

学 位 論 文 題 名

Basic study on passive aeration for sanitary landfill
to enhance stabilization in the aftercare-phase

(準安定期にあるごみ埋立地における安定化促進のための
受動的酸素通気に関する基礎的研究)

学位論文内容の要旨

発生ごみ量が大量であること、埋立用地に制限があること等の理由で、日本では戦略的にごみ焼却を選択している。しかし、埋立地は焼却残渣や不燃ごみの最終的な処分先として確保することが必要である。また、埋立地に関する今日的な課題には、埋立用地の不足、安定化に至るまでの長期間の維持管理、環境への影響などがある。

一方、準好気性埋立技術は日本で広く使用されてきた。この技術では、浸出水・埋立ガス集排管網を通して自然に起こる換気作用を使って、埋立地内に酸素を供給するので、ごみの分解速度が速くなると共に、浸出水質が改善される。しかし、この管網を通しての酸素供給という観点からの、浸出水・埋立ガス集排管網の配置設計については、研究されてこなかった。

そこで、本研究では、埋立地内の安定化が進みつつある古い埋立地において、安定化を一層促進するために、短期間で（例えば、5-10 年程度で）埋立地内を完全に好氣的にすることを目的に、埋立地内に設置される浸出水及び埋立ガスを集め排除する管網（底部集排水管及び堅型ガス抜き管）の設計理論を明らかにした。

本論文は6つの章から構成されている。

第1章では、研究の背景、目的、意義及び論文構成について述べた。

第2章では、廃棄物充填層（多孔体）中のガス流れに関係する物理的な特性、空隙率、透気係数、屈曲率、及び代表間隙径を、焼却灰、破碎粗大ごみ、破碎不燃ごみのような種々のごみ充填層に対して測定した。ごみ特性、特に水分の影響に注目して測定した。固有透気係数は、1-2桁低い値を示した一部の焼却灰を除いて、 10^{-10} to 10^{-9} m² のオーダーであった。屈曲係数は、粒子状物質のものより大きく、2-10 の範囲にあった。代表間隙径は、 10^{-4} m のオーダーであり、ごみ層内のガス拡散は通常拡散であることが分かった。

第3章では、日本で普通に埋め立てられている、焼却灰、不燃ごみ、及び破碎粗大ごみの篩下成分について、酸素吸収を研究した。試料としては、ごみ処理施設から直接採取した、新しいものと、埋立地から掘り起こして採取した、古いものを用い、各種の分析を行った後、酸素吸収を測定した。粗大ごみが最も高い酸素吸収を示したが、古い試料は生物分解性有機物を相当に消失しており、酸素吸収も乏しいことが分かった。10 日間酸素吸収量は、試料の強熱減量と共に増加した。酸素吸収に関する実験結果を

モデル式で模擬し、得られたパラメータとごみ特性の関係を解析した。

第4章では、古い不燃ごみをカラムに充填し、長期間の酸素吸収・酸素移動実験を行った。充填層の特性を測定し、層内を窒素ガスで置換した後、ごみ充填層の一端を大気に開放した。カラムの種々の深さで、長期に、層内ガス組成を分析した。得られたガス組成分布を、(移流のない)拡散モデルで模擬した結果、良い一致を見たので、埋立地内で嫌気性ガス発生がほとんどなくなった埋立地における酸素拡散侵入の計算モデルとして、この拡散モデルが使用できることが分かった。また、酸素吸収速度をモノ一型で表現したときの、最大酸素吸収速度や、基質及び酸素濃度に関する飽和係数を定め留と共に、ごみ中の基質量(残存する生物分解性有機物量)を、残存酸素消費能物質質量で表現することを提案した。

第5章では、埋立地内の管網から自然に(受動的に)短期間で酸素をごみ埋立層内に侵入させるために、埋立地内の管網をどのように配置すればよいか、種々の場合について、拡散モデルを用いて検討した。検討に用いたごみ充填特性は、第4章で得られたものを用いたが、空隙率、屈曲率、最大酸素吸収速度などについて感度解析を行った。縦型ガス抜き管のみを用いる方法では、極めて近い間隔で管を設置する必要がある、現実には不可能であることが分かった。しかし、埋立地底部に設置される浸出水集排水管用いて効果的にごみ層全体を好気化することが可能であった。そこで、管の配置間隔を計算する方法を示した。そして、管の配置間隔に最も影響を与える因子は、空隙率/屈曲率、ごみ中の残存生物分解性有機物量、及び埋立地深さである。

第6章は、本論文の結論である。

この論文で示した設計法は簡単に使用できるが、ごみ充填層の特性が必要である。このため、本論文の第2, 3, 4章の成果を利用して推定するか、あるいは、計画する埋立地と同様の既存の古い埋立地から試料を採取して第2, 3, 4章で述べた手順で特性を測定する必要がある。全層を好氣的にするために必要な年数に対して、必要な管配置間隔が定まるが、最終的には、経済性や実行可能性を考慮して決定することになる。

なお、この方法は、嫌気性ガス発生がほとんどなくなった古い埋立地において、短期間に全層に酸素を侵入させることを考えたものである。そして、埋立地内の管網を、安定化促進時に新たに建設するものではなく、埋立地設計建設時に、その機能を持った管網を設置しておくことを考えたものである。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 田 中 信 壽
副 査 教 授 恒 川 昌 美
副 査 教 授 古 市 徹
副 査 助 教 授 松 藤 敏 彦

学 位 論 文 題 名

Basic study on passive aeration for sanitary landfill to enhance stabilization in the aftercare-phase

(準安定期にあるごみ埋立地における安定化促進のための
受動的酸素通気に関する基礎的研究)

準好気性埋立技術は日本で広く使用され、浸出水・埋立ガス集排管網を通して自然に起こる換気作用を使って、埋立地内に酸素を供給するので、ごみの分解速度が速くなると共に、浸出水質が改善される。しかし、この管網を通してのごみ層内への酸素供給という観点からの、浸出水・埋立ガス集排管網の配置設計については、研究されてこなかった。

そこで、本研究では、埋立地内の安定化が進みつつある古い埋立地において、安定化を一層促進するために、短期間で（例えば、5－10 年程度で）埋立地内を完全に好気化することを目的に、埋立地内に設置される浸出水及び埋立ガスを集め排除する管網（底部集排水管及び堅型ガス抜き管）の設計理論を明らかにしている。

第1章では、研究の背景、目的、意義及び論文構成について述べている。

第2章では、廃棄物充填層（多孔体）中のガス流れに関係する物理的な特性、空隙率、透気係数、屈曲率、及び代表間隙径を、焼却灰、破碎粗大ごみ、破碎不燃ごみのような種々のごみ充填層に対して測定し、固有透気係数は、1－2桁低い値を示した一部の焼却灰を除いて、 10^{-10} to 10^{-9} m²のオーダーであること、屈曲係数は、粒子状物質のものより大きく、2－10の範囲にあること、代表間隙径は、 10^{-4} mのオーダーであり、ごみ層内のガス拡散は通常拡散であることなどを明らかにしている。

第3章では、日本で普通に埋め立てられている、焼却灰、不燃ごみ、及び破碎粗大ごみの篩下成分について、酸素吸収を研究している。試料としては、ごみ処理施設から直接採取した、新しいものと、埋立地から掘り起こして採取した、古いものを用い、各種の分析を行った後、酸素吸収を測定

している。粗大ごみが最も高い酸素吸収を示したが、古い試料は生物分解性有機物を相当に消失しており、酸素吸収も乏しいことを明らかにした。10日間酸素吸収量は、試料の強熱減量と共に増加し、酸素吸収に関する重要な指標となることを明らかにすると共に、酸素吸収速度測定結果をモデル式で模擬し、得られたパラメータとごみ特性の関係を解析している。

第4章では、古い不燃ごみをカラムに充填し、長期間の酸素吸収・酸素移動実験を行っている。充填層の特性を測定し、層内を窒素ガスで置換した後、ごみ充填層の一端を大気に開放し、カラムの種々の深さで、長期に、層内ガス組成を分析している。得られたガス組成分布を、(移流のない)拡散モデルで模擬した結果、良い一致を見たので、埋立地内で嫌気性ガス発生がほとんどなくなった埋立地における酸素拡散侵入の計算モデルとして、この拡散モデルが使用できることを明らかにした。また、酸素吸収速度をモノー型で表現したときの、最大酸素吸収速度や、基質及び酸素濃度に関する飽和係数を定めると共に、ごみ中の基質量(残存する生物分解性有機物量)を、残存酸素消費能物質量で表現することを提案している。

第5章では、埋立地内の管網から自然に(受動的に)短期間で酸素をごみ埋立層内に侵入させるために、埋立地内の管網をどのように配置すればよいか、種々の場合について、拡散モデルを用いて検討している。検討に用いたごみ充填特性は、第4章で得られたものを用いているが、空隙率、屈曲率、最大酸素吸収速度などについて感度解析を行っている。堅型ガス抜き管のみを用いる方法では、極めて近い間隔で管を設置する必要があるが、現実には不可能であることが分かった。しかし、埋立地底部に設置される浸出水集排水管及び碎石層を用いて効果的にごみ層全体を好気化することが可能であることを明らかにした。そこで、管の配置間隔を計算する方法を示した。そして、管の配置間隔に最も影響を与える因子は、空隙率/屈曲率、ごみ中の残存生物分解性有機物量、及び埋立地深さであることも明らかにしている。

第6章は、本論文の結論を述べている。

これを要するに、著者は、準好気性構造を持つ埋立処分場が、埋立後一定の時間が経過したときの、埋立地の安定化、つまり酸素の侵入を取扱い、それを促進するための浸出水集排水管及び碎石層の設計法について明らかにしており、この成果は、安定化を促進する廃棄物埋立処分場の設計に貢献するものであり、廃棄物工学及び環境工学に寄与するところが大きい。

よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。