

氏 名	おのの 小 野 さとし
学位の種類	博 士 (工 学)
学位記番号	工 博 第 2307 号
学位授与の日付	平成 15 年 9 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 土 木 工 学 専 攻
学位論文題目	発生ガス対策による廃棄物処分場の跡地利用のための地盤環境改善に関する研究

論文調査委員 (主 査) 教 授 嘉 門 雅 史 教 授 大 西 有 三 教 授 武 田 信 生

論 文 内 容 の 要 旨

資源循環型社会において各種の資源化・減量化を推進しても、最終的に処分すべき廃棄物をなくすことは不可能である。しかしながら、廃棄物が資源であるとの観点に立ち、再利用を考慮した処理処分システムを構築し適切な対処を行うことによって、廃棄物問題の抜本的解決につながるものと考えられる。本論文は廃棄物処分場を「廃棄物地盤」として捉え、早期安定化に対する対策技術の中でも従来事例がほとんどみられない、廃棄物地盤に空気を送り土壌圏の気相を改善する“圧気工法”の適用性を、実施工を通じて詳細に検討したものであり、以下に示される7章から成っている。

第1章は序論であり、大都市部においては、人口の集中化、過密な土地利用を反映して、廃棄物地盤の早期安定化技術・跡地利用策が地球（地盤）環境工学上の重要な課題となっている。その際、対象とする汚染物質の存在形態や挙動の特性を十分に把握する必要がある。ガス抜き圧気工法は、効率的、効果的に土壌空隙中の気体除去を目的とした物理的な対策であって、(1) 処分場の安定性、(2) 跡地の有効利用に関する検討、さらに (3) 処分場の立地、設計を行う際の検討、において有効となる。廃棄物地盤の場合も、適切な改善策を考慮することにより通常の地盤と同様に利用できる。これらの背景を基に、本研究を遂行する目的、および本論文の構成について述べている。

第2章では廃棄物地盤利用を目的とした発生ガス対策の意義を明らかにし、廃棄物地盤に対する管理と対策、跡地利用上の諸問題に関連した対策技術やモニタリングを検討した。さらに地盤・地下水汚染の浄化コストは極めて高額であることから、環境リスクを考慮した費用便益の考え方を取り入れた対応策を示した。

第3章では廃棄物地盤の地盤工学的特性を明らかにし、発生ガス対策と地盤安定性を評価し、廃棄物地盤の跡地利用時の周辺環境対策（発生ガス逃散防止対策）について検討した。ここでは、生態、環境の面から、地盤沈下、発生ガス、浸出水質、地中温度、植生に関する問題を取り上げ、埋立廃棄物が時間の経過とともに物理・力学的、化学的、生物学的に安定な状態に変質する時の目安となることを明らかにした。特に、 CH_4 が安定化指標として有効であることを示し、およそ埋立後5年あるいは20年を境に安定化領域へと移行することを明示した。

第4章では、廃棄物地盤を跡地利用する際に、効果的な環境改善をもたらす圧気工法の適用とその特徴を明らかにした。廃棄物地盤におけるガスの改質改善は、メタンガス対策と硫化水素ガス対策に区分される。地盤環境改善のために発生ガス対策として、環境対策ならびに地盤対策を3箇所の現場に適用した。これらの施工実績より、送気（風流）が与えるガス抜き対策効果と地盤内の環境改善への影響を明らかにした。特に、圧気工法における送気量の増加によって、早期の環境改善、短期的かつ効果的な環境対策（ガス抜き・空気置換工法）が可能であることを実証した。

なお、嫌気性状態における H_2S と CH_4 の発生状況は比例関係にあり、ガス抜き時には CH_4 と同時に H_2S が除去される。 CH_4 は空気より軽く H_2S はやや重いので、送気による圧力（風力）により外部排出される。さらに、時間的・量的な排出のためには強制吸引排気を併用する必要がある。現場における施工実績より、次の安全・安心対策を明らかにした。

- ①建設施工時の安全性確保、火気類の使用が常時可能になることに伴う作業能率の向上、②過大な安全対策や周辺居住区

への環境保全などを行う必要がなくなり、その結果、③全体工事へのコスト縮減に寄与することができた。

第5章では、廃棄物地盤でのガス抜き工に対する改善効果について総合的な考察を行った。埋立層内におけるガス排出のメカニズムを明らかにして、ガス抜き対策工の改善効果を実証した。すなわち、①送気による酸素濃度の増加と、②空気（風）の流れを利用した発生ガスの押し出し効果が期待され、③早期に埋立層内の環境を改善できる。

吸引排気は排気孔を中心に同心円状に緩速的に環境改善するのに対して、圧気は噴流状に四方へ空気放出し空気ミチ（流路）を形成しガス流動層を生成させながら、その周辺のガスを取り込みながら排気孔へと急速に移動させることが可能となる。自然給排気システムにおいては、地盤環境の変化は徐々に起こるが、強制排気工法、特に圧気工法では外気を地盤内部に注入するので、施工初期段階において急激に環境変化が起き改善効果は大であり、跡地を早期・短期利用する建設工事には特に有効となる。さらに、ガス抜き工法を用いた環境保全対策において、地盤内への送気量と環境改善の関係を明らかにした。施工サイトにおける実績、効果判定ならびに評価を基にして、初期ガス濃度、対象区域、施工期間などがガス排出工の設計時の入力条件となることを明らかにし、圧気孔からの送気量、排気孔の間隔および配置の条件から決まるガス排出ポテンシャル(X)と、対策工の施工前後における指標発生ガスとしてのCH₄濃度比である改善比率(Y)との相関性が、設計の基礎関数となりうることを示した。

第6章では、ガス排出ポテンシャル(X)と改善比率(Y)の関係をを用いることにより、廃棄物地盤でのガス抜き工の計画・設計法の提案を行った。工事の安全性確保に着目した場合、指標ガスの初期メタンガス濃度と改善目標濃度より必要送気量が求められる。すなわち、発生ガス濃度と目標濃度よりガス排出ポテンシャルが求まり、対象区域の特性並びに送気孔、排気孔の間隔と配置を設定することによって1孔当りの送気量が求まる。送気孔数に応じて総送気量、施工期間、設備計画が立案されることを提示した。

第7章は結論であり、本論文で得られた成果について要約し、今後の展望を述べている。

論文審査の結果の要旨

循環型社会形成の一環として、廃棄物処分場の跡地利用が有効であるが、そのためには廃棄物地盤の早期安定化が必須である。本論文では廃棄物地盤におけるガス抜き対策工法を取り上げ、地盤としての安定化促進効果を詳細に検討し、環境改善への具体的取り組みを行ったものである。すなわち、廃棄物地盤の跡地利用（改良）の手段として、空気を送り込んで土壌圏の気相を改善する“圧気工法”を対象とし、送気（風の流れ）によって起こる廃棄物層内のガス挙動の解明と、それに伴う内部の環境改善効果の主要因に関する検討を行い、実際の廃棄物地盤へ適用しうる発生ガス対策工法の設計・評価手法を提案しており、得られた主な成果は次のとおりである。

(1) 圧気工法による発生ガス対策の基本的な考え方を明らかにし、圧気工法に基づく地盤環境の改善対策の有効性を示した。

(2) 廃棄物地盤における発生ガスの改質改善に関して、メタンガス対策と硫化水素ガス対策とに区分し、対象の廃棄物地盤に適した発生ガス対策工の検討を行って、CH₄を指標ガスとして設定できることを明らかにした。

(3) 実際の廃棄物地盤内に空気の吹き込みを行い、発生ガスを強制排出する圧気工法を適用した結果、①送気による酸素濃度の増加、②空気（風）の流れを利用した発生ガスの押し出し効果、③早期の廃棄物地盤の内部環境の改善効果等を得ることに成功した。

(4) ガス抜き工法を用いた環境保全対策において、圧気孔からの送気量と排気孔の間隔および配置の条件によって決まるガス排出ポテンシャル(X)と、指標ガスであるメタンガスの初期濃度と改善目標濃度から決まる改善比率(Y)とを新しく設定し、両者の有意な相関関係を明確にした。

(5) 原位置における試験施工の実施が、発生ガス対策本工事の設計を行う上で極めて有効であることを確認し、施工管理基準を設定することを可能にした。

(6) 圧気工法は、廃棄物地盤の内部状態を早期に嫌気性から好気性雰囲気に移行させ、短期的かつ効率的な環境対策（ガス抜き・空気置換工法）が可能であることを実証した。

以上要するに、本論文は、廃棄物処分場の跡地利用のための早期安定化対策として、発生ガス処理の有効性を明らかにし、

適切な設計手法を提案して、実施工における有用性を実証したものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は、博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成15年7月22日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。