

大深度地下施設建設における坑内火災のシミュレーション

(株)ニュージェック 正会員 平川 芳明
 日本原子力研究開発機構 正会員 関谷 美智
 日本原子力研究開発機構 下山 正
 日本原子力研究開発機構 山西 毅

1. はじめに

3本の立坑からなる地下350mに至る大深度地下施設の防災システムに関して、施工段階を9ステップに分け、100℃、800℃の火災温度を想定し制御なし・制御ありの通気網解析を実施し、地下空間における火災ガスの広がり状況を把握するとともに、ファン・風門等の制御により退避の可能性について検討した。

2. 解析手法

解析プログラムは「風丸&温太 Windows 版」を使用した。

3. 解析条件

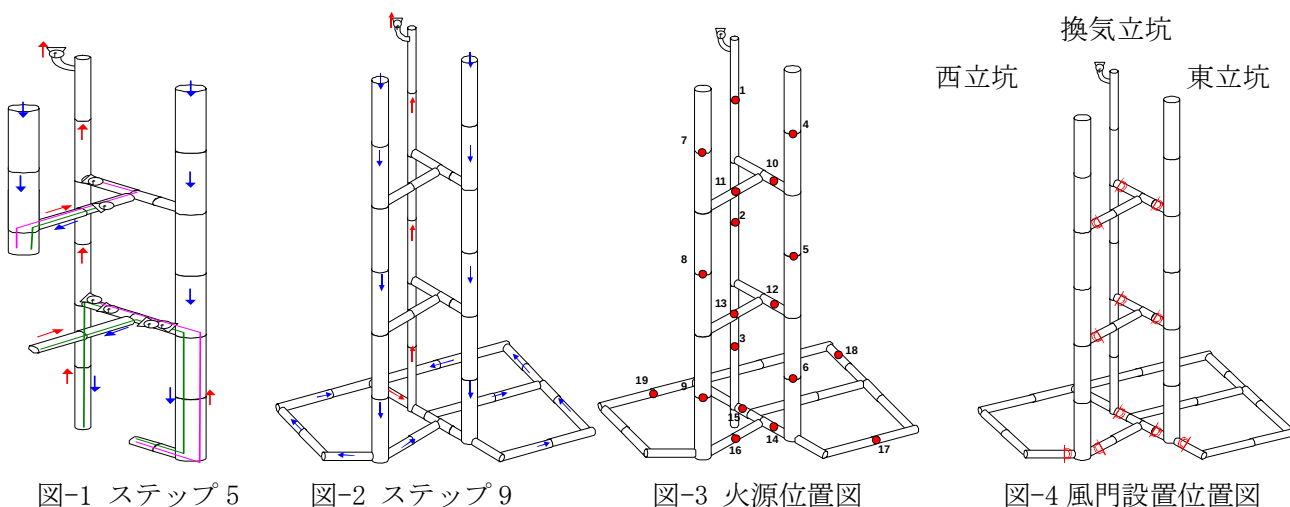
- ① 坑道内空断面形状は下記の通りである。
- a) 東・西立坑内空断面 : $\phi 6.50$ m、断面積 33.18m^2
 - b) 換気立坑内空断面 : $\phi 4.50$ m、断面積 15.90m^2
 - c) 水平坑道形状 : 最大幅 $R4.0$ m 三心円馬蹄形
 - d) 水平坑道有効断面 : 10.53m^2
- ② 岩盤物性値および熱特性を表-2に示す。

表-2 岩盤物性値および熱特性

深 度 (GL-m)	地 質	岩盤初期温度 (℃)	熱伝導率 (kcal/mh℃)	比熱 (kcal/kg℃)	密度 (kg/m ³)
0~25	シルト	3.0~14.8	1.22	0.3	1480
25~360	声問層	17.0~23.5	1.22	0.3	1490~1540
360~549	稚内層	24.3~27.9	1.22	0.3	1680~1860

4. 解析モデル

解析モデルは9ステップの施工段階の解析モデルを設定した。図-1～図-2にステップ5,9を示す。解析は火源19箇所、100℃と800℃、施工段階9ステップについて464ケースを実施した。火源位置及び風門の設置箇所を図-3,4に示す。



キーワード 大深度地下施設、通気網解析、坑内火災、火災シミュレーション、制御、風門

連絡先 〒135-0007 東京都江東区新大橋1丁目 (株)ニュージェック TEL 03-5625-1801

5. 火災解析予測結果

火災解析結果の一例として、ステップ 9(火源⑰、800℃)の結果を図-5,6 に示す。

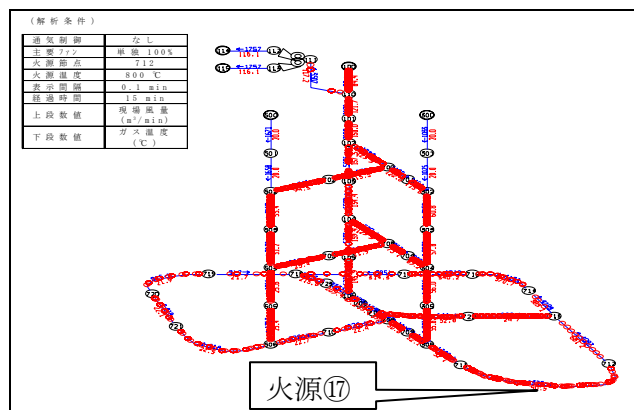


図-5 ステップ 9 火源⑰800℃ 制御なし

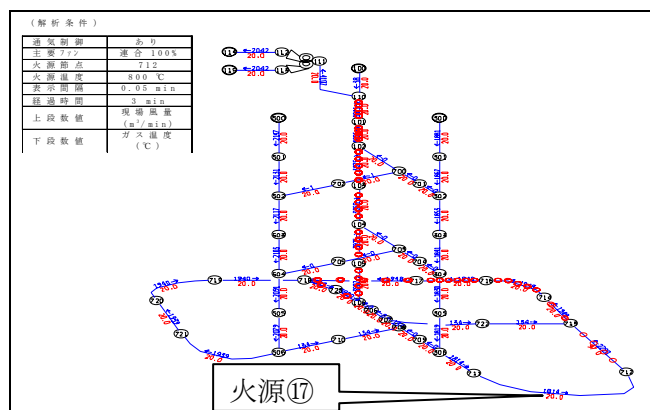


図-6 ステップ 9 火源⑰800℃ 制御あり

- ・ 表-3 に各ステップの火災ガス挙動パターン及び退避安全性を示す。

表-3 火災ガス挙動パターン及び退避安全性

パターン分類	火災ガス挙動概念図 左：通気制御無し 右：通気制御有り	施工ステップと 通気システム	火災状況・通気制御・避難安全性
パターン A		ステップ 1 換気立坑と東立坑を独立換気。	火災パターン： 立坑内で火災発生。発生した立坑坑底まで火災ガスに汚染される。隣接立坑には影響ないが、連絡坑道は汚染の危険性あり。 通気制御： 坑口ファン・局所ファン停止により火災ガスは停滞もしくは浮力により上昇する。 避難安全性： 立坑切羽は安全確認されるまで一時避難所へ。隣接立坑は地表避難可能。
パターン B		ステップ 3 換気・東・西立坑は独立換気。250m 以深は風管送風。西立坑は独立換気。	火災パターン： 東立坑で火災発生。独立換気のため坑底から風管により排出されるため、火災点以深が汚染。 通気制御： 坑口ファン・局所ファン停止により火災ガスは停滞もしくは浮力により上昇する。 避難安全性： 250m 坑道経由で換気立坑より地表避難可能。西立坑は独立のため地表避難可能。
パターン C		ステップ 5 140m 西連絡坑道貫通、3 本坑道換気。換気・東 250m 以深は風管送風。西 140m 以深は風管送風。	火災パターン： 140m 西立坑連絡坑道で火災発生。140m 坑道を汚染し換気立坑へ排出される。 通気制御： 140m 東立坑連絡坑道の風門閉鎖、140m 換気立坑連絡坑道の風門開放により換気立坑へ誘導。 避難安全性： 250m 坑道経由で東立坑より地表避難可能。西立坑は地表避難可能。
パターン D		ステップ 7 250m 西連絡坑道貫通、3 本坑道換気。西 250m 以深は風管送風。350m 坑道展開中。	火災パターン： 250m 東立坑連絡坑道で火災発生。250m 坑道を汚染し換気立坑へ排出される。 通気制御： 140m 水平坑道の風門閉鎖、250m 東・西立坑連絡坑道の風門閉鎖、250m 換気立坑連絡坑道の風門開放により換気立坑へ誘導。 避難安全性： 全城避難可能。
パターン E		ステップ 8 350m 西連絡坑道貫通、3 本坑道換気。350m 坑道展開中。	火災パターン： 換気立坑で火災発生。上昇して排出されるが、140m・250m 坑道から逆流、350m 坑道まで全城が汚染。 通気制御： 風門の開放・閉鎖により逆流を防止し、そのまま換気立坑から排出。 避難安全性： 全城避難可能。
パターン F		ステップ 9 掘削完了。3 本坑道換気。	火災パターン： 350m 周回坑道端で火災発生。換気立坑へ排出されるが、140m・250m 坑道から逆流、350m 坑道まで全城が汚染。 通気制御： 風門の開放・閉鎖により逆流を防止し、そのまま換気立坑から排出。 避難安全性： 350m 坑道の一部を除き全城避難可能。

凡例：■ ファン、★ 火災発生源、■ 火災ガス汚染範囲、■ 安全区画、■ 風門閉鎖

6. まとめ

換気立坑の下部での火災や最深部の 350m 水平坑道における火災発生の場合、制御なしでは水平坑道・立坑から火災ガスが逆流し、施設全体が火災ガスによる汚染を受けるが、風門の開閉・ファンの停止の制御により逆流を防止し換気立坑から排出でき、汚染範囲を最小限に留め安全区域の確保が可能であることが検証された。