

잠재프로파일분석을 통한 중학교 과학 학생 성취특성 분석¹⁾

김희경 (한국교육과정평가원 연구위원)*
정혜경 (한국기술교육대학교 조교수)**

요약

본 연구에서는 인지진단모형 분석을 통해 도출된 세부 학습영역 결과에 대해 학교 현장 및 교육부 관계자 등이 보다 쉽게 결과를 이해할 수 있도록 교육적 환류 정보로서의 기능을 강화하는 방안을 탐색하였다. 국가수준 학업성취도 평가 과학교과 결과를 2차 자료로 활용하여 인지진단모형을 적용하여 도출된 8개 세부 학습영역 성취율 추정 정보를 분석하여 학생들의 성취 특성을 도출하고자 잠재프로파일분석을 수행하였으며, 그 결과 5개의 잠재집단을 도출하였다. 과학 교과역량을 반영한 세부 학습영역 성취 특성을 유형한 결과, 잠재집단1은 모든 영역에서 균형적인 성취를 보였으며, 잠재집단2는 과학적 문제해결 및 의사소통 함양이 필요하고, 잠재집단3은 자료 분석 및 해석 능력이 부족한, 반면 잠재집단4는 기본적인 과학적 지식 부분이 다소 부족한 것으로 파악되었으며, 잠재집단5는 과학교과 전반에 대한 지식 및 이해도가 낮았다. 기존의 국가수준 학업성취도 평가의 4단계 성취수준과 교차하여 그 분포를 파악한 결과, 보통학력과 기초학력 학생 집단에서 잠재집단 유형화를 통해 보다 세부적이고 유용한 성취 특성 정보 파악이 가능한 것으로 나타났다.

주제어 : 세부 학습영역, 인지진단모형, 잠재프로파일분석, 과학 교과, 국가수준 학업성취도 평가

1) 본 연구는 한국교육과정평가원 기본과제로 진행된 김희경 외(2019)의 '국가수준 학업성취도 평가 점수 체제 개선 및 결과 활용도 제고 방안(RRE 2019-3)' 보고서 IV장 일부를 발췌하여 수정·보완하였음을 밝힘.

* 제1저자, heekyoung@kice.re.kr

** 교신저자, hjung@koreatech.ac.kr

I. 서론

국가수준 학업성취도 평가를 포함하여 대규모 표준화 검사에서는 교육활동에 대한 성과를 사후적으로 판단하는 종합평가의 기능이 강조되어 왔다. 그러나 4차 산업혁명 시대를 대비하여 2015 개정 교육과정에서 ‘창의·융합형 인재’양성을 강조하고 있으며 학교 교육에서도 이를 구현하기 위해 교육과정을 재구성하거나 교과 간 연계 교육을 실천하고 있다(김영은 외, 2018, p.3). 이러한 맥락에서 융복합을 강조하는 전인교육을 실현하기 위해 교육평가 결과의 산출 측면에서 이를 구현할 수 있는 방법론적 접근이 필요하다. 즉, 단순히 총점에 기반한 평가 결과 산출에 그치지 않고 보다 심층적인 평가 방법을 적용함으로써 학교 교육에서 도달하고자 하는 교육 목표나 핵심역량에 대한 성취 정도를 통합적이면서도 상세하게 제시할 수 있는 방안에 대한 논의가 필요하다. 이에 본 연구에서는 교과별 평가결과로 총점 이외에 세부 학습영역(예, 증거기반 논증하기)에 대한 성취율을 산출하는 통계 방법 중 하나로 인지진단모형을 적용하여 도출된 결과를 활용하여 추가 분석을 시도하였다. 구체적으로 교과역량을 반영한 세부 학습영역에 대한 성취율 정보를 분석하여 학생의 학업 성취 특성 유형을 탐색함으로써 교수학습 자료의 기초 자료로 활용할 수 있는 방안을 모색하였다. 총점에 기반한 평가결과를 산출하는 것에서 나아가 세부 학습영역에 대한 평가결과는 2015 개정 교육과정에서 강조하는 교과역량에 대해 국가수준에서의 종합적인 진단 측면에서 유용한 정보로 활용될 수 있으며, 보다 상세한 교과 세부 학습영역별 정보를 제공함에 따라 학생, 교사, 학교단위에서 교수·학습 개선을 위한 구체적인 근거 자료로 활용 가능하다는 장점이 있다. 그러나 인지진단모형과 같은 고도의 통계기법을 활용하거나 평가 산출 결과가 상세할수록 교사들뿐만 아니라 평가 결과를 제공받는 학생, 학부모들이 그 결과를 직관적으로 이해하고 해석하는데 어려움이 따를 수 있다.

따라서 본 연구에서는 인지진단분석으로 도출된 세부 학습영역 결과에 대해 학교 현장 및 교육부 관계자 등이 보다 쉽게 결과를 이해할 수 있도록 교육적 환류를 위한 정보로서의 기능을 강화시킬 수 있는 방안을 탐색하는 데 그 주요 목적을 두었다. 따라서 교과역량이 반영된 세부 학습영역별 성취율을 토대로 잠재집단모형을 적용하여 학생들의 교과 성취 특성을 드러내는 잠재집단으로 유목화하고 그 특징을 설명하여 평가 결과가 교육적 피드백 자료로서의 기능을 강화하는 방안을 모색하였다. 나아가 세부 학습영역에 근거한 잠재집단이 어떠한 요인들에 의해 설명되는지를 설문조사와 연계하여 분석함으로써 교육적 시사점을 제공하는 데 연구 목적이 있다.

본 연구에서는 실제 자료 분석을 위해 과학 교과 평가 자료를 예시적으로 활용하였다. 국가수준 학업성취도 평가의 경우, 매년 중학교 3학년 학생(약 1.5% 표집)들을 대상으로 과학 학업성취도를 측정하여 성취수준을 4단계(우수학력/보통학력/기초학력/기초학력 미달)로 보고하고 있다(이재봉 외, 2019). 대규모 평가 결과에 기반한 우리나라 초중등 교육에 대한 과학 교과 성취에 대한 실증적 연구들을 살펴보면, 몇몇 연구를 제외하고(예, 김수진 외, 2013; 김지영, 김수진, 동효관, 2015), 대체로 평가 주기별 추이 비교를 통한 성적 저하 또는 향상에 대한 정보를 산출하거나 성별에 따른

성적 차이를 탐색하는 연구, 또는 성별과 성취수준별 비율에 대한 분포 비교(예, 이재봉, 구자옥, 2020; 조성민 외, 2019; 상경아 외, 2020), 과학 성취도와 정의적 영역에 대한 관련성 분석(예, 박영순, 2018; 김동욱, 손원숙, 2019; 한정아, 2020) 등의 연구들이 수행된 바 있다. 본 연구는 이처럼 대부분의 연구들이 총점에 근거한 과학 성취도 평가 결과를 분석함에 따라 어느 부분에서 학생들의 교과에 대해 잘 이해하고 있고 반대로 취약한지에 대한 교육적 피드백으로서의 정보가 충분치 않은 점과 일부 연구에서 하위 영역별 결과 분석이 이루어졌으나 이러한 정보들이 교사나 학생들에게 이해 가능하고 유용하게 이해될 수 있는 하는 접근성 측면에서는 충분히 논의되지 않은 점에 주목하였다. 따라서 본 연구에서는 예시적으로 기 산출된 2017년 중학교 3학년 과학과 국가수준 학업성취도 평가 8가지 세부 학습영역을 바탕으로(정혜경 외, 2018; 김희경, 정혜경, 2020) 잠재집단모형 분석을 수행함으로써 과학 교과역량이 반영된 학생들의 성취 특성을 잠재집단으로 유형화하고 그 특징을 연관지어 교수·학습 전략을 제시하고자 시도하였다. 과학 교과역량을 반영한 세부 학습영역에 대한 성취 특성 패턴 결과는 총점에 기반한 성취수준(우수/보통/기초/기초하력 미달)으로 제시되는 총합평가로서의 학업성취도 평가의 한계점을 보완하고, 학생의 학업성취도를 향상하기 위한 구체적이며 변화가능한(actionable) 교수·학습 전략 및 정책 방안들을 제시하는 데 유용한 자료가 될 수 있다.

II. 이론적 배경

1. 과학 교과 학업성취도 평가 결과 분석 사례

우리나라 학생을 대상으로 실시된 대규모 평가 결과를 활용하여 과학 교과의 학업성취도 평가에 기반한 과학 교육 성과에 대한 분석은 지속적으로 수행되어 왔다. 구체적으로 이재봉과 구자옥(2020)은 2015년부터 2018년까지 학업성취도의 인지적 성취와 정의적 성취 추이를 분석하였는데, 과학에서 학업성취도가 전체적으로 하락하는 경향이 있는 가운데, 성취수준별로는 우수하력의 비율이 감소하고 기초하력의 비율이 증가하고 있으며, 성취수준에 따라 남학생과 여학생의 격차가 나타나고 있는 것으로 보고하였다. 국가수준 학업성취도 평가와 더불어 국제 학업성취도 평가인 경제협력개발기구(OECD) 주관의 PISA(Programme for International Student Assessment)와 국제학업성취도평가협회(IEA) 주관의 TIMSS(the Trends in International Mathematics and Science Study)에서도 과학 교과가 평가 주요 영역으로 설정되어 있다. PISA에서 만 15세 학생들의 과학 학업성취도를 3년 주기로 평가하고 있으며, TIMSS에서는 초등학교 4학년과 중학교 2학년을 대상으로 4년마다 평가를 시행하고 있다. PISA 2018 결과에 의하면, PISA 2015와 비교하여 평균점수가 3점 상승하고, 순위도 5~8위에서

3~5위로 상승하였다(조성민 외, 2019). 성취수준별로는 2수준 미만에서 남학생 비율이 여학생보다 높았는데, 이러한 특징은 국가수준 학업성취도 평가와 동일한 결과이다. 최근 발표된 TIMSS 2019에서도 초등학교 4학년의 경우 수월수준 학생 비율이 이전 주기에 비해 감소하였고, 중학교 2학년의 경우 기초수준 미달 학생 비율이 증가하는 경향이 나타났으며, 초등학교에서 성별 차이가 큰 것으로 나타났다(상경아 외, 2020).

학업성취도 평가의 시행에 따른 결과나 추이 분석 외에도 대규모 평가 시행에서 산출된 자료를 활용하여 학업성취도 평가에 미치는 다양한 요인을 분석하고자 하는 연구는 계속적으로 이루어지고 있다. 광영순(2018)은 TIMSS 2015를 활용해 과학성취도와 흥미에 영향을 주는 교육맥락변인을 분석하였는데, 4학년과 8학년 모두 도서보유량과 수업에 대한 학생 인식이 학업성취도에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 인지적 영역과 정의적 영역을 균형적으로 살펴보려는 노력 또한 이 같은 맥락에서 이해할 수 있을 것이다(김동욱, 손원숙, 2018; 구자옥, 구남옥, 2018). 예를 들어 구자옥과 구남옥(2018)의 연구결과에 따르면, 학생들의 수업 환경, 교사의 피드백 등과 같은 교수 학습 특성이 과학의 정의적 특성에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 특히 교사의 지지와 맞춤형 수업 등이 성취수준이 낮은 집단의 정의적 특성 향상에 상대적으로 효과가 있었다. 또 다른 관점에서는 학업성취도 평가 결과를 바탕으로 성취수준별 학생 특성을 파악하여 좀 더 학생 수준에 부합하는 교육적 시사점을 도출하려는 취지의 연구들도 있는데, 그 예로 한정아(2020)의 연구에서는 과학 성적 하위수준 집단의 경우 학생의 과학 교과에 대한 흥미와 효능감이 유의미하게 긍정적인 영향을 미치고 있는 것으로 나타났으며, 교사의 교수 방법 중 맞춤형 학습이 저성취 학생의 학업 향상과 정적인 관계가 있는 것으로 파악되었다.

그러나 이러한 연구들은 총점에 근거한 성취도 평가 결과를 학습 성과로 파악하고 총점을 기준으로 학생 성취도를 향상시키기 위한 교수·학습 방법이나 학생의 정의적 특성을 파악하고 있어 학생의 학습 이해도에 대해 어느 부분에서 학생들의 교과에 대해 잘 이해하고 있고 반대로 취약한지에 대한 세부 정보에 근거하고 있지 않다. 이러한 총점에 근거한 분석의 대안으로 인지진단모형(cognitive diagnostic model)이라는 통계 기법을 활용하여 검사의 문항 정보를 근거로 검사지 전체의 하위 내용을 세부 영역으로 묶고 이에 대한 성취율을 추정함으로써 학생들의 학습을 도모할 수 있는 실제적이고 구체적인 정보를 산출하는 연구들이 꾸준히 진행되어 왔다. 즉, 인지진단모형은 문항반응이론(Item Response Theory)을 반영하여 문항의 난이도와 변별도를 고려함과 동시에 한 문항이 여러 하위 학습영역에 포함될 수 있도록 모형화가 가능함에 따라 각 하위영역별 능력 점수의 추정에 대한 신뢰도를 제고할 수 있는 통계 추론 모형이다(Hartz & Roussos, 2008, p.5). 결과적으로 인지진단모형은 검사의 길이가 제한적이고 세부 학습영역별 문항 수가 크지 않은 일반적인 상황에서 고전검사이론(Classical Test Theory) 적용 시 하위영역별로 산출되는 점수의 낮은 신뢰도 문제를 극복하는 대안으로 활용될 수 있다. 예를 들어 본 연구에서도 과학 평가도구의 총 문항 수는 40개이었으나, 인지진단모형에 기반해 문항을 여러 하위영역과 연결한 결과 100개의 문항으로 구성된 것과 같은 학생 능력의 추정 효과가 발생하였다. 인지진단모형 분석을 위한 통계방법적 접근은 DINA, Fusion, General Diagnostic Model 등 다양하나(Lim, 2015), 기본적으로 인지진단모형은 문항과 인지요소간의 맵핑(Q행렬)을 기반으로

피험자의 지식, 기술, 능력 등에 대한 세부적인 숙달(mastery) 여부에 대한 정보를 제공하는 기법이라 할 수 있다(박찬호, 2020; 김희경, 박찬호, 2013).

인지진단모형 적용 예시로 문제를 해결하는 인지적 요소와 국가수준 학업성취도 평가를 활용한 분석 연구(김희경 외, 2012; 김희경, 한정아, 2017)를 비롯하여 TIMSS 수학과 과학 평가 결과에 대해 다층문항반응이론을 적용하여 세부 학습영역 성취 정도를 산출하여 외국의 평가 결과와 비교한 연구도 수행된 바 있다(김수진 외, 2013). 과학과에 대한 인지진단모형 적용 연구 결과를 구체적으로 살펴보면(김지영, 김수진, 동효관, 2015), TIMSS 2011에서 활용된 216개의 문항으로 회상/인식하기, 분류하기, 모형사용하기, 통합하기, 자료분석하기, 가설설정 및 실험설계하기, 결론도출하기, 평가 및 정당화하기로 인지적 속성을 추출하고, 국가별 특성 비교를 통해 우리나라 학생들이 설명, 분류, 통합, 가설설정 및 실험설계는 다소 어렵하다는 점을 발견하였다. 이처럼 인지진단모형을 활용한 분석은 총점 외에 세부 학습영역에 대한 구체적인 정보를 제공하고 있다는 측면에서 의미있는 분석 방법이라 할 수 있으며, 특히 학생별 개별 진단 및 맞춤형 피드백 정보로서 유용하다.

2. 잠재프로파일모형

잠재집단분석은 관찰변수들을 통해 잠재(latent)적인 특성 정보를 도출하고 이를 기반으로 기존에 관찰되지 않았던 하위 잠재집단을 명세화하는 데 유용하다(Henry & Muthén, 2010, p.193). 잠재집단분석은 원래 이분변수를 활용하여 잠재집단을 도출하도록 설계된 통계모형 방법이었으나 추후에 연속변수, 다분변수, 서열변수, 순위변수 등으로 확장되었으며, 특히 연속변수에 기반한 잠재집단분석 모형을 잠재프로파일 분석이라 명칭하고 있다(Tein, Cox, & Cham, 2013, p.640). 본 연구에서는 인지진단모형 분석을 통해 도출된 세부 학습영역 각각에 대한 성취율(PPM) 추정치를 기반으로 잠재프로파일 분석(latent profile analysis, LPA)을 수행하였다. 본 연구 분석에서 활용하는 PPM이 0~1의 범위를 갖는 연속변수의 형태를 보이므로 LPA 분석을 수행하였다. 그러나 LCA와 LPA는 분석에 적용되는 변수 유형의 차이가 있을 뿐 기본적으로 두 방식 모두 혼합(finite mixture) 모형의 일종으로 선별된 변수와의 관계를 파악하여 유사한 하위 잠재집단을 파악하는 목적에서는 동일한 방식이라 할 수 있다(Mäkikangas et al., 2018, p.932). 잠재집단분석은 요인분석과도 구별되는데, 요인분석이 문항에 초점을 두어 응답반응을 바탕으로 문항을 유목화하는 방식이라면(item centered), LPA와 LCA 방식은 응답반응을 바탕으로 응답자를 그룹화하는 ‘사람’에 초점을 둔(person-centered) 통계모형이라는 측면에서 그 차별성이 있다(Mäkikangas et al., 2018, p.932).

본 연구는 과학과 8개의 세부 학습영역에 대한 성취율 추정치에 대해 동일한 기준으로 잠재집단을 도출한 후 그 잠재집단 특성을 다각도에서 파악함으로써 교수·학습, 교육과정 개선을 위한 기초자료를 제공하는데 궁극적인 목적이 있다. 따라서 잠재집단의 성취 특성을 탐색하는 기초 연구로 가정과 추정이 복잡한 다층 LPA 분석보다는 단순 LPA를 적용하고 도출된 유목화된

잠재집단이 내용적으로 타당하고 해석 가능한지에 우선적으로 초점을 두었다.

분석을 위한 잠재프로파일모형은 아래 (식 1)에서와 같이 n 개의 관찰 연속변수 $x_i(i = 1, \dots, n)$ 에 대해 특정 잠재집단 $k(k = 1, 2, \dots, K)$ 에 속할 확률 π_k 와 특정 잠재집단 k 의 정규밀도(normal density) 함수($f_k(x_i|\theta_k)$)를 결합한 관찰점수 분포로 표시된다(Tein, et al., 2013, p.641).

$$f(x_i|\theta) = \sum_{k=1}^K \pi_k f_k(x_i|\theta_k) \quad (\text{식 1})$$

여기서 잠재집단 k 에 속할 확률인 π_k 값들의 전체 합은 $1(\sum \pi_k = 1)$ 이고 이는 k 집단이 상호 배타적(exclusive and exhaustive)임을 의미하며, 정규밀도함수 f_k 는 잠재집단별 평균벡터와 공분산 행렬($\theta_k = (\mu_k, \Sigma_k)$)의 분포를 갖는다. 또한 LCA 또는 LPA 분석에서의 중요한 가정 중 하나가 지역 독립성(local independence)인데, 이는 집단 소속을 통제한 후에는 모형에 투입된 n 개 변수들이 독립적임을 가정하는 것으로, 이는 잠재집단을 위해 투입된 변수들 간의 공유된 분산이 잠재집단 구분을 통해 모두 설명되었음을 의미한다(Nylund-Gibson & Choi, 2018, p.442).

III. 연구 방법

1. 분석자료

이 연구는 국가수준 학업성취도 평가 과학과 검사 문항 정보를 기반으로 도출된 8개 세부 학습영역에 대한 학생들의 성취율 정보인 가공된 2차 자료를 분석하였다. 선행연구(정혜경 외, 2018)에서 과학 교과 전문가 및 평가 전문가와의 분석을 통해 8개 세부 학습영역(<표1>)을 도출하고 Q행렬을 바탕으로 인지진단모형(Fu, 2005) 분석을 통해 세부 학습영역별로 학생의 숙달률(Posterior Probability of Mastery: PPM) 추정값을 산출한 바 있다. 본 연구에서는 이 자료를 분석 자료로 활용하였음을 밝혀둔다. 좀 더 구체적으로 학생의 숙달률 추정을 위해 2017년 국가수준 학업성취도 평가 과학과 선다형(32문항)과 서답형(8문항) 문항을 합친 총 40개 문항의 자료를 활용하였다. 이해를 돕기 위해 Q행렬의 도출 과정과 인지진단모형을 통해 8개 세부 학습영역에 대한 학생의 숙달률을 분석한 과정을 간단히 정리하면 다음과 같다(정혜경 외, 2018).

먼저 세부 학습영역을 고려한 평가결과를 산출하기 위해 우선적으로 과학과 세부 학습 영역을 도출하는 작업이 수행되었다. 2015 개정 교육과정에서는 기존의 교육과정과는 달리 핵심역량 설정하고 이를 각 교과와 교육과정에 반영하도록 하고 있다. 과학에서는 교육과정 총론에 제시된 5가지 핵심역량을 기반으로 과학 교과를 통해 길러야 할 과학과 교과역량을 과학적 사고력, 과학적

문제해결력, 과학적 탐구능력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생 학습 능력으로 설정하고 있다(교육부, 2015). 따라서 과학 학업성취도에 분석 결과가 학생이나 교사들에게 보다 의미있는 결과를 제시하기 위해서는 교육과정에서 제시된 5가지 교과역량을 반영할 필요가 있다는 판단 하에 이를 반영한 10가지 세부 학습영역을 도출하였다. 그러나 2017년 학업성취도 평가에서는 2015 개정 교육과정을 적용한 중학교 3학년 대상의 학업성취도 평가 이전으로, 실제 Q행렬 분석에서는 2015 개정 교육과정에서 새롭게 도입된 세부 학습영역이라고 할 수 있는 ‘컴퓨팅 사고력을 활용하여 분석하고 예측하기’와 ‘자신의 생각이나 주장, 탐구 결과를 과학적으로 표현하기’를 제외한 8개의 학습영역이 활용되었다. <표 1>은 분석에 사용된 8개의 학습영역에 대해서 2015 개정 교육과정에 따른 학업성취도 평가 평가틀과의 관련성 및 각각의 세부 학습영역의 의미를 제시하였다.

<표 1> 과학과 세부 학습영역과 의미

국가수준 학업성취도 평가틀		세부 학습영역	상세 설명
교과역량	하위 요소		
과학 원리의 이해 및 적용 능력	이해	1. 현상에 포함된 과학 원리 설명하기	자연이나 일상생활의 다양한 현상을 설명할 수 있는 과학 원리가 무엇인지 알고, 개념 간의 위계나 구조를 이해하는 능력
	적용	2. 과학적 원리를 실제 생활에 적용하기	과학 원리에 대한 이해를 바탕으로 새로운 구체적인 상황에 과학 원리를 적용하는 능력
과학적 탐구 및 문제 해결력	문제 발견 및 인식	3. 탐구 문제를 발견하고 가설 설정하기	주어진 상황에서의 핵심적 탐구 문제를 도출하거나 해결해야 할 문제를 명료화하는 능력
	탐구 설계 및 수행	4. (문제해결을 위한) 탐구 방법을 설계하고 수행하기	인식된 문제를 해결하기 위한 탐구의 방법을 설계하여 이를 실행하는 능력
	자료 분석 및 해석	5. 수집된 자료를 분석하고 해석하기	탐구의 수행을 통해 얻어진 자료를 분석하고 해석하는 능력
	모형의 개발과 사용	6. 모형을 활용하여 현상을 설명하기	증거에 기초하여 모형을 세워 현상을 설명하거나 결과를 예측하는 능력
	결론 도출 및 해결 방안 제시	7. 탐구 문제에 대한 결론이나 해결 방안 제시하기	자료에 대한 해석을 바탕으로 주어진 탐구 문제에 대한 결론이나 해결 방안을 제시하는 능력
과학적 의사소통 능력	증거에 대한 토론과 논증	8. 증거에 기반하여 논증하기	증거와 과학적 추론에 근거하여 주장을 펼치거나 반론을 제시하는 능력

*출처: 동효관 외(2018, pp.45~46)와 정해경 외(2018, p.90)의 내용을 발췌하여 표로 제시함.

과학과 세부 학습영역을 도출한 이후에는 과학교육 내용 전문가 박사 2명, 학업성취도 문항 출제에 참여 경험이 있는 교수와 교사 6명이 Q행렬을 개발하였다. 개발된 Q행렬에 대해서 여러 가지 통계분석을 통해 타당도를 검토하였으며(예, 중다회귀분석, 자카드 계수 산출, 문항 변별도 계수 추정), 분석 결과를 반영한 추가 수정과정을 거쳐 최종 Q행렬을 확정하였다. 확정된 Q행렬을

이용해 인지진단모형 중에 Fusion 모형을 활용하여 세부 학습영역별 도달도를 추정하였다. 검사지 형태를 반영하여 서답형 문항 분석이 가능한 확장된 다분점수 Fusion 모형 적용을 통해 6,645명 학생의 8개 세부 학습영역에 대한 성취율 추정값(posterior probability of mastery; PPM) 정보를 종속변수로 활용하였다(정혜경 외, 2018, pp.90-93). 따라서 본 연구에서는 학업성취도 평가 결과를 세부 학습영역 단위에서 분석하고 보고하는 방안을 탐색하기 위해 결과적으로 분석 자료에는 6,645명의 중학교 3학년 학생의 과학과 세부 학습영역별 성취율 추정치로 0~1 사이의 확률값을 분석에 포함하였으며, 이러한 이차자료를 활용하여 잠재프로파일 분석을 수행하였다.

2. 분석절차

분석 절차는 다음과 같다. 첫째, 과학과 8개 세부 학습영역별 성취율을 기반으로 잠재집단을 도출하였다. 잠재집단을 도출하는 데 있어 여러 가지 기준을 고려하여 종합적으로 잠재집단의 수를 도출하게 된다. 우선 잠재집단수를 결정하기 위한 잠재집단 수를 하나씩 증가시키면서 정보 지수(AIC, BIC, SABIC), k집단과 k-1 잠재집단 간 모형 비교를 위한 조정된 우도비 검정(LMRT), 각 모형에서 산출된 분류의 질 정보를 제공하는 Entropy를 검토하였다. 정보 지수의 경우 그 값이 작을수록, Entropy의 경우 1에 가까울수록 양호한 모형임을 나타낸다. 한편 잠재집단분석 결과에서 제시되는 적합도 지수(fit index)를 기반으로 제시된 통계적 수치와 더불어 도출된 잠재집단별 규모(sample size), 잠재집단별 질적인 해석과 유용도 등을 종합적으로 고려하여 통계적 측면뿐만 아니라 내용적 측면에서 모형을 선정하고 집단의 수를 선정하였다(Nylund-Gibson & Choi, 2018, p.443). 잠재프로파일 분석을 위해서는 Mplus version 6.12를 사용하였다(Muthén & Muthén, 2007). 둘째, 도출된 잠재 집단의 특성을 파악하기 위해 잠재집단 도출에 사용하지 않은 주요 변인들에 대한 기술 통계 분석을 제시하였다.

IV. 연구 결과

1. 과학 세부 학습영역 결과 기반 잠재집단 도출

〈표 2〉는 세부 학습영역별 기초 정보로, 2017년 학업성취도 평가 과학과를 기준으로 평균적으로 PPM1(과학 원리 설명하기)이 가장 높고, PPM8(증거 기반 논증하기)이 가장 낮은 성취율을 보였다. PPM4(탐구방법 설계 및 수행하기), PPM6(모형 활용 현상 설명하기)과 PPM8은 0.5 미만의 평균을 보였다. PPM 간 상관계수를 살펴보면, 그 범위가 0.69~0.86로 ‘과학’ 성취도라는 대영역에서 세부 학습영역 간 상관성이 높은 것은 당연한 결과이다. 부가적으로 PPM1(과학 원리

설명하기)와 PPM8(증거 기반 논증하기)의 상관이 상대적으로 낮고($r=0.69$), PPM3(탐구문제 발견 가설 설정)과 PPM4(탐구방법 설계 및 수행)의 상관이 상대적으로 높았다($r=0.86$).

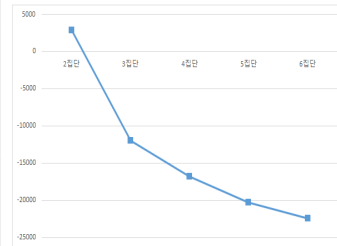
〈표 2〉 중학교 3학년 과학과 학업성취도 평가 세부 학습영역 기술통계

세부 학습영역	변수	기술 통계		세부 학습영역 간 상관계수							
		평균	SD	PPM1	PPM2	PPM3	PPM4	PPM5	PPM6	PPM7	PPM8
1. 현상에 포함된 과학 원리 설명	PPM1	0.60	0.43								
2. 과학적 원리를 실제 생활에 적용	PPM2	0.50	0.43	0.77							
3. 탐구 문제를 발견하고 가설 설정	PPM3	0.54	0.36	0.81	0.82						
4. 탐구 방법을 설계하고 수행	PPM4	0.45	0.36	0.80	0.84	0.86					
5. 수집된 자료를 분석하고 해석	PPM5	0.54	0.44	0.77	0.79	0.83	0.83				
6. 모형을 활용하여 현상을 설명	PPM6	0.45	0.40	0.72	0.79	0.80	0.84	0.77			
7. 탐구 문제에 대한 결론이나 해결 방안 제시	PPM7	0.54	0.42	0.77	0.78	0.82	0.84	0.79	0.78		
8. 증거에 기반하여 논증	PPM8	0.39	0.40	0.69	0.77	0.78	0.83	0.75	0.79	0.76	

먼저 잠재집단 숫자를 선정하기 위해 LPA 분석을 수행하였다. 모형 선정을 위해 〈표 3〉과 같이 BIC(Bayesian Information Criterion), Entropy, 추정 모수 숫자, 집단별 사례 수 등을 종합적으로 고려하였으며(Tein et al., 2013, pp.642-643), 과학과 학업성취도 평가 출제위원 및 내용 전문가와 분석 결과를 논의하여 내용 및 해석의 타당도를 고려하여 최종 잠재집단 숫자를 선정하였다. 참고로 BIC는 그 값이 작을수록 모형의 적합도가 나은 것을 의미하며, Entropy 지수는 분류의 불확실성(uncertainty)에 대한 정보로, [0, 1]의 범위를 가지며 1에 가까울수록 집단 분류의 적정성을 나타낸다(Tein et al., 2013, p.643). 분석 결과, [그림 1]의 LPA 잠재집단 수에 따른 BIC의 축소 정도를 살펴보면, 2집단 모형과 3집단 모형 간 차이가 가장 크다. 잠재집단 수를 6개까지 늘렸을 때도 BIC가 줄어드는 추세는 계속하여 나타났다. 그러나 지나치게 잠재집단 내의 사례수가 적을 경우 추정의 불안정성과 그 유용도 측면에서 한계가 있으며(Nylund-Gibson & Choi, 2018, p.447), 〈표 3〉에 제시된 6집단 모형에서 잠재집단 LC2가 5%의 미만의 적은 사례수를 보여 향후 잠재집단별 관련 변수와의 연관 분석의 안정성 측면을 고려할 때 5집단 모형이 선호된다. 결과적으로 과학교과 전문가와 도출된 잠재집단의 유형을 내용적으로 검토한 후 5집단 모형을 선정하였다. 잠재집단 지역독립성 가정과 관련하여 도출된 집단 내의 투입 변인 간 상관이 최대 0.35로 나타났으며 대체로 0.20 미만의 낮은 상관을 보여 조건부 독립성 가정이 유지됨을 경험적 데이터를 통해 확인하였다. 일반적으로 BIC 적합도 지수가 +값을 나타내나, 분석대상 변수가 연속변수인 경우 본 연구 결과와 같이 -값이 나타날 수 있으며, 단 해석에 있어서 -값일지라도 BIC가 작을수록 더 나은 모형 적합도 정보로 해석한다(Mplus Discussion, n.d.).

〈표 3〉 LPA 잠재집단 도출 및 적합도 지수, 집단별 사례 수

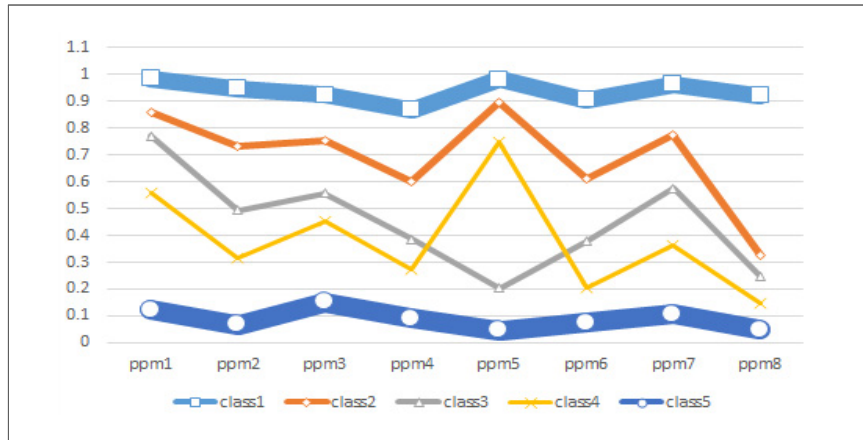
모형	BIC	Entropy	모수 수	집단 사례수(%)
2집단	2870.37	0.972	25	C1: 3,309(49.8), C2: 3,336(50.2)
3집단	-11940.591	0.964	34	C1: 1,600(24.1), C2: 2,655(40.0) C3: 2,390(36.0)
4집단	-16753.120	0.948	43	C1: 1,137(17.1), C2: 2,072(31.2) C3: 1,121(16.9), C4: 2,315(34.8)
5집단	-20282.309	0.963	52	C1: 2,041(30.7), C2: 977(14.7) C3: 681(10.2), C4: 572(8.6) C5: 2,374(35.7)
6집단	-22418.134	0.963	61	C1: 807(12.1), C2: 281(4.2) C3: 662(10.0), C4: 1,953(29.4) C5: 618(9.3), C6: 2,324(35.0)



[그림 1] 잠재집단 수 증가에 따른 BIC 변화

최종적으로 본 연구에서는 5개의 잠재집단을 도출하였으며 집단별 세부 학습영역 분포는 [그림 2]에 제시되었다. 그 결과를 요약하면, 5가지 패턴으로 잠재집단을 구분하였는데, 첫 번째 집단(LC1)은 과학과 세부 학습영역을 전반적으로 골고루 성취한 집단으로 〈표 4〉에 제시된 바와 같이 8개 세부 학습영역별 성취율 추정치 평균이 0.87~0.99로 나타났다. LC1과 함께 잠재집단 5(LC5)가 가장 두드러진 성취 특성을 보였는데, LC5는 모든 과학 세부 학습영역에서 성취 정도가 매우 낮은 집단으로 학습영역별 성취율 추정치 평균이 0.05~0.12로 LC1과 극명한 대조를 보인다. LC1과 LC5가 전체 6,645명 가운데 각각 31%, 36%를 차지하고 있으며, 나머지 약 33%의 학생들이 LC2~LC4에 약 15%, 10%, 8% 정도로 각각 분류되었다([그림 2] 참조). 잠재집단 2(LC2)는 학습영역 5(수집된 자료를 분석하고 해석하기)에서 우수한 학습역량을 보이고(평균 PPM=0.90), 반대로 학습영역 4, 6, 8, 즉, ‘문제해결을 위한 탐구 방법 설계 및 수행’, ‘모형을 활용한 현상 설명’, ‘증거에 기반한 논증’에 대한 학습영역에 대한 숙달정도가 상대적으로 다소 낮은 것으로 파악되었으며, 특히 ‘증거에 기반한 논증하기’ 학습영역의 성취율 추정치 평균이 0.32로 매우 낮았다. PPM8은 과학적 의사소통 역량과 관련이 높으며, 따라서 교수·학습측면에서 LC2에 해당하는 학생들을 위한 성취도 향상을 위해서는 의사소통을 높일 수 있는 활동이나 교육 기회를 제공하는데 주력하는 것이 효과적일 수 있다. 다음으로 잠재집단 LC3은 LC1과 LC2에 비해 전반적으로 모든 세부 학습영역에서 낮은 성취를 보였으며, 특히 LC2 집단과 비교하여 ‘5. 수집된 자료를 분석하고 해석하기’에서 유난히 낮은 성취율을 보였다(평균 0.20). 한편 LC4는 LC3집단과

비교해서 학습영역 5를 제외하고 모든 세부 학습영역의 평균이 0.15~0.55로 상대적으로 낮은 데 비해 PPM5 평균이 0.76로 높은 성취를 보이는 것이 그 특징이라 하겠다. 끝으로 LC1을 제외하고 4개의 잠재집단 모두에서 학습영역 8 ‘증거에 기반하여 논증하기’의 경우 평균적으로 약 30% 이하의 성취율을 보여 우리나라 학생들의 다수가 과학적 의사소통 역량에 해당하는 논증하기에 취약한 것을 확인할 수 있었다.



* 선의 굵기는 잠재집단에 포함된 사례 수에 비례함.

[그림 2] 과학과 5개 잠재집단별 세부 학습영역 성취율 비교

<표 4> 과학과 5개 잠재집단별 세부 학습영역(PPM) 분포

세부 학습영역	변수	LC1		LC2		LC3		LC4		LC5		전체	
		평균	SD	평균	SD	평균	SD	평균	SD	평균	SD	평균	SD
1. 현상에 포함된 과학 원리 설명	PPM1	0.99	0.08	0.86	0.24	0.77	0.26	0.55	0.35	0.12	0.21	0.60	0.43
2. 과학적 원리를 실제 생활에 적용	PPM2	0.95	0.13	0.73	0.28	0.49	0.33	0.31	0.30	0.07	0.15	0.50	0.43
3. 탐구 문제를 발견하고 가설 설정	PPM3	0.92	0.10	0.75	0.18	0.56	0.21	0.45	0.23	0.15	0.14	0.54	0.36
4. 탐구 방법을 설계하고 수행	PPM4	0.87	0.13	0.60	0.19	0.39	0.19	0.27	0.16	0.09	0.09	0.45	0.36
5. 수집된 자료를 분석하고 해석	PPM5	0.98	0.06	0.90	0.12	<i>0.20</i>	0.16	0.75	0.17	0.05	0.09	0.54	0.44
6. 모형을 활용하여 현상을 설명	PPM6	0.91	0.18	0.61	0.32	0.38	0.27	0.20	0.23	0.07	0.10	0.45	0.40
7. 탐구 문제에 대한 결론이나 해결 방안 제시	PPM7	0.96	0.10	0.77	0.26	0.58	0.30	0.36	0.31	0.11	0.16	0.54	0.42
8. 증거에 기반하여 논증	PPM8	0.92	0.12	<i>0.32</i>	0.23	0.25	0.26	<i>0.15</i>	0.16	0.05	0.06	0.39	0.40
	N(%)	2,041(30.7)		977(14.7)		681(10.2)		572(8.6)		2,374(35.7)		6,645(100)	

* 이해를 돕고자 평균 0.4 미만은 음영 처리, 0.7 이상은 굵은 글씨로 구분함.

다음으로 <표 5>에 제시된 바와 같이 LPA 모형에 기반한 과학과 잠재집단 결과에 대해 교육과정, 과학교과 내용 전문가와의 2차례 검토 과정을 거쳐 각각의 잠재집단 특성을 좀 더 명시적으로 드러낼 수 있도록 도출된 잠재집단을 명명하고 그 특징을 제시하였다.

〈표 5〉 도출된 잠재집단 특성 설명

잠재집단	유목화(typology) 및 세부 설명
LC1	미래과학자 잠재집단 <ul style="list-style-type: none"> 모든 세부 학습영역에 균형적인 성취를 보이는 특징이 있음. 과학 교과역량이 높거나 높은 수준에 도달할 수 있는 잠재력을 보이는 학생들을 포함하고 있음 세부 학습영역에 균형적인 성취를 보이거나 세부 학습영역 4, 6, 8(문제해결을 위한 탐구방법 설계 및 수행 능력, 모형을 활용한 현상 설명 능력, 증거에 기반한 논증 능력)에 상대적으로 낮은 성취율(예, 0.90 미만)을 보이는 학생의 경우 이 영역에 대한 좀 더 집중적인 노력을 요함.
LC2	과학적 의사소통 함양 대상 집단 <ul style="list-style-type: none"> 과학에 대한 기초적인 지식과 이해가 높으나 ‘문제해결을 위한 탐구방법 설계 및 수행 능력’과 ‘모형을 활용한 현상 설명 능력’에 대한 향상이 필요함. 특히 ‘증거에 기반한 논증’ 능력과 같은 과학적 의사소통 역량을 높이기 위한 집중적인 노력과 지원이 요망됨. 이러한 세 가지 학습영역 향상을 통해 과학교과 성취수준에서 ‘우수학력’ 수준에 도달할 수 있는 가능성이 엿보임.
LC3	과학적 사고력 함양 대상 집단 <ul style="list-style-type: none"> 과학적 지식을 기반으로 ‘문제해결을 위한 탐구 방법 설계 및 수행’, ‘자료 분석 및 해석’, ‘모형을 활용한 현상 설명’ 능력이 부족한 것으로 나타남. 특히 일반적인 자료 분석 및 해석에 대한 과학적 사고 습관을 기를 수 있는 학습을 보강할 필요가 있음.
LC4	과학적 지식 함양 대상 집단 <ul style="list-style-type: none"> 일반적인 자료 분석 및 해석 능력을 갖추고 있음. 기본적인 과학 지식을 높이기 위한 노력이 필요함.
LC5	학습태도 신장 대상 집단 <ul style="list-style-type: none"> 과학교과 전반에 대한 지식 및 이해도가 낮음. 과학교과를 포함하여 학업에 대한 태도 및 흥미 학업 자신감, 효능감, 학습방법 등에 대한 일반적인 지도가 요구됨.

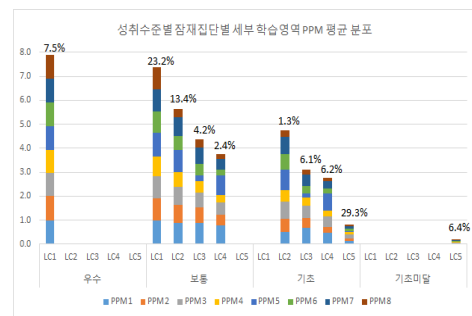
2. 잠재집단 특성 탐색

국가수준 학업성취도 평가는 총점에 기반하여 성취수준을 평가결과의 핵심 정보로 제공하고 있다. 따라서 위에서 도출된 잠재집단의 결과를 바탕으로 잠재집단 유목화가 학생들의 전체적인 성취수준에 따라 어떠한 분포를 갖는지를 살펴봄으로써 잠재집단 분석 결과의 타당성을 파악하고, 나아가 잠재집단분석 결과가 성취수준 이외에 추가적인 정보로서 제공 가능한지를 탐색하였다. 〈표 6〉은 성취수준 4수준과 5개의 잠재집단에 대한 교차분포표를 제시하였으며, [그림 3]은 과학교과 성취수준 각각에서 잠재집단별 8개 세부학습영역에 대한 성취율의 합(누적성취율)을 막대그래프로 제시하였다. 먼저 학업성취도 평가결과 ‘우수학력’ 성취수준에 해당하는 모든 학생들은 잠재집단 LC1(미래 과학자 잠재집단)에 해당되었다. 주목할 점은 성취수준에 따른 정보인 ‘보통학력’과 ‘기초학력’ 집단 각각에서 세부 학습영역 성취 패턴에 따라 예측된 잠재집단이 폭넓게 분포하고 있다는 점이다. 최근 PISA 2018의 결과를 활용하여 과학의 성취수준 집단별 교육맥락변인의 효과를 살펴본 연구(이소연 외, 2020)에 의하면, 학생 수준에서는 상집단이나 하집단과 달리

중집단에서 사회경제적 배경, 학습목표, 과업 완수 동기, 부모의 정서적 지원, 과학 교과 교수학습 시간이 과학 성취에 정적인 영향을 보이는 것으로 나타났다. 특히 주목할 것은 중집단의 학생에 있어서 학습목표와 과업 완수 동기가 과학 성취에 긍정적인 영향을 준다는 것이다. 따라서 잠재집단 분석을 통해 보통학력이나 기초학력 학생들이 어떠한 특성을 나타내며, 각 개인별로는 학습에 있어서 어떠한 측면을 보충할 때 더 높은 과학 성취를 나타낼 수 있는지를 제공한다면 과학 성취수준을 향상하는 데 도움을 줄 수 있다. 이러한 측면에서 본 연구에서처럼 잠재집단을 구분하고 각 집단별로 필요한 교수학습 방안을 제안하는 것은 중요하며, 특히 학생 비율이 높은 보통학력과 기초학력을 보다 세분화하여 맞춤형 교수학습전략을 제공할 수 있다는 면에서 의미있다.

〈표 6〉 과학 성취수준별 잠재집단 비율

잠재 집단	과학 성취수준별 비율(%)				전체
	우수 학력	보통 학력	기초 학력	기초학 력 미달	
LC1	7.5	23.2	0.0	0.0	30.7
LC2	0.0	13.4	1.3	0.0	14.7
LC3	0.0	4.2	6.0	0.0	10.2
LC4	0.0	2.4	6.2	0.0	8.6
LC5	0.0	0.0	29.3	6.4	35.7
계	7.5	43.3	42.8	6.4	100.0



[그림 3] 과학 성취수준별 잠재집단별 세부 학습영역 누적 성취율

구체적으로 〈표 7〉은 성취수준별 잠재집단별 세부 학습영역별 추정된 도달도 평균값을 제시하고 있다.

〈표 7〉 성취수준별 잠재집단별 세부 학습영역 PPM 평균

구분		세부 학습영역 PPM 평균								빈도	%
		1	2	3	4	5	6	7	8		
우수 학력	LC1	1.00	1.00	0.97	0.95	1.00	0.99	1.00	0.99	501	7.5
	LC2	0.98	0.93	0.91	0.84	0.98	0.88	0.95	0.90	1,539	23.2
보통 학력	LC1	0.98	0.93	0.91	0.84	0.98	0.88	0.95	0.90	1,539	23.2
	LC2	0.89	0.75	0.76	0.61	0.90	0.61	0.78	0.33	893	13.4
	LC3	0.90	0.63	0.62	0.47	0.26	0.47	0.70	0.35	279	4.2
	LC4	0.78	0.46	0.49	0.32	0.80	0.25	0.43	0.21	162	2.4
	LC5	0.60	0.05	0.11	0.30	0.09	0.23	0.42	0.11	2	0.0
기초 학력	LC1	0.19	0.84	0.93	0.34	0.98	0.88	0.98	0.86	1	0.0
	LC2	0.52	0.54	0.71	0.48	0.86	0.63	0.72	0.28	84	1.3
	LC3	0.69	0.40	0.52	0.33	0.16	0.32	0.50	0.18	402	6.0
	LC4	0.46	0.26	0.43	0.25	0.73	0.18	0.33	0.12	409	6.2
	LC5	0.15	0.08	0.17	0.10	0.05	0.08	0.12	0.05	1,945	29.3

구분	세부 학습영역 PPM 평균									빈도	%
		1	2	3	4	5	6	7	8		
기초	LC4	0.00	0.00	0.04	0.06	0.76	0.02	0.00	0.03	1	0.0
학력 미달	LC5	0.00	0.00	0.06	0.04	0.00	0.03	0.02	0.02	427	6.4

우선 ‘보통학력’ 집단의 경우 LC1~LC4까지 분포하는 것으로 파악되어 동일한 보통학력의 수준에서도 세부 학습영역 성취 패턴이 다양할 수 있음을 확인하였다. 보통학력이면서 상당수의 학생들이 잠재집단 LC1에 유목화되었는데, 모든 세부 학습영역의 PPM 평균이 0.84~0.98까지 비교적 높은 평균 성취율을 보였다. 그러나 잠재집단 LC1이면서도 성취수준의 ‘우수학력’과 ‘보통학력’을 구분하는 주요 학습영역으로 ‘4. 문제해결을 위한 탐구방법 설계 및 수행 능력’과 ‘6. 모형을 활용한 현상 설명하기’로 파악되었다. 따라서 보통학력 성취수준이면서 LC1에 해당하는 학생들은 과학 교과역량 중 ‘과학적 탐구 및 문제해결력’ 향상에 도움을 줄 수 있는 교수학습을 탐색할 필요가 있으며, 이 집단은 과학교과에 대한 잠재적 가능성이 있는 집단으로 비록 성취수준에서는 보통학력에 해당되지만 본 연구 분석 결과를 통해 미래과학자로서의 소질과 역량이 있다는 긍정적 피드백 정보를 학생과 학부모에게 전달가능하다.

또한 ‘보통학력’ 성취수준 집단 내에서 잠재집단 LC1과 LC2를 구분짓는 가장 두드러진 역량으로는 학습영역 8로 나타났고(0.90 vs. 0.33), 보통학력 성취수준 집단 내에서 LC3 집단은 학습영역 5(수집된 자료를 분석하고 해석하기)의 평균 성취율이 매우 낮았으며, 반면 LC4 집단은 학습영역 5의 평균 성취율이 높은 경향을 보여 동일 성취수준 내에서도 이질적인 학습 특성을 파악할 수 있었다. 마찬가지로 ‘기초학력’ 성취수준 집단 내에서 잠재집단은 비교적 다양하게 분포하였으며, 기초학력 집단 내에서도 LC3과 LC4 집단을 구분짓는 특징으로 학습영역 5(자료 분석 및 해석)을 들 수 있다. 한편, 본 연구 분석 결과를 바탕으로 같은 기초학력 수준이라 할지라도 많은 비율의 학생들이 LC5(학습태도 신장 대상 집단)에 분포하고 있어 각 세부 학습영역의 평균 도달도가 0.05~0.17로 매우 낮은 것으로 확인되었다. 즉, LC5집단은 과학교과 전반에 대한 지식 및 이해도가 낮은 집단으로, 기초학력과 기초학력 미달의 경계가 많은 학생들이 분포하는 것은 의미있는 교육적 정보라 할 수 있다. 따라서 ‘기초학력’이면서 LC5에 유목화된 학생들이 향후 고등학교에 진학하여 과학교과에 대한 흥미를 잃지 않도록 관심과 지원이 필요해 보이며, 기초학력 미달 수준에 해당하는 학생뿐만 아니라 경계에 있는 학생 집단에도 좀 더 많은 교육적 지원과 추가적인 교육적 개입이 투입이 필요하다. 한편 성취수준 ‘기초학력 미달’에 해당하는 모든 학생 또한 잠재집단 LC5(학습태도 신장 대상 집단)에 해당되며, LC5집단 중 단 1명만 LC4에 유목화되었으나 이 사례의 경우 PPM5을 제외하고 모든 세부 학습영역에서 0에 가까운 성취율을 보여 특이사례에 해당하였다.

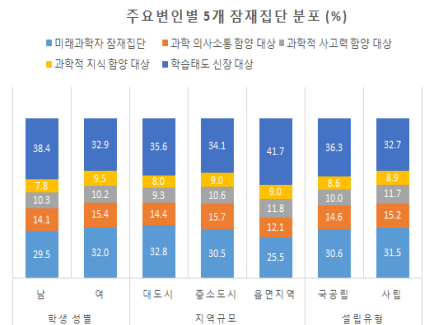
이처럼 성취수준별 잠재집단 분포를 살펴본 결과, ‘보통학력’과 ‘기초학력’ 수준 집단 내에서도 학생들이 다양한 교과 성취패턴을 보였다. 이는 학업성취도 평가의 ‘성취수준’ 결과가 교과별 교육과정에 근거하여 우리나라 학생들이 해당하는 교육목표에 도달하였는지를 파악하기 위한 교육 정보로 국가수준에서는 유용할 수 있으나 교수·학습 및 교육과정 개선을 위한 질적인 정보로는 다소

한계가 있음이 확인되었다. 따라서 본 연구 분석 결과를 토대로 세부 학습영역에 기반한 잠재집단 특성 분석 결과를 성취수준과 연계하여 제공한다면 우리나라 학생들의 교육과정에 근거한 교과역량에 대한 성취를 파악하는 데 유용한 정보로 활용 가능할 것으로 기대한다. 그러나 본 연구는 탐색적 목적으로 통계분석 방법을 적용하여 교과 학업성취 정도에 대한 추가 정보 제공의 가능성을 모색한 연구로 학교현장에 결과를 제공하기 위해서는 잠재집단 유목화의 안정성 및 타당도 과정이 필요하며 따라서 교과별 학년도별 적용 분석 및 실제 피드백 효과 등 지속적인 후속 연구가 필요하다. 또한 후속 연구에서는 잠재집단분석 시 ‘성취수준’을 분석 모형 투입변수에 포함한다거나 PPM 확률 추정값을 정규분포에 좀 더 근접하도록 로짓변수로 변환하여 분석하는 등 방법론적인 검토와 더불어 교과 전문가, 평가 전문가, 교수·학습전문가와와 좀 더 심층적인 검토가 수반되어야 할 것이다.

〈표 8〉에서는 국가수준 학업성취도 평가의 주요 변수인 학생 성별, 지역 규모, 설립 유형을 중심으로 하위 집단별 잠재집단 분포를 제시하였다. 전반적으로 남학생 집단이 여학생 집단보다 잠재집단 LC5(학습태도 신장 대상 집단)에 속한 비율이 다소 높았고, 대도시가 읍면지역보다 LC1(미래과학자 잠재집단)에 속한 비율이 다소 높았으며, 설립유형에서는 상대적으로 그 차이가 크지 않았다.

〈표 8〉 주요 배경변인별 과학과 5개 잠재집단 비율(%)

구분		LC1	LC2	LC3	LC4	LC5	총계
학생 성별	남	29.5	14.1	10.3	7.8	38.4	100.0
	여	32.0	15.4	10.2	9.5	32.9	100.0
지역 규모	대도시	32.8	14.4	9.3	8.0	35.6	100.0
	중소도시	30.5	15.7	10.6	9.0	34.1	100.0
	읍면지역	25.5	12.1	11.8	9.0	41.7	100.0
설립 유형	국공립	30.6	14.6	10.0	8.6	36.3	100.0
	사립	31.5	15.2	11.7	8.9	32.7	100.0



〈표 9〉에서는 학생의 수업태도 측면에서 잠재집단에 따라 차이가 있는지를 파악하였다. 별도 표로 제시하지 않았으나 일원분산분석 및 사후분석으로 Bonferroni 검정 분석을 실시하였다. 그 결과, LC1(미래과학자 잠재집단)은 나머지 잠재집단과 표에 포함된 모든 변수(학업적 효능감 및 동기, 자기주도학습, 수업참여도, 과학태도)에서 통계적으로 유의하게 높은 평균값을 보였으며(유의수준 0.05), LC5(학습태도 신장 대상) 집단은 반대로 나머지 네 집단과 유의하게 낮은 평균 점수를 보였다. LC5는 모두 성취수준에서 ‘기초학력 미달’에 해당하는 학생으로 이 집단의 경우 과학 교과뿐만 아니라 전반적으로 학업에 대한 흥미나 태도를 향상시킬 수 있는 교수·학습 전략이나 지원이 우선시될 필요가 있으며, 이러한 맥락에서 과학 교과에 초점을 두기 보다 ‘학습태도 신장 대상’ 집단으로 최종적으로 유형화하였다.

〈표 9〉 과학과 5개 잠재집단별 학생 정의적 특성 평균

변수	구분	LC1		LC2		LC3		LC4		LC5		총계	
		평균	(SD)	평균	(SD)	평균	(SD)	평균	(SD)	평균	(SD)	평균	(SD)
학업적효능감 및 동기		2.83	(0.41)	2.77	(0.45)	2.69	(0.45)	2.72	(0.43)	2.61	(0.56)	2.72	(0.49)
자기주도학습		3.15	(1.25)	2.90	(1.23)	2.73	(1.17)	2.78	(1.23)	2.36	(1.18)	2.76	(1.25)
수업참여도		3.11	(0.69)	2.92	(0.71)	2.82	(0.68)	2.81	(0.67)	2.65	(0.74)	2.86	(0.73)
과학태도		2.89	(0.52)	2.68	(0.55)	2.61	(0.56)	2.59	(0.55)	2.47	(0.67)	2.66	(0.61)

끝으로 〈표 10〉은 잠재집단 도출의 결과를 토대로 과학 교과 전문가 자문을 바탕으로 잠재집단 특성을 고려한 교수·학습 지원 전략을 예시적으로 제시하였다. 예를 들어, LC1(미래과학자 잠재집단)의 경우 고차원적인 문제해결 학습을 지속적으로 경험하여 과학에 대한 흥미를 유지할 수 있도록 지원하는 반면, LC2(과학 의사소통 함양 잠재집단)은 탐구 과정을 수행하고 그 결과를 발표하는 교육 기회를 제공하며, LC3(과학적 사고력 함양 잠재집단)은 과학 데이터를 해석하고 발표하는 교육 경험을 확대하는 반면, LC4(과학 지식 함양 잠재집단)은 과학 교과에 대한 흥미를 고취시키고 기본 개념에 좀 더 충실할 수 있는 학습 기회를 제공할 필요가 있다. 마지막으로 LC5(학습태도 신장 잠재집단)은 과학 교과뿐만 아니라 학업에 대한 기본적인 역량 고취를 위한 학교의 지원이 제공되어야 한다.

〈표 10〉 잠재집단 특성별 교수·학습 지원 전략 예시

잠재집단 구분	특징	지원 전략
LC1 미래과학자 잠재집단	모든 세부 학습영역에 균형적인 성취를 보이는 특징이 있음. 단, 성취수준 '보통학력'에 해당하는 학생은 '과학적 탐구 및 문제해결' 교과역량의 향상이 필요함.	☞ 과학교과에 대한 흥미와 학업을 집중할 수 있도록 학습한 개념과 논증적 사고를 바탕으로 문제 해결 학습을 지속적으로 경험할 것을 제안함.
LC2 과학 의사소통 함양 잠재집단	과학에 대한 기초적인 지식과 이해가 높으나 과학적 탐구 및 문제해결력에 대한 도약이 필요함. 특히 '증거에 기반하여 논증하기' 능력과 같은 과학적 의사소통 역량이 상대적으로 낮음.	☞ 정규 과학 수업이나 과학 동아리 활동에서 이론 확인 목적의 실험 대신 직접 탐구 과정을 설계, 수행, 발표하는 많은 경험을 권장함.
LC3 과학적 사고력 함양 잠재집단	'문제해결을 위한 탐구 방법 설계 및 수행'-'자료 분석 및 해석'-'모형을 활용한 현상 설명하기' 학습영역이 낮으며, 특히 자료 분석 및 해석 능력이 많이 낮음.	☞ 학습 상황에서 발생하는 자료의 의미를 직접 해석해보고 이를 발표하는 경험을 권장함.
LC4 과학적 지식 함양 잠재집단	자료 분석 및 해석 능력을 갖추고 있으나 기본적인 과학 지식이 상대적으로 낮음.	☞ 과학교과에 대한 지식에 대한 이해를 높일 수 있도록 과학 자료 읽기, 동료와의 상호 작용을 통해 기본 개념에 대한 학습량을 늘릴 것을 권장함.
LC5 학습태도 신장 잠재집단	과학교과 전반에 대한 지식 및 이해도가 낮음.	☞ 학업에 대한 흥미 및 자신감을 가질 수 있도록 읽기, 쓰기, 말하기 등의 기본적인 학습 역량을 높이기 위한 학교의 지원이 필요함.

V. 결론

본 연구는 보다 구체적이고 유용한 교육정보를 제공하기 위한 방안 탐색의 일환으로, 과학과 교과역량을 반영한 세부 학습영역에 대한 학생들의 성취율 추경치를 활용하여 학생 집단을 유목화하고 그 특성을 구체적으로 살펴보고자 잠재프로파일 분석을 수행하였으며, 분석 결과 5개의 잠재집단을 도출하였다. 잠재집단 1은 과학과 세부 학습영역 전반에서 골고루 우수한 성취를 보여 과학과의 교과역량을 균형적으로 숙달하고 있는 집단으로 파악되었고, 잠재집단 2는 ‘증거에 기반한 논증하기’에 대한 학습 노력과 지원이 필요하다는 측면에서 ‘과학적 의사소통 함양 대상 집단’으로, 잠재집단 3은 ‘탐구 방법 설계 및 수행’, ‘자료 분석 및 해석’, ‘현상 설명’에서의 성취를 높이기 위한 우선적인 학습 노력과 지원이 필요하다는 측면에서 ‘과학적 사고력 함양 대상 집단’으로, 잠재집단 4는 ‘자료 분석 및 해석’ 능력은 높으나 ‘과학적 지식 및 이해’가 상대적으로 부족한 것으로 파악되어 ‘과학적 지식 함양 대상 집단’으로 명명하였다. 잠재집단 5는 모든 학습영역 전반에서 낮은 성취를 보였으며, 과학교과 전반에 대한 지식과 이해뿐만 아니라 학업에 대한 흥미나 자신감 고취가 필요하다는 교과 전문가들의 의견을 수렴하여 ‘학습태도 신장 대상 집단’이라 명명하였다.

부가적으로 과학 교과역량을 반영한 세부 학습영역 성취 특성을 유형화하고 기존의 국가수준 학업성취도 평가의 4단계 성취수준과 교차하여 그 분포를 파악한 결과, 특히 ‘보통학력’과 ‘기초학력’ 학생 집단에서 잠재집단 유형화를 통해 유용한 성취 특성 정보 파악이 가능한 것으로 나타났다. 예를 들어 잠재집단 1은 모든 학습영역에 대해 골고루 우수한 성취를 보여 과학 교과역량이 높다는 측면에서 ‘미래과학자 잠재집단’으로 구분하였다. 다른 집단에 비해 명칭이 다소 이질적일 수 있겠으나, 대부분의 세부 학습영역에서 우수한 성취를 보인다는 집단의 특징을 강조하고 향후 이러한 학생들에게 과학에 대한 진로 지도를 할 수 있다는 측면을 부각하였으며 나머지 집단의 경우 함양해야 될 영역을 강조한 측면과 차별성을 두었다. 다만, 학업성취도 평가의 성취수준에서 ‘우수학력’뿐만 아니라 ‘보통학력’도 포함되었으며, 보통학력 집단의 경우 우수학력 집단에 비해 학습영역 4(탐구 방법 설계 및 수행), 6(모형 활용 및 현상 설명), 8(증거 기반 논증)에 상대적으로 낮았으며, 이 영역에 대한 집중적인 교수·학습 지원을 통해 상위 수준에 도달할 수 있는 가능성을 복돋아 줄 수 있는 교육 기회를 제공할 필요가 있다. 이처럼 과학 교과역량을 반영한 세부 학습영역에 대한 성취 특성 패턴 결과는 총점에 기반한 성취수준(우수/보통/기초/기초학력 미달)으로 제시되는 총합평가로서의 학업성취도 평가의 한계점을 보완하고, 학생의 학업성취도를 향상하기 위한 구체적이며 변화가능한 교수·학습 전략 및 정책 방안들을 제시하는데 유용한 자료가 될 수 있다고 판단된다.

초·중등교육의 대표적인 대규모 표준화 평가인 국가수준 학업성취도 평가의 기능과 역할 측면에서 표집평가로 전환되면서 국가수준에서의 교육과정 질 점검을 위한 구체적인 증거를 제시하기 위한 노력이 강조되어 왔다. 더불어 학업성취도 평가의 기능과 역할을 재정립하는데 있어

외부적 요인으로 지식정보화 사회가 도래함에 따라 우리나라 학생들에게 기대하는 학력 또는 역량의 개념이 변화되고 있으며(김영은 외, 2018, pp.15-36), 관련하여 학교교육의 결과로서 점검해야 할 요소 또한 인지적 역량, 사회·정서적 역량, 자기주도적 학습역량까지 포괄적이고 광범위하게 측정해야 한다는 요구가 증대되고 있다(김경희 외, 2019, pp.82-90). 이러한 변화 속에서 막대한 정부 지원과 예산, 교과 및 평가 전문가들의 노력과 전문성이 반영된 학업성취도 평가 결과가 학생들의 역량을 평가하여 국가 지표로 활용되고 교육과정을 개선하는데 실질적인 증거 자료가 되어야 하며, 학교 현장의 교수·학습 자료로 활용될 수 있도록 대상과 시기에 따라 적절한 평가결과를 산출하는 데이터 정보로서의 실효성은 더욱 강조될 필요가 있다. 따라서 학업성취도 평가가 교육의 질 관리를 위한 기초자료로서 기능하기 위해 기존의 학업성취도 평가 산출물인 과목별 성취수준 비율을 제시하는 것과 별도로, 교과역량이 반영된 세부 학습영역별 성취율 정보와 이에 기반한 우리나라 학생들의 잠재 성취 특성 패턴 결과를 산출하고, 나아가 설문자료와 연계하여 정성적 지표 등의 결과들을 통합하여 성취수준 및 성취 특성 유형에 기초한 차별화된 교수·학습 전략 및 지원 정책을 제공하는 방안이 모색될 필요가 있으며, 본 연구 결과는 평가 결과의 교육적 환류의 가능성 측면에서 유의미한 기초 정보가 될 수 있다고 본다.

끝으로 본 연구의 제한점과 이와 연계된 후속연구를 제안하였다. 잠재프로파일분석을 포함한 잠재집단모형은 모형에 투입된 변수들에 대해 비슷한 성취 경향을 보이는 집단으로 몇 가지 기준(예, 모형 적합도, 잠재집단 유형의 해석 가능성 및 적정성, 잠재집단 내 사례 수 등)에 근거하여 학생들을 유형화하는 통계 방법으로, 집단의 수나 성취 경향을 파악하는데 다소 임의적일 수 있다는 점은 주지할 필요가 있다. 이에 교과역량이 반영된 세부 학습영역에 근거한 잠재집단 유목화가 좀 더 체계적이고 지속적으로 활용되기 위해서는 과목별 연도별 결과를 지속적으로 추가 분석하여 일관된 유형이 산출되고 예측되는지에 대한 실증 연구가 수행될 필요가 있다. 또한 산출된 잠재집단 유형의 해석가능성, 교수·학습전략 측면에서 긍정적이고 유용한 피드백으로의 연계가능성 등을 파악하고자 평가 전문가, 교과 내용 전문가, 학교 현장 교사와의 협업을 통해 실제 국가수준, 학교단위, 개별학생에게 잠재집단특성의 유형 결과가 타당하고 신뢰로운 정보로서 제공 가능한지에 대한 후속연구를 제안해 본다.

본 연구의 분석 방법적 측면에서는 인지진단모형 분석과 잠재프로파일 분석을 이 단계로 나누어 분절적으로 수행했다는 한계점이 있다. 최근 수행된 박찬호(2020)의 연구에서 인지진단혼합모형을 제안하여 잠재집단에 따라 인지진단모형이 달라질 수 있다는 점에 주목하고 모의실험을 수행하여 혼합모형의 적용 가능성 연구를 수행한 바 있다. 다만, 박찬호(2020)의 연구는 잠재집단 수를 2개로 상정하고 잠재집단의 원인과 그에 따른 Q-행렬 정보가 주어졌다는 가정 하에 확인적 접근 방식을 채택하여 본 연구와 같은 실제 자료를 활용하여 인지진단혼합모형의 적용가능성을 모색하는 탐색적 접근을 시도해 볼 수 있다.

참고문헌

- 교육부(2015). 2015 개정 과학과 교육과정. 교육부 고시 제 2015-74호 [별책 9].
- 곽영순(2018). TIMSS 2015 에서 과학 성취도와 흥미에 영향을 주는 교육맥락변인 분석. **한국과학교육학회지**, 38(2), 113-122.
- 구자옥, 구남옥(2018). PISA 2015 과학 영역에 나타난 학생 성취수준 집단 및 성별에 따른 교육맥락 변인의 특성 및 영향력 분석. **과학교육연구지**, 42(2), 165-181
- 김경희, 김완수, 최인봉, 김미경, 김희경, 조성민, 김광규, 박준홍, 박종효, 김성식, 김지영, 류성창, 박운수. (2019). **새로운 학력 지표 구성 및 측정 방안 연구**. 한국교육과정평가원. 연구보고 CRE 2019-5.
- 김동욱, 손원숙(2018). 고등학교 과학 교과 수업의 질과 정의·인지적 성취와의 관계: PISA2015. **교육평가연구**, 31(3), 729-752.
- 김수진, 동효관, 박지현, 김지영, 진의남(2013). TIMSS 2011 결과에 따른 수학·과학 교육 현황 **국제비교**. 한국교육과정평가원. 연구보고 RRE-2013-7-2.
- 김영은, 이문복, 이정찬, 안지연(2018). **학생 역량 강화를 위한 초학문적 융합 수업 현장 실행 연구**. 한국교육과정평가원. 연구보고 RRI 2018-1.
- 김지영, 김수진, 동효관(2015). 인지진단이론에 근거한 TIMSS 2011의 과학 결과 분석을 통한 인지 속성의 국제비교. **한국과학교육학회지**, 35(2), 267-275.
- 김희경, 한정아, 최숙기, 김부미(2012). **인지진단모형을 적용한 학업성취 프로파일 분석 및 결과 보고 방안**. 한국교육과정평가원. 연구보고 RRE 2012-7.
- 김희경, 박찬호(2013). 국가수준 학업성취도 평가 결과 분석에 적합한 인지진단모형 탐색: Fusion 모형과 DINA 모형의 비교. **교육과정평가연구**, 16(2), 127-148.
- 김희경, 한정아(2017). 인지진단모형에 기반한 맞춤형 평가결과표 제공 방안 탐색: 확장된 Fusion 모형의 적용. **교육평가연구**, 30(2), 219-244.
- 김희경, 김완수, 김수진, 정혜경, 김미림, 김성훈(2019). **국가수준 학업성취도 평가 점수 체제 개선 및 결과 활용도 제고 방안**. 한국교육과정평가원. 연구보고 RRE 2019-3.
- 김희경, 정혜경(2020). 인지진단모형을 적용한 국가수준 학업성취도 평가 과학과 세부 학습영역 분석 사례. **교육문제연구**, 33(4), 89-113.
- 박찬호(2020). 인지진단혼합모형을 활용한 잠재집단의 선별 및 진단. **교육평가연구**, 33(1), 191-214.
- 상경아, 김경희, 박상욱, 전성균, 박미미, 이재원, 민여준(2020). **수학·과학 성취도 추이변화 국제 비교 연구: TIMSS 2019 결과 분석**. 한국교육과정평가원. 연구보고 RRE 2020-10.

- 이소연, 조성민, 구남옥, 이인화, 이신영, 민여준(2020). **PISA 2018 결과에 나타난 우리나라 학생의 성취 특성 분석: 성취수준별 특성 및 학업탄력성이 있는 학생 특성을 중심으로.** 한국교육과정평가원. 연구보고 RRE 2020-7.
- 이재봉, 구자옥, 최원호, 심규철, 신명경, 박혜민(2019). **2018년 국가수준 학업성취도 평가 결과 분석-과학-.** 한국교육과정평가원. 연구자료 ORM 2019-45-4.
- 이재봉, 구자옥(2020). 학업성취도 평가 결과에 기초한 2009 개정 교육과정 시기의 중학생의 과학 학업성취 특성 분석. **한국과학교육학회지**, 40(4), 429-436.
- 정혜경, 김명화, 김희경, 서민희, 박민규, 임효진(2018). **표집평가 전환에 따른 국가수준 학업성취도 평가 개선 방안 연구.** 한국교육과정평가원 연구보고 RRE2018-9.
- 조성민, 구남옥, 김현정, 이소연, 이인화(2019). **OECD 국제 학업성취도 평가 연구 : PISA 2018 결과 보고서.** 한국교육과정평가원. 연구보고 RRE 2019-11.
- 한정아(2020). 과학관련 정의적 특성과 교수방법이 학생들의 과학 성취에 미치는 영향. **교육과정평가연구**. 23(1), 31-56.

- Fu, J. (2005). *A polytomous extension of the Fusion Model and its Bayesian parameter estimation. Unpublished doctoral dissertation.* University of Wisconsin-Madison.
- Hartz, S., & Roussos, L.(2008). *The fusion model for skills diagnosis: Blending theory with practicality.* ETS Research Report. ETS RR-08-7.
- Henry K. L., & Muthén, B. (2010). Multilevel latent class analysis: An application of adolescent smoking typologies with individual and contextual predictors. *Structural Equation Modeling*, 17(2), 193-215.
- Lim, Y.(2015). *Cognitive Diagnostic Model comparisons.* Unpublished doctoral dissertation, Georgia Institute of Technology.
- Mäkikangas, A., Tolvanen, A., Aunola, K., Feldt, T., Mauno, S., & Kinnunen, U. (2018). Multilevel latent profile analysis with covariates: Identifying job characteristics profiles in hierarchical data as an example. *Organizational Research Methods*, 21(4), 931-954.
- Mplus Discussion (n.d.) <http://www.statmodel.com/discussion/messages/23/5197.html?1268244047> (2019.08.05.검색).
- Muthén, L. K., & Muthén, B. O. (2007). *Mplus user's guide (6th ed.).* Los Angeles, CA: Muthén & Muthén.
- Nylund-Gibson, K., & Choi, A. Y. (2018). Ten frequently asked questions about latent

class analysis. *Translational Issues in Psychological Science*, 4(4), 440-461.

DOI : 10.1037/tps0000176

Tein, J., Coxe, S., & Cham, H. (2013). Statistical power to detect the correct number of classes in latent profile analysis. *Structural Equation Modeling*, 20(4), 640-657.

· 논문접수 : 2021.04.05. / 수정본접수 : 2021.04.30. / 게재승인 : 2021.05.13.

ABSTRACT

Characterizing the Academic Achievement of Middle School Students in Science Subject based on Latent Profile Analysis

HeeKyoung Kim

Research Fellow, Korea Institute for Curriculum and Evaluation

Hyekyung Jung

Assistant Professor, Korea University of Technology & Education

This study explored an approach to enhance the function of educational assessment results as educational feedback information so that educational policy makers and teachers have more accessibility with the assessment results based on the cognitive diagnosis model (CDM). Using secondary data of the National Assessment of Educational Achievement (NAEA), the latent profile analysis was applied based on the estimated probabilities of mastery in eight detailed learning areas of science subject, and as a result, five latent groups were derived. In detail, latent group 1 showed excellent achievement in all eight areas. Latent group 2 was named as ‘a group needed to cultivate scientific communication’ due to their lack of understanding in the detailed learning area 8 (Making argument based on evidence). Latent group 3 was named as ‘a group needed to cultivate scientific thinking’, because this group particularly needs to foster scientific thinking skills, such as ‘explaining phenomena related to scientific inquiry and problem solving.’ Latent group 4 showed relatively high capacity in ‘general data analysis and interpretation’ while had low ability in ‘scientific knowledge and understanding.’ The last latent group showed the low performance level on all eight detailed learning areas. Given the cross-tabulation with the latent group membership and achievement levels of NAEA, It was found that more detailed and useful achievement characteristics information could be grasped through the potential group classification, particularly for students in ‘intermediate’ or ‘basic’ achievement levels in NAEA.

Key Words: *detailed learning areas, cognitive diagnosis model, latent profile analysis, science subject, NAEA*