

# 생물학 가설의 생성에서 나타난 과학적 감성의 생성 과정

권용주\* · 신동훈 · 박지영

한국교원대학교

## The Generating Processes of Scientific Emotion in the Generation of Biological Hypotheses

Kwon, Yong-Ju\* · Shin, Dong-Hoon · Park, Ji-Young

Korea National University of Education

**Abstract:** The purpose of this study was to analyze the generating processes of scientific emotion, that appears during the generation of biological hypotheses. To perform the study, a tentative model was set up through pilot test, a think-aloud training procedure was planned and a standardized interview instrument was developed before getting protocols. In this study, 8 college students were selected to bring out protocol through the method of think-aloud, retrospective debriefing, focused interview and observing. As the result of analysis of the collected protocol through coding scheme, 4 types of process for scientific emotion-generating were sorted out. First type was a basic process which was a feeling process in prior to recognition. Second type was a retrospective process that explains the process of retrospect for emotional memory based on the past. Third type was a cognitive process and it explains emotion that occurs during thinking process to achieve cognitive goal. Fourth type was an attribution process and it explains that emotion is generated in the process of attribution for cognitive goal's achievement. These types of process of scientific emotion-generating can contribute the basis for developing cognitive model of EBL (Emotional Brain-based Learning) strategy.

Key words: scientific emotion, generation of emotion, think aloud, biological hypothesis, basic process, retrospective process, cognitive process, attribution process

### I. 서 론

최근의 연구 결과들에 의하면 감성은 이성에 종속되는 관계가 아니라 인간의 생존관련 의사결정뿐 아니라 고차원적인 사고나 추론 과정에서도 매우 결정적인 추진동력 역할을 수행하는 것으로 나타났다(권용주 등, 2004a; Damasio, 1995; Dolan, 2002; LeDoux, 2000; Weiss, 2000). 언뜻 생각하기엔 감성이 배제될 경우, 마치 컴퓨터처럼 더욱 냉철하고 합리적인 판단을 내릴 수 있고 그에 따라 빈틈없는 행동을 보일 것 같은데 실제로는 그 반대현상이 나타나는 것이다(김문수, 1996). 실제로 신경학자들은 뇌의 기능적 특성 때문에 학습에서 감정적 사고와 논리적 사고를 분리시키는 것은 불가능하다고 주장한다.

감성 연구에 있어서 한 가지 문제점은, 감성이라는

개념이 일상적으로 사용하는 용어이기 때문에 정서, 감정, 정동, 느낌, 흥분 등과 관련된 복합적인 의미를 가지고 있어 조작적인 정의가 어려울 뿐만 아니라, 연구자마다 서로 다른 의미로 감성을 정의하는 등의 개념적 모호성에 있다고 하겠다. 비록 감성의 개념적 정의를 한마디로 표현하기 어렵지만, 대부분의 감성 연구자들은 감성이 동기의 한 유형으로 작용한다는데 동의하며(Reeve, 2001), 학습활동에서 많은 영향을 미치는 것으로 생각하고 있다(김유미, 2003). Jensen(1998)은 감성은 우리의 행동, 사고, 학습과정에서 매우 중요한 상호작용 요인이라고 하였으며, Sylwester(1994)는 감성은 주의를 일으키고, 주의를 학습과 기억을 촉진시킨다고 하였다. 특히 Pert(2003)는 좋은 학습이란 감정(feeling)이 동반되는 것이며, 감성(emotion)은 학습의 한 형태이고, 주의, 의미, 기억의 3인조 게임을 추동한

\*교신저자: 권용주(kwonyj@knu.ac.kr)

\*\*2005.3.10(집수) 2005.5.18(1심통과) 2005.6.11(2심통과) 2005.6.16(최종통과)

\*\*\*이 논문은 2003학년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음. (KRF-2003-041-B00499)

다고 주장하였다.

이러한 이유로 과학교육계에서도 감성을 포함하는 정의적인 영역에 많은 관심을 두고 연구가 진행되고 있다. Thagard(2002)는 과학사적 분석 연구를 통하여 과학적 탐구과정에서 감성의 중요한 역할들을 규명하였고, Meyer & Turner(2002)는 감성, 동기, 인지가 학습 과정에서는 동일한 구성성분이므로 이 세 가지를 통합하여 접근하여야 한다고 하였다. 특히 교육에서 감성의 역할에 대해 Schutz & DeCuir(2002)는 변인, 감성 과정, 사회-역사적 요인으로 구분하여 연구하였다. 또한 Laukenmann 등(2003)은 물리학습에 영향을 미치는 감성적 요인을 조사 연구하였다. 권용주 등(2004a, 2004b)은 귀납적, 귀추적 과학 지식 생성과정에서 발생하는 과학적 감성의 유형을 밝혔고, 이미경과 정은영(2004)은 학교과학교육에서 과학에 대한 태도에 영향을 미치는 요인 등을 조사하였다. 그러나 이러한 정의적 영역에 대한 지금까지의 연구는 주로 과학적 태도, 흥미, 동기, EQ 등이 학업성취도 또는 과학탐구능력과의 관계를 고찰하거나 중, 고, 대학생들이 과학과 관련하여 어떤 태도를 가지고 있는가에 대한 비교, 분석 연구가 대부분이었다. 즉 흥미와 같은 과학적 감성이 어떤 발생과정을 거쳐 인지적 능력에 어떻게 영향을 미치는지 대한 연구는 충분히 수행되지 못하고 있다(Alsop & Watts, 2003; Laukenmann *et al.*, 2003).

김성일과 윤미선(2004)는 학습 활동에서 중요한 흥미의 감성적인 측면은 간과할 수가 없다고 하였다. 권용주 등(2004a, 2004b)은 과학적 사고 과정에서 흥미와 같은 과학적 감성이 중요한 역할을 한다는 것을 연구한 바가 있다. 그러나 생물학에서 가설을 생성하는 과정에서 발생하는 과학적 감성의 생성 과정에 대한 연구는 진행된 바가 없다. 다만 일반적인 감성에 대해 Izard(1993)는 감성이 작용하기 위해서는 신경학적(neural), 감각운동적(sensorimotor), 동기적(motivational), 인지적(cognitive) 4가지 시스템이 존재한다고 주장했지만, 이 시스템을 뒷받침할 구체적인 증거는 제시하지 못하였다. Meredith 등(1997)은 비공식적인 과학교육을 위한 정의적 학습 모형을 제시한 적은 있지만 이 또한 구체적인 과정을 분석한 것은 아니었다. 이수정 등(1998)은 정서적인 자극에 대한 처리과정이 이제까지의 인지적인 처리과정과는 다른 경로를 통하여 이루어질 것이라는 단편적인 증거들만이 존재할 뿐 그에 대한 설득력 있는 설명체계는 제시된 바가 없다고 하였다.

그러므로 과학교육에서 중요한 과학적 감성인 흥미나 호기심을 향상시킬 수 있는 구체적인 교수-학습 프로그램이 개발되지 않은 것은 정의적 영역의 기본요소

인 감성의 생성 과정이 밝혀지지 않았기 때문에 생각할 수 있다(Artz, 2000). 따라서 본 연구의 목적은 생물학 가설을 생성하는 활동에서 흥미와 같은 과학적 감성의 생성 과정을 분석하는 것이다.

본 연구의 결과에 의해서 과학적 감성의 생성 과정에 근거한 과학적 감성의 종류를 구별할 수 있고 감성적 두뇌 기반 학습(emotional brain-based learning) 프로그램의 구체적 개발을 위한 밑바탕이 될 것으로 기대된다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구대상

본 연구는 피험자 자신이 느낀 감성과 사고 과정을 언어 보고를 통해서 표현하여야 하기 때문에, 언어적인 인지구조가 발달해 있는 피험자가 필요하다. 일반적으로 전문가들은 과제를 잘 수행하기 때문에 사고 과정을 구체적인 언어로 표현하는데 어려움을 보이는 반면, 어린 아이들은 사고력과 언어적 표현력이 모두 떨어지므로 이러한 연구 목적에 맞는 피험자는 대학생이라 할 수 있다(Taylor & Dionne, 2000; van Someren *et al.*, 1994).

본 연구는 먼저 과학교육을 전공하고 있는 대학원생 4명을 대상으로 예비연구를 실시하고, 중부권에 소재한 교원 양성 대학교 2학년 학생 8명을 피험자로 선정하였다. 이들 모두는 연구 참여에 동의하는 지원자들로 구성하였다.

### 2. 과제 개발

생물학에서 가설을 생성할 때 나타나는 과학적 감성의 생성 과정을 분석하기 위해 1가지의 연습 과제와 2가지의 본 과제를 개발하였다. 피험자의 기대와 거의 완전하게 일치하는 과제, 즉 단순하거나 피험자에게 친숙한 과제는 정보의 이해가 지나치게 용이하여 자동화된 처리기작에 의해 처리되므로 지양해야 한다. 또 사전 지식이나 이전 맥락과 전혀 일치하지 않은 정보는 추론을 통해서 불일치를 해결할 수 없으므로 너무 어려운 과제도 지양해야 한다(김성일과 윤미선, 2004). 그러므로 과제는 말로 표현하는 것을 방해할 정도로 아주 어렵지는 않지만, 적당히 어려워야 하고 새로워야 한다. 이러한 목적에 부합하는 과제를 과학교육 전문가 2인과 동료 연구자 3인의 토론을 거쳐 개발하였고 예비 연구를 통하여 내용 타당도를 검증하였다. 개발한 과제는 모두 과학적 가설을 생성하는 과제로서, 연습과제와 본과제로 구성하였다. 연습과제는 ‘갈매기

탁구공'으로서 이 과제는 깔때기 안에 탁구공을 넣고 깔때기 밑에서 피험자가 입으로 바람을 불어 탁구공이 날아가지 않는지에 대한 이유, 즉 인과적 가설을 생성하게 하는 것이다.

본 과제는 생물학적인 소재로서 2가지를 개발하였다. 첫 번째 과제는 '바나나 갈변 현상' 과제이다. 이것은 색깔이 변한 바나나를 제시하여 바나나 색깔 변화의 원인을 생각하는 가설 생성 과제이다. 두 번째 과제는 '메추리알 변이' 과제로서 메추리알 껍질 무늬가 각각 다른 원인을 생각하는 가설 생성 과제이다. 두 과제 모두 과학적 가설 생성에 적합한 과제라는 것을 2명의 생물학자에게 내용 타당도를 구하였다.

### 3. 예비 연구

본 연구의 타당도는 피험자들이 자신이 느낀 감정과 사고를 얼마나 정확하게 표현하느냐에 달려 있으므로, 피험자들의 사고 발생법 훈련 절차와 심층 면접 절차 등은 자료의 정확성을 위해 표준화되는 것이 필수적이다(Taylor & Dionne, 2000). 그래서 예비 연구를 통하여 사고 발생법 훈련 절차와 심층 면접 절차를 표준화 시켰다. 또한 잠정적인 모형의 구성과 연구자들의 연구 방법 숙달도 예비 연구를 통해 획득하였다.

### 4. 측정 도구

피험자가 과학적 가설을 생성하는 복잡한 활동들을 처리하는 사고과정은 피험자의 머리 속에서 일어나기 때문에 직접적으로 측정하기가 어렵다. 그러나 숨어 있는 사고 과정, 복잡한 추론 과정, 인지에 대한 감성의 영향 등을 이해하는 신뢰롭고 타당한 측정 도구로서 언어 보고 분석법(verbal protocol analysis)이 알려져 있다(Plutchik, 2003; Parrot & Hertel, 1999). 또한 피험자가 느낀 감정과 사고를 정확히 측정하고 분석하는 질적 연구에서는 삼각측정법(triangulation)이 강력한 연구 방법이 될 수 있다(Campbell & Fiske, 1959). 따라서 본 연구에서는 사고 발생법(think aloud), 회상적 보고법(retrospective debriefing), 심층 면접법(focused interview), 관찰법(observing) 등을 이용하였다. 이와 같이 한 가지 방법만을 사용하지 않고 여러 상보적인 방법을 사용하면 수집할 자료가 풍부해 지고, 수집한 자료들의 신뢰도와 타당성이 증가하고, 어느 한쪽만 사용하는 경우보다 포괄적이고 심층적인 설명을 할 수 있는 장점이 있다(Taylor & Dionne, 2000).

### 5. 자료 수집 및 분석

언어 프로토콜의 특성은 특별한 훈련이나 말로 표

현되어져야 할 것이 무엇인지에 대한 인식에 의해 영향을 받기 때문에, 언어화에 대한 훈련은 신뢰롭고 타당한 자료의 생성에 매우 중요하다. 따라서 피험자들은 사고 발생법에 대한 충분한 설명과 연구 의도를 먼저 듣고, 연습 과제를 실시하였다. 과제를 진행하면서 본인이 느끼고 생각한 내용을 아무런 제약 없이 말하도록 훈련받았다. 실제로 피험자는 훈련을 받았지만 사고 발생하는 도중에 아무런 구두 보고가 없을 시에는 연구자가 '지금 무슨 생각(느낌)을 하고 있느냐?' 등의 최소한의 질문을 하여 사고 발생을 계속하도록 하였다. 또한 피험자는 자신의 과학적 가설을 생성한 다음, 연구자가 그 가설을 평가한 결과를 바로 이야기해서 피험자가 가설 평가 후 어떤 감성과 사고 과정을 경험하는 것까지 연구하였다.

모든 피험자들이 동일한 훈련을 받을 수 있도록 연습 절차와 연구 절차를 표준화하여 실시하였으며, 피험자 개인에 대한 자료 수집은 전체 2시간 정도 되었다. 피험자는 과제 1을 실시한 다음 곧바로 녹화 테이프를 재생하여 보면서 회상적보고와 심층면접을 잇달아 진행하였다. 이러한 연구 과정 전체는 모두 녹화되었다. 모든 단계에 걸쳐 연구자는 가능한 한 피험자에 대한 관찰 기록을 관찰 노트에 작성하였다. 과제 2는 이러한 과정이 반복되었다.

녹화된 자료와 관찰 노트를 바탕으로 전 과정을 전사하여 초기 프로토콜을 얻었다. 이러한 프로토콜은 구두 프로토콜(spoken protocol)에 행동 프로토콜(action protocol)을 삽입하는 형태로 전사되었다. 이러한 전사 과정에서 가장 중요한 것은 연구자의 해석이 들어가지 않아야 한다. 따라서 1차 전사된 결과물은 다른 연구자들의 확인과정을 반드시 거치게 하였다. 이렇게 전사된 프로토콜은 사고 발생법, 회상적 보고, 심층 면접, 관찰 노트의 모든 자료들을 포함하기 때문에 통합 프로토콜(integrated protocol)이라 할 수 있다. 이 통합 프로토콜에 연구자가 사고 발생이나 심층 면접 중에 피험자에게 최소한으로 언급한 내용은 T: 로 표시하여 완성하였다. 이렇게 완성된 통합 프로토콜은 먼저 최소한의 의미절인 분절된 프로토콜(segmented protocol)로 나누어지고, 분절된 프로토콜은 분석틀의 각 범주에 해당하는 부호(code)가 부여됨으로써 부호화 프로토콜(coded protocol)로 분석된다.

이러한 프로토콜 분석에서 분석틀의 타당도와 신뢰도는 매우 중요하다. 분석틀 내의 지식의 범주와 내용의 정의는 연구자들의 5차례에 걸친 세미나에 의해 결정하였으며, 과학교육 전공 대학원생들에게도 설문지를 제시하여 분석틀의 내용 타당도를 확보하였다. 분

석들의 신뢰도는 같은 프로토콜에 대해서 2명 이상의 독자적인 분석자들 간의 일치도를 확보하였다(van Someren et al., 1994).

### III. 연구 결과 및 논의

피험자가 생물학 가설을 생성하는 활동을 하는 동안에 추출한 통합 프로토콜을 선언적 지식과 절차적 지식의 분석틀을 이용하여 분석한 결과 4가지 종류의 과학적 감성 생성 과정을 밝혔다.

#### 1. 통합 프로토콜 개발

피험자들이 생물학 가설을 생성하는 동안에 삼각측 정법으로 수집한 자료들을 종합하여 피험자의 사고 순서에 맞추어 초기 통합 프로토콜을 작성하였다. 사고 발생법으로 만든 구두 프로토콜(oral protocol)을 기본으로 하여 회상적 보고법과 심층 면접으로 얻은 프로토콜은 [ ]안에 첨가하였다. 또한 피험자가 말로 표현하지는 않았으나 행동이나 얼굴 표정 등에 나타난 것, 즉 행동 프로토콜(action protocol)은 ( )안에 나타내었다. 그러므로 통합 프로토콜의 배열 순서는 기본적으로 사고 발생이지만 중간에 삽입된 프로토콜은 나중에 확인한 내용이거나 관찰에 의한 결과들이 포함된 것이다.

다음 예시는 피험자 A와 C가 본 과제인 ‘바나나 갈변 현상’과 ‘메추리알 변이’에 대한 과학적 가설을 생성하는 과정을 각각 정리한 통합 프로토콜의 일부분이다.

#### ● 피험자 A-I의 ‘바나나 갈변 현상’에 대한 통합 프로토콜 예시

T: (바나나를 제시하면서) 왜 바나나의 색깔이 변했는지 과학적 가설을 생성해 보세요.

- (바나나를 보면서)사과의 갈변이 떠올라요. 아~ 처음에는 바나나가 연하니까 운반하다가, 이 부분처럼 색이 변할 거라고 생각했는데, 질문을 들으며 다른 부분도 변했으니까... (다른 부분을 관찰)
- 부분에 따라 노출된 시간이 다른가? 아니 같은 것 같은데. 이 부분은 심하게 색이 변했네. 왜 그럴까?(호기심 어린 표정)
- 사과 갈변이 공기 중의 산소에 의해, 산화에 의해 색이 변한다고 알고 있는데요. 이것도 공기 전에는 색이 이렇게 않았을 것 같고, 벗겨 놓은 후 이렇게 변했으니 공기랑 접촉해서 산화되지 않았을까 생각했어요.
- 그런데 산소와 접촉한 시간이 똑같은데, 바나나의 색이 같지 않네요. 왜 그럴까요? (웃으면서 가만히 살펴본다)
- 안쪽과 바깥쪽이 무슨 차이가 있는지 궁금해요(호기심 어린 표정). 보니까 바나나의 구부러진 안쪽 부분은 덜 상하고 바깥쪽은 더 상한 것 같은데... 껍데기를 확인해 봤는데요. 음...(생각하는 모습). 이 안쪽은 좀 덜 익은 것 같아요. 성숙한 정도가 나무에 달려있는 모양에 따라 햇빛을 받는 정도가 달라서 바깥쪽이 더 먼저 성숙을 해서 오래된 세포가 더 산화에 약할까 이런 생각을 했어요.

- 가설을 정리하면 갈변에 의한 현상, 산화의 영향이고 오래된 세포일수록 산화에 약하다. 바깥쪽이 오래된 곳이라고 하니, 이쪽이 더 색이 많이 변한 것이다.

● 가설은 마음에 들구요(만족스러운 표정).

T: 이 가설을 생성하면서 어떤 느낌이 들었나요?

- [가설 세우는 것이 쉬웠어요, 전에 배웠던 것이어서 쉽다고 느꼈어요]

#### ● 피험자 C-2의 ‘메추리알 변이’에 대한 통합프로토콜의 일부

- (메추리알을 본다)무늬나 색깔 등이 조금씩 차이가 있어요.
  - 과제는 한 마리의 암컷 메추리가 낳은 알인데 왜 알이 조금씩 다 다르게 설명할 수 있는 가설을 한번 생각해 보는 것인데요[이때 이미 유전자라는 가설을 세우고 확인해 보는 과정이다.]
  - (만져보고 냄새도 맡아본다) 크기는 비슷한데.. 어 크기도 다르네(눈이 약간 커지면서 몸이 움직임).. 무늬도 비슷한데.. 조금씩 다르네.. 냄새는 거의 같은데... 맨들맨들하고 조약돌 같고 꼭 만든 것 같아요. 촉감은 비슷비슷해요.[이때 유전자가 달라서 조금씩 차이가 날 것이라는 선입견을 갖고 관찰을 통해 확인하는 중이다] 어!(약간 놀란 표정) 촉감도 틀리네요. 알 표면이 이걸 좀 뽀뽀하고 이것은 좀 미끈하네요.
  - 제가 얼마전에 동물행동학을 들었는데.. 거기에서 보면 어떤 생물인지는 잊어버렸는데.. 아! 빼꾸기가 자기 알을 탁란 시키는데...아 이걸 아닌가? [지금의 유전현상과 관련이 없다고 순간 생각했다] 다른 새들의 알은 빼꾸기알과 구별이 잘 되도록 진화한다고 하더라고요...
  - 공진화라고 하던가 점점 생물은 다 진화하잖아요... 그러니까 자연 상태에서는 똑같은 색깔을 유지하는 것 보다는 다양한 색깔로 있는 것이 생존 확률이 더 높을 것 같다. [빼꾸기 생각은 알이 자주 변하니까 알 생각을 하다 보니까 수업시간에 배운 빼꾸기가 생각나서 이야기 했는데.. 조금 더 생각해 보니까 안 비슷한 현상이어서 다른 생각을 하려고 하였다]
  - (5초간 알을 보면서 침묵) 아 그러니까 이게 메추리인데... 메추리들이 교배를 하니까 참 메추리들은 어느 지방에 사나요.
  - 그러므로 새는 서식지에 맞추어서 알을 낳을 것이기 때문에 서식환경에 따라 숲 속에 사는 메추리와 바닷가에 사는 메추리하고 결합해서 무작위적으로 생겨서 다양한 무늬가 생길 것이다.
  - 그러니까 결국 유전자에 의해서 그런 현상이 생기는 것이다.[가설을 확정하는 것이다]
- T: 유전자 때문이라면 앞에서 태어난 메추리의 다양성의 맞지만, 메추리 알 껍질은 암컷이 만들어 내는 것이기 때문에 알 속에 들어 있는 유전자하고는 상관없으니까 가설이 틀린 것 같다
- (얼굴표정이 굳어지면서 입이 약간 튀어 나온다)난 영향을 받을 것이라고 생각했는데...[당황스러운 느낌이 들었다] [입이 튀어나오고 하는 것은 내가 무의식적으로 한 행동이다. 내가 생각한 것과 다른 평가가 나오니까 거부 비슷한 감성이 생겨서 그랬던 것 같다]
  - 난 유전자 때문에 이렇게 다양한 메추리알이 나왔을 것이라고 생각했는데....[잠시 생각하는 모습] 이것 외에는 잘 생각이 안 나네요(고개를 가우뚱).
  - 지금은 당혹스럽고.. 내가 예전에도 다 이런 것으로 생각했

- 는데... 밝은 지방에 살던 새가 어두운 지방으로 이동하면 알 색깔이 어두어진다고 알고 있는데... 알도 어두운 곳에서는 어둡게 되고 밝은 곳에서는 밝게 된다고 생각했는데.. 좀 더 유리한 방향으로...[유전자 가설을 확인했음]
- 다른 생각이 안 나네요.[지금은 왜 그런 현상이 생기는지

정말 궁금하다]

2. 분석틀 개발

피험자가 생물학에서 과학적 가설을 생성하는 과정

**Table 1**  
*Coding scheme of declarative knowledge for protocol analysis*

Type of knowledge	Definition	Code
• Knowledge related to cognitive phenomenon		
Cognitive phenomena of generated emotion	recognized phenomenon that cerebrum cortex feels generated emotion.	FE
Cognitive element of experienced cognition phenomenon	cognitive element inside of experienced cognition phenomenon which was able to solve present cognitive phenomenon.	CE
Phenomenon of experienced cognition	experienced cognition phenomenon which was selected after comparing the similarity with CO among PC.	EC
Phenomena of experienced cognition	As it was long-term memory, it was the entire of the experienced cognition phenomenon related to the object and the goal.	PC
Results of attribution	results by the process of attribution.	RA
Cognitive phenomenon of object and goal	cognitive phenomenon which recognizes the object and the cognitive goal at the same time.	CP
Cognitive phenomenon of object	cognitive phenomenon which recognizes the only observing object.	CO
Cognitive phenomenon of goal	cognitive phenomenon which was only recognizes cognitive goal.	CG
Prior knowledge	former knowledge which was existed inside of the subject.	PK
Cognition of other's evaluation	cognition of evaluation of goal attainment by teachers and colleagues.	AO
Result of cognitive goal	cognitive result which cognitive element was applied to a cognitive phenomenon of the goal.	GC
Cognitive element	element which experienced cognition element was applied to a cognitive phenomenon of the goal.	CC
Result of cognitive appraisal	result from the process of cognitive appraisal generating a hypothesis.	RC
Perceptive phenomenon	phenomenon that information about present situation was input to sensory organ.	PP
Present situation	environment including the observing object and circumstances.	PS
Cognition of environment	cognition of the element for external physical environment which surrounds the object.	EN
• Knowledge related to emotional phenomenon		
Emotional memory	prior emotional memory which was connected to selected experienced cognition phenomenon.	EM
Emotional memories	prior emotional memories which were connected to selected experienced cognition phenomena.	ME
Element of emotion stimulating	element which stimulates emotion from a emotional phenomenon related to the object.	ES
Experienced emotion phenomenon	experienced emotion phenomenon which was selected by comparing the similarity with EO among PE.	EE
Experienced emotion phenomena	As it was long memory, it was the entire of an emotional phenomenon which previously has experienced.	PE
Emotional phenomenon of object	emotional phenomenon related to the object which was observed in a cognitive phenomenon.	EO
Belief	belief system which already has been formed inside of the subject.	SB
Body response	automatic reaction phenomenon of the body which was caused by the reaction of autonomic nerve system.	BR

에서 만들어진 통합 프로토콜을 분석하기 위하여 선언적 지식과 절차적 지식에 대한 각각의 분석틀(coding scheme)을 개발하였다. 이 분석틀은 연구자들의 5회에 걸친 세미나를 통해 개발하였으며 과학교육 전공 대학원생들에게 내용 타당도를 의뢰하여 내용 타당도 지수 94%를 얻었다.

선언적 지식은 대뇌 피질에 표상된 상태를 의미하며, 선언적 지식의 분석틀은 Table 1에서 나타난 바와 같이 지식의 유형, 정의, 부호로 구성되어 있으며 각 부호는 해당 지식의 유형 영문명에 사용되고 있는 철자 중 대문자 2개를 사용하여 구분하였다.

절차적 지식은 선언적 지식을 생성하기 위한 과정적 지식으로서 분석틀은 Table 2에서 나타난 바와 같이 지식의 유형, 정의, 부호로 구성되어 있으며 각 부호는 해당 지식의 유형 영문명에 사용하고 있는 철자 중 대문자 하나와 소문자 하나를 결합하여 구분하였다.

3. 부호화 프로토콜 개발

피험자들이 생물학에서 가설을 생성하는 과정에서 만들어진 통합 프로토콜을 선언적 지식과 절차적 지식의 분석틀을 이용하여 부호화하였다. 분석틀의 신뢰도는 피험자의 통합 프로토콜 중 2개를 표본으로 선택한 후 다른 연구자에 의해 부호화하여 일치 비율을 계산하는 Kappa 방식을 따랐다. 이 방법에 의한 분석틀의 분석자간 신뢰도는 kappa 지수가 0.91으로 나타났다.

신뢰도의 수락 기준이 0.7이상이므로 본 분석틀은 매우 신뢰롭다고 할 수 있다(van Someren *et al.*, 1994).

다음은 피험자 A와 C가 본 과제를 수행하면서 생성한 통합 프로토콜을 선언적 지식과 절차적 지식의 분석틀을 적용하여 부호화한 프로토콜의 일부분이다. 절차적 지식에 의해 선언적 지식이 만들어지지만 절차적 지식은 잘 표상되지 않은 경우도 많으므로 선언적 지식만 나열되는 경우도 있고, 사고 발생의 순서가 바뀐 경우는 순서를 원래의 사고과정대로 나타내었다.

→

- 피험자 A-1의 '바나나 갈변 현상'에 대한 부호화 프로토콜의 예시

(바나나를 보면서)사과의 갈변이 떠올라요.  
 (PS→Pp)→PP→Sr→EC  
 아- 처음에는 바나나가 연하니까 운반하다가,  
 EC→Sr  
 이 부분처럼 색이 변할 거라고 생각했는데,  
 CO→Sr←CO  
 질문을 들으며 다른 부분도 변했으니까...(다른 부분을 관찰)  
 CG→Sr←CO→(Ap←CO)  
 부분에 따라 노출된 시간이 다른가? 아니 같은 것 같은데  
 CO→Sr←PC→Sr←CO  
 이 부분은 심하게 색이 변했네.  
 CO→Sr←PC→CO  
 왜 그럴까?(호기심 어린 표정)  
 CO→Sr←PC→(Fe→FE)  
 사과 갈변이 공기 중의 산소에 의해,

Table 2 Coding scheme of procedure knowledge for protocol analysis

Type of knowledge	Definition	Code
Process of adaption	the process which the emotional stimulation element, the cognitive element and the belief were utilized in each process.	Ap
Process of attribution	the process to evaluate achievement of the cognitive goal and its cause.	Aa
Process of automatic reaction	the process physiological effect, programmed by heredity and unconsciousness, was occurred.	Am
Process of cognitive appraisal	the process which evaluation was occurred by the cognitive process.	Ce
Process of confirm	the process confirming the cognitive result through search or the applying process.	Pc
Process of connection	the process which a cognitive phenomenon and emotional memory were combined.	Cn
Process of extraction	the process which the specific cognition element or the emotional stimulation element were extracted among perceived phenomena.	Et
Process of feedback	the process which physical reaction by Am was input again to the brain.	Fb
Process of feeling emotion	the process which cerebrum cortex feels the occurrence of the emotion by the feedback process.	Fe
Process of perception	the process which information related to present situation was input to sensory organ.	Pp
Process of searching	the process searching the common phenomenon and the element.	Sr
Process of selection	the process which selects the most similar phenomenon in the searching process.	Sl

산화에 의해 색이 변한다고 알고 있는데요  
 EC→SI→CE

이것도 까기 전에는 색이 이렇게 않았을 것 같고  
 CC→Ap→CP

벗겨 놓은 후 이렇게 변했으니  
 EC→Sr→CO

공기랑 접촉해서 산화되지 않았을까 생각했어요.  
 CO

(중략).....  
 CC→Ap→CP

가설은 마음에 들구요(만족스러운 표정)  
 Aa→RA→(Am→BR)→FE

[가설 세우는 것이 쉬웠어요,  
 [Aa→RA→FE

전에 배웠던 것이라서 쉽다고 느꼈어요]  
 EC→Sr→RA→Ge→FE]

● 피험자 C-2 의 '메추리알 변이'에 대한 부호화 프로토콜의 예시  
 (메추리알을 본다)무늬나 색깔 등이 조금씩 차이가 있어요.  
 (Pp→PP)→Et→CO

과제는 한 마리의 암컷 메추리가 낳은 알인데 왜 알이 조금씩 다  
 다른지 설명할 수 있는 가설을 한번 생각해 보는 것인데요  
 CG

[이때 이미 유전자라는 가설을 세우고 확인해 보는 과정이다]  
 [CC→Ap→CG→Pc]

(만져보고 냄새도 맡아본다) 크기는 비슷한데..  
 (Pp,Et→PP)→Pp→CO

어 크기도 다르네.(눈이 약간 커지면서 몸이 움직임)..  
 Sr→CC(BR)

무늬도 비슷한데..조금씩 다르네.. 냄새는 거의 같은데..  
 Pp→PP→Et→CO

맨들맨들하고 조약돌 같고 꼭 만든 것 같아요.  
 Pp→PP→Sr→PC→EC

촉감은 비슷비슷해요.  
 Pp→PP→Sr, SI→CO

[이때 유전자가 달라서 조금씩 차이가 날 것이라는 선입견을  
 [CE→Ap→CP

갖고 관찰을 통해 확인하는 중이다]

어!(약간 놀란 표정)  
 Pp→PP→Et→CO→Pc]

촉감도 틀리네요.  
 FE(Am→BR)

알 표면이 이건 좀 뽀뽀하고 이것은 좀 미끈하네요.  
 Et→CO

제가 얼마전에 동물행동학을 들었는데요.  
 Et→CO

거기에서 보면 어떤 생물인지는 잊어버렸는데..  
 PC→SI→EC

아! 뼈꾸기가 자기 알을 탁란 시키는데...아 이걸 아냐?  
 EC→SI

[지금의 유전현상과 관련이 없다고 순간 생각했다]  
 EC→Si→CC→Ap→Sr→Rc

(중략).....  
 [CP→CC→Ap→]

그러니까 결국 유전자에 의해서 그런 현상이 생기는 것이다.  
 PP→Et→GC

[가설을 확정한 것이다]  
 [GC]

T: ~가설이 틀린 것이다.  
 (얼굴표정이 굳어지면서 입이 약간 튀어 나온다)  
 AO→(Aa→RA→Am→BR)

난 영향을 받을 것이라고 생각했는데..  
 CC→Ap

[당황스러운 느낌이 들었다]  
 [FE]

[입이 튀어나오고 하는 것은 내가 무의식적으로 한 행동이다.  
 [Aa→RA→Am→BR

내가 생각한 것과 다른 평가가 나오니까 거부 비슷한 감성이 생  
 거서 그랬던 것 같다]  
 GC→Aa→AO→Ge→FE]

난 유전자 때문에 이렇게 다양한 메추리알이 나왔을  
 PK→Ap→CG

것이라고 생각했는데....(잠시 생각하는 모습)  
 (Aa→BR)

이것 외에는 잘 생각이 안 나네요(고개를 가우뚱).  
 PC→Sr→(BR)

지금은 당혹스럽고.. 내가 예전에도 다 이런 것으로 생각했는데..  
 Ce→FE,SB→GC

밝은 지방에 살던 새가 어두운 지방으로 이동하면  
 SI→PK

알 색깔이 어두어진다고 알고 있는데..  
 SI→PK

알도 어두운 곳에서는 어둡게 되고  
 SI→PK

밝은 곳에서는 밝게 된다고 생각했는데..  
 SI→PK

좀 더 유리한 방향으로...  
 PK→Ap→

[유전자 가설을 확인했음]  
 [GC]

다른 생각이 안 나네요.  
 PC→Sr→

[지금은 왜 그런 현상이 생기는지 정말 궁금하다]  
 Sr→RC→FE

이러한 방법으로 8명의 피험자들이 2개의 본 과제  
 에서 과학적 가설을 생성하는 동안 생성한 통합 프로  
 토콜을 모두 부호화하였다.

#### 4. 과학적 감성 생성 과정의 유형

8명의 피험자들이 본 과제를 수행하는 동안에 생성  
 한 통합 프로토콜을 선인적 지식과 절차적 지식의 분  
 석들을 이용하여 모두 부호화하였다. 본 연구에서 과  
 학적 감성은 과학적 가설을 생성할 때 신경시스템에  
 의해 촉발되는 인지적, 생리적, 행동적 표현들이 과학  
 활동에 대해서 유발한 복잡한 반응의 연속체라고 표현  
 할 수 있다(권용주 등, 2004a). 그러므로 과학적 감성  
 은 인지적 과정에 의해서도 생성될 수 있고, 생리적,  
 행동적 표현들에 의해서도 생성된 감성이 나타날 수  
 있다. 그러나 본 연구에서는 피부전도도, 심장 박동수  
 와 같은 생리적 표현들은 측정하지 않았으므로 인지적

과정에 의한 감성 생성 과정과 행동적 표현에 의한 감성 생성 과정만 연구하였다. 실제 프로토콜에서는 이 두 가지 유형이 독립적으로 또는 혼합된 형태로 나타난다. Table 3은 이러한 피험자의 부호화 프로토콜들 중 감성 생성과 관련된 프로토콜들을 귀납적인 방법으로 정리한 결과이다.

먼저 피험자 C-2의 프로토콜, 1번 유형을 보면 ‘**얼굴표정이 굳어지고 입이 튀어 나온다**’가 나타난다. 회상적 보고에서 피험자는 이 현상을 의식하지 못하였다고 진술했었다. 이것은 감성이 의식적으로 인식하기 전에 무의식적으로 먼저 생성된다는 것을 의미한다. 피험자 D-1의 프로토콜, 2번 유형의 경우 ‘**딱 보는 순간 바나나인줄 알았는데...(얼굴을 찌푸린다)**’가 나타난다. 회상적 보고에서는 색깔 때문에 부정적인 감성이 생겨서 그랬다고 대답했다. 그러나, 심층면접을 통해서 얼굴을 찌푸린 사실을 물으면 피험자는 그 당시에는 알지 못했다고 대답했다. 이것은 무의식적인 자동반응으로 감성이 생성된 다음 이 감성이 신체반응으로 나타나고 이 신체반응을 나중에 인식한 결과라고 볼 수 있다. 이런 이유로 부호화 프로토콜을 두 가지로 나타내었다. 즉 무의식적인 경로에 의해서 감성이 먼저 나타나고 후에 의식적인 경로를 통해 감성을 인식하는 것이다. 프로토콜 1번에서 3번 유형이 행동적 표현에 의해서 감성이 나타난 경우이다. 신경학자들이 감성 생성 과정의 세부적인 기작까지 모두 동의하는 것은 아니지만, 편도체를 중심으로 하는 ‘급행 기작’과 대뇌 피질을 거치는 ‘우회적 기작’의 두 가지 기본 개념에

는 동의한다(LeDoux, 2000). 그러므로 ‘기본 과정(basic process)’은 이러한 급행 기작에 의거해서 일어나는 과정으로 해석할 수 있다.

피험자 A-2의 프로토콜을 보면 ‘**그 때 징그러웠어요 할머니가 잡아서 봤는데...**’가 나타난다. 이 현상은 메추리알과 유사한 계란을 생각하고 계란과 관련 있는 어릴 적 닭 잡는 광경이 생각이 난 것이다. 피험자의 장기 기억 속에 있는 닭 잡는 광경과 연결되어 있던 징그러웠던 감성이 다시 나타난 경우이다. 즉 과거의 감성기억이 현 대상(object)을 통해 되살아난 것이다. 이 경우 사고발성의 순서는 실제 사고 과정의 순서와는 반대이다. 즉 과거의 경험을 생각해 내니까 그 때의 감성이 생성된 것이다. 피험자 D-2의 프로토콜에는 ‘**메추리알이다. 음식점 등에서 많이 본 것이라 신기하지 않다.**’가 있다. 이 경우는 메추리알을 보는 순간 과거의 인지 경험 중 음식점에서 메추리알을 보았던 경험이 생각나고 이 인지 경험과 연관된 감성은 중립적 감성인 것이다. 그러므로 현 인지현상에서도 과거의 감성기억이 영향을 미쳐 신기하지 않다고 생각한 것이다. 이와 같이 현 인지현상과 비슷한 과거의 경험인지 현상을 기억하고 그 경험인지현상에 연결되어 있던 감성기억이 다시 떠오르는 것이다. 부호화 프로토콜 4번과 5번 유형이 이러한 경우이다. 이러한 감성 생성 과정을 ‘회상적 과정(retrospective process)’이라 한다.

피험자 B-1의 프로토콜을 보면 ‘**이것에 대해 본격적으로 생각하고 나서는 호기심을 갖고 달려들었죠**’가 나타난다. 이것은 인지적 목표를 설정하고 인지적 목

**Table 3**  
The types of generating processes of scientific emotion

Type	Coded protocol of emotion generating	Core process	Type of process
1	(RA→Am→BR)	[PS→Pp→PP→Et]→EO • Am→BR	basic process
2	(Am→BR), Pp→PP→Et→CO→Am→BR		
3	PK→Sr→CO→Pc→(RC→Am→BR)		
4	PC→SI→EC→Cn→EM→Fe→FE	[PS→Pp→PP→Et]→CP • EC→Cn→EM→Fe→FE	retrospective process
5	CO→Sr→PC→SI→EC→Cn→EM→Fe→FE		
6	CG→Ce→FE	[PS→Pp→PP→Et]→CP • Ce(Sr,SI,Ap)→RC→Fe→FE	cognitive process
7	Sr→PC→SI→EC→Ap→RC→Fe→FE→(BR)		
8	CP→Sr→PC→SI→EC→Ap→RC→Fe→FE		
9	CP→Sr→PC, Pc→CG→Ce→Fe→FE	[PS→Pp→PP→Et]→CP→CG • EN,PK,AO→Aa→RA→Ce→PP→Fe→FE	attributive process
10	PK→Aa→RA→Ce→PP→Fe→FE		
11	AO→Aa→RA→Ce→PP→Fe→FE		
12	EN,PK,AO→Aa→RA→Ce→PP→Fe→FE		

\* In order to understand scientific emotion generation, the parts commonly applied to all emotion creation process are only shown as [PS→Pp→PP→Et] and they are not directly shown at protocol selected by all processes. CP and CG present the situation which is prior to selected protocol. The parts after • are the ones which are directly appeared at the selected protocol.



표를 달성하기 위해서 호기심이 생성한 것으로 보인다. 즉 인지적 목표를 설정했기 때문에 감성이 생성한 경우이다. 피험자 G-2의 프로토콜을 보면 **‘(웃음)그거는 흡사 같은 부모에게서 태어난 형제들이 다른 것과 같은 건데, 당연한 건데...’**가 나타난다. 이것은 메추리알 껍질의 변이가 부모에게서 태어난 형제들의 경우와 아주 유사한 경우라 생각하니까 웃음이 나오는 것이다. 동일한 피험자인 G-2의 다른 프로토콜을 보면

**‘그 문제랑 비슷한 것 같아서요[이 문제는 떠오르는 것이 있어서 가설 세우기가 쉽다고 느꼈어요]’**가 나타난다. 이것은 곧 현 인지현상과 유사한 경험현상이 떠오르는 귀추 과정을 나타낸다. 이러한 귀추 과정이 쉽게 탐색된다면 긍정적인 감성이 생성되는 것이다. 피험자 C-2의 부호화 프로토콜에는 **‘다른 생각이 안 나네요[지금은 왜 그런 현상이 생기는지 정말 궁금하다]’**가 나타난다. 이 경우에는 과거의 경험현상 중 현 인지현상과 유사한 경험현상이 떠오르지 않는 상태를 나타낸다. 이와 같이 과거의 유사경험이 쉽게 귀추되지 않더라도 부정적 감성이 유발되는 것이 아니라 강한 호기심을 유발하는 경우이기 때문에 교육적 활용에 많은 시사점을 준다. Table 3의 부호화 프로토콜 유형 중 6번에서 9번까지의 유형이 여기에 해당된다. 이러한 일련의 인지적 사고 과정에 의한 감성 생성 과정을 ‘인지적 과정(cognitive process)’이라 한다. 그런데, 이 중에서 6번 유형의 경우는  $CG \rightarrow Ce \rightarrow FE$  과정으로 분석되었는데, 이것은 일면 핵심과정인  $Ce(Sr, Sl, Ap) \rightarrow RC \rightarrow Fe \rightarrow FE$ 과정과 상이하게 여겨질 수 있다. 그러나 CP는 CO와 CG를 동시에 표상한 것이고,  $CG \rightarrow Ce \rightarrow FE$  유형은 중간과정이 생략된 프로토콜이기 때문에 이 과정 역시 인지적 과정인  $Ce(Sr, Sl, Ap) \rightarrow RC \rightarrow Fe \rightarrow FE$ 이라고 할 수 있다.

피험자 A-1의 프로토콜에는 **‘[가설 세우는 것이 쉬웠어요, 전에 배웠던 것이라서 쉽게 느꼈어요]’**가 나타난다. 이 프로토콜은 피험자가 가설을 생성한 후에 스스로 가설 생성 과정을 사후 평가한 것임을 나타낸다. 즉 귀인(attribution) 평가인 것이다. 이미 알고 있는 지식, 즉 사과의 갈변현상을 현 인지현상에 귀추시켜 가설을 세웠기 때문에 쉽다는 감성을 느꼈다고 보고한 것이다. 피험자 C-2의 프로토콜에는 **‘난 영향을 받을 것이라고 생각했는데...[당황스러운 느낌이 들었다]’**가 나타난다. 이 경우에는 연구자가 피험자가 세운 유전자 가설이 잘못 되었다는 평가를 내렸기 때문에 당황스러운 느낌이 들었다고 보고한 것이다. 이렇게 가설을 생성한 후에 귀인 평가를 하는 경우에는 사전지식이나 교사에 의한 평가가 중요한 역할을 한다. 또 다른 피험자 D-1의 프로토콜에는 **‘분명히 분해자가 이것**

**은 분해하는 것인데... 환경이 이제 공기와 온도가 작용하지 않을까?’**가 나타난다. 이 경우에는 먼저 가설을 생성한 다음 이 가설의 검증은 또 다른 인지 경험, 즉 사전 지식을 활용하여 스스로 평가하는 과정이 보인다. 이러한 유형에 해당하는 부호화 프로토콜은 Table 3의 10번에서 12번까지의 유형이다. 이러한 귀인 과정에 의한 생성과정을 ‘귀인적 과정(attributive process)’이라 한다.

이와 같이 생물학에서 가설을 생성하는 동안 발생하는 과학적 감성의 생성과정은 최소한 4종류가 존재하므로 과학적 감성도 4가지 유형으로 분류할 수 있다. 첫 번째 감성 생성 유형인 기본 과정에 의해서는 대상에 대한 인지적 평가 없이 자동적으로 일어나는 감성을 설명할 수 있다. 즉 기본 과정에 의해 생성된 감성을 ‘기본 감성(basic emotion)’이라고 할 수 있다(LeDoux, 2000). 기본 감성은 인지적 목표와는 상관없이 제시되는 대상에 따라 생성되므로 주로 학습 초기에 나타난다. 따라서 수업 재료를 선택할 때 대상에 대한 감성을 미리 고려하는 것이 필요하다.

두 번째 감성 생성 유형은 회상적 과정이다. 이 과정에 의해 생성된 감성은 ‘회상적 감성(retrospective emotion)’이라고 할 수 있다. 이 감성은 현 대상과 관련된 과거 경험현상들의 감성기억이 되살아나는 경우이다. 이 감성은 피험자마다 서로 다른 경험을 가지고 있기 때문에 동일한 대상을 제시하여도 생성되는 감성이 다른 경우를 설명할 수 있다. 그러므로 실제 교수-학습 과정에서는 학생들의 이러한 감성 상태를 파악해서 대처하는 것이 바람직하다.

세 번째 감성 생성 유형은 인지적인 과정이다. 이 감성은 실제 교수-학습과정에서 가장 많이 나타나는 감성으로 인지적 목표를 달성하는 사고과정에서 생성된다. 피험자들이 인지적 과제, 즉 가설을 생성하는 과정인 대상 인식, 요소 추출, 현상 탐색, 선택, 확인 등의 정보 처리과정이 원활하게 진행될 시에는 만족감과 안도감 등의 감성이 발생하지만 이러한 과정이 원활하게 진행되지 않을 시에는 당황, 좌절, 짜증 등의 부정적 감성이 생성되는 것이다(Hamm *et al.*, 2003). 이것은 인지적 사고 과정이 감성 생성에 영향을 미친다는 것을 의미한다. 그러므로 이러한 감성을 ‘인지적 감성(cognitive emotion)’이라고 할 수 있다.

네 번째 감성 생성 유형은 귀인적 과정으로서 인지적 목표의 달성 여부와 그 원인을 사고하고 평가하는 과정에서 생성되는 감성을 설명할 수 있다. 이 감성은 특히 학습 평가와 관련되어 있기 때문에 교수-학습 과정에 큰 영향을 미친다. 귀인적 과정에 의해서 생성되는 감성은 ‘귀인 감성(attributive emotion)’이라 부르고

Lazarus가 주장하는 2차 평가에 의한 2차 감성과 유사하다고 볼 수 있다(이훈구 외, 2003).

#### IV. 결론 및 제언

본 연구는 피험자의 생물학 가설을 생성하는 활동을 하는 동안에 추출한 통합 프로토콜을 바탕으로 선언적 지식과 절차적 지식의 분석틀을 적용하여 과학적 감성의 생성과정을 분석하였다. 분석한 결과 4가지 생성 유형, 즉 기본 유형, 회상적 유형, 인지적 유형, 귀인적 유형으로 나타났다. 본 연구에서 사용된 과제가 생물학 가설의 2가지 종류에 국한되어 있고 피험자의 수도 8명이지만, 연구 결과는 생물학 가설 생성에서 과학적 감성의 생성 과정 본질은 잘 나타내고 있다.

과학적 감성 생성 과정 유형의 분류 결과에 의하면 과학적 감성도 4가지 종류, 즉 기본 감성, 회상적 감성, 인지적 감성, 귀인적 감성으로 구분할 수 있다. 이러한 것은 결국 자극에 대해 우리의 뇌가 구체적인 평가 과정을 거친다는 것을 의미하고, 그러한 평가과정에는 순서가 있다는 것을 나타내는 것이다.

본 연구는 생물학에서 가설을 생성하는 과정에서 나타난 과학적 감성을 인지적, 행동적 관점으로만 분석하였다. 감성의 다면적 측면을 고려할 때(Reeve, 2001), 생리적 관점에 의해서도 감성을 분석할 필요성이 있다. 특히 기본 감성인 경우 뇌에서의 평가과정이 매우 빠르기 때문에 인지 현상 보다는 생리적인 신호를 측정하는 것이 더 정확하기 때문이다. 또한 본 생성 과정 유형을 바탕으로 과학적 감성 생성 과정의 모형 개발과 모형에 근거한 감성적 두뇌 기반 학습(emotional brain-based learning) 프로그램 개발에 대한 후속 연구가 필요하다.

#### 국문 요약

본 연구의 목적은 생물학 가설 생성 중에 나타나는 과학적 감성 생성 과정을 밝히는 것이다. 먼저 예비연구를 통해 잠정적 모형을 구성하고, 사고 발생법 훈련 계획을 확정하고, 표준화된 면접지 개발하였다. 본 연구에서는 8명의 대학생을 대상으로 사고 발생법과 회상적 면접법, 심층 면접을 이용한 삼각측정법으로 언어적 프로토콜과 행동 프로토콜을 수집하였다. 잠정적 모형을 근거를 선언적 지식과 절차적 지식의 분석틀을 개발하였고, 이 분석틀을 이용하여 부호화 프로토콜을 개발하였다. 부호화 프로토콜을 분석한 결과 과학적 감성 생성의 4가지 유형을 개발하였다. 첫 번째 생성 유형은 기본 과정으로서 인식하기 전에 먼저 느끼는

과정을 설명한다. 두 번째 생성 유형은 회상적 과정으로서 과거의 감성기억이 되살아나는 과정을 설명한다. 세 번째 생성 유형은 인지적 과정으로서 인지적 목표를 달성하기 위해 일어나는 일련의 사고 과정에서 생성되는 감성을 설명한다. 네 번째 생성 유형은 귀인 과정으로서 인지적 목표의 달성 여부에 대한 귀인평가 과정에서 생성되는 감성을 설명한다. 기본 과정에서 생성한 감성은 기본 감성이라 하고, 회상 과정에서 생성한 감성은 회상 감성이라 하고, 인지적 과정에서 생성한 감성은 인지적 감성이라 하고, 귀인 과정에서 생성한 감성은 귀인감성이라 한다. 개발된 과학적 감성 생성 과정 유형은 감성 생성 과정 모형 개발과 감성적 두뇌 기반 학습 전략 수립의 기초가 될 것으로 기대한다.

#### 참고 문헌

- 권용주, 신동훈, 한혜영, 박윤복 (2004a). 과학적 관찰과 규칙성 발견활동에서 나타나는 감성단어 유형과 과학 지식 생성력과의 관계. 한국과학교육학회지, 24(6), 1106-1117.
- 권용주, 이혜정, 신동훈, 정진수 (2004b). 귀추적 과학지식의 생성에서 나타나는 감성의 유형. 한국생물교육학회지, 32(3), 204-212.
- 이미경, 정은영 (2004). 학교 과학 교육에서 과학에 대한 태도에 영향을 미치는 요인 조사. 한국과학교육학회지, 24(5), 946-958.
- 김성일, 윤미선 (2004). 학습에 대한 흥미와 내재동기 증진을 위한 학습환경 디자인. 교육방법연구, 16(1), 39-66.
- 김유미 (2003). 뇌 기반 교수-학습에서 동기 유발. 열린유아교육연구, 8(1), 31-70.
- 김문수 (1996). 학습과 기억의 생물학적 기초(1): 신경심리학적 개관. 인지과학, 7(3), 1-22.
- 이수정, 권준모, 이훈구 (1998). 정서의 자동처리기제. 인지과학, 9(1), 13-30.
- 이훈구, 이수정, 이은정, 박수애 (2003). 정서심리학. 서울: 법문사.
- Alsop, A., & Watts, M. (2003). Science education and affect. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1043-1047.
- Artz, J. M. (2000). The role of emotion in reason and its implication for computer ethics. *Computers and Society*, March, 14-16.
- Campbell, D. T. and Fiske, D. W. (1959). Convergent and discriminative validation by the multitrait-multimethod matrix, *Psychological Bulletin*, 56, 81-105.
- Damasio, A. R. (1995). Toward a neurobiology of

emotion and feeling: Operational concepts and hypotheses. *The Neuroscientist*, 1(1), 19-25.

Dolan, R. J. (2002). Emotion, cognition, and behavior. *Science*, 298(5596), 1191-1194.

Hamm, A. O., Schupp, H. T., & Weike, A. I. (2003). Motivational organization of emotions: Autonomic changes, cortical responses, and reflex modulation. In R. J. Davidson, K. R. Scherer, & H. H. Goldsmith (Eds.), *Handbook of affective sciences*, (pp. 187-211). Oxford university press.

Izard, C. E. (1993). Four systems for emotion activation: cognitive and noncognitive processes. *Psychological Review*, 100, 68-90.

Jensen, E. (1998). *Teaching with the brain in mind*. Association for Supervision and Curriculum Development.

Laukenmann, M., Bleicher, M., Fub, S., Glaser-Zikuda, M., Mayring, P., & von Rhoneck C. (2003). An investigation of the influence of emotional factors on learning in physics instruction. *International Journal of Science Education*, 25(4), 489-507.

LeDoux, J. E. (2000). Cognitive-emotional interactions: Listen to the brain. In R. D. Lane & L. Nadel (Eds.), *Cognitive neuroscience of emotion*, (pp. 129-155). New York: Oxford university press.

Meredith, J. E., Fortner, R. W., & Mullins, G. W. (1997). Model of affective learning for nonformal science education facilities. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(8), 805-818.

Meyer, D. K. & Turner, J. C. (2002). Discovering emotion in classroom motivation research. *Educational Psychologist*, 37(2), 107-114.

Parrot, W. G., & Hertel, P. (1999). Research method of cognition and emotion. In T. Dalgleish & M. J. Power (Eds.), *Handbook of Cognition and Emotion*. John Wiley & Sons, 61-81.

Pert, C. B. (2003). *Molecules of emotion: The science behind mind-body medicine*. SCRIBNER.

Plutchik, R. (2003). *Emotions and Life: Perspectives From Psychology, Biology, and Evolution*. American Psychological Association, Washington, DC.

Reeve, J. (2001). *Understanding motivation and emotion*(3rd ed.). John Wiley & Sons.

Schutz, P. A. & DeCuir, J. T. (2002). Inquiry on emotions in education. *Educational Psychologist*, 37(2), 125-134.

Sylwester, R. (1994). How emotions affect learning. *Educational leadership*, 52(2), 60-68.

Taylor, K. L., & Dionne, J. P. (2000). Accessing problem-solving strategy knowledge: The complementary use of concurrent verbal protocols and retrospective debriefing. *Journal of Educational Psychology*, 92(3), 413-425.

Thagard, P. (2002). The passionate scientist: Emotion in scientific cognition. In P. Carruthers, S. Stich, & M. Siegal (Eds.), *The Cognitive basis of science*. (pp. 235-250). Cambridge University Press.

Van Someren, M. W., Barnad, Y. F., & Sandberg, J. A. C. (1994). *The think aloud method: a practical guide to modelling cognitive processes*. London, UK: Academic Press INC.

Weiss, R. P. (2000). *Brain-based Learning*. Training & Development, 54(7), 20-24.