한국학교수학회논문집 제 17 권, 제 4 호
Journal of the Korean School Mathematics Society
Volume 17, Number 4, 629-656, December 2014

수학과 생명과학 통합 교수-학습 자료 개발 및 적용
-미적분과 통계 기본의 확률의 뜻과 활용 단원을 중심으로-

신보미[1] · 주은화[2]

이 연구는 수학과 과학, 특히 생명과학과의 연결성에 기초하여 미적분과 통계 기본 교과의 확률의 뜻과 활용 단원을 생명과학Ⅰ의 유전 내용과 통합하여 지도하는 교수-학습 자료를 개발하고 개발된 교수-학습 자료를 실제 수업에 적용하여 수업에 참여한 고등학생들이 드러내는 특징을 분석함으로써 그 교수학적 시사점을 기술하는데 목적을 두었다. 선행연구 분석을 통해 통합 교수-학습 자료 개발을 위한 세부 관점을 상세화하고 생명과학 교과서와 수학 교과서를 분석하여 연계 가능한 내용을 추출한 다음 이를 실제 교수-학습 자료로 조직하였다. 이를 활용한 수업에서 학생들이 보이는 특징을 4가지로 요약하여 제시함으로써 수학과 과학 통합교육의 설계와 실행에 있어 몇 가지 시사점을 제안하였다.

주요용어 : 통합교육, 확률, 생명과학

Ⅰ. 서론

수학은 과학과 기술, 일상생활 등의 구조, 관계, 순서 등을 다루는 언어로 타학문 또는 실생활과 깊이 연관되어 있으므로(Yarkman, 2008), 수학과 타 교과 내용을 결합시키는 통합교과적 접근을 통해 수학이 인접 학문 또는 사회 현상을 해석하는 기본적인 도구임을 학생들에게 인식시킬 수 있다(홍영기, 2009). 특히 Horton(2006)은 학생들이 과학적인 현상에서 유래한 수학 과제를 다룰 때 수학의 연결성을 보다 자연스럽게 인식할 수 있으며, 수학을 통해 과학적 사실을 살핌으로써 관련되는 수학적 개념과 과학적 현상을 보다 의미있게 이해할 수 있다고 하였다. Hurley(2001)에 따르면 과학에서 다루는 주제는 수학적 지식을 맥락적으로 이해하는데 기여하며, 수학을 통해 과학적인 탐구 활동이 보다 정교해질 수 있으므로 학교 교육과정을 통해 수학과 과학을 통합하여 지도하려는 노력이 필요하다.

이상과 같은 교육적 요구는 최근 국내 수학 교육 연구에도 반영되어 수학교과 관련 통합교육 연구에서 수학과 과학 교과의 통합이 주종을 이루고 있다(주미경·문종은·송륜진, 2012). 그러나 이러한 국내 연구의 대부분은 함수 영역을 주제로 수학과 물리 교과를 통합한 교수-학습의 실제를 주로 소개하고 있어, 수학과 과학의 연결성을 다양한 측면에서 드러

1) 전남대학교, bomi0210@jnu.ac.kr
2) 전남대학교 사범대학 부설고등학교, silverflower@hanmail.net

내는데 한계가 있다. 신은주(2005)는 학교 교육과정을 통해 수학과 과학 통합교육이 실현되기 위해서는 수학과 생명과학, 수학과 화학 등 여러 과학 교과와의 통합교육 방안이 고려될 필요가 있다고 하였다.

통합교과적 관점에서 수학과 과학의 연계 내용을 분석한 김보현(2011)에 따르면 고등학교 생명과학 교과에서 다루는 '멘델의 유전 법칙', '가계도 조사를 통한 유전 형질 조사' 등은 수학 교과의 '확률과 통계' 영역과 통합하여 지도될 수 있다. 용은주(2010) 역시 생명과학 교과의 '유전자 및 생명의 연속성' 단원에서 다루는 내용은 고등학교 1학년 수학 및 미적분과 통계 기본의 '확률' 단원과 연계될 수 있다고 하였다. Franklin(2001)에 따르면 확률 지식은 사회 현상 및 자연 현상과 같은 실제적인 문제를 해결하는 과정에서 발생하였기 때문에 확률 지도역시 그 발생적 본질에 비추어 현실 상황을 통해 진행될 필요가 있는 바, 김보현(2011)과 용은주(2010)의 연구는 확률 지도에 필요한 현실 상황을 구성하는데 생명과학의 내용 요소가 의미있게 활용될 수 있음을 시사한다. 또한 2007 개정 수학과 교육과정 해설서는 오늘날 확률론이 사회학, 경제학, 의학 등의 사회과학 및 자연과학 전반에 걸쳐 응용되고 있음을 명시함으로써(교육과학기술부, 2009, p. 181), 학교 수학에서 확률이 현실 맥락을 통해 지도될 필요가 있음을 지적하고 있다.

이에 이 연구에서는 수학과 과학의 연결성에 주목하여 미적분과 통계 기본 교과의 확률의 뜻과 활용 단원을 생명과학Ⅰ의 유전 내용과 통합하여 지도하는 교수-학습 자료를 개발하고, 이를 실제 수업에 적용하여 학생들이 보이는 특징을 기술함으로써 개발 자료의 교수학적 가치를 간접적으로 평가하고자 한다. 이를 위해 우선 확률과 유전 통합 교수-학습 자료 개발의 세부 관점을 문헌 분석을 통해 추출한 다음 이를 토대로 통합 교수-학습 자료를 개발한다. 다음으로는 개발된 교수-학습 자료를 활용하는 수업을 진행하여 수업에 참여한 학생들이 보이는 특징을 통합 교수-학습 자료 개발의 세부 관점과 선행 연구 등에 비추어 분석한다. 이 연구에서 개발한 교수-학습 자료와 이를 활용한 수업에서 학생이 보이는 특징을 분석한 결과는 수학과 과학의 통합교육을 설계하고 실행하는데 교육적인 시사점을 줄 수 있다.

Ⅱ. 이론적 배경

이하에서는 확률과 유전의 통합 교수-학습 자료 개발을 위해 이 연구에서 추출한 5가지 세부 관점을 선행 연구에 비추어 설명한다.

1. 수학과 과학 통합교육 실행

조덕주(1999)는 중등학교 현장에서 통합교육을 실행하기 위해서는 교과간 통합에 대한 논의가 교과 내용 요소를 토대로, 교과서 또는 교수-학습 자료 개발의 수준에서 구체적으로 진행될 필요가 있다고 하였다. 이혜숙·임해미·문종은(2010)에 따르면 통합할 과학 개념을 학생들이 이미 배웠다는 전제하에 수학 교사가 주체가 되어 수학 수업시간에 가르치고자 하는 내용 요소를 과학 내용과 관련지어 다루는 방안이 교육과정 및 수업 시간 편성의 문제, 수학과 과학 교사의 팀티칭 문제 등을 감안해 볼 때 현재 교육과정과 수업 편제 내에서 현실적인 통합교육 모형이 될 수 있다. 즉, 수학과 과학 통합교육은 두 교과사이의 관련된 내용

요소에 기초하여 이미 가르쳐진 과학 개념에 비추어 새로운 수학 내용을 도입하는 형태로 구성된 교수-학습 자료에 의해 구체화될 수 있다. 이에 이 연구에서는 이미 학습된 유전 관련 상황을 통해 확률 내용을 소개하는 형태로 확률과 유전을 통합하여 다루는 교수-학습 자료를 개발하고자 한다.

소경희(2005)는 지식기반사회에서는 분과적으로 고립된 지식보다 교과간의 통합에 의한 연계망적 지식이 강조되므로 중·고등학교에서 통합 교육을 실행하기 위해서는 각 교과간의 공통 개념이나 아이디어가 중심이 되어야 한다고 하였다. 이를테면 몇 년동안의 인구 데이터를 가지고 시간에 따른 인구수의 변화를 그래프로 나타내고 이 그래프에 적합한 함수식을 탐구하는 수학적 활동을 진행하고, 이로부터 인구의 지수적 증가 현상에 대한 이해를 명확히 함으로써 인구 문제에 대한 과학적인 탐구 활동을 보다 효과적으로 진행할 수 있다(p. 126). 수학과 과학 통합 교육이 이미 학습된 과학 개념에 기초하여 수학적 아이디어를 다루는 방식으로 진행됨으로써 과학 개념 자체에 대한 이해가 깊어져 해당 지식에 대한 응용력이 강화될 수 있으며, 과학적 상황으로부터의 점진적 수학화 과정을 통해 수학적인 현상을 이해하는 능력과 안목을 넓힐 수 있다(이혜숙 외, 2010). 즉, 수학적인 탐구 활동을 진행하는데 상황 요소로 소개된 과학 개념은 다루고자 하는 수학적 지식과 유기적으로 결합되면서 과학적인 현상을 해석하고 이해하는데 필요한 통합적인 지식과 안목의 토대가 된다. 이는 수학적인 과제뿐만 아니라 과학 개념과 관련된 과제를 다루는 상황에서도 수학과 과학 통합 교수-학습이 적절히 진행될 수 있음을 암시하는 바, 확률과 유전을 통합하여 다루는 교수-학습 자료 개발에 확률 과제뿐만 아니라 유전 과제를 활용함으로써 가르치고자 하는 수학적 지식의 의미있는 수학화를 모색한다.

이상을 고려하여 확률과 유전을 통합하여 다루는 교수-학습 자료 개발의 세부 관점은 다음과 같이 구체화할 수 있다.

개발관점 1. 확률과 유전을 통합하여 다루는 교수-학습 자료는 이미 학습한 유전 내용에 비추어 가르치고자 하는 확률 내용을 도입하는 방식으로 구성한다.

개발관점 2. 확률과 유전을 통합하여 다루는 교수-학습 자료는 확률 과제와 함께 부분적으로 유전과 관련된 과제도 다룬다.

2. 맥락과 수학적 지식

수학적 활동의 본질은 현상을 수학적 수단으로 정리하고 조직하는 수학화에 있으며, 이러한 수학화 활동은 현실성이 풍부한 맥락(context) 내에서 그 정리 수단인 수학적 본질을 찾고 의미를 감지하여 조직하는 과정이다(Freudenthal, 1991). Treffers & Goffree(1985)에 따르면 학생들은 맥락을 통해 비형식화된 현실 상황을 형식적인 수학적 처리가 가능하도록 변환하는 수평적 수학화를 경험할 수 있으며, 세련된 수학적 처리를 위해 수학 내적 모델을 통합, 조정, 결합하여 형식적인 수학으로 정교화하는 수직적 수학화를 진행할 수 있다. 때문에 이러한 수학화 활동은 학생들이 수학적 지식의 용용 가능성을 인식하고 상황 맥락을 수학적으로 조직하는 능력을 단련하는데 기여한다(Gravemeijer & Doorman, 1999). 이처럼 수학적 지식은 맥락 속에서 정교화·조직화되는 바, 확률과 유전을 통합하여 다루는 교수-학습 자료는 학생들이 유전이라는 실제 맥락으로부터 확률 지식을 형식화하여 확률 개념의 실제

성을 인식하고 과학적인 현상을 확률적 사고에 비추어 해석할 수 있도록 구성한다.

한편, de Lange(2003)은 수학화를 위해 제공되는 현실 맥락이 수학적 지식의 형성에 본질적인 요소로 작용할 수 있어야 한다고 하였다. 인위적으로 가장된(camouflaged) 맥락은 수학적 지식의 진정한 형식화를 유도하지 못하며 실제 현상을 반영한 진정한 상황 맥락만이 의미있는 수학화 활동을 가능하게 한다. Petagilia(1998)는 수학적 지식의 형식화와 관련하여 맥락이 실제적이고 핵심적인 요소로 작용하기 위해서는 맥락 자체가 현실 상황을 반영하여야 하며 이로 인해 그 수학화 과정은 일정 수준의 난이도와 복잡성을 지니게 된다고 하였다. 학생들은 현실 맥락 속에 편재한 소음(noise) 중에서 본질인 신호(signal)를 추출하고 이를 수학적으로 정교화함으로써 발전된 인지 능력을 개발할 수 있기 때문에 의미있는 수학화 활동이 일어나도록 하는 상황 맥락은 본질상 다소간의 복잡성을 띠며 어려운 탐구 활동을 요구할 수 있다(van den Heuvel- Panhuizen, 2005). 이에 확률과 유전을 통합하여 다루는 교수-학습 자료에는 다소 어렵고 복잡한 과제라 할지라도 유전과 관련된 상황 맥락의 본질을 감안하여 적절하다면 확률 지식의 의미있는 수학화를 위해 다룰 수 있도록 한다.

이상에 따라 확률과 유전을 통합하여 다루는 교수-학습 자료 개발에 다음과 같은 세부 관점을 추가할 수 있다.

개발관점 3. 확률과 유전을 통합하여 다루는 교수-학습 자료는 유전이라는 현실 맥락으로부터 확률 지식을 수학화할 수 있도록 한다.

개발관점 4. 확률과 유전을 통합하여 다루는 교수-학습 자료에서 유전과 관련된 실제적이고 본질적인 맥락은 다소간의 복잡성을 지닐 수 있다.

3. 시뮬레이션과 통계적 확률

확률 개념의 본질은 수학적 확률과 통계적 확률을 균형있게 다룸으로써 인식될 수 있음에도 불구하고(Jones, Langrall, & Mooney, 2007), 우리나라 고등학교 확률 교육과정의 주요 내용 요소인 통계적 확률[3]은 구체적인 탐구 활동이 생략된 채 그 정의만이 간단히 언급되는 정도로 소개되며 확률은 주로 수학적 확률과 관련하여 지도된다(신보미, 2007). 그러나 실험적 상황에 기초하지 않고 통계적 확률의 정의를 연역적 방식으로 소개하는 것은 확률과 관련된 주요한 오개념의 근원이 될 수 있으므로 교수학적으로 바람직하지 않다 (Freudenthal, 1972).

Shaughnessy, Canada, & Ciancetta(2003)는 학교 수학에서 확률 지도가 한 번의 시행에서 어떤 사건이 출현할 정확한 확률 값을 이론적으로 구하는 수학적 확률에만 치중하는 것은 학생들의 확률적 사고력 성장에 기여할 수 없으며, 실험 활동에 의한 시뮬레이션을 통해 빈도적 정보를 수집하고 분석하는 통계적 확률의 아이디어가 주요하게 다루어져야 한다고 지적하였다. NCTM(2000) 역시 9~10단계 확률 규준에서 확률 개념의 의미있는 발달을 위해서는 시뮬레이션을 통해 통계적 확률을 다루고 이로부터 수학적 확률과의 관계를 살피는 활동이 보다 중요하다고 하였다.

이상에 따르면 현재 고등학교 교육과정에서는 확률 개념의 빈도적 측면이 보다 중점적으

3) 통계적 확률은 수학적 확률과 함께 미적분과 통계 기본 및 적분과 통계 교육과정상의 주요 용어이다(교육인적자원부, 2007, p. 69, p. 84).

로 다루어질 필요가 있으며, 시뮬레이션으로부터 얻은 실제 자료를 통계적 확률에 비추어 해석하고 이를 수학적 확률과 관련하여 확인하는 경험이 구체적으로 제공될 필요가 있다. 이러한 관점에서 볼 때 생명과학의 유전과 관련된 내용은 상대도수에 대한 귀납적인 조작 활동을 통해 통계적 확률을 구체적으로 다루는데 필요한 실험 상황의 조직에 실제적으로 활용 가능하다. 특히 멘델의 유전 법칙은 컴퓨터 시뮬레이션 결과를 통계적 확률 및 수학적 확률에 비추어 해석하는데 주요한 상황 맥락을 제공할 수 있다. 이에 확률과 유전을 통합하여 다루는 교수-학습 자료 개발에 다음 세부 관점을 포함한다.

개발관점 5. 확률과 유전을 통합하여 다루는 교수-학습 자료에서 시뮬레이션을 통한 실험 상황을 도입하여 통계적 확률 개념을 점진적으로 형식화하는 기회를 갖도록 한다.

Ⅲ. 연구 방법

이 연구는 이미 학습한 생명과학Ⅰ교과의 유전 개념에 기초하여 미적분과 통계 기본 교과의 확률의 뜻과 활용 단원을 지도하는 통합 교수-학습 자료를 개발하고, 이를 활용하는 수업 상황에 참여한 학생들이 보이는 특징을 분석하는데 목적이 있다. 이에 수업에 참여한 학생들이 보이는 특징을 분석하기 위해 선정한 연구 대상과 자료 수집 및 분석 방법은 다음과 같다.

1. 연구 대상

이 연구에서 개발한 통합 교수-학습 자료를 적용한 수업은 광역시 소재 인문계고등학교 1학년 학생 41명을 대상으로 진행하였다. 이 학생들 중 연구 대상은 수업 상황에서의 심층적인 관찰을 고려하여 8명으로 제한하였으며, 수학적 의사소통 능력 및 수학에 대한 흥미도 등이 높아 수업 상황에서 다양한 반응을 보일 수 있는 중위권 학생 4명, 상위권 학생 4명으로 선정하였다. 연구 대상은 정규교육과정을 통해 생명과학Ⅰ과 고등학교 1학년 수학을 이미 학습하였으며, 미적분과 통계 기본 교과의 확률과 관련된 내용은 아직 학습하기 전으로 이와 관련된 선행 학습 경험도 가지고 있지 않았다.

2. 자료 수집

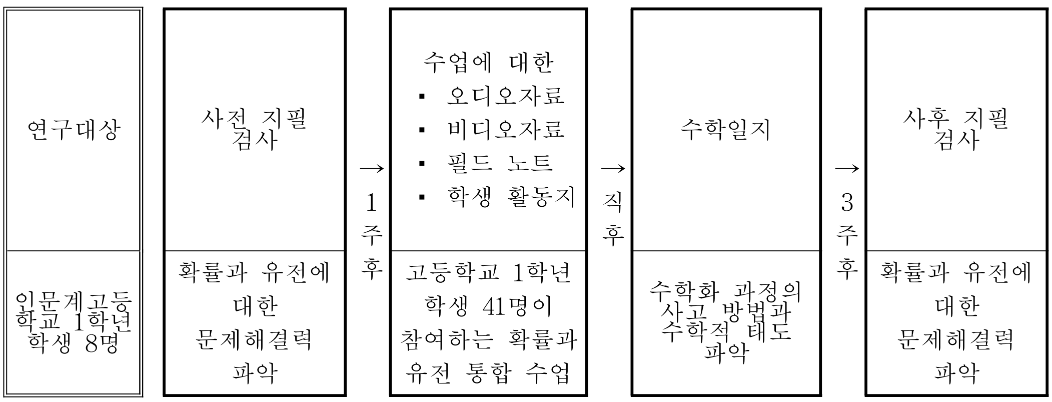
이 연구에서 개발한 통합 교수-학습 자료를 활용한 수업은 10차시 분량으로 진행하였다[4]. 연구자 중 한 명이 교사로서 수업을 진행하였으며, 수업은 해당 차시의 탐구 활동 주제와 과제를 간단히 설명하는 것으로 시작하였다. 교사는 탐구 활동 주제와 과제에 대해 학생들이 충분히 이해하였는지를 확인한 다음 모둠별 탐구 활동이 진행되도록 안내하였다. 교사는 탐구 활동이 원활히 진행되도록 하는 안내자이면서 탐구 활동을 촉진하는 질문자의 역할을 맡았다. 그 외 다른 연구자는 관찰자로서의 역할을 맡아 수업 진행 상황을 가능한 객관적으로 관찰하기 위하여 노력하였다. 관찰자는 교사와 학생들의 수업 활동에 개입하지 않으면서 자료를 수집하였으며, 수업 진행 상황과 관련된 참조 내용을 표시하기 위해 필드 노트를 작

4) 수업에 참여한 학생 41명을 한 모둠당 4명 내외의 모둠으로 편성하여 모둠 활동을 위주로 수업을 진행하였다.

성하였다. 수업은 디지털 캠코더로 촬영하고 교사와 학생의 모든 발언을 오디오 자료로 녹음하였으며, 수업 중에 학생들이 작성한 활동지는 분석 자료로 활용하기 위하여 수업 직후 수합하였다.

한편 개발한 통합 교수-학습 자료를 적용한 수업에서 진행된 확률 지식의 수학화 과정에서 드러난 특징은 확률 문제뿐만 아니라 유전과 관련된 문제를 해결하는 능력을 통해서도 간접적으로 파악될 수 있으므로(개발관점 2), 해당 수업을 실시하기 전과 후에 확률과 유전에 대한 문제해결력을 알아보는 지필검사를 실시하였다. 또한 10차시의 수업은 유전과 관련된 비형식적인 과학적 맥락으로부터 확률 지식을 수학화하는 경험을 갖도록 조직되었으므로(개발관점 3), 이러한 수학화 과정에서 학생들이 사용한 사고 방법을 파악하고 학생들이 갖게 된 수학적 태도의 특징을 살피는데 도움을 얻고자 매 수업 시간 직후에 수학일지를 작성하도록 하였다. 강옥기(2007)에 따르면 수학일지에 학생들은 공부하고 있는 수학적 내용과 관련된 문제 해결 전략에 대한 반성, 수학에 대한 느낌 및 어려운 부분 등 수학 학습 전반에 대한 기록을 남길 수 있으므로 교사는 수업일지를 통해 학생들의 인지적 특징과 정의적 태도를 동시에 살필 수 있다.

이상과 같이 수집된 수업 상황에 대한 비디오 및 오디오 자료, 관찰자인 연구자가 작성한 필드 노트, 수업 중에 작성한 학생용 활동지, 사전・사후 지필검사 자료, 매 차시 직후 작성된 수학일지 자료 등을 이 연구의 분석 자료로 한다. 이와 같은 자료 수집 방법의 다원화는 질적 사례 연구의 객관화를 위한 실천적 시도로 연구 결과에 대한 신뢰성을 증진시키는 적극적인 방법이라고 볼 수 있다(Yin, 1994).



[그림 Ⅲ-1] 자료 수집 방법

3. 자료 분석

확률과 유전 통합 교수-학습 자료를 활용한 수업의 전과 후에 실시한 사전·사후 지필검사 결과는 Fast(1997)의 평가 방법을 틀로 하여 '정답의 유무', '정답 작성 이유의 타당도', '작성한 답에 대한 확신 정도'에 비추어 분석하였다. 검사 결과를 정답의 유무뿐만 아니라 정답 작성 이유의 타당도와 작성한 답에 대한 확신 정도에 비추어 검토함으로써 확률과 유전에 대한 학생들의 문제해결력 수준을 깊이 있게 확인할 수 있으며 해당 수업에 참여한 학생들의 이해 정도 역시 의미있게 파악할 수 있다.

매 수업 시간 직후에 수집한 수학일지 자료는 유전과 관련된 상황 맥락을 통해 확률 지식

을 수학화하는 과정에서 학생들의 사고 방법과 수학적 태도의 특징을 살피기 위하여 수집하였으므로 권소영(2009)과 백남옥(2012)을 종합하여 수학에 대한 흥미와 호기심, 수학의 유용성에 대한 인식, 수학적 자신감의 측면에서 수학적 태도를 확인하였다. 또한 강옥기(2007)가 제시한 수학일지로부터 확인할 수 있는 인지적 특징에 비추어 수학화 과정의 사고 방법을 분석하였다.

한편 확률과 유전 통합 교수-학습 자료를 활용한 수업에서 학생들이 드러내는 특징을 분석하기 위해 수집된 오디오 및 비디오 자료, 필드 노트와 학생용 활동지는 앞서 구체화한 교수-학습 자료 개발의 세부 관점을 틀로 하여 분석하였다. 이상 자료 분석 방법을 요약하면 <표 Ⅲ-1>과 같다.

<표 Ⅲ-1> 자료 분석 방법

분석자료	분석범주	분석내용	출처
수업에 대한 오디오 및 비디오 자료, 필드노트, 학생용 활동지	Ⅰ. 수업 상황에서 학생들이 드러내는 특징	Ⅰ-1. 이미 학습한 유전과 관련된 현실 맥락을 통해 확률 지식이 수학화되는 과정은 어떠한가(개발관점 1, 3)? Ⅰ-2. 확률 지식을 수학화할 때 유전과 관련된 과학적 지식의 특징은 어떠한가(개발관점 2)? Ⅰ-3. 유전과 관련된 복잡한 현실 맥락을 수학화하는데 장애는 없는가(개발관점 4)? Ⅰ-4. 시뮬레이션을 통한 유전 관련 실험 상황으로부터 통계적 확률을 형식화하는 과정은 어떠한가(개발관점 5)?	개발 관점 1~5
사전·사후 지필검사 결과	Ⅱ. 확률과 유전에 대한 문제해결력	Ⅱ-1. 정답을 기술하였는가? Ⅱ-2. 정답을 작성한 이유가 타당한가? Ⅱ-3. 작성한 답에 대해 확신하는가?	Fast (1997)
수학일지	Ⅲ. 수학화 과정의 사고 방법 및 수학적 태도[5]	Ⅲ-1. 문제해결 전략에 대한 반성이 있는가? Ⅲ-2. 수학적인 개념 중 이해하거나 이해하지 못한 것에 대한 기술이 있는가? Ⅲ-3. 수학적인 기능 중 수행하거나 수행하지 못한 것에 대한 기술이 있는가?	강옥기 (2007)
		Ⅲ-4. 수학하는 것을 즐거워하는가? Ⅲ-5. 수학을 배우는 것에 흥미가 있는가? Ⅲ-6. 수학 수업에 대한 기대가 있는가?	백남옥 (2012)
		Ⅲ-7. 수학이 일상생활에 도움을 준다고 생각하는가? Ⅲ-8. 수학이 사고력을 기르는데 도움이 된다고 생각하는가? Ⅲ-9. 수학이 다른 교과를 공부하거나 직장 생활을 하는데 필요하므로 중요한 과목이라고 생각하는가?	
		Ⅲ-10. 수학공부에 자신 있어 하는가? Ⅲ-11. 수학문제를 잘 풀 수 있겠다고 생각하는가? Ⅲ-12. 수학에서 좋은 성적을 받을 수 있다고 생각하는가?	권소영 (2009)

5) Ⅲ-4~Ⅲ-6, Ⅲ-7~Ⅲ-9, Ⅲ-10~Ⅲ-12은 각각 수학에 대한 흥미와 호기심, 수학의 유용성에 대한 인식, 수학적 자신감 범주와 관련된다.

<표 Ⅲ-1>과 같은 자료 분석 방법에 기초하여 연구자들은 수집된 자료를 1차 분석하였다. 이러한 1차 분석은 연구자별로 독립적으로 진행하였으며 분석 결과는 연구자간의 공동 논의를 거쳐 2차 분석 결과로 정교화되었다. 이러한 일련의 자료 분석 과정에서 연구자들의 추측을 최소화하기 위하여 특정 자료에 대해 학생의 재진술을 듣는 보충 설명법(complementary accounts methodology; Clarke, 1998, p. 98)을 적용하였다. 보충설명법은 수집된 자료에 대해 연구 대상의 설명을 반영함으로써 분석 자료에 연구 대상의 목소리를 담는 연구 방법론이다. 이 연구 방법론은 자료 분석에 대한 연구자 해석의 일관성과 일치성, 타당성을 보장하므로 연구자의 추측을 최소화할 수 있는 방법론으로 알려져 있다(Clarke, 1998, p. 109).

Ⅳ. 연구 결과

1. 확률과 유전에 대한 통합 교수-학습 자료 개발

이 연구는 문헌 검토를 통해 확률과 유전에 대한 통합 교수-학습 자료 개발의 세부 관점을 상세화한 다음, 미적분과 통계 기본 교과서 및 생명과학Ⅰ교과서를 분석하여 확률 단원과 유전 단원에서 연계 가능한 내용을 추출하였다. 이렇게 추출된 내용은 수학과 과학 통합 수업 설계모형(이혜숙 외, 2010)에 따라 전체 10차시 분량으로 <표 Ⅳ-1>과 같이 조직하였으며 매 차시의 교수-학습 내용은 이 연구에서 상세화한 자료 개발의 세부 관점 5가지에 비추어 확률과 유전에 대한 통합 교수-학습 자료로 구체화하였다.

<표 Ⅳ-1> 수업 단계 및 주요 교수-학습 내용

수업 단계 (이혜숙 외, 2010)	차시	주요 교수-학습 내용
과학적 개념 제시와 탐구 단계	1~2	· 색종이 실험을 통해 유전과 관련된 주요 개념 및 멘델의 유전 법칙 상기
과학적 맥락에서 수학적 개념 인식 단계	3~4	· 멘델의 유전 법칙과 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 수학적 확률과 통계적 확률의 의미 및 관계 인식
수학적 개념의 발전 단계	5~6	· 잡종 2세대의 형질을 고려하는 과정에서 확률 개념 및 확률의 기본 성질을 발전
수학적 개념의 형식화 단계	7~8	· 확률 개념 및 확률의 기본 성질에 대한 형식화
통합된 개념을 기반으로 현상 이해 단계	9~10	· 확률과 유전에 대한 통합된 지식을 바탕으로 가계도 조사를 통한 유전형질 등을 확률과 관련된 안목에 기초하여 이해

확률과 유전에 대한 통합 교수-학습 자료는 이미 학습한 과학 개념을 상기하도록 안내하는 과정에서도 형식화된 과학적 지식을 곧바로 제시하기보다 비형식적인 현실 맥락과 실험 상황을 통해 이를 음미할 수 있도록 구성하였다(개발관점 3). 1~2차시의 과학적 개념 제시와 탐구 단계에서는 '닮았다', '유전이다'와 같은 용어가 포함된 여러 개의 신문 기사를 읽고

이 기사에서 공통으로 발견할 수 있는 과학 원리를 설명할 수 있도록 하였다. 그런 다음 <부록 1>과 같은 실험을 제안하여 유전자형과 표현형, 우성과 열성 등의 유전 관련 주요 개념 및 멘델의 유전 법칙 등을 상기하도록 하였다.

한편 통합 교수-학습 자료에서 가르치고자 하는 확률 내용은 이미 학습한 유전과 관련시켜 도입하되(개발관점 1), 유전이라는 실제적인 맥락을 통해 확률 지식에 대한 수학화가 진행될 수 있도록 하였다(개발관점 3). 과학적 맥락에서 수학적 개념을 인식하도록 하는 단계(3~4차시)에서는 멘델이 단성잡종 교배 실험을 통해 얻은 실제 자료에 기초하여 잡종 2세대의 우성과 열성의 비를 구해보도록 한 다음, 멘델의 유전 법칙에 비추어 이론적으로 구한 결과와 서로 비교하도록 하였다[6]. 이 활동은 유전과 관련된 맥락에서 얻은 경험적인 비와 이론적인 비를 음미하여 수학적 맥락에서 다루는 통계적 확률과 수학적 확률의 의미와 이들 사이의 관계를 파악하도록 하려는 의도에서 개발하였다.

또한 수학적 개념의 발전 단계(5~6차시)에서도 세 쌍의 대립 형질에 대한 유전에서 잡종 2세대의 모든 유전자형 64개를 일일이 구하는 활동을 통해 경우의 수에 대한 곱의 법칙을 확장할 수 있도록 한 다음, 이를 토대로 수학적 개념의 형식화 단계(7~8차시)에서 확률에 대한 곱셈 법칙을 수학화하도록 구성하였다(개발관점 3). 이러한 수학화 과정은 [그림 Ⅳ-1]과 같은 과제를 통해 진행되도록 하였다.

생각해보기

두 쌍의 대립 형질 R/r, Y/y에 대하여 유전자형이 각각 둥글고 황색인 완두(RrYy)와 둥글고 녹색인 완두(Rryy) 1세대를 교배하였을 때 잡종 2세대에서 둥글고 황색인 완두, 둥글고 녹색인 완두, 주름지고 황색인 완두, 주름지고 녹색인 완두가 나올 확률을 가능한 여러 가지 풀이 방법으로 구해보자.

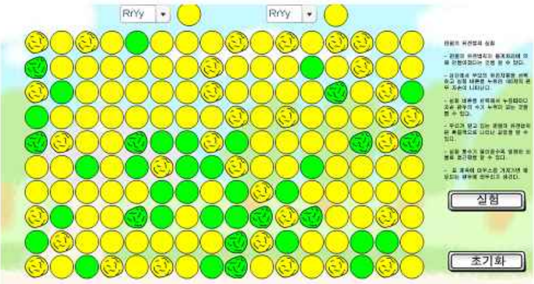
[그림 Ⅳ-1] 확률에 대한 곱셈 법칙 수학화를 위한 과제

실제로 연구대상은 [그림 Ⅳ-1]의 '생각해보기' 과제를 통해 '확률을 가능한 여러 가지 방법으로 구해봄'으로써 [그림 Ⅳ-4]와 같이 확률의 곱셈 법칙을 수학화하였다.

과학적 맥락에서 수학적 개념을 인식하도록 하는 단계(3~4차시)에서는 통계적 확률 개념을 점진적으로 형식화할 수 있도록(개발관점 5), [그림 Ⅳ-2]와 같이 형질 시뮬레이션 활동을 진행하는 과제를 제시하였다.

6) 구체적인 내용은 <부록 2>을 참조하기 바란다.

주어진 사이트에서 부모의 유전자형을 각각 RrYy으로 선택한 다음 실험 버튼을 눌러 다음 물음에 답해 보자.



	둥금	주름짐	황색	녹색	둥황	둥녹	주황	주녹	총계
갯수	117	43	121	39	89	28	32	11	480
합계	360	120	351	129	269	91	82	38	
비율	3	1	2.93	1.08	8.97	3.03	2.73	1.27	

http://sciencelove.com/798

(1) 잡종 2세대에서 둥글고 녹색인 완두와 주름지고 황색일 완두가 나타날 확률을 각각 추측해보자.
(2) (1)을 해결한 방법에 대하여 모둠원들과 이야기해보자.
(3) 실험을 여러 번 반복하여 (1)에서 구한 값이 어떻게 변하는지 설명해 보자.

[그림 Ⅳ-2] 형질 시뮬레이션 과제

[그림 Ⅳ-2]와 같은 활동을 통해 연구 대상은 특정한 형질이 출현할 가능성을 상대도수를 이용하여 추측하고, 실험을 여러 번 반복하여 상대도수가 변화하는 양상을 살펴봄으로써 통계적 확률의 아이디어를 점진적으로 수학화할 수 있다.

통합된 개념을 기반으로 현상을 이해하는 단계(9~10차시)에서는 확률과 유전에 대한 통합된 지식을 바탕으로 유전자형 및 표현형, 가계도 조사를 통한 유전형질 등을 확률과 관련된 안목에 기초하여 해석하는 기회를 가질 수 있도록 [그림 Ⅳ-3]과 같은 유전 관련 과제를 제시하였다.

다음은 사람의 피부색 유전을 설명하기 위한 자료이다.

○ 피부색은 서로 다른 염색체에 존재하는 3쌍의 대립 유전자 A와 a, B와 b, D와 d에 의해 결정된다.
○ 유전자 A, B, D는 피부색을 어둡게 하며, 종류에 상관없이 개수가 같으면 피부색은 동일하다.
○ 유전자 a, b, d는 피부색을 밝게 하며, 종류에 상관없이 개수가 같으면 피부색은 동일하다.
○ ㉠유전자형이 AaBbDd인 두 사람이 결혼하여 자손을 낳을 경우 자손에서 다양한 피부색이 나타날 수 있다.

이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 환경의 영향은 고려하지 않는다.)

<보 기>

ㄱ. 피부색 유전은 다인자 유전이다.
ㄴ. 유전자형이 AaBbDd인 사람이 생성할 수 있는 생식 세포의 유전자형은 6가지이다.
ㄷ. ㉠에서 Aabbdd의 피부색과 동일한 피부색을 가진 자손이 태어날 확률은 $\frac{1}{32}$이다.

[그림 Ⅳ-3] 유전 관련 과제

이는 확률과 유전을 통합하여 다루는 교수-학습 자료에서 부분적으로 유전과 관련된 과제를 다룸으로써(개발관점 2), 확률과 유전 통합 교수-학습 과정에서의 점진적 수학화가 폭넓게 진행되게 하려는 의도로 개발하였다. 진정한 의미의 수학화는 실제 현상을 본질적으로 반영한 상황 맥락을 통해서 일어날 수 있으므로(de Lange, 2003), 9～10차시에서는 이러한 상황 맥락의 특징을 반영하여 다소 어렵거나 복잡한 과제라도 유전과 관련된 현실 맥락에 비추어 타당하다면 이를 다룰 수 있도록 하였다(개발관점 4).

2. 확률과 유전에 대한 통합 교수-학습에 참여한 연구 대상의 특징

이하에서는 이 연구에서 개발한 통합 교수-학습 자료를 활용한 수업을 통해 연구 대상의 수학적 활동과 태도, 문제해결력 등과 관련하여 드러난 특징을 살펴본다[7].

1) 유전과 관련된 현실 맥락으로부터 확률의 곱셈 법칙에 대한 수학화가 일어난다.

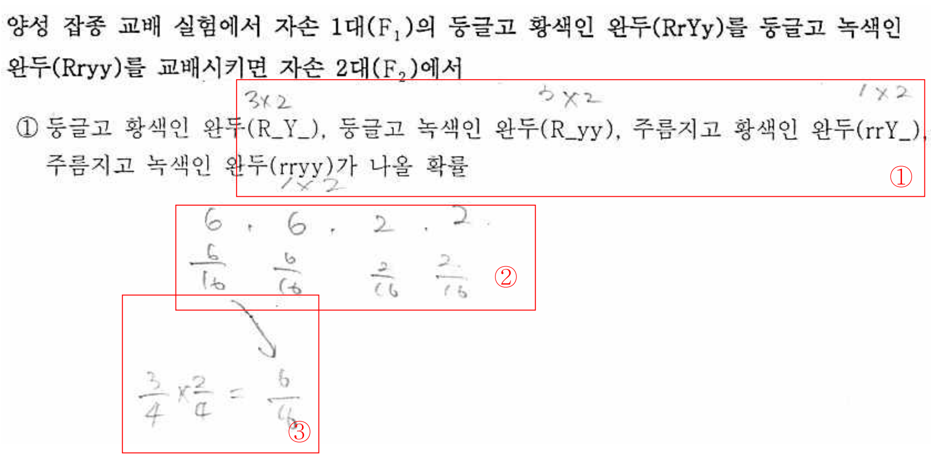
연구 대상은 유전과 관련된 비형식적 맥락을 중학교에서 배운 경우의 수와 관련시켜 해석함으로써 확장하였으며, 이를 토대로 확률에 대한 곱셈 법칙을 수학화하였다(분석관점 Ⅰ-1). 수학적 개념의 발전 단계인 5～6차시에 학생들은 부모 세대의 대립 형질 개수에 따라 잡종 2세대의 모든 유전자형을 구해보는 탐구 활동을 중학교에서 두 사건이 동시에 일어날 때 사용하였던 곱의 법칙에 비추어 해석하였다(①). 또한 두 쌍, 세 쌍의 대립 형질에 대해 다음 세대의 모든 유전자형의 개수를 구해봄으로써 경우의 수와 관련된 곱의 법칙을 확장하였다(②).

교사 : 다음 세대의 유전자형이 □□과 같은 형태로 나올 수 있는 총 경우의 수는 얼마일까요?
학생 A : 첫 번째 □에 R또는 r이 들어갈 수 있고, 각각에 대하여 두 번째 □에 다시 R 또는 r이 들어갈 수 있으니 2×2로 4가지예요.
학생 C : 아, 곱의 법칙!!(①)
교사 : 곱의 법칙이라고요? 그게 뭐지요?
학생 C : 중학교 때, 동시에 일어나면 경우의 수를 곱한다고 배웠던 것 같아요(①).
교사 : 그럼, 두 쌍, 세 쌍의 대립 형질의 유전에서도 모든 유전자형의 개수를 이처럼 찾아볼 수 있나요? 먼저 두 쌍, 세 쌍의 유전자형은 몇 칸의 형태지요? 그리고 각 경우에 다음 세대의 유전자형은 모두 각각 몇 가지인가요?
학생들 : 두 쌍은 □□□□형태, 세 쌍은 □□□□□□형태예요. 그래서 2×2×2×2=16가지, 2×2×2×2×2×2=64가지가 되요(②).

연구 대상은 이상과 같이 경우의 수에 대한 곱의 법칙을 탐구한 다음, 수학적 개념의 형식화 단계에서 [그림 Ⅳ-4]와 같이 유전과 관련된 맥락으로부터 확률에 대한 곱셈 법칙을 수학화하였다.

---

7) 연구대상의 사전·사후 지필 검사 및 수학일지 분석 결과는 <부록 3>을 참조하기 바란다.


양성 잡종 교배 실험에서 자손 1대(F_1)의 둥글고 황색인 완두(RrYy)를 둥글고 녹색인 완두(Rryy)를 교배시키면 자손 2대(F_2)에서

3x2 5x2 1x2

① 둥글고 황색인 완두(R_Y_), 둥글고 녹색인 완두(R_yy), 주름지고 황색인 완두(rrY_), 주름지고 녹색인 완두(rryy)가 나올 확률

1x2

①

6, 6, 2, 2

$\frac{6}{16}$ $\frac{6}{16}$ $\frac{2}{16}$ $\frac{2}{16}$ ②

$\frac{3}{4}\times\frac{2}{4}=\frac{6}{16}$ ③

[그림 Ⅳ-4] 학생 A의 활동지(박스는 연구자가 분석을 위하여 삽입한 것임)

학생 A는 둥글고 황색인 완두, 둥글고 녹색인 완두, 주름지고 황색인 완두, 주름지고 녹색인 완두가 나올 경우의 수를 각각 구하여(①), 모든 경우의 수의 합을 계산한 다음 이를 활용하여 과제에서 묻고 있는 확률을 $\frac{\text{사건이 일어나는 경우의 수}}{\text{시행에서 가능한 모든 경우의 수}}$로 구하였다(②). 그런 다음 둥글고 황색인 완두가 나올 확률인 $\frac{6}{16}$은 둥근 완두가 나올 확률인 $\frac{3}{4}$와 황색인 완두가 나올 확률인 $\frac{2}{4}$의 곱과 같음을 보이고 있다(③). 이는 확률과 유전을 통합하여 다루는 교수-학습 자료를 활용한 수업이 수학적으로 형식화되어 있지 않은 유전 관련 맥락으로부터 확률의 곱셈 법칙을 수학화하는데 기여하였음을 보여준다.

2) 점진적으로 형식화된 수학적 전략을 통해 유전 문제를 효율적으로 해결한다.

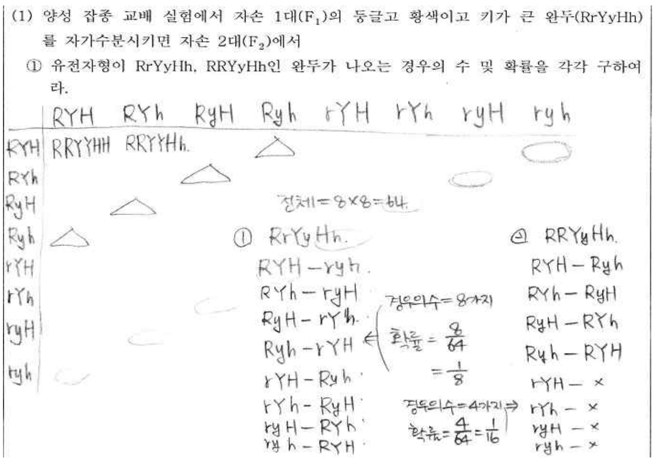
연구 대상은 생명과학Ⅰ을 통해 유전과 관련된 내용을 이미 학습하였음에도 불구하고 이 연구의 수업 실행 초반부에 유전과 관련된 확률 지식에 대한 이해에 다소간의 한계를 보였다(분석관점 Ⅰ-2). 수업 실행이전에 실시한 사전 지필검사에서도 타당하지 않은 비전략적인 방법을 사용하여 유전 문제를 해결하려는 경향을 보였으며, 작성한 답도 거의 확신할 수 없다고 답한 경우가 많았다(분석관점 Ⅱ-2, Ⅱ-3). 그러나 연구 대상은 확률과 유전을 통합한 10차시 분량의 교수-학습에 참여하여 유전과 관련된 현실 맥락으로부터 확률 지식을 점진적으로 수학화하는 경험을 가진 후 사후 지필평가에서 유전에 대한 문제를 보다 효율적으로 해결하는 특징을 보였다(분석관점Ⅱ-1, Ⅱ-2).

학생들은 과학적 개념 제시와 탐구 단계(1~2차시)에서 이미 학습한 유전 관련 내용을 재음미할 때 생명과학Ⅰ교과서에 제시되어 있는 '확률적으로 동일하게 수정되었다'와 같은 수학적인 문장의 의미에 대해 충분히 설명하지 못하였다.

교사 : (생명과학Ⅰ교과서를 보여주며) 여러분이 배웠던 생명과학 교과서 68쪽을 보면 '확률적으로 동일하게 수정되었다'와 같은 문구가 있는데….

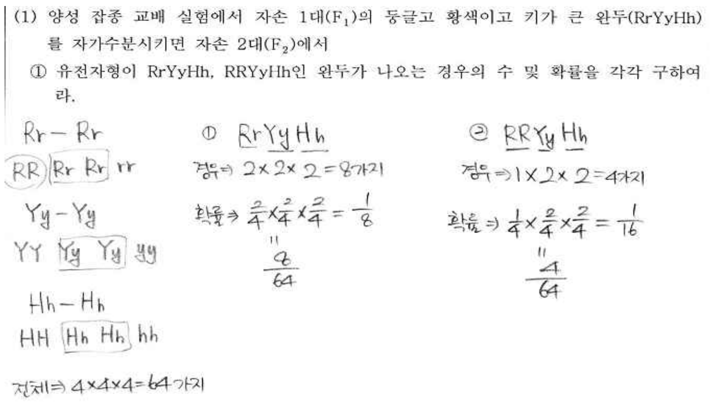
학생 A : 그런 거 본 적 없는데요?
학생 E : 생명과학 수업시간에도 그런 내용은 안 배운 것 같아요.
교사 : 중학교에서 확률에 대해 배웠으니까 이 문구의 의미에 대해 설명해 볼까?
학생 H : 무슨 말인지 잘 모르겠어요.

또한 사전 지필검사에서 연구 대상은 유전과 관련된 문제 대부분을 [그림 Ⅳ-5]와 같이 경우의 수를 일일이 나열하여 세는 비효율적인 전략을 사용하여 해결하려고 시도함으로써 잘못된 답을 구하기도 하였다(분석관점 Ⅱ-1, Ⅱ-2).



[그림 Ⅳ-5] 유전 관련 문제 해결 방법
(학생 B의 사전 지필 검사지)

연구 대상이 고등학교 1학년 수학의 ‘순열과 조합’ 단원을 통해 경우의 수에 대한 곱의 법칙을 학습하였으면서도 유전 문제를 해결하는데 [그림 Ⅳ-5]와 같이 이를 적용하지 못한 것은 수학적 지식의 과학적 맥락으로의 전이가 그리 쉽지 않은 사고 활동임을 시사한다. 이러한 관점에서 여러 선행 연구(Bastia, Tomlin, Pennington, & Pugh, 2001; Michelsen, 2006; Harlan & Rivkin, 2000)는 학교 교육과정을 통해 과학적 현상을 수학적으로 해석하고 조직하는 다양한 상황을 의도적으로 제시할 필요가 있다고 지적한 바, 이 연구에서 진행한 확률과 유전의 통합 교수-학습 활동이 주요한 의의를 갖는다고 볼 수 있다. 실제로 연구 대상은 이 연구에서 진행한 통합 수업에 참여한 다음 실시된 사후 지필검사에서 [그림 Ⅳ-6]과 같이 유전 관련 문제를 해결하는데 타당한 수학적 전략을 보다 효율적으로 사용하였다(분석관점Ⅱ-2).


(1) 양성 잡종 교배 실험에서 자손 1대(F_1)의 둥글고 황색이고 키가 큰 완두(RrYyHh)를 자가수분시키면 자손 2대(F_2)에서

① 유전자형이 RrYyHh, RRYyHh인 완두가 나오는 경우의 수 및 확률을 각각 구하여라.

Rr－Rr

RR Rr Rr rr

Yy－Yy

YY Yy Yy yy

Hh－Hh

HH Hh Hh hh

전체⇒ 4×4×4=64가지

① RrYyHh

경우⇒ 2×2×2=8가지

확률⇒ $\frac{2}{4}\times\frac{2}{4}\times\frac{2}{4}=\frac{1}{8}=\frac{8}{64}$

② RRYyHh

경우⇒1×2×2=4가지

확률⇒ $\frac{1}{4}\times\frac{2}{4}\times\frac{2}{4}=\frac{1}{16}=\frac{4}{64}$

[그림 Ⅳ-6] 유전 관련 문제 해결 방법

(학생 B의 사후 지필 검사지)

3) 통계적 확률 개념에 대한 점진적인 형식화가 제한적으로 일어난다.

통계적 확률의 아이디어는 실험 활동으로부터 얻은 실제 자료의 특징을 살피는 과정을 통해 의미있게 다루어질 수 있다(Shaughnessy et al., 2003). 이에 이 연구에서는 유전과 관련된 현실 맥락에 기초하여 구체적인 시뮬레이션 활동을 진행함으로써 학생들이 통계적 확률의 의미를 점진적으로 조직할 수 있도록 하였다. 이를 위해 과학적 맥락에서 수학적 개념을 인식하도록 하는 단계인 3~4차시에는 멘델의 실제 교배 실험 자료에 의해 구한 우성과 열성의 비를 '통계적인 비', 멘델의 유전 법칙에 기초하여 이론적으로 구한 우성과 열성의 비를 '수학적인 비'로 명명하고 이 둘 사이의 차이점을 비교하도록 하였다. 이에 연구 대상은 '통계적인 비'와 '수학적인 비'를 '직접 세어서 구한 것과 그렇지 않은 것(③)', '표를 만들어 구한 것과 그렇지 않은 것(④)'과 같이 설명하였다.

교사 : 통계적인 비와 수학적인 비에 어떤 차이가 있나요?
학생 D : 일단은 무작정 다 세서 하는 것이 통계적으로 구한 것 같아요(③).
교사 : 그럼 수학적으로 구한 것은?
학생 D : 수학적인 것은 안 세어서도 나오는 것 같아요(③).
교사 : 다른 학생들은 어떻게 생각하나요?
학생 F : 표를 만들어서 세는 것도 통계적인 것 같아요(④).

연구 대상은 중학교 교육과정의 확률과 통계 영역에서 '변량의 도수'와 '사건의 경우의 수'를 학습하였으면서도 '통계적인 비'를 '실제 자료에서 얻은 우성과 열성에 대한 도수의 비'로, '수학적인 비'를 '우성과 열성이 나오는 경우의 수의 비'로 설명하지 않고 단지 각각의 비를 구하는데 사용한 표면적인 방법에만 치중하여 설명하였다. 특히 연구 대상 중 3명은 변량의 도수를 전체 도수의 합으로 나눈 비율인 상대도수를 잘못 구하거나 상대도수와

사건의 경우의 수의 비율을 혼용하는 오개념을 보이기도 하였다. 학생 E와 학생 G는 주름진 완두의 상대도수를 구할 때 주름진 완두의 도수를 둥근 완두의 도수로 나눈 비율로 잘못 구하였다(분석관점 Ⅰ-3). 또한 학생 H는 주름진 완두의 상대도수가 갖는 의미를 다음과 같이 경우의 수의 비율과 혼용하여 설명하였다.

교사 : 주름진 완두의 상대도수가 약 $0.25=\frac{1}{4}$가 된다는 것은 무슨 의미인가요?

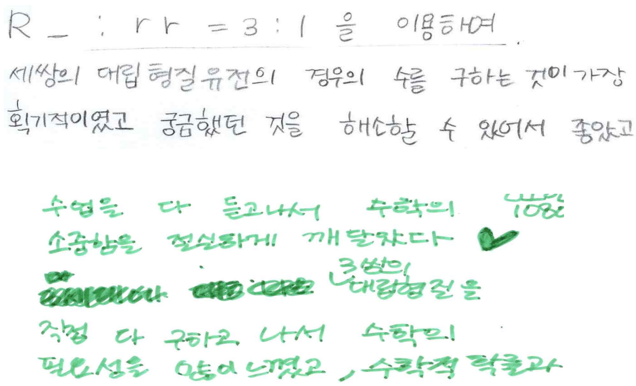
학생 H : 둥근 완두와 주름진 완두가 나오는 경우의 수가 4이고, 주름진 완두가 나오는 경우의 수는 1이라는 뜻이예요.

이처럼 학생들 중에는 상대도수를 구하는 방법을 모르거나 상대도수와 경우의 수의 비율을 혼동하는 경우가 있었으며 이는 결과적으로 통계적 확률 개념의 형식화를 방해하는 결과를 낳았다. 학생 E와 학생 H는 형질 시뮬레이션에서 실험을 여러 번 반복한 다음 특정 형질의 상대도수가 한없이 가까워지는 값을 쉽게 찾았음에도 불구하고 통계적 확률의 정의를 이해하지 못하여 그 정의를 소개받은 이후에도 특정 형질이 출현할 통계적 확률을 어떻게 구하면 되는지에 대하여 교사에게 지속적으로 질문하였다(분석관점 Ⅰ-4). 학생들이 통계적 확률 개념을 의미있게 발달시키기 위해서는 시뮬레이션으로부터 얻은 경험적 자료를 실제로 다루어 보는 활동에 참여함과 동시에 상대도수의 의미에 대해 충분히 논의할 기회를 가질 필요가 있다.

4) 수학에 있어 긍정적인 태도와 반성적 사고의 특징을 보인다.

확률과 유전 통합 교수-학습 자료를 활용한 수업에서 연구 대상은 수학적 태도와 사고방법의 측면에서 긍정적인 특징을 보였다. 매 차시가 끝난 다음 작성한 수학일지에는 수학에 대한 흥미, 수학의 유용성 및 수학에 대한 자신감, 배운 내용을 반성적으로 검토하는 모습 등을 볼 수 있었다.

수학적 개념의 발전 단계인 5~6차시에서 연구 대상은 세 쌍의 대립 형질에 대한 잡종 2세대의 유전자형 64개를 직접 세어서 찾아 본 다음, 주어진 과제를 보다 간단히 해결하기 위한 수학적 도구로 경우의 수에 대한 곱의 법칙을 사용하였다. 경우의 수에 대한 곱의 법칙을 이용하여 대립 형질의 수가 두 쌍, 세 쌍에서 네 쌍, 다섯 쌍으로 늘어남에 따라 다음 세대의 유전자형의 개수를 구해본 탐구 활동에 대한 느낌을 학생 C와 학생 D는 [그림 Ⅳ-7]과 같이 수학일지에 기술하였다.

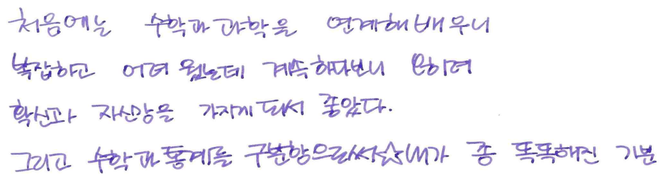

R_ : rr = 3 : 1 을 이용하여
세쌍의 대립형질유전의 경우의 수를 구하는 것이 가장
획기적이였고 궁금했던 것을 해소할 수 있어서 좋았고

수업을 다 듣고나서 수학의 1000%
소중함을 절실하게! 깨달았다
3쌍의 대립형질을
직접 다 구하고 나서 수학의
필요성을 많이 느꼈고, 수학적 확률과

[그림 Ⅳ-7] 수학의 유용성에 대해 기술한
학생 C와 학생 D의 수학일지

학생 C가 ‘대립형질의 수를 경우의 수를 이용하여 구하는 것이 획기적이고 좋았다’고 기술한 부분에서 학생 C는 해당 수업을 통해 배운 수학적 기능에 대해 음미하면서(분석관점 Ⅲ-3), 배운 내용에 대해 흥미를 갖게 되었음을 보여준다(분석관점 Ⅲ-5). 학생 D도 ‘3쌍의 대립형질을 구하고 나서 수학의 필요성을 많이 느꼈다’고 기술한 바, 이는 학생 D가 해당 활동을 통해 수학의 유용성을 인식하게 되었음을 보여준다(분석 관점 Ⅲ-9). 이상의 결과는 확률과 유전을 통합한 교수-학습 활동이 학생들로 하여금 수학에 대한 흥미를 갖도록 하며 수학의 유용성을 인식하도록 하는데 기여할 가능성이 있음을 시사한다.

또한 과학적 맥락에서 수학적 개념을 인식하는 단계인 3~4차시에서 수학적 확률과 통계적 확률을 다룬 다음, 학생 A는 처음에는 어려웠지만 차츰 확신과 자신감을 갖게 되었다고 기술하였다(분석관점 Ⅲ-10).


처음에는 수학과 과학을 연계해 배우니
복잡하고 어려웠는데 계속하다보니 오히려
확신과 자신감을 가지게 되서 좋았다.
그리고 수학과 통계를 구분함으로써☆내가 좀 똑똑해진 기분

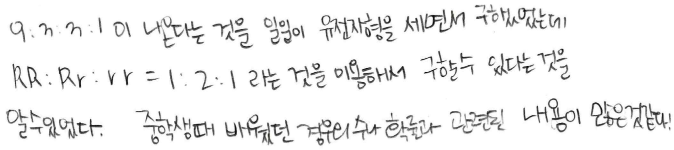
[그림 Ⅳ-8] 수학에 대한 자신감을 표현한 학생 A의
수학일지

특히 학생 A는 [그림 Ⅳ-8]의 마지막 문장에서 보듯이 ‘수학과 통계를 구분함으로써 내가 좀 똑똑해진 기분’이라고 기술하였는데 연구자들이 개별적으로 진행한 1차 분석을 통해서는 이 문장의 의미를 파악하기가 어려웠다. 이에 연구자들은 보충설명법에 의거하여 해당 내용에 대해 학생 A의 재진술을 들었으며 학생 A는 이에 대해 다음과 같이 설명하였다.

예전에는 수학적 확률, 통계적 확률을 들으면 무슨 차이가 있는지 잘 알 수가 없었어요. 같은 확률인데 무슨 차이가 있는지. 그런데 이 활동을 하고나니 수학적 확률은 경우의 수 분의 경우의 수로 이론적으로 구하고, 통계적 확률은 여러 번 반복하여 상대도수로 구하는 것이라는 점을 알게 되었어요.

학생 A의 사례는 확률과 유전을 통합한 교수-학습 활동이 수학에 대한 자신감을 높일 수 있을 뿐만 아니라, 수학적 확률 및 통계적 확률과 같은 수학적 대상에 대해 정교한 이해를 뒷받침하는데도 기여할 수 있음을 보여준다(분석관점 Ⅰ-4).

한편, 수학적 개념의 형식화 단계인 7~8차시에서 유전과 관련된 과학적 맥락으로부터 수학적 개념인 확률과 확률의 기본 성질 등을 수학화한 활동을 진행한 다음, 학생 F는 과학 시간에 배운 유전과 중학교에서 배운 경우의 수, 고등학교에서 배운 확률이 서로 연결되어 있다는 점에 대해 [그림 Ⅳ-9]와 같이 수학일지에 기록하였다.


9:3:3:1 이 나온다는 것을 일일이 유전자형을 세면서 구했었는데
RR:Rr:rr = 1:2:1 라는 것을 이용해서 구할수 있다는 것을
알수있었다. 중학생때 배웠던 경우의수나 확률과 관련된 내용이 있는것같다!

[그림 Ⅳ-9] 배운 내용을 반성적으로 살핀 학생 F의 수학일지

학생 F는 이미 학습한 과학적 개념과 수학적 내용을 반성적으로 연결하는 모습을 보여준 바(분석관점 Ⅲ-1), 확률과 유전에 대한 통합 교수-학습 자료가 학생들의 반성적 사고를 자극할 수 있으며 이로부터 학생들이 학문간 연결성을 인식하도록 하는데도 주목할 만한 역할을 할 수 있음을 시사한다.

Ⅴ. 결론

이 연구는 수학과 과학, 특히 생명과학과의 연결성에 기초하여 이미 학습한 유전 내용을 토대로 미적분과 통계 기본 교과의 확률의 뜻과 활용 단원을 통합하여 지도하는 교수-학습 자료를 개발하고 개발된 교수-학습 자료를 실제 수업에 적용하여 수업에 참여한 고등학생들이 드러내는 특징을 분석함으로써 그 교수학적 시사점을 기술하는데 목적을 두었다. 선행 연구 분석을 통해 통합 교수-학습 자료 개발 관점을 상세화하고 생명과학 교과서와 수학 교과서를 분석하여 연계 가능한 내용을 추출한 다음 이를 실제 교수-학습 자료로 조직하였다. 이를 활용한 수업에서 학생들이 보이는 특징을 4가지로 요약하여 제시함으로써 수학과 과학 통합교육과 관련된 후속 연구에 기여하고자 하였다. 이상의 연구 결과로부터 수학과 과학 통합교육에의 시사점을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 이 연구에서 연구 대상은 유전과 관련된 현실 맥락에서 확률의 곱셈 법칙을 수학화하였으며 이러한 일련의 과정을 통해 수학의 유용성을 인식할 수 있게 되었다. 이미 배운 과학 개념에 비추어 새로운 수학적 지식을 지도하는 형태로 진행되는 통합교육에서 사전에

학습된 과학적 현상은 가르치고자 하는 수학적 지식의 점진적 수학화에 적절한 현실 맥락을 제공하며, 이로부터 학생들은 실질적이고 가치있는 수학화 과정을 경험함으로써 수학적 지식의 유용성을 직접적으로 확인할 수 있다.

둘째, 연구 대상은 확률과 유전 통합 교수-학습 자료를 활용하여 진행된 10차시 분량의 수업이후 3주 후에 실시된 문제해결력 검사에서 확률 문제뿐만 아니라 유전에 대한 문제도 효과적으로 해결하였으며, 수학과 과학을 연계하여 배우니 어렵기는 하였지만 결과적으로는 확신과 자신감을 갖게 되었다는 의견을 제시하기도 하였다. 이는 수학과 과학 통합 교육을 통해 진행된 점진적 수학화 과정이 이미 학습된 과학 개념 자체를 정교화하는데 기여하며, 학생들이 실제적인 현상에서 발생한 문제를 수학과 과학에 대한 통합적 안목으로 해석하여 적절히 해결할 수 있도록 함으로써 수학하는 능력에 대한 자신감을 높이는데도 주요한 역할을 함을 보여준다.

셋째, 수학과 과학 통합 교수-학습 과정 중 과학적인 맥락으로부터의 점진적 수학화가 만족스럽게 일어나지 않는 경우가 있다. 이러한 한계는 가르치고자 하는 수학적 지식의 점진적인 형식화를 위해 제공된 과학적인 맥락을 조직하는데 토대가 되는 기초적인 수학적 원리나 개념에 대한 이해의 결여에서 기인한다고 볼 수 있다. 이 연구의 경우 통계적 확률 개념의 점진적 수학화를 위해서는 제공된 유전 관련 맥락과 형질 시뮬레이션 결과를 상대도수의 의미에 비추어 해석해야하기 때문에 상대도수에 대한 제한적인 이해를 지닌 학생들은 통계적 확률의 정의를 적절히 수학화하지 못하였다. 이는 수학과 과학 통합 교육이 의미있게 진행되기 위해서는 기초적인 수학적 개념과 원리 자체에 대한 교수-학습이 필수적으로 선행되어야 함을 시사한다.

참고 문헌

강옥기 (2007). 수학과 학습지도와 평가론. 서울 : 경문사.

교육인적자원부 (2007). 수학과 교육과정. 서울 : (주) 미래엔 컬처그룹.

교육과학기술부 (2009). 고등학교 교육과정 해설. 서울 : (주) 미래엔 컬처그룹.

권소영 (2009). Fathom을 활용한 교수·학습 자료 개발 및 적용: 고등학교 수학Ⅰ의 확률·통계 단원을 중심으로. 이화여자대학교대학원 석사학위논문.

김보현 (2011). 통합교과적 관점에서 수학-과학 연계 내용의 제시형태 분석 및 개선에 관한 연구. 한국교원대학교대학원 석사학위논문.

박정호 (2009). 통합형 수학 교과서 비교분석을 통한 수리논술 교수-학습 자료 개발: 고등학교 수학1 지수·로그함수 단원을 중심으로. 고려대학교대학원 석사학위논문.

박조령・고상숙 (2011). 수학과 화학 통합교육의 실행을 위한 교수-학습의 실제: 중학교 1학년 함수 단원을 중심으로. 수학교육 논문집, 25(3), 497-524.

박해남 (2012). 과학탐구활동을 통합한 함수영역의 교수-학습 자료 개발: 일차함수를 중심으로. 계명대학교대학원 석사학위논문.

백남옥 (2012). 과학 문제 상황을 활용한 고등학교 수학 실험 수업에서 나타난 수학적 사고와 태도 분석. 한국교원대학교대학원 석사학위논문.

소경희 (2005). 교육과정 개발: 주요 쟁점 및 새로운 접근. 서울: 교육과학사.

신보미 (2007). 시뮬레이션을 활용한 확률 지식의 교수학적 변환 방식. 한국교원대학교대학원 박사학위논문.

신은주 (2005). 등속도 운동에서 일차함수 교수-학습 과정에 관한 사례연구: 수학과 과학의 통합교육 관점을 기반으로. 수학교육학연구, 15(4), 419-444.

염규아 (2007). 중학교 수학-과학 통합 교육을 통한 중학교 일차 함수 개념 지도 방안. 이화여자대학교대학원 석사학위논문.

용은주 (2010). 수학교과와 과학교과의 학습내용 연계성에 관한 연구: 2007년 개정 교육과정에서 고등학교 내용 중심으로. 전남대학교대학원 석사학위논문

이혜숙・임해미・문종은 (2010). 수학과학통합교육의 설계 및 실행에 대한 연구. 수학교육, 49(2), 175-198.

이희숙 (2010). 과학 탐구 활동을 통합한 삼각함수단원의 수업자료 개발 및 적용에 관한 사례연구. 이화여자대학교대학원 석사학위논문.

조덕주 (1999). 통합 교육과정에 대한 반성적 고찰. 교육과정연구, 16(2), 185-204.

주미경・문종은・송륜진 (2012). 수학교과와 융・복합교육: 담론과 과제. 학교수학, 14(1), 165-190.

홍영기 (2009). 수학·과학 교과의 주제중심 통합프로그램의 효과. 통합교육과정연구, 3(2), 46-66.

Bastia, B., Tomlin, J., Pennington. K., & Pugh. D. (2001). Inquiry-based integrated science and mathematics professional development program. Education, 121(3), 615-624.

Clarke, D. J. (1998). Studying the classroom negotition of meaning: Complementary accounts methodology. In A. R. Teppo (Ed.), Journal for Research Mathematics Education : Qualitative Research Methods in Mathematics Education (pp.98-111), USA: NCTM.

de Lange(2003). The great assessment picture book. http://www.fi.uu.nl/catch/products/GAP_book/intro.html.

Franklin, J. (2001). The science of conjecture: Evidence and probability before Pascal. Baltimore, MD: John Hopkins University Press.

Freudenthal, H. (1991). Revisiting mathematics education. Kluwer Academic Publishers.

Freudenthal, H. (1972). The "Empirical law of large numbers" or "The stability of frequencies". Educational Studies in Mathematics 4, 484-490.

Harlan, J. D., & Rivkin, M. S. (2000). Science experiences for the early childhood years: An integrated approach. NJ: Merrill Prentice Hall.

Horton, M. R. (2006). Integrating curricula: The SC studies model. Mathematics Teaching in the Middle School, 11(8), 408-415.

Hurley, M. (2001). Reviewing integrated science and mathematics: The search for evidence and defines from new perspectives. School Science and Mathematics, 101(5), 259-268.

Jones, A. J., Langrall, W. C., & Mooney, S. E. (2007). Research in probability: Responding to classroom realities. In K. Frank (Eds.), Second handbook of research on mathematics teaching and learning (pp. 909-956). Charlotte, NC: Information Age.

Michelsen, D. (2006). Functions: A modeling tool in mathematics and science. ZDM, 38(3), 269-280.

NCTM (2000). Principles and standards for school mathematics. Reston, VA: Author.

Petagilia, J. (1998). Reality by design: The rhetoric and technology of authenticity in education. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Shaughnessy, J. M., Canada, D., & Ciancetta, M. (2003). Middle school students' thinking about variability in repeated trials: A cross-task comparison. In A. D. Pateman, N. A., Dougherty, B. J., & Zilliox, J.(Eds.), Proceedings of the 27th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, 4, 159-165.

Treffers, A., & Goffree, F. (1985). Rational analysis of realistic mathematics education: The Wiskobas Program. In L. Streefland, Proceedings of the Ninth International Conference for the Psychology of Mathematics Education (pp. 97-122). Utrecht, The Netherlands: Vakgroep Onderzoek Wiskunde Onderwijs en Onderwijscomputercentrum (OW & OC).

Yarkman, G. (2008). STEAM Education: An overvies of creating a model of integrative education. Retrieved October 1st, 2014, from http://www.steamedu.com/2088_PATT_Publication.pdf.

Yin, K. R. (1994). Case study research: Design and methods. London: SAGE Publications.

A Study of Development and Implementation of Teaching-Learning Materials for Integrated Education of Mathematics and Biological Science - Focused on Probability in Calculus and Basic Statistics Curriculum -

Bo Mi Shin[8)] · Eun Hwa Ju[9)]

Abstract

This study developed teaching and learning materials for an integrated education program of probability and genetics in the light of connections between mathematics and biological science. It also analysed characteristics of high school students' mathematical activities which appeared while the students took part in lessons where the developed materials were contributed in order to teach them.

To achieve the aim, this study firstly specified five details for the development of the materials based on the results of previous research and extracted contents of probability and genetics which had the possibility of being taught in the integrated education program by examining the text books. After embodying the teaching materials according to the five details and the extracted contents, the researchers implemented 10 lessons by using the materials. This study elaborated some implications for a succeeding integrated education of mathematics and biological science in term of anlaysis results of features from the students' mathematical understanding and attitudes emerging in the lessons.

Key words : Integrated Education, Probability, Biological Science

Received November 11, 2014
Revised December 24, 2014
Accepted December 25, 2014

8) Chonnam National University, bomi0210@jnu.ac.kr
9) Chonnam National University High School, silverflower@hanmail.net

<부록 1> 과학적 개념 제시와 탐구 단계(1～2차시)의 실험 내용과 과제10)

1. 실험하기

(1) 준비물 : 같은 크기의 붉은 색종이 4장, 푸른 색종이 4장, 서로 다른 상자 A와 B

(2) 실험 전 안내 사항

① 붉은 색종이와 푸른 색종이에 각각 알파벳 R, r을 적은 다음, 상자 A에 붉은 색종이 2장과 푸른 색종이 2장, 상자 B에도 붉은 색종이 2장과 푸른 색종이 2장을 담는다.

② 색종이 2장이 1세트를 이루되, 색종이 1세트를 완성된 것으로 간주한다.

③ 상자 A, B에서 색종이를 꺼낼 때는 한 장만을 꺼낸다.

④ 두 장의 색종이를 나란히 배열할 때, 같은 색인 경우에는 배열하는 순서가 상관이 없으나 다른 색인 경우는 붉은 색이 푸른 색 보다 왼쪽에 놓이도록 재배열한다. 재배열된 색종이의 알파벳 조합을 작성할 때는 재배열한 순서대로 적는다.

⑤ 두 장의 색종이를 포갤 때, 같은 색인 경우에는 포개는 순서가 상관이 없으나 다른 색인 경우는 붉은 색이 푸른 색 보다 위에 놓이도록 포갠다. 포개진 색종이 윗면에 보이는 색을 적을 때는 색과 함께 알파벳도 적는다.

(3) 실험

① 상자 A와 B에서 각각 색종이 1장씩을 꺼낸다. 색종이 2장으로 새로운 1세트를 만들고 재배열하기 전 이들의 알파벳 조합을 표의 ㉠에 적어보자.

② 새로운 1세트를 실험 전 안내 사항 ④에 맞게 재배열한 후 이들의 알파벳 조합을 표의 ㉡에 적어보자.

③ ②에서 만든 1세트를 실험 전 안내 사항 ⑤에 맞게 포갠 후 윗면에 보이는 색을 표의 ㉢에 적어보자.

④ 표의 ㉠의 알파벳 조합으로 나올 수 있는 서로 다른 형태의 경우를 모두 찾을 때까지 ①～③의 과정을 반복한다.

상자 A 색종이에 적힌 알파벳	상자 B 색종이에 적힌 알파벳	㉠ 색종이 1세트(2장)의 알파벳 조합	㉡ 색종이 1세트의 재배열 알파벳 조합	㉢ 포개진 색종이 1세트의 윗면에 적힌 알파벳(색깔)
R	R	**RR**	**RR**	**R(붉은 색)**
R	r	**Rr**	**Rr**	**R(붉은 색)**
r	R	**rR**	**Rr**	**R(붉은 색)**
r	r	**rr**	**rr**	**r(푸른 색)**

2. 문제 해결하기: 위 실험을 바탕으로 다음 물음에 답해보자.

(1) 실험에서 상자 A, B에서 선택된 색종이로 만들어진 새로운 1세트을 포갰을 때, 포개진 색종이의 윗면을 결정하는 색은 붉은 색(R)인가? 푸른색(r)인가? **붉은 색(R)**

(2) 상자 A, B에서 선택된 색종이로 만들어진 새로운 1세트의 색종이를 포갠 후 윗면에 보이는 색이 붉은 색인 경우에 포개지기 이전의 재배열 알파벳 조합은? 이 때, 포개진 새로운 색종이 1세트 윗면에 보이는 붉은 색을 보고 아래에 있는 색종이의 색을 알 수 있는가? **RR, Rr, 없다.**

(3) 상자 A, B에서 선택된 색종이로 만들어진 새로운 1세트의 색종이를 포갠 후 윗면에

10) 굵은 글씨는 해당 과제의 답

보이는 색이 푸른 색인 경우에 포개지기 이전의 재배열 알파벳 조합은? 이 때, 포개진 새로운 색종이 1세트 윗면에 보이는 푸른 색을 보고 아래에 있는 색종이의 색을 알 수 있는가? rr, 항상 푸른색(r).

(4) 위 실험과 관계있을 것 같은 유전 개념들을 말해보자. 윗면에 보이는 색(형질의 표현형), 붉은 색의 색종이가 푸른 색의 색종이 위에 놓인다(우성과 열성), 멘델의 유전 법칙 등

<부록 2> 과학적 맥락에서 수학적 개념 인식 단계(3~4차시)의 교수-학습 자료

수업 단계	과학적 맥락에서 수학 개념 인식 단계	3~4차시
학습 내용	멘델의 유전 법칙과 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 수학적 확률과 통계적 확률의 의미 및 관계를 파악한다.	
주요 용어	통계적 확률, 수학적 확률	

* 들어가기 전에

유전의 원리를 과학적으로 밝힌 멘델(Mendel, G., 1822~1884)은 오스트리아 가난한 농가에서 태어나 공부를 계속하기 위해 수도사가 되었다. 그는 수도원 뒤뜰에서 7년간 완두콩을 키우면서 완두콩의 형질이 어떻게 유전되는지를 연구하였다. 멘델은 완두콩의 형질을 꽃의 색, 씨의 색, 씨의 모양, 콩깍지의 색, 콩깍지의 모양, 식물의 키, 꽃의 위치와 같이 일곱 가지로 분류하여 분석하였다. 멘델은 이러한 분석을 통해 완두콩의 각 형질이 상반되는 두 가지 특징 중 한 가지를 택하여 나타나고 이는 후손에게 일정한 패턴으로 전달된다는 것을 발견하게 되었다.

예를 들어, 완두콩깍지의 색은 노란색과 초록색 중에서 어느 한쪽만이 형질로 나타나고 이는 일정한 규칙을 가지고 다음 세대에게 전달되는 것처럼 보였다. 그는 관찰 대상을 늘리면 늘릴수록 우연에 의한 변이성이 제거될 것이라 믿고, 1854년부터 1863년까지 완두콩의 형질을 살피는 연구에 약 2만8천 포기의 완두콩을 사용하였다. 이 중 1만 2천 8백 35포기를 면밀히 살펴 멘델의 법칙이라는 유전 법칙을 이론화하기에 이르렀다. 멘델이 단성잡종 교배 실험을 통해 얻은 실제 자료는 다음과 같다.

형질	대립형질	잡종1세대(F_1)	잡종2세대(F_2)	
씨의 모양	둥근 것×주름진 것	둥근 것	둥근 것	5,474개
			주름진 것	1,850개
꽃의 색	보라×흰색	보라	보라	705개
			흰색	224개
씨의 색	노랑×초록	노랑	노랑	6,022개
			초록	2,001개
꽃의 위치	줄기의 곁×줄기의 끝	줄기의 곁	줄기의 곁	651개
			줄기의 끝	207개
콩깍지의 모양	매끈한 것×잘록한 것	매끈한 것	매끈한 것	882개
			잘록한 것	299개
콩깍지의 색	초록×노랑	초록	초록	428개
			노랑	152개
줄기의 키	큰 키×작은 키	큰 키	큰 키	782개
			작은 키	277개

탐구 활동 1. 멘델의 유전에서 통계적인 비와 수학적인 비[11)]

가. 멘델이 단성잡종 교배 실험을 통해 얻은 실제 자료로부터 7가지의 대립형질 각각에 대해 잡종 2세대에서 나타나는 우성과 열성의 비를 구해 보자(필요하면 계산기를 사용하여 소수 둘째자리까지 구하여라). 이로부터 각 대립형질에 대해 우성과 열성의 비를 정수비로 나타내보자.

형질	계산식	우성과 열성 형질 개체수의 비
씨의 모양	5474 : 1850	2.96 : 1
꽃의 색	705 : 224	3.15 : 1
씨의 색	6022 : 2001	3.01 : 1
꽃의 위치	651 : 207	3.14 : 1
콩깍지의 모양	882 : 299	2.95 : 1
콩깍지의 색	428 : 152	2.82 : 1
줄기의 키	782 : 277	2.82 : 1

나. 대립형질이 한 쌍 또는 두 쌍인 경우의 유전에서 잡종 2세대에서 나타날 수 있는 개체의 모든 유전자형과 각각의 경우의 수를 구해보자.

대립형질의 개수	잡종 2세대의 모든 유전자형과 각각의 경우의 수	모든 경우의 수
한 쌍 (R, r)	RR(1가지), Rr(2가지), rr(1가지)	4가지
두 쌍 (R, r) (Y, y)	RRYY(1가지), RRYy(2가지), RRyy(1가지), RrYY(2가지), RrYy(4가지), Rryy(2가지), rrYY(1가지), rrYy(2가지), rryy(1가지)	16가지

다. 대립형질이 한 쌍 또는 두 쌍인 경우의 유전에서 잡종 2세대에서 나타날 수 있는 개체의 모든 표현형과 각각의 경우의 수를 구해보자. 이로부터 각 대립형질에 대해 우성과 열성의 비를 구해보자.

대립형질의 개수	잡종 2세대의 모든 표현형과 각각의 경우의 수	우성과 열성의 형질 비
한 쌍 (R, r)	R_(3가지), rr(1가지)	R : r의 비는 3 : 1
두 쌍 (R, r) (Y, y)	R_Y_(9가지), R_yy(3가지), rrY_(3가지), rryy(1가지)	R : r의 비는 12 : 4= 3 : 1 Y : y의 비는 12 : 4= 3 : 1

11) 굵은 글씨는 해당 과제의 답

라. 멘델이 단성잡종 교배 실험을 통해 얻은 실제 자료로부터 잡종 2세대에서 나타나는 우성과 열성 형질의 비는 대략 (① 3 : 1)이다. 멘델의 유전 법칙에 의해 대립 형질이 한 쌍 또는 두 쌍인 경우의 유전에서 잡종 2세대에서 나타나는 우성과 열성 형질의 비는 (② 3 : 1)이다. ①을 통계적인 비, ②를 수학적인 비로 부르기로 할 때, 통계적인 비와 수학적인 비를 구하는 방법이 어떻게 다른지 설명해 보자.

마. 라에서 구한 바에 따르면 통계적인 비와 수학적인 비는 약간의 차이가 있을 수 있다. 이 차이를 줄일 수 있는 방법을 생각해 보자.

탐구 활동 2. 형질 시뮬레이션을 통해 살펴본 확률

씨의 모양(R, r)과 콩깍지의 색(Y, y)을 두 쌍의 대립형질로 갖는 잡종 2세대에 대하여 생각해보자.

가. 주어진 사이트에서 부모의 유전자형을 각각 RrYy으로 선택한 다음 실험 버튼을 눌러 다음 물음에 답해 보자.

	둥금	주름짐	황색	녹색	둥황	둥녹	주황	주녹	총계
갯수	117	43	121	39	89	28	32	11	480
합계	360	120	351	129	269	91	82	38	
비율	3	1	2.93	1.08	8.97	3.03	2.73	1.27	

http://sciencelove.com/798

(1) 잡종 2세대에서 둥글고 녹색인 완두와 주름지고 황색인 완두가 나타날 확률을 각각 추측해보자.
(2) (1)를 해결한 방법에 대하여 모둠원들과 이야기해보자.
(3) 실험을 여러 번 반복하여 (1)에서 구한 값이 어떻게 변하는지 설명해 보자.
(4) 실험을 여러 번 반복하여 잡종 2세대에서 둥근 완두(우성)와 주름진 완두(열성)가 나타날 확률을 각각 추측해 보자.

나. 부모의 유전자형이 각각 RrYy일 때 멘델의 유전법칙에 따라 경우의 수를 계산하여 다음 물음에 답하여라.

(1) 잡종 2세대에서 둥글고 녹색인 완두와 주름지고 황색인 완두가 나타날 확률을 각각 추측해보자.

(2) (1)를 해결한 방법에 대하여 모둠원들과 이야기해보자.

(3) 실험을 여러 번 반복하여 (1)에서 구한 값이 어떻게 변하는지 설명해 보자.

(4) 실험을 여러 번 반복하여 잡종 2세대에서 둥근 완두(우성)와 주름진 완두(열성)가 나타날 확률을 각각 추측해 보자.

다. 가.와 나.의 결과를 통해 알게 된 사실을 모둠별로 이야기해보자.

라. 부모의 유전자형이 각각 Rryy, RrYy인 경우에 대하여 가.~다.의 물음에 답해 보자.

탐구활동 3. 통계적 확률과 수학적 확률

가. 하나의 사건이 일어날 수 있는 가능성을 수로 나타낸 것을 확률이라고 한다. 확률을 구하는 방법에는 크게 두 가지가 있다. 우선, 어떤 시행에서 각각의 경우가 일어날 가능성이 같을 때, 사건 A가 일어날 확률을 $\frac{\text{사건 } A\text{가 일어나는 경우의 수}}{\text{시행에서 가능한 모든 경우의 수}}$ 과 같이 구할 수 있다. 이를 사건 A의 (   ) 확률이라고 한다.
또한, 같은 조건 아래서 어떤 시행을 n번 반복 시행하였을 때, 어떤 사건 A가 일어난 횟수 a에 대하여 n이 충분히 커짐에 따라 상대도수 $\frac{a}{n}$이 일정한 p에 한없이 가까워지면 이 p를 사건 A의
(   )확률이라 한다.

나. 수학적 확률과 통계적 확률이 사용되는 상황을 각각 예를 들어 설명해 보자.

다. 탐구활동 2의 결과를 바탕으로 수학적 확률과 통계적 확률 사이에는 어떤 관계가 있을지 이야기 해보자.

<부록 3> 연구대상의 사전 · 사후 지필 검사 및 수학일지 분석 결과

분석자료	사전 · 사후 지필검사						수학일지											
분석범주	Ⅱ-1		Ⅱ-2		Ⅱ-3		Ⅲ-1	Ⅲ-2	Ⅲ-3	Ⅲ-4	Ⅲ-5	Ⅲ-6	Ⅲ-7	Ⅲ-8	Ⅲ-9	Ⅲ-10	Ⅲ-11	Ⅲ-12
	사전	사후	사전	사후	사전	사후												
학생 A	4	4	3	4	3	4	o	o		o	o		o	o	o	o	o	
학생 B	3	4	3	4	3	3		o		o			o		o		o	o
학생 C	3	4	2	4	2	4		o	o		o		o		o	o	o	
학생 D	2	4	1	4	1	3	o		o		o	o	o		o	o		o
학생 E	2	2	1	2	1	1		o	o	o					o			
학생 F	3	4	2	4	3	4	o				o	o	o	o	o	o		o
학생 G	2	2	2	2	2	2			o		o				o		o	
학생 H	1	2	1	2	1	1		o	o		o		o					

※ 사전 · 사후 지필검사 분석 결과는 5개의 검사 문항 중 해당 분석 범주가 드러난 것의 개수이며, 수학일지 분석 결과는 수학일지에 해당 분석 범주와 관련된 기술이 있는 경우를 o로 표시한 것이다.