

과학문장 읽기를 통한 학생들의 과학적 이해 과정 분석 - 문헌 연구를 중심으로 -

박종원*
전남대학교

Analysis of Processes in Students' Scientific Understanding Through Reading Scientific Texts -Focused on Literature Review-

Jongwon Park*

Chonnam National University

Abstract: Scientific texts are some of major sources for scientific understanding. Therefore, reading scientific texts should be considered as an important learning activity. However, there is little research about reading scientific text in Korea. In this study, as a starting point for research about reading scientific text, lists of scientific text constituents and scientific text functions are suggested based on a comprehensive literature review. The study also reviewed how scientific text structure, familiarity of scientific text and analogy involved in scientific text can affect students' scientific understanding through reading scientific text. Finally, further study plans, such as analysis of actual science textbooks using the lists suggested in this study as well as the investigation of actual students' thinking processes when reading scientific text, were described.

Key words: Reading, Science Text, Text Structure and Function, Text constituents

I. 서론

“어떤 물체를 위나 아래로 던질 때 물체에 작용하는 공기의 영향을 무시할 수 있다면 물체가 일정한 비율로 아래 방향으로 가속되는 것을 알 수 있다. 이 비율을 자유낙하 가속도라고 부르며, ...” (Hallyday, Resnick, & Walker, 2005, p. 24)

이 내용에 의하면 공기마찰을 무시하고 중력만 작용한다면 떨어지는 운동뿐 아니라, 수평으로 던져 떨어지는 운동이나 포물선 운동도 모두 자유낙하 운동이다. 그러나 학생들에게 위의 문장을 읽게 한 다음 자유낙하 운동에 대해서 물어보면, 많은 학생들이 위 문장을 읽었음에도 불구하고 수직으로 떨어지는 운동만이 자유낙하라고 응답하는 경우가 있다. 이에 Koch (2001)는 “일반적으로 물리를 배우는 학생들은 물리 문장의 의미를 해독(decode)하는 데 필요한 특

정능력과 전략이 부족해 보인다”고 지적한 바 있다.

따라서 학생들이 과학문장을 읽을 때 부족한 측면이 무엇이고 머릿속에서 일어나는 추론과정이 실제로 어떠한지, 과학학습에서 효과적인 읽기를 위해 어떤 지도가 필요한지에 대해 관심을 가질 필요가 있다.

과학학습에서 과학 읽기는 과학학습에서 여러 측면에서 중요하다. 첫째, 과학적인 정보의 습득에서 중요한 역할을 한다. Bulman (1982, p.19)은 Hanson (1964, p. 66)의 주장을 인용하면서, 과학자들이 논문만 읽는 데에도 일주일에 약 5시간을 사용한다고 하였고, Chen (1974)은 미국 보스턴 지역의 6개 대학 (Harvard, MIT, Brown 포함)의 물리학자를 대상으로 한 연구에서 물리학자들의 57%가 일주일에 1~3개의 논문을 읽고, 34%가 4~6개의 논문을 읽는다고 하였다. 이에 Wellington & Osborne (2001, p. 41)은 “실제 과학자들은 읽기에 많은 시간을 소비하고 있다. 관찰하거나 듣기보다는 읽기에서 많은 과학들을 더

*교신저자: 박종원(jwpark94@chonnam.ac.kr)

**2009.07.15(접수) 2009.10.08(1심통과) 2009.11.14(2심통과) 2009.12.14(최종통과)

***이 논문은 2007년도 전남대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

효과적으로 배울 수 있다.” 고 하였다.

둘째, 유의미한 과학학습은 개념적 관계에 대한 이해를 통해 이루어질 수 있는데(Walker, 1989; Novak, 1998), 그러한 개념적 관계에 대한 이해는 잘 쓰여진 과학문장의 읽기를 통해서 도움을 받을 수 있다(Glynn & Muth, 1994).

셋째, 과학읽기는 개념변화에도 도움을 줄 수 있다. Guzzetti *et al.* (1993)는 과학문장과 개념변화와의 관계를 연구한 23개 논문을 메타분석한 결과, 91%가 과학적으로 옳은 개념과 오개념이 대비되는 반박문장을 이용하였으며, 그 결과 반박문장이 개념변화에 효과적인 전략 중의 하나라고 하였다. Hynd *et al.* (1994)는 시범이나 토론없이 반박문장만으로도 개념변화에 도움을 줄 수 있었고, Wang & Andre (1991)는 학생들에게 전기에 대한 개념변화 문장을 제시하여 정성적 이해에 향상이 있음을 관찰하였다.

넷째, 과학 읽기는 과학적 소양의 함양을 위해서도 필요하다(Wallace, 2004a; Norris & Phillips, 2003). 즉 민주시민으로서 과학과 관련된 문제들을 인식하고 관련 정보를 얻으며 의사결정할 수 있는 과학적 소양은 여러 가지 과학관련 자료의 읽기를 통해 얻어질 수 있다(Gaskins *et al.*, 1994). 이에 미국 국립연구회(National Research Council, 1996, p.22)는 “과학적 소양은 대중 출판물에서 과학에 대한 기사를 읽고 이해할 수 있어야 한다”고 강조하였다.

과학읽기가 과학학습에서 중요하다는 점은 과학교육과정이나 과학교육 보고서에서도 찾아볼 수 있다. 캐나다 온타리오주의 과학교사협회(STAO: The Science Teachers' Association of Ontario, 2007)에서는 과학문장 읽기도 실제 활동과 같이 비판적 사고와 분석적 사고, 그리고 능동적 참여를 필요로 한다고 강조하면서, 과학읽기를 위해 필요한 기능들을 다음과 같이 제시하였다: 사전지식의 사용, 용어, 단위 기호의 개발과 이해, 도표, 표, 차트, 그래프 등 다른 도식들의 해석, 추론의 사용, 개념의 흐름과 개념들간의 관계 인식, 평가/비교/패턴인식/요약과 결론도출, 다양한 문장(웹, 안내, 표식, 안내서, 교과서 등)과 구조(내용에 대한 표, 찾아보기, 다중형식 페이지)의 섭렵(navigating) (STAO, 2007).

우리나라 교육과정의 경우에도 과학과 “학습지도방법”에서 읽기와 관련하여 다음과 같은 내용이 있다(교육부, 2007, pp. 30).

“(5) 과학 및 과학과 관련된 사회적 쟁점에 대한 자료를 읽고, 이를 활용한 과학 글쓰기와 토론을 통하여 과학적 사고력, 창의적 사고력 및 의사소통 능력을 함양할 수 있도록 지도한다.”

읽기의 대상인 과학교과서는 학교 과학수업에서 중요하게 사용되는 매체이다(Yore, 1991; Chiappetta, Sethna & Fillman, 1993). Yager(1983)는 Harms & Yager (1981)의 보고서를 인용하여 미국 과학수업에서 90%이상의 과학교사가 수업시간의 95% 이상 동안 교과서를 활용한다고 하였다. Woodward & Elliot (1990, pp. 178-180)도 미국 교실 수업에 교과서가 중심적으로 사용되고 있다고 하였다.

그러나 이것이 과학수업에서 과학 읽기를 의미있게 한다는 것은 아니다. Lunzer and Gardner (1979)에 의하면, 중학교(secondary) 과학수업 시간에서 주어지는 읽기 활동이 교사의 경우에는 1학년 수업과 4학년 수업에서 각각 4%와 2%였고, 학생의 경우에는 9%와 10%에 불과한 것으로 관찰하였다(pp. 119-120). 또 읽기 지속시간을 보면, 57%~75%가 15초 이내, 21%~35%가 30초 이내의 간헐적인 읽기였으며, 1분이 넘는 지속적인 읽기는 1~3%에 불과하다고 하였다(p. 125).

사실 학생들은 과학읽기에 어려움을 여러 가지 가지고 있다. 첫째 전문 과학 용어때문이다. Osborne (1996, p. 274)은 “물리학습은 역사적 사실을 배우는 것보다 외국어를 배우는 것에 더 가깝다”고 하였고, Yager (1983)도 같은 시간동안 외국어 학습보다 과학 교과서에서 더 많은 생소한 단어와 용어가 나온다고 하였다. Byrne, Johnston and Pope (1994)는 과학 학습을 어렵게 하는 이유 중의 하나는, 과학용어가 더 정확하게 사용되어야 하고 일상적 상황과 다른 의미로 사용되는 특성 때문이라고 지적하였다.

둘째, 문장 구조에서도 어려움을 찾을 수 있다. McKeown *et al.* (1992)은 주요 개념들이 단편적이고 비정합적으로 쓰여진 과학문장은 학생들의 이해를 어렵게 한다고 하였다.

과학읽기의 어려움은 학생에게도 있다. Graesser, Leon & Otero (2002, p. 2)은 학생들이 가지는 잘못된 선행지식이 과학 교과서의 개념과 원리를 이해하는데 방해가 된다고 지적하였다.

이러한 어려움에도 불구하고 과학학습에서 읽기에

대한 관심과 지도가 부족하다는 지적도 있다(Yore, 1991; Henderson & Wellington, 1998; Yore, Craig & Maguire, 1998). Guzzetti, *et al.* (1993)는 과학문장을 이용한 수업지도에 관심이 적다고 지적하였고, Koch(2001)는 그 이유가, 많은 과학교육 연구가 특정 내용을 지도하는 방법, 문제 해결기능의 발달, 그리고 실제 활동 수행능력의 향상에만 주로 관심을 가지고 있기 때문이라고 지적하였다.

우리나라의 경우에도 riss4u에서 찾아본 결과, 과학 읽기와 관련된 연구가 6편에 불과하였다. 각 내용을 간단히 살펴보면, 장명덕, 홍상욱, 정진우(2002)는 중학생 과학영재아들의 과학적 본성 이해를 돕기 위해 읽기활동을 활용한 연구였고, 이후에 홍상욱 등(2004)이 고등학생을 대상으로 유사한 연구를 다시 수행하였다. 한안진과 이해순(2001)은 과학사, 과학자 일화, 과학이야기, 시사 과학용어 등으로 구성된 읽기자료가 과학학업성취도와 과학관련 태도에 긍정적인 영향을 미치는 것을 관찰하였고, 전화영, 여상인, 우규환(2002)도 과학자 읽기자료를 이용하여 고등학생의 과학에 대한 태도에 미치는 긍정적인 영향을 관찰하였다. 또 장명덕, 정철, 정진우(1999)는 초등학생을 대상으로 한 연구에서 읽기능력과 탐구능력, 그리고 과학성취도간에 유의미한 상관관계를 얻은 바 있고, 이후에 정철(2002)이 과학지식 이해에 읽기 동기가 영향을 주는지 알아보는 연구를 수행한 바 있다.

여기까지 첫째, 과학학습에서 과학읽기의 중요성을 살펴보고, 둘째, 과학읽기가 과학수업에서 충분히 다루어지지 않고 있었다는 지적과 함께, 과학 읽기에 대해서 학생들이 여러 가지 어려움도 가지고 있다는 것을 살펴보았다. 마지막으로 과학읽기에 대한 연구가 충분하지 않다는 것도 지적하였다.

이에 본 연구자는 과학읽기를 통한 학생들의 과학적 이해의 과정을 조사해 보고자 하였다. 이를 위해 먼저, 과학문장의 특성을 조사하고, 이제까지 과학읽기에 연구를 종합적으로 조사할 필요가 있었다. 따라서 본 연구에서는 과학 읽기를 통한 학생의 이해과정 조사에 앞서, 먼저 다음과 같은 내용으로 문헌연구 중심으로 연구를 수행하였다.

첫째, 문헌연구를 통해 과학문장을 이루는 구성 요소 분류틀을 제안한다.

둘째, 문헌연구를 통해 과학문장의 기능에 따른 분류틀을 제안한다.

셋째, 과학용어에 대한 학생의 이해와 과학문장 이해에 미치는 요소들의 영향에 대한 연구결과들을 정리한다.

넷째, 이러한 문헌연구를 기초로 과학문장 읽기를 통한 학생의 이해과정에 관련된 연구문제들을 도출한다.

II. 과학문장의 특성

과학 문장의 구성 요소

① 개념요소: 우선 과학문장에는 개념이 포함되어 있다. 개념은 크게 사물과 사건으로 나눌 수도 있지만(Novak, 1998), Wellington and Osborne (2001: p. 20)과 같이 다음 4가지로 세분할 수도 있다.

- 구체적인 사물을 지칭하는 명명단어 (물체, 화학원소, 전문어 등)
- 사건에 해당되는 과정단어(광합성, 증발, 융해, 연소, 진화 등)
- 추상적 개념에 해당되는 단어(열, 전기장 등)
- 수리적인 기호나 단어($p = mv$, R 등)

② 접속요소: 과학문장에서 개념과 개념들을 연결하는 접속어도 중요한 기능을 한다. 예를 들면, 결론으로 이끄는(따라서), 증거에 대한(이에 의하면), 대조나 비교하는(그에 반해), 원인과 효과를 연결하는(왜냐하면, 그러므로), 연대적 순서를 나타내는(그에 앞서, 먼저)것과 같은 연결어(Wellington & Osborne, 2001: pp. 15-17) 등이 그러하다(Hare, Rabinowitz, & Schieble, 1989).

Byrne, Johnstone and Pope(1994)는 "... '왜냐하면', '그러므로', '그래서' 와 같은 접속어는 문장을 함께 연결하여 심사숙고한(reasoned), 그리고 논리적인 언명이나 결론으로 이끌어준다"고 강조하였고, Gardner(1977)는 '왜냐하면(because)', '따라서(for this reason)', '그러나(but)', '마찬가지로(similarly)', '어떤 경우에(in any case)' 와 같은 접속어는 과학문장의 이해에서 중요한 역할을 하는 접속어로 이들을 가리켜 특별히 '논리적 접속어'라고 하였다.

③ 조건요소: 모든 과학이론과 설명에는 핵심법칙과 이론뿐 아니라, 여러 가지 초기조건과 이상조건, 보조가설과 여러 가지 전제들이 함께 포함되어 있다(Lakatos, 1978). 특히, 이상조건(ideal conditions)은 실제 현상으로부터 추상화된 물리세계를 이해하는데 필수적인 것으로 강조되어 왔다(Song *et al.*, 2001). 따라서 핵심적인 내용뿐 아니라 관련된 부수 내용들도 과학문장을 이루는 주요 요소가 될 수 있다. 예를 들면, ‘균일한’, ‘무시할 수 있는’, ‘동시에’, ‘일정한’ 등과 내용들이 그것이다.

④ 기호 요소: 앞서 Wellington and Osborne (2001)이 지적한 4개의 과학문장 구성 요소들 중에 수리적 기호나 단어는 특별히 관심을 가질 필요가 있다. Lemke (1998; p. 87)은 “과학개념은 언어적 요소를 가지고 있지만, 단지 언어적 개념만은 아니다. 그것은 언어적, 수학적, 시각-그래프적, 그리고 행동-조작적 요소들이 동시에 포함된 통합 기호(semiotic hybrid)이다.”라고 하였다.

Dee-Lucas & Larkin (1988b)는 “과학 교재는 전형적으로 공식과 기호, 그리고 전문 용어 등을 포함한 복잡한 정보들로 강하게 묶여있다”고 하였고, 이전의 연구에서도 Dee-Lucas & Larkin (1986)은 과학문장의 주요 내용을 정의, 공식, 사실로 나누어 분석하면서, 정의는 다시 언어적 정의와 공식적 언어로 나누고, 언어적 내용이 전혀 포함되지 않은 공식을 따로 ‘공식’으로 분류한 바 있다. 이와 같이 과학문장에는 공식과 단위와 기호 등의 수학적/기호적 요소를 가지고 있기 마련이다. 이러한 점에서 Alexander & Kulikowich (1994)는 특히 물리문장이 이중언어적 특성을 가지고 있다고 하였다. Lemke(1998; pp. 88-89)은 물리학 논문집을 간단히 분석하여, 페이지당 수학공식이 평균 1.4~2.7개가 나타난다고 하였다.

이러한 특징 때문에 학생들은 과학문장을 읽을 때 수식정보에 더 관심을 가질 수 있다. Dee-Lucas & Larkin (1988b)은 초보자(대학생)는 전문가(대학원생)에 비해 내용이 동일함에도 불구하고 공식이 포함된 정의를 더 중요한 것으로 선택하는 경향이 있음을 관찰하였다.

다음으로 과학문장의 구성요소로 생각해 볼 것은 그림이나 도표, 다이어그램 및 그래프 등과 같은 시각 요소이다. 고전적인 의미로 보면 그림이나 사진, 도표

등은 비문장적인 것으로 볼 수도 있다. 그러나 문장읽기에 대한 이중해독이론(dual coding theory)에 의하면, 문장의 이해는 두 개 유형, 즉 글로 쓰여진 단어들과 책에 그려진 그림에 의해 일어난다고 지적하고 있다(Paivio, 1986; Clark & Paivio, 1991; Sadoki & Paivio, 2004). 이중해독이론에서는 의미를 이해하는 수준을 3가지로 본다: 첫번째 수준은 표상화 수준으로 언어적 정보와 시각적 정보를 보고 정신적 표상을 활성화하는 수준이고, 두번째 수준은 연합(association) 수준으로 언어적 정보를 다른 언어적 정보와 연결짓고, 시각적 정보를 다른 시각적 정보와 연결짓는 수준이다. 이와 같이 처음에는 언어정보와 시각정보가 머리 속에서 서로 다른 인지과정으로 일어나지만, 세번째 연관(referential) 수준에서는 언어적 정보와 시각적 정보간의 연관이 일어나는 것으로 본다(Sadoki, Goetz, & Rodriguez, 2000). 따라서 언어정보와 시각정보와의 연관은 문장의 이해에 직접적인 도움을 주게 된다. 물리 교재에서 추상적인 개념을 이미지화하거나(장에 대한 개념을 그림으로 표현하는 경우) 모델화(예를 들어, 원자모델)하는 이유도 이러한 이유이다. Lemke(1998; pp. 88-89)는 물리학 논문집을 간단히 분석하여, 페이지당 시각요소(그림, 표, 차트, 그래프, 사진, 그림, 지도 등)가 평균 1.1~2.5개가 나타난다고 하였다.

시각정보와 언어정보와의 상호작용은 Sadoki, Goetz, & Rodriguez(2000)의 설명과 다른 방식으로 작용할 수도 있다. Verdi *et al.* (1996) 등은 과학문장을 읽고 도표를 보는 것보다, 도표를 먼저 보고 과학문장을 읽을 때 사실과 특징을 더 잘 기억하는 것을 관찰하였다. 이것은 어떤 종류의 정보가 먼저 활성화되는가가 인지과정에서 다른 효율을 가질 수 있음을 의미한다. Kulhavy *et al.* (1993)은 연합처리이론(conjoint processing theory)을 제안하면서 시각정보가 추가되면 언어정보만 제시된 경우보다 작업기억의 사용용량을 줄여줌으로서 학습자의 이해를 돕는다고 하였다. 따라서 시각정보가 제시되면 작업기억의 용량이 아직 많이 남지만, 언어정보가 먼저 활성화되는 경우에는 그만큼 작업기억의 남은 용량이 더 적어지기 때문으로 생각해 볼 수 있다.

또 언어정보와 시각정보와의 상호작용은 반드시 한 가지 유형만으로도 가능하다. 즉 언어정보만으로도 시각정보와의 연결이 일어날 수 있다. 예를 들면, 아

무런 이미지 없이도 ‘원자에서 전자가 튀어나가...’ 라는 문장만으로도 우리는 머리 속의 기억으로부터 원자에 대한 이미지를 이끌어내 연결시킬 수 있다. 물론 모든 문장으로부터 시각적 이미지를 이끌어내고 연결시킬 수 있는 것은 아니다. ‘과학의 본성 ...’이라는 문장을 보면서 ‘본성’에 대한 이미지를 이끌어내는 것은 쉬운 일이 아니다. 따라서 Holcomb *et al.* (1999)는 단어에 해당되는 시각요소가 쉽게 연결될 수 있는가의 여부로 단어의 구체성을 정의하기도 하였다. 즉 ‘의자’라는 단어가 구체적인 반면에 ‘본성’라는 단어가 구체적이지 못하다는 것이다. 이와 같이 언어정보와 시각정보와의 연합과정은 Schnotz (2002)의 문장과 시각적 요소의 이해에 대한 통합 모델과 같이 최근에도 계속되고 있다.

⑤ 탐구요소: 마지막으로 과학문장의 중요한 요소로 과학적 탐구기능 요소(관찰, 가설제안, 변인통제 등)를 빠뜨릴 수 없을 것이다. 이것은 Lemke (1998: p. 87)가 언급한 ‘행동적 조작적 요소’와도 관련지을 수 있다. 탐구요소의 중요성은 익히 잘 받아들여지고 있는 부분이라 더 이상의 자세한 논의는 하지 않겠다. 이상의 문헌조사를 통해 과학문장의 구성요소를 종합적으로 고려한 결과, 다음과 같이 종합적인 리스트를 제안할 수 있게 되었다.

I. 개념요소

- I-1. 사물: 등근 플라스크, 니크롬선, ...
- I-2. 사건 개념: 증발, 진화, 등...
- I-3. 추상적 개념: 열, 전기장, 등...

II. 접속요소: 논리적(따라서, 등), 인과적(왜냐하면, 등), 계열적(먼저, 그 다음은, 등), 공간적(그 위에, 등), 범주적(이와 달리, 등), 위계적(보다 일반적으로, 등), 정리(마지막으로, 요약하면 등), 등 ...

III. 조건요소: 선행적인, 무시할 수 있는, 일정한, 균일한, 등 ...

IV. 기호요소

- IV-1. 수학 공식
- IV-2. 기호나 단위
- IV-3. 시각요소: 도표, 다이어그램, 표, 그림, 사진, 등 ...

V. 탐구요소: 관찰, 분류, 추론, 가설제안, 설명, 예측,

실험설계, 그래프해석, 결론도출, 등 ...

과학문장의 기능에 따른 유형

① 기술, 설명, 일반화: 먼저 과학문장의 여러 구조에 따라 언급한 내용을 정리해 보면 다음과 같다. Cook & Mayer (1988)은 문장의 기능을 일반화, 나열, 계열, 분류, 비교/대조로 제시하였고, Hare, Rabinowitz and Schieble (1989)는 나열적, 순차적, 원인/결과적, 그리고 비교/대비적으로 구분한 바 있다. 또, Spiegel & Barufaldi (1994)은 나열, 계열, 분류, 인과식, 일반화로 분류하였다. 이들이 제안한 문장의 기능들을 다시 정리해 보면 다음과 같다.

- 나열: 정보의 단순한 나열로서, 명시적으로 번호가 매겨질 수도 있고 아닐 수도 있다.
- 분류: 주요 주제가 주어지고, 다시 하위 주제와 범주들로 나누어진 문장
- 순차: 사건이나 단계가 순서대로 제시된 경우이다. 순서에 따른 문장, 논리적으로 진행되는 문장, 실험단계 문장과 같은 경우가 이에 해당된다.
- 비교/대조: 비교는 두 개 이상의 대상에 대해서 차이점과 유사점을 제시한 문장이다. 그러나 대비의 경우에는 차이점만 제시한다.;
- 인과: 하나의 사건이나 개념이 다른 사건이나 개념과 인과적으로 연결된 문장. 특히 과학문장에서 많이 나타날 수 있다.
- 일반화: 주요 주제가 주어지고, 그 주제를 설명하거나 지지하는, 명확화하거나 확장하는 문장. 그러한 문장에는 예시나 도해, 또는 자세한 설명(details)이 포함될 수 있다. 구체적으로는 가설이나 결론, 법칙이나 이론에 대한 내용, 또 사실들을 통한 개념 도입이나 정의에 대한 내용에서 자주 나타난다.

다시 위의 유형들을 묶어보면, 기술(나열, 분류, 순차, 비교/대조)과 설명(인과), 그리고 일반화의 3 유형으로 나눌 수 있다.

② 지시: 이러한 정리를 Wellington and Osborne

(2001, p. 51)가 소개한 Davis and Greene (1984)의 과학문장의 7가지 유형에 적용해 보면 다음과 같이 기술과 설명, 일반화 이외에 '지시' 유형이 더 추가됨을 알 수 있다.

- 지시(교실활동을 위한 준비) → 지시
- 분류(고체, 액체 또는 기체 등의 분류) → 기술
- 도표와 함께 구조를 기술하는 문장 → 기술
- 도표와 함께 기작을 설명하는 문장 → 설명
- 과정 문장: 암석의 형성, 물의 순환 등 → 설명
- 개념-원리: 뉴턴의 법칙 등 → 일반화
- 가설-이론: 생명의 기원, 빅뱅 이론 등 → 일반화

다시 이러한 분류를 그들(Graesser, Leon, Otero, 2002, p. 8)이 소개한 Graesser, Gordon, & Brainerd (1992)의 문장 유형에 적용해 보면 다음과 같이 4가지 유형으로 잘 분류됨을 알 수 있다.

- 포함(구리는 도체이다) → 기술
- 공간 구성(자석 주위에 원형 코일이 놓여있다) → 기술
- 구성과 구조(컴퓨터는 모니터, 키보드, .. 등으로 구성되어 있다) → 기술
- 단계와 계획(실험 안내서 실험단계) → 지시
- 인과적 연관성(호수 오염의 원인) → 설명
- 구조화(조직도) → 일반화
- 기타(특징 기술, 정량적 기술, 법칙 등) → 기술과 일반화

이외에 과학문장에 대해서 정합적 구조에 대한 논의가 많이 있는데, 이는 인과적 구조로 볼 수 있다. McKeown, *et al.* (1992)고 (사회적) 사건의 원인과 결과가 인과적으로 잘 연결된 문장을 정합적인 문장이라고 하였다. 이때 정합적 구조의 문장은 설명 기능을 갖는 것으로 분류할 수 있다(Hempel, 1965; Park & Han, 2002).

③ 논증: Chambliss(2002, p. 58)는 논쟁을 제시하는 문장도 언급하였다. '논쟁을 제시하는 문장'은 세부적으로 주장과 증거, 그리고 근거로 구성된다(Driver, Newton, & Osborne, 2000; Kuhn 1993). 이러한 논증은 학생의 과학 오개념을 반박하여 옳은

개념으로 변화시키기 위해 유용하게 활용될 수 있다. 반박문장은 Hynd *et al.* (1994)에 의해 다음과 같은 단계로 제시되기도 한다: (1) 일상적 경험에 기초하여 초보적개념을 나타내는 설명으로 시작한다, (2) 초보적 개념의 한계를 예시화하는 설명이 제시된다, (3) 과학적 모델이 제시되고, 한계를 어떻게 대처할 수 있는지를 설명한다.

이상의 문헌조사를 통해 조사한 결과, 다음과 같이 과학문장의 기능에 따른 유형을 제안할 수 있었다. 여기에서 기능에 따른 유형이라고 한 이유는 언어학적 구조와 달리 전체 문장 속에서 각각의 문장이 어떤 기능을 하는지를 강조하기 위한 것이다. 이와 같이 기능 유형별로 과학문장을 분류해 보면, 과학내용이 어떻게 전개되는지도 함께 이해할 수 있을 것으로 예상된다.

I. 지시

- I-1. 목표제시
- I-2. 탐구활동 지시/단계
- I-3. 기타 교실활동 안내

II. 기술

- II-1. 현상/구조/특징의 기술
- II-2. 과정 기술
- II-3. 분류, 배열, 위계, 포함
- II-4. 대비, 비교

III. 설명

- III-1. 작동과정 설명
- III-2. 논리적 추론/정당화
- III-3. 인과적 설명/가설
- III-4. 예상

IV. 논증

- IV-1. 근거의 제시/활용
- IV-2. 주장
- IV-3. 반박 또는 지지

V. 일반화

- V-1. 정리
- V-2. 추상화, 정의, 조직화
- V-3. 공식/법칙 유도
- V-4. 일반화된 결론/법칙/원리/이론

III. 과학문장 읽기와 학생의 이해 연구

과학문장 읽기를 통한 학생의 이해를 알아보기 위

해 먼저 과학문장의 구성요소에 대한 학생들의 이해를 알아볼 필요가 있다. 또 과학문장의 이해에 어떤 변인들이 어떤 영향을 주는가를 알아보는 것도 필요하다.

Ⅲ장에서는 먼저 과학용어와 접속어에 대한 학생의 이해를 문헌조사하고, 과학문장의 구조와 학생의 흥미/배경지식 등이 과학문장의 이해에 주는 영향에 대한 연구결과들을 조사하였다. 그리고 과학문장을 읽을 때 일어나는 추론과정, 즉 과학읽기를 통한 이해과정에 대한 연구문제가 필요한 근거를 제시하였다.

과학 문장 속의 용어에 대한 학생의 이해 조사

① 과학용어: Meyerson, Ford and Ward (1991)은 초등학교 3학년과 5학년 교과서에서 공통적으로 사용되는 과학 단어 44개와 111개를 각각 추출하였다. 이들 중에서 3학년과 5학년에 공통적으로 나오는 단어 15개(동물, 세포, 중력, 자석, 포유동물, 질량, 물질, 궤도, 행성, 재생, 공전, 바위, 위성, 침전물/퇴적물, 풍화)와 5학년 교과서 중 다양한 종류의 책에서 빈번하게 나타나는 11개 단어(원자, 연골, 분류하다, 무척추 동물, 핵, (생물)기관, 광합성, 오염, 힘줄, 척추동물)를 선정하였다. 144명의 3학년 학생과 123명의 5학년 학생들에게 각 단어들을 그룹으로 모으고 그룹 이름을 제안하도록 하였을 때, 3학년보다는 5학년의 경우에 과학적으로 그룹화하는 능력이 더 높음을 알 수 있었다.

② 비과학적 용어: Marshall, Gilmour, & Lewis (1991)는 학생들이 비과학적 단어에 대해서는 잘 이해하지 못할 수 있고, 그것이 곧 과학학습의 부실로 연결될 수 있다고 가정하여, 비과학적 단어에 대한 학생의 이해를 조사하였다. 파푸아뉴기니 7학년에서 12학년 학생 2000명을 대상으로 45개의 비과학적 단어(non-technical words)에 대한 이해를 조사한 결과, 45개 단어들 중에서 11개만이 정답율이 70%이상으로 만족스러웠고, 정답율이 50%이하인 용어로는 누적/축적하다, 고안하다, 진단하다, 배설/배출하다/비우다, 가하다, 무작위적인, 이론인 것으로 나타났다. 특히, 일상적 상황과 과학적 상황으로 나누었을 때, 과학적 상황에서의 이해가 10%이상 더 낮은 용어들은, 특징적인, 일관된, 고안하다, 배설/배출하다/비우다,

가하다, 영향을 주다, 참고/기준, 이론인 것으로 나타나, 과학적 설명과정이나 과학적 상황의 기술에서 어떠한 비과학적 단어의 지도에 관심을 가질 필요가 있는지 알 수 있었다.

Cassel and Johnstone (1985)은 95개 단어에 대한 학생의 이해를 조사한 결과, 선형적인, 무시할 수 있는, 반대로/역으로, 본질적인과 같은 용어에 대해 학생들의 이해에 어려움이 있다고 하였다(Byrne, Johnstone & Pope, 1994에서 인용).

접속어에 대한 학생의 이해

Gardner (1977)는 호주 중등학생 16,000여 명을 대상으로 40개의 접속어 채워넣기와 문장 완성하기 과제를 통해 접속어에 대한 이해를 조사하였다. 조사 결과, 학생들이 어려워하는 논리적 접속어는 추론을 포함한 접속어(결과적으로, 따라서 등), 일반화를 포함한 접속어(일반적으로, 종종 등), 유사성/대비/비교를 포함한 접속어(동시에, 반대로, 그럼에도 불구하고, 비슷하게 등), 병렬 접속어(예를 들면, 즉 등), 부가적 접속어(더구나, 또한 등) 등으로 나타났다. 특히 아주 어려워하는 접속어로는 '만일', '반대로', '더구나' 인 것으로 나타났다. 그리고 쉬워하는 접속어는 과학교과서에서 자주 사용되고 있고, 어려워하는 접속어일수록 과학교과서에서 덜 사용된다는 것도 발견하여, 어려워하는 접속어라도 자주 문장을 통해 접하게 하는 것이 접속어에 대한 이해에 도움을 줄 것이라고 주장하였다.

Byrne, Johnstone, and Pope (1994)은 247명의 9학년 학생들에게 과학적 상황과 일상적 상황에서 접속어를 채워 넣도록 하는 과제를 수행하도록 한 결과(예를 들어, "우리는 모퉁이 뒤를 볼 수 없다 () 빛은 직진함에 틀림없다"), 옳은 응답이 과학적 상황에서 더 낮은 것을 관찰하여, 학생들이 과학문장에서의 논리적 관계 인식을 더 어려워한다고 보고하였다.

위의 연구들을 보면, 크게 용어와 연결어에 대한 학생의 이해를 조사하였지만, 본 연구의 II장에서 정리한 '과학문장의 요소'를 참고한다면, 보다 세부적으로 학생의 이해를 나누어 연구할 수 있을 것이다. 예를 들면, 조건에 대한 이해나 기호요소에 대한 이해 등이 그것이다.

문장의 구조가 이해에 미치는 영향

과학문장의 구조는 학생의 문장 이해와 직접적인 관련성을 가질 수 있다. Hare, Rabinowitz and Schieble (1989)는 과학과 사회 교과서의 문장에서 4, 6, 11학년 학생들에게 핵심 아이디어를 찾도록 하였을 때, 나열적 문장(또는 <계열적 문장> 비교/대비 문장) 원인/결과 문장의 순으로 차이가 나는 것을 관찰하였다. 어른들은 강한 연결패턴을 가진 문장(문제-해결, 비교-대비)을 그렇지 않은 문장보다 더 잘 이해한다는 보고도 있다(Meyer & Freedle, 1984). 여기에서는 좀 더 구체적으로 정합적인 문장과 인과적 문장, 그리고 반박문장을 중심으로 조사하였다.

① 정합적인 문장: 학자들은 종종 정합적으로 구조화된 문장이 학생의 이해와 나아가 다른 과제의 수행을 촉진할 수 있다고 본다(Graesser, Leon, Otero, 2002, p. 4). Beck *et al.* (1991)은 (사회적) 사건의 원인과 결과가 인과적으로 잘 연결된 정합적 문장을 제시했을 때, 학생의 회상과 이해가 더 높았음을 관찰하였다. Hare, Rabinowitz, & Schieble (1989)도 잘 정리된 (필요한 내용만 정리되어 제시된) 문장인 경우에 그렇지 않은 문장(상황 설명이 포함되거나, 관련없는 문장이 포함된 경우 등)에 비해 학생들이 핵심 아이디어를 더 잘 이해한다고 하였다. 이 외에도 Graesser, Leon, Otero (2002, p. 7)는 정합적인 문장 구조가 문장의 이해에 도움을 주는 여러 사례들을 소개하였다.

이러한 문장의 정합적 구조가 주는 영향은 학습자의 배경지식에 따라 다를 수 있다. McNamara *et al.* (1996)은 생물 문장에서 배경지식이 높은 경우에는 별 차이가 없었지만, 배경지식이 낮은 학습자에게는 정합적인 문장이 이해에 도움을 준다고 하였다.

Koch and Eckstein (1995)는 비정합적인 문장이 오히려 논리적이고 분석적인 사고를 하게 한다고 지적하였다. 그들은 대학생들에게 첫번째 물리 문장을 주고 읽은 다음, 두번째 문장을 주고 문장 내용의 진위를 결정하도록 하는 연구를 하였다. 연구 결과, 두번째 문장에서 문장의 진위를 정확하게 판단하기 어렵게 제시한 경우에도 잘 이해한 학생이 물리문제 해결능력도 높다는 것을 관찰하였다. 즉 물리문제 해결에 필요한 논리적이고 분석적인 사고 능력이 비정합

적인 문장의 이해에 필요하다는 것이다.

이와 같이 동일한 문장 구조에 대해서 학생의 이해가 다를 수 있다는 것은, 과학문장의 특성 자체만으로 학생의 과학문장 읽기를 결정지을 수 없다는 것을 의미한다. 따라서 실제 과학읽기 과정 중에 학생의 이해 과정이 어떠한지에 대한 이해가 필요하다.

② 인과적 문장: 과학문장의 인과적 구조도 학생의 개념적 이해(개념변화 포함)에 도움이 된다는 연구결과가 있다(Mayer, 1985; Park & Han, 2002). 여기에서 인과적 관계란 행동과 사건, 즉 원인과 결과와의 관계를 의미한다.

여기에서도 중요한 것은 실제로 학생이 문장의 인과적 관계를 인식하는가이다. 즉 학생이 과학문장 속의 인과적 연관성을 파악하지 않거나 파악하지 못하면 과학문장의 이해에 어려움을 줄 수 있다(McKeown, Beck, Sinatra, & Loxterman, 1992). 이러한 점에서 과학문장을 인과적 구조가 있도록 하는 것뿐 아니라, 학생들의 인과적 추론을 돕기 위한 전략이 필요한 것이다. 이 점에 대해서는 과학문장 읽기에 관련된 추론에 대한 논의(다음 연구)에서 다시 다룰 것이다.

③ 반박문장: 반박문장(Refutational text)도 학생의 개념 변화에 도움이 된다는 지적이 있다(Wang & Andre, 1991; Hynd *et al.*, 1994; Guzzetti *et al.*, 1993). 반박문장이란, 학생의 오개념과 대비하여 과학적 개념이 명시적으로 제시된 문장을 의미한다. Wang & Andre (1991)은 대학생들에게 전기에 대해 오개념을 이끌어내고, 오개념이 잘못되었다는 것을 증거와 함께 지적하고, 과학적으로 옳은 설명을 제시한 문장을 이용하였을 때, 학생들의 개념적 이해에 향상이 있음을 관찰하였다.

Chambers & Andre (1997)도 200여명의 대학생을 대상으로 반박문장을 이용한 지도를 하였다. 먼저 전기회로에 대한 학생의 선개념을 이끌어내고, 이후에 학생의 오개념과 옳은 개념을 대비적으로 설명하는 반박문장을 제시한 후, 새로운 상황에 적용하는 질문을 제시하였다. 분석 결과, 반박문장이 학생의 개념 변화에 긍정적인 영향을 준 것으로 나타났다.

Hynd, McWhorter, Phares, & Suttles (1994)은 힘과 운동에 대한 반박문장을 이용하여 사후검사를 단답형, 진위형, 적용형으로 실시하고, 2주 후에 다시

진위형과 적용형에 대해서 지연검사를 실시했을 때 (총 5 종류의 검사), 단답형 사후검사를 제외한 모든 검사에서 반박문장을 읽은 학생들의 성취가 높게 나타난 것을 관찰하였다. 단답형 사후검사에서도 시범이나 토론을 한 그룹은 반박문장을 읽으나 읽지 않으나 차이를 보이지 않았지만, 시범이나 토론을 하지 않은 그룹의 경우에는 반박문장을 읽은 그룹이 높은 성취를 보여, 시범이나 토론이 없다면 반박문장이 충분히 시범이나 토론을 대신하여 개념변화에 도움을 줄 수 있다고 하였다.

그러나 Alverman & Hynd (1989)은 반박문장(포물선 운동에 대해 임페투스 이론과 뉴턴 이론을 대비하여 제시한 문장)과 그렇지 않은 문장(뉴턴 이론만 제시한 문장)을 제시했을 때, 학생의 이해도에 차이가 없는 것을 관찰하였다. 그러나 단순히 반박문장만을 제시하기 보다는, 학생의 선개념을 이끌어내고, 이끌어낸 개념이 잘못되었다고 지적한 경우에는 문장의 이해도가 높아진 것을 관찰하였다. 따라서 이러한 연구가 주는 의미는, 문장의 구조 자체도 중요하지만 문장의 구조에 맞추어 학습자가 필요한 추론을 하는 것이 중요하다는 것이다.

이러한 문헌 조사로부터 과학문장의 유형들 중, 설명과 논증의 유형에 대한 학생의 이해를 조사한 연구는 많이 있었지만, 상대적으로 지시나 기술, 일반화에 대한 연구는 많지 않음을 알 수 있었다. 이에 우리나라 과학교과서를 II장에서 제안한 바와 같이 문장의 유형을 지시, 기술, 설명, 논증, 일반화로 나누어 보고, 각 유형에 대한 학생의 이해를 비교해 보는 것도 의미있을 것으로 생각된다.

문장에 대한 학생의 친숙성, 배경지식, 흥미에 따른 문장의 이해

문장의 구조뿐 아니라 학생의 과학문장 읽기에 영향을 주는 요소들이 많이 있다. 여기에서는 문장의 친숙성, 학생의 배경지식, 문장에서 사용된 비유와 흥미를 중심으로 조사하였다.

① 문장에 대한 친숙성: 친숙성은 독자가 주어진 문장과 관련된 배경지식을 가지고 있는 가로 정의할 수 있다. Freebody and Anderson (1983)은 과학문장은 아니었지만, 친숙한 주제의 문장은 회상을 더 잘

하는 것을 관찰하였고, 쉬운 어휘가 문장 이해에 도움을 준다는 것을 관찰하였다. 과학문장이 독자의 배경 지식과 연결지어 진술되어 있을 때 이해에 도움을 준다는 Chambliss (2002, p.56)의 주장은 친숙성이 문장 이해에 주는 긍정적인 효과로 해석할 수 있다.

② 배경지식: 일반적으로 배경지식은 과학문장 읽기에 영향을 준다. Alexander & Kulikowich (1994)는 배경지식에는 영역지식(예, 물리지식)뿐 아니라 주제지식(문장에 관련된 특정지식)도 있다고 하였다. 이들 지식은 새로운 정보를 이해하는데 개념적 발판 역할을 하고, 인지적 및 메타인지적 전략을 효과적으로 사용할 수 있게 한다고 하였다. 물론 앞서 지적한 바와 같이 배경지식이 잘못된 경우에는 이해에 부정적 영향을 줄 수 있다.

③ 비유: 비유의 효과는 배경지식에 따라 달라질 수 있다. Alexander and Kulikowich (1991)은 6학년 학생과 고등학생, 그리고 대학생에게 생물 문장을 주었을 때, 배경지식이 높은 학생(고등학생과 대학생)의 경우에는 문장에 포함된 비유가 문장 이해에 도움을 주지만, 배경지식이 낮은 학생(초등학교 6학년생)의 경우에는 비유가 문장 이해에 별 도움을 주지 않는다는 것을 관찰하였다.

비유의 역할이 추상적이고 새로운 내용을 친숙하게 하기 위한 것이라는 측면에서 Alexander and Kulikowich (1991)의 연구는 흥미롭다. 왜냐하면, 비유가 효과적이기 위해 배경지식이 필요하다는 것은 비유 자체가 학습자에게 새로운 정보이어서는 안된다는 것을 의미하기 때문이다. 즉, 배경지식이 낮아 비유 자체가 친숙하지 않고, 따라서 비유 자체도 이해해야 할 새로운 내용이 된다면, 비유가 학생에게 새로운 개념의 이해에 도움을 주지 못하는 것이다.

④ 흥미: 흥미로운 문장은 학생의 문장읽기에 도움을 준다고 일반적으로 생각하지만, 여기에서도 중요한 것은 실제로 학생이 흥미를 느끼는 것이다. Jeong & Park (unpublished)은 추상적인 굴절 개념을 중학생에게 지도할 때, 학생들의 이해를 돕기 위해 흥미로운 상황으로 신기루를 도입하였다. 그러나 실제 수업에서 학생들이 신기루에 흥미를 보이지 않았는데, 그 이유는 학생들이 실제로 신기루를 직접 본 적이 없

었기 때문이었다. 즉 신기루에 대한 경험과 배경지식이 없는 학생들에게는 친숙할 것이라고 가정했던 상황도 별 도움을 주지 못했던 것이었다.

즉 비유나 흥미를 위해 도입된 내용이 학습자에게 도움을 주기 위해서는 그러한 내용이 학습자에게 추가적인 인지적 부담을 주지 않아야 한다. 물론 추가적인 인지적 부담을 요구하지 않는다면 흥미를 위한 내용이 과학문장 읽기에 도움을 줄 것이다. Garner *et al.* (1991)은 호킹(Stephan Hawking)과 대통일장 이론에 대한 내용을 대학생들에게 제시하였을 때, 전체적으로 흥미롭지 못한 문장을 읽은 경우에 비해 흥미로운 문장을 읽은 경우에 주요 내용을 더 잘 기억하는 것을 관찰하였다. 이때 흥미를 위해 제시한 내용은 호킹의 신상과 병에 대한 이야기와 호킹이 블랙홀의 유무에 대해서 동료 과학자와 내기를 했던 이야기였다. 즉 이러한 정도의 추가 내용이라면 대학생에게는 추가적인 인지적 부담을 주지 않았을 것이고 따라서 기억에 도움을 줄 수 있었을 것이다.

보통 흥미를 주기 위한 내용은 핵심적인 과학내용과 달리 추가로 첨가된다. 이때 흥미를 주기 위해 불필요하게 추가된 내용이 정작 중요한 내용의 이해를 방해하는 ‘불필요한 자세함에 의한 방해효과(seductive detail effect)’도 일어날 수 있다(Garner, Gilligham, & White, 1989). Garner *et al.* (1991)의 연구에서, 문장을 읽은 후에 학생들이 흥미를 위해 포함된 이야기(호킹의 신상과 병에 대한 이야기, 블랙홀의 유무에 대해 동료과학자와 내기를 했던 이야기)는 잘 회상하지만 흥미가 적고 중요한 핵심 아이디어(대통일장 이론)는 덜 기억하는 것을 관찰하였다. 여기에서 중요한 점은 학생들에게 “읽은 내용에 대해서 정말로 중요한 정보”를 기억하도록 요구하였다는 것이다. 그럼에도 불구하고 학생들은 핵심 아이디어보다 추가로 첨가된 부수적인 내용을 오히려 “중요한” 정보라고 생각했다는 것이다.

문제 해결과정에서도 비슷한 경우가 있다. Park and Lee (2004)는 흥미를 위해 도입한 일상적 상황에서 물리문제를 해결할 때, 학생들이 상황 설명이 포함된 긴 문장 속에서 주요 내용을 놓치거나, 문제 해결과 무관한 정보들에 관심을 가지면서 문제해결에 방해를 받는 경우를 관찰하였다.

⑤ 학생의 실제 추론과정 이해의 필요성: 위의 논의

에서 문자의 구조뿐 아니라, 실제로 학생들이 과학문장을 어떻게 인식하는가가 중요하다고 하였다. 즉 중요한 것은 문장의 특성 자체 이기도 하지만, 문장의 특성이 의도하고 가정한대로 실제로 학습자의 인지과정도 일어나고 있는가가 중요하다.

Sadoki, Goetz, & Fritz (1993)는 학생에게 문장이 구체적인지(시각화를 쉽게 해 줄 수 있는 문장) 아닌지를 평가하게 하였다. 그리고 문장의 이해와 기억을 조사했을 때, 구체성이 높다고 평가한 문장이 문장 이해와 기억에 효과적임을 관찰하였다. 즉 독자에게 실제로 구체적이라고 인식되었다면, 그 문장은 이해와 기억에 도움을 줄 수 있다는 것이다.

흥미를 감정적 흥미와 인지적 흥미로 나누어 효과를 비교한 Harp & Mayer (1997)의 연구도 주목할 만하다. 여기에서 감정적 흥미를 위한 문장이란 흥미는 있지만 주제와 무관한 내용을 의미하며, 인지적 흥미를 위한 문장이란 인과적 연관성 속에서 단계나 관계를 나타내 주는 설명적 요약과 같이 독자로 하여금 문장들간의 관계와 정합적 구조의 이해를 돕는 문장을 의미한다. Harp & Mayer (1997)은 대학생들에게 번개 형성에 대한 내용에 감정적 흥미를 첨가하여 제시했을 때, 감정적 흥미도(이 내용이 재미있습니까?)는 높게 나왔지만 인지적 흥미도(이 내용이 번개형성 과정을 이해하는데 도움이 됩니까?)는 낮게 나왔으며, 결과적으로 내용의 기억이나 문제해결에 있어서도 오히려 더 낮은 성취를 보인 것을 관찰하였다. 즉 학습자가 주요 개념을 이해하는데 실제로 흥미가 도움이 되었다고 평가하는가가 중요하다는 것이다.

이러한 점에서 문장의 구조에 대한 논의뿐 아니라, 실제 학습자가 과학문장을 읽을 때 머릿속에서 일어나는 추론과정에 대한 논의가 필요하다고 하겠다. 따라서 이것이 본 연구의 후속 주제이다. 본 연구의 후속 연구에서는 먼저 과학문장 읽기에 관련된 추론과 메타인지를 유형화할 것이다. 그리고 문장을 제시하였을 때, 실제 일어나는 추론과 메타인지의 사용이나 사용과정을 조사하고자 한다. 이를 통해 과학문장 읽기를 통한 학생의 과학적 이해과정을 알아보고자 한다.

IV. 결론 및 앞으로의 연구과제

과학문장은 과학적 이해를 위한 중요한 정보원이다. 따라서 많은 연구자들이 과학학습을 위해 과학문

장의 읽기를 강조해 왔다. 그러나 국내에서는 과학문장 읽기에 대한 연구가 거의 없었다. 이에 본 연구에서는 과학문장 읽기에 관한 기초적이고 폭넓은 문헌 연구를 통해 과학문장의 구성요소와 과학문장의 기능 유형을 종합적으로 제안하였다.

본 연구에서 제안한 과학문장의 구성요소와 문장의 기능유형은 그 적절성을 실험적으로 검증할 필요성이 있다. 이에 본 연구자는 현재 초등, 중등 및 고등학교 물리교과서를 대상으로 본 연구결과를 적용하여 분석 중에 있다. 분석을 통해 일차적으로 검증하고자 하는 것은 (1) 본 연구에서 제시된 과학문장의 구성요소와 기능유형 리스트가 실제 과학문장을 분석하는데 충분하고 유용한지, (2) 이러한 분석으로 통해 과학교과서 문장의 특징을 효과적으로 찾을 수 있는 지 등이다.

그리고 본 연구에서는 학생들의 과학용어와 접속어에 대해서 어떤 이해를 하고 있는지에 대한 문헌 연구를 하였다. 그리고 과학문장의 여러 가지 특성들, 예를 들어 문장의 구조, 문장의 친숙성과 구체성, 문장에 포함된 비유, 그리고 문장이 가지는 흥미요소 등이 과학 문장의 이해에 어떠한 영향을 주는지를 살펴보았다.

문헌 연구를 통해 얻은 주요한 결과 중의 하나는 문장의 특성 자체가 학생들의 과학문장 이해에 영향을 줄 수 있지만, 보다 본질적인 것은 과학 문장을 학생이 어떻게 받아들이는가가 실제 과학문장의 이해에서 중요하다는 것이다. 예를 들어, 흥미가 포함된 문장이라도 하더라도 학생이 실제로 흥미를 느끼지 않는다면 실제 과학문장의 이해에 별 영향을 주지 않을 수 있다. 반대로 학생들에게 과학문장의 구조를 이해하도록 하였을 때, 과학문장 구조의 인식이 실제 과학문장의 이해에 도움을 주었던 연구도 소개되었다.

따라서 본 연구의 후속 연구 주제는 과학문장을 읽을 때 학생들의 머릿속에서 일어나는 실제적인 추론에 어떠한 것들이 있는가이다. 나아가 과학문장을 읽을 때 관여하는 메타인지에도 어떠한 것들이 있는지를 조사하고자 한다.

이와 같이 과학문장을 읽을 때 일어나는 실제 추론 과정과 메타인지들을 정리하게 되면, 그 다음 연구 주제는 실제 학생들의 과학문장 읽기 과정을 조사하는 것이다. 이러한 실제 사고과정에 대한 연구가 의미있게 마무리되면, 마지막으로 보다 효과적인 과학문장 읽기를 위한 구체적인 읽기 전략을 제안하고 적용하

는 연구를 수행할 수 있을 것이다.

본 연구는 과학문장 읽기에 대한 일련의 연구의 첫 출발이다. 따라서 앞으로 연구가 진행되면서 본 연구의 내용들이 수정될 수도 있을 것이다. 그럼에도 불구하고 본 연구에서 제안한 과학문장의 구성요소와 문장 기능에 대한 리스트 제안은 앞으로의 연구를 위한 근거있는 기초가 될 것이다.

국문 요약

과학문장은 과학적 이해를 위한 중요한 정보원이고 따라서 과학문장 읽기는 과학적 이해를 위해 중요한 학습활동 중의 하나이다. 그럼에도 불구하고 국내에서는 과학문장 읽기에 대한 연구가 거의 없었다. 이에 본 연구에서는 문헌 연구를 통해 6개(소항목 10개)로 구성된 과학문장의 구성요소와 5개(소항목 18개)로 구성된 과학문장의 기능에 대한 종합적인 리스트를 제안하였다. 그리고 과학문장의 구조와 흥미, 친숙도, 비유 등이 과학문장 이해에 미치는 영향을 문헌 조사하여 종합 정리하였다. 본 연구는 과학문장 읽기에 대한 일련의 연구의 첫출발이다. 따라서 어떠한 후속연구가 진행되고 또 진행될 것인지도 함께 소개하였다.

참고 문헌

- 교육부 (2007). 과학과 교육과정: 교육인적자원부 고시 제 2007-79, 교육인적자원부.
- 장명덕, 정철, 정진우 (1999). 초등학생의 읽기 능력과 과학 탐구 능력 및 과학 성취도와의 관계, 한국지구과학회지, 29(2), 137-142.
- 장명덕, 홍상욱, 정진우 (2002). 중학교 2학년 과학영재들의 과학지식에 대한 과학철학적 관점과 이에 대한 토론 및 읽기 활동의 효과, 한국지구과학회지, 23(5), 397-405.
- 전화영, 여상인, 우규환 (2002). 과학자 읽기 자료의 도입이 과학자의 이미지와 과학에 대한 태도에 미치는 효과, 한국과학교육학회지, 22(1), 22-31.
- 정철 (2002). 설명적 텍스트에 의한 중학생의 과학지식 이해에서 인지적 흥미와 읽기 동기의 영향, 자연과학지(대구대학교), 19(1), 109-127.
- 한안지, 이해순 (2001). 과학학습과 읽기자료 활용의 효과, 과학교육논총(인천교육대학교 과학교육연

구소), 13, 159-178.

홍상욱, 임은경, 장명덕, 정진우 (2004). 해석적인 서술방식으로 구성된 과학 읽기 자료가 고등학생의 과학철학적 관점에 미치는 영향. *한국과학교육학회지*, 24(2), 234-240.

Alexander, P.A., & Kulikowich, J.M. (1991). Domain-specific and strategic knowledge as predictors of expository text comprehension. *Journal of Reading Behavior*, 23, 165-190.

Alexander, P.A., & Kulikowich, J.M. (1994). Learning from physics text: A synthesis of recent research. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(9), 895-911.

Alverman, D.E., & Hynd, C.R. (1989). effects of prior knowledge activation models and text structure on nonscience major's comprehension of physics. *Journal of Educational research*, 83, 97-102.

Beck, I.L., McKeown, M.G., Sinatra, G.M., & Loxterman, J.A. (1991). Revising social studies text from a text-processing perspectives: Evidence of improved comprehensibility. *Reading Research Quarterly*, 26(3), 251-276.

Bulman, L. (1985). *Teaching language and study skills in secondary science*. London: Heinemann Educational Books.

Byrne, M., Johnston, A.H., & Pope, A. (1994). Reasoning in science: a language problem revealed? *School Science Review*, 75(272), 103-107.

Cassels, J.R.T., & Johnstone, A.H. (1985). *Words that matter in science, A Report of a Research Exercise*. London: Royal Society of Chemistry.

Chambers, S.K., & Andre, T. (1997). Gender, prior knowledge, interest and experience in electricity and conceptual change text manipulations in learning about direct current. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 107-260.

Chambliss, M.J. (2002). The characteristics

of well-designed science textbooks. In J. Otero, J.A. Leon, A.C. Graesser (Eds.), *The Psychology of Science Text Comprehension* (pp. 51-72). London: Lawrence Erlbaum Associates.

Chen, C. (1974). How Do Scientists Meet Their Information Needs? *Special Libraries*, 65(7), 272-80.

Chiappetta, E.L., Sethna, G.H., & Fillman, D.A. (1993). Do middle school life science textbooks provide a balance of scientific literacy? *Journal of Research in Science Teaching*, 30(7), 787-797.

Clark, J.M., & Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational Psychology Review*, 3(3), 149-210.

Cook, L.K., & Mayer, R.E. (1988). Teaching readers about the structure of scientific text. *Journal of Educational Psychology*, 80, 448-456.

Davis, F., & Greene, T. (1984). *Reading for Learning in the Sciences*. Edin역호: Oliver and Boyd.

Dee-Lucas, D., & Larkin, J.H. (1988b). Novice rules for assessing importance on scientific texts. *Journal of Memory and Language*, 27, 288-308.

Dee-Lucas, D., Larkin, J.H. (1986). Novice strategies for processing scientific texts. *Discourse Processes*, 9, 329-354.

Driver, R., Newton, P., Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84, 287-312.

Freebody, P., & Anderson, R.C. (1983). Effects of vocabulary difficulty, text cohesion, and schema availability on reading comprehension. *Reading Research Quarterly*, 18, 277-294.

Gardner, P.L. (1977). Logical connectives in science - a summary of the findings. *Research in Science Education*, 7, 9-24.

Garner, R., Alexnader, P.A., Gillingham, M.G., Kulikowich, J.M., & Brown, R. (1991). Interest and learning from text. *American Educational Research Journal*, 28, 643-659.

Garner, R., Gillingham, M.G., & White, C.S. (1989). Effects of "seductive details" on macroprocessing and microprocessing in adults and children. *Cognition and Instruction*, 6, 41-57.

Gaskins, I.W., Guthrie, J.T., Satlow, E., Ostertag, J., Six, L., Byrne, J., & Connor, B. (1994). Integrating instruction of science, reading, and writing: Golas, teacher development, and assessment. *Journal of Research in Science teaching*, 31(9), 1039-1056.

Glynn, S.M., Muth, K.D. (1994). Reading and writing to learn science: Achieving scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 1057-1073.

Graesser, A.C., Godron, S.E., & Brainerd, L.E. (1992). Quest: A model of question answering. *Computers and Mathematics With Applications*, 23, 733-745.

Graesser, A.C., Leon, J.A., & Oteron, J. (2002). Introduction to the psychology of science text comprehension. In J. Otero, Leon, J.A., & A.C. Gresser (Eds.), *The Psychology of Science Text Comprehension* (pp. 1-18). London: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

Guzzetti, B.J., Snyder, T.E., Glass, G.V., & Gamas, W.S. (1993). Promoting conceptual change in science: A comparative meta-analysis of instructional interventions from reading education and science education. *Reading Research Quarterly*, 28, 117-155.

Hallyday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2005). *Fundamentals of Physics* (7th Ed.). John Wiley & Sons.

Hanson, C.W. (1964). Research on users' needs: where is it getting us? *ASLIB Proceedings*, 64-79.

Hare, V.C., Rabinowitz, M., & Schieble, K.M. (1989). Text effects on main idea comprehension. *Reading Research Quarterly*, 24, 72-88.

Harms, N.C., & Yager, R.E. (1981). *What research says to the science teacher*, Vol. 3. Washington, DC: National Science Teachers Association, No. 471-14776.

Harp, S.F., & Mayer, R.E. (1997). The role of interest in learning from scientific text and illustrations: On the distinction between emotional interest and cognitive interest. *Journal of Educational psychology*, 89, 92-102.

Hempel, C.G. (1965). *Aspects of Scientific Explanation*. (New York: The Free Press)

Henderson, J., & Wellington, J. (1998). Lowering the language barrier in learning and teaching science. *School Science Review*, 79(288), 35-46.

Holcomb, P.J., Kounios, J., Anderson, J.E., & West, W.C. (1999). Dual-coding, context-availability, and concreteness effects in sentence comprehension: an electrophysiological investigation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, 25, 721-742.

Hynd, C.R., McWhorter, J.Y., Phares, V.L., & Suttles, C.W. (1994). The role of instructional variables in conceptual change in high school physics topics. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 933-946.

Jeong, Hyun Suk, & Park, Jongwon. (unpublished). *Guideline and recommendations for the effective use of an everyday context in teaching physics*.

Koch, A. (2001). Training in metacognition and comprehension of physics texts. *Science Education*, 85, 758-768.

Koch, A., & Eckstein, S.G. (1995). Improvement of reading comprehension of physics texts by students' question formulation. *International Journal of Science*

Education, 13, 473-485.

Kuhn, D. (1993). Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education*, 77, 319-337.

Kulhavy, R.W., Stock, W.A., & Kealy, W.A. (1993). How geographic maps increase recall of instructional text. *Educational Technology Research and Development*, 41, 47-62.

Lakatos, I. (1978). The methodology of scientific research programmes (edited by J. Worrall & G. Currie). New York: Cambridge University Press.

Lemke, J. (1998). Multiplying meaning: Visual and verbal semiotics in science text. In J.R. Martin & R. Veel (Eds.), *Reading Science: Critical and Functional Perspectives on Discourses of Science* (pp. 87-113). NY: Routledge.

Lunzer, E., & Gardner, K. (1979). *The Effective Use of Reading*. London: Heinemann Educational Books for the School Council.

Marshall, S., Gilmour, M., & Lewis, D. (1991). Words that matter in science and technology. *Research in Science & Technological Education*, 9(1), 5-12.

Mayer, R.E. (1985). Structural analysis of science prose: Can we increase problem-solving performance? Part I. In B.K. Britton & J.B. Black (Eds.), *Understanding Expository Text* (pp. 65-87). Hissdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

McKeown, M.G., Beck, I.L., Sinatra, G.M., Loxterman, J.A. (1992). The contributions of prior knowledge and coherent text to comprehension. *Reading Research Quarterly*, 27, 79-93.

McNamara, D.S., Kintsch, E., Butler Songer, N., & Kintsch, W. (1996). Are good texts always better? Interactions of text coherence, background knowledge and levels of understanding in learning from text. *Cognition*

and Instruction, 14(1), 1-43.

Meyer, B.J.F., Freedle, R.O. (1984). Effects of discourse type on recall. *American Educational Research Journal*, 21, 121-143.

Meyerson, M.J., Ford, M.S., & Ward, M.A. (1991). Science vocabulary knowledge of third and fifth grad students. *Science Education*, 75(4), 419-428.

National Research Council (NRC). (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy of Sciences.

Norris, S. P., & Phillips, L. M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87, 224 - 240.

Novak, J.D. (1998). *Learning, creating, and using knowledge: Concept Maps™ as facilitative tools in schools and corporations*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Osborne, J., Kress, G., Martins, I., & McGillicuddy, K. (1996). *Explaining Science in the Classroom*. Buckingham: Open University Press.

Paivio, A. (1986). *Mental Representations: A Dual Coding Approach*. New York: Oxford University Press.

Park, Jongwon, and Han, Sooja. (2002). Deductive reasoning to promote the change of concept about force and motion. *International Journal of Science Education*, 24(6), 593-610.

Park, Jonwon & Lee, Imook (2004). Analyzing cognitive or non-cognitive factors involved in the process of physics problem solving in an everyday context. *International Journal of Science Education*, 26(13), 1577-1596.

Sadoki, M., & Paivio, A. (2004). A dual coding theoretical model of reading. In R.B. Ruddell & N.J. Unrau (Eds.), *Theoretical Models and Processes of Reading* (5th ed.) (pp. 1329-1362). Newark, DE: International

Reading Association.

Sadoki, M., Goetz, E.T., & Fritz, J.B. (1993). Impact of concreteness, interest, and memory for text: Implications for dual coding theory and text design. *Journal of Educational Psychology*, 85, 291-304.

Schnotz, W. (2002). Commentary - Towards an integrated view of learning from text and visual displays. *Educational Psychology Review* 14(1), 101-120.

Sadoki, M., Goetz, E.T., & Rodriguez, M. (2000). Engaging texts: effects of concreteness on comprehensibility, interest, and recall in four text types. *Journal of Educational Psychology*, 92, 85-95.

Song, Jinwoong, Park, Jongwon, Kwon, Sunggi, & Chung, Byunghoon. (2001). Idealization in Physics: Its types, roles and implications to physics learning. In Pinto, R., & Surinach, S. (Eds.), *Physics Teacher Education Beyond 2000*. (pp. 359-366). Paris: Elsevier.

Spiegel, G.F., Jr., Barufaldi, J.P. (1994). The effects of a combination of text structure awareness and graphic postorganizers on recall and retention of science knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 913-932.

STAO (The Science Teachers' Association of Ontario) (2007). Literacy Through Science and Technology (K-8) and Science (9-12). Retrieved in <http://www.stao.org/resources/position-statements/Literacy%20Through%20Science%20and%20Technology.pdf>

Verdi, M.P., Kulhavy, R.W., Stock, W.A., Rittschof, K.A., & Johnson, R.J. (1996). Text learning using scientific diagrams:

implications for classroom use. *Contemporary Educational Psychology*, 21, 487-499.

Walker, J. (1989). Getting them unstuck: some strategies for the teaching of reading in science. *School Science and Mathematics*, 89, 130-135.

Wallace, C.S. (2004a). Framing new research in science literacy and language use: authenticity, multiple discourses, and the "third space". *Science Education*, 88, 901-914.

Wang, T., & Andre, T. (1991). Conceptual change text versus traditional text and application questions versus no questions in learning electricity. *Contemporary Educational Psychology*, 16, 103-116.

Wellington, J., & Osborne, J. (2001). *Language and Literacy in Science Education*. Philadelphia: Ophn University Press.

Woodward, A., & Elliot, D.L. (1990). Textbook use and teacher professionalism. In D.L. Elliot & Woodward, (Eds.), *Textbooks and schooling in the United States* (pp. 178-219). Chicago: University of Chicago Press.

Yager, R.E. (1983). The importance of terminology in teaching K-12 science. *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 577-588.

Yore, L.D., Craig, M.T., & Maguire, T.O. (1998). Index of science reading awareness: An interactive-constructive model, test verification and grades 4-8 results. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(1), 27-51.

Yore, L.D., & Shymansky, J.A. (1991). Reading in science: Developing an operational conception to guide instruction. *Journal of Science Teacher Education*, 2, 29-36.