

硝酸塩含有廃棄物の地層処分における安全性に関する研究（その2）

（2）処分後における熱反応暴走の可能性に関する解析的検討

A study on the safety of geological disposal of nitrate-containing waste (part 2)

（2）Simulation study on the possibility of thermal reaction runaway after disposal

*野中 宏祐¹, 平野 史生², 三原 守弘², 原 啓二³, 朽山 修³

¹日本原燃分析, ²原子力機構, ³原子力安全研究協会

硝酸塩含有廃棄物(アスファルト固化体)を対象に、処分後における熱反応暴走の可能性を評価するためのシミュレーション解析手法の検討の一環として、模擬固化体の熱測定データより検討された既往の発熱モデルを用いて、温度解析を実施した。温度解析においては、地層処分環境で想定される熱影響及びアスファルト固化体に含まれる物質等による熱影響を考慮した。

キーワード：地層処分、TRU 廃棄物、硝酸塩含有廃棄物、熱反応暴走、温度解析

1. 緒言

硝酸塩と有機物が多量に混在する場合(アスファルト固化体)、特殊な条件下ではこれらが化学反応を起こし、熱反応暴走に至る可能性があるため、シミュレーション解析手法を確立することが重要である。本研究では、アスファルト固化体を地層処分した後に、熱反応暴走が起こる可能性を評価するためのシミュレーション解析手法確立の一環として、前報告^[1]で示された熱測定データの再現性を向上させた発熱モデルを用い、温度解析を実施した。また、処分環境において熱エネルギーが生じる可能性のある擾乱事象の一つとして、微生物活動による発熱を想定し、当該廃棄物に一定発熱を与えた温度解析から、微生物活動に起因する熱反応暴走の可能性について検討した。

2. 解析条件

原子力発電環境整備機構が検討している地層処分低レベル放射性廃棄物の処分坑道の設計仕様^[2]を参考として、三次元体系(図1)を作成し、温度解析を実施した。アスファルト固化体(200L ドラム缶)が4本ごとにパッケージングされ、円形の処分坑道の断面あたり25個定置されることを想定した。前報告^[1]で検討された発熱速度モデル・パラメータをアスファルト固化体の発熱特性として非定常の熱伝導方程式に組み込み、処分施設及び当該廃棄物の温度変化を計算した。隣接坑道であることを考慮して、体系の側面を断熱境界とし、処分坑道から上側1000m(地表)及び下側1000mについては、それぞれ15℃、75℃の温度固定境界とした。計算には有限要素法の汎用解析ソフト COMSOL Multiphysics[®]^[3]を用いた。地層処分環境を想定した当該廃棄物の熱反応暴走に至る最低温度(以下 ROT(熱反応暴走開始温度: Runaway Onset Temperature))については、図1に示す体系全体の初期温度を変化させる予備的解析を実施し、評価点に急激な温度上昇が確認された温度より、195℃と評価した。

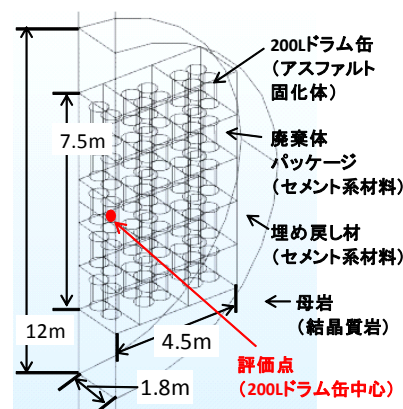


図1 解析体系 (坑道付近拡大)

3. 結果・考察

200L ドラム缶に一定発熱(q)を与えた場合の評価点(図1)における温度の経時変化を図2に示す。微生物によるアスファルト分解速度は、既往の研究^[4]から、嫌気性条件において0.015g/g/yr(アスファルトの初期単位重量あたりの減少重量)と評価される。微生物活動を硝酸塩とアスファルトの酸化還元反応の触媒作用と仮定した場合、模擬固化体のエンタルピー(1500J/g)^[1]より、発熱速度は約1W/m³と試算される。図2より1W/m³の発熱が継続した場合における評価点の最大温度は50℃程度であり、予備的解析により評価したROT: 195℃と比較すると、十分に低いことから、微生物によるアスファルト分解に伴う発熱に起因する熱反応暴走の可能性は低いと考えられる。

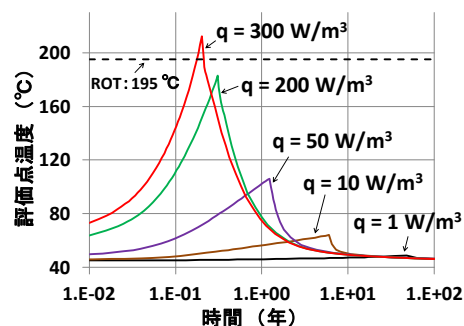


図2 固化体に一定発熱を与えた場合の温度の経時変化

参考文献

- [1]朽山ほか (2017): 硝酸塩含有廃棄物の地層処分における安全性に関する研究(その2)(1)模擬固化体の熱測定及び発熱モデルの検討,
[2]原子力発電環境整備機構 (2014): 地層処分低レベル放射性廃棄物の安全性向上に関する検討, NUMO-TR-14-03, [3]<http://www.kesco.co.jp/comsol/>, [4]九石ほか (1997): 易溶性核種の挙動及びアスファルトの微生物分解挙動に関する研究(II), PNC ZJ1564 97-001

*Kosuke Nonaka¹, Fumio Hirano², Morihiro Mihara², Keiji Hara³ and Osamu Tochiyama³

¹Japan Nuclear Fuel Chemical Analysis, ²Japan Atomic Energy Agency, ³Nuclear Safety Research Association

※本研究の成果の一部は、平成28年度経済産業省の委託事業「地層処分技術調査等事業(処分システム評価確認技術開発)」の成果の一部である。