

2. バックエンド

使用済燃料トンネル貯蔵施設の熱流動解析

背景

使用済燃料乾式中間貯蔵として、地上建屋方式がすでに実用化段階にあるが、将来的には原子力発電所サイトの傾斜地を利用してトンネルを掘り、その中に貯蔵する方式が考えられている。トンネル貯蔵方式は安全性やPA上で利点を有し、設計上でも幾つかの長所を持っている。この貯蔵施設では、使用済燃料の発熱により発生する自然対流により施設全体の冷却がなされる。自然対流の評価においては、従来の熱流動解析手法を改良する必要がある。まず、地下トンネル全体の風量配分を詳細に評価しなければならない。さらに、使用済燃料を収容する金属キャスクが並べられた貯蔵室内の詳細な熱流動解析では、地下トンネル特有の湿分の影響を評価する必要がある。

目的

金属キャスクを地下に貯蔵するトンネル貯蔵施設における自然対流冷却の評価手法として、施設全体の流れを網目状に解くフローネットワーク解析コードと室内対流の詳細評価を行う3次元熱流動解析コードを開発する。

主な成果

1. フローネットワーク解析コードの開発

鉱山の評価で実績のある単一トンネルを対象とする1次元熱流動解析コード(TRANCLIM)と複数トンネルを対象とするフローネットワーク流動解析コード(VENTCLIM)を合体し、さらに収束方法や計算精度などを改善して、新たなフローネットワーク解析コードを開発した。このコードにより、トンネル貯蔵施設の複雑流路での流量配分と空気の温度分布が評価できることとなった。このコードを使って、地下トンネル貯蔵施設における年間のトンネル出口温度を計算した例を図1に示す。なお、元となる解析コードがすでに地下トンネルの評価に適用された実績を有することから、本フローネットワーク流動解析コードは実施設の許認可にも十分に適用可能と考えられる。

2. 3次元熱流動解析コードの開発

汎用熱流動解析コード(PHOENICS)に、新たに湿分の輸送方程式や結露の計算式を追加して、3次元熱流動解析コードを構築した。このコードにより、使用済燃料貯蔵室における湿分の移動を含む空気の詳細な対流評価が可能となった。特に、結露・蒸発の発生場所や水分の累積付着量が推定できる。図2にモデル貯蔵室における壁、床、天井への水分付着量(kg/m²)の計算例を示す。なお、除熱における湿分の影響はそれほど大きくないことが確認されている。水分やエネルギーの出入りバランスが取れていること、ならびにキャスク伝熱実験と解析結果が良く合うことから、本解析コードの適用性が検証された。

今後の展開

フローネットワーク解析コードは、トンネル貯蔵施設内における貯蔵順番設定などの運用検討に適用する。3次元熱流動解析コードは、トンネル内における漏水の評価や地上施設の詳細伝熱解析に適用する。

主 担 当 者 地球工学研究所 古賀 智成

関連報告書 「使用済燃料トンネル貯蔵施設を対象とする熱流動解析コードの開発」 電力中央研究所報告：N07014

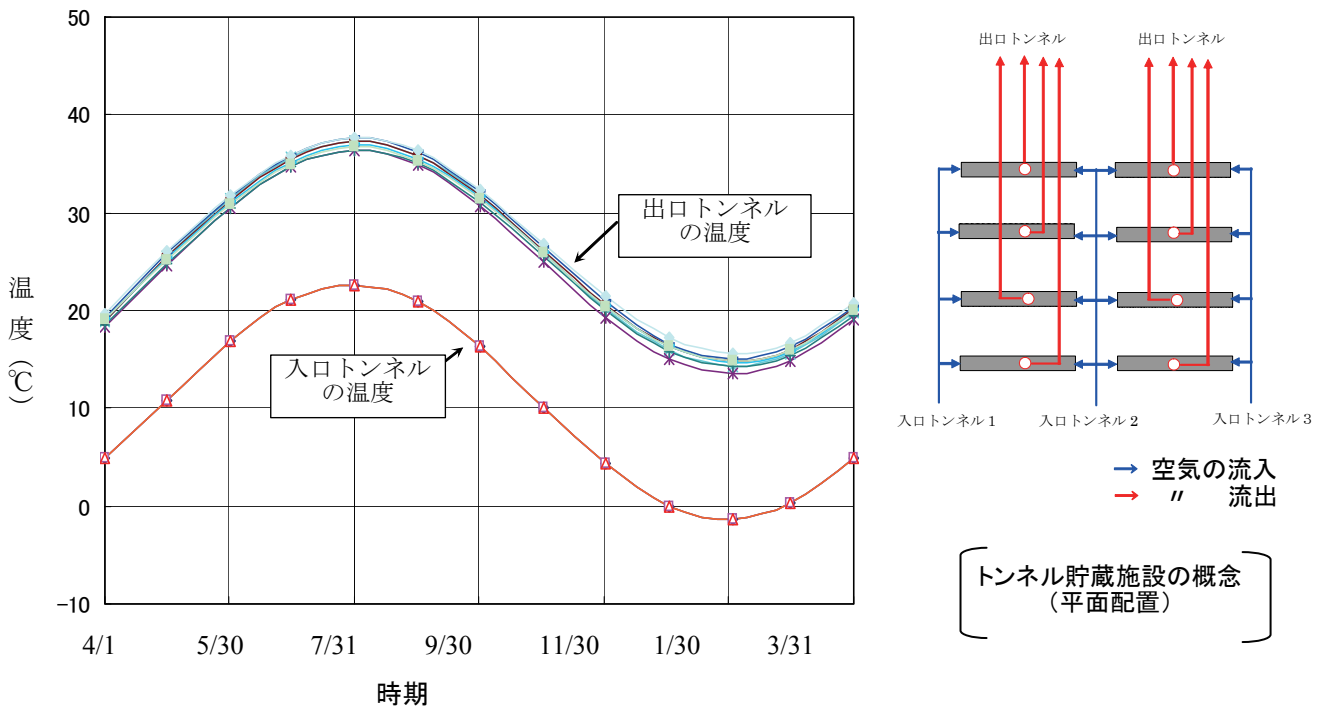


図1 トンネル貯蔵施設出入口の年間温度変化の計算例

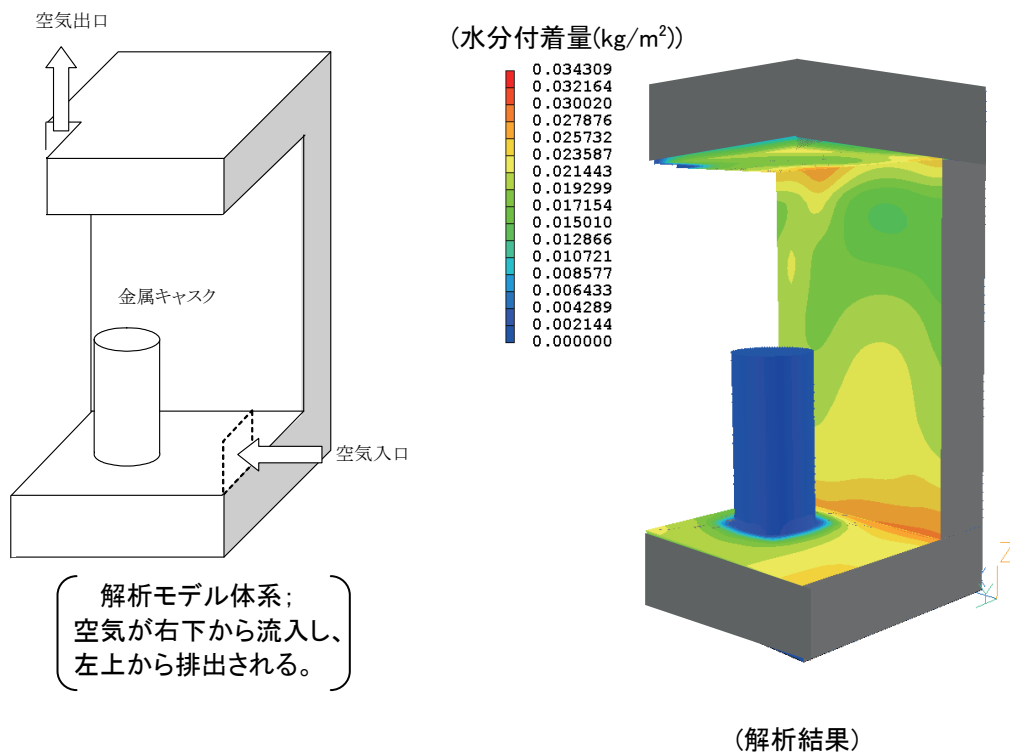


図2 使用済燃料貯蔵室の壁、床などにおける水分付着の計算例