9.2.2 項「中立説」に関するコラム

コラム　分子進化の中立説

生物の持つタンパク質にアミノ酸配列や DNA の塩基配列を用いて，その類似性から生物間の系統関係を類推しようという手法を分子系統学という．分子系統は，ポーリングらによって 1960 年代から研究されていたが，ヘモグロビンの突然変異に因るアミノ酸の置き換えは時間に比例する進化速度の一定性が存在するのではないかとの仮説に基づき各種生物種間のヘモグロビンのアミノ酸配列が比較された．その結果，化石年代を比較することで，一定時間の間にアミノ酸がいくつ置き換わっているのかが算出できた．そして，この特定タンパク質分子のアミノ酸が一定の速さで変化していく性質を「分子進化時計」と命名した．この分子進化時計は，特定遺伝子の DNA の塩基配列の置き換わり率にも適用されるようになった．対象とするタンパク質や遺伝子によって，分子進化時計の進み方にも差が存在することも明らかになった．例えば，上記のヘモグロビンは，時間当たりのアミノ酸の置換率は速いが，DNA を包んでいるタンパク質であるヒストンは非常に遅い．

その後，各種タンパク質のアミノ酸置換率や DNA の塩基置換率から，各種の分子時計が提示されるようになった結果，いくつかの問題が生じてきた．まず，それまでは，すべての進化は自然選択に基づく結果として説明されていたが，（1）置換率＝分子時計の進み方が自然選択の結果と考えると，いささか速すぎることが解ってきた．例えば，世代当たりの DNA の塩基置換率の推定値よりも，実際の置換率は，数 100 倍も速いことが解った．（2）すべての分子形質も自然選択の結果と考えると，分子多型が多すぎることも示された．すべての分子多型が自然選択の結果だと仮定した場合，すべての多型が適応度を上げているとは見なし難い．多型間には多かれ少なかれ適応度に差があるはずであり，自然選択は，一般に形質の多型を減らす方向に働いているはずである．この場合，対立遺伝子間に超優性（顕性）が存在すれば，形質多型は維持されるが，すべての多型遺伝子間に超優性（顕性）が存在することは無いだろう．妙な現象は，この 2 点に集約される．

で，（1）（2）の現象をうまく説明するには，自然選択を仮定し，適応度上昇を考えると，進化速度を速めるためには，ものすごい数の産仔数を想定せねばならず，現実と合わない．となると，大前提となっている自然選択がそもそも無いと仮定しないとならなくなる．すなわち，分子レベルでは，適応度を上げたり下げたりするような自然選択にはかからない「中立」な変異が存在するせいではないかという発想が出てきた．このアイディアに最初に気づいたのは，一般には，木村資生とされている．

個体群にそのような中立な分子変異が固定するには，S. ライトの遺伝子浮動の理論が有効であった．ライトもいち早くその点を指摘している．木村資生は、ライトの遺伝子浮動の理論を使って、中立形質の進化を説明しようとした．さらに，太田朋子は、遺伝的浮動による中立形質の集団への固定があり得る事を数学的に証明し、進化の中立説が確立した。

また，太田朋子の分子進化のほぼ中立説では，弱有害遺伝子の遺伝的浮動による集団への固定を考慮することで，個体数の多い集団では遺伝的浮動の効果が弱いため，個体数の多い個体群では，個体数の少ない個体群よりも進化がゆっくり進むことを示した．

太田朋子 (2009) 分子進化のほぼ中立説—偶然と淘汰の進化モデル （ブルーバックス）．講談社，東京．