

稲わら投入方法が土壤浸透水からの窒素除去に及ぼす影響

著者	川西 琢也, 姜 志恒, 稲垣 道弘, 清水 宣明, 林 良茂
雑誌名	水環境学会誌 = Journal of Japan Society on Water Environment
巻	20
号	5
ページ	347-351
発行年	1997-01-01
URL	http://hdl.handle.net/2297/24738

<ノ - ト>

稲わら投入方法が土壤浸透水からの窒素除去に及ぼす影響

川西 琢也* 姜 志恒** 稲垣 道弘***
清水 宣明* 林 良茂*

The Way Rice Straw Input into Soil Affects The Nitrogen Removal from Soil

Takuya KAWANISHI*, Zhiheng JIANG**, Michihiro INAGAKI***,
Nobuaki SHIMIZU* and Yoshishige HAYASHI*

* Faculty of Engineering, Kanazawa University, 2-40-20, Kodatsuno, Kanazawa 920 Japan

** Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University, ditto

*** Graduate School of Engineering, Kanazawa University (Present: Japan Tobacco Inc.), ditto

Abstract

In this study we investigated the effect of the way inputting rice straw on nitrogen removal efficiency. We prepared 52 mm inner diameter and 400 mm height soil columns, and input rice straw by three different ways as follows: 1) mono-layered, 2) cutting rice straw into 20-30 mm pieces and then mix it with soil, 3) milling rice straw into under 1 mm pieces and the mix it with soil. We supplied potassium nitrate solution of $50 \text{ mg-N} \cdot \text{l}^{-1}$ to these columns at the rate of $200 \text{ ml} \cdot \text{d}^{-1}$. The column with rice straw input mono-layered showed steady nitrogen removal, the nitrate nitrogen concentration of its outflow did never exceed $20 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ during 44 days of operation. On the other hand, other columns reveals poor nitrogen removal. The nitrate nitrogen concentration of their effluents came as high as $40 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ in ten days. We concluded that if we use rice straw as a carbon source for denitrification to remove nitrogen from soil percolate, it will be better that rice straw be put into soil as mono-layer, not mixed with soil.

Key words: nitrogen removal, soil infiltration treatment, denitrification, rice straw, solid organic matter

1. はじめに

排水の土壤浸透処理法あるいは土壤浄化法においては、浸透サイトのメディアとして、様々な物質が用いられ、また、泥炭や木片など、様々な物質を混和し、浄化能力・浸透容量の改善が工夫されている¹⁾。その中でも、窒素除去を目的とした方法としては、土壤にジュート袋を投入する多段土壤層法²⁾や、おがくず等を投入する方法³⁾が試みられている。

我々は、土壤浸透処理サイトに C/N 比の高い固形有機物である稲わらを投入しておくことにより窒素除去効果が期待できるのではないかと考え、検討を進めている。我々は前報において、稲わらを土壤に単層状に投入しておくことにより、浸透水から窒素を効率良く除去することが可能であることを明らかにした⁴⁾。しかしながら、土

壤への稲わらの投入方法により窒素除去効果が異なることが考えられる。そこで、トレンチ、ベッドなど不飽和浸透している土壤浄化法処理サイトに稲わらを投入することを想定し、土壤に稲わらを単層状、混和状に投入したカラムに上端から一定流量で供給した結果を比較し、土壤への稲わら投入方法が窒素除去率に及ぼす影響について検討を加えた。

2. 実験装置および方法

稲わらは農林水産省農業研究センターの圃場より収穫されたものを用いた。稲わらの収穫後直ちに風乾しその後2年ほど室温で保存した物を実験に供した。実験には稲わらの先端と根の両端を除き中間部分のみを用いたが、C, N 含有量(風乾基準)はそれぞれ34.6%, 0.649%で、C/N 比は53.3であった。

* 金沢大学工学部 〒920 金沢市小立野 2-40-20

** 金沢大学大学院自然科学研究所 (現 アムズ(株) 同上

*** 金沢大学大学院工学系研究科 (現 日本たばこ産業(株) 同上

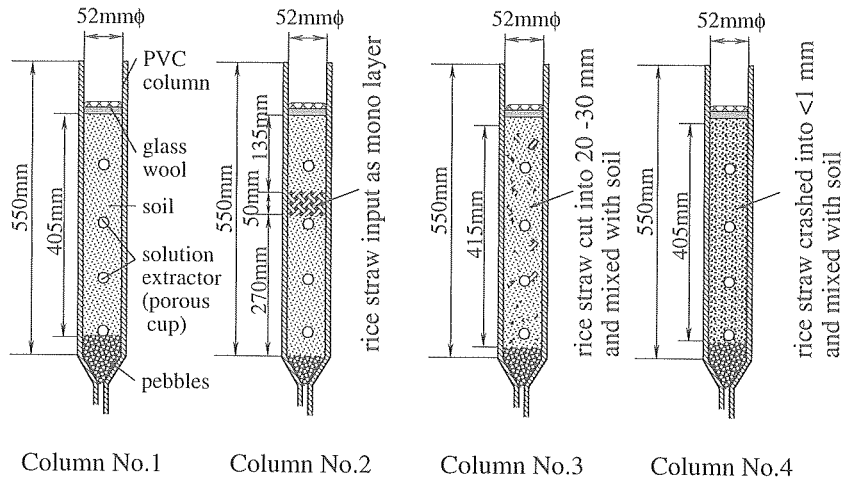


Fig. 1 Experimental apparatus

Table 1 Amount of rice straw input and feed rate of nitrate solution into columns

column	amount of rice straw [g]	feed rate of nitrate solution [ml·d ⁻¹] (mm·d ⁻¹)	rice straw conditions
1	0	200 (94)	none
2	10.0	200 (94)	input mono layer
3	10.0	200 (94)	cut into 20 - 30 mm, mixed with soil
4	10.0	200 (94)	cut into <1 mm, mixed with soil

土壌は石川県農業総合試験場の畑より採取したものを風乾, 2 mm 篩で篩別後使用した。土壌の C, N 含有量(乾燥基準)はそれぞれ0.312%, 0.0373%であった。

Fig. 1 に実験装置の概念図を示す。内径52mm, 高さ550mmの透明な塩ビ管に土壌および稲わらを図のように充填した。土壌充填の際にはなるべく均質になるよう振動を与えながら充填した。カラム No. 1 は対照で稲わらを投入しない。カラム No. 2 は単層状に投入した。カラム No. 3 は稲わらを2~3 cmの長さ切断した後、土壌に混和した。カラム No. 4 では稲わらを1 mm以下に粉碎後、土壌に混和した。

カラム中に各4カ所、図に示す位置に土壌溶液採取用のポラスカップ(外径3 mm:大起理化製)を設置しカラム内の溶液をサンプリングできるようにした。

各カラムには上端からマイクロチューブポンプで硝酸カリウム溶液(硝酸態窒素として50mg·l⁻¹)を供給した。溶液供給に際して土壌表面が攪乱されることを防ぐために土壌表面にグラスウールを少量敷いて溶液を分散させた。溶液供給量は200ml·d⁻¹とした。各カラムの条件をTable 1 にまとめた。

カラムは25°Cの恒温層中に設置し、藻類の繁殖を防ぐためにアルミホイルで表面を覆い遮光した。供給溶液は冷蔵庫で5°C以下に保存した。

流出液は週に1回~2回採取し、秤量により流出量を測定した後、化学分析に供した。また、供給液の減少量から溶液流入量を算出した。装置内の溶液分布は適宜測定した。

水質分析は流出液に関しては TOC, NH₄⁺-N, NO₃⁻-N, T-N について、カラム内の分布に関しては NO₃⁻-

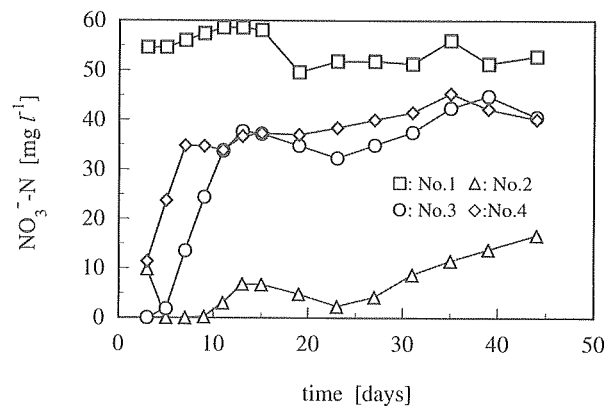


Fig. 2 Changes in nitrate nitrogen concentration of effluent

-N, NO₂⁻-N について測定した。TOC 測定には島津 TOC-500 を使用し、硝酸態、亜硝酸態窒素についてはイオンクロマトグラフを用いた。アンモニア態窒素についてはインドフェノール青法、T-N については過硫酸カリウム分解法により測定した。

3. 結果および考察

Fig. 2 に流出液中の硝酸態窒素濃度の経時変化を示す。稲わらを投入しない対照カラム No. 1 では、最初から硝酸態窒素が流出しており、全く除去が生じなかった。濃度は供給濃度50mg·l⁻¹より高くなっているが、これは水分の蒸発があるためである。

稲わらを単層状に投入したカラム No. 2 では、初期の段階では硝酸態窒素は完全に除去された。ただし、10日を過ぎたころから濃度が上昇しはじめ、44日後には約20 mg・l⁻¹に達した。これは、時間の経過とともに脱窒に有効な有機物の供給能力が衰えたことを示唆している。前報⁹⁾では、同様のカラムに同じ流量で20mg-N・l⁻¹の硝酸態窒素を供給した場合、114日間にわたって硝酸態窒素の流出が観察されなかった。

稲わらを混和したカラム No. 3 と No. 4 については、ごく初期の段階より流出硝酸態窒素濃度は上昇しはじめ、カラム No. 3 では10日以後、カラム No. 4 では6日以後濃度はほとんど40mg・l⁻¹であった。稲わらを粉碎して投入したカラム No. 4 では窒素除去能の低下が早く生じたが、その後の定常的な窒素除去速度に関してはカラム No. 3 とカラム No. 4 で差は認められなかった。

すなわち、今回の結果からは、稲わらを投入する際に、土壤に混和した場合よりも単層状に投入した場合ほうが優れた脱窒率を示したことになる。硝酸態窒素溶液の供給方法は一定流量での供給であり、今回の実験では各カラムとも土壤表層上に湛水状態になることはなく、実験期間を通じて不飽和浸透していると考えられる。従って、カラム No. 2 では稲わらを単層状に投入したことにより、その部分に水が溜まり、よって、カラム No. 3 やカ

ラム No. 4 に比べ、より anoxic な条件が達成されたと考えるのが自然であろう。

Fig. 3 に流出液の有機炭素濃度の経時変化を示す。初期の段階ではかなり高濃度の有機炭素が流出した。Fig. 4 にアンモニア態窒素濃度の経時変化を示す。稲わらを投入しないカラム No. 1 では初期を除いてほとんどアンモニアは検出されなかった。稲わらを土壤に混入したカラム No. 3 およびカラム No. 4 では、アンモニアの流出は10日ころまで徐々に増加するものの、20数日後にはほとんど流出しなくなった。これに対し稲わらを単層状に投入したカラム No. 2 では、アンモニア態窒素は常に流出し続けた。この傾向は前報でカラム No. 2 と投入硝酸態窒素濃度のみが違い他は同条件であったカラムと同様の傾向を示している。これらのカラムでアンモニア態窒素の濃度が高いのは、稲わらから放出された窒素あるいは土壤から無機化されたアンモニア態窒素が硝化あるいは微生物による取り込みを十分に受けないことが原因として考えられるが、これだけの結果からは原因を特定できない。流出アンモニア態窒素濃度は投入した硝酸態窒素の十分の一以下にとどまっている。

Fig. 5 に過硫酸カリウム分解による全窒素濃度の経時変化を示す。全窒素濃度としては、カラム No. 2 では常に10mg・l⁻¹から20mg・l⁻¹の窒素が流出していることが分かる。特に初期10日間については、その成分はほとんど有機態の窒素であり、稲わらから流出したものが無機化等を経ないで流出したと考えられる。また、カラム No. 3 およびカラム No. 4 で、全窒素としても、対照に比べて約20mg・l⁻¹の濃度減少があることが分かる。また、カラム No. 2 において初期に40mg・l⁻¹の窒素が観測された。このうち15mg・l⁻¹が無機窒素であったため、25 mg・l⁻¹が有機態窒素であると考えられる。これは稲わらあるいは土壤から流出したと考えられるが、どちらから出てきているかについては不明である。

Fig. 6 (1)~Fig. 6 (4) に土壤中の硝酸態窒素の分布の経時変化を示す。カラム No. 2 では、稲わらがある深さ10cm から20cm の層において、期間中を通して濃度減少が最も著しかったが、それより下の部分でもこの期間を通して硝酸態窒素の減少が認められ、稲わらから流出した有機物が、稲わら層の下で脱窒に利用されていること

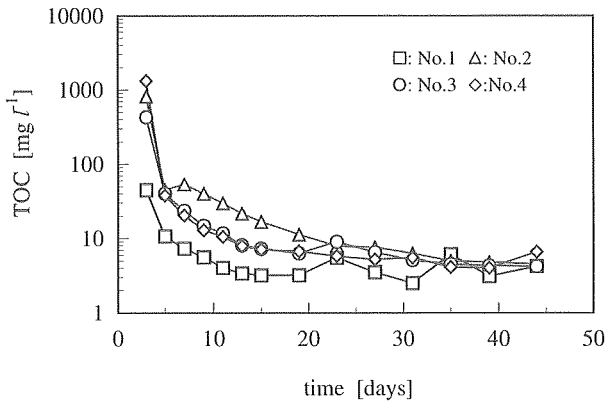


Fig. 3 Changes in total organic carbon concentration of effluent

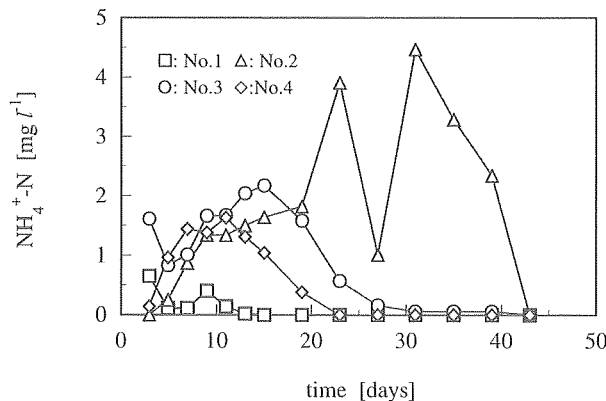


Fig. 4 Changes in ammonium nitrogen concentration of effluent

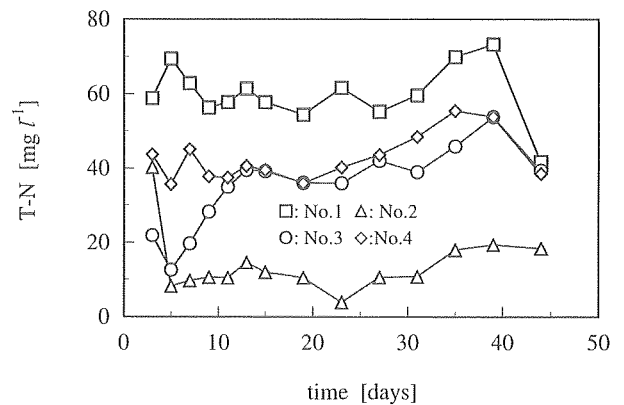
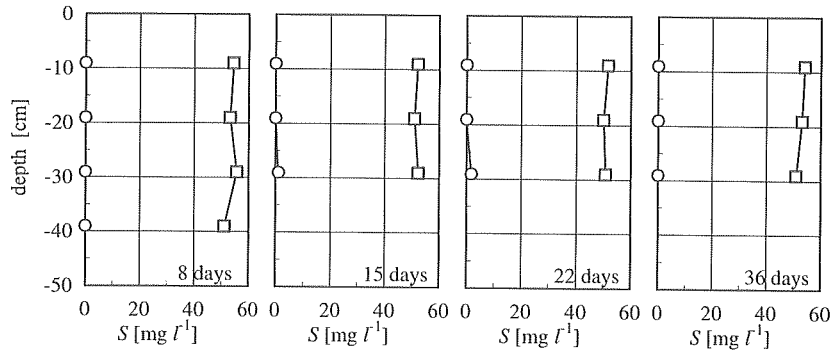
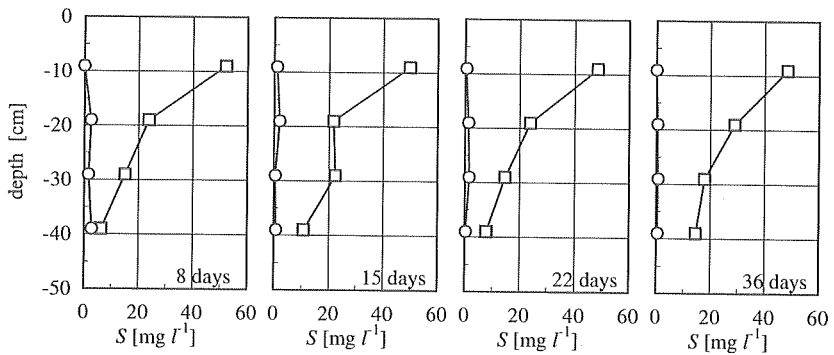


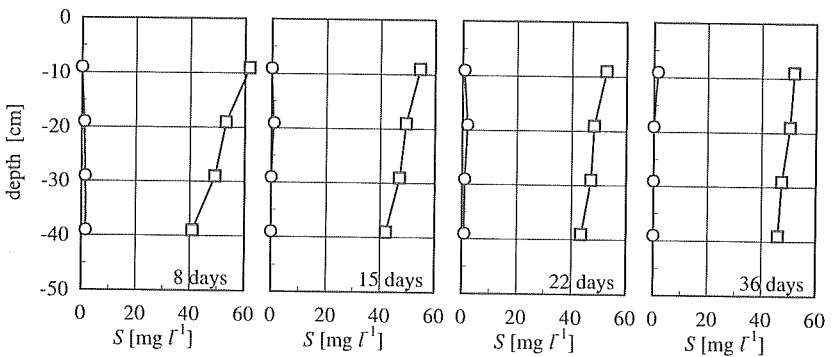
Fig. 5 Changes in total nitrogen concentration of effluent



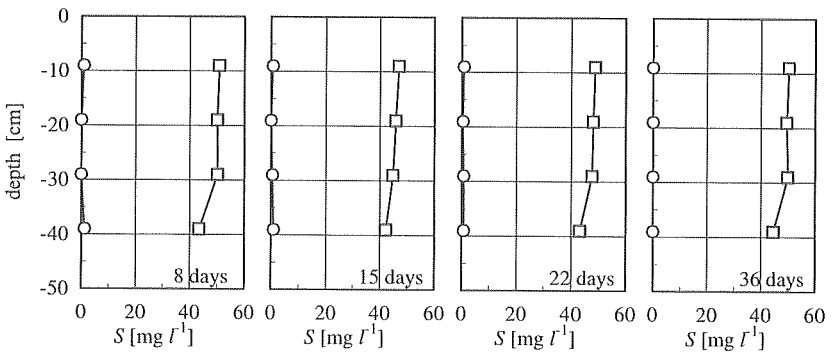
(1) column No.1



(2) column No.2



(3) column No.3



(4) column No.4

Fig. 6 Changes in nitrate and nitrite nitrogen distribution in soil columns
 □ ; nitrate nitrogen, ○ ; nitrite nitrogen

Table 2 Cumulative amount of components flowed out of columns

column	NO ₃ ⁻ -N [mg-N]	NO ₂ ⁻ -N [mg-N]	NH ₄ ⁻ -N [mg-N]	T-N [mg-N]	DOC [mg-C]
1	457	0.2	0.5	505	53
2	63	1.0	15.9	115	361
3	269	0.9	6.0	304	209
4	320	3.4	3.5	370	518

Table 3 Nitrogen removal by columns

column	NO ₃ ⁻ -N inflow [mg-N]	NO ₃ ⁻ -N _{in} - NO ₃ ⁻ -N _{out} [mg-N]	NO ₃ ⁻ -N _{in} - T-N _{out} [mg-N]
1	455	-1.6	-49
2	457	393	342
3	438	169	134
4	457	134	88

が分かる。カラム No. 3 ではこれに対し、平均的に濃度が下がっている傾向が見られ、カラム No. 4 では、下層ほど脱窒速度が高い傾向が見られた。

Table 2 に各成分の実験期間における積算の流出量をまとめる。

Table 3 に硝酸態窒素の除去量と全窒素の除去量を示してある。最も窒素除去量の多かったカラム No. 2 で44日間の間に硝酸態窒素基準で393mg、全窒素基準で342mgの窒素が除去されたことになる。また、稲わらを土壤に混入したカラム No. 3, カラム No. 4 においても同じ期間に数十から百数十 mg の窒素が除去されていることが分かる。流出した成分のうち、アンモニア態窒素およ

び有機態窒素は稲わらまたは土壤由来だと考えられるので、窒素除去が脱窒によって行われる場合、硝酸態窒素の除去量が脱窒量に相当すると考えられる。亜硝酸態窒素の流出はほとんどなかったため無視できる。

以上、稲わらを i) 単層状に投入, ii) 2~3 cm の長さに切断して土壤に混和, iii) 1 mm 以下に粉碎して混和した土壤カラムに50mg・l⁻¹の硝酸態窒素溶液を不飽和流で供給し窒素除去効率を検討した。その結果、稲わらを単層状に投入した場合のほうが、土壤に稲わらを混和した場合よりも高い脱窒効果が得られた。

謝 辞

本研究は平成4年度文部省科学研究費補助金奨励研究(A)の補助を受けて行われた。実験に際し金沢大学環境保全センター、石川県農業総合試験場、農林水産省農業研究センター水質保全研究室には機器使用、試料提供、助言と多大なる協力をいただいた。関係各位に謝意を表します。また実験に協力いただいた工学部学生(当時)松原文彦君、町田崇一郎君、松本智樹君に謝意を表します。

(原稿受付 1996年2月13日)

(原稿受理 1997年2月21日)

参 考 文 献

- 1) Lens, P. N., Vochten, P. M., Spleers, L. and Verstraete, H. (1994) Direct treatment of domestic wastewater by percolation over peat, bark and woodchips, *Water Research*, **28**, 17-26.
- 2) 若月利之, 小村修一, 沢田吉晴 (1991) 非湛水下における硝酸態窒素とリン酸の同時除去に対する金属鉄粒とジュート資材の効果, *日本土壤肥料学雑誌*, **62**, 417-423.
- 3) Robertson, W. D. and Cherry, J. A. (1995) In situ denitrification of septic-system nitrate using reactive porous media barriers: field trials, *Ground Water*, **33**, 99-111.
- 4) 川西琢也, 姜志恒, 稲垣道弘, 清水宣明, 林良茂 (1995) 稲わらを利用した土壤浸透水からの窒素除去, *水環境学会誌*, **18**, 993-1000.