

생명의 기원, 고분자, 그리고 Combinatorial Chemistry

생명을 가능하게 하는 많은 자연 물질들은 우리의 상상을 초월하는 고기능성의 고분자로 이루어져 있다. 최근, 많은 화학자 그리고 분자생물학자들은 생명의 시초 유기화합물을 찾는데 큰 관심을 가지고 있다. 이와 같은 관심의 근원은 크게 두 가지인데, 첫째로, NASA를 비롯한 과학 관련 미국 정부 기관은 화성 탐사와 같은 "Space Program"의 연장으로 이 분야에 연구비를 투자하고 있기 때문이고, 둘째로, 생명의 시초라고 말할 수 있는 최소 유기물은 현재 화학과 생화학분야를 휩쓸고 있는 "Combinatorial Chemistry"와 아주 밀접한 관련이 있기 때문이다. 현재 과학자들은 생명의 속성을 만족시키는 필요 조건으로 "diversity", "selection", 그리고 "amplification" 세 가지를 들고 있는데, 이 조건들은 결국 combinatorial concept의 근본이 되고 있다.

DNA, RNA, 그리고 단백질과 같은 유기물들은 모두 고분자임과 동시에 앞에 언급한 조건들을 만족하는 생명체의 기본 구성 요소이다. 그러면 자연은 어떠한 이유에서 고분자를 생명의 필수 조건으로 선택하였는가? 실제 생명의 기원을 고분자의 특성에서 찾아볼 수 있을까? Combinatorial method로 새로운 고기능성 고분자 재료를 찾아낼 수 있을까? 이 질문들의 해답을 찾는 것은 고분자, 생체고분자(예, RNA), 그리고 앞의 세 가지 생명의 필요 조건들 사이의 유기적 상관관계를 이해해야만 가능한 상당히 어려운 작업이다.

앞의 세 가지 생명의 필요 조건들을 조금 더 세부적으로 살펴보면, "amplification" 또는 "replication"을 생명의 시작 요소로 볼 수 있고, "diversity"와 "selection"을 생명의 진화 요소로 볼 수 있다. 즉, 생명의 시작은 복제(replication)가 가능한 물질에서 출발하였고, 이 복제 과정 중 많은 유사 물질(diversity)이 형성되고, 이렇게 만들어진 물질 중 그 기능이 주어진 주위 환경에서 살아남는데 도움이 되는 물질만이 선택적으로 복제(selection)가 되어 진화가 진행된다는 것이다. 그러면 지구상의 진화 과정 중 이 조건들을 만족시켰던 고분자의 특성은 무엇일까? 사실 생각해보면 고분자는 그 구성 요소가 많으므로 복제가 힘든 물질이다. 그럼에도 불구하고 고분자가 생명체의 기본 구성 요소가 된 이유는 고분자, 특히 선형 고분자(linear polymer)가 유전 정보를 가장 손쉽게 저장하고 해독할 수 있는 시스템이기 때문이다. 즉, 진화가 진행됨에 따라 물질의 기능과 구조가 더 복잡해지고, 이렇게 복잡한 물질이 복제를 하기에는 그래도 선형 고분자만큼 좋은 시스템은 없기 때문이다. 이는 컴퓨터가 복잡한 정보를 CD나 tape에 저장/해독하는 방법, 즉 일차원적 선상에 데이터를 나열하는 방법과 유사하다고 할 수 있다. 예를 들어 branched polymer와 dendritic polymer는 선형 고분자보다 더 좋은 기능을 보여줄지도 모른다. 그러나, DNA/RNA가 항상 선형 형태로만 자연에 존재하는 이유는 아마도 branched polymer가 정보의 저장/해독에 도움을 주지 못하기 때문이라고 생각한다. 여기서 한가지 더 중요한 사실은 DNA/RNA는 DNA(RNA) polymerase라는 효소로 합성 또는 복제되는데, 이때 하나의 이미 존재하는 고분자 사슬을 template로 삼아 다른 새로운 고분자 사슬이 합성된다는 사실이다. 결국 새로 합성된 고분자의 sequence와 분자량은 template 고분자에 의해 결정되고, 이와 같은 "template directed polymerization"이 가능하기에 고분자가 생체 내에서 핵심 요소가 된 것이다.

현재의 고분자 합성기술로는 combinatorial chemistry로 생체 고분자가 아닌 다른 고분자를 합성하는데 큰 한계가 있다. 기존 고분자 합성방법으로는 쉽게 diverse system을 만들 수는 있으나, 고분자의 자기 복제가 불가능하므로 selection후 선택된 고분자의 isolation이 거의 불가능하다. 결국 combinatorial method를 고분자 합성에 응용하기 위해서는 아마도 복제가 가능한 고분자 시스템을 찾거나, 아니면 sequence를 완벽히 조절할 수 있는 합성 시스템을 개발하여야만 할 것이다. 물론 이런 시스템을 발견하는 것은 거의 불가능한 일인지도 모른다. 그러나, 이 둘 중 하나만 만족하는 시스템을 찾을 수 있다면 combinatorial concept을 고분자라는 조금 더 복잡한 물질을 개발하는데 이용할 수 있을 것이라고 생각한다. 한가지 재미있는 것은, 어쩌면 복제가 가능한 고분자 시스템만이 sequence를 완벽히 조절할 수 있는 합성 시스템일지도 모른다는 사실이다.

(위스콘신 대학교 화학과 유승주(syu@chem.wisc.edu))