

학술지 자원환경지질 게재논문의 연구동향 분석연구 (1968-2017)

허철호^{1,2}, 김성용^{3*}

¹한국지질자원연구원 광물자원연구본부 자원탐사개발연구센터

²과학기술연합대학원대학교 광물·지하수자원학과

³한국지질자원연구원 미래정책연구부

Analysis of Research Trends in the Journal of Economic and Environmental Geology: 1968-2017

Chul-Ho Heo^{1,2} and Seong-Yong Kim^{3*}

¹Mineral Resources Development Research Center, Mineral Resources Research Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

²Department of Mineral and Groundwater Resources, University of Science and Technology(UST)

³Geoscience and Technology Research Department, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

(Received: 2 April 2018 / Revised: 22 April 2018 / Accepted: 15 June 2018)

This study aims to review the research trend of articles published in the journal of Economic and Environmental Geology(EEG) over a period of 50 years from 1968 to 2017. Based on the literature review, Research theme as analytical criteria was adopted. 1,886 academic articles were analyzed and classified by decade, by change period of journal name, and by volume(in sets of 10 volumes). Results indicate that from the foundation of journal to the present, the article in the field of petrology and geochemistry covers the highest proportion as 30.4%, the next best things are in the fields of metallic ore deposit(18.3%) and geophysics and exploration(14.9%). Based on the change period of journal name, the field of petrology and geochemistry have the most obvious difference in the number of articles. Until 1993 as before the change of journal name from Mining Geology to Economic and Environmental Geology, the coverage percentage in the field of petrology and geochemistry is 21.5%(N=121). However, after 1994 changed to Economic and Environmental Geology, the coverage percentage in the field of petrology and geochemistry is 34.1%(N=452). According to the analytical result in case of volume and research theme, the number of articles in the field of petrology and geochemistry have the abrupt increase from the volume number in 21 to 30. However, the number of articles in the field of metallic and nonmetallic ore deposit have the decreasing tendency toward the recent volume. In order to explore again the 50 years history of Economic and Environmental Geology, we mainly analyzed the articles quantitatively using the criteria as research theme. Based on these analyses, this review aims to offer the beginning for the exploration of the development subject in the future.

Key words : research trend, economic and environmental geology, mining geology, journal, article

이 자료는 학술지 『자원환경지질(舊, 광산지질)』에 수록된 논문을 대상으로 전반적인 연구동향을 살펴봄으로써 현재까지의 연구성과를 점검하고 앞으로의 발전과제를 탐색하기 위한 목적으로 수행되었다. 이를 위해 10년을 단위로 하는 시대별, 학회지명 변경 시점별, 10권을 단위로 하는 권호별로 구분하여 연구동향을 분석하였다. 분석대상은 1968년 창간호부터 최근 2017년까지 게재된 학술논문 1,886편이다. 분석결과를 바탕으로 다음과 같은 결론을 도출하였다.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided original work is properly cited.

*Corresponding author: ksy@kigam.re.kr

전체적으로 보면, 창간이후 현재까지 ‘암석학 및 지구화학’ 분야의 논문이 30.4%로 가장 높은 비중을 차지하며, 그 다음으로 ‘금속광상’과 ‘지구물리 및 탐사’ 분야가 각각 18.3%, 14.9%로 비교적 높은 분포를 나타내고 있다. 학회지명 변경 시점을 기준으로 가장 뚜렷한 차이를 보이는 영역은 ‘암석학 및 지구화학’ 분야이다. 『광산지질』에서 『자원환경지질』로 학회지명 변경 이전인 1993년까지는 ‘암석학 및 지구화학’의 논문이 21.5%(121편)였지만 『자원환경지질』로 변경된 1994년 이후는 34.1%(452편)를 차지한다. 학술지 권호 및 연구분야별 분석결과에 따르면, ‘암석학 및 지구화학’의 논문은 21-30권호부터 급증하는 경향을 보이고 있다. 그러나, ‘금속광상’과 ‘비금속광상’ 영역은 최근호로 올수록 감소하는 추세가 두드러지고 있다. 본 자료는 학술지 『자원환경지질』의 50년 역사를 종합적으로 재조명하기 위해 수록된 논문들을 양적으로 분석하고 이를 토대로 향후 발전과제를 탐색해 봄으로써 총체적 모습을 파악하기 위한 단초를 제공했다는 데 의의가 있다.

주요어 : 연구동향, 자원환경지질, 광산지질, 학술지, 게재논문

1. 서 론

「자원환경지질(舊. 광산지질)」은 1968년 대한자원환경지질학회(舊. 대한광산지질학회)의 학회지로 창간된 이래 2017년 제50권에 이르렀다. 대한자원환경지질학회는 국내 경제개발을 위해 지하자원 탐사와 개발이 절실히 요구되던 때에 대한광산지질학회로 창립되어 1994년 학회명을 대한자원환경지질학회로 개명할 때까지 4반세기동안 금속, 비금속 및 연료광상 등 국내 부존자원에 대한 활발한 탐사와 개발로 국가의 고도 경제 성장에 크게 기여하였다. 그러나, 1990년대에 들어와 국가경제의 꾸준한 고도성장으로 인해 상대적으로 국내 광업분야의 국제 경쟁력이 저하됨과 동시에 환경분야에 대한 관심이 고조됨에 따라 학회명을 바꾸게 되었다.

학술지에 수록된 논문들의 분석을 통해서 연구의 동향을 파악하는 일은 학술지 「자원환경지질(舊. 광산지질)」이 창간 이래 지금까지 보여준 발간의 일관성과 지속성이 있었기에 가능한 것이었다. 이러한 동향분석은 비단 「자원환경지질(舊. 광산지질)」이라는 좁은 범위내에서의 연구경향 분석을 넘어 학술지가 표방하는 연구영역과 연구동향 파악을 가능하게 한다는 점에서 연구의 의의를 찾을 수 있다. 이러한 의의는 단일 학술지의 연구동향 분석연구가 필요한 이유이기도 하다.

본 해설은 이러한 의의와 필요에 따라 학술지 「자원환경지질(舊. 광산지질)」에 수록된 논문을 대상으로 전반적인 연구동향을 살펴봄으로써 현재까지의 연구성과를 점검하고 향후 발전과제를 탐색하기 위한 목적으로 수행되었다. 이를 위해 연구분야로 분석 준거를 마련하고, 이와 함께 10년을 단위로 하는 시대별, 학회지명 변경 시점별, 10권을 단위로 하는 권호별로 구분하여 연구동향을 분석하였다. 분석대상은 1968년 창간호부터 최근 2017년까지 50권까지 게재된 논문 1,886편이다.

2. 연구방법

2.1. 분석절차 및 준거

자원환경지질 분야에서 연구동향 분석에 활용된 분석준거는 『연구분야』이다. 연구분야는 연구동향 분석에 있어서 핵심적인 축이기는 하지만, 이러한 축들에 속한 내용의 향방을 파악하기 위해서는 또 다른 축이 필요하다. 본 연구는 연구분야외에 10년을 단위로 하는 시대별(1970년대, 1980년대, 1990년대, 2000년대, 2010년대), 학회지명 변경시점 전후별(「광산지질」에서 「자원환경지질」로의 변경시점인 1994년 전후), 10권을 단위로 하는 권호별(1-10권, 11-20권, 21-30권, 31-40권, 41-50권)등 세가지 축을 「자원환경지질(舊. 광산지질)」 연구분야 연구동향 분석에 적용하였다.

2.2. 분석대상 및 방법

학술지 「자원환경지질(舊. 광산지질)」에는 1968년 창간호에 7편의 논문이 게재된 후 2017년 50권 6호까지 총 1,886편의 학술논문이 수록되어 있다. 각 시대별로 분석대상 논문 편수를 살펴보면, 1970년대 172편, 1980년대 247편, 1990년대 485편, 2000년대 571편, 2010년 이후 2017년까지 411편이다(Table 1).

본 해설은 연구동향 분석을 위해 관련 문헌을 고찰하고 연구자들간의 사전 협의를 통해 연구분야 분석을 위한 범주와 개념을 정의하였다. 다음으로 연도별, 권호별로 분석대상 논문의 상세정보 및 논문원본을 확보하여 연구자들간에 공유하였다. 분석과정중 분류하기에 애매한 논문의 경우에는 연구자들간의 논의를 거쳐 합의점을 도출하였다. 학술지 「자원환경지질(舊. 광산지질)」의 연구동향 분석을 위한 1,886편의 논문별 구체적인 분류 및 분석방법은 다음과 같다. 먼저, 연구분야는 학회 25년사 연구동향의 연구분야에 근거하여 금속

Table 1. Analytical result of research trend in the field of research

Research trend	1968-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2017	Total
Metallic deposit	50 29.1%	87 35.2%	91 18.8%	54 9.5%	64 15.6%	346 18.3%
Nonmetallic deposit	21 12.2%	26 10.5%	51 10.5%	28 4.9%	27 6.6%	153 8.1%
General and structural geology	32 18.6%	13 5.3%	29 6.0%	55 9.6%	36 8.8%	165 8.7%
Petrology and geochemistry	29 16.9%	48 19.4%	180 37.1%	225 39.4%	91 22.1%	573 30.4%
Geophysics and exploration	12 7.0%	57 23.1%	103 21.2%	76 13.3%	36 8.8%	284 14.9%
Applied geology	13 7.6%	8 3.2%	24 4.9%	86 15.1%	83 20.2%	214 11.3%
Energy	7 4.1%	4 1.6%	4 0.8%	11 1.9%	39 9.5%	65 3.4%
Others	8 4.7%	4 1.6%	3 0.6%	36 6.3%	35 8.5%	86 4.6%
Total	172 100.0%	247 100.0%	485 100.0%	571 100.0%	411 100.0%	1,886 100.0%

광상, 비금속광상, 지질 및 지질구조, 암석학 및 지구 화학, 지구물리 및 물리탐사, 응용지질, 에너지 및 기타에 따라 분류를 하였으며, 연구분야가 중복될 경우에는 본문에서 제시하는 연구목적을 고려하여 최종적으로 연구분야를 확정하였다(Park *et al.*, 1993).

3. 분석 및 논의

3.1. 시대별 연구동향 분석

분석대상으로 선정된 1,886편의 논문들의 연구동향을 시대별로 분석하기 위해 「자원환경지질(舊. 광산지질)」 학술지가 창간된 1968년부터 각 시대에 따라 '1970년대', '1980년대', '1990년대', '2000년대', '2010년대' 등 5개의 시기로 구분하여 살펴보았다(Table 1).

전체적으로 보면, 창간이후 현재까지 '암석학 및 지구화학' 분야의 논문이 30.4%로 가장 높은 비중을 차지하며, 그 다음으로 '금속광상'과 '지구물리 및 물리탐사' 분야가 각각 18.3%, 14.9%로 비교적 높은 분포를 나타내고 있다. 또한, '비금속광상'과 '지질 및 지질구조'의 연구논문 수도 시대에 따라 등락을 거듭하고 있으나 전체적으로 보면 각각 8.1%, 8.7%를 차지해 이 분야의 논문도 비교적 꾸준히 게재되고 있음을 알 수 있다. '응용지질' 분야는 1970년대에서 1980년대로 넘어오면서 감소하는 경향을 보이다가 1980년대 중반부터 최근까지 상승추세를 보이며 전체적으로 11.3%를

차지하고 있다(Fig. 1).

시대에 따라 좀더 세부적으로 살펴보면, '금속광상'과 '비금속광상'의 경우, 1970년대 각각 29.1%, 12.2%를 차지했지만 1980년대 각각 35.2%, 10.5%, 1990년대 각각 18.8%, 10.5%, 2000년대 중반까지 감소하다 세계적으로 중국과 인도의 급성장과 관련된 광물자원 시장의 붐업으로 국내외 광물자원의 조사와 재평가 사업이 재개되면서 관련연구논문이 증가하는 추세다(Fig. 1). '지질 및 지질구조' 분야의 경우, 1960년대 태백산 지하자원 조사사업등 한국의 지질 및 광물자원의 정립단계에서 많은 연구논문이 나오후 1970년대 감소하는 경향이 있었으나 1980년대 중반부터 미약하게나마 증가하고 있다. 이는 관련논문이 지질학회지와 암석학회지 등으로 분산계재되는 것도 원인으로 볼 수 있다.

'암석학 및 지구화학' 분야는 1980년대 19.4%에서 1990년대에는 37.1%, 2000년대에는 39.4%로 크게 증가했는데 전통적인 암석지구화학과 광물자원탐사와 관련된 지구화학탐사 논문이 감소하는 대신 글로벌 광업 환경의 변화와 환경오염의 조사 및 복구에 대한 필요성이 생기면서 환경지구화학 및 응용지구화학 관련 연구논문이 대폭 증가한 것으로 볼 수 있다. '지구물리 및 물리탐사' 분야는 1970년대에서 1980년대로 진입하면서 논문점유율이 7.0%에서 23.1%로 급증했으며 1990년대에도 21.2%를 유지하는데, 이는 1980년대에서 1990년대까지 국가 경제개발 및 경쟁력 제고차원에서

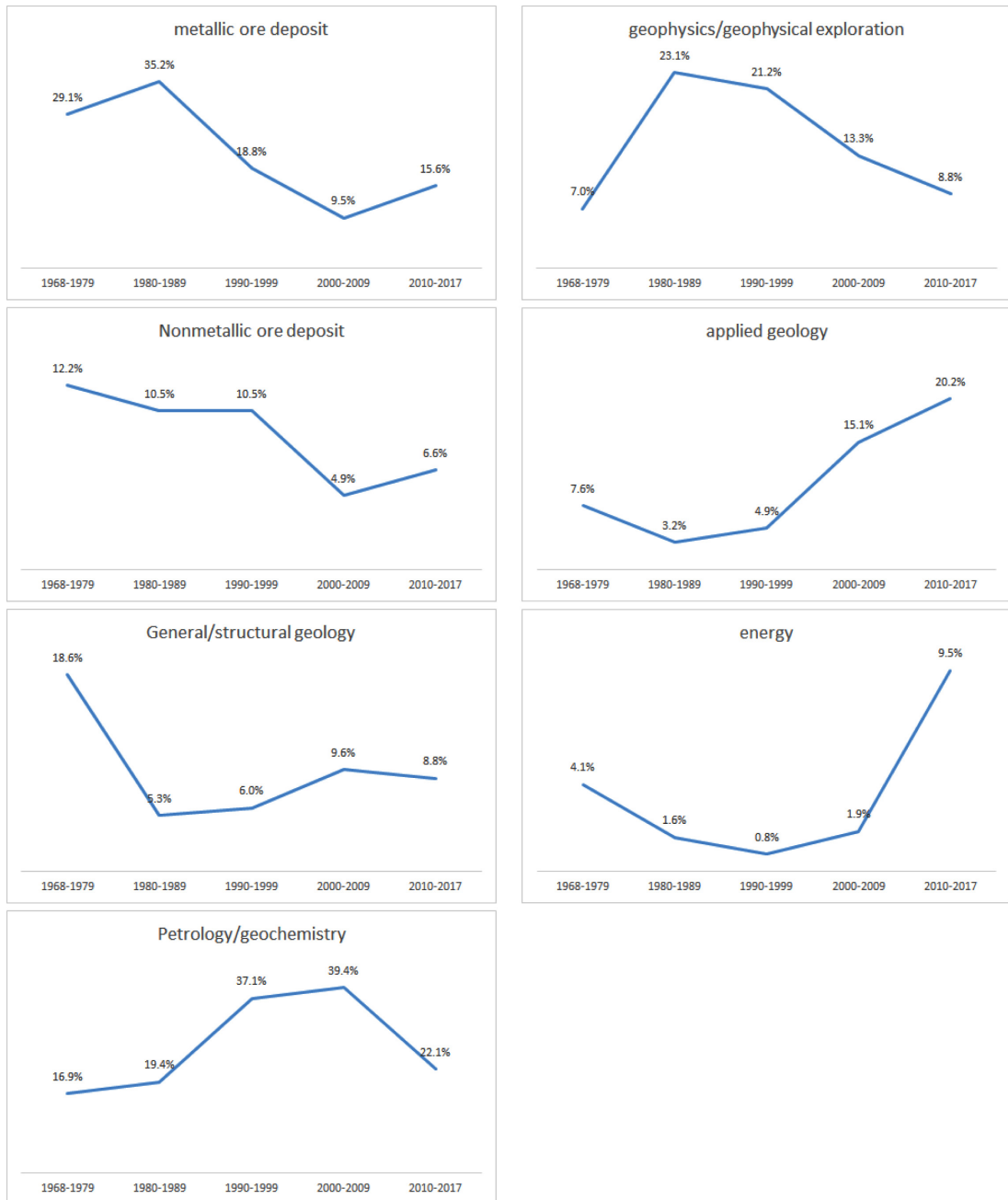


Fig. 1. Analytical result of research trend by decades.

수행된 각종 광물 및 석유자원 탐사관련 중력, 고지자기, 전기 및 전자탐사, 지진 및 탄성파탐사 연구의 수요에 의한 것으로 사료된다.

‘응용지질’ 분야는 1980년대 중반부터 현재까지 초기

의 전통적인 유역별 지하수조사와 관련 기초연구를 포함한 지하수자원 조사 뿐만아니라 지하수자원의 보전 및 오염평가 조사관련 필요성이 생기고, 또한 산사태, 지반침하 등 지질공학적 특성연구의 꾸준한 수요가 있

Table 2. Analytical result of research trend by change period of journal name and research field

Journal name Division	Mining geology		Economic and environmental geology		Total	
	Before 1994		After 1994			
Metallic deposit	166	29.5%	180	13.6%	346	18.3%
Nonmetallic deposit	70	12.5%	83	6.3%	153	8.1%
General and structural geology	55	9.8%	110	8.3%	165	8.7%
Petrology and geochemistry	121	21.5%	452	34.1%	573	30.4%
Geophysics and exploration	95	16.9%	189	14.2%	284	14.9%
Applied geology	28	5.0%	186	14.0%	214	11.3%
Energy	12	2.1%	53	4.0%	65	3.4%
Others	15	2.7%	71	5.4%	86	4.6%
Total	562	100.0%	1,324	100.0%	1,886	100.0%

어 연구논문이 증가하고 있다. ‘에너지’ 분야에 해당하는 석탄, 석유, 신재생 에너지 관련 연구논문의 점유율이 전체 3.4%에 불과하지만, 2000년대 국내 석유탐사 기초연구, 천부지열 재생에너지 개발등 연구수요가 늘기 시작하면서, 2010년대에는 전통적인 석유자원 외에 비전통 오일셰일, 오일샌드, 셰일가스 등의 연구조사가 늘어나서 관련 연구논문 게재수의 상승세가 뚜렷하다.

3.2. 학회지명 변경시점별 연구동향 분석

연구분야별 연구동향 특성을 학회지명 변경시점에 따라 분류한 결과, 1994년 「광산지질」에서 「자원환경지질」로 학회지명이 변경되면서 가장 뚜렷한 차이를 나타내는 영역은 ‘암석학 및 지구화학’ 분야이다(Table 2). 학회지명 변경 이전인 1993년까지는 ‘암석학 및 지구화학’ 분야의 논문이 21.5%(121편)였지만, 변경 이후인 1994년 이후 현재까지 34.1%(452편)를 차지했다. ‘응용지질’ 분야의 논문도 자원환경지질로 학회지명 변경 이전인 1993년까지는 5.0%(28편)이었지만 변경 이후인 1994년 이후 현재까지 14.2%(186편)를 차지했다. 그러나, 광산지질에서 논문점유율이 높았던 ‘금속광상’과 ‘비금속광상’ 분야 연구논문은 각각 29.5%→13.6%, 12.5%→6.3%로 비교적 큰 폭으로 감소하는 경향이 있다.

3.3. 권호별 학회지명 변경시점별 연구동향 분석

연구분야별 연구동향이 학술지 권호에 따라 어떤 변화양상을 보이는지에 대한 분석 결과는 Table 3과 같다. ‘암석학 및 지구화학’ 분야의 논문은 21-30권호부터 증가하는 경향을 보이고 있으며, ‘지구물리 및 물리탐사’ 분야의 논문은 11-20권호부터 급증하는 경향을 보이고 있음을 알 수 있다. ‘응용지질’ 분야의 논문은 31-40권호부터 증가하는 경향을 보이고 있음을 알 수 있다.

3.4. 연구분야별 동향 분석

3.4.1. 금속광상

학회지 창간호로부터 50권 6호(2017년)까지 “자원환경지질(舊. 광산지질)”에 발표된 금속광상 분야의 논문 총 346편에 대한 연구대상 광종, 연구내용 및 방법 등의 추이를 개관하여 본다. 1968년~2017년까지 50년간 연구대상 광종은 Au-Ag, Bi, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Nb-Ta, Ni, Pb-Zn, REE, Sb, Sn, U-Th, Ti, W 등 총 17 종이었다(Table 4).

1960~1980년대 전반기까지의 주요 연구대상 광상의 광종은 Cu, Fe, Mo, Pb-Zn, W 등이었고 광상유형은 대부분이 열수 및 스키른 광상이었다. Cu, Fe, Pb-Zn 광상에 대한 연구는 최근까지 계속되어지고 있으나 W,

Table 3. Analytical result of research trend by volume number of journal and research field

Division	Volume 1-10		Volume 11-20		Volume 21-30		Volume 31-40		Volume 41-50		Total	
	Volume	%	Volume	%	Volume	%	Volume	%	Volume	%		
Metallic deposit	41	28.5%	75	35.4%	97	22.0%	55	10%	78	14.5%	346	18.3%
Nonmetallic deposit	18	12.5%	21	9.9%	51	11.6%	30	5.5%	33	6.1%	153	8.1%
General and structural geology	28	19.4%	16	7.5%	23	5.2%	51	9.3%	47	8.7%	165	8.7%
Petrology and geochemistry	24	16.7%	39	18.4%	150	34.0%	226	41.0%	134	24.9%	573	30.4%
Geophysics and exploration	7	4.9%	52	24.5%	86	19.5%	98	17.8%	41	7.6%	284	14.9%
Applied geology	11	7.6%	6	2.8%	24	5.4%	70	12.7%	103	19.1%	214	11.3%
Energy	7	4.9%	1	0.5%	5	1.1%	8	1.5%	44	8.2%	65	3.4%
Others	8	5.6%	2	0.9%	5	1.1%	12	2.2%	59	10.9%	86	4.6%
Total	144	100.0%	212	100.0%	441	100.0%	550	100.0%	539	100.0%	1,886	100.0%

Table 4. Mineral commodities for research by the year from 1968 to 2017

	W	Mo	Fe	Cu	Pb/Zn	Au/Ag	U	Th	Ti	Mn	Sn	As	REE	Cr	Bi	Co	Sb	Nb/Ta	Ni	
1968					○					○										
1969	○	○	○		○	○														
1970	○				○		○				○									
1971	○																			
1972	○		○		○															
1973				○																
1974	○	○		○																
1975	○		○		○															
1976																				
1977	○				○					○										
1978	○				○				○		○									
1979	○				○															
1980	○	○	○	○			○													
1981		○			○					○										
1982	○	○	○	○			○			○										
1983	○				○	○														
1984	○					○	○				○									
1985	○	○					○													
1986	○				○	○	○			○		○								
1987					○	○		○					○							
1988						○	○													
1989							○				○		○							
1990						○														
1991						○	○													
1992				○	○	○														
1993				○	○	○				○										
1994			○	○	○	○	○		○											
1995				○	○	○				○			○							
1996			○			○							○		○					
1997				○	○	○										○				
1998				○		○	○	○							○					
1999						○												○		
2000			○																	
2001			○		○	○					○		○							
2002				○		○					○				○					
2003				○		○												○		
2004						○														
2005						○														
2006						○						○			○					
2007		○				○														
2008				○		○														
2009				○	○	○														
2010			○	○		○														
2011				○			○													○
2012										○	○		○							
2013	○	○		○	○	○				○								○		
2014			○	○	○	○								○						
2015			○	○	○	○														
2016				○		○				○										
2017			○	○	○	○			○					○						

Mo 광상에 대한 연구는 1980년대 후반기부터는 발표되지 않고 있는 경향이 있으며 2000년대 후반에 들어서 「금성 몰리브데늄광상의 잠두 반암형광체에 대한 부존가능성과 성인적 환경(Choi *et al.*, 2007)」과 「대화 Mo-W 열수 맥상광상의 유체진화 특성(Jo and Choi, 2013)」 연구로 W, Mo 광종의 성인연구가 재개되고 있다. 또한, 2006년 캐나다 Woulfe Mining Corp.이 상동광산의 광업권을 인수한 이래로 제 7차 시추조사까지 완료되었으며, 매장량 및 재개발 기술정보가 타당성보고서와 기술보고서로 정리되었고, 2015년 9월 Almonty Industries Inc.가 Woulfe Mining Corp.을 인수·합병 하면서 상동광산 재개발을 위한 준비가 진행되고 있어서 국내 광상학 연구진의 관심을 모으고 있다.

우리금 광상 연구는 특히 1980년대 주종을 이루었으며, 1980년대부터 1990년대말까지 우리나라 광상의 연구논문이 많이 발표되고 있는 것은 에너지 쇼크 이후 화석연료에서 핵연료로의 전환을 서두른 국제적인 연구추세를 반영하고 있는 것으로 사료된다. 또한, 1980년대 중반 이후부터 희유금속 및 희토류 광종에 대한 연구논문이 발표되고 있는 것이 특기할 만하다. 1980년대 중반 이후에 희유금속 또는 희토류 광상의 연구논문이 발표되기 시작한 것은 주지하는 바와 같이 희토류는 화학적으로 매우 안정하고, 열을 잘 전도하는 특징이 있으며, 상대적으로 탁월한 화학적·전기적·자성적·발광적 성질을 갖기 때문이다. 선진각국에서 희유금속 또는 희토류 원소의 수요가 확대될 것에 대비한 움직임에 대하여 국내에서도 연구의 중요성을 인식하고 이에 대응하고 있었음을 나타내는 것으로 생각된다.

연구대상 광상별로 기재된 광종수는 대상광상의 종류에 따라서도 차이는 있으나 연구목적, 연구자의 능력과 실내연구에 투입된 시간과도 관계가 있고 이용된 연구기기의 종류와 정밀도에 따라 크게 다르게 된다. 논문 중에 기재된 단위광상당 광물수는 1980년대에 와서 현저히 증가하고 있다. 이는 연구에 이용된 연구기기가 1980년대에 와서 광석현미경 뿐만 아니라 EPMA, XRD, SEM, DTA, IR 등으로 다양하여졌음을 반영하고 있다. 광화유체의 성질과 함께 지질온도 및 압력계로서의 유체포유물 연구는 1970년대 중반에 대화, 달성 W광상에서 시작된 이래 열수광상의 성인 규명에 크게 기여하고 있다. 광석 구성물질의 기원에 대한 안정동위원소 연구는 1980년대 초부터 시작하여 활발히 연구되고 1990년대 초반 한국기초과학지원연구원에 안정동위원소 분석시스템이 도입된 후로 금속광상생성 연구에 있어 광화유체의 기원 및 진화 메카니

즘을 규명하는데 일익을 담당하고 있다.

또한, 1980년대 이래 최근까지 꾸준히 Au-Ag 광종이 주요 연구대상으로 부상하고 있는 것은 국제적인 광업계의 흐름을 반영하고 있을 뿐만 아니라 국내 대학 및 연구기관의 광상성인규명과 관련된 정밀 분석기 도입 및 설치와 밀접한 관련이 있는 것으로 사료된다. 광물의 상평형관계와 미량원소에 관한 연구는 1970년대 후반부터 연구되기 시작하여 1980년대 후반부터 최근까지 활발히 이루어지고 있다.

광상의 모암변질, 광물공생 관계와 대상분포, 지질구조규제에 대하여는 1960년대 후반부터 일부 연구 검토되어 왔으나 특히 1980년대 후반부터 활발한 연구가 이루어지고 있다. 금속광상성인론에 대하여는 국내 화강암류에 대한 연령측정 자료를 바탕으로 하여 1970년대 초에 연구논문이 발표된 이래 광석의 맥석광물이나 모암변질 광물에 대한 K-Ar 연령자료는 한국지질자원연구원(舊. 한국자원연구소)에 연구기기가 설치된 1980년대 후반부터 본격적으로 발표되어지고 있다.

1980년대 후반부터 개별 광상에 대한 연구가 보다 다각적이고 정량적으로 이루어지고 있으며 광상생성모델 수립도 1980년대 후반부터 시도되어지고 있다. 이 중에는 칼데라 생성과 관련된 천열수성 은광화 작용에 관한 부평 은광산의 성인연구나 월성지역의 다이아트립 내의 As, Zn 광화작용 등이 특기할 만하다. 1994년 학회지명이 광산지질에서 자원환경지질로 변경된 후에는 국내 대표적인 태백산 다중금속 광화대, 황강리 광화대, 충주 철-희토류 광화대, 경남 동광화대, 해남 금광화대의 전략금속광종을 대상으로 광상성인연구가 계속되었으며 점차 개별광산의 성인연구에서 광화대와 지체구조환경을 통합적으로 해석규명하는 경향을 띠고 있다. 1990년대 후반에는 이전에는 성인연구가 활발하지 못했던 창연(Lee *et al.*, 1996), 코발트(Yun and Youm, 1997) 및 안티모니(Yun *et al.*, 1999) 광종에 대한 성인연구가 일부 보고되기도 하였다.

1994년 이후, 금속광상분야 180편의 논문 중 60편(34.7%)이 해외광물자원의 조사관련으로 대상 광종은 대부분 정부에서 지정하는 전략금속광종이었다. 특히, 2000년대 초반부터 아시아 및 중앙아시아권역, 남미권역 및 아프리카권역을 대상으로 광물자원조사탐사 사업을 수행하면서 해당조사 연구결과가 자원환경지질의 연구성과로 제시되었다. 특히, 국내에 부존하고 있지 않은 광상유형으로 몽골의 Nb-Ta(Kim *et al.*, 2013), 반암동(Kim *et al.*, 2017) 및 미얀마의 고치상 크롬(Heo *et al.*, 2014; Park *et al.*, 2017) 연구결과를

향후 3D 지질모델링을 플랫폼으로 광물잠재성을 예측하는 최근의 연구트렌드에 적합한 테스트베드로 가능성을 가지고 있어 의미가 있다고 하겠다. 그리고, 한국 해양기술원은 심해저 망간단괴(Jung *et al.*, 1995), 심해저해령 침니관련 열수분출구(Heo *et al.*, 2002), 고코발트 망간각 자원탐사(Kim *et al.*, 2013) 관련하여 해저광물자원의 희유금속광종을 대상으로 연구를 지속적으로 수행하고 있으며, 북한 광물자원 관련 연구로는 북한 압동 Nb-Ta광산의 지질 및 광상(Lee and Kim, 2003) 연구가 있으며, 한국지질자원연구원에 2015년말 북한광물자원사업단(DMR)이 생기면서 3차원 모델링을 활용한 북한 무산 철광산 일대의 자원량 및 생산량 추정(Bae *et al.*, 2015)이라는 연구결과가 발표되면서 현재는 남북관계가 경색국면이라 북한 광물자원에 대한 현장조사는 어렵지만 가까운 미래의 통일시대를 대비하여 간접적으로 북한의 금속광물자원을 연구하는 단초가 된 것으로 보인다.

3.4.2. 비금속광상

1968년 학회가 창립된 이후 학회지에 수록된 비금속광상 및 광물학 분야의 논문 총 153편에 대한 연구대상 광종, 연구내용 및 방법 등의 추이를 개관하여 본다. 광종별로 보면 연구 대상이 매우 다양한 경향을 보이나 국내 산출이 비교적 풍부한 광종인 납석, 도석, 벤토나이트, 석회석에 집중되어 있다. 대상 광종 및 광물별로 발표된 논문은 벤토나이트 17편, 납석 11편, 광물합성 11편, 카올리나이트(도석 포함) 10편, 석회석 9편, 석면 7편, 견운모 6편, 석재 5편, 골재 5편, 형석 4편, 불석 4편, 활석 3편, 명반석 3편, 사문석 2편, 할로사이트 2편, 규석/백운석/질석/장석/펠립사이트/헤록석/버네사이트/로소나이트/해포석/몽소/루비/세마이트 각 1편으로 구분된다.

본 학회지에 소개된 최초의 비금속 관련 논문은 제 2권 2호에 발표된 “석회석과 돌로마이트의 간단한 판정법 실험(Choi, 1969)”이란 논문으로, 우리나라에서 가행되는 석회석이나 돌로마이트 조사시 필요한 착색에 의한 식별방법 등의 실무적인 내용을 다루고 있다. “구봉 석회석광산의 지질조사 보고(Lee, 1970)”와 “대흥 백운석광산의 지질광상 개사보고(Ryuu, 1971)”의 석회석과 돌로마이트 광상의 분포, 품위 및 광량을 추산하고 광석으로 채굴이 유망한 층준을 밝힌 조사 보고가 있다. 이러한 성격의 조사 보고는 당시 시멘트 산업계와 이를 이용한 관련 산업계에서는 중요한 자료로서 이용가치가 높았던 것들이다. “석회석 노천채굴

공법(Huh, 1973)”은 폭파의 관점에서 본 Bench cut 공법을 논의하였다. “강원도 영월군 남면 광천리 석회석광산 조사(Lee, 1974)”는 마차리층의 석회암이 시멘트 원료로서 가치가 있는 것으로 보고하고, 조사 구역 내의 가채매장량을 밝혔다.

1970년에 발표된 “신포 광산 형석의 유체포유물에 관한 연구(Lee, 1970)”는 신포형석광상에서 산출되는 형석의 유체포유물에 관한 연구로서, 형석의 색과 광체의 부위에 따른 생성온도의 차이를 밝히고, 형석의 주 생성온도 영역은 125-139°C로 본 광상이 저온열수 기원임을 밝힌 본지에 실린 최초의 비금속광상의 성인에 관련된 연구논문이다. “형석광상의 지질온도 측정 연구-특히 충북 월악산지대 및 천일 광산 형석의 연구를 중심으로(Yun, 1973)”는 충북 월악산 지대에 분포되는 열수광맥형의 송계 및 영국광상, 열수교대형인 동창광상에 대한 유체포유물 연구로서, 이들의 생성온도 측정결과 월악산 지역의 형석광화가 비교적 고온환경에서 이루어졌음에 반하여 천일산의 경우는 고온에서 시작된 광화가 훨씬 저온시기까지 계속되었음을 밝혀 광상연구에 유체포유물을 본격 도입시킨 연구이다.

대체로 1975년을 전후로 해서 광량확보 성격의 조사보고나 자원정책의 제안 성격에서부터 연구논문 쪽으로 변화되는 경향을 뚜렷이 나타낸다. 이러한 변화 경향을 보일 때 발표된 “남한의 형석광상의 성인에 관한 연구(Chi, 1975)”는 남한의 형석광화대를 구분하고, 이들의 관계화성암과 광상생성시기와 생성조건을 밝혔고, 비금속 광상성인 연구에 지화학적인 연구방법을 도입하였다. “우리나라 형석광상의 유체포유물 연구(Park, 1976)”는 열극 충전열수광상, 스키르형, 열수교대광상 등 광상의 성인에 따라 유체포유물의 조성형이 다양함을 밝힌 본격적인 유체포유물 연구결과이다. 또한, 이들의 염농도가 스키르형 광상에서 가장 높고, CO₂ 농도는 스키르 광상과 중석이나 유화광물을 수반하는 열수성 광상에서 높은 것을 밝히고 지역에 따른 충전온도의 특징적인 변화와 광상생성시의 압력을 추정하였다. 이러한 연구는 국내 광상 연구에서 유체포유물의 새장을 여는 계기가 되었다. 광종은 다르지만 “연월 장석광산의 페그마타이트내 유체포유물과 그 성인에 관한 모델 연구(Moon, 1988)”는 페그마타이트의 생성은 화강암 본체로부터 멀지않은 거리에서 계속 공급되어진 용융체+휘발성물질+수용액이 적절한 공간을 향유하여 서서히 결정화되는 형성 모델을 기재하였다.

비금속광상 중 국내에서 가장 빈도가 높은 연구 대상은 요업원료 광물자원으로서 납석과 도석에 관한 연

구들이며, 본 학회지에 처음 실린 이 지역에 관한 논문은 “전남지역 명반석광상의 성인에 관한 연구(Moon, 1975)”로서, 이 논문은 전남 해남군 일대에 분포하는 명반석광상의 모암과 광상의 부존 형태를 기재하였으며, 추후에 변질대 구분을 저자가 다시 수정하였다. 전남지역의 요업원료 광물자원은 전남대 연구진에 의한 “고내화도 광석광물의 분포와 성인에 관한 연구-전남지역을 중심으로(Park *et al.*, 1982)”과 “전남과 하동지역에서 산출되는 요업 및 점토 광물자원과 성인에 관한 연구(Park *et al.*, 1988)”, “전남 서남부지역의 납석과 명반석 광상의 광물조성 및 지구화학적 특성에 관한 연구(Shin *et al.*, 1990)”과 “노화 납석광산에서 산출되는 명반석대에 대한 지구화학적 연구(Shin *et al.*, 1992)”이 있으며, 이들 연구는 주로 전남지역(일부 경남지역 포함)에서 산출되는 요업원료 광물자원인 도석, 납석과 고평토 광석의 광물조성, 분포상황과 광석 광물의 내화도를 밝혔다.

1990년대에 이르면서 발표된 “해남지역 화산암류와 납석 및 고평토 광상의 K-Ar 연대 측정(Moon *et al.*, 1990)”은 명반석과 납석 광상이 널리 분포된 해남지역에서의 광화작용의 시기규명을 위한 명반석, 납석, 그리고 그이외의 암석들의 K-Ar 연령을 측정하고 이들의 변질작용 시기를 밝히고, 점토광물 광상의 변질 연령이 화강암의 열수단계보다는 화산작용과 더 밀접한 관계가 있다는 것을 보고했고, 해남지역 일대에 분포되는 납석 및 도석광상에 대한 변질작용, 광석광물의 광물학적 특성 및 생성환경에 대한 일련의 연구가 수행되었다.

도석이나 납석 등과는 연구대상 광종은 상이하지만 이들과 유사하거나 거의 동일한 열수변질 작용에 의해 형성되는 견운모광상에 대한 연구는 다음과 같다. “유문암 열수 반응과 유광 견운모 광상의 성인(Park *et al.*, 1992)”은 유광광산의 견운모를 대상으로한 유문암-열수반응의 수치반응 모델링 결과 열수-유문암비의 감소와 pH 증가에 따라 석영, 견운모, 황철석, 녹니석, 미시장석 및 녹염석 순으로 침전이 되었으며, 이때의 화학적 조건을 고찰하였다. “김해지역 상동광상산 견운모의 광물화학 및 안정동위원소 조성연구(Kim *et al.*, 1992)”에서는 이들의 생성온도와 생성환경이 경남 및 전남 지역의 화산암을 모암으로 한 열수변질 작용에 의한 일련의 비금속광상들의 형성기구와 매우 유사한 변질작용의 결과임을 밝혔다. “부산보배 견운모 광상의 산출상태와 생성환경(Moon and Moon, 1995)”은 광상을 형성시킨 열수의 기원이 화강암질암류의 잔류마그마용액을 지시하는 많은 증거들이 나타났으며,

황철석과 방연석의 황동위원소 분석결과 열수의 기원이 화성기원임을 규명했다.

벤토나이트에 관한 최초의 논문은 “포항-울산간의 점토자원의 지질과 그 물리학적 특성에 관한 연구(Kim *et al.*, 1971)”이다. 이 연구는 포항에서 울산에 걸친 제3기층에서 산출되는 점토광상에 관한 연구로서, 본 지역에 분포하는 점토광상을 성인적으로 구분하는 벤토나이트 광상에 대한 광물조성을 밝혔다. 당시의 연구 여건으로서는 이들 광물자원의 물리·화학적 성질을 밝히는 것은 어려웠으나, 이들 자원의 중요성과 활용성을 예견한 중요한 연구 결과이다. 이 당시는 벤토나이트 및 불석광물자원을 활용하는 국내 산업은 시작단계로서, 이후 이와 연관된 일련의 연구결과들이 발표되고 있다. 점토광물 자체에 관한 것은 아니지만 “Cation Exchange Capacities, Swelling, and Solubility of clay Minerals in Acidic Solutions: A Literature Review(Park, 1979)”는 산성용액 내에서 점토광물의 물리적 특성과 화학적 특성을 문헌에 의해 검토하고, 점토광물들의 산의 소모량이 산화동광상에서 동을 추출하는데 경제적 평가의 한 요소가 됨을 보고하였다. “Some Mineralogical and Physico-Chemical Properties of Fuller’s Earths from Tertiary Sediments in South Korea(Moon and Morgan, 1983)”는 3기층 중에서 산출되는 산성백토의 광물조성과 DTA, 적외선 및 전자현미경에 의한 이들의 기본적인 특성을 기재하였다.

이 이후에는 벤토나이트의 광물학적 특성규명에 초점을 둔 보다 학술적인 논문들이 발표되었다. “Thermal Behaviour of Some Montmorillonites related to their Chemical compositions(Moon, 1985)”은 몬모릴로나이트의 결정구조식을 밝히고, 구조 내의 내부치환 관계와 열적특성 결과를 비교하고, 몬모릴로나이트의 팔면체 내의 Al의 Fe에 의한 치환 및 사면체내의 Si의 Al에 의한 치환 모두가 dehydroxylation 온도를 감소시키는 결과를 초래한다는 점을 보고하였다. “제3기층에 부존하는 점토광물에 대한 광물학적 및 성인적 연구(Kim *et al.*, 1985)”은 금광동 지역에서 산출되는 벤토나이트의 광물학적 및 성인적 특성에 관한 연구로서, 광물조성과 이들이 응회질 물질로부터 속성작용에 의하여 생성되었음을 보고하였다. “삼기층에 배태된 벤토나이트의 산소 및 수소 동위원소 연구(Moon, 1986)”는 안정동위원소(δD 와 $\delta^{18}O$)연구를 통하여 몬모릴로나이트가 풍화작용이나 열수변질 작용에 의하여 형성되었을 가능성을 배제하며, 퇴적층후의 증가에 따른 속성작용에 의한 것임을 보고하였다. 벤토나이트와 혼

히 수반관계를 보이는 불석에 대한 일반적인 산출상과 활용방법을 기재한 “지오라이트 광물(Sang, 1976)”이 있으며, “삼기층 퇴적암중 불석의 산출상태(Kim and Moon, 1978)”란 논문에서는 제3기 분지에서의 불석의 산출상태와 배태층준을 밝혔다. 비금속광물자원자재에 관한 논문은 아니지만 3기층 점토광물자원을 이용한 “포항지역 제삼기층 퇴적암중 화학적 풍화작용이 점토광물조성, 화학조성, 암색 및 미화석 산출 빈도에 미치는 영향(Moon *et al.*, 1990)”이 있다. 제3기 포항분지 퇴적암류의 외견상의 특징은 화학적 풍화작용에 의한 화학조성 및 광물조성의 변화와 미화석 산출빈도에 따른 것으로서, 포항분지의 경우 지표시료를 이용한 암층서 및 생성층 연구시 이들 자료 해석에 큰 제한이 있고 주의가 필요함을 지적하였다. “산처리 과정에 따른 벤토나이트의 결정구조 변화(Yoon and Moon, 1994)”는 화학분석, X-선회절분석, 시차열분석, 적외선 흡광분석 및 양이온 교환능, 교환성 양이온의 측정을 통하여 산에 의한 해리가 점토구조의 가장자리로 국한되는지 구조 전체를 통하여 일어나는지의 여부를 확인한 바 있다. “감포와 영일 지역 벤토나이트의 팽창성 및 X-선 부합성 산란영역 크기에 관한 연구(Kang *et al.*, 2003)”는 감포와 영일에서 산출되는 벤토나이트의 팽창성과 CDSs를 측정하고 이를 세계 벤토나이트와 비교한 결과, 곤잘레스와 와이오밍 벤토나이트와 유사함을 규명하였다. “일라이트 폴리타입: 그 특성과 단층 활동연대 결정에의 활용(Song, 2012)” 일라이트의 폴리타입을 구분하고 정량적으로 해석할 수 있는 광물학적 이론적 근거와 방법을 소개하고, 소규모 열수환경에 준하는 단층대 내 생성시기 및 조건을 달리하는 일라이트 폴리타입 혼합물체의 적용을 통한 단층 활동 및 재활동연대 결정에의 활용 가능성을 검토하였으며, 이후 단층의 재활동 연대를 측정하는데 일라이트의 폴리타입 정량분석법을 활용한 후속논문들(자원환경지질 47/1,2, 48/1, 49/2, 50/2)이 다수 게재되었다. “로소나이트의 압력에 따른 등방성 압축거동 연구(Im and Lee, 2016)”는 자연산 로소나이트(Ca-Lawsonite , $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 분말의 압력증가에 따른 변화와 구조적 특성을 소형 압력 발생장치인 다이아몬드 앤빌 셀과 실시간 싱크로트론 X-선 회절실험을 통하여 확인하여 최고압력까지 로소나이트는 결정성을 잃지 않는 것으로 확인하였고 압력증가에 따른 체적감소를 통해 체적탄성률을 계산해 본 결과 146 GPa로 도출되어 로소나이트의 섭입대 환경에서의 구조적 거동을 예측할 수 있을 것으로 사료된다.

활석광상에 관한 논문은 “사문암의 활석화 과정에 관한 연구(Chi and Kim, 1977)”가 있다. 이는 충남 공주군 유구면 일대에 사문석을 모암으로 부존되는 대규모의 활석광화대의 성인에 관한 연구로서, 사문석의 활석화 과정을 1) 초염기성암의 자변성에서 연장된 변성작용에 의한 생성, 2) 후기의 광역변성작용에 기인된 녹색편암상의 변성광물로서 생성, 3) 최후적인 열수변성 작용에 의한 생성의 3가지로 분류하였다. “충남 예산지구 활석광상의 성인에 관한 연구(Woo *et al.*, 1991)”는 예산지역의 활석광상은 초염기성 화성암에서 유래되었음을 보고하고, 활석화 작용은 열수변질과 녹색편암과 조장석-녹렴석 변성상의 변성작용의 결과로 해석하고, 변질과정을 보다 상세하게 보고하였다. “동양 활석광상에서 산출되는 활석에 대한 광물화학적 및 성인적 연구(Moon *et al.*, 1988)”는 광석광물의 광물 화학적 자료와 방해석-백운석 지질온도계에 의하여 이 지역의 최고 변성온도는 $470 \pm 30^\circ\text{C}$ 인 반면, 활석근처에서 산출되는 탄산염광물은 400°C 보다 낮은 점을 제시하여 활석이 변성온도보다 낮은 온도에서 규산이 풍부한 열수작용에 의하여 형성되었음을 보고하였다.

국내에서 석재자원 이용의 오랜 역사에 반하여, 이들을 대상으로 한 암석학적인 연구는 활발하게 이루어졌지만 석재자원으로서의 연구는 많지 않았다. “국내 석재자원에 관한 연구(Shin *et al.*, 1985)”는 국내 주요 석재자원인 화강암, 대리석, 점판암, 섬록암 등 10여 종의 분포와 간단한 물성을 기재하였고, “국내산 대리석의 지질공학적 특성(Cheong *et al.*, 1990)”은 국내 10개 광상의 대리석 시료에 대한 암석학적 기재, 물리적 및 역학적 특성 시험결과를 기재하였다. “염분의 결정화 현상이 석재 내구성에 끼치는 영향(Kim and Park, 1999)”논문은 다양한 실험과 암중에 대한 인공풍화실험의 축적이 국내의 건설현장에서 사용되는 각종 석재의 내구성 향상을 위한 연구에 중요한 자료로 사용될 수 있음을 제안했다. “흑색사암(오석)과 흑색세일(청석) 석재자원의 지질과 산출유형(Park *et al.*, 2004)”논문은 상업적인 석재의 관점에서 흑색사암 및 흑색세일 원석을 구분했다.

광물합성에 관한 연구의 기초가 마련된 것 또한 최근의 일로서 “수산화 광물인 수골석, Xenotlite, 골석, 투각섬석 및 Antigorite의 열수합성(Park, 1980)”은 본 학회지에 실린 최초의 열수합성 결과에 관한 논문이다. “수열온도차법에 의한 수정의 육성(Kim *et al.*, 1991)”은 실제로 성장조건에 관한 연구를 수행하였다. “엽납석으로부터 캐올리나이트 합성연구(Jang *et al.*,

1999)”는 엽납석의 고부가가치 가능성을 확인하기 위해 전남 해남지역의 저품질 엽납석을 출발물질로 하여 캐올리나이트를 합성하였으며 국내외적으로 최초로 시도되어 의미가 있다. “Gd-Ti-O계 및 Gd-Zr-O 계에서의 파이로클로어 합성연구(Chae *et al.*, 2004)”는 고준위 핵폐기물의 고정화를 위한 유망한 매트리스인 Gd-Ti-O계 및 Gd-Zr-O 계 파이로클로어를 합성하여 결정학적 특성을 연구하였다. “Aluminogermanate Precursor의 자기조합을 통한 단일 벽을 갖는 나노-불형 및 나노-튜브형 광물 유도(Song *et al.*, 2009)”는 단일 벽구조를 갖는 나노크기의 속이 빈 불형, 짧은 길이 튜브형 및 긴 길이 튜브 물질을 동일한 조성 Al/Ge=1.33을 갖는 Aluminogermanate(ALGE) Precursor 최초 혼합용액의 단순한 pH 조절 과정에서 자기조합을 통해 성공적으로 합성한 논문으로 이러한 결과는 ALGE Precursor로부터 -Ge-OH 표면에서의 H±dissociation 정도 차이, 즉, Na⁺ 양 및 최종 pH 조건을 달리함으로써 의도하는 형태의 ALGE 나노물질 유도가 가능함을 시사한다.

3.4.3. 지질 및 지질구조

광산지질 창간호에서부터 2017년까지 지질과 지질구조에 관련하여 발표된 논문들은 총 165편에 이른다. 초기 10여 년(1968-1977)간에는 대부분의 논문들이 한국의 지질에서 가장 중요한 부분들을 연구대상으로 삼은 것이다. 이는 학회 회원들이 태백산 지역 지질도를 작성한 경험과 이후에 국립지질조사소에서 대한지질학회에 의뢰한 지질도폭 조사의 경험들이 축적되고, 그 간 광역 도폭조사 시에 제기되었던 문제점들을 정확히 이해하였기 때문이라 생각된다.

한반도에 가장 넓게 분포하는 선캄브리아 복합체에 대한 층서 구분 시도와 이를 동아시아 선캄브리아 층서와의 대비 시도(Son, 1971, 1973), 한반도 중부지역 변성 복합체의 층서와 지질구조 연구(Kim, 1970, 1972, 1973)등은 한반도 선캄브리아 복합체 연구에 가장 중요한 연구들이다. 1970년은 우리 학계에 커다란 이정표를 남기는 해로 기록된다. 이때는 국립지질조사소에서 주관한 1/25만 지질조사가 완료되고, 1973년에는 지질도와 설명서가 출판되어야 하기 때문에 한국의 지질계통이 명백하게 수립되어야 한다는 큰 목표가 있었다. 이러한 관점에서 제기된 것이 “옥천층군의 지질시대에 관하여(Son, 1970)”라는 논문에 대하여 “옥천층군의 지질시대에 관한 토론(Son and Kim, 1970a,b)”은 학계의 두 원로 교수님들이 후학들에게 큰 모범을

보여주신 것이라고 생각되며, 이러한 한국의 지질에 대한 토론은 앞으로도 권장할 만한 일이라고 사료된다. 옥천층군에 대한 연구는 이 기간 내에도 김옥준의 주도 하에 꾸준히 연구되어 왔다(Kim, 1968, 1974, 1977).

캠브로-오르도비스기의 조선누층군에 대한 연구로는 남한 대석회암통의 층서연구(Kim, 1973)나, 대석회암통의 층서 연구(Son, 1973)와 평창-정선 일대의 지질구조 규명 연구(Son, 1977) 등으로, 이들은 일본 동경 대학 고바야시 교수의 남한의 지질 연구(Kobayashi, 1953)나 태백산 지역 지질도에서 제기된 문제점들을 규명하고자 하는 노력의 일환으로 연구되어졌다.

김옥준은 “남한의 신기 화강암류의 관입시기와 지각변동”을 발표하여 쥬라기 화강암의 존재를 절대연령 측정연구를 통하여 제시하였다(Kim, 1971). 현재 한국의 지질에서 흔히 사용되는 암주상의 백악기 화강암과 북동 방향의 저반상으로 산출되는 대보화강암이 구별되기 시작한 것이 이때부터이다. 쥬라기 대보화강암과 관련된 지각변동(Kim, 1975), 마그마 관입에 의한 상부 퇴적층의 변형 연구(Min and Kim, 1977) 등은 이 시기에 발표된 논문들이다. 이 시기에 한반도의 층서에 대한 연구(Chang, 1975), 경상누층군 퇴적층의 고수류 연구, 현생 퇴적물(So and Lee, 1974), 한반도 신기 지각변동(Park and Kim, 1971), 서해안의 지형 발달(Kim, 1971) 연구 등 전반적으로 한국의 지질구성 요소 중 선캄브리아 시대부터 현생 퇴적층에 이르기까지 광범위한 연구가 이루어졌음을 알 수 있다.

1978-1987년의 2차 10여년은 앞서 기술한 초기 10여년 간의 연구에 비하여, 한국의 지질계통 확립이라는 측면에서 볼때에 좀 더 지역적으로 세부적인 연구가 이루어진 것으로 보인다. 선캄브리아 편마암 복합체에 대하여는 서산층군의 층서와 변성작용 및 충주층군과 서산층군의 비교 연구가 이루어졌다(Na *et al.*, 1982a,b). 옥천층군에 대한 연구도 지역적으로 계속적인 연구가 이루어져, 옥천계와 조선계 경계 부근의 지질(Kim *et al.*, 1986), 평창-제천 지역의 지질구조(Kim *et al.*, 1985), 평창-제천간 옥천대 하부의 기반암과 화성 관입체에 관한 연구(Lee *et al.*, 1985), 옥천대의 화성활동(Lee and Kim, 1985) 연구가 이루어졌으며, 옥천층군의 구조지질학적인 연구로는 옥천대의 변성특성과 형성과정에 관한 연구(Lee and Park, 1983)가 이루어졌다. 조선누층군 연구에서는 기존의 층식상 석회암에 대하여 화절층에 대한 탄산염 평편 역암의 성인에 관한 연구(Park and Han, 1985)로 퇴적학적인 연구도 이루어졌다. 옥천습곡대 북동부에 동서방향으로

발달한 함백산 향사구조에 대해 정량적인 해석(Park and Min, 1980)과 백운산 향사 서남단의 구조 계통과 습곡작용에 관한 연구(Lee and Park, 1982)는 백운산 향사구조와 관련된 구조해석의 일환으로 생각된다.

중생대 지층에 관하여는 대동층군의 사암에 대한 연구가 광물성분과 입도분석의 측면에서 이루어졌으며 (Yu, 1985), 부평지역 중생대 화성암류에 대한 연구 (Suh and Park, 1986)가 이루어져 주라기 화산암류에 대한 중요성도 인식되어졌다. 백악기 지층에 대해서는 의성 소분지 신동층군의 퇴적환경(Lee, 1985), 월성 부근에서 층상의 Felsic Diatreme이 보고되었다(Park and Kim, 1985).

석유자원 탐사와 관련하여 한반도를 둘러싸고 있는 해저 퇴적층에 대한 조사, 연구가 활발하여 동해 대륙 단해저 지질(Kim, 1982), 부산 일원 연안 해빈사의 퇴적학적 연구(Lee and Choi, 1983), 경기만 해저 지층 구조(Kim et al., 1978), 아산만 일대 해저 퇴적물(Kim et al., 1978), 제주 연안 해면 퇴적물 연구(Youn, 1978) 등 해저와 해면 퇴적물에 대한 연구가 활발했던 기간이기도 하다.

1988-1997년간에 발표된 지질, 지질구조편에서는 지질구조, 화성활동, 퇴적분지 발달과 응회암의 층서 등 지난 20년간의 연구 경향과는 매우 다른 추세를 보여 주고 있다. 태백산지역 특히 삼척탄전 내에는 스트루트 단층이나 인편상 구조(Shiraki, 1930, 1940, Yamanari, 1926)가 보고되었으나 태백산 지질도에서는 이를 함탄층이 절단됨이 없이 연장되는 점으로 미루어 과속곡으로 해석하여 왔다. 그러나, 삼척탄전 정밀 지질도(Suh et al., 1979)에서는 드러스트 단층의 존재가 인정되었으며, 이 드러스트 단층의 시기, 형태 등에 관한 연구가 삼척탄전 태백-하장 지역(Kim and Kim, 1991), 영월-예미지역(Kim et al., 1991)에서 이루어졌다. 한국의 지질에서 선캠브리아의 기반암류와 장산규암층과의 관계는 일반적으로 경사 부정합 및 난정합으로 알려져 왔다. 그러나 기반암류와 장산규암층과의 경계부에 따라서 암쇄대가 발달하고 있음이 옥동단층 연구(Kim et al., 1989)로 알려졌으며, 이 옥동단층은 옥동에서 점촌까지 연장 발달되어 있음도 보고되었다. 이는 기존의 영남육괴와 옥천습곡대와의 경계선이 단층으로 알려졌던 것을 더 정확히 해명한 것으로 생각된다. 기반암과 장산규암층과의 경계선 연구에서 임계 지역에서도 이와 유사한 암쇄대가 발견되었다(Kim and Kee, 1992). 단양탄전에서 대보조산운동과 관련된 각동 드러스트를 초점으로 한 연구가 단양지역(Kim and Koh, 1992),

영춘지역(Kim et al., 1992)에서 이루어져 송림 변동시의 드러스트 운동 가능성이 예측되기도 하였다.

1980년대에 들어와 국내에서도 연성 전단대의 존재 가능성이 예측되어지고, 그 후에 여러 조의 전단대가 발달하고 있음이 여러 학자들에 의해 알려지게 되었다. 예천 전단대와 화강암 관입과의 관계(Chang, 1990), 영광 부근 전단대의 교차 양상 연구(Jeon et al., 1991) 등의 연구들도 전단대 특성 규명에 초점을 맞춘 연구이다. 이 시기에는 퍼스널 컴퓨터의 이용이 보편화 되고 또한 이를 자료 처리에 이용하기도 하였으며, 이에 관한 연구들은 단층대 내의 면 및 선구조의 도식화를 위한 전산처리(Sunwoo and Lee, 1990) 연구 등이 있다. 또한, 방해석 쌍정을 이용해 고응력을 분석하는 시도가 고운리층에 대해 행하여졌다(Ihm et al., 1991). 옥천지향사대에 따른 화성활동 연구가 광범위한 지역에 걸쳐서(Kim et al., 1991) 이루어졌으며, 제3기 분지 발달사(윤선 외, 1991), 제주도의 응회구와 층서 관계 연구(Hwang et al., 1991), 제주도의 제4기 지구 조운동(Hwang et al., 1994), 마이오세 이후 한반도에 작용한 조구조운동을 해석한 포항분지내 지각변형 해석(Lee and Song, 1995), 팔공산단층이 성장단층 단계에서 중간의 활동정지단계를 거쳐 주향이동단계를 가지는 것으로 파악한 연구(Chang and Park, 1997) 등이 이루어졌다.

1998-2007년간에 발표된 지질, 지질구조 및 층서편에서는 특히 석유자원 탐사와 관련하여 한반도를 둘러싸고 있는 해저 퇴적층에 대한 조사, 연구가 활발하였다. 울릉분지 남서부 해역의 천부퇴적물에 대한 층서·퇴적학적 연구(Park et al., 2002)에서는 가스 방출에 의하여 형성된 것으로 보이는 수평균열 구조를 관찰했으며, 울릉분지 북서부 해역의 코어퇴적물에 대한 제4기 후기 테프라 층서 및 테프라층 비교 연구(Park et al., 2003)에서는 기원전 7,300년의 U-oki 층을 형성한 화산분출이 U-Ym층의 분출때보다 주변 퇴적환경에 더 큰 영향을 준 것으로 해석했다. 그리고, 한반도 남부해역에 발달한 오키나와 트립 북서주변 지역에서의 지하지질구조 및 퇴적층의 특징을 규명하고 분지의 경계부에 발달한 분지경계 단층과 분지발달과의 상호관계를 연구했다(Sunwoo, 2003). 서해 대륙붕 군산분지까지-1공의 퇴적층을 통합층서적 접근을 통하여 분석하여 예오세 말과 올리고세 동안 군산분지에서는 심한 구조역전에 의한 분지변형이 일어났고 올리고세 이후 현재까지, 군산분지는 간헐적인 해침과 함께 광역적인 침강을 유지하면서 안정된 대륙 연변부 침강분지로 전

이되었다고 해석한 연구도 있다(Ryu and Kim, 2007).

층리와 같은 기존의 면구조가 잘 발달하는 지역에서 이들의 기하학적 배열을 이용하여 층이동량을 계산할 수 있는 연구(Hwang, 1998)가 진행되었으며, 단층의 실 변위량 계산(Hwang, 1998)에 삼각도해법 대신 벡터계산을 이용하여 계산과정을 단순화시키는 후속연구(Hwang *et al.*, 1999)도 있었다. 또한, 고응력의 지시자로서 방해석 쌍정 분석연구(Park *et al.*, 2007)는 고응력사의 지시자로서 방해석 쌍정 분석법을 이용하여 방해석내 쌍정이 생성될 당시의 변형온도와 고응력장의 상태 및 방향 등을 고찰하였다. 2008-2017년間に 발표된 지질, 지질구조 및 층서면에서는 한반도 지체구조별 지질 및 층서구조와 석유자원 탐사와 관련하여 한반도를 둘러싸고 있는 해저 퇴적층에 대한 조사, 연구가 활발하였으며, 양산단층을 포함한 단층대들의 재활동 연대관련 논문이 특징적이다.

충주지역 북서부 옥천변성대는 문주리층, 대항산규암, 향산리돌로마이트, 계명산층이 분포하고 있으며 현재까지 층서적 관계가 논란이 되고 있는 지역이다. 충주지역에 분포하는 북서부 옥천변성대에 대한 층서적 연구결과(Ryu and Kim, 2009), 충주지역 북서부 옥천변성대의 층서는 하부로부터 계명산층(문주리층, 대항산규암, 향산리돌로마이트)의 정합적 관계로 판단된다. 또한, 옥천대의 북동변인 주천 지역에 분포하는 송봉층(소위 방림층군)은 선캠브리아 시대의 경기육괴 기반암 위에 부정합관계로 분포하며, 조선누층군의 하부 지층에 대비된다. 이것은 영남육괴와 조선누층군의 관계가 옥천대 남동변에서 역시 부정합이라는 사실과 함께 옥천대 양쪽 경계부의 기반암이 최소한 고생대 초에는 하나였을 것임을 의미한다(Khim *et al.*, 2010).

태백산분지 백운산향사대의 남익부를 따라 약 30 m 두께로 노출되어 있는 오오도비스 중기의 직운산세일층은 그동안 탄산염 대지환경에서 퇴적된 막골석회암층을 피복하는 해침상의 세일층으로 단순히 해석되어져 왔으나, 직운산세일층 대부분이 직운산세일층 하부 구간에서 나타나는 유기물질이 풍부한(>3wt.%) 흑회색 세일로 구성된 약 240 cm 두께의 최대해침기 동안에 퇴적된 박층의 해성층 위를 피복하는 해퇴상의 세일층으로 해석될 수 있음을 지시한다(Ryu *et al.*, 2009). 또한, 태백산분지 내 캠브리아기 중기 및 후기 퇴적층(예; 세송층)들의 지역 간 대비에 있어서 새로운 층서적 사고의 틀로 사용될 수 있는 태백산분지 캠브리아기 세송층의 퇴적상 분석결과도 있다(Joo and Ryu, 2012).

경상분지 남부의 함안-의령 일대에서 확인되는 서북

서 방향의 선상구조를 중심으로 반원상의 지형구조가 이 선상구조를 중심으로 남측지괴와 북측지괴에 각각 발달하고 있는데, 서북서 방향의 선상구조는 환상구조가 생겨난 이후 좌향의 전단운동을 겪은 단층으로 해석된다(Ryoo *et al.*, 2008).

추가령단층 이서에서만 경기육괴의 중생대 퇴적분지가 발달하고 있어, 단층은 분지 형성에 기여하였거나, 형성 분지를 변형시킨 구조선으로 판단된다는 연구가 있으며(Choi *et al.*, 2012), 또한 추가령단층대 내 신갈단층과 왕숙천단층 단층점토에 대한 절대연대를 결정하고, 한반도의 주요 지구조선인 추가령단층대에 대한 직접적인 단층 재활동연대를 상세히 결정함으로써, 후기 백악기부터 제3기에 걸쳐 일어난 한반도 지구조 진화연구의 구체적인 연대정보를 제공했다(Chung *et al.*, 2014).

ESR 연대를 이용하여, 울산광역시 울주군 삼남면 일대에 발달하는 양산단층대의 시간-공간적 활동 형태에 대해 연구하였으며(Yang and Lee, 2014), 또한 양산단층에 대한 최초의 단층 재활동연대를 일라이트 폴리타입 정량분석법, K-Ar 연대측정, 일라이트 혼합연대 해석법(IAA)법을 적용하여 단층 재활동 절대연대를 결정하였으며, 양산단층대의 단층점토에 대한 추가적인 연대측정이 이루어질 경우 양산단층의 재활동 시간대를 구체화할 수 있을 것으로 생각된다(Song *et al.*, 2016).

3.4.4. 암석학 및 지구화학(응용지구화학, 탐사 포함)

창간호(1968년)부터 50권(2017년)까지 광상지질학회지에 암석학 또는 지구화학(응용지구화학, 탐사 포함)과 관련된 논문의 총수는 573편이다. 1970년대 초 암석에 대한 주성분 분석이 당시의 국립지질조사소에서 어느 정도 확립되면서부터 국내에서 발표되는 암석학적 또는 지화학적 논문에 암석의 주성분인 11종의 원소함량이 기재되고, 이 함량의 변화 및 경향을 가지고 암석의 성인, 분화, 모암변질 또는 변성작용 등에 관한 해석을 시도하기 시작하였다. 국내 분석기술의 발전에 따라, 1970년대 중반부터 암석내 미량원소의 함량으로 암석의 성인 또는 광화작용과의 관련성을 연구하기 시작하였다. 1980년대 초부터 연구원들이 외국의 대학이나 연구소에 가서 희토류원소를 분석할 수 있었으므로 그 자료를 암석의 성인 또는 분화과정을 해석하는데 이용한 논문은 극히 일부였었지만(Hong, 1984), 1980년대 말에는 많은 연구자들이 외국에 분석을 의뢰하거나, 또 국내에서도 희토류원소를 분석할 수 있게 되면서 암석의 성인과 분화를 해석하는 논문이 점점 증가

하고 있는 경향이다.

국내에 처음으로 암석연령을 도입하여 지구과학 분야의 해석을 시도한 사람은 일본인 지질학자 우에다 노조무(Ueda Nozomu, 1969)였다. 그는 중국-한반도-일본을 연결시켜 지구조 운동 및 지각발달 과정을 해석하는데 남한에서 6개의 시료를 채취하여 Rb-Sr 및 K-Ar법으로 연대 측정된 자료를 사용하였다. 그 후 외국의 연구기관에 시료를 의뢰하거나 또는 외국의 연구기관에 가서 동위원소를 분석하여 남한의 화강암에 대한 K-Ar 광물연령을 발표하여 당시까지 막연히 중생대 화강암이라고 일컬어지던 것이 크게 주라기 화강암과 백악기 화강암으로 분류되기 시작하였다(Kim, 1971; Suh and Choo, 1971).

광산지질학회지에는 처음으로 경남 안양지역의 화강암 연구에 K-Ar 연령자료를 사용하여 연구하였으며(Lee and Ueda, 1976), 1980년대 초부터 K-Ar 연령 측정자료는 화강암 또는 화산암 연구에 아주 빈번하게 이용되었고, 최근에는 화산암에 대한 고지자기 자료와 함께 화산암의 층서 확립에 이용되고 있는 논문이 발표되고 있다. 또, 1984년에 국내에서도 K-Ar 연령측정이 가능하게 되자 이를 이용한 화강암과 화산암 및 광화작용의 시기에 대한 연구는 매우 활발하여 광산지질학회지에도 매년 3-4편의 논문이 발표되고 있다.

그리고, 1980년 중반에는 ^{40}Ar - ^{39}Ar 법을 이용하여 암석의 생성연대를 연구한 논문(Kim, 1986)이 발표되기 시작하였으나, 국내에는 이 방법으로 연령 측정하는 기관이 없으므로 이 분야의 논문은 아주 드문 편이다. 최근 선진국에서 매우 많은 논문이 발표되고 있는 Sm-Nd 연령측정자료는 우리 학회에서는 1990년대 초에 한 편 논문(Kwon and Lan, 1991)이 발표된 바 있으나, 국내의 여건이 아직 충분치 못하여 이 분야의 자료도 활발하게 발표되지 못하고 있는 실정이다. 그 외 암석·광물연령측정 방법은 여러 가지가 있지만 국내의 여건이 선진제국과는 너무나도 차이가 있어 외국에 가서 시료를 분석하여 다수의 논문이 발표되고 있는 실정이다.

국내에서 암석학에 안정동위원소 자료를 처음으로 이용한 논문이 나오기 시작한 것(Kim, 1980)은 1980년대 초이다. 주로 광화작용과 관련을 지으면서 석회질 퇴적암의 생성환경을 규명하는 것이었으며, 점점 화성암, 변성암, 광화작용 그리고, 수리지질학 등에도 적용되는 논문이 매년 10여 편씩 발표되고 있어 이 분야의 연구가 매우 활발하게 진행되고 있다.

응용지구화학 분야는 종래에는 지구화학탐사 또는 탐광지구화학이라는 의미와 거의 동일시 되어왔다. 그

러나, 1983년 4월 영국 런던대학교 임페리얼대학에서 J.S. Webb 교수의 공적을 기념하여 개최된 “1980년대의 응용지구화학” 심포지움에서나 1986년 창간된 국제 학술지 “응용지구화학”의 연구범위와 목적에서 나타난 바와 같이 현대적 의미의 응용지구화학은 광물 및 에너지자원의 지구화학탐사 분야, 그리고, 환경지구화학 분야로 양분되고 있다. 이러한 의미에서 국내의 경우 응용지구화학 분야에서 발표된 초창기 논문은 “옥동서벽 및 계산촌 도폭의 지화학적 연구”(Lee, 1969), “영국 콘월주의 St.Austell 화강암괴에 대한 지구화학적 연구”(Lee, 1970) 등이 있다. 또한, 국립지질조사소(현재 한국지질자원연구원)에서 간행된 지질 광상에 윤상규의 “지구화학탐사” 해설이 1966년에 소개된 바 있다. 이 미 1965년에 “과잉금속 이온이 표징식물에 미치는 영향”(Chung, 1965)이라는 식물지구화학 분야의 논문이 발표되었으며, 대한광산학회의 1966년도 하기 광산지질 세미나에 초빙된 D.K. Jordt가 “한국에 있어서의 지구화학탐광의 역할(Jordt, 1966)”이라는 강연이 이루어진 바 있다. 따라서 국내에서의 지구화학탐사 분야에 대한 관심과 연구는 1960년대 중반부터 본격적으로 이루어졌다고 판단된다.

1970년대에 들어와 지구화학탐사 도폭조사보고서는 국립지질조사소 서효준 등의 “황강리도폭 지화학탐사 보고서(Seo *et al.*, 1970)” 등이 발표되었다. 식물지구화학 분야에서는 고농도 Ag하의 변형식물, 표징식물 시료채취에 대한 기초연구 등 금속광체에 대한 지구식물화학탐사법이 발표되었으며(Chung, 1969, 1971, 1972, 1973), 금은 광체 주변에서의 Hg분산(Kim, 1973), 합금석영맥광상 주변 모암에서의 원소들의 일차분산(Chon, 1997, 1978), 월악중석광상 주변 모암의 일차분산(Min *et al.*, 1979) 등이 있다. 특히 해남지역 우항리층 흑색세일의 유기지구화학적연구(Lee *et al.*, 1976; Lee and Lee, 1976; Lee and Yun, 1979) 등은 비교적 국내에서 초기의 유기화학적 연구로서, 1980년대 후기의 탄소근원암으로서의 규명을 위해 포항분지 해성퇴적암류나 신제3기 연일층군의 유기지화학적 연구에까지 계속되었다(Song *et al.*, 1987; Kim, 1990).

1980년대의 지구화학탐사 분야의 주요 연구로서는 충북 괴산지역 일대의 함우라습 흑색세일 및 점판암의 지구화학적 특성에 대한 연구이며, 특히 우라습 외의 V, Mo, Cd 등이 특히 부화되어 있고 고정탄소와의 밀접한 상관성이 발표된 바 있다. 또한, 1980년대의 괄목할만한 업적은 1983년 국내에서는 처음으로 1/50,000 축적의 지구화학도(서벽리 호명도폭)가 한국동력자원연

구소의 지구화학탐사실 연구팀에 의해 발견된 것이다. 그 이외에도 지구화학탐사자료의 통계적 해석기법연구, 안산암류(물금 철 광산) 및 유문암류(부평 은 광산)의 암석지구화학, 금속광상의 자연수지구화학탐사, 사금광상의 토양지구화학탐사 등이 발표되었고, 특히 지질매체에서의 방사성원소들의 분산과 이동에 대한 연구(Kim and Na, 1988) 등이 발표되었다.

1990년대에 들어와서도 여전히 광화작용 관련 화강암질암의 암석지구화학적 연구, 희유금속 페그마타이트의 지구화학적 특성 연구 논문들이 발표되고 있다. 그동안 금속광상의 탐사와 관련한 지구화학분야 논문들이 주종을 이루었으나, 비금속광상, 특히 고알루미나 광상과 친열수성 금은광상의 탐사를 목적으로 암석지구화학 분야의 논문이 발표되고 있다. 또한, 응용지구화학분야 중 지구화학탐사에 관한 논문이 대부분이었던 1970/1980년대에 비하여 환경지구화학 분야의 연구결과들이 발표되고 있음이 1990년대에 들어와서의 특징이라 할 수 있다. 이러한 경향은 역시 세계적 추세와 경향에 따른다고 할 수 있는데, 즉 그동안 자원탐사에 종사하던 지구화학자들의 관심이 비슷한 기법을 응용할 수 있는 지표환경 문제로 관심이 바뀌고 있는 경향과 비슷하다. 따라서, 1970년대에 발족된 국제 탐광지구과학협회(Association of Exploration Geochemists)에도 최근 환경지구화학분과위원회가 새로이 설치된 바 있으며, 국제 탐광지구과학 심포지움에서도 환경지구화학 주제가 항상 주요 관심사로 등장하고 있다. 국내의 환경지구화학 분야의 연구결과로서 흥미로운 점은 함우라늄흑색세일 분포지역에서의 토양오염과 농작물에서의 유독원소들의 함량, 그리고 가축과 인간의 건강 질병에 미칠 수 있는 영향에 관한 연구이다. 즉, 자연지질환경에서의 가능한 지질전염병학(geoepidemiology) 연구의 예로서 Cd, Mo 및 Se의 독성영향이 발표된 바 있다(Chon and Jung, 1991; Kim and Thornton, 1993). 2000년대에 들어서면서, 1990년대 중반부터 가행되던 금속광산들이 대부분 폐광됨에 따라폐광산 주변의 토양 퇴적물오염이 환경지구화학의 주요주제로 부상하였다.

폐금속광산 주변 광미, 토양, 하상퇴적물, 농작물 및 지역주민들의 손톱시료를 채취하여 독성 중금속들의 오염수준을 파악하고, 이들 원소들의 분산특성을 규명하여 독성원소들의 인체흡수도 평가를 통해 인간의 건강에 미친 영향을 종합적으로 고찰하는 연구가 진행되었으며(Lee et al., 2000), 광산수계에 분포하는 갯내수, 지표수 및 지하수를 대상으로 물리화학적특성과 환경

동위원소 분석을 통해 폐광산 수계의 수질오염과 복원대책을 제시하는 연구도 진행되었다(Lee et al., 2001).

1960년대부터 중화학공업단지로 지정되어온 여천공단 주변 토양의 중금속함량을 측정하여 토양오염정도를 파악하고 중금속원소들의 분산양상을 규명하였으며(Yun et al., 2000), 광주시 운정동위생매립장 주변의 환경지구화학적 특성연구를 통해서 지하수와 하천수 오염특성은 건기인 겨울철시료에 비하여 우기인 여름철 시료에서 더 높게 나타나고 있음을 확인하였고, 지하수와 하천수에 대한 요인분석결과, 침출수중의 함량이 높게 나타나는 원소들의 명료한 수반관계를 확인하여 이들을 매립장 주변 수계의 오염지시자로 제시하였다(Oh et al., 2001).

높은 함량의 비소로 오염된 지역으로부터 분리해 낸 토착미생물들이 비소 지구화학에 미치는 영향을 조사하였으며(Lee et al., 2001), 미생물은 자연조건에서 비소의 화학종 결정에 영향을 미치며 이러한 특성은 비소로 오염된 지역의 복구에 유용하게 사용되어 질 수 있을 것으로 예상된다. 또한, 지하 심부 토양 및 퇴적물 내 토착 미생물의 활성화에 따른 중금속 거동을 이해하기 위하여, 독성 중금속으로 오염된 국내 일부 지역의 시료를 대상으로 혐기적 환경에서 유산염을 탄소원으로 투입한 후 중금속의 함량 변화를 관찰한 결과, 미생물이 투입된 시료의 경우 미생물이 투입되지 않은 비교시료에 비하여 용존 카드뮴, 납, 아연이 효과적으로 제거되었음을 규명했다(Song et al., 2007).

폐금은광산 지역의 풍화된 광미의 용출실험을 통해 pH/Eh 환경변화에 따른 풍화광미내 비소의 용출가능성을 타진한 연구결과(Ahn et al., 2003)를 필두로 오염된 토양, 지하수 및 쌀의 인체노출에 따른 비소의 위해성 평가(Lee and Chon, 2005), 광미에서 비소의 고정 메커니즘과 용출특성(Kang and Lee, 2005)등 관련 연구를 통해 함비소광물의 산화와 관련된 유독성과 환경에 미치는 영향의 예측, 예방 및 복원에 대한 토대된 것으로 사료된다.

광화작용 관련 암석지구화학적 연구로는 선캠브리아기 경기육괴의 화강편마암내에 발달된 단열대(NE, NW)를 따라 충진한 중열수 석영맥광상인 삼광광상의 모암변질과 원소분산(Yoo et al., 2009)이 있으며, 모암 변질시 이득원소(부화원소)를 규명하여 금-은광상의 탐사에 지시원소로서 활용을 제안했다. 또한, 경상분지 서남부에 분포하는 진동화강암의 지화학특성연구를 통해서 중생대 백악기 이자나기판의 섭입과 관련되어 관련된 대륙주변부 환경에서 생성되었음을 제시했다(Wee

et al., 2006). 그리고, 한반도 경기편마암 육괴내 서산층군과 시흥층군의 대표적인 변성암 시료에 대하여 CHIME 절대연령 측정을 실시하여, 경기육괴 서산층군과 시흥층군의 변성암의 변성연대는 중국의 다비-수루 층돌대의 변성연대보다 오래되며 이는 남중국과 북중국 지괴의 층돌이 중국대륙에서 보다 한반도 지역에서 선행되었을 가능성을 시사했다(Kim *et al.*, 2008).

2010년대에 들어서면서, 폐광산 주변의 토양 퇴적물 오염 연구는 줄어든 반면 특히 폐석면광산 오염도 평가에 대한 연구가 시작되었다. 그리고, 지구미생물학(geomicrobiology)과 비소에 의한 환경위해성평가 및 복원에 대한 연구는 꾸준히 지속되었다. 2000년대 중반부터 시작된 해외자원개발관련 조사/탐사와 관련하여 지구화학탐사 연구가 수행되었고, 제주도가 2010년 유네스코가 지정한 세계지질유산이 되면서 관련 연구가 활발했다.

우리나라는 현재까지 폐석면광산의 정확한 수도 파악하지 못하고 있는 실정이며, 알려진 폐석면 광산의 대부분이 적절한 복구나 관리가 이루어지지 않아 심각한 환경오염원으로 작용하고 있다. 이와 관련하여 자연발생석면의 산출특성(Song *et al.*, 2013; Kim *et al.*, 2014)이 연구된 바 있고 석면이 발암물질로 지정되면서 물리화학적 처리를 통하여 석면광물을 비섬유형으로 변형시키거나 또는 상전이시킴으로 광물 종을 변화시켜 무해화하는 연구가 진행되고 있다(Jeong *et al.*, 2014, 2016).

광양 광산 폐석더미에 많은 양으로 방치되어 있는 황철석으로부터 유용금속을 보다 효과적으로 용출시키 내기 위해서 42°C에서 미생물 용출실험을 실시한 결과, Fe 이온은 미생물학적 용출량이 화학적 용출량에 비하여 3.4배 이상 높게 용출되었고, Zn 이온은 화학적 용출량보다 미생물학적 용출량이 2배 이상 높게 용출되었다(Park *et al.*, 2010). 앞으로 보다 더 높은 온도로 미생물 용출실험을 실시한다면 보다 많은 유용금속이온이 용출될 것으로 기대된다. 폐광산에서 배출되는 산성광산배수가 하천수 및 지하수에 유출되면서 발생하는 환경 오염들을 막기 위해 생물학적 자연정화 처리 방법인 연속적 알칼리도 생성 시스템의 효율을 증대 시키는 방안에 관한 연구(Choi *et al.*, 2017)에서는 연속적 알칼리도 생성 시스템에 발광 다이오드를 접목하여 유기물층의 황산염 환원 박테리아 활성을 증진시키고, 온도가 낮은 겨울철에도 발광 다이오드의 발열 효과를 이용하여 활성 온도를 유지 할 수 있는 방안을 제안했다.

키르기스스탄 촌아슈 지역 화강섬록암질암 및 사질

원 퇴적암의 지화학적 특징을 연구한 결과, 동 광화작용은 철 광화작용 이후 섬록암의 카리 변질작용과 규화작용 및 탄산염화 작용을 수반하면서 섬록암 복합체 및 변성 및 퇴적암 층군에 망상 또는 산포상의 열수 세맥군으로 배태됨을 알 수 있었으며(Kim *et al.*, 2011), 베트남 북부 네안성 궤차우에서 토양지구화학탐사를 수행하여, 광체의 연장방향으로 추정되는 희토류 부존 유망 지역을 잠정적으로 선정했다(Heo *et al.*, 2012).

제주도의 지질과 화산활동에 대한 연구가 제주도 세계지질유산 선정(2010)과 더불어 증가했다. 가파도와 마라도를 구성하는 용암류에 대한 ^{40}Ar - ^{39}Ar 절대연대 자료를 포함한 암석학적 특징과 화산활동을 고찰한 연구결과(Koh and Park, 2010)와 제주도 형성 초기 용암 분출 기록을 연구한 결과, 산방산, 각수바위 등 현재 지표에 노출되어 동상 지형을 이루는 일부 지역을 제외하면, 초기 용암류는 지표 하에서 서귀포층에 협재하거나 피복하고 있음을 나타내며, 이는 제주도 형성 초기 용암 분출이 간헐적이며 국지적이었고, 주변에서 수성화산활동 및 퇴적작용이 동시에 진행되었음을 지시한다(Koh and Park, 2010).

3.4.5. 지구물리 및 물리탐사

지구물리학과 이의 응용분야인 지구물리탐사에 대한 학술 활동은 국내외적으로 그 역사가 비교적 짧다. 세계에서 가장 큰 지구물리 학회인 AGU(American Geophysical Union)는 1919년에, 지구물리탐사 학회인 SEG(Society of Exploration Geophysicists)는 1935년, 그리고 일본의 물리탐사 학회는 1948년에 발족되었다.

국내의 경우는 그 역사가 더욱 일천하여 지구물리 및 지구물리탐사에 대한 학술활동을 하고 있는 학회 중 대한지질학회가 1947년에 첫 번째로 창립되었고, 1964년 8월에 첫 학회지가 발간되어 “연천 및 포항지구의 현무암에 대한 고자기연구”(Kim, 1964)가 최초의 지구물리학 분야의 연구논문으로 수록되었다. 그 후 대한광산학회(현재의 자원공학회의 전신임)가 1962년에 창립되었고 1964년 5월에 첫 학회지가 발간되어 “2차원 경사층에서의 복합 반사”(Hyun, 1964)와 “울산지구의 지하수 전기탐사”(Lee and Suh, 1964) 두 편의 지구물리탐사분야 연구 논문이 수록되었다.

본 학회는 1968년 3월에 창립되어 그 해 11월에 광산지질 창간호를 발행하였으며, 여기에 “층적층의 투수성과 지하수의 전기탐사에 관하여”(Jin, 1968)가 지구물리탐사 분야의 논문이 최초로 수록되었으며, 그 후

2017년 12월말까지 총 284편의 지구물리 및 물리탐사에 대한 연구논문이 발표되었다. 이들 논문을 전문분야별로 세분하고 그 내용을 요약하면 아래와 같다.

- (1) 중력 및 중력탐사분야 : 중력모델 연구, 중력자료 처리 및 해석, 중력측정 및 지질구조와 광상탐사에 대한 연구논문 42편
- (2) 지자기 및 자력탐사분야 : 지구자기 이론, 자력자료 처리, 자력측정 및 지질구조 해석에 대한 연구논문 20편
- (3) 고지자기분야 : 고지자기와 지구조 운동, 암석자기, 고고지자기, 고지자기 측정기기에 대한 연구논문 42편
- (4) 전기 및 전기탐사분야 : 전기비저항 탐사 및 자료처리, 유도분극법탐사 및 자료처리, 자연전위탐사에 대한 연구논문 41편
- (5) 전자유도 및 전자파 탐사분야 : 전자유도 모델 연구, 전자파 탐사 및 자료처리에 대한 연구논문 10편
- (6) 지진 및 탄성파탐사분야 : 지진기록계, 지진파 전파, 지각구조, 지진활동, 내진 등의 지진연구, 탄성파탐사 및 자료처리에 대한 연구논문 55편
- (7) 지열 및 지열탐사분야 : 지열모델 연구, 지열탐사에 대한 연구논문 18편
- (8) 원격탐사: 사면안정분석, 선구조분석, 동해해수면 주기특성, 광물자원탐사, 갯벌퇴적상에 대한 연구논문 13편
- (9) 레이더탐사: 시추공레이더모델링, 고고학탐사, 광미탐사 및 AMD 유동경로 모니터링, 지반침하, geotourism에 대한 연구논문 4편
- (10) 라이다: 해안지형 모니터링에 대한 연구논문 1편
- (11) 물리검층분야 : 석탄층 물리검층, γ - γ 검층에 의한 지층구조에 대한 연구논문 8편
- (12) 지구물리 자료처리분야 : Abel-Fourier와 Digital linear filter 법의 비교, 최대 엔트로피 스펙트럼분석을 위한 Burg 알고리즘등 연구 논문 23편
- (13) 지오토모그래피분야 : 지오토모그래피 탐사기술에 대한 해설 논문 1편
- (14) 물성분야 : 석탄의 물성에 대한 연구논문 1편
- (15) 발파분야 : 암석발파 기술에 대한 연구논문 1편
- (16) 특허분석: 물리탐사 요소기술 1편

또한 상기한 전문분야별로 1968-2017년 사이에 발표된 총 281편의 논문을 연도별 논문편수로 대표화하면 Table 5와 같다. 표에서 뚜렷하게 나타나는 점은 본 학회가 창립된 1968년부터 1979년까지 발표된 논문편수가 12편에 불과하나, 1980년부터 1989년까지 발표된 논문편수가 57편, 1990년부터 1999년까지 발표된 논문편수가 103편으로 발표논문 편수가 급격히 증가하였으

며 2000년~2009년 76편, 2010년~2017년 36편으로 감소추세에 있다(Table 1).

지난 50년 간 발표 논문 수가 가장 많은 분야는 55편(19.6%)의 지진 및 탄성파탐사 분야이며, 중력 및 중력탐사 분야, 고지자기 분야가 각각 42편(15.0%), 전기 및 전기탐사분야가 41편(14.6%), 지구물리자료처리 분야가 23편(8.2%), 지자기 및 자력탐사분야가 20편(7.1%), 지열 및 지열탐사 분야가 18편(6.4%), 원격탐사 분야가 13편(4.6%), 전자파탐사 분야가 10편(3.6%), 물리검층 분야가 8편(2.8%), 레이더탐사분야가 4편(1.4%), 라이다, 지오토모그래피, 물성연구, 발파 및 특허분석 분야가 각각 1편(0.4%)이다. 이는 분야별 전문인력의 수와도 관계될 뿐만 아니라 우리나라에서 가장 많이 필요로 하는 활동 분야를 나타내는 것으로 볼 수 있겠다. 이러한 추세가 당분간은 계속될 것으로 사료된다. 1994년 이전의 경우, 논문 발표자의 대부분이 대학교에 소속되어 있으며, 연구소와 업계에 소속된 발표자는 불과 몇 명에 불과했으나, 1994년 이후 연구소와 업계의 발표자가 늘어나면서 학연산 공동연구가 활성화되고 있는 것은 고무적인 일이다.

3.4.6. 응용지질(지하수, 환경지질, 지질공학 포함)

응용지질 분야의 논문은 50년 동안 총 214편이 발간되었으며 이를 시기적으로 분류하면 1968년~1979년 13편, 1980년~1989년 8편, 1990년~1999년 24편, 2000년~2009년 86편, 2010년~2017년 83편이다(Table 6). 1968년~1979년 기간의 13편 논문 중 약 70%가 지하수 분야였으며, 이 중 유역별 지하수조사 3편, 국내 지하수자원 기초조사연구와 지하수개발 가능성 및 개발방안에 관한 논문이 6편으로서 게재 논문의 주류를 이룬다. 이러 사실은 우리나라의 지하수조사 및 개발 역사와 아주 밀접한 관계를 가지고 있으며, 학회에서 이에 적극적으로 대처했음을 잘 보여주고 있다. 1980년대에 발표된 응용지질 분야 논문은 1970년대에 비해 다소 저조한 8편이었으며, 그 중 7편이 지질공학적 특성조사로 이루어져 있다. 이를 다시 분류하면, 지하유류저장소 입지선정조사, 지하철노선의 지공학적인 연구, 지질재해 관련 논문 각 1편, 방사능 폐기물 처분에 관련된 연구와 순수 지공학적인 특성 조사 4편이다.

1990년대에는 1994년 학회지명이 「자원환경지질」로 변경되면서 응용지질 분야의 논문이 총 24편으로 증가되었다. 1990년대에는 암석의 지질공학적 특성, 단층대 내 면 및 선구조 도식화, 고준위폐기물 처분장 부지관련, 사면안정성 및 산사태와 관련된 지질공학적 특성

Table 5. Continued

	Gravity	Terrestrial magnetism & magnetic exploration	Paleo-magnetism	Electricity & electrical exploration	Electromagnetic induction & electromagnetic survey	Earthquake & seismic survey	Geothermal survey	Remote sensing	Radar	Lidar	Geophysical logging	Data processing for geophysics	Geotomography	Physical properties	Blast analysis	Patent analysis	Total
94	1	4	2	1		2	1				1	3					15
95	1	2	1			2						6					12
96			5	3	1	2		1	1			2					15
97	2			2	1	4		1									10
98	3		4		1	5					1						14
99	4	1	1	1		3	1				2	1					14
00	3	1		2		1		1				1					9
01			5	1	1	1		1									9
02	2	1		1	1	1	1										7
03	3			3	1	1		1									8
04		1	2				1	1									5
05	3	1				2	1		1								8
06		1	1	2	1	6	2				1	2					16
07	1		2	1		2	1										7
08	1					1						1			1		4
09							1										1
10	2					3		1				2					8
11						1	3	2									6
12		1		1				1									3
13			1	1													2
14	1	1					1	2									5
15	1	2						1				1					5
16		1								1		2					4
17						1		1	1								3
Total	28	17	24	19	6	38	13	13	4	1	5	21	0	0	0	1	281

Table 6. Contents in the articles within the field of applied geology from 1968 to 2017

Period	Classification	No. article
1968 ~1979	Groundwater survey by basin	3
	1. Hydrogeology and groundwater	1
	Development potential of groundwater	2
	Analog model	2
	2. Engineering geological characters of rock	1
1980 ~1989	3. Prehistoric culture survey(submerged districts)	1
	1. Engineering geological survey	1
	Selection of location for underground oil storage cavern	1
	Subway route	1
	Selection of location for radioactive waste	1
1990 ~1999	Engineering geological characteristics of rock	7
	Schematization of planar and linear structure in fault zone	1
	Selection of location for radioactive waste	2
	Gas response model in landfill site	1
	Slope stability	1
2000 ~2009	Landslide	1
	Groundwater survey by basin	1
	2. Hydrogeology and groundwater	2
	Basic research survey	2
	3. Conservation of groundwater & contamination estimation	6
2010 ~2017	4. Groundwater flow model	2
	Ground subsidence	5
	Engineering geological characteristics of rock	8
	1. Engineering geological survey	11
	Landslide	11
	Slope stability	11
	Soil runoff	1
	Environmental site assessment	1
	Groundwater survey by basin	10
	2. Hydrogeology and groundwater	4
	Basic research survey	4
Groundwater flow model	6	
2010 ~2017	3. Conservation of groundwater & contamination estimation	1
	Seawater intrusion	1
	Groundwater contamination vulnerability assessment	9
	4. Safety test of cultural assets	13
	5. HLW treatment	4
	6. CCS	2
	Underground research	2
	1. Engineering geological survey	8
	Landslide	8
	Engineering geological characteristics of rock	6
	Slope stability	5
2010 ~2017	Groundwater survey by basin	14
	2. Hydrogeology and groundwater	4
	Basic research survey	4
	Development potential of groundwater	5
	3. Conservation of groundwater & contamination estimation	8
	Contamination vulnerability assessment	8
Conservation, freshwater injection, restoration	4	
4. Safety test of cultural assets	9	
5. HLW treatment	3	
Stability evaluation	3	
6. CCS	17	
Underground storage	17	

조사 및 연구가 전체 논문의 50%(12편)를 차지했으며, 지질공학적 특성 조사/연구 중에서 특히 국내산 대리석의 지질공학적 특징, 풍화현상에 수반되는 화강암의 물성변화 등 암석의 지질공학적 특성 연구가 대부분을 차지했다. 1990년대에는 경제개발에 따른 무분별한 지하수자원의 개발과 각종 혐오시설의 주먹구구식 신설이 인근 지하수자원에 심각한 오염현상을 유발했기 때문으로 사료된다.

2000년대에는 응용지질 분야의 논문이 86편이나 게재되었으며, 이는 1990년대에 비해 약 4배의 논문 편수에 해당된다. 이들 중 전통적인 지질공학적 특성조사 연구 37편(43%), 수리지질 및 지하수 20편(23%)으로서 약 66%를 차지하였다. 이외에도, 문화재 안전진단 13편(15%), 지하수자원의 보전과 오염평가 10편(12%), 고준위방사성폐기물 처리 4편(5%), 이산화탄소 지중저장 2편(2.3%) 등 새로운 응용지질의 연구 분야가 부상하였다.

수리지질 및 지하수분야 연구에서는 국가 지하수 관측망의 장기 지하수위 변화 관측 자료로부터 얻은 함양률 점 추정치들로부터 남한 내륙 지역 전체에 대한 함양률의 면적 추정치를 결정하기 위하여 각 수리지질학적 변수들의 함양률에 대한 기여도를 평가한 연구(Moon and Woo, 2002)가 있었고, 지하수-하천수 연계 연구를 통해 획득된 온도자료가 지하수 유동 모델링 시 수위자료와 함께 모델보정에 유용하게 이용될 수 있다는 연구(Kim *et al.*, 2006)가 있었다. 이외에 충청북도 청원지역, 제주도 대정 및 동부지역 등의 유역별 지하수조사 연구도 있었다.

지질학에서 문화재기술(Cultural Technology: CT)로 부각되는 문화재 보존 및 복원 관련해서, 2000년대에 응용지질의 한 영역으로 상당한 연구 논문이 게재되었다. 국내에 분포하는 석조문화재에 대한 지질 및 암석학적 특징과 풍화에 관한 연구는 1990년대 말부터 시작되어 초기 단계였으나, 석조문화재를 구성하는 암석의 지질공학적 특성을 규명하여 이를 정량화하고 석조문화재의 보존 과학적 연구를 위한 문화재 안전진단에 대한 연구가 2000년대 들어서서 증가하게 되었다. 이는 정부의 문화재 비파괴진단 연구사업 지정이 암석의 지질공학적 특성연구와 결합하여 시너지를 창출하는 분야로 성장하였기 때문이다(Lee *et al.*, 2003).

지하수 환경에 대한 국가적 필요성이 부각되면서, 지하수 보전 및 오염조사에 대한 연구가 증가되었다. 지하수 오염취약성이란 매질 자체의 고유 오염 취약성과 오염물질의 특성 또는 특정 인간활동 등에 따른 특정

오염취약성으로 분류되며, 세계적으로 각국의 대수층 수리적 특성 및 사회환경 여건에 따라 오염취약성 평가기법들이 개발되어왔다(Kim, 2008). DRASTIC과 지하수 수질에 의한 창원시 지하수 오염취약성 평가(Hamm *et al.*, 2004)는 창원시의 공단지역과 주거상업지역의 지하수 오염취약성을 평가하여, 기존의 DRASTIC 평가요소뿐만 아니라 지하수 사용량과 지하수공 분포 밀도와 같은 인위적인 요소도 함께 고려하는 것이 필요하다고 했다.

2010년부터 2017년 기간에는 이전 10년 간과 유사한 연구 트렌드를 보이고 있으며, 총 83편의 논문이 게재되었다. 이들 중 전통적인 수리지질 및 지하수 분야 23편(28%), 지질공학적 특성 조사/연구 19편(23%)으로서 약 51%를 차지하고 있다. 이산화탄소 지중저장은 17편(21%)으로서 이전 10년간의 2편과 비교할 때 약 10배가 늘어날만큼 그 비중이 커지고 있다. 관련 논문들 중 동해 울릉분지 남서 주변부의 이산화탄소 저장 용량 예비 평가(Kim *et al.*, 2012) 연구에서는 방대한 양의 2D/3D 탄성과 자료와 시추공 자료에 대한 분석결과를 토대로 국내 최초로 대륙붕 해양분지 내 퇴적환경에 대한 저장 효율 계수를 적용하여 동해 울릉분지 남서 주변부에 대한 이산화탄소 저장 능력을 개략적으로 평가하였다. 지하수자원의 보전과 오염평가는 12편(15%), 문화재 안전진단 9편(11%), 고준위방사성폐기물 처리 3편(3.6%)이 게재되었다.

3.4.7. 석유·가스 에너지

에너지 분야(석탄, 석유, 신재생)관련하여 자원환경지질에 게재된 논문은 총 65편이다(Table 7). 1969년~1979년 기간에 에너지 분야 관련된 논문은 총 7편이며, 석탄관련 4편과 석유관련 3편으로 구성되어 있다. 석탄관련 논문은 국내에 부존하고 있는 한성 및 장성탄광 조사보고(2편), 석탄산업의 문제점과 대응책(1편) 및 함탄층내 chialtolite shale 개발이용에 대한 논문(1편)이 있다. 그리고, 석유관련 논문은 서남해안지역 함유층 연구(1편), 포항제3기층과 일본 유전층과의 대비(1편)과 석유조사관련 동위원소의 활용에 대한 소개(1편)로 구성되어 있다.

석탄은 국내에 비교적 풍부하게 산출되고 있으며, 에너지 자원으로서 매우 중요한 자원이었으나, 최근 생활환경의 변화와 산업구조의 변화에 따라 국내 석탄산업이 침체되고 있다. 학회의 초창기에 실린 석탄에 관한 논문은 “석탄산업의 문제점과 대응책(Huh, 1969)”으로 에너지 공급계획에 관한 자원정책에 관한

Table 7. Contents in the articles within the field of energy from 1969 to 2017

Period	Classification	No. article	
1969~1979	Coal	Problems and remedies of coal industry	1
		Development and use of chialstolite shale in coal measure	1
		Investigation report about Hanseong/Jangseong coal mine	2
	Oil	Isotope application related to oil survey	1
		Oil-bearing formation in southwest coast area	1
	Comparison between Pohang Tertiary formation and Japanese oilfield	1	
1980~1989	Coal	Relationship between mine water in Janseong coal mine and production	1
		Change of physical properties of coal by the quality of coal	1
		Coal petrological characteristics of domestic coal	2
1990~1999	Coal	Comparison of coal between Jangseong coal mine and Chinal	1
		CBM potential	1
	Oil	Relationship between degree of coalification and texture	1
2000~2009	Oil	Oilfield assessment	1
		Gashydrate, patent trend	2
		Basic research for oil survey in Jeju/Uleung basin	2
		Analysis of the development trend for oil/gas in Azerbaijan/Peru	2
	Renewable	Modelling of hydrocarbon in Oregon state, USA	1
	Thermal ice storage	2	
	Technical trend in marine energy	1	
2010~2017	Coal	Prospects for CBM development	4
		Overseas hydrocarbon reservoir	6
		Domestic gas-bearing formation	3
	Oil	Numerical modelling, dynamic model	3
		Enhanced oil recovery	3
		Shale gas estimation	3
		Oil sand reservoir	2
		Gas hydrate	2
	Renewable	Submarine oil survey, nonconventional tight gas etc	4
		Technical trend in biodiesel/ethanol, geothermal enerhy	6
		Ground heat exchanger	1
Recovery of enhanced geothermal energy		1	

논문이었다. 이어 “The Geology and Shaft Sinking at Jangseong Anthracite Mine, Gangweon-Do, Republic of Korea(Thomas, 1977)”는 탄전지질 자체가 아니라 장성탄광 수항부근의 지질을 기재하였다. “한성탄광 조사보고서(Kim, 77)”는 함탄층의 층서상 위치와 심부 발달 상황을 보고하였다. “함탄층내의 Chialstolite-shale의 개발 이용에 관한 연구(Kim and Kim, 1975)”는 강릉탄전에 분포하는 Chaistolite가 평안계 사동통의 탄질세일내에 발달한다는 산출상태와 aluminous shale이 화강암으로 인한 열변성 작용을 받아 Chialstolite를 형성하는 것으로 보고하였다.

1980년~1989년 기간에 에너지 분야 관련된 논문은 총 4편이며, 석탄관련 4편으로 구성되어 있다. “장성탄광의 항내 출수와 생산량에 미치는 영향에 관한 연구

(Kim and Kim, 1980)”는 심부개발에 따른 채탄작업에 있어서 항내출수량과 생산량과의 관계와 강우, 강설량과 생산량과의 관계를 연구한 결과이다. 이때까지는 석탄자원의 광량이나 개발에 관한 연구결과가 주로 학회지에 수록되었으나, “충남 탄전 무연탄의 특성(Park *et al.*, 1989)”이란 연구에서 처음으로 석탄암석학적 연구가 수행되어 Vitrinite, Macrinite, Semifusinite, Graphinite, Fusinite, Impregnite, Exinite 등 석탄의 구성물질의 조직성분 조성이 탄전별로 밝혀지기 시작하였으며, 탄화정도를 정량적으로 기재하였고, 탄질 평가의 지표와 공업적 및 화학적 성질에 대한 체계적인 연구가 이 연구논문 발표를 전후해서 수행되기 시작하였다. 이러한 연구는 이 분야에서의 새로운 연구의 시작이었다. 이어 발표된 “국내탄의 석탄암석학적

특성(Park *et al.*, 1989)”이란 논문은 위와 유사한 국내탄의 특성과 이들의 적절한 평가기준을 제시하였다.

1990년~1999년 기간에 에너지 분야 관련된 논문은 총 4편이며, 석탄관련 3편, 석유관련 1편으로 구성되어 있다. 석탄관련으로 “장성 탄광 석탄과 수입 중국 석탄의 지구화학적 및 물리적 특성(Chon and Kim, 1995)”이란 논문은 국내의 석탄의 공업분석, 발열량, 전유황 함량, 화학조성, 광물질조성을 비교연구했다. “석탄화도의 지표와 석탄조직성분과의 관계(Park, 1999)”이란 논문은 석탄조직성분 연구의 중요성을 제기한 연구로 석탄화도를 나타내는 지표인 비트리나이트 반사율, 스포리나이트 형광성과 석탄조직성분의 관계에 대하여 일본의 고제3기 석탄에 포함되어 있는 조직성분인 데그라디나이트의 특성과 유동성에 관한 내용을 담고 있다. “국내 무연탄층에 함유된 메탄자원의 잠재력과 그 이용가능성(Park, 1999)”은 국내 무연탄이 갖는 각종 지질조건과 물성특성이 석탄층 메탄자원 보유 및 개발을 위한 조건에 어느정도 부합되는지에 대한 개략적으로 검토한 결과이다. 석유관련으로 “수정된 Kriging법을 응용한 다목적지구통계법의 개발 및 타당성 검토(Kim *et al.*, 1993)” 논문은 저류층의 불균질한 특성을 규명하기 위한 유전평가기법을 제시했다.

2000년~2009년 기간에 에너지 분야 관련된 논문은 총 10편이며, 석유관련 7편과 신재생에너지 관련 3편으로 구성되어 있다. 석유관련으로 국내 제주와 울릉분지 석유탐사 기초연구(2편), 미국 오레곤주 타이분지 탄화수소 모델링(1편)과 국외(아제르바이잔, 페루) 석유가스개발동향 분석(2편), 가스하이드레이트 관련 기술동향(2편)이 있으며, 신재생 에너지 관련으로 “강변여과수와 천부 지하수를 이용하는 지하수 열펌프시스템의 적정유량(Hahn *et al.*, 2007)”이란 논문은 지하수를 위시한 천부지중열을 이용한 재생에너지 개발 이용 보급을 극대화하여 급변하는 국제 유가변동과 국제 환경 규제에 대한 대처를 제시하고 있다. 이외 천부지열 냉난방시스템과 조류발전관련 특허기술동향이 각각 1편 발표되었다.

2010년~2017년 기간에 에너지 분야 관련된 논문은 총 39편이며, 석유관련 26편, 신재생에너지 관련 9편, 석탄관련 4편으로 구성되어 있다. 석유관련으로 해외 탄화수소 저류층 연구(6편), 국내 합가스 퇴적층 연구(3편), 석유생산 모델링(3편), 석유회수증기기술(3편), 세일가스평가와 정보분석(3편), 오일샌드 저류층(2편), 가스하이드레이트(2편), 해저석유탐사, 비전통 치밀가스, 비재래 에너지자원 동향(4편)이 게재되었으며, 신재생

에너지 관련으로는 바이오디젤, 바이오에탄올, 지열에너지 동향(6편)과 지중열교환기와 심부지열회수관련 3편이 있다. 석탄관련으로는 석탄층 메탄가스 저류층 생산관련 논문 4편이 있다.

3.4.8. 기타

1968년~1979년 기간에는 기타 분야로 고려할 수 있는 논문이 총 8편 게재되었다. “광산속어집고(Rew, 1968)”는 고서에 수록된 광산지질학용어를 소개했으며, 비철금속의 생산, 소비시세의 추이를 논한 논문(Moon, 1969, 1970)은 자원경제 분야관련 본 학회에서 최초로 게재된 논문이다. 대한광업진흥공사(현. 한국광물자원공사) 자원조사부에서는 “자원심사와 광업개발촉진(1971)”을 통해 대한광업진흥공사에서 수행하고 있는 탐사/탐광/채광사업에 대한 소개를 하였다. 1980년~1989년 기간에는 기타 분야로 고려할 수 있는 논문이 총 4편 게재되었다. “EPMA의 지질학에의 응용(Sang, 1984)”은 지질학 전반에 걸친 전자현미분석기의 활용에 대하여 기재했으며, “한국공업화 과정에서 광물 자원의 수급구조변화와 경제성장에 있어서의 역학(Yun, 1985)”은 한국공업화 과정에서 철, 망간, 아연, 동, 텅스텐, 석회암, 흑연 등 광물자원의 수급구조 변화를 분석하여 경제성장과의 관련성을 제시했다. “Present Status of Mineral Resources, Republic of Korea(Oh and Park, 1988)”는 한국에는 330여 종의 광물이 기재되었으며, 그 중 50여 종이 광물자원으로 산출되고 있다.

1990년~1999년 기간에는 기타 분야로 고려할 수 있는 논문이 총 3편 게재되었다. “광물자원 수요예측 모형으로서의 사용강도 방법 응용(Jeon, 1990)”는 경험적인 사용강도 방법과 파생수요의 경제적이론을 초월대수 수요 모델을 결합하여 광물자원 수요를 예측하였고 사용강도방법으로서도 자원의 수요를 예측할 수 있음을 보여주었다. “광물 및 에너지 분야 경제예측 방법으로서의 배움모형(Jeon, 1990)”은 기술진보 혹은 생산성 측정과 같은 기술모형에 오랫동안 사용되어진 배움모형의 광물 및 에너지 분야 경제 예측 방법으로서의 유용성을 제시했다. “국내 광물자원의 수요-공급의 구조변화(Oh, 1990)”는 1988년 전체 금속, 비금속 광물자원의 국내 자급도는 29%였고, 26종의 비금속광물은 자급도가 66%로 높았으며 18종의 금속광물의 자급도는 6.3%에 불과했음을 보고했다.

2000년~2009년 기간에는 기타 분야로 고려할 수 있는 논문이 총 36편 게재되었다. 북한관련하여 북한의 지질학 연구활동분석(Kim *et al.*, 2002)과 북한의

광물자원개발과 남북간 자원협력방안(Kim *et al.*, 2005) 연구가 있으며, 해외 광물자원, 광업법 및 정책 관련 논문(12편), 지질자원 정책 관련 논문(10편), 자원 경제 관련 논문(11편), 과학수사지질학 소개(1편)등으로 구성되어있다.

2010년~2017년 기간에는 기타 분야로 고려할 수 있는 논문이 총 35편 게재되었다. “광물자원 조사 및 광상분야 연구 추이 분석 : 한국지질자원연구원 수행 과제를 중심으로(Kim *et al.*, 2014)” 등 지질자원 정책 관련 논문이 20편 게재되었으며, “자연재해위험지구 정비사업의 투자효과분석(Heo *et al.*, 2013)” 등 자원경제 관련 논문이 8편 게재되었다.

4. 결 론

이 연구는 학술지 「자원환경지질(舊, 광산지질)」에 수록된 논문을 대상으로 전반적인 연구동향을 종합적이고 체계적으로 살펴봄으로써 현재까지의 연구성과를 점검하고 앞으로의 발전과제를 탐색하기 위한 목적으로 수행되었다. 이를 위해 연구분야를 준거로 마련하여 분석에 적용하였다. 학술지 「자원환경지질(舊, 광산지질)」은 1968년 창간호를 시작으로 2017년 12월 50권 6호까지 총 1,886편의 논문이 수록되어있다. 본 자료는 연구분야 준거외에도 10년을 단위로 하는 시대별, 학회지명 변경시점별, 10권을 단위로 하는 권호별로 나누어 연구동향을 분석하였고 개별 연구분야별로 연구동향을 논의하였다.

「자원환경지질(舊, 광산지질)」의 게재 학술논문은 지질과학 전 분야를 포괄하고 있으나 그 가운데 가장 활발하게 연구되고 있는 분야가 ‘암석학 및 지구화학분야’이다. 암석학 및 지구화학분야는 1970년대에는 16.9% 수준으로 지질 및 지질구조 분야(18.6%)와 비등한 수준이었으나 이후 꾸준히 증가하여 1990년대에는 약 40%를 상회하는 수준으로 높은 비중을 차지하게 되었다. 이에 비해 ‘금속광상’ 분야는 창간 초기부터 1980년대에는 비교적 높은 비중을 차지했으나 1990년대부터 줄어들어 대조를 보인다. 이러한 현상은 국내 경제개발을 위해 지하자원 탐사와 개발이 절실히 요구되던 때에 금속, 비금속 및 연료광상 등 국내 부존자원에 대한 활발한 탐사와 개발로 국가의 고도 경제성장에 크게 기여했으나, 1990년대에 들어와 국가경제의 꾸준한 고도성장으로 인해 상대적으로 국내 광업분야의 국제 경쟁력이 저하됨과 동시에 환경분야에 대한 관심이 고조됨에 따라 기안한 것으로 사료된다.

본 연구는 학술지 「자원환경지질(舊, 광산지질)」의 50년 역사를 종합적으로 재조명하기 위해 수록된 논문들을 양적으로 분석하고 이를 토대로 향후 발전과제를 탐색해 봄으로써 총체적 모습을 파악하기 위한 단초를 제공했다는데 의의가 있다. 향후 본 자료의 결과를 바탕으로 각론별로 질적접근을 통한 보다 심층적인 연구동향 분석을 실시함으로써 연구흐름의 질이나 성과에 대한 심도 깊은 논의가 이루어질 필요가 있다.

사 사

본 논문은 2018년도 한국지질자원연구원 주요사업(18-3117)의 재원으로 수행된 연구입니다.

References

- Ahn, J.S., Kim, J.Y., Chon, C.M. and Moon, H.S. (2003) Mineralogical and chemical characterization of arsenic solid phases in weathered mine tailings and their leaching potential. *Econ. Environ. Geol.*, v.36, p.27-38.
- Bae, S., Yu, J., Koh, S.M. and Heo, C.H. (2015) 3D modelling approaches in estimation of resource and production of Musan iron mine, north Korea. *Econ. Environ. Geol.*, v.48, p.391-400.
- Chae, S., Bae, I., Jang, Y. and Yudinsev, S.V. (2004) Study on synthesis of pyrochlore in Gd-Ti-O and Gd-Zr-O systems. *Econ. Environ. Geol.*, v.37, p.303-309.
- Chang, K.H. (1975) General stratigraphy of Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.8, p.73-88.
- Chang, K.H. and Park, S.O. (1997) Aspects of tectonics and volcanisms recorded in Cretaceous Medial Kyongsang Basin, SE Korea. *Econ. Environ. Geol.*, v.30, p.143-151.
- Chang, T.W. (1990) Relative timing of shear zone formation and granite emplacement in the Yecheon shear zone, Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.23, p.453-463.
- Cheong, Y.W. and Chon, H.T. (1990) Engineering geological properties of some domestic marbles. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.23, p.411-424.
- Chi, J.M. (1975) A study on the genesis of fluorite deposits of South Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.8, p.25-56.
- Chi, J.M. and Kim, K.B. (1977) A study on talc mineralization of serpentinite. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.10, p.67-74.
- Choi, S.G., Park, J.W., Seo, J., Kim, C.S., Shin, J.K., Kim, N.H., Yoo, I.K., Lee, J.Y. and Ahn, Y.H. (2007) Hidden porphyry-related ore potential of the Geumseong Mo deposit and its genetic environment. *Econ. Environ. Geol.*, v.40, p.1-14.
- Choi, S.J., Chwae, W., Lee, H.K., Song, Y. and Kang, I.M. (2012) Review on the Chugaryeong fault. *Econ. Environ. Geol.*, v.45, p.441-446.
- Choi, Y., Choi, Y.W., Lee, A.N. and Kim, K.W. (2017) Use of light emitting diode for enhanced activity of sulfate

- reducing bacteria in mine drainage treatment process under extreme cold. *Econ. Environ. Geol.*, v.50, p.251-256.
- Chon, H.T. and Jung, M.C. (1991) Dispersion of toxic elements in the area covered with uranium-bearing black shales in Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.24, p.245-260.
- Chon, H.T. and Kim, M.K. (1995) Geochemical and physical properties of the Jangseong and Imported Chinese coals. *Econ. Environ. Geol.*, v.28, p.381-388.
- Chung, D., Song, Y., Park, C., Kang, I.M., Choi, S.J. and Khulganakhuu, C. (2014) Reactivated timings of some major faults in the Chugaryeong fault zone since the Cretaceous Period. *Econ. Environ. Geol.*, v.47, p.29-38.
- Chung, H.K. (1969) Studies of the transfigured plants under the environment of high Ag^+ concentration. *J. Kor. Soc. Miner. Ener. Res. Eng.*, v.6, p.100-105.
- Chung, H.K. (1971) Basic study on th symptomatic plant sampling(I). *J. Kor. Soc. Miner. Ener. Res. Eng.*, v.8, p.68-76.
- Chung, H.K., Chun, C.W. and Sung, H.J. (1972) Basic study on the symptomatic plant sampling(II). *J. Kor. Soc. Miner. Ener. Res. Eng.*, v.9, p.93-98.
- Chung, H.K. (1973) A basic study on the symptomatic plant sampling(III). *J. Kor. Soc. Miner. Ener. Res. Eng.*, v.10, p.55-61.
- Hahn, J., Han, H.S., Hahn, C. Jeon, J.S. and Kim, H.S. (2007) Optimum pumping rates of groundwater heat pump system using groundwater or bank infiltrated water. *Econ. Environ. Geol.*, v.37, p.631-645.
- Hamm, S.Y., Cheong, J.Y., Kim, M.J., Kim, I.S. and Hwang, H.S. (2004) Assessing groundwater vulnerability using DRASTIC method and groundwater quality in Changwon city. *Econ. Environ. Geol.*, v.37, p.631-645.
- Heo, B.Y., Yu, S. and Kim, S.W. (2013) Economic impact analysis of disaster mitigation projects in hazardous areas. *Econ. Environ. Geol.*, v.46, p.247-256.
- Heo, C.H., Chi, S.J., Kang, I.M. and Jin, K.M. (2014) Occurrence characteristics of Bophi Vum chromite mineralized zone in the northwestern Myanmar. *Econ. Environ. Geol.*, v.47, p.351-362.
- Heo, C.H., Ho Tien Chung, and Lee, J.H. (2012) Geochemical exploration for REE occurrences in Nghe An area within northern Vietnam. *Econ. Environ. Geol.*, v.45, p.599-622.
- Heo, C.H., Yun, S.T., So, C.S., Youm, S.J. and Lee, K.Y. (2002) Sulfide chimney from the Cleft Segment, Juan de Fuca ridge: Mineralogy and fluid inclusion. *Econ. Environ. Geol.*, v.35, p.203-210.
- Hong, Y.K. (1984) Petrology and geochemistry of Jurassic Daejeon and Nonsan granitoids in the Ogcheon fold belt, Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.17, p.179-195.
- Hwang, J.H. (1998) A new method calculating total slip of fault with fault separation. *Econ. Environ. Geol.*, v.31, p.547-555.
- Hwang, J.H., Lee, B.J. and Song, K.Y. (1994) Quaternary tectonic movement on Cheju island. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.27, p.209-212.
- Hwang, S.G., Choi, E.S. and Hwang, J. (1999) A simple vector calculation method for the true fault displacement distance. *Econ. Environ. Geol.*, v.32, p.365-371.
- Hwang, S.K., Hwang, J.H., Kim, D.H. and Howells, M.F. (1991) Tuff cones and tuff rings, and their stratigraphic relationships on the western side of Cheju island, Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.24, p.399-408.
- Ihm, M.H., Kim, Y.E. and Chang, T.W. (1991) Inferred differential stress from twinning in calcite of Gounri formation in the northern area of Woraksan, Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.24, p.177-184.
- Im, J. and Lee, Y. (2016) Isotropic compression behavior of lawsonite under high-pressure conditions. *Econ. Environ. Geol.*, v.49, p.23-30.
- Jang, Y.N., Ryou, K.W., Kim, Y.D., Kim, M.Y. and Kim, W.S. (1999) Synthesis of kaolinite from pyrophyllite by the hydrothermal reaction. *Econ. Environ. Geol.*, v.32, p.373-378.
- Jeon, G.J. (1990) A "Learning" system as an economic forecasting tool in mineral and energy industry. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.23, p.323-328.
- Jeon, G.J. (1990) Application of the intensity of use of mineral consumption forecasting. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.23, p.383-392.
- Jeon, K.S., Chang, T.W. and Lee, B.J. (1991) On the properties and intersection feature of the ductile shear zone(Chonju shear zone) near Yongkwang-Eub. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.24, p.435-446.
- Jeong, H., Moon, W., Yoon, S., Kim, Y. and Roh, Y. (2014) Changes of mineralogical characteristics of asbestos by heat treatment. *Econ. Environ. Geol.*, v.47, p.507-515.
- Jeong, H., Moon, W. and Roh, Y. (2016) Characterization of mineralogical changes of chrysotile and its thermal decomposition by heat treatment. *Econ. Environ. Geol.*, v.49, p.77-88.
- Jo, J.H. and Choi, S.H. (2013) Evolution of hydrothermal fluids at Daehwa Mo-W deposit. *Econ. Environ. Geol.*, v.46, p.11-19.
- Joo, H. and Ryu, I.C. (2012) Sedimentary facies of the Cambrian Sesong formation, Taebaeksan Basin. *Econ. Environ. Geol.*, v.45, p.565-578.
- Jung, M.Y., Kim, I.K., Sung, W.M. and Kang, J.K. (1995) Analysis of manganese nodule abundance in KODOS area. *Econ. Environ. Geol.*, v.28, p.199-211.
- Kang, I.M., Park, S.C., Moon, H.S. and You, J.H. (2003) Study on expandability and X-ray coherent scattering domain size of bentonite from Gampo and Yonil area, Korea. *Econ. Environ. Geol.*, v.36, p.1-8.
- Kang, M.J. and Lee, P.K. (2005) Mechanisms of immobilization and leaching characteristics of arsenic in the waste rocks and tailings of the abandoned mine areas. *Econ. Environ. Geol.*, v.38, p.499-512.
- Khim, Y.H., Kee, W.S. and Jin, G.M. (2010) Geological structures of Jucheon area, contact rea between Ogcheon belt and Gyeonggi Massif. *Econ. Environ. Geol.*, v.43, p.637-648.
- Kim, D.Y. and Kim, Y.D. (1980) A study on the influence of underground in-flow water to coal production in Chansung coal mine. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.13, p.229-239.
- Kim, C.M., Cho, G.J. and Shin, B.W. (1978) Geophysical survey of Gyeonggi bay. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.11, p.109-114.
- Kim, C.S. (1982) Submarine geology of continental margin of the East Sea, Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.15, p.65-88.

- Kim, G.B. (2008) Consideration of trends and applications of groundwater vulnerability assessment methods in South Korea. *J. Kor. Soc. Soil & Groundwater Env.*, v.13, p.1-16.
- Kim, I.J., Lee, B.H. and Heo, C.H. (2013) General geochemical characteristics of Dashinchilen Nb-Ta and Sant Cu occurrences in southeastern part of Khangai area, Mongolia. *Econ. Environ. Geol.*, v.46, p.455-468.
- Kim, I.J., Lee, J.H., Ryoo, C.R., Lee, B.H., Jin, K.M., Otgon-Erdene Davaasuren, Heo, C.H. and Nam, H.T. (2017) A preliminary survey result of Cu occurrence in Tsogttsetsii area, Mongolia. *Econ. Environ. Geol.*, v.50, p.313-324.
- Kim, I.K., Sung, W.M. and Jung, M.Y. (1993) Development and validation of multi-purpose geostatistical model with modified kriging method. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.26, p.207-215.
- Kim, J.D., Moon, H.S., Jin, S.J. and Kim, I.J. (1992) Mineral chemistry and stable isotope composition of sericite from the Sangdong sericite mine in the Kimhae area. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.25, p.275-282.
- Kim, J.H. and Kee, W.S. (1991) Geological structures of the Imgye area, Kangweondo, Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.24, p.43-55.
- Kim, J.H. and Kim, Y.S. (1991) Geological structures of the Taebaek-Hajang area, Samcheog coalfield, Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.24, p.27-41.
- Kim, J.H. and Koh, H.J. (1992) Structural analysis of the Danyang area, Danyang coalfield, Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.25, p.61-73.
- Kim, J.H., Koh, H.J. and Kee, W.S. (1989) The Okdong fault. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.22, p.285-291.
- Kim, J.H., Koh, H.J. and Lee, J.D. (1991) Geological structures of Yeongweol-Yemi area, Kangweondo, Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.24, p.167-176.
- Kim, J.H., Lee, J.Y. and Nam, K.H. (1992) Geological structure of the Yeongchun area, Danyang coalfield, Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.25, p.179-190.
- Kim, J.H. and Moon, H.S. (1978) Occurrences of zeolite in the Tertiary sediments. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.11, p.59-68.
- Kim, J., Ko, Y.T., Hyeong, K. and Moon, J.W. (2013) Geophysical and geological exploration of cobalt-rich ferromanganese crusts on a seamount in the western Pacific. *Econ. Environ. Geol.*, v.46, p.569-580.
- Kim, K.H., Suzuki, K., Lee, J.I. and Jang, H.K. (2008) CHIME ages of monazite from metamorphic rocks from the Precambrian Gyeonggi gneiss complex in the Shiheung and Seosan Group of the Gyeonggi massif, South Korea. *Econ. Environ. Geol.*, v.41, p.173-181.
- Kim, K.Y., Chon, C.M., Kim, T., Oh, J.H., Jeong, J.H. and Park, S.K. (2006) Use of a temperature as a tracer to study stream-groundwater exchange in the hyporheic zone. *Econ. Environ. Geol.*, v.39, p.525-535.
- Kim, M.Y., Jang, Y.N., Shin, H.J. and Bae, I.K. (1991) Growth of quartz crystals by hydrothermal temperature difference method. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.24, p.219-226.
- Kim, O.J. (1968) Stratigraphy and tectonics of Okcheon system in the area between Chungju and Munkyeong. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.1, p.35-46.
- Kim, O.J. (1970) Geology and tectonics of the mid-central region of South Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.2, p.73-90.
- Kim, O.J. (1971) Study on the intrusion epochs of younger granites and their bearing to orogenies in South Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.4, p.1-9.
- Kim, O.J. (1970) Reply to the article "On the geological age of the Ogcheon Group" by C.M. Son. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.3, p.187-191.
- Kim, O.J. (1972) Precambrian geology and structure of the central region of South Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.5, p.231-240.
- Kim, O.J. (1973) The stratigraphy and geologic structure of the metamorphic complex in the northwestern area of the Kyeonggi massif. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.6, p.201-218.
- Kim, O.J. (1975) Granites and tectonics of South Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.8, p.223-230.
- Kim, O.J. and Kim, K.H. (1974) The study of structure and petrology of the area between Susanri and Hwanggangri. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.7, p.101-122.
- Kim, O.J. and Kim, K.H. (1975) The research on the exploitation and utilization of Chiastolite bearing shale in the coal bearing strata. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.8, p.135-146.
- Kim, O.J., Lee, H.Y., Kim, S.W. and Kim, S.J. (1971) A study on geology of clay mineral deposits of Pohang-Ulsan area and their physico-chemical properties. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.4, p.167-215.
- Kim, O.J., Lee, H.Y., Lee, D.S. and Yun, S. (1973) The stratigraphy and geologic structure of the Great Limestone Series in South Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.6, p.81-114.
- Kim, O.J., Min, K.D. and Kim, K.H. (1986) Geology and mineral resources of the Okchon zone-The boundary between the Okchon and Choson systems in the south of Jechon, and the Geology in its vicinity-. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.19, p.225-230.
- Kim, O.J., Park, P.S. and Min, K.D. (1985) Studies on geology and mineral resources of the Okchon belts-geological structure of the areas between Pyongchang, Yongwol and Jechon-. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.18, p.369-379.
- Kim, O.J. and Yu, K.M. (1977) The study of structure and petrology of the area between Hachonri and Weolgulri, Jechon-gun. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.10, p.19-36.
- Kim, S.J., Noh, J.H. and Yu, J.Y. (1985) Mineralogy and genesis of bentonites from the Tertiary formations in Geumgwangdong area, Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.18, p.399-409.
- Kim, S.O., Lee, M.H., Jung, H. and Shin, W. (2014) Occurrence and mineralogical characteristics of asbestos in dolostone at Ungdo, Seosan. *Econ. Environ. Geol.*, v.47, p.489-496.
- Kim, S.S. and Park, H.D. (1999) Effects of salt crystallization on stone durability. *Econ. Environ. Geol.*, v.32, p.203-208.
- Kim, S.W. (1971) Effects of geological conditions on the geomorphological development of the southwestern coastal region of Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.4, p.11-18.

- Kim, S.W., Chang, J.H. and Park, Y.A. (1978) Bottom sediments of the Asan bay, west coast of Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.11, p.81-88.
- Kim, S.Y., Ahn, E.Y., Park, J.K. and Lee, J.W. (2014) Analysis on research projects and trends of mineral resources survey and mineral deposits: Focused on the Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources. *Econ. Environ. Geol.*, v.47, p.303-316.
- Kim, S.Y., Chi, S.J. and Park, S.W. (2011) Geochemical characteristics of granodiorite and arenaceous sedimentary rocks in Chon-Ashuu area, Kyrgyzstan. *Econ. Environ. Geol.*, v.44, p.273-288.
- Kim, S.Y., Yun, S.T. and Heo, C.H. (2002) An analysis of geological research activities in North Korea. *Econ. Environ. Geol.*, v.35, p.373-378.
- Kim, Y., Lee, K., Jo, S., Kim, M., Kim, J.S. and Park, M.H. (2012) A preliminary evaluation on CO₂ storage capacity of the southwestern part of Uleung Basin, offshore, East sea. *Econ. Environ. Geol.*, v.45, p.41-48.
- Kim, Y.J., Park, Y.S., Choo, S.H., Oh, M.S. and Park, J.B. (1991) The study on the igneous activity in the southeastern zone(SE-zone) of the Ogcheon geosynclinal belt, Korea (III). *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.24, p.261-276.
- Koh, G.W. and Park, J.B. (2010) The study on geology and volcanism in Jeju Island (II): Petrochemistry and ⁴⁰Ar/³⁹Ar absolute ages of the volcanic rocks in Gapado-Marado, Jeju island. *Econ. Environ. Geol.*, v.43, p.53-66.
- Koh, G.W. and Park, J.B. (2010) The study on geology and volcanism in Jeju Island (III): Early lava effusion records in Jeju island on the basis of ⁴⁰Ar/³⁹Ar absolute ages of lava samples. *Econ. Environ. Geol.*, v.43, p.163-176.
- Kwon, S.T. and Lan, C.Y. (1991) Sm-Nd isotopic study of the Ogcheon amphibolite, Korea: Preliminary report. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.24, p.277-285.
- Lee, B.J. and Park, B.S. (1983) The deformation properties and their formative processes in Ogcheon terrain around Ogcheon town, north Chungcheong province, Korea: *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.16, p.111-123.
- Lee, B.J. and Song, K.Y. (1995) Interpretation of geologic structure in Tertiary Pohang basin, Korea. *Econ. Environ. Geol.*, v.28, p.69-77.
- Lee, C.H., Lee, H.K. and Yin, J. (2001) Geochemistry, secondary contamination and heavy metal behavior of soils and sediments in the Tohyun mine creek, Korea. *Econ. Environ. Geol.*, v.34, p.39-53.
- Lee, C.H., Lee, M.S., Suh, M.C., Choi, S.W. and Kim, M.G. (2004) Deterioration diagnosis and source area of rock properties at the west stone pagoda, Gameunsaji temple site, Korea. *Econ. Environ. Geol.*, v.37, p.569-583.
- Lee, C.W. (1970) Study on fluid inclusions in fluorite from Sinpo mine. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.2, p.1-22.
- Lee, D.S. (1970) Geologic report on the Goobong limestone mine. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.3, p.17-24.
- Lee, D.S. (1974) Geologic report on the Gwangcheon-ri limestone mine, Yongwol-gun, Gangwon province, Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.7, p.151-156.
- Lee, D.S. and Kim, Y.J. (1985) Igneous activity in Ogcheon geosynclinal zone, Korea-with special reference to the igneous activity in its northeastern part: *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.18, p.23-39.
- Lee, D.S., Na, K.C. and Kim, Y.J. (1985) Petrologic study on the basement and the lower part of Ogcheon zone and igneous intrusives in the Pyeongchang-Jecheon area. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.18, p.381-397.
- Lee, D.S., Shimada, I. and Hayashida, N. (1976) Organic geochemical study on the black shales in Uhagri formation, Haenam Group, Jeollanamdo, Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.9, p.157-164.
- Lee, D.S. and Yun, H.S. (1979) Geochemical study of black shales in Uhagri formation, Haenam area. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.12, p.207-221.
- Lee, H.K., Yoo, B.C. and Kim, S.J. (1996) Ore minerals, fluid inclusions and stable isotopes of the Yucheon bismuth deposits, Korea. *Econ. Environ. Geol.*, v.29, p.139-150.
- Lee, J.H. and Kim, Y.D. (2003) Geology and ore deposit of the Apdong Nb-Ta mine, north Korea. *Econ. Environ. Geol.*, v.36, p.407-413.
- Lee, J.S. and Chon, H.T. (2005) Risk assessment of arsenic by human exposure of contaminated soil, groundwater and rice grain. *Econ. Environ. Geol.*, v.38, p.535-545.
- Lee, J.S., Klinck, B., Moore, Y. and Chon, H.T. (2000) Environmental contamination and bioavailability of toxic elements around the Daduk mine area, Korea. *Econ. Environ. Geol.*, v.33, p.273-282.
- Lee, J.U., Lee, S.W. and Kim, K.W. (2001) Microbial effects on geochemical behavior of arsenic under aerobic condition and their applicability to environmental remediation. *Econ. Environ. Geol.*, v.34, p.345-354.
- Lee, J.Y. (1969) Geochemistry study in Ogdong, Seobyeogri and Gyesanchon Quadrangle. *J. Geol. Soc. Korea*, v.5, p.211-227.
- Lee, J.Y. and Park, B.S. (1982) Structural layers and history of folding in the western part of the Baegunsan syncline, Samcheog coalfield, south Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.15, p.41-47.
- Lee, K.C. (1985) Sedimentary petrology and depositional environments of the Sindong Group in the Euseong Subbasin. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.18, p.289-299.
- Lee, Y.D. and Choi, K.S. (1983) Sedimentological study of littoral beach sand in Busan area, south Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.16, p.65-78.
- Min, K.D. and Kim, W.Y. (1977) A study on the structural deformation in the sedimentary layer resulted from magma intrusion. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.10, p.37-48.
- Moon, H.S. (1975) A study on genesis of alunite deposits of Jeonnam area. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.8, p.183-202.
- Moon, H.S. (1985) Thermal behavior of some montmorillonites with related their chemical compositions. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.18, p.253-261.
- Moon, H.S. (1986) Hydrogen and oxygen isotopic compositions of Tertiary montmorillonites in southern Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.19, p.131-138.
- Moon, H.S. and Kim, S.T. (1988) The origin and mineralogy of the Dongyang talc deposit. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.21, p.235-255.
- Moon, H.S., Kim, Y.H., Kim, J.H. and You, J.H. (1990) K-Ar ages of alunite and sericite in altered rocks and volcanic rocks around the Haenam area, southwest Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.23, p.135-141.

- Moon, H.S. and Morgan, D.J. (1983) Some mineralogical and physico-chemical properties of fuller's earths from Tertiary sediments in South Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.16, p.149-161.
- Moon, H.S., Yun, H., Min, K.D., Lee, H.K. and Lee, J.C. (1990) Variations of clay mineral assemblage, color, and microfossil abundance in the Tertiary sediments from the Pohang area during chemical weathering. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.23, p.201-213.
- Moon, J.W. and Moon, H.S. (1995) Occurrences and genetic environment of the Bobae sericite deposit, Pusan area. *Econ. Environ. Geol.*, v.28, p.93-107.
- Moon, K.J. (1988) Study on fluid inclusion and genetic modelling of pegmatites at the Maewol feldspar mine. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.21, p.381-387.
- Moon, S.K. and Woo, N.C. (2002) Contribution of hydrological factors to groundwater recharge ratio. *Econ. Environ. Geol.*, v.35, p.479-490.
- Moon, W.J. (1969) The transition of production, consumption and price of non-ferrous metals. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.2, p.1-25.
- Moon, W.J. (1970) The latest trend of production, consumption and price of non-ferrous metals. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.3, p.141-161.
- Na, K.C., Kim, H.S., Lee, D.J. and Lee, S.H. (1982) Comparative studies between Chungju and Seosan groups. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.15, p.177-188.
- Na, K.C., Kim, H.S. and Lee, S.H. (1982) Stratigraphy and metamorphism of Seosan group. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.15, p.33-39.
- Oh, K.C., Yoon, C.H., Kim, K.W., Park, C.Y., Kim, C.B., Yang, D.Y., Kim, J.Y. and Lee, K.R. (2001) Characteristics of environmental contamination for the groundwater and stream water in the vicinity of the Woonjeongdong sanitary landfill area in Kwangju-city, Korea. *Econ. Environ. Geol.*, v.34, p.523-537.
- Oh, M.S. and Park, N.Y. (1988) Present status of mineral resources, Republic of Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.21, p.315-324.
- Oh, M.S. (1990) The changing structure of demand-supply for mineral resources in South Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.23, p.309-322.
- Park, B.K. and Kim, S.W. (1971) Recent tectonism in the Korean peninsula. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.4, p.39-43.
- Park, B.K. and Han, S.J. (1985) Origin of carbonate flat pebble conglomerate of the Upper Cambrian Hwajol Formation, Chson Supergroup, Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.18, p.177-184.
- Park, C.Y., Kim, S.O. and Kim, B.J. (2010) The characteristic of selective attachment and bioleaching for pyrite using indigenous acidophilic bacteria at 42?. *Econ. Environ. Geol.*, v.43, p.109-121.
- Park, D.W., Hong, S.S., Kim, C.J., Lee, C.O., Lee, B.T. and Yun, H.S. (2004) Geology and occurrence of black sandstone and black shale dimension stones, Korea. *Econ. Environ. Geol.*, v.37, p.585-601.
- Pak, H.B. (1980) Hydrothermal syntheses of hydrous minerals, brucite, xonotlite, talc, tremolite and antigorite. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.13, p.65-68.
- Park, H.B., Kwon, S.M., Park, B.Y. and Sin, S.E. (1982) A study on the genesis and distribution of high refractory ore minerals in Jeonnam province, Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.15, p.89-102.
- Park, H.B., Park, B.Y., Shin, S.E. and Huh Min(1988) A study on the ceramic and clay mineral resources and its genesis in Cheonnam province and Hadong area. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.21, p.1-15.
- Park, H.I. (1976) Fluid inclusion studies of the fluorite deposits in Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.9, p.27-44.
- Park, H.S. (1999) Relationship between maceral composition and some parameters indicating the degree of coalification. *Econ. Environ. Geol.*, v.32, p.83-91.
- Park, H.S. and Park, S.W. (1989) Coal petrological characteristics of Korean coal. *J. Korean Inst. Mining Geol.*, v.22, p.141-150.
- Park, I.S. and Min, K.D. (1980) Quantitative analysis on the structure of Hambaek syncline. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.13, p.141-158.
- Park, J.W., Park, G., Heo, C.H. and Kim, J. (2017) A geochemical indicator in exploration for the Kalaymyo chromitite deposit, Myanmar. *Econ. Environ. Geol.*, v.50, p.4235-433.
- Park, K.H. and Kim, S.E. (1985) A layered felsic diatreme near Weolseong, Kyeonsangnamdo, Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.18, p.357-368.
- Park, M.E., Choi, I.S., and Kim, J.S. (1992) Hydrothermal solution-rhyolite reaction and origin of sericite in the Yukwang mine. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.25, p.225-232.
- Park, M.H., Kim, I.S. and Ryu, B.J. (2003) Stratigraphy of Late Quaternary core sediments and comparative study of the tephra layers from the northwestern Uleung basin of the East sea. *Econ. Environ. Geol.*, v.36, p.225-232.
- Park, M.H., Ryu, B.J., Kim, I.S., Cheong, T., Lee, Y. and Yu, K.M. (2002) Stratigraphical and sedimentological studies on the core sediments from the southwestern Uleung basin, East Sea. *Econ. Environ. Geol.*, v.35, p.171-177.
- Park, N.Y., Kim, S.Y., Min, K.D. and Moon, H.S. (1993) 25th anniversary special edition of the Korean Institute of Mining Geology, 120p.
- Park, S.W. (1999) Coalbed methane potential for Korean anthracite and possibility of its utilization. *Econ. Environ. Geol.*, v.32, p.113-121.
- Park, S.W. and Park, H.S. (1989) Property of the Jurassic anthracite. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.22, p.129-139.
- Park, Y.S., Jang, B.A., Kim, C.B. and Kang, S.S. (2007) Analysis of calcite twins as indicators of paleostress history. *Econ. Environ. Geol.*, v.40, p.461-471.
- Park, W.C. (1979) Cation exchange capabilities, swelling, and solubility of clay minerals in acidic solutions: A literature review. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.11, p.41-49.
- Rew, B.H. (1968) Description of mining dialect in Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.1, p.54-69.
- Ryoo, C.R., Kim, J.S. and Lee, H.Y. (2008) WNW trending lineament and criteria of left-lateral displacement around Haman-Uiryeong, Korea. *Econ. Environ. Geol.*, v.41, p.465-468.
- Ryu, I.C. and Kim, T.H. (2007) Stratigraphy of the Kachi-1 well, Kunsan basin, offshore western Korea. *Econ. Environ. Geol.*, v.40, p.473-490.
- Ryu, I.C. and Kim, T.H. (2009) Stratigraphy and geological structure of the northwestern Okcheon metamorphic

- belt near the Chungju area. *Econ. Environ. Geol.*, v.42, p.9-25.
- Ryu, I.C., Ryu, S.Y. and Son, B.K. (2009) Geochemical study of the Jigunsan shale: A sequence stratigraphic application to defining a middle Ordovician condensed section, Taebaksan basin. *Econ. Environ. Geol.*, v.42, p.27-53.
- Ryuu, B.H. (1971) A preliminary report on the geology and ore deposit of Daehung dolomite mine. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.4, p.113-119.
- Sang, K.N. (1976) Natural Zeolites. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.9, p.165-168.
- Sang, K.N. (1984) The application of electron microprobe analysis in the geological science. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.17, p.315-320.
- Shin, B.W. and Hyun, J.K. (1985) A study on the building stone resources in Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.18, p.263-276.
- Shin, S.E. and Park, H.B. (1990) The mineral compositions and geochemical characters of pyrophyllite, kaolinite, and alunite deposits of southwestern Cheonnam, Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.23, p.11-23.
- Shin, S.E. and Park, H.B. (1992) A geochemical study on the alunite zone of the Nohwa pyrophyllite deposits. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.25, p.373-378.
- So, C.S. and Lee, K.H. (1974) A study on the recent sediments of Han river. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.7, p.87-100.
- Son, C.M. (1970) On the geological age of the Ogcheon group. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.3, p.9-15.
- Son, C.M. (1971) On the Precambrian stratigraphy of Eastern Asia. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.4, p.19-32.
- Son, C.M. (1973) A discussion on the stratigraphy of the so-called Great Limestone Series. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.4, p.219-230.
- Son, C.M. and Cheong, J.G. (1977) On the geologic structure of Pyeonchang-Jeongseon area. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.10, p.165-176.
- Song, D.S., Lee, J.U., Ko, I.W. and Kim, K.W. (2007) Study on geochemical behavior of heavy metals by indigenous bacteria in contaminated soil and sediment. *Econ. Environ. Geol.*, v.40, p.575-585.
- Song, S., Lim, H. and Lee, W. (2013) Genetic differences of two asbestos mines, Boryeong area. *Econ. Environ. Geol.*, v.46, p.165-178.
- Song, Y. (2012) Illite polytypes: The characteristics and the application to the fault age determination. *Econ. Environ. Geol.*, v.45, p.181-188.
- Song, Y., Bui Hoang Bac and Lee, Y.B. (2009) Single-walled hollow nano-tubes and nano-balls assembled from the aluminogermanate precursors. *Econ. Environ. Geol.*, v.42, p.501-507.
- Song, Y., Park, C., Sim, H., Choi, W., Son, M. and Khulganakhuu, C. (2016) Reactivated timings of Yangsan fault in the Sangcheonri area, Korea. *Econ. Environ. Geol.*, v.49, p.97-104.
- Song, Y.H., Chang, H.W. and Kwak, Y.H. (1987) Organic geochemical study of the Neogene Yeonil group in Pohang area, Korea. *J. Geol. Soc. Kor.*, v.23, p.277-284.
- Suh, H.G. (1981) Geology of the western part of the Samcheog coalfield. *J. Geol. Soc. Korea*, v.17, p.117-121.
- Suh, K.S. and Park, H.I. (1986) Mesozoic igneous rocks in the Bupyeong district. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.19, p.179-192.
- Sunwoo, C. and Lee, B.J. (1990) Computational treatment for plotting of the planar and the linear structures in fault zone. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.23, p.359-366.
- Sunwoo, D. (2003) Seismic structure in the northwestern margin of the Okinawa trough. *Econ. Environ. Geol.*, v.36, p.491-499.
- Thomas, L.P. (1977) The geology and shaft sinking at Jangseong anthracite mine, Gangweondo, Republic of Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.10, p.93-96.
- Wee, S.M., Choi, S.G., Ryu, I.C. and Shin, H.J. (2006) Geochemical characteristics of the Cretaceous Jindong granites in the southwestern part of the Gyeongsang basin, Korea: Focussed on adakitic signature. *Econ. Environ. Geol.*, v.39, p.555-566.
- Woo, Y.K., Choi, S.W. and Park, K.H. (1991) Genesis of talc ore deposits in the Yesan area of Chungnam, Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.24, p.363-378.
- Yang, J.S. and Lee, H.K. (2014) Quaternary fault activity of the Yangsan fault zone in the Samnam-myeon, Ulju-gun, Ulsan, Korea. *Econ. Environ. Geol.*, v.47, p.17-27.
- Yoo, B.C., Lee, G.J., Lee, J.K., Ji, E.K. and Lee, H.K. (2009) Element dispersion and wallrock alteration from Samgwang deposit. *Econ. Environ. Geol.*, v.42, p.177-193.
- Yoon, S., Chang, K.H., Yu, H.S. and Lee, Y.G. (1991) Tectonic history of the Tertiary basins of the southern Korean peninsula. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.24, p.301-308.
- Yoon, S.J. and Moon, H.S. (1994) The effects of acid treatment of bentonite on its crystal structure. *Econ. Environ. Geol.*, v.27, p.507-521.
- Yu, K.M. (1985) Analyses of mineral composition and grain size of the sandstones from the Daedong Group. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.18, p.277-288.
- Yun, S. (1973) Geothermometrical studies of fluorite deposits with special reference to the studies of fluorites from the Wolaksan area and Cheonil mine, Chungcheongbuk-do. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.6, p.195-200.
- Yun, S. (1985) The changing patterns of demand-supply and role of mineral resources in economic growth during industrialization of the Republic of Korea. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v.18, p.65-92.
- Yun, S.T., Choi, S.H., Heo, C.H., So, C.S., Chae, G.T. and Kim, J.W. (1999) Hydrothermal antimony deposits: Geochemical study. *Econ. Environ. Geol.*, v.32, p.435-444.
- Yun, S.T. and Youm, S.J. (1997) Temporal variations of ore mineralogy and sulfur isotope data from the Bugok cobalt mine, Korea: Implications for genesis and geochemistry of Co-bearing hydrothermal system. *Econ. Environ. Geol.*, v.30, p.289-301.
- Yun, Y.H., Park, D.H., Kim, Y.W., Cho, W.H., Park, C.Y. and Yoon, C.H. (2000) Heavy metal concentrations in the soil of Yoecheon industrialized complex area. *Econ. Environ. Geol.*, v.33, p.379-389.