

## 災害時における地下街の空気環境に関する研究

CFD 解析 地下街 帰宅困難者  
非定常解析 空気環境 東京

AJ14080 常澄 佳寛  
指導教員 西村 直也



### 1. 研究の目的と背景

東日本大震災時、都心部では公共交通機関が麻痺し、ターミナル駅周辺が人であふれたことで、移動手段を失った帰宅困難者が多数発生した。このとき、川崎市に所在する地下街の川崎アゼリアは川崎駅構内で人があふれかえってしまったため、約 3000 人の帰宅困難者を受け入れた。これを機に、各自治体は帰宅困難者への対応の検討を進め、一時滞在施設の確保を行っている。地下街も一時滞在施設の候補として利用しようという試みがある。

地震などの災害時においては大規模な停電が発生し、地下街の換気システムが停止する可能性が考えられる。空調・換気設備が稼働できない状況で多くの帰宅困難者が地下街に滞在したとき、空気環境や温熱環境がどのように変化していくのかを把握することは一時滞在施設の候補として検討する上で重要である。

本研究では、非空調時の地下街に帰宅困難者が滞在した状況において、空気環境がどのような変化をするのかを把握することを目的とし、熱流体解析ソフトを使用しシミュレーションを行う。また、形状の異なる2つの地下街のデータを比較し、温度・二酸化炭素・空気齢の観点から空気環境の変化について考察を行う。

### 2. 研究方法

本研究の調査対象とする地下街は、東京の中心部に位置し、1日での利用者数が15万人に及ぶ平たい形状の地下街である。既往の研究により地下街における災害時の帰宅困難者1人あたりの占有面積を4.6[m<sup>2</sup>]として、地下1階の公共通路部分に3582人の帰宅困難者が滞在することを想定する。温度・二酸化炭素・空気齢の観点から温熱環境・空気環境の評価を行う。また、形状の異なる地下街での解析結果と比較をし、地下街における空気環境の傾向を考察する。

本研究ではソフトウェアクレイドル社の熱流体解析ソフト「STREAMv13」を使用する。解析モデルは地下1階公共通路部分に3582人分の帰宅困難者のモデルを配置し、発熱条件・二酸化炭素発生条件を与える。解析時の外気温については気象庁の観測データより引用した。24時間分に相当する非定常解析を行い、空気環境の変化を確認

する。

表 1 地下街概要

全体面積		69,203m <sup>2</sup>
階数		地下 3 階
用途別延床面積	駐車場	21,287m <sup>2</sup>
	地下道	16,581m <sup>2</sup>
	店舗	17,790m <sup>2</sup>
	その他	13,545m <sup>2</sup>

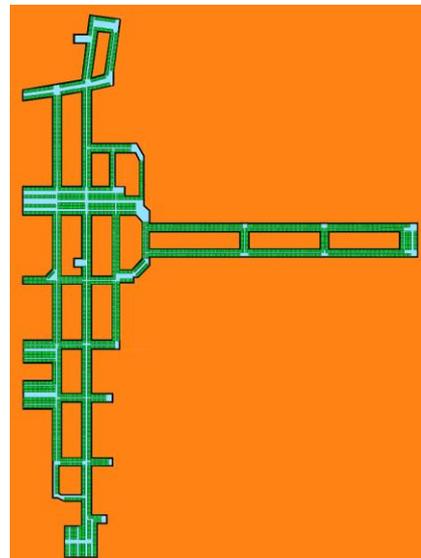


図 1 解析モデル

表 2 解析設定

解析条件	定常/非定常	非定常	
	気流状態	乱流	
	乱流条件	高レイノルズ	
	初期温度	夏期	26.3[°C]
		冬期	7.9[°C]
	要素数	350×451×10	
	解析サイクル	1440 サイクル=24 時間	
外気条件	夏期	2018 年 8 月 1 日 東京 0 時~24 時	
	冬期	2017 年 12 月 1 日 東京 0 時~24 時	
	CO <sub>2</sub> 初期値	400[ppm]	
発生条件	人体発熱量	60[W]×3582[人]	
	CO <sub>2</sub> 条件	人体発生量	0.02[m <sup>3</sup> /(h・人)]×3582[人]
		拡散係数	1.00E-05

### 3. 解析結果

シミュレーションでは、対象の地下街において帰宅困難者が滞在することにより、地下街全体の平均温度が外気温に比べて3~7[°C]程度上昇することが確認できた。夏期においては1日通して30[°C]を超えており暑い状態が続き、冬期においては10[°C]程度の温度であり寒い状態になる結果となった。このため温熱環境が快適であるとはいえない。

夏期における3~6,21~24時の二酸化炭素濃度は2000[ppm]を超える箇所が多く、日中の9~18時は1000~1500[ppm]程度の箇所が多くを占めた。これは夜の時間帯より日中の時間帯の空気齢が全体的に短くなっているため二酸化炭素濃度が下がったと考えられる。建築物環境衛生基準では二酸化炭素濃度の基準値を1000[ppm]としており、これを超過していることから劣悪な空気環境であることがわかる。冬期では二酸化炭素濃度の平均は1000~1100[ppm]に収まっていることから夏期に比べて空気環境は良いといえるが、基準値と比較すると空気環境が良いとはいえない。

夏期に関しては主に地下街の中央付近や道幅の狭いところにおいて空気齢が長く換気効率が悪い傾向にあり、開口部付近や道幅の大きいところは空気齢が短く換気効率が良いことが確認できた。冬期では空気齢の長い箇所が夏期と異なり、開口部付近でも遅いところが見られた。この地下街は外温度の変化により熱が滞留するところが異なる傾向にあることが確認できた。また、空気齢が遅いところは温度が高くなり、二酸化炭素濃度も高い数値をとることが確認できた。

### 4. 結論

対象の地下街に帰宅困難者が滞在した場合、夏期では温熱環境・空気環境ともに劣悪な環境であり、自然換気だけでは人が滞在することは難しい。冬期では気温に関して、布団を羽織るなどをして対策することは可能だが、空気環境は二酸化炭素濃度の基準値を超過しているので対策が必要である。今回の解析では夏期と冬期で空気環境の傾向に違いが見られたため、異なる対策をとる必要がある。

昨年度行われた福岡地下街における研究では縦長の形状をしているため気流の流れがよく、一定間隔に外部とつながる開口部が存在するので換気効率が全体的に良い傾向にある。対して東京地下街は平たい形状をしているため、中央付近に熱が溜まる傾向にあり中央部の換気効率が悪い。換気効率が良くなる形状の地下街では災害時の一時滞在施設としての利用の可能性が高くなる。

### 5. 参考文献・引用

- 1) 北原文宏：災害時における地下街空気質の基礎的研究—CFDによる空気質悪化の予測—, 芝浦工業大学学士論文, 2018.3
- 2) 気象庁：過去の気象データ検索

表3 夏期の東京地下街の温熱環境

夏期	3時	6時	9時	12時	15時	18時	21時	24時
平均温度	32.8	32.7	34.5	36.4	36.6	35.6	33.6	33.7
外気温	25.3	26.3	31.5	34.0	34.4	32.5	29.2	28.5

表4 冬期の東京地下街の温熱環境

冬期	3時	6時	9時	12時	15時	18時	21時	24時
平均温度	10.6	10.6	10.6	11.1	12.0	12.0	11.4	10.5
外気温	7.9	7.8	8.0	8.6	9.6	9.6	8.8	7.3

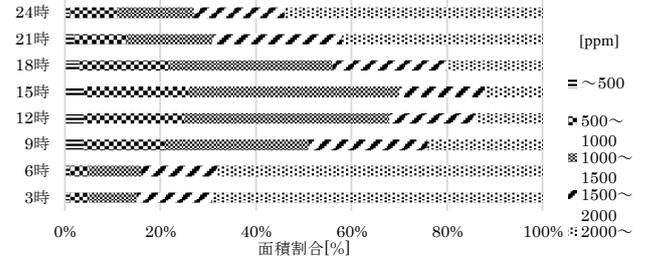


図2 夏期の東京地下街の二酸化炭素濃度別面積割合

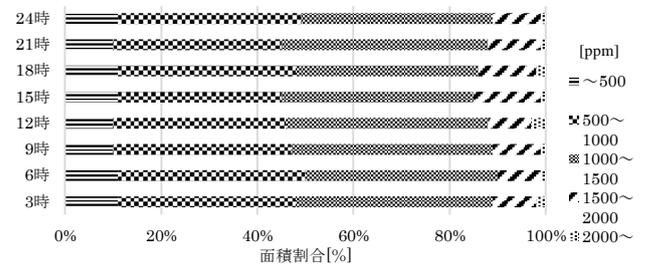


図3 冬期の東京地下街の二酸化炭素濃度別面積割合

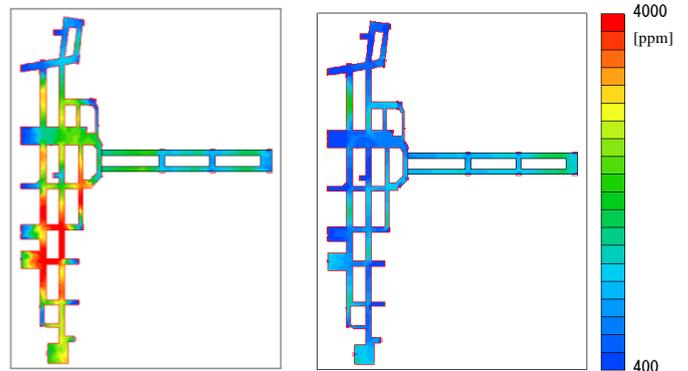


図4 東京地下街の二酸化炭素濃度 24時 (左図：夏期 右図：冬期)

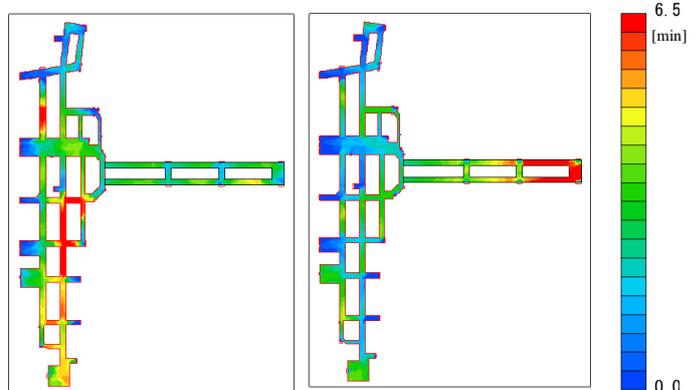


図5 東京地下街の空気齢 24時 (左図：夏期 右図：冬期)