

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

申請者氏名 エリサ アズーラ
ビンティ アズマン

本研究「Alleviating soil acidity for rice grown with application of soil amendments and its effect on greenhouse gases (GHG) emissions- Finding recommendation for rice production in Malaysia acid sulfate soil. (土壌改良剤による水田土壌酸性度の改善と温室効果ガス排出への影響 -マレーシア酸性土壌における水田作への提言)」は、今後も増産を必要とするマレーシア水稲作に大きな障害となっている酸性土壌の改良について、現行よりコストパフォーマンスの高い方法を提言する目的で実施されたものである。

米はマレーシアにおける主食であり、マレーシア政府は引き続きその増産の必要性を認めている。そのため農民は、酸性土壌といった栽培に不適な土地であっても増産をする必要がある。そのような酸性土壌の pH は低く (<4)、同時にアルミニウム含量も高い ($> 2 \text{ cmol/kg}^1$) ため、生産性向上の障害となっており、マレーシア農務省は苦土石灰 (GML) を 1.5 から 5t/ha 施用することを推奨している。本研究が対象とする硫酸性土壌の場合はその酸性度を緩和するために 4 t/ha 以上の GML 施用が必要とされている。しかし、その価格は上昇し続け、2010 年には US\$ 50/t だったものが 2016 年には US\$ 122/t まで上昇しており、よりコストパフォーマンスの高い方法が求められているが、未だに効果的な方法は提案されていない。

そのために、以下の 3 通りの代替方法を本研究では検証することとした。すなわち、①GML の施用量を下げる、②GML を代替するより安価な土壌改良剤を利用する、③GML と新たな土壌改良剤の組み合わせ施用である。製鉄業から副産物として生成されるケイ酸カルシウムスラグはそのような安価な代替土壌改良材の一つとして期待されるとともに工業廃棄物対策にもなる。さらに、ケイ酸カルシウムスラグには豊富な活酸化鉄を含みメタン発生を抑える機能も期待できる。

本研究は、そのような代替土壌改良剤としてのケイ酸カルシウムに注目し、既に広く使われている GML やケイ酸カルシウムそれぞれの土壌改良効果ならびに、両者の組み合わせによる土壌改良効果の検証、温暖化効果ガス排出との関係などを明らかにし、経済性も含めてマレーシア硫酸性土壌での水稲作に、土壌改良剤に関わる新たな提案を試みるものである。なお、マレーシアではケイ酸カルシウムスラグはマレーシア環境法 Act 1974 で、土壌に直接施用することは現状では認められていないため、本研究では化学分析用のケイ酸カルシウムを用いた。

本研究では、第 1 に現行で用いられている 3 種類の酸性土壌改良剤である GML、消石灰 (HL)、液体石灰 (LL) を比較し、それらの硫酸性土壌水稲栽培での収量に与える影響、第 2 に GML 施用を慣行の 4t/ha より減じた場合の硫酸性土壌の酸性度やアルミニウム毒性

などへの影響。第 3 に GML 代替土壌改良材としてケイ酸カルシウムの施用による硫酸性土壌の酸性度やアルミニウム毒性などへの影響、第 4 に GML とケイ酸カルシウムを混用した場合の、それぞれの組みあわせ方による硫酸性土壌の酸性度やアルミニウム毒性などへの影響、第 5 にケイ酸カルシウム施用による温室効果ガス排出、についてそれぞれ調査検証した。

以上の結果について、これまでの報告から設定した 5 種類の硫酸性土壌改良の目標ガイドライン、すなわち、①土壌酸性度 $\text{pH} > 4$ 、②交換性アルミニウム $< 2 \text{ cmol}_c/\text{kg}$ 、③交換性カルシウム $> 2 \text{ cmol}_c/\text{kg}$ 、④交換性マグネシウム $> 1 \text{ cmol}_c/\text{kg}$ 、⑤ケイ素含量 $> 43 \text{ mg/kg}$ に基づき評価した。その結果、調査した複数の組みあわせ量で、ケイ酸カルシウムとの同時施用で、現行の GML 施用 4t/ha から減じられることが明らかになった。その中で、施用コスト（人件費と資材費）から判断して、ケイ酸カルシウム 2t/ha と GML 2t/ha ないしはケイ酸カルシウム 3t/ha と GML 2t/ha の組みあわせを推奨すべきと判断された。現行の費用（GML 4t/ha ）が US\$668/ha であるのに対し、ケイ酸カルシウムスラグを用いる前提で前者は US\$ 484（-28%）、後者は US\$ 559（-16%）となり費用が大幅に削減された。両者とも目標ガイドラインの達成度も現行より高く、とくに後者では顕著であった。さらに、ケイ酸カルシウムを 1t/ha ないしは 2t/ha 施用することで、トータルの温室効果ガスを 60%以上減じられることも示唆され、ケイ酸カルシウム併用の第 2 の効果も示された。

以上のように本研究は、これまでマレーシア政府の推奨のもと慣用されてきた GML 単独施用に代わり、GML とケイ酸カルシウムを併用する事で、土壌改良効果を向上できる上、ケイ酸カルシウムスラグを使えば、コストも大幅に削減できること、産業廃棄物対策にもなることを示したものである。

このように、本研究成果は、マレーシアにおける水稻生産向上や環境負荷軽減に貢献できるオリジナリティの高いものである。よって審査員一同は本論文が博士（農学）の学位論文として価値のあるものと認めた。