

# インドネシアの露天掘り石炭鉱山採掘跡地における 酸性環境を考慮した適切な再緑化に関する研究

岩盤・開発機械システム工学研究室 修士2年 緒方俊太

## 1. 研究背景および目的

インドネシアでは、石炭のほとんどが露天採掘により生産されており、終掘後には荒廃した広大な採掘跡地が形成されるため、環境保全の観点から採掘跡地の再緑化を実施する必要がある。一方、採掘跡地では深刻な環境問題である酸性坑廃水（Acid Mine Drainage；以下 AMD）の発生が数多く報告されている。発生した AMD は低 pH かつ高濃度の重金属を含有するため、周辺河川等の水環境へ悪影響を与えるだけでなく、採掘跡地における植物生育の阻害を引き起こすことが懸念される。しかしながら、インドネシアの露天掘り石炭鉱山では、AMD による再緑化への影響に関して十分な検討がなされていない。そこで本研究では、AMD が再緑化に与える影響について把握するため、現場調査および室内生育試験を実施し、酸性環境下における採掘跡地の再緑化指針に関して検討を行った。

## 2. 現場調査

まず、インドネシアの露天掘り石炭鉱山の採掘跡地において緑化状況を調査した。その結果、同じ採掘跡地で再緑化を実施したにもかかわらず、植生が枯死していた地点（Area A）と植生生育が良好であった地点（Area B）が確認された（図 1）。そこで、採掘跡地における植物生育不良の原因について解明することを目的に、Area A および Area B において土壌の地化学分析、廃水の水質分析、植物の酸溶解分析を行った。土壌の地化学分析より、Area A の土壌は AMD の発生に寄与する PAF（Potentially Acid Forming）に分類された。また、水質分析の結果より、Area A で採水された廃水の pH は 3.7 であり、高濃度の  $\text{SO}_4^{2-}$ （1,031 mg/L）が検出されたことから、Area A における AMD の発生が確認された。これに加えて、高濃度の Al イオン（10 mg/L）も検出された。すなわち、土壌中の Al が酸性環境下でイオンとして土壌水中に溶解したと考えられる。さらに、植物の酸溶解分析の結果、Area A の植物体中に高濃度の Al が検出された。Al は養分吸収の阻害・根の伸長障害を引き起こし、植物の枯死を招く。したがって、Area A では AMD の発生により土壌が過度の酸性化を引き起こし、酸性環境下で Al が溶解することで植物生育が阻害されたと考えられる。そこで、酸性環境が植物生育に与える影響に関して検討を行うため、AMD の主因と考えられる黄鉄鉱を混合した土壌を用いて室内生育試験を行った。



図 1 現場調査概要

## 3. 室内生育試験

本研究では、ふるい分けした真砂土および黄鉄鉱を混合することで硫黄含有量の異なる 9 種類の模擬土壌試料を作製し、室内生育試験を行った。なお、硫黄含有量は、蛍光 X 線分析により定量化した。また、室内生育試験にはインドネシアで広く造林木として植栽されている *Acacia mangium* を使用した。図 2 に、各試料における *Acacia mangium* の背丈長および土壌試料中の硫黄含有量を示す。なお、試験途中に *Acacia mangium* が枯死した試料については結果を記載していない。図 2 より、硫黄含有量増大に伴い *Acacia mangium* の背丈長が低下した。また、植物の酸溶解分析の結果、硫黄含有量の高い土壌の *Acacia mangium* 体中に高濃度の Al が検出された。すなわち、硫黄含有量の高い土壌の酸性化に伴い Al が溶解し、植物生育を阻害したことが明らかとなった。以上より、採掘跡地の土壌に AMD を発生する PAF が埋め戻されている場所における再緑化の実施には、土壌の酸性化の程度あるいは Al イオンの溶出状況を考慮した、植栽樹木として Al 耐性の高い植物種の選定や土壌の酸矯正などの検討が必要であると考えられる。

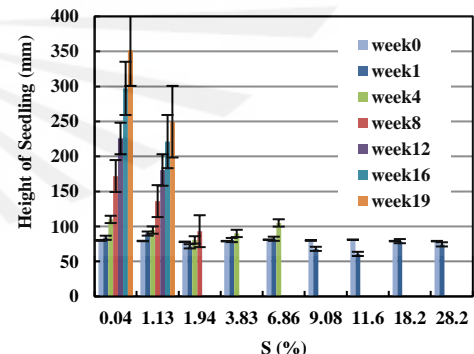


図 2 *Acacia mangium* の背丈長