

수리논술은 수학교육을 어떻게 정상화할 수 있는가?

조완영 | 충북대학교 수학교육과 교수

1. 들어가는 말

대학입시 정책을 결정할 때 대입 자율화, 사교육비 경감, 평준화 문제 등 중요하지만 본질이 아닌 문제들에 초점을 맞추어 왔다. 21세기를 살아가는 데 우리의 학생들이 갖추어야 할 능력은 무엇인지, 이러한 능력을 기르기 위해 우리가 무엇을 어떻게 해야 할 것인지 등 본질적인 문제에는 상대적으로 관심이 적었다. 예를 들어 대학수학 능력이 무엇인가에 대한 고민보다는 수능등급제의 실시 여부, 논술고사가 학교교육의 정상화에 어떻게 기여할 것인지 보다는 논술고사로 인한 사교육비 증가 등에 더 많은 관심을 보여 왔다.

대학입시 정책을 보는 관점은 이해집단에 따라 다를 수 밖에 없다. 대학은 우수학생 선발에 관심이 많을 것이고, 학생과 학부모는 좋은 대학에 진학하기 위해 어떤 제도가 유리할 것인지와 사교육비 문제에 관심이 많을 것이다. 2009학년도 대학입시는 교육부에서 수행하던 대학입시 관련 업무가 한국(전문)대학교육협의회로 이관되고, 3분 정책을 포함한 정부 규제를 풀어 학생 선발을 전적으로 대학에 일임한 대입 자율화 방안의 도입을 특징으로 하고 있다. 이에 따라 수능등급제가 폐지되고 대학별 고사가

다양해졌다. 특히 대학별 고사로 실시되는 논술고사의 개념과 범위를 정하여 과거의 본고사로의 편법적 활용을 막기 위해 도입되었던 논술 가이드라인이 폐지되었다. 이로 인해 대학에서는 '과거 본고사 형태로의 회귀는 절대 없을 것이다' 라고 주장함에도 불구하고 학생과 학부모를 비롯한 많은 사람들은 논술고사가 본고사 형태로 바뀌어 사교육비가 늘어나고 입시 준비에 부담이 커지지나 않을까 불안해하고 있다.

이러한 불안은 전혀 근거가 없는 것은 아니다. 한 예로 논술고사의 변화를 보자. 2008학년도에 많은 대학에서 공교육의 정상화에 기여할 것이라는 믿음으로 논술고사를 도입하였다. 2009학년도에는 정시에서 논술고사가 축소되었고 특히 자연계 논술고사를 실시하는 대학이 2개 대학밖에 되지 않았다.¹⁾ 대부분의 대학에서 논술고사가 공교육의 정상화에 기여할 것이라고 주장했음에도 불구하고 정시 논술이 약화된 것은 수능등급제 폐지와 무관하지 않다. 일부대학의 수학 관련 자연계 논술 문제(이하 수리논술)가 정상적인 고등학교 수준을 벗어나고 지나치게 수학적향적인 문제로 변하고 있는 것도 우려할 만한 일이다.

대학입시를 이해관계가 아니라 우수인재 양성이라는 교육의 본질에 주목함으로써 이러한 문제의 실마리를 찾

1) 2009학년도 수시 모집에서는 수시 선발 인원이 늘고 일부대학에서는 논술 100% 전형이 생겨나는 등 논술의 영향이 오히려 강화되었다.

을 수 있다. 학교교육과 대학교육의 수준은 다르지만 대학에서 우수학생의 기준으로 삼고 있는 대학 수학 능력이나 학교 교육에서 기르고자 하는 능력은 본질적으로 다르지 않다. 마찬가지로 논술고사를 통해 평가하고자 하는 것과 학교 교육 내용도 본질적으로 다르지 않다. 이러한 측면에서 보면 대학입시 제도를 통해 공교육을 정상화하는 것은 대학의 사회적 책임이기도 하지만 대학 자신을 위한 것이기도 하다.²⁾

수리논술이 수학교육의 정상화에 어떻게 기여할 수 있는가의 문제도 수학교육의 목적이 무엇이고 이를 달성하기 위해 어떻게 할 것인가라는 본질적인 측면에서 생각할 필요가 있다. 이를 위해 먼저 수리논술에서 평가하고자 하는 것과 수학교육의 목적이 동일한 것임을 보인 후 수리논술이 수학교육의 정상화에 기여하기 위한 조건을 수리논술 문제와 수학교육의 변화라는 관점에서 논의한다.

2. 수리논술과 수학교육의 목적

논술 고사는 비판적으로 글을 읽는 능력과 창의적으로 문제를 설정하고 해결하는 능력 그리고 논리적으로 서술하는 능력을 종합적으로 평가하는 시험이다. 비판적으로 글을 읽는다는 것은 반성적으로 생각하면서 글을 읽는 것을 말하며, 창의적으로 문제를 설정하고 해결하는 능력이란 심층적이고 다각적으로 논제에 접근함으로써 독창적인 아이디어를 끌어낼 수 있는 능력을 말한다. 그리고 논리적 서술 능력은 글 구성 능력, 논증 능력, 표현 능력 등을 포괄한다. 즉 “비판적 읽기와 창의적 문제해결을 기반으로 한 논리적 글쓰기”로 논술고사를 정의할 수 있다. “통합교과형 논술”은 어떤 특이한 형태의 논술을 의미하는 것이 아니라 위에서 제시한 논술의 성격이나 취지에 충실한 논술을 강조하기 위해 붙여진 이름이다. 통합교과

형 논술은 자연계 논술과 인문계 논술로 구분할 수 있으며 수리논술은 자연계 논술 중 수학 중심의 논술을 의미한다. 통합논술은 첫째, 암기로 얻은 지식 중심보다는 비판적이고 창의적인 사고력을 둘째, 결과보다는 과정을 셋째, 개별 교과보다는 교과간의 소통을 넷째, 주입식 교육에서 자기주도적 교육을 강조한다는 특징을 가지고 있다.

2007년 실시한 서울대 자연계 논술 모의고사에서는 개념과 원리의 이해·분석·구성 능력, 통합적 추론 능력,

표 1. 서울대 자연계 논술 평가기준(2007년 모의 논술고사)

구분	평가 내용 및 기준
개념과 원리의 이해·분석·구성 능력	<ul style="list-style-type: none"> • 논제와 관련된 수리적, 과학적 개념과 원리에 대한 식별, 인지 능력 • 개념의 정의와 원리에 대한 정확한 이해력 • 제시문의 내용, 수식, 도표에 대한 해석 및 변환 능력 • 수리적, 과학적 상황에서 변인이나 대상 사이의 관계 설정 능력
통합적 추론 능력	<ul style="list-style-type: none"> • 수리적, 과학적 개념과 원리의 통합력 <ul style="list-style-type: none"> - 과학적 결과를 도출하기 위한 수리적 과정의 적용 - 수학과 과학의 서로 다른 영역에 속한 개념들의 연결 • 구성 조직 및 모형화 능력 <ul style="list-style-type: none"> - 주어진 자료와 변인을 고려한 설명 모형 설계 - 실험 설계에 나타나는 귀납적, 연역적 사고 과정 - 모형으로 현상을 설명하고 결과를 예측 • 근거 설정 및 일반화 능력 <ul style="list-style-type: none"> - 증거와 과학적 개념에 기초한 추론 - 원인과 결과의 논리적 타당성
창의력	<ul style="list-style-type: none"> • 심층적인 논의 전개 <ul style="list-style-type: none"> - 가설, 문제해결 과정, 탐구한 결론에 대한 비판적 평가 - 명시적으로 주어진 조건을 뛰어 넘는 새로운 결론 유추 • 다각적인 논의 전개 <ul style="list-style-type: none"> - 발상이나 관점의 전환 - 대안적 문제해결 방법에 대한 모색 • 영역전이적인 논의 전개 <ul style="list-style-type: none"> - 결론으로 도출된 원리를 새로운 상황에 적용 - 일상 속에서 개념과 원리가 적용되는 사례 발견 및 활용
의사소통 능력	<ul style="list-style-type: none"> • 시각화 : 문제해결 과정을 도표, 모형, 그림 등을 통해 표현 • 수식화 : 문제해결 과정이나 결론을 수식으로 표현 • 표현의 적절성 : 문장표현의 간결성 및 맞춤법

2) 공교육을 정상화한다는 것은 학교에서 학생들이 21세기를 살아가는 데 필요한 능력을 기르도록 교육한다는 것이고, 공교육이 정상적으로 이루어지면 대학에서는 대학교육에 필요한 능력이 우수한 학생들을 선발할 수 있기 때문이다. 같은 의미에서 학생이나 학부모는 대학 입시를 준비할 때 원하는 대학에 진학하고자 하는 마음 외에 자신의 미래 삶에 필요한 능력을 기른다는 마음으로 준비를 해야 할 것이다.

표 2. 교육과정 강조 사항과 평가기준 비교

논술 평가기준	수학교육의 목적
개념과 원리의 이해·분석·구성능력	(수학적 개념·원리·법칙을 교수학습 방법에서 강조)
통합적 추론 능력	귀납적·논리적 추론 능력
창의력(문제해결력)	문제해결 능력
의사소통 능력(표현 포함)	의사소통 능력(표현 포함)

창의력, 의사소통 능력을 평가 기준으로 제시하고 있으며, 대부분의 대학의 평가 기준도 이와 유사하다.

통합논술에서 평가하고자 하는 능력은 수학교육의 목적과 유사하다. 수학교육의 궁극적인 목적은 수학적 힘을 기르는데 있으며 수학적 힘이란 수학적 개념·원리·법칙을 바탕으로 탐구하고 예측하며 논리적으로 추론하는 능력, 수학을 사용한 또는 수학을 통한 의사소통 능력, 실생활이나 다른 교과 영역에서 수학적 지식을 사용하여 문제를 구성하고 해결하는 문제해결력, 창의력, 수학적으로 사고하는 성향, 사고의 유연성, 자신감 등을 말한다. 이러한 수학교육의 목적은 수리논술의 평가 기준과 다르지 않다. 따라서 학교에서 정상적으로 수학을 가르치고 배우면서 수학적 안목을 가지고 세상을 보려는 노력을 한다면 정상적으로 출제된 수리논술 문제를 두려워 할 필요가 없을 것이다.

시하면서 각 대학의 논술 문제를 심의한 가장 큰 이유도 여기에 있었다. 현 정부의 인수위원회에서 대입자율화 3 단계를 발표하면서 “대학의 논술시험 등 필답고사를 대학 협의체가 학교교육 관계자, 학부모 등과 함께 심의하는 자율적 규제 장치를 마련”할 것을 제시한 것도 보고서 부활에 대한 우려를 반영한 것이다.

‘정상적인’ 수리논술 문제를 잠정적으로 “고교 교육과정을 이수하고 이해한 학생들이 풀 수 있는 수준의 문제로, 개념과 원리의 이해·분석·구성 능력, 통합적 추론 능력, 창의력(문제해결력), 의사소통 능력을 평가할 수 있는 서술형 문제”로 정의해 보자. 교육부에서 제시했던 다음 논술고사 여부의 판단 기준을 규제 차원이 아니라 권장 차원에서 보면 앞에서의 정의에서 크게 벗어나지 않는다.

- 이해력, 사고력, 표현력, 창의력 등 종합적인 문제해결 능력을 측정하는 것인가?
- 논리추론 등 과정을 중심으로 하고 있는가?
- 질문을 해결해 가는 과정을 중시하는 것으로 다양한 답이 가능한 것인가?
- 주제에 대한 주장, 의견 진술의 전개 과정을 평가하는 것인가?
- 고교 교육과정을 정상적으로 이수하고 이해한 학생들이 풀 수 있는 수준의 것인가?

3. 수리논술 문제와 수학교육의 성찰

1) 수리논술 문제의 조건

수리논술이 공교육 정상화에 기여하기 위해서는 각 대학들이 ‘정상적인’ 수리논술 문제를 출제하는 것이 무엇보다 중요하다. 그러나 어떤 문제가 ‘정상적인’ 수리논술 문제인지를 분명히 하기는 쉽지 않다. 대입자율화 정책이 추진되면서 모두가 염려하는 것은 수리논술 문제가 과거의 보고서 유형으로 변질되지 않을까하는 것이다. 대입자율화 이전에 교육부에서 논술고사 여부의 판단 기준을 제

다음 문제는 성균관대 2008학년도 수시 2학기 문제로 좋은 수리논술 문제이다. 충격력과 충격량, 운동량, 운동에너지 등의 물리 개념 사이의 관계를 수학적으로 분석·설명할 것을 요구하는 문제로 문제해결 능력, 추론 능력, 논리적 사고 및 표현력을 평가하고 있다. 이 문제는 구분구적법과 정적분 개념과 원리를 이해·분석·구성할 것을 요구하고 있다. 이 문제를 해결하기 위해 학생들은 과학적 설명을 수학적으로 해석해 보는 경험, 다양한 표현 사이의 관계 등을 이해해야 한다. 일반적으로 학생들은 (문제4-ii)를 잘 해결하지만 평소 접해보지 못했던 (문제4-i)은 어려워한다.

[문항 4] 다음 [제시문 4]를 참고하여 (문제 4-i), (문제 4-ii)와 (문제 4-iii)에 답하시오.

[제시문 4]

- 물체에 작용한 힘이 시간의 함수인 경우, 이 함수의 시간을 가로축으로 하고 힘을 세로축으로 하여 그린 그래프의 아랫부분 면적이 충격량이다.
- 물체에 주어진 충격량은 물체에 일어난 운동량의 변화와 같다.

(문제 4-i)

쌍생 자동차회사는 질량이 1000kg인 자동차를 직진시켜 정면충돌 실험을 실시하였다. 촬영된 자료를 간이 분석한 결과 아래의 표처럼 1초간 자동차에 힘이 가해졌고, 자동차는 멈추었다. 아래 표로부터 자동차에 가해진 충격량을 논리적으로 분석하여 추정하시오.

촬영시각 (단위 : 초)	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
힘 (단위 : 뉴턴)	0	8,000	18,000	24,000	18,000	0

(문제 4-ii)

쌍생 자동차회사는 일주일 후 회사 부설 연구소로부터, 충돌한 자동차에 시간 t 에 따라

$$F(t) = 10000\pi t \sin(\pi t) + \frac{30000 t(1-t)}{\sqrt{-2t^3+3t^2+1}} \quad (0 \leq t \leq 1)$$

로 힘(충격력)이 가해졌다는 정확한 분석결과를 통보받았다. 결과를

바탕으로 자동차에 가해진 충격량을 논리적으로 추론하시오.

(문제 4-iii)

위의 두 문제에서 얻은 자료를 바탕으로 충돌이 시작되기 직전 자동차의 속력과 운동에너지를 논리적으로 추론하시오.

2) 수학교육의 성찰

우리는 지금까지 '수학 개념을 알면 응용할 수 있다' 라는 믿음으로 수학을 배우고 가르쳐왔다. 수학 교수학습은 교사의 수학적 개념과 원리 설명에 이은 예제 풀이, 학생의 공식과 절차를 이용한 연습, 소위 응용문제(교과서 문장제) 해결이라는 선형 패턴 속에서 이루어지고 있다. 많은 수학 내용을 짧은 시간에 효과적으로 전달하고 많은 문제들을 풀어 보아야 좋은 평가를 받을 수 있다는 관점에서 보면 이러한 교수학습 패턴은 일면 타당해 보인다. 그러나 전통적인 수학 교수·학습 방법이 탐구와 추론 능력, 의사소통 능력, 연결과 표현 능력, 문제해결 능력 즉, 수학적 힘을 기르고자 하는 수학교육의 목적을 달성하기 위한 최선의 방법인가 하는 것은 다시 한 번 생각해 볼

문제이다. 다음과 같은 문제를 생각해 보자.

첫째, 문제를 해결하는 과정에서 새로운 개념을 만들 수는 없는가?

예를 들어 속도와 접선 개념을 먼저 학습한 후 공통성을 찾아 미분계수를 정의해 볼 기회를 제공하는 것도 좋은 방법이다. 개념을 가르친 후 문제를 풀게 하는 전통적인 방법을 다시 생각해 보자.

둘째, 문제집을 푸는 것이 문제해결인가? 다음 두 문제를 비교해 보자. 몫의 미분법에 관한 문제인데, 일반적으로 [문제 2] 유형에 익숙하며 [문제 1]과 같은 문제를 더 어려워한다. 이 문제는 압축률의 정의를 수학적 표현으로 이해할 수 있는가에 관한 것이다.

(문제 1)

온도가 일정할 때, 단위 부피를 기준으로 압력에 관한 부피의 변화율을 양수로 나타낸 값을 압축률(β)이라고 한다. 25°C에서 표준 공기의 부피 $V(\text{m}^3)$ 와 압력 $K(\text{kilopascal})$ 사이에 다음과 같은 관계가 성립한다고 할 때 $P = 10\text{kPa}$ 일 때, 압축률 β 를 구하여라.

$$V = \frac{5.3}{P}$$

(문제 2)

피는 심장에서부터 나와 신체의 혈관과 모세 혈관을 돌아 다시 심장으로 되돌아가게 되며, 이 때 심장에서 멀어질수록 혈압은 낮아지게 된다. 다음은 어떤 사람의 심장에서 피가 나온 후 t 초가 경과하였을 때의 혈압 P 를 나타낸 식이다.

$$P = \frac{25t^2 + 125}{t^2 + 1} \quad (\text{단, } 1 \leq t \leq 10)$$

시각 t 에서의 혈압의 순간변화율을 나타내는 식을 구하여라.

셋째, 수학교실에서 추론과 증명은 어디에 있는가? 우리는 문제상황을 탐구한 후 추측하고 추측이 참인지 아닌지를 판단하고 설명하는 수업 활동을 하고 있는가? 형식적이고 우아한 증명 방법만을 고집하고 있지는 않는가? 예를 들어 $\sqrt{2}$ 가 무리수임을 증명할 때 학생들의 수준에 따라서는 귀류법이 아닌 다음과 같은 방법으로도 증명할 수 있다.

예: 무리수의 정의와 증명

다음을 이용하여 $\sqrt{2}$ 가 유리수가 아닌 이유를 설명하여라.

유리수 $\frac{a}{b}$ (a, b 는 정수, $b \neq 0$)를 제곱한 $\frac{a^2}{b^2}$ 에서 a^2 과 b^2 을 소인수분해하면 소인수들의 지수는 짝수이다.

넷째, 수학교육에서 다양한 표현을 이용한 의사소통이 강조되고 있는가?

문제 또는 교사의 발문은 의사소통의 시작이라 할 수 있다. 학생들의 반응에 대해 교사는 “왜 그렇게 생각하는가?” 등의 질문을 함으로써 반응을 보인 학생뿐만 아니라 다른 학생들의 수업 참여를 유도하고, 수학적 아이디어를 교환하고 반성할 기회를 제공한다. 수학적 의사소통을 통

해 문제를 사고하고, 표현을 형식화하며, 새로운 용어와 기호를 도입하고, 논쟁 형식을 경험하며, 추측을 정당화하고 정당화를 비판하며, 자신의 이해와 다른 사람의 아이디어를 반성하는 기회를 제공한다.

다섯째, 수학으로 다른 학문 예를 들어 과학을 보고 있는가?

물리학의 반사의 법칙과 굴절의 법칙을 수학을 이용하여 설명할 수 있다. 반사의 법칙은 페르마의 최소시간의 원리와 10-나 단계의 대칭이동을 이용하여 간단히 설명할 수 있으며 굴절의 법칙은 피타고라스 정리와 미분을 이용하여 구할 수 있다. 미분을 이용하여 속도와 가속도 $v = gt$, $a = g$ (일정)을 구해보고 자유낙하 운동 $s = \frac{1}{2}gt^2$ ($g = 9.8\text{m/s}^2$)이 등가속도 운동을 한다는 것을 설명할 수 있어야 한다.

4. 맺음말

수리논술은 각 대학의 주장처럼 사고력과 문제해결력 중심의 수업을 통해 공교육을 정상화하는데 기여할 수 있

다. 실제로 짧은 기간이지만 논술고사의 확대실시로 교육 현장에는 작지만 폭발력이 있는 수업혁명이 이루어지고 있었다. 논술에 효과적으로 대비하려면 교사의 강의와 학생들의 연습 중심의 수업에서 벗어나 토론을 하고 문제를 해결하며 글을 써 보는 등 수업을 바꾸어야 한다는 분위기가 확산되고 있었다. 특히 통합교과형 논술에 대비하기 위해 교과간의 교류는 물론이고 협동 수업까지 이뤄지기도 했다. 전국적으로 수많은 교사들이 중심이 되어 논술 연구회가 만들어졌고 교육과학부를 비롯한 각 시도 교육청에서도 이에 대한 지원을 아끼지 않았다.

수리논술은 지금까지 우리들이 수학을 가르치고 배워 온 전 과정을 반성할 기회를 제공한다. 수리논술에서 요구하는 개념과 원리의 이해·분석·구성 능력, 통합적 추론 능력, 창의력(문제해결력), 의사소통 능력을 기르기 위해서는 수학교육에서 그 동안 소홀히 해 왔던 스스로 수학을 탐구하고 문제를 해결하며 왜 그런지 이유를 생각해 보는 활동이 강조되어야 한다. 또한 이해한 개념을 일반화하고 다른 영역 또는 다른 과목과 연결시키는 활동도 중요하다. 수학 시간에 과학 교과와 다양한 탐구상황이나 법칙 등을 수학적인 안목으로 “보는” 활동, 과학시간에 수학 개념과 원리를 적용하면서 과학으로 수학을 “보는” 활동, 더 나아가서 수학으로 세상을 “보는” 경험은 우리나라 수학교육의 질을 한 차원 높이는 데 기여할 것이다. 정시 수리논술이 부활되고 더 많은 대학에서 수리논술을 도입하기를 기대해 본다.

필·자·소·개

조완영

충북대학교 수학교육과를 졸업하고, 한국교원대학교 대학원에서 수학교육학을 전공하여 석·박사 학위를 취득하였다.

현재 충북대학교 수학교육과 교수로 재직하고 있으며 대한수학교육학회 편집이사, 한국대학교육협의회 논술연구회 자문교수를 맡고 있다.

주요 저서 및 논문으로 「고등수학적 사고」(공역), 「학교수학을 위한 원리와 기준」(공역), 「수학의 힘을 길러주자. 왜? 어떻게?」(공역)등의 번역서와 「대학수학」(공저), 「미적분학」, 「공학수학」(공저), 「수학부진아의 수학적 사고 특성」 등 다수가 있다.