

Characteristics of Verbal Interaction Types in Small Group Collaborative Physics Problem-Solving Activity of College Students

Jongmin Park¹⁾ · Hyukjoon Choi^{*2)}

¹⁾Keumcheon High School · ²⁾Korea National University of Education

대학생의 소집단 물리 문제풀이 협업 활동에서 나타난 언어적 상호작용 유형의 특징

박종민¹⁾ · 최혁준^{*2)}

¹⁾금천고등학교 · ²⁾한국교원대학교

<ABSTRACT>

The purpose of this study is to typify the patterns of interaction and analyze the characteristics of verbal interaction while solving physics problems in small groups. As a result, the interaction patterns appeared as dominant-type, partial participation-type and all participation-type, according to the number of members who practically contributed to for solving problems. In the dominant-type, the statement frequency and the rate of high level statement are low. The partly participation-type show higher figures than the one way-type in the statement frequency, the rate of high level statement. On the other hand, in the all participation-type, the statement frequency and the rate of high level statement are very high, especially in the Positive Expansion and Logical Argument. Because the type have a communication of higher quality than the other types.

Keywords : Verbal interaction, small group collaborative activity, problem-solving

I. Introduction

소집단 협동학습에 대한 이론적 근거는 사회적 상호작용을 강조한 Vygotsky의 이론에서 찾을 수

있으며(Han, 1999), 학습 성취를 높이기 위해 협력적 학습 방법이 강조되고 있다(NRC, 2012). 우리나라 2015 개정 과학과 교육과정에서 과학적 문제해결력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생 학습 능력 등 과학과 핵심역량을 균형 있게 기르는

※ 이 연구는 박종민의 2019년 석사학위 논문의 일부를 수정·보완한 것임.

* Corresponding Author : Hyukjoon Choi, hjchoi@knue.ac.kr

Received November 29, 2019; Reviewed December 16, 2019 Corrected December 21, 2019; Accepted December 23, 2019

© 2019. Institute of Brain based Education, Korea National University of Education

것을 강조하고 있는데, 이를 위하여 모듈별 협동 학습, 과학 탐구 학습, 토의 토론학습과 같은 학생 참여와 협력이 부각되고 있다(MOE, 2015).

협동 학습이 강조됨에 따라 평가의 패러다임도 바뀌고 있다. 국제학업성취도평가인 PISA(The Programme for International Student Assessment)에서는 기존의 과학, 수학, 언어와 마찬가지로 협력적 상황에서 제시된 문제를 해결하는 협력적 문제해결력(collaborative problem solving competency)을 새롭게 기본 평가 영역으로 채택하였다(OECD, 2017). Jang, et al.(2017)은 협력적 평가가 단순히 학생들이 정답을 공유하는 정도에 그칠 가능성이 크며 일부 학생은 문제 해결을 위한 적절한 노력이나 기여 없이 점수를 획득할 가능성을 배제할 수 없다는 문제 등으로 학교 현장에 실제 적용하기 어렵다는 인식이 크지만, 이러한 우려에도 불구하고 협력을 통한 평가가 학습 기회로 전환될 수 있음을 보임으로써 협력적 평가의 현장 적용의 가능성을 보였다.

본 연구에서 활용한 소집단 물리 문제풀이 협업 활동은 사회적 상호작용을 강조한 학습 전략과 협력적 문제해결력을 물리 문제풀이 과정에 적용한 것으로서 2단계 평가(two-stage exams)를 활용한 것이다. 2단계 협업 평가는 개인별로 문항을 풀이하는 단계 I 과 단계 I 에서 풀이한 문항과 동일하거나 유사한 문항을 소그룹 내에서 공동으로 풀이하는 단계 II로 구성된다(Gilley & Clarkston, 2014; Jang, et al., 2017; Rieger & Heiner, 2014; Wieman, Rieger, & Heiner, 2014). 즉, 본 연구에서 활용한 소집단 물리 문제풀이 협업 활동은 2단계 평가의 단계 II에 해당한다.

이와 같은 소집단 물리 문제풀이 협업 활동은 학습에 대한 성취(Gilley & Clarkston, 2014; Heller & Hollabaugh, 1992; Heller, Keith, & Anderson, 1992; Smith et al., 2009; Wieman, Rieger, & Heiner, 2014)와 동기(Shindler, 2004; Zimbardo, Butler, & Wolfe, 2003)를 향상시키며, 시험에 대한 불안을 줄여준다(Lusk & Conklin, 2003). 또한 이와 같은 활동은 평가 과정을 학습과 연결하는 ‘학습으로서의 평가(assessment as learning)’로서 과정 중심 평가의 한 형태가 될 수 있다. 즉, 개별 평가의 경우와 달리 협업 평가에서는 동료로부터 즉각적인

피드백을 받을 수 있기 때문에 형성 평가로서의 성격을 갖고 있다(Gilley & Clarkston, 2014).

과학교육 분야에서 사회적 상호작용에 관한 연구는 지속적으로 진행되어 왔다. 특히 소집단 구성원 간의 언어적 상호작용에 관한 연구가 다양한 학습 전략과 관련하여 수행되어 왔다. Lee, et al.(2002)은 과학적 탐구 학습을 위한 모듈을 인지 수준에 따라 동질 모듈과 이질 모듈로 편성한 후, 모듈에 따른 언어적 상호작용의 수준과 양의 차이를 조사하였다. You & Noh(2012)는 이해와 검토 단계를 강조한 비유 실험 설계 전략에서 과학 영재 사이의 언어적 상호작용을 개별 진술 및 상호작용 단위 수준으로 분석했다. Kang, Lee & Lee(2004)는 중학교 소집단 과학 토론 수업에서 언어적 상호작용 유형과 대화를 분석하였다.

또한 소집단 언어적 상호작용의 양상을 유형화하고자 하는 여러 연구가 진행되었다. Kang, Kim & Noh(2000)는 소집단 토론 과정에서 참여 형태 측면에 따라 상호작용 유형을 분류한 결과, 일인 주도형, 부분 참여형, 다수 참여형 유형을 확인하였는데, 이 연구에서 참여자의 수에 따라 상호작용 유형을 분류하였기 때문에 구조적인 차원에서 유형을 분류하는 데에는 한계가 있다. 반면, Kim & Kim(2015)은 과학 영재의 과학 탐구 소집단 활동에서 나타나는 상호작용의 양상을 구조적인 차원에서 분류하였다. 즉, 그들은 사회적 네트워크 분석 방법을 이용하여 소집단 구성원의 지위나 역할에 따른 관계적 측면을 고려하여 소집단의 유형을 참여형과 소외형으로 구분하였다. 하지만 이 연구는 유형을 구분하고 그 유형에서 나타나는 특징에 대한 분석은 이루어지지 않았다.

지금까지 살펴보았듯이 과학교육 분야에서 언어적 상호작용에 관한 연구는 주로 탐구 및 토론 학습 과정에서 진행되었으며, 문제를 해결하는 과정에서 나타나는 언어적 상호작용에 대한 연구는 저조한 편이다. 이에 본 연구에서는 소집단 물리 문제풀이 협업 활동에서 나타나는 언어적 상호작용을 사회적 네트워크 분석 방법을 도입하여 진행하였다.

즉, 본 연구의 목적은 소집단 물리 문제풀이 협업 활동에서 나타나는 대학생의 언어적 상호작용 유형과 그 유형별 특징을 알아보고자 하는 것이다. 물리 문제풀이 협업 활동은 그 과정에서 공동의 답을 도

출해야 한다는 분명한 과제가 있기에 단순히 소집단 내에서 의견을 교환하는 과정에서 나타나는 언어적 상호작용을 분석하는 연구와 차이가 있다는 점에서 그 의의가 있다. 이를 위해 본 연구는 사회적 네트워크 분석을 이용하여 소집단 물리 문제풀이 협업 활동에서 나타나는 대학생의 언어적 상호작용 유형을 구조적인 차원으로 분석하였으며, 언어적 상호작용 분석을 위한 개별 진술 분석틀을 활용하여 언어적 상호작용의 유형별 특징을 조사하였다.

II. Materials and Methods

1. Participants

본 연구는 일반물리학을 수강하는 물리교육과 1학년 20명을 대상으로 진행하였다. 4명으로 구성된 소집단 5개 모둠을 대상으로 연구를 시작되었으나, 소집단 협업 활동에서 잦담으로 일관하거나 활동에 소극적으로 참여한 2개 모둠을 제외하고 나머지 3개 모둠의 언어적 상호작용을 분석하였다.

학기 초기 실시한 FCI(Force Concept Inventory) 검사 결과와 일반물리학 중간고사 성적을 고려하여 모둠별 구성이 최대한 비슷하도록 모둠을 편성하였다.

2. Procedure of Small Group Activity

본 연구에서는 2단계 협업 평가를 이용하여 소집단 협업 활동을 진행하였다. Jang, et al.(2017)은 소집단 협업을 통한 평가 과정이 학습 경험과 기회를 제공한다고 하였다. 2단계 협업 평가에서 단계 I의 평가 시간은 40분이며 동료와 상호작용 없이 개인별로 문항을 풀이했고, 50분으로 진행된 단계 II는 모둠별로 문항을 풀이했다. 즉, 단계 II에서는 모둠 내에서 단계 I에서 개인별로 풀이한 결과를 바탕으로 논의하여 모둠 공동의 답을 제출하였다. 본 연구는 단계 I에서 개별적으로 충분히 문제를 풀며 생각할 수 있는 시간을 제공하고, 이를 바탕으로 단계 II에서 모둠별 상호작용이 일어날 수 있도록 2단계 평가를 구성하였다.

3. Composition of Items

2단계 평가에서 보다 많은 상호작용을 유도하기 위해 문항을 난이도를 고려하여 문항을 제작하였다. 정답률이 높은 쉬운 문항일 경우 학생들이 논의 과정 없이 답을 단순히 결정할 수 있으며 정답률이 낮은 문항일 경우 학생들의 협력이 촉진된다는 선행연구(Jang, et al., 2017; Smith, et al., 2009)의 결과를 참고하여 다소 어려운 문항으로 평가를 구성하였다. 문항의 난이도 조절을 위해 물리교육과 2학년 2명을 대상으로 예비 검사를 실시하여 문항을 확정하였다. <Table 1>은 평가 문항에 대한 정보를 나타낸 것이다.

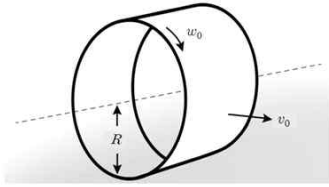
<Table 1> Composition of items

#	Situation	Related science concepts
1	2Dimension motion	Free-fall motion, Parabolic motion
2	Motion of the bevel in the inertial system	Newton's law of motion
3	(a) Movement of object (b) with friction	Energy conservation law
4	Collision of two objects in 1D	Momentum conservation, Energy conservation law
5	Movement of object slipping and rolling	Newton's law of motion about rotation

평가 문항은 일반물리 수준의 역학 관련 개념에 대한 5개 문항으로, 일반물리학 전공 서적과 중등교사 임용시험 문항을 수정하여 구성하였다. 문항을 최종 확정하는 과정에서 물리교육 전문가 2명과 물리교육 전공 대학원생 3명이 문항의 내용 타당도에 대한 검증 과정을 거쳤다.

[Figure 1]은 본 연구에서 사용한 문항을 예시로 나타낸 것이다. 2005년도 중등교사 임용시험 문제를 참고하여 수정한 것으로 회전 운동에 대한 뉴턴의 운동 법칙에 관한 문항이다. 이 문항은 예비 검사에서 2학년 2명 모두 해결하지 못한 문항으로 문제해결이 쉽지 않을 때 나타나는 언어적 상호작용 특징을 알아보기 위한 의도로 출제되었다.

5. 원통을 수평 바닥에 던지면 미끄러지면서 구르다가 나중에는 미끄러지지 않고 구르기만 한다. 시간 $t=0$ 에서 질량 M , 반지름 R 인 속이 빈 얇은 원통이 질량중심 속도 v_0 , 각 속도 ω_0 로 미끄러지면서 구르고 있다. 원통과 바닥 사이의 운동 마찰계수는 μ 이며, 중력 가속도는 g 라 할 때, 다음 물음에 답하시오.



원통이 미끄러지지 않고 구르기 시작하는 시간 T 를 구하시오.

[Figure 1] A example of items

4. Data Analysis

소집단 물리 문제풀이 협업 활동에 해당하는 2단계 평가의 단계 II에서 이루어지는 각 모듈별 상호작용 과정은 모두 녹음 및 녹화하고, 이를 전사하였다. 전사된 자료는 상호작용 빈도를 측정하는 데이터 역할을 하였고, 사회적 네트워크 분석 방법을 활용하여 모듈 내 구성원들의 지위를 부여하고 모듈별 상호작용 유형을 분류하는 기반이 되었다.

1) Individual Statement Analysis Framework of Verbal Interaction

본 연구에서의 언어적 상호작용은 모듈 내 구성원 간의 대화에서 나타나는 진술에 관한 것이다. 이러한 진술을 분석하기 위해 과학 탐구 실험에서 언어적 상호작용에 관한 You & Noh(2012)의 연구에서 사용한 언어적 상호작용 분석틀을 집단 물리 문제풀이 협업 활동에 적합하게 수정하여 사용하였다. 최종적으로 확정된 개별 진술 분석틀은 <Table 2>와 같다.

질문(Q), 설명(E), 의견제시(S), 의견받기(R), 안내하기(L), 분류불가(NA) 등 5개의 대범주로 구성되며, 각 대범주는 몇 개의 소범주로 구성된다. 전체 19개의 소범주로 분류하였다. 이외에 ‘과제와 관련 없는 진술(OT)’을 추가하였다.

질문(Q)은 단순 개념 및 이해 정도, 문제에 대한 상황을 묻는 단순 질문(Q1), 의견이나 풀이를 확인하는 확인 질문(Q2), 문제 해결 과정을 심화시키는 심화 질문(Q3)으로 세분화하였다.

설명(E)은 질문에 대해 간단하게 답변하는 단순

<Table 2> Individual statement analysis framework of verbal interaction

Category	Subcategory	Code
Question	Simple Question	Q1
	Confirmed Question	Q2
	Deepened Question	Q3
Explanation	Simple Explanation	E1
	Repeat Explanation	E2
	Condition Explanation	E3
	Addition Explanation	E4
On-Task	Repeating	S1
	Content	S2
	Commentary	S3
	Extended Opinion	S4
	Acceptance	R1
Receiving Opinion	Simple Objection	R2
	Neutrality	R3
	Positive Expansion	R4
	Logical Refutation	R5
Lead	Record-related	L1
	Task Progress	L2
Not Available		NA
Off-Task		OT

* The bolds indicate high level subcategory.

설명(E1), 설명에 대한 기존의 진술을 반복하는 반복 설명(E2), 문항의 문제 상황과 관련된 상황 설명(E3), 언급된 문제 상황을 상세화하거나 정리하는 부가 설명(E4)으로 세분화하였다.

의견제시(S)는 앞서 나온 의견을 반복적으로 제시하는 반복 의견제시(S1), 질문이나 문제풀이에 대해 의견을 제시하는 내용 의견제시(S2), 문제풀이를 전반적으로 진술하는 해설 의견제시(S3), 의견을 명료화하거나 발전시키는 확장 의견제시(S4)로 세분화하였다.

의견받기(R)는 상대방의 의견에 동의를 표하거나 의견을 단순히 받아들이는 수용(R1), 상대방의 의견에 대해 단순히 거부 또는 반대하는 단순반론(R2),

<Table 3> An example of individual statement analysis

No. of statement	Outward connection	Inward connection	Individual statement	Code
#100	St31	St32	I solved it differently from you [St32] using angular velocity.	S2
#101	St32	St31	Then this [Rw_0 in formula $Rw_0 = v_0 + \mu g T$] is unchanged, and that [v_0 in formula $Rw_0 = v_0 + \mu g T$] increases.	R4
#102	St31	St32	No. this [Rw_0 in formula $Rw_0 = v_0 + \mu g T$] decreases, and then velocity changes.	R5
..... (ellipsis)				
#148	St33	St32	Wonwoo [St32], your answer is the same as my answer. I think you've solved it in almost the same way as my method. Explain how you solved it.	S2
#149	St32	All	I initially thought this angular velocity Rw was large. (ellipsis) So I thought this w didn't change.	S3
#150	St33	All	But I thought it [w] changed, how did your [St32] answer come out the same as my answer? (ellipsis)	S3
#151	St32	St33	Then I thought it [w] was constant, and on the contrary you thought it [$\mu g T$] decreased.	S4

상대방의 의견에 대해 수용 여부를 보류하거나 잘 모른다고 표현하는 중립(R3), 상대방의 의견에 동의 하면서 자신의 의견을 첨가하는 수용적 확산(R4), 상대방의 의견에 근거를 들면서 논리적으로 반박하는 논리적 반론(R5)으로 세분화하였다.

마지막으로, 안내하기(L)는 모둠 문제지에 기록하는 것과 관련된 기록관련(L1), 과제 수행을 유도하는 전반적인 학습 진행과 관련되는 과제진행(L2)로 세분화했으며, 분류불가(NA)는 과제와 관련된 의사소통이 있었으나 분류가 불가능한 진술을 포함시켰다.

해설 의견제시(S3)는 해당 문항에 대한 문제풀이를 전반적으로 전체 구성원에게 진술하는 소범주로서 소집단 물리 문제풀이 협업 활동 과정에서 나타나는 특별한 범주이며, 진술문의 길이가 길다. 주로 평가 단계 I에서 문항을 해결한 구성원들이 임의의 순서대로 돌아가면서 각각의 문항에 대해 해설하는 경향이 있었다.

또한 개별 진술 분석틀의 범주를 상위 수준(High level)과 하위 수준(Low level)으로 구분하였다. 상위 수준 진술은 문제 해결에 실질적으로 기여하는 질적으로 수준이 높은 진술이다. 상위 수준 진술에 대한 소범주는 심화 질문(Q3), 내용(S2), 해설(S3),

확장 의견제시(S4), 수용적 확산(R4), 논리적 반론(R5) 등이다. 그외 소범주는 하위 수준으로 분류하였다.

<Table 3>은 모둠 3에서 5번 문항을 풀이하면서 나타난 진술의 일부를 정리한 것이다. 해당 문제를 해결하기 위해서는 구름 조건인 식 $v = Rw$ 를 만족하는 순간을 구해야 한다. 모둠별 평가 과정에서 구성원들은 서로 다른 이견을 보이며 의견을 주고받았다. 여기서 학생 St32는 구름 운동에 대한 과학적 개념을 가지고 있지 않았으며, 물체의 각속도가 일정하다고 보았다.

#100 진술에서 St31은 각속도를 이용하여 문제를 해결했다는 내용(S2) 의견을 제시한다. 그 진술 이후 St32는 각속도로 해결했다는 St31의 의견을 받아 속도 성분은 변하지 않고, 각속도 성분이 증가하는 것으로 문제를 해결했다는 취지의 진술을 한다(R4). 그러나 #102 진술에서 속도가 일정하다는 St32의 의견을 받은 St31은 속도가 변하고 있음을 논리적인 증거를 들어 반박(R5)한다.

#149와 #150 진술에서 St32와 St33은 5번 문항에 대한 풀이를 전반적으로 전체 구성원에게 해설(S3)하며 의견을 제시한다. #151 진술에서 St32는 St33

의 해설 의견제시를 요약하고, 자신의 의견과 St33의 의견을 명료화(S4)하고 있다.

2) Measurement of Interaction Frequency

개별 진술은 한 사람의 이야기가 질문, 설명, 의견 등으로 인해 초점이 바뀌는 경우 새로운 단위가 시작되는 것으로 정하였다(Kim, 2005). 구성원들 간의 상호작용 빈도는 소집단 협업 활동에서 주고받은 진술을 전사한 후 개별 진술 분석틀로 분류한 자료를 바탕으로 측정되었다. 과제 무관 진술은 구성원들의 지위와 상호작용 유형의 왜곡을 가져올 수 있으므로, 상호작용 빈도 측정 과정에서 제외시켰다. 상호작용 빈도는 한 구성원의 진술이 개인을 대상으로 이야기한 경우는 1회로 간주했으며, 전체를 대상으로 이야기한 경우는 각 상대방에게 1/3회씩 부여하였다. 전사한 자료는 Excel 프로그램을 이용하여 모든 데이터를 계량 자료로 재정리했고, 그 데이터는 모둠별로 상호작용 빈도 행렬과 상위 수준 상호작용 빈도 행렬로 측정되었다. 상호작용 빈도 행렬은 상위 수준과 하위 수준 진술을 빈도에 모두 포함시킨 것이며, 상위 수준 상호작용 빈도 행렬은 상위 수준 진술만을 빈도에 포함시킨 것이다.

3) Grant of Status

사회적 네트워크 분석에서 구성원 간의 관계를 파악하는 중요한 지표 중에 하나로 중심성(centrality)을 들 수 있다. 중심성은 한 행위자가 전체 네트워크에서 중심에 위치하는 정도를 나타내는 지표로서 파워(power)를 가져다주는 유리한 구조적 위치를 의미하며, 모둠 내 구성원의 지위나 역할을 해석하는 지표로 활용될 수 있다(Kwahk, 2017). 이에 따라 중심성은 모둠 내 구성원 간의 연결 관계를 알게 하며, 주도하는 성격의 구성원인지 보조하는 성격의 구성원인지 등의 개인의 역할과 지위를 파악할 수 있도록 해준다. 또한 사회적 네트워크 분석 방법을 통해 관계 정보를 시각적으로 표현한 것은 네트워크 구조의 특징을 보다 쉽고 명확하게 파악할 수 있도록 해 준다(Kwahk, 2017). 즉, 지위나 역할은 모둠 내 상호작용 관계를 보다 구체적으로,

그리고 시각화는 상호작용의 유형을 보다 구조적으로 파악할 수 있도록 해준다.

본 연구에서 지위를 부여하여 하는 이유는 모둠 내 상호작용 관계를 보다 구체적으로 분석하기 위함이다. 모둠 내 구성원들의 지위는 상호작용 빈도 행렬에 대한 위세 중심성 점수(normalized Eigenvector; nE)를 바탕으로 부여한다. 위세 중심성은 모둠 내 영향력의 정도를 나타내는 사회 네트워크 분석 지표로서 강자와의 상호작용이 많을 경우 점수가 높아진다. 위세 중심성 점수는 상호작용 빈도 행렬에 대한 데이터를 바탕으로 사회 네트워크 분석 프로그램인 Netminer를 활용하여 서로 다른 모둠에서 비교 가능하도록 표준화된 값으로 계산된다. 지위는 주도자(Prime mover), 보조자(Assistant mover), 주변자(Out mover)로 분류했으며, 상호작용 과정에서 일정한 역할을 담당하였다.

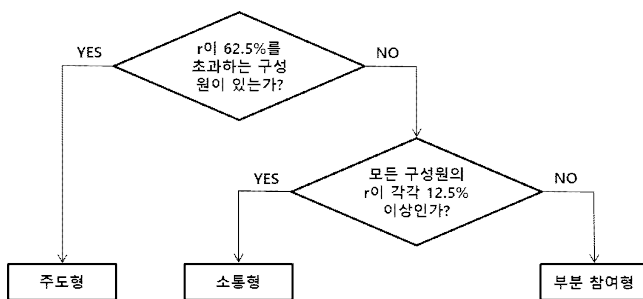
표준화된 위세 중심성 점수가 가장 높은 구성원은 가장 영향력 있는 구성원으로서 주도자라고 명명하였다. 리더의 역할은 소집단 상호작용 활동에서 구성원들에게 미치는 긍정적인 영향이 크므로(Jhun & Hwang, 2010; Park, Seong, & Choi, 2010), 리더가 상호작용 양상에 큰 영향을 준다고 판단하였다. 따라서 주도자의 표준화된 위세 중심성 점수를 보조자와 주변자를 구분하는 기준으로 설정하였다. 구성원의 표준화된 위세 중심성 점수가 주도자의 점수의 50% 이상일 때는 보조자로서, 그렇지 않을 경우 주변자로서 참여한다고 판단하였다.

주도자는 모둠 내에서 영향력이 가장 강한 구성원으로서 주도자를 중심으로 모든 구성원들이 상호작용한다. 반면, 주변자는 모둠 내에서 영향력을 발휘하지 못한 구성원으로서 자신의 의견을 제시하는 것에 대해 소극적이다. 보조자는 주도자만큼의 영향력을 행사하지 못하지만 주변자보다는 큰 영향력을 행사한다.

4) Classification of Interaction Type

상호작용 과정에서 주도자나 보조자로 참여했다 라도 문제 해결에 실질적으로 기여하지 않을 수 있다. 말하는 것과 관련된 외향 연결¹⁾이 내향 연결보다 문제 해결에서 중요하게 작용한다고 판단하여,

상호작용 유형을 상위 수준 상호작용 빈도 행렬에서 외향 연결에 대한 비율을 바탕으로 정의하였다. 상위 수준 상호작용은 문제 해결에 실질적으로 기여하는 정도가 높은 상호작용이다. 특히 상위 수준 상호작용 빈도 행렬에서 외향 연결에 대한 비율(r)이 12.5% 이상일 경우 문제 해결에 실질적으로 기여한다고 판단하였다. 12.5%는 문제 해결의 최소 기여도로서 상위 수준 상호작용 빈도 행렬에서 외향 연결에 대한 비율 적합도 즉, 4명 중에 1명이 외향 연결에서 차지하는 이상적인 비율 25%와 참여 계수 50%의 곱으로 계산된다. 단, 비율은 4명을 기준으로 설정했으며, 참여 계수는 연구자가 임의로 설정하였다.



[Figure 2] Classification of interaction types

[Figure 2]는 상호작용 유형의 분류 기준을 나타낸 것이다. 모둠 내에서 r 이 62.5%를 초과하는 구성원이 있는 경우는 주도형(Dominant-type)으로 정의하였다. 모둠 내에서 r 이 62.5% 초과하는 구성원이 없으면서 모든 구성원들에 대한 r 이 각각 12.5% 이상인 경우는 소통형(All participation-type)으로, r 이 12.5% 미만인 구성원이 있는 경우는 부분 참여형(Partial participation-type)으로 구분하였다.

이에 따라 주도형은 주도자가 실질적으로 문제 해결에 기여하면서 일방적으로 의견을 전달하는 유형이며, 부분 참여형은 소외된 구성원이 있는 상태에서 주도자와 보조자가 실질적으로 문제 해결에 기여하는 유형이고, 소통형은 모든 구성원이 실질적으로 문제 해결에 기여하면서 상호작용에 적극적으로 참여하는 유형이다.

III. Results

1. Correct Rate of Items

<Table 4>는 단계 I 과 단계 II 평가의 문항별 정답률을 나타낸 것이다. 단계 I의 정답률은 연구 대상인 12명 개인의 정답률 평균이며, 단계 II의 정답률은 3개 모둠의 정답률 평균이다. 단계 I의 결과로부터 1번과 3번과 (a), 4번 문항은 상대적으로 쉬운 문항으로, 3번의 (b)와 5번 문항은 어려운 문항으로 볼 수 있다. 특히 5번 문항의 경우 단계 II 평가에서 모든 모둠이 정답을 구하지 못한 어려운 문항이었다.

<Table 4> Correct rate of items at 1st & 2nd stage of exam

#	Correct rate (%)	
	1st stage	2nd stage
1	66.7	100
2	33.3	100
3	a	100
	b	100
4	75.0	100
5	0	0

동료와의 토론을 거침으로써 단계 II의 정답률이 전체적으로 단계 I보다 높은 것으로 나타났다. 이는 공동으로 문제를 해결하는 과정에서 더 정확한 정답을 찾게 됨으로써 소집단 협업 활동이 문제 해결 학습에 도움이 될 수 있음을 시사하는 Jang, et al.(2017)의 연구와도 일치한다.

2. Interaction Type of Group

<Table 5>은 3개 모둠의 상호작용 유형을 나타낸 것이다. 앞서 연구 방법에서 설명한 위세 중심성 점수를 바탕으로 모둠별 구성원에 대해 지위를 부

1) 사회적 네트워크 분석에서 연결을 나타내는 관계의 방향에 따라 외향 연결(outward connection)과 내향 연결(inward connection)이 있다. 외향 연결은 말하는 것에 대한, 내향 연결은 듣는 것에 대한 방향성을 나타낸다.

여한 결과, 모둠 1과 2는 주도자 한 명, 보조자 두 명, 주변자 한 명으로 구성된 반면, 모둠 3은 주도자 한 명과 보조자 세 명으로 구성되었다.

<Table 5> Interaction type of group

Group	nE	Status	r(%)	Type
1	0.650	Prime	66.7	Dominant
	0.646	Assistant	13.7	
	0.326	Assistant	15.7	
	0.234	Out	3.9	
2	0.639	Prime	47.6	Partial participation
	0.632	Assistant	38.9	
	0.389	Assistant	8.7	
	0.204	Out	4.8	
3	0.573	Prime	38.6	All participation
	0.526	Assistant	24.3	
	0.473	Assistant	21.3	
	0.413	Assistant	15.8	

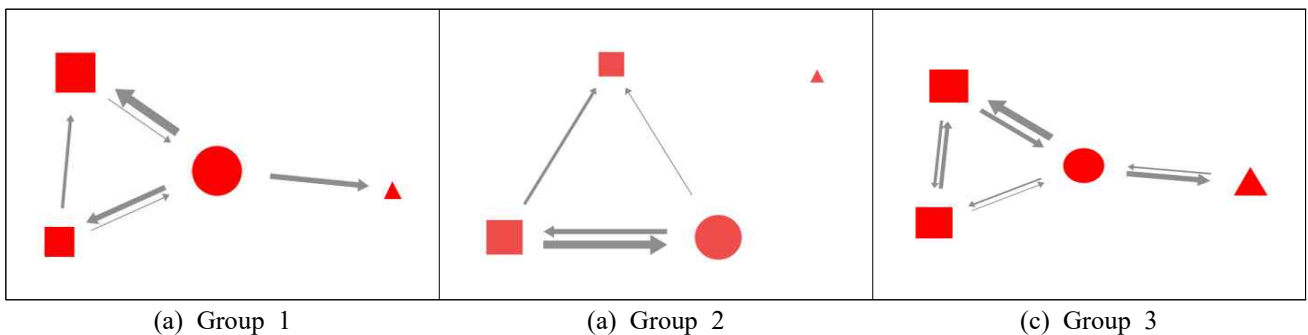
상위 수준 상호작용 빈도 행렬에서 외향 연결에 대한 비율인 r 이 62.5%를 초과하는 구성원이 있는 모둠 1은 주도형으로, r 이 62.5%를 초과하는 구성원은 없으면서 12.5% 미만인 구성원이 나타난 모둠 2는 부분 참여형으로, 모든 구성원의 r 이 각각 12.5% 이상인 모둠 3은 소통형으로 나타났다.

[Figure 3]은 위세 중심성 점수와 상위 수준 상호작용 빈도 행렬 데이터를 바탕으로 Netminer 프로그램을 활용하여 각 모듬의 상호작용 유형을 시각화한 것이다. 시각화는 상위 수준 상호작용 빈도 행렬에 대한 Netminer 프로그램 Spring 2D > Kamada &

Kawai 모드에서 상호작용 빈도 행렬 데이터를 바탕으로 계산된 위세 중심성 점수를 액터(actor 2)*에 적용한 결과이다. 즉, 시각화에서 도형의 크기는 표준화된 위세 중심성 점수를 비율적으로 나타낸 것이며, 양방향 화살표는 상위 수준 상호작용 빈도 행렬에서의 값을 임의의 값 4.17%를 한 단위로 하여 비율적으로 나타낸 것이다. 여기서 4.17%라는 수치는 문제 해결 최소 기여도인 12.5%를 3으로 나눈 값이다. 12.5%를 3으로 나눈 값은 한 구성원의 외향 연결 비율이 나머지 구성원들에게 똑같은 비율만큼 연결되는 상황을 의미한다. 양방향 화살표를 4.17%로 표현하면 1보다 작은 단위는 시각화에서 나타나지 않게 되므로 유형에 따른 상호작용의 양상을 더욱 분명하게 확인할 수 있게 된다. 액터의 모양은 ●(주도자), ■(보조자), ▲(주변자)로 표현하였다. 보조자는 도형의 크기에 따라 첫 번째 보조자, 두 번째 보조자, 세 번째 보조자라고 지칭한다.

1) 모듬 1: 주도자는 첫 번째 보조자의 위세 중심성 점수와 큰 차이가 없으나 상위 수준 상호작용의 외향 연결성에서 매우 크게 기여하고 있다. 이는 첫 번째 보조자가 주도자 다음으로 큰 영향력을 행사하지만 문제 해결에는 전혀 기여하고 있지 못하다는 것을 의미한다. 또한 주도자를 중심으로 나가는 화살표의 강도(strength)를 보아, 문제 해결은 사실상 주도자의 의견에 의해 일방적으로 이루어지고 있음을 알 수 있다.

2) 모듬 2: 주도자는 첫 번째 보조자의 위세 중심성 점수와 거의 같지만 상위 수준 상호작용의 외향 연결성에서 오히려 더 작게 기여하고 있다. 이는 주도자가 첫 번째 보조자와 더불어 강한 영향력을 행사하지



[Figure 3] Visualization of groups

2) 액터(actor)는 사회적 네트워크 분석 용어인 점(point)에 대한 사회학적 표현이다.

만, 문제 해결에서 덜 기여했음을 의미한다. 또한 주도자와 첫 번째 보조자의 양방향 화살표의 강도를 보아, 문제 해결은 주도자와 첫 번째 보조자의 의견을 적극적으로 주고받으면서 진행되었음을 알 수 있다.

3) 모듈 3: 모든 구성원의 위세 중심성 점수가 서로 비슷하며 상위 수준 상호작용에 대한 화살표가 많이 나타난다. 이는 모든 구성원이 주도자를 중심으로 상호작용에 적극적으로 참여하면서 문제 해결에 기여하고 있음을 의미한다. 특히 세 번째 보조자도 주도자와 다수의 상호작용을 하고 있으며, 보조자들끼리도 적극적으로 상호작용하면서 모든 구성원이 문제 해결에 기여하는 이상적인 상호작용을 하고 있다.

3. Characteristics of Interaction Type

<Table 6>은 3개 모듈의 상위 및 하위 수준 진술의 비율 대범주별로 나타낸 것이다.

<Table 6> Rates(%) of statement by category

Category*	Group 1 (n=216)		Group 2 (n=434)		Group 3 (n=407)	
	High Level	Low Level	High Level	Low Level	High Level	Low Level
Q	0.5	22.7	2.1	19.4	2.0	14.7
E	-	19.9	-	11.5	-	11.6
S	21.3	0.9	23.0	3.7	32.4	2.7
R	1.4	18.5	4.4	13.6	15.0	13.8
L	-	7.4	-	17.3	-	4.4
N	-	7.4	-	5.1	-	3.4
Sum	23.1	76.9	29.5	70.5	49.4	50.6

* Q: Question, E: Explanation,
S: Making Suggestion, R: Receiving Opinion,
L: Lead, N: Not available

모듈 1의 전체 진술의 개수는 216개이며, 모듈2와 모듈 3은 각각 434개와 407개이다. 1명의 주도자를 중심으로 논의가 이루어진 주도형인 모듈 1의 진술의 개수가 부분 참여형인 모듈 2나 소통형인 모듈 3의 진술의 개수의 절반 정도로 적었다.

주도형인 모듈 1에서는 전체 진술의 개수가 적을 뿐만 아니라 전체 진술에서 상위 수준 진술이 차지하는 비율도 낮았으며, 상위 수준 진술은 의견제시에 집중되었다. 이는 다른 구성원과의 의사소통 없

이 주도자 한 명에 의해 일방향으로 문제 해결이 진행되며 활발한 언어적 의사소통이 일어나지 않았으며 상위 수준 진술에 있어서도 의견받기가 거의 나타나지 않은 결과이다.

부분 참여형인 모듈 2의 상위 수준 진술 비율은 모듈 1보다는 높고 모듈 3보다는 낮게 나타났다. 이는 모듈 2가 모듈 1보다는 문제 해결 과정에서 질적으로 더 높은 언어적 상호작용이 이루어졌고, 모듈 3보다는 그렇지 않았다는 것을 의미한다.

반면, 소통형인 모듈 3에서는 상위 수준 진술 비율이 매우 높게 나타났다. 특히 상위 수준 진술에 대한 의견받기 비율이 다른 모듈의 것보다 10% 이상 컸다. 이는 문제 해결에 실질적으로 기여하면서 질적으로 높은 수준의 의사소통 과정을 거쳤기 때문이라고 볼 수 있다.

모듈별 상위 수준 진술 비율을 소범주별로 나타내면 <Table 7>과 같다.

<Table 7> Rates(%)^{*} of high level statement by subcategory

Group	Q3	S2	S3	S4	R4	R5	Sum
1	0.5	10.6	10.2	0.5	1.4	0	23.1
2	2.1	12.4	2.1	8.5	2.1	2.3	29.5
3	2.0	19.4	2.9	10.1	7.6	7.4	49.4

* Rate of high level statement frequency by total statement frequency

주도형인 모듈 1에서는 논리적 반론(R5)에 대한 진술은 전혀 나타나지 않았으며 심화 질문(Q3)이나 확장 의견제시(S4), 수용적 확산(R4)은 거의 나타나지 않았다. 상위 수준 진술은 내용 의견제시(S2)와 해설 의견제시(S3)에 집중되었다. 이는 주도자의 의견이 일방향으로 전달되어 문제가 해결되는 만큼 다른 구성원들이 의견을 제시하거나 의견을 받지 않았기 때문이다.

부분 참여형인 모듈 2에서는 모듈 1보다 확장 의견제시(S4)가 8.0%p 많이 나타났으며, 모듈 1에서 2% 미만으로 나타난 심화 질문(Q3), 수용적 확산(R4), 논리적 반론(R5)이 각각 2.1%씩 나타났다. 반면 해설 의견제시(S3)의 비율은 모듈 1에 비해 8.1%p 만큼 적은 2.1%로 나타났다. 이는 모듈 1보

다 상호작용 과정에서 자신의 의견을 명료화하거나 상대방의 의견을 받는 형태의 진술이 많이 이루어졌음을 의미한다.

반면 소통형인 모둠 3에서는 대체적으로 각 소범주에 대한 상위 수준 진술 비율이 높게 나타났다. 물론 다른 모둠과 마찬가지로 내용 의견제시(S2)가 19.4%로 가장 많이 나타났으나 확장 의견제시(S4)도 10.1%로 높게 나타났다. 특히 모둠 2에서도 2%대로 나타난 수용적 확산(R4)과 논리적 반론(R5)이 7% 이상으로 높게 나타났다. 이는 다른 구성원의 의견을 받아서 자신의 의견을 추가시켜 이야기하거나 증거를 들어 논리적으로 반박하는 형태의 진술이 많이 이루어졌음을 의미한다.

<Table 8>은 모둠별로 하위 수준 진술 비율을 소범주별로 나타낸 것이다.

<Table 8> Rates(%)^{*} of low level statement by subcategory

Group	Q1	Q2	E1	E2	E3	E4	S1	R1	R2	R3	L1	L2	NA	Sum
1	18.1	4.6	18.5	0	1.4	0	0.9	13.4	0	5.1	2.8	4.6	7.4	76.9
2	15.0	4.4	11.3	0	0.2	0	3.7	9.7	1.8	2.1	6.0	11.3	5.1	70.5
3	9.3	5.4	8.4	1.0	2.2	0	2.7	10.6	1.5	1.7	2.2	2.2	3.4	50.6

^{*} Rate of high level statement frequency by total statement frequency

주도형인 모둠 1에서는 단순 질문(Q1)과 단순 설명(E1), 중립 의견받기(R3)의 비율이 높게 나타났지만, 단순반론 의견받기(R2)는 전혀 나타나지 않았다. 이는 상호작용 과정에서 단순한 질문과 대답의 형태로 의사소통이 많이 이루어졌으며, 상대방의 의견에 대해 반론을 제기하는 진술보다는 잘 모르겠다는 표현이 자주 등장했기 때문이다.

반대로, 부분 참여형인 모둠 2에서는 모둠 1보다 단순 질문(Q1)과 단순 설명(E1), 중립 의견받기(R3)의 비율이 낮게 나왔으며, 단순반론 의견받기(R2)의 비율은 높게 나왔다.

반면 소통형인 모둠 3에서는 단순 질문(Q1)과 단순 설명(E1), 중립 의견받기(R3)의 비율이 낮게 나타났다. 이는 상호작용 과정에서 상대방 의견에 대해 잘 모르겠다는 표현보다는 수용이던 단순반론이던 자신의 의견을 적극적으로 이야기하는 의사소통

과정에서 질적으로 더 높은 상위 수준 진술이 오고 갔다는 것을 의미한다.

IV. Conclusions and Implications

본 연구에서는 소집단 물리 문제풀이 협업 활동에서 모둠별로 나타나는 언어적 상호작용 유형을 구조적인 차원으로 분석하고, 그 유형별 언어적 상호작용 특징을 알아보았다. 이를 위하여 분석틀을 이용하여 개별 언어적 상호작용을 5개 대범주와 19개 소범주로 분류하고, 문제 해결에 실질적으로 기여하는 정도에 따라 소범주를 상위 수준과 하위 수준으로 구분하였다. 상호작용 빈도 행렬에 대한 위세 중심성 점수(nE)를 바탕으로 모둠 내 구성원의 지위를 부여하고, 구성원의 상위 수준 상호작용 빈도 행렬에서 외향 연결에 대한 비율(r)을 바탕으로 모둠의 상호작용 유형을 구분하였다. 본 연구에서 구성원의 지위는 주도자, 보조자, 주변자로 분류하였으며, 소집단 협업 활동에서 나타나는 모둠의 상호작용은 주도형, 부분 참여형, 소통형으로 구분하였다.

주도형은 주도자가 실질적으로 문제 해결에 기여하면서 일방적으로 의견을 전달하는 유형으로서, 보조자가 주도자와 상호작용을 활발하게 하더라도 상위 수준 상호작용이 주도자에 의해 집중되는 유형이다. 주도형은 Ku, et al.(2006)의 연구에서 설득적 리더가 있는 모둠으로 해석할 수 있다. 주도형에서는 진술 빈도수와 상위 수준 진술 비율의 값이 작으며, 진술이 하위 수준 진술인 단순 질문, 단순 설명에 집중된다. 반면, 단순반론, 심화 질문과 논리적 반론에 대한 진술은 거의 나타나지 않는다. 이는 문제 해결 과정에서 주도자의 의견이 일방적으로 전달되는 만큼 다른 구성원들이 의견을 제시하거나 의견을 받는 경향이 잘 나타나지 않기 때문이다.

부분 참여형은 소외된 구성원이 있는 상태에서 주도자와 보조자가 실질적으로 문제 해결에 기여하는 유형이다. 부분 참여형에서는 상위 수준 진술 비율이 주도형보다는 높으며 소통형보다는 낮게 나타난다. 또한 주도형보다 확장 의견제시, 수용적 확산, 논리적 반론에 대한 진술이 더욱 많이 나타난다. 이

는 주도형보다 자신의 의견을 명료화하거나 상대방의 의견을 받는 형태의 진술이 많이 이루어진다는 것을 의미한다.

소통형은 모든 구성원이 실질적으로 문제 해결에 기여하면서 상호작용에 적극적으로 참여하는 유형으로서, 주도자를 중심으로 나머지 보조자들이 활발하게 상호작용한다. 소통형에서는 진술 빈도수와 상위 수준 진술 비율의 값이 크며, 특히 수용적 확산과 논리적 반론에 대한 진술이 많이 나타나는 반면, 단순 질문과 단순 설명에 대한 진술은 적게 나타난다. 이는 질적으로 더 높은 의사소통 과정을 거치기 때문이라고 볼 수 있으며, 다른 구성원의 의견을 받아서 자신의 의견을 추가시켜 이야기하거나 증거를 들어 논리적으로 반박하는 형태의 진술이 많이 나타난다는 것을 의미한다. 또한 의견제시와 의견받기에 대한 진술은 논의 과정을 점검하는 중요한 요소로서, 소통형에서 이것들의 활용이 높다는 것은 지속적인 상호작용으로 문제 해결 과정에 긍정적인 효과를 줄 수 있다(Lee, Kwon, & Nam, 2015).

본 연구는 소집단별 문제풀이 과정에서 나타나는 언어적 상호작용에 대해 이루어졌기 때문에 소집단의 언어적 상호작용을 문제풀이 결과와 관련 지어 분석할 필요가 있었다. 그러나 연구 대상인 3개의 모듈 사이에 문제풀이 결과 자체에 대한 의미 있는 차이를 발견하지 못했기 때문에 이에 대한 논의를 진행하지 못했다. 따라서 충분한 모듈 샘플을 확보하고, 다양한 문제풀이 결과가 나타날 수 있도록 충분한 수의 적정 난이도로 구성된 문항 세트를 사용하여 소집단 문제풀이 결과와 언어적 상호작용 유형 사이의 관계를 조사하는 후속 연구가 필요하다.

본 연구에서 실시한 소집단 협업 활동은 학생들이 스스로 문제를 해결하는 만큼 학습자의 능동적인 자세와 주체적인 책임성이 강조된다. 학습자들이 능동적이고 주체적이지 않을 경우 소집단 활동에 참여하지 않거나 잠담으로 일관해 의도한 학습 및 평가 결과를 달성하지 못할 수 있다. 본 연구에서도 5개 모듈 중 2개 모듈의 문제 풀이 과정이 잠담으로 일관하거나 소극적으로 이루어져서 바람직한 협업 활동이 나타나지 않았다. 이러한 사례가 나타나지 않도록 소집단 협업 활동을 보완하고 개선하는 학습 전략에 대한 후속 연구가 있기를 기대해 본다.

소집단 협업 활동을 할 때 소통형은 다른 유형에 비해 질 높은 언어적 상호작용 과정이 많이 나타났다. 그러므로 소통형의 출현을 유발하는 교수학습 전략에 대한 연구가 필요하다.

References

- Gilley, B. H., & Clarkston, B. (2014). Collaborative testing: Evidence of learning in a controlled in-class study of undergraduate students. *Journal of College Science Teaching*, 43(3), 83-91.
- Han, S. M. (1999). *Vygotsky and Education*. Seoul: Kyoyookbook.
- Heller P., & Hollabaugh, M. (1992). Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 2: Designing problems and structuring groups. *American Journal of Physics*, 60(7), 637-644.
- Heller, P., Keith, R., & Anderson, S. (1992). Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 1: Group versus individual problem solving. *American Journal of Physics*, 60(7), 627-636.
- Jang, H., Lasry, N., Miller, K., & Mazur, E. (2017). Collaborative exams: Cheating? Or learning?. *American Journal of Physics*, 85(3), 223-227.
- Jhun, Y. S., & Hwang, H. (2010). Analysis on student-to-student verbal interaction during small group open inquiry activities. *Korean Journal of Elementary Education*, 21(2), 227-246.
- Kang, K.-H., Lee, K.-J., & Lee, S.-K. (2004). A study on the feature of small group discussion and the interaction types in middle school class. *Korean Journal of Education Research*, 25(1), 239-259.
- Kang, S., Kim C., & Noh, T. (2000). Analysis of verbal interaction in small group discussion. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 20(3), 353-363.
- Kim, K. S. (2005). *The effects of cooperative CAI and reciprocal peer tutoring CAI in chemistry concept learning: Conceptual understanding and*

- verbal interactions. Doctoral dissertation, Seoul National University, Seoul, The Republic of Korea.
- Kim, M., & Kim, Y. (2015). An analysis of the verbal interaction patterns of science-gifted students in science inquiry activity. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(2), 333-342.
- Ku, Y., Park, K., Shin, A.-K., Choi, B.-S., & Lee, K. (2006). Characteristics of verbal interactions according to the leader style in MBL experiment class in which discussion was emphasized. *Journal of the Korean Chemical Society*, 50(6), 494-505.
- Kwahk, K. Y. (2017). *Social Network Analysis*. Seoul: Cheonglam.
- Lee, H.-Y., Jang, S.-S., Seong, S.-K., Lee, S.-K., Kang, S.-J., & Choi, B.-S. (2002). Analysis of student-student interaction in interactive science inquiry experiment. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 22(3), 660-670.
- Lee, M., Kwon, J., & Nam, J. (2015). Analysis of argumentation in middle school science classroom using argument-based inquiry. *Journal of the Korean Chemical Society*, 59(1), 78-87.
- Lusk, M., & Conklin, J. (2003). Collaborative testing to promote learning. *Journal of Nursing Education*, 42(3), 121-124.
- Ministry of Education (MOE) (2015). *Science Curriculum*. MOE Notification No. 2015-74 [supplement 9].
- National Research Council (NRC) (2012). *Education for life and work: Developing transferable knowledge and skills in the 21st century*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) (2017). *PISA 2015 Assessment and analytical framework: Science, reading, mathematic, financial literacy and collaborative problem solving*. Paris: OECD Publishing.
- Park, J., Seong, S., & Choi, B. S. (2010). The influence of the inclusive leader on group interactions in science inquiry experiments. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 30(1), 124-139.
- Rieger, G. W., & Heiner, C. E. (2014). Examinations that support collaborative learning: The students' perspective. *Journal of College Science Teaching*, 43(4), 41-47.
- Shindler, J. V. (2004). Greater than the sum of the parts? Examining the soundness of collaborative exams in Teacher Education Courses. *Innovative Higher Education*, 28(4), 273-283.
- Smith, M. K., Wood, W. B., Adams, W. K., Wieman, C., Knight, J. K., Guild, N., & Su, T. T. (2009). Why peer discussion improves student performance on in-class concept questions. *Science*, 323(5910), 122-124.
- You, J., & Noh, T. (2012). An analysis of verbal interaction among science-gifted students in inquiry learning based on analogical experimental design strategy emphasizing understanding and checking stages. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(4), 671-685.
- Wieman, C. E., Rieger, G. W., & Heiner, C. E. (2014). Physics exams that promote collaborative learning. *The Physics Teacher*, 52(1), 51-53.
- Zimbardo, P. G., Butler, L. D., & Wolfe, V. A. (2003). Cooperative college examinations: More gain, less pain when students share information and grades. *The Journal of Experimental Education*, 71(2), 101-125.

[저자의 소속과 직위]

박종민 : 금천고등학교, 교사, 제1저자

최혁준 : 한국교원대학교, 부교수, 교신저자