creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

[UCI]I804:24011-200000236112

２００８년　２월
교육학석사(생물교육)학위논문

생명공학 분야에 대한 생물 교과서 내용 분석 및 학생들의 인식조사

조선대학교 교육대학원

생물교육전공

유　미　정

생명공학 분야에 대한 생물 교과서 내용 분석 및 학생들의 인식조사

Analyses of Biology Textbook Content and Students' Perception on Biotechnology

2008년 2월

조선대학교교육대학원

생물교육전공

유 미 정

생명공학 분야에 대한 생물 교과서 내용 분석 및 학생들의 인식조사

지도교수 조 은 희

이 논문을 교육학석사(생물교육)학위 청구논문으로 제출함.

2007년 10월

조선대학교교육대학원

생물교육전공

유 미 정

유미정의 교육학 석사학위 논문을 인준함.

심사위원장 조선대학교 교 수 이 규 배 인

심사위원 조선대학교 교 수 박 현 주 인

심사위원 조선대학교 교 수 조 은 희 인

2007년 12월

조선대학교교육대학원

목 차

표목차

그림목차

Abstract i

Ⅰ. 서론 ····· 1

1. 연구의 필요성 및 목적 ····· 1

2. 연구의 제한점 ····· 3

Ⅱ. 이론적 배경 ····· 4

1. 생명공학(Biotechnology)의 정의 ····· 4

2. 과학교육의 목적과 생명공학교육 ····· 5

3. 생명공학교육과 관련된 선행연구 ····· 6

4. 유전자재조합기술과 유전자에 대한 선행연구 ····· 9

Ⅲ. 연구 방법 ····· 12

1. 연구 절차 ····· 12

2. 연구 대상 ····· 13

3. 검사 도구 및 자료 수집 방법 ····· 17

4. 자료 처리 및 분석 ····· 21

Ⅳ. 결과 ····· 22

1. 고등학교 생물 교과서에 제시된 생명공학분야의 현황 ····· 22

2. 유전자와 유전자재조합기술에 대한 면담 결과 ····· 38

Ⅴ. 논의 ····· 51

1. 고등학교 생물 교과서에 제시된 생명공학분야에 대한 분석 ····· 51

2. 유전자에 대한 학생들의 이해와 유전자재조합기술에 대한 인식 ····· 59

Ⅵ. 결론 ····· 79

참고문헌 ····· 82

표 목 차

표 1 제 7차 교육과정에 따른 고등학교 생물 Ⅰ 교과서의 생명공학 단원 14

표 2 제 7차 교육과정에 따른 고등학교 생물 Ⅱ 교과서의 생명공학 단원 15

표 3 면담에 참여한 학생들의 소개 16

표 4 고등학교 생물 교과서의 생명공학분야 분석의 기준 17

표 5 각 모둠별 면담에서 사용한 질문 문항 18

표 6 생물 Ⅰ 교과서의 생명공학 단원에 제시된 목표 23

표 7-1 생물Ⅱ 교과서의 생명공학 단원에 제시된 목표 24

표 7-2 생물Ⅱ 교과서의 생명공학 단원에 제시된 목표 25

표 7-3 생물Ⅱ 교과서의 생명공학 단원에 제시된 목표 26

표 8 생물Ⅰ과 Ⅱ 교과서에 제시된 생명공학 단원의 학습목표 26

표 9-1 생물 Ⅰ과 Ⅱ 교과서에 제시된 생명공학기술의 응용사례 및 제시 방식 27

표 9-2 생물 Ⅰ과 Ⅱ 교과서에 제시된 생명공학기술의 응용사례 및 제시 방식 28

표 10 유전자재조합, 세포융합, 핵이식기술 분야에 관련된 용어의 종류와 수 29

표 11 “유전자”나 “유전자재조합기술”이란 용어를 들어본 경험 38

표 12 유전자의 영향과 환경의 영향에 의한 특성에 대한 비교 39

표 13 다양한 그림 속 생물과 무생물의 유전자 보유 여부에 대한 학생들의 판단 결과 42

표 14 유전자의 보유 여부에 대해 학생들 제시한 판단 근거 43

표 15 다른 기관을 구성하는 세포의 유전자는 같을까? 다를까? 45

표 16 유전자와 자동차 설계도를 비교한 고등학생들의 의견 46

표 17 유전자재조합기술에 수용에 대한 모둠 1 학생들의 의견들 47

표 18 유전자재조합기술에 수용에 대한 모둠 2 학생들의 의견들 49

표 19 유전자재조합기술에 수용에 대한 모둠 3 학생들의 의견들 50

그 림 목 차

그림 1 연구 수행의 절차 모식도 12

그림 2 학생들에게 제시한 다양한 생물과 무생물 그림 41

ABSTRACT

Analyses of Biology Textbook Content and Students' Perception on Biotechnology

Mi Jung Yu

Advisor: Prof. Eun Hee Cho

Major in Biology Education

Graduate School of Education, Chosun University

To improve the way of teaching genetics and biotechnology at secondary schools, biotechnology contents in high school biology textbooks were analyzed and students' perception on genetic concepts was investigated.

Biotechnology issues such as recombinant genetic techniques, stem cell research, and animal cloning were incorporated in both Biology Ⅰ and Biology Ⅱ. The textbooks provided information on scientific and technical applications as well as its ethical and social implications. However, in some cases, it was not clear whether the technique was currently widely used or still in the experimental stage. The arguments often fluctuated between the two extremes when explaining the ambivalent nature of technology. Some of the inquiry questions were too vague and/or broad for students to find an appropriate answer.

In the second part of the study, 13 middle school and high school students were interviewed on topics regarding genetics and biotechnology.

Five middle school students have heard of genetic engineering from the mass media or from a class other than biology, but did not have a proper concept on gene. When high school students were asked of the genetic identity of cells in an organism, three out of eight students thought that different tissues in a same organism were consisted of different genetic make-up. Further questions revealed they had recognized that an organism was developed from a single zygote. This suggests that they could not combine information they learned from different parts of the curriculum, in this case cell division and development. Most students supported gene therapy but opposed to apply recombinant genetic techniques to cosmetic surgery. However, the grounds for their arguments were mostly emotional rather than rational.

In conclusion, textbook contents as well as teaching materials should be developed in such a way to help students to understand genetic concepts and current status of biotechnology in a more integrated and rational manner.

Ⅰ. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

우리나라 중등교육 현장에서의 생명공학교육에 대한 선행 연구결과를 살펴보면, 생명공학교육의 필요성에 대해서는 공감대가 형성되어 있으나 학생들뿐만 아니라 교사들도 어려움을 느끼는 주제임을 알 수 있었다(강경미· 김희백, 2005; 정영란·계보아, 1998). 또한, 수업 자료의 다양성이 부족하므로 이에 대한 연구 및 개발이 필요하다는 의견들도 많았다(김연희, 2007; 유준희·정구흥, 1993; 정은영·김영수, 2001; 최지영·안태인, 1994).

구체적으로 교사들은 유준희와 정구흥(1993)의 연구에서 대부분 유전공학의 개념을 자신 있게 설명할 수 없을 것이라고 응답하였으며, 최지영과 안태인(1994)의 연구에서는 학생들이 유전공학에 관한 내용을 어려워하는 이유를 분자생물학적의 개념이 결여되거나 교과서에 요약된 내용만 제시되었기 때문으로 응답하였다.

최경희와 김숙진(1996)의 연구에서 89.9%의 교사와 85.4%의 학생들이 교수-학습에 있어서 교과서에 의존한다는 응답 결과를 보여주며 교과서가 학교 교육에서 차지하는 비율이 대단히 높다고 평가하였다. 이러한 연구결과는 생명공학 분야 또한 특히 교과서 자료가 충실하고 정확해야 할 필요성에 근거를 제공한다.

그 동안 제7차 교육과정에 따른 교과서 내용분석 연구(문경원, 김영수. 2003; 이지윤, 한인섭. 2005)들이 있었지만 이 중에서도 제 7차 교육과정의 고등학교 생물 교과서에 제시된 생명공학분야에 대한 분석은 없었다.

생명공학기술 분야 중 문경원과 김영수(2003)는 유전자재조합기술은 도덕적·사회적 가치 사이의 대립이나 충돌을 일으킬 수 있으므로 개인 간이나 집단 간에 하나의 해결방안을 찾기 위한 합의가 요구되는 문제라고 설명하였다.

학생들이 합리적인 해결방안을 찾기 위해서는 무엇보다 관련된 기본적인 생물 개념의 학습이 전제가 되어야 한다(문경원, 김영수. 2003; 황수연, 이진성. 2000).

즉, 유전자재조합기술에 대한 다양한 이슈들을 다루기 이전에 학생들은 유전관련 단원에 대해 바르게 이해하고 있어야 할 것이다. 학생들은 유전에 관련된 개념을 배울 때, 기존에 가지고 있던 선 개념을 버리고 과학적 개념과 이론으로 대체하는 것이 아니라, 이전의 선 개념에 새로운 과학적 개념을 조화시키려 하므로(Lewis. 2004) 학생들이 유전자나 유전현상을 올바르게 이해하기 위해 학생들의 선 개념이나 바탕개념을 먼저 확인해야 할 필요가 있다.

이러한 관점에서 진행되었던 선행 연구 중, 실제 학생들이 유전자나 유전현상에 대한 이해가 부족하다(고정호 등, 1997; 정영란·김은주, 2002)는 연구 결과에 대한 원인분석이 없었다. 그러므로 학생들이 유전자나 유전현상을 이해하는데 어떤 어려움을 겪고 있는지, 어떤 바탕개념들이 영향을 주는지에 대하여 구체적으로 파악하는 연구가 필요할 것이다.

박종석과 조희형(1986) 또한 문제 해결에 실패한 학생은 물론, 옳게 응답한 학생들조차 지필검사로 확인할 수 없는 오개념(misconception)을 갖고 있으므로 이를 위해 임상 실험적 면담이 필요함을 제안하였다.

생명공학교육에서 학생들이 유전자재조합기술을 포함한 생명공학기술이 야기하는 사회·과학적인 이슈를 수용하는 과정에서 딜레마에 부딪혔을 때, 합리적인 판단을 내릴 수 있는 능력을 배양하는 것 또는 중요하다.

생명공학기술에 대한 중·고등학생들의 인식을 조사한 강소연(2004)의 연구와 정은영과 김영수(2001)의 연구에서 학생들은 미생물이나 식물세포보다 사람세포에 대한 유전자 조작에 대해 전반적으로 부정적인 편이었지만, 유전병 치료를 위해서는 좀 더 호의적이었다는 결과가 제시되었다. 하지만, 이러한 선행연구의 결과는 학생들의 전체적인 경향을 파악할 수 있을 뿐, 학생들이 합리적인 판단과정을 거치는지에 대해서는 확인할 수 없다는 아쉬움이 남는다.

위 선행연구들과 중등교육 현장에서 생명공학교육을 위한 연구의 필요성을 느끼고 본 연구에서는 다음과 같은 연구 내용을 설정하였다.

첫째, 제 7차 교육과정에 따른 고등학교 생물 교과서에 생명공학기술이 제시되고 있는 모습을 분석하고자 한다.

둘째, 유전자재조합기술에 대한 다양한 이슈들을 다루기 이전에 학생들이 유전자와 유전현상을 어떻게 이해하고 있으며, 어떤 바탕개념을 가지고 있는지 중·고등학생들을 대상으로 심층면담을 통해 파악하고 분석하고자 한다.

셋째, 유전자재조합기술에 대해 판단하는 과정을 중·고등학생들과의 심층면담을 통해 파악하고자 한다.

이를 토대로 자칫 지나치게 전문적이고 어렵게 느껴질 수 있는 첨단 생명공학 분야를 학생들에게 올바르게 제시하고, 이 과정에서 기술의 정확한 개념은 물론 가치관과 관점에 따라 수용 태도가 달라질 수 있다는 사실, 기술의 양면성 등을 바르게 전달할 수 있는 방법을 찾으려 한다. 또한, 과학기술을 올바르고 비판적인 태도로 수용하고, 합리적인 가치판단을 내리는 능력을 배양하는데 도움이 되는 생명공학교육의 방향을 모색하고자 한다.

2. 연구의 제한점

본 연구 결과는 다음과 같은 제한점을 갖는다.

첫째, 고등학교 생물 교과서의 생명공학관련 단원을 검토한 결과는 교과서의 지면이 한정되어 있고, 어려운 첨단기술을 고등학교 생물 교과 수준으로 설명해야 한다는 제약 등으로 인해 발생한 문제점일 수 있다.

둘째, 면담에 참여한 학생들은 광주·전남에 거주하는 중·고등학생들이므로 그 결과를 일반화 하는데 어려움이 있다.

셋째, 모둠별 면담을 진행하였기 때문에 학생들의 사고과정에 분위기를 주도하는 일부 학생이 미친 영향을 통제하지 못하였고, 자유로운 면담 분위기를 조성하기 위해 응답을 강요하지 않았기 때문에 질문 중 일부 소극적인 학생들의 응답이 없는 경우도 있다.

Ⅱ. 이론적 배경

1. 생명공학(Biotechnology)의 정의

생명공학은 시대와 상황에 따라 다양한 형태로 정의되어 왔다. Savage & Sterry (1991)는 “생명체로부터 산물을 만들거나 변형된 작물을 생산하는 것”이란 의미로“생명관련기술(bio-related technology)”이란 용어를 사용하였다. Tomal(1992, 1993)은 생명공학기술(biotechnology)이라는 용어를 인류의 삶을 향상시키기 위해 생명체를 기술적이거나 과학적으로 활용하는 것이라고 정의하였는데 이 정의는 심장 판막, 맥박조정기(pacemakers), 인공관절과 같은 기술혁신까지 포함시키는 좀 더 넓은 의미라고 볼 수 있다. 반면 생명공학기술을 “분자 또는 DNA수준에서 생명체를 조작하는 것”이라는 좀 더 제한된 의미로 정의하기도 하였다(Ahmed, 1996).

다음은 우리나라의 생명공학 육성법에 제시된 생명공학의 정의다.[1)]

1). 산업적으로 유용한 생산물을 만들거나 생산 공정을 개선할 목적으로 생물학적 시스템, 생체, 유전체 또는 그들로부터 유래되는 물질을 연구 활용하는 학문과 기술

2). 생명현상의 기전(기전), 질병의 원인 또는 발병과정에 대한 연구를 통하여 생명공학의 원천지식을 제공하는 생리학 병리학 약리학 등의 학문 [전문개정 2003.12.30]

즉, 우리나라에서는 분자 수준에서 생명체를 조작하는 좁은 의미보다 Savage & Sterry (1991)의 제안처럼 생명체를 이용하는 전통적인 넓은 의미로 생명공학기술을 정의한다고 볼 수 있다. 즉, 최근 제초제에 저항성을 갖거나 병충해에 저항성을 갖는 작물, 비타민 A를 함유한 황금쌀 등을 유전자재조합기술로 생산해 내는 기술뿐만 아니라 기원전 4000년, 이집트에서 효모를 사용해 빵과 맥주를 발효시켜 만들었던 기술들까지도 생명공학기술로 볼 수 있다.

---

1) 생명공학 육성법 : 법제처 종합 정보 센터-유관기관 (나)안 법령본문 조회 (2007년 12월 20일 최종 확인) http://www.klaw.go.kr

생명공학을 정의할 때, 생명공학기술이 소개된 중등교육과정을 살펴볼 수도 있다. Well (1994)은 전문가들에게 델파이 기법을 통해 중등교육에서 사용되는 생명공학기술의 기본 구성요소들이 무엇인지 조사하였고, 그 결과 생물공정, 생명공학기술의 기초, 유전공학, 농업, 생화학, 의학, 환경과 마지막으로 생명윤리를 포함한다고 제시하였다.

우리나라에서는 제 7차 교육과정에 따른 고등학교 생물 교과서의 생명공학관련단원에서 유전자재조합, 세포융합, 조직배양, 동물복제, 질병의 진단 및 치료, 환경과 생명공학기술 및 기타 미생물을 이용한 발효기술, 프로테오믹스, DNA칩, DNA염기서열 분석법등이 소개되었다.

이를 통해 현재 생명공학은 첨단생명공학기술을 연구하는데 기초가 되는 학문과 이를 기반으로 새로운 기술의 개발을 목적으로 삼는 응용분야를 모두 내포하고 있다는 것을 알 수 있다(박성민, 2003).

2. 과학교육의 목적과 생명공학교육

과학교육의 목적은 '일상생활에서 개인적, 사회적, 정치적, 경제적 문제에 걸쳐 과학적이고, 합리적 판단을 내릴 수 있는 시민으로서의 능력(Hurd, 1998)'으로 정의되는 이른바 과학적 소양을 함양하는데 있다. 한편, 과학기술정보에 접근할 수 있고 이를 이해할 수 있는 능력 또한 현대사회를 살아가는 시민의 기본 소양이기도 하다(Botero, 1997). 이를 위하여 과학교육과정에서는 과학기술 사회에서 비판적인 사고력, 문제를 합리적으로 해결하는 능력, 집단의 의사결정과정에 능동적으로 참여하는 능력, 효과적으로 다른 사람과 의사소통할 수 있는 능력 등을 함양할 수 있어야 한다(Mbajiorgu & Ali, 2003).

제7차 교육과정에서도 과학이 기술의 발달과 사회의 발전에 미치는 영향을 바르게 인식하고 과학지식과 과학적 사고 능력을 활용하여 합리적인 방법으로 실생활에서의 문제를 해결할 수 있는 과학적 소양의 함양이 강조되고 있다(교육인적자원부, 2001). 생물 I 교과와 생물 II 교과의 교육목표에서도 생명현상을 과학적으로 탐구하는 능력을

기르고, 문제해결에 이를 활용하며, 생물학이 기술의 발달과 사회의 발전에 미치는 영향을 바르게 인식한다는 내용이 공통적으로 제시되고 있다.

현행 생물 교과서를 살펴보면 전체적으로 최신 생명공학의 내용이 다양한 형태로 소개되고 있으며, 20세기에 크게 늘어난 생물 분야의 새로운 발견이나 발명이 비중 있게 서술되어 최근 사회발전에 기반이 되는 지식을 학습할 기회가 주어질 것으로 평가되고 있다(이지윤· 한인섭, 2005). 생명공학은 지금까지의 생물학 분야의 지식이 집적된 분야인 동시에 과학기술시대의 미래상을 전망할 수 있는 첨단 분야로서 생물교육과정에서 중요한 의미를 지닌다. 뿐만 아니라, 생명공학 분야는 생물학의 여러 분야 가운데 일상생활 및 사회와의 관련성이 가장 높은 동시에 현대 사회에서 법적, 사회적, 윤리적 쟁점이 되는 다양한 사례를 제공한다(Sadler & Zeidler, 2004; Dori 등, 2003). 또한 생명과학기술이 사회에 적용되는 과정에는 여러 집단의 가치관과 이익이 관련된다. 이러한 측면에서 생명공학은 의사결정력, 문제해결능력, 의사소통능력 등의 과학적 소양을 함양하기 위해 중요하게 다루어져야 할 주제이다.

3. 생명공학교육과 관련된 선행연구

최근 생명공학에 대한 국내 연구들을 살펴보면 생명공학기술은 주를 생명윤리교육 또는 STS 교육을 논의하는데 소재로 활용되고 있었다. 이는 생명공학의 과학적 측면이 결코 사회적, 윤리적 측면과 분리될 수 없기 때문이다.

먼저 생명공학 분야는 생명윤리 교육이나 사회적 쟁점이 되는 문제에 대한 학생들의 태도 또는 문제해결능력 등을 분석하고 평가하는 연구들에서 주로 다루어지는 소재임을 여러 연구들로부터 확인할 수 있었다.

김미경 등(2001)은 생명공학과 관련된 6가지 쟁점을 선정하여 이들이 인류에게 미칠 바람직한 측면과 바람직하지 못한 측면을 학생들이 얼마나 균형 있게 고려하는지 알아보기 위한 양면가치태도 평가도구를 개발하고자 하였다. 이러한 평가 도구는 많은 학생들의 전체적인 경향을 파악하는데 활용할 수 있을 것이다.

김영신 등(2001)은 의사 결정 활동이 학생들의 양면가치태도에 어떤 영향을 주

는지 분석하기 위해 인공 수정, 냉동인간기술, 골다공증, 태아조직세포 연구와 이식이라는 주제를 활용하였다.

홍정림(2001)은 생물Ⅱ의 생식단원 뿐만 아니라 유전자변형작물(Genetically Modified Organism : GMO)이나 인간 배아 복제 등의 생명공학 소재에 대한 의사결정 활동 수업 프로그램이 학생들의 문제해결 능력에 미치는 효과를 연구하였고, 정은영과 김영수(2001b)는 위와 같은 생물윤리주제들에 대해 학생들이 양면가치태도를 형성하는데 가치명료화법, 가치분석법, 역할극, 웹 포럼(web forum) 및 깨우침법 등과 같은 방법이 미치는 영향을 연구하였다.

STS 교육 내용 또는 교육의 효과 등을 논의하는 연구에서도 생명공학 분야가 논의의 중심이 되어 왔다. 강순자 등(1994)이 STS자료를 이용한 생물 수업이 학생들의 학습 성취도와 태도에 미치는 영향을 조사하고, 홍정림 등(2001)이 STS(과학-기술-사회)수업이 학생들의 양면가치태도와 학업 성취도에 미치는 효과를 분석하기 위해 생명공학 영역을 중심으로 연구하였다. 김희백과 이선경(1996)도 유전공학을 포함한 과학-기술 관련 주제에 대한 중·고등학생들의 태도를 조사하였다.

정은영과 김영수(2001a)는 인공 유산, 시험관 아기, 유전자 조작, 동물복제기술 등과 관련된 생물윤리 교육이 수업시간에 어떤 자료를 이용해 어떤 방법으로 가르쳐지고 있는지 중등 생물교사들을 대상으로 조사하였고, 이러한 생물윤리 교육과 관련된 생물학적 지식을 어느 정도 갖추고 있는지 중등학생들을 대상으로 조사하였다. 생물교사들은 생물윤리 쟁점을 수업시간에 도입해야 할 필요성을 인식하고는 있지만, 수업에 실제적인 도움이 되는 자료가 부족하다는 응답률이 높았다(정은영, 김영수. 2001)

이와 같은 결과는 곽대오 등(1997)이 경상남도 지역에 소재한 104명의 중등 생물 교사들에게 연수교육에 대한 만족도와 요구사정을 조사한 연구에서도 찾아볼 수 있었는데 생물학의 최근 연구 동향과 첨단 생물학 지식에 대한 요구가 높게 나왔던 것이다. 또한 조희형과 최경희(1998 a, b; 2000 a, b; 2003)도 과학의 윤리적 특성과 관련된 일련의 연구에서 생명공학기술의 윤리적 쟁점을 수업시간에 다

루어야 한다는 사실을 강조하였으며 동시에 교수-학습 방법과 자료의 개발이 부족하여 과학교육현장에서 적용되고 있지 못하다는 사실을 지적한 바 있다.

중·고등학생 및 대학생들을 대상으로 생명공학에 대한 관심도나 이해도를 조사한 연구결과들을 살펴보면 과학기술의 사회적 측면에 대한 관심은 높으나(정은영·김영수, 2001; 홍정림·장남기, 1999; 김희백·이선경, 1996) 관심에 비하여 이해도는 전반적으로 떨어지는 것으로 나타났고, 생명공학 분야의 수업을 위한 수업 방법이나 자료의 개발 필요성을 강조하고 있다.

신영준과 정완호(1995)는 서울에 소재한 인문계 고등학교 문과반 학생들을 대상으로 제 5차 교육과정에 제시되는 생명공학과 유전공학에 대한 지식과 태도를 분석하였는데 연구에 참여한 학생들 중 55%가 잘못된 유전공학의 예를 제시하였고, 태도 면에서는 문항에 사용된 용어에 영향을 받는 다는 결과를 통해 생물 과목에서 생명공학과 유전공학에 대한 바른 지식과 태도를 심어줄 수 있는 체계적인 내용 개발의 필요성을 제안하였다.

이양숙 등(2003)이 대학생들을 대상으로 조사한 인간 게놈 프로젝트에 대한 지식적 이해와 태도에 대한 연구 또한 관심은 많았지만, 인간 게놈의 이해 정도에 대한 일반적인 질문들에 전체 중 평균 43.9%의 응답자만 바르게 이해하고 있었다고 한다. 강소연(2004) 또한 중, 고등학생들을 대상으로 생명공학에 대한 이해도와 인식을 조사하였지만, 생명공학에 대한 학생들의 이해도와 인식 정도는 높은 편이 아니라고 제시하였다.

이러한 연구 결과들은 과학기술의 사회적 측면에 대한 교육이 제대로 이루어지기 위해서는 이러한 기술의 배경에 대한 기본적인 이해가 수반되어야 한다는 사실을 시사한다. 문경원과 김영수(2003) 역시 고등학교 과정에서 생물 윤리 주제를 다루기 위해서는 기본적인 생물 개념의 학습을 전제로 해야 한다는 점을 지적하였다.

하지만 생명공학 분야의 학습 자료 개발 및 현장 적용에 관한 연구는 그리 많지 않았고, 대부분 연구의 소재는 유전자재조합기술에 집중되어 있었다(유준희·정구홍, 1993; 최지영·안태인, 1994; 송호수, 2007).

4. 유전자재조합기술과 유전자에 대한 선행연구

제 7차 교육과정의 생물 교과서에 생명공학기술과 관련된 단원에서 가장 많이 소개되고 있는 첨단 기술이 유전자재조합기술일 뿐만 아니라 오늘날 각종 메스컴의 보도 대상이 되고 있는 GMO, 형질전환 동물, 인간배아복제 등과 같은 소재들 또한 유전공학의 첨단 기술로 탄생한 것이다. 먼저, 유전자재조합기술에 대한 교육을 위해 학습 자료를 개발하고 적용한 국내연구는 다음과 같다.

유준희와 정구흥(1993)에 의해 개발된 재조합 DNA기술에 대한 실험 교재는 그 당시 우리나라의 교육 여건상 현장 도입에 많은 어려움이 따르므로 의욕 있는 생물교사가 과학반이나 생물반의 학생들을 대상으로 실시하거나 과학고에서 실시할 수 있으리라 예상하였고, 실제 DNA 재조합 기술에 대한 실험교재를 과학 영재아를 대상으로 실시하고 효과를 검증(유준희, 정구흥. 1994)하였지만, 일반계 고등학교 학생들을 대상으로는 개발한 모든 과정을 실시하기 어려울 것으로 평가되었다.

최지영과 안태인은 유전자재조합기술과 단일 클론 항체 형성에 관한 고교 생물 학습용 비디오 자료를 개발(1994b)하고, 서울시 소재의 일반계 고등학교 2학년에 재학 중인 185명의 학생들과 과학 고등학교 2학년생 88명을 대상으로 개발한 학습용 비디오 자료의 효과성을 검증하는 연구(1994a)를 실시하였다. 그 결과 학습용 비디오 자료에 대해 학생들의 호응도도 높았고, 관련 내용에 대한 학업 성취도 또한 유의미하게 높았지만 제 5차 교육과정을 바탕으로 개발된 자료이므로 현행 교육과정의 학습에 적합한지에 대한 검증은 이루어지지 않았다는 아쉬움이 있다.

가장 최근 송호수(2007)는 유전자 조작 생물에 대한 초등학생용 멀티미디어 프로그램을 개발하고 이를 적용한 결과에 대해 연구하였다. 개발한 멀티미디어 프로그램은 초등학생들에게 정규 교육과정에서 접할 수 없었던 유전자 조작 생물에 대한 유용성과 부정적인 측면을 동시에 학습가능하게 하는 자료로 평가되었으나, 이 학습 자료를 중등교육과정에서 활용하기는 힘들 것이다.

유전자재조합기술들이 인류에게 제공할 수 있는 혜택과 이에 수반되는 문제점들을 학생들이 올바르게 이해하도록 하기 위해서는 중·고등학교 교과 과정에서 유전에 관한 기본 지식들이 올바르게 학습되어야 한다(황수연, 이진성. 2000). 지금까지 생물교육학자들은 유전자에 대한 개념과 유전현상의 올바른 이해를 위해 더욱 효과적인 교수방법을 개발하고 그 효과를 검증하는 연구들을 게을리 하지 않았다.

송창민과 정완호(1996)는 유전관련 단원을 학습한 남·여 고등학생 3학년들을 대상으로 객관식 설문지를 이용하여 유전 관련 개념들에 대한 학생들의 심리적 위계를 분석하였고, 학생들의 심리적 위계 순서인 「유전자 → 유전의 원리 → 염색체 → 체세포 분열 → 사람의 유전 → 생식세포 분열」에 따라 2학년 학생들에게 유전 단원 수업을 진행한 결과 제 5차 교육과정에 제시된 「체세포 분열 → 염색체 → 생식세포 분열 → 유전의 원리 → 유전자 → 사람의 유전」의 순서로 실시한 수업보다 학생들의 학업 성취 면에서 효과적이었다는 결과를 제시하였다.

김현섭 등(1998)은 중·고등학교 생물의 유전학 분야에 대한 여러 가지 다양한 멀티미디어 학습 자료를 수준별로 분석, 정리하여 상호주도적이고 지능적인 형태로 구성하여 열린교육과 탐구력 신장 학습에 도움이 될 수 있는 지능형 멀티미디어 시스템을 개발하였다.

김희백 등(2002)은 학생들의 유전 개념의 이해를 돕기 위해 동적이고 확률적 속성을 반영할 수 있는 염색체 모형을 개발하고 이를 활용한 수업의 효과를 검증하고자 하였다. 감수분열이나 수정 시 염색체의 행동과 유전 현상을 관련지어 이해하는데 이 모형이 도움을 줄 수 있으며, 특히 이 모형을 교사가 보여주는 방법보다 학생들이 직접 조작하는 것이 더욱 효과적이고 학습내용에 대한 흥미도 높았다고 한다(김희백 등. 2002).

이은정 등(2006)은 학습 만화 프로그램을 개발하여 중학생들의 유전 단원 학습에 도움을 주고자 하였고, 문두호 등(2006)은 순환학습모형을 적용한 탐구 지향형 실험 모듈을 개발하여 교사들로부터 평가를 받았는데, 이 모형은 유전을 어려워하고 단순히 유전 현상을 암기하는 학생들에게 스스로 원리를 찾아가며 이해하는 탐

구 능력 향상 및 학습 동기 유발에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 평가 받았다.

학생들에게 유전현상과 유전관련 개념을 올바르게 이해할 수 있는 방법을 찾기 위해 위 선행연구들이 효과적인 교수 방법을 모색하고자 하였다면, 또 다른 측면으로 학생들이 가진 오개념(misconception)이나 대안개념(alternative conception)을 조사하는 연구들도 진행되었다(민진선 등. 2004; 박종석, 조희형. 1986; 이경숙 등. 1994; 정영란, 김은주. 2002; 정완호 등. 1994). 하지만 이 연구들은 모두 질문지를 개발하여 학생들에게 설문하는 방법을 사용하였다. 박종석, 조희형(1986)은 희망하는 학생들을 선발하여 면담을 통해 학생들이 가진 오개념을 분석하고자 시도하였으나 학생들의 대답이 형식적이거나 짧고 단조로워서 학생들이 오개념을 형성하게 된 근본적인 이유를 찾아내지 못했다.

이에 비해 최근 국외에서는 학생들이 가진 오개념이나 상식적인 개념(everyday conception)을 심층 면담을 통해 분석하고자 노력한 연구들이 소개되고 있다(Lewis. 2004; Venville. et al. 2005).

Lewis (2004)는 학생들이 가진 상식적인 개념이나 대안개념들은 유전개념에 대한 과학적 이해를 발달시킬 수 있는 필수적인 출발점으로 생각하고, 15세~19세 독일 학생 10명을 대상으로 문제중심면담(problem-centred interviews)을 통해 그들이 가진 상식적 개념과 대안개념들을 찾고자 하였다.

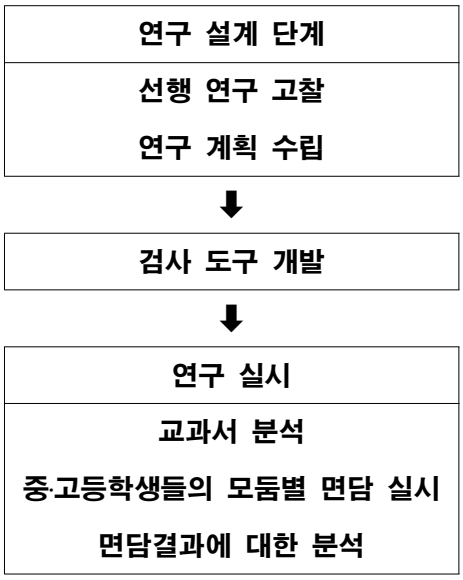
Venville. et al.(2005)은 호주에서 9세~15세에 해당하는 어린이들 90명을 대상으로 유전에 대한 기본 개념과 유전자나 DNA와 같은 분자유전학적인 개념을 어떻게 이해하고 있는지 역시 면담을 통해 얻은 결과를 분석하였다. 이들은 90명의 사례들을 대표할 수 있는 전형적인 반응을 제시함과 동시에 특별히 다른 바탕개념을 가지거나 유전학에 대해 잘못 이해하고 있는 특수한 몇 몇 사례도 분석하여 제시하였고 이러한 관점은 지금까지 국내에서 소개된 연구들과의 차이점으로 볼 수 있다. 즉, 일반화 시킬 수는 없지만, 소수의 사례를 통해 실제 학생들이 어떻게 유전관련 개념을 이해할 수 있는지에 대한 범위를 예측해 볼 수 있을 것이다.

Ⅲ. 방법

1. 연구 절차

본 연구는 다음 <그림 1>과 같이 연구 설계 단계, 검사 도구 개발을 거친 후 생명공학분야에 대한 고등학교 생물 교과서를 분석하고, 중·고등학생들을 대상으로 유전자에 대한 이해와 유전자재조합기술에 대한 판단과정을 알아보기 위해 면담을 실시하였으며, 면담결과를 분석하는 절차로 수행하였다.

<그림 1> 연구 수행의 절차 모식도



연구를 설계하는 단계에서는 생명공학분야에 대한 국내의 선행연구들을 살펴보고, 생명공학기술 중 유전자재조합기술에 초점을 맞춘 연구들도 조사하였다. 유전자재조합기술을 올바르게 이해하기 위해 바탕이 되는 “유전자”에 대한 학생들의 이해도 조사나 연구들을 살펴본 후, 국내연구들이 가지는 한계점을 보완할 수 있는

방법을 동일한 목적의 국외연구들로부터 참고하여 연구 계획을 수립하고자 하였다.

국내 선행연구들을 살펴본 결과, 중등과정의 생명공학교육을 위한 학습 자료의 개발이나 분석에 관한 연구가 부족함을 깨닫고, 제 7차 교육과정에 따른 고등학교 생물교과서에 제시된 생명공학분야를 분석하기로 계획하였다. 이와 함께 유전자재조합기술 등에 대한 혜택과 문제점을 올바르게 이해하기 위해 필요한 유전자와 유전현상에 대해 학생들이 어떻게 이해하고 있는지, 기존의 양적 연구결과들 보다 구체적인 원인이나 바탕개념을 알아보고자 심층면담을 계획하였다. 중·고등학생들에게 유전 관련 이해도를 질문할 때, 덧붙여 유전자재조합기술을 어떻게 수용하는지, 학생들이 주장하는 수용여부의 판단근거를 좀 더 자세히 물어봄으로써 어떤 판단과정을 거치는지 파악하고자 하였다.

검사 도구 개발 단계에서는 교과서를 분석하기 위한 기준을 설정하고, 선행연구들을 참고하여 중·고등학생들과의 면담에서 사용할 질문 문항을 개발하였다.

개발한 검사 도구를 이용하여 2005년 3월부터 2005년 10월까지 제 7차 교육과정에 따라 집필된 생물 Ⅰ 8종 교과서와 생물 Ⅱ 8종 교과서를 분석하였다. 중·고등학생들을 대상으로 한 모둠별 면담은 2006년 여름방학 기간 동안 진행된 「과학 꿈나무 예비대학」프로그램에 참여한 학생 중 13명을 대상으로 면담을 실시하였다. 학생들은 프로그램에 참여하기 위해 임의로 편성된 모둠 구성원 그대로 변동없이 모둠별 면담에 함께 참여하였다. 이 면담 과정을 녹취한 후 전사한 결과를 분석하였다.

2. 연구 대상

(1) 분석에 사용한 고등학교 생물 교과서의 종류

제7차 교육과정에 의해 집필된 고등학교 생물 Ⅰ 및 생물 Ⅱ 교과서 각 8종에서 생명공학기술이 중점적으로 소개된 마지막 단원을 대상으로 분석하였다<표 1, 2>. 생물 Ⅰ 교과서에서는 "생명과학과 인간의 생활" 가운데 생명공학 분야를 다루는 소단

원이<표 1>, 생물 II 교과서에서는 마지막 대단원이 이에 해당된다<표 2>. 앞으로는 이들 단원을 각 교과에서의 '생명공학' 단원으로 통칭하기로 한다.

<표 1> 제 7차 교육과정에 따른 고등학교 생물 Ⅰ 교과서의 생명공학 단원

교과서명	출판사	교과서 내 관련 단원 명	저자	출판 년도
생물 Ⅰ (각 8종)	대한 교과서 (A1)	Ⅸ. 생명 과학과 인간의 생활 5. 현대 생물학의 핵심 영역은 무엇인가? 6. 인간이 직면한 문제를 생명 과학 기술로 해결할 수 있을까?	조희형 외 4인	2002
	지학사 (B1)	Ⅸ. 생명 과학과 인간의 생활 3. 현대 생물학과 인간의 미래	이상인 외 3인	2002
	중앙교육진흥연구소 (C1)	Ⅸ. 생명 과학과 인간의 생활 7. 현대 생물학과 인간의 미래	김윤택 외 7인	2002
	금성출판사 (D1)	Ⅸ. 생명 과학과 인간의 생활 3. 현대 생물학과 인간의 미래	박희송 외 4인	2002
	교학사 (E1)	Ⅸ. 생명 과학과 인간의 생활 2. 생물학의 발달이 인간의 미래에 어떠한 영향을 끼칠까?	정완호 외 4인	2002
	도서출판 형설 (F1)	Ⅸ. 생명 과학과 인간의 생활 2. 생물학과 인간의 미래	하영사 외 4인	2002
	천재교육 (G1)	Ⅷ. 생명 과학과 인간의 생활 4. 현대 생물학과 인간의 미래	권혁빈 외 7인	2002
	대학서림 (H1)	Ⅷ. 생명 과학과 인간의 생활 4. 현대 생물학과 인간의 미래	이기태 외 6인	2002

<표 2> 제 7차 교육과정에 따른 고등학교 생물 II 교과서의 생명공학 단원

교과서명	출판사	교과서 내 관련 단원 명	저자	출판 년도
생물 II (8종)	대한 교과서 (A2)	V. 생물학과 인간의 미래 1. 생명 공학의 원리와 기술 2. 생명 공학의 이용 3. 생명 과학의 문제와 과제	조희형 외 4인	2002
	지학사 (B2)	V. 생물학과 인간의 미래 1. 생명 공학 2. 생명 과학의 가능성	이상인 외 3인	2002
	중앙교육진흥연구소 (C2)	V. 생물학과 인간의 미래 1. 생명공학기술과 응용 2. 생명 공학과 생명 윤리 3. 생명 과학의 가능성	김윤택 외 7인	2002
	금성출판사 (D2)	V. 생물학과 인간의 미래 1. 생명 공학 2. 생명 과학의 전망	박희송 외 4인	2002
	교학사 (E2)	V 생물학과 인간의 미래 1. 생명 공학 2. 생명 과학의 미래	정완호 외 4인	2002
	도서출판 형설 (F2)	V. 생물학과 인간의 미래 1. 생명 공학의 기술과 이용 2. 생명 공학의 문제점 3. 생명 과학의 과제	하영사 외 4인	2002
	천재교육 (G2)	V. 생물학과 인간의 미래 1. 생명공학기술의 원리와 응용 2. 생명 공학의 문제점과 미래	권혁빈 외 7인	2002
	대학서림 (H2)	VI. 생명 과학과 인간의 미래 1. 생명 과학 기술과 그 이용 2. 생명 공학의 가능성과 문제점	이기태 외 6인	2002

(2) 유전자와 유전자재조합기술에 대한 면담에 참여한 대상

“유전자”와 “유전자재조합기술”에 대한 학생들의 이해와 수용 태도를 알아보기 위하여 2006년 「과학 꿈나무 예비대학」프로그램에 지원한 학생 중 13명을 대상으로 면담을 실시하였다. 학생들의 나이는 15세~18세에 해당하며 남자 중학생 1명, 여자 중학생 4명, 남자 고등학생 3명, 여자 고등학생 5명이 면담에 참여하였다. 이 학생들은 광주·전남지역의 중학교와 인문계 고등학교에 재학 중이었으며, 남자 고등학생 1명은 대안학교에 재학 중이었다. 「과학 꿈나무 예비대학」프로그램은 지역 청소년들의 대학 실험실 체험과 과학실험 활동을 촉진하기 위하여 개최되었으며, 이 프로그램에 참여한 학생들은 평소 과학교과에 흥미를 가지고 있고, 학교장의 추천을 받아 자체 선발되었다. 2006년 7월 31일부터 2006년 8월 2일까지 3개의 모둠은 각각 다른 시간, 다른 장소에서 면담에 참여하였다. 다음의 <표 3>은 면담에 참여한 학생들을 학년별, 성별로 분류하여 고유한 기호를 부여하였고, 앞으로 면담의 내용을 발췌하여 첨부하는 부분에서 학생들을 아래 <표 3>과 동일한 기호로 표시할 것이다.

<표 3> 면담에 참여한 학생들의 소개

모둠 1 (5명)		모둠 2 (4명)		모둠 3 (4명)	
학년	기호	학년	기호	학년	기호
3	F*A	2	Fa**	2	Fe
3	MB	2	Fb	2	Ff
3	FC	2	Fc	1	Mg
3	FD	2	Md	1	Mh
2	FE				

(*: 기호의 첫 번째 글자인 F는 여학생, M은 남학생을 나타내며, **: 두 번째 글자는 중학생의 경우 알파벳 대문자로, 고등학생의 경우 알파벳 소문자로 구별하여 표기하였다.)

3. 검사 도구 및 자료 수집 방법

(1) 교과서 분석

고등학교 생물 교과서를 대상으로 다음 <표 4>와 같이 양적인 분석(quantitative analysis)과 질적인 분석(qualitative analysis)을 병행하였다.

<표 4> 고등학교 생물 교과서의 생명공학분야 분석의 기준

분석 기준	
양적 분석	생명공학 단원의 학습 목표
	생명공학기술의 종류 와 빈도
	주요 생명공학기술과 관련된 용어의 종류와 수
질적 분석	잘못된 용어를 사용하거나 정확성이 떨어지는 기술소개의 사례
	생명공학기술의 현황과 미래에 관련된 전망
	연구결과의 양면가치와 관련된 내용기술의 실태
	생명공학기술에 대한 탐구활동 과제의 분석

(2) 면담에 사용할 질문 문항

중·고등학생들을 대상으로 “유전”단원에 대한 이해도를 조사하기 위해 질문지를 활용한 선행연구들로부터 유사한 질문을 수집하였고, 선행연구결과에서 알 수 없었던 학생들의 구체적인 이해도와 인식들을 알아보고자 하였다. 특히 “유전자”를 어떻게 이해하고 있는지를 알아보기 위한 질문은 동일한 주제의 선행연구(고정호 등, 1997; 민진선 등, 2004; 정영란·김은주, 2002; Venville *et al.*, 2005)들로부터 수집하여 재구성하였다. 다섯 가지 주제로 구성된 질문은 모든 면담과정에서 동일하게 제시하지 않고 모둠 구성원의 학년과 성향에 따라 다르게 제시하였다.
다음의 <표 5>은 각 모둠별 면담에서 사용한 질문을 정리한 것이다.

<표 5> 각 모둠별 면담에서 사용한 질문 문항

「유전자」에 대한 이해에 관한 질문		
1	모둠1, 2, 3	- 자신이 생각하는 유전자의 정의나 역할은 무엇인가?
2	모둠1, 2, 3	- 다른 환경에서 자란 일란성 쌍둥이는 무엇이 같고, 무엇이 다를까?
3	모둠 1	- 다양한 그림 속 생물과 무생물 중 유전자를 포함하는 것은 무엇인가?
4	모둠 2	- 뇌세포와 피부세포의 유전자는 동일한가? - 유전자와 자동차 설계도의 공통점과 차이점은 무엇인가?
	모둠 3	- 손의 세포에 있는 유전자와 뇌세포에 있는 유전자는 같을까? 다를까?
「유전자재조합기술」수용에 대한 질문		
5	모둠1, 2	- 더 좋은 외모로 바꿀 수 있는 유전자재조합기술을 사용할 것인가?
	모둠 3	- 유전자의 결함으로 지능이 낮다면 이것을 유전자재조합기술을 이용하여 고칠 것인가?
	모둠1, 2, 3	- 유전병 치료를 위해 유전자재조합기술을 사용할 것인가?
	모둠1, 2, 3	- 왜소증 치료를 위해 유전자재조합기술을 사용할 것인가?

첫 번째 질문의 경우는 민진선 등(2004)과 정영란, 김은주(2002)의 연구에서 사용했던 DNA나 염색체 등의 역할에 대한 질문이나 유전자가 왜 중요한지에 대한 질문과 유사하게 구성하였다.

두 번째 질문은 벤빌 등(Venville et al., 2005)의 연구에서 학생들이 유전적으로 유전되는 형질과 사회적·문화적으로 습득하는 형질을 구분할 수 있는지 알아보기 위해 질문했던 인간 입양 시나리오를 재구성 한 것이다. 한국에서 태어난 일란성 쌍둥이가 태어나자마자 한명은 미국으로 입양 되어 20년 후에 처음 만났다고 가정 한 후, 그들이 가진 형질 중 무엇이 비슷하고, 무엇이 다를지에 대해 물어보았다. 이 답변을 통해 사람의 특성이 유전과 환경에 얼마나 영향을 받는지에 대한 학생들의 생각을 알아보고자 하였다.

“다양한 그림 속 생물과 무생물 중 유전자를 포함하는 것은 무엇인가?”라는 세 번째 질문은 중학생들로 구성된 모둠 1에서만 실시하였다. 생물이 유전자를 가진다는 일반적인 내용을 학생들이 알고 있느냐와 같은 표면적인 질문보다 학생들이 유전자를 이해하기 위해 바탕이 될 수 있는 생물과 무생물에 대한 이해도 확인해 볼 수 있도록 유도하였다. 이는 정영란과 김은주(2002)와 벤빌 등(Venville et al.,

2005)의 연구에서 동일한 의도의 질문 중 보기들을 다르게 재구성한 것이다.

네 번째 질문과 유사한 설문을 했던 고정호 등(1997)과 정영란, 김은주(2002)의 연구에서는 우리 몸의 각 기관에 존재하는 유전자의 등가성에 대해 학생들이 잘 이해하지 못했다고 제시했지만 이에 대한 원인 분석이 미흡하였다. 학생들이 유전자나 유전현상을 이해하는데 어떤 어려움을 겪고 있는지, 어떤 바탕개념들이 영향을 주는지에 대하여 원인을 분석하기 위해서는 구체적으로 학생 개개인에 집중하여 파악하는 연구가 필요하므로 네 번째 주제와 같은 질문을 구성하였다.

위 주제에서 고등학생들로 구성된 모둠2에서는 유전자와 자동차 설계도와의 공통점과 차이점을 비교하여 설명하라는 질문을 추가하였다. 정화숙 등(2004)은 제7차 고등학교 생물Ⅰ과 생물Ⅱ 교과서에 제시된 비유를 분석하였는데, 6종의 생물Ⅰ교과서 중 3종의 교과서에서 “유전자”를 “설계도”에 비유하였지만, 비유물과 목표물간의 차이점이나 비유의 한계에 대해서는 3종의 교과서 모두 언급하지 않았다고 한다. 유전자라는 새로운 개념을 학생들이 잘 이해하기 위해서는 학생들의 바탕개념을 확인하는 것뿐만 아니라 효과적인 비유를 활용하는 방안을 개발하는 것도 도움이 될 것이다.

하지만 지금까지 국내의 과학교육에서 비유를 활용한 수업의 효과를 연구한 경우(권혁순 등, 2004; 김경순 등 2006; 김영민, 1991; 노태희 등, 1997; 노태희 등, 2003; 김희백 등, 2001a, b; 이명자 등, 1994; 이원경·김희백, 2007; 정영란·임성연, 2000)중 “유전” 단원과 관련된 비유에 대한 연구는 없는 상태이다. 그러므로 “유전”단원에서도 추상적인 개념의 이해를 돕기 위해 교과서에 소개된 유전자와 설계도의 비유를 실제 학생들이 어떻게 이해하는지 알아보기 위해 질문하였다.

김미경 등(2001)은 고등학생들을 대상으로 생명공학에 대해 양면가치태도를 평가할 수 있는 도구를 개발하였고, 생명공학분야에서 학생의 양면가치태도에 변화를 미칠 수 있는 다양한 수업방법을 계획하고 그 효과를 확인하는 연구들도 있었다(홍정림 등, 2001; 정은영· 김영수, 2001). 김미경 등(2001)이 개발한 평가 도구는 많은 학생들을 대상으로 전체적인 경향을 파악하는 데는 도움이 될 수 있다.

생명공학분야의 교육에서는 생명공학기술에 대해 학생들이 긍정적인 면과 부정

적인 면을 균형 있게 고려하는 태도를 가지는 것도 중요하지만, 사회·과학적인 이슈를 수용하는 과정에서 딜레마에 부딪혔을 때, 합리적인 판단을 내릴 수 있는 능력을 배양하는 것 또한 중요할 것이다. 학생들이 이와 같은 능력을 함양할 수 있는 방법을 모색하기 이전, 학생들이 실제 어떤 추론과정을 통해 판단을 내리는지 알아볼 필요가 있다. 그래서 다섯 번째 주제에서는 주변에서 쉽게 들어본 유전자재조합 기술을 학생들이 어떻게 수용하는지에 대해 물어보고, 그렇게 생각하는 이유도 설명하게 하였다.

(3) 모둠별 면담의 방법

면담에 참여한 중·고등학생들은 개별적인 면담이 아니라 3개의 모둠으로 구성되어 함께 면담에 참여하였다. 면담을 통한 연구를 설계하는 과정에서 사전조사를 하기위해 1명의 학생들 대상으로 개별 면담을 실시하였는데, 면담자와 학생이 1:1로 개별적인 면담과정에서 면담자의 질문에 의해 학생의 대답이 유도되거나, 제한되는 경우가 발생하였기 때문에 모둠별 면담을 실시하고자 계획하게 되었다. 면담자와 1:1로 면담을 하면서 학생은 뭔가 질문에 대한 정답을 말해야 한다는 부담감을 느껴 평소보다 소극적으로 대답하거나 '잘 모르겠다.'는 반응을 보였기 때문에, 학생이 가지고 있는 바탕개념이나 이해정도를 구체적으로 파악하지 못하였다.

4~5명으로 구성된 모둠의 구성원이 함께 집단으로 면담에 참여함으로써, 좀 더 자유로운 면담 분위기가 조성될 수 있었고, 다른 학생의 답을 듣고, 나의 생각을 다시 한 번 비교하거나 정리하여 좀 더 다른 자기만의 생각을 말해주어 다양한 의견들을 들을 수 있었다. 모둠 구성원간의 친밀감과 적극성에 따라 면담에 소요되는 시간이 달랐으며, 대부분 질문에 대해 학생들이 대답한 후에는 그렇게 대답한 근거를 물어보고, 흥미로운 답변에 대해서는 보충질문을 통해 그 학생의 그렇게 이해한 원인을 파악하고자 하였다.

4. 자료처리 및 분석

(1) 고등학교 생물 교과서 분석

본 연구에서는 고등학교 생물 교과서의 생명공학 단원에서 제시하고 있는 목표, 제시된 기술의 종류, 제시방식을 조사한 다음, 생명공학기술을 어떻게 소개하고 있는지 그 내용을 분석하였다. 제시된 내용이 각 교과의 목표나 수준에 적절한지, 그 내용이 정확하고 적절히 기술되어 있는지, 기술의 양면가치에 대해 적절하게 논의되고 있는지, 학생의 이해를 돕는 방향으로 집필되었는지 등을 중심으로 검토한 후 바람직한 방안을 제안하고자 한다.

(2) 유전자와 유전자재조합기술에 대한 학생들과의 면담 결과 분석

앞에서 진행된 교과서의 분석 결과를 토대로 첨단 생명공학기술로 가장 많이 소개된 유전자재조합기술을 소재로 선택하여 실제 학생들이 관련 내용인 “유전자”를 어떻게 이해하고 있으며, 어떻게 수용하고 있는지를 알아보기 위해 중·고등학생들을 대상으로 심층 면담을 실시하였다.

면담의 모든 과정은 녹음한 후 전사하여 결과를 분석하는데 사용하였다. “유전자재조합기술”의 수용에 대한 판단과 그 근거를 물어보는 질문에서는 “유전자재조합기술”이 거의 부작용 없이 시행될 수 있다는 상황을 가정하고 질문하였다.

결과의 분석과정에서 학생들이 “유전자재조합기술”을 어떻게 수용하는지에 대한 부분에서는 Sadler와 Zeidler(2004)의 연구에서 소개된 분석 패턴을 활용하였다. 본 연구에서는 학생들이 특정 유전자재조합기술을 수용하거나 거부하는지를 질문함으로써 기술에 대한 수용 또는 거부의 판단이 합리적인 도덕적 추론 과정의 결과인지 그렇지 않으면 일시적이고 단편적인 생각으로 판단하고 있는 것인지를 알아보고자 학생들이 자신의 주장을 뒷받침하는 근거를 분석하는데 초점을 맞추었다.

Ⅳ. 결과

1. 고등학교 생물교과서에 제시된 생명공학분야의 현황

현행 생물 교과서의 생명공학 단원에서 제시하고 있는 교과목의 목표를 수집하여 분석한 후 6 개의 범주로 분류하고, 생물 Ⅰ과 생물 Ⅱ 교과서의 생명공학 단원에 소개된 생명공학기술의 종류와 빈도를 비교하였다. 질적 분석을 통해서는 생명공학기술을 소개하는 과정에서 잘못된 용어를 사용하거나 정확성이 떨어지는 기술 소개의 사례, 생명공학기술 중 현재 실용화 된 것과 미래에 대한 전망을 구분하기 모호한 사례, 생명공학분야에 대한 연구결과의 양면가치와 관련된 내용기술의 실태, 학생들의 수준에서 해결하기 어려운 탐구활동 사례 등을 조사하였다.

(1) 교과서에 제시된 생명공학교육 목표

생물교과서에 생명공학분야의 내용이 교과의 목표와 수준에 적절한지를 분석하기 위해 생물교과의 총괄 목표와 생물 Ⅰ 및 생물 Ⅱ 교과서에서 해당하는 단원의 목표를 조사하였다. 교육인적자원부가 제시한 생물교과의 총괄목표는 다음과 같다(교육인적자원부, 2001).

> 생물 Ⅰ의 총괄 목표는 교양 시민으로 갖추어야 할 생물학적 기초 소양을 함양하여, 실생활에서 경험하는 생물학 관련 문제를 스스로 해결할 수 있는 능력을 배양하는 것이다. 생명 현상을 세포 수준 이상에서 다루며, 질병이나 건강 등 일상생활과 관련된 내용을 다루어 건강한 생활을 영위할 수 있도록 한다. 또한 배아줄기세포, 생물복제, 인공장기 개발, 유전자 조작 생물 등 첨단생물학 관련 문제를 일상에서 접하였을 때 스스로 합리적 판단을 할 수 있는 능력 배양을 목표의 하나로 설정하고 있다.
>
> 생물 Ⅱ는 생물 Ⅰ을 이수한 학생들이 생물 Ⅰ에서 다루지 않은 폭넓은 학문적 내용을 다루어 생물학에 관련된 전공과목을 이수하는 데 필요한 기초 지식과 탐구 방법을 익히도록 하고, 분자 수준에서의 생명 현상까지 다루어 물리·화학적 개념과 원리를 생명 현상의 탐구에 활용하며, 탐구 대상을 자연계에 존재하는 다양한 생물로 확대하여 생명 현상을 폭넓게 종합적으로 이해함으로써 생물학과 인간의 미래를 올바르게 전망하도록 한다는 것이다.

생명공학기술은 생물 I 및 생물 II 교과 모두 앞에서 학습한 내용을 종합하고 미래를 전망하는 마지막 단원에서 집중적으로 소개되고 있다. 생명공학 단원의 목표 역시 교과의 총괄 목표에 따라 차이를 보인다<표 6, 표 7-1, 표 7-2, 표 7-3>.

<표 6> 생물 I 교과서의 생명공학 단원에 제시된 목표

교과서	생물학과 인간의 미래 단원에 제시된 학습목표
A1	· 현대 생물학의 핵심 영역에 대해 말할 수 있다. · 현대 생명 과학 기술이 인류에 미칠 영향을 말할 수 있다.
B1	· 현대생물학은 생명의 본질을 규명할 뿐만 아니라 인류가 직면한 여러 가지 문제를 해결하기 위해 응용 분야를 폭넓게 개척하고 있다. 생물학의 가장 흥미 있는 분야 중의 하나인 생명 공학에 대해 알아보고, 이러한 생명 공학이 인류가 직면한 문제점을 해결하는 데 어떻게 기여하고 있는지 알아보자.
C1	· 인류가 직면한 문제의 생물학적 해결 방안을 제시할 수 있다. · 현대 생물학과 인간의 미래를 전망할 수 있다.
D1	· 현대 생명 과학의 다양한 응용 분야를 설명할 수 있다. · 생명 공학의 발달이 가져오는 혜택과 문제점을 발표할 수 있다.
E1	· 생물학의 발달이 인간에게 어떠한 공헌을 할 것인지 알아본다. · 생명공학의 발달이 가져올 수 있는 문제점에 대하여 알아본다.
F1	· 생물 공학이 인류에게 미칠 영향을 안다. (생명 공학에 이용되는 기술에는 어떤 것이 있으며 앞으로 우리의 생활에 어떤 영향을 미칠까?)
G1	1. 생명 공학 기술에는 어떤 것들이 있을까? · 인슐린은 유전자 재조합으로 대향 생산될 수 있음을 안다. · 핵치환 기술로 복제 생물이 만들어짐을 안다. 2. 생명 공학은 어떤 분야에서 이용되고 있을까? · 생명 공학이 질병 치료, 의약품 생산, 식량 증산에 기여함을 안다. · 생명 공학이 유전자 치료, 유전자 변형 식품 생산 등에 이용될 때 부정적인 측면도 있음을 안다.
H1	1. 생명 공학 기술에는 어떠한 것이 있을까? · 생명 공학 기술을 예를 들어 설명할 수 있다. 2. 생명 공학 기술이 응용되는 분야에는 무엇이 있을까? · 생명 공학 기술의 응용 분야를 이해한다.

<표 7-1> 생물Ⅱ 교과서의 생명공학 단원에 제시된 목표

교과서	생물학과 인간의 미래 단원에 제시된 학습목표
A2	1. 생명 공학의 원리와 기술 · 유전자 조작의 원리를 말할 수 있다. · 유전자 조작의 산물을 말할 수 있다. · 핵 치환 방법을 알고, 핵 치환으로 얻을 수 있는 생물을 말할 수 있다. · 세포 융합의 원리와 방법을 말할 수 있다. · 세포 융합에 의해 생긴 생물이나 물질을 말할 수 있다. 2. 생명 공학의 이용 · 농 · 축 · 수산업 분야에서의 생명 공학 이용 · 의약학 분야에서 이용하는 생명 공학의 원리를 말할 수 있다. · 의약학 분야에서 이용하는 생명 공학의 예를 제시할 수 있다. · 생명 공학의 원리를 환경 분야에 적용하는 방법을 말할 수 있다. · 생명 공학의 원리를 적용하는 환경 분야를 말할 수 있다. 3. 생명 과학의 문제와 과제 · 암, 후천성 면역 결핍증, 유전병의 원인과 치료 방법을 제시할 수 있다. · 노화의 의미와 특성을 말할 수 있다. · 생명 윤리의 의미를 말할 수 있다. · 생명 윤리와 관련된 문제를 해결하는 방법을 말할 수 있다.
B2	1. 생명 공학 · 세포 융합, 핵치환, 유전자 조작 등의 생명 공학 기술의 원리를 이해할 수 있다. · 생명 공학 기술이 응용되는 예를 실제 생활 주변에서 찾아 볼 수 있다. · 생명 공학 기술도 인하여 생길 수 있는 문제점들을 이해할 수 있다. 2. 생명 과학의 가능성 · 암, 에이즈(AIDS), 유전병, 노화의 원인과 생명 공학을 이용한 치료 방법에 대하여 말할 수 있다. · 생명 공학적인 방법을 이용하여 환경오염을 방지하는 대책에는 무엇이 있는지 말할 수 있다.
C2	1. 생명 공학 기술과 응용 · 세포 융합, 핵 치환, 유전자 재조합의 원리를 설명할 수 있다. · 생명 공학 기술이 응용된 사례를 생활 주변에서 찾을 수 있다. 2. 생명 공학과 생명 윤리 · 생명 공학 기술의 발달로 생길 수 있는 문제에 대하여 이해한다. · 올바른 생명 윤리를 가진다. 3. 생명 과학의 가능성 · 생명 과학이 인류가 직면하고 있는 문제를 어떻게 해결할 수 있는지 전망할 수 있다.

<표 7-2> 생물Ⅱ 교과서의 생명공학 단원에 제시된 목표

교과서	생물학과 인간의 미래 단원에 제시된 학습목표
D2	1. 생명 공학 · 유전자 재조합 등의 생명 공학 기술을 설명할 수 있다. · 생명 공학 기술이 응용된 사례를 들고 설명할 수 있다. · 생명 공학의 문제점을 이해할 수 있다. · 생명 복제와 관련된 생명 윤리 문제를 인식한다. · 유전자 조작 생물의 잠재적 위험을 인식한다. 2. 생명 과학의 가능성 · 인간의 여러 가지 질병 치료에 생명 공학이 이용되는 예를 들 수 있다. · 생명 공학이 암, 유전병, AIDS, 노화의 예방과 치료에 이용되는 예를 설명할 수 있다. · 질병 치료에 대한 생명 공학의 이용 가능성을 전망할 수 있다. · 환경오염의 극복에 생명 공학 기술이 중요함을 설명할 수 있다. · 오염 물질을 제거하는 데 미생물이 어떻게 이용되는지 예를 들어 설명할 수 있다. · 환경오염 물질을 제거하는 데 유전 공학이 응용되는 예를 설명할 수 있다.
E2	1. 생명 공학 · 생명 공학 기술에는 어떤 것들이 있는지 알아본다. · 다양한 생명 공학 기술의 원리를 알아본다. · 생명 공학의 이용 현환을 알아본다. · 생명 공학의 발전으로 예상되는 문제점을 알아본다. 2. 생명 과학의 미래 · 생명 과학과 관련이 있는 인류의 당면 문제들을 알아본다. · 인류가 당면한 문제와 관련된 생명 과학의 가능성을 알아본다. · 생명 과학 기술에 의한 질병의 진단 · 치료 및 예방을 알아본다. · 생명 과학이 해결해야 할 문제들을 알아본다.
F2	1. 생명 공학의 기술과 이용 · 생명 공학에서 이용되고 있는 기술을 알 수 있다. · 생명 공학 기술이 일상생활에서 어떻게 이용되고 있는지 알 수 있다. · 생명 공학 기술이 인류의 미래에 미칠 영향을 전망할 수 있다. 2. 생명 공학의 문제점 · 생물 복제로 인해 발생하는 문제점을 알 수 있다. · 유전자 조작 식품의 문제점을 알 수 있다. · 유전자 검사의 문제점을 알 수 있다. · 실생활의 활용에 있어 생명 공학의 가치를 평가할 수 있다. 3. 생명 과학의 과제 · 현대인의 질병과 그에 관한 연구 동행에 대해서 알 수 있다. · 생명 공학이 가져다 줄 우리의 미래를 전망할 수 있다.

<표 7-3> 생물Ⅱ 교과서의 생명공학 단원에 제시된 목표

교과서	생물학과 인간의 미래 단원에 제시된 학습목표
G2	1. 생명 공학 기술의 원리와 응용 · 생명 공학의 정의를 안다. · 생명 공학과 인간 생활의 관계를 이해한다. · 생명 공학 기술의 과정을 이해한다. · 생명 공학 기술에 의한 산물의 종류를 안다. 2. 생명 공학의 문제점과 미래 · 생명 공학에 의해 야기될 수 있는 문제점을 안다. · 생명 공학의 문제점이 어떻게 해결될 수 있는지 안다. · 생명 과학이 발전해 온 과정을 이해한다. · 인류가 직면하고 있는 문제를 해결할 수 있는 생명 과학의 가능성을 안다.
H2	1. 생명 과학 기술과 그 이용 · 초창기 생명 과학의 발전과 생명 공학 기술의 발전 과정을 알 수 있다. · 생명 공학 기술에 대하여 이해하고, 이를 바탕으로 생명 공학 기술이 응용된 예를 알 수 있다. 2. 생명 공학의 가능성과 문제점 · 인류가 직면한 암, AIDS, 유전병, 노화 현상, 환경오염 등의 문제점을 해결 할 수 있는 생명 과학의 가능성을 전망할 수 있다. · 생명 공학의 문제점을 이해하고, 생명 윤리에 대한 올바른 태도를 갖는다.

각 교과서의 생명공학 단원에서 제시하고 있는 단원의 학습목표를 종합한 결과 다음의 <표 8>과 같은 6가지의 범주로 구분할 수 있었다.

<표 8> 생물Ⅰ과 Ⅱ 교과서에 제시된 생명공학 단원의 학습목표

목표	제시된 교과서의 수 (생물Ⅰ/ 생물Ⅱ)
1. 생명공학기술의 원리를 파악한다.	(0 / 8)
2. 생명과학기술의 활용 가능성을 전망한다.	(1 / 8)
3. 올바른 생명 윤리 의식을 함양한다.	(0 / 4)
4. 생명공학기술의 응용 사례들을 알아본다.	(6 / 8)
5. 생명공학의 발달이 인류에게 가져다 줄 문제점을 이해한다.	(3 / 8)
6. 생명공학기술이 인류에 미치는 혜택을 이해한다.	(6 / 0)

(2) 생물 교과서에 제시된 생명공학기술 종류

생물 I과 생물 II 교과서에 소개된 생명공학기술의 종류 및 제시방식은 <표 8>과 같다. 모든 교과서에서 유전자재조합기술과 세포융합, 핵 치환에 의한 복제 동물의 사례가 제시되어 있다. 그 밖에도 교과서에 따라 식물 조직배양, 인간게놈프로젝트의 의미와 사회적 영향, 환경, 식품 및 의료분야에서 적용되고 있는 또는 앞으로 적용 가능한 기술들이 소개되고 있다. 생물 Ⅰ의 모든 교과서가 "생명과학과 인간의 생활"을 주제로 하는 대단원의 일부분인 것과는 달리, 생물 Ⅱ의 교과서에는 대단원 전체를 생명공학분야에 할애하고 있다. 전체적으로 볼 때, 생물 II 교과서에서는 생물 Ⅰ 교과서보다 더 다양한 응용사례들이 제시되어 있음을 알 수 있었다. 생물 Ⅰ에서는 8종의 전 교과서에 총 35건의 응용사례들이 제시되고 있고, 생물 Ⅱ에서는 8종의 전 교과서에 총 51건의 응용사례들이 제시되고 있다<표 9-1, 표 9-2>.

<표 9-1> 생물 Ⅰ과 Ⅱ 교과서에 제시된 생명공학기술의 응용사례 및 제시 방식

생명 공학 분야	제시 방식	응용 사례
유전자 재조합 (8/8)*	본문(7/8) 그림(6/8)** 읽기자료(2/2) 탐구활동: 조사(2/3) 토의(2/4) 자료해석(3/6) 예상(1/0)	① 세균을 이용한 유용 단백질의 생산(8/8) [인슐린(7/6), 인터페론(7/7), 생장호르몬(5/7), 인터루킨(1/1), 의약품(3/0), 유전자 재조합 백신(0/4), 혈액 응고제(0/3), 혈액 응고 방지 물질(1/2), 인공 눈 제조(0/1), 소마토스타틴(0/1), 락토페린(0/1)] ② 추위, 병충해, 제초제등에 강한 작물 (7/8) ③ 형질전환동물(3/8) [생산성 높은 가축(2/2), 슈퍼연어(1/1), 슈퍼 생쥐(1/3), 생리활성물질을 생산하는 동물(1/4), 해파리 발광유전자를 지닌 원숭이(0/1)
세포융합 (8/8)	본문(7/8) 그림(2/8) 탐구활동: 조사(1/1) 토의(1/1) 자료해석(1/6) 예상(1/1)	① 새로운 형질의 작물 개량(3/8) [무추(1/6), 포마토(3/8), 가자(0/3)] ② 단일클론 항체(5/6) [임신 진단 시약(0/3), 질병 진단 키트(0/1)]

<표 9-2> 생물 Ⅰ과 Ⅱ 교과서에 제시된 생명공학기술의 응용사례 및 제시 방식

생명 공학 분야	제시 방식	응용 사례
조직배양 (3/5)	본문(3/5) 그림(1/5)	인공 씨감자(2/4), 화분배양(1/0), 번식력이 약한 식물의 대량 생산(0/3), 색소·향료·감미료 등의 대량 생산(0/1)
동물복제 배아복제 (8/8)	본문(8/8) 그림(3/8) 읽기자료(2/4) 탐구활동: 조사(1/4) 토의(2/5) 자료해석(2/5) 예상(1/1)	① 복제동물 [우량소(2/2), 복제 양(5/8), 복제 개구리(1/3), 복제 소(3/8), 복제 원숭이(0/1), 멸종위기의 희귀동물의 복제(2/0), 복제 쥐(0/1)] ② 장기이식 [이종 장기이식(0/1), 줄기세포(0/1)] ③ 인간복제의 가능성(2/3)
질병의 진단 및 치료 (4/8)	본문(5/7) 그림(0/5) 읽기자료(1/7) 탐구활동: 조사(1/2) 토의(1/2) 자료해석(0/3) 예상(1/1)	① 난치병의 치료 (6/6) [골수 이식(2/0), 암의 치료(0/2), 효소면역측정법(0/1), AZT(0/3), 칵테일 요법(0/1), ZDV(0/1), 유전자 치료(5/6)] ② 유전자 분석(3/8) [유전병의 진단(3/3), 유전자 지문 감식(범죄수사,친자 확인등)(1/5), DNA 칩(0/2)] ③ 게놈 프로젝트(4/5)
환경 (4/7)	본문(4/7) 읽기자료(0/1) 탐구활동: 조사(0/1) 토의(0/2)	환경 정화에 응용되는 미생물(4/7) 미생물농약(살충제)(1/1), 효소세제(1/0), 환경모니터링(1/1), 생물 감지 장치(0/1), 금속을 흡수하는 유전자 조작 식물(1/1), 대체 에너지 산업에의 응용(0/1)
기타(3/4)	본문(2/2) 읽기자료(1/1)	미생물을 이용한 발효 식품의 생산 및 발효 기술(1/2) 프로테오믹스(1/0), DNA 칩(1/0), DNA 염기서열 분석법(0/1)

* 괄호 안의 숫자는 (관련내용을 포함하는 생물I 교과서의 수)/(관련내용을 포함하는 생물II 교과서의 수) 이다.

** 그림을 통해 원리나 활용사례를 설명하는 그림의 수를 말하며 단순하게 사례를 제시하는 그림 또는 사진 자료는 포함하지 않았다.

3. 주요 생명공학기술과 관련된 용어에 대한 제시

유전자재조합기술, 세포 융합 기술 및 핵이식 기술은 대부분의 생물 Ⅰ과 생물 Ⅱ 교과서에서 소개되고 있다. <표 10>에는 각 생물 교과서에서 이들 기술을 소개할 때, 어떠한 용어를 사용하고 있으며, 이들 용어에 대한 설명을 제시하고 있는지의 여부를 보여주고 있다.

생물 Ⅰ 교과서에는 생명공학기술을 설명하기 위해 제시된 용어나 개념이 주로 그림 속에 표현되거나, 교과서 본문에 간단히 설명되거나, 본문의 옆 여백에 용어 사전, 용어 해설 등으로 설명되어 있다. 반면에 생물 Ⅱ 교과서에서는 도입한 용어나 개념이 모두 본문이나 여백에 용어 해설 형식으로 설명되어 있었다. [그 외]의 항목으로 나열된 용어들은 특별히 각 교과서별로 여백에 설명과 함께 추가된 용어나 개념들이다.

<표 10> 유전자 재조합, 세포 융합, 핵이식 기술 분야에 관련된 용어의 종류와 수

생명 공학 분야	제시 현황 (제시된 교과서의 수/설명 되어진 교과서의 수)	
	생물 Ⅰ 교과서	생물 Ⅱ 교과서
유전자 재조합 기술 분야	제한효소 (5/5) DNA 연결효소 (6/2) 플라스미드(운반체) (7/4) 재조합 DNA (6/4) (또는 재조합 유전자) 그 외 : 유전자 조작, GMO, ADA 결핍증	제한효소 (8/8) 연결효소 (8/8) 플라스미드(운반체) (8/8) 재조합 DNA (8/8) 그 외: DNA(유전자) 클로닝, cDNA 클로닝, 게놈, 유전자 도서관, 클론, 항생제 내성 유전자
세포 융합 기술 분야	센다이바이러스(2/0) 폴리에틸렌글리콜(3/0) 원형질체(프로토플라스트) (2/1) 잡종세포(3/1) 그 외 : 세포 융합	단일 클론 항체(3/3) 폴리에틸렌글리콜(3/3) 원형질체 (2/2) 그 외 : 센다이바이러스, 전형성능, 하이브리도마, 클론, 유전자 클로닝
핵이식(핵치환) 기술 분야	클론(3/3) 핵치환(1/1)	클론(3/3) 클로닝(2/2)

4. 잘못된 용어를 사용하거나 정확성이 떨어지는 기술소개의 사례

생명공학기술은 사회에 수용되는 과정에서 커다란 논쟁을 불러일으키고 있다. 가치관이나 입장에 따라 동일한 기술을 여러 시각에서 바라볼 수 있기 때문이다. 따라서 학생은 물론 교사들까지도 기술의 효용성이나 문제점에 대해 혼란스러워할 가능성이 높아 교과서의 내용은 정확하고 공정하게 기술되어야 한다. 하지만 언론의 보도를 그대로 옮기거나 쉬운 표현으로 고치는 과정에서 정확성이 떨어지는 사례가 종종 발견되었고, 용어를 잘못 해설하는 등의 단순한 오류도 눈에 띄었다. 몇 가지 예시를 제시하면 다음과 같다.

① 1996년 우리나라에서 모유 성분인 락토페린을 생산하는 젖소 '보람'이가 탄생했다. 락토페린은 항균, 항바이러스 및 면역 증강 효과가 뛰어난 물질이다. 보람이는 그림 1-7과 같이 락토페린 유전자를 젖소의 수정란에 미세 주입하여 만들어지며, 그 결과 보람이는 사람의 락토페린은 대량 생산할 수 있게 된다. 또, 보람이와 유사한 원리로 빈혈 치료제를 만들어 내는 돼지인 '새로미'도 탄생했다. 새로미는 빈혈 치료제를 함유한 젖을 다량 생산한다(B2).

형질 전환 젖소의 우유에서 원하는 생리 활성 물질이 발현된다면 동물을 희생시키지 않고도 용이하게 많은 양의 물질을 얻을 수 있다. 그러나 보람이는 수놈이어서 사람의 락토페린을 대량 생산할 수 있는 것은 아니다.

② DNA 칩을 이용한 DNA 분석 시스템은 저렴하고 신속하면서도 간편한 방법을 제공하고 있다. 즉, DNA 분석 속도를 수십~수백 배 증가시켜 인간 게놈 프로젝트의 완성 시기를 크게 앞당겨 줄 것으로 기대된다(B1).

DNA 칩을 이용해 다양하게 DNA를 분석할 수 있지만 ②에서 제시하고 있는 것처럼 인간 게놈 프로젝트의 완성을 앞당겨준 것이라고 보기는 어렵다. 인간 게놈 프로젝트

를 수행하는 과정을 앞당겨 준 것은 자동화된 염기 서열 결정법이라 할 수 있기 때문이다.

③ 대부분의 교과서는 유전자재조합기술을 이용하여 사람의 단백질을 대장균에서 발현시켜 생장 호르몬 또는 인슐린 등을 대량 생산하는 과정을 그림으로 설명하고 있었다. 이때, 여러 교과서에서는 세균에서 발현시키고자 하는 사람의 유전자를 사람 세포에서 직접 DNA를 추출하여 제한효소로 이를 절단한 다음 세균의 플라스미드에 연결시키면 원하는 단백질이 만들어진다고 설명하고 있었다(A1, A2, B2, C1, D1, E1, E2, F2, H1, H2). 이러한 설명은 진핵세포의 유전체 DNA를 직접 잘라 세균의 플라스미드에 이어 붙이면 세균의 세포에서 진핵세포의 단백질이 만들어지는 것으로 잘못 받아들일 소지가 있다. 그러나 이를 '유용한 유전자를 지니는 외부 DNA(C2, G1, G2)'와 같이 표현함으로써 어렵지 않고도 정확하게 정보를 전달할 수 있다.

④ 용어의 사용이 적절하지 않은 경우도 몇몇 발견 할 수 있었다.

◎ 다국적 연구단체인 인간 게놈 프로젝트(HGP)(D1)

◎ 살충효과를 내는 호르몬을 생산하는 작물 개량(A2)

◎ 당뇨병과 같이 유전자가 없거나 기능을 잃어서 필요한 단백질을 만들지 못하기 때문에 생기는 병을 유전병이라 하고...(A2)

'다국적 연구단체'보다 '다국적 연구사업'이라 표현하는 것이 더 적절하다. 또한 유전자재조합기술로 개발된 작물에서 살충 효과를 내는 단백질을 '호르몬'이라고 표현한 것과 당뇨병을 '유전병'이라고 정의 내리는 것도 적절하지 못한 용어 설명의 사례이다.

⑤ 그 밖에도 전형성능(全形成能)을 '모든 형질을 발현시킬 수 있는 능력(A2)'이라고 용어의 설명이 잘못된 경우도 있었다.

⑥ 본문 내용의 이해를 돕기 위해 제시되는 그림들의 설명이 적절하지 않거나 잘못된

경우도 있었다. 유전자재조합기술을 이용한 인슐린의 생산 과정 중 실제 유전자재조합기술에 해당하는 부분은 일부분이라는 사실을 설명하지 않고 “유전자 재조합”이란 단어로 제시되었다(C1). “유전자 조작된 동물”이라고 소개된 사진에는 두 마리의 쥐가 있다. 실제 한 마리만 보통 쥐보다 큰 슈퍼마우스이며 옆의 쥐는 크기를 비교하기 위한 것임에도 불구하고 둘 다 “유전자 조작된 동물”로 제시되어 있다. 이와 비교했을 때 동일한 그림을 “수퍼 생쥐(왼쪽)와 보통 쥐(오른쪽)”로 나누어 표기하는 경우가 오해를 줄일 수 있는 적절한 표현이다(G1). A2 교과서에서는 슈퍼마우스가 핵치환기술을 이용한 것으로 본문에서 설명되기도 하였다. 마지막으로 “세포 융합 기술로 개발된 발광 식물(담배)은 “유전자재조합기술로 개발된 발광 식물”로 표기되어야 한다.

5. 생명공학기술의 현황과 미래에 관련된 전망

생물 Ⅰ과 생물 Ⅱ 교과서에는 생명공학기술이 실생활에 응용된 사례와 앞으로 생명공학기술이 발달하여 인류에게 미칠 수 있는 영향을 전망하는 사례들이 많이 소개되었다. 하지만 소개된 생명공학기술 가운데 이미 현실화된 기술과 앞으로 가능성만 제시되고 있는 기술을 쉽게 구별할 수 없었다. 연구단계의 기술이 실용화된 것처럼 설명된 경우도 있었다.

아직 실용화 단계까지 이르려면 갈 길이 먼 연구개발 초기 단계의 유전자 치료와, 기술의 어려움과 유전자재조합기술의 발전으로 거의 개발되지 않고 있는 식물의 이종간 세포융합기술 및 널리 활용되고 있는 기반 기술인 식물조직배양법등이 구체적인 설명 없이 대부분 “~할 수 있다”라는 표현으로 제시되어 있다.

◎ ‘그 밖에 합성 비료의 사용을 억제하기 위하여 질소 고정 유전자를 작물에 넣어 스스로 질소를 고정할 수 있는 능력을 가진 형질 전환 식물체의 개발, 무공해 미생물 살충제의 개발, 효소 세제의 생산, 음식 쓰레기의 처리 등을 위한 생명공학적인 방법이 개발되어 사용되고 있다(E1).’

위의 사례를 보면 어디까지가 개발되어 사용되는 것이고 어느 것이 개발 중인지 분명하지 않다. 이 가운데 질소고정능력을 가진 형질전환식물체는 거의 이론적인 단계의 구상에 불과하고, 미생물 살충제나 효소세제 및 생명공학방법을 이용한 음식 쓰레기 처리는 사용되고 있는 사례에 해당한다.

다음은 아직 임상 연구의 초기 단계에 불과한 유전자 치료가 실용화 된 것처럼 오해할 수 있는 사례들이다.

◎ 염색체나 유전자 검사법으로 태아의 유전병 진단이 가능하게 되었으며, 손상된 유전자를 건강한 유전자로 바꿀 수 있게 됨으로써 당대는 물론 후손까지 영구적인 유전병 치료가 기대된다(G1).

◎ 또한, 골수암이나 백혈병의 치료에 유전자 조작을 이용할 수 있다. 골수암을 일으키는 세포를 취해 정상 유전자를 삽입한 후 다시 골수에 넣으면 정상적인 혈구가 생산된다(G1).

◎ 건강한 유전자로 질병에 취약한 유전자를 대체하여 몸속에 주입함으로써 건강을 유지할 수 있다(H1 그림8-32 설명).

◎ 한편, DNA를 수리하는 방법도 활발히 모색되고 있다. DNA 수리는 결함이 있는 유전자를 정상 유전자로 교체해 주는 기술이다. 현미경으로도 볼 수 없을 만큼 크기가 작은 DNA 이지만 각종 바이러스를 통해 결합이 있는 DNA를 수리할 수 있다. 레트로바이러스는 정상적인 DNA를 내부에 싣고 인체 내에서 이상 유전자가 있는 곳으로 침투해 정상적인 DNA를 공급한 뒤 고장 난 DNA를 회수하는 데 이용된다(B2).

◎ 유전자 치료는 유전적으로 결핍된 유전자나 손상된 유전자를 건강한 유전자로 대체함으로써 유전자 이상에 의해서 나타난 현상을 치료하는 것뿐만 아니라 근본 원인을 치료하며 환자 본인은 물론 2세, 3세까지 영구적인 치료를 가능하게 하고 있다(H2).

또, 논리적 비약이나 확대 추론에 의해 비합리적이거나 극단적으로 표현된 사례들도 찾을 수 있었다.

◎ 생물 정보학에서는 DNA의 방대한 유전 정보와 이에 의해 합성된 단백질의 입체 구조에 대한 정보를 컴퓨터를 활용하여 분석한다. 단백질의 입체 구조에 대한 정보가 분석되면 유전병이나 암 등을 근본적으로 치료할 수 있다(B1).

◎ 세포융합은 두 가지 생물의 세포를 융합시켜 두 생물의 특징을 모두 갖춘 생물을 만들 수 있는 기술이다(C1).

◎ .. 또한 게놈 프로젝트와 같은 인간의 DNA와 유전자를 분석하는 작업이 완성되면 인간을 괴롭혀 왔던 유전병을 치료하는 유전자 치료법도 더욱 더 발전할 것이다(H1).

◎ 세포융합을 설명하면서 "융합 세포는 그 안에 들어 있는 유전자가 모두 발현되어 새로운 형질을 지닌 생물로 생겨날 수 있다"라고 표현하였다(A2).

◎ 생물 정보학에서는 DNA의 방대한 유전 정보와 이에 의해 합성된 단백질의 입체 구조에 대한 정보를 컴퓨터를 활용하여 분석한다. 단백질의 입체 구조에 대한 정보가 분석되면 유전병이나 암 등을 근본적으로 치료할 수 있다(B1).

◎ 오늘날 생명공학의 핵심적인 내용은 DNA와 유전자를 다루는 기술에 있다. 유전 정보가 담겨 있는 DNA는 모든 생물의 형질을 결정하므로 이를 조작한다는 것은 곧 생명체를 인간의 의지대로 창조하거나 변형시킬 수 있다는 것을 의미한다(D1).

◎ 태아 단계에서 난치병들을 조기 진단할 수 있는 손톱만한 DNA 칩은 이미 실용화되어 제품까지 나오고 있다. 이 칩에 침이나 피 한 방울만 떨어뜨리면 곧바로 유전자 이상 유무를 알 수 있다(B2).

6. 연구결과의 양면가치와 관련된 내용기술의 실태

생명공학기술이 인류에 미치는 긍정적 측면과 부정적 측면에 대해 균형 있게 표현되었는지 살펴보았다. 모든 교과서에서 긍정적인 측면과 부정적인 측면을 모두 다루고 있었다. 그러나 많은 교과서에서 긍정적인 측면이 위의 「**5. 생명공학기술의 현황과 미래에 관련된 전망**」에서 제시한 결과와 같이 상당 부분 과장되어 가능성과 현실이 혼재된 채 제시되어 있었다. 부정적 측면 역시 논리적이고 합리적인 근거가 제시되지 않은 채 과장된 위험을 표현하거나 자극적인 내용이 많았다. 대표적인 예를 다음과 같다.

◎ 생명 공학 기술에 의해 인슐린, 생장 호르몬, 인터페론, 인터루킨 등이 대량으로 생산되어 시판되고 있다. 또, 유전자 조작에 의해 생산성이 높고 병충해에 강한 벼나 콩 등의 농작물이 개발되어 재배되고 있다. 그러나 이들 유전자 조작 농산물은 생태계를 교란할 위험성도 있으므로 생물의 유전자 조작에는 많은 위험이 따른다. 병충해에 강한 유전자 조작 식물을 먹고 살 수 있는 해충이 발생되었을 때에 생태계에 미칠 영향은 누구도 예측할 수 없다(A1).

◎ 유전자 재조합은 새로운 백신의 개발, 유전병의 치료 등 그 응용 범위와 파급효과가 커서 21 세기를 생명 공학의 시대로 이끄는 기술로 기대된다. 그러나 유전자 조작의 오·남용으로 인류가 상상할 수 없는 파괴적인 생물이나 세균이 만들어진다면 우리 모두 일시에 파국에 이르게 될 가능성도 충분히 있다(F1).

◎ 유전자가 변형된 새로운 생물(GMO)의 출현은 자연 생태계의 큰 혼란을 초래할 수 있다. 획일화된 유전자를 가진 종들이 다른 다양한 유전자를 가진 종들을 대체한 후 특정 질병에 의하여 사라진다면 생태계의 물질 순환과 에너지 순환의 고리는 끊어지고 말 것이다(E1).

◎ ... 그러나 생명 공학이 야기할 수 있는 문제점을 간과해서는 안 된다. 생명공학 기술을 이용하면 유전자 조작을 통해 새로운 생명체를 만들어 낼 수 있는데, 이렇게 만들어진 생물이 기존의 환경 속에 끼어들면 생태계의 균형을 파괴시킬 수 있다. 또한 인간을 생명 공학의 연구 대상으로 한다면, 인간의 존엄성에 문

제가 생기고 기존의 가치관, 사고방식 등이 흔들릴 것이다(B1).

◎ 이와 같은 꿈같은 미래가 보장되기 위해서는 생물 공학의 발전 밑바탕에 생명에 대한 윤리관이 올바로 정립되어 있어야 한다. 생물 공학 기술이 악용된다면 인간을 복제하여 소모품으로 만들거나 전쟁무기로 생태계를 파괴하는 생물을 개발해 퍼뜨릴 수도 있다. 따라서 생물 공학 기술이 전 인류를 위하여 사용될 수 있도록 생명 존중의 가치관을 심어 주어야 하며, 생물 공학 연구를 제한할 수 있는 제도를 만들어 악용되는 것을 막을 필요가 있다(C1).

유전자 재조합 농산물 가운데에는 식용으로 인정되어 시판된 경우도 있고 우리나라에서도 유전자 재조합 농산물을 이용하여 가공한 식품은 판매가 허용되고 있다. 하지만, 다음의 사례들처럼 교과서에는 기술의 안정성에 대해서 전적으로 불신하거나 아직 판단할 수 없다고 표현하는 경우도 있었다.

◎ 상품화에 들어간 유전자 조작 농산물은 콩, 옥수수, 감자, 호박, 벼, 치커리 등 15개 작물 70여 품종에 이르며, 20여 개 국가에서 상업적으로 생산하고 있다. 그렇다면 이들 유전자 조작 농산물 및 식품은 안전한 것일까? 가장 궁금한 문제이지만, 아쉽게도 지금의 기술로는 이를 명백히 판별할 방법이 없다(F1).

◎ ... 유전자 조작 농산물에 대해서는 아직 그 안전성 여부가 확인되지 않아 많은 논란을 겪고 있다. (C1)

7. 생명공학기술에 대한 탐구활동 과제의 분석

앞의 <표 7>에서 알 수 있듯이 생명공학 단원에서도 다양한 탐구 과제가 제시되고 있는데, 단원의 성격상 직접 실험 활동 등은 제시되지 않고 주로 자료를 제시하거나 조사 및 토론을 유도하는 방식이었다. 이 때 다음의 예시들처럼 각 교과를 학습하는 학생의 수준이 충분히 고려되지 않아 학습자가 합리적인 사고 과정을 통하여 생각하기 어려운 문제 또는 자료를 찾기가 거의 불가능한 문제가 제시된 경우가 있었다.

◎ 인간 게놈 연구가 완성되면 다음과 같은 문제들이 나타날 수도 있다. 각 문제에 대해 각자 자신의 의견과 해결책을 제시하고 토의해보자.

(1) 유전자 조작을 통한 맞춤 인간이 태어난다. 유전 공학 기술의 혜택을 받은 우수한 형질의 인간과 그렇지 못한 열등한 형질의 인간으로 구분될 수 있을 것이다.

(2) 인간의 유전자 중 악성 유전자를 제거하다 보면 결국 모든 사람의 유전자가 비슷해져 다양성이 없어질 것이다.

(3) 사람의 수명이 늘어나 인구가 폭발적으로 증가할 것이다. (C1)

◎ 돼지에게 사람의 심장을 가지게 하여 심장 이식에 이용하려는 연구가 진행되고 있다. 어떻게 하면 돼지가 사람의 심장을 가질 수 있을까? (A2)

◎ 치매 등을 연구하는 분야를 신경 생리학이라 한다. 치매는 어떤 방법으로 치료할 수 있는가? (A1)

◎ 생명 과학을 이용하여 식량부족을 어떻게 극복 할 수 있는지 토의해 보자. (G2)

◎ 우리나라에서는 앞으로 세포융합기술을 이용하여 유용한 형질을 갖는 어떤 잡종 농작물을 개발할 필요가 있는지 조사해 보자. (E2)

◎ 다음은 미래의 어느 회사에서 신입 사원을 선발할 때 일어날 수 있는 일을 나타낸 글이다. 이 상황에 대해 어떻게 생각하는가?

[유전자 게놈 분석에서 A군의 유전자가 B군보다 우수하게 나타났으므로 A군을 채용하였다.]

제시된 답: 유전자 게놈의 공개는 자칫 개인의 인권을 선천적인 이유로 침해할 수 있다. (A1)

2. 유전자와 유전자재조합기술에 대한 면담 결과

유전자재조합기술 이해의 기반이 되는“유전자”와 관련된 기본 개념을 어떻게 이해하고 있는지 파악하고자 유전자가 어디에 존재하는지, 한 개체의 각 기관을 구성하는 세포 속에 유전자가 동일한지 등을 질문하였다.

그 결과 동일한 주제에 대한 양적 연구결과에서 나타나지 않았던 개별 학생들이 지니는 유전자에 대한 바탕개념을 알 수 있었다. 또한 유전자재조합기술의 수용에 대한 자신의 의견을 말하고 그 주장을 뒷받침하는 근거를 설명하도록 하였다. 이에 대해서는 대부분 생물교육과정에서 유전자재조합기술을 배우지 않았기 때문인지 학생들이 가진 단편적인 지식을 바탕으로 감정에 입각하여 판단하거나 단순하고 성급하게 결론을 내리는 경향을 보였다.

(1) “유전자”나 “유전자”재조합기술이란 용어를 들어본 적이 있는가?

중학생들로 구성된 모둠 1에서는 면담을 시작할 때 학생들에게 면담의 주제를 소개하기 위해 먼저 학생들이 “유전자”나 “유전자재조합기술”이란 용어를 들어본 적이 있는지에 대해 물어보았다. 5명의 학생들이 모두 경험한 적이 있다고 답하였고, 좀 더 구체적인 경험 시기나 장소 등에 대한 질문에는 다음과 같이 답변하였다 <표 11>.

<표 11> “유전자”나 “유전자재조합기술”이란 용어를 들어본 경험

구체적인 경험에 대한 시기나 장소	
수업시간	FA, FC: “기술·가정” 시간
	MB: 특기적성 과학시간
	FD: 과학수업시간
기 타	FE: 캠프
	FC: 뉴스
	MB: 생물에 관련된 책

고등학생들로 구성된 모둠 2는 앞으로 장래 희망이 무엇인지 어떤 과목에 흥미가 있는지 등으로 대화를 시작하면서 자연스럽게 4명의 학생들 중 한명이 생물 수업시간에 공부한 유전현상이 신기하고 흥미로웠다는 의견을 제시하게 되어 면담의 주제로 흘러가게 되었다. 역시 고등학생들로 구성된 모둠 3은 학생들이 면담을 하기 바로 전, 과학캠프에서 어떤 실험(항바이러스 감자 개발)을 하는지 설명하면서 면담의 주제로 자연스럽게 유도되었기 때문에 모둠 2와 모둠 3에서는 위와 같은 질문을 생략하였다.

(2) 사람의 특성에 대한 유전과 환경의 영향

20년 동안 다른 환경에서 자란 일란성 쌍둥이가 만났다면, 무엇이 같고 무엇이 다를지에 대해 물어보고, 이와 연결하여 유전적으로 결정되는 형질과 문화·사회적으로 대물림되는 특성을 비교해 보도록 질문하였고, 학생들의 의견은 다음의 <표 12>와 같이 정리할 수 있었다.

<표 12> 유전자의 영향과 환경의 영향에 의한 특성에 대한 비교

학생	유전자의 영향	유전자와 환경의 영향	환경의 영향
FA	키, 성격, 취향		지능, 몸무게
MB	키, 몸무게, 취향		지능
FC	취향, 키, 몸무게		지능
FD		키 (유전 < 환경)	성격, 지능
FE	취향과 체질이 같다면 지능도 비슷할 것이다.		
Fa		키	성격
Fb		키	
Fc			성격
Md		성격 (유전영향이 매우 작다)	
Fe		키, 몸무게, 피부색, 지능 (유전 > 환경)	성격
Ff	키, 몸무게	지능	성격
Mg	키, 몸무게		성격, 취향, 지능
Mh	키, 몸무게	지능 : 처음 똑같이 물려받지만 살면서 달라짐	성격, 취향

13명의 학생들이 모두 겉으로 드러나는 생김새는 똑같기 때문에 생김새는 유전자에 의해 결정된다고 답하였다. 6명의 학생이 생김새와 함께 키나 몸무게도 일란성 쌍둥이는 유전적으로 동일하므로 유전자의 영향을 받아 비슷할 것이라고 말했다. 4명의 학생은 키나 몸무게는 어느 정도 유전적인 영향도 있지만, 예전에 먹을 것이 부족한 시대에 사셨던 할아버지 할머니 보다 지금 사람들의 평균 신장이 더 커진 것 등을 예로 들며 환경에 따라 다를 수 있다고 답하였다.

학생 FA의 경우는 몸무게는 전적으로 먹는 양에 따라 달라질 수 있다며 유전적인 영향을 배재하였고, 이에 비해 FC 학생은 “키, 몸무게도 비슷할 거 같아요. (먹는 습관이 달라도) 체질이란 게 있잖아요. 조금만 먹어도 살찌는 체질이 있고, 일란성 쌍둥이니까 유전자가 거의 같잖아요. 그러니까 체질이 같으니까.”라고 말했다. 7명의 학생은 쌍둥이의 성격은 전적으로 환경의 영향을 받아 다를 수 있다고 답했지만, 4명의 학생은 일란성 쌍둥이가 좋아하는 취향이 같을 것이라고 답했다. 이 중 두 명의 학생은 다음과 같이 TV나 책으로부터 경험한 예를 제시하였다.

◎ TV에서 봤거든요. ‘꼭 한 번 만나고 싶다’ 비슷한 프로그램에서 봤는데, 쌍둥이들이요 30년 동안 떨어져 살았데요. 한 명은 외국에서 한 명은 우리나라에서 살았는데, 만났을 때 서로 연락 한 번도 만난 적도 없었는데, 옷 스타일도 비슷하고, 귀걸이도 똑 같았어요. 그래서 취향 같은 건 비슷할 거 같아요(FD).

◎ 책에서 봤는데요, 떨어져 있어도 좋아하는 숫자도 같고, 좋아하는 옷도 같고 그런다고(MB).

지능은 어떤 영향을 받을 것 같은지에 대한 질문에 대부분의 고등학생들은 유전과 환경의 영향을 모두 받는다고 답했지만 중학생들은 모두 성적이나 IQ등이 노력에 따라 달라질 수 있다고 강하게 대답하였다. 이때, 지능이란 의미와 성적, IQ가 다른 의미를 가진다는 것을 부연설명을 통해 알려주었지만, 여전히 자신의 노력이 가장 중요한 결정요인이 된다는 생각을 가지고 있었다.

위 <표 12>에서 한눈에 보이는 경향은 모둠별로 의견들이 비슷하다는 것이다.

고등학생들보다 중학생들이 지능을 제외한 대부분의 특성을 주로 유전자에 의해 결정되어 일란성 쌍둥이에게 동일하게 나타난다고 말했고, 주변에서 접한 대중매체나 친구 이야기 등을 예로 들며 자신의 의견을 뒷받침하는 경향을 보였다.

(3) 유전자를 가지는 것과 유전자를 가지지 않는 것에 대한 중학생들의 판단

중학생 5명들은 모두 수업시간이나 생활 속에서 “유전자”라는 것을 들어본 적이 있었다. 이들은 과학 수업 시간뿐만 아니라 특기적성 과학시간이나 기술·가정시간, 캠프, 뉴스, 책등 을 통해 “유전자”나 “유전자재조합기술”을 들어본 적이 있다고 하였다. 학생들에게 “유전자”의 역할이 무엇인지에 대해 묻고 대답한 후 면담자는 다양한 생물과 무생물의 사진들로 구성된 8절지의 그림판을 학생들에게 제시하였다<그림 2>.

학생들에게 각자 사진속의 생물 또는 무생물이 유전자를 가지고 있는 것은 무엇이며, 가지지 않은 것은 무엇인지 질문하였다<표 13>. 면담자는 이 질문에서 학생들의 솔직한 답을 유도하기 위해 학생들이 얘기하는 것이 정답이냐 아니냐를 판단하고자 함이 아니라 학생들의 생각이 어떠한가를 아는 것이 목적이라고 설명하였다. 그리고 학생들에게 그렇게 판단하는 이유에 대해서도 간략히 설명하도록 하였다<표 14>.

<그림 2> 학생들에게 제시한 다양한 생물과 무생물 그림

<표 13> 다양한 그림 속 생물과 무생물의 유전자 보유 여부에 대한 학생들의 판단 결과

사 진	FA	FC	FD	FE	MB
1) 침팬지	o	o	o	o	o
2) 거미	**x**	o	o	o	o
3) 거미줄	x	x	**o**	x	x
4) 열매	o	o	**o**	o	**o**
5) 꽃	o	o	o	o	o
6) 피카츄	x	x	**o**	**o**	**응답포기**
7) 버섯	-	**x**	**o**	**x**	-
8) 옥수수 알갱이	-	-	-	-	**o**
9) 아메바	**x**	-	-	**x**	-

(위 표에 제시된 O 는 유전자가 있다고 대답한 것이고, X 는 유전자를 가지고 있지 않다고 대답한 것이다. 7), 8), 9)에서 빈 칸은 학생이 대답하지 않았으므로 그대로 비워 두었다.)

제일 먼저 침팬지는 다들 있다고 동의하였고, 각자의 판단 근거를 설명하지 않아도 당연하다는 표정과 함께 유전자를 가지고 있다고 대답하였다. 두 번째 거미 또한 침팬지와 같이 다들 있다고 대답하리라 생각하고 거미줄에 집중하여 질문하였다. 그러나 뜻밖에도 거미줄에 대해 얘기하던 중 한 명(FA)의 학생은 아니라고 했는데 거미는 곤충류가 아니기 때문에 거미는 생물이 아니므로 유전자를 가지고 있지 않다고 설명하였다<표 14>.

거미줄에 4명의 학생(FA, FC, FE, MB)이 유전자를 가지고 있지 않다고 말했다. 앞의 질문에서 유전자의 역할에 대해 FC와 FE는 유전자를 자식이 부모를 닮게 하는 원인이라고 말했고, MB는 유전정보를 담고 있는 물질이라고 답했기 때문에 거미줄은 유전현상이 나타나는 생물이 아니므로 쉽게 유전자가 없다고 판단한 것이다. 하지만, 대해 한명의 학생(FD)은 거미줄에도 유전자가 있다고 대답했다.

열매와 꽃에는 5명의 학생이 모두 유전자를 가지고 있다고 말하였고, MB의 경우, 옥수수 알갱이도 열매와 함께 유전자가 있을 것이라고 답하였다. 피카츄에 대해서는 두 명(FD, FE)은 유전자를 가진다고 했으며, 두 명(FA, FC)는 허구적으로 만들어진 만화일 뿐이라고 말하며 유전자를 가지지 않았다고 했다. MB가 답을 회피한 것은 만화 캐릭터일 뿐, 실제로 살아 있을 수가 없기 때문에 유전자의 유·무

를 고려할 필요조차 없다는 말이었다.

마지막으로, 버섯과 아메바에 대한 <표 13>의 빈칸은 모둠의 구성원에게 개인별로 순서를 정해놓고 규칙적으로 질문하지 않고, 5명이 모두 자유롭게 대화하는 형식으로 진행하는 과정에서 몇 명은 의견을 말하지 않았던 것이다. 하지만, 아메바에 대해 답한 두 명의 학생(FC, FE) 모두 유전자를 가지고 있지 않다고 했으며, 버섯에는 3 명중 2명(FC, FE)이 유전자가 없다고 했고, 1명(FD)만이 버섯 속에 유전자가 있다고 답했다.

<표 14> 유전자의 보유 여부에 대해 학생들 제시한 판단 근거

사진	학생	판정 근거
거미	FA	X : 거미 자체가 없을 것 같은데요. 거미가 비 곤충이라고 들어서요.
거미줄	FD	O : 거미가 걸으면서 조금씩 배출되지 않을까? 거미알집 같은데 거미줄이 쌓여 있잖아요.
열매 (옥수수)	FD	O : 나뭇가지랑 연결되어 있잖아요.. 아주 미세한 유전자가 나오지 않을까요?
	MB	O : 있어요. 열매는 나무에서 나온 거고, 심으면 다시 싹이 나오고 그러니까.
		O : 옥수수 알에 유전자가 있어요. 알 속에 씨 같은 거에 있어요.
꽃	FE	O : 꽃은요 씨 같은 게 있잖아요. 번식을 할 수 있잖아요. 그럼 부모랑 유전자가 같은 거라 그랬잖아요. 그러니까 꽃은 있어요.
피카츄	FD	O : 있어야 되요. 근데 이 피카츄는 곤충이야? 사람이야? 인간이야? 동물이야? 얘도 살아 움직이는 동물 쪽에 속하니까.. 전기... 다 유전자가 타버리나? 그러니까 그것들은 유전자 겉에 보호하는 고무막 같은 게 있어야 될 꺼 같아요.
	FE	O : 있을 것 같아요. 생물이니까
	FA	X : 없을 것 같아요. 이건 작가들이 허구적으로 상상력으로 만든 거니까 없을 것 같아요.
	FC	X : 없을 것 같아요. 이건 만화잖아요. 근데 만약에 이런 게 진짜 있다면 유전자는 있을 것 같아요
	MB	pass : 만화 캐릭터일 뿐이니까 실제로 살아있을 수 가 없으니까요.
버섯	FD	O : 있어야 되요.. 얘는 나무에서 옆으로 퍼지잖아요. 나무속에다 유전자를 뿌려서 나게 하지 않을까요? 나무도 물도 먹고, 수분도 있으니까 나무속에 유전자를 뿌려서.. 버섯 속에 유전자가 있어야 나무속에 박아서 자랄 수 있으니까.
	FE	X : 버섯은 없어요. 버섯은 기생하는 건데요. 기생을 어떤 거에 하는가에 따라 다르잖아요.
	FC	X : 버섯은 감수분열해서 번식하지 않잖아요. 포자라고 해야 하나?
아메바	FA	X: 아메바. 없을 것 같아요. 단세포 생물이니까. 심장도 없다 그랬으니까.
	FE	X : 없을 것 같아요. 심장도 없고요. 자기 혼자 못 움직이잖아요.

(4) 유전자에 대한 고등학생들의 이해

“자신이 생각하는 유전자의 정의나 역할이 무엇이라 생각하는가?”라는 질문을 하였을 때, 중학생 3명(FC, FE, MB)과 고등학생 2명((Fb, Fc)은 자식이 부모를 닮게 되는 유전현상의 원인이라고 말했으며, 고등학생 4명(Fa, Md, Fe, Ff)은 생물의 특성과 기능을 결정하는 정보라고 말했다.

이것은 정영란과 김은주(2002)가 중·고등학생들에게 「유전자는 왜 중요하다고 생각합니까?」라는 질문으로 자유응답 형 설문 조사를 한 결과 “유전정보를 전달하므로, 생물의 겉모습을 결정하므로, 생명유지와 자손을 번식하게 하므로, 생물의 성격이나 행동을 결정하므로”라는 답변과 유사하였다. 그래서 면담을 한 학생들의 응답만 보면 유전자에 대해서 이해하고 있는 것처럼 보여 진다.

하지만, 유전자의 중요한 역할인 부모를 닮게 하며 생물의 특성과 기능을 어떻게 결정하는지에 대해 실제 바르게 이해하기 위해서는 유전적 등가성에 대한 이해가 바탕개념으로 바르게 형성되어 있어야 하므로 이를 확인해 볼 필요가 있었다.

1) 유전자의 등가성에 대한 고등학생들의 의견

학생들이 유전자를 어떻게 이해하는지 살펴보기 위해 우리 몸의 각 기관에 존재하는 유전자의 등가성에 대해 질문을 하였다. 모둠 2에서는 「뇌세포와 피부세포의 유전자는 동일한가?」, 모둠 3에서는「손의 세포에 있는 유전자와 뇌세포에 있는 유전자는 같을까? 다를까?」라고 질문하였다. 질문에 대한 고등학생들의 대답과 자신의 답에 대한 이유를 다음의 <표 15>에 정리하였다.

<표 15> 다른 기관을 구성하는 세포의 유전자는 같을까? 다를까?

다른 기관을 구성하는 세포의 유전자는 같다.	
Fa	- 다르진 않을 거 같아요. 몸에는.. 그 친자 감별 하는 거랑 유전자 그런 거 할 때도 여기 머리카락 가지고도 하고, 혈액 가지고도 하고, 그 다음에 침 같은 거로도 하잖아요. 상피 세포 같은 걸로도 하는데. 그런데 만약에 정보가 다르다면 그렇게 안 될 거 같아요. 그런 여러 군데에서 할 수 있는 걸 보면 다르진 않을 거 같아요.
Fc	- 유전자 구성 정보는 같더라도 그 자리에서 나타나야 하는 게 다른 것 같아요.
Fe	- 그 발현이 어느 부분에 관련되어 있는가에 따라..
다른 기관을 구성하는 세포의 유전자는 다르다.	
Ff	- 각 부위마다 있는 유전자니까 손에 있으면 손의 길이나 그런 걸 결정하는데 눈에 있으면 쌍꺼풀이 있나 없나...(다른 것을 결정하기 때문에) 다 다른 것 같아요
Mg	- 뇌는 생각하고, 명령 내리는 거고, 손은 감지하니까..
Mh	- 저도 Mg처럼 그렇게 생각해요.

고등학생 3명(Fa, Fc, Fe)은 뇌세포에 있는 유전자와 피부세포에 있는 유전자가 동일하다고 대답하였고, 그렇게 답한 이유를 물어본 결과, 그 중 2명(Fc, Ff)의 학생은 유전자의 구성 정보는 같지만 세포의 모양과 기능이 다를 뿐이라고 설명하였다. 위<표 14>에 제시된 학생 Fa의 경우는 유전자의 정의나 역할에 대해 정보의 개념으로 표현했었는데, 친자감별의 과정을 예로 들면서 그러한 정보를 머리카락, 혈액, 침, 상피세포 등에 존재하는 물질로도 이해하고 있었다.

민진선 등(2004)의 연구에서도 학생들은 유전자나 DNA에 대한 개념을 유전자 검사나 DNA 검사와 같은 사회적 이슈들에 대한 경험을 바탕으로 한 특정기관에 존재하는 “물질개념”으로 이해할 수 있다고 하였다.

다른 고등학생 3명(Ff, Mg, Mh)은 서로 다른 두 종류의 세포에 존재하는 유전자가 다르다고 대답하였다<표 14>. 이는 학생들이 유전적 등가성을 이해하지 못하며, 3명의 학생들 모두 세포의 형태와 기능에 따라 유전정보가 다르다고 생각하기 때문이다. 보충질문을 통하여 학생들이 하나의 수정란이 가진 유전정보와 수정란으로부터 분열, 분화되어 형태와 기능이 달라진 세포들이 가진 유전정보와의 관계를 잘 이해하지 못하고 있다는 것을 알았다.

2) 유전자와 자동차 설계도와의 비교

고등학생들로 구성된 모둠2의 학생들과 유전자에 대해 어떻게 이해하고 있는지를 구체적으로 알아보기 위해 자동차의 설계도와 어떤 공통점과 차이점이 있는지를 비교하여 설명하라는 추가질문을 하였다. 먼저, 유전자와 자동차 설계도 사이의 공통점으로 3명의 고등학생들(Fb, Fc, Md)이 유전자의 정보에 따라 생물체의 특성과 자동차의 형태가 결정된다는 기능상의 공유속성을 답해 주었다. 유전자와 자동차 설계도가 서로 공유하지 않는 속성인 차이점에 대해서는 <표 16>와 같이 답해 주었다.

<표 16> 유전자와 자동차 설계도를 비교한 고등학생들의 의견

유전자와 자동차 설계도와의 공통점	
Fb	그 위치에 있어야 되는... 유전자도 딱 자리가 있잖아요. 그 자리에 따라서 눈도 이 자리에 있고, 코도 그 자리에 있고, 자동차도 창문은 여기에 붙여야 되고, 여기에는 자동차 엔진을 부착해야 되고, 여기다가는 자동차 바퀴를 박아야 되고 그런 거요.
Fc	자기 혼자 스스로 형태를 만들 수 없다.
Md	형태를 결정하는 정보예요.
유전자와 자동차 설계도와의 차이점	
Fa	대량 생산.. 자동차 같은 게 똑같은 도면으로 수천, 수만 대까지 만들 수 있잖아요. 원한다면 평생 똑같은 도면을 가지고 만들 수 있는데, 사람 같은 경우는 그게 안 된다는 거죠.
Fb	자동차 같은 경우 잘못 붙이면요. 다시 다 떼 가지고 할 수 있잖아요. 그런데 유전자 같은 경우는 그게 어려울 거 같아요. 그리고 복제를 하더라도 부모님한테 물려받은 거, 그 유전자 외에도 살다가.. (얻게 되는) 그런 걸 복제를 한다고 해서 다 똑같아질 수는 없을 거 같아요.
Fc	자동차는 설계도로 만들면 그대로 나오잖아요. 그런데 사람은 나타나는 게 있으면, 나타나지 않는 것도 있구요. 우성 열성이 있다는 거, 사람한테 우성이 나타나잖아요. 식물에게도, 그런데 자동차에게선 그런 게 없다는 거. 그리고 (유전자는) 환경에 영향을 받는다는 것도.

(5) “유전자재조합기술”을 학생들은 어떻게 수용하는가?

1) “유전자재조합기술”에 대한 학생들의 판단

유전자에 대한 질문들에 대해 묻고 답하고 난 후 , 유전자재조합기술에 대한 학생들의 의견에 초점을 맞추도록 주제를 바꾸기 위한 도입질문으로 “그렇다면 유전자가 바뀐다면 어떻게 될까요? 라고 물어 본 결과, 다들 유전자가 바뀌면 생물의 특성이 바뀐다고 답하였다. 좀 더 구체적으로 유전자를 변형하거나 재조합 하는 기술을 어떻게 수용하는지 알아보기 위해 “유전자재조합기술”이 거의 부작용 없이 시행될 수 있다는 상황을 가정하고 다음과 같이 질문하였고, 이에 대한 학생들의 의견과 그렇게 판단한 근거를 모둠별로 정리하였다<표 17>, <표 18>, <표 19>.

① 학생들에게 유전자재조합기술이 발달하게 되어 외모와 관련하여 좋은 형질을 갖도록 유전자를 바꿀 수 있다면 어떤 선택을 할 것인가? (모둠 3에서는 외모에 대한 질문을 유전자의 결함으로 지능이 낮다면 이것을 유전자재조합기술을 이용하여 고치는 것에 대해 질문하였다.)

② 유전적인 질환을 가지고 태어난 경우 유전자를 고쳐서 치료하는 방법이 개발된다면 어떤 선택을 할 것인가?

③ 유전적인 원인으로 왜소증에 걸린 경우 유전자 치료를 통해 고칠 수 있다면 어떤 선택을 할 것인가?

<표 17> 유전자재조합기술에 수용에 대한 모둠 1 학생들의 의견들

학생		유전자재조합기술에 대한 학생들의 의견
FA	외모를 바꾸기 위한 기술 수용에 반대	- 아무리 세상이 좋다 해도 나름의 개성에 따라 살아가는 게 좋을 거 같은데요. 닮는다는 건 부모와 자식 간에 상징 같은 거잖아요. 그런 걸 억지도 변화 시킨다는 건 별로 좋지 못한 거 같아요.
	왜소증치료를 위한 기술 수용에 찬성	- 애들이 크면서, 주위 애들한테 놀림도 받고 그러잖아요. 자기 자식을 위해서면, 놀림 안 받게 해주려면, 그런 거해도 될 거 같아요.
MB	외모를 바꾸기 위한	- 다른 친구들과 비슷하게 생각해요 (외모를 가꾸기 위해 기술을 사

	기술 수용에 반대	용하는 건 반대한다는 의견에 동조하였지만, 뚜렷한 자신의 근거를 제시하지 않았음)
	왜소증치료는 자녀의 선택에 따르겠다.	- 선택하면 할 거 같아요. 일단요. 크도록 놔둬 보구요. 아이가 힘들거나 그러면, 자기가 원하면..
FC	외모를 바꾸기 위한 기술 수용에 반대	- 싫어요. 찝찝할 거 같아요. 자기랑 배우자의 유전자가 들어있는 게 아니잖아요. 일부만 있는 거니까 자기 자식이라는 생각도 별로 안 들고, 싫을 거 같아요. 사람한테는 한 가지씩 장· 단점이 있잖아요. 외모에 대해서 열등감 느낄 필요가 없어요.
	유전병 치료를 위한 기술 수용에 찬성	- 엄마가. 만약에 모르핀을 마약의 용도로 쓴다면, 그건 나쁜 거지만, 의학의 목적으로 쓴다면 그건 좋은 거잖아요. 그러니까 유전자를 고치는 목적이. 자기 아이를 치료하기 위한 좋은 목적이라면 좋은 거지만, 아기가 이쁘거나. 그렇게 자라나게 하는 건 자기의 욕심이잖아요.
	왜소증치료를 위한 기술 수용에 찬성	- 왜소증이 원래부터 작은 거예요? 고쳐야 될 것 같아요.
FD	외모를 바꾸기 위한 기술 수용에 반대	- 아무리 멋있는 아이를 낳고 싶다고 해도, 남의 유전자를 가져다 쓴 거잖아요. 아무리 자기가 낳았어도, 다른 사람의 유전자를 쓴 거니까 자기 자식이라고, 자기 핏줄이라고 안 느껴질 거 같아요. 일부만 가져와도 나와 완전히 같은 건 아니기 때문에. 남의 자식처럼 느껴질 거 같아요.
	유전병 치료를 위한 기술 수용에 찬성	- 그 애가 처음에 태어났을 때는 남의 유전자를 일부를 썼다 해도, 자기 아이가 아닌 거 같다는 느낌이 들잖아요. 그런데 병을 고치기 위해서 남의 유전자를 쓰는 것은.. 만약에 엄마라면, 얘는 다른 사람의 유전자를 썼으니까 내 아이가 아니라고 그럴 수는 없잖아요. 목적이 있잖아요. 병을 고치기 위해서 다른 사람의 유전자를 한 것이기 때문에..
	왜소증치료를 위한 기술 수용에 찬성	- 일단 키가 작은 것은 애들이 키 작다고 놀리잖아요. 그걸 약점으로 잡기도 하고 그러니까, 왜소증인 아이한테 키가 큰 사람의 유전자를 좀 집어 넣어줘도 괜찮을 것 같아요.
FE	외모를 바꾸기 위한 기술 수용에 반대	- 저도 싫은데요. 만약에 그렇게 한다면, 거의 대부분의 사람들이 키 커야 된다면 키 큰 유전자를 넣을 거 아니예요. 그래서 모든 사람이 키가 크다면, 키가 작은 사람이 있기 때문에 키가 큰사람이 빛을 볼 수 있는 건데. 거의 다 키가 크다면 키가 크다는 걸 느낄 수 없어요.
	왜소증치료는 자녀의 선택에 따르겠다.	- 저도 놀림을 받아서 꼭 해야 된다면, 하면 될 텐데요. 왜소증에 걸려서 작으면, 키가 작아도 이로운 점이 있잖아요. 탁자 밑에 공이 들어가면 다른 사람은 뺄 수가 없는데. 그런 걸 빼서 올수도 있고 그러니까.. 커서 (아이가) 원하면 해줄 거 같아요.

<표 18> 유전자재조합기술에 수용에 대한 모둠 2 학생들의 의견들

학생		유전자재조합기술에 대한 학생들의 의견
Fa	외모를 바꾸기 위한 기술 수용에 반대	- 나는 부모님의 유전자를 받아가지고 태어난 거잖아요. 그거를 내 인위적으로 바꿔버린다. 그거는 일단 내가 다른 사람이 되는 거잖아요. 유전자를 조작함으로써. 만약에 미래에 이렇게 유전자 조작을 해서 그렇게 다들 좋은 걸 갖고 싶어 해서 다들 조작을 하면 모든 사람들이 다 똑같은 모습을 하고 있으면 살아가는 재미가 없을 것 같아요.
	유전병 치료를 위한 기술 수용에 찬성	- 유전자 조작 만이 그 아이를 살게 할 수 있는 방법이고, 그게 다 뭐 검증이 됐고, 부작용도 없고, 해 주겠죠~ 그런데 그런 기술을 악용하는 사람들이 많이 있을 것 같아서... 일단 그 기술을 도입하기 전에.. 딱 뭔가 기준이 되는 체계를. 뭔가 법적으로 뭔가를 만들어 놓고 그러니까 유전자 조작이라는 게 쉬운 게 아니잖아요. 그러니까 그런 게 아닌 것만큼, 장난하는 게 아닌 것만큼, 뭔가 확실한 대책을 세워놓고 만약 이걸 악용했을 시에 어떻게 처벌한다. 확실하게 법을...
	왜소증치료를 위한 기술 수용에 반대	- 저는 굳이 만약 제가 그렇게 되었더라도..제 딸이 아니라 제가 그렇게 왜소증이 걸리거나 병이 걸리거나 그렇게 되더라도 받아들일 것 같아요.저는 맘은 아프겠죠. 자식이 그렇게 되면 그런데 그렇게 기술적으로 ..꼭 바꿔야 한다는 그런..생각은...
Fc	외모를 바꾸기 위한 기술 수용에 반대	- 유전자 조작으로 해서 이렇게 성형도 유전자 조작으로 하고.. 그럼 다 건강하고 예쁘고 다 좋게 살 수 있잖아요. 근데 다 자기 개성이 없고 그러면 나중엔 다시 자기 개성을 찾고 싶어질 것 같아요. 그래서 스스로 에.. 처음에 그런 게(기술이) 나왔을 때는 아 좋다. 나 이거고치고 싶어 이거고치고 싶어 해서..난 이게 아파 그럼 또 다 건강하고 다 예쁘고 멋지고 그런데 나중에 보면 아..내 모습을 잃어버린 것 같다. 그렇게 해서 자기 정체성을 찾기 위해서 에..나중에 그 수술을 하는 사람이 적어지고 그럴 것 같아요.
	유전병 치료를 위한 기술 수용에 찬성	- 해줄 것 같아요. 좋은 게 발명 됐다면.. 하지만 안 좋은 것도 따라온다고 그것을 나쁘게 이용하는 사람들도 있을 같아요. 치료는 해야겠지만 나쁜 건 안돼~요.
	왜소증치료를 위한 기술 수용에 반대	- 바꾼다기 보다는 생각을 긍정적으로.. 내가 만약에 제.. 저는 만약에 솔직히 말해서. 아기가 생각을 긍정적으로 할 수 있게... 왜소증인 사람도. 그렇게 그런 단점이지만 또..그걸 가지지 않은 더 많은 능력을 가질 수도 있는 거잖아요. 그래서 그런 능력을 더 키워주고 긍정적으로 생각하고 더 다른 길로 하게 그렇게 북돋아 줄 것 같아요. 약은 필요하겠지만. 유전자를 조작한다는 건 좀..

(이 모둠은 이 주제를 얘기하기 위해 다시 모임을 가졌지만, 두 명의 학생(Fb, Md)은 개인적인 사정으로 참석하지 못하여 두 명의 의견만 들을 수 있었다.)

<표 19> 유전자재조합기술에 수용에 대한 모둠 3 학생들의 의견들

학생		유전자재조합기술에 대한 학생들의 의견
Fe	더 좋은 지능을 가지기 위한 기술 수용에 반대	- 그 사람은 (고칠 수 있다면) 좋겠지만, 전체적인 사회로 봤을 때는 안 좋다고 생각해요. 꼭 그런 게 좋은 방향으로만 쓰일 일은 없잖아요. 그리고 이거는 생명과학기술을 인간한데 적용시키는 거잖아요. 그러니까 뱃속에 있을 때 그렇게 해야 되잖아요. 그럼 생명을 해친다는 뭐 그런 것도 많이 있고..
	왜소증치료를 위한 기술 수용에 반대	- 그렇게 까지 해서 할 필요 없다고 생각해요. 그냥 커서 생활하고 운동하고 그러면 좀 더 크지 않을까요. 치료 방법이 아주 간단한 거라면 그런 거라면 그냥 시키고 싶지만 100한 40? 140 정도인데 너무 복잡하고 돈도 많이 들고 힘들고 그렇게 치료를 하는 거라면 그냥 키울 거 같아요.
Ff	유전병 치료를 위한 기술 수용에 찬성	- 고칠 수 있는 그런 능력이 있으면 썩히는 것보다 쓰는 게 좋다고 생각해요 우리나라 같은 경우. 뭐 전 세계적으로 애기들도 조금 낳는데 사람 그 인적자원이 굉장히 중요하잖아요. 근데 그런 식으로 못 쓸 사람을 유전자 치료를 해가지고 좋게 하면은 그런 면에서 볼 때 장점이 있는 것 같아요.
	왜소증치료를 위한 기술 수용에 반대	- 150몇 그 정도 된다면.. 보통 정상적인 사람이 생활하는 데는 뭐 특별하게 어려움이 있거나 그런 건 없거든요. 키 큰사람들도 나름대로 불편한 점은 있을 수 있잖아요. 서로 장단점이 있으니까 굳이 그걸 인위적으로 해서 할 필요까진 없다고 봐요.
Mg	더 좋은 지능을 가지기 위한 기술 수용에 반대	- 하는 게 낫지 않나?
	왜소증치료를 위한 기술 수용에 반대	- 생활 하는데 지장 없으니까..
Mh	유전병 치료를 위한 기술 수용에 찬성	-저도 Ff의 의견과 같이 치료 받게 하는 게 좋은 거 같아요.
	왜소증치료를 위한 기술 수용에 반대	- 굳이 아이의 키를 키워주고 싶은 마음은 없는데요.

Ⅴ. 논의

1. 고등학교 생물교과서에 제시된 생명공학분야에 대한 분석

생물을 포함한 대부분의 과학 교과에서 지금까지 주로 다루어진 교과 내용은 합의된 지식 체계와 이를 효과적으로 전달하는 과정이 중심이 되어 왔다. 이와 달리 생명공학은 지금 진행 중이거나 최근 응용되기 시작한 연구를 중심으로 경우에 따라서는 사회적으로 합의가 이루어지지 않은 내용을 다루어야 하기 때문에 특별한 주의가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 문맥을 통하여 집필자의 의도를 알아 낼 수 있더라도 또한 제시된 내용에 뚜렷한 오류가 없다 하더라도 읽는 사람의 입장에서 오해하거나 잘못 받아들일 소지가 있다고 판단되는 경우 이를 지적하고자 하였다.

본 논문에서 제시하고 있는 대부분의 문제점은 일차적으로 교과서 지면이 한정되어 있다는 점과 첨단 기술을 고등학교 생물 교과의 수준에서 설명해야 한다는 제약에서 오는 것이라 판단된다. 그렇다 해도 문제점이라 생각되는 사항들은 먼저 결과에서 열거하였고, 이에 대한개선 방안을 몇 가지 제시하고자 한다. 이러한 시도를 통하여 생명과학 단원을 학습하면서 과학적 소양을 함양할 수 있는 효과적인 방법을 모색할 수 있었으면 한다.

(1) 교과의 수준과 목표와의 적합성

생명공학분야의 교과서별 목표들을 범주화한 <표 8>에서 생명공학 기술의 원리를 이해하는 것은 생물 Ⅱ에서만 목표로 설정되어 있다.

<표 8> 생물Ⅰ과 Ⅱ 교과서에 제시된 생명공학 단원의 학습목표

목표	제시된 교과서의 수 (생물Ⅰ/생물Ⅱ)
1. 생명공학기술의 원리를 파악한다.	(0/8)

이것은 생명공학 기술의 이해에 필요한 분자 생물학 또는 세포학 분야의 기본 개념들이 대부분 고교 생물학 과정의 최종 선택 과목이 되는 생물 Ⅱ에서 처음으로 제시되기 때문이다.

이를 바꿔 말하자면, 교육 과정상 생물 Ⅰ 교과까지는 세포나 분자 수준의생명 현상에 대해 학습할 기회가 없다는 것이다. 따라서 새롭게 소개되는 생명공학 기술들은 국민 공통 기본 교육 과정의 과학 단원에 이어 생물 Ⅰ을 이수하는 학생들이 이해하기가 쉽지 않다. 분만 아니라, 생물 교사들도 생명공학의 배경이 되는 관련 개념이 가장 어려운 부분이라고 지적하고 있다(곽대오 등, 1997). 그러므로 생물Ⅰ교과서에서 제시하고 있는 생명공학 단원의 학습 목표에서도 그 원리와 배경지식 없이 생명공학기술의 응용사례와 문제점을 파악할 수 있도록 구성되어야 한다. 하지만, 원리와 배경에 대한 지식이 없이 생명공학기술의 응용사례를 이해시키는 것은 쉬운 일이 아닐 것이다.

현행 생물Ⅰ교과서에도 이에 대한 고민의 흔적을 찾아볼 수 있다. 대부분의 교과서에는 생명공학기술의 필요성과 성과를 중심으로 응용사례를 제시하는 내용이 중심을 이루고 있으며, 그 원리에 대한 설명은 별로 없었다. 실제로 유전자재조합기술, 세포융합 기술, 핵이식 기술 등과 관련된 용어가 제시된 교과서의 수보다 용어를 설명하고 있는 교과서의 수가 더 적은 것을 확인 할 수 있었다.

반면에 생물Ⅱ의 교과서에서는 도입한 용어나 개념이 모두 본문이나 여백에 용어해설 형식으로 설명되어 있었다. 하지만 생물Ⅱ의 교과서에서 제시된 개념의 해설은 또한 용어 풀이 수준에 그치고 있어 원리의 이해라는 목표가 생물 Ⅰ과 차별화된 형태로 충족되기 어렵게 되어 있었다.

또한 대부분의 생물 II 교과서에는 생명공학 대단원이 생명공학기술의 원리를 설명하는 단원, 생명공학기술의 응용 사례를 소개하는 단원, 문제점을 제기하는 단원 등으로 나누어 설명하고 있다. 이러한 과정에서 한 가지 내용에 대한 깊이 있는 접근보다는 같은 소재를 반복적으로 나열하는 경향을 보였다. 그 결과 생물 I에서보다 많은 분량을 할애하고 있음에도 불구하고 깊이 있는 설명을 제공하지 못하였다.

교과서마다 한 두 개의 주제에 대해 비교적 상세하게 설명하는 부분에서는 이러한

단점이 상당부분 극복된 것을 볼 수 있었다. 분량의 제한 때문이라면 제시하는 사례의 수를 줄이고 한 두 개의 사례에 집중하여 조금 더 이해하기 쉽고 전체적인 내용을 깊이 있게 조망할 수 있게 서술하는 방향이 바람직한 것으로 생각된다.

교육적으로 의미 있는 기술 분야 몇 가지를 집중적으로 소개하는 경우에도 기술의 효용성, 문제점, 앞으로의 가능성 등을 그저 나열하는 형식은 지양하는 것이 좋다. 과학사적 맥락을 중심으로 지도하였을 때 원리를 명확히 이해하는 데 뿐 아니라 탐구 사고력 향상에도 좋은 결과를 얻을 수 있다는 사실을 참고할 필요가 있을 것이다(강혜정 등, 2005; 정배현· 김희백, 2003; 박남이· 이길재, 2000; 길학균· 이길재, 1998).

동효관(2004)의 분석에 따르면 생명공학 단원에서 과학사 자료가 비교적 많이 제시되고 있었다. 그러나 이들 자료는 주로 연표나 발견 시기를 제시하는 식의 단편적인 자료에 그치고 있다는 한계를 보인다. 보다 근본적으로 기술이 개발된 과학사적 맥락부터 개발 이후에 어떤 과정을 통해서 어떻게 일상생활에 적용되기 시작했으며, 기술이 개발되고 실용화되는 과정에서 어떤 문제점이 발생하였으며 어떤 방식으로 해결해 왔는가 등을 시간의 흐름대로 소개한다면 자칫 양극단으로 논의가 경직되는 현상도 자연스럽게 극복할 수 있고 현실과 미래를 바라보는 안목을 키우는 데도 도움이 될 수 있을 것이다.

(2) 내용 기술의 엄정성

생명공학기술을 소개하는 사례들 중 언론 보도를 그대로 옮겨온 경우를 찾아 볼 수 있었다. 언론 보도 자료는 현장 수업에서 유용하게 사용될 수 있지만 정보의 부정확성이나 왜곡 가능성이 있어 주의해서 사용해야 한다(김윤희·조은희, 2002). 특히 그 보도가 동료 평가를 거친 과학 잡지의 내용을 보도하는 것이 아닌 경우라면 더욱더 그 신뢰성이나 의미를 점검해 볼 필요가 있다.

우리나라에서 진행된 연구 성과를 소개하는 것은 학생들의 동기 부여 차원에서 의미 있는 일일 것이다. 교과서에서 형질 전환 동물을 이용하여 유용한 물질을 대량 생산할 수 있는 사례로 제시하고자 할 때에는 형질 전환 동물의 생산 성공이 그대로 원하는 물질의 대량 생산으로 이어지는 것은 아니라는 사실과 함께 현재 이러한 연구가 활발

하게 진행되고 있다는 정도는 언급할 필요가 있을 것이다. 이것이 첨단 기술을 다루는 언론 보도와 교과서 기술 방식의 중요한 차이 가운데 하나일 것이다.

따라서 락토페린을 생산하는 '보람이'나 빈혈 치료제를 만들어 내는 돼지인 '새로미'에 대한 사례 등이 근거 없는 내용은 아니지만 언론 보도를 인용할 경우 주의해야 할 사례로 지적될 수 있다. 교과서에서는 언론 보도에서보다 한 차원 더 검증된 사실을 엄정하게 다룰 필요가 있다는 생각이다.

(3) 생명공학기술의 현황과 미래에 관련된 전망에 대한 바른 이해

생명공학교육이 중요한 이유 가운데 하나는 생명공학기술의 여러 측면을 통하여 생물학의 현 주소를 파악하고 인간 사회의 미래를 전망할 수 있기 때문이다. 이를 위해서는 생명공학기술 가운데 현 시점에서 상용화되어 사용되는 것, 기술적으로 성공하여 안전성 검사 또는 임상 시험 등이 진행 중인 것, 현재 활발하게 연구가 진행되고 있는 것, 아직 이론적으로만 가능한 것, 가능하다고 생각했으나 문제점이 노출되거나 더 좋은 기술이 개발되어 포기한 것 등을 명확히 구분해야 한다.

그러나 현재 확실하게 진행되거나 적용되어 상용화 된 내용도 '~할 수 있다'로 표현하고 있으며, 현재는 연구 개발 단계에 불과하여 개발이 성공한 경우에만 현실화 될 수 있는 내용도 '~할 수 있다'로 표현하고 있다. 이와 같은 표현이 오류는 아니지만 이를 통해서는 소개된 생명공학기술 가운데 현실화된 기술과 아직 가능성만 제시되고 있는 기술을 구별할 수 없다.

또한 아직 임상 연구의 초기 단계에 불과한 유전자 치료(Edelstein *et al*, 2004)가 실용화된 것처럼 설명된 경우가 많았고, 과학적 근거가 희박한 표현도 일부 눈에 띄었다. 유전자 치료에서도 생식 세포에 대한 유전자 치료가 기술적 제약은 물론 사회· 윤리적 문제로 인해 아직 연구조차 진행되고 있지 않는 분야임에도 이로 인한 사회· 윤리적 고려는 배제된 채 생식세포에 대한 유전자 치료의 효과만 제시하여 마치 지금 실시되고 있는 것처럼 오해할 수 있는 표현도 있었다.

1970년대 포마토의 개발 성공으로 이종 세포 사이의 융합에 의한 잡종 식물체

생산의 가능성이 논의된 적이 있었다. 그러나 이후 이종 세포의 융합을 통해 원하는 형질을 지닌 작물을 얻기가 어렵다는 점 그리고 유전자재조합기술의 발전 등으로 인하여 이종 세포융합을 통한 작물 개량 또는 새로운 형질을 지닌 작물의 개발 연구는 주춤한 상태이다(Jones, 1988). 최초로 개발에 성공한 포마토 또한 부분적인 성공을 거둠으로써 이론적인 가능성을 제시하였을 뿐 실질적 성과물로 간주하기 어렵다. 지상부의 토마토도 지하부의 감자도 상품의 가치를 지니지 못해 상업화에는 이르지 못하였던 것이다. 무추나 가자 등도 개발되었으나 상업성을 인정받지 못하고 가끔 농산물 박람회 등에 볼거리로 전시되는 정도이다. 게다가 이러한 산물이 세포융합의 기술을 이용했다는 증거도 분명하지 않고 접붙이기 등의 방법을 활용하여 생산하기도 한다.

그럼에도 불구하고 여러 교과서에서 식물의 이종 세포융합으로 두 생물의 특징을 모두 갖춘 생물을 만들 수 있다는 내용이 포마토, 가자, 무추 등의 사례가 그림과 함께 제시되어 있다. 이러한 서술은 이러한 기술이 상용화 되고 있는 것으로 받아들이게 되어 적절하지 않다. 몇몇 교과서에서는 이들 이종 세포융합기술이 더 이상 활용되거나 시도되고 있지 않다는 사실을 언급하고 있었다.

반면 현실 생활에서 널리 활용되고 있는 조직 배양 기술은 실용화되고 있다는 측면이 분명하게 드러나 있지 않는 교과서가 여럿 있었다. 조직배양이 형질 전환 식물을 개발하는 과정에서도 필수적인 기반 기술이며 유용물질을 대량생산하거나 필요한 작물 또는 희귀식물 등을 대량 배양하는 데 현재 광범위하게 쓰이고 있다는 사실(DiCosmo & Misawa, 1995; Pauls, 1995)을 언급할 필요가 있을 것이다.

위에서 살펴본 바와 같이 대부분의 교과서에서 아직 이론적인 가능성만 점쳐지고 있을 뿐이며 많은 학자들이 성공에 회의적인 유전자 치료와 실제로 널리 활용되고 있는 식물의 조직 배양 기술이 똑같은 방식으로 '~할 수 있는 기술'로 소개되고 오히려 실용화될 가능성이 어렵고 이후 유전자 전이에 의한 형질 전환 작물의 개발 성공으로 더 이상 활발하게 진행되지 않는 이종 간 세포융합기술이 성공한 생명공학기술로 부각되는 경향이 있었다. 이렇게 서술됨으로써 학생들이 교과서에서 제시된 여러 가지 기술의 현황을 제대로 파악하기 어렵게 될 가능성이 있다.

그러나 이것이 식물의 이종 간 세포 융합 기술이 더 이상 활용되는 기술이 아니기 때문에 교과서에서 언급하지 않아야 한다는 의미는 아니다. 현재 널리 쓰이지 않는다 할지라도 세포 융합 기술을 이용하려 했던 이론적 배경, 이러한 기술을 적용한 사례와 개발 당시 기대했던 가능성 그리고 그 기술의 성과와 한계가 함께 제시된다면, 세포 융합 기술은 생명공학 기술의 특성과 의미를 전달할 수 있는 훌륭한 교육용 사례가 될 것이다.

(4) 연구결과의 양면가치와 관련된 내용기술의 적정성

대부분의 교과서에서 유전자 재조합 작물을 재배하면 생태계의 교란, 파괴, 생태계 순환 단절 등의 큰 혼란을 초래할 수 있다고 기술하고 있었다. 앞 뒤 설명 없이 이러한 설명을 접하면 학생들의 입장에서는 특별히 고민하고 생각할 것 없이 당연하게 결론을 내리지 않을 수 없게 된다. 이 때 저자가 의미하는 생태계의 교란, 돌이킬 수 없는 파괴, 순환 단절이 정확하게 무엇을 의미하는지 파악하기는 쉽지 않다.

교과서에서 유전자 재조합 작물인 제초제 내성 유전자가 주변 식물로 전이되어 슈퍼 잡초가 생성된다거나 살충 효과를 지닌 작물에 대해 내성을 지닌 해충이 생성되는 것을 생태계 교란이나 파괴로 보고 있었다. 슈퍼 잡초나 슈퍼 해충이 생기면 농사를 지을 때 더 이상 기존의 제초제나 살충제에 의존할 수 없게 된다. 이렇게 되면 또 다른 제품을 개발하여 사용해야 하므로 경제적인 비용이 높아지고 이는 오히려 농민과 소비자에게 부담이 가중되는 사회, 경제적 문제가 발생하게 된다. 그러나 특정한 내성 유전자가 다른 잡초 또는 해충에 전이되는 것을 생태계가 파괴되는 것으로 보아 '생태계에 미칠 영향은 누구도 예측할 수 없다'라고 표현하거나 '생태계의 큰 혼란을 초래할 수 있다'고 표현하는 것은 전적으로 부당한 이야기는 아니라 할지라도 논란의 여지가 있는 표현이다.

유전자 수평 전이에 의한 생태계의 영향에 대해서는 아직 잘 알려져 있지 않으며 그 정도에 대해서는 전문가들 사이에서도 이견이 있다(Fincham *et al.*, 2002: Hilleman, 2002). 이러한 현실에서 한 쪽의 주장만을 언급하는 것은 한 번 더 생각해

봐야 할 것이다.

또한, 단일 경작으로 인한 문제 역시 생태계의 고리를 끊는 결과를 초래한다고 하기에는 무리가 따른다. 단일 경작은 작물의 적응력을 떨어뜨려 병충해나 환경에 의한 피해를 크게 입을 가능성이 높아진다. 그러나 이것을 생태계의 돌이킬 수 없는 파괴나 순환 고리의 단절이라고 단언하는 것은 지나친 해석으로 보인다. 반대론자들조차도 저술에서 유전자 조작 작물의 단일 경작은 생산성을 높이지 못하며 사회, 경제, 환경의 문제를 악화시키는 바람직하지 않은 방법으로(Altieri & Rosset, 2002), 그리고 질병과 해충의 발생 빈도가 높아져 전 세계의 생물 다양성과 식량 생산에 부정적인 영향을 끼쳤다는(Ho, 1998) 정도로 지적하는 데 그치고 있다. 기술에 의한 문제점을 제시하되 좀 더 차분한 태도로 합리적인 설명을 할 필요가 있다.

신약 개발이나 백신 개발 과정의 안정성 및 독성 검사에서 인간을 대상으로 하는 임상시험은 반드시 필요하다. 다만 피험자의 인권과 안전을 최대한 보장하는 절차와 규정에 따라 연구가 진행되어야 하는 것이다. “인간을 생명공학의 연구 대상으로 한다면, 인간의 존엄성에 문제가 생기고 기존의 가치관, 사고방식 등이 흔들릴 것이다.”와 같이 표현하는 것은 인간을 대상으로 하는 모든 연구에 커다란 윤리적 문제가 있다는 식으로 오해를 초래할 가능성이 있을 수 있다.

앞의 결과에서 제시한 사례들에서 전혀 근거 없거나 옳지 않은 이야기를 하고 있다는 것은 아니다. 다만 충분한 근거나 설명 없이 위와 같은 설명을 제시하였을 때, 오해의 여지가 있다는 점을 지적하고자 한다. 그러나 현행 교과서에서는 지면의 제약으로 인해 유용성도 문제점도 압축된 한 두 문장으로 표현할 수밖에 없다. 특히 생물Ⅰ 교과서에서 위와 같은 과장과 비약이 포함된 진술을 많이 볼 수 있었는데 생물Ⅰ에서 분량의 제약을 더 많이 받았기 때문이라 추측된다. 지면의 제약이나 대상 학생들의 수준을 고려하여 충분히 설명하기 어려운 상황일수록 최상 또는 최악의 시나리오에 대한 극단적인 표현은 자제할 필요가 있다는 판단이다. 특히 생명공학 기술의 문제와 같이 여러 사람들의 이익이 충돌하는 민감한 사안에서는 양극으로 치우치는 견해보다는 균형 잡히고 합리적인 논의를 제공해야 할 것이다.

(5) 탐구활동 과제의 적절성

생물 Ⅰ과 Ⅱ 교과서에 제시된 생명공학기술의 응용사례와 제시 방식을 분석한 <표 9>에서 가장 두드러진 사실은 최근에 연구가 진행되고 있거나 활용되기 시작한 첨단 생명공학기술까지도 현행 교과서에서 골고루 소개되고 있는 점이다. 또한 읽기 자료의 형식으로 새로운 기술을 소개하거나 탐구활동에서도 학생들의 흥미를 끌 수 있는 내용이 많이 포함되어 있다. 다만 탐구활동은 대부분 조사나 토의 수준에 국한되어 있었다.

이처럼 조사 ·토의 활동이 주를 이루는데 비해 실험과 관찰 활동을 찾아보기 힘든 현상은 생물Ⅰ, 생물 Ⅱ 뿐만 아니라 생활과 과학, 과학, 고급 생물 교과서의 생명공학 관련 부분의 탐구활동을 분석한 결과에서도 동일하게 나타난다고 한다(이종기·박경화, 2007). 이러한 탐구 활동 과제들 중 제시된 사례가 지나치게 극단적인상황이 제시됨으로써 활발하게 토론할 여지가 줄어드는 결과를 초래할 수 있거나, 아직 해결책이 없거나 너무 포괄적인 내용을 묻고 있어 학생들의 수준에서 답을 찾기 어려워 보이는 문제들을 결과에서 지적하였다.

‘우리나라에서는 앞으로 세포 융합 기술을 이용하여 유용한 형질을 갖는 어떤 잡종 농작물을 개발할 필요가 있는지 조사해 보자’라는 질문은 인터넷에서도 책에서도 적절한 정보를 찾기 어려운 질문이다. 인터넷 등에서 쉽게 얻을 수 있는 자료는 대부분 교과서에서 제시된 내용을 토대로 포마토, 무추, 가자 등을 성공 사례로 정리해 둔 개인적인 사이트일 뿐이고 학생들의 입장에서 충분한 정보를 찾아 이에 대한 판단을 내릴 수 있는 자료가 없었다.

마지막에 소개된 사례는 유전자 게놈 분석을 통하여 A군의 유전자가 B군보다 우수하게 나타났다는 사실을 참으로 가정한 채 유전 정보가 회사에 공개되었다는 점을 상황으로 제시하고 어떻게 할 것인가를 물어보는 질문이다. 그러나 유전자 게놈 분석을 통하여 사람의 능력을 알아 낼 수 있다고 하는 사고는 받아들이기 힘든 유전자 결정론적인 태도를 보이고 있다(Condit, *et al.*, 1997: Lewontin, 2000: Nelkin & Lindee, 1995).

2. 유전자에 대한 학생들의 이해와 유전자재조합기술에 대한 인식

구성주의 교수-학습방법이 효과적으로 진행되기 위해서는 학생들의 인지구조 속에 이미 형성 되어있는 바탕개념을 확인하는 것이 중요하다. 지금까지 학생의 개념 파악에 관련된 선행 연구들 대부분은 질문지를 통한 학생들의 응답을 분석하는 양적 연구에 치중되어 있었고 이러한 연구 결과에서는 학생 개개인의 요인이 고려되지 못하므로 이를 보완할 수 있는 사례 연구가 필요했다.

본 연구에서 학생들과의 심층 면담을 통해 중·고등학생들이 "유전자"라는 개념을 어떻게 이해하고 있는지를 알아보고, 실제 유전적 등가성을 이해하지 못한 학생들과의 보충질문 후 결과를 분석하여 이런 학생들의 이해를 돕기 위한 대안책을 제안하고자 하였다.

유전자에 의해 어떤 특성들이 결정되는지에 대한 질문과 유전자와 자동차 설계도가 가지는 속성을 비교해 본 질문 결과를 통해 유전자에 대한 개념을 다양한 맥락에서 확산적인 방식으로 이해할 수 있도록 도울 수 있는 예시도 제안해 보고자 한다.

마지막으로 학생들이 유전자재조합기술과 관련된 이슈들에 대해 어떤 판단과정을 통해 수용하거나 반대하는지에 대한 결과를 분석하여, 일반화 할 수는 없지만, 현재 학생들이 첨단생명공학기술을 어떻게 받아들이는지에 대한 일면을 살펴볼 수 있을 것이다.

(1) 타 교과과정이나 대중매체를 통한 학생들의 선 경험

중학생들로 구성된 모둠 1에서는 면담을 시작할 때 학생들에게 먼저 학생들이 "유전자"나 "유전자재조합기술"이란 용어를 들어본 적이 있는지에 대해 물어보았고, 5명의 학생들이 모두 경험한 적이 있다고 답하였다<표 11>. 중학생들 중 연구원이 꿈인 FC 학생은 수업시간에 유전자 조작 이나 GMO등을 들어 본 적이 있었고, "뉴스"에서도 들어보았다며 좀 더 적극적으로 주제에 관심을 보였다. 학생 FA

에게 보충질문으로 “기술·가정”시간에 무엇을 배웠느냐고 질문 하자, “유전자 재조합”이라고 대답하였다.

실제로 기술· 가정 교과의 7학년 「생명 기술과 재배」 단원에서 유전자 재조합, 세포 융합, 조직 배양, 체세포 배양, 돌리의 복제 등을 미래의 생명기술로 제시하고 있지만, 생물 교과에서는 8학년 이후에 주로 선택 하는 ‘생물Ⅰ’과 ‘생물Ⅱ’에서 이를 설명하고 있어 현대 생물학의 대표적인 분야에 해당하는 생명공학의 내용을 정작 생물교과에서는 시기적으로 매우 늦게 학습하고 있다는 지적이 있다(강호감 등, 2007). 이는 생명공학 기술의 이해에 필요한 분자 생물학 또는 세포학 분야의 기본 개념들이 대부분 생물Ⅱ 교과에서 처음으로 제시되기 때문일 것이다. 이렇게 다른 교과에서 먼저 선행적 경험을 하게 된다면 학생들의 흥미를 떨어뜨릴 우려가 있다고 걱정하기도 한다(강호감 등, 2007).

하지만, FC학생의 경우처럼 이미 대중매체를 통해 접할 수 있는 소재에 대해 교육과정 중 생물과목보다 타 교과에서 먼저 학습되어지는 경우, 학생들에게 선행적인 경험을 제공하여 생물학습에 대한 흥미를 유발하는 효과가 나타날 수도 있다. 이처럼 학생들이 이미 다른 교과에서 기술의 한 응용측면으로써 생명공학기술을 접하고, 이를 통해 흥미와 관심을 가지게 되었다면 생물교과에서는 다양한 기술들을 소개하는 수준과는 차별화된 교수-학습이 이루어져야 할 것이다.

(2) 유전자에 대한 중학생들의 이해

5명의 중학생들에게 침팬지, 거미, 거미줄, 열매, 꽃, 가상의 동물(피카츄), 버섯, 옥수수 알갱이, 아메바의 그림을 제시하고, 이들이 유전자를 가지고 있는지 그렇지 않은지에 대해 질문하였다. 그리고 그렇게 생각하는 이유도 설명하게 함으로써 학생들에게 선택지를 선택하거나 의견을 기입하도록 하는 방법으로는 파악하기 힘든 유전자에 대한 이해를 좀 더 구체적으로 파악할 수 있었다.

예를 들어, 학생들이 유전자라는 용어를 자신들이 가지고 있던 생물학 지식에 어떻게 구조화 시키고 있는지를 파악할 수 있을 뿐만 아니라 대부분의 학생들이

생물이 유전자를 가지고 있다는 것을 전제로 답하였기 때문에 이들의 판단 근거로부터 바탕개념인 생물의 정의나 생명현상의 이해정도를 파악할 수도 있었다. 면담에 참여한 학생들이 지니고 있는 유전자에 대한 이해를 다음과 같이 나누어 분석하였다.

▷ 다음 세대로 대물림 되는 유전자 (MB)

열매가 유전자를 가지고 있다고 말한 MB의 경우, "열매는 나무에서 나온 것이고, 심으면 다시 싹이 나오기 때문에"라고 말했으며, 동일한 근거로 옥수수에도 "옥수수 알에 유전자가 있어요. 알 속에 씨 같은 거에 유전자가 있어요."라고 말했다. 이 학생은 유전자는 유전정보를 담고 있는 물질이며, 열매와 옥수수 알갱이는 식물의 유성생식과정을 통해 생성한 씨를 포함하고 있기 때문이라고 이해하였기 때문에 유전자가 있다고 판단한 것이다. 자신이 이미 가지고 있던 생명현상에 대한 이해와 유전자에 대한 이해가 바르게 통합되어 있음을 알 수 있었다.

▷ 생물체에서 배출되는 유전자 (FD)

FD는 거미줄에 유전자가 있을 것이라고 말했으며 그 근거로 "거미가 걸으면서 조금씩 배출되지 않을까?" 라고 말했다. 거미줄이 생물은 아니지만, 유전자를 생물인 거미에서 외부로 배출되는 물질로 이해하고 있었다. 이 학생은 열매가 유전자를 가지는 이유에 대해서도 "나뭇가지랑 연결되어 있잖아요. 아주 미세한 유전자가 (나무로부터) 나오지 않을까요?" 라고 다른 학생들과 비교할 만한 다른 근거를 제시하였다. 또한, 버섯에 유전자가 있다는 근거로는 "얘는(버섯은) 나무속에다 유전자를 뿌려서 나게 하지 않을까요? 나무는 물도 먹고, 수분도 있으니까 나무속에 유전자를 뿌려서, 버섯 속에 유전자가 있어야 나무속에 박아서 자랄 수 있으니까.."라고 대답하였다.

즉, 버섯은 나무에게 기생하는 생물임은 이해하고 있지만, 버섯속의 유전자가 버섯과 나무를 연결하는 어떤 물질이라고 표현하였다. 거미줄, 열매, 버섯의 경우를 종합해 볼 때, FD학생은 유전자는 생물 안에 있는 물질로써 생명현상과 관련된 물질이며 생물체와 접촉하거나 연결되면 유전자는 이동되는 물질로 이해하고 있었다.

▷ **곤충이나 동물이 아니면 유전자도 없다 (FA, FD)**

FA학생은 거미에 유전자가 없을 것이라고 반박하였다. “거미 자체가 없을 것 같은데요. 거미가 비(非) 곤충이라고 들었어요.”라고 설명하였다. 이것은 “거미”라는 것은 자신이 이미 가지고 있던 생물의 범주에 속해 있는 곤충류가 아니므로 생물이 가지는 유전자도 가지고 있지 않다고 말한 것이다. 이 학생처럼 다양한 생명현상을 고려하지 않고 한 가지 척도로 성급하게 판단하는 경향은 피카츄에게 유전자가 있다고 답한 학생들에게서도 찾아 볼 수 있었다.

앞에서 소개한 FD 학생은 피카츄에 유전자가 있다고 말했고, 그 근거로 “있어야 되요. 근데 이 피카츄는 곤충이야? 사람이야? 인간이야? 동물이야? 얘도 살아 움직이는 동물 쪽에 속하니까.... 전기(를 방출한다)...다 유전자가 타버리나? 그러니까 유전자 겉에 보호하는 고무막 같은 게 있어야 될 것 같아요.”라며 제시하였다. 살아 움직이기 때문에 피카츄도 이미 존재하고 있는 “생물”이라는 범주에는 포함되지만, 안타깝게도 “생물”의 하위개념이라고 볼 수 있는 생물의 다양한 분류군(곤충, 사람, 동물)에는 어디에도 쉽게 포함시키지 못해 몹시 혼란스러워 하고 있었다.

이것은 벤빌 등(Venville, et al. 2005)이 9세~15세 학생들에게 비슷한 질문을 한 결과에서도 디지몬이라는 만화 캐릭터와 같은 무생물이 DNA나 유전자를 가진다고 답한 경우가 있었고, 이것들은 학생들에게 살아있는 것처럼 보이기 때문이라고 한 것과 유사한 결과이다.

▷ **단세포 생물이나 기생생물에는 유전자가 없다(FA, FC, FE)**

FA학생은 아메바에 유전자가 없다고 주장한 이유 또한 “단세포 생물이니까 (유전자가) 없을 것 같아요”라고 말했다. 이 학생의 경우는 생물의 분류에 관한 개념이 바르게 이해되지 않은 상태이다. 단세포 생물이라고 말한 건 아메바도 생물이라고 인정한 게 아니냐고 보충질문을 하자 “심장도 없다 그랬으니까..”라고 대답하였다.

강민정 등(2004)의 연구에서 아동들이 생물을 정의하는 주요 바탕개념 중의 하나가 ‘동물형상’이라고 한 것처럼 이 학생 역시 짧은 시간동안 생물을 판단하는 기준으로 심장을 가지고 있어야 한다는 ‘동물형상’을 사용하였다. FA학생은 아메바를

배웠을 때 학생의 인지구조 속에 아메바가 단세포 생물이라는 단어만 하나 더 추가되었을 뿐, 자신이 가진 생물의 범주에 포함시키지 못했었다는 사실을 알 수 있었다.

FE학생도 아메바는 자기 혼자 움직이지 못한다고 설명하면서 아메바를 자신이 가진 생물의 범주에 포함시키지 않았고 따라서 유전자를 가지지 않았다고 말했지만, 동일한 생물의 분류 기준에 따라 피카츄는 움직이기 때문에 생물이며, 당연히 유전자가 존재한다고 판단하였다.

정영란과 김은주(2002)가 중·고등학생들을 대상으로 한 연구에서도 나무, 포유동물, 양치식물, 바이러스, 균류, 박테리아, 곤충의 생물들은 유전정보를 가지고 있는지 학생들에게 설문한 결과, 균류의 경우는 38%만이 유전정보를 가진다고 응답하였다.

이 면담에서도 FE와 FC 학생들은 균류인 버섯에 대해 잘 이해하지 못하고 있었다. 학생 FE는 버섯에 유전자가 없으며, 그 근거로 “버섯은 없어요. 버섯은 기생하는 건데요. 기생을 어떤 거에 하는가에 따라 다르잖아요.”라고 말했다. 학생 FC 또한 “버섯은 감수분열해서 번식하지 않잖아요. 포자라고 해야 하나?”라고 하면서 버섯은 유전자를 가지고 있지 않다고 주장했다.

이들은 앞에서 자식이 유전자를 부모로부터 물려받아 닮게 되는 유전현상의 원인이라고 정의했었지만, 자손을 번식시키는 방법 중 유성생식과정에 국한시켜 유전현상이 일어난다고 이해(FC)하고 있거나 기생하는 버섯의 번식 방법 자체를 이해하지 못한 경우이다(FE).

1) 면담 문항에 대한 고찰

학생들은 유전자란 ‘부모를 닮게 하는 원인' 이라 표현하였음에도 유전자 보유여부를 판단할 때에는 1명(MB)을 제외하고는 다음 세대로 전해지는 유전물질의 존재여부를 확인하려는 시도를 하지 않았다. 대부분 '유전자를 지니고 있는 것을 찾으라는 질문에 유전자는 ‘모든 생명체 속에 들어 있는 것’이라고 판단을 하고 이에 근거하여 어느 것이 생물에 속하는지를 찾으려 한 것처럼 보인다. 피카츄를 실

제 존재하는 그 무엇이라고 가정한 학생들이 피카츄의 형질이 다음 세대로 그대로 전달되는 것인가에는 관심을 두지 않고 생물로 간주할 수 있느냐에 생각을 집중한 것(FD, FE)에서도 드러난다. 또한 생물에 존재하는 것이므로 유전현상과는 관계없이 거미줄이나 나뭇잎으로 배출될 수 있다(FD)는 생각을 하기도 하였다. 이런 학생들의 사고 과정에서 유전자를 갖고 있는 것은 무엇인가라는 질문이 학생들이 '생물'을 어떻게 이해하고 있는지 알 수 있는 물음이 되었다. 이러한 학생들의 생각을 구체적으로 들어 볼 수 있었다는 점을 부각시켜 앞으로 수업 현장에서 중학생들을 대상으로 유전관련단원의 도입부에 활용할 수 있을 것이다. 이 질문에 답할 때 학생들이 단순히 한, 두 가지의 척도로만 생물과 무생물을 판단한다면 더 다양한 판단기준들을 함께 고민해 본 후 생식과정 중 부모에서 자손으로 전달되어 '부모를 닮게 하는 원인'이 유전자임을 이해할 수 있도록 이끌어 줄 수 있을 것이다.

(3) 유전자에 대한 고등학생들의 이해

1) 유전자의 등가성에 대한 선행연구의 결과

고정호 등(1997)과 정영란, 김은주(2002) 역시 학생들이 유전자를 어떻게 이해하는지 살펴보기 위해 우리 몸의 각 기관에 존재하는 유전자의 등가성에 대해 질문하였다. 고정호 등(1997)의 연구에서 신체의 다른 부위에 있는 세포는 각각 서로 다른 유전자를 갖는다고 생각한 학생이 중학교 3학년 99명 중 63.7%였고, 고등학교 3학년 34.8%로 나왔으며, 정영란과 김은주(2002)의 연구에 따르면 구강세포와 신경세포가 가진 유전정보가 같다는 것을 이해하지 못한 학생이 중학교 3학년 325명 중 76%였고, 고등학교 1학년 336명 중 72.6%였다.

이들 연구는 둘 다 중·고등학생들이 개체를 구성하는 세포들이 동일한 유전정보를 가지고 있다는 등가성을 잘 이해하지 못하고 있음을 보여줄 뿐, 학생들이 이것을 이해하지 못하는 이유에 대한 원인을 제시하지는 못하고 있다.

2) 고등학생들의 유전적 등가성을 이해하지 못한 이유에 대한 분석

고등학생들로 구성된 모둠2와 모둠3에서 「뇌세포와 피부세포의 유전자는 동일한가?」,「손 세포에 있는 유전자와 뇌세포에 있는 유전자는 같을까?」라는 질문에 대해 그들의 생각을 물어본 결과, 3명의 고등학생들(Ff, Mg, Mh)이 서로 다른 두 종류의 세포에 존재하는 유전자가 다르다고 대답하였다. 이들은 세포의 형태와 기능에 따라 유전정보가 다르다고 생각하였고, 이들과의 면담내용을 토대로 학생들이 유전자 등가성을 이해하지 못하는 이유를 두 가지로 분석해 볼 수 있었다.

첫째, 위의 고등학생 3명은 중학교 3학년 교과과정인「생식과 발생」단원에서 세포분열과 사람의 발생과정을 배웠으므로 면담자는 먼저 학생들에게 내 몸을 구성하는 유전자는 어떻게 물려받는지 질문하였다. 학생 Ff는 정자와 난자가 만나서 수정란이 생기면 유전자가 그 안에 들어있다고 답했다. 이어서 수정란이 분열하여 생성되는 할구들 속의 유전자는 같은지 다른지에 대해 보충질문을 하였고 학생들은 아래와 같이 답하였다.

면담자: 수정란 하나가 둘로 분열될 때, 각각이 가지고 있는 유전자는 유전 정보는 같을까? 다를까?

Ff : 같아요.

면담자 : 다른 사람들은 (어떻게 생각하고 있나요.)? 4개가 되면 같을까, 다를까? 8개가 되면 각각이 가지고 있는 유전자는 같을까, 다를까?

Mg : 같은 것도 있고... 다른 것도 있고...

면담자2 : 8개로 분열될 때? 그럼 8개 중에 뭐는 같고 뭐는 다른지를 결정하는 법칙 같은 게 있어요?

Mg : 모르겠는데요.

면담자 : 학생은(Ff) 어떻게 생각하니?

Ff : 나눠지다 보면 다를 수도 있을 것 같아요.

면담자 : Mh 는 어때? 그러니까 수정란이 분열하면서 세포가 나누어질 때 8개가 되면, 세포들 안의 유전자는 다 어떨까요?

Mh : 같은 기능을 맡고 있는 유전자들(세포들)은 같고 서로 다른 기능을 가지고 있는 유전자들(세포들)은 다르다고 생각합니다.

위와 같은 대답을 보면 학생들은 하나의 수정란으로부터 체세포분열과정으로 개체를 구성하는 수많은 세포들이 형성된다는 것은 알고 있었지만, 수정란이 가진 유전정보와 수정란이 분열하여 생성되는 8세포기 각각의 세포들이 가진 유전정보가 동일함을 이해하지는 못한 것으로 보인다.

둘째, 정자와 난자의 핵 속에 저장되어 있던 유전정보는 하나의 수정란으로 합쳐진 후 분열을 통해 동일한 정보를 가진 다수의 세포를 형성하고, 세포에 따라 서로 다른 일부의 정보가 발현되어 세포마다 서로 다른 형태나 기능이 나타나는 것으로 이해되어야 할 것이다. 그러나 위와 같은 보충질문 중에 수정란이 분열하여 일부는 뇌를 구성하는 세포가 되고, 일부는 손에 있는 세포가 되는데 어떻게 손과 뇌의 유전자가 다를 수 있는지 다시 질문하자 학생 Ff는 " 처음에 받을 때부터 다른 걸 받는 거 아니예요?"라고 답했고, 이 학생이 위 면담과정에서도 볼 수 있듯이 수정란이 분열하여 생성되는 세포에는 "(세포들이) 나눠지다 보면 다를 수도 있을 것 같아요."라며 유전자가 다를 것이라고 말했다.

이 학생들은 세포마다 다르게 발현된 일부의 정보들만 "유전자"로 이해(뇌를 구성하는 세포에서 발현된 정보는 "뇌세포 유전자", 피부세포에서 발현된 정보는 "피부세포 유전자"등)하며, 이런 정보들의 집합체가 수정란 속에 들어있는 "유전정보"라고 이해하고 있었다. 그러므로 수정란에서 분열된 세포들이 8개나 16개쯤 될 즈음엔 몸의 일부를 구성할 세포마다 각각 다른 "뇌세포 유전자"와 "피부세포 유전자"가 나뉘어 지므로 그 유전정보에 따라 세포들의 형태와 기능이 달라진다고 한 것이다.

실제 교육현장에서 교사들은 수업시간에 단백질의 구조와 기능, 유전과 유전병, 생물의 분류와 진화, 세포, 식물과 동물 등의 주제들을 통합하여 생명체에 대한 전체적인 이해와 공통적인 원리를 가르치려는 시도를 하더라도 학생들은 서로 연관이 없는 것으로 받아들이기가 쉽다(이길재. 2007).

이 면담에 참여한 3명의 고등학생들이 한 개체를 이루는 세포의 유전적 등가성을 이해하지 못하는 이유도 세포분열과정과 생식과 발생 단원 및 유전 단원에서 각각 학습한 내용을 학생들이 서로 유의미하게 연결시켜 이해하지 못하였기 때문

인 것으로 판단된다. 이와 같은 논의가 동일한 주제의 선행연구에서 제시되지 않았던 원인이라고 일반화시켜 단정 지을 수는 없겠지만 유전자의 등가성을 어려워하는 학생들에게 세포분열과정이나 발생과정에 대한 이해를 먼저 확인해 보는 것이 도움이 될 수 있음을 제안해 본다.

3) 유전적 등가성에 대한 학생들의 이해를 돕기 위한 제언

이를 토대로 앞으로 학생들이 한 개체를 이루는 모든 세포의 유전적 등가성을 잘 이해하는데 도움이 될 수 있도록 다음과 같이 제안하고자 한다.

먼저, 생식세포가 결합하여 형성된 수정란 속에 뇌를 구성하는 세포에서 발현되는 정보인 “뇌세포 유전자”, 피부세포에서 발현되는 정보인 “피부세포 유전자”등과 같이 기능적 단위의 유전자들이 집합되어 있다고 생각하는 경우가 있었다. 이것은 감수분열의 과정을 통해 생식세포로 전달되는 유전정보에 대한 학생들의 이해를 점검할 필요가 있음을 시사한다. 이 단계에서 올바른 이해를 갖지 못한 학생들에게는 감수분열 과정에서 일어나는 염색체의 변화에 초점을 맞춘 기존의 교육내용과 염색체와 유전정보와의 관계를 함께 고려하는 과정이 이루어진다면 도움이 될 것이다.

이미 김경호와 김영수(1996)는 제 5차 교육과정에 해당하는 고등학교 생물관련 내용 중 “생명의 연속성”에 해당하는 소단원들의 배열이 세포분열, 생식, 발생, 유전 순으로 제시되어 있지만, 이보다 소단원의 순서를 세포분열, 유전, 생식, 발생순으로 가르치는 것이 세포분열 학습 내용과 유전의 학습 내용을 곧 바로 유의미하게 연결시켜 유전 관련 학습에 더욱 효과적임을 제시하였다.

현재 제 7차 교육과정 9학년의 생물 단원 또한 세포분열, 생식, 발생 그리고 유전 단원 순으로 배치되어 있다는 사실을 고려할 때, 본 연구자의 제안은 후속연구를 통해 검증해볼 필요가 있을 것이다.

또, 학생들은 수정란이 체세포분열과정으로 세포의 수가 많아지면서 수정란의 유전정보가 세포에 따라 나뉘기 때문에 그 정보에 따라 세포마다 형태와 기능이

달라진다고 생각하였는데 이는 발생 과정 중 유전자의 차등적 발현을 이해하지 못한 것이다. 대중매체를 통해 자주 접하게 되는 동물 복제는 유전자의 등가성과 발생의 기작으로 차별적인 유전자의 발현에 대한 이해를 필요로 하며, 줄기 세포는 세포의 분화에 대한 개념이 필요한 부분이다(전상학, 2002). 하지만 전상학의 연구 결과, 대부분의 제 7차 교육과정 10학년 과학 교과서에서 발생 단원은 형태발생 중심으로 서술되어 있고 사람의 발생과정에 초점을 맞추어 소개되고 있기 때문에 이 내용들로는 낭배, 세포의 분화, 3배엽의 형성 및 기작, 유도 작용에 의한 조절 발생 과정 등을 이해하기 어려운 실정임을 알 수 있다.

그러므로 체세포분열과정에서 모세포가 복제되어 분열되면 그로부터 형성된 딸세포도 동일한 정보를 가지고 있다는 원리를 수정란이 체세포분열과정으로 수많은 세포를 형성하는 발생하는 과정과 연결시켜 가르친다면, 학생들이 모든 세포가 동일한 유전정보를 가질 수 있다는 원리를 더욱 쉽게 이해할 수 있을 것이다. 이를 바탕으로 학생들에게 발생과정이 진행되는 동안 동일한 유전 정보로부터 차등적인 유전자의 발현 결과 몸의 다른 기관이나 조직을 구성하는 세포들의 형태가 달라진다는 사실을 이해시켜야 할 것이다.

(4) 확산적 사고 과정을 통한 유전자 이해의 필요성

멘델이 생물의 형질을 결정하는 어떤 입자가 부모로부터 자식에게 전달되어 진다고 주장할 때, “유전입자” 라는 단어는 정체가 밝혀지지 않은 개념이었다. 20세기에 들어서며 분자생물학이 빠르게 발달하여 “유전자”의 본질이 DNA임을 밝히게 되었고, 21세기에는 인간 유전자의 염기서열을 모두 결정하는 대형 프로젝트를 인류의 손으로 직접 이루어 냈다. 분명히 “유전자”란 단어에 대해 멘델시대보다 구체적이고 명확한 정의를 내리게 되었지만, 결코 한 두 줄의 설명으로 “유전자”를 모두 알고 있다고 말할 수는 없는 것이다.

즉, 유전자에 대한 개념을 단순히 정의 수준으로 이해하는 것뿐만 아니라 유전자와 표현형과의 관계, 유전자 발현과 환경과의 관계 등이 함께 고려되어야 할 것이다. 왜냐

하면, 생물의 표현형은 한 쌍의 대립유전자로 결정되는 경우도 있지만 대부분 여러 유전자가 상호 작용하는 동시에 이런 유전자들이 환경요인 등과 서로 복잡하게 관계를 맺음으로 인해 형질이 나타나는 경우가 대부분이기 때문이다.

이런 유전자와 관련된 내용들을 학생들이 바르게 이해하려면 단순한 지식 전달 방식의 교육을 지양하고 다양한 상황을 고려하며 다각도로 접근해보는 확산적 사고과정을 제공할 필요가 있다. 앞에서 논의한 (2) 절과 (3) 절에서 학생들이 "유전자"를 이해하는데 바탕이 되는 개념을 바르게 정립해야함을 지적했다면, 이 (4) 절에서는 유전자에 의해 어떤 특성들이 결정되는지에 대한 질문과 유전자와 자동차 설계도가 가지는 속성을 비교해 본 질문 결과를 토대로 확산적 사고과정을 유도할 수 있도록 학생들의 인식과 사고과정에 따라 적절한 대응이 무엇일지 찾아보거나 적절한 문제를 제기함으로써 학생들이 보다 열린 사고를 통해 유전자와 유전현상을 이해하는데 도움이 될 수 있을 것이다.

1) 사람의 특성에 미치는 유전요인과 환경요인의 영향에 대한 학생들의 의견

태아의 발생부터 모든 삶의 과정에서 각 개인의 표현형 형성에 영향을 미치는 물리적, 화학적, 또는 생물학적인 환경요인들뿐만 아니라 사회적 또는 심리학적인 요인들까지도 모두 사람에게 영향을 미치는 "환경"요인에 포함된다고 할 수 있다(정재훈·이길재, 1996). 사람의 다양한 특성들이 유전요인과 환경요인 중 어떤 요인에 의해 결정되는지에 대해 비교하고자 하는 호기심은 너무나 자연스러운 의문점이라고 본다. 학생들 또한 집안의 내력을 듣거나 자신을 형제나 자매와 비교해보거나 친구들의 경험담 등을 접하면서 학교에서 유전학을 배우는 시기보다 훨씬 어릴 때부터 고민하거나 생각해 본 적이 있을 것이다.

본 연구의 면담과정에서 일란성 쌍둥이의 이야기를 질문에 포함시킨 것도 학생들이 어릴 때부터 주변에서 한번쯤 들어보았을 법한 소재이므로 보다 쉽게 그들의 일상적인 생각을 이끌어 낼 수 있을 것이란 의도였다. 학생들의 면담 결과로부터 전체적으로 중학생들이 고등학생들보다 이미 그 영향정도가 밝혀진 연구결과들과 다소 다른 개

인적인 의견들을 제시하는 경향을 보였다.

정재훈과 이길재(1996)의 연구에서 같은 학교를 다니는 일란성 쌍생아와 이란성 쌍생아의 신장이나 체중이 어릴 때는 환경보다 유전의 영향이 좀 더 크게 작용하는 경향성을 보이지만 학년이 높아질수록 각 형질의 발현에 미치는 환경의 영향도 점진적으로 커진다는 결과를 발표하였다. 또한 정재훈과 이길재(1997)의 연구에서 저학년의 쌍생아들의 경우 IQ와 학업성취도에 유전적 영향이 보다 크게 작용하고, 이현욱 등(2000)의 연구에서 일란성과 이란성 쌍생아의 국어, 수학, 과학과목에 대한 학업성취도에 유전요인의 작용이 중학교 3학년까지 크게 작용한다는 결과를 보였다. 그러나 유전과 환경의 요인에 대해서는 아직 학자들 사이에서 정확한 합의점이 없으며, 본 연구에서는 학생들의 지식을 묻고자 한 것이 아니라 형질발현에 대한 학생들의 생각을 알아보고자 하였다.

이번 면담에서 학생들은 대부분 일란성 쌍둥이가 다른 환경에서 자랐지만 키나 몸무게가 모두 비슷할 것이며 이는 유전적인 영향을 크게 받았기 때문이라고 말하였다. 반면, 5명의 학생들은 지능에 대해 전적으로 환경의 영향을 받는다고 주장하였다. 학생 FE의 경우는 체질이 비슷하면 공부하는 시간도 비슷해서 지능도 비슷할 것이란 의견을 말하기도 했다. 중학생들은 사회·문화적인 영향을 가장 크게 받을 것으로 생각되는 취향에 대해서도 일란성 쌍둥이가 비슷할 것이라고 했다.

일란성 쌍생아의 취향이 비슷하다고 말한 학생들에게 문화적 교류가 힘들었던 중세시대에 서로 헤어져 유럽과 아프리카에서 살게 된 쌍생아의 취향을 상상해 볼 수 있도록 다시 질문 해본다면, TV나 인터넷을 통해 제 3세계의 문화적 다양성까지 방 안에서 손쉽게 접할 수 있는 학생들에게 일상적이지 않은 새로운 각도에서 생각해 보는 기회가 될 것이다. 물만 먹어도 살이 찌는 체질이 있다며 체질이 유전적인 영향을 받아서 쌍둥이의 체질이 같으면 몸무게도 비슷할 것이라고 하는 학생에게 “체질개선을 위한 식이요법”이란 무엇일까 생각해 보게 할 수 있을 것이다.

자신의 노력여하에 따라 지능이 결정된다는 중학생들은 면담자가 지능에 대해 질문하였지만 학업성취도나 IQ라는 단어로 대답하였다. 이들과 비교하였을 때 학생 Fe의 경우는 “지능은요. 거의 20살 되면 지능이 다 굳어질 시기니깐 그때는 어렸을

때의 부모의 영향이라든지 교육수준 같은 거에 따라서 지능이 달라질 수도 있을 것 같은데요 만약에 좀 장애나 그런 것이 있어가지고 지능이 낮은 경우라면 둘이 똑같이 지능이 낮지 않을까요?"라며 자신의 의견을 뒷받침하였다. 이처럼 지능적 결함을 초래하는 유전병에 대해 소개해보고, 이와 함께 어떤 병들이 유전병인지에 대해 생각해 보는 것도 도움이 될 것이다.

2) 유전자와 자동차 설계도에 대한 비교 학생들의 의견

학생들이 제시한 유전자와 자동차 설계도가 공유하고 있는 속성은 형태를 결정하는 정보로서의 기능적 속성이었고, 이는 정화숙 등(2004)의 연구에서 실제 생물 Ⅰ교과서 중 3종의 교과서에 유전자를 설계도라는 비유물과 비교한 책들이 모두 공통적으로 기능상의 공유속성을 제시하고 있다는 결과와 유사함을 알 수 있었다. 이와 함께 학생들이 공유되지 않는 속성을 찾아보는 활동을 함께 병행하였을 때 비유에 의해 형성될 수 있는 오개념을 줄이고, 과학적 개념의 이해를 도울 수 있다.

이는 김희백 등(2001)이 세포소기관을 공장과 비유하는 수업의 효과를 연구하였는데, 일부 학생이 차이점을 찾는 과정에서 세포 안의 단백질 합성이 공장에서의 물건 생산과정과 달리 '통제에 의한 상호작용'에 의해 이루어짐을 알아내었고, 물질영역의 개념을 사건 영역의 개념으로 전환시키는데 도움이 되었다는 결과를 통해서도 뒷받침 되고 있다.

본 연구에서 학생들이 제시한 유전자와 자동차 설계도의 차이점에서는 유전자의 정보와 자동차 설계도 정보간의 차이점을 비교하기보다 유전자의 정보가 발현되는 과정과 자동차 설계도로부터 자동차가 만들어지는 과정을 비교하거나 유전자로부터 나타나는 생명의 특성이 자동차에서는 나타나지 않는다고 설명하였다. 이는 학생들에게 물어본 질문의 형태가 정확하게 유전자의 정보와 자동차 설계도의 정보를 비교하라고 지적하거나 답변에 대해 통제하지 않았기 때문이다. 그렇지만, 학생들의 의견을 발판으로 삼아 유전 관련 단원에서 비유를 활용할 때 학생들의 확산적인 사고과정을 도울 수 있는 사례나 방안을 제안할 수 있을 것이다.

Fb 학생의 경우, 자동차는 제작 중 잘못된 부분을 다시 해체 한 후 고칠 수 있지만, 유전자의 경우는 그것이 어렵다고 말했다. 이는 설계도에 있는 정보를 바탕으로 자동차를 제작하는 과정은 사람이 통제할 수 있지만, 유전자가 발현되는 과정은 내 맘대로 즉, 사람이 통제할 수 없다고 비교한 것이다. 이 결과는 유전자 발현 과정을 김희백 등(2001)의 연구에서 언급했던 '통제에 의한 상호작용'으로 이해하지 못한 것으로 보인다. 즉, 이 학생은 유전자와 자동차 설계도의 차이를 공장에서 자동차를 생산하는 과정과 유전자가 발현되는 단백질 합성 과정으로 비교하였고 의도하지 않았지만 김희백 등(2001)의 선행연구 결과와 비교할 수 있다. 선행연구 결과에서 일부 학생은 유사한 비유에서 차이점을 찾으면서 단백질 합성과정을 '통제에 의한 상호작용'으로 올바르게 이해하는 효과를 보였지만, 본 연구에서 면담에 참여한 학생은 유사한 비유를 세포 수준이 아닌 개체 수준에서 질문하였기 때문에 '통제의 의한 상호적용'의 개념을 이끌어내지 못하였고, 이는 유전자의 역할을 잘 이해하기 위해 개체 수준의 전달 유전과 분자 수준에서 유전자의 형질 발현 과정이 통합되어야 하는데 이 학생은 종합적으로 통합하여 이해하지 못한 것으로 보인다.

그러므로 동일한 비유를 통해 유전자와 유전자 발현과정을 학생들에게 이해시키고자 할 경우, 이러한 과정이 다양한 요인들로 통제되는 구체적인 사례를 제시해 주는 것이 도움이 될 것이다. 예를 들어, 세포 수준에서 DNA상에 발생한 돌연변이가 수선될 수 있고, 잘못 만들어진 단백질은 세포내에서 교정되거나 선별 제거될 수 있다. 이러한 통제를 벗어나 암세포와 같은 형태로 발생하더라도 우리는 치료나 수술을 통해 제어할 수 있지 않은가. 또, 더욱 넓은 범위에서 생물이 살고 있는 환경에도 영향을 받을 뿐만 아니라 사람은 학습에 의해서도 제어되는 과정이 있을 수 있는 등 다양한 측면에서 생각해 볼 수 있도록 제시할 수 있다.

학생 Fc는 유전자의 발현 결과에는 우성과 열성이 있다고 말했다. 자동차는 설계도에 그려진 그대로 자동차가 만들어지지만, 사람이 가진 유전정보 중에는 나타

나는 것도 있고, 나타나지 않는 것도 있다는 것이다. 이 학생은 사람이 가진 어떤 유전자는 대립 유전자를 가지고 있으며, 이들이 다른 이형일 경우 표현형으로 나타나는 유전자와 표현되지 않는 유전자가 있다는 것을 알고 있었다.

이것은 한 장의 도면 속에 자동차에 대한 모든 정보가 담겨 있는 것과 달리 사람을 비롯한 여러 생물들은 대부분 이배체이므로 부모로부터 각각 물려받은 두 세트의 정보가 있어서 비교할 만 하다고 본다. 실제 면담과정에는 이배체 생물이므로 두 세트의 정보를 가지고 있다는 점을 이해하고 있었는지 학생에게 확인해보지 못했지만, 이런 답을 한 학생들에게 반수체 다세포 생물인 고사리나 이끼와 같은 예를 자동차 설계도와 비교해 보게 하는 것도 도움이 될 것이다.

학생 Fa는 자동차는 동일한 설계도를 이용해 대량 생산이 가능하지만, 사람은 그럴 수 없다고 말했다. 이 답에 대해 면담자는 생물도 동일한 유전자를 가진 복제 생물을 만들면 자동차처럼 대량 생산이 가능하지 않느냐고 보충질문을 하였다. 그러자 학생은 복제양 돌리나 다른 복제 동물의 경우 대리모를 통해 출산하였고, 나이나 크기가 복제 전 생물과 다르다고 말하였다. 이 학생은 현재 잘 알려진 핵치환 기술로 복제동물을 얻는 과정을 알고 있었다.

이 사실을 통해서 학생이 이끌어 낸 차이점은 어떤 생물의 유전자와 동일한 복제 동물을 탄생시키더라도 생물은 어린 개체로 태어나기 때문에 복제 전 생물과 나이나 크기가 다르다는 것이다. 이런 학생들에게 생물이 어린 개체로 태어나 생장하는 과정이 태아로부터 발생하는 과정의 연장선상에 있는 일부분임을 생각해보도록 한다면, 완전한 성체인 복제 전 생물과 복제 후 생물을 동등하게 비교해보면서 자동차의 대량생산과정과 또 다른 측면의 차이점을 찾아볼 수 있는 기회가 될 것이다.

학생 Fb는 “복제를 하더라도 부모님한테 물려받은 거, 그 유전자 외에도 살다가.. (얻게 되는) 그런 걸 복제를 한다고 해서 다 똑같아질 수는 없을 거 같아요.” 라고 말하며, 복제 전 생물이 사는 동안 환경의 영향을 받았기 때문에 이를 똑같이

복제할 수 없다고 주장하였다. 이 답변에 대해 면담자가 “자동차도 환경에 영향을 받지 않나요? 10년쯤 지나면 어떤 환경에 있었는지, 즉, 누가 자동차를 어떻게 운전했는지에 따라 달라질 수 있겠지요.”라고 반문해보았다. 유전자의 정보가 표현형으로 나타나는 과정에서 환경의 영향을 받을 수 있다는 것이 자동차와 다른 점이란 것을 학생들이 반박하도록 유도하려는 질문이었지만 이 질문에 대해서 학생들은 모두 끄덕이며 동조하였다.

학생들은 자동차도 10년이 지나면 환경에 영향을 받아 외향이 바뀐다는 내용을 사람 또한 노화되어 어릴 적 모습과는 달라질 수 있다는 점과 연관시켜 받아들인 것이다. 오랜 시간 동안 환경 변화에 대해 반응하고 축적된 결과 나타나는 생물의 노화현상과 공간적으로 다른 환경에 대한 생물의 다른 변이를 비교해 보도록 하여 유전자의 발현과정과 환경의 영향을 올바르게 이해할 수 있도록 유도해 줄 수 있을 것이다. 예를 들어, 몇 백 년 동안 생명현상을 유지해 온 느티나무와 몇 년 전 뒷산에 심었던 느티나무의 외형상 차이를 상상해 보면서 시간적 환경 변화에 의한 노화를 이해하고, 몇 년 전 뒷산에 심었던 느티나무에서 햇빛을 잘 받는 윗부분의 잎과 그렇지 않은 아랫부분의 잎에 어떤 차이가 있는지 비교해 보면서 유전자의 발현과정이 다른 환경에 영향을 받는다는 것을 이해시키는데 도움이 될 것이다.

교육의 효율성을 강조하는 측면으로 본 연구에서 제시하는 면담의 결과를 평가한다면 일반화시킬 수 없는 소수의 결과이지만, 학생 개개인을 심층적으로 이해하는 소수의 사례들이 모여 다양한 학생들에 대한 폭넓은 이해를 가능하게 할 것이다. 이러한 입장에서 본 연구자는 학생 하나하나의 의견을 구체적으로 소개하고, 이러한 구체적인 사례들을 바탕으로 학생들이 다양한 각도로 유전자와 유전현상을 이해하는데 도움이 될 수 있는 대안을 찾고자 노력하였다.

하지만, 이 연구를 기초로 학생들이 다양한 유전현상을 이해하는 데 도움이 될 수 있는 수업모형과 적절한 사례들은 더욱 많은 학생들을 대상으로 하는 심층연구를 통해 지속적으로 개발하는 노력이 필요할 것이다.

(5) 유전자재조합기술의 수용여부에 대한 학생들의 판단과정

1) 학생들의 주장을 뒷받침하는 판단 근거에 대한 분석 결과

“유전자재조합기술”이 거의 부작용 없이 시행될 수 있다는 상황을 가정하고, 유전자재조합기술을 활용하여 외모를 바꾸는 것, 유전병을 치료하는 것, 왜소증을 치료하는 것 등에 대해 학생들이 어떻게 수용하는지 물어보았다. 대부분 외모나 지능을 바꾸기 위해 유전자재조합기술을 활용하는 것에 대해서는 거의 대부분이 반대하였고, 유전병을 치료하기 위해서는 찬성의 의견이 많았다.

이러한 학생들의 반응은 강소연(2004)이 중·고등학생들을 대상으로 생명공학에 대한 인식을 조사한 연구에서 “보다 우수한 아이를 낳기 위한 사람세포의 유전자 조작에 대해 전체적으로 81.12%의 학생들이 반대한다.”는 응답이 나온 반면, 유전병 치료를 위한 유전자 조작에 대해서는 찬성비율이 반대비율과 비슷하지만, 좀 더 많다는 것으로 이미 확인할 수 있었다. 하지만, 강소연의 연구에서는 위와 같은 실태조사로 그쳤기 때문에, 학생들이 이러한 사회·과학적 이슈에 대해 어떤 근거로 찬성과 반대를 주장하는지에 대한 분석이나 논의가 없었다.

이에 대한 해답을 찾기 위해 이 연구에서는 학생들이 그렇게 판단한 근거를 설명하게 하였으며, 어떤 판단과정을 통해 결과를 선택하는지 Sadler와 Zeidler(2004)의 연구에서 소개된 분석 패턴을 활용하여 학생들이 제시한 근거를 분석하였다. Sadler와 Zeidler(2004)는 20명의 대학생들이 유전공학기술의 딜레마에 대해 어떤 도덕적 추론과정을 통해 찬성하거나 반대하는지를 분석하였다.

먼저, 학생들이 질문에 대해 판단하는 과정을 도덕적인 것(moral)과 탈도덕적인 것으로 구분한다. 여기서 탈도덕적(non-moral)이란 도덕적인 영역에 속하지 않는 것이며, 부도덕한 것(immoral)이 아니다. 즉, 탈도덕적인 것은 도덕적으로 옳고, 그름을 판단할 수 없다는 의미이다. 도덕적인 것으로 판단되는 것은 그 기술의 사용이 초래할 결과(consequences)를 도덕적인지 판단하는 경우와 결과와 상관없이 도덕적인 규범과 신념, 자연의 법칙 같은 원리(principles)에 입각하여 판단하는 경

우로 나눌 수 있다. 학생들은 위와 같이 합리적인 도덕적 추론 과정을 통해 판단하지 않고, 감정을 기초로 한 판단(emotion-based choice)을 하기도 한다. 마지막으로 앞에서 소개된 3가지 형태가 아니라 단순하게 직관적(intuition)으로 옳고 그름을 판단하기도 한다.

▷ 도덕적 추론과정을 통한 판단

기술의 수용 시 나타날 결과를 도덕적 추론과정을 통해 판단하는 학생들이 6명(FC, FE, Fa, Fc, Ff, Mh)이 있었다. 이들은 대부분 기술에 의한 결과를 기준으로 도덕적인 판단을 내렸고, 어떤 원칙이나 대의명분에 근거하여 판단하는 사례는 없었다.

중학생 FE와 고등학생인 Fa, Fc는 사람들이 외모를 바꾸면 결국 모든 사람들이 똑같아지거나 개성이 없어질 것이라는 근거를 들며 미래에 사람들의 다양성이 감소하게 될 것을 우려하며 반대하였다. 고등학생 Fa와 Fc는 유전병의 치료에 대해서도 모두 찬성하였지만, 그와 함께 초래될 결과에 대해서 이러한 기술이 잘못 사용될 경우는 위험할 것이라는 “미끄러운 비탈길(Slippery slope)”에 대해 우려하였다. Fa는 이러한 위험을 막기 위해 확실한 법을 세워 놓고 만약, 이런 기술을 악용했을 때 어떻게 처벌할 것인지에 대한 대책 마련이 필요하다고 덧붙였다.

중학생인 FC는 유전병 치료를 위한 기술 수용에 찬성하는 이유로 “아이를 치료하기 위한 좋은 목적이라면.. (찬성한다)”라고 말했고, 이것은 치료의 결과가 건강을 증진시킬 수 있다고 판단한 것이다. 고등학생 Ff의 경우는 유전적 치료를 찬성하는 이유로 “ 전 세계적으로 애기들도 조금 낳는데 인적자원이 굉장히 중요하잖아요. 그런 식으로 유전자 치료를 해서 좋게 하면 그런 면에서 장점이 있는 것 같아요.” 라고 말했다. 이는 유전자 치료의 결과가 사회적 진보와 향상을 초래할 것이므로 찬성한다고 판단한 것이다. 이 의견에 고등학생 Mh도 동의하였다.

▷ 감정이입을 통한 판단

중학생 FA는 외모를 바꾸기 위해서는 기술을 사용하는 것을 반대하였는데, “부모와 자식 간에 닮는다는 것은 상징인데, 그런 걸 억지로 변화시키는 것은 좋지 못한 것 같다.”라며 주장하였다.

중학생 FD의 경우는 유전적 기술로 외모를 바꾼다면 남의 유전자를 가지고 있으니까 자기의 자식이나 같은 핏줄이라고 느껴지지 않을 것이라며 반대하였고, 유전병을 치료하는 것에 대해서는 만약에 내가 엄마라면 아이의 병을 고치기 위해 다른 사람의 유전자로 치료해도 된다며 찬성하였다. 왜소증을 치료하기 위해서는 친구들이 키가 작다고 놀리기 때문에 치료해야 할 것이라고 말했다. 자신의 주장에 일관성이 없고, 3가지 주제에 대해 모두 감정적으로 판단하는 경향을 보였다.

이 학생뿐만 아니라, FA도 아이의 왜소증을 치료하지 않으면 주위 애들에게 놀림을 당할 수 있는 것을 측은해 하며 왜소증 치료를 찬성하였다. FC는 유전병의 치료에 대해서는 결과에 대해 판단하였지만, 외모에 대해 유전자를 바꾸는 것에 대해서는 다른 사람의 유전자가 들어있으면 찝찝할 것 같아서 싫다고 반대하였다. 고등학생인 Fa는 왜소증 치료에 대해 반대하였지만, 만약 자신의 딸이 왜소증이라면, 지켜보는 자신도 엄마의 입장에서 맘이 아플 것이라며 감정이입하는 모습을 보였다.

▷ 직관적인 판단

위의 3가지 유형의 판단과정이 아니라 그냥 단순하게 본능적이나 직관적으로 판단하는 학생이 있었다. 고등학생인 Fe는 왜소증 치료에 대해 “그렇게 까지 해서 할 필요는 없다고 생각한다.”며 별 이유는 없지만 그에 대해 반대하였다. Mh의 경우도 왜소증 치료에 대해 “그냥 그러고 싶지 않다”며 반대하였다.

▷ 탈도덕적으로 판단

중학생인 MB와 FE, 고등학생인 Ff, Mg는 모두 동일하게 왜소증치료를 위한 기술 수용에 대해서 “(아이가 왜소증에 걸렸다면) 아이가 선택하면 해줄 것 같아요.(MB, FE)”라고 말하거나, “생활 하는데 별로 지장이 없으니까(Ff, Mg)”라고 말했다. 이것은 도덕적으로 옳고 그름을 판단하기보다는 개인적인 선택사항이라고 생각하였으므로, 탈도덕적 판단의 범주에 분류 될 수 있다.

학생들은 외모나 지능을 바꾸기 위해 유전자재조합기술을 활용하는 것에 대해서는 반대하였고, 유전병을 치료하기 위해서는 찬성하였는데, 이에 대한 학생들의 근거를 분석해 보니 유전자재조합기술에 대한 지지여부를 기술의 결과를 바탕으로 결정하는 경향을 볼 수 있었다. 하지만, 어떤 학생은 기술의 결과가 초래하게 될 막연한 미래를 상상하여 판단하는 것을 볼 수 있었다. 또, 합리적인 판단과정을 거치기보다는 감정적으로 대응하거나 직관적으로 판단하는 경향도 나타났다.

이러한 학생들에게 세 번째 질문으로 왜소증에 대한 치료를 물어 본 것은 시대적 상황과 사회·문화적인 인식의 변화에 따라 치료의 필요성을 결정하는 기준이 달라질 수 있는 상황을 제공한 것이다. 학생들은 이에 대한 결정을 내릴 때, 그들이 가진 양극단의 기준으로는 판단하기 어려움을 느꼈을 것이다. 이러한 고민의 결과 몇 몇 학생들이 왜소증에 대해서는 유전병 치료나 외모에 대한 판단에서 나타나지 않았던 개인적인 차원으로 판단하여 탈 도덕적 범주에 해당하는 의견을 제시한 것으로 보인다.

실제 대부분의 생명공학기술과 관련된 사회적인 쟁점들은 양극단의 논리로 판단할 수 있는 주제보다는 쉽게 결정을 하기 어렵고 애매한 경우들이 많으므로, 생물 윤리를 주제로 한 수업에서는 학생들이 이런 상황을 접했을 때 단순히 개인적인 선택의 차원으로 판단하지 않고 도덕적 추론과정을 통해 합리적으로 판단할 수 있는 기회를 제공해야 할 것이다.

이를 위해 생명공학기술과 관련된 딜레마들을 구체적인 사례나 시나리오로 제시한다면, 그 시나리오의 주인공이 학생들 자신이라고 상상해 보고, 상황의 다양한 측면과 자신을 둘러싼 다양한 사람들의 입장을 고려하여 합리적으로 판단하는 능력을 길러줄 수 있을 것으로 생각된다. 또한 학생들이 생명공학기술이 초래하는 결과에 대해 긍정적인 측면이나 부정적인 측면을 모두 고려할 수 있는 양면가치태도를 기를 수 있도록 충분하고 적절한 정보도 제공되어야 할 것이다.

Ⅵ. 결론

본 연구에서 생물 I 교과서와 생물 II교과서의 생명공학 단원을 살펴본 결과, 학생들의 관심과 호기심을 끌 수 있는 다양한 최신 기술들이 소개되고 있는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 이런 다양한 내용을 충분히 소화하기에는 교과서의 지면이 턱없이 부족하고 특히 생물I의 경우에는 대상 학생들이 기본 원리를 학습할 수 있는 여건이 되지 못하다는 사실을 알 수 있다. 그렇지만 이것은 피할 수 없는 제약이므로 이러한 한계를 바탕으로 그 안에서 최대한 단원의 학습목표를 구현할 수 있는 방도를 찾아야 할 것이다.

가능한 한 학습자의 입장에서 현행 교과서의 생명공학 단원을 검토한 결과 서술 방식이나 구성에 있어서 문제가 되는 내용을 정리해 보면 크게 다섯 가지로 나누어 볼 수 있다.

첫째, 생물I에서는 이해하기 어려운 용어가 설명 없이 빈번하게 제시되고 생물II에서는 용어해설 이상의 충분한 원리가 설명되지 않았다.

둘째, 최근의 현황을 예로 들기 위해 언론 보도 자료 등을 활용한 부분에서는 내용의 기술이 정확하게 검증되지 않고 인용된 부분이 있었다.

셋째, 생명과학의 현 상황을 충분히 이해하고 미래에 대한 전망을 할 수 있도록 서술되지 않았다.

넷째, 생명과학의 다양한 측면이 균형 있게 그리고 합리적으로 제시되지 못하였다.

다섯째, 학생들의 수준에서 수행하기에 적절하지 못한 탐구활동 사례가 많았다.

종합하면, 생물 I에서는 지금보다 더욱 과감하게 전문적인 용어를 배재하고 일반 시민의 시각에서 관심과 호기심, 흥미를 가질 수 있도록 단원을 조정할 필요가 있다. 생명과학 관련 전문가가 아니더라도 생명공학기술이 일상생활을 영위하는 데 커다란 영향을 미치고 있다는 사실을 인식하고 지속적으로 새로운 과학기술에 대해 관심을 가지고, 소비자 및 일반 대중의 입장에서 자신의 권리와 책임을 알고, 정책결정과정에 적극적으로 참여하는 태도를 키우는 데 중점을 두어야 할 것이다.

생물 II에서는 과학적 원리를 더 심도 있게 다루고 현 상황에 대한 정확한 인식을 바탕으로 미래를 전망할 수 있도록 해야 할 것이다. 과학을 전문으로 하는 입장에서 과학에 대한 전문성과 동시에 사회적 책임감과 윤리의식을 함양할 수 있는 구성이 되도록 세부적인 내용의 조정이 요구된다. 이러한 문제점을 해결하는 데 역사적 맥락에서 단원을 구성하는 것도 고려해 볼만한 방법이 될 것이다.

학생들이 유전자재조합기술과 관련된 이슈들을 합리적인 판단과정을 통해 바르게 이해하고 수용하기 위해서는 먼저 기술과 관련된 기본적인 유전자나 유전현상에 대해 이해하고 있어야 한다. 학생들은 유전에 관한 개념을 배울 때, 이전의 선 개념에 새로운 과학적 개념을 조화시키려 하기 때문에 학생들이 가진 선 개념이나 바탕개념을 구체적으로 파악하기 위해 중·고등학생 학생 13명을 대상으로 면담을 실시하였다.

중학생으로 구성된 모둠1에서 생물과 무생물이 유전자를 가지는지, 가지지 않는지에 대한 질문 결과를 통해 학생들이 “유전자”를 이해하기 위해 생물에 대한 바탕개념이 올바르게 정립되었는지를 확인한 후, 생물의 정의나 생명현상에 대한 올바른 이해를 바탕으로 유전자라는 개념이 바르게 통합되도록 도와야 함을 알 수 있었다.

모둠 2와 3에서 한 개체를 구성하는 다른 기관의 세포들이 다른 유전자를 가지고 있다고 답한 고등학생들과의 보충질문 결과를 통해 세포분열과정, 생식과 발생, 유전단원을 통합하여 이해하지 못했다는 것을 알 수 있었다.

학생들이 유전자에 대해 이해하기 위해서는 “유전자”라는 용어에 대한 개념을 어떻게 이해하는가도 중요하지만 유전자와 표현형과의 관계, 유전자 발현과 환경과의 관

계 등을 다각도로 고민해보는 과정도 필요할 것이다. 이를 위해 학생들에게 사람의 특성들이 유전요인에 영향을 받는지, 환경요인에 영향을 받는지 비교해 보는 질문과 유전자와 자동차 설계도를 비교해보는 질문을 제시하였다. 이 질문에 대해 학생들이 제시한 사고과정에 따라 다른 각도의 문제를 제기하거나 적절한 대안을 제안함으로써 학생들이 확산적인 사고과정을 통해 유전자를 이해하는데 도움을 주고자 하였다.

마지막으로 학생들이 유전자재조합기술을 수용하는 과정에서 어떻게 판단하는지 분석해 본 결과, 대부분 외모나 지능을 바꾸는 등의 미용을 목적으로 유전공학 기술을 활용하는 것에 대해서는 반대하였고, 유전병을 치료하기 위해서는 찬성의 의견이 많았으며, 왜소증 치료에 대해서는 개인적인 차원에서 판단하는 경우도 있었다.

이 면담 결과를 토대로 생명공학기술과 관련된 사회적인 쟁점들은 왜소증의 사례처럼 양극단의 논리로 판단하기 어렵고 애매한 경우가 많기 때문에 학생들에게도 극단적인 사례보다 중간지대의 딜레마적이고 구체적인 사례나 시나리오를 제시하여 감정적인 근거로 결정하지 않고, 합리적이고, 비판적으로 판단하는 능력을 기를 수 있는 기회를 제공해야 할 것을 제안하고자 한다.

참고문헌

강경미, 김희백. “중등 예비 생물 교사들의 생명공학에 대한 인식 조사.” 『한국생물교육학회지』 *33*:112-121, (2005)

강민정, 권용주, 정완호. “생물과 비생물의 구분에 대해서 유아들이 생각하는 바탕 개념 연구.” 『한국생물교육학회지』 *32*:256-266, (2004)

강소연, “중, 고등학생의 생명공학에 대한 이해도와 인식 조사.” 교육대학원석사학위논문, 이화여자대학교, (2004)

강혜정, 동효관, 김경호, 이길재. “과학사를 이용한 교수 학습 전략이 유전 개념 이해에 미치는 효과.” 『한국생물교육학회지』 *33*:223-234, (2005)

강호감, 김용진, 박재근. “제7차 초· 중등 교육과정에서 타 교과에 나타나는 생물 관련 내용의 분석.” 『한국생물교육학회지』 *35*:117-133, (2007)

곽대오, 문영인, 성민웅. "중등 과학(생물)교사들의 현직 연수교육에 대한 요구사정." 『한국생물교육학회지』 *25*:195-210, (1997)

권혁빈, 문용준, 손희도, 구향모, 이경형. 『고등학교 생물 Ⅰ』, (주)천재교육, 2002, pp.238-245.

권혁빈, 문용준, 손희도, 구향모, 이경형. 『고등학교 생물 Ⅱ』, (주)천재교육, 2002, pp.294-317.

권혁순, 최은규, 노태희. “화학 교육에서 사용되는 비유에 대한 학생들의 이해도 및 비유 사용의 제한점.” 『한국생물교육학회지』 *24*:287-297, (2004)

고정호, 길학균, 이길재. “유전개념의 역사적 변천과 학생들의 유전개념 발달의 비교 연구.” 『한국생물교육학회지』 *25*:127~142, (1997)

교육인적자원부 . 『제 7차 고등학교 과학과 교육과정 해설』, 2001

길학균, 이길재. “과학사를 이용한 멘델 유전 개념의 교수-학습에 관한 연구.” 『한국생물교육학회지』 *26*:167-177, (1998)

김경순, 신은주, 변순화, 노태희. “비유를 사용한 화학 개념 학습에서 유발되는 학생들의 대응 오류 분석.” 『한국생물교육학회지』 *26*:592-600, (2006)

김경호, 김영수. “고등학교 유전 학습에 효과적인 교수 순서와 교수 방법.” 『한국생물교육학회지』 *24*:107-124, (1996)

김미경, 홍정림, 장남기. “고등학생의 생명 공학에 대한 양면가치 태도 평가를 위한 도구 개발.” 『한국생물교육학회지』 *29*:27-33, (2001)

김연희, “유전자 조작 생물에 대한 고등학교 학생과 생물 교사의 인식조사.” 교육대학원석사학위논문, 이화여자대학교, (2007)

김영민. “전류 개념 설명을 위해 사용되는 물 회로 배유에 대한 주학생들의 이해 조사.” 『한국과학교육학회지』 *11*:1-12, (1991)

김영신, 박윤복, 정완호. “의사결정 활동이 양면 가치 태도의 향상에 미치는 영향.” 『한국생물교육학회지』 *29*:1-10, (2001)

김윤택, 김경호, 김남일, 백수관, 김병인, 배진호, 배미정, 이용철. 『고등학교 생물 Ⅰ』, (주)중앙교육진흥연구소, 2002, pp.238-243.

김윤택, 김경호, 김남일, 백수관, 김병인, 배진호, 배미정, 이용철. 『고등학교 생물 Ⅱ』, (주)중앙교육진흥연구소, 2002, pp.300-319.

김윤희, 조은희. “생물수업을 위한 신문자료 활용방안.” 『한국생물교육학회지』 *30*:66-75, (2002)

김현섭, 이상용, 김종균, 박영철. “중·고등학교 유전학 학습을 위한 지능형 멀티미디어 시스템 개발 연구.” 『한국생물교육학회지』 *26*:155-165, (1998)

김희백, 김성하, 이선경, 김형련. “호르몬 작용 이해르 위한 동적 비유 모형 수업의 효과.” 『한국생물교육학회지』 *29*:57-64, (2001a)

김희백, 김성하, 이선경, 김형련. “비유가 수업에 대한 흥미와 세포소기관의 기능 이해에 미치는 효과.” 『한국생물교육학회지』 *29*:346-353, (2001b)

김희백, 이성조, 김형련, 이선경, 강경미, 김성하. “유전 개념의 이해를 위한 염색체 모형 이용 수업의 효과.” 『한국생물교육학회지』 *30*:282-288, (2002)

노태희, 권혁순, 이선욱. “중학교 과학 수업에서 비유물을 체계적으로 사용한 수업의 효과.” 『한국과학교육학회지』 *17*:323-332, (1997)

노태희, 변순화, 전경문, 권혁순. “화학 개념 학습에서 역할놀이 비유 활동의 효

과.” 『한국과학교육학회지』 *23*:246-253.(2003)

동효관. “생물 I 교과서와 생물 II 교과서에 도입된 과학사 자료의 유형 분석.” 『한국생물교육학회지』 *32*:27-40, (2004)

문경원, 김영수. “제 7차 교육과정 7~12학년 과학 및 생물 교과서 내의 생물 윤리 주제와 교수-학습 방법의 유형 분석.” 『한국생물교육학회지』 **31**:257-264, (2003)

문두호, 김미정, 김동렬. “중학교 과학에서 사람의 유전에 관한 탐구 지향형 실험 모듈의 개발.” 『한국생물교육학회지』 *34*:218-231, (2006)

민진선, 박지영, 김희백. “유전과 진화에 관한 학생의 대안 개념 분석 - 존재론적 속성을 중심으로 -.” 『한국생물교육학회지』 *32*:158-172, (2004)

박남이, 이길재 . “과학사를 이용한 진화 개념의 교수-학습 효과에 관한 연구.” 『한국생물교육학회지』 *28*:85-99, (2000)

박성민, “생명공학관련발명의 특허 획득전략과 그 법적보호에 관한 연구.” 법무대학원석사학위논문, 연세대학교, (2003)

박종석, 조희형. “고등학생들의 유전에 대한 오인의 확인 및 유전학 지도 방향.” 『한국과학교육학회지』 *6*:35-42, (1986)

박희송, 이흥우, 조경주, 백운성, 김학현. 『고등학교 생물 Ⅰ』, (주)금성출판사, 2002, pp.219-227.

박희송, 이흥우, 조경주, 백운성, 김학현. 『고등학교 생물 Ⅱ』, (주)금성출판사, 2002, pp.262-291.

송호수, “유전자 조작 생물에 대한 초등학생용 멀티미디어 프로그램 개발 및 적용.” 교육대학원석사학위논문, 이화여자대학교, (2007)

송창민, 정완호. “유전관련 개념에 대한 심리적 위계와 그에 따른 수업효과.” 『한국생물교육학회지』 *24*:53-64, (1996)

신영준, 정완호. “고등학교 문과 학생들의 생명공학과 유전공학에 대한 지식과 태도조사.” 『한국생물교육학회지』 *23*:201-212, (1995)

유준희, 정구흥. “재조합 DNA 기술에 대한 실험교재의 개발과 적용.” 『한국생물

교육학회지』 **21**:163-174, (1993)

유준희, 정구흥. “과학 영재아를 대상으로 한 DNA 재조합 기술.” 『한국생물교육학회지』 22:137-145, (1994)

이경숙, 이길재, 정완호. “중학교 학생들의 멘델유전에 관한 오개념 연구.” 『한국생물교육학회지』 ***22***:25~35, (1994)

이기태, 양용석, 김종배, 이규영, 임혁, 오문창 ,유병서. 『고등학교 생물 Ⅰ』, 대학서림, 2002, pp.268-275.

이기태, 양용석, 김종배, 이규영, 임혁, 오문창 ,유병서. 『고등학교 생물 Ⅱ』, 대학서림, 2002, pp.352-377.

이명자, 정화숙, 김종욱. “진화개념의 형성에 있어서 유추의 영향.” 『한국생물교육학회지』 ***22***:147-155, (1994)

이상인, 신영준, 동효관, 백승용. 『고등학교 생물 Ⅰ』, (주)지학사, 2002, pp.221-229.

이상인, 신영준, 동효관, 백승용. 『고등학교 생물 Ⅱ』, (주)지학사, 2002, pp.278-309.

이선경, 김희백. “중학교 과학 교과서의 생물 영역에 포함된 비유 분석.” 『한국생물교육학회지』 ***27***:357-367, (1999)

이양숙, 주은영, 임낙룡, 김남우. “인간 게놈 프로젝트에 대한 대학생들의 이해.” 『한국생물교육학회지』 ***31***:42-48, (2003)

이원경, 김희백. “실험 해석 과정에서 체계적 비유 사용에 의한 중학교 영재반 학생의 효소 개념 변화.” 『한국과학교육학회지』 ***27***:212-224, (2007)

이은정, 소금현, 여성희. “중학교 유전 단원의 오개념 교정을 위한 학습 만화 프로그램의 개발 및 적용.” 『한국생물교육학회지』 ***34***:355-364, (2006)

이종기, 박경화. “제 7차 교육과정에 의한 고등학교 과학의 생명 공학 관련 기술 및 탐구 활동 비교 분석 - 생활과 과학, 과학, 생물Ⅰ, 생물Ⅱ, 고급 생물 교과서를 중심으로 -.” 『한국생물교육학회지』 ***35***:302-319, (2007)

이지윤, 한인섭. “고등학교 과학 교과서 및 신문 기사, 서적 속에 인용된 20세기

과학 발견에 대한 내용 분석.” 『한국생물교육학회지』 *33*:249-257, (2005)

이현욱, 신명, 이길재, 윤덕근, 장남기. “학습능력의 발달에 미치는 유전용인과 환경요인의 영향.” 『한국생물교육학회지』 *28*:425-432. (2000)

전상학. “중등 과학교육과정의 생식과 발생 영역에 대한 비교 분석.” 『한국생물교육학회지』 *30*:325-335. (2002)

정배현, 김희백. “과학사 프로그램의 개발 및 고등학교 과학 수업에의 적용 효과.” 『한국생물교육학회지』 *31*:94-104, (2003)

정은, 유미정, 조은희. “제 7차 교육과정의 과학교과서에 수록된 멘델유전학 관련 내용 분석.” 『조선대학교 사범대학 부설 교과교육연구소지』 27:29-44. (2006)

정영란, 김은주. “염색체, 유전자, 유전정보에 대한 학생들의 이해도 연구.” 『한국생물교육학회지』 *30*:316-324, (2002)

정영란, 임성연. “생물학습에서 비유를 사용한 수업의 효과 -「세포의 구조와 기능」단원 중심으로 - .” 『한국생물교육학회지』 *28*:311-319, (2000)

정완호, 이길재, 유병선, 홍준의, 김재근. 『고등학교 생물 Ⅰ』, (주)교학사, 2002, pp.243-247.

정완호, 이길재, 유병선, 홍준의, 김재근. 『고등학교 생물 Ⅱ』, (주)교학사, 2002, pp.278-307.

정은영, 김영수. “가치 탐구를 위한 생물 수업이 ‘생물윤리’에 대한 양면가치태도에 미치는 영향.” 『한국생물교육학회지』 *29*:203-212, (2001)

정재훈, 이길재. “유전과 환경이 쌍생아의 체격과 체력에 미치는 영향에 관한 연구.” 『한국생물교육학회지』 *24*:101-106, (1996)

정재훈, 이길재. “유전과 환경이 쌍생아의 지능 및 학업성취도에 미치는 영향에 관한 연구.” 『한국생물교육학회지』 *25*:67-74, (1997)

정화숙, 배진순, 임영진, 김자림. “제7차 고등학교 생물Ⅰ과 생물Ⅱ 교과서에 제시된 비유 분석.” 『한국생물교육학회지』 *32*:189-203, (2004)

조희형, 정화숙, 장정찬, 최승일, 여경환. 『고등학교 생물 Ⅰ』, (주)대학교과서,

2002, pp.212-219.

조희형, 정화숙, 장정찬, 최승일, 여경환. 『고등학교 생물 Ⅱ』, (주)대학교과서, 2002, pp.298-323.

최경희. “중·고등학생들의 과학-기술-사회(STS)에 관련된 문제와 STS 교육에 관한 인식 조사.” 『한국과학교육학회지』 ***15***:73-79, (1995)

최경희, 이영애, 류수경. “고등학교 과학 교과서에 제시된 비유 분석 및 비교.” 『한국과학교육학회지』 ***23***:165-175, (2003)

최지영, 안태인. “유전자 재조합 기술과 단일 클론 항체 형성에 관한 고교 생물 학습용 비디오 자료의 개발에 관한 연구.” 『한국생물교육학회지』 ***22***:59-68.(1994)

하영사, 조형일, 이지연, 박성은, 주태영, 문경원, 홍경애, 장우복. 『고등학교 생물 Ⅰ』, 도서출판 형설, 2002, pp.269-273.

하영사, 조형일, 이지연, 박성은, 주태영, 문경원, 홍경애, 장우복. 『고등학교 생물 Ⅱ』, 도서출판 형설, 2002, pp.250-287.

홍승호. “초등과학 생명영역의 생식 및 유전 분야에 대한 오개념 분석.” 『초등과학교육학회』 ***22***:288-296, (2003)

홍정림. “의사결정 활동을 중심으로 한 STS(과학-기술-사회) 수업 프로그램이 학생들의 문제해결 능력에 미치는 효과.” 『한국생물교육학회지』 ***29***:375-381, (2001)

홍정림, 김미경, 장남기. “생명공학 영역의 STS(과학-기술-사회) 수업이 학생의 양면가치태도와 학업 성취도에 미치는 효과.” 『한국생물교육학회지』 ***29***:128-137, (2001)

홍정림, 장남기. “생물영역에서 고등학생의 의사결정 문제에 대한 관심도 조사.” 『한국과학교육학회지』 ***19***:1-7, (1999)

Ahmed, M. "Biotechnology in the high schoool classroom." *The Americal Biology Teacher,* ***58***:178-180, (1996)

Altieri, M. A. & Rosset, P. “Ten reasons why biotechnology will not ensure

food security, protect the environment, or reduce poverty in the developing world." In Sherlock R. & Morrey J. D. (eds.), *Ethical Issues in Biotechnology* , 2002, pp.175-182. MD: Rowman & Littlefield,

Botero, A. L. "Scientific and technological literacy and economic development: The case of Sri Lanka. In E. W. Jenkins (Ed.)." *Innovations in science and technology education* ***6***:201-214. Paris: UNESCO, (1997)

Condit, C. M., Ofulu, N., & Sheedy, K. M. "Determinism and mass-media portrayals of genetics." *Am. J. Hum. Genet*, ***62***:979-984, (1997)

Dori, Y. J., Tal, R. T., & Tsaushu, M. "Teaching biotechnology through case studies - Can we improve higher order thinking skills of nonscience majors?." *Science Education* ***87***:767-793, (2003)

Edelstein, M. L., Abedi, M. R. Wixon, J., & Edelstein, R. M. "Gene therapy clinical trials worldwide 1989-2004 - an overview." *J. Gene Med.* ***6***:597-602, (2004)

Fincham, J. R. S. & Ravetz, J. R, in collaboration with a working party of the Council for Science and Society, Canada. Risk and risk management. In Sherlock R. & Morrey J. D. (eds.), *Ethical Issues in Biotechnology* , 2002, pp.127-142. MD: Rowman & Littlefield.

Hilleman, B. "Differing views of the benefits and risks of agricultural biotechnology." In Sherlock R. & Morrey J. D. (eds.), *Ethical Issues in Biotechnology* , 2002, pp.111-126. MD: Rowman & Littlefield,

Ho, M. -W. (1998). *Genetic Engineering*. Gill & Macmillan Publishing Co. UK.

Hurd, P. D. "Scientific literacy: New minds for a changing world." *Science Education.* ***82***:407-416, (1998)

Jones, M. "Fusing plant protoplasts. Trends in Biotechnology." 6:153-158, (1988)

Lewontin, R. (2000). *The triple helix: Gene, organism, and environment*. Cambridge: Harvard University Press.

Mbajiorgu, N. M & Ali, A. "Relationship between STS approach, scientific literacy, and achievement in biology." *Science Education* ***87***:31-39, (2003)

Nelkin, D., & Lindee, S. (1995). *The DNA mystique: the gene as cultural icon.* NY: WH Freeman.

Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. "The morality of socioscientific issues: Construal and resolution of genetic engineering dilemmas." *Science Education* ***88***:4-27, (2004)

Venville, G., Gribble, S. J., & Donovan, J. "An exploration of young children's understandings of genetics concepts from ontological and epistemological perspectives." *Science Education*, ***89***:614-633, (2005)

Yager, R. E. & Tamir, P. "STS approach: Reasons, intentions, accomplishments and outcomes." *Science Education* ***77***:637-658, (1993)

저작물 이용 허락서

학 과	생물 교육	학 번	20058072	과 정	석사
성명	한글: 유 미 정	한문: 兪 美 貞		영문: Yu Mi Jung	
주소					
연락처	E-MAIL: mijung81@gmail.com				
논문제목	한글 : 생명공학 분야에 대한 생물 교과서 내용 분석 및 학생들의 인식조사 영문 : Analyses of Biology Textbook Content and Students' Perception on Biotechnology				

본인이 저작한 위의 저작물에 대하여 다음과 같은 조건 아래 조선대학교가 저작물을 이용할 수 있도록 허락하고 동의합니다.

- 다 음 -

1. 저작물의 DB구축 및 인터넷을 포함한 정보통신망에의 공개를 위한 저작물의 복제, 기억 장치에의 저장, 전송 등을 허락함.
2. 위의 목적을 위하여 필요한 범위 내에서의 편집・형식상의 변경을 허락함. 다만, 저작물의 내용변경은 금지함.
3. 배포・전송된 저작물의 영리적 목적을 위한 복제, 저장, 전송 등은 금지함.
4. 저작물에 대한 이용기간은 5년으로 하고, 기간종료 3개월 이내에 별도의 의사표시가 없을 경우에는 저작물의 이용기간을 계속 연장함.
5. 해당 저작물의 저작권을 타인에게 양도하거나 또는 출판을 허락을 하였을 경우에는 1개월 이내에 대학에 이를 통보함.
6. 조선대학교는 저작물의 이용허락 이후 해당 저작물로 인하여 발생하는 타인에 의한 권리 침해에 대하여 일체의 법적 책임을 지지 않음.
7. 소속대학의 협정기관에 저작물의 제공 및 인터넷 등 정보통신망을 이용한 저작물의 전송・출력을 허락함.

2008 년 2월

저작자: 유 미 정 (서명 또는 인)

조선대학교 총장 귀하

감사의 글

이 논문을 완성할 수 있게 해 주신 가장 고마운 여성 세 분이 계십니다.

첫 번째 여성은 제가 이 세상에 태어나던 날 만난 그 분, 바로 저의 어머니입니다. 스물일곱 해를 항상 부족한 딸 걱정에 힘드셨을 어머니께 가장 먼저 감사의 인사를 드리고 싶습니다.

두 번째 여성은 청도이서고등학교에서 저에게 생물학의 즐거움을 일깨워 주셨고, 교사로서 지적 카리스마를 보여주셨던 정진안 선생님입니다. 선생님을 보면서 교사의 꿈을 키웠던 그때 마음 지키면서 저도 선생님처럼 학생들에게 꿈을 심어주는 참된 교사가 되도록 노력하겠습니다.

세 번째 여성은 학사과정을 마치고 나서도 더 공부하며 생물학 교육을 고민할 수 있도록 이끌어 주시고, 지도해 주신 조은희 교수님입니다. 소설 같은 초안을 보면서 시작이 반이라며 용기를 주시고, 시간이 지나면서 나태해지거나 게을러 질 때 채찍질 하면서 이끌어 주셨기에 대학원을 입학할 때보다 좀 더 성장할 수 있었습니다. 너무 고맙습니다.

1년 중 한 번도 먼저 전화를 걸어보지 못했지만, 사랑한다며 문자 메시지 보내주시는 따뜻한 아버지, 생각하면 늘 걱정 끼쳐드려 미안하고 죄송하기 만한 어머니, 몸이 불편하지만 살아계시는 것만으로도 고마운 할머니, 듬직하고 잘생긴 내 동생 병현이 덕분에 이렇게 살아갈 수 있는 힘이 생깁니다.

힘들 때, 마음이 고단할 때, 옆에서 늘 얘기 들어주고 상담해주고 힘이 되어준 동생 선경이와 김송희 선생님 너무 고마워요. 실험실에서 같이 밥 먹고, 공부하던 은희 언니, 지이, 가영이 덕분에 3년 동안 혼자 사는 광주에서 늘 즐거웠어요. 생물 공부할 때 너무 큰 도움이 되어준 우리 스터디 멤버들 주희, 수경이, 수진이, 경미, 미현이도 고마워. 다들 빨리 합격해서 멋진 교사가 되자! 학교생활 하면서 큰 웃음 선물해 줬던 김성준 선생님, 이미경 선생님, 동경 오빠 고마워요. 친절한 스미스 승태랑 라이더 호진이도 고마워.

대학원 생활 무사히 마칠 수 있도록 최대한 나를 중심으로 근무조건 만들어주시고, 피곤할 때 맘 편하게 쉴 수 있도록 챙겨주시고 도와주신 진병수 과학전문학원 원장님도 너무 고맙습니다.

다들 너무 감사합니다. 앞으로 더 노력하고 공부하며 열심히 살겠습니다.

2007년 12월

유미정