

물의 비등현상에 대한 4, 6, 8세 아동의 액체보존개념

김은영* · 이순형**

서울대학교 아동가족학과* · 생활과학연구소**

Liquid Conservation Concept in the Water Boiling Phenomenon among 4-, 6-, 8- Year Olds

Kim, Eun Young* · Yi, Soon Hyung**

Department of Child Development & Family Studies, Seoul National University, Seoul, Korea*

Research Institute of Human Ecology, Seoul National University, Seoul, Korea**

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate children's conception of liquid conservation according to their ages and tasks in the boiling phenomenon. The subjects were thirty 4-year-olds, thirty 6-year-olds, and thirty 8-year-olds recruited from two day-care center, one kindergarten, and one elementary school, in Seoul. Statistical methods used for data analysis were frequencies, percentiles, means, standard deviations and repeated measures ANOVA. As the result, there was a significant difference in children's conception of liquid conservation in the boiling of water according to their ages. 8-year-old children showed higher levels of cognition than 4 and 6-year-olds. There was no difference in children's conception of liquid conservation in the boiling of water according to tasks.

Key words: liquid conservation concept, science concept development, water boiling phenomenon

I. 서론

아동이 과학의 기초 개념을 구축하고 그 체계를 발전시켜 나가는 것은 기본적으로 물질의 변화에 대한 이해와 관련된다. 연구자들은 물질의 변화에 대한 아동의 이해 수준을 살펴보기 위해 주로 물의 상태변화를 중심으로 연구해왔다(Bar & Galili 1994; Bar & Travis 1991; Beveridge 1985; Stavy 1988; Tytler 2000). 물의 상태변화, 즉 비등이나 증발, 응결현상은 아동이 일상생활의 경험

을 통해 자주 접하는 자연현상이다. 그러나 눈으로 관찰할 수 없는 기체 상태는 아동이 그 존재 증거를 인식하기 어려우므로 액체에서 기체로의 변화에 대해 올바른 과학적 개념을 갖기가 어렵다. 이러한 점에서 아동이 물의 상태변화를 어떻게 인지하는지에 대한 관심이 부각되고 있다(Bar 1989; Bar & Galili 1994; Bar & Travis 1991; Lee & Lee 1988; Stavy 1988; Tytler 2000). 이 연구들이 다룬 연구대상은 대부분 초등학생 이상의 청소년이다. 유아를 대상으로 한 연구는 몇 편 되

접수일: 2012년 11월 7일 심사일: 2012년 11월 27일 게재확정일: 2012년 12월 13일

†Corresponding Author: Kim, Eun Young Tel: 82-10-2274-8421

e-mail: iloveagi@naver.com

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

지 않으며 그나마 소수의 유아를 대상으로 한 질적 연구라는 점에서 그 연구 결과를 일반화하는데 어려움이 있다. 과학개념이 생애 초기부터 형성된다는 점을 고려할 때, 어린 시기에 아동들이 물질의 변화를 어떻게 이해하고 그 개념을 형성해 나가는지 살펴볼 필요성이 제기된다.

물의 상태변화 중 액체 상태의 물이 기체 상태의 수증기로 변화되는 현상으로 비등현상과 증발현상이 있다. 비등(沸騰)현상이란 일정한 대기압 하에서 액체를 가열했을 때 액체의 내부에서 기화하는 현상이다. 이에 비해 증발(蒸發)현상은 액체 상태의 일정한 물질이 그 표면에서만 기체 상태로 변하는 현상을 말한다. 예를 들어 물을 100℃로 가열하여 물의 표면 뿐만 아니라 내부에서도 기체 상태의 수증기로 변하는 것은 물의 비등현상이다. 이에 비해 상온에서 시간이 경과하면서 물에 젖은 수건이 마르거나, 수조의 물이 자연스럽게 줄어드는 현상은 액체 상태의 물이 표면에서만 기체 상태의 수증기로 변화되는 증발현상이다. 두 현상은 액체 상태에서 기체 상태로 변화된다는 점은 같지만, 이와 같은 차이가 있다. 따라서 아동이 두 현상에 대한 과학 개념을 발달시켜가는 과정도 다른 것으로 보고되었다. 끓는 물 활동은 끓어오르는 수증기가 명백하게 눈에 보이므로 상온에서 일어나는 증발 활동(옷 말리기)과 반응 패턴이 다르게 나타났다(Tytler 2000). 아동은 물의 증발현상을 이해하기 전인 7세 무렵 비등현상을 이해한다(Bar 1989). 6~8세의 70%는 증기는 끓는 물로부터 나오며 이 과정 동안 물이 감소하는 것을 안다(Bar & Travis 1991).

물의 상태변화에 대한 인지는 아동의 보존개념과 관련된다(Bar 1989; Bar & Galili 1994). 선행연구(Bar 1989; Bar & Galili 1994)에 의하면, 보존논리가 시작된 7~8세 아동은 바닥에 흐른 물이 증발하여 마를 때 물이 '사라진' 것이 아니라 '바닥 속으로 스며들었다'고 응답한다. 이 연령의 아동은 하늘의 구름은 바다물이 '증발'해 만들어졌다고 한다. 이에 비해 보존논리가 없는 어린 연령의 아동은 바닥에 흐른 물이 증발하여 마르는 동안에 '사라졌다'고 대답한다. 그리고 하늘의 구름은 바다물의 '비등'에 의해 만들어졌다고 대

답한다. 즉, 아동이 물의 상태변화에 대해 인지하는 유일한 메커니즘이 비등일 때는, 아동은 자연에서 이루어지는 물의 순환 과정을 설명하기 위해 태양에 의한 바닷물의 비등을 이용한다. 아동이 물의 비등 뿐만 아니라 증발을 통한 물의 상태변화를 알게 될 때, 비로소 물의 순환을 비등현상 대신 증발현상으로 설명하게 된다.

보존개념(conservation)이란 어떤 대상의 외양이 바뀌어도 그 양적 속성이나 본질은 바뀌지 않는다는 사실을 인식하는 능력이다. 즉, 어떤 물질의 전체 형태나 지각적 특성이 변해도 그 물질에 다른 것을 더하거나 빼지 않는 한 그 물질의 전체 양이나 속성은 변하지 않는다는 것이다. Piaget에 의하면 전조작기의 유아는 중심화, 자기중심성, 비가역성과 직관적 사고(intuitive thinking)의 한계로 보존개념이 형성되지 않는다. 즉, 전조작기 유아는 한 상태에서 다른 상태로 변하는 과정이 아닌 변화가 일어난 순간적 상태에만 주의를 기울이므로 보존개념 획득에 제한이 있다. 구체적 조작기에 이르러 아동은 길이, 무게, 부피, 수, 액체량, 질량, 면적 등 여러 형태의 보존개념을 획득하게 된다. 그러나 과제의 형태에 따라 보존개념의 획득 시기는 달라지는데 일반적으로 수보존은 6~7세, 질량보존은 6~8세, 길이와 액체량보존은 7~8세, 면적보존은 8~9세, 무게보존은 9~10세, 부피보존은 10~15세에 획득된다(Hong 2002; Piaget 1973).

한편, 신Piaget학파에서는 보존개념 획득 시기와 그 내용에 대하여 Piaget의 주장과는 달리 제시하고 있다. Gelman(1978)은 3~4세 아동을 대상으로 수보존 과제의 수를 3~4개로 줄여 실시한 결과 3~4세 아동도 수보존개념을 획득하고 있음을 밝혔다. 또한 너비와 높이가 서로 다른 모양의 과자를 똑같이 나누어 보라고 한 Cuneo (Anderson & Cuneo 1978; Cuneo 1980)의 과제에서 3~5세 아동은 양보존개념을 이해할 수 있었다. 이 연구결과들은 Piaget가 7세를 전후해 보존개념이 습득되므로 전조작기로부터 구체적 조작기로 이행된다고 한 주장과 차이가 있다.

액체보존개념은 크기와 모양이 같은 두 개의 컵에 같은 양의 물을 부은 후, 한 컵의 물을 좁

고 긴 모양의 다른 컵에 옮겨 부어도 물의 양이 변하지 않음을 인식하는 능력을 의미한다(Piaget & Inhelder 1969). Piaget에 의하면 똑같은 모양의 두 컵에 들어있는 물 중 하나를 더 길고 좁은 컵에 부으면 보존개념이 획득된 7~8세의 구체적 조작기 아동은 물의 높이는 달라지지만 물의 양에는 변화가 없다는 것을 안다(Piaget & Inhelder 1969). 구체적 조작기 아동은 처음과 나중 상태의 변화를 고려할 수 있기 때문이다. 이에 비해 액체보존개념을 획득하지 못한 전조작기 아동은 물을 옮긴 후에 더 좁고 긴 컵의 물의 양이 더 많다는 결론을 내리기 쉽다. 전조작기 아동은 상태에 주의를 집중하여 처음과 나중 상태의 변화 또는 변형을 살펴보지 못하기 때문이다.

이상과 같은 선행연구 고찰을 통해 물의 비등현상에 대한 아동의 이해를 액체보존개념과 관련해서 살펴볼 필요가 있다. 보존개념(conservation)이란 어떤 대상의 외양이 바뀌어도 그 양적 속성이나 본질은 바뀌지 않는다는 사실을 인식하는 능력이다. 따라서 물의 비등현상에서 물이 액체상태에서 기체상태로 외양이 바뀌어도 그 양적 속성이 바뀌지 않는다는 사실을 아동이 인식하고 있는지 살펴볼 필요가 있다.

물의 상태변화에 대한 아동의 이해는 과제에 따라 달랐다. 증발현상에 대한 선행연구에 의하면 물의 증발현상이 일어난 상황에 따라 즉, 과제에 따라 아동의 반응이 다르게 나타났다(Bar & Galili 1994). 초등학생들의 응결개념에 관한 연구(Lee & Lee 1998)에서도 동일한 결과가 보고되었다. 응결현상은 공기중의 수증기가 차가운 물체의 표면에 닿으면서 물방울로 바뀌는 현상이다. 그러나 아동은 눈에 보이지 않는 공기 중의 수증기를 인식하기 어렵다. 따라서 차가운 물컵이나 콜라컵의 표면에 맺히는 물방울을 컵 속의 내용물이 나왔다고 생각하는 경향이 있는데, 콜라와 물은 색깔이 다르므로 물컵과 콜라컵 문항의 반응이 다르게 나타났다(Lee & Lee 1998). 이를 통해 과제에 따른 응결현상에 대한 이해의 차이를 볼 수 있다. 따라서 물의 비등현상에서 아동의 액체보존개념을 살펴볼 때, 서로 다른 과제들을 이용하여 과제에 따라 어떠한 차이가 나타나는지

살펴보고자 한다.

이 연구에서는 보존개념의 발달 시기와 연령에 따른 물의 비등현상에 대한 인지 등을 고려하여 4, 6, 8세 아동을 대상으로 물의 비등현상에 대한 액체보존개념이 연령과 과제에 따라 어떠한 차이가 있는지 밝혀보고자 한다. Piaget(1969)의 액체보존개념은 모양과 크기가 다른 컵으로 물을 옮겨도 그 양이 변하지 않음을 인식하는 능력이다. 액체보존개념과 물의 상태변화에 대한 선행연구 고찰에 근거해 이 연구에서 액체보존개념은 물의 비등현상에서 물의 상태변화에도 불구하고 액체의 원래 양과 관련된 본질은 변하지 않는다는 것을 인식하는 능력으로 조작적으로 정의한다. 연구문제는 다음과 같다. 물의 비등현상에서 액체보존개념은 아동의 연령(4, 6, 8세)과 과제(밤샷기 과제, 물끓이기 과제)에 따라 유의한 차이가 있는가?

II. 연구방법

1. 연구대상

이 연구에서는 비등현상에 대한 4, 6, 8세 아동의 액체보존개념을 살펴보기 위해, 서울에 위치한 2개 어린이집, 1개 유치원 및 1개 초등학교에 다니는 만 4, 6, 8세에 해당하는 아동 총 90명을 연구대상으로 임의 선정하였다. 만 4세, 6세 아동은 어린이집과 유치원의 3세반 및 5세반에서, 만 8세 아동은 초등학교 2학년에서 조사일 기준으로 해당 연령에 속하는 아동을 대상으로 하였다. 전체 연구대상은 총 90명이었으며, 그 중 남아가 45명, 여아가 45명이었다. 연구에 참여한 아동은 4세 아동 30명(남아 15명, 여아 15명; 평균연령 4세 7개월), 6세 아동 30명(남아 15명, 여아 15명; 평균연령 6세 8개월), 8세 아동 30명(남아 15명, 여아 15명; 평균연령 8세 5개월)이었다.

2. 연구도구

1) 밤삶기 과제 실험

물의 비등현상에서 아동의 연령과 과제에 따른 액체보존개념을 살펴보기 위해 밤삶기 과제를 연구도구로 사용했다. Tytler(2000)의 연구에서는 물끓이기 과제로 팬에 물을 끓여서 없어지는 활동을 직접 실시했다. 이 연구에서는 Tytler(2000)의 물끓이기 과제를 참고해 연구자가 밤삶기 과제를 제작했다. 밤삶기 과제는 단순히 물만 끓이는 과제에 비해 물이 끓는다는 점은 같지만 밤을 추가하여 과제의 차이를 살리고자 하였다. 밤삶기 과제는 밤삶기 활동을 직접 실행하는 대신 밤을 삶는 과정을 3장의 사진으로 제시했다(Fig. 1). 3장의 사진은 밤을 삶기 전에 밤이 들어 있는 용기와 물 2컵을 찍은 사진, 밤과 물을 용기에 담아 가열하는 과정의 모습을 찍은 사진, 물이 한참 끓은 후에 남은 물을 다시 컵에 부었을 때 물의 양이 1컵으로 줄어든 모습을 찍은 사진이다.



Fig. 1. Boiling chestnut task

2) 물끓이기 과제 실험

물의 비등현상에서 아동의 연령과 과제에 따른 액체보존개념을 살펴보기 위해 아동에게 물끓

이기 과제를 연구도구로 사용했다. Tytler(2000)는 1학년과 6학년 학급을 4~8명의 소집단으로 나누어 팬에 물을 끓여서 없어지는 모습을 관찰했다. 이 연구에서는 Tytler(2000)의 물끓이기 과제를 직접 실험으로 하는 대신 3장의 사진으로 제시했다(Fig. 2). 3장의 사진은 가열 전의 용기와 물이 든 2개의 컵을 찍은 사진, 2개의 컵의 물을 용기에 담아 물을 가열하는 과정의 모습을 찍은 사진, 물이 한참 끓은 후에 남은 물을 다시 컵에 부었을 때 물의 양이 1컵으로 줄어든 모습을 찍은 사진이다.



Fig. 2. Boiling water task

3. 연구절차

실험과제의 적합성을 알아보기 위해 연구자가 어린이집 한 곳을 방문하여 예비조사를 실시하였다. 과제별로 3장의 사진을 차례로 보여준 뒤에 첫 번째 질문으로 “물은 어디로 갔을까?”라고 물어보았다. 다음에 두 번째 질문으로 “그 물을 어디에서 찾을 수 있을까?”라고 물어보았다. 과제는 순서를 무작위로 제시하여 제시 순서에 따라 나타날 수 있는 순서효과를 통제하였다. 예비조사 이후 “왜 그렇게 생각하니?”라고 아동의 응답에 대한 이유를 물어보는 부분을 질문마다 추가

Table 1. Marking standard for liquid conservation concept in boiling phenomenon

Task	Question	Answer for the phenomenon	Answer for the reason
Boiling chestnut task	1. Where has the water gone?	Air, Sky, water vapor	Because it boils, it turns into a vapor. Because it boils, it goes into the sky.
	2. Where can you find the water?	Air, Sky, vapor, rain, cloud	Because it turns into a vapor. Because it turns into a cloud, and then rain.
Boiling water task	1. Where has the water gone?	Air, Sky, water vapor	Because it boils, it turns into a vapor. Because it boils, it goes into the sky.
	2. Where can you find the water?	Air, Sky, vapor, rain, cloud	Because it turns into a vapor. Because it turns into a cloud, and then rain.

하였다.

본조사는 연구자가 서울에 위치한 어린이집 2곳과 유치원 1곳 및 초등학교 1곳을 직접 방문하여 90명을 대상으로 실시하였다. 연구대상 아동을 각 기관의 별도의 조용한 방으로 불러서 연구자가 일대일 면접을 통하여 두 과제에서 액체보존개념을 알아보았다. 아동이 면접 장소로 들어오면 연구자는 사진을 보여 주면서 아동에게 과제별로 정해진 질문을 하였다. 하나의 질문에는 현상 자체에 대한 부분과 현상에 대해 그렇게 생각한 이유에 대한 부분을 포함하였다. 채점은 현상과 이유에 대한 아동의 대답이 모두 맞으면 2점, 현상에 대한 대답은 맞지만 이유가 틀리면 1점, 모두 틀리면 0점에 해당한다. 과제별 총점은 각각 4점이었다. 채점기준과 사례는 Table 1과 같다.

4. 자료분석

수집된 자료는 SPSS 프로그램을 이용하여 분석되었으며, 통계방법으로는 빈도, 백분율, 평균, 표준편차, 반복측정 변량분석(repeated measures ANOVA)이 이용되었다. 먼저 액체보존개념의 전반적 경향을 파악하기 위해 평균과 표준편차를 살펴보았다. 다음으로 연령과 과제에 따른 아동의 액체보존개념 차이를 알아보기 위해 연령을 피험자간 요인으로 하고 과제를 피험자내 요인으로 하는 반복측정 변량분석을 실시했다. 연령간 차이를 알아보기 위해 사후검증으로 Scheffé 검증을 실시했다. 아동의 구체적 응답 내용을 살펴보기 위해 설명 유형의 빈도와 백분율을 살펴보았다.

III. 결과 및 고찰

1. 물의 비등현상에서 아동의 액체보존개념의 전반적 경향

물의 비등현상에서 아동의 연령과 과제에 따른 액체보존개념의 전반적인 경향을 살펴본 결과, 연령별 액체보존개념 점수와 각 과제별 점수는 Table 2와 같다. 물의 비등현상에서 연령에 따른 아동의 액체보존개념 점수를 살펴보면, 4세의 평균점수는 .40점(SD=1.61), 6세의 평균점수는 .77점 (SD=1.61), 8세의 평균점수는 2.43점(SD=3.20)으로 연령이 증가하면 액체보존개념 점수는 상대적으로 높아졌다. 물의 비등현상에서 과제에 따른 아동의 액체보존개념 점수를 살펴보면, 밥삶기 과제의 평균 점수는 .54점(SD=1.27), 물끓이기 과제의 평균 점수는 .66점(SD=1.29)으로 액체보존개념 점수는 물끓이기 과제에서 상대적으로 높게 나타났다. 물의 비등현상에서 연령과 과제에 따른 액체보존개념 점수를 살펴보면 밥삶기 과제에서 4세의 평균점수는 .27점(SD=1.02), 6세의 평균점수는 .34점(SD=.84), 8세의 평균점수는 1.03점(SD=1.67)이었다. 물끓이기 과제에서 4세의 평균점수는 .13점(SD=.73), 6세의 평균점수는 .43점(SD=.90), 8세의 평균점수는 1.40점(SD=1.69)이었다.

2. 물의 비등현상에서 연령과 과제에 따른 아동의 액체보존개념

물의 비등현상에서 아동의 연령과 과제에 따라 액체보존개념 점수에 차이가 있는지를 알아보기 위해 연령(4, 6, 8세)을 피험자간 요인으로, 과제(밥삶기 과제, 물끓이기 과제)를 피험자내 요인

Table 2. Children's conception of liquid conservation score with regard to water boiling

	Age			Mean
	4-year-old(N=30)	6-year-old(N=30)	8-year-old(N=30)	(N=90)
	Mean(SD)	Mean(SD)	Mean(SD)	Mean(SD)
Total score	.40(1.61)	.77(1.61)	2.43(3.20)	1.20(2.41)
Scheffé	a	a	b	
Boiling chestnut task	.27(1.02)	.34 (.84)	1.03(1.67)	.54(1.27)
Boiling water task	.13(.73)	.43 (.90)	1.40(1.69)	.66(1.29)

으로 하는 반복측정 변량분석을 시행한 결과, Table 3과 같이 액체보존개념 점수에서 연령에 따른 주효과가 유의하게 나타났다. 물의 비등현상에서 4, 6, 8세 아동의 액체보존개념 점수는 유의한 차이가 나타났다($F=25.17, df=2, p<.001$). Scheffé 사후검증 결과 아동의 액체보존개념 점수는 4세와 8세, 6세와 8세 간에 유의한 차이가 나타났다. 물의 비등현상에서 8세 아동의 액체보존개념 점수가 4, 6세 아동의 점수보다 상대적으로 더 높게 나타났다. Table 2의 구체적 점수와 Table 3의 변량분석 결과를 종합적으로 살펴보면, 4, 6세 아동은 물의 비등현상에서 액체보존개념을 형성하지 못하였다. 반면 8세 아동은 물이 끓어 수증기로 상태가 변화되었음에도 불구하고 액체량이 보존됨을 이해하고 있었다. 이러한 결과는 아동은 7세 무렵 비등현상을 이해하기 시작한다는 Bar(1989)의 선행연구와 일맥상통한다. 또한 이는 Piaget(1973)가 7-8세경 액체보존개념이 획득된다고 주장했던 것과 일치한다. 과제에 따른 주효과는 없었다.

Table 3. Two-way ANOVA analysis of the children's conception of liquid conservation with regard to water boiling

		SS	df	MS	F
Main effect	Age	35.23	2	17.62	25.17***
	Task	.56	1	.56	1.66
Interaction effect	Task× Age	1.88	2	.94	

*** $p < .001$

3. 물의 비등현상에서 아동의 연령과 과제에 따른 액체보존개념 설명 유형

아동의 연령과 과제에 따른 액체보존개념에 대한 설명 유형은 Table 4와 같다. 밤삶기 과제에서 연령에 따른 액체보존개념을 질문별로 아동들의 구체적인 설명을 통해 살펴보면 다음과 같다. 밤삶기 과제의 질문1(물은 어디로 갔을까?)에 대한 구체적인 설명을 살펴보면 ‘공기 중으로 갔어요, 수증기가 되었어요, 하늘로 올라갔어요’ 응답

은 4세의 10.0%, 6세의 10.0%였으나, 8세의 26.7%로 증가했다. ‘밤 속으로 들어갔어요’ 응답은 4세의 20.0%, 6세의 56.7%, 8세의 33.3%로 나타났고, ‘냄비 안으로 들어갔어요’ 응답은 4세의 13.3%, 6세의 10.0%, 8세의 20.0%로 나타났다. 밤 속 또는 냄비 안으로 들어갔다는 응답을 합해서 살펴보면, 4세의 33.3%, 6세의 66.7%, 8세의 53.3%가 물이 사라진 것이 아니라 어디론가 흡수된다는 응답을 했다. ‘말라서 없어졌어요’ 응답은 4세의 10.0%, 6세의 6.7%, 8세의 3.3%로 나타나 연령이 증가하면 그 비율이 줄었다. 질문1에서 나타난 반응을 연령별로 살펴보면, 4세는 응답에서 네 가지 반응이 골고루 나왔지만 밤 속으로 들어갔다는 응답이 다소 많았고, 6세는 다른 응답에 비해 밤 속으로 들어갔다는 반응이 많았다. 8세도 밤 속으로 들어갔다는 반응이 가장 많았지만, 다른 연령에 비해 공기 중으로 들어갔다는 응답빈도가 높아졌다는 점에서 연령에 따른 차이를 볼 수 있다.

밤삶기 과제의 질문2(그 물을 어디에서 찾을 수 있을까?)에 대한 구체적인 응답은 다음과 같다. ‘공기, 하늘, 비, 구름’ 응답이 4세의 10.0%, 6세의 10.0%였으나 8세에서는 23.3%로 증가했다. ‘밤 속’ 응답은 4세의 30.0%, 6세의 46.7%, 8세의 30.0%로 나타났고, ‘냄비 안’ 응답은 4세의 10.0%, 6세의 6.7%, 8세의 13.3%로 나타났다. ‘말라서 찾을 수 없어요’ 응답은 4세의 0%, 6세의 3.3%, 8세의 6.7%로 나타났다. 4, 6, 8세 아동은 모두 없어진 물을 밤 속에서 찾을 수 있다는 반응이 가장 많았지만, 8세는 없어진 물을 공기 중이나 하늘, 비, 구름 속에서 찾을 수 있다는 반응이 4-6세에 비해 증가했다는 점에서 차이가 있다.

물끓이기 과제에서 연령에 따른 액체보존개념을 질문별로 아동의 구체적인 설명을 통해 살펴보면 다음과 같다. 질문1(물은 어디로 갔을까?)에서는 ‘하늘, 공기 중으로 갔어요, 수증기로 변했어요, 비가 되었어요, 구름이 되었어요’ 응답은 4세의 3.3%, 6세의 20.0%, 8세의 43.3%로 연령이 높아지면 그 비율이 증가했다. ‘냄비 안으로 들어갔어요’ 응답은 4세의 46.7%, 6세의 33.3%, 8세의 6.7%에서 나타나 4, 6세에 비해 8세의 응답률

이 낮았다. ‘없어졌어요’ 반응은 4세의 0%, 6세의 10.0%, 8세의 6.7%로 나타났다. 이 결과에 의하면, 4, 6세는 물이 ‘냄비 안’으로 들어갔다는 응답이 가장 많았고 8세는 ‘수증기로 되었어요, 증발했어요, 비가 되었어요’ 라는 반응이 가장 많아 4, 6세와 차이가 있었다.

질문2(그 물을 어디에서 찾을 수 있을까?)의 구체적인 응답을 살펴보면 ‘하늘, 공기, 수증기, 비, 구름’ 응답이 4세의 3.3%, 6세의 6.7%였으나, 8세는 30.0%로 증가했다. ‘냄비 안’ 응답은 4세의 33.3%, 6세의 10.0%, 8세의 16.7%로 4세에서 빈도가 높았다. ‘찾을 수 없어요’ 응답은 4세의 0%, 6세의 6.7%, 8세의 10.0%로 나타났다. 즉 4, 6세는 없어진 물을 ‘냄비 안에서 찾을 수 있어요’ 라는 응답빈도가 가장 높았고, 8세는 ‘수증기, 공기, 비, 구름 속에서 찾을 수 있어요’라는 응답빈도가 가장 높았다.

물의 비등현상에서 연령과 과제에 따른 액체보존개념에 대한 설명 유형을 살펴본 결과 다음

과 같이 정리할 수 있다. 질문1(물이 어디로 갔을까?)의 경우에 밤삶기 과제에서는 4, 6, 8세 모두 없어진 물이 밤 속으로 들어갔다는 가장 반응이 많았으며, 8세는 수증기로 변했다는 반응이 4, 6세에 비해 증가했다. 이에 비해 물끓이기 과제에서는 4, 6세는 없어진 물이 냄비 안으로 들어갔다는 반응이 많았지만, 8세는 수증기로 변했다는 반응이 가장 많았다는 점에서 밤삶기 과제 수행과 차이가 있었다. 질문2(그 물을 어디에서 찾을 수 있을까?)의 경우에 밤삶기 과제에서는 4, 6, 8세 모두 없어진 물을 밤 속에서 찾을 수 있다는 반응이 가장 많았다. 이에 비해 물끓이기 과제에서는 4, 6세는 냄비에서 찾을 수 있다는 반응이 많았지만, 8세는 공기 중에서 찾을 수 있다는 반응이 많았다는 점에서 밤삶기 과제 수행과 차이가 있었다. 따라서 두 과제를 살펴볼 때 8세경에야 물이 끓어 수증기로 존재한다는 사실을 인식하는 것을 알 수 있다.

선행연구(Bar 1989; Bar & Galili 1994)에 의하

Table 4. Frequency analysis of children’s conception of liquid conservation with regard to water boiling

Task	Question	Answer	Frequency(%)			Total
			4-year-old	6-year-old	8-year-old	
Boiling chestnut task	1	to the sky	3(10.0)	3(10.0)	8(26.7)	14(15.6)
		to the chestnut	6(20.0)	17(56.7)	10(33.3)	33(36.7)
		to the pan	4(13.3)	3(10.0)	6(20.0)	13(14.4)
		disappear	3(10.0)	2(6.7)	1(3.3)	6(6.7)
		the rest	14(46.7)	5(16.7)	5(16.7)	24(26.7)
	2	in the sky, air, rain, cloud	3(10.0)	3(10.0)	7(23.3)	13(14.4)
		in the chestnut	9(30.0)	14(46.7)	9(30.0)	32(35.6)
		in the pan	3(10.0)	2(6.7)	4(13.3)	9(10.0)
		can’t find	0(0)	1(3.3)	2(6.7)	3(3.3)
		the rest	15(50.0)	10(33.3)	8(26.7)	33(36.7)
Boiling water task	1	to the sky	1(3.3)	6(20.0)	13(43.3)	20(22.2)
		to the pan	14(46.7)	10(33.3)	2(6.7)	26(28.9)
		disappear	0(0)	3(10.0)	2(6.7)	5(5.6)
		the rest	15(50.0)	11(36.7)	13(43.3)	39(43.3)
		in the sky, air, rain, cloud	1(3.3)	2(6.7)	9(30.0)	12(13.3)
	2	in the pan	10(33.3)	3(10.0)	5(16.7)	18(20.0)
		can’t find	0(0)	2(6.7)	3(10.0)	5(5.6)
		the rest	19(63.3)	23(76.7)	13(43.3)	55(61.1)

면, 보존개념이 형성된 7~8세 아동은 물이 수증기로 바뀌었을 때 사라진 것이 아니라 어디론가 흡수되었다고 반응한다. 밥솥기 과제에의 질문1의 경우 물이 하늘로 가거나 밤, 또는 냄비로 흡수되었다고 설명한 비율은 4세의 43.3%, 6세의 76.7%, 8세의 80%였다. 즉, 밥솥기 과제의 경우 6세경이면 물이 끓어 수증기로 변할 때 사라진 것이 아니라 어디론가 흡수되어 존재한다고 생각하는 비율이 70%를 넘는다. 물끓이기 과제에의 질문1의 경우 물이 하늘로 가거나 냄비로 흡수되었다고 설명한 비율은 4세의 50%, 6세의 53.3%, 8세의 50%였다. 즉, 물끓이기 과제의 경우 수증기로 변한 물이 어디론가 흡수되어 존재한다고 생각하는 비율은 4, 6, 8세 모두 50% 정도였다. 물이 수증기로 변할 때 어디론가 흡수되어 존재한다(Bar 1989; Bar & Galili 1994)는 반응은 물끓이기 과제보다 밥솥기 과제에서 더 높은 비율로 나타났다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 4, 6, 8세 아동을 대상으로 하여 물의 비등현상에서 아동의 액체보존개념이 연령과 과제에 따라 유의한 차이가 있는지를 살펴보고자 하였다. 이러한 연구목적에 위해 서울의 어린이집 및 유치원에 다니는 만 4, 6세 아동과 초등학교에 다니는 만 8세 아동 각 30명씩 총 90명을 연구대상으로 선정하였다. 수집된 자료의 분석 결과를 토대로 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

물의 비등현상에서 아동의 액체보존개념은 연령에 따라 다르다. 물의 비등현상에서 4, 6세 아동은 물이 끓어서 수증기로 변하는 현상을 거의 이해하지 못하는 것으로 나타났으며, 액체보존개념도 획득하지 못했다. 이에 비해 8세 아동은 물이 끓어서 수증기로 변하고 공기 중에 존재한다는 사실을 어느 정도 알고 있으며, 액체보존개념이 있었다. 이는 7~8세 무렵 액체보존개념을 획득하고(Piaget & Inhelder 1969), 물의 비등현상을 이해할 수 있다(Bar 1989; Bar & Travis 1991)는 선행연구들과 일맥상통한다.

한편, 물의 비등현상에 대한 아동의 설명 유형에 의하면, 물이 수증기로 변할 때 사라지는 것이 아니라 어디론가 흡수된다는 반응은 4세 일부에서 나타나기 시작했다. 6세경이면 50% 이상의 아동이 물이 수증기로 변해도 어디선가 존재한다고 생각했다. 이러한 결과는 6세경이면 과학적으로 정확한 물의 상태변화 개념을 형성하지 못하더라도 물의 보존 자체는 이해하고 있음을 의미한다. 즉, 물의 상태변화에 대한 인지는 보존개념 획득과 관련된다는 선행연구(Bar 1989; Bar & Galili 1994)에 비추어 볼 때, 6세경이면 물의 형태가 변해도 어디선가 존재하고 있음을 알고 있다. 물의 보존에 대한 이러한 이해는 물끓이기 과제보다 밥솥기 과제에서 더 높은 비율로 나타났다. 이는 동일한 원리의 비등현상이라도 과제에 따라 물의 보존에 대한 이해에 차이가 있음을 의미한다.

물의 비등현상에 대한 과제 수행에서 액체보존개념이 아동의 연령에 따라 차이가 있다는 사실은 다음과 같은 논의의 가능성을 제기한다. 물의 비등현상에서 살펴본 아동의 액체보존개념 인지 수준은 4, 6세와 8세가 다르다. 4, 6세는 Piaget의 전조작기에 해당하는 나이이며, 8세는 구체적 조작기에 해당한다. 이 연구결과에 의하면 물의 비등현상에 대한 아동의 인지는 Piaget의 인지 발달 단계와 일치한다. 물의 상태변화에 있어 비등, 증발, 응결현상은 구체적인 양상이 다르므로 아동의 액체보존개념 인지에서도 차이가 있을 것으로 예상된다. 그러므로 물의 비등현상 이외의 증발, 응결현상과 같은 다양한 상태변화에서 아동의 액체보존개념이 연령에 따라 어떤 차이를 나타내는지 추후연구로 살펴볼 필요가 있다. 다양한 물의 상태변화 현상에서 나타나는 결과를 통해 아동의 인지발달이나 과학개념 발달이 Piaget의 인지 발달 단계와 일치하는지, 또는 신Piaget학파가 주장하듯이 Piaget의 인지 발달 단계와 무관하게 진행되는지 살펴볼 수 있을 것이다.

아동의 인지 발달은 과제가 지각적으로 우세한 특징을 가졌거나 아동에게 친숙한 대상일 경우 전조작기 아동도 인지적 조작을 할 수 있으며 과제의 특성에 따라 아동의 과제 수행 시기는 차이

가 있다(Cho & Yi 2002; Flavell 1986). 이 연구결과에 따르면 물의 비등현상에서 과제에 따라 아동의 액체보존개념 인지 수준은 다르지 않았다. 그러나 아동의 구체적 설명 유형을 살펴 보았을 때, 정확한 과학개념과는 별개로 물의 보존 자체에 대한 이해는 물끓이기 과제보다 밤삶기 과제에서 더 높은 것으로 나타났다. 아동은 물이 끓어서 수증기로 공기중에 존재하는 경우보다, 밤을 삶을 때 물이 밤 속으로 들어간다는 인식을 하면서 물이 끓더라도 사라지지 않고 어디선가 존재한다는 생각을 더 많이 한다.

이 연구는 다음과 같은 추후연구를 제언한다. Piaget의 인지발달단계가 과학개념 발달 단계에 결정적인 것은 아니며, 아동의 인지발달은 같은 물리 영역 안에서도 각각의 현상에 대해 고유한 발달과정을 가질 수 있으므로(Flavell 1986) 과제에 따라 아동의 액체보존개념 인지 수준이 달라질 수 있을 것이다. 그러므로 물의 증발과 응결 현상에 대한 아동의 액체보존개념을 살펴보고, 비등현상 결과와 비교해 볼 필요가 있다. 또한, 아동에게 직접 비등현상 실험을 제시하여 사진으로 제시한 경우와 비교해 볼 필요가 있다.

이 연구는 4, 6, 8세 아동을 대상으로 물의 비등현상에 대한 액체보존개념의 발달을 밝혔으므로 유아과학교육과정과 초등과학교육과정을 연계하여 과학교육 프로그램을 만드는 기초 자료로 제공될 수 있다. 과학의 기초 개념은 생애초기부터 발달되며 아동기의 경험이 이후의 지적 성장을 위한 근원이 되기(Piaget 1930) 때문에 물리 현상에 대한 아동의 개념을 알아보는 것은 실제 교육의 중요한 출발점이 된다. 물리현상이나 사물에 대한 아동의 생각은 과학적으로 정확하지 않더라도 오랫동안 지속되며, 학습에 의해 정확한 과학적 개념으로 쉽게 변화되지 않는다(Nussbaum 1985). 따라서 물리현상에 대한 아동의 현재 개념을 알아보고 정확한 과학개념과 조화를 이룰 수 있도록 도와주는 것은 중요한 교육적 과제가 될 수 있다. 아동의 인지 수준과 특정개념의 이해에 관한 지식은 다양한 방식으로 과학교육에 사용될 수 있고, 궁극적으로 효과적인 교과과정을 만들어 낼 수 있다. 또한 이는 아동이 스스로 물리 지식

을 형성해 나가는데 도움이 될 수 있다.

참고문헌

- Anderson NH, Cuneo DO(1978) The height and width rule in children's judgements of quantity. *J Experimental Psychol: General* 107, 335-378.
- Bar V(1989) Children's views about the water cycle. *Sci Educ* 73(4), 481-500.
- Bar V, Galili I(1994) Stage of children's views about evaporation. *Intern J Science Educ* 16(2), 157-174.
- Bar V, Travis AS(1991) Children's views concerning phase change. *J Res Sci Teaching* 28(4), 363-382.
- Beveridge M(1985) The development of young children's understanding of the process of evaporation. *Br J Educ Psychol* 55(1), 84-90.
- Cho HJ, Yi SH(2002) Children's cognition of televised physically impossible events: effects of characters of the task. *Korean J Child Stud* 23(3), 123-137.
- Cuneo DO(1980) A general strategy for quantity judgements: The height and width rule. *Child Development* 51, 299-301.
- Flavell JH(1986) The development of children's knowledge about the appearance-reality distinction. *Am Psychol* 41, 418-425.
- Gelman R(1978) Cognitive development. *An Rev Psychol* 29, 297-332.
- Hong KO(2002) A study on conservation according to a sex and age of children. *J Young Child Stud* 5, 207-224.
- Lee YB, Lee SM(1998) Study on student's concepts of evaporation and condensation in elementary school. *Elementary Sci Educ* 17(1), 87-105.
- Nussbaum J(1985) The earth as a cosmedic body. In R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien(Eds.). *Children's Ideas in Science*. Buckingham: Open University Press.
- Piaget J(1930) *The child's conception of physical causality*. Totowa, NJ : Littlefield, Adams.
- Piaget J(1973) *The psychology of intelligence*. Totoea. N.J.: Littlefield & Adams.
- Piaget J, Inhelder B(1969) *The psychology of the child*. New York: Basic books.
- Stavy R(1988) Children's conception of gas. *Inter J Sci Educ* 10(5), 553-560.
- Tytler R(2000) A comparison of year 1 and year 6 student's conception of evaporation and condensation: Dimension of conceptual progression. *Inter J Sci Educ* 22(5), 447-467.