

地層処分場 地下施設の換気システムの設計方法の検討（その1 平常時の検討）

原子力発電環境整備機構
清水建設（株）

正会員 ○ 勝又 尚貴 山品 和久 窪田 茂
正会員 黒崎 ひろみ 沖原 光信 戸栗 智仁

1. はじめに

地層処分場は、大深度地下において長大な坑道が複雑に展開されるため、換気システムの設計の難易度が高いことが想定される。そこで、原子力発電環境整備機構（NUMO）では、換気設備の概略的検討に着手し、作業環境を維持するための換気設備の成立性の見通しと課題の抽出を行った^{1), 2), 3)}。その結果、換気経路における圧力損失が大きく、損失の回復や低減のための現実的な対策を検討する必要があること、また温熱対策として設置する冷房設備は坑内ではなく、地上に設置し、冷却水を坑内に送水することで部分冷却方式を検討する必要があることが課題としてあげられた。NUMO は、地層処分場の地下施設の設計例に対して、抽出した課題を解決したうえで、換気システムの設計方法を整備するためのケーススタディを実施したので、その概要を紹介する。

2. 圧力損失の軽減策

(1)換気経路の改良

勝又らの検討²⁾では、図-1 に示す建設パネルにおける換気経路をモデル化し、通気網解析を実施することで換気経路の成立性、および作業環境の維持に必要な風量⁴⁾と制限風速（鉱山保安規則 第 233 条）を満足しているかを確認した。解析プログラム「KAZEMARU Basic」を用いて通気網解析を実施したところ、大きな圧力損失が観察された。この原因として、入気ルートと排気ルートの交差箇所において、坑道換気ではなく風管換気（Φ2,000 mm）を採用し、通気断面積を縮小したためと考えられた。

そこで、本検討では通気断面積を確保するために、図-2 に示す通り、パネル間を繋ぐ連絡坑道の配置を見直し、入気ルートと排気ルートを交差させない動線を設定した。さらに、建設パネルの資材搬入と掘削ずりの搬出に対応するため、入気立坑と排気立坑を2系統ずつ確保した。改良の結果、主要換気ルートにおける圧力損失は約 45,000 Pa から約 3,200 Pa に低下し、換気設備を効率化したことを確認した。

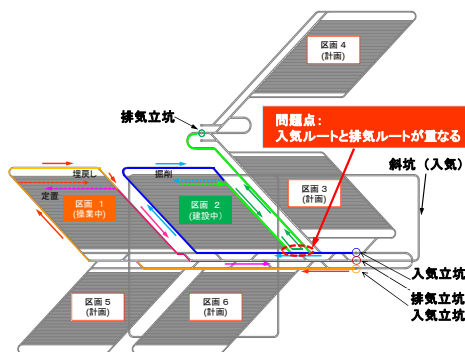


図-1 従来のレイアウト

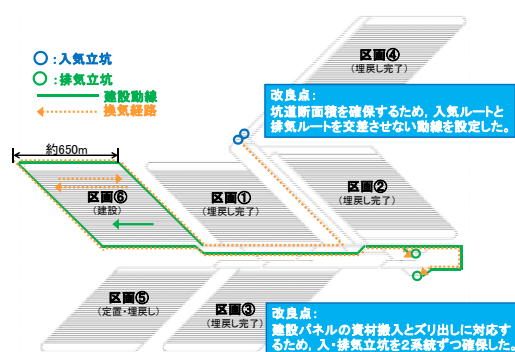


図-2 改良後のレイアウト

(2)フィッシュボーン型レイアウト

地下施設の処分区画の基本形状は、従来の設計例であるパネル型レイアウト、および諸外国でも適用事例が多いフィッシュボーン型がある。パネル型レイアウトはフィッシュボーン型と比較して、立坑とパネルを繋ぐ主換気経路は長大であり、抵抗となりうる坑道の曲が多いことから、換気経路上の抵抗が大きい。そこで、図-3 に示すフィッシュボーン型レイアウトについても検討を行った。

キーワード 地層処分場、事業期間中の安全確保、通気網解析、通気断面積、圧力損失、温熱対策

連絡先 〒1080014 東京都港区芝 4 丁目 1 番 23 号 三田 NN ビル 12 階 原子力発電環境整備機構 TEL : (03) 6371-4004

このレイアウトは、建設区画と定置区画を独立させるため、2組の区画で交互に建設・作業を実施する特長がある。処分坑道と連絡坑道は直交しており、パネル型と比較して曲りが少ないため、主要換気ルート上の圧力損失はより軽減できると考えられる。通気網解析の結果、主要換気ルートにおける圧力損失は約3,200 Pa から約2,000 Pa に軽減していることを確認した。

3. 冷房設備の設計

矢萩らの検討³⁾では、建設パネルにおける換気経路上の地熱、深度増加による空気の圧縮熱、掘削作業に伴う機械熱を考慮し、処分坑道内における乾球温度 37℃（労働安全衛生規則第 611 条）まで冷却するための温熱対策として冷房設備の検討を行った。

本検討は通気網解析の結果に基づき、解析プログラム「ONTA」を用いることで、湿度を考慮した熱環境解析を実施し、乾球温度 37℃のほか、湿球温度 28℃以下に冷却するための冷房設備の検討を行った。熱環境解析の結果、処分坑道内の湿球温度は 28℃を下回ったが、連絡坑道内は 28℃を超過した。そこで、坑口に冷房設備を設置し、湿球温度 28℃を超過した区間には、地上から冷水管を引き、フィンクーラーを設置した。

冷房設備を設置したうえで温度計算した結果、連絡坑道を含め乾球温度 37℃、および湿球温度 28℃を下回っていることを確認した(図-4 参照)。設計例のレイアウトにおける坑内の作業環境を維持するためには、約 6,000 kW の冷房能力が必要となるが(図-5 参照)、既往の鉱山において使用されている冷房設備を参考に、現実的な設備で対応可能であることを確認した。

4. まとめ

地下施設を対象として、換気ルートを見直したうえで通気網解析を実施し、圧力損失軽減策が有効であることを確認した。また、湿度を考慮した地下施設内の熱環境解析を実施し、坑口、坑内に冷房設備を設置することで、坑内作業環境を維持できることを確認した。冷房設備については、作業員がいない坑道や車で移動する区間について、作業坑道から除外することによって、設備容量を効率化できると考えられる。

5. 謝辞

本検討を実施するにあたり、九州大学 井上雅弘先生には通気網解析プログラム KAZEMARU Basic と熱環境解析プログラム ONTA の提供や適切な助言を戴きました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 窪田茂, 勝又尚貴, 野尻慶介, 矢萩良二, 竹内伸光, 戸栗智仁: 地層処分場 地下施設の換気システムの成立性検討 (その 1 全体概要), 土木学会第 71 回年次学術講演会, 2016 年 9 月。
- 2) 勝又尚貴, 野尻慶介, 窪田茂, 矢萩良二, 戸栗智仁: 地層処分場 地下施設の換気システムの成立性検討 (その 2 通気網解析), 土木学会第 71 回年次学術講演会, 2016 年 9 月。
- 3) 矢萩良二, 戸栗智仁, 勝又尚貴, 野尻慶介, 窪田茂: 地層処分場 地下施設の換気システムの成立性検討 (その 3 温熱対策), 土木学会第 71 回年次学術講演会, 2016 年 9 月。
- 4) 建設労働災害防止協議会: 新版 ずい道等建設工事における換気技術指針, 2012 年 3 月。

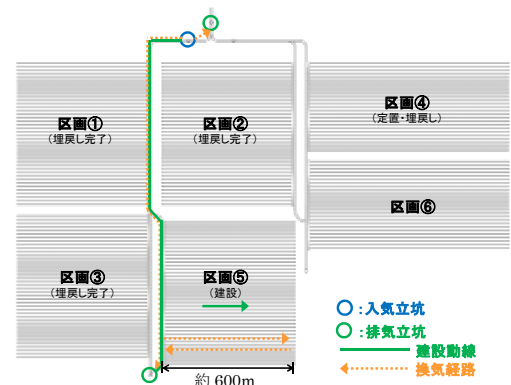


図-3 フィッシュボーン型レイアウト

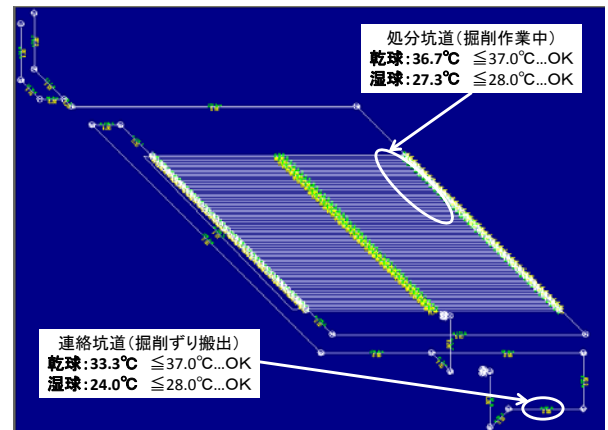


図-4 熱環境解析の結果



図-5 部分冷却方式による冷房設備の設計例