



目 次

● 지하수의 가치와 평가방법에 관한 연구 이충기	1
● 선거여론조사의 예측 정확성 분석: 제 7회 전국동시지방선거를 중심으로 이기재 · 김진실	19
● 현장 생물축진법에 의한 유류 오염토양 처리 권수열	37
● 비교문화적 관점에서 본 아동과 청소년의 감사 개념 발달 : 한국과 미국 이소은	59

CONTENTS

☯ Research on the value and evaluation method of groundwater	Lee Chungki 1
☯ A Study on the Predictive Accuracy of Survey for the 7th Local Elections	LEE Kee Jae · KIM Jin Sil 19
☯ A Study on Petroleum Contaminated Soil Treatment by In-situ Biostimulation	Sooyoul Kwon 37
☯ Cross cultural perspectives of children & adolescents' gratitude development: South Korea and the U.S.	Soeun Lee 59

지하수의 가치와 평가방법에 관한 연구*

이충기**

Research on the value and evaluation method of groundwater

Lee Chungki

◁ 목차 ▷

I. 서론	V. 결론
II. 지하수의 기능 및 가치	참고문헌
III. 지하수의 가치평가방법론	논문초록
IV. 국내외 연구사례 조사	

I. 서론

물은 자연자원으로 인간의 건강, 복지, 경제성장, 생태계 서비스 등에 영향을 미치고, 가뭄과 기후변화와 관련하여 중요한 역할을 한다. 지구상에 존재하는 전체 수자원 중 담수는 약 2.5%에 불과하며, 그 담수 중 약 30%를 차지하는 지하수는 전 세계 물 공급의 중요한 부분을 구성한다(국가지하수정보센터, 2021). 지표수에 비해 지하수는 기후변화에 대한 민감도가 작고, 빗물이 지하로 침투되어 지하로 흐르는 동안 자연적으로 수질이 정화되는 등 가용한 수자원으로서 가치가 높다. 수질이 양호한 지하수는 저렴한 처리비용으로 음용이 가능해 많은 나라에서 음용수로 활용되고 있으며, 음용수 이외에도 생활용수, 공업용수, 농·어업용수 등 다양한 용도로 사용되고 있다.

지하수는 식수의 50% 이상과 관개 용수의 40% 이상을 제공하는 것으로 알려져 있다(Siebert et al., 2010). 대부분의 국가에서 총 물 이용량 대비 지하수 이용량의 비율은 20% 이내이며, 특히 아프리카 등 일부 국가에서는 총 물 이용량의 60% 이상을 지하수에 의존하고 있다(현윤정·문현주, 2014). 수자원 정책에서 지하수의 중요성에 대한 인식이 높아지고 있으나, 환경재나 자연자산에 대한 가치평가 연구에 비해 지하수의 가치평가를 다루는 국내외 연구는 미흡한 실정이다. 최근 기후

* 이 논문은 2022학년도 한국방송통신대학교 학술연구비 지원을 받아 작성된 것임.

** 한국방송통신대학교 경제학과 부교수.

변화와 물 부족 등 이슈와 맞물려 지하수의 가치와 중요성에 대한 관심이 높아지고 있다.

지난 수십 년 동안 세계 수자원에 대한 수요가 증가하고, 이에 따른 지하수의 과잉 추출과 오염 증가 등으로 인해 지속가능한 수준을 넘어섰다는 경고가 나오고 있다(IGRAC, 2016). 유엔환경계획에 따르면 아프리카와 건조지역에 위치한 국가에서는 식수와 농업용수로 지하수를 사용하는 비중이 높고, 많은 개발도상국에서는 과도한 지하수 사용으로 연간 약 3m씩 지하수면이 낮아지고 있다고 보고하였다(UNEP, 2011).

지하수는 추출의 정도에 따라 고갈될 수도 있는 자원으로 이미 비가역적으로 추출로 인해 식수로 이용가능한 깨끗한 지하수의 양은 감소하고 있다(Margat and van der Gun, 2013). 공유지의 비극을 설명하는 대표적인 사례로 제시되던 지하수의 과도한 추출과 오염을 방지하고 지속가능성을 보장하기 위해서는 효과적인 거버넌스가 필요하다(Titenberg, 2002).

지하수는 사회경제적 발전을 위한 중요한 전략적 자원이며, 생태적 완전성과 쾌적한 생활환경을 보장하는 요소다. 최근 지하수 관련 환경문제로 과잉 추출, 토지 침하, 사막화, 지하수 오염, 지하수 의존 생태계(groundwater-dependent ecosystems)의 파괴 등이 지적되고 있다. 지하수가 생태계에 제공하는 서비스에 대한 포괄적인 분석 및 평가는 지하수 가치에 대한 이해를 용이하게 하고, 지하수의 경제적 및 생태학적 가치를 정량화하는데 도움이 되기 때문에 지하수 보존에 매우 중요하다.¹⁾

일반적으로 생태계 서비스 평가방법에는 크게 대리시장을 활용한 기법과 가상시장을 이용한 기법으로 구분할 수 있다. 대리시장기법은 시장가치, 여행비용, 복원비용, 기회비용 등을 포함한 암목적 가격과 소비자 잉여를 이용하여 생태계 서비스의 경제적 가치를 측정한다. 가상시장기법은 조건부가치측정법에서와 같이 설문문을 통해 지불의사를 묻고 생태계 서비스의 경제적 가치를 측정한다. 미국의 경우 지하수 자원 평가에서 총 경제적 가치(total economic values, TEV) 기법이 활용되고 있다. TEV 방법론은 다양한 요소들의 합으로 계산되는 금전적 가치로 표시하는 것을 목표로 한다.

지하수 의존 생태계 서비스에 대한 평가는 습지, 삼림, 늪 등과 같은 지하수 관련 생태계의 기능 분석 및 평가를 포함하지만, 금전적인 가치로 체계적인 분석을 하거나 평가한 사례는 찾아보기 어렵다(Murray et al., 2006). 비교적 최근 연구인 Griebler and Avramov(2015)는 지하수 생태계가 제공하는 서비스를 유형을 정성적으로만 제시할 뿐 구체적인 평가 방법에 대해서는 기술하지 않고 있다.

지하수는 지표수와는 달리 지표 하부에 부존하기 때문에 정확한 부존량을 평가하기 어렵고, 부존지역 평가도 어렵기 때문에 활용 측면에서 수요와 공급이 지역적으로 일치하지 않을 가능성이 높다. 지하수의 자본적 가치를 평가하는 경우 지하수 자원 자체에 대한 가치평가뿐만 아니라, 이를 이용해 생산되는 다양한 제품의 자본적인 가치를 이해할 수 있다. 지하수의 경제적 가치는 시간에 따른 지하수 가치의 변화가 비교가능하기 때문에 전 지구적 문제인 기후변화에 대비하는 미래의 정책 결정을 위해 유용하게 활용할 수 있을 것이다.

이후 이 연구는 다음과 같이 구성되었다. 2장에서 지하수의 기능 및 가치에 대해 살펴보고, 3장에서는 지하수의 가치평가 방법론에 대해 논의한다. 4장에서는 지하수의 가치를 분석한 국내외 연

1) 생태계 서비스라는 용어는 1970년대 초에 등장하였다. Daily et al.(1997)는 보다 과학적인 방법으로 인간의 삶을 보장하고 향상시키기 위해 생태계가 제공하는 상품과 서비스의 직·간접적 혜택으로 정의했다. Constanza et al.(1997)은 글로벌 생태계를 17개 범주로 구분하고, 바다, 만, 산호초, 숲, 초원, 습지, 호수, 강, 사막, 농촌 및 도시 지역을 포함한 10가지 유형의 생물학적 공동체의 가치를 화폐 단위로 측정하였다.

구사례를 검토하고, 마지막 5장은 지속가능한 지하수 관리를 위한 제언과 결론으로 할애한다.

II. 지하수의 기능 및 가치

지하수를 보유한 대수층은 식수, 홍수 방지, 생태계 및 생태계 서비스 제공 등 사람들에게 다양한 형태로 다양한 혜택을 제공한다. 지표수에 비해 기후변화에 대한 민감도가 작고 오염취약성도 낮아 재난 및 재해에 대해 안전성이 높은 수자원으로 분류할 수 있다. 그러나 관정을 통해서만 이용가능하고, 대규모 개발이 용이하지 않아 자원으로서의 지하수의 가치는 저평가되고 있다. 그러나 최근 물 부족 문제와 기후변화 등의 영향으로 지하수 자원에 대한 무분별한 개발과 사용은 지속가능성을 위협하고 있을 뿐만 아니라 예상되는 미래도 그리 낙관적이지는 않다.

지하수 생태계 서비스는 인간생존을 위한 기본적인 생산물을 제공할 뿐만 아니라 지구상의 생명체에게 필수적인 환경 조건을 지원한다. 지하수가 생태계에 전달되는 잠정적 패턴에 따라 지하수 의존 생태계, 지하수 범람에 의해 지원되는 생태계, 지하수 수준으로 유지되는 생태계 등 세 가지 범주로 나눌 수 있다(Eamus et al., 2006).

UN의 지원하에 진행된 국제적 연구 프로젝트인 밀레니엄 생태계 평가(Millennium Ecosystem Assessment, MEA)의 연구 성과 중 생태계의 경제적 가치평가(valuation) 방법에 관해 제시된 분석들은 MEA의 보고서 출판 이후 많은 실증 연구들에 이용되고 있다. MEA가 인식하듯이 자연은 자연자본으로서 제조된 자본, 인적 자본, 사회적 자본 등과 함께 인간사회가 누리는 복지를 결정하는 핵심적 요소이다.

인간은 생태계로부터 직·간접적인 방법으로 재화와 용역을 얻음으로써 복지를 향상시킨다. MEA는 생태계가 제공하는 여러 가지 재화와 용역을 생태계 서비스라고 규정하고, 이를 제공(provisioning) 서비스, 조절(regulating) 서비스, 문화(cultural) 서비스, 지원(supporting) 서비스 등 4개 영역으로 구분하고 있다(MEA, 2005). 이 네 가지 영역의 서비스에는 시장 재화도 있고 비시장 재화도 있다. MEA가 제안하는 분석 틀에서 볼 때, 지하수의 비시장 가치를 추정하는 문제는 지하수라는 생태계가 제공하는 4개 영역의 서비스 중 비시장 재화의 가치를 추정하는 문제가 된다.

제공 서비스에 대한 가치측정을 농업용, 가정용, 산업용 지하수로 구분하여 가치를 측정할 수 있다. 농업 식재 지역은 관개 지역과 비관개 지역(건조 지역)으로 나눌 수 있다. 지하수의 관개 가치는 생산자 잉여를 농부들이 물에 대해 지불하고자 하는 가격으로 설정하여 추정된다. 생산자 잉여는 관개 지역에서 사용되는 물의 고정비용에 따라 추정되며, 총 이익은 총 수입과 생산비용의 차이를 나타낸다. 즉, 농업용 관개에서 단기 지하수 가치는 일정 기간 동안 생산자 잉여에 근접하므로 관개 및 비관개 지역의 농업 이윤에 따라 추정할 수 있다. 그리고 가정이나 산업에서 지하수의 경제적 가치는 물 요금 지불의사로 소비자 잉여를 사용하여 추정된다. 소비자 잉여 평가의 핵심 매개변수는 물 수요의 탄력성과 규모다. Muller(1985)가 구축한 추정모형에 따르면 지하수의 산업적 가치는 평균 지불의사 또는 소비자 잉여 가치에 가까운 것으로 나타났다. 한편 지하 열은 깊은 지하시설을 통해 회수되고 지열발전소를 통해 전기로 변환되거나 난방 목적으로 직접 사용되며, 이러한 지열발전도 제공 서비스로서 지하수의 가치를 지닌다(Griebler and Avramov, 2015).

지하수는 물 보존, 물 정화, 영양소 침착, 병원체 제거 등과 같은 조절 서비스와 관련된 가치를 가진다. 지하수 자원은 일정 기간 동안 사람이 사용할 수 있고 매년 회수할 수 있는 지하 담수의

양으로 지하수 매장량과 같이 하천 유출수와 호수를 재충전, 조절, 보존을 위해 사용할 수 있는 가치를 지닌다. 그리고 지하수 수질이 좋은 경우 토양 교환 및 흡착, 생분해 등과 같은 메커니즘을 통해 대수층 내 지하수에서 외부 오염물질을 제거하는 등 수질정화의 가치를 가진다. 정화된 지하수의 가치는 하수 처리비용을 통해 추정할 수 있다.

또한 지하수의 영양소에는 나트륨, 칼륨, 인, 질소 등이 있으며, 지하수, 지표수, 습지, 늪 등과 같이 지하수 배출에 의존하는 생태계의 육상식물은 지하수로부터 다양한 영양소를 제공받는다. 이러한 서비스의 가치는 화학비료의 평균 가격에 따라 추정할 수 있다. 그리고 지하수 생태계에서 발견되는 미생물은 잠재적으로 병원균을 약화시키거나 비활성화를 통해 제거할 수 있다. 지하수에서 분리된 217개의 순수한 박테리아 분리 물 중 20% 이상이 대장균 K12 균주의 성장을 억제하는 것으로 밝혀졌다(Griebler and Avramov, 2015). 그러나 병원체 제거와 같은 서비스의 경제적 가치는 포괄적인 평가모형이 없어 현재로서는 활용에 한계가 있다.

그리고 지하수 생태계에 과학적 가치가 높은 화석과 고유종이 풍부하기 때문에 지하수 관련 연구 프로젝트에 대한 지출을 통해 지하수 생태계의 문화 서비스에 대한 가치를 추정할 수 있다 (Gibert and Culver, 2009).

인간이 지하수로부터 혜택을 받고 가치를 느끼는 것은 지하수 생태계가 제공하는 서비스이고, 지하수의 가치평가는 이러한 지하수 생태계의 서비스를 대상으로 추정한다. 지하수 생태계 및 서비스 유형을 분류하면 다음의 <표 1>과 같다.

지하수의 가치와 평가방법에 관한 연구

<표 1> 지하수 생태계 및 서비스 유형

생태계 유형	하위 유형	서비스 유형	평가 대상
지하수 생태계 (Groundwater ecosystems)	제한되지 않은 대수층과 카르스테 동굴 생태계 (Unconfined aquifer and karst cave ecosystems)	제공(Provisioning)	물 공급(가정, 산업, 농업 및 발전 활동) (Water supply (domestic, industrial, agricultural and power generation activities))
		조절(Regulating)	물 보존(Water conservation)
			대기 조절(Air regulation)
			물 정화(Water purification)
			유기물 증착(Organic matter deposition)
			병원균 제거(Elimination of pathogens)
		문화(Cultural)	과학적 연구(Scientific research)
지하수 범람으로 지원되는 생태계 (Ecosystems supported by groundwater overflows)	하천, 습지, 만 생태계 (River ecosystem Wetland ecosystems Bay ecosystem)	제공(Provisioning)	식량, 원료, 수자원 등 (Food, raw materials, water resources, etc.)
		조절(Regulating)	홍수 조절(Flood control)
			대기 조절(Air regulation)
			물 정화(Water purification)
			토양 보존(Soil conservation)
			기후 조절(Climate regulation)
		문화(Cultural)	과학적 연구(Scientific research)
			휴양(Recreation)
지하수 수준으로 유지되는 생태계 (Ecosystems maintained by the groundwater level)	육상 및 근해 식생 생태계 (Terrestrial vegetation ecosystems Near-shore vegetation ecosystem)	제공(Provisioning)	식량, 원료(Food and raw materials)
		조절(Regulating)	홍수 조절(Flood control)
			대기 조절(Air regulation)
			폐기물 처리(Waste treatment)
			토양 보존(Soil conservation)
			수분(Pollination)
			영양소 순환(Nutrient cycle)
			기후 조절(Climate regulation)
		문화(Cultural)	과학적 연구(Scientific research)
			휴양(Recreation)
		지원(Supporting)	서식지(Habitats)

자료: Yang(2020).

지하수의 가치를 환경관리의 대상이 되는 자원과 환경이라는 관점에서 자원적 가치, 환경적 가치, 생태적 가치 등으로 분류하기도 한다(현윤정·문현주, 2014).

자원적 가치로서 지하수는 물 이용의 상당 부분을 차지하고, 오염으로부터 안전한 잠재적인 물 이용 가능성을 가지고 있다. 특히 하천의 구조, 규모, 기상조건 등에 따라 정도의 차이는 있으나 평상시 하천유량의 30~40%는 지하수의 기저유출에 의해 유지되고, 갈수기 하천유량은 거의 전적으로 지하수의 기저유출에 의해 의존한다. 그러나 수자원 정책의 관점에서 보면 지표수의 자원적 가치로 하천 기저유출량이 고려될 뿐 지하수의 가치가 제대로 반영되지 못하는 것이 현실이다. 하천유량 유지의 상당 부분을 지하수 기저유출이 기여하는 만큼 지하수의 자원적 가치를 평가할 때 세심하게 고려되어야 할 것이다.

그리고 지하수는 땅 속을 흐르는 지반환경의 중요한 구성요소이다. 지하수는 지표수와는 다른 물리적, 화학적 특성을 지니고 있어서 지하수의 특성이 반영된 고유한 환경적 가치와 생태적 가치를 가지고 있다(현운정·문현주, 2014). 지하수는 지하 암석의 응력과 함께 지상에서 가해지는 외부압력에 대해 평형을 이루며 지반의 안전성을 확보하고 있어 지나친 지하수 이용은 지하수위 강하와 함께 지반침하 등이 일어날 가능성이 높아진다. 미국 캘리포니아주 모하비 사막에서 발생한 지반침하는 지하수위 강하가 원인이라고 밝힌 바 있다. 이와 같이 지하수를 이용하지 않더라도 지하에 적정한 양의 지하수 부존상태만으로도 지반의 항상성을 유지시켜 주는 환경적 가치를 가진다.

또한 지하수의 기저유출은 강, 하천, 호소 등의 건천화를 방지하고, 수생태계 유지에 필요한 유량을 공급한다. 특히 지표수와는 물리화학적 특성이 다른 지하수가 하천이나 호소 등으로 유출되면서 형성되는 생태학적 추이대(ecotone)에서는 생물다양성이 크게 나타나므로 지하수의 기저유출은 생태학적으로 중요한 의미와 가치를 가진다(현운정·김운승, 2013).

한편 지하수가 지표로 용출되어 높은 지대에서 낮은 지대로 낙하하는 폭포나 해안지역에서의 용출수를 이용한 각종 레저시설이나 레저활동 등 지하수를 관광자원으로 활용하기도 한다. 그리고 지하수가 일정 깊이 아래에서는 약 13~15℃ 수준으로 일정한 수온이 유지되는 점을 이용한 개방형 지열난방 시스템은 지하수를 양수하여 이용하는 시설로서 여름철 냉방과 겨울철 난방에 소요되는 에너지를 절약할 수 있어 지하수는 지열에너지 활용 등 에너지원으로서의 가치도 가지고 있다.

III. 지하수의 가치평가방법론

Ansink et al.(2008)은 생태계의 가치를 평가하는 데 있어 생태계의 기능(functions)에 대한 가치평가와 생태계가 제공하는 서비스에 대한 가치평가의 두 가지 접근법이 있음을 논하고 있다. 생태계의 기능이란 생태계가 인간사회에 직·간접적으로 편익을 제공할 수 있는 역량(capacity)으로 정의된다. 생태계 기능이 생태계의 역량에 주목한 개념임에 비해 생태계 서비스는 생태계가 인간사회에 제공하는 재화와 용역에 주목한 개념이다. 생태계의 기능은 생태계 서비스와 직접적으로 연관될 수도 있다.

그러나 생태계 기능과 생태계 서비스의 연관관계는 이보다 훨씬 복잡하고, 하나의 기능이 여러 가지의 서비스와 연관될 수도 있다. 예를 들어 물을 정수하는 기능은 물의 산림에서 정수된 물을 바로 음용하거나 몸을 씻는 등 직접적으로 소비하는 경우와 연관될 뿐 아니라 등산을 하며 물을 보고 즐기거나 물에서 각종 레크리에이션 활동을 하는 등 오락적 소비와도 연관된다. 다른 경우로는 하나의 생태계 서비스에 다수의 생태계 기능이 연관되거나 또는 다수의 생태계 서비스가 다수의 생태계 기능과 동시에 연관될 수도 있다. 생태계 기능과 생태계 서비스의 연관관계는 생태계 기능과 생태계 서비스를 어떻게 식별하는가와 밀접히 관련되어 있기도 하다.

Ansink et al.(2008)은 생태계의 기능에 대한 가치평가보다 생태계의 서비스에 대한 가치평가가 실천적인 면에서 유용할 수 있음을 밝히고 있다. 그 이유는 생태계가 가치를 갖는 이유는 생태계 서비스를 통해 인간이 효용을 얻는 까닭이고, 생태계 가치평가의 목적이 생태계가 제공하는 다양한 서비스를 공통의 척도를 이용해 비교하는 것이기 때문이다. 결국 생태계의 가치란 그 자체로서 존재하는 것이 아니라 생태계를 통해 인간이 얻는 효용의 크기에 의해 결정된다고 볼 수 있다.

사람들이 각종 재화와 용역으로부터 얻는 효용은 관측되지 않기 때문에 재화나 용역들이 제공

하는 효용의 양을 비교한다거나 한 사람의 효용의 양을 다른 사람의 효용과 비교할 수 없다. 그런 이유로 경제학에서는 효용의 크기를 비교하기 위한 척도들로 소비자 잉여, 지불의사 금액 등 대리 척도(surrogate measures)들의 개념을 발전시켜왔고, 이들을 추정하는 방법론을 개발해 왔다. 인간은 생태계 기능이 아니라 생태계 서비스에 의해 효용을 얻으므로 경제학적으로 엄밀한 대리 척도의 개념들을 적용하여 가치측정하는 대상은 생태계 기능보다는 생태계 서비스가 더 적합하다.

Ansink et al.(2008)이 지적했듯이, 생태계 기능에 대한 가치평가는 자연자본의 스톡(stock)에 대한 가치평가인 반면 생태계 서비스에 대한 가치평가는 자연 자본이 제공하는 플로우(flow)에 대한 가치평가라는 측면이 있다. 최소한 이론적으로는 어느 시점에서의 자연자본 스톡의 가치는 해당 시점 이후 자연자본이 생산하는 생태계 서비스 플로우의 가치 흐름을 현재가치로 할인한 값과 같을 것이다.

이상을 종합해서 판단하면 가치평가의 대상이 생태계 기능이나 생태계 서비스나 하는 것은 단순히 선택의 문제이자 편의의 문제일 수도 있다. Ansink et al.(2008)는 어떤 것이 되었건 어느 하나를 일관성 있게 선택하면 된다고 하였다. 하지만 재화와 용역이 주는 효용의 크기에 대한 대리 척도들의 개념과 분석기법은 생태계 기능보다는 생태계 서비스에 대한 가치측정에 더 유용하다는 점은 여전히 유효하다.

지하수의 가치에 대한 추정은 지하수의 오염방지, 오염된 대수층 개선, 과잉 추출을 통제하기 위해 막대한 비용이 소요되기 때문에 중요하게 다루어져야 한다. 특정 상황에 투자할 금액을 결정하려면 사회적 및 환경적 가치를 포함한 지하수의 총 경제적 가치와 관련된 객관적인 기준이 필요하다. 그러나 현재 사용가능한 평가 방법은 지하수의 총 경제적 가치를 추정하기에는 한계가 있고, 일부 가치를 추정하기 위한 방법론들이 사용되고 있다.

환경재나 자연자산에 대한 가치평가는 현시선호와 전술선호 방법으로 구분할 수 있다. 현시선호 방법은 구매습관을 통해 소비자의 행위를 파악하는 방법이고, 전술선호방법은 상품이나 서비스 등을 사용하는 소비자에게 직접 의향을 묻는 방식으로 지하수의 경제적 가치를 평가하는데 적합한 방식이다. 이러한 방법을 지하수에 적용하면 지하수를 이용하여 생산되는 생산물의 자본적 가치를 정량적으로 계산할 수 있다.²⁾ <표 2>는 MEA에서 분류에 따라 지하수 생태계에 적용할 수 있는 가치평가 방법론을 구분한 것이다.

2) 지하수의 경제적 가치를 정량화하는 기법은 조건부가치측정법, 헤도닉가격기법 등이 사용된다. 조건부가치측정법은 설문문을 통해 세심하게 설계된 조건하에서 지하수가 제공하는 편익에 향유하기 위해 사람들이 지불하고자 하는 금액을 묻는다. 헤도닉가격기법은 지하수에 대한 접근 여부와 상관없이 토지와 같은 관련 시장을 분석해 지하수의 가치를 측정한다.

<표 2> 지하수 생태계에 대한 평가 방법론 구분

서비스 유형	평가 대상	가치 유형	평가 방법론
제공 서비스	물 공급(Water supply)	직접사용가치	시장가치접근법 (Market value approach)
조절 서비스	물 보존(Water conservation)	간접사용가치	잠재프로젝트접근법 (Shadow project approach)
	대기 조절(Air regulation)		교체비용접근법 (Replacement cost approach)
	물 정화(Water purification)		대리접근법 (Surrogate approach)
	유기물 증착 (Organic matter deposition)		
	병원균 제거 (Elimination of pathogens)		
문화 서비스	과학적 연구(Scientific research)	직접사용가치	여행비용접근법 (Travel cost approach)

자료: Yang(2020)을 참고하여 작성함.

파생된 수요 및 생산 비용 분석은 주어진 일련의 경제활동 내에서 수익에 대한 물의 기여도를 추정한다. 손실 분석은 가뭄이나 고갈로 인해 경제활동이 제한될 때 발생하는 총 사회적 비용에 상응하는 지하수의 가치를 추정한다. 그러나 물 부족을 회피하기 위한 투자로 지하수의 가치를 추정하는 대체비용법은 경제학적인 접근법이 아님을 주지할 필요가 있다.

수자원 관리는 제공되는 서비스에 대해 소비자가 스스로 서비스에 대한 사용료를 내도록 하는 지불의사를 나타내도록 유도하는 것이 일반적이다. 지하수의 경제적 가치도 기존 환경재의 가치추정에 사용되는 방법론들이 적용될 수 있다.

지하수 생태계 서비스에 대한 총 경제적 가치는 자연자원 및 환경자원과 관련한 경제적 활동에 복합적으로 적용되는 개념이다. 자연자원의 경제적 가치는 물, 광물, 산림, 에너지 등 자원의 수요 및 공급과 관계가 있으며(Field, 2001), 환경자원의 경제적 가치는 자연자원의 운영 방식과 밀접한 관련이 있다(Field and Field, 2002).

일반적으로 TEV 평가는 지하수를 이용한 제품생산과 여가활동 등과 관련된 사용가치(use value)와 그 외 직접적인 사용과는 무관한 비사용가치(non-use value)로 구분해 평가한다(Brouwer et al., 2009). 이는 각각 직접 사용과 연관된 생태적 가치와 실제로 사용되지는 않지만 본질적인 특성에 대한 가치에 해당된다. 사용가치는 직접사용가치인 음식, 음료, 의약, 상업 및 산업 제품과 같이 시장제품을 생산하기 위해 수자원을 사용하는 경우가 대표적이며, 직접적인 이익이 발생되지 않는 낚시 또는 뱃놀이 등 여가활동도 포함된다. 또한 수자원에 의한 생태적인 기능 가치로부터 얻어지는 편익의 일환으로 건강한 생태계가 유지될 수 있도록 홍수조절 기능, 지하수 저장 및 생태적 다양성 등도 해당된다. 비사용가치는 수자원 자체의 본질적인 특성으로 과거 수자원과 관련된 문화 유산처럼 현재 시점에서는 직접적으로 관련은 없지만 수자원의 존재를 인식함에 따라 미래세대에 필요할 수 있는 존재적인 가치에 해당된다.

Pearce and Warford(1993)의 연구 이후 환경 또는 생태계의 총 경제적 가치(TEV)를 직접 사용가치(direct use value), 간접 사용가치(indirect use value), 옵션가치(option value), 존재가치(existence

value)로 구분하고, 존재가치를 비사용가치로 나머지 세 가치를 사용가치로 구분하는 것이 일반적이다. MEA도 이러한 관점을 수용하고 있다.

직접 사용가치는 소모적 사용가치와 비소모적 사용가치로 구분된다. 소모적 목적의 사용이란 생태계로부터 얻는 소비를 위해 수확하는 식품, 목재, 의약적 산출물, 사냥의 산물 등의 사용을 말한다. 비소모적 목적의 사용은 오락 또는 문화적 목적으로 에코시스템을 이용하는 등 수확하는 행위가 필요하지 않은 사용을 말한다. 비소모적 사용가치는 대체로 제공 및 문화 서비스에서 얻어지는 가치에 대응된다.³⁾

간접 사용가치는 많은 생태계 서비스는 생산과정에서 중간투입재와 유사한 형태로 이용된다. 예를 들어 물, 토양의 영양소(soil nutrients), 수분(pollination), 생물학적 조절 서비스 등은 쌀생산 과정에 이용된다. 다른 서비스는 사람들이 소비하는 최종재를 향유하는 데에 간접적으로 영향을 미친다. 예를 들면, 물 정화, 오염물 흡수 등의 조절 기능은 깨끗한 공기와 물의 공급을 통해 사람들의 건강을 증진하는 효과를 갖는다. 이런 간접적 사용가치는 대체로 제공 및 조절 서비스의 개념에 대응된다.⁴⁾

옵션가치는 미래 시점 또는 미래 세대가 생태계 서비스를 이용할 수 있도록 유지하는 데에서 발생하는 가치를 말한다. 제공, 조절, 문화 서비스 영역 모두에서 옵션가치가 존재할 수 있다. 어떤 생태계가 가치가 있는지 현재의 지식으로는 알 수 없을 때 과학의 발전 등으로 새로운 정보가 얻어질 때까지 회복불가능한 결정을 내리지 않고 기다리는 경우 생태계는 준옵션가치(quasi-option value)를 갖는다고 한다.

존재가치는 보존가치(conservation value) 또는 수동적 사용가치(passive use value)라고도 한다. 존재가치는 인간이 생태계로부터 서비스를 얻는 것과 무관하게 생태계가 존재한다는 그 자체가 본질적으로 가치를 갖는다는 관점에서 얻어진 개념이다. 이는 가치의 원천이 생태계 서비스가 가지고 오는 인간의 복리에 있다는 공리주의적 가치 부여의 관점에서 벗어나 있으며 어떤 면에서는 상충되기도 한다. 그럼에도 불구하고 많은 연구자들은 생태계가 본질적 가치를 갖는다는 관점을 유지하고 있다.

TEV를 이용한 가치평가의 방법은 다양한 TEV 요소를 자본의 개념으로 설정하여 평가하는 것으로 현시선호와 진술선호로 구분된다(Young, 2005). 현시선호법은 구매습관을 통한 소비자의 행위에 기반을 두지만, 진술선호법은 제품이나 서비스 등을 사용하는 소비자에게 직접 의향을 묻는 방식이다. Young(2005)은 수자원을 평가하기 위하여 TEV 요소를 이용한 홍수피해 저감을 위한 가치평가에 사용되는 피해비용, 정책 결정에 따른 편익 평가를 위한 편익 이전(benefit transfer) 및 수자원 증가에 따른 순익 평가에 이용되는 순지가 변동 등을 계산하는 방식을 제시하였다.

환경경제학에서 주로 사용되는 비시장 가치평가 기법은 Haab and McConnell(2002)에 의해 제시되었는데, 여기에는 조건부 가치평가방법이 대표적이다. Brouwer et al.(2009)은 TEV 평가 목적에 따른 구분과 함께 적용방법의 강점과 약점을 포함한 평가기법을 근거로 수자원의 가치측정과 관련된 특별한 고려사항을 제시하였다. 첫째, 시장에서 물의 거래는 매우 드물지만 국가적으로 특수한 규정이나 제도에 의해 물의 할당량 등에 영향을 미쳐 실제 수자원의 가치를 왜곡시킬 수 있다. 둘째, 수자원 이용량에 부여된 가치는 수질과 매우 밀접하지만 수량과 수질 두 가지 요소들에 대한

3) 연구에 따라서는 직접 사용가치를 소비적 사용가치(consumptive use value)와 생산적 사용가치(productive use value)로 구분하기도 한다. 이렇게 구분하는 경우 소비적 사용가치란 수확한 산물을 수확한 집단이 소비하고 시장을 통한 거래를 하지 않는 경우 발생하는 사용가치를 말하고, 생산적 사용가치란 수확한 산물을 시장거래를 함으로써 발생하는 사용가치를 의미한다. 이런 구분은 MEA(2003)에서 제시하는 소모적 및 비소모적 사용과는 다소 상이하다.

4) 학자들에 따라서는 비소모적 사용가치를 간접 사용가치로 분류하기도 한다.

이해는 상대적으로 매우 부족한 실정이다. 셋째, 일반적으로 자발적인 지불의사는 과잉양수에 수반되는 홍수나 침식 등과 같은 현상이 수반되기 때문에 부정적일 수 있다.

TEV 평가기법은 시장가치와 비시장가치를 포함한 총 경제적 가치를 설명할 수 있는 중요한 수단이다(Bergkamp and Sadoff, 2008). 이러한 접근 방식은 수자원 운영의 패러다임이 수요자 중심으로 바뀌는 것을 의미한다. 예를 들어 수자원 관리는 제공되는 서비스에 대해 소비자의 지불의사(willingness to pay, WTP)를 나타내도록 유도해야 하며, 필연적으로 발생하는 폐수처리 비용은 수질 보호와 더불어 산업체의 불필요한 수자원 사용량을 줄이기 위한 정책적 장치를 강화하는데 초점이 맞추어져야 한다. 미국의 경우 폐기물 지역 복원 평가를 포함하는 지하수 자원평가에 이러한 TEV 기법이 활용되고 있다(National Research Council, 1997).

이상과 같이 TEV는 다양한 상품 생산을 위한 지하수의 가치와 지하수에 의해 제공되는 환경적인 서비스에 대한 경제적 가치로 평가될 수 있으며, 직접적인 지하수원 사용으로 발생하는 가치저하에 따른 비용도 포함한다. 즉 지하수의 정량적인 가치는 지하수 자체뿐만 아니라 이를 이용하여 생산되는 상품의 자본적인 가치가 결정될 수 있으며, 지하수 가치의 시간적 변화 관측을 통해 미래정책 결정에 유용하게 활용될 수 있다는 것이다.

IV. 국내외 연구사례 조사

수자원에 관련된 경제적 가치를 연구한 해외연구 사례는 많으나, 지하수의 가치에 대한 연구는 흔하지 않다. 그러나 지하수의 가치를 지표수와 연계하거나 토양과 연계하는 등 타 매체와 연계하는 연구가 진행됨에 따라 지하수의 가치에 대한 관심이 증가하고 있는 추세다. 지하수의 가치에 대한 주요 국내외 연구사례에 대해 살펴보자.

Job(2010)에서는 지하수 자원에 대한 경제학적 적용 사례를 광범위하게 제시하였으며, 지하수와 경제를 비롯해 지하수 고갈, 취수원 보호 정책, 공공급수 정책 등 지하수 자원의 관리정책과 이를 이용한 다양한 경제적인 활동 등을 설명하고 있다. Green(2003)은 수자원과 관련된 선택 시 필요한 경제적 개념과 수요와 공급 및 의사결정 등을 설명하고, 응용사례로서 수요 조절, 식료품 생산, 위생 및 홍수 관리 등을 다루고 있다.

Field(2001)은 물, 광물, 산림, 에너지 등과 같은 자연자원의 경제적 가치는 수요와 공급 등 경제적 문제와 관련되어 있음을 설명하고, 수자원 사용 시 최적의 요금 결정 및 자연자원을 비합리적 사용으로 발생하는 문제들의 해결책을 제시한다. Field and Field(2002)는 환경자원의 경제적 가치는 자연자원의 운영방식인 환경정책에 대한 평가와 관련되어 있음을 설명하고, 비용-편익 분석을 이용해 지하수 오염과 취수정 보호 등 국제적인 환경정책과 미국 내의 환경적인 이슈 등을 종합적으로 분석하고 있다. 그리고 지속가능한 개발, 제도 및 기후변화에 따른 지구온난화 등 다양한 환경문제와 관련하여 Gilpin(2000)은 인도네시아의 메콩강과 중국의 삼협댐 등에 의한 환경경제학적 문제점들을 종합적으로 분석한 바 있다.

자원경제학과 환경경제학 분야에서 TEV 요소를 적용해 가치를 추정한 사례는 많다. 지하수의 가치를 연구한 대표적인 사례들을 살펴보자.

Crutchfield et al.(1997)은 가정용 식수 공급에서 질산염에 대한 인체 노출을 줄이는 잠재적인 이점을 평가하였다. 설문 응답자는 식수에 포함된 질산염이 EPA의 최소 안전 기준을 초과하는 경

우, 식수에 포함된 질산염을 최소 안전기준으로 낮추기 위해 가상 정수필터 비용으로 가구당 월 45~60 US\$를 지불할 의사가 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 질산염 노출의 잠재적 위험에 처한 모든 가구가 가정에서 지하수를 이용하는 경우 음용수 내의 질산성 질소오염 방지에 따라 약 3.5억 US\$의 편익이 발생한다고 설명한다.

White et al.(2001)는 뉴질랜드 남섬 북부해안의 소유역인 와이미아 평원(Waimea Plains) 지역에 대하여 TEV 요소인 사용가치 중 시장제품만을 대상으로 계산된 지하수자원의 가치평가 사례로, 농작물 생산에 이용된 용수, 생활용수, 산업용수 등을 계산하여 250백만 NZ\$로 평가하였다. 이러한 결과는 당시 뉴질랜드 국내총생산인 290억 NZ\$와 비교하여 약 10%에 해당하는 수준이다.

White and Sharp(2002)는 뉴질랜드 북섬 마나와투-왕가누이(Manawatu-Wanganui) 지역에 대한 수자원 운영과 관련하여 지하수 자원의 경제성 평가를 수행하였다. TEV 요소 중 농작물 생산에 사용된 용수, 생활용수, 폐기물처리 용수, 여가활동에 필요한 용수 등 사용가치와 존재적인 가치인 비사용가치를 이용하여 2,700백만 NZ\$로 평가하였다.

White et al.(2003)은 지속가능성이라는 개념을 도입해 국가 단위의 수자원 통합관리의 중요성을 강조하기 위해 지표수와 지하수의 경제적 가치평가를 수행하였다. 그리고 White(2011)는 전술선호 방법으로 뉴질랜드 남섬 북부의 소유역인 와이미아 평원 지역을 대상으로 2003년부터 2008년까지 5년 간 농업활동에 따른 토지이용, 관개기간 중 사용된 지하수 이용량, 관개 면적, 관개에 따른 소득 등을 TEV 평가기법을 이용해 분석하였다.

유럽에서는 지표수와 지하수의 통합관리를 지향하는 물관리지침에 따라 지하수에 대한 경제적 가치에 대한 관심은 높았으나, 실제로 정책을 결정하고 집행할 경우 지하수에 대한 가치평가가 제대로 수행되지 않은 경우가 많았다. Fornes et al.(2005)는 국가적인 규모로 전 스페인의 관개에 활용되는 지하수의 경제적 가치는 전체 관개용수의 50% 이상으로 평가되지만, 전체 지하수의 20%만 사용되고 수자원 정책 결정 시 지하수 자원의 가치에 대한 부분이 고려되지 않는다고 지적한다.

Brouwer et al.(2009)는 유럽의 물관리지침에서 비용-편익 분석을 통한 자원과 환경의 경제적가치 분석을 위한 기술지침을 마련하였다. 이 지침에는 수자원 고갈 및 보전을 고려한 수자원 비용, 수질, 대체효과 등 여러 가지 경제적인 요인들에 대해 유럽의 다양한 국가사례를 통해 TEV 평가를 수행하였다. 그리고 수자원 부족 및 보전을 포함한 수자원 비용, 수질, 대체효과 및 결제와 송금방법 등 각각의 적용 사례별로 평가기법을 추가적으로 제시하였다.

National Ground Water Association(2010)는 미국에서 연간 양수에 의해 사용되는 지하수의 경제적 가치를 약 200억 US\$로 추정하였다(송성호 외, 2012).

한편, 지하수는 지표수의 기저유량을 제공하고 하천의 건천화를 방지하는 등 하천유량 및 하천 생태계의 건강성에 중요한 영향을 미친다. 수자원의 이용가치가 아닌 생태학적 가치에 대한 관심이 고조되면서 수자원을 경제적인 이용 측면에서가 아닌 환경보전의 관점에서 관리하려는 추세는 광범위하게 나타나기 시작하였다.

OECD(2008)에서는 하천으로의 지하수 유출로 인한 부분을 간접 생태 가치라고 분류하고, 환경적 관점에서의 지하수의 가치를 평가할 수 있는 방안을 모색하는 차원에서 무대응 비용이라는 새로운 개념을 제안하였다.⁵⁾ 여기서 제시하는 지하수 관리와 관련된 무대응 비용은 관개, 상업, 산업 등 시설의 지하수 취수자의 금전비용, 수입 및 손실을 포함한 금전비용, 지반침하 및 해수침투 등 외부효과를 포함한 이용가치 관련 비용, 생태계 유지 기능 등 비사용가치를 포함한 사회적 비용으로 구분

5) 사용가치와 관련된 직접 금전비용, 간접효과를 포함한 총 금전비용, 무형의 가치를 포함한 총 사용비용, 비사용가치를 포함한 총 사회적 복지비용을 제시하였다.

하였다(안은영, 김선근, 2013).

국내외 환경재에 대한 가치평가에 관한 연구는 많으나 지하수 가치 정립이나 인식조사, 가치 측정 및 분석 등에 관한 체계적인 연구는 거의 진행된 바 없다. 외국의 경우 지하수를 수자원의 하나로 인정하고 지하수의 자원적 가치에 대한 경제적 분석 연구는 어느 정도 진행된 사례가 있다. 반면 우리나라는 아직까지 지하수 가치에 대한 연구가 체계적으로 진행되고 있지 않다. 지하수의 가치를 다루는 국내 연구사례로는 다음과 같이 정리할 수 있다.

박두호 외(2007)은 국내 수자원 및 기술가치 평가시스템을 구축하는 연구에서 국내 지표수의 가치를 경제적 가치와 본질적 가치로 구분하고, 생활용수, 농업용수, 공업용수, 위락용수 등에 대해 경제적 가치를 평가하였다. 여기서 본질적 가치란 유산가치 또는 존재가치 등 측정이 어려우나 중요한 의미를 지니는 가치로서 수자원과 관련된 실질적인 가치를 반영한다. 본질적 가치란 앞에서 설명한 지하수의 가치 중 자원적, 환경적, 기타 사회문화적 가치를 부분적으로 내포하고 있는 것으로 생각할 수 있다. 본질적 가치를 측정하는 것이 쉽지는 않으나 지표수를 대상으로 수자원의 직접적 이용 외에 자연 및 사회 환경형성, 유량 및 수질 확보, 생태계 보전, 관광 및 레저, 역사 및 문화 기능 등 다양한 목적으로 활용되는 수자원을 환경용수라고 정의하고 일부 측정가능한 부분에 대해서만 경제학적 방법을 적용해 지하수의 가치를 평가하였다. 분석 결과에 따르면 환경용수의 가치가 생활용수의 가치의 약 24%에 해당하는 것으로 계산되었다.

손민수 외(2009)는 지하수의 가치평가를 위해 지하수의 기능과 서비스에 대해 구분하고 가치평가를 수행하였다. 각 기능과 서비스는 사용가치 부분으로 간접가치 산출 방식으로 가치를 산출하고, 지하수의 비사용가치인 존재가치와 유산가치는 조건부가치측정법을 활용하여 가치를 산출하였다. 연구 결과에 따르면, 청정한 지하수를 유지 및 보전하기 위한 지하수 오염정화기술 도입비용 지불의사액은 가구당 월평균 5,654.3원으로 지하수의 총 가치는 약 5조원에 달한다. 이는 지하수가 환경재로서 가지고 있는 일부 기능과 가치에 대해서만 가치평가한 점임을 밝히고 있다. 그러나 동 연구의 가치평가 방법은 평가하고자 하는 가치의 분류에 따라 다르게 적용해 가치평가를 수행하였으며, 지하수를 토양과 연계된 매체로 접근하여 지하수가 가지고 있는 고유한 가치를 제대로 평가하지 못했다는 한계가 있다.

신효중 외(2011)는 제주도민을 대상으로 지하수의 보전가치를 추정하기 위해 이중양분선택형 조건부가치측정법을 이용한 지불의사액과 보전편익을 추정하였다. 결과에 따르면, 제주도민들로부터 가구당 1회에 한해 중위값 지불의사액 11,023원, 평균값 13,051원, 절단 평균값 7,914원을 추가적으로 지불할 의향이 있음을 확인되었다. 이는 중위값 기준으로 2008년 일반 가구가 지불하는 수도요금의 88%에 해당한다.

송성호 외(2012)는 지하수자원의 총 경제적 가치(TEV)에 대한 외국의 연구동향을 소개하고, 그 중 체계적인 자료가 제시된 뉴질랜드 와이미아 평원 지역에 대한 TEV 요소별 자료 분석을 통해 향후 국내 지하수 자원의 가치평가 시 TEV의 적용가능성에 대해 검토하였다.

안은영·김선근(2013)은 무대응 비용을 환경재의 가치손상 비용으로 접근하여 지하수, 토양 등의 직·간접사용가치 및 비사용가치의 손상비용을 분석하였으며, 국외 다른 실증분석 사례 및 유럽 토양기능 저하 분석 모형 등과 연계하였다. 연구결과에 따르면, 지하수 등 자연환경의 질적, 양적 저하에 대한 무대응 비용의 금전적 측정을 위해서는 인체 피해, 물적 피해를 가시화할 수 있는 자연환경 변화와 인간-생태계 영향 간 물리적 연관성을 추정하는 연구가 핵심적임을 확인하였다. 그리고 지하수의 간접 사용가치와 비사용가치를 분석함으로써 지하수의 직접적인 사용에서 나타나는 효용뿐만 아니라 깨끗하고 풍부한 양의 지하수를 보유함으로써 금전적 및 비금전적 가치를 부여

하고 있다고 주장하였다.

김선근(2014)는 한국개발연구원(KDI)의 수자원사업 예비타당성 가이드라인과 미국 환경청 그리고 세계은행의 지하수자원 비용-편익분석 모형을 원용하여 관정의 비용편익 비율을 계산하였다. 그 결과 지하수 관정의 편익이 비용보다 2.98배 높아 지하수 관정에 의한 지하수자원 공급이 경제성이 있는 것으로 나타났다.

수자원 혹은 지하수 자원에 대해 TEV 평가기법을 적용한 국내외 연구사례를 정리하면 다음의 <표 3>과 같다.

<표 3> 지하수의 가치추정에 관한 주요 연구 사례

연구자	주요 내용
Crutchfield et al.(1997)	미국 농무성 평가 결과 가정에서 지하수를 이용하는 경우, 음용수 내의 질산성 질소 오염방지에 따라 약 3.5억 US\$의 편익 발생함을 보임
White et al.(2001)	뉴질랜드 와이미아 평원 지역에 대하여 TEV 요소인 사용가치 중 시장제품만을 대상으로 계산된 지하수 자원의 가치평가 사례
White and Sharp(2002)	뉴질랜드 마나와투-왕가누이 지역에 대한 수자원 운영과 관련한 지역 단위의 TEV 평가한 결과 총 경제적 가치가 2,700백만 NZ\$로 추정됨
White et al.(2003)	뉴질랜드의 경우 국가단위의 수자원의 중요성을 강조하기 위하여 지표수와 지하수의 경제적인 가치평가 사례
Turner et al.(2004)	FAO 연구 결과 과일, 채소 및 화훼작물 등 고부가가치 농작물 재배에 사용되는 수자원의 가치는 일반적인 수자원 사용에 비해 상대적으로 약 0.05 US\$/m ³ 높다는 결과 제시
Fornes et al.(2005)	스페인 전국적으로 관개에 활용되는 지하수의 경제적 가치는 전체 관개용수의 50% 이상으로 평가되지만, 정책 결정 시 지하수자원에 대한 별도의 평가가 무시된 사례
OECD(2008)	환경적 관점에서의 지하수의 가치를 평가할 수 있는 방안을 모색하는 차원에서 무대응 비용이라는 새로운 개념을 제안
Brouwer et al.(2009)	수질 개선과 유럽 내에서의 지표수 수질보전 및 수질 가치 보전을 위한 국가 간 비용 송금 등의 활동 사례
Brouwer et al.(2009)	스페인 과달키비르 강(Guadalquivir River) 유역 분지에 대한 지표수 수질 평가
National Ground Water Association(2010)	미국에서 연간 양수에 의해 사용되는 지하수의 경제적 가치
White(2011)	뉴질랜드 와이미아 평원 유역 지하수에 대한 TEV 평가
박두호 외(2007)	국내 지표수의 가치를 경제적 가치와 본질적 가치로 구분하고, 생활용수, 농업용수, 공업용수, 위락용수 등에 대해 경제적 가치를 평가한 결과, 환경용수의 가치가 생활용수의 가치의 약 24%에 해당하는 것으로 계산
손민수 외(2009)	청정한 지하수를 유지 및 보전하기 위한 지하수 오염정화기술 도입비용 지불의사액은 가구당 월평균 5,654.3원으로 지하수의 총 가치는 약 5조원에 달함
신효중 외(2014)	제주도민을 대상으로 CVM을 적용하고 추정결과를 제주지역 전 가구로 확대한 결과, 제주지하수의 보전가치는 월 24억 2,200만원으로 추정됨
송성호 외(2012)	지하수자원의 총 경제적 가치에 대한 외국의 연구 동향을 소개하고, 뉴질랜드 사례를 국내 지하수 자원의 TEV의 적용가능성에 대해 검토
안은영·김선근(2013)	무대응 비용을 환경재의 가치손상 비용으로 접근하여 지하수, 토양 등의 직간접 사용가치 및 비사용가치의 손상비용을 분석한 결과, 지하수의 직접적인 사용뿐만 아니라 단지 지하수를 보유함으로써 금전적, 비금전적 가치가 있음을 주장
김선근(2014)	지하수 관정의 편익이 비용보다 2.98배 높아 지하수 관정에 의한 지하수자원 공급이 경제성이 있는 것

자료: 문헌조사한 내용을 저자가 직접 작성함.

V. 결론

생태계 서비스는 사람들이 생태계에서 무상으로 얻는 혜택이며, 인류의 건강한 삶을 보장하고 향상시킨다. 생태계 서비스의 틀은 생태계 기능, 인간에게 이로운 건강한 환경, 기후변화에 대응한 안보, 인간 삶에 필요한 물질적 상품 등과 관련되어 있다. 지하수 생태계는 양질의 물 정화 및 저장, 오염물질의 활발한 생분해와 병원체의 비활성화 및 제거, 영양소 재활용, 홍수 및 가뭄 완화 등 중요한 사회경제적 가치를 지닌 서비스를 제공한다. 한편 지하수 자원은 이동성 자원의 특징과 공공재의 특성을 동시에 가지고 있기 때문에 자원의 효율적 배분 및 관리가 용이하지 않고 시장 실패가 발생한다.

지하수 생태계 서비스를 지속적으로 보호하고 관리하려면 지하수 생태계 서비스를 체계적으로 분류하고, 시공간적으로 영향을 미치는 영향에 대한 평가체계를 구축하는 것이 필요하다. 지하수의존 생태계 서비스는 MEA 분류 체계에 따라 제공, 조절, 문화, 지원 서비스로 분류할 수 있고, 지하수 생태계 구조 및 효용을 기반으로 세 가지 서비스 유형으로 분류할 수 있다. 지하수 생태계 서비스의 직·간접 사용가치를 대리시장기법과 가상시장기법을 통해 총 경제적 가치를 평가할 수 있음을 국내외 연구사례를 통해 살펴보았다.

외국의 지하수 가치 관련 연구에서 주목할 점은 무엇보다도 지하수를 생태계 서비스와 연계하여 그 가치를 정립하고 분석 및 평가하려는 노력을 기울이고 있다는 것이다. 지하수를 수자원의 하나로 인정하고 지하수의 자원적 가치에 대한 경제적 가치를 분석한 연구가 어느 정도 진행된 외국에 비해 우리나라는 지하수 생태계 서비스의 가치를 경제적으로 분석한 연구가 거의 없다. 우리나라의 경우 환경오염 문제에서 토양오염과 관련된 지하수 오염에 대한 경제성 분석 연구가 진행된 바 있으나, 지표수와 연계된 지하수의 가치 분석 및 평가에 관한 연구는 매우 미진한 편이다.

따라서 국내 지하수의 자원적, 환경적 가치를 확립하기 위해서는 지하수 가치 분류에 따른 가치 측정 지표를 마련하고 이를 체계적으로 측정하기 위한 가치측정체계 마련이 필요하다. 그리고 지하수의 가치를 합리적으로 분석하고 평가할 수 있는 가치평가방법에 관한 가이드라인도 구축될 필요가 있을 것이다. 지하수 가치에 대한 체계적인 이해와 합리적인 가치평가에 근거해 지속가능한 지하수 생태계 서비스의 관리를 위한 정책적 노력도 수반되어야 할 것이다.

향후 연구자들은 지하수의 과잉 추출, 인위적 오염, 난방을 위한 지하수 사용 등 증가하는 압력과 생물다양성 손실, 생태계 반응 및 생태계 서비스의 잠재적 손실 사이의 상호의존성을 해결해야 한다. 이러한 관점에서 지하수 생태계 서비스의 가치를 측정하는 것은 지하수 생태계의 중요성에 대한 인식을 높이고, 지하수 생태계를 보존하고 유지하기 위한 대중 담론과 정치 및 입법에서 설득력 있는 주장을 제공할 수 있을 것이다.

참고문헌

- 국가지하수정보센터(2021), http://www.gims.go.kr/gims_start.do (2023.06.08. 접속).
- 김선근(2014), “지하수의 경제성 평가 연구: 지하수 관정을 중심으로”, *자원환경지질*, 47(3), 219-225.
- 박두호·고익환·권오상·김원희(2007), 수자원 및 기술가치평가시스템 구축, 과학기술부.
- 손민수·이혜승·김홍석(2009), 토양·지하수의 경제적 가치. *지역연구*, 25(2), 63-82.
- 송성호, Paul White, Gil Zemansky(2012), “지하수자원의 경제적 가치평가 적용과 관련한 최근 동향”, *지하수토양환경*, 17(2), 1-6.
- 신효중·성명환·강지영·박상미·전철현(2011), “지하수 보전가치 추정에 관한 연구”, *농촌경제*, 34(1), 71-94.
- 안은영·김선근(2013), “OECD의 무대응 비용 관점에서 지하수 등 자연환경 재해의 간접비용가치 및 사용가치 손상 비용 분석”, *자원환경지질*, 46(1), 85-91.
- 현윤정·김윤승(2013), 지표수-지하수 혼합대의 환경측면 및 관리범주 연구, 한국환경정책·평가연구원.
- 현윤정·문현주(2014), 국내 지하수의 자원·환경적 가치 확립을 위한 기초연구, 한국환경정책·평가연구원.
- Ansink, E., Hein, L. and K. P. Hasund(2008), “To value functions or services? An analysis of ecosystem valuation approaches”, *Environmental Values*, 17(4), 489-503.
- Bergkamp, G. and C. W. Sadoff(2008), Water in a Sustainable Economy. In L. Starke(Ed.). State of the World 2008: Innovations for a Sustainable Economy(25th Anniversary ed.), 107-122. New York. NY. United States. W. W. Norton & Company.
- Brouwer, R., Barton, D., Bateman, I., Brander, L., Georgiou, S., Martin-Ortega, J., Navrud, S., Pulido-Velazquez, M., Schaaf sma, M. and A. Wagtendonk(2009), Economic Valuation of Environmental and Resource Costs and Benefits in the Water Framework Directive: Technical Guidelines for Practitioners, VU University, Amsterdam.
- Costanza, R., D’Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O’Neill, R. V. and J. Paruelo(1997), “The value of the world’s ecosystem services and natural capital”, *Nature*, 38, 253-260.
- Crutchfield, S. R., Cooper, J. C., and D. Hellerstein(1997), Benefits of Safer Drinking Water: The Value of Nitrate Reduction. U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service, Food and Consumer Economics Division, Agricultural Economic Report No. 752. Washington, D.C.
- Daily, G(1997), Nature’s Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems, Island Press, Washington, DC. USA.
- Eamus, D., Froend, R., Loomes, R., Hose, G. and B. Murray(2006), “A functional methodology for determining the groundwater regime needed to maintain the health of groundwater-dependent vegetation”, *Australian Journal of Botany*, 54, 97-114.
- Field, B. C. and M. K. Field(2002), Environmental Economics: An Introduction. 3rd edition,

- McGraw-Hill. p. 506.
- Field, B. C(2001), Natural Resources Economics: An Introduction, McGraw-Hill, p. 463.
- Fornes, J. M., de la Hera, A. and M. R. Llamas(2005), “The silent revolution in groundwater intensive use and its influence in Spain”, *Water Policy*, 7, 253-268.
- Gibert, J. and D. C. Culver(2009), “Assessing and conserving groundwater biodiversity: An introduction”, *Freshwater Biology*, 54(4), 639-648.
- Gilpin, A(2000), Environmental Economics: A Critical Over view, Wiley, p. 334.
- Green, C(2003), Handbook of Water Economics: Principles and Practice, John Wiley & Son, p. 443.
- Griebler, C. and M. Avramov(2015), “Groundwater ecosystem services: A review”. *Journal of Freshwater Science*, 34(1), 355-367.
- Haab, T. C. and K. E. McConnell(2002), Valuing Environmental and Natural Resources-The Economics of Non-market Valuation, Edward Elgar, p. 326.
- IGRAC(2016), Significance and State of Affairs of Groundwater Economics in the Governance of Transboundary Aquifers, IGRAC.
- Job, C. A(2010), Groundwater Economics. Cambridge University Press, p. 661.
- Margat, J. and J. van der Gun(2013), Groundwater around the world: a geographic synopsis, CRC Press.
- Millennium Ecosystem Assessment(2003), Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment, Washington, D.C., Island Press.
- Millennium Ecosystem Assessment(2005), Ecosystems and Human Well-Being: Wetlands and Water Synthesis, World Resource, Washington, D.C., USA.
- Muller, R. A.(1985), “The value of water in Canada”, *Canadian Water Resources Journal*, 10, 12-20.
- Murray, B. R., Hose, G. C., Lacari, D. and D. Eamus(2006), “Valuation of groundwater dependent ecosystems: A functional methodology incorporating ecosystem services”, *Australian Journal of Botany*, 54, 221-229.
- National Research Council(1997), Valuing Ground Water: Economic Concepts and Approaches, United States National Academy Press.
- OECD(2008), Cost of Inaction on Key Environmental Challenges, OECD Publication, p. 214.
- Pearce, D. and J. J. Warford(1993), World without End: Economics, Environment and Sustainable Development, Oxford: Oxford University Press.
- Siebert, S., Burke, J., Faures, J. M., Frenken, K., Hoogeveen, J., Döll, P. and F. T. Portmann(2010), “Groundwater use for irrigation – A global inventory”, *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 7(3), 3977-4021.
- Tietenberg, T.(2002), Replenishable and Depletable Resources: Water, In Environmental and Natural Resource Economics, 6th edition, New Jersey, Pearson Education.
- United Nations Environment Programme(2011), Methodology for the Assessment of Transboundary Aquifers. UNEP.
- White, P. A. and B. M. H. Sharp(2002), Economic Value of Water in the Manawatu-Wanganui Region, GNS Client report 2002/82, p. 112.
- White, P. A.(2011), “Economic drivers of land use and groundwater use by irrigator, Waimea Plains

- Nelson, New Zealand, *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 45(3), 513-524.
- White, P. A., Hong, Y-S. and R. R. Reeves(2003), “Long-term sustainability of groundwater resources: an approach using integrated hydrogeological and economic models”, *Episodes*, 26(2), 119-123.
- White, P. A., Sharp, B. M. H. and G. N. Kerr.(2001), “Economic valuation of the Waimea Plains groundwater system”, *Journal of Hydrol(NZ)*, 40, 59-76.
- Yang, X. and J. Liu.(2020), “Assessment and valuation of groundwater ecosystem services: a case study of Handan city”, *China. Water*, 12(5), p. 1455, <https://doi.org/10.3390/w12051455> (2023.06.08. 접속)
- Young, R. A.(2005), *Determining the Economic Value of Water. Concepts and Methods*, Washington, RFF Press, p. 359.

* 초록 *

최근 기후변화에 따른 가뭄 및 홍수 등 수자원의 불균형 현상으로 인해 지하수 관련 수자원정책 수립에 불확실성이 증가하는 추세다. 지하수는 전 세계적으로 담수 공급의 약 30%를 담당하는 중요한 수자원으로 자연적으로 함양되는 경우 지속가능한 수자원으로서의 역할이 가능하며, 특히 지표수로부터 물 공급이 부족한 가뭄 시에는 물 이용과 물 안보 차원에서 그 역할이 보다 중요해진다. 지하수와 같은 자연자원의 시장가치와 비시장가치를 포괄하는 경제적 가치를 정량적으로 측정하기 위해 총 경제적 가치(total economic value, TEV)를 이용한 평가 방법이 사용된다. 총 경제적 가치의 평가 결과는 기후변화와 관련한 지하수자원의 지속가능한 개발과 더불어 합리적인 보전관리를 위한 정책수립에 유용한 정보를 제공할 수 있다. 본 연구에서는 지하수의 경제적 가치를 평가하는 방법론과 국내외 연구사례를 검토하고 우리나라 지하수 관리의 방향에 대해 제시한다.

선거여론조사의 예측 정확성 분석: 제 7회 전국동시지방선거를 중심으로*

이기재**, 김진실***

A Study on the Predictive Accuracy of Survey for the 7th Local Elections

LEE Kee Jae, KIM Jin Sil

◁ 목차 ▷

- | | |
|-------------------------------|---------------------|
| I. 서론 | IV. 연구결과 |
| II. 제7회 전국동시지방선거 여론
조사의 환경 | V. 결론 및 시사점
참고문헌 |
| III. 연구방법 | |

I. 서론

선거는 대중이 정치적 의사 표현을 하는 민주주의의 핵심제도이다. 선거여론조사는 민의를 예측하고 유권자의 이익을 실현하는 데 있어 유용한 수단이 되어 왔다. 그 동안 선거 여론조사 예측 실패에 대한 비판과 함께, 예측력을 높이기 위한 꾸준한 연구와 방법론의 개선 노력이 있었다.

우리나라 선거여론조사에 대해서 Martin et el.(2005)의 정확성 척도 A를 적용하여 선거여론조사의 예측 정확성을 연구한 사례가 몇 차례 있었다. 김영원·황다솜(2014)은 척도 A를 사용해 제6회 전국동시지방선거 여론조사 150건을 분석하여, 조사방법에 있어 ARS조사에 비해 전화면접조사가 보다 정확한 조사결과를 산출한다고 하였다. 또한 유·무선 전화면접조사가 다른 조사방식에 비해 정확성이 높다고 보았다. 응답률이 떨어지거나 가중치 변동폭이 커지면 새누리당 지지율을 과대추정하는 편향을 발생시키는 요인이 된다고 보았다.

* 논문은 2021학년도 1분기 한국방송통신대학교 학술연구비 지원을 받아 작성된 것임.

** 한국방송통신대학교 통계데이터과학과 교수.

*** ㈜에스티아이, 수석연구원

김영원·윤지혜(2016)는 척도 A를 사용해 20대 국회의원선거 여론조사 정확성을 평가한 결과, 전화면접조사가 ARS 및 혼합조사에 비해 편향이 덜 발생했다고 보았다. 응답률이 증가할수록 편향과 예측오차가 감소하고, 가중치 비는 감소할수록 편향과 예측오차가 감소한다고 보았다.

이소영(2017)은 19대 대선 여론조사에 대해 척도 A를 사용하여 분석한 결과, 유무선 번호의 사용이나 ARS, 전화면접조사 등 모든 조사방식에서 문제인 후보 방향의 편향을 보이고 있음을 밝혔다. 유선전화 비율에 있어서 유선전화 비율이 20% 이하인 경우에, 응답률은 응답률이 10% 이상인 경우 더 강한 편향성과 큰 예측오차를 나타내고 있다고 하였다. 이와 함께 선거여론조사의 품질을 높이기 위한 다양한 연구가 진행되어 왔는데, 고길곤·김대중(2018), 김지연(2015), 심광호·백승준·오성덕(2018) 등이 대표적인 사례이다.

D'Agata and Tomaselli(2013)은 2001년부터 2008년까지의 이탈리아 의회 선거 관련 사전여론조사 자료에 대해서 다층모형을 이용한 메타분석을 통해서 사전선거 여론조사의 정확성을 분석하였다.

본 논문은 2018년에 실시된 제7회 전국동시지방선거 여론조사의 예측 정확성에 대해 평가하고 그 시사점을 제시하고자 한다. 후보등록 시점부터 여론조사 공표금지 직전 기간까지의 전국동시지방선거 여론조사에 대해, Martin et al.(2005)의 정확성 척도 A를 사용하여 여론조사의 예측 정확성을 평가하였다. 선거여론조사의 개별적 특성뿐만 아니라 여론조사를 수행한 조사기관도 여론조사의 예측 정확성에 영향을 미칠 수 있다는 점을 통계 분석 모형에 반영할 수 있도록 선거여론조사의 개별 특성을 설명하는 고정효과와 조사기관 수준의 랜덤효과를 투입한 다층모형(multilevel model)을 이용하여 분석하였다. 이를 통해서 다층모형이 더 설명력이 있음을 확인하였고, 여론조사의 시기, 조사기간, 조사의 방법, 추출틀, 가상번호 사용 여부 등이 여론조사의 예측 정확성에 영향을 미치는지 실증적으로 검증하였다. 이와 같은 분석 결과를 기초로 제7회 전국동시지방선거 여론조사의 편향이 어떤 양상으로 나타났는지 분석하였고, 이로부터 얻은 시사점과 향후 개선 방안을 제시하였다.

II. 제7회 전국동시지방선거 여론조사의 환경

1. 선거여론조사 기준의 변화

2014년 2월 13일 개정된 「공직선거법」 제8조의8에 따라 중앙 및 시·도선거관리위원회 산하에는 선거여론조사심의위원회가 설치되었고, 선거여론조사심의위원회는 ‘선거여론조사 기준’을 제정·개정 및 공표하였다. 이에 따라 공표 또는 보도를 목적으로 하는 선거여론조사의 경우 개별 여론조사가 어떻게 수행되었는지 파악할 수 있는 정보공개가 의무화되었다.

‘선거여론조사 기준’은 공표 또는 보도를 목적으로 하는 선거여론조사의 표본의 크기와 성, 연령, 지역별 구성 비율을 맞추기 위해 적용하는 가중값의 최대, 최소 배율 등을 정하고 있다. 대통령 선거 또는 전국단위 조사의 경우 표본 크기가 1,000명을 넘어야 하며, 광역단체장 선거 또는 시·도 단위 조사의 경우 800명, 지역구 국회의원선거나 자치구·시·군 단위 조사의 경우 500명, 지역구지방의회의원 선거의 경우 300명을 넘어야 공표 또는 보도를 할 수 있다.

제7회 전국동시지방선거에서는 선거여론조사와 관련하여 몇 가지 주목할만한 변화가 있었다. 처음으로 적용된 선거여론조사기관 등록제, 더욱 확대된 휴대전화 가상번호 제도, 성실 응답자에

대한 인센티브 제공 제도, 불법 선거여론조사에 대해 여론조사심의위원회에 부여된 조치권, 가중값 배율 조정 등의 제도적 변화가 있었다.

무엇보다 중요한 변화로 공표 또는 보도를 목적으로 전화를 이용하여 선거여론조사를 실시하는 경우 ‘휴대전화 가상번호’를 사용할 수 있도록 하는 제도가 처음 도입되었다. 이는 여론조사 응답자의 개인정보 노출 없이 지역별·성별·연령대별로 표본의 대표성을 확보하여 여론조사결과의 신뢰성을 제고하기 위하여 도입된 제도이다.

다음으로 선거여론조사기관 등록제가 시행되었고, 많은 여론조사기관이 무선전화 중심의 생활을 반영하기 위해 표본추출틀(sampling frame)에서 무선 비율을 대폭 늘렸다. 공표 및 보도를 전제로 한 조사의 경우 조사기관 대부분이 휴대전화 가상번호를 사용하였으며 다양한 조사 방법(ARS 사용 여부, 유무선 조사 비율 등)을 적용하여 조사하였다. 또한 제7회 전국동시지방선거부터는 가중값 배율의 조건이 강화되어 성별, 연령대별, 지역별로 각각 0.5~2.0의 범위 내에 있지 않은 선거여론조사 결과는 공표·보도할 수 없다.

본 연구에서는 제7회 전국동시지방선거에 앞서 마련된 선거여론조사와 관련한 제도 변화 중 ‘휴대전화 가상번호’가 여론조사의 예측 정확성에 미치는 영향을 분석하고, 선거여론조사기관 등록제가 시행됨에 따라 여론조사 기관의 기관 효과(house effect) 여부를 다층모형을 통해서 통계적 분석에 반영하는 방안을 살펴보고자 한다.

2. 선거여론조사 현황

제7회 지방선거는 2018년 6월 13일에 진행된 선거로, 문재인 정부 출범 이후 전국 선거로는 처음 실시된 선거였다. 제7회 지방선거와 관련된 선거여론조사 실시 신고(2017. 05. 10.~2018. 06. 13.)는 총 4,349건이었다. 또 같은 기간 공표·보도 등록된 여론조사는 1,624건으로, 제6회 지방선거(816건) 대비 약 2배 증가하였다.

공표·보도된 1,624건의 여론조사 중 휴대전화 가상번호를 사용한 여론조사는 1,008건으로 전체의 62.1%이었다. 이 중 휴대전화 가상번호만으로 조사한 경우는 69건이었고, 가구대상 유선전화와 혼합하여 사용한 경우는 939건이었다. 조사방법별로 살펴보면, 단일 조사방법을 사용한 경우가 389건, 복수의 조사방법을 사용한 경우가 1,235건이었다. 단일 조사방법을 사용한 경우 ARS조사가 353건, 전화면접조사가 30건이었으며, 그 외 스마트폰앱 조사, 인터넷조사 등이 6건이었다. 복수의 조사방법을 사용한 경우 ARS조사가 586건, 전화면접조사가 481건이었고, ARS와 전화면접을 혼합한 조사가 164건이었다. 그 외의 조사는 4건이었다.

이와 같이 제7회 지방선거와 관련하여 공표·보도된 선거여론조사의 조사방법론적 특징은 휴대전화 가상번호를 사용한 경우와 복수의 조사방법을 적용한 경우가 많았다는 점이다.

Ⅲ. 연구방법

1. 연구자료

제7회 전국동시지방선거 여론조사의 예측 정확성 평가를 위한 분석에는 중앙여론조사심의위원

회(이하 여심위)에 제시된 “선거여론조사결과 추이 및 득표율 등 자료”와 여심위에 등록되어 있는 여론조사 결과자료를 취합하여 자료로 사용하였다.

여심위에서는 제7회 전국동시지방선거 여론조사 결과 중 후보자등록(5.25) 이후 실시된 여론조사들에 대해 등록번호, 조사일자, 조사기관, 조사의뢰자, 조사방법(표본추출틀), 표본크기, 표본오차, 응답률, 각 선거별·후보자별 지지도 추이, 후보자별 득표율을 취합한 엑셀파일을 자료로 제공하고 있다. 한편 이 게시자료에 나타나 있지 않은 정보들은 여심위의 여론조사결과 현황 게시판에서 엑셀 VBA를 이용한 웹크롤링 방법을 적용하여 취합하였다. 이와 같이 수집한 정보는 조사소요기간, 성별, 연령별 가중치, 가상번호 사용비율, 표본추출틀의 규모 등이다.

본 연구에서 분석 대상 여론조사를 5월 25일 이후 진행된 경우로 국한한 것은 등록을 완료하고 선거에서 득표한 후보자와 여론조사에서 물어본 후보자가 일치해야 하기 때문이다. 또한 분석은 시·도지사 선거 여론조사를 대상으로 하였는데, 대체로 시·도지사 선거는 더불어민주당과 자유한국당 후보가 모두 출마하였기에 분석하기에 적합하였고, 시·군·구의 장 등 다른 선거에 비해 여론조사가 활발한 편이라 충분한 여론조사 자료를 확보할 수 있었다. 제7회 전국동시지방선거와 관련해 등록된 여론조사 결과 가운데, 5월 25일 이후 진행된 시·도지사 선거 여론조사는 모두 120건이었다.

이렇게 수집된 여론조사 가운데, 광주와 전남의 시·도지사 선거에는 자유한국당 후보가 출마하지 않아 척도 A 방법을 적용하는 것이 불가하므로 분석대상에서 제외하였다. 한편, 제주도지사 선거에서는 원희룡 후보가 자유한국당을 탈당하고 무소속으로 선거를 치렀고, 자유한국당의 김방훈 후보는 3.3% 득표에 불과하였다. 무소속 원희룡 후보가 더불어민주당 문대림 후보와 사실상 양자대결에 가까운 선거를 하였기에 원희룡 후보를 자유한국당 후보로 간주하고 분석하였다.

2. 분석절차 및 연구방법

가. 예측 정확성 평가 척도

이 연구에서는 여론조사의 예측 정확성을 평가하는 척도로 Martin et al.(2005)의 정확성 척도 A를 사용하였다. 척도 A는 오즈비(odds ratio)에 기반한 통계량이다. 미국 선거의 예를 들면 어떤 여론조사에서 r 은 공화당 후보의 예측 득표율이고, d 는 민주당 후보의 예측 득표율이라고 할 때, 특정 여론조사에서 응답자가 공화당을 택할 오즈(odds)는 r/d 로 나타낼 수 있다. 또한 R 은 공화당 후보의 실제 득표율, D 는 민주당 후보의 실제 득표율이라고 하면, 선거에서 유권자가 공화당 후보를 택할 오즈(odds)는 R/D 로 나타낼 수 있다. 이와 같이 응답자가 공화당 후보를 택할 오즈와 실제 공화당 후보를 택할 오즈를 통해 다음의 오즈비를 구할 수 있다.

$$odds\ ratio = \frac{r/d}{R/D}$$

이 오즈비에 로그를 취한 것이 바로 척도 A이며 다음과 같은 식을 갖는다.

$$A = \log \left[\frac{r/d}{R/D} \right]$$

척도 A가 0이면 선거여론조사 결과와 실제 선거 결과가 정확하게 일관적이었다는 의미이며, A가 유의하게 음(-)의 값을 가지면 민주당 방향으로 편향이 존재하는 것이며, A가 유의하게 양(+)의 값을 가지면 공화당 방향으로 편향이 존재하는 것으로 볼 수 있다.

본 연구에서 제7회 전국동시지방선거 여론조사 평가를 위한 척도 A를 산출하는 데에는 다음과 같은 식을 사용했다.

$$A = \log \left[\frac{t/l}{T/L} \right]$$

t 는 더불어민주당 후보의 예측 득표율이고, l 은 자유한국당 후보의 예측 득표율을 말한다. 또한 T 는 더불어민주당 후보의 실제 득표율, L 은 자유한국당 후보의 실제 득표율이다. 이와 같은 산식은 같은 방식으로 분석했던 김영원·황다솜(2014), 김영원·윤지혜(2016) 연구와는 척도의 방향에 차이가 있다(이전 연구에서는 $A = \log \left[\frac{l/t}{L/T} \right]$ 방식으로 계산함). 이와 같이 산출한 이유는 2014년과 2016년 연구에서는 새누리당이 여당이였지만, 이번 연구에서는 더불어민주당이 여당이 되었기 때문이다. 즉, 선거 여론조사에서 흔히 발견되는 ‘여당 편향’ 결과는 양(+)의 결과로 파악하고, 그 반대의 편향은 음(-)의 결과로 파악하기 위해서이다.

선거 여론조사의 목적을 투표결과를 예측하는 것이라고 한다면 “실제 선거결과와 사전 여론조사의 차이”로 여론조사 오차를 정의할 수 있다. 이러한 방식은 선거결과값이 주어지기 때문에 기준이 명확하고, 개별 여론조사의 특성과 조사 오차와의 분석을 통해 오차의 원인을 고찰할 수 있다는 장점이 있다. 이 방식의 문제점은 후보의 득표율을 고정된 것으로 간주하고 일률적으로 평가한다는 점이다. 그러므로 광범위한 선거시기에 이루어지는 모든 조사에 대해 이와 같은 방식의 평가는 부적절할 수 있으며, 투표에 가까워져 어느 정도 표심을 결정하고 부동층이 감소하는 시점의 조사들에 대해 분석하는 등 조사 시점에 대한 통제를 염두에 두고 연구를 진행해야 할 것이다.

나. 분석 절차

우선 분석대상 조사들에 대해 기술통계 분석을 통해 제7회 전국동시지방선거의 여론조사의 일반적 특성과 조사기관 특성을 살펴보고, 이 특성에 따라 예측정확성이 어떻게 나타나는지 검토하였다. 또한 여론조사의 응답률에 대해 회귀분석을 실시하여 응답률에 영향을 미친 요인을 검토하였다.

다음으로는 다층모형(Multilevel Model)을 구성하고 회귀분석을 실시하였다. 각 개별 여론조사의 특성만이 아니라, 이 여론조사를 실시한 조사기관에 따른 영향이 있을 것으로 보았다. 여론조사기관에서는 조사의 설계와 수행에 대한 노하우를 바탕으로, 조사의 특성을 채택한다. 이 조사에서 수집하여 분석에 사용한 변수 외에도 각 조사기관은 보유한 조사담당자의 역량 수준이나 조사 설비, 조사원 등 물적, 인적 인프라 등 조사의 예측정확성에 영향을 미칠 수 있는 여러 요건에 차이가 있을 것이다. ‘개별조사 수준’을 1수준, ‘조사기관 수준’을 2수준으로 설정하였다. 먼저 기본모형으로, 종속변수의 분포가 1수준과 2수준에서 어느 정도 분산을 갖는지 판단하여 다층모형 분석이 유의미한지 검토하였다. 다음으로는 1수준 변수만을 고려한 전통적인 선형회귀모형(Model 1)과 1수준, 2수준 변수들을 모두 포함한 다층모형(Model 2)를 구성한 뒤, 이들을 비교하였다. 본 연구에서 분석은 R(버전.4.0.3)을 이용하여 진행하였다.

3. 분석 모형

다층모형은 계층적 또는 집락 구조를 갖는 데이터 분석에 적합한 분석법이다. 다층모형에 대한 모형설정 방법과 추정 방법에 대한 논의는 Goldstein(2003), Hox(2002), Hox and de Leeuw(2003), Raudenbush and Bryk(2002), Peugh(2010), Snijders and Bosker(1999) 등에서 자세하게 다루고 있다.

본 연구에서 고려하는 기본모형은 어떠한 변수도 투입하지 않은 모형으로 다음과 같이 구성하고 (모형0)이라고 부르기로 한다.

$$\begin{aligned} \text{개별조사수준 (level 1)} : Y_{ij} &= \beta_{0j} + e_{ij} \\ \text{조사기관수준 (level 2)} : \beta_{0j} &= \gamma_{00} + u_{0j} \\ \text{기본모형} : Y_{ij} &= \gamma_{00} + u_{0j} + e_{ij} \quad \dots(\text{모형0}) \\ (i &= \text{개별조사}, j = \text{조사기관}) \end{aligned}$$

Y_{ij} 는 종속변수인 예측 정확성이고, 조사기관 j 의 개별조사 i 의 예측 정확성은 그가 속한 조사기관 j 의 평균 예측 정확성(β_{0j})에 개별조사 수준의 효과(e_{ij})를 더한 값이다. 또한 조사기관 j 의 평균 예측 정확성(β_{0j})은 모든 분석대상 조사의 전체 평균 예측 정확성(γ_{00})과 각 조사기관 효과(u_{0j})의 합으로 구성되어 있다.

기본모형에서는 여론조사 예측 정확성을 설명하는 총 변량에서 조사기관이 설명하는 변량의 비율, ICC(intra-class correlation, 급내상관계수)를 파악하고, 이 연구에서 다층모형 분석이 유의미한지 판단한다.

$$ICC = \frac{\text{조사기관변량}}{\text{총변량}} = \frac{\text{조사기관변량}}{(\text{조사기관변량} + \text{개별조사변량})}$$

ICC는 수준 2(조사기관 수준)에 의해 설명되는 결과의 분산의 비율을 나타내며, 조사기관 내에서 임의로 추출된 두 개 개별조사 간의 연관성 강도로 해석할 수 있다(Hox 2010; Snijders and Bosker 2012). ICC는 일반적으로 0에서 1.0 사이의 값을 가지며 값이 클수록 그룹 간 변동성이 커진다는 의미로 조사기관 간의 차이가 있다는 뜻으로 해석할 수 있다.

다음으로, 선형회귀모형과 다층모형을 비교한다. 조사기관별 랜덤효과에 대해서는 고려하지 않고, 1수준 변수들이 예측 정확성에 미치는 효과를 고정되어 있는 상수로 설정하여 다음과 같이 모형1을 구성하였다.

$$\begin{aligned} Y_{ij} &= \beta_0 + \beta_1 X_{1j} + \beta_2 X_{2j} + \dots + \beta_p X_{pj} + e_{ij} \quad \dots(\text{모형1}) \\ e_{ij} &\sim N(0, \sigma^2), i = 1, \dots, n_i, j = 1, \dots, 14 \end{aligned}$$

모형2는 조사기관 수준을 고려한 모형으로 1수준과 2수준을 모두 포함한 다층모형으로 하였다. 다층모형에서는 조사기관에 따라 개별조사기관의 변수들이 확률적으로 변할 수 있다고 가정하여 회귀계수는 고정된 상수가 아닌 랜덤효과(random effect)로 가정한다. 모형2는 회귀계수도 랜덤효과를 반영한 일반적인 모형이며, 실제 데이터 분석 과정에서는 조사기관효과를 랜덤효과로 절편항

에 반영한 통계모형을 통해서 분석한다.

$$\begin{aligned} \text{개별조사수준 (level 1)} : Y_{ij} &= \beta_{0j} + \beta_{1j}X_{1j} + \beta_{2j}X_{2j} + \cdots + \beta_{pj}X_{pj} + e_{ij} \\ \text{조사기관수준 (level 2)} : \beta_{0j} &= \gamma_{00} + u_{0j} \\ \text{통합모형} : Y_{ij} &= (\gamma_{00} + \gamma_{01}z_1 + \gamma_{02}z_2 + u_{0j}) + (\gamma_{10} + u_{1j})X_{1j} + (\gamma_{20} + u_{2j})X_{2j} \\ &+ \cdots + (\gamma_{p0} + u_{pj})X_{pj} + e_{ij} \quad \cdots(\text{모형2}) \end{aligned}$$

모형0을 기준으로 모형1과 모형2 중에서 어느 모형이 더 적합한지 검토할 것이다. 모형1과 모형2의 차이점은 조사기관효과를 랜덤효과 모형을 통해서 모형에 반영하는지 여부이다.

4. 변수 측정

본 연구에서 종속변수인 여론조사 예측 정확도에 대한 지표는 척도 A를 사용하였다. 개별조사 수준에서는 조사기간, 조사시간, 조사지역, 조사방법, 가중치, 가상번호 사용여부, 표집틀, 응답률을 변수로 사용하였다. 먼저 조사기간은 조사가 마무리된 날로부터 선거일까지의 기간으로 설정하였다. 조사시간은 각 조사기관이 여심위 홈페이지에 등록한 조사시간 데이터를 사용하였는데, ‘00시간 00분’의 시간 형식을 십진수로 변환하였다. 지역은 17개 시도 중 분석대상에서 제외된 광주와 전남을 뺀 15개 지역으로, 조사기관은 전체 등록된 조사기관 중 3회 이상 여론조사를 실시한 14개 조사기관으로 한정하였다. 이에 따라 분석대상 케이스는 120건에서 96건으로 추려졌다.

응답률은 여심위 홈페이지에 등록된 응답률을 이용하였다. 여론조사의 응답률은 접촉 후 응답완료 사례수를 접촉 후 응답완료 사례수와 접촉 후 거절 및 중도 이탈 사례수의 합으로 나눈 방식으로 계산하고 있다.¹⁾

$$\text{응답률}(\%) = \frac{I}{I+R} \times 100$$

I = 접촉 후 응답완료 사례수,

R = 접촉 후 거절 및 중도 이탈 사례수

1) 선거여론조사기준에서는 ‘선거여론조사 관련 정보의 투명한 공개라는 등록제의 취지를 제고하기 위해’ 접촉률을 공개하도록 하고 있다.(2019년 10월 1일부터 시행됨) “접촉률”이란 해당 선거여론조사에 사용된 전체 응답 적격 대상자 중 접촉이 완료된 비율을 말한다. (접촉률(%) = $\frac{I+R}{I+R+eU} \times 100$) U 는 접촉 실패 사례수를 말하며, e 는 접촉 실패 사례 중 응답 적격 비율을 나타내고 다음과 같이 추정한다. ($e = \frac{I+R}{I+R+NE}$)

IV. 연구결과

1. 기술통계분석 결과

제7회 전국동시지방선거 여론조사 중 이번 연구의 분석대상인 96개 여론조사에 대해 기술통계 분석을 실시하였다. 조사시점은 최댓값 18일(후보자 등록마감일)부터 최솟값 7일(공표가능 조사 마감일)까지 분포되어 있어 범위(range)는 12일이다. 이 기간은 예비후보 등록부터 120일에 달하는 전체 선거운동 기간 중 마무리 시기이며 여론조사가 집중되는 기간이다. 여러 선행연구에서 검토했듯이 조사시점에 따라 예측 정확성에 영향이 있는지 확인이 필요하다. 표본크기는 평균 850.7명으로, 시·도지사 선거 여론조사에서는 세종시를 제외하고는 800명 이상의 여론조사를 해야 공표를 할 수 있도록 규정되어 있었기 때문에 800명에서 900명 사이에 많이 분포하고 있다.

조사시간은 평균 19시간으로 대체로 2일에 걸쳐서 진행되었다. 최솟값이 4시간, 최댓값이 42.5시간으로 매우 분산이 큼을 알 수 있다. 응답률 역시 평균 13.4%인데 최솟값 0.8에서 최댓값 26.0으로 각 조사별로 분산이 매우 크다.

조사방법을 검토해본 결과, 전화면접조사가 63.5%로 가장 많았고, 그 다음으로는 ARS가 29.2%, 혼합조사(ARS와 전화면접조사 병행)가 7.3%였다. 가상번호를 사용한 조사가 91.7%로 다수를 차지했다. 추출틀은 유무선을 혼합해 사용한 경우가 93.8%로 다수를 차지했고, 유선만 사용하거나(2.1%) 무선만 사용한 경우(4.2%)는 소수였다.

<표 1> 선거여론조사 데이터에 대한 기술통계분석 결과(연속형 변수)

설명변수	N	평균	표준편차	최솟값	최댓값
조사시점	96	11.2	3.7	7.0	18.0
조사시간	96	19.0	11.3	4.0	42.5
가중치(성별:남성)	96	0.9	0.1	0.7	1.1
가중치(성별:여성)	96	1.1	0.2	0.9	1.6
가중치(연령:20대)	96	1.2	0.3	0.8	1.9
가중치(연령:30대)	96	1.2	0.2	0.9	2.0
가중치(연령:40대)	96	1.1	0.1	0.8	1.4
가중치(연령:50대)	96	0.9	0.1	0.6	1.1
가중치(연령:60대 이상)	96	0.9	0.1	0.6	1.3
표본크기	96	850.7	99.9	505.0	1026.0
응답률	96	13.4	7.4	0.8	26.0
종속변수	N	평균	표준편차	최솟값	최댓값
A	96	0.2	0.3	-0.5	0.9
$ A $	96	0.3	0.2	0.0	0.9

선거여론조사의 예측 정확성 분석: 제 7회 전국동시지방선거를 중심으로

<표 2> 선거여론조사 데이터에 대한 기술통계분석 결과(범주형 변수)

변수		빈도	비율(%)
조사방법	ARS	28	29.2
	전화면접	61	63.5
	ARS+전화면접	7	7.3
추출틀	유선	2	2.1
	무선	4	4.2
	혼합	90	93.8
가상번호	사용함	88	91.7
	사용안함	8	8.3

<표 3>에 제시한 척도 A의 기초 분석결과를 보면 분석대상 여론조사의 전체 A값은 0.230이었다. 즉 실제 득표에 비해, 여론조사의 지지율은 더불어민주당 후보에게 더 유리한 방향으로 편향되었음을 의미한다. 지역별로는 서울에서 0.465, 충북에서 0.381, 부산에서 0.280, 경기에서 0.277 등으로 이들 시도에서 양의 편향이 상대적으로 높았다.

조사방법별로 검토했을 때, ARS조사가 0.016인 데에 비해 전화면접조사가 0.326, ARS와 전화면접조사 방식을 혼합한 조사에서는 0.249로 더불어민주당 방향의 편향이 더 강하게 나타났다. 하지만 조사방법 측면에서 보면 일부 유선전화와 ARS조사의 척도 A의 편차가 대단히 커서 다른 조사방법과의 직접적인 비교는 바람직하지 않으며, 다른 요인들을 통제한 가운데 통계적 유의성을 살펴볼 필요가 있을 것이다.

추출틀에서 유선만을 사용한 조사에 비해 무선만을 사용한 조사 혹은 유선과 무선을 함께 사용한 조사에서 더불어민주당 방향의 편향이 더 강하게 나타났으나, 통계적으로 유의한 수준은 아니었다. 또한 가상번호를 사용한 조사가 가상번호를 사용하지 않은 조사에 비해 더불어민주당 방향의 편향이 더 강하게 나타났지만, 통계적으로 유의한 수준이 아니었다. 가상번호를 사용하지 않은 조사의 유효수가 많지 않았고, 척도 A와 |A|의 차이가 크다는 점을 고려하면 가상번호 사용 여부에 따라 특정 정당 방향의 편향이 크게 발생하였다고 단정하기는 어려울 것이다. 가상번호를 사용한 조사는 전국지방선거와 같은 지역 단위 선거여론조사를 수행할 때 필수적으로 요구되는 제도적 장치로 볼 수 있을 것이다.

<표 3> 여론조사 특성에 따른 예측정확성(척도A)

여론조사 특성		A	A	n	F
전체		0.230	0.280	96	2.631** (0.003)
지역	서울	0.465	0.465	11	
	부산	0.280	0.416	8	
	대구	0.198	0.198	3	
	인천	0.202	0.246	8	
	대전	0.156	0.205	7	
	울산	0.223	0.223	4	
	세종	0.174	0.281	4	
	경기	0.277	0.309	13	
	강원	0.410	0.410	1	
	충북	0.381	0.381	4	
	충남	0.091	0.214	9	
	전북	0.848	0.848	1	
	경북	0.011	0.068	3	
	경남	0.222	0.266	12	
	제주	-0.006	0.041	8	
조사기관	A	0.176	0.205	17	5.841*** (0.000)
	B	0.380	0.390	11	
	C	0.394	0.394	11	
	D	0.399	0.408	10	
	E	0.254	0.260	9	
	F	0.295	0.295	7	
	G	-0.184	0.214	5	
	H	0.283	0.283	5	
	I	0.257	0.263	4	
	J	0.027	0.058	4	
	K	0.358	0.358	4	
	L	0.037	0.063	3	
	M	-0.073	0.073	3	
	N	-0.235	0.235	3	
추출틀	유선	-0.002	0.025	2	0.837 (0.436)
	무선	0.257	0.263	4	
	혼합	0.234	0.287	90	
조사방법	ARS	0.016	0.170	28	19.16*** (0.000)
	전화면접	0.326	0.335	61	
	ARS+전화면접	0.249	0.249	7	
가상번호	사용함	0.243	0.281	88	2.588 (0.111)
	사용 안함	0.090	0.274	8	

* p-value < 0.1, ** p-value < 0.05, *** p-value < 0.001

2. 다층모형(multi-level modeling) 분석 결과

가. 기본모형

다층모형 분석의 첫 단계로 독립변수 없이 종속변수만을 투입한 기본모형을 분석하였다. <표 4>의 <모형 1-0>을 보면 고정효과 상수값은 0.180, 랜덤효과 부분의 상수값은 0.038, 잔차는 0.040으로 나타났다. 조사의 예측 정확성의 변량에서 조사기관효과가 차지하는 비율인 ICC는 0.491로 나타났다. 즉 예측 정확성의 총 변량 중 조사기관 수준의 영향에 의해 설명되는 비율이 49.1%라는 의미이다. 이는 다층모형을 활용해 분석하는 것이 적합한 분석법이라는 의미로 볼 수 있다.

나. 일반화선형모형과 다층모형

본 연구에서는 분석대상이 되는 96개 조사사례 중 특수한 사례라고 판단되는 일부 조사를 제거하고 분석하였다. 우선 조사지역 중 ‘전북’과 ‘강원’은 조사가 1회 진행되었고 A값이 상대적으로 대단히 큰 것으로 나타났다(전북 0.848, 강원 0.414). 이들 조사는 분석대상에서 제외하였고, 또한 유선번호만을 사용한 조사, 즉 추출틀을 유선번호만으로 진행한 조사는 2회로서 예외적인 조사로 볼 수 있어 분석대상에서 제외하였다.

다층모형 분석을 실시한 결과는 <표 4>와 같다. 기본모형인 모형2-0에서 고정효과 상수값은 0.179, 랜덤부분의 상수값은 0.037, 잔차는 0.037로 나타났다. ICC값을 계산한 결과 0.502로 나타나 예측 정확성의 총 변량 중 조사기관 수준의 영향에 의해 설명되는 비율이 50.2%였다.

지역, 조사시기, 조사방법, 가상번호 사용여부, 응답률을 고정효과 변수로 투입한 <모형 1-1>과 다층모형으로 조사기관 수준을 고려한 <모형 1-2>를 비교 분석하였다. <모형 1-1>과 <모형 1-2>를 비교하는 로그우도비 검정에서, 검정통계량은 9.090였고 p-value가 0.0026으로 유의하게 나타났다. 고정효과만을 고려한 <모형 1-1>에 비해 고정효과와 랜덤효과를 함께 고려한 <모형 1-2>가 더 설명력이 있는 것으로 나타났다.

<모형 1-2>를 살펴보면 다음과 같다. 우선 지역적 영향 측면에서 보면 모든 지역에서 ‘서울’에 비해 다른 시도의 회귀계수 값은 모두 음수로 나타났다. 다른 시도와 달리 ‘서울’ 대상 조사에서 다른 경향성을 보이는 것을 알 수 있다.

조사시기 측면에서는 선거일로부터 조사일이 1일 멀어질수록 0.019만큼 증가하여 정확도가 떨어지는 것으로 나타났다. 조사방법 측면에서 ARS조사는 전화면접조사와 다른 경향성을 나타내고 있고, 가상번호 사용의 경우와 그렇지 않은 여론조사도 다른 경향성을 보이고 있다.

본 연구에서 다루는 선거여론조사는 지방선거 특성상 대부분 가상번호를 사용하여 조사하였고, 조사방법도 대개 유선 및 무선 혼합조사를 사용하고 있어 가상번호 사용 효과분석이나 조사방법 간의 정확도 차이를 분석하는 데 한계가 있다는 점을 밝혀둔다.

<표 4> 선거여론조사의 예측 정확성에 대한 다층모형 적용 결과

변수		모형 1-0	모형 1-1	모형 1-2
지역 (통제 변수)	부산		-0.153*	-0.098
	대구		-0.372***	-0.323***
	인천		-0.182**	-0.181**
	대전		-0.279***	-0.271***
	울산		-0.352***	-0.316***
	세종		-0.300***	-0.303***
	경기		-0.112	-0.100
	충북		-0.084	-0.102
	충남		-0.420***	-0.392***
	경북		-0.433***	-0.419***
	경남		-0.215**	-0.192**
	제주		-0.608***	-0.606***
조사시기(통제변수)			0.019***	0.016***
조사방법	전화면접		0.219*	0.280*
	ARS+전화면접		0.185**	0.109
가상번호	사용 안함		-0.215**	-0.238**
응답률			0.010	0.005
상수		0.179	-0.006	0.021
랜덤 부분(조사기관) 상수		0.037		0.006
잔차		0.037		0.014
로그 우도(Log Likelihood)			21.192	25.737
로그 우도비 검정(LR test)			9.090**	(기준모형)
케이스 수		92	92	92
조사기관 수		14	14	14

* p-value < 0.1, ** p-value < 0.05, *** p-value < 0.001

모형의 추정 품질을 평가하고, 모형에서 잘 설명되지 않는 데이터의 특징이 있는지 탐색하기 위해 모형 진단을 실시하였다. 잔차의 독립성 가정이 위반되지 않았고, 선형성과 등분산성 역시 위반되지 않은 것으로 나타났다.

다. 조사방법별 모형

본 연구의 대상인 선거여론조사의 조사방법은 크게 전화면접조사와 ARS조사로 나눌 수 있다. 앞선 분석에서 전화면접조사와 ARS조사는 서로 다른 경향성을 나타냈는데, 각 조사방법별로 모형을 구성하여 좀더 구체적으로 검토해 본다. 앞서 살펴본 바와 같이 본 연구의 분석 대상은 대부분 전화면접조사를 기반으로 가상번호를 이용한 조사이기 때문에 특성이 크게 다른 ARS조사와 전화면접조사를 구분하여 따로 분석하고자 한다.

전화면접조사의 다층모형 <모형 2-2>과 일반화선형모형 <모형 2-1>을 비교해본 결과, 로그 우도비 검정값은 2.432이고 p-value가 0.119였다. 이에 따라 전화면접조사만을 고려하였을 때, 조사기관 수준을 고려한 다층모형과 일반화선형모형의 설명력은 차이가 없는 것으로 판단하였다. <모형 2-1>을 검토한 결과, 조사시기와 가상번호 사용 여부의 변수가 전화면접조사의 예측정확성에 영향

선거여론조사의 예측 정확성 분석: 제 7회 전국동시지방선거를 중심으로

을 미친 것으로 나타났다. 조사시기가 선거일로부터 1일 멀어질 때 예측정확성은 떨어지는 것으로 분석되었고, 가상번호를 사용한 조사와 그렇지 않은 조사는 서로 다른 경향성을 나타내고 있다. 이 모형에서 응답률 변수가 예측정확성에 미치는 영향은 유의하지 않은 것으로 나타났다.

ARS조사로 수행되었던 선거여론조사에 대해서도 분석하였다. 다층모형 <모형 3-2>과 일반화선형모형 <모형 3-1>을 비교한 결과, 로그 우도비 검정값은 1.881이었고 p-value가 0.170이었다. ARS 조사만을 비교하였을 때 전화면접조사의 경우와 마찬가지로 조사기관 수준을 고려한 다층모형과 일반화선형모형의 설명력 차이는 크지 않았다.

<모형 3-1>을 검토한 결과, 조사시기와 응답률 변수는 모두 ARS조사의 예측 정확성에 영향을 미친 것으로 나타났다. 조사시기가 선거일로부터 1일 멀어질 때 0.035만큼 양의 방향으로 편향이 더 발생했고, 응답률이 높아질 때 일부 양의 방향으로 편향이 발생하였다. 이 모형에서 가상번호 사용여부 변수가 예측 정확성에 미치는 영향은 유의하지 않은 것으로 나타났다.

<표 5> 선거여론조사의 예측 정확성에 대한 다층모형 적용 결과(전화면접조사)

변수		모형 2-0	모형 2-1	모형 2-2
지역 (통제 변수)	부산		-0.053	-0.038
	대구		-0.344***	-0.319***
	인천		-0.253***	-0.229**
	대전		-0.257***	-0.236**
	울산		-0.280***	-0.265***
	세종		-0.107	-0.084
	경기		-0.084	-0.068
	강원		-0.073	-0.037
	충북		0.053	0.060
	충남		-0.381***	-0.364***
	전북		0.336**	0.345**
	경북		-0.501***	-0.481***
	경남		-0.263***	-0.255***
	제주		-0.557***	-0.550***
조사시기(통제변수)			0.010*	0.008*
가상번호	사용 안함		-0.177**	-0.158*
응답률			-0.007	-0.009
상수		0.323	0.596***	0.622***
랜덤 부분(조사기관) 상수		0.000		0.002
잔차		0.051		0.008
로그 우도(Log Likelihood)			22.460	23.676
로그 우도비 검정(LR test)			2.432	(기준모형)
케이스 수		61	61	61
조사기관 수		10	10	10

* p-value < 0.1, ** p-value < 0.05, *** p-value < 0.001

<표 6> 선거여론조사의 예측정확성에 대한 다층모형 적용 결과(ARS 조사)

변수		모형 3-0	모형 3-1	모형 3-2
지역 (통제 변수)	부산		-0.226	-0.351
	인천		-0.016	-0.197
	대전		-0.326	-0.385*
	세종		-0.447*	-0.598**
	경기		-0.076	-0.224
	충북		-0.358	-0.398*
	충남		-0.468*	-0.514**
	경북		-0.113	-0.243
	경남		-0.085	-0.182
조사시기(통제변수)			0.035**	0.026*
가상번호	사용 안함		-0.070	-0.212
	응답률		0.079*	0.017
	상수	-0.013	-0.472*	-0.025
랜덤 부분(조사기관) 상수		0.000		0.018
잔차		0.051		0.015
로그 우도(Log Likelihood)			-1.785	-0.844
로그 우도비 검정(LR test)			1.881	(기준모형)
케이스 수		28	28	28
조사기관 수		6	6	6

* p-value < 0.1, ** p-value < 0.05, *** p-value < 0.001

V. 결론 및 시사점

1. 요약

이 연구는 제7회 전국동시지방선거 여론조사의 예측 정확성을 평가하고 여론조사를 개선할 수 있는 시사점을 모색하기 위해 진행되었다. 후보등록 시점부터 여론조사 공표금지 직전 기간까지의 시·도지사 선거 여론조사에 대해, 이 여론조사들이 선거 결과를 잘 예측했는지 비교하여 오차를 검토하였다. 여론조사의 예측 정확성 및 오차를 검토하는 척도로는 Martin et al.(2005)의 정확성 척도 A를 사용하였다.

기술통계분석을 실시한 결과, 분석대상 여론조사의 A값의 평균은 0.230이었다. 실제 득표에 비해 여론조사의 지지율은 더불어민주당 후보에게 더 유리한 방향으로 편향되었음을 의미한다. 서울, 충북, 부산, 경기 등 지역에서는 더불어민주당 방향으로 더 강한 편향을 보였다.

각 개별 여론조사의 특성만이 아니라 이 여론조사를 실시한 조사기관이 어디냐에 따라 예측정확성에 영향이 있을 것으로 예상되어, 이를 고려하여 ‘개별조사 수준’을 1수준, ‘조사기관 수준’을 2수준으로 설정하여 분석모형을 다층모형으로 구성하였다.

제7회 전국동시지방선거 여론조사는 조사방법에 따라 가상번호를 이용한 전화면접조사에 편중

되었다는 점을 고려하여 전화면접조사와 ARS조사를 분리하여 모형을 구성하고 각각 분석하였다.

분석결과를 종합하면 전화면접조사의 경우 조사시기가 선거일로부터 1일 멀어질 때 0.01만큼 양의 방향의 편향이 더 발생했고, 가상번호를 사용한 조사와 그렇지 않은 조사는 서로 다른 경향성을 나타냈다. 전화면접조사 모형에서는 응답률 변수는 예측 정확성에 미치는 영향은 유의하지 않은 것으로 나타났다. ARS조사의 경우 조사시기가 선거일로부터 1일 멀어질 때 0.035만큼 양의 방향의 편향이 더 발생하였다. ARS조사 모형에서는 가상번호 사용 여부 변수는 예측 정확성에 미치는 영향은 유의하지 않은 것으로 나타났다.

Arzheimer and Evans(2014, 2016)은 A척도를 일반화하여 다당제 상황의 선거여론조사에서 조사의 정확성을 평가할 수 있는 지표를 제안하고 이를 이용하여 분석하였다. 일반화 A척도를 적용하여 분석하는 방안을 후속연구로 고려할 수 있을 것이다.

2. 시사점

2018년이 실시된 제7회 전국동시지방선거 여론조사에서는 주로 여당에 대해서 양의 방향으로 편향이 발생하여, 민주당 후보측에 유리한 여론조사 결과가 나타난 것을 확인하였다. 가상번호 사용 여부가 예측정확도에 영향을 미치고 있는 것으로 분석되었다. 한편 ARS조사에서 응답률이 높아짐에 따라 양의 방향 편향이 더 높아진 것 또한 조사에 대한 일반적인 인식과 반대되는 결과이지만, 이를 통해서 응답률과 예측 정확성이 관련성이 없다고 할 수는 없을 것이다.

그 동안의 선행 연구를 검토하였을 때, 2014년이나 2016년 여론조사에서는 당시 여당이었던 보수정당 방향의 편향이 발생했던 것을 확인했던 바 있다. 당시에는 ARS조사나 유선전화 사용은 이와 같은 편향을 더욱 가중시켰다. 하지만 제7회 전국동시지방선거에서는 여당이 바뀌었고 현재의 여당 방향의 편향이 발생하고 있다.

최근의 여당 방향의 편향에 대해 살펴보면, 2017년 대통령선거부터 더불어민주당 후보에게 유리한 여론조사 결과가 나타난다는 일부의 지적이 있었다. 주목해 볼 점은 이와 같은 현상이 미국에서도 유사하게 나타난다는 것이다. 이런 현상의 원인은 좀더 깊이 있게 검토해 볼 필요가 있을 것이다. 일부 연구에서는 ‘샤이 보수’라고 명명하며 보수정당 지지층 혹은 보수 성향을 가진 집단이 자신의 의견을 솔직하게 여론조사에서 밝히지 않는 현상과 이유에 대해 분석하고 있기도 하다 (신규호, 2019).

결론적으로 시기에 따라 선거 여론조사는 특정 방향의 편향(주로 해당 시기 여당 후보에게 유리한 방향)이 발생할 수 있고, 이러한 상황에 여론조사의 방법론이 이를 가중시키거나 감소시킬 수 있음이 확인된다. 이러한 점을 바탕으로, 여론조사를 설계하는 업체나 언론에서는 특정 시기에 어떤 원인에 따라 여론조사가 편향될 가능성이 있음을 유의하여, 여론조사 방법론에 신중하게 접근할 필요가 있다는 점을 고려해서 접근해야 할 것이다. 또한 그러한 편향 가능성을 축소시킬 수 있는 조사방식의 수립을 위해 좀 더 다양한 시도와 접근이 필요할 것이다.

선거여론조사심의위원회는 여론조사의 객관성·신뢰성 확보를 위해 가이드를 마련하였고, 이를 통해 선거여론조사의 품질을 일정 수준 이상으로 높인 것은 널리 인정되고 있다. 하지만 더 정확한 여론조사를 위한 노력은 어느 일방의 기준 제시로 이루어지기는 어렵고, 변화하는 현실에 대한 모색과 부단한 시도, 공개적이고 개방된 논의를 통해서 가능할 것이다. 다양한 기획과 시도, 여론조사에 대한 평가가 더욱 활발해질 수 있도록 제도적으로 보장될 필요가 있다.

이 연구에서는 여론조사가 선거결과를 예측하는 기능에 초점을 맞추어 예측 정확성을 분석하고자 하였다. 하지만, 본 연구에서 다루는 것에 비해 훨씬 다양한 요인들이 여론조사의 예측 정확성에 영향을 미칠 수 있다. 현재 각 조사에 대해 구축되고 있는 정보를 이용하여 분석하기 때문에 본 연구의 분석모형은 한정적으로 구성될 수밖에 없다. 따라서 여론조사에 대한 메타 데이터(meta data)를 충실하게 구축하고 이를 분석하는 업계의 자율적인 노력이 필요하며, 이를 서로 공개하고 분석하는 노력에 대한 지원 역시 필요할 것이다.

또한 아직까지 우리 사회에서 자신의 정치적 성향을 밝히기를 꺼리는 경향이 있고, 정책공약이나 토론회 등을 최종 결정의 근거자료로 삼으려고 하는 경향도 있음을 고려한다면, 중요하게 다루어야 할 분야는 부동산에 대한 연구이다. 부동산의 여론을 읽거나 이들이 결국 선거에서 어떤 결정을 내렸는지에 대해 실증적으로 검증할 수 있는 연구가 필요하다. 이번 연구에서 다루지 못한 이러한 사항들은 여론조사의 예측 정확성 제고를 위해 매우 중요한 이슈들이며 향후에 보완적으로 이루어져야 할 것이다.

본 연구에서 다루고 있는 제7회 전국동시지방선거의 선거여론조사는 지방선거 특성상 가상번호를 사용하여 조사해야 하는 상황이었고, 이에 따라 가상번호 사용 효과를 분석하는데 한계가 있었다. 또한 조사방법으로 대부분 유선 및 무선 혼합조사를 사용하고 있어 조사방법 간의 예측정확도 차이를 분석하는 것도 어려운 상황이다. 향후 후속 연구로 제8회 전국동시지방선거의 선거여론조사에 대해서 같은 방법을 적용하여 비교·분석하거나 특정 지역을 국한해서 가상번호 사용 여부나 조사방법에 따른 효과 분석을 수행할 수 있을 것이다. 본 연구는 선거여론조사에 가상번호를 사용하게 된 첫 번째 선거로 여러 분석상의 한계가 많지만, 전체적인 조사현황과 기초 분석 결과를 제시함으로써 향후 연구의 시발점이 될 수 있기를 기대한다.

참고문헌

- 고길곤, 김대중(2018). “선거 여론조사의 비관측 오차 영향요인에 관한 연구: 20대 총선 여론조사 결과를 중심으로”, 『조사연구』 19(1)
- 김지연(2015) “한국 선거예측조사 방법론 개선방안 연구”, 박사학위논문, 고려대학교.
- 김영원, 황다숨(2014). "2014년 지방선거 여론조사 전화조사방법에 따른 예측오차 및 편향." 《조사연구》 15(4)
- 김영원·윤지혜(2016), "20대 국회의원선거 전화여론조사 정확성 분석", 『조사연구』 17(3)
- 신규호(2019). “성찰적 시민, ‘샤이 보수’의 발생 경로 분석:결사체 참여 유형에 따른 차이를 중심으로”, 석사학위논문, 서울대학교.
- 심광호, 백승준, 오성덕(2018). “선거여론조사의 공정성과 제도적 영향 요인들의 관계 연구”《정치·정보연구》 21(2)
- 이소영 외(2017). 『유·무선전화 비율 등 바람직한 여론조사 방법에 관한 연구』, 중앙선거여론조사심의위원회 연구보고서.
- Arzheimer, K., and J. Evans. 2014. A new multinomial accuracy measure for polling bias. *Political Analysis* 22: 31-44.
- Arzheimer, K., and J. Evans. 2016. Estimating polling accuracy in multiparty elections using survey bias. *The Stata Journal* 16(1): 139-158.
- D’Agata, R. and Tomaselli, V. (2013). Multilevel Models in Meta-Analysis of Pre-Election Poll Accuracy Measures. *Statistica Applicata - Italian Journal of Applied Statistics* Vol. 23 (2): 175-191.
- Goldstein, H. (2003). *Multilevel Statistical Models*. Hodder Arnold, London.
- Hox, J. (2002). *Multilevel analysis: Techniques and applications*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Hox, J. and de Leeuw, E. (2003). Multilevel models for meta-analysis, in: Reise, S. P. and Duan, N.(eds). *Multilevel Modeling: Methodological Advances, Issues, and Applications*. Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah (NJ): 90-111.
- Martin, E. A., M. W. Traugott, and C. Kennedy. 2005. A Review and Proposal for a New Measure of Poll Accuracy. *Public Opinion Quarterly* 69(3): 342-369
- Peugh, J. L. 2010. A practical guide to multilevel modeling, *Journal of School Psychology* 48(1), 2010, Pages 85-112.
- Raudenbush, S. W., and Bryk, A. S. (2002). *Hierarchical linear models: Applications and data analysis methods*, 2nd ed. Newbury Park, CA: Sage.
- Snijders, T. A. B., and Bosker, R. J. (1999). *Multilevel analysis: An introduction to basic and advanced multilevel modeling*. London: Sage.

* ABSTRACT *

The election polls can be a useful tool when it comes to predicting the will of the people and realizing the interests of the voters. Along with the criticism of the failure to predict the election polls, there have been constant research and improvement of methodology to improve public opinion polls. As an extension of these efforts, this study was conducted to evaluate the forecasts accuracy of the 7th Local Election Polls and to seek implications for improving the poll. For the governors election polls from the time of candidate registration to the period just before the ban on publication of polls, Martin et al.(2005)'s accuracy scale A was used to evaluate the forecasts accuracy of the poll.

In order to consider not only the characteristics of each individual poll, but also the impact of the survey agency that conducted this poll, the analysis model was composed of a multilevel model by setting the 'individual poll level' to 'level 1' and 'survey agency level' to 'level 2'. As a result of comparing and analyzing the model with only the fixed effect and the model with the fixed effect and the random effect at the level of the survey agency, it was confirmed that the multilevel model has more explanatory power.

A review of the model divided the election polls into telephone interview surveys and ARS surveys showed that the use of the virtual number did not affect predictive accuracy in ARS surveys, but added positive bias in telephone interview surveys.

With the possibility of bias in the positive direction of election poll, that is, the bias in favor of the ruling party, the survey should be carefully designed and implemented. Furthermore, institutional guarantees are also needed to enable more active research on poll.

현장 생물촉진법에 의한 유류 오염토양 처리*

권 수열**

A Study on Petroleum Contaminated Soil Treatment by In-situ Biostimulation

Sooyoul Kwon

◁ 목 차 ▷

I. 서론	IV. 결론
II. 연구내용 및 방법	참고문헌
III. 결과 및 고찰	Abstract

I. 서론

지하저장탱크나 송유관 부식에 의해 누출된 유류성분은 자연상태하에서 휘발, 용해, 이동, 흡착, 분해 등의 다양한 물리적, 화학적, 생물학적 기작에 의해 그 거동이 지배된다. 유류는 휘발성이 큰 가솔린(보통 C₄-C₁₀; 끓는점 30-200℃)과 끓는점이 160-250℃정도인 등유(보통 C₉-C₁₃) 및 끓는점이 200-370℃인 경유(디젤유 (C₁₀-C₂₈))로 구분할 수 있으며 이들을 총칭하여 총 석유 탄화수소(TPH ; Total Petroleum Hydrocarbon)로 분류한다(Leahy외, 1990). 그러나 일반적으로 TPH는 디젤유를 의미하며 실제 디젤유의 분석도 TPH의 분포도를 이용하는 경우가 많다. 흔히 토양오염을 야기시키는 유류 중에서 가장 많은 비율을 차지하고 있는 것 중 하나가 디젤인데 상대적으로 휘발성과 용해도가 낮아 오염물의 확산이 느리며 주로 non-aqueous phase liquid(NAPL) 상태로 토양 불포화층을 통해 수직 이동하여 지하수면 위에 축적되는 경향을 보여준다. 이 과정에서 다량의 디젤이 모세관 현상에 의해 불포화층 토양의 공극 사이에 잔류하여 잔류포화(residual saturation)상태로서 우수 등 침투수 또는 지하수의 장기적인 오염원으로 작용하게 된다.

유류, 특히 디젤이 잔류포화된 토양 불포화층의 정화를 위해 많이 쓰이는 복원기술로 생물학적

* 이 논문은 2022학년도 한국방송통신대학교 학술연구비 지원을 받아 작성된 것임.

** 한국방송통신대학교 보건환경학과 교수

처리법인 현장 생물촉진법(In-Situ Biostimulation)을 많이 이용하고 있다. 현장 생물촉진법은 용어 그대로 오염지역 현장미생물의 활동성을 촉진시켜 생물학적으로 오염물을 분해하는 복원기술로, 주유소 혹은 비행기 저장고 등에서 유출된 유독성 석유화학물질을 제거하기 위해 주로 사용되는 생물학적 복원 방법으로, 오염현장을 굴착하지 않으면서 현장미생물을 이용하기 때문에 환경친화적이며 경제적인 것 뿐 아니라 기본적으로 디젤성분이 상대적으로 생분해도가 높은 반면 휘발성이나 용해성이 낮기 때문이다(Pichtel, 2005).

한편 오염토양의 생물학적 처리에 있어 가장 중요한 요점은 주어진 조건하에서 오염물질의 생분해를 제한하고 있는 요인이 무엇인가를 규명하고 이를 인위적으로 보완 또는 최적화하여 생분해 속도를 극대화 해주는 생물촉진을 유발하는 것이다(Tampier외, 2008, Vishwakarma, 2019).

따라서 본 논문은 디젤로 오염된 현장토양을 현장 생물촉진법으로 처리하기 위한 기초자료를 얻기 위해 실험실 연구를 수행하였다. 즉 실험실에서 디젤로 오염된 현장토양내 미생물을 활용하기 위하여 현장토양으로 soil microcosm을 제작, 운전하였으며, 토양온도, 토양습도, 디젤 농도, 전자수용체 등의 각 인자들이 현장 미생물의 활성화 및 디젤 분해에 어떠한 영향을 주는 지를 파악함으로써 디젤로 오염된 현장토양을 현장 생물촉진법으로 복원하기 위한 적정 처리조건을 도출하고자 하였다.

II. 연구내용 및 방법

디젤로 오염된 토양을 미생물원으로 이용하는 반응기인 microcosm을 제작하여 온도, 습도, 디젤 농도 및 전자수용체가 디젤 분해에 미치는 영향을 파악하여 최적 처리조건을 도출하고자 하였다. 본 실험에 사용된 현장 토양은 화강 풍화토이었으며 대상물질인 디젤의 기준농도는 5,000 mg diesel/kg soil로 하였다. 전자수용체로는 산소를 이용하였으며 각 반응기는 190 rpm의 rotary shaker로 혼합하였고, 토양의 diesel, TPH, n-alkane, isoprenoid과 O₂는 GC(HP 6890 plus)로 분석하였다.

1. 토양의 물리화학적 성상

Microcosm 제작에 사용한 토양은 현장 주유소 지역 표면으로부터 1 m 깊이에서 채취한 후 공기 건조 시켜 2 mm 체로 체가름 하였다. sand, silt와 clay의 비율은 71.0, 19.4, 9.6%이며 이는 USGS(United States Geological Survey)에 의한 토양구분에 따르면 조립질 토양에 해당된다.

실험에 사용한 토양의 기본적인 물리화화학적 성상을 측정한 결과 토양의 pH는 7.09, 토양 수분함량은 13%, 토양의 비중은 진비중이 2.19 kg/L, 공극률은 41%. CEC(Cation Exchange Capacity)값은 21 meq/100g dry matter, Moisture field capacity는 24.8%, 토양유기물함량은 5.3%, 미생물의 영양소인 NO₃-N는 8.5 mg/L, PO₄-P 값은 0.76 mg/L 으로 전형적인 자연 토양과 유사한 값을 보여주고 있었으며, 토양 중금속함량도 미생물활동에 큰 저해가 될 정도는 아니었다.

2. Microcosm 제작 및 운전

주유소 유류로 오염된 지역의 토양 150 g을 사용하여, 250 mL serum bottle에 담아 Microcosm을 제작하여 운전하였다. 이때 휘발에 의한 손실을 줄이기 위해 Teflon-line된 septa가 부착된 뚜껑을

이용하여 휘발에 의한 손실을 최소화하였다.

본 실험의 경우 100 mL의 headspace를 두었으며, 멸균된 토양을 대조구로 사용하였다. 또한 실험의 정확도를 위해 같은 조건으로 2개를 만들어 분석하였으며 본 실험결과에서 보여지는 자료는 2개의 자료의 평균값을 사용하였다. 그림 1은 Microcosm 모식도이다

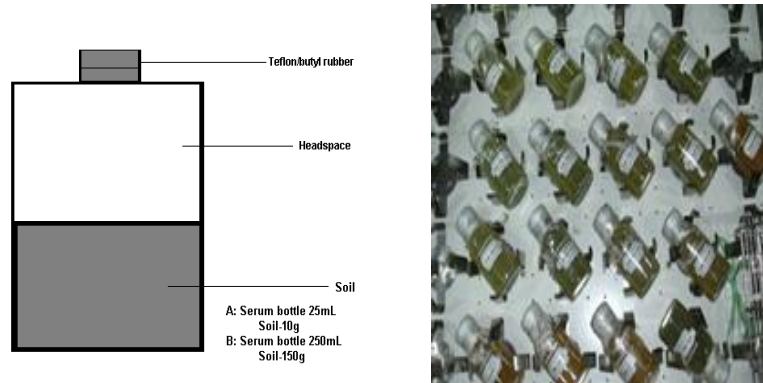


Fig. 1. Diagram of Microcosm

3. 연구 조건 및 내용

본 연구는 크게 네 부분으로 나누어 실시했다. 토착미생물에 의한 디젤 분해의 농도 영향, 수분함량 영향, 온도에 따른 영향, 전자수용체로서 O_2 에 의한 분해정도를 분석했다. 우리나라에서 디젤의 오염기준치가 정확히 정립되지 않았으나 대부분의 경우 각 토양의 기준농도는 5,000 mg diesel/kg soil~15,000 mg diesel/kg soil로 알려져 있다. 본 연구에서는 현장의 평균농도를 고려하여 기준 농도로 5,000 mg diesel/kg soil로 하였다. 한편 기준 운전온도와 수분함량 또한 현장 평균기온과 현장토양의 수분함량인 13℃, 23%로 실험하였는데 각 운전조건은 아래 표 1과 같다.

Table 1. Microcosm operating conditions.

Condition	Diesel concentration (mg/kg)	Moisture contents(%)	Temperature (℃)	O_2 (%)
Diesel concentration	500	13	13	21
	2,000	13	13	21
	5,000	13	13	21
	10,000	13	13	21
Moisture contents	5,000	5	13	21
	5,000	15	13	21
	5,000	25	13	21
Temperature	5,000	13	13	21
	5,000	13	23	21
O_2 Percentage	5,000	13	13	0
	5,000	13	13	10
	5,000	13	13	20

4. 분석방법

가. 분석방법 및 조건

본 연구에서는 디젤 및 디젤 구성성분인 Alkane과 산소농도를 측정하였으며, 분석은 GC(Gas Chromatograph, HP 6890 plus)를 이용하였다. 휘발성물질의 손실을 방지하기 위해 Teflon/rubber septa 40 mL vial에 실험 병으로부터 10 g의 토양을 채취한 후 용매로 methylene chloride 10 mL를 넣고 12시간동안 190 rpm의 속도로 교반시켰으며 회수율은 평균 98%였다. 추출 용액은 syringe로 채취하여 테플론 필터(Whatman.Co.)로 필터링 후 GC에 1 μ L를 주입하여 분석하였다. 한편 디젤 및 Alkane은 각각 성분의 비점 범위가 다르기 때문에 한 조건에서 분리하기 위해서 초기 낮은 온도 (40℃)에서 최종 온도 (250~300℃)까지 서서히 상승시켰으며 이 물질의 분석을 위해 사용된 GC의 분석조건은 표 2와 같다. 한편 미생물에 의해 각 물질이 제거됨에 따라 소모되는 산소량은 TCD 검출기를 사용하여 분석하였다

Table 2. GC condition for Diesel, TPH & Alkanes

Parameter	Condition
GC model	HP 6890 plus
Oven	Initial temperature : 40 °C
Column	HP-5 5% Phenyl Methyl Siloxane Capillary 30 m X 32 mm X 0.25 μ m
Detector	FID detector Heater : 300℃, H2 flow : 40.0 mL/min Air flow : 400 mL/min Makeup flow : 30.0 ml/min
Inlet	Mode : Split Heater : 300℃, Pressure : 5.11 psi

나. Diesel 및 Alkane의 GC 분석결과 예

그림 2는 디젤 농도 8720 mg/L를 GC로 분석한 결과를 나타낸 것으로 체류시간 30-46 min까지의 모든 peak의 합으로부터 diesel의 농도를 구하였다.

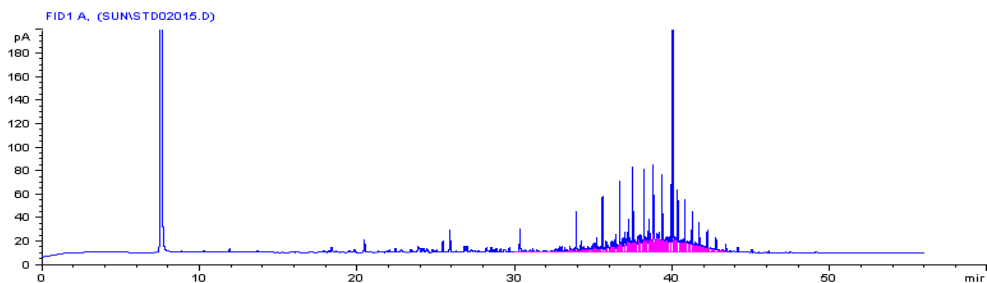


Fig.2. GC analysis of diesel

그림 3는 alkanes 농도 6244 mg/L를 GC로 분석한 결과를 나타낸 것이다. 이때 각각의 물질을 체류시간에 따라 나타내었다.

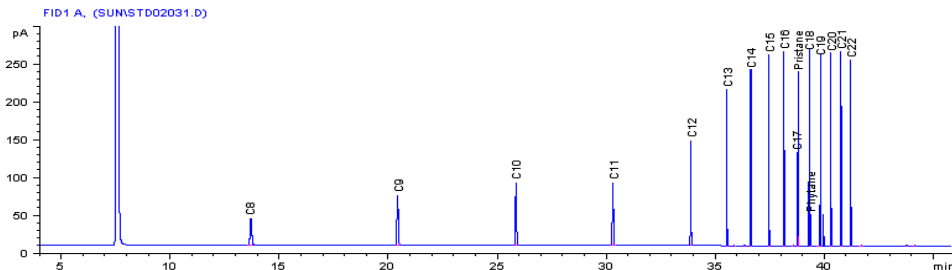


Fig.3. GC analysis of alkanes

III. 결과 및 고찰

디젤로 오염된 현장토양을 현장 생물촉진법(In-Situ Biostimulation)으로 처리하기 위한 기초자료를 얻기 위하여 토양온도, 토양습도, 디젤 농도, 전자수용체 등의 각 인자들이 현장 미생물의 활성도 및 디젤 분해에 어떠한 영향을 주는지를 파악하기 위하여 실험실에서 soil microcosm을 운전하였다. 본 연구에서는 soil microcosm 실험을 통하여 1) 디젤 생분해율 2) TPH 생분해율 3) Alkane의 분해율 4) 생분해율에 지표가 되는 n-alkane(C₈-C₂₂)과 isoprenoid(pristane, phytane)의 비를 통한 생분해율 5) n-alkane과 TPH의 잔존비 산출로부터 생분해도 6) microcosm내 headspace로부터 O₂를 측정하여 측정된 농도를 바탕으로 한 생분해율 등을 파악하여 현장 토양미생물에 의한 디젤 분해에 적합한 각 인자들의 적정조건을 제시하고자 하였다. 본 연구 결과 평균 토양을 사용한 일부 대조구에서 미미한 농도 감소가 측정되기도 하였으나, 생물학적 분해에 의한 결과를 해석하는데 영향을 줄 정도는 아니어서 무시하고 결과를 도출하였다.

1. 디젤 농도가 생분해에 미치는 영향

온도는 13℃, 전자수용체인 산소는 대기 산소농도로 그리고 수분함량은 13%로 일정하게 유지하면서 디젤 농도 변화에 의한 생분해율의 영향을 살펴보았다. 이때 디젤 농도는 각각 500, 2,000, 5,000, 10,000 diesel mg/soil kg가 되도록 오염시켜 운전하였으며 디젤농도에 따른 디젤 및 TPH의 운전 결과는 그림 4와 같다.

일반적으로 TPH의 경우 보통 가솔린과 디젤 농도의 합으로 기록된다. 본 실험은 주유소 주변의 오염토양을 이용하였기 때문에 자연건조 후에도 디젤 이외의 유류가 잔존하였다. 따라서 본 실험 기간 동안의 토양분석 결과 디젤의 농도와 TPH의 농도는 서로 상이 하였으며 디젤의 분해율 외에 TPH의 감소율도 관찰하였다.

비교적 저농도인 500 및 2,000 mg/kg으로 오염된 경우에는 운전 초기에서부터 분해가 일어난 반면 5,000 및 10,000 mg/kg의 고농도로 오염된 경우는 약 20일이 지나면서부터 분해가 시작되었다는 것을 알 수 있다. 이는 고농도의 디젤이 초기에는 미생물에게 독성을 준 것으로 판단된다. 약 55

일 후에는 500 mg/kg의 경우 27.9 mg/kg까지 감소하였으며, 2,000 mg/kg의 경우도 28.4 mg/kg까지 감소하였다. 한편 5,000 및 10,000 mg/kg경우도 약 50%의 제거효율을 얻을 수 있음을 발견할 수 있었다.

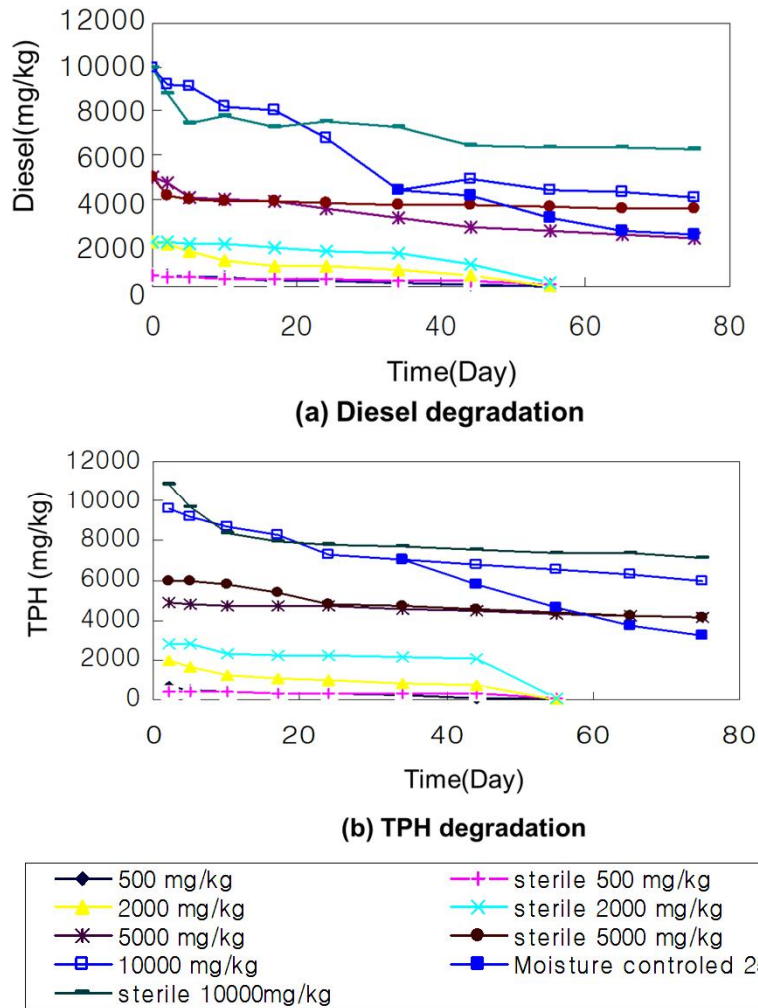


Fig.4. Diesel and TPH degradation with respect to concentration

한편 수분함량이 디젤 분해에 미치는 영향을 알아보기 위하여 34일 후 고농도인 10,000 mg/kg으로 오염시킨 두 개의 microcosm중 하나에 수분을 가하여 수분함량을 25%로 증가 시킨 후 분해율을 관찰하여 보았다. 그 결과 수분함량을 증가시킨 microcosm에서의 디젤 분해율이 수분함량을 조정하지 않은 것에 비해 그림 4의 (a), (b)에서처럼 2배정도 빠른 분해효율을 보이고 있음을 알 수 있는데 농도가 낮은 5,000 mg/kg의 경우보다 더 큰 분해속도를 나타냈다. 이는 수분함량이 미생물에 의한 토양내 디젤 분해에 큰 영향인자임을 보여주는 것이다. 또한 수분함량은 디젤보다 TPH 생분해에 더 큰 영향을 주는 것으로 나타났는데 그림 4의 (a)와 (b)에서 알 수 있다.

이상의 실험의 결과 오염우려기준인 2,000 mg/kg이하의 농도에서는 13℃ 온도조건에서 대기농

도의 산소가 적용된다면 오염우려기준이하의 처리효율을 얻을 수 있음을 알 수 있었으며, 고농도의 경우도 50%의 생분해율을 얻을 수 있음을 발견할 수 있었다. 한편 디젤과 TPH의 분해율은 큰 차이가 없음을 알 수 있었다.

한편 문헌에 의하면 1,084 diesel mg/ soil kg이 오염된 토양에 영양물 첨가, 미생물 접종, 폭기 등을 시킨 결과 88일 후 2 mg/kg으로 감소되었고 특히 접종과 폭기가 TPH 감소에 효과적이라는 결과 또한 보고되어 있다(Das외, 2011, 2019).

일반적으로 유류의 생분해 지표로 n-alkane, isoprenoid 등이 사용된다(Mohan, 2016). 이는 n-alkane(C₁₀-C₂₂)이 낮은 독성과 직선구조상 isoprenoid를 비롯한 다른 유기물보다 대부분 쉽게 분해 가능하기 때문이다. 따라서 본 실험에서는 C₈-C₂₂의 alkane과 pristane(C₁₇), phytane(C₁₈)의 isoprenoid를 사용하여 alkane의 분해율과 C₁₇/pristane, C₁₈/phytane를 통해 생분해도를 알아보았다. 그림 5와 표 4에 디젤농도 500, 2000, 5000, 10000 diesel mg/soil kg에 관한 alkane의 분해율과 alkane/TPH를 나타내었다.

그림 5에서 보이는 alkane의 분해율은 디젤이나 TPH의 분해와 거의 유사한 경향을 나타내고 있다. 비교적 저농도인 500 및 2,000 mg/kg으로 오염된 경우 약 17일까지, 44~55일 사이에 빠른 분해가 일어났으나 디젤과 TPH의 그림에서와는 달리 0~17일보다 44~55일에 더 빠른 생분해가 일어났음을 알 수 있었다. 이는 본 실험에 사용된 토양이 오염된 현장토양이므로 현장토양에 잔존하고 있던 함유된 BTEX(Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene)성분의 휘발때문인 것으로 사려된다. 또한 디젤은 약간의 n-hexane과 BTEX를 포함하며 일반적으로 BTEX농도는 디젤내의 다른 요소들과 비교해서 적은 양을 가지고 있다(Prakash외, 2020). 따라서 디젤 내에 포함된 미량의 휘발성 물질들이 휘발되어 총 디젤의 농도가 감소되었기 때문에 생분해에 의한 감소가 아니라 휘발에 의해 농도가 감소된 것이라고 할 수 있으며 그런 이유로 44~55일 사이에 농도 저감이 가장 크게 나타난 것을 알 수 있다.

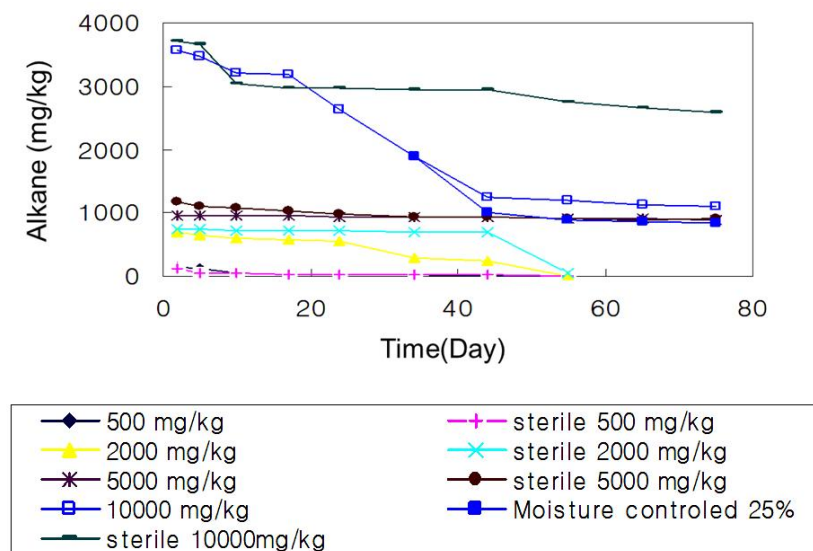


Fig. 5. Alkanes degradation with respect to concentration

표 3은 농도에 따른 n-alkane 분해율을 나타낸 것으로 표에서 500 및 2,000 mg/kg의 값이 0인 것은 55일 후 측정된 alkane의 값이 0이었기 때문이며 5,000 mg/kg의 경우 디젤과 TPH의 분해도에

서 17~44일에 가장 분해가 빠르게 나타난 것과 달리 alkane의 경우 0~17일 사이에서 가장 큰 생분해가 일어났음을 알 수 있었다. 이것은 저농도에서처럼 휘발성 물질에 의한 휘발의 영향이나 저농도에 비해 10, 2배 이상의 디젤이 함유되어 있기 때문에 디젤에 포함된 휘발성물질의 함유도가 다르기 때문인 것으로 사려된다. 10,000 mg/kg로 오염된 경우는 저농도와 비교해서 디젤, TPH의 분해도에서 보여진 것처럼 17~44일 사이에 빠른 분해율을 보였다.

Table 3. n-alkane degradation rate with respect to concentration

concentration	Time(d)									
	2	5	10	17	24	34	44	55	65	75
500 mg/kg	0.2297	0.2537	0.1075	0.0873	0.0720	0.0673	0.0457	0.0000		
sterile 500 mg/kg	0.2777	0.1350	0.0964	0.0988	0.0944	0.0918	0.0913	0.1054		
2000 mg/kg	0.3501	0.3965	0.4888	0.5626	0.5635	0.3532	0.3142	0.0000		
sterile 2000 mg/kg	0.2625	0.2642	0.3128	0.3234	0.3233	0.3321	0.3338	0.6311		
5000 mg/kg	0.1967	0.1986	0.1997	0.1996	0.2009	0.2046	0.2081	0.2129	0.2141	0.2181
sterile 5000 mg/kg	0.1964	0.1837	0.1863	0.1905	0.2010	0.2013	0.2044	0.2095	0.2111	0.2175
10000 mg/kg	0.3722	0.3781	0.3678	0.3859	0.3614	0.2700	0.1814	0.1842	0.1787	0.1835
water ratio 25%						0.2700	0.1740	0.1925	0.2311	0.2644
sterile 10000mg/kg	0.3429	0.3786	0.3647	0.3750	0.3820	0.3838	0.3913	0.3706	0.3586	0.3661

그림 6에 각 농도에 따른 C₁₇/pristane, C₁₈/phytane을 나타내었다. C₁₇/pristane, C₁₈/phytane의 값은 500 mg/kg의 경우 0~0.68이며 10,000 mg/kg는 0.9~1.2를 나타내었다. Alkane/isoprenoid를 나타낸 그림 6에서 가장 큰 감소가 일어난 시기는 alkane의 분해시기와 같으나 그 값이 상대적으로 작음을 알 수 있다. 이는 n-Alkane보다 branched chain alkanes의 분해가 더 느리기 때문이다. 또한 C₁₇/pristane, C₁₈/phytane은 미생물이 n-alkane을 상대적으로 쉽게 분해하므로 시간이 지날수록 n-alkane이 감소하기 때문에 그 값이 상대적으로 작아지는 것으로 판단된다(Al-Saleh, 2017).

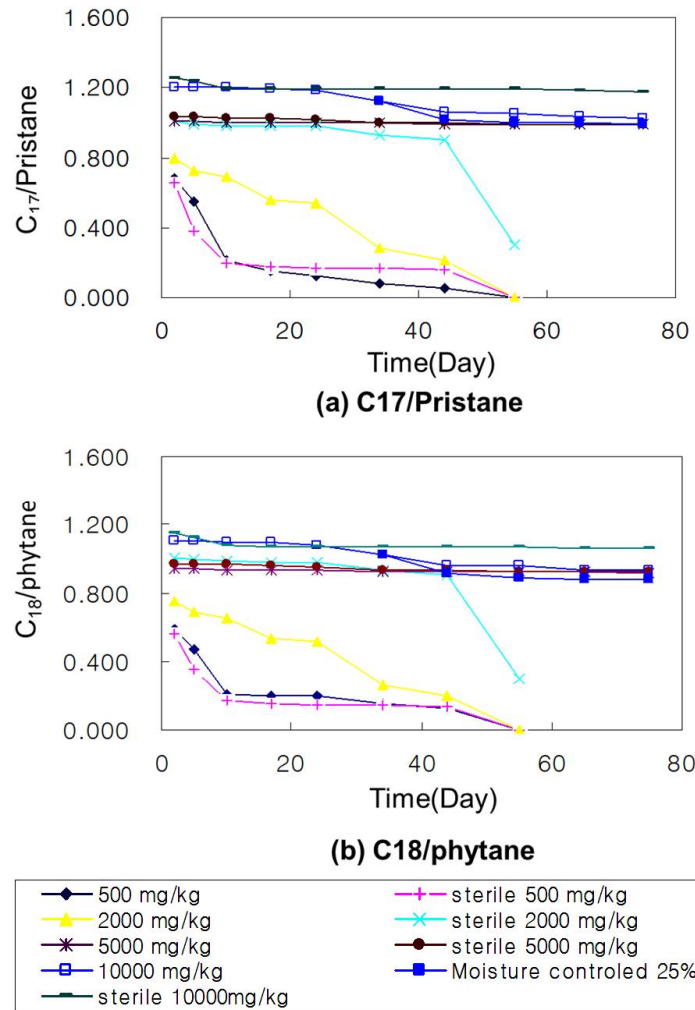


Fig. 6. C_{17} /pristane, C_{18} /phytane ratio with respect to diesel concentration

2. 수분함량이 디젤 생분해에 미치는 영향

온도 13℃, 산소농도는 대기농도로 유지하면서 디젤 농도를 5,000 diesel mg/ soil kg으로 오염시킨 후 수분함량을 5, 15, 2 5%으로 달리하여 디젤의 생분해 정도를 실험하였다.

그림 7은 수분함량에 따른 디젤, TPH 및 Alkane의 분해되는 정도를 보여주고 있다. 그림 7(a)에서 보는 바와 같이 모든 수분함량의 microcosm에서 초기부터 디젤 분해가 이루어지기 시작하였으며 24~44일까지 어느 정도 빠른 분해가 진행되다가 44일 이후에는 분해도가 감소하고 있다는 것을 알 수 있었다. 각 수분함량 별로는 수분함량이 큰 25%에서 분해율이 가장 크다는 것을 알 수 있으며, 수분함량이 적은 5, 15%의 경우는 수분함량에 관계없이 비슷한 분해율을 보여주고 있다.

운전 시작 112일 후에는 디젤의 농도는 각각 2010, 1952, 195 mg/kg으로 감소하는 것으로 나타났다. 한편 TPH의 분해속도는 디젤의 분해속도와 약간은 다른 경향을 보이고 있는데 그림 7 (b)는 TPH의 분해속도로 수분함량 5%의 경우는 디젤과 거의 같은 분해속도를 보이나 수분함량 15%

의 경우는 차이가 있다는 것을 알 수 있었다. 즉 수분함량 15%의 경우 디젤 분해속도가 TPH 분해 속도보다 훨씬 빠른 결과를 나타낸다. 수분함량 5%의 경우 초기 0~24일 사이에 TPH와 디젤의 농도가 거의 반으로 감소하였는데 이는 수분함량이 적은 건조토는 휘발성 오염성분의 휘발성을 증가(Eve Riser-Roberts, 1992)시키기 때문에 TPH내의 휘발성분들이 다른 15, 25%의 수분함량에 비해 초기에 빠른 분해율을 보이는 것으로 사려된다. 그러나 15%의 경우 TPH와 디젤의 분해속도가 상당한 차이가 있는데 이는 15% microcosm에 주입된 토양이 디젤 범위 뒷부분의 TPH 영역이 5% 토양보다 훨씬 크기 때문이다. 문헌에 의하면 토양내 유기물의 호기성 생분해는 보통 field capacity의 50~70% 에서 가장 큰 것으로 알려져 있다(Pramer and Bartha, 1972). 본 연구에서 주입한 수분함량은 field capacity로 14, 42, 69% 였는데 이상적인 범위인 42%에서보다 69%에서 더 효과적임을 알 수 있었다. 25%의 수분함량을 주입 시 토양이 거의 진흙상태로 진흙내부에 디젤이 토양에 흡착하여 상대적으로 추출된 디젤의 양이 적어진 요인을 생각해볼 수 있다. 그러나 증가된 수분함량으로 토양 내 디젤이 흡착되었다면 지하수나 침출수로의 영향은 감소된다. 오염토양의 수분함량은 잔재오염물, 분산정도의 용해와 높은 활동도를 지속하기 위한 미생물 물질대사 때문에 생분해에 영향을 준다는 것을 알 수 있었다.

현장 생물촉진법에 의한 유류 오염토양 처리

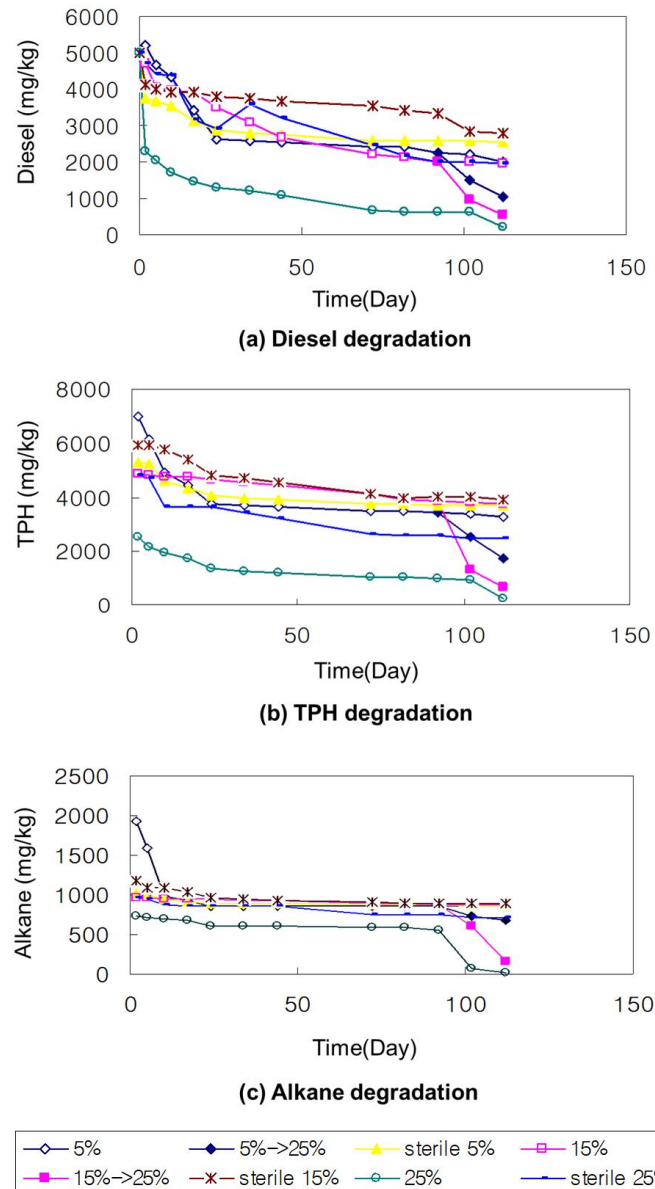


Fig. 7. Diesel, TPH & alkane degradation with respect to soil moisture contents.

위의 결과를 바탕으로 수분함량이 미생물의 활동을 촉진하는 중요한 요인이라고 판단하여, 반응 92일에 수분함량 5, 15%의 microcosm에 수분함량 25%가 되도록 수분함량을 조절하였다. 그 결과 그림 7에서 보여지는 것처럼 현저하게 디젤과 TPH 농도가 감소되는 것을 관찰할 수 있었다. 두 microcosm 모두 25%의 같은 수분함량으로 조절되었음에도 불구하고 5%보다 15%의 microcosm 토양에서 2배 이상 빠르게 분해되었다. 이것은 15% microcosm의 미생물이 수분에 더 잘 적응되었기 때문에 5%에 비해 수분이용능력이 활발하기 때문으로 생각된다.

Alkane의 분해율은 디젤, TPH분해율과 약간 다른 경향을 나타내었다. 각각의 수분함량에 따른 평균토양의 alkane분해는 거의 발생하지 않았으나 디젤과 TPH분해는 발생한 것으로 나타났으며

25%의 수분함량 주입 시 92일부터 급격한 alkane분해가 발생하였다. 또한 92일에 수분함량을 조절 한 15%의 alkane 분해율이 더욱 증가했음을 알 수 있다.

그림 8에 각 수분함량에 따른 C_{17} /pristane, C_{18} /phytane을 나타내었다. C_{17} /pristane, C_{18} /phytane의 값은 25%를 제외한 경우 생분해율이 크지 않았으며 25%의 경우 디젤, TPH와 alkane에 비해 생분해도가 빠르게 일어나는 것을 알 수 있다. 특히 5%의 경우 디젤, TPH와 alkane의 그림에서는 0~24일 사이에 현저한 농도감소가 보이는데 반해 C_{17} /pristane, C_{18} /phytane에서는 생분해정도를 볼 수 없었다. 이는 0~24일에 발생한 디젤, TPH와 alkane의 감소가 생분해에 의한 것이 아니라 휘발성 오염성분의 휘발에 의한 것임을 나타낸다.

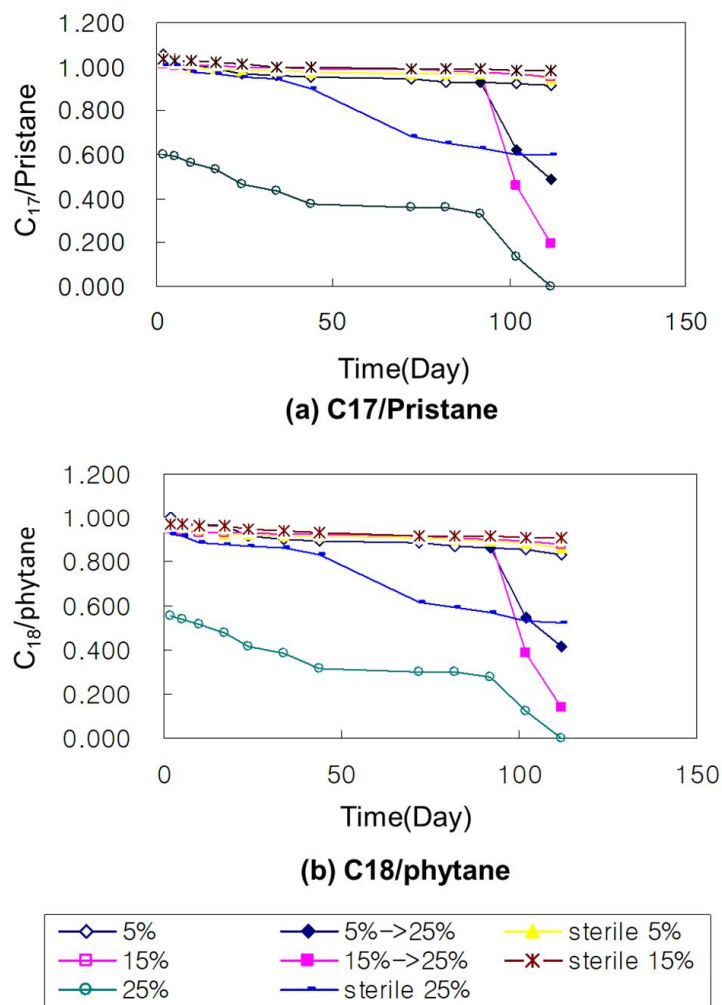


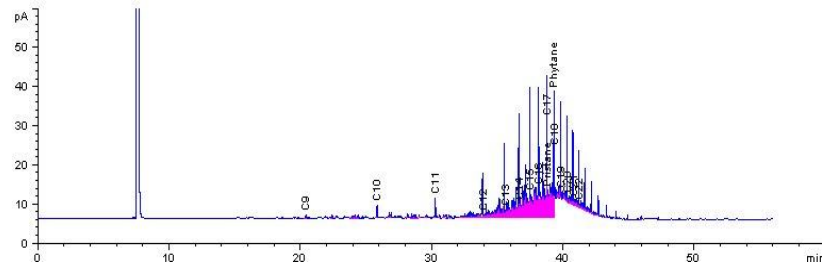
Fig. 8. C_{17} /pristane, C_{18} /phytane ratio with respect to soil moisture contents

표 4는 수분함량에 대한 alkane/TPH의 값을 계산 한 것이다. 수분함량 5, 15%의 경우 거의 0.27~0.25의 값으로 큰 변화가 없었으나 25%의 경우 0.56~0.06의 값을 나타내었다. 특히 24~92일 사이에는 그 값이 크게 나타났으며 alkane/isoprenoid의 그림에서처럼 생분해가 급격하게 일어나는 92~112일 사이에 그 값이 0.07~0.06으로 적게 계산된 것을 알 수 있었다. 표 4에 계산된 alkane/TPH의 값 또한 생분해정도를 관찰할 수는 있지만 alkane/isoprenoid와 비교할 때 alkane/isoprenoid의 값이 생분해의 지표로 더 유용한 것을 알 수 있었다.

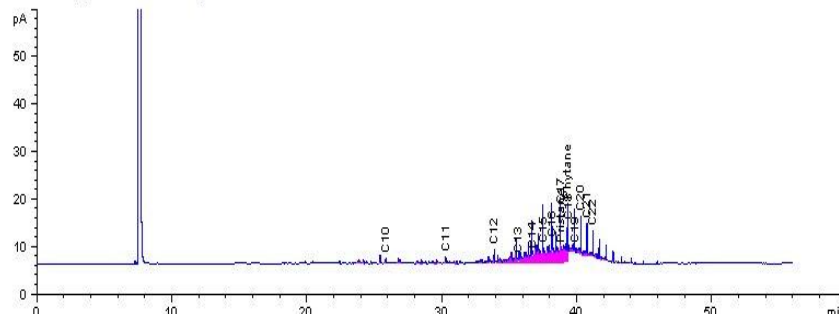
Table 4. Alkane/TPH ratio with respect to soil moisture contents

moisture content	Time elapsed(d)											
	2	5	10	17	24	34	44	72	82	92	102	112
5%	0.2748	0.2566	0.1993	0.2083	0.2278	0.2318	0.2350	0.2448	0.2452	0.2481	0.2514	0.2581
5%~>25%										0.2481	0.2889	0.3912
sterile 5%	0.1931	0.1899	0.2052	0.2102	0.2210	0.2230	0.2253	0.2330	0.2330	0.2328	0.2316	0.2316
15%	0.1967	0.1986	0.1997	0.1996	0.2009	0.2046	0.2081	0.2182	0.2271	0.2272	0.2285	0.2297
15%~>25%										0.2272	0.4561	0.2373
sterile 15%	0.1964	0.1837	0.1863	0.1905	0.2010	0.2013	0.2044	0.2196	0.2252	0.2217	0.2232	0.2264
25%	0.2892	0.3299	0.3533	0.3922	0.4488	0.4678	0.4858	0.5519	0.5521	0.5671	0.0785	0.0612
sterile 25%	0.1976	0.1995	0.2405	0.2363	0.2348	0.2488	0.2628	0.2835	0.2862	0.2872	0.2862	0.2867

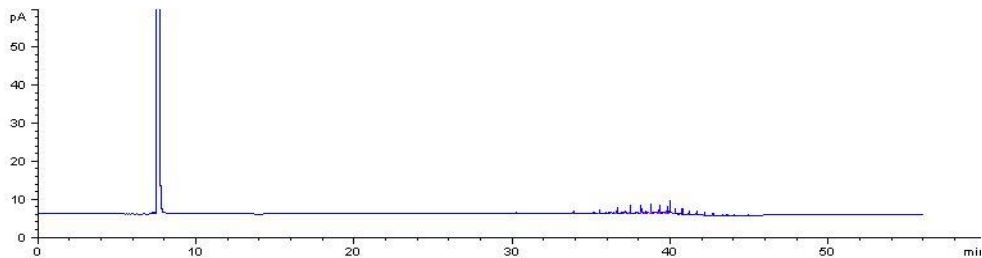
그림 9는 각각 수분함량의 microcosm에서 112일 후의 chromatograph의 변화를 나타내고 있으며 수분함량이 클수록 alkane 농도가 크게 감소하고 있다는 것을 알 수 있다.



(a) Moisture contents 5% (112 day)



(b) Moisture contents controlled (5%→25%, 112 day)



(c) Moisture contents 25% (112 day)

Fig. 9. Alkane chromatogram with respect to soil moisture contents

3. 온도가 디젤 생분해에 미치는 영향

온도 13℃, 산소는 대기농도 조건에서 초기 디젤 농도를 5,000 mg/kg 으로 하고 13, 23℃의 두 온도에서 microcosm을 운전하였다.

그림 10에서 보는 바와 같이 75일간 반응시킨 결과 13, 23℃의 온도에서 디젤의 농도가 각각 2201, 244.3 mg/kg로 감소하였음을 알 수 있으며 23℃에서 약 2배에 가까운 빠른 분해율을 나타내고 있다. 23℃로 운전한 microcosm의 경우 반응 시작 후부터 디젤 및 TPH분해가 일어나기 시작하여 44일~55일에 급속하게 감소하는 것을 볼 수 있었는데 반해 13℃의 경우 분해가 서서히 일어나 약 20일 이후부터 분해가 시작되고 있음을 알 수 있었다.

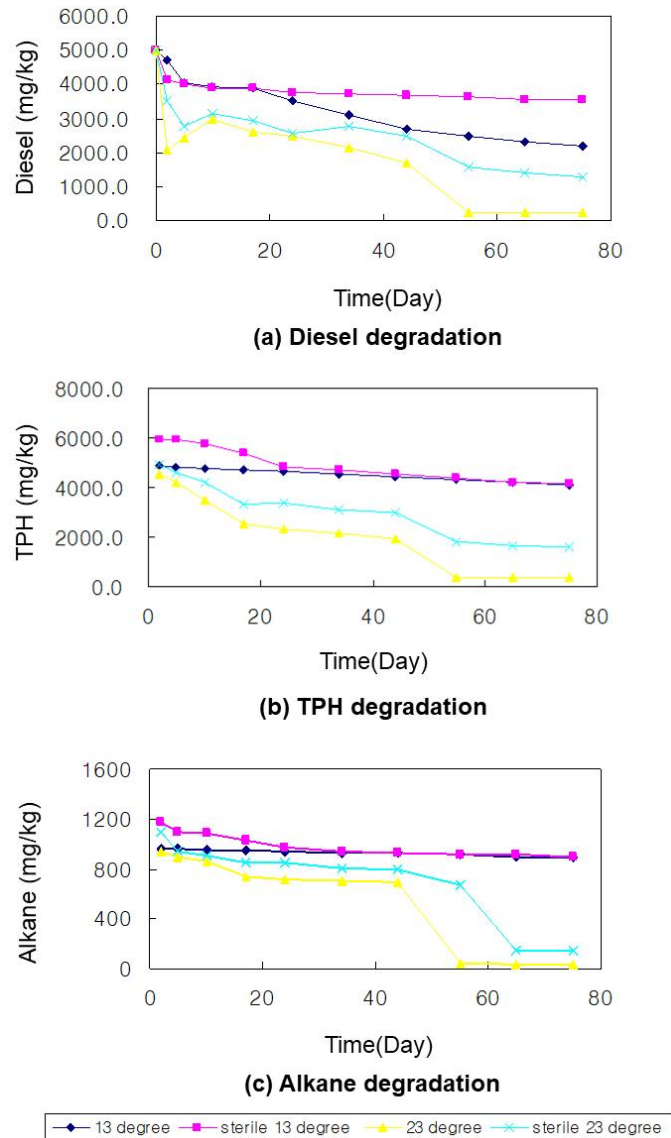


Fig. 10. Diesel, TPH and alkane degradation with respect to temperature

한편 온도에 따른 alkane의 분해율을 나타낸 그림 10(c)에서 13℃의 경우 23℃보다 분해속도가 작다는 것을 알 수 있었다. 이는 높은 온도에서는 short-chain alkanes과 다른 저분자 탄화수소의 증발이 증가하기 때문으로 사려된다.

또한 23℃에서는 0~17일 사이 보다 44~55일 사이에 높은 생분해율을 나타내었는데 44일간의 적응기간을 거친 미생물이 44일 후에 높은 활동도를 나타내었기 때문으로 사려된다. 미생물이 오염물질에 적응하는 지연기간은 온도가 감소함에 따라 길어지는 것으로 알려져 있는데(Eve Riser-Roberts, 1992), 본 연구에서는 23℃의 경우 44일까지를 지연기간으로 본다면 13℃의 경우는 지연기간이 75일 이상일 것으로 예측된다.

그림 11은 온도에 따른 C_{17} /pristane, C_{18} /phytane 변화를 나타낸 것으로 분해속도는 디젤, TPH, alkane과 같이 23℃의 경우가 13℃의 경우보다 분해속도가 빠름을 알 수 있었다. 일반적으로 탄화수소의 미생물 이용은 -2 ~ 70℃에서 발생하며 생분해는 5℃에서 발생하는 것이 발견되었지만 낮은 온도에서 탄화수소는 매우 느리게 분해된다(Bhatia외, 2019). 대부분의 토양 미생물은 mesophiles이며 최대 성장온도는 20 ~ 35℃로 나타나며 대다수의 탄화수소 분해자가 이 범위에서 가장 활동적이다. 따라서 현장토양의 유류는 여름철에 가장 효율적으로 분해될 것으로 사려되며 평균온도가 23℃이므로 토양내의 온도를 높여주게 되면 44일간의 지연기간 후 토양오염확인 기준 이하의 만족할만한 생분해 결과를 얻을 수 있을 것으로 사려된다.

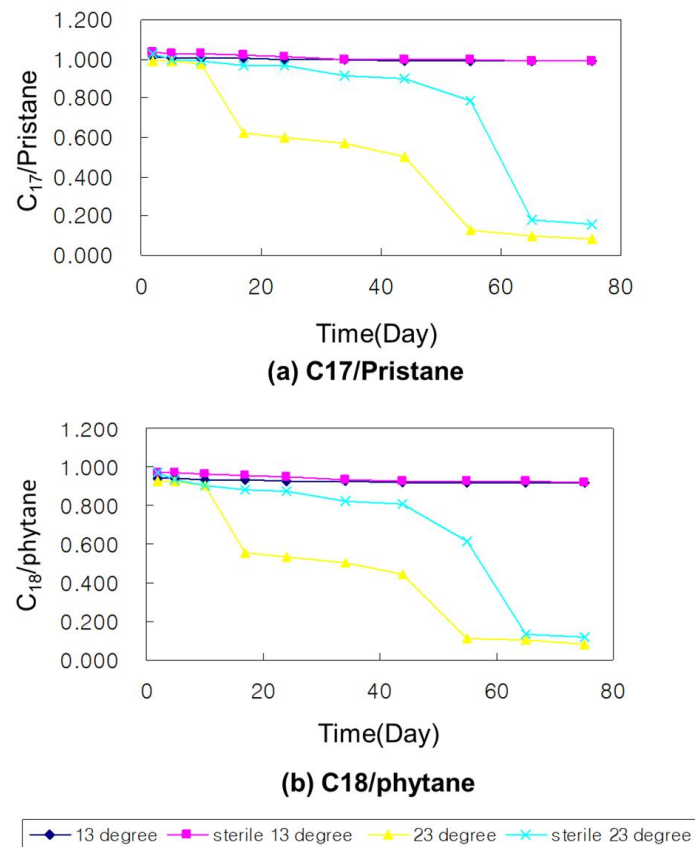


Fig. 11. C_{17} /pristane, C_{18} /phytane ratio with respect to temperature

4. 산소농도가 디젤 생분해에 미치는 영향

온도 13℃, 13%의 수분함량과 5,000 mg/kg의 디젤농도에서 전자수용체인 산소농도를 변화시켜가며 microcosm을 운전하였다. 산소농도를 0%, 10%, 20%로 조정하여 실험을 실시한 결과 디젤, TPH 및 Alkane의 분해특성은 그림 12와 같다.

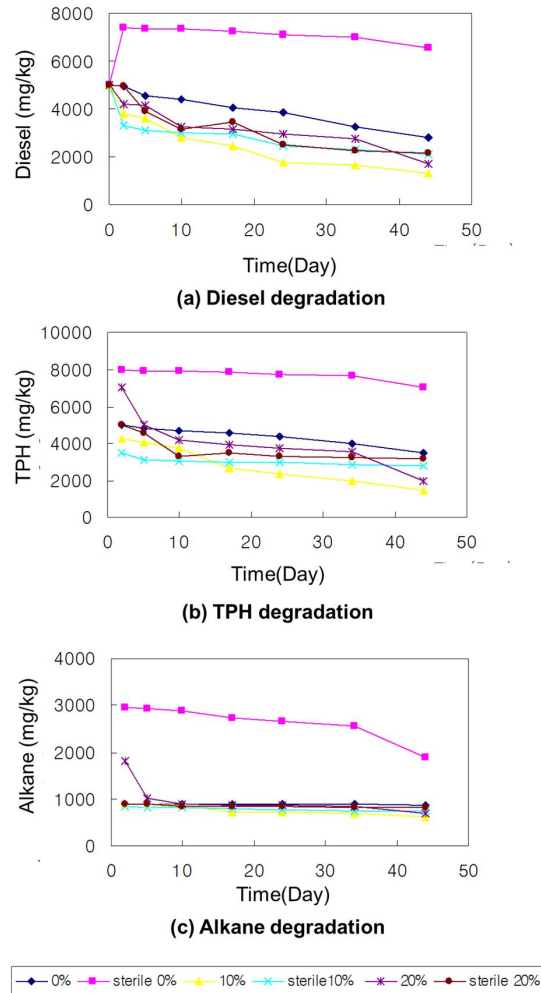


Fig.12. Diesel, TPH & alkanes degradation with respect to O₂ percentage

디젤, TPH 모두 산소를 완전 purging한 0%에서 가장 낮은 분해율을 보였으며 10, 20%의 경우에는 분해율에 있어 큰 차이가 없었으나 약 30일 이전까지는 20%보다 10%의 산소농도에서 분해효율이 좋게 나타났다. 즉 10%의 산소를 주입한 경우에는 17일까지 비교적 빠르게 분해되었고, 20%의 경우에는 34일 이후부터 분해속도가 증가되고 있음을 알 수 있다. 초기에 20%의 산소농도보다 10%에서 더 좋은 분해율을 나타낸 것은 대기중의 산소농도는 약 21%이지만 대기중의 산소가 토양내로 유입되어 실제 토양내의 산소농도는 이보다 작기 때문으로 사려된다. Zhou and Crawford(1995)는 가솔린을 분해하는 미생물의 최적 산소농도는 약 10%라고 보고했으며 이것은 대기 산소농도의 반이다. 표층에서 산소농도는 대기중의 산소농도의 반이며 또한 5% 산소농도가 생분해를 제한할 수 있다고 보고한 바 있다(Margesin, 2010).

산소농도 0%에서 가장 낮은 분해율을 보인 것은 현장토양에 호기성미생물이 존재하기 때문에 무산소상태에서 미생물이 이용할 수 있는 산소가 없어 미생물의 활동도가 떨어지기 때문이다. Alkane의 분해율은(그림 12) 0, 10, 20% 모두 비슷한 분해속도를 보이나 10%의 분해속도가 조금 더 빠르게 나타났다.

한편 그림 13은 산소농도의 변화를 나타낸 것으로 10, 20%의 산소를 주입한 경우 반응초기에 모두 빠르게 감소하여 5~17일까지 비슷한 농도를 보이다가 20%를 주입한 경우는 급속히 감소하였고 10%를 주입한 경우는 34~44일 사이에 급속한 분해율을 보였다. 44일 후에 10, 20%의 산소를 주입한 microcosm의 산소농도는 각각 1.02, 1.7%였으며 이때까지의 10, 20% microcosm의 산소소비량은 각각 8.98, 18.3%로 20%의 산소를 주입한 결과 더 많은 산소가 소비되었음을 알 수 있었다. 20% microcosm에서 더 많은 산소가 소비되었기 때문에 44일후 디젤이 농도가 10% microcosm과 거의 비슷한 농도로 분해된 것이라고 사려된다.

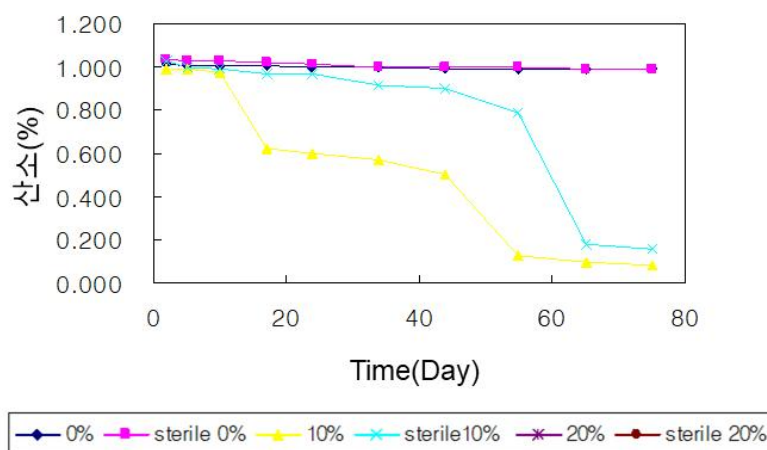


Fig.13. Variation of O₂ percentage

탄화수소의 생분해의 지표로서 산소의 소비와 이산화탄소의 생산이 사용되며 GC를 이용하여 CO₂(g)농도를 측정할 수 있다. 하지만 본 연구에서는 44일동안 실험하는 동안 CO₂(g)농도를 측정할 수 없었다. 그것은 토양 유기물에 의해 21~31일에 n-Alkane의 10~20%가 분해될 때까지 CO₂는 측정되지 않기 때문이라고 판단된다. 탄화수소 산화제에 의해 소비된 산소부피는 생산된 CO₂ 부

피를 초과한다. 그러므로 현장호흡연구에서 산소 소비율이 이산화탄소의 감소율보다 생물학적 활동도를 더 잘 나타낸다. 그러나 산소나 이산화탄소 같은 토양가스의 측정으로 생분해율을 계산한다면 토양분석에 의해 계산된 석유화합물의 제거량보다 낮게 나타난다 (Hater, Green, Solsrud, Bower, and Barbush, 1995). 44일 후 산소농도를 10, 20%로 조정 한 경우 디젤의 농도는 1321, 1708 mg/kg이었다. 이에 반해 앞서 온도에 따른 분해율 실험에서 대기 산소농도 조건, 23℃로 운전했을 경우 1705 mg/kg으로 감소하였으며 수분함량에 따른 분해율 실험에서 수분함량을 25%로 운전했을 때는 1076 mg/kg인 것을 비교해 보면 같은 산소농도 조건에서는 온도를 높이는 것보다 토양의 수분보유능력에 맞는 수분함량을 조절하는 것이 가장 분해효율을 높여준다는 것을 알 수 있었으며 산소농도를 10%로 조절하며 온도를 10℃ 상승시킨 것보다는 좋은 분해율을 얻을 수 있으나 수분함량을 조절하는 것이 가장 효율적인 방법임을 알 수 있다. 표 5는 실험 조건에 따른 디젤 분해율을 총괄적으로 정리한 것이다.

Table 5. Diesel degradation in Microcosm test conditions

Parameter		Velocity (mg/kg/day)	Time(d)
Diesel Concentration	500mg/kg	8.58	55
	2,000mg/kg	35.84	
	5,000mg/kg	63.73	75
	10,000mg/kg	79.51	
	10,000mg/kg, (moisture controled)	102.15	
Moisture contents	5%	26.7	112
	5%→25%	35.5	
	15%	27.2	
	15%→25%	39.9	
	25%	42.9	
Temperature	13℃	37.32	75
	23℃	63.41	
O ₂ Percentage	0%	50.23	44
	10%	83.60	
	20%	74.82	

IV. 결 론

오염지역의 생분해는 오염물의 형태, 수분함량, 온도, 전자수용체인 산소, 토양의 성상, 생물다양성, 환경조건, 유출량 등에 의존하게 되는데 여러 조건 가운데 디젤이 오염된 현장토양에 농도, 수분함량, 온도, 전자수용체인 산소를 적용하여 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

토양오염우려기준인 2,000 diesel mg/ soil kg 이하의 농도에서는 13℃, 13%의 수분함량 조건(현장의 봄, 가을철)에서 대기농도의 산소가 적용되면 55일 후에는 오염확인기준 이하의 결과치를 얻을 수 있다. 토양오염대책기준인 5,000 diesel mg/ soil kg 이상의 고농도 디젤이 오염되었을 때 1

3℃, 13%의 수분함량 조건에서 대기농도의 산소가 적용되면 55일 후 약 50%의 제거효율을 얻을 수 있었다.

현장토양의 수분보유 능력인 field capacity에 가장 적합한 수분을 적용했을 때 가장 좋은 처리 효율이 발견되었으며, 온도가 증가함에 따라 디젤의 분해율도 증가하였으며 10℃상승할 때마다 분해율이 대략 2배 증가되는 것을 발견할 수 있었다. 한편 약 10%의 산소조건에서 가장 좋은 디젤 분해율이 나타났다.

결론적으로 디젤오염토양에 여러 조건의 현장적용 시 전체적인 디젤 분해율은 10%의 산소를 적용한 것이 가장 좋으며, 20% 산소주입, 23℃, 수분함량 25%의 순으로 좋은 효율을 보였다.

참고문헌

- Al-Saleh, E., & Saadoun, I. (2017). Review bioremediation of soils contaminated with polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). *Journal of petrochemicals and environmental biotechnology*, 8(1), 1-9.
- Bhatia, M., Batra, N., Sangwan, N., Bansal, S., & Singh, R. (2019). Comparative metagenomic analysis reveals microbial community shifts in hydrocarbon-contaminated soils from oilfields undergoing remediation. *International biodeterioration & biodegradation*, 142, 61-69.
- Das, N., & Chandran, P. (2011). Microbial degradation of petroleum hydrocarbon contaminants: an overview. *Biotechnology research international*, 2011.
- Das, S., & Mishra, S. (2019). Recent advances in microbial-assisted bioremediation of petroleum hydrocarbons: a review. *Environmental science and pollution research*, 26(16), 16135-16153.
- Eve Riser-Roberts(1998). Remediation of petroleum contaminated soils, Lewis Publishers,
- Hater, G.R., Green, R.B., Solsrud, T., Bower, D.A., Jr., and Barbush, J.A.,(1995) Prediction of bioremediation rates at multiple fixed-site soil centers. In *Biological Unit Processes for Hazardous Waste Treatment*. Pap. 3rd., Battelle Press, Columbus, OH., 171-178,
- Leahy, J. G., & Colwell, R. R. (1990). Microbial degradation of hydrocarbons in the environment. *Microbiological reviews*, 54(3), 305-315.
- Margesin, R., Labbé, D., & Schinner, F. (2010). *Handbook of hydrocarbon and lipid microbiology*. Springer Science & Business Media.
- Mohan, S. V., & Raghavulu, S. V. (2016). Bioremediation of petroleum hydrocarbon-contaminated sites: a review of challenges and solutions. *Environmental science and pollution research international*, 23(17), 17754-17777.
- Pichtel, J. (2005). *Soil bioremediation: principles and practice*. CRC Press.
- Prakash, O., Verma, H., & Singh, B. P. (2020). Prospects of microbial-based bioremediation of hydrocarbons: contemporary research advancements and future directions. *Frontiers in microbiology*, 11, 584722.
- Pramer, D. and Bartha, R.,(1972). Preparation and processing of soil samples for biodegradation studies, *Environ. Lett.* 2:217-224
- Tampier, M., & Hernandez, M. (2008). Bioremediation of soils contaminated by petroleum hydrocarbons. In *Remediation of contaminated environments* (pp. 197-232). CRC Press.
- Verma, P., Dhiman, N., & Gupta, A. (2020). Bioremediation of petroleum hydrocarbon-contaminated soil using plant-microbe interaction: a review. *Environmental technology & innovation*, 18, 100734.
- Vishwakarma, P., Arya, I., Yadav, N., & Yadav, M. (2019). Microbial community structure and diversity in petroleum hydrocarbon-contaminated soil microcosms biostimulated by natural herbal remedies. *Environmental science and pollution research international*, 26(18), 18636-18646.
- Zhou. E. and Crawford, R.L.,(1995). Effects of oxygen, nitrogen, and temperature on gasoline biodegradation in soil., *Biodegradation*, 6:127-140

*** ABSTRACT ***

In-situ Biostimulation was considered to be a feasible approach to remediate petroleum hydrocarbon-contaminated soil from a site near gas station.

The purpose of this study is to evaluate the effects of physical parameters on diesel biodegradation in diesel contaminated soil. The parameters observed are concentration, temperature, moisture contents, and electron acceptor(O_2). The amounts of diesel compounds remaining in soil were analyzed by GC.

The results showed that diesel were degraded faster at a higher temperature and moisture contents than at a lower temperature and moisture contents. However, concentration effect study indicates that diesel were faster degraded at a low concentration than at a high concentration. An unexpected result was that the optimal concentration of oxygen for the diesel-degrading microorganism in these soils was only 10%.

The optimal conditions for biodegradation of diesel contaminated soils observed during diesel degradation experiments were under oxygen concentration of 10%, moisture content of field capacity of 69% and a temperature of 23°C.

비교문화적 관점에서 본 아동과 청소년의 감사 개념 발달 : 한국과 미국*

이소은**

Cross cultural perspectives of children & adolescents' gratitude development:
South Korea and the U.S.

Soeun Lee

◁ 목차 ▷

I. 서론	V. 논의 및 결론
II. 이론적 배경	참고문헌
III. 연구방법	Abstract
IV. 결과 및 해석	

I. 서론

인간은 주변의 타인 그리고 세상과 끊임없이 상호작용하며 살아간다. 독립적인 존재이지만 생존하기 위해서 주변과 서로 도움을 주고받게 되며 그러한 과정 속에서 자신에게 주어진 혜택을 인식하게 되고 감사함을 느끼며 표현한다. 이처럼 감사는 일상 생활에서 자주 느끼고 표현하는 정서이나, 긍정적 정서 또는 미덕으로 간주되어온 감사 개념이 어떻게 발달하는지를 분석한 연구는 거의 이루어지지 않았다.

감사(gratitude)란 다른 사람으로부터 호의나 도움을 받았다는 것을 인식할 때 생겨나는 기쁜 감정, 또는 특정한 상황, 사람, 행동 물건 등의 가치를 인식한 후 느끼는 긍정적인 정서이다(Adler & Fagley, 2005; Emmons, & Shelton, 2002; McCullough, Kilpatrick, Emmons, & Larson, 2001). 이러한 감사는 받은 도움이나 은혜에 보답하려는 동기와 행동을 유발한다. 다른 긍정적 정서와 마찬가지로 감사는 공동체의 결속을 강화시키고 개인의 사고와 행동패턴을 확장시키는 것으로 알려져 있다(Fredrickson, 2004). 따라서 인간은 공동체의 일원으로서 사회적 상황에서 감사를 느끼고 표현하며,

* 이 논문은 2022학년도 한국방송통신대학교 연구년제 연구비 지원을 받아 작성된 것임.

** 한국방송통신대학교 유아교육과 교수.

이는 타인과의 관계 및 교류를 강화시켜 개인이 보다 잘 적응하고 기능하도록 한다고 볼 수 있다.

한편 감사를 정서보다는 지속적이며 안정적인 정서적 특질(trait)로 간주하는 연구자들이 있으며, 이러한 특질로서의 감사는 감사성향(dispositional gratitude)을 의미한다. 대표적으로 Watkins 등(Watkins, Woodward, Stone & Kolts, 2003)은 감사성향을 호의에 대한 고마움을 경험하는 경향성으로 개념화하였다. 또한 McCullough, Emmons와 Tsang(2002)은 감사성향을 자신이 얻은 긍정적인 경험과 결과들에서 다른 사람이 베푼 선의를 인식하고 긍정적인 감정으로 반응하는 일반화된 경향성으로 정의하였다. 이는 감사성향을 살펴볼 경우에는 자신이 가지고 있는 것의 가치와 의미를 파악하고 감사의 원인을 인식하는 것과 관련한 인지적 측면, 일상에서 고마움을 느끼는 정서적 측면, 고마운 마음을 표현하는 행동적인 측면을 모두 고려할 필요가 있음(임정희, 2010)을 시사한다.

이러한 감사 또는 감사성향은 모든 문화권에서 나타나지만 사회에 따라 다르게 표현되고 있다. 이에 따라 몇몇 연구자들(Bono, Emmons, & McCullough, 2012; Wang, Wang, & Tudge, 2015)은 감사에 대한 태도에서 문화적 차이가 있는지 확인하는 작업이 필요하다고 주장하였다. 문화권에 따른 감사 표현의 차이를 다룬 연구를 살펴보면, Boehm 등(Boehm, Lyubomirsky, & Sheldon, 2011)은 참여자들이 가족이나 자신에게 감사를 표현하도록 설계된 연구에서 집단주의 문화권의 참여자는 자신보다 가족에게 감사를 표현했을 때 행복을 더 많이 느꼈고, 개인주의 문화권의 참여자는 자신에게 감사를 표현했을 때 더 행복을 느낀다고 보고하였다. 또한 Wang 등(Wang, Wang, & Tudge, 2015)은 집단주의 문화권에서 생활하는 중국아동과 청소년은 개인주의 문화권에 소속되어 있는 미국아동과 청소년에 비해 호의를 베푼 사람의 필요나 욕구를 감안해서 호혜적인 감사를 표현하는 관계적 감사를 더 많이 보인다고 보고하였다. 이와 같은 연구는 감사에 대한 태도나 표현이 문화에 따라 다르게 나타난다는 것을 보여준다. 유사한 맥락에서 문화에 따라 감사성향이 서로 다른 이유를 종교에서 찾는 연구자들도 있다. 일례로 김정섭(2014)은 종교를 가진 학생이 그렇지 않은 학생에 비해 감사성향이 더 높은 경향이 있다고 보고하였으며, Tsang 등(Tsang, Schulwitz, & Carlisle, 2012)은 연구대상자의 내재적 종교성이 높을수록 감사성향이 높다는 것을 양적연구법을 적용하여 증명하였다. 이는 같은 문화권에 소속되었다 하더라도 종교의 자유가 보장된 나라와 그렇지 않은 나라의 감사 성향은 다르게 나타날 수 있다는 가설을 낳았고 이는 한국과 중국의 대학생들을 대상으로 감사 성향을 분석한 김정섭(2015)의 연구에 의해 입증되었다. 한국과 중국은 모두 유교문화권에 속하는 공통점을 가지지만 한국은 종교의 자유가 보장되는 반면 중국은 공산화 된 이후로 70년이 넘는 기간 동안 종교의 자유가 허용되지 않고 있다. 이 연구에서 한국대학생은 중국대학생에 비해 높은 감사 성향을 보이는 것으로 나타났으며, 주도적인 사회문화적 가치가 비교적 동질적인 경우에는 종교와 같은 하위문화의 가치가 감사의 표현에 영향을 미치는 것으로 밝혀졌다.

이러한 연구들은 특정 집단의 구성원이 소속된 문화의 주도적 가치가 구성원의 감사 성향이나 표현에 영향을 미침을 시사한다. 사실상 사회문화적 가치가 인간 발달의 전반적 양상을 주도한다는 Vygotsky (1978)의 이론은 여러 학자들에 의해 입증된 바 있다. 일례로 Lee(1994)는 한국과 미국아동이 일상생활에서 주로 경험하는 활동은 각 사회의 주도적인 사회문화적 가치와 보다 부합하는 활동이며, 이러한 활동에의 참여를 통해 아동은 각 문화권의 주도적 가치를 습득하고 자신이 속한 사회에서 유능한 성원으로 기능할 수 있도록 성장해 간다고 보고하였다. Tudge 등(Tudge, Hogan, Lee, Tammeveski, Meltsas, Kulakova, Snezhkova, & Putnam, 1999)도 미국, 한국, 러시아, 에스토니아의 유아를 대상으로 각 국가의 부모가 지닌 고유한 가치와 신념이 유아의 일상 활동을 주도하며 발달의 결과에 영향을 미침을 밝혔다.

이상의 연구들은 긍정적 정서, 더 나아가서 행동으로 표현되는 감사는 구성원이 소속된 문화의

주도적인 사회문화적 가치와 규범을 반영할 것이라는 추론을 가능하게 한다. 그러나 실제 연구를 통해 감사 개념이 성장함에 따라 발달해 가는 과정을 상이한 문화권의 아동과 청소년을 대상으로 분석한 연구는 소수에 그치고 있다. 또한 여아가 남아보다 공감이나 조망수용능력이 우수하다는 몇몇 보고들(강연정, 2001; 박수경·양심영, 2017)을 고려하면 감사 개념의 발달에 성이 영향을 미치는 요인인지 살펴볼 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 한국과 미국의 아동과 청소년을 대상으로 연령과 성에 따른 감사 개념의 발달을 비교·분석해 보고자 한다.

이를 위해 설정된 연구문제는 다음과 같다.

1. 한국과 미국 아동과 청소년의 감사 표현 양상은 어떠한가?
2. 국가, 연령, 성이 아동과 청소년이 표현하는 감사 유형에 미치는 영향은 어떠한가?

II. 이론적 배경

한국과 미국은 현재 자본주의의 가치 아래 고도로 발달한 산업화를 이룬 동양과 서양의 대표적인 국가이다. 이러한 공통점에도 불구하고 두 나라는 사회의 주도적인 가치와 규범 면에서 상당한 차이를 보인다. 두 나라의 주도적 가치와 사회문화적 규범을 간략히 살펴보면 다음과 같다.

1. 한국과 주도적 가치와 사회문화적 규범

한국의 경우 사회문화적 규범을 이루는 주요 요소의 상당 부분이 유교에서 비롯되었다. 유교는 과거제도로 인해 학문적 성취를 출세의 수단으로 인식시키는 폐단 및 체면의식으로 인한 타인의 평가에 대한 지나친 의존을 낳았다. 또한 가족 간의 유대 및 효에 대한 개념을 발전시켜 개인보다 집단을 우위에 두는 가치가 자리 잡게 되었다. 조선시대의 반상제도에 기반한 양반층의 절대적 권력행사는 백성들의 정치에 대한 불신을 야기했으며, 외세의 잦은 침략과 현대의 분단에 이르기까지 한국인들은 불안정한 정치 사회적 여건을 경험하였다. 이러한 문화적, 역사적 배경으로 인해 한국인은 상호의존성, 귀속성 및 권력추구라는 사회문화적 규범을 발달시켰으며, 이러한 문화적 가치는 한국인의 아동양육에 반영되고 있다. 한국의 부모-자녀관계는 상호결속 및 유대, 귀속의 성격을 보이며, 개인의 미분화로 자녀를 통한 대리성취를 추구하는 특성을 보인다. 이러한 자녀양육 방식은 한국사회의 주도적 문화적 가치인 집단주의와 ‘우리’의식으로 연결된다. 일례로 Lee(1994)는 한국과 미국 유아의 일상생활을 관찰한 연구에서 한국 유아의 활동은 미국 유아에 비해 타인의 도움 없이 독립적으로 기능할 수 있는 환경에서 발생하는 비율이 낮고 어머니와 함께 보내는 시간이 많은 것으로 보고하며, 이러한 타자와의 연결과 친밀감이 상호의존성과 집단의식으로 귀결된다고 밝힌 바 있다. 이러한 연구는 결국 한 사회의 사회 문화적 규범은 그 사회의 아동양육방식에 투영되며, 아동양육방식은 또한 그 사회에서 유능한 성원으로 기능하기에 적합한 인간을 재생산하면서 문화와 아동양육 간의 연결은 지속된다는 것을 보여준다.

2. 미국의 주도적 가치와 사회문화적 규범

미국은 한국과 달리 집단주의보다는 개인주의를 강조하는 사회이다. 미국의 부모들은 자녀들이 개인적 자율성과 개성, 자주의 가치를 갖고 정서적으로 독립된 성인으로 성장하도록 양육한다. 유아들은 협동을 가치롭게 여기는 것을 배우나, 경쟁도 마찬가지이다. 유아들이 자신의 개인적 성취감을 증명할 수 있고, 자신의 소유물을 가질 수 있고, 개인적 서열을 상승시키는 것은 경쟁적 노력을 통해서이다(Sutton-Smith & Robert, 1981). 이러한 미국의 주도적 가치는 ‘매드슨 협동판(Madsen Cooperation Board)’ 실험에서 잘 나타난다. 매드슨(Madsen, 1971)은 유아들의 놀이에서 나타나는 협동적이고 경쟁적 노력을 측정하기 위해 ‘매드슨 협동판’이라는 흥미로운 실험을 개발했다. 이 실험에서는 4명의 유아들이 줄에 연결된 펜을 당김으로써 종이 위에 그림을 그리며 결과에 따라 사탕을 보상으로 받게 되는데, 이 과제에 성취는 유아들이 서로 협동하는 정도에 달려 있다(Seymour, 1981). 만약 동시에 모든 유아들이 줄을 잡아당기면 어떤 유아도 자신이 원하는 방향으로 펜을 움직일 수가 없다. 반면 유아들이 협동하기로 결심하면 유아들은 보다 쉽게 보상을 얻을 수 있다. ‘매드슨 협동판’이나 비슷한 기제를 사용하는 방대한 양의 비교 문화적 연구는 유아들이 놀이할 때 보인 협동 능력에 있어 문화적 차이가 발견된다고 보고한다. 구체적으로 시골유아들이 도시에 사는 유아들보다, 그리고 기술적으로 덜 발달된 문화권의 유아들이 복잡하고 기술이 발달한 서구문화 출신의 유아들보다 협동을 잘한다. 또한 멕시코나 히스패닉계 유아가 백인유아보다 협동을 더 많이 한다. 미국 유아들은 다른 문화권 유아들과 비교했을 때 경쟁이 비생산적인 경우에도 좀 더 경쟁적인 행동을 보이는 경향이 있다(Shapira & Madsen, 1974). 이는 개인 간의 연결이나 집단에의 소속보다는 개인의 개별성과 자유, 성취를 중시하는 미국사회의 개인주의적 가치가 유아의 놀이 행동에도 반영되기 때문으로 해석된다.

이러한 미국의 주도적 가치는 아동의 일상 활동에서도 관찰되어 분리-개인주의적 가치를 지닌 미국 유아는 연결-집단주의적 가치를 지닌 한국 유아에 비해 스스로 활동을 주도하는 비율이 높고, 성인이나 다른 동반자 없이 혼자 활동하는 시간이 많고, 타인의 도움 없이 자율적으로 활동하는 시간이 많았다는 보고(Lee, 1994)가 있다. 이런 결과는 특정 사회의 주도적 가치가 아동의 일상 활동에 반영되고 아동은 그러한 활동에 참여함으로써 자신이 소속된 문화권의 주도적인 가치를 습득해 자신이 소속한 사회에서 유능한 성원으로 발달해 감을 시사한다.

이상의 연구들은 각 문화권의 아동은 자신이 속한 사회의 주도적 가치와 문화적 규범을 일상 활동에의 참여를 통해 자연스럽게 습득함을 알려준다. 따라서 긍정적 정서 또는 미덕으로서의 감사 개념 역시 아동이 소속된 사회의 주도적인 가치와 문화적 규범에 따라 다르게 표현되고 발달할 것으로 예상되며, 집단주의와 개인주의라는 상이한 사회문화적 가치를 지닌 한국과 미국의 아동과 청소년은 각 사회의 문화적 규범에 따라 고유한 방식으로 감사에 대한 개념을 정립해 갈 것으로 예상된다. 감사개념이 발달하는 시기의 유·소년기 구성원을 대상으로 한국과 미국의 감사 개념 발달에 있어서의 문화적 차이를 분석한 연구는 시도되지 않았으므로 본 연구에서는 한국과 미국의 아동과 청소년을 대상으로 감사 개념의 발달에 관해 연구하고자 한다.

III. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상은 만 7세에서 14세에 이르는 한국과 미국의 아동과 청소년이다. 한국 자료는 서울과 김포에서 수집되었으며 총 229명이 참여하였다. 참여자는 인종적으로 모두 한국인이었으며, 참여자의 평균 연령은 10.8세였고, 남아 54.7%, 여아 55.3%로 구성되었다. 본 연구에서는 부모가 전문대 이상의 학력을 가진 경우 중산층으로 분류하였으며 한국의 경우 55.3%의 참여자가 중산층 가정 출신이었다.

미국 자료는 North Carolina주에 위치한 Greensboro에서 수집되었으며 357명이 참여하였다. 참여자의 인종 분포는 유럽계미국인 55%, 아프리카계미국인 33.5%, 히스패닉 8.4%, 기타 4%로 구성되었다. 참여자의 평균 연령은 10.6세였으며, 남아 54.0%, 여아 55.0%로 구성되었다. 미국은 51.8%의 참여자가 중산층 가정 출신이었다.

2. 연구도구

아동과 청소년의 감사 표현 양상과 유형을 분석하기 위해 <소망과 감사 질문지(WAGS - Wishes & Gratitude Survey; Freitas, Tudge & McConnell, 2008)>를 사용하였다. WAGS는 감사에 대한 반응을 유도하기 위해 먼저 연구대상자의 소원에 대해 질문하며, 응답한 소원의 성격과 이를 이루어준 인물에 대한 감사의 유형을 측정하기 위해 다음과 같은 4가지 질문으로 구성된다.

- 1) 당신의 가장 큰 소원은 무엇인가?
- 2) 그 소원을 이뤄 준 사람에게 어떻게 반응할 것인가?
- 3) 그 외에 또 해야만 하는 것이 있는가?
- 4) 그 사람은 누구인가?

질문 1)은 응답에 따라 그 성격을 쾌락적, 자기-복지적, 사회-복지적 소원으로 분류할 수 있으며, 구체적인 내용은 다음과 같다.

- ① 쾌락적 소원: 장난감, 돈, 여행 등과 같은 즉각적인 물질적 이득과 관련된 소원
- ② 자기-복지적 소원: 공부 잘하기, 특정한 직업 갖기, 천국에 가기, 자신의 건강과 행복 등 주로 미래의 자신의 복지와 관련된 소원
- ③ 사회-복지적 소원: 가족이나 친구의 행복, 국가나 사회에의 기여, 노숙자 돕기 등 타인의 현재 혹은 미래의 복지와 관련된 소원

질문 1)에 응답하지 않았거나 명확하게 분류할 수 없는 비율은 전체 대상의 3%였으며, 이들은 분석에서 제외하였다.

이어서 질문 2)에서는 연구대상자가 자신의 소원을 이루어준 사람에게 어떻게 반응할지에 대해 응답하게 된다. 이를 통해 연구대상자가 표현하는 감사의 유형을 알 수 있으며, 또한 중요하다고 간주하는 보상의 호혜적 성격의 차이에 대해 알 수 있다.

질문 2)에 대한 응답에 따라 그 유형을 언어적 감사, 구체적 감사, 관계적 감사, 궁극적 감사, 그리고 자기-충족적 반응으로 분류할 수 있으며, 구체적인 내용은 다음과 같다.

- ① 언어적 감사(verbal gratitude) - 말로 표현하는 감사 (예; 감사합니다. 고마워 등)

- ② 구체적 감사(concrete gratitude) - 혜택을 베푼 사람보다 혜택을 받은 사람이 선호하는 호혜적 보상 (예; 인형 집을 원하는 경우 시혜자에게 인형을 선물하는 등의 호혜성)
 - ③ 관계적 감사(connective gratitude) 시혜자가 필요로 하거나 좋아하는 것을 제공하는 호혜성(예; ‘합리적인 선’에서 시혜자를 도와줄 수 있는 ‘무엇인가’를 하겠다고 하는 경우 등)
 - ④ 궁극적 감사(finalistic gratitude) 시혜자를 기쁘게 하기 위해 그가 무엇을 원하든 그것을 달성하기 위해 수혜자가 최선을 다하는 것 (예; 특정 대학에 진학하기를 원한다거나, ‘1등이 되기로’ 약속하는 등)
 - ⑤ 자기-충족적 반응(self-sufficient responses) 시혜자에 대한 감사와는 상관없이 스스로의 노력에 의해서만 충족될 수 있는 소망 유형이 해당 (예; 여동생한테 더 잘해주고 싶다는 등)
- 궁극적 감사(0.6%)나 자기-충족적 반응(2.6%)의 비율은 매우 적었으므로, ‘모른다 또는 아무것도 하지 않는다’(2.2%), ‘읽을 수 없거나 이해할 수 없는 응답’(4.2%)과 함께 분석에서 제외하였다.

3. 연구절차

한국의 경우 서울에 위치한 초등학교 1곳과 중학교 1곳, 그리고 김포에 위치한 초등학교 2곳에서 자료를 수집했으며, 미국은 Greensboro에 위치한 3곳의 학교에서 자료를 수집하였다. 자료 수집은 2022년 11월부터 2023년 2월에 걸쳐 진행되었으며, 가정통신문을 통해 참여하기로 한 학교의 대상 학부모에게 동의서를 받은 후 설문지를 진행하였다. 해당 반의 담임 선생님께 연구의 간략한 개요와 설문지 기술 방식에 대해 설명하였으며, 담임의 주관 하에 교실에서 설문지에 대한 응답이 이루어졌다. 한국과 미국의 대상자는 각각 자신의 모국어로 응답했으며 미국자료는 연구자에 의해 훈련된 2인의 박사학위를 취득한 유아교육 전공자가 한국어로 번역한 후 신뢰도 검증과 분석을 시행하였다. 한국과 미국 자료의 총 10%정도에 대해 신뢰도 검증을 했으며 2인 간의 kappa ratio값은 .82로 신뢰로운 수준으로 나타났다.

4. 분석방법

한국과 미국의 아동과 청소년의 감사 표현의 양상을 분석하기 위해 평균, 표준편차, 백분율 등의 기술통계 기법을 사용하였다. 그리고 국가, 연령, 성에 따른 아동과 청소년의 감사 표현 유형의 차이를 분석하기 위해 spss24.0의 로지스틱 회귀분석 모델(logistic regression model)¹⁾을 사용하였다.

1) 로지스틱 회귀분석 모델(logistic regression model): 종속변수가 이분형인 경우에 수행하는 회귀분석기법으로, 본 연구에서는 종속변수인 언어적, 구체적, 관계적 감사가 각각 나타난 경우와 나타나지 않은 경우의 이분형으로 측정되었으므로 로지스틱 모델을 채택함

IV. 결과 및 해석

1. 한국과 미국 아동과 청소년의 소원과 감사 표현 양상

소원 유형의 전반적 경향을 살펴보면, <표 1>에 제시한 대로 한국과 미국 아동과 청소년에게 공통적으로 가장 빈번하게 나타난 소원 유형은 공부 잘하거나, 의사 등의 특정한 직업을 갖거나, 건강하고 행복하기 등 주로 미래의 자신의 복지와 관련된 자기-복지적 소원이었다(한국 53.3%, 미국 46.8%). 이어서 장난감, 돈 등 즉각적인 물질적 이득과 관련된 쾌락적 소원이 뒤를 이었으며(한국 38.3%, 미국 43.1%), 가족이나 친구의 행복, 국가나 사회에의 기여 등 타인의 현재 혹은 미래의 복지와 관련된 사회-복지적 소원은 현저히 낮은 비율(한국 6.2%, 미국 14.0%)로 나타났다.

성에 따른 소원 분포를 보면, 남아는 여아보다 쾌락적 소원을 더 많이 제시(한국 남아 41.3%, 한국 여아 36.1%; 미국 남아 49.0%, 미국 여아 38.8%)한 반면, 여아는 사회-복지적 소원을 더 많이 표현(한국 남아 5.8%, 한국 여아 6.6%; 미국 남아 7.7%, 미국 여아 18.4%)했으며, 이는 특히 미국 여아에게서 두드러졌다.

한편 감사 표현의 전반적 경향을 살펴보면, 한국과 미국 아동과 청소년 모두 관계적 감사를 가장 빈번하게 표현했고 이어서 구체적, 언어적 감사 순으로 나타났다. 그러나 그 내용에 있어서는 국가에 따른 차이가 확연히 나타나, 한국 아동과 청소년의 경우에는 관계적 감사를 표현하는 비율(57.5%)이 과반이 넘고 언어적 감사(11.8%)와 구체적 감사(17.6%)가 나타나는 비율은 상대적으로 낮은 반면, 미국 아동과 청소년은 세 유형의 감사가 비교적 균등하게 나타나는 특징(언어적 감사 31.9%, 구체적 감사 35.3%, 관계적 감사 37.0%)을 보였다.

성에 따른 감사 표현의 분포를 보면, 한국과 미국에서 공통적으로 여아의 경우 언어적 감사(한국 남아 11.1%, 한국 여아 12.4%; 미국 남아 27.7%, 미국 여아 34.7%)와 관계적 감사(한국 남아 54.5%, 한국 여아 60.3%; 미국 남아 32.9%, 미국 여아 38.8%)의 표현 비율이 남아보다 높았으며, 남아는 구체적 감사의 표현 비율(한국 남아 21.2%, 한국 여아 14.0%; 미국 남아 37.4%, 미국 여아 34.7%)이 여아보다 높은 것으로 나타났다.

<표 1> 한국과 미국 아동과 청소년의 소원과 감사 표현 양상

		한국						미국					
		남		여		전체		남		여		전체	
		빈도	(%)	빈도	(%)	빈도	(%)	빈도	(%)	빈도	(%)	빈도	(%)
소원 유형	쾌락적	43	(41.3)	44	(36.1)	87	(38.3)	76	(49.0)	76	(38.8)	154	(43.1)
	자기복지적	59	(56.7)	61	(50)	121	(53.3)	70	(45.2)	92	(46.9)	167	(46.8)
	사회복지적	6	(5.8)	8	(6.6)	14	(6.2)	12	(7.7)	36	(18.4)	50	(14.0)
	전체	104	(103.8)	122	(92.7)	227	(97.8)	158	(101.9)	204	(104.1)	371	(103.9)
감사 유형	언어적	11	(11.1)	15	(12.4)	26	(11.8)	43	(27.7)	68	(34.7)	114	(31.9)
	구체적	21	(21.2)	17	(14.0)	39	(17.6)	58	(37.4)	68	(34.7)	126	(35.3)
	관계적	54	(54.5)	73	(60.3)	127	(57.5)	51	(32.9)	76	(38.8)	132	(37.0)
	궁극적	-	-	-	-	-	-	1	(0.6)	8	(4.1)	9	(2.5)
	전체	99	(86.8)	121	(86.7)	221	(86.9)	153	(98.7)	220	(112.2)	381	(106.7)

※ 참고: 2개 이상의 감사유형에 동시에 해당하는 반응이 있어 전체 비율이 100%이상인 경우가 나타남

2. 한국과 미국 아동과 청소년의 감사 표현 유형

국가, 연령, 성에 따른 한국과 미국 아동과 청소년의 감사 표현 유형을 살펴보기 위해 로지스틱 회귀분석을 실시한 결과는 <표 2>에 제시되어 있다.

먼저 국가는 감사의 세 유형, 즉 언어적 감사, 구체적 감사, 관계적 감사에서 모두 유의한 주효과를 보였다. 미국 아동과 청소년의 경우에는 언어적 감사($B=-1.50$, $eB=.22$, $p<.001$), 구체적 감사를 표현하는 비율($B=-.89$, $eB=.41$, $p<.001$)이 한국 아동과 청소년 보다 유의하게 높았으며, 한국 아동과 청소년은 미국 참여자 보다 관계적 감사($B=.85$, $eB=2.33$, $p<.001$)를 표현하는 비율이 높은 경향을 보였다.

연령은 관계적 감사에 있어 유의미한 주효과($B=.15$, $eB=1.16$, $p<.01$)를 보여 국가나 성에 관계없이 나이든 아동은 어린 아동보다 관계적 감사표현을 더 많이 나타냈다.

국가와 연령간의 상호작용은 언어적 감사($B=.12$, $eB=1.13$, $p<.001$)와 관계적 감사($B=.16$, $eB=1.17$, $p<.001$)에서 유의하게 나타났다. <그림 1>에는 국가와 연령에 따른 언어적 감사 비율의 변화가 제시되어 있다. 우선 평균에 있어 한국 아동과 청소년이 언어적 감사를 표현하는 비율은 미국 아동과 청소년의 1/3 정도(한국 11.8%, 미국 31.9%)였다. 한국의 경우 7세에 15%였던 언어적 감사의 표현 비율은 잠시 증가하다가 10세에 5%정도로 하락한 후 18%정도의 비율인 12~13세 시기를 거쳐 14세에는 다시 6%정도의 낮은 비율로 나타났다. 미국의 경우에는 7세에 28%로 나타난 언어적 감사 표현이 11세에 45%에 달했다가 이후 소폭 감소하나 14세 때에는 다시 43% 정도로 증가하는 경향을 보였다. 즉, 10세 이후부터 두 나라 참가자들의 언어적 감사 비율은 소폭 증가하거나 전 연령대와 비슷한 상태를 유지하지만 14세의 사춘기 연령대에서는 미국은 상승하고 한국은 감소하는 패턴을 보였다.

<그림 2>에는 국가와 연령에 따른 관계적 감사 비율의 변화가 제시되어 있다. 관계적 감사는 한국 아동과 청소년이 미국 아동과 청소년에 비해 약 1.5배 정도 많이 표현했다(한국: 57.5%, 미국: 37.0%). 한국의 경우 7세에 38%였던 관계적 감사의 표현 비율은 11세에 80%까지 지속적으로 증가하다가 12세경에 소폭 감소한 후 58%정도로 유지되는 패턴을 보였다. 미국의 경우에는 7세에 15%로 나타난 관계적 감사 표현이 13세에 48%까지 꾸준한 증가를 보였으나 14세에 소폭 감소하는 양상이 나타났다.

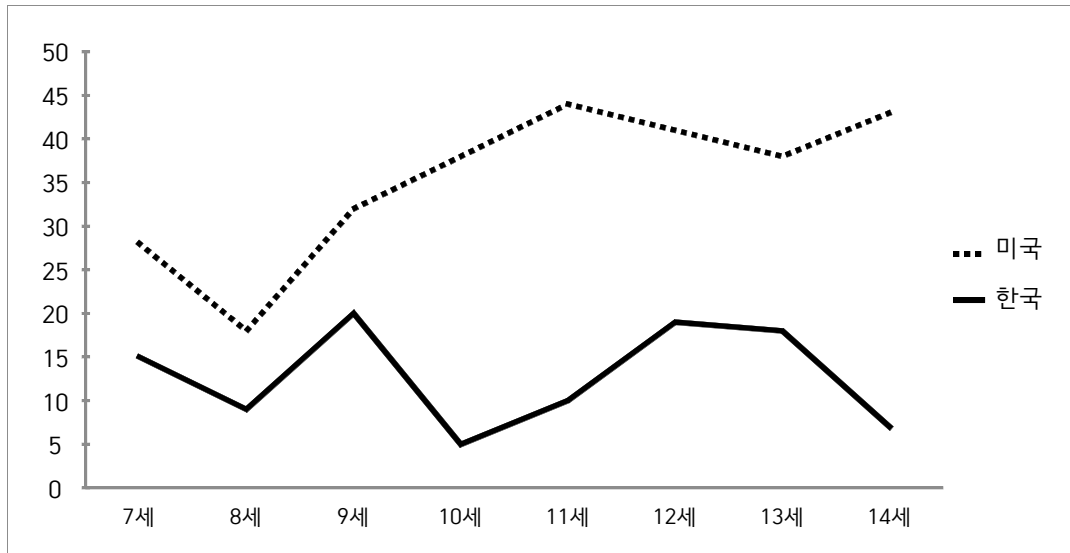
<표 2> 국가, 연령, 성에 따른 한국과 미국 아동과 청소년의 감사 표현 유형

단계	독립변수	감사 유형								
		언어적 감사			구체적 감사			관계적 감사		
		B	SE	B	e^B	B	SE	B	SE	e^B
1	국가	-1.50***	.18	.22		-.89***	.09	.41	.85***	.11
	연령	.19	.96	1.02		-.05	.04	.96	0.15**	.04
	성	-.20	.16	.82		.14	.17	1.15	-.24	.16
2	국가 x 연령	.12***	.83	1.13		.39	.37	1.48	.16***	.94
	연령 x 성	.30	.63	1.23		-.62	.63	.31	-.70	.42
	국가 x 성	-.08	.61	.93		-.89	.64	.40	.22	.41
3	국가x연령x성	.73	.70	.31		.05	.83	1.05	-.37	.58
χ^2		51.77**			70.80**			20.52**		

** $p<.01$, *** $p<.001$

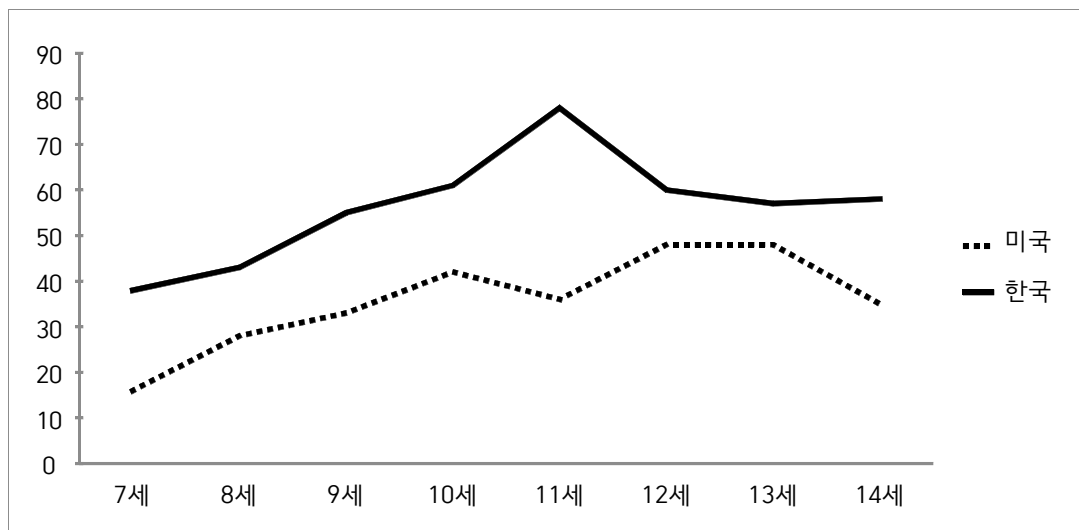
※참고) 로지스틱 회귀분석에서는 WAGS의 3종류 감사가 종속변수로서 이분형으로 코딩되었음 (표현한 경우 1, 표현하지 않은 경우 0)

비교문화적 관점에서 본 아동과 청소년의 감사 개념 발달: 한국과 미국



[그림 1] 국가와 연령에 따른 언어적 감사

한편 성의 주효과는 감사의 모든 유형에서 유의하지 않았으며, 국가나 연령 등 다른 독립변수와 의 상호작용효과도 유의하지 않았다.



[그림 2] 국가와 연령에 따른 관계적 감사

V. 논의 및 결론

본 연구에서는 7세에서 14세에 이르는 한국과 미국의 아동과 청소년을 대상으로 한국과 미국의 감사 개념 발달에 있어서의 문화적 차이를 분석하였다. 분석을 통해 도출된 결과를 바탕으로 다음과 같은 결론을 도출할 수 있다.

첫째, 한국과 미국 아동과 청소년에게 공통적으로 가장 빈번하게 나타난 소원 유형은 주로 미래의 자신의 복지와 관련된 자기-복지적 소원이었으며, 이어서 즉각적인 물질적 이득과 관련된 쾌락적 소원, 그리고 타인의 현재나 미래의 복지와 관련된 사회-복지적 소원 순으로 나타났다. 이는 아동과 청소년기에 해당하는 연구대상자의 발달적 특성에도 부합하는 결과로, Piaget(1995)의 발달단계 구분으로 구체적 조작기에 해당하는 연령이 주를 이루는 대상의 특성 상 구체적인 의미에서 상상할 수 있는 사물이나 상황, 문제를 다루는 능력이 증가하면서 즉각적인 물질적 보상에 대한 요구를 어느 정도 지연할 수 있게 되며 자신의 미래의 성공이나 안녕과 관련된 바람을 가장 실현하고 싶은 소원으로 여기는 것으로 해석된다. 반면 자신의 직접적인 이익과는 거리가 있는 가족이나 국가 등 타인의 현재 혹은 미래의 복지와 관련된 소원은 현저히 낮은 비율을 보여 아동 및 청소년기의 소망은 이상적이거나 이타적이기 보다는 자신의 직접적인 이득이나 행복, 번영과 관련된 요구인 것으로 나타났다.

성에 따라서는 남아는 쾌락적 소원을 더 많이 제시하고, 여아는 사회-복지적 소원을 더 많이 표현하는 경향이 있었다. 이는 남아보다 여아가 타인의 입장 더 잘 이해하며, 공감 및 조망수용 능력이 뛰어나다는 보고들(강연정, 2001; 박수경·양심영, 2017)과 같은 맥락에서 해석할 수 있다.

둘째, 감사 표현의 전반적 경향을 보면 한국과 미국 아동과 청소년 모두 관계적 감사를 가장 빈번하게 표현했고 이어서 구체적, 언어적 감사 순으로 표현하는 것으로 나타났다. 그러나 그 내용에 있어서는 국가에 따른 차이가 확연히 나타나, 한국 아동과 청소년의 경우에는 관계적 감사를 표현하는 비율이 높고 언어적 감사와 구체적 감사의 비율이 상대적으로 낮은 반면, 미국의 경우에는 세 유형의 감사가 비교적 균등하게 나타났다. 한국아동과 청소년의 언어적 감사는 미국의 1/3, 구체적 감사는 1/2 정도인 반면, 관계적 감사는 1.5배 정도인 것으로 나타났다. 한편 혜택을 베푼 사람보다 자신이 선호하는 보상을 선택해, 보다 이기적이고 자기-중심적인 감사의 유형으로 분류되는 구체적 감사는 한국과 미국에서 모두 연령이 증가하면서 감소하는 경향을 보였다.

성에 따른 감사 표현의 분포를 보면, 한국과 미국에서 공통적으로 여아의 경우 언어적 감사와 관계적 감사의 비율이 남아보다 높고 남아는 구체적 감사의 비율이 높은 것으로 나타났으나 그 차이는 국가 간 차이에 비해서는 두드러지지 않았다.

셋째, 흥미롭게도 국가는 감사의 세 유형, 즉 언어적 감사, 구체적 감사, 관계적 감사에서 모두 유의한 효과를 보였다. 미국 아동과 청소년의 경우에는 언어적 감사와 구체적 감사를 표현하는 경향이 한국 아동과 청소년에 비해 높았으며, 한국 아동과 청소년은 미국 참여자보다 관계적 감사를 보다 빈번히 표현하였다. 이는 아동과 청소년의 감사표현은 개인주의 대 집단주의, 독립 대 관계로 대별되는 미국과 한국의 주도적 사회문화적 가치를 반영한다는 것을 시사한다. 유교문화권에 속하는 한국은 전통적으로 가족 및 주변 사람들과의 조화로운 관계를 중시하며 타인의 욕구에 보다 민감한 반면, 개인을 강조하는 서구문화권에 속한 미국은 명확한 의사 표현을 중시하며 자신의 욕구 충족과 자아실현에 의미를 둔다. 본 연구의 결과는 이러한 문화적 차이가 감사유형에서의 국가별 차이로 연결되는 것을 보여준다.

넷째, 연령은 관계적 감사에 있어 유의한 효과를 보여 국가나 성에 관계없이 나이드 아동은 어린 아동보다 관계적 감사표현을 더 많이 하는 경향을 보였다. 이는 성장함에 따라 타인의 입장을 이해하는 조망수용능력의 발달로 감사를 단순히 말로 표현하거나 혹은 자신이 선호하는 것으로 보상하기보다 은혜를 베푼 사람이 원하거나 좋아할 만한 것을 하겠다는 의사를 보이는 것으로 감사의 질적 성장을 이루는 것을 의미한다.

다섯째, 국가와 연령간의 상호작용은 언어적 감사와 관계적 감사에서 유의하게 나타났다.

우선 한국의 경우 7세에 나타난 언어적 감사의 표현 비율은 10대 초반에 잠시 증가하다가 14세에는 다시 감소하는 것으로 나타났다. 미국의 경우에는 7세에 나타난 언어적 감사 표현이 소폭의 등락은 있으나 비교적 꾸준히 증가하는 양상을 보였다. 언어적 감사에서의 이러한 차이는 한국과 미국이 속한 문화권의 차이를 잘 반영한다. 집단주의 문화권에 속하는 사회의 의사소통방식은 개인주의 문화권에 비해 직관적이고 간접적이며 과묵한 것으로 알려져 있다(Yum, 1987, Lee, 1994). 내면의 생각과 감정을 가감 없이 말하는 것은 신중하거나 성실하지 않은 것으로 간주(Barnlund, 1975)되며, 따라서 전통적으로 다변은 경시되었다. 반대로 개인주의 문화권에서는 자신의 사고를 설득력 있게 말로 표현하는 능력을 갖추는 것이 지성의 표상으로 여겨져 왔으며, 토론이나 발표의 장려를 통해 어려서부터 조리 있게 자신의 의사를 잘 표현하는 방법을 교육시킨다(Tudge, Hogan, Lee, Tammeveski, Meltsas, Kulakova, Snezhkova, & Putnam, 1999). 이런 상이한 문화적 특징은 본 연구의 참여자들에게서도 발견되어 한국 아동과 청소년은 감사를 언어로 표현하겠다는 비율이 미국 보다 현저히 낮았으며, 미국 참여자들처럼 연령에 따른 언어적 감사 표현의 증가가 일관적이지도 않았다. 현재의 한국 사회에서는 과거와 달리 침묵이 금이 아니며 적절한 의사표현이 바람직한 능력으로 간주되는 문화가 형성되고 있다. 그러나 본 연구의 결과는 미국과 같은 전통적인 개인주의 국가와 비교하면 한국 아동과 청소년의 언어적 표현 비율은 여전히 낮다는 것은 보여주며, 이는 상호의존성이나 연결과 같은 집단주의로부터 파생된 가치가 여전히 영향력을 발휘하고 있음을 시사한다.

한편 관계적 감사에 있어서의 국가와 연령간의 상호작용을 보면, 한국의 경우 7세에 나타난 관계적 감사의 표현 비율이 지속적으로 증가하다가 12세경에 소폭 감소한 후 유지되는 패턴을 보였다. 미국의 경우에는 7세에 나타난 관계적 감사 표현이 13세까지 점증하면서 비교적 꾸준한 비율을 보이다가 14세에는 소폭 감소하는 양상이 나타났다. 관계적 감사는 시혜자의 소망이나 필요를 고려하여 호혜적인 방식으로 감사를 표현하는 방식으로 연령에 따라 증가하는 경향을 보인다. 그러나 한국과 미국의 경우에는 주도적인 사회문화적 가치로 해석할 수 있는 흥미로운 차이가 나타났다. 한국의 경우 전통적으로 집단주의를 강조해서 개인들 간의 연결을 중시하고 개별성보다 집단과의 조화, 결속, 소속감 및 정서적 유대를 중시한다. 따라서 집단의 목표나 집단에 대한 충성과 공동정체감을 강조하며, 타인과의 관계에 민감하다(Hyun, 2001). 반면 미국과 같은 개인주의 문화권에서는 자신에 대한 배려가 집단 충성에 앞선다는 특징을 보이며, 자신을 집단과 동일시하기보다는 타인과 분리되어 있는 개별적 존재로서 자신의 정체감을 개발하는 것을 중시한다. 일의 목적은 국가나 집단에 이익을 준다는 것보다는 일하는 사람 개인과 가족에게 혜택을 주는 것이다(Mead, 1937). 한국과 미국의 관계적 감사 표현에서의 차이는 이러한 두 사회의 문화적 특징을 반영하며, 타인과의 연결과 관계에 민감한 분위기에서 성장한 한국 아동과 청소년은 미국 아동과 청소년에 비해 은혜를 베푼 상대방의 입장을 고려한 감사표현이 보다 어린 연령부터 더 빈번하게 나타나는 것으로 해석된다.

이러한 본 연구의 결과는 감사에 대한 개념은 사회에 따라, 그리고 연령에 따라 변화함을 보여

준다. 즉, 도덕적 미덕으로서 감사는 아동기와 청소년기를 거치면서 발달해 가며, 그 표현은 아동이 소속한 사회의 영향을 받는다는 결론을 내릴 수 있다.

본 연구는 감사 개념의 발달에 대해 다음과 같은 시사점을 갖는다. 첫째, 본 연구에서는 그 동안 거의 시도되지 않았던 방식인 주관적 응답을 통해 감사의 유형을 측정할 수 있는 도구를 사용하여 감사 개념 발달의 다양한 측면을 살펴보았다. 둘째, 이를 통해 아동의 감사 개념은 양적인 면에서 뿐 아니라 질적인 측면에서 유형이 변해가는 발달 과정을 거친다는 것을 밝혔다. 최근까지의 감사에 대한 연구는 양적인 측면에 주로 집중해서 이루어졌으나 본 연구의 분석은 아동이 단지 감사를 양적으로 더 적게 혹은 더 많이 표현하는 것이 아니라는 것을 보여준다. ‘고맙다’라고 단지 언어적으로 표현하는 것, 또는 ‘내가 원하는 무엇인가를 제공하는’ 내 입장 위주의 감사는 은혜를 베푼 사람의 입장에 서서 그가 원하는 것을 제공하려는 호혜적인 감사와는 질적으로 다르다. 따라서 본 연구의 결과는 감사의 유형에 대한 연구에 있어 발달적 관점을 취해야 함을 시사한다.

끝으로 제한점을 살펴보면, 본 연구는 아동과 청소년의 실제 행위가 아니라 가상의 상황에 있어서 그들의 의도에 대한 표현을 기반으로 이루어졌기 때문에 실제적이고 현실적 상황을 잘 반영하지 못했을 가능성이 있다. 후속 연구에서는 이러한 한계를 고려하여 실제 아동의 행위를 측정할 수 있는 실험상황에서 연구가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- 강연정(2001). 집단구성, 연령, 성별에 따른 유아의 사회적 조망수용능력에 관한 연구. 이화여자대학교 대학원 석사학위 논문.
- 김정섭(2014), “한국 고등학생의 종교와 성별에 따른 감사성향의 차이”. *동북아 문화연구*, 38, 197-208.
- 김정섭·안경식·윤채영(2015), “칭찬에 관한 간학문적 연구: 공자의 사상과 교육심리학 연구의 비교”. *교육사상연구*, 29(3), 73-93.
- 박수경 · 양심영. (2017). 초등학생의 다문화 수용성, 친사회적 행동, 공감능력과의 관계. *한국콘텐츠학회 논문지*, 17(6), (142-152).
- 임경희(2010). 아동의 스트레스와 자아탄력성이 학교적응과 생활만족에 미치는 영향. *초등상담연구*, 9(2), 217-233.
- Adler, M. G., & Fagley, N. S. (2005). Appreciation: Individual differences in finding value and meaning as a unique predictor of subjective well-being. *Journal of Personality*, 73(1), 79-114.
- Barnlund, D. C. (1975). *Public and private self in Japan and the United States: Communicative styles of two cultures*. Tokyo: Simul Press.
- Boehm, J. K., Lyubomirsky, S., & Sheldon, K. M. (2011), “A longitudinal experimental study comparing the effectiveness of happiness-enhancing strategies in Anglo Americans and Asian Americans”. *Cognition and Emotion*, 25(7), 1263 - 1272.
- Bono, G., Emmons, R. A., & McCullough, M. E. (2012), “Gratitude in practice and the practice of gratitude”. In P. A. Linley & S. Joseph (Eds.), *The Practice of Positive Psychology* (pp. 464 - 481). New York: John Wiley.
- Emmons, R. A., & Shelton, C. M. (2002). Gratitude and the science of positive psychology. In C. R. Snyder & S. J. Lopez(Eds.), *Handbook of positive psychology*(pp. 459-471). Oxford University Press.
- Fredrickson, B. L. (2004). Gratitude, like other positive emotions, broadens and builds. In R. A. Emmons & M. E. McCullough (Eds.), *The psychology of gratitude* (pp. 145-166). Oxford University Press.
- Freitas, L. B. L., Tudge, J. R. H, & McConnell, T. (2008). *The wishes and gratitude survey*(adapted and expanded from Baumgarten-Tramer, 1938). Greensboro, NC.
- Hyun, K. J. (2001). Sociocultural change and traditional values: Confucian values among Koreans and Korean Americans. *International Journal of Intercultural Relations*, 25, 203-229.
- Kagitcibasi, C. (2007). *Family, self, and human development across cultures: Theory and applications*. New York, NY: Psychology Press.
- Lee, S. (1994). *Culture and preschoolers' activities: the United States and Korea*. Unpublished doctoral dissertation. University of North Carolina.
- Madsen, M. C. (1971). Developmental and cross-cultural differences in the cooperative and competitive behaviors of young children. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 2, 365-371.
- McCullough, M. E., Kilpatrick, S. D, Emmons, R. A., & Larson, D. B. (2001). Is gratitude a moral affect? *Psychological Bulletin*, 127, 249-266.
- McCullough, M. E., Emmons, R. A., & Tsang, A. (2002). The grateful disposition: A conceptual and empirical topography. *Journal of Personality and Social Psychology*, 82(1), 112-127.

- Mead, M. (1937). *Cooperation and competition among primitive people*. New York: McGraw-Hill.
- Morgan, B., Guilford, L. & Kristjansson, K. (2014). Gratitude in the UK: A new prototype analysis and a cross-cultural comparison. *The Journal of Positive Psychology*, 9(4), 281-294.
- Piaget, J.(1995). *Sociological studies*. New York, NY: Routledge. (Original work published in 1965)
- Seymour, S. (1981). Cooperation and competition: Some issues and problems in cross-cultural analysis. In R. H. Munroe, R. L. Munroe, & B. B. Whiting (Eds.), *Handbook of cross-cultural development* (pp. 717-738). New York: Garland.
- Shapira, A. & Madsen, M. C. (1974). Between and within group cooperation and competition among kibbutz and non-kibbutz children. *Developmental Psychology*, 10, 1-12.
- Sutton-Smith, B., & Roberts, J. M. (1981). Play, games, and sports. In A. Heron & H. C. Triandis(Eds.), *Handbook of cross-cultural psychology, Vol. 4: Developmental Psychology* (pp. 425-471). Boston: Allyn and Bacon.
- Tsang, J. A., Schulwitz, A., & Carlisle, R. D. (2012). An experimental test of the relationship between religion and gratitude. *Psychology of Religion and Spirituality*, 4(1), 40-55.
- Tudge, J. R. H., Hogan, D., Lee, S., Tammeveski, P., Meltsas, M., Kulakova, N., Snezhkova, I., & Putnam, S. (1999). Cultural heterogeneity: Parental values and beliefs and their preschoolers' activities in the United Sates, South Korea, Russia, and Estonia. In A. Goncu (Ed.), *Children's engagemen in the world* (pp. 62-96). New York: Cambridge University Press.
- Tudge, J. R. H., Freitas, L. B. L., & O'Brien, L. T. (2015). The virtue of grtatitude: A developmental and cultural approach. *Human Development*, 58(4-5) 281-300.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wang, D., Wang, Y. C., & Tudge, J. R. H. (2015). Expressions of gratitude in children and adolescents: Insights from China and the United States. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 46, 1039-1058.
- Watkins, P. C., Woodward, K., Stone, T., & Kolts, R. L. (2003). Gratitude and happiness: Development of a measure of gratitude, and relationships with subjective well-being. *Social Behavior and Personality*, 31(5), 431-452.
- Yum, J. (1987). Korean philosophy and communication. In D. Kincaid (Ed.), *Communication theory: Eastern and western perspectives* (pp.71-86). New York: Academic Press.

*** ABSTRACT ***

Gratitude is a socially desirable virtue that is related to well-being at both personal and societal level. The present study took a developmental perspective to examine changes with age in types of wishes and gratitude in two nations. The sample consisted of 229 children from Seoul and Kimpo of South Korea and 357 children from Greensboro of the United States.

Results showed that the expression of connective gratitude, which is considered the most sophisticated form of gratitude, increased with age regardless of society. Nevertheless, the proportion of connective gratitude was much higher in Korean children and adolescents than their US counterparts. Korean Children and adolescents in Korea, a nation considered to emphasize collectivism and relatedness more than does the United States, were more likely to express connective gratitude and less likely to express verbal and concrete gratitude than their US counterparts. The results of this study suggest that gratitude is a developmental virtue which is affected by dominant socio-cultural values.

• 편 집 위 원 •

위 원 장	이	석	호
위 원	손	향	숙
	정	현	욱
	박	종	성
	이	영	애
	박	지	호
	정	광	식
간 사	김	태	한
	김	자	영
	이	선	영

KNOU 논문 <第76輯>

2023年 8月 31日 印刷
2023年 8月 31日 發行

編輯人	韓國放送通信大學校 論文集編輯委員會
發行人	高 晟 煥
發行處	韓國放送通信大學校
印刷處	社會文化社(☎2263-0523)
