

## 과학기술관련 사회쟁점에 대한 의사결정에서 나타나는 NOT 이해 수준의 평가를 위한 루브릭 개발 및 적용

이현옥, 이현주\*  
이화여자대학교

### Development and Application of Rubric for Assessing Nature of Technology in the Context of Socioscientific Issues

Hyunok Lee, Hyunju Lee\*  
Ewha Womans University

#### ARTICLE INFO

##### Article history:

Received 24 February 2017

Received in revised form

10 March 2017

4 April 2017

Accepted 5 April 2017

##### Keywords:

nature of technology,  
socioscientific issues, rubric,  
genetically modified food

#### ABSTRACT

Current science education aims to guide students as future responsible citizens to make informed decisions on socioscientific issues (SSI). In the authors' previous study, it was found that conceptions of nature of technology (NOT) were explicitly represented in various contexts of SSI with differentiated levels of understanding, and cases of the informed NOT understanding included the key features of well-reasoned SSI decision-making. Therefore, enhancing NOT understanding could be one of the elements to leverage students' informed SSI decision-making. In this study, we developed a rubric to assess NOT understanding in the context of SSI and applied it to evaluate the impact of SSI instruction. Participants were 58 college students who took an SSI course for 6 weeks. Before and after the SSI course, they were asked to write decision-making essays on the Golden Rice issue (a type of genetically modified food). As a result of analyzing the pre- and post decision-making essay using the rubric, it was found that NOT understanding was improved after the SSI course; in addition, the salient patterns of NOT changes were analyzed in detail in order to gauge the influence of the SSI classes. Implications for science education were discussed.

## 1. 서론

현대 사회에서 과학기술과 관련하여 논란이 되고 있는 쟁점에는 에너지 부족, 환경오염, 원자력 발전의 안정성, 유전자재조합식품의 위해성, 우주 개발 및 인공지능과 같은 첨단 과학기술 개발로 인한 위협 등이 있다. 이와 같은 쟁점에 대한 시민들의 의사결정은 개인의 삶뿐만 아니라 사회의 안녕과 발전에도 큰 영향을 미칠 수 있다. 따라서 미래 시민으로서의 학생들이 과학기술과 관련된 사회쟁점에 관심을 갖고, 균형 잡힌 시각으로 합리적인 판단을 할 수 있는 역량 함양 교육이 필요한 시점이다(AAAS, 1990; NRC, 2012; Roberts & Bybee, 2014; Zeidler, 2014).

과학기술관련 사회쟁점(Socioscientific issues, 이하 SSI) 교육은 이러한 사회적 요구가 증가함에 따라 더욱 주목을 받고 있다(Zeidler *et al.*, 2005; Zeidler, 2014). SSI는 첨단 과학 및 기술과 연관되어 있어 학생들의 삶 속에서 자주 직면하게 되는 문제일 뿐만 아니라, 과학기술과 사회의 연관성을 보여주는 좋은 교육적 맥락이 된다. 그리고 그 본성상 다양한 이해관계자(multiple perspectives)가 복잡하게 얽혀 있어 논쟁적(controversial) 성격을 띠며, 하나의 정답보다는 최선의 선택을 요구하는 비구조화된 문제 상황인 경우가 많다(Sadler, Barab & Scott, 2007; Sadler & Zeidler, 2005). 이러한 특성으로 인해

과학수업에서의 SSI 도입은 여러 측면에서 교육적 효과를 나타내고 있다. 첫째, SSI가 일상생활과 연계되는 문제 상황이기 때문에 학생들의 주위를 환기시키거나 과학에 대한 흥미를 높일 수 있다(Bennett, Lubben & Hogarth, 2007; Harris & Ratcliffe, 2005). 둘째, SSI 교육은 과학의 내용적 지식(Klosterman & Sadler, 2010; Sadler & Zeidler, 2005b), 반성적 사고 및 의사결정 능력(Zeidler *et al.*, 2009), 논증 및 논의 능력(Zohar & Nemet, 2002), 도덕적 추론 및 인성과 가치관(Lee *et al.*, 2012; Sadler & Zeidler, 2005a) 등의 함양에도 긍정적 효과가 있다. 셋째, 현대 과학철학적 관점의 과학의 본성(NOS)을 이해하는데도 효과가 있다(Khishfe, 2012; Khishfe & Lederman, 2006; Walker & Zeidler, 2007). 예를 들어, Khishfe & Lederman(2006)은 9학년을 대상으로 SSI 수업(지구온난화)을 진행하며 NOS를 교수한 결과 NOS 이해를 높이는 데 긍정적 효과가 있었다고 보고하였다.

학생 및 일반인들의 SSI 의사결정 과정을 다각도에서 접근하여 분석한 연구들도 지속적으로 보고되고 있다(Kolstø, 2006; Sadler, Chambers & Zeidler, 2004; Sadler & Zeidler, 2004, 2005a; Zeidler *et al.*, 2002). 즉, 학생들의 SSI 의사결정 과정에 구체적으로 영향을 주는 요소를 탐색하거나, 의사결정에서 드러나는 특성들을 분석한 연구가 이에 해당된다. 예를 들어, Fleming(1986a, 1986b)은 SSI 추론 과정에서 필요한 내용을 물리적 세계와 사회적 세계의 지식이라고 규정하고, 각각의 지식이 구체적으로 무엇인지를 탐색하였다.

\* 교신저자 : 이현주 (hlee25@ewha.ac.kr)

\*\* 본 논문은 제1저자 이현옥의 2015년도 박사 학위논문의 데이터를 활용하여 재구성하였음.  
<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2017.37.2.0323>

Fleming(1986b)의 연구에서는 SSI 맥락에서 활용할 수 있는 과학 자료를 직접 제공하였지만 이를 이용하여 적용하기 보다는 가치에 기반한 도덕적 추론을 하는 학생들이 더 빈번하게 발견되었다고 설명하였다. 이와 유사하게 Grace & Ratcliffe(2002)도 자연 보존 및 관리에 대한 의사결정토론에서 드러나는 의사결정 요소를 조사하였다. 학생들은 생물학적 주요한 개념을 많이 활용하였지만 가치에 대한 고려가 가장 비중이 높은 의사결정 요소였다. Sadler & Zeidler(2004)는 유전 공학과 관련된 SSI에 대한 의사결정을 할 때 영향을 미치는 요소들을 연구하는 과정에서 학생들이 지인이나 친척의 생식 능력 문제를 이야기 하는 것을 발견했다. 즉, 개인의 경험도 의사결정에 영향을 미치는 매우 중요한 요소 중 하나임을 밝혔다.

이외에도, 일부 과학교육 연구자들은 SSI 의사결정 및 비형식 추론 능력과 NOS 이해 수준과의 관계를 탐색하기도 하였다(Eastwood *et al.*, 2012; Khishfe, 2012; Sadler, Chambers & Zeidler, 2004; Zeidler *et al.*, 2005; Zeidler *et al.*, 2002). NOS는 일반적으로 과학지식 및 그것의 발달과정에 관련된 인식론을 의미하는데, NOS를 이해하는 학생과 그렇지 않은 학생은 SSI에 대한 논의를 진행할 때 과학적 증거를 상술하고 적용하는 부분에서 차이가 있을 것이라고 예상할 수 있기 때문이다. 그러나 Walker & Zeidler(2007)는 SSI를 활용한 NOS 수업 후에 참여자들의 NOS에 대한 이해는 향상되었음에도 불구하고, 실질적인 SSI 토론 과정에서 NOS관련 요소가 포함되지 않았다고 보고하였다. Bell & Lederman(2003)도 NOS에 대한 관점에서 큰 차이를 보이는 두 집단을 모집하여 그들의 SSI 의사결정 내용을 질적으로 분석하였는데 별반 차이가 없다는 결론을 내렸다. Sadler, Chambers & Zeidler(2004)의 연구에서는 참여자가 지구온난화와 관련하여 대립되는 입장을 견지하는 두 개의 지문을 읽고, 지구온난화 맥락에 NOS를 적용한 후속 질문에 답하도록 하였다. 결과적으로 사회·문화적 요소에 대한 이해가 SSI 의사결정에 상당한 영향을 미쳤으나, 일부 학생들은 과학적 증거와 개인적 의사결정에 사용하는 정보를 분리시키는 경향을 보였다. 40%에 해당하는 학생들이 두 개의 지문 중에 하나가 더 과학적으로 장점(science merit)이 있다고 간주했음에도, 다른 지문이 더 설득력이 있다고 지적하였다. 요약하면, 학생들의 자발적인 SSI 추론 및 의사결정에 NOS에 대한 명시적 언급이 드러나지 않고 과학적 증거에 대한 역할이 분명치 않았다.

Lee & Lee(2015)은 NOS가 명시적으로 드러나지 않는 이유를 여러 가지로 제안하면서, SSI가 과학적 지식생성에 관련된 문제라기보다는 기술이나 공학적 특성을 반영하고 있기 때문에 NOS보다는 기술의 본성(Nature of Technology, 이하 NOT)이 SSI 의사결정에 더 명시적으로 드러난다고 설명하였다. NOT는 기술의 의미를 제한적으로 언급할 때 통상적으로 제시되는 인공물 및 기법 등을 비롯하여 기술자 및 엔지니어들의 전문적인 활동과 지식 그리고 기술시스템에서 발견할 수 있는 주요 특징들을 포함하는 개념이다(Lee, 2015; Pacey, 1983). NOT에 대한 논의는 기술 및 공학교육에서 강조점이 실질적인 기예(skill)에서 기술적 소양(technological literacy)으로 옮겨오면서 더욱 관심을 받고 있다(ITEA, 1996, 2007; Rossouw, Hacker & de Vries, 2010). 이에 Lee(2015)는 기술철학, 기술사, 기술사회학 등의 연구결과를 바탕으로 하고 관련 분야 전문가들(교육자, 기술철학자, 기술사학자, 공학자)의 논의를 통해 NOT 개념들을 개발하였다(NOT 하위요소 및 세부 내용은 II. 연구방법의 3절 참조). 또한, 후속 연구를

통하여 NOT 개념들이 교육 연구 및 현장에서 어떻게 활용될 수 있는지를 제시하였다. Lee & Lee(2016b) 연구에서는 7가지 SSI에 대한 토의 및 토론 과정에서 나타나는 NOT 요소를 분석하였다. 결과적으로 SSI 주제별로 정도의 차이는 있지만 모든 SSI 맥락에서 NOT 요소들이 명시적으로 등장함을 보여주었다. 그러나 그동안의 선행연구는 NOT 요소가 드러나는지의 여부에만 주로 초점을 맞추었으며, 학생들의 SSI 의사결정에서 NOT 요소에 대한 이해가 어느 정도의 수준으로 드러나는지에 대해서는 논의하지 않았다. 이는 NOS 관련 선행 연구에서 NOS 이해수준을 초보적(naive), 과도기적(transitional), 숙련된(informed) 관점으로 나누는 것과 같은 맥락이다(Lederman *et al.*, 2002). 이 때, 학생들의 NOS 인식 수준을 나누는 기준으로 현대 과학철학적 관점과의 유사성 및 내적 일관성 등이 활용되었다. 그러나 NOT는 NOS와 달리 이해수준을 구분하는 기준을 재고할 필요가 있다. 과학철학에 비하여 상대적으로 신생 학문인 기술철학에서는 전통적인 관점과 현대적인 관점을 명확히 나눌 수 있는 상황이 아니기 때문이다.

이에, 본 연구에서는 SSI 수업 전후에 NOT에 대한 이해 수준이 어떻게 변화하는지를 구체적으로 제시하기 위하여 루브릭을 개발하였다. 루브릭을 구성하는 과정에서 NOT 이해가 무엇인지를 명확히 정의하고 이해수준을 평가하는 준거를 적시하기 위함이다. 특히, 본 연구에서는 구체적인 SSI 의사결정 맥락에서 나타나는 NOT에 대하여 평가하였는데, 이로써 SSI 의사결정에서 차지하는 NOT 이해의 역할이 무엇인지를 직접적으로 확인해 볼 수 있을 것이다. 즉, SSI 의사결정 능력을 함양하기 위한 방안으로서 NOT의 가능성을 기는 기회가 될 것이다. 연구문제는 다음과 같다.

첫째, 과학기술관련 쟁점관련 의사결정 글쓰기에서 대학생들의 NOT 이해 수준을 어떠한 기준으로 평가할 수 있는가?

둘째, 과학기술관련 사회쟁점 수업 후 대학생의 NOT 이해는 그 평가 기준에 비추어 어떠한 변화를 나타내는가?

## II. 연구 방법

### 1. 연구 참여자 및 SSI 프로그램

본 연구는 A대학의 과학기술학 관련 교양 과목을 수강하는 대학생 64명 중 연구 참여에 동의한 58명을 대상으로 하였다. 참여 학생들 중 1학년은 29명, 2학년은 19명, 3/4학년은 10명이고, 이 중 공학 전공은 28명, 사회과학 전공은 30명이다. 해당 교과목은 학생들이 현대 과학기술의 철학적, 사회적, 문화적 측면을 이해하고, 우리 사회의 과학기술 사회쟁점에 관심을 갖고 이와 관련된 문제를 해결할 수 있는 능력을 함양하는 것을 목표로 한다. 따라서 본 교과목은 과학 기술에 대한 메타적 내용 및 기술철학, 기술사, 기술사회학 연구결과를 기반으로 과학기술관련 사회쟁점(SSI)을 적용할 수 있는 자연스러운 맥락을 제공한다고 볼 수 있다. 이 수업을 통해서 학생들은 기술에 대한 이론적인 내용들을 학습함으로써 기술의 정의, 기술의 발달 과정 등에 대한 메타적 사고 과정뿐 아니라 개발 기술이 어떤 방식으로 사회적 쟁점으로 표출되는지를 구체적으로 학습할 수 있다. 이에, 본 연구자는 이 교과목에서 전쟁과학기술, 정보기술, 생명공학기술과 관

련된 SSI를 도입하여 Table 1과 같이 수업 내용을 구성하였다.

Table 1. Details of the socioscientific issues program

- 전쟁과 과학기술
  - 맨해튼 프로젝트 및 원자탄 개발
  - 미래의 전쟁무기: 국가에서 미래 무기인 전자기펄스탄을 개발해달라고 요청한다면 어떤 결정을 하겠는가?
- 현대의 정보기술을 통한 감시와 역감시
  - 범죄율이 상승하고 있는 국가의 정책 결정자의 입장에서 CCTV를 적극적으로 도입하는 정책을 도입하겠는가? 이에 따른 문제는 무엇이고, 이를 보완하기 위하여 어떤 방안을 마련할 수 있는가?
- 생명공학 기술의 활용
  - GMF의 안전성 관리가 가능한가? GMF가 지구촌 식량난을 해결할 것인가?
  - 유전질병을 앓고 있는 첫째 아이의 치료를 위하여 맞춤형기를 동생으로 가질 것인가?

SSI 수업은 총 6주(1주 1회, 1회당 105분 수업) 운영되었다. 수업에서는 소규모 모둠을 구성하여 학생들이 해당 SSI에 대하여 활발하게 토의 및 토론을 할 수 있는 기회를 제공하였다. 이는 과학기술관련 사회쟁점을 강의식으로 소개하는 것이 아니라 다양한 형식의 토론 활동을 통하여 학생들의 적극적 참여를 이끌어내기 위함이었다. 일반적인 수업 진행과정은 SSI 주제에 대한 개괄적 소개 및 이와 관련된 과학기술학 연구 내용을 설명하는 것에서 시작하여, 학생들에게 구체적인 토론 및 질문이 제공하여 본격적으로 논의할 수 있도록 유도하였다. 학생들은 즉석에서 소규모 팀을 구성하여 토의하고 토의 결과를 발표하였다. 특히, 토의 주제를 선정함에 있어서는 NOT 하위 요소와 다각적으로 연계되는 내용 및 맥락으로 조정하였고, 추상적이거나 원론적인 수준에서 학생들의 논의가 머물지 않도록 구체적인 상황을 제시하려고 하였다. 예를 들어, 정보기술에 대한 사회 쟁점을 제공하면서 CCTV를 소개하였는데, 토론 질문으로 범죄율이 상승하고 있는 특정 국가에서 이를 낮추기 위하여 CCTV를 기존보다 강력하게 활용하는 방안 및 제도에 대한 입장을 물었다. CCTV는 우리 일상에서 흔히 쓰이고 있으므로 단순히 CCTV의 도입에 대해 묻는 것은 학생들에게 논쟁적인 토론 주제가 되지 않는다. 본 수업차시에서는 관련 영화를 편집하여 CCTV 자료를 네트워크로 연결하여 개인정보를 집적하고 초단위로 추적할 수 있는 상황 등을 제공하였다. 더욱이 해당 토론 질문은 NOT 하위요소에 해당하는 ‘인공물의 양면성’, ‘현실세계 문제의 해결안’, ‘다양한 이해관계자와 기관’(Table 3 참조) 등이 연계될 수 있는 맥락을 제공한다. 학생들은 논의를 진행하는 과정에서 필요한 경우 스마트폰 등을 활용하여 다양한 정보를 검색하고 적용하는 것이 권장되었다. SSI 토론은 본성적으로 다양한 방향으로 전개될 수 있기 때문에 교수가 미리 자료를 제공하는 것이 어려운 경우가 많다. 따라서 해당 수업에서 다수의 대학생이 가지고 있는 스마트폰을 적극 활용하여 다양한 정보를 획득하도록 하는 것이 필요하였다.

## 2. 자료수집

본 연구의 참여자들은 SSI 수업 전후로 유전자재조합식품(Genetically Modified Food, 이하 GMF)에 대하여 의사결정을 하는 글을 작성하였다. 이때, 학생들이 의사결정에 필요한 정보 등을 스

로 찾아볼 수 있도록 약 1주일간의 시간적 여유를 주었다. GMF 쟁점은 Khishfe(2012)의 연구에서 활용한 황금쌀 관련 시나리오를 번안하여 활용하였다(Table 3참조). GMF는 선행 SSI 연구에서 자주 등장하는 주제일 뿐 아니라 SSI가 지닌 특징(예: 다양한 관점의 제시, 논쟁적, 비구조화된 문제 등)을 잘 보여준다(Albe, 2008; Khishfe, 2012; Walker & Zeidler, 2007). 특히, 활용된 시나리오에서는 GMF에 대한 찬반을 요구하는 것이 아니라 황금쌀이라는 특정 인공물과 이와 관련된 여러 정황을 제시하고 의사결정을 요청하였다. 이는 선행 연구를 통하여 SSI 의사결정의 맥락이 추상적이고 일반적인 경우에 학생들이 의사결정을 보류하거나 동어반복적인 조건을 제시하면서 결론을 내리는 반응들을 고려한 선택이었다. 또한, 현대사회에서 시민들에게 요구되는 것도 광범위한 GMF에 대한 찬반이 아니라 새로운 제품 혹은 과학기술 정책에 대한 구체적인 의사결정이기 때문이다.

Table 2. Golden rice scenario (Khishfe, 2012; Lee & Lee, 2015)

유럽의 과학기술자들은 비타민A의 결핍을 겨냥하여 ‘황금쌀’이라는 유전자재조합작물을 개발하였다. 이 황금쌀은 일반쌀에 비해 2개의 유전자를 더 가진다. 어떤 과학기술자들은 황금쌀이 비타민 A의 전구체인 베타카로틴을 함유하고 있어 이것을 섭취하면 야맹증이나 퇴행성 시력감퇴를 예방할 수 있다고 주장한다. 결과적으로 전 세계적으로 매년 500,000명의 어린이들에게 영향을 주고 있는 어린이 비타민A결핍증을 해결하는데 긍정적 역할을 할 수 있고, 특히 이 질병이 흔한 아시아의 개발도상국에는 더 큰 이익이 있을 것이라 말한다. 이 과학기술자들은 현재까지 어떤 GMF도 위험하다는 연구결과가 없다고 주장한다. 또 다른 과학기술자들은 GMF를 섭취함으로써 발생할 수 있는 인체의 영향은 아직 모른다고 주장한다. 황금쌀에 추가적으로 2가지 유전자를 포함시키는 것이 전체 식물체를 어떻게 변화시키는지에 대한 분석은 아직 이루어지지 않았고, 이 작물이 다른 일반쌀과 같은 지역에 경작됨으로써 다른 쌀을 오염(crossing over)시킬 수 있다는 우려가 있다고 언급한다. 그래서 이 과학기술자들은 비타민A의 결핍을 해결하기 위해서 황금쌀보다는 건강에 좋은 다른 작물을 활용하는 것이 더 좋다고 제안한다.

질문: 당신은 황금쌀을 생산하고 상품화해야 한다고 생각하시나요?

해당 시나리오는 황금쌀이라는 과학기술적 산물의 개발과 이를 필요로 하는 사람 및 지역에 대한 내용을 포함하고 있다. 즉, 주어진 맥락은 특정 사회·문화적인 배경에서 기술적 인공물이 직접적으로 언급되어 있어 NOT와의 연계성이 자연스럽게 드러난다. 예를 들어, 황금쌀이 비타민A 함량이 많아서 비타민A 결핍증을 해결하기 위해 활용될 수 있다는 내용에서는 기술적 인공물의 특징이 나타난다(인공물 차원의 NOT 요소 중 ‘의도를 내재한 인공물’ 및 ‘현실세계 문제의 해결안’을 함축). 또한, 과학기술자들 사이에 발생하는 GMF에 대한 안전성에 대한 논란 및 부작용의 가능성에 대한 언급도 기술적 인공물의 양면적 측면을 제안하고 있다(인공물 차원의 NOT 요소 중 ‘인공물의 양면성’을 반영).

## 3. NOT 이해 수준을 평가하기 위한 루브릭 개발 방향

본 연구는 Lee(2015)가 개발한 NOT 개념틀에 기반을 두고 시작하였다. NOT 개념틀은 기술의 존재 양태에 따라 ‘인공물’, ‘지식’, ‘실행’, ‘시스템’이라는 4가지 차원으로 나누어지며, 각 차원 하위에 3개씩 NOT 요소가 있어 총 12개의 요소로 구성되어 있다(Table 3 참조.)<sup>1)</sup>

1) NOT 하위 요소에 대한 세부 설명은 Lee(2015)에서 확인할 수 있고, 간략하게

Table 3. NOT dimensions and sub-elements(Lee, 2015)

차원	I. 인공물 Artifacts	II. 지식 Knowledge	III. 실행 Practice	IV. 시스템 System
요소	I-1. 의도를 내재한 인공물 Intentional artifacts	II-1. 절차적 지식 Procedural knowledge	III-1. 제한조건과 가치 적재적 의사결정 Constraints & value-laden decisions	IV-1. 다양한 이해관계자와 기관 Multiple stakeholders & organizations
	I-2. 현실세계 문제의 해결안 Solution for real-world problems	II-2. 실천적 지식 Practical knowledge	III-2. 최적화와 창조적 활동 Optimization & creative activities	IV-2. 상호연계적 집합체 Systemic structure
	I-3. 인공물의 양면성 Positive and negative impacts of artifacts	II-3. 맥락 의존적 지식 Context-dependent knowledge	III-3. 피드백과 다학제적 접근 Feedback & multidisciplinary approach	IV-3. 기술발전과 시스템 모멘텀 Technology development & system momentum

‘인공물’ 차원은 컴퓨터, 비행기 같이 인류의 역사를 통해 인간이 제작한 도구 및 기기를 포괄한다. ‘지식’ 차원은 엔지니어가 통상적으로 사용하는 기술지식 및 공학지식으로서의 기술을 의미한다. ‘실행’ 차원은 기술관련 제품 및 기법 등을 개발하기 위한 설계와 생산, 제품의 사용 및 보수, 유지, 평가 등과 관련된 일련의 활동으로서의 기술을 의미한다. 마지막으로 ‘시스템’ 차원이다. 시스템은 기법적(technical) 요소를 포함하고 이와 연계된 다양한 문화적·사회적 요소들을 포괄하여 전체론적인 시각에서 조망하는 기술을 뜻한다.

본 연구에서는 SSI 맥락에서 나타나는 NOT에 대한 이해를 Figure 1과 같이 두 개의 축으로 나타내었다. X축은 ‘NOT 구성요소의 상호연관성에 대한 인식’으로 NOT의 네 개 차원(‘인공물’, ‘지식’, ‘실행’, ‘시스템’)에서 얼마나 다양한 하위요소에 대해 알고 있는가에 관한 것이다. Y축은 ‘맥락에 따른 이해’로 특정 맥락에서 기술의 특징을 상술하거나 적용할 때 드러나는 NOT에 대한 이해 수준을 의미한다. NOT 이해가 특정 맥락에서 평가될 때에는 해당 사례에 대한 세부적인 정보 및 관련 지식을 적절하게 활용할 수 있는지를 평가할 필요가 있다. 맥락을 고려하지 않고 NOT요소를 선언적으로 제안하고 수용하는 것은 이에 대한 적절한 이해가 아니다. 예를 들어, ‘현실세계 문제의 해결안’은 기술적 인공물로 현실세계의 문제를 항상 해결할 수 있다는 것을 의미하지 않는다. 오히려 NOT요소에 대한 잘못된 이해에 해당한다. 어떤 인공물이 현실세계 문제를 해결하기 위하여 개발되지만 실제로는 문제를 해결하는 과정에서 다른 문제를 발생시키거나 완벽히 문제를 해결하지는 못하다는 메시지를 전달한다. 따라서 해당 NOT 요소를 적절히 이해하는 사람은 특정 인공물이 현실세계 문제에 대한 대응으로 개발되지만 이를 해결할 수 있을지는 구체적인 상황 및 근거에 따라 다르다는 결론을 내린다. 따라서 Y축에서 이해의 수준을 나누는 기준은 NOT 요소를 주어진 맥락에 적용하여 서술한 내용의 구체화 정도 및 근거의 다양성 등이다. 일반적으로 ‘단순’과 ‘심화’로 구분할 수 있는데, 구체적인 준거는 평가 대상의 발달단계 및 상황 등에 따라 상대적이다.

학생들이 과학기술의 본래적 특성을 이해하는지를 판단할 때, 맥락을 고려해야 한다는 지적은 관련 NOS 연구에서도 유사하게 제기되었다. 특히 NOS의 7가지 요소로 알려진 특징(예, 과학의 잠정성, 증거기반, 주관성 등)이 맥락에 따른 상황 및 근거를 고려하지 않고 암기해야 할 리스트로 간주되었을 때 다양한 오해가 발생할 수 있다고 지적되었다. 한 예로, Allchin(2011)은 학생들이 추상적인 NOS 요소들을 단순 암기한 것이 이에 대한 적절한 평가가 될 수 없다고 비판하였다.

그리고 구체적인 과학적 주장을 제시하고 학생들이 해당 주장의 신뢰도를 적절히 판단할 수 있는지를 NOS 이해평가의 기준으로 삼아야 한다고 제안하였다.

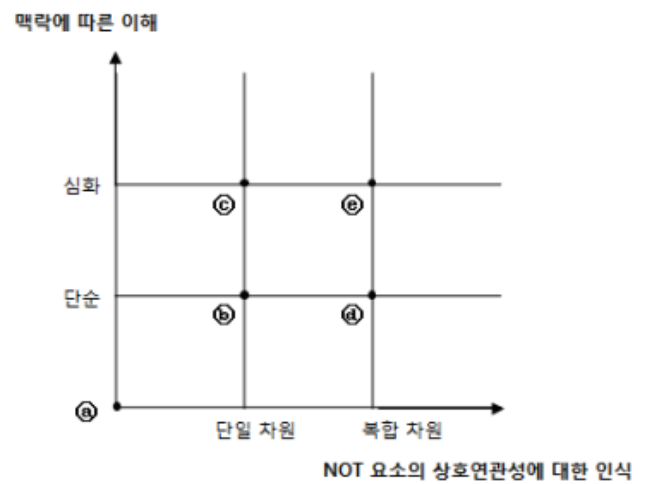


Figure 1. NOT understanding model with evaluation criteria

Figure 1에서 X축은 NOT 요소를 얼마나 인식하는지를 나타낸다. NOT 요소를 더 많이 인식하면 NOT이해 수준이 높다고 평가하는 것은 일면 당연하다. 그러나 어느 지점이 의미 있는 이해의 차이를 나타내는 준거인지를 숙고할 필요가 있다. 여기에서는 ‘단일 차원’과 ‘복합 차원’을 제안하였다. SSI는 과학기술의 인공물로 인한 문제 상황이 흔히 등장하기 때문에 ‘인공물’ 차원에 대한 이해가 일반적으로 자주 관찰된다. 그러나 일부 학생들은 명시적으로 드러나지 않은 ‘지식’, ‘실행’, ‘시스템’ 차원의 특징까지도 함께 언급하며 기술의 다면적이고 복합적인 모습을 인식하는 특징을 보인다. Lee & Lee(2016a)의 연구에서도 참여자들이 SSI 수업 후 인공물 차원의 NOT 하위요소(의도를 내재한 인공물, 현실세계 문제의 해결안, 인공물의 양면성)에 대한 이해가 실행 및 시스템 차원으로 확장되는 경향을 보였다. 이러한 이해의 수준을 명명하기 위하여 ‘NOT 상호연관성’(NOT interconnectedness) 이라는 용어를 제안하였다. 이를 이해한 학생은 기술에 포함된 다양한 양태를 전제하고 여기서 비롯된 기술의 특징을 인지하여 복합적으로 제시할 수 있다는 것이다. 따라서 NOT 상호연관성을 고려하여 한 개 차원의 하위요소만을 인식한 경우 ‘단일 차원’, 두 개 이상의 차원에 해당하는 하위요소를 복합적으로 이해한 경우는 ‘복합차원’으로 단계를 설정하였다.

정리한 내용은 Lee & Lee(2016a, b)를 참고할 수 있다.

Table 4. Rubric for assessing understanding of nature of technology

수준	평가 기준
수준 0	㉠ 기술의 본성 요소를 인식하지 못하거나 잘못 이해
수준 1	㉡ 주어진 지문에 명시적으로 제시된 기술의 본성 요소를 단편적으로 서술
수준 2	㉢ 주어진 지문에 명시적으로 제시된 기술의 본성 요소를 구체적으로 서술하거나 다양한 관련 근거를 제시
	㉣ 주어진 지문에 명시적으로 제시되지 않은 다양한 기술의 본성 요소를 복합적으로 제시
수준 3	㉤ 주어진 지문에 명시적으로 제시되지 않은 다양한 기술의 본성 요소를 복합적으로 제시하면서도 구체적으로 서술하거나 다양한 관련 근거로 상술

과학기술의 본래적 특징을 복합 차원으로 연계하여 이해하는 것의 중요성은 NOS에 대한 최근 연구를 통해서도 유사하게 뒷받침된다. Irzik & Nola(2011)은 기존의 NOS 요소를 추출할 때 합의적 관점 (consensus view)이 적용이 되면서 과학에 대한 매우 협소한 특성을 제시하고 단편적인 이미지만을 전달하게 되었다고 지적하였다. 예를 들어, 주요 선행연구의 NOS 요소에서는 과학지식에 대한 인식론적 측면만을 강조(예: 과학지식의 잠정성, 과학지식의 실증성 등)하면서 과학의 목적 및 방법론적 규칙 등은 언급하고 있지 않다고 비판하였다. 더욱이 합의적 관점에서 제시된 NOS 요소들을 전체론적 시각으로 이해하려고 할 때 긴장이 발생하게 되는데 이를 해소하기 위한 논의가 없다고 지적하였다. 예를 들어, 과학적 지식은 주관적이고 이론에 기반 한다는 특징과 과학적 지식의 객관성 및 실증적 특징을 일관적으로 해석할 때 긴장이 발생하는데 이에 대한 논의가 부재하다는 것이다. Irzik & Nola(2011, 2014)은 Wittgenstein의 ‘가족유사성’(family resemblance)<sup>2)</sup> 개념을 도입하여 NOS를 과학의 인지 및 인식론적 시스템뿐 아니라 사회-기관적 시스템을 제시하였다. 인지 및 인식론적 시스템에는 탐구절차(processes of inquiry), 목적과 가치 (aims & values), 방법 및 방법론적 규칙(methods & methodologies rules), 과학적 지식(scientific knowledge) 범주가 있고, 사회적 시스템에는 전문적 활동(professional activities), 과학적 에토스(scientific ethos), 과학지식의 사회적 확산 및 보급(social certification & dissemination of scientific knowledge), 사회적 가치(social values)가 제시되었다. 즉, 가족유사성을 활용하여 여러 과학 분과 및 과학적 활동에서 추출할 수 있는 다양한 특징들을 폭넓게 제시하였다.

Dagher & Erduran(2016)은 가족유사성을 도입하여 다면적인 과학의 특징을 포괄하는 제안을 수용하고, 이로써 과학을 전체론적으로 바라볼 수 있는 토대가 마련되었다고 강조하였다. 특히, 여러 과학의 범주가 서로 연계되지 않고 개별로 주어졌을 때에는 과학에 대한 이해가 제한될 수 있다고 지적하며, 과학의 다면적 특징을 전제하고 과학의 본래적 특징들 사이에 존재하는 역동적인 관계와 종합적인 이해가 필요하다고 주장하였다. 이와 유사하게 NOT 이해 모델에서는 NOT 개념들에서 전제된 기술의 다양한 차원과 하위 요소들 사이에서 발생하는 역동적인 관계를 이해할 수 있는지와 구체적인 사례에서 이를 복합적으로 적용할 수 있는지를 고려해야 한다.

정리하면, 특정 SSI 맥락에 드러나는 NOT를 이해한다는 것은 일

반적인 기술의 특징을 암기하여 선언적으로 제시하는 것이 아니라 주어진 맥락에서 다양한 NOT 요소들을 발견하고 이들 사이의 역동적인 관계를 파악하여 맥락에 적절하게 적용하는 능력과 연계된다고 제한한다. 따라서 SSI 의사결정에서 드러난 NOT 이해 수준은 Figure 1에서 두 개의 축이 형성하는 5가지 교차점을 고려하여 생각해볼 수 있다(㉠ - ㉤). 즉, 교차점은 ㉠ NOT 이해 못함, ㉡ NOT 단일차원 인식-단순 이해, ㉢ NOT 단일차원 인식-심화 이해, ㉣ NOT 복합차원 인식-단순 이해, ㉤ NOT 복합차원 인식-심화 이해와 같이 다섯 가지로 구분된다. 이를 적용하여 본 연구에서는 NOT 이해 수준0은 ㉠, 수준1은 ㉡, 수준2는 ㉢와 ㉣, 그리고 수준3은 ㉤로 분류하였다(Table 4 참조). 여기서 수준2에 두 가지 경우(㉢와 ㉣)를 포함시킨 것은 어느 것이 다른 경우보다 NOT에 대한 이해가 높다고 규정하기 어렵기 때문이다.

본 연구에서는 Table 4의 평가틀을 기반으로 연구 참여자들의 황금쌀에 대한 사전/사후 글쓰기에 드러난 NOT의 이해 정도를 평가하였다. 이 과정에서 각 수준에 해당하는 대표적인 사례 및 준거를 추출하여 평가의 일관성을 유지하도록 하였다(IV. 결과 및 논의의 부분 참조). 연구결과에서 연구 참여자들을 명명하기 위하여 학생들은 S1-S58로, 사전 및 사후 의사결정 글쓰기는 각각 pre, post로 표기하였다. 예를 들어, 연구 참여자 S1의 사전 황금쌀관련 의사결정 글쓰기 내용은 pre-S1으로 표기하였다.

## IV. 결과 및 논의

### 1. 황금쌀 맥락에서 드러난 NOT 수준별 응답의 유형

본 연구에서 제시한 황금쌀 지문에는 ‘인공물’ 차원에 해당하는 ‘현실세계 문제의 해결안’ 및 ‘인공물의 양면성’ 요소가 명시적으로 서술되어 있다. 따라서 대부분의 참여자들이 ‘인공물’ 차원에서의 기술의 본성에 대해서는 언급하였다. 그리고 학생들의 이해 수준은 다양했다. 일부 학생들은 인공물 차원을 다른 차원과 연관지어 복합적으로 설명한 반면, 일부 학생들은 인공물 차원에 대한 이해도 부족하게 드러났다. Figure 2는 황금쌀 맥락에서 드러난 NOT 이해의 수준별 응답을 유형화하여 정리한 것이다.

#### 가. 수준 0: 기술의 본성 요소를 인식하지 못하거나 잘못 이해

GMF는 과학기술이 적용된 인공물로 이로써 현실세계의 문제인 식량부족을 해결할 수도 있고, 이로써 인류 및 사회·문화·정치·경제에 긍정적 혹은 부정적 영향을 줄 수 있다는 인식은 일반적으로

2) 가족 구성원들이 단일한 속성을 공유하지는 않지만 서로 유사해 보이는 것처럼 어떤 개념이 필요·충분 조건에 해당하는 속성을 소유하지 않아도 그 개념의 범주에 포함된다는 의미를 갖는다. 아버지는 A, B, C라는 속성을 가지고, 어머니는 B, C, D 그리고 자식은 C, D, E를 갖는다면 가족의 구성원이 모두 공유하는 속성이 존재하지 않지만 이들은 가족에 해당한다. 즉, 개체가 서로 간에 교차하고 중첩되는 속성을 공유하게 되면 이로써 특정 개념으로 포괄된다.

수준 3	<p>기존 GMF의 특징 및 부작용 등이 황금쌀과 다를 수 있음을 분명히 인지하여 직접적으로 황금쌀과 연관된 정보 및 연구결과를 구체적으로 제시하여 판단</p> <p>→ 인공물차원+지식차원 - 심화 이해</p>	<p>주어진 현실세계 문제를 물질적인 측면과 함께 사회·경제·정치적으로 분석하고 문제를 잘 해결할 수 있을 지를 다양한 이해관계자를 고려하여 판단하고 이와 더불어 다른 대안책과 비교분석</p> <p>→ 인공물차원+시스템차원 - 심화 이해</p>	<p>주어진 현실세계 문제의 해결을 위해 황금쌀을 도입함으로써 기술시스템이 형성되고 공고해지는 과정 및 여기서 발생할 수 있는 상황을 구체적인 맥락에서 구성하여 가능하고 판단</p> <p>→ 인공물차원+시스템차원 - 심화 이해</p>
수준 2	<p>황금쌀/GMF의 안전성 등의 문제를 판별하기 위한 사례 및 정보를 도입 황금쌀/GMF의 문제점이 시간에 따라 추가 발견될 수 있음을 사례/비유를 통해 제시</p> <p>→ 인공물차원(인공물의 양면성) - 심화 이해</p>	<p>개발도상국 어린이들의 비타민A결핍 문제의 심각성 등을 구체적인 정보를 통해 인지 및 윤리적 측면 강조 해당 문제를 해결하기 위한 다른 대안(비타민 약, 과일 및 채소 등)을 구체적으로 제시 및 논의</p> <p>→ 인공물차원(현실세계문제의 해결안) - 심화 이해</p>	<p>황금쌀은 기존 GMF와 다른 물질적 특징을 가지고 있으므로 안전성에서도 다른 연구결과가 도출될 수 있음을 인지 (인공물차원+지식차원)                  황금쌀이 대량생산 및 유통이 되어 시스템이 공고해지면 제약 및 변화시키기 힘들음을 인지 (인공물차원+시스템차원)</p> <p>→ 복잡차원 단순 이해</p>
수준 1	<p>황금쌀/GMF의 인체 및 환경 안전성에서의 부작용을 지문과 유사하게 언급 황금쌀로 비타민A 결핍을 해결할 수 있다고 간략하게 주장</p> <p>→ 인공물차원 단순 이해</p>		
수준 0	<p>황금쌀/GMF의 긍정적 측면을 절대적으로 강조 황금쌀로 비타민A결핍을 완벽하게 해결할 수 있다고 언급</p>		

Figure 2. Types of responses according to the level of NOT understanding in the context of golden rice decision making

NOT에 대한 적절한 이해다. 그러나 황금쌀관련 지문에 대하여 이런 응답만을 보이는 것은 주어진 맥락에서 나타난 NOT를 인식하지 못한 것으로 평가할 수 있다. 학생들에게 의사결정으로 황금쌀의 생산에 대한 의견을 요구하였기 때문이다. 다음은 NOT에 대한 잘못된 이해를 보이는 경우이다.

(유전자재조합 식품이) 식량부족문제를 해결할 수 있는 거의 유일한 해답이므로 유용하게 쓰였으면 한다.(pre-S1)

유전자재조합 식품을 먹고 나서 인체에 영향을 미쳤다면 더 많은 실험과 연구를 통해 언젠가는 인체에 무해한 완전체를 만들 수 있을 것이다. 과학기술은 무궁무진하기 때문이다.(pre-S15)

S1은 ‘현실세계 문제의 해결안’을 S15는 ‘인공물의 양면성’에 대한 잘못된 이해를 보여주었다. 특정 인공물의 도입으로 현실세계의 문제를 해결할 수 있다는 가정과 대비하여 항상 해결할 수 있거나 유일하다는 인식은 잘못된 경우이다. 인공물에 대한 절대적인 맹신도 인공물의 양면성을 적절히 이해하지 못한 경우이다.

나. 수준 1: 기술의 본성에 대한 단순 이해

수준1은 주어진 시나리오에서 명시적으로 제시된 NOT 요소(인공물 차원)를 단편적으로 이해하는 경우이다. 즉, 참여자들이 GMF에 해당하는 황금쌀 관련 지문에 나오는 정보를 단순히 언급하거나 GMF에 대해 일반적으로 알려진 사실들을 제시하는 경우에 해당한다. 다음은 그 예이다.

글에 나와 있다시피, 많은 수의 인구가 식량문제로 인해 비타민A결핍 문제를 겪고 있다. 지금 당장 많은 수의 인구를 살리기 위해서는 기술을

도입하여, 황금쌀을 대량 생산해야한다. 그러나 많은 사람들, 과학자들이 GMF에 대해 반대하고 있다. 그들의 주장은 지금 문제가 발생하지 않더라도, 후에 GMF 잠재적인 위험이 크게 나타날 것이라고 말한다.(pre-S4)

황금쌀이 인체에 유해하다는 근거는 어디에도 없다. 이러한 좋은 작물을 재배하지 않는다는 것은 낭비이다. 만일 황금쌀이 다른 쌀을 오염시킬 수 있다면, 일반 쌀과 격리시켜 따로 재배하면 될 것이다. 매년 500,000명의 어린이들에게 영향을 주고 있는 어린이 비타민A 결핍증을 해결한다는 것은 놀라운 효과이다. 또한 개발도상국들에게 이익을 줄 수 있다. 인류 전체의 이익을 생각한다면 황금쌀을 재배하는 것이 맞다.(pre-S18)

위의 발췌문에서 학생 S4는 지문에서 제시한 내용만을 반복하는 수준에서 의사결정을 하였다. 다른 학생(S18)도 황금쌀의 기능 및 이로써 해결할 수 있는 현실적 문제 등(인공물 차원의 ‘현실세계 문제의 해결안’ 요소)을 고려하면서도 해당 인공물의 안전성 및 환경적 문제로 인한 부정적 측면(‘인공물의 양면성’ 요소)을 인지하였지만 다양한 기술의 차원을 추가적으로 고려하거나 제시된 NOT 요소를 심층적으로 분석하기 위한 다양한 근거 및 정보 등을 제시하지는 못하였다. 다수의 다른 참여자 응답에서도 이와 유사한 정도의 NOT 이해 수준을 보여 주었다.

다. 수준 2: 단일차원 NOT 심화 이해와 복합차원 NOT 단순 이해

수준2는 전술한 바와 같이 ‘NOT 단일차원 인식-심화 이해’, ‘NOT 복합차원 인식-단순 이해’와 같은 두 가지 경우에 해당한다. 우선, ‘NOT 단일차원 인식-심화 이해’는 인공물차원에 해당하는 NOT 요

소를 인식하고 이를 황금쌀 맥락에 적용하여 구체적인 사례 및 근거 등을 제시하는 경우에 해당한다. 다음은 이에 해당하는 참여자의 응답이다.

황금쌀의 생태계 교란의 우려를 무시할 수 없다. 황금쌀이 일반쌀과 같은 지역에 경작되면 그간 일반쌀의 성장과 여러 번의 재배에 익숙해진 경작지에 어떤 악영향을 끼치게 될지 모르는 것이다. 실제 **GM로 인해 슈퍼잡초가 생기고 토양이 황폐화 되는 등 환경 문제의 과거 이력들이 있다.** 그러나 황금쌀도 옹의 선상에서 배제될 수 없다.(post-S30)

S30은 황금쌀에서 비롯된 환경 위해성을 우려하고(‘인공물의 양면성’ 요소 인식) 있다. 이때, 슈퍼잡초라는 사례를 제시하고 이와 유사한 문제가 황금쌀에서도 발생할 수 있음을 제안하였다. 즉, 황금쌀의 양면성을 이해하고 이와 연관된 사례를 구체적으로 상술하였다. 다른 학생의 응답에서는 개발도상국 어린이들의 비타민 A 결핍증을 해결하기 위하여 황금쌀을 사용하는 것이 효율적이지 않다고 주장하였다(‘현실세계 문제의 해결안’ 요소 인식). 그리고 “**황금쌀의 비용이 크다는 분석이 나오고 있는 실정**”(post-S6)이라는 근거를 제시하며 판단하였다.

두 번째, ‘NOT 복합차원 인식-단순 이해’는 황금쌀 시나리오에서 인공물 차원의 NOT 요소와 함께 다른 차원 요소를 단편적으로 언급하는 경우이다.

**황금쌀은 우리가 GM작물을 만들어내는 의도와는 조금 벗어나는 작물이라고 생각한다. 처음에는(기존 GM로) 식량난을 피하기 위함이었지만 이 황금쌀은 더 우월한 작물을 생산하기 위해서 만들어진 것이다.** 이 목적으로 GM기술을 개발하면 생물다양성이 줄어드는 생물학적으로 큰 문제점에 도달할 수 있다.(pre-S31)

이유는 바로 **과학기술의 관성 때문입니다.** 지금처럼 황금쌀이 상품화되기 전에는 이 기술을 통제할 수 있지만 한번 기술이 **상품화 되고 나면 수많은 이해 관계자들과 여러 요인들로 인해 통제가 불가능해집니다.**(post-S11)

S31은 NOT 인공물 차원과 함께 지식 차원에 해당하는 ‘맥락 의존적 지식’ 요소를 인식하였다. 꽤 성공적으로 보이는 기존 GM에 해당하는 GM콩이나 옥수수와는 달리 황금쌀은 대량 생산되고 유통되면 생물다양성이라는 새로운 문제에 봉착할 수 있다는 것을 지적하였다. 즉, 특정 상황에 성공적으로 적용되던 기술이 맥락이 다른 상황에서는 그렇지 않을 수 있다는 것을 인지하였고(‘맥락 의존적 지식’ 요소) 황금쌀로 인하여 도래할 수 있는 부정적 효과로 생물다양성의 감소(‘인공물의 양면성’ 요소) 제안하였다. 이는 여러 참여자들이 황금쌀이 기존의 GM과 동일한 특성을 가진다고 비판 없이 추론하는 것과 차별화된다. 예를 들어, 다수의 학생들은 황금쌀에 대한 안전성 쟁점에서 “(황금쌀이) GM 작물의 하위 항목에 들어가므로 안전하다”(post-S16)라고 확장 추론을 하거나, 다른 학생은 황금쌀이 “유전자조작식품이므로 보다 값싸고 대량 생산이 가능하고 높은 수율을 충족”(post-S14) 시킬 수 있다고 비판 없이 제시하였다.

S11은 시스템 차원에 해당하는 ‘기술발전과 시스템 모델링’ 개념을 도입하였다. 황금쌀이 생산 및 유통되면 다양한 이해관계자들이 형성되어 황금쌀을 포함한 기술시스템의 변화가 어렵다는 것을 지적

하였다. 그러나 시스템 모델링이라는 특성이 황금쌀관련 상황에서 어떻게 구현되는지를 구체적으로 상술하지 않았다. 정리하면, S31 및 S11은 주어진 시나리오에 명시적으로 제시되지 않은 NOT 요소를 도입하였지만 이를 구체화하거나 충분히 상술하지는 못하였다.

### 라. 수준3: 복합 차원 NOT에 대한 심화 이해

수준3은 다양한 차원의 NOT 요소를 인식하고 주어진 맥락에서 구체화하거나 다양한 근거와 예시를 제시하는 경우에 해당한다. 다음은 지식차원 NOT 요소를 추가적으로 인식할 뿐 아니라 다양한 정보와 근거를 포함하여 심화된 이해를 보여주는 사례이다.

GMF는 “**실질적 동등성**”이라는 개념으로 그 안정성을 평가해왔다. GM 콩과 옥수수 또한 이러한 평가에 잘 견뎌 왔고 현재 식품으로서 손색이 없을 정도로 안전하다고 평가 받는다. 그러나 황금쌀은 다르다. 제시문의 여섯째 줄에 보드시피 어떤 GMF도 위험하다는 연구결과가 없다고 말한다. 이는 **황금쌀의 안전성을 기존의 GMF에 기대어 안전하다고 평가하고 있는 것이다. 제시문 마지막 문단에서 보드시피 쌀에 두 가지 유전자를 포함시키는 것이 아직 제대로 분석이 안 되어 있다고 주장한다.** 이를 토대로 지금의 황금쌀은 기존의 GMF와는 다르게 유전자를 재조합 하였다는 것을 의미한다. 즉, 황금쌀의 안전성은 아직 제대로 평가 되지 않았고, 따라서 그의 안정성은 확신할 수 없는 단계이다. 따라서 **황금쌀은 식품안전성 평가인 환경 위해성 평가와 인체 위해성 평가를 상품화되기 전에 받아야 한다. 이러한 평가가 확실히 이루어지고 그 안전성이 확실히 되었을 때 상품화되어도 늦지 않는다.**(post-S4)

S4는 황금쌀의 인체 및 환경에 대한 안전성을 부정적으로 인식하였고, 이를 판단하기 위하여 지식차원의 ‘맥락 의존적 지식’에 대한 이해를 바탕으로 다른 GMF와 차별화되는 황금쌀 맥락을 분명히 고려하여 세부적인 과학기술적 개념을 도입하여 기준을 제시하였다. 기존의 GM 콩과 옥수수는 실질적 동등성 평가를 견디어 내었기 때문에 안전성을 인정할 수 있을지는 모르지만 황금쌀은 그렇지 않다고 지적하였다. 특히, 황금쌀은 두 가지 유전자를 재조합하였고 이로 인한 영향을 고려할 필요가 있다고 언급하였다. 황금쌀의 안전성에 대한 우려를 해소하기 위하여 환경 위해성 및 인체 위해성 평가를 구체적으로 지적하고 관련된 정보를 근거로 자신의 의사결정을 제시 하였다. 다음은 시스템 차원에 해당하는 NOT 요소(“**다양한 이해관계자와 기관**”, ‘**상호연계적 집합체**’)를 추가적으로 인식하여 이를 맥락에서 구체화하고 다양한 근거를 제시한 사례이다.

**우선 아이들에게 비타민A가 부족한 것은 황금쌀이 없어서가 아니라 먹고 살 식량이 없는 경제적 구조에서 기인한다.** 당장 쌀을 살 돈도 없는데 황금쌀을 살 돈이 생길까? 물론 **개발자들의** 의도는 가난한 아이들에게 영양공급을 해주기 위한 것이었지만 개발하고 생산하는 과정에는 돈이 들어가고 결국 **다국적 농업 기업**이 이에 참여하고 있다. 그들은 본질적으로 이윤을 창출해야 하는 기업이지 자선사업단체가 아니다. 필연적으로 황금쌀에 **로열티**가 붙어 가격이 올라가고 자연히 더 비싸지므로 **개발도상국** 사람들에게는 그림의 떡이 된다. 아직 위험성이나 앞으로 끼칠 영향도 모르는 황금쌀 재배보다는 우선 그들이 영양부족으로 고통 받지 않게 충분히 먹고 살 수 있는 경제력을 키우는 것이 더 중요하다고 생각한다.(post-S17)

S17은 지문에서 주어진 현실세계 문제의 본질을 비타민 A의 결핍이라는 물질적 차원보다는 경제적 구조 등으로 분석하였다. 그리고 실제로 해당 지역의 어린이들 및 사람들이 당면한 비타민A 결핍증이라는 문제를 해결하거나 긍정적인 효과를 제공할 수 있는지를 구체적으로 사고하였다. 이때 시스템 차원의 ‘다양한 이해관계자들과 기관’을 염두에 두고 그들 사이의 연관성을 보여주면서 사회, 경제, 정치, 윤리, 시대적 배경 등을 포괄적으로 고려하였다. 특히, 다국적 기업이라는 이해관계자를 제시하고 ‘로열티’와 같은 구체적인 경제적 요인을 제안하여 설명하였다. 다른 학생(post-S5)은 주어진 문제를 자연친화적인 작은 텃밭으로 해소한 필리핀 사례를 구체적으로 제시하면서 “비타민A 결핍 아동을 위험수준인 40%에서 적정 수준인 15%로” 낮추었다고 지적하고 외국자본이 포함된 황금쌀의 도입보다 해당 문제를 직접 겪고 있는 필리핀과 같은 국가들의 입장들에게 상술하였다. 이러한 응답은 다수의 학생들이 시나리오에서 개발도상국 어린이들의 비타민A 결핍증을 황금쌀로 해결할 수 있다고 제안한 것을 그대로 수용하여 현실 세계의 문제를 해결할 수 있다고 주장하는 것과는 대비된다.

2. 과학기술관련 사회쟁점 수업 후 기술의 본성에 대한 이해의 변화

황금쌀 맥락에서 드러난 학생들의 NOT 이해 수준은 SSI 수업 후 Figure 3에서와 같이 향상된 것으로 나타났다. 수업 전에는 수준1에 해당하는 학생이 가장 많았고(40명, 69%), 수준3에 해당하는 학생은 한 명도 없었다(수준0 : 3명, 5%, 수준2 : 15명, 26%). 그러나 수업 후에는 수준2에 해당하는 학생이 32명(55%)으로 증가 했고, 수준3에 도달한 학생도 큰 폭(20명, 34%)으로 증가하였다. NOT 이해 수준의 변화를 세부적으로 분석한 결과는 Table 5와 같다. 수업 후에 가장 두드러지는 변화는 수준1에 해당하는 학생들이 수준2와 수준3으로 변화한 것이다.

이와 같은 결과는 Lee & Lee(2016a)와 부분적으로 유사하다. 해당 연구에서는 NOT 인식 변화를 탐색하기 위하여 개방형 문항으로 구성된 설문지(Questionnaire on Nature of Technology, QNOT)를 개발하여 SSI 수업 전후에 활용하였다. 수업 후 학생들의 NOT 인식이 전반적으로 향상되는 것이 드러났다. 우선, 실행과 시스템 차원 NOT 요소에 대한 인식이 증가하는 변화가 나타났다. 그리고 인공물 차원 NOT 요소에 대한 인식에서는 변화가 거의 없었는데, 이는 수업 전부터 해당 차원에 대한 인식이 높았기 때문이었다. 지식차원 NOT 에서도 가시적인 인식 변화가 나타나지 않았는데, 이는 학생들의 해당 차원에 대한 언급 자체가 적었기 때문이었다. 그러나 본 연구에서는 수업 후 학생들의 의사결정 글에서 일부 지식차원 NOT 하위요소에 대한 이해가 나타났다. 이는 구체적인 SSI 시나리오에서 지식차원 NOT 요소와 연계되는 내용이 드러나 있기 때문이었을 것으로 추측해볼 수 있다.

본 연구에서는 전술한 바와 같이 학생들이 인공물 차원 NOT 요소에 대한 이해를 바탕으로 다른 차원의 NOT 요소에 대한 이해가 증가하는 것이 나타났다. 선행연구의 QNOT는 NOT 하위요소 자체에 대한 인식변화를 개별적으로 확인할 수 있는 평가 도구라고 한다면(Lee & Lee, 2016a), 본 연구에서 활용한 NOT 루브릭은 구체적인 맥락에서 내용을 분석하기에 학생들의 인식변화를 추적하기 용이할 뿐 아니

라 여러 차원 NOT 하위요소를 복합적으로 인식하는 수준 등을 명확하게 포착할 수 있다.

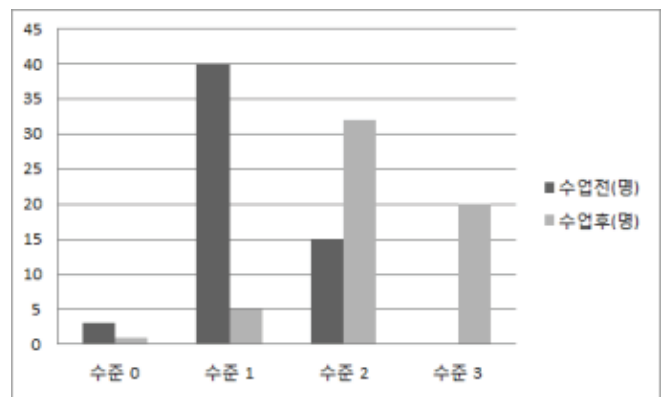


Figure 3. NOT understanding levels in the context of golden rice decision making before and after the implementation

Table 5. Change in NOT understanding levels through the implementation

수준변화	학생수	수준변화	학생수	수준변화	학생수
수준0 → 수준0	1	수준1 → 수준0	0	수준2 → 수준0	0
수준0 → 수준1	0	수준1 → 수준1	5	수준2 → 수준1	0
수준0 → 수준2	2	수준1 → 수준2	22	수준2 → 수준2	8
수준0 → 수준3	0	수준1 → 수준3	13	수준2 → 수준3	7

NOT 이해 수준의 변화는 다음과 같이 설명될 수 있다. 첫째, 수준1에서 수준2로 향상된 경우(22명, 38%)이다. 수업 전 대부분의 학생들은 NOT에 대한 이해에서 수준1로 평가받았다. 황금쌀 관련 시나리오에는 인공물 차원에 해당하는 ‘현실세계 문제의 해결안’ 및 ‘인공물의 양면성’ NOT 요소가 명시적으로 포함되어 있기 때문에, 대학생인 참여자 수준에서 이 요소들을 인식하고 의사결정을 하는 것은 일반적으로 기대할 수 있는 결과이다. 예를 들어, 다음 발췌문의 사전 응답(pre-S2)에서도 황금쌀이 비타민A 흡수율을 높일 수 있다는 긍정적 측면을 지적하면서 인체 및 생태계에 대한 부작용을 언급하고 이를 강조하여 황금쌀의 상품화를 반대한다는 의사결정을 하였다. SSI 수업 후 이 학생(S2)의 NOT 이해수준 변화는 관련된 구체적인 정보를 추가하고 이를 기반 하여 쟁점을 판단하면서 발생하였다.

[사전] 황금쌀 생산과 상품화에 반대합니다. 황금쌀을 활용하면 비타민 A의 흡수율을 높일 수 있다고 하더라도 정확한 인체에의 영향을 모른다면 상품화하면 안 된다고 생각합니다. 이 황금쌀을 상품화하기 위해서는 먼저 황금쌀에 대한 자세한 분석과 그 영향을 파악하여야합니다. 직접 사람이 먹는 것이기 때문에 안정성에 대한 여부는 상당히 중요하다고 생각합니다. 다른 쌀을 오염시키는지의 여부 등 특히 유전자 조작 식품에 의해 섭취자의 인체에 대한 영향과 같은 모든 위험 요소가 없는지 확인하고 안전하다고 판단이 되었을 때 상품화 하여야한다고 생각합니다.(pre-S2)



[사후] 저는 황금쌀을 생산하고 상품화해야 한다고 생각합니다. '황금쌀'은 비타민 A의 결핍을 경감하여 만들어진 상품입니다. 현재 많은 어린이들이 비타민 A 결핍증에 시달리고 있으며 이들 중 반은 죽음에까지 이릅니다. 신체 안정성에 대한 의문점이 남아 있기는 하지만 현재 어떤 GMF도 위험하다는 연구결과가 없습니다. 다른 쌀을 오염시킬 수 있다는 우려는 일반쌀과 다른 지역에 경작하고 유통의 문제 또한 특정 밀폐된 곳에서 관리를 엄격히 한다면 해결할 수 있습니다. 비타민 A의 결핍을 해결하기 위해 다른 작물을 활용할 수도 있겠지만 황금쌀은 기존 비타민 A의 몇 십 배까지 함유할 수 있기 때문에 더 효율적입니다. 오히려 비타민 A 과다를 생각할 수 있겠지만 비타민은 체내에 과다할 시 소변이나 땀을 통하여 배출이 됩니다. 유전자재조합식품이 항상 가지고 있는 위험, 일반 식품과 다른 유전자를 가지고 있고 이것을 섭취하였을 시 인체 내에서 어떻게 작용할지 모르다라는 불안감 때문에 수많은 어린이들을 죽음에 내몰 수는 없습니다. 따라서 현대 기술을 외면하지 않고 적극 활용하여 황금쌀을 생산하고 상품화해야 한다고 생각합니다. (post-S2)

S2의 사후 의사결정에서는 비타민 A 결핍증으로 고통 받는 어린이들이 많을 뿐 아니라 이들 중 사망에 이르는 비율이 높다는 정보를 도입하고 이를 강조하고 있다. 이와 같이 시급한 문제를 해결하기 위한 방안으로 황금쌀을 적극적으로 참작하면서 높은 비타민 A 함유량을 구체적으로 고려하고 혹여 이로써 발생할 수 있는 비타민 A 과다로 인한 부작용 등을 미리 고려하였다. 즉, NOT 이해 모델에서 Y축 방향에서 향상이 있었다.

둘째, 수준1에서 수준3으로 향상된 경우(13명, 22%)이다. 앞에서 언급한 바와 같이 수준3의 응답에서는 복합적 차원의 NOT 요소에 대한 인식과 함께 구체적인 정보 및 다양한 근거가 나타난다. 황금쌀의 맥락에서 NOT 이해 수준3단계는 황금쌀의 신체 및 환경에 대한 이해성을 파악할 때 기존 GM 콩 및 옥수수 등과는 다른 결과가 나올 수 있다는 인식을 통하여 구체적인 정보 및 실험 결과를 탐색하거나 기준을 제시할 수 있고, 황금쌀로 해결하고자 하는 어린이가 비타민 A 결핍증을 다각적으로 분석하여 근본 원인을 파악하고 이를 과학·기술 측면을 비롯하여 사회·문화·정치 측면의 정보와 여러 이해관계자의 시각에서 해결가능성이 있는지를 파악할 수 있다는 것이다. 즉, 수준3 단계에 해당하는 학생은 다각적 시각을 고려하여 주어진 과학기술관련 사회쟁점을 분석하고 합리적으로 의사결정을 하였다고 간주할 수 있다. 이해 1단계에서 3단계까지의 변화의 예시는 다음과 같다.

[사전] 황금쌀을 생산하고 상품화해야 한다고 생각한다. GM기술의 부정적인 영향의 유무 자체가 정확히 밝혀지지 않은 상황에서 치료 목적으로 개발된 기술을 굳이 써야 할 필요가 없다고 생각한다. 특히, 경제적으로 이러한 음식물 섭취를 통한 치료 외에 의학적인 처방을 받는 것이 힘든 아시아 또는 아프리카의 개발도상국가 어린이들을 위해서라도 GM기술을 활용한 치료목적의 작물 개발은 긍정적으로 평가해야 한다고 생각한다. (pre-S54)

[사후] 황금쌀은 생산하고 상품화할 가치가 있다고 생각한다. 먼저 황금쌀은 비타민A가 풍부하여 그 개발 목적을 충실히 이행할 수 있다. 황금쌀을 하루 두 번 한끼 식사량만큼만 섭취해도 비타민A 하루 권장량을 충족시킨다. 비타민A 결핍에 있어서 가장 중요한 것이 비타민 A 자체의 공급량이란 점을 고려하면 이는 많은 아동들에게 큰 도움이 될 수 있을 것이다. 두 번째로 황금쌀은 공익을 목적으로 개발되었기에 상품화가

이루어진다고 하여도 기존 농가에 큰 불이익이 가해지지 않는다. 이미 황금쌀 자체의 특허는 공익을 위해 개발자가 포기했다. 대기업 역시 황금쌀로 인해 일정 금액 이상의 수익을 얻을 경우 로열티를 지불해야 한다는 조항이 있어 독점의 위험성도 없다. 일정 소득 이하의 농민들에게는 종자를 지원해 주기도 하므로 상품화가 되어도 우려할 점이 없다. 마지막으로 최근까지 이어진 테스트에서도 황금쌀로 인한 알러지나 독성반응은 나타난 적이 없다. 오히려 10여년에 걸친 안전성 검사와 최근에도 이어지고 있는 대규모 필드 테스트는 황금쌀의 안전성을 입증해주고 있다. 따라서 우리는 황금쌀을 거부할 이유가 없다고 본다. (post-S54)

S54의 사전 의사결정은 대부분 다른 학생들과 유사하다. 황금쌀 상품화에 찬성하는 의견을 제시하며 이로써 얻을 수 있는 혜택으로 개발도상국 어린이들의 비타민 A 결핍증을 해결해 줄 수 있다고 평가하였다. 사후 응답에서는 주어진 문제를 황금쌀로 해결할 수 있다는 지문내용을 그대로 수용하지 않고 해결 과정에서 벌어질 수 있는 실질적이고 구체적 상황 등을 고려하여 비판적으로 판단하였다. 특히, 그 과정에서 기술 시스템을 구성하는 다양한 이해관계자와 요인들을 구체화 시켰다. 우선, 황금쌀의 비타민 A 함량을 고려하여 물리적인 조건을 확인하고 개발자, 관련 기업, 농민 등 이해관계자들의 입장과 그들 사이의 상호 연계성을 고려하였다. 더욱이 황금쌀의 안전성에 대한 쟁점에서는 기존 GM 콩 및 옥수수관련 연구결과에서 추론하기 보다는 직접적으로 황금쌀로 실험한 것들에 대한 정보를 찾고 이를 도입하여 판단하였다. 이러한 변화는 인공물 차원의 NOT 요소(현실 세계 문제의 해결안, 인공물의 양면성) 인식에 교차하여 지식차원 NOT 요소(맥락적 지식) 및 시스템 차원 NOT 요소(다양한 이해관계자와 기관, 상호연계적 집합체)를 고려한 것으로 NOT 이해 모델의 X축에서의 향상이고, 이와 동시에 다양한 정보와 지식을 해당 맥락에서 적용하여 구체화 시킨 것은 Y축에서의 변화이다.

#### IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 SSI 의사결정에 폭넓게 나타난 NOT 인식 내용을 'NOT 구성요소의 상호연관성에 대한 인식' 및 '맥락에 따른 이해'라는 두 기준을 적용하여 이해의 수준을 구분하였다. 우선, '맥락에 따른 이해'라는 기준은 특정 SSI에서 나타나는 맥락화된 NOT에 대한 이해를 평가하기 위해 도입되었다. 이는 주어진 상황에 적합한 정보와 지식을 적절하게 활용하여 기술의 주요 특징을 서술하는가를 의미한다. 즉, NOT의 하위 요소들을 기계적으로 암기하는 것이 NOT에 대한 이해가 아니다. 두 번째 'NOT 구성요소의 상호연관성에 대한 인식'은 주어진 맥락에 적용할 수 있는 NOT 요소를 발견하여 더 많이 상술할 수 있는지에 대한 것이다. 특히, 기술 및 공학이 갖는 다면적인 측면을 인지하고 이들 사이의 역동적 관계를 서술할 수 있는지를 기준으로 구분하였다. 이 준거를 도입한 것은 기술 및 공학이 발전하는 과정에서 복잡한 연관관계가 형성되는 모습을 반영하는 것일 뿐 아니라 SSI가 이를 가시적으로 드러내는 맥락이기 때문이다. NOT 루브릭의 활용으로 본 연구에서는 다음과 같은 두 가지 결과를 얻었다. 첫째, 학생들의 SSI 의사결정에 NOT 요소가 명시적으로 나타났으며, NOT 이해 수준은 다양하게 분포하였다. 둘째, SSI 수업 후 학생들의 NOT 이해 수준이 향상되었다. 수업 전에는 수준1에 해당하는 학생들이

가장 많았고, 수준3에 해당하는 학생들은 한명도 없었다. 그러나 수업 후에 수준2에 해당하는 학생들이 가장 많고 수준3에 해당하는 학생들도 34%를 차지하였다.

NOT 이해수준에 따른 SSI 의사결정을 살펴보면 NOT가 어떤 역할을 하고 있는지 확인할 수 있다. 특히, NOT 이해 수준이 높은 SSI 의사결정에서는, Ratcliffe(1977)가 제시한 우수한 SSI 의사결정의 특징(예: 합리적인 문제분석, 의미 있는 정보의 인지와 활용, 쟁점이 제기하는 논점과 가치를 명확히 분석, 쟁점과 연관된 다양한 관점에 대한 존중 등)과 전반적으로 겹치는 것을 확인할 수 있다. 예를 들어, Ratcliffe가 제시한 ‘의미 있는 정보의 인지와 활용’에 해당하는 특징이 수준3에 해당하는 일부 학생들의 의사결정에 나타났다. 이 학생들은 기존의 GMF에 해당하는 콩이나 옥수수 작물에 대한 실험결과를 도입할 뿐 아니라 황금쌀이 새로운 종류의 GMF에 해당한다는 것을 인지한 후 직접적으로 황금쌀을 대상으로 하는 실험결과를 요구하거나 이에 대한 구체적인 정보를 검색하여 활용하였다. 이러한 변화는 ‘맥락적 지식’이라는 지식 차원의 NOT 요소에 대한 이해가 반영된 것이다. 또한, 수준3에 해당하는 학생들은 지문에서 황금쌀이 개발도상국 어린이들의 실명률을 크게 줄일 수 있다는 주장의 윤리·도덕적 가치를 인정함과 동시에 이를 실질적으로 실현할 수 있는지를 황금쌀의 물리적 요건 및 다양한 이해관계자와 사회·경제·정치적 요건 등을 고려하여 분석하고 판단하려 하였다. 이들은 시스템 차원의 NOT 요소(다양한 이해관계자와 기관, 상호연계적 집합체)을 이해하는 학생들이고, 그들의 의사결정에는 Ratcliffe이 제시한 ‘쟁점이 제기하는 논점과 가치를 명확히 분석’이라는 특징이 나타난다. 결국, 합리적인 SSI 의사결정 능력을 함양하는데 NOT에 대한 이해가 주요한 역할을 한다는 것을 확인할 수 있었다.

SSI 수업이 NOT 이해향상을 어떻게 추동하였는지는 여러 방향으로 추론해 볼 수 있다. SSI 수업에서 학생들이 GMF 쟁점에 대한 자료를 찾아볼 수 있는 기회가 있었고 토론을 통하여 해당 정보와 자료를 자신의 언어로 표현해볼 수 있었기 때문이라고 추측할 수 있다. 또한, 수업에서 제시한 다른 쟁점에서도 학생들은 다양한 정보를 찾아보고 이를 각 사례와 맥락에 적용하여 의사결정을 하는 연습을 많이 할 수 있었다. 교수자가 수업을 진행하며 여러 정보 및 지식을 제공하였을 뿐 아니라 학생들의 필요에 의해 스스로 스마트폰을 활용하여 정보를 검색하고 모둠별로 자료를 공유하도록 권장되었다. 따라서 전 SSI 수업 과정을 통하여 특정 사례에서 의미 있는 정보를 찾고 이를 적용하는 능력이 향상된 것으로 이해할 수 있다. 이는, SSI 수업에서 NOT 이해 모델의 Y축에 해당하는 ‘맥락에 따른 이해’를 적용해 볼 수 있는 기회를 제공받았음을 뜻한다.

X축에 해당하는 ‘NOT 구성요소의 상호연관성에 대한 인식’에서 다수의 학생들이 복합차원이라는 이해 수준으로 향상될 수 있었던 것은 SSI가 제공하는 NOT의 다면적 측면이 영향을 주었을 것으로 추론할 수 있다. SSI 소재를 통하여 기술적 인공물이 개발되는 과정과 우리 생활과 사회에 활용됨으로써 발생할 수 있는 복잡한 상황이 제시되었다. 예를 들어, ‘전쟁과 과학기술’ 단원에서는 원자탄이 개발됨으로써 인류에게 미치는 영향을 다양한 시각으로 분석할 수 있는 기회가 제공되었다. 이 과정에서 여러 차원의 NOT 요소들이 복합적으로 고려되었는데, 원자탄이라는 무기가 개발되기 전 제2차 세계대전이라는 역사적 상황 속에서 다양한 이해관계자들(예, 아인슈타인, 오

펜하이머, 루즈벨트, 트루먼 등)이 등장하고 미국과 독일이라는 국가적 상황과 그들 사이의 역동적 관계를 제시하였다(시스템 차원 NOT 요소 중 ‘다양한 이해관계자와 기관’, ‘상호연계적 집합체’ 함축). 또한, 원자탄이 일본에 투하된 이후 이것의 해악과 위험성을 인지하면서도 현재까지 원자탄을 포기하지 못하는 조건들을 제시하였다(시스템 차원 ‘기술발전과 시스템 모델링’ 함축). 더욱이 신무기 개발과정을 가정하고 학생들에게 무기 개발자의 역할을 부여하여 개발여부에 대한 판단을 해보도록 하였고, 이 과정에서 신무기의 물리적 특징과 적용 원리를 제시 하였다(지식 차원 및 실행 차원 NOT 요소 ‘맥락 의존적 지식’, ‘제한조건과 가치 적재적 의사결정’ 함축). 즉, SSI 수업을 통하여 학생들은 NOT의 다양한 차원의 요소들을 구체적인 맥락에서 살펴볼 수 있는 기회를 가졌는데 이러한 학습의 결과가 황금쌀 맥락에서도 적용된 것으로 추론할 수 있다.

이 후 연구에서는 NOT 이해 향상에 영향을 미치는 SSI 수업의 특징들을 명확히 밝히는 것이 요구된다. 우선, SSI 수업이 단순히 관련 자료를 제공하는 역할을 하는 것인지 아니면 학생들이 관련 자료를 찾고 적절히 활용할 수 있는 능력까지 함양시키는 역할을 하는지 확인할 필요가 있다. 이를 위해서 SSI 수업에서 활용하는 소재와 유사한 맥락의 의사결정 글쓰기뿐 아니라 수업에서 다루지 않은 소재를 활용하여 NOT 이해 수준의 변화를 추적해 볼 수 있다. 또한, SSI 수업에서 다양한 NOT 요소를 반성적으로 사고해볼 수 있는 질문들을 활용하는 교수법과 그렇지 않은 경우를 대조해 볼 필요가 있다. 수업에서 SSI를 포함하는 것만으로 NOT에 대한 이해 향상이 될 수 있는지는 아직 확인되지 않았다. 본 연구에서는 대학생들을 대상으로 하는 교양 수업으로서 SSI를 다수 활용하면서 기술철학, 기술사, 기술사회학 등을 포괄하였다. 따라서 NOT에 대한 반성적 사고를 할 수 있는 기회가 제공될 수 있었다. 따라서 이에 대한 역할을 명확하게 하고자 다양한 연구참여자를 대상으로 하여 NOT를 강조한 SSI 수업과 그렇지 않은 경우를 대조하여 확인해 볼 필요가 있다.

## 국문요약

과학기술관련 사회쟁점(SSI) 교육은 다양한 영역에서 긍정적 효과를 보여주고 있는데, 학생들이 책임 있는 미래 사회 시민으로 합리적인 SSI 의사결정을 할 수 있도록 안내하는 것을 주요 목표로 한다. 저자의 선행연구에서 기술의 본성(NOT) 요소가 SSI 맥락에서 명시적으로 나타날 뿐 아니라 NOT 이해 수준이 높은 경우가 좋은 SSI 의사결정의 특징과 겹친다는 결과를 얻었다. 따라서 NOT 이해의 수준은 SSI 의사결정의 질을 가능하는데 도움을 줄 수 있다. 본 연구에서는 SSI 의사결정에서 NOT 이해 수준을 평가하기 위한 루브릭을 제안하였다. 또한, 이 루브릭을 활용하여 SSI 수업 전후에 나타나는 NOT 변화를 탐색하였다. 연구 참여자는 58명의 대학생으로 SSI 수업을 6주간(주 1회 105분) 수강하였다. 자료 수집을 위하여 SSI 수업 전후로 대학생들에게 황금쌀(유전자재조합식품의 일종)에 관련된 지문을 읽고 의사결정 글쓰기를 작성하도록 하였다. 학생들의 황금쌀관련 의사결정에서 NOT 이해 정도를 평가하고 분석하기 위하여 개발한 루브릭은 저자의 선행연구에서 제시한 NOT 개념틀(기술의 양태를 드러내는 ‘인공물’, ‘지식’, ‘실행’, ‘시스템’ 차원에 각 3개의 하위요소를 포함하여 총 12개의 요소를 가짐)을 기반으로 하였다. 더욱이 NOT

이해 수준을 구분하기 위하여 두 가지 기준을 도입하였다. 학생들이 얼마나 많은 NOT 요소를 파악하는지와 주어진 지문의 맥락에 맞추어 근거를 제시하는지가 해당 기준이다. 결국 NOT 요소를 인식하지 못하거나 잘못 이해하는 경우가 ‘수준0’ 이고, 주어진 지문에 명시적으로 제시되지 않은 NOT 요소를 폭넓게 제시하면서 다양하고 구체적인 정보와 근거를 제안하는 경우는 ‘수준3’ 으로 전체 4 단계로 구분하였다. 연구결과로 학생들의 SSI 의사결정에 NOT 요소가 명시적으로 나타나고 이해 수준은 다양하게 분포하였다. 또한, SSI 수업 후 NOT 이해 수준이 향상된 것으로 나타났다. 결론 및 함의에서는 SSI 의사결정에서 NOT 이해의 역할과 SSI 수업의 어떤 측면이 NOT 이해를 향상시켰는지를 추론하여 제시하였다.

**주제어** : 기술의 본성, 과학기술관련 사회쟁점, 루브릭, 유전자재조합식품

## References

- American Association for the Advancement of Science. (1990). *Science for all Americans*. New York, NY: Oxford University Press.
- 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.
- Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, 95(3), 518-542.
- 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.
- Bennett, J., Lubben, F., & Hogarth, S. (2007). Bringing science to life: A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science Education*, 91(3), 347-370.
- Dagher, Z. R., & Erduran, S. (2016). Reconceptualizing the nature of science for science education: Why does it matter?. *Science & Education*, 25(1), 147-164.
- Khishfe, R. (2012). Nature of Science and Decision-Making. *International Journal of Science Education*, 34(1), 67-100.
- Ratcliffe, M. (1997). Pupil decision-making about socio-scientific issues within the science curriculum. *International Journal of Science Education*, 19(2), 167-182.
- 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.
- Fleming, R. (1986a). Adolescent reasoning in socio-scientific issues part I: Social cognition. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(8), 677-687.
- Fleming, R. (1986b). Adolescent reasoning in socio-scientific issues part II: Nonsocial cognition. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(8), 689-698.
- 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.
- Harris, R., & Ratcliffe, M. (2005). Socio-scientific issues and the quality of exploratory talk—what can be learned from schools involved in a ‘collapsed day’ project?. *The Curriculum Journal*, 16(4), 439-453.
- Hodson, D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25(6), 645-670.
- International Technology Education Association. (1996). *Technology for all Americans: A rationale and structure for the study of technology*. International Technology Education Association.
- International Technology Education Association. (2007). *Standards for technological literacy: Content for the study of technology*. International Technology Education Association.
- Irzik, G., & Nola, R. (2011). A family resemblance approach to the nature of science. *Science & Education*, 20, 591-607.
- Irzik, G., & Nola, R. (2014). New directions for nature of science research. In M. Matthews (Ed.), *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (pp. 999-1021). Dordrecht: Springer.
- Khishfe, R. (2012). Nature of science and decision-making. *International Journal of Science Education*, 34(1), 67-100.
- Khishfe, R., & Lederman, N. G. (2006). Teaching nature of science within a controversial topic: Integrated versus non-integrated. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 395-318.
- Klosterman, M. L., & Sadler, T. D. (2010). Multi-level assessment of scientific content knowledge gains associated with socioscientific issues-based instruction. *International Journal of Science Education*, 32(8), 1017-1043.
- Kolstø, S. D. (2006). Patterns in students' argumentation confronted with a risk-focused socio-scientific issue. *International Journal of Science Education*, 28(14), 1689-1716.
- 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.
- Lee, H. (2015). Construction of nature of technology framework and its utilization for investigation of changes in college students' perception of nature of technology through SSI-based program. Unpublished Doctoral Dissertation. Ewha Womans University.
- Lee, H., Chang, H., Choi, K., Kim, S. W., & Zeidler, D. L. (2012). Developing character and values for global citizens: Analysis of pre-service science teachers' moral reasoning on socioscientific issues. *International Journal of Science Education*, 34(6), 925-953.
- Lee, H. & Lee, H. (2015). Analysis of students' socioscientific decision-making from the nature of technology perspectives. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 35(1), 169-177.
- Lee, H. & Lee, H. (2016a). Changes of College Students' Perception on Nature of Technology through SSI-based Programs. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 16(10), 961-985.
- Lee, H. & Lee, H. (2016b). Contextualized nature of technology in socioscientific issues. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 36(2), 303-315.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press.
- Pacey, A. (1983). *The culture of technology*. Cambridge, MA: MIT press.
- Ratcliffe, M. (1997). Pupil decision-making about socio-scientific issues within the science curriculum. *International Journal of Science Education*, 19(2), 167-182.
- 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.
- Rossouw, A., Hacker, M., & de Vries, M. J. (2011). Concepts and contexts in engineering and technology education: An international and interdisciplinary Delphi study. *International Journal of Technology and Design Education*, 21(4), 409-424.
- Sadler, T. D., 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.
- Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2004). The morality of socioscientific issues: Construal and resolution of genetic engineering dilemmas. *Science Education*, 88(1), 4-27.
- Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2005a). Patterns of informal reasoning in the context of socioscientific decision making. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(1), 112-138.
- Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2005b). The significance of content knowledge for informal reasoning regarding socioscientific issues: Applying genetics knowledge to genetic engineering issues. *Science Education*, 89(1), 71-93.
- Sadler, T. D., 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.
- 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. (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). New York, NY: Routledge.
- 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., Applebaum, S., & Callahan, B. E. (2009). Advancing reflective judgment through socioscientific issues. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(1), 74-101.
- 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.
- Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(1), 35-62.