

일상생활의 대화에서 나타난 아동의 물리지식 발달*

Korean Children's Physical Knowledge Development
Derived from Conversation*

김영숙(Young Suk Kim)¹⁾

이현진(Hyeonjin Lee)²⁾

김경아(Kyung A Kim)³⁾

ABSTRACT

This study analyzed physical knowledge displayed in the utterances of 10 Korean children 23 - 76 months of age. Utterances were blocked into four-month time periods, except the first two months and classified into 5 categories including properties of physical objects and materials, friction, buoyancy, gravity, and the motion of physical objects. All five types of physical expressions were found in the data of the earliest period the percent age of the properties and motion was higher than the percent of friction, buoyancy, and gravity. Data suggested two transitional points of change in physical knowledge : 2-year-old's descriptions were based only on perceptually salient physical features 3- to 4-year-olds described only end-state results while children older than 4 included systematic causality.

Key Words : 물리지식(physical knowledge), object property(물체의 성질), friction(마찰력), buoyancy(부력), gravity(중력), object motion(물체의 운동).

I. 서 론

우리는 태어나면서부터 다양한 물리적 현상을

접하면서 살아간다. 공을 세게 던지면 멀리 떨어지고 약하게 던지면 가까운 데 떨어질 것이라는 것을 안다. 단단한 물체끼리 부딪치면 깨질 것이

* 이 논문은 2003년 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2003-074-HM0001).

¹⁾ 영남대학교 사범대학 교육학과

²⁾ 영남대학교 사범대학 유아교육과

³⁾ 영남대학교 국어생활상담연구센터

Corresponding Author : Hyeonjin Lee, Yeongnam University Early Childhood Education 214-1 Dae-dong, Gyeongsan, Gyeogbuk 712-749 Korea
Email : hjlee@yumail.ac.kr

고, 물속에 돌을 던지면 가라앉지만 나뭇잎은 동등 떠다닐 것이라는 것을 안다. 이와 같은 물리적 대상이나 물리 현상에 관한 지식은 언제부터 가능하고 어떻게 변화하는 것일까?

물리지식(physical knowledge)은 크게 두 가지로 나누어 생각할 수 있다. 그 하나는 외관상으로 나타나는 색, 모양, 크기, 무게 등과 같이 '보면 알 수 있는' 사물의 물리적 속성에 대한 지식으로, 개인의 외부에 존재하는 지식이다(Charlesworth & Lind, 1999). 다른 하나는 물체의 움직임(운동)을 일으키는 힘과 같이 눈에 보이지 않지만 그 물체와 관련된 물리적 현상을 이해하기 위해 필요한 개념적 지식이다(Kamii, 1985).

최근에 아주 어린 영아들도 다양한 물리지식을 가지고 있다는 증거들이 제시되어 왔다(Spelke, 1991; Spelke, 1994; Carey & Spelke, 1994; Spelke & Hermer, 1996; Baillargeon, 1993). 물체가 자신이 시야에서 벗어나 보이지 않더라도 계속 존재한다는 대상영속성 개념은 물체를 움직이지 않는다면 계속 그곳에 존재할 것이라는 물리지식을 보여주는 한 예이다.

Piaget(1954)는 생의 초기에는 대상 개념이 존재하지 않고 감각운동기 말기에 가서 발달한다고 주장하였다. 하지만 최근의 연구자들은 새로운 방법을 사용하며 Piaget의 주장을 반박하고 있다. 가능한 사건과 불가능한 사건의 응시 시간을 비교한 Baillargeon은 3-4개월 된 영아들도 대상영속성 개념을 가지고 있다는 증거를 제시하였다. 또한 3-4개월 된 영아들은 물체가 움직일 때 하나의 경로를 따라 움직이고(continuity), 물리적 방해물이 있을 때 그것을 통과하지 못한다(solidity)는 일련의 지식들을 가지고 있다(Spleke, Breinlinger, Macomber, & Jacobson, 1992).

이에 반해 물체의 움직임이 중력, 관성 등의 물리적 법칙을 따른다는 것을 이해하는 것은 조

금 늦게 나타난다. Spelke(1991)는 6개월 된 영아들이 어떤 물체를 잡고 있다가 공중에서 놓으면 떨어진다는 것을 알고 있다는 것을 실험으로 증명하였다. Spelke는 이 결과를 물체가 지지(support) 없이 공중에 떠 있지 못하다는 중력의 법칙과 저항을 받지 않으면 계속 움직인다는 관성의 법칙을 알고 있다는 증거로 해석하였다.

그렇다면 초기에 나타나는 영아들의 지식은 성인들이 가지고 있는 지식과는 같다고 볼 수 있을 것인가? 다시 말해 영아가 중력의 법칙을 안다고 하는 것이 성인이 물체의 낙하를 중력의 법칙으로 이해하는 것과 같다고 볼 수 있는가?

이와 관련하여 두 가지 견해를 생각해 볼 수 있다. Spelke(1991)는 영아기에 나타나는 초보적인 물리지식은 성인이 가지는 직관적인 물리지식과 근본적으로 다르지 않다고 주장한다. 인간이 발달하면서 그 지식이 양적으로 풍요로워질 뿐이라는 것이다. Spelke는 직관적인 물리지식을 과학적인 물리지식과 구별하였는데, 상식적인 물리지식은 별다른 노력을 기울이지 않아도 저절로, 그리고 빠르게 발달하는 데 반해 과학적 물리지식은 교육을 통해 천천히, 그리고 많은 노력의 결과로 얻어진다고 하였다. 이러한 주장에는 물리지식에서의 개념적 변화가 교육의 결과로 나타날 것을 가정할 수도 있다(Carey, 1991).

이에 반해 Carey(1991)는 아동이 가지는 직관적인 물리지식은 성인이 가지는 직관적인 물리지식과 같지 않다고 주장한다. 아동이 '공기가 물질이 아니다'라고 생각할 때 아동이 생각하는 '공기'나 '물질'의 개념은 성인이 생각하는 개념과 같지 않을 수 있다. 아동이 발달하면서 다양한 물리적 현상을 접하고 물리적 환경에 적응함으로써 초보적인 물리지식에 개념적 변화가 일어나게 된다. 이 입장에 따르면 특별한 교육이 없어도 아동의 직관적인 물리지식은 성인의 지식으로 개

념적인 전환이 일어날 것이다(Carey, 1991).

예를 들어, Carey(1991)은 4세에서 12세 사이에 물질 개념에서 두 번의 변화가 일어난다는 것을 제안하였다. 어린 영아들은 고체성 물체와 비고체성 물질을 존재론적으로 구별한다. 고체성 물체는 경계가 있고, 응집력이 있으며 하나의 온전한 형태를 지닌다는 것을 안다. 또한 액체, 젤, 파우더와 같은 비고체성 물질은 위와 같은 성질을 가지고 있지 않다. 하지만 4세경에 고체성 물체와 액체가 물질의 중요한 특성을 공유한다는 것을 알게 되면서 이러한 존재론적 구별이 변화된다. 이 아이들은 고체성 물체가 또 다른 고체를 통과하지는 못하지만 액체와 같은 물질을 통과할 수 있다는 것을 안다. 하지만 물과 같은 액체가 고체성 물체와 마찬가지로 물리적 공간을 차지한다는 공통점을 발견하기도 한다. 그 후 아동의 물질 개념에는 또 다른 변화가 일어나는데, 액체와 파우더는 경계가 없기 때문에 개별적으로 수량화를 할 수 없다. 이러한 차이 때문에 아동들은 비고체성 물체를 동질적이고 연속적인 것으로 보는 반면에 고체성 물체는 그렇지 않다고 본다.

하지만 6세에서 11세 사이 아동의 반 정도는 액체나 파우더의 이러한 속성을 고체성 물체의 재질(substance)에 확대 적용한다. 이것이 두 번째 변화이다. 이러한 변화는 단순히 양적으로 증가한 것으로 보기는 어렵다. 물질과 비물질을 구별하는 새로운 존재론적 지식이 생김으로써 이전에 존재론적으로 다르다고 생각했던 실체(예, 고체성 물체와 액체)들이 근본적으로 같다고 보게 되는 것이다. Carey는 이러한 변화가 물리적 경험을 통해 일어날 것으로 예상하였다. 예를 들어, 자신이 물 속에 들어가 본 경험을 함으로써 아동은 물체가 물이 차지하고 있는 공간을 통과할 수 있다고 생각하게 된다는 것이다.

박선미(2004), 그리고 박선미·이현진·김혜리·정명숙·변은희·양혜영·김경아 및 김영숙(2005a; 2005b)은 3세에서 11세 사이의 한국 아동들을 대상으로 물체의 운동과 이와 관련된 힘의 지식을 조사하였다. 영아들은 자신이 알고 있는 물리지식을 인식하거나 말로 표현할 수 없다. 따라서 영아들의 지식은 암묵적(implicit)이다. 하지만 3세 이후가 되면 자신의 생각을 말로 표현할 수 있기 때문에 외현적(explicitly)으로 표출되는 아동의 지식에 접근할 수 있다. 박선미 등에서는 3세 이후의 아동들에게 다음과 같은 과제에서 질문을 한 후 그에 대한 답변만 아니라 답을 한 이유를 분석 대상으로 삼았다. 첫 번째 과제에서는 높은 곳에서 떨어지는 물체에 대한 질문을 통해 중력에 대한 이해를 밝혀보고자 하였다. 두 번째 과제에서는 경사면에서 미끄러지는 물체에 대한 질문을 통해 관성, 마찰력, 중력에 대한 이해를 살펴보았다. 세 번째 과제에서는 물에 뜨거나 가라앉는 물체에 대한 질문을 통해 중력과 부력에 대한 이해를 살펴보았다.

결과는 7세 이전의 아동들은 물체의 낙하운동을 지지(support)가 없기 때문으로 설명한 반면에 중력의 개념을 이용하여 설명한 아동들은 9세 이후에 발견되었다. 경사면에서 미끄러지는 현상에 대해서 7세 이전의 아동들은 지각적 특성을 이유로 설명하였다. 9세와 11세 아동은 바퀴가 자동차의 움직임에 관련된다는 사실을 알고 있었으나 중력, 마찰력 등의 관련성에 대해서는 분명히 알지 못하는 듯했다. 물체가 뜨는 현상과 관련하여서는 11세 아동 중 일부는 부력이나 중력의 개념을 이용하여 설명하였으나, 7세 아동들은 무게만으로 뜨는 현상을 설명하고 그 이전의 아동들은 뜨고 가라앉는 현상에 대한 지식이 절대적으로 부족한 듯하였다. 또한 개념들이 얼마나 연결되어 있는가와 관련하여, 3세에

서 7세 사이의 아동들은 마찰력, 무게, 공기저항과 중력 등의 개념을 서로 연결하지 못했지만 9세 이후의 아동들은 이러한 개념들을 연결하여 현상을 설명하는 것을 볼 수 있었다. 이들은 이러한 결과를 7세와 9세 사이에서의 물리 지식의 변화를 시사한다고 해석하였다. 하지만 이러한 변화가 저절로 일어난 것인지 교육의 결과인지를 구별하지는 않았다.

실험 연구는 아동에게 특정한 조건에서 불필요한 변인들을 통제하여 연구 목적을 보다 과학적으로 접근할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 인위적으로 상황을 통제하기에 반응을 끌어내는 데 제한이 있기도 한다. 특히 어린 아동들의 경우에는 언어적 표현이 미숙하여 자신의 역량을 충분히 발휘하지 못할 가능성이 있다.

박선미(2004)와 박선미 등(2005a, 2005b)에서 어린 아동들은 물리적 현상에 대한 이유를 설명하는 데 어려움을 가졌을 가능성이 있다. 사실 물리적 현상을 일으키는 원인을 과학적 개념을 사용하여 설명하는 것은 성인들에게도 쉽지 않은 일이다. 본 연구에서는 실험 연구가 가지는 이러한 제한점을 보완하고자 아동들이 자연스러운 상황에서 일상적인 대화를 주고받을 때 사용하는 물리적 설명을 분석하여 아동이 가지고 있는 물리 지식을 알아보고자 하였다. 아동이 일상적인 대화 속에서 관심이 있는 현상이나 대상에 대해 알고 있는 개념을 이용하여 설명한다면 아동의 언어적 발화는 아동의 지식을 접근하는 중요한 방법을 제공해 줄 수 있을 것이다.

본 연구에서는 일상생활에서 아동들이 표현하는 발화를 분석하여 이들이 어떤 물리 지식을 가지고 있는지를 살펴보고자 한다. 또한 이러한 지식들이 연령에 따라 어떻게 달라지는지 분석하여, 유치원 및 초등교육에서의 과학교육에 대한 제언을 하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구 대상

본 연구에서는 23개월에서 76개월까지 종단적으로 표집된 아동의 일상적인 발화에서 물리 지식과 관련된 설명을 분석하였다. 배소영(2000)을 따라, 끝이 분명하게 내려가거나 올라가는 억양이 있고, 2초 이상의 휴지(pause)가 있을 때 그것을 발화의 경계로 삼았다. 한국어는 대화에서 주어, 목적어 등이 자주 생략되고, 특히 아동 언어 경우에는 완전한 문장이 산출되지 않는 경우가 빈번하다. 본 연구에서는 문장에 이러한 생략이 포함되어 있는 경우에도, 그 문장이 전 후 맥락으로 이해될 수 있을 때에는 발화에 포함하였다.

분석에는 서울, 청주, 대구에 거주하는 중류층 가정의 아동 10명의 발화를 대상으로 하였다. 이 자료들 중 A아동의 경우 2주에 1번씩 30분 동안, B아동은 1주일에 1번씩 60분 동안, C아동은 1주일에 1번씩 30분 동안 엄마와의 일상적인 대화를 녹음하여 전사한 것이며, 나머지 아동들의 경우에는 일상적인 대화상황에서 엄마 또는 다른 성인들과의 자연스러운 발화를 2주일에 1번씩 30분 동안 녹음하여 전사하였다. 연구 대상 아동들에 대한 구체적인 정보는 <표 1>에 제시되어 있다.

2. 연구 절차

실험보조자 2인이 한 팀을 이루어 각자 맡은

- 1) 연구 대상 아동 중 A아동의 경우 발화 수집 연도는 2001-2003년까지이며, 2주마다 30분간 녹음하여 전사하였다. B아동의 경우에는 1992-1993년에 1주마다 60분간 녹음하여 수집한 자료이며, C아동은 1982-1983년에 1주마다 30분간 녹음한 자료이다. D아동부터 J아동에 이르는 발화 자료는 모두 2003-2004년에 2주마다 30분간 녹음하여 수집한 자료이다.

〈표 1〉 연구 대상 아동의 정보

아동	성별	샘플수	수집기간 (개월)	출생순위
A	남	53	24-36	첫째
B	여	41	24-39	첫째
C	남	52	23-50	첫째
D	여	24	41-52	둘째
E	여	24	45-56	둘째
F	남	24	46-57	둘째
G	여	24	49-61	둘째
H	여	24	59-70	첫째
I	여	24	61-72	둘째
J	남	24	65-76	첫째

아동의 가정을 1주일에 1번 또는 2주일에 1번씩 방문하여, 아동의 엄마 또는 다른 성인과 일상적인 대화를 나누는 전체 장면을 비디오로 촬영하고 녹음한 후 전사하였다. 대화 표집의 일관성을 유지하기 위해 형제나 또래 간의 대화는 배제하였다.

3. 코딩 기준

현재 우리나라 제6차 유치원 교육과정에서 물리 지식과 관련된 내용은 탐구생활 영역의 하위

〈표 2〉 물리 지식의 구성요소별 코딩기준

구성요소	코딩 기준
물체와 물질의 성질	① 지각 가능성 : 실제 만질 수 있거나 볼 수 있어 지각 가능한 지를 설명하는지의 여부 ② 물리적 공간의 점유 : 물리적으로 공간을 차지하고 있는 지를 언급하는지의 여부 ③ 무게의 유무 : 해당 물질이나 물체의 무게에 대해 언급하는지의 여부 ④ 존재의 지속성 : 계속 일정한 자리를 차지하여 존재하는지, 다른 사람도 볼 수 있는지를 설명 하는지의 여부 ⑤ 물리적 상호가능성 : 다른 물질이나 물체와의 상호작용이 가능한지를 언급하는가의 여부
마찰력	① 미끄러져 내려가는 물체의 운동에 대해 힘을 가하는지의 여부 ② 경사면의 기울기와 물체의 속도와의 관계에 대해 언급하는지의 여부 ③ 경사면의 마찰력과 물체의 운동과의 관계를 설명하는지의 여부 ④ 물체의 무게, 중력 등과 물체의 속도와의 상관관련성을 언급하는지의 여부 ⑤ 마찰과 관련된 힘과 에너지의 변환에 대해 설명하는지의 여부
물체의 운동	① 물체의 무게와 뜨고 가라앉는 현상을 연결하여 설명하는지의 여부 ② 물체의 부피와 뜨고 가라앉는 현상을 연결하여 설명하는지의 여부 ③ 물체의 밀도와 뜨고 가라앉는 현상을 연결하여 설명하는지의 여부 ④ 물체의 중력과 뜨고 가라앉는 현상을 연결하여 설명하는지의 여부 ⑤ 물체의 무게, 부피, 밀도, 중력 등과 뜨고 가라앉는 현상의 상관관련성을 설명하는지의 여부
중력	① 물체의 무게와 낙하 현상을 연결하여 설명하는지의 여부 ② 물체에 대한 공기저항과 낙하 현상을 연결하여 설명하는지의 여부 ③ 물체의 중력과 낙하 현상을 연결하여 설명하는지의 여부 ④ 물체의 무게, 공기저항, 중력 등과 낙하 현상의 상관관련성을 설명하는지의 여부
운동	① 마찰력, 부력, 중력, 등을 제외한 힘과 에너지에 의한 운동과 관련하여 설명하는 경우 ② 사람의 힘과 에너지로 인하여 발생한 물질이나 물체의 운동을 설명하는 경우 ③ 사물의 힘과 에너지로 인하여 발생한 물질이나 물체의 운동을 설명하는 경우
기타	① 봄, 여름, 가을, 겨울의 4계절의 변화와 관련하여 설명하는지의 여부 ② 날씨의 변화에 관련하여 언급하는지의 여부 ③ 기온, 비, 바람, 구름, 번개, 천둥 등의 대기현상과 관련하여 설명하는지의 여부 ④ 해, 달, 별 등의 자연현상과 관련하여 설명하는지의 여부

영역인 과학적 탐구에 포함되어 있다. 과학적 탐구에서는 물체와 물질 탐색하기, 세부적으로 여러 가지 물체를 관찰하여 그 특징을 알아보거나 움직임을 비교해보기, 다양한 물질의 변화과정을 관찰해보기 등의 내용을 다루고 있다. 또한 미국국가연구위원회(National Research Council, 1996)에서는 유치원에서 12학년까지의 과학내용 기준을 제시하고 있다. 그 중 물리 지식에 해당되는 것은 물체와 물질의 성질, 물체의 위치와 운동, 빛·열·전기·자석·운동과 힘, 에너지의 변화 등이다. 물리 지식과 관련된 국내의 선행 연구들(박선미, 2004; 박선미 등, 2005a, 2005b, 김경아·이현진·김영숙, 2006)에서는 마찰력, 부력, 중력, 물체의 낙하운동 등을 분석하였다.

본 연구에서는 우리나라 제6차 유치원교육과정, 미국 국가연구위원회에서 제안한 교육내용 및 선행연구들의 결과를 고려하여, 물리 지식을 물체와 물질의 성질, 물체의 운동(마찰력, 부력, 중력, 운동), 기타의 세 가지 범주로 구별하였다. 물리 지식의 구성요소별 코딩기준은 <표 2>에 제시되어 있다.

1) 물체와 물질의 성질

물질(material)은 물체의 본질적 성질이며, 자연현상을 일으키는 실체이다. 물질이 그 물체를 이루는 재질(substance)을 의미한다면, 물체는 물리적 대상의 크기나 외양적인 모습을 지칭하기도 한다.

예를 들어 플라스틱으로 만들어진 자(ruler)는 물체이지만 그 재질이 되는 플라스틱은 물질이 된다. 다음과 같은 기준으로 물질과 비물질(immaterial)은 대비해 볼 수 있다. 물질은 행동 감각이 가능하고, 물리적 공간을 차지하고, 무게가 있고, 계속 그 자리에 존재할 수 있고, 다른 사람의 눈에도 보이고, 다른 물질과의 상호작용

할 수 있다(Carey, 1991; Carey & Spelke, 1994; Estes & Wellman, 1986; Wellman, 1990).

반면에 비물질은 행동 감각이 불가능하고, 물리적 공간을 차지하지 않고, 무게가 없고, 계속 지속되기 어렵고, 다른 사람의 눈에 보이지 않고, 다른 물질과의 상호작용도 가능하지 않다. 여기서는 이러한 다섯 가지의 특성을 가지는 물질과 물체에 대한 설명과 물질의 속성 및 변화 등을 설명하는 경우를 포함하였다.

예) 46개월 아동의 대화

엄마 : 물뎅이로 뭐해?

아동 : 던질 수 있고.

엄마 : 그림 위험하잖아.

아동 : 무거워.

엄마 : 그리고 또?

아동 : 돌은 딱딱해.

2) 마찰력

마찰력은 마찰할 때 생기는 두 물체 사이의 저항력 또는 두 물체가 접촉하여 운동할 때 그 운동을 방해하는 힘을 말한다. 미끄럼틀, 블록이나 자동차 바퀴가 내려가거나 부딪치거나 굴러갈 때 움직임을 방해하는 힘을 의미한다. 마찰력은 운동을 방해하는 힘이지만, 마찰력의 에너지는 다른 에너지로 변환되어 보존되기도 한다. 예를 들어, 원시인들이 나뭇가지를 비벼 불을 피우는 것은 마찰력이 열에너지로 변환되는 경우이다. 다음과 같은 발화에서 마찰력의 개념을 찾아볼 수 있다.

예) 72개월 아동의 대화

아동 : 물미끄럼틀 어떻게 하는 건 줄 알아?

엄마 : 어떻게 하는 건데?

아동 : 장판에 이렇게 깔았다. 근데, 수영복을 입구 그리고 그 위에 옷을 딱 입고 그 다음에 엉덩이를 적신 다음에 그 다음에 거기를 반, 이런 거 있잖아?

엄마 : 응, 장판.

아동 : 그런 걸 잘라.
 엄마 : 잘라서.
 아동 : 장판을 잘라 가지구 물을 뿌린 다음에 내려가는 거야.

3) 부력

부력은 기체나 액체 속에 있는 물체가 그 물체에 작용하는 압력으로 인해 중력(重力)에 반하여 위로 뜨려는 힘을 말한다. 일반적으로 물체에 작용하는 부력이 중력보다 크면 뜨게 된다.

무거운 잠수함은 물 위로 뜰 수도 있지만 물속으로 가라앉을 수도 있다. 잠수함은 물에 닿는 면적이 크고 물탱크에 공기를 가득 채우게 되면 부력이 커져서 물 위로 뜰 수 있다. 또한 부력은 물에 닿는 부피가 클수록, 물체가 가벼울수록 커진다. 못은 가라앉는 반면 스펀지는 뜨는 원리는 스펀지가 부피가 크고 가볍기 때문이다. 다음과 같은 발화에서 부력의 개념을 찾아볼 수 있다.

예) 70개월 아동의 대화

엄마 : 나는 물속에 가면 떠? 가라앉아?
 아동 : 가라앉아.
 엄마 : 가라앉아?
 아동 : 떠.
 엄마 : 종이배는?
 아동 : 배 뜨는 거 알어.
 엄마 : 무거운 게 떠? 안 떠?
 아동 : 무거운 것도 떠.

4) 중력

중력은 지구와 물체 사이에 작용하는 만유인력을 말하며, 지구는 중력장 안의 모든 물체를 잡아당기고 있다. 중력은 지구 위의 물체가 지구 중심 쪽으로 향하는 힘으로써, 물체가 떨어지는 현상을 설명하는 데 핵심적인 개념이다. 다음과 같은 발화에서 중력의 개념을 찾아볼 수 있다.

예) 33개월 아동의 대화

아동 : 왜 엄마는 물휴지를 자꾸 (거실) 거실에 갖고 갔다가 안방에 갖고 갔다가 그래?

엄마 : 네가 어떤 때는 여기서 응아하구, 어떤 때는 안방 번기에서 하니까 그렇지.
 아동 : 번기에서? 번기에서 내가 안 떨어지구.
 엄마 : 안 떨어진다구?
 아동 : 응, 가벼워서 안 떨어져. 가벼우니까.

5) 물체의 운동

운동은 마찰력, 부력, 중력을 제외한 힘과 에너지에 의한 운동(힘의 크기와 방향)과 관련하여 설명하는 경우에 해당된다. 운동이란 물체의 위치가 시간에 따라 변하는 것을 말한다. 물체가 움직이려면 사람 혹은 사물의 힘과 에너지가 작용해야 한다. 다음과 같은 발화에서 물체의 운동의 개념을 찾아볼 수 있다.

예) 50개월 아동의 대화

엄마 : 그네 타니까 기분이 어때? 응?
 아동 : 나 세계 밀어줘. 여기에 싫어.
 엄마 : 그럼, 엄마는 너 얼굴 안 보이잖아.
 아동 : 빨리 세계 밀어줘, 세계, 더 세계.
 엄마 : 저거 봐, 더 세계 하면 팡 해.
 아동 : 더 세계 해야 빨리 갈 수 있어.

6) 기타

봄, 여름, 가을, 겨울의 4계절의 변화, 날씨의 변화, 기온, 비, 바람, 구름, 번개, 천둥 등 대기현상, 해, 달, 별 등 자연현상과 관련하여 설명하는 경우에 해당된다.

예) 37개월 아동의 대화

아동 : 엄마 비가 내리고 바람이 분다, 그래. 번개도 치고 천둥도 치고.
 엄마 : 그랬어?
 아동 : 황사가 있고, 그러고 햇빛이 빨간 낮어.

4. 코딩 방법

본 연구자들은 여러 번의 논의 후에 각 범주를 구별하는 세부적인 코딩 기준을 설정하였다. 코딩은 두 사람이 각각 전체 발화 자료를 점검하면

서 해당 기준에 적합한 발화를 구별하여 코딩을 하였다. 두 사람 간의 전체 발화 코딩 일치도는 98.07%였다.

그 후 두 사람의 코딩을 비교한 후 코딩이 일치하지 않은 경우들에 대해서는 별도로 논의한 후에 합의한 코딩을 결과 분석에 사용하였다.

III. 결과 분석

1. 물리 지식 설명의 발화량

본 연구에서 분석 대상으로 삼은 아동의 발화

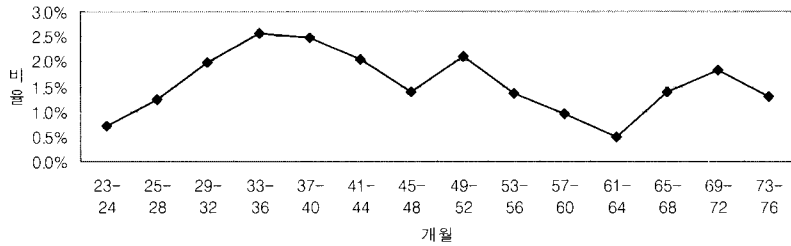
자료는 각 아동마다 채집이 시작된 연령과 끝난 연령이 다르고 채집된 기간도 다르다(표 1 참조). 본 연구에서는 가장 어린 연령인 23개월부터 가장 나이 많은 연령인 76개월까지의 자료를 처음 23-24개월은 2개월 단위로 묶고 나머지 25-76개월은 모두 4개월 단위로 묶어서 총 14개의 연령집단으로 나누어, 각 연령에 해당되는 아동들의 발화를 더하여 총 발화량으로 삼았다. 전체 아동의 연령별 물리 지식 발화량과 총 발화량이 <표 3>에 제시되어 있다.

<표 3>에 제시한 바와 같이, 23개월에서 76개월까지의 아동들이 일상생활 속에서 표현한 총 발화는 92,681개이다. 이 가운데 물리 지식을 설명

<표 3> 전체 아동의 연령별 총 발화량과 물리 지식 발화량

아동	23-24	25-28	29-32	33-36	37-40	41-44	45-48	49-52	53-56	57-60	61-64	65-68	69-72	73-76	Total
A	560 (2)	4815 (88)	4978 (154)	5016 (165)											15369 (409)
B	436 (0)	6598 (57)	4009 (50)	4741 (115)	2548 (57)										18332 (279)
C	1210 (14)	2113 (22)	2655 (25)	2782 (41)	2844 (76)	1352 (17)	2502 (51)	733 (39)							16191 (285)
D						1699 (45)	2165 (18)	2101 (20)							5965 (83)
E							1901 (21)	1100 (39)	1147 (27)						4148 (87)
F							1408 (20)	2384 (24)	1877 (10)	767 (13)					6436 (67)
G								1140 (36)	1859 (29)	1627 (17)	341 (5)				4967 (87)
H										1094 (3)	1986 (10)	2060 (15)	1167 (6)		6307 (34)
I											1904 (6)	2060 (25)	2023 (43)		5987 (74)
J												2607 (54)	2867 (62)	3505 (45)	8979 (161)
Total	2206 (16)	13526 (167)	11642 (229)	12539 (321)	5392 (133)	3051 (62)	7976 (110)	7458 (158)	4883 (66)	3488 (33)	4231 (21)	6727 (94)	6057 (111)	3505 (45)	92681 (1566)

* ()안의 숫자는 각 아동의 물리 지식 발화량을 의미함.



〈그림 1〉 연령별 아동의 총 발화량 중 물리지식의 비율

하는 발화만 추려내어 연령별로 분석한 결과, 23개월에서 76개월까지의 아동들의 총 발화 92,681개 중 물리지식으로 설명한 발화는 1,566개였으며 평균 1.7%의 비율로 나타났다. 각 연령에서 나타난 전체 발화 중 물리지식에 대한 설명과 관련된 발화 비율을 연령별로 제시하면 <그림 1>과 같다.

<그림 1>에 제시한 바와 같이 일상생활에서 나타난 자연스러운 발화 중 물리지식 설명과 관련된 발화는 가장 어린 연령인 23개월에 0.7%로 시작하여 증가와 감소를 반복하다가 76개월경에는 1.3%에 머물러, 전체적으로 3% 미만의 수준으로 낮게 나타났다.

물리지식의 내용을 물체와 물질의 성질, 마찰

력, 부력, 중력, 물체의 힘과 에너지에 의한 운동, 기타의 여섯 가지 기준으로 나눈 구성요소별 발화량과 비율을 <표 4>와 <그림 2>에 제시하였다.

<그림 2>에서 볼 수 있듯이, 일반적으로 아동들이 일상생활에서 물리적 현상을 물체와 물질의 성질이나 물체의 운동으로 설명하는 비율이 힘(마찰력, 부력, 중력)으로 설명하는 비율보다 상대적으로 높게 나타났다.

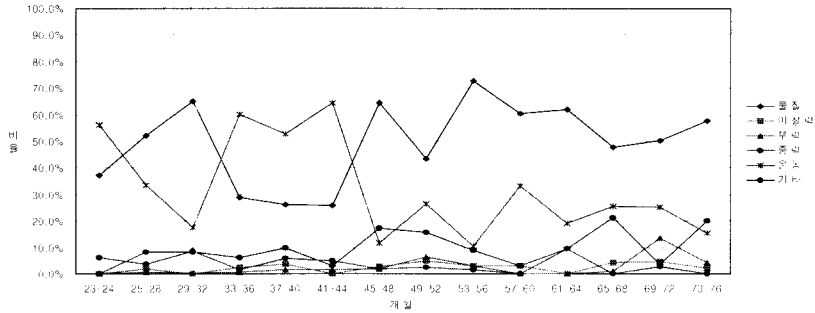
물체와 물질의 성질과 운동을 비교해 보면, 23개월에서 32개월 사이에서는 물체와 물질의 성질로 설명하는 비율이 운동으로 설명하는 비율보다 높았지만, 33개월에서 44개월 사이에서는 운동으로 설명하는 비율이 성질로 비교하는 비율보다 높아졌다. 45개월 이후에는 운

〈표 4〉 물리지식의 구성요소별 발화량

	23-24	25-28	29-32	33-36	37-40	41-44	45-48	49-52	53-56	57-60	61-64	65-68	69-72	73-76	Total
물질*	6	87	149	93	35	16	71	69	48	20	13	45	56	26	734
마찰력	0	3	0	8	5	0	3	8	2	1	0	4	5	1	40
부력	0	1	1	2	2	1	2	10	2	0	0	1	15	2	39
중력	1	6	20	5	8	3	2	4	1	0	2	0	3	0	55
운동**	9	56	40	193	70	40	13	42	7	11	4	24	28	7	544
기타	0	14	19	20	13	2	19	25	6	1	2	20	4	9	154
Total	16	167	229	321	133	62	110	158	66	33	21	94	111	45	1566

* 물질 : 물체와 물질의 성질

** 운동 : 힘과 에너지에 의한 물체의 운동



〈그림 2〉 연령별 물리지식의 구성요소별 비율

등으로 설명하는 비율이 다시 낮아지고, 물체의 성질로 설명하는 비율이 더 높아진 것을 볼 수 있다.

아동의 발화에 마찰력, 부력, 중력과 같은 힘의 개념이 포함된 비율은 상대적으로 매우 낮았다. 하지만 23개월부터 초보적이지만 중력의 개념, 25개월경에는 부력과 마찰력 관련 설명도 나타난다는 것은 어린 연령의 아동들도 직관적이기는 하지만 초보적인 물리지식을 가지고 있음을 보여준다고 하겠다.

2. 물리지식의 변화 및 발달추이

1) 물리지식의 변화

아동이 일상생활에서 자신이 이해하는 물리지식들을 표현한다면, 이러한 표현들은 물리지식의 본질에 대한 중요한 정보를 제공해 줄 수 있을 것이다. 물리지식 설명의 변화과정을 보다 구체적으로 살펴보기 위하여, 아동의 발화내용을 물체와 물질의 성질, 마찰력, 부력, 중력, 힘과 에너지에 의한 운동의 구성요소별로 구별하여 분석하였다.

〈표 5〉 물체와 물질의 성질에 대한 설명의 변화과정

수준	개월	발화 내용
지각적 특성	23-48개월	23개월 : 벽은 안 젖었어. 25개월 : 오늘 똥 딱딱한 똥이다. 27개월 : 라면 뜨거워. 34개월 : 아 여기로 구멍에 바람 넣었는데 공에서 또 바람이 또 빠졌어. 37개월 : 젖은 바지 말려갖고 입었어, 근데 또 젖었어. 그래서 말려 갖구. 46개월 : 풍선이 커진다. 더 더 커진다.
	49-64개월	51개월 : 찰흙 가만 놔두면 딱딱해져. 54개월 : 풀로 하면 잘 안 붙어, 본드로 해야 잘 붙어. 55개월 : 그림 그린 거 말려야 된대요, 그래야 안 묻어. 62개월 : 자석은 나무에 안 붙어, 쇠에만 붙었다.
인과적 설명	65-76개월	66개월 : 얼음 녹지 말라고 천을 덮어놓은 거야. 더운 공기 나가는 거야. 67개월 : 수증기가 되어 올라가서 구름이 되서 내려가, 그 다음 비가 되어 내려와. 67개월 : 얼음이 녹으면 물, 물이 녹으면 수증기. 69개월 : 오래된 달걀은 노른자가 힘이 없어, 탁 터져.

(1) 물체와 물질의 성질

물체와 물질의 성질에 대한 아동의 지식이 연령에 따라 어떻게 변화하는지를 <표 5>에 제시하였다.

어린 연령(23-27개월) 아동의 발화를 보면 젖었어, 딱딱해, 뜨거워와 같이 물질의 지각적으로 두드러진 속성을 들어 물체나 물질의 성질을 표현하고 있다. 32-46개월 아동의 경우에는 ‘바람이 빠졌어, 풍선이 커져’와 같이 물체나 물질의 변화에 대한 이유를 구체적으로 인과성을 들어 설명하지는 못했다. 하지만 공에 바람을 넣으면 그 바람이 빠질 수 있다는 사실과 젖은 바지는 말려야 입을 수 있다는 등의 물체나 물질의 변화에 대한 관심을 표현하고 있다.

49-64개월의 아동은 찰흙을 공기 중에 방치하면 습기가 없어서 딱딱해진다는 사실과 풀과 본드의 접착력에는 차이가 있다는 것, 방금 그린 그림은 말려야 물감이 손에 묻지 않고, 자석이 도체인 쇠에는 붙지만 비도체인 나무에는 붙지 않는다는 사실을 설명하고 있지만 구체적인 과학적 용어나 원인을 설명하지는 못했다.

65개월 이상이 되면 아동들은 얼음이 녹지 않게 천을 덮어야 한다, 달걀노른자가 오래되면 상해서 터진다, 등과 같이 물체의 상태 변화를

인과적으로 설명하고 있다. 즉, 얼음에 천을 덮은 이유, 달걀노른자가 터지는 이유와 같이 물질의 결과 상태를 도출한 원인을 고려하여 비교적 정교하고 구체적인 물리지식으로 현상을 설명하고 있다.

또한 이 시기에는 에너지의 순환을 알고 있는 것을 볼 수 있다. 에너지는 위치, 열, 빛, 운동, 전기 에너지와 같이 다양한 형태로 존재한다. 대부분의 에너지는 태양 에너지로부터 전환되는데, 이때에도 형태가 변할 뿐이지 그 양은 변하지 않고 순환된다. 이를 에너지의 순환이라 한다.

‘수증기가 되어 올라가서 구름이 되어서 내려가, 그 다음 비가 되어 내려와’, 얼음이 녹으면 물, 물이 녹으면 수증기’의 발화를 보면, 에너지의 순환에 의한 물질의 변화와 온도변화에 따른 물질의 삼태(三態)를 보다 과학적인 지식을 이용하여 설명하고 있음을 볼 수 있다.

(2) 마찰력

마찰력에 대한 물리지식 설명이 연령에 따라 변화하는 과정은 <표 6>에 제시하였다.

마찰력은 움직이고자 하는 물체를 방해하는 힘으로도 작용하며, 에너지로 전환할 경우 새로운 물체나 물질을 만들기도 한다. 먼저 마찰력이 방

<표 6> 마찰력에 대한 설명의 변화과정

수준	개월	발화 내용
결과 상태	23-32 개월	27개월 : 공이 굴러가. 28개월 : 인제 빠빵(장난감 자동차)이 굴러 내려가요.
초보적 수준의 인과성	33-64 개월	35개월 : 아간 섰는데, 이젠 바퀴가 있어서 움직일지도 모르겠다. 41개월 : 차 못가요. 차 바퀴가 이불 위에서는 못가. 58개월 : 미끄럽은요, 비올 때 쭈욱 내려가요.
인과적 설명	65-76 개월	68개월 : 나무 막대기에다가 이렇게 문질러 갈구 불내켜 같고. 그 다음 이렇게 돌로 탕 탕쳐서 불을 만들었어. 72개월 : 장판을 깔아가지고 물을 뿌린 다음에 내려가는 거야. 그래야 잘 내려가. 74개월 : 바닥이 미끄러우니까 스타킹은 당연히 넘어지지.

해하는 힘으로 작용하는 경우를 보면, 물체가 면(面) 위를 미끄러지지 않고 구를 때, 면이 이 물체에 미치는 힘이 구름 마찰력이다. 수평면 위를 공 같은 것이 구를 때, 접촉면에 힘이 작용하여 구르는 속도가 점점 느려지는 것을 의미한다. 28-32개월 아동들은 ‘공이 굴러가’, ‘자동차가 굴러 내려가’ 등의 표현을 하고 있는데 이러한 발화는 마찰력과 관련된 지식이 포함되어 있다기 보다는 단순히 공이 굴러가는 결과 상태만을 표현하고 있다고 보인다.

마찰력은 움직이는 두 물체가 서로 스치고 지나갈 때도 발생한다. 두 물체의 표면에 있는 미세한 돌출 부분들이 서로 부딪치기 때문이다. 35-64개월 아동의 경우, 이불의 평평하지 못한 부분들이 자동차 바퀴와 맞닿는 면에 마찰력이 커져서 움직임을 방해한다는 것을 단편적으로 알고 있기에 이런 표현을 하게 된 것으로 보인다.

물체의 원활한 운동을 위해서는 마찰을 줄일 수 있는 윤활제가 필요하다. 윤활제는 작은 돌출 부분들을 채워주어 서로 맞닿는 표면들이 잘 미끄러지도록 도와주기 때문이다. 동일한 주제인 미끄럼틀의 마찰력에 대한 발화를 비교해 보면, 58개월 아동의 발화는 ‘비올 때 내려간다’는 결과 상태를 중심으로 말했다면 72개월 아동은 경사면에 윤활제인 물을 사용하여 미끄럽게 하면 마찰력을 줄일 수 있다는 인과적 기제로 마찰력

을 설명하고 있다. 또한 바닥이 미끄러운 곳에서 미끄러운 성질을 가진 스타킹을 신고 있으면, 두 물질 간에 마찰력이 생기지 않아 넘어지게 된다는 좀더 정교한 물리지식으로 설명한다.

마찰력이 에너지로 전환되는 경우는, 나뭇조각이나 부싯돌을 비비거나 두들겨서 마찰열을 일으켜 불과 같은 새로운 물체나 물질을 만드는 것이다. 이러한 지식은 다소 어려워져서 비교적 높은 연령의 아동에게서 나타난다. 68개월 아동이 ‘나무 막대기를 문지르고 돌을 쳐서 불을 만들어’ 라고 발화한 것은 불이 마찰열에 의해 만들어진다는 과학적 지식에 근거함을 볼 수 있다.

(3) 부력

부력에 대한 아동의 물리지식이 따라 어떻게 변화하는지를 <표 7>에 제시하였다.

부력은 물체를 뜨게 하는 힘으로, 무게가 같을 때는 크기가 큰 물체가 부력을 많이 받게 된다. 물에 뜨고 가라앉는 것은 무게와 크기의 비율 그리고 밀도에 달려 있다. 무게가 무겁더라도 크기가 매우 크면 부력을 많이 받아 화물선도 바다에 뜰 수 있는 것이다. 50개월 이전의 아동들은 ‘배가 떠, 배가 가라앉아’와 같이 구체적인 원인을 설명하지 못하고 배가 뜨거나 가라앉는 결과 상태만을 언급하는 경우가 대부분이었다.

69개월 이후 아동들은 물체의 절대적인 무게

<표 7> 부력에 대한 설명의 변화과정

수준	개월	발화 내용
결과 상태	23-60 개월	27개월 : 배가, 배가 떠 있구. 39개월 : 이렇게 배도 물에 떠다니구요. 50개월 : 와 신난다 그러다가 배가 빼음 가라앉아 버렸어.
초보적 수준의 인과성	61-76 개월	69개월 : 이렇게 화장지우는 거 그거(화장솜) 가벼워서 물에 떠. 70개월 : 하은이는 무거워서 물에 가라앉아. 74개월 : 배영할 때는 사람 물에 띄요.

〈표 8〉 중력에 대한 설명의 변화과정

수준	개월	발화 내용
결과 상태	23-52 개월	24개월 : 별이 하늘에서 똑 떨어졌어.
		32개월 : 나 떨어졌어, 여기. 이 높은데서.
		39개월 : 운석이 하늘에서 막 떨어지니깐 사람들 다 막 소리 지르는 거야.
		43개월 : 버스가 하늘을 날아서 뺑하고 떨어졌어요. 그래서 죽었어요.
		49개월 : 막 사람이 뛰어오다가 부딪쳐갖고 머리로 푹 떨어졌다가 땅에 떨어졌다. 51개월 : 옥상에서 떨어지잖아요.
초보적 수준의 인과성	53-76 개월	54개월 : 나 여기서 뛰어 내릴 수 있다.
		61개월 : 저쪽 방에서 창문에 매달리다가 떨어졌어.
		72개월 : 우리는 몸이 가벼우니까 그러니깐 날 수 있지. 그리구 공기를 잘 통해야 되 고, 그리고 몸이 가벼워야 되고.

가 그 물체가 뜨거나 가라앉는 것을 결정하는 특
성인 것으로 설명하였다. 무거운 물체의 경우 무
조건 가라앉을 것으로 예측하거나 가벼운 물체
의 경우 무조건 뜰 것으로 예측함을 알 수 있다.
즉, 연구 대상 아동들은 대부분이 물체가 뜨고
가라앉는 현상에 대한 이해가 부족할 뿐만 아니
라 이 현상을 설명할 부력에 대한 물리 지식이 물
질의 성질이나 물체의 운동에 비해 부족한 것으
로 나타났다.

(4) 중력

중력에 대한 아동의 물리 지식이 연령에 따라
어떻게 변화하는지를 <표 8>에 제시하였다.

돌맹이를 위로 던지면 아래로 떨어지는 것은
돌이 중력의 힘을 받기 때문이다. 지구의 모든 물
체는 지구의 중심 쪽으로 끌어당기는 힘을 받고
있는데 이 힘이 중력이다. 중력은 위치에 따라 달
라질 수 있다. 즉, 24-51개월 아동들의 ‘별이 떨어
졌어, 버스가 떨어졌어, 사람이 떨어졌어’ 라는
발화에서, 모든 물체는 위에서 아래(지구의 중심)
로 떨어진다는 결과 상태를 표현하였다.

53개월 이상 아동의 경우에는 완전하지는 않지
만 중력과 무게를 연관시켜 이해하거나 지지

(support)가 없으면 떨어질 것이라는 물리 지식을
기초로 현상을 설명하는 것으로 나타났다. ‘나
여기서 뛰어 내릴 수 있다’라는 발화는 현재 자
신의 위치와 땅과의 거리를 가늠하여 다치지 않
고 떨어 수 있는 자신의 능력을 표현한 것이다. 이
에는 거리, 속도, 무게와 중력 등의 개념이 포함
되어 있다. 또한 ‘창문에 매달리다가 떨어졌어’
의 경우에는 자신의 몸을 지탱해주던 창문에서
더 이상 지탱하기 어려워 떨어졌을 경우, 창문이
라는 지지가 없어서 떨어진 것으로 표현하였다.
이는 중력의 원인을 설명하는 적절한 이론은 아
니지만 나름대로 초보적이기는 하나 이론을 가
지고 설명하는 것으로 판단된다. 그리고 ‘몸이
가벼우니까 날 수 있지, 공기를 잘 통해야 되고,
몸이 가벼워야 되고’라고 날 수 있는 이유를 설
명한 아동의 발화를 보면, 중력과 무게, 공기저
항, 낙하속도와의 관계를 언급하여 좀더 과학적
인 지식으로 설명하였다.

(5) 물체의 운동

물체의 운동에 대한 아동의 지식이 연령에 따
라 어떻게 변화하는지를 <표 9>에 제시하였다.

물체의 운동은 힘과 에너지에 의해 물체의 위
치가 시간에 따라 변하는 것을 말한다. 물체가

〈표 9〉 물체의 운동에 대한 설명의 변화과정

수준	개월	발화 내용
지각적 특성	23-32 개월	24개월 : 엄마 빵 갔다.(빵=자동차) 28개월 : 인제 빠빵이 가요.(빠빵=장난감 자동차) 30개월 : 비행기가 목련 아파트 위로 날아가네.
초보적 수준의 인과성	33-40 개월	33개월 : 차 밑에 바퀴가 있어서 잘 가. 35개월 : 헬리콥터는 날아가, 날개가 있어서.
인과적 설명	41-76 개월	40개월 : 공이 안 들어가네. 내가 세계 던져봐야지. 54개월 : 바람 때문에 신문이 날잖아. 56개월 : 창 밖에서 바람 불 때 연이 요렇게 하늘에서 날 수 있어. 57개월 : 이렇게 살살 해도 바람개비가 후 돈다요. 68개월 : 비, 비행기 바퀴가 (어) 살살 가다가 점점 빨라진다. 날아간다. 73개월 : 모형 비행기 충전기에 전기 왜 넣어 주냐면, 그럼 그게 이동할 수가 없어.

움직이려면 힘이 작용해야 한다. 바퀴가 달린 미니카는 세계 밀어 주면 더 멀리 가고, 살살 밀면 조금밖에 가지 못한다. 그네를 타거나 미끄럼틀을 탈 때에도 힘껏 밀어주면 더 많이 나가고, 약하게 밀면 천천히 나간다. 이렇게 사람의 힘으로 움직이는 것도 있고, 바람이나 물, 전기 등과 같은 힘으로 움직이는 것들도 있다(교육인적자원부, 1999).

아동의 발화 중 물체의 운동에 대한 설명을 보면 24-30개월의 아동은 주로 ‘자동차가 가요, 비행기가 날아가요’ 등과 같이 지각적인 속성으로 물체의 운동을 설명하고 있다. 33-40개월의 아동은 바퀴가 있어서, 날개가 있어서와 같이 운동의 원인과 이유에 대해 관심을 가지고 있지만 물체의 운동에 바퀴와 날개가 어떤 역할을 하는지 구체적으로 설명하지는 못했다.

물체의 운동에는 다양한 힘이 작용한다. 물체가 움직이기 위해서는 에너지는 높이는 방향으로, 마찰력은 줄이는 방향으로 나가야 한다. 물체에서 바퀴의 역할은 물체 간의 닿는 면적을 적게 하여 마찰력을 줄여 운동을 가능하게 해주는 것이다.

41개월 이후의 아동들은 물체에 사람의 힘이나 외부적인 힘이 가해져야(원인) 그 물체가 움직일 수 있다(결과)는 인과기제를 이용하여 물체의 운동을 설명하고 있다. 공을 골대에 넣으려면 세계(힘 에너지) 차야 하고, 바람개비가 도는 속도를 조절하기 위해서는 아동의 입김의 세기를 조절해야 한다. 신문이나 바람개비, 연을 움직이기 위해서는 바람의 힘(운동 에너지)이 필요하다.

경사면에서 미끄러지거나 굴러가는 물체의 운동을 이해하기 위해서는 마찰력뿐만 아니라 관성, 중력에 대한 지식도 필요하다. 수평면에서 힘을 가하지 않은 장난감 자동차는 계속 정지한 상태를 유지하지만, 힘을 가하면 경사면에서 아래로 굴러 내려간다는 관성에 대한 기본적인 지식도 포함하고 있다. 뿐만 아니라 비행기의 바퀴가 점점 속도를 내는 것은 운동 에너지와 마찰력, 가속도, 관성에 대한 지식이 필요로 한다. 모형 비행기를 움직이게 하려면 충전기(전기 에너지)에 대한 지식이 필요함을 설명하고 있다.

2) 물리지식의 연령별 발달추이

물리현상에 대한 아동의 설명을 분석했을 때,

〈표 10〉 물리지식의 연령별 발달추이

	23-24	25-28	29-32	33-36	37-40	41-44	45-48	49-52	53-56	57-60	61-64	65-68	69-72	73-76
물체와 물질의 성질	지각적 특성			초보적 수준의 인과성				인과적 설명						
마찰력	결과 상태			초보적 수준의 인과성							인과적 설명			
부력	결과 상태										초보적 수준의 인과성			
중력	결과 상태								초보적 수준의 인과성					
운동	지각적 특성			초보적 수준의 인과성				인과적 설명						

아동이 갖고 있는 물리지식이 적어도 세 가지 수준으로 구별될 수 있음을 볼 수 있었다. 물리지식에 포함되는 각 개념들이 연령에 따라 어떻게 달라지는지를 <표 10>에 정리하였다.

물리지식의 연령별 발달추이를 살펴볼 때 한 가지 뚜렷한 특징은 지식의 개념에 따라 발달하는 시점은 다소 달랐지만 발달하는 순서에서는 비교적 일관성을 보여주었다는 점이다. 초기에는 지각적 특성이나 결과상태만을 단편적으로 기술하다가, 그 다음에는 현상을 인과적으로 설명하기 시작하였다. 하지만 이 시기에서의 인과관계의 설명은 비교적 초보적인 수준에 머물러 있었고 구체적인 과학지식이 포함되어 있지 않는 것으로 나타났다. 그 다음 수준인 인과적 설명으로 발달하면서 좀더 정교한 과학지식을 이용하여 설명하는 것을 볼 수 있었다.

구체적인 개념들의 변화를 살펴보면 다음과 같다. 먼저 물체와 물질의 성질에 대한 어린 연령(23-27개월) 아동의 발화를 보면 '젖었어, 딱딱해, 뜨거워와 같이 물질의 지각적으로 두드러진 속성을 들어 물체나 물질의 성질을 표현하고 있다. 32-46개월 아동의 경우에는 '바람이 빠졌어, 풍선이 커져'와 같이 물체나 물질의 변화에 대한 이유를 구체적으로 인과성을 들어 설명하지는

못했다. 49개월의 아동의 발화에서부터 물체나 물질의 성질에 대한 인과적인 설명이 나타나고 있지만 구체적인 과학적 용어나 원인을 설명하지는 못했다. 그러나 65개월 이상이 되면 아동들은 현재 물질의 결과 상태를 도출한 다양한 원인들을 고려하여 비교적 정교하고 구체적인 물리지식으로 현상을 설명하고 있다.

물체의 운동과 관련하여서는, 물체의 성질과 마찬가지로 32개월 이전에는 지각적 특성에 근거하여 표현하였다. 하지만 33개월부터 인과적인 설명이 나타나는데 40개월까지는 인과적 설명이 다소 초보적인 수준에 머무르고 있었다. 그러나 41개월 이후 아동들은 물체의 운동에 대해 좀 더 과학적인 지식을 이용하여, 어떤 원인이 움직임을 가능하게 했는지를 체계적으로 설명하는 것을 보여주었다. 물체의 운동에 대한 물리지식은 항상 물체의 움직임에 대해 언급하기 때문에 다른 물리지식과 달리 결과 상태를 표현하는 것은 거의 나타나지 않았다.

그러나 마찰력, 부력, 중력의 경우에는 힘에 의한 물체의 변화이므로 지각적인 특성보다는 결과 상태를 중심으로 표현하는 시기를 좀 더 오랜 기간 지속되었다. 마찰력의 경우에는 65개월 경에 초보적인 인과기제를 표현하였지만, 부력

과 중력은 76개월이 되어도 완전한 설명이 가능하지 않았다.

IV. 논의 및 결론

본 연구에서는 일상생활에서 아동의 대화 속에 나타난 물리적 지식의 내용을 살펴보고, 연령에 따라 아동들이 설명하는 물리지식이 어떻게 달라지는지를 보여주었다.

물리 지식과 관련된 발화량을 분석했을 때, 물체의 성질과 물체의 운동에 관련된 설명이 마찰력, 부력, 중력 등의 힘과 관련된 설명보다 더 빈번하게 나타나는 것을 볼 수 있었다. 마찰력, 부력, 중력과 같은 개념으로 물리 지식을 설명하는 비율은 상당히 낮은 비율로 나타났지만, 이러한 설명이 나타난 것은 이와 관련된 지식이 존재하는 것으로 볼 수 있을 것이다. 23개월경부터 중력과 관련된 발화가 나타났고, 25개월경에는 부력과 마찰력과 관련된 발화가 나타났다. 이러한 결과는 초보적인 물리 지식이 생의 초기부터 존재한다는 결과(Baillargeon, 1993; Carey & Spelke, 1994; Spelke, 1991; Spelke, 1994; Spelke & Hermer, 1996)를 지지해 주는 것으로 해석할 수 있을 것이다.

아동이 발화한 물리 지식과 관련된 내용을 분석했을 때 지식 발달의 양상을 보다 구체적으로 살펴볼 수 있었다. 우선 지식 발달에서 몇 개의 전환점을 발견할 수 있었다. 변환의 시점이나 구체적인 내용은 지식의 범주에 따라 달랐지만 몇 가지 공통점을 찾을 수 있었다. 초기에는 오감으로 확인할 수 있는 물리적 대상의 지각적 특성만을 언급하는 표현이 주로 나타났다. 3세와 4세 사이에서는 물리적 현상의 결과로 나타나는 상태만을 기술하거나 인과적으로 설명한다 하더라

도 그 내용이 미숙한 경우가 많았다. 4세 이후가 되면 부력과 중력을 제외하고는 결과를 일으키는 원인에 대해 체계적으로 설명하는 것을 볼 수 있었다.

물질의 성질이나 운동에 대한 발화는 32개월 이전에는 물체의 지각적 특성에만 근거하는 표현이 주로 나타났다. 33개월 이상이 되면 물체의 상태 변화를 일으킨 원인에 대해 정확하지는 않지만 초보적인 인과성으로 설명하는 것을 볼 수 있었다. 물질의 성질에 대한 지식의 경우 65개월 이후, 물체의 운동에 대한 지식의 경우에는 41개월 이후가 되면 비교적 정교하고 구체적인 물리 지식을 이용하고 인과적으로 설명하고 있다. 물이 수증기가 되고 수증기가 다시 구름이 되어 비가 된다는 에너지의 순환, 물의 세 가지 형태 변화에 대해서도 보다 과학적인 지식을 이용하여 설명하고 있음을 볼 수 있다.

마찰력의 경우, 33개월 이후의 발화에서 사면을 미끄럽게 하면 마찰력을 감소시킬 수 있다는 표현을 찾아볼 수 있었다. 이러한 표현은 마찰력이 물체의 운동에 어떻게 작용하는지를 완전하게 설명하지는 못하지만 마찰력의 영향을 알고 있다는 것을 보여준다. 이러한 결과는 3세 아동의 81%가 마찰력을 줄일 수 있는 방법을 하나 이상 알고 있었다고 보고한 박선미(2004)의 결과와 같은 맥락에서 해석될 수 있을 것이다.

부력은 무게, 중력, 물체의 밀도, 유체의 성질과의 관계 등을 이해하는 것을 필요로 한다. 본 연구에서 부력에 대한 발화는 초보적인 수준에서 머무르고 있었다. 아동들은 60개월이 되어도 배가 뜨거나 가라앉는 결과로 나타나는 지각적인 현상만을 언급하였다. 그 이후에 아동들은 물체가 뜨고 가라앉는 것에 무게가 관련된다는 것은 이해하였다. 하지만 73개월이 되어도 다른 개념들과 연결하여 부력을 완전하게 설명하지는

못했다. 박선미(2004)는 부력은 이해하기 어려운 개념이어서 9세나 11세 아동 중 소수가 정확한 지식을 가지고 있고, 성인들조차도 부력과 관련하여 중력과 부력의 상대적 크기나 상호작용의 개념으로 설명하는 데 어려움이 있다고 보고한 바 있다. 본 연구에서도 부력은 다른 어떤 개념보다도 가장 오랜 시간을 필요로 하여 습득되는 물리지식인 것으로 나타났다.

중력의 경우 48개월 이전에는 위에서 아래로 떨어진다는 지각적 특성으로 현상을 설명하지만, 53개월 이후에는 완전하지는 않지만 중력과 무게를 연관시키거나, 지지(support)가 없으면 떨어진다는 지식을 기초로 한 표현을 찾아볼 수 있었다. 또한 일부 아동의 경우 중력과 무게, 공기저항, 낙하속도와와의 관계를 언급하기도 하였다. 이러한 결과는 박선미 등(2005a; 2005b)과 김경아 외(2006)에서도 찾아볼 수 있는데, 이들 연구에서도 7세 이전의 아동들은 물체의 낙하운동을 지지(support)가 없기 때문으로 설명하는 경우가 많았다.

본 연구에서는 물체의 성질, 운동, 마찰력, 부력, 중력 등의 개념은 완전하지는 않지만 아주 어린 연령부터 아동들이 실제 현상을 표현할 때 직관적으로 사용하고 있음을 보여준다. 뿐만 아니라 물리지식은 연령이 증가함에 따라 인과성을 갖춘 체계로 발달하고 있음을 볼 수 있다. 이러한 결과는 선행연구의 결과와 같은 맥락에서 해석될 수 있는 듯하다. 물리적 현상을 포함한 자연현상에 대한 아동의 개념을 다룬 연구에서, 아동들은 학교에서 과학교육을 받기 이전에 이미 물리적 현상을 포함한 자연현상에 대해 나름대로의 개념을 갖고 있는 것으로 밝혀진 바 있다 (Howe, 1993).

또한 발달적 관점에서 볼 때 아동의 물리지는 두 번 변화하는 것을 볼 수 있다. 첫 번째 전

환은 지각적 특성이나 결과 상태만을 표현하던 것에서 인과적 설명으로 변화는 것에서 찾아볼 수 있다. 이러한 전환이 3세에서 5세 사이에 나타나는데, 이 시기는 학령전기로서 구체적인 과학용어나 개념에 대한 교육이 상대적으로 많지 않을 것으로 추정된다. 따라서 이 시기에 나타나는 지식의 변환은 과학교육의 결과라기보다는 아동이 물리현상에 대한 경험을 통해 자발적으로 구성하게 되는 지식이라고 볼 수 있을 것이다.

두 번째 전환은 초보적으로 인과성을 설명하던 것에서 과학개념을 이용하여 인과관계를 설명하게 되는 것에서 볼 수 있다. 본 연구에서 이러한 전환은 마찰력과 운동에서 볼 수 있지만 다른 개념(예, 물체, 부력, 중력)에서는 찾아볼 수 없었다. 이러한 전환이 일어나기 위해서 과학개념에 대한 교육은 필수적인 듯하다. 고무의 탄성력, 에너지의 순환, 마찰력, 중력, 부력 등의 개념을 경험을 통해 저절로 알게 되지는 않는다. 어린 아이들이 물체가 위에서 아래로 떨어지는 중력 현상은 이해하지만(Spelke, 1991), 하지만 중력이라는 개념을 이용하여 현상을 설명하지 못하고, 더 나아가 무게에 따라 또는 물체의 위치에 따라 중력이 작용하는 힘이 달라지는 것을 설명하지 못한다. 이러한 개념을 언급하거나 이해하기 위해서는 이에 대한 과학교육이 필요하다. 현재 우리나라 제7차 초중등 교육과정을 살펴보면, 중학교 2학년에 비로소 중력의 개념이 소개되고 있다. 부력의 경우에는 초등학교 6학년 과학에서 ‘물속에서의 무게와 압력’이라는 주제가 제시되기는 하지만 부력이라는 용어가 사용되지는 않는다. 이와 같이 구체적인 과학개념들이 초등교육 이후에 소개된다는 것을 생각해 볼 때 과학지식을 이용한 인과적 설명이 학령전기 아동에게 나타나지 않은 것은 당연할 지도 모른다. 좀 더 나이 든 아동을 대상으로 연구를 확대한다

면 두 번째 전환에 대한 사례들을 폭넓게 찾아볼 수 있을 것이다. 이러한 가능성은 실험 연구 결과에서 찾아볼 수 있다. 11세까지 과학지식의 변화를 실험을 통해 살펴본 박선미 등(2000a, b)은 9세 이후가 되어야 물체의 낙하운동을 중력이라는 개념으로 설명할 수 있게 되고, 마찰력, 무게, 공기저항과 중력 등의 개념을 서로 연결하여 현상을 설명한다는 것을 보고하였다.

그렇다면 이러한 지식의 변화는 어떻게 설명할 수 있을까? 특별한 교육이 없이도 다양한 물리적 경험만을 함으로써 초보적인 물리 지식에 개념적 변화가 일어난다는 Carey의 입장으로 설명할 수 있을까? 아니면 영아기에 나타나는 초보적인 물리 지식은 성인이 가지는 직관적인 물리 지식과 근본적으로 다르지 않고, 아동이 발달하면서 그 지식이 양적으로 풍요로워진다고 주장한 Spelke의 입장으로 설명할 수 있을까? 본 연구의 결과만으로 이 논쟁에 답을 주기는 어려운 듯하다. 단지 지식의 첫 번째 전환이 직관적인 물리 지식의 변화라면 두 번째 전환이 직관적인 물리 지식이 과학적 물리 지식으로의 변환일 가능성은 제시할 수 있는 듯하다. 다시 말해 첫 번째 전환은 공식적인 물리 교육을 받지 않고도 아동 스스로 경험을 통해 상식적인 지식의 변화이지만, 두 번째 전환은 과학교육에 의해 가능한 과학적 지식인 듯하다.

유아과학교육에 물리 지식이 한 영역을 구성하고 있고, 그 내용에 있어 아동의 생활전반에 영향을 미치는 중요한 지식임에 이의를 제기할 사람은 없을 것이다. 이러한 물리 지식은 일상적인 경험을 통해 얻어지기도 하지만 공식적인 과학 교육을 통해 학습되기도 하기에, 어떤 지식을 언제 어떤 방법으로 가르쳐야 하는지가 과학교육에서는 매우 중요하다.

본 연구의 결과를 보면, 어떤 경우에는 6세 이

전에도 과학적 개념을 이용하여 현상을 설명하였지만(예, 물체와 물질의 성질, 마찰력, 운동), 부력이나 중력과 같은 개념을 언급하지는 않았다. 이와 같이 과학지식의 종류에 따라 그것이 나타나는 시기가 다르다는 사실은 이러한 과학 지식들을 언제 어떤 방식으로 가르쳐야 하는지에 대한 지침을 제공해 줄 수 있는 듯하다. 예를 들어, 유치원에서 중력이나 부력에 대한 개념을 현상적 경험을 통해 소개하는 것은 가능할 것이다. 실제 유치원에서 하고 있는 ‘물에 뜨거나 가라앉는 현상’에 관한 활동(조부경·백성혜·이은진, 2005; Lee & Kim, 2002)은 어린 아동들이 부력에 대한 과학적 개념을 가질 수 있는 바탕을 제공해 줄지도 모른다. 하지만 부력이나 중력이라는 용어를 사용하면서 이 현상을 이해하도록 가르친다면 이것은 아동의 발달 수준을 전혀 고려하지 않은 것일 것이다. 학교에서 교육하는 물리 지식이 아동이 갖고 있는 일상적인 지식과 질적으로 다르다면 아동이 과학을 배우는 것은 매우 어려울 수밖에 없기(Driver, Asoko, Leach, Mortimer & Scott, 1994) 때문이다.

참 고 문 헌

- 교육부(1999). **유치원 교육과정**. 서울: 대한교과서주식회사.
- 교육부(1998). **유치원 교육과정 해설**. 서울: 대한교과서주식회사.
- 교육부(1997). **제7차 초등학교 교육과정 해설 2(우리들은 1학년, 바쁜/슬기로운/즐거운 생활)**. 서울: 대한교과서주식회사.
- 교육부(1997). **제7차 초등학교 교육과정 해설 4(수학, 과학, 실과)**. 서울: 대한교과서주식회사.
- 교육부(1997). **제7차 중학교 교육과정 해설 3(수학, 과학, 기술, 가정)**. 서울: 대한교과서주식회사.
- 김경아·이현진·김영숙(2006). 심리, 물리, 생물 현

- 상에 대한 아동의 지식 발달. **한국심리학회지 : 발달**, 19(1), 1-27. 한국발달심리학회.
- 김영숙 · 이현진 · 김경아(2005). 일상생활의 대화에서 나타난 한국 아동의 인과적 설명 : 물리, 생물, 심리지식을 중심으로. **한국심리학회지 : 발달**, 18(3), 21-40. 한국발달심리학회.
- 박선미(2004). 아동의 물리지식 : 물체의 운동에 대한 아동의 이해와 발달. **인지과학**, 15(4), 31-47. 한국인지과학회.
- 박선미 · 이현진 · 김혜리 · 정명숙 · 양혜영 · 변은희 · 김경아 · 김영숙(2005a). 한국 아동의 물리, 심리, 생물지식의 발달 (I) : 인지발달은 영역특정적인가?. **한국심리학회지 : 일반**, 24(1), 23-47. 한국심리학회.
- 박선미 · 이현진 · 김혜리 · 정명숙 · 양혜영 · 변은희 · 김경아 · 김영숙(2005b). 한국 아동의 물리, 심리, 생물지식의 발달 (II) : 인지발달은 이론발달인가?. **한국심리학회지 : 일반**, 24(1), 49-74. 한국심리학회.
- 배소영(2000). **한국어 발화분석 2.0(KCLA 2.0)**. 서울 : 특수교육.
- 조부경 · 백성혜 · 이은진(2005). '물에 물체가 뜨고 가라앉는 것에 대한 탐색 활동'에 나타난 유치원 교사의 과학교수지식에 대한 고찰. **유아교육연구**, 25(6), 59-85. 한국유아교육학회.
- Abruscato, J. (2000). *Teaching children science (5th ed.)*. Needham Height, MA : Allyn & Bacon.
- Baillargeon, R. (1993). The object concept revisited : New directions in the investigation of infants' physical knowledge. In C. E. Granrud(Eds.). *Carnegie-Mellon Symposia on Cognition : Vol. 23. Visual perception and cognition in infancy*. Hillsdale, NJ : Erlbaum, 571-612.
- Bransford, J. D., & Donovan, M. S. (2005). Scientific inquiry and how people learn. In J. D. Bransford, & M. S. Donovan(Eds.). *How students learn : History, mathematics, and sciences in the classroom*(pp.397-420). Washington, DC : The National Academics press.
- Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA : MIT Press.
- Carey, S. (1991). Knowledge acquisition : Enrichment or conceptual change? In S. Carey, & R. Gelman (Eds.), *The epigenesis of mind*. NJ : Lawrence Erlbaum.
- Carey, S. (1995). On the origin of causal understanding. In D. Sperber, D Premack, & A. J. Premack(Eds.), *Causal Cognition : A multidis-ciplinary debate*(pp. 268-302). New York : Oxford University Press.
- Carey, S., & Spelke, E. (1994). Domain-specific knowledge and conceptual change. In L. A. Hirschfeld & S. A. Gelman(Eds.), *Mapping the mind : Domain specificity in cognition and culture*(pp.169-200). Cambridge, England : Cambridge University Press.
- Chaille, C., & Britain, L. (2003). *The young child as scientist : A constructivist approach to early childhood science education*. NY : Longman.
- Charlesworth, R., & Lind, K. K. (1999). *Math and science for young children*(3rd ed.). Albany, NY : Delmar.
- Dunn, J., & Brown, J. (1993). Early conversations about causality : Content, pragmatics, and developmental change. *British Journal of Developmental Psychology*, 11, 107-123.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Research*, 23, 5-12.
- Hood, L., & Bloom, L. (1979). What, when, and how about why : A longitudinal study of early expressions of causality. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 44(6, Serial No. 181).
- Howe, A. C. (1993). *Science in early childhood education*. In handbook of Research on the education of young children. edited by B. Spedek, 225-235. New York : MacMillan.
- Inagaki, K. (1992). Piagetian and post-piagetian conceptions of development and their implications

- for science education in early childhood. *Early Childhood Research Quarterly*, 7, 115-133.
- Kamii, C. K. (1985). *Young children reinvent arithmetic : Implications of Piaget's theory*. NY : Teachers College Press.
- Lee, J. H., & Kim, S. Y. (2002). Relating the goals of early science education to classroom practice : Applying constructivist teaching to 'float or sink?' activities. *International Journal of Early Childhood Education*, 8(2), 89-104.
- National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. Washington, D. C. : National Academy Press.
- Piaget, J. (1954). *The psychology of intelligence*. New York : Harcourt Brace.
- Smith, C., Carey, S., & Wiser, M. (1985). On differentiation; A case study of the development of the concept of size, weight, and density. *Cognition*, 21, 177-237.
- Spelke, E. (1991). Physical knowledge in infancy. In S. Carey & R. Gelman(Eds.). *The epigenesis of mind*. New Jersey : Lawrence Erlbaum.
- Spelke, E. (1994). Initial Knowledge : Six Suggestions. *Cognition*, 50, 431-445.
- Spelke, E. S., & Hermer, L. (1996). Early cognitive development : Objects and space. In R. Gelman, & T. A. Au(Eds.). *Perceptual and Cognitive Development*(pp.71-114). NY : Academic Press.
- Spleke, E. S., Breinlinger, K., Macomber, J., & Jacobson, K. (1992). Origins of knowledge. *Psychological Review*, 99, 605-632.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1987). Mental models of the earth : A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535-585.
- Wellman, H. (1990). *The child's theory of mind*. Cambridge, MA : Bradford Books/MIT Press.
- Wellman, H. M., & Inagaki, K. (1997). Editor's note. In H. Wellman & K. Inagaki(Eds.), *The emergence of core domains of thought : The children's reasoning about physical, psychological, and biological phenomena*. Jossey-Bass Publishers.

2007년 4월 30일 투고 : 2007년 7월 25일 채택