

## 海水로부터 稀有金屬 回收 研究動向

金鍾憲 · 魯旻瓏 · 金相佑 · 崔聖培 · \*吉相哲

韓國科學技術情報研究院

### R&D Trends of Rare Metals Recovery from Seawater

Jong-Heon Kim, Kyung-Ran Noh, Sang-Woo Kim, Sung-Bae Choi and \*Sang-Cheol Kil

Korea Institute of Science and Technology Information

#### 요 약

해양광물자원은 크게 해저면에 부존되어 있는 해저광물자원과 해수 중에 녹아 있는 해수광물자원으로 대별된다. 해수에는 막대한 양의 유용광물이 녹아 있어 회수기술 개발이 완료되면 상업화 가능성이 큰 것으로 알려져 있다. 21세기에 들어 육상금속자원의 저품질화 및 매장량 고갈에 따라 자원 보유국들이 자원을 무기화 하는 경향이 심화되고 있다. 따라서 대부분의 금속자원을 수입에 의존하는 우리나라는 삼면이 바다인 지리적 특성을 살려 해수로부터 희유금속 회수기술 개발에 적극적으로 나설 필요가 있다. 본 연구에서 해수로부터 희유금속 회수관련 논문분석 결과, 미국이 495편의 논문을 게재하여 양적 질적으로 가장 우수한 것으로 나타났다. 연구기관별로 보면 Chinese Acad. Sci.가 152편의 논문을 게재하여 양적으로 많은 연구가 이루어졌으며, 31편의 논문을 게재한 Univ. Oxford는 질적으로 가장 우수한 것으로 나타났다.

주제어 : 희유금속, 회수기술, 해수광물자원, 정보분석

#### Abstract

Marine mineral resources are classified into submarine and seawater mineral resources. In seawater, huge amounts of useful minerals, such as uranium, lithium, magnesium, aluminum, zinc, iron, silver, copper, vanadium, nickel, titanium and cobalt are present. If the rare metals recovery technology from seawater is developed, the commercialization of the process will be possible. For the 21st century, countries rich in resources tend to weaponize the resources, according to the depletion of reserves and quality degradation of metal resources in the land. Therefore, Korea that relies on imports for most of the metal resources, should focus on the research and development of the rare metals recovery technology from seawater by using the geographical characteristics of the country that is on three sea-sides.

**Key words** : rare metal, recovery technology, seawater mineral resource, information analysis

\* Received : July 24, 2013 · Revised : September 2, 2013 · Accepted : September 23, 2013

\*Corresponding Author : Sang-Cheol Kil (E-mail : kilsc@kisti.re.kr)

Department of Technology Information Analysis Center, Korea Institute of Science and Technology Information, 66 Hoegi-ro, Dongdaemun-gu, Seoul, 130-741, Korea

Tel : +82-2-3299-6112 / Fax : +82-2-3299-6117

©The Korean Institute of Resources Recycling. All rights reserved. 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 the original work is properly cited.

## 1. 서 론

희유금속(rare metal)은 지각 내에 존재량이 적거나 추출이 어려운 금속자원 중 현재 산업적 수요가 있으며, 향후 수요가 늘어날 것으로 예상되는 금속원소이다. 희유금속은 극소수의 국가에 매장량과 생산이 편재되어 있거나 특정국에서 전량을 수입해 공급 하는데 위험성이 있는 금속원소이다<sup>1-3)</sup>. 학술적 기준이 아닌 산업적 기준에 따라 희유금속을 분류하고 있어 국가 혹은 시대에 따라 그 대상이 변화될 수 있다. 우리나라는 리튬, 마그네슘, 세슘, 베릴륨, 스트론튬, 바륨, 희토류, 티타늄, 지르코늄, 하프늄, 바나듐, 니오븀, 탄탈륨, 크롬, 몰리브덴, 텅스텐, 망간, 레늄, 코발트, 니켈, 백금족, 카드뮴, 갈륨, 인듐, 탈륨, 붕소, 게르마늄, 인, 비소, 안티몬, 비스무스, 실리콘, 셀레늄, 텔루륨, 주석(단 희토류는 희토류 원소 17종, 백금족(PGM)은 백금족 원소 6종을 의미) 등 35종의 금속원소로 정의하고 있다<sup>1-3)</sup>.

희유금속은 단일 원료물질 또는 기능성소재 제조 시 소량씩 첨가되나 소재의 다양한 기능을 결정하는 요소물질로서의 역할을 수행하며, 첨단산업이 발달하면서 그 중요성이 날로 부각되고 있다. 한편, 희유금속은 산업 경쟁력 확보에 필수 불가결한 소재로서 희소성이 높고, 중국·러시아 등 소수의 나라에 편재되어 있을 뿐 아니라, 최근 자원보유국들은 수출세 인상, 외자의 자원개발 참가 규제 등의 수출억제책 확대를 통해 자국 자원의 유출방지를 강구하고 있다.<sup>1)</sup> 따라서, 비 자원보유국들은 희유금속을 확보하기 위한 노력의 일환으로 해수로부터 희유금속 회수 기술개발에 집중하고 있다.

미국은 최근 희유금속 대체재 개발 및 자국 내 생산·비축 확대를 위한 법안을 발의하여(2010.9) 환경오염, 생산비용 등의 문제로 2002년에 폐광된 마운틴패스(Mountain Pass) 희토류 광산의 재개발을 추진하는 등 중국의 자원무기화에 대응한 국가 차원의 희유금속 확보를 위한 지원이 이루어지고 있다. 하지만 이러한 국가 안보차원에서의 전략적 희유금속의 중요성과 더불어 최근에는 청정에너지 산업에 필요한 희유금속의 확보와 공급리스크 관리로 관심이 확대되고 있다. 현 미국 정부의 그린뉴딜정책의 시행으로 그 핵심 원재료인 희유금속의 수요가 증가하고 있는 가운데, 주요 희유금속으로 인듐, 망간, 니오븀, 희토류, 백금을 선정하여 확보에 적극 나서고 있다<sup>4)</sup>. EU는 2010년 6월 'EU의 주요 원자재 확보 방안(Critical raw materials for the EU)'을 발표하여 희유금속의 안정적 확보를 위한 EU의 공동대

응을 촉구하였다<sup>4)</sup>. 일본은 경제산업성이 '희유금속 안정적 공급대책(2007.6)' 및 '희유금속 확보전략(2009.7)'을 수립·발표하여 희유금속 자원고갈 및 수급불안에 선제적으로 대응해 나가고 있다<sup>5)</sup>. 중국은 자국에서 생산되는 희유금속의 "수정" 전략을 강화함으로써 신소재 및 하이테크 글로벌 기업의 중국 현지이전 압력을 가하고 있다. 또한 글로벌 광물 메이저에 대한 인수합병을 추진하는 한편 ODA, 차관, 관세 혜택을 활용하여 아프리카 등 제3세계 자원보유국과의 협력을 강화하고 있다<sup>5)</sup>.

지구의 약 70%를 차지하는 해수에는 우라늄(41억 톤) 외에 우리나라 10대 전략 희유금속(망간 27억 톤, 몰리브덴 140억 톤, 코발트 1억4천만 톤, 텅스텐 1억4천만 톤, 티타늄 14억 톤, 리튬 2천억 톤, 마그네슘 1천840조 톤, 인듐 272억 톤, 희토류 42억 톤, 크롬 6천800만 톤)과 바나듐(27억 톤), 게르마늄(8천만 톤), 비스무스(2천만 톤) 등을 포함한 80여 종의 금속이 저 농도의 이온형태로 막대한 양이 용존 되어 있다<sup>6)</sup>. 이 엄청난 양의 희유금속을 해수로부터 회수하기 위해 이온교환법, 용매추출법, 공침법 등의 다양한 방법들이 연구되어 왔다<sup>7-11)</sup>.

우리나라는 육상 희유금속 자원이 부족하여 대부분의 희유금속을 수입에 의존하고 있는 실정이지만, 삼면이 바다에 둘러싸여 있어 해양 자원은 무한하다. 따라서 희유금속을 비롯한 각종 해양자원을 적극적으로 개발할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 해수로부터 희유금속 회수 관련 국내의 논문을 분석하였다. 본 연구결과가 국내 산학연 연구자들에게 연구개발의 방향 설정과 미래유망 산업을 위한 새로운 정보자료로 활용되기를 바란다.

## 2. 연구방법

이 연구에서는 학술정보분석을 위해 미국 학술정보회사 톰슨로이터스(Thomson Reuters)의 Web of Science 데이터베이스를 이용하여, 2000년부터 2012년 7월까지 발표된 해수로부터 희유금속 회수 관련 논문을 Table 1의 검색식으로 조사하였다. 분석방법은 KISTI에서 개발한 계량정보분석시스템을 이용하였다<sup>12)</sup>.

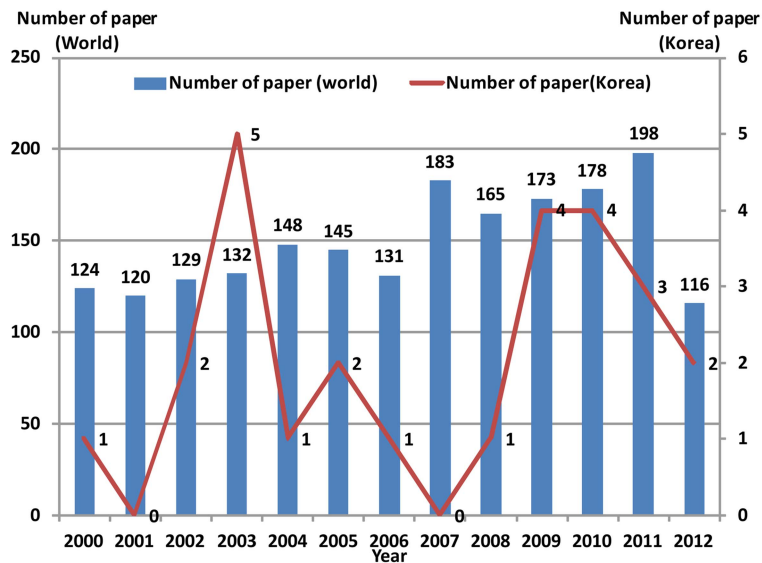
## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 학술논문 추이

Table 1 검색식으로 검색된 논문은 총 1,942편이며, 이 중 적어도 1회 이상 인용된 논문 수는 1,656편

**Table 1.** The used query for searching papers of rare metals recovery technology from seawater

No.	Search Query
1	Topic=(Scandium or Yttrium or Lanthanum or Cerium or Praseodymium or Neodymium or Promethium) OR Topic=(Samarium or Europium or Gadolinium or Terbium or Dysprosium or Holmium or Erbium) OR Topic=(Thulium or Ytterbium or Lutetium) Databases=SCI-EXPANDED Timespan=2000-2012 Lemmatization=On
2	Topic=(rare earth) OR Topic=(rare metal*) Databases=SCI-EXPANDED Timespan=2000-2012 Lemmatization=On
3	Topic=(sea or ocean) OR Topic=(seawater*) Databases=SCI-EXPANDED Timespan=2000-2012 Lemmatization=On
4	Topic=(extract* or separat* or preparat* or analy* or detarmin*) OR Topic=(geochem* or distribut* or concentrat* or min*) OR Topic=(recover* manufact* or hydrometal* or metallurg*) Databases=SCI-EXPANDED Timespan=2000-2012 Lemmatization=On
5	#1 OR #2 Databases=SCI-EXPANDED Timespan=2000-2012 Lemmatization=On
6	#3 AND #4 AND #5 Databases=SCI-EXPANDED Timespan=2000-2012 Lemmatization=On



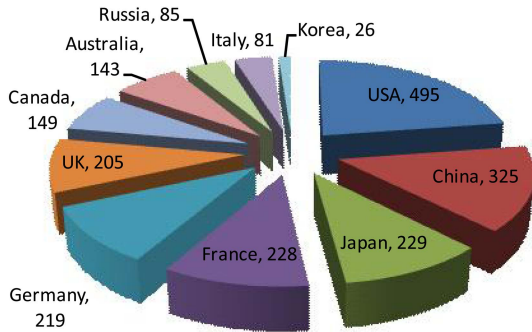
**Fig. 1.** The trend of annual papers on rare metals recovery technology from seawater.

(85.27%)이다. 분석 대상 기간 중 연평균 증가율은 논문 수 기준 -0.55%, 누적 논문 수 기준 25.77%인 것으로 나타났다. 논문은 매년 100편 이상 지속적으로 게재되었으며, 2007년도 183편이 게재된 것을 기점으로 2008년 다소 감소하다가 2009년부터 조금씩 증가하였다. 2007년부터는 매년 150편 이상의 논문이 게재되었다. 한편 우리나라는 2001년과 2007년을 제외하고 매년 1~5편의 논문이 게재되었으며, 2003년도가 5편으로

가장 많은 논문이 게재되었다(Fig. 1).

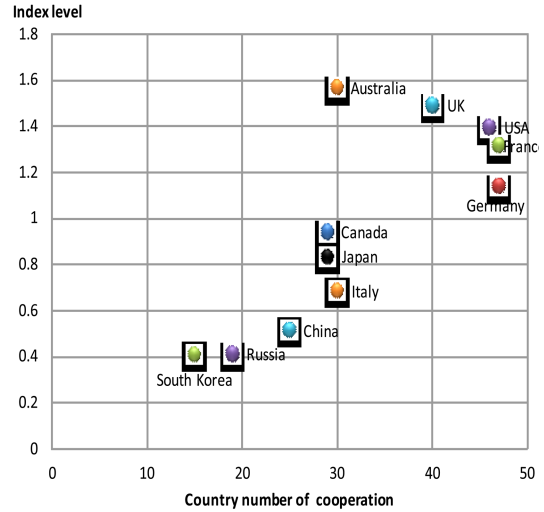
### 3.2. 국가별 분석

국가별 논문 현황에 대한 분석결과는 Fig. 2와 같다. 국가별 분류는 검색된 논문 1,942편의 저자 국적 분석을 통해 수행되었다. 세계적으로 93개 국가에서 관련 연구가 이루어진 것으로 나타났다. 이들 국가 중 미국이 495편의 논문을 게재하여 전체 1,942편의 논문 중



**Fig. 2.** The number of papers on rare metals recovery technology from seawater by the major country and Korea.

25.49%를 점유하며 가장 많은 논문을 게재한 것으로 나타났다. 중국은 325편(16.74%), 일본은 229편(11.79%)의 논문을 게재하여 각각 2, 3위를 차지하였다. 한편, 우리나라는 26편(1.34%)의 논문을 게재하여 21위를 차지하였다. 전체 국가 중 상대적으로 논문 수가 많은 10개 국가와 우리나라의 연도별 논문 추이를 종합하여 Table 2에 나타내었다. 가장 많은 논문을 발표한 미국(495편)은 증가와 감소를 반복하면서 2011년까지 증가세를 나타내었으며, 2008년도는 약간 저조한 경향을 보였다. 반면 미국에 이어 두 번째로 논문 수가 많은 중국(325편)은 2006년을 기점으로 급격히 증가하였다. 반면 3위인 일본(229편)은 2007년까지는 미국 다음으로



**Fig. 3.** The index level of papers and the status of joint research countries (native country not included) on rare metals recovery technology from seawater by the major country and Korea.

많은 논문을 발표하였으나 이후 논문 수가 급격히 감소하였다. 우리나라는 2000년부터 2012년까지 증가와 감소를 반복하고 있다.

국가별 논문 수준 및 국제공동연구 현황을 분석한 결과는 Fig. 3과 같다. 국가별 논문 수준을 평가하기 위하여, 전체 논문의 평균 피인용 수에 대한 특정 국가 발표 논문의 평균 피인용 수의 비로서 피인용 수에 기

**Table 2.** The trend of annual papers on rare metals recovery technology from seawater by the major country and Korea

Rank	Country	Annual number of papers														Ratio (%)
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Total	
1	USA	24	28	34	33	47	39	38	44	37	48	44	49	30	495	25.49
2	China	8	4	15	13	15	18	17	43	38	39	37	43	35	325	16.74
3	Japan	20	9	12	20	26	23	22	30	15	16	11	16	9	229	11.79
4	France	18	14	21	16	14	19	15	21	17	19	25	22	7	228	11.74
5	Germany	10	12	13	21	11	18	12	18	18	19	22	35	10	219	11.28
6	UK	10	19	11	14	15	15	11	13	20	22	20	21	14	205	10.56
7	Canada	9	15	7	7	5	8	10	17	16	21	10	15	9	149	7.67
8	Australia	9	11	8	6	19	2	10	17	15	8	10	13	15	143	7.36
9	Russia	4	12	5	3	4	7	3	8	3	5	11	16	4	85	4.38
10	Italy	4	3	6	2	7	8	5	6	7	8	11	8	6	81	4.17
21	Korea	1	0	2	5	1	2	1	0	1	4	4	3	2	26	1.34

받을 둔 수준지수(Index level)를 활용하였다. 수준지수가 1.0인 경우 특정 국가가 발표한 논문의 평균 피인용수가 해당 분야 전체 논문의 평균 피인용수와 같음을 의미하며, 1.0을 초과하는 경우는 해당 분야 평균 피인용수에 비해 높음을 의미한다.

국가별 논문의 수준지수는 오스트레일리아가 가장 높은 값(1.567)을 보여 논문의 피인용 관점에서 질적 수준이 가장 우수한 것으로 나타났다. 분야 평균 이상의 수준을 보이는 국가는 영국(1.489), 미국(1.394), 프랑스(1.315), 독일(1.139)이며, 이들 국가별 차이는 0.4가 안 되어 피인용도 관점에서 본 논문의 질 차이는 그다지 크지 않은 것으로 나타났다. 한편, 우리나라는 수준지수가 0.409로 평균 이하로 나타났다. 미국이 논문편수 495편, 수준지수 1.394로 연구개발이 가장 활발하게 이루어졌을 뿐만 아니라 발표한 논문의 수준도 우수한 것으로 나타났으며, 우리나라는 논문편수 26편, 수준지수 0.409로 모두 선진외국에 비해 떨어지는 것으로 나타났다.

국가별 국제공동연구 현황은 논문 저자 국적 분석을 통해 국제공동연구 네트워크 현황을 조사하였다. 독일, 프랑스, 미국, 영국이 각각 47개국, 47개국, 46개국, 40개국과 공동연구를 수행한 것으로 나타났으며, 러시아와 우리나라는 각각 19개국과 15개국으로 비교적 국제적 공동연구가 활발하지 못하였다.

### 3.3. 연구기관별 분석

논문 저자 소속기관을 분석한 결과 세계적으로 1,510개 기관에서 관련 연구가 수행되는 것으로 나타났다. 이들 연구기관 중 Chinese Acad. Sci가 152편의 논문을 게재하여 전체 1,942편의 논문 중 7.83%를 점유하여 가장 많은 논문을 게재한 것으로 나타났다. Russian Acad. Sci는 64편(3.3%), China Univ. Geosci는 54편(2.78%)의 논문을 게재하여 각각 2, 3위를 차지하였다(Fig. 4).

주요 연구기관의 연도별 논문 수 추이를 보면, 2000년대 초반에는 Univ Tokyo, Nagoya Univ. 등 일본

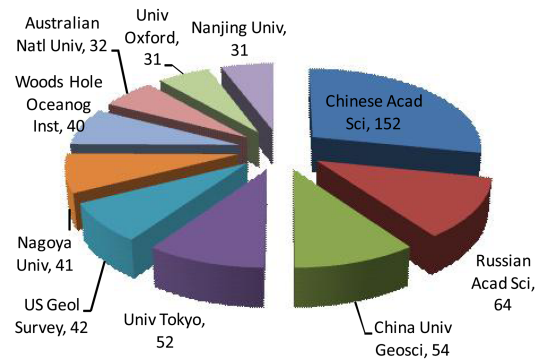


Fig. 4. The number of papers on rare metals recovery technology from seawater by the major institute.

Table 3. The trend of annual papers on rare metals recovery technology from seawater by the major institute

Rank	Institute	Annual number of papers														Ratio (%)
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Total	
1	Chinese Acad Sci	3	0	7	5	4	7	5	19	25	22	18	19	18	152	25.5
2	Russian Acad Sci	2	9	5	3	2	5	2	5	2	4	9	12	4	64	16.7
3	China Univ Geosci	2	0	1	1	1	2	3	9	5	9	1	10	10	54	11.8
4	Univ Tokyo	6	3	3	4	6	5	6	8	2	4	0	4	1	52	11.7
5	US Geol Survey	1	1	1	3	5	2	2	5	9	5	3	3	2	42	11.3
6	Nagoya Univ	5	5	2	3	4	4	5	2	4	2	3	1	1	41	10.6
7	Woods Hole Oceanog Inst	2	6	1	4	1	5	2	2	2	4	7	2	2	40	7.7
8	Australian Natl Univ	2	2	3	2	6	1	1	3	4	2	1	1	4	32	7.4
9	Univ Oxford	1	2	2	0	2	0	0	2	6	9	3	4	0	31	4.4
9	Nanjing Univ	0	0	0	1	4	5	2	4	2	4	3	5	1	31	4.2

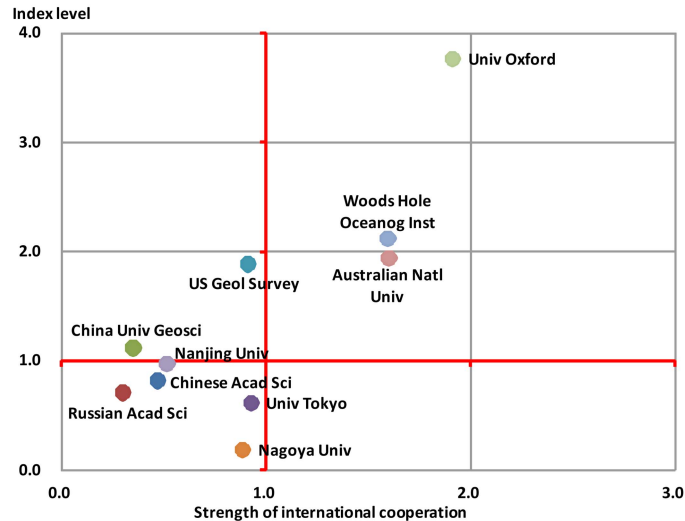


Fig. 5. The index level of papers and the strength of international cooperation on rare metals recovery technology from seawater by the major institute.

대학의 주도로 이루어졌으나, 2007년 이후에는 Chinese Acad. Sci., China Univ. Geosci. 등 중국 연구기관과 대학에서 활발하게 연구되고 있는 것으로 나타났다(Table 3).

연구기관별 수준지수(Index level) 및 국제협력강도(Strength of International Cooperation) 분석 결과는 Fig. 5에 나타내었다. 연구기관별 수준지수는 Univ. Oxford가 가장 높은 값(1.915)을 보여 논문의 피인용 관점에서 가장 우수한 것으로 나타났다. 분야 평균 이상의 수준을 보이는 연구기관으로는 Univ. Oxford(1.915), Australian Natl. Univ.(1.603), Woods Hole Oceanog. Inst.(1.597)가 있다. 전반적으로 논문 피인용수로 본 수준지수는 영국, 호주 등의 연구기관이 높고, 미국과 일본 연구기관은 평균 수준이며, 중국과 러시아 연구기관들은 낮은 것으로 나타났다.

Chinese Acad. Sci.는 152편의 논문을 게재하여 양적으로는 상당히 많은 연구가 이루어졌다고 볼 수 있으나 피인용수로 본 논문의 수준지수는 0.471로 평균값보다 낮게 나타났다. 한편 Univ. Oxford는 논문 게재 편수는 31편으로 많은 논문을 발표하지는 않았지만 논문 지수는 1.915로 가장 높은 것으로 나타났다.

기관별 국제협력강도는 국제협력관계지수(Relation Index of International Cooperration)를 이용하여 분석하였다. 국제협력관계지수는 “특정 연구수행주체(기관)의 협력 대상 중 외국 소재 연구수행주체의 비중”을 의미하며, 이 값이 클수록 국제공동연구를 활발히 하는,

즉 국제네트워크가 강하게 형성된 연구수행주체를 의미한다. 국제협력강도는 “분야 평균 국제협력관계지수에 대한 특정 연구수행주체의 국제협력관계지수의 비”로서 특정 연구수행주체의 국제협력관계지수를 분야 평균으로 정규화한 값이다. 특정 연구수행주체의 국제협력강도가 1.0인 경우는 해당 연구자의 국제협력강도가 분야 평균임을 의미하며, 1.0 이상인 경우는 분야 평균 이상, 1.0 미만인 경우는 분야 평균 이하임을 의미한다. Univ Oxford(3.764)의 국제협력강도가 가장 높은 것으로 나타났다. 분야 평균 이상의 수준을 보이는 연구기관으로는 Univ. Oxford(3.764), Woods Hole Oceanog. Inst.(2.117), Australian Natl. Univ.(1.94), US Geol. Survey(1.882), China Univ. Geosci.(1.116)가 있다. 연구기관별 수준지수와 국제협력강도가 모두 평균이상인 Univ. Oxford, Woods Hole Oceanog. Inst., Australian Natl. Univ. 3개 연구기관은 해수로부터 희유금속 회수 분야에서 핵심연구기관으로 평가된다.

#### 4. 결론 및 시사점

2000년 이후 해수로부터 희유금속 회수에 관한 논문은 매년 100편 이상 지속적으로 게재되고 있으며, 2007년도 183편이 게재된 것을 기점으로 2008년 다소 감소하다가 2009년부터 조금씩 증가하고 있다. 2007년부터는 매년 150편 이상의 논문이 게재되고 있다.

국가별 연구동향을 살펴보면 미국이 논문편수 495편, 수준지수 1.567로 연구개발이 가장 활발하게 이루어졌을 뿐만 아니라 발표한 논문의 수준도 우수한 것으로 나타났으며, 우리나라는 논문편수 26편, 수준지수 0.409로 논문편수, 논문지수 모두 선진외국에 비해 떨어지는 것으로 나타났다.

연구기관별 연구동향을 살펴보면 Chinese Acad. Sci.는 152편의 논문을 게재하여 양적으로는 상당히 많은 연구가 이루어졌다고 볼 수 있으나 피인용수로 본 논문의 수준지수는 0.471로 평균값 보다 낮게 나타났고, Univ. Oxford는 논문 게재 편수는 31편으로 많은 논문을 발표하지는 않았지만 논문 지수는 1.915로 가장 높은 것으로 나타났다.

물론 우리나라의 경우 포스코가 중심이 되어 세계 최초로 해수에서 리튬을 직접 추출하는 기술을 개발하여 상용화 단계를 눈앞에 두고 있으나 기초 연구보다 실용화 연구 그리고 리튬에 한정하여 연구가 수행되어 국제 경쟁력이 떨어지는 것으로 나타났다고 생각된다. 우리나라는 육상 희유금속 자원이 부족하여 대부분의 희유금속을 수입에 의존하고 있는 실정이지만, 삼면이 바다에 둘러싸여 있어 해양 자원은 무한하다. 따라서 희유금속을 비롯한 각종 해양자원을 적극적으로 개발할 필요가 있다. 이를 위해, 향후 해수로부터 회수 경제성이 있는 희유금속, 우리나라 10대 전략 희유금속 회수 연구동향 등에 대한 추가적인 연구조사가 이루어질 필요가 있다.

**참고문헌**

1. Taeg Su Kim et al, 2008 : Study on the Long-term Supply and Demand Stabilization Schemes of Industrial Raw Materials (Around Rare Metal), Research Paper, Korea Nonferrous Metal Association, pp.37-314.

2. Man Gap Han, Good Sun Choi and Jae Wook Lee, 2008 : Patent Analysis for the Preparation of High-Purity Materials from Rare Metals, Journal of the Korean Society for Geosystem Engineers, 45(2), pp.208-218.  
 3. Min Gyu Park, Sang Hyeon Yoon, 2011 : Future Strategic Rare Metal Materials Industry Infrastructure Project, Daegu Gyeongbuk Development Institute, pp.9-28.  
 4. Su Pil Kim, 2009 : Rare Metals Resource Acquisition Strategy and Implications for China and Japan, VIP Report No.419, Hyundai Research Institute, pp.3-11.  
 5. Woong Tae Jeong et al, 2011 : Rare Sources in the development and management plan for Green Growth, Korea Energy Economics Institute, pp.105-118,  
 6. Chang Sic Ha, Sung Su Park, 2012 : Look for hidden treasure (Rare metal recovery), The Science & Technology, pp.54-57.  
 7. Jae Chun Lee, 2005 : Current Status in the Recovery of Metal Value from Seawater, Journal of the Korean Society for Geosystem Engineers, 42(5), pp.513-522.  
 8. Kazuharu YOSHIZUKA, Ayuko KITAJOU, Marek HOLBA, 2006 : Selective Recovery of Lithium from Seawater Using a Novel MnO2 Type Adsorbent III - Benchmark Evaluation, Ars Separatoria Acta, 4, pp.78-85.  
 9. Kang Sup Chung et al, 2003 : Recovery of Lithium from Seawater Using Ion-Exchange type Manganese Oxide Adsorbent, Journal of the Korean Society for Geosystem Engineers, 40(6), pp.402-408.  
 10. R. Chitrakar et al, 2000 : A New Type Manganese Oxide Derived from Li1.6Mn1.6O4 and Its Lithium Ion-Sieve Properties, Chem. Mater., 12, pp.3151-3157.  
 11. A. S. Bhatti et al, 1984 : Magnesia from Seawater: A Review, Clay Minerals, 19, pp.865-875.  
 12. Bang Rea Lee et al, 2008 : Development of the Knowledge Matrix as an Informetric Analysis System, The Journal of the Korea Contents Association, 8(1), pp.68-74.



**金 鍾 憲**

- 현재 한국과학기술정보연구원 선임 연구원



**魯 炅 欄**

- 산업기술정보원 책임연구원
- 현재 한국과학기술정보연구원 책임연구원



金 相 佑

- 산업연구원 연구원
- 산업기술정보원 책임연구원
- 현재 한국과학기술정보연구원 책임 연구원



崔 聖 培

- KIST 시스템공학연구소 연구원
- 연구개발정보센터 연구원
- 현재 한국과학기술정보연구원 선임 연구원



吉 相 哲

- 산업연구원 책임연구원
- 산업기술정보원 책임연구원
- 현재 한국과학기술정보연구원 책임 연구원

### 회비 납부 안내

- 항상 본 학회에 관심을 가져 주신데 대해 진심으로 감사드립니다.
- 당 학회의 이사회 및 편집위원회를 통하여 학회운영의 어려움을 해결하는 방안으로 회비가 여러 해 미납된 회원을 분류해서 관리하는 것으로 논의가 되었으며, 학회지 지면을 통하여 회원여러분께 알려드리게 되었습니다.
- 정회원 중에 회비가 여러 해 미납된 회원께서는 2014년 1월 20일까지 회비를 꼭 납부해 주시기 바라며, 향후 년회비를 2년 이상 미납한 회원에게는 학회운영상 부득이 회지우송 및 기타 소식 관련 서비스도 중단할 것이오니 조속히 회비를 납부하여 주시기 바랍니다.
- **납부일** : 2014년 1월 20일(학회지 23권 2호(2014년 4월호) 부터 발송중지 예정)
- **납부방법** : 계좌이체 또는 지로입금(지로번호 7609637)  
씨티은행 : 102 - 53519 - 253 예금주 : (사)한국자원리사이클링학회  
우리은행 : 1005 - 301 - 118587 예금주 : (사)한국자원리사이클링학회
- **연락처** : 한국자원리사이클링학회 사무국  
전화 02-3453-3541~2, 팩스 3453-3540, E-mail : kirr@kirr.or.kr, http://www.kirr.or.kr