

インドネシアの露天掘り石炭鉱山採掘跡地における フライアッシュ覆土層が AMD 抑制に作用するメカニズムに関する研究

岩盤・開発機械システム工学研究室 修士2年 村上海人

1. はじめに

酸性鉱山廃水 (Acid Mine Drainage : 以下 AMD) は深刻な環境汚染問題であるが、インドネシアの露天掘り石炭鉱山の多くはその対策として、発生源となる岩石 (Potentially Acid Forming : 以下 PAF) をその他の岩石で覆土する覆土工法を採用している。これまで、石炭の燃焼とともに生成する石炭灰 (フライアッシュ : 以下 FA (Fly Ash)) を覆土層に適用する研究が行われてきたが、その抑制メカニズムや適用性に関しては未だ検討が不十分である。そこで本研究では、インドネシアの石炭鉱山において採取した 2 種類の FA と PAF を用いた種々の試験を実施し、覆土層への FA の適用性と抑制メカニズムに関して種々検討を行った。

2. 方法および試料

インドネシアの石炭鉱山に隣接する火力発電所より採取した 2 種類の FA (FA1, FA2) と PAF (PAF1, PAF2) を用いて種々の試験を実施した。試料分析結果によると、いずれの FA においてもアラゴナイト等の炭酸塩鉱物の存在が確認されたが、FA1 は FA2 のおよそ 4.4 倍の中和作用を示した。また、PAF1 は PAF2 と比しておよそ 1.2 倍の酸の発生能力を有し、いずれの PAF もスレーキングの原因となる粘土鉱物であるイライトの含有が確認された。次に、図 1 に示すように 10 パターンの試料充填カラムを準備し、FA 覆土層による AMD 抑制効果を検討するためにカラム通水試験を実施し、通水後の試料に対して Scanning Electron Microscope / Energy Dispersive X-ray spectroscopy (SEM-EDX) 観察を行った。また、異なる pH 条件下における岩石のスレーキングを検討するために、pH = 2, 4, 6, 8, 10 の条件における PAF のスレーキング試験を実施した。

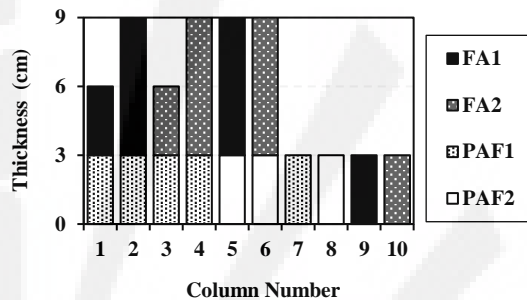


図 1 通水試験における試料充填パターン

カラム通水試験の結果、FA 覆土層による浸出水の pH の明確な改善効果は認められなかった。しかしながら、カラム 2 では 4 通水目、5 では 10 通水目において、PAF 層への水の浸透が遮断された。これは、浸出水の pH が改善されない場合においても、PAF 層への水の供給がなくなることで AMD が抑制されることを意味する。さらに、通水が遮断されたカラム 2 および 5 の PAF 層上部には白い変色が確認された。SEM-EDX 分析の結果、それらは PAF の微細孔を充填する形で存在するとともに、図 2 に示すように、その他のカラムおよび試料部分と比して高い Ca および Mg を含有していた。これは金属沈澱による粒子間隙の閉塞を意味する。また、スレーキング試験の結果 (図 3)、いずれの PAF においても pH = 7 以上の条件下において、PAF は細粒化 (スレーキングが促進) することが示された。これは、PAF 中の鉱物の表面が pH の増大に伴って負に帯電し、粒子同士の斥力が增大することに起因する。したがって、FA 覆土層から浸出するアルカリ性を有する浸出水により PAF 層のスレーキングが促進されることも、PAF 層への水の浸透の遮断に寄与したと考えられる。以上より、覆土工法として FA 覆土層を適用した場合、FA 覆土層の浸出水が PAF 層において金属沈澱および PAF の細粒化を促進させ、粒子間隙を閉塞することで浸透水を遮断し、AMD 発生の抑制に寄与することが期待される。

3. 結果および結論

カラム通水試験の結果、FA 覆土層による浸出水の pH の明確な改善効果は認められなかった。しかしながら、カラム 2 では 4 通水目、5 では 10 通水目において、PAF 層への水の浸透が遮断された。これは、浸出水の pH が改善されない場合においても、PAF 層への水の供給がなくなることで AMD が抑制されることを意味する。さらに、通水が遮断されたカラム 2 および 5 の PAF 層上部には白い変色が確認された。SEM-EDX 分析の結果、それらは PAF の微細孔を充填する形で存在するとともに、図 2 に示すように、その他のカラムおよび試料部分と比して高い Ca および Mg を含有していた。これは金属沈澱による粒子間隙の閉塞を意味する。また、スレーキング試験の結果 (図 3)、いずれの PAF においても pH = 7 以上の条件下において、PAF は細粒化 (スレーキングが促進) することが示された。これは、PAF 中の鉱物の表面が pH の増大に伴って負に帯電し、粒子同士の斥力が增大することに起因する。したがって、FA 覆土層から浸出するアルカリ性を有する浸出水により PAF 層のスレーキングが促進されることも、PAF 層への水の浸透の遮断に寄与したと考えられる。以上より、覆土工法として FA 覆土層を適用した場合、FA 覆土層の浸出水が PAF 層において金属沈澱および PAF の細粒化を促進させ、粒子間隙を閉塞することで浸透水を遮断し、AMD 発生の抑制に寄与することが期待される。

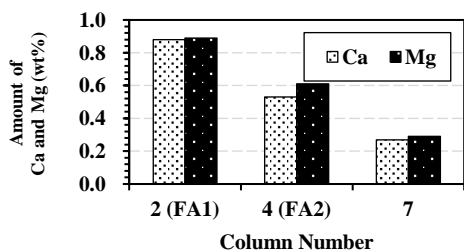


図 2 PAF 表面における Ca および Mg の存在割合 (2, 4 は白色生成物を測定)

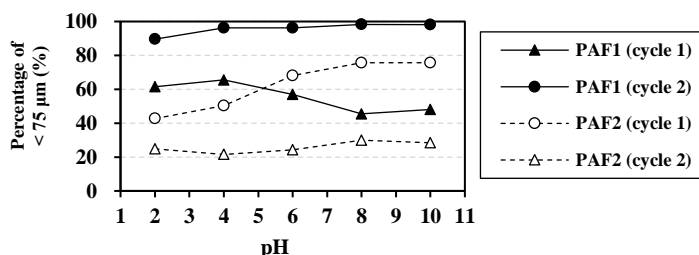


図 3 異なる pH 条件下における PAF のスレーキング特性