



과학·기술관련 사회쟁점(SSI)에 대한 학생들의 주요 의사결정 논점의 기술의 본성(NOT)적 해석

이현옥, 이현주*
이화여자대학교

Analysis of Students' Socioscientific Decision-Making from the Nature of Technology Perspectives

Hyunok Lee, Hyunju Lee*
Ewha Womans University

ARTICLE INFO

Article history:

Received 8 January 2015
Received in revised form
18 January 2015
24 February 2015
Accepted 25 February 2015

Keywords:

nature of science,
socioscientific issues,
SSI decision-making,
nature of technology

ABSTRACT

Since socioscientific issues (SSI) reflect various characteristics of new technologies designed to meet the incessant human needs in the contemporary society, this study explores the feasibility of adapting nature of technology (NOT) to analyze students' socioscientific decision-making. To achieve the aim, forty-five college students enrolled in a liberal arts course on science and technology studies participated in the study and responded to a GMO (golden rice) scenario in a written form. Four major viewpoints were identified from their writing: 1) is the technological artifact able to solve a societal problem?, 2) are there some alternatives to solve the societal problem?, 3) what kinds of side effects or flaws could turn up during distribution and consumption of the technological artifact?, and 4) can we cope with the technological uncertainty? We revisited the viewpoints within the NOT framework (technology as a 'fix,' cultural context and role of values, technological trade-offs, technology as a system, and technological progression). As a result, unlike NOS, NOT were quite explicitly represented in their decision-making and students' level of understanding on NOT varied. It indicates that NOT can be a promising construct for cultivating informed SSI decision-making.

1. 연구의 필요성 및 목적

유전자 재조합 기술, 에너지 및 환경 기술, 의약학 치료 등 새로운 첨단 기술이 하루가 다르게 발전하면서, 일반 시민들은 일상생활 속에서 과학·기술과 관련된 여러 사회적 쟁점들(Socioscientific Issues, 이하 SSI)에 대해 의사결정을 내려야 하는 상황에 자주 직면한다. 이에, SSI에 대해 관심을 갖고 합리적으로 의견을 제시하며 가치 판단할 수 있는 능력은 미래 사회의 시민으로서 갖추어야 할 중요한 역량 중 하나가 되었다(NRC, 2012; Roberts & Bybee, 2014; Zeidler, 2014). 뿐만 아니라, 개인이 속해 있는 지역 사회를 위한 정책 마련 및 운영에 관심을 갖고, 공동의 문제 해결을 위해 참여하는 태도도 함께 요구되고 있다(Hodson, 2003; Roth & Lee, 2004).

과학·기술관련 사회쟁점들에 대한 학생들의 의사결정 능력을 함양하기 위해 과학교육분야에서 제안되어 온 주요 접근법 중 하나는 과학의 본성(Nature of Science, 이하 NOS)과의 관계를 활용하는 것이다(Zeidler *et al.*, 2005). 현대 과학철학적 관점에서 논의되는 과학의 본성은 과학의 사회적·정치적·윤리적 측면, 증거에 기반을 둔 과학지식, 과학지식의 잠정적 측면 등을 강조하고 있으며(Lederman, 1992; Lederman *et al.*, 2002), 이는 그 본성상 SSI와 자연스럽게 연결된다. SSI는 과학기술의 발달로 인해 야기되는 사회적·윤리적 문제를 의미하며, 집단에 따라 다양한 증거를 활용하여 서로 다른 해석을 제시하기

도 하는 특성을 갖고 있기 때문이다(Zeidler, 2003; Zeidler & Nichols, 2009). 따라서 많은 과학교육자들이 NOS에 대한 이해가 높은 학생들이 SSI를 보다 합리적으로 접근할 것이라는 가정을 하고 있으며(Khishfe, 2012; Sadler, Chambers, & Zeidler, 2004), SSI 특성을 고려할 때 이러한 가정은 어느 정도 타당하다고 볼 수 있다.

그러나 NOS에 대한 이해와 SSI에 대한 의사결정의 연관관계를 밝히기 위해 수행된 선행 연구들의 결과는 다소 엇갈리게 보고되고 있다(Khishfe, 2012; Sadler, Chambers, & Zeidler, 2004; Walker & Zeidler, 2007; Zeidler *et al.*, 2002). 실제로 SSI에 대한 학생 또는 일반인들의 의사결정 내용을 살펴보면 과학교육에서 강조하는 NOS(예: 가변성, 관찰의 이론의존성, 사회·문화적 요소의 개입 등)에 대한 이해가 거의 드러나지 않기 때문이다(Bell & Lederman, 2003; Eastwood *et al.*, 2012; Grace & Ratcliffe, 2002; Walker & Zeidler, 2007). 예를 들어, Walker & Zeidler(2007)는 참여자들이 SSI에 대한 토론에서 NOS에 대한 이해를 잘 적용하지 못하였다고 보고하였다. 이 연구에 참여한 학생들은 7주간 NOS 수업을 수강하여 NOS 자체에 대한 이해는 수업 전에 비해 유의미하게 증가하였다. 그러나 수업 후 진행된 SSI에 대한 토론에서는 NOS에 대한 이해를 적용하기보다 과학적 사실을 주요하게 언급하거나 개인적 의견에 의존하는 경향을 보였다. Zeidler *et al.* (2002)도 두 변인간의 관계를 살펴보기 위한 연구를 진행하였으나, 과학의 본성 중 일부(과학의 사회·문화적 영향, 증거기반)만 소수 학생

* 교신저자 : 이현주 (hle25@ewha.ac.kr)
<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2015.35.1.0169>

들의 응답에서 확인되었다고 보고하였다. 이러한 결과들에 대해 몇몇 학자들은 연구 참여자들이 SSI 맥락에서 NOS를 직접적으로 적용하여 의사결정 해본 기회가 적기 때문이라고 설명하면서, NOS를 SSI 맥락에 활용하도록 돕는 구체적인 교수방법을 사용할 필요가 있다고 주장하기도 하였다(Khishfe, 2012; Walker & Zeidler, 2007). 예를 들어, Khishfe(2012)는 명시적인 교수법을 활용하여 학생들이 NOS 개념을 의사결정 과정에 직접적으로 적용해볼 수 있도록 하는 프로그램을 개발하여 적용한 후 효과를 살펴보았다. 예상대로, 프로그램 투입 후에 실험 집단의 학생들은 유전자 재조합 기술과 관련된 쟁점에 대한 논의에서 과학의 잠정적(tentative), 증거기반(empirical), 주관적(subjective) 본성을 더 많이 언급함을 확인하였다. 이에 반해, 비교 집단 학생들은 NOS를 거의 언급하지 않고 개인의 가치관이나 경험, 신념 등에 의존하여 논의를 진행하였다.

Khishfe(2012)의 연구에서 실험 집단에 속하는 대부분의 학생들은 유전자 재조합 식품관련 쟁점에 대해 의사결정을 내리기 위한 근거로 GMF(genetically modified food)의 유해성에 대한 연구 결과에 대해 언급하였다. 예를 들어, “지금까지의 연구 결과를 살펴보면 GMF는 특별한 부작용이 없다. 데이터를 믿어야 한다” 또는 “과학자들이 GMF의 유해성에 대한 더 많은 데이터나 증거들을 제공해야 우리가 의미 있는 의사결정을 할 수 있다” (p. 90) 등의 응답을 하였다. 이와 같이 증거에 대한 강한 신념이나 증거가 부족하기 때문에 의사결정을 유보하는 경향은 다른 선행 연구들(예: Chang & Lee, 2010; Sadler, Chambers, & Zeidler, 2004)에서도 자주 나타난다. Khishfe(2012)는 이러한 응답을 과학의 증거기반적 본성과 관련지어 설명하였다. 그리고 “GMF는 아직 검증되지 않았기 때문에 이것을 필리핀이나 인도에 테스트 해보는 것은 아직 안된다”와 같은 응답에 대해서는 증거기반적 본성과 잠정성을 연결지어 설명하였다. 그러나 이러한 해석은 NOS를 다소 제한적으로 해석하는 것일 수도 있다. 예를 들어, 과학의 잠정성은 과학지식이 신뢰할 만하고 지속성이 있음에도 불구하고 그것이 확실하거나 절대적이지 않다는 것을 의미한다. 즉, 과학지식 발달의 긴 역사를 살펴보았을 때 기존에 절대적이라고 믿던 과학지식이 이후에 여러 가지 이유(예: 새로운 도구의 개발, 반례의 지속적 제기 등)에 의해 변화할 수 있음을 뜻한다. 그러나 SSI 맥락에서 과학기술의 불확실성(uncertainty)이 과학의 잠정적 본성으로 설명되는 경우가 있다. 불확실성이 잠정적 본성으로 일부 설명될 수 있기는 하나, 그보다는 과학 연구나 사회 자체가 다양한 이해관계자(stakeholders)로 복잡하게 연계되어 있어 해당 기술의 위험을 정확하게 파악할 수 없거나 여러 관점에서 해석할 수 있다는 의미로 이해하는 것이 보다 적합하다. 이와 유사하게, Sadler, Chambers, & Zeidler (2004)는 SSI에 대한 논의에서 학생들이 다양한 사회문화적 요소를 인지한다고 보고하였다. 그러나 SSI 맥락에서 언급되는 사회문화적 요소라는 것은 NOS 에서 염두에 두는 것처럼 과학자들 사이의 논쟁 혹은 경쟁하는 과학이론 사이의 선택이라는 맥락에 한정된다기보다 과학 기술관련 정책 결정과정처럼 다양한 이해관계자들 사이에서 벌어지는 논쟁(예: 시민의 입장에서 어떤 정책을 지지하는지 그리고 개인 소비자로서 과학기술의 제품을 소비할 것인지 등)에서 주로 등장한다.

SSI에 대한 의사결정(과정)에 NOS가 명시적으로 드러나지 않는 이유를 다른 각도에서 추론해볼 수 있다. 우선, NOS는 과학 및 현상을 이해하는 방법에 대한 인식론이기 때문에(Lederman, 1992; Lederman

et al., 2002), NOS에 대한 이해는 주어진 SSI를 해석하고 이에 대한 가치판단을 하는데 자연스럽게 영향을 줄 수 있다. 그러나 NOS에 대한 이해가 현대 과학철학적 관점으로서의 이동을 의미한다고 했을 때 미묘한 관점의 변화가 의사결정(과정)에 명시적으로 드러나지 않을 수 있다. 이는 NOS를 하나의 지식처럼 습득해서 그 내용을 동일하게 반복하는 것과 차이가 있다는 것이다. 또 다른 이유는 NOS가 SSI 맥락에 적용되기에 다소 제한적이기 때문일 수 있다. 대부분의 연구에서 제시되는 SSI는 생명 공학(유전자 조작 기술 등), 환경 공학(환경 보존 및 정화 기술 등), 에너지 공학(원자력 발전 기술, 재생에너지 기술 등) 등 기술 공학적인 특성을 포함하고 있다. 다시 말해서 SSI는 순수 과학 연구 분야의 문제로 보기 어려운 측면을 포함하고 있다. 여러 선행 연구들(Khishfe, 2012; Sadler, Chambers, & Zeidler, 2004)에 제시된 인용구들을 살펴보면, 연구 참여자들이 SSI 맥락에서 의사결정을 할 때 ‘소비자’나 ‘생산자(공급자)’ 등 다양한 이해관계자를 언급하고 있으며, ‘기술의 한계(limitations of technology)’나 ‘문제의 해결안 (Technology as a fix)’ 등의 표현도 많이 사용함을 알 수 있다.

본 연구에서는 두 번째 관점, 즉 SSI에 대한 의사결정과정을 과학의 본성 외에 기술의 본성(Nature of Technology, 이하 NOT)과 연관 지어 탐색해보고자 한다. 선행 연구들에서 학생들이 자주 언급하는 논점들은 과학 지식 및 지식의 형성과정에서 추출된 과학의 본성보다는 인간이 필요로 하는 도구를 만들거나 사회에서 벌어지는 다양한 문제를 해결하고자 개발되는 기술과 더욱 밀접하게 연관되어 보이기 때문이다. 그렇다고 해서 NOS가 SSI 의사결정에 영향을 준다는 것을 부정하는 것은 아니다. 다만, SSI 맥락에서 학생들의 자발적 논의에 드러나는 주요 의사결정 논점들을 NOT의 관점에서 해석해 봄으로써, SSI 맥락에서 합리적인 의사결정 능력을 함양하는 방안으로서의 NOT의 가능성을 탐색해보고자 한다. 사실, 과학교육 분야에서 기술의 본성에 대한 연구는 아직은 초기 단계이다. 따라서 과학교육 분야에서 기술의 본성 연구(Clough, 2013; DiGironimo, 2011; Kruse, 2013; Waight & Abd-El-Khalick, 2012)와 기술철학 및 기술사와 같은 관련 분야를 함께 탐색하면서 NOT의 초기 형태를 제안하고, 이를 바탕으로 NOT의 교육적 역할과 함의를 기늩해 보는 과정도 필요하겠다. 본 연구의 연구 문제는 다음과 같이 요약될 수 있다.

첫째, 유전자재조합식품관련 쟁점에 대한 논의과정에서 대학생들이 언급하는 주요 논점은 무엇인가?

둘째, 유전자재조합식품관련 쟁점에 대한 대학생들의 주요 논점은 기술의 본성(NOT) 측면에서 어떻게 해석될 수 있는가?

II. 연구 방법 및 절차

1. 연구 참여자 및 SSI 맥락

본 연구에는 서울 소재 대학에 재학 중인 45명의 대학생들이 참여하였다. 참여 학생들은 모두 과학 기술과 관련된 교양과목을 수강하고 있는 1학년생으로 인문계열의 전공을 가진 학생이 18명, 공학계열 27명이었다(인문계열 학생은 S1~S18, 공학계열은 S19~S45로 표시하였음). 이 수업에서 학생들에게 유전자재조합식품 중 하나인 황금쌀에 대한 시나리오(Table 1 참조)를 읽고, 황금쌀을 생산하고 상품화해야

Table 1. Golden rice scenario (Khishfe, 2012)

영국의 과학기술자들은 비타민A의 결핍을 줄이기 위해 ‘황금쌀’이라는 유전자재조합작물을 개발하였다. 이 황금쌀은 일반쌀에 비해 2개의 유전자를 더 포함하고 있다. 황금쌀에 대해 과학기술자 두 집단이 서로 다른 의견을 제시하였다. 한 과학기술자 집단은 황금쌀이 소화되는 과정에서 비타민A의 흡수율을 높여 시력저하를 예방할 수 있다고 주장하였다. 따라서 황금쌀이 전세계적으로 매년 500,000명의 어린이들이 고통 받고 있는 비타민A 결핍증을 해결하는데 큰 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다고 하였다. 특히 이 질병이 흔한 아시아의 개발도상국에는 더 큰 혜택을 줄 수 있을 것으로 예상하였다. 또한 이들은 지금까지 GMO가 위험하다는 연구결과가 밝혀진 것이 없음을 강조하였다. 반면, 다른 과학기술자 집단은 GMO를 섭취했을 때 인체에 미칠 수 있는 영향에 대해서는 아직 장담할 수 없다고 반론을 제기하였다. 특히 황금쌀에 추가적으로 2가지 유전자를 포함시키는 것이 전체 식물체를 어떻게 변화시키는지 대해서는 아직 분석이 진행되고 있지 않음을 강력히 주장하였다. 또한, 이 작물이 일반쌀과 인접 지역에 경작됨으로써 다른 쌀을 오염시킬 수 있다는 우려도 언급하였다. 이 과학기술자들은 비타민A 결핍 문제를 해결하기 위해서는 황금쌀보다는 건강에 좋은 다른 작물을 섭취하는 것이 더 좋다는 주장을 하였다.

하는지에 대한 의견과 이유를 적도록 하였다.

본 연구에서 사용한 황금쌀 시나리오는 Khishfe (2012)에서 사용한 것과 동일하다. 황금쌀 시나리오는 SSI가 지닌 특성(예: 논쟁적(controversial), 복잡함(complex), 다양한 관점과의 연관(multiple perspectives), 정답이 없음(ill-structured) 등)을 잘 반영하고 있을 뿐만 아니라(Sadler, Barab, & Scott, 2007), 기타 선행 연구에서도 자주 소개되는 맥락이다(Albe, 2008; Walker & Zeidler, 2007). 또한 유전자재조합식품에 대한 내용은 대중매체를 통해 자주 등장하는 소재로 참여자에게 익숙할 뿐 아니라 대학생의 수준에서는 이 쟁점을 이해하기 위한 별도의 교수가 요구되지 않는다고 판단하였다. 더욱이 Khishfe(2012) 연구가 황금쌀 시나리오에서 드러난 NOS를 살펴본 것 때문에 본 연구에서 NOT에 초점을 두어 살펴볼 경우 NOS와 NOT를 비교해서 살펴볼 수 있다는 장점이 있다.

2. 자료 수집 및 분석

본 연구에 참여한 학생들은 해당 교양수업의 마지막 시간에 유전자재조합식품(GMO)인 황금쌀에 관련된 쟁점에 대해 자신의 의사결정을 글로 기술하였다. 글쓰기 한 주 전에 미리 문제를 제공하여 참여자들이 다양한 관련 정보를 자발적으로 찾아보도록 권유하였다. 그러나 의사결정을 글로 기술할 때에는 참고했던 정보 및 자료들을 볼 수 없도록 하였는데, 이는 학생들이 찾아본 자료를 그대로 글에 옮기는 것을 방지하기 위해서였다. 일반적으로 SSI에 대한 의사결정을 할 때 사람들은 원래 자신이 알고 있던 지식과 정보를 활용할 뿐 아니라 관련 자료 및 정보를 찾아보고 이를 참고하여 의사결정을 한다. 이처럼 참여자들도 의사결정을 요구받는 상황에서 자유롭게 유전자재조합식품과 관련된 자료를 찾아보고 이를 참고하여 판단하고 자신의 의견을 기술하도록 하였다. 글쓰기 시간은 20-30분 정도 소요되었다. 글쓰기 분량에 대해서는 특별한 제한을 두지 않았으나, 참여자들은 대부분 약 200자에서 1000자 정도(평균 650자 정도)의 분량의 글을 작성하였다.

대학생들의 글쓰기는 크게 두 단계를 거쳐 분석하였다. 우선, 학생들의 GMO에 대한 의사결정에서 드러나는 주요한 논점을 귀납적으로 발견하였다. 두 명의 연구자들은 독립적으로 참여자들의 글을 검토하

Table 2. Examples of Nature of Technology(NOT)

NOT	설명
문제의 해결안으로서의 기술	기술은 사회문제를 해결하거나 경감시키기 위한 특정 목표를 위해 발전되기도 하는데, 때로는 원래 목표를 달성하지 못하고 모순을 드러냄(Clough, 2013; Kruse, 2013; Volti, 2013; Waight & Abd-El-Khalick, 2012).
문화적 맥락과 가치의 역할	인간의 활동 속에서 구성되는 기술적 도구는 문화적 실체(cultural entity)이기 때문에, 문화적 가치와 생활양식에 따라 새로운 기술이 적용되거나 투사되는 모습이 다를 수 있음(Hong, 2010; Pacey, 1983; Waight, 2013).
기술적 트레이드오프	기술로 인해 얻는 이득이 있는가 하면 또한 잃는 것이 있음을 의미함(Clough, 2013; Kruse, 2013).
시스템으로서의 기술	기술은 하나의 독립적인 성분이 아니라 다양한 요소들(예: 다양한 기술적 인공물, 인적 요소, 조직적, 사회적 요소, 과학지식 및 연구프로그램, 자연자원 등)이 모인 역동적인 시스템임(Arthur, 2009; Hughes, 2012; ITEA, 2000; Pacey, 1983; Waight, 2013).
기술적 진보	새로운 기술이 기존 기술을 기반으로 발전하며 지속적으로 변하는데 기술의 발전 방향은 일정하지 않음. 기술 측면에서 발전한 국가가 문화 및 인간에 대한 다른 분야에서는 뒤쳐질 수도 있으며, 첨단기술을 수용하지 못하는 국가나 사회가 전반적인 발달이 더디거나 문화적 수준이 낮다는 것과 동일시 할 수 없음(Kruse, 2013; Waight & Abd-El-Khalick, 2012).

면서 추출된 의사결정의 주요한 논점을 비교 및 재구성하면서 완전히 일치될 때까지 논의하였다(Miles & Huberman, 1994). 연구자 중 한 명은 석사에서 과학철학을 전공했으며 참여자들이 수강한 교과목의 강의 경력이 5학기 이상이다. 다른 한 명은 SSI 연구를 10년 이상 지속적으로 진행하고 있다. 논점 분석과정에서 두 연구자가 독립적으로 학생들의 글을 수차례 검토하고 주어진 GMO 시나리오 맥락에 유의하여 주요한 논점에 해당하는 각자의 초기 안을 비교하였다. 이후 1차로 합의된 논점에서 드러나는 주요 어휘(예: 사회문제 해결, 문제점, 부작용, 혜택, 대안, 불확실성 등)를 이용하여 학생들의 글을 분류하였고, 분류된 글들을 각 논점별로 다시 검토하여 2차 합의안을 도출하였다. 학생들이 언급하는 주요 논점들이 명확히 드러났기 때문에 두 연구자간 큰 이견은 없었으며, 논점의 내용 및 표현을 수정보완하여 연구결과와 같이 네 가지 논점으로 요약하였다. 그런 다음, 학생들의 글쓰기 일부를 발췌하여 각 논점을 대표하는 내용을 상술하였고, 이를 다시 NOT의 관점에서 해석해 보았다.

NOT 관점에서의 해석을 위해 과학교육분야 뿐 아니라 기술철학, 기술역사, 기술사회학 등 학문 분야의 문헌(예: Clough, 2013; Kruse, 2013; Volti, 2013; Waight & Abd-El-Khalick, 2012)을 조사하여 기술의 본성이라 간주될 수 있는 특징들을 추출하여 구성하였다. 본 연구에서는 여러 가지 기술의 본성 중 문헌에서 중복해서 언급되는 1) 문제의 해결안으로서의 기술 (Technology as a 'fix'), 2) 문화적 맥락과 가치의 역할 (Cultural Context and Role of Values), 3) 기술적 트레이드오프 (Technological Trade-offs), 4) 시스템으로서의 기술 (Technology as a System), 5) 기술적 진보 (Technological Progression)를 중심으로 살펴보았으며, 각각의 특징은 Table 2와 같이 요약될 수 있다.

III. 결과 및 논의

황금쌀 시나리오에 대한 참여자들의 의사결정에서 드러난 주요 논

점은 다음과 같이 네 가지로 요약될 수 있었다. 첫째, 황금쌀 혹은 GMO가 사회문제를 정말 해결할 수 있을 것인가에 대한 논쟁이다. 둘째, GMO 이외에도 다른 방식을 활용하여 문제해결을 할 수 있지 않을까라는 대안 모색에 대한 논쟁이다. 셋째, 황금쌀의 순기능 및 혜택이외에도 황금쌀이 사용되는 과정에서 발생할 수 있는 부작용 및 문제점은 없는가에 대한 논쟁이다. 마지막으로 GMO의 사용으로 발생할 수 있는 위험의 불확실성을 어떤 방식으로 해석하고 대응해야 하는지에 대한 논쟁이다. 각 논점을 보여주는 학생들의 발췌문을 예시로 들어 설명하고, 이어 전술한 NOT를 활용하여 각 논점의 세부 내용과 연계시켜 해석하였다. 해당 SSI에 대한 의사결정과정에서 학생들이 고려하는 주요 내용은 NOT와 맥락적으로 자연스럽게 연계되고 폭넓게 접치는 것으로 확인되었다.

1. 논점 1. 황금쌀과 같은 과학기술의 산물(인공물)이 사회 문제를 해결할 수 있을까?

연구 참여 학생들의 글에는 ‘GMO가 과연 식량문제를 해결 할 수 있을까?’, ‘황금쌀이 비타민A 결핍증으로 고통 받고 있는 아시아 지역의 어린이들에게 정말 도움을 줄 수 있을까?’ 등에 대해 논의가 빈번히 드러났다. 이 때 학생들은 사회문제를 발생시키는 경제적인 요인 및 사회 구조적인 원인을 찾아보고 이를 고려사항에 포함시키는 경향을 보였다. 다시 말해서, 식량부족이나 질병이라는 사회문제를 해결하려 할 때 참여 학생들은 GMO를 활용한 절대적인 식량의 양을 증가시키는 방안보다는 빈민국에게 식량배분이 이루어지지 않는 사회 경제적인 구조를 지적하거나, GMO의 가격 정책이 식량이 부족한 국가에 이롭지 않게 수행될 것이라고 예상하기도 하였다. 다음은 이러한 응답의 예이다.

GMO의 가장 긍정적인 특징인 대량생산으로 값싼 가격에 빈민국의 식량 문제를 해결할 수 있다는 점도 비판의 대상이 된다. 현재 세계적으로는 선진국들의 과소비 때문에 버려지는 음식은 많지만 빈민국에게는 식량이 부족한 비순환적인 구조로 식량이 공급되고 있다. 선진국에서 아끼는 음식을 빈민국에게 공급할 수 있다면 이미 현재 시점에서도 충분히 식량재난을 막을 수 있을 것 같다. 또한 GMO 역시 개발된다면 처음 그 기술을 보급한 기업에서는 특권 때문에 값싸게 상품을 유포시키지는 않을 것이다. 이는 곧 빈민국을 위해 만들어진 GMO가 선진국의 소비로만 이루어지는 모순적인 결과를 초래한다. (S29)

상식적으로 생각해 보았을 때, GMO 작물의 씨앗 특허권을 가진 쪽은 과학기술이 발달한 선진국일 것이다. 그러나 정작 이 작물이 필요한 곳은 아시아의 개발도상국과 같은 제3세계이다. GMO가 이런 곳에서 길러진다면 제3세계의 국가에 대한 식량적 의존도가 선진국에 있는 것이므로, 제3세계가 자립하는데 장애가 될 뿐만 아니라 선진국이 씨앗을 독점했을 때 제3세계는 GMO작물로 오염된 땅만 남고 경제적으로 자립할 수 없을 것이다. (S20)

물론 일부 학생들은 다음에 제시된 바와 같이 황금쌀이 사회문제를 해결할 수 있다고 전제하고 이것의 윤리적 가치를 강조하기도 하였다.

황금쌀로 인해 수많은 어린이를 구할 수 있다. 그들이 걱정하는 불확실한

미래 때문에 그러한 도움이 절실한 아이들을 도와줄 수 있는 기회를 박탈하는 것은 오히려 반인류적인 행위라고 할 수 있다. 황금쌀보다 건강에 좋은 다른 작물로 그들을 도와주기에는 그 한계가 너무나 크기 때문에 황금쌀이 등장한 것이다. 그러한 안일한 태도를 고수하기보다는 더 많은 아이들을 더 빨리 도와줄 수 있는 황금쌀을 활용하는 것이 옳다. (S2)

우리는 과학기술을 통해 식량난이나 질병 등 우리가 직면하고 있는 사회 문제들을 해결하고자 노력하며, 또 그것이 문제 해결에 기여할 것이라는 기대를 하고 있다. 주어진 시나리오에서도 황금쌀은 비타민 A 결핍증으로 고통 받는 사람들을 도울 수 있고, 특히 쌀을 주식으로 하는 아시아 지역의 어린이들에게 효과적일 수 있다는 구체적인 제안을 보여주고 있다. 이는 자연스럽게 ‘문제의 해결안으로서의 기술’이라는 기술의 본성이 드러날 수 있는 맥락이다. 예를 들어, S29는 식량 문제가 유전자조작 기술을 통해 식량의 양을 증가시킨다고 해결될 수 있는 것이 아니라고 주장하며 기술의 한계에 대한 인식을 보여준다. 또한 S20은 식량문제의 본질을 사회 경제적 구조라고 지적하면서, 황금쌀이 비타민A 결핍증으로 고통 받는 사람들을 돕기 위해 발전되었지만 이 목표를 달성하지 못할 수 있다는 것을 염두에 두고 비판하였다. 유전자재조합기술 및 GMO에 해당하는 황금쌀이 사회 문제를 해결하기 위한 방안으로 제시되었는데, 실제로 문제를 해결할 수 있을지를 판단하기 위해 학생들은 아시아 개발도상국의 문화적 맥락 및 사회 경제적 요인을 연관 지어 설명하였다. 이는 두 번째 NOT에 해당하는 ‘문화적 맥락과 가치의 역할’에 대한 인식이 표현된 것으로 해석할 수 있다. 정리하면, 첫 번째 SSI 주요 논점에 해당하는 학생들의 글에서는 NOT 중에서도 ‘문제의 해결안으로서의 기술’과 ‘문화적 맥락과 가치의 역할’이라는 특징에 해당하는 부분이 다수 드러나고 있다. 학생들의 글쓰기 내용에서 동일한 NOT 특징이 드러난다고 하더라도 다양한 수준으로 표현되는데, 이는 NOT에 대한 이해 정도가 다르기 때문이라고 추론할 수 있다. 이 부분에 대한 구체적인 논의는 본 연구의 범위를 넘어가기 때문에 여기서는 다루지 않고, SSI 의사결정에서 학생들이 자연스럽게 언급하는 주요한 내용이 NOT의 어떤 측면을 적용하여 해석할 수 있는지에 초점을 맞추었다.

2. 논점 2. 해당 사회문제(식량난, 비타민A 결핍증)를 해결하기 위한 다른 대안은 없을까?

참여 학생들은 황금쌀 외에 식량난이나 비타민A 결핍증 등의 문제를 해결할 수 있는 대안에 대해 논의하였다. 일부 학생들은 다른 방안으로 해결할 수 있다는 주장을 구체적인 예시를 들어 제시하였고, 본인이 제시한 대안과 황금쌀 중 어떤 것이 더 유용한지에 대한 분석을 추가하기도 하였다.

GMO가 아닌 대안을 마련할 수 있다. 황금쌀의 목적은 비타민A의 공급이다. 그런데 이를 꼭 GMO로 해결해야 하지는 않는다. 비타민 A가 많이 들어 있는 작물을 권유하고 비타민제를 공급해줄 수도 있다. 혹은 비타민 손실을 최소화하는 요리법을 가르쳐 줄 수도 있다. 이런 다양한 방법을 두고 자신들의 편이나 경제성만을 고려해서 GMO를 보급하겠다는 생각은 위험한 발상이다. 대상자들을 염두에 두고 가장 좋은 방법을 찾아야지 경제 논리만을 적용시킨다면 이에 비타민A를 합성하는 유전자를 가진 사람을 만드는 극단적인 사례도

생각해 볼 수 있게 되기 때문이다. (S12)

사실 비타민A결핍을 해소하기 위해서는 주민들이 비타민A가 풍부하게 든 다양한 야채와 과일을 기를 수 있도록 지원하면 된다. 실제로 제 3세계 주민들의 텃밭 가꾸기를 지원한 결과 비타민 A결핍 문제와 관련하여 상당한 성과를 얻었다고 한다. (S1)

응답에서 나타난 바와 같이, S12는 구체적인 대안을 제안하며 황금쌀 혹은 GMO에 대한 반대 의견을 제시하였다. 그리고 GMO로 문제를 해결하려는 시도가 아시아 지역의 상황을 고려하지 않고 경제성만을 고려한 처치라고 비판하고 있다. S1은 황금쌀의 대안으로 실제로 특정 지역에서 실행되었던 텃밭 가꾸기 지원정책을 예를 들어 소개하고, 다양한 야채 및 과일이 비타민A 결핍증의 해결안이라고 기술하였다. 일부 학생들은 황금쌀 이외의 다른 대안이 가능하다는 것을 언급하면서 다음 예시와 같이 황금쌀 및 GMO에 대해 긍정적인 의사결정을 내리기도 하였다.

황금쌀 생산과 상품화를 반대하는 사람들은 다른 작물을 활용하여 비타민A결핍증을 해결하라 말한다. 그러나 다른 작물을 활용하여 해결할 수 있으면 비타민A 결핍증에 걸린 사람은 한명도 없을 것이다. 비타민A 결핍증 환자의 대부분은 다른 작물을 활용할 능력이 안 되는 가난한 사람들이다. 따라서 이런 대책 없는 대안을 내놓기보다는 차라리 황금쌀을 생산하고 상품화하여 해결해야 한다고 생각한다. (S43)

비타민A의 결핍을 해결하기 위해서는 황금쌀보다는 건강에 좋은 다른 작물을 활용하는 것이 더 좋다는 반대측의 주장을 보자. '건강에 좋은 다른 작물'이라고 명시할 뿐 이는 확실치 않은 억측일 뿐이다. 황금쌀은 많은 인구의 주식인 쌀이라는 장점도 지니고 있기에 대체작물을 (GMO가 아닌) 찾이란 쉽지 않을 것이며 그 동안 고통 받은 이들을 고려하면 현명한 처사가 아닐 것이다. (S7)

S43은 황금쌀이 아닌 다른 대안이 실질적이지 못하거나 효과적으로 문제를 해결할 수 없다고 주장하였다. 그는 비타민A 결핍증으로 많은 사람들이 고통을 받고 있다는 사실은 기존의 대안이 실패했음을 의미하고, 아시아 개발도상국들의 경제적 여건으로는 다른 작물이 가능하지 않다고 판단하였다. S7은 아시아 지역에서 쌀을 주식으로 삼고 있다는 상황을 고려할 때 황금쌀이 문제를 해결하는데 더 용이할 수 있다는 판단을 내렸다.

이와 같이 학생들은 문제 해결을 위해 황금쌀 혹은 GMO 이외의 다른 대안을 고려하였다. 또한 이들은 논의 과정에서 아시아라는 지역의 사회·경제·문화적 조건을 기준으로 대안을 모색하는 경향을 보였다. 이는 기술의 역할 및 효과가 기술이 놓여진 문화와 가치에 따라 달라진다는 '문화적 맥락과 가치의 역할'이라는 기술의 본성적 측면에서 이해될 수 있다. 또한 황금쌀이 아시아 개발도상국에 사는 비타민A 결핍 어린이를 도울 수 있다는 제안 자체가 기술이 사회윤리적 가치를 내포함을 보여준다. 참여 학생들은 도움이 필요한 사람을 돕기 위한 명분으로 황금쌀 생산을 지지하거나(S43), 황금쌀이 목표로 하는 윤리적 가치를 충분히 실현시킬 수 있을지를 검토하였다. 또는 황금쌀이 아닌 대안의 가능성을 인정하면서도 황금쌀이 해당 지역의 경제적 여

건과 문화적인 특성을 고려했을 때 더 적절할 수도 있다는 의사결정을 하였다(S7). 즉, 학생들의 응답을 살펴보면 동일한 과학기술이라도 지역·문화적·사회적 맥락에 따라 다른 가치를 생산해 낼 수 있다는 기술의 본성에 대한 이해가 자연스럽게 드러난다고 할 수 있다.

3. 논점 3. 과학기술 개발과정 및 관련 제품(황금쌀)이 유통되고 사용되 는 과정에서 발생할 수 있는 부작용 혹은 문제점은 없을까?

참여 학생들은 황금쌀 등의 GMO가 개발되고 유통되는 과정에서 발생할 수 있는 부작용 및 문제점은 없는가에 대해 논의하였다. 즉, 이들은 황금쌀이 가져올 수 있는 혜택과 부작용으로 인한 피해에 대한 경중을 비교하여 결론을 내리는 경향을 보였고 일부는 부작용 및 문제점을 구체화시킨 후 이를 해결하거나 완화시킬 방안을 추론해 보기도 하였다. 많은 학생들이 황금쌀로 인해 발생할 수 있는 부작용으로 인체 및 환경 위해성을 제시하였다. 그 예시는 다음과 같다.

모든 생물체에게는 고유의 유전자 개수가 정해져 있고, 이보다 더 많거나 적게 되면 심각한 돌연변이 증상을 보이기도 하기 때문이다(다운증후군 같은 경우처럼). 비타민A의 흡수를 돕는 순기능보다 더 안 좋은 영향이 나타날 것이고 이를 인간이 섭취하게 된다면 새로운 질병에 걸릴 확률도 배제할 수는 없을 것이다. 또한 일반쌀과 황금쌀을 같이 재배할 경우 다른 쌀을 오염시킬 수도 있다고 나와 있다. '따로 재배하면 되지'라고 반박할 수 있으나 장기적으로 생각해본다면 두 작물을 따로 재배해도 언젠가는 공기중이든, 토양이로든 일반쌀은 황금쌀에게 영향을 받게 될 것이다. (S18)

푸스타이 박사는 실험쥐에게 유전자조작 감자를 먹이는 실험을 했다. 결과는 충격적이었다. 뇌의 크기를 비롯 신체 장기들의 기능이 약화된 것이다. 실험결과를 알리지 얼마 되지 않아 이 실험은 잘못되었다고 비판 받았지만, 2006년 22명의 과학자들이 푸스타이 박사의 실험을 재현하고 공개 지지를 선언했다. 유전자 조작 감자는 얼마 지나지 않아 시장에서 퇴출되었다. 쥐에게도 이러한 악영향을 미친다면 정도의 차이는 있겠지만 인간에게도 장기적으로는 무시할 수 없는 영향을 줄 것이라고 본다. (S3)

S18은 GMO의 혜택을 강조하기 보다는 황금쌀로 인해 발생할 수 있는 문제점들을 나열하면서, 인체나 생태계에 조금이라도 더 안전한 방법을 모색하는 것이 필요하다고 제안하였다. S3은 인체 및 환경에서 부작용이 발생할 수 있다는 주장의 근거로 푸스타이 박사의 연구 사례를 제시하였다. S3은 이외에도 슈퍼연어(성장호르몬 유전자를 조작해 일반연어에 비해 성장속도가 빠르고 크게 만든 연어)나 제초제 저항성을 지닌 GMO 콩으로 인해 생긴 슈퍼잡초 등을 사례로 들어, 황금쌀이 다른 쌀이나 생물들에게 미칠 수 있는 부정적 영향에 대해 강조하였다. 황금쌀에 반대하는 입장의 학생들은 GMO의 부작용을 강조한 반면, 찬성하는 입장에서는 부작용을 해결하거나 완화시킬 방안으로 정책적인 관리와 규제를 제안하기도 하였다. 다음은 그 예이다.

나는 GMO에 대해 찬성적인 입장을 보인다. 우선 인체에 미칠 악영향에 대해서는 체계적인 관리와 규제가 답이라고 생각한다. 원자력 같은 경우에도 인체에 매우 위험하지만 안전관리와 규제로 이롭게 사용하고 있다. 이처럼 GMO도 철저한 임상실험과 안전성의 인증을 통해 잘 관리한다면 인체에

해롭게 되는 일을 막을 수 있다고 생각한다. (S33)

GM 식품은 인체에게 해가 될 가능성 그리고 주변 환경을 파괴할 가능성이 남아있다. 주변 환경을 오염시킬 문제 가능성이 남아 있기에 GM 식품들을 재배할 때에는 격리된 지역에서만 재배하는 것이 있다. 또한 GM 식품을 표시하는 표를 강화시키는 것이다. 그 GM 식품뿐만 아니라 가공해 만든 식품까지 표시를 하게 해야 할 것이다. 이미 황금쌀에 대해서는 사람들에게 널리 알려져 있고 충분히 알고 있는 사회가 되었다. 황금쌀 식품은 상품화해서 사람들이 구매가 가능해지더라도 라식/라섹 수술처럼(마찬가지로 부작용이 있는) GMO를 소비하는 소비자들은 생겨날 것이고 섭취를 거부하는 사람들이 자연스럽게 생길 것이다. (S31)

S33은 부작용을 미리 예상한다면 이를 대비하는 것이 가능하다는 논리를 적용하였다. S31은 황금쌀의 환경 위해성에 대해서 격리 재배라는 대안을 제시하였고, 인체 위해성에 대해서는 GMO 표시제를 통해 개별적으로 선택할 수 있는 환경을 만드는 것이 요구된다고 주장하였다.

신기술에 대해 장단점을 파악하고 의사결정을 내리는 응답은 SSI 맥락에서 자주 등장하는 논의 형태라 할 수 있다. 이는 과학기술이 가져올 부작용에 대한 불확실성(uncertainty)에서 기인한다고도 볼 수 있다. 우리는 누구도 과학기술이 어떠한 결과를 낳을지에 대해서 확신할 수 없다. 이에 학생들은 기존의 과학기술(예: 다른 GMO나 유전자 조작 사례 등)의 사례를 활용하여 새로운 기술로 인한 미래 상황을 예측해보는 모습을 보였다. 이와 같은 응답은 학생들이 ‘기술적 트레이드오프’라는 기술의 본성을 이해하고 받아들이고 있는 것으로 해석해 볼 수 있다. 즉, 기술로 인해 얻는 이득이 있는가 하면 또한 잃는 것이 있다는 기술의 본래적 특징을 이해한다고 간주할 수 있다. 본 연구의 참여자 중 여러 학생이 황금쌀 맥락에서 이 기술이 가져다줄 혜택을 부작용과 비교하면서 판단을 내렸다. 일반적으로 SSI 맥락이 제시될 때 신기술로 인한 혜택에 대해서는 대략적인 정보를 제공하기 때문에 S3과 S18은 황금쌀의 부작용을 구체화시키는 사례를 중점적으로 나열하였다. 학생들은 기술이 발생시킬 수 있는 부작용을 염두에 두면서 과학기술 연구 결과물을 다각적으로 해석해 보기도 하였다. S31과 S33은 부작용을 해결하거나 대비하기 위한 방안을 생각하면서 해당 기술과 함께 도입할 수 있는 사회·문화적 정책 등을 점검하는 모습을 보이기도 하였다.

4. 논점 4. 과학기술(황금쌀)의 불확실성이 존재하는 상황에서 어떤 대응을 해야 할까?

학생들은 황금쌀의 생산과 유통과정에서 야기될 수 있는 위험에 대한 불확실성에 대해 언급하며 다양한 반응과 판단 방식을 보여주었다. 일부 학생들은 불확실성을 인식한 후, 어떤 기준으로 판단을 해야 하는지 혼란을 겪기도 하였다. 또는 의사결정을 즉각 하지 않고 유보하기도 하였다. 예를 들어, S10는 먹을거리에 대해 더 신중해야 한다는 개인적 신념을 밝히고, 위험에 대한 분명한 정보가 제공되지 않으면 선택을 할 수 없다는 의견을 밝혔다.

GMO에 대한 확실한 정보가 없다. 국민이자 소비자인 우리는 알 권리가

있다. 당연히 우리 입으로 들어오는 음식에 대해서는 더욱 철저해야 한다. 그런데 현재 상황은 찬성론자들은 GMO에 대한 부정적 연구결과가 없다고 말하고 반대론자들은 아직 모른다고 이야기한다. 지금까지 행해진 연구는 있는 것인지, 결과는 어땠는지 등 선택을 해야 하는 상황 속에서 정확하고 신뢰할 만한 자료가 없으니 이 선택은 할 수가 없다. (S10)

의사결정을 유보하지 않은 참여자들도 다음처럼 불확실성이 발생 하는 원인에 대해 제각기 다른 해석을 하거나 다양한 논리를 가지고 판단을 하였다.

아직까지 황금쌀의 유전자 조작으로 인해, 다른 생물에 영향을 어느 정도 주는지에 대한 연구도 심도 있게 이루어지지 않은 상태이다. 그것을 먹은 사람의 인체에 단기적 또는 장기적으로 미치는 영향, 작물로서 황금쌀을 재배했을 때 그 유전자가 다른 생물에 들어간다면 지와 같은 생태계 교란의 영향도 아직은 잘 밝혀지지 않았다. 그 중 하나 예를 들자면 인공적으로 생성된 황금쌀의 비타민A를 지속적으로 섭취했을 시에 '비타민 과민증'같은 질병을 일으킬 수도 있다고 한다. 앞으로 이런 영향들을 더 심층적으로 연구하는 과정이 아직은 필요하다. 황금쌀의 재배가 가져올 사회 전반적인, 중장기적인 영향이 아직은 잘 알지 못하기 때문에 아직은 이 작물의 생산과 상품화는 이르다고 생각한다. (S25)

반대하는 다양한 이유가 있겠지만 대표적인 이유는 단연 인체에 해를 주지 못하는 가능성 때문이다. 아직 GMO가 인체에 어떤 영향을 주는지에 대한 연구가 확실하게 끝나지 않은 상황에서 GMO인 황금쌀을 상품화하는 것은 인간을 대상으로 생체실험을 하는 것과 별반 다를 것이 없다. 현재 세계 곳곳에서는 GMO가 생명체에게 어떠한 영향을 주는지 동물 실험을 통해 연구하고 있고, 그에 대한 연구 결과가 조금씩 알려지고 있다. 쥐에게 GMO 콩을 먹이자 간에서 비정상적인 변화가 나타났다는 연구 결과가 있을 정도로 GMO의 안전성 문제는 아직 확실히 검증되지 않았다. ... GMO를 선불리 상품화해서는 안된다. GMO는 인간의 직접 섭취하는 식품인 만큼 최악의 경우를 생각해야만 한다. (S13)

GMO는 아직 인체에 대한 영향에 대해 밝혀진 정도가 매우 적다. 따라서 신체 내에 들어갔을 때 위험성이 있다. 유전자를 조작한 식품이 장 내부에서 분해되지 않고 박테리아 등과 결합해 변이를 일으켜서 신체에 손상을 줄 수 있다. 영국의 한 연구결과에 따르면 GMO를 먹인 쥐에서 심장의 크기가 줄어들고, 심장 내부에서 인체에 유해한 물질이 발견된 사례도 있다. 물론 안전성을 평가하고 있다고 하지만 지금 안전성을 평가하는 건 생산자 측에서 이루어지고 있다고 한다. 이는 신뢰성이 떨어지는 검증이다. (S20)

일단 현실적으로 봤을 때 황금쌀을 비롯한 GMO식품들은 식량공급 및 야맹증 치료에 엄청난 영향을 끼칠 수 있고 미래에도 아마 GMO 식품으로 이득을 볼 일이 많을 것이다. ... 잔인한 얘기처럼 들릴 수도 있지만 황금쌀을 비롯한 GMO를 안전하게 만들려면 수많은 시도가 필요하고 어차피 야맹증으로 고통 받은 아이들에게는 밀쳐야 본전 아니겠는가? ... 만약, 부작용이 발생한다면 이는 GMO발전과 더 나은 미래를 위한 중요한 시발점이라고 할 수 있다. 황금쌀을 비롯한 GMO 식품들은 더 나은 미래의 인류의 행복한 삶의 질을 위한 중요한 열쇠일 수 있다. (S28)

S25는 황금쌀이 초래하는 위험의 불확실성이 관련 연구의 부족에서 기인한다고 판단을 하였다. 따라서 인체 위해성에 대해서는 황금쌀의 단기적 영향만이 아니라 장기적 효과를 지켜보아야 함을 지적하고, 이후에 발생할 수 있는 문제점으로 비타민A 과민증을 언급하기도 하였다. S13은 GMO의 인체 위해성에 대한 염려 및 불확실한 상황에서 인간생명에 대한 존엄성을 고려하여 최악의 상황을 기준으로 판단해야 한다고 주장하였다. S20은 GMO의 인체 위해성에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있음에도 불구하고 실험 결과를 확신할 수 없는 것은 이해관계자들 사이의 관계 때문이라고 평가하였다. S28은 황금쌀의 성공이 확실하지 않은 상황에서 GMO와 유전자재조합기술의 발전으로 발생하는 혜택을 강조하며 기술이 인류의 행복에 긍정적 역할을 할 수 있다는 믿음을 기반으로 판단한다. 황금쌀을 섭취함으로써 발생할 수 있는 부작용이 관련 기술의 발전을 위한 밑거름으로 작동할 수 있다고도 해석한다.

동일한 맥락에서 진행된 Khishfe (2012) 연구에서도 학생들은 유사한 응답을 보였다. 한 학생은 "(인도와 필리핀에서 시도 되어서는 안 됩니다) 왜냐하면 쌀이 해를 끼칠 수 있을지 확인되지 않았기 때문입니다. 저는 중간 입장이에요 연구가 더 진행되면 유전자재조합에 대한 모든 구체적인 내용을 확인할 수 있을 것이고 그 때 저는 결정을 내릴 수 있을 것 같습니다" (p. 90)와 같이 응답하였다. 서론에서 언급한 바와 같이 Khishfe는 불확실성에 대한 학생들의 응답을 과학의 증거 기반적 속성과 잠정성으로 설명하였다. 그러나 해당 쟁점에서 드러나는 위험의 불확실성에 대한 원인을 과학적 증거의 부족만으로 해석하는 것은 한정적일 수 있다. 과학 연구가 양적으로 증가한다고 하더라도 모든 논쟁이 사라지거나 모든 사실이 밝혀질 것이라고 기대할 수는 없기 때문이다. '시스템으로서의 기술'과 '기술적 진보'이라는 NOT는 SSI에서 자주 등장하는 위험의 불확실성에 대한 논의에 다층적인 접근을 제공한다. 예를 들어, 황금쌀에 대한 불확실성은 이에 대한 관련 과학기술 연구가 충분히 이루어지지 않은 이유도 있지만, 인적 요소에 해당하는 기술자와 공학자, 판매 회사 그리고 국가를 포함하여 관련 개인 및 집단 사이에서 복잡한 이해관계가 형성되어 있기 때문일 수도 있다. S20은 현재 제공되고 있는 정보들이 GMO를 생산해서 경제적 이익을 창출해야 하는 생산자의 관점이라고 지적하면서 과학기술 연구만으로 불확실성이 해소될 거라고 낙관하기 보다는 이해가 다른 집단들의 관점 및 해석의 차이를 의심한다. S25나 S13은 불확실성을 과학기술 연구 부족에 비중을 두어 설명하고 있다. 그러나 S25는 안전성 확인을 위한 연구에만 의존하기보다는 그 기술로 영향을 받거나 줄 수 있는 여러 단체들을 염두에 두어 단기적 효과만이 아니라 중장기적 영향을 고려해야 한다고도 지적하고 있다. 또한 S13은 과학적으로 충분한 증거가 없다는 이유로 선택 및 의사결정을 방관하기보다는 최악의 상황을 고려해서 대처해야 된다는 사회·윤리적 규제를 기준으로 적용하고 있다. 과학기술이 지속적으로 개발 및 발전된다는 사실은 대부분의 학생들이 GMO에 대한 불확실성을 언급할 때 전제한다고 간주할 수 있다. '기술의 진보'라는 NOT 특징은 기술의 발전과 인류의 진보를 맹목적으로 동치시키는 잘못된 태도를 지적하고 있는데, 이는 학생들이 기술 발전의 방향성에 대한 논의를 할 때 교육적 역할을 기대할 수 있다. 예를 들어, S28은 과학기술에 대한 불확실성이 존재할 때 세부 상황 및 다양한 집단들의 입장을 고려하지 않고 기술의 발전이 이루어지면 인류가 행복해질 것이라는 믿음에 기대어 판단하고 있다.

이 학생은 '기술의 진보'라는 NOT를 충분히 반영하거나 이해하지 못했다고 평가할 수 있다.

IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 황금쌀에 대한 학생들의 의사결정과정을 과학의 본성 외에 기술의 본성이라는 관점에서 설명해봄으로써, 효과적인 SSI 교수학습을 위해 NOT에 대한 이해가 고려될 필요가 있음을 제안해보고자 하였다. 자연스러운 의사결정 상황에서 참여 학생들의 글쓰기에서 드러난 네 가지 논점, 즉 '과학기술 인공물이 사회문제를 해결할 수 있을까?', '해당 사회문제를 해결하기 위해 다른 대안은 없을까?', '과학기술의 개발과정 및 관련 제품이 유통되고 사용되는 과정에서 발생할 수 있는 부작용 및 문제점은 없을까?', '과학기술의 불확실성이 존재하는 상황에서 어떤 대응을 해야 할까?'는 사실 본 연구뿐만 아니라 선행연구들에서 제시한 학생들의 대화나 면담, 글쓰기 등에서도 유사하게 나타난다. 우선, 여러 선행 연구에서 밝혀진 바와 같이 본 연구에 참여한 학생들의 글쓰기에서도 학생들이 NOS에 대해 어떻게 인식하고 있는지, 또는 어느 정도 이해하고 있는지를 확인할 수 있는 내용이 명시적으로 드러나지는 않는다. 또한 학생들의 응답을 NOS 중 증거기반이나 잠정성, 사회문화적 영향 등의 측면으로 일부 설명할 수는 있었으나, 이것만으로는 학생들의 SSI 맥락에 대한 이해나 NOS에 대한 인식을 연결 지어 해석하는 데에는 매우 제한적이었다. 반면, NOT는 주어진 SSI와 맥락적으로 연계되기 때문에 학생들의 의사결정에서 도출된 주요 논점에서 명시적으로 드러나며, 학생들의 기술에 대한 이해를 가능케 볼 수도 있었다. 이는 SSI 자체가 순수한 과학 지식이나 지식이 형성되는 과정에 대한 것이기 보다는 과학기술(공학)로 인해 야기되는 사회·윤리적 문제이기 때문일 수 있다. 학생들의 의사결정 글쓰기에서 기술의 특징에 대한 이해 정도가 구별된다는 것은 SSI 추론의 깊이를 분석하거나 세련된 의사결정을 함양하는데 NOT가 긍정적으로 활용될 수 있다는 것을 함의한다. NOT의 관점에서 SSI 교육에 대한 시사점을 제시하면 다음과 같다.

첫째, 문제의 해결안으로서의 기술에 대한 이해는 학생들이 황금쌀과 같이 새로운 기술들이 개발되는 이유와 그 특성에 대해 생각해보는 기회를 제공한다. 일반적으로 기술은 우리가 직면한 문제점(예: 환경 문제, 식량 문제, 질병 등)을 해결하기 위한 사회적 요구에 의해 제안되는 경우가 많다. 그러나 기술 자체는 대부분 사회문제의 발생 이유(예: 식량 분배의 불합리성, 지역적 여건 등)를 근본적으로 파악하여 해결한다기 보다 그 문제로 인한 현상(예: 비타민A 결핍증, 식량 부족 등)을 줄이는데 주된 목적이 있다. 이 때문에 개발된 기술이 예상하지 못한 문제들을 발생시키거나 기술만능주의를 가져올 수 있다. SSI에 대한 의사결정을 하는 학생들은 이러한 기술의 한계를 이해할 필요가 있다.

둘째, 기술의 문화적 맥락과 가치의 역할에 대한 이해는 기술이 적용되는 사회문화 경제·정치적 맥락을 고려한 의사결정이 필요함을 의미한다. 즉, 황금쌀이 인류에게 어떠한 혜택과 부작용을 가져올 것인가와 같이 맥락에 무관한 접근 보다는 기술자체가 맥락에 따라 투영되는 모습이 다를 수 있기 때문에 주어진 맥락 내에서 여러 가지 요인들을 분석할 필요가 있다는 것이다. 이는 SSI 교수에 있어서도 시사점을 제공한다. 교사가 학생들에게 SSI 맥락을 제공할 때 그 과학기술이

적용되는 맥락을 함께 제공해야 한다. 예를 들어, “원자력 발전을 지속해야 할 것인가?”라는 SSI 맥락보다는 우리나라가 처한 지역적·경제적 상황을 구체적으로 제시하면서 원자력 발전의 지속 여부에 대해서 생각해보도록 하는 것이 보다 현실적이며, 학생들이 여러 변인들을 의사결정에 적용해보는 기회를 제공할 수 있다.

셋째, 기술적 트레이드오프에 대한 이해는 과학기술이 지닌 양면성을 고려한 의사결정의 필요성을 말해준다. 즉, 기술은 본질적으로 양면성을 지니고 있기 때문에 학생들은 황금쌀이 가져올 수 있는 이득에만 초점을 두기보다는 부작용에 대해서도 균형 있게 생각해보아야 함을 의미한다. Clough (2013)는 학생들이 기술의 양면성에 대해 관심을 갖고 사고할 수 있도록 ‘특정 기술을 도입함으로써 얻을 수 있는 긍정적인 결과는 무엇인가?’, ‘특정 기술을 도입함으로써 발생하는 부정적인 결과는 무엇인가?’ 등의 질문을 던질 것을 제안하였다. 다시 말해서 교사는 SSI 수업을 진행할 때 학생들이 기술의 혜택 및 긍정적인 효과만이 아니라 이와 함께 동반할 수 있는 문제점 및 부작용을 생각해보는 기회를 제공하도록 구체적인 전략을 활용해야 한다.

넷째, 시스템으로서의 기술은 기술이 단순히 하나의 독립적 실체가 아님을 의미하는 것으로, 앞의 세 가지 기술의 본성과 연결되는 개념이라고 할 수 있다. 기술은 사회의 다양한 집단의 요구와 가치에 의해 만들어지고 발전되어 나간다. 기술이 사회에 미치는 영향을 정확하게 예측하지 못하는 이유는 과학적 근거가 부족하기 때문만은 아니라는 뜻이다. 기술은 시스템적 특성을 지니기 때문에 다양한 이해집단, 다양한 맥락과 규율, 다양한 가치 등의 수많은 요소에 의해 다르게 발현될 수 있다. Sadler, Barab, & Scott(2007)의 연구에서도 SSI의 특성 중 복잡성과 다양한 관점을 들고 있다. 복잡성과 다양한 관점에 대한 이해는 시스템으로서의 기술에 대한 이해를 기반으로 이루어질 수 있다.

다섯째, 기술적 진보에 대한 특징에서는 새로운 기술이 기존 기술을 기반으로 발전하고 지속적으로 변한다는 일면 당연해 보이는 사실을 지적할 뿐 아니라 기술이 발전해 나가는 방향이 일정하지 않다고 상술한다. 또한 기술의 발전을 인류의 진보와 동일하다고 단순화시켜 이해하는 태도를 유의하라고 지적한다. 기술의 발전 방향이 다양한 요인으로 변화할 수 있고 기술의 효과가 항상 긍정적인 것이 아니라 문화적·사회적 상황에 따라 달라질 수 있다는 사실은 궁극적으로 학생들이 SSI 의사결정으로 기술 발전의 방향에 어떤 역할을 할 수 있다는 인식을 심어줄 수 있다. 의사결정을 통해 기술정책이 달라질 수 있고 심지어 어떤 기술 제품을 사용하는지에 따라 기술은 다른 방향으로 변할 수 있다. 또한 기술이 지속적으로 발전하는 것이 긍정적인 것만은 아닐 수 있다는 것은 의사결정과 제품 선택을 심사숙고해야 할 이유를 제공한다. 기술의 진보를 균형감 있게 교수하기 위해 기술 발전의 양상을 기술 제품의 효과 및 효율성의 향상이라는 관점만 부각시켜 제공하기 보다는 성공 기술뿐 아니라 실패로 보이는 기술 혹은 오랜 기술 발전의 흐름에서 성공과 실패를 동시에 확인할 수 있는 기술의 역사를 활용하는 것은 유용할 것이다.

지금까지 과학기술과 관련된 사회쟁점에 대한 논의에서 드러난 기술의 여러 본성에 대해 언급하고 이것이 SSI 교수에 제공하는 시사점을 논하였다. 그러나 아직까지 과학교육 분야에서 기술의 본성과 관련된 연구를 찾아보기는 쉽지 않다(Clough, 2013). 본 연구에서 제안된 기술의 본성 외에도 다양한 교육적 맥락에서 적용될 수 있는 기술의 본성에 대한 체계적인 연구가 지속적으로 진행될 필요가 있다.

국문요약

본 연구에서는 학생들의 과학기술관련 사회쟁점(SSI)에 대한 의사결정과정을 탐색하는 방안으로 기술의 본성(NOT)을 제안하였다. SSI 의사결정과정에서 자주 언급되는 논점들은 과학 지식 및 지식의 형성 과정에서 추출된 과학의 본성보다는 인간이 필요로 하는 도구를 만들거나 사회에서 벌어지는 다양한 문제를 해결하고자 개발되는 기술과 더욱 밀접하게 연관되기 때문이다. 이에, 서울 소재 대학교에 재학 중인 45명의 학생들을 대상으로 GMO(황금쌀)에 대한 시나리오를 제공한 후, 그에 대한 의사결정 내용을 글로 작성하도록 하였다. 글쓰기에서 드러난 학생들의 주요 논점은 네 가지로 요약될 수 있었다. 첫째, 과학기술 인공물이 사회문제를 해결할 수 있을까? 둘째, 해당 사회문제를 해결하기 위한 다른 대안은 없을까? 셋째, 과학기술 개발과정 및 관련 제품이 유통되고 사용되는 과정에서 발생할 수 있는 부작용 혹은 문제점은 없을까? 넷째, 과학기술의 불확실성이 존재하는 상황에서 어떤 대응을 해야 할까? 연구자는 이 네 가지 논점을 문헌에서 추출한 기술의 본성(NOT)(문제의 해결안으로서의 기술, 문화적 맥락과 가치의 역할, 기술적 트레이드오프, 시스템으로서의 기술, 기술적 진보)의 관점에서 해석하였다. 그 결과, NOS와 달리 NOT는 학생들의 주요 논점에서 명시적으로 드러났으며, 이를 통해 학생들의 기술에 대한 이해 수준도 가늠해 볼 수도 있었다. 이는 SSI 맥락에서 합리적인 의사결정 능력을 함양하는 방안으로서 NOT의 적용가능성을 시사한다.

주제어 : 과학의 본성, 과학기술관련 사회쟁점, 의사결정, 기술의 본성

References

- Albe, V. (2008). When scientific knowledge, daily life experience, epistemological and social considerations intersect: Students' argumentation in group discussions on a socio-scientific issue. *Research in Science Education*, 38(1), 67-90.
- Arthur, W. B. (2009). *The nature of technology: What it is and how it evolves*. Free Press. New York.
- Bell, R. L., & Lederman, N. G. (2003). Understandings of the nature of science and decision making on science and technology based issues. *Science Education*, 87(3), 352-377.
- Chang, H., & Lee, H. (2010). College students' decision-making tendencies in the context of socioscientific issues (SSI). *Journal of Korean Association in Science Education*, 31(1), 14-31.
- Clough, M. P. (2013). Teaching about the nature of technology: Issues and pedagogical practices. In M. P. Clough, J. K. Olson, & D. S. Niederhauser (Eds.), *The nature of technology: Implications for learning and teaching* (pp. 373-390). Sense Publishers. Netherlands.
- Eastwood, J. L., Sadler, T. D., Zeidler, D. L., Lewis, A., Amiri, L., & Applebaum, S. (2012). Contextualizing nature of science instruction in socioscientific issues. *International Journal of Science Education*, 34(15), 2289-2315.
- Grace, M. M., & Ratcliffe, M. (2002). The science and values that young people draw upon to make decisions about biological conservation issues. *International Journal of Science Education*, 24(11), 1157-1169.
- Hodson, D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25(6), 645-670.
- Hong, S. (2010). The latest trend in sociology of technology. In *Philosophy of Science Education Committee in Hanyang Univ. (Ed.), Philosophical understanding of science and technology*, (pp. 91-107). Hanyang University Press. Seoul.

- Hughes, T. P. (2012). The evolution of large technological Systems. In W. E. Bijker, T. P. Hughes, T. Pinch & D. G. Douglas (Eds.), *The social construction of technological systems: New directions in the sociology and history of technology* (pp. 45-74). MIT Press. Cambridge.
- International Technology Education Association (2000). *Standards for technological literacy: Content for the study of technology*. International Technology Education Association. Virginia.
- Khishfe, R. (2012). Nature of science and decision-making. *International Journal of Science Education*, 34(1), 67-100.
- Kruse, J. W. (2013). Implications of the nature of technology for teaching and teacher education. In M. P. Clough, J. K. Olson, & D. S. Niederhauser (Eds.), *The nature of technology: Implications for learning and teaching*, (pp. 345-369). Sense Publishers. Netherlands.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. Sage. London.
- National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press. Washington, DC.
- Pacey, A. (1983). *The culture of technology*: MIT Press. Cambridge.
- Roberts, D.A., & Bybee, R.W. (2014). Scientific literacy, science literacy, and science education. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education, Volume II* (pp. 545-558). New York, NY: Routledge.
- Roth, W.-M., & Lee, S. (2004) Science education as/for participation in the community. *Science Education*, 88(2), 263-294.
- Sadler, T., Barab, S., & Scott, B. (2007). What do students gain by engaging in socioscientific inquiry? *Research in Science Education*, 37(4), 371-391.
- Sadler, T. D., Chambers, F. W., & Zeidler, D. L. (2004). Student conceptualizations of the nature of science in response to a socioscientific issue. *International Journal of Science Education*, 26(4), 387-409.
- Volti, R. (2013). *Society and Technological Change*: Worth Publishers. New York, NY.
- Waight, N. (2013). Technology knowledge: High school science teachers' conceptions of the nature of technology. *International Journal of Science and Mathematics Education*. 11(5), 1-26.
- Waight, N., & Abd-El-Khalick, F. (2012). Nature of technology: Implications for design, development, and enactment of technological tools in school science classrooms. *International Journal of Science Education*, 34(18), 2875-2905.
- Walker, K. A., & Zeidler, D. L. (2007). Promoting discourse about socioscientific issues through scaffolded inquiry. *International Journal of Science Education*, 29(11), 1387-1410.
- Zeidler, D. L. (2003). *The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education*. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Zeidler, D.L. (2014). Socioscientific issues as a curriculum emphasis: Theory, research and practice. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education, Volume II* (pp. 697-726). Routledge. New York, NY.
- Zeidler, D. L., & Nichols, B. H. (2009). Socioscientific issues: Theory and practice. *Journal of Elementary Science Education*, 21(2), 49-58.
- Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357-377.
- Zeidler, D. L., Walker, K. A., Ackett, W. A., & Simmons, M. L. (2002). Tangled up in views: Beliefs in the nature of science and responses to socioscientific dilemmas. *Science Education*, 86(3), 343-367.