

## 석면 폐기물 처리 특허기술 분석

김종현 · 조진동\* · 이상권 · 차성기

한국과학기술정보연구원 ReSEAT 사업팀

## The Patent Analysis of the Treatment Technology of Asbestos Wastes

Jong-Heon Kim, Jin-Dong Cho\*, Sang-Kwon Lee and Seong-Ki Cha

Korea Institute of Science and Technology Information(KISTI), 52-11 Eoeun-dong, Yuseong-Gu, Daejeon City, 305-806, Korea

Asbestos or its applications have been used for long times and for various purposes in our life because of their merits, namely fire resistance, electric insulation and chemical resistance capacity etc. Despite of these many merits, one of the problems of asbestos is shown toxicity according to its fiber type. So we need data to solve about this problem. In this paper, we study on the technical method of asbestos waste treatment and on the trends of asbestos researches and developments by the analysis of its patents and DWPI database materials. As a result, the asbestos-waste treatment data in the its related patents is used 267 cases to analyze. These data are divided into 86(32.5%) cases of solid waste disposal(B09B). 41(16.6%) cases of separation(B01D) and 27(10.2%) of lime, magnesia, slag, cement and their composites(C04B).

**Key words** : Asbestos fiber, Asbestos wastes, solid waste disposal, environmental issues, NOA(Naturally Occurring Asbestos)

석면은 내화성, 전기에 대한 절연성 및 화학약품에 대한 저항성이 강하여 산업 전반에 걸쳐 다양한 용도로 우리의 생활 주변에서 흔히 사용되어 왔다. 그러나 석면은 석면섬유형태에 따라 독성을 보여주고 있다. 본 논문은 석면 폐기물의 처리 기술과 환경오염 문제해결을 위한 기술동향 정보를 제공할 목적으로 KISTI에서 운영하는 특허 검색시스템을 사용하여 DWPI Database에서 석면 폐기물 처리기술을 검색 및 분석을 하였다. 그 결과, 석면 폐기물 처리에 관한 특허 분석 대상은 267건 검색되었다. 이들 중 고형 폐기물 처리(B09B)분야에서 86건(32.5%), 분리(B01D)분야에서 44건(16.6%) 및 석회, 마그네시아, 슬래그, 시멘트 및 그 조성물(C04B)분야에서 27건(10.2%)을 보여 주었다.

**주요어** : 석면섬유, 석면폐기물, 고형 폐기물 처리, 환경문제, 자연발생석면(NOA)

### 1. 서 언

석면은 내화성, 전기 절연성 및 화학약품에 대한 저항성이 강하여 산업 전반에 걸쳐 다양한 용도로 우리의 생활 주변에서 흔히 사용되고 있다. 이는 서기전 2500년경에 처음 필랜드에서 점토기구와 도기를 단단하게 하려고 사용되었으며 19세기에 들어와서 산업규모로 활용되었다. 석면이란 용어는 상업적으로 개발되었거나 자연적으로 생기는 6종의 무기물 섬유상 규산염광물에 대한 포괄적인 의미를 지니고 있으나 인간의

발암물질로서 석면섬유형태에 따라 독성을 보여주고 있다. 따라서 석면광산 및 주변 지형이나 도양에 자연적으로 존재하는 석면에 의하여 인근주민들에게 악성 중피종이 발생되고 있다.

악성 중피종에 대한 외국의 발생사례를 보면 그리스(Constantopolous *et al.*, 1987), 터키(Senyigit *et al.*, 2000) 및 이탈리아(Magnani *et al.*, 2001)등에서 보고 되었으며, 한편 석면의 직업적 폭력에 의한 건강장해 사례는 1960년대에 남아프리카 석면광산 인근 주민의 중피종 집단발생(Wagner, 1965), 영국의 석면제품 공장

\*Corresponding author: jdcho@reseat.re.kr

인근주민의 악성종양 다발사고(Newhouse, 1965, 1969), 미국의 단열재 시공 작업자의 폐암 및 중피증 발생 (Selikoff, 1964) 등이 있다. 일본에서는 2005년 ‘Kubota 쇼크’가 발생하면서부터 석면에 대한 사용규제의 계기가 되었다(Toshiaki Higashi, 2008).

우리나라의 최초 악성 중피증 환자는 1993년 석면 방직업체인 부산의 제일화학 근로자 중에서 나왔으며 (Kang, 2007), 최근에 과거 석면을 채굴했던 폐 광산 주변에 거주하는 주민들로부터 석면 폐종이 발견되었다. 최근에 석면방직공장, 석면광산 및 재개발과 재건축물 주변에 살고 있는 주민과 지하철 역사 내 석면노출 등이 주요한 환경성 문제로 부각되고 있다.

본 논문은 NOA 및 석면 폐기(함유)물의 해체를 포함한 처리처분 과정에서 발생할 수 있는 환경문제 해결 및 자원 재활용을 위한 새로운 기술동향 정보제공을 목적으로 하고 있다. 석면 폐기물 처리기술 특허 검색은 KISTI에서 운영되고 있는 특허분석프로그램(수요자 맞춤형 연구개발 조기경보)시스템을 이용하여 DWPI DB 자료를 활용하였다. 그 결과, 석면 폐기물 처리에 관련 특허 분석대상이 267건이었으며 이들 중 B09B(고형 폐기물 처리)분야에서 86건(32.5%), B01D(분리)분야에서 44건(16.6%) 및 C04B(석회, 마그네시아, 슬래그, 시멘트 및 그 조성물)분야에서 27건(10.2%)을 보여 주었다.

## 2. 석면의 일반적인 개요

### 2.1. 개요

석면(Asbestos)은 그리스어로 “불멸의 물건”이라는

의미로 100만년 전 화산활동에 의해서 발생된 화성암의 일종으로서 천연의 자연계에 존재하는 사문석 및 각섬석의 광물에서 채취된 섬유 모양의 규산화합물로 직경이 0.02~0.03 μm 정도의 유연성을 가진 견사상으로 광택이 특이한 미세한 섬유상의 천연 광물이다. 석면섬유의 정의는 지질광물학적(광물 형태, 크기 및 구조 특성), 상업적(산업 활동을 위하여 사용되는 물질), 분석학적(현미경하에서 무엇으로 보이나?) 및 법률적(기구 및 기관에 의하여 규제된 물질)면에서 내리고 있다. 석면은 상업적인 명칭으로 규산화물인 규소, 수소, 마그네슘, 철, 산소, 칼슘 및 나트륨 등의 원소로 구성되어 있다. 이는 화학적으로 사문석과 각섬석 그룹이며 공업적인 사용비율에 따라 사문석 계열이 95%, 각섬석 계열이 5% 정도이다. 사용된 석면 종류(Fig. 1)의 화학적 구조 차이에 따라 청석면(Crocidolite), 갈석면(Amosite), 온석면(Chrysotile) 등의 순으로 각섬석 계열이 강한 독성을 나타낸다.

“석면섬유(Asbestos fiber)(Fig. 1)”는 석면입자의 크기와 모양에 따라 그 구별이 어려운 경우가 많기 때문에 정확한 정의는 간단하지 않다. 따라서 토양, 대기 또는 물에 들어 있는 석면섬유를 모니터링하려면 우선 “석면섬유”의 명확한 정의를 알아야 할 필요가 있다.

동일 조성광물이라도 섬유상이 아닌 것은 ‘석면’이라고 부르지 않는다. WHO의 정의는 길이 5μm 이상, 폭 3μm 미만인 것으로 아스펙트 비(aspect ratio: 길이/폭)가 3:1 이상을 ‘섬유상’이라고 말한다.

석면 섬유 한 가닥의 굵기는 대략 머리카락의 5,000분의 1 정도이며 부식과 마모에 강하고, 단열효과가 탁월하고, 내약품성, 전기 절연성 등이 뛰어난 반면

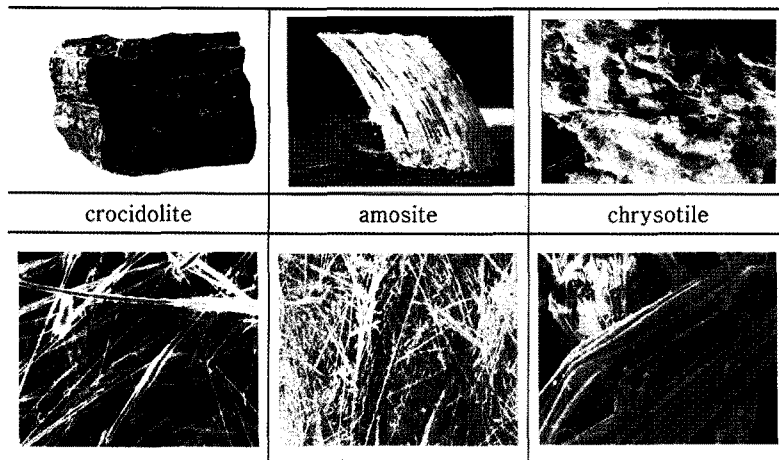


Fig. 1. The Type of asbestos and asbestos fibers.

에 석면 가루를 사람이 폐로 흡입하면 20년에서 40년의 잠복기를 거쳐 폐암이나 중피종이 발병할 확률이 높아져 세계적으로 점차 그 사용이 제한되고 있다.

2.2. 석면의 역사

석면의 초기용도는 석면 섬유와 보강과 열 특성을 이용했으며 이에 대한 기록은 점토기구와 도기를 강화시킬 목적으로 소규모광장에서 채굴된 anthophyllite가 이용된 서기전 2500년에 핀란드에서 찾을 수 있다. 제 17세기말에 러시아 Peter 대왕은 우랄산맥 광장에서 채굴된 백석면섬유를 사용하여 석면종이 제작을 시도했다. 석면 직물개발을 가진 19세기 초에 이태리는 산업 규모에 맞는 석면섬유 사용이 시작되었으며 캐나다(1878), 남아프리카(1983, 1908~1916) 및 러시아(1885)와 같은 나라에서도 사용되었다(Boweles, 1946).

20세기 초에는 많은 분야 특히 열 절연체를 위하여 석면섬유의 수요가 놀라울 정도로 늘었다. 석면 브레이크, 클러치 및 가스켓에 대한 자동차 산업의 발달처럼 석면시멘트 합성물에서 시트의 지속적인 제조를 위하여 1900년대 Hatschek machine 개발은 또한 석면 섬유를 위한 산업용도의 중요분야로 열렸다. 제 2차 세계대전은 군사용, 전형적인 열 절연체와 화재방지용으로 석면섬유 생산의 성장을 가져왔으며 전쟁 이후 수십 년 동안 주거 혹은 산업건축에 확장되었다.

그러나 1960년대와 1970년대 기간 동안, 비산 석면 섬유에 장기간 노출로 인하여 건강문제가 발견됨으로서 석면섬유 사용이 급속하게 감소되었다(Robert L. Virta, 2002).

2.3. 석면 광상생성 환경과 유형

석면을 모암으로 하는 지질환경은 규산화물인 규소, 수소, 마그네슘, 철, 산소, 칼슘 및 나트륨 등의 성분이 풍부하다. 따라서 모든 석면광물들의 주성분은 마그네슘, 실리카와 물을 포함하며 몇몇 석면광물들은 부수적인 성분 철과 칼슘이 들어 있다. 석면광상은 광역적인 변성작용, 접촉변성작용 및 마그마 열수시스템에 의하여 형성되어지며 이는 고온 및 고열 환경 하에서 모암인 사문석과 각섬암 등의 암석 균열과 깨어진 틈을 따라서 실리카가 풍부한 열수용액이 침투하여 고대작용을 일으켜 섬유상 결정으로 재결정되어 형성된 변성 광상이다(Bladley S van Gosen, 2007). 이 때 가해진 열의 정도와 용해된 열 용액이 콜로이드 상태로 존재하는 기간 동안, 그리고 냉각시의 여러 조건들은 석면 형성에 결정적인 역할을 한다.

석면광상의 모든 크기와 양상은 전형적으로 마그네슘이 풍부한 암석이 영향을 받으며 대부분의 석면 광상의 환경은 마그네슘이 풍부한 암석의 변성퇴적에 의하여 실리카가 많은 열수용액의 유입을 위한 균열과 깨어진 틈을 보여준다. 국내 석면광상은 열수변질작용을 받아 사문암으로부터 변질되어 형성된 사문암 계열 석면광상과 백운암질 석회암이 변질되어 주로 투각섬석과 양기석으로 형성된 각섬석 계열 석면광상으로 구분된다. 사문암은 온석면(Chrysotile)로 변성되며 각섬암은 청석면(Crocidolite), 갈석면(Amosite)로 변성된다. 특히 온석면의 산출상태는 연속적으로 횡단맥상(cross-vein mode), 슬립섬유상(slip-fiber mode) 및 괴상(massive or agglomerated form) 세 가지 방법(Robert L. Virta, 2002) 중 하나로 용해되고 재침전 된다.

석면광상의 유형은 Type I(변성 초염기성 모암), Type II(변성 염기성암 모암), Type III(변성 백운암), Type IV(변성 함철층 모암) 및 Type V[알카리 관입암(카보너사이트)] 등 5개 그룹으로 분류된다(Bladley S van Gosen, 2007).

2.4. 석면의 국내외 생산

석면섬유의 세계 총생산(Fig. 2)은 1920년도 0.17×10<sup>6</sup>t, 1977년도에는 4.8×10<sup>6</sup>t을 보여주다가 2000년도 2.1×10<sup>6</sup>t으로 감소를 보여준다. 온석면(백석면)의 주요 생산국은 러시아(50.76%), 중국(17.77%), 브라질(13.70%), 카자흐스탄(11.68%), 캐나다(5.08%) 기타(1.02%)이다. 2000년도에는 석면섬유의 실제 채광 작업을 하는 국가는 21국이었으나 현재는 12국 정도이며 세계적으로 석면사용을 금지한 국가는 유럽연합 회원국을 위시해서 호주, 일본, 칠레, 아르헨티나, 사우디아라비아 등 40개국이다.

한편 국내의 석면 생산 현황(Fig. 3)은 일본 강점기인 1930년대부터 군수물자 조달(특히 일본 해군 선박

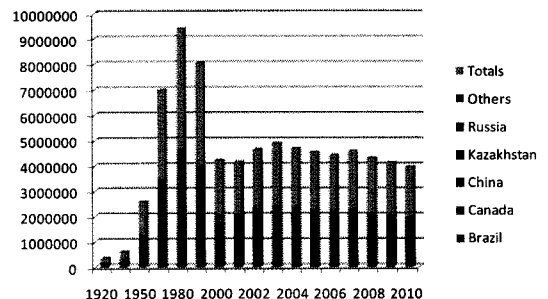


Fig. 2. World Production of Asbestos, 1920~2010(after USGS, 2011).

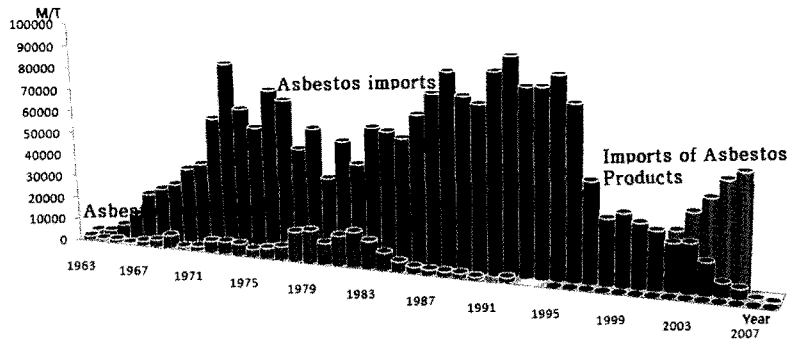


Fig. 3. Asbestos production, the imports of asbestos and asbestos products in the domestics.

제조용)을 위해 석면광산 개발 및 채굴이 시작되었으며 1944년까지 28개소에서 4,815t을 생산하였다. 1970~80년대 경제발전으로 인하여 이 때 건축된 건물의 대부분은 석면 건축재료로 쓰였다. 따라서 채굴이 다시 시작되어 1978년부터 1983년까지 연간 10,000t을 생산하였다. 그 중 광천광산은 1984년 폐광 시까지 석면을 총 145,000t(국내 백석면 생산량의 90% 수준)을 생산하였다. 1990년대 이후 1998년 5개소, 2006년까지 1개소가 등록되어 있으며, 1990년 1,534t을 생산하여 2006년까지 총 6,000t을 생산했다.

국내 석면수입 추이(Fig. 3)를 보면 1976~1990년까지 연간 약 63,000t의 석면을 수입하였고 1992년은 약 95,000t으로 최고치를 기록한 후 지속적으로 감소추세를 보이고 있으며 2004년에는 14,636t이 수입되었다. 우리나라의 석면수입은 1986~1996년이 피크로 연간 약 70,000~90,000t이었다. 그러나 석면의 수입량은 지속적으로 감소한 반면 석면제품이 수입량은 최근에 증가추세에 있으며, 특히 석면시멘트 제품을 비롯한 건축자재의 수입은 급격히 증가하였다. 그러나 우리나라는 2009년 1월부터 석면 제품의 제조 및 사용을 전면 금지했다.

### 2.5. 자연발생석면(NOA: Naturally Occurring Asbestos)

자연발생석면은 자연 상태에서 발견되는 모든 석면상 광물들에 주어진 일반적인 명칭으로 암석이나 토양의 자연발생석면은 인간행위와 풍화작용에 의해 미세입자로 부서져 공기 중으로 쉽게 떠돌아다니게 된다. 수백만 년 동안 자연환경에서 존재하였으며 땅속에서나 생산물 제조과정에서 자연적으로 발생하여 존재하게 된 석면이 만약 대기 중으로 방출되면 심각한 건강장해를 일으키게 된다.

NOA 조건은 석면광물을 채광할 때 아주 소량 채집되거나 혹은 상업적 이용이 부적합한 경우이다. 석면광물과 질병 사이에는 소량의 섬유구조 광물이나 NOA가 채굴되었을 때 이들 물질이 일반인들에게 노출되면 질병이 발생하게 된다. 석면레벨의 리스크에 대한 과소평가는 공중위생 보호에 실패를 불러 올 수 있다. 좋은 규제정책은 경제적 비용이 소요되어도 건강 리스크에 대해 비중을 두어야 한다. 모든 규제와 정책은 건강 리스크가 최저가 되도록 소용되는 비용에 기준을 두어야 한다(Lee *et al.*, 2008). NOA에 대한 효과적인 정책개발은 공중위생을 보호하고 대규모 토지의 효율적인 이용과 그 밖에 미개발 공공자원의 최적 이용을 승인하는 데 있다. 합리적인 NOA정책을 개발한 국가에서는 과학적, 기술적 및 의학적 원칙을 세워 공중위생을 올바르게 보호하고 있다.

국내에도 석면광산뿐만 아니라 석면을 수반하는 다양한 광물의 광상 및 지질조건을 가진 지역이 아주 광범위하게 분포하고 있어, 자연발생 석면에 의한 피해가 발생할 수 있음에도 불구하고 그 동안 이에 대한 조사는 미비한 실정이었으나 최근에 정부에서 관심을 가지고 정책 개발을 하고 있다.

### 2.6. 석면의 물리화학적 특성

석면은 규산염광물로 구성되어 있으며 이는 주로 마그네슘, 실리카( $\text{SiO}_2$ ) 및 물을 포함하고 있다. 백석면(Chrysotile)의 주성분은 실리카와 마그네슘이며, 청석면(Crocidolite)과 갈석면(Amosite)은 실리카와 산화철이다. 또한 단일 석면섬유는 Si-O-Si의 결합정도를 기반으로 하며 석면섬유 광물들은 수산화 규산염으로 되어 있다. 석면 섬유가 수용성 규산염으로 보이지 않지만 물에 온석면 혹은 각섬석의 노출이 장기간 노출되어 있으면 그들의 금속과 실리카 성분의 점진적인

침출을 늦추기를 이끌므로 용액의 산도가 영향을 받는다. 따라서 석면의 특성은 다른 섬유성 물질보다 더 우수한 성질 즉, 섬유형태, 높은 인장강도, 열 및 부식, 낮은 전기전도도 및 높은 마찰계수 등을 가지고 있다 (Robert L. Virta, 2002). 석면섬유의 물리화학적 특성은 Table 1에서 보는 바와 같다.

백석면도 점토와 같은 층상구조로 되어야 하겠지만, Mg-O의 결합거리는 Al-O의 경부보다도 길기 때문에 변형, 주름 등이 발생하여 중공의 나선형(spiral) 구조로 된다. 중공구조의 아스베스트는 ① 내열성, ② 내산성, 내 알칼리성, ③ 보온성, 절연성, ④ 내마모성, 고강도 ⑤ 굽힘, 분산성, ⑥ 저가격등 우수한 특징이 있다(Ojima Shou, 2006). 백석면은 많은 결정수를 갖고 있어 500°C에서 수분의 일부를 잃고 700°C에서는 구조수를 전부 잃게 된다. 석면에 대한 탈구조수를 살펴보면 백석면은 550~700°C에서, 청석면은 400~600°C에서 갈석면은 600~800°C에서 구조수를 잃는다(Park, 2006).

2.7. 석면섬유의 위해성

석면은 용도에 따라 비산성과 비비산성으로 분류한다. 분무석면, 석면 보온재 등은 비산성이며 공기 중에 비산한 석면함유 건자재 등은 비비산성이다. 석면이 폐조직 내에서 용해되면 석면의 화학조성에 따라 폐조직이 용해산물에 의하여 손상을 받을 수 있다. 독성물질(발암성)을 유발시키는 석면의 주요 특징은 그것의 섬유 성질과 매우 미세한(적어도 길이 5µm, 지름 3µm 이하) 잠재적인 입자를 유출시킨다. 석면 폐기물은 일반적으로 ‘결합된(bonded) 혹은 비 결합된(ungbonded)’/‘섬유’의 2개 부류 중 하나로 분류되어진다. 결합된 석면(bonded asbestos) 폐기물에서의 석면은 일반적으로 백석면(Chrysotile)이며 시트 형태로 시멘트 매트릭스에 통합된다.

공기 중에 비산한 석면섬유의 흡입은 8~40년의 잠복기 후에 악성 중피종, 폐선유종, 폐암을 유발하므로 큰 사회문제가 된다. 석면의 위해성은 종류에 따라 차이가 있으며, 그 강도는 청석면>갈석면>백석면 순이다.

Table 1. Physical and Chemical Properties of Asbestos Fibers(after Robert L. Virta, 2002)

	Chrysotile	Amosite	Crocidolite	Tremolite
color	usually white to grayish green; may have tan coloration	yellowish gray to dark brown	cobalt blue to lavender blue	gray-white, green, yellow, blue
luster	silky	vitreous to pearly	silky to dull	silky
hardness, Mohs	2.5-4.0	5.5-6.0	4.0	5.5
specific gravity	2.4-2.6	3.1-3.25	3.2-3.3	2.9-3.2
optical properties	biaxial positive parallel extinction	biaxial positive parallel extinction	biaxial oblique extinction	biaxial negative oblique extinction
refractive index	1.53-1.56	1.63-1.73	1.65-1.72	1.60-1.64
flexibility	high	fair	fair to good	poor, generally brittle
texture	silky, soft to harsh	coarse but somewhat pliable	soft to harsh	generally harsh
spinnability	very good	fair	fair	poor
tensile strength, MPa <sup>a</sup>	1100-4400	1500-2600	1400-4600	<500
resistance to: acids alkalies	weak, undergoes fairly rapid attack very good	fair, slowly attacked good	good good	good good
surface charge, mV (zeta potential)	+13.6 to +54 <sup>b</sup>	-20 to -40	-32	
decomposition temperature, °C	600-850	600-900	400-900	950-1040
residual products	forsterite, silica, eventually enstatite	Fe and Mg pyroxenes, magnetite, hematite, silica	Na and Fe pyroxenes, hematite, silica	Ca, Mg, and Fe pyroxenes, silica

a: To convert Mpa to psi, multiply by 145. b: Chrysotile fibers tend to become negative after weathering and/or leaching.

석면문제는 오래전부터 큰 사회문제가 되고 있다. 특히 석면 폐기물의 해체를 포함한 처리·처분 과정에서 새로운 환경문제를 일으킬 우려가 많다. 향후 일반인과 근로자의 보건환경, 비산성·비비산성 석면의 처리, 처분 후의 안정성 확인, 불법투기 현장의 환경오염 등에 대한 철저한 감시와 석면관리법의 세부화 및 보강도 시급하다. 이로서 국민의 환경위생과 건강은 물론 토양오염 방지 및 생태계 보전에도 보다 더 기여할 것이라 생각한다.

각국의 중피종으로 인한 사망자는 Fig. 4에서 보는 바와 같으며 1980년 이후 가장 심하게 증가추세를 보

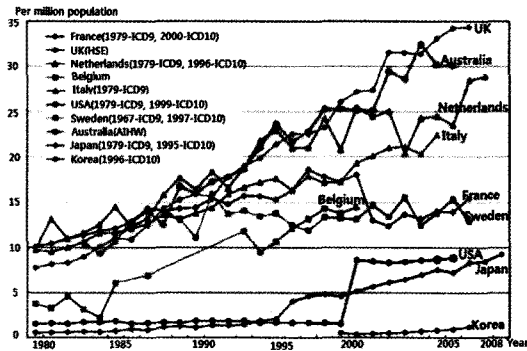


Fig. 4. The Trend of “Mesothelioma” Mortality by Country(after Sugio FURUYA, 2010).

여주고 있는 나라는 영국, 오스트리아 및 네델란드이며 영국은 2006년도 34건, 오스트리아 2004년 33건이 발생하였다. 반면에 미국, 일본 및 한국은 미약한 증가를 보여주며 인구 백만명 당 10건 이하인 국가는 미국, 일본 및 한국이며 일본은 1996년 이후 미약한 증가를 보여주고 있다.

우리나라의 경우 석면의 사용기간이 약 50여년을 넘기면서 석면폐증, 악성 중피종 및 폐암 등 직업병이 조사되기 시작하여 Table 2에서 보는 바와 같이 2000년 이후부터 2007년 까지 17명의 질병자와 48명의 사망자, 총 65명의 석면 관련 직업병이 집계되었다 (Kwon, 2010). 석면은 그 잠복기가 통상 30여년정도이므로 향후 우리나라의 석면관련 직업병이 급격하게 증가되어질 것으로 예측된다.

2.8. 석면의 활용

석면광물은 내열성 내구성 내약품성 절연성이 우수하고 시공성이 탁월하며 값이 저렴하다. 따라서 이는 다양한 형태의 물리화학적 특성에 따라 건축자재, 전기제품, 가정용품, 자동차, 조선, 슬레이트 제조 등에 방음, 단열, 절연 등의 용도로 사용한다. 지금까지 석면은 건축 산업에서 가장 많이 이용되어 왔다(Table 3). 석면시멘트 판, 석면시멘트 파이프가 건축 산업에서 주로 사용되는 석면 함유 재료이고, 석면을 첨가함

Table 2. The Number of Occurrences Diseases owing to the Asbestos (2000~2007, After Kwon, Seung Min)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Total
# of Disease	0	0	0	2	1	1	1	12	17
# of Death	4	2	3	13	3	10	9	4	48
Total	4	2	3	13	4	11	10	26	65

Table 3. Utilization of Asbestos Fibers by Product Category (after Robert L. Virta, 2002)

Asbestos bonded with other materials (more than 98% of total usage)		
bonded with inorganic materials	Portland cement, hydrous calcium silicate, basic magnesium carbonate	asbestos-cement products, insulation boards
bonded with inorganic materials	Oils, tars, elastomers, plastics, resins	roofing products, caulking, joining, packings, gaskets, floor tiles, reinforced plastic sheets, friction materials (brake linings, clutches), thermoplastics, thermosets
Asbestos used as loose fiber mixtures (less than 0.1% of total usage)		
mixtures with inorganic materials	cement, gypsum, hydrous calcium silicate, basic magnesium carbonate, diatomaceous earth	heat, electrical or sound insulation products
Asbestos as textile fiber (less than 1% of total usage)		
slivers, rovings		
yarn	woven, plaited	cloth, webbing, tubing, jointings

으로써 제품의 강도와 안전성이 증가하고 열 저항성, 풍화 등에 대한 내성이 강화된다. 따라서 강도 및 내마모성을 필요로 하는 브레이크 라이닝, 클러치 페이싱 등에 사용되며, 윤활제, 접착제, 페인트 등의 첨가제, 방화제, 내화재, 보온재, 단열재, 전기절연재 그리고 전해막 용재 등 그 용도가 매우 넓다. 크리스타일은 사용량의 약 95%를 차지하며 양적으로 많은 것은 석면 시멘트 제품, 비산하기 쉬운 것은 뿔칠 석면과 보온재 등에 사용된다.

### 3. 석면 폐기물 처리기술 분석

Thomson Scientific사에서 운영하는 DWPI(Derwent World Patent Index)의 특허 DB(Data Base)을 KISTI에서 운영하는 특허분석 프로그램(수요자 맞춤형 연구개발 조기경보)시스템을 사용하여 석면 폐기물 처리기술에 대한 검색기간을 2001~2010년도로 제한하였다. 검색은 아래와 같은 명령어를 사용하였으며 265건이 검색되었다. 이들 대상으로 국가별, 연도별, 특허수준과 IPC 현황 및 특허인용 현황을 등을 분석하였다.

(asbestos AND (remov\* OR treatment)).tx. AND (G21F 9/34 OR B09B 3/00 OR C04B 14/40 OR B01D 37/00 OR B01D 46/00).ipc. AND @PUBY >="2001" <="2010" 명령어 (asbestos AND(remov\* OR treatment)).txt)

석면 폐기물 처리를 위한 기술특허에 대한 2001년에서 2010년 까지 분석 대상 기간의 연평균 증가율을 산정하기 위하여 아래 식과 같은 연평균 증가율 식을 이용하여 산출하였다.

$$g_{gab} = \left( \frac{I}{I_1} (g_i + 1)^{n-1} - 1 \right) \times 100(\%)$$

$$g_i = (P_{i+1} - P_i) / P_i$$

### 4. 분석결과 및 토의

#### 4.1. 특허의 연도별/국별 출원건수

2001년부터 2010년까지 검색된 연도별 특허 출원된 총 건수는 265편으로서 2001년 6건, 2003년 5건, 2003년 18건 ..... , 2008년 69건을 정점으로 하여 2009년부터 감소하는 경향을 보여주었다. 2008년의 특허건수 68건으로 가장 많으며 한국은 2009년도에 10건으로 가장 많았다. 이 기간 동안 연평균 증가율은 특허 수 기준 14.93%, 누적 특허 수 기준 52.33%을 보여주고 있다(Fig. 5).

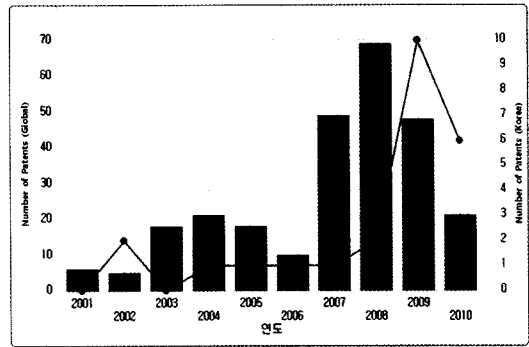


Fig. 5. The Trends of Annual Applications for the patents of the Treatment of Asbestos Wastes(2001~2010).

출원된 특허에 대해 국적을 분석한 결과에서 일본은 전체 265건의 특허 중 51.32%(136건)를 점유하여 가장 많은 특허를 발표한 것으로 나타났다. 미국은 13.58%(36건), 한국은 9.06%(24건)을 점유하여 각각 2, 3위를 보여준다. 특허 출원 추세를 보면 일본은 2006년도에서 증가를 보이면서 2008년도에 정점에 달하였다가 감소추세를 보여주고 있는 반면에 한국은 2009년도에 정점에 달하였다가 감소를 보여준다.

2007~2009년 사이의 기간 동안에 석면에 관련된 폐기물 처리를 위한 산업이 활발하여 진행된 것으로 생각되며 이는 석면으로부터 오는 환경문제 해결을 위하여 이와 관련된 연구개발에 대하여 국가가 많은 관심을 가지고 지원한 것으로 생각된다.

#### 4.2. 특허의 출원인 동향

특허의 출원인은 SUMITOMO CEMENT CO LTD가 전체 265건의 특허 중 2.26%(6건)를 점유하여 가장 많은 특허를 발표한 것으로 나타났으며 DOOSEOK CONSTR CO LTD는 1.51%(4건), BKI HOLDING CORP은(는) 1.13%(3건)을 점유하여 각각 2, 3위를 보여주고 있다(Table 4). 특허 기술의 우수성 즉, 문헌의 질적 수준 평가지표를 나타내는 출원 특허의 피인용 수 즉, 해당 기술의 출원인별 수준 분석에서 BKI HOLDING CORP(BKIH-N)이 가장 높은 값(16.205)을 보여주고 있다. 이는 특허의 피인용 관점에서 볼 때 문헌 수준이 가장 우수한 것을 의미한다. 일본이 고형 폐기물처리 분야에서 우위를 차지하고 있는 것은 석면 폐기물 처리에 대한 관심이 다른 국가들보다 많다는 것을 의미한다. 이는 석면으로부터 발생하는 환경문제와 미래의 폐기물 처리장 문제 해결 및 자원의 재 활용도를 높이기 위한 것으로 생각되어 진다.

**Table 4.** The # of Patents per Applicant and the Level Index per Applicant

No.	Applicant	# of patents	Weight (%)	# of Citation	level Index
1	SUMITOMO CEMENT CO LTD (SUMD-C)	6	2.26	0	0
2	DOOSEOK CONSTR CO LTD (DOOS-N)	4	1.51	0	0
3	BKI HOLDING CORP (BKIH-N)	3	1.13	71.665	16.205
3	NICHIAS CORP (NIAS-C)	3	1.13	3	0.678
3	HAYASHI Y (HAYA-I)	3	1.13	0	0
3	TAISEI CONSTR CO LTD (TAKJ-C)	3	1.13	0	0
3	SHIMIZU CONSTR CO LTD (SHMC-C)	3	1.13	0	0
3	ASK KK (ASKS-C)	3	1.13	0	0
3	NITSUKO KK (NTSU-C)	3	1.13	0	0
3	NIKKO GOLD FOIL CO LTD (NIKG-C)	3	1.13	1	0.226
3	MITSUBISHI JUKOGYO KK (MITO-C)	3	1.13	0	0

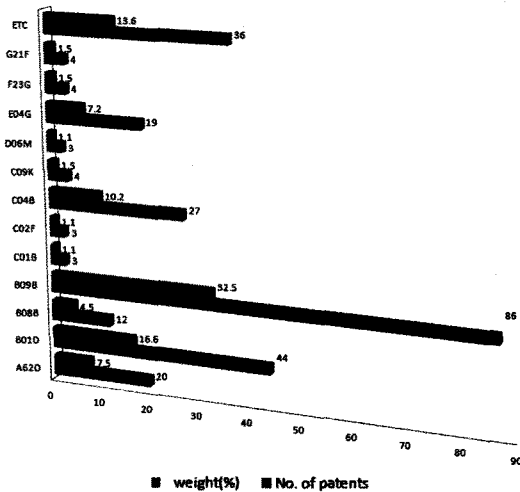
**4.3. IPC 코드별 분석**

검색된 265건에 대한 IPC 별로 분석한 결과, Fig. 6과 Table 5에서 보는 바와 같이 IPC 코드 B09B(고형 폐기물 처리; 86건; 32.5%), B01D(분리; 44건; 16.6%), C04B(석회, 마그네시아, 슬래그, 시멘트 및 그 조성물; 27건; 10.2%), A62D(소화를 위한 화학적 수단; 20건; 7.5%), E04G(비계, 거푸집, 거푸집 널, 건축용 기구 또는 기타 건축용 보조구 또는 그것들의 사용, 현장에 있어서의 건축 재료의 취급, 현존하는 건축물의 보수, 해체 또는 기타 작업; 19건; 7.2%)가 주류를 이루고 있다.

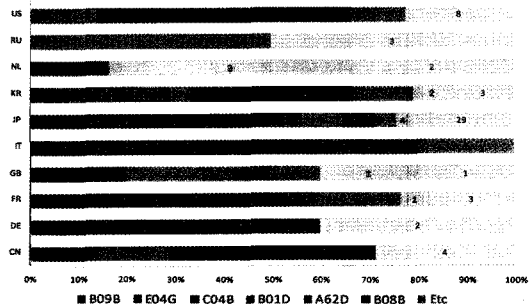
10건 이하의 기술로는 C02F(물, 폐수, 하수 또는 오니(슬러지)의 처리; 3건; 1.1%), C01B(OO000; 3건; 1.1%), C09K(특정한 물질의 일반적인 사용; 4건;

1.5%), D06M(섬유, 가연사, 사, 직물, 우모 또는 이와 같은 재료로부터 제조된 섬유제품의 클래스 D06 달리 분류되지 않는 처리; 3건; 1.1%), F23G(화장로(Cremation Furnaces), 연소에 의해 폐기물을 소각하는 것; 4건; 1.5%), G21F(X선, 감마선, 미립자선 또는 입자충격에 대한 보호; 오염제거장치; 방사능오염물의 처리; 4건; 1.5%)등의 기술 분포를 보여주고 있으며, 기타 기술이 36건(13.6%)을 차지하고 있다.

한편 상위 출원 국가별 중심으로 이들 이용기술이 상대적인 점유율은 Fig. 7에서 보여 주고 있다. 일본과 프랑스는 B09B(고형 폐기물의 처리)분야에 한국, 미국 및 중국은 B01D(분리)분야에 가장 많은 출원을 하고 있다. 특히 일본은 다른 국가에 비하여 대체적으로 많은 출원을 하고 있으며 B09B, E04G(비계(飛階); 거푸집; 거푸집 널; 건축용 기구 또는 기타 건축용 보조구 또는 그것들의 사용; 현장에 있어서의 건축 재료의 취급; 현존하는 건축물의 보수, 해체 또는 기타 작업) 및 C04B(석회; 마그네시아; 슬래그; 시멘트; 그 조성물, 예. 모르타르, 콘크리트 또는 유사한 건축재료; 인조석;



**Fig. 6.** The number of Patents to the IPC codes of the Treatment of Asbestos Wastes(2001~2010).



**Fig. 7.** The Distribution of the Patents for the Treatment of Asbestos Wastes of Major Countries(2001~2010).



**Table 5.** The ranking 1st~10th IPC codes and shares(%) for the patents of the treatment technology of the Asbestos Wastes

IPC #	Ranking/ Share(%)	International Patent Classification		
		Section	Class	Subclass
A62D 20	④/7.5	HUMAN NECESSITIES	LIFE-SAVING; FIRE-FIGHTING	CHEMICAL MEANS FOR EXTINGUISHING FIRES OR FOR COMBATING OR PROTECTING AGAINST HARMFUL CHEMICAL AGENTS; CHEMICAL MATERIALS FOR USE IN BREATHING APPARATUS
B01D 44	②/16.6	PERFORMING OPERATIONS; TRANSPORTING	PHYSICAL OR CHEMICAL PROCESSES OR APPARATUS IN GENERAL	SEPARATION
B08B 12	⑥/4.5		CLEANING	CLEANING IN GENERAL; PREVENTION OF FOULING IN GENERAL
B09B 86	①/32.5		DISPOSAL OF SOLID WASTE; RECLAMATION OF CONTAMINATED SOIL	DISPOSAL OF SOLID WASTE
C01B 3	⑧/1.1		INORGANIC CHEMISTRY	NON-METALLIC ELEMENTS; COMPOUNDS THEREOF
C02F 3	⑧/1.1		TREATMENT OF WATER, WASTE WATER, SEWAGE, OR SLUDGE	TREATMENT OF WATER, WASTE WATER, SEWAGE, OR SLUDGE
C04B 27	③/10.2	CHEMISTRY; METALLURGY	CEMENTS; CONCRETE; ARTIFICIAL STONE; CERAMICS; REFRACTORIES	LIME; MAGNESIA; SLAG; CEMENTS; COMPOSITIONS THEREOF; e.g. MORTARS, CONCRETE OR LIKE BUILDING MATERIALS; ARTIFICIAL STONE; CERAMICS(devitrified glass-ceramics C03C 10/00); REFRACTORIES; TREATMENT OF NATURAL STONE
C09K 4	⑦/1.5		DYES; PAINTS; POLISHES; NATURAL RESINS; ADHESIVES; MISCELLANEOUS COMPOSITIONS; MISCELLANEOUS APPLICATIONS OF MATERIALS	MATERIALS FOR MISCELLANEOUS APPLICATIONS, NOT PROVIDED FOR ELSEWHERE
D06M 3	⑧/1.1	TEXTILES; PAPER	TREATMENT OF TEXTILES OR THE LIKE; LAUNDERING; FLEXIBLE MATERIALS NOT OTHERWISE PROVIDED FOR	TREATMENT, NOT PROVIDED FOR ELSEWHERE IN CLASS D06, OF FIBRES, THREADS, YARNS, FABRICS, FEATHERS, OR FIBROUS GOODS MADE FROM SUCH MATERIALS
E04G 19	⑤/7.2	FIXED CONSTRUCTIONS	BUILDING	SCAFFOLDING; FORMS; SHUTTERING; BUILDING IMPLEMENTS OR OTHER BUILDING AIDS, OR THEIR USE; HANDLING BUILDING MATERIALS ON THE SITE; REPAIRING, BREAKING-UP OR OTHER WORK ON EXISTING BUILDINGS
F23G 4	⑦/1.5	MECHANICAL ENGINEERING; LIGHTING; HEATING; WEAPONS; BLASTING	COMBUSTION APPARATUS; COMBUSTION PROCESSES	CREMATION FURNACES; CONSUMING WASTE BY COMBUSTION
G21F 4	⑦/1.5	PHYSICS	NUCLEAR PHYSICS; NUCLEAR ENGINEERING	ROTECTION AGAINST X-RADIATION, GAMMA RADIATION, CORPUSCULAR RADIATION, OR PARTICLE BOMBARDMENT; TREATING RADIOACTIVELY CONTAMINATED MATERIAL; DECONTAMINATION ARRANGEMENTS THEREFOR

ETC 36 13.6%

주: ①②③.....: 점유율 순 \* Source: DWPI

세라믹(실투유리세라믹 C03C 10/00); 내화물(내화 금속에 따른 합금 C22C); 천연석의 처리) 분야에 많은 출원을 하고 있다.

독일 B09B, 영국 A62D(소화를 위한 화학적 수단; 화학변화의 영향에 의해 유해 화학물질을 무해로 하거나 보다 유해하지 않게 하는 방법; 유해한 화학물질에 대한 보호 피복 또는 보호 물질의 조성; 방독 마스크, 호흡 보호기, 호흡봉투, 또는 헬멧의 투명 부분의 재), 러시아는 C04B분야에 출원을 하고 있다.

출원분야를 총체적으로 요약하면 일본과 프랑스는 B09B(고형 폐기물의 처리)분야, 한국과 미국 및 중국은 B01D(분리)분야, 독일은 B09B 및 영국은 A62D분야에 많은 특허출원을 하였다. Figure 6에서 보는 바와 같이 점진적으로 석면에 의한 암 발생에 의한 희생자가 증가를 보여줌에 따라서 선진국에서는 석면으로

인한 인간의 건강을 보호하기 위하여 석면에 따른 환경문제에 많은 관심을 갖게 되었다. 따라서 주로 고형 폐기물에 대한 처리에 관련된 연구 개발(R&D) 분야가 활발하게 활동한 것으로 판단된다. 출원분야를 분석하면 일본과 프랑스는 B09B(고형 폐기물의 처리)분야, 한국과 미국 및 중국은 B01D(분리)분야, 독일은 B09B 및 영국은 A62D분야에 많은 특허출원을 하였으며 이는 국가 별로 특별한 관심을 가지고 있음을 알 수 있다.

#### 4.4. 출원 특허의 인용도 현황

석면함유 폐기물 처리에 관한 원천기술을 파악하기 위하여 “특허별/출원인별/발명의 명칭별” 피인용 건수를 분석한 결과, 석면함유 폐기물 처리 기술에 속하는 특허 265편(2001~2010년 출원된 특허) 중에서 적어도

**Table 6.** Asbestos-containing waste treatment technologies in major countries of the IPC technology-related patents filed and cited Status (2001-2010)

Country	Patent Number	No. of citation per Patents	level Index
USA	36(2위)	20.056(1위)	4.535
United Kingdom	5	11.2(2위)	2.532
France	17	5.588(3위)	1.263
Italy	5	5.4	1.221
Netherlands	6	2.667	0.603
Germany	5	2.4	0.543
Japan	136(1위)	1.14	0.258
Korea	24(3위)	0.792	0.179
Russian Federation	6	0	0
China	14	0	0

**Table 7.** Status of major patent-related citations (2001-2010)

Derwent Title	Applicant	Patent Number	No. of citing Patents
Cellulose fiber reinforced cementitious material	BELL R I; BKI HOLDING CORP;	US20040065233	102
Cellulose fiber reinforced cementitious mixture	BKI HOLDING CORP	US20070028808	101
Water filter for removing contaminants	COLLIAS D I; MITCHELL M D	US20070080103	68
Stabilization of waste materials	MASON J B; OLIVER T W	US20050096495	53
Phosphate glass composition	BROW R K; DAY D E	US20070243991	46
Composition for wetting	LUBRIZOL CORP	WO2004039851	37
Portable apparatus for removing or reducing air borne pollutant molecules	SMITH W C	US20070295210	29
Treatment of chrysotile asbestos-containing porous building material	GRACE & CO- CONN W R	US20020115900	29
Separating particulate matter	BATTELLE ENERGY ALLIANCE LLC	US20080245706	26
Composition for removing material	CAREFUL TIMES LTD	EP1302513 A1	24

1회 이상 인용된 특허 수는 94편(35.47%)에 달하고 있다. 미국은 출원 당 피인용 건수가 20.056으로 1위이며, 2위는 영국이 출원 당 피인용 건수가 11.2이고 3위는 프랑스이다. 우리나라는 출원 건수가 24건으로 세계 3위이지만 출원 당 피인용건수가 0.792로 저조한 것으로 나타났다(Table 6).

피인용수 제 1위는 출원인은 Bell R I, BKI Holding Corp 등의 공동 출원한 특허 번호는 US20040065233로서 그 발명의 명칭은 ‘Cellulose fiber reinforced cement material useful for production of e.g. highways, bridges comprise cement and chemically treated cellulose fibers’ 이었다. 2위는 피인용수 101 회로 특허번호 US20070028808이며 제 3위는 피인용수 68회인 특허번호 US20070080103이다(Table 7).

미국은 출원건수가 일본에 약 1/4배 정도 이나 질적인 면에서 일본보다 상당한 우위를 차지하고 있다. 한편 한국은 특허출원 건수가 24건으로 출원 3위이지만 질적인 면에서 세계 수준에도 못 미치고 있다. 출원 특허에 대한 인용수가 많다는 것은 10년 기간 동안에 고품 폐기물 처리와 분리 분야의 R&D 활동이 활발하였다는 것을 의미한다.

한편 국가별 특허의 질적 수준은 Table 6에서 보는 바와 같이 미국이 가장 높은 값(4.535)을 보여주므로 질적 수준이 가장 우수한 것으로 나타났으며 분야 평균이상의 수준을 보이는 국가는 미국(4.535), 영국(2.532), 불란서(1.263), 이태리(1.221)이며 한국의 수준 지수는 0.179를 기록하였으며, 이는 한국의 질적 수준이 세계 평균 이하임을 의미한다.

## 5. 결 론

2001년에서부터 2011년까지 DWPI의 DB(Database)를 이용하여 본 연구원에서 보유하고 있는 특허기술 분석시스템으로 석면 폐기물 처리기술에 대한 검색·분석한 결과로부터 다음과 같이 결론을 내릴 수 있다.

(1) 특허 출원인 국적은 일본이 전체 265건의 특허 중 51.32%(136건)를 점유하고 있으며, 미국이 특허 지수가 4.535로 질적 수준이 가장 우수한 것으로 나타났다.

(2) 석면 함유물(폐기물) 처리에 관련 특허 분석대상 265건 중 10% 이상인 IPC 코드는 고품 폐기물 처리가 86건(32.5%), 분리가 44건(16.6%) 및 석회, 마그네시아, 슬래그, 시멘트와 그 조성물이 27건(10.2%)이다. 또한 각 코드별 국가를 분류하면 일본과 프랑스가 고품 폐기물의 처리(B09B)분야에서 한국, 미국 및 중국

은 분리(B01D)분야에서 가장 많은 출원을 하고 있다.

(3) 최근 10년 동안의 특허 인용도 및 출원된 특허 수가 많은 분야가 많은 사람들이 관심을 가지고 있음을 의미하므로 B09B, B01D 및 C04B 분야에서 활발한 R&D 활동이 이루어졌음을 알 수 있다.

(4) 따라서 국내에서는 2차 오염물질 배출억제 및 온실가스 저감효율 증진 및 자원재활용을 위하여 향후 석면 폐기물 관련 기술개발 방향은 고품 폐기물 처리(B09B)분야에 많은 관심을 가져야 할 것이며 또한 특허 출원된 기술의 질이 세계적인 질적 평균값보다 낮으므로 앞으로 국가 위상을 높이기 위해 특허 기술의 질을 높여야 할 것으로 사료된다.

## 사 사

이 글은 한국과학기술정보연구원(KISTI)이 수행하고 있는 교육과학기술부의 과학기술진흥 기금 출연사업인 “고경력 과학 기술인을 활용한 지원 사업(ReSEAT Program)”의 일부이다. 심사과정에서 미비점을 잘 지적하여 주신 교열자에게 깊은 사의를 표합니다.

## 참고문헌

- Bowles, O. (1946) Asbestos-The Silk of the Mineral Kingdom, The Ruberoid Co., New York, 13-22.
- Bradley, S. Van Gosen (2007) The Geology of Asbestos in the United States and its Practical Applications, Environmental & Engineering Geoscience, XIII(I), 55-68.
- Constantopoulos, S.H., Malamou-Mitsi, V.D., Gaudevenos, J.A., Papathanasiou, M.P., Pavlidis, N.A. and Papadimitriou, C.S. (1987) High incidence of malignant pleural mesothelioma in neighboring villages of northwestern Greece, Respiration, 51, 266-271.
- Kang, D.M. (2007) The relationship between environmental Asbestos exposure and malignant mesothelioma in Busan, Korea. International Asbestos conference, Yokohama, 237-254.
- Kwon, S.M. (2010) A Study on the Improvement of the Examination of the Asbestos through Field Analysis, Seoul National University of Technology, Master Thesis.
- Lee, R.J., Strohmeier, B.R, Bunker, D.R. and van Orden, D.R. (2008) naturally occurring asbestos - A recurring public policy challenge, Journal of hazardous materials, 153, 1-21.
- Magnani, C., Dalmaso, P., Biggeri, A., Ivaldi, C., Mirabelli, D. and Terracini (2001) Increased risk of malignant mesothelioma of the pleura after residential or domestic exposure to asbestos: A case-control study in Casale Monferrato, Italy, Environ Health Perspect, 109, 915-919.

- Newhouse, M.L. and Thompson, H. (1965) Mesothelioma of Pleura and Peritoneum Following Exposure to Asbestos in the London Area, *British Journal of Industrial Medicine*, 22, 261-269.
- Newhouse, M.L. and Wagner, J.C. (1969) Validation of Death Certificates in Asbestos Workers, *British Journal of Industrial Medicine*, 26, 302-307.
- Ojima, Shou and Hwjishige, Shousei (2006) Non-Fibers and non-Asbestos by low temperature decomposition of Asbestos, *Metallurgy(Japan)*, 76(2), 41-47.
- Park, H.S. (2006) Treatment technology of Asbestos waste by Plasma Energy, 083-051-025(Ministry of Environment), 1-411.
- Robert, L. Virta (2002) Asbestos: Geology, Mineralogy, Mining and Uses, Open-File Report 02-149, USGS.
- Senyigit, *et al.* (2000) Incidence of malignant pleural mesothelioma due to environmental asbestos fiber exposure in the Southeast of Turkey, *Respiration* 67 (2000), pp. 610-614. View Record in Scopus Cited By in Scopus (34).
- Sugio FURUYA (2010) Japanese Relief Scheme for Non-employee Asbestos Victims, 2010 International Symposium on Asbestos, 15 July, Jeju, Ministry of Environment, Republic of Korea.
- Selikoff, I.J., Churg, J. and Hammond, E.C. (1964) Asbestos Exposure and Neoplasia, *J. Am. Med. Ass.*, 188, 22-26.
- Toshiaki HIGASHI (2008) Historical Aspect of Asbestos issues in Japan, 23(1), *Eurozoru Kenkyu*, 10-14.
- Wagner, J.C., Sleggs, C.A. and Marchand, P. (1960) Diffuse Pleural Mesothelioma and Asbestos Exposure in the North Western Cape Province *British Journal of Industrial Medicine*, 17, 260-271.
- Wagner, J.C. (1965) Sequelae of Exposure to Asbestos Dust, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 132, 691-695.

---

2011년 9월 7일 원고접수, 2011년 10월 20일 게재승인