

# 人工ゼオライトと肥料種の相関に関する研究

指導教官 増田理子准教授, 15218604, 今井昂平

## 1, 背景・目的

近年, 地球温暖化などの環境問題への関心が日に日に高まっている. 地球環境に配慮しようという人類の取組みの中で, 主流になる考え方が循環型社会の構築である. エネルギー循環型社会の創造の一つとして, 石炭火力発電所などから産業廃棄物となって出る石炭灰の有効利用がある. その石炭灰の新たな有効利用先の一つとして土壌改良剤 (人工ゼオライト) が挙げられる.

人工ゼオライトとは非結晶質の石炭灰を水酸化ナトリウムなどで水熱処理することにより生成される結晶体で, 結晶の表面はスポンジのように無数の穴がある多孔質構造を持つ. 吸着機能, 陽イオン交換機能 (分子構造のマイナス電化部位に結合していた陽イオン( $\text{Na}^+$ )を重金属などの別の陽イオン( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$  など)と交換する機能) を所持している. これまでの研究から土壌改良の他に, 脱臭効果, 水質浄化などに効果があるといわれている. しかし土壌改良剤としての人工ゼオライトは肥料種, 作物種との相関性についてわずかな研究例などがあるだけで明確には解明されていない. そのため需要も少なく, 利用の拡大が求められる.

そこで今回本研究では, 人工ゼオライトと肥料種 (有機肥料, 化学肥料) の複合効果を解析する研究を行った. 具体的には, 肥料種の違いで作物にどのくらい人工ゼオライトの有効度が異なるのかを検証することを目的とし, 定量的な測定を行った.

## 2, 実験方法

下記の表1で示した各パターンの土壌に20lの水を溢れ出させないように与え, プランター内を透過させる. その後, プランターにある排水口から流出する水に含まれる栄養塩の量 ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ) を測定した. 計3回行い, 栄養塩の流出する量の推移を比較した. 水を透過させた後, 一番始めに流出した溶出水をニューPPサンプル管に採取し, 試料とした. 測定には, ポータブル簡易全窒素全リン計TNP-10 (東亜ディーケーケー株式会社) を用いた.

表1 水質測定に用いた土壌

パターン	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10
ゼオライト	有					無				
肥料	有機		化学		無	有機		化学		無
施肥	200ml	33ml	3ml	0.5ml	無	200ml	33ml	3ml	0.5ml	無

\*土壌は山砂を用いた.

\*有機は鶏糞を示し, 化学は化学液肥を示している.

## 3, 実験結果

排水中に含まれている $\text{PO}_4\text{-P}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$ の流出の累積グラフを図示した.

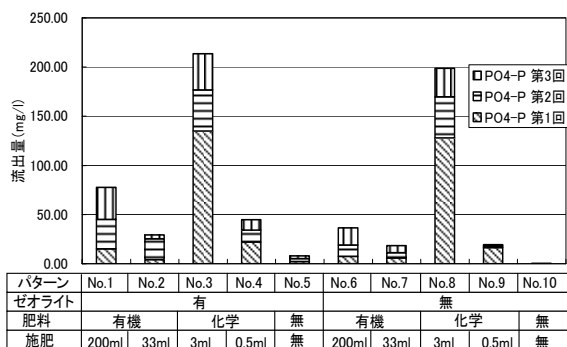


図1  $\text{PO}_4\text{-P}$ の流出量の累積

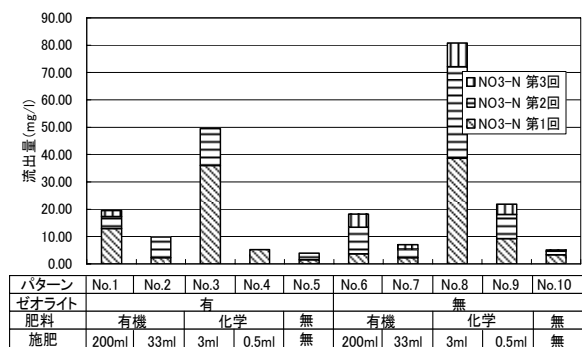


図2  $\text{NO}_3\text{-N}$ の流出量の累積

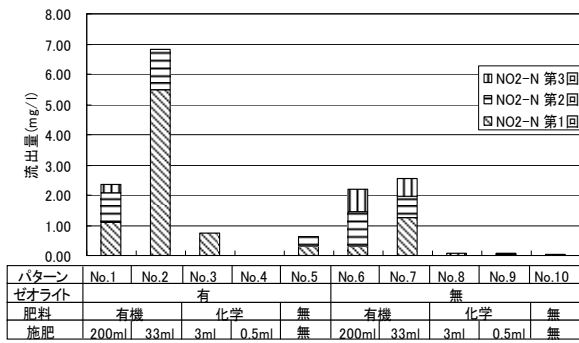


図3 NO<sub>2</sub>-Nの流出量の累積

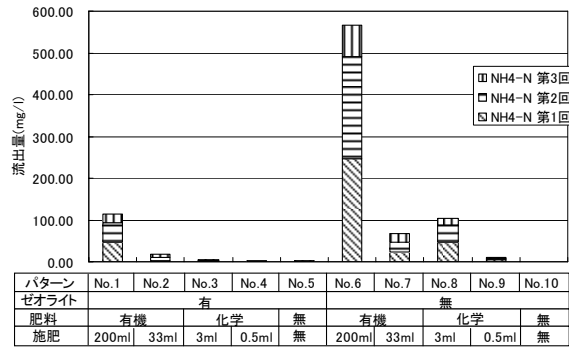


図4 NH<sub>4</sub>-Nの流出量の累積

#### 4. 考察

**リン酸態リン (PO<sub>4</sub>-P)** 人工ゼオライトによって流出を防ぐという効果はみられなかった。これは、人工ゼオライトは陽イオンを吸着する効果はあるが、陰イオンであるリン酸態リンを吸着することができないためであると考えられる。また、有機肥料の方がリン酸態リンの絶対量が多いにもかかわらず、化学肥料の方が有機肥料よりも流出が多かった。実験では化学肥料を液肥で用いたため、固形である有機肥料よりも流出が多くなったためと考えられる。分解速度の違いもあり、また人工ゼオライトにリン酸リンの流亡を防ぐ効果がなかったため、肥料量が多い方が流出は多くなったと考えられる。

**アンモニア態窒素 (NH<sub>4</sub>-N)** 有機肥料中のアンモニア態窒素は、人工ゼオライトを混入した土壌 (No.1, 2) 内では人工ゼオライトを混入しなかった土壌 (No.6, 7) と比べアンモニウム態窒素の流亡を最大で80%程、高い割合で防ぐ効果がみられた。しかし一方、化学肥料に対してはそれほどの効果はみられなかった。その要因として、化学肥料は肥料としてアンモニア態窒素が酸化した硝酸態窒素の形で多くを構成しているからであると考えられる。化学肥料にはアンモニア態窒素は含まれない。これはアンモニウムイオンはアンモニアとして気化しやすいため、硝酸態窒素を多く含み、このような結果になったと考えられる。逆に有機肥料の場合、アンモニア態窒素の形で多くを形成している。アンモニア態窒素は土壌表面に存在する硝酸化成菌という微生物により分解され、亜硝酸態窒素となり、さらに酸化され、硝酸態窒素の形となる。そしてその硝酸態窒素を作物が吸収する。またアンモニア態窒素は陽イオンであり、陽イオン吸着機能をもつ人工ゼオライトに吸着される。その2つの要因により人工ゼオライトの有無によってNo.1とNo.6とで大きな差が有意に出たと考えられる。

**硝酸態窒素 (NO<sub>3</sub>-N)** 全体的にみると人工ゼオライトの有無による効果は認められなかった。ただし、化学肥料では人工ゼオライトを用いた土壌の方が有意に流出は少なかった。人工ゼオライトには陰イオンである硝酸態窒素を吸着する効果はない。さらに全パターンの分散分析結果をみても、人工ゼオライトによる有意な差は得られなかった。どのようなメカニズムでこのような結果が得られたが不明だが、今後どのような要因が働いているのかについて解析する必要がある。また肥料種では、有機肥料よりも化学肥料の方が流出量は多かった。アンモニア態窒素の考察でも記述したとおり、化学肥料には硝酸態窒素が有機肥料よりも多く含まれているためであると考えられる。もしくはアンモニア態窒素がアンモニアとして気化してしまうので、有機肥料ではアンモニア態窒素が硝酸態窒素となるまでに土壌中に残らないということも考えられる。

**亜硝酸態窒素 (NO<sub>2</sub>-N)** 人工ゼオライトを含む土壌の方が亜硝酸態窒素の流出を多くする結果をもたらした。特にNo.1, 2で流出が有意に多かった。分散分析結果でも有意な差として検定された。これは、アンモニア態窒素の考察でも記述した、人工ゼオライトの陽イオン吸着機能と硝酸化成菌のアンモニア態窒素の酸化作用によるものだと考えられる。ゼオライトを含む土壌では常にアンモニア態窒素が土壌へと供給される。そのためアンモニア態窒素から酸化した亜硝酸態窒素への量は多く、人工ゼオライトの陽イオン吸着機能で吸着されたアンモニア態窒素が次々に酸化され、このような結果になったと考えられる。化学肥料では、人工ゼオライトの有無に関わらずほとんど流出がなかった。化学肥料にはほとんどが亜硝酸態窒素は含まれない。このため化学肥料からは亜硝酸態窒素は流出しない。

水質測定実験の結果、人工ゼオライトと肥料の複合効果について、有機肥料と人工ゼオライトの組み合わせが最も人工ゼオライトが有効的に活かすことができると認められた。

一方同時に、人工ゼオライトと有機肥料の組み合わせは亜硝酸態窒素の流出も多くすることが分かった。