

빛을 주제로 한 11학년 학생의 과제 유형에 따른 글쓰기 분석

정혁 · 정용재* · 송진웅**

(수원대평고등학교) · (서울탑동초등학교*) · (서울대학교**)

An Analysis of Writing by 11th Grade Students on the Theme of Light According to the Type of Task

Hyek-Jeong · YoungJae-Jeong* · JinWoong-Song**

(DaePyeong High School) · (TopDong Elementary School*) · (Seoul National University**)

ABSTRACT

In physics education, language is an fundamental learning tool as in other subjects. In writing activity, students can get fair opportunities to express their own ideas during the class. Even though there are various styles of writing, students are usually supposed to make a report in their science classes. But there have been few studies in science education on the tasks and features of student's science writing. In this research, different styles of writing tasks were designed for science classes, and students' writing was analysed in terms of conceptual and emotional aspects. Also the usefulness of each task type was discussed relating to school physics education. Four types of writing, i.e. <being-imported>, <cognition-converted>, <experience-based>, and <knowledge-based> writing were developed, and 'The reflection of light' was selected as the theme and given to students. Four types of writing were analysed in this paper. In each type of writing, students showed different features in their conception. They also showed emotional expressions in imaginative writing types, that is, <being-imported> and <cognition-converted> types. Based on these results, it is recommended that in physics teaching various types of writing need to be designed, developed and applied according to the aim of a particular lesson.

Key words: science writing, types of writing task, being-imported, cognition-converted, experience-based, knowledge-based

I. 서론

모든 교사는 교과 교사이기에 앞서 언어 교사다 (Postman & Weingartner, 1971 - Wellington & Osborne, 2001에서 재인용). 다른 교과와 마찬가지로 물리교육에서도 언어는 기본이 되는 학습도구이다. 언어를 크게 구어(口語)와 문어(文語)로 나누어 본다면, 특히 문어가 좀더 교육적으로 중요한 의미를 지닌다.

Vygotsky(1962)에 따르면 취학 전 아동들은 무의식적으로 구어를 배우게 되지만, 문어의 경우 학교 수업을 통해 체계화된 형태로 배우게 되고, 또한 쓰기와 문법을 배우고 나서야 무의식적으로 말하던 것을 의식하여 구성하게 된다. 이러한 문어의 의식적이며 의도적인 특성은 상위 수준의 일반화된 개념 습득을 요구하는 학교 교육에서 중요한 역할을 한다고 볼 수 있다. 한편, 다른 형태의 의사소통에 비해 쓰기 활동은 참여한 학생들 대부분에게 자신의

언어로 생각을 표현할 기회를 비교적 동등하게 부여한다는 장점도 있다.

최근 외국의 과학교육 연구 분야에서도 평가의 역할을 넘어 글쓰기를 유용한 과학학습 방법으로 활용하는 것에 대한 관심이 증대되어 왔다(Rivard, 1994; Hodson, 1998; Keys, 1999). 그러나, 국내 과학교육에서 글쓰기에 관한 연구는 많지 않으며, 특히 학습 방법으로서 학생들에게 제시할 수 있는 적절한 과학 글쓰기 과제나 쓰기의 특징에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 대부분의 과학 수업에서 제공하는 쓰기 활동이 보고서와 같은 획일적인 양식인데 비해, 학생들은 다양한 양식의 쓰기 형태를 보인다(Wellington & Osborne, 2001). Wellington & Osborne(2001)은 학생들이 과학 글쓰기의 표준 장르에 익숙해지도록 하는 과정에서 학생들에게 친숙한 형태의 쓰기를 활용할 것을 제안하고 있다. 이때 과학 글쓰기 형태란 대부분 사실에 입각한 논픽션이며, 학생들에게 친숙한 형태란 상상이나 허구를 허용하는 픽션의 성격을 띤다.

한편, 빛 개념은 입자성과 파동성을 동시에 지닌 이중성으로 설명되며 본질적으로 추상적이기 때문에 학생들이 그 개념을 이해하는 데 어려움을 겪는다. 빛의 본성에 관하여 Watts & Gilbert(1983)는 주변의 빛(ambient light), 뭉쳐진 빛(composite light), 고립된 빛(decoupled light), 밝히는 빛(illuminative light), 다양한 빛(modal light), 분명한 빛(obvious light), 던져진 빛(projected light) 등, 7가지로 학생들의 개념을 정리했다(권성기 등, 2000에서 재인용). 빛의 본성으로부터 보는 것에 대한 개념은 빛이 공간에 충만해 있다는 생각, 빛이 물체를 밝혀준다는 생각, 빛이 눈에서 물체로 이동하기 때문에 볼 수 있다는 생각, 빛이 물체로부터 반사되어 볼 수 있다는 생각 등, 네 가지 전형적인 개념으로 정리할 수 있으며 이는 빛 개념의 발달 단계로 알려져 있기도 하다(권성기 등, 2000; 조희형, 1994). 대체로 중·고등학생들은 공간과 빛의 관계를 빛의 가시적 효과와 상태, 광원에 대한 생각을 통해서 이해하려 하기 때문에 입자성과 파동성이라는 미시적 성격의 빛 개념을 이해하는 데 어려움을 갖게 된다(조희형, 1994).

본 연구는 이처럼 추상적이고 이해하기 어려운 빛 개념이 다양한 유형의 글쓰기 과제에서 어떻게 드러나는가를 연구 주제로 삼았다. 사실에 입각한 쓰기를 '사실적 쓰기'로 상상이나 허구를 허용하는 쓰기를 '상상적 쓰기'로 구

분하고, 과제를 설계한 후 과제 유형에 따라 드러나는 학생들의 쓰기 양상을 분석하였다. 각 유형별로 개념적인 측면과 정서적인 측면으로 나누어 분석하고, 그에 따라 유형별 글쓰기 과제의 물리교육적 유용성을 탐색하였다.

구체적인 연구 문제는 다음과 같았다.

첫째, 개념적 측면에서 과제 유형별로 드러나는 글쓰기 특성과 물리교육적 유용성 및 한계는 무엇인가?

둘째, 정서적 측면에서 제시된 글쓰기 과제의 물리교육적 시사점은 무엇인가?

II. 연구 과정

학교에서 사용되는 주요한 세 가지 쓰기 유형으로 소통적(transactional) 쓰기, 표현적(expressive) 쓰기, 시적(poetic) 쓰기 등 세 가지 유형이 보고되고 있다(Martin, 1976). 소통적 유형은 논리적이고 사실적인 글쓰기를, 표현적 유형은 특별한 형식에 구애됨이 없이 자유로운 글쓰기를 말한다. 여기에 신변잡기식(miscellaneous) 유형을 추가하여, 과학 수업에서 일어나는 쓰기의 유형을 조사한 연구는 소통적 유형이 92%로 압도적임을 보여 주고 있다(Lunzer & Gardner, 1979 - Wellington & Osborne, 2001에서 재인용).

Wellington & Osborne(2001)은 소통적 유형에 대해 내러티브 쓰기(narrative writing)란 표현으로 포괄하여 대비시키고 있는데, 내러티브란 실제물이 의인화되고 과학 담화에서 금기시되는 성격을 부여받는 설명적 이야기를 말한다. 과학 학습에서의 내러티브 글쓰기란 과학 상상 글짓기 대회에서 학생들이 수행하는 글쓰기와 같은 유형이 될 것이다. 이로부터 본 연구는 과제 설계를 위해 상상력의 유무를 기준으로 삼고 상상을 허용하는 상상적 쓰기 과제와 사실에 입각하도록 하는 사실적 쓰기 과제로 범주를 나누었다.

상상적 쓰기 과제를 다시 〈존재이입형〉과 〈인식전환형〉 두 유형으로 구분하였는데, 과학 상상 글짓기에서 자주 다루지는 '이산화탄소의 일생'과 같이 의인화를 요구하는 쓰기와 '마찰력이 없다면 어떻게 될까'와 같이 환경 변화를 요구하는 쓰기를 토대로 하였다. 사실적 쓰기 과제는, 사실을 자신이 직접 경험한 것과 학습의 형태로 간접 경험한 것으로 구분할 수 있으므로 이를 각각 〈경험근거형〉과 〈지식근거형〉으로 범주화하였다.

연구대상은 서울소재 남자 고등학교 1곳의 2학년 문과

반 학생 37명이었다. 8~10명씩 4조로 나누고 '과학 짧은 글짓기'라는 제목으로 시행하였다. 물체에 빛이 반사하여 물체를 볼 수 있는 과정을 어떻게 이해하고 있는가와 관련된 '빛의 반사'를 주제로 하였으며 2003년 5월 6일, 20분간 별도의 안내 없이 자유롭게 쓰기가 진행되었다.

수거된 학생들의 쓰기 자료는 유형별로 모아, 각 자료마다 내용을 요약하고 특징들을 정리하였다. 학생들은 대체로 과학 개념을 중심으로 기술하였는데, 종종 정서적 측면이 드러나기도 하였다. 이에 개념적 측면과 정서적 측면으로 나누고 각 유형의 물리교육적 유용성과 한계를 중심으로 글쓰기를 분석하였다. 타당도에 대한 정량적 자료가 없었기 때문에, 분석과정에서 물리교육 전공의 교수 1명, 박사과정생 4명, 현직 교사이자 박사과정생 1명과 수차례의 토론을 통해 분석의 타당성을 검토하였다.

본 연구는 분석 대상이 1개 반 정도의 소집단이고 주제가 빛의 개념에 한정되어 있으므로 결과를 일반화하는 데는 한계가 있었다. 아울러, 학습 모형을 제시하고 그 효과를 논의한 연구가 아니기 때문에 과학학습에 효과적인 글쓰기 유형에 대하여 직접적인 시사점을 얻는 데는 제한점이 있었다.

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

본 절에서는 결과 및 논의를 개념적 측면과 정서적 측면으로 나누고, 개념적 측면은 네 가지 과제 유형에 따라, 정서적 측면은 글쓴이의 정서가 드러나는 <존재이입형>과 <인식전환형>에 초점을 맞추어 진술하였다. 서술은 해당 과제를 제시하고 학생들의 쓰기를 예시한 뒤 쓰기 예시에 대한 연구자의 분석 내용을 종합하는 방식으로 이루어졌다. 분석의 편의상 학생들의 쓰기 예시에는 연구자가 문장 단위로 번호를 부여하였으며, 맥락상 틀린 철자를 포함하여 가능한 실제 학생들이 표기한 대로 제시하였다.

1. 개념적 측면에서의 분석

1) <존재이입형> 과제

본 유형의 과제는 빛이나 전자 등의 물리개념적 존재에 자신을 이입시켜 물리 현상을 상상하도록 요구하는 과제이다. 빛을 자신과 동일시할 때, 관찰자적 시각에서 기술

할 때와 달리 빛은 현상이 아니라 어떤 '존재'가 되어야 한다. 본 연구에서는 이를 '물리개념적 존재'라는 용어로 정의해 사용하였다. 물리개념적 존재로서 빛이란 구체적인 사물로서의 실재가 아니라 물리 현상을 설명하는 물리 이론의 대상으로서 빛을 의미한다.

다음은 본 과제의 내용과 학생들의 쓰기 예시이다.

과제 : 마법사가 당신에게 마법을 걸었습니다. 덕분에 당신은 하루동안 빛으로 변했습니다. 당신이 있는 방안에 친구가 들어왔습니다. 친구는 방안의 물체를 어떻게 볼 수 있을까요? 빛으로 변한 당신과 관련하여 친구가 겪을 일들을 묘사해 봅시다.

<A-1> ① 친구는 나를 통해 물체를 본다. ② 내가 빛이 되니까 나를 통해 환한 빛으로 본다. ③ 나는 친구에게 빛을 쬐어서 따뜻하게 만들어 주고, 친구는 빛을 신기해한다. ④ 또, 나는 친구의 뒤에 숨어 빛을 없애 보기도 하고, 강한 빛을 만들어 친구의 눈을 못 뜨게 만든다. ⑤ 나는 빛이므로 이 세상 모든 것을 밝혀 줄 수 있을까? ⑥ 나와 친구는 밖으로 나가서 어둠을 밝히는 것을 한다. ⑦ 강퍼에게 사로잡힌 여인을 빛으로 비춰주면 강퍼가 눈을 못 뜬 사이에 여인을 구한다. ⑧ 또 맘에 안 들었던 인간이 있으면 계속 빛을 눈에 비춰 눈을 못 쓰게 만들고, 돋보기를 이용해 옷을 태워 버린다. ⑨ 또, 평소에 맘에 드는 여자를 찾아가 빛으로 비치면 눈을 가릴 것이다. ⑩ 그 때 평소에 못해봤던 행동을 한다. ⑪ 하늘을 날 수도 있을 것이다. ⑫ 빛이니까... ⑬ 빛은 속도가 엄청나게 빠르니까 평소에 못 가봤던 곳을 돌아다닌다. ⑭ 세계도 돌아다니고 할리우드에 가 엄청난 미녀들도 구경하고 목욕탕도 가보고 강남도 가 본다. ⑮ 밤이 되면 집이 없어 추운 사람들에게 빛을 내리쬐어 따뜻하게 해 준다.

<A-1>에서 ①과 ②는 '빛과 보는 것'에 대한 개념이 드러나고 있다. "나(빛)를 통해 환한 빛으로 본다"는 표현은 그 자체만으로는 모호하지만, 이어지는 ④~⑤로부터 "빛을 통해 환하게 물체를 본다"라는 의미임을 추론해 볼 수 있다. 즉, 글쓴이에게 빛은 눈과 물체를 직접 매개한다기보다 물체와 관찰자 주변을 둘러싸고 있는 것이다(권성

1) 서술의 편의상 연구자가 매긴 예시의 일련번호로, A, B, C, D는 각각 과제의 유형을 나타내며(A: 존재이입형, B: 인식전환형, C: 경험근거형, D: 지식근거형) 1, 2, 3은 각 유형에 해당하는 예시의 순서를 나타낸다. 같은 목적에서 예시 속의 원번호 ①, ②, ③...은 문장 단위로 순서대로 매긴 번호이다.

기 등, 2000)

④~⑨에서는 '빛의 본성'에 관한 개념이 드러나는데, 특히 "세상 모든 것을 밝혀 줄 수 있을까?"(⑤)란 표현은 Watts & Gilbert (1983)가 7가지로 범주화했던 빛의 본성에 대한 학생들의 개념 중 '밝히는 빛(illuminative light)'에 해당하며, 이러한 생각은 빛을 사람이 물체를 볼 수 있도록 계획된 것으로 간주하는 인간 중심적인 생각이다(권성기 등, 2000).

③과 ⑮는 '따뜻한 빛'으로, 글쓴이가 빛을 따뜻한 것으로 생각하고 있음을 알 수 있는데, 태양이나 백열전등과 같이 환하고 따뜻한 빛 역시 인간의 목적에 의해 인식되는 것들이다. ⑩~⑭는 '빛의 속도'에 관해 기술된 것으로 "빛은 속도가 엄청나게 빠르니까"(⑬)라고 하여 정성적인 수준에서 표현되고 있다.

본 과제를 수행한 9명중 1명을 제외하고 모두 <A-1>과 같이 '밝히는 빛'이나 '비추는 빛'으로 기술하였는데, 이는 학생들이 빛의 직진성이나 입자성 등과 같은 엄밀한 물리적 성질보다 빛에 대한 정성적 느낌에 의존하고 있음을 보여준다. 흥미로운 것은 이러한 결과가, '쉽게 고쳐지지 않는' 선개념의 특징과도 관련 있어 보인다는 것이다. 즉, 학생들은 단순하게 과학 지식을 서술할 때에는 달리 <존재이입형>과 같은 상상적 쓰기 과제에서 '쉽게 고쳐지지 않는' 자신의 선개념을 자연스럽게 드러낸다.

다음 <A-2>는 본 과제를 수행한 학생 중 유일하게 빛의 입자적인 성질을 표현한 학생의 글쓰기 예시이다.

<A-2> ① 빛이 되었을 때 난 여기저기에 있는 사물들에 뿔겨서 친구 눈으로 들어가서 친구가 내가 반사한 빛을 눈이 감지하고 사물을 탐지하게 될 것이다. ② 난 빛이기 때문에 조그만 틈만 있다면 어디든지 갈 수 있다. ③ 그리고 빛이 만들어지기 위해서는 태양이나 형광등처럼 화학 반응으로 인한 빛이 나와야 되는데 빛을 내는 물체가 없다면 난 빛이니까 존재할 수가 없는 것이다. ④ 그러므로 나는 빛을 내는 존재이다. ⑤ 또 그래서 내 친구는 빛을 내는 어떤 사물을 볼 수 있을 것이다. ⑥ 내가 태양처럼 빛을 내는 물체라면 친구는 내가 내는 빛을 통해서 내 방에 있는 여러 가지 사물을 볼 수 있을 것이다. ⑦ 그리고 빛을 낸다면 열이 나기 때문에 친구는 덥거나 뜨거워서 방을 나가 버릴 것이다.

<A-2>의 글쓴이는 ①에서 "사물들에 뿔겨서"라고 씀으

로써 빛의 입자적인 성질을 기술하고 있다. 그런데 이러한 입자적인 존재로의 이입은 글쓴이로 하여금 ③, ④와 같이 새롭고 특이한 문제를 환기시킨다. ③, ④를 세 개의 문장으로 나누면,

- ③-㉠ 빛이 만들어지기 위해서는 광원이 있어야 한다.
- ③-㉡ 광원이 없다면 빛은 존재할 수 없다.
- ④ 그러므로 빛은 광원(이며 동시에 빛)이다.

③-㉠은 빛인 자신이 계속해서 존재해야한다는 생각에서 비롯되었다. 존재를 계속 유지하기 위해서 빛은 진행하면서 계속 광원이 되어야 한다. 때문에 빛은 빛일 뿐만 아니라 동시에 광원이다(④). 이 수수께끼 같은 추론과 연결시킬 수 있는 물리 개념은 호이겐스의 원리이다. 호이겐스의 원리를 빛에 적용하면 '빛의 각 지점이 계속 새로운 광원이 된다'로 표현할 수 있을 것이다. 위 표현만으로 글쓴이가 호이겐스의 원리에 도달했다고 단정지을 수 없으나 연관된 물리개념으로 확장될 수 있는 여지를 보여준다.

'보는 것'의 설명은 빛의 입자적인 성질만으로 충분하지만, 존재이입이라는 능동적인 계기를 통해 '빛이 계속 나아가려면?'이라는 의문으로부터 존재연장을 고려하게 되고 빛과 광원의 관계가 새로 설정된다. 이처럼 <존재이입형>과제는 물리 개념을 관찰자 시각이 아닌 좀더 밀착된 1인칭의 시각에서 생각하면서 학생들에게 새로운 사유의 계기를 제공해주기도 한다.

한편, <존재이입형> 과제에서의 쓰기는 과학의 경계를 벗어날 수도 있다.

<A-3> ① 친구가 방으로 들어왔다. ② 나는 친구가 들어오는 것을 보고 있었다. ③ 나는 친구를 놀려 줄려고 그 뒤로 가서 숨었다. ④ 방안에는 곧 어둠이 찾아왔다. (후략)

<A-3>에서 ②와 ③ 문장은 빛의 성질보다 인간의 성질로 기술되고 있다. 물론 ④를 부가하여 '빛의 직진'에 관한 글쓴이의 개념을 엿볼 수 있지만, ②와 ③과 같은 표현은 사람이 물리개념으로 이입되는 것이 아니라 물리개념이 사람에게 이입될 수도 있다는 여지를 남긴다. 다시 말해 존재이입된 빛이 빛의 성질이나 특성과 무관하게 인간의 특성으로 묘사될 수 있다는 것이다. 이는 본 과제가 의

인화된 비과학적 상상의 쓰기에 머물 수 있음을 시사한다.

이상의 분석결과에서 볼 수 있듯이, <존재이입형> 과제에서 학생은 물리개념적 존재의 성질을 직접적이고 구체적으로 표현하게 되며, 추상적인 물리개념을 좀더 친숙하게 생각해 볼 기회를 가지게 된다. 이 과정에서 자신의 선개념을 자연스럽게 드러내기도 하며, 존재이입에 좀더 성공적인 경우 물리개념적 존재에 관한 새로운 사유의 기회를 얻을 수도 있다.

그러나 본 유형의 과제는 의인화된 비과학적 상상의 쓰기가 될 수도 있다는 점에서 한계를 가진다.

2) <인식전환형> 과제

본 유형의 과제는 익숙해서 그 의미를 뚜렷이 느끼지 못하는 물리개념적 존재가 사라지거나 물리개념적 존재의 스케일이 크게 변화했을 때를 가정하여 그 상황을 상상하도록 요구하는 과제이다. 다음은 본 과제의 내용과 학생들의 쓰기 예시이다.

과제 : 어느 날 아침에 일어나 보니 세상에서 빛이 사라졌습니다. 빛이 사라진 세상에서 하루동안 겪을 일들을 묘사해 봅시다.

<B-1> ① 아침에 일어났더니 세상이 어둡다. ② 너무 일찍 일어나서 아직 어두운줄 알았더니 시계를 보니 벌써 아침 7시가 훨씬 지났다.

③ 엄마도 왜 이러냐고 나한테 계속 물어 보신다. ④ 라디오에서도 세계의 기이형(형)상에 대해 계속 나오고 있고 곳곳에서도 강도 약탈이 일어나고 있다.

⑤ 일단 학교는 안가니 좋다.

⑥ 근데 컴퓨터 TV 아무 것도 나오지 않아서 정말 불편했다. ⑦ 하루종일 어디 부딪히고 아프고 차라리 학교를 갈테니 빛을 돌려조.

빛이 완전히 사라졌다면 시계를 볼 수도 없고, 강도 약탈이 일어나기도 어려울 것이다. 따라서 <B-1>은 빛이 사라진 세상을 불완전한 어둠(새벽같은 어둠)으로 표현하고 있다고 볼 수 있다. <B-1>과 같이 불완전한 어둠을 표현한 학생은 본 과제를 수행한 10명 중 4명이었는데, 이처럼 본 과제가 주는 일종의 '극적 상황'은 학생들로 하여금 자신이 가진 개념의 '철저함'을 표명하게 한다. 교사에게

는 그 개념을 분명히 해줄 필요성을 환기시키고 효과적인 학습법을 고민하게 해 준다는 측면에서, 학생에게는 자신이 그 개념을 어느 정도 깊이 있게 인식하고 있는가를 깨닫게 해 준다는 측면에서 개념의 철저함을 확인하는 일은 교사, 학생 모두에게 유용하다.

<B-2> ① 아무 것도 볼 수 없다. ② 눈앞에 사람이 있는지 사물이 있는지 또는 위험한 무엇이 있는지 알 수가 없다. ③ 어떤 일을 하든지 청각이나 촉각, 후각 등에 의존해야 한다. ④ 하지만 시각을 이용한 것보다 훨씬 어려울 것이다. ⑤ 만약 하루 동안만 빛이 사라져도 온 세상에 큰 혼란이 일어날 것이다. ⑥ 정말 빛이 없다면 거의 어떤 행동도 하기 힘들 것이다. ⑦ 밖에 나갔다가 자기 집에 돌아오기가 힘들것이고 운전도 할 수 없다. ⑧ 요리를 하기도 힘들 것이다. ⑨ 그래서 사람들은 극히 한정된 공간에서 하루동안 생활할 것이다. ⑩ 물론 이렇게 된다면 보통 사람보다는 더 보지 못한다는 것에 적응이 잘 되어 있는 장님들이 보통 사람들의 눈이 되어 줄 지도 모른다.

<B-2>는 <B-1>과 달리 완전한 어둠을 묘사하고 있다. 완전한 어둠에 처한 글쓴이는 실용적인 문제 해결을 목적으로 생존의 방법을 탐색하는데, 그 결론이 시각 장애인들의 비시각적인 인지 능력이 보통 사람에게 도움이 된다는 것이다(⑩). 이처럼 <인식전환형> 과제에서 학생은 관찰자적 시각을 견지하면서 자신이 가진 물리개념을 일상에서 접할 수 없는 환경에 적용해 보게 된다.

한편 <B-1>과 <B-2>의 두 예시에서는 빛이 존재하지 않는다는 가정 하에 역설적으로 빛의 개념과 역할이 환기되고 있다. 물리개념이 사라졌을 때를 묘사하진 않았지만, Gamow(1993)는 빛의 속도나 플랑크 상수의 스케일이 크게 바뀐 상황들을 그의 저서에서 흥미롭게 묘사하고 있다. 그로 인해 빛의 속도나 플랑크 상수와 같이 일상에서 인식하기 힘든 물리량의 의미가 환기되고 부각되는 것이다. <인식전환형>은 일상적인 물리개념에 변화를 주고 이를 상상하게 함으로써 인식의 전환이 해당 개념의 환기로 이어지도록 유도한다.

이상과 같이, <인식전환형> 과제에서 학생은 관찰자적 시각을 견지하면서 자신이 가진 물리개념의 철저함을 표현할 기회를 가지게 된다. 또한 물리개념적 존재가 존재하지 않는다고 가정함으로써 역설적으로 학생들에게 물리개념을 환기하여 새롭게 생각해 볼 기회를 제공한다.

한편 본 유형의 과제는 학생 자신의 일상적, 문화적 성향이나 개념만을 드러내는 쓰기가 되지 않도록 과제 설계에 주의가 필요하다. 실제로 '질량과 무게'와 같은 여타 주제에서는 외계인과의 생활이나 유행 따위를 기술한 '몽상적 쓰기'가 나타나기도 한다(정혁, 2003).

3) 〈경험근거형〉 과제

본 유형의 과제는 학생들이 자신의 경험과 관련지어 물리개념을 판단하고 해석하도록 요구하는 과제이다. 다음은 본 과제의 내용과 학생들의 쓰기 예시이다.

과제 : 빛이 없다면 우리는 물체를 볼 수 있을까요? 자신의 경험을 들어 설명해 봅시다.

〈C-1〉 ① 빛이 없다면 물체를 볼 수 없을 것이다. ② 빛이 물체에 비쳐 반사되어 보이는 것 같다. ③ 깜깜한 밤에는 물체를 제대로 잘 볼 수 없는 것과 같이 빛이 없으면 물체를 볼 수 없을 것 같다. ④ 원호대사도 깜깜한 동굴에서 바가지에 물이 들어 있는 줄 알고 먹었는데 알고보니 해골물이 었다는 것도 빛이 없어 물체를 잘 못봤다는 것 같다. ⑤ 나도 밤에 다니다가 어두운 골목길을 걸어 가는데 무엇인가 밟았는데 처음에는 목장갑을 밟았는지 알았는데 집에 와서 보니까 똥을 밟았었다. ⑥ 이것도 빛이 없어서 똥을 몰랐던 거 같다. ⑦ 또 밤에 축구를 했는데 친구가 패스해준 공이 안보여서 얼굴에 맞은 적도 있었다. ⑧ 이것도 빛이 없어서 공을 못 본 거 같다. ⑨ 한마디로 말해 빛이 없으면 물체를 볼 수 없다.

〈C-1〉은 경험을 확신하면서 빛이 없으면 물체를 볼 수 없다고 기술하고 있는 예이다. 〈C-1〉에서 글쓰는 '빛의 반사'라는 해석틀이 일반 명제로 먼저 제시되고(②), 이어 자신의 여러 경험들이 사례로 제시되면서(④~⑦) 어두운 밤에 물체를 볼 수 없었던 것은 빛이 없었기 때문이라고 해석하고 있다(⑧). 이는 '빛의 반사'라는 물리 지식이 해석틀이 되어 경험의 사례들을 재구성하여 설명하고 있는 상황이다.

물리 지식이 아닌, 경험 그 자체가 해석틀이 되는 글쓰기도 나타났다.

〈C-2〉 ① 빛이 없어도 물체를 볼 수 있다고 본다. ② 내가 경험한 바로 집에서 잠을 잘 때 불을 다 꺼놓고 자

도 처음에는 하나도 보이지 않지만 점점 시간이 지날수록 방안에 있는 물체들이 하나하나씩 보이기 시작한다. ③ 또 시골에 갔을 때도 사람들은 밤에 잘 다니는데 나는 밤길에 아무 것도 안 보인다. ④ 빛의 유무보다는 빛이 없을 때 그 환경에 적응되기에 따라 물체를 볼 수 있고 없고 하는 것 같다. ⑤ 따라서 우리는 빛이 없으면 답답할 뿐이지 물체를 보지 못하는 것은 아니다.

〈C-2〉는 〈C-1〉와는 반대로 경험을 확신하면서 빛이 없어도 물체를 볼 수 있다(①)고 쓰고 있다. 어둠 속에서도 차츰 물체가 보였던 경험(②)과 시골 사람들이 어두운 밤길을 잘 다녔던 경험(③)을 근거로 물체를 볼 수 있는 것이 빛의 유무에 의한 것이 아니라 저마다 환경에 적응하기에 달렸다(④, ⑤)고 결론짓고 있다.

〈C-1〉과 〈C-2〉 모두 일반 명제와 각자의 경험이 드러나지만 일반 명제의 성격이 서로 다르고, 각각 경험과 관계 맺는 양상이 다를 수 있다. 〈C-1〉에서 일반 명제인 "빛이 물체에 비쳐 반사되어 보이는 것 같다."는 경험을 근거로 세워진 명제라기보다 학습을 통해 얻어진 명제라고 볼 수 있을 것이다. 이 명제는 과학 지식이며, 뒤이은 경험의 사례를 설명해 주는 인과적 해석틀이다. 반면 〈C-2〉의 일반 명제인 "빛이 없어도 물체를 볼 수 있다"는 자신의 경험을 근거로 한 귀납적인 명제다. 이 명제는 뒤이은 경험의 사례를 동어반복하는 데 그친다.

그러나 〈C-1〉이 반드시 바람직하다고만 볼 수는 없을 것이다. 왜냐하면, 〈C-1〉에서 '빛의 반사'라는 과학적 개념이 자신의 경험을 면밀하게 해석하는데 하나의 제약이 되고 있기 때문이다. '과연 불이 꺼진 밤에 빛이 전혀 존재하지 않았는가'라는 물음에 대해선 '빛의 반사'에 관한 지식이 드러나지 않는 〈C-2〉가 도리어 더 면밀한 관찰과 해석을 했다고 볼 수 있는 것이다. 그러나 〈C-2〉의 글쓰기가 역시 자신의 경험으로부터 새로운 인과관계를 설정하지 못하고 동어반복의 경험적 명제에 머물고 있다는 데 한계가 있다. 자신의 경험 자체가 개념으로 정립되는 것은 자연스럽지만 일차적으로 이러한 경험적 상식과 단절되는 것이 과학 개념이기 때문이다(이정우, 2000; Bachelard, 1934).

〈C-3〉 ① 솔직히 경험은 화장실에서 한 번 경험을 해 보았다. ② 화장실에서 불일을 보는데 동생이 불을 끄고

도망을 간 일이 있었다. ③ 그 때 나의 경험으로 미루어 보면 화장실 안에서는 아무 것도 볼 수 없었다.

④ 그러나 이런 생각을 해 보았다. ⑤ 화장실에서의 경험을 되새겨 보았다. ⑥ 나는 불빛이 차단되어 있는 화장실에서 나는 세면대와 화장지, 욕조의 위치를 알 수 있었다. ⑦ 위 경험으로 보아 공간을 눈에 익히고 인지할 수 있다면 어느 정도 물체를 볼 수 있다고 말할 수 있을 것 같기도 하다. ⑧ 물체를 보는데 기억이 영향을 미치리라고는 생각하지 못했다. ⑨ 나는 이번 경험으로 기억이 시각 능력에 분명히 영향을 미치고 있다고 확신한다.

<C-3>에서 글쓰는이는 불이 꺼진 화장실에서는 아무 것도 볼 수 없다(①, ②, ③)고 쓰고 있다. 빛이 없으면 볼 수 없다는 결과의 측면에선 <C-1>과 같지만, 단지 경험에만 의존해 '빛의 반사'와 같은 인과를 제시하지 않는다는 측면에선 <C-2>와 같다.

그런데, <C-3>의 특이한 점은 글쓰는이가 반추(⑤ 화장실에서의 경험을 되새겨 보았다)를 통해 새로운 문제 설정에 이른다라는 것이다. 글쓰는이는 빛이 차단된 상태에서 어떻게 사물의 위치를 인지할 수 있는가(⑥)에 대해, 기억의 영향 때문이라고 나름대로의 해석을 내 놓고 있다(⑧). 글쓰는 자신의 경험을 반추하면서 '빛과 보는 것'의 개념으로부터 기억이 시각능력에 미친다는 결론을 내리고 있는 것이다.

이상과 같이, <경험근거형> 과제에서 학생은 물리개념과 관련된 자신의 경험을 탐색함으로써 지식과 경험을 연결하여 생각해 볼 기회를 갖게 된다. 또한 반추와 재해석을 통해 새로운 경험적 지식을 고찰할 기회도 제공받을 수 있다.

반면 물리개념이 반드시 학생들의 구체적인 경험과 연관되지는 않는다는 면에서, 설명 구체적인 경험과 연관되더라도 그 연관을 인지할 수 있는 초인지가 전제되어야 한다는 면에서 한계를 가진다.

4) <지식근거형> 과제

본 유형의 과제는 학생이 가지고 있는 기존의 학습된 과학 지식을 드러내도록 하는 유형의 과제이다. 다음은 본 과제의 내용과 학생들의 쓰기 예시이다.

과제 : 우리가 물체를 볼 수 있는 것은 빛과 관련이 있을까요? 어떤 물체를 관찰하여 그 물체를 볼 수

있게 되기까지의 과정을 설명해 봅시다.

본 과제를 수행한 8명의 학생 중 1명을 제외하고는 7명이 물체를 보게 되는 과정을 '빛의 반사'로 설명을 하고 있었다.

<D-1> ① 내가 만약 물고기를 볼 때 빛은 큰 연관성이 있다. ② 빛이 비치면 빛은 직선적으로 움직이고 반사가 되는 성질이 있어 물체에 빛이 비치면 물체에 반사된다. ③ 빛이 나면 빛이 물고기에 부딪혀 튕겨져 나오면 우리에 눈은 그 빛을 받아들여 망막에 상을 맺힌 후 우리에 두뇌에서 받아들이는 것이다. ④ 이런 점에서 카메라와 비슷하다고 말할 수 있다. ⑤ 빛은 물에서 굴절이 되는데 물 밖에서 물 속의 물체를 볼 때 굴절되어 보이는 것 또한 빛이 굴절되는 특징과 연관이 있다. ⑥ 또한 중요한 것이 있는데 그것은 빛이 없다면 우리는 물체를 볼 수가 없다.

<D-1>의 글쓰는이는 먼저 ②에서 '빛의 반사'를 명시적으로 드러내고 있다. 빛의 직진성과 빛의 반사(②), 눈에서 뇌까지의 시각적 정보의 전달(③)에 이르기까지 과제에서의 요구대로 '물체를 볼 수 있게 되기까지의 과정'이 간략하고 명료하게 표현되고 있다.

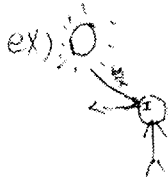
과학자 공동체에서는 '자동차의 가속도'라고 말하면서 '여기서 가속도란 자동차의 속도가 얼마나 빨리 변하는가와 같다'고 부연하지 않는다. '자동차의 속도가 얼마나 빨리 변하는가'라고 말하지 않고 '가속도'라고 표현하는 것은 "경제적이고 효과적인 방식으로 복잡한 개념을 소통시키는 기능을 제공한다."(Wellington & Osborne, 2001). Halliday & Martin(1993)은 과학 교육의 기능이 학생들에게 과학 글쓰기의 표준 형태를 소개하는 데 있다고 주장한다. 궁극적으로 학생들이 물리용어와 술어를 원활하게 사용하고 소통하는 것이 물리교육의 한 목표라면 <D-1>과 같은 서술 역시 바람직한 과학 글쓰기의 한 형태라고 볼 수 있을 것이다.

다음은 '빛의 반사'나 '빛의 직진'과 같은 물리 용어를 사용하지 않고 표현한 유일한 학생의 예시이다.

<D-2> ① 빛이 없다면 물체는 볼 수 없다. ② 그걸 증명하는 방법은 빛이 아예 없는 방에 혼자 있으면 아무 것도 안 보인다.

③ 어떤 물체를 관찰하여 그 물체를 볼 수 있게 되기까

지의 과정을 말해보면 빛이 눈과 이어져서 볼 수 있는 것 같다.



〈D-2〉의 글쓴이는 광원에서의 빛이 눈과 연결되고, 눈에 이어진 빛이 사물로 전달되어 볼 수 있다고 표현하고 있다. 그러나 이를 글로 표현한 “빛이 눈과 이어져서 볼 수 있다” (③)만으로는 글쓴이의 개념을 판단하기에는 모호하며, 부가적으로 그린 그림을 통해 글쓴이의 개념을 분명히 할 수 있다. 단지 묻고자 하는 것을 배운 방식대로 표현하느냐와는 별개로 〈D-1〉과 같이 효율적인 방식으로 표현하기 위해서는 과학 텍스트가 학생에게 어느 정도 익숙해져야 한다. 그러지 못한 학생이라면 〈지식근거형〉 과제가 언어를 사용해 자신의 개념을 전달하는 기본적인 의사소통조차 어렵게 할 수 있음을 시사한다.

이상을 요약하면, 〈지식근거형〉 과제에서 학생은 학습한 물리 용어를 사용하여 물리 개념을 표현할 기회를 갖게 된다. 물리개념을 표현할 때마다 자신의 언어로 풀어서 설명할 수 없다는 면에서, 또한 궁극적으로 물리 용어와 그 용법으로 원활하게 소통하는 것이 물리교육의 한 목표라는 면에서 본 과제는 학생들이 물리 용어를 사용하여 물리 개념을 적절하게 표현할 수 있도록 도울 것이다.

그러나 물리 용어가 추상적이고 그 용법이 형식적이기 때문에, 또한 전형적인 과학 주관식 문항이 주는 경직성 때문에 학생들 자신의 물리 개념을 제약받지 않고 표현하는 데는 한계가 있다.

2. 정서적 측면에서의 분석

정서란 어떤 감정의 상태가 운반되고 동화되는 것을 의미하는데(김대행 등, 2000), 〈존재이입형〉, 〈인식전환형〉과 같은 상상적 쓰기에서 주로 정서적 표현이 드러났다.

다음은 〈존재이입형〉 쓰기인 〈A-1〉에서 일부를 재인용한 것이다.

〈A-1〉 (전략) ⑥ 나와 친구는 밖으로 나가서 어둠을 밝히는 것을 한다. ⑦ 캄패에게 사로잡힌 여인을 빛으로 비

춰주면 캄패가 눈을 못 뜬 사이에 여인을 구한다. ⑧ 또 맘에 안 들었던 인간이 있으면 계속 빛을 눈에 비춰 눈을 못 쓰게 만들고, 돌보기를 이용해 옷을 태워 버린다. (후략)

〈A-1〉의 ⑥에서 ‘빛과 어둠’은 두 가지 의미를 띤다. 첫째가 순수하게 물리적인 의미의 빛과 어둠이라면 둘째가 정서적 성격의 빛과 어둠이다. 정서적 성격의 어둠은 캄패와 맘에 안 드는 인간과 같이 부정적인 것과 연관되면서 반대의 성격을 지닌 빛을 통해 퇴치된다(⑦, ⑧).

〈인식전환형〉 과제의 〈B-1〉도 이처럼 정서적 표현이 드러난다.

〈B-1〉 (전략) ⑥ 일단 학교는 안가니 좋다. ⑥ 근데 컴퓨터 TV 아무 것도 나오지 않아서 정말 불편했다. ⑦ 하루종일 어디 부딪히고 아프고 차라리 학교를 갈테니 빛을 돌려주.

〈B-1〉에서 좋음(⑤)과 불편함(⑥), 희망(⑦)이 직접적으로 표현되고 있다. 이와 같은 정서적 표현은 〈경험근거형〉, 〈지식근거형〉과 같은 사실적 쓰기에서는 잘 드러나지 않았다. 김대행 등(2000)은 정서와 상상력이 표리(表裏)관계에 있다고 지적한다. 정서에 의해 상상력이 촉발되거나 반대로 상상력에 의해 정서가 촉발되기도 한다는 것이다. 따라서, 지적(知的) 요소나 사실을 중심으로 기술하도록 한 〈경험근거형〉, 〈지식근거형〉 과제에서 학생들은 자신의 정서를 드러내기 어려웠을 것으로 생각된다.

상상적 쓰기는 양식적 측면에서 보다 덜 형식적이고, 내용적 측면에서는 이처럼 정서적 표현을 허용한다. 논리나 지식만 드러내는 것이 아니라 자신의 정서까지 함께 드러내는 활동이 학생들에게 더 자유롭고 능동적인 활동이 될 수 있을 것이다. 정서적 표현은 과학 개념을 주제로 하는 과학 쓰기에서 하나의 일탈이 될 수도 있지만, 반대로 이러한 일탈의 표현은 〈존재이입형〉 및 〈인식전환형〉과 같은 상상적 쓰기 과제가 학생들에게 유연하고 개방적인 쓰기 상황을 부여하고 있음을 반증하고 있는 셈이다. 이와 같이 흥미로운 상상을 허락하는 개방적 과제는 학생들이 과학 시간에 즐거운 글쓰기를 할 수 있도록 할 것이며, 더 나아가 과학에 대한 흥미와 상상력을 유인하는 데 기여할 수 있을 것이다.

IV. 결 론

학생들은 다양한 유형의 쓰기를 통해 빛과 같이 이해하기 어려운 물리개념을 좀더 친숙하게 숙고하거나(〈존재이입형〉) 그 개념을 환기하여 새롭게 생각해 보거나(〈인식전환형〉), 자신의 지식과 경험을 관련짓거나(〈경험근거형〉), 물리 용어를 사용하여 자신의 물리 개념을 표현하게 된다(〈지식근거형〉).

수업에서 개념을 도입하기 전에 학생들의 경험을 드러내게 하거나(〈경험근거형〉), 수업 도중 물리 개념에 보다 친숙해질 수 있게 하거나(〈존재이입형〉), 학습된 내용을 개요적인 수준에서 평가하거나(〈지식근거형〉), 적용활동의 일환으로(〈인식전환형〉) 글쓰기의 다양한 유형이 활용될 수 있을 것이다. 특히 상상적 쓰기는 학생들이 자연스럽게 자신의 선개념을 드러내도록 한다. 이때 드러나는 선개념은 설령 시험 문제에서는 맞출 수 있는 개념이더라도 '쉽게 바뀌지 않는' 본래 자신의 개념에 가깝다. 예컨대, 시험 문제에서 확인할 수 없는 학생들의 실제 개념들을 확인하는 데 상상적 쓰기의 형태와 같은 비교적 자유로운 글쓰기가 도움이 될 수 있을 것이다.

결론적으로, 과학 교수에서 하나의 획일적인 유형으로 과학 글쓰기를 강조할 것이 아니라, 학습 목적에 맞게 학습 모형과 연계하여 다양한 과제 유형의 글쓰기를 구안하고 폭넓게 적용해 보는 활동이 필요할 것이다. 실제 수업에서 도입, 이해, 응용, 평가 등 수업 단계의 목적에 맞게 과학 글쓰기 과제와 수업 모형을 구안하고 이로부터 학생들의 개념 변화를 직접 관찰하는 것은 의미 있는 연구 과제 중에 하나일 것이다.

국 문 요 약

다른 교과와 마찬가지로 물리교육에서도 언어는 기본이 되는 학습 도구이다. 쓰기 활동은 무엇보다 참여한 학생 모두에게 자신의 언어로 생각을 표현할 기회를 동등하게 부여한다는 장점이 있다. 대부분의 과학 수업에서 쓰기 활동이 보고서와 같은 획일적인 양식인데 비해, 학생들은 다양한 양식의 쓰기 형태를 보인다. 그러나 국내에서 학생들에게 제시할 수 있는 적절한 과학 쓰기 과제나 특징에 대한 연구는 많지 않은 실정이다.

먼저 본 연구는 본질적으로 추상적이어서 이해하기 어려운 물리 개념인 빛을 주제로 학생들이 다양한 양식의

글쓰기를 수행하도록 과제를 설계하였다. 이어 이를 학생들에게 제시한 뒤 학생들의 쓰기 자료로부터 드러나는 특성을 개념적 측면과 정서적 측면에서 분석하고, 각각의 쓰기 과제 유형이 주는 물리교육적 유용성을 탐색하였다.

쓰기 과제는 〈존재이입형〉, 〈인식전환형〉, 〈경험근거형〉, 〈지식근거형〉의 4가지 유형을 선정하여 이를 수행한 학생들의 글쓰기를 분석 대상으로 삼았다. 개념적 측면의 분석 결과, 학생의 개념이 과제 유형별로 상이한 특성 보였으며, 정서적 표현은 상상적 형태의 쓰기 유형인 〈존재이입형〉과 〈인식전환형〉 유형에 나타났다. 이러한 점들을 고려할 때, 물리교육에서 과학 쓰기는 수업의 목표에 따라 다양한 과제유형이 구안되고 적절하게 제시되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

김대행, 김동환, 김종철, 김중신, 우한용, 정병현, 정재찬, 윤여탁(2000). 문화교육원론. 서울대학교출판부.

권성기, 김영민, 김익근, 김진만, 박종원, 송진웅, 장병기, 정용재(2000). 학생의 물리개념. 서울대학교 사범대학 물리교육과 물리학습연구실.

이정우(2003). 상식, 과학기술, 형이상학 - 베르그송과 바슐라르를 중심으로. 철학아카데미 홈페이지 <http://www.acaphilo.or.kr>

정혁(2003). 물리개념을 주제로 한 11학년 학생의 과학 글쓰기 분석 - 쓰기 과제의 유형에 따른 차이를 중심으로 -. 서울대학교 석사학위 논문.

조희형(1994). 잘못 알기 쉬운 과학 개념. 전파과학사.

Bachelard, G.(1934). Le nouvel esprit scientifique. 김용선 역(1990). 새로운 과학정신. 인간사랑.

Gamow, G.(1993). Mr. Tompkins in paperback. 승용조 역(2001). 조지 가모브, 물리열차를 타다. 송산.

Halliday, M. A. K. & Martin, J. R.(1993). Writing science: Literacy and discursive power. The Falmer Press: London.

Hodson, D.(1998). Teaching and learning science: Towards a personalized approach, 154-167. Open University Press: Buckingham & Philadelphia.

Keys, C. W.(1999). Revitalizing instruction in science genres: Connecting knowledge production with writing to learn in science. Science Education, 83,

115-130.

- Martin, N.(1976). Language across the curriculum: A paradox and its potential for change. *Educational Review*, 2, 206-19.
- Rivard, L. P.(1994). A review of writing to learn in science: Implications for practice and research. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(9), 969-983
- Vygotsky, L. S. (1962). Thought and language. 신현정 역(1985). 사고와 언어. 성원사.
- Watts, D. M. & Gilbert, J. K.(1983). Enigmas in school science: Students' conceptions for scientifically associated words. *Research in Science and Technological Education*, v1 n2, 161-171.
- Wellington, J. & Osborne, J.(2001). *Language and literacy in science education*. Open University Press: Buckingham.