

제8회 리베르타스 교양교육 심포지엄

다학제적 생물학과 교양교육

일시: 2023년 6월 8일(목) 13:30~16:30

장소: 비대면 온라인(Zoom)

<https://yonsei.zoom.us/j/84824349723>

줌 ID: 848 2434 9723

주최



연세대학교 교양교육연구소

RESEARCH INSTITUTE FOR LIBERAL EDUCATION
YONSEI UNIVERSITY

후원



한국연구재단

National Research Foundation of Korea

제8회 리베르타스 교양교육 심포지엄

다학제적 생물학과 교양교육

2023. 6. 8.[목] 13:30~16:30
(<https://yonsei.zoom.us/j/84824349723>)

주최



연세대학교 교양교육연구소
RESEARCH INSTITUTE FOR LIBERAL EDUCATION
YONSEI UNIVERSITY

후원



한국연구재단

프 로 그 램

일시 || 2023. 6. 8.(목) 13:30~16:30

장소 || 온라인 비대면 (<https://yonsei.zoom.us/j/84824349723>)

주제 || 다학제적 생물학과 교양교육

주최 || 연세대학교 교양교육연구소

후원 || 한국연구재단

사회: 박돈하 교수 / 연세대학교

13:30~13:40	[개회사] 김학철 교수 / 연세대학교 교양교육연구소장 [환영사] 장수철 교수 / 연세대학교
13:40~14:05	[발표 1] 손동현 부총장 / 우송대학교 - 철학적 난제의 생물학적 열쇠
14:05~14:30	[발표 2] 신재식 교수 / 호남신학대학교 - 생명과학의 종교보기: 진화관점에서 본 종교담론의 지형
14:30~14:40	휴 식
14:40~15:05	[발표 3] 양재원 교수 / 가톨릭대학교 - (임상)심리학의 역사에서 생명과학은 어떻게 다루어졌는가
15:05~15:30	[발표 4] 조은희 교수 / 조선대학교 - 과학사와 교양과학 교육
15:30~15:55	[발표 5] 박희문 교수 / 충남대학교 - 생명과학에서 배우는 '양적추론' 능력
15:55~16:10	휴 식
16:10~16:30	[종합토론] 좌장: 박돈하 교수 / 연세대학교
16:30	[폐회사] 김학철 교수 / 연세대학교 교양교육연구소장

※상기 일정은 당일 사정에 따라 변동될 수 있습니다.

초 대 의 글

2023학년도 1학기 리베르타스 교양교육 심포지엄은 ‘다학제적 생물학과 교양교육’을 주제로 다양한 강사를 모시고 개최합니다.

교양교육의 역사는 지식의 편중에 저항합니다. 실제 우리의 삶은 학문 영역별로 분절되어 있지 않습니다. 간혹 교양교육을 인문학과 혼돈하거나 인문학에 치중하는 사례가 없지 않습니다. 그러나 교양교육은 인간과 주변 세계를 통전적이고 심층에서 이해하는 목표를 지향합니다.

이번 심포지엄은 철학, 신학, 심리학, 생물학 분야의 이름 높은 분들을 모셔서 그간의 축적된 학문과 교육의 열매를 나눕니다. 탈정상과학(post normal science)이라는 용어가 있습니다. 과학은 매우 빠르고 폭넓게 발전하지만, 역설적으로 그만큼 불확실성과 불완전성이 커졌습니다. 과학의 결과는 과학 내부에 머물지 않고 영향력과 파급력이 지구 전체에 미칩니다. 따라서 과학적 사실도 실험실이 아니라 사회와 역사에서 논의해야 하는 상황에 이르렀습니다. 이번 심포지엄은 우리나라 교양교육에서 충분한 연구가 필요한 자연과학의 영역에 다시 한번 주목하고 일정한 결과를 도출하고자 하는 노력입니다.

함께 해 주셔서 지혜와 경륜을 나눠 주시기를 부탁드립니다.

2023년 6월 8일

김 학 철

연세대학교 교양교육연구소장

차 례

[프로그램]

[초대의 글]

[발표 1]

- 철학적 난제의 생물학적 열쇠 1
| 손동현 부총장 | 우송대학교

[발표 2]

- 생명과학의 종교보기: 진화관점에서 본 종교담론의 지형 18
| 신재식 교수 | 호남신학대학교

[발표 3]

- (임상) 심리학의 역사에서 생명과학은 어떻게 다루어졌는가 32
| 양재원 교수 | 가톨릭대학교

[발표 4]

- 과학사와 교양과학 교육 46
| 조은희 교수 | 조선대학교

[발표 5]

- 생명과학에서 배우는 ‘양적추론’ 능력 57
| 박희문 교수 | 충남대학교

[발표 1]

철학적 난제의 생물학적 열쇠

| 손동현 부총장 |

우송대학교

철학의 난제를 푸는 생물학의 열쇠

손동현 (우송대 석좌교수, 철학)

1. 철학적 인식론의 근본문제

어떤 학문에서든 탐구의 도정이 궁극에 이를 때 결국 우리는 철학적 문제에 봉착한다고 말한다. 어느 분야에서든 가장 근본적인 문제는 역시 철학적인 문제라는 말이다. 아닌게 아니라 철학은 가장 근본적인 문제를 다루기 때문에 철학적 탐구 성과는 다른 모든 학문들이 딛고 서 있는 기반이 된다. 이는 거꾸로 말하자면, 철학은 다른 모든 학문들에 초석을 놓아주는 ‘학문의 학문’이라는 말이기도 하다. 이런 점 때문에 철학은 만학의 기초, 또는 만학의 왕이라는 칭호를 받기도 한다.

생물학을 예로 들어보자. 생명 현상을 어떻게 볼 것인가? 복잡하고 정교한 물리화학적 현상인가? 아니면 생명 현상은 비록 그렇게 설명은 할 수 있다 해도 생명 자체는 그렇게 설명된 것과는 다른 어떤 고유한 실체인가? 생명 세계와 물리적 세계 사이에는 건널 수 없는 존재론적 단절이 있는가, 아니면 이들은, 우리가 아직 잘 몰라서 그렇지, 그 자체는 연속된 실체인가?

생명 현상에 대한 탐구를 어떤 방법으로 할 것인가? 그 자체 고유한 현상인 만큼 기술(記述)과 해석만으로 탐구할 것인가? 과학적 탐구의 일반적 방법에 의거해 사태를 가능한 한 철저히 분석해 보다 단순한 요소로 환원하고 그 요소들 간의 관계를 부분-전체의 구성 관계로, 혹은 원인-결과의 인과관계로 실증적으로 설명할 것인가? 과학적 탐구로선 온전히 파악할 수 없는 신비스러운 현상이라고 보아 탐구의 한계를 시인할 것인가?

이런 근본적인 문제들은 생물학의 차원에서 다루어져 생물학적 탐구를 통해 그 답을 찾을 수 있는 것이 아니라, 오히려 세계 자체에 대한 존재론적인 논구를 통해 철학적으로 다루어져야 하는 것들이다. 총체적이고 포괄적인 세계상의 모색을 통해, 또는 과학적 탐구의 본질적 속성에 대한 사변을 통해 가설적 답이 주어질 것이다. 생물학의 근본 문제는 이렇게 철학적인 것이다. 이 근본문제에 대해 어떤 철학적 견해를 받아들이느냐에 따라 생물학의 탐구가 그 방향을 정하게 될 것이다.

그런데 거꾸로 철학에도 그 자체만으로는 해결되지 않는 난제, 즉 ‘아포리아’가 있는데, 이를 다른 학문의 탐구 성과를 토대로 해결(?)하는 경우도 있다. 철학적 인식론의 근본문제인 지식의 진리성 문제를 생각해 보자. 어떤 학문 분야에서 무엇을 탐구하든 간에, 탐구의 결과 얻게 되는 지식이 참인지 거짓인지를 가리는 반성적 작업은 끝내 외면할 수 없는 철학의 근본과제라 하겠다. ‘진리의 준거’를 찾는 인식

론적 작업이 그것이다. 진리의 준거는 이론철학의 모든 영역에서 불가결한 필수 요소다. 그것을 제시하려면 물론 그것이 왜 준거가 되어야 하는지 그 타당한 근거가 함께 제시되어야 한다. 이 문제를 놓고 철학적 탐구는 크게 보면 두 가지 길로 나뉜다: 하나는 그 준거를 세계를 경험하는 인간의 활동(empirie) 가운데서 찾으려는 입장이고; 다른 하나는 인간의 세계경험을 초월한 ‘선험적’ 영역(transcendence)에서 그것을 찾으려는 입장이다. 그런데 이 두 견해는 서로 양립할 수 없는 것이면서도 각기 미해결의 난점을 안고 있어서 문제다.

양립불가능한 두 입장을 모두 살려 포괄하면서 이 문제를 해결하는 제 3의 길이 있다면, 그리고 이 제 3의 ‘종합’ 안이 다른 학문의 탐구성과를 토대로 찾아진다면, 이는 철학과 분과과학의 상호관계가 이루어지는 창의적 지적 지평을 확인하는 바람직한 일이다. 이런 관점 아래 필자는 이 글에서 진화 생물학의 탐구 성과가 앞서 언급한 철학적 인식론의 아포리아를 극복하는 제 3의 종합안을 제시해 준다는 것을 석명해 보고자 한다. 이는 아무런 전제 없이 존재 일반을 다루는 근본학으로서의 철학이 일정한 전제 아래 특정 분야의 존재를 다루는 분과학문으로부터 새로운 탐구의 지평을 여는 단초를 얻는 일이다.

사물에 대해 우리가 무얼 알고자 하는 것은 그 앎을 토대로 좀 더 성공적인 행동을 하기 위함이요, 바로 이 때문에 그 앎이 믿을만한 ‘확실한’ 것인지 그렇지 않은 것인지 하는 문제는 우리의 현실적인 삶을 위해 중요한 것이다. 세계에 대해 아는 게 없다면, 우리는 아무런 행동도 하지 못할 것이다. 아리스토텔레스는 “인간은 본성적으로 알고 싶어 한다”는 말로 그의 『형이상학』을 시작하고 있지만, 만일, 인간이 본성적으로 뭐든지 그저 알고 싶어 하기만 할 뿐, 그 지식을 우리의 현실적인 삶에 연관시킬 일이 아무것도 없다면, 우리는 세계에 대한 우리의 지식이 참된 것이든 거짓된 것이든 크게 개의하지 않을 것이다. 그리고 그 참과 거짓을 가르는 준거를 찾는 일에 철학이 그토록 진지하게 매달릴 필요도 없을 것이다.

믿음직한 참된 지식을 보장해 줄 준거, 즉 세계에 대한 지식을 보편타당한 것이 되도록 해주는 원리는 과연 어디에서 어떻게 찾아야 하나? 이 문제를 놓고 철학이 취할 수 있는 가능한 입장은 대략 다음과 같다고 본다:

- (1) 그 원리를 주관독립적인 객관적인 세계 자체 속에서 찾으려는 입장
- (2) 그 원리를 세계에 대한 앎을 얻게 되는 구체적인 경험세계 속에서 찾으려는 입장
- (3) 그 원리를 구체적 세계경험과는 무관한 주관적인 인식 활동의 형식 자체에서 찾으려는 입장

2. 고전적 실재론의 진리론

입장 (1)은 아리스토텔레스에서부터 스콜라 철학에 이르기까지의 장구한 ‘철학적 고전기’를 통해 줄곧 견지되어왔던 것이라 할 수 있다. 이 입장에 섰던 ‘고전적’ 철학자들은 근본적으로, 세계는 그 자체 어떤 보편적 원리에 의해 질서지워져 있으며 인간 지성은 다행스럽게도 그 원리를 파악할 수 있다고 생각한다. 참된 앎이란 ‘세계 그 자체’의 모습을 있는 그대로 밝혀 주는 앎이며, 따라서 지식의 진리성, 즉 인식의 보편타당성의 근거는 객관적인 세계 그 자체에 깃들여 있는 원리라고 생각한다. 그래서 이들은 ‘존재’ 그 자체를, 존재의 ‘원리’를 탐구하고자 애쓴다.

이 입장은 강력하고도 광범한 일반인의 소박한 상식을 충실히 반영한다는 강점을 갖고 있다. 사실 그대로를 말하면 ‘참’말이 되고, 사실과 다르게 말하면 ‘거짓’말이 되는 것이 우리의 반석같은 상식이다. 즉 참과 거짓의 기준이 사실과의 부합 여부에 있다. **진리대응설(correspondence theory of knowledge)**이 바로 이것이다.

형이상학이나 언어철학에서 진리대응설은 어떤 진술의 진위는 그것이 대상세계를 정확히 기술하고 있는지에 의해서만 결정된다고 주장한다. 참된 믿음이나 진술은 사태의 실제적인 상태에 “대응”하는 것이라는 주장이다. 그러니까 이 이론은 대응항으로 한편으론 사유내용 혹은 진술을, 그리고 다른 한편에는 사물 혹은 사태를 상정하고, 전자가 후자에 어떻게 관계하느냐 하는 것으로만 인식의 진위를 결정하려는 이론이다.

이 진리대응설은 플라톤이나 아리스토텔레스 같은 고대 회랍 철학자들에게까지 거슬러 올라가는 전통적인 모델이다. 아리스토텔레스는 그의 『형이상학』에서 “있는 것을 있지 않다고 말하거나 있지 않은 것을 있다고 말하면 거짓이고, 있는 것을 있다고 말하거나 있지 않은 것을 있지 않다고 말하면 참이다”라고 쓰고 있다. [이 문장은 “인 것을 아니라고 말하거나 아닌 것을 이다라고 말하면 거짓이고, 인 것을 이다라고 말하거나 아니 것을 아니라고 말하면 참이다”라고 읽을 수도 있다.]¹⁾

이 이론에서 중심개념인 “대응”(correspondence)을 완전한 “합치”(congruence)로 보아야 한다는 견해도 있고²⁾ “상관관계”(correlation)로 볼 수 있다는 견해도 있다.³⁾ 후자에 따르면, 진술이 참이 되기 위해선 진술과 사태 사이에 구조적 평행관계가 꼭 있어야만 하는 것은 아니고, 그 진술의 의미론적 내용이 사태와 전반적으로 상관관계만 있으면 된다. 이에 따르면 거짓 진술이란 언어의 부실이나 왜곡으로 인해 존재하지도 않는 사태에 언어적으로 상관지워져 있는 진술이다.

1) "To say that that which is, is not, and that which is not, is, is a falsehood; therefore, to say that which is, is, and that which is not, is not, is true". Aristotle, *Metaphysics*, 1011 b26.

2) B. Russell이나 L. Wittgenstein의 견해. Bertrand Russell, *Philosophy of Logical Atomism*, Open Court, 1998(1918). Ludwig Wittgenstein, *Tractatus Logico-Philosophicus*, Routledge 2001(1921).

3) J. L. Austin의 주장처럼. Austin, J. L. "Truth", (1950) reprinted in *Philosophical Papers*, 3rd ed., Oxford: Oxford University Press 1979

실제로, 상식뿐만 아니라 실증과학을 포함한 모든 학문적 탐구가 이 진리대응설의 입장 위에서 수행되고 있다고 할 수 있다. 일단 가설을 세우고 논리적으로 결함이 없도록 이론을 수립해 본 다음에, 그것이 타당한지 부당한지는 언제나 현실에 조회해 보는 것이 학문적 탐구의 길이다.

철학적으로 보면, 세계 그 자체(Makrokosmos)에 있는 존재의 법칙과 인간의 정신(Mikrokosmos)에 있는 사유의 법칙이 동일한 이법(理法, logos)이라고 생각해야만, 이 입장은 견지될 수 있을텐데, 과연 이런 명제들이 입증될 수 있겠느냐 하는 것이 문제다. 세계의 존재방식과 인식주관의 사유형식이 합치한다는 것, 한마디로 말해 ‘**사물과 지성의 합치**’(adequatio intellectus et rei)⁴⁾라는 것이 입증되지 않은 사변적 대전제라는 데에 있다.

‘세계 자체’ 또는 ‘세계 자체의 원리’라고 제시된 여러 존재론적 탐구의 내용들이 저마다 각기 다른 걸 보면, 그리고 이들의 정당성에 대해 최종적인 평결을 내려줄 만한 어떤 ‘원리 중의 원리’가 있는 것 같지도 않은 걸 보면, ‘경험세계’를 넘어 서는 ‘세계 자체’를 확보한다는 것은 역시 인간 지성에게는 무리한 형이상학적 소망인 듯하다. 이렇게 되면 그 ‘세계 자체’를 세계에 대한 앎의 보편타당한 근거로 삼으려는 전략도 만족스러운 결실을 거둘 수 있을 것 같지 않다.

아닌게 아니라 형이상학적 전제까지 갈 것도 없이 다른 관점에서 논리적으로 엄밀히 따져보더라도, 세계 자체와 그에 대한 지식을 비교해 보고 이 양자가 합치하는지 합치하지 않는지를 판정하는 일에는 그 자체 문제가 있어 보인다. 그렇게 할 수 있으려면 우리가 관여하기 이전에 그 자체로 있는 ‘세계 자체’를 확보할 수 있어야 하는데, 이 일이 가능하겠느냐 하는 의문이 생긴다. 설령 세계 자체를 어떤 방식으로 파악한다 하더라도 그것은 이미 우리가 파악한 세계이지 세계 자체는 아니라는 것이다. 그러니까 결국은 우리의 지식이 실제로 세계 자체와 합치하는지 여부를 점검한다는 것도 결국은 세계에 대해 어떤 방식으로 파악한 것과 다른 어떤 방식으로 파악한 것을 비교하는 것에 지나지 않는 셈이 된다. 이렇게 되면 결국 진리성의 준거로 우리가 내세울 수 있는 것은 복수의 파악된 세계들, 즉 세계에 대한 지식들 사이에 어긋남이 있느냐 없느냐 하는 것으로 귀착된다. **진리정합설(coherence theory of knowledge)**이 주장하는 내용이 바로 이것이다.

진리정합설은 진리를 명제들의 전 체계가 갖는 속성으로 간주한다. 물론 진리성이라는 이 속성이 개개의 명제들에도 속하긴 하지만, 오직 전체와의 정합성에 따라서 파생적으로만 그렇게 되는 것으로 이해한다. 현대의 진리정합설은 진리의 확정이 “정합”에 기초해 있는 가능한 시스템이 많이 있다고 주장하지만, 종교적 신앙을 갖고 있는 사람들은 진리는 단 하나의 절대적인 체계에만 적용된다고 주장하기도 한다.

일반적으로 여기서 진리는 요소들이 전체 시스템 안에 빈틈없이 맞춰들어가는 데

4) Thomas Aquinas, *Summa Theologiae*, I. Q.16, A.2 arg. 2.

서 성립한다. 그러나 정합성을 단순히 형식적인 것 이상으로 보는 경우도 많다. 이를테면 일련의 바탕 개념들의 정합성을 그 시스템 전체의 타당성을 판단하는 데서 결정적인 요소로 간주하는 경우가 있다. 달리 말하자면, 진리정합설이 적용될 수 있는지 고려하기 전에 해당 담론의 영역에서 일련의 바탕 개념들이 가지적인 패러다임을 형성하는지 먼저 살펴봐야 한다는 것이다.

진리정합설은 특정 그룹의 문장이나 명제나 믿음들의 내부에 깃든 정합성을 진리의 기준으로 간주한다. 즉 진리란 일차적으로는 일관성 있는 명제들로 구성된 광범한 체계에 적용되는 속성이며, 파생적으로는 그 체계 내의 어떤 명제에 대해, 그 명제가 그 체계의 일부라는 점 때문에 적용할 수 있는 속성이다. 진리는 체계 내에서 성립하는 것이지, 체계를 떠나면 성립할 수 없다고 본다. 즉 한 명제의 진리성은 체계적으로 정합적인 전체의 구성요소인 한에서 확정되는 것이다. 이 이론은 근본에 있어 **전일주의(全一主義; holism)**라는 철학적 관점에 입각해 있는 것으로 일관성과 정합성을 모든 이론체계의 중요한 요건으로 간주한다.

3. 경험주의 철학의 진리론

이렇게 생각해보면, 우리가 확실히 알 수 있는 것은 ‘세계 자체’가 아니라 오직 그 세계에 대한 우리의 ‘경험’뿐이다. 우리는 다만 우리가 경험한 세계, 우리에게 나타난 세계, 우리에게 주어진 세계에 대해서만 무엇이든 말할 수 있을 뿐이다. 그리고 우리가 세계에 관해 얻은 지식이 보편타당한 참된 것인지 그렇지 않은 것인지를 평가할 준거 또한 오직 이 경험 내용의 한계 안에서 찾을 수밖에 없다. 이것이 곧 입장 (2) 즉 경험주의 철학의 근본 생각이다.

근대 이후 세상사에 영리했던 경험주의자들은 사물에 대한 보편타당한 인식의 원리를 세계 자체 안에서, 그 세계 자체가 갖고 있는 원리 속에서 찾을 수 있다고 생각하지 않았다. 그들의 생각에 따르면, 고전적인 철학자들이 주장했던 보편성 필연성의 원리라는 것도, 굳이 찾아야 한다면, 세계에 대한 우리의 경험 영역 내에서만 찾아야 할 일이다.

경험주의 인식이론의 대표적 선구자라 할 수 있는 존 로크에 따르면 모든 지식은 오직 경험으로부터 나온다. 경험에는 감각과 반성이 있는데, 감각이란 인간의 감각을 통한 외부세계에 대한 경험이고, 반성이란 그 감각적 지각에 대한 사고를 통해 새로운 관념이나 개념을 구성해내는 과정이다. 로크는 인간의 마음은 태어날 때 그 어떤 생래적인(*innate*) 지식이나 관념도 갖고 있지 않은 “빈 서판(書板)”(*tabula rasa*)과 같은 존재라고 역설하였다.⁵⁾

“관념이란 모두 사유의 대상이다. 누구든 그가 사유한다는 것을 의식한다. 사유하는 동안 그의 마음이 작용하는 곳은 거기 있는 관념들이다. 그의 마음 속에 힘, 딱딱함, 달콤함, 사유, 운동, 사람, 코끼리, 군대, 취기 등등의 단어들로 표현되는 관

5) J. Locke, *Essay Concerning Human Understanding*, (1690) I권 II장 1절

념들이 있다는 것은 의심의 여지가 없다. 그런데 우리의 마음은 그것들을 어떻게 얻게 되나? 우리의 마음에 처음부터 찍혀 있는 생래적인 본유관념이나 원초적 문자 같은 것이 있다는 것은 그저 전수된 독단일 뿐이다.“⁶⁾

”갓 태어난 유아들을 유심히 살펴보면, 그들이 많은 관념들을 갖고 나온다고 생각할 이유는 거의 없다. 오히려 그 관념들은 추후에 점차적으로 그들의 마음에 들어오는데, 그것들은 사물에 대한 경험과 관찰이 그 마음에 넣어주는 것들이다. 색깔이나 맛 같은 어떤 관념들은 처음부터 마음 속에 내재하는 것 같지만, 그것들도 실은 생래적인 관념이 아니라 아주 초기부터 그런 감각에 노출되었기 때문에 생긴 관념들이다.“⁷⁾

그는 합리주의자들이 누구나 보편적으로 납득한다고 주장하는 동일성의 원리 같은 것도 어린이나 백치는 인지하지 못한다는 점을 들어 생래적인 본유관념의 타당성을 부인한다. 그는 경험만이 지식의 근원이 될 수 있다는 생각을 이렇게 표명한다: “우리의 마음이 그 어떤 문자도 쓰여 있지 않은, 그 어떤 관념도 지니고 있지 않은 흰 종이라고 생각해 보자. 그 마음이 어떻게 채워지겠는가? 그 마음은 언제부터, 분주하고 제약 없는 인간의 상상이 그 위에 그려 넣어 생기는, 거의 무한한 다양성을 갖는 광대한 저장고가 되겠는가?”⁸⁾

그런데, 인간의 세계경험이란 어쩔 수 없이 신체적 지각에서부터 시작되는 것이요, 그 지각내용으로 환원되고 마는 것인데, 여기에서 어떤 보편적 요소를 찾아 보편타당한 인식의 원리로 삼는다는 것은 처음부터 어려운 일이었다. 우리가 감각적으로 지각하는 것이란 시시각각 변하고 사람 따라 상황 따라 달리 느껴지는 사물의 성질들일 뿐 사물 자체의 불변하는 본질이라 보기 어렵고, 따라서 이러한 철저히 개별적이고 특수하고 상대적인 것을 ‘S는 P다’라는 일반명제의 내용으로 삼을 수는 없는 일이었다. 학적 인식이 가능하려면 적어도 이 일반명제가 성립되어야 하고 그러기 위해선 순간적이고 가변적인 것들을 넘어서서 ‘자기동일성’을 지닌 채 지속하면서 이들을 포괄하는 어떤 구심체 같은 것이 있어야 한다. 그런데, 경험주의자들은 인식의 대상에서 그 사물이 바로 그 사물이라는 자기동일성을 확보해 줄 이른바 ‘실체성’이라는 것을 부정했던 것이다. 그런 것은 감각적으로 지각되지 않기 때문에 허구일 수 있고 그래서 실제로 받아들일 수 없다는 것이었다.

이렇듯 오직 세계에 대한 감각적 지각만을 믿을만한 자료로 받아들이려는 ‘경험주의적’ 입장을 철저히 견지한다면, 우리가 이 세계에 대해 ‘확실하게’ 알 수 있는 것은 아무것도 없다.

철저한 경험주의 철학자인 데이비드 휴움에 따르면, 인식의 대상인 사물은 그 자체 자기동일성을 갖는 실체가 아니라 다만 우리 인간이 그것에 대해 갖게 되는 감각적 지각내용의 ‘다발’에 지나지 않기 때문에 어떤 사물에 대해 확실한 지식을 갖

6) J. Locke, 같은 책, 같은 곳

7) J. Locke, 같은 책, 같은 곳

8) J. Locke, 같은 책, XXIII장

는다는 것은 원천적으로 불가능하다.⁹⁾

이 ‘다발이론’에 따르면, 인식의 대상은 속성들(properties)로 구성돼 있을뿐 그 이상 아무것도 아니다. 이 속성들 없이는 대상이 있을 수 없으며, 따라서 우리는 그 대상 자체를 지각할 수가 없다. 예를 들어 사과를 하나 생각해보자면 우리는 붉음, 둥근, 과일 모양 등의 속성을 생각할 뿐이다. 이 속성들 너머에 무엇이 있는 게 아니다. 즉 그 사과란 이 속성들의 집합에 불과한 것이다. 특히 이 속성들이 내재해 있는 실체(substance) 같은 것은 없다.

4. 선험철학의 진리론

보편타당한 인식의 근거를 찾는 일이 ‘세계 자체’에서도 ‘세계 경험’ 속에서도 불가능하다면 달리 어디에서 그 가능성을 엿볼 수 있을까? 여기에 그 다음 가능한 영역으로 떠오르는 곳이 바로 인식주관 자체이다. 칸트가 ‘코페르니쿠스적 전회’라고 일컬으면서 수행한 일이 바로 보편타당성의 원리를 찾기 위해 인식대상에서 인식주관으로 눈을 돌린 이 방향 전환이다. 세계를 감각적으로 지각함에 있어서든 그 지각내용을 지적으로 사유함에 있어서든 우리는 우리 자신에 이미 갖추어져 있는 일정한 형식에 따라 이를 수행하게 되어 있는데, 바로 이 형식이 보편타당한 것이기 때문에 이 형식에 따라 이루어진 인식은 보편타당한 참된 인식이 될 수 있다는 것이 이 입장 (3)의 기본 생각이다.

이 입장에 선다면 누구라도 우선 그 인식주관의 형식이 어떤 것인지를 밝혀내야 할 것이다. 더불어 그 형식이 어째서 ‘보편타당한’ 것인지 그 이유를 밝혀야 할 것이다. 이 일에 칸트보다도 더 많은 노력을 쏟은 사람은 아마 없을 것이다.

칸트는 우리가 외부의 현상 세계를 감각적으로 지각하는 활동을 거울에 사물을 비추듯듯이 외부의 세계를 있는 그대로 모사하는 것으로 보지 않았다. 사물의 인식은 그 사물을 그대로 모사하는 거라고 생각했던 종래의 통념을 180도로 뒤집어 놓았다. 그는 그 이전까지 많은 철학자들이 생각했던 것과는 달리 세계를 경험하는 활동에 원리적으로 앞서 우리 인식주관에 존재하는 어떤 형식이 그런 세계경험을 가능하게 해주고 정초해 준다고 생각했다. 이 형식은 그런 의미에서 경험을 뛰어넘는, 경험에 앞서는 “선험적인”(transzendental) 형식이다. 세계를 감각적으로 지각하든, 그 지각내용을 사유하든, 그 감각적 지각의 형식과 사유의 형식이 우리에게 선험적으로 내재해 있으며 이들 형식은 우리의 참된 세계인식과 보편타당한 지식을 낳는 토대가 된다. 세계에 대한 지식은 세계의 모습 그 자체라기보다는 인식주관의 선험적 형식이 맞춰져 구성된(konstruiert) 것이라는 말이다. 사물인식의 중심이 대상세계에서 인식주관으로 옮겨 온 것이다. 태양과 행성들이 지구를 돈다고 본 천동설이 코페르니쿠스에 의해 지구가 태양을 돈다는 지동설로 뒤바뀐 인식의 전환을

9) 이하 D. Hume, *A Treatise of Human Nature*, (1738) I권 I장 1절; 김성숙 역, 『인간이란 무엇인가』 동서문화사 2009, 1부 1절 참조

귀감으로 삼아 칸트는 자신의 이와 같은 사고방식의 방향전환을 “코페르니쿠스적인 전회”(Kopernicanische Wendung)라고 일컬었다.

칸트는 우선 그 인식형식으로 두 개의 감각적 지각 형식¹⁰⁾과 열 두 개의 사유 형식¹¹⁾을 제시하는데, 그가 강조하고자 했던 것은 무엇보다도 이들이 ‘세계경험’으로부터 추후적으로 얻어낸 것이 아니라는 점이다. 경험주의자들의 실패에서 그가 확실히 배운 것은 ‘세계경험’이란 특수하고 개별적이고 우연적이고 상대적인 것이므로 이로부터는 보편적이고도 필연적인 원리가 도저히 나올 수 없다는 사실이었다. 이 형식들은 이런 의미에서 ‘선험적인’(transzendental) 원리들이다. 이 원리들은 경험과 상관하지 않고 독자적으로 인식을 가져다 주는 것이 아니라, 경험을 가능하게 해주고 그것을 정초해 주는 원리로서 기능한다는 점에서 ‘선험적’(先驗的)인 것이다..

그에 따르면 그가 제시한 선험적 형식들은 세계를 경험하고 그로부터 학적 인식을 얻기 위해 필요하고도 충분한 조건들이다. 즉, 이들 중 어느 하나도 없어서는 안 될 것이고 또한 이들 외에 무엇인가가 더 필요하지도 않다는 것이다. 이는 이들이 경험 속에서 우발적으로 얻어진 것이 아니라 경험에 앞서 이미 인간의 감각과 사유를 지도하고 규정하는 필연적이고도 자기충족적인 원리로서 ‘단적으로’ 주어진 것이기 때문이다.¹²⁾ 바로 이 이유 때문에 이들 선험적 형식에 담겨 구성되는 세계 경험은 보편타당한 지식의 자료가 되는 것이다.

그러나, 세계경험에서 얻어진 것이 아니고 오히려 세계경험을 가능케 해주는 형식이라고 하면, 그것만으로 이 형식이 보편타당한 원리로 입증되었다고 할 수 있겠는가? 다시 말해 칸트는 그 주관의 인식형식이 보편타당한 인식을 가능케 해주는 원리라는 대전제를 제시하고 이의 자명성을 강조했을 뿐 아닌가? 과연 그 배후의 심층으로 파고 들어 그 대전제를 합당한 것으로 ‘입증’했다고 할 수 있는가?

물론 그가 “선험적 감성 형식”, 즉 감각적 지각형식으로 시간과 공간을 제시했을

10) 칸트는 이 선험적 감성형식으로 공간과 시간을 제시한다. I. Kant, *Kritik der reinen Vernunft*, WB Darmstadt 1983 (Riga 1781/1787); I. Transzendentele Elementarlehre, 1. Teil die Transzendentele Ästhetik, 69쪽 이하; 최재희 역, 『순수이성비판』 박영사 1992(1972) I. 선험적 원리론, 제 1부 69쪽 이하

11) 칸트는 다음의 12개 범주를 사유의 선험적 형식으로 제시한다: 1. 분량범주: 단일성/수다성/전체성 2. 성질범주: 실재성/부정성/제한성 3. 관계범주: 속성과 자존성/인과성과 의존성/상호성 4. 양상범주: 가능성-불가능성/현존성-비존재성/필여성-우연성 I. Kant, *Kritik der reinen Vernunft*, WB Darmstadt 1983 (Riga 1781/1787); I. Transzendentele Elementarlehre, 2. Teil Die Transzendentele Logik, 1. Abteilung Die Transzendentele Analytik, 2. Hauptstück Von der Deduktion der reinen Verstandesbegriffe, 2. Abschnitt Transzendentele Deduktion der reinen Verstandesbegriffe 118쪽 이하; 최재희 역, 『순수이성비판』 박영사 1992(1972) I. 선험적 원리론, 제 2부 선험적 논리학, 제 1문 선험적 분석론, 제 1편 개념의 분석론, 제 2장 오성의 순수한 개념의 선험적 연역 113쪽 이하 참조

12) I. Kant, *Kritik der reinen Vernunft*, WB Darmstadt 1983 (Riga 1781/1787); I. Transzendentele Elementarlehre, 2. Teil Die Transzendentele Logik, 1. Abteilung Die Transzendentele Analytik, 2. Hauptstück Von der Deduktion der reinen Verstandesbegriffe, 2. Abschnitt Transzendentele Deduktion der reinen Verstandesbegriffe 134쪽 이하; 최재희 역, 『순수이성비판』 박영사 1992(1972) I. 선험적 원리론, 제 2부 선험적 논리학, 제 1문 선험적 분석론, 제 1편 개념의 분석론, 제 2장 오성의 순수한 개념의 선험적 연역 118쪽 이하 참조

때는 뉴턴의 물리학 및 수학적 탐구에 대한 심도 깊은 통찰을 통해 이들을 선형적 형식으로 제시했을 것이고;¹³⁾ 12범주를 사유의 선형적 형식으로 제시했을 때, 12 종류의 판단표를 토대로 하여 그렇게 했다.¹⁴⁾ 그러나 생각해보면, 칸트의 이 ‘혁명적’ 발상이라는 것도 실은 ‘소경 제 닭 잡아먹기’식, 아니면 ‘닭과 달걀 사이의 관계’ 같은 순환론에 빠져 있는 것 아닌지 의심이 든다.

시공상의 위치 설정 없이는 그 어떤 과학적 설명도 불가하다는 뉴턴 식 과학적 설명의 내용을 심분 참조하여 이를 근거로 시간과 공간이 감각적 지각의 선형적 형식이라고 주장하지만, 실은 후자의 이 선형적 형식이 전제되어야만 전자의 과학적 설명이 가능한 것 아닌가 하는 의문이 든다. 사유의 선형적 형식으로 12개의 범주를 제시하는 과정도 그렇다. 우리의 판단들을 면밀히 검토해보니 12종류의 판단들이 있다는 알게 되었다, 그러니 이를 토대로 사유의 근본형식인 선형적 형식들을 12개의 범주로 제시하는 것이 타당하다, 칸트는 아리스토텔레스가 아무런 근거 제시도 없이 10개의 범주를¹⁵⁾ 제시한 것을 비판하면서 이렇게 주장했지만, 그 자신의 근거 제시도 실은 순환론에 빠져있다고 본자. 12종의 판단들이 내려지려면 이미 12개의 어떤 사유형식이 이미 있어서 작동되어야 하지 않겠나. 이런 문제를 안고 있다.

5. 비판과 대안: “경험의 방식”

인식 대상인 세계 자체에서도, 대상 세계에 대한 주관의 경험 속에서도, 그리고 인식 주관의 인식형식 자체에서도 인식의 참됨을 보장해 줄 만족스러운 근거를 찾을 수 없다면, 이제 또 다른 가능한 방도는 없을까? 보편타당한 근거를 찾되 그것을 앞서 (2)의 입장에서처럼 경험의 내용에서 찾으려 하지 말고, 그렇다고 (3)의 입장에서처럼 선형적인(=초경험적인) 영역에서 찾지도 말고, 경험 세계에서 찾되

13) Kant는 Newton의 ‘과학’을 비판하면서도 그것을 기반으로 자신의 철학을 구축했다고 할 수 있다. Kant의 인식이론은 실은 뉴턴 이래 급성장하는 자연과학적 탐구의 철학적 기초를 모색하는 것이었다. 인간의 인식능력이 자연현상을 어떻게 ‘구성’하는지, 그 한계는 무엇인지 분석한 셈이다. 인간이 ‘인식’할 수 있는 것은 인간의 감각과 이성에 의해 ‘구성’되는 현상(phenomenon)에 머물고, 그 너머의 세계 자체(noumenon)는 과학적 지식의 대상이 될 수 없다고 보았다. 구체적으로 Kant는 Newton이 자연현상을 수학적으로 설명하고 예측할 수 있는 법칙을 발견한 것을 높이 평가했지만, 그 운동법칙과 만유인력법칙은 현상계의 법칙일 뿐, 그것들이 왜 성립하는지, 자연현상의 근본적인 원인을 설명할 수 없다고 보았다.

14) 칸트는 판단들을 4개 항목으로 나누고 각 항목에 3종의 판단들을 소속시켜 12종의 판단을 제시하고 이를 토대로 기본적인 사유형식을 이끌어 냈다. 그 판단표의 내역은 이렇다: 1. 분량판단: 전칭판단/특칭판단/단칭판단 2. 성질판단: 긍정판단/부정판단/무한판단 3. 관계판단: 정언판단/가언판단/선언판단 4. 양상판단: 개연판단/실연판단/필연판단 I. Kant, *Kritik der reinen Vernunft*, WB Darmstadt 1983 (Riga 1781/1787); I. Transzendentele Elementarlehre, 2. Teil Die Transzendentele Logik, 1. Abteilung Die Transzendentele Analytik, 2. Hauptstück Von der Deduktion der reinen Verstandesbegriffe, 2. Abschnitt Transzendentele Deduktion der reinen Verstandesbegriffe 111쪽; 최재희 역, 『순수이성비판』 박영사 1992(1972) I. 선형적 원리론, 제 2부 선형적 논리학, 제 1문 선형적 분석론, 제 1편 개념의 분석론, 제 2장 오성의 순수한 개념의 선형적 연역 107쪽 참조

15) 아리스토텔레스는 존재-사유-진술의 차원을 엄밀히 구분하지 않고 이 세 차원에 걸쳐 타당한 것으로 다음의 10개 범주를 제시한다. 실체, 양, 질, 관계, 장소, 시간, 위치, 상태, 능동, 수동

그것이 경험내용의 가변성, 특수성, 개별성, 상대성을 뛰어넘는 어떤 원리를 구할 수는 없을까?

우리는 다시 출발점에 서서 우리에게 주어진 부인할 수 없는 엄연한 현실부터 재점검해 보지 않을 수 없다. 즉 우리가 세계를 경험하고 세계를 인식한다는 이 “인식현상”에서 다시 출발해야 하겠다. ‘세계 자체’나 ‘인식형식 자체’는 이 인식현상을 설명하기 위해 ‘생각해낸’ 원리일지 모르지만, ‘인식현상’이란 그야말로 우리에게 주어진 단적인 근원사태이기 때문이다.

여기서 종합적 대안으로 구상해보는 것이 ‘인간의 세계경험을 통해 형성된 것으로 경험세계 내부에 존재하되, 경험세계를 전체적으로 규정할 만큼 일반적으로 보편타당한 원리’로서 ‘경험의 방식’을 제시해 본다. 경험의 구체적 내용이 아무리 특수하고 가변적이라 하더라도, 경험의 ‘방식’이 보편적인 불변의 것이라면, 그리고 그 보편적인 불변의 방식이 바로 그 경험 속에서 형성되고 주조된 것이라면, 우리는 거기서 형이상학적 전제에 의지하지 않고서도 인식의 참됨의 근거를 확보할 수 있게 되지 않을까?

사실, 경험 및 인식의 보편적인 방식을 찾으려는 발상이 경험주의 철학이나 선형철학에 없었던 것은 결코 아니다. 경험주의자들도 단순하고도 직접적인 개별적 감각내용으로부터 어떻게 일반명제로 표현되는 지식이 얻어지는지를 설명하기 위해 관념들이 연합하는 방식을 발견해내고자 힘썼고, 이 일에서 적지 않은 성과를 거두었던 것도 사실이다.

그러나 경험주의 철학이 인식의 보편적 원리의 확보에 실패한 첫째 이유는 경험의 영역을 심리적인 것에 국한시켰다는 데 있다. 경험주의자들은 앎을 얻게 되는 정신적 활동이 심성의 활동으로 환원될 수 있거나 적어도 이에 기초하고 있다고 생각하여, 심성의 활동 속에서 어떤 보편적인 세계경험의 방식을 찾으려 했던 것이다. 아직 초기 단계에 머물렀던 심리학, 즉 ‘연상심리학’의 탐구 성과에 의지하여 그들이 찾아 낼 수 있었던 것이 바로 저 ‘관념연합의 법칙’ 같은 것이었다.

그러나 지식을 얻는 정신의 활동을 정초해주는 삶의 영역이 다만 심적인 것에 국한되겠는가? 나아가 이 심적인 기초가 과연 가장 근본적인 기초라 할 수 있겠는가? 인간의 심적 활동이란 지극히 불안정하고 가변적이고 상대적인 것이다. 그리고 바로 그러하기에 거기서 어떤 보편타당한 법칙 같은 것을 찾아내기란 지극히 힘든 것이다. 세계경험의 더 근원적인 방식은 심리학적 차원보다는 오히려 생물학적 차원에 더 많이 의존된다고 보아야 할 것이다.

이들이 실패한 둘째 이유는 이 경험의 영역에서 확보된 것에 대해서 실제로는 경험의 영역을 벗어나는 선형철학적 의미의 타당성을 요구했기 때문이다. 흄은 수학적 인식을 다만 관념 사이의 관계에 대한 인식으로 보고, 경험에 의존하는 사실의 인식을 이로부터 구별한다. 그러나 그러면서도 그는 전자에 요구되는 초경험적 논리적 필연성을 후자의 진리성을 정초해 주는 인과관계에도 꼭 같이 요구함으로써,

후자가 불가능하다고 생각했던 것이다. 그는 실은 이 두 가지 종류의 인식을 구별하면서 이미, 논리적 사유는 우리의 세계경험과 아무 상관없이 그 보편타당성이 저절로 확보된다는 선형철학적 전제를 받아들인 것이요, 이와는 달리 인과적 사유에 대해서는 그 보편타당성이 세계경험 속에서 입증되어야 한다고 보고 이를 요구했던 것이다.

과연 수학적 논리적 사유와 인과적 사유는 이렇게 상반되는 대접을 받아야 할 만큼 그 근원부터 전혀 다른 것일까? 수학적 논리적 사유도 인과적 사유도 사실 성공적인 행동과 안정된 삶을 위한 활동이요 또 그 결과가 아니겠는가? 이렇게 그 연원은 같은 것이므로, 수학적 인식이 그 보편타당성을 보장받는다면 마찬가지로 인과적 사유도 그 보편타당성을 보장받을 수 있다고 생각할 수는 없을까? 라이프니츠가 각각 동일률과 충족이유율이라고 생각했던, ‘이성의 진리’가 타당한 근거와 ‘사실의 진리’가 타당한 근거는 과연 서로 통할 수 있는 공통의 기반을 전혀 갖고 있지 않을까?

선형철학의 경우는 어떠했나. 세계경험의 형식은, 더우기 그것이 학적인 지식의 기초이려면, 어떤 일이 있어도 절대적인 보편타당성을 지녀야 한다는 생각에 사로잡혀 있던 칸트는, 이 보편타당성의 근거를 철저히 경험외적인 것에서 찾으려 했다. 그래서 그는 그 근거를 세계경험의 주관적 ‘선형성’에서 찾고자 했다. 그러나 여기에도 두 가지 큰 난점이 엿보인다.

그 하나는, 경험으로부터 독립해 있다는 것만으로는 그 세계인식의 형식이 보편타당한 것으로 입증되었다고 보기 힘들다는 점이다. 보편타당성의 근거가 되는 ‘선형성’ 개념도 형식적으로는 ‘경험에 앞서 경험으로부터 독립해 있음’을 뜻하지만, 실질적으로는 ‘다양한 경험내용으로부터 독립된 보편적인 타당성’이라는 의미가 이미 담겨 있기 때문이다. 더우기 칸트는 ‘선형성’이 ‘직증적으로 자명한(apodiktisch)’ 것이라고 주장함으로써, 결국 세계인식의 보편타당한 형식을 일종의 형이상학적인 전제로서 미리 설정하고 있는 셈이 되고 만다.

또 다른 난점은, 그토록 철저히 경험으로부터 독립된, 경험과는 무관한 ‘선형적’인 세계경험의 형식이 어떻게 바로 그 세계경험을 가능케 해주고 또 정초해 주느냐 하는 난점이다. 이 문제에 대해 직관에 호소하는 것 외에 따로 원리적인 설명이 실제로 없다는 점이 칸트의 약점이다. 칸트 스스로 그의 입장을 ‘선형적 관념론이자 경험적 실재론’이라도 말함으로써, 또 이른바 ‘도식론’을 통해 선천적 형식들이 어떻게 후천적 경험에 적용되는지를 해설함으로써, 이 문제를 진지하게 다룬 것은 사실이지만, 우리는 이를 원리적인 설명이라고 보기가 어렵다.

과연 인간의 세계경험 및 세계인식의 형식은 그 자체 완결된 폐쇄된 것으로서 그토록 ‘단적으로’ 주어진 것인가? 보편타당성의 원리를 찾으려면 경험의 세계를 떠나는 것이 필수불가결한 일일까? 그 근원에 대해서는 더 이상 물어 들어갈 수 없는 것인가? 구체적 세계경험과 무관한 ‘순수한’ ‘선형적인’ 인식의 형식 자체가 단적으로 주관 속에 주어져 있다고 주장하고 더 이상 그 연원을 인간의 구체적인 삶과의

연관 속에서 찾으려 하지 않는다면, 이 또한 하나의 형이상학적 전제에 지나지 않는 것이 아니겠는가?

6. 해결의 열쇠: 진화생물학

절대적 보편타당성의 원리를 확보하려는 선형철학의 이념과 세계경험과의 연관을 잃지 않으려는 경험주의 철학의 실질을 통합할 수 있는 길은 없을까? 앞에서 언급했듯 경험의 내용 아닌 경험의 방식을 바로 세계경험 그 자체에서 찾되, 그 방식이 아주 상대적이고 가변적이지 않은, 즉 보편적으로 타당성을 갖는 것이 된다면, 우리의 기대는 충족될 수 있을 것이다. 물론 이 때의 보편타당성이 선형철학에서 요구하는 형식적 절대성을 갖지는 못할 것을 미리 양해한다면 말이다.

선형철학의 이념을 목표로 하고 이 목표에 도달하기 위해 경험주의의 길을 걸어보는 것은 불가능한 일일까? 선형철학의 이념을 소중히 간직하는 이유는, 그것이 추구하는 그 보편타당성의 원리가 바로 인식 철학의 궁극적 목표이기 때문이다. 또 우리가 경험주의의 길을 가고자 하는 것은, 형이상학적 전제의 자명성에 대한 직관이 독단적 사변의 은닉처가 될 수 있는 위험에 빠지지 않기 위해서이다. 보편타당성의 원리가 세계경험과 무관한 형이상학적 전제로서 직관에 호소해서 확인되는 것이 아니라, 바로 그 세계경험을 통해 빚어진 세계경험의 방식으로서 확증되기만 한다면, 우리는 선형철학의 이념 그 자체를 크게 손상시키지 않고서도 선형철학이 외면했던 경험적 실질의 토대를 되찾아 그 위에 보편타당성의 원리를 정립할 수 있을 것이다.

바로 이런 고려 아래 우리는 생물학적 진화론을 논거의 토대로 삼고자 한다. 인간도 하나의 생명 종(種)으로서 자연환경에 적응하면서 자신의 생을 유지하고 생명력을 확장시켜 나아가는 존재다. 감각과 사유라는 인지적 활동도 이러한 생명적 활동의 하나요, 따라서 생물학적 맥락 속에서 파악하고 이해하고자 할 때 그 인지적 활동 속에 깃들여 있는 의미 있는 연관관계를 폭넓게 파악하게 될 것이다. 만일 우리가 이러한 관점 아래서, 이른바 보편타당한 인식의 원리라는 것도 세계경험의 방식중 하나로서 장구한 기간에 걸쳐 전개된 생명적 활동 속에서 형성된 매우 일반적인 것이며 그리하여 쉽게 변할 수도 없는 것임을 인지하게 된다면, 이를 바탕으로 우리는 그 원리가 세계경험 속에서 형성된 것이면서도 보편타당성을 갖는 것이라고 큰 어려움 없이 주장할 수 있을 것이다.

세계경험 속에서는 결코 보편타당한 원리를 발견할 수 없다거나, 보편타당한 원리는 경험세계를 넘어서는 선형적인 영역에서나 찾아질 수 있다는 이분법적 사고는 이렇게 접근할 때 어렵지 않게 극복할 수 있을 것이다. 경험주의 철학자들이 인간의 ‘심적 세계경험’에 관심을 국한시킴으로써 보편적 인식의 원리를 발견하는 일에서 실패했다고 보고, 이제 우리는 지평을 더 넓혀 인간의 ‘생명적 세계경험’으로 눈길을 돌려 보자는 것이다.

이런 발상의 선구는 베르그송에게서 엿보인다. 베르그송은 우선 인간의 정신적 사유활동과 신체적 감각작용을 전혀 다른 별개의 영역으로 구분하고 이를 이원적으로 다루어온 종래의 철학적 전통에서 벗어난다. 그는 이 양자를 생명활동이라는 동근원에서부터 나오는 연속된 활동으로 보고 감각적 지각에 의거한 행동이 좌절할 때 의식이 싹트기 시작해 이것이 사유활동으로까지 연속돼 나가는 것으로 이해한다.¹⁶⁾ 인간은 사유인(homo sapiens)이기 이전에 먼저 공작인(工人, homo faber)이다. 그도 동물의 한 종으로서 신체적 활동으로 생을 유지하는 것이 1차적 과제다. 자연상태에 머무는 한 그의 신체적 활동이 그의 생을 보장해주지 못하기 때문에 그는 도구를 사용하고 기술을 개발하게 된다. 감각-운동의 신체적 활동을 기호로 대체하는 언어가 등장하고 그와 더불어 의식이 출현하게 되는 전 과정이 실은 단속(斷續)돼 있는 것이 아니라 연속(連續)돼 있는 동근원의 생명현상이라는 것이 베르그송의 지론이다.

이런 관점에서 보면, ‘선험적’이라고 생각되는 사유의 형식도 실은 신체적 활동의 연장선상에서 응축, 결정(結晶)된 ‘경험의 산물’이라 하겠다. 예를 들어보자. 아리스토텔레스 이래 선험적으로 타당한 사고의 근본 원리로 그 확고한 지위를 누려온 ‘모순률’은 어디서 유래하는가? 왜 인간은 ‘이다’와 ‘아니다’를 양립할 수 없는 것으로 사유하는 걸까? 이 사고의 법칙(?)은 경험의 내용에서 추출된 것일까, 아니면 선험적 형식으로 정신에 처음부터 미리 각인돼 있는 사유의 형식일까? 베르그송에 따르면 이는 신체적 활동이 벗어날 수 없는 공간의 배타성에 그 연원을 갖는 것이다.¹⁷⁾ 공간 속에서 한 사물은 동시에 두 군데에 있을 수 없다. 또 공간 속의 한 곳을 동시에 두 개의 사물이 차지하고 있을 수도 없다. 인간의 삶이 물리적 공간을 벗어날 수 없으며, 물리적 공간이 본질적으로 이렇게 독점적 배타성을 갖는 것이라면, 인간은 바로 이런 공간의 속성에 빈틈없이 적응해야 생존할 수 있는 존재다. 모든 생명체는 그 스스로 물질로 이루어져 있으면서 외부의 이 물질 세계에 의존해서만 그 생명을 보존하고 연장할 수 있는 존재다. 따라서 물질을 자료로 잘 활용해서 그 생명현상을 유지하고 생명적 활동을 증대시키려면 모든 생명체는 그 자신 물질적 세계를 지배하고 규정하는 원리에 따라야 할 것이다. 인간의 지적 사유 또한 생명적 활동의 연장이라면, 사유의 원리에도 물질적 사물의 존재방식이 반영될 수밖에 없다. 이런 맥락에서 보자면 모순율은 인간의 사고활동이 공간이라는 ‘광의의 경험세계’에 적응함으로써 정립된 ‘사고의 방식’이라고 할 수 있다. 경험세계를 심리학적 차원에서 생물학적 차원으로 확장하되 장구한 기간 동안¹⁸⁾ 진행되어온 진화의 과정까지를 모두 포함시킨다면, 이 사고의 방식은 단적으로 말해 ‘진화의 산물’이 된다.

이런 관점에서 보면, 칸트가 말하는 선험적 사유형식이라는 것도 결국 진화의 산

16) Henri Bergson, *Matière et Mémoire*, PUF Paris, 1970(1896) 41쪽 이하; 박종원 역, 『물질과 기억』 아카넷 2005, 79쪽 이하 참조

17) Henri Bergson, *L'évolution créatrice*, PUF Paris, 1943(1907), 203쪽 이하 참조

18) 인간 종의 출현부터 따지면 대략 5백만 내지 7백만 년에 걸친 기간

물이라 할 수 있다.¹⁹⁾ 여기서 우리는 지식의 진리성의 근거를 확보하고자 숙고함에 있어 경험세계를 떠나지 않는다는 경험주의의 실질을 버리지 않으면서도 경험내용의 상대성에 빠지지 않고 보편타당한 준거를 확보하려는 선험철학의 목표를 달성할 수 있는 길을 발견하게 된다. 이 길은, 종래의 고식적 용어를 그대로 쓰자면, ‘후천적 경험’ 속에서 이를 토대로 ‘선천적 원리’를 찾아내는 길이 되는데, 결코 양립할 수 없는 것으로 간주하던 두 영역을 하나의 길로 통합하는 데 있어 결정적 기여를 하는 것이 바로 장구한 기간에 걸쳐 이루어진 진화의 과정으로 확장된 생물학적 경험이다.

여기서 우리는 오래 동안 동물의 행태를 관찰 탐구해 온 로렌츠(K. Lorenz)의 주장에 동조하게 된다. 그에 따르면 동물의 형태와 행태는 장구한 기간의 진화과정을 통해 형성되는데, 이 때 물론 진화의 방향타는 생존을 위한 환경에의 적응이다. 물고기가 유선형의 몸매를 갖는 것은 바로 그가 헤엄쳐 다녀야 할 물의 속성을 반영한 것이다. 그런데 의미깊은 것은, 물고기 한 마리 한 마리로서는 이 유선형의 몸매가 어쩔 수 없이 그가 숙명으로 받아들여야 하는 고정불변의 보편적 형태지만, 그 물고기라는 특정한 종(種) 전체의 차원에서 볼 때는 이 역시 이런 저런 삶의 환경에 따라 바뀌고 변하면서 형성된 것이라는 사실이다. 말하자면, 동물의 형태나 행태가 개체발생적으로 보면 ‘선천적’인 것이지만, 계통발생적으로 보면 ‘후천적’인 것이라는 말이다.²⁰⁾

로렌츠는 칸트가 제시한 선험적 인식형식도 이와 똑같은 의미에서 ‘후천적’인 것이라고 해석하고 있다.²¹⁾ 그는 칸트가 제시한 지각형식이나 사유형식 자체를 비판하는 것이 아니라, 다만 그 원천을 형이상학적 전제에서 찾지 않고 자연적 사실에서 찾으려는 것이다. 그러니 칸트가 이성의 초경험적 순수성, 즉 선험성을 그토록 최후거점으로 삼아 고수하려 하지만 않는다면, 그리하여 그 형식들의 절대적 필연적 타당성을 고집하려 하지만 않는다면, 로렌츠로선 칸트에 반대할 이유가 없다.

인간은 그의 생물학적 삶에 의해 지성적 존재로 진화하도록 강요당한(?) 존재라 볼 수 있다. 인간의 지성은 분명 변화와 다양성 속에 갇혀 있는 ‘자연’을 넘어서서 보편적이고 불변하는 이법(理法)을 인식하는 데까지 고양된 것이 사실이지만, 그 연원은 여전히 ‘자연’ 속에서 찾아져야지 어떤 초자연적인 신비의 영역에서 찾아질 수는 없는 일이다. 그렇다면 인간의 ‘자연성’ 가운데서 가장 보편적인 삶의 여건에

19) Donald Campbell, *Evolutionary Epistemology*, in: G. Radnitzky/W. Bartley(ed.) *Evolutionary Epistemology, Rationality, and the Sociology of Knowledge*, Open Court, LaSalle 1987, 79쪽 참조

20) 그는 종(種) 전체에 보편적으로 내장돼 있는 신체적 형태, 행동의 행태, 감각-인지의 형식 등을 ‘거울의 뒷면’이라고 비유적으로 설명한다. 어떤 사물이 거울에 비춰지면 그 사물은 그 거울 뒷면의 터무늬에 따라 달리 보이게 되는데, 이게 바로 종의 고유한 특성을 결정하는 근본 토대라는 것이다. Konrad Lorenz, *Die Rückseite des Spiegels, Versuch einer Naturgeschichte menschlichen Erkennens*, dtv 1977, 302쪽 참조

21) Konrad Lorenz, *Kants Lehre vom Apriorischen im Lichte gegenwärtiger Biologie*(1941), in: ders., *Das Wirkungsgefüge der Natur und das Schicksal des Menschen*, München 1983, 86쪽 참조

조회하여 저 보편적인 인식의 원리를 찾는 것이 우리가 택할 수 가장 온당한 길이라 생각된다.

우리의 삶의 여건 가운데서 과연 어떤 것이 보다 더 보편적인 것일까? 개인에 따라는 물론이고 사회적 역사적 문화적 상황에 따라서도 변화가 큰 심리학적인 것보다 인류의 문화사적 시간 단위로는 측정하기 어려울 만큼 장구한 호흡을 갖는 생물학적인 여건이 그것에 더 가깝다고 보아야 할 것이다. 이런 관점에서 볼 때, 철학적 인식이론이 갖고 있는 ‘아포리아’는 진화 생물학의 탐구 성과에 비추어 볼 때 더 이상 아포리아가 아니다.(終)

[발표 2]

생명과학의 종교보기:
진화관점에서 본 종교담론의 지형

| 신재식 교수 |

호남신학대학교

2023년 6월 8일
리베르타스 교양교육 심포지엄

생명과학의 종교 보기 진화 관점에서 본 종교 담론의 지형

신재식(호남신학대학교)

목차

- I. 생명과학이 종교를 만날 때
- II. 생명과학과 종교가 만나는 지형
 - A. 교육현장
 - B. 생명과학의 종교 담론: 종교와 도덕성의 기원
- III. 자연과 문화의 공진화로서 종교
 - A. 문화진화
 - B. 설명의 다원주의
 - C. 이중유전이론
- V. 생명과학과 종교가 만난 후

1. 생명과학이 종교를 만날 때

- 글의 목적: 생명과학과 종교가 만나는 접점과 지형 그리기
- 고려할 점: '생명과학'과 '종교' 모두 복합적 외연을 지닌 개념
- 둘이 만나는 현실은 역동적이고 복합적
- 만나는 접점은 공통 질문에서: 인간이란 무엇인가? 생명이란 무엇인가?
- 같은 관심사와 질문에 대해 각자 다른 방식으로 답을 모색, 제시
- 둘의 차이에도 불구하고,
 - 경험적, 실증적, 실험적 vs 전통적, 이론적 신념 체계
 - 유전자를 지닌 존재 vs 타 생명체와 구별된 존재
- 종교는 생물학적 기반을 가진 현상
- 종교는 인간이라는 생명체의 활동으로 인간의 인지적이며 생물학적 측면과 관련
- 뿐만 아니라 종교가 문화현상으로 간주되는 경우에도, 종교는 유기체적 생명체와 비슷한 방식으로 경쟁이나 선택, 적응을 경험하며 생로병사의 과정을 거침

1. 생명과학이 종교를 만날 때

- 생명과학에서 논의하는 종교에 대한 이야기, 사실적 측면과 규범적 측면
- (1) 사실적 측면: 있는 현상을 있는 그대로 기술하는 것
- 생명과학이 종교에 대해 말해온 역사와 현황은 무엇인가? 생명과학의 어떤 분야가 종교가 관련을 갖는가? 생명과학이 종교에 대해 말하는 영역과 내용은 무엇인가?
- (2) 규범적 측면: 현상과 내용을 판단하고 평가하는 것
- 생명과학이 말하는 종교에 대해 종교(인)의 반응은 무엇인가?
- 생명과학이 말하는 종교에 대한 설명을 어떻게 평가할 수 있는가?
- 생명과학의 자연주의적이며 실증적, 경험적 접근과 설명이 종교에 대한 설명으로 전부이며 충분한가? 아니면 이에 대한 비판적이거나 건설적인 대안 설명은 어떤 것이 있는가?
- 이런 질문은 종교를 자연이나 본성과 구별되고 차별화된 실재이며, 문화적 창발성과 독자성을 가진 실재로 간주하는 입장과 관련된 것,
- 오늘날 생명과학과 종교의 만남은 이 두 종류의 질문이 함께 얽힘

II. 생명과학과 종교가 만나는 지형: 생명과학과 종교의 만남 개괄적 특징

- 이 글에서 종교에 대한 작업적 정의
- 종교는 진리 주장과 관련된 신념, 기도나 환상이나 비전 같은 경험이나 감정, 종교나 선행 같은 실천에 대한 개인적이며 공동체적 자원을 포함하는 사회문화적 체계
- 개인이나 공동체의 종교적 신념이나 경험과 실천은 헌신이나 경배의 삶을 요구하는 궁극적 실재(ULTIMATE REALITY) 개념을 둘러싸고 있는 모습
- 그 만남에서 드러나는 개괄적인 특징
 - (A) 진화생물학이 생명과학의 종교 담론 가운데 중심
 - 인간과 종교를 자연주의적으로 접근, 둘 모두 자연선택의 과정을 통해 진화했다고 이해
 - 이것은 인간의 인지적이며 감정적 능력과, 종교적 신념과 종교적 실천 등이 아주 오랫동안 환경의 압력과 선택적 힘에 반응해서 진화했다는 것을 의미
 - (B) 더불어 모든 종교적 경험은 뇌와 신경계를 매개로 한다는 신경과학 역시 큰 영향

II. 생명과학과 종교가 만나는 지형: 만남의 규범적 차원과 서술적 차원

- 진화 관점에서 종교 이해는 다른 생명체와 구별되는 인간의 독특성이나, 영혼이나 정신을 인간의 본질로 주장하는 전통적인 종교적 신념에 도전
- 이런 종교담론에 대해 종교나 인문학에서 비판적인 반응들에 제기
- 특히 개신교를 중심으로 한 그리스도교가 낱 선 반응, 동시에 진화론을 비롯한 현대과학을 수용한 종교 담론을 새로 구성하는 작업이 진행
- 둘이 만나는 현실은 상당히 다양한데, 규범적 측면과 서술적 측면으로 구별
- (A) 규범적 측면은 둘이 만나는 실제 현실에서 서로를 평가하는 태도의 문제와 관련
 - 예, 생명과학과 종교가 함께 엮히는 교육현장
- (B) 서술적 측면은 생명과학의 관점에서 종교를 설명하는 내용의 문제
 - 예, 종교의 기원과 기능, 확산 뿐만 아니라, 개인적 종교경험의 생물학적 차원부터 개인이나 집단의 윤리나 도덕의 차원까지 다양한 수준과 영역을 진화론적 관점에서 다루는 것

II. 생명과학과 종교가 만나는 지형:

만남의 규범적 자원과 서술적 자원

- (1) 규범적 자원은 가치 평가와 관련
 - 예, 진화생물학을 비롯한 생명과학의 교육 현장에서 교육 내용을 판단하는 종교적 신념과 관련, 즉 **종교적 태도가 생명과학 교육에 영향을 주는 문제**
 - 그렇다면 생명과학 특히 생물학 교육과정에서 종교의 영향과 역할은?
 - 서구사회의 논의가 보여주는 것, 실제 교육현장에서 **종교적 신념이 과학 작업을 수용하는 데 중요한 역할**을 하며, 진화론을 비롯한 생명과학과 인간의 종교성과 전통 종교에 대한 적절한 이해는 교육현장에서 적절한 교육을 위해 상당히 효과적이라는 것
- (2) 서술적 자원은 생명과학이 종교에 대해 설명하는 "내용"에 관련
 - **생명과학이 전개하는 진화론적 종교 담론**인데, 개인의 종교 체험부터 집단의 문화 진화까지 논의의 주제와 폭이 다양하고 넓음
 - 이 글에서 개인적 자원과, 종교의 기원과 기능, 도덕성이나 윤리의 문제에 대한 논의

II. 생명과학과 종교가 만나는 지형:

개인의 종교적 경험

- 개인의 종교적 경험에 대한 연구, 종교적 경험의 생물학적 토대에 관심
 - 신경생리학이나, 뇌신경과학, 인지신경학 분야
- (A) 종교 체험이나 신비 체험 같은 마음의 특수한 상태에 대한 신경학적 연구에 집중
 - **기도나 명상에서 뇌의 생리학과 기능을 중심으로 한 신경학적 연구가 대표적**
 - EUGENE D'AQUILI와 ANDREW NEWBERG의 "신경신학"(NEUROTHEOLOGY)
 - 티베트 불교 승려와 가톨릭 수녀들 대상
- (B) 개인적인 차원에서 종교적 신앙의 실제적이며 의례적인 효과를 연구
 - 예, **종교적 마음의 상태와 일반적인 생리적 속성과의 상관관계에 대한 연구**
 - 심박수와 호흡수와 같은 생체 인식 데이터를 분석하여 예배에서 종교적 경험과 정신생리학적 활성화 패턴을 다룬 것,
 - 예배에서 강렬한 종교적 경험은 심박과 호흡을 증가시키면서 개인의 생리적 시스템을 활성화시킨다는 것

II. 생명과학과 종교가 만나는 지형:

생명과학의 종교 담론

- 생명과학은 종교의 기원과 기능, 확산과 전파 등을 논의
- 종교가 자연적 기원을 가지며 진화론의 관점에서 인과적으로 충분히 설명된다고 전제
- 종교의 기원 뿐만 아니라 인간의 종교 행위에서 작동하는 인과과정을 진화론적 기반에서 경험적으로 확인하고자
- (A) 종교가 자연선택의 결과라면 그것은 **적응(ADAPTATION)**의 결과인가? 아니면 다른 적응 문제를 해결하는 과정에서 진화된 다른 특수한 심리 메커니즘의 **부산물(BY-PRODUCT)**인가?
- (B) 만일 종교가 적응이라면 종교 활동이나 상징들은 무엇을 위한 적응인가? 또는 어떤 **점이 종교라는 현상을 진화하게끔 한 것인가?**
- (C) 이미 만들어진 종교는 어떻게 전달되고 존속하고 진화하는가? 종교라는 현상 역시 진화한다고 할 때 그 진화의 주체는 무엇인가? 등의 질문이다. 이것은 종교의 기원 뿐만 아니라, 현재 존재하는 종교의 기능과 전파까지 포함

II. 생명과학과 종교가 만나는 지형:

생명과학의 종교 담론

- 이런 질문에 대한 자연주의적 입장의 대답은 주로 **진화생물학과 밀접한 관련된 분야**
- 사회생물학이나 진화심리학, 동물행동학, 고생물학, 영장류학, 심지어 유전학 관련 학자들도 참여
- 물론 이들이 **통합생물학(THE EXTENDED EVOLUTIONARY SYNTHESIS)**의 틀에서 종교 담론을 진행하고, 종교의 기원이나 발전, 기능, 확산 등의 질문에 대해 다양한 견해를 제시
- 이들은 종교를 자연주의적으로, 진화의 산물로 충분히 해명할 수 있다는 데 일치하지만,
- **종교에 대한 진화적 접근 방식과 설명에는 차이**
- 종교의 대해 상대적으로 활발한 논의를 전개하는 것은 **진화생물학이나 진화심리학 분야**의 연구자들

II. 생명과학과 종교가 만나는 지형:

생명과학의 종교 담론

- 진화론적 종교 담론의 세 흐름
- (A) 종교는 인류가 진화과정에서 나온 '적응'의 결과라는 입장,
- (B) 종교는 다른 적응 메커니즘의 '부산물'이라는 입장,
- (C) 종교를 문화적 유전자인 '밈' 개념을 통해 '밈 복합체'로 설명하는 입장
- 각각 '적응주의(ADAPTATIONISM) 이론', '부산물(BY-PRODUCT) 이론', '밈(MEME) 이론'이라고
- 때로 적응(ADAPTIVE), 비적응(NONADAPTIVE), 부적응(MALADAPTIVE)으로 구분하기도
- (A) 적응주의는 종교를 진화과정에서 인간의 마음이 적응한 결과로 보는 입장으로 에드워드 윌슨이나 데이비드 윌슨이 대표적
- (B) 부산물 이론은 종교가 고유하고 독특한 실체가 아니라 인간의 다른 인지적 적응의 부산물이라는 견해로, 파스칼 보이어나 진화심리학 분야
- (C) 밈 이론은 종교 현상을 '밈' 개념을 통해서 설명하는 리처드 도킨스가 대표적
- '밈'을 문화적 유전의 단위로 삼아 종교라는 문화 현상을 해명, '밈 복합체로서의 종교'

II. 생명과학과 종교가 만나는 지형:

도덕성의 기원

(3) 생명과학은 종교와 관련해서 도덕성이나 윤리의 기원까지 설명

- 도덕성이나 윤리가 종교와 구별되지만, 때로는 밀접하게 관련되어 있어 진화론적 접근에서 함께 논의
- 질문들: 자손 번식의 가능성을 줄이는 이타적 행동이 어떻게 자연선택에서 비롯할 수 있는지? 집단 선택이 그 과정에서 특정한 역할을 했는가? 인간이 아닌 동물에게 도덕적이거나 원형적인 행동의 증거가 있는가?
- 인간의 도덕성에 관한 논의는 다윈이 시작:
- 『인간의 유래』(THE DESCENT OF MAN, 1871)에서 자기희생적 행동을 할 수 있는 유인원을 통해 인간만이 도덕적인 것이 아니라는 것을 드러냄
- 다윈의 이런 논지는 1970년 이후 사회생물학과 동물행동학에서 상당히 강력히 뒷받침
- 프란스 드 발(FRANS DE WAAL)의 연구
- 인간 우월이라는 전통적 이해를 비판,
- 인간의 도덕적 행위의 메커니즘과 사회적 행동은 다른 동물들과 실질적인 차이가 없다

III. 자연과 문화의 공진화로서 종교: 진화로서 종교

- 종교가 진화과정에서 '적응'인지, '부산물'인지, '부적응'(MALADAPTATION)인지 의견 다양
- 적응 대 부산물 논쟁은 각각 종교를 개념화하는 방식과 관련
- 적응주의는 종교를 인과적이고 효과적이고 논리적으로 실재하는 것
- 반면 부산물 입장은 종교가 인과적으로 효과적인 실체이거나 자연선택의 단위가 아닌 진화과정의 비적응적인 부산물로 간주
- 현재 진화적 종교 담론에서는 적응이나 부적응이 개인 자원인지 집단 자원인지에 대해서도 입장이 다름
- 종교를 집단 수준에서 협력적 적응이라는 입장은 종교가 집단에서 변질을 통제하고 협력 목표와 전략을 조정하는 기능을 한다고 주장
- 이와 달리, 종교를 개인 자원에서 적응이라는 주장은 상대적으로 소수로서, 종교집단 안에서 구성원이 생존과 번식 성공에서 개인적 가능성에 어떻게 영향을 주는 지에 초점
- 이렇게 종교에 적용되는 적응과 부산물 입장 차이나 자연선택에서 다른 수준은, 진화생물학에서 적응과 부산물, 유전자 선택과 다수준 선택에 대한 다른 입장을 반영
- 이런 접근 가운데, 다수준 선택의 입장은 종교에 대한 논의를 집단 선택의 관점에서 제시

III. 자연과 문화의 공진화로서 종교: 문화진화와 이중유전이론

- 자연진화와 문화진화로서 종교 이해
- 또한 종교를 자연적 설명만으로 충분하다고 생각하는 자연진화의 입장과,
- 종교의 독자성을 고려하는 자연진화와 문화 진화 두 가지를 모두 고려해야 한다는 입장
- 전자는 진화심리학과 인지종교학이 주로 관심을 갖고, VS 후자는 이중유전이론과 문화집단진화 진영이 우호적으로 접근
- 그렇다면 종교를 적절하게 이해하기 위해서는 현재 진화론적 생물학적 종교 담론을 어떻게 이해하고 평가해야 하는가?
- 적응이나 부산물 입장은 생물학적 수준에서 종교의 기원과 기능에 초점을 맞추고 있으며, 밌 이론은 문화적 수준에서 종교의 전파에 주로 관심을 갖고
- 생명과학의 종교 담론의 지형을 고려할 때, 종교에 대한 논의를 특정한 물리적 생명 수준으로 제한하거나 환원하지 않고,
- 생물학적이며 문화적인 자원을 함께 고려하는 접근이 요청

III. 자연과 문화의 공진화로서 종교: 종교와 문화진화

- 종교에 대한 문화적 수준의 분석이 필요한 까닭은,
 - 그것은 종교가 생물학적 기반을 가지고 생물진화의 과정을 거치면서 성립했지만, 동시에 하나의 문화 현상으로, 오직 인간 종에게만 독특한 현상이기 때문
 - 또한 종교 같은 문화적 현상에서 인간의 행동은 다른 생명체보다 훨씬 더 복잡하기 때문
 - 인간 행동에 대한 생물학적이거나 인지적 접근은 '본성'(예, 개인의 역할, 사회적 학습, 문화 등)에 더하여 '양육'의 역할을 적절하게 인식하지 못한다는 것
 - 즉 이런 접근은 인간 행동의 많은 부분이 분명히 부적응적이라는 사실 (예, 건강에 해로운 지방 및 설탕이 풍부한 식단의 과다 섭취, 알코올 및 약물 남용)을 적절히 설명하지 못함
- 종교는 개인의 신념과 행동 뿐만 아니라 문화적으로 공유되는 신념과 관행을 포함
 - 그런데 집단 안에서 일부 생각이나 관념은 개인 사이에 성공적으로 전파되는 반면, 다른 생각이나 관념은 견인력을 얻지 못하고 폐기되거나 잊혀지는 경우가 많음
 - 종교의 경우도 특정 신념과 행동이 성공하고 다른 것들은 실패하는 현상이 나타남
- 이런 "공유된" 신념과 관행에 대한 설명에는 개인의 수용과 채택을 위한 신념과 관행 자체 간의 경쟁을 포함하는 문화적 수준의 분석이 요청

III. 자연과 문화의 공진화로서 종교: 종교와 문화진화

- 종교의 생물학적 측면과 문화적 측면을 진화론적 관점에서 동시에 고려하는 것은 종교를 유전자, 인지, 개인, 집단이라는 다양 수준에서 논의하는 것을 지지
- 이런 포괄적 접근은 종교를 이해하기 위해 자연과학적, 사회학적, 인문학적 접근 방식을 함께 적용하는 것이 가능하게 함
- 그런데 종교에 대해 문화적 수준에서 사회학적이거나 인문학적인 논의를 할지라도, 이들의 논의는 기본적으로 현대생물학의 도구들이 문화 진화의 수준에 적용되면서 전개
- 물론 생물진화와 문화진화 사이에 상당한 차이가 있지만, 진화 과정의 역학은 서로 관련 있으며 진화적 전략 역시 유사함
- 문화진화에 적용되는 생물학적 접근방식에는 계통학, 고생물학, 생물지리학, 인구유전학, 진화생태학 등이 포함

III. 자연과 문화의 공진화로서 종교: 설명의 다원주의와 공진화

- 설명의 다원주의
- 종교에 대한 진화론적 접근에서 생물학적, 인지적, 문화적 수준 설명을 함께 고려하는 것은 생명과학의 설명이 여러 수준에서 함께 논의될 수 있다는 '설명 다원주의'를 전제
- 생물학적 유전적 진화는 일부 유전자가 다른 유전자보다 선택되는 과정이며,
- 인지적 진화는 인간의 인지에서 일부 잠재적 행동을 다른 것보다 선택하는 과정이며,
- 문화 진화는 일부 믿음 또는 문화적 변형이 다른 것보다 선택되는 과정
- 세 가지 수준 모두 경쟁과 선택과정을 특징
- 생물학적 진화의 승자는 종에 특정한 적응이 되며, 인지 진화의 승자는 행동이 되며, 문화적 믿음 진화의 승자는 문화가 됨
- 한편으로는 유전자와 인지, 다른 한편으로는 문화 간의 양방향 피드백 관계로 인해 이런 접근을 유전자-문화 공진화(GENE-CULTURE CO-EVOLUTION) 또는 이중유전이론(DUAL-INHERITANCE THEORY, DIT)이나 '공진화이론'(CO-EVOLUTIONARY THEORY)이라고
- 종교의 문화적 자율성을 배제하지 않는 다수준 접근은 문화(집단)진화와 이중유전이론을 통해서 전개

III. 자연과 문화의 공진화로서 종교: 문화진화와 이중유전이론

- 이중유전이론은 생물학적 진화가 문화적 변화에 어떻게 상호작용하는 지를 설명
- 종교적 신념의 기원, 전승, 사회적 안정을 설명하는 데 적용, 1970년대와 1980년대에 등장
- 이중유전이론은 인간이 두 가지 뚜렷하고 독립된 방식으로 유전한다는 것, 즉 유전적으로는 번식을 통해, 문화적으로는 사회적 학습을 통해 표현형 특성을 유전한다는 것
- 문화적 진화 과정을 담당하는 것은 세대에서 세대로 전달되는 비유전적 또는 문화적 유전 체계인 이차 유전 체계임
- 문화적 진화에서 발생하는 이차 유전체계는 진화하는 유기체가 직면하는 물리적이거나 사회적 환경을 모두 변경할 수 있는데, 이것은 유전자-문화 공진화로 이어짐
- 이중유전이론에서 볼 때, 문화적 집단 선택은 유전적 집단 선택과 개념적으로 구별되며, 종교에서 이중유전이론은 문화적 집단 선택에만 관련
- 이중유전이론은 유기체는 진화 과정에서 수동적인 역할을 한다는 신다원주의와는 달리 문화적 진화를 통해 개인이 선택 압력을 수정한다고 제안함으로써,
- 유전자와 문화 간의 공진화 옹호자들은 진화에서 유기체의 능동적 역할을 강조
- 이와 관련된 예시가 니치구성이론

III. 자연과 문화의 공진화로서 종교: 문화진화로서 종교

- 그렇다면 종교에 대해 생물학적, 인지적 수준과 구별되는 문화적 수준의 설명은?
- 문화진화는 "문화적" 특성이 진화한다고 가정하고 비생물학적 특성이 다윈주의적 방식으로 진화할 수 있거나, 문화적 특성이 집단의 진화에 영향을 미치는 생물학적 특성이라고 제안함
- 문화진화는 여전히 생물학적 진화의 원리인 변이, 유전, 선택에 따라 문화가 어떻게 변화하는 지에 관심을 가짐
- 문화진화는 진화론적 틀에서 벗어난 것이 아니라 통합생물학의 맥락에서 진행
- 하지만 문화진화에서 변이는 정보 전달에서 변이의 결과를 의미하는데, 진화심리학에서 변이를 서로 다른 자연적 문화적 환경에서 작동하는 보편적 인간 정신의 산물로 보는 것과 다른

III. 자연과 문화의 공진화로서 종교: 문화진화와 이중유전이론

- 문화진화의 중심 논제는 문화 정보가 유전자에서 나왔지만, 다시 되먹임 되어 인간의 유전적 진화에 영향을 미친다는 것
- 인간의 종교성은 생물학적 진화와 문화적 진화가 서로 분리된 것이 아니라, 일종의 '되먹임 순환'(FEEDBACK LOOP)과 밀접하게 연결되어 있다는 유전적-문화적 공진화의 한 사례로 간주됨
- 문화진화는 유전적 수준과 인지적 수준의 중요성을 인정하지만, 인간 인지 '위에' '문화 정보'라는 부가적이고 중요한 층이 존재하며, 중요한 정보 처리 역학이 인지 수준 이상에서 발생한다고 생각
- 인간이 공유하는 방대한 문화 정보 저장소는 복잡한 사회적 학습과 사회적 전달 과정을 통해 세련되고 풍부해짐
- 여기에서 문화 정보는 유전적 일차 유전 체계를 보완하는 이차 유전 체계로 이해됨
- 문화정보는 이차적인 유전 체계로 일차적인 유전적 정보 체계와 공진화 해왔다는 것

III. 자연과 문화의 공진화로서 종교: 문화진화와 종교

- 문화진화는 처음에 인간의 종교성이 일차적인 진화론적 힘인 인간의 인지에 의해 부산물로 선택되었을 수 있지만, 나중에는 직접 선택이 종교성과 종교의 진화를 촉진했을 수 있다는 것을 의미
- 인지적 첫 단계를 지나 최초의 대규모 정착지가 형성되고 인간의 사회문화적 구성체와 종교의 제도화가 진행되면서 인간의 종교성은 사회문화적 선택의 결과라는 설명
- 예를 들어, 더 큰 집단의 구성원 사이에서 친사회성이 나타나고, 친사회성을 통해 종교성이 직접 선택되었을 수 있다는 것
- 문화적 특성인 종교가 한편으로는 집단 협력 내에서 특정 규칙을 수립하고, 다른 한편으로는 반사회적 행동에 대한 처벌 규칙을 수립하는 '적응적 니치'를 만들 수 있다고 제안
- 대부분의 문화진화론자들은 인간 종의 엄청난 성공이 문화정보라는 이차 유전 체계라고 생각하며, 현재 인간 진화의 주요 동인은 유전자가 아니라 문화라고 주장
- 이렇게 문화진화는 일반적으로 종교에서의 인지 메커니즘 뿐만 아니라 근본적인 다윈주의적 과정을 받아들이면서, 종교의 역사 과정에서 문화를 진화의 주요 요인으로 간주

V. 생명과학과 종교가 만난 후

- 생명과학과 종교는 교육 현장, 종교나 도덕성에 대한 진화적 관점의 학술 담론, 윤리적이고 도덕적인 평가와 판단 등 다양한 상황과 맥락에서 만남
- 이 만남에서 생명과학의 각 분야가 접근하는 방식과 관심은 상당히 다양
- 진화생물학, 사회생물학, 인지과학, 진화심리학 등이 진화론적 종교 담론에 중요한 역할
- 이런 종교 담론들은 기본적으로 종교가 인간의 생물학적 근거에서 형성되었다고 전제
- 이와 동시에 종교는 생물학적 조건에 의존하지만 동시에 문화적 차원에서 창발성과 독특성을 지니고 있는 것으로 간주해야 한다는 의견도 제기
- 종교를 생물-문화의 공진화 현상으로 이해하고, 종교 진화의 문화적 측면은 문화(집단)진화와 이중유전이론으로 설명
- 종교는 다층적 수준과 다차원적 측면을 포함하는 복잡한 현상들의 모음이기 때문에 학제적 접근이 종교 연구에서 중요하게 요청됨
- 종교에 대한 진화론적 자연주의적 설명이 적절하게 제시되려면, 생물학적 수준과 인지적 수준, 문화적 수준이 함께 고려되어야 할 것

V. 생명과학과 종교가 만난 후

- 특별히 생명과학에서 설명하는 종교 이해가 어떤 것이며, 어떤 함축성을 갖는 것인지를 보다 긍정적으로 전향적으로 고려하는 것이 중요
- 생명에 대한 진화생물학을 중심으로 한 생명과학의 이해가 종교 이해에 많은 통찰을 제공하고, 종교를 더 잘 이해하는 데 긍정적이고 생산적인 기능을 할 것이기 때문
- 그것은 생명과학에서 종교의 진화나 종교적 행위에 대한 연구는 종교적 믿음을 배제하는 것이 아니라,
- 인간의 종교나 종교성을 이해하는 데 추가적인 관점과 기존의 논의를 넘어서는 확장된 이해를 제시하는 것
- 더 나아가 생명과 인간, 종교와 문화에 대한 열린 태도의 긍정적 입장은 메타인지적 감점을 제공하는 계기

감사합니다!!!

[발표 3]

(임상) 심리학의 역사에서 생명과학은
어떻게 다루어졌는가

| 양재원 교수 |

가톨릭대학교

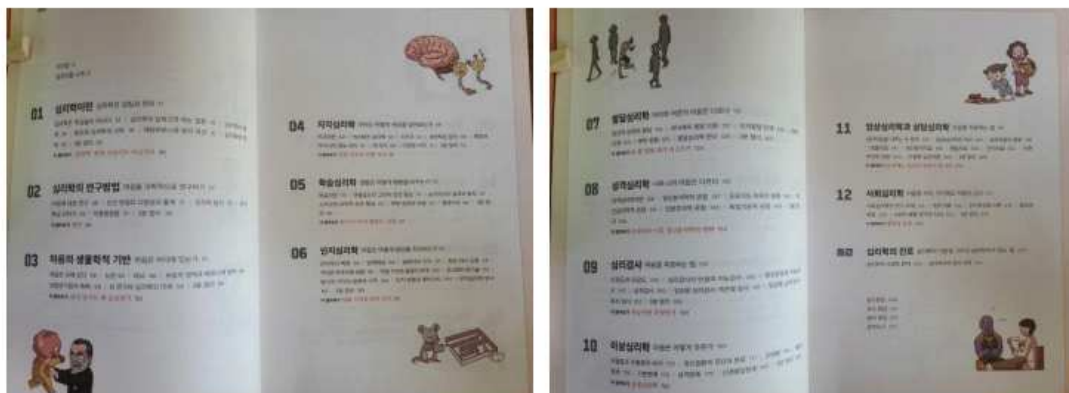


(임상)심리학의 역사에서 생명과학은 어떻게 다루어졌는가

가톨릭대학교 심리학과 양재원

심리학

- 심리학에서의 생명 과학
- 인간 행동의 물리적 기반으로서 생명과학
- ✓ 마음의 생물학적 기반으로서 뇌



출처: <https://m.blog.yes24.com/ggabi76/post/15836608>

심리학

- 심리학에서의 생명 과학
 - 인간 행동의 물리적 기반으로서 생명과학
 - ✓ 인지 과정에 대한 연구

Computer



Hardware

Software

Mind



Hardware = Brain

Software = Cognition

현대 심리학의 태동

- 현대 심리학의 시작
 - Wilhelm Wundt의 심리학 실험실 설치 (1879)
 - ✓ 과학적 방법론으로 감각 과정과 반응 시간 측정



출처: https://en.wikipedia.org/wiki/Wilhelm_Wundt

현대 심리학의 태동

• 현대 심리학의 시작

- Wilhelm Wundt의 심리학 실험실 설치 (1879)

✓ 과학적 방법론으로 감각 과정과 반응 시간 측정

- Emil Kraepelin (1856-1926)

✓ Wundt의 연구실에서 심리학의 실험 연구 방법 수학

✓ 주요 진단체계 소개: 조발성 치매 vs. 조울정신병

✓ 정신장애의 생물학적·유전적 원인의 강조

→ 정신약물학적 치료 강조

정신분석과 무의식의 시대

• Freud의 정신분석

- 20세기 가장 유명하며 논쟁적인 심리학자 (Haggbloom et al., 2002)

Table 1
The 25 Psychologists Most Frequently Cited in the Professional Psychological Journal Literature

Rank	Name	Citation frequency
1	Freud, Sigmund	13,890
2	Piaget, Jean	8,821
3	Eysenck, H. J.	6,212
4	Winer, B. J.	6,206
5	Bandura, Albert	5,831
6	Siegel, S.	4,861
7	Cattell, Raymond B.	4,828
8	Skinner, B. F.	4,339
9	Osgood, Charles E.	4,061
10	Guilford, J. P.	4,006
11	Campbell, Donald T.	3,969
12	Festinger, Leon	3,536
13	Miller, George A.	3,394
14	Bruner, Jerome S.	3,279
15	Crombach, Lee J.	3,253
16	Erikson, Erik H.	3,060
17	Edwards, A. L.	3,007
18	Rutter, Julian B.	3,001
19	Byrne, Donn	2,904
20	Kagan, Jerome	2,901
21	Wolpe, Joseph	2,879
22	Rosenthal, Robert	2,739
23	Underswood, Benton J.	2,686
24	Pavlov, Allan	2,678
25	Rokeach, Milton	2,676

Note. The entire list of the 100 psychologists most frequently cited in the professional journal literature can be accessed on the World Wide Web at <http://edtech.iph.wku.edu/~shagblo/jcl.htm>.

Table 2
The 25 Psychologists Most Frequently Cited in Introductory Psychology Textbooks

Rank	Name	Citation frequency
1	Freud, Sigmund	560
2	Skinner, B. F.	510
3	Bandura, Albert	303
4	Piaget, Jean	240
5	Rogers, Carl	202
6	Schachter, Stanley	200
7	Harlow, Harry F.	175
8	Brown, Roger	162
9	Miller, Neal E.	154
10	McClelland, D. C.	153
11	Erikson, Erik H.	151
12	Milgram, Stanley	146
13	Seligman, Martin E. P.	143
14	Maslow, Abraham	142
15	Bower, Gordon H.	138
16	Kohlberg, Lawrence	128
17	Watson, John B.	127
18	Allport, Gordon W.	124
19	Festinger, Leon	121
20	Lofus, Elizabeth F.	120
21	Zajonc, R. B.	118
22	Pavlov, Ivan P.	117
23	Kagan, Jerome	116
24	Sternberg, Robert J.	114
24.5	Mischel, Walter	114

Note. The entire list of 100 psychologists most frequently cited in introductory psychology textbooks can be accessed on the World Wide Web at <http://edtech.iph.wku.edu/~shagblo/tcl.htm>.

Table 3
The 26 Psychologists Most Frequently Named in the Survey

Rank	Name	Frequency
1	Skinner, B. F.	58
2	Piaget, Jean	33
3	Freud, Sigmund	28
4	Watson, John B.	24
5	Bandura, Albert	23
6.5	James, William	21
6.5	Pavlov, Ivan P.	21
8	Lewin, Kurt	17
9.5	Rogers, Carl	14
9.5	Thorndike, Edward	14
11.5	Festinger, Leon	13
11.5	Hebb, D. O.	13
14.5	Allport, Gordon	11
14.5	Hull, Clark	11
14.5	Miller, Neal E.	11
14.5	Tolman, Edward C.	11
17	Erikson, Erik H.	10
19	Köhler, Wolfgang	9
19	Maslow, Abraham	9
19	Vygotsky, Lev Semenovich	9
21	Amosworth, Mary D.	8
24	Eysenck, H. J.	7
24	Luria, Alexander R.	7
24	Schachter, Stanley	7
24	Simon, Herbert	7
24	Sperry, Roger W.	7

Note. The entire list of 100 psychologists most frequently named in the survey can be accessed on the World Wide Web at <http://edtech.iph.wku.edu/~shagblo/sl.htm>.

정신분석과 무의식의 시대

- **Freud의 정신분석**

- 초기 신경과 의사로서 신경생리학에 대한 관심
 - √ cocaine의 완화 효과에 대한 연구
- 1886년 신경과 개입 이후 임상 경험에 근거한 이론 구축
 - √ 무의식 이론 → 이에 근거한 정신병리 현상 설명과 치료
 - √ 인간 발달 이론
- Freud의 영향
 - √ 1900~1950년대까지 거의 모든 임상심리학자는 정신분석학자
 - √ 정신병리 현상에 대한 생물학적 설명은 사라짐

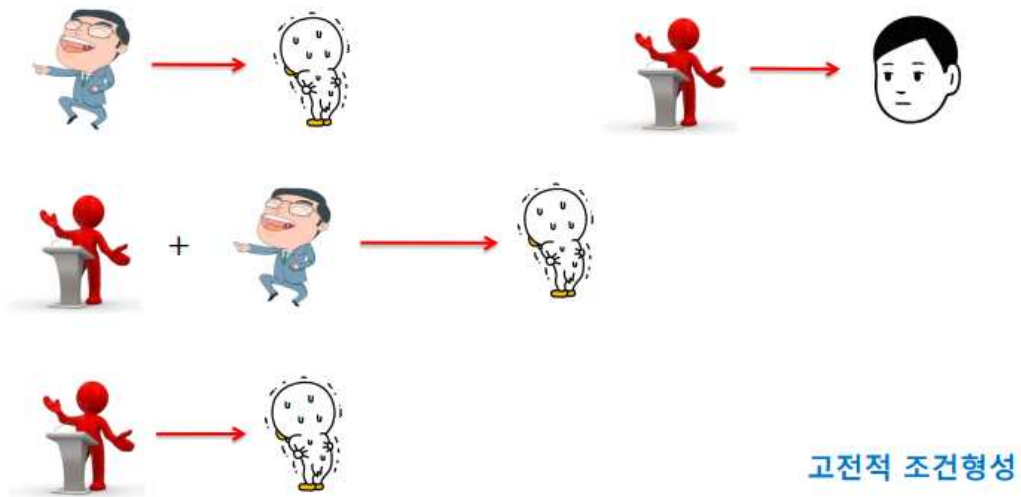
행동주의와 인간 내면의 블랙박스

- **행동주의**

- Pavlov의 고전적 조건 형성
 - √ 새로운 행동의 학습 기제 설명
- Watson과 Rayner(1920)의 Little Albert 실험
 - √ 공포 학습의 기제 설명
- Jones(1924)의 Little Peter 실험
 - √ 역조건형성을 통한 공포 제거
- Wolpe(1948)의 체계적 둔감화

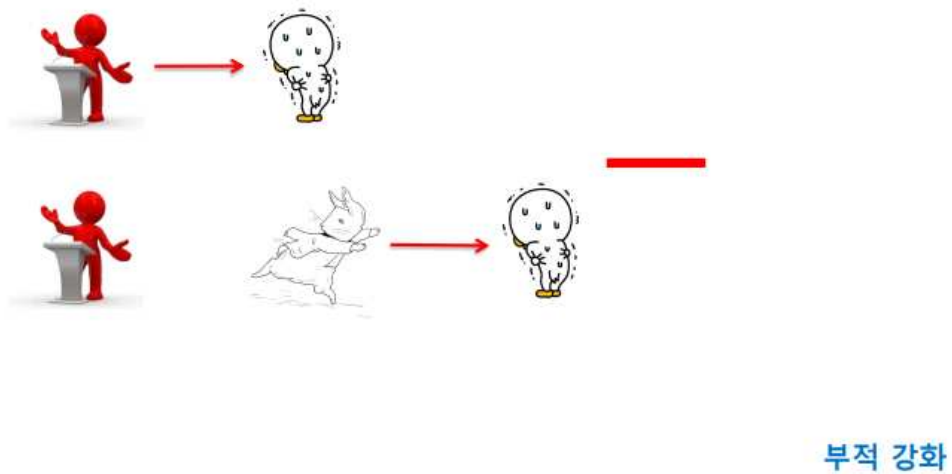
행동주의와 인간 내면의 블랙박스

- 행동주의
 - Mowrer의 2단계 이론



인지행동치료의 모형

- 행동주의
 - Mowrer의 2단계 이론



행동주의와 인간 내면의 블랙박스

- 행동주의

- Watson의 행동주의(1919)

나에게 건강하고 잘 발달한 아이 12명과 그들을 키울 수 있는 나만의 특별한 세상을 준다면, 난 그 어떤 아이든 그 아이의 재능이나 취향, 성향, 능력, 직업과 그 인종에 상관 없이, 내가 선택하는 전문가, 예를 들어 의사, 변호사, 예술가, 상인, 그리고 심지어는 거지나 도둑으로 성장할 수 있도록 훈련시킬 수 있다고 확신한다. 나는 내 사실을 넘어서고 있다는 것을 인정하지만, 반대에 있는 사람들도 마찬가지며, 그들은 수천년 동안 그렇게 해 왔다.

- 행동주의의 영향

- ✓ 과학적 측정과 분석

- ✓ 간명한 이론적 설명과 치료

- ✓ 행동 차원의 설명으로 그 이면의 생물학적 기반에 대한 경시

인지주의 심리학과 신경과학

- 심리학내의 인지 혁명

- 인간 마음을 정보처리의 과정으로 이해하고 설명

- ✓ 인지심리학, 인지과학의 발전

- CT, MRI 등의 기술 발전

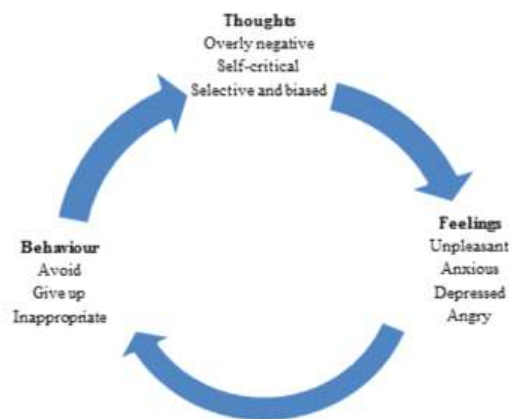
- 심리적 현상이 관찰가능해짐

인지주의 심리학과 신경과학

- 심리학내의 인지 혁명

- 임상심리학에서의 인지적 관점의 발전

- ✓ 역기능적 사고와 인지적 왜곡으로 정신장애를 설명 (Curry et al., 2020)

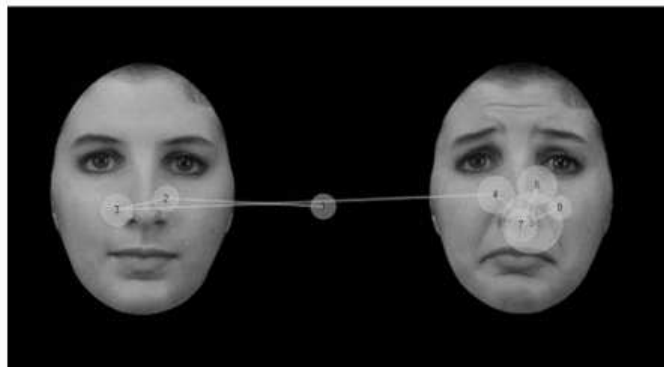


인지주의 심리학과 신경과학

- 정신장애를 인지 및 정보처리의 편향으로 이해

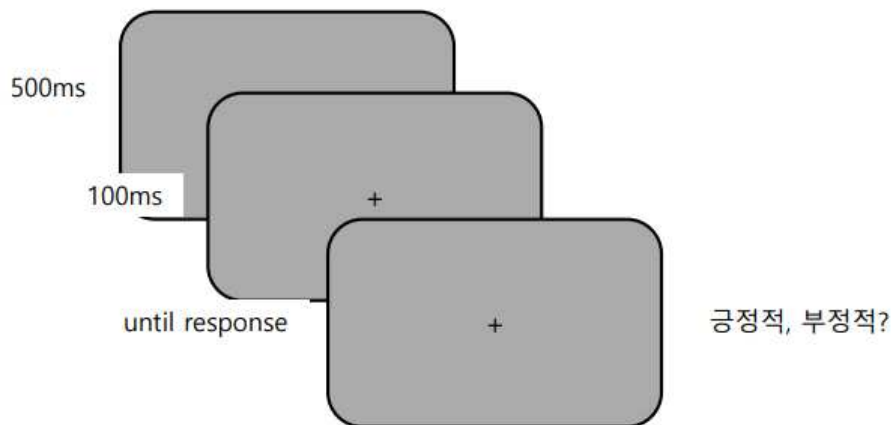
- 주의 편향

- ✓ 부정 정서에 대한 선택적 주의 편향 (Duque & Vazquez, 2015)



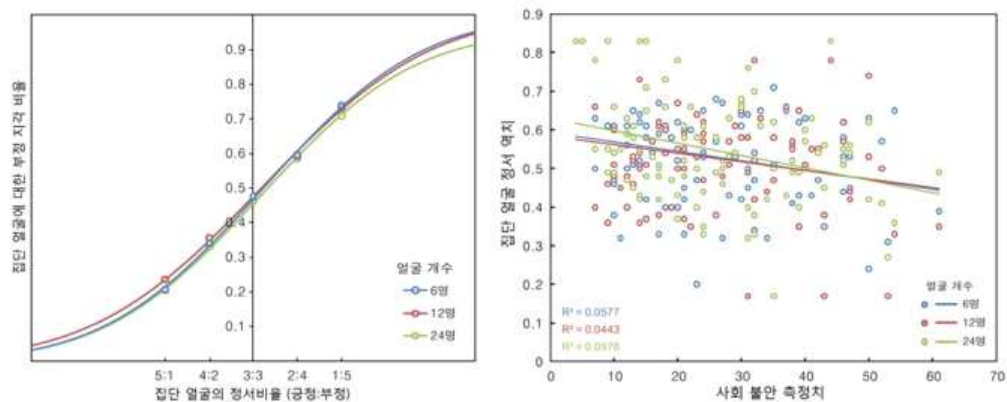
인지주의 심리학과 신경과학

- 정신장애를 인지 및 정보처리의 편향으로 이해
 - 지각/해석 편향
 - √ 외부 자극을 부정적으로 지각/해석하는 편향 (Yang et al., 2013)



인지주의 심리학과 신경과학

- 정신장애를 인지 및 정보처리의 편향으로 이해
 - 지각/해석 편향
 - √ 외부 자극을 부정적으로 지각/해석하는 편향 (Yang et al., 2013)

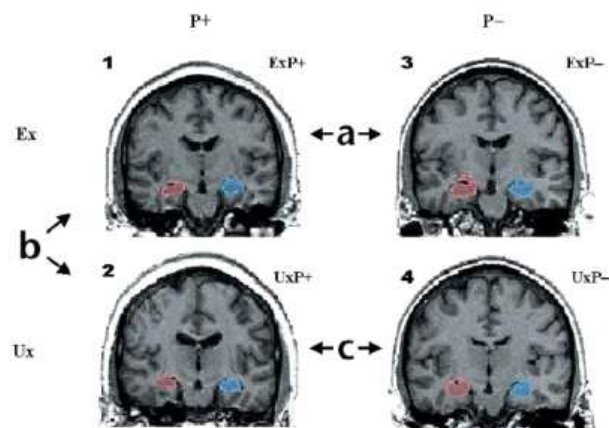


인지주의 심리학과 신경과학

- 정신장애의 생물학적 기반 연구

- 정신장애의 취약성

- √ 해마(hippocampus) 크기와 PTSD (Gilbertson et al., 2002)

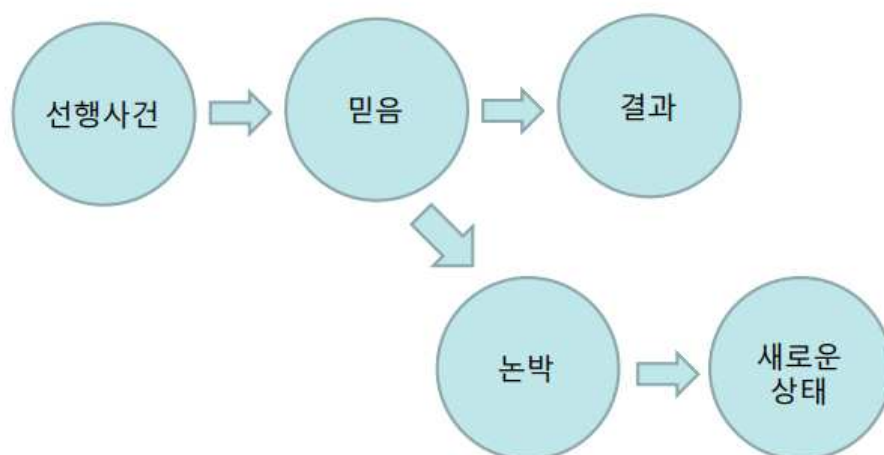


인지주의 심리학과 신경과학

- 인지적 관점에서 치료적 개입

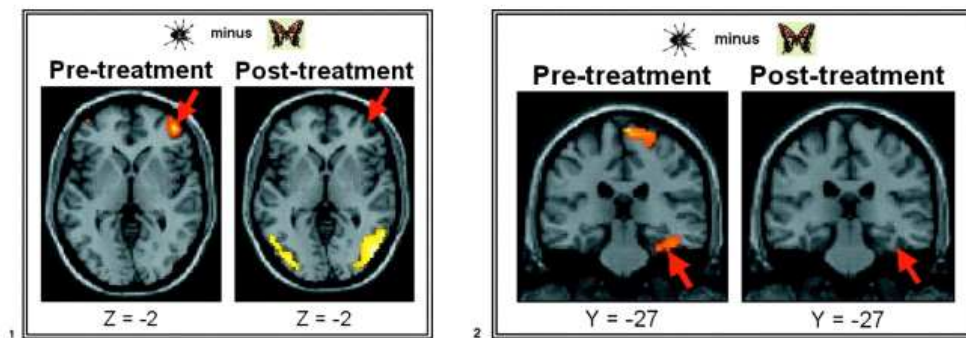
- 인지 치료

- √ 왜곡된 인지의 수정 (Ellis, 1957)



인지주의 심리학과 신경과학

- 인지적 관점에서 치료적 개입
 - 인지 치료
 - ✓ 인지치료 후 뇌 활동의 변화 (Paquette et al., 2003)



정신장애에 대한 새로운 모형

- 생물학과 심리학적 관점의 융합
 - 생물심리사회모형 (bio-psycho-social model; Engels, 1977)
 - ✓ 정신장애에 대한 의학적 모형
 - ✓ 심리사회적 설명과 개입
- 생물(의사) + 심리(임상심리학자) + 사회(사회복지사) 통합적 개입 제안

진화적 접근

- 인간 행동에 대한 진화적 관점

- Darwin

- ✓ 인간의 유래와 성선택 (1871)

- ✓ 인간과 동물의 감정 표현 (1872)

- 사회과학계의 진화론에 대한 평가

- ✓ 생물학적 결정론

- ✓ 우생학과 제국주의에 대한 비판

- 진화론에 대한 거부감 + 행동주의적 접근에 대한 선호

진화적 접근

- 진화론의 복원과 심리학

- Wilson의 사회생물학

- 심리학에서 진화론의 의의

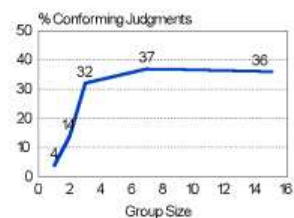
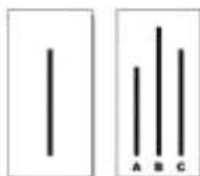
- ✓ 인간의 사회적 행동의 궁극원인에 대한 설명

- ✓ 예: 동조 행동 연구 (Asch, 1951, 1956)

- 동조 이유? 집단 압력에 대한 굴복

- 집단 압력 굴복 이유? 사회적 배척에 대한 두려움

- 사회적 배척이 두려운 이유? ...???

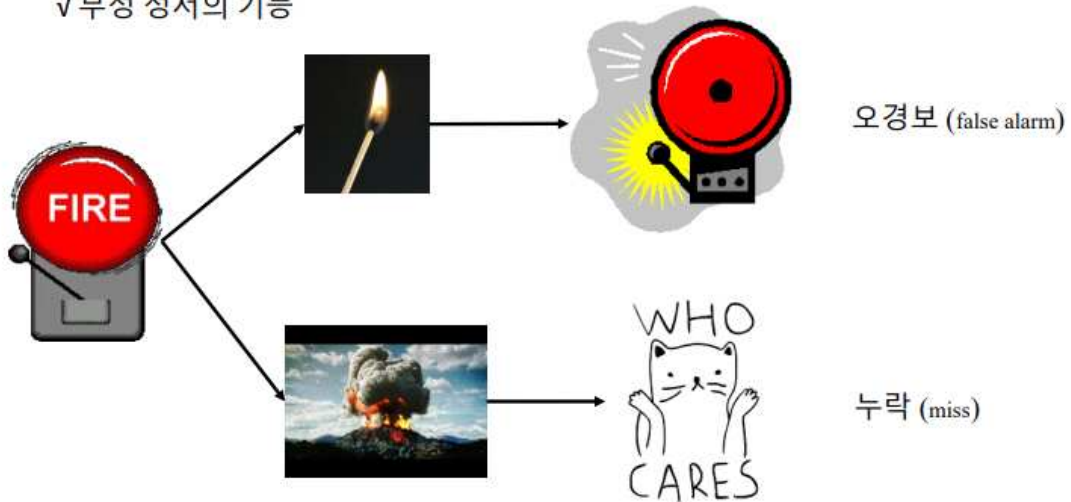


진화적 접근

- 진화론적 관점에서 정신장애의 설명

- 화재 경보기 이론(Nesse, 2001)

- ✓ 부정 정서의 기능



(임상)심리학의 미래에서 생명과학

- 심리학 내의 생명과학과 진화론

- 심리학 내에서 생명과학의 역할 확대

- 심리학자의 의문과 추후 과제

- ✓ 진화적 관점의 실험적 검증 가능성?

- ✓ 생물학적 결정론?

- ✓ 진화적 관점이 정신장애의 치료에 어떤 도움을 줄 수 있을까?

[발표 4]

과학사와 교양과학 교육

| 조은희 교수 |

조선대학교

과학사와 교양과학 교육

- 역사적 접근을 통한 과학적 소양의 함양 방안

조선대학교 생물교육과
조은희

차례

1. 과학 논문과 교과서에서 알기 어려운 것
2. 교양과학 교육의 목표 - 과학적 소양의 함양
3. 역사적 접근을 통한 교양과학 교육의 필요성
4. 과학적 소양의 함양을 위한 과학사적 접근 방법 제안

1. 과학 정보

- 전문 학술지에 발표된 과학 논문
- 과학 교과서
- Preprint Server에 공개된 논문
- 언론 매체의 과학 기사
- 개인 블로그, 유튜브, 그밖의 SNS ...

3

1.1 검증되지 않은 과학 정보의 유통

- 과학 공동체에 의한 지속적인 논문의 검증 → 과학 지식에 대한 신뢰의 기반

일단 논문이 나가면 그것은 과학이라는 큰 방을 만드는 데 하나의 벽돌로 쓰이게 되고 다른 사람들에게는 토대가 되는 것이다. 어떻게 보면 그것은 흰개미집과 같아서 방을 더 내고 부서진 곳을 수리하면서 성의 일부를 열심히 쌓는 것과 같다. 결국 나중에 보면 후손들이 우리의 연구를 토대로 그 일을 계속하거나 아니면 다 망가뜨리거나 다른 것을 짓는 수가 있다. 그러나 우리가 한 일이 모든 사람들에게 공개되고 그들의 뜻에 따라 새로운 것을 만들어 갈 때에만 과학은 지속된다.

- 셸스턴 & 페리 2003 (유은실 옮김 2004), 유전자 시대의 적들, (주)사이언스북스, 334쪽

- 사회적 관심이 높은 주제에서는 특히 관련 논문 하나가 발표되자마자 곧바로 언론 매체를 통해 또는 SNS를 통해 순식간에 유통
- 부실한 정보 + 가짜 정보까지 → Infodemic

4

1.2. 과학 논문의 특성 - Tian, Boyd, & Beckwith, 2000

Tian, H., Boyd, D., & Beckwith, J. (2000). A mutant hunt for defects in membrane protein assembly yields mutations affecting the bacterial signal recognition particle and Sec machinery. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(9), 4730-4735.

약 10년 전에 우리는 막 단백질 조립에 결함이 있는 대장균 돌연변이를 분리하기 위한 유전적 선택 방법을 개발했다. 우리가 사용한 균주는 β -갈락토시다아제가 세포질 막 단백질 **MalF**의 큰 원형질체 영역에 융합된 채로 발현되었다. 그 결과 생성된 융합 단백질은 β -갈락토시다아제의 일부가 주세포질 영역으로 내보내지고, 일부는 세포막에, 세 번째 부분은 세포질에 삽입되었다. 놀랍게도 이 단백질은 β -갈락토시다아제 활성을 나타내지 않았다. 우리는 막 단백질 삽입에 필요한 유전자에 돌연변이가 생기면 β -갈락토시다아제가 세포질에 위치하여 효소 활성을 지니고 뒷단에서 성장할 수 있을 것으로 예상했다. 그러나 이 융합단백질을 발현하는 대장균 균주에서 **Lac+** 돌연변이체를 선택하면 이항화 결합 형성을 방해하는 돌연변이체만 생성되었다. 우리는 아형형에서 이항화 결합이 β -갈락토시다아제의 내보내 부분에 형성되어 β -갈락토시다아제의 막 통과 구조가 안정화되고 비활성화되는 것으로 추측했다. 이항화 결합 형성 경로의 비활성화는 β -갈락토시다아제의 막 통과 구조를 불안정하게 만들어 β -갈락토시다아제가 효소적으로 활성화된 세포질로 수송될 수 있게 했다. 이 가설은 이항화 결합을 끊을 수 있는 환원제인 **DTT**를 첨가하면 이 융합 단백질에 β -갈락토시다아제 활성을 회복시킬 수 있다는 관찰에 의해 뒷받침되었다.

이 **Lac+** 유전자 선택을 통해 이항화 결합 형성에 필요한 두 개의 유전자, 즉 **dsbA**와 **dsbB**에서 돌연변이를 얻었다. 이와 같은 선택 방법을 광범위하게 활용하여 유전자에 종결코돈을 도입하거나 단백질의 필수 시스템인 전기 두 개 중 하나를 제거하는 표현형적으로 완전하게 기능을 상실한 돌연변이를 반복적으로 생성했다. **Lac+** 선택은 최대 수준의 β -갈락토시다아제 활성을 요구하며, 이는 다시 이항화 결합 형성 경로의 완전한 비활성화를 필요로 하는 것으로 나타났다.

우리는 **DsbB**와 **DsbA** 유전자의 구조와 기능에 대한 분석을 수행하는 데 관심이 있었다. 또한 이항화 결합 형성에 비교적 적은 영향을 미치는 다른 유전자의 돌연변이도 찾고 있었다. 이러한 목표는 우리가 사용하던 유전자 선택 방법으로는 달성할 수 없을 것 같았기에, 우리는 더 막한 돌연변이를 찾기 위하여 접근 방식을 수정하였다. **Lac+** 클로니를 선택하는 대신 β -갈락토시다아제 활성이 융합 단백질에서 부분적으로 회복된 변이체를 선별하기로 했다. 이 논문에서는 이 스크리닝 절차로 얻어진 돌연변이에 대해 논하고자 한다. 우리는 **dsbA**와 **dsbB**에서 막한 돌연변이를 추가로 발견했다. 또한 이 프로젝트의 원래 목표였던 막단백질 삽입에 영향을 미치는 유전자의 돌연변이도 확인했다. 이러한 돌연변이는 막테라아 신호 인식 입자(SRP)의 RNA 구성 요소인 **4.5S RNA**를 코딩하는 **fts**와 **SecA**와 상호 번역적으로 결합된 단백질을 코딩하는 유전자 **X**에서 발생했다. 막단백질 삽입에 결함이 있는 돌연변이를 선별하는 방법에 의해 SRP에서 분리된 돌연변이를 살펴보면, 막 단백질 삽입 과정에 민감한 분석법을 사용하여 이러한 돌연변이가 여러 막 단백질의 조립에 영향을 미친다는 것을 보여주려고 한다.

5

1.2. 과학 논문의 특성 - 과학 논문에서 알 수 없는 것(Beckwith의 회고)

- 이전의 학술지들에서는 논문 게재를 거부
 - 학술 논문이라기 보다 "과거의 이야기"나 "개인적인 회고록" 같다는 심사평
- 서론에서 연구 과정에서의 우여곡절을 있는 그대로 서술
 - '맨처음 A를 하려고 실험을 시작했는데 B가 나왔고 B를 조사하다 보니 C를 알게되었고 C에 의해서 D를 얻었는데 이 D를 연구하면서 이것이 애초의 A와 관계있다는 사실을 알게되었고, 그 결과 D가 A의 기능에 어떤 작용을 하는지 살펴보게 되었다'
- 과학적 발견이 대부분의 논문에서 서술된 것처럼 단선적인 과정으로 이루어지는 것은 매우 드문 일임에도 불구하고 이와 같은 양식으로 과학논문이 작성되는 것은 과학이 합당한 수준 이상으로 인정되는 과학의 신화를 강화한다고 생각
- 말끔하고 논리정연하게 작성된 설득력 있는 논문은 다른 사람들에게 영감을 줄 수 있으나 과학 연구가 진행되는 과정에 중요하게 작용하는 인간적 요소, 편향과 잘못된 요소, 놀라운 발견, 직관과 열정은 누락되어 반쪽만 제시하게 되는 것

6

1.3. 과학 교과서의 기술 방식 - Kuhn, '과학혁명의 구조' 서론에서

- 과학 교과서는 과학이 진행되어온 방식을 그대로 기술하기 보다 당대의 지식 체계를 논리적으로 재구성하여 과학 연구가 진행된 과정이 직선적이고 누적적으로 보이게 한다
- 이와 같은 과학 교과서의 집필 양식은 이를 기반으로 생산되는 대중 과학 서적이나 과학 철학 저서에서도 그대로 답습된다
- 이와 같은 과학 저서를 통해서 얻은 과학의 개념은 실제 과학 활동과는 잘 맞지 않아 과학에 대한 올바른 이해를 저해한다
- 이에 대한 문제의식에서 '과학혁명의 구조'를 집필하게 되었다

7

2. 과학적 소양의 함양 - 교양과학 교육의 목표

- 과학적 소양
 - 자료와 증거를 과학적으로 분석하고 활용하여 일상의 문제를 해결할 수 있는 역량
 - 과학지식의 습득 보다 **과학에 대한 이해**를 강조
- 과학적 소양의 함양을 위한 단계별 목표
 - 1단계 - 모든 사람들이 과학자들이 보는 세상의 모습을 개략적으로 이해한다.
 - 2단계 - 모든 사람들이 과학적 사고력 및 문제해결 능력을 갖춘다.
 - 3단계 - 모든 사람들이 과학 연구 성과에 대한 평가와 판단 능력을 갖춘다.
 - 4단계 - 모든 사람들이 과학적 사유 방식으로 일상의 문제를 해결한다.

(Alberts, B. (2022). "Why science education is more important than most scientists think", FEBS letters, 596(2), 149-159.)

8

2.1. 과학적 소양에 대한 성취 기준 (교양 과학 수업)

Gormally, et al., (2012). "Developing a test of scientific literacy skills (TOSLS): Measuring undergraduates' evaluation of scientific information and arguments", CBE—Life Sciences Education, 11(4), 364-377.

- 편향성, 표본의 크기, 무작위화, 실험적인 제어 등 실험설계의 강점과 약점을 식별한다,
- 확률, 백분율, 빈도를 계산하여 결론을 내리는데 활용한다.
- 자료의 불확실한 정도를 수치화하기 위해 통계가 필요하다는 점을 이해한다.
- 특정한 유형의 자료가 주어졌을 때 이를 시각적으로 적절하게 표현하는 양식을 선택한다.
- 시각화된 자료를 해석해서 연구에 대한 결론을 내린다.
- 자료출처의 유형을 통해 편향된 자료, 권위 있는 자료, 믿을 수 있는 자료를 구별할 수 있다.
- 과학적 증거의 조건을 이해하고, 과학적 증거가 가설을 지지하는지 여부를 판단한다.
- 자료를 해석하고 실험 설계방법을 비판적으로 분석하여 가설을 평가하고 논증 과정의 오류를 찾아낸다.
- 타당하고 윤리적이며 과학적으로 행동하는 것이 무엇인지 알고, 정부, 기업, 대중매체가 적절하게 과학에 근거하여 편향이나 정치 경제적 압력 없이 사회적 결정을 내리는지 확인한다.

9

2.2. 과학적 소양을 지닌 대학생들의 행동 특성

Vandegrift et al., (2020). "Defining science literacy in general education courses for undergraduate non-science majors", Journal of the Scholarship of Teaching and Learning, 20(2), 15-30

- 과학 연구가 진행되는 과정을 이해한다.
(과학자들은 어떻게 문제를 제기하고 어떤 과학적 방법을 적용하여 답을 찾는지 등)
- 과학적인 질문과 비과학적 질문을 구별한다.
- 과학의 불확실성을 받아들인다.
- 추론 과정에 사용된 숨은 가정을 파악할 수 있다.
- 상관관계를 보여주는 자료와 인과관계를 검증하기 위한 실험 결과의 차이를 이해한다.
- 수집한 양질의 정보를 바탕으로 의사결정을 내리거나 의견을 형성한다.
- 새로운 정보가 수집되면 이를 이용하여 예전에 내린 결론을 점검하고 수정한다.
- 믿을 수 있는 과학 정보를 찾을 수 있다.
- 관심 있는 정보를 찾아 그 정보의 질을 판단할 수 있다.
- 주어진 정보가 믿을 수 있는 과학 정보인지 의견, 추측, 거짓 또는 광고성 조작인지 구분한다.
- 언론이나 대중적인 과학 잡지에서 과학적 정보를 설명하는 그래프와 도표를 읽고 이해한다.
- 대중매체에서 다루는 과학을 이해한다.

10

2.2. 과학적 소양을 지닌 대학생들의 행동 특성 (계속)

- 논증을 뒷받침할 수 있는 증거를 요구한다.
- 보편적인 진리라고 알려진 주장에 의문을 제기한다.
- 비판적으로 생각하고 충분한 정보를 근거로 결론을 내린다.
- 논리적 오류에 잘 빠지지 않는다.
- 뒷받침되거나 검증되지 않은 주장은 기각한다.
- 비판적이고 회의적인 시각으로 사회적 쟁점을 바라본다.
- 다른 사람의 견해를 객관적으로 평가한다.
- 자신의 견해를 비판적으로 성찰한다.
- 사람들이 과학 정보를 그릇되게 전달하는 경향성과 이유를 이해한다.
- 주변의 흔한 사회적 쟁점들이 비판적이고 회의적인 시각으로 바라보면 해결될 수도 있다는 사실을 인지한다.
- 사회적으로 특히 중요한 과학 쟁점을 개략적으로 이해한다(에너지, 기후, 생명공학, 유전체학 등).
- 일상생활에서 과학이 수행하는 역할과 과학의 관련성을 이해한다.
- 기술적 진보가 기초 과학의 발견을 기반으로 한다는 사실을 이해한다.

11

3. 역사적 접근을 통한 과학적 소양 교육

- (1) 과학 연구 과정에 대한 이해
- (2) 과학 정보에 대한 평가 및 판단
- (3) 비판적 사고의 증진
- (4) 과학, 기술, 사회의 연관성 이해

12

3.1. 과학 연구 과정에 대한 이해

- 과학자들이 복잡한 자연현상이나 생명현상을 파악하기 위해 어떤 문제를 제기하며, 제기된 문제는 또 어떤 방법으로 해결하는지 습득
- 교과서 또는 탐구 활동을 통해 습득하는 과학 연구 과정
 - 대체로 너무 단순화되어 있어 실제 과학 연구가 진행되는 과정과는 상당한 차이
 - 과학적 방법을 도식적으로 적용해서 해결할 수 있는 문제는 그리 많지는 않음
- 과학사의 사례 학습
 - 특정한 연구 결과를 지금의 시점에서 해석하여 의미를 부여하는 방식이 아니라
 - 어떤 맥락에서 어떠한 과정으로 연구가 진행되었는지 당대의 시각에서 이해
 - 과학 연구의 진행 모습을 사실적으로 이해 - 과학 연구가 연구 방법을 대입하면 공식대로 결론에 도달하는 것이 아님을 학습
 - 과학자들이 그와 같은 질문을 하게된 배경은 무엇이며
 - 제기된 질문은 어떻게 해결되었는지
 - 문제 해결을 위해 어떤 자료를 수집하였고
 - 이들 자료를 수치화해서 정량적으로 분석한 방법은 무엇인지
 - 이들이 선택한 방법이 왜 그 문제를 해결하기에 적절했는지
 - 이를 통해 무엇을 알았고 또한 아직 해결되지 못한 부분은 무엇인지 ...

13

3.2. 과학 정보에 대한 평가 및 판단

- 과학은 과학자들의 집단 지성이 오랜 시간 의심하고 검증하여 구축한 체계
- 과학정보 확산 과정의 변화
 - 예전에는 일반 사람들에게 알려진 과학지식은 이미 학계에서 충분히 검증된 이론
 - 요즈음 새로운 논문이 한 편 발표될 때마다 다양한 매체에 의해 그 결과가 일반인에게도 공유
- 과학사의 사례 학습
 - 엄선된 역사적 사례와 관련 논문을 통해 지금의 지식 체계가 구축되는 과정을 이해
 - 과학적 아이디어가 어떻게 발전하고 어떤 상황에서 위기에 이르게 되며 변화를 겪는지를 살펴봄으로써 과학을 고립된 사실의 모음이 아닌 동적인 변화의 과정으로 인식
 - 과학자들이 왜 그런 개념을 생각하게 되었는지 그리고 그 개념을 확장하고 정교화하는 과정에서 어떤 어려움과 실수가 있었으며, 이를 어떻게 해결했는지 알아가면서 자신들이 가졌던 오개념을 바로잡아가면서 새로운 과학 지식을 체계적이고 통합적으로 이해
 - 주어진 정보가 믿을 수 있는 과학적 정보인지 단순한 의견이나 추측인지 구분
 - 자료의 불확실성을 수치화하기 위해 통계적인 방식이 어떻게 사용되었는지, 어떤 제한 조건이 제시되었는지, 추론 과정에 숨어 있는 가정은 없는지, 자료를 통해 상관관계를 알 수 있는지 또는 인과 관계가 검증된 것인지...

14

3.3. 비판적 사고의 증진

- 과학자들이 연구하는 태도를 체득
 - 연구 방법, 실험 설계, 데이터 분석, 결론을 늘 의심하고 다른 가능성을 고려하는 비판적 태도
 - 제시된 정보가 충분한 증거가 되는지, 또 다른 증거는 없는지, 이 증거가 저자의 결론을 충분히 뒷받침하는지, 논리적인 오류, 다른 해석의 가능성은 없는지 등등을 일상적으로 회의하고 검토하는 태도
- 과학사의 사례 학습
 - 과거 과학자들이 사용한 방법, 추론 및 근거를 탐구하고 그들의 결론의 타당성을 평가하며 현대적인 과학 지식과 비교
 - 논문 발표 당시에 알려진 사실을 바탕으로 결과를 분석한 다음, 그 이후 알려진 새로운 정보를 더했을 때 논문의 결론과 의미는 어떻게 달라질 수 있을지 탐구
 - 당시에 알지 못했던 숨어 있는 가정, 편견, 잠재적 한계를 찾아서 연구의 오류, 모순, 약점을 검토
 - 성공 사례뿐만 아니라 실패한 사례들에 대해 논의하고, 잘못 세워진 가설이나 편향된 해석 등에 대해 비판적으로 검토
 - 누구든 잘못된 가정을 하거나 편견이나 논리적 오류에 빠질 가능성이 있음을 인정하고 무조건적인 의심이나 회의가 아닌 건강한 회의를 바탕으로 더 나은 결론을 지향

15

3.4. 과학, 기술, 사회의 연관성 이해

- 과학은 역사적 사회적 맥락에 속에서 진행되는 사회적 활동
- 역사적 접근을 통해
 - 과학 연구 성과의 양면성을 파악하고 과학 연구가 환경, 공중 보건, 건강 관리 등과 관련한 사회적 정책 결정에 영향을 미친 사례를 학습
 - 사회적 책임을 이해하고, 과학적 연구의 윤리, 환경적 영향, 과학 기술의 공정한 사용 등에 대해 인식
 - 과학 연구가 정부, 사회, 기업 등의 기구와 다양한 방식으로 긴밀하게 연결되어 있음을 학습
 - 정부나 사회, 기업 등이 적절하게 과학에 근거한 결정을 내리는지 감시
 - 현대 사회에서 과학기술과 관련된 여러 사회적 문제들을 근원적으로 이해하고 해결책을 모색하는 활동에 적극 참여하여 적절한 과학적 정보에 기반한 사회적 의사결정을 내릴 수 있는 역량을 함양

16

4. 과학적 소양의 함양을 위한 과학사적 접근

1. 각각의 과학 연구의 진행 과정을 당대의 시각에서 있는 그대로 소개한다
(→ 연구 과정에 대한 이해)
2. 과학자 집단의 활동으로 과학 지식 체계가 확립되는 과정을 강조한다
(→ 과학에 대한 이해와 판단)
3. 논문에서 제시된 연구 문제, 자료, 결론 등을 비판적으로 검토한다
(→ 비판적 사고)
4. 사회적인 그리고 문화적인 맥락과 연결한다
(→ 과학과 기술, 사회의 연관성)
 - 학습의 범위를 줄이되 흥미와 호기심 유발에 초점을 둔다
→ 평생학습의 기반 제공

[발표 5]

생명과학에서 배우는 ‘양적추론’ 능력

| 박희문 교수 |

충남대학교

2023 연세대 리베르타스 교양교육 심포지움

생명과학에서 배우는 ‘양적추론’ 능력

2023. 6. 8

박희문 (충남대학교)

1

2023 연세대 리베르타스 교양교육 심포지움

1. 서론

● 양적추론(QR, Quantitative Reasoning) - by Elrod (2014)

- ✓ 기초수학 능력을 이용하여 일상의 양적 정보(quantitative information)를 특정 분야 또는 학제 간 맥락에서 분석/해석
 - 삶에 유의미한 결론 도출 (수학 그 자체는 아님)
- ✓ 문제 해결 과정에서 수식/도표/통계결과 등을 해석하여 판단의 기초로 활용하는 능력 함양
 - 이를 통해 논리적 사고와 추론 능력 개발
- ✓ 디지털 혁명과 지식정보화 시대에 전공과는 무관하게 대학생이 배워야 하는 기본 능력이자 대학 교양의 기초교육 (김혜영, 이은하, 2019)

2

2023 연세대 리베르타스 교양교육 심포지움

1. 서론

● 양적추론 관련 (국내)동향

- ✓ 국내·외 대학교의 양적추론 프로그램 개설 및 운영 현황 (김혜영, 이은하, 2019)
- ✓ 교양기초교육으로서 양적추론 교과목의 학습구성요소 등에 대한 연구 (김혜영, 2021)
- ✓ '양적추론 프로그램 개발 방안 연구' (최병문 외, 2021, 교기원)

● 오늘의 검토/논의 내용

- ✓ 기 개발된 '생명과학' 관련 양적추론 학습자료 중심 - 교과목 운영에서 고려되어야 할 사항
 - 전공 수학과 졸업 후 활용할 수 있는 지식과 실용능력을 함양하는 대학교양교육과정 안착에 기여

3

2023 연세대 리베르타스 교양교육 심포지움

2. 자연과학과 양적추론

● 중세대학 학예학부 교육과정

- ✓ 3학(trivium: 문법, 수사, 논리), 4과(quadrivium: 대수, 기하, 음악, 천문)
 - 인간답게 만들어 주는 바탕(언어)에 대한 기술(3학) 숙달 후, 심오한 세계의 본질 이해에 필요한 숫자를 통한 교육(4과)
- ✓ 4과는 수학과 자연학 중심으로 구성되었으나 현재의 'Science of Nature'를 다룬 것은 아님
- ✓ 13C 후반 - 형이상학, 자연철학, 도덕철학(윤리학) 추가 (송성수, 2022)
 - 이 시기 자연철학 학위취득용 필수도서에 다양한 과학도서 포함

자연철학 학위용 필수도서 - '자연학', '천체에 관하여', '기상학', '동물에 관하여', '영혼에 관하여', '생성과 소멸에 관하여', '감각과 감각대상에 관하여', '수면과 건기에 관하여', '기억과 회상에 관하여', '살과 죽음에 관하여', '식물에 관하여' 등

4

2023 연세대 리베르타스 교양교육 심포지움

2. 자연과학과 양적추론

● 과학교육과정 확립 - 자연과학이 포함된 학예교육 발달

- ✓ 4과와 무관하게 의학부에서 독립적으로 확장
 - 고대 식물학 → 중세 약초학 → 16C 일반 과학으로 재건
 - 해부학, 동물학 및 식물학이 의학부가 제공하는 생물학 교육으로 발전
- ✓ 근대 초기 대학 (18세기 말엽) - 4개 학부로 구성 (김동규 외, 2021)
 - 상위학부(신학부, 법학부, 의학부) - 대중의 욕망을 충족시켜 줄 전문가 양성
 - 하위학부(철학부) - 유용성보다 진리 중시

철학부 - 역사, 지리, 언어 및 고전연구 등의 ‘역사적 지식’을 다루는 분과와 순수 수학과 순수 철학 (자연형이상학, 윤리형이상학)의 ‘순수이성 지식’을 다루는 분과로 구성

5

2023 연세대 리베르타스 교양교육 심포지움

2. 자연과학과 양적추론

- ✓ 19C 과학부흥을 이끈 의학
 - 16,17C 이태리와 네덜란드 과학전성기의 실험과학 영향으로 18C 후반 대학에서 비약적 발전
 - 근대 초기 데카르트 과학모델(Cartesian Model of Science) 최초로 채택

Cartesian Model of Science: 데카르트는 “자연은 정확한 **수학적 법칙**에 의해 지배되는 완전한 기계”로 보는 기계적 철학(mechanical philosophy)” 제시 - 즉, 자연은 눈에 보이지 않는 미세한 물질로 이루어져 있으며, 자연 현상이란 이런 물질들의 운동에 의해서 일어난다고 전제하고, 각종 자연현상을 미세한 물질들의 직선 운동과의 충돌로 설명

2023 연세대 리베르타스 교양교육 심포지움

2. 자연과학과 양적추론

● 철학, 수학 그리고 (자연)과학

✓ 철학

- 인본주의와 종교개혁 시대 과학개념의 기본 제공
- 18C 계몽주의시대 학문 재구조화에 영향

✓ 17C부터 수학적 용어로 자연의 내부구조를 이해토록 변화 유도

- 16C 아리스토텔레스 철학(질료 형상설 모형)으로 기술했던 자연의 내부구조를 수학적 용어로 기술

✓ 중세 후기 철학 과정 - 논리학, 윤리학, 형이상학 및 자연학으로 구분

- 자연학에 자연과학 영역 포함

16C 르네상스기: 대학 수학이 발전하여 상위학부 진학자는 초보적인 수학 지식 학습

16/17C 아리스토텔레스 자연학: 수학적 내용이 거의 없이 언어 논리에 크게 의존하는 학문. 수학은 철학과 무관한 학예학과 과학의 하이브리드 과목으로 인식

2023 연세대 리베르타스 교양교육 심포지움

2. 자연과학과 양적추론

● 천문학(물리학)과 수학의 동거

✓ 15C 후반 르네상스기 천문학에 수학적 기술과정 도입

- 수학(기하학, 극소수 등)의 발전은 인상주의적 지식분야인 천문과학에 계산과 제어능력 도입

✓ 데카르트 수학자들 - 수학(기하학)을 기반으로 물리학 과정 시작

- 뉴턴의 우주론이 대학교육에 편입되면서 수학(기하학, 미적분학)이 물리학의 선수과목이 됨

● 철학과 물리학(자연학)의 분리

✓ 18C 후반 창안된 수리물리학

- 철학과 물리학 분리의 단초 제공 - 물리학을 철학에서 분리해야만 해결될 수 있는 논리적 문제 제기.

2023 연세대 리베르타스 교양교육 심포지움

2. 자연과학과 양적추론

● 교육사적 맥락에서 본 현대 자연과학(Natural Sciences)의 성립

- ✓ 수학적 개념과 실험과학의 도입 없이는 불가능
 - 기초 수학 및 통계학을 이용하여 일상에서 발생하는 실제 데이터를 해석하고 결론을 도출하여 학제 간 맥락 안에서 문제를 해결하려는 양적추론과 학문적 궤 동일

9

2023 연세대 리베르타스 교양교육 심포지움

2. 자연과학과 양적추론

● 양적추론과 자연과학 교육

- ✓ 양적추론 학습방법 3단계(김혜영, 2021)
 - 자연과학의 일반적 탐구체계와 유사/ 교양과학수업에서 가르쳐야 할 9 가지 사항 포함
 - <1단계: 문제 인식 및 학습>- 이 질문을 통해서 해결하고자 하는 것은 무엇인지 이해하기/ 양적 접근 방법으로 해결할 수 있는 문제인지 판단하기/ 질문을 명확하게 정의하고, 관련 지식 공부하기
 - <2단계: 탐구 및 자료 해석>- 문제해결에 필요한 데이터를 정하고 수집하기/ 추정, 수학적 모델링, 데이터 분석에 필요한 가정 설정하기/ 모델을 만들고, 양적으로 해석하고, 추론을 도출하기
 - <3단계: 결론 도출 및 소통>- 결과를 해석하여 결론을 도출하고, 검토하기/ 수학적 통계적 방법의 한계를 인식하기/ 요약문 작성하고 의견 나누기

10

2023 연세대 리베르타스 교양교육 심포지움

2. 자연과학과 양적추론

✓ 교양과학수업에서 가르쳐야 할 9가지 사항 (Osborne 등, 2003)

- | | |
|--|-------------------------------------|
| ① scientific method & critical testing | ② creativity |
| ③ historical development | ④ science & questioning |
| ⑤ diversity of scientific thinking | ⑥ analysis & interpretation of data |
| ⑦ science & certainty | ⑧ hypothesis & prediction |
| ⑨ cooperation & collaboration | |

- 자연과학 분야의 탐구과정 또한 양적추론의 학습 단계와 궤를 같이 함

✓ 양적추론 - 의사소통 능력과 유사하게 교과과정 전반에 중요한 위치를 차지하는 기초교육

- 수학을 중심으로 여러 학문분야(학과)에서 개설 가능(김혜영, 2021).

11

2023 연세대 리베르타스 교양교육 심포지움

3. 생명과학과 양적추론

● 생명과학 교육이 목표로 하는 핵심역량 (AAAS, 2011; 박돈하, 2017)

✓ 모든 학생을 위한 생물학교육 방안연구'가 제시한 6가지 핵심역량(Core Competencies)

- ① '과학적 프로세스 적용 능력' - 데이터 분석과 가설 설정을 통한 분석적 사고와 창의력 개발
- ② '정량적 추론 능력' - 통계 및 수학적 모델링을 통한 분석 및 추론 능력 개발
- ③ '모델링과 시뮬레이션 능력' - 통계와 컴퓨터(전산생물학, 또는 생물정보학) 사용능력(알고리즘) 개발
- ④ '학제간 융합성격 이해 능력' - 독립적 창의력 개발
- ⑤ '학제간 협동과 소통능력' - 융합과학으로서의 생물학 수행을 위한 협업능력 배양
- ⑥ '과학과 사회의 연관성 이해 능력' - 인성과 리더십 및 세계시민의식 함양

✓ 양적추론의 학습방법 및 목표와 유사, 생명과학 교육을 통한 양적추론 능력 함양 용이

12

2023 연세대 리베르타스 교양교육 실편지음

3. 생명과학과 양적추론

● 생명과학 교육을 통한 양적추론 능력 함양 사례 (강의용 교재)

✓교재에 제시된 생명과학에 필요한 핵심기술(skill)을 익히기 위한 문제 <과학사고력 키우기>*

단원 별 주제	핵심기술 (과학사고력 키우기)	
서론	진화/생물학 기초	한 쌍의 막대그래프 해석
1 단원	화학의 세포	회귀곡선을 이용한 산포도 해석 세포의 부피와 표면적 계산 선 그래프 그리기와 기울기 계산 회기(곡)선을 이용한 산점도 그리기
		폴리헵타이드 서열정보 (상동성과 유사도) 분석 두 세트의 데이터를 가진 산점도 해석 막대그래프 그리기와 가설 증명 히스토그램 해석
2 단원	유전학	자료 값의 그래프 변환 카이스퀘어(χ^2) 검증법 DNA 결실 실험 결과 분석 DNA 서열기반 계통수와 바이러스 진화경로
		히스토그램 작성 및 분포 양상 분석 표에 기록된 데이터로 연습 유전자 발현의 정량 분석 및 발현위치 분석

* Urry, L 외(2021). "생물 생명과학 포커스" 페이지 xvii의 주제 목록과 해당 장별 설명참조

13

2023 연세대 리베르타스 교양교육 실편지음

3. 생명과학과 양적추론

3 단원	진화	예측과 확인 하디-바인베르크 방정식 이용: 자료해석과 예측 도표로부터 양적 자료 추정과 가설 수립	단백질 서열을 이용한 진화가설 시험 종속/독립변인 확정, 산점도 그리기, 자료 해석
4 단원	생명진화의 역사	평균 및 표준오차 계산 및 해석 유전체 자료 해석과 가설 생성	유전자 염기서열 비교, 해석 실험 설계와 자료 해석 이해
5 단원	식물의 구조와 기능	막대그래프를 이용한 데이터 해석 양성 및 음성 상관성을 사용한 데이터 해석	온도 계수의 계산과 해석 회귀곡선을 이용한 산포도의 해석
6 단원	동물의 형태와 기능	정량 데이터 기록과 해석 막대 그래프 해석 추론과 실험 디자인 유전적 돌연변이를 이용한 실험 디자인	유전적 돌연변이 실험결과 해석 공통 x축의 두 변수 비교 과학적 표기법으로 표현된 데이터 수치 해석 로그(log) 척도로 작성된 그래프 해석
7 단원	생태학	로지스트 공식을 이용한 개체군 성장 모형 표로 제시된 정량 데이터 해석	막대그래프와 산점도를 통한 자료 해석 주기성 데이터의 그래프화

14

2023 연세대 리베르타스 교양교육 심포지움

3. 생명과학과 양적추론

✓ 양적추론에서 다루는 수학적 요소 (재솔로 에릭, 2022)

- ① 수리능력
- ② 산술(분배법칙, 분수, 지수, 퍼센트, 로그, 조합)
- ③ 대수(방정식, 변수, 항 정리, 문장제 문제)
- ④ 기하학(넓이, 부피)
- ⑤ 단위와 과학적 표기법(단위, 과학적 표기법, 유효 숫자)
- ⑥ 함수(그래프, 선형함수, 이차함수, 지수함수, 역함수와 로그)
- ⑦ 확률(기댓값, 조건부 확률)
- ⑧ 통계(평균, 중앙값, 분산, 표준편차, 확률/통계/정규 분포, 표준편차, p -값과 귀무가설, 산점도와 상관관계, 회귀)
- ⑨ 추정

✓ 교재에 제시된 생명과학에 필요한 핵심기술 - 양적추론에서 다루는 수학적 요소 망라

15

2023 연세대 리베르타스 교양교육 심포지움

4. 양적추론을 적용한 생명과학 개념 익히기

● 양적추론의 주제 선정?

✓ 학습자에게 던질 추동질문(deriving questions)을 생각하고 해결책 고민하는 과정에서 발굴

✓ 기타 방법

- 교수자의 강의 내용
- 보도자료나 학술논문
- 양적추론 교육용 교재 등 활용

✓ 예) 생명과학 강의 내용(세포 성장)을 기반으로 추동질문으로 제시

- 이를 일상생활에서 자주 접하는 생물학적 사건(여름철 야외에 방치한 음식물에서 식중독 균의 증식)에 대한 질문(주제)으로 확장하는 사례 소개

16

2023 연세대 리베르타스 교양교육 심포지움

4. 양적추론을 적용한 생명과학 개념 익히기

● 주제 1. 세포는 왜 작은가?

- ✓ 생물학 개념 - 세포의 이해
 - 생물체를 구성하는 기본단위체는 세포(cell)
 - 세포막은 세포 안팎으로 물질을 흡수·배출하는 통로
- ✓ 가정: 세포가 성장하여 커지면 분열하는 이유는 무엇?
 - 세포의 단위 부피당 표면적의 비율을 크게 함으로써, 물질이송이 더 잘 이루어져 (큰 세포보다 작은 세포가) 더 빨리 성장하기 위함일 것

<예 1> 반지름이 각각 $1\ \mu\text{m}$ 와 $2\ \mu\text{m}$ 인 구형세포의 부피 당 표면적 비율은?

<예 2> ‘가로/세로/높이’가 각 $1\ \mu\text{m}$ 인 세포가 $30\ \mu\text{m}$ 까지 성장하여 분열하는 경우(가 세포)와 $10\ \mu\text{m}$ 까지 성장하고 분열하는 경우(나 세포)를 가정하고 생각해 보기.

17

2023 연세대 리베르타스 교양교육 심포지움

4. 양적추론을 적용한 생명과학 개념 익히기

- ✓ 세포의 부피당 표면적 비율 계산하기

<예 1>

- 세포의 부피와 총 표면적으로 구한 후, 단위 부피당 표면적 비율 계산 (세포증식 고려 않기)
- 반지름이 3, 4, 5 μm 등으로 커지면 단위 부피당 표면적 비율이 어떻게 변화하는지 계산 (결과 값 표 만들기, 엑셀 이용 그래프 그리기)

<예 2>

- 세포의 총 부피와 총 표면적으로 구한 후, 단위 부피당 표면적 비율 계산하기 (세포증식 고려 않기)
- 세포의 세포 분열횟수(세포 수)에 따른 부피와 표면적을 구한 후, 단위 부피당 표면적 비율 계산 (결과 값 표 만들기, 그래프 그리기)

18

2023 연세대 리베르타스 교양교육 심포지움

4. 양적추론을 적용한 생명과학 개념 익히기

✓ 해석하기

<예 1>

- 반지름이 커질수록(세포가 커질수록) 세포의 단위 부피당 표면적 비율이 감소한다.
- 큰 세포가 세포 안팎으로 물질을 내보내고 받아들이기 어렵다.

<예 2>

- '나'세포의 단위 부피당 표면적이 3배 더 크다.
- 작은 세포가 세포 안팎으로 물질을 내보내거나 받아들이기 쉽다.

19

2023 연세대 리베르타스 교양교육 심포지움

4. 양적추론을 적용한 생명과학 개념 익히기

✓ 확장 개념

- <예 1, 2>에서 추정하였듯이, 작은 세포가 세포 안팎으로 물질이송이 쉽다면 큰 세포에 비하여 어떤 장점을 갖게 될까?
- <예 2>에서 보듯이, 두 세포가 동일한 부피에 도달하는 동안 총 표면적이 더 넓은 '나'세포가 더 많은 양의 세포막을 합성해야 함을 감안하면 어떠한 요인(조건)을 더 고려해 보아야 할까?
 - 에너지(또는 양분) 소모량, 세포분열 속도 등
- 세포는 얼마나 작아질 수 있을까?
 - 가장 작은 세균류인 *Mycoplasma*류의 직경은 $0.2\ \mu\text{m}$ 정도, 부피는 $0.005\ \mu\text{m}^3$
 - 이론적으로 직경이 $0.15\ \mu\text{m}$ 보다 작은 세포는 존재하지 않을 것으로 추정. 왜?

20

2023 연세대 리베르타스 교양교육 심포지움

4. 양적추론을 적용한 생명과학 개념 익히기

● 주제 2. 여름철 야외식탁에 방치한 음식물에서 식중독균은 얼마나 증식할까?

- ✓ 생물학 개념 - 식품 유래 질병인 식중독?
 - 식중독 - 병원균 또는 병원균이 생산한 독소가 오염된 음식물을 섭취할 때 발생
 - 식중독 원인균 증식에 미치는 환경요인
- ✓ 세균의 성장 이해
 - 세균 증식(분열) 양상
 - 세균 성장곡선(growth curve)

21

2023 연세대 리베르타스 교양교육 심포지움

4. 양적추론을 적용한 생명과학 개념 익히기

- ✓ 세균 배가(세대)시간(doubling 또는 generation time) 계산하기
 - 대수기에서 분열하는 세포 수가 2배 증가하는데 소요되는 시간을 수식을 이용하여 산출
- ✓ 성장곡선 그려보기 1 - 이론상 성장곡선
 - 여름철 야외식탁에 음식물을 6 시간 가량 동안 방치하였을 때, 시간 경과에 따라 증식한 총 세균수를 그래프로 그려보기 (방치하기 전 음식물에 상존하는 총 세균 수는 1×10^2 , 세균의 배가시간은 30분으로 산정) - (엑셀로 표를 만들고, 엑셀의 그림 그리기 기능으로 semi-log 그래프 그리기).
- ✓ 성장곡선 그려보기 2 - 실험(측정)값에 근거한 성장곡선
 - '희분배양법'으로 배양하면서 30분 간격으로 세균 현탁액의 '흡광도를 측정하여 실험값을 얻고, 이를 근거로 성장곡선 그리기 (엑셀로 표를 만들고, 엑셀의 그림 그리기 기능으로 그래프 그리기)

22

2023 연세대 리베르타스 교양교육 심포지움

4. 양적추론을 적용한 생명과학 개념 익히기

- ✓ 해석하기
 - '이론상 생장곡선'과 '측정값에 근거한 생장곡선'의 양상은 어떻게 다른가? 다른 양상을 보인다면 그 이유는?
 - 실험(측정)값을 사용하여 배가시간 계산 해보기
- ✓ 확장 개념
 - 실험(측정)값을 기존에 제시한 값과 유사하게 임의로 2 세트 더 기입한 후, 측정값 3 세트의 **평균값**과 **표준편차**를 구하고 그래프 그려보기
 - 배양 조건(배양온도, 항생제 첨가 등)을 달리하여 일정시간(대수기 중반까지) 배양하여 얻은 값을 위 '생장곡선 2'의 해당 시간대 값과 비교/분석하기 (예: t-테스트, p-값 계산하기 등)

23

2023 연세대 리베르타스 교양교육 심포지움

5. 논의 및 제안

- 양적추론 수업에서 다룰 학습내용(측, 주제) 선정
 - ✓ 강의용 교재 등에 제시된 잘 정돈된 데이터 사용의 주의점
 - 실생활에서 접하는 데이터의 복잡함이나 예상치 못한 결과를 극복하고 문제의 본질을 이해하는 능력 함양이라는, 양적추론의 학습목표 달성에 방해가 될 수 있음 (재슬로 에릭, 2022)
 - ✓ 가능하면 일상에서 접하는 사건/현상 중 생명과학과 주제 선정 후 논리적 비판과 검토
 - 예) "우리나라 코로나 방역 OECD 최상위권?"이라는 제하의 기사(연합뉴스, 2022년 5월 8일자) 작성에 활용한 (또는 관련) 통계자료를 수집·분석하여 해당 기사 내용의 적절성을 비판적으로 검토

24

2023 연세대 리베르타스 교양교육 심포지움

5. 논의 및 제안

Cumulative confirmed COVID-19 deaths per million people, May 5, 2022
Due to varying protocols and challenges in the attribution of the cause of death, the number of confirmed deaths may not accurately represent the true number of deaths caused by COVID-19.

Source: Johns Hopkins University CSSE COVID-19 Data

ORCID 회원국별 코로나19 인구 100명당 누적 사망자 자료/아워월드데이리(Ourworldindata)

25

① 연합뉴스
[팩트체크] 우리나라 코로나 방역 OECD 최상위권?
 이종 입력 2022.05.08 09:00

김부겸 총리, 마지막 종대본 회의에서 '방역 성공' 자평
 월드오미터 '100만 명당 누적 사망률'은 OECD에서 다섯 번째로 낮아
 확진자 중 사망자 비율은 OECD에서 4번째로 낮아

국제 통계 사이트 월드오미터(Worldometer)에 따르면 7일 00시45분(GMT) 현재 우리나라 코로나 19 누적 확진자는 1천746만4천782명으로 세계 8위며, OECD 38개 회원국 가운데 다섯 번째로 많다.

지난 2~3월 전파력이 강한 오미크론 변이가 국내 빠르게 확산하면서 확진자가 급증한 탓이다.

인구 100만 명당 누적 확진자 수로 보면 34만110명으로 세계 32위, OECD 회원국 중에선 16위로 중간 정도다.

2023 연세대 리베르타스 교양교육 심포지움

5. 논의 및 제안

- ✓ 교기원 연구개발보고서와 같이 다양한 학문분야의 주제로 한 학기용 교육과정 구성
 - 특정학문 분야 주제로 구성? 또는 다양한 학문분야를 망라한 주제로 구성?
 - 교과목 구성과 운영 시 '수강생의 전공차이의 반영 여부', '수업운영방식(예 블록티칭 등)' 및 '양적추론교과의 교양영역 배치 <기초교육? 또는 교양교육(배분 이수)?>'와도 연관
- ✓ 일부 교재에 제시된 '실제 상황에서 접하는 문제를 해결하는 맥락에서 과학기술을 적용하고 데이터를 해석할 수 있도록 돕기 위하여 고안한 주제' 활용

26

2023 연세대 리베르타스 교양교육 심포지움

5. 논의 및 제안

단원별 주제	문제해결력 키우기 용 주제
1단원 - 화학과 세포	당신은 표지(예: 농수산물의 원산지, 품종 등의 생산이력 표지)가 조작된 생선에 속았나?
2단원 - 유전학	인슐린 돌연변이가 신생아 당뇨병의 원인인가?
3단원 - 진화	갑종형성이 말라리아를 전파하는 모기의 살충제 저항성을 증진시키고 있는가?
4단원 - 생명 진화의 역사	항아리곰팡이 감염으로 멸종 위기에 처한 양서류 개체군을 백신으로 구해 낼 수 있을까?
5단원 - 식물의 구조와 기능	기후변화가 곡물 생산성에 어떠한 영향을 미칠 것인가?
6단원 - 동물의 형태와 기능	특정 환자의 갑상선은 정상적으로 조절되고 있는가?
7단원 - 생태학	곤충의 창궐은 대기로부터 이산화탄소를 흡수하는 숲의 능력을 위협할 수 있는가?

27

2023 연세대 리베르타스 교양교육 심포지움

5. 논의 및 제안

● 양적추론 수업에 적절한 교수법에 대한 교수자의 인식제고

- ✓ 양적추론은 기초교육영역의 교과로 학제 간 맥락에서 통합적으로 학습하는 문제중심의 능동적 참여학습이 이루어지는 특성 (김혜영, 2021)
 - 교과운영은 전통적 지식전달 중심이 아닌 학습자 중심 교수법 도입 필수 (예: Flipped learning)
 - '프로젝트기반학습(Project Based Learning)', '문제중심학습(Problem Based Learning)', '팀별학습(Team Based Learning)' 등 다양한 학습법에 대한 교수자의 전문성 확보 필요
 - 교육 주체인 '학생'에 초점을 둔 교육관으로 학습자의 주체성과 능동성을 기대하는 '학습자중심교육'에서는 '학생주도성(student agency)'과 '교수주도성(teacher agency)'이 함께 발현되는 '공동주도성(co-agency)'을 담보하는 교수자 역할 강조 (박수정, 2021)

28

2023 연세대 리베르타스 교양교육 실편지

5. 논의 및 제안

● 양적추론 교과운영의 인프라 확충

✓ 교기원

- 2021년 ‘모든 학생을 위한 양적추론 프로그램 방안연구’ 수행
- 교·강사 온라인연수프로그램용 영상교육자료(양적추론 I) 제작
- 교재개발 완료 후 2022년 5월 공고된 교기원 주관의 ‘모든 대학생을 위한 통합과학교육 지원사업’ 등과 유사한 성격(주제발굴 및 교재개발 지원)의 확산노력 필요

✓ 대학 차원 - 담당 교·강사 확보 및 제도 개선

- 기존의 BSM교과 담당 교·강사와 인문 및 사회과학분야 기초교과 담당 교·강사 대상의 교육프로그램 및 교과운영에 필요한 교안개발 <기초(소양)교육 활성화를 강조하는 정부정책(‘글로벌대학30’, ‘대학혁신지원사업(수정)계획’ 등) 기조 참조>

29

2023 연세대 리베르타스 교양교육 실편지

6. 참고문헌

- 김동규 외(2021). ‘대학의 이념과 교양 교육’, 연세대학교 리베르타스 총서 2, 연세대학교 대학출판문화원.
- 김혜영(2021). ‘기초교양교육으로서 양적추론(Quantitative Reasoning) 교과의 학습구성 요소 분석’, 교양교육연구 15(6), 한국교양교육학회, 57-70.
- 김혜영, 이은하(2019). ‘대학 교양의 기초교육으로서 양적추론(Quantitative Reasoning) 개설 현황과 분석’, 교양교육연구 13(6), 한국교양교육학회, 29-55.
- 박돈하(2017). *Biology for All: Before and After "Vision and Change"*. 한국교양교육학회 2017학년도 주계학술대회자료집, 52-56.
- 박수정(2121). *온라인 수업에서 팀 학습을 어떻게 할까*, ㈜작지사.
- 송성수(2022). “고중세 유럽의 교양교육에 관한 역사적 고찰 - 자유학예의 형성과 진화를 중심으로”. 교양교육연구 16(3), 한국교양교육학회, 45-585.
- 재슬로 에릭(2022). *양적 추론*. 김혜영, 최병문 옮김. 청아출판사
- 최병문, 김혜영, 박희문, 배영희, 안현호, 조연정(2021). *모든 학생을 위한 양적추론(Quantitative Reasoning) 프로그램 방안연구 (1차 연도)*, 한국교양기초교육원 보고서.
- Urry, L. 외(2021). *생물 생명과학 포커스* (3판). 천상학 외 27인 옮김, ㈜바이오사이언스출판
- American Association for the Advancement of Science. (2011). *Vision and change in undergraduate biology education: A call to action*. Washington, DC: AAAS. Retrieved from <http://visionandchange.org/finalreport>
- Elrod, S.(2014). “Quantitative Reasoning: The next “Across the Curriculum” movement. Peer Review, 16: 4-8.
- Osborne, J. et al. (2003). What “Ideas-about-science” should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 25: 1049-1079.

제8회 리베르타스 교양교육 심포지엄

발행일: 2023년 6월 8일

발행처: 연세대학교 교양교육연구소

발행인: 김학철

주 소: 21983 인천시 연수구 송도과학로 85 연세대학교 자유관A 601호

전 화: 032-749-3184, 3199

이메일: liberaledu@yonsei.ac.kr

홈페이지: <https://liberaledu.yonsei.ac.kr>

이 학술대회는 2023년 대한민국 교육부와 한국연구재단(NRF-2022S1A5C2A04093488)의 지원과 연세대학교 학술행사개최지원사업의 지원을 받아 개최됨

© 연세대학교 교양교육연구소 <비매품>

※ 이 책 내용의 일부 혹은 전체를 허락 없이 변경하거나 복제할 수 없습니다.



제8회 리베르타스 교양교육 심포지엄

주최



연세대학교 교양교육연구소
RESEARCH INSTITUTE FOR LIBERAL EDUCATION
YONSEI UNIVERSITY

후원



한국연구재단
National Research Foundation of Korea