공학
발표논문 03

생명의 기원이 지구 밖에서 올 수 있는가? 배종발달설(panspermia)에 관한 단상

홍성욱 한국천문연구원 선임연구원

요 약

진화생물학에 따르면, 지구상의 모든 생물은 무기물 화학 분자가 우연한 사건을 통해 유기물로 합성된 후 다양한 진화 과정을 거쳐 분화되었다고 하며, 이를 비생물적 진화(abiotic evolution)라고 한다. 하지만, 무기물로부터 종족 보존이 가능한 생명체가 저절로 만들어진다는 시나리오가 당연하고 손쉽게 일어나는 일은 아니라고 생각하는 이들도 많다. 이를 뒷받침하듯, 지구의 생명체의 근원이 지구 밖의 다른 곳에서 이미 존재하는 유기물의 씨앗이 지구에 도착하여 생겨난 것이라는 소수 의견이 있는데, 이를 배종발달설(panspermia)이라고 한다. 본 소고에서는 우리 은하와 비슷한 종류의 은하계에서 비생물적 진화와 배종발달설에 의한 생명 발달의 정도를 비교한 Gobat, Hong, Snaith & Hong (2021) 논문을 검토한다. 더 나아가서, 이 결과가 기독교인에게 시사하는 바를 간략히 논의한다.

주제어: 자연과학, 우주생물학, 거주가능성, 비생물적 진화, 배종발달설

I. 서론 : 창조와 진화, 그 오래된 떡밥

이 지구상에는 인간뿐 아니라 수많은 종류의 생명이 살고 있다. 어디까지를 생명의 범위로 정할 것인가는 오늘날 생물학이 발전하면서 계속 확장되고 있지만, (Trifonov 2012) 현존하는 생명만 해도 이미 약 2백만 종 이상이 있는 것으로 알려져 있다. (Bánki et al. 2021) 기독교인인 우리는 이 모든 생명이 (자연에 존재하는 다른 모든 것과 마찬가지로) 하나님이 창조하셨다는 것을 믿으며, (창1:1, 창1:21, 골1:16) 대체로 창세기 1장이 (최소한 지구상에 존재하는) 모든 생명의 창조를 기술하고 있다고 생각한다. 창세기 1장에서는 구체적으로 생명의 창조라고 볼 수 있는 사건이 최소한 세 단계에 거쳐 나타나는데, "풀과 씨 맺는 채소"와 "씨 가진 열매 맺는 나무"로 대표되는 식물의 창조, (창1:11~13) "큰 바다 짐승들과 물에서 번성하여 움직이는 모든 생물"과 "날개 있는 모든 새들"의 창조, (창1:20~23) 마지막으로 "가축과 기는 것과 땅의 짐승"과 "사람"의 창조이다. (창1:24~31)

하지만 과학적인 관점으로 볼 때, 창세기 1장의 창조 기사로부터 지구상에 존재하는 생명의 기원에 관한 만족스러운 설명을 얻을 수 있는가에 관해서는 심각하게 의견이 갈리고 있다. 한쪽 극단에서는 창세기 1장의 창조 기사(그리고 성경 대부분의 다른 기사)는 오늘날 과학자가 그러하듯, 실제로 일어난 현상을 과학적 용어를 사용하여 관찰 기록한 것으로 이해해야 한다고 생각한다.

이 경우, 우주의 창조는 지금으로부터 약 6천 년 전에 시작되어 현대 기준으로 $24\times7=144$시간에 걸쳐 이루어졌으며, (공룡을 비롯한) 생명의 멸종과 화석 발생은 모두 인간이 창조된 이후에 일어난 일이 된다. (양승훈 1996) 앞의 시나리오는 현대 주류 과학계의 정설과는 모두 일치하지 않으며, 따라서 창세기 기사에 관한 이 극단을 취할 경우, 성경과 (주로 "진화론"이란 표현으로 단순화되는) 현대 주류과학은 양립할 수 없는 것으로 여겨진다.[1] 여기에서 어느 쪽의 손을 들어주느냐에 따라, 어떤 이는 현대 주류과학(과 그 교육)을 거부하는 소위 '근본주의' 기독교인이 되고, 또 다른 이는 성경과 기독교가 단지 거짓말에 불과하다고 치부하게 된다. 반면, 창세기 1장의 창조 기사에 대한 다른 쪽 극단에서는, 이 기사는 당시 이스라엘 공동체가 왜 여호와 신앙을 가져야 하는지에 관한 설명에 도입된 관념적인 배경을 시적으로 표현한 것으로, 역사적으로 일어난 사건과는 상관이 없다고 생각한다. (####) 이 경우 성경 본문과 현대 주류과학과의 충돌은 많이 희석되지만, 성경의 역사성을 인정하기 때문에 신앙적으로 살아가고자 하는 (필자와 같은) 그리스도인 개인에게는 만족스러운 답변이 아닐 가능성이 다분하다. 앞에서 살펴본 양 극단 사이에서 만족스러운 답변을 찾기 위해 많은 그리스도인 학자들이 노력하고 있지만, 안타깝게도 아직까지 학계와 신앙 공동체 모두가 만족할 만한 합의점은 잘 드러나지 않는 것 같다.

II. 비생물적 진화와 배종발달설

앞서 살펴본 바와 같이, 창세기 1장만을 통해 생명의 기원을 과학적인 수준으로 이해하는 데 아직 어려움이 많다. 그렇다면 현대 자연과학에서는 (유명 무신론 과학자들이 자신 있게 선포하듯) 생명의 기원을 완벽하게 설명할 수 있는가?

현대 주류과학의 표준 시나리오에 따르면, 지구상에 현존하는 모든 생명은 약 35~38억 년 전인 고시생대(Paleoarchean era)에 존재했던 공통 조상(LUCA; last universal common ancestor)으로부터 유전적으로 분화된 것으로 알려져 있다. (Glansdorff, Xu & Labedan 2008) 종의 분화(또는 "진화")는 유전자의 돌연변이 등을 통해 종이 원래 갖고 있던 유전자 풀(pool)의 구성에 변화의 여지가 생기고, 주변 환경과 생태계와의 상호 작용(즉, 생존 과정)을 통해 생존에 적절한 수준으로 유전자 풀이 재구성되고, 이 재구성된 유전자 풀이 기존 유전자 풀과 유의미한 차이가 일어남으로써 이루어진다. 종 분화의 방향성(종 분화는 단순한 생명에서 복잡한 생명, 또는 생존에 덜 적합한 생명에서 생존에 뛰어난 생명으로 이루어지는가?)이나 결정성(똑같은 환경、생태계가 주어진다면, 종 분화는 반드시 같은 방식으로 이루어지는가?)에 대해서는 모든 상황에 알맞은 답이 주어진 것 같지는 않다. 예를 들어, 리처드 도킨스(Richard Dawkins)는 종 분화가 분명한 방향성과 결정성을 갖고 이루어지며, 따라서 충분한 시간과 적당한 환경만 주어진다면 인간과 같은 의식(?)을 가진 고등 생물이 반드시 나타나게 된다고 주장한다. (Dawkins 1978) 반면, 스티븐 제이 굴드

1) 미국 창조과학연구소(ICR) 계열 학계에서는 대체로 "진화론적" 현대 주류과학을 반박하기 위하여, 화석 발생 등 지구에서 일어난 모든 과거 사건이 1만 년 이내에 일어났음을 밝히는데 집중하는 경향이 있다. 하지만 천문학자인 필자에게는, 우주의 역사가 1만 년보다 짧을 수 있는가, 천체의 탄생이 생명의 탄생보다 늦게 이루어질 수 있는가, 인간의 범죄를 통한 피조물의 타락(창3:17, 롬8:19~22)이 과학 법칙의 어디까지 영향을 미쳤는지 등이 더 어려운 문제이다. (우종학, 2011) 하지만 위의 질문은 본 소고의 범위를 아득히 벗어난다.

(Stephen Jay Gould)는 종 분화가 특정한 방향성이나 결정성이 없이 이루어지며, 소위 고등(?) 생명은 전체 종 분화 과정에서 있어도 그만, 없어도 그만인 극소수의 이상치(outlier)에 불과하다고 주장한다. (Gould 1996)

어느 의견을 따르든, 돌연변이 등을 통해 시작된 종 분화가 실질적으로 이루어지기 위해서는 생식과 생존 과정이 꼭 필요하다. 하지만 애초에 종 분화의 시작이 되는 공통 조상, 혹은 그 공통 조상의 생물학적 조상이 어떻게 출현했는지는 위의 방법을 이용할 수 없다. 하나님의 창조와 같은 급진적이고 (아마도) 과학적으로 추적하기 불가능한 과정을 배제한다면, 공통 조상(의 조상)의 출현에 대해 과학적으로 가장 그럴듯한 설명 방법은, 어떤 과정에 의하여 우주에 이미 존재하는 무기물 분자가 유기물 분자로 합성되고, 이 유기물 분자 중 일부가 어떤 과정에 의해 생식·생존 능력을 획득하게 된다는 것이다. 이러한 과정을 통틀어 비생물적 진화(abiotic evolution)이라고 한다. 비생물적 진화의 두 단계 중, 우주 환경에서 유기물 분자를 얻어내는 첫 번째 단계는 이미 충분히 가능하다는 것이 알려져 있다. 예를 들어, 유명한 밀러-유리 실험에서는 지구의 원시 대기와 비슷한 환경에서 아미노산 합성이 자연적으로 일어날 수 있다는 것을 보였고, (Miller 1953) 다환방향성탄화수소(PAH; polycyclic aromatic hydrocarbon)이라는 유기물이 별과 별 사이에 존재하는 성간물질(interstellar medium)이나 토성의 위성인 타이탄에 상당량 존재한다는 것이 알려져 있다. (Tielens 2008) 하지만 비생물적 진화에서 좀 더 중요한 두 번째 단계, 즉 유기물 분자가 생식·생존 능력을 획득하는 단계에 대한 직접적인 증거는 아직 존재하지 않는다. 혹자는 이 두 번째 단계가 우연적인 과정에 의해 일어날 가능성이 현재 우리 우주 전체의 입자와 역사를 모두 동원하더라도 쉽지 않을 것이라고 주장한다. (Dawkins 2006, Dembski 2006, Susskind 2006)[2)]

위에서 살펴본 비생물적 진화의 어려움을 간접적으로 보여주는 예가 바로 배종발달설(panspermia)이다. 배종발달설은 지구상에 존재하는 생명의 근원이 지구 자체가 아니라, 지구 밖에서부터 왔다는 가설로서, 기원전 5세기에 살았던 그리스 철학자 아낙사고라스(Ἀναξαγόρας)가 처음 이름 붙였다고 알려져 있다. (O'Leary 2008) 이 가설이 과학적으로 본격적으로 논의되기 시작한 것은 미생물에 관한 이해가 늘어나면서부터였고, (Arrhenius & Borns 1908) 특히 성간물질에 유기물이 존재한다는 발견으로부터 당대의 유명 천문학자인 프레드 호일(Fred Hoyle)이 배종발달설의 가능성을 주장하면서부터 유명해졌다. (Hoyle & Wickramasinghe 1977) 배종발달설에 의하면, 일단 우주의 어느 한 곳에 생명이 존재한다면, 이 생명이 성간물질이나 운석 등의 자연물, 또는 우주선 등의 인공물을 통해 우주 공간을 건너 다른 곳에 생명을 존재하게 할 수 있다는 것이다. 단순히 생각해서, 지구에서 자체적으로 비생물적 진화를 통해 생명이 만들어질 가능성은 매우 낮을 수 있지만, (즉, 확률 $p \ll 1$) 우주에는 수많은 행성이 존재하므로, 이 중 최소한 한 군데에서 비생물적 진화를 통해 생명이 만들어질 가능성은 훨씬 높을 수 있다. (즉, 행성의 개수를 $N \to \infty$이라 하면, $1-(1-p)^N \sim Np \sim O(1)$) 만약 이렇게 생명이 이미 만들어진

2) 흥미롭게도, 이 전제로부터 비생물적 진화(를 포함한 종 분야의 어려운 과정)의 가능성을 두 그룹이 전혀 다르게 기술한다. 윌리엄 뎀스키(William Dembski)를 포함한 지적설계론자들은 특정한 패턴(여기서는 생존 활동)을 보이고, 우연에 일어날 가능성이 우리 우주 전체를 동원해도 어려운 수준이라면, (하나님을 포함한) 설계에 해당한다고 주장한다. (Dembski 2006) 반면, 도킨스나 레오너드 서스킨트(Leonard Susskind)는 우리 우주 밖의 (이론상 결코 관측도 반증도 할 수 없는) 다중 우주를 도입하여 비생물적 진화를 설명하는 것이 설계보다 더 적합하다고 주장한다. (Dawkins 2006, Susskind 2006)

행성에서 지구까지 생명이 이동하는 것이 그리 어렵지 않다면, (즉, 이동할 확률이 p'일 때 $Npp' \gg p$라면) 배종발달설이 비생물적 진화보다 지구의 생명을 설명하는데 더 적합하게 된다.

하지만 위의 예는 배종발달설이 이상적으로 이루어질 때의 이야기이며, 실제로는 최소한 아래와 같은 두 가지 사항을 고려해야 한다. 첫 번째로, 현대 우주생물학에 의하면, 비생물적 진화가 모든 행성이 다 똑같은 확률로 이루어지지는 않고, 행성의 구성 물질, 모항성(지구의 경우 태양)의 종류, 주변 환경 등에 따라 다른 정도를 가지게 될 것이라고 하며, 이를 거주가능성(habitability)이라고 한다. (Seager 2013, 홍성욱 2019) 거주가능성은 대체로 액체 상태의 물이 안정적으로 표면에 존재할 수 있는 지각형 행성의 확률로 주어지는데, 이는 물이 지구상의 생명과 마찬가지로 탄소를 기반으로 하는 생명의 물질대사에 최적이기 때문이다. (Dole 1964) 두 번째로, 우주 공간은 대체로 생명이 안정적인 상태로 오랫동안 존재하기 어렵기 때문에, 생명이 성공적으로 건너갈 수 있는 거리에는 한계가 있다. (Weber & Greenberg 1985)

III. 우리 은하에서의 생명 발달 : 비생물적 진화? 배종발달설?

그렇다면 우리 지구는, 또는 우리 은하에서는 비생물적 진화가 우세할까, 배종발달설이 우세할까? 최근 필자가 주요 저자로 참여한 Gobat, Hong, Snaith & Hong (2021; 이하 GHSH21)에서 이 주제에 관한 간단한 수치 실험을 수행하였기에 여기서 소개하고자 한다.

GHSH21에서는 실제 우리 은하에 있는 수억 개 이상의 항성계를 직접 연구하지는 않았는데, 가장 큰 이유는 현대과학에서 아직 우리 은하에 있는 항성이 정확히 얼마나 많이 있는지, 각 항성마다 정확히 어떤 행성이 존재하는지를 다 파악하지 못했기 때문이다. (Clark 2012, Chtristiansen 2018) 대신, 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 구한 모사 은하 중, 우리 은하와 전체적인 성질이 가장 비슷하다고 알려진 MUGS g15784라고 하는 나선은하를 연구 대상으로 삼았다.

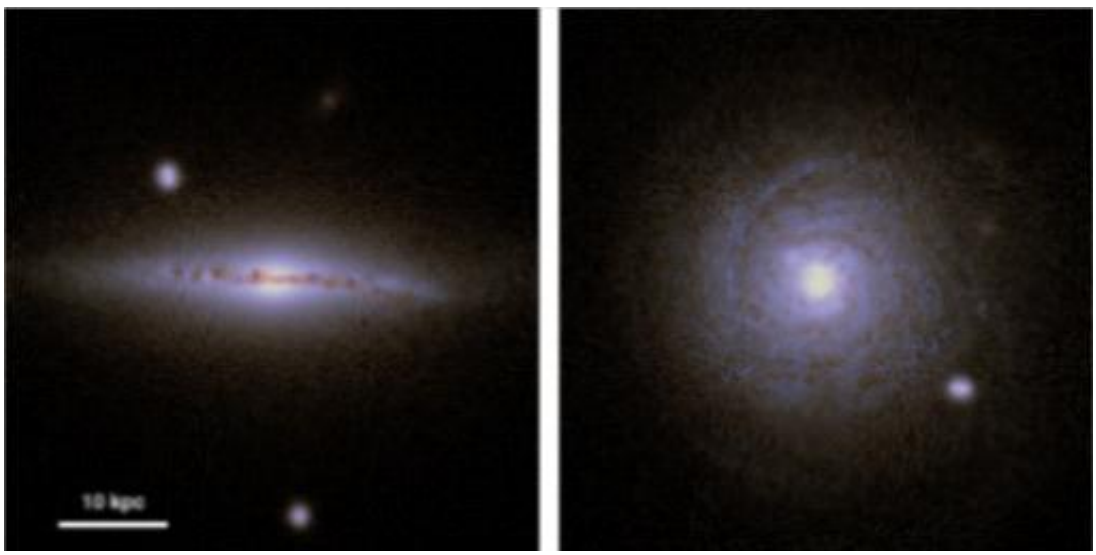

그림 1 Gobat, Hong, Snaith & Hong (2021; GHSH21) 논문에서 활용한 모사 나선은하인 MUGS g15784. (Stinson et al. 2010, Nickerson et al. 2013) 이 은하는 우리 은하의 성질과 매우 유사하다. (왼쪽) 은하의 회전축과 수직인 방향에서 본 모습. (오른쪽) 은하의 회전축 방향에서 본 모습.

(Stinson et al. 2010, Nickerson et al. 2013, 그림 1) 이처럼 컴퓨터 시뮬레이션을 이용할 경우, 현대 천문학을 가정했을 때 은하에 있는 항성 집단이 정확히 어떻게 생성되고 시간에 따라 변화되었는지를 정확히 알 수 있다는 장점이 있다. 반면, 가스나 별 생성 등의 기작이 정확히 어떻게 이루어지는지 현대 천문학에서 100% 이해하지 못하고 있기 때문에, 시뮬레이션에서 활용하였던 가정이 실제와 다를 경우 결과에 다소 변화가 생길 수도 있다. 그리고 시뮬레이션에서 활용할 수 있는 계산 자원의 한계와 위에서 설명한 기작에 대한 이해의 부족 때문에, 항성 하나하나를 따로 계산하는 은하 시뮬레이션은 아직까지 수행이 불가능에 가깝다. GHSH21에서 도입한 MUGS g15784의 경우도, 가장 작은 항성 집단의 질량이 태양 질량의 약 630만 배에 해당한다. 이는 곧, MUGS g15784에서 구하는 거주가능성이나 배종발달설 확률 모두 한 항성계나 행성에 해당하는 값이 아니라, 수백 만 개 이상의 항성계의 거주가능성이나 배종발달설 확률의 평균에 해당한다는 것을 의미한다.

GHSH21에서는 우선 MUGS g15784 내의 각 항성 집단의 배종발달설 확률을 구하기에 앞서, 다양한 정도의 거주가능성을 먼저 계산하였다. 거주가능성을 구하기 위해, 우선 각 항성 집단이 생성될 때 항성의 질량 분포를 계산하고, 이 중에서 액체 상태의 물이 존재할 수 있는 모항성의

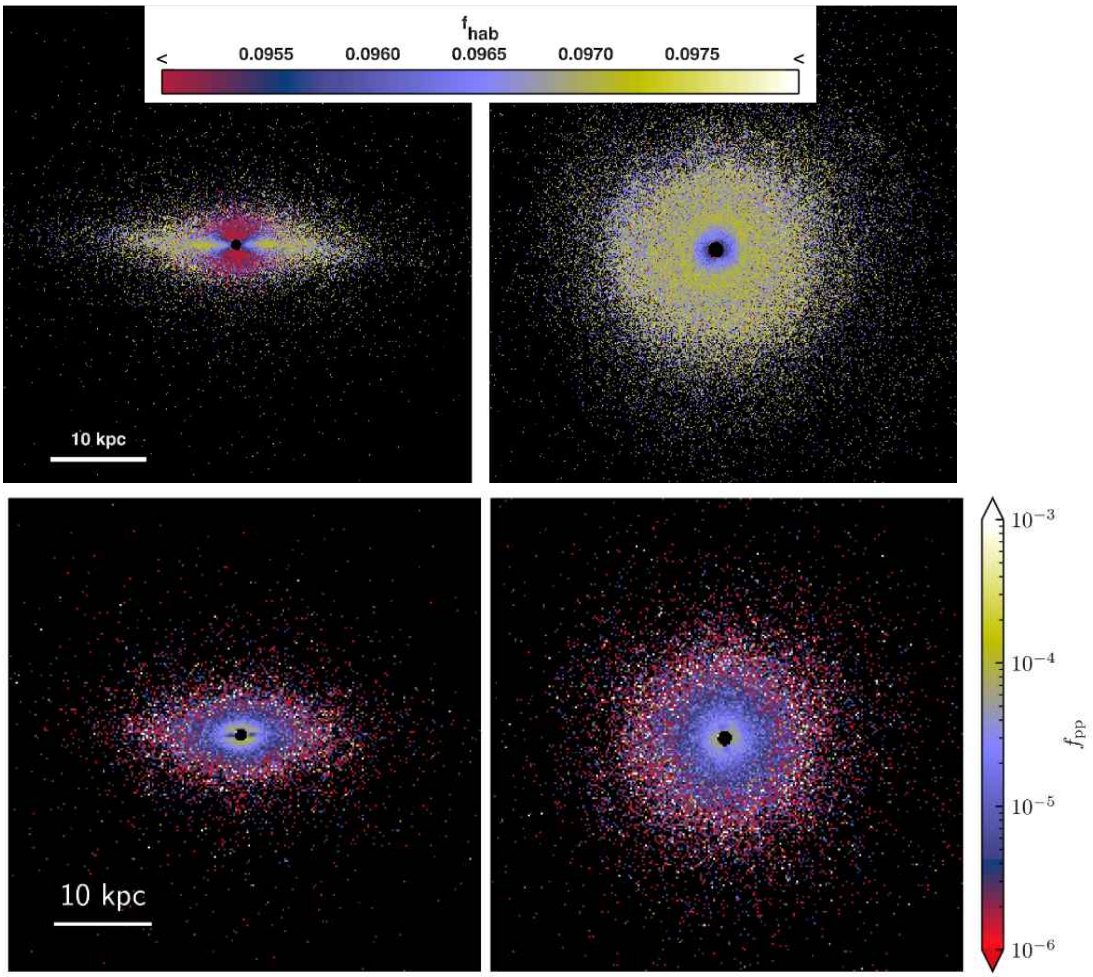

그림 2 MUGS g15784의 생명체 거주가능성(위)과 배종발달설 확률(아래). (GHSH21) 각 값의 절대값은 큰 의미가 없다.

질량 범위를 구했다. (Kopparapu et al. 2013) 그리고 각 항성 집단의 수소、헬륨보다 무거운 원소의 비율을 이용하여, 지각 표면에 액체 상태의 물이 안정적으로 존재할 수 있는 지각형 행성의 비율을 예측했다. (Gobat & Hong 2016) 이와 함께, 비생물적 진화가 실제로 이루어졌다고 하더라도 단기간 내에 이루어지지는 않았을 것이므로, 비생물적 진화가 행성이 형성되고 최소 얼마의 시간이 있어야 이루어질 수 있는지에 관한 가정이 필요하다. 또한 주변에 초신성 같이 엄청난 복사에너지를 내뿜는 천체가 존재한다면 기존에 살고 있던 생명이 멸종할 가능성이 있으므로, 이런 위험한 천체로부터 얼마나 멀리 떨어져야 하는지에 관한 가정도 필요하다. GHSH21에서는 이러한 가정에 대해 수준이 다른 세 종류의 서로 다른 모형을 제시하고, 각각 비생물적 진화가 이루어질 확률(거주가능성), 배종발달설의 씨앗생명이 자라날 만한 환경적 확률, 배종발달설의 씨앗생명이 도착할 만한 환경적 확률을 의미한다고 가정하였다. [그림 2 위]에서 MUGS g15784 안의 수많은 항성 집단의 거주가능성을 그림으로 보여주고 있는데, 실제로는 비생물적 진화가 일어날 확률을 정확히 알지 못하기 때문에, 각 값의 절대값은 그리 중요하지 않고, 상대적인 크기 비교만이 중요하다. 거주가능성이 0이 아닌 항성 집단은 전체의 약 70% 정도인데, 이들 대부분은 매우 비슷한 정도의 거주가능성을 보여주고 있으며, 은하 중심부를 제외하면 은하 중심으로부터의 거리와 거주가능성 간에는 큰 상관관계는 없다.

실제로 씨앗생명이 어떻게 원래 존재하던 행성을 벗어나서 다른 행성에 도달할 수 있는지는 의문이다. GHSH21에서는 행성에 운석이 충돌하여 지각의 일부가 우주 공간에 흩어지게 되고, 이 때 지각에 붙어 있던 씨앗생명이 우주 공간으로 딸려간다는 가정을 이용하여, 각 항성 집단에서 씨앗생명이 원래 존재하던 행성을 벗어날 상대적 확률을 계산하였다. 그리고 이미 원래 존재하던 행성을 벗어난 씨앗생명은 약 수백만 년 정도 생존할 수 있다고 가정하고, 씨앗생명이 우주 공간을 이동하는 속도는 관측된 성간 천체와 비슷한 속도(약 수십 km/s; Mamajek 2017)라고 가정했다. 이에 따라, 씨앗생명은 한 번에 최대 50~100 광년 정도를 이동할 수 있다고 가정하였다. (Grimaldi et al. 2021) 마지막으로, 한 행성에서 씨앗생명을 여러 다른 행성에 보낼 수 있고, 마찬가지로 여러 행성에서 보낸 씨앗생명이 같은 행성에 도착할 수도 있다고 가정하고, 서로 다른 행성에서 출발한 씨앗생명이 서로 경쟁하지는 않는다고 가정하였다. 이렇게 가정하여 구한 배종발달설 확률이 [그림 2 아래]에 있는데, 거주가능성과는 달리 항성 집단에 따라 매우 다양한 값을 가질 수 있다. 또한 은하 중심으로부터의 거리와 배종발달설 확률은 어느 정도의 상관관계를 갖게 된다.

그러면 원래의 질문으로 돌아가서, 비생물적 진화에 의한 생명의 발생이 더 우세한가, 배종발달설에 의한 생명의 발생이 더 우세한가? GHSH21에서 구한 거주가능성과 배종발달설 확률 모두 절대적인 값이 아니라, 서로 다른 항성 집단에서의 값을 상대적으로 비교하는 것만 가능하다. 따라서 GHSH21에서 구한 값만 가지고는 앞의 질문에 대한 정확한 답을 얻을 수는 없다. 하지만, 만약 우리가 MUGS g15784 안에서 배종발달설 의해 발생한 생명의 총량과 비생물적 진화에 의해 발생한 생명의 총량의 비율을 알고 있다고 가정하면, 위의 질문에 어느 정도 대답하는 것이 가능하다. [그림 3]은 이 비율(R; 클 수록 배종발달설에 의해 발생한 생명의 총량이 더 많음)이 정해졌을 때 각 항성 집단에서 배종발달설이 비생물적 진화보다 더 우세할 확률을 구한 것이다. 현재 태양계는 은하 중심으로부터 약 2만 6천 광년(8 kpc) 떨어져 있다고 알려져 있는데, 그렇다면 지구 정도의 위치에서 배종발달설이 비생물적 진화보다 우세할 확률은 1~10% 정도밖에 되지 않는다. 심지어

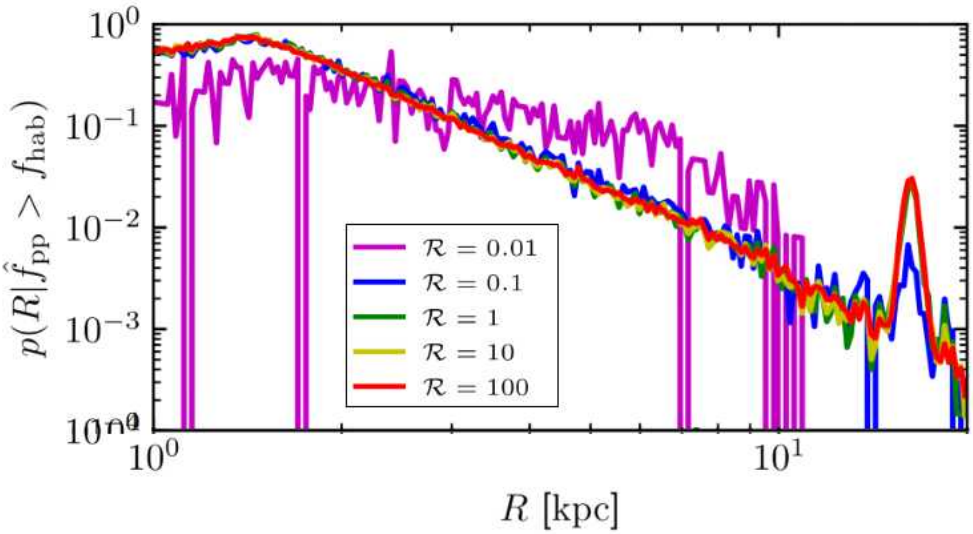

그림 3 배종발달설로 생성된 생명의 수가 비생물적 진화로 생성된 생명의 수보다 더 많은 행성계의 확률을 은하 중심으로부터의 반지름의 함수로 계산한 것. (GHSH21) 서로 다른 색깔은 은하 전체에서 배종발달설로 생성된 생명의 총량와 비생물적 진화로 생성된 생명의 총량의 비율을 다르게 가정한 결과를 의미한다.

은하 전체에서 배종발달설에 의해 발생한 생명의 총량이 비생물적 진화에 의한 생명의 총량보다 압도적으로 많은 경우라도, (즉, $R \to \infty$) 배종발달설이 비생물적 진화를 압도하는 항성 집단은 은하 중심에서 가까운 일부 지역에만 존재할 뿐이다.

IV. 맺음말

지금까지 자연과학적 관점에서의 생명의 기원, 특히 비생물적 진화와 배종발달설을 간략히 비교해 보았다. 하지만 배종발달설이 옳다고 하더라도, 지구에 생명의 씨앗을 전달해 준 그 행성은 애초에 어떻게 생명이 시작되었는가? 하나님의 창조의 가능성을 인정하지 않는다면, 결국 그 행성 역시 비생물적 진화나 또 다른 행성으로부터의 배종발달설에 의해 생명이 시작되어야만 한다. 현대우주론에서는 우주가 약 138억 년 전에 빅뱅으로부터 시작되었다고 받아들이므로, 앞서 설명한 배종발달설의 연쇄고리가 무한히 계속될 수는 없다. 따라서, 비생물적 진화와는 달리, 배종발달설은 그 자체만으로는 지구 뿐 아니라 우리 우주에 존재할 수 있는 모든 생명의 궁극적인 기원을 설명할 수 없으며, 단지 문제의 답을 다른 확률 자원(probability distribution)에 떠넘기는 셈이다.

그럼에도 불구하고, 배종발달설이 비록 소수지만 일부 학자들의 관심을 끌 수 있었다는 것은, 결국 지구에서 비생물적 진화가 일어날 가능성이 (일부 무신론적 과학자들의 호언장담과는 달리) 그다지 높지 않아 보인다는 것을 보여준다. 그리고 배종발달설이 도입하는 거대한 확률 자원—여기서는 우주의 역사 동안 존재해 왔던 수많은 행성—이, 하나의 폐쇄된 환경에서는 어려워 보이는 생명의 자연 발생을 어떤 식으로든 건너서 가능하게 할 것이라는 믿음을 준다는 것을 보여준다. 특히, 거대한 확률 자원의 도입은 현대 주류과학의 다양한 분야에서 하나님의 창조를 배제하면서도 자연의 놀라운 현상을 설명하기 위해 자주 도입되었다는 것을 언급하고자 한다. 예를 들어, 우주론

에서 우리 우주의 시작을 설명하기 위해 무한한 공간에 퍼져있는 양자요동으로부터 급가속팽창이 일어났다고 설명한다거나, (Linde 1986) 지구의 오래된 나이와 수많은 생명 개체 수를 바탕으로 아무리 복잡한 종 분화라도 이루어질 수 있다고 설명하거나, 또는 수많은 뇌세포가 충분히 복잡하게 연결되어 있다면 인간의 다양한 의식 구조도 자연적으로 이루어질 수 있다고 설명하는 것이 그러하다. (Geary 2005)

하지만 필자가 참여한 GHSH21 연구에 의하면, 배종발달설은 지구를 포함한 우리 은하 대부분 영역에서의 생명의 기원을 설명하는 데는 그다지 설득력이 없어 보인다. 가장 중요한 이유는 결국 씨앗생명이 우주 공간에서 파괴되지 않고 살아남는 것이 매우 어려운 일이기 때문이다. 결국 우리 은하 대부분의 영역에서는 배종발달설에 의한 생명 발생이 잘 이루어지지 않고, 배종발달설에 의한 생명 발생이 잘 이루어지는 일부 행성계는 이미 주변에 배종발달설 외의 다른 이유로도 생명이 충분히 발샐할 만한 조건이 갖춰지게 된다.

이상의 배종발달설에 관한 논의를 통해, 필자는 다음과 같은 교훈을 얻을 수 있다고 생각한다. 첫 번째로, 비생물적 진화는 자연적으로 일어날 확률이 매우 낮다는 데에 많은 학자들이 동의하고 있으며, 그럼에도 불구하고 어떻게든 하나님에 의한 간섭을 배제하고자 하는 일부 학자들은 다중우주나 배종발달설과 같이 거대한 확률자원을 도입하려 한다는 것이다. 두 번째로, GHSH21 연구에서 배종발달설이 매력적인 해답이 되지 못한다는 것을 보여준 것에서 알 수 있듯이, 거대한 확률자원을 도입하면 아무리 어려운 문제도 해결할 수 있다는 믿음은 반드시 옳지만은 않으며, 이를 위해 더 많은 진지한 연구가 각 분야에서 이루어져야 한다는 것이다.

참고문헌

양승훈 (1996). 『창조론 대강좌』. 도서출판 CUP

우종학 (2011). 『진화는 하나님의 창조에 포함된 자연법칙일 뿐』. 크리스채터니 투데이. 2011년 8월호.

홍성욱 (2019). 『우리 우주 및 다중 우주의 생명체 거주가능성에 관한 연구 동향』. 신앙과 삶. 2019년 7~8월호.

Arrhenius, S., Borns, H. (1908). *Worlds in the Making; The Evolution of the Universe.* Harper & Brothers Publishers

Bánki, O., Roskov, Y., Vandepitte, L., DeWalt, R. E., Remsen, D., Schalk, P., Orrell, T., Keping, M., Miller, J., Aalbu, R., Adlard, R., Adriaenssens, E., Aedo, C., Aescht, E., Akkari, N., Alonso-Zarazaga, M. A., Alvarez, B., Alvarez, F., Anderson, G., et al. (2021). *Catalogue of Life Checklist.* Catalogue of Life

Christiansen, J. (2018). *Exoplanet Catalogs,* Handbook of Exoplanets 1933-1947

Clark, S. (2012). *Gaia—ESA's Galactic Census,* ESA Brochure, BR-296

Dawkins, R. (1978). *The Selfish Gene,* Oxford University Press

Dawkins, R. (2006). *The God Dilusion,* Bantam Books

Dembski, W.A. (2006). *No Free Lunch: Why Specified Complexity Cannot Be Purchased Without Intelligence,* Rowman & Littlefield Publisher

Dole, S.H. (1964). *Habitable Planets for Man.* Blaisdell Publishing Company

Geary, D.C. (2005). The Origin of Mind: Evolution of Brain, Cognition, and General Intelligence, American Psychological Association

Glansdorff, N., Xu, Y., Labedan, B. (2008). *The Last Universal Common Ancestor: Emergence, Constitution and Genetic Legacy of An Elusive Forerunner,* Biology Direct 3, 29

Gobat, R., Hong, S.E. (2016). *Evolution of Galactic Habitability,* Astronomy & Astrophysics 592, A96

Gobat, R., Hong, S.E., Snaith, O., Hong, S. (2021). *Panspermia in a Milky Way-like Galaxy,* arXiv:2109.08926

Gould, S.J. (1996). *Full House: The Spread of Excellence from Plato to Darwin.* Harmony Books

Grimaldi, C., Lingam, M., Balbi, A. (2021). *Feasibility of Detecting Interstellar Panspermia in Astrophysical Environments,* The Astronomical Journal 162, 23

Hoyle, F., Wickramansinghe, N. (1977). *Prebiotic Molecules and Interstellar Grain Clumps.* Nature 266, 241-242

Kopparapu, R.K., Ramirez, R., Kasting, J.F., Eymet, V., Robinson, T.D., Mahadevan, S., Terrien, R.C., Domagal-Goldman, S., Meadows, V., Deshpande, R. (2013). *Habitable Zones around Main-sequence Stars: New Estimates,* The Astrophysical Journal 765, 131

Linde, A.D. (1986). *Eternally Existing Self-Reproducing Chaotic Inflationary Universe.* Physics Letters B 175, 395-400

Mamajek, E. (2017). *Kinematics of the Interstellar Vagabond 1I/'Oumuamua (A/2017 U1),* Research Notes of the AAS 1, 21

Miller, S.L. (1953). *Production of Amino Acids Under Possible Primitive Earth Conditions,* Science 117, 528-529

Nickerson, S., Stinson, G., Couchman, H.M.P., Bailin, J., Wadsley, J. (2013). *The Luminosity Function of Diverse Satellite Galaxy System,* Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 429, 452

O'Leary, M. (2008). *Anaxagoras and the Origin of Panspermia Theory.* iUniverse

Seager, S. (2013). *Exoplanet Habitability.* Science 340, 577-581.

Stinson, G.S., Bailin, J., Couchman, H., Wadsley, J., Shen, S., Nickerson, S., Brook, C., Quinn, T. (2010). *Cosmological Galaxy Formation Simulations using Smoothed Particle Hydrodynamics,* Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 408, 812

Susskind, L. (2006). *The Cosmic Landscape: String Theory and the Illusion of Intelligent Design,* Back Bay Books

Tielens, A.G.G.M. (2008). *Interstellar Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Molecules,* Annual Review of Astronomy and Astrophysics 46, 289-337

Trifonov, E.N. (2012). *Definition of Life: Navigation through Uncertainties.* Journal of Biomolecular Structure & Dynamics 29, 647-650

Weber, P., Greenberg, J. (1985). *Can Spores Survive in Interstellar Space?* Nature 316, 403-407

논 찬 문		기독교학문연구회	
발표논문 제목	생명의 기원이 지구 밖에서 올 수 있는가? - 배종발달설(panspermia)에 관한 단상	발표자	홍성욱
		논찬자 (소속)	염동한 (부산대 교수)

본 논문은 생명의 기원에 관한 배종발달설이 천체물리학적으로 얼마나 가능성이 있을 것인지에 대한 연구를 담고 있다. 배종발달설은 지구상에서 생명이 무생물로부터 진화했다는 비생물적 진화와는 다르게, 은하 어딘가에서 만들어진 원시 생명체가 지구로 전달되었다고 주장한다. 무생물의 탄생에 필요한 확률의 자원을 은하 차원으로 넓힌다는 면에서 보면 배종발달설이 비생물적 진화보다 통계적으로 좀 더 유리한 가설이 될 가능성이 있지만, 여기에 대해서는 비판적인 검토가 필요하다. 이와 관련해서 본 논문에서는 근래에 이루어진 홍성욱 박사님의 학술 연구에 바탕을 두어 배종발달설과 비생물적 진화 둘 중에 어느 쪽이 좀 더 통계적인 개연성을 가지는지를 설명한다. 결론적으로는 배종발달설이 확률 자원을 은하 수준으로 넓힌다 하더라도, 결국 비생물적 진화보다 더 우월한 가설이 되지 못함을 주장한다.

본 논문(그리고 GHSH21)은 생명의 기원에 대해 기독교적 관점을 떠나 과학적이며 정량적인 기여를 했다는 면에서 큰 의미를 가진다고 평가된다. 무생물로부터 생명이 만들어졌다는 설명이 통계적으로 개연성이 없다는 것은 (무신론과 유신론의 여부를 떠나) 많은 과학자들 사이에서 이미 잘 알려진 사실이다. 이 문제를 해결하기 위해 사람들이 전형적으로 도입하는 가설은 확률의 자원을 늘리는 것인데, 배종발달설은 그 시도 중 하나일 것이라 생각된다. 그러나 확률의 자원을 늘리더라도, 그 생명을 지구의 위치까지 가져오는 것은 훨씬 어려운 일이 될 것이며, GHSH21에서 이 어려움에 대해 충분히 의미 있는 연구를 했다고 생각된다. 무엇보다, 생명의 기원에 관한 어떤 특정 가설을 지지 또는 비판하기 위해 학계에서 인정되는 정량적인 연구방법론을 사용했다는 것이 아주 훌륭한 시도였다고 생각된다.

본 연구와 관련해 다음과 같은 몇 가지 질문을 제기하고 싶다.

첫째, 본 연구의 시뮬레이션 과정에서 지구의 위치는 어떤 중요성을 가졌는가? 지구가 우리 은하의 어떤 위치에 있다는 것은 어쩌면 우연적인 요소일 수 있으므로, 혹시 다른 위치에 있었다면, 배종발달설이 좀 더 설득력 있을 수 있지 않을까 하는 점이다.

둘째, 시간은 어떤 역할을 하는가? 시간이 충분히 길다면 어쩌면 배종발달설에 의한 설명이 좀 더 통계적 개연성을 가지는 것은 아닌가? 이를테면, 약 100억년 (= 우주의 나이 140억년 – 최초 생명의 출현 38억년)이라는 시간이 본 연구의 시뮬레이션에 고려된 것인지, 아니면 시간과는 관계없이 확률 분포가 정해지는 것인지에 대한 질문이다.

셋째, 은하의 어딘가에서 만들어진 생명이 지구까지 도달하는 과정에서, 소멸하거나 붕괴할 가능성은 없는가? 여기에 대해서는 (배종발달설을 지지하는 관점에서) 어떻게 설명할 수 있는가?

넷째, 처음부터 생명이 만들어질 가능성이 아주 낮다면, 배종발달설이든 비생물적 진화든 큰 의미가 없는 것은 아닌가?

이러한 질문과는 상관없이 본 연구는 생명의 기원에 대해 아주 흥미로운 연구였다고 생각된다. 앞으로 본 연구와 같이, 기독교적 관점을 가진 학문 연구, 그러나 동시에 학계에서 인정받을 수 있는 방법론을 사용한 연구가 지속적으로 이루어지기를 기대한다.

제38회 기독교학문연구회 연차학술대회