

学位論文題名

STUDIES ON THE STABILIZATION  
OF OLD SANITARY LANDFILLS

（廃棄物埋立の安定化に関する研究）

学位論文内容の要旨

人々の生活が豊かになると同時に、廃棄物の量も飛躍的に増加した。廃棄物処理には、種々の方法があるが、埋立処分法はどここの国でも実施できる安価な技術で、有用である。しかし、埋立にも多くの問題点がある。その一つは、埋立地の浸出水の処理が、古い埋立地になると難しくなり、その処理の期間も非常に長くなり、かつコスト高になることが分かってきた。つまり、埋立地における安定化の問題が大きな問題となってきた。しかし、まだ十分な研究が行われていない。

そこで、本研究ではこの課題に取り組み、次のような結果を得た。

まず、埋立後約23年を経た埋立物を採取して、全部で12の試料について、物理組成、含水率、強熱減量、CHN含有量、発熱量、金属含有量、酸素吸収速度、溶出液中のTOC、アンモニア性窒素、E260、重金属濃度など、多くの項目について分析した。これらの結果から、廃棄物はかなり安定化しているが、まだ生物分解可能な有機物が残っていることが分かった。そして、そのことを判定するのに有効な分析項目は、物理組成、特に厨芥成分の有無、2mm以下試料についての強熱減量、酸素吸収速度、C/N比、及び溶出液中のTOC濃度とTOC/E260であった。

次に、埋立地浸出水の経時変化を調べるために、埋立開始時期の異なる8カ所の埋立地から浸出水を採取し分析すると同時に、その埋立地から測定値をもらった。その結果、有機物埋立地と不燃物埋立地のどちらでも、埋立地が古くなると、浸出水中の生物分解性有機物が少なくなり、C/N比の低くなることが確認できた。浸出水の分子量分布の特徴により、生物難分解性有機物が多い理由を確かめ、また、各種試料の溶出液のC/N比を測定し、また下水消化槽汚泥の好気性及び嫌気性分解実験を行い、また、理論的な計算を行い、低C/Nは埋立地に蓄積された微生物の自己分解によって起こると言うことを示した。したがって、低C/N比の浸出水の発生を防ぐためには、できる限り、有機物の多い廃棄物を埋め立てないことである。

最後に、無人運転できるより安価な低C/N浸出水処理装置を開発するために、粒状活性炭を利用した生物膜反応器で、反応器内の空間の酸素濃度を制御する

新しい装置を考案した。人工の浸出水を用いてその性能を確かめ、最適な操作条件を決定した。その結果、反応器内の空間酸素濃度を制御することが極めて効果的であり、C/N比がほぼ1の人工浸出水まで有効に処理できることが分かった。

以上のように、研究途上にある古い埋立地の安定化に関して多くの知見を与えることができた。

この研究から、古い埋立地の安定化に関して次のようなことが具体的に提案できる。

- 1.) 埋立地の安定化は浸出水を分析することによって判断されるが、正しくは、埋立地内の廃棄物を採取してその安定化度を診断する必要がある。その場合の測定項目として次の項目が提案できる。
  - (1)物理組成：厨芥が見つからないことが安定化の一つの指標
  - (2)2 mm 以下試料についての強熱減量：10%程度以下になれば安定化
  - (3)2 mm 以下試料についての酸素吸収速度：最大速度で0.1 mmol/(d·kg)以下で安定化
  - (4)2 mm 以下試料についてのC/N比：約10より小さくなると安定化
  - (5)溶出液中のTOC濃度とTOC/E260：TOC濃度が10 mg/L以下で、TOC/E260が100以下で安定化
- 2) 埋立地が古くなると、浸出水中の生物分解性有機物が少なくなり、しかも低C/N比になる。このことは浸出水処理を難しくするし、長期になってしまう。その原因が、ごみ中に含まれる有機物を分解する際に増殖した微生物の自己分解反応にあることを示した。したがって、最善の方法は、単純な結論であるが、有機物の少ないごみを埋め立ることである。C/Nが低くなっても、有機物の少ないごみの場合、アンモニア性窒素濃度そのものが低くなるからである。
- 3) 低いC/Nで高いアンモニア濃度を示す浸出水を処理する方法にはまだまだ改良する余地がある。本研究で提案したガス空間中の酸素濃度を制御する、粒状活性炭付着生物膜反応器を試してみる価値がある。

# 学位論文審査の要旨

主 査 教 授 甲 山 隆 司  
副 査 教 授 奥 原 敏 夫  
副 査 教 授 田 中 信 壽 (大学院工学研究科)  
副 査 助 教 授 露 崎 史 朗

学 位 論 文 題 名

## STUDIES ON THE STABILIZATION OF OLD SANITARY LANDFILLS

(廃棄物埋立の安定化に関する研究)

人々の生活が豊かになると同時に、廃棄物の量も飛躍的に増加した。廃棄物処理には、種々の方法があるが、埋立処分法は安価な技術であるため多くの国で実施されている。しかし、埋立地の浸出水処理が、埋立地の時間の経過に伴ないより困難になり、さらに処理期間も非常に長くなるため、結果的にコスト高となることが分かってきた。したがって、埋立地の安定化を促進することが今後の大きな課題として残されたのだが、この点に関する研究は不十分である。本研究はこの課題に取り組み、埋立地の土壌、浸出水の特性を詳しく調べ、それらの結果をもとに効率的な浸出水処理法を提案したものである。

まず、埋立後約23年を経た埋立地から採取した12の試料について、物理組成、含水率、強熱減量、CHN含有量、発熱量、金属含有量、酸素吸収速度、溶出液中TOC、アンモニア性窒素、E260、重金属濃度などの多くの項目について分析を行った。その結果、廃棄物はかなり安定化しているが、生物分解可能な有機物が、かなり残されていることを示した。埋立地の安定化は浸出水を分析することにより判断されているが、正しくは、埋立地内の廃棄物を採取し、その安定化度を診断する必要がある。そこで、上記の測定結果をもとに、(1)物理組成において厨芥が見つからない、(2)2 mm以下試料において強熱減量が約10%以下となる、(3)2 mm以下試料についての酸素吸収速度が最大速度で0.1 mmol/(d·kg)以下となる、(4)2 mm以下試料においてC/N比が10より小さくなる、(5)溶出液中TOC濃度が10 mg/L以下でTOC/E260が100以下となる、ことが安定化指標として有効であることを示した。

次に、埋立開始時期の異なる8カ所から浸出水を採取し分析した。それらの値を過去の値と比較することにより、埋立地浸出水特性の経時変化を観察した。その結果、有機物埋立地、不燃物埋立地に関わらず、時間の経過につれ浸出水中の生物分解性有機物が

減少し、C/N比が低下することが示された。浸出水の分子量分布の特徴は、難生物分解性有機物が埋立からの時間経過につれ増加することを示唆していた。即ち、埋立地が古くなると、浸出水中の生物分解性有機物が減少し、その結果、低C/N比（アンモニア態窒素濃度/TOC濃度）となっていた。各種試料の溶出液のC/N比を測定し、下水消化槽汚泥の分解実験を好氣的条件下および嫌氣的条件下で行い、これらの結果を比較し半理論計算を行うことにより、低いC/N比は埋立地に蓄積された微生物の自己分解に起因することを示した。以上の結果から、低C/N比の浸出水発生を防ぐには、できる限り有機物の多い廃棄物を埋め立てないことが重要であると結論した。

最後に、上記の結果を踏まえ、低C/N比浸出水を処理する装置を開発することを目的とした研究を行った。ここで提案された装置は、粒状活性炭を利用し反応器内ガス空間の酸素濃度を制御する生物膜反応器を用いることにより、低C/N比浸出水を効率よく処理しようとする点に独創性がある。本装置を用い、人工浸出水を処理した。その結果、反応器内酸素濃度を5-10%に制御するとC/N比が1という極めて低い浸出水においても、有効な処理が可能であることが分かった。さらに、本装置は、無人操作が行えるため、これまでより安価な処理を行える利点がある。低C/N比かつ高アンモニア含有率の浸出水を処理する方法にはまだ改良の余地があるが、本研究で提案された酸素濃度を制御した粒状活性炭付着生物膜による浸出水処理装置は、今後の試験を経て発展応用される余地があるものと思われる。

申請者は大学院博士課程を通して、誠実かつ熱心に実験およびデータ解析に取り組んで論文をまとめてきた。また、大学院課程における研鑽や取得単位なども合わせ、今後、研究者として高い能力を発揮していくことと判断する。以上から、審査員一同は、申請者が博士（地球環境科学）の学位に相当する十分な資格を有するものと判定した。

減少し、C/N比が低下することが示された。浸出水の分子量分布の特徴は、難生物分解性有機物が埋立からの時間経過につれ増加することを示唆していた。即ち、埋立地が古くなると、浸出水中の生物分解性有機物が減少し、その結果、低C/N比（アンモニア態窒素濃度/TOC濃度）となっていた。各種試料の溶出液のC/N比を測定し、下水消化槽汚泥の分解実験を好氣的条件下および嫌氣的条件下で行い、これらの結果を比較し半理論計算を行うことにより、低いC/N比は埋立地に蓄積された微生物の自己分解に起因することを示した。以上の結果から、低C/N比の浸出水発生を防ぐには、できる限り有機物の多い廃棄物を埋め立てないことが重要であると結論した。

最後に、上記の結果を踏まえ、低C/N比浸出水を処理する装置を開発することを目的とした研究を行った。ここで提案された装置は、粒状活性炭を利用し反応器内ガス空間の酸素濃度を制御する生物膜反応器を用いることにより、低C/N比浸出水を効率よく処理しようとする点に独創性がある。本装置を用い、人工浸出水を処理した。その結果、反応器内酸素濃度を5-10%に制御するとC/N比が1という極めて低い浸出水においても、有効な処理が可能であることが分かった。さらに、本装置は、無人操作が行えるため、これまでより安価な処理を行える利点がある。低C/N比かつ高アンモニア含有率の浸出水を処理する方法にはまだ改良の余地があるが、本研究で提案された酸素濃度を制御した粒状活性炭付着生物膜による浸出水処理装置は、今後の試験を経て発展応用される余地があるものと思われる。

申請者は大学院博士課程を通して、誠実かつ熱心に実験およびデータ解析に取り組んで論文をまとめてきた。また、大学院課程における研鑽や取得単位なども合わせ、今後、研究者として高い能力を発揮していくことと判断する。以上から、審査員一同は、申請者が博士（地球環境科学）の学位に相当する十分な資格を有するものと判定した。