

# 有機質肥料活用型溶液における植物への Fe 供給方法の開発

## A study on developing Fe supply method to the plant in hydroponics with organic fertilizer

松井直樹<sup>1</sup>・村上拓馬<sup>2</sup>・勝田長貴<sup>3</sup>・高野雅夫<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>名古屋大学大学院環境学研究科 〒464-8601 名古屋市千種区不老町

<sup>2</sup>金沢大学低レベル放射能実験施設 〒923-1224 石川県能美市和気町オ 24

<sup>3</sup>岐阜大学教育学部 〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1

### 1 はじめに

化学肥料原料の枯渇が懸念され、また土壌中の肥料成分が地下水や河川に流出し、地下水や湖沼、内湾の汚染・汚濁が進行していることは、現在の農業が抱える大きな問題点である。有機質肥料活用型溶液栽培法[1]は、有機質肥料のみで栽培が行えるため化学肥料を使用する必要がなく、水耕栽培という閉鎖系で栽培を行うため肥料成分が流出することもない。しかし、本技術では植物の育成に必須となる Fe<sup>2+</sup>が不足し、作物が鉄欠乏症を引き起こす問題がまだ解決されていない。Fe は溶液中に溶解している場合、主に Fe<sup>2+</sup>の状態が存在するが、溶液中で酸素に触れると容易に酸化され Fe<sup>3+</sup>となって沈殿してしまう。本技術では養液内を好氣的に保っているため、Fe が溶出しにくく、また溶液中の Fe<sup>2+</sup>も沈殿しやすい状況ができています。しかしながら、砂糖を精製した際に発生する廃糖蜜をカキやホタテの貝殻に混ぜた混合物を溶液に投入することで、好氣的条件下でも Fe<sup>2+</sup>の溶出が促進されることが経験的に知られている。ここでは、なんらかのキレート形成が起こっていると予想されるものの、その実態はまったく不明である。そこで、本研究では、カキやホタテの貝殻中の Fe、および廃糖蜜と混合した貝殻や Fe<sup>3+</sup>試薬およびそこから溶出した Fe の X 線吸収微細構造 (XAFS) 分析を行い、Fe が溶出される前後での酸化数の変化ならびにその化学状態を明らかにすることを目的とする[2]。

### 2 実験

実験で用いた試料は、本技術で使用している肥料として、(1)カキの貝殻で作ったセルカ (ト部産業社製) と(2)それを粉末状にして廃糖蜜で固化した粒状セルカ、(3)粉末状のホタテの貝殻を廃糖蜜で固化したネオライム (ト部産業社製) である。廃糖蜜の還元作用を確認する試料としては、(4) Fe<sup>3+</sup>試薬 (FeOOH) と廃糖蜜の混合物 (混合比 1:2、1:1、2:1) と(5)そこからの溶出した溶液を準備した。(5)は、0.1 g の Fe<sup>3+</sup>試薬に 50 %に希釈した廃糖蜜溶液 8 ml を加え、蒸留水で 48 ml に調製する。その後 10

日間静置し、毎分 4000 回転の遠心分離を一分間行い、その上澄み液を測定試料とした。

XAFS 測定は BL9A にて蛍光法で行った。入射 X 線は 7.060-7.200 (keV)の範囲を 0.4 (eV)の分解能で走査した。照射面積は縦横 1 × 1 (mm<sup>2</sup>)とした。試料から放射された蛍光 X 線強度の測定は、ライトル検出器を用いて、取り込み時間 2 (sec)で行われた。エネルギー軸の較正には、Fe 箔の K 吸収端 (7.112 keV) を用いて行った。Fe の酸化数の決定には、プレッジピークの重心[3]により求めた。

### 3 結果および考察

こ Fe の吸収端プレッジピークの結果を図 1 から 3 に示す。これらのスペクトルを解析した結果、Fe(II)と Fe(III)の割合は、セルカが 31.8 %と 68.2 %、粒状セルカが 49.0 %と 51.0 %、ネオライムが 74.8 %と 25.2 %となった。また、Fe<sup>3+</sup>試薬 (FeOOH) と廃糖蜜の混合物は、混合比によらずほぼ等しく、Fe(II)が約 10 %、Fe(III)が約 90 %であった。また、混合物からの溶出液は、Fe(II)が 57.2 %、Fe(III)が 42.8 %であった。

れ Fe<sup>3+</sup>試薬 (FeOOH) と廃糖蜜の混合物は、水に溶かさずに作成したものであり、その混合物から Fe(II)の存在が確認されたことは、廃糖蜜により Fe<sup>3+</sup>試薬が還元されたことを意味する。さらには、セルカを廃糖蜜で固化した粒状セルカのほうが、セルカそのものに比べて、Fe(II)の割合が増加していることから、廃糖蜜による還元作用が示唆される。さらには、Fe<sup>3+</sup>試薬 (FeOOH) と廃糖蜜の混合比を変えても、Fe の酸化数に変化が見られなかったことから、廃糖蜜による Fe の還元反応は物質表面でのみ生じていると見なされる。Fe<sup>3+</sup>試薬 (FeOOH) と廃糖蜜の混合物から溶出した溶液の XAFS 測定からは、廃糖蜜により溶出された Fe は、Fe(II)としてだけでなく Fe(III)の状態でも溶出されている可能性が示唆される。

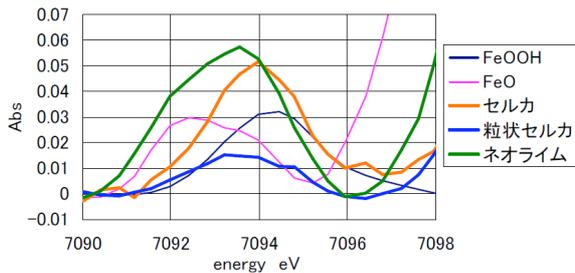


図 1. 有機石灰の Fe 吸収端プレッジピーク：セルカ；粒状セルカ；ネオライム。

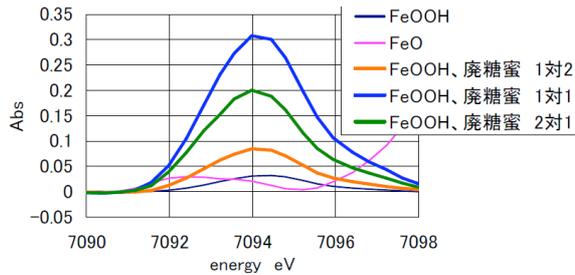


図 2. Fe<sup>3+</sup>試薬 (FeOOH) と廃糖蜜の混合物の Fe 吸収端プレッジピーク

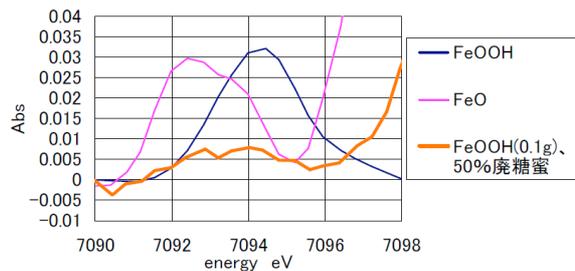


図 3. Fe<sup>3+</sup>試薬 (FeOOH) と廃糖蜜の混合物から溶出した溶液の Fe 吸収端プレッジピーク

#### 4 まとめ

以上の実験から、廃糖蜜による有機石灰中の Fe に対する還元作用とその溶出過程における Fe の存在状態を確認することができた。これにより、植物への Fe の供給において廃糖蜜が有効であることが示すことができた。

#### 謝辞

仁谷浩明氏、阿部仁氏には、測定システムのセットアップ、測定中のトラブルの対処など、本実験にあたって多大な支援を受けました。ここに深く感謝いたします。

#### 参考文献

- [1] 篠原 信, 農業および園芸 **81** (2006) 753
- [2] 松井直樹, 名古屋大学大学院環境学研究科修士論文 (2012) 19 p.
- [3] Wilke, M. et al. Am. Mineral. 86, 714-730 (2001).

\* masao@nagoya-u.jp