

나노기술 경쟁력 지수의 개발

배성훈^a, 김준현^a, 신광민^a, 윤진선^a, 신민수^b, 강상규^{a*}

Development of a Nanotechnology Competitiveness Index

Seoung-Hun Bae^a, Jun Hyun Kim^a, Kwang Min Shin^a,
Jin Seon Yoon^a, Min Soo Shin^b, Sang Kyu Kang^{a*}^a Korea Institute of Science and Technology Information, 66, Hoegiro, Dongdaemun-gu, Seoul 02456, Korea^b Department of Business Administration, Hanyang University, 222, Wangsimni-ro, Seongdong-gu, Seoul 04763, Korea

ARTICLE INFO

Article history:

| | | | |
|----------|----|--------|------|
| Received | 1 | June | 2016 |
| Revised | 29 | July | 2016 |
| Accepted | 2 | August | 2016 |

Keywords:

Nano
Index
Technology competitiveness
AHP

ABSTRACT

In this study, we have developed an index suitable for determining nanotechnology competitiveness. The analytic hierarchy process is used to compare Korean nanotechnology competitiveness with nine high-ranked countries in terms of OECD GDP along with China, India, and Russia. We found Korea to be ranked fourth among the twelve countries. Despite Korea's high rank, it has some problems with regard to infrastructure and industry development. To become a leading country in nanotechnology, Korea needs to strategically invest into research capabilities for nanotechnology, support industry convergence based on nanotechnology, and increase investment into infrastructure development. The findings of this study will contribute to enhancing nanotechnology-related policies and research.

1. 서론

나노기술은 일반적 목적의 기술로 다양한 산업의 가치 사슬에서 해당 산업의 생산성 및 품질 등을 높이는 역할을 한다. 나노기술의 이와 같은 역할 때문에 나노기술이 각종 산업에 미치는 영향은 매우 넓고 깊다. 예를 들어 나노기술이 음식 패키징에 사용될 경우 이는 단순히 패키징 산업뿐만 아니라 해당 음식의 수명 주기도 영향을 미친다. 이는 나노기술의 바이오 플라스틱에 대한 영향과 더불어 음식 판매 기간에 대한 규제 및 소비자의 음식 구매 요인에도 영향을 미친다는 것을 의미한다.

이는 기존에 사용되던 정략적 혹은 정성적 방법을 이용하여 나노기술이 불러일으키는 효과를 측정하기가 용이하지 않음을 의미한다.

다. 나노기술의 경제성 효과 혹은 경쟁력 평가를 위해 다양한 경제적 평가 방법들 중 하나를 선택하는 것 역시 가능하지만, 그러한 방법들은 기술개발 과정 자체로부터 발생하는 영향력을 측정하는 것이 일반적이다. 그러나 나노기술은 기술개발 초기부터 응용까지 모두 영향을 미친다는 점 때문에 그러한 방법의 사용에 어려움이 따른다. 따라서 나노기술이 가져올 효과를 보다 정확하게 측정하기 위해서는 나노기술의 광범위한 효과를 측정하기 적합한 방법론을 개발할 필요가 있다. 그러한 방법론으로 본 논문에서는 나노기술 경쟁력 지수를 제안하고자 한다. 나노기술 경쟁력 지수를 관련 국가에 적용하여 국가별로 어떤 측면에서 정책이 필요한지를 파악할 수 있음은 물론 국제적으로 연계가 필요한 부분 역시 판단할 수 있을 것으로 기대된다.

* Corresponding author. Tel.: +82-2-3299-6016

Fax: +82-2-3299-6089

E-mail address: skkang@kisti.re.kr (Sang Kyu Kang).

이를 위하여 본 논문에서는 나노기술 경쟁력 지수에 관련된 선행 연구 및 설문 조사 등을 통하여 나노기술의 다면적 가치 측정이 가능한 나노기술 경쟁력 지수를 제안하고자 한다.

2. 나노기술 경쟁력 지수의 정의 및 산출방법

2.1 나노기술 경쟁력 지수의 정의

본 장에서는 국가별 나노기술의 경쟁력을 비교하기 위한 지수 개발 방법을 설명한다. 본 장 이후에는 나노 경쟁력 지수와 나노 지수라는 용어를 혼용해서 사용한다. 나노 지수는 나노기술이 미치는 영향력의 변화 추이를 상대적 값으로 나타낸다. 나노 지수는 기술적 영향력부터 경제적 영향력과 사회적 영향력까지 모두 내포하는 특성을 가지고 있다.

2.2 나노 지수의 구성과 가중치 부여

나노 지수 개발을 위하여 선행연구들을 분석하였다. 분석 대상 지수는 Digital Opportunity Index^[3], Network Readiness Index^[1], ICT Development Index^[4], IMD의 국제경쟁력 지표 중 과학·기술 경쟁력 지수^[7,8] 등을 분석하여 인프라(infrastructure)와 산업(industry)을 하위지수로 선정하였다. 그 밖에 방송통신 분야 지수^[22], 부품·소재 분야 경쟁력 지수^[10-12], 부품·소재 분야 기술 성숙도 지표^[13], 방송통신 개발 지수^[2], 해양바이오 분야 지수^[14], 정보화격차지수^[16], 나노 수요 조사^[15]를 추출하여 기술(technology),

사회경제(socioeconomy) 부문을 선정하였다. Table 1에 나노기술 경쟁력 지수의 구조와 지표가 요약되어 있다. Table 1에서 유용성 집중도는 나노의 유용성(편의, 이익, 사용, 효율 등)을 주제로 한 논문의 수를, 안정성 집중도는 나노의 안전성(안전, 제어, 위험, 독성 등)을 주제로 한 논문의 수를, 환경 집중도는 나노의 환경(오염, 유해, EHS 등)을 주제로 한 논문의 수를, 융합산업 역량 수준은 융합산업(나노-소재, 나노-소자, 나노-바이오)을 주제로 한 논문의 수를 의미한다.

본 연구에서는 AHP(analytic hierarchy process)^[23]를 이용하여 개별 지표에 대한 가중치를 산출하였다, Table 2, 3, 4는 응답자의 분포 정보이다. Table 5에는 가중치 분석 결과가 요약되어 있다. 분석 결과 모든 하위지수가 유의한 것으로 확인되었다. Table 5에 요약된 바와 같이 1차 하위 지수들에 대한 일관성 값은 0.06091로 적절한 값을 갖는 것으로 나타났다. 가중치 분석 결과에 따르면 기술 부문이 가장 중요하고 그 다음은 인프라 부문인 것으로 나타났다.

Table 6과 같이 기술 부문 디멘전(dimension)의 일관성은 0.01437로 적절하게 나타났으며, 이 분야에서는 삼극 특허 수가 가장 중요한 것으로 나타났다. Table 6과 같이 인프라 부문 디멘전의 일관성은 0.09645로 적절하게 나타났으며, 이 부문에서는 인프라가 가장 중요한 요소로 나타났다.

산업 부문 디멘전의 일관성은 Table 7과 같이 0.05182로 0.1 이하로 적절하게 나타났으며, 이 부문에서 정부 기술개발 투자대비 나노 투자 비율이 가장 중요한 요소인 것으로 나타났다. 사회경제

Table 1 Nanotechnology index

| Sub-index | Detailed indicator | | | | |
|-----------------|-------------------------------|--|---------------|----------------------------------|---|
| Technology | study activation level | nanotechnology paper activities | Industry | investment activation | the ratio of the amount of nanotechnology investments to the amount of government investments in technology development |
| | | nanotechnology paper influence | | | the ratio of the amount of nanotechnology investments to the amount of government and private investments in technology development |
| | | nanotechnology paper citation rate | | | |
| | patent ripple effect | number of nanotechnology triad patents | | market share | global market share |
| | | nanotechnology triad patent influence | | | |
| | commercialization | number of cases of commercialization | | | |
| Infra-structure | human resource level | number of researchers | Socio-economy | nanotechnology use level | consumer product activation level |
| | | number of cases of support for high-quality manpower cultivation | | | utility concentration level |
| | related organization level | number of enterprises | | nanotechnology convergence level | convergence industry capability level |
| | | number of Fabs | | | |
| | educational institution level | number of universities | | nanotechnology EHS level | environment concentration level |
| | | number of government-supported research institutes | | | safety concentration level |

Table 2 Demographics

| Sexuality | | Age | |
|-----------|----|-----|----|
| Male | 26 | 20s | 3 |
| | | 30s | 16 |
| Female | 6 | 40s | 10 |
| | | 50s | 3 |

Table 3 Distribution of distribution of industries in which the experts are engaged and related industrial areas

| Engaged industries | | Industrial area | |
|--|----|---|----|
| Nanotechnology device | 23 | Semiconductor | 29 |
| Nanotechnology process, measurement· equipment | 7 | Display | 5 |
| | | Mobile communication devices | 1 |
| Nanotechnology-energy· environment | 1 | Material (chemicals, metals, ceramic) | 7 |
| | | New & renewable energy (sunlight, wind power, etc.) | 1 |
| Nanotechnology material | 1 | Medicine/bio | 1 |
| | | Other | 1 |

부분 디멘전의 일관성도 Table 7과 같이 0.00422로 적절하게 나타났으며, 안정성이 가장 중요한 요소로 나타났다.

Table 8은 이와 같은 가중치 분석 내용을 종합하여 나타내고 있다. Table 8에서와 같이 각 지표의 일관성 값은 적절한 것으로 나타났다.

3. 지수 측정 및 국가별 비교

국가별 비교는 각 지표별 측정방법에 앞서 분석된 가중치를 적용하여 계산하였다. Table 9에서와 같이 2011년도 미국을 기준(100)으로 했을 때, 중국이 가장 높은 값을, 한국은 3번째로 높은 값을 나타냈다. 2012년도를 살펴보면 미국이 110, 중국이 123 등 국가별로 나노기술의 영향력이 증가된 것으로 확인되며, 한국은 34로 순위 변화가 없는 것으로 분석되었다.

국가별 나노 논문 영향력은“(국가별 논문 피인용수 / 국가별 논문

Table 5 1st dimension (sub-index)

| | |
|----------------|------------|
| Inconsistency | 0.06091 |
| Name | Normalized |
| Technology | 0.661 |
| Infrastructure | 0.163 |
| Industry | 0.109 |
| Socioeconomy | 0.067 |

Table 6 2nd dimension of technology and infrastructure sub-index

| Technology sub-index | | Infrastructure sub-index | |
|--------------------------|------------|--------------------------|------------|
| Inconsistency | 0.01437 | Inconsistency | 0.09645 |
| Name | Normalized | Name | Normalized |
| Paper activities | 0.193 | Number of enterprises | 0.744 |
| Paper citation rate | 0.172 | | |
| Study level | 0.209 | Number of Fabs | 0.256 |
| Number of triad patents | 0.270 | | |
| Triad patents' influence | 0.156 | | |

문 등록수) / (전체 논문 피인용수 / 전체 논문 등록수)”로 계산하며 지수의 수치가 1 이상이면 평균보다 높은 수준의 논문으로 볼 수 있다. 2011년도 미국을 기준(100)으로 했을 때, 영국이 95, 호주 92 등으로 나타났으며, 한국은 70으로 9번째로 나타났다. 2012년도에는 호주가 95.4로 미국(94.9)을 앞섰고, 일본(64) 다음으로 높은 순위에 한국(70)으로 분석되었다.

연구수준은 논문의 양적·질적 수준을 파악할 수 있는 종합 지표인 기술력 지수(TS: technology strength)로 나타난다.

$$“TS=국가별 나노 논문 영향력*국가별 논문 등록 수”$$

2011년을 살펴보면 미국이 가장 활발한 활동을 한 것으로 나타났다. 중국(88)과 한국(21)이 그 뒤를 잇고 있다. 2012년도를 살펴보면 미국(105), 중국(104), 한국(24) 순으로 나타난다.

Table 4 Experiences of respondents

| Companies | | Role | | Engaged years of the role | | Engaged years in the industry | |
|---------------------------------|----|----------------|----|---------------------------|----|-------------------------------|----|
| SME and its research institutes | 1 | Researcher | 28 | 1- 5 years | 14 | 1-5 years | 12 |
| | | | | | | 6-10 years | 11 |
| Other research institutes | 27 | Manager | 1 | 6-10 years | 12 | 11-15 years | 4 |
| Universities | 1 | Administrators | 2 | 11-15 years | 4 | 16-20 years | 2 |
| Other | 3 | Post Ph.D | 1 | 16-20 years | 2 | 21-25 years | 1 |
| | | | | | | 26-30 years | 1 |

Table 7 2nd dimension of industry and socioeconomy sub-index

| Industry sub-index | | Socioeconomy sub-index | |
|---|------------|--|------------|
| Inconsistency | 0.05182 | Inconsistency | 0.00422 |
| Name | Normalized | Name | Normalized |
| Global market share | 0.155 | Consumer product activation level | 0.206 |
| The ratio of the amount of nanotechnology investments to the amount of government investments in technology development | 0.536 | Utility concentration level | 0.184 |
| | | Safety concentration level | 0.230 |
| The ratio of the amount of nanotechnology investments to the amount of government and private investments in technology development | 0.309 | Environment concentration level | 0.161 |
| | | Convergence industries' capability level | 0.219 |

Table 8 Result for analyzing rank and weight

| 1 st dimension | | 2 nd dimension | | |
|---------------------------|---------------|---|------|--------|
| | Rank (weight) | | Rank | Weight |
| Technology | 1 (0.661) | Paper activities | 3 | 0.193 |
| | | Paper citation rate | 4 | 0.172 |
| | | Study level | 2 | 0.209 |
| | | Number of triad patents | 1 | 0.270 |
| | | Triad patents' influence | 5 | 0.156 |
| Infrastructures | 2 (0.163) | Number of enterprises | 1 | 0.744 |
| | | Number of Fabs | 2 | 0.256 |
| Industries | 3 (0.109) | Global market share | 3 | 0.155 |
| | | The ratio of the amount of nanotechnology investments to the amount of government investments in technology development | 1 | 0.536 |
| | | The ratio of the amount of nanotechnology investments to the amount of government and private investments in technology development | 2 | 0.309 |
| Socio-economy | 4 (0.067) | Consumer product activation level | 3 | 0.206 |
| | | Utility concentration level | 4 | 0.184 |
| | | Safety concentration level | 1 | 0.230 |
| | | Environment concentration level | 5 | 0.161 |
| | | Convergence industries' capability level | 2 | 0.219 |

Table 10에 정리된 바와 같이 특허 건수를 살펴보면, 2011년도에 미국, 일본, 독일, 프랑스, 한국 순으로 나타난다. 2012년도를 살펴보면, 미국의 상승폭이 가장 큰 것으로 나타났으며, 일본과 독일이 그 뒤를 잇고 있다.

삼국 특허 영향력을 살펴보면, 2011년도에 미국 다음으로 중국이 높은 영향력을 보유하고 있는 것으로 나타났다. 2012년도를 살펴보면 일본을 제외한 모든 국가가 2011년도 대비 영향력이 감소한 것으로 나타났다.

나노 기업 수 항목에 대해 분석한 결과, Table 11에 정리된 바와 같이 미국이 가장 높은 수치를 기록했고, 다음으로 독일, 이탈리아 등이 나타나고 있다. 나노기술개발 참여 fab 수에 대해 분석한 결과, 미국이 가장 앞서고 있는 것으로 나타났으며, 한국은 중국과

동일한 수치를 나타내고 있다.

Table 12에 정리된 바와 같이 세계시장 점유율은 미국이 가장 높고 그 다음은 일본으로 나타났다. Table 13에 정리된 바와 같이 정부 기술개발 투자대비 나노 투자 금액은 2011년도에 한국이 미국보다 높은 값을 갖는 것으로 나타났다. 한국은 2012년도에 미국보다 높은 값을 갖는 것으로 나타났다. 정부 및 민간 기술개발 투자 대비 나노 투자 금액은 2011년도와 2012년 모두 한국이 가장 높은 값을 갖는 것으로 나타났다.

Table 14에 정리된 바와 같이 소비자제품 활성화 수준의 경우, 미국이 가장 우수한 것으로 나타났는데, 한국의 경우 활성화가 중대되지 않은 것으로 나타났다. Table 15에 정리된 바와 같이 유용성 집중도는 2012년도에 중국이 가장 높은 수준을 나타내고 있는

Table 9 Comparison (Research and Study level)

| | Paper activities | | Paper citation rate | | Study level | |
|-----------|------------------|-----------------|---------------------|---------------|-----------------|-----------------|
| | 2011 | 2012 | 2011 | 2012 | 2011 | 2012 |
| Korea | 4,413 (31) | 4,913 (34) | 0.982 (70) | 0.988 (70) | 4,332 (21) | 4,854 (24) |
| USA | 14,464 (100) | 15,951 (110) | 1.407 (100) | 1.336 (95) | 20,354 (100) | 21,310 (105) |
| Japan | 4,223 (29) | 4,182 (29) | 0.887 (63) | 0.906 (64) | 3,748 (18) | 3,791 (19) |
| Germany | 4,156 (29) | 4,279 (30) | 1.146 (81) | 1.174 (83) | 4,761 (23) | 5,025 (25) |
| France | 2,864 (20) | 3,008 (21) | 1.057 (75) | 1.175 (84) | 3,027 (15) | 3,535 (17) |
| UK | 2,266 (16) | 2,340 (16) | 1.331 (95) | 1.300 (92) | 3,015 (15) | 3,043 (15) |
| Italia | 1,933 (13) | 2,068 (14) | 0.984 (70) | 1.008 (72) | 1,901 (9) | 2,085 (10) |
| Canada | 1,624 (11) | 1,791 (12) | 1.193 (85) | 1.094 (78) | 1,937 (10) | 1,960 (10) |
| Australia | 1,350 (9) | 1,446 (10) | 1.298 (92) | 1.342 (95) | 1,752 (9) | 1,941 (10) |
| China | 15,448 (107) | 17,809 (123) | 1.160 (82) | 1.192 (85) | 17,923 (88) | 21,232 (104) |
| India | 3,988 (28) | 4,488 (31) | 0.805 (57) | 0.808 (57) | 3,211 (16) | 3,625 (18) |
| Russia | 1,855 (13) | 1,929 (13) | 0.411 (29) | 0.496 (35) | 762 (4) | 956 (5) |

Data: National Nanotechnology Policy Center, 2013, 2014

Table 10 Comparison (Triad Patents)

| | Number of triad patents | | Triad patents' influence | |
|-----------|-------------------------|------------|--------------------------|------------|
| | 2011 | 2012 | 2011 | 2012 |
| Korea | 89(5) | 88(4) | 0.370(26) | 0.356(25) |
| USA | 1,957(100) | 2,171(111) | 1.420(100) | 1.415(100) |
| Japan | 421(22) | 381(19) | 0.340(24) | 0.362(25) |
| Germany | 153(8) | 155(8) | 0.375(26) | 0.259(18) |
| France | 148(8) | 159(8) | 0.315(22) | 0.275(19) |
| UK | 62(3) | 54(3) | 0.349(25) | 0.301(21) |
| Italia | 15(0.7) | 19(0.9) | 0.091(6) | 0.035(2) |
| Canada | 52(3) | 71(4) | 0.468(33) | 0.428(30) |
| Australia | 25(1) | 22(1) | 0.301(21) | 0.289(20) |
| China | 33(2) | 44(2) | 0.753(53) | 0.733(52) |
| India | 3(0.2) | 3(0.1) | 0.608(43) | 0.044(3) |
| Russia | 2(0.1) | 1(0) | 0.171(12) | 0.000(0) |

Data: National Nanotechnology Policy Center, 2014

Table 11 Comparison (Enterprises and Fabs)

| | Number of enterprises | | Number of fabs | |
|-----------|-----------------------|------------|----------------|----------|
| | 2011 | 2012 | 2011 | 2012 |
| Korea | 23(2) | 23(2) | 24(4) | 24(4) |
| USA | 1,067(100) | 1,067(100) | 645(100) | 645(100) |
| Japan | 57(5) | 57(5) | 61(9) | 61(9) |
| Germany | 216(20) | 216(20) | 146(23) | 146(23) |
| France | 41(4) | 41(4) | 34(5) | 34(5) |
| UK | 19(2) | 19(2) | 30(5) | 30(5) |
| Italia | 148(14) | 148(14) | 140(22) | 140(22) |
| Canada | 76(7) | 76(7) | 49(8) | 49(8) |
| Australia | 40(4) | 40(4) | 67(10) | 67(10) |
| China | 40(4) | 40(4) | 23(4) | 23(4) |
| India | . | . | 46(7) | 46(7) |
| Russia | 13(1) | 13(1) | . | . |

Data: NANOWERK, www.nanowerk.com

Table 12 Comparison (Global Market Share)

| | Non-normalized (%) | |
|-----------|--------------------|-------------|
| | 2011 | 2012 |
| Korea | 4.505(10) | 4.505(10) |
| USA | 45.045(100) | 45.045(100) |
| Japan | 22.523(50) | 22.523(50) |
| Germany | 6.757(15) | 6.757(15) |
| France | 6.757(15) | 6.757(15) |
| UK | 3.754(8) | 3.754(8) |
| Italia | 1.502(3) | 1.502(3) |
| Canada | 1.201(3) | 1.201(3) |
| Australia | 1.201(3) | 1.201(3) |
| China | 5.255(12) | 5.255(12) |
| India | . | . |
| Russia | . | . |

Data: WorldBank, IMF

데, 한국은 2012년도 이후 그 수준이 저하되고 있는 것으로 나타났다. 안전성 집중도 항목에서도 중국이 가장 높은 수준을 나타내고 있으며, 2013년에도 중국은 큰 폭의 수준 상승을 보이고 있는 것으로 나타났다. 환경 집중도 항목을 살펴보면, 2012년도에 미국의 최고의 수준인 반면 한국은 4번째 수준을 나타냈다. 2013년에는 중국이 미국의 수준을 앞지른 것으로 나타났다.

Table 16에 정리된 바와 같이 융합산업 역량수준의 경우 2012년에 중국이 가장 높은 수준을 나타냈는데, 2013년에는 그 수준이 대폭 상승한 것으로 나타났다.

Table 17은 전체 지표에 대한 국가별 비교표이다. 기술 부문에서는 미국, 중국의 순위를 보이고 있다. 인프라 부문에서는 미국, 독일의 순위를 보이고 있다.

Table 13 Comparison (The ratio of the amount of nanotechnology investments to the amount of government investments in technology development and to the amount of government and private investments in technology development)

| | The ratio of the amount of nanotechnology investments to the amount of government investments in technology development | | The ratio of the amount of nanotechnology investments to the amount of government and private investments in technology development | |
|-----------|---|------------|---|------------|
| | 2011 | 2012 | 2011 | 2012 |
| Korea | 0.448(124) | 0.493(136) | 0.059(129) | 0.064(142) |
| USA | 0.362(100) | 0.308(85) | 0.045(100) | 0.038(85) |
| Japan | 0.499(138) | 0.535(148) | 0.043(94) | 0.044(97) |
| Germany | 0.063(17) | 0.075(21) | 0.009(20) | 0.011(25) |
| France | 0.160(44) | 0.171(47) | 0.022(48) | 0.023(51) |
| UK | 0.370(102) | 0.419(116) | 0.035(77) | 0.035(77) |
| Italia | 0.242(67) | 0.286(79) | 0.032(70) | 0.041(90) |
| Canada | 0.348(96) | 0.452(125) | 0.038(85) | 0.040(89) |
| Australia | 0.350(97) | 0.395(109) | 0.046(101) | 0.043(95) |
| China | 0.062(17) | 0.059(16) | 0.011(24) | 0.009(21) |
| India | . | . | . | . |
| Russia | . | . | . | . |

Data: WorldBank, IMF, UNESCO

산업 부문에서는 미국, 일본의 순서를 보이고 있다. 한국의 경우 더 많은 투자가 산업 부문에 투여될 필요가 있는 것으로 분석된다. 사회경제 부문에서는 미국, 중국의 순위를 보이고 있다. 사회경제 부문에 대해서도 한국은 이 분야에 대한 적극적인 공략이 필요할 것으로 판단된다.

Table 18에 정리된 바와 같이 모든 국가를 비교하면 2011년의 경우 미국이 가장 높은 순위에 나타나고 있으며, 중국이 그 다음으로 나타났다. 그러나 2012년에는 중국이 미국을 앞선 것으로 나타났다. 한국의 경우 4번째 순위로 분석됨으로, 이는 나노기술 분야에 대한 보다 많은 관심과 투자가 필요함을 의미한다고 할 수 있다.

Table 14 Comparison (Consumer product activation level)

| | Non-normalized | |
|-----------|----------------|----------|
| | 2011 | 2012 |
| Korea | 135(21) | 135(21) |
| USA | 653(100) | 741(113) |
| Japan | 56(9) | 56(9) |
| Germany | 307(47) | 313(48) |
| France | 33(5) | 30(5) |
| UK | 90(14) | 90(14) |
| Italia | 13(2) | 12(2) |
| Canada | 17(3) | 16(2) |
| Australia | 21(3) | 19(3) |
| China | 58(9) | 57(9) |
| India | 2(0) | 2(0) |
| Russia | . | . |

Data: Project on Emerging Nanotechnologies

Table 15 Comparison (Utility concentration level, Safety concentration level, Environment concentration level)

| | Utility concentration level, | | Safety concentration level | | Environment concentration level | |
|-----------|------------------------------|------------|----------------------------|------------|---------------------------------|------------|
| | 2011 | 2012 | 2011 | 2012 | 2011 | 2012 |
| Korea | 959(44) | 1,043(48) | 989(31) | 1071(33) | 408(28) | 425(29) |
| USA | 2,182(100) | 2,499(115) | 3,209(100) | 3,515(110) | 1,459(100) | 1,528(105) |
| Japan | 562(26) | 617(28) | 774(24) | 815(25) | 484(33) | 502(34) |
| Germany | 549(25) | 558(26) | 739(23) | 774(24) | 301(21) | 359(25) |
| France | 426(20) | 520(24) | 577(18) | 615(19) | 292(20) | 298(20) |
| UK | 275(13) | 335(15) | 436(14) | 502(16) | 192(13) | 217(15) |
| Italia | 344(16) | 388(18) | 431(13) | 528(16) | 174(12) | 204(14) |
| Canada | 282(13) | 300(14) | 367(11) | 402(13) | 188(13) | 201(14) |
| Australia | 252(12) | 353(16) | 295(9) | 375(12) | 150(10) | 210(14) |
| China | 3,202(147) | 4,369(200) | 3,373(105) | 4,250(132) | 1,393(95) | 1,734(119) |
| India | 873(40) | 1,190(55) | 868(27) | 1,162(36) | 417(29) | 489(34) |
| Russia | 131(6) | 165(8) | 142(4) | 185(6) | 91(6) | 90(6) |

Data: Thomson Reuters

4. 결론: 활용 방안 및 향후 과제

본 연구에서는 나노기술이 가지고 있는 경쟁력의 수준을 파악하기 위한 나노 지수 개발을 도모하였다. 나노기술은 무궁무진한 발전가능성을 가진 분야로서 세계적으로 많은 관심을 모으고 있으며, 투자와 연구가 집중되고 있다. 그러나 이러한 나노기술의 국가별 경쟁력을 분석하여 어떤 분야에 대한 연구와 투자가 필요한 지를 제시한 연구는 수행된 바가 없다.

이러한 나노 지수를 적절하게 사용하기 위해서는 국가별 비교가 지속적으로 이루어질 필요가 있다. 이를 위해서는 나노기술 개발에

관련된 주요 국가를 중심으로 일정 기간 동안 지속적으로 지수를 산출하며, 필요 시 지수를 수정 보완하는 작업을 수행할 필요가 있을 것으로 판단된다. 우리나라가 나노기술 개발에 관련되어 국제적인 선도국가가 되기 위해서는 이러한 지수를 국제 지표화 할 필요가 있으며, 국제기구와의 협조를 통하여 나노기술 개발에 관련된 정책을 선도할 필요가 있다. 이러한 나노 지수는 국제적 중장기 정책 지표가 됨은 물론 국가별로 어떤 영역에 정책적 노력을 기울여야 하는 지에 대한 방향을 제시할 것으로 판단된다. 이러한 나노 지수의 국제 지표화 및 각국의 활용도를 높이기 위해서는 관련 정책 당국과 전문가 집단 간에 활발한 논의와 공감 및 참여가 이루어질 필요가 있다.

Table 16 Comparison (Convergence industries' capability level)

| | Non-normalized | |
|-----------|----------------|------------|
| | 2011 | 2012 |
| Korea | 1,238(31) | 1,335(33) |
| USA | 4,042(100) | 4,224(105) |
| Japan | 1,021(25) | 988(24) |
| Germany | 1,022(25) | 1,080(27) |
| France | 764(19) | 802(20) |
| UK | 510(13) | 573(14) |
| Italia | 454(11) | 530(13) |
| Canada | 431(11) | 440(11) |
| Australia | 338(8) | 421(10) |
| China | 4,091(101) | 4,931(122) |
| India | 1,066(26) | 1,515(37) |
| Russia | 418(10) | 510(13) |

Data: Thomson reuters

Table 18 Comparison of nano-index

| | Non-normalized | |
|-----------|----------------|------------|
| | 2011 | 2012 |
| Korea | 9,130(24) | 5,131(13) |
| USA | 38,831(100) | 22,375(58) |
| Japan | 7,990(21) | 4,786(12) |
| Germany | 10,333(27) | 6,321(16) |
| France | 5,853(15) | 3,857(10) |
| UK | 5,751(15) | 3,585(9) |
| Italia | 3,838(10) | 2,545(7) |
| Canada | 3,521(9) | 2,233(6) |
| Australia | 3,341(9) | 2,219(6) |
| China | 37,780(97) | 24,883(64) |
| India | 5,717(15) | 3,867(10) |
| Russia | 1,737(4) | 1,250(3) |

Table 17 Comparison of sub-indices

| | Technology | | Infrastructure | | Industry | | Socioeconomy | |
|-----------|-------------|------------|----------------|--------------|------------|------------|--------------|------------|
| | 2011 | 2012 | 2011 | 2012 | 2011 | 2012 | 2011 | 2012 |
| Korea | 13,728(24) | 7,671(13) | 23.256(2) | 23.256(2) | 0.957(13) | 0.982(14) | 776(32) | 835(35) |
| USA | 58,263(100) | 33,347(57) | 958.936(100) | 958.936(100) | 7.190(100) | 7.159(100) | 2,418(100) | 2,617(108) |
| Japan | 12,011(21) | 7,163(12) | 58.024(6) | 58.024(6) | 3.771(52) | 3.791(53) | 600(25) | 616(25) |
| Germany | 15,521(27) | 9,448(16) | 198.075(21) | 198.075(21) | 1.084(15) | 1.091(15) | 612(25) | 646(27) |
| France | 8,800(15) | 5,777(10) | 39.207(4) | 39.207(4) | 1.140(16) | 1.146(16) | 437(18) | 472(20) |
| UK | 8,663(15) | 5,381(9) | 21.817(2) | 21.817(2) | 0.791(11) | 0.817(11) | 315(13) | 360(15) |
| Italia | 5,740(10) | 3,779(6) | 145.951(15) | 145.951(15) | 0.372(5) | 0.399(6) | 295(12) | 348(14) |
| Canada | 5,283(9) | 3,333(6) | 69.086(7) | 69.086(7) | 0.385(5) | 0.441(6) | 267(11) | 282(12) |
| Australia | 5,020(9) | 3,316(6) | 46.914(5) | 46.914(5) | 0.388(5) | 0.411(6) | 219(9) | 284(12) |
| China | 56,892(98) | 37,313(64) | 35.647(4) | 35.647(4) | 0.851(12) | 0.849(12) | 2,521(104) | 3183(132) |
| India | 8,578(15) | 5,756(10) | 11.780(1) | 11.780(1) | . | . | 668(28) | 906(37) |
| Russia | 2,609(4) | 1,868(3) | 9.671(1) | 9.671(1) | . | . | 165(7) | 201(8) |

본 연구에서는 모든 지표에 대해 정량적 자료를 이용하여 측정하고자 하였다. 그러나 국가별 나노기술의 수준을 측정하는데 정량적 자료만을 사용하는 것을 적합하지 않을 수 있다. 이를 보완하기 위해선 정량적 자료 외에 정성적 자료를 사용할 수 있는 질적 지표 역시 나노 지수 구성에 고려될 필요가 있다.

나노 지수 개발은 우리가 국제사회의 나노기술 개발에 기여한다는 측면도 있겠지만, 다른 국가의 나노기술 개발 경험과 정책에 대해 심도있는 학습을 할 수 있는 기회로도 삼을 필요가 있다. 6T 간 융합으로 인해 나노기술의 활용도와 확장성 수준은 매우 급속히 증대될 수 있을 것으로 전망된다. 따라서 국제적으로 나노기술이 어떠한 수준의 영향력을 발휘하며 어떠한 부분에서 정책 개발이 필요한 지를 측정하는 나노 지수의 개발은 중장기적으로 진행되어야 하며, 이 과정에서 각 국가 간 협력을 강화할 수 있는 방안을 모색할 필요가 있다.

앞서 논의된 바와 같이 나노기술의 지속적 발전을 위해서는 국가별 나노기술의 진화 수준을 정확하게 파악하고, 어떠한 측면에서 국가별 정책 개발은 물론 국제적 협조가 필요한 지 등 다양한 측면에서 보다 종합적이고 체계적으로 이를 측정할 수 있는 방법론에 대한 연구가 지속적으로 수행될 필요가 있다.

본 연구에서 제안된 나노 지수를 분석한 결과를 살펴보면 비정규화된 분석과 달리 각 국가별 인구 및 GDP 규모 등을 고려한 정규화 분석에서는 한국이 가장 높은 수준을 보이는 것으로 나타났다. 이러한 분석은 국제적인 나노 연구에 있어 한국이 선도 국가가 될 수 있음을 의미한다고 할 수 있다. 나노 지수의 각 부문별 분석 내용을 살펴보면 이는 더욱 분명해진다. 논문 활동 부문을 살펴보면 한국이 세계에서 가장 높은 수준을 나타내고 있으며, 연구 수준 역시 가장 높은 수준을 보이고 있다. 이는 한국이 향후 나노기술 개발 및 관련 정책에 있어 국제적 기여가 가능함을 보여주고 있다고 할 수 있다.

그러나 인프라 부문을 살펴보면 한국의 수준이 그리 높지 않다는 것을 알 수 있다. 인프라 부문에서 한국의 위상을 높이기 위해서는 특히 fab의 육성이 필요하다. Fab은 기술개발뿐만 아니라 사회경제에 미치는 영향도 크기 때문에 향후 한국의 나노기술 개발 수준을 높이기 위한 중요한 요소가 될 전망이다.

산업 부문을 살펴보면 한국의 경우 민간 부문과 정부 부문 모두 가장 높은 수준의 투자 열의를 보이고 있는 것으로 나타났으나, 이러한 투자를 통한 효과를 최대화하기 위해서는 인프라의 개선 및 보완에도 신경을 써야할 것으로 판단된다.

사회경제 부문을 살펴보면 한국이 매우 높은 수준을 나타내고 있는 것으로 나타났으나, 사회경제 부문에 대한 각 국의 노력이 경주되고 있는 것을 살펴보면 안심할 수 없는 상황임을 알 수 있다. 이를 극복하기 위해서는 나노기술 안정성 등 나노기술 개발에 대한

우호적 환경 구축을 위한 지속적 노력이 필요할 것으로 판단된다.

References

- [1] Cha, H. J., Lee, H. J., 2010, Evaluation of the Informatization Index Model: Based on the Validity and Reliability of the Network Readiness Index (NRI) Model, Journal of Korean Association for Regional Information Society, 13:3 141-15.
- [2] Hwang, J. S., You, J. Y., 2010, Development of Broadcasting and Telecommunications Development Index(III), Korea Information Society Development Institute, Korea.
- [3] ITU, 2005, Measuring Digital Opportunity, BDB-WSIS/06, ITU.
- [4] ITU, 2009, Measuring the Information Society.
- [5] IMF, n.d., viewed 20 April 2016, <www.imf.org>.
- [6] Korea Communications Commission, 2008, Development of Broadcasting and Telecommunications Development index, Korea.
- [7] Korea Institute of S&T Evaluation and Planning, 2013, IMD 2013 World Competitiveness Annual analysis - Science and Technology Infrastructure, KISTEP Statistical Brief, No. 7.
- [8] Korea Institute of S&T Evaluation and Planning, 2014, IMD 2013 World Competitiveness Annual analysis - Science and Technology Infrastructure, KISTEP Statistical Brief, No. 11.
- [9] Korea Institute of S&T Evaluation and Planning, 2009, IMD 2009 World Competitiveness Annual analysis - Science and Technology Infrastructure, KISTEP Statistical Brief.
- [10] Korea Institute of S&T Evaluation and Planning, 2010, Parts and materials industries improve business competitiveness in-depth evaluation report 09-9, Korea.
- [11] Korea Materials & Components Industry Agency, 2008, Parts and Materials Parts and Materials Industrial Competitiveness and Corporate Comprehensive Survey, Korea.
- [12] Korea Materials & Components Industry Agency, 2005, Study on Gyeonggi-component Material Support Policies for Business and Industry Development, Korea.
- [13] Korea Evaluation Institute of Industrial Technology, 2009, Industry Sources Strategic Technology Evaluation TRL Index, Korea.
- [14] Korea Institute of Marine Science&Technology Promotion, 2011, Marine Biotechnology Research Trends Report - Focusing on Research Related to Green Growth, Korea.
- [15] Korea Institute of Ceramic Engineering And Technology, 2009, precisely Status and R&D demand survey of nano companies, Korea.
- [16] National Information Society Agency, 2012, Digital Divide Index and Survey, Korea.

- [17] National Nanotechnology Policy Center., 2013, Nanotechnology Annual 2013, Korea.
- [18] National Nanotechnology Policy Center., 2014, 2014 Nano Patents No 13, Korea.
- [19] Nano Statistics, n.d., viewed 20 April 2016, Nano Science, Technology and Industry Scoreboard. <<http://statnano.com>>.
- [20] NANOWERK, n.d., viewed 20 April 2016, <www.nanowerk.com>.
- [21] Project on Emerging Nanotechnologies, n.d., viewed 20 April 2016, <<http://www.nanotechproject.org/cpi/>>.
- [22] Seong, C. M., Yeom, S. C., Gwon, G. S., 2013, Green Technology Industry Competitiveness Index Development, Science & Technology Policy Institute, Korea.
- [23] Saaty, Thomas L. 2008. Relative Measurement and Its Generalization in Decision Making: Why Pair wise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors – The Analytic Hierarchy/Network Process, Review of the Royal Academy of Exact, Physical and Natural Sciences, Series A: Mathematics (RACSAM), 102:2 251-318.
- [24] Thomson Reuters, n.d., viewed 20 April 2016, <apps.webofknowledge.com>.
- [25] UNESCO, n.d., viewed 20 April 2016, <www.data.uis.unesco.org>.
- [26] World Bank, n.d., viewed 20 April 2016, <www.worldbank.org>.
- [27] WEF, 2012, The Networked Readiness Index 2012: Benchmarking ICT Progress and Impacts for the Next Decade.