

## 나노기술 적용을 통한 포장 분야의 전망

김재능 · 이윤석

연세대학교 패키징학과

## Expectation of Nanotechnology Applications in Packaging

Jai Neung Kim and Youn Suk Lee

Department of packaging, Yonsei University

**Abstract** Nanotechnology is playing an increasingly important role in the development on most areas of science and technology. Because of its potential of providing novel performance at the nanoscale, the nanotechnology can influence a wide range of applications such as information, energy, environment and biology, all essential for socioeconomic development in the near future. In the packaging industry, the main applications of nanotechnology are (1) to enhance durability, (2) improve gas and oxygen barriers of raw materials for films and packaging, (3) create new functional sensors, and (4) lengthen shelf life for the packaged food quality and will also help in pharmaceuticals and cosmetics. Nanotechnology is growing in an international interactions which accelerate in science, education, and industrial R&D. Government, industries and the business sector in Korea have shown a strong ambition towards the development of nanotechnology for the future. Meanwhile, a strategic investment in packaging area is much smaller compared to supporting research and development (R&D) of various major research areas. This article were reviewed the status and trends of current packaging research and development activities using nanotechnology in Korea, USA, Japan, and other international nations.

**Key words** Nanotechnology, Packaging, Nanocomposite

## 서 론

전 세계적으로 나노기술은 21세기 과학기술의 미래 핵심 전략사업으로 매우 중요한 분야로 대두되고 있다. 나노기술(Nanotechnology)은 나노미터 크기의 극 미세 기술영역을 말하는 것으로, 새로운 물리현상과 향상된 물질특성으로 특징 지워지고 있다. 나노구조물의 분석, 제어, 합성의 전 과정이 극미세 수준에서 제어되기 때문에 높은 기술 집약도가 요구되며, 초미세상태에서 인위적으로 나노구조물을 제어 및 조작을 가능케 함으로써 전자, 통신, 재료, 의약, 생체기술, 에너지, 환경등 모든 산업분야에 영향을 미치기 때문에 전세계적으로 주목을 받고 있다<sup>(1)</sup>.

나노기술은 특징은 물리, 화학, 생물, 재료, 전자등과 같은 다양한 기술 분야를 연결한 새로운 기술 영역을 구축하

여 기존 인적자원과 학문분야 간 시너지 효과 발생 하며 높은 기술 집약도, 경제성, 및 환경 친화성으로 에너지 효율의 극대화, 오염발생 방지, 효과적 오염제거 등이 가능하여 환경오염을 최소화 한다. 또한 의료건강, 정보통신, 국가안보, 교육, 신소재, 환경등에 광범위하게 응용되어 분자소자, 바이오칩, 신약, 광기능체 등의 각종 새로운 첨단제품으로 확장된다<sup>(2)</sup>.

나노기술은 현재 성장기에 진입하여 2010년경에는 매우 큰 시장이 형성될 것으로 전망되고 있다. 이는 21세기의 가장 중요한 미래 핵심기술 분야로 국가의 산업 경쟁력을 좌우하게 될 것이다. 더욱이 나노기술 개발은 산업화의 축진을 가져다주며 나아가 정보기술(IT), 바이오기술(BT), 환경기술(ET)등 국가 핵심 정책 산업을 강화시킴으로서 국가 경쟁력 확보에 중대한 영향을 미치게 된다<sup>(3)</sup>. 이 경쟁에서 주도권 확보를 위하여 직접적인 연구 개발과 더불어 신속한 정보의 획득 및 전략적 활용이 절대적으로 필요하다.

미국과학재단(NSF)은 향후 10-15년 내에 세계 나노기술의 시장규모가 1조 달러를 넘을 것으로 추정하였으며 시장

<sup>†</sup>Corresponding Author : Jai Neung Kim  
Dept. of Packaging, Yonsei University, 234, Maeji, Heungup,  
Wonju, Kangwon-do, Korea 220-710  
E-mail : <kimjn@yonsei.ac.kr>

측면에서 나노소재, 반도체, 그리고 의약 분야가 각각 2010년 이내에 약 3,400억불, 2015년에 3,400억불과 1800억불의 규모가 될 것으로 전망하였다<sup>4)</sup>. 국내에서도 나노기술의 활성화를 목적으로 과학 기술부에서 나노기술 종합발전계획을 지속적, 체계적으로 추진할 수 있는 제도적 장치를 마련하고 있다.

나노기술 개발을 위한 선진국 대부분은 연구개발에 대한 지원이 매우 높은 현상을 나타내고 있다. 나노기술의 적용은 국내 포장분야에 투자나 개념 부족으로 인한 현재까지 미미하게 이루어지고 있지만 특히 포장재료 분야에 나노기술을 이용하여 새로운 기능을 부여하는 개발이 급속히 진행되고 있으며 제품화되고 있다.

본 연구는 국내 패키징 연구개발 분야에 선진 나노기술의 정보를 제공하고자 국내 및 미국, 일본등 선진국의 패키징 나노기술 현황 및 나노기술을 이용한 패키징 적용 전망을 알아보고자한다.

## 본 론

### 1. 개요

#### 1) 나노 패키징의 정의 (Definition)

나노(Nanotechnology) 패키징이란 10억 분의 1 수준( $10^{-9}$ )의 정밀한 극미세가공으로 원자구조를 조작, 배열할 수 있는 나노기술을 패키징과 연관된 모든 영역에 적용한 신개념이다. 즉 구체적으로 나노테크놀로지 기술을 응용한 신물질, 신소재, 신기술을 이용하여 포장재의 차단성, 열적안정성, 내연·내구성 등의 물성을 강화하고, 제품의 질적 향상과 보존을 위한 흡착, 향균, 가스조절 등의 기능을 부여한 첨단 패키징 즉, 일반 패키징의 발전된 모습이다.

또한, 경량화, 재활용, 분해등과 같은 다기능소재가 가능해지면서 환경친화적 이점과 제품·물류의 정보를 감지하고 저장할 수 있는 커뮤니케이션 기능의 이점까지 적용할 수 있게 되었다. 그로 인해 한정되고 한계에 도달했던 패키징의 영역과 능력을 한층 극대화할 수 있는 가능성을 가지게 되었다.

지난 2000년 미국이 차세대 경쟁력으로써 국가나노기술 개발을 추진한 이후 선진국들은 경쟁적으로 나노기술을 미래 산업으로 집중, 육성하고 있다. 이러한 나노테크놀로지를 우리나라의 반도체 다음의 차세대 성장원동력으로써 개발하고 패키징에 적용함으로써 패키징에 무한한 능력과 응용 가능성을 가지게 하는 것이 나노테크놀로지 패키징이다.

#### 2) 나노 패키징의 배경

20세기에 나노는 물리학에서만 이론적으로 제시되었던 개념이었다. 그러나 2000년 미국 정부가 미래 국가 핵심 기술로써 나노기술을 선언하고 국가나노기술개발을 추진한 이후 일본, 유럽 등의 세계 각국에서는 경쟁적으로 나노 과학

분야에 주목하기 시작했다. 그 이후 나노기술(NT)은 정보기술(IT), 바이오기술(BI), 환경기술(ET), 문화기술(CT)와 더불어 21세기 핵심기술로서 급부상하면서 선진국 간의 개발 경쟁이 치열하게 되었다.

나노기술은 패키징 산업을 다양화, 다기능화 할 수 있는 새로운 가능성을 제시함으로써 기능성 코팅제, 전도성 접착제, 전도성 잉크, 기능성 배리어 필름을 개발해 제품화 단계에 있으며, 지금은 더 다양한 패키징 영역에서 나노테크놀로지가 도입 되므로써 많은 연구와 시도가 이루어지고 있다.

물론 패키징 산업내에서 나노기술이 각광받게 된 것은 이미 세계적 추세가 된 나노 트렌드에서 그 원인을 찾을 수 있지만, 그 자체가 첨단 산업으로 인식되고 나노기술을 통해 획기적인 기술 발전을 하여 새로운 네트워크와 시스템을 구축하기 위해서이기도 하다.

### 3) 나노 패키징의 필요성

세계가 모두 이렇게 나노기술에 매달리는 이유는 전자, 환경, 재료공학, 의학, 생명과학 등 사회 전반의 패러다임을 바꿀 수 있기 때문이다. 나노의 응용성의 확대로 인한 21세기 기술개발의 신산업으로 주목받을 가능성을 가진 것이 나노패키징이다. 패키징 기술은 국가 경쟁력 향상의 필수조건이고 시장 개방으로 인한 내수시장 방어 및 해외시장 개척의 첨병역할을 하며 최근 부각되는 주요 산업분야에 상당한 영향을 미치는 요소로 분류된다. 그러나 현재 우리나라 패키징 산업의 현실은 굉장히 열악하여 전략적 육성을 시급히 필요로 하고 있다.

나노테크놀로지(Nanotechnology) 패키징은 나노의 무한한 응용 가능성을 패키징에 적용함으로써 패키징 또한 무한의 영역과 능력, 기능을 가지게 하여 패키징 재료의 물성 강화뿐만 아니라 향균, 흡습, 차단, 조절등의 기능성과 환경친화적 능력, 소비자들의 편리성 증진, 물류의 편리화 간소화, 자동화까지 패키징의 모든 영역의 대대적인 한 단계의 성장을 도모할 수 있게 한다. 따라서 나노패키징의 기술 영역을 크게 기능성, 감지능력, 제품의 질 향상·보존 그리고 특성강화 및 환경친화로 구분할 수 있다 (Fig. 1).

그리고 이러한 패키징의 기술적 향상만이 아니라 나노테



Fig. 1. Fields of nanotechnologies in packaging applications

크놀로지는 패키징산업 자체에 활력을 증폭시켜주는 촉매 역할을 할 수 있으며 대중들에게 패키징을 첨단산업으로 인식시켜 줄 있는 절호의 기회가 될 수 있기 때문에 패키징에서의 나노테크놀로지는 핵심적이고 필수적이다.

**2. Nanotechnology 패키징기술의 현황**

**1) 한국**

**(1) 투자규모**

정부는 나노테크놀로지(NT)산업을 발전시켜 국가의 성장동력으로 삼겠다는 야심 찬 계획을 세워 2001년 ‘나노테크놀로지’를 수립했다. 이 계획에 따르면 2005년까지 나노테크놀로지개발을 위한 주요 인프라 구축을 완료하고 2010년까지 나노테크놀로지 선진 5대국 기술경쟁력을 확보해 비교우위를 갖는 최소 10개 이상의 최고 기술을 보유하겠다는 것이다. 의욕적으로 출발한 한국의 나노 산업의 수준을 정확히 나타낼 수는 없지만 나노테크놀로지 연구에 전문학적인 액수를 쏟아 붓고 있는 미국과 일본에 비하면 겨우 25%수준인 것으로 알려지고 있다 (Table 1).

나노 테크놀로지는 정부지원 중심의 연구개발이 진행되고 있으나 기술 자체만의 연구에도, 연구수준 및 분야, 규모면에서 미흡한 상황이다. 전문적인 연구원이 매우 부족하며 유사 분야에서 전환, 활용이 가능한 인력도 향후 급격하게 증가할 국내 인력 수요에 절대 미흡하다. 전문 인력을 보면 전문적인 연구원이 매우 부족하며, 세계적 전문 인력 500명 이내에 포함될 수 있는 전문가는 10명 내외이다.

유사분야에서 전환, 활용이 가능한 인력도 100명 내외의 규모로 향후 급격하게 증가할 국내 인력 수요에 절대 미흡한 상황이다. 또한 연구시설과 관련하여서도 나노테크놀로지 개발에 필요한 필수장비도 절대 부족한 상황이다. 그나마 있는 장비도 시설, 장비의 공동 활용 경험이 부족하여 공동 이용이 제대로 되지 못하고 있다.

특히 이런 상황으로 인해 시급히 육성되어야 할 체계적인 전문인력 양성사업 추진이 저조한 것도 국내 특성과 더불어 우위 확보가 충분히 가능한 부문에서조차 연구개발투자가 미흡한 것과 더불어 심각한 문제로 볼 수 있다. 이에 대해 나노 전문가들은 한국의 나노 산업은 태동기에 진입해 있다고 평가할 수밖에 없다.

현재, 나노테크놀로지는 점차 가능성 개발하는 방향으로

즉 지금까지의 단순기술개발이 아닌 패키징의 제품에 다기능을 부여하고 제품화하는 방향으로 연구의 중심이 전이되고 있어서 응용분야의 다양화가 요구된다.

특히 국내의 나노복합재료에 대한 수준은 외국에 비하여 아주 미약하고 핵심기술회피전략을 통한 공백기술 개발이 절실하다. 기술별로는 우리나라가 나노 소자 분야에 대해 활발한 특허 활동을 펼친 결과 미국 특허에서 나노 소자 분야 점유율 5위에 랭크됐지만, 기술 영향력 지수는 0.34로 선두 10개국 중 최하위를 면치 못했다. 나노기반·공정 분야 역시 국내 개발은 비교적 활발히 이뤄지고 있지만 세계적으로 기술력은 매우 취약한 것으로 조사됐다.

위와 같이 이러한 나노테크놀로지 개발의 주요성과가 아직까지 산업화에 연결되지 못하고 있다는 지적이 강하다. 특히 지금까지 개발된 나노 관련 기술이 민간 연구개발, 즉, 실제 제품에의 나노 테크놀로지 패키징으로의 유인효과가 낮고 기술의 특성 또는 연구단계에 따른 기타 기술로의 연계가 미흡하여 상품화 산업화 전략이 부재했다고 볼 수 있다.

**(2) 동향**

나노테크놀로지의 응용분야는 전자, 재료공학, 환경, 의학 등 거의 모든 기술 분야에서 가능하므로 인류문명의 혁명적 변화를 예고한다. 그러나 현재 국내의 나노테크놀로지는 전 분야에서 걸음마도 떼지 못한 초보단계이다. 그러나 가장 먼저 효과가 기대되는 분야 중 하나가 재료분야라는 것에는 의심의 여지가 없다.

최근에는 나노복합재료가 자동차 소재 및 패키징용으로 선택되면서 신소재로써 각광받고 있음을 알 수 있다. 그러나 아직까지 물성의 선택적 발현이나 첨가제로써의 혼합문제에 있어 더 많은 연구가 필요한 것으로 지적되고 있다. 그러나 특히 한국은 탄소나노튜브와 같은 패키징에 도입할 수 있는 나노소재 등과 같은 개발에 치우쳐 있는 개발의 여지가 상당함을 알 수 있다.

나노테크놀로지와 나노테크놀로지 패키징의 국내외 기술수준을 비교해 보면, 정성, 정량적인 면에서 선진국에 비해 현격한 차이를 보여주고 있다. 우리나라가 타국에 비하여 나노에 관심을 갖게 된 것은 수년 전이었으며, 본격적인 기술개발에 돌입한 것도 3~4년에 지나지 않기 때문이다. 현재 우리나라의 경쟁력은 선진국에 많이 뒤져 있는 현실이다.

**Table 1.** Results in total analysis estimation by world technology evaluation center (WTEC)

	나노구조체 합성	바이오 나노	대표면적소재	나노소자	벌크나노소재	합계
미국	32	29	33	37	33	164
일본	34	28	25	34	30	151
EU	33	27	30	29	32	149
한국	10	6	6	10	10	42
합계	109	90	94	108	105	506

### (3) 전망

차세대 성장산업으로 부각되고 있는 나노테크놀로지산업은 기술지식 집약적인 고부가 가치 산업이기 때문에 선진국들은 앞 다투어 이 분야의 기술개발을 추진하고 있다. 이러한 나노테크놀로지는 모든 산업의 기술혁신을 주도 할 수 있는 능력을 가진 것으로 전망되고 있으며 한계를 극복할 수 있는 새로운 기술개발이 가능할 것으로 추측된다. 불가능 하다고 생각되었던 미세영역의 적용으로 혁신적 발전이 가능하고, 분자단위에서 설계된 고기능성, 고성능, 고효율 나노소재가 개발되어 소재 산업의 부가가치를 획기적으로 높임으로써 나노 테크놀로지 패키징의 미래성은 아주 밝은 것으로 판단된다.

이러한 나노 테크놀로지 패키징의 핵심 분야를 선택 집중하여 체계적이고 효율적인 연구 개발을 수행하고 이러한 기술을 상품화한다면 수년 안에는 선진국과의 경쟁이 가능하며 패키징 자체의 한계를 뛰어 넘음으로써 어쩌면 한 종류의 기반산업으로 볼 수 있는 패키징의 활력을 불어넣고 이와 관련된 다양한 산업에 긍정적인 영향을 끼칠 수 있다.

나노 테크놀로지 패키징은 10년 후, 20년 후의 사회나 경제의 발전에 불가결한 기술이며, 무한한 가능성을 가진 기술이다. 나노 테크놀로지 패키징 국가전략에 의해 중점 투자가 이루어지고 그 이후, 인재가 성장하고 연구 성과의 신속한 산업에의 기술이전이 행하여져 신산업이 창출된다. 이러한 나노테크놀로지 패키징의 일련의 산업화 사이클을 본격적으로 시작하는 것이 시급하게 해결해야 할 우리들의 과제이다.

## 2) 미국

### (1) 투자규모

2000년 1월, 미국 클린턴 전 대통령은 나노테크놀로지를 정보통신기술(IT)와 바이오테크놀로지(BT)에 이은 전략 분야로서 집중 개발하기 위하여 5가지의 중요 테마로 구성된 국가나노기술 전략 (National Nanotechnology Initiative, NNI)의 구상을 책정, 발표하였다. NNI계획을 수행하기 위하여 국립과학재단(NSF), 국방부(DOD), 에너지부(DOE), 국립위생연구소(NIH), 항공우주국(NASA), 상무부(DOC)의 국립표준기술연구소(NIST) 6개의 기금 기관이 참여하고 있다. 미국의 기관별 나노테크놀로지 예산 편성은 Fig. 2와 같다<sup>6)</sup>.

NNI 계획은 2가지의 대형 프로젝트를 인계한 것이다. 첫째는 나노테크놀로지에 관한 2년간의 국제 연구로 미국, 일본, 유럽의 협력도 얻어서 8명의 파넬 멤버에 의해 추진되었다. 이 연구는 NSF와 다른 6개 연방기금 기관의 자금 원조 하에서 세계기술 평가센터 (World Technology Evaluation Center, WTEC)의 주관으로 수행되었다. 둘째는 나노테크놀로지의 연구 개발에 관계된 횡단적인 연구로 첫째의 연구

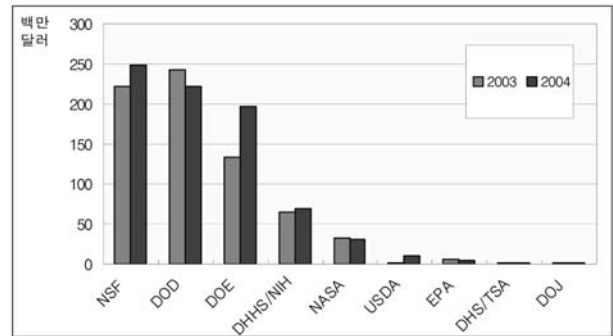


Fig. 2. Comparison of invested costs in nanotechnologies at 2003 and 2004; NSF(국립 과학재단), NIH(국립위 생연구소), NASA(항공 우주국), EPA(환경보 호청), DOJ(법무부), DOD(국방부), DOE(에너지부), USDA(농 무부), DHS(국토 안전부).

에 연속되어 수행되었다. 이 연구는 IWGN (Interagency Working Group on Nanotechnology)의 후원에 의해 대학, 국립 연구소, 산업계 등에서 다수의 대표를 선발하여 미국 단독으로 수행하였다. NNI 계획은 미국 정부의 다각적인 지원을 받아서 책정되었다.

NNI 계획은 2001년도 미국내의 연구 단체에 약 4.22억 달러를 투입하여 나노테크놀로지의 개발을 선도하는 나노 스케일 및 그 주변 관련기술의 연구 활동을 하는 것이다. 이러한 활동은 NNI의 중요 프로젝트가 되는 기초연구, 중점 연구 과제, 연구 센터와 네트워크, 연구용 인프라 구축, 나노테크놀로지의 사회적 공헌과 연구자의 교육, 훈련으로 분리된다. 이들 5가지 프로젝트의 당초 청구액은 각각 1.7억 달러, 1.4억 달러, 7,700만 달러, 8,000만 달러 및 2,800만 달러이다. (실제 기금액은 당초 청구 총액 4.95억 달러의 약 90%이다.) 이들 기금의 약 절반(평균)은 신규분이며 나머지 절반은 전 회계연도에 적립된 다른 프로그램에서 나노테크놀로지의 연구비로 재 배분된 것이다.

5가지 프로젝트 중 두 번째인 중점 연구 과제 (Grand Challenges)를 살펴보면 나노테크놀로지를 9가지의 다른 분야로 분류하고 있다. 이 중에서 '고강도, 경량, 고경도, 자기 수복 기능, 안전성을 갖춘 "지적(Smart)"으로 다기능인 나노머티리얼의 설계' 분야는 패키징에 가장 많이 적용될 분야로서 청구액 1.4억 달러이며, 많은 부분이 나노테크놀로지 패키징에 사용될 것으로 예상된다.

지금까지 본 것처럼 미국은 나노테크놀로지 분야에 많은 투자를 하고 있지만 패키징 관련 분야가 아직은 발전 단계여서 많은 투자는 이루어지지 않고 있다. 앞으로 발전 가능성이 큰 패키징 분야가 성장함에 따라 나노테크놀로지 패키징 분야에도 투자를 하여 선진국으로서의 우위를 지켜나 가려고 할 것이다.

(2) 동향

미국은 NT를 IT, BT와 더불어 21세기를 주도할 핵심 기술로 판단하고 정부 차원에서 체계적으로 육성하기 위해 대비하고 있으며, 일본, 독일과 같은 주요국들도 미국과 같은 인식 하에 2000년부터 정부 주도로 본격적인 투자에 착수하였다.

1996~98년 NSF(미국국립과학재단) 주도로 NT 및 연구 동향을 파악함으로써 새로운 성능을 가진 나노 소재 개발이 가능하게 되었고, 이어서 나노 소재를 다양한 분야에 적용시킬 수 있게 되었다. 패키징 분야에서도 재료부문에 많은 개발이 필요함에 따라 나노기술의 적용이 시도되고 있다.

개발 계획에 의하면 제품화시기를 20년 후로 하고 전반은 기초 연구에 집중하고 최종 수년 동안에 기업화하는 얼핏 보면 많은 시간을 소비하는 프로젝트 같이 보인다. 그러나 개별적으로는 이미 제품을 의식한 개발이 연구 그룹과의 협력으로 진행되고 있는 것이다. 나노테크놀로지 패키징 분야도 지금은 기초 연구를 하고 있지만 10년이나 20년 후면 나노테크놀로지 패키징이 실용화되어 생화 곳곳에서 편의를 도모할 것이다. 미국은 지금의 기초 연구를 바탕으로 10년, 20년 후의 실용화의 주도를 꿈꾸고 있는 것이다.

3) 일본

(1) 투자규모

일본은 1992년부터 현재의 NT라 불리는 연구를 시작하였는데 대표적 나노기술 연구기관으로는 ETL(Electrotechnical Laboratory), Institute of Molecular Science, JRCAT(Joint Research Center for Atom Technology), Kyoto University, NAIR(National Institute for Advancement of Interdisciplinary Reserch), NEC, NRIM(National Research Insitute for Metals), RIKEN(Insitute of Physical and Chemical Reasearch), Tohoku University 등이 있다. 일본은 2000년까지 5년 동안 나노기술에 대한 연구개발비를 17조 엔이나 지출하였고 훌륭한 연구결과가 많이 나온 바 있다. 또한, 지금도 일본의 나노테크놀로지의 기초연구에 대한 연구비는 계속 증가하고 있는데 이는 일본의 과학기술 기초법 (Science and Technology Basic Law)에 기인하고 2001년부터 5년간 24조 엔을 나노기술을 중심으로 한 생명과학, 정보통신, 환경 기술등에 지출할 예정이다<sup>6)</sup>.

일본 대기업들의 나노테크놀로지 연구에 대한 투자 또한 대단하다. 대표적 여섯 개의 기업으로서 연간 매출액 700억 US\$의 Hitachi의 중앙연구소는 중장기 연구의 25%를 나노기술에 할애하고 있고, 연간 매출액 400억US\$의 NEC의 기초 연구소는 Precompetitive Research의 50% 정도를 나노기술에 투자하고 있으며 그 외에 NTT(Atsigi Lab), Fujitsu(Quantum Electron Devices Lab), Sony, 그리고 Fuji Photo Film Co. 등이 있다.

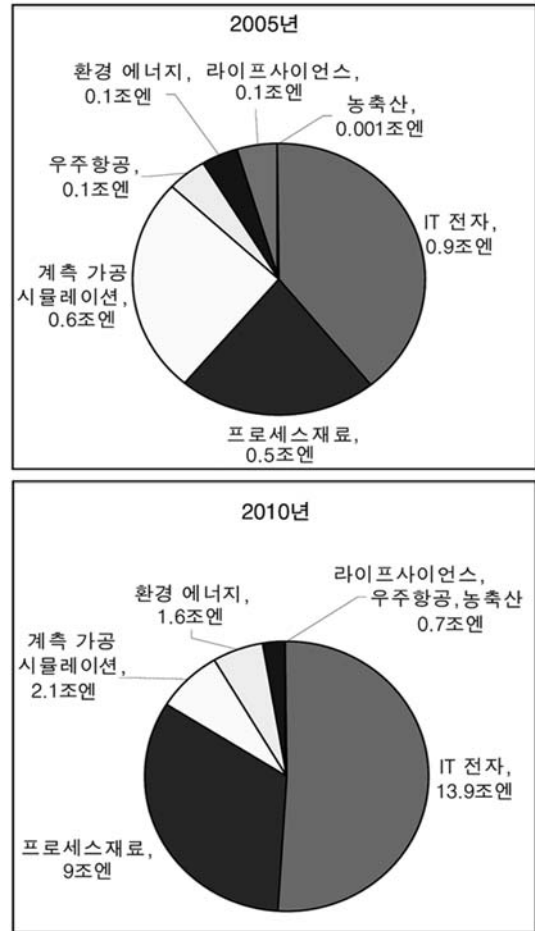


Fig. 3. A prospect for the market size of nanotechnologies in Japan.

원자나 분자를 생각하는 대로 조정하여 지금까지 없었던 신소재나 반도체, 의약품, 패키징제품 등을 만들어 내는 나노테크놀로지의 연구를 추진하기 위해 일본 통산성은 2001년부터 연간 50억엔 규모의 산·학·관 공동연구프로젝트를 발족시켰다. 국립연구소 나노테크 연구센터를 신설한다. 나노테크에서 일본은 세계 최고 수준을 지니고 있지만 미국정부가 나노테크를 정보기술이나 바이오에 있어서 전략 분야로 하여 거액의 연구자금을 투입하기 시작함에 대응하여 개발을 강화하고 있다.

일본과학기술청은 2001년 4월 독립행정법인으로 발족하는 물질, 재료연구기구에 나노소재연구센터를 설치할 방침을 밝혔다. 이를 계기로 나노분야의 연구를 강화하여 세계의 재료개발센터로서 경쟁력을 높여나가고 또한 패키징 재료개발에도 나노연구개발의 경쟁력도 높여나가고 있다. 쓰쿠바대학, 규슈대학, 도육대학, NEC 히다찌 제작소, 마스시타 전기산업, 교세라 등과 연대하여 산·학·관의 지혜를 결집한 새로운 연구체제를 고안하였다.

일본정부는 나노과학 및 기술과 관련하여 1996년~2001

년 동안 2억 2500만 달러를 투자하고 2002년 예산안 경우 타 분야예산의 삭감, 나노 분야연구개발 예산은 16.5% 증액하였다. 2001년 3월 'n-plan21'계획을 입안하여 나노기술개발을 국가적 전략으로 추진하고 있다. 일본의 나노기술은 정부와 산업체, 대학이 유기적으로 발전하는 모습을 보이고 있으며 적극적인 나노과학기술발전계획과 더불어 세계적인 기업들인 히타치, NEC, NTT, 후찌등이 핵심기술 개발에 매진, 특히 MEMS기술과 관련해서는 상당수 연구진척이 이루어져있다. 히타치 종합연구소는 일본의 나노테크놀로지 시장규모가 2005년 2조4천억 엔에서 2010년에는 27조 엔으로 급속히 확대될 것으로 예측한다 (Fig. 3).

## (2) 인식

일본 통산성 공업기술원이 2001년 예산에서 요구하는 재료 나노테크놀로지 프로그램의 상세가 최근 밝혀졌다. 이 프로그램은 일본이 갖는 높은 수준의 나노 테크놀로지의 기술수준을 더욱 발전시켜 보다 우수한 성과를 내는 것이 목적으로 2007년까지 나노재료의 기술기반 연구개발을 행하고 그 성과를 산업계가 활용할 수 있도록 데이터화 및 표준화 한다. 나노재료의 기반 및 기초기술의 연구개발은 정밀고분자의 연구개발, 나노 유리재료 기술, 나노입자의 합성과 기능화기술, 나노메탈기술, 나노코팅기술 등 5개의 프로젝트로 구성되었다. 이 재료 나노테크놀로지 프로그램은 패키징 제품의 재료기반에도 큰 영향을 미치게 된다.

## (3) 전망

나노테크놀로지는 아직까지 과학(Science)과 기술(Technology)의 경계선상에 있는 태동기의 기술로 분류되나 현재의 기술발전 속도를 고려할 때 향후 10년 후에는 초거대 시장을 형성할 것으로 예측되고 그 안에는 나노패키징 산업도 한몫을 할 것이라 예상된다. 나노테크놀로지의 장기적인 기술발전 방향에 대해서는 현재로서는 예측하기 어렵다. 그러나 나노테크놀로지가 현재의 기술 패러다임을 완전히 뒤바꾸어 놓을 정도의 엄청난 파괴력을 지니고 있다는 점에 대해서는 대부분의 전문가들과 지식소양인들이 공감하고 있는 부분이다.

나노테크놀로지는 물리학, 화학, 생물학 등의 기초과학은 물론 전자, 패키징, 컴퓨터 등의 응용과학 분야가 복잡하게 얽혀있는 전형적인 학제형 기술의 하나이다. 이에 따라 국가나 기업차원 공히 나노테크놀로지 분야에서 경쟁력을 확보하기 위해서는 다양한 분야의 유기적 연구 네트워크 구축 및 연구 성과의 공유 장기적 관점에서 이를 뒷받침하고 올바른 연구방향을 제시할 수 있는 강력한 연구 구심체의 확립이 중요한 과제로 지적되고 있다.

기업입장에서 나노테크놀로지는 단기적 성과를 기대하기보다는 장기적 안목에서 기존사업의 경쟁력을 강화하기 위

한 수단으로 접근하는 자세가 바람직하다. 따라서 기업들도 이질적인 분야보다는 패키징 산업과 같은 유관분야에서 나노테크놀로지의 접목가능성을 찾으려는 노력이 우선되어야 할 것이다.

## (4) 그 외 국가

독일, 스위스는 2000년 이미 국영 나노 테크놀로지 연구소들을 출범시켰다. 독일의 현 연방정부는 1999년 집권 이래 교육연구부문 지출을 약 10억 유로 이상 증액함으로써 1992-1993년 이 부문 지출을 약 6억 7000만 유로 감축한 이전 정부와는 다른 면모를 입증하고 있다. 연방정부가 추진하고 있는 혁신정책의 면모는 독일이 나노테크놀로지와 같은 첨단 기술 분야에서 세계적인 핵심기술을 개발하고 이를 산업화, 고용창출을 위해 전력하는 독일의 정책적 변화를 보여주는 데 있다<sup>(7)</sup>.

캐나다는 2001년부터 5년 동안 1억2천만 캐나다 달러(미화 7천8백만 불)를 투입해 알버타 서부 지역에 새로운 나노테크놀로지 연구소를 설립하기로 했다. 이 새로운 나노테크놀로지 연구소(Institute for Nanotechnology)는 에드먼턴에 있는 알버타 대학과 연결되어 연방 정부와 지방정부의 공동 지원을 받게 되며 200명가량의 연구인력을 채용할 것으로 알려졌다.

유럽에서는 이미 나노기술을 현재 기술의 연장선상에 있는 기술로 인식하고 기존 기술과 접목을 통하여 기술단계를 높이는 것을 목표로 하고 있고 도달 가능한 범위에 있는 기술개발을 우선적으로 목표하고 있는 점이 미국이나 일본과는 차이가 있다. EU 국가 중에서는 독일이 5개의 우수 연구센터를 설립하는 등 가장 적극적이다.

## 3. 나노테크놀로지(Nanotechnology)의 패키징 적용 전망

나노테크놀로지의 패키징 적용을 살펴보면 크게 패키징 재료의 특성강화 나노 패키징 기술, 포장된 제품의 질 향상, 보존 나노패키징 기술, 기능성 나노패키징 기술, 환경적 친화 나노패키징 기술, 감지능력 나노 패키징 기술로 구분되면 이를 자세히 살펴보면 다음과 같다 (Fig. 1).

### 1) 패키징 재료의 특성 강화(Enhanced properties)

#### (1) 기능성 코팅기술(Enhanced properties)

나노입자를 유리나 필름 등에 코팅하여 재질에 안개나 김이 설이는 것을 방지하는 기술로 이의 개발 예는 은 알루미늄과 티탄을 이용한 나노세라믹 복합 Nanox 2613 코팅제이다 또한 이는 잠망경 손잡이 밸브 잠수함내의 다양한 기계 부품에도 사용된다. 또한 식품제과 패키징용 나노복합 코팅제를 패키징재료 즉 종이제류 합성수지류 및 필름류의 식품제과 패키징 용기제품에 차단성 향상을 위해 적용할 수 있다. 나노 코팅은 무독성 투명성 환경친화성(Recycling)이

우수하고 타가공조제와 상용성이 양호하며 황변현상 및 현상처리 안전성이 우수하다. 이는 다양한 칼라인쇄지 및 식품 제과 패키징용 완제품 패키징 용기 코팅 각종 위생 패키징지 등의 칼라 인쇄지 필름류, 지폐류, 금속재료의 코팅 분야에 사용할 수 있다.

#### (2) 차단성 향상기술

Nanocomposite를 패키징소재에 적용하여 가스 차단성을 향상시킨다. 1992년 Anionic Nanoparticle(Colloidal Silica Sol)과 Cationic Starch가 종이에 적용 되었다. 이 나노컴포지트의 Silica Sol 구조는 Synthetix Cationic Polyacrylamide (C-PAM)와 결합하여 사용되었는데 이 Silica Sol의 특성이 종이에 수분차단성을 향상하여준다. 이 기술은 종이의 가치를 고가치의 상품으로 끌어냄으로서 종이시장에 희망을 주고 있다. Polyamide계의 Nanocomposite을 종이에 코팅하여 종이의 차단성을 향상시킬 수 있다. 이 Polyamide Nanocomposite을 사용 시 산소투과성을 최소 30%정도 낮출 수 있다. 맥주병에 Nanocomposite을 적용하면 무게는 가벼워지고 물질의 강도를 강화시켰고 산소차단성을 늘릴 수 있다 이 기술로 120일이었던 맥주의 유통기한이 180일(6개월)로 늘었다.

첨단 나노금속가루를 사용한 패키징 기술의 개발로 플라스틱처럼 가벼우면서도 금속과 같은 복사차광(Radian Shielding)을 할 수 있다 Southern Clay에서는 이 기술을 더욱 개선하여 맥주의 Shelf-Life를 18개월까지 늘릴 수 있도록 개발하고 있다. 이 기술은 또한 제품의 경량화와 리사이클성을 늘려 환경친화성을 향상시켰다.

우리나라에서도 LG화학이 최초로 나노테크놀로지 패키징 기술을 적용한 고차단성 고급 엔지니어링 플라스틱(EP) 신소재 '하이베리어'를 개발하였다. 이 제품은 자동차용 연료탱크와 식품 화장품 농약 등에 사용하는 고기능 용기 등에 사용되어 용매 수분가스등 내용물의 누출을 방지 할 수 있다.

#### (3) 열적 안전성 온도저항성 향상기술

Nanocomposite을 HDPE에 적용하면 열적저항성이 높아진다. 이 나노컴포지트는 패키징 재료에 높은 열안정성을 포함하여 많은 물성을 강화시킨다.

#### (4) 내연 내구성 신장력 강도 강화 기술

현재 알루미늄 합성물은 잘 부서지는 성질이 있다. 그러나 Carbon Nano-Fiber와 Carbon Nanotube을 이에 적용하면 신장력이 좋아진다. 또한 이 Nanocomposite을 PP에 적용하면 신장력이 강화된다. Alumina/Titania Nanoceramic은 복합재료의 Toughness와 강도를 개선시켰다. 이는 제품은 US\$30-50/Pound으로 비싸지만 경량화가 가능하여 전체적으로는 비용을 절약할 수 있다. Nano Fiber는 접힘과 같

은 저항에 강하고 Cotton보다 흡습성이 더 좋아진다. 이 제품은 필터효과와 차단성 섬유로 또는 와이퍼(wiper)로 의약적으로 사용할 수 있다.

### 1) 제품의 질 향상, 보존 나노패키징 기술

#### (1) 원가 절감 기술

잉크에 사용되는 나노소자인 Titanium Dioxide는 필름이나 기타 인쇄물에 흡습이 적어 잉크가 절삭되어 높은 생산 효율성을 가진다. 나노결정체를 폴리머 결합체에 넣는 나노합성 기술을 맥주병 마개에 적용 하면 기존에 6개월이었던 보존기간을 18개월까지로 연장할 수 있고 기존의 생산비를 줄일 수 있으며 과거에 사용하던 생산라인을 그대로 사용할 수 있어서 추가 비용이 적고 재활용이 가능하고 운송비를 줄여서 원가를 절감시킬 수 있다.

#### (2) 인쇄 및 다양한 색 가공기술

나노기술을 이용하여 향수 방출(Fragrance Release) 염료를 인쇄에 사용하여 향수를 방출시킬 수 있고 또한 색상도 변경시킬 수 있다. 이 색상 변경기술은 상표 보호를 위해 적용 될 수 있다. 내용물의 변질에 따라 색이 변하는 나노코팅 기술을 이용하여 판매촉진에 기여할 수 있다.

#### (3) 위생 안전성 표식기술

나노기술을 적용해서 고기의 신선도의 정도나 우유의 보관수명이 얼마를 남았는지 소비자에게 알려줄 수 있다. 이 기술은 미량의 나노소재를 사용한 것으로써 포장 안에 음식이 조금이라도 산화 된다면 색이 변하게 된다.

#### (4) 편리성 및 생산성 증가기술

나노기술을 패키징에 적용함으로써 많은 부분에 편리성과 생산성을 증가 시켜줄 수 있다. 예를 들면 인쇄의 편리성을 줄 수 있다 이 나노기술을 적용함으로써 polyester, Polyamide과 같은 극성 Polymer와 PE, PP와 같은 비극성 Polymer에 상관없이 인쇄를 할 수 있다 이는 Hyperbranched Polymer가 필름표면에 충분한 가지를 만들어 줌으로 극성이든 비극성이든 인쇄가 잘되게 해주어서 인쇄의 편리성과 생산성을 향상시켜 준다.

### 3) 기능성 나노패키징 기술

#### (1) 흡착성 수분 향 자외선 부여 기술

나노기술을 이용하면 수분 향을 흡수할 수 있다. 또한 극소량의 티타늄 이산화물을 투입하여 자외선을 잘 차단할 수 있다. 이 기술은 패키징 시스템에 광범위하게 적용되어서 높은 투명도 중성생성과 효과적인 자외선 차단특성을 부여해준다

### (2) 향균성 기술

식품 패키징에서의 나노코팅은 식품이 직접적으로 닿는 패키징 필름 표면에 나노 컴포지트를 코팅하여 미생물의 성장과 번식을 방지해준다. 또한 가스차단성 기계적성과 열저항성을 강화시켜준다.

### (3) 가스 조절 기술

나노기술은 식품 패키징에서 패키징 재료를 통과하는 가스의 투과율을 조정해준다.

(4) 전기 전도성 전자잉크 전자종이 전도성 접착제 기술 금속을 나노컴포지트로 만들어 잉크에 적용하면 전도성 잉크의 특성을 가질 수 있다. 이를 이용해서 전자잉크 전자종이 전도성 접착제를 개발할 수 있다 이 기술은 필름이나 종이에 다른 부착물 없이 인쇄만으로 위조방지 제품의 물류 정보 감지할 수 있게 된다.

## 4) 환경적 진화 나노패키징 기술

### (1) 경량화 재활용기술

Polymer에 Nanocrystals를 결합시켜서 물질의 강도가 강화되고 경량화 박막화되며 리사이클성을 가지게 되어서 환경을 보호할 수 있다.

### (2) 분해 및 환경치료 기술

나노기술을 이용하여 패키징 재료의 분해를 촉진하고 나아가 매립시에 토양을 비옥하게 할 수 있는 나노기술을 패키징 재료에 적용할 수 있다 이를 통해서 환경문제를 해결할 수 있다.

## 5) 감지능력 나노 패키징 기술

### (1) 물류 정보감지 바코드 및 위조/변조 방지 기술

나노컴포지트를 이용한 전도성잉크로 필름이나 종이에 다른 부착물 없이 인쇄만으로 위조방지 제품의 물류 정보 감지할 수 있게 된다. 전자센서 기능을 부여한 박막필름을 이용한 나노바코드는 패키징에 전자센서 기능을 해줄 수 있다. 나노기술을 이용해서 제품의 위조 및 변조를 방지할 수

있다.

### (2) 전자센서 및 제품의 산화 및 부패 (Indicator)

산소와 접촉되면 색이 변하는 나노파티클(Nanoparticles)을 패키징에 적용할 수 있다. 이 특징을 산소에 예민한 식품인 고기와 유우 패키징에 적용하여 식품의 산패나 신선도를 측정하는 지표로 사용될 수 있다.

## 결 론

최근 21세기의 미래기술로 나노테크놀로지를 산·학·연 등의 각 분야에서 연구 개발 자원의 효율적 활용과 실용화 개발에 높은 관심을 보이고 있다. 특히 정보, 전자, 의약, 환경, 에너지, 국가안보 기술등 국민복지 및 산업전반에 막대한 영향을 미치기 때문에 우리나라 패키징 산업도 나노테크놀로지를 응용한 새로운 첨단 포장기술개발의 필요성도 예외가 아닐 수 없다. 따라서 나노 기술을 적용한 첨단 포장재료 및 응용 연구개발은 차별화된 기능성 포장 나노기술에 박차를 가할 수 있도록 정부 차원의 적극적인 지원을 바탕으로 절대적으로 필요하며 이를 통한 산·학·연 간의 협동연구 및 국제협력 강화를 선도하면 이 분야에서 경쟁력 확보 및 미래 포장산업 관련 기술개발 발전에 획기적인 계기가 되리라 사료된다.

## 참고문헌

1. 반응병. 2005. 나노기술의 특허 동향, 특허청 나노기술연구회.
2. 반응병. 2003. 나노기술에 있어서 특허 정보의 중요성, 특허청 나노기술연구회.
3. 김희중. 2005. 나노기술의 최근 동향 및 전망 (개황), 한국자기학회지, 15, 1, pp 53~59.
4. 황선일. 2003. 재료 나노테크놀로지 개발전략과 동향, 한국과학기술정보연구원, pp. 10~12.
5. 강상규 외 2인. 2003. 나노기술 정보지원 체제 구축, 한국콘텐츠학회, 1, 1, pp 308-318.
6. 한국 과학기술 정보연구원. 2002. 일본의 나노기술 현황.
7. 정진상. 2006. 나노 테크놀로지 연구 개발을 통해 본 독일의 첨단기술 육성정책, 한국산업 기술재단.