한국수학사학회지 제23권 제1호(2010년 2월), 67 – 78

수학과 학문융합*

서경대학교 철학과 **박창균**
ckpark@skuniv.ac.kr

이 글의 목적은 학문융합의 시대에 수학의 역할이 무엇인지를 밝히는 것이다. 수학은 학문융합에 있어서 세 가지 측면-이론적, 언어적, 정신적-에서 기여할 수 있다고 본다. 이를 위해 먼저 수학화의 과정을 살핀 후, 학문융합의 정도를 복합학문, 간학문, 초학문 등 세 단계로 구분한다. 그리고 학문융합에 기여하는 수학의 세 측면과 학문융합의 세 단계가 서로 대응관계에 있음을 주장한다.

주제어 : 수학화, 학문융합, 복합학문, 간학문, 초학문

0. 들어가는 말

대학이 생겨난 초기에 법, 신학, 의학, 철학 등 불과 소수에 불과했던 학문의 수는 이제 자연과학만 해도 1100개가 넘는다고 한다. 학문이 지나치게 세분화되어 조각난 것에 대한 반작용인지는 몰라도 오늘날 '융합학문' 이나 '융합기술'이라는 용어가 회자되고 있다. 그러나 '융합'이라는 단어가 주는 매력에 비해서 학문을 융합하는 일은 아직 기대한 만큼은 학계에 뿌리를 내린 것 같지 않아 보인다. 여러 가지 이유가 있겠지만 학계에 종사하는 전문가 집단이 자신들이 연구하고 있는 학문이외에 다른 학문에 눈을 돌리는 것은 치열한 경쟁에서 낙오를 각오해야하는 모험이라는 현실과 학문의 융합을 위해서는 자기 전문 영역에서 배타적으로 행사하는 권리를 유보해야 하기 때문인 것으로 보인다. 또한 이미 익숙해 있는 분야와의 결별하거나 새로운 학문을 배워야 한다는 것 자체가 심리적으로 불편하고 쉽지 않은 일이기도 하다. 그러나 이런 정황 말고도 학문융합의 시도가 이루어지는 현 상황은 융합의 개념을 반성적으로 논하기에는 시기적으로 너무 이른 감도 있다.

그런데 오늘날 우리가 당면한 복잡한 문제들을 해결하기 위해서는 학문이나 기술을 융합하는 일을 외면할 수는 없다. 복잡한 문제들에는 인류 문화라는 추상적인 영역에

* 이 논문은 2009년 10월 31일 서울대에서 열렸던 "논리와 역사의 창으로 본 수학"에서 필자가 강연했던 것을 보완한 것이다. 주제에 대한 논의 과정에서 좋은 제언을 해 주신 민경찬 교수님께 감사드린다.

서 뿐만 아니라 문명의 진보를 위해 반드시 넘어야 할 과학기술의 문제들, 그리고 인류의 생존과 직결된 문제들 등과 같은 거창한 것에서부터 평범하지만 기존의 방식으로는 해결하기 어려운 문제들에 이르기까지 그 범위가 넓다. 어쩌면 개별 학문의 틀 내에서 다루는 '이상화'내지 '단순화' 되지 않은 것들은 모두 복잡한 문제일지도 모른다. 이러한 복잡한 문제들은 어떤 특정한 학문으로 환원하는 방식으로 해결될 수 없다. 다면적이고 창의적인 접근이 절실히 요구되는 문제들이라고 할 수 있다.

학문융합을 이야기 할 때 어려움 중의 하나는 용어상의 혼동이라고 할 수 있다. 요즈음 "통섭"이라는 단어가 유행하고 있는데 이는『통섭』의 저자 윌슨이 19세기 철학자인 휴얼(Whewell)이『귀납과학의 철학』에서 사용한 'consilience'라는 단어를 차용한 것을 번역한 것이라고 한다. 여러 학문이 하나로 모여 무언가를 시도한다고 할 때 개별 학문이 모이는 방식 또는 학문간 결합하는 방식에 대해 사람에 따라 "통합", "융합", "통섭" 등이 혼재되어 사용되고 있는데, 혹자는 이를 구별하여 통합은 물리적인 결합, 융합은 화학적 결합, 통섭은 생물학적 결합을 지칭하는 것으로 주장하기도 한다. 그러나 이 글에서는 융합을 학문 간에 결합하는 방식을 총칭하는 것으로 한다.

아직 학문융합을 반성적으로 다루기에는 여건이 충분히 성숙되어 있지 않다는 판단에도 불구하고 수학이 학문융합에서 어떠한 역할을 할 것인지에 대한 논의를 해 보는 것은 무의미하지는 않다. 왜냐하면 수학은 오랜 역사를 가진 학문으로 그 역사 속에서 새로운 학문을 파생시키기도 하고 다른 학문과의 교섭을 부단히 해왔기에 수학을 통해 학문융합의 방식의 조망해 보는 것은 좀 더 포괄적인 논의를 위한 출발점이 될 수 있기 때문이다. 수학은 일반적으로 추상적이고 엄밀한 학문의 전형이라고 받아들여지고 있다. 이러한 추상성과 엄밀성은 사람들로 하여금 매우 구체적이고 융통성이 요구될 것 같이 보이는 복잡한 현실적 문제들을 다루는 융합학문에서 수학의 기여 가능성에 대해 유보적이거나 회의적 태도를 가지게 한다. 따라서 이 글은 다음과 같은 물음을 염두에 두고 이에 대한 답을 궁구해 보려고 한다. "수학은 학문융합에서 어떠한 위상을 가지는가?" 또는 "수학은 학문의 융합에서 어떤 기여를 할 수 있을 것인가?"

그런데 위의 질문에 답하기 위해서는 세 가지 작업이 필요한 것으로 보인다. 그 첫 번째 작업은 수학이 역사적으로 다른 학문과 어떻게 융합되어 왔는지를 살피는 일이다. 이것을 수학 쪽에서 본다면 수학 이외의 분야를 '수학화'한 작업을 역사적으로 조명하는 일이다. 여기서 '수학화'란 수학을 수학 이외의 다른 영역으로 확장하여 적용하는 것을 의미하는 것으로서 수학화에 대한 역사적 조명을 선행하는 것은 학문융합에서의 수학의 기여를 논의하는 단초를 제공한다고 보이기 때문이다. 역사적으로 수학화는 자연과학에서 뿐만 아니라 사회과학과 인문학에서도 이루어졌고 이러한 사례들은 학문융합에서 수학의 위상과 역할을 가늠하는 매우 소중한 자료가 된다. 두 번째 일은 학문융합이 단순히 여러 분야의 학자들이 모여 있는 상태를 묘사하는 것이 아니라면 학문을 융합하는 것이 의미하는 바가 무엇인지 그 성격과 방식을 정의하는

것이다. 여러 사람에 의해 다양한 방식이 제기되고 있어 이것부터 '통합'되어야 할 문제이긴 하지만 학문융합의 단계가 세분화 되어야 각 단계에 따른 수학의 기여를 논의할 수 있을 것이다. 마지막 작업은 첫 번째 작업과 두 번째 작업을 고려하여, 학문융합에서 수학의 역할 내지 기여를 살펴보는 것이다.

1. 수학화

전술한 바와 같이 수학을 수학 이외의 다른 영역으로 확장하여 적용하는 것을 '수학화'라 부르기로 한다면 수학의 발전은 수학화와 밀접한 관계 속에서 이루어져 왔다고 볼 수 있다.수학은 내부적으로는 기존의 수학적 개념을 정교화 한다든가 새로운 개념의 도입을 통한 증명방법의 개선 등으로 발전해왔지만, 수학 외적으로는 자연과학을 체계화하고 사회과학과 인문학을 구조화하는 데에 수학을 적용함으로써 즉 수학 이외의 영역을 수학화 함으로써 기초 학문으로서의 지위를 공고히 해왔다. 이렇게 수학의 위치를 안착시킨 데에는 수학적 방법이 가지는 엄밀성과 효율성이 위력을 발휘한 결과라고 볼 수 있다.

수학화의 기원은 고대 그리스로 거슬러 올라간다. 이 당시에 수학화는 실재의 본성에 대한 철학적 견해나 과학적 실천에 존재했으며, 이는 피타고라스, 유클리드, 플라톤, 아리스토텔레스, 아르키메데스와 같은 수학화의 선구자들의 작업에서 확인할 수 있다. 특히 유클리드의『원론』은 공리로부터 연역을 통하여 정리를 도출하는 인간이 가진 가장 높은 수준의 엄밀성이 무엇인가를 보여 주었고, 지식을 체계적으로 구성하는 방법을 제시했다. 이러한 방식 즉 공리적 체계를 구축하는 것은 지식의 모범이라고 여겨졌다. 그러나 이러한 그리스적 이상은 당장 모든 학문에 적용될 수는 없는 것이었다. 수학화는 아직 결과를 내기에는 시간이 필요했던 것 같다. 그리스시대 말에는 몇몇 수리과학이 시작되었고 중세에도 일부 학자들에 의해 계승되었지만 과학의 수학화에 아주 큰 진전이 있었던 것은 아니었다. 중세 말과 르네상스 시대가 되어서야 수학은 일상적인 일에 뿌리를 내리고 예술과도 깊은 연관을 가지게 되었는데 이렇게 된 데에는 그 당시 특히 장인들의 기여가 크다고 할 수 있다. 그들은 수학을 추상적인 것으로 부터 계량 또는 측정가능 한 것으로 전환시켜 일상적 삶의 문제들을 수학화하는 물꼬를 튼 주역들이었다.

모더니즘은 수학적 방법을 확실한 지식을 얻는 것으로 받아들이는데서 출발한다. 즉 수학적 방법은 모더니즘의 핵심적인 요소이고 이 방법은 바로 다른 영역을 수학화하는 것으로 나타난다. 모더니즘을 대표하는 학자는 데카르트 이다. 데카르트는 학문은 정신적 활동이므로 연구 대상이 다를지라도 동일한 방법을 적용할 수 있다고 생각하였다. 그 방법은 네 가지인데 확실한 것을 알 때까지 모든 것을 의심하라는 '명증성의 규칙'과 복잡한 것은 가능한 작은 부분으로 나누라는 '분해의 규칙', 나눈 것을 필

연적인 순서대로 결합하라는 '합성의 규칙' 그리고 마지막으로 '열거의 규칙'인데 이는 전체를 잘 훑어보고 빠짐없이 열거하라는 것이다. 이러한 요소 환원적 방법은 데카르트 이래로 과학연구의 주류로 자리를 잡았다. 그러나 데카르트의 방법이 요소 환원적이라고 해서 오늘날 활기를 띠고 있는 융합화 경향과 대척점에 있는 것으로만 단순히 인식해서는 곤란하다. 사실 데카르트 이전 아리스토텔레스나 토마스 아퀴나스는 학문의 대상에 따라 학문하는 방법도 다르다고 여겼는데, 상이한 대상에 대해 정신활동이 동일하게 적용되듯이 데카르트는 학문은 정신적 활동이므로 이성을 통해 동일한 방법을 적용할 수 있다고 보았다. 이것은 그 이전에 각각의 학문이 가지는 고유한 방법이 있다는 것을 뒤집은 것이었다[1, 34]. 데카르트가 다루는 대상이 다를지라도 동일한 방법의 적용이 가능하다고 했을 때 그 방법은 다분히 가 다적'이고 '논리적'인 것이었다. 이는 학문의 융합하는 과정에서 수학의 기능을 가늠하는 데에 시사점을 던져준다.

18세기 수학은 당시의 지배적인 시대 조류인 모더니즘이 전제되어 있었다. 18세기 수학은 오늘날 입장에서 보면 순수수학과 응용수학이 명확하게 분리 되어 있지 않은 '혼합수학'이었고 '결과 중심의 수학' 이었다[4, 58]. '혼합수학'은 학문융합의 한 형태로 간주할 수 있는데 미적분학과 미분방정식에 있어서 수학적 연구는 역학, 천문학 등과 밀접하게 연관되어 있었다. 즉 역학과 천문학 등에서 수학화가 이루어진 것이었다. 1743년 달랑베르와 1788년 라그랑주의 작업에서 볼 수 있듯이 역학은 필연적으로 참으로 여겨지는 첫 번째 원리로부터 결과를 보일 수 있는 수학 체계로 수학화 되었다. 혼합수학은 그 본질상 '응용수학'과 구별된다. 응용수학은 수학의 한 주제를 다른 주제에 응용하는 것이고 혼합수학에서는 한 주제와 그것을 수학화 하는 것은 매우 긴밀하게 연관되어 있어 두 분야는 나누어질 수 없는 것이다. 나중에 학문융합의 정도에 따라 융합을 분류하겠지만 혼합수학은 응용수학보다 보다 더 융합되어 있는 상태라고 할 수 있다. 수학과 그것이 응용되는 세계가 서로 떨어져 있기 보다는 구분됨 없이 하나로 '융합'되어 있다고 한다면 혼합수학은 매우 자연스러운 것이라 볼 수 있다. 실제로 18세기 많은 수학자들이 역학과 천문학에서 그들 연구의 근원과 영감을 찾았다[6, 423]. 이 당시에 혼합수학이라는 틀 속에서 수학화가 어떻게 진행되었는지는 이브스가 저술한『수학사』에서 다음과 같이 확인할 수 있다.

야곱 베르누이는 등속하강곡선(isochrone)에 관한 연구를 하였고, 최대 넓이를 가지는 고정된 둘레의 평면 폐곡선인 등주곡선(isoperimetric figures)문제를 제시하고 고찰하여 변분법을 연구한 최초의 학자였다. 야곱 베르누이의 동생인 요한 베르누이는 반사와 굴절에 대한 광학적 현상, 곡선 족의 수직궤적들의 결정, 중력장에서 주어진 두 점 사이를 움직이는 질점 중 가장 빠르게 하강하는 곡선을 결정하는 최단강하선(brachystochrone)문제 등을 연구하였다. 생애 동안 530편의 책과 논문을 발간했고 사후 886점의 책과 논문이 기념집으로 출간된 오일러는 광범위한 분야에서 자신의 업적을 쌓았는데 이에는 달에 관한 이론, 조수, 천체역학의 3체 문제, 타원체의 인력, 수리학, 조선학, 포술학 및 음악이론에 대한 저술을 포함하고 있다. 클레로는 『지구형상

론』(Théorie de la figure de la Terre)(1743)이라는 뛰어난 책을 남겼고 「달의 이론」(Théorie de la Lune)(1752)이라는 논문을 써서 상을 받았다. 달랑베르는 운동학의 원리에 근거한 『역학론』(Traité de dynamique)(1973)을 저술했으며, 그 이후에 유체의 평형과 운동(1744), 바람의 원인(1746), 진동하는 현(1757) 등에 대한 연구 논문들을 남겼다. 람베르트는 쌍곡선 함수들의 전개와 혜성 궤도의 결정에 대한 연구를 했다. 라그랑주는 기념비적인 『해석 역학』(Méchanique analytique)(1788)과『해석 함수론』(Théorie des fonctions analytiques contenant les principes du daldul différentiel)(1797) 등을 저술했다. '프랑스의 뉴턴'이라는 칭호를 얻은 라플라스는 다섯 권으로 이루어진 방대한 『천체역학』(Tratié des mécanique céleste)(1799-1825)을 남겼다[6, 386-423].

르네상스 이래로 새로운 지식을 획득하는 것이 과학의 주요한 목적이 되었고 과학혁명으로 인하여 과학에 수학을 적극적으로 도입됨으로써 수학도 과정보다는 결과를 중시하는 경향을 띠게 되었다. 이러한 경향은 현실과는 격리되어 형식적이고 논리적 무모순을 추구하는 현대수학과는 차이가 크다. 대수학과 미적분학의 성공에서 비롯된 기호에 대한 신뢰도 수학화를 추구하는데 있어서 중요한 동인이 되었다.

한편 전기, 자기, 열, 화학과 같이 18세기 초까지 주로 실험과 관련되어 있었던 자연과학 분야에서도 18세기 말에 이르러서는 의미가 있는 수학화를 이루었다. 수학화가 역학과 천문학을 넘어서서 실험 수준에 머물던 자연과학 전반으로 확산되기 시작한 것이다. 1787년 쿨롱은 정전기와 자기에 대한 결과를 발표했는데 이것은 중력과 같은 형태의 것이었다. 19세기 초 전자기 현상에 대한 깊이 있는 분석이 패러데이에 의해 이루어졌고 1865년 맥스웰에 의해 전기와 자기를 포괄하는 수학적 취급이 이루어졌는데 이를 위해 벡터해석학의 개념이 사용되었다. 조셉 블랙은 열에 대한 계량적인 접근을 시도했는데 1822년이 되어서야 푸리에에 의해 열에 대한 수학적 접근이 이루어졌다. 푸리에는 푸리에 급수를 사용하여 열전달에 대한 연구를 하였다. 열을 계량적으로 취급하게 됨으로써 화학과 관련된 분야들이 수학적으로 다루어지기 시작했고 1789년 라부아지에의 화학 혁명은 화학에 대한 수학적인 접근을 가속화 했다. 즉 화학물질에 대해 이름을 부여하고 기호를 붙이고 화학반응을 설명하기 위해 무게와 방정식을 사용하였다. 1808년 돌턴의 원자설은 화학에 대해 보다 깊은 수학적 취급이 이루어지는 것에 기여했다[12, 185].

2. 자연과학을 넘어선 수학화

수학의 공리체계가 가져주는 엄밀성과 경제성은 물리세계에 대한 수학적 방법의 성공과 상승작용을 일으켜 사회과학과 인문학에도 수학화를 이루려는 시도로 이어지게 된다. 최소한의 자명한 진리로부터 많은 확실한 지식을 얻을 수 있는 시스템은 사회과학과 인문학에서도 열렬히 환영받을 만한 일이었을 것이다. 단지 이들 영역에서 수

학화가 그동안 답보상태에 머물렀던 것은 그동안 수학과 접목을 이룰만한 토양이 형성되어있지 않았기 때문이었다. 유클리드의『원론』은 역사상 수학의 공리적 성격을 처음으로 잘 드러낸 것이었고 자명하다고 여지는 5개의 공리와 참이라고 받아들여진 기하학적 전제들의 집합인 5개의 공준에 근거하여 모두 465개의 정리가 증명된 것을 포함하고 있는데, 2000년 이상 서구 지성사회를 지탱해준 패러다임의 한 축이었다고 할 수 있다. 마치 수학을 상징하는 조형물과도 같은『원론』은 사회과학과 인문학을 수학화하는 진앙지가 되었다.

물리학을 중심으로 한 자연과학에서 성공에 힘입어 수학화의 파도는 사회과학의 성벽을 향해 넘실거리게 된다. 17세기 초에 홉스는 인간이 기쁨은 극대화하고 고통은 극소화하려고 행동한다는 원리를 채택하여 개개인들은 사회에서 자신의 이익을 추구하기에 마치 입자가 충돌하는 것과 같이 서로 부딪힌다고 보았는데 이는 유클리드의『원론』이 단순한 몇 개의 공리로부터 논리적인 추론을 거쳐 명백해 보이지 않는 결론에 이른다는 사실에 주목한 결과였다. 홉스가 채택했던 원리는 후에 사회학자들이나 정치경제학자들에게는 공리처럼 인식되었다.『원론』의 영향력은 이에서 그치지 않았다. 미국의 독립선언서에도 수학적 정신은 암묵적으로 전제되어 있다. 곧 모든 사람은 평등하게 태어났고 생명과 자유와 행복을 추구할 권리가 있다는 것 등을 자명한 공리로 간주하여 미국의 독립이 정당하다는 결론 즉 일종의 정리를 도출해 내는 형식을 지녔다. 만약 비유클리드 기하학이 등장한 후에 독립선언서가 작성되었다면 “......이라는 것은 자명하다”는 방식과는 달리 ‘우리는 다음과 같은 사회를 만들려고 노력한다“는 정도로 겸손하게 서술되었을 것이라는 이야기도 있지만 정당한 지식의 모범으로서『원론』이 서구사회의 밑바탕에 가진 위상은 상상하는 이상으로 견고했던 것 같다. 18세기에 출간된『국부론』에서 아담 스미스는 합리적 경제행위자는 자기 자신의 이익을 위하여 행동하고 시장은 수요와 공급의 자연스런 역학을 가지고 있다는 생각 아래 경제를 뉴턴 역학과 같은 결정적인 것으로 보는 것을 기본 원리로 하여 광범위한 경제 현상을 설명하려고 했다. 19세기와 20세기 들어와서는 경제학과 수학의 연계는 더욱 긴밀해져서 미적분학이 경제학에 도입이 되어 경제학의 수학화가 본격적으로 이루어지기 시작했다[12, 195].

인문학의 영역이라고 해서 사회과학에 넘실대던 수학화의 파도가 비켜가는 사막과 같은 곳은 아니었다. 수학의 적용 영역은 사회 현상에만 머물지 않고 인간의 정신적 활동과 관련한 인문학으로도 확대되기 시작했다. 인문학에서도 수학적 정신은 더 이상 이단아로 존재하지는 않았다. 대표적 근대 철학자 중 한 사람인 스피노자는『원론』의 형식을 원용하여 그의 저서『윤리학』에서 윤리학의 명제들을 마치 기하학의 정리처럼 간주하고 증명을 시도하였다. 특히 계몽주의자들은 수학화의 첨병들이었다. 그들은 세계가 기계적인 용어들로 표현될 수 있고 수학적 언어로 정의 될 수 있다는 신념을 가지고 있었고 수학화는 그들이 소유한 가장 강력하고 효율적인 무기였다고 할 수 있다. 심지어 일부 계몽 사상가들은 인간 삶과 사상의 모든 분야가 수학적 방

법으로 추구되어야 한다고 확신하고 있었던 것으로 보인다. 이런 맥락에서 보면 18세기 계몽 사상가들이 자연언어가 애매하다고 생각하여 단어의 의미를 고정하기위해 사전들을 편찬한 것은 그들의 입장에서는 당연한 일이었다. 단어의 의미를 고정하고 일관성이 있게 사용하는 것은 오늘과 같은 포스트모던 사회에서는 중요한 가치가 아닐지 몰라도 계몽 사상가들에게는 우선순위가 가장 높은 것에 하나였을 것이고, 그들은 자신들의 책무는 실재를 지배하는 일반적인 법칙을 알아내어 그것들을 정치, 경제, 사회, 등 여러 영역에 적용하는 것으로 여겼다.

일반 사람들의 수학에 대한 무관심으로 인해 수학과 문화의 긴밀한 관계가 제대로 부각되지 못하고 있지만 현대에도 수학이 문화에서 가지는 지위는 나무에 비유한다면 뿌리에 해당한고 할 수 있다. 오늘날 시대를 특징짓는 소위 디지털 문화라는 것도 결국 수학에 기반한 문화가 아닌가? 수학적 지식이 직접 활용되고 실천이 이루어지는 곳에서는 물론 수학적 정신-객관성, 추상성, 엄밀성 등-이 추구되는 곳에서 수학은 문화를 굳건하게 떠받치고 있는 기초가 되고 있는 것이다.

3. 수학과 학문융합

수학화가 인류 문명에 기여한 것은 아무도 부인할 수 없는 사실이다. 살펴본 바와 같이 수학은 과학혁명의 견인차였고, 수학자들은 과학혁명에서 핵심적 역할을 담당했다. 수학적 방법은 역학과 천문학을 넘어서 실험과학으로 확장되었고 사회과학과 인문학에서도 수학화는 매력있고 설득력을 가지는 강력한 도구였다. 그러나 수학화는 한편으로 문제도 야기했다

그러한 문제점들은 쉽게 해소할 수 있거나 가벼운 것으로 무시해 버릴만한 것은 결코 아니다. 이러한 문제점에 대한 고찰은 수학으로 하여금 학문융합의 길로 들어서게 하는 것이기도 하다.

수학화의 문제를 제기하기에 앞서 수학화에 대한 낭만주의자들의 반응을 살펴보는 것이 도움이 된다고 본다. 왜냐하면 낭만주의자들의 수학화에 대한 비판이 가장 뼈아픈 것이고 치명적이라고 보여 지기 때문이다. 낭만주의자들은 세상에서 상당히 중요한 많은 것들이 수학적인 방식으로만 얻어지지 않는다고 주장한다. 그들은 수학적 접근이 실재가 처한 사회적이고 문화적 특성을 사상해버리고 양적인 측면으로만 환원시키는 오류를 범하는 것이라고 믿었던 것 같다. 즉 수학화에 제기된 문제는 인간의 마음이나 사회적 현상을 기술하는 가치담지적인 개념을 수학이 다룰 수 있는가하는 점이다. 수학적 모델은 역동적인 상황과 가치를 담아내기에는 너무 단순하다는 것이다. 수학화 내지 계량화의 문제점은 각종 지표를 다루는 데에서 분명하게 드러난다. 잘 알려진 대로 지능검사가 1904년경 프랑스에서 도입되었을 때는 보통 수행하는 수업이 유익하지 않아 특별한 교육이 필요한 학생들을 알아내는 것이 목적이었지만 이것이

이제는 마치 인간의 모든 지적능력을 평가할 수 있는 도구처럼 여겨지고 있다. 그렇다고 이런 검사의 전적 무용론을 주장하는 것은 아니지만 원래 목적과는 달리 사용되는 이 지표가 인간의 모든 지적능력을 제대로 평가하는 것이 아니라면, 점수가 낮게 나온 사람만 상처를 받는 것이 아니라 높게 나온 사람은 높게 나온 대로 착각 속에서 자만하게 되는 우를 범하게 되는 결과를 초래한다.

수학화의 문제점은 수학과 다른 학문과의 융합의 가능성을 타진하게 한다. 인간과 사회에 대한 주제들 중에는 수학적 방법으로의 환원이 쉽지가 않고 다른 학문과의 융합이 요구된다는 것이다. 수학이 다른 학문과의 융합을 논할 때 다음과 같은 세 가지 역할이 가능하다고 본다.

①수학적 이론을 통한 융합
②수학적 언어를 통한 융합
③수학적 정신을 통한 융합

①, ②, ③ 으로 구분하는 것은 편의상 구분이지 경우에 따라서는 그 경계가 모호하여 어떤 융합을 어느 하나에만 귀착시키는 것은 현실적으로 어려울 수 있다. 특히 수학적 이론과 언어를 어떻게 구별하는가가 문제가 될 수 있다. 여기에서 ①에서의 이론이란 수리논리학의 예를 든다면 집합론, 모델론, 증명론, recursion theory에 나타난 정리들 같은 것으로서 수학의 각 분야에서 이루어지는 연구 결과물들을 지칭한다. 대수학의 경우라면 이론은 군론, 환론, 체론 등에서 확립된 성과일 것이다. ②에 나타난 언어는 주로 '기호논리적인 언어'와 미적분과 같이 수학의 기본적 '기술 기호'들을 말한다. 수학의 특히 자연과학의 언어적 기능은 자연과학을 수학화 하는 핵심적 요소였고, 자연 현상이나 사회 현상에 대한 미분방정식이나 대수방정식으로의 환원은 수학적 언어의 효율성을 극명하게 보여주었다. ③의 수학적 정신이란 여러 측면에서 논의될 수 있지만 대표적인 것으로 논리적 엄밀성, 공리화, 사고나 절차의 체계화, 구체적인 것들의 추상화, 개념의 정교화와 언어사용이나 적용에 있어서 정확성 등을 중시하는 것을 의미한다.

일단 이 세 가지 구분을 받아들인다면, ①의 경우는 수학의 이론이 다른 분야에 활용되어 융합되는 경우이다. 예컨대 수리 물리학과 같이 수학의 여러 이론들을 물리학에 적용하여 수학과 물리학이 결합되는 경우이다. 이는 매우 오랜 역사를 가지고 있으며, 위에서 언급한 주로 자연과학의 수학화가 이에 해당된다. 수학의 이론이 생물학에 적용되는 수리 생물학도 한 예가된다. 또한 요즈음 많이 거론되는 금융수학도 이 경우에 해당된다고 본다. 수학이론을 통한 융합은 수학과 다른 학문과의 공통부분에 초점을 맞추고 그 공통된 기반에 근거하여 융합을 시도하게 된다.

②의 경우는 주로 '논리적 언어'나 기초적 '기술 기호'를 통해 수학이 다른 분야와 결합된 경우와 의미한다. 흔히 하는 이야기로 수학은 자연과학의 언어라고 하는데 기

호논리학은 수학의 언어라고 할 수 있으므로 수학적 언어를 기반으로 관련된 학문의 융합을 이루는 것이다. 이 경우는 수학의 이론이 적용되기 보다는 주로 언어를 통한 융합이다. 수학적 언어를 통한 결합은 수학 이론을 통한 융합과 같이 수학과 다른 학문들이 직접적으로 결합하는 것은 아니지만 ①의 경우 보다는 훨씬 더 다른 학문에 대한 포용력이 강하며, 수학은 융합의 중심이 되기보다는 관련된 학문 전체에 균질하게 분포하면서 그 학문들을 결합시키는 시멘트와 같은 역할을 한다. 위에서 언급한 사회과학에서 이루어지는 수학화가 이에 해당된다고 할 수 있다. 또한 수학이 기호논리학의 방법을 통해 컴퓨터 과학 중 특히 프로그래밍언어와 융합되어 있는 것도 한 예라고 볼 수 있다.

③의 경우는 수학적 정신이 마치 공기처럼 관련된 학문에 깃들여져 있을 뿐 아니라 융합된 학문은 학문간에 존재했던 경계가 모두 사라져 피아의 구별이 되지 않은 상태가 된다. 따라서 전체적 이해와 조망이 가능해져 창의적 작업에까지 나아갈 수 있게 된다. 이 때 수학적 정신이란 특히 개념과 원리로부터 엄밀한 논리적 추론을 통해 지식을 도출하는 시스템으로서의 공리화와 개념의 사용이나 적용에서 정확성과 일관성을 추구하는 것을 지적할 수 있다. 이미 살펴본 대로 유클리드의『원론』에 나타난 정신이 미국 독립선언서에 반영되었고 사회현상을 분석하거나 심지어 윤리적 명제를 증명하는 데에도 활용된 것과 같이, ③의 단계에서는 수학적 정신이 균질하게 녹아들어가 학문 간의 융합에 배어들어 있는 경우이다. 이런 식의 융합이 추구되면 각각의 학문은 하나로 모아져 어원적 의미의 통섭 즉 "함께 뛰어 넘는" 상태에 이르게 된다. 일반적으로 단계 ①에서 ②로, ②에서 ③으로 가게 됨에 따라 점점 수학은 독립적 학문으로서의 성격은 옅어지고 융합의 외연은 넓어진다고 볼 수 있다.

학문융합을 정의하고 그 단계를 분류하는 일은 다양할 수 있다. 그러나 이 글에서는 Focht의 분류와 정의에 따르기로 한다. 그는 학문의 융합을 여섯 단계로 나누고 있는데, 융합의 가장 낮은 단계에서 부터 순서대로 나열한다면 '단일학문(unidisciplinary)', '다학문(multidisciplinary)', '탈학문(transdisciplinary)', '복합학문(pluridisciplinary)', '간학문(interdisciplinary)', '초학문(supradisciplinary)' 등이 그것이다[11]. 단일학문은 융합이 전혀 되지 않은 하나의 학문인 상태로 다른 학문과 아무런 관련이 없이 고립되어 독립적으로 존재하는 상태를 가리킨다. 다학문은 여러 학문이 더해지기는 하나 학문 상호간에 상호 협력은 거의 되지 않은 상태이다. 탈학문은 학문이 병렬적으로 연결되어 있으나 공통의 기반은 가지지 않아 아직 협력이 이루어지지 않는 단계이다. 복합학문에서 부터 융합이 본격적으로 시작된다고 할 수 있는데, 복합학문은 학문들이 공통의 기반을 가지며 연결되어 있는 상태를 의미한다. 그런데 공통의 기반에만 머무르는 것이 아니라 학문간에 통합을 통해 시너지 효과를 산출하는 것을 간학문이라 한다. 마지막으로 초학문은 학문들을 모두 포함하여 하나로 융융된 상태로 통섭이 이루어져 전체적 조망과 창발적 발상이 가능한 단계이다. 이 단계가 전 단계인 간학문과 다른 것은 통합을 통해 질적으로 다른 창조적 시각을 형성하

게 해준다는 것이다.

더 명료한 이해를 위해 잘 알려진 이야기인 ‘장님과 코끼리’라는 이야기로 각 단계들을 비유해 보자. 먼저 잘 알려진 ‘장님과 코끼리’ 이야기를 살펴보자. 여섯 명의 장님이 코끼리를 만져 보고 각기 자기가 알고 있는 코끼리에 대해 말했는데 제일 먼저 코끼리의 상아를 만진 장님은 ‘무’ 같다고 하였고, 귀를 만졌던 장님은 곡식을 까불 때 사용하는 ‘키’로, 다리를 만진 장님은 커다란 ‘절구공’으로, 등을 만진 이는 ‘평상’같이 생겼다고 우기고, 배를 만진 이는 ‘장독’같이 생겼다고 주장하며, 꼬리를 만진 이는 다시 굵은 ‘밧줄’같이 생겼다고 외치는 등 서로 다른 의견을 개진하며 다투었다고 한다. 학문융합의 단계를 이 이야기로 비유하자면 단일학문의 단계는 마치 코끼리의 한 부분만 아는 것이다. 다학문은 임의로 여러 부분을 띄엄띄엄 아는 것으로, 탈학문은 인접한 몇 개의 부분을 아는 것이라고 할 수 있다. 융합의 첫 단계인 복합학문의 단계는 적어도 코끼리의 한쪽 면 모두를 아는 것이고, 둘째 단계인 간학문 단계에서는 양쪽 면을 모두를 알아 전체적 윤곽을 파악하는 것에 비유될 수 있다. 그리고 단순히 전체적 모양만을 가늠하는 것이 아니라 코끼리가 실제로 어떤 일을 할 수 있다는 존재라는 것을 아는 단계가 초학문의 단계이다[11]. 지금까지 논의한 것 중 실질적으로 융합의 단계에 있는 것을 융합의 정도에 따라 정리하면 다음과 같다.

ⓐ복합학문(pluridisciplinary): 학문 간의 공통부분에 근거한 융합,
ⓑ간학문(interdisciplinary): 학문 간에 통합을 통해 상승효과를 기대한 융합
ⓒ초학문(supradisciplinary): 학문 간에 통섭을 통한 창발성을 기대한 융합

그리고 전술한대로 ‘장님과 코끼리’라는 이야기로 비유하자면 학문의 단계 ⓐ, ⓑ, ⓒ는 장님이 다음 ⓐ′, ⓑ′, ⓒ′를 각각 아는 것이 된다.

ⓐ′는 코끼리의 한쪽 면 전부
ⓑ′는 코끼리의 전체
ⓒ′는 코끼리가 어떤 일을 할 수 있다는 것

그러면 위에서 논의한 학문융합에 있어서 수학의 세 가지 가능한 역할 ①, ②, ③과 학문융합의 수준 ⓐ, ⓑ, ⓒ는 어떻게 연결되는지가 자연스런 질문으로 등장하게 된다. ①, ②, ③은 ⓐ, ⓑ, ⓒ에 어디에 해당하는가? 정확히 일대 일 대응을 시키는 것에는 무리가 있겠지만 대체로 ①은 ⓐ와, ②는 ⓑ와, ③은 ⓒ와 대응관계를 갖는다고 볼 수 있다. 즉 복합학문에서는 수학적 이론을 통한 학문융합이 이루어진다고 할 수 있고 간학문과 초학문에서는 수학은 언어로서 수학적 정신으로서 각각 융합에 기여한다고 할 수 있다.

4. 나가는 말

학문융합에 기여하는 수학의 세 측면과 학문융합의 세 단계가 서로 대응관계에 있다는 진술에 대해서는 추가적인 논의가 필요하다고 본다.

인식적 목표를 이루는 방법으로서의 학문의 융합은 다시 그 학문 자체의 발전에도 기여하게 된다. 그 개별학문의 발전은 다시 그 학문과 다른 학문과의 융합에 도움을 준다. 그러한 순환성만 존재하는 것이 아니라 학문의 융합은 그 자체로 이제껏 존재하지 않았던 새로운 학문을 탄생시키기도 할 것이다. 인간의 마음이나 사회적 현상이 가지는 가치담지적인 개념과 애매모호함이 존재하는 여러 현상들을 이해하려는 열망은 인간을 자연스럽게 학문융합이라는 평탄치 않은 길로 들어서게 한다. 그러나 그 길은 인류가 현실적으로 당면한 문제들을 해결하기 위해서 반드시 가야할 길인지도 모른다. 이 융합의 여정에서 '구조와 패턴'의 학문인 수학은 이론으로 또는 언어로 그리고 구조적이고 엄밀한 정신으로 기여하게 될 것이다.

"비록 졸고이긴 하지만 이 논문을 한국수학사의 새로운 지평을 여시고 정년을 맞으신 홍성사 선생님과 홍영희 선생님께 헌정합니다."

참고 문헌

1. 강영안, 강교수의 철학이야기, IVP, 2001.
2. 박창균, "괴델의 삶과 사상 - '여백의 철학'을 위한 소고", 한국수학사학회지, 제19권 2호, pp. 47-58, 2006.
3. 박창균, "20세기 수학의 패러다임", 한국수학사학회, 제9권 제2호, pp.22-29, 1996.
4. 박창균, "18세기 수학의 '형이상학'", 한국수학사학회지 제11권 제2호, pp. 55-62, 1998.
5. 윌슨, 에드워드, 통섭: 지식의 대통합, 최재천, 장대익 역, 2005.
6. 이브스, 하워드, 수학사, 이우영, 신항균 역, 경문사, 1995.
7. 이인식, 지식의 대융합, 고즈윈, 2008.
8. 틸리, F., 서양철학사, 레저 우드 개정, 김기찬 역, 서울: 현대지성사, 1998.
9. Boyer, Carl, *A History of Mathematics*, New York: John Wiley & Sons, 1968.
10. Descartes, René, "Rules for the Direction of the Mind," in *The Philosophical Writing of Descartes*, Vol. I, trans. John Cottingham, Robert Stoothoff, Dugald Murdoch, Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
11. Focht, Will and Vincent, Shirley, http://www4.cookman.edu/faculty/reiter/Focht.pdf
12. Howell, Russell W. and Bradley, W. James (Eds.), *Mathematics in a*

Postmodern Age, Cambridge: William B. Eerdmans Publishing Company, 2001.
13. Polanyi, Michael, *Personal Knowledge: Towards a Post-Critical Philosophy*, London: Routledge & Kegan Paul, 1958.
14. Strauss, Danie. "A Historical Analysis of the Role of Beliefs in the Three Foundational Crises in Mathematics." In *Facets of Faith of Science*, Vol. 2, University Press of America, 1996.
15. Weyl, Hermann, *Philosophy of Mathematics and Natural Science*, Revised and augmented English edition, based on a translation by Olaf Helmer, Princeton University Press, 1949.

Mathematics and Disciplinary Convergence

Department of Philosophy, Seokyeong University **Park, Chang Kyun**

This paper aims to show the role of mathematics in the age of disciplinary convergence. Classifying disciplinary convergence into three levels by its degree, I claim that mathematics can contribute to disciplinary convergence in three aspects: theoretical, linguistical, and spiritual. Then I assert that there is a corresponding relationship between three levels of convergence and three contributing aspects.

Key words: mathematization, disciplinary convergence, pluridisciplinary, interdisciplinary, supradisciplinary

2000 Mathematical Subject Classification: 01A30, 01A50

접수일: 2009년 12월 10일 수정일 : 2010년 2월 3일 게재확정일: 2010년 2월 8일