

川崎アゼリア地下街における 安心避難対策の取組み

ACTION OF THE RELIIF AND REFUGE MEASURES IN THE KAWASAKI AZALEA UNDERGROUND SHOPPING CENTER

持田 忠男¹・小野 辰夫²・大森 高樹^{3*}・山田 武志⁴

Tadao MOCHIDA¹, Tatsuo Ono², Takaki OHMORI⁴, Takeshi YAMADA⁴

In the present, when the large-scale earthquake occurred, each underground shopping center is pushed forward the action such as a fire or a tsunami, the flood and the measures of a person having difficulty in coming home. "The reliable and refuge measures guidelines on underground shopping center" were announced in form to support this action in April, 2014. The Kawasaki-Azalea underground shopping center examines the inundation refuge simulation that assumed torrential rain outbreak in reference to "the inundation measures guidelines in the underground" in March, 2013 ahead of this, and practices the correspondence of the refuge security plan. To receive such a scenery, they are building the agreement formation, the disaster prevention education enlightenment promotion system (plan) with the comprehensive check, person concerned including a management method, the system, the store who took disaster prevention measures of the whole underground shopping center into consideration. We report the actions such as reliable refuge measures carrying out as the Kawasaki-Azalea.

Key Words : *underground space, evacuation simulation, refuge simulation, the agreement formation, the disaster prevention education*

1. はじめに

地下街の多くは，高度経済成長期に主要なターミナル駅の周辺部(道路・駅前広場)の地下空間を活用し，民間資金等によって公共用通路等の店舗と一体的な整備により造られた施設である。現在，この公共用通路は重要な歩行者空間としての役割を担っているため，その都市機能を適切に確保していくことが求められている。大規模地震時でも地下街が都市機能を継続的に確保できるように，国土交通省都市局街路交通施設課から，全国の地下街調査結果に基づく「地下街の安心避難対策ガイドライン」が2014年(平成26年)4月に出された。このガイドラインは，地下街が有する交通施設としての都市機能を継続的に確保していくために必要な耐震対策等地下施設の整備・更新にあたって必要な考え方を技術的な助言としてとりまとめたものである。ガイドラインの主体は「地下

街を所有・管理するもの」であり，ガイドラインのポイントは以下の2点ある。

- ① 非構造部材の落下対策として，非構造部材の点検要領を策定
- ② 様々な状況を想定した避難対策として，避難シミュレーションを活用した避難経路の検証方法や対応方策の検討方法等を提示

また，局所的な集中豪雨の増加によって地下施設の浸水被害が発生しているため，国土交通省は平成17年に水防法を改正し，地下街等の事業者に対し避難確保計画の作成を義務付けた。さらに2013年(平成25年)4月に水防法の一部を改正し，事業者等による水防活動の充実と連携の強化を図るため，地下街等による自主的な水防活動の促進(利用者の避難確保や施設への浸水を防止する自主的な取組みを促進するための措置)を講じることとした。現在，各地下街では火災，津波・洪水，帰宅困難者対

キーワード：地下街，安心避難対策，避難シミュレーション，合意形成，防災教育

¹ 非会員 川崎アゼリア㈱ 経営企画・危機管理担当部長，Kawasaki Azalea

² 非会員 川崎アゼリア㈱ 施設管理部長，Kawasaki Azalea

³ 正会員 ㈱日建設計シビル 計画設計部副部長，Nikken Sekkei Civil Engineering Ltd. (E-mail:oomorita@nikken.jp).

⁴ 正会員 ㈱ベクトル総研 副主任研究員，Senior Consultant, Vector Research Institute, Inc.

策、経過年数に合わせた耐震対策等が進められている。

川崎アゼリア地下街はJR川崎駅東口駅前広場に位置する日本で3番目の規模を誇る地下街であり、平日・休日問わず多くの人が訪れている。また、災害時には帰宅困難者を受け入れる一時滞在施設としての役割も担うことを川崎市と決めている。当地下街においては、避難確保計画を策定するとともに定期的に防災訓練を行い、有事には多くの地下街利用者を円滑かつ迅速に避難させることができるよう備えている。しかし、将来の首都直下地震や突発的な浸水被害が増大している現状を踏まえて、防災対策の強化が必要と判断し避難確保計画を見直した。

2. 検討内容

本論文は、地下街の安心避難対策と浸水時の避難対策という2つの検討を行った結果を記載したものである。

(1) 地下街の安心避難対策の検討

川崎アゼリア地下街では、2014年(平成25年)4月に策定された「地下街の安心避難対策ガイドライン(地震時における地下街の安全対策を検討するための技術的助言)」に関するソフト対策とハード対策を的確に実施していくための計画や取り組み内容を整理した。2013年には(2)に示す浸水時における避難確保計画を作成し、それに引き続き2014年(平成25年)に計画策定の準備と安全対策の取り組み準備を中心に業務成果をまとめ、国土交通省から計画策定や安全対策の取り組みに対する支援を得ることを目的に行った。

検討した業務は下記の2つで構成されている。

- ① 計画策定の準備
- ② 安全対策の取り組み準備

上記の項目①では、川崎アゼリア施設内の防災対策に関連する基礎データの収集・整理および施設内の防災設備、避難出入口、サイン等を含む安全点検情報の収集・整理を実施した。具体的には防災設備等を記載した図面作成や施設内の防災サイン内容の提案を行った。

上記の項目②では、以下の4事項を中心に検討を実施した。

- ア) 地震やゲリラ豪雨時における避難確保・浸水防止計画の作成
 - イ) 施設内における防災情報ツールの収集・整理
 - ウ) 施設の天井板等の点検および補強案検討
 - エ) 施設の避難路の課題検討
- ・特にイ)は、災害時の情報提供を行うデジタルサイネージ整備に役立つように最新の製品情報等を収集・整理し、「デジタルサイネージ設置提案書」として取りまとめた。

- ・ウ)は、地下街安心避難対策ガイドライン策定委員会資料に記載された天井点検項目を参考にしながら、アゼリアとして必要な追加項目を検討し取りまとめた。
- ・エ)は、避難誘導サインの内容を整理して地下街会社へ具体的なサンプル事例を示して提案した。

(2) 地下街の浸水時避難対策の検討

避難確保計画を策定するにあたり、内水氾濫による浸水時における避難シミュレーションを実施し、浸水時避難対策を検討した。避難確保計画の対象範囲は、川崎アゼリア株式会社が管理する地下1階(商業施設フロア, 27, 152m²)、地下2階(駐車場フロア, 27, 115m²)である。なお、避難シミュレーションの解析対象範囲は地下2階までとした。地下街への浸水時における避難シミュレーションを行う際に対象とする降雨は、降雨量150mm/h、降雨継続時間は1時間とした。これは千葉県香取(1999/10/27)、愛知県岡崎(2008/8/29)にもたらした短時間降雨であり、全国の気象庁観測所が記録する既往最大の1時間降水量である。また、香取や岡崎の豪雨は、ともに対象地の雨水排水能力(10年確率降雨58mm/h)を上回る降雨の継続時間が1時間であった。なお、参考までに川崎市内での確認されている既往最大の1時間雨量は117mm/h(1985/7/14)であった。対象降雨量150mm/hは川崎市内既往最大1時間降雨量よりも大きい値であることから、検討する数値としては適正であると判断した。

3. 安心避難対策の検討結果

現在、川崎アゼリア地下街では安心避難対策について、従来の防災計画等の内容を参考にしながら防災情報データベース(仮称)を構築中である。まず最初に施設内の防災対策に関連する基礎データの収集、整理を行った。続いて、施設内の防災設備、避難出入口、サイン等を含む安全点検情報についても収集し整理した。この防災情報データベース(仮称)の中には、地下街フロアガイド、避難経路図、防災設備配置図、アゼリア共同防火管理体制等書類、店舗消防計画書類、自衛消防組織書類、浸水対策計画(教育コンテンツ)など、今まで作成してきた書類や図面等を入れてある。また、従来は手書きで利用していた図面をデジタル化して今後いろいろな方面で利用できるようにしたこと、新規に作成した書類も随時入れ込めるようにしたこと、Windowsパソコンで使用できる簡易なシステムにしたこともこのデータベース(仮称)の特徴である。合わせて平成25年度に川崎アゼリア地下街として策定した浸水対策計画をベースにした浸水対策を学習する教育コンテンツ(スライド)を再生する機能も作成した。



防災管理データ閲覧画面 ↓



図-1 アゼリア防災情報データベース(仮称)画面

今回の業務では、地下街施設内の防災関連サイン（避難経路、出入口等の図）の確認を含めた情報について施設管理者と協議しながら部分的にデジタルコンテンツ化する準備を行った。今後は、できるだけこれらの資料を地下街会社に関わる隣接する建物関係者との合意形成を図っていくための基礎資料とする。なお、地下街施設と広域避難場所を含む広域地図については、川崎市との確認や協議をしながら、利用者にとってわかり易い内容を提供できるものを検討していくこととした。

災害時の情報提供を行うデジタルサイネージ整備の検討は、「災害時・緊急時に対応した避難経路等のバリアフリー化と情報提供のあり方に関する調査研究報告書平成25年3月 国土交通省総合政策局安心生活政策課」も参考にしながら、最新の製品情報等を収集し「川崎駅地下街・デジタルサイネージ設置提案書」としてとりまとめた。

現在、川崎アゼリア地下街は川崎市と「帰宅困難者一時滞在施設としての使用に関する協定」を結んでいて、川崎市の要請に基づき帰宅困難者の受け入れを開始することで、地域における混乱や事故の発生等の抑制を図っている。いま、市が一時滞在施設として使用する範囲は地下1階公共歩道部分の約6,000㎡としており、利用者が占有する面積を約2㎡/人とする約3,000人を収容できる。

また、川崎アゼリア地下街は、消防法第8条および第36条並びに川崎アゼリア地下街全体の消防計画に基づき防火・防災管理を行っている。そのなかで「第3章 第

8条 点検・検査(2)」において、建物等及び消防用設備等の自主検査を「建物等自主検査チェック表（定期）」及び「消防用設備等自主点検表（定期）」に基づいた自主検査を実施している。この自主検査では、建物構造の天井、避難施設の通路等と避難口、設備等の固定内容の確認を点検することが記載されており、定期点検内容として更に詳細な項目について確認していくことも必要と考え、現在も調整中である。

4. 浸水時の避難対策検討の結果

(1) 浸水避難シミュレーション検討条件

地下街への浸水時における避難シミュレーションとして、地上部の浸水解析、地下街の浸水解析、地下街の避難解析の3つの内容を実施した。地上部の浸水解析は検討対象範囲を含む集水域に1池モデルを適用し、集中豪雨による地上の氾濫と地下への浸水までの状況を解析した。1池モデルの基礎方程式は以下のとおりであり、降雨を集水域に一律に与えた。雨水排水量は川崎市の計画処理量58mm/h(10年確率)を仮定した。

$$\frac{dV(h)}{dt} = Q_{in} - Q_{out} \quad (1)$$

V : 浸水ボリューム(浸水位の関数として表される)

Q_{in} : 降雨流出量(降雨量150mm/h)

Q_{out} : 下水道による雨水排水量・地下街への浸水量

地上の氾濫水が連絡口を通じて地下1階へ流れる浸水量については、「地下街等浸水時避難計画策定の手引き(案)(国土交通省)」に示される下式により算定した。

$$Q(t) = 1.59BH(t)^{1.65} \quad (2)$$

$Q(t)$: 時刻 t の地下空間への流入量 (m³/sec)

B : 開口部の流入幅 (m)

$H(t)$: 時刻 t の地上浸水深 (流入口天端高からの水深)

(2) 地下街の浸水避難シミュレーションの手法

a) 地下街の浸水解析モデル

地下街の浸水解析は、地上から地下への浸水量を境界条件とし、戸田ら¹⁾の手法(ポンドモデル)を用いた真船ら²⁾の解析コードを用いて浸水解析を行った。解析空間モデルは、1辺の長さを0.5mとする格子セルを単位とする構造格子で表現したメッシュ空間としている。各セルには、壁、障害物など人や水の入れない地点を表す属性値、水の流入地点を表す属性値、人の避難完了地点を表す属性値、床面の高さを表す属性値などを設定し、解析対象空間の構造を表現した。以下にポンドモデルの基礎式を示す。

① 連続式（空間全体の浸水）

$$A \frac{dh}{dt} = \sum_{i=1}^m Q_i + Q_{in} \quad \text{ただし, } A = \begin{cases} A_f: h < D \\ A_s: h \geq D \end{cases} \quad (3)$$

A : 貯留槽の有効底面積

A_f : 貯留槽の底面積

A_s : スロットの面積

h : 水深

t : 時間

Q_i : 貯留層が有する i 番目の接面から流入する流量

Q_m : 地上や他階層などからの流入流量

D : 貯留槽の天井高

② 運動量式（段差がない箇所の浸水）

$$\frac{L}{gA_b} \frac{dQ}{dt} = \Delta H - \alpha L Q |Q| \quad \text{ただし, } \alpha = \frac{n^2 s^{4/3}}{A_b^{10/3}} \quad (4)$$

ΔH : 隣接した貯留槽間の水位差

Q : 流量

g : 重力加速度

L : 隣接した貯留槽の図心間の距離

A_b : 接面の断面積

α : 損失係数

n : マニングの粗度係数

s : 接面の潤辺

③ 段落ち式・越流公式（段差部の浸水）

$$Q = B \mu h_0 \sqrt{g h_0} \quad (5)$$

B : 流入口の幅

h_0 : 水深

μ : 段落ち流れの流量係数

b) 地下街の避難解析モデル

避難解析はメッシュ型マルチエージェント群集流動シミュレータを用いた。マルチエージェントモデルは、歩行者の挙動特性と歩行者同士の相互作用をエージェントの行動ルールとして記述し、空間内の歩行者流動を解析するコンピュータシミュレーションシステムである。本シミュレータは駅や高層ビルからの避難安全性検討の多くの実績を有しているものであり、本シミュレータの概要は火災予防審議会・東京消防庁³⁾で示されているためここでは割愛する。

(3) 要避難者数の算定

避難シミュレーションを実施するにあたり、要避難者数を設定する必要があるが、その要避難者数はアゼリア地下街の利用実態を踏まえ、地下街の滞在者が最も多い

時間帯におけるアゼリア地下街の滞在者数とすることとした。そこで、平成24年度アゼリア通行量調査データ、レジ客数データ、エリア別の面積を用いて、図-2に示す手続きによって、解析対象範囲における平日と休日の混雑ピーク時の地下街の滞在者の分布を算定した。

a) 通行量調査エリア内の最大滞在者数の分析

通行量調査結果データを用いて、解析対象領域内の最大滞在者数を分析した。具体的には、解析エリアの各出入口の各時間帯の入場方向の通行量の合計から退場方向の通行量の合計を差し引いた人数を当該時間帯の滞在者増減数とした。更に、一つ前の時間帯の滞在者数に当該時間帯の増減数を加算して当該時刻の滞在者数とした。

（表-1、図-3）なお、朝7時以前の滞在者数は0人とした。

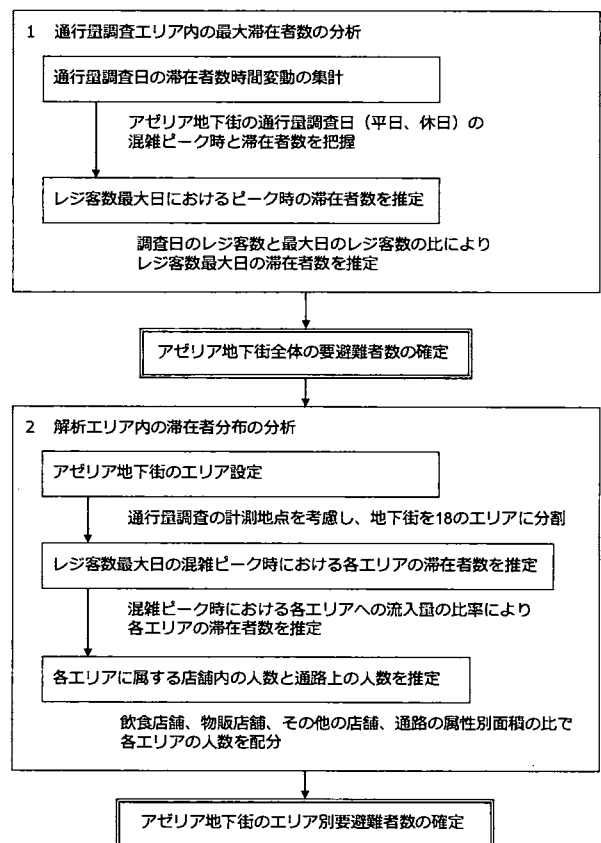


図-2 要避難者数算定フロー図

表-1 通行量調査日の滞在者数時間変動集計表

	平日【平成24年7月10日(火)】				休日【平成24年7月8日(日)】			
	入場人数	退場人数	増減数	滞在者数	入場人数	退場人数	増減数	滞在者数
7:00 ~ 8:00	7,084	6,575	489	489	2,353	2,257	96	96
8:00 ~ 9:00	7,882	7,845	37	526	3,711	3,605	106	202
9:00 ~ 10:00	4,892	4,527	365	891	4,100	3,820	280	482
10:00 ~ 11:00	6,373	5,980	393	1,284	6,238	5,702	536	1,016
11:00 ~ 12:00	7,937	7,276	661	1,945	8,091	7,437	654	1,672
12:00 ~ 13:00	9,637	9,429	208	2,153	10,074	9,225	849	2,521
13:00 ~ 14:00	8,739	8,867	-148	2,005	10,694	10,715	-31	2,460
14:00 ~ 15:00	8,422	8,410	12	2,017	12,081	12,001	80	2,570
15:00 ~ 16:00	8,624	8,586	38	2,055	11,496	11,909	-413	2,157
16:00 ~ 17:00	8,840	8,927	-87	1,968	11,954	12,013	-59	2,098
17:00 ~ 18:00	10,886	10,339	547	2,515	10,279	10,715	-436	1,662
18:00 ~ 19:00	11,494	11,518	-22	2,502	8,214	8,366	-152	1,510
19:00 ~ 20:00	9,307	9,992	-685	1,608	6,491	6,761	-270	1,240
20:00 ~ 21:00	8,594	7,105	1,489	1,097	4,448	4,918	-472	768
21:00 ~ 22:00	3,589	4,189	-600	497	2,520	3,061	-541	227
22:00 ~ 23:00	1,581	1,855	-274	223	1,145	1,358	-213	14

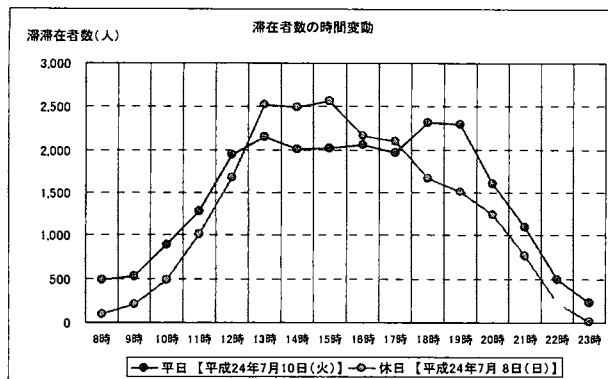


図-3 滞在者数の時間変動

通行量調査日のレジ客数とレジ客数最大日のレジ客数の比（表-2）を用いて、レジ客数最大日におけるピーク時の推定滞在者数を求めた（表-3）。

表-2 調査日と最大日のレジ客数

調査日	平日 2012/ 7/10 (火)	休日 2012/ 7/ 8 (日)
最大日	平日 2011/12/23 (金)	休日 2011/12/24 (土)
	レジ客数 25,178 人	レジ客数 28,619 人
	レジ客数 36,955 人	レジ客数 39,637 人

表-3 レジ客数最大日におけるピーク時の推定滞在者数

	ピーク時間	ピーク時推定滞在者数
平日	18:00	3,380 人
休日	15:00	3,547 人

b) 解析エリア内の滞在者分布の分析

通行量調査結果データの通路交通量調査地点を考慮し、解析エリアを図-4のように18のエリアに分割して、平日と休日それぞれについて、通行量調査結果データ（出入口通行量，通路交通量）を用い滞留者数ピーク時間帯における各エリアの滞留者数を推定した。

エリア1からエリア15の各エリア*i* (*i* = 1~15) の滞在者数*N_i*は、計測日のピーク時間帯に各エリア*i* (*i* = 1~15) に入場した人数の合計値 *x_i* を求め、前項で推定したレジ客数最大日におけるピーク時推定滞在者数 *N* を*x_i*の比で按分した。

$$N_i = \frac{x_i N}{\sum_{j=0}^{15} x_j} \quad (6)$$

エリア17への流入出人数は計測されていなかったため、エリア17の滞在者密度は隣接するエリア12の滞在者密度と同じであると仮定し、エリア12滞在者密度にエリア12とエリア17の面積比を乗じてエリア17の滞在者数を算出した。同様に、流入出人数が計測されていなかったエ

リア16，エリア18の滞在者数は隣接するエリア15の滞在者密度と各エリアの面積比を用いて求めた。

平日，休日それぞれのピーク時間における各エリアの滞在者数推計結果を図-4，図-5に示す。また，平日ピーク時や休日ピーク時の各エリアの人数の差を算出した結果を図-6に示す。

エリア3，エリア8，エリア15は平日ピーク時，休日ピーク時ともに300人以上となった。サンライト広場（エリア3，エリア8），北広場（エリア5），市役所ロード（エリア11），東広場（エリア15），京急ロード（エリア16）は平日ピーク時の方が休日ピーク時よりも人数が多い。一方，西広場（エリア1），新川ロード（エリア6），南広場（エリア12），グルメウォーク（エリア13，エリア14）は休日ピーク時の方が，休日ピーク時よりも人数が多い。これは，平日ピーク時である夕方の通勤ラッシュ時間帯はJR川崎駅と京急川崎駅との連絡動線となるエリアで回遊する滞在者が多く，休日ピーク時は滞在者の回遊性が高まり飲食店街や駅から遠いエリア，他の商業施設に連絡するエリアの滞在者が多くなるためと思われる。

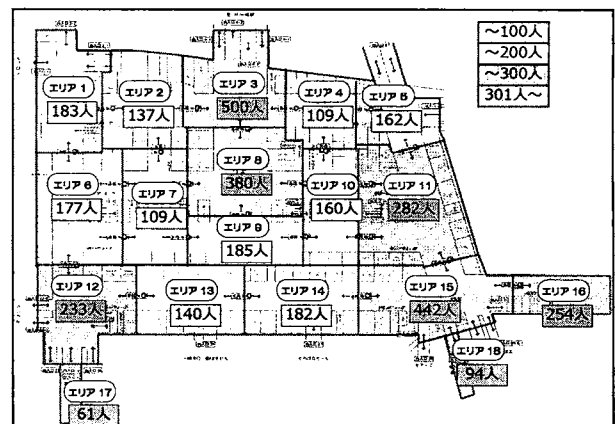


図-4 平日ピーク時（18時）におけるエリア別滞在者数

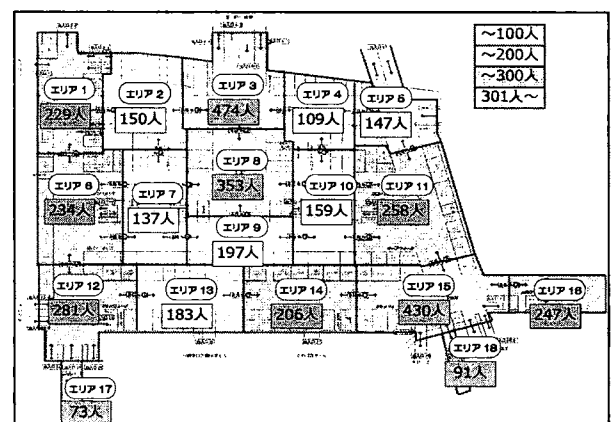


図-5 休日ピーク時（15時）におけるエリア別滞在者数

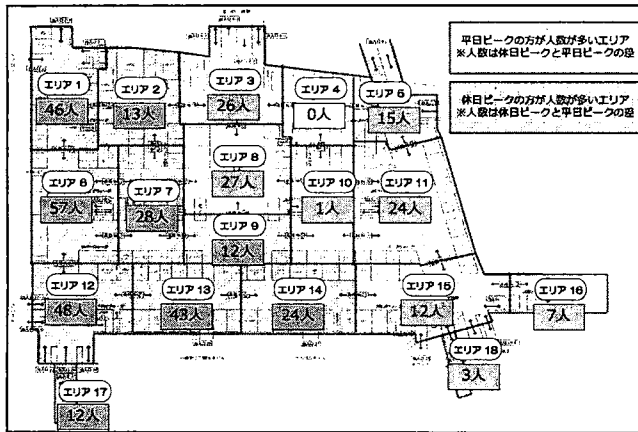


図-6 平日と休日のエリア別ピーク時滞在者数推定値の差

次に、「2001年版避難安全検証法の解説および計算例とその解説」で用いられている通路、物販店舗、飲食店舗、事務室の滞在者数原単位を用いて、各エリアの滞在者数 N_i を、下式によって通路、物販店舗、飲食店舗、その他の室（事務室等）に按分した。

$$N_{ij} = N_i \times \frac{\rho_j A_{ij}}{\sum_k \rho_k A_{ik}} \quad (7)$$

- N_{ij} エリア i の室属性 j の部分の滞在者数
 N_i エリア i の滞在者数
 A_{ij} エリア i の室属性 j の部分の面積
 ρ_j 室属性 j の滞在者数原単位

表-4 室属性 j の滞在者数原単位

通路	0.25 (人/㎡)
物販店	0.5 (人/㎡)
飲食店	0.7 (人/㎡)
事務室等	0.125 (人/㎡)

(4) 浸水避難シミュレーションの条件設定

a) 内水氾濫対策

以下の内水氾濫対策を実施することを想定した。

- ①地上部の浸水解析の結果、最も浸水が早い連絡口（小川町駐車場出入口、地上から地下2階の駐車場へと繋がる車出入口）に防潮シートを設置して浸水を防ぎ、地下2階の利用者を全員避難させる。
- ②業施設が並ぶ地下1階と地下2階（駐車場）を繋ぐ階段を開放して地下1階の浸水を地下2階へ流す。

b) 浸水が想定される連絡口と流入量

内水氾濫対策を前提条件として地上部の浸水解析を行い、浸水が想定される連絡口と浸水量を求めた。

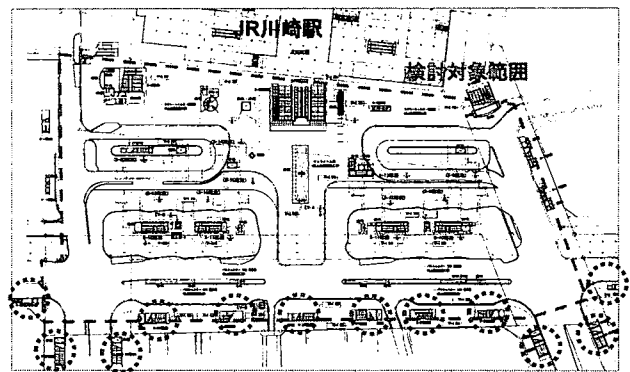


図-7 地上部の浸水解析結果(破線丸が浸水する連絡口)

c) 要避難者数の設定

現状分析結果に従い、最も地下街滞在者数が多い時間である休日15時の地下街滞在者数3,958人を要避難者とし、各エリアの滞在者数推定結果に従って避難者を初期配置した。

d) 避難開始条件・避難経路・避難完了地点の設定

「地下空間における浸水対策ガイドライン（国土交通省）」を参考とし、以下のシナリオを想定した。

- ・管理者により地上の浸水状況が監視されている。
- ・最も地盤の低い小川町駐車場出口(出入口高さ+1.13)において、浸水深が10cmに達した時点(水位+1.23m以上)で管理者が異変を覚知し、地下街に一齐に避難指示を放送する。
- ・地下街滞在者は避難指示を放送から3分後に一齐に避難を開始する。

なお、館内に一齐に避難指示を行うため、ロコミによる情報伝達は考慮しないこととした。上記シナリオでのシミュレーションケースをケース1とした。また、避難指示放送から10分後に一齐に避難を開始する場合をケース2、避難指示放送から15分後に一齐に避難を開始する場合をケース3としてケーススタディーを行った。

表-5 各ケースの避難開始時間の設定

ケース1	地下街に一齐に避難指示を放送してから3分後
ケース2	地下街に一齐に避難指示を放送してから10分後 (=地下1階への浸水が始まる時間)
ケース3	地下街に一齐に避難指示を放送してから15分後

避難者の避難経路と避難完了地点を以下の通りとした。

- ・地下街の各店舗内にいる避難者は、最寄りの店舗出入口に向かい、地下街通路に出る。
- ・地下街通路にいる避難者は、広い通路に向かう傾向があることを考慮する。
- ・避難完了地点はJR川崎駅方面の地上出口および京急川崎駅方面の地上出口の上部とする。

避難者の歩行速度と開口部流出係数の設定を以下の

通りとした。

・浸水していない地点の歩行速度

「2001年版避難安全検証法の解説および計算例とその解説」において、「百貨店、展示場その他これらに類する用途」の避難計算に用いられる歩行速度を歩行速度の上限値とし、水平路は分速60m (1.00m/s) , 上り階段は分速27m (0.45m/s) とした。

・浸水地点の歩行速度

浸水していない場合の水平路歩行速度 (1.00m/s) に対し、浸水深70cmで歩行限界 (歩行速度 $v=0.0\text{m/s}$) になることとし、浸水深 $h(\text{cm})$ の地点にいる避難者の水平路の歩行速度の上限値 (混雑による歩行速度低減が無い場合

の歩行速度) V を次式で定めた。

$$V = \max \left\{ v \left(1 - \frac{h}{70} \right), 0 \right\} \quad (8)$$

前項(4)で定めた避難完了地点からは浸水しないため、今回の検討において避難者が浸水している階段を歩行することは起こらない

・開口部の流出係数の設定

「地下街等浸水時避難計画策定の手引き(案)」²⁾に従い、各店舗出口の流出係数 (1分間に1mの幅の開口部を通過できる人数の上限) を90とした。(1秒あたり1.5)

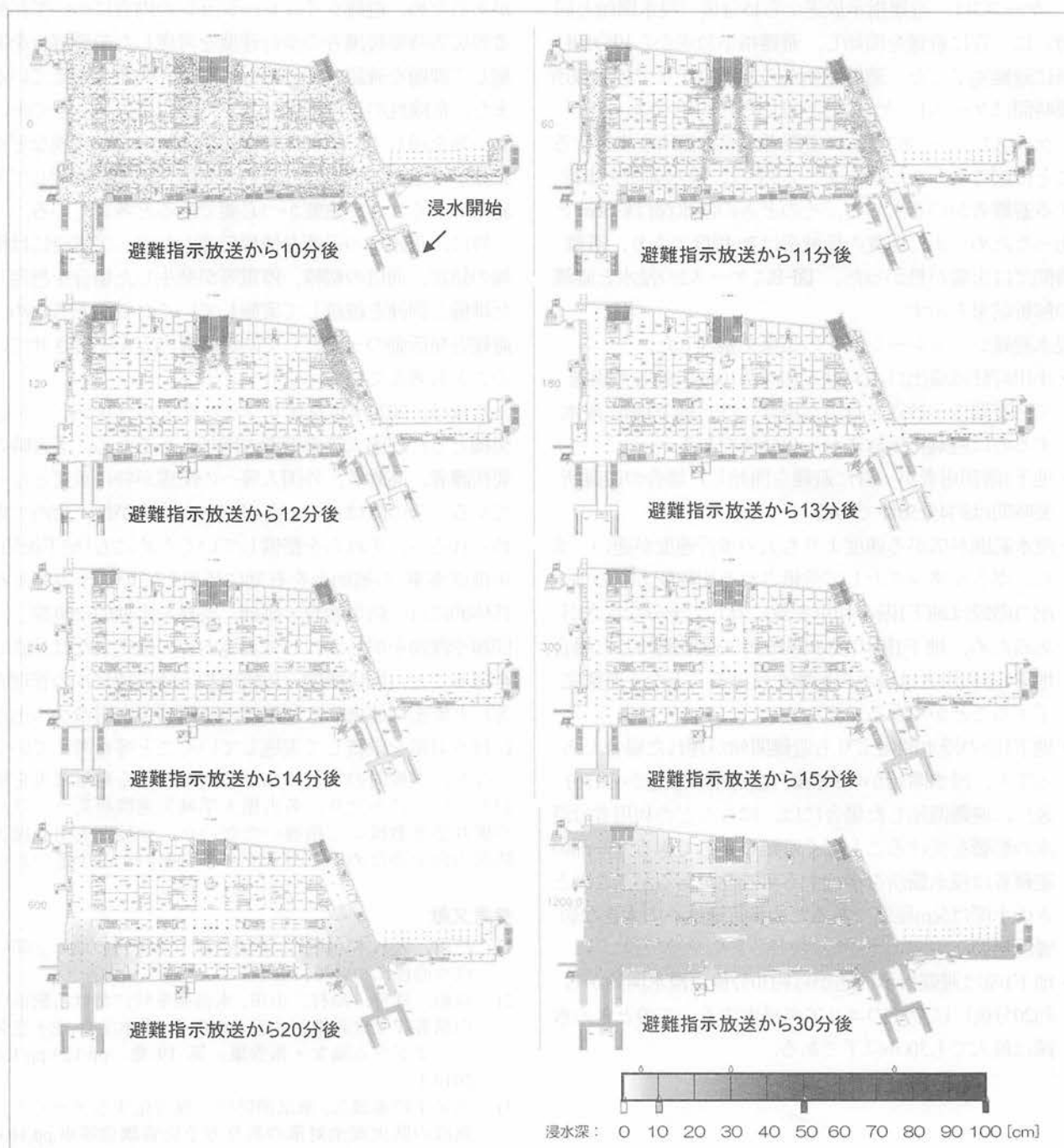


図-8 ケース2の浸水避難性状

(5) 浸水解析結果

地下1階は、避難指示放送の10分後に浸水が始まり、避難指示放送の約30分後（浸水開始から約20分後）に全体が浸水した。各ケースの避難完了時間を以下に示す。

ケース1は、避難指示放送から3分後に一斉に避難を開始し、避難指示放送の7分50秒後（浸水がはじまる2分10秒前）に要避難者全員の避難が完了した。避難開始から避難完了までの避難所要時間は4分50秒であった。

ケース2は、避難指示放送から10分後（浸水開始と同時に）一斉に避難を開始し、避難指示放送から14分50秒後に避難完了した。避難開始から避難完了までの避難所要時間はケース1と同じく4分50秒であった。

ケース3は、避難指示放送から15分後（浸水開始と同時に）一斉に避難を開始し、避難指示放送から19分50秒後に避難完了した。避難開始から避難完了までの避難所要時間はケース1、ケース2と同じく4分50秒であった。

ケース1、ケース2ともに避難者が浸水箇所を歩行することは起こらなかった。ケース3では、浸水箇所を歩行する避難者がいるものの、そのときの浸水深は約5cmであったため、歩行速度の低減率は7%程度であり、避難時間には影響が無かった。図-8にケース2の浸水と避難の解析結果を示す。

浸水避難シミュレーションの結果を整理した。

- ・小川町駐車場出口における水深が10cmに達した段階で、避難指示放送を行った場合には、地下1階に浸水するのは避難指示放送から10分後である。
- ・地下1階利用者が一斉に避難を開始した場合の避難所要時間は約4分50秒である。
- ・浸水範囲が広がる速度よりも人の歩行速度が速い。また、ボトルネックとして危惧される川崎駅方面の地上出口階段は地下1階の利用者数に対して十分な広さがあるため、地下1階の浸水開始前に避難開始した場合、地下1階利用者は浸水の影響を受けることなく避難完了することができる。
- ・地下1階の浸水開始よりも避難開始が遅れた場合であっても、浸水開始から5分後（避難指示放送から15分後）に避難開始した場合には、ほとんどの利用者は浸水の影響を受けることなく避難を完了できる。一部の避難者は浸水箇所を歩行する可能性があるが、このときの水深は5cm程度であるため歩行速度への大きな影響は無い。
- ・地下1階は避難指示放送から約30分後（浸水開始から約20分後）に全てのエリアが浸水する。このときの水深は最大でも30cm以下である。

5. おわりに

現在、川崎アゼリアとして大規模地震時の地下街における安心避難対策およびゲリラ豪雨等の内水氾濫時の避難対策の2つの対策を継続して検討している。特に、大規模地震時には地下街が有する交通施設としての都市機能を継続的に確保していくことは非常に重要であるため、「地下街の安心避難対策ガイドライン」や「地下空間における浸水対策ガイドライン」などを積極的に活用して地下街としての防災対策を充実させて防災力を向上させなければならない。

地下街にいる人の避難は想定外のことも起きる可能性があるため、避難シミュレーションの内容について高齢者等災害時要援護者の歩行速度を考慮した避難解析を実施して課題を確認していくことも必要であると考えている。また、危険性の早期把握として、インターネットやモニター等を通じて、防災気象情報や二次的な危険性などを正確かつ迅速に把握するための対策や訓練を継続して実施していくことが重要かつ必要であると考えている。

特に、正確かつ迅速な情報伝達として、災害時には情報の錯綜、通信の輻輳、停電等が発生した場合を想定した準備と訓練を継続して実施していく必要があるため、避難啓発活動の一環として防災教育内容を充実させていくことも考えている。

今後は、2020年東京オリンピック・パラリンピックを契機とした外国人等来街者の増加もあるため、災害時の要援護者、高齢者、外国人等への配慮が特に重要となってくる。その際はハードとソフトの対応が地下街内で求められるが、それらを整備していくためにも「地下街防災推進事業」の補助金を有効に活用していく予定である。具体的には、防災教育・訓練、啓発を定期的の実施し、問題や課題を明らかにして実施内容の強化または見直しを図ること、関係機関（川崎市や近隣接続ビル管理者等）と緊密に連携し、利用者の避難誘導を円滑かつ迅速に行う対策を継続して実施していくこと等を考えている。

なお、本検討のまとめ及び地下街の安心避難対策を検討していくにあたり、名古屋大学減災連携研究センターの廣井悠准教授にご指導いただいた。今後とも引き続き防災力向上のためアドバイザーをお願いする予定である。

参考文献

- 1) 戸田，大八木，井上，間島，都市水害時の地下空間の浸水過程について，2004
- 2) 真船，外狩，島村，山田，水害発生時における駅構内の旅客安全性評価システムの開発，土木学会 地下空間シンポジウム論文・報告集，第19巻，pp.129-pp.136，2014.1
- 3) 火災予防審議会，東京消防庁：複合化するターミナル施設の防火安全対策のあり方予防審議会答申，pp.103-155，2011