

大気圧変動による水分移動促進効果に関する基礎的検討(その2)

岡山大学大学院 正会員 ○小松 満

同 学生会員 佐藤 友哉

スイス放射性廃棄物管理協同組合 非会員 榊 利博

1. はじめに

岩盤内に地下空洞を建設する場合、ベンチレーションにより岩盤内部の水分が流出・蒸発することに起因する不飽和領域が発生することが懸念される。本研究では、大気圧変動による水分移動促進効果（バロメトリックポンピング）を実験的に明らかにすることを目的とし¹⁾、表-1に示す砂試料に対する試験を実施した結果、継続的かつ周期的な気圧変化によって水分の浸出が促進されることを確認した²⁾。ここでは、それらの結果を基に、①試料の特性（粒径分布、毛管力等）による違い、②試験期間、③送気量、④変動圧力幅、⑤変動周期の各項目が促進効果に与える影響について検討した。

表-1 試験ケース（一次元鉛直コラム試験）

Case 1: 豊浦砂（一定 20kPa, 変動幅±5kPa (15~25kPa), 周期 20s, 38 日間） ³⁾
Case 2: 5号硅砂（一定 20kPa, 変動幅±5kPa (15~25kPa), 周期 100s, 13 日間） ³⁾
Case 3: 豊浦砂・5号硅砂・混合砂（一定 20kPa, 変動幅±5kPa (15~25kPa), 周期 100s, 20 日間）
Case 4: 豊浦砂・5号硅砂・混合砂（一定 20kPa, 変動幅±5kPa (15~25kPa), 周期 25s, 15 日間）
Case 5: 豊浦砂（一定 20kPa, 変動幅±5kPa (15~25kPa), 周期 25s, 4 日間・9 日間・14 日間）
Case 6: 豊浦砂・5号硅砂・混合砂（一定 20kPa, 変動幅±5kPa (15~25kPa), 周期 50s, 15 日間）

2. ①試料特性（粒径分布、毛管力等）の影響

周期の異なる15日間の試験結果（ケース3, 4, 6）について、試料の粒径分布との相関は確認出来なかった。次に、間隙率及び限界毛管高さと水分減少量及び促進効果の関係をまとめると、図-1(a)に示す間隙率との関係は明確ではなかったが、図-1(b)に示すように、限界毛管

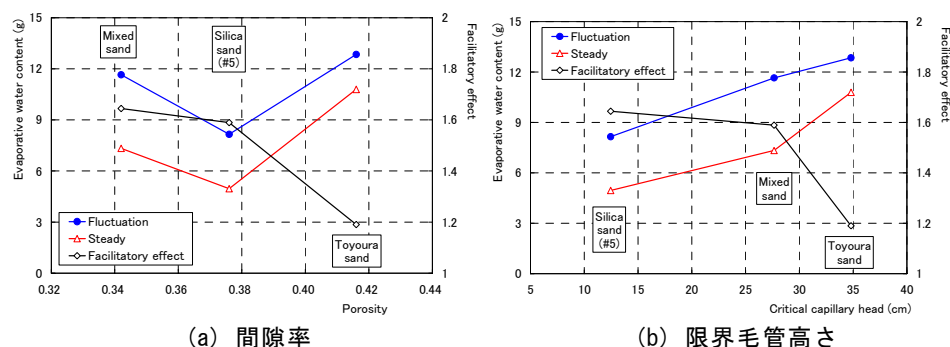


図-1 間隙率、限界毛管高さと水分減少量及び促進効果との関係（周期 50s）

高さが増加すると水分減少量が大きくなる関係を示した。これは、既往の研究で示された知見³⁾と同様であり、毛管力が高いほど、試料内部からの水分の供給が行われるためであると判断できる。

3. ②試験期間の影響

異なる試験期間での結果（ケース 1, 5）を基に、図-2 に水分減少量と試験期間との関係をまとめた。既往の研究では、大気圧下での乾燥プロセスは3つの段階（一定の蒸発段階、遷移段階（急な蒸発量通減段階）、緩やかな蒸発量通減段階）を経ていることが示されている³⁾。今回は大気圧よりも高い圧力下での結果であるが、上述の知見に基づき、14日後までは表面付近の水分が蒸発される一定の蒸発段階、その後は表面付近の飽和度減少によってサクションが働く遷移段階であると考えられるが、今回の結果だけでは、それ以降の蒸発量通減段階に対する判断は得られなかった。

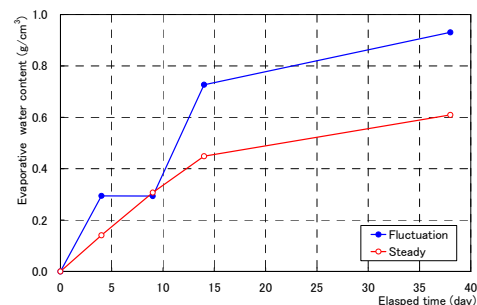


図-2 水分減少量の経時変化

キーワード：大気圧、蒸発、バロメトリックポンピング

連絡先：〒700-8530 岡山市津島中 3-1-1 Tel・FAX:086-251-8160

4. ③送気量の影響

変動圧力の異なる①15～25kPa及び②35～45kPaの結果(ケース6, 7)を抽出して比較した。供試体通過後の圧力はいずれも15kPaに固定していることから、変動圧力の平均値が高いほど、送気量が多いこととなる。図-3に各試料に対して圧力差及び空気量の計測結果を送気量と蒸発量の関係にまとめた。同図より、圧力差が大きいほど、つまり送気量が多い程、蒸発量が多くなる結果となった。

5. ④変動圧力幅の影響

一定圧力20kPa, 変動圧力①15～25kPa, 変動圧力②5～35kPa

の結果(ケース6, 7)を抽出して比較した。図-4に圧力差及び空気量の計測結果を圧力差を考慮して補正した送気量と蒸発量の関係にまとめた。同図より、圧力変動幅が大きい程、蒸発量が多くなる結果を示した。

6. ⑤変動周期の影響

3種類の変動周期(25s, 50s, 100s)で実施した試験結果(ケース3, 4, 6)を基に、変動周期と促進効果の関係を図-5に示す。同図より混合砂の周期25sと50sで値が逆転しているものの、概ね周期が短い程、促進効果が大きくなる傾向を示した。これはバロメトリックポンピング効果によって供試体内部に外気圧が入り込む状況を示唆しているものと判断できる。

7. まとめ

本研究では、大気圧変動による水分移動促進効果を実験的に明らかにすることを目的とし、砂試料に対して一次元鉛直カラム試験を実施した結果に対して、(1)試料の特性(粒径分布、毛管力等)による違い、(2)試験期間、(3)送気量、(4)変動圧力幅、(5)変動周期のそれぞれが促進効果に与える影響について検討した。ここで、得られた知見としては、限界毛管高さが増加すると水分減少量が大きくなること、表面付近の水分が蒸発される期間の後でサクションが働き水分が蒸発する期間となること、送気量が多い(圧力差が大きい)程、蒸発量が多くなること、圧力変動幅が大きい／変動周期が短い程、促進効果が大きくなることである。

今後の課題としては、各要因が及ぼす影響の割合を比較することで、最も支配的なパラメータを抽出するとともに、その影響について定量的に評価することが挙げられる。

【参考文献】

- 1) 小松満・佐藤友哉・榊利博：大気圧変動による水分移動促進効果に関する基礎的研究，土木学会第66回年次学術講演会講演概要集，III-206，pp.411-412，2011。
- 2) 小松満・佐藤友哉・榊利博：大気圧変動による水分移動促進効果に関する基礎的検討(その1)，土木学会第67回年次学術講演会講演概要集，2012。
- 3) 佐藤邦明・福原輝幸・S.ボリス・武田聖司：飽和砂・岩石塊の乾燥プロセスに関する基礎的研究，土木学会論文集，No.469，III-23，pp.65-72，1993。

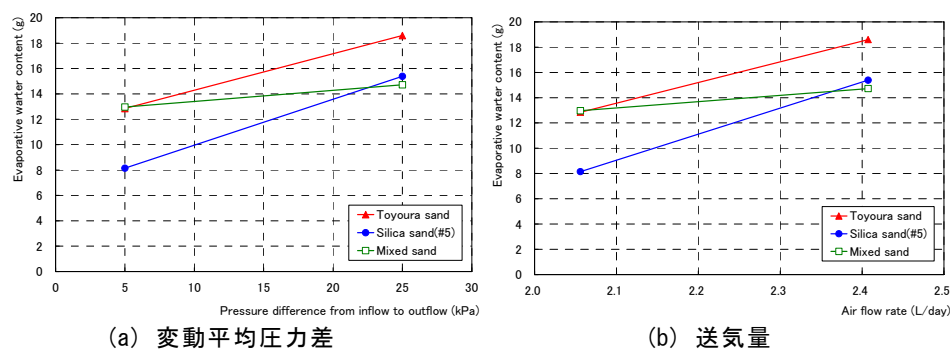


図-3 変動平均圧力差／送気量と蒸発量の関係

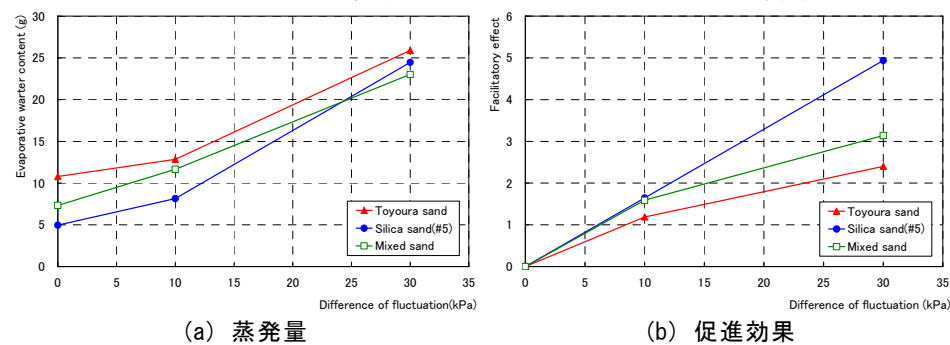


図-4 変動圧力幅と蒸発量／促進効果の関係

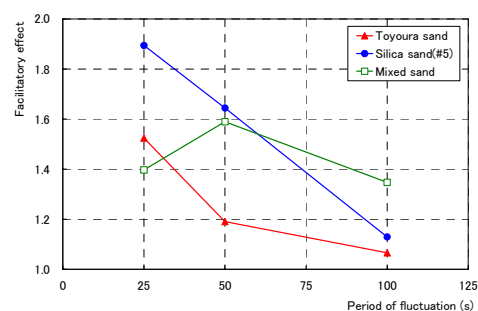


図-5 変動周期と促進効果の関係