

土壌水分収支の精密計測・制御法の開発 (VI)

-ゲーム理論の導入-

Development of precision measurement and control of soil moisture balance (VI)

- Introduction of game theory -

谷川寅彦¹

TANIGAWA Torahiko¹

1.はじめに: 前報まで、土壌への水分供給の自動調整を含めた安定性、空間的均等性などの諸点から検討を加えてきた。裸地条件下でもそうであるが、栽培条件下での土壌水分供給についてより高度な議論を行おうとすれば、強度、分布を含んでの慎重な配慮が不可欠であり、例えば、ある果菜類の栽培に、ある場所で、マイクロ灌漑で1株当たり1日何L必要といった言い方は、マイクロ灌漑（それ自体種類は多い）を使ってある場所での栽培には良かったかもしれないが、普遍的な意味は持っているとは残念ながら言えない。

また、普遍的な土と水の植物の生育環境比較の基盤として、「マイクロ灌漑」が適切かどうかというのもわからない。したがって、このような栽培実験の検討において、適用条件「ドリップであるかスプリンクラであるか」「どれくらいの強度と量で、間断か連続か」など等の明記が不可欠となるがこの点は往々にして不明確である。

このように土壌水分環境に関して、普遍的な比較検討を目指そうとした場合、それぞれの実験区の土層に時間空間的にフラット（実際には実現は不可能に近い）な土壌水分動態条件を用意してやればおそらく理想だろうし、同時に良好な生育を保証する基盤の定義としてもかなり正しそうであるが、例えば、ドリップ灌漑（点給水源からの放射状給水）などでこの条件を創り出すことは、実質不可能でありかなり慎重な考慮がいる。

2. 土壌とその水管理・植物生育の組み合わせ: 平地での降水（降雨）を考えると、ある意味均等フラットに上方から下方に対して1次元的に均等に浸透が広がるし、地下水面からの毛管上昇を考えると同じようにフラットであり2次元、3次元的にも均等的な土壌水分拡散が期待できる。勿論、この条件でも植物根群の影響は複雑に進展してゆくし、それにも土壌の物理性そして気象条件などが影響してくるのは言うまでもない。さらに、灌漑という作業を考えると当初降水の代替から発展して、雨除け栽培など管理上の積極的意味（雨を葉にかけない、土壌水分を積極的に制御する）等への展開を含めて、非常に多種多様な方法があるし、さらに蒸発散を抑制するマルチングという観点の水管理もあるが、ここでは、ある程度抽象的に議論を進めたい。

第1に、土壌への水分補給の物理的形式として、1-①点給水源（ドリップ類）、1-②線給水源（著者らの負圧差などのチューブ型類）、1-③面給水源（著者らの不織布敷設型類）、（1-④（疑似）3次元給水源、例えば日本でよく言う「マルドリ」などではなく、真の意味での、大規模細密ノズル配置のマルチ-ドリップ灌漑など）である。これは言い換えると土壌水分補給に関する均等性フラットさに直結するファクターである。また、これは、散水型、地表型、地中型、地下水面型という4つのファクターと合わされ、基本的には12通

¹ 大阪府立大学大学院生命環境科学研究科 給水源、連続間断、自動・予測制御
Graduate School of Life and Environmental Sciences, Osaka Prefecture University

り程度の実現方法が考えられる（但、散水型の点給水源など考えにくいものも含まれる）。

第2に、2-①完全連続灌漑、2-②比較的長時間型間断灌漑、あるいは頻繁灌漑、2-③間断灌漑という給水連続性に関する点、これらは、浸透ロス等の問題にも直結する。つまり時間軸に対する基本的条件である。**第3**に、3-①予測制御、3-②インターバルでの日時固定管理（季節などで水量は固定設定）、3-③（主に）土壌水分状況対応型自動調節制御、④天水のみなどによる適地での栽培（人的制御なし）、に関する組み合わせがある。これも浸透ロス等と過剰灌水なら蒸発散の不要な増加、一般に、品質の低下などを招く。例えば、露地条件で、普段は3-②だけれども明日が雨なのが分かっていたら（気象予測）、今日は給水を中止するというのも3-①だし、著者らの負圧差灌漑は、あらかじめの負圧設定で調整するという要素は3-①に通ずるが、基本的にはパンプ式の3-③であり、低正圧地中連続灌漑は、かなり3-①の要素が入った（あらかじめ、最小限の水量は必ず流れる）セミアクティブ型の3-③の灌漑方式である（そのため適用範囲が広い）。最後に、**第4**として、土壌ばかりでなく、植物生育の土壌内での反映と実用上の問題として4-①根群分布についてバリアが無い。4-②根群分布を制限するバリアがある 4-③根群分布の影響が実質無い（裸地条件下での検討ともリンク）。もちろん、非常に基本的な要素としては基本的な環境条件として（言わば**第0**として）当然土壌の物理性（さらに栄養成分）があるが、ここではとりあえず一般的な栽培培土による検討から始め、さらには、地温やガス環境、気象、植物種別などなどに様々な要因・環境があるが、灌漑排水の立場からとりあえず第1～第4までの要素について検討を進める。

3. ゲーム理論の導入：ゲーム理論は、基本的には、相手相互の取りうる複数戦略の組み合わせに関する相互の利得を考慮するものである。そこで、例えば、同じようにトマトを栽培するがとる栽培戦略を異なったこともできるAグループと、Bグループを考える。例えば、生産時期をずらして、労務を平準化したり、値崩れを防止するなどで予想利得が違って来る等、A/Bに区分管理することに意味はある、その事実を拡張する。1.で土壌水分環境がフラットという言い方をしたが、それを基本として、例えば、春から夏へ向かって①平面的底面自動連続灌水（以下底面灌水と略）、②底面灌水+地表面間断散水、③底面灌水+地表面連続自動調節灌水としてみて、生育速度を見てみると、**表1**の○△×ではなく、予想販売価格などによる具体的な利得数値が決定され得る（最後はAB足し算として）。さらに、同様の土壌培地にそのまま密植で定植した①根群バリアなしと、②各株を不織布製ポッドに栽培して完全に絶縁した根群バリア有りにつき、**表1**の形式を応用表現すると、**表2**の生産性はA:B=②:②が良いと単純に考えるが、労力・コストの面からも検討しなければ実用的な利得予測は出来ない。実際のところは、不織布ポッドは低コストリサイクル可能で労力も低減させた。詳細は発表時に報告したい。

表1 灌漑手段の組み合わせによる成長速度の差異

A \ B	①	②	③
①	× \ ×	× \ △	× \ ○
②	△ \ ×	△ \ △	△ \ ○
③	○ \ ×	○ \ △	○ \ ○

表2 防根不織布の効果

A \ B	①	②
①	△ \ △	△ \ ○
②	○ \ △	○ \ ○