

2015年9月12日

# 地下鉄災害について

関西大学社会安全研究センター長・教授

京都大学名誉教授

阪神・淡路大震災記念 人と防災未来センター長

河田 恵昭

# 大阪市営地下鉄、京阪本線、近鉄 難波線、JR東西線の水没災害

1. 洪水（淀川、大和川の氾濫）
2. 内陸活断層地震（上町断層帯地震による地下トンネル上下せん断破壊による地下水流入）
3. 津波（南海トラフ巨大地震津波）
4. 高潮

# 大阪を襲った巨大災害(1)

## •地震・津波:

1707年宝永地震津波——長堀と東横堀の合流点まで津波が遡上, その間の橋は落橋したが, 人的被害 など不明.

1854年安政南海地震——大阪市内で11橋が落橋, 死者約千人

1946年昭和南海地震津波——大阪市内の被害なし(津波高さは約1m)

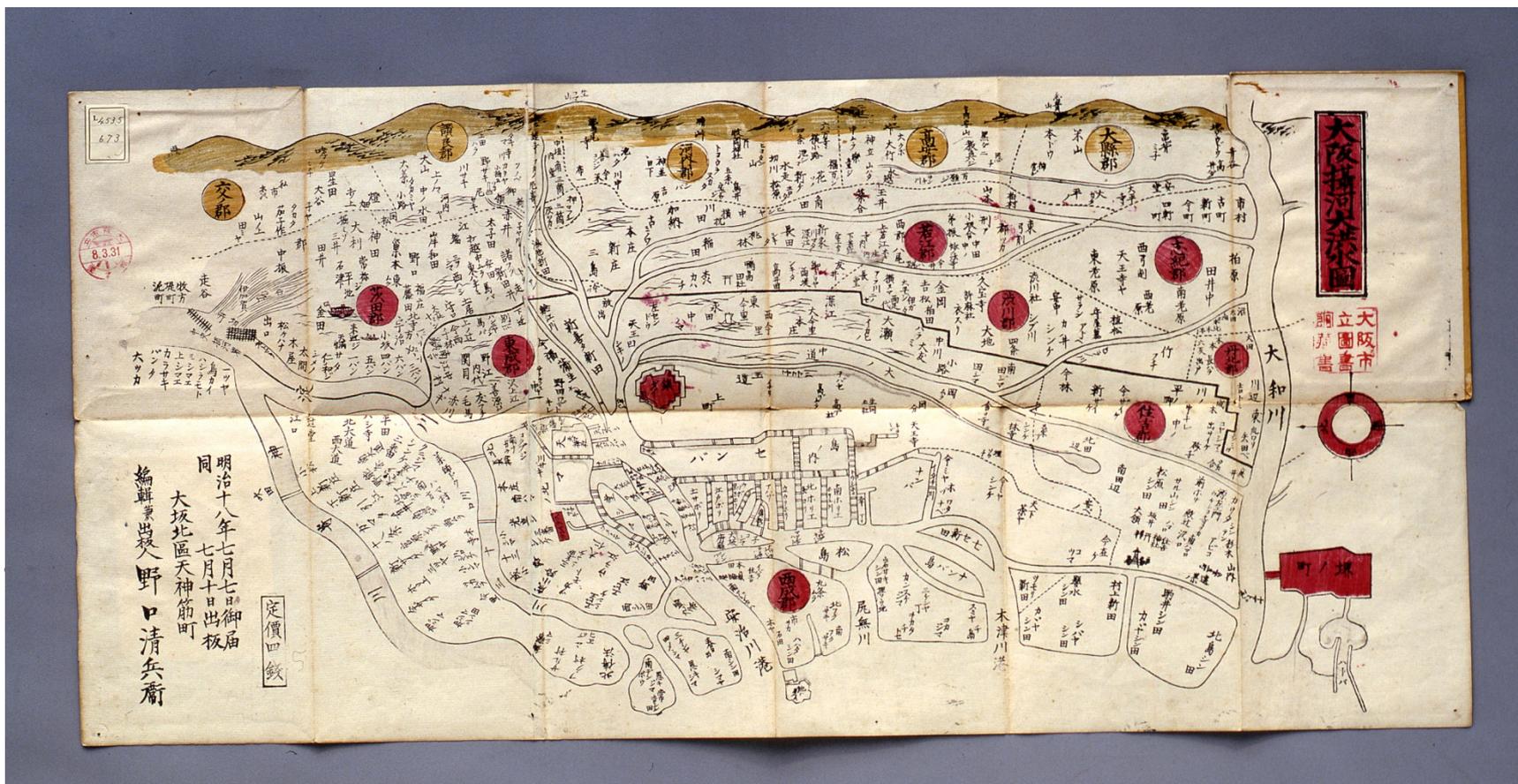
## •洪水: 江戸時代, 大阪市内では34回の洪水氾濫災害が発生した. なかでも, 1802年(弘化2年)の水害は、東大阪地域が水没するという未曾有の被害

1885年(明治18年)洪水——: 左岸, 枚方で堤防決壊, 死者78人, 落橋30余, 浸水家屋71,249, 流失7,631





# 1885年(明治18年)大阪摂河大洪水図



淀川洪水(西成郡、曾根崎新地から難波まで水没し、海原になる。被災地人口27万人/163万人、71,000戸水没(約20%)、家屋流失:約1,600戸、同損壊約15,000戸)

# 大阪を襲った大規模災害(2)

- **昭和の三大高潮災害:**

- (1) 1934年室戸台風高潮 880人死亡

- (2) 1950年ジェーン台風高潮 220人死亡

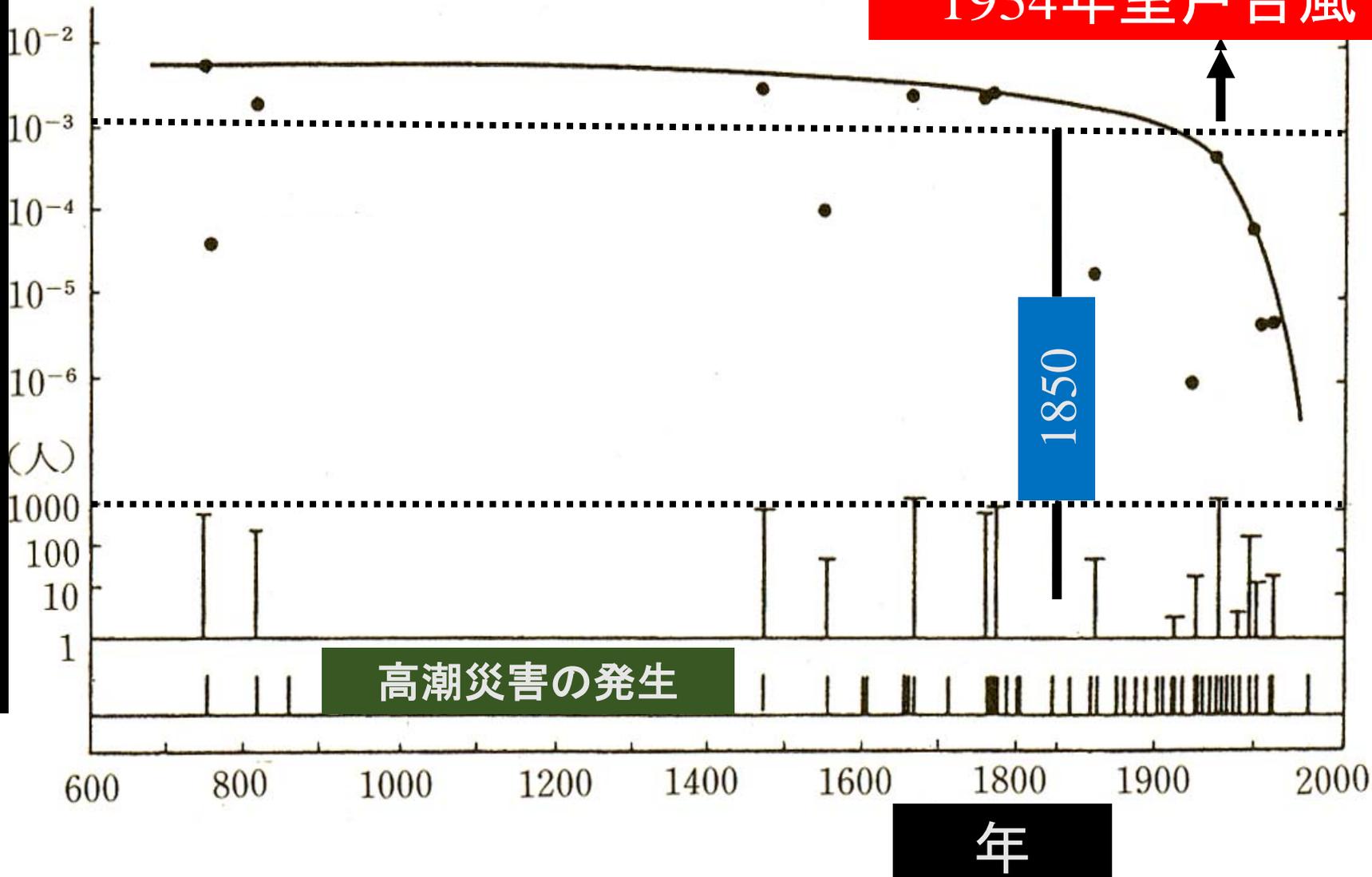
- (3) 1961年第二室戸台風高潮 死者なし

- **水災害の氾濫区域:** 大阪, 吹田, 高槻, 守口, 枚方, 茨木, 寝屋川, 大東, 門真, 摂津, 東大阪の各市と島本町

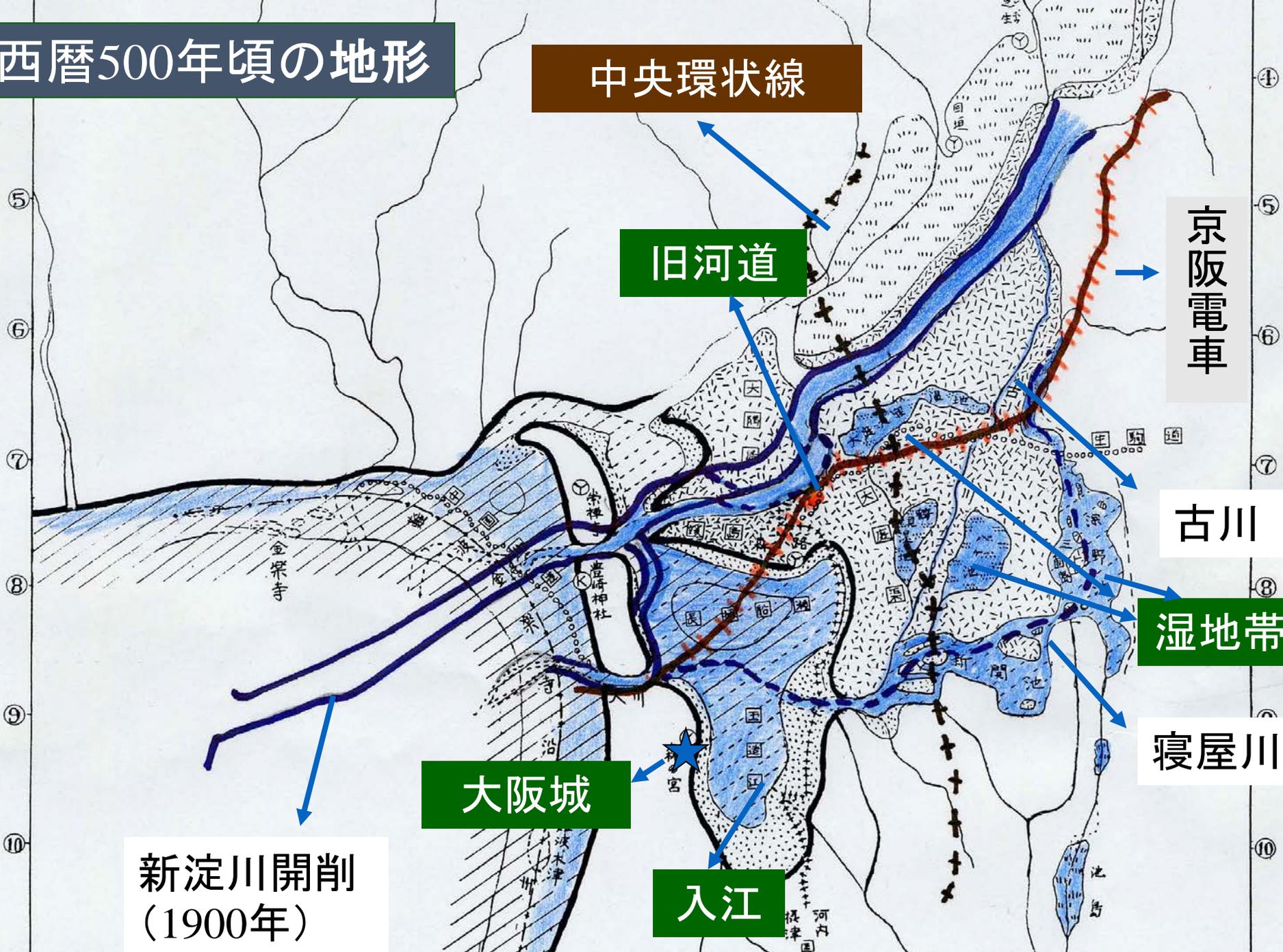
最大推定被害額: 20.4兆円, 昼間人口: 287万人

# 大阪で発生した巨大高潮災害

1934年室戸台風



# 西暦500年頃の地形



中央環状線

旧河道

京阪電車

古川

湿地帯

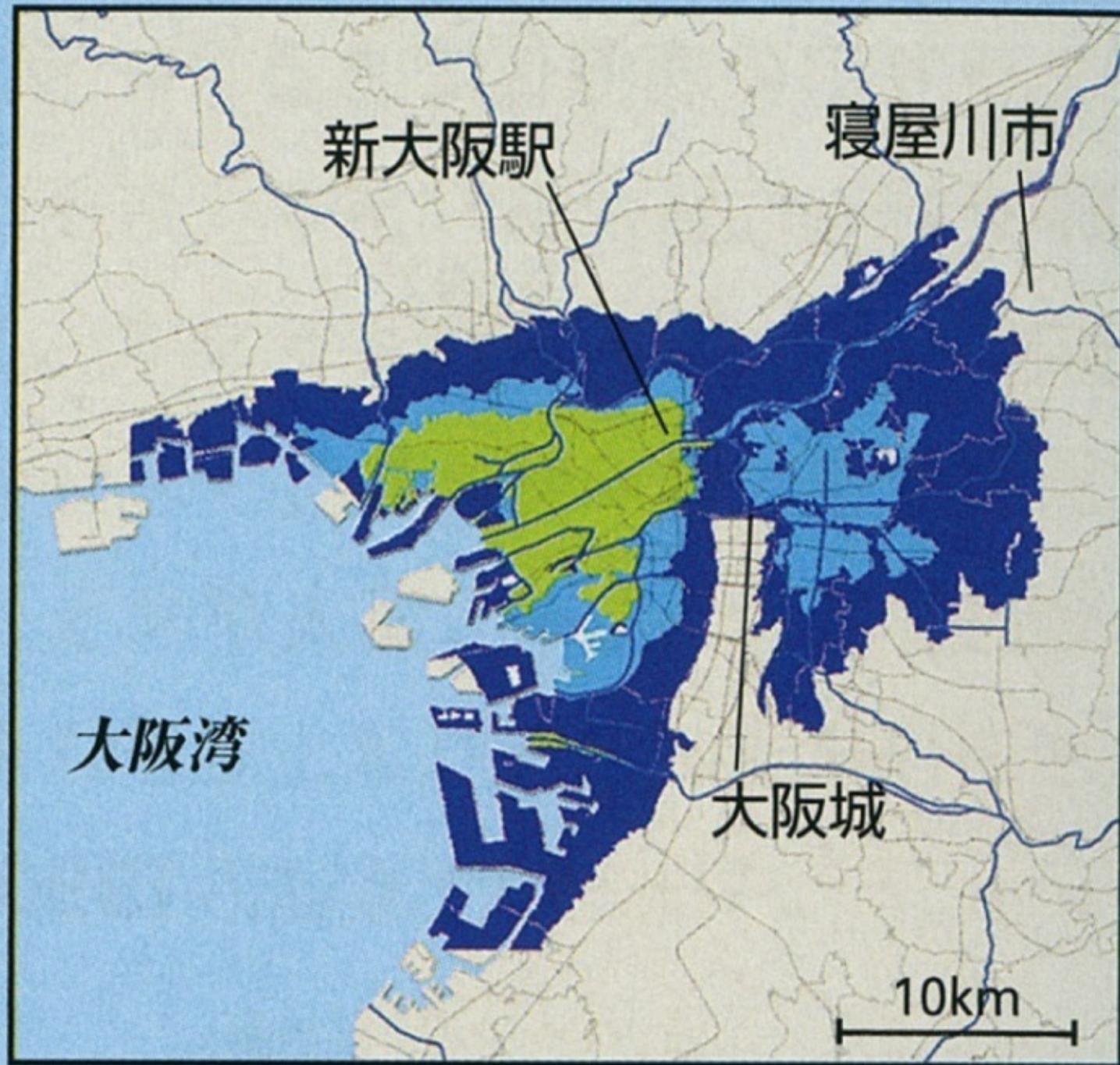
寝屋川

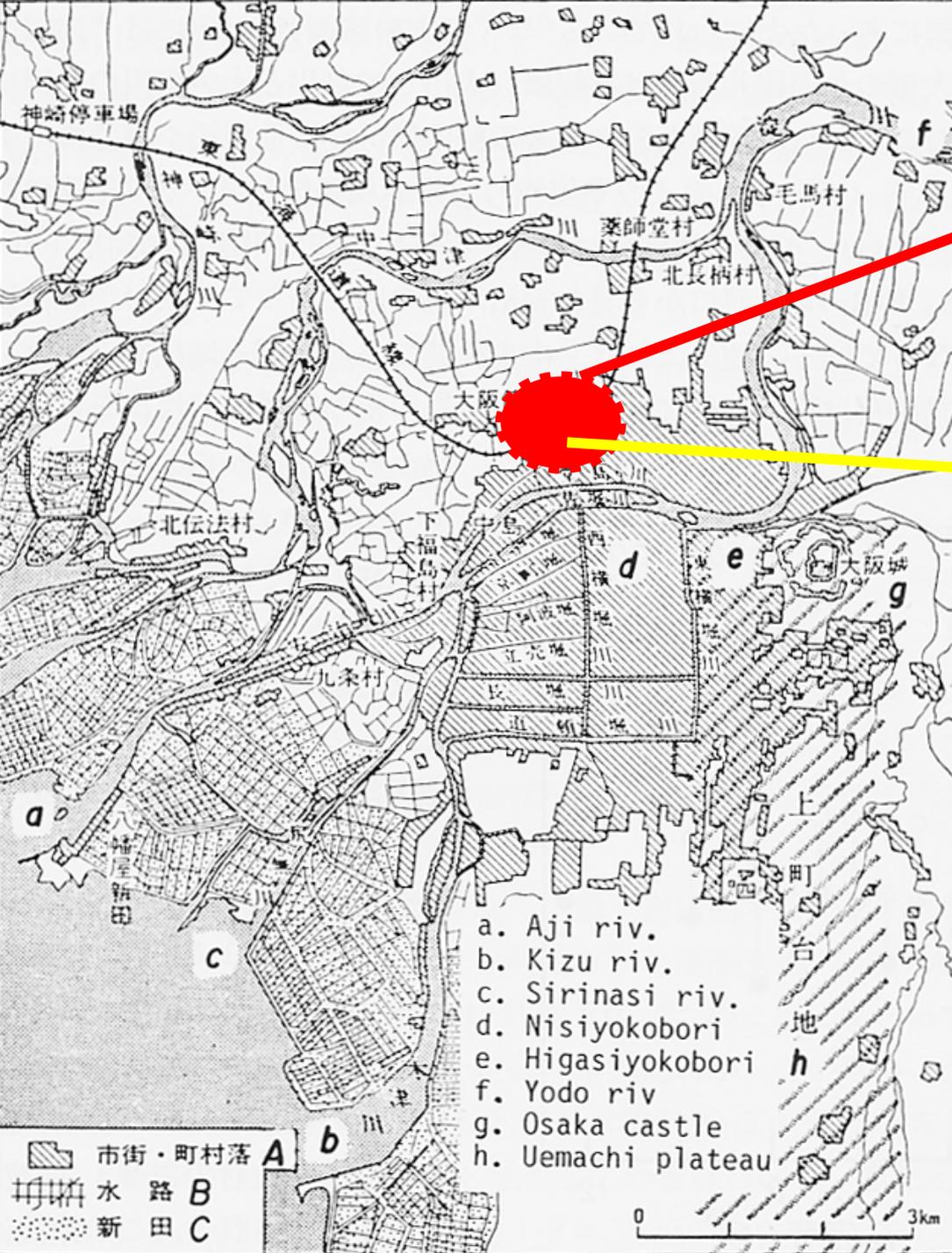
大阪城

入江

新淀川開削  
(1900年)







JR大阪駅

市街地の北限は曾根崎新地でそれより北は湿地。昔は「埋田」という地名

1885年(明治18年)  
作成の通称迅速図

# 大阪の災害脆弱性の特徴

- 広いゼロメートル地帯(平均海面以下)(400の水門などで防御), 浸水被害の長期化
- 人工島(咲洲、舞洲など)の地盤沈下の継続
- 地震時の広範囲の液状化による市内での落橋, 道路の不同沈下によるネットワークの寸断
- 放射状に広がる鉄道網に比べて貧弱な環状道路で渋滞の常態化・広域化
- 広大な地下空間の利用(ミナミとキタ)や貧弱な地下空間浸水対策
- 老朽木造住宅群の存在と市街地延焼火災の危惧

# 1. 巨大洪水はん濫災害

・被害が大きい洪水：淀川、大和川の破堤氾濫

とくに淀川は計画上、200年に一度の大雨でもはん濫が起こらないことになっているが、実際は60から70年に一度の大雨で氾濫する。

・もし、市街地はん濫が発生すれば、地下空間・地下鉄網の水没は必至である。

# 洪水、高潮氾濫危険度の東西比較

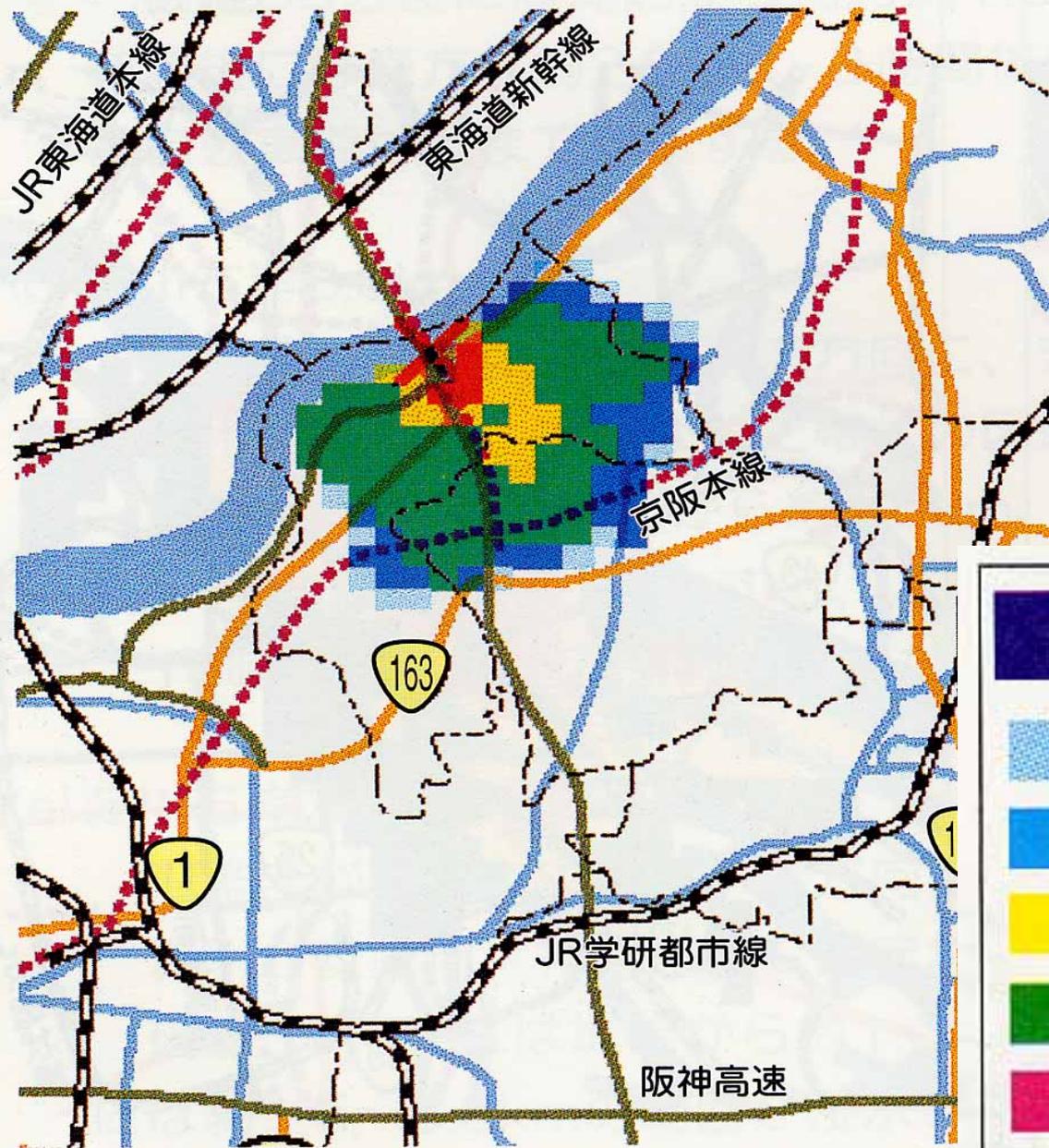
## 東京の高潮氾濫災害

- ゼロメートル地帯(横浜市～千葉市) 116平方<sup>キ</sup>。
- 人口 176万人
- スーパー室戸台風による高潮の増分 40cm(+60cm)
- 高潮で羽田空港以外は水没
- 荒川氾濫(200年に一度の大  
雨)で東京メトロ、都営地下鉄  
など136時間で大部分水没(地  
下街も水没)

## 大阪の高潮氾濫災害

- ゼロメートル地帯(芦屋市～大阪市) 124平方<sup>キ</sup>。
- 人口 138万人
- スーパー室戸台風による高潮の増分 80cm(+60cm)
- 高潮で上町台地以外水没
- 淀川氾濫(200年に一度の大  
雨)で大阪市営地下鉄など8時  
間で水没(キタとミナミの地下  
街も水没)

破堤点の水深7m以上，被災者16.7万人，避難所128箇所浸水，避難者全員の収容が困難

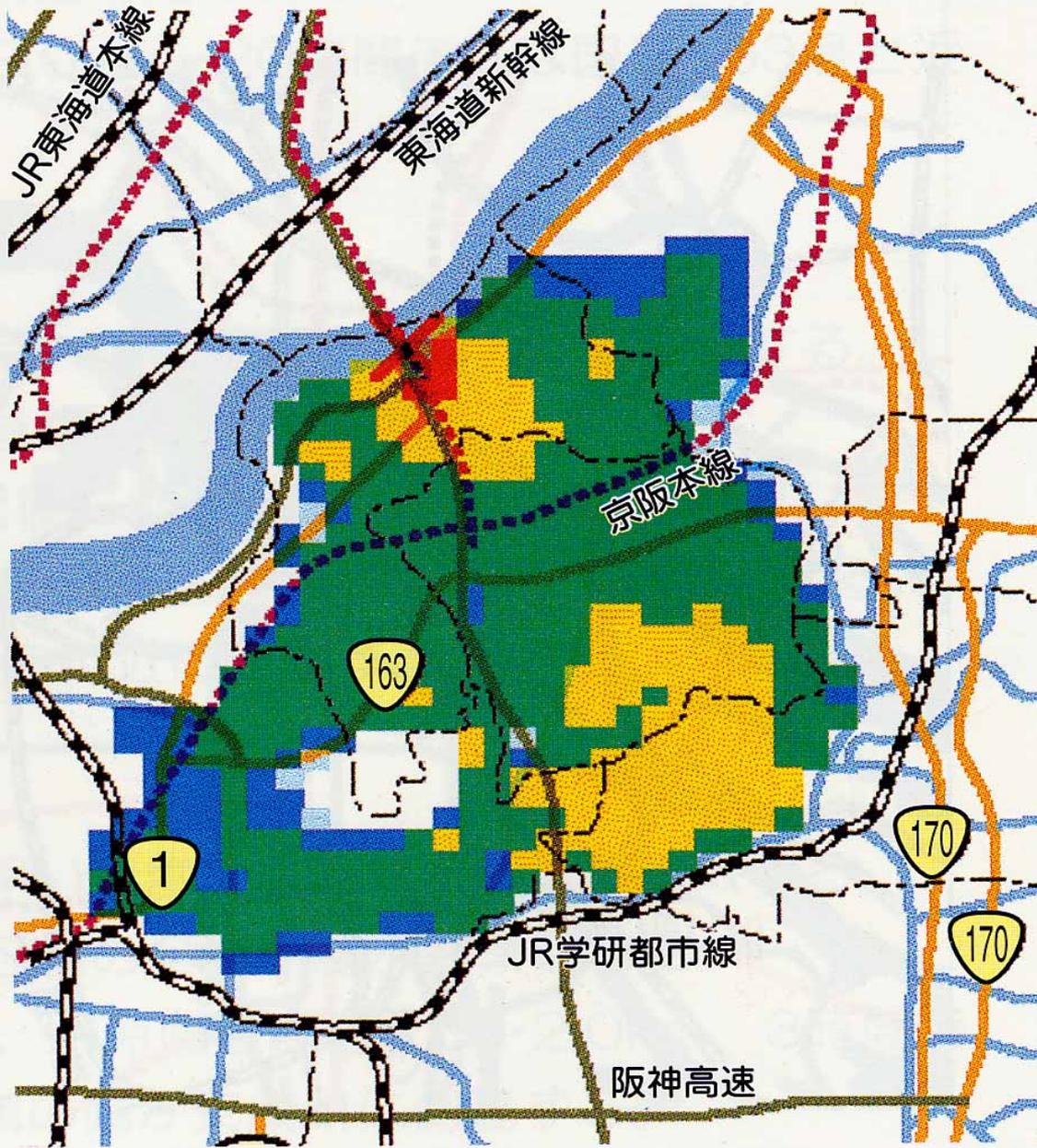


破堤後 3時間

### 凡 例

	～ 0.50m
	0.50m ～ 1.00m
	1.00m ～ 2.00m
	2.00m ～ 3.00m
	3.00m ～ 5.00m
	5.00m ～

被災人口64万人(24万世帯), マンションの2階も浸水するところがある。



破堤後 **30** 時間 (最大氾濫時)

### 凡 例

	~ 0.50m
	0.50m ~ 1.00m
	1.00m ~ 2.00m
	2.00m ~ 3.00m
	3.00m ~ 5.00m
	5.00m ~

## 2. 巨大地震・津波災害

- 南海トラフ巨大地震では震度6弱から6強  
(やや長周期である3から5秒程度の揺れが3分程度継続)
- 津波が2時間後に来襲
- 上町断層帯地震では震度6強  
(阪神・淡路大震災級の揺れが10～20秒程度の続く)

# 地震危険度の東西比較

## 東京：首都直下地震

- マグニチュード7.3
- 死者 1万1千人
- 家屋の全壊 約85万棟
- 帰宅困難者 650万人
- 避難者 約700万人
- 震災ガレキ量 9,600万トﾝ
- 被害額 112兆円
- これが起これば、東京は壊滅し、日本は衰亡し、先進国から脱落し、代わって中国が台頭する。

## 大阪：上町断層帯地震

- マグニチュード7.5
- 死者 4万2千人
- 家屋の全壊 約97万棟
- 帰宅困難者 200万人
- 避難者数 約550万人
- 震災ガレキ量 1億2千万トﾝ
- 被害額 90兆円
- 逆断層型地震のため、地盤が上下に最大2.7m食い違う
- 大阪は壊滅する。

# 大阪とその隣接地域が置かれた地震環境

1. 2050年までには必ず東海・東南海・南海地震（あるいは南海トラフ巨大地震）が起こる。

2. その前40年から直後10年以内にM6以上の内陸活断層地震が複数個起こる。

# 南海トラフ巨大地震による大阪府の被害

想定死者数: 133,891人

想定全壊家屋数: 179,153棟

❖避難すれば津波による死傷者はこれだけ大きく減る(大阪府内)

3割の人が避難しないなどの最悪を想定したケース

	冬・午後6時発生		夏・正午発生	
	津波による浸水	堤防決壊による浸水	津波による浸水	堤防決壊による浸水
死者	11万 3991人	1万 8976人	11万 3452人	1万 5697人
負傷者	6万 3666人	279人	5万 7743人	232人

10分後(夏は5分後)に100%が避難を始めたら...

死者	0人	7882人	0人	5277人
負傷者	0人	117人	0人	82人

# もし南海地震がM8.4からM9.0になったら……

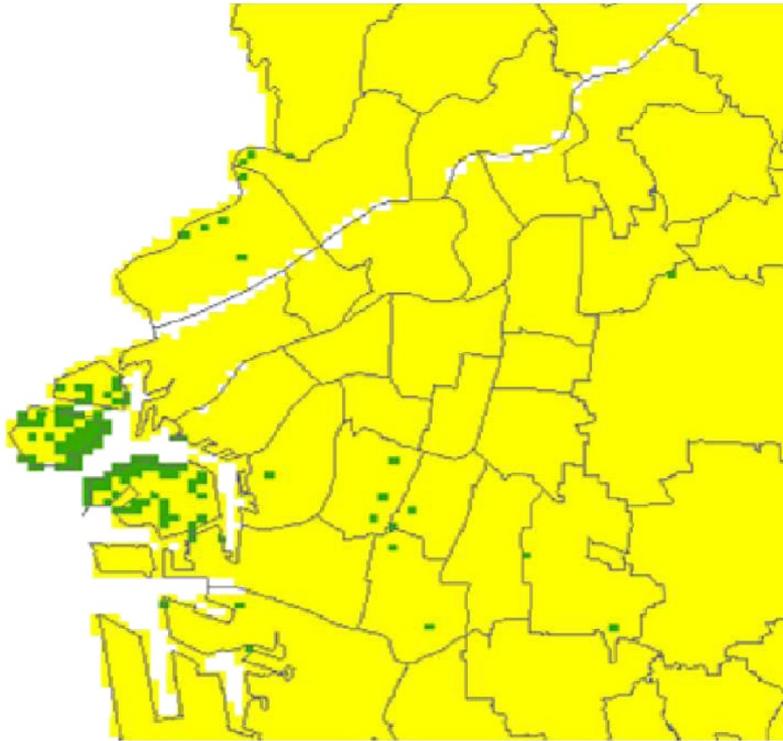
- 大阪・海遊館付近の波高は、**2.5m**が**3.8m**になると推定される。  
海面の高さ：**O.P. + 6.1m**
- 上町台地以外は水没する危険がある。
- 関西空港は**1m弱**水没する。
- 唯一、シャープの堺・泉北コンビナートは助かる。

図版1 河内湾Iの時代(約7000~6000年前) 『畿大阪平野発達史』梶山・市原, 1985による



大阪市内とその周辺は、震度6弱以上の揺れ、液状化、100箇所からの出火、断水、停電、通信網の断絶が重なり、完全に孤立する。

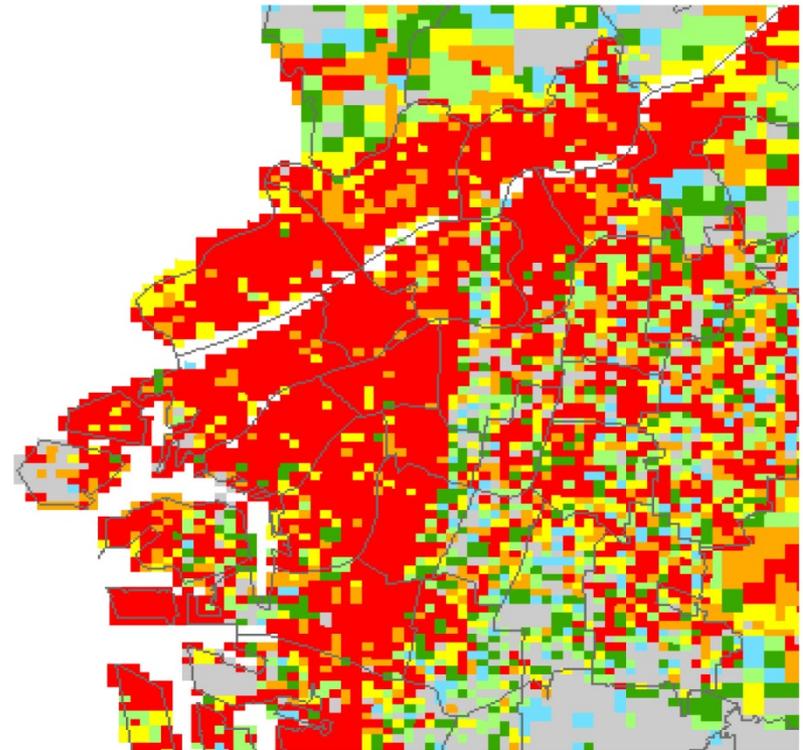
## 震度分布・液状化予測(大阪府)



震度階級

- 計測震度6.5～(震度 7)
- 計測震度6.0～6.5(震度 6強)
- 計測震度5.5～6.0(震度 6弱)
- 計測震度5.0～5.5(震度 5強)
- 計測震度4.5～5.0(震度 5弱)
- 計測震度～4.5(震度4以下)

震度6弱以上の揺れが1分以上継続

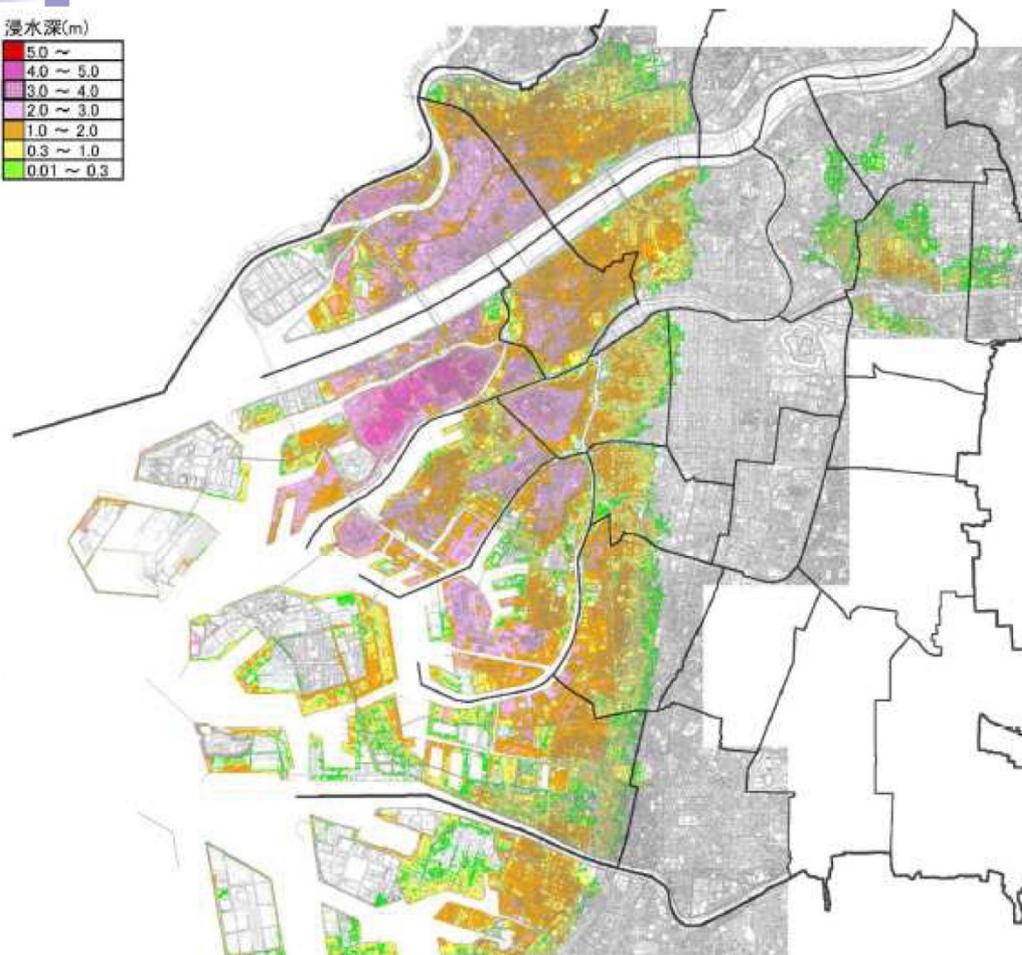


PL値

- 25～
- 20～25 激しい
- 15～20
- 10～15 中程度
- 5～10 程度は小さい
- 0～5 ほとんどなし
- なし

液状化が発生し、道路は冠水、凹凸・段差発生で、通行不可

# 津波浸水想定(大阪府)



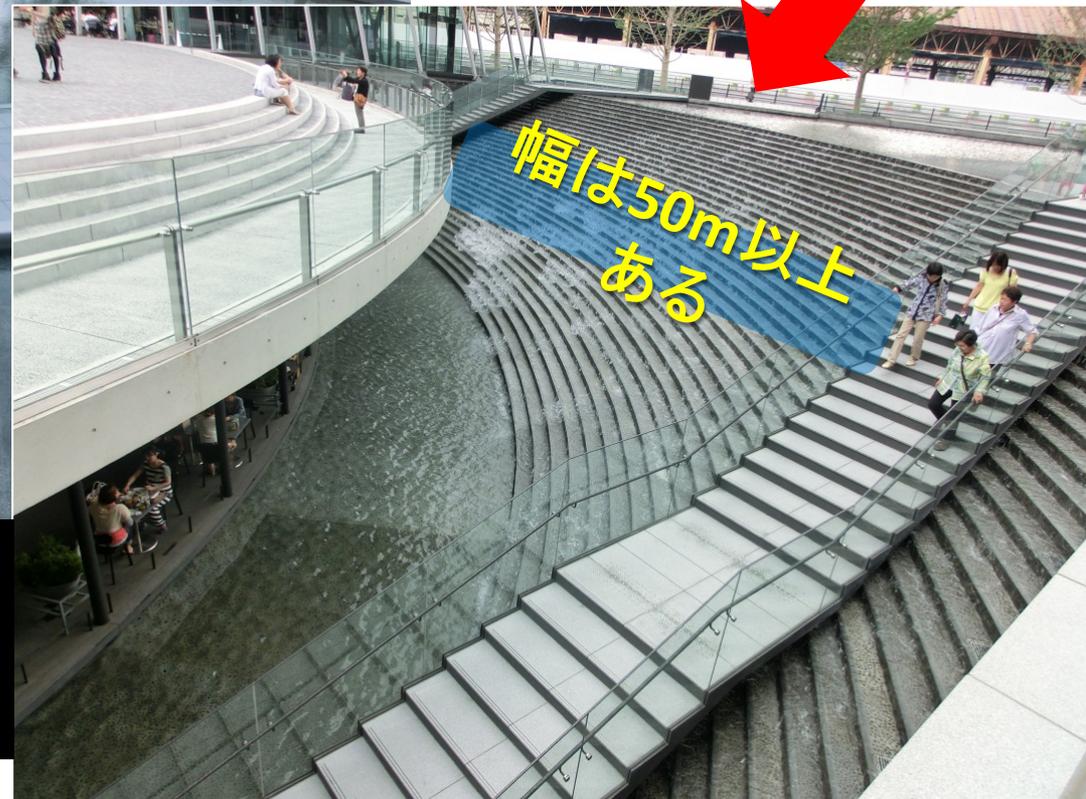
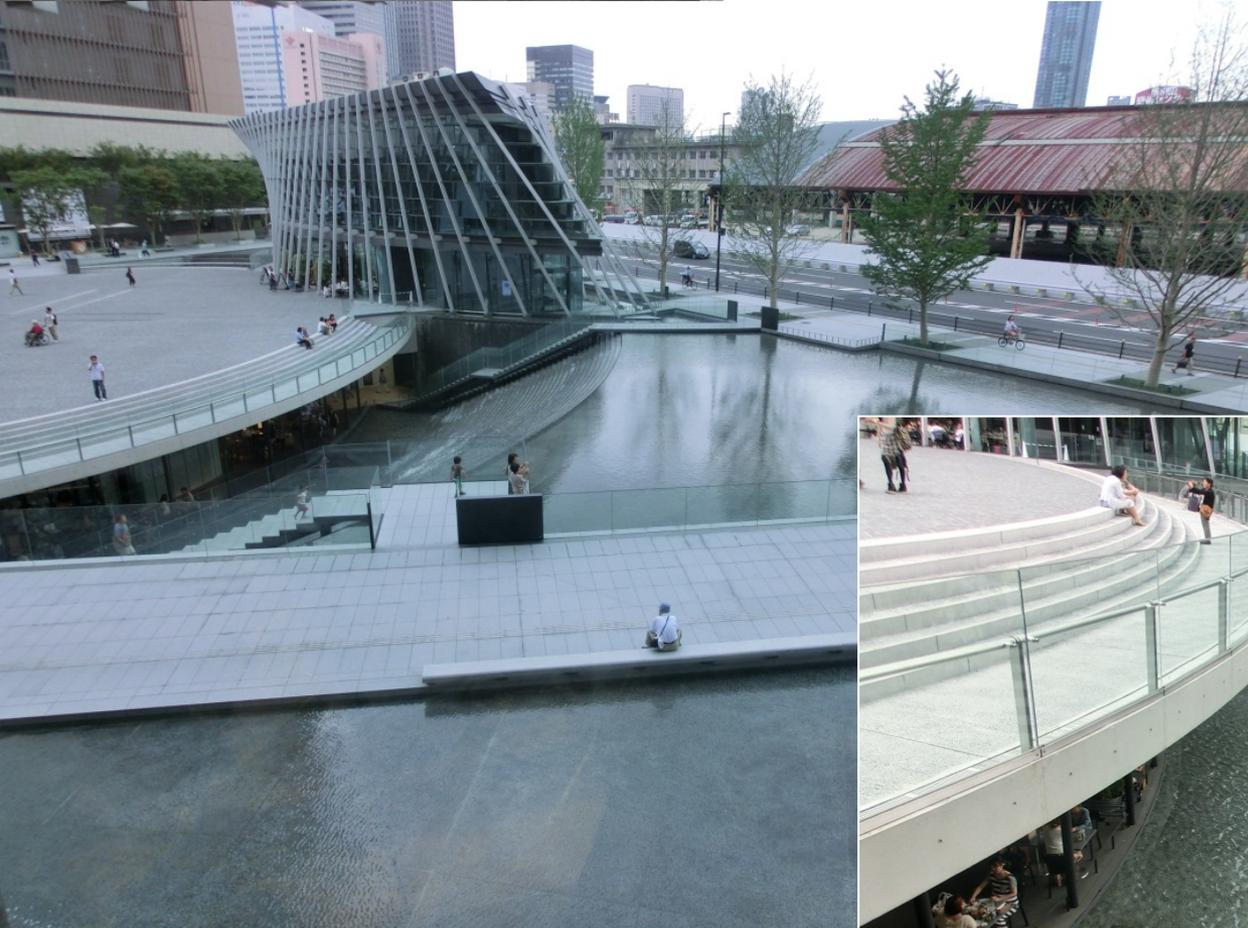
区	浸水面積(ha)	最大浸水深(m)
北区	322	2.93
都島区	101	1.98
福島区	379	2.75
此花区	816	5.08
中央区	21	0.85
西区	426	4.76
港区	620	3.90
大正区	665	3.82
浪速区	193	3.49
西淀川区	840	4.30
淀川区	756	3.24
旭区	21	0.56
城東区	259	1.66
鶴見区	41	1.08
住之江区	1,174	4.12
住吉区	13	2.80
西成区	499	4.05
市域計	<b>7,146/22,300</b> (市域の32%)	—
府域計	<b>11,072</b>	—

# グランフロント大阪の“人工池”



GRAND FRONT OSAKA

ここから津波氾  
濫水が入ると、  
キタの地下街は  
水没する。



盛り土もせずに、こんな池を  
作るのは非常識極まりない!!!

# 大阪市内の地下鉄路線、地下街 の水没の危険性

- 大阪の地下街と地下鉄の総容積:約**1,500万m<sup>3</sup>**
- 南海トラフ巨大地震が淀川河口と大和川河口の直線距離約7.5kmで海岸護岸を越流すると仮定すれば、津波1波で市街地に入る流量は、**1.88億m<sup>3</sup>**
- 大阪の海拔ゼロメートル地帯は約124km<sup>2</sup>で、ここに1m浸水した場合の浸水量は、**1.24億m<sup>3</sup>**
- つまり、 $1.24 + 0.15 = \underline{1.39億m^3} \ll 1.88億m^3$
- 津波は大きなものは6波、約6時間継続するから、6波で約6億m<sup>3</sup>以上が流入する。**つまり、大阪市内の海拔ゼロメートル地帯は、地下街、地下鉄など地下空間を含めすべて水没する危険がある。**

# 南海トラフ巨大地震(M9.0)時の大阪府の被害

- 犠牲者は7.8千人以上(地下空間浸水を含まず)
- 長期間全域停電
- 水道、ガス、電話サービスが長期間中断
- JR, 阪急, 阪神, 京阪, 南海, 近鉄, 大阪市営地下鉄など鉄道は長期不通
- 名神, 近畿, 中国自動車道, 阪神高速道路は通行不能
- 国道, 府県道をはじめ市道の信号が停電で機能せず、大渋滞が発生
- 関西空港は1期の埋め立て地は水没
- 地下鉄全線と相互乗り入れ私鉄線およびキタとミナミの地下街などは水没
- 堺・泉北コンビナート、咲洲、舞洲は水没

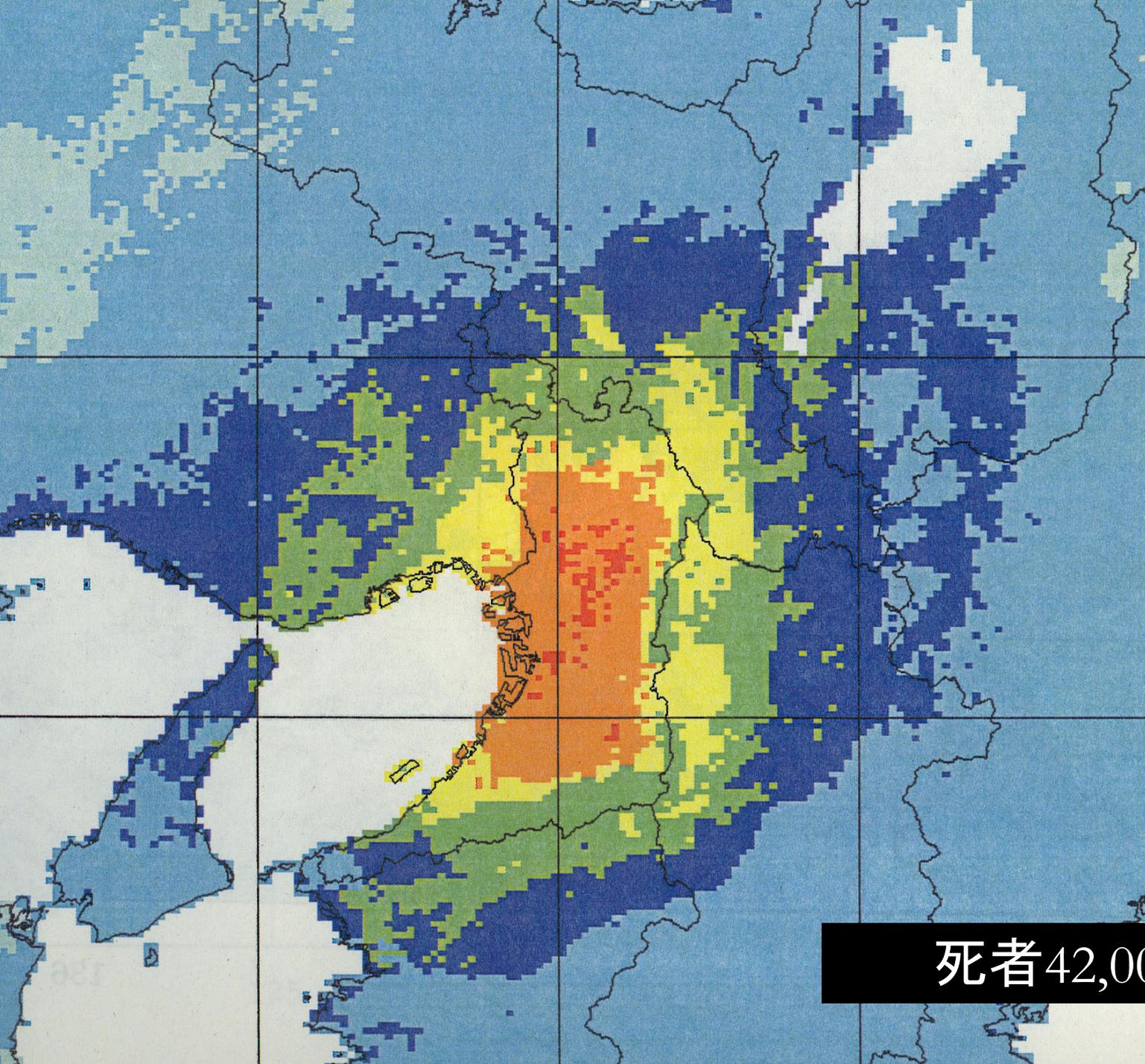
# 上町断層帯地震が起こればどうなるか

- 大阪は壊滅する。  
死者4万2千人、負傷者約20万人、全壊家屋：約97万棟（揺れ：56万棟、火災：39万棟）、自力脱出困難者数：15万人
- 西大阪は最大70センチ程度、瞬間的に地盤沈下し、ゼロメートル地帯は水浸しになる。
- 市内交通（道路、地下鉄、JRおよび私鉄、モノレール等）は断絶する（大阪の都心は沖積平野上に位置していることに注意：神戸とは違う）
- 広域延焼火災が多数発生する。

# 上町断層帯地震

M7.6

死者42,000人



# 上町断層帯の地震により想定される地盤の高さの変化

- ・ 強震動予測のために設定した上町断層帯の断層モデルを半無限弾性媒質中におき、Okada[1985]の弾性論にもとづき、地表面における上下変位量を計算
- ・ 上町断層帯の東側で最大約1.9mの隆起、西側で最大約70cmの沈降が想定される

図1 上町断層帯の地震による地表の上下変位量の分布  
(白線:断層モデルの地表面トレース、桃線:鉛直断面図(右図)をとった領域)

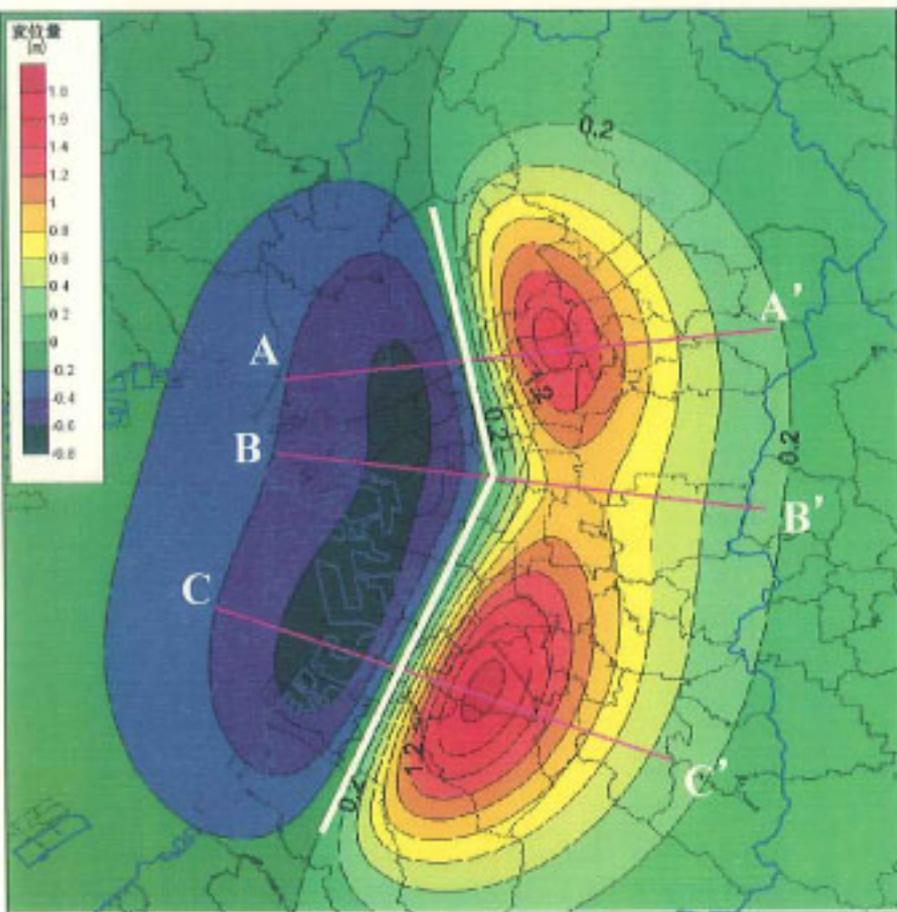
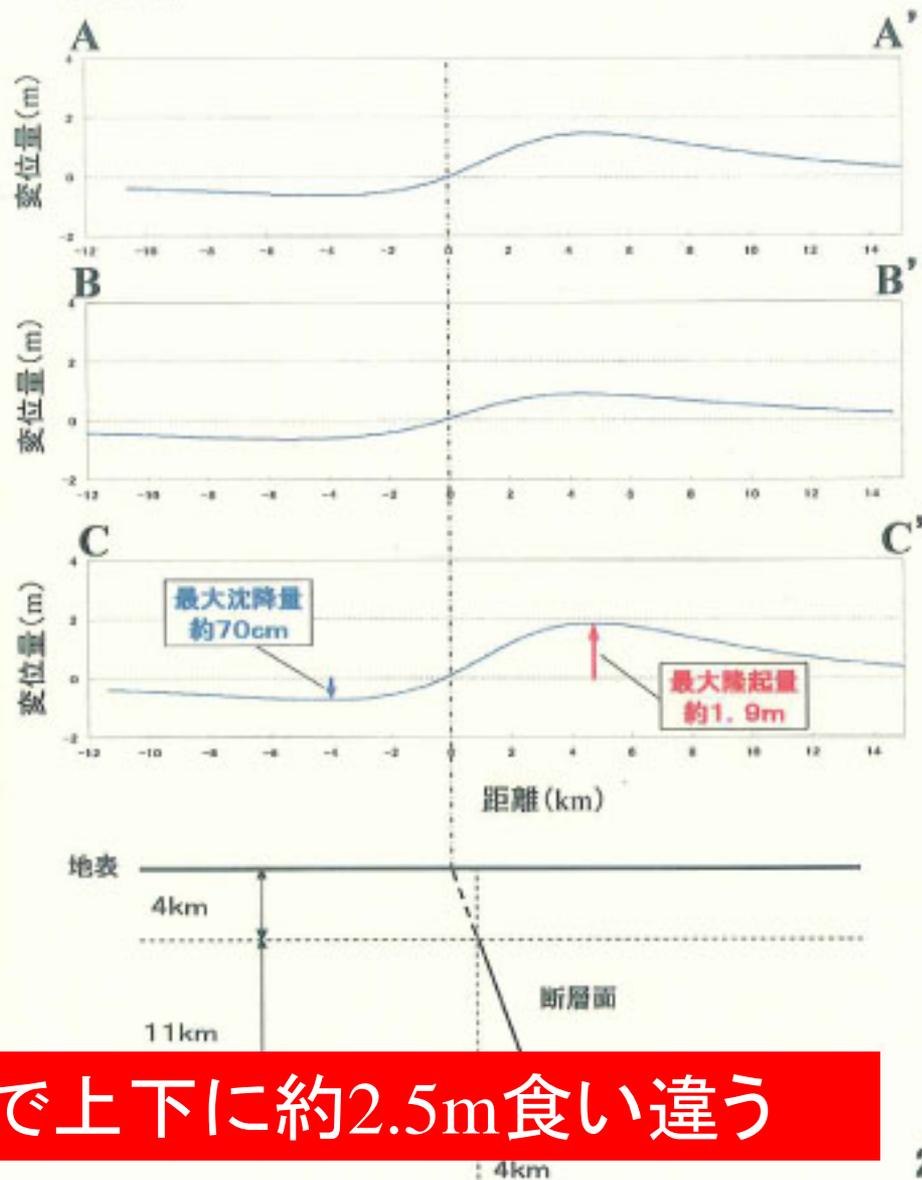


図2 上町断層帯の地震による地表の上下変位分布(上)と、設定した断層モデル(下) ((図1 A—A', B—B', C—C', 沿いの断面)。地表トレースの位置を0kmとしている)。



松屋町筋と谷町筋の間で上下に約2.5m食い違う

# 大震災で発生する瓦礫量と処理 に必要な期間

首都直下地震	9千600万トン	22.3ヶ月
上町断層帯地震	1億2千万トン	27.9ヶ月
東海地震	4千100万トン	9.5ヶ月
東南海・南海地震	6千900万トン	16.0ヶ月
南海トラフ巨大地震	3億1千万トン	

---

阪神・淡路大震災	1千850万トン	4.7ヶ月
東日本大震災	2千670万トン	

# 高潮災害

- 高潮の危険が増大する原因:

1. 地球温暖化の影響

- a) 海面上昇

- b) 台風の巨大化

計画高潮の計算における伊勢湾台風モデルから  
スーパー室戸台風への採用

2. 人工島(咲洲、舞洲など)における地盤沈下の継続



サンマルコ広場



# 大阪

38°

1934年9月21日

中心深度(hPa)

● 120

● 80

● 40

36°

34°

32°

30°

130°

132°

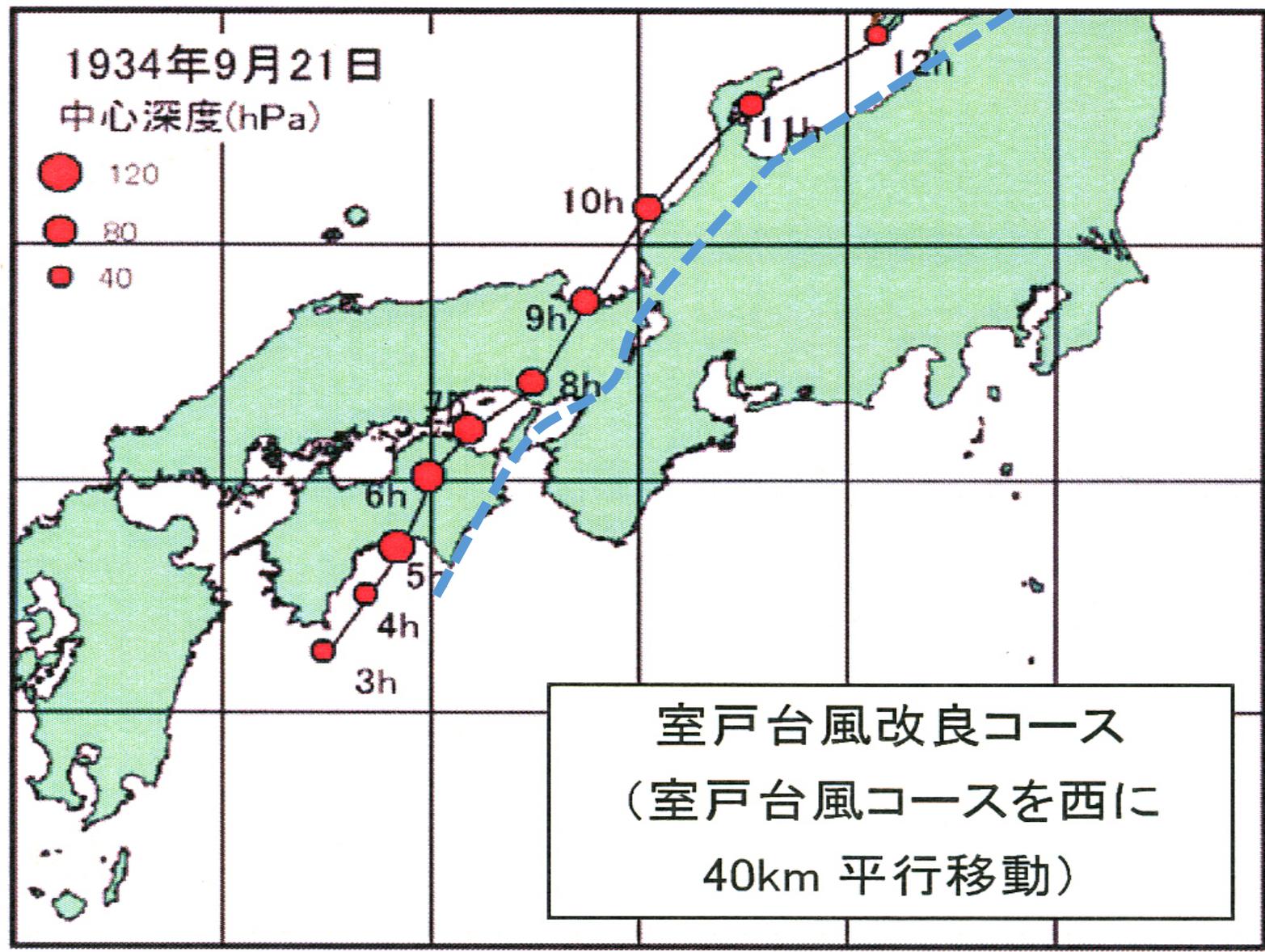
134°

136°

138°

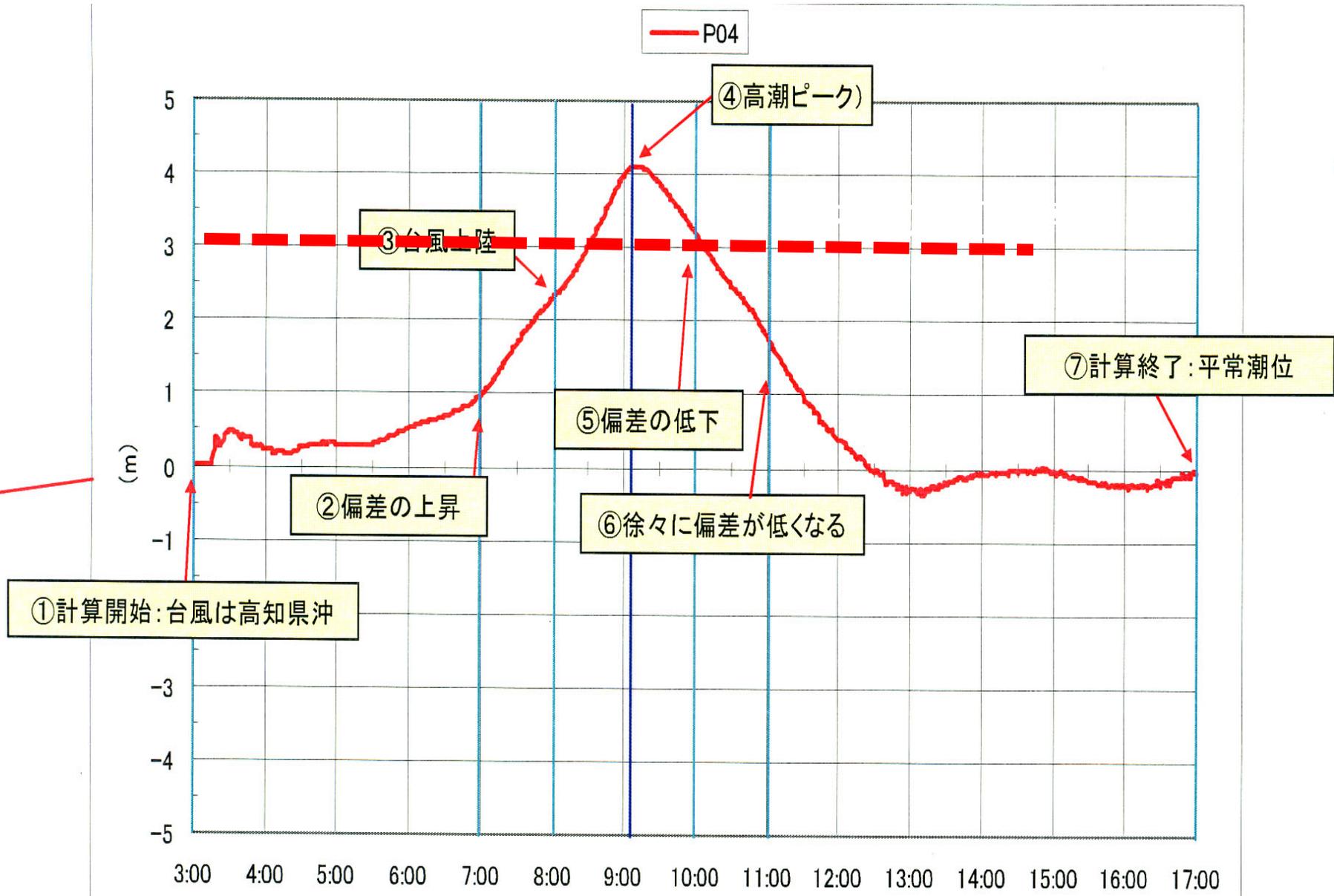
140°

142°



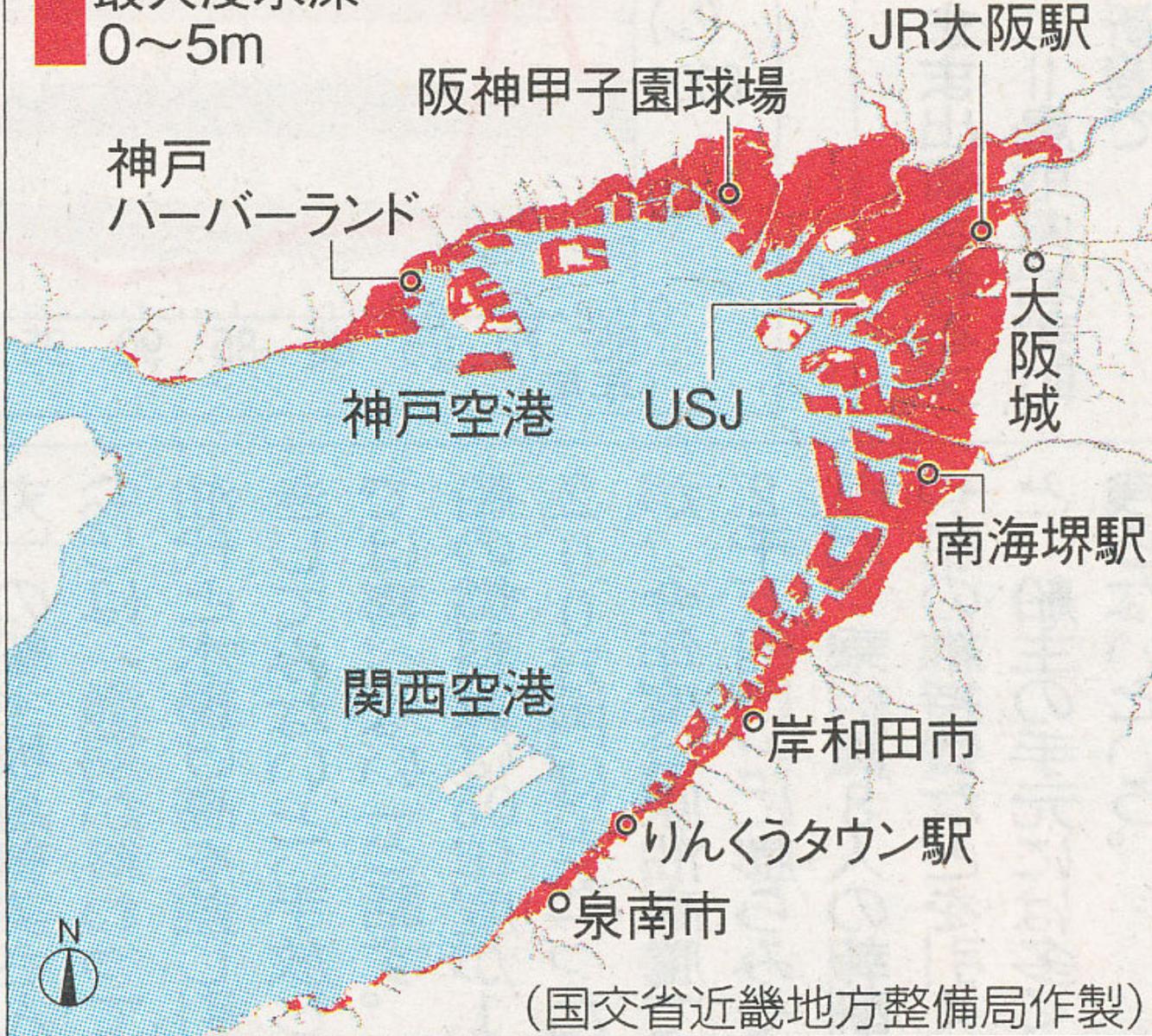
室戸台風改良コース  
 (室戸台風コースを西に  
 40km 平行移動)

# 新しい計画高潮の検討



# 「スーパー室戸台風」による浸水予測

最大浸水深  
0~5m



(国交省近畿地方整備局作製)

# 「スーパー室戸台風」直撃試算 大阪・神戸220平方キロ浸水

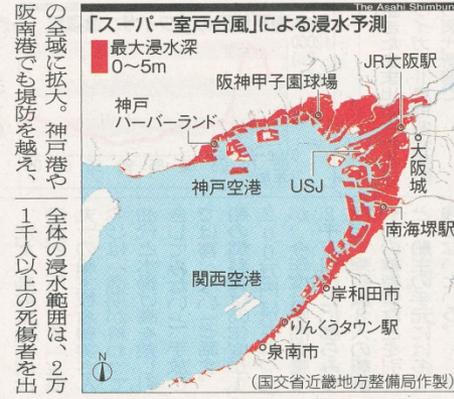
国交省

国土交通省近畿地方整備局は13日、室戸台風を上回る規模の「スーパー室戸台風」が大阪湾を直撃した場合の高潮の被害想定を発表した。最悪の場合、大阪平野を中心に神戸市から大阪府の南端

圧が900hパスカルを保ったまま、四国に上陸。大阪湾の潮位が最も高くなる進路を取り、さらに、各地で堤防の損壊

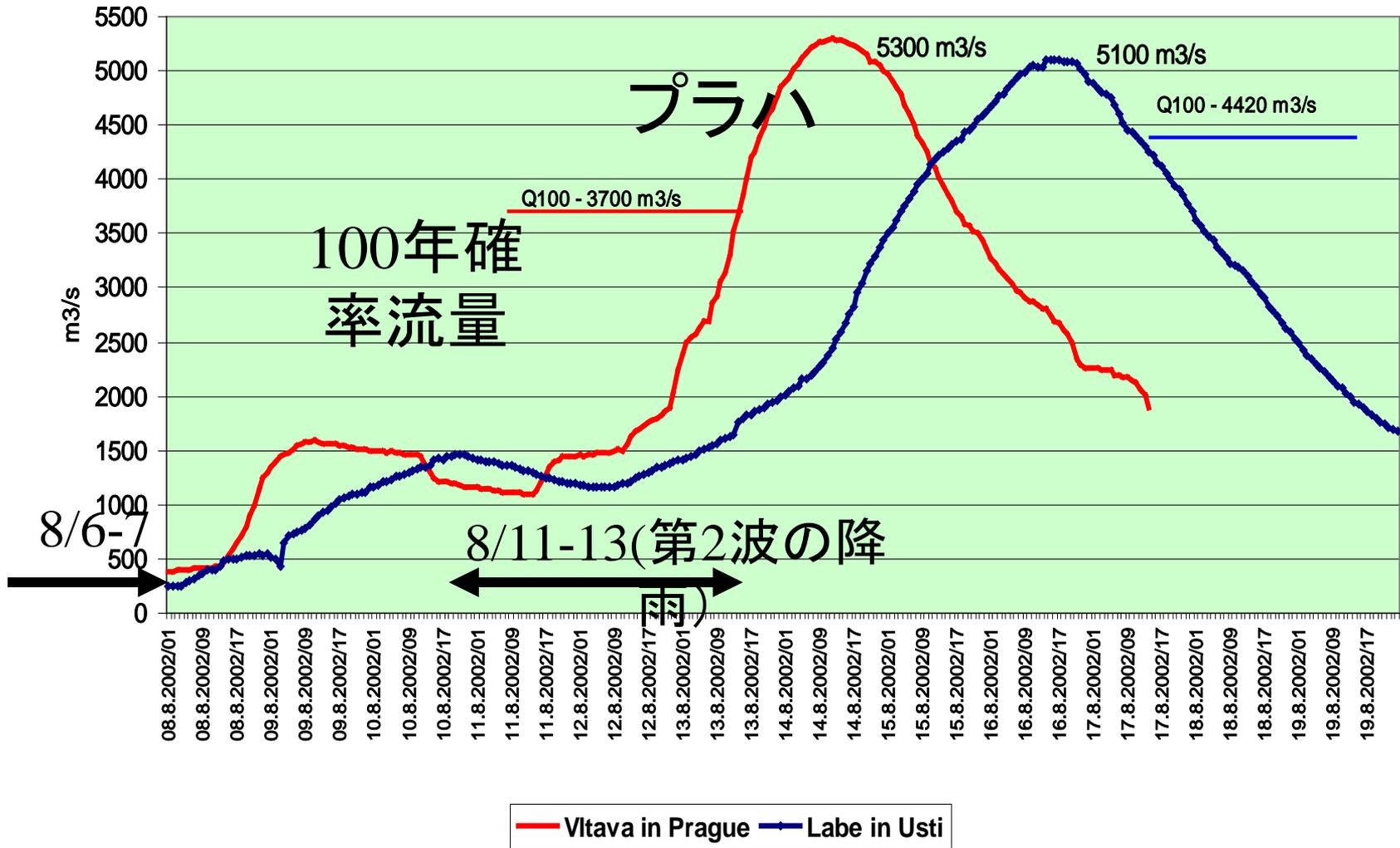
が起きるなどのトラブルも想定した。被害想定によると、高潮は最大で4メートルの高さに達し、伊勢湾台風50年

クラスの高潮に備えた大阪港の堤防を約1メートル越える。この結果、浸水は大阪湾沿岸の64平方キロに広がるゼロメートル地帯



したジェーン台風(50年を上回る220平方キロに及ぶとしている。最悪の場合、地下街が広がるJR大阪駅付近(大阪市北区)は0.7メートル▽南海堺駅付近(堺市)3.3メートル▽りんくうタウン駅付近(大阪府泉佐野市)2.6メートル▽阪神甲子園球場(兵庫県西宮市)3.4メートル▽神戸ハーバーランド(神戸市中央区)1.6メートルが浸水する可能性があるという。

# The course of floods on Vltava and Labe rivers



洪水ハイドログラフ



マラスタナ(Mala Strana)地区  
(観光地区洪水氾濫)

市内河川(Rokytky)も氾濫

オリンピックホテル  
(最も低地で浸水深4m)

地下鉄駅(Kirizikova)  
浸水し、現在でも地下鉄  
運休、復旧工事中



プラハ市内の浸水区域図





プラハKarlin地区





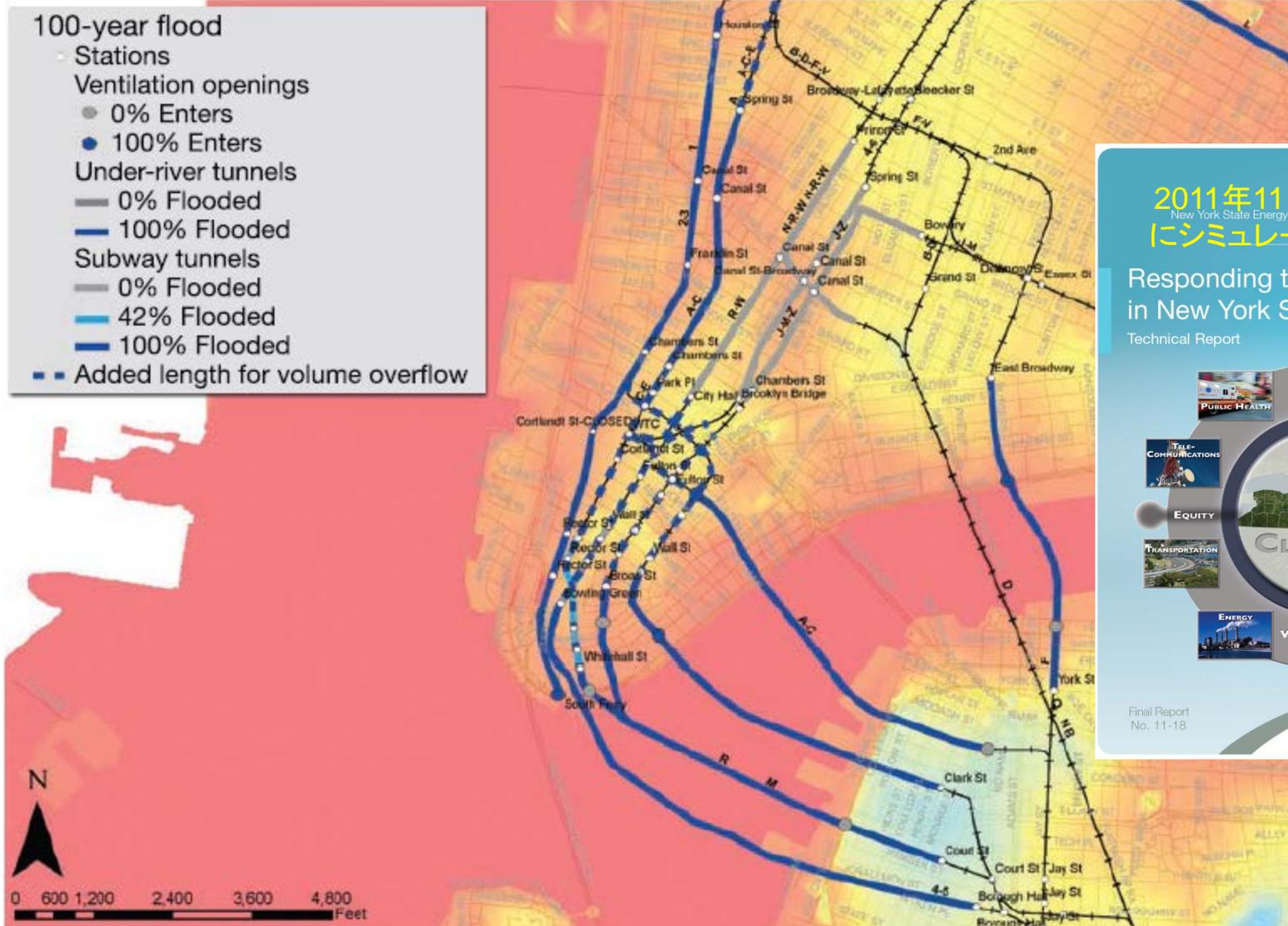
# 2012年ハリケーン・サンディの高潮による ニューヨークの地下鉄被害

- 10月29日、アメリカ合衆国の東海岸に沿って北上中のハリケーン・サンディが突然、進行方向を90度変化させ、西進してニュージャージー州アトランティック・シティに上陸
- ニューヨークでは3.9mの高潮となり、地下鉄の8駅で水没、もしくは浸水被害が発生



# ニューヨーク州が実施していた地下鉄浸水シミュレーション

100年に1度の確率で生じる高潮等による浸水の際の地下鉄浸水シミュレーション結果  
 下のケースは、海面上昇が無いとしたケースのもの



2011年11月発刊の報告書  
 New York State Energy Research and Development Authority  
 にシミュレーション結果記載

Responding to Climate Change  
 in New York State

Technical Report

Final Report  
 No. 11-18

**nyserrda**  
 Energy. Innovation. Solutions.

# 首都圏における大規模水害の被害想定結果の概要

## 利根川首都圏広域氾濫の被害想定

### ①浸水範囲 (最大浸水深図)



### ②浸水面積

約530km<sup>2</sup>

### ③浸水区域内人口

約230万人

### ④死者数

約2,600人

### ⑤孤立者数

最大約110万人 (決壊2日後)

【算出条件】排水施設が稼働せず、避難率が0%である最悪のケース  
 【降雨条件】流域平均雨量 約320mm/3日 (流域面積 約5,100km<sup>2</sup>)

## 荒川右岸低地氾濫の被害想定

### ①浸水範囲 (最大浸水深図)



### ②浸水面積

約110km<sup>2</sup>

### ③浸水区域内人口

約120万人

### ④死者数

約2,000人

### ⑤孤立者数

最大約86万人

(決壊1日後)

### ⑥地下鉄等の浸水被害

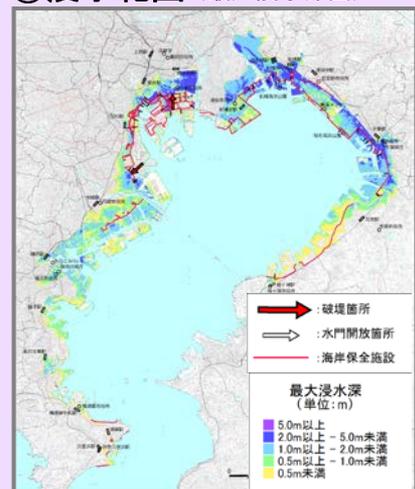
17路線、97駅、  
約147km

(対策が現況程度の場合)

【算出条件】排水施設が稼働せず、避難率が0%である最悪のケース、越水氾濫を含む  
 【降雨条件】流域平均雨量 約550mm/3日 (流域面積 約2,100km<sup>2</sup>)

## 東京湾高潮氾濫の被害想定

### ①浸水範囲 (最大浸水深図)



### ②浸水面積

約280km<sup>2</sup>

### ③浸水区域内人口

約140万人

### ④死者数

約7,600人

### ⑤孤立者数

最大約80万人 (高潮ピークから3時間後)

【算出条件】排水施設が稼働せず、避難率が0%である最悪のケース  
 【シナリオ条件】想定台風の規模: 室戸台風級(91hPa)、潮位の初期条件: 期望平均満潮位+地球温暖化による海面水位の上昇量(0.6m)、海岸保全施設の条件: 漂流物等により海岸保全施設が損傷、全水門開放

【留意点】河川からの高潮浸水は考慮していない

## ライフラインの被害想定

	利根川首都圏広域氾濫	荒川右岸低地氾濫
電力	約59万軒	約121万軒
ガス	約26.6万件	約31.1万件
上水道 (給水制限)	約14万人	約164万人
下水道 (汚水処理)	約180万人	約175万人
下水道 (雨水排水)	約70万人超	約120万人
通信 (固定電話)	約61万加入	約52万加入
通信 (携帯電話)	約40万在圏	約93万在圏

(留意点) ・どの場合も供給側施設の浸水による支障に関する想定結果  
 ・停電による供給側施設の途絶や個別住宅等の浸水による支障は含まないため、支障件数はさらに増加すると想定(※上水道及び携帯電話の支障件数は、停電による供給側施設の途絶を考慮)

# 現在の東京メトロにおける浸水対策の取組み

開口部	施設名称	設置の考え方	参考画像(次頁)
坑口	防水壁	<ul style="list-style-type: none"> <li>地盤の低い地域に存在する坑口に、周囲に鉄筋コンクリート製の防水壁を設置。</li> </ul>	①
	防水ゲート	<ul style="list-style-type: none"> <li>地盤は高いものの、浸水の実績または、恐れがある坑口に設置。</li> <li>トンネルが河川下横断を伴う場合、この設置を条件に河川管理者から建設の許可を得ている。トンネル内10か所</li> </ul>	②
駅出入口	防水扉	<ul style="list-style-type: none"> <li>地盤の低い隅田川より東側の江東地区・墨田地区を中心に、通路を閉鎖できるように設置しており、これはT.P.+3.1mに対応している。</li> </ul>	③
	止水板	<ul style="list-style-type: none"> <li>高台等の浸水の恐れがない出入口以外の全ての出入口に設置しており、平常時は出入口付近に格納。高さは70cm(35cm×2枚)</li> </ul>	④
換気口	換気口	<ul style="list-style-type: none"> <li>開口部の標高が、東京地区の過去最高高潮潮位以下の箇所、降雨による洪水や異常出水時に道路勾配により浸水の恐れがある箇所に浸水防止機を設置。</li> </ul>	⑤

# 現在の東京メトロにおける浸水対策の取組み

① 千代田線北千住坑口防水壁



② トンネル内防水ゲート



③ 東陽町駅出入口



④ 本駒込駅出入口



# 東京メトロにおける浸水対策の新たな取り組み

## ③換気塔(27箇所)

壁の嵩上げや、壁の厚さを増す改良を行う。



(千)北千住～町屋



(南)王子神谷～志茂

## ④駅出入口(229箇所)

想定される浸水深に応じて、形状を改良する。



既存止水板を高くする



既存腰壁を利用。強化ガラスでかさ上げ



完全防水扉  
既存構造を利用する。  
上部まで強化ガラス



既存構造では水圧に耐えられない場合、すべて建て替え<sup>49</sup>

# 浸水対策

いざという時のために、台風や大雨による  
水害への安全対策を、メトロはすすめています。

- ① 駅の出入口からの浸水を防ぐ「止水板」「防水扉」
- ② 道路上の換気口部分からの浸水を防ぐ「浸水防止機」
- ③ トンネル内への浸水を防ぐ「防水ゲート」

さらに、より精度の高い情報を得るための気象情報  
オンラインシステムも活用しています。

# 東京メトロの丸ノ内線「霞が関」駅に 貼ってあった 浸水対策の啓発用の大ポスター

雨の時、  
に備えます。



台風や大雨のとき、  
地下鉄は  
まず浸水に備えます。

METRO MUSEUM

## 浸水対策

大雨や台風などの大雨による浸水対策として、地下鉄はまず浸水に備えます。浸水防止機、止水板、防水扉、防水ゲートなど、様々な対策を行っています。また、気象情報オンラインシステムも活用しています。

メトロは、

まず、

# 大阪市営地下鉄 のはん濫災害対策の必要性

- 高潮、津波、洪水の市街地はん濫危険性が年々、高くなってきている。
- 市街地の浸水深が地上約70cm以上になった場合、地下への浸水は止められない。
- その結果、全地下鉄路線、地下空間が水没する危険がある。
- 大阪市営地下鉄は新しい浸水対策事業をまったく実施せず、放置してきた。

# 民営化の前にやるべきこと

- 地下鉄駅、路線の浸水・水没対策を推進する。
- 地下鉄と連絡するキタやミナミなどの地下街、ショッピングモールの地上との出入り口の耐水化を同時に進める。
- 百貨店や銀行などの地下通路口の耐水化も必須である。
- 水没災害が起これば、6か月以上、地下鉄、地下空間は使用できない。