 있다.

해외의 경우에는 미국과 영국 등의 사례를 분석하였다. 미국 환경청에서는 지하수를 “강우에 의해 발생한 물 중 지표면을 흘러 강이나 호수로 들어가는 것 외에 모래, 점토 및 대수층으로 스며들어 발생하는 것”을 지하수라 정의하였으며 영국의 ‘UK Groundwater Forum’에서는 “지표면 아래의 포화대에 존재하는 모든 물, 그리고 토양에 직접적으로 접촉하는 모든 물”을 지하수로 정의하고 있다.

우리나라의 지하수에 대한 정의는 대부분의 국가와 유사한 것을 확인할 수 있었으며 이를 통해 “지표면 아래에 존재하는 모든 종류의 물(토양 공극 내 존재하는 수분 제외)”이 지하수를 구성한다는 것을 확인하였다.

2.2.3. 생태계

우리나라 현행법에서 생태계는 「자연환경보전법」을 통해 정의되어 있다. 생태계란 “식물, 동물 및 미생물 군집들과 무생물 환경이 기능적인 단위로 상호 작용하는 역동적인 복합체”를 의미한다. Park and Choi(2012)에 의하면 생태계 중에서도 토양 생태계는 “토양 내 거주하고 있는 진균, 세균, 원생동물 등의 미생물과 곤충, 지렁이, 소형 포유류, 식물 등의 생물과 토양입자, 유기물질, 무기물질, 물, 공기의 복합체”를 의미한다고 보고되었다.

캐나다의 경우, 생태계를 “대상 지역(작은 연못부터 크게는 지구 전체를 포함하는) 내에 존재하는 모든 생물과 비생물적(물리적, 화학적) 환경 사이의 상호작용 시스템”으로 정의하고 있으며 생태계를 정의하고 있다.

생태계의 경우 최근의 관심을 반영하여 많은 연구가 이루어져있다. 다수의 연구진에 의해 밝혀진 생태계의 공통적인 의미는 “생물과 비생물 사이의 모든 상호작용”을 의미한다. 이를 통해 국내 지중 환경의 정의를 위한 생태계의 정의는 “지중 환경 내에 존재하는 모든 생물, 비생물 환경 사이의 상호작용”으로 함이 합리적이라는 것을 확인하였다.

2.2.4. 자연경관

지중 환경을 구성하는 또 다른 자연 환경은 자연경관이 있다. 자연경관은 자연환경보전법 에 의해 정의되었으며, “자연 환경적 측면에서 시각적·심미적인 가치를 가지는 지역·지형 및 이에 부속된 자연요소 또는 사물이 복합적으로 어우러진 자연의 경치”를 그 정의로 한다.

해외의 경우 자연경관을 “인간에 의해 변경, 수정, 이동되지 않은 생물과 무생물로서 암석, 물, 식물, 나무, 공간 등을 의미”하는 것으로 정의하고 있으며 국내의 경우와 유사하게 시각적·심미적 가치를 가지고 있는 경우 자연경관으로 분류한다.

최근 자연경관의 범위 설정 추세를 분석한 결과, 과거에는 역사적, 학술적 가치를 지닌 자연경관의 문화재 지정을 통해 경관의 보존에 중점은 둔 반면 최근에는 자연경관의 관광자원으로서의 가치를 중시하고 있는 추세이다.

이와 같은 추세를 고려하였을 때, 지중 환경 중 자연경관의 정의는 “인간에 의한 변형, 수정, 인위적 이동이 이루어지지 않은 시각적, 심미적 혹은 역사적, 학술적 가치를 지닌 지역·지형 및 이에 부속된 자연요소”로 함이 타당하다.

2.2.5. 지하 공간(자연 발생)

국내의 경우, 효율적인 토지 이용 및 인구 밀도 증가 문제 해소를 위하여 지하 공간을 자주 활용해왔던 만큼 이를 위한 지하 공간의 정의가 비교적 잘 정립되어 있다. 하지만 국내·외 모두에서 지하 공간을 정의함에 있어 자연적으로 발생한 공간과 인위적으로 개발된 공간에 대한 구분이 존재하지 않는다. 대부분의 경우, 두 공간 모두 공통되게 공간 자원으로 분류하고 있다.

본 연구는 자연적으로 발생한 지하 공간과 인위적으로 개발된 지하 공간을 별개의 정의로 구분하고자 하였으며 자연적으로 발생한 지하 공간은 천연 동굴이 대표적이다.

자연 기원의 지하 공간은 주로 문화재 관리 차원에서 법적 규제를 받고 있었으며 그 정의는 「문화재보호법」과 「문화재청지침 제3호 천연동굴 보존·관리 지침」에서 확인할 수 있었다. 천연 동굴이란 “지하 암체에서 천연으로 만들어진 공동으로 적어도 사람이 들어갈 수 있는 정도의 규모를 가진 공간”으로 정의된다. 또한 동굴의 발

생 원인에 따라 동굴의 종류를 분류하고 있다.

기준에 존재하는 자연 기원 지하 공간의 법률상 정의를 벗어나지 않는 범위 내에서 해당 공간의 정의를 설정한 결과는 “자연적으로 발생한 지하 공간이란, 지진, 화산활동, 파도 및 지하수에 의한 침식 등의 자연 현상에 의해 발생한 일정 규모의 지표면 아래 공간”으로 정의할 수 있다.

2.3. 지중 생활환경

본 연구는 지중 자연환경의 사례와 마찬가지로 현행법의 범위를 크게 벗어나지 않는 한도 내에서 ‘지중 생활환경’의 정의를 “인간이 일상생활을 영유하는 인위적 지하 공간 및 시설”로 정의하였으며 그 범위를 설정하기 위한 문헌 연구를 수행하였다.

본 연구에서는 「환경정책기본법」을 통해 정의된 일반 생활환경 중에서 현재 「건축법」, 「소음·진동규제법」, 「지하 생활 공간 공기질 관리법」 등에 의해 이미 규제되고 있는 대기, 물, 토양 및 폐기물 그리고 소음 및 진동, 악취에 대하여는 본 연구의 범위에서 제외하였으며 다부처간 관리 체계가 모호한 다양한 지중 생활환경에 대한 분류를 주로 수행하였다.

지중 생활환경의 구체적 범위는 시설을 설치하기 위한 지하 공간과 인위적 행위에 의해 설치된 지하 시설을 포함하며 해당 공간에 대한 대표적인 국내·외 정의는 Table 1과 같다.

우리나라의 경우 지중 생활환경에 대한 정의 정립이 연구자에 따라 매우 다양하게 수행되어 있으며 그 분류 체계 역시 일관되지 않다. 국내 현행법 중에서 지중 생활환경을 정의하고 있는 법은 「지하 공간 침수방지를 위한 수방기준」과 「지하 시설물도 작성 작업 규칙」을 꼽을 수 있다.

해당 기준에서는 지하 공간을 “지하 도로, 지하 광장, 지하에 설치되는 공동구, 지하도 상가, 지하에 설치되는

Table 1. The status of subsurface space and facilities

Item	Definition	Reference
Subsurface space	“Underground roads, underground plaza, common duct, which is installed on the ground, underground shopping malls, underground installation in which urban transit and rail, which is installed in an underground substation, building floor under the ground, etc.”	Guidelines for prevent flooding of underground space, Ministry of Government Legislation
	“Space was created by excavating the soil or rock horizontally or vertically under the indicator”	Busan Development Institute (2012)
Subsurface facilities	“The underground waterworks, sewage facilities, gas facilities, telecommunication facilities, electrical facilities, pipeline facilities etc”	Guidelines for drafting work underground facilities, Ministry of Government Legislation

Source: Ministry of Government Legislation (2015), Lee and Han (2012)

도시철도 및 철도, 지하에 설치되는 변전소, 바닥이 지표면 아래에 있는 건축물 등을 말한다.”고 하였으며 지하 시설은 “지하에 매설된 상수도시설, 하수도시설, 가스시설, 통신시설, 전기시설, 송유관시설, 난방열관시설, 기타 국립 지리원장이 정하는 시설”로 정의하고 있다.

하지만 해당 법령은 수방기준, 지하 시설물도 등 특별한 목적으로 활용하는 경우에만 적용되는 기준으로써 지표면 아래에 존재하는 모든 시설 및 공간에 대하여 적용할 수 없기 때문에 일반적인 정의로 활용하기에는 문제가 있다.

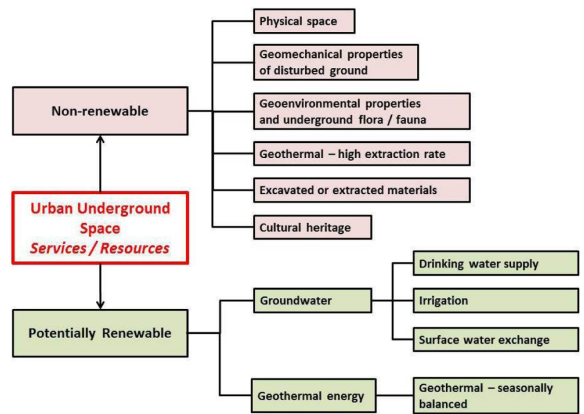
지하 공간 및 시설을 포함하는 지중 생활환경에 대한 국내 연구진의 연구 결과에 따르면, Lee and Han(2012)은 지하 공간이란 “지표 하에 수직 또는 수평으로 흩이나 암석을 굴착하여 만든 공간으로써 지표를 경계로 지상공간과 대칭을 이루는 공간이며 지표면 아래의 지중”을 의미한다 하였으며 Ministry of Land Transport and Maritime Affairs(2008a)는 지하 공간을 “도심 내 도시 문제의 경감요구에 대한 대응, 환경보전/경관보존/역사적인 장소의 보존 등 개발 억제 지역에서의 토지 이용 효율화 지향, 도시 구조 다변화 필요성에 대한 대응, 지하 공간의 환경 특성 활용 요구에 대한 대응을 위해 지표면 하부에 조성된 공간자원”으로 정의하였다.

국내 현행법과 연구진에 의한 지중 생활환경과 관련된 정의 분석 결과, 대부분의 경우 지표면 아래 존재하는 건축물과 시설, 인위적으로 개발된 공간에 대하여 명확한 구분 없이 지하 시설, 지하 공간, 지중 시설 등 다양한 용어가 사용되고 있는 것을 확인하였다.

해외에서 사용 중인 지중 생활환경의 정의를 분석하기 위해 ‘Subsurface environment’, ‘Underground environment’ 등의 용어를 활용한 조사 결과, 해당 용어는 주로 지중 내 유류 저장 시설, 지하철 및 관련 설비, 지하수 환경을 설명하는데 활용되고 있는 것을 확인하였다.

이를 통해 확인할 수 있는 것은 해외의 경우 역시 지하 환경을 지표면 아래에 존재하는 특정 시설을 명명하는데 활용하고 있다는 점이다. 따라서 지하 공간 및 지하 시설을 모두 아우를 수 있는 환경의 정의를 위하여 다른 주제를 이용한 추가 분석을 수행하였다.

본 연구에서 정의하고자 하는 지중 생활환경의 경우, ‘Underground space’, ‘Environmental geology’ 등의 용어를 활용할 때 보다 정확한 관련 정보를 획득할 수 있는 것으로 분석되었다. 그 중에서도 미국공간협회에서 제안한 ‘Urban Underground Space’에 대한 정의는 세계적으로 가장 많은 연구진이 활용하고 있을 뿐만 아니라 국



Source : ITACUS(2011)

Fig. 2. Subsurface components of ITACUS.

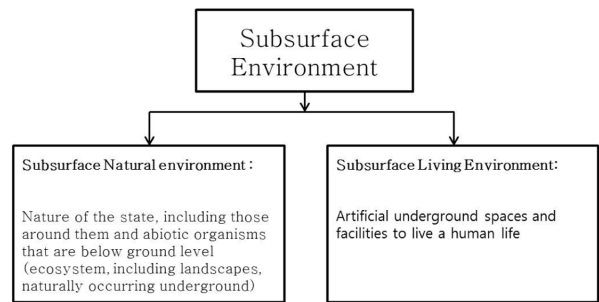


Fig. 3. The definition of subsurface environment.

내 연구진 역시 해당 정의를 활용한 사례가 있음을 확인하였다.

미국공간협회에 따르면 지하 공간이란 “경제적 이용이 가능한 범위 내에서 지표면의 하부에 자연적으로 형성되었거나 또는 인위적으로 조성된 일정 규모의 공간자원”이 있으며 “해당 공간 자원 내에 일정목적의 시설이 첨가된 경우” 이를 지하 시설로 정의하고 있다(Kim, 2009).

이 외에도 국제터널학회에서는 Fig. 2와 같이 지열 에너지를 지하 공간 자원의 요소로 추가한 지하 공간에 대한 정의를 설정하였다.

해외 사례를 분석한 결과, 해외에서는 지하 공간과 지하 시설을 별도의 정의로 사용하고 있지 않은 것을 확인하였다. 특히 지하 공간에 대한 정의를 명확히 설정한 후 해당 공간 내에 설치되는 시설은 모두 지하 시설로 분류하고 있는 것을 확인하였다.

따라서 국내의 경우 역시 위와 같은 사례의 정의가 필요할 것으로 판단되며 본 연구에서는 추후 지속적인 이해관계자 및 다부처 간의 협의를 통해 지하 공간의 명확한 정의가 우선시 되어야 한다는 결론을 제안한다.

다양한 국내·외 문헌과 법령 분석을 바탕으로 정립한 지중 환경의 정의는 Fig. 3과 같다.

지중 환경은 “자연으로부터 기원한 지표면 아래에 존재하는 지중 자연환경과 인위적으로 개발 및 활용 중인 지중 생활환경”으로 구분되며 지중 자연환경은 “지표면 아래에 존재하는 생물과 이들을 둘러싸고 있는 비생물적인 것을 포함한 자연의 상태(생태계, 자연경관, 자연적으로 발생한 지하 공간 포함)”로, 지중 생활환경은 “인간이 일상생활을 영유하는 인위적 지하 공간 및 시설”로 정의한다.

3. 지중 생활환경의 구성요소

앞서 살펴본 바와 같이 지중 자연환경은 그 형태 및 종류에 따라 명확히 구분되는 것을 확인하였으며 각 구성 요소에 대한 법적 근거가 마련되어 있는 것을 확인하였다. 하지만 지중 생활환경의 경우 각 시설에 대한 법적 근거가 존재하지 않음에도 불구하고 더 자주 활용되는 까닭에 그 구분이 점점 더 모호해지고 있으며 법적 해석이 상황에 따라 달라져 지중 환경의 난개발을 규제할 수 없는 상황이다. 본 연구에서는 현행법 상 존재하는 지중 생활 환경의 목적별, 깊이별 구분을 통해 그 분류를 수행하였다.

3.1. 목적별 구분

지중 생활환경은 급격한 도시화와 그로 인한 인구의 도심 집중, 또한 발전 불균형을 해소하기 위한 목적으로 진

행되었으며 또한 난개발로 인한 지상 환경의 보전을 위한 목적으로 개발되어 왔다.

우리나라에서는 급격한 산업발달이 이루어진 1970년대에 들어 지중 생활환경의 개발이 활발히 이루어졌으며 유류 및 액화가스와 같은 연료 비축기지, 전력의 안정적인 수급을 위한 지하 양수 발전소, 도수로 터널, 지하철, 지하상가, 지하보도 및 지하주차장 등의 용도로 주로 개발 및 활용되었다.

세계적으로 가장 활발한 지하 생활공간 개발을 보여주고 있는 국가는 핀란드로서, 해당 국가에서는 산업시설 및 기반 시설을 건설하기 위하여 지중 생활환경을 주로 개발해왔다. 또한 노르웨이에서는 터널이나 지하도로 같은 사회 기반 시설 뿐 만 아니라 산업시설, 저장시설 등의 용도로 지중 생활환경을 적극적으로 개발하였다.

이 외에도 스웨덴에서는 지하 공간이 가지는 장점을 활용하여 열병합 및 수력발전, 난방 및 저장 시설을 중점적으로 개발하였으며, 미국, 프랑스, 캐나다, 일본, 홍콩 등의 국가 역시 지중 생활환경을 활발히 활용하고 있다.

국내·외 사례 분석 결과, 대부분의 국가에서 지중 생활환경은 일차적으로 사회 기반 시설 건설을 위하여 활용되고 있었으며 이차적으로는 상업, 교육, 연구, 문화 및 레저, 주거용도 등으로 활용되고 있는 것을 확인하였다.

위와 같은 지중 생활환경의 목적별 구분은 아래 Table 2와 같다. 지중 생활환경은 크게 기반시설, 생활, 사업시설로 구분될 수 있으며 각각의 대분류에 속하는 소분류 시설은 표 내용과 같다.

Table 2. Classification of subsurface living environment according to the object

Item	Facilities	
Infrastructure	Supply Facilities	Drinking water, waste water, hot water, gas and electricity, communications, hazardous gas treatment pipe
	Transportation Facilities	Underpasses, subways, underground walkways, underground parking
	Defenses Facilities	Military facilities, underground shelters, strategic facilities
	Energy Facilities	District heating and cooling, plants
	Storage Facility	Petroleum storage, document storage, energy storage, refrigeration, Food and grain storage
	Environment Facility	Waste treatment facilities, sewage treatment facilities, drainage pipe, hazardous gas treatment pipe, sewage drains pipe
Living Facility	Residential Facilities	House basement
	Public Facilities	Parks, libraries
	Other facilities	Offices, schools, underground shopping malls, sports facilities
Business Facilities	Telecommunications facilities	Wires underground, pathways, pipelines
	Industrial facilities	Factories, warehouses, crops, quarry
	Research Facilities	Experiment / research facilities

Source : Lee (2014), ITACUS (2011)

Table 3. Classification of subsurface living environment according to the depth

Item	Depth from surface	
Korea	Within 3 m	Water, sewer, gas, electric wire, communications cable
	Within 5 m	Communication sphere, Power District
	Within 10 m	Underground walkways, underground shopping centers
	Within 50 m	Subways, underground parking, residential facilities, cultural facilities, welfare facilities
	Within 100 m	Information and communication facilities and commercial storage facility
United of States	Within 3 m-30 m	Building basement, urban railway, underground, sports facilities
	Within 30 m-300 m	Railway tunnel, underground oil storage facilities, military facilities
	Within 60 m-3,000 m	Underground pumping stations, energy and nuclear waste storage
Japan	Within 0 m-50 m	Basements, underpasses, electricity / gas / water / communications facilities
	Within 50 m-100 m	-
	More than 100 m	Oil reserve tank, rail tunnel

Source : Lee and Han (2012), Ministry of Land Transport and Maritime Affairs (2008b)

3.2. 깊이별 구분

지중 생활환경을 효율적이고 체계적으로 개발하기 위하여 지중 생활환경 깊이에 따른 설치가능한 시설의 종류가 명확히 구분되어야 한다. 현재 국내·외에서 활용 중인 심도에 따른 설치가능 시설은 국가에 따라 다른 기준이 적용되고 있다. 하지만 지중 생활환경에 설치되는 시설물의 규격 등은 국제기술표준에 의해 국제적으로 일원화되고 있는 시점에서 심도별에 따라 설치가 가능한 시설의 종류 역시 정리가 필요한 시점이다.

실제로 우리나라의 경우만 살펴봐도 이해 관계자, 시설의 종류에 따라 각기 다른 기준이 사용되고 있다. 일반적으로 우리나라에서는 지중 생활공간을 지하 50 m 이내 구간과 50 m에서 150 m 이내 구간, 150 m 이상으로 분류하고 있다. 하지만 도로 공간의 경우에는 지중 생활시설을 총 네 개의 범위로 구분하기도 한다(천심도(4.5 m 이내), 저심도(4.5 m-20 m), 중심도(20 m-40 m), 대심도(40 m 이하)). 또한, 한국지하공간협회의에서는 지중 생활환경을 저심도층(30 m 이내), 중심도층(30 m-60 m), 대심도층(60 m-120 m)으로 구분한다.

한국, 미국, 일본 모든 경우에서 지중 생활환경 중 지하 시설의 용도에 따라 설치 가능한 깊이를 다르게 사용하고 있다. 우리나라에서는 지중 생활환경을 다섯 개의 심도 범위로 구분하였으며 일본과 미국의 경우는 세 개의 범위로 깊이를 구분하여 사용 중이다. 우리나라 및 해외에서 사용 중인 지중 생활환경의 깊이에 따른 설치가능 시설 종류는 Table 3과 같다.

우리나라의 경우, 지표면 아래 3 m 이내에는 상수도, 하수도망과 가스관, 전선로, 통신케이블 등을 설치할 수 있도록 규정하였으며 지하 5 m 이내에는 통신구 및 전력

구, 10 m 이내에는 지하보도 및 지하상가를 설치할 수 있도록 규정하였다.

또한 지표면으로부터 50 m 이내에는 교통, 주거, 문화 및 복지시설, 100 m 이내에는 정보 통신 및 상업·저장 시설 등이 위치한다. 최근에는 지중 생활환경 개발이 다양한 측면으로 진행되기 때문에 저심도의 경우 지상 공간과의 복합적이며 유기적인 개발이 필요하다고 보고되고 있다.

미국의 경우에는 미국 지하공간협회에 의하여 지중 생활환경의 최대 이용 가능 깊이를 3,000 m로 설정하고 있다. 해당 공간은 크게 표층 지하 공간(3-30 m), 지표 접근 지하 공간(30-300 m), 심층 지하 공간(300-3,000 m)으로 구분된다. 지하공간협회는 국내의 경우와 유사하게 각 심도별 활용 가능한 시설의 목록을 공개하고 있다.

그에 따르면 표층 지하 공간에는 인위적인 지붕이나 지하 구조물을 필요로 하는 지하도, 건물의 지하 시설, 도시 철도 및 스포츠 시설 등을 설치하는 것을 추천하고 있다. 또한 지표 접근 지하 공간에는 암반 자체가 구조물의 역할을 수행하는 터널형 도시 철도, 군사 및 산업시설, 지하 유류 저장 시설 등을 설치하는 것을 추천하고 있으며 심층 지하 공간에는 시설에 접근하기 위한 인공 구조물이 추가로 필요한 지하 양수 발전소, 핵폐기물 저장소 등을 설치하는 것을 추천하고 있다(Kim, 2000).

일본에서는 지중 생활환경을 천심도(20 m 이내), 대심도(50 m 이상), 울트라대심도(100 m 이상)로 구분하여 활용하고 있으며 천심도는 지하실, 도시 철도, 지하도, 각종 관로의 매설, 건물의 기초 등으로 활용하고 있다. 대심도 이상에는 석유비축탱크, 철도 터널, 다이아몬드 제작 공장 등이 자리한다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 세계적으로 정립되지 않은 지중 환경의 정의를 설정하고자 하였으며 또한 그 구성요소를 설정하고자 하였다. 특히 지중 환경의 정의 정립 측면에서 기존 환경의 개념과 최대한 유사한 형식을 활용함으로써 새로운 개념에 대한 혼란을 감소시키고자 하였다. 본 연구의 결과는 다음과 같다.

지중 환경은 자연으로부터 기원한 지표면 아래에 존재하는 지중 자연환경과 인위적으로 개발 및 활용 중인 지중 생활환경으로 구분되며, “지중 자연환경은 지표면 아래에 존재하는 생물과 이들을 둘러싸고 있는 비생물적인 것을 포함한 자연의 상태(생태계, 자연경관, 자연적으로 발생한 지하 공간 포함)이며 지중 생활환경은 인간이 일상생활을 영유하는 인위적 지하 공간 및 시설”로 정의하였다.

지중 자연환경은 토양, 지하수, 생태계, 자연경관 및 지하 공간(자연적으로 발생된 것)으로 구성되며 지중 생활환경은 목적별로 기반시설, 생활시설, 사업시설로 구성되고 깊이에 따르면 천심도, 저심도, 중심도, 대심도층으로 구성된다.

본 연구의 결과가 용어의 통일을 통한 다부처간 지중 환경 관리 체계의 효율화, 지중 환경 관리 정책 및 법안 마련에 기반이 되길 희망하며 또한 그로부터 국가차원의 지중 환경 관리 중장기 정책 및 발전 전략의 수립 등이 도출되기를 기대한다.

사 사

이 논문은 환경부의 토양지하수오염방지기술개발사업(과제번호 2014000540006) 일환으로 한국환경산업기술원의 지원 및 한국환경정책·평가연구원의 지원을 받아 수행한 “지중환경관리를 위한 제도 개선방안 연구(I)에 의해 작성되었습니다.

References

- Huffingtonpost, 2014, www.huffingtonpost.com (Cited 6 Dec 2015).
- International tunnelling and underground space association committee on underground space (ITACUS), 2011, Sustainable Urban Underground Development, 3 p.
- Kim, G.S., 2000, (The) research on the effective use plan of the underground space, Dong-eui University, 8 p.
- Kim, J.S, 2009, Study on the promotion of the underpass market in the underground space : In reference to the underpass market in Seoul, Myongji University, 13 p.
- Kyeonggi.com, 2015, www.kyeonggi.com (Cited 29 Nov 2015)
- Lee, G.Y. and Kang, S.J., 2014, Sinkhole that swallowed the city, causes and countermeasures, Issue & Analysis, 156, Gyeonggi Research Institute, Gyeonggi, 2-4 p.
- Lee, H.B., 2014, Disaster response activities, public-private partnerships Activation Plan, Policy Research Report 2014-22, Daejeon Development Institute, Daejeon, 21 p.
- Lee, J.H. and Han. S.W., 2012, Improving Regional Regeneration through the Underground Space Development, An original idea research, Busan Development Institute, Busan, 5-9 p.
- Ministry of Government Legislation, 2015, www.law.go.kr (Cited 5 Dec 2015)
- Ministry of Land Transport and Maritime Affairs, 2008a, A study on underground space utilization and improved management research, 4 p.
- Ministry of Land Transport and Maritime Affairs, 2008b, A study on Yong-san park underground space utilization method, Korea land & housing corporation, 13 p.
- Ministry of Environment, 2012, A study on improvement of soil remediation system, 8 p.
- Park, Y.H and Choi H.A., 2012, Guiding Environment Conservation Policy for Sustainable Management of Soil Ecosystem in Upkorea, 2014, www.upkorea.net (Cited 5 Dec 2015).