

トンネル型処分施設の施設内温度上昇に対する影響因子

日本原燃株式会社 正会員 増田 良一 非会員 佐々木規行
 鹿島建設株式会社 正会員 〇高 村 尚 正会員 奥津 一夫

1. はじめに

地下に掘削した空洞内に廃棄物を埋設するトンネル型の放射性廃棄物処分施設では、廃棄物を空洞内に高い密度で集積して埋設するため、核種の崩壊熱による施設内の温度上昇、及びそれに伴う人工バリア等への熱影響が懸念される。本検討は、現実的な廃棄物定置・埋戻し工程を想定した熱解析において、主要な因子についてパラメータスタディを行い、その結果より施設の温度上昇について影響度の大きい因子の明確化、並びに埋設施設の温度上昇抑制に有効な対策について検討を行ったものである。

2. 解析方法

解析は有限要素法汎用解析コード ABAQUS Ver.6.6 を用いた 2 次元非定常解析とし、解析モデルは保守的に坑道軸方向の熱の移動を考慮しない 2 次元モデルとした。図 1 に解析メッシュ（一部）を示す。

なお、本検討においては、施設内で最も高温となる充てん材の熱変質防止の観点から、60~65℃の温度制限を設けた場合を想定して検討を行った。

3. 影響度の大きい因子の明確化

施設内の温度上昇に関する主な要因を図 2 の枠内に示す。それぞれについて温度上昇への影響度を解析により評価した結果を以下に示す。

① 岩盤・人工バリアの熱特性：各部位の熱物性値

岩盤・人工バリアの熱物性値について、表 1 に示した値を用い、それぞれの感度を評価した。解析の結果、岩盤、及び土質系・セメント系部位の熱伝導率が 0.1 から 0.2W/mK 程度小さくなると最高温度が概ね 0.5~1℃上昇するという結果が得られ温度上昇への感度は高いといえる。

② 廃棄物発熱特性：初期発熱量・初期温度

廃棄物の初期発熱量について、施設内の最高温度発現位置における温度上昇量との関係を図 3 に示す。初期発熱量と温度上昇量はほぼ線形の関係にあり、施設内最高温度に対する初期発熱量の影響は大きい。

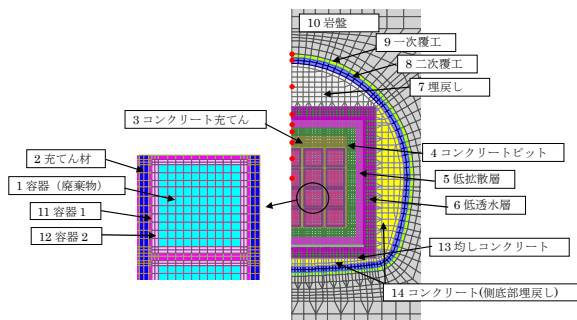


図 1 解析メッシュ（一部）

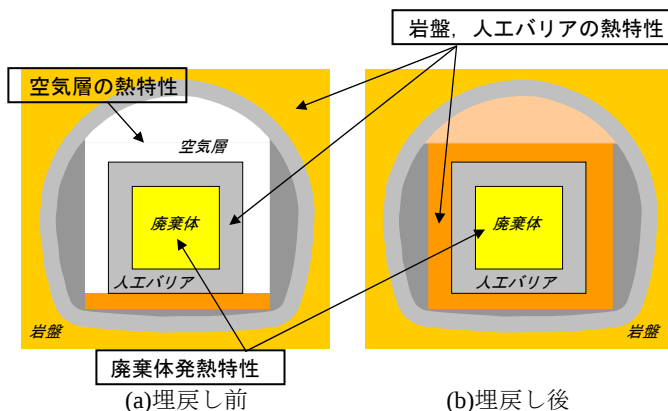
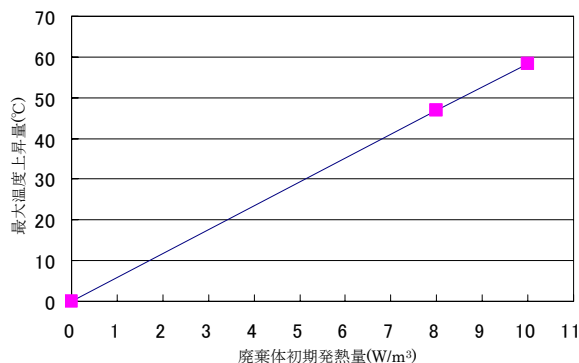


図 2 温度上昇に関する要因

表 1 熱物性値（レファレンス）

部位		熱伝導率 W/mK	比熱 kJ/kgK	密度 kg/m ³
1	容器	10.348	0.954	3.282
2	充てん材	1.507	1.050	2.140
3	コンクリート充てん	1.507	1.050	2.140
4	コンクリートビット	1.915	1.050	2.500
5	低透散層	1.507	1.050	2.140
6	低透散層	1.000	0.730	1.600
7	埋戻し	1.690	0.770	1.600
8	二次覆工	1.797	1.050	2.500
9	一次覆工	0.878	0.800	2.200
10	岩盤	0.878	0.800	2.200
11	容器1	41.500	0.570	7.850
12	容器2	10.348	0.954	3.282
13	コンクリート	1.797	1.050	2.500
14	コンクリート	1.797	1.050	2.500

図 3 廃棄物初期発熱量と温度上昇量の関係
(廃棄物定置と同時に埋戻し)

キーワード 放射性廃棄物処分, 熱伝導解析, 廃棄物初期発熱量, 坑道内温度, 坑道換気
 連絡先 東京都港区西新橋 1-1-15 物産ビル別館 8 F
 TEL 03-6371-5715

次に、廃棄体の初期温度が施設の温度上昇に与える影響を把握するため、初期温度が 30℃、及び 50℃ の場合の施設内最高温度を評価した（図 4）。施設内最高温度は 1.3℃ の上昇にとどまり、その影響は大きくはないといえる。

③ 埋戻し前の空気層の熱特性：坑道内温度

実際の廃棄体定置・埋戻し工程では、廃棄体定置から埋戻しまでにある程度の期間がおかれることになる。この場合、空気層が断熱材として作用するため、施設内温度が上昇することが懸念される。そこで埋戻しまでの期間、空気層を換気しない場合、空気層を換気して坑道内温度を 17℃（地温相当）、30℃、及び 40℃ に維持する場合の施設内最高温度を評価した（表 2）。坑道内温度が高くなるとともに施設内最高温度が高くなり、その影響度は大きいといえる。

4. 埋設施設の温度上昇抑制に有効な対策とまとめ

3. の感度解析の結果、岩盤・人工バリアの熱物性、廃棄体の初期発熱量、及び埋戻し前の坑道内温度が温度上昇への影響度の大きいことが明らかとなった。埋設施設の温度上昇を抑制するには、これらの因子の影響を小さくする対策をとることが重要である。これらの因子のうち岩盤の熱伝導性を変えることは現実的ではなく、また、人工バリアの熱伝導性を大幅に改善することも容易ではない。そこで、残る 2 つの因子に留意した次の対策の有効性を検討した。

対策 1： 廃棄体の平均的な初期発熱量を所定値以下にする。

対策 2： 廃棄体定置後、埋戻しまでにある程度の期間がおかれる場合には、その期間、坑道内温度を適切な温度以下に維持する。

2 つの対策の有効性に関して、初期発熱量 7.5W/m^3 の廃棄体を定置し、埋戻しまでの間、坑道内温度を 28℃[1]、及び 37℃[2] に維持し、2 年後に埋戻す場合の施設の温度上昇を評価した（図 5）。最高温度は 65℃ 以下となりこれらの対策が有効であるといえる。

なお、対策 1 については、廃棄体の定置時期を調整すること等により対応することができる。また、対策 2 の技術的実現性について、外気を坑道内に取り込み換気することにより坑道内温度を所定温度以下に維持できるかどうかを非定常換気解析により評価した（図 6）。坑道建設の際に使用する現実的な能

力($1500\text{m}^3/\text{分}$)の換気設備を用いることにより、埋戻しまでの間、坑道内温度を年平均で 28℃、夏季の暑い時期で 37℃ 以下に維持できる結果が得られた。

以上、本検討では施設の温度上昇に影響の大きな因子を明確にし、さらに温度上昇を抑制するためには廃棄体初期発熱量と埋戻し前の坑道内温度が重要な管理項目であることを示した。

参考文献

[1]労働安全衛生規則、[2]鉱山保安規則

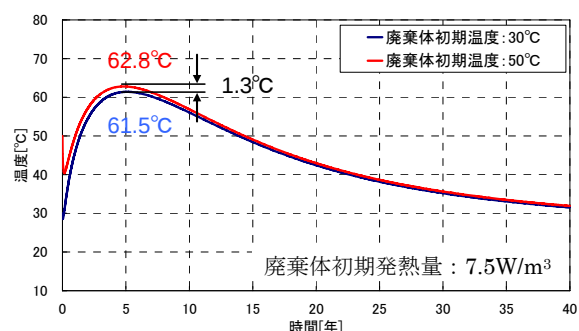


図 4 廃棄体の初期温度と施設内の最高温度との関係

表 2 坑道内温度と施設内の最高温度との関係

空気層の条件	施設内最高温度(℃)
空気層を換気しない場合*1)	115
空気層を換気して坑道内温度を17℃に固定する場合*2)	43
空気層を換気して坑道内温度を30℃に固定する場合*2)	54
空気層を換気して坑道内温度を40℃に固定する場合*2)	63

*1)空気層を熱伝導体としてモデル化

*2)空気層と他の部位との境界をそれぞれの温度に固定

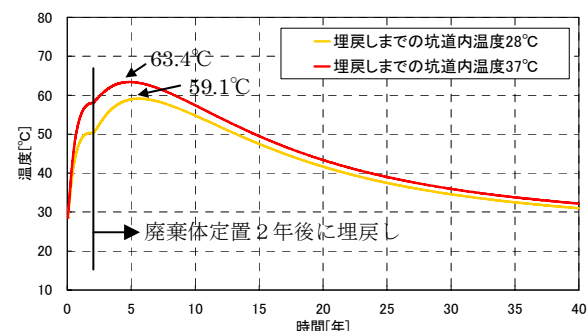


図 5 廃棄体初期温度が 30℃ の場合の温度経時変化

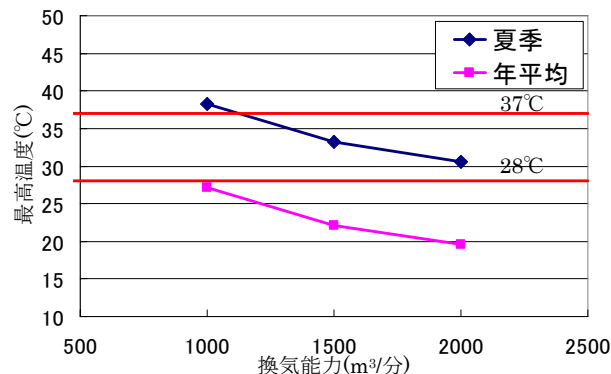


図 6 埋戻し前の換気設備の効果