creative commons
COMMONS DEED

저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

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

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 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

교육학석사학위논문

수학교사의 테크놀로지 교육을 위한 과제 분석

2014년 2월

서울대학교 대학원

수학교육과

김 유 정

수학교사의 테크놀로지 교육을 위한 과제 분석

지도교수 권 오 남

이 논문을 교육학석사학위논문으로 제출함

2014년 2월

서울대학교 대학원

수학교육과

김 유 정

김유정의 석사학위논문을 인준함

2014년 2월

위 원 장 _____ (인)

부 위 원 장 _____ (인)

위 원 _____ (인)

국문초록

수학교사의 테크놀로지 교육을 위한 과제 분석

테크놀로지는 수학 교수·학습에 있어 그 중요성을 꾸준히 인정받아 왔다. 이에 따라 수학과 교육과정에서도 테크놀로지의 활용을 강조하고 있지만, 교사들은 실제로 테크놀로지를 활용하는 데에 어려움을 겪고 있다. 이러한 문제점은 교사교육에서 다루는 과제를 살펴봄으로써 개선시킬 수 있다.

이 연구는 테크놀로지에 대한 교사교육에서 사용하는 과제를 분류할 수 있는 기준을 제시하여 보다 체계적인 테크놀로지 수학교사 교육이 이루어질 수 있게 하는 것을 목적으로 삼았다. 이를 위한 연구 문제는 다음과 같다.

1. 수학교사의 테크놀로지 교육을 위한 과제는 어떻게 분류될 수 있는가?
2. 수학교사의 테크놀로지 교육을 위한 과제의 분류 기준별 특징은 무엇인가?
3. 현재 사용되는 수학교사의 테크놀로지 교육을 위한 과제는 어떻게 분포되어 있는가?

이와 같은 연구문제를 해결하기 위하여, 이 연구에서는 설계·개발연구를 진행하였다. 문헌 검토를 통해 테크놀로지 관련 교사교육 과제의 분류기준표를 만들고, 이에 대해 전문가 검토를 2차에 걸쳐 실시하여, 분류기준표를 수정, 보완하였다. 이후, 국내 교사교육에서 사용되는 교재를 분석해봄으로써, 실제 우리나라의 수학교사 교육에 사용되는 과제에는 어떤 종류가 있는지 살펴보았다.

테크놀로지에 관련된 수학교사의 지식이 TK - TCK - TPACK의 순서로 발달된다고 보고, 각 지식에 대한 인지적 과정은 기억하기 - 이해하기 - 적용하기 - 분석,평가하기 - 창안하기 - 성찰하기로 설정하였다. 즉, 이 연구에서 개발한 분류기준표는 지식의 차원과 인지적 과정의 차원을 가진 2차원 구조를 갖추었다. 이 분류기준표를 바탕으로 국내에서 교사교육에 사용된 과제들을 분석한 결과, 대부분의 과제가 TCK의 발달에 초점이 맞춰져 있었고, 기억하기와 적용하기에 대한 과제들이 주를 이루고 있었다는 점이 밝혀졌다.

이와 같은 연구 결과를 통해, 수학교사의 테크놀로지 관련 지식의 수준을 확인할 수 있는 기준을 제시함으로써, 교사교육자 뿐 아니라 수학교사 자신에게도 어떤 과제가 필요한지에 대한 정보를 제공할 수 있을 것으로 보인다. 이는 곧 수학교사 개개인에게 적합한 맞춤형 테크놀로지 교육을 실시할 수 있는 발판이 될 수 있을 것이다.

주요어: 테크놀로지, 교사교육, 과제, TPACK, 분류학(taxonomy)
학 번: 2012-21414

목 차

국문 초록 ····· i
목차 ····· iii
표 목차 ····· vi
그림 목차 ····· viii

Ⅰ. 서론 ····· 1
1. 연구의 필요성 ····· 1
2. 연구의 목적 ····· 2
3. 용어의 정의 ····· 5
3.1. 테크놀로지 ····· 5

Ⅱ. 이론적 배경 ····· 7
1. 수학교사의 테크놀로지 활용 ····· 7
2. 테크놀로지 교수학적 내용지식 ····· 10
2.1. 테크놀로지 교수학적 내용지식(TPACK) ····· 14
2.2. 수학교사의 TPACK ····· 15
2.3. 테크놀로지 내용지식(TCK) ····· 18
2.4. 테크놀로지 지식(TK) ····· 20
2.5. 순수한 하위 지식 ····· 20
3. 수학교사 교육 과제 ····· 21
3.1. 수학적 과제와 인지적 요구 수준 ····· 21
3.2. 수학교사 교육에서의 과제 ····· 25
4. 교육목표의 분류 ····· 28

4.1. Bloom의 교육목표 분류 ····· 28
4.2. 교육목표 분류학에 대한 비판과 대안적 분류체계 ····· 31

Ⅲ. 연구 방법 ····· 40

1. 연구 방법 및 절차 ····· 40
1.1. 설계·개발 연구 ····· 40
1.2. 연구 절차 ····· 41
2. 테크놀로지 교사교육 과제 분류 기준 개발 방법 ····· 45
2.1. 교육목표 분류학과 TPACK의 결합 ····· 45
2.2. 전문가 검토를 통한 타당성과 사용성 확보 ····· 47

Ⅳ. 테크놀로지 교사교육 과제의 분류 기준 개발 ····· 50

1. 과제 분류 기준 개발 ····· 50
1.1. TK′ 의 함양을 목표로 하는 과제 ····· 52
1.2. TCK′ 의 함양을 목표로 하는 과제 ····· 58
1.3. TPACK의 함양을 목표로 하는 과제 ····· 70
1.4. 1차 분류 기준 분포 ····· 79
2. 전문가 검토를 통한 분류 기준 수정 및 타당화 ····· 80
2.1. 1차 전문가 검토 ····· 81
2.2. 분류 기준 수정 ····· 96
2.3. 2차 전문가검토지 제작 ····· 101
2.4. 2차 전문가 검토 ····· 107
3. 최종 분류 기준 개발 ····· 117

Ⅴ. 교사교육 과제 분류 ····· 121

1. 현직교사 연수 교재 ····· 121

2. 테크놀로지와 수학교육 관련 단행본 ····· 123
2.1. 단행본 ㄱ의 과제 분포 ····· 123
2.2. 단행본 ㄴ의 과제 분포 ····· 125
2.3. 단행본 ㄷ의 과제 분포 ····· 127
3. 교사교육 과제 분류 결과 ····· 128
3.1. 분류 통계 분석 ····· 128
3.2. 분류 기준 간의 조합 ····· 131

Ⅵ. 결론 및 논의 ····· 133

1. 요약 및 결론 ····· 133
2. 논의 및 제언 ····· 139
2.1. 논의 ····· 139
2.2. 연구의 한계점 및 제언 ····· 140

참고문헌 ····· 143

부록 ····· 155

표 목 차

<표 Ⅱ-1> TPACK에 나타난 7가지 지식의 정의 ····· 13
<표 Ⅱ-2> 인지적 요구 수준에 따른 과제 분류 ····· 23
<표 Ⅱ-3> Bloom의 전통적인 분류학 중 인지과정 ····· 30
<표 Ⅱ-4> Hauenstein의 교육목표 분류학 ····· 34
<표 Ⅱ-5> Anderson 등의 분류학에서 지식 차원의 분류 ····· 37
<표 Ⅱ-6> Anderson 등의 분류학에서 인지적 차원의 분류 ····· 38
<표 Ⅱ-7> Anderson과 Krathwohl의 교육목표 분류학 ····· 39
<표 Ⅲ-1> 분류 대상으로 삼은 테크놀로지와 수학교육 관련 단행본 ····· 44
<표 Ⅲ-2> 1, 2차 검토에 참여한 전문가 정보 ····· 48
<표 Ⅳ-1> 교사의 테크놀로지 관련 교육목표 분류(1차) ····· 52
<표 Ⅳ-2> 교사의 테크놀로지 관련 교육목표 분포(1차) ····· 79
<표 Ⅳ-3> 분류 기준의 도출 과정에 대한 타당성 질문(1차) ····· 82
<표 Ⅳ-4> 분류 기준의 도출 과정에 대한 타당성 검토 결과(1차) ····· 82
<표 Ⅳ-5> 분류 기준 전반에 대한 질문(1차) ····· 84
<표 Ⅳ-6> 분류 기준 전반 대한 검토 결과(1차) ····· 85
<표 Ⅳ-7> 분류 기준 서술(1차) ····· 87
<표 Ⅳ-8> 분류 기준 서술의 타당성에 대한 검토 결과(1차) ····· 88
<표 Ⅳ-9> 사용성 평가 문항에 대한 전문가 응답(1차) ····· 90
<표 Ⅳ-10> 1차 전문가 검토 결과 수정 사항 ····· 95
<표 Ⅳ-11> 테크놀로지 관련 교사교육 과제 분류기준표(2차) ···· 96
<표 Ⅳ-12> 테크놀로지 관련 교사교육 목표의 주된 분포(2차) 100
<표 Ⅳ-13> 테크놀로지 교사 교육 과제 분류 기준(2차) ····· 101
<표 Ⅳ-14> 분류 기준 전반에 대한 질문(2차) ····· 108

<표 Ⅳ-15> 분류 기준 전반 대한 검토 결과(2차) ····· 109
<표 Ⅳ-16> 분류 기준의 도출 과정에 대한 타당성 질문(2차) ·· 111
<표 Ⅳ-17> 분류 기준의 도출 과정에 대한 검토 결과(2차) ····· 111
<표 Ⅳ-18> 분류 기준의 서술에 대한 검토 결과(2차) ····· 113
<표 Ⅴ-19> 사용성 평가 문항에 대한 전문가 응답(2차) ····· 115
<표 Ⅳ-20> 수정된 테크놀로지 관련 교사교육 과제 분류 기준 117
<표 Ⅴ-1> 시기 별 테크놀로지 관련 과제 수 ····· 121
<표 Ⅴ-2> 1·2급 정교사 자격연수에서 다루는 과제의 분포 (총 127개) ····· 122
<표 Ⅴ-3> 단행본 ㄱ에서 다루는 과제의 분포 (총 40개) ····· 124
<표 Ⅴ-4> 단행본 ㄴ에서 다루는 과제의 분포 (총 70개) ····· 126
<표 Ⅴ-5> 단행본 ㄷ에서 다루는 과제의 분포 (총 97개) ····· 127
<표 Ⅴ-6> 테크놀로지 관련 수학교사 교육 과제의 분포 (총 334개) ····· 129
<표 Ⅵ-1> 테크놀로지 교사교육 과제 분류 기준 (최종) ····· 136

그 림 목 차

[그림 Ⅱ-1] 교수학적 내용지식 ····· 10
[그림 Ⅱ-2] CK, PK, TK 사이의 관계 ····· 11
[그림 Ⅱ-3] TPCK ····· 12
[그림 Ⅱ-4] TPACK의 발달 단계 ····· 16
[그림 Ⅱ-5] Hollebrands 등이 설정한 수학교사의 테크놀로지와 관련된 지식체계 ····· 18
[그림 Ⅱ-6] 순수한 하위지식 TK′, PK′, CK′, TPK′, TCK′, PCK′ ····· 21
[그림 Ⅱ-7] Hauenstein의 행동적 영역의 구성 요소 ····· 33
[그림 Ⅱ-8] Marzano의 교육목표 분류 모형 ····· 35
[그림 Ⅲ-1] 수학교사의 테크놀로지 교육을 위한 과제 분류기준 제작 절차 ····· 43
[그림 Ⅲ-2] 수학교사의 TPACK의 형성 단계 ····· 46
[그림 Ⅳ-1] TK' 기억하기 과제 ····· 54
[그림 Ⅳ-2] TK′ 이해하기 과제 ····· 56
[그림 Ⅳ-3] TCK′ 기억하기 과제 ····· 60
[그림 Ⅳ-4] TCK′ 이해하기 과제 ····· 62
[그림 Ⅳ-5] TCK′ 적용하기 과제 ····· 65
[그림 Ⅳ-6] 우리나라 교과서에 있는 [그림 Ⅳ-5]와 같은 유형의 과제 ····· 66
[그림 Ⅳ-7] TCK′ 분석, 평가하기 과제 ····· 68
[그림 Ⅳ-8] TPACK 적용하기 과제 ····· 72
[그림 Ⅳ-9] DGE로 구현한 사각형의 정의에 대한 반례 ····· 73
[그림 Ⅳ-10] TPACK 분석, 평가하기 과제 ····· 75
[그림 Ⅳ-11] 분석, 평가 대상이 된 수학 교수 영상 ····· 75

[그림 Ⅳ-12] TPACK 창안하기 과제 ····· 78
[그림 Ⅳ-13] 사용성 평가를 위해 제시된 과제(1차) ····· 91
[그림 Ⅳ-14] 수정된 TK′ 기억하기 과제 ····· 103
[그림 Ⅳ-15] 수정된 TK′ 이해하기 과제 ····· 104
[그림 Ⅳ-16] TPACK 기억하기 과제 ····· 104
[그림 Ⅳ-17] TPACK 이해하기 과제 ····· 105
[그림 Ⅳ-18] 수정된 TPACK 창안하기 과제 ····· 106
[그림 Ⅳ-19] TPACK 성찰하기 과제 ····· 107
[그림 Ⅳ-20] 사용성 평가를 위해 제시된 과제(2차) ····· 114
[그림 Ⅴ-1] TK′ 창안하기 과제 ····· 124
[그림 Ⅴ-2] 테크놀로지 관련 수학교사 교육 과제의 분포 ····· 130

I. 서론

1. 연구의 필요성

우리 사회는 과학 기술의 발전에 따라 급속도로 변화하고 있다. 특히 최근에는 스마트 기기의 보급이 확대됨에 따라 그 변화 속도가 더욱더 빨라지는 추세이다. 이 변화의 물결은 결국 수학 교육에도 영향을 끼치고 있으며, 많은 연구들이 공학적 도구가 수학 학습에 유용하게 활용될 수 있음을 입증하고 있다. Kaput과 Thompson(1994)이 테크놀로지를 사용하는 사람이 특정 성질을 강화할 수 있게 해주는 힘을 가진 도구로 칭했던 것을 비롯하여, Cuoco와 Goldenberg(1996)는 컴퓨터는 학생들이 수학의 성질을 개발하고, 수학적 아이디어를 구성하는 데에 도움을 준다고 설명했다. 이후, Reed, Drijvers, Kirschner(2010)는 컴퓨터 도구에 대한 긍정적인 자세는 결국 학습 태도를 강화시킨다는 것을 입증했다. 이 뿐 아니라 많은 국내 연구를 통해서도 테크놀로지가 수학 교육에 유용하게 활용될 수 있음을 확인할 수 있다(Koh, 1997; 조한혁, 안준화, 우혜영, 2002; 김화경, 2006; 양성현, 강옥기, 2011).

이와 같은 흐름에 따라, 우리나라 수학과 교육과정에서도 6차 교육과정에서 교수·학습과정에서 계산기나 컴퓨터의 사용을 권장한 이후 점차 공학적 도구의 종류와 활용 영역을 넓혀왔으며, 최근 2009 개정 수학과 교육과정에서는 공학적 도구를 평가에까지 활용할 것을 명시하고 있다(교육부, 1992; 교육부, 1997; 교육인적자원부, 2007; 교육과학기술부, 2011). 또, 미국 수학교사 협의회(National Council of Teachers of Mathematics, NCTM, 2009)에서는 수준 높은 수학 교육이 지닌 특징인 원리 중의 하나로 테크놀로지를 제시하며, “테크놀로지는 수학을 가르치고 배우는데 필수이다. 수학 지도 내용에 영향을 미치며 학생들의 학습을 촉진한다(NCTM, 2009, p.11)” 고 설명한다. 우리나라와 미국 뿐 아니라 영국과 호주의 교육과정에서도 테크놀로지를 사용할 것에 대해 언

급하고 있으며(U.K. Department for Education, 2013; Goos, 2011), 이는 수학 교육에서 테크놀로지의 활용이 더 이상 피할 수 없는 국제적 흐름임을 보여준다.

이렇게 많은 연구와 사회의 흐름에 따라 수학 교육과정에서 테크놀로지의 활용을 강조하고 있고, 우리나라에서는 거의 모든 교실에 수업용 컴퓨터가 보급되었다(한국교육개발원, 2012). 하지만 한국교육과정평가원(2009)에 따르면, 수학교사들의 30% 이상이 테크놀로지를 실제 수업에 잘 활용하지 않고 있다. 그 원인으로 Goos(2011)는 교사들에게 테크놀로지가 학생들에게 도움이 될 것이라고 설득하는 과정이 부족했던 점을 지적했다. 그리고 고상숙(2001)은 대다수 교사의 테크놀로지와 관련된 지식의 부족과 그로 인한 두려움, 특정 수학적 개념에 대해 테크놀로지를 학습보조도구로 사용할 때 교육효과를 위한 수업 준비와 연구의 부족 등에서 그 이유를 찾았다. 또, 조은애, 권혁진(2008)은 정량연구를 통해 테크놀로지 교수학적 내용지식(Technological Pedagogical Content Knowledge, TPCK)이 부족하다는 것을 언급했다. 이를 통해 지금과 같이 테크놀로지의 활용을 강조하기 위해서는 테크놀로지에 대한 교사교육이 TPCK를 중심으로 연구되어야 한다는 것을 알 수 있다.

하지만 지금까지의 연구들은 실제로 교수에 테크놀로지를 통합하는 것이 어렵고 잘 안되고 있다는 조사를 하고, 그 대안으로 TPCK를 제시했을 뿐, TPCK를 잘 함양시킬 수 있는 방안을 구체적으로 설명하지는 못하고 있다. 그러므로 교사가 수업에 테크놀로지 통합을 잘 할 수 있기 위해 테크놀로지 교사교육에서 다루는 내용에 대해 TPCK의 관점에서 분석해볼 필요가 있다.

2. 연구의 목적

테크놀로지가 학생들의 수학 이해에 큰 도움이 된다는 점이 밝혀진 이후, 테크놀로지에 대한 교사교육 관련 연구들은 수학 교수학습에서 특정 소프트웨어를 활용하는 방법과 그 시사점을 찾는 연구가 주를 이루었다

(김남희, 2002, 2004, 2006; 류희찬, 조민식, 장경윤, 유공주, 2003; 홍은표, 이수현, 2003; 계영희, 신경희, 2005; 권성룡, 2006; 이광상, 조민식, 류희찬, 2006). 하지만 Mishra와 Koehler(2006)는 교사에게 교수 절차에 단순히 투입하게 하기 위해 테크놀로지를 소개하는 것으로는 충분하지 않다고 지적했다. 그들은 교사들이 테크놀로지를 수업에 활용하기 위해 무엇을 알아야 하는지가 아니라 어떻게 사용해야 하는지를 연구해야 한다고 주장했다. 그래서 그들은 Shulman(1986)이 제시했던 교수학적 내용지식(Pedagogical Content Knowledge, PCK)에 테크놀로지에 대한 지식을 통합하는 개념으로 TPCK를 구조화하였다. Shulman(1986)이 교수학적 지식(Pedagogical Knowledge, PK)과 내용지식(Content Knowledge, CK)을 설명한 후 PCK를 이론화 할 때 이것을 단순한 결합이 아닌 새로운 종류의 지식으로 설명했던 것과 비슷하게, Mishra와 Koehler(2006)의 TPCK에서 가장 중요한 것은 테크놀로지 지식(Technological Knowledge, TK)이 다른 지식들과 분리되어 따로 존재하는 것이 아니라는 점이었다.

이렇게 소개된 TPCK는 새로운 차원의 지식이라고 할 수 있다. 하지만, 교사가 개인으로 새로운 지식을 접했을 때 그것을 수업 현장에 활용 가능하도록 내면화 하는 데에는 한계가 있을 수 있다. 방정숙(2003)에 따르면 교사들은 종종 새롭거나 익숙하지 않은 아이디어를 접했을 때, 그것이 어디에서 비롯되었는가에 따라 쉽고 간단하게 판단하며 그 아이디어의 본질에 대해서는 잘 탐구하지 않는 경향이 있기 때문이다. 이에 새로운 지식을 현장에서 잘 활용할 수 있게 하기 위해 Silver, Clark, Ghousseini, Charalambous, Sealy(2007)는 전문성 학습 과제(Professional Learning Tasks)를 통해 교사들에게 그들이 실천에서 만나는 수학을 다시 생각하고 재조직할 수 있는 기회를 제공했다. 그렇게 함으로써 그들은 교사들이 자신의 수학적 지식을 보다 유용하고 사용 가능하게 만들 수 있었다고 설명하고 있었다. 즉, 교사는 교사교육에서 제시된 과제를 해결하는 과정을 겪으며 실천 가능성이 있는 지식을 습득할 수 있다는 것이다.

이런 입장에서 Hollebrands와 Lee(2012)는 교사가 테크놀로지로 수학을 가르치는 것을 돕기 위한 교사교육 교재를 기하, 통계, 대수 영역에 걸쳐 출판하였고, 미국 조지아대학에서는 InterMATH[1] 프로젝트를 통해 교사들에게 테크놀로지를 활용하는 데에 도움이 되는 과제를 제공하였다. 또, 호주 멜버른 대학에서는 수학을 강화하기 위해 실생활 문제와 테크놀로지를 활용하게 하고자 RITEMATHS[2] 프로젝트를 진행하였다. 반면 우리나라에서는 교사 대상 연수가 꾸준히 진행되었고, 교사들에게 정보를 제공하는 형태의 책이 발간되었다(최경식, 2013; 권성룡, 김남균, 류성림, 박성선, 2009; 김향숙, 박진성, 박준형, 2011; 김남희, 박경미, 2008).

따라서 이 연구에서는 수학교사의 테크놀로지 관련 지식을 발달시키고자 제작된 다양한 과제들을 살펴보고, 그 목표에 따른 특징을 분석할 것이다. 이를 통해 현재 진행되는 테크놀로지 수학교사 교육의 실천 가능성이 미진하다고 분석한 선행 연구들에 대한 대안을 제시함으로써 보다 체계적인 테크놀로지 수학교사교육이 이루어질 수 있을 것으로 기대한다.

1. 수학교사의 테크놀로지 교육을 위한 과제는 어떻게 분류될 수 있는가?
2. 수학교사의 테크놀로지 교육을 위한 과제의 분류 기준별 특징은 무엇인가?
3. 현재 사용되는 수학교사의 테크놀로지 교육을 위한 과제는 어떻게 분포되어 있는가?

이 연구는 수학교사의 테크놀로지 교육을 위한 과제의 종류를 분류할 수 있는 분류 기준을 개발하여 체계적인 수학교사 교육이 이루어질 수 있는 발판을 제공하고자 한다. 또, 이 연구는 현재 우리나라 수학교사의 테크놀로지 교육에서 사용되는 과제들을 분석하여 교사들의 테크놀로지

1) http://intermath.coe.uga.edu/
2) https://extranet.education.unimelb.edu.au/DSME/RITEMATHS/

통합에 부족한 것은 무엇인지 파악할 것이다. 이를 통해 이 연구는 수학 교사 교육자들에게는 교사의 테크놀로지 관련 지식에 대한 정보를 제공하여 맞춤형 교육을 실시할 수 있도록 도움을 주고, 수학 교사에게는 자신의 테크놀로지 관련 지식에 대해 구체적으로 파악하여 더 필요한 것이 무엇인지 알 수 있게 할 것으로 기대된다.

3. 용어의 정의

3.1. 테크놀로지

테크놀로지(technology)라는 용어는 문헌에 따라 그 의미와 포함하는 도구에 있어 큰 차이를 보인다. 그러므로 이 연구에서 사용하는 테크놀로지라는 용어가 의미하는 바를 우선 정리할 필요가 있다.

테크놀로지를 우리말로 번역하면 '기술'을 의미하며, 국립국어원(n.d.)의 표준국어대사전은 '과학 이론을 실제로 적용하여 자연의 사물을 인간 생활에 유용하도록 가공하는 수단(예: 건축 기술)'으로 정의하고 있다. 이와 비슷하게 Salomon과 Perkins(2005)는 테크놀로지를 인지적 활동을 직접적으로 가능하게 하거나 이행하게 하는 도구라고 정의한다. 한편 Mishra와 Koehler(2006)는 테크놀로지를 책, 칠판, 분필 등의 표준적인(standard) 테크놀로지와 인터넷, 디지털 비디오 등 고급의(advanced) 테크놀로지로 구분하였다. 하지만 이 정의들은 모두 수학 교실에서 활용되는 공학적 도구를 표현하는 데에 너무 포괄적인 의미를 갖고 있다.

반면 호주 Queensland 대학에서는 수학교육학부의 수학 B 강좌에 대한 강의계획서인 Queensland Studies Authority(2010)에서 테크놀로지를 다음의 세 가지로 축소하여 소개한다.

첫째, 수학 교수학습에 사용할 수 있는 일반적인 목적을 가진 컴퓨터

소프트웨어(예: 스프레드시트);

둘째, 수학 교수학습을 위해 만들어진 컴퓨터 소프트웨어(예: 동적기하 소프트웨어, 동적 그래핑 소프트웨어);

셋째, 수학 교수학습을 위해 만들어진 소형기기(예: 대수 조작, 동적 기하의 기능여부와 관계없이 모든 그래픽 계산기). (Queensland Studies Authority, 2010, p.8)

또, 수학 교사 교육자 협회(Association of Mathematics Teacher Educator, AMTE, 2006)에서는 테크놀로지를 수학 교수학습의 맥락에 적절한 수학 소프트웨어, 인터넷, 다른 디지털 자원을 가진 컴퓨터와 휴대용 계산도구 및 그 확장 기기들과 미래에 새롭게 나타날 형태의 비슷한 기기, 그리고 어플리케이션들을 포함한다. 한편, Schultz(2009)는 테크놀로지의 정의를 좁혀서 계산기, 컴퓨터, 소프트웨어 등의 계산 테크놀로지로 둔다. 이와 같은 정의들은 좁은 의미의 테크놀로지로 생각할 수 있다. 테크놀로지의 의미를 더 좁게 바라본 Cox와 Graham(2009)은 '새로 나타난 테크놀로지' 만을 연구 대상으로 삼았다. 그들은 한때 책이나 펜도 모두 원활한 학습을 위해 새로 등장한 도구였음에 주목하여 모든 테크놀로지가 사용자에게 익숙해지고 투명해지고 나면 더 이상 테크놀로지라고 따로 표현되지 않음에 초점을 맞추었다.

이 연구에서는 Queensland 대학, AMTE, Schultz가 사용했던 좁은 의미의 테크놀로지의 정의를 따르며, 여기에 수학 교수학습에 사용할 수 있는 일반적인 목적의 소형기기를 더 추가할 것이다. 스마트폰과 태블릿 PC 등이 이 분류에 해당한다. 이것은 스마트 기기에서 활용 가능한 어플리케이션의 급증에 따른 것으로, 스마트 기기가 가진 가능성(조재춘, 임희석, 2012; 서유진, 나경은, 2012)을 교사들이 함께 인식해야 한다는 필요에 의한 것이다. 결과적으로 본 연구에서는 테크놀로지를 '수학 교수학습에 사용할 수 있는 컴퓨터 소프트웨어와 휴대용 기기'로 정의한다.

Ⅱ. 이론적 배경

1. 수학교사의 테크놀로지 활용

정보화 시대의 흐름에 따라 테크놀로지는 우리 생활의 많은 부분을 변화시키고 있다. 이에 따라 수학 교육에서 테크놀로지의 성장과 연구의 발달은 평행하게 일어났다. Kaput과 Thompson(1994)은 당시 수학교육과 테크놀로지를 연결했던 연구들을 메타분석하여 넓고 깊은 바다의 파도에 비유했다. 그에 따르면, 표면에 나타난 얕은 파도에 해당하는 연구에서는 수학교육에서 테크놀로지를 계산을 대신 해주거나 특정 내용을 전달하는 도구로 분석하였고, 깊은 바다 속에서 일어나는 파도에 해당하는 연구에서는 테크놀로지를 문제 해결을 돕고, 학생이 특정 아이디어를 학습하는 데에 영향을 끼치는 도구라고 설명하였다. 이 연구가 밝혀낸 테크놀로지의 역할은 다양했지만, 모든 연구들에서 공동적으로 테크놀로지는 수학교수학습과 겹쳐 연구 대상으로 삼았고, 그 결과들은 모두 테크놀로지를 사용하는 활동이 수학 교수학습을 도와줄 수 있는 것임을 입증하고 있다.

이후 정보화 사회로의 흐름과 그에 따른 테크놀로지 관련 수학교육 연구들의 점차적인 증가로 인해 수학 교실에서 테크놀로지의 활용에 대한 필요성이 늘어났고, 이는 곧 많은 나라의 수학과 교육과정에 영향을 끼쳤다(교육부, 1992; 교육부, 1997; 교육인적자원부, 2007; 교육과학기술부, 2011; NCTM, 2009; U. K. Department for Education, 2013; Goos, 2011). 특히 우리나라의 수학과 교육과정(교육과학기술부, 2011)에서는 주로 교수·학습 상의 유의점에서 공학적 도구의 사용을 언급한다. 내용 영역 중에서는 함수, 통계, 도형 영역에서 “공학적 도구를 활용하여, 함수의 그래프를 그리고 다양한 상황을 해석할 수 있게 한다; 공학적 도구를 활용하여, 표와 그래프를 그리고 대푯값과 산포도를 구할 수 있게 한다; 공학적 도구나 다양한 교구를 활용하여 도형의 성질을 추론할 수 있게

한다”로 명시되어 있다. 또, 교수학습방법과 평가에서 다음과 같이 언급하고 있다.

> 파. 수학 교수·학습 과정에서 교육기자재 및 수학 교과 교실의 활용은 다음 사항에 유의한다. ... (중략) ...
>
> (2) 계산 능력 배양을 목표로 하지 않는 경우의 복잡한 계산 수행, 수학의 개념, 원리, 법칙의 이해, 문제 해결력 향상 등을 위하여 계산기, 컴퓨터, 교육용 소프트웨어 등의 공학적 도구와 다양한 교구를 활용한다(p.35).
>
> 사. 수학 학습의 평가에서는 평가하는 학습 내용과 방법에 따라 학생에게 계산기, 컴퓨터, 교육용 소프트웨어 등의 공학적 도구와 다양한 교구를 이용할 수 있는 기회를 제공한다(p.37).

이런 흐름에 따라 일견 테크놀로지의 활용이 확대되고 있을 것으로 예상되지만 교사들의 활용 실태는 따로 확인할 필요가 있었다. 이에 조은애, 권혁진(2008)은 교사들의 테크놀로지 활용 현황을 확인하기 위해 서울과 수도권 지역의 초, 중, 고등학교 교사 84명을 대상으로 공학적 도구 사용 실태와 인식을 파악하였다. 대학 때 공학적 도구 관련한 과목 수는 1.3개였지만, 공학적 도구에 대한 한 학기 평균 사용 횟수를 묻는 질문에서는 1~5회가 42%로 가장 많았고, 6~10회가 10.4%, 그 이상은 7.7%로 나타났다. 그에 비해 현 시점에 전혀 사용하지 않거나 응답하지 않은 사람이 40%로 그 비중이 매우 높았다. 임문수(2008) 또한 서울 시내 중고등학교 231명의 수학교사를 대상으로 한 설문에서 학교 현장에는 기자재 보유율이 매우 높으나, 기자재를 전혀 사용하지 않는다는 비율이 30~50%, 한 학기에 한 번 정도가 20~30% 정도로 나타나, 수업 연구 등 특별한 경우를 제외하고는 교수학습 시설 및 기자재를 거의 사용하지 않고 있다고 판단하고 있다.

한국교육과정평가원(2009)에서는 908명의 수학교사를 대상으로 설문을 실시하여 교구나 정보화기기의 활용 정도를 조사하였다. 그 결과, 초등학교 교사들은 1주일에 1-2시간 이상 테크놀로지를 사용(72.7%)하는 반

면, 고등학교의 경우, 거의 또는 전혀 활용하지 않는다는 응답이 61.7%에 달하고 있어 학교급이 높아질수록 테크놀로지는 별로 활용되지 않음을 확인할 수 있었다. 또, 김영진(2011)은 시도교육청에서 주관하는 수학교사 대상의 연수에서 공학 관련 연수의 현황과 교사들의 사용 실태를 조사하였는데, 수학교사에게 공학 도구 활용에 대해 일관성 있는 연수 교육과정을 투입하지 못하고 있었다는 점을 확인했다. 또, 공학 관련 연수를 이수한 교사들이라고 하여도 실제 수업 시간에서의 활용 실태는 매우 낮았는데, 대부분이 연구수업 등의 특별한 경우나 이미 공학도구로 제작된 학습 자료가 있을 때에만 사용하고 있으며, 이미 공학도구의 효과가 입증된 내용에 대해서만 선별적으로 사용하는 등 매우 소극적으로 활용하고 있었다.

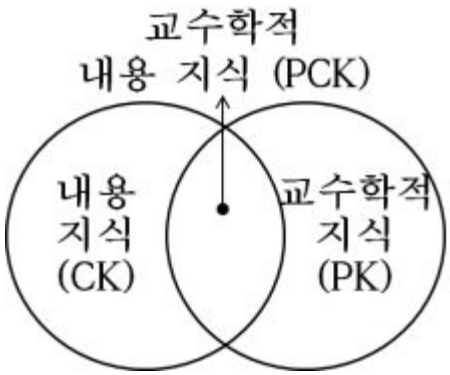
이 연구들은 모두 교사들이 수업에서 테크놀로지를 활용하지 않는 이유로 무관심과 불필요성 및 효율성의 문제를 가장 먼저 제시하고 있다. 이것은 교사들에게 테크놀로지가 학생들에게 도움이 될 것이라고 설득하는 과정이 부족했다는 Goos(2011)의 호주에서의 분석 결과와도 통하는 부분이다. 우리나라에서도 교사들에게 테크놀로지가 학생의 수학 학습에 도움이 될 것이라는 설득 과정이 부족했기 때문에 교사들은 테크놀로지에 무관심하고 그 효율성에 대해 동의할 수 없는 것으로 보이기 때문이다. 많은 사전 연구들에서 테크놀로지가 수학 교수학습에 효과적이라고 밝혔고, 테크놀로지 예비교사 교육과 현직교사 연수가 꾸준히 진행되고 있음에도 불구하고 이런 조사 결과가 나타났다는 것은 교사들이 수업 현장에서 무슨 테크놀로지를 사용해야 하는지를 모르는 것보다 어떻게 테크놀로지를 수업에 통합해야 하는지를 모르는 것 때문이라고 판단할 수 있다. 즉, 이 연구 결과들은 교사들의 TK나 TCK를 학습하지만, TPCK에 대한 학습 경험이 매우 낮은 상황이며, 그렇기 때문에 현장에서 테크놀로지를 활용한 수학 교수학습이 이루어지기 힘들다는 점을 시사한다.

그렇다면 현직교사 연수와 예비교사 교육은 어떤 방향으로 나아가야 할 것인가. Niederhauser와 Stoddart(2001)는 교사의 교수학습에 대한 관점을 변화시키도록 설계된 프로그램을 교사교육에 조심스럽게 통합시켜

야 한다고 주장한다. 그들은 교사 개인의 관점에서, 컴퓨터를 학교에 통합하는 것은 간단하게 각 교실에 컴퓨터를 보급하는 것보다 훨씬 많은 것을 필요로 한다고 설명하였다. 이러한 입장은 교사의 지식이 교사 자신의 맥락과 신념에 따라 달라지는 것으로, 개인적인 요인의 영향을 많이 받기 때문에 그것을 고려한 교사 연수가 필요하다는 것을 의미한다.

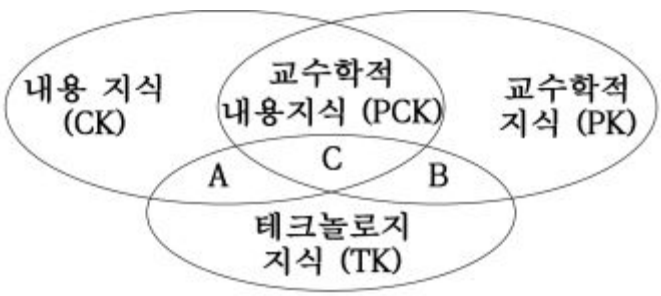
2. 테크놀로지 교수학적 내용지식

Shulman(1986)은 특정한 내용을 가르치고 계획하는 과정을 통해 교사가 그 내용에 대해 보다 잘 이해하게 된다는 사실에 주목했다. 그에 따르면, 내용 지식(content knowledge, CK)을 다룰 때 교사가 자신의 교과를 어떻게 가르칠 지에 대한 지식이 성장함에 따라 교과 내용 지식 발달의 중요한 측면이 나타난다. 그리고 가르치는 데 있어 그 자체로는 CK의 차원을 뛰어 넘는 PCK가 존재한다. 이런 맥락에서 Shulman(1986)은 기존에 분리되어있던 교수학적 지식(Pedagogical Knowledge, PK)와 CK가 통합되어야 한다는 점을 지적하며 [그림 II-1]과 같은 PCK의 개념을 설명했다.



[그림 II-1] 교수학적 내용지식

한편, Pierson(2001)은 테크놀로지 통합의 의미를 찾고자 했던 연구에서 테크놀로지의 사용 수준과 교수 능력이 다양한 교사들이 각각 테크놀로지를 교수 실천에 어떻게 통합시키는지 살펴보았다. 그는 교사 3명의 사례연구를 통해 교사지식으로 PCK 이외에 TK라는 새로운 구성물이 있음을 밝혔다. 그는 테크놀로지를 효과적으로 통합하는 교사는 CK와 PK를 TK와의 결합으로 이끌어낼 수 있다고 설명하며 세 지식의 교집합의 영역에 있는 효과적인 테크놀로지 통합을 정의하는 [그림 II-2]와 같은 개념도를 제안했다. 그는 이 개념도에서 A영역은 내용과 관련된 테크놀로지 자원에 대한 지식을, B 영역은 학습 테크놀로지 사용을 관리하고 조직화하는 데에 사용되는 방법에 대한 지식을, C 영역은 진정한 테크놀로지 통합을 의미하는 테크놀로지 교수학적 내용지식을 의미한다고 밝혔다.



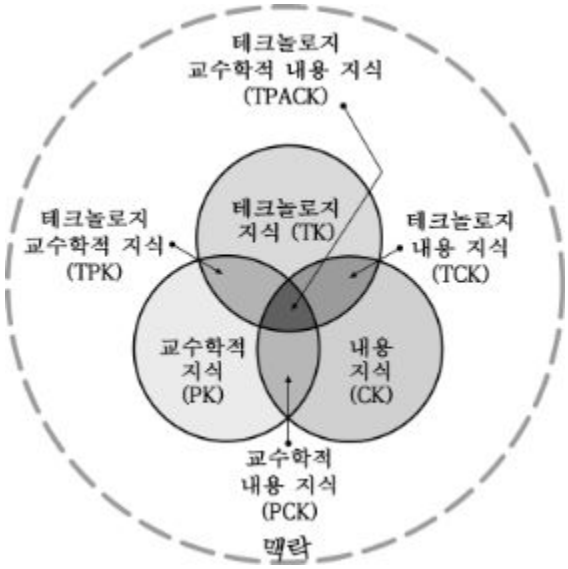
[그림 II-2] CK, PK, TK 사이의 관계 (Pierson, 2011, p.427)

Pierson(2001)의 개념도에서 TK는 CK와 PK에 비해 작은 원으로 표현되었다. 이는 테크놀로지가 당시에는 그 영향력이 다른 요소들에 비해 작았다는 점을 시사한다(Hammond & Manfra, 2009). 이후 TK의 크기를 PK, CK와 같은 크기로 설정한 Mishra와 Koehler(2006)는 테크놀로지를 활용하는 것이 교수학습을 극적으로 변화시킬 수는 있지만, 이를 교수학습에 적절히 활용할 수 있도록 교사에게 테크놀로지 교육이 필요하다고 주장했다. 그들은 교사에게 교수 절차에 단순히 투입하게 하기 위해 테크놀로지에 대한 지식, 즉 TK만을 단순하게 알려주는 것은 충분하지 않

고, 교사들이 수업에서 테크놀로지를 어떻게 사용해야 하는지를 연구해야 한다고 설명한다. 5년의 종단연구를 통해 PCK 외에 세 종류의 새로운 지식으로 테크놀로지 교수학적 지식(Technological Pedagogical Knowledge, TPK), 테크놀로지 내용지식(Technological Content Knowledge, TCK), 그리고 TPCK를 개념화하였다.

이후, 제 9회 연례 국가 테크놀로지 리더십 정상회담(9th Annual National Technology Leadership Summit)에서 TPCK가 그 발음이 불편하고, 이 단어가 포함하고 있는 영향력과 가능성을 제대로 표현하지 못하는 축약형이라고 판단한 학자들은 TPCK를 TPACK(Total PACKage, Tee-pack이라고 읽음)으로 다시 명명하였다. 그들은 테크놀로지 관련 교사 지식을 의미하는 새로운 용어 TPACK을 통해 세 개의 지식 영역이 분리된 것이 아니라 하나의 전체로써 통합된 형태의 지식임을 강조했다 (Thompson & Mishra, 2007).

[그림 II-3][3]에서 나타난 개념도와 같이 TPACK의 개념도에서 가장 바깥쪽에 맥락이 포함된 것은 2009년 이후의 일이었다. 교사 개인이 처한 맥락에 따라 TPACK이 다르게 나타난다는 점을 지적한 Doering,



[그림 II-3] TPCK (Mishra, & Koehler, 2006)

3) www.tpack.org

Veletsianos, Scharber, Miller(2009)의 연구 결과가 많은 학자들의 지지를 받았던 것이다.

Schmidt, Baran, Thompson, Mishra, Koehler, & Shin(2009)은 TPACK의 평가 도구를 만들면서 [그림 Ⅱ-3]에 나타난 7가지 종류의 지식을 <표 Ⅱ-1>과 같이 정리했다.

<표 Ⅱ-1> TPACK에 나타난 7가지 지식의 정의 (Schmidt et al., 2009, p.125)

지식의 종류	지식의 정의
TK	다양한 테크놀로지들에 대한 지식.
CK	가르쳐야 하는 교과 내용에 대한 지식이자, 그 지식의 본질이 다른 내용 영역과 어떻게 다른지에 대한 지식.
PK	교수 방법과 과정에 대한 지식으로, 교실 관리, 평가, 수업 계획 개발, 학생의 학습에 대한 일반적인 지식.
PCK	교수 과정에서 다루는 내용지식(CK). 내용 영역에서 더 좋은 교수를 개발하는 것을 목표로 내용과 교수학을 혼합한 지식.
TCK	테크놀로지가 어떻게 특정 내용을 새롭게 표현하는지에 대한 지식. 특정 테크놀로지를 사용함으로써 특정 내용에서의 개념을 연습하고 이해할 방법을 바꿀 수 있음에 대한 이해.
TPK	다양한 테크놀로지가 교수에서 어떻게 사용되는지에 대한 지식. 교사가 가르치는 방법을 바꾸는 데에 테크놀로지를 사용하는 것에 대한 이해.
TPACK	어떤 내용 영역에서 자신의 교수에 테크놀로지를 통합하는 교사들에게 필요한 지식. 교사가 적절한 교수학적 방법과 테크놀로지를 사용하며 내용을 가르침으로써 지식의 3요소 사이의 복잡한 상호작용을 직감으로 이해하는 것.

이 글에서는 테크놀로지 관련 수학교사 교육을 다루고자 하므로, 테크놀로지가 요소로 포함된 지식에 대해 보다 집중적으로 관찰하고자 한다. 이런 이유에서 TK, TCK, TPACK의 정의에 대해 보다 자세히 살펴볼 것

이다. 대부분 TPACK을 구조화하여 연구 틀로서 제안했던 Mishra와 Koehler(2006)을 참고로 하였으며, 이들의 정의에 모호한 점이 있다는 점을 지적하며 그 정의를 더 구체화하고자 했던 Cox(2008)의 설명을 덧붙일 것이다.

2.1. 테크놀로지 교수학적 내용지식(TPACK)

TPACK은 내용, 교수학, 테크놀로지의 3요소를 뛰어 넘어 나타나는 형태의 지식이다. TPACK은 내용을 가르치는 것을 구성하면서 이용하는 방법으로 테크놀로지를 이용하는 교육학적 테크닉이고, 학생이 직면한 문제를 바로잡는 데에 테크놀로지가 어떻게 도움이 될 것인가에 대한 지식이며, 새로운 인식론을 발달시키거나 기존의 인식론을 강화시키는 데에 테크놀로지가 어떻게 사용될 수 있는지에 대한 지식이다(Mishra, & Koehler, 2006). 또한, TPACK은 교실 환경에서 학생들이 특정 주제에 대해 더 나은 이해를 하게 하기 위해 테크놀로지의 사용을 심사숙고함으로써 나타나는 지식으로, 특정 맥락에서 테크놀로지, 교수학, 내용 사이의 복잡한 관계를 생각하는 방법이다(Cox, 2008, p.50-51). Cox와 Graham(2009)은 TPACK을 학생의 학습이 가능하도록 테크놀로지를 활용하여 교과 활동, 주제 활동, 주제 표현을 조정하는 지식이라고 설명했으며, 테크놀로지가 사용자에게 매우 흔해지고, 당연해지면 TPACK은 PCK가 된다고 주장했다.

또, TPACK은 3가지 종류의 지식 사이에 나타나는 것을 이해하는 것이다. 테크놀로지를 활용하여 진정으로 의미 있고, 충분히 숙련된 교수를 이행하기 위해 TPACK은 세 지식들이 각각 존재하는 것과는 다르다. 테크놀로지, 교수학, 내용에 대한 지식을 동시에 통합함에 따라 우수한 교사들은 자신의 수업 어느 시점에서건 TPACK을 사용한다. 각 경우에 교사들은 고유한 방법으로 세 지식을 결합하기 때문에 모든 교사, 모든 내용에 동시에 적용될 수 있는 정답은 존재하지 않는다. 그러므로 교사들은 세 가지 지식 뿐 아니라 세 영역과 그 맥락적 상호관계를 다루는 방

법에 대해 유창성과 인지적 유연성을 개발하여 자신만의 해결책을 구성해나가야 한다(Koehler, & Mishra, 2009).

Niess(2005)는 TPACK의 위와 같은 정의에도 불구하고 몇 가지 문제가 남아있다고 여겼다. 그것은 교사 준비 프로그램이 예비교사의 TPACK 발달에 어떤 지침이 되어줄 수 있는가 하는 것이었다. 이 글에서도 이와 마찬가지의 문제의식에서 출발한다. TPACK의 개념은 이론적으로 존재하는 것이므로, 실제로 교사가 실천적인 TPACK을 발달시키기 위해서는 그에 걸맞은 교사교육이 설계되어야 한다는 것이다.

2.2. 수학교사의 TPACK

지금까지 살펴본 TPACK에 대한 연구가 보통 일반 교육에 관련된 것이었다면, 수학교사에게 필요한 TPACK에 대한 연구를 본격적으로 연구한 것은 Niess(2005)이다. 그는 예비 수학교사에게 테크놀로지 활용 수업을 준비하는 데에 필요한 것이 PCK를 개발하는 데에 설계되었던 많은 프로그램에서 겪었던 것들과 일치한다고 판단하였다. 그래서 Grossman(1989, 1990, 1991)이 언급한 PCK의 주요 요소들을 수정하여 예비교사의 TPACK을 개발하는 것을 살펴볼 수 있는 틀을 제시하였다. 이 규준은 2008년 AMTE의 연례 학회에서 발표되었고, 이후 IT와 교사교육협회(Society for Information Technology and Teacher Education, SITE)에서 수정된 후, 국가 교육적 테크놀로지 규준(The National Educational Technology Standards for Students and Teachers, NETS-S, NETS-T)에서 다음과 같이 보완, 제안되었다(Niess et al., 2009).

Ⅰ. 디지털 시대의 학습 환경과 경험을 설계하고 개발하기: 교사는 적절한 디지털 시대의 도구와 자원들을 활용하여 맥락 속에서 수학 학습을 최대화할 수 있도록 학습 환경과 경험을 설계하고 개발한다.

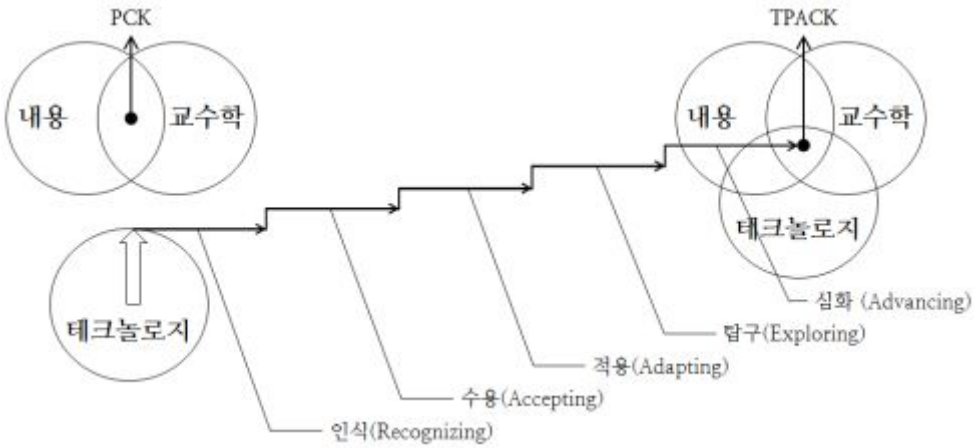
Ⅱ. 교수 학습과 수학 교육과정: 교사는 수학에서 학생의 학습과 창의성을 최대화할 수 있도록 적절한 테크놀로지를 활용하는 방법과 전

략을 포함한 교육과정 계획을 실행한다.

Ⅲ. 시험과 평가: 교사는 다양한 실질적인 시험과 평가가 가능하도록 테크놀로지를 활용한다.

Ⅳ. 생산성과 전문적인 실천: 교사는 자신의 생산성과 전문적인 실천을 강화하기 위해 테크놀로지를 활용한다. (Niess et al., 2009, p.18)

또, Niess, Sadri, Lee(2007)는 4년 동안 여러 교사들이 스프레드시트에 대해 배우고, 자신의 수학 수업에 학습 도구로 스프레드시트를 어떻게 통합하는지 관찰한 후, Rogers(1995)의 혁신결정 과정의 모델을 변형시켜 TPACK의 발달 단계의 모델을 [그림 II-4]와 같이 제안하고, Neiss 등(2009)의 연구에서는 이 모델의 관점에서 교육과정과 평가, 교수, 학습, 접근방법에 있어 교사가 할 수 있는 행동에 대해 자세히 언급하고 있다.



[그림 II-4] TPACK의 발달 단계 (Niess et al., 2009, p.10)

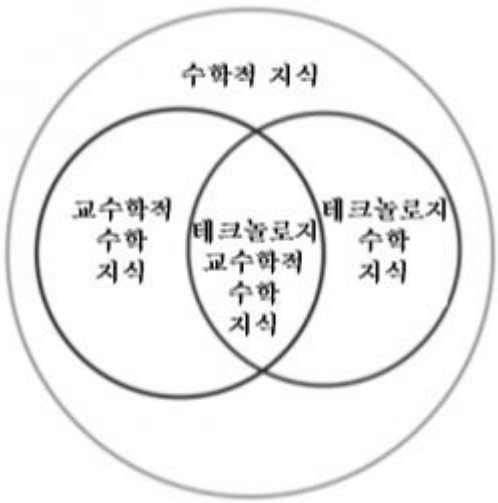
- (지식을) 인식: 교사가 테크놀로지를 사용할 줄 알고, 테크놀로지와 수학 내용 사이의 배열을 인식하지만, 수학 교수 학습에 테크놀로지를 통합하지는 못함.
- (설득을) 수용: 교사가 적절한 테크놀로지를 이용하여 수학 교수 학습

을 하는 것에 대한 우호적이거나 비우호적인 자세를 가짐.

- (결정을) 적용: 교사가 적절한 테크놀로지를 이용하여 수학 교수학습을 하는 것을 받아들이거나 거부하기로 선택하는 것으로 이어지는 활동에 참여함.
- (이행을) 탐구: 교사가 적절한 테크놀로지를 수학 교수 학습에 적극적으로 통합함.
- (확인을) 심화: 교사가 적절한 테크놀로지를 수학 교수학습에 통합하기로 했던 결정의 결과를 평가함.

반면, Cox와 Graham(2009)의 연구에 따르면, 교사가 TPACK을 얻는 과정에서 어떤 교사는 TCK를 먼저 형성한 후 TPACK을 얻고, 다른 교사는 TPK를 얻고 난 후 TPACK을 형성하게 된다. 이는 곧 보통 교사들이 TCK나 TPK 중 하나를 얻고, 그 다음에 비어있는 요소인 PK나 CK를 채우면서 TPACK을 얻는다는 것을 의미한다. 이것은 위에서 Niess 등(2009)에서 설명했던 PCK에 TK가 결합되는 형태로 지식이 구성된다고 봤던 것과 다소 다른 방향이다.

또, 수학 예비교사에게 테크놀로지를 이용한 교수를 가르치는 방법에 대한 프로젝트를 진행하던 북 캐롤리이나 주립 대학의 Hollebrands 등(n.d.)은 연구에서 사용한 방법에 있어 TK, PK와 함께 CK, 특히 수학적 지식에 중요한 초점을 두었다. 그래서 그들은 TK와 PK의 중요성을 인식했음에도 불구하고, 수학적 지식이 자신들의 연구에서 더 바탕이 된다고 판단하고 [그림 II-5]와 같은 모델을 설정했다.



[그림 II-5] Hollebrands 등이 설정한 수학교사의 테크놀로지와 관련된 지식체계

2.3. 테크놀로지 내용지식(TCK)

TPACK에서 교수학적 지식이 빠진 것이 TCK이다. 즉, TCK는 테크놀로지와 내용을 서로 연결하는 방법에 대한 지식이다. Mishra와 Koehler(2006)는 교사가 자신이 가르칠 교과 내용 뿐 아니라 교과 내용이 테크놀로지의 활용으로 인해 어떤 방식으로 변화될 수 있는지에 대해서도 알 필요가 있다고 주장했다. 예를 들어, GSP(Geometer's SketchPad)[4]를 기하를 가르치는 도구로 고려하면, GSP는 학습자가 모양과 형태를 조작할 수 있게 해주고, 표준적인 기하 증명을 더 쉽게 구성하게 만들어준다. 이 관점에서 소프트웨어 프로그램은 단지 기하를 배울 때 전에 한 것을 모방하는 것이다. 하지만, 컴퓨터 프로그램은 그 이상의 것을 한다. 학생이 기하학적 구인을 "가지고 놀 수" 있게 됨으로써, 기하 학습의 본질 자체가 바뀔 수도 있게 된다.

4) 미국 국립과학재단의 지원으로, Swarthmore 대학의 Klotz 박사와 Moravian 대학의 Schattschneider 박사의 프로젝트의 한 부분으로 1990년에 개발되었다. 현재 한글판 GSP 5.0까지 출시되었다(권성룡 외, 2009).

한편, Cox(2008)는 TCK를 새로운 내용을 만들거나 보여줌으로써 테크놀로지가 내용을 변형시키는 데에 어떻게 사용되는지에 대한 지식이라고 설명한다. TCK를 가진 교사는 테크놀로지를 활용하여 주어진 개념의 표현 방법을 알고 있다는 의미이다. 그는 테크놀로지의 시간에 대한 습성에 따라 시간이 지남에 따라 테크놀로지가 사용자에게 자연스럽고 투명하게 되어버리면 CK에 통합된다고 주장한다(Cox, & Graham, 2009).

이 글은 수학교사의 지식을 관찰하고자 하는 글이므로, 앞으로 CK는 수학 내용에 대한 지식을 의미할 것이다. 그러므로 이 글에서 TCK는 테크놀로지를 활용하여 수학 내용을 제시하는 방법에 대한 지식과 테크놀로지를 활용함으로써 수학 내용의 본질이 어떤 영향을 받는지에 대한 지식을 의미할 것이다.

한편, TPK에 대해서 Mishra와 Koehler(2006)는 교수학습 상황에서 사용하는 것과 관련된 다양한 테크놀로지의 존재, 구성물, 가능성에 대한 지식이라고 소개했다. TCK에서와 마찬가지로 TPK는 특정 테크놀로지를 사용하는 결과로서 교수가 바뀌는 것에 대한 지식이기도 하다. TPK는 특정 교수학적 상황에 존재하는 도구의 종류와 성질을 이용하여 적합성, 전략 등을 기반으로 도구를 고르는 능력, 그리고 테크놀로지를 사용하기 위한 교육적 전략에 대한 지식과 그 전략을 적용하는 능력 등에 대한 이해를 포함한다. 이는 교실 기록, 출석, 점수를 유지하는 도구, WebQuest, 토론게시판, 채팅방과 같은 일반적인 테크놀로지 기반 아이디어에 대한 지식을 포함한다.

이와 같이, TPK는 테크놀로지를 이용하여 일반적인 교수학적 방법을 사용하는 것과 관련한 지식이다. 하지만 이 글에서는 앞으로 수학적 내용을 테크놀로지로 표현하는 것에 초점을 맞추고 있기 때문에, 일반적인 교수학적 방법에 대한 지식인 TPK에 대해서는 보다 더 자세히 다루지 않는다.

2.4. 테크놀로지 지식(TK)

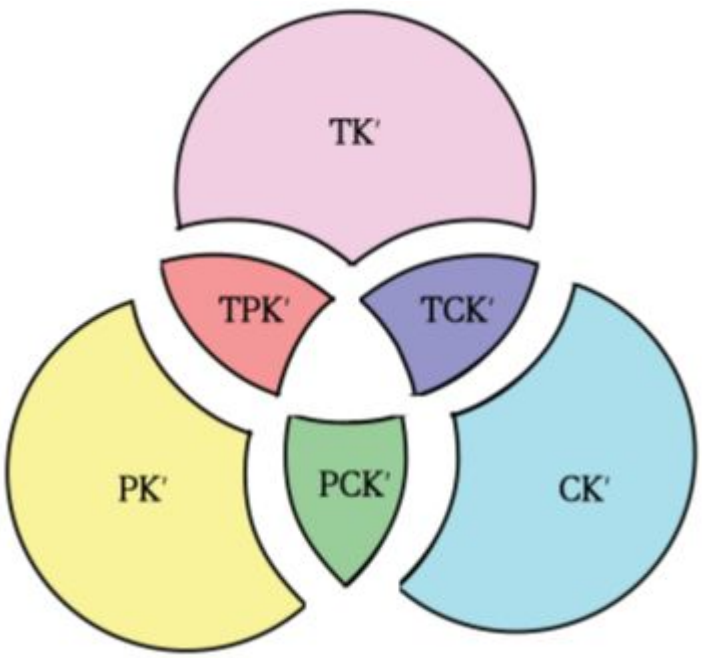
TCK에서 내용지식을 제외한 지식인 TK는 테크놀로지에 대한 지식으로써, 특정 테크놀로지를 조작하는 데 필요한 스킬을 포함한다. 테크놀로지를 넓은 의미로 정의했던 Mishra와 Koehler(2006)는 TK가 운영 체제와 하드웨어에 대한 지식과 워드 프로세서, 스프레드시트, 브라우저, 이메일 등의 소프트웨어 도구를 이용하는 능력도 포함한다고 설명한다. 또 Pierson(2001)은 이 지식은 기본적인 테크놀로지 역량을 포함할 뿐 아니라 교수학습 과정의 특정한 측면에서 사용되는 테크놀로지의 독특한 특징에 대한 이해도 포함한다고 설명하였다.

오늘날 대다수의 테크놀로지 관련 워크숍이나 교사 연수들은 TK를 획득하는 데에 초점이 맞춰져 있다. 하지만 Cox와 Graham(2008)이 언급한 바와 같이 테크놀로지는 계속적으로 변하고, 그것을 사용하는 사용자들의 지식수준도 끊임없이 달라지기 때문에, TK의 성격 또한 시간이 흐름에 따라 변할 필요가 있다. 예를 들어, 위에서 언급한 많은 예시들(OS, 워드프로세서, 브라우저 등)은 틀림없이 변하고, 다가올 미래에는 심지어 없어질 지도 모른다. 그러므로 특정 테크놀로지가 무엇인지 생각하지 않더라도 새로운 테크놀로지를 학습하고 받아들이는 능력은 여전히 중요하다.

2.5. 순수한 하위 지식

앞서 소개한 TPACK에 대한 도식에 의하면, TK는 TPK, TCK, TPACK을 포함하는 개념이 됨을 의미한다. 하지만 이는 테크놀로지의 사용법에 대한 지식을 의미하는 TK가 테크놀로지 교수학적 내용지식인 TPACK을 포함하고 있는 형태가 되어 그 개념에 혼란이 올 수 있다. 이는 각각의 지식이 서로 포함관계에 있기 때문에 필연적으로 발생하게 되는 혼란이다. 그러므로 이 글에서는 용어로부터 나타날 수 있는 혼란을 미연에 방

지하기 위해 [그림 Ⅱ-6]과 같이 TK′, PK′, CK′, PCK′, TCK′, TPK′로 각 지식 뒤에 ′(프라임) 기호를 붙여서 그 순수한 영역에 대한 용어를 새롭게 정의할 것이다.



[그림 Ⅱ-6] 순수한 하위지식 TK′, PK′, CK′, TPK′, TCK′, PCK′

3. 수학교사 교육 과제

3.1. 수학적 과제와 인지적 요구 수준

수학적 과제에 대한 정의는 많은 학자들에 의해 만들어져 왔다. 교육과정을 학술적 과제의 모임으로 간주했던 Doyle(1983)은 학술적 과제를 학생이 만들어야 하는 것으로 기대되는 생산물을 만드는 데에 사용할 것으로 여겨지는 조작활동으로 정의했다(Doyle, 1983, p.161). 수학적 과제

가 수학 교육에서 갖는 비중을 비교적 크게 다루기 시작했던 NCTM(1995)에서는 공식적인 틀에서 제시된 구체적이고 맥락적으로 지정된 목적 지향적 활동으로 수학적 과제를 정의한다(NCTM, 1995, p.87) 또, 수학적 과제의 인지적 요구 수준을 분석하던 Stein, Grover, Henningsen(1996)은 특정 수학적 개념에 대하여 학습자의 관심을 집중시키기 위한 하나의 수업활동으로 정의하고 있다(Stein et al., 1996, p.460). 이상의 여러 정의들을 살펴볼 때, 수학적 과제는 학습자가 이해할 것으로 기대되는 특정 대상을 이해하기 위한 활동이라고 정의할 수 있다. 그러므로 수학적 과제에는 이해해야 하는 대상과 그를 위한 활동이 함께 존재해야 한다.

학생에게 제시되는 수학적 과제는 학생의 수학적 사고와 추론 능력을 쌓는 데에 중요한 역할을 한다. NCTM(1991)은 학생에게 이미 입증된 알고리즘을 연습시키려는 것이 아니라 의미 있고 가치 있는 수학적 과제를 제공하는 것을 꾸준히 강조하고 있다. 그러한 과제는 학생이 특정한 개념, 절차, 다른 수학적 아이디어와의 연결 등을 생각하도록 자극한다. 좋은 과제는 학생들에게 유용한 기술을 발달시키도록 도울 수 있다. 또한 의미 있는 과제는 수학이 무엇인지, 수학을 하는 것은 무엇인지에 대한 메시지를 전달한다. 이러한 과제는 수학을 가치 있는 탐구의 영역으로 보이게 한다(NCTM, 1991, p.25).

학습자가 수행하는 좋은 과제에 대한 틀을 만들기 위해, Stein과 Smith(1998)은 교과서에서 다루는 과제가 만드는 사고 과정을 살펴봄으로써 수학 과제를 인지적 요구 수준에 따라 낮은 수준과 높은 수준의 과제로 분류했다. 인지적으로 낮은 수준을 요구하는 과제는 다시 암기(Memorization, M) 과제와 연결성 없는 절차(Procedures Without Connections, PNC) 과제로 분류된다. 높은 수준의 과제는 연결성 있는 절차(Procedures With Connections, PWC) 과제와 수학을 하는(Doing Mathematics, DM) 과제로 분류된다. 각 과제의 특징과 그 예시 과제는 <표 II-2>와 같다(Stein & Smith, 1998, p.269).

<표 Ⅱ-2> 인지적 요구 수준에 따른 과제 분류

수준	종류	특징과 예시 과제
낮은 수준	M	공식, 정의, 규칙 등 이전에 암기된 지식으로 해결 가능한 과제
		예제) 분수 1/2과 1/4과 같은 값을 갖는 소수와 백분율은 무엇인가?
	PNC	미리 경험한 수업 내용과 경험으로부터 절차적 알고리즘을 떠올려 해결하는 과제
		예제) 분수 3/8을 소수와 백분율로 나타내어라.
높은 수준	PWC	기초 개념과 풀이방법 사이의 관계를 이해해야 해결가능한 과제
		예제) 10×10 격자를 이용하여 분수 3/5과 같은 값을 갖는 소수와 백분율을 찾아라.
	DM	문제 해결을 위한 전략이 분명히 제시되어 있지 않고, 예측이 불가능하며, 복잡하고 비알고리즘적인 사고를 필요로 하는 과제
		예제) 4×10 직사각격자의 여섯 칸을 색칠하여라. 이를 이용하여 다음을 구하고, 그 과정을 설명하여라. (a) 색칠된 영역의 백분율 (b) 색칠된 영역의 소수 표현 (c) 색칠된 영역의 분수 표현

이 틀을 이용하여 Schultz(2009)는 박사논문으로 교사가 수업시간에 사용한 과제의 인지적 요구 수준과 수업에 사용한 테크놀로지 사이의 관계에 초점을 맞추어 연구를 진행했다. 그는 Salomon과 Perkins(2005)가 분류한 테크놀로지가 지성에 끼치는 3가지 효과를 이용하여 각 효과의 유형이 어떻게 수학 교실에서 관찰되는지 살펴보았다. 그 첫 번째 효과는

테크놀로지와 ‘함께(with)’ 나타나는 것으로, 테크놀로지의 사용이 어떻게 지적 수행을 강화하는지에 대한 것이고, 두 번째 효과는 테크놀로지 ‘의(of)’ 효과로, 테크놀로지를 사용하면 테크놀로지 없이도 수행을 강화하는 인지 영역을 어떻게 남겨두게 되는지에 대한 것이다. 마지막 효과는 테크놀로지를 ‘통한(through)’ 효과로, 가끔 테크놀로지가 수행을 강화시키는 것 뿐 아니라 기본적으로 그 수행을 재조직하는 것을 의미한다. 이러한 테크놀로지에 대한 관점을 분석한 결과, Schultz(2009)는 Stein, Smith, Henningsen, Silver(2000)의 과제 분석 지침을 따라서 자신의 연구의 결과물들을 통합하여 인지적 요구와 테크놀로지에 대해 규준을 제시했다. 학생이 테크놀로지를 이용하여 문제의 답을 얻는 데에 사용하는 조작은 인지적으로 낮은 요구 수준이나 높은 요구 수준으로 분류되었다. 낮은 수준의 인지적 요구를 하는 과제는 문제에서 테크놀로지의 사용을 분명하게 요구하거나, 사용되는 과정과 기본이 된 수학적 아이디어 사이에 연결성을 만드는 데에 테크놀로지를 사용할 필요가 없고, 문제에서 선택된 테크놀로지 표상과 그 결과가 문제의 수학적 맥락에 적절한 이유를 나타내지 않는 과제이다. 인지적으로 높은 수준의 요구를 하는 과제는 문제에서 테크놀로지의 사용을 암묵적으로 요구하여 사용자가 그 필요성을 느끼게 되는 과제이거나, 테크놀로지 사용이 필요한 이유에 대한 언급이 있고, 문제 풀이에 사용된 절차와 기본이 된 수학적 아이디어 사이에 연결성이 있거나, 문제에서 사용되는 테크놀로지 표상과 수학적 맥락 사이에 연결성이 있는 과제이다.

Schultz(2009)의 인지적 요구에 따른 테크놀로지 수학 과제의 분류 기준은 과제를 해결하는 주체가 학생이 아니라 교사인 경우에도 마찬가지로 적용할 수 있다. 그러므로 이 글에서는 이에 따라 수학교사의 테크놀로지 교육에 사용되는 과제의 인지적 요구 수준도 함께 고려할 것이다.

3.2. 수학교사 교육에서의 과제

Ball과 Cohen(1999)은 학생이 더 깊고 더 복잡한 학습을 하게 할 수 있는 교사의 능력을 개선시키는 방법으로 교사교육을 재구성하는 것에 대해 연구했다. 이 재구성에 있어 교사가 알아야 할 것들로 네 가지를 정리하였다. 첫째, 교사는 자신이 가르쳐야 하는 교과 지식을 학습자로서 배우던 것과는 다른 방법으로 이해하고 있어야 한다. 둘째, 내용에 대한 지식 뿐 아니라 학습자들에 대한 지식도 갖고 있어야 한다. 셋째, 교사는 학습자를 아는 것이 단지 개인으로서의 아동을 아는 단순한 문제가 아니라는 것을 알아야 한다. 교사는 배우는 것이 무엇을 의미하는지, 아동의 학습을 돕는 것이 무엇인지, 아동이 생각하고 학습하는 것에 대해 더 알기 위해 아동을 어떻게 파악할 수 있는지에 대한 아이디어를 발달하고 확장시켜야 한다. 마지막으로 학생들을 효율적인 방법으로 내용과 연결시키기 위해 교사는 교수학(pedagogy)을 알아야 한다.

이를 테크놀로지에 대한 교사교육을 위해 다시 해석해보면 다음과 같은 네 가지를 도출해낼 수 있다. 첫째, 교사는 자신이 가르쳐야 하는 교과 지식을 테크놀로지를 이용하여 학습하는 방법에 대해 이해하고 있어야 한다. 둘째, 내용과 테크놀로지에 대한 지식 뿐 아니라 학습자의 테크놀로지에 대한 태도와 성향도 알고 있어야 한다. 셋째, 교사는 테크놀로지로 배우는 것이 무엇을 의미하는지, 아동의 학습을 테크놀로지가 어떻게 돕는지에 대해 알고 있어야 한다. 마지막으로 학생들을 테크놀로지를 이용하여 내용과 연결시키기 위해 교사는 교수학을 알아야 한다. 이 네 가지는 전체적으로 내용과 테크놀로지에 대한 지식 뿐 아니라 학습자와 학습에 대한 교사의 인식을 강조하고 있다. 테크놀로지를 교사에게 가르칠 때에도 반드시 CK, TK와 더불어 테크놀로지를 이용한 학습과 테크놀로지를 이용하는 학습자의 특성에 대한 지식이 함께 향상될 수 있도록 과제를 설계해야 하는 것이다.

Silver 등(2007)은 Ball과 Cohen(1999)이 주장한 전문성 학습 과제를 교사 연수에서 교사에게 적용해본 결과, 잘 구성된 전문성 학습 과제는 교

사들에게 그들이 실천에서 만나는 수학을 다시 생각하고 재조직할 수 있는 기회를 제공하고, 그렇게 함으로써 교사들은 자신의 수학적 지식을 보다 유용하고 사용 가능하게 만들 수 있었다고 설명한다. Ferrini, Burrill, Schmidt(2007)도 마찬가지로, 수학교사가 학습하는 과제의 설계, 구조, 사용 방법이 수학교사가 현장에서 가르치는 방법과 수학을 조직하는 방법에 영향을 끼친다는 점을 강조한다. 이 연구들을 통해 교사교육에서도 어떤 과제를 어떻게 제공하는 지가 수학교사의 전문성 향상에 중요한 영향을 끼친다는 것을 확인할 수 있다.

교사를 대상으로 하는 과제는 학생을 대상으로 하는 과제가 갖는 구조와 다르면서도 비슷한 점을 많이 가지고 있다. 교사를 위한 과제란 예비교사부터 다양한 형태의 현직교사까지 교사들이 다양한 상황에서 수학을 가르치기 위해 학습하는 것이다(Jaworski, 2007, p.202). 교사의 학습 또한 과제를 통해 이루어질 수 있으므로, 위에서 언급한 좋은 과제의 효과는 그대로 예비교사나 현직교사에게도 적용될 수 있다(Watson, Mason, 2007, p.205). 즉, 교사는 과제를 통해 특정 개념, 절차, 다른 수학적 아이디어와의 연결 등을 생각하게 될 수 있고, 좋은 과제는 교사가 수학적, 교수학적으로 유용한 기술을 발달시키도록 돕는다. 또, 과제는 수학이 무엇인지에 대한 교사의 생각에 영향을 끼칠 수 있으며, 이런 과제는 교사가 가진 수학 교수에 대한 전반적인 생각에 자극을 준다.

이러한 효과적인 교사교육 과제를 설계하기 위해, Baturo, Cooper, Doyle, Grant(2007)는 고려할 수 있는 3단계 틀을 소개하였다. 그들은 효과적인 전문성 개발 과제란 훌륭한 학습 상호작용을 만들 수 있는 가능성을 지닌 과제라고 정의하고, 교사교육 과제는 반드시 세 측면에서 설계되어야 한다고 설명한다. 첫 번째는 기술적인 측면으로, 교사교육 과제를 즉시 교사의 교실에 전환시킬 수 있고 적용시킬 수 있게 하는 간단한 교수학적 활동을 포함해야 한다는 것이다. 둘째는 영역적인 측면으로, 수학 영역 안에서 학습하는 데에 중심이 되는 교수학과 내용을 묘사하는 교사교육 과제를 이용 가능하게 하는 활동을 포함한다. 즉, 이 측면은 특정 주제를 가르치는 데에 적합한 교수학습 방법이 담겨있는 과제

를 의미한다. 마지막인 포괄적인 측면에서는 수학적 주제와 학년 수준에 영향을 미치는 교수 접근에 대한 통찰을 교사들에게 제공하는 교사교육 과제를 이용 가능하게 하는 활동을 포함한다. 왜냐하면 이 과제는 많은 수학 주제와 함께 사용될 수 있는 교수학을 반성하게 하기 때문이다. 이것은 교사교육 과제를 설계하는 방법에서 고려할 점을 세 측면으로 분류하여 제시한 것으로, 이는 학생의 학습을 위한 과제 설계에서 고려할 점과 사뭇 다른 점이 있어, 테크놀로지에 대한 교사교육 과제를 분석하는 데에도 함께 적용될 것이다.

한편, 학생이 학습하는 과제를 분류한 연구들에서 분류 기준을 살펴보면, Reed(1987)는 문장형 문제를 그 내용과 구조에 따라 분류했다. 또, Peled(2007)는 교사교육 과제의 목표를 기준으로 과제를 분류하고, 과제에서 사용하는 유추적 사고에 대하여 분석하였다. 그 기준이 되는 목표는 심리학적 목표, 교육과정의 목표, 인식론적 목표였고, 이 모든 목표의 바탕에는 수학적 목표가 깔려있다고 언급하고 있다. 또, Thompson, Carlson, Silverman(2007)은 교사가 사용하는 과제는 다음 세 가지 목표 중 하나를 갖는다고 설명한다. 첫째는 학습자가 반복적인 활동에 몰입하여 연습하기 위한 것이고, 둘째는 학습자가 반성적인 추상적 개념에 몰입하게 하는 것이고, 마지막은 학습자와 교사가 진행 중인 활동을 담화의 대상으로 삼게 하여 토론을 하게 하려는 강의자의 의도를 뒷받침하게 하는 것이다. 그래서 Thompson 등(2007)은 수학교사가 일관된 수학적 의미를 개발하는 것을 돕는 과제와 누군가가 현재 갖고 있는 일관된 의미의 유용성과 함의에 대한 토론을 하게 하는 과제로 분류하여 수학교사 교육 과제의 역할을 다룬다.

이상의 연구들로부터 이 연구에서도 과제를 분석하는 분류 기준을 만들어 수학교사의 테크놀로지 교육에 활용되는 과제를 분석하는데 있어 Peled(2007)와 Thompson 등(2007)과 같이 그 첫 번째 기준을 과제의 목표로 삼고자 한다. 두 번째 기준은 Reed(1987)와 마찬가지로 과제의 내용과 구조에 초점을 둘 것이다. 이 두 번째 기준에 해당하는 내용과 구조에 대한 것은 다음 분류학에서 더 깊이 생각해보고자 한다.

4. 교육목표의 분류

4.1. Bloom의 교육목표 분류

1956년 Benjamin Bloom은 학생의 학습 성과를 분류하는 공통적인 체계를 통해 검사문항, 시험 절차 및 시험에 대한 아이디어 교류를 증진시킬 수 있다는 믿음으로 '교육목표의 분류'라는 책을 Engelhart, Furst, Hill, Krathwohl과 함께 집필하고, 편집, 출간하게 되었다(허경조, 1993). Bloom은 이 교육목표 분류학이 다음 네 가지를 제공할 수 있을 것이라고 생각하였다(Krathwohl, 2002, p.212).

- 사람, 교과지식, 학년 수준을 뛰어넘어 의사소통을 가능하게 하는 학습 목표에 대한 일반적인 언어.
- 넓은 교육목표의 특정 수단인 특정 과정이나 교육과정을 결정하는 토대.
- 수업, 과정, 교육과정 내에서 교육목표, 활동, 평가의 동질성을 결정하는 수단.
- 대비될 수 있는 특정 교육 course나 교육과정의 제한된 폭과 깊이를 해결하는 교육적 가능성의 범위의 파노라마

Bloom의 분류학에서는 교육목표를 분류하는 기준을 제시한다. 여기서 교육목표란 교사가 어떤 것을 가르칠 때 학생들이 배우기를 희망하는 것으로, 교사가 설정하고 진술하는 목표를 의미한다(Anderson et al., 2005). 교육목표는 내용과 행동으로 이루어지지만, Bloom(1983)은 내용에 대한 분류는 포함하지 않았다. 또, 교육방법, 교육재료, 심리학적 연구대상인 비정상적 행동이나 교육과 무관한 자연적 행동, 정의적 행동들도 이 분류에서 제외되었다. 비록 교육목표들과 문항들은 수많은 방식으로 진술되고 제작될 수 있지만, 이러한 목표나 문항에 내포된 행동들은 비교적

적은 수의 행동들에 의해 나타내어질 수 있다고 믿었다. 그리고 그들은 학교, 학년, 교과 내용이 달라져도 그들 모두에서 동일한 행동인 기억, 이해, 적용 등의 행동이 관찰될 수 있다고 하였다(허정섭, 1980).

Bloom(1983)은 쉽게 이해되고 사용될 수 있는 하나의 분류 체계를 개발하기 위해 다음과 같은 네 가지 지침을 설정했다(pp.13-15). 첫째, 분류학이 학교 현장에서 사용될 것이고, 교육자들 간의 의사소통을 주된 목적으로 하므로, 현장 교사들이 일반적으로 사용하는 분류방식을 반영해야 한다. 둘째, 분류체계는 논리적으로 개발되고, 내적 일관성이 있어야 한다. 각 유목은 명백히 정의될 수 있는 논리적인 하위유목들을 허용해야 한다. 셋째, 분류체계는 1956년 당시의 심리학적 원리와 일치해야 한다. 비록 교사들이 사용하는 일반적인 분류라 할지라도 심리학적 근거가 없으면 배제되고, 교육현장에서 거의 사용되지 않더라도 심리학적 근거가 있으면 분류체계에 포함된다. 넷째, 분류는 모든 형태의 교육목표가 비교적 상호중립적인 형태로 진술될 수 있는 순수하게 기술적인 체계여야 한다.

이러한 목적, 대상, 지침에 따라 목표행동들을 분류한 결과, 모든 목표행동을 '지식'과 '지적 능력 및 기능'으로 구분하였다. 지식은 기억 또는 회상이라고 하는 단순한 행동이며, 지적 능력 및 기능은 지식보다 복잡한 행동으로, 새로운 상황에 부딪혔을 때 그 이전에 기억된 정보와 기법을 사용하여 그 문제를 해결할 수 있는 능력이다(허정섭, 1980, p.3). Bloom과 그의 동료들은 이를 더 세분화하여 <표 II-3>과 같이 인지과정의 6개 요목으로 요약하고, 각 요목에는 하위요목을 두어 세분화하였다(Hauenstein, 2004, pp.177-188).

<표 II-3> Bloom의 전통적인 분류학 중 인지과정

인지과정 유목	하위유목
1.00 지식	1.10 특수 사상에 관한 지식
	1.11 용어에 관한 지식
	1.12 특수 사실에 관한 지식
	1.20 특수 사상을 다루는 방법과 수단에 관한 지식
	1.21 형식에 관한 지식
	1.22 경향과 순서에 관한 지식
	1.23 분류와 유목에 관한 지식
	1.24 준거에 관한 지식
	1.25 방법론에 관한 지식
	1.30 보편적 및 추상적 사상에 관한 지식
	1.31 원리와 통칙에 관한 지식
	1.32 학설과 구조에 관한 지식
2.00 이해	2.10 번역
	2.20 해석
	2.30 추론
3.00 적용	
4.00 분석	4.10 요소의 분석
	4.20 관계의 분석
	4.30 조직원리의 분석
5.00 종합력	5.10 독특한 의사소통능력의 창안
	5.20 조작의 계획 및 제안된 절차의 창안
	5.30 일련의 추상 관계의 도출
6.00 평가력	6.10 내적 증거에 대한 판단
	6.20 외적 준거에 의한 판단

이후 정의적 영역과 심동적 영역에 대해 분류하는 전통적 분류학들이 차례로 출간되어 전문 서적에서 광범위하게 수용되었으나(Hauenstein, 2004), Bloom의 인지적 영역에 대한 분류학이 그 중 가장 큰 영향력을

갖고 있었다. 이는 전미교육학회(NSSE)의 ‘Bloom의 분류학: 45년간 회고’에서 다음의 기록으로부터 확인할 수 있다.

> 아마도 틀림없이 지난 반세기 동안 가장 영향력이 있는 교육연구 논문 중의 하나는 ‘교육목표 분류학, 교육 목적의 분류, 핸드북 I: 인지적 영역’이라고 할 수 있다. 1956년에 출판이 되고 난 후 거의 40년이 지났지만, 이 책은 검사와 평가, 교육과정 개발, 교수와 교사교육의 논의를 위한 표준적인 참조체제가 되고 있다(Anderson & Sosniak, 1994; Marzano, 2005, pp.2-3).

이 글에서 확인할 수 있듯이, 이 분류학은 평가 문항에 대한 분류기준을 제시하고, 이는 곧 교사교육에서 널리 사용되는 참조대상이 되었다. 본 연구에서는 이 Bloom의 분류학이 교육과정 개발에 표준적인 참조 체제가 될 수 있다는 점에 집중하여, 테크놀로지에 대한 교사교육과정 개발에 적용할 수 있는 틀로 보고자 한다.

4.2. 교육목표 분류학에 대한 비판과 대안적 분류체계

Bloom의 분류학이 널리 사용됨과 동시에 많은 학자들은 이 분류학이 적지 않은 문제점을 지니고 있으며, 개정되어야 한다고 주장해왔다. 우선 Bloom이 분류체계 개발을 위해 제시한 4가지 지침 중 교육적 원리와 중립성의 원리에 비추어 많은 학자들의 비판을 받았다. 교육적 원리 구현을 위해 이 다양한 목표를 충분히 수용할 만큼 자세한 실험적 혹은 통계적 처리 결과가 없기 때문에 그 타당성이 부족했다는 비판이 있으며, 중립성의 원리를 고려했을 때, 교육목표를 의도된 행동으로 보는 한, 관찰될 수 있는 진술이나 반응만이 교육목표로 선정될 수 있고, 학습자의 사고와 감정의 변화는 분석 대상에서 제외될 수밖에 없다는 측면에서 기대했던 것보다 더 중립성을 유지하기 힘들다는 것이다(강현석, 정재임, 최윤경, 2005).

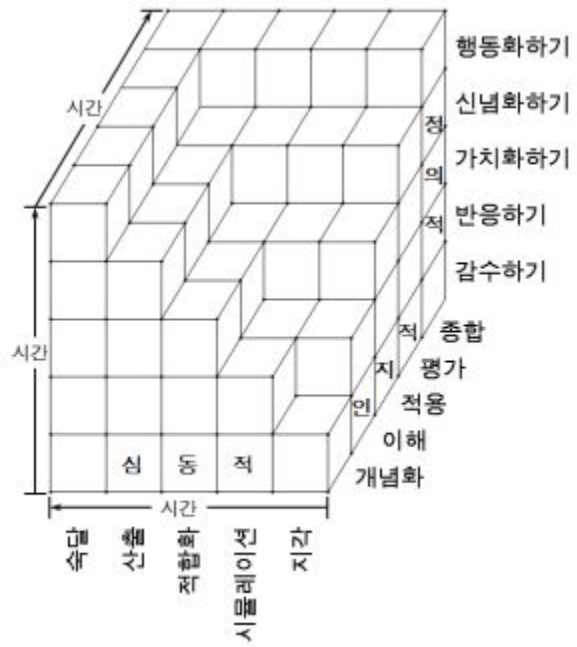
또, 가장 흔한 비판 중의 하나는 분류학이 사고의 본질과 그것이 가지는 학습과의 관련성을 너무 단순화시켰다는 것이다(Furst, 1994). 분류학은 그 성격상 분명히 단순하고, 일차원적이며, 행동주의자 모형으로부터의 학습을 다차원적이고 구성주의적인 학습으로 학습의 개념을 확장시켰다. 하지만 분류학에서는 한 수준과 다른 수준을 분리하는 특징으로 단순하게 난이도 구인을 가정하고 있다. 상위 수준이 하위 수준보다 어려운 인지적 과정이라는 것이다(Marzano, 2005). Bloom의 이러한 일차원적 단일성은 현대의 인지이론에 비추어 보면 인지 과정에 부합하는 지식 차원이 결여된 상태이므로, 학습자의 학습 과정을 제대로 설명할 수 없는 한계를 지니게 된다(강현석 등, 2005).

이 외에도 Anderson 등(2005)은 교육목표가 지나치게 명시적이고, 구속적이며, 이로 인해 목표는 융통성 없는 고정된 방식의 성격을 지니게 된다는 점을 지적한다. Hauenstein(2004)은 용어의 혼란을 막기 위해 정보, 내용, 지식이라는 용어를 명확히 할 필요가 있다고 하였다. Bloom의 '지식'이라는 용어의 사용이 교육목표를 혼란스럽게 만들기 때문이다. 마지막으로 Kunen, Cohen, & Solman(1981)은 목표분류학 타당도 연구에서 구인들의 위계가 타당하게 검증되지 않았고, 그 구분이 명확하지 않다는 점을 언급했으며, 이는 이후에 분류학을 개정하고자 했던 후속연구들에서도 유목들의 위계에 대한 문제를 지적하고 있다(Hauenstein, 2004; Marzano, 2005; Anderson et al., 2005).

이와 같은 여러 문제점에 대한 비판을 바탕으로 Gerlach, Sullivan, Ausubel, Kirsner, Gegné, Stahl, Hauenstein, Marzano, Anderson, Krathwohl 등의 많은 학자들이 교육목표 분류학을 보완하고, 개선하기 위한 지속적인 노력을 해왔다(Anderson 등, 2005). 이 글에서는 이 중 대표적인 학자의 분류 방식을 제시한다. 향후 테크놀로지와 관련된 교사교육 과제를 분류하는 기준 제작에 있어 다음 분류 방식들을 참조할 것이다.

4.2.1. Hauenstein의 분류 방식: 행동 유목의 수정

Hauenstein(2004)은 전통적인 분류학 중 인지적(cognitive) 영역, 정의적(affective) 영역, 심동적(psychomotor) 영역에 대한 분류학인 Bloom과 Krathwohl, Simpson의 세 가지 연구를 검토하여 다섯 가지 행동영역에 비추어 이들을 다시 분류하였다. 그는 다른 두 영역을 고려하지 않고 한 가지 영역에서 목표를 설정하는 것은 인위적일 수 있다고 주장하며, [그림 II-7]과 같은 3차원적인 교육목표 분류학의 구조를 제안하였다.



[그림 II-7] Hauenstein의 행동적 영역의 구성 요소

그는 이 구조를 토대로 각 층위에 들어갈 행동적 영역을 <표 II-4>와 같이 제시하였다. 기존의 분류학에서 각각 인지적, 정의적, 심동적 영역을 분류했던 것에 Hauenstein이 행동적 영역을 새롭게 추가한 것은 주목할 만한 가치가 있다. 행동적 영역은 기존의 세 영역을 하나의 전체로

〈표 Ⅱ-4〉 Hauenstein의 교육목표 분류학

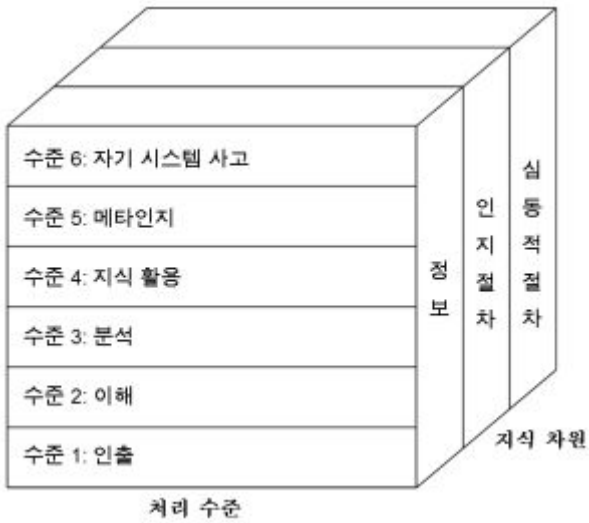
	행동적 영역	인지적 영역	정의적 영역	심동적 영역	
1.0	**획득**	개념화	감수하기	지각	단기 목표
2.0	**동화**	이해력	반응하기	시뮬레이션	
3.0	**순응**	적용력	가치화하기	적합화	
4.0	**수행**	평가력	신념화하기	산출	장기 목표
5.0	**포부**	종합력	행동화하기	숙달	

보기 위한 복합적이고 통합적인 네 번째 영역이고, 상호 관련 요소가 있는 전체적인 실체이다(Hauenstein, 2004, p.159).

이 분류학에서는 기존의 교육목표가 세 가지로 구분되던 것을 하나로 통합하여 종합적인 목표 설정의 가능성을 제시하고 있으며, 특히 인지적 영역에서 Bloom의 분석틀과 비교했을 때, 분석을 평가의 하위 항목으로 설정하고 있고, 종합과 평가의 유목을 교체한 점이 특징이라고 할 수 있다(강현석 등, 2005, p.74). 하지만 세 가지의 교육목표를 모두 일렬로 제시하여 하나의 차원으로 단순화시켰다는 점에서 앞으로 소개할 다른 대안적 분류학들과 비교될 수 있다.

4.2.2. Marzano의 분류 방식: 단일차원에서 이차원으로의 발전

Marzano는 Bloom의 분류학의 위계적 구조가 논리적이거나 경험적 조망에서 단순히 잘 조합되지 않는다는 점을 지적했다. 또, Bloom의 분류학이 단지 첫 번째 수준에만 속하는 지식의 유형에서의 차이점을 다루고, 거기에서 일반화, 상세화 등의 용어를 구별했던 것과 달리, Marzano의 분류학은 6가지 처리 수준이 지식의 3가지 영역과 상호작용하는 방식을 정의하였다. 그래서 Marzano의 분류학은 [그림 Ⅱ-8]과 같이 2차원의 형태를 띤다(Marzano, 2005, p.99).



[그림 II-8] Marzano의 교육목표 분류 모형

이 방식은 Bloom의 분류학에서 나타나지 않은 자기 체제와 메타인지 체제를 강조하고 있다. 메타인지는 모든 형태의 사고에 대한 감시, 평가 및 기능에 대해 역할을 하는 것으로, 총체적인 차원에서 이러한 기능은 '실행적 조절(executive control)'의 역할을 하는 것이다(Brown, 1984). 이 분류학에서 메타인지 체제는 목표 명료화, 과정 점검, 명료성 점검, 정확성 점검의 기능을 수행한다. 또, 자기체제 사고는 태도, 신념 및 감정의 상호 연관된 체제로 구성되어 있다. 이는 개개인이 주어진 임무에 개입할 것인지의 여부를 결정하는 것과 그 임무를 수행하기 위하여 얼마나 에너지를 투여할 것인지를 결정하는 것이다. 이 분류학에서 자기체제 사고는 중요성 검사, 효능감 검사, 정서적 반응 검사, 전체적인 동기 검사의 네 가지 형태가 있다(Marzano, 2005).

4.2.3. Anderson 등의 분류 방식: Bloom의 분류학에 대한 대안 설정

1956년에 Bloom과 함께 분류학을 최초로 제안한 학자 중 한명인 Krathwohl은 Anderson과 함께 지식차원과 인지과정 차원으로 분류하는

대안적 분류학을 제안했다(Anderson & Krathwohl, 2001). 그들은 교수로 인해 나타나는 학습 결과물에 대한 교육목표는 교과 내용과 그 내용으로 무엇을 해야 하는지에 대한 설명의 두 가지 맥락으로 나타난다는 점에 주목했다. 즉, 보통의 교육목표에 대한 서술이 "학생은 [명사]를 [동사] 할 수 있다" 하는 구조로 이루어진다는 것이다. 이에 반해 Bloom의 분류학은 지식 요목에 명사와 동사의 측면을 모두 포함하고 있으며, 이는 틀이 일차원으로 배치되었기 때문에 나타난 희생이라고 파악하였다. 그래서 그들은 명사와 동사를 다른 차원으로 놓으면서 이를 보완하였다(Krathwohl, 2002).

그들이 첫 번째 차원으로 둔 명사/명사구에 해당하는 지식의 차원은 4개로 구성되었다. 그 중 3개는 Bloom의 분류에서 차용했고, 여기에 메타인지 지식을 추가했다. 메타인지 지식은 처음 분류학이 개발되었을 때에는 널리 알려지지 않았던 분야로, 이에 대한 당시의 최근 연구를 반영한 것이다(Anderson et al., 2005). 그래서 지식의 차원에 4가지 유목은 사실적 지식, 개념적 지식, 절차적 지식, 메타인지적 지식으로 구성된다. 사실적 지식은 학생이 문제를 해결하거나 원리를 획득하는 데 있어 알아야 하는 기본 요소에 대해 아는 것이고, 개념적 지식은 서로 작용하는 것을 가능하게 하는 큰 구조 내의 기본 요소들 사이의 관계에 대한 지식을 의미한다. 절차적 지식은 어떤 것을 하는 방법에 해당하는 것으로, 탐구 방법과 스킬, 알고리즘, 테크닉, 방법을 사용하는 규준에 대한 지식을 의미한다. 마지막으로 메타인지적 지식은 자신이 가진 인지에 대한 지식과 인식 등의 일반적인 인지에 대한 지식을 의미한다. 지식 차원의 하위 요목은 <표 II-5>와 같이 나타난다(Anderson & Krathwohl, 2001).

<표 II-5> Anderson 등의 분류학에서 지식 차원의 분류

주요 요목	하위 요목
A. 사실적 지식	Aa. 전문 용어에 대한 지식 Ab. 구체적 사실과 요소에 대한 지식
B. 개념적 지식	Ba. 분류와 유목에 대한 지식 Bb. 원리와 일반화에 대한 지식 Bc. 이론, 모형, 구조에 대한 지식
C. 절차적 지식	Ca. 교과에 특수한 기능과 알고리즘에 대한 지식 Cb. 교과에 특수한 기법과 방법에 대한 지식 Cc. 적절한 절차를 사용 시점을 결정하기 위한 준거에 대한 지식
D. 메타인지 지식	Da. 전략적 지식 Db. 인지적 과제에 대한 지식 (적절한 맥락적 지식 및 조건적 지식 포함) Dc. 자기-지식(self-knowledge)

한편, 두 번째 차원인 인지적 과정의 차원에 대해 Anderson과 Krathwohl(2001)은 기존 Bloom의 분류학에서 사용한 6개의 틀을 유지하되, 3개는 이름을 새로 붙이고, 2개는 그 순서를 바꾸었다. 우선 지식에 해당하는 내용 중 명사적 측면은 지식의 차원으로 분리시키고, 동사적 측면을 기억(remember)이라는 가장 하위의 인지과정 차원에 포함하였다. 또, 이해(comprehension)를 이해(understand)로, 종합을 창안(create)으로 바꾼 후, 종합과 평가의 순서도 뒤집었다(강현석 등, 2005). 또, Krathwohl(2002)은 이 분류학에서는 인지적 과정을 동사의 형태로 표현하는 것을 강조한다. 이와 같은 변화로 나타나는 인지과정 차원의 구성과 하위요목은 <표 II-6>과 같이 나타난다(Anderson et al., 2005).

<표 II-6> Anderson 등의 분류학에서 인지적 차원의 분류

주요 요목	하위 요목
1. 기억하다 (remember)	1.1 재인하다 - 확인하다 1.2 회상하다 - 인출하다
2. 이해하다 (understand)	2.1 해석하다 - 명료화하다, 바꿔쓰다, 표현하다, 번역하다 2.2 예증하다 - 예를 들다, 실증하다 2.3 분류하다 - 유목화하다, 포섭하다 2.4 요약하기 - 추상화하다, 일반화하다 2.5 추론하기 - 견론짓다, 외삽하다, 내삽하다, 예언하다 2.6 비교하기 - 대조하다, 도식화하다, 결합하다 2.7 설명하기 - 모델을 구성하다
3. 적용하다 (apply)	3.1 집행하기 - 시행하다 3.2 실행하기 - 사용하다
4. 분석하다 (analyze)	4.1 구별하기 - 변별하기, 식별하기, 초점화하기, 선정하기 4.2 조직하기 - 발견하기, 정합성 찾기, 통합하기, 윤곽그리기, 해부하기, 구조화하기 4.3 귀속하기 - 해체하기
5. 평가하다 (evaluate)	5.1 점검하기 - 조정하다, 탐지하다, 모니터하다, 검사하다 5.2 비판하기 - 판단하다
6. 창안하다 (create)	6.1 생성하기 - 가설을 세우다 6.2 계획하기 - 설계하다 6.3 산출하기 - 구성하다

Krathwohl(2002)은 어떤 교육목표가 2차원으로 표현된다는 사실로부터 곧 2차원의 표를 구성할 수 있다고 언급한다. 지식 차원을 세로로 놓고, 인지적 과정 차원을 가로로 놓아 그 교차점에서 셀이 형성된다는 것이다. 결과적으로 어떤 교육대상은 이 분류표에서 하나 이상의 셀에 분류될 수 있다고 설명한다. 그가 제시한 교육목표의 분류표는 <표 II-7>이다.

<표 II-7> Anderson과 Krathwohl의 교육목표 분류학

인지적 과정 / 지식	기억하기 remember	이해하기 understand	적용하기 apply	분석하기 analyze	평가하기 evaluate	창안하기 create
사실적 지식						
개념적 지식						
절차적 지식						
메타인지 지식						

이상에서 제시된 새로운 교육목표 분류학들은 앞에서 논의된 분류학의 문제점에서 유목의 위계성에 대한 문제와 일차원의 단일성을 극복할 수 있다는 점에서 Bloom이 제시했던 분류 방식보다는 진일보한 것이며, 향후 교육과정 목표 개발이나 교수-학습의 방식, 수업목표 진술, 평가 방식에 상당한 변화를 초래할 것으로 보인다(강현석 등, 2005).

Ⅲ. 연구 방법

이 연구는 수학교사의 테크놀로지 교육에서 사용하는 과제를 그 목표에 따라 분류하고, 그 종류를 파악하는 것을 목적으로 한다. 이를 통해 현재 각 나라에서 사용하고 있는 많은 종류의 과제들을 구별할 수 있는 틀을 제안하고, 우리가 사용하는 과제를 점검해보는 것이 궁극적인 목적이다. 이를 위해 먼저 수학교사 교육에서 테크놀로지 관련 교사 지식과 교사교육에서 사용하는 과제에 대한 선행 연구를 조사하고, 이론적 배경을 확립했다.

이제 교사 지식에 대한 분석을 통해 과제를 구분할 수 있는 틀을 제시할 것이다. 이와 같은 연구의 방법으로 교육목표의 분류 기준을 제시한 Bloom 등(1983)의 연구를 분석하고, 그 후 분류 틀의 개정 내용을 살펴 이 연구를 진행하기에 적합한 과제 분류 틀을 만들고자 한다.

1. 연구 방법 및 절차

1.1. 설계・개발 연구

이 연구는 수학교사를 대상으로 하는 테크놀로지 교육에서 사용하는 과제를 분석할 수 있는 틀을 제작하는 것을 주된 목적으로 한다. 이를 위하여 '설계・개발 연구(design and development research)'를 진행하였다. Richey, Klein, Nelson(2004)은 개발연구 활동을 보다 더 명확하게 하기 위해 '하는 것(doing)'과 '연구하는 것(studying)'을 구분할 것을 제안했다. 그들은 연구란 새로운 지식을 발견하는 것이고, 개발이란 지식을 유용한 형태로 변형하는 것이라는 개념 틀을 바탕으로 개발연구에 대해 설명하고자 했다. 교육적 개발은 전형적으로 기존의 연구를 토대로 만들어지지만, 개발연구는 모델과 원리를 만들어 내고, 그것들로부터 설계, 개발, 평가 과정에 지침을 제공하고자 한다. 즉, 그들은 개발

‘하는’ 것과 개발을 ‘연구하는 것’은 다르다고 설명하였다(Richey et al., 2004, p.1102).

Richey와 Klein(2007)에 따르면, 개발 연구는 그 결과가 일반화 가능한지, 특정 맥락에 대한 것인지에 따라 두 가지 유형으로 나뉜다. 특정 결과물이나 프로그램 설계, 개발, 프로그램 평가에 관한 연구를 강조하는 것은 1유형 개발 연구로써, 이것은 어떤 결과물을 개발하거나 그 사용을 가능하게 하는 환경을 분석하는 것으로부터 배울 수 있는 것을 결과로 도출해 낸다. 이에 반해, 2유형 개발 연구에서는 설계, 개발이나 평가과정, 도구, 모델에 관한 연구를 강조하고, 결과로 도출해내는 것은 새로운 설계, 개발, 평가 과정이나 그 사용을 가능하게 하는 환경에 대한 것이다. 즉, 1유형 개발 연구는 2유형 개발 연구보다 더 맥락에 특화된 결론을 이끌어내는 연구방법으로, 직접적인 개발 연구 프로젝트들이 이에 속한다.

2유형 개발 연구는 van den Akker(1999)가 ‘재구성 연구’라고 불렀던 연구방법과 비슷한 연구로서, 설계, 개발, 평가 과정의 일반적인 분석을 지향하고, 전체나 특정 구성물을 다룬다. 2유형 개발 연구는 특정한 설계 테크닉이나 과정을 활용하여 모델을 개발하거나, 설계, 개발, 평가 모델을 활용하거나, 실행성 측면에서 설계, 개발된 것을 일반적으로 점검하는 연구로 다시 나눌 수 있다(Richey et al., 2004). 이 연구는 기존에 개발된 문헌들을 분석함으로써 적절한 분류 기준을 세우고, 일반적으로 적용될 수 있는 결과를 도출해내는 것을 목적으로 하기 때문에 2유형 개발 연구에 해당한다.

1.2. 연구 절차

Richey와 Klein(2005)은 전통적인 연구방법에서 계획, 진행, 결과보고에 해당하던 연구 단계가 개발연구에서는 문제 정의, 문헌 분석, 연구 절차의 세 단계로 바뀐다고 설명한다. 연구문제를 정의하는 단계에서는 문제의 초점을 명확히 하고, 문제의 형태를 잡으며, 한계점을 확인한다. 2유

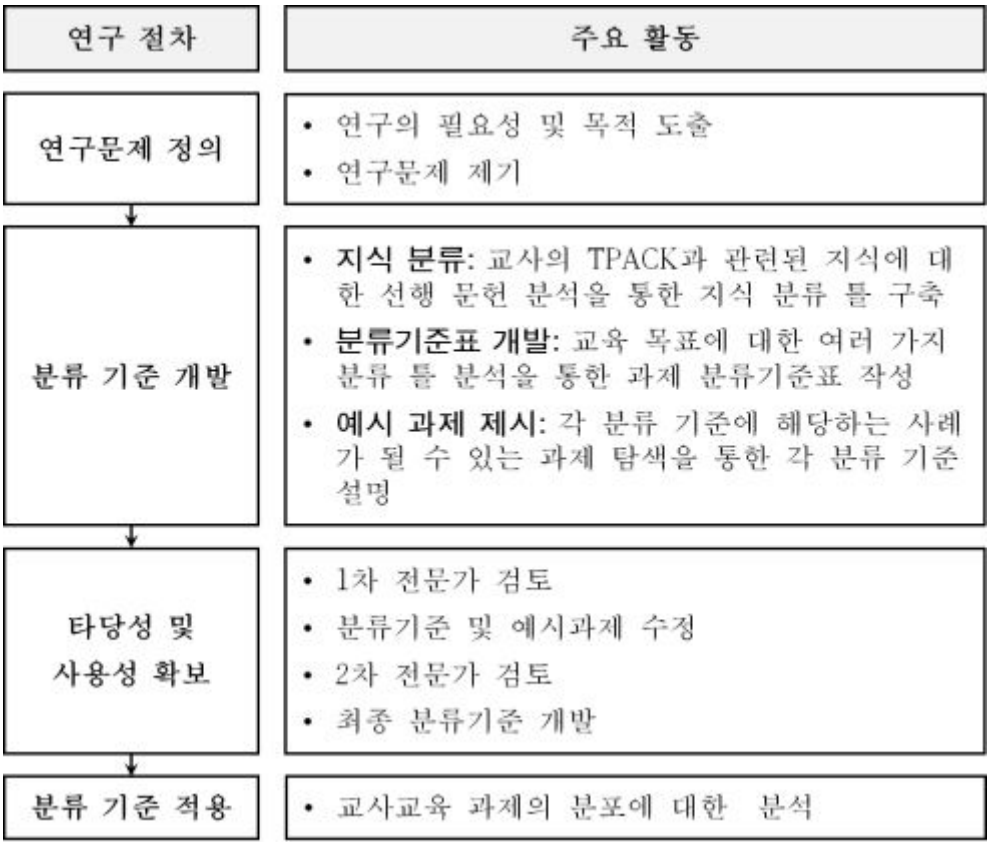
형 개발 연구의 문헌 분석 단계에서는 현재 이용 중이거나 발간된 모델에 대한 설명, 목표하는 과정에 대한 연구, 주어진 모델을 사용하는 데에 효과를 주는 요인에 대한 연구에 초점을 맞춘다. 연구 절차 단계에서는 참가자를 설정하고, 연구 방법론을 설계하고, 자료를 모아 분석하는 과정을 거친다. 이 연구에서도 이와 같은 세 단계의 연구절차를 따른다.

단, 설계·개발 연구는 실천과 분리된 채 개발 연구자 단독으로 수행할 수 있는 활동이 아니라고 했던 Reeves(2007)의 주장에 따라, 이 연구에서는 창안한 과제의 분류 기준을 테크놀로지 교사교육 전문가들의 협조를 받아 그 타당성과 현장 적용 가능성에 대해 검토 받을 예정이다. 이는 컴퓨터 기반 수학 평가 문항 설계 원리를 개발했던 박지현(2013)의 연구에서 원리 개발에 있어 관련된 모든 사람이 만족할 때까지 원리와 해결의 프로토타입을 시험하고 세련되게 만들어 나가는 데에 전문가 검토를 그 방법으로 활용했던 것과 같은 맥락이다. 이에 이 연구의 구체적인 연구 절차는 [그림 Ⅲ-1]과 같다.

이 연구에서는 현재 실시되고 있는 많은 수학교사 테크놀로지 교육에 대해 보다 더 대안적인 과제를 개발하는 것 자체보다 과제를 개발하고, 분석할 수 있는 일반적인 기준을 마련하는 것에 초점을 맞춘다. 따라서 설계·개발연구의 절차에 따른 이 연구의 절차를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 연구의 필요성을 바탕으로 연구 문제를 도출하였다. 20세기 후반부터 현재까지 수학교육에서 테크놀로지의 활용에 대한 효과성과 필요성에 대한 강조는 계속 증가되어왔다. 그에 따라 수학교사를 대상으로 하는 교육과정과 연수 프로그램이 끊임없이 진행되어왔지만, 교사들은 정작 수업 실제에 테크놀로지를 통합하는 데에 어려움을 겪는다. 이에 이 연구에서는 교사가 테크놀로지 관련 지식을 함양하는 데에 그의 학습 과정에서 접하게 되는 과제의 중요성을 인식하고, 현재 사용되는 과제들이 가진 특징을 분석하고자 하였다.

둘째, 과제의 분류 기준 개발 단계에서는 먼저 기존의 연구문헌들로부터 TPACK의 하위 지식들이 구체적으로 어떤 지식을 의미하는지에 대해 정리한다. 이로부터 수학교사의 지식을 분류하는 틀을 구축한다. 이를



[그림 Ⅲ-1] 수학교사의 테크놀로지 교육을 위한
과제 분류기준 제작 절차

통해 과제가 목표로 하는 지식을 첫 번째 분류 기준으로 삼는다. 두 번째 과제 분류 기준은 과제의 해결하면서 하는 활동이다. 각 과제가 목표로 하는 지식이 같더라도, 그 과제를 해결해나가기 위해 학습자가 하게 되는 활동의 방법과 종류는 다양하고, 그렇기 때문에 그 해결 과정과 인지적 수준 또한 달라진다. 그러므로 Anderson과 Krathwohl(2001)의 교육목표 분류 틀을 수정하여 적용하였다. 이 분류 기준에서는 교육목표를 서술하는 데에 사용하는 동사구에 따라 특성과 수준을 분류하였다. 이 분류 과정에서는 앞서 살펴본 교사교육 과제를 설계할 때 고려할 사항에 대한 문헌들을 바탕으로 하였다.

셋째, 타당성 및 사용성 검토 단계에서는 제작된 과제 분류 틀을 수학교육, 교사교육, 교육학 관련 전문가의 검토를 통해 수정, 보완하였다. 이 전문가 집단은 교육공학분야 교수, 수학 테크놀로지 분야의 교사교육자, 수학교육 전공자로 구성되었다. 또, 이 틀로 분류된 과제를 학습하게 될 수학교사도 준전문가로서 검토에 함께 참여하였다. 이 전문가집단의 검토를 통해 테크놀로지 관련 교사교육에서 이 틀에 대한 적합성, 타당성, 유용성 등을 보장받았다. 이 타당도 결과 분석에서는 Rubio, Berg, Tebb, Lee, Rauch(2003)가 제안한 내용타당도 지수(Content Validity Index, CVI)와 평가자간 일치도 지수(Inter Rater Agreement, IRA)를 사용하였다. 문항은 4점 척도를 사용하여 긍정적인 응답과 부정적인 응답으로 응답을 분류하였다. 이때 긍정적인 응답을 한 전문가의 수를 전체 전문가 수로 나눈 값을 CVI라 하며, 0.8 이상이며 타당하다고 해석한다. 또, IRA는 평가자 간 긍정적으로 평가한 항목 수를 전체 항목 수로 나눈 값으로, 이 역시 0.8 이상이면 전문가의 평가를 신뢰할 수 있다고 판단한다.

마지막으로 국내에서 다루는 몇 가지 교사교육 교재를 검토하여 그 안에서 사용되는 과제들을 분류하였다. 교사교육 교재는 크게 현직교사 연수 교재와 테크놀로지와 수학교육 관련 단행본으로 구분한다. 현직교사 연수 교재로는 최근 5년간 서울시 1·2급 정교사 자격 연수에서 사용된 테크놀로지 관련 강의 자료를 대상으로 삼았으며, 단행본으로는 <표 Ⅲ-1>에 나타난 것과 같이, 테크놀로지 혹은 컴퓨터와 수학을 제목에 포함하고 있으며, 주된 독자들을 현직 또는 예비 수학교사로 명시하고 있는 다섯 권을 선택하였다.

<표 Ⅲ-1> 분류 대상으로 삼은 테크놀로지와 수학교육 관련 단행본

출판년도	제목	저자	출판사	분류기호
2005	수학교육과 컴퓨터	공주대학교 과학교육연구소	보성	ㄱ
2006	테크놀로지와 함께하는 수학교육	권성룡 외	경문사	ㄴ
2008	수학교육에서의 컴퓨터 활용	김남희, 박경미	경문사	ㄷ

이 밖에도 수학 관련 테크놀로지에 대한 교재는 많이 있었으나, 그 주된 독자가 수학교사가 아닌 경우에는 교수학적 상황을 가정하지 않고 있어 분석 대상에서 제외하였다. 각각의 교재에서 분류하고자 한 '과제'는 교재마다 다소 차이는 있었으나, '예제', '문제' 등으로 명시되어 독자가 해결해야 하는 어떤 것을 제공하는 경우와 '~하기' 등의 제목을 가진 활동들이었다.

이 연구는 수학교사의 테크놀로지 교육을 발전적인 방향으로 이끌어나가는 데에 궁극적인 목적을 가지므로, 마지막 단계를 통해 연구의 함의점을 도출하였다.

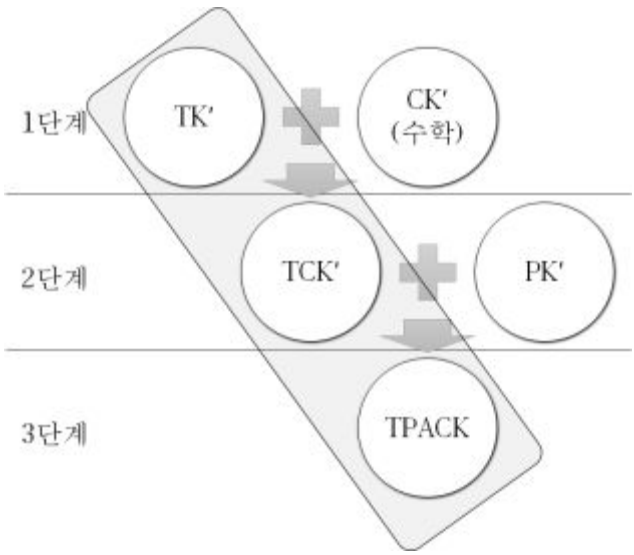
2. 테크놀로지 교사교육 과제 분류 기준 개발 방법

2.1. 교육목표 분류학과 TPACK의 결합

이 연구의 방향과 단계는 Hollebrands 등(n.d.)이 자신들의 연구 과정에서 CK, 즉 수학적 지식에 중요한 초점을 두고 PK와 TK를 CK에 포함되는 것으로 구성했던 것과 그 맥을 함께 한다. TPACK의 형성 단계는 Cox와 Graham(2009)이 연구했던 교사들의 TPACK 형성 과정을 바탕으로 한 것이다. 그들은 사례연구를 통해 교사가 TPACK을 형성하는 과정에서 어떤 교사는 TCK를 먼저 형성하고 여기에 교수학적 지식을 통합하여 TPACK을 갖게 되고, 다른 교사는 TPK를 먼저 형성한 후, 내용 지식을 통합하여 TPACK을 갖게 된다는 것을 밝혔다.

앞서 설명했듯이, 기존에 사용된 TK, CK, PK 등의 표현에서는 그 포함관계가 명확하지 않아 ′(프라임) 기호를 사용하여 순수한 영역의 지식으로 TK′, CK′, PK′, TCK′, TPK′, PCK′ 등의 기호를 사용하였다. 이 글에서는 교사의 TPACK 형성 과정을 [그림 Ⅲ-2]와 같은 체계로 살펴보고자 한다. 이 도식에서는 교사들이 기본적으로 고유의 CK′와 P

K′ 를 갖고 있다고 판단하고, 수학교사에게 테크놀로지 관련 교육을 실시함에 있어서 함양과 통합을 목표로 해야 하는 세 종류의 지식 TK′, TCK′, TPACK을 그 포함관계에 따라 다음과 같은 3단계로 배치하였다.



[그림 Ⅲ-2] 수학교사의 TPACK의 형성 단계

1단계에서는 가장 단순한 유형의 지식인 TK′ 이 형성되고, 여기에 2, 3단계에 올라가면서 CK′, PK′ 의 통합이 차례로 일어나게 된다. 이것은 Niess 등(2009)이 교사가 기존에 갖고 있던 PCK에 TK가 통합되는 단계를 설명했던 것과 차이가 있는데, 이는 교사의 지식이 처음부터 PCK로 존재하지 않고, CK와 PK가 분리되어 있는 상태라는 점을 가정하고 있기 때문이다.

한편 CK′, PK′ 의 통합 순서가 뒤바뀐다면 2단계에서 형성되는 지식은 TCK′ 이 아닌 TPK′ 이 될 수도 있다. 하지만 이 연구에서는 수학교사들에게 그 초점을 맞추고 있으므로, 수학적 내용 지식의 통합을 우선시 하여 생각하기 위해 이 경우는 연구에서 다루지 않는다.

위의 세 지식 TK′, TCK′, TPACK은 교육목표가 되는 지식이라고 판단하였다. 이 연구에서는 분류 기준을 제작하면서, 여러 문헌들에서 설

명하는 세 지식에 대해 요구되는 인지적 과정을 분석하는 것을 기본 골격으로 삼았다 .이때, 기존의 분류 틀은 학생의 교육목표에 대한 것이었기 때문에, 지식과 인지적 과정에서 교사의 학습에 맞추어 수정할 사항을 확인하여 테크놀로지 교사교육 과제를 분류할 기본 틀을 제작하였다. 여기에서 주된 수정 대상은 메타인지 지식과 분석하기, 평가하기의 인지적 과정이었다. 그리하여 Krathwohl(2002)이 제시한 새로운 교육목표 분류 틀과 마찬가지로, 세로축에는 테크놀로지와 관련된 세 지식이, 가로축에는 그 지식을 학습하면서 이행하는 인지적 과정이 들어오는 2차원 분류 기준을 제작하게 되었다.

2.2. 전문가 검토를 통한 타당성과 사용성 확보

문헌 고찰을 통해 도출된 세 가지 지식의 인지적 과정을 통한 테크놀로지 수학교사 교육과제의 분류 틀이 타당한지에 대한 내적 타당도 검증을 위해 두 번의 전문가 검토를 실시하였다.

Davis(1992)는 전문가 검토를 실시할 때에는 연구 주제에 대한 개인의 전문성을 기반으로 실시해야 하고, 연구자는 전문가를 선별함에 있어 그들의 필수적인 전문성이 무엇인지에 대해 정의하는 것이 우선 필요하다고 주장했다. 이 연구는 수학교사 교육에 있어 효과적인 테크놀로지의 수업 통합을 촉진시킬 수 있도록 교육에서 사용하는 과제 분류 기준을 만드는 것을 목표로 한다. 그래서 전문가 집단은 수학교육 전문가와 교육공학 전문가, 그리고 수학교사 교육자의 세 집단으로 구성하였다. 또, 이 과제 분류 기준을 바탕으로 분류된 과제를 학습할 학습자는 수학교사이므로, 테크놀로지의 평소 활용도가 다양한 수학교사들을 대상으로 준 전문가 검토를 진행할 필요가 있다.

이에 따라 1, 2차 전문가 검토에 참여한 전문가들의 개별 정보는 <표 Ⅲ-2>와 같다.

<표 Ⅲ-2> 1, 2차 검토에 참여한 전문가 정보

	전문영역	전공분야 및 경력	학력	구분
전문가	수학교육	고등학교 교사 경력 15년 컴퓨터 기반 수학평가문항 설계원리 개발 (박사논문)	박사	A1
	교육공학	교육학과 교수(교육공학 전공) TPACK과 교사교육 관련 논문 다수 집필	박사	B1
	교사교육	고등학교 교사 경력 21년 자격연수 및 직무연수 출강 경력 9년 수학 관련 소프트웨어 한글화 작업	학사	C1
	교사교육	고등학교 교사 경력 8년 테크놀로지 통합 수업실행 창의적 수업에 대한 교사연수 출강 경력 4년 2009년 경기도 중등수업실기대회 1등급	학사	C2
준전문가	수학교사	중학교 교사 경력 2년 수학적 테크놀로지 통합 수업 실행(빈도 낮음)	석사과정	D1
	수학교사	고등학교 교사 경력 6년 일반적 테크놀로지 통합 수업 실행(빈도 높음)	석사과정	D2
	수학교사	고등학교 교사 경력 7년 수학적 테크놀로지 통합 수업 실행(빈도 높음)	석사과정	D3
(2차 검토만 참여)				
전문가	수학교육	고등학교 교사 경력 20년 수학 관련 소프트웨어 한글화 작업 2009 개정 교육과정 교과서 집필	박사수료	A2
	교육공학	교육학과(교육공학 전공) 석사과정 E-Learning 관련 연구 진행중	석사과정	B2
	교사교육	고등학교 수석교사 멀티미디어를 활용한 수학 수업 실시 (9년) 수학 관련 소프트웨어 한글화 작업 팀장	박사수료	C3

전문가 검토는 총 두 차례 진행되었다. 1차 검토에서 나타난 의견에 따라 심층 인터뷰를 실시하고, 이를 반영하여 내용을 수정한 후, 2차 검토를 실시하였다. 두 번의 점검을 통해 분류 기준 도출의 타당성과 분류 기준 전반에 대한 유용성, 설명력, 보편성 등을 점검하고, 분류 기준의 서술에 대한 타당성을 확보하였다. 또, 교사교육 과제를 실제로 분류하

게 하는 문항을 통해 이 분류 기준을 점검한 전문가들이 특정 과제를 바르게 분류하는지 확인함으로써 분류 기준의 사용 가능성도 함께 확보하였다. 특히, 2차 검토에서는 전문가의 수를 늘려 이 연구를 통해 개발된 과제 분류 기준표에 대한 타당성을 보다 더 확보하고자 하였다. 2차 전문가 검토에 추가로 참여하게 된 전문가들은 각각 수학교육, 교육공학, 교사교육 분야의 전문가들로써, 세 분야에서의 다각적인 검토를 위해 한 명씩 더 늘려 검토를 의뢰하였다. 1, 2차 전문가 검토에서 활용된 검토지와 문항은 부록 1, 2에 제시하였다.

Ⅳ. 테크놀로지 교사교육 과제의 분류 기준 개발

이 장에서는 이 연구에서 주된 목표로 하는 과제 분류 기준 개발 과정을 서술할 것이다. 과제 분류 기준을 만들기 위해, 우선 수학교사에게 테크놀로지 관련 교육을 실시함에 있어서 목표로 해야 하는 세 종류의 지식 TK′, TCK′, TPACK을 그 상하관계에 따라 3단계로 배치하였다. 이어 각 지식에 대해 설명한 문헌들을 바탕으로 Bloom의 분류학에 대한 대안적 분류학에 나타난 과정에 대한 차원 중 각 지식은 어느 과정에 해당하는지 검토하여 분류 기준을 세웠다. 이렇게 구성된 분류 기준은 1, 2차 전문가 검토를 통해 수정, 보완되었다.

1. 과제 분류 기준 개발

Bloom의 초기 분류학이 일차원적 문제가 있었음을 생각할 때, 2차원의 구조를 갖는 대안적 분류학을 활용할 필요가 있다. 앞에서 다룬 대안적 분류 분석에서 Marzano(2005)와 Krathwohl(2002)의 분류학은 모두 2차원의 구조를 갖고 있으며, 두 축이 각각 지식 차원과 다른 하나의 차원으로 분류된다. 두 번째 차원을 Marzano는 ‘처리 수준’으로, Krathwohl은 ‘인지적 과정’으로 표현하고 있는데, 두 분류 모두 어떤 절차에 대한 차원임을 감안할 때, 두 분류학은 그 구조가 매우 비슷하다는 것을 확인할 수 있다. 그리하여 Krathwohl(2002)이 제시한 대안적 교육목표 분류학을 기본 골격으로 삼아, 세로축에는 테크놀로지와 관련된 세 지식이, 가로축에는 그 지식을 학습하면서 이행하는 인지적 과정에 대한 내용이 들어오는 2차원 분류 기준을 제작하였다.

지식 차원을 살펴볼 때, Anderson과 Krathwohl(2001)이 제시한 사실적 지식은 학습자가 문제를 해결하거나 원리를 습득하는 데 있어 알아야 하는 기본 요소로, 용어나 세부요소에 대한 지식을 의미한다. 테크놀로지의 특정 기능에 대한 지식을 의미하는 TK′은 사실적 지식과 매우 가깝

고, 이에 사실적 지식을 TK′으로 대체하였다. 마찬가지로, 테크놀로지와 수학이 서로 어떻게 작용하는지에 대해 그 관계를 의미하는 TCK′과 테크놀로지를 이용하여 수학을 가르치는 실천적 지식을 의미하는 TPACK은 각각 Krathwohl의 개념적 지식, 절차적 지식과 긴밀하게 연결될 수 있다. 개념적 지식은 기본 요소들이 상호 작용할 수 있게 하는 큰 구조 내의 관계를 의미하고, 절차적 지식은 탐구 방법, 스킬, 알고리즘, 테크닉 등을 사용하는 규준을 의미하기 때문이다(Anderson & Krathwohl, 2001).

한편, 메타인지는 간단하게는 사고에 대한 사고로 정의되는데, 이는 학습에 몰입하는 인지적 과정을 적극적으로 제어하는 활동을 포함하는 고차원적 사고이다(Livingston, 1997). Marzano(2005)는 이 메타인지를 Krathwohl(2002)과 달리 지식 차원이 아니라 처리 수준 차원, 즉 절차적 차원으로 분류하면서 메타인지가 목적을 설정하고, 과정을 점검하고, 명료성과 정확성을 점검하는 과정을 통해 확보된다고 설명하고 있다. 그래서 이 연구에서는 메타인지를 인지적 과정 차원으로 옮겨서 생각하기로 하였다.

그 외의 인지적 과정 차원은 전체적으로 Anderson과 Krathwohl(2001)의 분류학을 따른다. 그런데 Hauenstein(2004)의 분류 방식에서는 Bloom의 ‘4.00 분석’, ‘5.00 종합’, ‘6.00 평가’의 분류에서 나타나는 명세성과 배치에 대해 총체적 포괄성, 상호배타성, 순서 등의 준거를 충족시키지 못한다는 비판과 함께 평가의 하위 유목으로 분석을 포함시켰던 점에 주목하였다. 분석은 대개 이성적 판단을 수행하기 위한 첫 단계로 여겨지기 때문에 분석 자체를 위해서 분석을 수행하는 것이 아니라는 것이다. 이것은 가르치는 입장에 있는 교사가 어떤 교육목표를 분석하는 과정에서 더욱 또렷이 나타난다고 판단하였다. 그래서 이 연구에서는 인지적 과정에 대한 차원에서 분석과 평가를 하나로 통합하였다.

테크놀로지에 대한 교사 지식과 관련하여 말하자면, Hofer와 Grandgenett(2012)은 TCK′이 테크놀로지의 활용으로 인해 수학의 내용 자체가 어떻게 변화하는지 판단하는 것과 관련된 지식이라고 설명하였

다. 이는 인과관계를 찾아보는 활동이자 판단하는 활동으로, 분석하면서 평가하는 것이 동시에 일어나고 있음을 의미한다. TPACK에 대해서도 이는 마찬가지이다. Doering 등(2009)은 교사가 자신이 가진 TPACK을 메타인지로써 인식하게 되는 것이 테크놀로지가 잘 통합된 교수 실천에 긍정적인 영향을 끼친다는 것을 입증하고 있는데, 이러한 TPACK에 대한 설명은 교사가 자신의 지식을 조직화하는 것과 확인, 비판하는 것이 동시에 이루어지는 것임을 확인할 수 있다. TPACK은 그 자체로 교사의 실천적인 지식임과 동시에 반성적인 지식이라고 할 수 있으므로, 분석하는 활동과 평가하는 활동이 하나로 연결되는 것이라고 판단하였다.

이상의 분석을 통해, 교육목표 분류 틀은 다음 <표 Ⅳ-1>과 같은 형태를 갖게 되었다.

<표 Ⅳ-1> 교사의 테크놀로지 관련 교육목표 분류(1차)

인지적 과정 / 지식	기억하기	이해하기	적용하기	분석, 평가하기	창안하기	메타적으로 보기
TK′						
TCK′						
TPACK						

1.1. TK′ 의 함양을 목표로 하는 과제

TK는 어떤 테크놀로지를 사용하는 데에 필요한 지식을 의미한다. 이 글에서 수학교사의 테크놀로지 교육에서 사용하는 어떤 과제가 TK′ 의 함양을 목표로 한다고 분류하는 것은 그 해결하는 과정에 있어 수학적인 내용이 필요하지 않거나, 필요하다고 하더라도 그 내용이 상식적인 수준에 머물고 있어 이를 교사가 학습하는 과정에서 수학적인 사고를 필요로 하지 않는다는 것을 의미한다. 또, 문제에서 직접적으로 표현하지 않았

더라도 문제가 제시된 전후 맥락에서 살펴봤을 때, 해당 테크놀로지의 기능 하나를 익히는 것을 초점으로 맞춘 경우도 이에 해당한다.

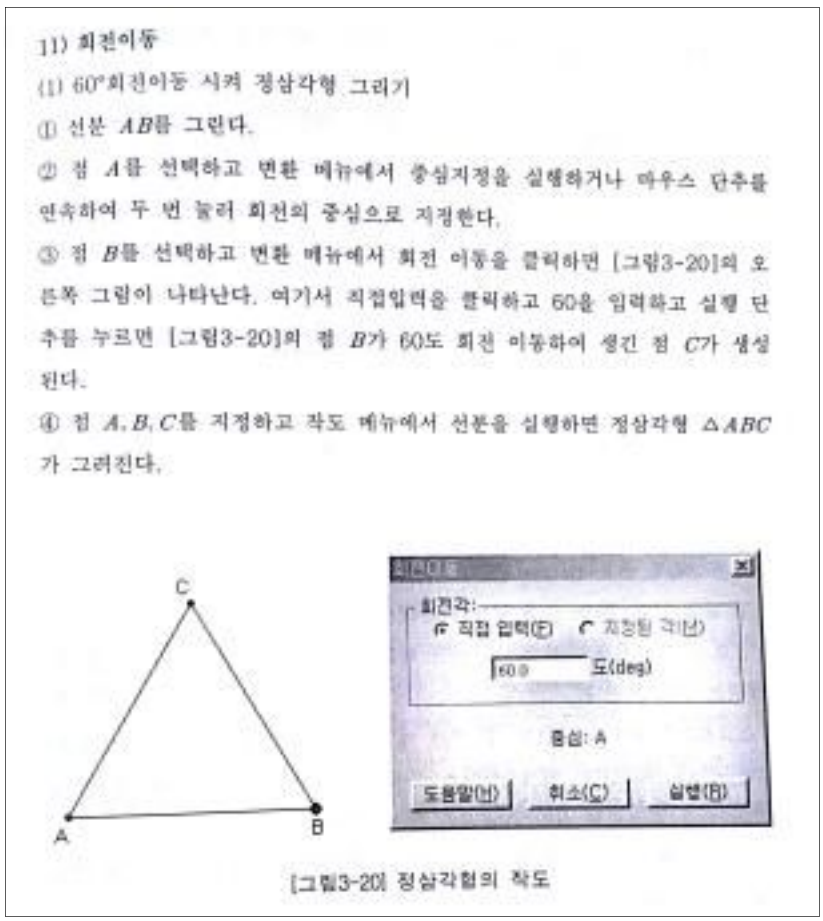
TK′ 을 설명한 여러 문헌을 통해 인지적 과정의 어느 활동에 해당하는지 살펴보면, 우선 많은 연구들에서 TK′ 이 테크놀로지 자체와 그 조작 및 사용방법에 대한 지식이라고 언급한다(Schmidt et al., 2009; Cox & Graham, 2009; Mishra & Koehler, 2006). 이 지식에는 별다른 내용지식이나 교수학적 지식이 포함되지 않는다. 이로 미루어볼 때, TK′ 을 학습한다는 것은 테크놀로지의 여러 기능을 자신의 장기기억에 입력하는 활동에 해당한다는 것을 확인할 수 있다. 즉, 테크놀로지의 조작법을 익히는 활동은 '기억하기'의 인지적 과정으로 분류된다.

한편, Pierson(2001)은 TK에는 테크놀로지의 독특한 특징에 대한 이해도 포함된다고 언급하였다. 이후 Mishra와 Koehler(2006), AACTE(2008)에서도 단순히 테크놀로지를 사용하는 것과 관련된 지식이 아닌 그 테크놀로지가 지닌 특수한 특징을 이해하는 것도 TK에 해당한다고 언급한다. 이것은 앞서 기억하기의 과정보다 조금 더 복잡한 인지적 활동을 요구한다. 기능을 기억하는 것은 학습자가 주어진 정보를 소극적으로 수용하는 상황에서 가능하지만, 대상이 갖는 특징을 이해하기 위해서는 학습자의 대상에 대한 적극적인 해석이 필요하기 때문이다. 이해해야 하는 대상이 내용, 즉 수학이 아닌 테크놀로지 자체인 경우, 이러한 활동은 인지적 과정 중 '이해하기'로 분류될 수 있다.

1.1.1. TK′ 기억하기

인지적 과정에서 '기억'을 하게 한다는 것은 그 복잡성이 가장 낮은 활동으로, 제시된 자료와 일치하는 지식을 장기기억 속에 넣거나, 장기기억으로부터 관련된 지식을 인출하는 활동이 이에 해당한다. 테크놀로지에 대한 교사교육에서 기억하기 과제는 장기기억으로부터 관련된 지식을 인출하는 것 보다 어떤 지식을 장기기억 속에 넣는 활동을 주로 하게 된다.

TK′ 의 함양을 목표로 하는 기억하기 과제에는 그 풀이가 자세히 제공되어 그 풀이를 따라가면 과제가 해결되는 유형이 해당한다. 이것은 보통 특정 소프트웨어 사용법을 안내하는 문헌에서 쉽게 찾아볼 수 있는데, 이 유형의 대표적인 과제는 회전이동 메뉴를 이용하는 방법을 소개하는 과제인 [그림 Ⅳ-1]이다.


1) 회전이동

(1) 60°회전이동 시켜 정삼각형 그리기

① 선분 AB를 그린다.

② 점 A를 선택하고 변환 메뉴에서 중심지정을 실행하거나 마우스 단추를 연속하여 두 번 눌러 회전의 중심으로 지정한다.

③ 점 B를 선택하고 변환 메뉴에서 회전 이동을 클릭하면 [그림3-20]의 오른쪽 그림이 나타난다. 여기서 직접입력을 클릭하고 60을 입력하고 실행 단추를 누르면 [그림3-20]의 점 B가 60도 회전 이동하여 생긴 점 C가 생성된다.

④ 점 A, B, C를 지정하고 작도 메뉴에서 선분을 실행하면 정삼각형 $\triangle ABC$가 그려진다.

[그림3-20] 정삼각형의 작도

[그림 Ⅳ-1] TK’ 기억하기 과제(공주대학교 과학교육연구소, 2005, p.87)

위의 [그림 Ⅳ-1]에 제시된 과제의 경우, 메뉴의 회전이동 기능을 이용하여 정삼각형을 그리는 활동에 대한 자세한 지침을 제공한다. 이 지침

의 경우, 정삼각형이 세 변의 길이가 모두 같고, 세 각의 크기도 모두 같은 삼각형이라는 수학적 내용에 대해 학습자가 모르는 상황이라 하더라도 주어진 지침만 따라가다 보면, 정삼각형을 구성할 수 있게 설명하고 있다. 또, '11) 회전이동' 이라는 제목을 통해 이 과제가 정삼각형 작도를 목표로 하는 것이 아니라 회전이동 기능을 학습하기 위해 나타난 과제임을 확인할 수 있다. 이렇게 이 과제는 교사가 다른 수학적인 사고 과정을 밟지 않더라도 각 단계를 모방하여 따라가다 보면 원하는 답을 얻을 수 있고, 테크놀로지의 기능을 익히는 것이 이 과제의 주된 목적이므로, 이 과제는 TK′ 의 발달을 목표로 한다고 볼 수 있다.

이러한 종류의 과제는 Schultz(2009)의 인지적 요구수준 분류에 따르면 낮은 수준의 과제에 해당한다. 테크놀로지 사용을 분명하게 요구하고 있고, 과제의 맥락을 테크놀로지로 표현해야 하는 연결성이 드러나지 않았지만, 테크놀로지의 활용을 주장하고 있기 때문이다.

1.1.2. TK′ 이해하기

'이해하다' 는 교육목표 중 가장 넓은 범위에 속하는 것으로, 습득한 지식과 기존의 지식 사이의 연결 과정에서 나타나는 인지적 과정이다. 이해하기의 하위 유목에는 해석, 예증, 분류, 요약, 추론, 비교, 설명 등이 있으며, 테크놀로지와 관련된 지식을 이해하는 데에는 테크놀로지가 나타내는 표상에 대한 해석과 그 원인에 대한 추론이 필요하다.

이 유형의 과제 또한 기본적으로 교사의 TK′ 을 함양하는 데에 그 목표가 있기 때문에, 특정한 소프트웨어의 사용법을 소개하는 교재에 주로 사용된다. 이 과제의 경우 의도적으로 구성된 대상을 관찰함으로써 테크놀로지의 특수한 기능을 익히는 것을 목표로 하는 과제이다.

대상을 직접 구성한 후, 그것을 관찰하는 대표적인 과제는 [그림 Ⅳ-2]로, Hollebrands와 Lee(2012)의 PTMT 프로젝트 교재에서 찾아볼 수 있다(p.9).

원을 그리고, 이름 붙이기:

1. 원 도구를 선택하여라.
2. 작업창에서 원의 중심이 되는 지점을 클릭하고, 원이 나타날 때까지 드래그하여라. 반지름이 되는 지점을 다시 클릭하여라.
3. 텍스트 도구를 이용하여 그림 1.7과 같이 원의 중심을 점 C로, 반지름을 나타내는 점을 점 D로 이름 붙여라.

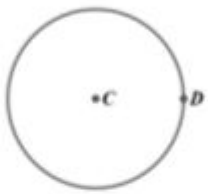


Figure 1.7

Q12. 선택 도구를 클릭한 후, 위의 원을 드래그 하는 세 가지 방법을 시도해보아라. 이때 각 방법은 각기 다른 양상을 보일 것이다. 예를 들어, 점 C를 클릭하여 드래그하면 원이 어떻게 달라지는지 확인하여라. 또, 점 D를 선택하여 드래그하면, 원의 중심은 변하지 않고 원의 크기만 달라지는 것을 확인하여라. 또, 원을 선택하여 드래그할 수도 있다. 이때 원 자체의 위치는 변하지만 그 크기는 변하지 않음을 확인하여라. 이 세 가지 드래그 방법이 각기 다른 양상을 보이는 이유에 대해 설명하여라.

[그림 IV-2] TK′ 이해하기 과제(Hollebrands, & Lee, 2012,p.9)

위의 [그림 IV-2]에 제시된 과제의 전반부에서, 선택해야 하는 도구(Circle tool, Text tool), 클릭해야 하는 위치까지 작업창이라고 제시하여 교사는 그 설명을 따라가기만 하면 'Figure 1.7'과 같은 원을 그릴 수 있다. 이와 같이 이러한 유형의 과제의 전반부에서는 마치 기억하기 과제처럼 제시되었다. 하지만 바로 뒤이어 제시된 과제를 살펴보면, 이 과제는 이렇게 단순히 소프트웨어를 이용해서 원을 그리는 방법을 제시하는 데에 그치는 것이 아니라, 화살표 도구를 활용하여 점 C, D와 원을 드래그해본 후, 어떤 것이 변하는지, 세 대상의 움직임이 어떻게 다른지

생각해볼 것을 권하고 있다. 점 C를 움직이는 경우, 원의 중심의 위치가 달라지기 때문에 원의 위치와 크기가 모두 변한다. 점 D는 반지름을 결정하는 점이므로, 점 D를 움직이는 경우, 원의 중심의 위치는 변하지 않고, 원의 크기만 달라진다. 원을 움직이는 경우, 점 C와 D가 모두 함께 움직이기 때문에 원의 크기는 달라지지 않고, 그 위치만 변한다. 이 과정에서 필요한 수학적 지식은 원의 중심과 반지름에 대한 것인데, 이는 초등학교 1학년 수준의 매우 기초적인 수학 지식이고, 이 과제는 이 지식 자체의 함양보다 조작을 통한 테크놀로지의 기능을 익히는 데에 더 초점이 맞춰져 있으므로, TK′ 의 함양을 목표로 한다고 할 수 있다.

실제로 이 과제의 경우, 사용하는 소프트웨어에 따라 그 답이 달라진다. 원을 움직이고자 했을 때, GSP와 GeoGebra의 경우에는 위에서 설명한 것과 같이 원의 크기는 변하지 않고, 점 C, D도 함께 움직이며 원의 위치가 달라지지만, 신데렐라(Cinderella)[5]를 활용하는 경우에는 아예 원을 선택할 수가 없으므로, 원을 움직이는 것이 불가능하다. 이것은 동적 기하 소프트웨어의 독립개체와 종속개체의 성질에 의한 것으로, 이 과제의 목표가 수학적으로 원의 성질을 파악하는 데에 있는 것이 아니라 동적 기하 소프트웨어에서의 독립개체와 종속개체의 개념을 익히는 데에 있음을 알 수 있다. 이는 수학적인 대상의 성질이라기보다, 다루고 있는 소프트웨어의 성질을 익히는 것이 목표인 과제이다.

이와 같은 TK′ 을 이해하기 과제는 Schultz(2009)의 인지적 요구수준 분류에 비추어 볼 때, 높은 수준에 해당한다고 생각할 수 있다. TK′ 의 함양을 목표로 하기 때문에 테크놀로지의 사용을 명시적으로 요구하긴 하지만, 테크놀로지를 사용해야 하는 목적이 분명하고, 관찰하는 과정에서 문제 해결의 기본이 되는 아이디어가 연결되기 때문이다.

지금까지 TK′ 를 함양하는 것을 목표로 하는 과제의 분류 기준을 살펴보았다. 기억하기 과제에는 제시된 과정을 따라하게 하는 과제들이 주를 이루고, 이해하기 과제에는 대상을 적극적으로 관찰, 조작하여 해결

5) 1996년 독일의 Jürgen Richter-Gebert 교수와 Henry Crapo 교수가 만든 DGS로, http://www.cinderella.de/에서 시험판 다운로드가 가능하다. 현재 한글판 2.8버전까지 출시되었다.

해야 하는 과제들로 구성되었다. 이 과제들은 모두 답이 하나로 정해져 있어 이는 곧 TK′를 함양하고자 하는 과제의 공통적인 특징이라고 생각할 수 있다. 하지만 기억하기 과제는 인지적 요구 수준이 낮고, 학습자가 소극적으로 활동하게 되는 반면, 이해하기 과제는 인지적 요구 수준이 비교적 높고, 학습자가 테크놀로지의 기능을 해석하는 적극적인 활동을 하게 된다는 차이가 있다.

1.2. TCK′의 함양을 목표로 하는 과제

이 글에서 대상으로 삼는 것은 수학교사의 테크놀로지 교육에서 사용하는 과제이기 때문에, CK는 수학적 지식을 의미한다. 그러므로 TCK는 어떤 테크놀로지를 사용하여 수학적 지식을 표현하는 데에 필요한 지식이다. 수학교사의 테크놀로지 교육에서 사용하는 과제가 TCK′의 함양을 목표로 한다는 것은 과제를 해결함에 있어 수학적인 내용이 반드시 필요하다는 것을 의미한다. 이런 특징 때문에 전체 수학교사의 테크놀로지 교육 과제 중에 가장 많은 비중을 차지하고 있었다.

TCK′은 교사가 기존에 가지고 있던 CK′, 즉 수학적 지식에 1단계에서 학습한 TK′을 통합하여 갖게 되는 지식으로, 이 글에서는 2단계 지식으로 분류한다. TCK′라는 지식 자체가 무엇인가를 '보여주는' 것에 대한 지식이므로, TK′를 목표로 했던 1단계와 달리 TCK′의 함양을 목표로 하는 2단계 과제는 대부분 어떤 대상을 구성하는 과제이다.

몇몇 학자들은 TCK가 테크놀로지와 수학을 서로 연결하여 새롭게 표현하는 방법에 대한 지식이라고 설명한다(Cox & Graham, 2009; Hofer, 2012). 이를 Krathwohl의 인지적 과정과 연결시켜보면, 우선 테크놀로지에 대한 기존의 지식을 회상하는 과정이 포함되므로 '기억하기' 요목에 해당하는 활동이다. 또, 이 테크놀로지에 대한 지식을 수학을 표현하는 데에 사용하게 되므로, 이는 '적용하기' 요목에 해당한다.

Koehler와 Mishra(2009)는 TCK는 교사가 테크놀로지를 통해 수학을 학습하는 것이 어떤 것인지에 대해 이해하는 것으로, 실제로 테크놀로지를

이용한 수학 학습의 경험이 없는 교사에게는 테크놀로지를 통한 새로운 수학적 지식의 학습 경험이 필요하다는 점을 강조했다. 교사 자신이 테크놀로지로 학습해본 경험이 있어야 교사가 테크놀로지의 유용성과 함께 학습자의 입장도 고려할 수 있다는 것이다. 이는 TPACK의 개념이 확립되기 전의 연구들에서도 자주 등장했던 주장이었다(Strudler & Wetzel, 1999; Forgasz, 2006). 이것을 다시 Krathwohl의 분류표에서 인지적 과정과 연결시켜보면, 두 번째 요목인 '이해하기'와 연결되는 부분이라 생각할 수 있다. 테크놀로지를 통해 수학적 대상을 표현하는 학습 자체에 대한 이해가 필요하기 때문이다.

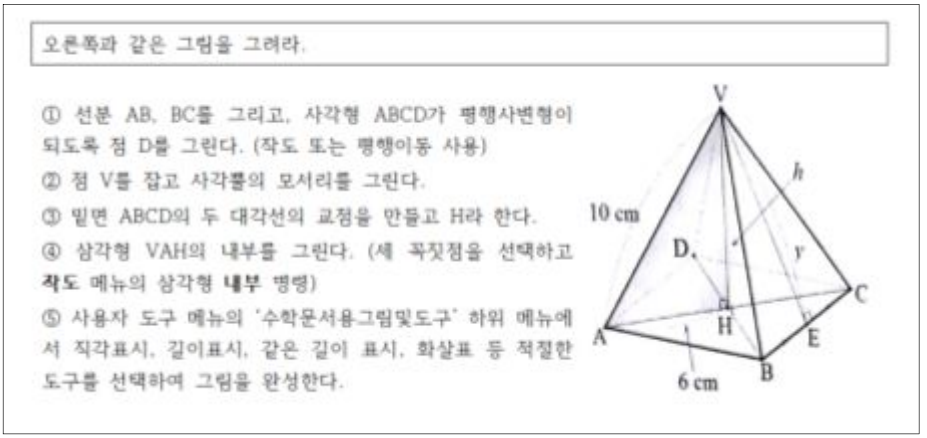
그리고 테크놀로지가 학생의 문제 해결 능력을 확장시키거나, 이미 내린 답에 대해 학생의 사고방식을 재조직하는 데에 사용된다는 사전 연구(Lee, & Hollebrands, 2008; Polly, & Orrill, 2012)로부터 테크놀로지와 수학에 대한 '분석하기'와 '평가하기' 활동을 연결시킬 수 있다. 이는 TPACK에 대해 중점적으로 연구한 학자들이 TCK가 테크놀로지의 활용으로 인해 수학 내용 자체가 변화하는 것에 대한 지식이라고 했던 것(Mishra & Koehler, 2006; Hofer & Grandgenett, 2012)도 마찬가지로 '분석, 평가하기' 요목에 해당한다고 생각할 수 있다.

TPACK의 실질적 정의에 대해 연구했던 Cox(2008)는 그의 박사 논문에서 TCK를 테크놀로지를 활용함으로써 수학을 연습하고 이해하는 방법이 변화하는 것에 대한 지식이라고 설명한다. 이는 Schmidt 등(2009)에서도 마찬가지인데, 이와 같이 수학을 학습하는 것에 대한 학습은 '메타적으로 보기'로 분류될 수 있다.

이상의 판단으로 볼 때, TCK′의 함양을 목적으로 하는 활동들은 기억하기, 이해하기, 적용하기, 분석, 평가하기, 메타적으로 보기의 과정으로 넓게 분류될 수 있다. 다음은 각 요목에 해당하는 과제의 예시이다.

1.2.1. TCK′ 기억하기

기억하기에 관한 TCK′과 관련된 과제는 TK′ 기억하기 과제와 같은 역할을 한다. TK′의 함양을 목표로 하는 기억하기 과제에는 그 풀이가 자세히 제공되어 그 풀이를 따라가면 해결되는 유형의 과제를 소개했었다. TCK′에서도 마찬가지로, 기억하기를 목표로 하는 과제는 원래 알고 있던 테크놀로지의 기능에 대한 지식과 수학적 지식을 회상하여 결합하는 활동을 하되, 그 활동이 끝나면 다시 이를 기억해야 하는 과제를 의미한다. 단, TK′ 기억하기 과제는 그 해결 과정에 수학적 지식이 전혀 필요하지 않거나 상식 수준으로만 필요한 경우였다면, TCK′ 기억 과제에서 해결 과정 중 요구되는 수학적 지식은 그보다 더 높은 수준의 지식이다. 그래서 보통 TCK′ 기억하기 과제는 기본적으로 모두 TK′ 기억하기 과제 유형에 함께 포함된다. 이 유형의 과제 예시는 [그림 Ⅳ-3]으로 확인할 수 있다.



[그림 Ⅳ-3] TCK′ 기억하기 과제(서울특별시 교육연수원, 2013, p.566)

이 과제의 경우, 사각뿔을 그리는 과정을 절차별로 설명하고 있고, 이를 익히는 과제라는 점에서 기억하기 요목으로 분류되는 과제로 판단할

수 있다. 단, ‘평행사변형’, ‘사각뿔의 모서리’, ‘대각선의 교점’ 등의 용어는 수학적인 용어이고, 이에 대해 정확한 이해가 있어야 과제 해결이 가능하다는 것과 이 과제의 주된 목표가 테크놀로지의 특정 기능을 익히는 것이 아니라 테크놀로지를 이용하여 수학적 대상(사각뿔)을 표현하는 것에 있기 때문에 이 과제는 TCK′의 함양을 목표로 한다고 분류된다.

이러한 종류의 과제는 Schultz(2009)의 인지적 요구수준 분류에 비추어 볼 때, 테크놀로지의 사용을 분명히 요구하고 그 맥락을 테크놀로지로 표현해야 하는 연결성에 대한 설명이 부족하므로, 낮은 수준이라고 판단할 수 있다. 이러한 유형의 과제는 왜 테크놀로지를 이용하여 수학적 대상을 표현해야 하는지에 대한 필요성을 확보하지 못하는 한, 높은 수준의 과제라고 하기 어려울 것이다.

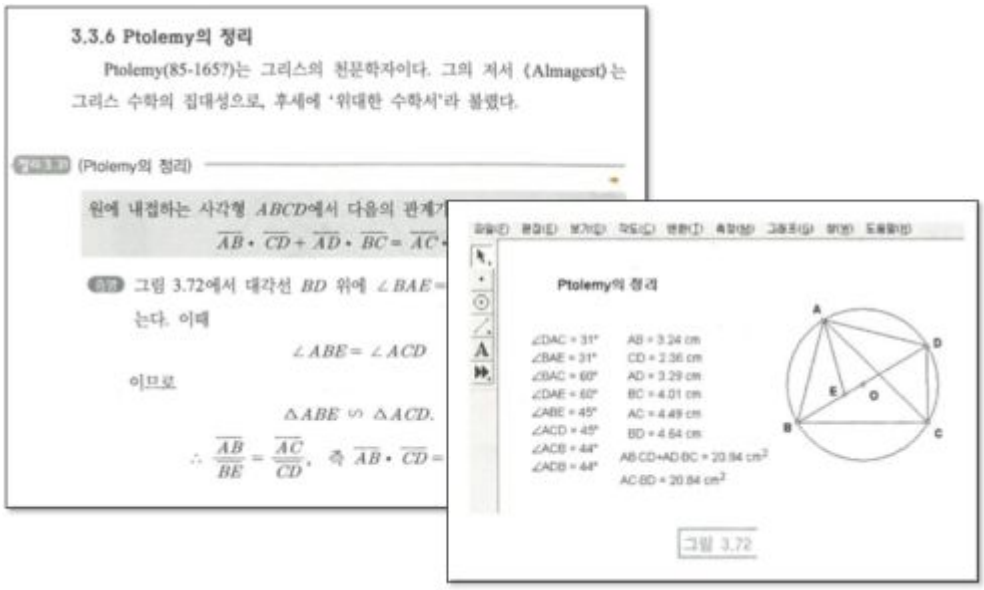
1.2.2. TCK′ 이해하기

TK′의 함양을 목표로 하는 이해하기 과제는 테크놀로지의 기능에 대한 이해를 주된 목적으로 삼았다. 이는 테크놀로지에 대한 지식을 쌓기 위한 과제였기 때문에 나타난 현상이었다. 하지만, TCK′의 함양을 목표로 하는 이해하기 과제에서 필요한 것은 교사가 테크놀로지를 통한 학습이 어떤 것인지 체험해보는 것을 설명하고 있으므로, TK′ 이해하기 과제와는 그 모습이 다르다.

교사는 자기가 배운 방식으로 가르치려는 경향이 있다(Britzman, 1991; Lortie, 1975). 하지만 조은애, 권혁진(2008), 임문수(2008)는 모두 교사가 테크놀로지를 수업에 잘 사용하지 않는 이유 중의 하나로 테크놀로지로 학습해본 경험이 부족하여 테크놀로지가 통합된 수학교육의 필요성을 느끼지 못하기 때문이라고 설명하였다. 특히 조은애와 권혁진(2008)은 교사들이 대학에서 공학적 도구 관련 수업을 들어본 경험 또한 전체의 58.4%가 전혀 없다고 대답했음을 확인했고, 36개의 전국 수학교육과에서

예비교사 교육과정으로 공학적 도구 관련 개설 과목이 없는 학교가 2007년 당시 25%였다는 통계를 제시했다.

이런 실정의 교사들에게 테크놀로지를 이용한 새로운 지식의 학습 경험은 테크놀로지를 이용한 교수 경험보다 선행될 필요가 있으며, 이 경험을 통해 교사는 테크놀로지의 유용성을 인식하게 됨은 물론, 테크놀로지로 수학을 학습하는 것에 대한 전반적인 이해가 가능하게 된다. 이와 관련하여 이광호(2007)는 교사 연수가 교사 자신이 가진 내용 지식(CK)에 도전하며 테크놀로지를 이용한 수학 수업을 할 수 있도록 설계되어야 한다고 주장한다. 그러므로 교사는 자신이 이전에 몰랐던 내용을 테크놀로지를 이용하여 해결해나가는 과정을 통해 TCK′를 증진시킬 수 있고, 이는 곧 TPACK의 발달에 도움을 준다. 그러므로 이 유형의 과제는 [그림 Ⅳ-4]와 같이 교사에게 익숙하지 않은 지식을 테크놀로지로 학습하게 하는 활동을 한다.



[그림 Ⅳ-4] TCK′ 이해하기 과제(김향숙 외, 2013, p.187)

위의 과제는 교사가 교육과정에서 접하지 않는 Ptolemy의 정리에 대해 학습하는 과제로서, 원에 내접하는 사각형의 네 변의 길이와 대각선의 길이 사이에 관계가 있음을 나타내는 Ptolemy정리가 참임을 증명한 후, DGS로 확인해볼 수 있게 안내하고 있다. 이 과제를 학습함으로써 교사는 DGS가 직관적인 이해를 위한 활동의 경험을 제공하여 연역적으로 증명해야 할 사실의 이해 단계에 매우 효과적이라는 김남희(2002)의 연구 결과를 글로 이해하는 것이 아니라 직접 경험해볼 수 있을 것으로 생각된다. 즉, TCK′ 이해하기 과제에서는 학습자의 입장에서 테크놀로지로 수학을 학습해보는 경험을 통해 수학 학습에 테크놀로지가 효과적일 수 있다는 것을 직접 이해하게 하는 것을 그 목적으로 한다. 그러므로 테크놀로지를 사용하지 않아도 과제를 이해, 해결할 수 있거나, 테크놀로지의 표상이 과제의 맥락과 연결되지 않은 경우 그 역효과가 날 수 있다. 즉, 인지적 요구 수준이 낮은 과제를 제시할 경우 교사는 테크놀로지를 이용하지 않고서도 학습할 수 있는 경험만 쌓을 뿐이므로, 테크놀로지 교육에 적합하지 않다. 그러므로 TCK′의 함양을 목표로 하는 이해하기 과제는 Schultz(2009)의 관점에서 인지적 요구 수준이 높은 과제들로 구성된다.

1.2.3. TCK′ 적용하기

Bloom은 처음 분류학을 소개할 때 적용의 유목에는 별다른 하위유목을 달지 않았다. 허경조(1993)는 적용 유목에 대해 이해 유목과 비교하면서 다음과 같이 설명하고 있다.

> 이해하기 위해서는 적용이 되어야 하고, 적용이 되기 위해서는 그 이전에 이해가 있어야 한다. 즉, 이해 과정은 바로 적용과정이라 할 수 있다. (중략) 특정 내용을 모르는 상태에서 그것을 알려고 하는 행동은 이해가 된다. 일단 그 내용을 이해했다고 보면 그 내용은 다음의 내용을 이해하는 데에 적용되는 것이다(p.103).

이로 미루어 보아, TCK′의 함양을 목표로 하며 적용하는 과제에서는 교사가 기존에 이해한 테크놀로지에 대한 지식과 수학에 대한 지식을 이용하여 테크놀로지와 수학을 서로 연결하여 새롭게 표현하는 활동을 하게 된다. 테크놀로지와 수학을 서로 연결하는 활동은 크게 두 가지로 생각할 수 있다. 첫째, 어떤 수학적 정리를 테크놀로지를 이용해서 확인할 수 있는 대상을 구성[6]하는 경우이다. 이 유형의 과제는 교과서에 있는 정리나 이론을 시각적으로 보여주기 위해 대상을 구성하는 과제로써, 특히 기하 영역의 모든 정리는 DGS를 이용하면 이 유형의 과제로 변형할 수 있다. 둘째, 특정 문항을 해결하거나 확인하는 대상을 구성하는 과제로써, 일반적이지 않은 수학적 내용을 다룬다. 기하나 함수 영역에서 다루는 문항 중 대부분이 DGS로 표현 가능하기 때문에 이 유형도 많은 수의 과제를 포함할 수 있다. 하지만 교사가 가진 지식에 따라 테크놀로지로 표현 가능한 문항의 폭은 크게 달라진다.

첫 번째 유형인 이론을 표현하는 과제의 대표적인 예는 삼각형의 무게중심을 작도하라는 과제로써, 이는 많은 교재에서 다루고 있는 DGS 교육에서의 대표적인 과제이다(서울특별시 교육연수원, 2013, p.559; 김향숙 외, 2006, p.52; 공주대학교 과학교육연구소, 2005, p.79; 최경식, 2012, p.78; 최경식, 2013, p.19; Hollebrands, & Lee, 2012, p.33; Hohenwarter, & Hohenwarter, 2013, p.100) 이와 비슷한 과제로 피타고라스의 정리를

---

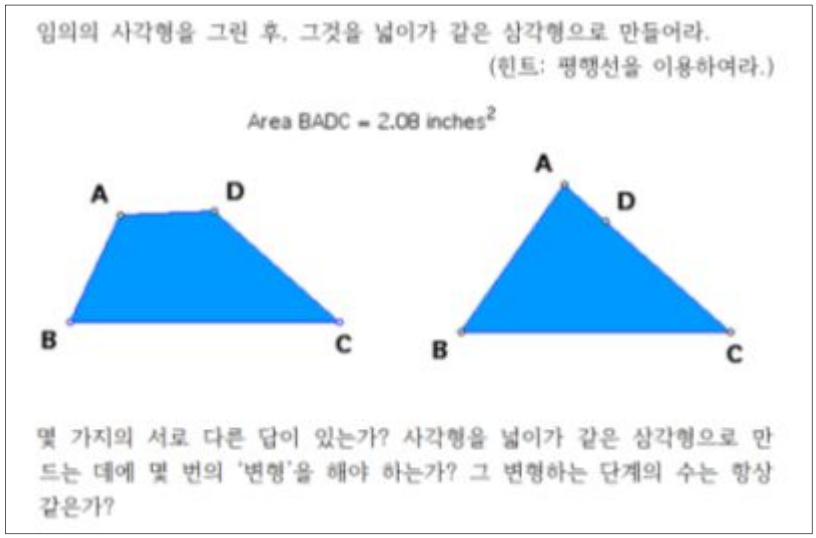
6) 동적 기하 소프트웨어를 이용하면 대상을 만든 후 드래그를 통해 해당 대상을 움직이게 할 수 있다. 대상을 그리는(draw) 것과 구성하는(construct) 것은 드래그 했을 때 대상이 가져야 하는 성질을 유지하느냐 그렇지 않느냐에 따라서 다르다.
예를 들어, ‘다각형’ 도구를 이용하여 임의의 삼각형 ABC를 만든 후, 한 각의 크기가 90도가 되도록 드래그 함으로써 직각삼각형 ABC를 만들 수 있다. 한편, 선분 DE를 그리고, 양 끝점 중 하나를 선택해 선분 DE에 수선을 그은 후, 수선 위에 한 점 F을 잡아 삼각형 DEF를 그린다면, 이 삼각형 DEF는 세 점을 어떻게 움직여도 직각삼각형이 될 것이다. 이때 겉으로 보기에 두 삼각형은 모두 직각삼각형이지만, 직각삼각형 ABC는 “그림”에 해당하는 것으로, 점 A, B, C 중 하나만 드래그해서 움직여도 이것은 더 이상 직각삼각형이 아니다. 반면 삼각형 DEF는 어떤 꼭짓점을 움직이더라도 직각삼각형이라는 성질은 변하지 않는다.

증명하도록 하거나 원의 바깥 한 점에서 그은 두 선분의 길이 비를 찾도록 하는 등의 과제가 있었다.

이 무게중심 과제에서는 별 다른 설명 없이 삼각형의 무게중심을 작도하라고 제시되었기 때문에, 이를 해결하기 위해서는 수학적 지식인 무게중심 작도 방법을 먼저 알고 있어야 한다. 또, 무게중심을 그리기 위해 선분의 중점을 작도하는 방법도 함께 알아야 한다. 이는 곧 TK′에 속하는 지식이다. 이와 같이 이 과제는 TK′와 CK′를 함께 사용해야 해결할 수 있는 과제로써, 이는 TCK′의 함양을 목표로 하는 적용하기 과제라 할 수 있다.

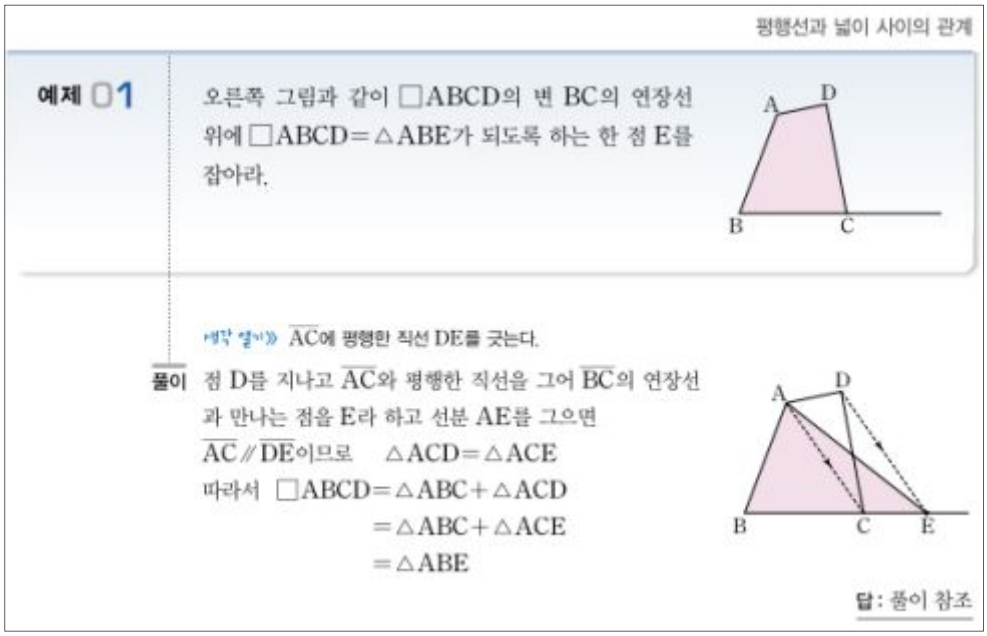
또, 이 과제의 경우, 테크놀로지를 사용하지 않더라도 개념을 이해하는 데에 불편함이 없고, 해당 과제의 맥락을 테크놀로지로 표현하는 연결성이 떨어지기 때문에, 인지적 요구가 낮은 수준의 과제로 판단할 수 있다. 하지만 이러한 인지적 요구 수준에 대한 판단은 이 유형의 과제에 모두 적용되는 분류는 아니며, 과제 제시 방법이나 난이도에 따라 달라질 수 있을 것이다.

두 번째 유형인 특정 문항을 표현하는 과제의 사례로 [그림 Ⅳ-5]와 같은 과제를 고려할 수 있다.



[그림 Ⅳ-5] TCK′ 적용하기 과제(Wilsin et al., 2005)

이 과제는 2009개정 교육과정 중 중학교 2학년 교과서의 사각형의 성질 단원에서 소개되고 있는 문항을 이용한 것으로, 평행선의 성질을 이용하면 삼각형의 넓이가 변하지 않는다는 성질을 활용한 문항이다. 우리나라의 교과서에서는 [그림 Ⅳ-6]과 같은 형식으로 문제와 풀이가 제시된다(김원경 외, 2010, p.216).



[그림 Ⅳ-6] 우리나라 교과서에 있는 [그림 Ⅳ-5]와 같은 유형의 과제(김원경 외, 2010, p.216)

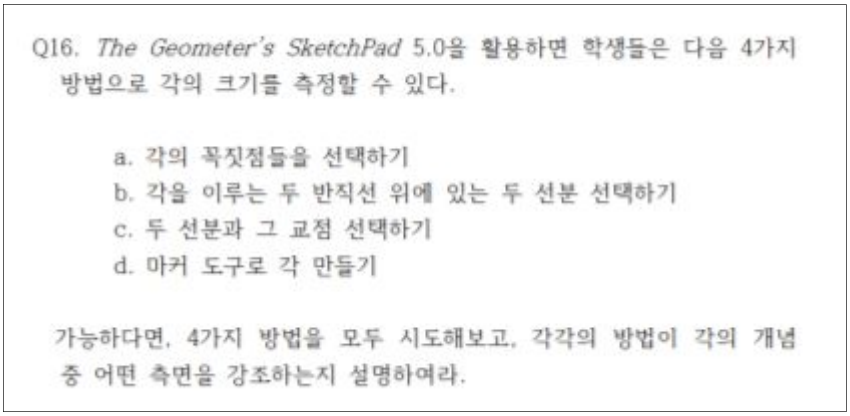
이 과제의 경우 테크놀로지의 사용의 필요성을 분명하게 언급하지는 않았고, 종이와 펜을 이용해서도 충분히 우리나라 교과서와 같이 해결할 수 있다. 하지만 테크놀로지를 사용할 경우, 넓이를 보존하며 점 A를 이동하기 위해서는 대각선 BD와 평행한 방향으로 점 A가 움직여야 한다는 것을 먼저 깨닫는 과정이 들어가게 된다. 이는 보통 종이와 펜을 이용한 풀이에서 일단 평행선을 먼저 긋고 시작하는 것과 그 사고의 흐름이 다르며, 이 과제를 통해 수학교사는 테크놀로지를 사용해야 하는 이유를

알 수 있고, 테크놀로지에서 사용된 과정과 문제 해결에 기본이 되는 아이디어가 잘 연결되어 있음을 파악할 수 있다. 그러므로 이 과제는 TCK′의 함양을 목표로 하는 과제 중 적용하기 과제에 속하며, 그 인지적 요구 수준이 높다고 말할 수 있다.

1.2.4. TCK′ 분석, 평가하기

Bloom(1983)은 분석을 "자료의 구성요소들로 나누고, 그들 간의 관계와 그것들이 조직된 방식을 찾는 것"으로, 평가를 "어떤 목적을 위해 아이디어, 작품, 해결책, 방법, 자료 등의 가치를 판단하는 것"이라고 정의하였다. 이에 대해 Hauenstein(2004)은 평가란 판단을 내리기 위해 정보와 데이터 혹은 상황을 분석하는 것이므로, 분석을 평가의 하위 요목으로 삼고, 이는 대개 적용에 기반을 둔 판단이기 때문에 적용 단계 다음에 와야 한다고 주장했다. Ball과 Cohen(1999)이 주장했던 대로, 교사는 자신이 가르칠 내용 지식을 학습자로서 배우던 것과는 다르게 이해해야 할 필요가 있기 때문에, 테크놀로지의 활용이 야기하는 학습에서의 변화에 대한 분석 및 평가가 함께 이루어져야 한다.

이 연구에서는 테크놀로지를 활용함으로 인해 수학 내용 자체가 변화하는 것을 살펴보는 것은 Krathwohl(2002)의 '분석하기'와 '평가하기'로 함께 분류하였다. 그러므로 이 활동에서는 테크놀로지로 표현된 수학적 대상이 테크놀로지와 수학의 측면에서 어떤 특징을 갖고 있으며 서로 영향을 끼친 부분이 무엇인지에 대해 생각하게 한다. 즉, 이미 구성된 대상을 보며 테크놀로지와 수학 사이의 관계에 대해 분석하게 하는 과제가 이 요목으로 분류될 수 있다. 그러한 유형의 과제는 [그림 Ⅳ-7]에서 확인 가능하다.


Q16. *The Geometer's SketchPad* 5.0을 활용하면 학생들은 다음 4가지 방법으로 각의 크기를 측정할 수 있다.

a. 각의 꼭짓점들을 선택하기
b. 각을 이루는 두 반직선 위에 있는 두 선분 선택하기
c. 두 선분과 그 교점 선택하기
d. 마커 도구로 각 만들기

가능하다면, 4가지 방법을 모두 시도해보고, 각각의 방법이 각의 개념 중 어떤 측면을 강조하는지 설명하여라.

[그림 IV-7] TCK′ 분석, 평가하기 과제
(Hollebrands, & Lee, 2012, p.12)

이 과제는 각을 그리는 다양한 방법들을 소개한 뒤 각 방법들에서 강조하는 각의 개념이 무엇인지 찾으라는 과제로, 테크놀로지로 대상을 구성하면서 그 구성 방법에 담긴 수학적 의미를 분석하게 하고 있다. 이 과제에서는 GSP에 한정하여 각을 그리는 네 가지 방법을 설명하였는데, ‘a 방법’으로 각을 그리면 각을 이루는 세 점을 클릭할 때 반드시 각의 꼭짓점을 두 번째로 선택해야 한다는 점을 강조하게 된다. ‘b 방법’에서는 각이라는 도형이 시점이 같은 두 반직선이 이루는 도형이라는 사실에 초점을 둘 수 있다. ‘c 방법’으로는 두 선분의 교점으로부터 각이 이루어진다는 사실을 강조할 수 있고, ‘d 방법’으로는 유일하게 180도보다 큰 각을 표시할 수 있어서 다양한 크기의 각을 표현할 수 있다.

그런데 이 과제의 경우 신데렐라에서는 각의 크기를 측정하기 위해서는 항상 두 직선을 선택해야 하고, 두 직선을 선택하는 순서에 따라 측정하게 되는 각의 위치가 달라진다. GeoGebra에서는 세 점이나 두 직선을 선택하는 순서에 따라 180도보다 큰 각으로 표현되기도 하므로, 다루는 DGS에 따라 과제가 가질 수 있는 의미도 달라진다. 또, Cabri II[7]에서

7) 1986년 프랑스의 회사 Cabrilog에서 만든 DGS로, http://www.cabri.com에서 시험판 다운로드가 가능하다. 현재 Cabri II Plus와 함께 Cabri 3D도 출시되었

는 각의 크기를 측정하는 방법이 세 점을 선택하는 경우뿐이며, 각의 꼭짓점 이외에 다른 점을 선택하는 순서에는 전혀 영향을 받지 않는다. 즉, 이 유형의 과제는 그 과제가 어떤 DGS를 사용하고 있느냐에 따라 과제가 갖는 가능성이 크게 달라질 수 있다.

이 유형의 과제는 앞의 세 가지 TCK′ 함양을 목적으로 하는 과제들과는 그 성격이 매우 다르다. 앞의 세 유형의 과제인 기억하기, 이해하기, 적용하기 과제는 모두 그 궁극적인 목적이 테크놀로지를 이용한 수학적 내용에 대한 표현과 이해에 있었지만, 분석, 평가하기 과제는 수학적 내용의 표현과 함께 테크놀로지 자체에 대한 이해도 그 목적으로 삼았기 때문이다.

또, Schultz(2009)의 테크놀로지 과제에 대한 인지적 요구 수준 분석 기준으로 볼 때 테크놀로지의 사용을 분명히 요구하지만, 그 사용 목적에 대한 명시적인 설명이 있으며, 과제의 맥락과 테크놀로지 표상이 서로 긴밀한 관계에 있기 때문에 높은 수준의 과제로 분류할 수 있다.

1.2.5. TCK′ 메타적으로 보기

Doering 등(2009)은 TPACK이 테크놀로지 지식과 기술이 교수학습에 대한 다른 지식 영역과 더불어 어떻게 작동하는지를 시각화하게 해줌으로써 교사가 기하공간적 테크놀로지를 자신의 수업에 통합하는 것을 강화하는 메타인지적 도구가 됨을 입증했다. TPACK에 대해서 명시적으로 생각하는 과정은 교사를 자신의 지식의 힘과 영역의 성장에 대해 메타적으로 인식하는 것을 확인했던 것이다. 그들은 이러한 TPACK에 대한 메타인지적 인식은 교사들이 스스로 학습 목표를 세우고, 테크놀로지 통합에 대한 의미 있는 결정을 내릴 수 있게 해준다고 설명한다.

메타인지 수준과 인지 수준에서 반성이 실시될 수 있다고 주장한 Ho(1997)는 학습자가 메타인지 수준에서 어떤 인지 전략이나 활동 전략이 더 효과적인지 반성해볼 수 있고, 인지 수준에서 어떤 개념들을 비교

으며, 현존하는 DGS 중 두 번째로 오래된 프로그램이다.

하거나 구분하거나 범주화할 수 있다고 설명한다. 교사가 테크놀로지를 통합한 수업에 대한 반성적 사고는 교사의 TPACK 발전과 관련이 있다는 것은 이민희(2010)의 연구에서도 마찬가지로 나타난다. 그는 자신의 수업에 대한 반성을 통해 교사의 TPACK이 높은 수준으로 발달한다는 것을 사례연구를 통해 확인한 바 있다.

Ho(1997)의 메타인지가 어떤 인지전략이나 활동전략에 대한 반성을 하게 한다는 설명에서 인지전략을 TCK′과 연결시킬 수 있다. 교사가 자신의 테크놀로지 관련 지식을 반성하면 자신이 테크놀로지를 활용함으로 인해 수학을 연습하고, 이해하는 방법이 어떻게 변화되는지를 확인하는 것과 관련된 지식이 TCK′라는 Cox(2008)와 Schmidt 등(2009)의 언급과 연결시킬 수 있다. 즉, 메타적으로 자신의 지식을 인지하는 것이 TCK′의 함양에 도움이 된다는 것이다.

자신의 TCK′를 메타적으로 보게 하는 과제는 어떤 대상을 구성한 후, 그 구성 과정에 대한 반성을 하고 개선점에 대해 고민하는 활동을 하는 과제를 생각해볼 수 있다. 이러한 활동은 현재 사용되는 교사교육 과정에서 과제로 제시되어있는 경우를 발견할 수 없었다. 그러므로 이 유형으로 분류되는 과제를 제작할 필요가 있다.

1.3. TPACK의 함양을 목표로 하는 과제

TPACK은 내용을 가르치기 위해 테크놀로지를 사용하는 것과 관련된 교사의 지식을 의미한다. 처음 TPCK라는 용어를 제안했던 Mishra와 Koehler(2006)는 이것이 내용, 교수학, 테크놀로지를 뛰어 넘어 나타나는 지식의 형태로, 좋은 교수를 위해서는 테크놀로지와 내용, 교수학 사이의 복잡한 관계에 대해 미묘한 이해를 맥락적으로 발달시켜야 한다고 설명했다. 즉, 교수에서 생산적인 테크놀로지의 통합은 이 세 가지 쟁점을 분리시키지 않고, 그 역동적인 교환적 관계를 고려해야 한다는 것이다.

이렇게 TPACK에 대해서는 내용을 가르치기 위해 테크놀로지를 사용하는 교수학적 지식으로 설명하는 연구들이 가장 많다(Cox, 2008; Cox & Graham, 2009; Koehler & Mishra, 2008; Grandgenett, 2008). 이것은 다시 생각하면, TK와 CK를 교수에 '적용하는' 과정에 해당한다고 볼 수 있다.

AMTE(2009)에서는 교사들이 테크놀로지를 효과적으로 사용하는 것이 내용과 교수에 직결된다는 것을 인식하게 하는 것도 TPACK을 함양하는 데에 도움이 된다고 설명한다. 이는 Grandgenett(2008)와 Niess(2008)에서도 같은 맥락으로 주장하고 있는 내용이다. 이와 같은 활동은 교사가 테크놀로지와 내용, 교수가 연결되는 것을 발견하고, 점검하는 과정에 해당하므로, '분석, 평가하기'로 생각할 수 있다.

한편, Koehler와 Mishra(2005)는 TPACK이 학교의 학습 환경, 문화, 교사 개인, 학생의 특성에 따르는 상황적인 지식이므로 설계를 통한 학습을 통해 TPACK을 발달시키는 것이 유용하다고 주장한다. 이와 같은 관점은 Doering 등(2009)이 처음 만들어졌던 TPACK의 도식 바탕에 맥락을 추가해야 하는 필요성을 언급했던 것과, 국내에서 임해미(2009)가 예비교사들에게 직접 수업을 구성해보게 하는 과제를 제시하는 것의 효과를 입증했던 것 등에서도 발견할 수 있다. 이렇게 교사에게 요소들을 결합해서 일관성 있고, 기능적인 전체를 형성하게 하는 것은 Anderson 외(2005)의 '창안하기'와 연결될 수 있다.

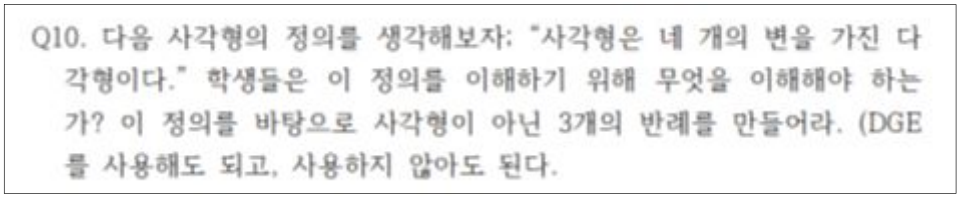
마지막으로, 위의 TCK′의 함양을 목표로 하는 과제에서 설명했듯이, TPACK의 발달에는 교사의 메타인지적 활동이 중요한 역할을 한다. 앞의 단계에서 교사가 테크놀로지와 수학, 교수학을 연결하는 수업에 대한 창안을 했다면, 그 시행과 함께 그 교수에 대한 메타인지적 인식이 뒤따라야 TPACK의 꾸준하게 발달할 수 있다는 것이다.

이상의 판단으로 볼 때, TPACK의 함양을 목적으로 하는 활동들은 적용하기, 분석, 평가하기, 창안하기, 메타적으로 보기의 과정으로 분류될 수 있다.

1.3.1. TPACK 적용하기

적용하는 활동은 앞서 설명했듯이, 어떤 대상에 대한 이해 이후에 그것을 활용하는 활동이다. TPACK의 단어 그대로의 의미가 테크놀로지 지식과 교수학적 지식, 내용 지식의 통합적 활용임을 생각했을 때, 교사가 기존에 가지고 있던 세 종류의 지식을 적용하는 활동이 TPACK에서 가장 먼저 나타나는 것은 일견 당연한 일일 것이다. 실제로 Anderson(2005)에서도 적용하기는 연습이나 문제 해결을 하기 위해 여러 가지 절차들을 활용하는 것으로, 절차적 지식과 밀접한 관련이 있다고 설명하고 있고, 이는 절차적 지식을 TPACK과 연결했던 이 연구와도 일치하는 부분이 있다.

TPACK의 함양을 목적으로 하며 적용하기의 인지적 과정을 거쳐야 하는 과제의 사례는 [그림 IV-8]과 같은 유형을 생각할 수 있다. 이 과제에서는 수학을 학습하는 상황을 제시하고, 학생의 이해를 더 효과적이게 만드는 방법의 하나로 테크놀로지의 사용을 권장한다.

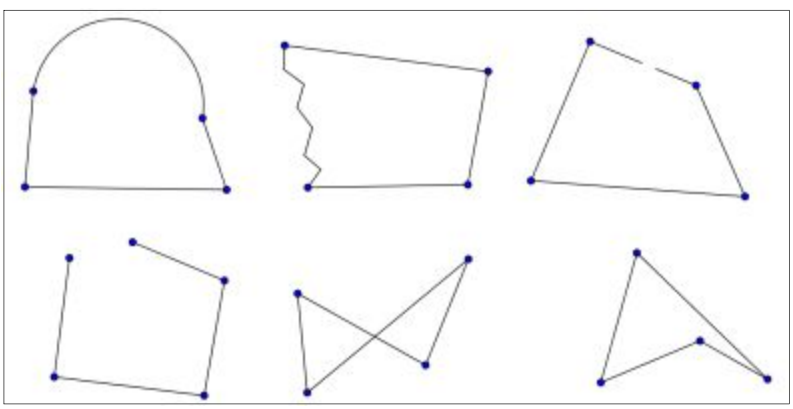

Q10. 다음 사각형의 정의를 생각해보자: "사각형은 네 개의 변을 가진 다각형이다." 학생들은 이 정의를 이해하기 위해 무엇을 이해해야 하는가? 이 정의를 바탕으로 사각형이 아닌 3개의 반례를 만들어라. (DGE를 사용해도 되고, 사용하지 않아도 된다.

[그림 IV-8] TPACK 적용하기 과제(Hollebrands, & Lee, 2012, p.46)

이 과제는 반례를 이용하여 사각형의 의미를 정확하게 가르칠 때 테크놀로지를 사용할 수 있는 상황을 나타내고 있다. 과제에서는 동적 기하 환경(Dynamic Geometry Environment, DGE)를 사용하지 않아도 된다고 언급하고 있으나, 이것은 이 내용을 가르치는 데에 있어 DGE의 활용 여부에 대한 교사의 판단을 요구하는 것으로, 이 또한 TPACK의 일종이라고 생각할 수 있다.

이 과제를 통해 사각형의 정의를 받아들이기 위해서 학생들은 ‘변’과 ‘다각형’의 정의를 먼저 파악하고 있어야 한다. 휘어진 선이나 곡선, 살짝 꺾인 선도 ‘변’이라고 할 수 있는지, 폐곡선이 아니거나 단순 연결이 아닌 경우나 공간에서만 존재하는 도형이더라도 ‘다각형’이라고 할 수 있는지에 대한 선행 지식이 우선 필요하다는 의미이다.

이 과제를 해결하기 위해 교사는 [그림 IV-9]와 같이 칠판에 직접 그림을 그려서 4개의 경계를 가진 도형이지만 사각형이 아닌 예시를 그려줄 수도 있고, DGE에 그것을 표현할 수도 있다.



[그림 IV-9] DGE로 구현한 사각형의 정의에 대한 반례

위의 그림에서 제시된 이 반례들은 모두 손으로 그릴 수 있지만, DGE로 나타내고 난 후 이를 어떻게 보완해야 사각형이 되게 할 수 있을지에 대해 학생들에게 물으면서 동적으로 변형시켜가는 수업을 구성하는 것까지 고려할 수 있다. 이와 같은 과제는 테크놀로지의 사용이 필요한 이유에 대해 교사가 주체적으로 생각해보게 하고, 이로 인해 사각형에 대한 교수에서 교사가 사용하는 전략과 테크놀로지, 수학적 아이디어 사이에 연결성이 있으므로, Schultz(2009)의 관점에서 볼 때 이는 인지적으로 높은 수준을 요구하는 과제이다. 또, Baturo 등(2007)이 제시했던 효과적인 교사교육 과제를 설계하기 위한 3단계 틀에 비추어 볼 때, 즉시 교실에

적용할 수 있을 것이라는 기술적인 측면과 사각형의 정의라는 주제를 가르치는 데에 반례와 테크놀로지의 사용이라는 적합한 교수학습 방법을 소개했다는 영역적인 측면, 그리고 변과 다각형이라는 학생의 선행 지식에 대한 통찰을 통해 교사가 사용하는 교수학에 대한 반성을 이끌어내는 포괄적인 측면이 모두 포함되어 있어 효과적인 교사교육 과제임을 확인할 수 있다. 이와 비슷하게, Ball과 Cohen(1999)이 정리했던 교사의 능력을 개선시키기 위해 교사가 알아야 하는 것 4가지 중 내용과 테크놀로지에 대한 지식 뿐 아니라 학습자의 선행 지식에 대해서도 언급했던 것을 고려해보면, 이 과제는 학습자의 변과 다각형에 대한 기존의 지식을 감안하게 만들었다는 점에서 잘 구성된 과제라고 할 수 있다.

1.3.2. TPACK 분석, 평가하기

TCK′의 분석, 평가하기 과제에서는 이미 구성된 대상을 보며 테크놀로지와 수학 사이의 관계에 대해 분석, 평가하게 하는 과제를 예로 제시하였다. TPACK의 분석, 평가하기 과제에서도 이와 마찬가지의 흐름을 따를 수 있다. 단, TCK′이 테크놀로지로 수학을 표현하는 방법에 대한 지식이었기 때문에 그 표상에 대한 분석, 평가를 하게 하는 것이 TCK′ 분석, 평가하기 과제에서 나타난 활동이었다면, TPACK은 테크놀로지로 수학을 가르치는 방법에 대한 지식이기 때문에 교수에 대한 분석, 평가를 하게 하는 [그림 Ⅳ-10]과 같은 과제를 예시로 생각할 수 있다.

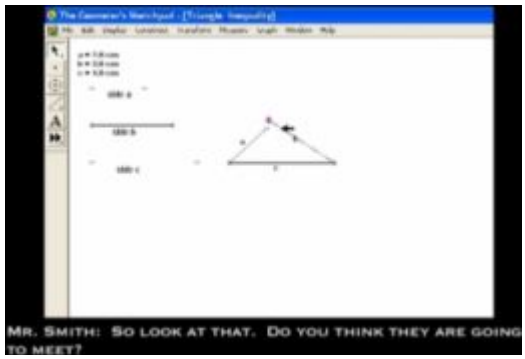
비디오 클립 "TriangleInequality.mov"를 실행시켜 보아라.

전반부 "Beginning of the Lesson: Teacher Gives Directions" (0:00 ~ 2:43)를 보고, 일시정지한 후, 다음 물음에 답하여라.

Q12. 삼각형의 변의 끝점을 드래그하면서 교사는 "이 두 선분이 만날 거라고 생각하니?" 라고 물었을 때 많은 학생들이 "아니요"라고 대답했다. 이것은 놀라운가? 학생들이 이렇게 응답한 이유는 무엇이라고 생각하는가?

[그림 IV-10] TPACK 분석, 평가하기 과제
(Hollebrands, & Lee, 2012, p.28)

이 과제는 교사가 테크놀로지를 이용하여 수학을 가르치는 수업 동영상을 보고, 교사와 학생의 행동에 대해 분석하게 하는 과제이다. 이 과제에서 제공된 동영상은 삼각부등식에 대한 수업의 도입부로, 삼각형의 결정조건을 설명하는 부분이다. 교사는 GSP를 이용하여 세 변의 길이가 2, 3, 4로 주어진 경우에 삼각형이 만들어지는지에 대해 보여주고 있다. 설명을 하던 중 교사는 [그림 IV-11]과 같이 둔 상태로, 변 a와 변 b의 끝점이 서로 만날 것이라고 생각하는지 물었고, 많은 학생들이 'no'라고 대답하였다. 이후 교사는 조작을 통해 두 점이 만날 수 있음을 보여주었고, 두 점이 만나서 삼각형이 될 수 있었는지 다시 묻는 질문에 학생들은 대부분 'yes'라고 대답하였다.



[그림 IV-11] 분석, 평가 대상이 된 수학 교수 영상
(Hollebrands, & Lee, 2012)

이 동영상에서 적지 않은 학생들이 위의 질문에 대해 ‘no’라는 답을 하였다. 이에 대해 교사교육 과제에서는 학생들이 그렇게 대답한 이유에 대해 생각하고 설명할 것을 요구한다. 아마 학생들이 그렇게 대답한 바탕에는 두 변 a, b가 모두 움직인다는 점을 인식하지 못하고 있었기 때문일 것이다. 즉, 이 학생들에게 두 변이 모두 동적인 환경에서 인식되지 않았기 때문에, 변 a가 고정된 상태에 변 b는 아무리 움직여도 두 변의 끝점이 만날 수 없다고 판단한 것이었다. 실제로 이 영상에서 교사는 학생들의 ‘no’라는 대답을 듣고 바로 ‘두 변이 모두 움직이고 있었다’고 설명한다. 그제서야 몇몇 학생들은 ‘아...’라고 반응하고, 두 변의 끝점이 만날 수 있음을 이해하게 된다.

이 과제는 Ball과 Cohen(1999)이 제시했던 교사교육에 있어 교사가 알아야 하는 것 4가지에 비추어 볼 때 의미 있는 과제로 생각할 수 있다. 이 과제를 통해 교사는 학생들에게 삼각형에서 두 변의 길이의 합이 다른 한 변의 길이보다 커야 함을 테크놀로지를 이용하여 가르치는 상황에서 테크놀로지가 학생의 학습을 어떻게 제어하는지, 학생은 테크놀로지로 인해 어떻게 생각하게 되는지에 대한 판단을 요구하는 과제이기 때문이다. 또, Baturo 등(2007)의 효과적인 교사교육과제 설계 틀인 기술적, 영역적, 포괄적 측면을 모두 포함하고 있다고 생각할 수 있다.

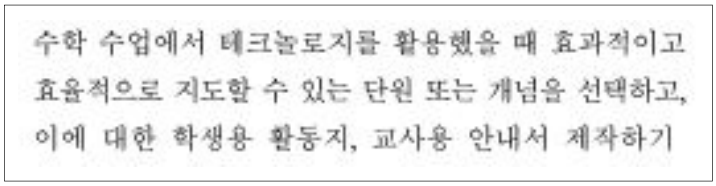
1.3.3. TPACK 창안하기

Anderson 등(2005)은 창안하기가 학습자로 하여금 일부 요소들이나 부분들을 정신적으로 재조직함으로써 이전에는 드러나지 않았던 패턴이나 구조를 가진 새로운 결과를 만들어 내게 하는 것이라고 설명하였다. 허경조(1993)는 Bloom의 분류학을 설명하면서 종합 유목에 있던 창의력을 언급하였는데, 흔히 있을 수 있는 보편적, 관습적인 제작, 표현, 계획, 발견 등을 창의력의 소산이라고 보지 않았다. 또, 그보다 앞서 소개된 유목들과 비교했을 때, 이해, 적용, 분석, 종합, 창의력은 모두 지적 요소들

의 결합이라는 측면에서 동일하지만, 이해보다 종합이, 종합보다 창의력이 학습 내용과의 유사성 정도가 낮아지고 더 많은 지적 요소들을 대상으로 하며 더 독창적인 결합을 하고, 따라서 일반적 지식이나 일반 지능에 의존한다고 설명하였다. 그러므로 다른 유목들에 비해 창의성은 내용의 수준에서 차이가 난다.

이러한 맥락에서 창의성, 즉 창안을 TPACK에서는 어떤 과정으로 나타나는지 분석해보자. Doering 등(2009)은 세 영역의 지식에 대한 벤다이어그램으로 나타났던 기존의 TPACK 도식의 바탕에 맥락을 추가함으로써 TPACK이 상황적 지식임을 강조하였다. Harris와 Hofer(2011) 또한 TPACK의 구성 요소에 테크놀로지 지식, 내용지식, 교수학적 지식 이외에 맥락적 지식도 추가된다고 설명한다. 그들이 의미하는 맥락적 지식이란 물리적 공간, 학생의 지식과 선행 지식, 학생의 수학에 대한 태도, 문화적 다양성, 사회 경제적 위치 등을 모두 고려하는 지식이다. TPACK이 교사의 내용, 일반적 교수학, 학습 맥락에 대한 상호의존적이고 공존하는 이해의 결과로 나타나는 지식이기 때문에 학생의 요구와 선호도에 맞추어 얼마나 적절한 방법으로 테크놀로지를 활용하여 내용-기반의 자료를 가르칠 것인가 하는 데에 초점을 맞추어 연구를 진행하였다. 다시 말해, TPACK에서 가장 중요한 것은 교사가 테크놀로지를 통합하는 수학 수업을 설계하되, 이는 주어진 맥락에 맞추어 구성되어야 한다는 것이다. 이러한 설계 과정에서 교사는 기존에 드러나지 않았던 패턴을 찾아내고, 새로운 결과물을 만들어내게 된다는 점에서 TPACK의 창안하기 과제를 생각해볼 수 있다.

결국 초기 TPACK의 개념을 주창했던 Koehler와 Mishra(2006)의 주장에서 확인할 수 있는 설계를 통한 학습이 창안하기 과제와 연결된다. 이 유형으로 분류될 수 있는 과제는 대부분 [그림 Ⅳ-12]와 같은 형태를 가질 것이다.



[그림 IV-12] TPACK 창안하기 과제(임해미, 2009, p.553)

이 유형의 과제는 TPACK 적용하기에 해당하는 과제와 일견 비슷해 보일 수 있다. 하지만 적용하기 과제에서는 보통 특정 수학적 개념을 가르치는 상황으로 가정하거나, 사용할 테크놀로지를 제시하기 때문에 교사가 그 과제를 해결하는 데 있어 고려할 내용은 내용, 테크놀로지, 교수학 중 한두 가지에 집중된다. 그에 비해, [그림 IV-12]에 제시된 창안하기 과제에서는 내용, 테크놀로지, 교수학 모두를 교사에게 선택하게 함으로써, 그 과정에서 교사는 자신이 수업을 하는 상황이 처한 맥락을 고려할 수 있도록 사고의 폭을 열어두었다.

이 유형의 과제는 Baturo 등(2007)이 제시한 효과적인 교사교육 과제를 설계할 때 고려할 기술적, 영역적, 포괄적인 측면을 모두 갖고 있으며, Ball과 Cohen(1999)이 제시한 교사교육에서의 교사가 알아야 하는 것에서 학습자에 대한 지식의 필요성을 주장하며 아동의 학습에 대해 알기 위해 아동을 다각적으로 파악해야 한다고 설명했던 것과도 통하는 면이 있다.

1.3.4. TPACK 메타적으로 보기

TCK′ 의 메타적으로 보기에서와 마찬가지로, TPACK의 메타적 인지는 교사의 반성적 사고와 깊게 연관된다. 즉 교사는 앞서 창안하기 과제를 통해 자신이 설계한 수업에 대해 반성하면서 자신의 TPACK에 대해 메타적으로 인식할 필요가 있다.

자신의 TPACK을 메타적으로 보게 하는 과제는 테크놀로지를 통합하여 가르치는 수학 수업을 설계한 후, 그 설계 과정과 실행에 대한 반성

을 하고 개선점에 대해 고민하는 활동을 하는 과제를 생각해볼 수 있다. 이러한 활동은 TCK′ 의 메타 과제와 마찬가지로, 현재 사용되는 교사교육과정에서 과제로 제시되어있는 경우를 찾지 못했다. 그러므로 교사 교육과정의 과제를 개발함에 있어 이 유형으로 분류되는 과제도 함께 제작할 필요가 있다.

1.4. 1차 분류 기준 분포

이상의 분석을 다시 정리해보면, TK′ 의 함양을 목표로 하는 과제에는 기억하기, 이해하기 활동이 포함되고, TCK′ 의 함양을 목표로 하는 과제에는 기억하기, 이해하기, 적용하기, 분석, 평가하기, 메타적으로 보기 등의 활동이 포함되었다. 또, TPACK의 함양을 목표로 하는 과제에는 적용하기, 분석, 평가하기, 창안하기, 메타적으로 보기 등의 활동을 생각할 수 있었다. 이를 바탕으로 <표 IV-2>과 같은 테크놀로지 교사교육 과제 분류기준표를 제작하였다.

<표 IV-2> 교사의 테크놀로지 관련 교육목표 분포(1차)

인지적 과정 / 지식	기억하기	이해하기	적용하기	분석, 평가하기	창안하기	메타적으로 보기
TK′	■	■				
TCK′	■	■	■	■		■
TPACK			■	■	■	■

대체로 기억하기 과제는 어떤 대상을 구성하는 과정을 단계별로 제시하고 학습자인 교사는 그 과정을 단순히 따라가면 되는 유형이었고, 이해하기 과제는 테크놀로지로 표현된 대상을 조작함으로써 테크놀로지의 기능이나 수학적 내용과의 연관성을 이해하게 하는 과제였다. 적용하기 과제는 앞서 획득한 테크놀로지 지식과 내용지식, TPACK의 경우에는 교수학적 지식까지를 결합하여 어떤 것을 만들어내는 데에 적용하게 하는

과제였고, 분석, 평가하기 과제는 이미 만들어진 수학적 테크놀로지 표상이나 테크놀로지가 통합된 수학 수업을 보고 분석하여 평가하는 활동을 하는 과제였다. 창안하기 과제는 TPACK에서만 나타나는 것을 볼 수 있는데, 창안하기에서 중심으로 여기는 보편적이지 않은 새로운 결과물을 만들어내는 활동이 TK′ 이나 TCK′ 을 목표로 하는 과제에서는 필수적인 특징은 아니기 때문이다. 마지막 메타적으로 보기 활동은 자신이 구성하거나 설계한 대상을 반성함으로써 그에 대한 수정 및 보완을 할 수 있게 하는 유형이었다.

이 분류기준의 분포를 살펴보면, 주 대각선방향으로 분포할 뿐 아니라, 그 복잡성이 높아짐을 확인할 수 있었다. 또, 왼쪽 위의 셀에 분류되는 과제들은 Schultz(2009)의 인지적 요구 수준에 비추어 볼 때 낮은 수준의 과제들이 포진하고 있었고, 오른쪽 아래로 갈수록 Schultz(2009) 뿐 아니라 Baturo 등(2007)과 Ball과 Cohen(1999)의 교사교육 지침과도 큰 관련성이 생겨나고 있음을 확인할 수 있었다. 세 종류의 지식도 아래로 내려갈수록 더 많은 요소를 포함하는 지식이 되고, 여섯 종류의 인지적 과정 또한 그 복잡성과 난이도가 높아지는 요목들이기 때문에 주대각선 방향으로 더 높은 난이도를 가진 과제가 나타나고, 더 많은 요소를 포함하고 있어 복잡해지는 경향을 갖는다.

2. 전문가 검토를 통한 분류 기준 수정 및 타당화

3장 1절의 연구 절차에서 설명한대로, 위에서 만든 <표 Ⅳ-2>는 전문가 검토를 통해 타당성과 사용 가능성을 점검받았다. 전문가 검토는 총 2회에 걸쳐 이루어졌으며, 이 장에서는 전문가 검토의 내용과 수정 방향에 대해 다룬다. 1, 2차 전문가 검토에 사용한 검토지는 부록 1, 2에서 확인할 수 있다.

2.1. 1차 전문가 검토

1차 전문가 검토지는 크게 세 부분으로 구성되었다. 처음 세 페이지에서는 TPACK과 교육목표 분류학에 대한 설명, 그리고 위에서 제작한 테크놀로지 관련 교사교육 과제 분류표와 그 분포를 소개했다. 다음 네 페이지에서는 각 분류 기준에 대한 예시과제를 제시하였다. 이때 메타적으로 보기 과제는 제시하지 않았다. 마지막 다섯 페이지는 응답지로 구성하였는데, 분류 기준 도출의 타당성과 분류 기준 전반, 분류 기준 서술의 타당성에 대한 질문과 함께 특정 두 과제를 분류하는 문항과 기타 의견을 수합하기 위한 문항으로 구성하였다.

2.1.1. 분류 기준 도출의 타당성

수학 교사의 테크놀로지 교육을 위한 과제 분류 기준의 도출 과정에 대한 타당성을 묻기 위해 <표 Ⅳ-3>에서와 같이 문헌 탐색의 적합성, 용어의 적절성, 조직화의 적절성, 선행문헌 고찰 결과 반영의 적절성에 대해 4점 척도로 질문하였다. 또, 타당하지 않다고 응답한 문항에 대한 이유와 분류 기준에서 수정하거나 개선해야 하는 사항에 대한 의견을 표의 아래에 별도로 서술하도록 하였다. 그 결과 7인의 전문가의 의견은 <표 Ⅳ-4>와 같이 나타났다.

서술형 문항의 응답 내용을 살펴보면, 부정적인 응답을 가장 많이 한 전문가 A1은 우선 문항지의 질문이 명확하지 않다는 문제를 제기하였다. 조직화의 적절성에서 나타난 두 문항은 서로 차이가 나지 않고, 선행문헌 고찰 결과 반영의 적절성에 대한 문항 또한 선행문헌 탐색의 적절성과 같은 맥락의 문항임을 지적했다. 특히 그는 선행연구 탐색에서 과제 분류에 대한 연구인데 교육목표 분류와 인지적 과정에서 시작하고 있어 과제 분류와의 관련성을 설득력 있게 밝혀주어야 한다고 지적했고, 용어의 적절성 부분에서 분석하기와 평가하기를 통합한 것과 메타적 지식을 인지과정으로 옮겨온 것의 설득력이 떨어진다고 설명했다. 또,

<표 Ⅳ-3> 분류 기준의 도출 과정에 대한 타당성 질문(1차)

(4: 매우 그렇다, 3: 그렇다, 2: 그렇지 않다, 1: 전혀 그렇지 않다)

영역	질문
선행 문헌 탐색의 적합성	테크놀로지에 관련한 교사 지식을 정리하기 위해 탐색된 문헌들은 적절한가.
	교육 목표 분류와 관련한 교사 지식을 정리하기 위해 탐색된 문헌들은 적절한가.
용어의 적절성	TK′, TCK′, TPACK의 구분은 수학교사의 테크놀로지 관련 지식을 적절하게 설명하고 있는가.
	기억, 이해, 적용, 분석/평가, 창안, 메타의 구분은 수학교사의 인지적 과정을 적절하게 설명하고 있는가.
조직화의 적절성	수학교사의 테크놀로지 관련 지식을 인지적 과정에 따라 조직화 하는 것은 적절한가.
	수학교사의 테크놀로지와 관련된 각각의 지식은 인지적 과정에 따라 논리적으로 적절하게 조직화 되었는가.
선행문헌 고찰 결과 반영의 적절성	선행문헌이 위의 분류 기준 조직화에 적절하게 반영되었는가.

<표 Ⅳ-4> 분류 기준의 도출 과정에 대한 타당성 검토 결과(1차)

영역	전문가				준전문가			평균	표준편차	CVI	IRA
	A1	B1	C1	C2	D1	D2	D3				
선행 문헌 탐색의 적합성	3	4	3	4	4	4	3	3.60	.53	1	2/7 =.29
	2	4	3	3	4	4	3	3.20	.76	.86	
용어의 적절성	4	3	4	3	4	3	3	3.60	.53	1	
	2	4	3	3	4	3	4	3.20	.76	.86	
조직화의 적절성	3	2	3	4	4	3	4	3.20	.76	.86	
	3	2	3	3	4	3	3	3.00	.58	.86	
선행문헌 고찰 결과 반영의 적절성	2	3	3	4	4	3	3	3.20	.69	.86	
평균	2.71	3.14	3.14	3.43	4.00	3.29	3.29				

Krathwohl(2002)의 지식의 구분을 과제 분류의 기반으로 하는 이유가 부족하여 보강이 필요하다고 분석했다.

전문가 B1은 A1과 비슷하게 메타적으로 보기가 인지적 측면으로 옮겨진 것에 대해서 이 개념이 다소 불명확하거나 혼란스러워 보인다고 지적했다. 그는 각각의 인지적 과정이 목표하는 바가 교사가 습득해야 하는 지식이라면, 그 지식의 분석하고 평가하는 것 자체가 메타인지적인 성격이 강하고 '메타적으로 보기' 라는 표현도 다소 명확하지 않다고 의견을 제시하였다.

이러한 메타인지에 대한 문제 제기는 준전문가 D2의 응답지에서도 나타났다. 그는 TPACK의 분석, 평가와 메타가 어떻게 구분되는지, 완전히 서로 다른 분류 기준으로 존재할 수 있는지에 대해 의문을 제기했다. 지금 분류기준표에 제시된 설명으로는 이 두 기준이 모호하다는 것이었다.

이상의 응답 내용을 살펴봤을 때, 제시된 분류 기준을 도출하기 위해 탐색된 문헌들은 적절하고, 세 종류의 지식을 구분한 것은 수학교사의 테크놀로지 관련 지식을 적절하게 설명하고 있다고 판단할 수 있었다. 반면, 교육목표 분류와 관련하여 탐색된 문헌의 적절성과 인지적 과정에 대한 설명의 적절성, 수학교사의 지식과 인지적 과정의 조직화에 대한 적절성에서는 비교적 낮은 평정으로 보였지만, 대체로 긍정적인 응답임을 확인할 수 있었다. 이 두 가지 응답의 차이는 전문가 검토지에 서술된 내용에 있어 TPACK에 관련된 것은 명시적으로 설명한 반면, 교육목표 분류학에 대한 것은 비교적 불분명하게 소개했던 데에 기인한 것이라고 판단되었다. 그래서 조직화의 적절성의 두 번째 문항인 지식과 인지적 과정의 논리적 조직화와 선행 문헌이 적절하게 반영되었는지에 대한 문항에 대한 응답 점수가 가장 낮게 나타난 것으로 여겨진다. 이에 2차 전문가 검토지에서는 분류학에 대한 설명을 보충하고, 그에 나타난 인지적 과정과 테크놀로지 관련 지식의 연결 근거를 제시하여 그 조직화의 적절성을 확보할 필요가 있다고 판단되었다.

전반적인 평가 결과, 내용 타당도 지수(CVI)는 대부분 0.8 이상을 보여 타당한 내용을 담고 있는 것으로 분석될 수 있으나, 평정자간 일치도

(IRA)가 0.29로 매운 낮은 수치를 보여 평정자마다 그 판단 내용에 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 이는 전문가 A1이 지적한 대로 질문이 명시적이지 않았다는 점이 한 가지 이유가 될 수 있을 것으로 여겨진다. 그래서 문항지의 서술을 보다 구체화시킬 필요가 있다.

2.1.2. 분류 기준 전반

수학 교사의 테크놀로지 교육을 위한 과제 분류 기준에 대한 전반적인 사항을 묻기 위해 <표 IV-5>에서와 같이 타당성, 설명력, 유용성, 보편성, 이해도에 대해 4점 척도로 질문하였다. 또, 부정적으로 응답한 문항에 대한 이유와 분류 기준에서 수정하거나 개선해야 하는 사항에 대한 의견을 표의 아래에 별도로 서술하도록 하였다. 그 결과 7인의 전문가의 의견은 <표 IV-6>과 같이 나타났다.

<표 IV-5> 분류 기준 전반에 대한 질문(1차)

(4: 매우 그렇다, 3: 그렇다, 2: 그렇지 않다, 1: 전혀 그렇지 않다)

영역	질문
타당성	1. 이 과제 분류 기준은 테크놀로지에 대한 수학 교사 교육 과정 개발 시 고려해야 할 기준으로 타당하다.
설명력	2. 이 과제 분류 기준은 테크놀로지에 대한 수학교사 교육 과정 개발 시 고려해야 할 사항을 잘 설명하고 있다.
유용성	3. 이 과제 분류 기준은 테크놀로지에 대한 수학교사 교육 과정 개발 시 유용하게 사용할 수 있을 것이다.
보편성	4. 이 과제 분류 기준은 테크놀로지에 대한 수학교사 교육 과정 개발 시 보편적으로 적용할 수 있을 것이다.
이해도	5. 이 과제 분류 기준은 테크놀로지에 대한 수학교사 교육 과정을 개발하는 데에 이해하기 쉽다.

<표 Ⅳ-6> 분류 기준 전반 대한 검토 결과(1차)

영역	전문가				준전문가			평균	표준편차	CVI	IRA
	A1	B1	C1	C2	D1	D2	D3				
타당성	2	4	3	3	4	4	4	3.33	.79	.86	0/7 =0
설명력	2	4	3	3	4	3	4	3.17	.76	.86	
유용성	3	4	2	4	4	4	4	3.50	.79	.86	
보편성	3	4	2	4	3	4	4	3.33	.79	.86	
이해도	2	3	2	3	3	4	4	2.83	.82	.71	
평균	2.40	3.80	2.40	3.40	3.60	3.80	4.00				

서술형 문항의 응답에서는, 우선 전문가 A1은 분류기준 전반에 대한 질문에서 '수학 교사 교육과정 개발'이라는 표현이 원래 연구의 의도인 과제 분류 기준 제작과 초점이 맞지 않는다는 점을 지적했다. 연구의 목적이 교육과정 개발이 아니기 때문에 이러한 질문은 타당하지 않다는 문제제기였다. 또, 그는 타당성과 설명력에 있어 분류기준표에서 모든 셀이 다 기술되지 않아 기준표의 역할을 할 수 있을지에 대해 의문을 제기했고, 잘 정리되면 유용할 듯 하지만 지금의 상태로는 다소 부족하다고 지적했다. 보편성에 대해서는 이론적, 논리적 근거를 통해 기준표의 모든 셀이 기술될 수 있다면 보편적으로 사용 가능할 것이라는 의견을 제시했다. 그는 전반적으로 분류기준표의 모든 셀에 교사교육 과제를 제시할 수 있을 것이라고 판단하고, 그에 대한 논리적, 이론적 근거를 제시하여 각각의 인지 과정에 적합한 유형에 대한 설명을 모두 정의하는 편이 더 좋을 것이라고 분석했다.

반면, 전문가 C1은 이 틀이 실제로 적용하기에는 복잡하며, 구분이 애매할 수 있다고 주장했다. 그는 이 틀을 전체적으로 단순화시킬 수 있을 것이라고 보고, TK′와 TCK′을 통합하여 지식을 테크놀로지의 사용법

을 익히는 단계와 테크놀로지를 교수학습에 적용하는 단계로 통합하는 편이 실제 적용에서 더 유용할 것이라는 의견을 제시했다.

이상을 분석해보면, 타당성, 설명력, 유용성, 보편성에서는 내용 타당도 지수(CVI)가 0.8 이상이므로, 타당성이 충분하다고 확인할 수 있으나, 이해도에 대해서는 그렇지 않았다. 이해도는 응답 평균도 3.00으로 다른 항목들에 비해 상대적으로 낮은 점수를 받은 항목이었다. 이는 제작된 분류기준을 이해하는 데에 대부분의 전문가가 어려움을 느꼈다는 것을 의미하며, 분류기준 도출 방법 및 서술에 있어 보다 이해하기 쉽게 설명해야 할 필요가 있음을 의미한다.

또, 평정자간 일치도(IRA)가 0이라는 것은 모든 전문가에게 긍정적인 응답을 받은 문항이 없다는 것을 의미하는데, 이것은 전문가 A1과 C1의 응답이 이해도를 제외하고는 정반대로 엇갈리는 것을 통해서도 그 원인을 추측할 수 있다. 서술형 문항에서 전문가 A1은 분류표의 모든 셀을 채울 것을 제안했고, 전문가 C1은 TK′ 과 TCK′ 의 통합을 제안했다. 즉, 전문가 A1은 이 분류 기준이 유용하지만, 타당성과 설명력을 확보하기 위해 보다 많은 기준을 기술해야 한다는 의견이었고, 전문가 C1은 이 분류 기준 자체는 타당하지만, 너무 복잡하기 때문에 유용하지 않다는 상반된 의견이었던 것이다. 두 사람의 의견을 모두 받아들이자면 TK′ 과 TCK′ 의 구분을 없애고, 6단계의 모든 셀을 채우는 방법이 있을 수 있다.

2.1.3. 분류기준 서술의 타당성

수학 교사의 테크놀로지 교육을 위한 과제 분류 기준의 서술에 대한 타당성을 묻기 위해 <표 Ⅳ-7>에서와 같이 각 지식별 분류 기준의 타당성에 대해 4점 척도로 질문하였다. 또, 부정적으로 응답한 문항에 대한 이유에 대한 의견을 표의 아래에 별도로 서술하도록 하였다. 그 결과 전문가의 의견은 <표 Ⅳ-8>과 같이 나타났다.

서술형 문항의 응답을 살펴보면, 전문가 A1과 B1은 공통적으로 전체적인 목적어를 분명히 하고, 일치시킬 필요가 있음을 언급했다. TK′ 에 대

<표 Ⅳ-7> 분류 기준 서술(1차)

(4: 매우 타당하다, 3: 타당하다, 2: 타당하지 않다, 1: 전혀 타당하지 않다)

지식과 인지적 과정		질문
TK′	기억	1. 과제 수행에 수학적 지식이 필요하지 않으며, 테크놀로지의 특정 기능을 기억하는 것을 목표로 하는 과제
	이해	2. 테크놀로지의 기능을 이해하게 하는 과제
TCK′	기억	3. 수학적 내용을 테크놀로지를 이용하여 표현하는 방법을 보고, 그것을 인식, 기억하게 하는 과제
	이해	4. 테크놀로지를 사용하여 수학적 내용을 이해하는 것을 목표로 하는 과제
	적용	5. 테크놀로지를 이용하여 수학적 내용을 직접 표현해 보는 과제
	분석, 평가	6. 테크놀로지로 표현된 수학적 내용을 보고 테크놀로지와 내용 사이의 관계를 살펴보게 하는 과제
	메타	7. 자신의 테크놀로지로 수학적 내용을 표현하는 것에 대한 성찰과 반성을 하게 하는 과제
TPACK	적용	8. 학생의 수학적 내용 이해를 돕기 위해 테크놀로지를 활용하는 방법에 대해 생각하게 하는 과제
	분석, 평가	9. 테크놀로지를 활용한 수학 수업을 보고 테크놀로지와 내용, 교수 사이의 관계를 살펴보게 하는 과제
	창안	10. 자신이 처한 맥락에서 테크놀로지를 활용한 수학 수업을 계획해보게 하는 과제
	메타	11. 자신의 테크놀로지를 활용한 수학 수업에 대한 성찰과 반성을 하게 하는 과제

한 서술에서는 테크놀로지를, TCK′에 대한 서술에서는 테크놀로지를 활용하여 수학을, TPACK에 대한 서술에서는 테크놀로지를 활용하여 수학을 가르치는 것을 명시하는 것이 좋을 것이라는 의견을 제시했다. 또, 이 목적어들을 살펴보면, '자신의' 라는 표현이 들어간 메타가 어색함이 느껴진다는 것을 확인할 수 있다고 지적했다. 그 외에 전문가 A1은 연구

<표 Ⅳ-8> 분류 기준 서술의 타당성에 대한 검토 결과(1차)

영역		전문가				준전문가			평균	표준편차	CVI	IRA
		A1	B1	C1	C2	D1	D2	D3				
TK′	기억	4	4	2	2	4	4	2	3.20	1.07	.57	
	이해	4	4	2	3	4	4	2	3.40	.95	.71	
TCK′	기억	3	4	4	3	4	4	3	3.60	.53	1	
	이해	4	4	4	4	4	4	3	3.83	.38	1	
	적용	2	4	4	4	4	3	4	3.60	.79	.86	
	분석, 평가	3	3	4	4	4	3	4	3.60	.53	1	4/11 =.37
	메타	2	2	3	3	3	3	2	2.60	.53	.57	
TPACK	적용	3	4	4	3	4	4	3	3.60	.53	1	
	분석, 평가	2	3	3	3	4	2	4	3.00	.82	.71	
	창안	3	4	4	2	4	4	2	3.40	.95	.71	
	메타	2	2	3	3	4	2	2	2.80	.79	.43	
평균		2.91	3.45	3.36	3.09	3.91	3.36	2.82	3.33	0.72	0.78	

의 궁극적인 목적에 따라 TPACK과 관련한 서술에 더 신중을 기할 필요가 있음을 언급했다.

전문가 C1은 앞에서와 마찬가지로 TK′ 을 사용하는 경우가 거의 없을 것으로 판단된다고 서술하였고, 이는 전문가 C2도 같은 의견이었다. 수학 프로그램에서 수학적 지식이 필요하지 않은 기능은 거의 없을 것이라는 이유에서였다.

한편, 준전문가 D1은 TCK′ 이 테크놀로지와 교과 내용을 서로 연결하는 방법에 대한 지식으로 생각하고, 이 설문지의 예시 과제를 통해 이는 교사가 테크놀로지를 이용하여 수학 문제를 해결하는 데에 필요한 학습자로서 갖추어야 할 지식이라는 인상을 받았다고 서술하였다. 이에 보통

문제해결에서 ‘메타인지’라고 하는 것이 자신의 문제 해결 과정을 되돌아 분석하고, 평가함으로써 반성하는 측면을 의미하는데 이때 TCK′에서 분석, 평가와 메타를 구분하는 것의 타당성에 대해 의문을 제기했다. 이는 준전문가 D2에서도 비슷하게 나타났는데, TPACK의 분석, 평가에 해당하는 서술인 ‘수학 수업을 보고 테크놀로지와 내용, 교수 사이의 관계를 살펴보는 것’이 결국 ‘수학 수업에 대한 성찰과 반성’으로부터 나타나기 때문에 메타인지와 구분되는 것이 아니라고 지적했다.

한편, 준전문가 D3는 TK′의 기억과 이해의 차이가 모호하다고 인식했고, TPACK의 창안에서 얼마나 많은 과제를 제기할 수 있을 지에 대한 의문을 제기했다. 이 TPACK의 창안에 대해서는 전문가 C2도 서술의 명확성에 대해 지적하면서 TPACK의 적용과 비슷할 가능성이 있음을 언급했다.

이상의 응답을 분석해보면, 평균점수와 내용 타당도 지수(CVI)를 통해 우선 메타에 대한 서술이 타당하지 않다는 의견이 다른 항목에 비해 매우 많았다는 점을 확인할 수 있다. 특히 TPACK의 분석, 평가와 창안의 평균점이 가장 낮다는 점으로부터 이 두 요목 사이의 구분이 명확하지 않았다는 점을 추측할 수 있다. 이로부터 두 요목을 통합하거나, 보다 명확한 서술이 필요하다는 것을 알 수 있다.

명확한 서술의 필요성은 전문가 A1과 B1의 지적으로부터 전체적인 목적어 사용에서도 나타난다. 이 지적을 바탕으로, 전체적인 서술을 명료하게 만들 필요가 있다. 특히, TPACK의 창안에 대해서도 보다 명확한 서술이 필요하다는 것을 확인할 수 있었다.

한편, 전문가 C1과 C2가 지적한 TK′과 TCK′의 구분에 대해서는 더 명백하게 이해할 수 있는 사례 과제가 필요하다고 판단할 수 있었다. 두 사람은 다른 전문가들에 비해 예시과제에 주어진 소프트웨어에 대한 이해도와 사용도가 매우 높기 때문에 그들은 그 과제를 보면서 수학적 지식도 함께 생각할 수 있다고 판단하였던 것이다.

2.1.4. 사용성 평가

1차 전문가 검토에서는 제작된 분류기준을 이용하여 주어진 과제를 분류할 수 있는지에 대해 점검하였다. 이는 실제로 개발된 분류 기준이 유용한지를 확인해보고자 하는 의도였으며, 같은 과제를 보고 여러 사람이 같은 요목으로 분류하는지를 살펴보는 것이 가장 큰 목적이었다. 분류를 하도록 제시된 과제는 [그림 Ⅳ-13]이다. 이 두 과제에 대해 전문가들은 <표 Ⅳ-9>와 같이 분류했다.

<표 Ⅳ-9> 사용성 평가 문항에 대한 전문가 응답(1차)

인지적 과정 / 지식	기억하기	이해하기	적용하기	분석, 평가하기	창안하기	메타적으로 보기
TK′						
TCK′		B1	A1 B1 C1 C2 D1 D2			
TPACK			D3			

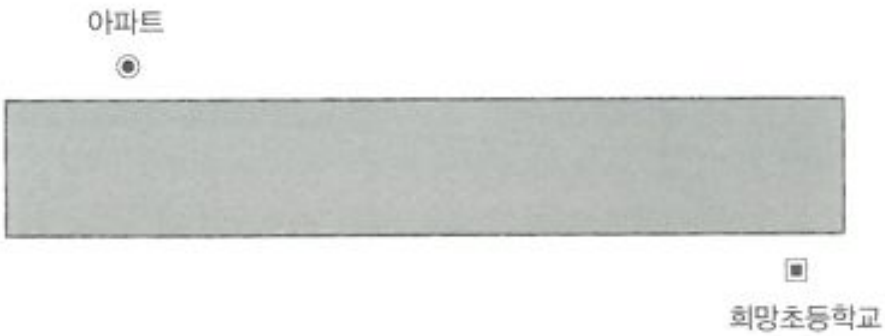
첫 번째 문항

인지적 과정 / 지식	기억하기	이해하기	적용하기	분석, 평가하기	창안하기	메타적으로 보기
TK′						
TCK′		D3	D3			
TPACK		B1	A1 B1 C1	B1 C1 D1 D2		

두 번째 문항

전문가 B1의 경우, Anderson과 Krathwohl(2001)의 교육목표 분류에 대한 사전 지식이 풍부하고, 그에 관련한 연구 실적도 있는 전문가였기 때문에 하나의 과제가 여러 셀에 동시에 분류될 수 있다는 사실을 설명하지 않았음에도 불구하고 알고 있었다. 그래서 그는 여러 셀에 중복하여 문항을 분류했고 이는 다른 전문가들과 다른 결과를 가져왔다.

지민이네 아파트에 사는 아이들은 모두 희망초등학교에 다닌다. 그러나 아파트와 학교 사이에는 강이 있어서 늘 배를 타고 건너야만 했다. 이런 불편을 없애기 위해서 다리를 건설하기로 했다. 가능하면 아이들이 많이 걷지 않게 하기 위해서 아파트와 학교를 최단거리로 갈 수 있도록 다리를 건설하려고 한다. 어디에 다리를 건설하는 것이 좋을지를 GSP를 활용하여 알아보아라.(단 다리는 항상 물의 흐름과 수직방향으로 건설해야 한다).



한 학생이 소프트웨어를 이용하여 일직선상에 있지 않은 세 점 A, B, C를 만들고, 이들을 연결하여 삼각형 ABC를 만들었다. 이후 ∠ABC의 이등분선을 긋고 학생은 다음과 같은 추측을 제기하였다.

모든 삼각형에서 한 각의 이등분선은 대변의 중점을 지난다.

다음 질문에 답하여라.

(1) 이 추측은 참인가?
(2) 이 학생이 소프트웨어를 이용하여 이런 추측을 만들어낸 것에 대해 어떻게 생각하는가?
(3) 이 학생에게 교사로 뭐라고 대답할 것인가?

[그림 Ⅳ-13] 사용성 평가를 위해 제시된 과제(1차)
(권성룡 외, 2009, p.169; Hollebrands, & Lee, 2012, p.30)

한편, 준전문가 D3는 다른 사람들과 확연히 다른 의견을 제시했는데, 고등학교 교사인 그는 사후 인터뷰에서 이렇게 분류한 이유에 대한 물음에 TCK′ 적용에 해당하는 예시과제였던 사각형과 넓이가 같은 삼각형을 작도하는 문제가 중학교 수준의 문제였던 탓에 풀이 방법을 알지 못했고, 그래서 TCK′ 적용하기에 해당하는 내용을 이론을 구성하는 과제로만 생각했다고 답했다. 그래서 사용성 검사에 제시된 최단거리 문제 역시 초등학교에서 실제로 다루는 문제임에도 불구하고 자신에게 생소했기 때문에 이들의 해결 과정에서 특정한 수학적 지식이 필요하다기 보다 교사의 교수학적 지식으로 해결 과정을 구성해야 한다고 판단했다고 설명했다. 반면 두 번째 문제의 경우, 준전문가 D3가 TCK′과 TPACK의 차이에 대해 분명하게 인지하지 못했던 상황으로 인해 나타난 결과였다.

틀에 대한 이해가 다소 부족했던 준전문가 D3를 제외하면, <표 Ⅳ-9>에서 첫 번째 과제의 경우 모든 전문가들이 TCK′ 적용하기 단계로 분류했음을 확인할 수 있다. 두 번째 과제의 경우에는 두 사람이 TPACK 적용하기 과제로, 세 사람이 TPACK 분석, 평가하기 과제로 분류했음을 확인할 수 있다. 인터뷰 결과, 전문가 C2는 (3)번 문항을 보고 교사가 자신의 TPACK을 적용하는 과제라고 판단했으며, 준전문가 D1은 (2)번 문항을 보고 학생이 테크놀로지를 이용하여 수학을 표현하는 것을 '분석'하되, 이를 (3)번에서 교수학적으로 표현해야 하기 때문에 분석, 평가하기 요목의 TPACK을 택했다고 설명했다. 이러한 차이는 작게는 이 과제가 세 개의 작은 문제로 분할되어 있는 경우에 기인했고, 분류 기준의 서술에 있어 지식의 주체가 누구인지에 대한 분명한 설명이 필요하며, 지식의 축과 인지적 과정의 축 중 어느 것을 먼저 고려해야 하는지에 대한 설명도 필요함을 확인할 수 있다.

2.1.5. 종합 의견

마지막으로 종합의견에서는 다섯 가지 질문을 넣었는데, 각 질문은 다음과 같다.

1. TCK′, TPACK에 대한 메타인지적 활동이 가능한 과제로는 어떤 것이 있을 것으로 예상되십니까?
2. 과제 예시 중 그 분류가 적절하지 않은 과제는 무엇입니까?
3. 제시된 분류 기준으로 볼 때, 알고 계시는 과제 중 하나의 셀로 분류되기에 모호한 과제가 있습니까? 그 이유는 무엇입니까?
4. 이 분류 기준이 수학교사 교육자에게 유용하다고 생각하십니까? 그 이유는 무엇입니까?
5. 그밖에 과제의 분류에 대해 수정하거나 개선, 보완해야 할 사항은 무엇입니까?

첫 번째 질문에 대한 대답으로 전문가 C1은 수학 소프트웨어를 이용하여 '작품'을 만들고 그에 대해 다른 사람들과 토론하는 과제와 여러 사람이 서로의 수업을 본 후 분석, 토론하는 과제를 제시했다. 첫 번째 제시한 과제는 TCK′ 에, 두 번째 과제는 TPACK에 해당하는 과제였다. 전문가 C2는 자신이 만든 프로그램이나 수업에 대해 평가하고, 부족한 부분을 더 발전시키기 위한 방안을 생각해보게 하는 과제를 제안했다. 그 방법으로 공개수업의 참관록처럼 메타인지 과정을 거칠 수 있는 설문지를 제작하여 활용해보는 것도 함께 제안했다. 준전문가 D1 역시 TPACK에 대한 활동으로 테크놀로지를 활용한 다른 교사나 자신의 수업을 비판적으로 검토해보고, 수업에서의 TK, TCK를 분석해보는 것을 제시했다.

두 번째 질문에 대한 대답으로 전문가 C1은 꾸준히 주장해온 바와 마찬가지로 TK′ 의 과제가 적합하지 않았다고 대답했다. 제시된 예시과제들은 모두 수학적 지식이 전혀 필요하지 않다고 말할 수는 없다는 이유에서이다. 이는 전문가 C2의 의견과도 꾸준히 비슷했다. 전문가 C2 역시 TK′ 기억에 해당하는 과제가 회전에 대한 수학적 지식을 필요로 하기 때문에 TCK′ 에 해당하거나 테크놀로지의 회전변환 기능을 이해하는 것이므로 TK′ 이해에 해당한다고 응답하였다.

그 밖에, 준전문가 D2는 TCK′ 적용의 두 번째 유형인 특정 문제를 해결하는 과제가 첫 번째 유형인 수학적 지식을 표현하는 과제와 같은 유목에 포함될 수 있을 지에 대한 의문을 제기하였다. 한편, 전문가 B1과 준전문가 D1은 과제 예시 분류가 매우 적절하다고 서술하였다.

세 번째 질문에 대해 준전문가 D2는 앞에서와 마찬가지로 TPACK의 분석, 평가가 메타와 잘 구분되지 않는다는 점을 지적하였다. 전문가 C2 또한 두 번째 질문에서와 연결지어 60° 회전시켜 정삼각형을 그리는 과제가 하나의 셀로 분류되기에는 모호한 점이 있다고 서술하였다.

네 번째 질문에서 대부분의 전문가가 그 유용성에 대해 긍정적으로 응답하였는데, 대부분이 교사에게 제시할 과제의 특징에 따라 교사의 수준에 맞춘 단계별 교육에 유용하게 사용되고, 연수 내용에서 다양한 측면을 안배할 수 있다는 점을 그 이유로 꼽았다.

마지막 문항에서 준전문가 D2는 기하 부분이 아닌 테크놀로지가 활용되는 다른 내용 영역에서 함께 적용해보면 타당도가 확보될 것이라고 응답했고, 전문가 C2는 실제로 수학교사 교육 프로그램을 설계, 실시하여 그 효과를 확인해볼 것을 제안하였다.

이상의 1차 전문가 검토 결과는 <표 Ⅳ-10>과 같이 세 가지로 정리할 수 있다. 첫째, 질문을 연구의 방향과 목적에 맞추어 명시적으로 수정해야 한다. 연구는 수학교사의 테크놀로지 교육을 위한 과제 분류 기준을 제공하는 것인데, 이것이 문항지에서 명확하게 나타나지 않고 있다. 둘째, 분류기준의 서술에 있어 지식의 주체가 누구인지 명시하고, 지식별로 목적어에 일관성을 갖게 할 필요가 있다. 제시한 지식은 모두 교사가 가진 지식인데, 학생의 지식을 교사가 지도할 때를 가정하는 것 같은 모호함이 나타나게 된다. 셋째, 하나의 과제가 하나의 셀로만 분류되지 않을 수 있다는 점을 제시해야 한다. 사용성 평가에서 전문가 B1의 경우에만 여러 셀에 체크했고, 그는 Krathwohl(2002)의 분류표가 가진 위계성에 대한 전문지식을 가진 사람이었다. 실제로 Krathwohl도 하나의 과제가 여러 셀에 해당할 수 있다고 설명하고 있다(p.217). 그러므로 이후 질문

<표 IV-10> 1차 전문가 검토 결과 수정 사항

항목	내용	CVI	수정 방향
종합	질문을 연구의 방향과 목적에 맞추어 명시적으로 수정		재진술
종합	분류기준의 서술에 있어 지식의 주체가 누구인지 명시, 지식별로 목적어에 일관성 필요		재진술
종합	하나의 과제가 하나의 셀로만 분류되지 않을 수 있다는 점을 제시		재진술
이해도	분류 기준의 도출 방법 및 서술에 있어 더 이해하기 쉽게 설명	.71	재진술
타당성	분류학에 대한 설명과 분류학과 지식의 연결 근거 제시로 분류 기준 도출의 타당성 확보	.86	재진술
보편성	분류기준의 수정에 있어, 보편성을 확보 (모든 셀에 대한 설명이 필요)	.86	재조직 재진술
TK′ 기억	TK′ 과 TCK′ 의 구분이 잘 되지 않음	.57	재진술
TK′ 이해		.71	
TCK′ 메타	메타에 대한 서술을 명확하게 하거나, 분석, 평가 요목으로 통합	.57	재조직 재진술
TPACK 분석		.71	
TPACK 평가			
TPACK 메타		.43	
TPACK 창안	해당 항목에 대한 더 구체적인 설명 필요	.71	재진술

들에서 한 과제가 하나의 셀에 분포하는 방향으로 유도한 것은 잘못된 것이다.

분류기준 도출의 타당성에 대해서는 CVI가 모두 0.8 이상으로 나타났으나, 분류기준 전반의 이해도에서는 그렇지 않았기 때문에, 분류 기준의 도출 방법 및 서술에 있어 더 이해하기 쉽게 설명해야 한다. 특히, TPACK에 대한 서술을 좀 더 신중하게 할 필요가 있다. 또, CVI는 0.8이상이었지만, 분류학에 대한 설명과 분류학과 지식의 연결 근거가 부족하여 분류 기준 도출의 타당성이 떨어진다는 의견과 분류기준의 수정에 있

어, 보편성을 확보할 방안으로 모든 셀을 채울 것인지 생각해야 한다는 의견을 고려할 필요가 있다.

분류기준 자체에 대한 검토 의견 중 가장 많은 전문가가 지적한 내용은 메타에 대한 의견으로, 이를 분석, 평가 요목으로 통합해야 한다는 의견을 전문가 B1과 준전문가 D1, D2가 제시했고, 준전문가 D3의 경우, 메타 자체가 잘 이해되지 않는다는 의견을 피력했다. 또, 전문가 C1과 C2는 TK′ 과 TCK′ 가 구분이 잘 되지 않는다는 의견을 제시했고, 준전문가 D3는 TK′ 의 기억하기 과제와 이해하기 과제가 잘 구분되지 않는다고 평가했다. 그리고 TPACK의 창안에 대해서 준전문가 D3는 이에 해당하는 과제가 얼마나 다양할 수 있을 지에 대해 의문을 제기했고, 전문가 C2는 이 항목이 TPACK의 적용하기와 어떻게 구분되는지에 대한 설명을 요구했다.

2.2. 분류 기준 수정

이 검토 의견에 따라 테크놀로지 교사교육 과제의 분류기준표를 <표 IV-11>와 같이 수정하였다. 이 표는 크게 두 가지 측면에서 변화하였다. 첫째, 인지적 과정의 마지막 요목에 해당하는 명칭이 ‘메타적으로 보기’에서 ‘성찰하기’로 바뀌었다. 둘째, 교사교육 과제의 분포에 제한을 두지 않기로 하였다.

<표 IV-11> 테크놀로지 관련 교사교육 과제 분류기준표(2차)

인지적 과정 / 지식	기억하기	이해하기	적용하기	분석, 평가하기	창안하기	성찰하기
TK′						
TCK′						
TPACK						

2.2.1. 인지적 과정 명칭의 변화

첫 번째 변화는 기존에 인지적 과정의 마지막 요목이었던 ‘메타적으로 보기’의 이름이 바뀌었다는 것이다. ‘메타적’이라는 영어 접두사의 사용이 불분명하고, 다른 과정과 일관되지 않으며, 이 과정에서는 단순히 사고나 인지에 대한 반성에 그치지 않고, 행동과 반응에 대한 반성까지 행하게 되므로, 그 의미를 보다 명확하게 전달하기 위해 ‘성찰하기’로 명칭을 수정하였다.

김경연(2007)은 자신의 박사논문에서 메타인지와 반성의 관계에 대해 언급한 학자들을 정리하였다. 그의 연구에 따르면 메타인지는 자신의 인지 활동에 대한 의식적인 반성과 관련된 활동으로, 메타인지의 개념 중에 반성이 포함되기도 하고, 반성 자체가 인지적 수준과 메타인지적 수준에서 일어나기도 한다. 또, 높은 메타인지 기술을 지닌 학습자는 보다 효과적으로 반성적 과정을 전개할 수 있다는 점에서 메타인지와 반성이 서로 깊은 연관이 있다고 설명한다.

반성에 대한 의미는 전문가들의 메타에 대한 해석을 통해서도 나타난다. 전문가 A1은 TCK의 메타적으로 보기 항목을 ‘테크놀로지를 활용해서 수학 내용을 학습하는 데에 반성과 성찰을 하게 하는 과제’라고 수정할 것을 제안하였고, 준전문가 D1은 ‘보통 문제해결에서의 메타인지라고 하는 것은 자신의 문제해결 과정을 되돌아 분석하고 평가함으로써 반성하는 측면을 의미한다’고 지적했다. 전문가 C2는 메타인지적 활동이 가능한 과제로 공개수업의 참관록을 예로 들어 제시하였다. 이와 같은 근거들을 바탕으로, ‘메타적으로 보기’ 항목을 ‘반성하기’로 수정하고자 하였고, 여기에서 반성을 의미하는 영어 단어 “reflection”의 또 다른 번역 단어인 ‘성찰하기’라는 단어를 택했다.

2.2.2. 교사교육 과제의 각 분류에 대한 서술과 그 분포

새로운 분류기준표에서 나타난 두 번째 변화는 그 분포에 있어 제한을 중요하게 두지 않았다는 점이다. 앞의 분류기준표에서는 TK′, TCK′, TPACK에 관한 문헌들에서의 설명을 토대로 분류표의 여러 셀 중 설명이 가능한 부분에 해당하는 과제만 언급하였으나, 분류기준표의 모든 셀에 대한 기술을 한 후, 교사교육 과제가 주로 분포할 수 있는 셀에 대한 언급을 하는 정도로 수정되었다. 그래서 18개의 모든 셀에 대한 기술을 고려하고, 그 중 테크놀로지에 대한 교사교육에서 교육목표로 삼을 수 있는 셀에 대해 예시 과제와 설명을 추가하였다.

첫 번째로, TK′ 행의 모든 인지적 과정에 대한 서술은 다음과 같다.

- 기억하기: 테크놀로지의 기능을 기억한다.
- 이해하기: 테크놀로지의 작동 원리를 이해한다.
- 적용하기: 테크놀로지에 대한 지식을 사용하여 주어진 일을 해결하거나, 테크놀로지의 여러 기능을 연결하여 적절한 상황에 활용한다.
- 분석, 평가하기: 테크놀로지에 대한 지식을 구성 요소에 따라 더 자세히 나누고, 오류나 모순을 검사한다.
- 창안하기: 테크놀로지의 구성 요소들을 새로운 패턴이나 구조로 재조직하고, 구성한다.
- 성찰하기: 테크놀로지로 만들어낸 결과물에 대해 그 제작 과정, 전략, 결과물 자체, 그리고 전체적인 측면에 대해 성찰한다.

이때 TK′의 함양을 목표로 하는 것은 수학적이거나 교육학적인 지식을 배제한다는 것을 의미한다. 이 점을 감안할 때, 6가지 인지적 과정이 모두 수학교사에게 테크놀로지를 활용한 교수를 가르치는 상황에 필요한 것인지는 다시 고려해볼 필요가 있다. 수학교사에게 사실적 지식인 TK′은 테크놀로지의 작동 방법과 그 원리에 대한 기본적인 지식이고, 테크놀로지와 관련된 복잡한 차원의 인지적 과정은 수학이나 교수학과 결합하여 행해질 필요가 있기 때문이다. 그러므로 테크놀로지의 기능과 작동 원리에 대한 학습이 일어나는 기억하기와 이해하기 이외의 인지적 과

정은 지나치게 테크놀로지 자체에 대한 활동이라고 판단할 수 있으므로, 수학교사의 테크놀로지 관련 교육에 있어 큰 비중을 차지할 것으로 보이지 않는다.

두 번째로, TCK′ 행의 각 인지적 과정에 대한 서술은 다음과 같다. 단, TCK′ 에서 C에 해당하는 내용(content)은 수학으로 한정한다.

- 기억하기: 테크놀로지를 이용하여 수학을 표현하는 방법을 기억한다.
- 이해하기: 테크놀로지로 수학을 표현할 수 있음을 이해한다.
- 적용하기: 테크놀로지를 이용하여 수학을 표현한다.
- 분석, 평가하기: 테크놀로지로 표현된 수학적 지식에 대해 그 구성 요소인 테크놀로지와 수학의 측면에서 분석하고, 점검한다.
- 창안하기: 테크놀로지를 이용하여 이전에는 드러나지 않았던 패턴이나 구조를 가진 새로운 수학적 결과물을 만들어낸다.
- 성찰하기: 테크놀로지로 표현한 수학에 대해 그 표현 과정, 사용한 전략, 표현된 수학적 내용, 전체적인 측면에 대해 성찰한다.

TK′ 과 마찬가지로, 수학교사 교육에 있어 필요한 단계는 무엇인지 생각해보면, 5단계인 창안하기는 수학교사보다 수학자에게 더 어울리는 활동이다. 또, 성찰하기 단계는 창안하기 단계의 결과물에 대한 성찰이 이루어지는 단계로 설정했고, 그 규준에 나타난 전체적인 측면에서의 성찰은 테크놀로지와 수학만 고려하는 상황에서는 생각하기 어렵다. 그래서 TCK′ 에 대한 창안하기와 성찰하기의 인지적 과정은 수학교사 교육에 있어 주로 나타나지 않을 것으로 판단된다. 이러한 판단은 Hofer와 Grandgenett(2012)의 TCK 발달에는 한계가 있다는 점을 입증했던 연구 결과와도 일치한다.

마지막으로, TPACK 행의 모든 인지적 과정에 대한 서술은 다음과 같다.

- 기억하기: 테크놀로지를 이용하여 수학을 가르치는 방법을 기억한다.
- 이해하기: 테크놀로지로 수학을 가르치는 것을 이해한다.
- 적용하기: 테크놀로지를 이용하여 수학을 가르친다.

- 분석, 평가하기: 테크놀로지로 수학을 가르치는 것에 대해 테크놀로지와 수학, 교수학의 측면에서 분석하고, 점검한다.
- 창안하기: 테크놀로지를 이용하여 이전에는 고려하지 않았던 패턴이나 구조를 가진 새로운 교수방법이나 수업을 만들어낸다.
- 성찰하기: 테크놀로지를 이용한 수학 수업에 대해 그 설계 과정, 사용한 전략, 수업 내용, 학생과 환경 및 전체적인 측면에 대해 성찰한다.

여기에서 전문가들이 지적했던 적용하기와 분석, 평가하기의 요목과 창안하기, 성찰하기 사이의 구분은 맥락을 고려하였는지의 여부로 구분하였다. TPACK은 실천적인 지식이고, 교사가 처한 맥락에 따라 그 양상이 크게 달라질 수 있다는 Doering 등(2009)의 주장에 따라, TK, CK, PK를 통합하는 단계를 적용하기와 분석, 평가하기로 두고, 그 상태에 추가적으로 맥락을 고려하는 단계를 창안하기, 성찰하기로 둔 것이다.

이상의 분석을 바탕으로, 테크놀로지의 수학교사교육에서 사용될 수 있는 주된 과제의 인지적 과정에 대한 분포를 <표 Ⅳ-12>와 같이 생각할 수 있다.

<표 Ⅳ-12> 테크놀로지 관련 교사교육 목표의 주된 분포(2차)

인지적 과정 / 지식	기억하기	이해하기	적용하기	분석, 평가하기	창안하기	성찰하기
TK′	■	■				
TCK′	■	■	■	■		
TPACK	■	■	■	■	■	■

각각의 셀에 해당하는 분류기준은 <표 Ⅳ-13>과 같이 서술된다. 이와 같은 분류기준 서술은 목적어를 지식을 구성하는 요소로, 서술어를 인지적 과정으로 두는 데에 중심을 두었다. 또, 주어진 예시 과제 이외의 다른 유형의 과제도 분류할 수 있어야 하므로, 그 가능성을 열어두기 위한 목적도 있다.

<표 IV-13> 테크놀로지 교사 교육 과제 분류 기준(2차)

목표 지식	인지적 과정	분류 기준
TK′	기억	테크놀로지의 기능을 기억한다.
	이해	테크놀로지의 기능을 이해한다.
TCK′	기억	수학적 맥락에서 테크놀로지의 기능을 기억한다.
	이해	수학적 맥락에서 테크놀로지의 기능을 이해한다.
	적용	테크놀로지를 이용하여 수학을 표현한다.
	분석, 평가	테크놀로지로 표현된 수학에 대해 분석하고 평가한다.
TPACK	기억	수학 교수의 맥락에서 테크놀로지의 기능을 기억한다.
	이해	수학 교수의 맥락에서 테크놀로지의 기능을 이해한다.
	적용	테크놀로지를 이용하여 수학 교수를 구성한다.
	분석, 평가	테크놀로지를 이용한 수학 교수에 대해 분석하고 평가한다.
	창안	테크놀로지를 통합한 수학 수업을 맥락을 바탕으로 구성한다.
	성찰	테크놀로지가 통합된 수학 수업을 전체적인 관점으로 성찰한다.

2.3. 2차 전문가검토지 제작

위와 같은 전문가 검토 의견과 분류기준표의 변화에 따라 전문가 검토지를 다음과 같이 수정하였다.

첫째, 서술에 있어 명확성과 일관성을 강화하여 이해도를 높이고자 하였다. 교사 지식을 ‘정리’한다거나, ‘테크놀로지에 대한 수학교사 교육과정 개발’ 등의 표현을 연구에서 주로 다룬 용어인 ‘분류’ 혹은 ‘수학교사 교육 과제 분류기준 제작’ 등의 표현으로 수정하였다. 또, 분류 기준의 서술에 있어 TK′와 관련된 항목에서는 테크놀로지를, TCK′과 관련된 항목에서는 테크놀로지와 수학을, TPACK과 관련된 항목에서는 테크놀로지와 수학과 교수학을 명시하여 분류 기준에서 서술을 보다 간결하게 제시하였다. 이는 각 문항에서 묻고자 하는 바를 명확하

게 하고, 연구의 방향과 일치시켜 전문가들로 하여금 각 문항이 의미하는 것을 일관성 있게 이해할 수 있게 할 것으로 기대된다.

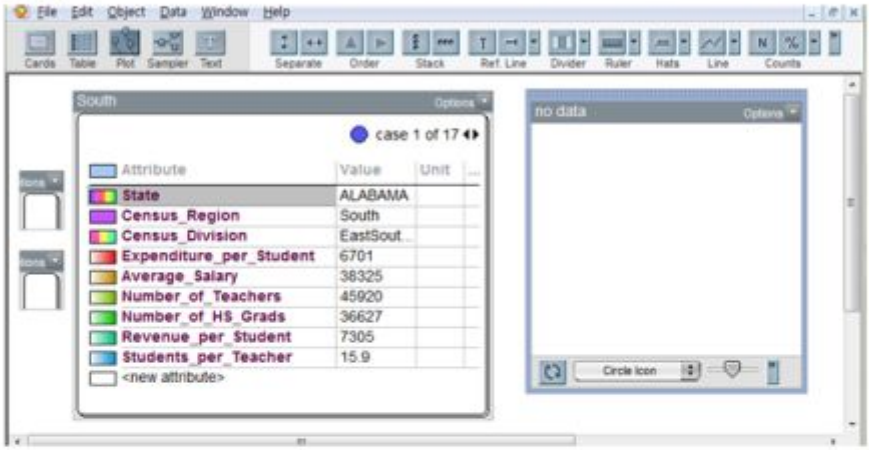
둘째, 분류표 자체에 대한 타당성을 높이고, 사용에 대한 추가 지침을 제시하였다. 테크놀로지에 대한 교사지식과 Krathwohl의 교육목표 분류학을 연결 짓는 당위성에 대한 설명을 추가하고, 분류표에서 각 지식에 해당하는 인지적 과정이 몇 개 셀에 한정되는 대한 근거도 함께 제시하였다. 또, 하나의 과제가 여러 셀에도 포함될 수 있다는 사실도 함께 제시하여 분류표의 사용 방향을 구체적으로 제시하였다.

셋째, TCK′ 의 기억하기 과제는 모두 TK′ 기억하기 과제에 해당한다고 볼 수 있다. 그러므로 TK′ 과 TCK′ 의 구분을 위해 TK′ 의 예시과제에서 사용하는 소프트웨어의 종류를 다른 분야의 교사교육 과제로 만들었다. 이는 우선 전문가들이 지적한 대로 예시문에 소개된 테크놀로지가 수학 학습을 위해 만들어진 소프트웨어라는 점에서 해당 소프트웨어에는 수학을 배제한 TK가 존재하지 않을 것이라는 의견을 받아들여 수학 학습을 주된 목적으로 하지 않는 소프트웨어에 대한 교사교육 과제를 제시했다. 그리고 전문가 C와 D가 제시된 소프트웨어의 활용에 있어 다른 전문가들과 비교했을 때 월등한 교수학습 적용 능력을 가졌기 때문에 TK에 대해 부정적인 시각을 가졌을 수 있다고 판단했다. 그래서 Lee, Hollebrands, Wilson(2010)의 통계 관련 테크놀로지 교사교육 교재로부터 모든 전문가들에게 익숙하지 않은 수학 소프트웨어인 TinkerPlots에 대한 교사교육 과제로 수정했다. 이는 기하 외의 영역에 대한 소프트웨어를 사용해볼 것을 제안한 준전문가 E의 의견을 반영한 것이기도 하다. 새로 제시된 예시과제는 [그림 Ⅳ-14]와 [그림 Ⅳ-15]와 같다.

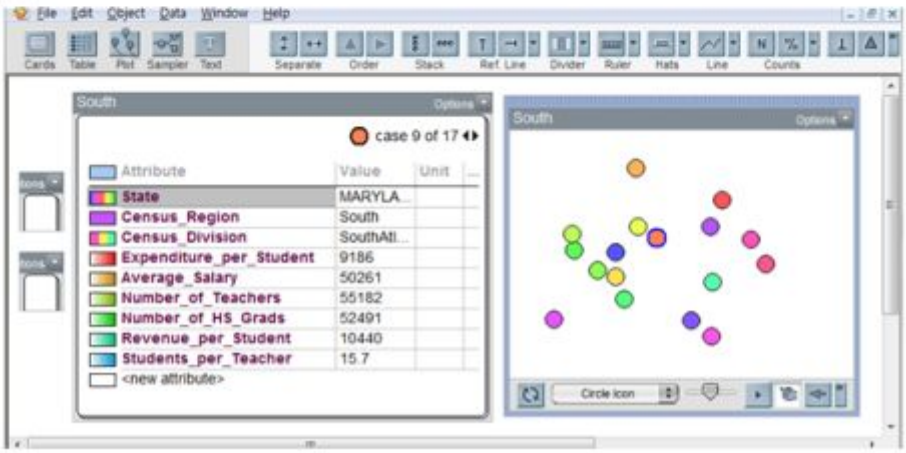
TinkerPlots를 실행시키고, 메뉴의 file-open에서 "School_Data.tp"을 열어라.

1. 각 주의 학교에 대해 수집된 자료가 정리된 자료카드창이 나타날 것이다. 자료카드창의 오른쪽 위 화살표(◀▶)로 17개의 자료카드에 기록된 내용을 확인할 수 있다.

2. 도구상자의 plot 버튼 을 클릭하고, 화면의 빈 곳을 클릭하여라. 아래 그림과 같이 클릭한 곳에 plot창이 나타나고, 메인 도구상자의 오른쪽에 plot 도구의 도구상자가 보일 것이다.



3. 자료카드창의 왼쪽 위에 있는 제목, "South"를 클릭, plot창으로 드래그하여라. 다음과 같이 각 자료가 그래프 창에 임의로 분포하는 점으로 나타날 것이다. 자료카드의 여러 항목(state, Cencus_Region 등)을 클릭하여 plot창의 점들의 색상 변화를 관찰하여라.



(그래프의 점을 임의로 다시 배치하고 싶으면 그래프 창 왼쪽 아래의 재배치버튼 을 누르면 된다.)

[그림 IV-14] 수정된 TK′ 기억하기 과제 (Lee, et al., 2010, p.5)

[문제] state에서 1번부터 17번까지의 자료카드가 각각 어떤 색으로 표현되었는지 확인하여라.

[그림 IV-15] 수정된 TK′ 이해하기 과제 (Lee, et al., 2010, p.5)

마지막으로, TPACK의 각 인지적 단계에 해당하는 과제를 추가, 수정하였다. TPACK에서 기억하기와 이해하기, 성찰하기에 해당하는 과제는 1차 검토에서 제시되지 않았으므로 새롭게 추가하였고, 창안하기에서는 적용하기의 과제와 확실히 구분될 수 있도록 수정하였다.

TPACK 기억하기 과제는 TK′이나 TCK′의 기억하기 과제와 마찬가지로, 교사에게 테크놀로지를 통합한 교수에 대해 단계로 안내하고, 그에 대해 기억하게 한다. [그림 IV-16]에 나타난 예시 과제는 삼각형의 세 내각의 합이 180°가 되는 것을 DGS를 활용하여 가르치는 수업 과정을 단계별로 안내하고 있다.

1. 화면에 DGS를 실행시키고, 삼각형 ABC를 그린 후 세 내각의 크기를 측정하고, 계산 기능을 이용하여 ∠A+∠B의 크기만 더한다.
2. 학생들에게 세 내각의 크기의 합을 계산해보게 한다.
3. 점의 위치를 변화시켜 ∠C의 크기가 달라지게 한 후, 두 각의 크기의 합을 계산한 값이 변함을 확인하고, 학생들에게 새로운 세 내각의 크기를 더해보게 한다.
4. 세 내각의 크기의 합이 변했는지 묻고, 언제 그 합이 변할 것 같은지, 항상 변하지 않을지에 대해 발표할 사람을 찾아 그 이유를 묻는다.
5. 계산 기능을 이용하여 세 내각의 크기의 합이 항상 180°임을 확인한다. 귀납적인 확인이 수학적으로 타당한지에 대해 설명한다.
6. 점 C를 지나고 선분 AB에 평행한 직선을 그려서 엇각을 표시하고, 평행선의 성질을 이용하면 세 각의 크기와 변의 길이에 관계없이 삼각형의 세 내각의 합이 일정함을 연역적으로 설명한다.

[그림 IV-16] TPACK 기억하기 과제

이 과제는 이렇게 수업을 할 수 있다는 정보를 제공하는 수준에서 그치고 있으며, 이 과제를 이용하여 교사에게 직접 수업을 실시해보게 한다면, 이는 적용하기에 해당하는 과제로도 분류될 수 있다.

TPACK 이해하기에는 테크놀로지가 통합된 수학 교수의 효과를 이해하게 하는 과제가 분류될 수 있다. 테크놀로지에 익숙하지 않은 교사에게는 우선 테크놀로지를 이용한 수학 수업이 효과적이라는 설득의 과정이 필요하다(Goos, 2003). 테크놀로지가 통합된 수학 교수의 필요성과 효과를 납득한 교사일수록 TPACK이 높게 발달하기 때문이다(Polly & Orrill, 2012). 그래서 교사에게 테크놀로지가 통합된 수학 교수에 대해 이해하게 하는 것은 그 교수가 가진 가능성에 대해 설명하는 활동이 필요하다. [그림 IV-17]에 나타난 예시과제는 양성현, 강옥기(2011)의 연구에서 실제로 테크놀로지를 활용하여 수업해 본 결과 나타난 학생들의 변화에 대한 설명(p.461)이다. 과제라기보다 단순한 정보 제공에 가깝다고 볼 수도 있을 것이다.

서울의 K 고등학교에서 수준별 수업을 실시하는데, 하 수준인 C반 학생들에게만 동적 기하 소프트웨어를 활용하여 포물선과 관련된 수업을 진행하였다. 수업 전, 후 학생들의 시험 성적을 비교해보니, 다음과 같은 결과를 확인할 수 있었다.

그 룹			*A*	*B*	*C*
그룹 인원			23	24	20
수업 전	전년도 2학기말 그룹별 수학 평균		76.85	53.44	36.62
	*B*그룹에 대한 성취도 비율		143.80	100	68.52
수업 후	1학기 중간고사 '기하와 벡터' 포물선 관련 문제 평균	선택형	20.35	17.34	13.30
		서답형	7.91	5.79	6.10
		합계	28.26	23.13	19.40
	*B*그룹에 대한 성취도 비율	선택형	117.36	100	76.70
		서답형	136.61	100	105.35
		합계	122.18	100	83.87

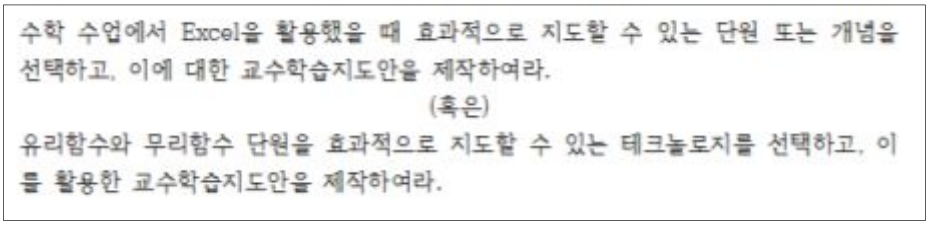
위의 표에서 C반의 수학 평균 점수와 포물선 관련 문제의 서답형 점수가 어떻게 변했는지 판단하여라.

[그림 IV-17] TPACK 이해하기 과제

하지만 이 과제와 함께 C반에서 진행된 수업에 대해 TPACK 기억하기 과제로 소개된다면, 교사들에게는 실질적으로 효과가 있는 좋은 정보를 제공해주는 과제가 될 수 있을 것이다. 단, 예시 사례는 반드시 실제로 실시된 수업을 토대로 해야 하며, 다양한 테크놀로지 수학 교수에 대한 연구를 참고할 수 있다.

이 과제를 통해 C반의 성취도 변화 원인을 판단하게 한다면 이는 TPACK 분석, 평가하기 과제로도 분류될 수 있다. 하지만, 이 표만 제시된 상황에서는 '소프트웨어 사용' 이외의 원인은 단지 상상에 불가할 것이다. K 고등학교의 세 학급 모두에서의 수업 구성과 실천 등에 대한 정보가 모두 포함되었다면, 위와 같은 상황의 C반의 성취도 변화 원인을 묻는 과제는 TPACK 분석, 평가하기 과제로도 분류될 수 있다. 그 정보에 수업에 영향을 주는 여러 변인들에 대한 자세한 묘사가 포함되었다면, 이것은 TPACK 성찰하기 과제로까지 분류될 수 있다.

TPACK 창안하기 과제는 교사가 자신의 맥락에 비추어 새로운 결과물을 만들어내는 활동을 한다. [그림 Ⅳ-18]은 교사에게 테크놀로지와 내용, 교수학 중 하나만 제시하고 나머지를 모두 선택할 수 있도록 열어둔 과제이다. 교사는 교수학습지도안을 제작하는 과정에서 자신의 수업에 활용할 수 있도록 구상할 것이고, 이는 곧 교사의 맥락적 지식까지 반영된 결과물을 요구하는 과제이다.


수학 수업에서 Excel을 활용했을 때 효과적으로 지도할 수 있는 단원 또는 개념을 선택하고, 이에 대한 교수학습지도안을 제작하여라.

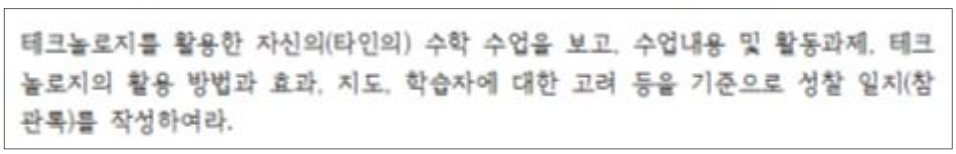
(혹은)

유리함수와 무리함수 단원을 효과적으로 지도할 수 있는 테크놀로지를 선택하고, 이를 활용한 교수학습지도안을 제작하여라.

[그림 Ⅳ-18] 수정된 TPACK 창안하기 과제

TPACK 성찰하기 과제는 테크놀로지가 통합된 수업을 전체적인 관점에서 성찰하게 하는 과제이다. 이광호(2007)는 자신이 구성한 교사교육 프로그램에 있어 동료 교사를 상대로 한 모의수업이 TPACK의 발달에

가장 큰 영향을 준 활동 중 하나였다고 설명한다. 교사는 자신의 수업을 다른 눈으로 관찰하는 경험을 통해 자신의 교수를 성찰하고, 실제 적용 가능성에 대해 긍정적으로 생각하게 되어 자신감을 갖게 되었다. 테크놀로지의 수업 통합에 있어 자신감이 중요한 요인의 하나라는 것은 Thomas와 Hong(2013) 외에도 많은 연구자들이 입증해왔다. [그림 IV-19]는 이 단계에서 나타날 수 있는 대표적인 형태의 과제로, 제시된 성찰일지 작성 기준은 중점적으로 관찰하고자 하는 항목에 따라 수정될 수 있다.


테크놀로지를 활용한 자신의(타인의) 수학 수업을 보고, 수업내용 및 활동과제, 테크놀로지의 활용 방법과 효과, 지도, 학습자에 대한 고려 등을 기준으로 성찰 일지(참관록)를 작성하여라.

[그림 IV-19] TPACK 성찰하기 과제

2차 전문가검토지에서는 이상의 내용을 설명으로 담고, 분류기준 전반, 분류기준 도출, 분류기준 서술에서의 타당성 검토와 함께 예시과제 4개에 대한 사용성 검사를 실시하였다. 자세한 검토지의 내용은 부록 2에서 확인할 수 있다.

2.4. 2차 전문가 검토

2차 전문가 검토도 1차와 마찬가지로 크게 세 부분으로 구성되었다. 처음 여섯 페이지에서는 1차 전문가검토에서 부족하다고 지적받은 교육목표 분류학에 대해 더 상세하게 설명했고, TK′-TCK′-TPACK으로 이어지는 지식의 체계에 대해 제시했다. 다음 여덟 페이지 동안 각 분류기준에 해당하는 과제 사례를 제시하고, 1차 전문가 검토에서와 달리 자세히 그 과제가 그 분류에 해당하는지에 대한 설명을 첨부하였다. 마지막 다섯 페이지는 응답지로 구성하였는데, 분류기준 전반, 분류기준 도출

과정의 타당성, 분류기준 서술의 타당성과 함께 특정 네 개의 과제를 분류하는 문항을 담았다.

2.4.1. 분류기준 전반

수학교사의 테크놀로지 교육을 위한 과제 분류 기준에 대한 전반적인 사항은 <표 Ⅳ-14>에서와 같이 타당성, 설명력, 유용성, 보편성, 이해도 측면에서 4점 척도로 질문하였다.

<표 Ⅳ-14> 분류 기준 전반에 대한 질문(2차)

(4: 매우 그렇다, 3: 그렇다, 2: 그렇지 않다, 1: 전혀 그렇지 않다)

영역	질문
타당성	이 과제 분류기준표는 테크놀로지에 대한 교사교육에서 고려해야 할 기준으로 타당하다.
설명력	이 과제 분류기준표는 테크놀로지에 대한 수학교사 교육에서 고려해야 할 사항을 잘 설명하고 있다.
유용성	이 과제 분류기준표는 테크놀로지에 대한 수학교사 교육에서 유용하게 사용할 수 있을 것이다.
보편성	이 과제 분류기준표는 테크놀로지에 대한 수학교사 교육에서 여러 수학 영역과 테크놀로지의 종류, 교수학적 상황에 대해 보편적으로 적용할 수 있을 것이다.
이해도	이 과제 분류기준표는 교사나 교사교육자가 이해하기 쉽다.

그리고 부정적으로 응답한 문항에 대한 이유에 대해 표의 아래에 별도로 서술하도록 하였다. 그 결과 10인의 전문가의 의견은 <표 Ⅳ-15>와 같이 나타났다.

<표 Ⅳ-15> 분류 기준 전반 대한 검토 결과(2차)

영역	전문가							준전문가			평균	표준편차	CVI	IRA
	A1	A2	B1	B2	C1	C2	C3	D1	D2	D3				
타당성	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	3.80	.42	1	10/10=1
설명력	4	3	4	4	3	3	4	4	3	4	3.60	.52	1	
유용성	3	3	4	4	3	4	4	4	3	3	3.50	.53	1	
보편성	3	3	4	4	4	4	3	4	3	3	3.50	.53	1	
이해도	4	3	3	4	4	3	3	4	3	4	3.50	.53	1	
평균	3.60	3.00	3.80	4.00	3.60	3.60	3.60	4.00	3.00	3.60				

서술형 문항의 응답을 살펴보면, 전문가 B1과 B2는 이 과제 분류기준표가 교사교육 프로그램을 설계하는 교사교육자와 교사 자신에게 수준을 파악하여 맞춤형 교육을 실시하는 데 있어 유용하게 사용될 수 있을 것이라는 언급과 함께, 이 과제 분류기준표가 어디에 사용될 수 있을 지를 함께 설명해줄 필요가 있음을 언급했다. 준전문가 D1은 매뉴얼에 제시된 과제의 예시가 대부분 기하 영역에 해당하는 것이기 때문에 다른 수학 영역에서의 과제 예시도 함께 제시될 필요가 있음을 제안했고, 그는 이것이 다른 영역에서 적용 가능성이 부족할 것이라는 판단으로 하는 제안이 아니라, 더 유용하게 활용될 수 있는 방안을 제안한 것이라고 설명했다.

또, 전문가 C2는 한 셀에 해당하는 하나의 과제를 예로 드는 것은 하나의 과제가 여러 셀에 해당하는 경우가 있을 것으로 판단되기 때문에, 예시 과제를 하나의 프로그램에 대해 분류해서 설명하는 것이 더 도움이 될 것이라고 제안하였다.

이상을 분석해보면, 타당성, 설명력, 유용성, 보편성, 이해도 측면에서 모두 내용 타당도 지수(CVI)가 1이고, 평정자간 일치도(IRA) 또한 1로 나타났다. 1차 결과에서 이해도의 CVI가 낮았고, IRA가 0이었던 점을 감안

하면, 2차로 개발된 과제 분류표에 대해 전문가들의 검토 결과가 더 긍정적이었음을 확인할 수 있다. 특히, 2차 검토에 새로 참여한 전문가들의 이해도가 다른 전문가들과 큰 차이가 나지 않는다는 점에서 1차에 비해 충분히 이해도를 높였다고 생각할 수 있다. 이로써 분류 기준 전반에 대한 타당성, 설명력, 유용성, 보편성, 이해도가 입증되었다고 확인할 수 있다.

2.4.2. 분류기준 도출 과정의 타당성

수학 교사의 테크놀로지 교육을 위한 과제 분류 기준의 도출 과정에 대한 타당성을 묻기 위해 지식의 차원, 인지적 과정의 차원, 분류 기준의 분포, 분류 기준 간 구분에 대해 문항을 제작하였다. 그러나 검토를 진행하던 중 전문가 B1은 '명확하게 구분되는가'에 해당하는 질문들은 분류 기준을 이해하는 데 있어 혼란을 준다는 지적을 하였다. 그는 1차 검토 때에도 하나의 과제가 여러 셀에 포함될 수 있다는 사실을 지적한 바 있었는데, 이 문항이 그 사실과 배치되는 느낌을 준다는 주장이었다. 그래서 전문가들의 검토 의견 중 이 문항에 대한 응답은 분석 대상에서 배제하였다. 이에 분석 대상이 된 문항은 <표 Ⅳ-16>과 같다.

이번에도 마찬가지로, 타당하지 않다고 응답한 문항에 대한 이유와 분류 기준에서 수정하거나 개선해야 하는 상황에 대한 의견을 표의 아래에 별도로 서술하도록 하였다. 그 결과, 10인의 전문가의 의견은 <표 Ⅳ-17>과 같이 나타났다.

서술형 응답의 경우, 전문가 B1과 B2가 과제에서 TK′에서 더 높은 수준의 인지적 과정이 일어날 수 있음을 지적했다. 수학적 맥락이 제거된 상태에서 높은 수준을 요구할 필요는 없겠지만, 일반적인 테크놀로지 관련 지식이 높아져야 수학에의 적용이 더 수월해질 수 있을 것이라는 가능성을 제기하였다.

또, 전문가 B2와 준전문가 D1, D3는 TK′, TCK′, TPACK이 차례로 각각 사실적, 개념적, 절차적 지식에 해당하는 것인지에 대한 의문을 제

<표 IV-16> 분류 기준의 도출 과정에 대한 타당성 질문(2차)

(4: 매우 그렇다, 3: 그렇다, 2: 그렇지 않다, 1: 전혀 그렇지 않다)

영역	질문
지식의 차원	수학교사의 테크놀로지 관련 지식을 TK′, TCK′, TPACK의 세 가지만 택한 것은 타당한가.
	TK′, TCK′, TPACK은 각각 사실적 지식, 개념적 지식, 절차적 지식으로 적절하게 연결되는가.
인지적 과정의 차원	기존의 분류기준표에서 분석하기와 평가하기 과정을 하나로 통합한 것은 타당한가.
	기존의 분류기준표에서 지식의 차원에 있던 메타인지를 인지적 차원으로 옮겨 성찰하기로 다시 이름 붙인 것은 타당한가.
분류기준의 분포	각 지식의 차원에 따라 인지적 과정에 주된 분포가 존재하는 것은 타당한가.
	TK′을 주로 기억, 이해하기에서 고려하는 것은 타당한가.
	TCK′을 주로 기억, 이해, 적용, 분석/평가하기에서 고려하는 것은 타당한가.
	TPACK을 6개의 인지적 과정 전체에 걸쳐 고려하는 것은 타당한가.

<표 IV-17> 분류 기준의 도출 과정에 대한 검토 결과(2차)

영역	전문가							준전문가			평균	표준편차	CVI	IRA
	A1	A2	B1	B2	C1	C2	C3	D1	D2	D3				
지식의 차원	3	4	4	4	4	4	4	3	3	4	3.70	.48	1	8/10 =0.8
	4	3	3	2	3	4	4	3	3	3	3.20	.63	.9	
인지적 과정의 차원	4	3	4	4	3	4	3	4	3	3	3.50	.53	1	
	4	3	4	4	4	4	4	4	3	3	3.70	.48	1	
분류 기준의 분포	3	3	3	4	3	3	4	4	3	4	3.40	.52	1	
	3	3	3	2	3	4	4	4	3	4	3.30	.67	.9	
	3	3	3	4	3	4	3	4	3	3	3.30	.48	1	
	3	3	4	4	4	3	4	4	3	3	3.50	.53	1	
평균	3.38	3.13	3.50	3.50	3.38	3.75	3.75	3.75	3.00	3.38				

기했다. TK′ 에 대해서도 절차적 지식이 있을 수 있으며, TPACK에도 개념적 지식으로 분류되는 점이 있을 수 있다는 지적이었다.

한편, 전문가 A2와 C3는 평가하기와 성찰하기가 잘 구분되지 않는다고 서술했다. 이들은 모두 2차 전문가 검토에서 처음 이 분류기준표를 접한 전문가들이었다. 1차 전문가 검토 결과에 나타났던 평가하기와 성찰하기에 대한 문제제기를 2차 검토지에서 수정, 보완했고, 1, 2차 검토에 모두 참여한 전문가들은 더 이상 그 구분에 대해 언급하지 않은 점을 고려할 때, 평가하기와 성찰하기가 갖는 맥락성과 개인적 특징에 따른 구분 지점이 이 기준표를 처음 본 사람에게는 잘 이해되지 않는 부분일 수 있다고 판단할 수 있었다.

전반적인 평가 결과, 내용 타당도 지수(CVI)는 모두 0.8 이상으로 나타났고, 평정자간 일치도(IRA) 또한 0.8이었으므로, 이 연구에서 사용한 분류기준표의 도출 과정이 충분히 타당했음이 확인되었다고 판단할 수 있다.

2.4.3. 분류기준 서술의 타당성

수학 교사의 테크놀로지 교육을 위한 과제 분류 기준의 서술에 대한 타당성을 묻기 위해 앞서 <표 IV-13> 에서 제시한 각 기준에 대한 서술을 제시하였다. 이번에도 마찬가지로, 부정적으로 응답한 문항에 대한 이유를 표의 아래에 별도로 서술하도록 하였다. 그 응답 결과는 <표 IV-18>과 같이 나타났다.

서술형 응답에서 전문가 A1은 수학을 ‘표현’ 한다는 단어가 적절하지 않다는 점을 지적하며, ‘구성’ 으로 단어를 교체하는 것을 제안했다. 여기서 ‘표현’ 은 영어 단어로 ‘representation’ 을 의미하는 것이었는데, 한글로 해석하고 나니 ‘expression’ 의 개념도 함께 나타나게 되어 그 의미가 불명확해지는 경향이 있었다.

또, 전문가 A1과 준전문가 D1은 TPACK의 적용하기와 분석, 평가하기에서 사용한 ‘수학 교수’ 라는 표현이 아래의 창안하기와 성찰하기에서

<표 IV-18> 분류 기준의 서술에 대한 검토 결과(2차)

영역		전문가							준전문가			평균	표준편차	CVI	IRA
		A1	A2	B1	B2	C1	C2	C3	D1	D2	D3				
TK′	기억	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	3.78	.42	1	
	이해	4	3	3	3	4	4	4	4	3	4	3.56	.52	1	
TCK′	기억	4	3	4	4	4	3	4	4	3	4	3.67	.48	1	
	이해	3	3	4	3	4	3	4	4	2	4	3.33	.70	.9	
	적용	3	3	4	4	4	4	4	4	3	3	3.67	.52	1	
	분석평가	3	3	4	4	4	4	3	4	3	4	3.56	.52	1	9/10 =0.9
TPACK	기억	4	3	3	4	3	3	4	4	3	3	3.44	.52	1	
	이해	4	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3.33	.48	1	
	적용	3	3	4	4	4	4	4	4	3	4	3.67	.48	1	
	분석평가	4	3	4	4	3	4	3	4	3	4	3.56	.52	1	
	창안	3	3	4	4	4	4	4	3	3	3	3.56	.53	1	
	성찰	3	3	4	4	3	3	4	3	3	3	3.33	.48	1	
평균		3.50	3.00	3.75	3.75	3.67	3.58	3.83	3.83	2.92	3.58				

‘수학 수업’이라는 표현과 다른 점이 잘 와닿지 않는다고 서술했다. 교수를 수업의 하위 개념으로 보고, 수업에는 교수 뿐 아니라 교실의 분위기, 환경, 사회적 규범 등이 모두 포함되는 것이라면, 더 적합한 단어를 사용해야 할 것이라는 지적이었다. 한편, 전문가 A2는 기억하기, 이해하기에 들어있는 ‘맥락’이라는 단어가 창안하기, 성찰하기에 들어있는 ‘맥락’이라는 단어와 헷갈린다고 언급했다. 기억, 이해의 서술에서 맥락이 아닌 좀 더 단순한 용어를 사용해야 할 필요가 있다는 것이었다.

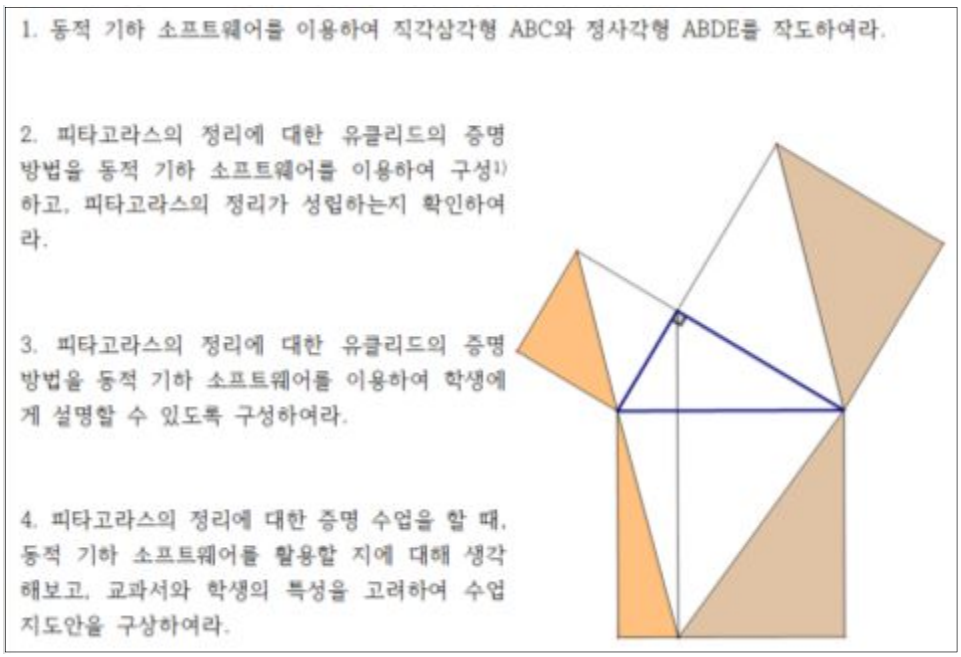
이상의 응답을 분석해보면, 내용 타당도 지수(CVI)와 평정자간 일치도(IRA)에서는 모두 0.8 이상의 값이 나왔으므로, 이 서술이 모두 타당하다고 여겨질 수 있으나, 몇몇 용어의 선택에 있어 재고해 볼 필요가 있다

고 판단되었다. ‘맥락’, ‘표현’, ‘구성’, ‘교수’, ‘수업’ 등의 용어를 보다 더 명확한 의미를 가진 단어들로 고쳐서 전체적인 분류기준에 대한 이해도를 높일 필요가 있었다.

2.4.4. 사용성 검사

2차 전문가 검토에서도 1차와 마찬가지로, 몇 개의 과제를 제시하고 그것을 분류해보도록 하는 사용성 검사를 실시하였다. 이 사용성 검사에는 수학 분야의 지식도 함께 필요하다고 판단되어, 교육학 분야 그룹은 참여하지 않았다. 2차 사용성 검사에서 제시한 과제는 연구자가 직접 제작했으며, [그림 Ⅳ-20]과 같았다.

네 개의 과제는 모두 피타고라스의 정리에 대한 증명과 관련한 과제로 일관성을 유지했으며, 네 개의 과제를 분류한 후, 각각을 왜 그렇게 분류했는지에 대한 이유도 함께 서술하도록 하였다. 네 개의 과제에 대해 7명의 전문가들은 <표 Ⅳ-19>와 같이 분류했다.



[그림 Ⅳ-20] 사용성 평가를 위해 제시된 과제(2차)

<표 V-19> 사용성 평가 문항에 대한 전문가 응답(2차)

1번	기억하기	이해하기	적용하기	분석, 평가하기	창안하기	성찰하기
TK′	A1 A2 C1					
TCK′	A1 C1		C2 D1 D2 D3			
TPACK						

2번	기억하기	이해하기	적용하기	분석, 평가하기	창안하기	성찰하기
TK′						
TCK′			A1 A2 C1 C2 D1 D3	C2 D1 D2 D3		
TPACK						

3번	기억하기	이해하기	적용하기	분석, 평가하기	창안하기	성찰하기
TK′						
TCK′						
TPACK			A1 A2 C2 D1 D2 D3		C1	

4번	기억하기	이해하기	적용하기	분석, 평가하기	창안하기	성찰하기
TK′						
TCK′						
TPACK				A2	A1 A2 C1 C2 D1 D2 D3	C1

1번 문항에 대해서는 전문가와 준전문가의 분류가 명확하게 달랐다. 준전문가인 교사들은 3명 모두 직각삼각형과 정사각형을 작도하는 문항을 테크놀로지의 기능을 수학적으로 활용하여 구성해야 하는 TCK′ 적용하기에 해당하는 문항으로 분류했고, C2를 제외한 전문가 그룹에서는 그려야 하는 도형이 모두 도구 중 하나를 사용하면 바로 그려지는 대상이기 때문에 도구의 기능을 기억하고 있는지를 묻는 문항이라고 응답했다. 이와 같은 결과는 한편으로는 기억하기 과정이 기억하고 있는지를

묻는 것인지, 기억하게 하는 것을 목표로 하는 것인지에 대한 더 명확한 진술이 필요하다는 것을 보여준다. 다른 한편으로는 분류 주체가 가진 테크놀로지에 대한 지식에 따라 그 분류가 달라질 수 있다는 위험성을 여실히 보여준다. 전문가 그룹은 1번 과제를 보고 정사각형을 한 번에 그려주는 도구가 있음을 떠올렸고, 준전문가 그룹에서는 정사각형을 그리기 위해서는 회전변환을 활용해야 한다는 점을 떠올렸던 것이다. 즉 교사 교육자와 교사가 느끼는 과제의 복잡성에 있어 차이가 있을 수 있다. 이와 같은 차이에 대해 교사교육자는 잘 파악하여 교사교육을 실시할 때 반드시 고려해야 하는 사항으로 여겨야 할 것이다

2번 문항에 대해서도 두 그룹으로 응답이 나뉘었다. 2번 문항은 대상을 구성한 후, 수학적 정리가 참인지 확인하는 두 가지 활동을 하게 하는 과제였다. 분류 이유에 대한 서술을 살펴보면, 적용하기로만 분류한 전문가들은 첫 번째 활동에 대해서만 언급하고 있음을 확인할 수 있다. 피타고라스의 정리가 성립하는지 확인하는 과정에 대한 언급이 없다는 점이다. 반면, 분석, 평가하기로 분류한 전문가들은 정리의 성립 여부를 확인하는 활동에 대해 언급하고 있었다. 그러므로 이와 같은 양분된 결과는 과제에서 요구하는 활동 중 어느 쪽에 초점을 맞추어 분석하였는지에 따라 다르게 나타난 것이라고 판단할 수 있다. 실제로, 준전문가 D1의 경우, 처음에는 적용하기로만 분류했으나, 인터뷰 과정에서 2번 문항을 다시 읽어보고 난 후 분석, 평가하기에도 함께 분류될 수 있다는 점을 파악하였다.

3번 문항의 경우, 대부분의 전문가가 TPACK 적용하기로 분류했으나, 전문가 C1의 경우에만 TPACK 창안하기로 분류하였다. 그런데 그는 분류 이유를 “수학적인 내용을 학생들에게 가르치는 데 소프트웨어를 사용하는 과제”라고 서술했으며, 이는 이 연구에서 TPACK 적용하기에 대한 서술인 “테크놀로지를 이용하여 수학 교수를 구성한다”와 일치한다고 볼 수 있다. 이로 미루어 볼 때, 전문가 C1의 경우, TPACK에 대한 적용하기와 창안하기에서의 구분을 잘 이해하지 못한 것으로 추측된다.

이는 4번 문항의 경우에도 확인이 된다. 전문가 C1의 분류 이유 서술에서 수업 방법을 결정하고, 지도안을 작성하는 것이 '창안'에 해당한다고 언급하였는데, 그와 동시에 성찰하기에 표기를 했던 것이다. 하지만 다른 전문가들의 판단도 그러했듯이, 이 과제에는 성찰하는 활동이 포함되어있지 않다.

3. 최종 분류 기준 개발

2차 전문가 검토의 결과 분석을 통해, 분류 기준 서술에 있어 보다 명확하게 드러날 수 있는 용어로의 수정이 필요하고, 보다 간단하고 명확한 예시과제의 제시가 필요하다는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 앞서 만들어진 테크놀로지에 대한 교사교육 과제의 분류기준표를 <표 IV-20>와 같이 수정하였다. 이 표에 나타나지는 않았지만, 교사교육 과제에서 TK′의 적용, 분석, 평가, 창안, 성찰하기 과제와 TCK′의 창안, 성찰하기 과제도 함께 고려할 수 있다.

<표 IV-20> 수정된 테크놀로지 관련 교사교육 과제 분류 기준

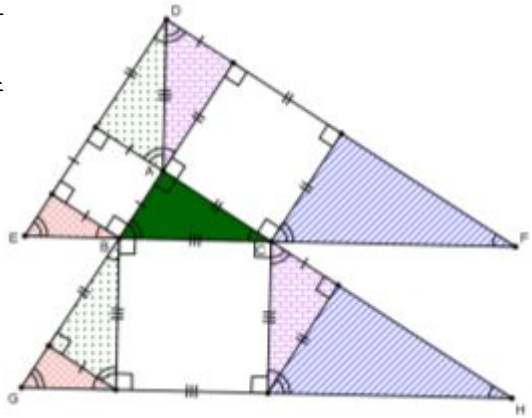
지식	인지적 과정	분류 기준
TK′	기억하기	**테크놀로지의 기능을 기억하게 하는 과제** ・어떤 대상을 구성하는 과정을 단계로 제시함. ・과제 해결에 수학적 지식을 필요로 하지 않음. 예제) [정사각형 그리기] 도구상자에서 정다각형 도구를 선택하여라. 서로 다른 두 점을 찍으면 나타나는 팝업창에서 4를 입력하여라.
	이해하기	**테크놀로지의 기능을 이해하게 하는 과제** ・구성된 대상을 조작하여 테크놀로지의 작동 원리를 이해함. ・과제 해결에 수학적 지식을 필요로 하지 않음

		예제) 정다각형 도구를 이용하여 그려진 정사각형의 네 점을 드래그하여 네 점이 각각 어떻게 다르게 작동하는지 살펴보아라.
TCK′	기억하기	**수학적 테크놀로지의 기능을 기억하게 하는 과제** ・수학적 대상을 구성하는 과정을 단계로 제시함. ・과제 해결에 수학적 지식을 필요로 함. 예제) [직각삼각형 그리기] 선분 AB를 그려라. 점 A를 지나고 선분 AB에 수직인 수선을 그려라. 수선 위에 한 점 C를 찍어라. 삼각형 ABC를 만들고, 위에서 그린 수선을 숨겨라.
	이해하기	**수학적 테크놀로지의 기능을 이해하게 하는 과제** ・새로운 수학적 사실을 학습하게 함. ・테크놀로지로 수학을 학습하는 것의 의미를 이해함. 예제) Wipper의 방법[8]으로 피타고라스의 정리를 증명하는 DGS 파일을 통해 새로운 증명 방법을 학습하여라.
	적용하기	**수학적 대상을 나타내는 데에 테크놀로지를 이용하게 하는 과제** ・교사가 자신의 TK, CK를 결합하게 함. ・사용할 테크놀로지, 내용이 제시되어 있음. 예제) 피타고라스의 정리에 대한 유클리드의 증명 방법을 DGS를 이용하여 구성하여라.
	분석, 평가하기	**테크놀로지로 나타내어진 수학적 대상을 분석하고 평가하게 하는 과제** ・구성된 대상을 관찰하여 수학적 사실을 확인함. 예제) 피타고라스의 정리에 대한 유클리드의 증명 방법을 DGS를 이용하여 나타낸 것을 보고, 넓이가 같은 삼각형이 무엇인지 찾은 후, 피타고라스의 정리가 참임을 확인하여라.
TPACK	기억하기	**테크놀로지를 이용하여 수학을 가르치는 방법을 기억하게 하는 과제** ・테크놀로지를 활용하여 수학 수업을 설계하는 과정을 단계로 제시함. ・교사의 안내 내용과 학생의 활동이 모두 나타남.

		예제) [피타고라스의 정리] DGS를 통해 직각삼각형의 세 변의 길이를 측정한다. DGS로 세 변의 길이의 제곱을 계산한다. 학생들에게 세 변의 길이의 제곱이 서로 어떤 연관이 있을지 추측해보게 한다. 실제로 그 추측이 맞는지 확인해본다.
	이해하기	**수학을 가르치는 데에 테크놀로지의 기능을 이해하게 하는 과제** ・수학을 가르치는 데에 테크놀로지가 유용한 도구가 될 수 있음을 알게 함. 예제) 교사 A와 B가 피타고라스의 정리 증명에 대한 수업을 진행하는데, A만 테크놀로지를 활용하였다. <다음>은 두 수업에서 나타난 학생의 흥미에 대해 분석한 표이다. 테크놀로지가 학생의 흥미에 미친 영향에 대해 설명하여라.
	적용하기	**수학을 가르치는 데에 테크놀로지를 적용하게 하는 과제** ・교사가 자신의 TK, CK, PK를 결합하게 함. ・사용할 테크놀로지, 내용, 교수방법 중 2개 이상이 제시되어 있음. 예제) 피타고라스의 정리에 대한 유클리드의 증명 방법을 DGS를 이용하여 학생에게 설명할 수 있도록 구성하여라.
	분석, 평가하기	**테크놀로지를 적용하여 수학을 가르친 것을 분석하고 평가하게 하는 과제** ・테크놀로지를 활용한 수학 수업을 테크놀로지, 내용, 교수법의 관점에서 분석하게 함. 예제) 앞에서 구성한 피타고라스의 정리에 대한 수업에 사용될 DGS 파일을 살펴보고 다음을 생각해보자. - 숨기거나, 애니메이션을 적용할만한 것은 없는가? - 각 변이나 삼각형의 색상과 굵기는 모두 적절한가? - 학생들에게 오개념을 형성할만한 부분은 없는가?
	창안하기	**테크놀로지를 적용한 수학 수업을 다양한 맥락을 고려하여 창안하게 하는 과제** ・TK, CK, PK 뿐 아니라 교실의 사회적 규범, 분위기,

		학생의 수준, 환경 등을 고려하여 완성된 수업을 설계하게 함. 예제) 피타고라스의 정리에 대한 증명 수업을 할 때, DGS를 활용할 지에 대해 판단하고, 자신이 사용하는 교과서와 학생의 특성을 고려하여 수업 지도안을 제작하여라.
	성찰하기	**테크놀로지를 적용한 수학 수업을 다양한 맥락을 고려하여 성찰하게 하는 과제** ・설계된 테크놀로지 활용 수업을 테크놀로지, 내용, 교수법 뿐 아니라 교실의 사회적 규범, 분위기, 학생의 수준, 환경 등을 고려하여 성찰하게 함. 예제) 앞에서 구성한 피타고라스의 정리에 대한 수업을 보고, 다음을 생각해보자. - 이 파일을 보여주기 전에 학생들이 알고 있어야 하는 것은 무엇인가? - 모든 학생이 잘 볼 수 있는 스크린이 있는가? - 학생들은 적극적으로 자신의 생각을 표현하는가?

8) 피타고라스 정리에 대한 Wipper의 증명은 오른쪽 그림을 이용한 것으로, 삼각형 DEF와 삼각형 AGH가 합동임을 증명하면, 가운데에 있는 직각삼각형 ABC에 대한 피타고라스 정리를 증명할 수 있다.



V. 교사교육 과제 분류

4장에서는 테크놀로지에 대한 교사교육 과제를 분류할 수 있는 분류기준표를 개발하였다. 따라서 테크놀로지에 대한 교사교육에서 사용되는 과제를 보다 체계적으로 분석하여, 교사가 테크놀로지를 수업에 통합하는 데에 실질적인 도움이 되는 교사교육이 진행되도록 도움을 주고자 하였다.

이와 같은 목적에 따라, 현재 사용되고 있는 테크놀로지 관련 교사교육 교재를 대상으로, 이 연구에서 제안한 분류기준표에 따라 과제를 분류해보았다. 현직교사를 대상으로 하는 연수 중 서울시에서 최근 5년간 사용한 1·2급 정교사 자격연수 교재와 테크놀로지와 수학교육에 관련된 다섯 권의 단행본을 분류 대상으로 삼았다.

1. 현직교사 연수 교재

최근 5년간 서울시의 중등 수학과 1·2급 정교사 자격 연수에서는 매해마다 테크놀로지 관련 강의가 개설되었다. 각 연수에서 테크놀로지 관련 강의는 매년 4시간씩 'GSP를 활용한 수학교육'이라는 제목으로 진행되었다.

각각의 교재에서는 <표 V-1>와 같이 테크놀로지 관련 과제를 포함하고 있었고, 대부분의 과제가 예제와 문제로 구성되어 있었다.

<표 V-1> 시기 별 테크놀로지 관련 과제 수

시기 (년)	2009	2010	2011	2012	2013	계
과제 수	22	21	30	24	30	127

예제는 어떤 특정 대상을 구성하는 과정을 단계별로 자세히 설명하고 있어 기억하기 과제에 해당하였고, 문제는 예제와 비슷한 대상을 비슷한

기능을 이용하여 구성해보도록 하는 과제였다. 2010년 이전까지는 GSP 이외에도 GrafEq, Poly 등의 프로그램에 대한 소개와 함께 과제가 하나씩 주어지기도 하였다.

각 교재에서 다루는 과제를 분류해본 결과, <표 V-2>와 같이 분포되어 있음을 확인할 수 있었다.

<표 V-2> 1·2급 정교사 자격연수에서 다루는 과제의 분포 (총 127개)

인지적 과정 / 지식	기억하기	이해하기	적용하기	분석, 평가하기	창안하기	성찰하기
TK′	59 (46.5%)	5 (3.9%)				
TCK′	59 (46.5%)	13 (10.2%)	74 (58.3%)	24 (19.9%)		
TPACK						

정교사 자격연수 교재에서는 대부분의 과제가 TCK′ 기억하기와 적용하기로 분류될 수 있었다. 교재가 전체적으로 어떤 대상을 그리는 방법에 대한 단계별 안내를 한 후, 그와 비슷한 다른 대상을 그리게 하는 과제를 제시하는 형태로 구성되었음을 감안할 때, 전체 과제 중 절반 가량이 TK′과 TCK′의 기억하기로, 나머지 절반 가량이 TCK′ 적용하기로 분류되는 것은 당연한 현상이다.

또, 구성 과정을 설명하던 중, '이렇게 만들어진 점은 조작이 불가능하지만, 다른 대상을 만드는 데에 사용될 수는 있다'라는 테크놀로지 자체의 기능에 대한 이해를 위한 설명이 있는 경우, TK′의 이해하기 과제로도 분류되었고, 시어핀스키 삼각형, 사이클로이드 곡선, 다변수함수의 등위선 등 중·고등학교 교육과정을 벗어나거나 교사에게 생소한 내용을 다루는 과제는 TCK′ 이해하기 과제로 분류되었다.

TPACK으로 분류될만한 과제가 전혀 없다는 것은 수학교사에 대한 테크놀로지 교육이 테크놀로지와 수학에 관련된 과제들로만 이루어져있다는 점을 확인할 수 있다. 즉, 교사들에게 테크놀로지와 수학 지식은 가

르치지만, 그것을 교수에 적용하는 것은 온전히 교사들의 몫으로 남겨놓는다는 것이다. 이 결과는 김영진(2011)이 현직 연수에서 학습한 공학 도구의 활용 능력에 있어 과반수 이상의 교사가 기본 메뉴를 익히는 정도의 수준에 그치고 있다는 점을 지적했었던 것과 일치한다. 그러므로 테크놀로지와 수학과 관련된 교수학을 발달시킬 수 있는 과제의 필요성을 다시 생각해보아야 할 것이다.

2. 테크놀로지와 수학교육 관련 단행본

위에서 분석한 자료는 제한된 시간에 진행되는 특정 소프트웨어에 대한 교사연수에서 사용하는 교재였다. 그래서 모든 교사가 해당 소프트웨어를 잘 다루지 못하는 상황으로 가정하고, 기본적인 기능을 안내하는 과제들로 구성되어있다. 반면, 테크놀로지와 수학교육에 대한 단행본은 보통 예비교사를 대상으로 하는 한 두 학기의 대학 수업 교재로 사용되거나 현직 교사가 자신의 발전을 위해 학습하는 교재로 사용되기 때문에, 그 시간적 제한이 비교적 적다. 그래서 단행본에서는 교사연수교재보다 더 다양한 과제들을 다루고 있다.

2.1. 단행본 ㄱ의 과제 분포

이 교재는 충남 지역의 한 대학에 소속된 과학교육연구소에서 출판하였다. 제 1장에서는 수학교육에서 컴퓨터의 활용이라는 제목으로 수학교육에서 컴퓨터 활용의 변화와 역할을 소개하고, 수학의 각 영역에서 컴퓨터가 어떻게 활용될 수 있는지에 대해 안내한다. 이후 2, 3장에서 VisuMath, GSP 등의 소프트웨어를 소개하고, 4장에서는 수식 편집 프로그램인 Tex을 다루고 있다.

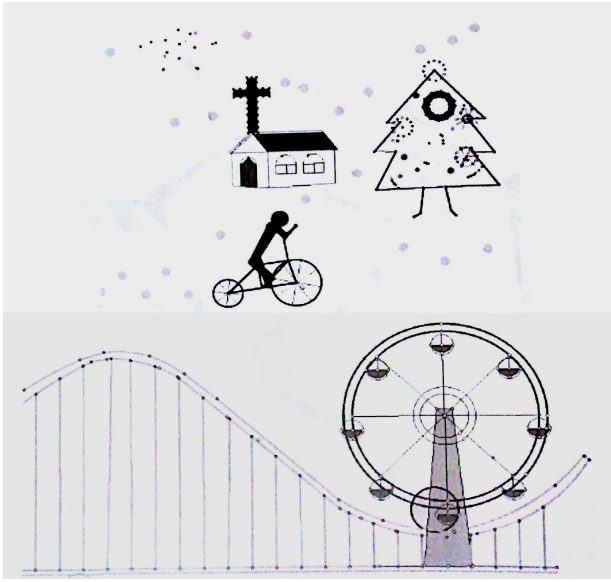
이 글은 테크놀로지 관련 수학교사 교육에 활용되는 과제를 분류하고자 하므로, 2장과 3장에서 나타난 40개 과제의 종류를 분석하고, 그 결과는 <표 V-3>과 같다.

<표 V-3> 단행본 ㄱ에서 다루는 과제의 분포 (총 40개)

인지적 과정 / 지식	기억하기	이해하기	적용하기	분석, 평가하기	창안하기	성찰하기
TK′	24 (60.0%)	1 (2.5%)			1 (2.5%)	
TCK′	23 (57.5%)	4 (10.0%)	15 (37.5%)			
TPACK						

과제 분류 결과, ㄱ 교재에는 TK′과 TCK′ 기억하기, 그리고 TCK′ 적용하기 과제가 약 90% 이상을 차지하고 있음을 확인할 수 있었다. 이것은 앞서 분석한 자격연수 교재와 마찬가지의 결과로, 이 교재 또한 테크놀로지의 기본 기능을 안내하는 것을 주된 목표로 하고 있었다는 것을 알 수 있다.

한편, 연구에서 수학교사 교육에 직접적으로 필요하지 않을 것이라고 언급했던 TK′ 창안하기 과제가 제시되어 있었는데, 그것은 [그림 V-1]과 같은 그림을 구상하여 수학 소프트웨어인 GSP를 활용하여 그려보게 하는 과제였다.



[그림 V-1] TK′ 창안하기 과제

이 과제는 그 해결 과정에서 수학적 능력보다 미적 감각이 더 필요하고, 테크놀로지의 애니메이션 기능이나 그리기 기능에 보다 더 초점을 맞추고 있다. 기존의 자신의 테크놀로지 지식을 이용하여 새로운 대상을 만들어낸다는 점에서 창의력이 발현되는 창안하기 과제에 해당할 수 있지만, 이는 수학교사의 테크놀로지 지식이 TK′, TCK′, TPACK의 단계로 발달되어간다고 볼 때, 그 발달 과정에 조금 어긋나있는 과제라고 판단된다.

교재를 전체적으로 볼 때, 1장에서 테크놀로지가 수학교육에서 갖는 의미와 효과를 설명하고 있었다는 점에서 TPACK에 대한 내용을 전혀 다루지 않았다고는 단정짓기 어렵다. 하지만, 이러한 1장의 내용은 이 분류표에 비추어 볼 때 TPACK의 이해하기에 머무르고 있을 뿐이다. TPACK은 실천적이고 개인적인 지식(Doering 등, 2009)이기 때문에, TPACK에 관련해서도 더 다양한 내용을 담을 필요가 있는 것으로 보인다.

2.2. 단행본 ㄴ의 과제 분포

단행본 ㄴ은 사범대학 수학교육과 교수들이 집필하였으며, 예비교사들을 위한 한 학기 분량의 강의에 적합하도록 구성되었다. 하지만 학교 현장에서 중·고등학교 수학교사들도 이 교재를 활용할 수 있도록 배려하였다. 1장에서는 수학과 교육과정에 담긴 컴퓨터 관련 내용을 우리나라와 미국의 경우에 대해 소개하고, 연구 동향도 함께 다룬다. 2장에서는 컴퓨터 활용 수학 학습의 장점 및 유의점에 대해 설명한다. 3장에서는 GSP, Cinderella, Cabri 3D, LiveMAth, Poly 등 12개의 수학교육 프로그램을 다루는 방법을 소개한다. 4, 5장에서는 중, 고등학교 수학 교수· 학습에서의 컴퓨터 활용 방안에 대해 학교 교육과정과 연계하여 제시한다. 마지막 6장에서는 수학교육에서의 컴퓨터 활용에 관한 연구논문을 요약하였다.

본 연구에서는 이 단행본 중 3~5장에 담긴 70개의 과제를 분석 대상으로 삼았다. 단행본 ㄱ에서와 마찬가지로, 1, 2, 6장의 내용은 독자가 직접 구성하거나 활동하는 내용은 아니지만, TPACK 이해하기에 해당하는 과제로 생각할 수 있다. 3~5장에서 다루는 과제의 분류 결과는 <표 V-4>와 같다.

<표 V-4> 단행본 ㄴ에서 다루는 과제의 분포 (총 70개)

인지적 과정 / 지식	기억하기	이해하기	적용하기	분석, 평가하기	창안하기	성찰하기
TK′	39 (55.7%)					
TCK′	39 (55.7%)	15 (21.4%)	30 (42.9%)	55 (78.6%)	2 (2.9%)	
TPACK	2 (2.9%)					

이 교재의 경우, 과제의 대부분이 TCK′의 기억하기와 적용하기 과제 중 하나에 속했다는 점은 앞서 분석한 다른 교재들과 비슷하다. 그런데 무엇보다도 눈에 띄는 특징은 분석, 평가하기 과제가 많았다는 점이다. 다시 말해, 이 교재에서 다루는 대부분의 과제는 어떤 대상을 구성하는 데에 그치지 않고, 그 대상을 다시 분석해봄으로써 수학과 테크놀로지가 어떤 연관이 있는지에 대해 생각해보게 하는 활동을 함께 하게 되어 있었다. 또, TCK′ 이해하기에 해당하는 과제로, 여러 비슷한 테크놀로지의 사용법을 비교하게 하는 과제들이 몇몇 있었고, 수학교사에게 중고등학교 수준 이상의 어떤 것을 알려주고자 한 과제도 앞에서 소개한 다른 교재에 비해 많았음을 확인할 수 있다.

이 연구에서 주된 분포로 생각하지 않았던 TCK′ 창안하기에 해당하는 두 개의 과제 중 하나는 단행본 ㄱ과 마찬가지로, 테크놀로지를 이용하여 탑을 그리게 하는 과제로, 정삼각형과 직각사각형에 대한 수학적 지식이 필요했다. 다른 하나는 평면도형에 관한 정리 중 공간도형으로 확장하여 유추할 수 있는 정리를 생각해보고, 자신이 유추한 사실을 Cabri

3D를 이용하여 확인해보게 하는 과제였다. 이 과제는 수학적으로 새로운 사실에 대해 고려하고, 이를 테크놀로지로 만들어보는 과제이므로, TCK′ 창안하기에 해당한다고 판단되었다.

또, 앞서 소개한 교재들과 마찬가지로, 이 교재에서도 TPACK에 관련된 과제는 거의 찾아볼 수 없었다. 테크놀로지가 수학교육에서 어떤 점에서 효과적이고, 어떻게 활용될 수 있는지에 대해서는 이 책의 1, 2, 6장에서 설명하고 있다는 점에서 역시 TPACK의 이해하기에 해당하는 활동은 어느 정도 다루고 있다고 판단되지만, 교사가 직접 어떤 것을 만들거나, 분석해보게 하는 수준까지는 다다르지 못하였다.

2.3. 단행본 ㄷ의 과제 분포

단행본 ㄷ은 예비교사 및 현직교사들이 수학교육에 테크놀로지를 적극 활용할 수 있는 방안을 제공하고자 교육대학 교수들이 공동집필한 교재이다. 1장부터 4장까지는 수학교육에서 테크놀로지를 활용하는 것과 관련된 연구 동향, 활용 방안, 교수학습 모형에 대해 소개하고 5~10장에서는 LOGO, GSP, Poly, 테셀매니아, 엑셀, Fathom의 활용 방법을 구체적으로 제시하고 있다. 11장부터 13장에서는 e-learning, 계산기, 수학학습교구와 가상 조작도구에 대해 다룬다. 그 중 이 연구에서는 5~10장에서 다루는 97개의 과제를 분석했고, 그 분포는 <표 V-5>와 같았다.

<표 V-5> 단행본 ㄷ에서 다루는 과제의 분포 (총 97개)

인지적 과정 / 지식	기억하기	이해하기	적용하기	분석, 평가하기	창안하기	성찰하기
TK′	28 (28.9%)	2 (2.1%)				
TCK′	28 (28.9%)	3 (3.1%)	33 (34.0%)	8 (8.2%)	1 (1.0%)	
TPACK	21 (21.6%)	3 (3.1%)	5 (5.2%)		4 (4.1%)	

앞서 분석한 다른 교재들과 비교했을 때, 이 책에서도 마찬가지로 TCK′의 기억하기와 적용하기가 꽤 큰 비중을 차지하고 있다. 하지만, 다른 책들과 달리, 이 교재에는 TPACK에 관련된 과제가 상당 수 포함되어 있었다. 특히, TPACK 기억하기 과제, 즉, 어떤 내용을 테크놀로지를 활용하여 수업하는 상황을 단계로 자세히 안내해주는 과제가 많았다는 점이 이 교재의 가장 큰 특징이다. 그리고 비록 소수이지만, 이해하기, 창안하기 등에 해당하는 과제도 조금씩 확인할 수 있었다.

또 이 교재에 제시된 TCK′ 창안하기에 해당하는 과제는 입체도형 관련 소프트웨어에 제시되지 않은 정육면체의 전개도를 모두 그려보라는 과제로써, 이는 테크놀로지에 관련된 수학 지식을 바탕으로 새로운 수학적 대상을 창안하게 하는 과제였다.

그에 비해 여전히 TPACK에 대해 분석, 평가하기와 성찰하기 과제는 확인할 수 없었다. 즉, 다른 사람이나 자신의 수업에 대해 다시 생각해보게 하는 것은 다루어지지 않았던 것이다.

3. 교사교육 과제 분류 결과

3.1. 분류 통계 분석

이상의 결과를 모두 종합하여 각 과제의 분포 수를 모두 더해서 <표 V-6>과 같은 결과를 도출하였다.

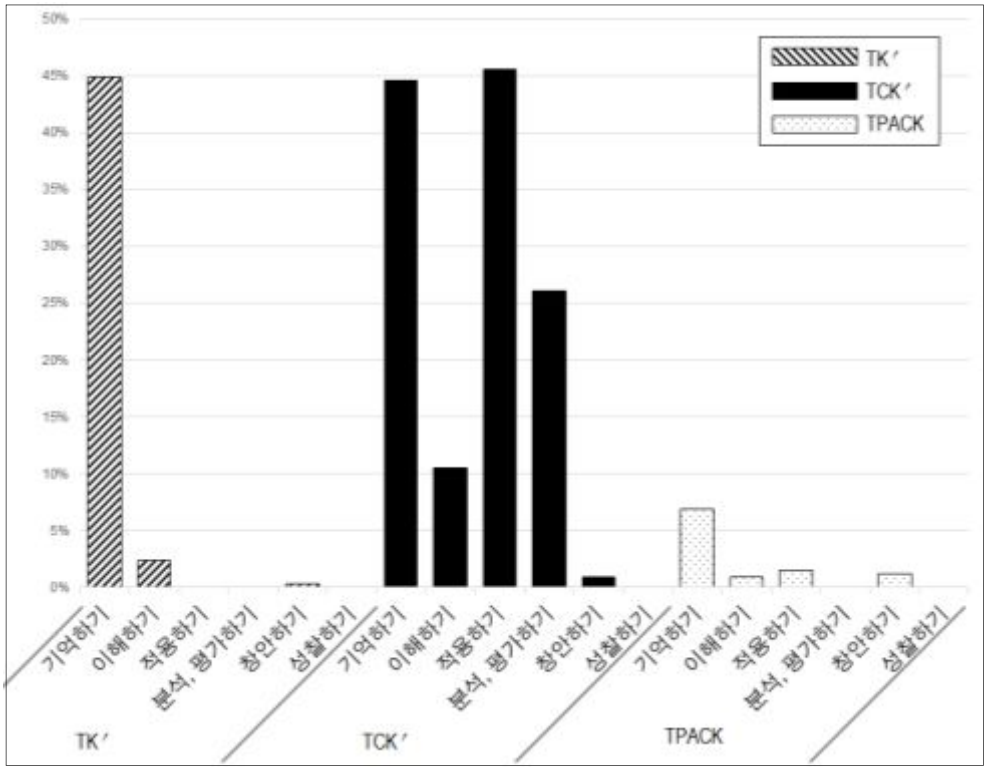
이를 바탕으로 국내 교사교육 교재에 담긴 과제들의 분포를 생각해보면, TCK′ 기억하기 과제와 TCK′적용하기 과제가 대략 절반 정도임을 확인할 수 있었다. 또, 셀의 숫자를 모두 더하면 620개로, 총 과제 수인 334개의 약 2배에 달해, 약 절반 가량의 교사교육 과제는 두 개 이상의 기준으로 분류된다고 해석 가능하다.

<표 V-6> 테크놀로지 관련 수학교사 교육 과제의 분포 (총 334개)

인지적 과정 / 지식	기억하기	이해하기	적용하기	분석, 평가하기	창안하기	성찰하기
TK′	150 (44.9%)	8 (2.4%)			1 (0.3%)	
TCK′	149 (44.6%)	35 (10.5%)	152 (45.5%)	87 (26.0%)	3 (0.9%)	
TPACK	23 (6.9%)	3 (0.9%)	5 (1.5%)		4 (1.2%)	

또, 이 표에는 나타나지 않았지만, 분석 대상이었던 단행본에서 공통적으로 나타났던 현상은 TPACK 이해하기에 해당하는 테크놀로지로 수학을 가르치고 학습하는 경우에 나타날 수 있는 효과와 유용성 등에 해당하는 내용을 대부분 과제가 아닌 별도의 설명을 통해 다루고 있었다. 하지만 TPACK의 나머지 영역인 적용하기, 분석, 평가하기, 창안하기에 해당하는 과제가 거의 없다는 점에서 테크놀로지를 교수에 결합하는 것은 교사가 스스로 테크놀로지를 교수에 통합해보려는 노력을 해야 한다는 것을 의미한다. 이러한 결과는 김영진(2011)에서 공학 관련 현직 연수가 공학 도구를 활용한 교수-학습 자료 개발과 연계되도록 설계되어야 한다고 주장했던 것과 일치한다.

한편, [그림 V-2]를 통해 TK′ 기억하기, TCK′ 기억하기, 적용하기에 대부분의 과제가 분포되어있음을 확인할 수 있다.



[그림 V-2] 테크놀로지 관련 수학교사 교육 과제의 분포

이 연구는 모든 종류의 과제가 무조건 고루 분포되어야 한다고 주장하고자 하는 것은 아니다. 하지만 이러한 분포를 생각할 수 있게 된 것은 이 분류 기준표가 가진 발전 가능성 중 하나이다. 왜냐하면 수학교사를 대상으로 하는 테크놀로지 교육에 있어 각 과제가 어느 정도의 비율로 분포되어 있어야 가장 효과적인가 하는 것은 새로운 연구문제가 될 수 있기 때문이다. 지금의 분포가 테크놀로지 관련 수학교사 교육을 하기에 너무 편중된 것인지, 적절한 것인지에 대한 문제는 실제로 교사교육을 진행해가면서 해결해가야 할 것이다.

3.2. 분류 기준 간의 조합

이 연구에서 제시한 분류 기준표에서는 한 과제가 단지 하나의 셀에 포함되지는 않을 것으로 설명하고 있다. 그런데 위의 과제 분류 결과를 보면, 상당히 많은 과제들이 여러 셀에 동시에 속해있음을 확인할 수 있었다.

가장 확연히 드러나는 것은 TK′ 기억하기 과제와 TCK′ 기억하기 과제의 중복이다. 기억하기 과제는 그 특성 상 여러 단계에 걸쳐 있어 각 단계마다 수학이 필요한 단계도 있고, 그렇지 않은 단계도 있었기 때문에 나타난 현상이다. 이러한 결과는 전문가 C1과 C2가 1차 전문가 검토에서 두 항목 사이의 경계가 불분명하다고 언급했던 것과도 일치한다. 하지만 이러한 중복으로 인해 두 분류기준이 같은 것이라고 주장할 수는 없을 것이다. 그 이유는 이 글에서 대상으로 삼은 대부분의 테크놀로지는 수학과 직접적인 연관이 있었으므로, 어떤 대상을 구성하는 과정에 있어 테크놀로지 자체에 대한 기능을 익히는 과정에서 수학이 빠져있기가 어려웠기 때문이다.

그 외에 많이 나타난 것은 TCK′ 분석, 평가하기 과제가 단독으로 나타난 경우가 거의 없었다는 점이다. 어떤 대상을 구성하게 하는 과제는 그 과정을 모두 자세히 안내하면 기억하기 과제로, 과정을 교사가 직접 생각해서 구성해야 하면 적용하기 과제로 분류되었는데, 이때 교사가 구성한 대상을 관찰하고, 확인하는 활동이 들어있는 경우에 그 과제는 분석, 평가하기 과제로도 분류되었다. 즉, 과제가 어떤 대상을 구성하게 하는 것이 목적인지, 그 대상을 만들고 그에 대해 더 분석해보게 하는 것이 목적인지에 따라 적용하기 과제로 그치느냐, 분석, 평가하기 과제에까지 해당하느냐의 차이가 존재했다.

또 다른 특징은 TCK′ 이해하기 과제가 크게 두 종류였는데, 하나는 교사에게 생소한 수학적 사실을 학습하게 하는 과제였고, 다른 하나는 여러 테크놀로지의 기능을 수학적으로 비교해보게 하는 과제였다. 여기

에서 전자에 해당하는 유형의 과제는 대부분 어떤 대상을 구성하게 하는 과제였다. 그래서 기억하기 또는 적용하기 과제와 결합하여 나타났다.

이러한 분류 기준간의 조합은 새로운 교사교육 과제를 만드는 데에 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 여겨진다. TCK′과 관련된 교사교육 과제의 분류 기준 간 조합에 대한 분석은 현재 부족하다고 판단되는 TPACK과 관련된 교사교육 과제를 설계하는 데에 도움이 될 수 있을 것이다.

Ⅵ. 결론 및 논의

1. 요약 및 결론

테크놀로지는 학생들이 수학의 성질을 개발하고, 수학적 아이디어를 구성하는 데에 도움을 주며, 학습 태도를 강화시킬 수 있는 도구가 된다. 이러한 근거들이 입증됨에 따라, 테크놀로지는 꾸준히 수학 교수학습에서 그 중요성을 인정받아왔다. 그로 인해 여러 나라의 교육과정에서도 테크놀로지의 활용을 강조하고 있다. 그 결과, 테크놀로지에 관련된 수학교사 교육이 점차 활발해졌지만, 교사들은 여전히 테크놀로지를 잘 활용하지 못하고 있다. 이 연구에서는 이 사실로부터 문제를 제기하였다. 테크놀로지에 대한 수학교사 교육의 필요성이 강조되고, 교사교육이 점차 확산되었지만, 그 교육 내용에 대해 살펴볼 수 있는 기준이 존재하지 않았기 때문에 실제로 교수학습에 테크놀로지의 적용이 더디게 진행되고 있다고 판단했기 때문이다.

Mishra와 Koehler(2006)는 교사가 자신의 수업에 테크놀로지를 통합하는 데에는 단순한 테크놀로지 지식인 TK가 아니라 테크놀로지의 교수학적 내용 지식인 TPACK을 함양해야 한다고 주장하였다. 또, Anderson 등(2005)은 학습 결과에 대한 교육목표를 분류할 수 있는 분류표를 제안해 했다. 이와 관련하여 이 연구에서는 테크놀로지에 대한 교사교육에서 사용하는 과제를 분류할 수 있는 기준을 제시하여 보다 체계적인 테크놀로지 수학교사 교육이 이루어질 수 있게 하는 것을 목적으로 삼았다. 그래서 연구문제를 다음과 같이 설정하였다.

1. 수학교사의 테크놀로지 교육을 위한 과제는 어떻게 분류될 수 있는가?
2. 수학교사의 테크놀로지 교육을 위한 과제의 분류 기준별 특징은 무엇인가?

3. 현재 사용되는 수학교사의 테크놀로지 교육을 위한 과제는 어떻게 분포되어 있는가?

이 연구는 이와 같은 연구문제를 해결하기 위하여 설계·개발연구를 진행하였다. 우선, 문헌 검토를 통해 테크놀로지 관련 교사교육 과제 분류기준표를 만들었다. 이 과정에서 Anderson과 Krathwohl(2001)이 제안한 수정된 교육목표 분류표에 나타난 인지적 과정을 바탕으로 두고 여러 학자들의 분류학을 살펴보았고, TPACK에 관련된 문헌으로부터 수학교사의 테크놀로지와 관련된 지식이 발달하는 단계를 설정하였다. 이렇게 만들어진 분류기준표는 2차에 걸친 전문가 검토를 통해 그 타당성을 확보하였다. 1차 전문가 검토에는 총 7인이 참여하였는데, 그들은 수학교육, 교육공학, 교사교육 분야에서의 전문가 4인, 테크놀로지를 활용한 수업을 진행하고 있는 수학교사가 준전문가 3인이었다. 이후, 수학교육 분야의 전문가 2인, 교육공학 분야의 전문가 2인, 교사교육 분야의 전문가 3인, 그리고 준전문가는 1차와 동일하게 3인으로, 총 10인으로 구성된 2차 전문가 검토를 통해 그 타당성을 높이고자 하였다. 이러한 타당성 검토를 통해 만들어진 과제 분류기준표를 이용하여 국내 교사교육에서 사용되는 몇몇 과제를 분류해 봄으로써 실제로 수학교사 교육에서 사용되는 과제의 종류를 확인하였다.

우선, 테크놀로지 관련 교사 지식의 구조에 있어 벤 다이어그램으로 그 관계가 나타날 경우, 가장 기초적인 지식에 해당하는 TK가 가장 높은 차원의 지식에 해당하는 TPACK을 포함하고 있는 구조를 지니게 된다. 이에 이 연구에서는 순수한 의미의 테크놀로지 지식과 테크놀로지 내용 지식(TCK) 등을 ′(프라임) 기호를 붙여 TK′, TCK′ 등으로 표현하였다. 즉, TK′은 수학 내용이나 교수학적 지식을 포함하지 않고, 온전히 테크놀로지에 대한 지식만을 의미하며, TCK′ 역시 교수학적 지식을 포함하지 않는 테크놀로지와 수학에 대한 통합적인 지식을 의미한다.

[연구문제 1]에서는 테크놀로지 관련 교사교육 과제의 분류기준표를 만들었다. Cox와 Graham(2009)의 연구 결과에 따라 교사의 테크놀로지

관련 지식이 TK′ - TCK′ - TPACK의 순서로 발달한다고 가정하였다. 또, Bloom(1983)의 교육목표 분류학을 수정, 보완하고자 한 세 연구(Anderson & Krathwohl, 2005; Marzano, 2005; Hauenstein, 2004)를 참고하여 인지적으로는 기억하기 - 이해하기 - 적용하기 - 분석, 평가하기 - 창안하기 - 성찰하기의 과정을 통해 교사의 지식이 발달한다고 보았다. 이와 같은 분석을 통해, 지식의 차원과 인지적 과정의 차원을 가진 2차원 구조의 과제 분류기준표를 만들었다.

이 분류기준표를 통한 교육목표 서술에서 지식은 목적어로, 인지적 과정은 서술어로 이루어진다. 그런데, TK′ 과 TCK′ 의 경우, 수학교사를 대상으로 하는 경우이기 때문에 높은 차원의 인지적 과정에 해당하는 교육목표는 교사교육에서 자주 등장하지 않는다고 보았다. TK′ 의 함양을 목표로 하는 경우, 적용하기 이후의 인지적 과정에 대해서는 테크놀로지 자체에 대한 고차원적 지식 함양을 요구하고, TCK′ 의 함양을 목표로 하는 경우, 창안하기 이후의 인지적 과정은 수학적으로 새로운 대상을 만들어 내고 그것에 대해 성찰하는 과정이므로, 이 역시 수학교사 교육에서 반드시 포함해야 하는 교육목표는 아니라고 판단하였다. 그래서 <표 VI-1>과 같은 테크놀로지 교사교육 과제 분류기준을 만들 수 있었다. 그렇다고 해서, TK′ 과 TCK′ 의 고차원적 인지적 과정에 해당하는 과제가 전혀 없는 것은 아니지만, 주로 12가지 과정으로 테크놀로지에 대한 수학교사 교육을 위한 과제를 설명할 수 있다.

<표 VI-1> 테크놀로지 교사교육 과제 분류 기준 (최종)

목표 지식	인지적 과정	분류 기준
TK′	기억	테크놀로지의 기능을 기억하게 하는 과제
	이해	테크놀로지의 기능을 이해하게 하는 과제
TCK′	기억	수학적 테크놀로지의 기능을 기억하게 하는 과제
	이해	수학적 테크놀로지의 기능을 이해하게 하는 과제
	적용	수학적 대상을 나타내는 데에 테크놀로지를 이용하게 하는 과제
	분석,평가	테크놀로지로 나타내어진 수학적 대상을 분석하고 평가하게 하는 과제
TPACK	기억	테크놀로지를 이용하여 수학을 가르치는 방법을 기억하게 하는 과제
	이해	수학을 가르치는 데에 테크놀로지의 기능을 이해하게 하는 과제
	적용	수학을 가르치는 데에 테크놀로지를 적용하게 하는 과제
	분석,평가	테크놀로지를 적용하여 수학을 가르친 것을 분석하고 평가하게 하는 과제
	창안	테크놀로지를 적용한 수학 수업을 다양한 맥락을 고려하여 창안하게 하는 과제
	성찰	테크놀로지가 통합된 수학 수업을 다양한 맥락을 고려하여 성찰하게 하는 과제

[연구문제 2]에서는 각 기준에 들어갈 수 있는 교사교육 과제를 찾아 그 특징을 정리하고, 예시 과제를 제시하였다.

TK′ 기억하기 과제는 테크놀로지의 기능을 기억하게 하는 과제로, 구성 단계가 자세히 제공되어 그 단계를 모방하다 보면 과제를 해결할 수 있는 과제를 제시하였다. TK′ 이해하기 과제는 테크놀로지의 작동 원리를 이해하게 하는 과제로, 주어진 지침을 따라가는 기억하기 과제에서와 달리, 교사가 직접 조작을 통해 테크놀로지의 조작법과 기능을 이해

하게 하는 과제를 제시하였다. 이 두 유형은 모두 기초적인 수준 이상의 수학적 지식은 필요로 하지 않으며, 과제의 궁극적인 목표가 테크놀로지의 작동법을 익히는 데에 있다.

TCK′ 기억하기 과제는 수학적 테크놀로지의 기능을 기억하게 하는 과제로, TK′의 기억하기 과제와 마찬가지로 구성 단계가 자세히 제공되어 그 단계를 모방하다 보면 과제를 해결할 수 있는 유형이다. 그러나 TK′ 기억하기와 달리, 그 과정에서 기초적이지 않은 수학적 지식이 필요하다. TCK′ 이해하기 과제는 수학적 테크놀로지의 기능을 이해하게 하는 과제로, 교사가 테크놀로지로 수학을 학습해보는 경험을 통해 수학적인 맥락에서 테크놀로지의 기능을 이해하게 하는 과제이다. 교사는 이 과제를 통해 익숙하지 않거나 새로운 수학적 사실을 테크놀로지로 학습하는 경험을 하게 된다. TCK′ 적용하기 과제는 수학적 대상을 나타내는 데에 테크놀로지를 이용하게 하는 과제로, 수학적 정리나 수학 문제를 테크놀로지를 통해 나타내게 하는 과제이다. 여기에서 테크놀로지로 수학적 대상을 나타낸다는 것은 테크놀로지를 활용하여 수학적 표상을 제시한다는 것을 의미한다. TCK′ 분석, 평가하기 과제는 테크놀로지로 나타내어진 수학적 대상에 대해 분석하고 평가하게 하는 과제이다. 즉, 수학과 테크놀로지의 측면에서 분석하고, 그 대상이 갖는 수학적 의미와 테크놀로지의 기능에 대해 평가하는 과제가 여기에 속한다.

TPACK 기억하기 과제는 테크놀로지를 이용하여 수학을 가르치는 방법을 기억하게 하는 과제이다. 앞서 다른 영역에서의 기억하기 과제와 마찬가지로, 테크놀로지를 통합하여 가르치는 방법을 단계를 통해 안내하고, 이를 기억하게 하는 과제가 여기에 속한다. TPACK 이해하기 과제는 수학을 가르치는 데에 테크놀로지의 기능을 이해하게 하는 과제로, 테크놀로지를 활용한 수학수업이 가진 가능성에 대해 알 수 있는 자료나 연구 결과를 보고 학습하게 하는 과제이다. TPACK 적용하기 과제는 수학을 가르치는 데에 테크놀로지를 적용하게 하는 과제로, 자신의 TK, CK, PK를 결합하게 함으로써 수학을 가르치는 상황을 설계하게 한다. 수업에서 사용할 테크놀로지, 내용, 수업 방법 중 두 가지 이상을 과제

에서 제공하고, 교사가 그것들을 어떻게 통합시킬 지에 대해 생각하게 한다. TPACK 분석, 평가하기 과제는 테크놀로지를 적용하여 수학을 가르친 것을 분석하고 평가하게 하는 과제이다. 이 과제에서 교사는 수학을 가르치는 상황을 테크놀로지의 측면, 수학적 측면, 교수학적 측면에서 분석하게 된다. TPACK 창안하기 과제는 테크놀로지를 적용한 수학 수업을 다양한 맥락을 고려하여 창안하게 하는 과제이다. 적용하기 과제와 달리, 교사에게 테크놀로지, 내용, 교수학 중 하나 이하로만 제시하고, 나머지를 모두 선택할 수 있도록 한다. 특히 테크놀로지를 사용할 것인지에 대한 선택도 교사의 몫이 된다. 이때 교사가 고려해야 하는 다양한 맥락에는 학생의 수준, 교실의 분위기 및 사회적 규준, 환경 등을 모두 포함한다. 테크놀로지 관련 수학교사 지식의 마지막 단계인 TPACK 성찰하기 과제는 테크놀로지가 통합된 수학 수업을 다양한 맥락을 고려하여 성찰하게 하는 과제이다. 앞서 분석, 평가하기에서는 교사의 개인적인 맥락을 고려하지 않고, TK, CK, PK에 대해서만 고려했던 반면, 성찰하기에서는 보다 더 많은 맥락을 고려하여 종합적인 관점에서 수업을 성찰하게 한다.

[연구문제 3]에서는 최근 5년간 서울시에서 실시한 수학과 1·2급 정교사 자격연수 교재와 테크놀로지와 수학교육 관련 단행본 3개에서 다룬 과제를 분류해 보았다. 하나의 과제가 여러 기준으로 분류될 수 있음을 감안할 때, 전체의 45% 가량의 과제들이 TK′ 기억하기, TCK′ 기억하기, TCK′ 적용하기 과제에 해당한다는 사실을 확인할 수 있었다. TPACK의 이해하기, 적용하기, 창안하기 과제는 각각 1% 내외로 매우 적게 나타났으며, TPACK 분석, 평가하기, 성찰하기 과제는 전혀 나타나지 않았다. 또, TPACK 이해하기에 해당하는 내용은 과제의 형태가 아니라 다양한 연구와 이론을 소개하는 형식으로 다루어지고 있었다. 한편, 과제 분류 기준을 언급할 때 고려 대상이 아니었던 TK′ 창안하기 과제와 TCK′ 창안하기 과제도 1% 정도 제시되어 있다는 것을 확인할 수 있었다.

또, 많은 과제들이 하나 이상의 셀에 해당하는 것으로 확인되었는데, TK′ 기억하기 과제는 대부분 TCK′ 기억하기 과제와 함께 나타났고, 거의 대다수의 과제가 기억하기 혹은 적용하기로 분류될 수 있었다. 또, TCK′ 이해하기 과제와 분석, 평가하기 과제는 단독으로 존재하는 경우는 거의 없었고, 대부분 기억하기 과제와 결합된 형태로 나타나 교사가 어떤 대상을 구성한 후, 그것을 조작하고 관찰해봄으로써 수학적 내용과 테크놀로지에 대한 이해, 분석, 평가를 해보도록 구성되어 있었다.

2. 논의 및 제언

2.1. 논의

이 연구는 테크놀로지 관련 수학교사 교육에서 사용되는 과제의 분류 기준표를 만들고, 각각의 분류 기준에 해당하는 과제의 특징을 정리하였다. 이후, 실제로 우리나라의 테크놀로지에 대한 수학교사 교육에 사용되는 과제가 어떻게 분포되어 있는지를 조사하였다. 이로부터 세 가지 논의할 사항들을 정리해볼 수 있었다.

첫째, 우리나라에서 현재 사용되는 교사교육 과제들은 대부분 TCK′의 함양을 목표로 하는 과제로 분류되었다. 그러므로 TCK′을 교육학적 지식과 통합하여 TPACK에 관련된 과제의 개발이 가장 먼저 필요하다고 생각할 수 있다. 이 사실은 기존의 연구 중 테크놀로지에 관련한 수학교사 교육에서 교수-학습과 직접적으로 연결된 교육과정이 필요하다고 언급한 김영진(2011)의 연구와 마찬가지의 결론을 내릴 수 있다. 단, 김영진(2011)의 연구에서는 교육에 참여한 교사들을 대상으로 설문조사를 실시하여 내린 결론인데 반해, 이 연구는 교육 내용에 대한 현황을 분석하기 위한 기준을 제시했다는 점에서 그 의의가 있다.

둘째, 교사교육자와 교사 사이의 인식 차이를 확인할 수 있었다. 전문가 검토 결과, 동적 기하 소프트웨어를 사용하여 정사각형을 구성하라는 과제에 대해 수학교육 전문가와 교사교육자들은 첫 번째 인지적 과정인 기억하기 과제로, 수학교사들은 세 번째 인지적 과정인 적용하기 과제로 분류했던 것이다. 이것은 사용해야 하는 테크놀로지의 기능을 얼마나 알고 있느냐에 따라 달라졌다. 이는 교사 교육자와 교사 간에 같은 과제를 봤을 때 받아들이는 인식에 차이가 난다는 것을 시사한다. 이러한 결과는 이 연구에서 개발한 분류기준표가 교육자와 학습자 간의 인식 차이를 확인할 수 있는 도구로써의 역할도 할 수 있다는 점을 보여준다.

마지막으로, 이 연구에서는 교사교육에서 사용하는 과제에 대한 분석을 통해 교사교육 내적인 측면을 구조화하는 데에 초점을 맞췄다. 기존의 많은 연구에서 교사의 TPACK 발달에 영향을 끼치는 요인에 대해 교사교육 외적인 측면에 해당하는 교사의 수업 모형, 수업에 대한 반성, 학습 공동체 운영 등을 언급했던 것이다. 이와 같은 연구 결과는 테크놀로지에 대한 수학교사 교육자에게는 다양한 측면에서의 과제를 고려해보도록 독려할 수 있고, 학습자의 입장에 있는 수학교사에게는 자신의 테크놀로지 관련 지식이 어느 정도인지에 대해 확인해볼 수 있는 기준이 될 수 있다. 교사교육자와 교사에게 테크놀로지 관련 지식에 대한 기준을 제공한다는 점에서 이 연구는 앞으로 수학교사 교육이 더 체계적이고 다양한 과제를 활용할 수 있게 하는 발판이 될 수 있을 것으로 기대된다.

2.2. 연구의 한계점 및 제언

이 연구는 향후 테크놀로지에 대한 수학교사 교육에서 사용하는 과제에 대한 기준으로써의 역할을 할 것이다. 그러나 이 분류기준표가 실제로 교사교육에서 유용하게 사용될 수 있을 것이라고 판단하기에는 무리가 있다. 이 연구는 실제로 교사를 대상으로 교육을 실시한 결과가 아니기 때문이다.

또, 세 번째 연구 문제에 대한 분석 결과, 이 연구에서는 테크놀로지에 관련된 수학교사 교육에서 TPACK과 연관된 과제의 수가 매우 적다는 것을 지적했다. 하지만 이는 국내 교사교육 과제에 대한 분류에서 단지 종이에 제시된 과제들을 분류해본 것이기 때문에 TCK′에 해당하는 과제를 이용하여 실제로 이루어지는 교육 상황에서는 TPACK에 해당하는 많은 언급이 이루어지지 않을 것이라고 단언할 수는 없다.

이에 연구를 맺으면서 본 연구의 결과를 기초자료로 할 수 있는 네 가지 후속 연구를 제안하고자 한다.

첫째, 이 분류기준표를 제시하면서, 이 연구에서는 여러 가지 테크놀로지에 대해서 예시 과제를 제시하였다. 각 예시 과제들의 출처는 모두 달랐으며, 이 예시과제들만을 이용하여 교사교육을 진행하는 것 까지는 불가능하다. 그러므로 이 연구에서 소개한 12개의 과제 분류 기준으로 비추어 볼 때 고르게 분포한 과제들을 담은 교재를 설계하는 연구를 진행할 수 있다. 이 교재는 한 가지 테크놀로지나 특정 수학 영역 하나를 온전히 설명할 수 있는 내용을 담고 있어야 하며, 이렇게 설계된 교재가 있어야 교사교육에 실질적으로 적용해볼 수 있을 것이다.

둘째, 실제로 교사에게 12가지의 분류 기준에 해당하는 과제를 골고루 제시하고, 각 과제를 해결하면서 교사가 각각에 해당하는 교육목표를 성취했는지 확인해볼 수 있다. 이 과정은 수학 교사의 발달단계를 설명한 Niess(2009)의 연구에서 제안한 수학교사 TPACK의 5단계 수준과 연결해볼 수도 있을 것이다. 어떤 유형으로 분류된 과제가 더 높은 수준으로의 이동을 촉진시키는 지 확인해볼 수 있다.

셋째, 교사들에게 과제를 적용하고 그 효과를 분석하면서, 각 분류 기준에 해당하는 과제들이 차지해야 하는 적절한 비율에 대해 고려해볼 수 있다. 모든 과제들이 같은 비중으로 제시되어야 할 필요는 없다. 아직 테크놀로지가 익숙하지 않은 교사에게는 기억하기나 TK′에 해당하는 과제가, 테크놀로지에 어느 정도 익숙해진 교사에게는 TPACK이나 분석, 평가하기, 창안하기, 성찰하기에 해당하는 과제가 더 큰 비중으로 제시되어야 할 것으로 추측된다. 하지만 어떤 과제가 어느 정도로 포함된 교

재가 교사 교육에서 유용하게 사용될 수 있을 것인지에 대한 구체적인 연구가 이어질 수 있을 것이다.

마지막으로, 이 연구에서 제시된 모든 분류기준에 대해 과제가 제시되고, 교사가 그 과제를 해결해나가기 위해서는 실제로 교사가 수업을 구성하고, 그에 대한 분석, 평가, 성찰이 이루어질 수 있는 프로그램이 있어야만 가능하다. 그러므로 단순히 내용을 전달하는 데에서 그치는 연수가 아니라 참여 교사들 간에 수업 실행과 그 성찰까지 보장할 수 있는 지속성 있고, 공동체의 특성을 갖는 교사연수 프로그램의 개발이 필요하다.

이 연구에서 제시된 테크놀로지에 대한 수학교사 교육 과제의 분류기준표는 수학교사의 테크놀로지 교육에 있어 어떤 것을 가르칠 것인가에 대한 새로운 시각이 될 수 있을 것이라고 생각한다. 이 기준표를 통해 수학교사 교육자는 체계적으로 과제를 구성할 수 있을 것이고, 수학교사는 자신이 어느 지식을 어떻게 해야 하는지에 대해 확인할 수 있을 것이다. 테크놀로지가 수학 학습에 미치는 긍정적인 영향에 대해서 꾸준히 입증되고 있는 만큼, 수학교사의 TPACK을 향상시킬 수 있는 방법에 대해서도 지속적인 연구가 진행되어야 하고, 이때 수학교사 교육자와 수학교육 연구자, 그리고 수학교사 사이의 소통이 원활하게 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

강현석, 정재임, 최윤경. (2005). Bloom의 교육목표분류학에 대한 비판과 그 대안 탐구: 일선 교사들의 인터뷰를 중심으로. **중등교육연구, 53**(1), 51-84.

계영희, 신경희. (2005). 비유클리드 기하의 정신적 표상을 위한 S/W Cinderella. **수학교육, 44**(2), 297-306.

고상숙. (2001). 그래핑 계산기를 활용한 탐구학습에서 수학교사의 정신적 모델 개발과정. **교과교육연구, 5**, 207-240.

공주대학교 과학교육연구소. (2005). **수학교육과 컴퓨터.** 대전: 도서출판 보성.

교육과학기술부. (2011). **수학과 교육과정.** 교육과학기술부 고시 제 2011-362호, [별책 8].

교육부. (1992). **중학교 교육과정**. 교육부 고시 제 1992-11호.

교육부. (1997). **수학과 교육과정.** 교육부 고시 제 1997-15호, [별책 8]. 서울: 대한교과서.

교육인적자원부. (2007). **수학과 교육과정.** 교육인적자원부 고시 제 2007-79호, [별책 8].

국립국어원. (n.d.). **국립국어원 표준국어대사전.** Retrieved from http://stdweb2.korean.go.kr/search/List_dic.jsp.

권성룡, 김남균, 류성림, 박성선. (2009). **테크놀로지와 함께 하는 수학교육**. 서울: 경문사.

권성룡. (2006). 'Polyhedron'을 활용한 다면체 학습에 관한 연구. **수학교육, 45**(2), 191-204.

김경연. (2007). **반성적 저널 쓰기 과제에서 질문프롬프트의 제공여부가 메타인지 수준에 따라 학습자의 학습 산물에 미치는 효과.** 박사학위논문. 서울: 고려대학교.

김남희, 박경미. (2008). **수학교육에서의 컴퓨터 활용.** 서울: 경문사.

김남희. (2002). '문제 해결' 관점에서의 GSP 활용. **학교수학, 4**(1),

111-125.

김남희. (2004). 중등수학 탐구를 위한 예비수학교사의 수학프로그램(GrafEq) 활용 사례. **수학교육, 43**(4). 405-417.

김남희. (2006). 문제해결력 신장을 위한 Cabri 3D의 교육적 활용. **수학교육학연구, 16**(4), 345-366.

김영진. (2011). **중등 수학 교사의 공학 관련 현직연수 실태 분석 및 개선 방안 연구52.** 석사학위논문. 충남: 한국교원대학교.

김원경, 조민식, 김영주, 김윤희, 방환선, 윤기원, 이춘신. (2010). **중학교 수학 2**. 서울: 비상교육. p.216.

김향숙, 박진석, 박준형. (2006). **창의적 수학을 위한 GSP 활용**. 서울: 경문사.

김화경 (2006). 수학교육에서 컴퓨터 환경이 지니는 유창성의 의미. **한국학교수학회논문집, 9**(2), 229-248.

류희찬, 조민식, 장경윤, 유공주. (2003). 탐구형 소프트웨어를 활용한 수학 교사교육 프로그램 개발 탐색. **학교수학, 5**(1). 97-114.

박지현. (2013). **컴퓨터 기반 수학 평가 문항 설계 원리 연구: 수학적 과정을 중심으로.** (교육학박사학위논문). 서울: 서울대학교 대학원.

방정숙. (2003). 수학 교사 학습과 전문성 신장에 관한 소고. **수학교육학연구, 13**(2), 143-157.

서유진, 나경은. (2012). 스마트교육 활성화를 위한 수학교육 어플리케이션의 보편적 학습설계 특성 분석: 학습장애 학생의 사용성 검사를 중심으로. **학습장애연구, 9**(3), 1-35.

송영준. (2013). GSP를 활용한 수학교육. **2013 중등 수학과 1·2급 정교사 자격연수**(pp.555-575). 서울특별시교육연수원.

송영준. (2012). GSP를 활용한 수학교육. **2012 중등 수학과 1·2급 정교사 자격연수**(pp593-607). 서울특별시교육연수원.

송영준. (2011). GSP를 활용한 수학교육. **2011 중등 수학과 1·2급 정교사 자격연수**(pp395-414). 서울특별시교육연수원.

송영준. (2010). GSP를 활용한 수학교육. **2010 중등 수학과 1·2급 정교사 자격연수**(pp675-690). 서울특별시교육연수원.

송영준. (2009). GSP를 활용한 수학교육. **2009 중등 수학과 1·2급 정교사 자격연수**(pp703-718). 서울특별시교육연수원.

양성현, 강옥기. (2011). GeoGebra를 활용한 역동적인 시각적 표상에 기반한 이차곡선 지도 방안. **학교수학, 13**(3), 447-468.

이광호. (2007). 수학 교사의 테크놀로지 교수 학습 지식(TPCK) 개발. **한국학교수학회논문집, 10**(2), 247-262.

이광상, 조민식, 류희찬. (2006). 엑셀의 활용이 일차함수 문제해결에 미치는 효과. **학교수학, 8**(3), 265-290.

이민희. (2010). **교사의 반성적 사고를 통한 TPACK의 개발에 대한 사례 연구: 경력이 다른 두 교사를 중심으로.** 석사학위논문. 서울:이화여자대학교.

임문수. (2008). **중등 수학과 교사 현직 연수의 교육과정에 관한 연구**. 박사학위논문. 서울: 단국대학교.

임해미. (2009). 예비 수학교사의 테크놀로지 내용교수지식(TPACK) 신장을 위한 팀 프로젝트 효과 연구. **수학교육학연구, 19**(4), 545-564.

조은애, 권혁진. (2008). 수학교육에 공학적 도구의 활용에 대한 교사들의 인식과 활성화 방안. **교과교육연구, 1**(1), 1-29.

조재춘, 임희석. (2012). 교수-학습 활동과 학습자의 특성을 고려한 스마트교육 개념모델. **컴퓨터교육학회 논문지, 15**(4), 41-49.

조한혁, 안준화, 우혜영. (2002). 컴퓨터를 통한 수학적 사고력 신장의 가능성 모색. **수학교육 논문집, 14**, 197-215.

최경식. (2012). **따라하며 배우는 지오지브라 1.** 서울: 수학교육연구소.

최경식. (2013). **지오지브라 바이블.** 서울: 교우사.

한국교육개발원. (2012). **교육통계연보**. Retrieved from http://cesi.kedi.re.kr/ (교육통계서비스).

한국교육과정평가원. (2009). **학교 교육 경쟁력 강화를 위한 교육과정 실행 방안 연구: 수학과**. 연구보고 RRC 2009-4-1.

홍은표, 이수현. (2003). 수학교과 수준별 교수.학습 자료에서 MathML과 XSLT의 활용. **수학교육, 42**(5), 683-696.

허경조. (1993). **인지영역 교육목표 분류학에 있어서 행동의 의미와 위계**

에 대한 비판적 고찰. 박사학위논문. 서울: 서울대학교.

허정섭. (1980). B.S. Bloom의 교육목표에 관한 소고. **광운대학교 논문집**, *9,* 119-126.

Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessment: A Revision of Bloom's Taxonomy of Education Objectives.* New York: Longman.

Anderson, L. W., & Sosniak, L. A. (Ed.) (1994). *Bloom's taxonomy: A fourty-year retrospective: Ninety-third yearbook of the National Society for the Study of Education*, Chicago: University of Chicago Press.

Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., Rath, J., & Wittrock, M. C. (2005). **교육과정 수업 평가를 위한 새로운 분류학: Bloom 교육목표 분류학의 개정** (강현석, 강이철, 권대훈, 박영무, 이원희, 조영남, 주동범, 최호성 공역). 서울: 아카데미프레스. (원서출판 2001).

AACTE. (2008, Eds.). *Handbook of Technological Pedagogical Content Knowledge(TPCK).* NY: Routledge.

Association of Mathematics Teacher Educator. (2006). *Preparing Teachers To Use Technology To Enhance The Learning Of Mathematics.* retrieved from http://www.amte.net.

Ball, D., & Cohen, D. (1999). Developing practice, developing practitioners. In L. Darling-Hammond & G. Sykes (Ed.), *Teaching as the learning profession* (pp. 3-32). San Francisco, CA: Jossey-Bass Publishers.

Baturo, A., Cooper, T., Doyle, K., & Grant, E. (2007). Using three levels in design of effective teacher-education tasks: The case of promoting conflicts with intuitive understandings in probability. *Journal of Mathematics Teacher Education. 10*(4), 251-259.

Bloom, B. S. (1983). **교육목표분류학 : 교육목표의 분류 및 평가의 실제** (임의도, 고종렬, 신세호 역). 서울: 교육과학사. (원서출판 1956)

Britzman, D. (1991). *Practice makes practice: A critical study of learning to teach*. Albany: State University of New York press.

Brown, A. L. (1984). Metacognition, executive control, self-regulation, and other even more mysterious mechanisms. In F. E. Weinert & R. H. Kluwe (Ed.), *Metacognition, motivation, and learning*(pp. 60-108). Stuttgart, West Germany: Kuhlhammer.

Cox, S. (2008). *A Conceptual Analysis of Technological Pedagogical Content Knowledge.* (Doctorial dissertation). Provo, UT: Brigham Young University.

Cox, S., & Graham, C. R. (2009). Diagramming TPACK in Practice: Using an Elaborated Model of the TPACK Framework to Analyze and Depict Teacher Knowledge. *TechTrends, 53*(5), 60-69.

Cuoco, A. A., & Goldenberg, E. P. (1996). A Role for Technology in Mathematics Education. *Journal of education, 178*(2). 15-34.

Davis, L. L. (1992). Instrument review: Getting the most from your panel of experts. *Applied Nursing Research, 5,* 194-197.

Doering, A., Veletsianos, G., Scharber, C., & Miller, C. (2009). Using the technological, pedagogical, and content knowledge framework to design online learning environments and professional development. *Journal of Educational Computing Research, 41*(3), 319-346.

Doyle, W. (1983). Academic work. *Review of Educational Research, 53,* 159-199.

Ferrini-M., J., Burrill, G., & Schmidt, W. H. (2007). Building teacher capacity for implementing curricular coherence: mathematics teacher professional development tasks. *Journal of Mathematics Teacher Education. 10*(4), 311-324.

Forgasz, H. (2006). Factors that encourage and inhibit computer use for secondary mathematics teaching. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, 25*(1), 77-93.

Furst, E. J. (1994). Bloom's taxonomy: Philosophical and educational issues. In L. W. Anderson & L. A. Sosniak (Ed.), *Bloom's taxonomy: A fourty-year retrospective: Ninety-third yearbook of the National Society for the Study of Education* (pp.28-40). Chicago: University of Chicago Press.

Goos, M. (2011). Technology integration in secondary mathematics: Enhancing the professionalisation of prospective teachers. In O. Zaslavsky, & P. Sullivan (Ed.), *mathematics teacher education* (Vol. 6, pp. 209-225). US: springer.

Grandgenett, N. (2008). Perhaps a matter of imagination: Technological pedagogical content knowledge in mathematics education. In M. J. Koehler & P. Mishra, (Ed.), *The Handbook of Technological Pedagogical Content Knowledge for Teaching* (pp. 145-166)

Grossman, P. L. (1989). A study in contrast: Sources of pedagogical content knowledge for secondary English. *Journal of Teacher Education, 40*(5), 24-31.

Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press.

Grossman, P. L. (1991). Overcoming the apprenticeship of observation in teacher education coursework. *Teaching and Teacher Education, 7,* 245-257.

Hammond, T., & Manfra, M. (2009). Giving, prompting, making: aligning technology and pedagogy within TPACK for social studies instruction. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 9*(2), 160-185.

Harris, J. B., & Hofer, M. J. (2011). Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) in Action: A Descriptive Study of Secondary Teachers' Curriculum-Based, Technology-Related Instructional Planning. *Journal of Research on Technology in Education, 43*(3), 211-229.

Hauenstein, A. D. (2004). **신 교육목표분류학: 전통적 분류학에 대한 전체론적 접근** (김인식, 박영무, 이원희, 최호성, 강현석, 최병옥, 박창언, 박찬혁 공역). 서울: 교육과학사. (원서출판 1998).

Ho, B. (1997). Reactions of students to reflective learning in a technical report-writing source. *English for Specific Purpose, 16*(3), 211-227.

Hofer, M. & Grandgenett, N. (2012). TPACK Development in Teacher Education: A Longitudinal Study of Preservice Teachers in a Secondary M.A.Ed. Program. *Journal of Research on Technology in Education, 45*(1), 86-106.

Hohenwarter, J., & Hohenwarter, M. (2013). *Introduction to GeoGebra version 4.4.* retrieved from http://wiki.geogebra.org/en/Tutorial:Main_Page

Hollebrands, K. F., & Lee, H. S. (2012). *The Preparing to Teach Mathematics with Technology: An Integrated Approach to Geometry*. IA: Kendall Hunt Publishing.

Hollebrands, K. F., Lee., H. S., McCulloch, A., Chandler, K., Nickell, J., Whitehead, A., & Akoglu, K. (n.d.) Preparing to Teach Mathematics with Technology: An integrated Approach. retrieved from http://ptmt.fi.ncsu.edu

Jaworski, B. (2007). Tasks: a fitting end to an era. *Journal of Mathematics Teacher Education. 10*(4), 201-204.

Kaput, J. J., & Thompson, P. W. (1994). Technology in mathematics education research: the first 25 years in the JRME. *Journal foinr research in mathematics education, 25*(6), 676.

Koehler, M. J., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 9*(1), 60-70.

Koh, S. S. (1997). Educating Prospective Teachers as the agents of reform to cope with new technology in mathematics. *Journal of the Korea Society of Educational Studies in Mathematics, VII*(2), 151-159.

Krathwohl, D. R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory into Practice, 41*(4), 212-218.

Kunen, S., Cohen, R., & Solman, R. (1981). A levels-of-processing analysis of Bloom's taxonomy. *Journal of Educational Psychology, 73*, 202-211.

Lee, H. S., Hollebrands, K. F., & Wilson, P. H. (2010). *Preparing to teach mathematics with technology: An integrated approach to*

data analysis and probability. IA: Kendall Hunt Publishing.

Lee, H., & Hollebrands, K. (2008). Preparing to teach mathematics with technology: An integrated approach to developing technological pedagogical content knowledge. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 8*(4), 326-341.

Livingston, J. (1997) *Metacognition: An Overview.* State Univ. of New York at Buffalo. Retrieved from http://www.gse.buffalo.edu/fas/shuell/cep564/Metacog.htm.

Lortie, D. (1975). *Schoolteacher: A sociological study.* Chicago: University of Chicago Press.

Marzano, R. J. (2005). **신 교육목표분류학의 설계** (강현석, 강이철, 권대훈, 박영무, 이원희, 조영남, 주동범, 최호성 옮김). 서울: 아카데미프레스. (원서출판 2001).

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A new framework for teacher knowledge. *Teachers College Record, 108*(6), 1017-1054.

National Council of Teachers of Mathematics. (1991). *Professional Standards for teaching mathematics*. Reston, VA: Author.

National Council of Teachers of Mathematics. (1995). *Assessment standards for school mathematics*. Reston, VA: Author.

NCTM. (2009). **학교수학을 위한 원리와 규준** (류희찬, 이경화, 나귀수, 김남균, 방정숙, 옮김, p.11). 서울: 경문사. (원서출판 2000).

Niederhauser, D. S., & Stoddart, T. (2001). Teachers' instructional perspectives and use of educational software. *Teaching and Teacher Education, 17*(1), 15-31.

Niess, M. L. (2005). Preparing teachers to teach science and mathematics with technology: Developing a technology pedagogical content knowledge. *Teaching and Teacher Education, 21*, 509-523.

Niess, M. L., Ronau, R. N., Shafer, K. G., Driskell, S. O., Harper S. R., Johnston, C., Browning, C., Özgün-Koca, S. A., & Kersaint, G. (2009). Mathematics teacher TPACK standards and development

model. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 9*(1), 4-24.

Niess, M. L., Sadri, P., & Lee, K. (2007, April). *Dynamic spreadsheets as learning technology tools: Developing teachers' technology pedagogical content knowledge (TPCK).* Paper presented at the meeting of the American Educational Research Association Annual Conference, Chicago, IL.

Peled, I. (2007). The role of analogical thinking in designing tasks for mathematics teacher education: An example of a pedagogical ad hoc task. *Journal of Mathematics Teacher Education. 10*(4), 369-379.

Pierson, M. (2001). Technology integration practice as a function of pedagogical expertise. *Journal of Research on Computing in Education, 33*(4), 413-430.

Polly, D., & Orrill, C. (2012). Developing Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK) through Professional Development Focused on Technology-Rich Mathematics Tasks. *Meridian, 15.* Retrieved from http://ced.ncsu.edu/meridian/index.php/meridian/article/view/44

Queensland Studies Authority. (2010). *Senior Syllabus in Mathematics B.* Queensland, Australia: Spring Hill.

Reed, H. C., Drijvers, P., & Kirschner, P. A. (2010). Effects of attitudes and behaviors on learning mathematics with computer tools. *Computers & education, 55*(1), 1-15.

Reed, S. K. (1987). A structure-mapping model for word problems. Journal of Experimental Psychology: *Learning, Memory, and Cognition, 13*(1), 124-139.

Reeves, T. (2007). Design research from a technology perspectives. In J. van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney, & N. Nieveen (Ed.), Educational Design Research (pp. 86-143). London: Routledge.

Richey, R. C., & Klein, J. D. (2005). Developmental research methods: creating knowledge from instructional design and development

practice. *Journal of Computing in Higher Education, 16*(2), 23-38.

Richey, R. C., & Klein, J. D. (2007). *Design and development research: Methods, strategies, and issues*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Richey, R. C., Klein, J. D., & Nelson, W. A. (2004). Developmental research: studies of intructional design and development. In D. Jonassen (Ed.) *Handbook of Research for Educational Communications and Technology* (2nd ed.) (pp.1099-1130). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Rogers, E. M. (1995). *Diffusion of innovations*. New York, Free Press.

Rubio, D. M., Berg-Weger, M., Tebb, S. S. Lee, E. S., & Rauch, S. (2003). Objectifying content validity: conducting a content validity study in social work research. *Social Work Research. 27*(2), 94-104.

Salomon, G., & Perkins, D. (2005). Do technologies make us smarter? Intellectual amplification with, of and through technology. In R. J. Sternberg, & D. D. Preiss(Ed). *Intelligence and technology: The impact of tools on the nature and development of human abilities*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. pp.71-86.

Salomon, G., & Perkins, D. (2005). Do technologies make us smarter? Intellectual amplification with, of, and through technology. In R. J. Sternberg & D. D. Preiss (Ed.), *Intelligence and technology: The impact of tools on the nature and development of human abilities* (pp. 71-86). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Schmidt, D. A., Baran, E., Thompson, A. D., Mishra, P., Koehler, M. J., & Shin, T. S. (2009). Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK): The Development and Validation of an Assessment Instrument for Preservice Teachers. *Journal of Research on Technology in Education, 42*(2), 123-149.

Schultz, K. T. (2009). *Cognitive Demand and Technology Use in High School Mathematics Teachers' Selection and Implementation of Tasks.* (Doctoral dissertation). University of Georgia, GA.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in

teaching. *Educational Researcher, 15*(2), 4-14.

Silver, E. A., Clark, L. M., Ghousseini, H. N., Charalambous, C. Y., & Sealy, J. T. (2007). Where is the mathematics? Examining teachers' mathematical learning opportunities in practice-based professional learning tasks. *Journal of Mathematics Teacher Education.* 10(4), 261-277.

Stein, M. K., & Smith, M. S. (1998). Mathematical tasks as a framework for reflection: From research to practice. *Mathematics Teaching in the Middle School, 3*(4), 268-275.

Stein, M. K., Grover, B. W., & Henningsen, M. (1996). Building Student Capacity for Mathematical Thinking and Reasoning: An Analysis of Mathematical Tasks Used in Reform Classrooms. *American Educaitonal Research Journal, 33*(2), 455-488.

Stein, M. K., Smith, M. S., Henningsen, M., & Silver, E. (2000). *Implementing Standards-based mathematics instruction: A casebook for professional development*. New York: Teachers College Press.

Strudler, N., & Wetzel, K. (1999). Lessons from exemplary colleges of education: Factors affecting technology integration in preservice programs. *Educational Technology Research and Development, 47*(4), 63-81.

Thomas, M. O. J., & Hong, Y. Y. (2013). Teacher Integration of Technology into Mathematics Learning. I*nternational Journal for Technology in Mathematics Education, 20*(2), 69-84.

Thompson, A. D., & Mishra, P. (2007). Breaking News: TPCK Becomes TPACK! *Journal of Computing in Teacher Education, 24*(2), 39-64.

Thompson, P. W., Carlson, M. P., & Silverman, J. (2007). The design of tasks in support of teachers' development of coherent mathematical meanings. *Journal of Mathematics Teacher Education. 10*(4), 415-432.

U. K. Department for Education. (2013). *Mathematics: Programme of study for Key Stage 4.* Retrieved from www.education.gov.uk/nationalcurriculum.

van den Akker, J. (1999). Principles and methods of development research. In J. van den Akker, R. M. Branch, K. Gustafson, N. Nieveen, & T. Plomp (Ed.), *Design approaches and tools in education and training* (pp. 1-14). Dordrecht: Kluwer Academic.

Watson, A., & Mason, J. (2007). Taken-as-shared a review of common assumptions about mathematical tasks in teacher education. *Journal of Mathematics Teacher Education. 10*(4), 205-215.

[부록 1] 1차 전문가 검토

수학교사 테크놀로지 교육을 위한 과제 분류 기준에 대한 전문가 검토

이 질문지는 수학교사의 TPACK 발달을 위한 테크놀로지 교육에 사용되는 과제를 분류할 수 있도록 제작한 분류 기준에 대한 타당성을 검토받기 위해 제작되었습니다.

이 연구를 위한 전문가로서, 바쁘시더라도 협조해주시면 대단히 감사하겠습니다.

문의사항 있으시면 언제든지 연락 주십시오.

서울대학교 수학교육과 석사과정 김유정 드림
(010- -)

■ 전문가 프로필 ■

- 이름:
- 전공 분야:
- 최종 학력:
- 소속/직책:
- 실무 및 연구 경력
  (TPACK이나 수학 교수에 활용되는 테크놀로지 관련)

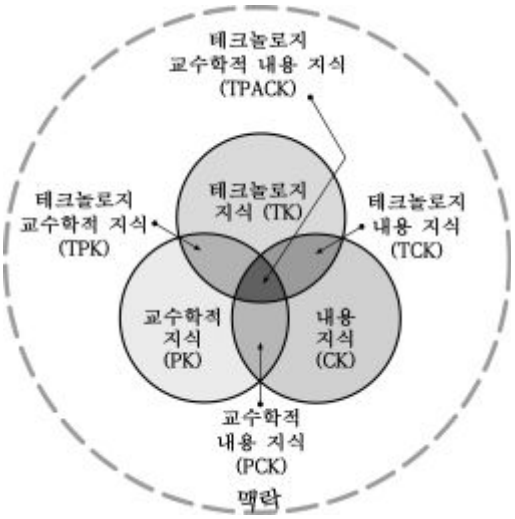
1. 연구의 기본 사항

- 제목: 수학교사 테크놀로지 교육을 위한 과제 분류
- 연구 목적: 테크놀로지 교육을 받은 수학교사가 실제 수업에 테크놀로지를 잘 통합하도록 돕는 교사 교육 과제 분류 기준을 TPACK 이론을 바탕으로 제작한다. 이 틀을 이용하여 현재 진행되는 교사 교육에 실질적인 도움을 주고자 함.
- 연구 질문: 수학교사의 테크놀로지 관련 교육을 위한 과제는 어떻게 분류될 수 있고, 각 분류 기준 별 특징은 무엇인가.

2. 테크놀로지 교수학적 내용지식

- Mishra와 Koehler(2006)에 따르면, 교사의 테크놀로지 교수학적 내용지식(TPACK)은 교사의 내용지식(Content Knowledge), 교수학적 지식(Pedagogical Knowledge), 테크놀로지 관련 지식(Technological Knowledge)이 통합된 교사의 지식으로, **내용을 가르치기 위해 테크놀로지를 사용하는 교수학적 테크닉**을 의미한다(그림 1).

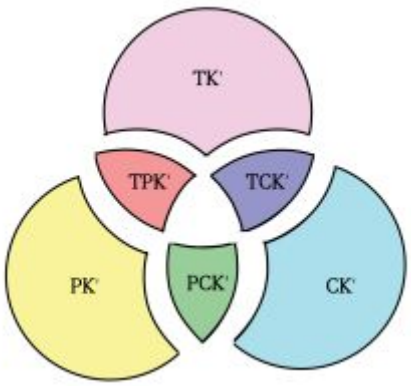
- 각 지식에 대한 설명 (Mishra & Koehler, 2006; AACTE, 2008; Cox & Grahm, 2009; Rakes & Niess, 2012)
  - TK: 테크놀로지 자체와 그 조작 및 사용법에 대한 지식
  - CK: 교과 내용(수학)에 관한 지식
  - PK: 교사가 활용할 수 있는 일반적인 교수학적 활동에 대한 지식
  - PCK: 교과 내용(수학)을 가르치는 데에 적용할 수 있는 지식
  - TCK: 테크놀로지와 교과 내용(수학)을 서로 연결하여 새롭게 표현하는 방법에 대한 지식
  - TPK: 테크놀로지를 이용하여 교사가 활용할 수 있는 일반적인 교수학적 활동에 관한 지식



[그림 1] TPACK (www.tpack.org)

- 본 연구에서는 수학교사의 테크놀로지 교육에 초점을 맞추므로, 그 발달 단계를 TK – TCK – TPACK으로 두고, 이 세 지식에 초점을 맞춘다.

- 이때, [그림 1]의 틀로 각 지식을 이해할 경우, 서로의 포함 관계가 실제 지식의 정의와 어긋나게 인식될 위험이 있다. 예를 들어, 도식의 구조 상 TK가 TPACK을 포함하고 있으므로, 그 상하관계에 대한 오해의 소지가 있다. 그러므로 이 연구에서는 순수한 하위지식을 [그림 2]와 같이 두고, 각 지식에 ′(프라임)을 붙여 다시 명명하였다.



[그림 2] 순수한 하위지식

3. 교육 목표의 분류

· Bloom(1956)의 교육 목표 분류를 명사부분과 동사 부분으로 나누어 지식 차원과 인지적 과정 차원을 다시 분류한 Anderson과 Krathwohl(2001)의 분류표를 기반으로 한다 (Krathwohl, 2002).

인지적 과정 / 지식	기억하기 remember	이해하기 understand	적용하기 apply	분석하기 analyze	평가하기 evaluate	창안하기 create
사실적 지식						
개념적 지식						
절차적 지식						
메타인지 지식						

[표 1] 교육 목표의 분류

· 위의 분류표에서 지식 차원에 TK′, TCK′, TPACK을 두고, 메타인지적 지식을 지식의 인지 과정으로 판단하여 인지적 과정 측면으로 옮겼다. 이는 Doering(2009)이 강조한 TPACK의 메타적 성격과도 연관된다.

· 가르치는 입장에 있는 교사가 어떤 교육 목표을 분석하는 과정은 그에 대한 평가와 함께 진행되기 때문에, 인지적 과정 차원에서 분석과 평가를 하나로 통합하였다. 그래서 [표 2]와 같은 새로운 분류 틀을 창안하였다.

인지적 과정 / 지식	기억하기	이해하기	적용하기	분석, 평가하기	창안하기	메타적으로 보기
TK′						
TCK′						
TPACK						

[표 2] 교사 테크놀로지 관련 지식 분류 표

4. TK′, TCK′, TPACK′에 대한 서술과 인지적 과정의 연결

· 여러 문헌으로부터 TPACK에 대한 설명에 해당하는 서술을 정리한 후, 그것을 명사구와 동사구로 구분하였다. 우선 명사구에 테크놀로지, 수학, 교수학과 관련된 용어가 있는지 확인하여 이를 각 지식으로 분류하고, 이를 동사구에 따라 분류 기준의 인지적 과정 중 어디에 해당하는지 살펴보았다.

● TK′(Schmidt et al., 2009; Cox & Graham, 2009; Pierson, 2001; Mishra & Koehler, 2006; AACTE, 2008)

① 테크놀로지 자체와 그 조작 및 사용법에 대한 지식 :: 기억

② 사용하는 테크놀로지의 독특한 특징에 대한 **이해** :: 이해

● TCK′ (Cox & Graham, 2009; Hofer, 2012; Schmidt et al., 2009; Mishra & Koehler, 2006; Strudler & Wetzel, 1999; Forgasz, 2006)

① 테크놀로지와 수학을 서로 **연결**하여 새롭게 **표현**하는 방법에 대한 지식 :: 기억, 이해

② 테크놀로지로 학습자의 입장에서 수학을 학습하는 것에 대한 **체험**적 지식 :: 적용
③ 테크놀로지의 활용으로 인해 수학의 내용 자체의 **변화**에 대한 지식 :: 분석/평가
④ 테크놀로지의 활용으로 수학을 연습하고, 이해하는 방법의 변화에 대한 지식 :: 메타

● TPACK (Cox, 2008; Cox & Graham, 2009; Koehler & Mishra, 2008; Grandgenett, 2008) (AMTE, 2009; Grandgenett, 2008; Niess, 2008; Koehler, Mishra, 2005; Koehler, Mishra, Hershey, Peruski, 2004; 임해미, 2009; Wakwinji, 2011; AMTE, 2009)

① 내용을 가르치기 위해 테크놀로지를 **사용**하는 교수학적 테크닉 :: 적용
② 교사들이 테크놀로지의 효과적인 사용이 내용과 교수에 **직결**된다는 것에 대해 **인식**하게 하는 것 :: 분석/평가, 메타
③ 학교의 학습 환경, 문화, 교사 개인, 학생의 특성 등 맥락에 따라 상황적인 지식으로, **설계**를 통한 학습(Learning by design)으로 발달. :: 창안

인지적 과정 / 지식	기억하기	이해하기	적용하기	분석, 평가하기	창안하기	메타적으로 보기
TK′	①	②				
TCK′	①	①	②	③		④
TPACK			①	②	③	②

[표 3] 교사 테크놀로지 관련 지식의 분포

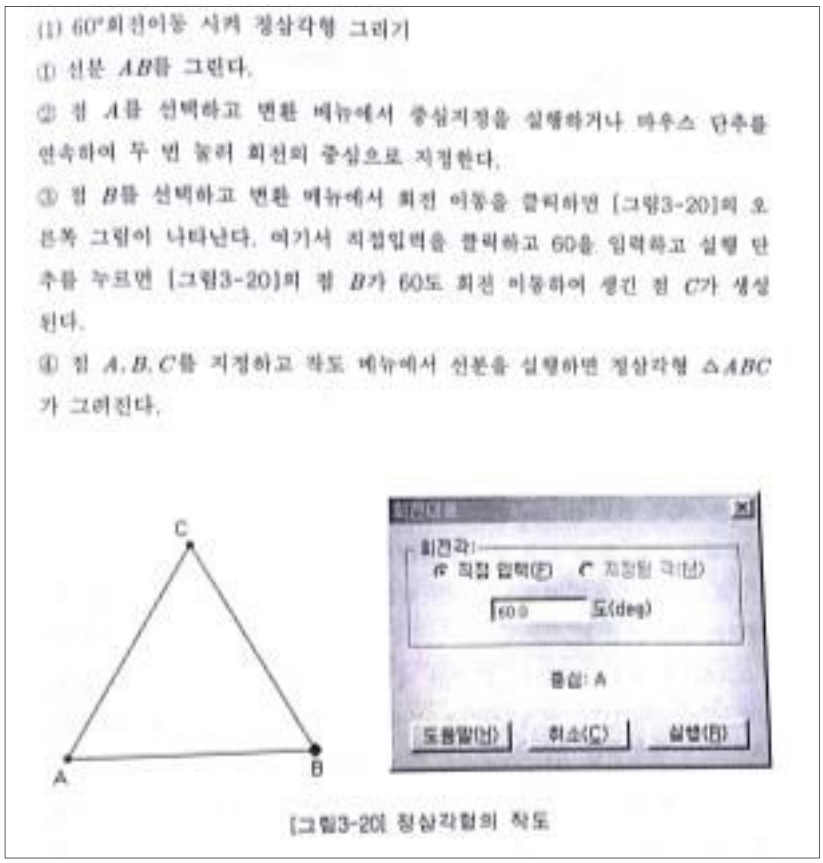
5. 테크놀로지 교사교육 과제 분류기준 정리

목표 지식	인지적 과정	분류 기준
TK′	기억	과제 수행에 수학적 지식이 필요하지 않으며, 테크놀로지의 특정 기능을 기억하는 것을 목표로 하는 과제
	이해	테크놀로지의 기능을 이해하게 하는 과제
TCK′	기억	수학적 내용을 테크놀로지를 이용하여 표현하는 방법을 보고, 그것을 인식, 기억하게 하는 과제
	이해	테크놀로지를 사용하여 수학적 내용을 이해하는 것을 목표로 하는 과제
	적용	테크놀로지를 이용하여 수학적 내용을 직접 표현해보는 과제
	분석, 평가	테크놀로지로 표현된 수학적 내용을 보고 테크놀로지와 내용 사이의 관계를 살펴보게 하는 과제
	메타	자신의 테크놀로지로 수학적 내용을 표현하는 것에 대한 성찰과 반성을 하게 하는 과제
TPACK	적용	학생의 수학적 내용 이해를 돕기 위해 테크놀로지를 활용하는 방법에 대해 생각하게 하는 과제
	분석, 평가	테크놀로지를 활용한 수학 수업을 보고 테크놀로지와 내용, 교수 사이의 관계를 살펴보게 하는 과제
	창안	자신이 처한 맥락에서 테크놀로지를 활용한 수학 수업을 계획해보게 하는 과제
	메타	자신의 테크놀로지를 활용한 수학 수업에 대한 성찰과 반성을 하게 하는 과제

[표 4] 테크놀로지 교사 교육 과제 분류 기준

6. 각 분류 기준에 대한 과제 사례

[TK′ 기억 ①] 절차를 모두 제시한 과제. 그 목표가 테크놀로지의 기능을 인식하는 데에 있고, 수행 과정에 수학적 지식이 필요 없음.


(1) 60°회전이동 시켜 정삼각형 그리기

① 선분 AB를 그린다.

② 점 A를 선택하고 변환 메뉴에서 중심지정을 실행하거나 마우스 단추를 연속하여 두 번 눌러 회전의 중심으로 지정한다.

③ 점 B를 선택하고 변환 메뉴에서 회전 이동을 클릭하면 [그림3-20]의 오른쪽 그림이 나타난다. 여기서 직접입력을 클릭하고 60을 입력하고 실행 단추를 누르면 [그림3-20]의 점 B가 60도 회전 이동하여 생긴 점 C가 생성된다.

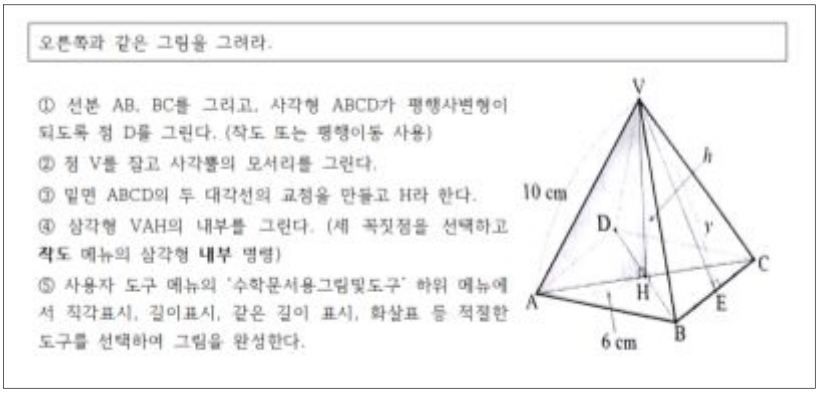
④ 점 A, B, C를 지정하고 작도 메뉴에서 선분을 실행하면 정삼각형 $\triangle ABC$가 그려진다.

[그림3-20] 정삼각형의 작도

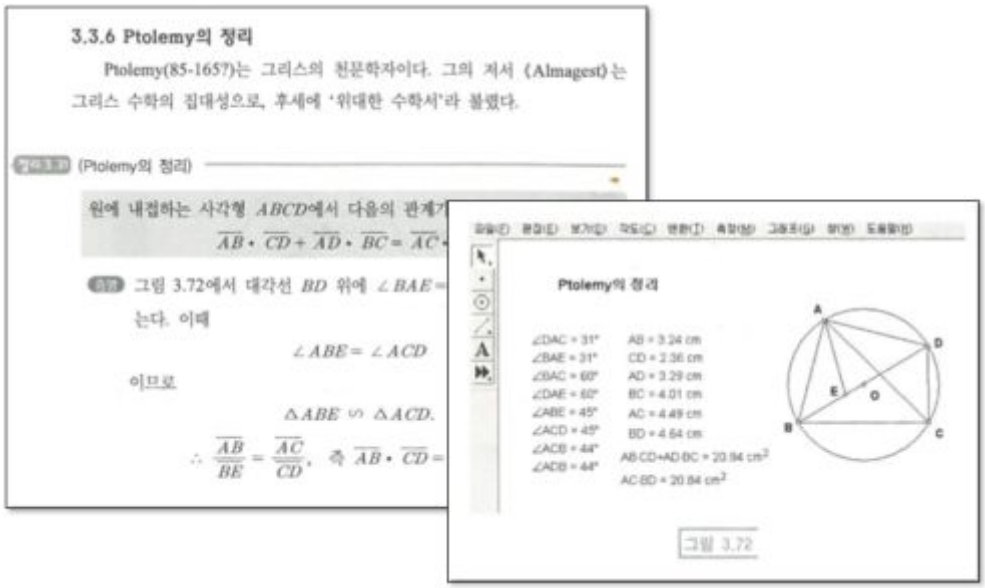
[TK′ 이해 ②] Q12는 구성한 대상을 조작해봄으로써 구성된 대상에 대한 이해를 하는 데에 목표가 있는 과제. 그 이해는 테크놀로지에 대한 이해로 직결됨.

Q12. 선택 도구를 클릭한 후, 위의 원을 드래그 하는 세 가지 방법을 시도해보아라. 이때 각 방법은 각기 다른 양상을 보일 것이다. 예를 들어, 점 C를 클릭하여 드래그하면 원이 어떻게 달라지는지 확인하여라. 또, 점 D를 선택하여 드래그하면, 원의 중심은 변하지 않고 원의 크기만 달라지는 것을 확인하여라. 또, 원을 선택하여 드래그할 수도 있다. 이때 원 자체의 위치는 변하지만 그 크기는 변하지 않음을 확인하여라. 이 세 가지 드래그 방법이 각기 다른 양상을 보이는 이유에 대해 설명하여라.

[TCK′ 기억 ①] 절차를 모두 제시한 과제. 그 궁극적인 목표는 테크놀로지의 기능을 인식하는 데에 있으나, 수행 과정에 수학적 지식이 필요함.



[TCK′ 이해 ①] 교사에게 익숙하지 않은 지식을 테크놀로지를 이용하여 표현해봄으로써 수학이 테크놀로지로 이해되는 방법을 이해하게 하는 과제

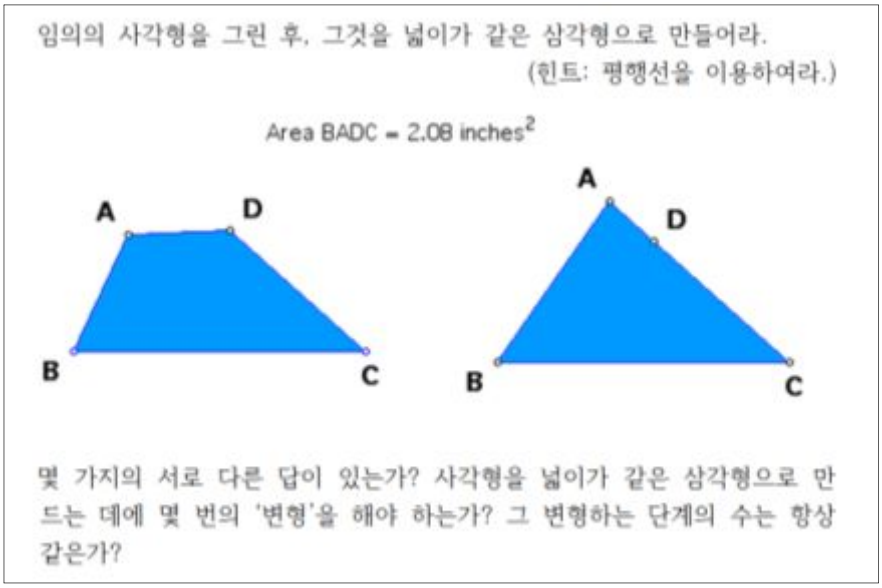


[TCK′ 적용 ②] 테크놀로지로 수학적 대상을 표현하게 하는 과제

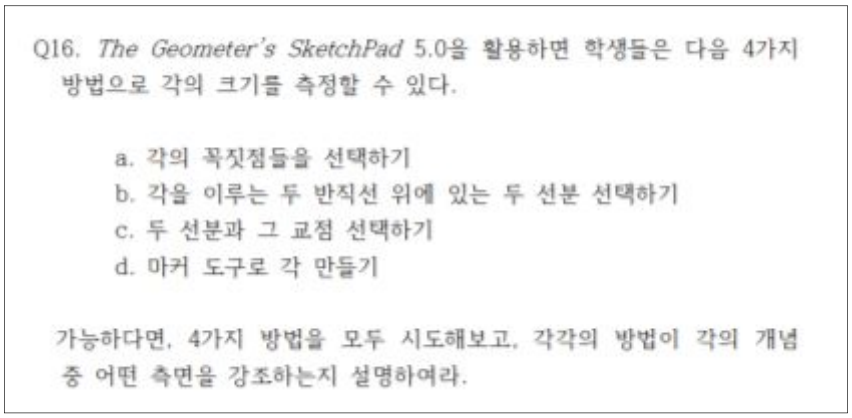
삼각형의 무게중심을 작도하여라.

초점 A(1, 0)과 준선 $x=-1$이 주어진 경우, 지오지브라의 포물선 도구 를 활용하여 포물선을 그리시오. (http://www.geogebratube.org/student/m8269)
함수 $f(x)=2x^2+2x+1$의 그래프를 그리시오. (http://www.geogebratube.org/student/m6655)

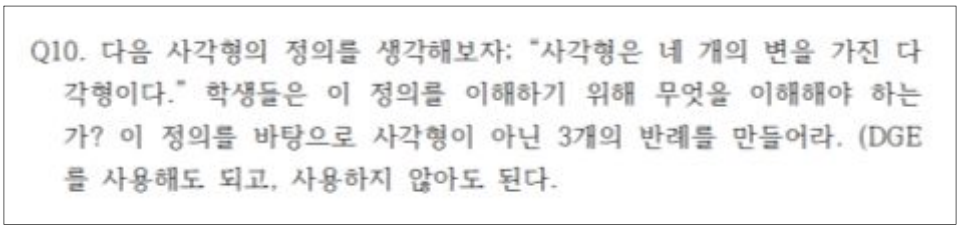
[TCK′ 적용 ②] 테크놀로지를 조작하여 수학 문제를 해결하게 하는 과제



[TCK′ 분석, 평가 ③] 이미 구성된 대상을 보며 테크놀로지와 수학 사이의 관계에 대해 분석하게 하는 과제



[TPACK 적용 ①] 수학을 학습하는 상황을 제시하고, 학생의 이해를 더 효과적이게 돕는 방법 중 하나로 테크놀로지의 사용을 제시하는 과제



[TPACK 분석, 평가 ②] 테크놀로지를 이용한 수학 수업 상황을 보고, 그 상황에 대한 분석과 평가를 요구하는 과제

비디오 클립 "TriangleInequality.mov"를 실행시켜 보아라.

전반부 "Beginning of the Lesson: Teacher Gives Directions" (0:00 ~ 2:43)를 보고, 일시정지한 후, 다음 물음에 답하여라.

Q12. 삼각형의 변의 끝점을 드래그하면서 교사는 "이 두 선분이 만날 거라고 생각하니?" 라고 물었을 때 많은 학생들이 "아니요"라고 대답했다. 이것은 놀라운가? 학생들이 이렇게 응답한 이유는 무엇이라고 생각하는가?

[TPACK 창안 ③] 테크놀로지를 활용하여 수학 수업을 한다고 할 때, 바람직한 수업 지도안을 제작하게 하는 과제

수학 수업에서 테크놀로지를 활용했을 때 효과적이고 효율적으로 지도할 수 있는 단원 또는 개념을 선택하고, 이에 대한 학생용 활동지, 교사용 안내서 제작하기

7. 전문가 타당성 검토 1. 분류 기준 도출의 타당성

다음은 수학교사 테크놀로지 교육을 위한 과제 분류 기준 **도출 과정의 타당성**에 대한 의견을 묻는 것입니다. 4단계 평정 척도에 따라 해당하는 곳에 표시해주시기 바랍니다.

(4: 매우 그렇다, 3: 그렇다, 2: 그렇지 않다, 1: 전혀 그렇지 않다)

분류 기준		4	3	2	1
선행 문헌 탐색의 적합성	테크놀로지에 관련한 교사 지식을 정리하기 위해 탐색된 문헌들은 적절한가.				
	교육 목표 분류와 관련한 교사 지식을 정리하기 위해 탐색된 문헌들은 적절한가.				
용어의 적절성	TK′, TCK′, TPACK의 구분은 수학교사의 테크놀로지 관련 지식을 적절하게 설명하고 있는가.				
	기억, 이해, 적용, 분석/평가, 창안, 메타의 구분은 수학교사의 인지적 과정을 적절하게 설명하고 있는가.				
조직화의 적절성	수학교사의 테크놀로지 관련 지식을 인지적 과정에 따라 조직화 하는 것은 적절한가.				
	수학교사의 테크놀로지와 관련된 각각의 지식은 인지적 과정에 따라 논리적으로 적절하게 조직화 되었는가.				
선행문헌 고찰 결과 반영의 적절성	선행문헌이 위의 분류 기준 조직화에 적절하게 반영되었는가.				
의견	위에서 '타당하지 않다'고 응답하신 이유는 무엇입니까?				
	수학교사 테크놀로지 교육을 위한 과제 분류 기준에서 수정하거나 개선해야 할 사항은 무엇입니까?				

8. 전문가 타당성 검토 2. 분류 기준 전반

다음은 수학교사 테크놀로지 교육을 위한 과제 분류 기준(표 4)에 대한 **<u>전반적인</u>** 의견을 묻는 것입니다. 4단계 평정 척도에 따라 해당하는 곳에 표시해주시기 바랍니다.

(4: 매우 그렇다, 3: 그렇다, 2: 그렇지 않다, 1: 전혀 그렇지 않다)

분류 기준		4	3	2	1
타당성	1. 이 과제 분류 기준은 테크놀로지에 대한 수학 교사 교육과정 개발 시 고려해야 할 기준으로 타당하다.				
설명력	2. 이 과제 분류 기준은 테크놀로지에 대한 수학교사 교육과정 개발 시 고려해야 할 사항을 잘 설명하고 있다.				
유용성	3. 이 과제 분류 기준은 테크놀로지에 대한 수학교사 교육과정 개발 시 유용하게 사용할 수 있을 것이다.				
보편성	4. 이 과제 분류 기준은 테크놀로지에 대한 수학교사 교육과정 개발 시 보편적으로 적용할 수 있을 것이다.				
이해도	5. 이 과제 분류 기준은 테크놀로지에 대한 수학교사 교육과정을 개발하는 데에 이해하기 쉽다.				
의견	위에서 ‘그렇지 않다’고 응답하신 이유는 무엇입니까?				
	수학교사 테크놀로지 교육을 위한 과제 분류 기준에서 수정하거나 개선해야 할 사항은 무엇입니까?				

9. 전문가 타당성 검토 3. 분류 기준 서술의 타당성

다음은 수학교사 테크놀로지 교육을 위한 과제 분류 기준(표 4)의 **서술의 타당성**에 대한 의견을 묻는 것입니다. 4단계 평정 척도에 따라 해당하는 곳에 표시해주시기 바랍니다.

(4: 매우 타당하다, 3: 타당하다, 2: 타당하지 않다, 1: 전혀 타당하지 않다)

분류 기준			4	3	2	1
TK′	기억	1. 과제 수행에 수학적 지식이 필요하지 않으며, 테크놀로지의 특정 기능을 기억하는 것을 목표로 하는 과제				
	이해	2. 테크놀로지의 기능을 이해하게 하는 과제				
TCK′	기억	3. 수학적 내용을 테크놀로지를 이용하여 표현하는 방법을 보고, 그것을 인식, 기억하게 하는 과제				
	이해	4. 테크놀로지를 사용하여 수학적 내용을 이해하는 것을 목표로 하는 과제				
	적용	5. 테크놀로지를 이용하여 수학적 내용을 직접 표현해보는 과제				
	분석, 평가	6. 테크놀로지로 표현된 수학적 내용을 보고 테크놀로지와 내용 사이의 관계를 살펴보게 하는 과제				
	메타	7. 자신의 테크놀로지로 수학적 내용을 표현하는 것에 대한 성찰과 반성을 하게 하는 과제				
TPACK	적용	8. 학생의 수학적 내용 이해를 돕기 위해 테크놀로지를 활용하는 방법에 대해 생각하게 하는 과제				
	분석, 평가	9. 테크놀로지를 활용한 수학 수업을 보고 테크놀로지와 내용, 교수 사이의 관계를 살펴보게 하는 과제				
	창안	10. 자신이 처한 맥락에서 테크놀로지를 활용한 수학 수업을 계획해보게 하는 과제				
	메타	11.자신의 테크놀로지를 활용한 수학 수업에 대한 성찰과 반성을 하게 하는 과제				
의견	위에서 '타당하지 않다'고 응답하신 이유는 무엇입니까?					

· 다음은 실제로 분류된 과제의 예시와 앞으로 분류할 과제에 대한 제언을 얻고자 하는 문항입니다. 적절한 답이 없는 경우, 대답하지 않으셔도 좋습니다.

◔ 다음 과제는 어느 분류에 해당한다고 생각하십니까? (아래 표의 해당 셀에 문항 번호를 기입해주십시오.)

1.

지민이네 아파트에 사는 아이들은 모두 희망초등학교에 다닌다. 그러나 아파트와 학교 사이에는 강이 있어서 늘 배를 타고 건너야만 했다. 이런 불편을 없애기 위해서 다리를 건설하기로 했다. 가능하면 아이들이 많이 걷지 않게 하기 위해서 아파트와 학교를 최단거리로 갈 수 있도록 다리를 건설하려고 한다. 어디에 다리를 건설하는 것이 좋을지를 GSP를 활용하여 알아보아라.(단 다리는 항상 물의 흐름과 수직방향으로 건설해야 한다).



2.

한 학생이 소프트웨어를 이용하여 일직선상에 있지 않은 세 점 A, B, C를 만들고, 이들을 연결하여 삼각형 ABC를 만들었다. 이후 ∠ABC의 이등분선을 긋고 학생은 다음과 같은 추측을 제기하였다.

모든 삼각형에서 한 각의 이등분선은 대변의 중점을 지난다.

다음 질문에 답하여라.

(1) 이 추측은 참인가?
(2) 이 학생이 소프트웨어를 이용하여 이런 추측을 만들어낸 것에 대해 어떻게 생각하는가?
(3) 이 학생에게 교사로 뭐라고 대답할 것인가?

지식 \ 인지적 과정	기억하기	이해하기	적용하기	분석, 평가하기	창안하기	메타적으로 보기
TK′						
TCK′						
TPACK						

◔ 4~8페이지의 예시 과제에는 모두 메타인지의 과정에 해당하는 과제 예시가 없습니다. TCK′, TPACK에 대한 메타인지적 활동이 가능한 과제로는 어떤 것이 있을 것으로 예상되십니까? 그것은 기존의 교사교육 자료에 있는 것입니까?

◔ 4~8페이지의 과제 예시 중 그 분류가 적절하지 않은 과제는 무엇입니까?

◔ 제시된 분류 기준으로 볼 때, 알고 계시는 과제 중 하나의 셀로 분류되기에 모호한 과제가 있습니까? 그 이유는 무엇입니까?

◔ 이 분류 기준이 수학교사 교육자에게 유용하다고 생각하십니까? 그 이유는 무엇입니까?

◔ 그밖에 과제의 분류에 대해 수정하거나 개선, 보완해야 할 사항은 무엇입니까?

◕ 응답해 주셔서 감사합니다. ◕

[부록 2] 2차 전문가 검토

수학교사 테크놀로지 교육을 위한 과제 분류 기준에 대한 전문가 검토 (2차)

이 질문지는 수학교사의 TPACK 발달을 위한 테크놀로지 교육에 사용되는 과제를 분류할 수 있도록 제작한 분류 기준에 대한 타당성을 검토받기 위해 제작되었습니다. 본 2차 검토지는 1차 검토에서 나온 의견에 따라 수정되거나 더 자세히 상술되었습니다.

이 연구를 위한 전문가로서, 바쁘시더라도 협조해주시면 대단히 감사하겠습니다.

문의사항 있으시면 언제든지 연락 주십시오.

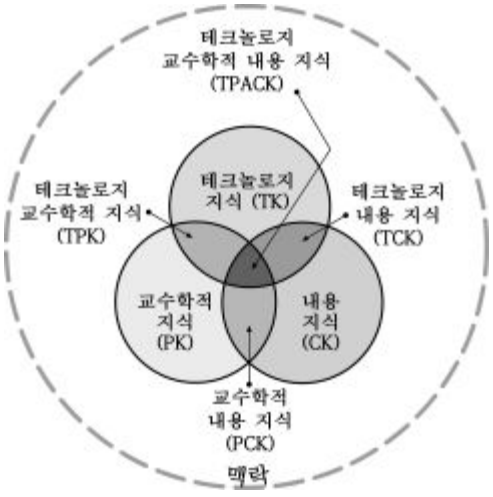
서울대학교 수학교육과 석사과정 김유정 드림
(010-6848-4070)

1. 연구의 기본 사항 (1차와 동일)

- 제목: 수학교사 테크놀로지 교육을 위한 과제 분류
- 연구 목적: 테크놀로지 교육을 받은 수학교사가 실제 수업에 테크놀로지를 잘 통합하도록 돕는 교사 교육 과제 분류 기준을 TPACK 이론을 바탕으로 제작한다. 이 틀을 이용하여 현재 진행되는 교사 교육에 실질적인 도움을 주고자 함.
- 연구 질문: 수학교사의 테크놀로지 관련 교육을 위한 과제는 어떻게 분류될 수 있고, 각 분류 기준 별 특징은 무엇인가.

2. 테크놀로지 교수학적 내용지식 (1차와 거의 비슷함)

- Mishra와 Koehler(2006)에 따르면, 교사의 테크놀로지 교수학적 내용지식(TPACK)은 교사의 내용지식(Content Knowledge), 교수학적 지식(Pedagogical Knowledge), 테크놀로지 관련 지식(Technological Knowledge)이 통합된 교사의 지식으로, **테크놀로지를 사용하는 좋은 교수의 기초가 되는 지식**을 의미한다(그림 1). TPACK은 세 가지 지식의 요소가 각기 다르게 존재하는 것이 아니라, 통합된 전체로서의 Total PACKage라는 의미를 갖는다. TPACK은 교사가 테크놀로지를 활용하는 교수를 할 때 가장 중심이 되는 지식으로, 교육분야에 지식이 없는 테크놀로지 전문가의 지식과는 다르다.

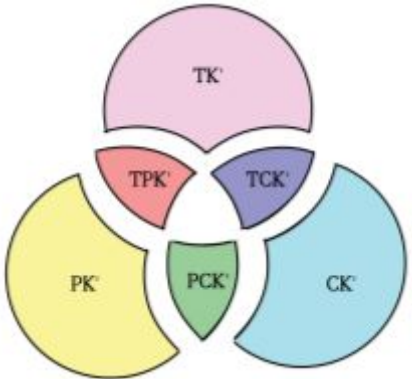


[그림 1] TPACK (www.tpack.org)

• 각 지식에 대한 설명 (Mishra & Koehler, 2006; AACTE, 2008; Cox & Grahm, 2009; Rakes & Niess, 2012)

- TK: 테크놀로지 자체와 그 조작 및 사용법에 대한 지식
- CK: 교과 내용(수학)에 관한 지식
- PK: 교사가 활용할 수 있는 일반적인 교수학적 활동에 대한 지식
- PCK: 교과 내용(수학)을 가르치는 데에 적용할 수 있는 지식
- TCK: 테크놀로지와 교과 내용(수학)을 서로 연결하여 새롭게 표현하는 방법에 대한 지식
- TPK: 테크놀로지를 이용하여 교사가 활용할 수 있는 일반적인 교수학적 활동에 관한 지식

• 이때, [그림 1]의 틀로 각 지식을 이해할 경우, 서로의 포함 관계가 실제 지식의 정의와 어긋나게 인식될 위험이 있다. 예를 들어, 도식의 구조 상 TK가 TPACK을 포함하고 있으므로, 그 상하관계에 대한 오해의 소지가 있다. 그러므로 이 연구에서는 순수한 하위지식을 [그림 2]와 같이 두고, 각 지식에 ′(프라임)을 붙여 다시 명명하였다.



[그림 2] 순수한 하위지식

3. 교육 목표의 분류

Anderson과 Krathwohl(2001)은 Bloom 등(1956)의 교육목표 분류학을 명사 부분을 목적어로, 동사 부분을 서술어로 구분하여 지식 차원과 인지적 과정 차원을 다시 분류했다. 그들의 분류학은 <표 1>과 같은 형태로 나타난다. Krathwohl(2002)은 교육목표는 이 표의 한 셀에 해당한다고 분류할 수 있으며, 분류표에서 둘 이상의 셀에 분류될 수 있는 교육목표도 있다고 설명했다.

<표 1> 교육 목표의 분류(Krathwohl, 2002)

인지적 과정 / 지식	기억하기 remember	이해하기 understand	적용하기 apply	분석하기 analyze	평가하기 evaluate	창안하기 create
사실적 지식						
개념적 지식						
절차적 지식						
메타인지 지식						

Anderson과 Krathwohl(2001)은 각 인지적 과정을 다음과 같이 설명하고 있다.

(1) **기억하기**: 장기 기억으로부터 관련된 지식을 인출한다. 제시된 정보와 관련된 지식을 장기 기억으로부터 상기하는 회상하기나 제시된 자료와 일치하는 지식을 장기 기억 속에 넣는 재인하기(recognize) 활동이 이에 해당한다.

(2) **이해하기**: 습득한 새로운 지식과 이전 지식 간의 관련을 맺는다. 해석하기, 예증하기, 분류하기, 요약하기, 추론하기, 비교하기, 설명하기 등의 활동이 이에 해당한다.

(3) **적용하기**: 연습이나 문제해결을 하기 위해 여러 가지 절차들을 활용한다. 집행하기, 실행하기 등의 활동이 이에 해당한다.
(4) **분석하기**: 분석하기는 자료를 구성 요소로 나누고, 전체적인 구조와 목적에 있어 그 부분들이 서로 어떻게 연관되어 있는지에 대해 발견하는 활동으로, 구별하기, 조직하기, 귀속하기(attribute) 등을 포함한다.
(5) **평가하기**: 준거나 기준에 따라 판단하는 활동으로, 확인하기와 비판하기 등을 할 수 있다.
(6) **창안하기**: 모든 요소들을 함께 두고, 새롭고 일관성 있는 기능적인 전체를 형성하고, 요소들을 새로운 패턴이나 구조로 재조직한다. 하위 요목으로는 생성하기, 계획하기, 산출하기 등이 있다.

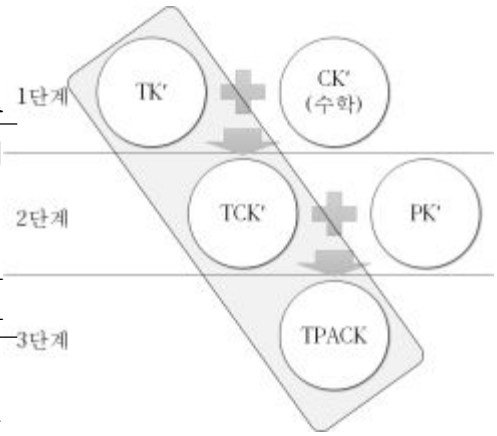
한편, 다른 학자들도 Bloom의 교육목표 분류에 대한 개선을 꾸준히 시도해왔다.

Hauenstein(1998)은 Bloom의 분류방식에서 총체적 포괄성, 상호 배타성의 준거를 충족시키지 못한다는 비판과 함께 평가의 하위 요목으로 분석을 포함시켰다. 분석은 대개 이성적 판단을 수행하기 위한 첫 단계로 여길 수 있으므로, 분석 자체를 위해 분석을 수행하는 것이 아니라는 주장을 했다.

Marzano(2001)는 교육목표의 분류를 지식 차원과 처리 수준의 2차원으로 분류했는데, 메타인지는 목적을 설정하고, 과정을 점검하고, 명료성과 정확성을 점검하는 과정을 통해 확보된다고 설명하면서 메타인지를 인출, 이해, 분석, 활용의 다음 단계에 오는 처리 수준의 한 차원으로 분류하였다.

4. 테크놀로지에 대한 교사 지식 분류기준표

본 연구에서는 수학교사의 테크놀로지 교육에 초점을 맞추므로, **수학교사 지식의 발달 단계를 오른쪽 그림과 같이 TK - TCK - TPACK으로 두고**, 이 세 지식의 순차적 발달에 초점을 맞춘다.



Krathwohl(2002)의 분류표에서 지식의 차원에서 나타난 사실적 지식, 개념적 지식, 절차적 지식을 각각 TK′, TCK′, TPACK과 연결할 수 있었고, 그래서 Krathwohl의 분류표를 기준으로 테크놀로지에 관련된 교사지식의 분류기준표를 <표 2>와 같이 만들었다.

<표 2> 테크놀로지 관련 교사교육 과제 분류기준표

인지적 과정 / 지식	기억하기	이해하기	적용하기	분석, 평가하기	창안하기	성찰하기
TK′						
TCK′						
TPACK						

이 분류기준표는 세로의 지식 차원은 TK′, TCK′, TPACK으로, 가로의 인지적 차원은 Krathwohl의 구분을 기본으로 하되, Hauenstein의 분류기준을 적용하여 분석과 평가를 하나의 항목으로 결합했고, Marzano의 분류를 고려하여 메타인지를 '메타적으로 보기'로 전환하여 인지적 과정 차원으로 이동하였다. 그런데 여기에서 '메타적'이라는 영어 접두사의 사용이 불분명하고 다른 과정과 그 표현에 있어 일관성이 떨어지며, 메타인지와 반성(reflection)의 깊은 연관(김경연, 2007)을 감안하여 마지막 인지적 과정의 단계를 '성찰하기(reflect)'로 명명하였다. 성찰하기 단계에서는 바로 앞 단계인 창안하기 활동에서 만들어낸 창의적인 결과물에 대한 종합적 측면에서의 성찰을 실시한다.

위의 <표 2>에서 각 셀에 대한 교육목표를 서술하면 다음과 같다.

(1) TK′ 행에 대한 서술
- 기억하기: 테크놀로지의 기능을 기억한다.
- 이해하기: 테크놀로지의 작동 원리를 이해한다.
- 적용하기: 테크놀로지에 대한 지식을 사용하여 주어진 일을 해결하거나, 테크놀로지의 여러 기능을 연결하여 적절한 상황에 활용한다.
- 분석, 평가하기: 테크놀로지에 대한 지식을 구성 요소에 따라 더 자세히 나누고, 오류나 모순을 검사한다.
- 창안하기: 테크놀로지의 구성 요소들을 새로운 패턴이나 구조로 재조직하고, 구성한다.
- 성찰하기: 테크놀로지로 만들어낸 결과물에 대해 그 제작 과정, 전략, 결과물 자체, 그리고 전체적인 측면에 대해 성찰한다.

이때 TK′의 함양을 목표로 하는 것은 수학적이거나 교육학적인 지식을 배제한다는 것을 의미한다. 이 점을 감안할 때, 6가지 인지적 과정이 모두 수학교사에게 테크놀로지를 활용한 교수를 가르치는 상황에 필요한 것인지는 다시 고려해볼 필요가 있다.
수학교사에게 사실적 지식인 TK′은 테크놀로지의 작동 방법과 그 원리에 대한 기본적인 지식이고, 테크놀로지와 관련된 복잡한 차원의 인지적 과정은 수학이나 교수학과 결합하여 행해질 필요가 있기 때문이다. 그러므로 테크놀로지의 기능과 작동 원리에 대한 학습이 일어나는 기억하기와 이해하기 이외의 인지적 과정은 수학교사의 테크놀로지 관련 교육에 있어 적합하지 않다고 판단할 수 있다.

(2) TCK′ 행에 대한 서술 (TCK′에서 C에 해당하는 내용(content)은 수학으로 한정한다.)
- 기억하기: 테크놀로지를 이용하여 수학을 표현하는 방법을 기억한다.
- 이해하기: 테크놀로지로 수학을 표현할 수 있음을 이해한다.
- 적용하기: 테크놀로지를 이용하여 수학을 표현한다.
- 분석, 평가하기: 테크놀로지로 표현된 수학적 지식에 대해 그 구성 요소인 테크놀로지와 수학의 측면에서 분석하고, 점검한다.
- 창안하기: 테크놀로지를 이용하여 이전에는 드러나지 않았던 패턴이나 구조를 가진 새로운 수학적 결과물을 만들어낸다.

- 성찰하기: 테크놀로지로 표현한 수학에 대해 그 표현 과정, 사용한 전략, 표현된 수학적 내용, 전체적인 측면에 대해 성찰한다.

여기에서도 마찬가지로, 수학교사 교육에 있어 필요한 단계는 무엇인지 생각해보면, 5단계인 창안하기는 수학교사보다 수학자에게 더 어울리는 활동이다. 또, 성찰하기 단계는 창안하기 단계의 결과물에 대한 성찰이 이루어지는 단계로 설정했고, 그 규준에 나타난 전체적인 측면에서의 성찰은 테크놀로지와 수학만 고려하는 상황에서는 생각하기 어렵다. 그래서 TCK′에 대한 창안하기와 성찰하기의 인지적 과정은 수학교사 교육에 있어 적합하지 않다. 이러한 판단은 Hofer와 Grandgenett(2012)의 TCK 발달에는 한계가 있다는 점을 입증했던 연구 결과와도 일치한다.

(3) TPACK 행에 대한 서술
- 기억하기: 테크놀로지를 이용하여 수학을 가르치는 방법을 기억한다.
- 이해하기: 테크놀로지로 수학을 가르치는 것을 이해한다.
- 적용하기: 테크놀로지를 이용하여 수학을 가르친다.
- 분석, 평가하기: 테크놀로지로 수학을 가르치는 것에 대해 테크놀로지와 수학, 교수학의 측면에서 분석하고, 점검한다.
- 창안하기: 테크놀로지를 이용하여 이전에는 고려하지 않았던 패턴이나 구조를 가진 새로운 교수방법이나 수업을 만들어낸다.
- 성찰하기: 테크놀로지를 이용한 수학 수업에 대해 그 설계 과정, 사용한 전략, 수업 내용, 학생과 환경 및 전체적인 측면에 대해 성찰한다.

이상의 분석을 바탕으로, 테크놀로지의 수학교사교육에서 사용될 수 있는 주된 과제의 인지적 과정에 대한 분포를 생각할 수 있다.

<표 3> 테크놀로지 관련 교사교육 과제의 분포

인지적 과정 / 지식	기억하기	이해하기	적용하기	분석, 평가하기	창안하기	성찰하기
TK′	■	■				
TCK′	■	■	■	■		
TPACK	■	■	■	■	■	■

5. 테크놀로지 교사교육 과제 분류기준

위에서 서술한 각 인지적 과정에 대한 서술 중 그 구분이 모호한 것들에 대해 용어와 목적어를 재조직하여 <표 4>와 같이 분류기준을 정리하였다.

<표 4> 테크놀로지 교사 교육 과제 분류 기준

목표 지식	인지적 과정	분류 기준
TK′	기억	테크놀로지의 기능을 기억한다.
	이해	테크놀로지의 기능을 이해한다.
TCK′	기억	수학적 맥락에서 테크놀로지의 기능을 기억한다.
	이해	수학적 맥락에서 테크놀로지의 기능을 이해한다.
	적용	테크놀로지를 이용하여 수학을 표현한다.
	분석,평가	테크놀로지로 표현된 수학에 대해 분석하고 평가한다.
TPACK	기억	수학 교수의 맥락에서 테크놀로지의 기능을 기억한다.
	이해	수학 교수의 맥락에서 테크놀로지의 기능을 이해한다.
	적용	테크놀로지를 이용하여 수학 교수를 구성한다.
	분석,평가	테크놀로지를 이용한 수학 교수에 대해 분석하고 평가한다.
	창안	테크놀로지를 통합한 수학 수업을 맥락을 바탕으로 구성한다.
	성찰	테크놀로지가 통합된 수학 수업을 전체적인 관점으로 성찰한다.

6. 각 분류 기준의 서술에 대한 설명 및 과제 사례

(1) TK′ 기억하기: 테크놀로지의 기능을 기억한다.

TK가 테크놀로지 자체와 그 조작법에 대한 지식(Schmidts et al., 2009 외)이라는 TK의 정의에 따라, TK′ 기억하기 과제는 가장 기본적인 과제 유형이다. 구성 단계가 자세히 제공되어 그 단계를 모방하다 보면 과제를 해결할 수 있게 된다. 이 유형에서는 사용하는 테크놀로지의 종류에 따라 수학적 지식이 사용될 수도 있지만, 그 지식의 수준이 기초적인 수학의 수준을 벗어나지 않으며, 수학적 지식이나 표현보다 테크놀로지의 기능 습득에 과제의 궁극적인 목표가 있다.

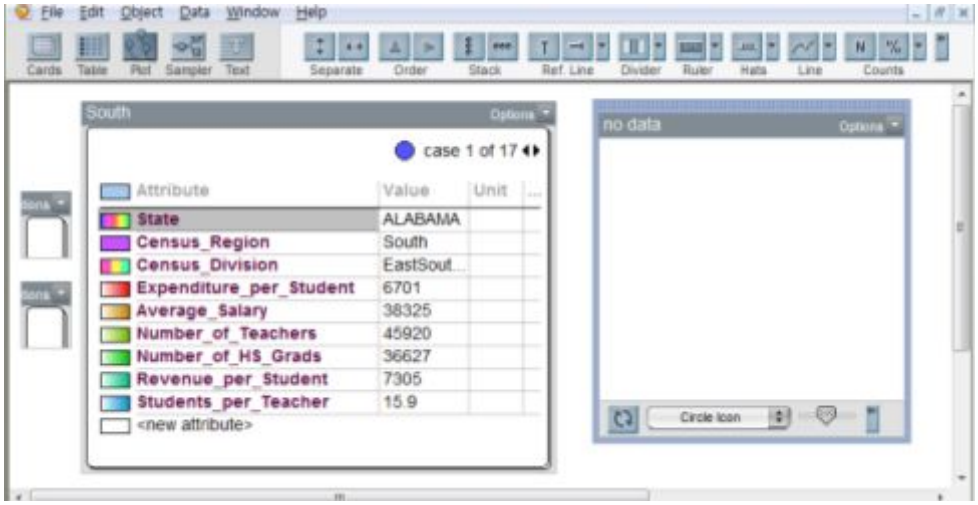
다음 과제 사례는 통계 영역의 교수학습을 돕기 위해 제작된 소프트웨어인 TinkerPlot에 대한 교사교육 교재에서 나타난 것이다. 이 과제에서는 각 단계에 제시된 대로 프로그램을 조작해봄에 따라 자료카드창과 Plot창에 대해 이해할 수 있다. (과제의 이해를 돕기 위해 TinkerPlots 프로그램의 설치파일과 조작할 파일 'School_Data.tp'를 함께 보내드렸습니다.)

TinkerPlots를 실행시키고, 메뉴의 file-open에서 “School_Data.tp”을 열어라.

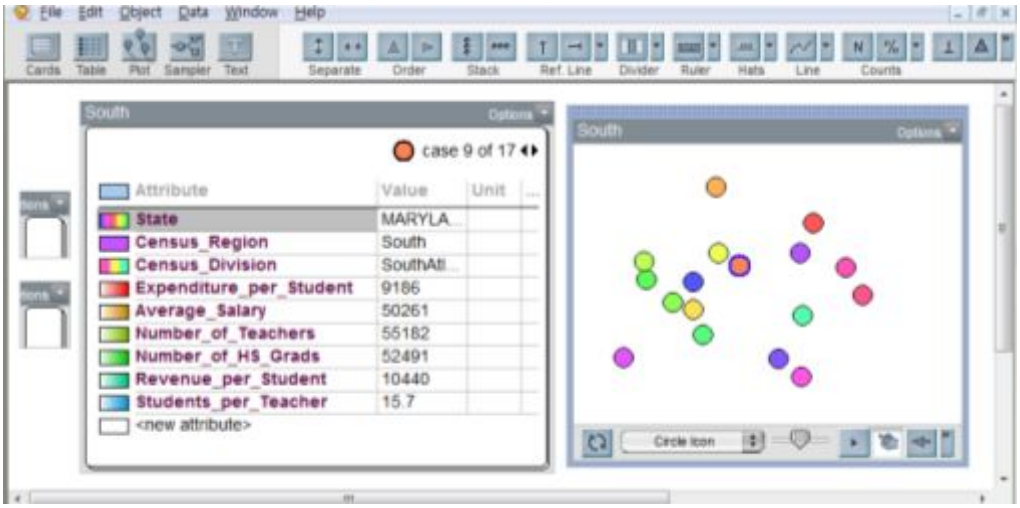
1. 각 주의 학교에 대해 수집된 자료가 정리된 자료카드창이 나타날 것이다. 자료카드창의 오른쪽 위 화살표(◀▶)로 17개의 자료카드에 기록된 내용을 확인할 수 있다.

2. 도구상자의 plot 버튼 

을 클릭하고, 화면의 빈 곳을 클릭하여라. 아래 그림과 같이 클릭한 곳에 plot창이 나타나고, 메인 도구상자의 오른쪽에 plot 도구의 도구상자가 보일 것이다.



3. 자료카드창의 왼쪽 위에 있는 제목, “South”를 클릭, plot창으로 드래그하여라. 다음과 같이 각 자료가 그래프 창에 임의로 분포하는 점으로 나타날 것이다. 자료카드의 여러 항목(state, Cencus_Region 등)을 클릭하여 plot창의 점들의 색상 변화를 관찰하여라.



(그래프의 점을 임의로 다시 배치하고 싶으면 그래프 창 왼쪽 아래의 재배치버튼 을 누르면 된다.)

(2) TK′ 이해하기 과제: 테크놀로지의 기능을 이해한다.

이 과제도 TK′ 구성하기 과제와 마찬가지로, 필요한 수학적 지식은 매우 기초적인 수준이며, 사용하는 테크놀로지의 작동법에 대한 이해를 과제의 궁극적인 목적으로 한다. 구성하기 과제와 달리, 주어진 지침에 따르는 것이 아니라 교사가 직접 조작을 통해 테크놀로지의 조작법과 기능을 익힌다.

다음 과제 사례는 위의 TinkerPlots에 대한 과제에 바로 뒤이어 오는 활동과제이다. 이 과제에서는 Plot 창의 각 점이 어떤 자료 카드와 연결되는지를 직접 설명하는 것이 아니라 교사가 직접 관찰하여 이해하게 하고 있다.

> [문제] state에서 1번부터 17번까지의 자료카드가 각각 어떤 색으로 표현되었는지 확인하여라.

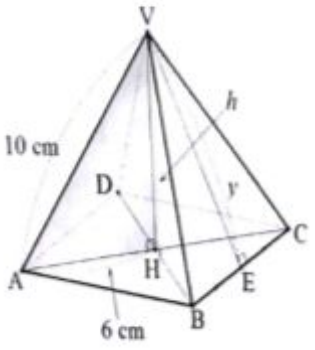
(3) TCK′ 기억하기 과제: 수학적 맥락에서 테크놀로지의 기능을 기억한다.

TK′의 기억하기 과제와 마찬가지로 구성 단계가 자세히 제공되어 그 단계를 모방하다 보면 과제를 해결할 수 있는 유형이다. 단, TK′에서와 달리 구성단계에서 기초적이지 않은 수학적 지식이 필요하다.

다음 과제 사례는 TK′을 이용하여 사각뿔을 그리는 문제이다. 이 과제에서는 '평행사변형', '사각뿔의 모서리', '대각선의 교점' 등의 수학적인 용어에 대한 이해가 있어야 해결할 수 있는 단계들이 존재하므로, TCK′에 해당하는 과제이고, 대상을 그리는 과정이 자세히 단계별로 제시되어 있어 각 단계를 따라가다 보면 과제를 해결할 수 있으므로, 기억하기로 분류될 수 있다.

오른쪽과 같은 그림을 그려라.

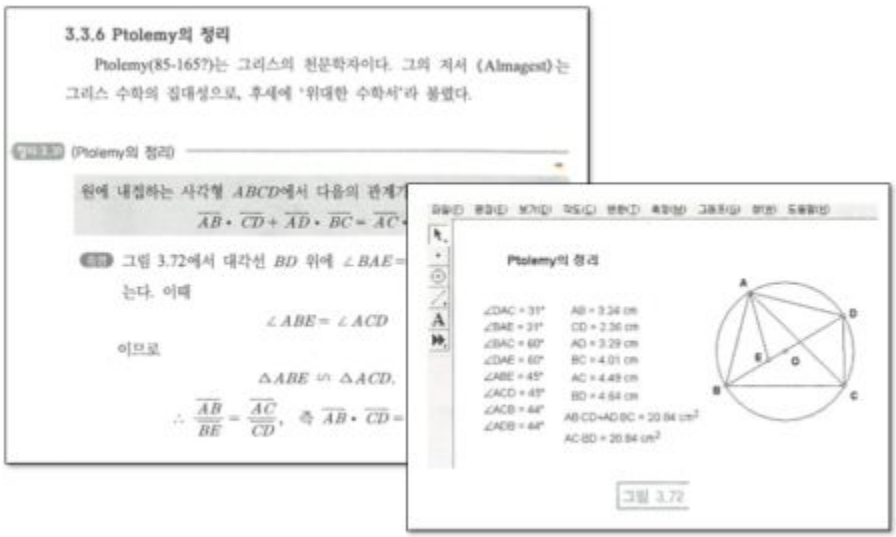
① 선분 AB, BC를 그리고, 사각형 ABCD가 평행사변형이 되도록 점 D를 그린다. (작도 또는 평행이동 사용)
② 점 V를 잡고 사각뿔의 모서리를 그린다.
③ 밑면 ABCD의 두 대각선의 교점을 만들고 H라 한다.
④ 삼각형 VAH의 내부를 그린다. (세 꼭짓점을 선택하고 **작도** 메뉴의 삼각형 **내부** 명령)
⑤ 사용자 도구 메뉴의 '수학문서용그림및도구' 하위 메뉴에서 직각표시, 길이표시, 같은 길이 표시, 화살표 등 적절한 도구를 선택하여 그림을 완성한다.



(4) TCK′ 이해하기 과제: 수학적 맥락에서 테크놀로지의 기능을 이해한다.

교사는 자신이 배운대로 가르치려는 경향이 있기 때문에(Lortie, 1975 등) 테크놀로지를 이용하여 학습하는 경험이 필요하다(Strudler & Wetzel, 1999 등). 이러한 테크놀로지를 이용한 학습 경험은 테크놀로지를 이용한 교수 경험과는 구분되며, 교수 경험보다 선행되어야 한다. 이러한 학습 경험을 통해 교사는 테크놀로지로 수학을 학습한다는 것에 대한 이해를 할 수 있다.

다음 과제 사례는 교사가 교육과정에서 접하지 않는 Ptolemy에 대해 학습하는 과제로, 익숙하지 않은 수학적 정리가 참임을 테크놀로지를 통해 확인하는 과정을 경험하게 한다. 테크놀로지로 수학을 표현하되, 교수 상황에 대한 언급이 없으므로, TCK′에 해당하고, 테크놀로지를 이용하여 지식을 습득하는 것을 이해하게 된다.



이 과제의 경우, 오른쪽 아래에 있는 파일을 온전히 구성하여 제시한 경우에는 이해하기로만 분류되지만, 그 파일의 구성 과정을 자세히 설명했다면 기억하기로도, 이 파일을 교사가 구성해보라는 문제도 있다면 적용하기로도 분류될 수 있다. 한 과제가 하나의 셀에만 분류되는 것은 아니니, 이러한 상황은 문제시되지 않는다.

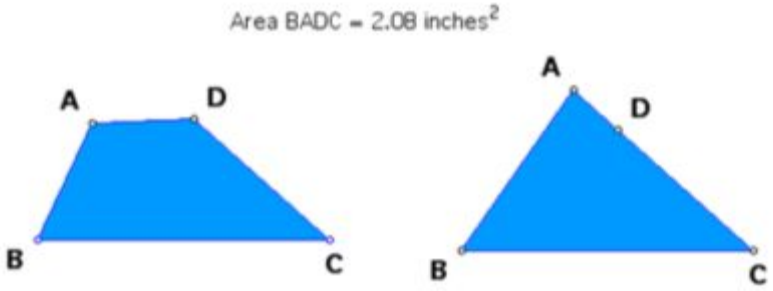
(5) TCK′ 적용하기: 테크놀로지를 이용하여 수학을 표현한다.

수학교사는 기본적으로 CK′을 갖고 있고, TK′의 과제들을 통해 TK′을 습득하였으며, 기억하기, 이해하기 과제를 통해 두 지식이 통합될 수 있음을 학습했다. 이제 적용하기 단계에서는 테크놀로지와 수학을 서로 연결하여 새롭게 표현하는 방법에 대한 지식이라는 TCK′의 정의(Cox & Graham, 2009 등)에 따라 테크놀로지로 수학을 표현하는 활동을 한다.

다음 과제 사례는 테크놀로지로 수학적 정리나 수학 문제를 표현하게 하는 과제이다. 두 과제 모두 명시적으로 테크놀로지의 사용을 언급하지는 않았으나, 테크놀로지 사용법을 안내하는 자료로부터 발췌한 것이므로 모두 테크놀로지 사용에 대한 강제성을 갖고 있었다. 또, 이 과제들은 테크놀로지를 이용하여 기존에 있던 사실을 표현하게 하고 있으므로, 새로운 것을 만드는 것과 관련된 단계인 창안하기로 분류될 수 없다.

삼각형의 무게중심을 작도하여라.

임의의 사각형을 그린 후, 그것을 넓이가 같은 삼각형으로 만들어라.
(힌트: 평행선을 이용하여라.)



몇 가지의 서로 다른 답이 있는가? 사각형을 넓이가 같은 삼각형으로 만드는 데에 몇 번의 '변형'을 해야 하는가? 그 변형하는 단계의 수는 항상 같은가?

(6) TCK′ 분석, 평가하기: 테크놀로지로 표현된 수학에 대해 분석하고 평가한다.

교사는 테크놀로지를 활용함으로써 수학의 내용 자체에 나타나는 변화에 대해서 인식해야 한다(Mishra & Koehler, 2006 등). 그러므로 테크놀로지로 표현된 수학적 대상이 테크놀로지와 수학의 측면에서 어떤 특징을 갖고 있으며 서로 영향을 끼친 부분이 무엇인지에 대해 생각하게 한다.

다음 과제 사례는 테크놀로지로 각의 크기를 측정하는 다양한 방법을 제시하고, 각각의 기능이 각의 정의와 관련하여 어떤 의미를 갖는지 설명하도록 함으로써, 테크놀로지로 대상을 구성하는 데 있어 그 구성 방법에 담긴 수학적 의미를 분석하게 하고 있다.

Q16. *The Geometer's SketchPad* 5.0을 활용하면 학생들은 다음 4가지 방법으로 각의 크기를 측정할 수 있다.

a. 각의 꼭짓점들을 선택하기
b. 각을 이루는 두 반직선 위에 있는 두 선분 선택하기
c. 두 선분과 그 교점 선택하기
d. 마커 도구로 각 만들기

가능하다면, 4가지 방법을 모두 시도해보고, 각각의 방법이 각의 개념 중 어떤 측면을 강조하는지 설명하여라.

(7) TPACK 기억하기: 수학 교수의 맥락에서 테크놀로지의 기능을 기억한다.

TK'이나 TCK'의 기억하기 과제와 마찬가지로, TPACK의 기억하기 과제에서는 교사에게 테크놀로지를 통합한 교수에 대해 단계로 안내하고, 그에 대해 기억하도록 안내할 수 있다.
다음 과제 사례는 삼각형의 세 내각의 합이 180°가 되는 것을 DGS를 활용하여 가르치는 수업에 대한 안내이다. 교사에게 수업 과정을 단계별로 안내하고 있다.

> 다음 과정을 통해 삼각형의 세 내각의 크기의 합이 180°라는 것을 DGS를 활용하여 가르치는 수업을 설계할 수 있다.
>
> 1. 화면에 DGS를 실행시키고, 삼각형 ABC를 그린 후 세 내각의 크기를 측정하고, 계산 기능을 이용하여 ∠A + ∠B의 크기만 더한다.
> 2. 학생들에게 세 내각의 크기의 합을 계산해보게 한다.
> 3. 점의 위치를 변화시켜 ∠C의 크기가 달라지게 한 후, 두 각의 크기의 합을 계산한 값이 변함을 확인하고, 학생들에게 새로운 세 내각의 크기를 더해보게 한다.
> 4. 세 내각의 크기의 합이 변했는지 묻고, 언제 그 합이 변할 것 같은지, 항상 변하지 않을지에 대해 발표할 사람을 찾아 그 이유를 묻는다.
> 5. 계산 기능을 이용하여 세 내각의 크기의 합이 항상 180°임을 확인한다. 귀납적인 확인이 수학적으로 타당한지에 대해 설명한다.
> 6. 점 C를 지나고 선분 AB에 평행한 직선을 그려서 엇각을 표시하고, 평행선의 성질을 이용하면 세 각의 크기와 변의 길이에 관계없이 삼각형의 세 내각의 합이 일정함을 연역적으로 설명한다.

이 과제에서는 교사에게 실제로 수업을 진행해볼 것을 권장한다기보다 이렇게 수업을 할 수 있다는 정보를 제공하는 수준에서 그치고 있다. 이 과제를 통해 교사에게 직접 이대로 수업을 실시해보게 한다면, 이는 적용하기의 단계로도 분류될 수 있다.

(8) TPACK 이해하기: 수학 교수의 맥락에서 테크놀로지의 기능을 이해한다.

테크놀로지에 익숙하지 않은 교사에게는 우선 테크놀로지를 이용한 수학 수업이 효과적이라는 설득의 과정이 필요하다(Goos, 2003). 테크놀로지가 통합된 수학 교수의 필요성과 효과를 납득한 교사일수록 TPACK이 높게 발달하기 때문이다(Polly & Orrill, 2012). 그래서 교사에게 테크놀로지가 통합된 수학 교수에 대해 이해하게 하는 것은 그 교수가 가진 가능성에 대해 설명하는 활동이 필요하다.
다음 과제 사례는 실제로 수업해본 결과에 학생들의 변화에 대한 설명으로, 과제라기보다 정보 제공에 가깝다고 볼 수도 있을 것이다. 이 과제만 놓고 봤을 때, 다른 인지적 과정에 해당하는 과제들과는 그 양상이 매우 다르기 때문이다. 하지만 이 과제와 함께 C반에서 진행된 수업에 대해 TPACK 기억하기 과제로 소개된다면, 교사들에게는 실질적으로 효과가 있는 좋은 정보를 제공해주는 과제가 될 수 있을 것이다. 단, 예시 사례는 반드시 실제로 실시된 수업을 토대로 해야 하며, 다양한 테크놀로지 수학 교수에 대한 연구를 참고할 수 있다.

서울의 K 고등학교에서 수준별 수업을 실시하는데, 하 수준인 C반 학생들에게만 동적 기하 소프트웨어를 활용하여 포물선과 관련된 수업을 진행하였다. 수업 전, 후 학생들의 시험 성적을 비교해보니, 다음과 같은 결과를 확인할 수 있었다.

그 룹			A	B	C
그룹 인원			23	24	20
수업 전	전년도 2학기말 그룹별 수학 평균		76.85	53.44	36.62
	B그룹에 대한 성취도 비율		143.80	100	68.52
수업 후	1학기 중간고사 '기하와 벡터' 포물선 관련 문제 평균	선택형	20.35	17.34	13.30
		서답형	7.91	5.79	6.10
		합계	28.26	23.13	19.40
	B그룹에 대한 성취도 비율	선택형	117.36	100	76.70
		서답형	136.61	100	105.35
		합계	122.18	100	83.87

위의 표에서 C반의 수학 평균 점수와 포물선 관련 문제의 서답형 점수가 어떻게 변했는지 판단하여라.

이 과제를 통해 C반의 성취도 변화 원인을 판단하게 한다면 이는 TPACK 분석, 평가하기 과제로도 분류될 수 있다. 하지만, 이 표만 제시된 상황에서는 '소프트웨어 사용' 이외의 원인은 단지 상상에 불가할 것이다. K 고등학교의 세 학급 모두에서의 수업 구성과 실천 등에 대한 정보가 모두 포함되었다면, 위와 같은 상황의 C반의 성취도 변화 원인을 묻는 과제는 TPACK 분석, 평가하기 과제로도 분류될 수 있다. 그 정보에 수업에 영향을 주는 여러 변인들에 대한 자세한 묘사가 포함되었다면, 이것은 TPACK 성찰하기 과제로까지 분류될 수 있다.

(9) TPACK 적용하기: 테크놀로지를 이용하여 수학 교수를 구성한다.

TPACK은 실천적인 지식(Niess, 2005)이므로, 교사가 설계를 통해 학습하는 것은 TPACK 발달에 효과적이다(Koehler & Mishra, 2005). 이 단계에서 교사는 자신의 TK′, CK′, PK′를 결합하여 가르치는 상황을 구성할 수 있다.

다음 과제 사례는 사각형의 정의를 보다 명확하게 이해하게 하기 위해 반례를 들되, DGS의 사용을 고려해볼 것을 제안하는 과제이다. 이 과제에서는 내용과 교수법을 제안하고, 테크놀로지의 사용은 선택 사항으로 남겨 두었다. 이와 같이 TPACK 적용하기 단계에서는 CK, TK, PK에 선택 가능성을 크게 열어두지 않는다. 이는 뒤에 소개할 TPACK 창안하기 단계와의 가장 큰 차이점이라고 생각할 수 있다.

Q10. 다음 사각형의 정의를 생각해보자: "사각형은 네 개의 변을 가진 다각형이다." 학생들은 이 정의를 이해하기 위해 무엇을 이해해야 하는가? 이 정의를 바탕으로 사각형이 아닌 3개의 반례를 만들어라. (DGE를 사용해도 되고, 사용하지 않아도 된다.

이 과제의 경우, DGE를 선택하는 것도 교사의 자율에 맡기고 있다. 이는 적절한 테크놀로지를 선택할 줄 아는 것도 TPACK의 일종이라는 관점에서, 이 과제를 해결하는 교사가 테크놀로지를 사용하지 않도록 선택했다 하더라도 그 선택 과정 자체에 TPACK의 발달로 의미가 있다.

(10) TPACK 분석, 평가하기: 테크놀로지를 이용한 수학 교수에 대해 분석하고 평가한다.

TCK′의 분석, 평가하기에서는 이미 구성된 대상을 관찰하며 테크놀로지와 수학 사이의 관계에 대해 분석, 평가하게 하는 과제를 예로 제시하였다. TPACK에서도 마찬가지로 생각할 수 있다. 즉, 이미 실시한 테크놀로지 활용 수업을 관찰하며 테크놀로지와 수학, 교수학 사이의 관계에 대해 분석, 평가하게 하는 과제를 생각할 수 있다.

다음 과제 사례는 수업 동영상을 보고, 교사와 학생의 행동에 대해 분석하게 하는 과제이다. 이 동영상은 삼각부등식에 대한 수업의 도입부로, 많은 학생들이 동시에 잘못 대답하자, 교사는 바로 부연설명에 들어갔고, 이후 학생들은 바른 대답을 했다. 아래 과제는 학생들이 잘못 대답한 이유에 대해 생각해보도록 하고 있다. 이 과제는 수업의 다른 맥락은 고려하지 못한 채 교수(발문), 내용, 테크놀로지에 대한 분석만 가능하게 하므로, TPACK 성찰하기 단계로는 분류되지 않는다.

비디오 클립 "TriangleInequality.mov"를 실행시켜 보아라.

전반부 "Beginning of the Lesson: Teacher Gives Directions" (0:00 ~ 2:43)를 보고, 일시정지한 후, 다음 물음에 답하여라.

Q12. 삼각형의 변의 끝점을 드래그하면서 교사는 "이 두 선분이 만날 거라고 생각하니?" 라고 물었을 때 많은 학생들이 "아니요"라고 대답했다. 이것은 놀라운가? 학생들이 이렇게 응답한 이유는 무엇이라고 생각하는가?

(11) TPACK 창안하기: 테크놀로지를 통합한 수학 수업을 맥락을 바탕으로 구성한다.

Hofer와 Swan(2009)은 TPACK이 동적이고 상황적이며, 개인적인 지식이라고 설명한다. 그러므로 교사가 갖고 있는 TK, PK, CK가 모두 비슷하더라도 그가 처한 맥락에 따라 다르게 발현된다. 이런 관점에서 TPACK 창안하기 과제는 교사가 자신의 맥락에 비추어 새로운 결과물을 만들어내는 활동을 한다.

다음 과제 사례는 교사에게 테크놀로지와 내용, 교수학 중 하나만 제시하고 나머지를 모두 선택할 수 있도록 열어 둔 과제이다. 교사는 교수학습지도안을 제작하는 과정에서 자신의 수업에 활용할 수 있도록 구상할 것이고, 이는 곧 교사의 맥락적 지식까지 반영된 결과물을 요구하는 과제이다.

> 수학 수업에서 Excel을 활용했을 때 효과적으로 지도할 수 있는 단원 또는 개념을 선택하고, 이에 대한 교수학습지도안을 제작하여라.
>
> (혹은)
>
> 유리함수와 무리함수 단원을 효과적으로 지도할 수 있는 테크놀로지를 선택하고, 이를 활용한 교수학습지도안을 제작하여라.

(12) TPACK 성찰하기: 테크놀로지가 통합된 수학 수업을 전체적인 관점에서 성찰한다.

이광호(2007)는 자신이 구성한 교사교육 프로그램에 있어 동료 교사를 상대로 한 모의수업이 TPACK의 발달에 가장 큰 영향을 준 활동 중 하나였다고 설명한다. 교사는 자신의 수업을 다른 눈으로 관찰하는 경험을 통해 자신의 교수를 성찰하고, 실제 적용 가능성에 대해 긍정적으로 생각하게 되어 자신감을 갖게 되었다. 테크놀로지의 수업 통합에 있어 자신감이 중요한 요인의 하나라는 것은 Thomas와 Hong(2013) 외에도 많은 연구자들이 입증해왔다.

다음 과제 사례는 이 단계에서 나타날 수 있는 대표적인 형태의 과제로, 제시된 성찰일지 작성 기준은 중점적으로 관찰하고자 하는 항목에 따라 수정될 수 있다.

> 테크놀로지를 활용한 자신의(타인의) 수학 수업을 보고, 수업내용 및 활동과제, 테크놀로지의 활용 방법과 효과, 지도, 학습자에 대한 고려 등을 기준으로 성찰 일지(참관록)를 작성하여라.

■ 전문가 타당성 검토 1. 분류 기준 전반

다음은 수학교사 테크놀로지 교육을 위한 과제 분류 기준(표 4)에 대한 **전반적인** 의견을 묻는 것입니다. 4단계 평정 척도에 따라 해당하는 곳에 표시해주시기 바랍니다.

(4: 매우 그렇다, 3: 그렇다, 2: 그렇지 않다, 1: 전혀 그렇지 않다)

분류 기준		4	3	2	1
타당성	이 과제 분류 기준표는 테크놀로지에 대한 교사교육에서 고려해야 할 기준으로 타당하다.				
설명력	이 과제 분류 기준표는 테크놀로지에 대한 수학교사 교육에서 고려해야 할 사항을 잘 설명하고 있다.				
유용성	이 과제 분류 기준표는 테크놀로지에 대한 수학교사 교육에서 유용하게 사용할 수 있을 것이다.				
보편성	이 과제 분류 기준표는 테크놀로지에 대한 수학교사 교육에서 여러 수학 영역과 테크놀로지의 종류, 교수학적 상황에 대해 보편적으로 적용할 수 있을 것이다.				
이해도	이 과제 분류 기준표는 교사나 교사교육자가 이해하기 쉽다.				
의견	위에서 '그렇지 않다'고 응답하신 이유는 무엇입니까?				
	수학교사 테크놀로지 교육을 위한 과제 분류 기준표를 전반적으로 볼 때, 그 밖에 수정, 보완해야 할 점은 무엇입니까?				

■ 전문가 타당성 검토 2. 분류 기준 도출 과정의 타당성

다음은 수학교사 테크놀로지 교육을 위한 과제 분류 기준 **도출 과정의 타당성**에 대한 의견을 묻는 것입니다. 4단계 평정 척도에 따라 해당하는 곳에 표시해주시기 바랍니다.

(4: 매우 그렇다, 3: 그렇다, 2: 그렇지 않다, 1: 전혀 그렇지 않다)

분류 기준		4	3	2	1
지식의 차원	수학교사의 테크놀로지 관련 지식을 TK′, TCK′, TPACK의 세 가지만 택한 것은 타당한가.				
	TK′, TCK′, TPACK은 각각 사실적 지식, 개념적 지식, 절차적 지식으로 적절하게 연결되는가.				
	TK′, TCK′, TPACK은 명확하게 구분되는가				
인지적 과정의 차원	기존의 분류기준표에서 분석하기와 평가하기 과정을 하나로 통합한 것은 타당한가.				
	기존의 분류기준표에서 지식의 차원에 있던 메타인지를 인지적 차원으로 옮겨 성찰하기로 다시 이름 붙인 것은 타당한가.				
	인지적 차원의 여섯 단계는 명확하게 구분되는가.				
분류기준의 분포	각 지식의 차원에 따라 인지적 과정에 주된 분포가 존재하는 것은 타당한가.				
	TK′을 주로 기억, 이해하기에서 고려하는 것은 타당한가.				
	TCK′을 주로 기억, 이해, 적용, 분석/평가하기에서 고려하는 것은 타당한가.				
	TPACK을 6개의 인지적 과정 전체에 걸쳐 고려하는 것은 타당한가.				
분류기준 간 구분	이 분류기준의 각 셀은 모두 명확하게 구분되는가.				
의견	위에서 ‘타당하지 않다’고 응답하신 이유는 무엇입니까?				
	수학교사 테크놀로지 교육을 위한 과제 분류 기준표의 도출 과정에서 수정하거나 개선해야 할 사항은 무엇입니까?				

■ 전문가 타당성 검토 3. 분류 기준 서술의 타당성

다음은 수학교사 테크놀로지 교육을 위한 과제 분류 기준(표 4)의 **서술의 타당성**에 대한 의견을 묻는 것입니다. 4단계 평정 척도에 따라 해당하는 곳에 표시해주시기 바랍니다.

(4: 매우 타당하다, 3: 타당하다, 2: 타당하지 않다, 1: 전혀 타당하지 않다)

목표 지식	인지적 과정	분류 기준	4	3	2	1
TK′	기억하기	테크놀로지의 기능을 기억한다.				
	이해하기	테크놀로지의 기능을 이해한다.				
TCK′	기억하기	수학적 맥락에서 테크놀로지의 기능을 기억한다.				
	이해하기	수학적 맥락에서 테크놀로지의 기능을 이해한다.				
	적용하기	테크놀로지를 이용하여 수학을 표현한다.				
	분석, 평가하기	테크놀로지로 표현된 수학에 대해 분석하고 평가한다.				
TPACK	기억하기	수학 교수의 맥락에서 테크놀로지의 기능을 기억한다.				
	이해하기	수학 교수의 맥락에서 테크놀로지의 기능을 이해한다.				
	적용하기	테크놀로지를 이용하여 수학 교수를 구성한다.				
	분석, 평가하기	테크놀로지를 이용한 수학 교수에 대해 분석하고 평가한다.				
	창안하기	테크놀로지를 통합한 수학 수업을 맥락을 바탕으로 구성한다.				
	성찰하기	테크놀로지가 통합된 수학 수업을 전체적인 관점으로 성찰한다.				
의견	위에서 ‘타당하지 않다’고 응답하신 이유는 무엇입니까?					

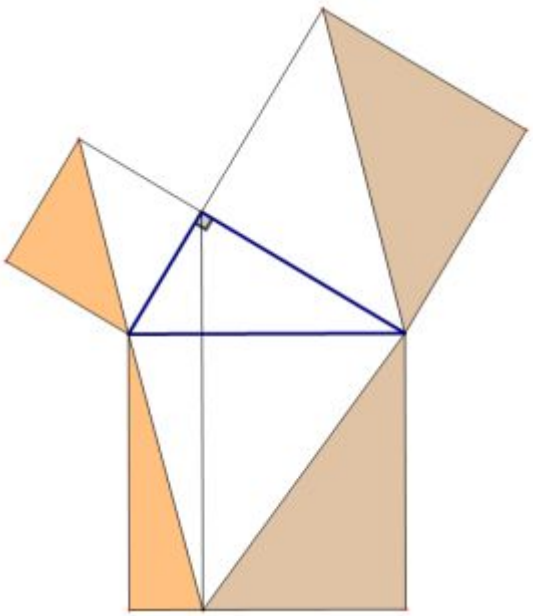
■ 기타

다음은 실제로 분류된 과제의 예시와 앞으로 분류할 과제에 대한 제언을 얻고자 하는 문항입니다. 적절한 답이 없는 경우, 대답하지 않으셔도 좋습니다.

◔ 다음 교사교육 과제를 보고, 물음에 답하십시오.

1. 동적 기하 소프트웨어를 이용하여 직각삼각형 ABC와 정사각형 ABDE를 작도하여라.

2. 피타고라스의 정리에 대한 유클리드의 증명 방법을 동적 기하 소프트웨어를 이용하여 구성[1] 하고, 피타고라스의 정리가 성립하는지 확인하여라.



3. 피타고라스의 정리에 대한 유클리드의 증명 방법을 동적 기하 소프트웨어를 이용하여 학생에게 설명할 수 있도록 구성하여라.

4. 피타고라스의 정리에 대한 증명 수업을 할 때, 동적 지하 소프트웨어를 활용할 지에 대해 생각해보고, 교과서와 학생의 특성을 고려하여 수업 지도안을 구상하여라.

(1) 위의 과제는 어느 분류기준표의 어느 셀에 해당한다고 생각하십니까? (아래 표의 해당 셀에 문항 번호를 기입해 주십시오. 하나의 과제를 하나 이상의 셀에 표기하셔도 좋습니다.)

인지적 과정 / 지식	기억하기	이해하기	적용하기	분석, 평가하기	창안하기	성찰하기
TK′						
TCK′						
TPACK						

1) 동적 기하 소프트웨어를 이용하면 대상을 만든 후 드래그를 통해 해당 대상을 움직이게 할 수 있다. 대상을 그리는(draw) 것과 구성(construct)하는 것은 드래그 했을 때 대상이 가져야 하는 성질을 유지하느냐 그렇지 않느냐에 따라서 다르다.

(2) 위와 같이 분류하신 이유는 무엇입니까?

1.

2.

3.

4.

◔ 그밖에 과제 분류기준표에 대해서 하고 싶은 말씀이 있으시면 기록해주시기 바랍니다.

◕ 응답해 주셔서 감사합니다. ◕

Abstract

Classification of tasks using in the mathematics teacher education about technology

Kim, Yujung
Mathematics Education
The Graduate School
Seoul National University
Major advisor: Kwon, Oh Nam

It has been proved that technology is very effective to mathematics teaching and learning. Therefore many national curriculums emphasize the use of technology in mathematics, but many teachers find difficult with integrating technology in their classroom. This paper claim that this difficulty can be improved by analyzing the tasks which teacher training program handle.

This paper propose the criteria that can classify the tasks using in the mathematics teacher education about technology, so the purpose of this study is that the more systematic mathematics teacher education about technology can be taken place. The followings are the research questions.

1. How can the task for the mathematics teacher education about technology be classified?
2. What is the feature of the tasks using in the mathematics

teacher education about technology according to the taxonomy?

3. How are the tasks using in the domestic mathemacis teacher education distributed?

In order to solve these research questions, this study use the developmental research method. By the literature review, the taxonomy table of the tasks was made. And by the examination of experts twice, the taxonomy table was modified and complemented. After this, the domestic textbooks which was made for the mathematics teacher education about technology was analyzed. This analysis help examine the type of tasks.

The taxonomy table has two dimension, knowledge and cognitive process. This paper argue that the knowledge of mathematics teacher is developed in the order of TK – TCK - TPACK, and the cognitive process is categorized as remember – understand – apply – analyze and evaluate – create – reflect. Based on this taxonomy, this paper discover that almost all tasks using in the domestic mathematics teacher training programs aim at the development of TCK and are classified as 'remember' or 'apply.'

Through the result of this research, the criteria which can check the level of the mathematics teacher's knowledge about technology is proposed. This criteria can offer teachers and teacher educators some information what kind of tasks is needed. Therefore it can form the basis in order to provide mathematics teachers with the customized education about technology.

Keyword : technology, teacher education, task, TPACK, taxonomy

***Student Number* : 2012-21414**