

## 礫質褐色森林土のリンゴ園地における土壌水分・EC・地温の周年変化の特徴 Year-round changes in soil moisture, EC, and soil temperature in an apple orchard of gravelly brown forest soil

○遠藤 明\*  
Akira ENDO

### 1. はじめに

青森県は日本全国の約60% (45万tに相当)のリンゴを生産する一大産地である。その中でも、同県津軽地域は冬期間の降雪量が多い積雪寒冷地にあり、褐色森林土が分布するリンゴ園の面積は1,632 haを占めている。礫質褐色森林土のリンゴ園では、黒ボク土のリンゴ園と比較すると、観測深度の物質移動現象が比較的短時間に完了することから、当該土壌群のリンゴ園地において、降水や融雪浸潤水に起因する土壌水や溶存物質の下方移動が迅速に行われると推測される。したがって、降水や融雪の生起に伴う物質輸送現象を正確に把握する意義は大きい。融雪期間に当たる春先は、リンゴ樹の新梢や花芽の初期成育に大きな影響を与える期間であることから、非生育期間において樹園地土壌環境をモニタリングする意義は、適切なリンゴ生産管理を行う上で大きい。本研究の目的は、2016～2020年における積雪寒冷地の礫質褐色森林土のリンゴ園において、非生育期間中を含めた土壌水分・EC・地温の挙動について、リンゴ樹の根が最深まで分布する土層全体を対象に把握することで、リンゴ園土壌の物質・エネルギー輸送現象を理解することにある。このため、本報では調査対象リンゴ園の土壌環境の周年変化の特徴について、圃場観測システム(FMS)による観測に基づいた土壌水分解析の手法を用いて検討した。

### 2. 材料および方法

#### (1) リンゴ園の試験区の設定、土壌物理性の測定方法、誘電式土壌水分計の校正方法

調査対象リンゴ園の試験区は、青森県中南地域の礫質褐色森林土地帯の標高214.8 mに位置する。試験区におけるリンゴ樹の台木の種類は15年生のマルバカイドウ台であり、穂木の品種は世界一である。当樹園地は、毎年4月下旬にリンゴ樹剪定枝の粉碎チップ(0.4 kgN/10a相当)および複合肥料(樹栄特号、双葉肥料工業)として、2.4 kgN/10a, 2.1 kgP/10a, 2.4 kgK/10a, 0.9 kgMg/10aを散布する他は、肥料散布を行っていない。はじめに、2016年5月22日にリンゴ樹から1.1 m離れた地表面において深度1 mまで掘削したのち土壌断面観察を行った。次に、深度10, 20, 30, 50, 70, 100 cmの5深度から、土壌物理性測定用の不攪乱土を2つずつ採取した。次に、FMSを用いて測定することを目的に、雨量計(ECRN-50, METER)を設置したのち、誘電式土壌水分計(STE, METER, 以下、土壌水分計と記す)と土壌水分張力センサー(MP6, METER)を、20 cmを除く各採土深における土壌断面の観察面に対して垂直に挿入した(深度100 cmはMP6センサーのみ設置)。データロガー(Em50, METER)による土壌水分等の観測は30分間隔で測定した。なお、土壌物理性の測定では、土粒子密度、三相分布、粒度分布などを把握したのち、採取深度の不攪乱土を用いて、変水位透水試験と加圧板法による保水性試験を行い、それぞれ飽和透水係数と水分特性曲線を把握した。誘電式土壌水分計の校正では重量法による校正方法を適用した。また、任意の体積含水率の下でのバルクECと比誘電率を測定することで、バルクECがゼロにおける土壌の比誘電率を決定した上で、土壌間隙水のECを把握した後、土壌溶液ECに換算した。

#### (2) 土層内の水分収支の計算方法

FMSを用いて観測した各深度の体積含水率の経日変化から、土層厚さ $\zeta=100$  cmにおける土壌水分量(TSM)を算出した上で、1日あたりのTSMの変動量の経過時間 $t$ に対する積算値( $\Sigma\Delta TSM$ )を式(1)により算出した。

$$\Sigma\Delta TSM = \sum_t (TSM_j - TSM_{j+1}) \quad (1)$$

ここに、 $TSM_j$ : 当日( $j$ 日目)のTSM (cm),  $TSM_{j+1}$ : 翌日( $j+1$ 日目)のTSM (cm)である。なお、 $\Sigma\Delta TSM=0$ の条件では土層厚 $\zeta$ への水の供給量と損失量が同量、 $\Sigma\Delta TSM>0$ の条件では土層厚 $\zeta$ の体積含水率が減少することによる水分損失があり、また、 $\Sigma\Delta TSM<0$ の条件では土層厚 $\zeta$ の体積含水率が増加することによる水分供給があることを表している。

### 3. 結果および考察

図1A, 1Bに日蒸発散量と降雨・融雪に起因する日浸透水量の経日変化を示す。2016～2018年度の年間融雪浸透水量は37.6～39.3 cmであったが、2019年度については暖冬の影響により降雪

\*弘前大学農学生命科学部 \*Faculty of Agriculture and Life Science, Hirosaki University

キーワード: リンゴ園地, 礫質褐色森林土, 圃場観測システム(FMS), 土壌水分, 電気伝導率, 地温

量が少なかったことを受け、2016～2018年度の年間融雪浸透水量の65%に相当する25.1 cmと少量であった(図1B)。樹根が多く分布する深度40 cm以浅の体積含水率が0.35 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>を超えた期間(水平方向の両矢印に付したa～c)は、蒸発散量が少ない(平均値0.33 mm)冬季の融雪期間であった(図1C, 1C')。また、体積含水率が高い期間a～cは、年々短縮傾向にあった(2016年度:138日, 2017年度:133日, 2018年度:116日)。なお、2019年度の融雪期では40 cm以浅において0.35 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>を超えることはなかった。図2A, 2Bに日蒸発散量と降雨・融雪に起因する日浸透水量の経日変化および、土層厚ζ=100 cmの土壌水分減少量ΔTSMの積算値であるΣΔTSMの経日変化をそれぞれ示す。ΣΔTSMは、春～秋季での増加と、秋～冬季での減少を周期的に繰り返すものの、観測期間全体を通じて年々増加傾向にあった。このことは、極小・極大を迎える頃のΣΔTSM値から明白である。また、蒸発散が卓越する期間に着目しても、ΣΔTSMが年々増加にあったことから、土壌水の損失が示唆された。具体的には、2016および2017年度の蒸発散が卓越する時期では、平均でそれぞれ6.8および3.3 cmの水分貯留が確認されたのに対して、2018と2019年度の蒸発散卓越期では、平均でそれぞれ0.9および13.9 cmの水分損失が認められた。このことは、蒸発散が卓越する時期において、観測開始から4年間の合計で13.0 cm(130 mmに相当)の損失があったことを表しており、1年間あたり32.5 mmずつ損失し続けていたことを示唆している。図1D, 1D'にそれぞれに土壌溶液ECの等値線図および深度ごとの経日変化を示す。

図2に示した融雪期終盤の融雪浸透水量が増加している時期の10～70 cm深の全層に着目すると、α～γの破線の楕円内に示されるように、全層で土壌溶液ECが増加したことから、これらのタイミングで溶脱が起きていたと考えられる。その証拠として、各々の期間のΔTSMの積算値であるΣΔTSMが、それぞれ-19.3, -16.1, -11.5 cmの極小値にあったことから、融雪浸透水による土層への水分供給が示唆された。しかし、融雪期間dの終盤であるδのタイミングでは、a～cの各々の期間における水分供給量よりも少ない-6.7 cmを示し、溶脱の痕跡が認められなかった。以上のことから、融雪浸透水量が年々減少傾向にあり、融雪量が少なかった2019年度には溶脱挙動を検出できなかったものの、2016～2018年度では非生育期間中の土層に蓄積されていた肥料成分が、融雪浸透水とともに溶脱する兆候を、観測によって捕捉できることが示された。

#### 4. おわりに

樹園地土壌を適正に管理するためには、冬期間の非生育期間を含めた上で土壌水分、電気伝導度、地温などの土壌環境情報を正確に把握する必要がある。今後も引き続き観測を継続し、得られた情報を生産者に提供していきたい。

**謝辞:** 本研究は日本学術振興会 科研費(基盤C, 16K07932)の助成を受けた。FMSによる土壌環境観測では、リンゴ生産者の工藤寿一氏の圃場の一部を拝借した。弘前大学卒業生には現地調査と室内試験に関して協力を頂いた。  
**参考文献:** 遠藤(2021), 遠藤ら(2018)農業農村工学会論文集

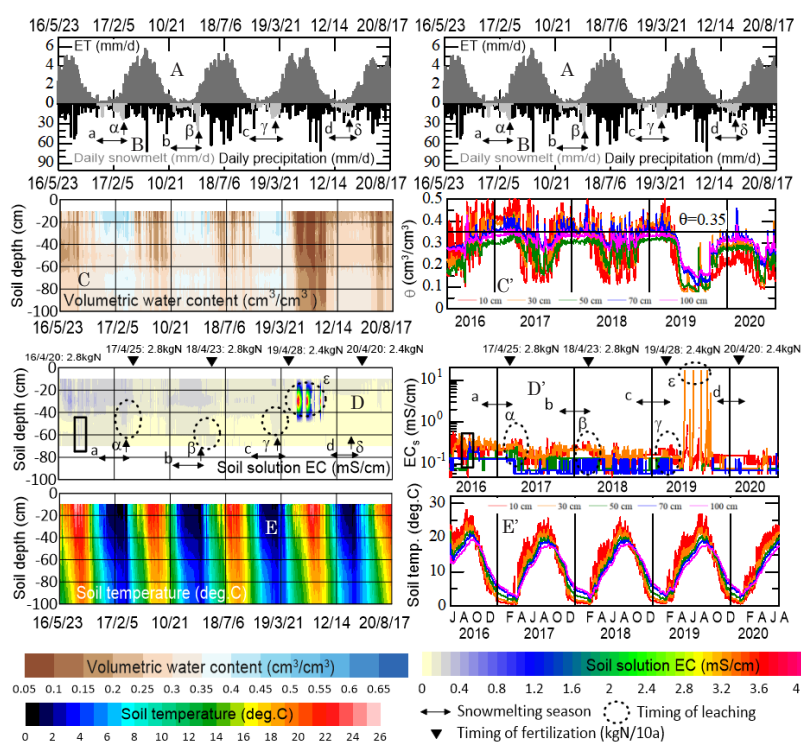


図1 2016～2020年の体積含水率、土壌溶液EC、地温の等値線図  
A: 日蒸発散量, B: 降雨・融雪による日浸透水量, C, C': 体積含水率, D, D': 土壌溶液EC, E, E': 地温  
Isoleths of volumetric water content, soil solution EC and soil temperature

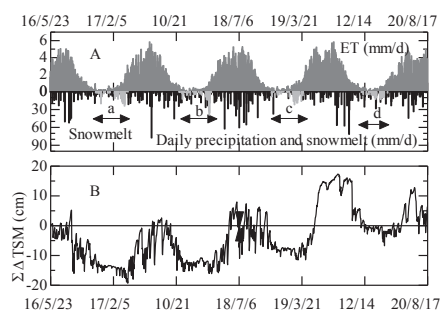


図2 2016～2020年のΣΔTSMの経日変化  
Temporal change of ΣΔTSM from 2016 to 2020