

## 不均一な根圏環境がもたらす作物生産量の変化

島根大学生物資源科学部農業生産学科 小葉田 亨

土壌は非常に複雑な構造と養水分の動的特性をもっている(Hillel 1984)。さらに農地では、耕起により柔らかな作土と圧縮されたすき床という構造が付加される。それらの土壌要因は、栽培される植物の根の分布を複雑に変化させる(Russel 1981)。また同時に、根の分布自体が吸収を通じて養水分の土壌中分布を変化させる。すなわち、実際の圃場条件下の土壌では、硬さ、養水分、植物の根の分布が大変大きな不均一性を示す。ポット栽培と比較するとその複雑さが明確になる。ポットでは均一に近い硬さ(たいへん柔らかいことが多い)の土に根がかなり均等に分布し、根全体に養水分が容易に行きわたるからである。しかし、土壌や根のこのような不均一性が作物生産の環境適応能力を発揮させる重要な要因となっている場合があると考えられる。そこで、以下では土壌構造と水分の場合を例にとって、作物生産への土壌と根の不均一性の果たす役割について述べたい。

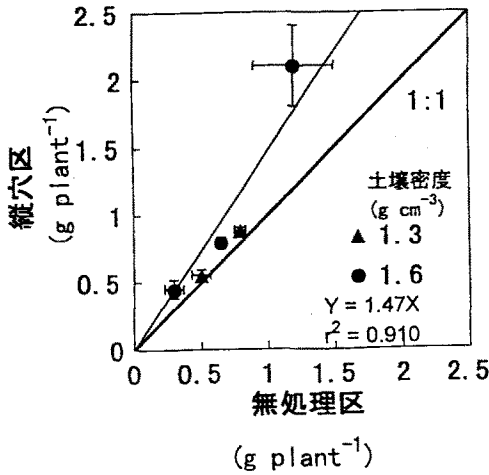
### 土壌の不均一性がもたらす植物生育の変化

#### 1. 土壌構造

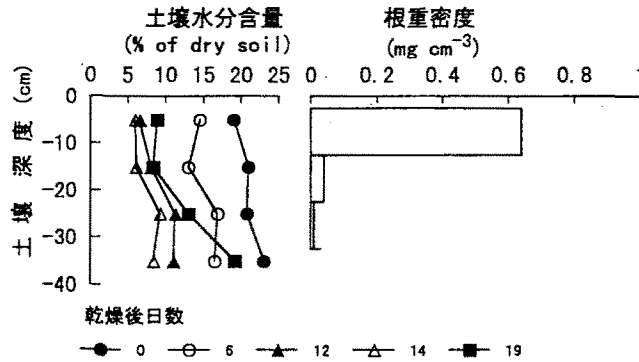
深耕は作物生産量を増加させることが知られている(Smucker and Allmaras 1993)。これは、均質で柔らかい作土層の拡大が根圏を広げた結果である。しかし、一方で量的にはわずかであっても、土壌構造の不均一性が作物生産に比較的大きな影響をあたえる場合がある。例えば、土の割れ目あるいはミミズや植物根の痕跡の穴に根が伸長し(Russel 1981)、特に高密度の土壌で植物生産量を増加させた(第 1 図)。また、不耕起栽培水田では前年の残存した根の空隙に添って根の伸長が起きており、地上部の生育が慣行法よりも優れたという観察がある(佐藤 1992)。このような生長促進の理由の一つとして、根の中では養水分の移動抵抗が土壌間に比べてきわめて低いために、広範囲の土壌からの養水分吸収が可能になったためだと考えられる(Hasegawa and Sato 1987)。このように、土壌構造の不均一性は、根自体の養水分吸収機能が環境に応じて柔軟に変化しうることと相まって、作物の生産性に大きな影響を与える要因になると考えられる。

#### 2. 土壌水分

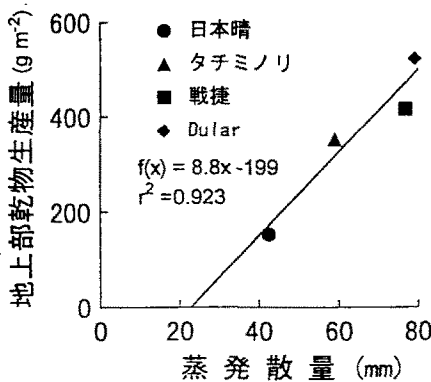
土壌乾燥はしばしば作物の生産を厳しく抑制する。通常、十分土壌が湿っている時には



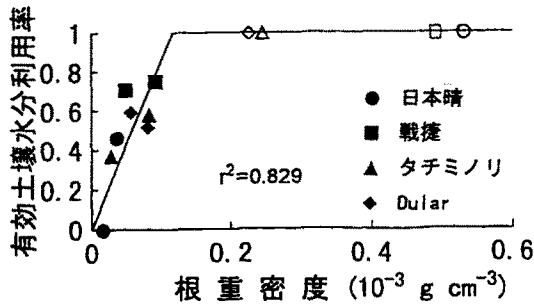
第 1 図 異なる密度の土壤に小さな縦穴を開けた時のイネの全乾物重。栄養成長期において湿潤や乾燥条件下で得られた。穴あき条件下では 1:1 の直線より上に点があり生産量の促進を示す。(Kobata and Hoque 1997)



第 2 図 圃場栽培したイネ(品種戦捷)の灌漑停止後の土壤水分含有率(乾土%)の深さ別変化と根重分布。水分含有率は徐々に表層から低下してゆく。雨よけ下でも処理 14 日目に降雨があり地下水位からの上向きの水分移動がみられた。(奥野 1995,未発表)



第 3 図 耐乾性の異なるイネ 4 品種に圃場で灌漑を停止したときの土壤水分消費量と地上部乾物生産量との関係。乾物生産がゼロのときの土壤水分消費量はほぼ土面蒸発量に相当するのでそれを除いた植物の吸水量と乾物生産量との間には直線的関係があり、大部分の乾物生産量の品種間差は水の吸水能力に依存していることになる。このとき、土壤水分消費量は地表 10cm 以下の深い部分の根重と密接な関係があった。(Kobata et al. 1996)



第4図 第3図で用いられた品種について土層別(10 cmごとに深さ30cmまで、最表層は白抜き)の根重密度とそれぞれの層の有効土壌水分(圃場含水量 - (-1.5MPaの時の利用限界土壌水分量))の利用率との関係。最表層では土壌水分利用率は最高の1となっており、根の密度効果はそれより深い層でおきている。(小葉田・奥野 1997)

表層から深層に向かって水分含量が高くなる。その後、水分が供給されなくなると土面蒸発と高い根の密度によって徐々に表層から多くの土壌水分が失われ、時間とともに下層に乾燥が進んでゆく(第2図)。深層の根密度が高いことが吸水を高め干ばつ抵抗性をもたらすことが多くの植物で確認されている(Turner 1997)。明確な例として、干ばつ下においてイネでは吸水量と乾物生産との間には密接な正の関係があり、耐乾性品種は吸水量が多いため生産量が大きく(第3図)、深い層(10cm以下)の根量が多い品種ほど吸水量が大きいたことが示唆された。ここでは、根の総量ではなく分布の違いが吸水量にとって重要であった。表層の根がたとえ多くても比較的短期間で水が失われてしまうので、根量の多さは吸水の増加にはあまり結びつがず、深い層の根の量の違いが吸水量を高めることに貢献しているからである(第4図)。このような耐乾性の品種間差は、土壌水分が深さの異なる層の間で不均一に減少してゆくこと、また根が不均一に分布していることがなければ引き起こされないと言えよう。同様の例として、ポットに乾燥を与えイネの葉身水ポテンシャルを低下させると、本来干ばつに弱い水稻は強い陸稲よりもむしろ葉身が枯れにくかった(Ahmad *et al.* 1987)。これは、根系の発達能力の違い(Kobata *et al.* 1996)が発揮されない浅いポットのような条件下では陸稲本来の葉身水ポテンシャルが低下しにくいという優れた性質が発現されないためである。

#### 終わりに

植物の生長量は根域の不均一な性質によって様々な影響を受けていると考えられる。具体的には、土壌の不均一性が作物生産量の変異や、時として干ばつなどの不良環境適応性の品種間差を発現させているからである。これに対して、系を単純化するために根域が均

質化された小さな容器で行う植物反応性の実験・観察では、場合によっては植物が本来もっている栽培上重要な機能の発現が低下あるいは打ち消されてしまっている可能性がある。土壌の不均一性を視野に入れることが作物生産上の問題点を解明するためにはぜひ必要であると考えられる。従って、これらの要因が考慮されないポットや組織培養系実験で得られた生理反応、ストレス抵抗性評価・遺伝子発現などの結果を実際の植物生産に直ちに結びつけようとするのには大きな問題があると言えよう。

#### 引用文献

- Ahmad, S. Kobata, T. and Takami, S. 1987. Leaf death and alteration of internal water relations in rice (*Oryza sativa* L.) in response to water deficits in the seedling stage. *Jpn. J. Crop Sci.* 56:582-588.
- Hasegawa, S. and Sato, T. 1987. Water uptake by roots in cracks and water movement in clay subsoil. *Soil Sci.* :381-386.
- Hillel, D. 1984. 土壌物理学概論. 岩田進午 監修、高見晋一・内嶋善兵衛 訳、養賢堂、東京、1-288.
- Kobata, T. and Hoque, Md. M. 1997. A vertical hole in compacted soil improved plant growth and water use of an upland rice during the vegetative stage. *Jpn. J. Crop Sci.* 66:505-506.
- Kobata, T., Okuno, T. and Yamamoto, T. 1996. Contributions of capacity for soil water extraction and water use efficiency to maintenance of dry matter production in rice subjected to drought. *Jpn. J. Crop Sci.* 65:652-662.
- 小葉田 亨・奥野友美 1997. 干ばつ下におけるイネの圃場水利用効率と集水量を限定する深根量. *日作紀* 66(別 1):114-115.
- Russel, R. S. 1981. 作物の根系と土壌. 田中典幸 訳、農山漁村文化協会、東京、1-390.
- 佐藤照男 1992. 不耕起栽培による低湿重粘土水田の土地改良と汎用化の展望. *農業土木学会誌* 60:723-728.
- Smucker, A. J. M. and Allmaras, R. R. 1993. Whole plant responses to soil compaction. Buxton, D. R. *et al.* eds. In ICSI. *Crop Sci. Soc. America, Wisconsin, USA*, 727-731.
- Turner, N. C. 1997. Further progress in crop water relations. *Adv. Agron.* 58:293-338.
- Effects of heterogeneous characteristics in root medium on crop production.  
Kobata Tohru