

컨조인트 분석을 이용한 나노기술 적용제품의 부정적 영향 완화 정책 효과 분석

배성훈¹ · 신광민¹ · 임정선¹ · 윤진선¹ · 강상규¹ · 김준현¹ · 조수지² · 이기광^{2*}
¹한국과학기술정보연구원, ²단국대학교 상경대학 경영학부

A Study on the Mitigation Polices for the Negative Effect of Nanotehcnoogy-applied Products Using Conjoint Analysis

Seoung Hun Bae¹ · Kwang Min Shin¹ · Jung Sun Lim¹ · Jin Seon Yoon¹
Sang Kyu Kang¹ · Jun Hyun Kim¹ · Su Ji Cho² · Ki-Kwang Lee^{2*}
¹Korea Institute of Science and Technology Information
²Department of Business Administration, Dankook University

■ Abstract ■

This study aims to analyze the efficiency of the government policy of Nanotechnology which is expected to minimize nanotechnology's potential risk, using the methodology of conjoint analysis and market share analysis. The attributes of conjoint analysis were divided into potential risk factor and the policy factor. It was found that the policy factor could alleviate the potential risk, subsequently increasing consumers' utility. Additionally, the government certification was more powerful than the mandatory labelling. The market share also increased in result of the nanotechnology-applied product with the certification or labeling either. The result of this study can be used as a reference to related policy makers in the fields of Nanotechnology.

Keywords : Conjoint Analysis, Nanotechnology-Applied Products, Mitigation Policy, Consumer Utility

1. 서 론

나노기술은 일반적 목적의 기술(General purpose technology)로, 일정 산업 또는 일부 제품 개발에 국한되어 활용되기보다 광범위한 분야에서 타 기술과 융·복합적으로 작용할 수 있다. 이러한 기반적 특성상 나노기술은 산업·경제·사회·문화 등 다양한 분야에서 발현될 수 있으며, 그러한 가운데 우리의 삶에 직·간접적인 영향을 미칠 것으로 기대된다. 실제로 나노기술이 적용된 제품은 매우 다양하게 판매되고 있으며, 2015년 한 해 동안 미국 내 나노시장은 약 20억 달러의 수익을 창출할 것으로 예상하고 있다[11, 24].

이러한 나노기술의 발전에 따라 나노물질 적용 제품의 개발 및 유통이 더욱 확대될 것으로 예측되지만 아직까지 나노물질이 인체 건강 및 환경에 미치는 영향 및 나노물질 자체의 물리화학적 특성은 명확하게 규명되지 않고 있다[2]. 연구에 따르면 나노물질의 매우 미세한 크기는 인체 각 부분의 침투가 가능할 수 있도록 하며, 세포막투과 및 흡입독성에 의한 나노물질 과잉 노출 시 인체 유해성이 발생할 가능성이 있다[16]. 또한 Buzby[21]는 나노기술에 대한 투자가 증가하고 있는 반면 인체 건강 및 환경에 미치는 나노물질의 잠재적 위해성에 대한 분석이 미흡함을 지적하였다.

이와 같이 나노기술의 잠재적인 위해성이 우려됨에도 불구하고, 나노기술이 적용된 소비재들은 이에 대한 고려 없이 시중에 유통되고 있는 실정이다. Woodrow Wilson International Center가 운영·관리하는 PEN(Project on Emerging Nanotechnologies)의 소비자제품 목록(CPI, Consumer Products Inventory)에 따르면, 2015년 5월 현재, 우리나라를 포함한 30개국 716개 회사에서 1,824개의 나노기술 적용 제품을 판매하고 있는 것으로 나타났다[26]. 이러한 배경에서 나노물질의 과학적 독성연구뿐만 아니라, 소비재에 적용된 나노물질의 위해성에 대한 연구가 필요한 시점이다.

본 논문에서는 국내 나노제품 소비자들에 대하여 나노기술에 대한 전반적인 인식 현황과 함께 컨조인트 분석을 이용하여 나노제품 속성별 구매 선호도 차이를 조사하였다. 구체적인 나노제품 속성으로는 인체에 잠재적으로 위해성을 나타내는 부정적 요인과 이를 완화할 수 있는 정부차원의 정책적 요인으로 구분하도록 하였다. 또한 이들 속성별로 도출된 소비자의 효용가치를 이용하여 가상 나노제품의 시장점유율을 추정하였다.

본 연구를 통하여 단순한 구매의향을 질문하는 설문형식에서 나아가 보다 심층적으로 국내 소비자의 나노제품 구매 선호도를 분석할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 이를 통해 나노기술 상용화 과정에서 부정적 영향의 작용 및 정책적 통제의 필요성을 인식하고, 정부 차원의 구체적인 관리 정책을 통해 효율적이고 지속가능한 나노기술의 발전 방향을 제시할 수 있다.

2. 선행 연구

2.1 나노제품 인식연구

최봉기 외[12]는 전반적인 나노기술에 대한 대중의 인식도 및 태도에 관하여 우리나라를 포함한 미국, 일본, EU 등 주요 국가의 연구 동향을 조사하였다. 또한 문헌분석을 통하여 주요 연구자 및 기관, 국가의 나노기술 연구 활동에 대해 정량적으로 분석하였다. 이를 통해 나노기술에 대한 부정적 태도가 기술 자체적 결함에 의하여 발생하지 않음을 밝히고 다른 외적 요인들 즉, 나노기술에 대해 대중이 오해 또는 염려를 발생시킬 가능성이 있는 분야를 보다 중점적으로 조사하고 이를 정책에 반영해야 함을 밝혔다.

이정진 외[9]는 나노기술이 가지는 잠재적 위해성에 관하여 일반인과 전문가를 구분하고, 설문조사를 통해 두 집단 간의 인식 차이를 비교·분석하였다. 또한 자전거사고, 흡연 등 일상적으로 접할 수

있는 위험요소들을 포함하여 줄기세포 연구, 유전자 변형물질 등 기타 신기술과의 비교를 통하여 보다 객관적인 나노기술 혜택 및 위해성의 소비자 인식에 대하여 연구하였다. 연구 결과 일반인의 나노기술 인지 수준이 매우 낮고 기술에 대하여 긍정적으로 인식하는 편이었으며, 전문가에 비하여 나노기술에 대한 불안감이 낮았으나 위험도에 대해서는 다소 신중하게 고민하는 것으로 나타났다. 또한 기타 기술과의 비교에서는 혜택과 위해성 모두 낮은 인식을 하였다.

최찬웅 외[13]는 일반인과 전문가를 대상으로 나노기술을 포함한 기타 20가지의 위험요인에 대하여 ‘알고 있지 않음(Unknown)’과 ‘두려움(Dread)’ 정도를 평가하도록 한 후, 두 축을 중심으로 위험인지도 맵을 작성하였다. 일반인은 나노기술에 대하여 ‘잘 알지 못하지만 두렵지 않다’고 응답하였으며, 이는 음주, 오토바이 등 일상적이지만 다소 자발적인 위험요인과 유사하게 위치하였다. 반면, 전문가는 ‘잘 알지 못하지만 두렵다’고 응답하였고, 비슷한 위험요인으로는 자주 들어보았거나 대형사고로 이루어질 수 있는 원자력발전소, 방사선, 잔류농약 등을 선택하였다. 이에 따라 두 집단은 나노기술 위해성에 대하여 인식 차이를 나타내는 것으로 밝혀졌다.

Siegrist and Keller[22]는 나노제품의 표시(labeling)가 소비자의 나노기술 혜택 및 위해성의 인식에 어떠한 영향을 미치는지를 규명하였다. 가상의 선크림에 기본적인 표시, 긍정적 정보를 포함하는 표시, 긍정과 부정적 정보를 포함하는 표시 등으로 각기 다른 여섯 가지 나노 표시를 부착하고 이를 응답자에게 제시하였다. 분석 결과 제품에 나노 표시를 부착하는 것은 혜택에 대한 인식을 감소시키고 위해성에 대한 인식을 증가시키는 것으로 나타났다. 이는 ‘표시’ 자체가 일종의 ‘위험성에 대한 경고’로써 받아들여지기 때문이며, 또한 조사에 사용된 나노 표시 중 ‘합성된 나노물질’이라는 문구가 사용되어 소비자들이 ‘자연 성분’의 단어와 대비하여 부정적으로 인식하기 때문인 것으로 나타났다.

2.2 컨조인트 분석을 이용한 소비자 인식연구

Siegrist and Stampfli[23]은 나노기술을 활용 식품에 대하여 컨조인트 분석을 통해 소비자 구매의도를 보다 다속성 차원에서 분석하였다. 구체적으로 가격, 맛, 건강상의 혜택의 세 가지 속성으로 구분하였으며, 조사 결과 맛의 속성수준인 ‘자연적인 맛’이 가장 높은 효용가치를 주는 것으로 밝혀졌다. 또한 나노기술 첨가물로 인한 건강상의 혜택은 음(-)의 효용을 나타내어 자연 첨가물로 인한 혜택에 비하여 상대적으로 덜 선호하는 것으로 나타났다. 해당 연구는 나노기술 분야에 컨조인트 분석을 적용한 초기 단계 연구임에 의의를 가진다고 할 수 있으나, 연구결과의 나노기술 산업 활용도는 다소 미미할 것으로 보인다.

이외에도 다양한 분야에서 컨조인트 분석을 활용하고 있는데, 특히 마케팅 측면에서 시장세분화를 위한 선행연구가 주를 이루었다. 이등한 외[8]는 국내 프랜차이즈 커피전문점을 대상으로 주요 소비자인 20~30대의 선택 속성을 파악하고 군집분석을 통해 시장세분화 전략을 마련하였다.

송영은 외[6]는 친환경농산물산업에 컨조인트 분석을 적용하고 브랜드, 가격 등 마케팅 요소의 변화를 포함한 제품의 소비자 구매 행태를 연구하였다. 또한 소비자 효용을 고려하여 친환경 농산물의 최적상품조합을 도출하였으며, 시장점유율 추정 모형을 적용하여 제품 선택 시뮬레이션을 통하여 가상 제품들에 대한 예측 시장점유율을 분석하였다.

유승훈 외[7]는 서울시 대기오염으로 인한 환경비용을 추정하기 위하여 컨조인트 분석을 활용하고 대기오염영향의 속성별 화폐가치를 측정하였다. 또한 이를 통해 대기오염영향의 다양한 수준 변화에 대한 악화비용 또는 개선편익을 정량적으로 분석하여 제시하였다.

곽승준 외[1]는 컨조인트 분석을 활용하여 한강 하구의 속성별 가치를 측정하고 한강하구 보존환경 악화방지정책의 경제적 가치를 제시하였다. 구체적인 연구 설계는 한강 하구 환경자산의 속성수

준 별 이를 개선하기 위한 응답자의 한계지불의사액을 유도해내는 방식을 적용하였다.

위와 같은 선행연구 결과 및 컨조인트 분석방법론의 적용 방식을 통해 본 연구에서는 나노제품의 속성별 소비자 구매의도를 살펴보고자 하며, 이를 위해 컨조인트 분석방법과 시장점유율 추정 모형을 활용하여 제품선택 시뮬레이션을 실행하였다.

3. 분석 방법

3.1 컨조인트 속성 및 수준의 결정

컨조인트 분석(Conjoint Analysis)이란 소비자의 효용을 분석하는 대표적 방법으로서, 상품 자체를 평가함으로써 상품이 가지고 있는 속성(attribute)과 각 속성의 수준에 소비자가 부여하는 효용(utility)을 추정하여, 해당 소비자가 선택할 제품 및 서비스를 예측하는 방법이다[18]. 컨조인트 분석은 다양한 분야의 의사결정과정에서 보다 계량적인 방법을 통해 효율적인 의사결정을 지원해 왔다[20].

컨조인트 분석을 실시하기 위해서는 먼저 소비자가 제품을 구입할 시 고려하는 속성들이 무엇인지를 결정해야 한다. 본 연구에서는 연구 목적에 따라 소비자의 제품 선택에 있어서 영향을 미칠 수 있는 부정적 영향과, 이를 완화시킬 수 있는 정책적 요인으로 구분하여 속성을 결정하였다. 구체적으로는 최찬웅 외[13], 이정진 외[9], Siegrist and Keller[22]의 연구 내용을 바탕으로 위해발생가능성, 위해치명도의 부정적 요인과 나노기술 표시제도(labeling), 정부인증제도의 정책적 요인으로 총 4가지 속성을 사용하였다. 각 속성의 주요 내용은 <표 1>에 제시한 바와 같다.

또한, 컨조인트 분석을 실시하기 위하여 선택된 속성에 대한 속성수준은 <표 2>와 같이 설정하였다. 나노기술표시제도와 정부인증제도의 경우 아직까지 우리나라에 도입되어진 정책이 아니기 때문에 해당 속성의 존재 여부만을 구분하였다. 부정적 요인으로써 위해발생가능성과 위해치명도의 경우

속성 수준이 증가하면 전체 프로파일 개수가 과도하게 증가할 우려가 있고, 또한 설문 응답자의 주관적 해석이 작용할 가능성이 있어 ‘높음’과 ‘낮음’ 두 가지 수준을 제시하였다.

<표 1> 나노기술 적용 제품의 주요 속성

속성		주요내용
정책적 요인	나노 기술 표시	제품 자체 또는 제품 사용설명서에 나노기술이 적용되었다는 문구가 존재하는지 여부를 나타내는 속성. 구체적으로 어떠한 긍정적 또는 부정적 효과를 가져올 수 있는지에 대해 언급한 문구 포함.
	정부 인증	제품이 정부기관의 품질보증 및 안전성 검사와 같은 일종의 인증 제도의 승인을 받았는지 여부를 나타내는 속성.
부정적 요인	위해 발생 가능성	나노제품을 사용함으로써 발생할 수 있는 잠재적 위해(체내 축적 등의 인체 독성)가 실제로 발생하여 위해를 미칠 가능성이 얼마인지를 나타내는 속성.
	위해 치명도	나노제품을 사용함으로써 발생할 수 있는 잠재적 위해(체내 축적 등의 인체 독성)가 실제로 발생하여 위해를 미칠 때에, 그것이 얼마나 치명적인 위험인지를 나타내는 속성.

<표 2> 나노기술 적용 제품의 속성 및 수준

속성		속성수준	
정책적 요인	나노기술표시	없음	있음
	정부인증	없음	있음
부정적 요인	위해발생가능성	낮음	높음
	위해치명도	낮음	높음

3.2 선호도 모형의 결정

속성을 선정한 이후에는 속성별 전체 선호도와와의 관계를 분석하는 분석모형을 선정한다. 컨조인트 분석 모형에는 벡터모형(Vector Model), 이상점 모형(Ideal-point Model), 그리고 부분가치함수 모형(Path-worth Estimation Model)이 있다. 분석 모형은 제품의 특성이나 목적에 따라 달라지는데, 먼저

백터모형은 부분가치간의 관계를 선형(linear), 즉 1차 함수로 가정하는 모형이다. 이상점 모형은 속성 수준의 변화에 따라 부분가치의 증가율이 계속 증가 또는 감소하는 관계에 있다고 가정하는 모형으로 2차 함수의 형태를 가진다. 부분가치함수모형은 각 수준의 부분가치 간에 일정한 관계를 정의하지 않는 모형이다. 따라서 각 속성 수준에 대한 선호 함수가 다양한 형태를 가질 수 있어 다른 두 모형에 비하여 유연성을 가지는 것으로 평가한다[3].

본 연구에서는 부분가치함수 모형을 분석에 사용하였다. 이는 선행 연구에서 나노기술 적용제품의 부정적 영향에 대한 인식이 거의 없는 것으로 나타나 부분가치 간 관계를 단정할 수 없기 때문이다. 부분가치함수 모형은 기타 모형에 비하여 속성수준의 제약이 많지 않기 때문에 이러한 경우 적합하다고 할 수 있다. 이에 따라 각 가상의 나노제품 구매에 대한 소비자의 선호 가치 함수는 다음과 같은 제품 속성에 대한 개별효용의 합으로 나타낼 수 있다[15].

$$U(X) = a_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n$$

$U(X)$: 가상의 나노제품 X에 대한 소비자 구매효용,

X_1, \dots, X_n : 각 속성의 수준,

a_0, b_1, \dots, b_n : 각 속성수준에 대한 개별효용 추정계수.

3.3 컨조인트 분석 설계

본 연구에서는 나노제품의 속성을 <표 3>과 같이 각각 2가지 수준으로 구성된 총 4가지 속성으로 설계하였다. 따라서 모든 속성 수준의 조합을 고려하는 전체 프로파일 제시법(full profile method)을 이용할 경우 총 $16(2^4)$ 개 조합의 가상 제품의 수가 도출된다. 그러나 이와 같은 16가지의 서로 다른 속성수준을 가진 프로파일을 응답자에게 제시하고 그에 따른 선호 순위를 측정하는 것은 응답자에게

부담을 줄 수 있을 것으로 판단하였다. 따라서 직교설계(orthogonal design)를 이용하여 이를 해결하고자 하였는데, 직교설계란 한 모수의 추정치가 다른 요인들에 의해 서로 교란되지 않고 독립성을 유지되도록 하는 선택대안을 구성하기 위해 사용되는 통계적 설계방법이다[1, 10]. 다시 말해, 각 속성 수준들 간의 상호작용을 최소화함과 동시에, 추정에 필요한 주 효과(main effect)만을 측정할 수 있는 최소한의 카드 세트를 구성하는 것이다. 본 연구에서는 SPSS 21.0 통계 패키지의 직교설계를 수행함으로써 <표 3>와 같은 8개의 가상의 나노제품 프로파일 세트를 최종적으로 도출하였다.

<표 3> 도출된 나노기술 적용 제품 프로파일

구 분	나노기술 표시	정부인증	위해발생 가능성	위해 치명도
제품 1	있음	없음	높음	높음
제품 2	없음	있음	높음	낮음
제품 3	있음	없음	높음	낮음
제품 4	있음	있음	낮음	낮음
제품 5	없음	있음	높음	높음
제품 6	없음	없음	낮음	낮음
제품 7	있음	있음	낮음	높음
제품 8	없음	없음	낮음	높음

3.4 초이스 시뮬레이션

초이스 시뮬레이션(Choice Simulation)이란 컨조인트 분석의 속성 조합에 따라 가장적인 시나리오를 만들어 놓고 추정된 계수들을 이용하여 각 제품이 획득할 시장점유율을 추정하는 기법이다[4]. 이는 컨조인트 분석을 통해 추정된 개별 소비자의 효용 가치를 활용하는 것인데, 각각의 제품 사양을 추정된 개개인의 효용함수에 대입하여 개별 제품에 대한 소비자의 효용값을 추정하고, 그에 따라 시장점유율을 예측하는 방법이다. 이렇듯 컨조인트 분석의 예측 부문에의 활용은 많은 연구자들이 의사결정 과정에 이를 적용할 수 있도록 한다. Green and Srinivasan[19]은 ‘what if’ 분석을 할 수 있는 컨조

인트 분석의 초이스 시뮬레이션 기법이 경영의사 결정도구로서 매우 효율적인 기법임을 언급하였다. 대표적인 방법으로서 본 연구에서는 다음의 두 가지 모형을 사용하여 시장점유율을 예측하였다.

먼저, 가장 선호하는 것을 선택한다는 규칙(Most preferred rule)을 이용한 최대선호규칙 모형(Most preferred rule model)이다. 최대선호규칙 모형은 이진(binary)선택모형으로서 소비자가 추정된 효용 중 가장 높은 효용을 가지는 상품을 선택한다는 가정 하에 개인이 선택할 상품을 예측한다. 즉, 가장 높은 효용을 가지는 제품을 선택할 확률이 1이고, 나머지 제품의 구매확률은 0로 간주하는 것으로, 다음과 같이 산출하였다.

$$P_{ij} = 1, \text{ if } u_{ij} = \max(u_{ij}) \\ P_{ij} = 0 \text{ otherwise}$$

P_{ij} : 소비자 i 가 상품 j 를 선택할 확률,
 u_{ij} : 소비자 i 가 평가한 상품 j 의 효용값.

이와 같이 최대선호규칙 모형의 경우 소비자의 추정된 효용치가 상품 선택에 절대적인 영향을 미치기 때문에, 일반적으로 고관여 상품의 시장점유율 추정에 사용한다.

다음으로 효용값에 지수를 취하여 변환한 지수값의 비율로 상품의 선택 확률을 계산하는 로짓모형(logit model)이 있다. 로짓모형은 확률적 선택모형에 속하는데, 이진모형과 달리 각 제품을 선택할 확률이 0과 1사이 하나의 값으로 존재한다. 이에 따라 로짓모형에서 각 제품의 시장점유율은 아래와 같은 식에 의하여 추정할 수 있다[8].

$$P_{ij} = \frac{e^{u_{ij}}}{\sum_j e^{u_{ij}}}$$

P_{ij} : 소비자 i 가 상품 j 를 선택할 확률,
 u_{ij} : 소비자 i 가 평가한 상품 j 의 효용값.

본 연구에서는 먼저 응답자들의 인구통계적 특성과 나노기술 적용제품의 전반적인 구매 의향을 파악하기 위하여 빈도분석(Frequency analysis)을 실시하였다. 이후, 컨조인트 분석을 통해 나노기술 적용제품의 속성에 대한 중요도 및 속성수준의 부분가치(Utility)를 측정하였다. 또한 각 속성 조합별 가상 제품의 시장점유율을 초이스 시뮬레이션을 통해 예측하고, 이를 통해 나노기술의 긍정적 요인과 부정적 요인 각각의 발현 효과를 분석하고자 하였다.

4. 분석 결과

본 연구에서는 나노기술 적용제품의 속성별 구매 선호도 분석을 위해 20대 이상의 일반인 남녀를 대상으로 설문조사를 실시하였다. 총 배부된 설문지는 541부이며, 그 중 ‘나노기술에 대하여 잘 알지 못하나 적용제품을 선호하는 편’이라고 응답한 자료 21부를 제외하고, 나머지 520부를 최종 분석에 이용하였다. 설문은 온라인을 통한 설문조사 방식으로 이루어졌으며, 조사기간은 2015년 2월 9일부터 2015년 2월 12일까지로 총 4일간 진행하였다.

4.1 컨조인트 분석 결과

4.1.1 속성 중요도 및 부분 가치 추정

분석 결과 <표 4>에 나타난 바와 같이 소비자들은 나노기술 적용제품을 선택하는데 있어서 제시한 4가지 속성 중 위해치명도를 37.2%로 가장 중요하게 생각하는 것으로 나타났다. 이외에 위해 발생가능성 32.3%, 정부인증 유무 17.0%, 나노기술 표시 유무 13.5% 순으로 나타났다. 속성별 상대적 중요도의 합이 100%임을 고려할 때, 나노기술 적용 전자제품 선택 시 부정적 요인이 긍정적 요인에 비하여 상대적으로 큰 비중의 중요도를 가지는 것으로 나타났다.

각 속성별 속성수준의 부분가치를 살펴보면, 먼저 정책적 요인 중 나노기술표시에서는 표시(label)가

없는 경우(-0.276)보다는 표시가 있는 제품(0.276)의 부분가치가 높은 것으로 나타났다. 이는 Siegrist and Keller[22]의 연구에서 나노표시가 소비자에게 위해성에 대한 인식을 증가시킨다고 밝힌 것과 상반되는 결과인데, 이러한 차이는 한국과 미국 내 나노기술에 대한 일반적인 인식의 차이에서 기인한 것으로 해석할 수 있다. 우리나라는 나노기술 개발 초창기부터 정부당국의 매우 적극적인 투자와 지원을 받아왔으며, 이에 따라 국민의 나노기술에 대한 인식이 매우 긍정적으로 형성되어 있다. 실제로 한국과학기술기획평가원[14]의 나노기술 인식 조사 결과에 따르면 응답자의 70%가 나노기술 위험성에 대하여 안전하다고 응답하였으며, 83.8%가 나노기술이 우리 삶에 긍정적인 영향을 미칠 것이라고 대답하였다. 반면 미국의 경우 Currall[25], Woodrow Wilson International Center for Scholars[27], Scheufele et al.[17]의 연구에서 나노기술로 인한 위해성을 혜택보다 높게 인식하고 있는 것으로 나타났으며, 이는 미국 국민이 나노기술에 대해 보수적인 인식을 가지고 있음을 반증한다. 따라서, 본 연구에서의 ‘나노기술표시’는 응답자들에게 일종의 ‘혜택 표시’로 해석되었다고 할 수 있다. 이는 앞선 Siegrist and Keller[22]의 연구에서 나노기술표시가 혜택 정보를 포함할 경우 부정적 인식을 감소시키는 것과도 상통하는 결과이다.

정부인증에서도 마찬가지로 인증이 없는 경우(-0.441)보다 인증이 있는 제품(0.441)의 부분가치가 높은 것으로 나타났다. 다음으로 부정적 요인은 위해발생가능성이 낮은 경우 0.699(반대로 위해발생가능성이 높은 경우 -0.699), 위해치명도가 낮은 경우 1.094(반대로 위해치명도가 높은 경우 -1.094)의 효용을 가지는 것으로 나타났다. 이는 부정적인 영향에 대한 소비자들의 일반적인 거부반응을 반영하는 것으로, 다만 잠재적 위험의 발생가능성보다 그것의 치명도 즉, 얼마나 심각한 정도의 위험이 발생할 수 있는가에 대하여 더욱 민감하게 반응한다는 점을 보여준다. 본 연구에 사용한 컨조인트 모형의 검정결과는 Pearson’s R 0.996(p < 0.000)

과 Kendall’s tau1.000(p < 0.000)으로 직교계획법에 의해 추출된 8개 프로파일의 속성들이 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다.

위와 같이 부분가치를 통해 제품 선호도를 비교할 때 주의할 점은 소비자의 이질성으로 인해 개개인의 부분가치가 달라질 수 있다는 것이다. 다시 말해 분석에 사용된 부분가치 값들의 단위가 임의적이기 때문에, 이는 상대적인 의미만을 가질 뿐이다[4]. 따라서 부분가치가 음수인 속성수준은 소비자가 선호하지 않는다고보다, 상대적으로 기타 속성수준에 비해서 덜 선호하는 것이라고 해석해야 할 것이다.

〈표 4〉 각 속성 및 속성수준의 부분가치와 중요도

속성	속성수준	부분가치	중요도
나노기술표시	없음	-0.276	13.5
	있음	0.276	
정부인증	없음	-0.441	17.0
	있음	0.441	
위해발생가능성	낮음	0.699	32.3
	높음	-0.699	
위해치명도	낮음	1.094	37.2
	높음	-1.094	
총합			100%

Note) *** p-value < 0.01, ** p-value < 0.05,
* p-value < 0.10.

4.2 가상 나노기술 적용제품의 시장점유율 예측

본 분석에서는 가상의 나노기술 적용제품별 잠재적인 시장점유율을 예측해 보았다. 앞선 컨조인트 분석에 사용한 4가지 속성과 각각의 2가지 속성수준을 바탕으로 총 $2^4 = 16$ 가지의 나노제품을 만들 수 있다. 이들 제품에 대하여 시장점유율 비교를 통해 정책적 요인(나노기술표시와 정부인증)과 부정적 요인(위해발생가능성과 위해치명도)의 발현 효과를 분석하였다. 즉 위해발생가능성과 위해치명도가 통제되었을 때(제품별로 동일하게 주어졌다고 가정할 때), 정책적 요인인 나노기술표시와 정부인증

의 속성수준 조합이 시장점유율에 각각 얼마만큼의 효과를 미치는지를 파악하였다. 마찬가지로 제품별 정책적 요인이 동일할 경우 부정적 요인의 조합에 따른 효과를 분석하였다. 시장점유율 예측에는 최대선호규칙모형과 로짓모형 두 가지 모형을 사용하였다.

4.2.1 나노표시와 정부인증

컨조인트 분석 결과에서 나타난 개별 응답자의 선택속성 중요도와 부분가치를 이용하여 여러 가지 제품의 선택 확률을 추정하고, 이를 통해 각 제품별 시장점유율을 예측할 수 있도록 시뮬레이션 분석을 실시하였다.

이 때 정책적 요인 및 부정적 요인 각각에 대하여 순수하게 요인 수준변화에 따라 소비자의 제품 구매력이 얼마나 변화하는지를 알아보려고 하였다. 즉 정책적 요인 수준변화의 경우 다른 모든 요인이 동일하다고 가정할 때, 표시와 인증이 모두 없는 제품을 기준으로 하고 '표시만 추가될 경우' 소비자 제품 구매력이 얼마나 증가하는지 살펴보았다. 동일한 방식으로 '인증만 추가될 경우'와 '표시와 인증이 모두 추가될 경우'에 대하여 각각 케이스를 구분하여 살펴보았다. 이는 기준 제품(표시 없음-인증 없음)에 대하여 한 속성이 달라질 때, 순수하게 해당 속성의 효과가 얼마나인지를 나타낸다고 할 수 있다.

초이스 시뮬레이션 분석 결과 다음의 <표 5>와 같은 시장점유율이 예측되었다. 최대선호규칙 모형에서는 각 시장별로 나노기술표시가 없고 정부인증이 없는 제품과 상대적으로 비교하였을 때, 나노기술표시와 정부인증 모두 있는 경우 77.9%, 나노기술표시만 있는 경우 56.8%, 정부인증만 있는 경우 72.3%의 시장점유율을 나타낼 것으로 분석되었다. 동일한 비교방법으로 로짓모형을 활용하여 시장점유율을 예측하면 나노기술표시와 정부인증 모두 있는 경우 72.6%, 나노기술표시만 있는 경우 61.1%, 정부인증만 있는 경우 66.1%의 나노기술표시와 정부인증이 모두 없는 제품과 비교한 상대적

시장점유율을 나타내었다. 두 모형의 분석결과 차이는 모형의 가정 차이에 기인하는 것이다. 최대선호규칙모형의 경우 한 명의 소비자가 제품을 선택할 확률이 0 또는 1의 이분값을 가지기 때문에 로짓모형에 비하여 긍·부정적 효과가 더욱 증폭되어 나타나는 것이다.

이와 같이, 정책적 속성의 경우 시장점유율의 상승 측면에서 나노기술표시보다 정부인증의 효과가 시장점유율 측면에서 로짓모형 기준 약 5%에서 최대선호규칙 모형 기준 약 16% 정도 더욱 큰 것으로 나타났다. 또한, 나노기술표시에 추가로 정부인증 정책을 시행한다면 그 시너지는 그 효과는 나노기술표시제만 시행할 때보다 로짓모형 기준 약 11%에서 최대선호규칙모형 기준 약 21%까지 시장점유율이 더 증가하는 것을 알 수 있었다.

<표 5> 나노기술표시와 정부인증 조합에 따른 상대적 시장점유율 예측치

모형	제품별 시장점유율					
	제품		점유율 (%)	제품		점유율 (%)
	표시	인증		표시	인증	
최대선호	없음	없음	22.1	있음	있음	77.9
	없음	없음	43.2	있음	없음	56.8
	없음	없음	27.7	없음	있음	72.3
로짓	없음	없음	27.4	있음	있음	72.6
	없음	없음	38.9	있음	없음	61.1
	없음	없음	33.9	없음	있음	66.1

4.2.2 위해발생가능성과 위해치명도

마찬가지로 나노기술 적용제품의 정책적 속성인 나노기술표시와 정부인증 두 가지 속성이 시장 내 각 제품별로 동일한 수준으로 주어진다고 가정할 때, 부정적 영향의 속성조합에 따른 제품별 시장점유율 차이를 분석하였으며, 그 결과는 <표 6>에 제시한 바와 같다.

먼저 최대선호규칙모형으로 예측한 경우 위해발생가능성이 높고 위해치명도가 높은 제품과의 상대적인 시장점유율은 위해발생가능성과 위해치명

도가 모두 낮은 경우 85.2%, 위해발생 가능성만 낮은 경우 77.3%, 위해치명도만 낮은 경우 88.4%의 시장점유율을 나타내었다. 다음으로 로켓모형에서는 위해발생 가능성과 치명도 모두 낮은 경우 84.0%, 위해발생 가능성만 낮은 경우 72.3%, 위해치명도만 낮은 경우 82.1%의 시장점유율을 나타낼 것으로 예측되었다. 마찬가지로 로켓모형에 비하여 최대선호규칙모형을 통한 시장점유율 예측 결과가 보다 제품의 긍·부정적 속성의 효과를 증폭시키는 것으로 나타났다.

<표 6> 위해발생가능성과 위해치명도 조합에 따른 상대적 시장점유율 예측치

모형	제품별 시장점유율					
	제품		점유율 (%)	제품		점유율 (%)
	위해발생 가능성	위해 치명도		위해발생 가능성	위해 치명도	
최대 선호	높음	높음	14.8	낮음	낮음	85.2
	높음	높음	22.7	낮음	높음	77.3
	높음	높음	11.6	높음	낮음	88.4
로켓	높음	높음	16.0	낮음	낮음	84.0
	높음	높음	27.7	낮음	높음	72.3
	높음	높음	17.9	높음	낮음	82.1

4.2.3 정책적 요인의 나노제품 부정적 영향 완화효과

앞선 분석에서는 각 속성 조합별로 시장을 구분하고 개별적인 속성 수준의 변화가 시장점유율에 미치는 절대적인 효과를 알아보았다. 이번 분석에서는 하나의 시장에 ‘나노기술표시’와 ‘정부인증’이 모두 없는 제품과 ‘나노기술표시’만 있는 제품, ‘정부인증’만 있는 제품의 세 가지 경우만이 존재한다는 가정 하에 시장점유율을 추정하였다. 이를 통해 각 속성이 시장점유율 증가에 미치는 상대적인 영향을 비교하고자 하였다. ‘나노기술표시’와 ‘정부인증’이 모두 있는 경우는 분석에서 제외하였는데, 이는 해당 제품을 소비자가 가장 선호할 것으로 예상되어 나머지 다른 제품들의 시장점유율이 더 낮게 왜곡될 수 있기 때문이다. 분석 결과는 다음의 <표 7>

에 제시한 바와 같다.

최대선호규칙 모형의 경우 ‘표시없음-인증없음’ 제품이 8.9%의 시장점유율을 가질 것으로 나타났다. 표시만 있는 제품은 35.6%, 인증만 있는 제품은 55.5%의 시장점유율이 예상되어 정부인증이 있는 경우 약 4.0배, 인증이 있는 경우 약 6.3배의 시장점유율 증가 효과가 있었다. 또한 정부인증이 나노표시보다 약 1.6배 정도 시장점유율 증가에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

로켓모형의 경우 ‘표시없음-인증없음’ 제품이 19.4%의 시장점유율, 표시만 있는 제품은 34.6%, 인증만 있는 제품은 46.0%의 시장점유율을 가질 것으로 예상되었다. 나노표시가 있을 경우 약 1.7배, 정부인증이 있을 경우 약 2.4배 시장점유율이 증가하는 효과가 나타날 것으로 예상되었다. 또한 나노표시보다 정부인증이 약 1.3배 정도 시장점유율 증가에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

이와 같이 정책적 요인을 통해서 나노제품의 시장점유율 증가를 도모할 수 있을 것으로 판단된다. 이러한 정책적 요인을 실현시키기 위해서는 추가적인 비용-효과 분석이 필요할 것으로 보이며, 정책적 요인에 기인한 나노제품의 시장점유율 증가치가 해당 정책을 도입·시행하는 데 드는 비용을 상회하지 않아야 할 것이다.

산업통상자원부가 실시한 국내 나노융합산업 실태조사[5]에 따르면, 2012년도 나노기술 및 산업의 국내 시장 규모가 약 117조 1천 2백 8십억 원에 이르는 것으로 나타났다. 현재 국내에는 나노표시 및 정부인증제도를 시행하지 않고 있기 때문에 해당 정책적 요인을 시행할 경우 시장규모의 증가가 예상된다. 다음의 <표 8>에 제시한 바와 같이 구체적으로 예상되는 시장규모는 로켓모형 기준 나노표시를 할 경우 약 198조 9천 4백 8십억 원이며, 정부인증을 할 경우 약 280조 8천 6백 7십억 원에 이른다. 따라서 이러한 시장점유율 증가 및 실제 시장규모 증가에 따른 정책 도입의 예상 비용이 이보다 낮은 경우 관련 정책을 도입하여 나노기술 산업을 보다 활성화시킬 수 있을 것으로 기대된다.

〈표 7〉 나노기술표시와 정부인증 유무에 따른 시장 점유율

모형	제품별 시장점유율		
	제품		점유율(%)
	표시	인증	
최대선호	없음	없음	8.9
	있음	없음	35.6
	없음	있음	55.5
로짓	없음	없음	19.4
	있음	없음	34.6
	없음	있음	46.0

〈표 8〉 정책 시행에 따른 국내 나노기술 및 산업 시장 규모 증가치

구 분	최대선호규칙모형		로짓모형	
	시장 점유율 증가율 (%)	시장 규모 (단위 : 십억 원)	시장 점유율 증가율 (%)	시장 규모 (단위 : 십억 원)
나노표시 제도	300	468,112	70	198,948
정부인증 제도	530	737,276	140	280,867

5. 결 론

본 연구는 나노제품이 가지는 부정적 요인과 정책적 요인을 구분하고, 각 요인의 수준별 조합이 소비자의 효용 및 나노제품 시장점유율에 어떠한 영향을 미치는지를 분석하고자 하였다. 이를 위해 설문 조사를 통한 컨조인트 분석 및 초이스시뮬레이션을 실시하였다. 그 결과 컨조인트 분석에서는 소비자들이 나노제품의 부정적 요인을 제품 구매 시 더욱 중요하게 생각하는 것을 알 수 있었으며, 특히 위해치명도에 더욱 민감한 것으로 나타났다. 이는 제품의 나노표시, 정부의 안전성 인증제도 등의 정책적 요인을 통하여 어느 정도 완화될 수 있는 것을 검증하였다. 이에 따라 초이스시뮬레이션을 실시하여 정책적 요인 및 부정적 요인의 속성 조합에 따른 나노제품의 시장점유율 증가를 살펴보고자 하였다.

분석 결과 정책적 요인을 추가함으로써 나노제품의 시장점유율이 현재보다 최소 1.7배에서 최대 6.3배 까지 증가할 것으로 예상되었다. 또한 시장점유율의 증가를 실제 국내 나노기술 및 제품의 시장규모에 대입하여 경제적 효과를 산출함으로써 정책적 요인의 실행 비용에 대한 기준치를 제시하고자 하였다.

그러나 본 연구는 실제 나노제품이 가질 수 있는 부정적 요인 또는 정책적 요인 중 주 요인으로서 4가지 속성을 선정하여 보다 다양한 속성을 포함하지 못하였다는 점에서 연구의 한계점이 존재한다. 또한 나노제품 시장규모 추정에서 시장점유율의 증가가 100% 시장규모의 증가로 전환됨을 가정 하에 산출한 점에서 실제 시장규모의 증가와는 다소 차이가 발생할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 향후 연구에서는 보다 다양한 나노제품의 속성을 고려하여 소비자의 효용을 추정하고 나아가 시장점유율의 변화를 예측할 필요가 있으며, 경제적으로 시장점유율 변화가 시장규모에 미치는 영향을 보다 확률적 측면에서 접근한 연구가 진행될 필요가 있을 것으로 보인다.

참 고 문 헌

- [1] 곽승준, 유승훈, 장정인, “컨조인트 분석을 이용한 한강하구의 가치추정”, 『경제학연구』, 제 54권, 제4호(2006), pp.141-161.
- [2] 김미숙, 최경희, 김영훈, 이종협, “나노물질의 인체 및 환경유해성에 관한 위해성평가 방안의 고찰”, 『청정기술』, 제13권, 제3호(2007), pp.161-172.
- [3] 김승호, “소비자특성이 컨조인트 모형의 제품 선택예측력에 미치는 영향에 관한 연구”, 인하대학교, 2006.
- [4] 민완기, 최정수, 장송자, “전자상거래 시장분석을 위한 방법론 연구-Conjoint Analysis Method를 중심으로”, 『통계분석연구』, 제5권 제1호(2000), pp.1-29.

- [5] 산업통상자원부, 나노융합산업협력기구, 산업연구원, 「2013 나노융합산업조사」, 2014.
- [6] 송영은, 이수범, “컨조인트 분석을 이용한 친환경농산물 시장세분화에 관한 연구”, 『호텔경영학연구』, 제18권, 제1호(2009), pp.257-274.
- [7] 유승훈, 곽승준, 이주석, “컨조인트 분석을 이용한 서울시 대기오염영향의 환경비용 추정”, 『지역연구』, 제19권, 제3호(2003), pp.1-17.
- [8] 이동한, 우종필, 윤남수, “컨조인트 분석을 이용한 프랜차이즈 커피전문점 소비자 선택 속성 및 시장 세분화”, 『상품학연구』, 제30권, 제2호(2012), pp.31-42.
- [9] 이정진, 김영훈, 배은주, 이수승, 광병규, 최경희, 이종협, “대한민국에서의 나노물질 위해성에 관한 일반인/전문가 인식 설문조사”, 『환경독성학회지』, 제23권, 제4호(2008), pp.247-256.
- [10] 이훈영, 『연구조사방법론』, 제2판, 도서출판청람, 2014.
- [11] 조황희, 소대섭, 전주용, 최봉기, “나노기술 영향 평가에 관한 국내외 동향”, 『과학기술정책연구원(STEPI) 혁신정책 Brief』, 제16호(2006), pp. 2-32.
- [12] 최봉기, 김경호, 소대섭, 박희제, “나노기술의 대중 인식도 및 태도연구”, 『공업화학전망』, 제11권 제5호(2008), pp.62-80.
- [13] 최찬웅, 정지윤, 황명실, 정기경, 이효민, 이광호, “위해인지도 맵을 이용한 나노기술 리스크 커뮤니케이션 연구”, 『환경독성보건학회지』, 제25권, 제3호(2010), pp.187-195.
- [14] 한국과학기술기획평가원, “2005년도 나노기술 영향평가보고서”, 과학기술부, 2005.
- [15] 황명선, 김수영, 윤문길, “여행상품 구매조건의 선호가치에 따른 최적 여행상품 가격설계 연구”, 『경영과학』, 제31권, 제1호(2014), pp.27-40.
- [16] Cui, D., F. Tian, S.R. Coyer, J. Wnag, B. Pan, F. Gao, R. He, and Y. Zhang, “Effects of antisense-mye-conjugated single walled carbon nanotubes on HL-60 cells,” *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, Vol.7(2007), pp.1639-1646.
- [17] Dietram, A., E.A. Scheufele, S. Corley, T.J. Dunwoody, E. Shih, Hillback, and D.H. Guston, “Scientists worry about some risks more than the public,” *Nature Nanotechnology*, Vol.2(2007), pp.732-734.
- [18] Green, P.E. and V. Srinivasan, “Conjoint Analysis in Consumer Research : Issue and Outlook,” *Journal of Consumer Research*, Vol.5(1978), pp.103-123.
- [19] Green, P.E. and V. Srinivasan, “Conjoint analysis in marketing : new developments with implications for research and practice,” *The Journal of Marketing*, Vol.54, No.4(1990), pp.3-19.
- [20] Green P.E., A.M. Krieger, and Y. Wind, “Thirty Years of Conjoint Analysis : Reflections and Prospects,” *Interfaces*, Vol.31, No.3 (2001), pp.S56-S73.
- [21] Buzby, J.C., “Nanotechnology for Food Applications : More Questions Than Answers,” *Journal of Consumer Affairs*, Vol.44, No.3 (2010), pp.528-545.
- [22] Michael Siegrist and Carmen Keller, “Labeling of Nanotechnology Consumer Products Can Influence Risk and Benefit Perceptions,” *Risk Analysis*, Vol.31, No.11(2011), pp.1762-1769.
- [23] Michael Siegrist, Rathalie Stampfli, “Acceptance of nanotechnology foods : a conjoint study examining consumers’ willingness to buy,” *British Food Journal*, Vol.111, No.7 (2009), pp.660-668.
- [24] President’s Council of Advisors on Science and Technology(PCAST), Report to the President and Congress on the Fifth Assessment of the National Nanotechnology Initia-

- tive, (2014).
- [25] Currall, S.C., "Debunking the nanotechnology myths," BusinessWeek.com, 2007.
- [26] Woodrow Wilson International Center, The Project on Emerging Nanotechnologies Consumer Products Inventory, (<http://www.nanotechproject.org/cpi/>).
- [27] Woodrow Wilson International Center for Scholars, *Awareness of an Attitudes toward Nanotechnology and federal Regulatory Agencies*, Peter D. Hart Research Associates, Inc., 2007.