

水稻の根系形態に及ぼす遺伝変異と環境変異 (Genetic and Environmental Variation on Root Systems in Rice Plant) 鯨 幸夫 (金沢大学教育学部)

Russel(1977, 1981) は、植物根系の本来の環境である土壌中での生長と機能について学際的な見地から論じている。土壌中に分布している植物の根系は、植物の種類が異なることによって、また、生育環境を異にすることによって特有の形態を示している。作物の場合も種類、品種、施肥条件、水管理等の違いによって根系形態に違いが認められる。そして、根系形態の変異というこの表現型は、遺伝変異と環境変異とによって生じたものである。これまでの植物の根系に関する研究は、根をいかにして科学的に正確に把握するか、という根系調査法に関する研究、品種間差異を遺伝的変異と環境変異との観点から解析しようとする研究、根の養水分吸収を生理学や土壌学の立場から解析しようとする研究等が行なわれてきている。ここでは、水稻の根系形態に関わる遺伝変異と環境変異に焦点をあてて検討してみる。

1) 水稻根系形態の遺伝変異

各種作物の根系形態に及ぼす遺伝子に関しては、O'Tool(1987) の総説にも示されているように、いくつかの遺伝子が推定されている。根の生育の品種間差異は、Troughton ら(1969)によって確認されており、稲についても Chang(1972) の報告がある。水稻根系の品種間差異については、環境変異に関わる生態型分化(Ueno, 1989a, 1989b, 1989)、根系形態の環境変異及び遺伝変異(鯨ら, 1987, 1988a, 1988b, 1989a, 1989b, 1990a)、ころび苗抵抗性(寺島ら, 1986a, 1986b, 1990)、等の観点からの研究がある。ころび苗抵抗性に関しては、冠根中心柱の断面積の大きい品種ほど根の発育量が大きく、中心柱の細い品種ほど横方向に伸長する冠根の割合が多くなる傾向が認められる(寺島ら, 1986b)。中心柱の細い多くの日本稲は、土中の浅い層に根が多く分布する根系を示し、短銀坊主、北海道の品種を除いた多くの日本稲の品種が世界の品種の中でも最も冠根が細く、維管束が小さいグループに位置する(寺島ら, 1986a)という。Uenoら(1989a・b, 1990)は、酸性土壌抵抗性に関わる特性として、木の根の形態、特に根の伸長方向を検討していたが、播種後約100日目に稲株から放射状に土壌表面に現われている根を発見し、この根を気根 (Aerial root)と名付けた。鯨(1988a)は、1930年代から今日までの栽培されてきた水稻品種の中からの代表的品種と、現在の多収穫品種とを材料に用い、生育時期の変化に伴う水稻根の窒素吸収パターンと根系形態の変異について検討し、農林3号と陸羽132号が特に際立った根系変異を示すことを報告した。農林3号は狭い角度で、陸羽132号は広い角度根系を形成し、施肥方法や施肥量を変化させても、両品種の根系の基本型は変化しなかった(1989a)。生育初期においては、地上部乾物重に品種による有為差は認められず、根系の伸長角度と根系占有面積に有為な差異が認められた。また、土壌温度を18°Cに低下させても、生育途中で断根処理を行なっても、根系形態に有為な変化は認められなかった(1988b)。これら2品種の基本的な根系形態はかなり安定した形質であると考えられる。

農林3号と陸羽132号との交雑からF₁を得て、F₁水稻の根系形態を調査すると、両親の間中型を示した(1989b)。施肥条件を変化させた場合の根系伸長角度の変化の幅を考慮して、農林3号の根系角度は80°以下、陸羽132号の根系角度を80°以上とし、F₂世代の生育初

期の根系形態をワードバックを用いて検討した。F₂個体群の根系の伸長角度は80°以下が130個体、80°以上は51個体となり、 χ^2 検定の結果は $0.3 < P < 0.5$ ($p=0.974$) となった。生育初期における水稻根系の伸長角度に関しては、1個の劣性遺伝子が関与している可能性が示唆され、水稻根系形態の1つの形質である根系の伸長角度が遺伝的現象であることが示された(鯨, 1991, 1992)。

2) 水稻根系の環境変異

施肥方法の違いによる根系形態について、品種間差異の面から根箱を用いて検討した。農林3号、陸羽132号、コヒカリを材料に用い、深層施肥、全層施肥、側条深層施肥(片側)及び表層施肥(深水)を行なった場合の根系形態の変異を検討した。葉色(SPAD値)、草丈についての品種間差異、施肥法による差異は認められなかった。茎数は施肥法の違いによって有為差が認められ、全層施肥区で一番多く、表層施肥区(深水)が少なかった。同一施肥法下の茎数には、品種間差異は認められなかった。根系占有面積は、農林3号は最小であり、以下コヒカリ、陸羽132号の順で大きな値を示し、有意な品種間差異が認められたが、施肥法の違いによる有意差は認められなかった。地上部の草型開度は、品種による有意差は認められなかったが、施肥法の違いによる有意差が認められ、側条深層施肥(片側)で小さく、表層施肥(深水)では大きかった。

生育初期の段階で人工的に根切除処理を行なった場合、品種本来の根系形態と異なる根系を形成するかどうかを根箱で検討した。播種後24日目の個体に根切除処理を行い(地際から5cmで切除)、根切除後42日目の根系を調査したが、根系開度、根系占有面積は、施肥法の違いによって変化しなかった。栄養生長の時期においては、人工的に根切除処理を行なっても、各品種の根系形態の特性は変化しにくいものと考えられる。

コヒカリを材料に用い、水管理を異にした条件、自然農法下における根系形態を圃場内で検討した(鯨, 1990b)。最高分けつ期および収穫期の水稻根系は、改良モリシ法により採取した。慣行の中干しを行なったコヒカリは、密な根系を形成していたが、根は割合浅く分布していた。基肥を抑とし、追肥にIB肥料(5kg-N/10a)を施用して常時湛水状態で栽培した根は、全体として分散された状態で根が張り、直下方向にも斜方向にも深く長い根を張った根系を形成し、広い根域を有していた。自然農法で栽培した根は白色を呈し、横方向への伸長は認められるが、直下方向に伸長する根は少なく、株の真下に空間ができたような、浅く横に広がった根系を形成していた。表現型としての根系形態を最大限に発揮させるための環境要因は品種によって異なるものと考えられる。

高等植物の遺伝子型には膨大な数の遺伝子が含まれている。各遺伝子がそれぞれ一つの情報(命令)であると仮定すれば、これらの命令同士が互いに組み合わさって周囲と相互作用をはかりながら、現実として、ある表現型が現われることになる。つまり、遺伝子型空間と表現型空間の間には、諸種の遺伝的命令がお互い同士、ならびにその生物が発生していく環境条件と相互に作用しあう、一連の過程全体が存在することになる。したがって、このシステムは、遺伝子型空間から「後成的空間」(すなわち、発生過程の空間であり、発生過程のある方向ないし別の方向に進めようとする矢印カベトルで表すことができる)を経て、表現型空間へと移行することになる(Waddington, 1984)。この矢印(ベクトル)の全部が遺伝子型から生じるとは限らないわけで、中には環境に起因するものもある。したがって、

発生システムの環境によっては、同じ遺伝子型から多数の表現型が生じることもあり、このことは、表現型から出発すれば（自然選択がそうであるが）、表現型と遺伝子型との関係は本質的に不確定なものになることを意味している(1984)。環境要因を考慮しながら、表現型（根系形態）を遺伝的に解析しようとする理由には、このような背景がある。

引用文献

- 1) Chang, T. T., Loresto, G.C. and Tagumpay, O., (1972), In "Rice Breeding", IRRI: 645-661.
- 2) 鯨 幸夫、(1987)、日作紀、56(別2):59-60。
- 3) 同、(1988a)、日作紀、57:411-417。
- 4) 同、他、(1988b)、日作紀、57(別1):11-12。
- 5) 同、(1989a)、日作紀、58(別1):24-25。
- 6) 同、(1989b)、日作紀、58(別1):26-27。
- 7) 同、(1990a)、日作紀、59(別1):127-128。
- 8) 同、(1990b)、農業及び園芸、65(10):1193-1195。
- 9) 同、(1991)、日作紀、60(別1):234-235。
- 10) 同、(1992)、Abstracts of the 1st International Crop Science Congress, Iowa, U.S.A., :72.
- 11) O'Tool, J.C. and Bland, W.L. (1987), Advances in Agronomy, 41:91-145.
- 12) Russel, R.S. (1977), "Plant Root System", McGraw-hill, London,
- 13) 田中典幸、(1981)、"作物の根系と土壌"（訳本）、農文協。
- 14) 寺島一郎、他、(1986a)、日作紀、55(別2):231-232。
- 15) 同、他、(1986b)、日作紀、55(別2):233-234。
- 16) 同、他、(1990)、日作紀、59(別1):258-259。
- 17) Troughton, A. and Whittington, W.J., (1969), In "Root Growth"(ed. Whittington, W.J.), Butterworths, London:296-313.
- 18) Ueno, K. and Sato, T., (1989a), Japan. J. Trop. Agr., 33:173-175.
- 19) Ueno, K. etc., (1989b), Proc. of the 6th International Congr. of SABRAO: 381-384.
- 20) Ueno, K. etc., (1990), Euphytica, 46:161-164.
- 21) Waddington, C.H., (1984)、"現代の進化論"（吉岡桂子訳）、In "還元主義を超えて"（アサー・クストラ編）、工作舎、:474-505。