

年代	内容
1809年	『動物哲学』(ラマルク)
1859年	『種の起源』(ダーウィン)
1866年	遺伝法則の発見(メンデル)
1900年	遺伝法則の再発見(ド・フリースら)
1900年代	突然変異説(ド・フリース)
1930年代	集団遺伝学理論の確立(ホールデン、フィッシャー、ライト)
1940~60年代	進化の新総合説(ハクスレー、ドブジアンスキー、シンプソンら)
1953年	DNA二重らせん構造の発見(ワトソンとクリック)
1954年	アミノ酸配列決定法の開発(サンガー)
1960年代前半	遺伝暗号表の解読(ニーレンバーグら)
1965年	分子時計の発見(ズッカーカンデルとポーリング)
1968年	「分子レベルにおける進化速度」論文(木村資生)
1969年	「非ダーウィン進化」論文(キングとジューカス)
1970年	『遺伝子重複による進化』(大野乾)
1973年	弱有害突然変異説の提唱(太田朋子)
1970年代	塩基配列決定法の開発(サンガーとギルバート)
1970年代後半	偽遺伝子の発見
1983年	『分子進化の中立説』(木村資生)
1987年	『分子進化遺伝学』(根井正利)
2001年	ヒトゲノム概要配列発表

同じ頃、遺伝子コピー数の増減を数量的に分析する集団遺伝学理論が発展し始めた。ところが集団遺伝学は、ダーウィンが提唱した正の淘汰こそ急速に遺伝子構成を変化させうるという結論を導いたのである。ここで気をつけなくてはならないのは、当時の理論のほとんどは生物の個体数を無限と近似した仮定に基づいていたことである。このように極度に単純化した状況が現実に近ければ、確かにダーウィンの自然淘汰説は正しいと思われた。この考え方を「進化の新総合説」と呼んでいる。ある仮定から導かれた理論が華麗であればあるほど、私たちはそれに眼を奪われ、最初の仮定が妥当かどうか検証するのを忘れがちである。当時の集団遺伝学理論もこの類だった。

### 分子進化の中立論

1953年、生物学にとってかつてないブレークスルーがおこった。DNA二重らせん構造が発見されたのである。国立遺伝学研究所にいた木村資生は、DNAや

進化の新総合説では、正の淘汰が万能という見方をする。一方で、淘汰上良くも悪くもない中立的な形質が存在することは、すでにダーウィンによって指摘されていた。この場合には、生物の個体数が有限であることによって生じる遺伝的浮動によってのみ、淘汰上中立な突然変異が広まることが可能なのである。無限個体数という非現実的な仮定のもとに構築された当時の集団遺伝学理論では、残念ながら遺伝的浮動の効果はほとんど無視されていた。もちろん現実の個体数は有限であり、遺伝的浮動の効果は常に存在する。

木村が進化の中立論を提案すると、たちまち大論争がおこった。やがて、分子レベルの証拠が次々と示されたことにより、中立な突然変異のほうが正の自然淘汰を受ける突然変異よりも圧倒的に多数蓄積している、とする中立進化論が支持されるようになっていった。進化の新総合説という名のもとに、堅固に守られていたかに見えた淘汰万能論は、実は砂上の楼閣だったのである。

### 中立進化論が支持される理由

中立進化論の予言が成就した例として、DNAレベルでの具体的な証拠をひとつ紹介しておこう。タンパク質を構成するアミノ酸は20種類あるが、DNAを構成するヌクレオチドは4種類の塩基が違うだけである。このため、ゲノムの塩基配列の中でタンパク質のアミノ酸配列の情報を持っている部分では、塩基3個がアミノ酸1個に対応する。この対応表を遺伝暗号表と呼び、3塩基からなる64種類( $=4 \times 4 \times 4$ )の遺伝暗号がそれぞれ20種類のアミノ酸(およびアミノ酸配列の終わりを示す暗号)に対応している。平均すると3個あまりの遺伝暗号が1個のアミノ酸に対応することになるが、実際に多いパターンは、4個の遺伝暗号が1個のアミノ酸に対応する場合である。ヴァリンというアミノ酸には4種類の遺伝暗号が対応する。おもしろいことに、第1、第2位置はすべてGTだが、第3位置にはA、C、G、Tの4種類の塩基がすべて存

在している。

ここまで理解していただければ、あとは簡単だろう。第3位置の塩基が突然変異で別の塩基に変化しても、対応するアミノ酸は変わらないので、このような変化を「同義置換」と呼ぶ。これに対して、ヴァリンの遺伝暗号の第2位置の塩基TがCに変化すると、4種類すべてについて、対応するアミノ酸がアラニンに変わる。このような変化を「非同義置換」と呼ぶ。なお、この名称は1983年、根井正利(現・米国ベンシルベニア州立大学教授)と五條堀孝(現・国立遺伝学研究所副所長)が発表した論文で提唱された。生物学の詳しい知識がなくても、アミノ酸を変化させない同義置換と、アミノ酸を変化させる非同義置換では、前者のほうがより中立進化に近いことが想像できるだろう。非同義置換がおこると、タンパク質の機能が変化する可能性があり、生存に

不利な場合には負の自然淘汰によって消えてゆくからだ。実際に、同義置換と非同義置換を同一のタンパク質遺伝子で比較すると、大部分の場合、同義置換の進化速度がより速いことがわかっている。非同義置換では負の自然淘汰によって変化にブレーキがかかるためである。

もっとも、まれに非同義置換のほうが進化速度の高い遺伝子も存在する。この場合には、正の自然淘汰が働いている可能性がある。このように、データによって中立進化と正の淘汰のどちらが生じたのかを判断できるのである。今年、生誕200年を迎えるダーウィンには少々気の毒だが、正の淘汰を受けている遺伝子はきわめてわずかしかない。総合研究大学院大学の一翼をになう遺伝学専攻をもつ国立遺伝学研究所で、40年前に木村資生が提唱・主導した中立進化こそが、生物進化の基本なのである。



斎藤成也(さいとう・なるや)  
私が中立論を知ったのは大学2年のときで、先輩から木村先生が『科学』に書かれた総説を見せてもらい、中立論の合理性と、データとの整合性の迫力に魅せられました。それからは、中立論を理解しようと関連の本や資料を読み、木村先生の特別講義にも出て、生物進化論を研究するようになりました。今振り返ってみても、数学理論と生物的現象を巧みに結び付けたことが、木村先生のもっともユニークなところだと思います。

## 兄・木村資生と岡崎の記念館

### 木村克美

自然科学研究機構 分子科学研究所名誉教授



岡崎市立根石小学校・木村資生記念館

り性」と得意な植物と数学の知識を生かし、集団遺伝学の研究、そして中立説の発展に繋がったわけです。

母校・根石小学校に木村資生博士記念館があります。数年前に、三島の自宅にあった多数の資料がこちらに移され、現在つぎのような種々の資料が保管されています。数々の賞状、著書、原稿、記念写真、手作りの工作の作品、趣味の音楽テープ、新種のランの育種記録、シカゴ大学の名誉博士号授与式のガウン、愛用の机やカメラ、中立説を記念して自分でデザインした多数の陶器など。

2008年11月、岡崎市内に新しい図書館がオープンし、その一角に「郷土の偉人」コーナーが設けされました。そこに、木村資生博士の数枚の写真と子供時代に愛用した顕微鏡が展示されています。さらに、子供時代からダーウィン・メダルを受賞するまでの主な出来事をストーリーにしたアニメーションも上映されています。

タンパク質の進化とそれらの集団内多様性を結びつけて生物進化の機構を解明しようと思い立った。そして、当時、最先端の研究成果であるアミノ酸配列情報を基にして、自然淘汰に関して中立的な変異の重要性について論文にまとめた。これが1968年の「分子レベルにおける進化速度」であり、その後、木村は生涯をかけて理論を作り上げて、個体数が有限な集団という現実的な仮定をもとにした理論を発展させていく。この理論こそ進化の中立論である。

中立進化論では、生殖や生存の過程で生じる偶然性をともなう出来事が進化をもたらす。この原動力を「遺伝的浮動」という。進化の機構として、負の淘汰と遺伝的浮動は相反するものではない。現状維持の作用を持つ負の自然淘汰的重要性については、ダーウィン流の淘汰説も木村の中立進化論と同じように認める。しかし、これでは現状維持しか起こらない。問題はDNAや生物に変化を与える原動力が何かである。淘汰説、とりわけ