

水稲のケイ酸吸収を効率良く改良目標値まで高めるためには、土壌のケイ酸供給力、ケイ酸肥料の水稲による利用率に基づいたケイ酸施用を行うことが重要である。本研究では、庄内平野を対象として、1)土壌のケイ酸供給力の変動要因を明らかにすること、2)鉱さい質ケイ酸肥料の水稲による吸収の変動要因を明らかにすることを目的として以下の検討を行った。

1.土壌のケイ酸供給力の決定要因と沖積平野における土壌のケイ酸供給力の分布

沖積地帯である庄内平野の土壌鉱物の特性とその変動要因について検討し、庄内平野の水田土壌には母材と地形面の影響を受けた粘土鉱物組成の異なる4つの土壌グループが分布することが明らかとなった。二三酸化物と一次鉱物組成は母材の影響を受けており、二三酸化物のうち鉄については母材に加えて粒径組成の影響もを受けていると考えられた。粒径組成は母材や地形との対応関係が認められず、粒径組成を決定している要因は明らかにできなかった。

土壌の可給態ケイ酸は粘土画分の $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 比、シルトと細砂画分の CaO 濃度、 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 と正の相関関係が認められた。一方、シルトの Na_2O と K_2O 濃度、細砂の K_2O 濃度、粗砂含量は可給態ケイ酸との間に負の相関が認められた。鉱物の組成と存在量の観点からみると、可給態ケイ酸は $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 \times$ 粘土含量、シルトサイズの CaO および MgO 含量とそれぞれ正の相関関係が認められたが、細砂サイズの鉱物との間には有意な相関が認められなかった。重回帰分析より、 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 比 \times 粘土含量によって可給態ケイ酸の約50%が説明されることが明らかとなった。このことから、本試験地では土壌の含二三酸化物と結合したケイ酸と結晶質鉱物のうち細粒な画分に含まれる易風化性の鉱物量が、水稲に対するケイ酸の供給源として重要な役割を果たしていると考えられた。

対象地域におけるケイ酸供給力の分布について検討したところ、庄内平野では粘土鉱物別の土壌グループによってケイ酸供給力が異なることが示され、土壌の鉱物組成が河川の上流地質や地形の影響を受ける沖積平野では河川の上流地質が鉱物組成を通してケイ酸供

給力に影響していることが示唆された。

しかしながら、水稻の茎葉ケイ酸濃度の改良目標値 110 g kg^{-1} を基準として考えた場合、茎葉ケイ酸濃度は改良目標値に対するグループ内での変動が大きく、本試験で行った地形や母材から見た地域区分による土壤のケイ酸供給力の把握では精度が不十分であると判断された。また、可給態ケイ酸のうち 50 % は土壤の鉱物特性によって説明されなかった。今後、ケイ酸供給力を変動させる土壤管理歴を含めて、グループ内での土壤のケイ酸供給力の変動要因を検討する必要があると考えられた。

2. 水稻による鉱さい由来ケイ酸吸収の変動とその決定要因

2-1. 土壤のケイ酸吸着能が鉱さい由来ケイ酸の挙動に与える影響

土壤によるケイ酸吸着量は、添加ケイ酸溶液の濃度が低い場合には土壤のケイ酸溶出吸着特性値 a と、添加ケイ酸溶液の濃度が高い場合には溶出吸着特性値 b/a と高い相関関係を示すが、添加するケイ酸濃度が変化した場合には吸着量と a の相関係数が低下しやすいことが明らかとなった。このことから土壤の吸着能の指標として b/a が適すると考えられた。庄内平野の沖積土壤では Fe_0 含有量が多い土壤ほどケイ酸吸着能 b/a が大きいことが明らかとなった。また、デンプン添加によって、土壤によるケイ酸溶出量が増加し、土壤によるケイ酸吸着量は減少し、土壤のケイ酸吸着能が有機物施用によって変化することが示唆された。土壤に一度吸着されたケイ酸の 7~29 % が湛水静置・リン酸緩衝液法により脱着され、脱着割合はケイ酸吸着能の大きい土壤ほど小さかった。これらのことから、ケイ酸吸着能の大きい土壤では添加されたケイ酸の不可給化量が大きいことが示唆された。

土壤に鉱さい質ケイ酸肥料を添加した場合、見かけの鉱さい由来ケイ酸の溶出速度は湛水培養開始直後で速く、培養日数の経過に伴い低下した。ケイ酸吸着能の高い土壤では見かけの鉱さい由来ケイ酸の溶出量が小さくなることが明らかとなり、土壤溶液へのケイ酸供給に対する鉱さい施用効果は土壤のケイ酸吸着能に影響されることが示された。

2-2. 水稻による鉱さい由来ケイ酸吸収の変動要因

溶脱のないポット条件下では、窒素施用によって水稻の生育量を変化させた場合よ

りも、6種類の異なる土壌に対してケイ酸施用を行った場合の方が、鉬さい由来ケイ酸の利用率が大きく変動した。6種類の土壌の理化学性と利用率の関係を検討したところ、交換性Ca量、溶出吸着特性値 b/a が大きい土壌で施用ケイ酸の利用率が低くなる傾向が認められた。また、地上部乾物重と利用率には一定の関係は認められなかった。これらのことから、水稻の生育量の違いや窒素施用に伴うケイ酸吸収能の違いが施用ケイ酸の吸収に与える影響は小さく、土壌環境の違いが鉬さい由来ケイ酸の溶出と吸着を変化させ、水稻による吸収を変化させていると推察された。

圃場条件下では地上部生育のばらつきが大きく、その影響が利用率の評価にたいして大きく影響したため、利用率を定量的に評価することはできなかった。それに対し、茎葉ケイ酸濃度変化には年次にかかわらず、生育期間を通して一貫した圃場間差が認められ、鉬さい施用による水稻の茎葉ケイ酸濃度変化は圃場によって異なることが明らかになった。また、土壌溶液中に溶出する見かけの鉬さい由来ケイ酸濃度にも圃場間差が認められた。作土からの鉬さい由来ケイ酸の溶脱量には圃場間差が認められたが、量的に少なく、水稻の茎葉ケイ酸濃度変化との間に負の相関関係は認められなかった。土壌溶液中のケイ酸濃度が高い時期における土壌溶液中の鉬さい由来ケイ酸濃度と茎葉ケイ酸濃度変化の間には正の相関関係が認められる場合が多く、土壌溶液中の鉬さい由来ケイ酸濃度は土壌溶液のpHおよびCa濃度、土壌のケイ酸吸着能 b/a と負の相関関係が認められた。鉬さい由来ケイ酸の水稻による吸収にこれらのことから、1)土壌溶液へ鉬さい由来ケイ酸の溶出、2)溶出した鉬さい由来ケイ酸の土壌による不可給化が圃場によって異なるために、水稻による鉬さい由来ケイ酸の吸収に圃場間差が生じることが示された。しかし、鉬さい由来ケイ酸の水稻による吸収が1)と2)のどちらのメカニズムによって大きく影響されているかは判断ができなかった。今後、メカニズムの区別と、施用ケイ酸の利用率の定量的な把握が必要考えられた。