

19세기 생물학적 조직화 개념의 재조명*¹

이 정 희
명지대학교

Reflexion on the Concepts of Organization during the 19th Century

LEE Jeong Hee
Myongji University

ABSTRACT

This paper analyses the process of conceptualization and development of the organization during the 19th century. During the 19th century, organization was one of the key concepts distinguish living bodies from the non-living objects. During the end of 18th century and the early 19th century, the organization had been mainly explicated through the phylogenetic context. Appearing Haeckel's account of recapitulation theory and with the development of the cell theory, biologists became pay attention to the ontogenic development, and the concept of organization also focused on the individual organic development. Then, from the late 19th century, Weismann and De Vries suggested *Biophore* and *Pangen* which were tintured with vitalistic character, the focus of biologists moved from the organization to the genetic material. Recently, biologists recognized that the structure of the genetic material itself would not be able to be accounted for the phenomena of

¹ * 이 논문은 2003년도 학술진흥재단 기초학문육성 인문사회분야 일반연구지원을 받아 연구되었음 (KRF-2003-074-HS0002).

life; and the analyses of the concept of the 19th century organization may cast a fresh light on the post-genomic biology.

Key Words: organization, genetics, embryology, phylogeny, ontogeny, Cuvier, Geoffroy Saint-Hilaire, Lamarck, Von Baer, Haeckel.

1. 들어가며

20세기 초 윤곽을 드러낸 이후 줄곧 생물학 연구의 중심적 지위를 점유해온 유전학은 생물체의 가장 중요한 특성인 자기 복제 현상을 주도한다고 여겨져 온 유전자의 물질적 구조를 밝혀냄으로써, 생명 세계를 해석하는 우리의 시각에 많은 변화를 가져왔다. 특히 지난 사반세기 동안 생물체의 발생과 유전 현상을 주도하는 유전자의 역할을 명확히 밝혀낼 수 있으리라는 기대 속에서 이루어졌던 유전체 연구는 20세기 생명과학의 놀라운 진일보를 보여주는 사례로 기록될 것이다. 이렇듯 유전체 연구가 생명 연구의 진일보에 기여했다는 사실은 연구 결과 자체가 주는 경이로움의 측면에서만 아니라 그 결과가 이후 생명 연구에 있어 새로운 방향 전환의 계기를 제공했다는 측면에서 보다 큰 의의를 찾을 수 있다. 20세기 유전학의 주된 관심이 유전자의 구조를 밝혀내는데 집중되어 있었다면, 최근 우리 눈앞에 펼쳐진 유전자 지도를 통해 서로 다른 개체들 사이의 차이를 드러내는 특성들이 단순히 DNA 염기배열의 차이만으로 설명될 수 있는 것이 아님을 깨닫게 되면서, 이후 유전자 연구의 새로운 방향은 유전자 기능의 문제, 즉 유전자가 생물체 발생의 맥락에서 환경과 관계되어 어떻게 다층적으로 기능하는가의 문제에 초점이 맞추어지고 있다.²⁾

하지만 이 새로운 전환이란 전적으로 새롭고 혁신적인 논리를 수반하고 있는 것은 아니다. 그것은 생명연구가 과학의 한 분야로 자리 잡기 시작한 19세기 이래 본격적으로 여러 학자들에 의해 줄기차게 논의되어 왔던 구조와 기능의 문제가 20세기 생명 이론의 중추를 담당했던 유전자 문제에 적용된 것에 불과하다. 유전자의 구조 연구는 이제 발생과정에 기여하는 다양한 변수들과 더불어 조직화를 이루는 유전자 기능의 문제로 눈을 돌리게 되었고, 새로움이라는 수식어를 얻게 된 것은 바로 이 점이다.

여기서 조직화는 생물학에 있어서 결코 새로운 개념이 아니다. 일반화된 구체적

2) E. Jablonka, and M. J. Lamb, *Epigenetic Inheritance and Evolution: The Lamarckian Dimension* (Oxford: University Oxford Press, 1995).

정의를 찾아내기란 어렵지만 이 개념은 역사적으로 생물학에서 널리 사용되어왔다. 조직화는 데카르트가 설명했던 발생과정 이론으로부터 형태적 특성에 기초하는 분류학, 그리고 기능 메커니즘에 이르는 다양한 생명 이론들에 있어서 기초가 되는 개념이었으며, 특히 구조와 기능의 관계가 정립되는 18-19세기 생명 이론에 있어서 조직화는 생물체를 무기체와 구분시켜주는 핵심 개념이었고, 이 시기의 학자들은 세포에서 개체 생물체에 이르는 다양한 수준의 조직화를 설명했다.³⁾ 특히 이 조직화 개념이 보다 선명하게 부각될 수 있었던 것은 19세기 초 라마르크와 더불어서 이다. 라마르크는 생명이 물질에 내재되어있다고 여기는 물활론을 거부하면서, 생명이란 엄밀히 말해서 물질에 내재된 것이 아니라 이 물질들이 특별한 형태로 조직화되어 있는 것으로 보았고, 따라서 그는 무기체와 구분되는 생명의 특징을 조직화 개념을 통해 설명하고자 시도했다.⁴⁾

최근 발생과 연계되어 조명되고 있는 유전 연구들이 생물체가 발생 과정 속에서 어떻게 조직화되는지의 문제에 초점을 두기 시작하는 추세는 조직화 개념을 통해 발생, 유전 및 진화의 문제를 분리하지 않고 설명하려 했던 19세기 연구들과 일정 부분 접점을 지니고 있는 것으로 파악될 수 있다. 피쇼는 유전학의 역사 속에서 바이스만의 영향력에 기인하여 20세기에는 유전이 구조적인 면에서 구상되고 있었지만, 오늘날 유전자를 물리적 단위체보다는 기능적 단위체로 정의하면서 유전학이 바이스만 이전의 시대로 거슬러 감을 지적한다.⁵⁾ 이러한 지적이 물론 유전자 자체가 주목되기 이전 생명 연구가 과학의 한 분야로 편입되기 시작한 19세기 논의들을 분자생물학에 의해 일대 전환을 이룬 오늘날의 유전 이론과 동일 구도 상에서 파악할 수 있다는 의미로 해석될 수는 없다. 각 시기마다 이론을 구성하는 개념들과 문제들(*problématique*)의 차이가 전제로서 고려되어야 함은 물론이다.

유전자 개념의 형성은 생물학사상 유례없는 획기적 성과물들을 우리에게 안겨다 주었다. 이 유전자 개념이 형성되어 이론적으로 발전되어온 경로를 드니(G. Denis)는 세 시기로 나누어 설명하는데, 우선 바이스만이나 드브리스의 이론을 포함하여 현대 유전자 개념을 수태하고 있던 원리들이 형성된 19세기 중반, 이어서 유전자의 성질과 생물체 및 세포 내에서의 기능을 생화학에 근거하여

3) H. Atlan, *L'organisation biologique et la théorie de l'information* (Paris: Hermann, 1972), p. 217.

4) Lamarck, *Recherches sur l'organisation des corps vivants* (Paris: Fayard, 1986; 1802).

5) A. Pichot, *L'eugénisme ou les généticiens saisis par la philanthropie* (Paris: Hatier, 1995), p. 72.

설명하고자 했던 20세기 초반, 그리고 마지막으로 분자생물학의 발전과 더불어 분자유전학이 형성된 이래 오늘에 이르기까지이다.⁶⁾ 이제 우리는 여기에 유전체 해독 작업의 완성을 전후로 이제 막 시작된 포스트게놈의 시기를 덧붙여야 할 것이다. 포스트게놈 시대란 20세기 게놈시대를 거치면서 유전자 자체의 서열 분석만으로는 생명 연구에 한계가 있음을 인지하면서 시작되었다고 볼 수 있다.⁷⁾ 이전 시기가 유전자의 분자생물학 시대였다면 포스트게놈 시대의 연구는 세포의 분자생물학을 토대로 하는 유전자와 세포 사이의 관계, 즉 유전형과 생물체 표현형 사이의 관계를 규명하는 조직화의 문제가 중요한 관건이 될 것이다. 이 시기에 눈에 띄는 점으로는 발생계 이론의 등장울 들 수 있다.⁸⁾ 그러나 이 발생계 이론은 유전자를 무한히 다양한 환경적 변수들과의 연관성 속에서 파악해야함을 전제하므로 실제로 연구 프로그램화하는데 있어 많은 문제를 안고 있고, 따라서 여전히 논란에 휩싸여 있을 뿐 아니라 아직 연구가 활발히 진척된 단계로 보기는 어렵다. 게다가 발생계 이론은 실제로 유전자 연구가 보무도 당당하게 많은 발전을 이룩해낸 20세기 연구들과 대척관계의 구도를 형성하고 있어 학계에 적지 않은 파장을 불러일으키고 있다.

이러한 점을 감안할 때 포스트게놈 시대의 새로운 전망이란 아직 여러 가지 측면에서 불투명하다. 그러나 우리는 이미 생명 연구에 있어 유전자 서열 분석방법이 지니는 문제점과 한계를 경험하고 있으며, 발생 및 진화의 문제와 밀접하게 연관되어 있어야 할 유전학이 20세기 이후 미국적 특수 상황 속에서 발생학과 유리되어 독자적 행보를 걸어왔지만, 최근 유전자 연구는 발생학적 원리와 연계되어야 할 필요성에 직면하게 되었음에 주목해야 한다.⁹⁾ 분명한 것은 이제 유전학 연구가 유전자와 표현형질 사이의 다층적 관계라는 문제를 해결해야만 할 과제로 남겨두고 있고, 여기서 조직화 이론은 포스트게놈 시대 생명

6) G. Denis, article "gène" in *Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences* (Paris: Puf, 1999), p. 444. 이 글이 발표된 1999년은 인간 유전체 해독이 완성되기 이전이었기는 하지만, 1990년대는 이미 포스트게놈 시대를 전망하는 글들이 등장하기 시작한 시기였음에도 드니는 여기서 포스트게놈 시대의 변화와 관련해서는 전혀 염두에 두고 있지 않다.

7) 강광일, "포스트게놈 시대의 생물학적 연구방법론과 인식론적 제 문제", □철학과 인접학문과의 대화□(철학과 현실사, 2004), 109쪽.

8) 발생계 이론이 수면에 떠오른 것은 대략 1990년대로 이야기되고 있지만 물론 갑작스럽게 등장한 것은 아니다. 학계의 주류를 점유해온 것이 아니었다고는 해도 20세기 중반부터 발생계 이론을 주장하는 여러 논의들이 존재해왔다. 20세기 정보 개념과 발생계 이론의 등장에 관해서는 K. Sterelny & P. E. Griffiths, *Sex and Death: An Introduction to Philosophy of Biology* (Chicago: The Univ. of Chicago Press, 1999), pp. 94-109 참조.

9) M. Morange, "The Developmental Gene Concept: History and Limits," in P. J. Beurton, et al., *Concept of the Gene in Development and Evolution: Historical and Epistemological Perspectives* (Cambridge Univ. Press, 2000).

연구의 핵심 개념으로 전망된다는 점이다.

이러한 맥락에서 이 연구는 포스트게놈 시대의 조직화 이론에 관한 역사적 철학적 토대를 구축하기 위한 일환으로서, 조직화 이론이 본격적으로 대두되었던 19세기에 발생, 유전 및 진화를 아우르는 조직화 개념이 형성 전개되는 과정을 재조명하고자 한다.¹⁰⁾ 19세기는 근대적 의미의 생명 연구가 시작되고 현대 유전 이론의 전신으로 간주되는 원리의 등장으로 전반과 후반이 갈리면서 생명 연구에 있어 커다란 전환의 계기가 마련되었다는 점에서도 중요하지만, 특히 포스트게놈 시대의 조직화 연구에 단서를 제공하는 핵심이 될만한 개념적 단초들을 잉태하고 있었던 시기였다는 점에서도 매우 중요한 시기로 평가될 수 있다.

그럼에도 지금까지 과학자나 과학학자들에 의해 이루어져 온 생물학의 내적 외적 역사 연구 및 철학 연구의 주된 대상이 발생이나 진화의 문제와 독립적으로 진전되어 온 20세기 유전이론에 큰 비중을 두어왔음에 비추어, 19세기 생명 인식의 핵심적 개념이었던 조직화 이론과 연계된 발생 및 유전 이론에 대한 조명은 상대적으로 미흡했다.¹¹⁾ 특히 19세기 조직화 개념은 근대적 생명관의 시작이라고 하는 보다 큰 범주의 틀 속에서 이해되거나, 20세기 생명과학의 복잡한 그물망을 형성해온 분자 패러다임의 맥락에서 왜곡된 시각을 통해 간간히 비쳐질 뿐이었다.

¹²⁾ 예를 들어 케이(L. Kay)는 생물학적 조직화 개념이 20세기 중반 분자생물학의

10) 실제로 현대 분자생물학은 과거 생물학자들이 연구했던 배아발생학의 고전적 과제들로부터 발생 기작을 이해하는 단초를 제공받았고, 과거의 이론들에 최신 기술들을 적용하여 연구하고 있는

상황이다. 루이스 윌퍼트, 최돈찬 역, □하나의 세포가 어떻게 인간이 되는가□, (공리, 2001), 21 쪽.

11) 이것은 20세기 생물학의 주류가 유전자 자체의 입자적 연구에 집중되어 왔음에 편승하여 생물학 이론의 역사나 철학 연구 또한 유전자 중심의 이론들에 초점이 맞추어져 왔기 때문인 것으로 해석될 수 있다.

12) 조직화 개념에 대한 분석은 푸코나 자콥의 저서들에서도 드러나 있고, 켈러와 같은 현대 생물철학자들의 관심을 끌기도 했지만, 이 개념에 주목한 본격적인 연구서로는 P. Tassy, *Arbre à remonter le temps* (Paris: Christian Bourgois, 1991; Diderot, 1998); H. Atlan, *L'Organisation biologique et la Théorie de l'information* (Paris: Hermann, 1992; 1972); *Entre le cristal et la fumée: Essai sur l'organisation du vivant* (Paris: Seuil, 1999)를 꼽을 수 있는 정도이다. 특히 19세기를 다루고 있는 논문으로 H. Le Guyader, "Le concept de plan d'organisation: Quelques aspects de son histoire," *Revue d'histoire des sciences* 53:3-4(2002), pp. 339-379; J. Gayon, "From Measurement to Organisation: A Philosophical Scheme for the History of the Concept of Heredity," in Beurton, P. J. et al., *Concept of the Gene in Development and Evolution: Historical and Epistemological Perspectives* (Cambridge University Press, 2000), pp. 69-90; K. M. Figlio, "The Meraphor of Organisation: An Historiographical Perspective on the Bio-Medical Sciences of the Early 19th Century," *History of Science* XIV (1976), pp. 17-53 등이 있으나, 이들은 각기 다른 관심을 토대로 지엽적인 측면을 다루고 있어 상호 연계성 속에서 파악되기 어렵다는 한계가 있다.

발전과 더불어 한층 복잡한 양상으로 전개되어 이후 생명과학을 주도해 왔음을 지적하면서, 조직화의 특이성 개념이 생화학, 면역학, 유전학, 생리학, 발생학, 계통분류학, 그리고 진화의 모든 과학을 관통하는 것으로 특히 분자생물학에서 정보 개념으로 대치되었음에 주목한다.¹³⁾ 그러나 20세기 분자생물학에서의 정보 개념이란 1990년대 이후 등장한 발생계 이론의 맥락에서 근본적으로 비판의 대상이 되고 있으며,¹⁴⁾ 따라서 20세기 정보개념으로 대치된 조직화 개념이 유전 프로그램 이론의 대안으로 제시된 발생계 이론과 같이 새로운 사유 속에서 어떤 연결고리를 지닐 수 있는지는 여전히 밝혀내야 할 과제로 남아 있다.

이 글은 우선 19세기 초 조직화 개념이 형성되는 배경의 분석으로 시작된다. 아리스토텔레스 이래 자연의 연쇄 개념에 대한 18세기의 해석은 생물체의 구조와 기능의 문제와 관련하여 한편으로는 점진적 진화의 사상을 유도하였고, 다른 한편으로는 이에 반대되는 형질 종속의 원리를 기반으로 하는 격변설로 진전되었다. 즉 18세기에 존재의 연쇄 이론은 라마르크의 조직화 이론에 의해 비판적으로 재정립됨으로써 생명의 계통적 연속성 이론을 형성시켰고, 이와 때를 같이하여 비교해부학 연구를 통해 조직화 개념에 접근했던 퀴비에의 불연속적 격변설이 대립하면서 19세기 초 생물학의 양대 산맥이 형성된다.¹⁵⁾

이와 같이 단선적 연속성과 불연속성의 개념으로 설명된 자연의 연쇄 개념은 공간적 연속성의 문제와 시간적 연속성의 문제를 포함하고 있다. 비교해부학을 통해 불연속적 격변설에 도달했던 퀴비에에는 생물체 형태의 가시적 구조에 대비되는 기능적 측면을 고려한 조직화의 문제에 주목함으로써 분류의 새로운 장을 펼쳤으나, 그의 이론은 시간적 개념이 결여된 공간 내에서의 구조와 기능에 머물러 있었다는 한계를 보인다(3절). 여기에 라마르크의 진화론을 통해 시간의 개념이 도입됨으로써 조직화의 문제가 보다 심층적으로 조명될 수 있었다. 라마르크 이후 조직화 이론은 단순성에서 복잡성으로의 생명 연구 방법론과 계통적 단위의 시간 개념이 도입됨으로써 진화론을 형성하는 데 크게 기여한다.

13) L. E. Key, *Who Wrote the Book of Life?* (California: Stanford University Press, 2000). 이 문제에 대한 보다 면밀한 연구로는 H. Atlan, *L'organisation biologique et la théorie de l'information* (Paris, Hermann, 1972)를 들 수 있다.

14) 켈러, 이한음 옮김, □유전자의 세기는 끝났다□, (지호, 2002; 2000).

15) 물론 라마르크는 퀴비에와 동시대인이자기 보다는, 퀴비에 이전에 형질종속 원리를 제창한 쥐시외와 동시대인으로 간주해야 할 것이다. 그럼에도 라마르크와 퀴비에를 대비시킨 것은 당시 생명 이론의 양대 산맥을 대표하는 인물로 간주되기 때문이다. 게다가 이 글의 본문에서는 라마르크를 퀴비에보다 이후에 논의하고 있다. 이는 라마르크의 이론이 전반적으로 18세기 이론을 벗어나지 못한다는 한계가 지적되기는 하지만, 조직화 이론에 계통적 시간의 개념을 추가했다는 측면에서 퀴비에의 이론을 넘어서는 것으로 평가될 수 있기 때문이다.

어떤 방식으로 생물체는 단순한 것에서 복잡한 것으로 변화해 나가는가? 그러나 라마르크는 이에 대한 계통학적 설명에 주목하였고, 실제로 개체의 형태가 단순한 배의 세포로부터 어떻게 분화되어 나가는지에 대해서는 18세기적 화학 이론에 머물러있던 라마르크로서 제대로 설명할 수 없었다는 한계를 또한 안고 있었다(4절).

이 문제를 설명하는 데는 19세기 발생 이론이 핵심적 역할을 수행했다. 이 문제가 일단락 지어진 것은 19세기 중반 세포학의 등장과 더불어 핵켈의 종합을 통해서이다(5절). 이후 학자들은 개체들의 조직화가 어떻게 다양하게 형성되어 나가는지의 문제에 눈을 돌리게 된다. 따라서 라마르크나 다윈이 계통발생에 주목하여 조직화의 점진적 진화를 설명했다면, 19세기 후반의 학자들은 생물체의 다양성이라는 진화의 메커니즘을 설명하는데 있어 개체발생의 측면에 집착한다. 이는 개체 생물체의 유전에 대한 본격적인 물음을 최초로 제기한 것이었고, 바이스만과 드브리스는 개체 생물체가 발생과정을 통해 어떻게 유전되는지를 설명함으로써 유전이론에 관련된 사고의 틀을 제공하는데 기여하게 된다(6절). 이와 같은 생물체의 조직화 이론은 각각의 조직화 수준에 부합하는 환경의 문제를 도출시킨다. 조직화된 생물체 각각의 수준들은 각기 다양한 단계마다의 고유한 특성들을 형성하고 있다(7절). 20세기 전반에 걸쳐 주목되어 왔던 유전자 수준이란 이 가운데 하나에 속한다. 최근의 연구 결과들이 보여주듯 유전자 수준의 구조와 기능에 나타나는 유사성으로 과연 무수히 다양한 생물체의 조직화 특성들을 어떻게 밝혀낼 수 있을 것인가? 이 점은 바로 포스트게놈 시대의 생물학이 앞으로 풀어내야만 할 과제이며, 따라서 이 글의 결론으로 포스트게놈 시대의 전망을 간략히 논의할 것이다.

2. 계통발생과 조직화

1) 조직화 개념의 형성 배경

조직화 개념은 유전 이론이 등장하기 이전, 다양한 생물체의 형질을 설명하기 위한 토대가 되는 개념이었다. 푸코는 □말과 사물□에서 18세기 말 조직화 개념의 등장과 더불어 19세기 생물학이 어떻게 탄생했는지를 설명한다. 18세기에 분류학자들이 생물체의 특징들을 설명하는데 있어 가시적 구조들을 비교하는 방법을 사용했다면, 19세기 이후에 설명되는 생물체의 특징들은 가시적 영역과는

무관하게 되며 표상들 간의 상호작용으로 환원될 수 없는 내적 원리, 즉 조직화에 토대를 두게 된다는 것이다.¹⁶⁾

여기서 조직화 개념은 19세기 생명 이해의 중심 명제로 파악되고 있다.¹⁷⁾ 이 조직화 개념은 18세기 박물학에서 이미 존재했지만, 당시 조직화는 단지 생물체를 특징짓는 원소들의 모자이크나 구조들의 조합에 불과했다. 이 개념이 자연의 질서를 설명하는 근거로 사용된 것은 18세기말에 와서야 가능해졌다. 18세기 말 생리학의 발전과 더불어 기관을 기능과 연관시키게 되면서 유기체의 총체적인 구조들을 이어주는 관계의 문제가 고려되었던 것이다.¹⁸⁾

18세기에 이 조직화 개념이 형성되는 단초에는 존재의 대연쇄(Echelle des êtres)와 형질의 종속 원리(subordination)라는 상반된 두 개념이 자리하고 있다. 이 개념들은 각각 단선적 연속성과 불연속성의 문제를 내포하고 있으며, 따라서 이들은 조직화 도안의 단일성과 불연속성의 문제로 연결된다.¹⁹⁾

18세기 라이프니츠와 보네는 아리스토텔레스와 플라톤의 존재의 대연쇄 이론을 재정립하였다. 자연 종에 대한 믿음을 비판했던 보네에게 있어 자연물 사이의 구분이란 철저히 임의적인 것이었고, 자연은 연속성을 띠게 된다. 라이프니츠에게 있어서도 자연에는 도약이란 존재하지 않는 것이었다. 따라서 이들에게 있어 자연에 드러나는 공백이란 인간 지식이 불충분한 까닭으로 설명된다. 이러한 연속성의 개념은 다분히 사변적 형태로 등장했기는 하지만, 18세기 박물학자들에게 잃어버린 고리에 대한 탐색을 요하게 되었고 동물학자나 식물학자들의 연구에 자극이 되었다. 이들에게 있어 새로운 종의 발견은 전체로서 전제된 구조의 완성을 향한 실증적 증거가 되어주는 것이었다.²⁰⁾ 이러한 단선적

16) M. Foucault, *Les mots et les choses* (Paris: Gallimard, 1966; 이광래 역, □말과 사물 □, 민음사, 1991), p. 239.

17) 푸코의 접근을 비판적으로 발전시키면서 19세기 조직화 개념의 메타포가 지니는 역사적 의미를 분석한 글로 K. M. Figlio, "The Meraphor of Organisation: An Historiographical Perspective on the Bio-Medical Sciences of the Early 19th Century," *History of Science* XIV (1976), pp. 17-53가 있다. 또한 케이는 푸코가 조직화라는 용어를 '위계적 질서'나 '도안'과 같은 용어들로 대체할 수 있는 개념으로 사용함으로써 이 조직화 개념의 중요성을 약화시킨데 대해 비판하면서 조직화 개념의 중요성을 강조한다. L. Kay, *Who Wrote the Book of Life?: A History of Genetics Code* (California: Stanford Univ. Press, 2000), p. 341.

18) F. Jacob, *La logique du vivant: Une histoire de l'hérédité* (Paris: Gallimard, 1970; 이정우 역, □생명의 논리□, 민음사, 1994).

19) H. Le Guyader, "Le concept de plan d'organisation: Quelques aspects de son histoire," *Revue d'histoire des Sciences*, 2000, 53:3-4(2002), pp. 339-379.

20) A. Lovejoy, *The Great Chain of Being: A Study of the History of an Idea*. 차하순 역,

연속성의 개념으로부터 조직화 도안의 단일성이 가정될 수 있었으며, 결국 18세기 후반의 모든 체계 이론이 태동할 수 있었던 것은 바로 존재의 대연쇄 개념을 통해서였다. 이는 라마르크에 의해 점진적 변이론으로 발전되었다.

존재의 대연쇄 이론이 라마르크에 의해 비판적으로 재정립되면서 생물학의 연속성 이론을 형성한 것과 때를 같이하여 1789년 쥐시외(A. L. Jussieu)는 연속성 이론에 반대되는 형질종속의 원리를 제시했다. 형질은 단계적 구조를 지니고 서로 관계를 맺고 있으며, 단선적이거나 연속적이 아니라는 것이다. 이 원리는 생물체의 각 형질들의 위계적 관계에 대한 구조적 접근을 유도하게 되며, 존재의 연쇄에 나타나는 연속성과는 큰 차이를 드러낸다. 비교해부학 연구를 통해 조직화개념에 접근했던 퀴비에의 형질종속이론에 근거하여 불연속적 격변설을 주장한다.

이와 같이 19세기 생물학자들의 연구는 다음과 같은 두 상반된 맥락의 대조 속에서 진행되었다. 하나는 점진적 진화 사상을 유도했던 연속성의 이론이고, 다른 하나는 계통적 단일성에 반하는 단절 이론이다. 당시 학자들은 두 이론의 어느 한 편을 지지했고, 결국 이 두 이론들은 각각 진화론과 고정설로 전개되었으며, 이후 조직화 개념은 생물체의 특징들 사이에 종속관계를 형성시키고 특징을 기능과 결부시켜 주었다.

2) 구조와 기능

19세기 초 생리학과 비교해부학의 발달로 생물체의 조직과 기관들의 작용에 관련된 연구가 진행됨에 따라 학자들은 생물체의 가시적 구조 이면에 존재하는 조직화에 대한 심층적 분석을 시도할 수 있었다. 또한 새롭게 전개된 화학의 도움으로 생물체와 환경 사이의 구체적인 관계들이 드러나게 되었다. 이러한 연구들에 힘입어 각 생물체가 지니는 특징들 사이에 종속관계를 형성시키고 특징을 기능과 결부시킴으로써 19세기 새로운 분류의 토대가 되었던 조직화는 생물체가 지니는 특징들 간의 위계적 형태를 드러낼 수 있게 되었다. 즉 다양한 생명 종들을 다양한 특징에 따라 나란히 배열하는 것이 아니라, 본질적이고 불변적인 1차적 특징들과 가변적인 2차적 특징들을 구분한다는 것이다.²¹⁾ 여기서

□존재의 대연쇄□, 탐구당, (1992; 1936). 러브조이는 존재의 연쇄 개념이 널리 수용되는데 기여한 라이프니츠의 총만과 연속의 원리를 분석하고, 18세기 생물학의 역사를 파악하는 데 있어 존재의 연쇄 개념의 중요성을 강조한다.

- 21) M. Foucault (1966), pp. 243-244. 이에 대한 푸코의 해설을 보자. 식물에 있어서 가장 중요한 기능은 생식이고 그 생식에서 가장 중요한 부분은 배(embryo)이므로 식물계는 배를 중심으로 세 개의 강으로 분류되며, 다른 특징들은 이같이 본질적이며 일차적인 특징들을 기반으로 하여 세분될 수 있다. 이러한 1차적 특징은 더 이상 가시적 구조로부터 직접 추출되는 것이 아니라, 어떤 생물체가

조직화란 전체성을 의미하며, 구조의 단순한 결합 이상의 그 무엇이었고, 이 조직화 개념에 따라 생물체 기관들은 표면적으로 드러나는 구조뿐만 아니라 기능적인 측면들까지 고려되어야 했던 것이다.²²⁾

이 문제를 명료하게 보여주는 사례로 조프루아퀴비에 논쟁을 들 수 있다. 퀴비에와 생틸레르는 비교해부학적 원리에 입각하여 생물체의 각 기관들 사이의 관계 및 기관과 환경 사이의 관계에 대한 체계적인 연구를 전개해 나간다. 그러나 조직화와 비교해부학 연구를 통해 이들은 정반대의 주장을 하게 된다. 즉 퀴비에에는 생물체가 존재하는 조건으로 구조보다 기능을 우위에 두었던 반면, 조프루아는 구조가 기능에 우선하는 것으로 보았다.

퀴비에에는 본질적이고 불변적인 1차 형질과 가변적인 2차 형질을 구분함으로써 형질의 위계에 따라 분류를 시도한다. 그는 기관들의 완전한 정도를 고려해 볼 때 그 변형의 단계가 각기 다르다는 점을 강조한다. 어떤 종에서는 일부 기관들이 완전도가 더 높은 단계에 있고 다른 어떤 종에서는 보다 불완전하다는 것이다.

따라서 생물체의 계열은 서로 다른 조직화 도안(plan)에 따라 불연속성을 나타내게 된다. 예컨대 척추동물과 무척추동물 사이에는 이들을 연결해 주는 중간체가 존재하지 않는다. 여기서 존재의 연쇄는 절단되기에 이른다.

따라서 퀴비에에 따르면 자연에서 단일한 도안이란 존재하지 않으며, 각기 독자적인 4개의 계열이 존재한다. 앞서 언급했듯이 퀴비에에는 구조보다 기능을 우위에 두었고, 기능의 유사성이 존재할 때만 구조의 유사성도 존재하는 것으로 설명했다. 생물체의 구조란 “생존에 요구되는 조건(conditions

d'existence)”²³⁾을 따르는 것이므로, 연속성이란 기능에 내재된 것이지 구조에 있어서의 연속성을 의미하는 것이 아니다. 그는 라마르크가 설명한 존재의 연쇄 및 도안의 단일성 개념을 비판하면서 라마르크와 전혀 다른 개체성의 개념을 수립한다. 퀴비에에 있어 각 생명 개체는 생존 조건에 부합되는 기능적 단위체로서

지니는 본질적인 기능의 존재 유무에 따르게 된다. 그러므로 조직화에 따라 분류되는 생물체의 특징들은 그 기능들과 연결된다. 생물체의 특징들이란 물론 결정적이고 지배적인 역할을 하는 기능을 지닌 신체의 가시적 부분에 지나지 않는다. 그러나 특징은 각각의 신체들에서 빈번히 발견되기 때문에 중요한 것이 아니라, 기능적으로 중요하기 때문에 빈번하게 발견되는 것이다. 이러한 조건들에 따를 경우, 분류한다는 것은 가시적인 것을 보다 심층적인 근원에 연결시키는 것이며, 특징이란 한 생물체가 지니는 조직화의 정합적인 총체가 된다는 것이다. 이와 같이 푸코는 조직화 개념이 19세기 생물체에 대한 새로운 분류의 가능성을 제시함으로써 이후 생물체를 무기체와 근본적으로 대립시키는 기준이 되었음을 역설한다.

22) D. Becquemont, *Darwin, Darwinisme, Evolutionnisme* (Paris: Kimé, 1992), p. 40.

23) 이 개념은 퀴비에 이론의 핵심으로, 그는 이 개념을 ‘궁극 원인’으로 간주한다. “자연사는 독자적인 하나의 합리적 원리를 지니고 있다. 이 원리는 많은 경우에 유용하게 이용되는데, 흔히 궁극 원인이라 불리는 ‘생존에 요구되는 조건’ 개념이다.” Cuvier, G., *Le Règne Animal* (Deterville, 1817), p. 6.

각 존재를 구성하는 독자적이고 독립적인 총체이다. 고정론자였던 퀴비에 존재의 조건 개념을 ‘궁극 원인’으로 간주하면서, 생물 종의 진화를 부인한다. 즉 모든 종들은 완벽하게 적응된 것이므로 변화란 무의미하거나 죽음을 초래할 뿐이며, 모든 환경 변화는 창조자의 발명에 의해 완벽하게 적응된 새로운 존재를 요구한다는 것이다.²⁴⁾

반면 조프루아 생틸레르에 따르면 조직화란 다양한 변형을 이루는 종들의 특이성을 나타내며 이들을 비교하는 수단이 된다. 한 동물 개체는 이들을 이루는 부위 모두가 크고 작은 변형을 이루어 유일의 독특한 조직화를 지닌다.²⁵⁾ 따라서 적응의 완전성이란 조화로운 법칙들로 이루어진 단일한 도안의 구조에 의해 설명된다. 존재의 연쇄에는 연속성이 존재하며, 여기에는 구조의 유사성이 존재한다. 적응의 완전성을 가능하게 하는 것은 바로 구조의 적응성인 것이다. 조프루아 생틸레르에 있어서 구조의 형성은 생존의 조건과 연관되어 어떠한 진화의 형태로 이루어지는 것이 아니라, 직접적인 환경의 작용에 의존하는 것이었다.

이를테면, 조프루아는 척추동물과 무척추동물 사이를 잇는 중간체로 두족연체동물을 들고 있음에 반해, 퀴비에에는 두족류를 연체동물 계통의 한 강으로 간주하고 이들의 조직화 도안이 척추동물 계통과는 전혀 다른 것임을 주장했다. 퀴비에에 의하면 척추동물과 무척추동물 사이에는 뚜렷한 간극이 존재한다. 퀴비에에 있어서 각 종은 각각이 분리되어 독자적으로 형성된 것으로 이는 지질학의 격변론과 18세기 전성설에 부합되는 것이었다. 퀴비에의 이론은 당시 비교해부학의 실증적 자료들에 근거할 때 보다 정확한 것이었다. 한편 조프루아는 서로 다른 종들 사이에 존재하는 다른 기관들의 기능적 유사성으로 설명되는 ‘상사(analogue)’ 개념과 발생학적 기원의 동일성으로 설명되는 ‘상동

24) G. Cuvier, *Histoire de la création des êtres organisés d'après les lois naturelles*, trad. française Letourneau (Paris: C., Schleicher, 1903; 1868).

25) Et. Geoffroy Saint-Hilaire, *Philosophie anatomique*, t. 2, (Paris, 1822), pp. 15-28. 조프루아 생틸레르의 조직화 개념은 블랭빌(Blainville)이 설명하는 조직화 개념과도 유사하다. 블랭빌에게 있어 조직화는 해부학을 총괄하는 개념으로서, 기본적으로 기관들의 집합을 의미하며 유기체 상태를 특성화하는 것이다. 즉 생물체는 다양한 형태, 구조, 기능을 지니는 부위들이 모두 서로 협력하여 어떤 단일한 결과를 나타내는 데, 여기서 조직화란 부위들의 편성을 의미한다. 이러한 의미에서 본다면 조직화 개념은 전체의 이익을 위해 협력하는 다양한 부위들의 총체로 설명될 수 있다. 이것은 궁극적으로 조직화에 있어서 구조의 우위성을 주장한 조프루아 생틸레르에 부합된다고 볼 수 있다. 칸귀렘은 조직화에 대한 블랭빌과 모피에(Maupied)의 개념 사이에 나타나는 차이를 구분하면서, 블랭빌의 조직화 개념에 대해 논한다. 블랭빌의 조직화 개념에 대한 연구로는 G. Canguilhem, "Histoire des sciences de l'organisation de Blainville et l'abbé Maupied," *Revue d'Histoire des Sciences* XXXII:1 (1979), pp. 73-91; B. Bernard "Organisation, organisme, économie et milieu chez Henri Ducrotay de Blainville," *Revue d'Histoire des Sciences* XXXII:1 (1979), pp. 5-24 참조.

(homologue)’ 개념을 혼동함으로써 오류를 범했다.²⁶⁾ 피셔(J. L. Fischer)는 조프루아 생틸레르의 이론이 비교해부학의 진보에 기여하긴 했지만, 발생적 변이의 기원이라는 이론적 모델을 배경으로 했던 까닭에 실험발생학에 이르지 못한 점을 지적한다. 그의 작업은 배의 해부학이었지 발생학이 아니었다는 것이다.²⁷⁾

따라서 일부 역사가들은 종종 고정설을 주장했던 퀴비에가 오히려 궁극적으로는 자연을 동적으로 해석하는 시각을 제공한 것으로 평가한다.²⁸⁾ 퀴비에의 자연의 연속성 및 존재의 연쇄를 파기하고 생물체 분류의 재구성을 시도함으로써 생명에 역사성을 불어넣었다는 것이다. 이러한 경향은 푸코의 분석에도 반영되어 있다.²⁹⁾

그러나 퀴비에에 있어서의 조직화 도안은 성체의 비교에 불과하다는 비판도 존재한다. 들뢰즈(G. Deleuze)에 따르면 게다가 살아있지도 않은 골격 표본들을 조사하는 것 이상의 어떤 차이도 드러내지 못하고 있으며, 기관들의 배치를 기하학적으로 논한 것에 지나지 않는다.³⁰⁾ 들뢰즈는 반면 생틸레르가 말하고 싶었던 것은 기관의 배치에 있어서 교환이나 변환의 가능성이 아니라 이들을 배치하는 동력학, 즉 어떻게 그러한 배치가 가능했는지를 보여주는 조직화 도안이며, 이것이야말로 모든 생물체에 공통된 본질이라고 설명한다.³¹⁾

조프루아퀴비에 논쟁은 많은 과학사가들의 관심의 대상이었다. 오늘날의 관점에서 본다면, 유전적 유사성에도 불구하고 표면적으로 드러나는 생물체의 형질 및 구조의 다양성을 보여주는 현대 생물학은 일찍이 퀴비에가 말했던 조직화 도안의 다양성을 입증하는 것일까? 혹은 그와 반대로 형태와 발생의 다양성 이면에 존재하는 모든 종들에 공통된 구조적 연속성을 주장한 조프루아 생틸레르의

26) 1848년 오웬(R. Owen)에 의해 비교해부학에 상동 개념과 상사개념이 정착되었다.

27) J. L. Fischer, "Laurent Chabry and the Beginnings of Experimental Embryology in France," in S. F. Gilbert, *A Conceptual History of Modern Embryology* (Baltimore: Johns Hopkins Univ. Press, 1994), Chap. 2. pp. 31-32.

28) H. Daudin, *De Linné à Jussieu. Méthodes de Classification et Idée de Série en botanique et en Zoologie*, 1740-1790 (Paris: Alcan, 1926); Balan, B., *L'Ordre et le temps* (Paris: Vrin, 1979).

29) M. Foucault, "La situation de Cuvier dans l'histoire de la biologie," *Revue d'histoire des sciences* XXIII (1970), pp. 63-92.

30) G. Deleuze, *Différence et répétition* (Paris: Puf, 1968). 퀴비에와 마찬가지로 부분들의 상호관계와 형질종속의 원리를 적용하여 분류를 시도했던 라세페드의 ‘해부학적 주요 성질 (qualité principale of analytique)’ 역시 퀴비에의 형질종속원리와 유사하다. 그러나 그는 기능적 의미와 계통적 의미 사이의 관계를 고려했다는 점에서 퀴비에를 넘어선다. H. Alan, "Lacépède and Cuvier: A Comparative Case Study of Goals and Methods in Late Eighteenth-and Early Nineteenth-Century Fish Classification," *Journal of the History of Biology* vol. 22 no. 1 (1989), pp. 141-161.

31) 고이즈미 요시유키, 이정우 역, □ 들뢰즈의 생명철학 □ (동녘, 2003).

승리를 말해주는 것일까? 결론은 조프루아의 승리로 기울어졌다.³²⁾ 특히 발생유전학과 관련된 최근의 연구 결과들은 생틸레르의 이론에 힘을 실어주었고 이 이론에 관한 면밀한 재검토를 유도하게 되었다.³³⁾

퀴비에의 생물체를 자연적으로 분류함에 있어서 생물체가 지니는 복잡하고 다양한 모든 형질 가운데 기능이라는 내재적 요소에 의거하여 가장 중요한 한 두 가지 형질에 의거할 것을 제안했지만, 역사적으로 복잡한 함의들을 지니는 조프루아-퀴비에 논쟁 자체에 대해 몇 가지 주요 원리에 따라 단정적으로 시비를 가릴 수는 없을 것이다. 이 논쟁에 내포된 다양한 수준의 여러 의미들은 나름대로의 역사적 가치를 지니고 있을 것이기 때문이다.³⁴⁾

결국 조직화 개념의 측면에서 본다면, 조프루아 생틸레르나 퀴비에의 각각 구조와 기능을 토대로 하는 비교해부학 이론의 진보에 기여하긴 했지만, 조프루아 생틸레르는 발생적 변이의 기원을 토대로 하는 배의 해부학에 그쳤고, 퀴비에 역시 성체의 골격 표본을 비교함으로써 양 쪽 모두 기관들의 배치를 기하학적으로 논하는 것에 그칠 수밖에 없었다. 여기에 동적인 시간의 개입이 요구되었다.

3) 조직화와 시간개념의 도입

자연의 물체들을 분류하는데 있어서 조직화 도안이라고 하는 공간 속에서의 유사성을 인식하는 것만으로는 부족하다. 자연의 연속성 개념에 로비네가 시간의 의미를 도입한 사실은 그러한 점에서 중요한 것으로 평가될 수 있다. 로비네에 의해 자연의 연속성 개념은 시간적 연속성의 개념을 수반하면서 진화적 발생의 문제로 확장될 수 있었다. 로비네에 따르면 자연은 단선적인 연속성을 유지하면서 끊임없이 일한다. 여기에 모든 생물체의 기원인 원형(prototype) 개념이 등장한다. 이 개념이 명료화된 것은 라마르크에 의해서였다. 이 원형은 생물체의 가장 단순한

32) M. Morange, "The Developmental Gene Concept: History and Limits," in P. J. Beurton, et al., *Concept of the Gene in Development and Evolution: Historical and Epistemological Perspectives* (Cambridge University Press, 2000).

33) 20세기 후반 유전학 연구를 통해 생명체의 신체 설계를 결정하는 발생유전자들이 기능적으로 중복되어 있을 뿐 아니라 다양한 생명 종들에서 동일한 역할을 담당하기도 한다는 사실이 밝혀지게 됨으로써, 다양한 생명체 구조 사이의 연속성 이론이 힘을 얻게 된 것이다. 발생유전학과 관련된 최근 연구에 관해서는 S. F. Gilbert, "Genes Classical and Genes developemental," P. Beurton, et al. eds., *The Concept of the Gene in Development and Evolution* (Cambridge University Press, 2000) 참조.

34) T. Appel, *The Cuvier-Geoffroy Debate: French Geology in the Decades before Darwin* (New York: Oxford University Press, 1987).

형태가 되는 모델로서 라마르크가 점진적 변이론을 설명하기 위해 우선적으로 주목해야 할 필요성을 제시한 모나드와 유사하다.³⁵⁾ 자콥은 18세기적 요소를 지니는 라마르크의 변이론(transformisme)에 19세기적 요소가 존재한다면 그것은 바로 점차 복잡화되는 조직화들이 서로를 파생시키게 하는 시간의 운동이었음을 지적한다.³⁶⁾

이와 같이 라마르크는 다양한 생물체들의 복잡성에 따라 조직화를 전반적으로 비교함으로써 조직화가 단순한 생물체들이 시간과 더불어 복잡한 조직화 도안을 지니게 되는 것으로 설명한다. 이는 라이프니츠와 보네의 존재의 연쇄 개념을 비판적으로 재창출해 낸 것이다. 이렇듯 라마르크는 생물체의 전체에 통합된 부분들의 총체를 일컫는 조직화 개념을 통해 생명 이론을 전개하고 여기에 ‘생물학(Biologie)’이라는 용어를 도입한다. 라마르크에 있어서 생물학적 질서는 물질적 자연 세계 속에서 불활성 물질의 질서와 구분되는 조직화의 법칙으로 이루어진 특별한 질서이다. 물론 생물체 역시 무기체와 마찬가지로 물질로 이루어져 있지만, 생명은 생물체를 구성하는 물질에 내재된 것이 아니라 그 물질들이 이루고 있는 특별한 조직화를 통해 형성되는 것이며, 생물학은 바로 생물체의 조직화를 연구한다는 측면에서 고유의 영역을 지니게 되는 것이다.³⁷⁾ 라마르크에 있어서 조직화 연구는 생명의 개체성에 대한 탐구이며, 그 개체성이란 한 생물체가 단순한 형태에서 복잡한 형태에 이르기까지 공간적 시간적인 연속성에 의해 형성되고 유지되는 능력을 지님을 의미한다. 생물체가 단순한 것에서 복잡한 것으로 변화되어간다는 사고는 자연 자체의 배열에 있어서나 이에 대한 연구의 방법론에 있어서 18세기 백과전서파의 디드로 이래 19세기 초 콩트에 이르기까지 지속적으로 논의되었던 주제이다.³⁸⁾ 그러나 18세기에 생물체의 특성은 조성된 각 분자들의 합으로 생각되었고, 19세기 라마르크에 와서야 생물체의 공간적 형태만이 아니라 시간이 개입된 조직화에 관심이 생기면서 생물체의 통합이라는 관념이 등장하게 되고 단순성과 복잡성 사이의 진정한 대조가 가능해졌다.

라마르크에 있어서 생물체는 환경과의 작용반작용에 의해 조직화를 구성하는 자율적인 능력을 지니는 존재이다. 여기서 환경은 생물체의 새로운 욕구를

35) 라마르크는 최초의 단세포 생물을 지칭하는 모나드를 라이프니츠의 용어에서 차용했지만, 라마르크의 모나드는 라이프니츠의 형이상학적 개념과는 차이가 있는 실증적 개념이었다. J. B. Lamarck, *Philosophie zoologique* (Paris: Flammarion, 1809; 1994). 이후 핵켈은 이 원형생물체를 모네르(monères) 개념으로 설명한다. E. Haeckel, "Studien über Moneren," *Biologische Studien* (Leipzig, W. Engelmann, 1870).

36) F. Jacob, 이정우 역, 앞의 책, 242쪽.

37) A. Fagot-Largeault, *Philosophie des sciences I* (Paris: Gallimard, 2002), p. 498.

38) 이정희, “의학과 진화론의 상관성”, □의사학□ 7권 2호 (1998), pp. 202-203.

유발하고, 새로운 습성을 야기함으로써, 이들의 조직화를 변화시킨다. 이것은 결국 자연이 생물체의 조직화를 다양화시키고 보다 완전하게 만드는 수단이 된다. 이와 같이 환경은 생물체가 유지되는 힘이며, 조직화를 구성하는 힘과 환경 작용 사이의 적응은 라마르크 이론의 핵심 요소를 이룬다.

따라서 라마르크에 있어서 생명 개체는 내적 존재가 아니라, 외적 환경에 능동적으로 적응하는 자율 조절 체계이며, 이는 획득형질의 유전으로 알려진 라마르크의 유전 이론을 형성한다. 하지만 이미 알려져 있는 바와 같이 당시에는 유전 자체가 주목되지 않았고 라마르크의 발생학 역시 18세기 화학의 수준에 머물러 있었기 때문에 개체의 발생 과정을 설명하는데 있어서는 한계를 드러내고 있다. 캉귈렘(Canguelhem, G.)은 18세기의 발생 이론들로부터 진화 개념이 형성되는 모습을 그려내는 자신의 논의 대상에서 라마르크 이론을 제외시키면서 그 이유를 다음과 같이 설명한다. 라마르크가 생물체의 조직화 개념을 통해 장구한 시간에 걸친 생물체들의 진화 이론을 체계화했다는 점에 대해서는 이견의 여지가 없음을 인정한다 하더라도, 생물체의 변이를 환경과의 관계 속에서 설명하는 그의 진화 개념은 개체의 발생 과정에서 나타나는 형태학적 변이를 설명하는 발생학과는 별개였다는 것이다.³⁹⁾ 이 문제는 다윈에 있어서도 유사하게 드러나는데, 라마르크나 다윈이 각기 자신들의 진화 이론 체계를 형성하는데 있어 주목한 것은 계통발생의 측면이었으며,⁴⁰⁾ 19세기 후반 신다윈주의자와 신라마르크주의자들이 개체 발생에 집착하는 모습과는 대조적이다.

3. 개체발생과 조직화

1) 조직화 도안과 발생학의 통합

동물계에 있어서 계통의 형태학적 단일성을 부인한 폰 배어(Von Baer)는 4가지의 ‘원형(archétype)’ 이론을 전개한다. 그는 죠프루아 생틸레르와 퀴비에를 동시에 비판하면서 복잡한 집합체를 이루는 구성 부위들의 이질성의 정도로 설명되는 ‘발생 단계(degré de développement)’ 라는 형태학적 개념을 도입하여

39) G. Canguilhem, *Du développement à l'évolution au XIXe siècle* (Paris: Puf, 1962).

40) 라마르크가 배의 자율적인 형태 발달을 인식하지 못했다는 피아제의 지적도 유사한 맥락에서 이해될 수 있다. J. Piaget, *Biology and Knowledge* (Edinburgh University Press, 1971; 1967). 게다가 다윈의 자연선택설이 개체 변이의 메커니즘에 대해 아무것도 설명해주지 못한다는 비판은 19세기 후반 지아르, 르당텍, 라보의 계보로 이어지는 신라마르크주의에 의해 줄곧 논의되어 온 주제이다.

이를 각 계통을 구분해 주는 ‘조직화 유형(type d'organisation)’과 구분한다. 4가지 계통을 구분했던 퀴비에에 따라 폰 배어는 4종류의 원형에 근거하는 4가지의 기본적 조직화 유형을 나눈다. 배는 각 조직이나 기관이 분화되어 형성된 것으로 배발생의 초기 단계와 마지막 단계 사이의 차이는 하등동물과 고등동물 사이의 차이에 비교된다. 따라서 고등동물의 배와 하등동물의 성체 사이에는 연관성이 있기는 하지만, 그 연관성은 발생의 정도에 따른 것이지 조직화의 유형과는 무관하다. 조직화의 유형은 배발생의 초기에 이미 결정되는 것이기 때문이다. 폰 배어의 발생 법칙에 따르면 어떤 동물 집단의 공통적인 형질은 어떤 다른 형질보다도 먼저 배에 나타나 있으며, 이러한 가장 보편적인 형질이 나타난 이후에 다양한 구조의 형태가 만들어지게 된다. 그는 조직화 유형과 발생 유형 사이의 밀접한 상호관계에 주목하여 비교해부학과 발생학을 접목시킴으로써 비교발생학의 기초를 마련했다.⁴¹⁾ 이 작업을 통해 그는 다양한 조직화 유형들 사이의 독립성을 인정하게 된다. 다양한 각각의 배는 발생 과정이 서로 다르며, 따라서 계통분류상의 형질을 결정하는데 있어서 배발생 연구에 우선적인 지위가 부여된다.

이후 조프루아 생틸레르 역시 동물학과 배발생 사이의 관계에 주목하게 된다. 그러나 조직화 도안의 단일성이라는 정반대의 입장에서 전개된 그의 발생학은 단일한 생명 존재로부터 시작되는 점진적 연쇄 이론으로 귀착된다. 조프루아 생틸레르는 비교해부학에서 퀴비에와 상반된 입장을 보였던 것과 마찬가지로 폰배어의 발생학과 상반된 견해를 드러낸다.

따라서 발생학에 있어서 역시 연속성과 불연속성이라는 양립될 수 없는 두 이론이 존재했고, 이 문제는 핵켈에 의해 일단락 지어졌다.

핵켈에 이르러 조직화 도안(plan) 개념의 재정립이 이루어진다. 그는 퀴비에의 가설과 조프루아 생틸레르의 가설을 통해 새로운 동물학의 근거를 마련한다. 우선 그는 퀴비에의 네 가지 조직화 도안 이론이 동물계의 다양성을 설명하기에 불충분함을 지적하면서 전혀 다른 구조의 도안으로 특징지을 수 있는 일곱 유형으로의 구분을 제안한다. 그리고는 기원이 되는 조직화 도안들로부터 각 유형별로 분기되어 나오는 계통수를 만들어 낸다. 그의 계통수에 따르면 다양한 동물들이 각각 일곱 개의 분지를 형성하지만, 궁극적으로 이들은 단일한 기원에서 시작된다. 여기서 불연속을 만들어 내는 시원에 자리하는 단일성은 결국 연속성을

41) 폰배어의 발생 법칙은 다윈 이론의 형성에도 크게 기여했다. G. Canguilhem, *Du développement à l'évolution au XIXe siècle* (Paris: Puf, 1962); R. J. Richards, *The Meaning of evolution* (Chicago: University of Chicago Press, 1992); D. Ospovat, *The Development of Darwin's theory* (Cambridge: Harvard University Press, 1992)참조.

말해주고 있다. 그 계통수를 결정하는 것은 물론 배발생학이었다. 이와 같이 핵켈은 계통수와 배발생학의 매개에 의해 연속성과 불연속성을 연결시켰다.⁴²⁾ 앞서 언급했던 바와 같이 조직화 도안은 19세기 초반 생물체 분류에 있어서 분기를 나타내는 특성으로 간주되었다. 퀴비에의 비교해부학에서는 성체가 지니는 조직화 도안을 통해 비교 형질들이 선택되었다면, 핵켈은 폰 배어의 발생학을 도입하여 이 문제를 설명한다. 즉 비교 형질들은 조직화 도안이 형성되는 발생의 일정 단계에서 설명되어야 한다는 것이다. 이제 조직화 도안은 더 이상 분류의 수단으로서가 아니라 시간의 개념이 도입된 계통적 진화의 관점에서 설명되었으며, 나아가 개체발생에 있어서의 조직화를 의미하는 것이기도 했다.

2) 조직화와 유전 이론

19세기 후반에 접어들면서 생물체의 모든 특성들을 설명하는데 있어 조직화 자체의 인식만으로는 부족하게 되었다. 조직화란 무엇에 근거하는지, 어떻게 다양한 조직화가 형성되는지의 새로운 분석이 요구되었다.⁴³⁾ 여기에는 세포설의 발전과 더불어 새롭게 인식된 생식과 유전의 문제가 개입된다.

이 시기에 유전 이론은 이전에 존재했던 형질 고정성에 대한 막연한 신념으로부터 벗어나 본격적으로 주목의 대상이 되기 시작한다. 형질의 고정성은 생물 종 내의 보편성을 설명해주는 것으로, 고양이와 고양이를 낳는다거나 생물체의 형태, 지능, 질병 등 갖가지의 형질들이 부모에서 자식으로 유전된다는 사실로 설명된다. 이는 사람들이 오래 전부터 직관적으로 동의해 왔던 유전 법칙이다. 생물체의 조직화에 대한 문제에 계통 및 개체 발생 과정이라는 시간성이 개입되면서 성립된 진화론은 생명 개체가 지닌 형질의 고정성과 더불어 변이성이라는 서로 반대되면서도 보완적인 두 개념을 통해 설명될 수 있었다. 여기서 형질의 차이를 드러내는 변이는 종의 다양성을 설명해주며, 종 간 형질의 무수한 다양성, 심지어 부모와 자식 사이에 나타나는 형질의 차이들이 바로 유전의 법칙을 통해 설명되었다. 이러한 변이성의 문제를 설명하는 일은 역사적으로 매우 복잡한 양상으로 전개되어 왔다.

여기에는 전성과 후성의 문제가 개입된다. 차이를 만들어 내는 메커니즘이

전성인가 후성인가의 논의는 19세기 후반 매우 활발하게 진행되었다. 핵켈은 □

42) E. Haeckel, *The Evolution of man: A Popular Exposition of the Principal Points of Human Ontogeny and Phylogeny* (New York, 1879)

43) F. Jacob, 이정우역, 앞의 책, 278쪽.

생물체의 일반 형태학(*Generelle Morphologie der Organismen*) □ (1866)에서 유전을 발생의 기본적 과정에 포함시켜 설명한다. 크리스탈은 외적 첨가에 의해 커지지만, 생물체는 물질의 동화작용에 의해 성장한다. 생식은 생물체가 성장하고 증식하는 과정에서 생명 물질이 분할되는 것이며, 유전은 이 생명 물질이 생식된 개체에 의해 전달되는 것이다. 부모와 자식 사이에 나타나는 동일성은 분할된 생명물질의 동일성에 기인하며, 차이는 발생 세포들이 분할되는 동안 동일한 물질이 후천적으로 복잡화된 결과이다.⁴⁴⁾

한편, 바이스만의 생식질 연속설과 드브리스의 세포내 판제네스설은 이와 대비된다. 바이스만과 드브리스는 차이를 만들어 내는 기작을 유전 법칙으로 설명하면서 전성설을 주장한다. 배의 자율적인 형태 발달을 최초로 제안한 이들의 이론은 흔히 현대 유전 이론의 전신으로 간주된다.

바이스만과 드브리스의 이론은 1880년대에 걸쳐 동시에 전개되었으며 상호 영향을 미쳤을 것으로 여겨지고 있다. 바이스만의 생식질 연속설과 매우 유사한 드브리스의 판제네스설은 1900년 이후 멘델법칙의 재발견을 포함하는 돌연변이설로 발전되면서 생식질 연속설을 완성시킨다. 상호보완적이면서 서로 일치하기도 하는 이들의 이론은 당시의 세포학적 지식들을 통합하고 유전에 대한 이전의 다양한 이론들을 종합했다.⁴⁵⁾

우선, 바이스만은 1885년 다윈의 판제네스설의 기본적 전제들을 비판하면서 ‘생식질 연속설’을 주장했다. 판제네스설에서는 신체의 모든 부위가 요약된 생식세포들이 전제된 반면, 바이스만은 생식세포(germen)와 체세포(soma)를 구분하고 생식세포는 이전 세대의 생식세포를 통해서만 전달된다고 설명한다. 생식질은 생식세포 내의 핵의 일부에 불과하며, 따라서 바이스만에 의하면 유전이란 세포핵 내에 위치하는 생식질이라는 물질에 의해 전달된 것이다. 부모의 형질들이 혼합되어 형성된 난자는 분열되어 새로운 생식세포와 체세포를 형성한다. 생식세포들은 중복에 의해 생식질을 변함없이 보존하고, 체세포와 독립적으로 자손을 지속적으로 만들어 낸다. 따라서 체세포와 관련된 획득형질은 유전적일 수 없으며, 생식세포에 보존된 생식질 내의 형질들만 유전될 수 있다. 여기서 바이스만은 생식질의 기초가 되는 단위를 비오포레(biophore)라 불렀다. 온갖 종류의 다양한 비오포레가 존재하며, 이들 각각은 생물체를 이루는 형질들끼리 부합된다. 따라서 비오포레는 하나의 형질에 해당되며, 현대의 유전자에 비견되기도 한다. 분열에 의해 생식되는 비오포레의 능력은 유전이 발현되는

44) F. Mondella, article "Hérédité", *Dictionnaire du Darwinisme et de l'Evolution* (Paris: Puf, 1996), p. 2174.

45) A. Pichot, *Histoire de la notion de gène* (Paris: Flammarion, 1999). p. 49.

방식을 설명해 주며, 여기서 비오포레는 유전의 전달자일 뿐만 아니라, 생명 물질의 기본 구성체가 된다.

드브리스 역시 바이스만 이론과 거의 유사한 ‘세포내 판체네스’ 설을 제시했다. 이는 핵 속에 존재하는 생명의 단위체인 ‘판젠’의 일부가 세포질 내로 전달되어 증식된다는 이론이다. 여기서 판젠은 바이스만의 비오포레와 마찬가지로 유전의 전달 입자들인 동시에 생명물질의 기초구성체이다. 각각의 핵 내부에 판젠이라는 생식의 초안이 저장되어 있으며, 이들이 세포질로 이전되어 증식하고 세포의 형질을 발현시킨다.

그러나 여기서 우리는 드브리스와 바이스만 이론의 명확한 차이를 발견할 수 있다. 드브리스의 판젠은 바이스만의 생식질에서처럼 조직화된 것이 아니라, 자유롭게 움직이는 존재이다. 드브리스에 있어서는 핵 내에 유기체 전체의 판젠들 각각의 일정한 표본들이 포함되어 있는 반면, 바이스만에 있어서는 핵 내에 분화된 세포의 각 부위에 부합되는 비오포레의 표본들이 포함되어 있다. 돌연변이설을 발표할 무렵 드브리스는 세포질 유전에도 관심을 두었고, 세포소기관들이 핵과 무관하게 스스로 증식된다는 점을 지적했다.⁴⁶⁾

하지만 결국 이들 이론에서 유전의 전달자인 비오포레와 판젠은 모두 다양한 분자들의 복잡한 혼합체로서 이들 자체가 살아있는 것으로 설명된다. 이들에게 있어서 생명은 생물체의 조직화와 관련되기보다는 유기적 입자들로 이루어진 구성체로 설명된다. 따라서 이 부분에서 우리는 생물체의 구성 요소이자 유전의 전달자 자체의 생명화, 즉 생기론적 측면을 찾아볼 수 있다.⁴⁷⁾ 이를테면 생기론적 관점에서는 생물체를 형성하는 구성요소 자체에 이미 생명이 깃들여져 있었다. 예를 들어 뷔퐁은 생물체를 구성하는 입자들이 라이프니츠의 ‘모나드’를 연상시키는 ‘유기적 분자들’로 이루어져 있다고 설명한다. 생명은 그 구성 요소 자체로 독특한 성질을 지니기 때문에 특별한 것이다. 이 개념들에서 생물체는 그 자체가 살아있는 기본 입자들로 이루어져 있기 때문에 살아있다고 하는 순환 논리에 귀착되고 만다.

일면 생기론적 성격을 지니는 비오포레와 판젠 이론은 20세기 들어 생명 연구에 본격적으로 유전자를 부각시키는데 일조하게 되었고, 이로써 생물체를 설명하는 핵심 주제는 조직화로부터 유전자로 이동하게 되었던 것이다.⁴⁸⁾ 여기서 생물체

46) *Ibid*, pp. 46-49.

47) 피쇼는 바이스만과 드브리스의 이론에서 엄밀한 의미의 생기론까지는 아니더라도 물활론적 경향이 드러남을 지적한다. *Ibid*, p. 55.

48) 20세기 생물학이 유전자를 중심으로 이루어진 현상의 배경은 유전학과 발생학의 연구가 분리되었던 미국의 독특한 과학적 사회적 맥락과 연관지어 생각할 수 있을 것이다. 당시 미국 생물학계의 원자론적이고 환원적인 실용주의적 사조는 생물학에서 유전자의 중요성을 크게 부각시켰다. 한편 독일을 비롯한 유럽 국가들의 경우에는 유전학과 발생학의 분리가 비교적 두드러지게 나타나지

조직화의 환원과 관련된 문제가 대두된다.

4. 조직화 수준과 환원의 문제

칸틸렘은 고대에서 현재에 이르는 생명 개념의 역사적 단절성에 주목하면서, 생기론(animation), 기계론(mechanism), 조직화(organization), 그리고 정보(information)로서의 생명 개념을 들고 있다. 생기론이 생물체를 구성하는 입자들에 생명을 불어넣었다면, 기계론은 생명을 비활성 물질로 환원시켰다. 19세기 조직화 이론이 등장하면서 생명이란 생물체를 이루는 구성 요소 자체에 내재된 것이 아니라, 물질들이 특별한 형태로 조직화됨으로써 생명을 이루게 되는 것으로 설명된다.

조직화 이론에 있어서는 모든 것이 물질로 환원되는 것이 아니다. 신체의 구성분인 물질과 더불어, 물질로 된 요소들의 집합체 내에 비물질적 요소인 ‘질서’가 존재하기 때문이다. 이러한 맥락에서 조직화 이론은 기계론으로 간주할 수 없다. 또한 조직화 이론에서는 생명을 이루는 요소들을 특별하게 조직화하는 ‘구조’에 의해 생명이 부여되는 것이지 요소들 자체가 살아있는 것이 아니기 때문에 물활론도 아니다. 게다가 다양한 수준으로 설명되는 생물체 조직화는 각 수준마다 자율성을 지니는 새로운 특성을 나타내므로 환원론도 아니다. 우주 전체가 하나의 거대한 생물체도 아니고, 단지 생물체들로만 구성된 것도 아니기 때문에 생기론으로도 간주할 수 없다. 이와 같이 조직화 이론은 기계론도 물활론도 아니고, 환원론도 생기론도 아니다.

19세기 생물학 연구를 통해 생물체는 이와 같이 조직화(organisé)되었다. 구조와 기능의 관계가 정립된 이후, 구조와 기능의 양면적 의미를 획득하게 된 조직화 개념은 생물체를 다양한 수준으로 기술하는 기본 개념이 되었다. 생물체는 독립된 기관들로, 독립된 기관은 조직들로, 조직은 세포들로, 유전자로 환원되었으며, 생물체 구조의 다양한 수준들은 구조와 기능으로 설명되는 조직화를 통해 각각을 대상으로 조직학, 세포학, 유전학, 기관의 형태학과 생리학 등등의 다양한 연구 분야를 형성하고 있다.⁴⁹⁾ 그러나 생물체는 원자주의적 설명에 반하는 자율성을

않았다. 특히 낭만적 자연철학의 전통을 계승했던 독일 출신의 골드슈미트(Goldschmidt)와 같은 일부 유전학자들은 20세기 미국의 유전학이 지나치게 편협한 개념들을 토대로 이루어지고 있음을 비판하면서, 유전 개념은 총체적인 발생적 현상을 드러내주는 조직화의 맥락에서 파악되어야 함을 강조했다. 골드슈미트의 이론에 관해서는 S. Schmitt, "L'Œuvre de Richard Goldschmidt", *Revue d'histoire des sciences* 53:3-4(2000), pp. 381-399 참조.

49) J. Parain-Vial, *Analyses structurales et idéologies structuralistes* (Toulouse: Privat,

지니는 총체로서, 한 생물체를 이루고 있는 각각의 조직화 수준은 새로운 특성을 나타낸다.

이러한 생물체의 조직화를 설명하는데 있어서, 그 생물체를 구성하는 물질적 요소들을 중시하는 관점과, 요소들과는 독립된 구조적 관계의 생성을 중시하는 관점 사이에 의견이 나뉘게 된다.

우선, 구성 요소들을 통해 생물체를 설명하고자 하는 사람들은 유기체를 세포들로 분해하고, 세포에서 염색체로, 염색체에서 유전자로, 하위유전적 단위로, 또한 이들을 이루는 뉴클레오티드나 아미노산 등의 화학적 요소들로 분해해 나간다.⁵⁰⁾ 반면 유기체의 구조에 주목하는 학자들은 생물체를 이루는 기본 요소들 보다는 그 구조를 이루는 체계에 비중을 둔다. 이들에 따르면 생물체의 구조는 형태학적 관점에서는 생리학적 관점에서는 그 구조를 형성하는 요소들의 합으로 환원될 수 없다. 생물체로부터 분리된 조직이나 기관은 이미 살아 있지 않은 것이다. 이러한 주장에 동조하는 학자들은 생물학을 물리화학적으로 환원하는 것에 반대하여 자율적이고 통합된 과학으로 만들기 위해 노력한다.

워딩턴은 이러한 현상을 물리학에서의 입자이론과 장이론 사이의 대립에 비유한다. 물리학에서 두 이론 가운데 어느 하나가 선택되지 않고 두 이론이 모두 수용되는 것과 마찬가지로 생물학 역시 마찬가지일 것이라고 말한다.⁵¹⁾

여기서 문제가 제기되는데, 물리학에 있어서는 물질세계를 가장 근본적인 수준에 이르기까지의 최후 구성체로 분해한다는 것이 의미를 지닐 수 있을 것이다. 하지만 생물체를 이루고 있는 일부 기관 및 조직을 시험관으로 옮겨 놓는다면 이들은 이미 생물체가 아니다. 생물학에 있어서 분석이란 결국 물리화학적 영역으로 벗어나게 된다. 유전자가 그 자체로 하나의 자율적 단위체인지, 혹은 연결망이 없이는 유전자로서의 자격이 박탈되는, 단지 연결망 내의 핵심에 불과한 것인지의 문제가 대두되는 것이다. 이렇듯 유전자에서 세포, 개체 생물체, 집단으로 이어지는 단위체들에 있어서 더 근본적인 수준은 무엇인가?

조직화의 수준 개념 및 수준들 간의 상호작용 개념은 20세기를 거치면서 차츰 그 기반을 굳히게 되었고, 많은 생물학자들은 유기적 단계에 있어서의 모든 수준들이 독립성을 지니는 것으로 확신해 왔다. 그러나 세포나 개체 수준과 별도로 유전자 수준을 상정한다면 이는 지나친 단순화일 수 있다. 세포 수준이나 개체 수준으로 나타나는 표현형을 배제하고 유전자를 연구한다는 것은 어쩌면 19세기 초 발생학적 시간 개념을 배제하고 비교해부학적 연구를 통해 형질의 분류를

1969), p. 30.

50) 이것은 신다윈주의 계보를 이루는 종합진화설을 포함하여 분자생물학 탄생 이후의 유전학이 채택했던 전형적인 접근 방식이다.

51) C. H. Waddington, *The Nature of Life* (Allen & Unwin, 1961), pp. 1-23 참조.

시도했던 바와 마찬가지로, 당시의 실증적 자료들과 부분적으로 일치한다 해도 결국 총체적인 설명을 위한 연구 과정의 일부분에 불과한 절름발이 결론밖에는 도출해낼 수 없는 것이 아닐까? 이 절의 결론을 대신하여 귀쟁(F. Cuzin)의 말을 인용해보자. “발생의 속성은 늘 유전자에서 형질로, 형질에서 유전자로 지속적인 왕래를 통해 기능해 왔으며, 표현 형질은 유전자의 작용을 이해할 수 있게 해주고, 유전자는 표현 형질을 설명해 주는 것이다”.⁵²⁾

5. 포스트 게놈 시대의 조직화 연구

20세기 후반에 접어들어 유전학은 모든 생물체에 공통적이고 단일하게 내재되어 있는 일부 유전자들을 발견해냄으로써 그토록 다양한 생명 개체들의 형태와 행동양식 이면에 이들을 주도하는 유전적 구조와 기능의 단일성이 존재한다는 점을 보여주었다.⁵³⁾ 이러한 발견들은 생물체의 발생과정이 많지 않은 수의 조절유전자에 의한 수많은 구조유전자들의 조절을 통해 이루어진다는 사실, 이 조절유전자가 진화과정에서 보존되어왔다는 사실을 밝혀주었고, 이 동일한 조절유전자들이 어떤 방식으로 서로 다른 생명 개체들을 다양하게 조직화하는지의 문제에 대한 유전학자들의 관심을 부추겼다. 즉, 생물체의 핵심으로 간주되어온 유전자들이 어떤 방식으로 서로 다른 생명 개체들을 다양하게 조직화하는지의 문제가 유전학 내부에서 제기된 것이다.

게다가 배 발생 연구의 결과들에서도 위와 유사한 문제들이 부각되었다.⁵⁴⁾ 배 발생 연구의 결과들은 다양한 생물체의 형성에 각기 다양한 조직화의 진행과정이 요구된다는 사실을 설명해주었다. 생물체 기관들을 형성시키기 위해 변형되는 배엽의 주름들을 관찰한 결과 발생 과정들 사이의 유사성이 발견되었고, 따라서 이러한 발생과정의 유사성이 생물체의 다양한 형태를 이루는 서로 다른 구조들을 만들어내기 위해서는 각각 다양한 조직화의 진행과정이 요구될 수밖에 없음이 인식되었다.

이와 같이 다양한 생물체들의 유전적 유사성과 발생과정의 유사성이 발견됨으로써

52) A. Fagot-Largeault, *Philosophie des sciences* (Paris: Gallimard, 2002), p. 540에서 재인용.

53) 1980년대 초 곤충과 포유류에 공통적으로 내재된 호메오틱 유전자 복합체의 발견 및 HOX 유전자와 같이 모든 생물체에 공통적이고 단일하게 내재되어 있는 유전자의 발견을 예로 들 수 있다.

54) M Morange, "The Developmental Gene Concept: History and Limits," in P. J. Beurton, et al., *Concept of the Gene in Development and Evolution: Historical and Epistemological Perspectives* (Cambridge Univ. Press, 2000).

유전자의 기능을 규명하는 데 있어 더 이상 유전자 자체의 분석만으로는 한계가 있음이 드러나게 되었고, 이 한계를 극복하여 제한된 유전자를 통해 나타나는 표현형의 다양성 설명하려는 새로운 시도들이 제안되었다. 즉 20세기 내내 생명 연구의 중추를 담당했던 유전자 자체에 대한 입자적 접근을 거쳐 유전학은 이제 유전자와 표현형질 사이의 다층적 관계라고 하는 새로운 관점을 제시하게 되었다. 유전학 연구는 이 지점에서 발생학과 다시 만난다.⁵⁵⁾ 발생학의 입장에서는 최근 들어 발생학 연구가 지나치게 유전적 접근에 치우쳐 있음에 대한 비판도 존재한다. 현대 발생생물학은 두 유형으로 구분될 수 있는데, 한 편으로는 유전체의 서열을 밝히는 테크놀로지의 발전과 연계되어 유전 정보 개념에 근거하는 연구방식이고, 다른 한 편으로는 생물체를 자가 조직화된 거대한 복잡계로서 연구하는 방식이다. 메이나드 스미스(J. Maynard Smith)는 발생유전학의 접근이 예전의 포괄적인 발생학적 접근을 외면하고 유전적 조절에 초점을 두고 연구되어 왔음을 지적하면서, 알에서 성체가 되기까지의 개체 발생이란 단세포 생물로부터 오랜 시간에 걸쳐 다양하고 복잡한 종의 형성에 이르는 진화와 일면 공통된 맥락이 존재함을 역설한다. 두 경우 모두 단일 세포로부터 다양한 유형의 무수한 세포들이 복잡한 삼차원 구조를 형성하기 위해 조직화된 개체 생물체로 진전된다는 측면을 포함하고 있다는 것이다.⁵⁶⁾

물론 문제는 간단치 않아 보인다. 계통발생과 개체발생의 관계 문제는 차치하고 가장 크게 드러나는 문제만 보더라도 우선 발생유전학 연구에서는 유전자 활동을 조절하는 많은 종류의 변수들을 전제하여 유전의 문제를 생물체의 총체적인 발생과정 속에서 이해하고자 하는 것으로, 이는 초기 유전학자들이 제시했던 유전프로그램 이론과 긴장관계에 놓이게 된다. 여전히 적지 않은 유전학자들이 유전프로그램 이론에 의거하여 발생과 유전 현상을 설명하고자 하며, 발생계 이론에 대해 냉소적인 입장을 보이고 있기 때문이다.⁵⁷⁾

이와 같이 현대 유전학은 생명현상의 핵심이 되는 유전현상과 이 현상을 주도한다고 여겨져 왔던 유전자와의 관계에 있어 합의되기 어려운 여러 가지 문제들 속에서 새로운 대안을 모색하는 단계에 이르고 있다. 문제의 핵심은 유전현상을 드러내는 물질적 기초로 여겨져 온 유전자가 생물체의 다양한

55) 길버트(Gilbert)는 발생유전학의 개념적 기초를 분석하여 실험발생학으로부터 발생유전학에 이르는 경로를 서술하고 있다. S. F., Gilbert, "Induction and the Origins of Developmental Genetics," in S. F. Gilbert ed., *A Conceptual History of Modern Embryology* (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1994), Chapter 9, pp. 181-206.

56) J. Maynard Smith, *La construction du vivant, genes, embryons et évolution* (Paris: Cassini, 1998; 2001).

57) 켈러, 앞의 책.

조직화를 형성하는 데 있어서 과연 그 현상의 어디까지 관여하는가이다. 답을 찾는 다양한 목소리들에는 오랜 전통의 과학적 철학적 이데올로기적 주장들이 제각기 담겨져 있고, 논쟁은 끝이 없어 보인다.

그러나 결국 초기의 유전체 분석이 우선 DNA 염기배열의 일차원적 정보를 밝혀내는 일이었다면, 이제 이것을 단백질의 삼차원 구조에 어떻게 연관지을 것인지의 문제로 전환되었음이 명백해졌다. 그러나 또한 이것만으로는 생물학이라기보다는 기하학에 불과하다. 살아있는 단백질 입체구조가 차별화되는 것은 활성화의 차이이다. 입체구조를 결정하는 것만으로는 만족할 수 없으며, 다양한 분자 구조의 바탕에 존재하는 생명 원리, 즉 개개 유전자 해석이 아닌 계층을 전체로서 다루는 조직화의 문제가 남아있고, 그 위에 생명 개체의 조직화 문제가 또한 남아있다. 이러한 문제들은 결국 조직화 개념을 중심 틀로 하여 유전현상을 발생, 진화의 문제와 더불어 파악하고자 했던 19세기 생물학으로의 회귀라는 어느 역사학자의 발언이 그리 지나친 얘기로는 들리지 않는다.