

廃棄物埋立層内の温度分布に関する研究

学位論文内容の要旨

都市において発生する廃棄物は、有価物の回収、焼却・破碎による容積減量などの処理を経て、最終処分場に埋め立てられる。したがって、最終処分場は様々な廃棄物の保管場所となり、数十年の長期間に亘って管理していく必要があることから、その設置に際しての設計・管理の問題は十分に検討されていなければならない。そのためには埋立層内で生じる様々な物理・化学・生物学的現象を解明し、埋立層内で生じている現象を数値シミュレーションを通して再現することによって、有効な措置を講じていく必要がある。また、現在の廃棄物最終処分場指針によれば、最終処分場整備計画策定において、跡地利用計画を考慮することになっている。このためには、処分場の安定化を評価する必要がある。指針においては、「跡地の安定化は、主に、1) 造成地盤の沈下速度、2) 浸出水の水質、3) 発生ガスの質と量、4) 埋立地層内の温度等を考慮して判断される」などとしている。このように、埋立地の安定化に係わる諸現象の解明を図ることも必要である。現在まで、多くの研究者による研究成果により埋立層内の水分移動・物質移動現象についての研究は進展しつつある。しかしながら、埋立層内の温度分布あるいは熱の移動現象に関してはほとんど研究がなされていない。

本研究は廃棄物埋立地内部の温度に着目し、温度分布特性に関して実測事例を通してその詳細を把握するとともに、埋立層内温度分布を求めるための計算手法を開発することを目的とするものである。これにより設計・管理技術において、埋立地における基礎的現象としての温度の重要性について指摘するとともに、今後重要性を増すと予測される埋立地内部の諸現象のシミュレーションに必要な諸原理の内、温度分布の計算理論について詳細に検討し、合わせて温度分布や熱移動を計算する上で必要な諸物性値についても明らかにした。

以下に、各章の概要をまとめる。

第1章では廃棄物埋立地における温度の物理・化学・生物学的現象に与える影響、またこれまで廃棄物埋立地の温度分布あるいは熱移動現象に関する理論的研究などの過去の研究事例を整理するとともに、本研究の目的及び章構成について述べた。

第2章では廃棄物埋立地内部温度の測定事例を収集・整理し、埋立ガス・埋立地内部水・浸出水等の温度測定を通して、深さ方向の温度分布及び経時変化などの埋立地内部温度環境の概要を示した。

第3章では、埋立地内部温度分布の計算に必要な熱移動現象に関する熱収支方程式を提案した。さらに、この熱収支方程式を用いて1次元温度分布を計算し、水蒸気・ガス移動の影響評価、廃棄物層の熱特性に関するパラメーターによる感度解析、境界条件の評価、さらに埋立開始から終

了までの埋立プロセスを考慮したシミュレーションを行い、埋立地内部温度分布の基本特性について検討した。

第4章では、第3章において展開した1次元温度分布計算手法を用いて、東京都において測定された温度分布の深さ方向及び経年変化に関する結果を計算対象としてシミュレーションを行い、実測温度分布を再現する微生物反応の種類及び反応速度を検討し、本論文で提案する計算手法の有効性を示した。

第5章では、埋立地内部温度上昇に伴い、埋立ガスや水が埋立層内の上下・左右の温度差により熱対流を起こす可能性と温度分布特性への影響について理論的に検討した。

第6章では、埋立地内部の熱移動特性を支配する廃棄物充填層の有効熱伝導率について実験的に検討した。模擬廃棄物充填層を用いた有効熱伝導率測定手法を開発するとともに、理論モデルによる廃棄物埋立層の有効熱伝導率推定法を提案した。

第7章では、埋立地への降雨浸入により生じる不飽和水分流れを伴う熱移動現象を実験的に検討した。模擬廃棄物充填層を用いた実験により求めた温度分布および経時変化に関するシミュレーションを行い、本論文で提案している熱収支方程式の妥当性を検討するとともに、熱分散現象について検討した。

第8章では、本論文で提案した熱収支方程式を用いて、実際の埋立セルの積み上げ過程を考慮した3次元温度分布の計算を行うことにより、主として埋立セルの積み上げ方法や微生物反応の種類の違いによる温度分布への影響を評価し、埋立地内部の3次元温度分布の特徴や計算手法を総合的に検討した。

第9章では、本研究の総括を行った。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 田 中 信 壽

副 査 教 授 古 市 徹

副 査 教 授 恒 川 昌 美

副 査 教 授 藤 田 睦 博

副 査 教 授 穂 積 準(室蘭工業大学大学院工学研究科)

学位論文題名

廃棄物埋立層内の温度分布に関する研究

廃棄物埋立地は、市民生活や産業活動を支える社会基盤施設として重要であるが、埋立処分場の工学的設計に関する研究課題は多い。廃棄物埋立工学を確立するための課題の一つに、埋立地内で起こっている移動現象や反応などの諸現象を明らかにすることがある。本論文は埋立地内の諸現象の内、基本的な環境因子である温度について包括的に研究している。すなわち、廃棄物埋立層内における熱移動現象について整理し、それを定式化し、廃棄物埋立層の熱容量・有効熱伝導率などの熱特性を明らかにし、さらに、それらを利用して埋立地内温度分布の特徴について検討している。

以下に、各章の概要をまとめる。

第1章では、廃棄物埋立地における温度の物理・化学・生物学的諸現象に与える影響、及び廃棄物埋立地の温度分布並びに熱移動現象に関する既往の研究について概括し、研究の目的・意義・内容を明らかにしている。

第2章では、廃棄物埋立地内温度の測定事例を収集し、深さ方向に大きな温度分布が存在すること、及び経時変化などの埋立地内部温度の特徴を明らかにすると共に、温度分布形成の原因に関する原著者の見解を整理している。

第3章では、埋立地内温度分布や経時変化の計算に必要な熱移動現象に関する熱収支方程式、及び熱特性値を示している。さらに、これらを用いて種々の条件で温度分布を計算し、降雨浸透水、水蒸気・ガス移動、境界条件、ごみ層積み上げ、及び埋立地表層における好気性微生物反応などの影響を検討し、埋立地内部温度分布の場所的経時的特徴を明らかにしている。

第4章では、第3章において展開した温度分布計算法を用いて、東京都海面埋立地における実測温度の深さ方向及び経年変化に対してシミュレーションを試み、実測温度分布を再現する条件を検討し、埋立地表層における好気性微生物反応による発熱を考慮することの重要性を指摘すると共に、本論文で提案した計算法の有効性を示している。

第5章では、埋立地内部温度上昇に伴い、埋立ガスや水が埋立層内の上下・左右の温度差により熱対流を起こす可能性と温度分布特性への影響について理論的に検討している。

第6章では、埋立地内部の熱移動特性を支配する廃棄物充填層の有効熱伝導率について実験的に検討している。模擬廃棄物充填層を用いた有効熱伝導率測定手法を開発するとともに、理論モデルによる廃棄物埋立層の有効熱伝導率推定法を提案している。

第7章では、廃棄物埋立層内の不飽和水分流れを伴う熱分散現象を検討すると共に、本論文で提案している熱収支方程式の妥当性を明らかにしている。

第8章では、本論文で提案した熱収支方程式を用いて、実際の埋立過程を考慮した3次元温度分布の計算を行うことにより、埋立方法や微生物反応の種類の違いなどによる温度分布への影響を評価し、埋立地内部の3次元温度分布の特徴や計算手法について検討している。

第9章では、本研究の総括を行っている。

これを要するに、著者は、廃棄物埋立層内温度の場所的・時間的分布を計算するための基礎方程式・熱特性設定値・計算条件などを示すと共に、これらの計算法を用いて埋立地内温度分布に関する多くの知見を得ており、廃棄物工学、環境工学の進歩に寄与するところ大なるものがある。

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。