

リンゴ園土壤に施用したホタテ貝殻中カルシウムの挙動 Behavior of scallop shell calcium in the apple orchard soil

○加藤千尋・遠藤明・加藤幸・佐々木長市
Chihiro KATO, Akira ENDO, Koh KATO, Choichi SASAKI

1. はじめに

近年、リンゴ園土壤のpH低下や農薬由来の重金属蓄積が報告されている。適切な土壤pHの維持は、リンゴの生理障害対策に加え、重金属の溶解度の制御にも有効である。他方、有数のホタテ産地である青森県において、年間4~5万トンの貝殻が副産物として生じ、利用促進が検討されている。本研究では、リンゴ園土壤のpH調整にホタテ貝殻粉末（主成分CaCO₃）を用いる。

加藤ら¹⁾は、青森県内の黒ボク土リンゴ圃場（品種：ふじ）において、目標 pH6.0 としてホタテ貝殻粉末を施用してリンゴを生育させた。その結果、1年目の試験において、葉の SPAD や果実の糖度など、リンゴ樹に有意な変化は見られなかったことを報告した。しかし、果樹園において気象などの栽培環境制御は難しく、またリンゴの生育収量や品質に影響が及ぼすまでには時間がかかる。そこで本研究では、ホタテ貝殻粉末が、施用後どのくらいの時間でどのように土壤理化学性に変化を及ぼすか検討することを念頭に、施用したホタテ貝殻中カルシウムの挙動の把握を試みた。

2. 材料および方法

(1) 実験圃場

本研究では青森県産業技術センターりんご研究所（青森県黒石市）の「ふじ」の試験圃場を対象とした。圃場は深さ 40cm 程度まで黒ボク土（土性 LS）が分布する。圃場において、貝殻粉末を施用する「施用区」と施用しない「対照区」を設け、2016年5月30日に METER 社製 5TE センサを施用区の深さ 5, 10, 20, 30, 60cm に埋設し、各深さの体積含水率、地温、電気伝導度（EC）の測定を開始した。データは 20 分毎にデータロガー（Em50）に記録した。体積含水率の出力値は、圃場で採取した土を用いて校正を行った。また EC の出力値（バルク伝導度）は Hilhorst 式によって変換した（以下、EC_{Hilhorst} と記す）。同年 6 月 21 日に、施用区に市販のホタテ貝殻粉末（焼成なし、主成分 CaCO₃）を深さ 10cm 以浅にすき込んだ。貝殻粉末の施用量は目標 pH6.0 として炭酸カルシウム添加通気法に基づいて約 520kg 10a⁻¹ の割合で施用した。その後、消雪した 2017 年 4 月 27 日に土壤を採取し土壤 pH を測定した。

(2) 数値計算

土中水分および溶質移動と貝殻粉末の挙動の関連を把握するため、土中水分・溶質移動を予測する数値計算を行った。計算には HYDRUS-1D を用いた。水分移動特性関数には、Durner-Mualem モデルを適用し、パラメータに黒ボク土の文献値²⁾を用いた。地表面境界条件として、圃場に最も近いアメダス（黒石市）の時間降水量と FAO 基準蒸発散位を与えた。また、根の吸水を考慮し、吸水速度鉛直分布として、文献値に基づき^{3) 4)}リンゴと下草の根群分布を適用した。溶質移動は、ホタテ貝殻の Ca がすべて水に溶解したと仮定し、Ca²⁺の溶液中拡散係数と、施用した貝殻 Ca の土中濃度を初期条件に計算を行った。文献⁵⁾より遅延係数 R=1 とした。なお、計算期間は積雪がほぼない 2016 年 5 月 31 日から同年 11 月 30 日とした。

3. 結果および考察

(1) 現場試験

2016 年 5 月 30 日から、翌年 4 月 10 日までの深さ 10, 30, 60cm の体積含水率および EC_{Hilhorst} の変動を図 1 に示す。全深さにおいて、EC_{Hilhorst} は貝殻粉末施用後も施用前から増加がみられなかった。8 月中旬以降、深さ 10, 30, 60cm の EC_{Hilhorst} が順に増加した。8 月 15 日から 10 月 31 日までの 2 か月半(78 日)の間に 395mm の降雨があり、全深さの体積含水率が比較的高く保たれていたこ

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

キーワード：リンゴ園土壤、ホタテ貝殻、土中水・溶質移動

とを勘案すると、この時期に貝殻粉末の溶解、移動が進んだ可能性がある。なお、積雪期間中は深さ 10cm においては、体積含水率、 EC_{Hilhorst} ともにほとんど変動がなかった。図 2 に、2017 年 4 月に採取した土壌 pH の鉛直分布を示す。施用から約 10 か月経過していたが、施用区の深さ 5cm の土壌 pH は約 6.79 と高かった。

(2) 数値計算

図 3 に、2016 年 5 月 31 日から 11 月 30 日の土壌水分変動について、深さ 10cm を例に実測値と計算値の比較を示す。黒ボク土の団粒構造を考慮した水理パラメータおよびリンゴと下草の根の分布を考慮することによって、モデルは無積雪時の土中水移動をよく再現した。図 4 に、ホタテ貝殻中成分がすべて溶解したと仮定した場合の、土中 Ca 移動の計算値を示す。数値計算上は施用後約 3 か月でほぼ全ての Ca^{2+} が下層に移動し、これは EC の実測結果と異なった。また、翌年 4 月の深さ 5cm の土壌 pH が高かったことも考慮すると、6 月に施用したホタテ貝殻粉末中の $CaCO_3$ は施用から 1 年経過しても全ては溶解せず、降雨などのイベントによって徐々に溶け出し、下方に移動することが確認できた。

4. おわりに

黒ボク土壌リンゴ園において酸性矯正等を目的にホタテ貝殻粉末を施用し、貝殻中成分の土中の移動を、連続観測と数値計算によって検討した。団粒構造を考慮した水分特性パラメータを用い、リンゴ樹と下草の根の分布を考慮することによって、土中の水分移動を再現できた。土壌水分・EC の連続観測や土中溶質移動数値計算より、酸性矯正等の土壌改良の目的で施用した貝殻粉末は降雨などのイベントによって時間をかけて溶解し、土中を移動することが確認された。

謝辞: 本研究を実施するにあたり、青森県産業技術センターりんご研究所に圃場の利用や土壌採取などご協力いただいた。また、実験では弘前大学農学生命科学部卒業生の中村紗有氏にご協力いただいた。本研究は株式会社社長慶との共同研究および弘前大学「戦略 1」の助成により行われた。ここに記し謝意を表します。

参考文献: 1)加藤ら(2017)平成 29 年度農業農村工学会大会講演会要旨集, 2)Kato et al.(2011), Vadose Zone J.,10, 541-551. 3) 神尾(1988),山形大学紀要(農学), 10(3), 523-531, 4) 加藤(2001), 青森県りんご試験場報告, 第 32 号 5)徳本ら(2005), 水資源水文学会論文集, 18 (4), 401-410

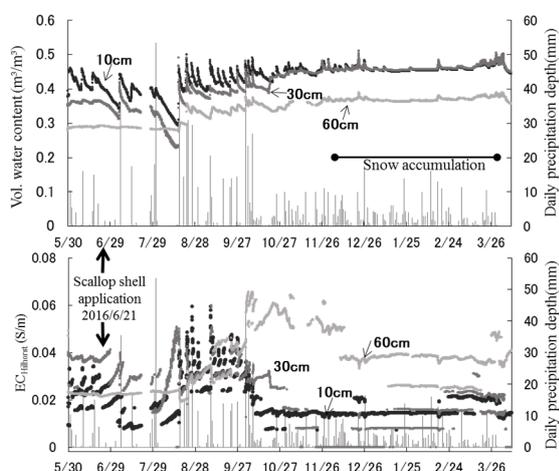


図 1 貝殻粉末施用後の深さ 10, 30, 60cm の土壌水分量 (上)および EC_{Hilhorst} (下)の変動

Fig.1 Changes in soil moisture (top) and EC_{Hilhorst} (bottom) at depths of 10, 30 and 60cm after the application of scallop shell powder

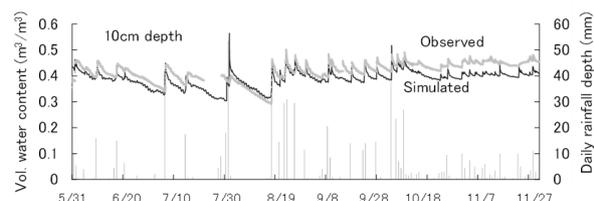


図 3 深さ 10cm の土壌水分変動の実測値と計算値の比較
Fig.3 Comparison of soil moisture at depth of 10cm between observed and simulated values

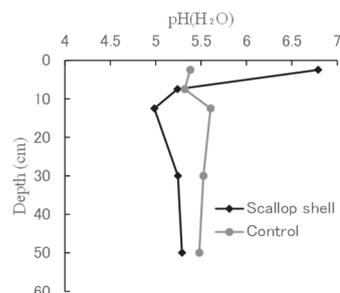


図 2 2017 年 4 月の土壌 pH 鉛直分布
Fig.2 Vertical distribution of soil pH (April 2017)

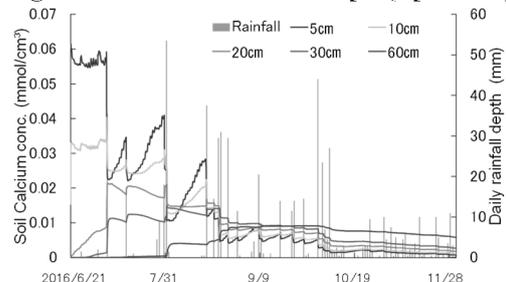


図 4 ホタテ貝殻カルシウムが完全に溶解したと仮定した際の土中溶質移動の計算結果
Fig.4 Simulated soil Ca concentration assuming that Ca of scallop shell had completely solved in soil water.