

火山灰水田の施肥が排水水質に及ぼす影響について

1 試験のねらい

水田の施肥成分がどのように利用され、残りはどのように移動するか、特に灌水によつての流出は利用効率や水質保全の立場から注目される点である。雨や灌漑水にも窒素は含まれるのでこのため標識された窒素を使ってそれらを区別して動向を調べ、更に3要素並びに水溶性で流出する主要な無機成分を分析して、その実態を明らかにするとともに水田に入ってくる成分と出てゆく成分の収支をライシメーターを用いて検討した。

2 試験方法

(1) ライシメーター試験

ライシメーターは18m²のコンクリート枠で、深さ1mの有底である。灌水口及び排水口には量水計を取付け、土の充填は表層に多湿黒ボク土を40cm、下層に褐色森林土(赤土)を40cm用いた。水稻を栽培し、定期的に灌水期間30回採水して、主要な無機成分を分析した。なお用水は地下水を利用しており、雨水は降雨10回内外の分析値の平均をとった。対照として無窒素区を置いた。

(2) 現地試験

立地条件を異にする火山灰水田に試験ほを設定し、一筆水田内の地表水および用排水路の無機成分の分析を行った。約1週間毎の採水により、水田の施肥成分の流出状況を検討した。

3 試験結果

(1) ライシメーター試験は灌水、代かきを行い、植代時に全量基肥として硫安0.8kg/a、熔りん0.8kg/a、塩加0.6kg/aを施用し、水稻コシヒカリを植付けた。用水の水質は硝酸態窒素2ppmを含み、灌水量は初期や多く、平均減水深は30mm内外であった。排水成分は窒素については、初期濃度が高く、大部分硝酸態である。無窒素区でも施肥区と変わりなく、土壌中および灌水中にかなりの硝酸態窒素が認められる。基肥に硫安として用いた標識窒素の排水に流出する状況は、施肥後10日位で濃度が最も高くなる。以後少なくなり2~3週間でわづかに認められる程度となる。濃度の高いものは10~14ppmを示し、注目される点は前年施用のものが、灌水始めに流出しており、吸着あるいは有機化したものが無機化したものとみられる。リン酸の流出は殆んど認められない。加里は供試した土壌中の含量が高く、4年目作付跡でも濃度3.0ppmを示していた。なお灌水中では加里の濃度は1.4ppmである。基肥施肥と灌水中の加里は区別出来ないが、施肥量より多い加里が排水中に認められ、施肥と灌水中の含量に匹敵していた。けい酸は灌水により供給されるものも多く14ppmであり、施用熔りんや土壌に由来するものを考えられる。排水中では4ppm程度で濃度が低くなり、水稻に吸収される以外は土壌中に残っていることになる。石灰や苦土も大部分は灌水により供給されるが、排水では石灰は中~後期に多く、たん水還元化に伴って増加していた。この傾向はわら施用によつても増

加していた。塩素については施肥した塩加中に含まれるが、土壌吸着は殆んどないので施肥後1ヶ月位で排水濃度のピークはなくなる。そして10ppm内外が排水の成分であった。硫酸は排水中の成分の影響をうけて排水中でも認められ、若干排水中で濃度が高く、特に後期にその傾向がみられた。

養分の収支をみると表-2のとおりである。窒素、りん酸はプラスであるが、加里はマイナスになる。したがって窒素、りん酸は土壌中に残るか、または水稻に吸収される。水稻の窒素の%利用率は約42%を示していた。加里は施肥・灌水による供給のみでは不足することになる。そのため土壌から溶出するものが高くとみなされる。けい酸は標肥区では水稻による吸収量が多く、収支はマイナスであった。

表-1 時期別排水量・平均排水成分 (ppm)

| 区名 | 項目 排水量 | T-N | NH ₄ -N | NO ₃ -N | K | Ca | Mg | Cl | SO ₄ -S | SiC ₂ -Si | |
|----|-----------|-------|--------------------|--------------------|------|------|------|------|--------------------|----------------------|-------|
| | | ① | 44.5 | 3.02 | 0.19 | 2.79 | 3.01 | 11.6 | 2.13 | 9.3 | 5.48 |
| 標肥 | ② | 202.0 | 1.85 | 0.09 | 1.68 | 3.12 | 15.9 | 2.54 | 14.1 | 5.15 | 8.84 |
| | ③ | 43.5 | 1.80 | 0.04 | 1.57 | 2.84 | 15.9 | 2.47 | 9.7 | 4.59 | 9.59 |
| | ④ | 44.9 | 1.30 | 0.04 | 1.09 | 3.16 | 17.9 | 2.76 | 9.4 | 4.79 | 9.73 |
| | ⑤ | 76.8 | 1.57 | 0.02 | 1.48 | 3.20 | 24.1 | 3.22 | 9.3 | 5.87 | 10.05 |
| | ⑥ | 40.6 | 0.67 | 0.02 | 0.60 | 3.75 | 19.9 | 2.35 | 9.1 | 6.41 | 9.50 |
| | 無窒素 | ① | 40.8 | 3.52 | 0.17 | 3.27 | 3.24 | 12.1 | 2.32 | 9.8 | 5.91 |
| ② | | 167.7 | 2.26 | 0.10 | 2.10 | 3.40 | 15.2 | 2.66 | 13.5 | 5.54 | 8.71 |
| ③ | | 39.2 | 2.06 | 0.06 | 1.84 | 2.89 | 15.2 | 2.71 | 10.5 | 5.88 | 8.67 |
| ④ | | 40.3 | 1.67 | 0.05 | 1.53 | 3.44 | 18.3 | 3.01 | 11.2 | 4.30 | 9.39 |
| ⑤ | | 65.6 | 1.49 | 0.03 | 0.89 | 3.75 | 21.8 | 3.48 | 10.4 | 6.31 | 9.56 |
| ⑥ | | 32.9 | 0.67 | 0.02 | 0.59 | 3.80 | 24.4 | 2.93 | 9.8 | 7.67 | 8.70 |

①…移植前 ②…6/3~7/16 ③…7/17~7/26 ④…7/27~8/8 ⑤…3/9~8/25
⑥…8/26~9/7

表-2 養分収支

| | 標肥 | | | | 無窒素 | | | |
|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-----|-------|-------|
| | N | P | K | Si | N | P | K | Si |
| 供給量 | | | | | | | | |
| 硫酸 | 600 | | | | 0 | | | |
| 熔燐 | | 436 | | 422 | | 436 | | 422 |
| 塩加 | | | 664 | | | | 664 | |
| かんがい水 | 1,589 | | 773 | 7,687 | 1,391 | | 676 | 6,728 |
| 苗 | 28 | 2 | 12 | 75 | 28 | 2 | 12 | 75 |
| 計 | 2,217 | 438 | 1,449 | 8,184 | 1,419 | 438 | 1,352 | 7,225 |
| 収奪量 | | | | | | | | |
| 排水 | 787 | | 1,419 | 4,152 | 791 | | 1,325 | 3,438 |
| 水稻 | 1,050 | 68 | 918 | 5,540 | 262 | 20 | 242 | 1,417 |
| 計 | 1,837 | 68 | 2,337 | 9,692 | 1,053 | 20 | 1,567 | 4,855 |
| 供給-収奪 | 380 | 370 | -878 | 1,508 | 366 | 418 | -215 | 2,370 |

(2) 現地試験

今市の扇状地で厚層多腐植質多湿黒ボク土を用いて地点別の水質分析を行ったものが表-3のとおりである。入水と排水を比べ、施肥あるいは水田からの流出をみると、それぞれ地表流去水③と浸透溶脱水④で濃度変化が認められた。前者③で減少するものは石灰、苦土、けい酸で、増加するものはCODであった。後者④では硝酸態窒素、石灰、苦土、塩素、けい酸が増加していた。このことから施肥による影響は窒素や塩素から推定されるが、合流点では用排水が反復利用され、下流への影響は少ないとみられた。

芳賀の平坦地で表層腐植質多湿黒ボク土ではモデルほ場の入水と排水の水質の濃度変化が特徴的であった。その結果は表-4のとおりである。硝酸態窒素やけい酸の濃度が減少し、入水に対する排水の割合も減少していた。そのうち窒素については水田の浄化能を持つことが明瞭に認められた。

表-3 地点別水質分析(今市)

| 成分 | ② 入水 | | | ③ 排水 | | | ④ 排水路 | | | 浸透水 (6/30) |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|---------------|
| | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | |
| PH | 7.6 | 7.2 | 7.3 | 7.9 | 7.0 | 7.4 | 7.0 | 6.9 | 6.9 | 6.4 |
| ※EC | 137.7 | 129.7 | 119.9 | 192.8 | 112.9 | 98.0 | 152.5 | 123.4 | 123.8 | 119.5 |
| T-N | 0.74 | 0.69 | 0.48 | 0.74 | 0.68 | 0.28 | 1.14 | 1.30 | 0.81 | 0.99 |
| NH ₄ -N | 0.20 | 0.11 | 0.18 | 0.21 | 0.17 | 0.16 | 0.09 | 0.08 | 0.08 | 0.13 |
| NO ₃ -N | 0.25 | 0.35 | 0.20 | 0.18 | 0.22 | 0.06 | 0.78 | 0.63 | 0.58 | 0.46 |
| P | 0.07 | 0.09 | 0.14 | 0.08 | 0.17 | 0.07 | 0.04 | 0.24 | 0.07 | 0.15 |
| K | 1.32 | 1.44 | 1.36 | 1.43 | 1.53 | 0.86 | 1.43 | 1.68 | 1.31 | 2.28 |
| Ca | 10.20 | 9.81 | 8.34 | 7.97 | 6.97 | 7.28 | 11.73 | 11.19 | 9.78 | 8.43 |
| Mg | 1.89 | 1.98 | 1.86 | 1.67 | 1.52 | 1.34 | 2.34 | 2.34 | 2.00 | 1.70 |
| Cl | 4.28 | 4.08 | 3.73 | 3.78 | 5.25 | 2.78 | 6.64 | 6.30 | 5.80 | 5.34 |
| CO ₃ | 2.16 | 2.15 | 22.7 | 17.6 | 12.9 | 18.7 | 22.3 | 22.0 | 23.2 | 13.9 |
| SO ₄ -S | 5.34 | 5.69 | 5.23 | 4.61 | 6.26 | 3.58 | 4.88 | 5.39 | 5.05 | 8.69 |
| Si | 12.34 | 12.60 | 12.63 | 9.45 | 6.53 | 8.35 | 13.04 | 13.01 | 13.35 | 9.09 |
| COD | 0.34 | 0.68 | 0.53 | 1.63 | 3.15 | 2.13 | 0.38 | 0.49 | 0.20 | 5.89 |

注) 1. ※マイクロモ-

表-4 採水各地点での水質分析数値の平均値
(18回・芳賀)

| 項目 | 入水 | 排水 | 備考 |
|--------------------|------|------|--------|
| PH | 7.2 | 7.4 | |
| EC | 156 | 141 | マイクロモ- |
| T-N | 1.98 | 1.57 | ppm |
| NH ₄ -N | 0.07 | 0.07 | 〃 |
| NO ₃ -N | 1.38 | 0.80 | 〃 |
| K | 3.0 | 3.3 | 〃 |
| Ca | 13.4 | 1.6 | 〃 |
| Mg | 3.7 | 3.3 | 〃 |
| Cl | 12.2 | 1.7 | 〃 |
| SO ₄ -S | 18.3 | 17.0 | 〃 |
| Si | 6.8 | 3.6 | 〃 |

今市試験区採水地点略図

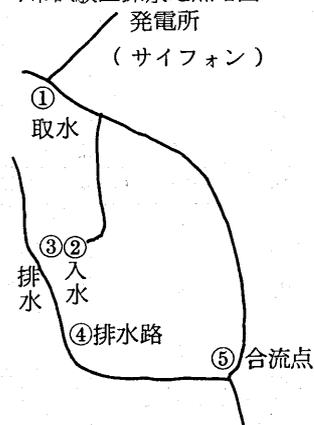


表-5 モデルほ場の入水(No₄)を100とした場合の排水(No₅)の値

| No | 項目 | PH | EC | T-N | NH ₄ -N | NO ₃ -N | K | Ca | Mg | Cl | SO ₄ -S | Si |
|----|----|-----|-----|-----|--------------------|--------------------|-----|-----|-----|-----|--------------------|-----|
| 入 | 水 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 排 | 水 | 103 | 90 | 79 | 100 | 58 | 110 | 87 | 89 | 96 | 93 | 53 |

4 考察

火山灰水田に基肥として施された肥料がどの様に動いてゆくか、排水の水質分析を中心に考察してみると次のとおりである。

土壌は浸透量が大いので、ライシメーターでは浸透溶脱する排水の無機成分の変化が時期別にとらえられ、現地試験では立地条件に伴った水利状況で地表流去水や浸透溶脱水の変化が明らかになった。そして下流への水質の影響を知ることが出来た。ライシメーター試験を通して分った点は、灌水として利用した地下水に硝酸態窒素2 ppmが含まれ、無窒素区でも養分収支がプラスとなる。また、施肥以前の排水中にもかなりの硝酸態窒素が認められた。このことから耕地における窒素の無機化は浸透水に影響されるところが大いと考えられる。降雨についてはアンモニア態窒素が1 ppmを記録することがあり、注目される点である。排水中の肥料成分の動きでは窒素は硝酸態窒素が大部分を占め、時期的に施肥後に濃度のピークがあり以後漸減している。りん酸はほとんど流出はみられず、火山灰水田の固定力の強いことが示された。加里は調査期間中ほぼ同じ濃度で流出して、灌水よりも高濃度であった。このことは充填土壌の加里の供給量が高いことがうかがわれる。石灰は水田化することによって鉄との結合が可溶化をすすめていることが推定された。塩素は土壌吸着が少ないのでほぼ加里と同じ推移となっていた。けい酸は灌水中の水質に由来する点が強いと考えられるが、水稻への吸収や土壌への富化もある。今市の現地試験では地表流去水と浸透溶脱水は流出する成分が異っている。しかし負荷する窒素、COD等を灌排水反復利用する過程では負荷発生する量はほとんど消去され、下流への影響は少なかった。更に芳賀の現地試験では集落雑排水の影響をみたが、点在する集落の中では汚濁は灌水期間中には認められなかった。一方窒素について水田の浄化能が判然と認められ、窒素以外にも地表流去水中に減少傾向があるものを認めた。

5 成果の要約

火山灰水田の施肥が排水の水質に及ぼす影響はライシメーター試験によって、窒素、りん酸、加里の流出が明らかにされた。施肥のみならず物質収支としてみると土壌の生態的因果関係が関連を持っていることが強調された。また、現地試験を通して水田の水質の保全機能が意味づけられた。

(担当者 土壌肥料部 川田 登, 佐藤文政, ※松永 隆)

※現公害研究所