

廃棄物埋立層における窒素の分解過程に関する研究(4)

九州大学 工学部 学生員○島岡隆行 正 員 栗谷陽一
福岡大学 工学部 正 員 花嶋正孝 正 員 松藤康司

1.はじめに 廃棄物最終処分場(埋立地)からは多量の浸出液が発生し、その高度処理に当っては経済性などいろいろな問題が残されている。このような現状の中で浸出液を埋立層に戻す、即ち、浸出液の層内への循環を繰り返す「循環式準好気性埋立」において浸出液の窒素成分の減少が確認されている^{1,2)}。この現象は、浸出液の循環により層内に点在する好気、嫌気部分を積極的に活用すれば、硝化・脱窒を促進させ浸出液中の窒素の除去ができることを意味している。そこで、カラムに焼却灰を充填し、硝化・脱窒の実験を行い若干の知見を得たので報告する。

2.実験装置 および 方法 実験装置は、図-1に示す内径7.0 cm、高さ20.0 cmのアクリルパイプを4本(カラム-1, 2, 3, 4)用いた。カラムには、福岡市南部清掃工場の焼却灰(見掛け密度1.58 t/m³, 熱灼減量4.1%)を充填した。基質として、塩化アンモニウム溶液(約30 mg NH₄⁺-N/l)を各々のカラムに微量定量ポンプで上部から連続供給(約3 ml/min)し、更に、リンの硝化・脱窒におよぼす影響を見るためにカラム-2, 3, 4には、リン濃度で2 mg/l, 6 mg/l, 10 mg/lに成るようにリン酸-カリウムを添加した。分析は流入水, 流出水について、pH, Mアルカリ度, アンモニア性窒素, 亜硝酸性窒素, 硝酸性窒素, T-N, T-Cについて行った。また、カラム解体後は、層内の状況や窒素, 炭素の物質収支を見るために層別に溶出試験および元素分析を行った。

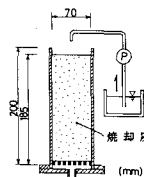


図-1 実験装置

3. 実験結果と考察

3-1 各形態窒素濃度の経時変化 カラム-1とカラム-2(リン添加)の浸出水のアンモニア性窒素, 亜硝酸性窒素, 硝酸性窒素の濃度の経時変化を図-2, 3に示す。アンモニア性窒素は、実験経過とともに減少し、両カラムとも70日前後で最大の濃度減少が見られる。亜硝酸性窒素は、アンモニア性窒素が減少し始めた時期とほぼ同じくして検出され始め、急激に増加していることに特徴がある。硝酸性窒素は両カラムとも、亜硝酸性窒素の減少期に増加傾向を示しているものの、カラム-1では70~140日に硝酸性窒素がほとんど検出されないにもかかわらず亜硝酸性窒素が低下し、150日目ごろから徐々に硝化反応が進行している。一方、カラム-2は150日前後でピーク(硝化率56.0%)を迎え、その後緩慢に減少している。他のカラム(図-6参照)も亜硝酸化反応までは似たような傾向^{2,3,4)}を示しているが、硝化はカラムにより特異な傾向を示している。

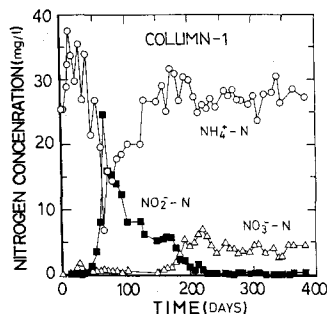


図-2 各形態窒素の経時変化

3-2 pH と Mアルカリ度 浸出水のpHとアルカリ度の経時変化の一例として、図-4, 5にカラム-2, 3の場合を示す。ただし、カラム-3はpH, アルカリ度の硝化に及ぼす影響を見るために、260日目以降炭酸水素ナトリウムを炭素で51.0 mg/lとなるように添加している。アルカリ度は、カラム-2およびカラム-3の炭酸水素ナトリウムを添加し始めた260日目まで、ともに減少の一途をたどり、特に、亜硝酸化が盛んな時期においてはアルカリ度の消費が著しいようである。アンモニア性窒素1 mgが酸化されるのに6.0~7.4 mgのアルカリ度が消費される^{5,6)}と言われており、両カラムとも150日以降硝化に伴い浸出水のアルカリ度は、実験初期に比べかなり小さくなっている。pHは、当然のことながらアルカリ度の低下により当初9.0以上を示していたものが、その後漸減し5.0~7.0に落ち込んでいる。

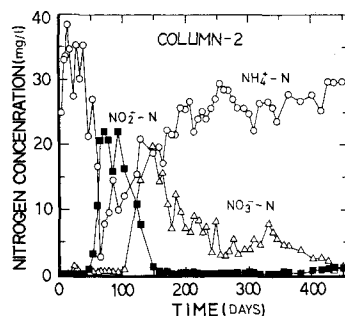


図-3 各形態窒素の経時変化

次に、カラム-3の炭酸水素ナトリウム添加後のpH, アルカリ度と硝化反応の関係について述べる。図-6にカラム-3の浸出水の各形態窒素の経時変化を示す。炭酸水素ナトリウムを添加した260日目以降は、減少が続いていた硝酸性窒素が徐々にではあるが高くなっている。このことはpHが6.0付近まで低下していたものが、アルカリ度の上昇によりpHも上昇し、硝酸化の至適pH域に再度達したためと考えられる。また、310日と350日前後のアルカリ度の急激な落ち込みにより硝酸性窒素が急増していることから、硝酸化がアルカリ度の変動に鋭く反

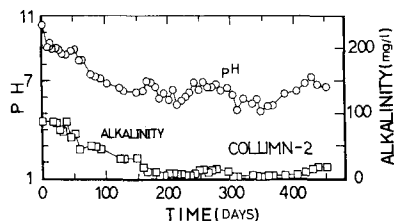


図-4 pH, アルカリ度の経時変化

応していることが分る。更に、400日付近の高アルカリ度によりpHは約9.0まで上がり、それに伴い硝化より亜硝化が顕著となり、硝酸性窒素の低下、亜硝酸性窒素の上昇を引き起しているようである。以上のことから、アルカリ度の低下は硝化反応を律速すると同時に、高アルカリ度域においてはアルカリ度の変化に硝化反応は鋭敏であると推測できる。また、今回の実験の亜硝化の生じる時期や亜硝酸、硝酸の増減などにも、水処理等で一般に知られているようにアルカリ度、pHがかなり影響しているように思われる。

3-3 窒素と炭素の物質収支 塩化アンモニウム溶液のカラム流下により、各カラムとも総窒素濃度の減少が生じ、この減少濃度から窒素減少量を求めた結果を図-7に示す。実験初期の方が、後期に比べ窒素の減少が著しいことが分る。リンの添加量の異なる各カラムの任意経過日数の減少量を比較して見ると、カラム-4(1.0 mg/lのリン添加)が最も窒素が減少しており、リンの添加が窒素の減少量を増大していることから、窒素の減少におけるリンの依存性が認められる。また、カラム-1,2は150日以降減少が緩慢になっているが、カラム-3は1年経過後も減少し続けている。

次に、前述の窒素が減少する現象が、カラム内部における吸着によるものか脱窒によるものかを確認するために、カラム解体時の焼却灰の元素分析を行い窒素の収支を取り、また、窒素減少量と炭素減少量を比較して見た。その結果をまとめたものが、表-1である。焼却灰中の窒素の変動量は、実験期間によらず窒素減少量の1%と小さく、窒素の減少が焼却灰の吸着でなく脱窒であることが確認できた。

さらに、脱窒量(N)と炭素減少量(C)の比C/Nは1.0~2.0程度であり、水処理における有機炭素源としてグルコースを用いた場合の炭素と窒素比の理論値2.06と同様な値を示している。

ここで、実際の埋立地を考えると焼却灰等の不燃物の他に草木類や紙類もかなりの割合で埋立地に搬入され、脱窒に必要な有機炭素が層内に充分含まれている。故に、本研究結果は我々が指向している「埋立地は、元来、浄化機能を有しており、層内の好気・嫌気部分をうまく活用できる埋立構造であれば脱窒層にも成り得る。」という可能性を示唆しているものと言える。

3-4 溶出試験 最後に溶出試験の結果の一例を図-8に示す。アンモニア性窒素は上層部が最も濃度が低く、カラム下部に行にしたがってアンモニア性窒素濃度が高くなっている。それに反して、硝酸性窒素は上層部が最も濃度が高くカラム下部にしたがって低くなっている。この傾向はカラム4本に共通したことであり、塩化アンモニウムが供給された後、上層部で極めて早い時期に硝化反応が進み、カラム下部に行にしたがい硝酸が還元されアンモニアになっているものと予想される。

4. おわりに 今回のカラム実験で硝化反応と脱窒反応が確認できた。また、硝化反応と脱窒反応の律速となっているものは、アルカリ度と有機炭素であることが分った。今後の実験として不燃性埋立地を想定した調整ごみを充填し、各形態窒素を供給したときの脱窒の現象を観察する予定である。

最後に本研究に協力して下さいました福岡大学工学部水理衛生工学実験室の卒業生 伊藤洋君、平尾健君、森田幸浩君、山下和浩君に感謝いたします。

< 参考文献 >

- 1) 松藤, 花嶋他; 廃棄物と循環式準好気性埋立(3) 昭和54年度 全国都市清掃研究発表会
- 2) 島岡, 栗谷, 花嶋, 松藤; 廃棄物埋立層における窒素の分解過程に関する研究(2) 昭和60年度 土木学会年次講演会
- 3) 島岡, 栗谷, 花嶋, 松藤; 廃棄物埋立層における窒素の分解過程に関する研究(3) 昭和60年度 廃棄物処理対策協議会全国大会
- 4) 窒素除去技術集大成 窒素除去技術集大成編集委員会編

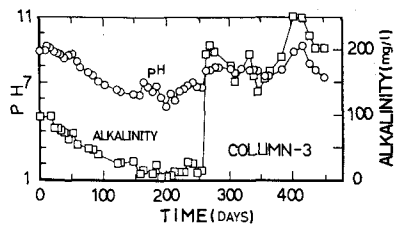


図-5 pH,アルカリ度の経時変化

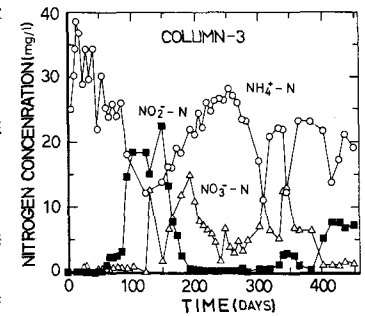


図-6 各形態窒素の経時変化

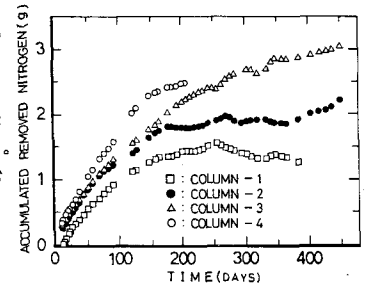


図-7 窒素累加減少量

表-1 窒素,炭素の物質収支

カラム名	リン添加濃度 (mg/l)	実験期間 (日)	焼却灰中の窒素減少量 (g)	窒素の総減少量 (N) (g)	炭素の総減少量 (C) (g)	C/N
カラム-1	0	385	0.04	1.30	3.02	2.32
カラム-2	2	453	-0.09	2.14	2.96	1.36
カラム-3	6	453	0.01	3.05	4.06	1.33
カラム-4	1.0	206	-0.07	2.43	2.44	1.00

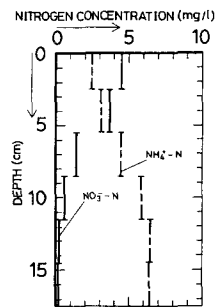


図-8 窒素の深さ方向の変化 (カラム-4)