

과학교육 연구의 균형성을 위한 모형과 지수

송진웅

(대구대학교 물리교육과)

(1994년 6월 10일 받음)

I. 들어가는 말

1950년대말 이후 미국과 영국을 중심으로 과학교육 연구가 활발히 진행되면서 과학교육은 그 체계적인 학문적 모습을 갖추어 가기 시작했다. 흔히 이러한 움직임을 탐구중심(enquiry-centered) 과학교육이라고 부르고, 여기에서는 학생들에 의한 과학의 개념적 구조와 과학적 탐구과정의 습득을 강조하였다. 70년대에는 Piaget의 인지발달이론을 과학교육에 적용해 보려는 인지심리학적 노력들이 많이 있었으며, 80년대에 접어들어서는 현대사회에서의 과학기술의 역할에 초점을 맞추는 소위 STS적 과학교육과 구성주의적 철학관에 기초한 학생의 오개념에 대한 연구들이 세계적으로 활발하게 진행되고 있다.

과학교육의 역사를 더듬어 보면, 과학교육의 연구들은 시대에 따라 그 시대에 지배적인 패러다임(paradigm)을 좇아 연구가 집중되는 편향적인 성향을 보임을 알 수 있다. 예를 들어, Schwab의 탐구이론(Schwab, 1966), Piaget의 인지발달이론(Inhelder & Piaget, 1958), 구성주의(constructivism)(e.g. Driver and Oldham, 1986), STS적 관점(e.g. Bybee, 1987) 등이 이러한 패러다임의 역할을 하였다고 할 수 있겠다.

과학교육은 그 성격상 다중 학문적 모습을 띠고 있다. 과학교육에는 과학, 교육학, 심리학, 철학, 사회학 등 다양한 학문들이 관련되어 있는 것이다. 따라서 과학교육을 바라보는 관점이나 과학교육 활동을 분류하는 기준 또한 다양할 수 있을 것이다.

하지만 바로 그러한 다양함 때문에 과학교육의 전체적인 모습을 보여줄 수 있는 어떤 통일적 기준이 더욱 필요한 것이다. 아쉽게도 우리는 이러한 역할을 하는 준거를 갖고 있

다고 말하기 어려운 것이 현실인 것 같다. 뿐만 아니라, 단순히 이러한 기본적인 준거의 부재 이외에도, 이를 바탕으로 객관적인 판단을 할 수 있도록 해 주는 정량적인(quantitative) 판단기준이 존재하지 않기 때문에 과학교육에 대한 종합적인 이해는 더욱 어려운 것이다.

일반적으로 과학교육의 활동과 연구결과들은 매우 정성적(qualitative)으로 이해되고 있다. 예를 들어, 과학교육에서 가장 중요한 문제는 무엇인가? 바람직한 교수방법은 무엇인가? 학생들의 과학학습은 어떻게 이루어져야 하는가? 올바른 과학교사의 모습은 무엇인가? 학생들의 오개념은 왜 발생하는가? 등 대부분의 경우에 연구자나 전문가들의 정성적 판단이나 평가에 기초하고 있다. 그러나 이러한 과학교육의 정성적 특징은 과학교육자들 간의 객관적인 의사소통과 비교평가를 어렵게 하고 따라서 궁극적으로는 과학교육이 보다 학문적 모습을 갖추어 가는 데 적지 않은 방해요인이 될 것이다.

상당히 예외적이기는 하지만, 과학교육 분야에서 정량화를 시도한 연구사례들이 간헐적으로 수행된 바 있다. 예를 들어, 과학교육자들은 학생들이 지니고 있는 오개념들은 정규적인 수업에도 불구하고 매우 견고하다고 주장해 왔지만, 그것들이 얼마나 견고한가에 대해서는 별다른 객관적인 결과를 제시해 주지 못했었다. 그러던 중에 이영적·권재술(1993)은 오개념의 견고성을 정량적으로 표현할 수 있는 견고성 지수(the index of the stability)를 개발 제안한 바 있다. 이외에도 Romey(1968)와 Anderson(1971) 등의 연구는 과학교육에서의 정량화를 위한 노력의 좋은 예라고 할 수 있겠다. 바로 이러한 정량화의 노력들이 축적될 때 과학교육은 하나의 학문체제로서 보다 객관적이고 분석적인 모습을 갖추어 가게 될 것이다.

따라서, 본 논문에서는 과학 교육적 활동을 보다 객관적이고 정량화 시키기 위한 한 노력으로서 과학교육 연구 활동의 균형성의 정도를 체계적으로 이해할 수 있는 모형(model)을 제안하고 이를 바탕으로 균형성을 정량적으로 계산해 볼 수 있는 균형성 지수(the index of the balance)의 공식을 제안하고자 한다. 또한 이러한 모형과 지수공식의 실제적 적용가능성을 탐색하기 위해 최근 10년 동안 한국과학교육학회지에 발표되었던 연구논문들에 적용해 보고자 한다.

II. 다이아몬드 모형(Diamond Model)

과학교육 연구의 균형성은 어떤 기준으로 살펴볼 수 있는가? 학교 과학교육의 목표가 무엇이어야 하는가의 문제를 둘러싸고 진행되었던 지난 20 - 30년 간의 논쟁을 살펴보면 이러한 기준들로 어떤 것들이 가능한가를 어렵지 않게 가늠해 볼 수 있을 것이다. 물론 사람에 따라 각기 다른 기준들이 가능하겠으나, 대체적으로 인지(cognitive), 정의(affective), 개념(concept), 과정(process) 등의 용어로 대표되는 측면들이라고 말할 수 있을 것이다.

그런데 학파에 따라서는 이 용어들로 대표되는 과학교육의 제 측면들에 대해 강조하는 정도가 다르며 그에 따라 각 측면의 상대적 중요성을 둘러싸고 활발한 논쟁들이 전개되어 왔다. 그리고 그 논쟁들은 각기 대비되는 두 측면들이 쌍(pair)을 이루면서 두개의 차원으로 전개되었다고 할 수 있겠다. 즉, 인지-정의 차원(the dimension of cognitive - affective) 그리고 개념-과정 차원(the dimension of concept - process). 다시 말해서, 인지적 측면과 정의적 측면 중 어느 것이 더 중요한가? 그리고 개념적 측면과 과정적 측면 중 어느 것이 더 중요한가?

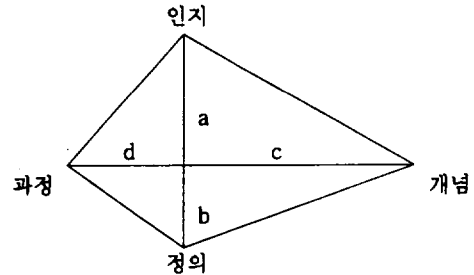
이러한 논쟁에도 불구하고, 실제로 위의 네 측면은 모두 과학교육에서 무시될 수 없는 가장 기본적인 요소라는 사실에는 과학교육자들 간에 이견이 없을 것이며, 각 국가의 각급 학교 교육과정의 목표에서도 이것들은 공통적으로 강조되고 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 과학교육의 제 측면들이 고르게 강조되어야 하며, 이에 대한 과학교육의 연구도 균형 있게 수행되는 것이 바람직하다는 가정에서 출발하고자 한다.(물론, 과학교육을 바라보는 관점에 따라 이에 대한 판단은 달라질 수 있을 것이다.)

그러면 이러한 입장에 과학교육 연구의 균형성을 도식화할 수 있는 방법은 무엇인가? 여기에서는 이를 위해 소위 "다이아몬드 모형(Diamond Model)"을 제안하고자 한다.

([그림 1] 참조)

다음은 다이아몬드 모형의 일반적인 특징에 대한 설명이다.

- (1) 다이아몬드 모형의 축은 서로 직각으로 교차하는 "인지-정의", "개념-과정" 두 차원으로 이루어진다.
- (2) 두 차원에 해당하는 각 축은 상반되는 두 측면들(인지와 정의 또는 개념과 과정에 관련된 연구의 수에 비례해서 중앙 점으로부터 멀어지는 방향으로 그 크기가 증가한다.
- (3) 다이아몬드는 각 축의 네 끝점을 직선으로 연결하여 만들어지며, 각 측면에 관련된 연구의 분포가 고를수록 다이아몬드의 대칭성이 증가한다.
- (4) 각 차원 또는 각 측면에 관련된 연구의 분포는 각기 개별적으로 다이아몬드의 대칭성에 기여한다.
- (5) 다이아몬드의 대칭성은 과학교육 연구 분포의 균형을 나타낸다.



- a = 인지 측면을 다룬 연구의 수
- b = 정의 측면을 다룬 연구의 수
- c = 개념 측면을 다룬 연구의 수
- d = 과정 측면을 다룬 연구의 수

[그림 1] 과학교육연구의 균형성을 위한 다이아몬드 모형

이 모형에 따르면, 위에서 언급한 과학교육의 네 측면이 고르게 강조된 이상적인 과학교육 연구의 분포를 나타내는 다이아몬드는 정마름모꼴을 이루게 된다. 그리고 과학교육 연구가 어느 특정 부분에 집중될수록 다이아몬드의 모양은 점차 그 균형 잡힌 모습을 잃어버리고 찌그러진 마름모꼴이 되어간다.

이러한 다이아몬드 모형이 가지는 장점은 과학교육의 가

장 핵심적인 제 측면들을 둘러싸고 벌어졌던 논쟁들을 모형의 기본 축으로 삼고 있기 때문에 실제의 연구가 이러한 핵심 쟁점을 중심으로 얼마나 고르게 분포되었는가를 간단한 기하학적 모양을 통해서 시각적으로 쉽게 볼 수 있게 해 준다는 것이다.

III. 균형성 지수(the Index of the Balance)

그러면 다이아몬드 모형으로부터 과학교육 연구 분포의 균형성에 대한 정량화는 어떻게 가능한가? 이를 위해서는 다이아몬드의 대칭성의 정도를 수량화할 지수를 제안을 위한 수식(formula)이 필요하다.

그런데, 이러한 균형성 지수의 수식화는 지수(index)가 갖는 일반적 특징을 보장하고 동시에 과학교육 연구의 균형성을 표현해야 한다는 입장에서, 여기에서 제안하는 균형성의 지수는 다음과 같은 조건들을 만족하여야 할 것이다.

1. 지수의 값은 최소 0과 최대 1 사이의 값을 가져야 한다.
2. 균형성 지수의 수량적 크기는 다이아몬드 모형에서의 기하학적 대칭성과 대응해야 한다.
3. 각 차원 또는 각 측면에 관련된 연구의 분포는 각기 개별적으로 균형도 지수에 기여해야 한다. 즉, 한 차원에서의 고른 분포는 다른 차원에서의 편파적 분포의 영향과는 독립적으로 균형도 지수에 반영되어야 한다.
4. 균형성 이외의 연구분포의 다른 요인들이, 예를 들어 연구의 수나 연구의 수준 등이, 균형성 지수에 영향을 미치지 않는다.

연구자는 위의 조건들을 만족하는 균형도 지수(B)에 대한 공식을 여러 차례의 수정을 거쳐 경험적으로 다음과 같이 구할 수 있었다.

$$B = \frac{1}{2} \left[\left(1 - \left| \frac{a-b}{a+b} \right| \right) + \left(1 - \left| \frac{c-d}{c+d} \right| \right) \right]$$

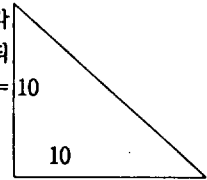
IV. 다이아몬드 모형과 균형성 지수와의 관계

그러면 다이아몬드 모형과 균형성 지수 사이에는 구체적으로 어떤 관계가 있는가? 이를 알아보기 위해서 몇 가지 경우들을 가정하여 그 때의 모형과 지수를 구체적으로 구해보자.

여기에서 생각하게 될 각 경우에는 연구의 총수가 20개

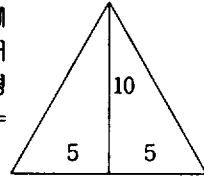
일 때를 가정하고 있다. 모형과 지수 사이의 관계를 포괄적으로 알아보기 위해 가능한 모든 경우의 가장 대표적인 경우들을 중심으로 살펴보자.

- (1) 연구의 분포가 모두 각 차원의 한 측면에만 집중되어 있는 경우(예를 들어, a=10, b=0, c=10, d=0)



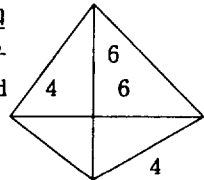
B = 0.0

- (2) 연구의 분포가 한 차원에서는 한 영역에만 집중되어 있고 다른 차원에서는 두 영역에 고른 경우(예를 들어 a=10, b=4, c=5, d=5)



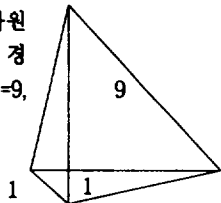
B=0.5

- (3) 연구의 분포가 두 차원 모두에서 비교적 고른 경우(예를 들어, a=9, b=1, c=9, d=1)



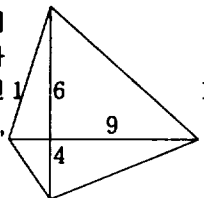
B=0.8

- (4) 연구의 분포가 두 차원 모두에서 매우 편향적인 경우(예를 들어, a=9, b=1, c=9, d=1)



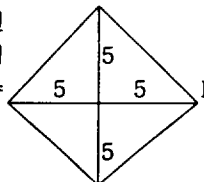
B=0.2

- (5) 연구의 분포가 한 차원에서는 비교적 고르고 다른 차원에 대해서는 매우 편향된 경우(예를 들어, a=6, b=4, c=9, d=1)



B=0.5

- (6) 연구의 분포가 두 차원 모두에서 완벽하게 고른 경우(예를 들어, a=5, b=5, c=5, d=5)



B=1.0

V. 다이아몬드 모형과 균형성 지수의 적용

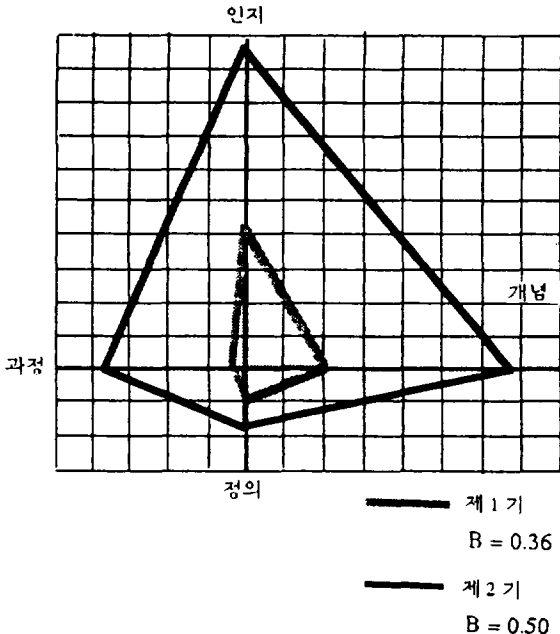
여기에서는 앞에서 제안된 다이아몬드 모형과 균형성 지수의 공식을 지난 10년 간의 한국의 과학교육 연구에 대해 적용해 보고자 한다. 이를 통해 모형과 지수의 유용성을 간접적으로 점검해 볼 수 있을 것이며, 동시에 이를 통해 한국 과학교육의 연구동향에 대해 재음미해 볼 수 있을 것이다.

여기에서 분석의 대상으로 삼은 과학교육 연구들은 1984년부터 1993년까지의 "한국과학교육학회지"에 발표되었던 연구논문들이다. 그리고 분석의 결과를 이해하는 데 도움을 주기 위해 위의 시기를 1984-1988년(제1기)과 1989-1993년(제2기)의 5년씩의 기간으로 나누어 비교하였다.

제1기와 제2기 동안의 모형과 지수공식에 관련된 연구의 수는 다음과 같았다.

제1기(1984 - 1988) : a = 21, b = 5, c = 10, d = 2
제2기(1989 - 1993) : a = 47, b = 8, c = 33, d = 16

여기에 모형과 지수공식을 적용한 결과는 [그림 2]와 같다.



[그림 2] 다이아몬드 모형과 균형성 지수를 적용한 사례 (1984 - 1993 : 한국과학교육학회지)

제1기에 비해 제2기에서는 다이아몬드의 모양이 상당히 대칭적임을 알 수 있다. 그리고 균형성 지수가 0.36에서 0.50으로 증가하였다. 하지만 아직도 과학교육의 연구들이 인지와 개념 측면에 많이 치우쳐져 있는 것을 알 수 있다. 어쨌건, 본 연구에서 제안한 다이아몬드 모형과 균형성 지수가 과학교육 연구의 분포를 상당히 시각적으로 그리고 정량적으로 표현할 수 있다는 것을 확인할 수 있을 것이다.

VI. 결론 및 토의

본 논문에서는 과학교육 연구 활동의 경향성을 알아보기 위해 연구 분포의 균형을 시각화하고 정량화하기 위한 "다이아몬드 모형"과 "균형성 지수"를 제안하였다.

"다이아몬드 모형"은 과학교육계에서 핵심 문제로 오랫동안 논쟁의 대상이 되었던 "인지", "정의", "개념", "과정"의 네 가지 측면을 "인지-정의" 차원과 "개념-과정" 차원으로 구분하여 이들 두 차원을 축으로 하는 마름모꼴을 그 기본 틀로 삼았다. 연구의 분포를 각 측면에 대한 연구의 수로 환산하여 이를 그 크기에 비례하게 마름모꼴의 축의 길이로 잡았으며 각 측면에 대한 분포의 균형성 정도를 기하학적 모형과 그것의 대칭성으로 표현하였다.

"균형성 지수"에서는 이러한 다이아몬드 모형의 기하학적 대칭성을 정량화하기 위해 각 측면에 분포한 연구의 수를 바탕으로 최소값 0과 최대값 1을 가지는 지수로 표현될 수 있는 공식을 이끌어 냈다.

끝으로 이렇게 개발된 모형과 지수공식을 1984년-1993년 동안의 한국과학교육학회지에 발표된 연구논문들 대상으로 적용하였다. 그 결과, 과학교육 연구의 균형성이 상당히 향상되었으나 아직도 인지와 개념 측면에 연구가 집중되어 있다는 것을 알 수 있었다.

본 연구의 목표는 이미 서두에서 언급하였듯이 정량화 과정을 통해 과학교육 연구활동을 보다 객관적으로 비교평가할 수 있게 하여 궁극적으로는 체계적인 연구결과의 축적을 통해 과학교육 연구활동을 진작하기 위한 것이었다.

물론 이러한 하나의 시도가 과학교육 연구의 질적 향상에 지대한 기여를 할 수는 없을 것이다. 그러나 이와 같은 정량화를 위한 노력들이 보다 활발하게 이루어진다면 과학교육 연구의 질적 향상뿐만 아니라 학문으로서의 모습이 보다 체계적으로 갖추어지게 될 것이라고 기대한다.

하지만, 본 연구에서 제안하는 모형과 지수공식에 전혀 문제가 없는 것은 아니다. 문제점으로 들 수 있는 것은 첫

참 고 문 헌

째, 본 모형과 지수공식에서 고려하고 있는 인지-정의, 개념-과정의 두 차원 이외에도 교육과정 연구, 교과서 연구, 과학교육 평가 연구, 교사교육 등 본 모형과 지수공식에 포함되지 않는 여러 분야의 과학교육 연구들이 존재한다는 것이다. 따라서 본 연구에서 제안하는 것들은 과학교육 연구의 일부분에 대한 분석에 지나지 않으며 보다 포괄적인 이해를 위해서는 좀더 개선된 모형과 지수가 개발될 필요가 있다. 그리고 두 번째로 지적될 수 있는 문제는, 실제로 이들 네 측면으로 해당 과학교육 연구들을 분류하는 것이 그다지 쉽지는 않다는 점이다. 연구에 따라서는 그 성격상 분류 자체가 상당히 어려우며, 여러 측면에 중복 계산되어야 하는 것들도 많이 있으며, 이러한 판단 차체가 어느 정도의 주관적 평가를 포함한다는 사실이다. 마지막으로, 앞에서 지적한 바 있듯이, 과학교육의 연구들이 네 측면에 모두 고르게 분포되는 것이 가장 바람직한가에 대해서는 과학교육을 바라보는 관점에 따라 의견을 달리할 수 있다. 다만 이러한 판단들과 또 그에 대한 객관적인 의사소통을 위해서도 본 연구에서 제안하고 있는 모형과 지수공식은 많은 도움을 줄 수 있을 것이라고 믿는다

이영직, 권재술(1993). 오개념의 견고성 지수. 한국과학교육 학회지, 13(3), 310 - 316.

Anderson, O. R.(1971). *Quantitative Analysis of Structure in Teaching*. N.Y.: Teachers College Press.

Bybee, R. W.(1987). Science education and science-technology-society(S-T-S) theme, *Science Education*, 71(5), 667 - 683.

Driver, R. and Oldham, V.(1986). A constructive approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.

Inhelder, B. and Piaget, J.(1958). *The Growth of Logical Thinking from Childhood to Adolescent*, N.Y.: Basic Books, Inc.

Romey, W. D.(1968). *Inquiry Technique for Teaching Science*, Prentice-Hall, Inc.

Schwab, J. J.(1966). The teaching of science as enquiry. In J. J. Schwab and P. F. Brandwein, *The Teaching of Science*, Cambridge: Harvard University Press, 3- 103.

(ABSTRACT)

A Model and an Index for the Balance of Researches in Science Education

Jinwoong Song
(Taegu University)

One of the problem of science education in terms of its status as a unique discipline is the tendency of qualitative, rather than quantitative, arguments and judgements on research activities. In this study, a model called "Diamond Model" and an index formula for the balance of researches are suggested for achieving more pictorial and quantitative understandings on the distribution of researches in science education.

Diamond Model is consisted of two dimensions corresponding to two main long-debated issues in science education, i.e. the dimension of cognitive-affective and the dimension of concept-process. In Diamond Model the geometrical symmetry represents the the balance of researches. An index formula for the balance was developed in order to ensure that the value of the index is between 0 to 1 and the numerical values of the index corresponds to the geometrical symmetry of the diamond. Then, in order to check their utility, the model and the index formula were applied to analyze the research papers appeared in JKARSE for the last 10 years.