

閉鎖系火山灰水田地域における用水の物質収支

佐藤 文政・川田 登

I 緒 言

水田は水資源保全の上で重要な役割を果たし、また自然の水循環系の中で重要な位置を占めている。この水の量的保全に加えて、近年水質汚濁が問題となり⁸⁾、水田の水浄化機能が注目されているが^{1,2,3)}その一方で水田に施用された肥料成分が水を介して周辺水域に排出される可能性があり^{4,5,6)}湖沼や内湾などで重要視されている。

こうした水田での養分収支に関する研究方法には、一枚の水田での流入する負荷と流出する負荷を実測する水田収支法、この方法を広げて、水田地域を対象とした収支法、河川の流出負荷を実測する河川流出負荷法などがある⁷⁾。

本試験では、一枚の水田での水質変化を調査し、また水田地域の収支法により用排水量及び物質の収支計算を行った。試験地域は農業以外に集落雑排水等の人為的負荷が無く、また用排水系統が整い水田地域全体の水収支・物質収支を調査するのに好条件の場所であった。こうした閉鎖系水田地域での試験で若干の知見を得たので報告する。

II 試験方法

1. 試験場所

対象地域は県北那須丘陵の一部を1972年に開田した13haで、盆地地形をなし閉鎖系に近い。土壌は表層多腐植質多湿黒ボク土(西の原統)で、ほ場整備によって切盛したほ場が多く、日減水深は4~5mm程度である。

試験地の略図を第1図に示した。用水は黒川支流より取水し、パイプライン方式により各ほ場ごとに供給している。排水路には田面流去水、

浸透水の他は周囲の森林からの雨水、わき水が流入するだけである。

2. 試験内容

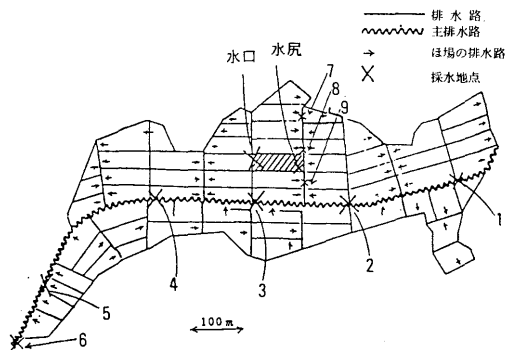
1) 水量調査

試験地域のほぼ中央に設けたモデルほ場において、用水量は水道メーター式の流量計で、排水量は池田計器製作所製のパーシャルフリューム水位流量計で測定した。主排水路の流量は、東邦電探社製TK-101型電気流速計で流速を計測し、流水断面積を乗じて水量とした。

2) 水質分析

主排水路の各地点(①~⑥)、支排水路の各地点(⑦~⑨)およびモデルほ場での水口と水尻について一週間に一度採水し、分析を行った。

全窒素はイオン電極法による硝酸態窒素と硫酸分解法によるケルダール窒素の含量で求めた。



第1図 試験地略図

カルシウム、マグネシウム、カリウム、鉄は、原子吸光法を用いた。塩素はイソチアン酸第二水銀法、硫酸態イオウは硫酸バリウム比濁法で求めた。水素イオン濃度、電気伝導度はガラス電極法で求めた。

III 結果及び考察

1. モデルほ場の水質

1) モデルほ場の水収支と水質

第1表に1983年度のモデルほ場での水収支を示した。モデルほ場は減水深が小さいため、給水量が少なく、また排水もほとんど行なわれなかった。

第2表に田面に滞留している水の水口と水尻の成分の測定結果を示した。測定した成分はすべて水口より水尻の方が高かった。

流入するかんがい水の水質が清浄であれば、水田を通過する過程で汚濁成分が負荷され、水田は汚濁源となるが^{4,5,6)}、一方流入するかんがい水がすでに汚濁されている時は水田を通過する過程で汚濁成分の一部が除去され、水田は浄化機能を持つことが知られている³⁾。本試験のモデルほ場においては、その前者に相当すると考えられる。

全窒素について、田面における汚濁と浄化の境界点濃度を、森川らの方法¹⁰⁾を用いて計算すると1.86‰となり、ほぼ同様の結果を得た。

2) かけ流し試験

1984年8月上旬の追肥4日後に、実験的に湛水の状態から水量10^{mm}_{hr}でかけ流し試験を行った時の給水と排水の成分濃度の変化を第2図に示した。NH₄⁺-Nは6時間ではほぼ排水と給水の濃度が等しくなった。Ca, Mg, K, Cl⁻の排水濃度はしだいに低くなったが、6時間では給水の濃度までは低下しなかった。以上のことから、田面水が流動している条件下では、給水濃度と排水濃度との関係（水田耕地におけるかんがい水の汚濁と浄化の境界点濃度や浄化効率¹⁰⁾）は、その成分の給水濃度とともに給水量にも支配されることが示唆された。

2. 調査地域の物質収支

1) 各採水地点での水質分析値

第3表に各採水地点での水質分析の平均値を示した。

支排水路の各点(⑦~⑨)では、すべての成分が下流ほど高くなった。これは、周囲の森林からの排水路への流入水が、水田からの地表排水、浸透水によってしだいに成分濃度が高められたためと思われる。

主排水路では、EC, Ca, Mg, SO₄²⁻ Sは下流ほ

第1表 モデルほ場の水収支(m³/30a)

| 月 日 | 給水量 | 降水量 | 全用水量* | 田面流去 | 蒸発散 | 浸透水** |
|---------|-----|------|-------|------|------|-------|
| 4.21~30 | 97 | 57 | 154 | 0 | 70 | 84 |
| 5.1~31 | 289 | 255 | 544 | 65 | 230 | 249 |
| 6.1~30 | 139 | 412 | 551 | 77 | 233 | 241 |
| 7.1~31 | 0 | 667 | 667 | 58 | 224 | 383 |
| 8.1~31 | 280 | 640 | 920 | 98 | 301 | 531 |
| 9.1~10 | 74 | 303 | 407 | 93 | 105 | 208 |
| 計 | 879 | 2334 | 3243 | 382 | 1163 | 1698 |

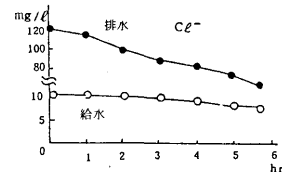
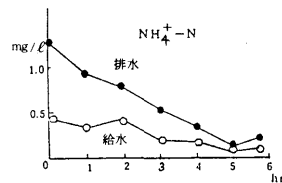
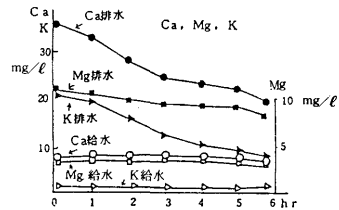
* 給水量+降水量

** 全用水量-(田面流去+蒸発散)

第2表 田面水の水質(mg/l)

| 年 項目 | EC* | T-N | Ca | Mg | K | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | S | Fe |
|--------|-----|------|------|------|------|-----------------|-------------------------------|------|------|
| '83 水口 | 167 | 1.52 | 13.7 | 4.80 | 4.64 | 16.5 | - | 13.3 | 0.23 |
| '83 水尻 | 285 | 2.38 | 27.7 | 9.74 | 6.78 | 17.2 | - | 21.3 | 0.52 |
| '84 水口 | - | 1.04 | 12.7 | 4.62 | 3.95 | - | - | - | 0.09 |
| '84 水尻 | - | 3.10 | 25.7 | 8.61 | 9.20 | - | - | - | 0.17 |

* μS/cm



第2図 かけ流し試験

閉鎖系火山灰水田地域における用水の物質収支

ど高い傾向であった。pH, T-N, Cl⁻, Fe, には特定の傾向はなかった。Kは下流ほど低い傾向にあった。排水路の水浄化機能が報告されているが¹⁾本試験では、周囲の森林からの流入水、わき水、水田からの排水、浸透水などの要因が影響し、特定の傾向が見出せなかった。

2) 排水路各地点での水量

第4表に、各月の晴天が3日以上続いた時点

第3表 各採水地点での水質分析値(mg/ℓ)

| 年 | 地点 | pH | EC* | T-N | Ca | Mg | K | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | S | Fe |
|-----|----|-----|-----|------|------|------|------|-----------------|-------------------------------|------|----|
| '83 | 1 | 7.0 | 94 | 1.14 | 7.59 | 2.99 | 1.07 | 12.3 | 7.3 | 0.29 | |
| | 2 | 7.0 | 101 | 1.21 | 7.84 | 3.34 | 1.11 | 14.3 | 7.9 | 0.40 | |
| | 3 | 7.1 | 108 | 1.09 | 8.70 | 3.36 | 1.03 | 13.8 | 8.4 | 0.29 | |
| | 4 | 7.1 | 104 | 1.07 | 8.91 | 3.63 | 0.99 | 12.9 | 8.7 | 0.36 | |
| | 5 | 7.1 | 107 | 1.04 | 8.94 | 3.80 | 1.00 | 13.1 | 9.0 | 0.56 | |
| | 6 | 7.2 | 109 | 1.00 | 8.45 | 3.55 | 0.94 | 12.1 | 8.3 | 0.50 | |
| '84 | 1 | 6.8 | 100 | 0.87 | 7.71 | 3.03 | 0.76 | 13.4 | 8.1 | - | |
| | 2 | 6.8 | 110 | 1.06 | 8.31 | 3.48 | 1.07 | 16.1 | 7.8 | - | |
| | 3 | 6.8 | 118 | 1.27 | 9.02 | 3.79 | 1.04 | 16.4 | 7.9 | - | |
| | 4 | 6.8 | 119 | 1.36 | 9.23 | 3.84 | 0.91 | 15.9 | 8.6 | - | |
| | 5 | 6.9 | 117 | 1.24 | 9.11 | 3.80 | 0.91 | 16.0 | 8.5 | - | |
| | 6 | 6.8 | 112 | 1.34 | 8.62 | 3.62 | 0.87 | 14.3 | 8.3 | - | |
| | 7 | 7.0 | 39 | 0.77 | 2.40 | 1.23 | 0.30 | 1.7 | 4.7 | - | |
| | 8 | 7.1 | 70 | 0.85 | 5.27 | 2.06 | 0.55 | 6.4 | 4.7 | - | |
| | 9 | 6.9 | 100 | 0.97 | 7.65 | 3.23 | 0.90 | 12.5 | 5.3 | - | |

* μS/cm

第4表 各採水地点での水量(ℓ/秒)

| 地点 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 平均 |
|----|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 1.9 | 1.6 | 1.4 | 3.1 | 0.6 | 1.7 |
| 2 | 4.9 | 3.1 | 4.5 | 6.8 | 1.6 | 4.2 |
| 3 | 8.1 | 8.2 | 15.3 | 11.7 | 6.6 | 10.0 |
| 4 | 14.2 | 9.7 | 15.9 | 12.1 | 9.0 | 12.2 |
| 5 | 19.0 | 15.0 | 17.7 | 19.3 | 15.7 | 17.3 |
| 6 | 24.8 | 17.6 | 16.9 | 21.8 | 17.0 | 19.6 |

第5表 各採水地点での年間負荷量(ton/年)

| 地点 | T-N | Ca | Mg | K | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | S | Fe |
|----|------|------|------|------|-----------------|-------------------------------|------|----|
| 1 | 0.03 | 0.23 | 0.09 | 0.03 | 0.37 | 0.22 | 0.01 | |
| 2 | 0.09 | 0.60 | 0.25 | 0.08 | 1.09 | 0.60 | 0.03 | |
| 3 | 0.26 | 2.09 | 0.88 | 0.25 | 3.31 | 2.02 | 0.07 | |
| 4 | 0.33 | 2.79 | 1.14 | 0.31 | 4.04 | 2.72 | 0.11 | |
| 5 | 0.52 | 4.51 | 1.92 | 0.50 | 6.60 | 4.54 | 0.28 | |
| 6 | 0.56 | 4.67 | 1.97 | 0.52 | 6.73 | 4.61 | 0.28 | |

での流量の測定結果を示した。水量は5月と8月に多く、また落水後の9月には少なくなった。下流ほど流量は多かった。

3) 排水路各地点での年間負荷量

給水期間中の5月から8月までの負荷量は、第3表と第4表より〔平均濃度〕×〔平均流量〕とし、その他の期間は〔平均濃度〕×〔9月の流量〕とし、その合計量を年間負荷量と考えて第5表に示した。その結果、すべての成分で下流ほど負荷量の場合加が認められた。

水田地域からの成分の排出は、水収支に大きく依存し、施肥方法、施肥後の水管理、水田土壌の性質、かんがい方法、かんがい用水の水質、降雨量、用排水系統の整備状況などの様々な条件によって変動している⁵⁾農業の生態系に及ぼす影響を明らかにする上で、より精密に排出要因を解析する必要があると考えられる。

4) 調査地域での窒素の収支

第6表に1983年の窒素の収支計算結果を示した。収入源として雨水(排水路に流れ込む集水域全体の雨)、給水および肥料、支出源として稲(わらは還元)と排水(ここでは地点⑥での流去水)を考えた。総支出が総収入より高くなったが、本地域は給水量が少なく給水からの収入が少なかったことが一因と考えられる。総支出中に占める排水由来の割合は40%程度であるが、総収入中に占める給水由来の割合は3%に過ぎなかった。

第6表 Nの収支(kg/13ha)

| 収入 | 雨 | 給水 | 肥料 | 計 |
|----|-----|-----|-----|------|
| | 411 | 34 | 656 | 1101 |
| 支出 | 稲 | 排水 | | 計 |
| | 850 | 556 | | 1406 |

一般的には、作付期間全般にわたっての収支では、支出より収入のほうが多いが、きれいな水を使用する水田⁹⁾や地下浸透量の多い水田²⁾では、収入より支出が多くなることが報告され

ている。1983年5月から9月までの分析平均値で、雨水、結水および排水（地点⑥）の全窒素濃度はそれぞれ0.75, 0.93, 1.00%であった。本試験は、きれいな水を使用する水田での試験であったと考えられる。

IV 摘 要

1. 減水深が小さく給水が少ないほ場における田面水の水質は、測定したすべての成分で水口より水尻の方が高かった。

2. モデルほ場でのかけ流し試験では、水尻における成分濃度の変化は、成分によって時間差が認められた。

3. 主排水路では上流より下流ほど成分の負荷量が大であった。

4. 地域全体の窒素の収支を計算すると、収入より支出の方が高かった。

謝辞 現地ほ場を心良く提供し、またアンケートの回収等に協力を戴いた那須町豊原の鈴木羨夫氏に感謝します。現地測定や分析にあたり、鈴木美代子主任技術員、福田正孝技術員に援助いただきありがとうございました。

引 用 文 献

1. 伊藤信(1981) 農及園 第9号:525~529
2. 伊藤信(1985) 農研センター研報 第5号:119~145
3. 白鳥孝治・松丸恒夫・森川昌記(1978) 千葉農試研報 第19号:101~107
4. 高村義親・田淵俊雄・鈴木誠治・張替泰・上野忠男・久保田治夫(1976) 土肥誌 第9号:398~405
5. 高村義親・田淵俊雄・張替泰・大槻英明・鈴木誠治・久保田治夫(1977) 土肥誌 第9, 10号:431~436
6. 高村義親・田淵俊雄・張替泰・西村伸夫・大槻英明・久保田治夫・鈴木誠治・大崎和二(1979) 土肥誌 第3号:211~216
7. 田淵俊雄(1975) 農業土木学会誌 第8号:525~529
8. 増島 博(1978) 土肥誌 第6号:516~524
9. 増島 博(1979) 「環境科学」研究報告集, B8-R-12-1:23~30
10. 森川昌記・松岡義浩(1984) 千葉農試研報 第25号:137~144
11. 森川昌記・松岡義浩(1985) 千葉農試研報 第26号:65~70

閉鎖系火山灰水田地域における用水の物質収支

**Studies on balances of water and mineral nutrients
in closing paddy field area**

Fumimasa SATO and Noboru KAWADA

Summary

Analyses and volume measurements of paddy and drainage water were carried out at a paddy field area which was free from artificial load except for that by agriculture. The results were summarized as follows;

1. All of ingredients analyzed (T-N, Ca, Mg, K, Cl, SO_4^{2-} -S and Fe) were higher in outlet water than in intake water in case of a paddy field which was supplied with small quantity of water because of its small percolation loss.
2. The time of the change of ingredient concentration in the outlet water differed according to the kind of ingredients under the water-pooring condition.
3. The amount of load of ingredients was higher at down stream than at upper stream of the main drainage canal.
4. As for the nutrition balance of nitrogen (T-N), the output exceeded the input as a whole area of paddy fields examined.