

2. バックエンド

ベントナイトの加熱浸透試験の解析 -国際共同研究での取り組み-

背景

高レベル放射性廃棄物処分においては、地下深部に金属容器(オーバーパック)、緩衝材(ベントナイト)等の人工バリアと岩盤(天然バリア)による多重バリアシステムを構築し廃棄物を隔離する。地下施設周辺では、廃棄体の放射壊変による発熱、周辺岩盤から人工バリアへの地下水の浸入、緩衝材での膨潤圧の発生などの現象が相互に影響する(図1)。これらの連成現象の数値解析による予測評価は、処分孔や人工バリアの合理的な設計のために重要であり、世界的な課題となっている。スウェーデンのSKB^{*1}が主催となり、ベンチマーク解析により材料の構成モデルおよび数値解析コードの検証・高度化を目指す「人工バリアタスクフォース」が開始された。

目的

当所が開発した熱-水-応力連成解析コード“LOSUTF”^{*2}を用いて、人工バリアタスクフォースのベンチマーク問題であるベントナイトの加熱浸透試験の解析を実施し、LOSUTFの予測性能を確認する。

主な成果

解析の対象とした試験はベントナイトの円柱形試験体の片端を加熱することで温度勾配を形成した後、低温側から水を注入するものである(図2)。温度、相対湿度、応力に関する解析結果と計測値との比較により、LOSUTFの予測性能について以下のことが明らかになった。

1. 温度変化の予測

温度勾配形成時、注入時ともに、供試体中の温度分布およびその経時変化を精度良く予測できる。特に、わが国で想定される100℃以下の条件では極めて予測精度が良く、十分な解析性能を有する(図3)。

2. 水の浸潤の予測

全体的な浸潤プロセスや加熱時のヒーター近傍の乾燥プロセスを表現できる。しかし、注入面から離れた位置での浸潤プロセスを実際よりも早く予測する傾向がある。注入面直近の膨潤により圧縮される領域の透水性低下を考慮する必要があると考えられる。

3. 応力変化の予測

LOSUTFの膨潤モデルにより、水の浸潤に伴う軸応力の増加を評価できる(図4)。一方、加熱による応力の増大をやや過大に評価する傾向があり、膨潤だけでなく乾燥収縮をモデル化する必要がある。

今後の展開

ベンチマーク解析に参加した他機関の解析結果を比較し、モデル・解析コードの違いによる予測性能の違いについて検討する。また、次期ベンチマークとして原位置試験を対象とした解析を実施し、実スケールの問題に対する解析コードの性能を検証する。

主 担 当 者 地球工学研究所 地圏科学領域 主任研究員 澤田 昌孝

関連報告書 「スウェーデン・ハードロック地下研究施設における高レベル放射性廃棄物処分のための国際共同研究(その9)ー人工バリアタスクフォースにおけるベントナイトの室内加熱浸透試験の解析ー」
電力中央研究所報告: N07002

*1 :スウェーデン核燃料廃棄物管理会社(Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Company)

*2 :地下施設の長期安定性解析コード(Numerical analysis code for Long-term stability of underground facilities)

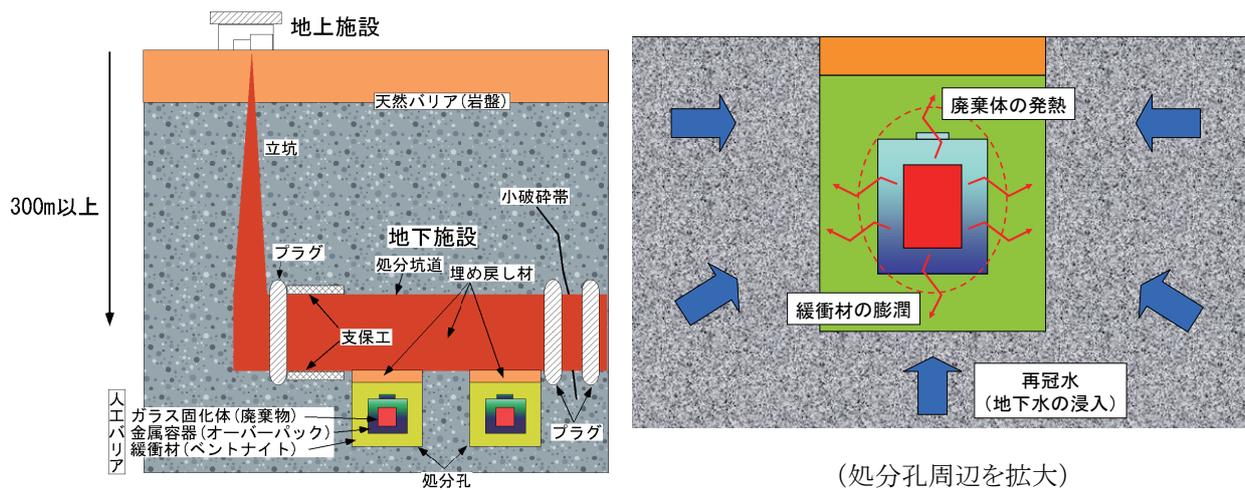


図1 多重バリアによる放射性廃棄物の隔離の概念と廃棄体周辺で想定される現象

熱、水、応力・変形の相互作用を評価し、設計・安全評価を行う必要がある。

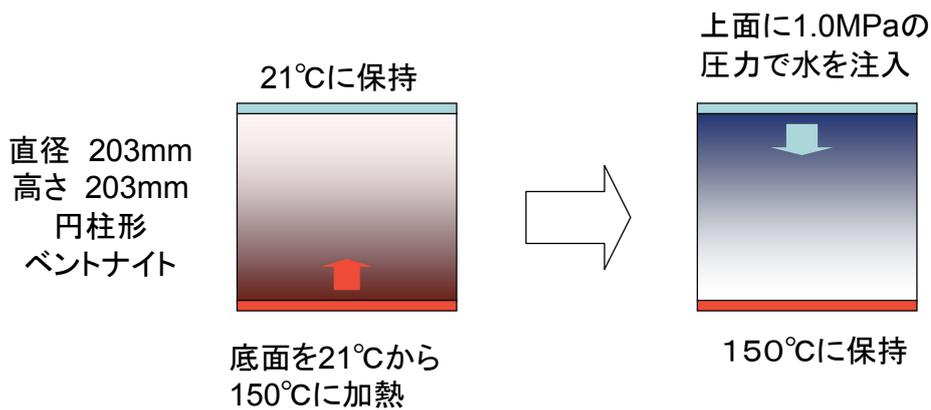


図2 処分孔周辺の環境を模擬した模型試験

試験体底面を加熱することにより温度勾配を形成した(フェーズ1)のち、低温側から定圧で水を注入する(フェーズ2)。温度、相対湿度、軸応力を測定。

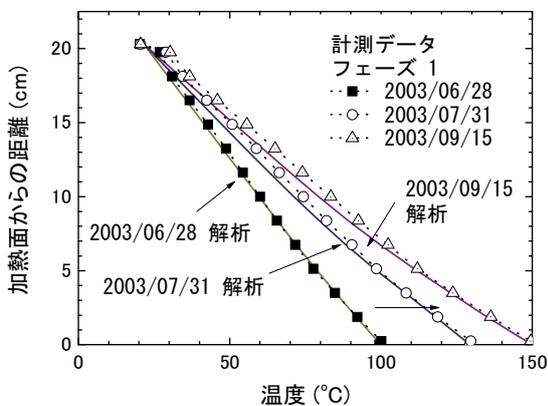


図3 温度分布の変化

試験体の温度分布の変化を精度良く予測できる。

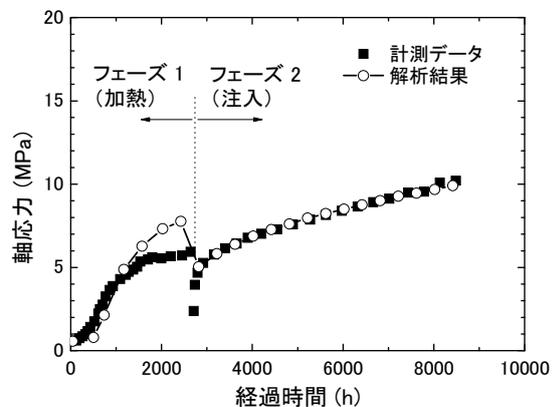


図4 軸応力の経時変化

注入に伴う軸応力の変化を予測できる。加熱時の応力増加をやや過大に評価する。