

II-441 覆土層と廃棄物層の土壌物理特性及びその応用

福岡大学 工学部○学生員 渡辺亮一 正 員 花嶋正孝
福岡大学 工学部 正 員 松藤康司
九州大学 工学部 正 員 栗谷陽一 学生員 島岡隆行

1. はじめに 埋立地底部より流出してくる浸出水は、集水された後汚水として処理されている。また、浸出水の水量・水質の変動幅が大きく、汚水処理が困難なうえ、長期に亘って汚水処理を必要とするため、処理費は莫大なものとなっている。そこで我々は、埋立地からの浸出水量の予測を最終目的として研究に着手しており、今回は浸透解析に基礎となる焼却灰(廃棄物層)と真砂土(覆土層)の保水性および透水性の把握を行うことにした。その結果、焼却灰の保水性および透水性の特異性²⁾を見出すとともに、廃棄物層と覆土層の透水性を応用した、覆土層内での雨水排除の可能性を実験的に確認したのでここに報告させて頂く。

2. 試料および試験方法 廃棄物および真砂土の「保水性」と「透水性」に関する試験を行った。試験に用いた試料の粒度分布は各、図-1に示すとうりである。(1)保水性については、排水過程および給水過程の水分特性曲線を「土柱法」によってpF2まで求めた。pF3とpF4については、「遠心法」により測定した。実験条件は、表-1に示す。(2)透水性については、飽和透水係数の測定を内径30cmの装置を用いて、定水位透水試験法に準拠して試みた。装置には、臨みに掛けていない焼却灰(焼却灰C)を厚さ30cmに充填した。不飽和透水係数を求めるに当たっては、体積含水率(以後、含水率と記す。)の高・低によって、測定方法を変えた。高含水率においては、後述するようにガス発生を応用した方法で求め、低含水率においては充填試料の上部より微量定量ポンプで任意量の蒸留水を供給し、定常時のマトリックポテンシャル勾配が0になる高さにおける含水率を求め決定した。この試験には、10mm以下の焼却灰を用いた。

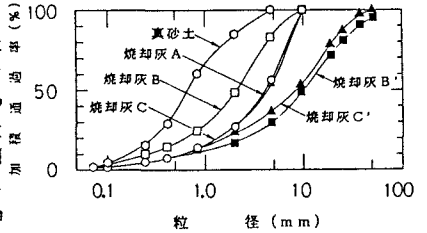


図-1 試料の粒度分布

表-1 水分特性曲線測定の実験条件

試料番号	試料	排水・給水	初期含水率(%)	充填密度(1/m ³)	放置期間(日)
1	真砂土	排水	9.35	1.32	11
2	焼却灰A	排水	9.08	1.28	8
3	焼却灰A	吸水	8.60	1.28	50
4	焼却灰B	排水	9.40	1.27	8
5	焼却灰C	排水	10.04	1.27	7

3. 試験結果および考察 3-1 水分特性曲線について

焼却灰および真砂土の水分特性曲線を、図-2に示す。今回は主に排水過程の水分特性曲線を求め、排水期間を1週間~1ヶ月の間で変えて行った。その結果、排水期間によらず、ほぼ同じ水分特性曲線が得られた。まず始めに、焼却灰の毛管水帯は20~30cmであることが分かり、真砂土の毛管水帯約50cmと大きく異なっている。このことより、焼却灰は真砂土に比べ、極めて保水性が悪いと言える。更に、排水過程のpF3およびpF4を測定した結果、pF3における含水率は約0.18とpF2のそれとあまり変化がなかった。しかし、pF4においては、含水率が約0.06にまで低下し、焼却灰の風乾状態の含水率約0.03に近くなっている。この結果より、焼却灰はpF3付近までは水分をある程度保持するが、それ以上マトリックポテンシャルが小さくなると、急激に水分が排水されてしまうことが分かった。また、吸水過程については、50日間吸水を行ったが、pF2までにおいては明瞭なヒステリシスは見受けられなかった。

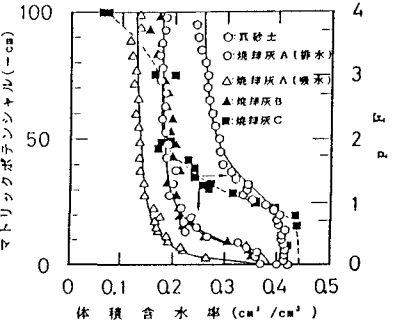


図-2 焼却灰および真砂土の水分特性曲線

3-2 不飽和透水係数について

図-3に定水位試験法に準拠し、飽和透水係数の測定を試みた結果を示す。一般土壌の飽和透水係数は固有の値を示すものであるが、焼却灰の透水係数は通水時間とともに低下を起こした。この理由として、試験中に確認される焼却灰からのガス発生が挙げられ、この気泡により焼却灰粒子間の空隙の大部分が閉塞されるためであると考えられる。そこで焼却灰からのガス発生を、パッチ試験によって再確認することにした。焼却灰Aを水道水に浸漬させ、発生してくるガス量を経時的に測定した結果が図-4である。焼却灰より0.4~1.0ml/gのガスが発生し、本試験条件下では、焼却灰に対し水分量が多い程ガスが発生することが示唆された。この焼却灰からのガス発生メ

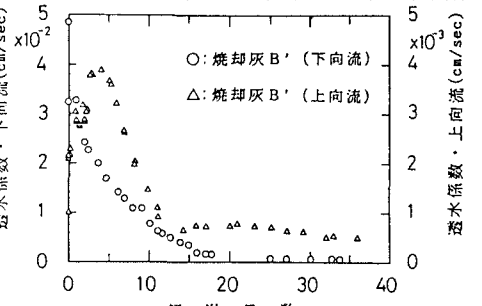


図-3 透水性の経時変化

カニズムは、E・P 灰からのガス発生メカニズム³⁾と同じと考えられ、別途の実験により①ガス発生に伴い水が消失すること、②水温が高い程ガスの発生が著しいことなども確認している。発生したガスの組成は表-2に示すとうり、8割以上は水素ガスであり、同時に検出された窒素および酸素は、実験開始時の焼却灰粒子中に含まれていたものと思われる。

以上のように、焼却灰層内においてガスが発生することにより、焼却灰層内の水分量は減少すると考えられ、このことを応用して不飽和透水係数を測定することにした。高含水率においては、装置（内径7cm、充填厚30cm）の総重量と流出量の経時変化を測定することにより求めた。低含水率においては、不飽和透水係数をリチャードの理論に基づいて求めた。その結果を図-5に示し、焼却灰（焼却灰A、B、C）の不飽和透水係数と含水率の関係は、片対数紙上でほぼ直線になっていることが分かる。次に、今回求めた水分特性曲線および不飽和透水係数から不飽和透水係数とマトリックポテンシャルの関係を求め、その様子を図-6に示している。この図より焼却灰は、マトリックポテンシャルが-2.0cm以下において、不飽和透水係数は0cm/secに近く、比較的高含水率において透水性がなくなることが分かる。それに対して、真砂土の不飽和透水係数はマトリックポテンシャル-5.0cm付近まで透水性が認められ、焼却灰に比べ極めて低含水率まで透水性があることが分かる。この結果をもとに、埋立地を焼却灰の廃棄物層と真砂土の覆土層の二成層の場と考え、雨天時の覆土層と廃棄物層の境界部を想像すると、境界部が比較的高含水率になるまで覆土層から廃棄物層に雨水が浸透せず、その時点まで覆土層底部に雨水が保水されることが予想された。

4. 覆土層および廃棄物層の透水性を応用した覆土層での雨水排除

前述したように、真砂土は焼却灰よりも保水性が優れており、含水率の値によっては焼却灰の透水性より大きくなる。この特性を応用し、覆土層底部に停滞している雨水を、覆土層と廃棄物層の境界面に勾配を付け、境界部において排除する覆土工法のモデル実験を行った。図-7に示す覆土層周辺を再現した埋立模型槽を用い、雨水排除の可能性を探ることにした。覆土層に真砂土を、廃棄物層に焼却灰Cを風乾状態で充填し、図中の矢印の位置より微量定量ポンプで蒸留水を供給した。また、覆土層における水分の移動を把握する目的で、トレーサー物質を丸印の位置に埋め込んだ。非定常状態時のトレーサーの動きは、図中の斜線部分のようになり浸潤前線（破線）と直交し、斜面と平行に移動した。定常状態の各流出口からの流出割合は、供給水量が0.5~1.5ml/minの範囲において、集水路を意味するNo.1の流出口から、約50~85%の流出が認められ、覆土層に浸透した雨水の排除の可能性が示唆された。

5. まとめ 覆土層（真砂土）と廃棄物層（焼却灰）の土壌物理特性をある程度把握することができ、両者の特性を応用するかたちでの雨水排除の可能性が示唆された。結果をまとめると、（1）焼却灰の毛管水帯は20cmと、一般土壌の毛管水帯に比べて極めて小さく保水性が悪いことが分かった。（2）焼却灰を水に浸漬させると水素ガスが発生することを確認し、ガス発生により透水性は低下することが分かった。（3）水素ガスの発生を利用して、焼却灰の不飽和透水係数を求めることができた。（4）焼却灰と真砂土の土壌物理特性の違いを応用して、覆土層底部での雨水排除の可能性が実験的に確認された。

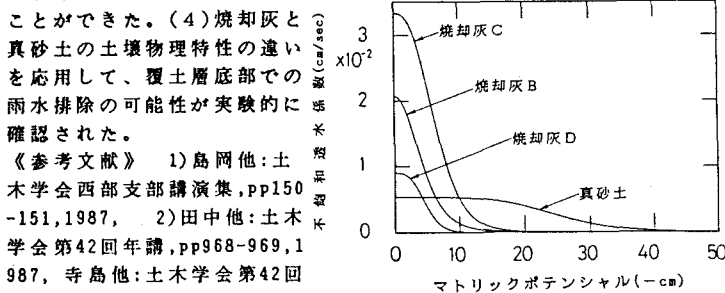


図-6 マトリックポテンシャルと不飽和透水係数の関係

《参考文献》 1) 島岡他：土木学会西部支部講演集，pp150-151，1987， 2) 田中他：土木学会第42回年講，pp968-969，1987， 寺島他：土木学会第42回年講，pp992-993，1987， 3) 本田，高月：第8回全都清講演集，pp137-140，1987

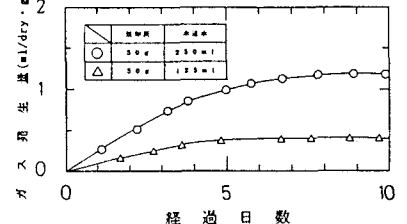


図-4 ガス発生量の経時変化
焼却灰からのガス組成 (単位：%)

H ₂	N ₂	O ₂	CH ₄	CO ₂	Total
83.3	10.4	2.6	1.7	1.4	99.4

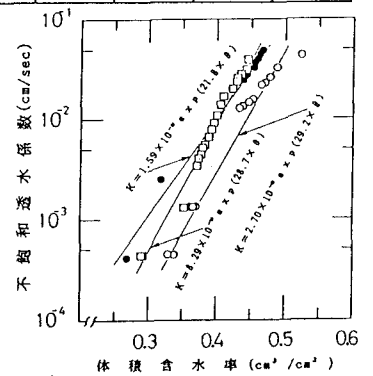


図-5 体積含水率と不飽和透水係数の関係

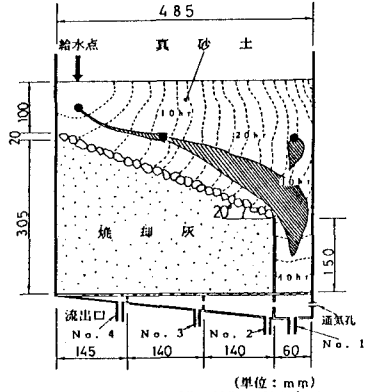


図-7 埋立模型槽の装置図
(---は2時間ごとの浸潤前線)