

平成 27 年度 特別研究論文

大規模地下空間における  
内水氾濫による浸水対策の検討  
—大阪梅田地区を対象として—

Study on counter measures for overland flooding in a  
large-scale underground space  
—Apply in Osaka Umeda—

平成 28 年 2 月 12 日

関西大学環境都市工学部都市システム工学科  
環境マネジメント研究室

都 12-72  
武田 侑也

指導教員\_\_\_\_\_印

## 【要 旨】

都市型水害に対して、脆弱な地下空間に着目して内水氾濫シュミレーションを行うことにより、既存の地下空間浸水対策の妥当性について検討し、今後のあるべき浸水対策を決定する。

内水氾濫は突発的な短時間集中豪雨に起因することが多く、地下街管理者は対応行動を取りにくく、十分な人員も確保できない問題が推定される。また、地下内に適切な情報が伝達されるとは限らない。本研究では、そのような状況を想定し、浸水対応策の主要である止水板が設置途中で浸水が始まる状態を仮定する。よって、検討する項目として、止水板設置順序と設置開始タイミング決定方法を掲げ、リードタイムと流入量がどのように変化するのか算出した。この止水板設置タイミングは早過ぎると避難に影響を与え、遅すぎると地下空間への浸水を招くものである。現在の決定方法は、地上監視カメラによる目視状況判断である。平成 27 年の水防法改訂で、官民連携により水位計に基づく決定方法が推奨された。よって、検討する止水板設置開始タイミング決定方法は「地上監視カメラによる目視状況判断」「水位計による数値判断」とした。また、対象降雨を降雨強度が異なる 3 パターンとし、降雨強度の変化が、リードタイムと地下への流入量にどのような影響を与えるかを検討した。

シュミレーション結果より、止水板設置順序の検討を行うと、既往研究より流入割合が高いと判明している入口の止水板を優先的に設置する順序が有効的であることが判明した。さらに、この流入割合が高い入口は地下内電気整備室付近に位置している。地下空間浸水シュミレーションにおいても、この付近の浸水深が高いことが判明した。地下内浸水初期段階でも、真っ先にここへ浸水すると地下内事業継続に影響が出る。空調・防災機能・通信などあらゆるリスクに起因し、早期復旧が阻害される。よって、この設置順序は流入量の削減だけではなく、地下内事業継続にもつながる。また、止水板設置開始タイミング決定方法の検討では、水位計による決定方法において、リードタイムが最長で 20 分長くなり、流入量を約 60%削減できることが判明した。

よって、水位計による決定方法を今後の浸水対策の要とする。

## 【Abstract】

Examining the validity of existing underground inundation measures by paying its attention to the weak underground, and simulating the inland waters flooding for a urban flood and decide the inundation measures that there should be in the future.

The inland waters flooding is often caused by sudden short time torrential rain, and the underground shopping center manager is hard to take the correspondence action, and the problem that enough staff cannot secure is estimated. In addition, appropriate information may not be transmitted in a basement. In this study, assuming such situation, and the important still water board of the inundation countermeasure is setting it up, and the inundation supposes a state to begin. Thus, as an item to examine, advocating a decision method in still water board setting order and a setting start timing and calculated it how lead time and an inflow changed. When this still water board setting timing is too early, affecting the refuge and cause the inundation to the underground when too late. The current decision method is visual circumstantial judgment with the surveillance camera above the ground. By Flood Control Law revision of 2015, the decision method based on the hydrograph was recommended by public-private cooperation. Thus, the still water board setting start timing decision method to examine assumed it the "visual circumstantial judgment "numerical value judgment by the hydrograph" with the surveillance camera above the ground". In addition, rain strength assumed the target rain 3 different patterns and examined it what kind of influence a change of the rain strength had on lead time and the inflow to the basement.

When it examined the still water board setting order than a simulation result, it became clear that order to install the still water board of the entrance that became clear if an inflow ratio was higher than a study with precedence in the past was effective. Furthermore, the entrance that is high in this inflow ratio is located near an electric maintenance room in the basement. In the underground inundation simulation, it was recognized that this nearby water depth was high. Influence is reflected on the business continuation in the basement when flooded at the very beginning to here at the stage in early period of inundation in the basement. Due to every risk including air conditioning, a disaster prevention function, the communication, early restoration is

inhibited. Thus, this setting order leads to not only the reduction of the inflow but also the business continuation in the basement. In addition, lead time got longer in the decision method by the hydrograph in the examination of the decision method for up to 20 minutes in a still water board setting start timing, and it was recognized that I could reduce approximately 60% of inflows.

Thus, assuming the decision method by the hydrograph the pivot of future inundation measures

## 【目 次】

	頁
第 1 章 緒論.....	1
1.1 背景.....	1
1.2 本研究の目的 .....	1
1.3 本研究の方法 .....	2
1.4 本論文の構成 .....	3
1.5 本研究の枠組み.....	3
第 2 章 既往研究の動向と本研究の位置づけ.....	5
2.1 既往研究の動向.....	5
2.2 本研究の特徴 .....	5
第 3 章 対象地域と対象降雨 .....	7
3.1 分析対象地域 .....	7
3.2 分析対象地下空間.....	9
3.2.1 施設概要.....	9
3.2.2 浸水防止計画 .....	10
3.3 分析対象降雨 .....	11
第 4 章 検討内容およびケース.....	12
4.1 地下街が直面している問題.....	12
4.2 警備員行動ルール.....	12
4.3 FTA .....	14
4.3.1 外力と FTA の関係 .....	14
4.3.2 FTA.....	15
4.4 止水板設置順序.....	16
4.4.1 設置順序①.....	18
4.4.2 設置順序②.....	19
4.4.3 設置順序③.....	19
4.5 止水板設置開始タイミング決定方法 .....	19

4.6 まとめ.....	20
第5章 内水氾濫シュミレーション.....	21
5.1 解析モデル.....	21
5.2 被害指標項目.....	22
5.2.1 治水経済調査の概要.....	22
5.2.2 治水経済調査マニュアルの被害算定項目.....	22
5.2.3 治水経済調査マニュアルの現況.....	23
5.3 外力毎の流入量比較.....	23
5.4 止水板設置順序毎の流入量比較.....	24
5.5 止水板設置開始タイミング決定方法の検討.....	25
5.6 設置不可能な止水板.....	26
5.7 総流入量比較.....	27
5.8 地下空間浸水シュミレーション.....	28
5.9 まとめ.....	29
第6章 結論.....	30
6.1 結論.....	30
6.2 今後の方針・課題.....	30
謝辞.....	32
参考文献.....	33
付録.....	36

# 第 1 章 緒論

## 1.1 背景

近年、異常気象による集中豪雨が増加傾向にある。気象庁<sup>1)</sup>によると、時間雨量 50mm の年間発生回数は 1985~1994 年で平均 183 回、1995~2004 年で平均 219 回、2005~2014 年で平均 228 回と増加傾向にある。また、時間雨量 80mm の年間平均回数も同様に、12.2 回、17.1 回、17.6 回と増加傾向にある。そのような気象問題と伴って、都市問題も深刻化している。都市部への人口密集やインフラの老朽化である。

そのような条件下で、想定外力を超えた内水氾濫が発生するのは必至の状況である。それに適応するために、水防法が改訂されハード・ソフト両面からの浸水対策が掲げられた<sup>2)</sup>。これからの浸水対策として「官民連携の浸水対策」「想定し得る最大規模に対する浸水対応区域の設定」「雨水排除に特化した公共下水道の配備」を掲げた。このうち、「官民連携」は今までの管理者主体の浸水対策に疑問を投げかけている。

なかでも、地下空間の脆弱性は近年、注目され始めている。平成 11 年の福岡集中豪雨では時間雨量 78.5mm の降雨が発生し博多駅地下街に洪水が流れ込み、深刻な被害が生じた。被害特徴は、わずかな浸水深でも地下内の電気整備室に流れ込み、事業継続が困難になったことである<sup>3)</sup>。この災害を受けて、政府は地下空間浸水対策ガイドライン<sup>4)</sup>を策定し、「①地下空間での豪雨及び洪水に対する危険性の事前の周知、啓発」、「②洪水時の地下空間の管理者への洪水情報等の的確かつ迅速な伝達」、「③避難体制の確立」、「④地下施設への流入防止等浸水被害軽減対策の促進」の必要性を指摘した。

また、平成 17 年に国土交通省が作成した治水経済調査マニュアル<sup>5)</sup>は現在、改善が必要であると指摘されている。先述のような、気象環境や社会環境の変化により、従来のような計算手法では通用しない。社会構造も変化しており、治水経済調査によって求められた資産データの算出方法が見直されようとしている。

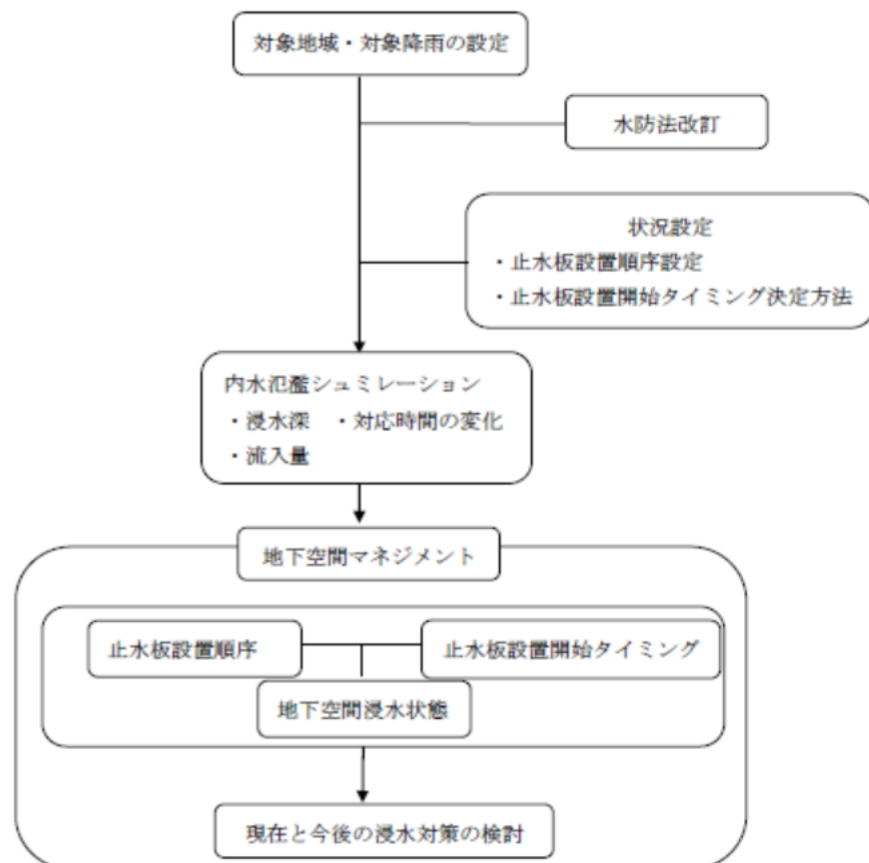
## 1.2 本研究の目的

本研究の目的を以下に示す。

- 1) 降雨強度の変化が、リードタイムと地下への流入量にどのような影響を与えるかを検討する。
- 2) 止水板設置途中で浸水が始まる可能性が高い点を考慮し、シュミレーションを行い、止水板設置順序ごとに流入量がどのように変化するか検討する。
- 3) 2)における止水板設置開始タイミングの決定を重要視する。その決定方法によって、リードタイムがどのように変わり、流入量が変わるか検討する。
- 4) それに焦点を置いて、地下街マネジメントについて検討し、現在と今後の浸水対策について検討する。

### 1.3 本研究の方法

本研究の研究フロー図を図－1.1 に示す。



図－1.1 研究フロー図

まず、降雨強度の変化が、リードタイムにどのような影響を与え、地下への流入を招くかを検討するために3パターンの外力を設定した。また、警備員の行動ルールや



状況設定, 設置順序, 設置開始タイミングの決定方法などの状況設定を行う。その外力を基に解析ソフト Info Works でシュミレーションを行った。その結果に基づき, 設置順序毎と設置開始タイミングの決定方法毎に流入量がどのように変化するのか検討した。

次に, 地下空間マネジメントを考える上で重要な止水板設置開始タイミングの決定方法に焦点を置いて, 現在と過去の浸水対策の検討を行った。

#### 1.4 本研究の構成

本論文の構成を以下に示す。

第 1 章では, 本研究の背景, 目的, 方法, 構成を示した。

第 2 章では, 既往研究の動向について要約し, 本研究の位置づけ及び特徴を示した。

第 3 章では, 対象地域と対象降雨の設定を行った。その際, 「梅田地下空間浸水防止計画」を基に, シュミレーションで検討する項目を決定した。

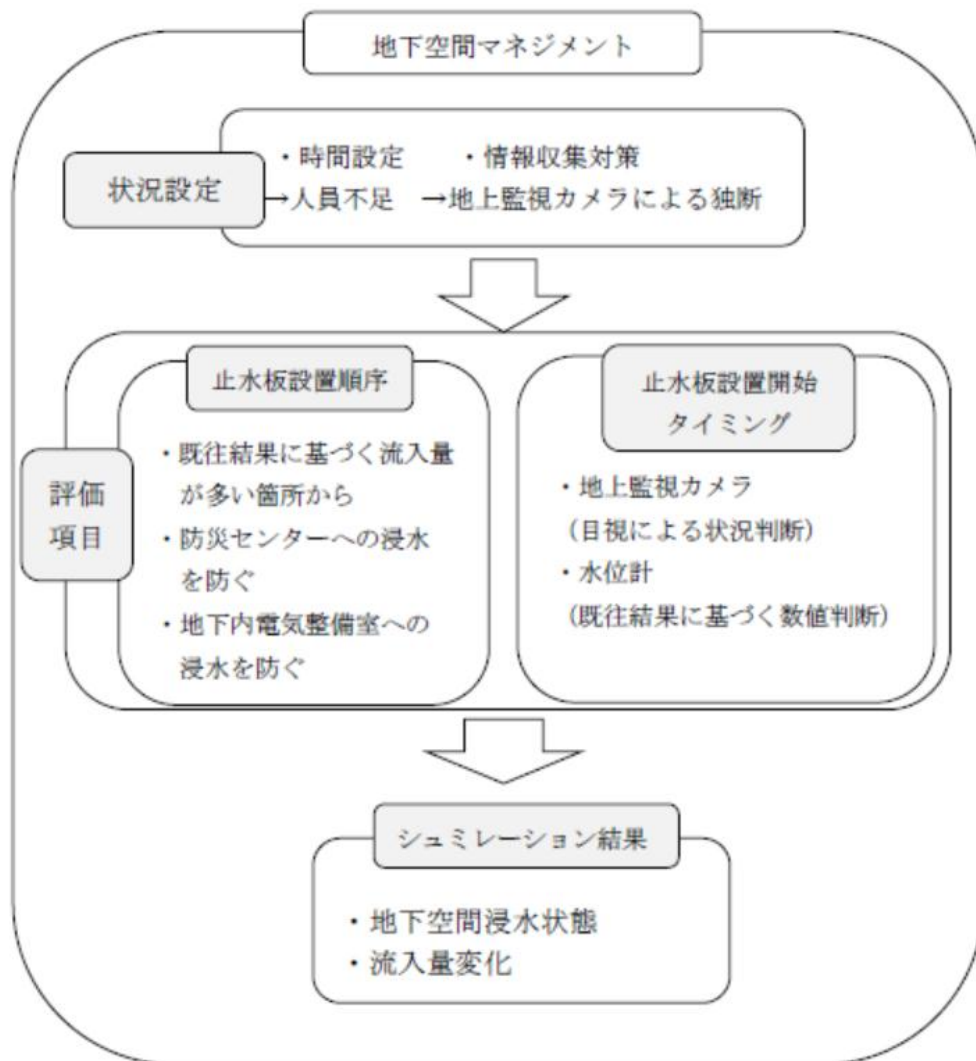
第 4 章では, 検討内容の決定およびケース分けを行った。止水板設置順序と設置開始タイミングの決定方法を設定した。それに基づいて行動したときの警備員の詳細行動を示した。

第 5 章では, 内水氾濫シュミレーションを行った。止水板設置順序と設置開始タイミングの決定方法による流入量と地下空間浸水状態の比較を行った。

第 6 章では, 本研究で得られた結論, 今後の課題を示した。

#### 1.5 本研究の枠組み

本研究の枠組みを図-1.2 に示す。地下空間マネジメントを考える上で, 状況設定として, 時間設定による管理者の人員不足と情報収集に対する管理者の独断行為の危険を掲げた。その問題に対して, 本研究で検討すべき項目を止水板設置順序・止水板設置開始タイミングの決定方法とする。その評価項目に対して, シュミレーションによる地下内浸水状態と地下への流入量を軸に, 現在と今後の浸水対策を検討する。



図－1.2 本研究の枠組み

## 第2章 既往研究と本研究の位置づけ

### 2.1 既往研究の動向

単一あるいは2つの外力（対象降雨）を与えることで、都市水害の浸水シュミレーションを行い、浸水対策や避難計画の妥当性を検証した研究は数多くある。浅井ら<sup>1)</sup>は比力を被害指標として、高齢者を含む地下空間での避難困難度指標を算出した。また、井上ら<sup>2)</sup>は地下空間での浸水避難計画の妥当性を検証した。森兼ら<sup>3)</sup>は、地下空間を含む都市での浸水シュミレーションを行い、浸水対策を行うか否かで経済的被害がどのように変化するかを算出した。

それらの研究は、単一あるいは2つの外力を対象としたもので、浸水対策は止水板だけという単純なものである。また、止水板の設置検証は全く設置していない状況と全て設置している状況との単純比較である。

そこで、尾崎ら<sup>4)</sup>は、降雨強度が異なる3種類の外力を対象とし、地下街の浸水解析を行い、外力毎の流入分析を行った。同じく尾崎ら<sup>5)</sup>は、実際の降雨とシュミレーション結果の比較を行い、大阪梅田地区の内水氾濫の都市脆弱性を指摘した。

しかし、想定外力を超えた気象が発生している今日においては、外力の設定はこれでよいのか、浸水対策や人間の行動リスクを考慮しない状況設定はこれでよいのか、疑問の余地を残すばかりである。

### 2.2 本研究の特徴

本研究では、対象外力を短時間集中豪雨とする。そのため、地下街管理者は十分な対策をとれず、人員を十分確保できないリスクが生じ、地下街の止水板を全て設置できない。止水板の設置途中で浸水が始まる可能性が高い点を考慮し、止水板設置順序毎に流入量がどのように変化するか検討する。その際、止水板設置開始タイミングの決定が非常に重要となる。正しい情報が伝達される可能性も低く、適切なタイミングで止水板を設置できるとは限らない。決定方法によって、リードタイムと流入量がどのように変化するか検討する。

また、対象外力を降雨強度が異なる3パターンの外力とし、降雨強度の変化が、リードタイムと地下への流入量にどのような影響を与えるのか検討する。

つまり、本研究の特徴は、既往研究のように力学ベースでかつ、人間行動のリスクを考慮しないシュミレーションと違い、現在の地下街が直面しているあらゆる問題に着目し、人間が行う止水板設置順序・決定方法毎による流入量変化を検討することである。

## 第3章 対象地域と対象降雨の選定

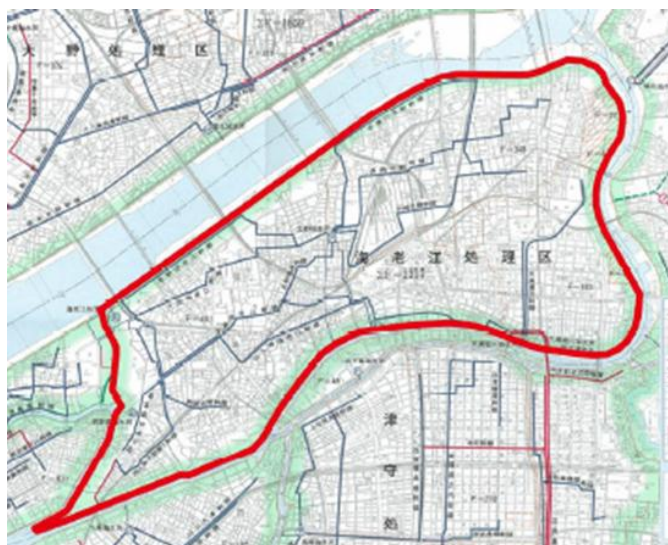
### 3.1 分析対象地域

対象地域は、図－3.1 で示す大規模地下空間を含む大阪市北区海老江処理区内で、全域は 1215ha、管渠延長が約 360km (600mm 未満は約 260km, 600mm 以上は約 100km)、管本数は 32,196 本となっている。終末処理場は 1 ヶ所、中継ポンプ場は 3 ヶ所である。これらの位置を図－3.2 に示す。この地域は、もともと海面との標高差がなく、過去にもたびたび河川からの氾濫の被害に遭っていた<sup>1)</sup>。

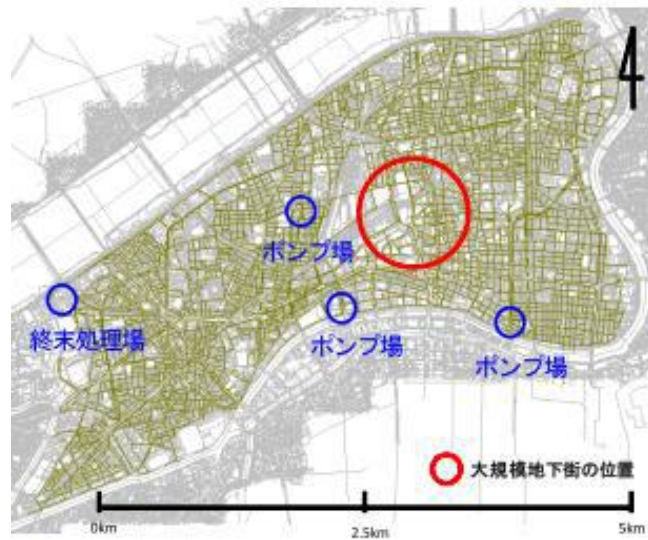
また、森兼ら<sup>2)</sup>は同じ海老江処理地区を対象として浸水要因と下水管ネットワークや自然環境との因果関係について研究を行っている。浸水しやすい地域の特徴として以下の 4 つを挙げた。

- 1) 流端の管渠が多数位置している
- 2) 大きな管径から小さな管径に変化している
- 3) 周辺よりも地盤高が低い
- 4) 処理場の排水区ではなく、中継ポンプの排水区に位置している

このような浸水しやすい地域を本研究では対象としている

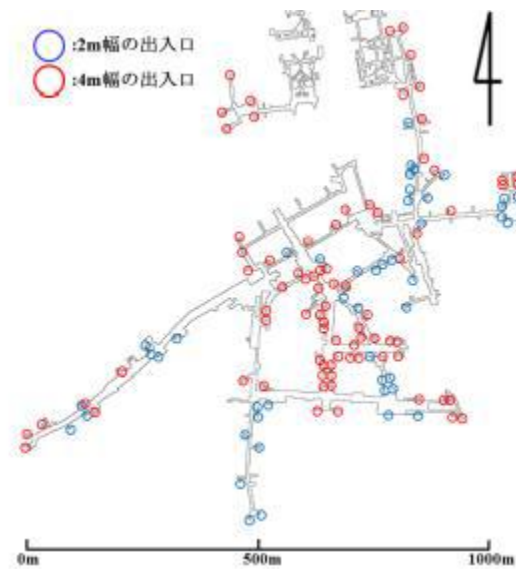


図－3.1 海老江処理地区

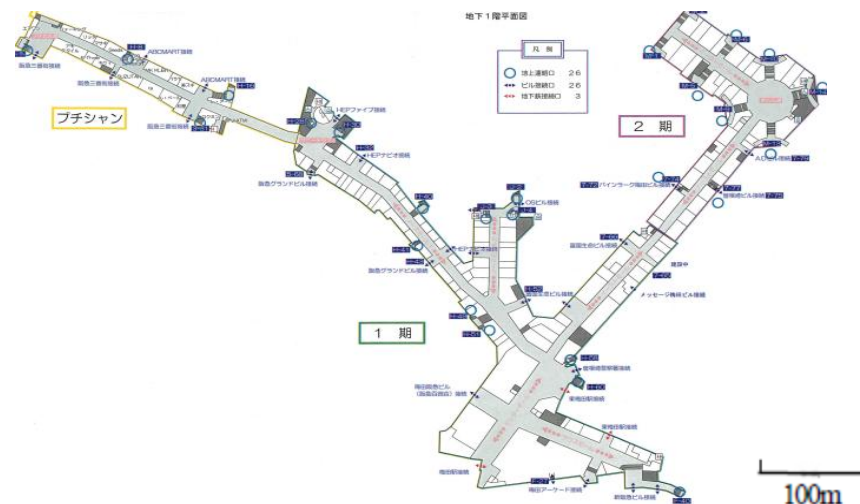


図－3.2 処理場，ポンプ場位置

また，本研究は，大規模地下空間を対象としている．地下空間の見取り図は図－3.3 となっている．出入口数は 120 ヶ所で，2m 幅の出入口が 49 ヶ所，4m 幅の出入口が 80 ヶ所である．このうち，大阪地下街株式会社が管理運営している Whity 梅田を主な対象地域とする．Whity 梅田の見取り図は図－3.4 である．



図－3.3 地下空間見取り図



図－3.4 Whity 梅田地区見取り図

(出典：大阪地下街株式会社：

梅田地下空間避難確保・浸水防止計画, 2013)

## 3.2 分析対象地下空間

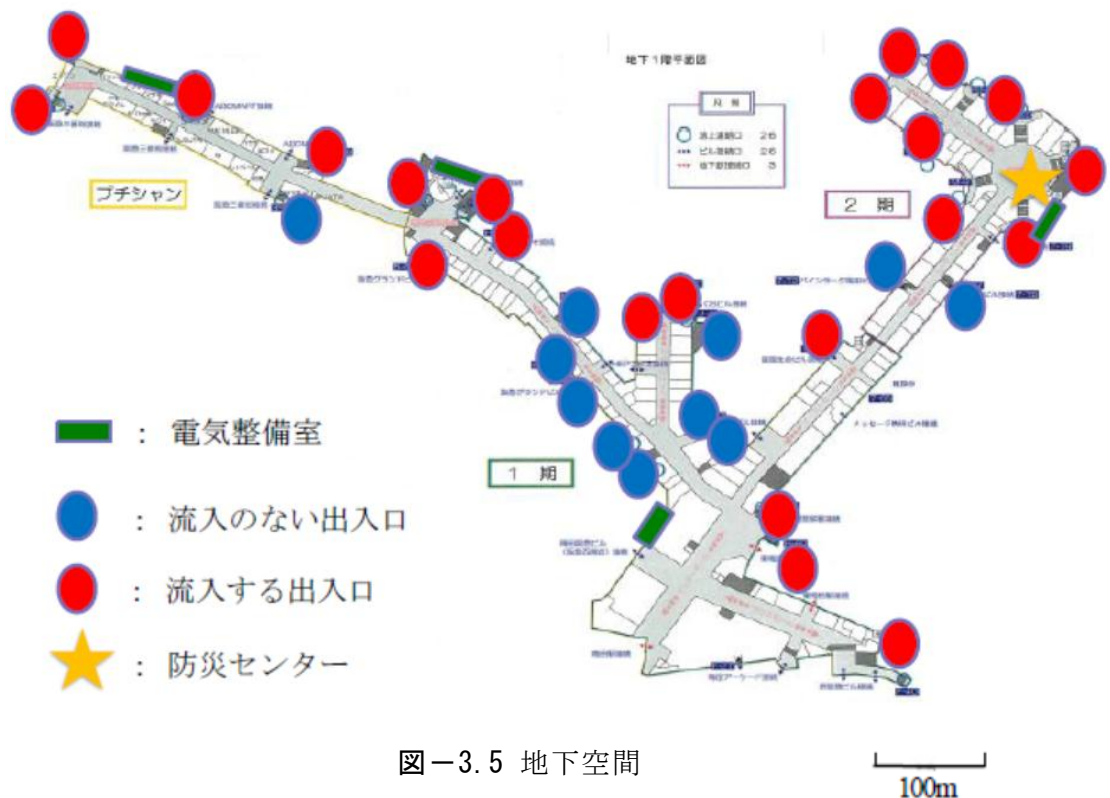
### 3.2.1 施設概要

本地下空間は主に3ヶ所に分かれており、それぞれの地上連絡口数、ビル接続口数について表－3.1 に示す。

また、浸水被害から施設全体を守り、維持運営をする上では電気整備室の位置が重要となる。その位置と地上出入口、防災拠点である防災センターの位置関係について図－3.5 に示す。また、本研究では止水板の効果について検討するが、既往研究<sup>3)</sup>の結果より流入可能性がある入口の止水板のみを考える。

表－3.1 施設概要

項目	地下道	地上	付近	鉄道施設
地下街名	幅員	連絡口	ビル接続口	接続口
ホワイティうめだ(Ⅰ期)	6~13m	12カ所	18カ所	3カ所
ホワイティうめだ(Ⅰ期)	6~10m	10カ所	3カ所	
プチシャン	5~6m	4カ所	5カ所	
小計		26カ所	26カ所	3カ所



図－3.5 地下空間

### 3.2.2 浸水防止計画

梅田地下空間浸水防止計画<sup>4)</sup>では、現況の浸水対策と今後の課題とする浸水対策が記載されている。表－3.2に示す。この計画に基づき、本研究で検討すべき項目を決定する。

表－3.2 地下空間浸水対策一覧

	現状	課題
浸水対策	・ 地上入口止水板21ヶ所	・ 自動可動式への施設更新
	・ 地下内止水板19ヶ所	
	・ 懐中電灯・無線・土嚢を	
	防災センターに格納	
情報収集対策	・ 泉の広場地上の地上監視カメラ	・ 地上監視カメラの増設
		・ 浸水センサーの設置
避難行動対策	・ 泉の広場、プチシャン方向へは	・ 避難誘導灯の設置
	誘導しない	

まず、地上入口にある止水板の検証を行う。この止水板は全入口にあるわけではないのが現状である。さらに、既往研究<sup>3)</sup>より、流入割合が高い入口(5-68,7-66)



には止水板がない.これらの入口の止水板設置が急務である.本研究では,全ての入口に止水板がある状態を仮定し,止水板設置順序によって,流入量がどのように変化するのか検討する.

次に,情報収集対策の検討を行う.現状では地下街管理者の独断によって,地上監視カメラから地上浸水状態を把握する.これが止水板設置開始タイミングの決定方法である.この決定方法と水位計による決定では,流入量とリードタイムがどのように変化するのか検討する.また,結論として,このタイミングの決定方法を研究の背景で述べた水防法の改訂とも照らし合わせる.

### 3.3 分析対象降雨

降雨強度の変化が,リードタイムと地下への流入量へどのような影響を与えるのかを検討するために,総降雨量が同じで降雨強度が異なる3パターンの外力を設定する.対象降雨を図-3.6に示す.

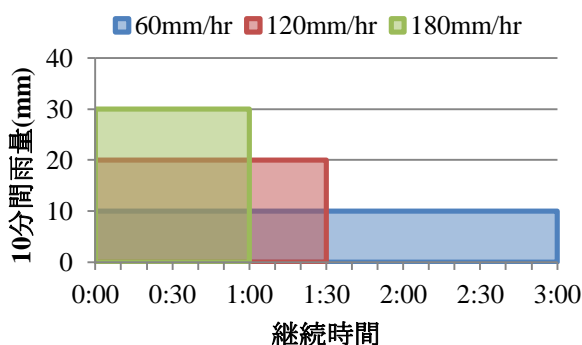


図-3.6 対象降雨

また,降雨強度 60mm/hr の外力は実際に大阪梅田地区において,2011年8月27日に観測されたデータに基づくものである.外力 180mm/hr は1982年の長崎大水害のデータに基づくもので,想定される最大規模の降雨である.なお,降雨形態が変化している近年において,再現年を正確に表現することは困難である.

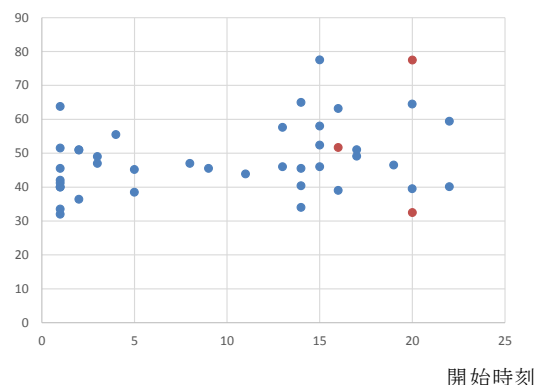
## 第4章 検討内容およびケース

### 4.1 地下街が直面している問題

本研究では、内水氾濫を対象としたシュミレーションを行う。そのため、突発的な短時間集中豪雨を対象降雨とする。突発的な為、地下街管理者は対応行動をとりにくい。気象庁のデータ<sup>1)</sup>より過去100年で、大阪市内で観測された時間雨量30mm以上の降雨から、降雨開始時刻と降雨強度を分析した。降雨開始時刻と降雨強度にどのような関係があるかを図-4.1に示す。また、降雨開始時刻の頻度を示すヒストグラムを図-4.2に示す。図-4.2より集中豪雨の開始時刻の頻度は夕刻～深夜に集中している。この時間帯は帰宅ラッシュの時間で人が集中し、地下街管理者も不足することが予想される。

よって、時間内に全ての止水板を設置することは難しく、設置途中で浸水が始まる可能性が高い。また、正しい情報が伝達される可能性も低く、適切なタイミングで止水板を設置できるとは限らない。そのような状況下で重要となる止水板設置順序と設置開始タイミング決定方法を以下に示す。

降雨強度(mm/hr)



● : 台風による降雨

頻度

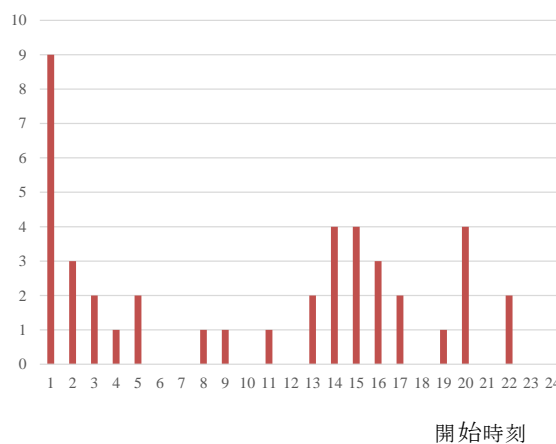


図-4.1 降雨開始時刻と降雨強度の関係

図-4.2 降雨開始時刻 ヒストグラム

### 4.2 警備員行動ルール

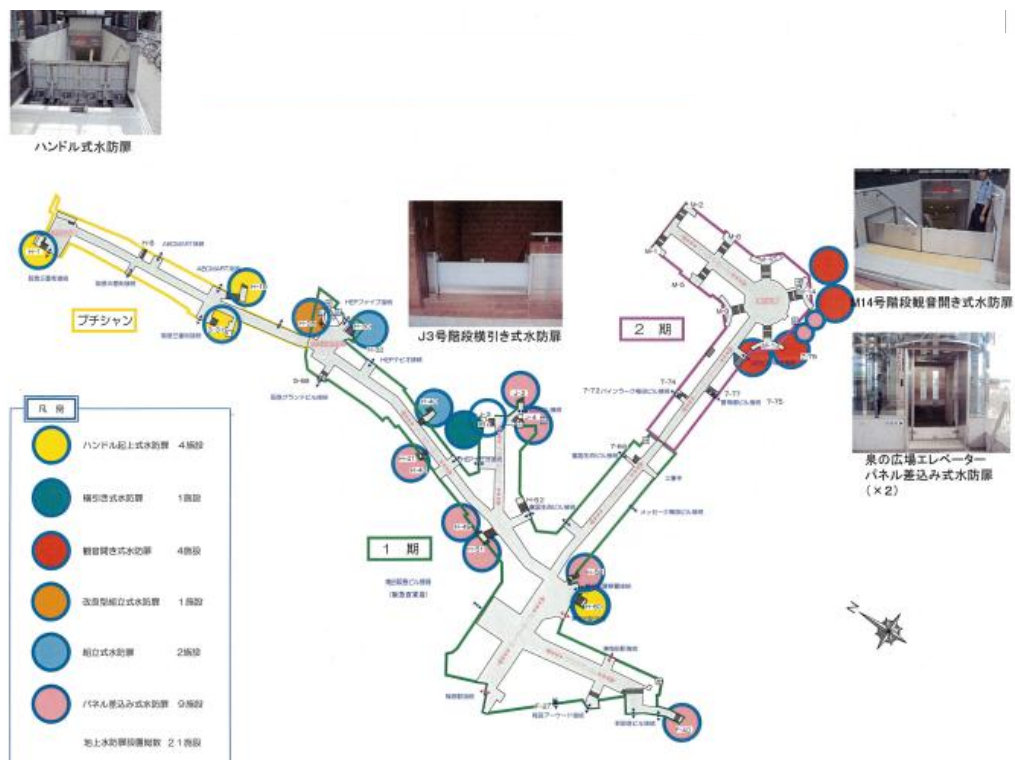
梅田地下空間浸水防止計画<sup>2)</sup>に基づき、配置人員を2人1組で6組とする。人の歩行スピードを時速4kmとする。また、Whity 梅田に設置されている止水板は様々な種類の

ものがあり、種類によって設置方法も設置時間も異なる。それを表－4.1に示す。それらの施設内における位置関係を図－4.3に示す。

また、人間が行うことにはミスが付きまとうものである。今回のケースでは、止水板の設置方法が分からないや設置忘れなどのヒューマンエラーが考えられるが、本シミュレーションでは起こらないと仮定する。しかし、次項の FTA ではヒューマンエラーについて分析を行う。

表－4.1 止水板種類

種類	設置時間
ハンドル起上式	3分
横引き式	3分
観音開き式	3分
改良型組立式	5分
組立式	5分
パネル差込み式	3分



図－4.3 種類別止水板位置図

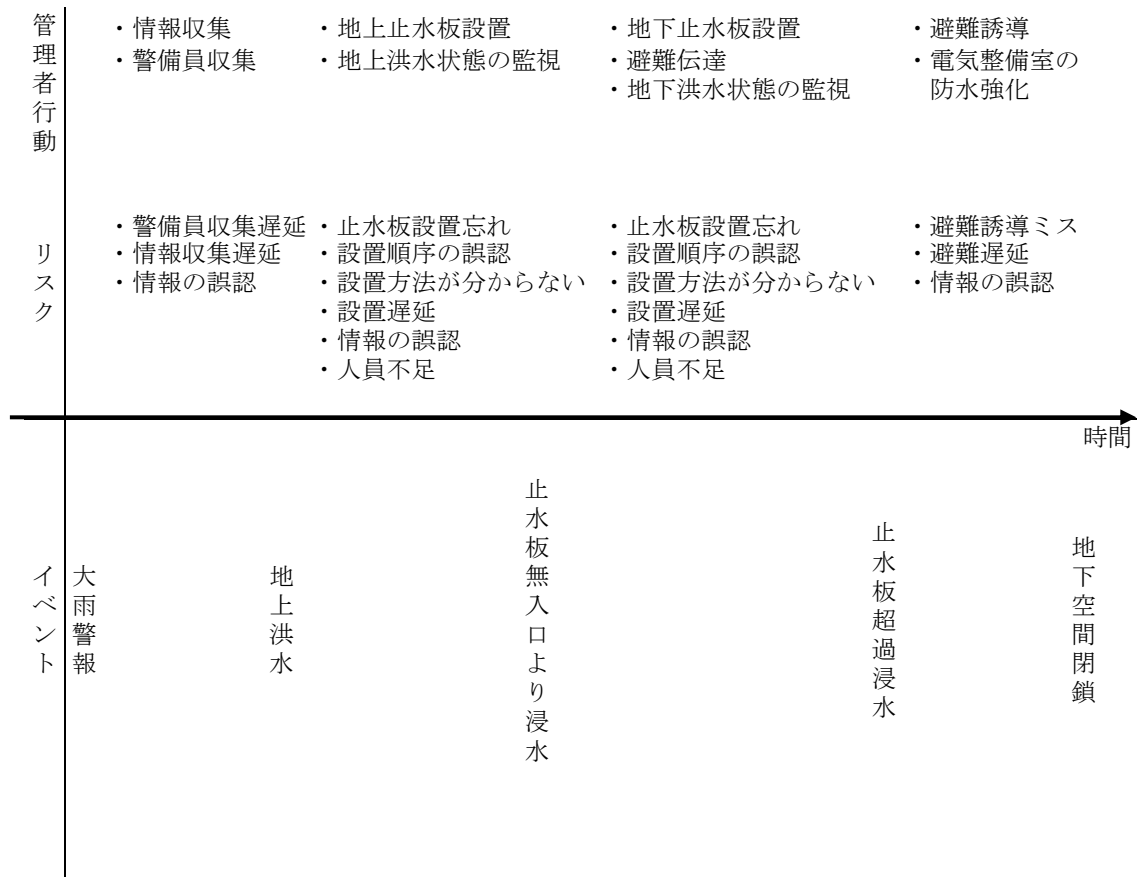
(出典：大阪地下街株式会社：

梅田地下空間避難確保・浸水防止計画, 2013)

## 4.3 FTA

### 4.3.1 外力と FTA の関係

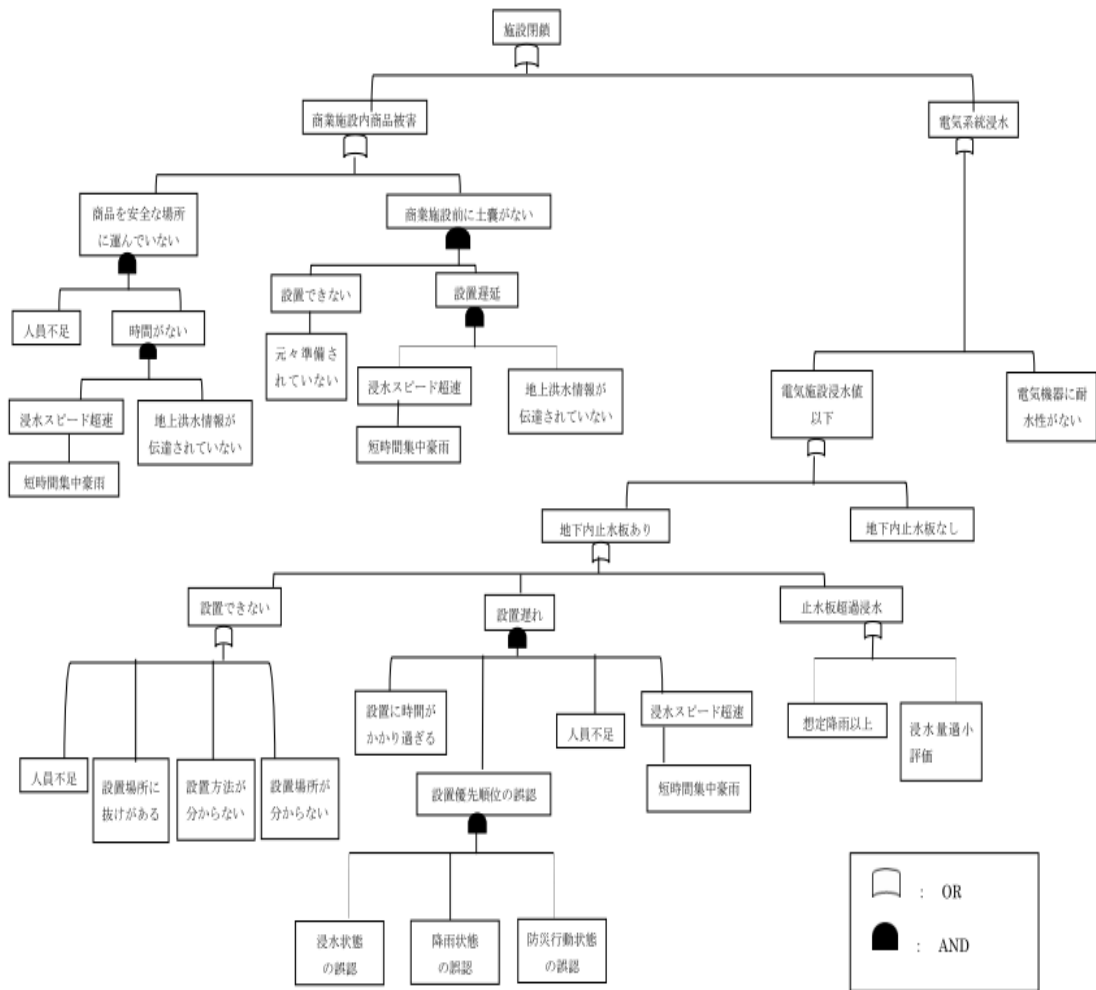
本研究では，降雨強度の異なる 3 パターンの降雨を外力とする．降雨強度が異なると地下空間流入開始時刻が変わり，地下街管理者の対応行動も変わる．降雨開始から施設閉鎖に追い込まれるまでの時間軸に沿った管理者行動を図－4.4 に示す．そこに示された行動について FTA を行う．



図－4.4 地下空間浸水状況（時系列）に応じた浸水対策

#### 4.3.2 FTA

図－4.4 に示された行動について FTA を行う．図－4.5 に示す．



図－4.5 地下浸水過程における FT

図－4.5 より，以下の考察を行う．

##### 1) 情報の重要性.

要素として，情報に関するものが多く挙げられている．その内の止水板の設置行動開始タイミングが非常に重要な点である．早過ぎると避難行動遅延にも繋がる．よって，地下街管理者は地上地下の浸水状態や避難状況を正確に認識することが重要である．地上監視カメラの設置や浸水センサーの設置が急務である．

##### 2) ヒューマンエラー削減の為の機器の自動化や緊急訓練の実施.

最も主要な浸水対策の1つである止水板、情報の管理は全て地下街管理者である人間が行う。そのため、人間の行動ミスが被害拡大の要因となる。その行動ミスが多く要素として挙げられている。それを防ぐために、機器の自動化や緊急訓練の実施が急務である。

この FTA と問題設定に基づき、本シュミレーションで検討する項目を決定する。力学ベースの既往研究のように、人間のミスを全く考慮しないシュミレーションではなく、解析により人間行動の分析を行うのが本研究の特徴である。FTA で挙げられた情報の認識方法、人間が行う止水板設置行動を分析する。つまり、止水板設置行動順序、止水板設置開始タイミング決定方法である。

#### 4.4 止水板設置順序

想定する止水板設置順序は3つである。それらは「①既往シュミレーション結果に基づき、流入量が多い流入出入り口から順に設置」「②防災センター付近の止水板から順に設置」「③地下内電気整備室に影響を与える止水板から順に設置」である。それぞれの設置順序の詳細については次項目の4.4.1～4.4.3で示す。また、設置順序を決定する上で参考にした既往研究結果<sup>3)</sup>の流入量が多い入口の位置とその割合を図-4.6に示す。そして、4.2で示した行動ルールに基づき、それぞれの設置順序に従って行動したときの止水板設置開始時刻をまとめた図を図-4.7に示す。その図において、時系列に沿って色を塗りつぶした欄が設置済みの入口を示している。横軸に示した番号は設置順序、上は地下出入り口番号である。この止水板設置順序による、設置時刻の変化と、流入量への影響を検討する。

また、時系列に記載されている時刻 0:00 は行動開始を意味している。この行動開始時刻については、次項で述べる。



## 凡例

■ 止水板設置順序①      ■ : 止水板設置順序②      ■ : 止水板設置順序③

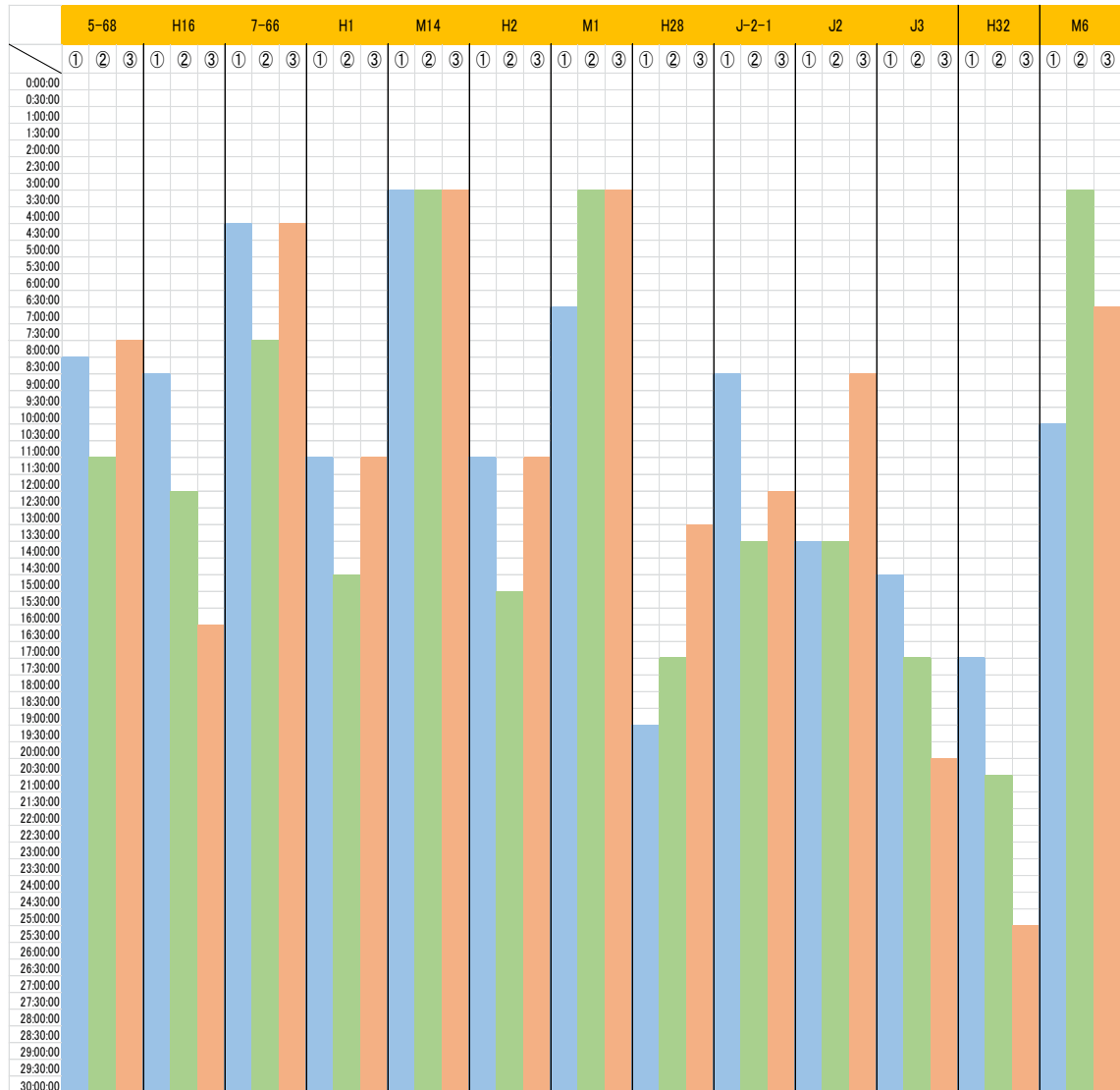


図-4.7 止水板設置開始タイミング

### 4.4.1 設置順序①

既往研究<sup>3)</sup>の結果より流入量が多い入口から順に設置していく。その際、流入量が多い入口から順に設置することを最優先とするので、地下内の位置条件は一切考慮しない。



#### 4.4.2 設置順序②

地上浸水が早い地点は地上の標高に起因している。いくつかの既往研究<sup>2)</sup>や過去の実際の浸水災害より、泉の広場地上とプチシャン地上が浸水している。よって、この地点の入り口の止水板から設置していく。しかし、止水板設置者である地下街警備員は地下内防災センターに1度収集されるので、その付近の止水板を設置するのが最も早い。つまり、最初に泉の広場付近の止水板を設置し、他の入り口の止水板は4.3.1と同様に流入量が多い箇所から順に設置していく。

#### 4.4.3 設置順序③

地下街を運営する上で、電気整備は非常に重要な要素である。よって、そこへの浸水を絶対に防ぐことを目的とした順序である。その電気整備室は、図-3.5より各エリア内に1ヶ所ずつ配置されている。そこで、まず警備員を2組ずつ各エリアに配置し、そのエリア内で4.4.1に示した流入量が多い箇所から順に設置していく。

### 4.5 止水板設置開始タイミングの決定方法

本研究で検討する止水板設置開始タイミングの決定方法を3つ設定した(表-4.2)。行動開始時刻は解析途中で反映することができないので、解析前にあらかじめ設定しなければならない。同じ外力の下で、止水板の検証を行っていない解析を行った既往研究<sup>3)</sup>より、その時刻を設定する。その時刻は降雨開始からの時刻である。また、その水位計は既往研究<sup>3)</sup>より最も浸水が早いと判明している管渠(リンク ID:80490061)に設置されているとする。また、地上洪水開始の判断はマンホールから越水したときとするため、ノード(ID: 80600197)からの越水時とする。このノードは泉の広場地上付近のノードのうちで、最も越水が早いノードとする。3.2.2の梅田地下空間避難確保・浸水防止計画によると、地上監視カメラはこの泉の広場地上に位置すると記載されているからである。この決定方法毎による、リードタイムの変化と流入量への影響を検討する。

なお、外力(60mm/hr, 120mm/hr)における、決定方法ⅡⅢの検証は行わなかった。降雨強度が弱い外力では、流入開始までの時間が長く、どの設置順序・決定方法を用いても、流入開始までに全ての止水板設置可能となるためである。

表－4.2 設置開始タイミングの決定方法

方法	概要	開始時刻（分後）		
		60mm/hr	120mm/hr	180mm/hr
I	情報が適切に伝達されず,地下への流入が始まったときを 行動開始とする.	140	100	90
II	地上監視カメラより判断（地上洪水が始まったとき）			80
III	水位計より判断（管渠内水位が管頂8割の高さに達したとき）			70

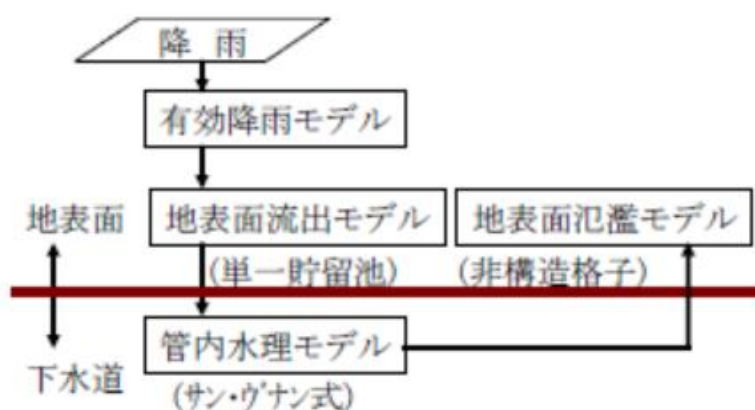
#### 4.6 まとめ

地下空間が直面している問題として，時間帯により地下警備員の人員不足を設定した．それにより，止水板設置途中で浸水が始まる状況を想定し，止水板設置順序と設置開始タイミングの決定方法をそれぞれ3つ設定した．その状況設定と，外力に基づき，内水氾濫シュミレーションを行う．

## 第5章 内水氾濫シュミレーション

### 5.1 解析モデル

本研究では，分布型モデル（Info Works ICM）を用いて解析を行った．本分布型モデルは，有効降雨モデル，地表面流出モデル，管内水理モデル，地表面氾濫解析モデルから構成されている（図－5.1）．観測された降雨をインプットデータとし，各地表面（道路，屋根，浸透域）に応じて，有効降雨を算定し，単一貯留池モデルにより地表面流出量を算定する．地表面流出量が管内水理モデルのインプットデータとなり，管渠内水理は，サン・ブナン式（圧力時はプライスマン・スロットモデル）により計算される．地表面氾濫は非構造格子による2次元不定流解析である．マンホールから格子への溢水量および格子からマンホールへの流入量は，堰の公式を用いており，地表面氾濫解析と管内水理解析は連動している<sup>1)</sup>．



図－5.1 分布モデル型の構成

また，モデル化において大規模地下街の通路部および地下駅出入り口は考慮し，店舗や接続ビルは対象外とした．内水氾濫水は建築物内には流入せず，道路面のみを流れるとした．主なモデルパラメータは，①流出モデル（固定係数法）の流出係数 0.85（中心市街地），0.65（周辺住宅地），初期損失係数 0.28mm，②氾濫解析の粗度係数 0.043 とした．地下街浸水解析のモデルパラメータとして，粗度係数は 0.020 とし，計算差分時間は 0.005 秒とした<sup>2)</sup>．

## 5.2 被害指標項目

### 5.2.1 治水経済調査の概要

何をもって検討項目を評価するのかを決定する．その1つである経済的損失について用いる治水経済調査マニュアルは治水経済調査によって作成されたものである．これについて詳細に言及する．治水経済調査は堤防やダムなどの治水整備によってもたらされる経済的な便益を計測することを目的としている．その便益とは「①水害によって生じる人命被害」「②資産被害を軽減することによって得られる可所得分」「③水害が減少することによる土地の生産性の向上」「④治水安全度の向上による精神的な安定」を表している．しかし，道路などの利便性を向上させる社会資本と異なり，治水施設は経済的な便益を算出するのが困難である．従って，治水施設の整備による便益として，被害防止便益を算出の対象として考えるが，算出で用いる資産や被害率は過去の災害データより統計的に算出したもので仮想の便益である<sup>3)</sup>．

### 5.2.2 治水経済調査マニュアルの被害算定項目

経済的被害の算定には，治水経済調査マニュアルを用いるのが一般的である．被害項目は表－5.1の通りである．算定公式は付録に示す．

表－5.1 被害算定項目一覧表

分類				
被害防止便益	直接被害	資産被害抑制効果	一般資産被害	家屋
				家庭用品
				事業所償却・在庫資産
				農漁家償却・在庫資産
			農産物被害	
		公共土木施設被害		
	人身被害抑止効果			
	間接被害	稼働被害抑止効果	営業停止被害	家計
				事業所償却・在庫資産
				公共・公益サービス
		事後的被害抑止効果	応急対策費用	家計
				事業所償却・在庫資産
				国・地方公共団体
			交通途絶による波及被害	道路・鉄道・空港・港湾等
			ライフライン切断による波及被害	電力・水道・ガス・通信等
		精神的被害抑止効果		
		リスクプレミアム		
		高度便益化		

### 5.2.3 治水経済調査マニュアルの現況

5.2.1 のような調査によって算出された治水経済調査マニュアルは現在、見直しが必要と指摘され始めている。地球温暖化に伴う気候変動による降雨形態の変動や社会構造が変化している今日において、従来通りの資産データでは不十分との指摘がある。

なかでも、地下空間の被害算定には疑問点が残る。付録に示すように被害算定公式は浸水深に大きく起因しているが、地下は地上に比べて被害率が大きくなることが懸念される。浸水深以外にも、商業店舗の資産データも地上に比べて地下は資産価値が高くなると懸念される<sup>4)</sup>。

よって、本研究では経済的被害算定結果による比較を行わずに、流入量によって比較を行った。

### 5.3 外力毎の流入量比較

決定方法Ⅰ・設置順序①において、外力毎の流入量比較を行う(図-5.2)。この図において、青グラフが外力(180mm/hr)における時間軸に沿った総流入量の変化グラフで、緑グラフ、黄色グラフはそれぞれ外力(120mm/hr)、外力(60mm/hr)に対応している。

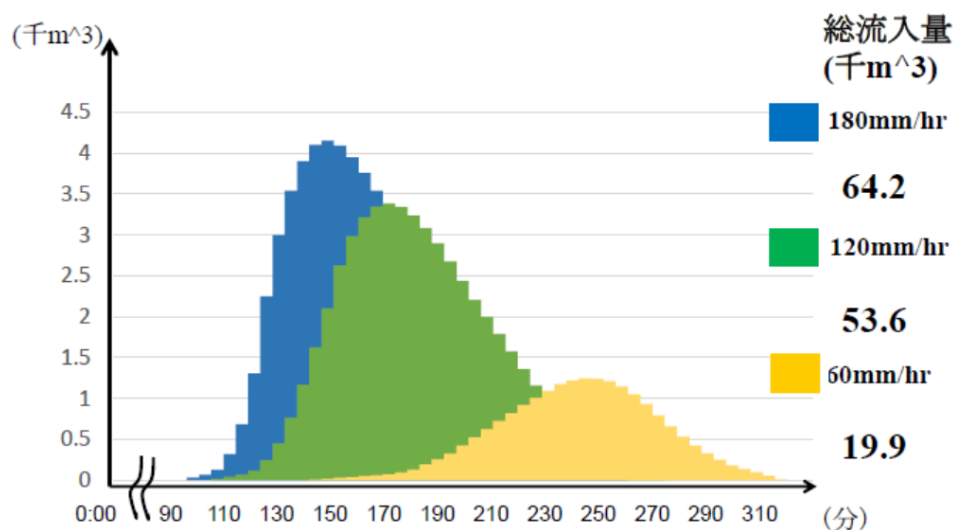


図-5.2 外力毎の流入量比較グラフ

図-5.2 より、降雨継続時間が短時間になるほど、つまり降雨強度が増すほど、流入量が多くなる。理由は、流入開始時刻が早まり、止水板を設置する前に流入するから

である。リードタイムは最大で 50 分の差が生じ、地下街管理者の対応行動遅延に起因する。

また、それぞれの外力において、流入量の割合が高い上位 6 つの止水板を設置しても、流入を完全に防止できない。つまり、越水した止水板があることや食い止められた水が別の出入り口に向かい浸水したことが推測される。

#### 5.4 止水板設置順序毎の流入量比較

外力(180mm/hr)・決定方法Ⅱにおいて、4.4 に示した設置順序の比較を行う(図-5.3)。この図において、黄色グラフが設置順序①③における時間軸に沿った総流入量の変化グラフで、青色グラフは設置順序②に対応している。設置順序①と③は結局、同じ設置タイミングとなるので、同じ結果となる。また、図中の縦棒はその時間における止水板(5-68) の設置開始を意味している。色は設置順序にそれぞれ対応している。入口(5-68) は最も流入割合が出入口で、この入口を設置できるかが流入量削減へ最も起因している。よって、その設置タイミングをグラフ中に示す。

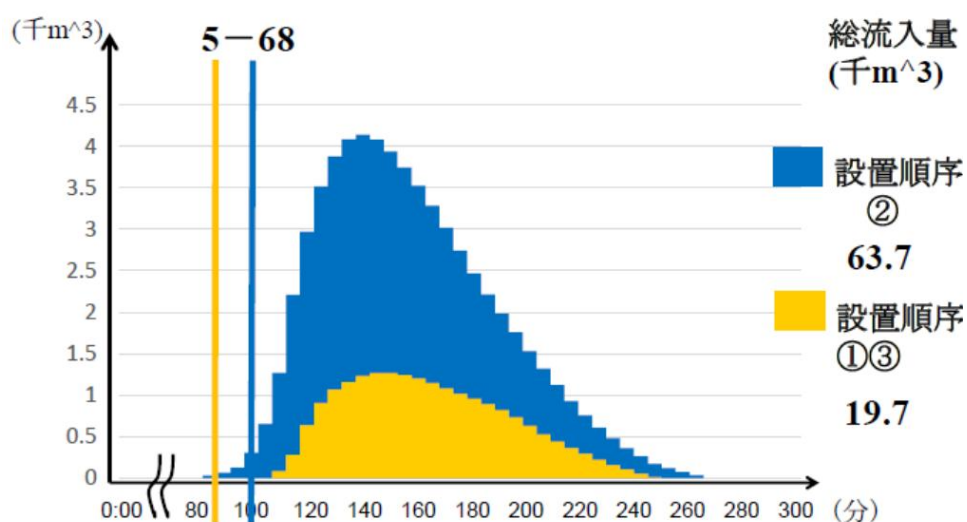


図-5.3 設置順序毎の流入量比較グラフ

図-5.3 において、設置順序①と設置順序③は結果的に同じ設置タイミングとなるので、流入量は同じとなる。しかし、設置順序②は設置タイミングがおおよそ 10 分遅れることにより、流入量が増加している。よって、地下内全域への流入を防ぐには最も流

入量割合が高い入口から設置していく設置順序①③が地下空間を守る上で重要となる。

## 5.5 止水板設置開始タイミング決定方法の検討

4.5 で設定した設置開始タイミングの決定方法によって、リードタイムと流入量がどのように変化するのか検討する。同じ外力(180mm/hr)のもとで、設置順序②における止水板設置開始タイミングの決定方法毎の流入量比較を行う(図-5.4)。図-5.4において、決定方法Ⅰと比較して、決定方法Ⅱではリードタイムがおよそ10分長くなる。最も流入が早い入口(5-68, H16)の止水板設置は不可能だが、他の止水板は設置可能となるため、流入削減は微少となる。

また、決定方法Ⅰと比較して、決定方法Ⅲではリードタイムがおよそ20分長くなり、浸水開始前に全ての止水板を設置可能である。よって、流入量を約60%削減でき、最も有効な決定方法であるといえる。

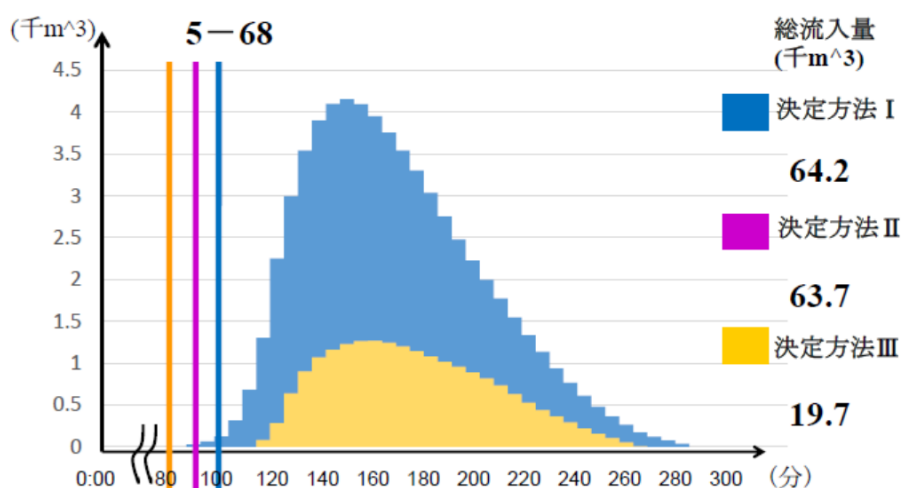
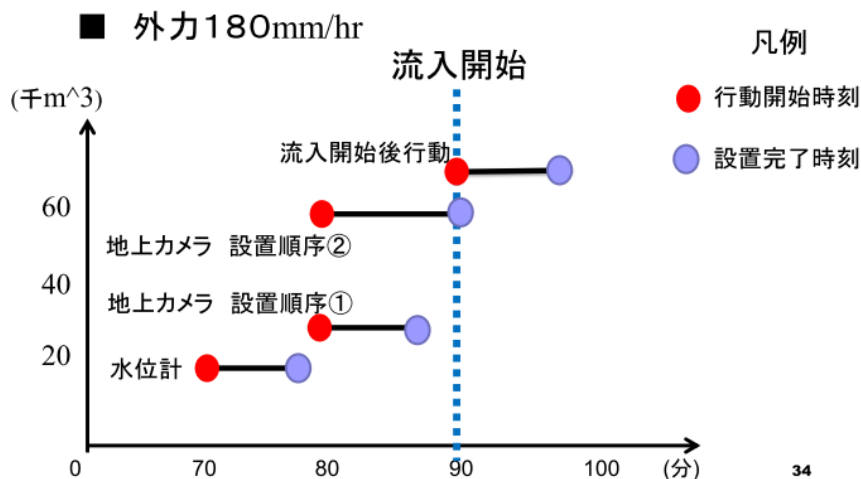


図-5.4 決定方法毎の流入量比較グラフ

次に、各設置開始タイミング決定方法と設置順序毎のリードタイムと流入量の関係を図-5.5に示す。図中の時刻0:00は、降雨開始を、凡例の止水板設置完了時刻は入口(5-68)の止水板完了時刻を示している。入口(5-68)は最も流入割合が出入口で、この入口を設置できるかが流入量削減へ最も起因している。よって、その設置タイミングをグラフ中に示す。

水位計によるリードタイムは、20 分で流入開始までに全ての止水板を設置可能であるため、流入量を約 60%削減できる。しかし、地上カメラによる決定方法で、設置順序②で行動したときは、流入開始後に止水板設置開始となるため、地下への流入を招くことになった。



図－5.5 決定方法毎のリードタイムと流入量の関係

## 5.6 設置不可能な止水板

各設置順序、設置開始タイミングにおけるシュミレーション結果として、設置前に流入開始となり、止水板を設置できなかった入口を以下の表に示す。表－5.2 は 5.3 の外力の比較での設置不可能止水板を、表－5.3 は止水板設置順序、開始タイミングの検討での設置不可能止水板を表している。本研究では、流入開始が始まった入口の止水板は設置しないとした。実際の現実行動を考慮して、流入が起こっているのに、設置することは難しいと考えたからである。表－5.3 によると、設置順序①においては、決定方法②と③に違いがない。しかし、設置順序②においては、決定方法ⅡⅢに違いがある。

つまり、解析結果より有効であると判明している設置順序で行動しても、決定方法を誤れば、流入量を増大させてしまう。差は 44.1(千 m³) もあり、入口(5－68, H16) の止水板を設置できるかどうか、地下空間事業継続には重要となる。

表－5.2 外力の違いにおける設置不可能止水板一覧

	外力①	外力②	外力③
設置順序①	H16	H16, 5-68	5-68, H16, H32



表－5.3 順序・決定方法検討における設置不可能止水板一覧

	設置順序①	設置順序②	設置順序③
決定方法Ⅰ	5-68, H16, H32	5-68, H16, H32	5-68, H16, H32
決定方法Ⅱ	なし	5-68, H16	なし
決定方法Ⅲ	なし	なし	なし

## 5.7 総流入量比較

シュミレーション結果による、総流入量結果を以下の表(表－5.4, 5.5)にまとめる。総流入量は5.6の表に示した設置不可能止水板の数に比例している。本研究の外力比較の前に既往研究<sup>2)</sup>においても、止水板が全くない状態でも降雨強度が強くなると、流入量は増加することが指摘されている。よって、外力比較の結果は当然だが、着目すべき点は降雨強度が強いにも関わらず、有効的である設置順序と決定方法を用いると、降雨強度が弱いときとほぼ同じ流入量になることである。

表－5.4 外力の違いにおける総流入量結果(千 m<sup>3</sup>)

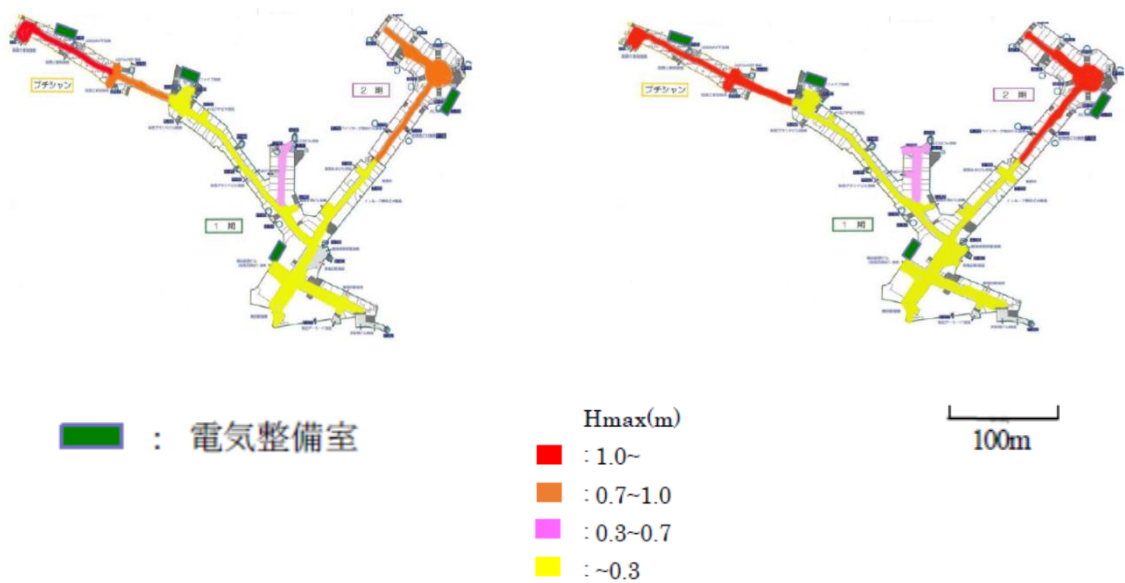
	外力(60mm/hr)	外力(120mm/hr)	外力(180mm/hr)
設置順序①	19.9	53.6	64.2

表－5.5 設置順序・決定方法検討における総流入量結果(千 m<sup>3</sup>)

	設置順序①	設置順序②	設置順序③
決定方法Ⅰ	64.2	64.2	64.2
決定方法Ⅱ	19.7	63.7	19.7
決定方法Ⅲ	19.7	19.7	19.7

## 5.8 地下空間浸水シュミレーション

決定方法①、外力③における設置順序①②の地下内最終浸水状態を表した図を図－5.6, 5.7 に示す. さらに, 地下空間の高低差を表した図を図－5.8 に示す.



図－5.6 設置順序①の浸水状態図

図－5.7 設置順序②の浸水状態図



図－5.8 地下空間高低差図

地上の結果と同様に, 地下内への流入量を削減すると, 地下空間での浸水深も減少する. また, 電気整備室付近の浸水状態の比較を行う. Whity 梅田内には, 電気整備室は3ヶ所あるが, とともに流入量が多い出入口付近に位置している. よって, これらの出入口の流入状況が電気整備室付近の浸水状態に起因している. つまり, 流入量が多い

出入口を防ぐことは電気整備室への浸水を防ぐことになり、地下空間の事業継続につながる。

また、いくつかの既往研究に示されている通り、地下空間浸水状態は地下内高低差に起因されている。図-5.8によると、エリア「プチシャン」「2期」は1期と比較して、基準面から約1m低い。よって、入口(5-68, H16)から流入した水がそのエリアまで伝搬したことが推測される。地下内浸水対策も重要である。4.3に示した時系列に沿った地下街管理者行動では、まず、地上止水板の設置、次に地下内止水板の設置を掲げた。幸いにも、全ての地下内電気整備室前には止水板が設置されている。本研究では、地上入口の止水板設置順序を検討したが、地下内止水板の設置検証も必要である。

## 5.9 まとめ

外力の違いより、総降雨量が同じでも降雨強度が大きくなると、地下空間への流入量が増加することが判明した。理由は、流入開始時刻が早まり、止水板を設置できないことである。

また、止水板設置順序の検討において、設置順序①「既往研究より流入割合が高いと判明している入口から設置」が最も流入量削減には有効的であることが判明した。

次に、止水板設置開始タイミングの決定方法を検討した。決定方法Ⅲ「水位計による判断」が他と比較して、リードタイムが最大で20分長くなり、止水板を全て設置可能であり、流入量を大幅に削減できる。

これらをまとめると、設置順序①と決定方法Ⅲが最も有効な浸水対策である。

## 第6章 結論

### 6.1 結論

状況設定として、止水板を全て設置できない状況とし、止水板設置順序と止水板設置開始タイミングによって流入量とリードタイムにどのような変化があるのか検討した。既往研究より流入量が多いと分かっている入口の止水板から優先的に設置する順序が、最も流入量を削減することがシュミレーションより判明した。そして、この流入量が多い入口は電気整備室の近くに位置している。つまり、流入量の削減は電気整備室付近の浸水深の削減にもつながり、地下空間全体の事業継続になる。商業施設内みの浸水だと、排水ポンプより早期復旧が見込まれる。しかし、電気系統が侵されると、空調・配電・防災機能被害などあらゆるリスクに起因し、復旧が長期にわたる。また、地下空間浸水開始初期の段階でも、流入開始が早い入口の近くに電気整備室が位置しているため、電気系統が侵されると、連鎖的に被害が拡大する。

それらの結果を踏まえて、もっと重要なことは、止水板設置開始タイミングの決定であるとした。この止水板設置タイミングは早過ぎると避難に影響を与え、遅すぎると地下空間への浸水を招くものである。その決定方法の検討を行うと、水位計による判断では、リードタイムが20分長くなり、多くの止水板を設置でき、流入量を60%削減できることが判明した。しかし、リードタイムが長くなることだけが、水位計のメリットではない。ヒューマンエラーを削減できることである。現在の決定方法は、水位計による目視状況判断であるが、情報の誤認を行い、判断ミスを犯す可能性が皆無ではない。そのヒューマンエラーに関しては、FTAを行った。

よって、水位計による数値判断をもって、これからの浸水対策の要とする。

### 6.2 今後の方針・課題

本研究の問題設定として、地下街管理者が不足し、止水板を全て設置できない状況とした。さらに、設置順序を設定し、それに基づいて行動したときの警備員の詳細行動を示した。しかし、それらの行動は、実際の現実行動に適しているかどうかは疑問の余地を残す。内水氾濫による浸水状況を Info Works を用いてシュミレーションを行ったが、警備員の行動を反映したシュミレーションモデルの開発が課題である。

また、設置開始タイミングを検討する際に、水位計の設置場所や水位が管頂 8 割に達したときを開始タイミングとしたことは検討の余地がある。

本研究では、地上入口の止水板設置順序と設置開始タイミングを検討したが、地下内浸水対策も今後の検討課題である。

## 【謝 辞】

本研究を行うにあたり，終始御指導下さった関西大学環境都市工学部都市システム工学科教授 盛岡通先生，同准教授 尾崎平先生に深く感謝すると共に厚く御礼申し上げます．

また，Info Works の利用に際してご指導下さった同学環境防災水工学研究室の修士の皆様には厚く御礼申し上げます．

そして，一年間共に過ごし，励まし協力し合った環境マネジメント研究室の皆様には厚く御礼申し上げます．

最後に，筆者に大学で学ぶ機会を与えて頂き，研究生生活をサポートしてくれた父母に深く感謝すると共に，心から厚く御礼申し上げます．今後も社会人として頑張りますので，よろしくお願いします．

## 【参考文献】

### 第 1 章

- 1) 気象庁 HP: 気象データ,

<http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>

(2013.2 更新) (2015.8 閲覧).

- 2) 国土交通省 HP: 水防法の改正,

<http://www.mlit.go.jp/river/suibou/suibouhou.html>

(2015.7 更新) (2015.11 閲覧).

- 3) 日本システム監査人協会 九州支部:

平成 11 年 7 月, 集中豪雨による福岡市都心部ビル地下の浸水 (福岡水害) 時の情報  
通信基幹施設水害安全対策調査,

<http://www.saa-j.or.jp/shibu/kyushu/suigai.pdf>

(1999.12 更新) (2015.11 閲覧).

- 4) 国土交通省河川局: 地下空間浸水対策ガイドライン, 2011.

- 5) 国土交通省河川局: 治水経済調査マニュアル, 2007.

### 第 2 章

- 1) 浅井良純, 石垣泰輔, 馬場康之, 戸田圭一:

高齢者を含めた地下空間浸水時における避難経路の安全性に関する検討,

水工学論文集, Vol.53, pp.859-864, 2009.

- 2) 井上知美, 川中龍児, 石垣泰輔, 尾崎平, 戸田圭一:

内水氾濫による大規模地下街の浸水過程と避難の安全性に関する検討,

水工学論文集, Vol.67, pp.973-978, 2011.

- 3) 森兼政行, 井上知美, 石垣泰輔, 尾崎平, 戸田圭一:

地下駅を考慮した大規模地下空間での浸水特性と浸水対応策の効果に関する検討

水工学論文集, Vol.68, No.4, pp.I\_1003-I\_1008, 2012.

- 4) 尾崎平, 浅野統弘, 石垣泰輔, 戸田圭一:

短時間集中豪雨に伴う内水氾濫による地下街浸水特性の考察,

水工学論文集, Vol.70, No.4, pp.I\_1417-I\_1423, 2014.

5) 尾崎平, 石垣泰輔, 戸田圭一 :

高密度密集地域における内水氾濫の脆弱要因に関する考察,

水工学論文集, Vol.68, No.4, pp.I\_1009-I\_1014, 2012.

### 第 3 章

1) 大阪市海老江処理区ホームページ :

<http://www.city.osaka.lg.jp/kensetsu/page/0000141324.html>.

(2013.2 更新) (2015.8 閲覧).

2) 森兼政行, 石垣泰輔, 尾崎平, 戸田圭一 :

大規模地下空間を有する都市域における地下空間への内水氾濫水の流入特性とその  
対策,

水工学論文集, Vol.55, pp.967-972, 2011.

3) 尾崎平, 浅野統弘, 石垣泰輔, 戸田圭一:

短時間集中豪雨に伴う内水氾濫による地下街浸水特性の考察,

水工学論文集, Vol.70, No.4, pp.I\_1417-I\_1423, 2014.

4) 大阪地下街株式会社 : 梅田地下空間避難確保・浸水防止計画,

[http://whity.osaka-chikagai.jp/common/images/whity\\_escape\\_plan2013.pdf](http://whity.osaka-chikagai.jp/common/images/whity_escape_plan2013.pdf)

(2013.5 更新) (2015.9 閲覧).

### 第 4 章

1) 気象庁 HP 過去の気象データ :

[http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec\\_no=&block\\_no=&year=2015&month=&day=](http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec_no=&block_no=&year=2015&month=&day=)

(2013.2 更新) (2015.8 閲覧).

2) 大阪地下街株式会社 :

梅田地下空間避難確保・浸水防止計画,

[http://whity.osaka-chikagai.jp/common/images/whity\\_escape\\_plan2013.pdf](http://whity.osaka-chikagai.jp/common/images/whity_escape_plan2013.pdf)

(2013.5 更新) (2015.9 閲覧).

3) 尾崎平, 浅野統弘, 石垣泰輔, 戸田圭一:



短時間集中豪雨に伴う内水氾濫による地下街浸水特性の考察,  
水工学論文集, Vol.70, No.4, pp.I\_1417-I\_1423, 2014.

## 第 5 章

1) 尾崎平, 石垣泰輔, 戸田圭一:

低平地住宅密集地域における内水氾濫の危険度評価に関する研究,  
水工学論文集, Vol.53, pp.823-828, 2009.

2) 尾崎平, 浅野統弘, 石垣泰輔, 戸田圭一:

短時間集中豪雨に伴う内水氾濫による地下街浸水特性の考察,  
水工学論文集, Vol.70, No.4, pp.I\_1417-I\_1423, 2014.

3) 国土交通省河川局: 治水経済調査マニュアル, pp.1-4, 2007.

4) 国土交通省: 治水経済調査マニュアル改善点,

[http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai\\_blog/kasen\\_hyouka/dai001kai/dai001kai\\_siryou5.p  
df](http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/kasen_hyouka/dai001kai/dai001kai_siryou5.pdf)

(2015.7 更新) (2015.11 閲覧).

## 【付録目次】

	頁
1. 治水経済調査マニュアルでの被害算定式 .....	37
2. 治水経済マニュアルでの被害計算指標 .....	37

## 【付 録】

### 1. 治水経済調査マニュアルでの被害算定式

事業所償却・在庫資産：従業者数×従業員当たりの事業所

償却・在庫資産評価額×浸水深別被害率

営業停止損失： $D_i = M_i \times (n_0 + n_1 / 2) \times p_i$

i：産業大分類、M：従業者数、p：付加価値額（円/(人・日)）

$n_0, n_1$ ：それぞれの水深深に応じた営業の停止日数・停滞日数

家庭における応急対策費用：

1) 清掃労働対価：世帯数×労働対価評価額×清掃延日数

2) 代替活動等費：世帯数×1世帯当たり浸水深別代替活動費

事業所における応急対策費用：事業所数×浸水深別1事業所当たり代替活動費

### 2. 治水経済マニュアルでの被害計算指標

以下の指標は2010年2月26日に国土交通省河川局が発行した「平成20年の水害統計調査」の引用である。

#### ①浸水深別被害率

浸水深等 資産種類等		床下浸水	床上浸水			土砂堆積（床上）		全壊 （流出）
			50cm未満	50～99cm	100cm以上 半壊	50cm未満	50cm以上	
家屋 （木造＋ 非木造）	Aグループ	0.032	0.092	0.119	0.342	0.430	0.785	1.0
	Bグループ	0.044	0.126	0.176	0.415			
	Cグループ	0.050	0.144	0.205	0.452			
家庭用品		0.021	0.145	0.326	0.605	0.500	0.845	
事業所	償却資産	—	0.232	0.453	0.808	0.540	0.815	
	在庫資産	—	0.128	0.267	0.628	0.480	0.780	
農漁家	償却資産	—	0.156	0.237	0.311	0.370	0.725	
	在庫資産	—	0.199	0.370	0.510	0.580	0.845	

②産業分類別従業者 1 人当たり資産評価額

(千円／人)

産業分類名	償却資産	在庫資産	産業分類名	償却資産	在庫資産
鉱業	11,033	3,343	不動産業	17,172	18,195
建設業	1,575	3,566	飲食店・宿泊業	2,631	126
製造業	3,946	4,897	医療、福祉	1,307	203
電気・ガス・ 熱供給・水道業	119,578	3,738	教育、学習支援業	1,388	188
情報通信業	6,065	848	複合サービス業	5,401	242
運輸業	5,887	803	サービス業	5,401	242
卸売・小売業	1,858	2,826	公務	5,401	242
金融・保険業	5,401	242			

③浸水深別事業所営業停止・停滞日数

(日)

	床下浸水	床上浸水		
		50cm 未満	50～99cm	100cm～
営業停止日数	3.0	4.4	6.3	10.9
営業停滞日数	6.0	8.8	12.6	21.8

④産業分類別事業所従業者 1 人当たり付加価値額

(円／人)

産業分類名	付加価値額	産業分類名	付加価値額
鉱業	93,531	不動産業	42,362
建設業	22,001	飲食店・宿泊業	19,344
製造業	31,736	医療、福祉	15,085
電気・ガス・ 熱供給・水道業	96,888	教育、学習支援業	21,234
情報通信業	35,549	複合サービス業	19,542
運輸業	24,573	サービス業	19,542
卸売・小売業	25,812	公務	19,542
金融・保険業	19,401		

⑤浸水深別 1 事業所当たり代替活動費

(千円／事業所)

	床下浸水	床上浸水		
		50cm 未満	50～99cm	100cm～
代替活動費	470	925	1,714	4,190