

2018年4月13日

# 高潮災害

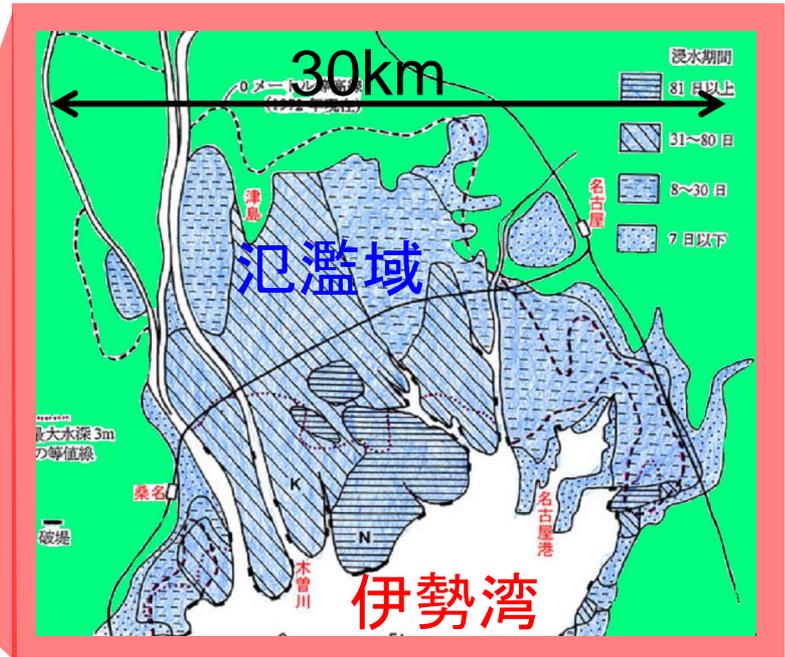
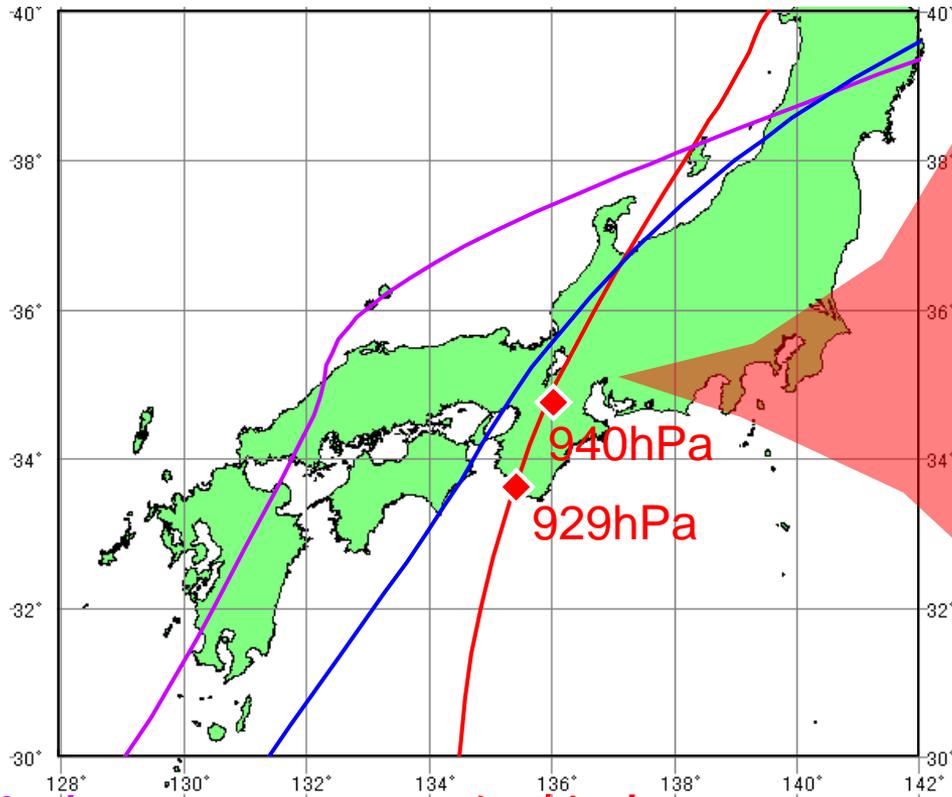
# 講義内容

1. 高波と高潮による災害の例
2. 台風のしくみ
3. 波浪の発生のしかた, 伝わり方
4. 高潮が発生する理由
5. 気候変動による波浪や高潮の変化

年月日	主な被害地域	最高潮位(m) T.P.上	最大偏差	人の被害(人)		備考
				死者	行方不明	
1828.9.17	有明海			約20,000		シーボルト台風
1917.10.01	東京湾	3	2.1	1,127	197	
1927.09.13	有明海	3.8	0.9	373	66	
1934.09.21	大阪湾	3.1	2.9	2,702	334	室戸台風
1942.08.27	周防灘	3.3	1.7	891	267	
1945.09.17	九州南部	2.6	1.6	2,076	1,046	枕崎台風
1950.09.03	大阪湾	2.7	2.4	393	141	ジェーン台風
1951.10.14	九州南部	2.8	1	572	371	ルース台風
1953.09.25	伊勢湾	2.4	1	393	85	台風13号
1959.09.26	伊勢湾	3.9	3.4	4,697	401	伊勢湾台風
1961.09.16	大阪湾	3	2.5	185	15	第2室戸台風
1970.08.21	土佐湾	3.1	2.4	12	1	台風10号
1985.08.30	有明海	3.3	1	3	0	台風13号
1999.09.24	八代海	4.2	3.9	12	0	台風18号

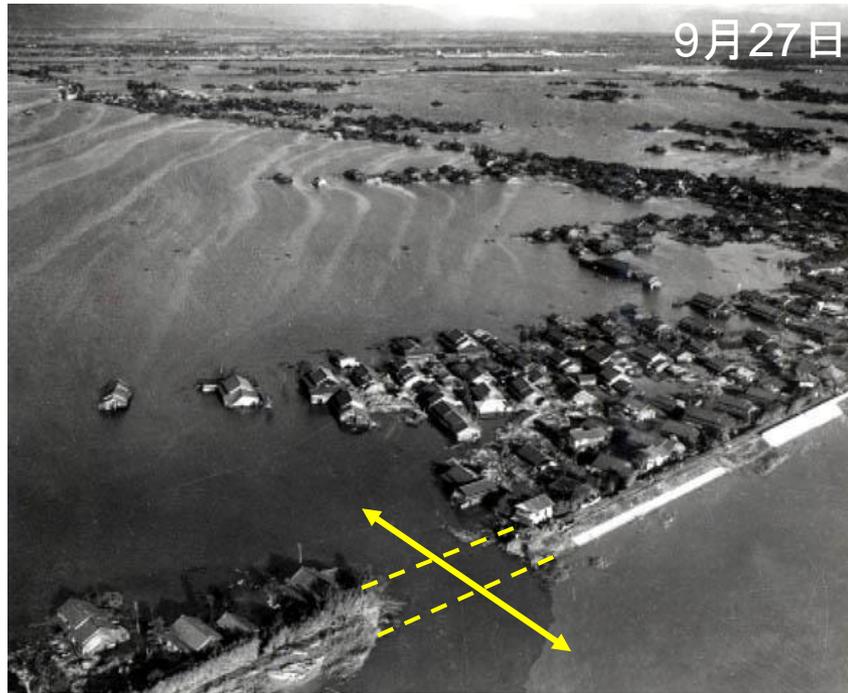
# Storm Surge Flooding by Typhoon Isewan (Vera) in 1959

Flooding by Typhoon Isewan  
<http://www.bosai.go.jp/library/bousai/takasio/f3.htm>



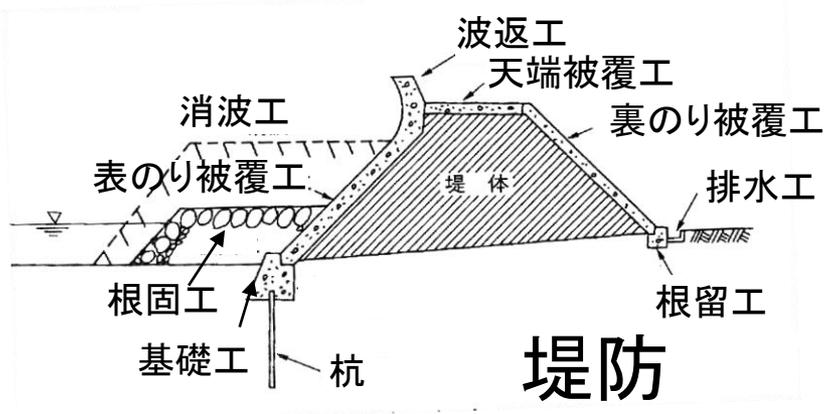
枕崎 (1945) 3,122	室戸 (1934) 3,036	伊勢湾 (1959) 5,098
-----------------------	-----------------------	------------------------

# 高潮氾濫の被害とその原因

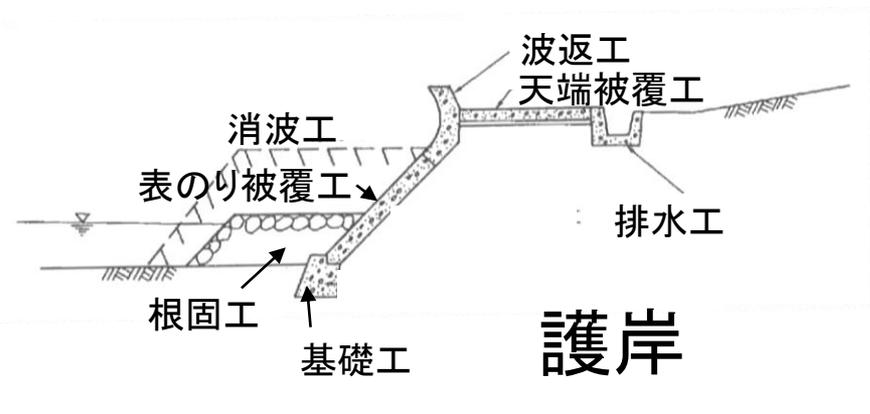


<http://www.chunichi.co.jp/saigai/isewan/s02.html>

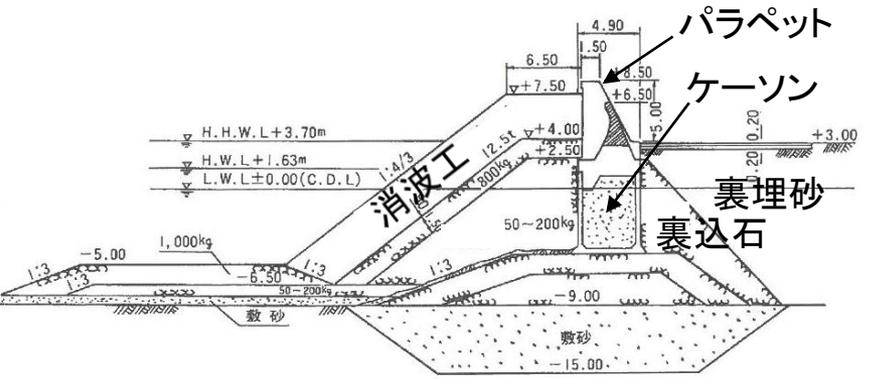
- (1) 低い地盤, 貧弱な堤防
  - (2) 台風が伊勢湾にとって最悪なコースを通過
  - (3) 非常に大きな高潮偏差, 天文潮位も少し高い
  - (4) 名古屋市民にとって特別な時期, 土曜日の夜
  - (5) 強風による停電
  - (6) 名古屋には台風が来ないという迷信, 顕著な台風を未経験
  - (7) 20万トンもの材木が流出
- ➡ 死者 5,000 名



堤防

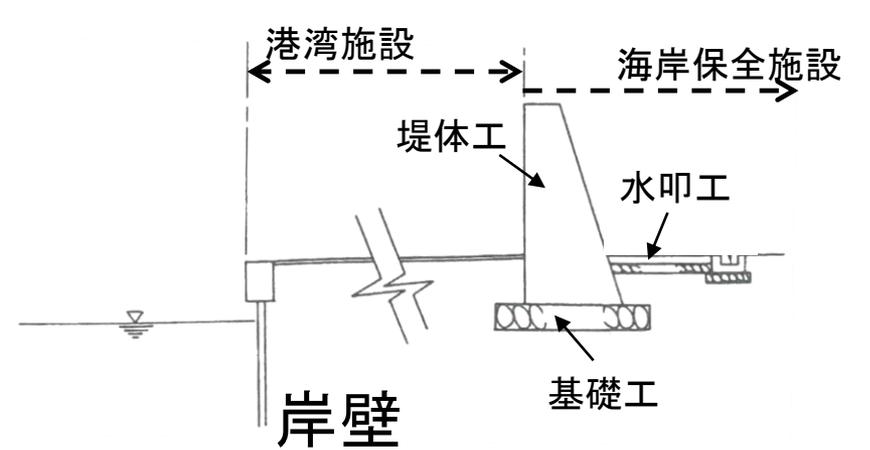


護岸



ケーソン型護岸

※人工島に多い



胸壁

岸壁

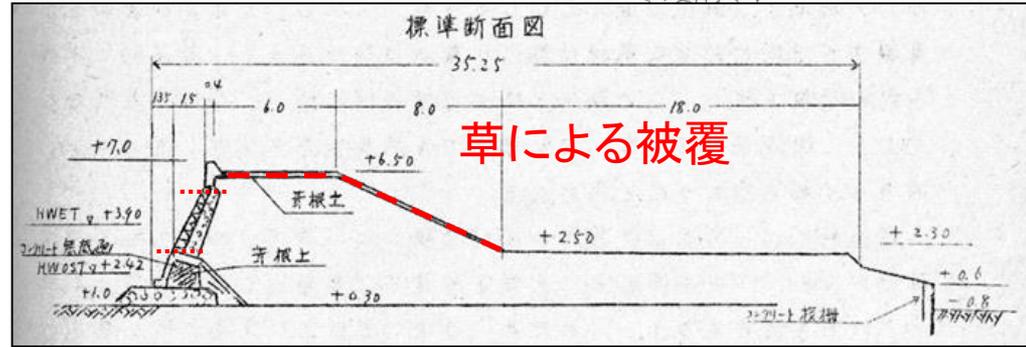
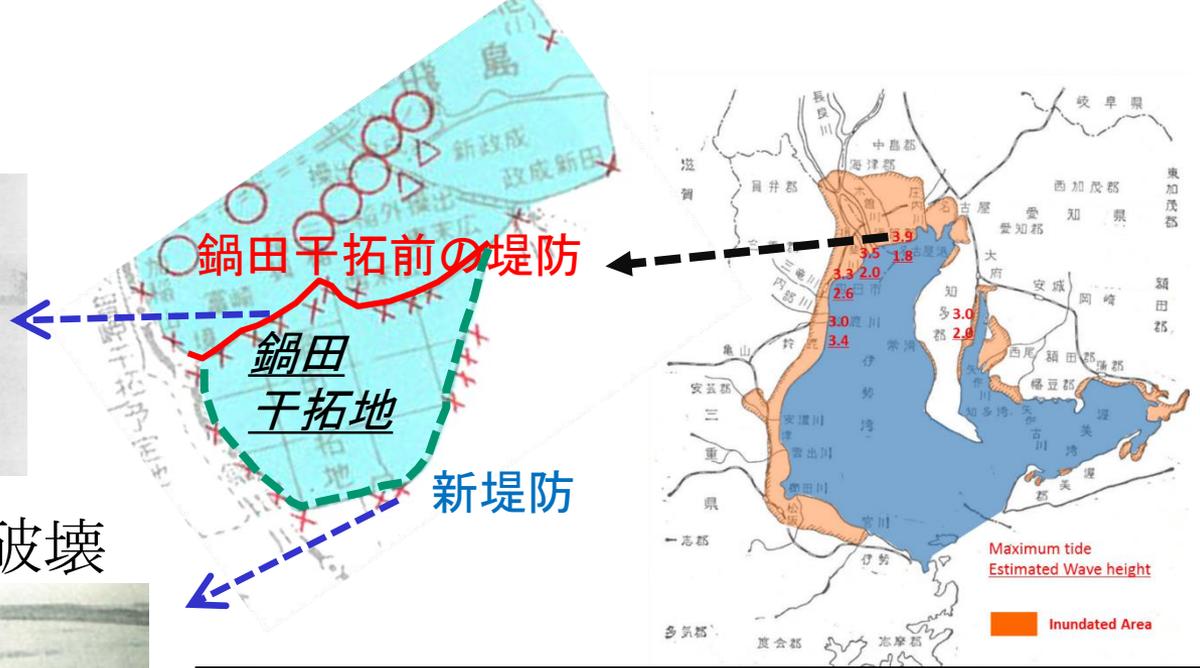
# 海岸堤防の破壊 鍋田干拓地の事例



多重防護施設の破壊



“伊勢湾台風の全容” 中部日本新聞社

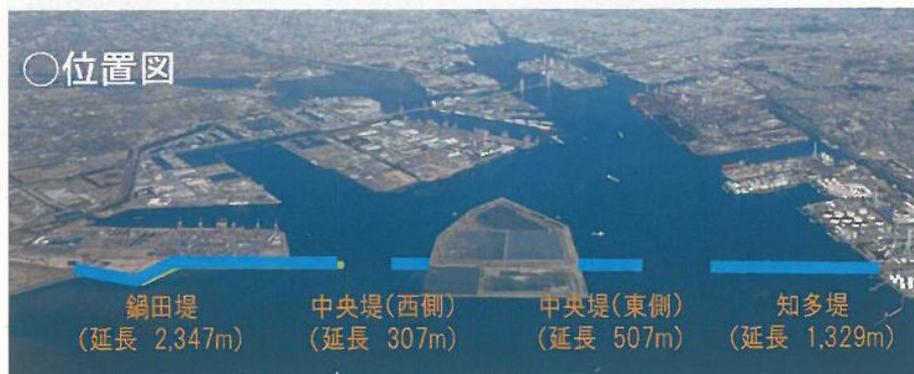


- 越波による破壊
- 天端と背後斜面が弱かった

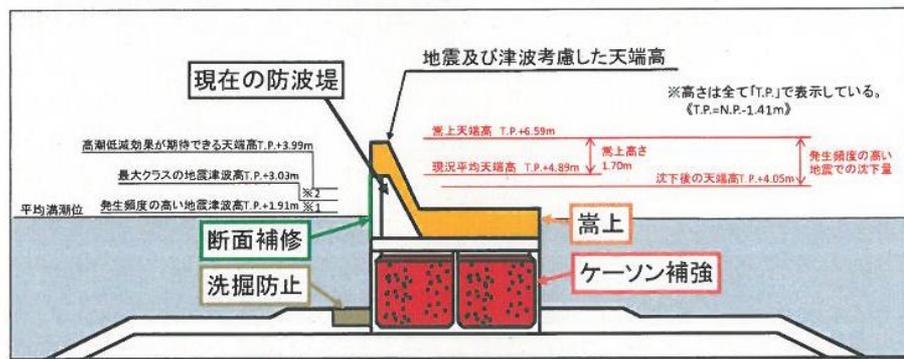
住宅地と耕地は全滅し318名いた在住者の内133名の命が失われた。内訳は入植者48名・家族73名・同居人12名で、台風の前日に現地入りした入植者(17~20歳)17名も含まれていた。新婚の花嫁16名や4ヶ月を越えた妊婦38名が亡くなり33戸では一家全員が死亡している。



# 高潮防波堤



## ○改良断面 (中央堤西側)



## <目的>

- ・高波を小さくする
- ・高潮と高波の来襲する時間をずらす

## <現在>

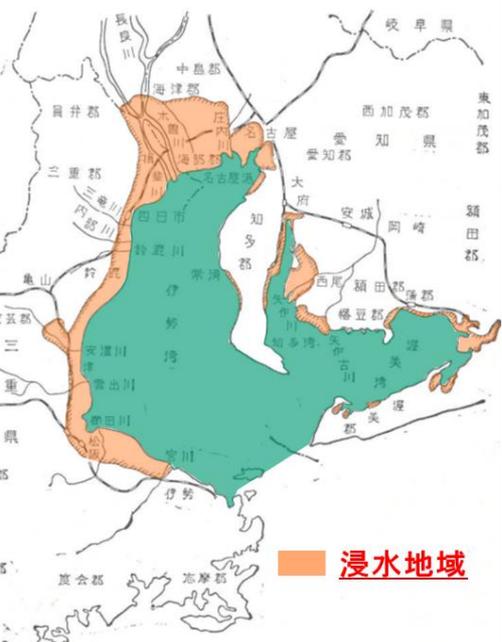
- ・S39年に建設され50年以上が経過し老朽化、地盤沈下でその機能の低下が想定される。
- ・H25年より、改良工事に着手。T.P.+6.59mに嵩上げし伊勢湾台風クラスの高潮に対応、最大クラスの地震・津波に対しても粘り強く効果を発揮する構造。

# 伊勢湾の過去の高潮 正法寺

門前には高潮被害の水面を示す碑が二基建てられている。

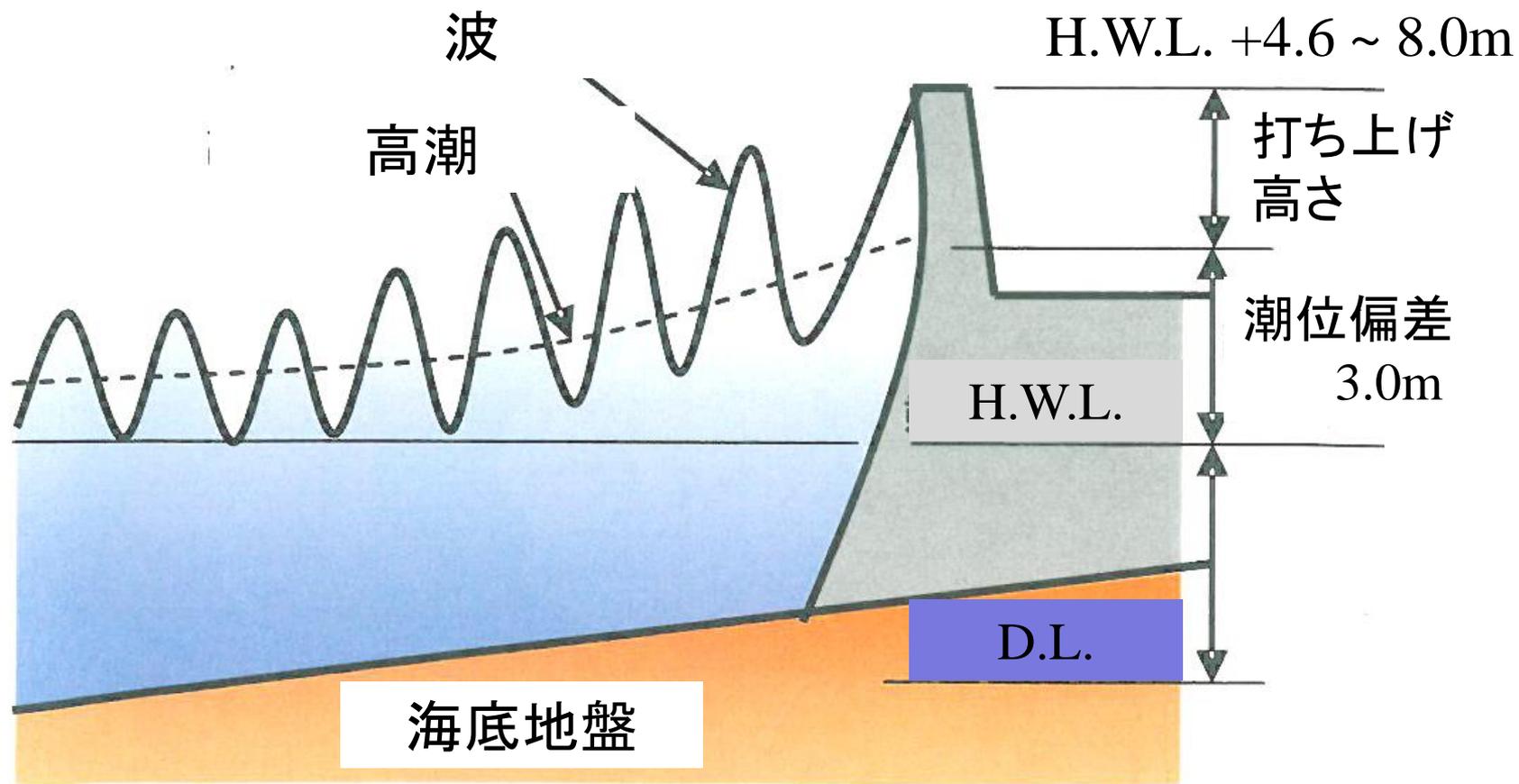
高潮の碑  
(S28年13号台風)

津なみの碑  
(明治22年)



高潮で碑の天端の高さまで浸水  
明治22年当時は高潮のことを「津なみ」  
とも呼んでいた。

# 海岸構造物の設計高さ

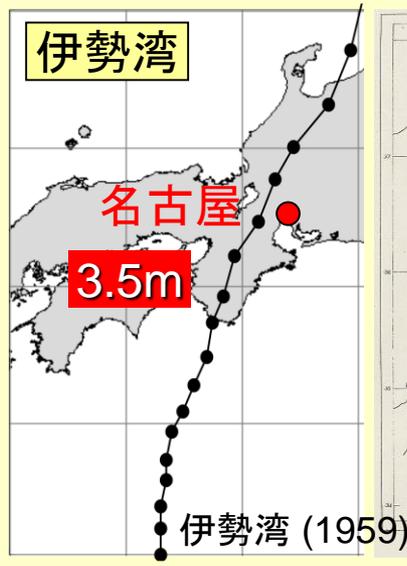
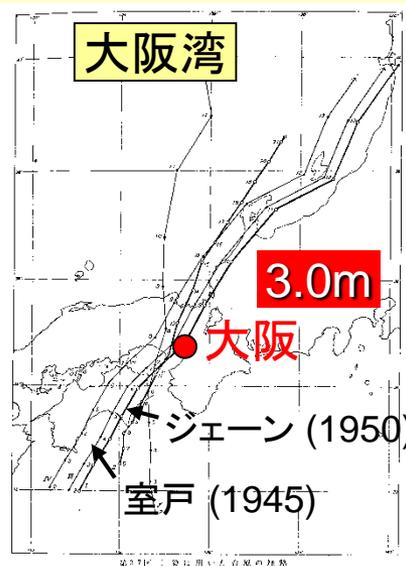


# 海岸防御のための設計高潮の設定

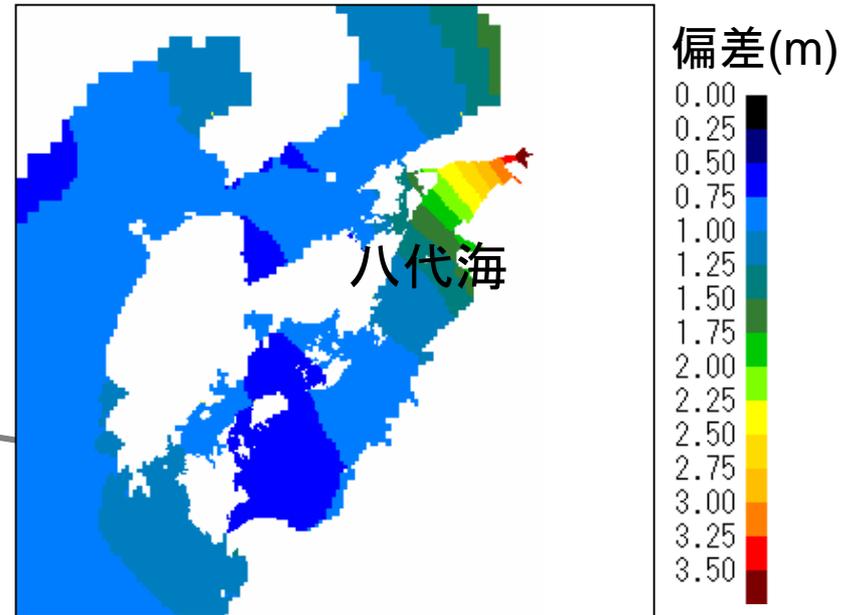
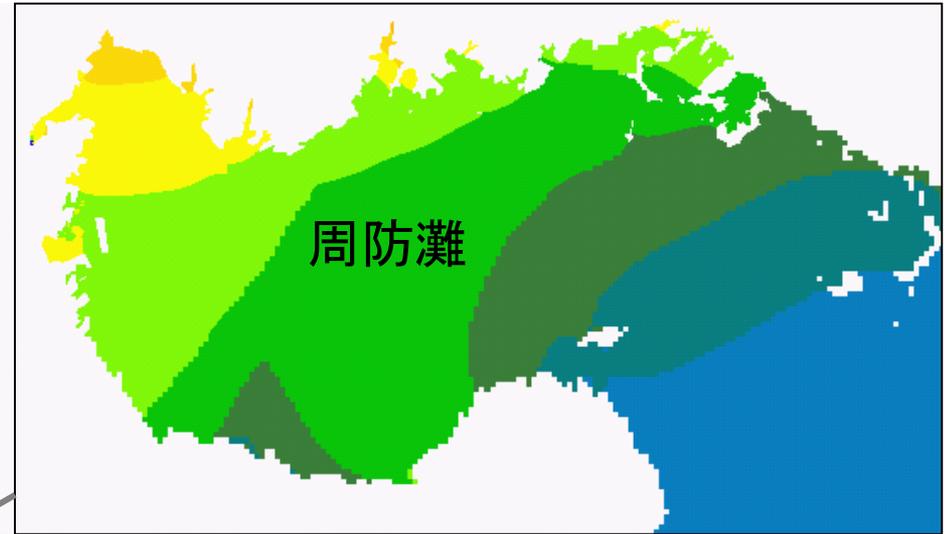
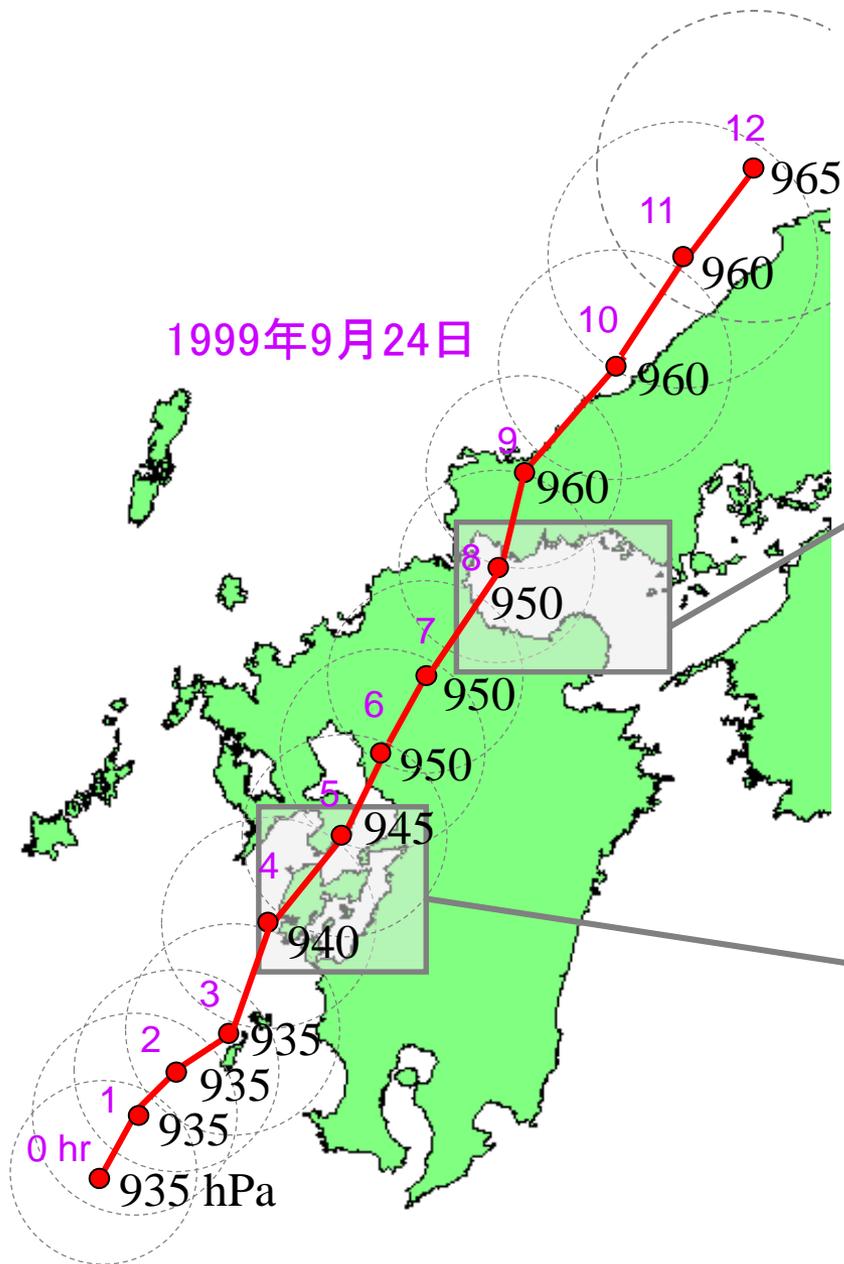
(満潮位, H.W.L.) + (台風による高潮偏差)

台風強度: 伊勢湾台風 (中心気圧: 940hPa)

過去に最も高い高潮を引き起こしたコース



# 1999年の台風18号による高潮



# 1999年18号台風 高潮・高波災害

山口宇部空港



PARI, JAPAN  
PARI, JAPAN

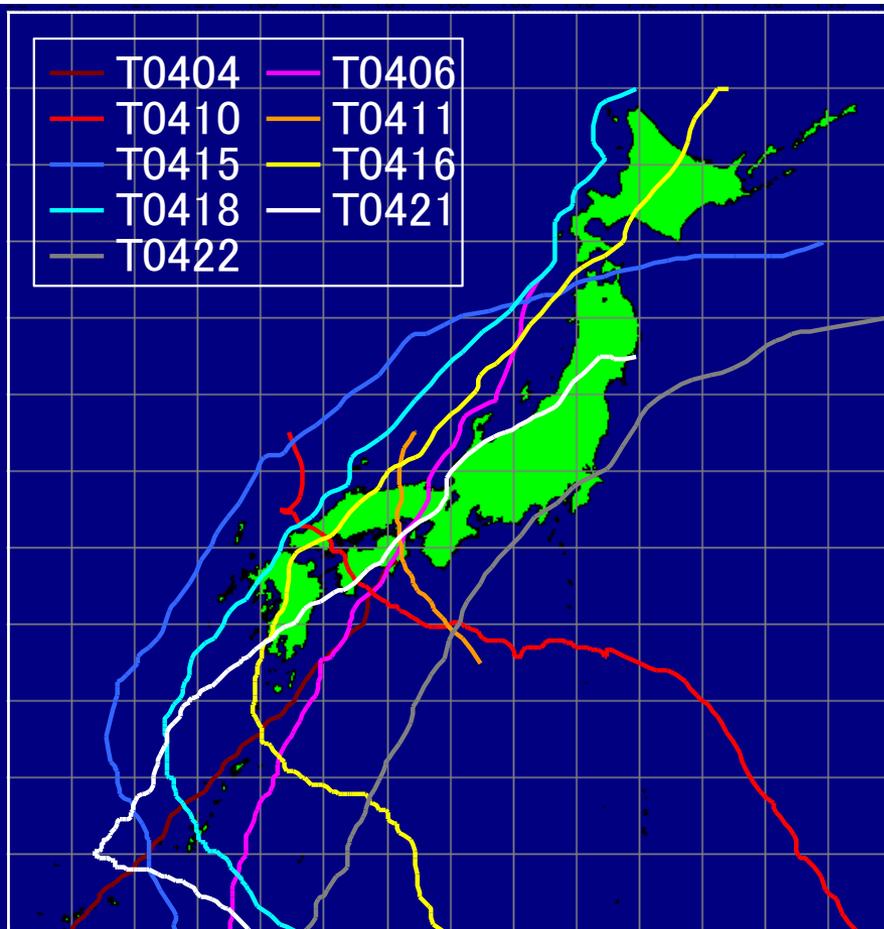
# 多くの台風の影響 2004 台風の巨大化

巖島神社

台風0410号による浸水(中国新聞)



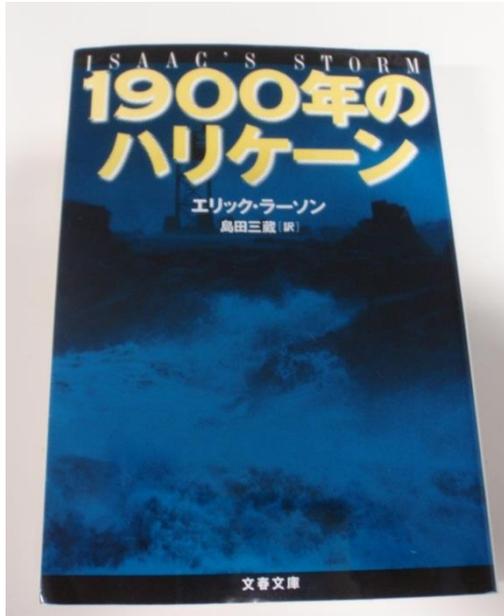
## 台風の経路図



## 2000年以降の世界の高潮・津波災害

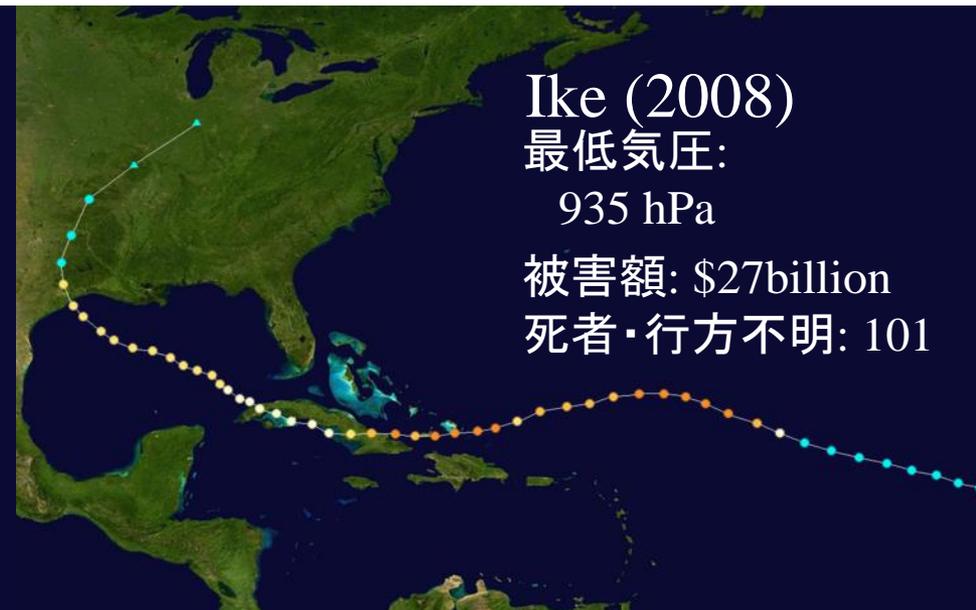
2004	インド洋津波	スリランカ、インドネシア、タイ	220000
2005	カトリーナ	米国(ニューオーリンズ)	1200
2006	ジャワ島津波		668
2007	シドル高潮	バングラデッシュ	5100
			1970 400000
			1991 140000
2008	ナルジス高潮	ミャンマー	138000
2009	サモア津波	サモア	183
2010	チリ津波	チリ	500
2011	東日本大震災	日本	19868
2012	サンディー高潮	米国(ニューヨーク)	80
2013	ヨランダ高潮	フィリピン	7940

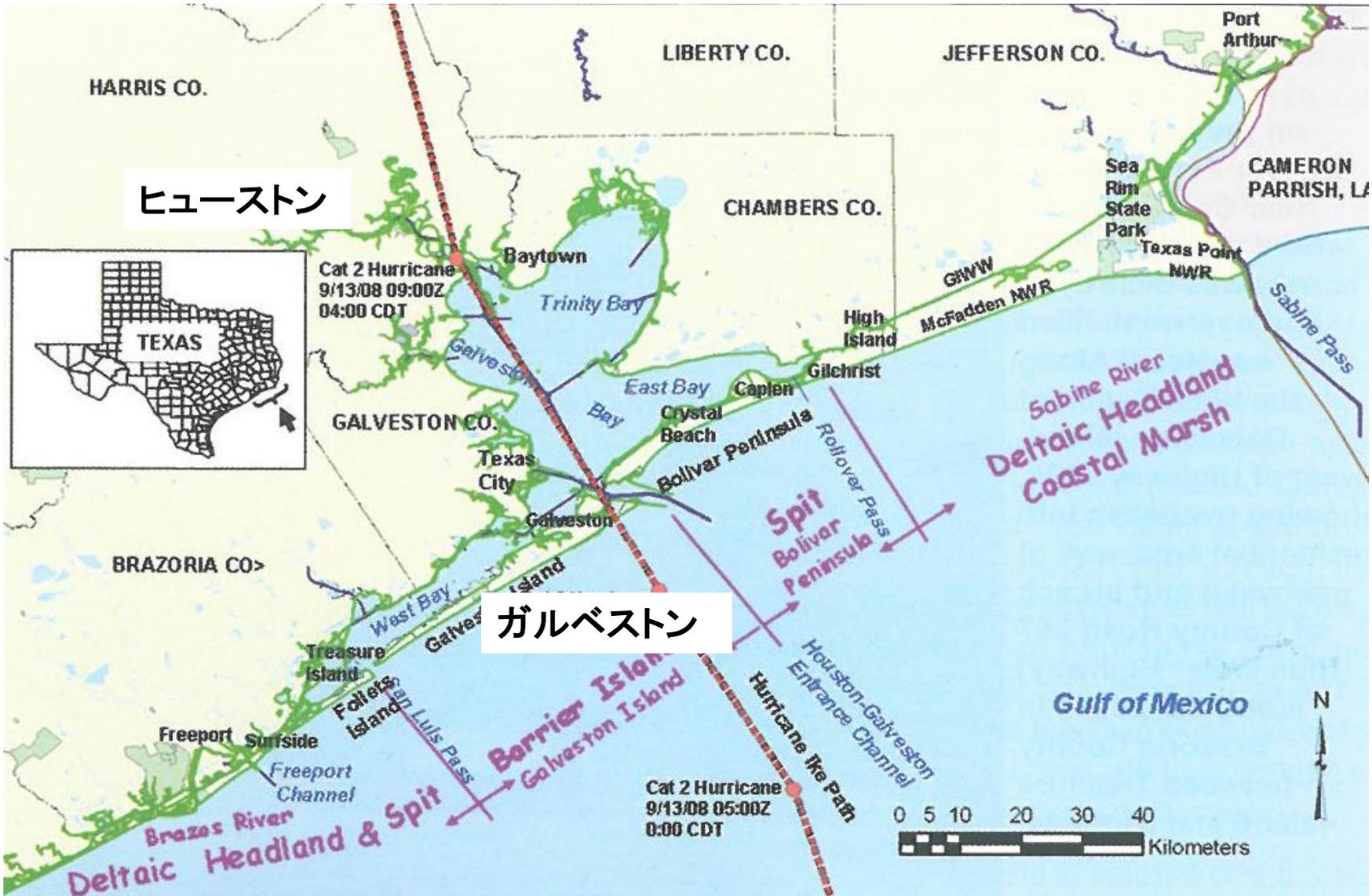
# ハリケーン・ガルベストーン(1900) とハリケーン・アイク(2008)



## ISAAC'S STORM (Erik Larson)

- 気象予報が未発達
- ガルベストーンは当時、ヒューストンと競合する港湾都市
- 高潮と高波が被害を甚大にした
- 低い土地(バリアーアイランド)→逃げ場がなかった





# 海岸護岸Seawallの延伸



1963  
99st

1927  
61st

1905  
53rd

1904  
39th

Image Houston-Galveston Area Council  
Image © 2008 DigitalGlobe  
© 2008 Europa Technologies  
© 2008 Tele Atlas

© 2007 Google™

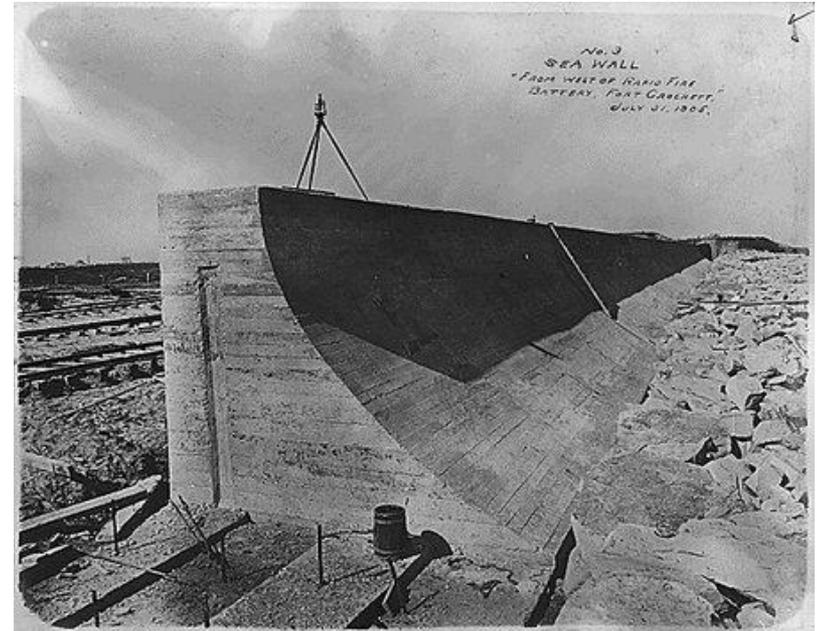
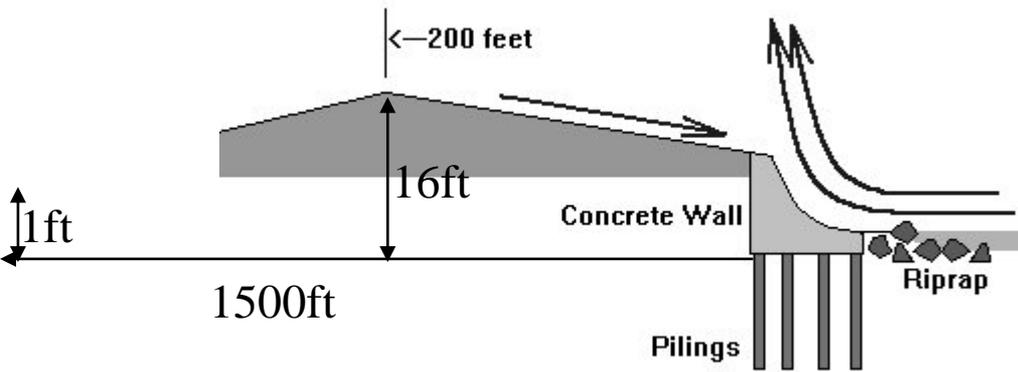
ポインタ 29° 18'43.65" N 94° 48'49.33" W

ストリーミング 100%

上空 16.23 km

# 海岸護岸Seawall

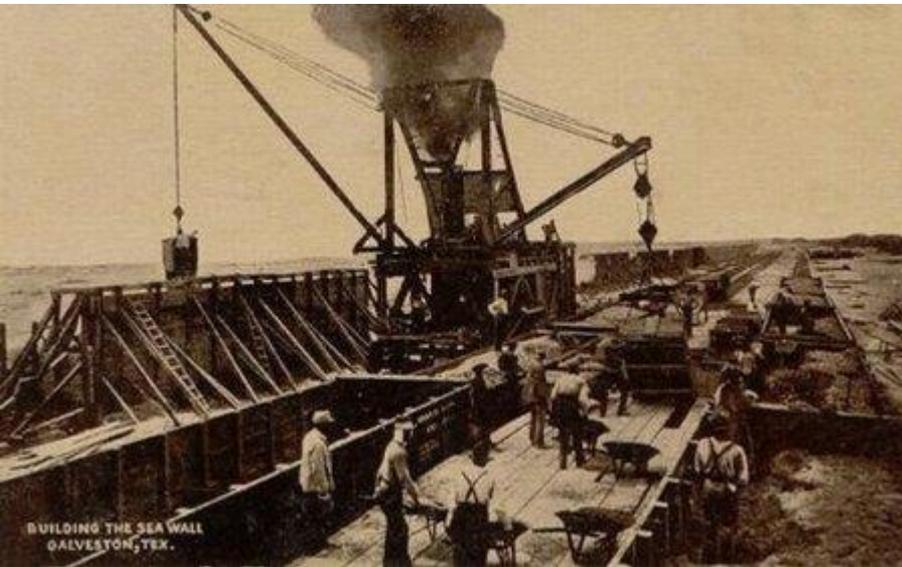
## 1) 護岸の建設



15~16feet

<http://www.therealgalveston.com/Seawall.html>

1900 最大地盤高 2.7m  
高潮 4.6m

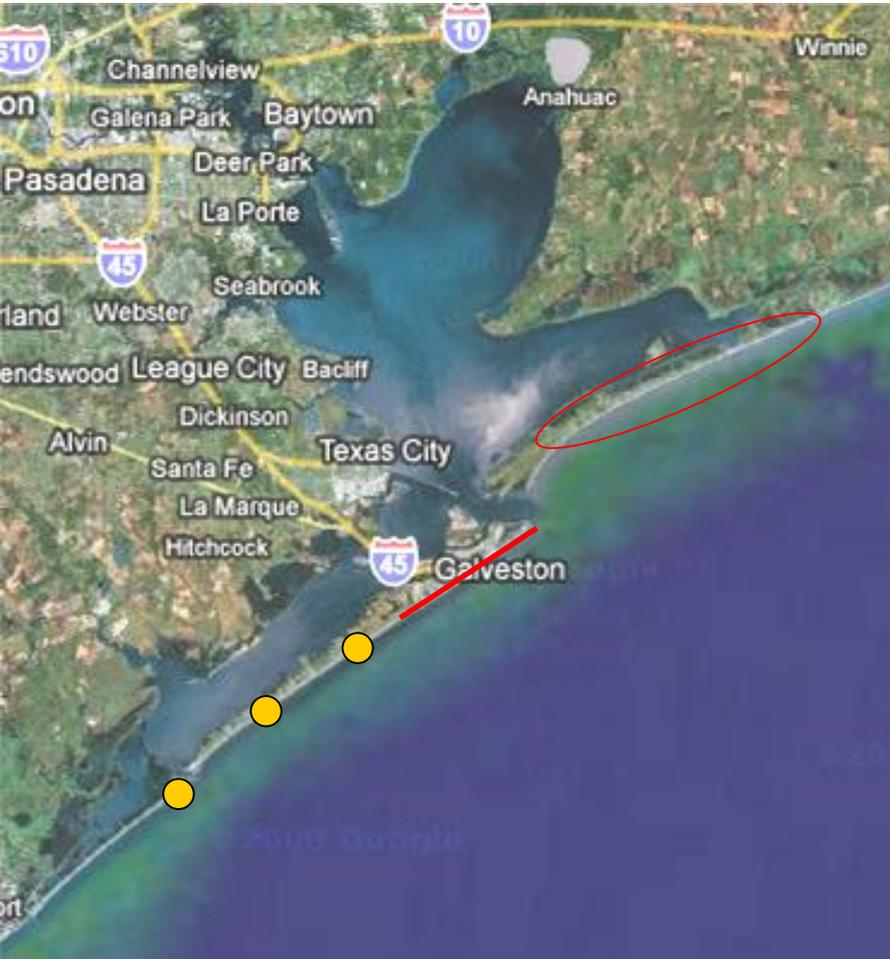


## 2) 地盤高

護岸部で16 feet

砂浜から1500ft先で1ftの高さになるように地盤を高くした

# ガルベストーン島



Seawall



家屋の被災



ジオチューブ

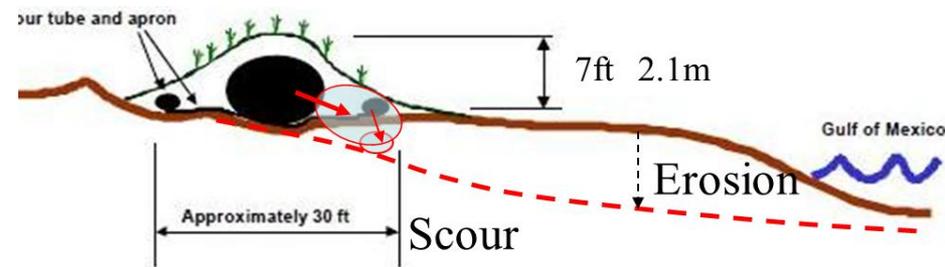
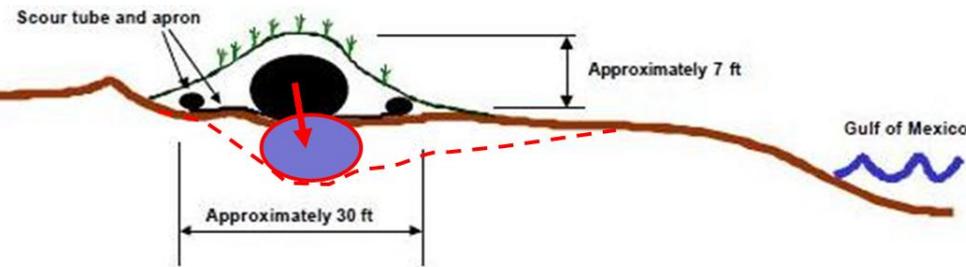
# ジオチューブの被災



① 越波 ↔ ジオチューブ下部の吸い出し ↔ ジオチューブの破損

② 海岸浸食 ↔ ジオチューブの転倒 ↔ ジオチューブの破損

負の被災の連鎖



08/29/05 0000Z 12L KATRINA  
08/29/05 0001Z F-13 OVERPASS  
08/28/05 2245Z GOES-12 VIS



24N

24

# ハリケーンのカテゴリー

ハリケーンのスケール	風速 (m/s)	高潮 (ft, m)
カテゴリー 1	33-42 m/s	1.2-1.5 m
カテゴリー 2	42-49 m/s	1.5-2.7 m
カテゴリー 3	49-58 m/s	2.7-4.0 m
カテゴリー 4	58-68 m/s	4.0-5.5 m
カテゴリー 5	68 m/s <	5.5 m<

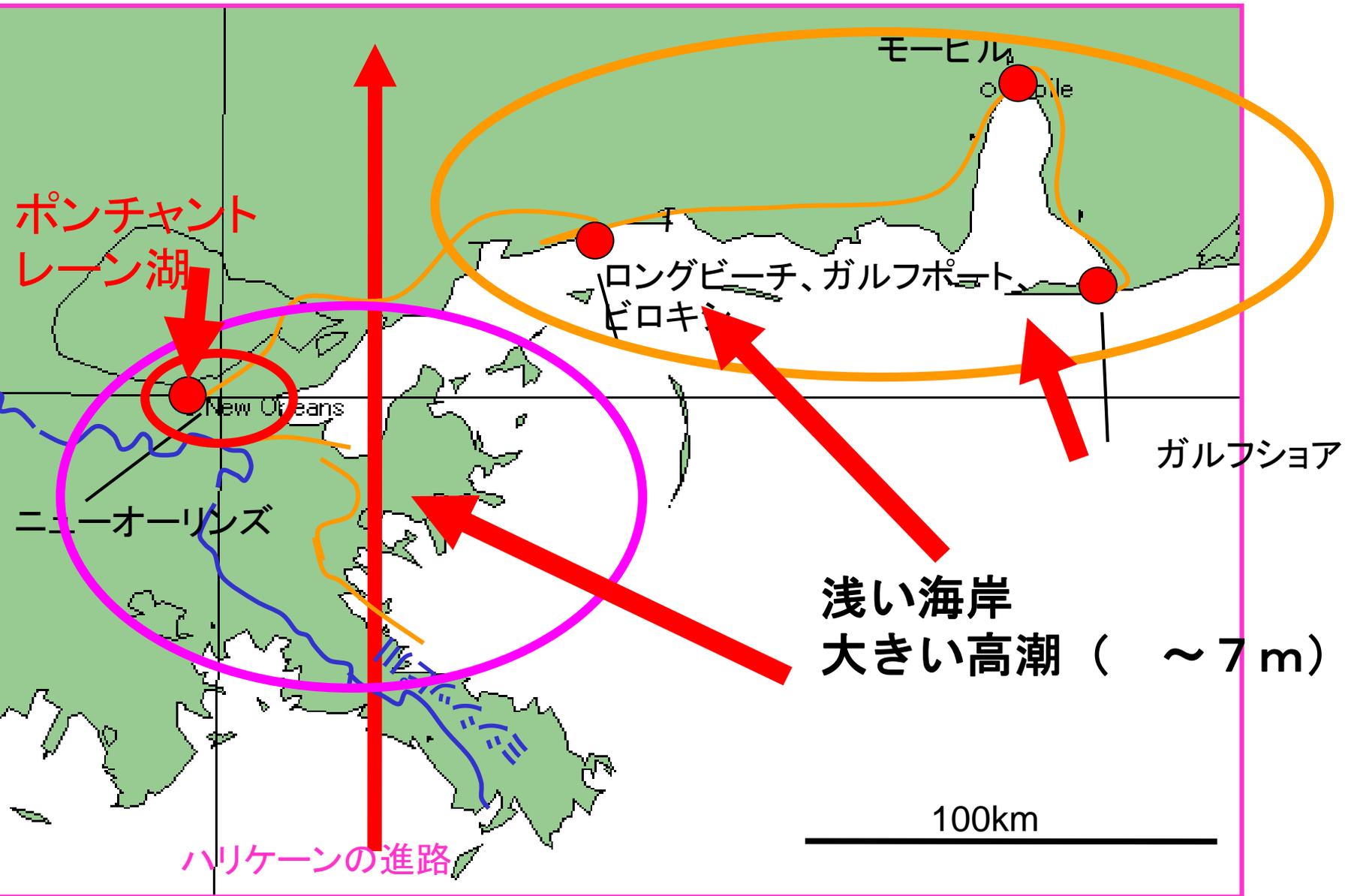
# ハリケーン

	海域（上陸国）	発生年	中心気 (hPa)
Hurricane Camille	Atlantic(米国)	1969	905
Hurricane Allen	Atlantic(メキシコ, 米国)	1980	899
Hurricane Gilbert	Atlantic(メキシコ, 米国)	1988	888
Hurricane Mitch	Atlantic(ユカタン半島, 米国)	1998	906
Hurricane Rita	Atlantic(米国)	2005	897
Hurricane Katrina	Atlantic(米国)	2005	902

名前 (台風番号)	海域 (上陸国)	発生年	中心気 (hPa)
Typhoon Nancy (6118)	Pacific (日本)	1961	888
Typhoon Tip (7920)	Pacific (日本)	1979	870
Typhoon Yuri (9128)	Pacific	1991	885
Typhoon Gay (9230)	Pacific	1992	872
Typhoon Keith (9725)	Pacific	1997	872
Typhoon Joan (9724)	Pacific	1997	872
Typhoon Ivan (9723)	Pacific (フィリピン)	1997	872
Typhoon Zeb (9810)	Pacific (日本)	1998	872

# New Orleans





# カトリーナの災害

- 被害額 960億ドル（東日本大震災17兆円）
- 死者 1,300名 不明; 700名
- 生活インフラの崩壊
- 被災面積は約28 万km<sup>2</sup>,
- 被災世帯は250 万世帯,
- 家を失った人527,000 人
- 経済の崩壊

# カトリーナの災害の特徴

二つの地域の災害(広大な地域の災害)

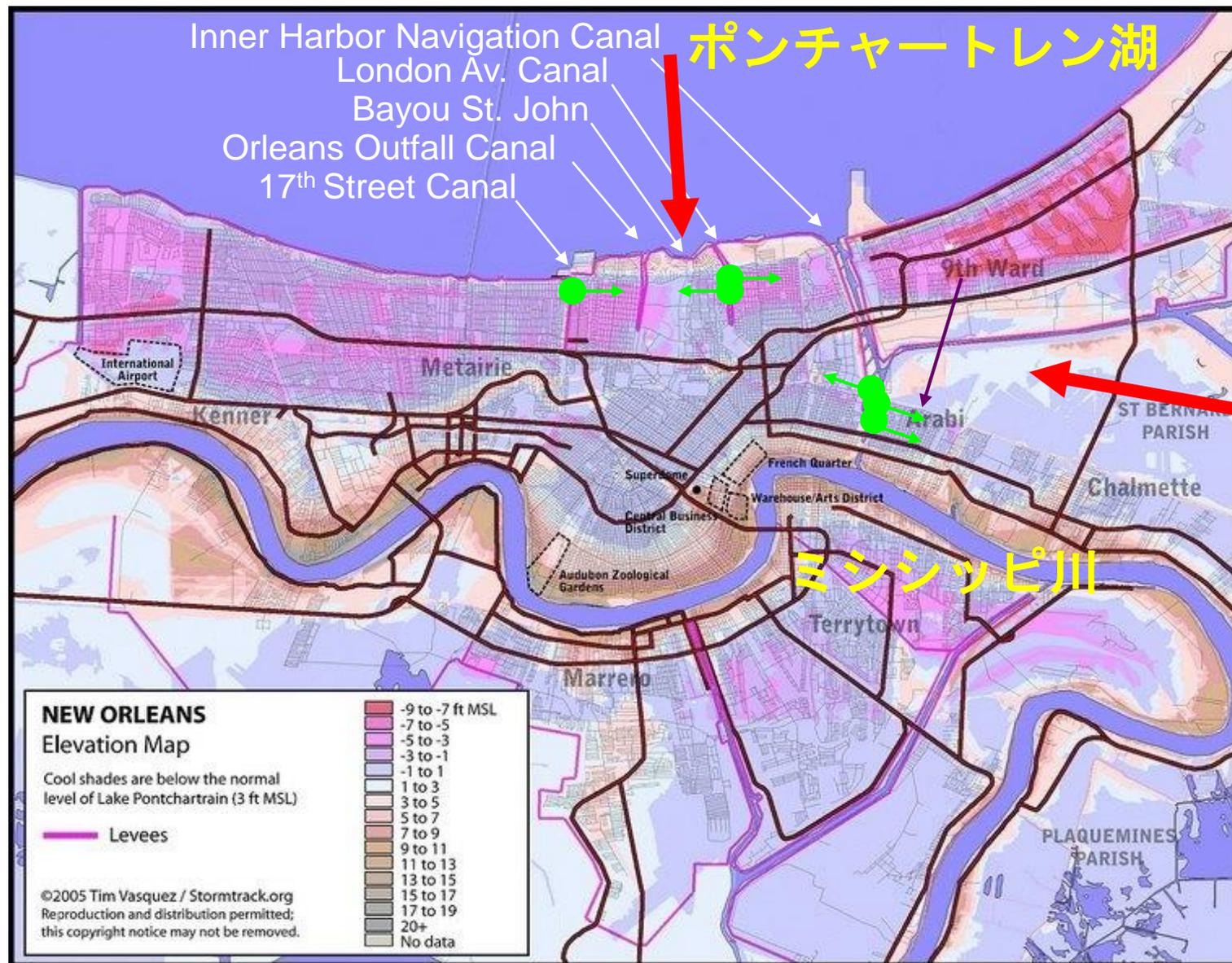
ニューオーリンズ市街と近郊

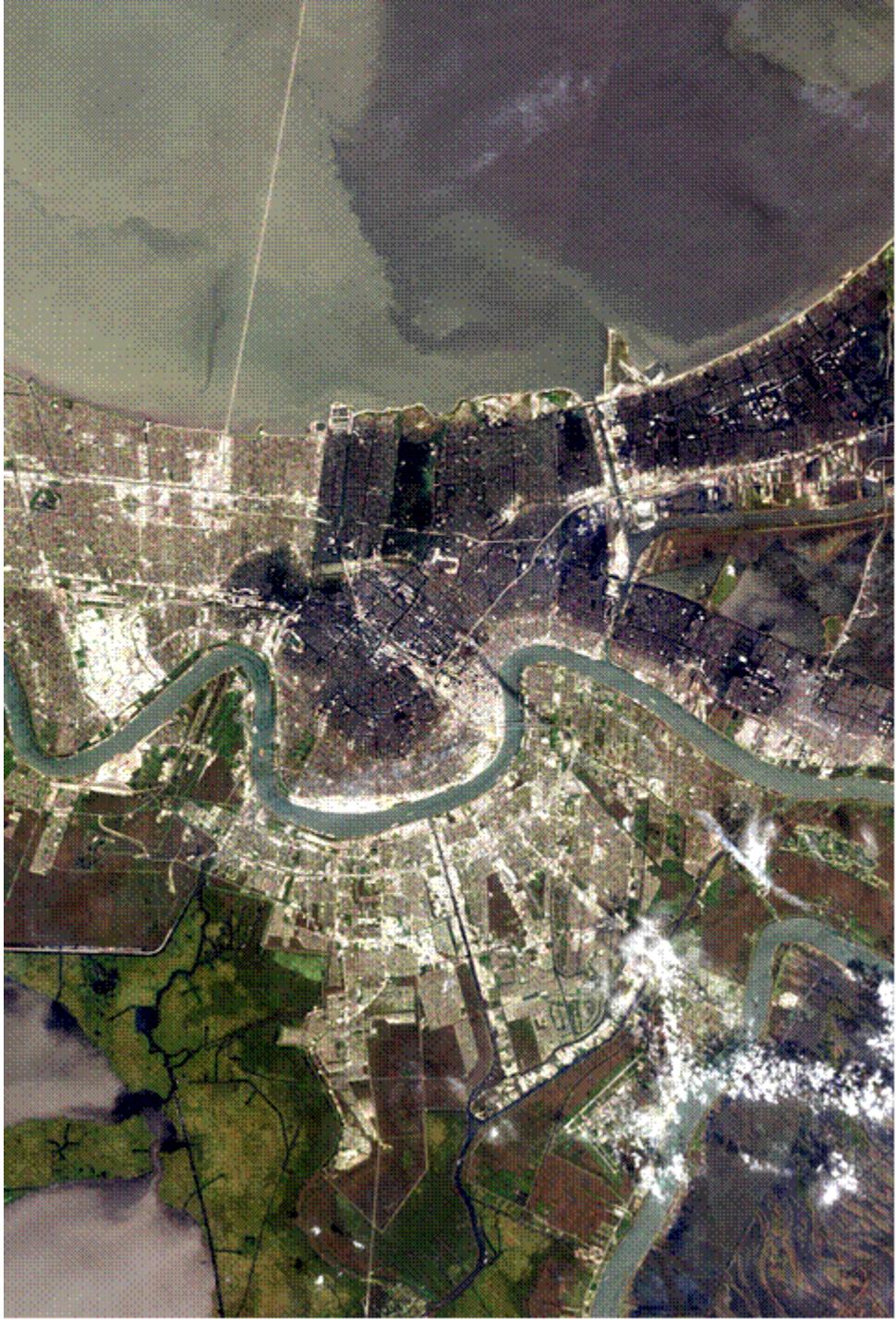
アラバマからミッシシッピの沿岸部

甚大で多様な災害

# ニューオーリンズの特徴

●→ 破堤箇所と浸水方向







#### 写真4

17th Street Canal右岸の破堤。8月30日に撮影。Canalから内水域へ氾濫している状況がわかる。高潮によるポンチャートレイクからの氾濫は29日7:30頃。ここの破堤は、29日昼前と30日午前4時の2通りの情報がある。





## 写真10

ハリケーン来襲時の29日朝の8th Wardでの浸水の状況。

(<http://www.nola.com/katrinaphotos/>)



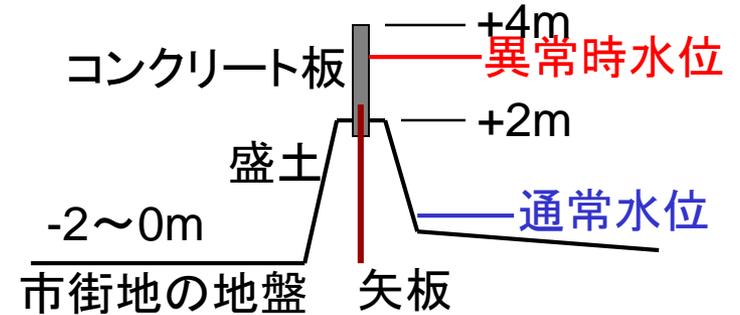
写真9

最も浸水の激しかったLower Ninth Wardでの救助活動の様子。

(<http://www.nola.com/katrinaphotos/>)

# ニューオリンズにおける堤防の特徴

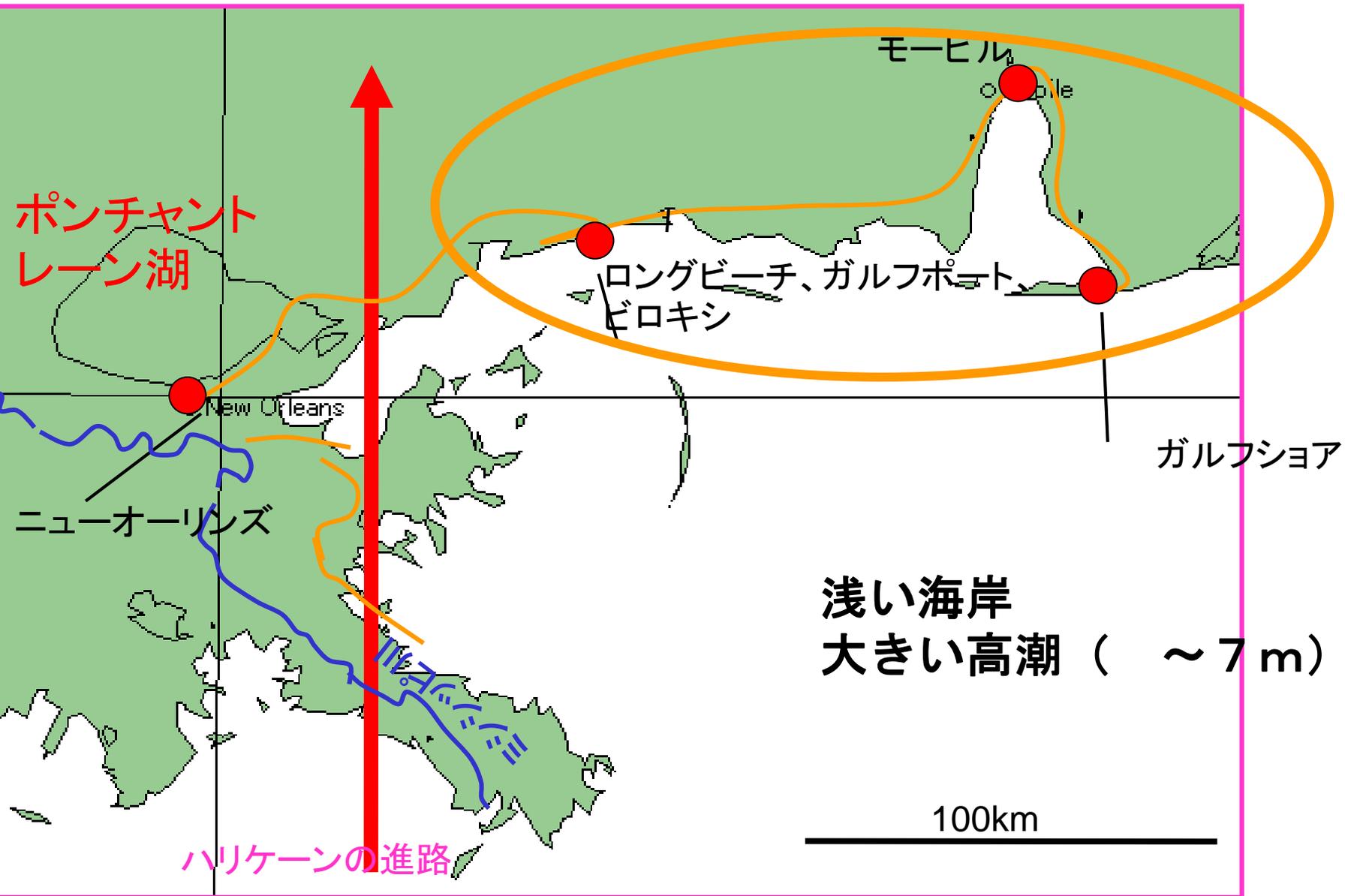
ほとんどの運河の堤防



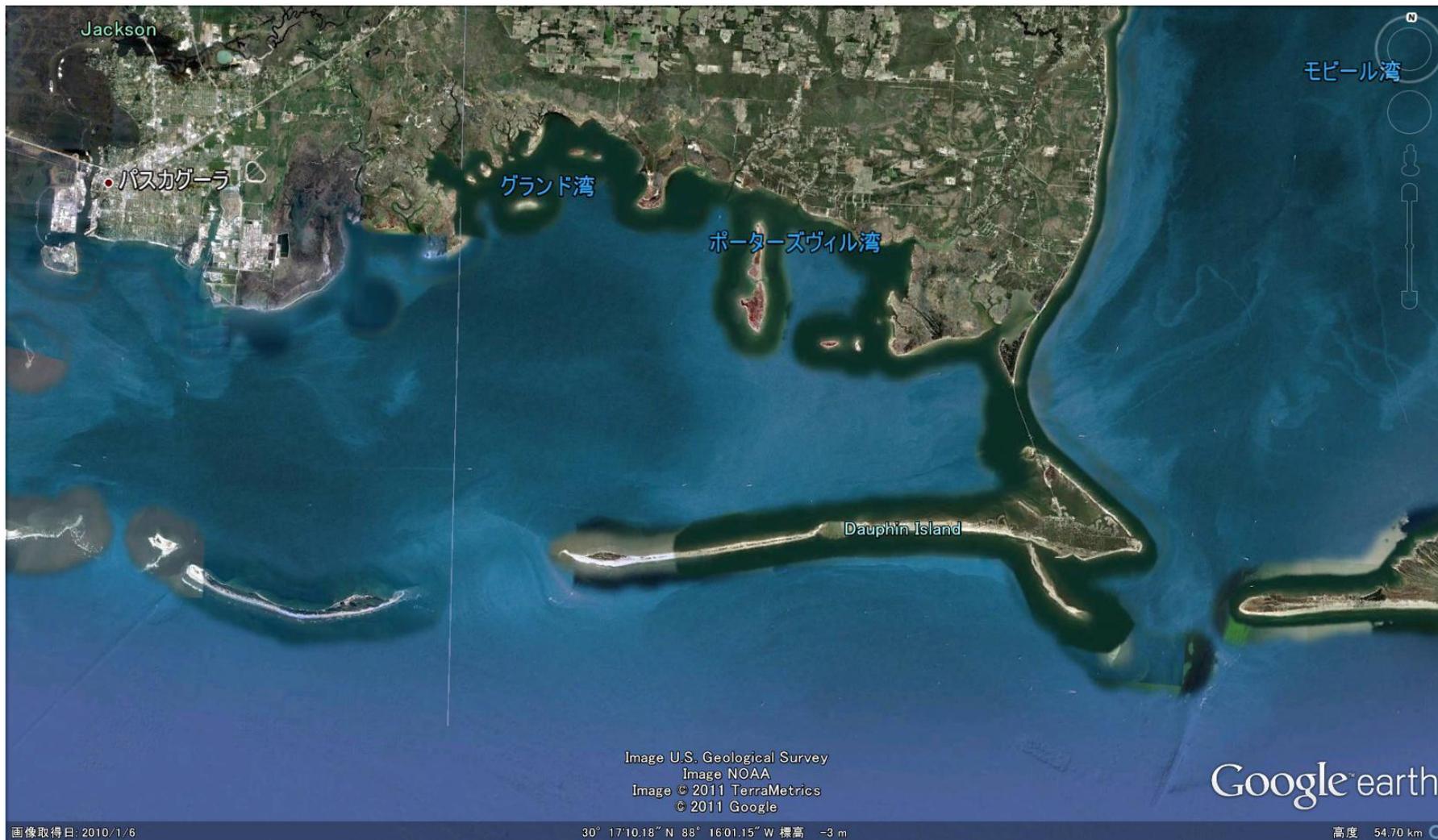
# 堤防の決壊 (17th Street Canal)



運河の水位は堤防の天端に達していなかったと考えられる







Jackson

・バスカゲーラ

グランド湾

ポーターズヴィル湾

Dauphin Island

モバイル湾

Image U.S. Geological Survey  
Image NOAA  
Image © 2011 TerraMetrics  
© 2011 Google

Google earth

画像取得日: 2010/1/6

30° 17'10.18" N 88° 16'01.15" W 標高 -3 m

高度 54.70 km





# 生活インフラの復旧 ウイナー博士の例

- 災害の発生(8月29日)
- 仮止水(9月23日)
- 排水の完了(10月11日)
  
- 前日からの避難(8月28日)
- 電気 – 10月10日, 2005
- ガス – 11月4日, 2005
- 郵便 – 1月4日, 2006
- 電話 – 1月中旬でもまだ

# LESSONS LEARNED

- (1) 防災施設の破壊による大規模な被害の拡大の予測
- (2) 想定以上の外力による大きな浸水被害の予測
- (3) 避難と建物の対策.
- (4) 被害の予測とそれに対応した復旧・復興のシナリオ.

災害、特に最悪の災害の予測

災害の発生前に予測  
(災害のシナリオの作成)をすべきであった

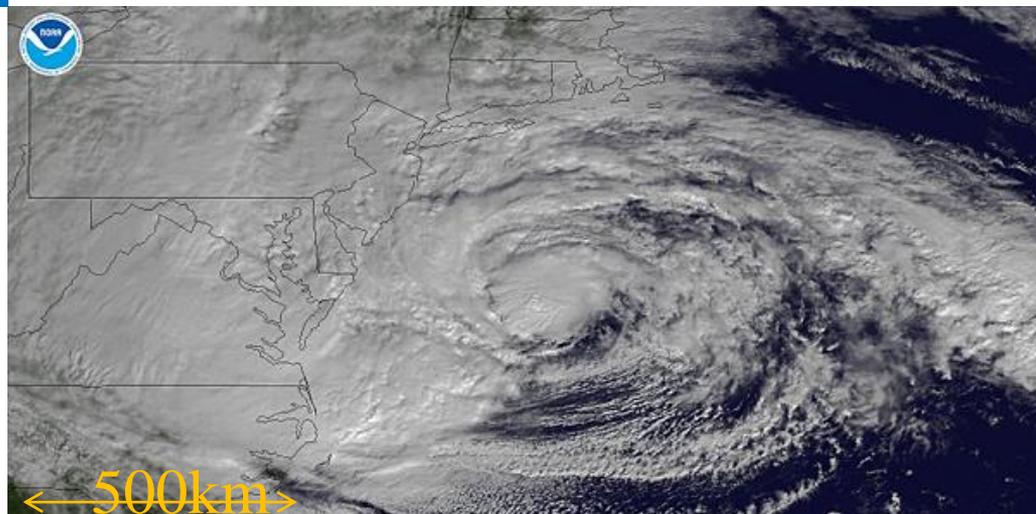
実は災害のシナリオはあった

具体的な災害全体像の予測には至っていない

市民に分かりやすい形ではなかった

# Hurricane Sandy

10月22日に発生, 31日に消滅.  
カテゴリー1~2  
最大直径: 1600km  
最大風速: 51m/s  
最低気圧: 940hPa



2012/10/29

・死者: 少なくとも8カ国で300名以上 (米国, NOAA GOES-13 satellite image  
ハイチ, キューバ, バハマ, カナダ, ドミニカ  
共和国, ジャマイカ, プエルトリコ)と言われている.

・被害金額: 米国で少なくとも500億ドル以上  
(5兆円). カトリーナの1089億ドルに続く被害額.

東日本大震災は被害額16-25兆円と言われている.

## ハリケーンカテゴリー

カテゴリー	風速	中心気圧
1	33-42 m/s	980 hPa
2	43-49 m/s	965-979 hPa
3	50-58 m/s	945-964 hPa
4	59-69 m/s	920-944 hPa
5	≥70 m/s	<920 hPa

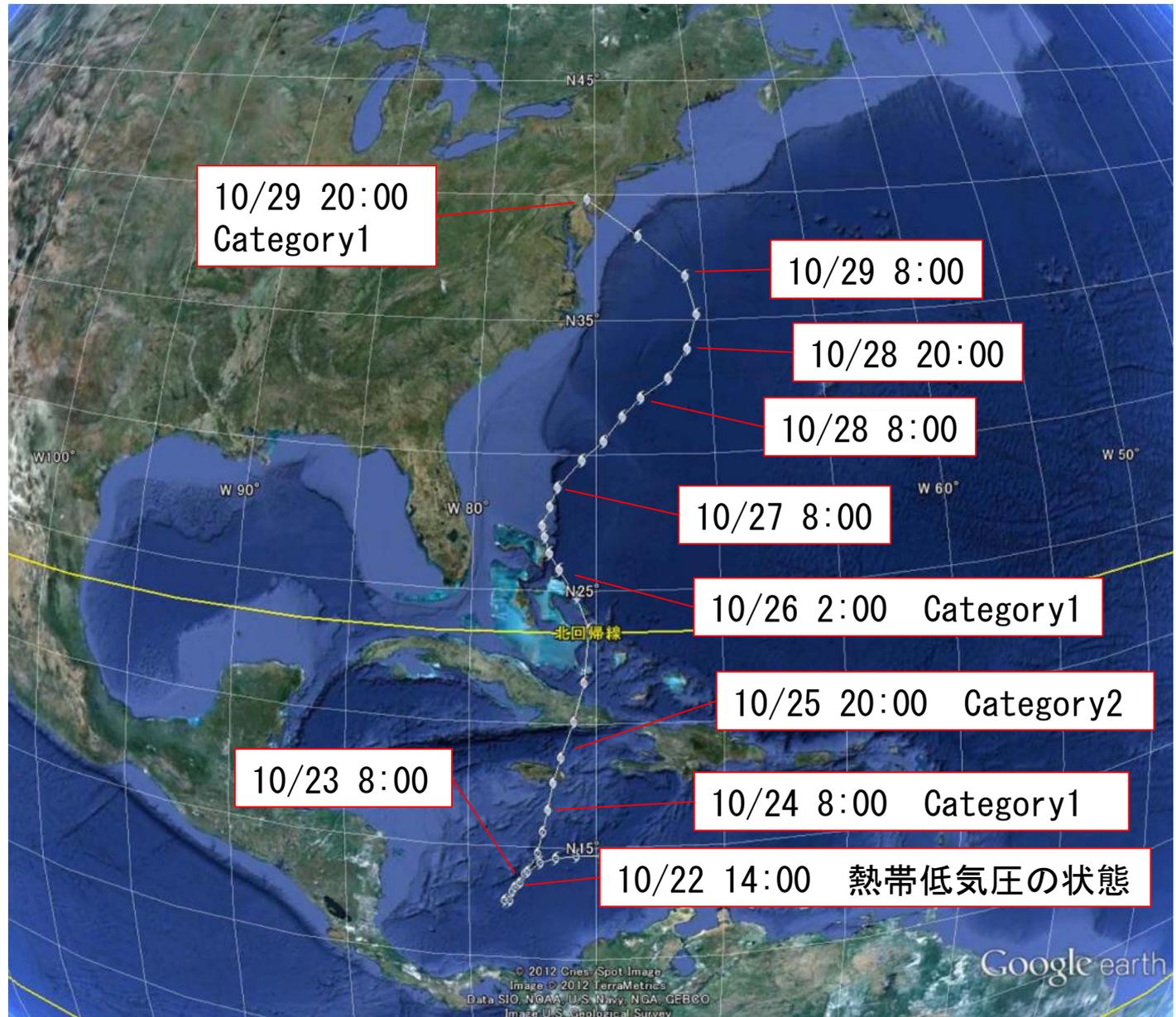
# Hurricane Sandy 経路

Hurricane Sandy:  
熱帯低気圧10月  
22日11:00EDTに  
発生.

24日にカリブ海で  
ハリケーンに発達  
した.

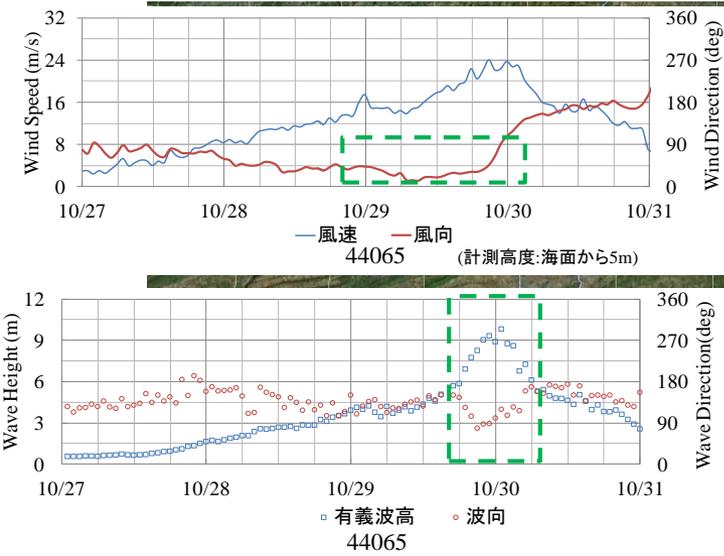
カテゴリー2の状  
態でジャマイカ, キ  
ューバ, バハマに  
上陸した.

勢力を弱めカテゴ  
リー1で大西洋を  
北上, 29日に進路  
を北西に変え, 米  
国に上陸した.



# 高潮の発生する条件が揃っていた

①北東風が吹いていた. ②水深が浅い. ③フェッチが長い. ④波のセットアップ. ⇒NY,NJ周辺で高潮(風の吹寄せ)の発生する条件が揃った



有義波高10mを超える高波が南-南東から来襲.



150km



# 都市部の高潮災害：地下道，駐車場浸水



ウォール街周辺でも浸水があった。

\* ニューヨーク証券取引所は10月29日，30日の2日間休止。

# 都市部の高潮災害：停電



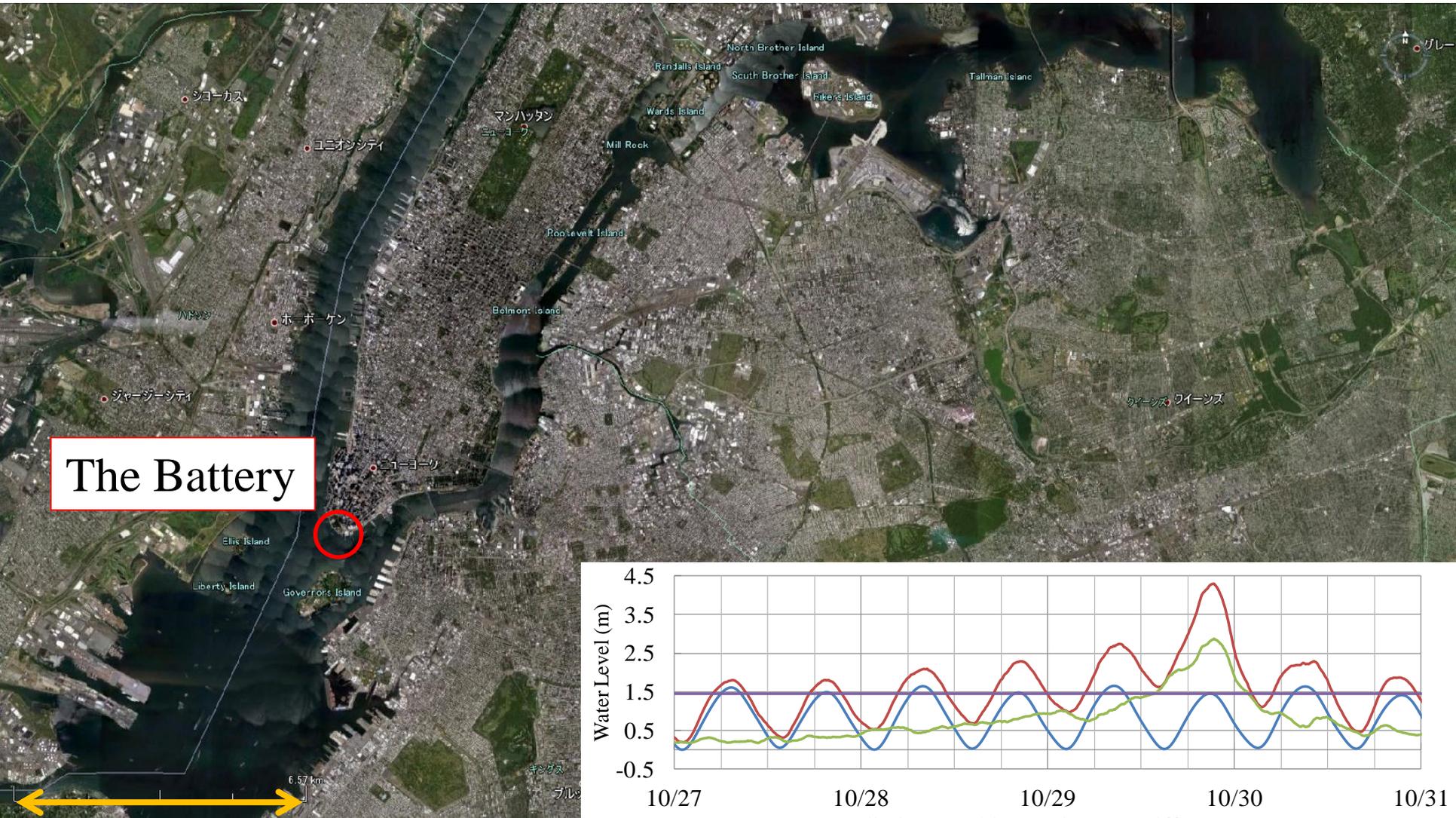
Manhattan周辺の停電の様子  
(エンパイア・ステート・ビル)



マンハッタン14th Street付近  
には発電所があった。

Manhattanの南部(39<sup>th</sup> St.以南)が停電したほか、ニューヨーク州東部のLong Islandでは停電が2週間以上にも渡り、復旧復興を遅らせる原因となった。

# いかに大きい高潮であったか Manhattanを例に



The Battery

6.5km

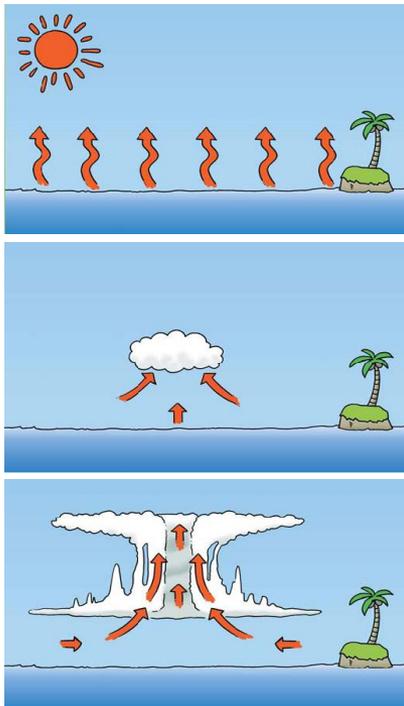
潮位の時系列 (MLLW(大潮平均低潮位)基準)

\*Sandy以前の過去最大潮位はMLLWから約3.0m(1960,NOAA)

# 講義内容

1. 高波と高潮による災害の例
2. 台風のしくみ
3. 波浪の発生のしかた, 伝わり方
4. 高潮が発生する理由
5. 気候変動による波浪や高潮の変化

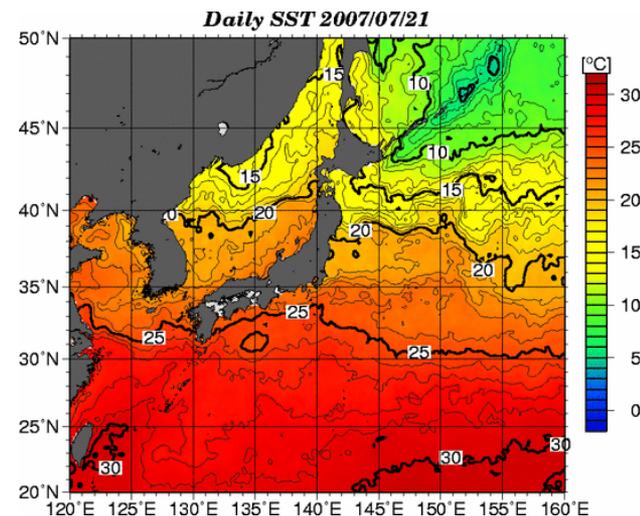
# 台風の発生



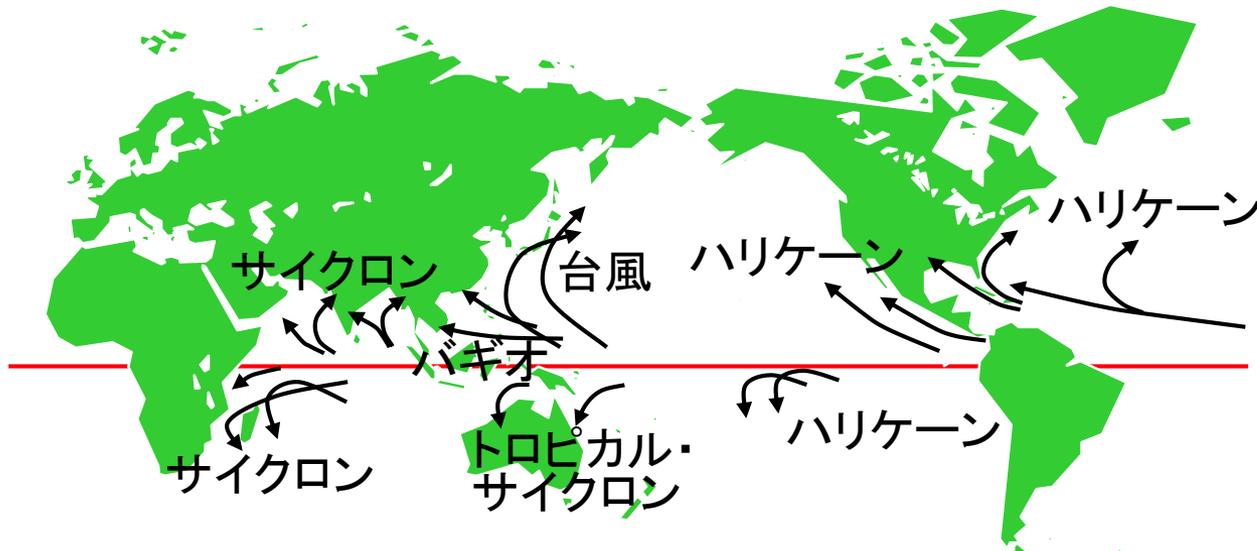
①海水が盛んに蒸発する.

②上昇気流が積乱雲や積雲を作る.

③大規模な雲に成長し、地球自転の影響で渦を巻く。→**熱帯低気圧**  
**最大風速**が17m/s以上となる(海水温が27~28°C以上)。→**台風**



海面水温の分布(気象庁)

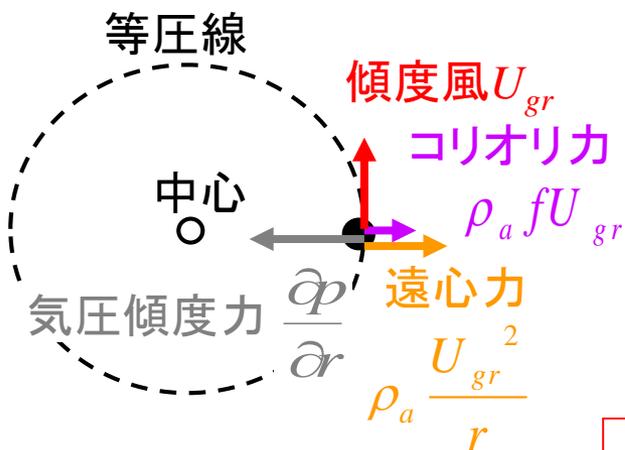


台風, ハリケーン, サイクロンは、呼び名が違うだけで構造的には同じ.

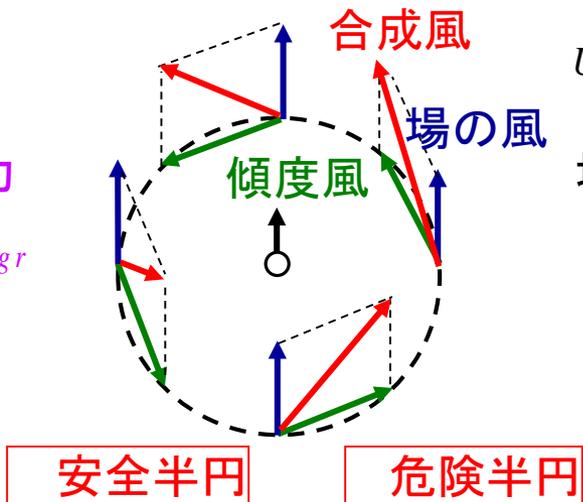
赤道上では発生しにくい.

# 台風の風の分布

## 停滞している台風



## 移動している台風



## 傾度風

$$U_1 = C_1 \left\{ -\frac{rf}{2} + \sqrt{\left(\frac{rf}{2}\right)^2 + \frac{\Delta p}{\rho_a} \frac{r_0}{r} \exp\left(-\frac{r_0}{r}\right)} \right\}$$

## 場の風

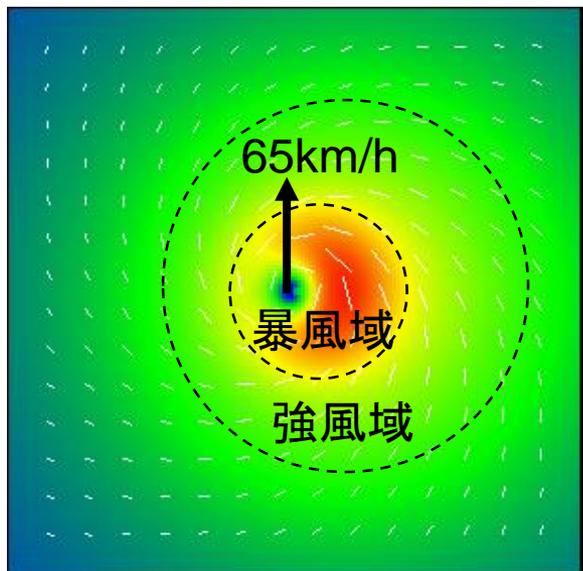
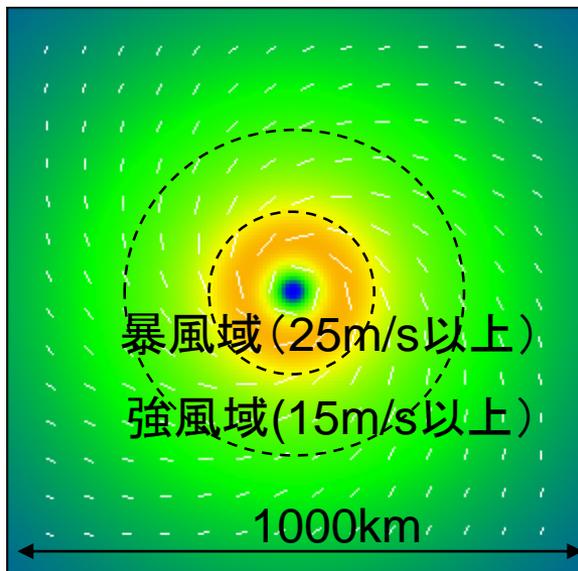
$$U_2 = C_2 \frac{U_1(r)}{U_1(r_0)} V_T$$

$C_1, C_2$  : 風速低減係数

$f$  : コリオリパラメタ

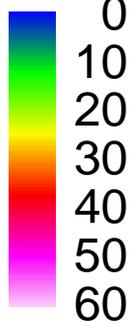
$V_T$  : 台風の移動速度

$\rho_a$  : 大気の密度



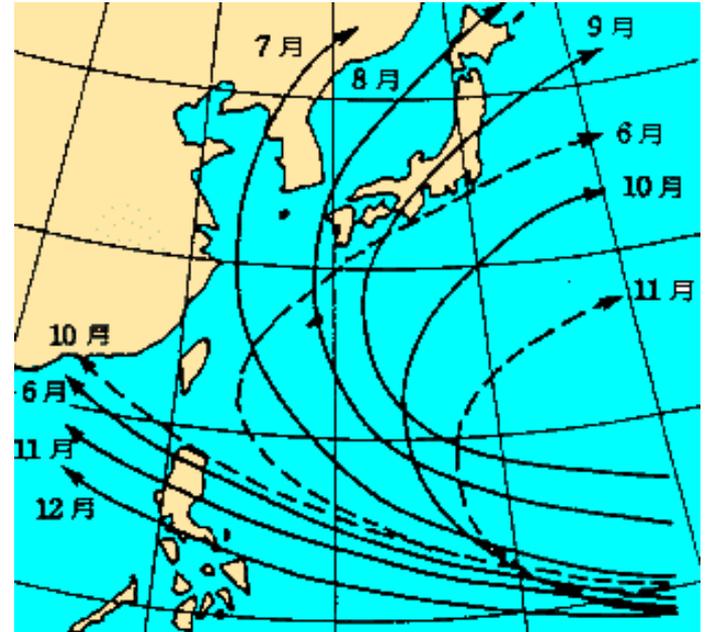
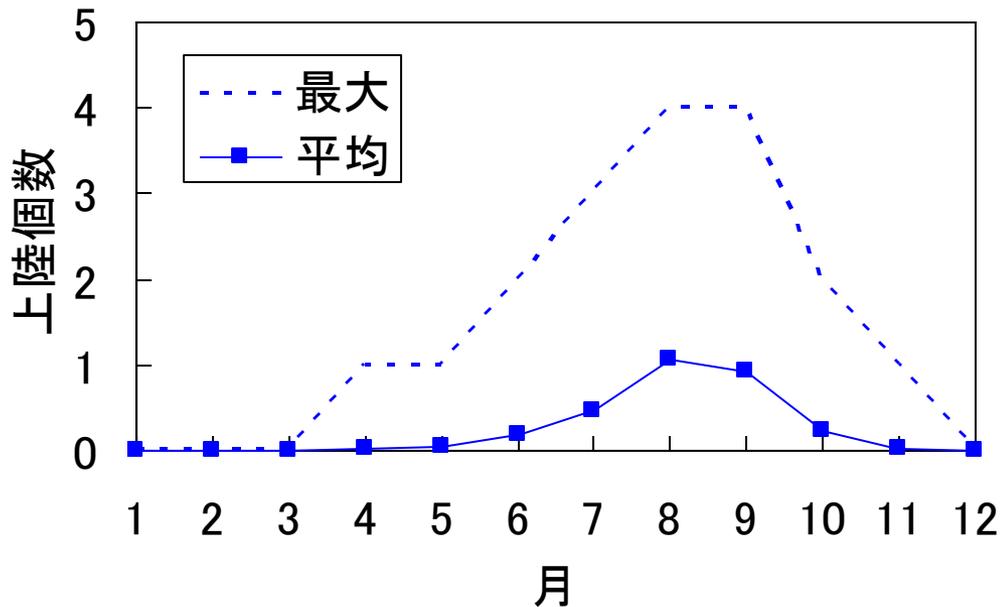
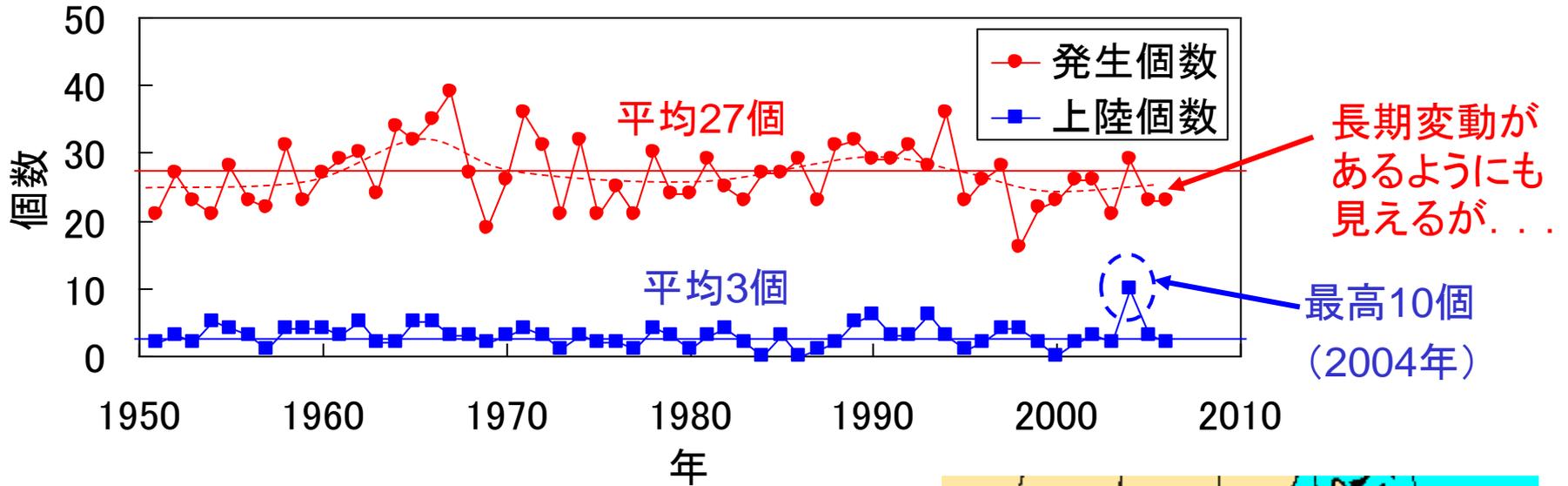
## 風速

m/s



中心気圧が960hPa, 最大風速半径が100kmの場合の風域

# 台風の発生・上陸個数と典型的なコース



各月の典型的なコース(気象庁)

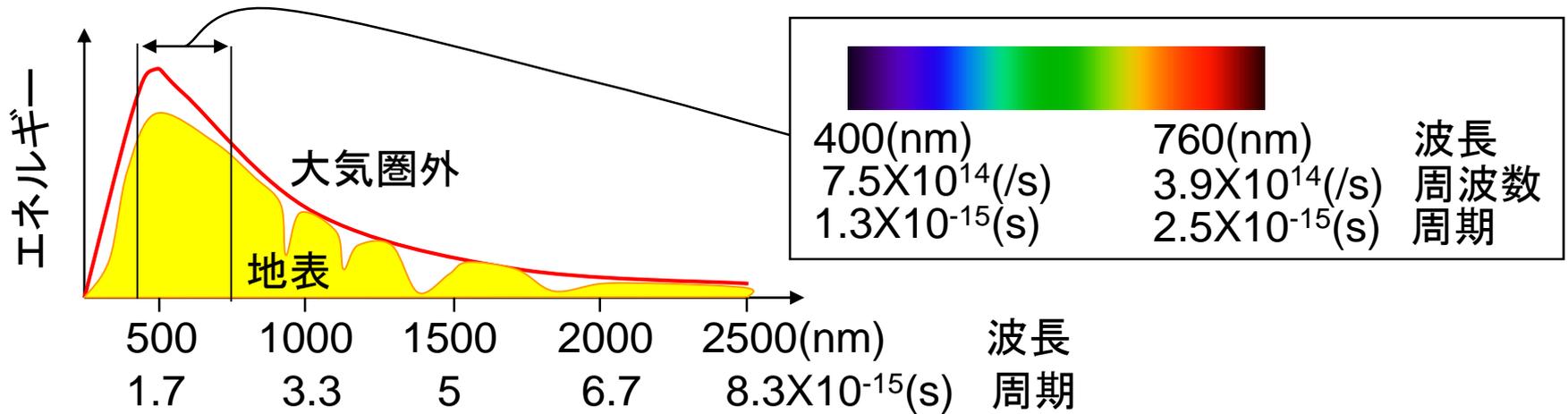
# 講義内容

1. 高波と高潮による災害の例
2. 台風のしくみ
3. 波浪の発生のしかた, 伝わり方
4. 高潮が発生する理由
5. 気候変動による波浪や高潮の変化

# 「太陽光」と「海の波」

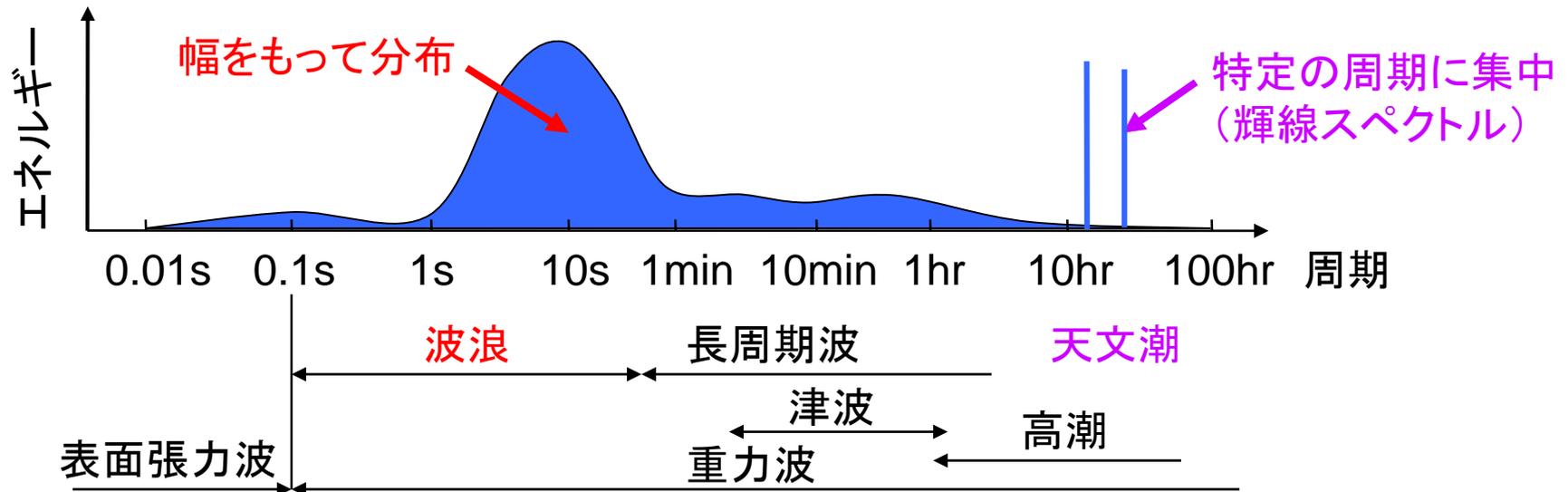
## 太陽光

速度は周期によらず一定, 媒体によっては異なる.



## 海の波

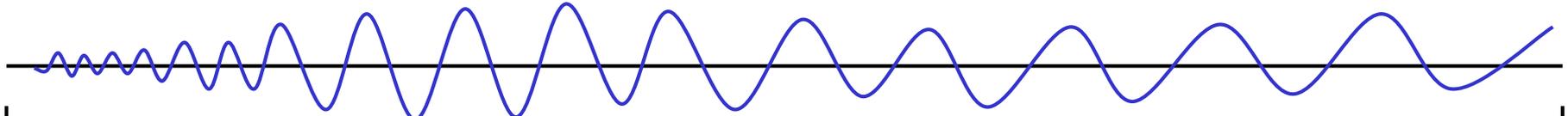
速度は周期や水深によって異なる.



# 「風波」と「うねり」

台風など強風風域

風のないところ

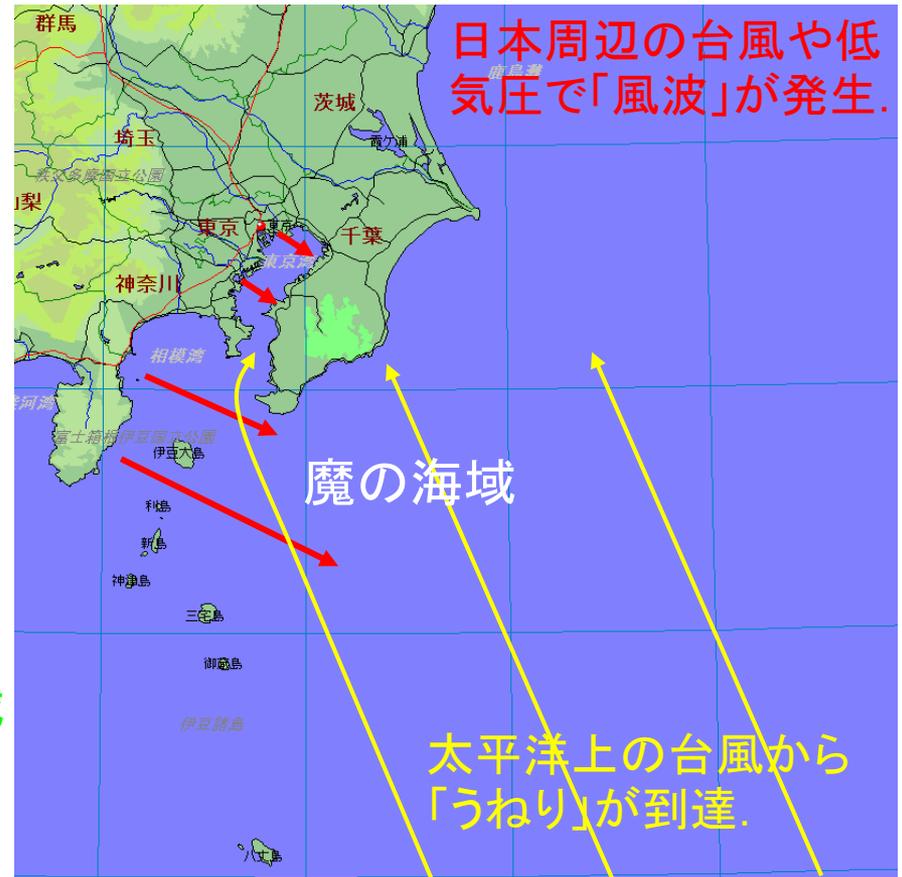
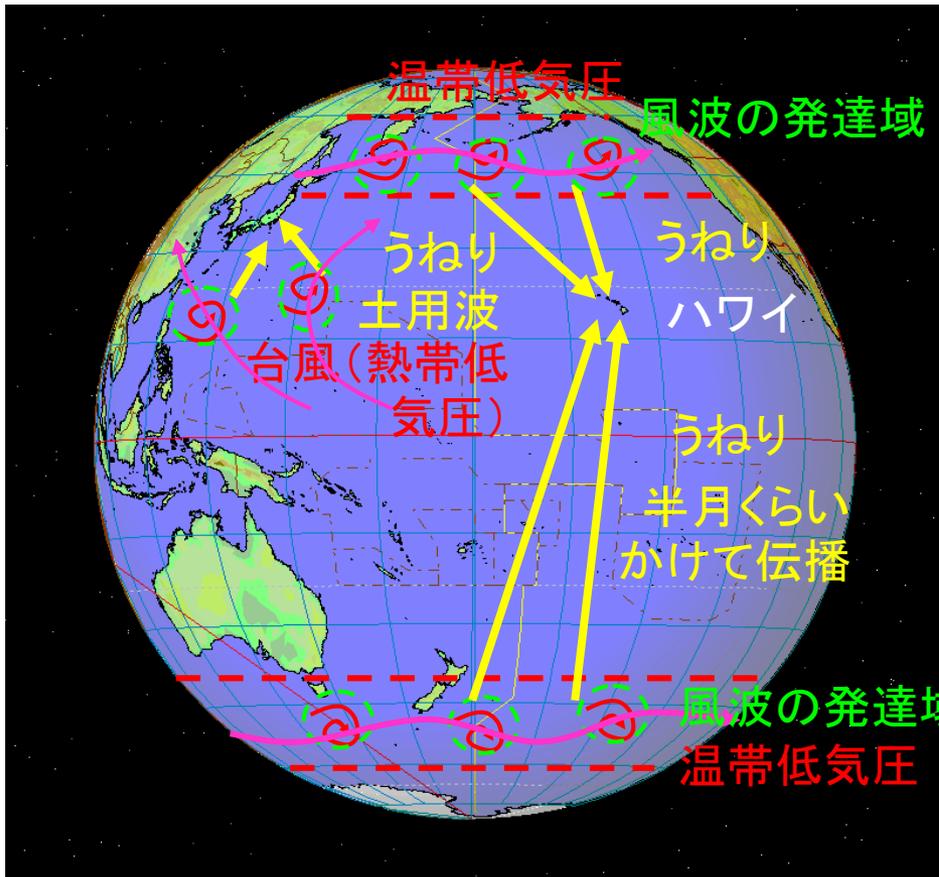


波高も周期(波長)も増加

波高は減少, 周期(波長)は増加

風波

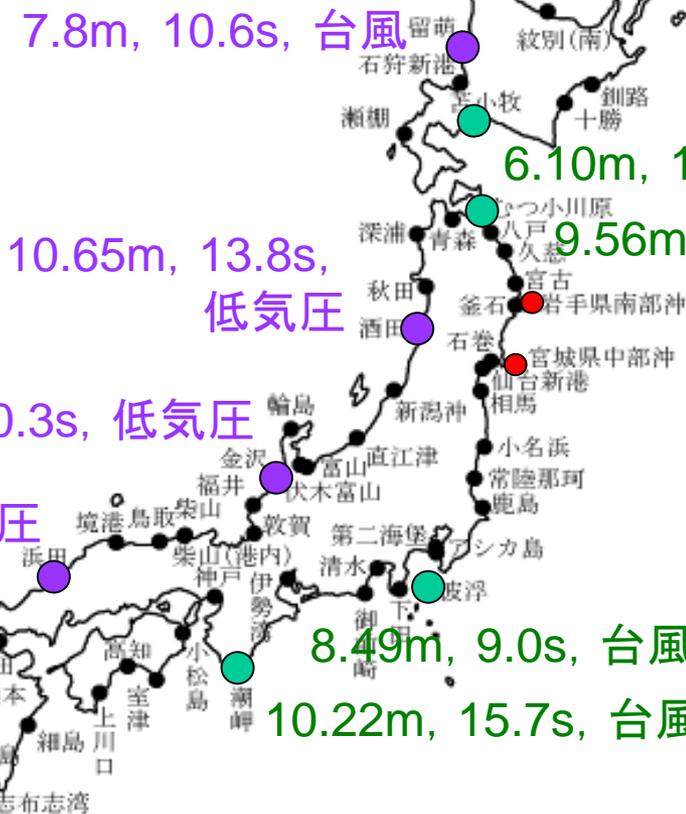
うねり



# 既往最大有義波



全国港湾海洋波浪情報網  
 Nationwide Ocean Wave  
 information network for  
 Ports and Harbours  
 (2008年4月現在)



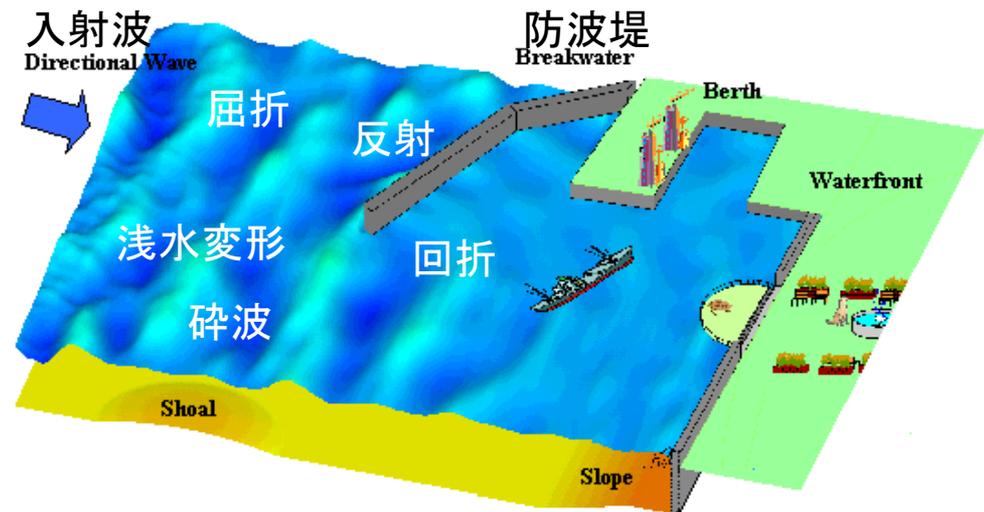
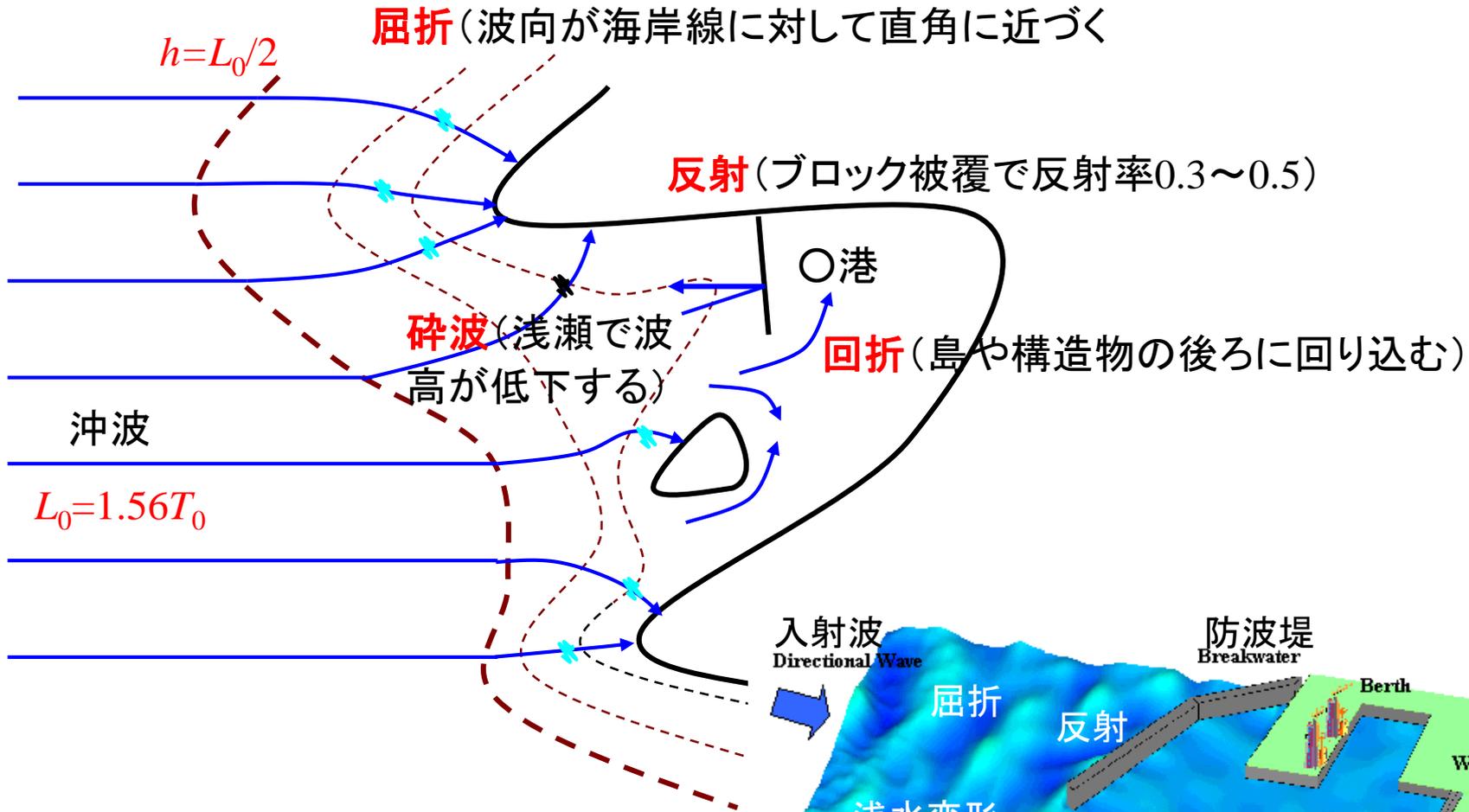
● 係留ブイ式 (水深数百m, GPSセンサ)



● 海底設置式 (水深20~50m, 超音波・水圧)



# 浅海域における波浪変形



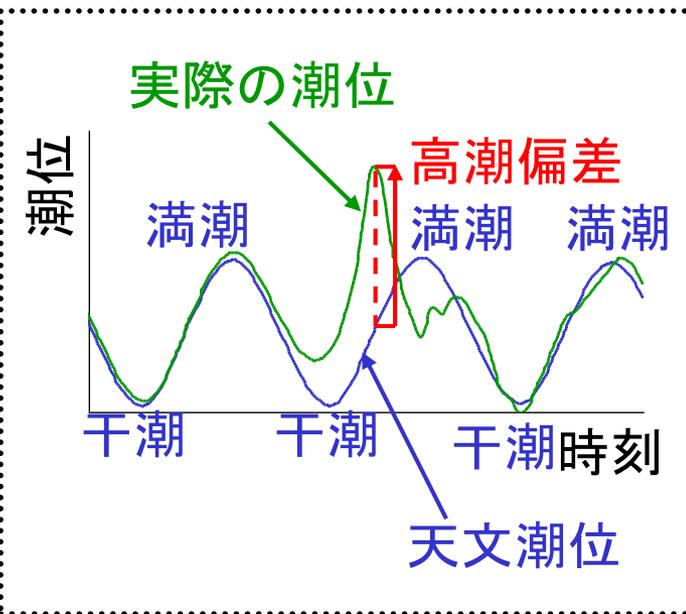
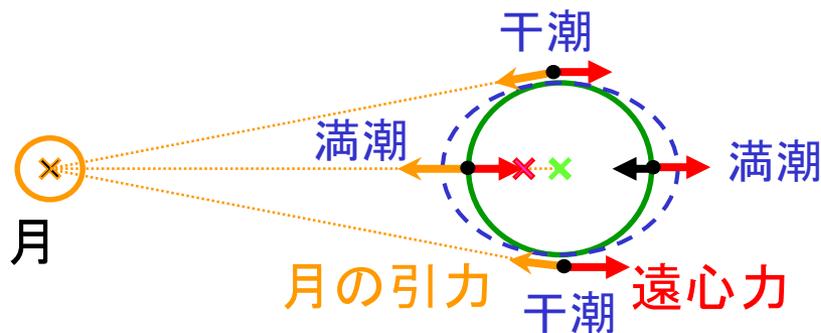
波高は、屈折によっても少し増減し、砕波によって大きく減少する。

# 講義内容

1. 高波と高潮による災害の例
2. 台風のしくみ
3. 波浪の発生のしかた, 伝わり方
4. 高潮が発生する理由
5. 気候変動による波浪や高潮の変化

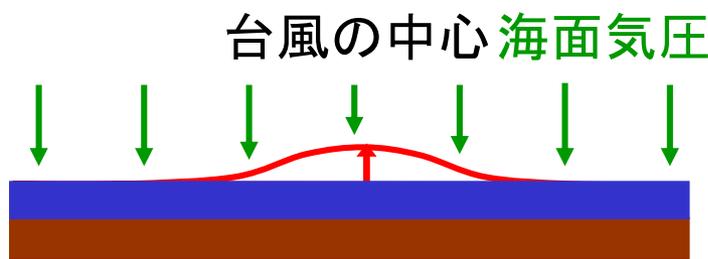
# 潮汐の分類

天文潮(天体潮) ……月や太陽の引力

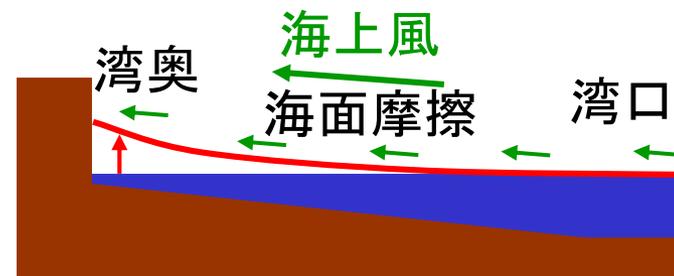


潮汐

気象潮(高潮) ……台風の気圧や風



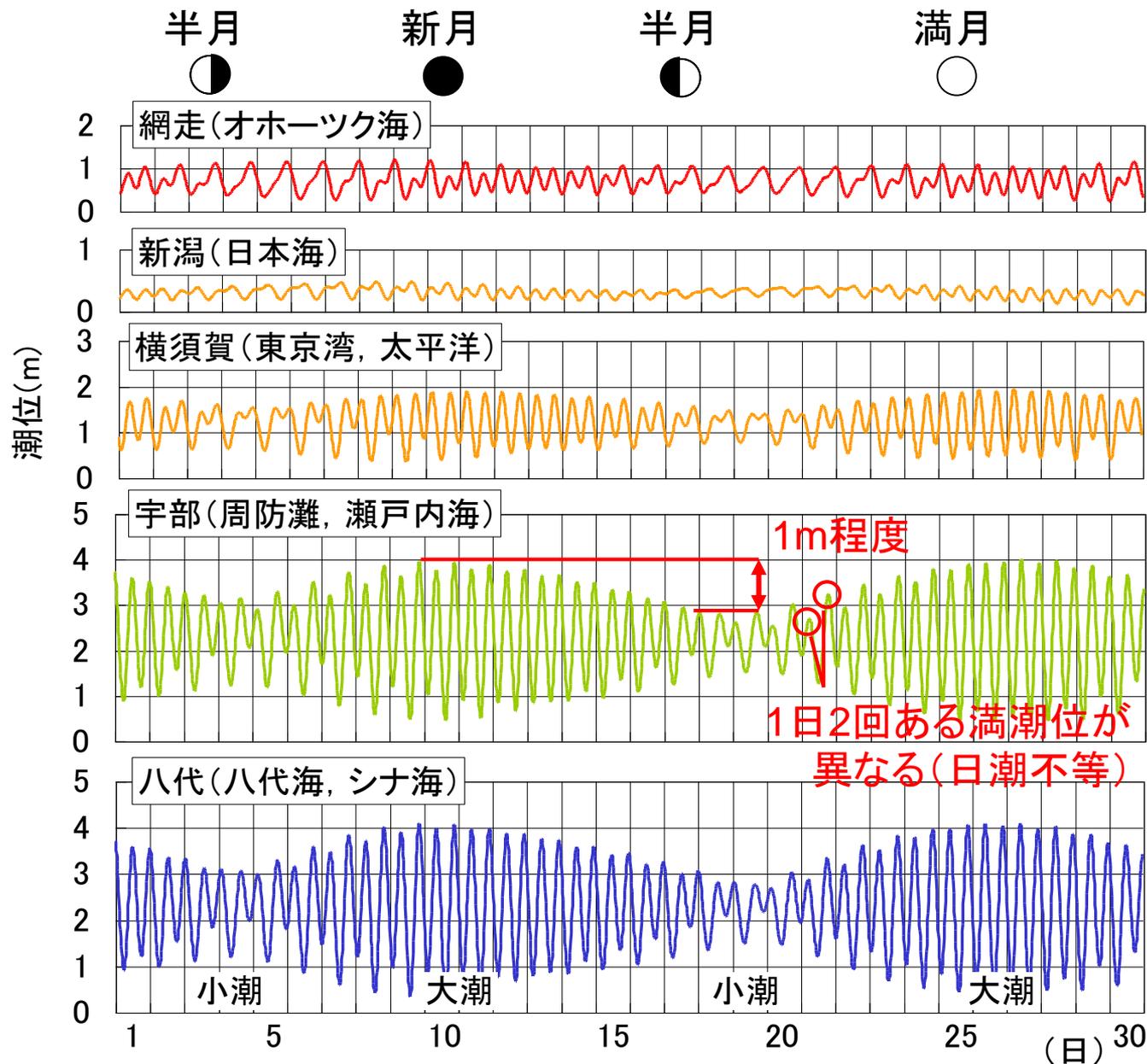
吸い上げ(気圧低下量に比例)



吹き寄せ(風速の2乗に比例)

異常潮 ……海流の変化, 暖水塊

# 日本各地の天文潮位

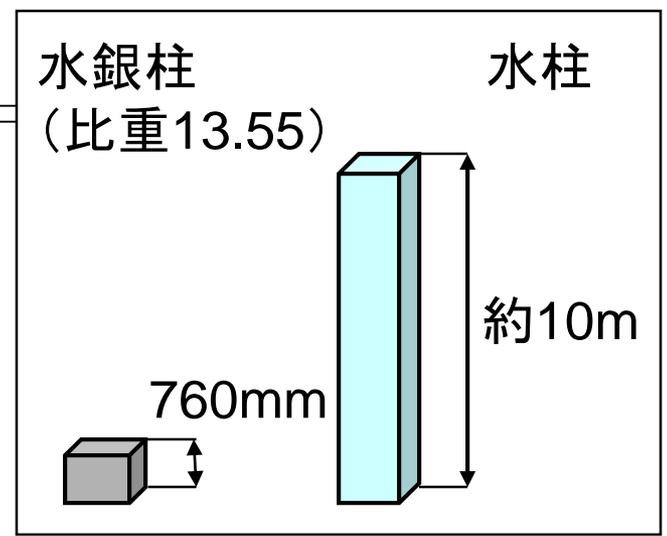
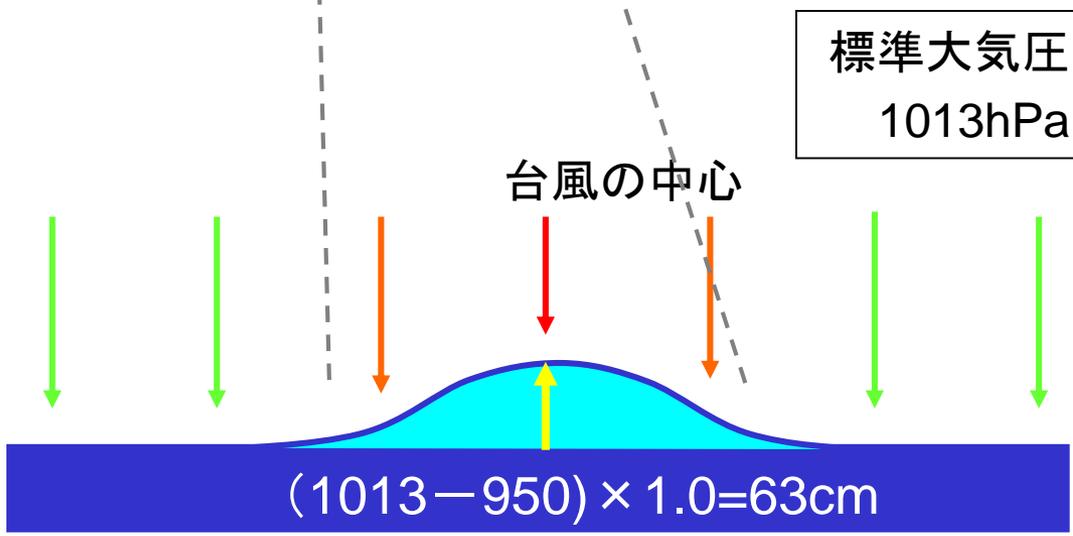
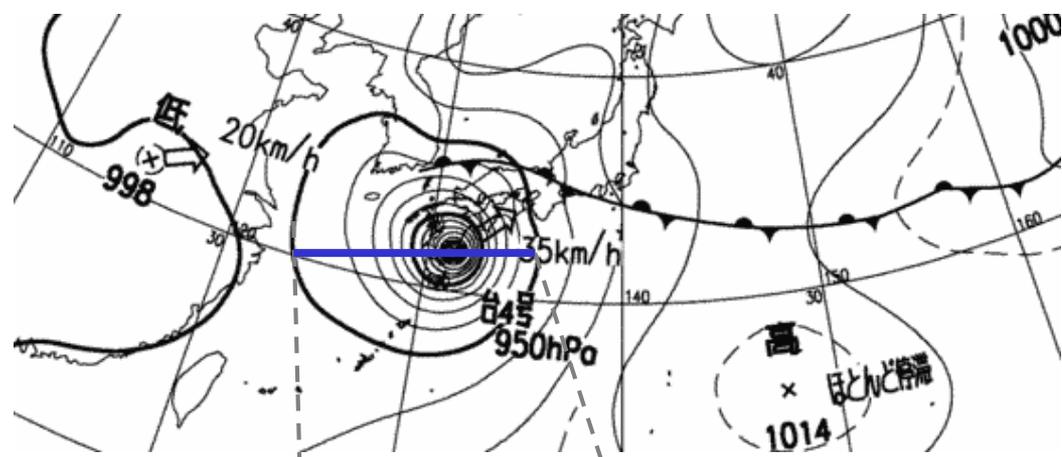


場所によって,

- ①天文潮差
  - ②満潮や干潮の時刻
  - ③満潮や干潮の回数
- などが違う.

天文潮差が大きいと、大潮と小潮の満潮位の差も大きい.

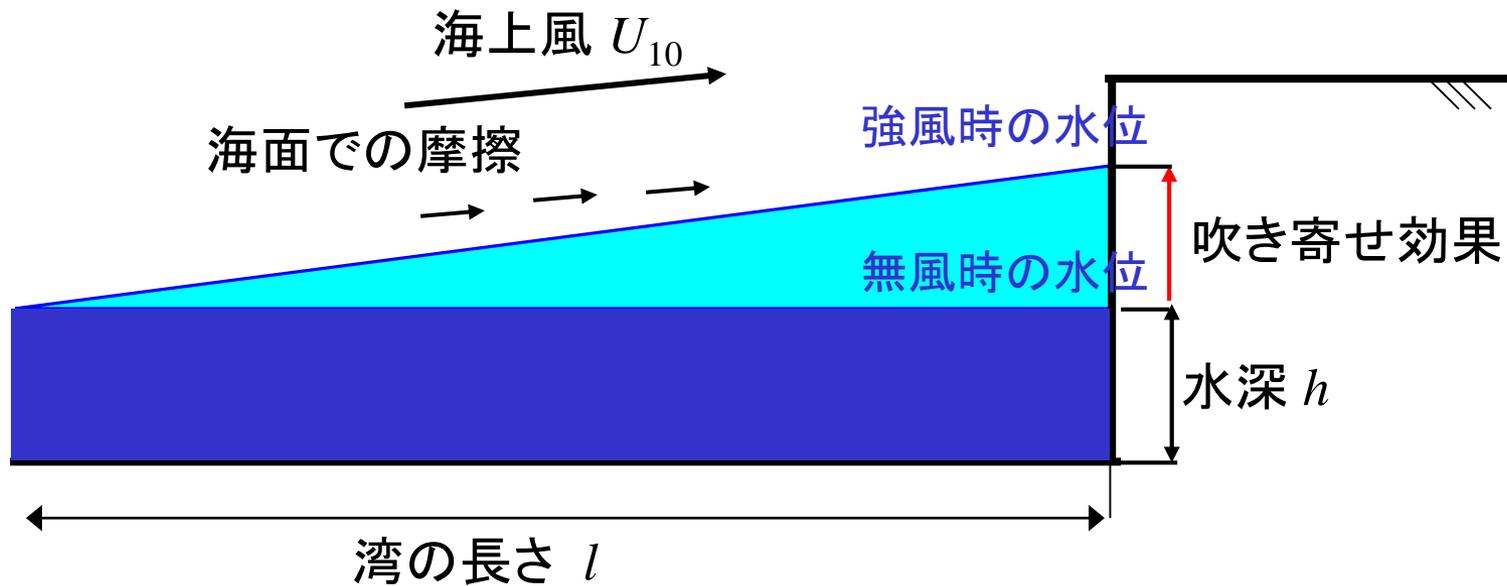
# 高潮の原因① 気圧低下による海面の吸い上げ



吸い上げの効果 = 1.0 (cm / hPa)

上図は静的なつり合い(台風の動きも成長も停止)の場合である。  
台風が陸地に接近した場合には、動的な効果によってこれより大きくなることもある。

# 高潮の原因② 強風による岸への吹き寄せ



吹き寄せの効果  $\eta = \frac{\rho_a (1 + \lambda) \gamma^2}{\rho_w g} \frac{l}{h} U_{10}^2$

係数

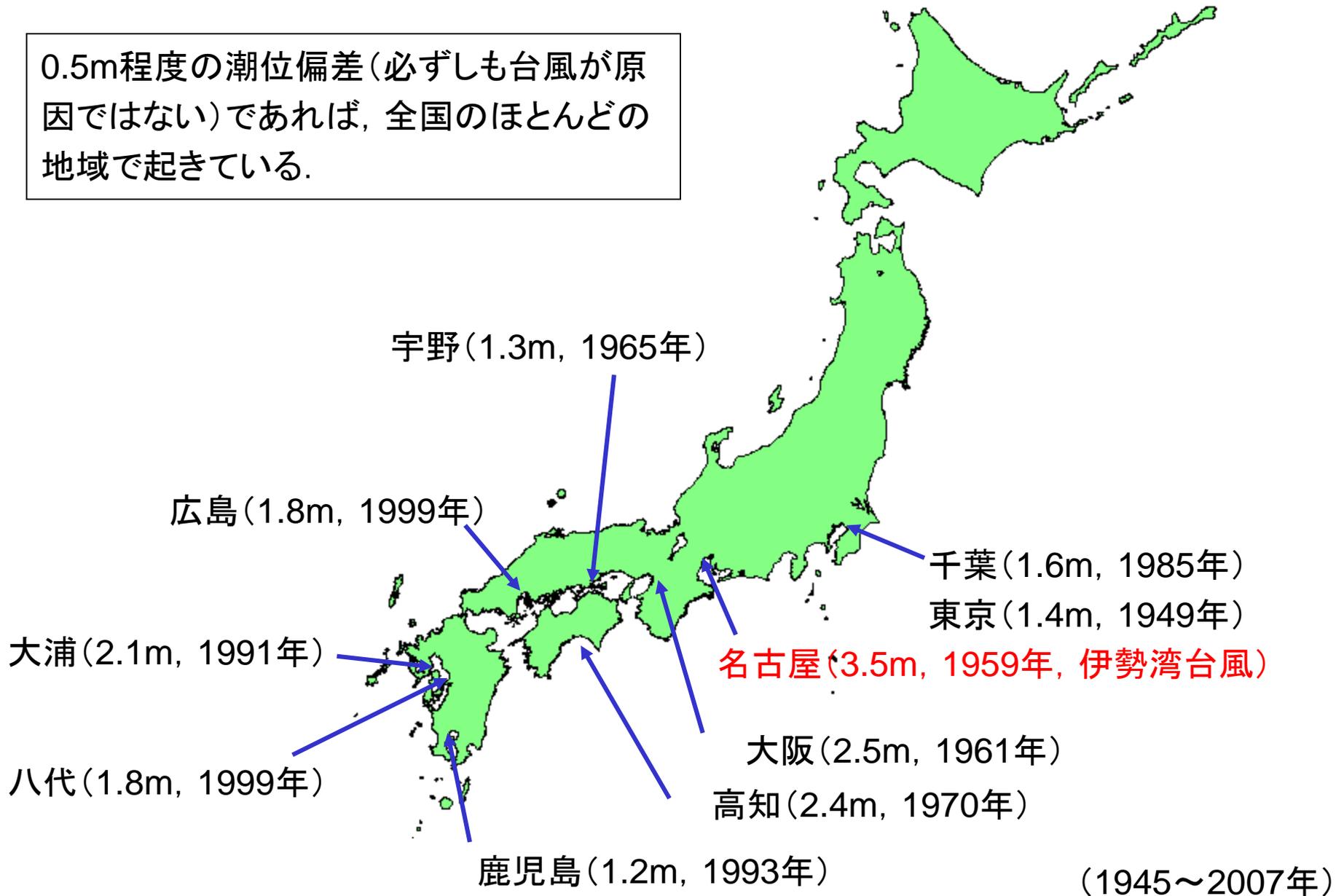
風速が速く、湾長が長く、水深が浅いほど、吹き寄せの効果は大きい。

上図は静的なつり合い(風の応力と海面勾配が平衡状態)の場合である。

台風が接近した場合には、動的な効果によってこれより大きくなることもある。

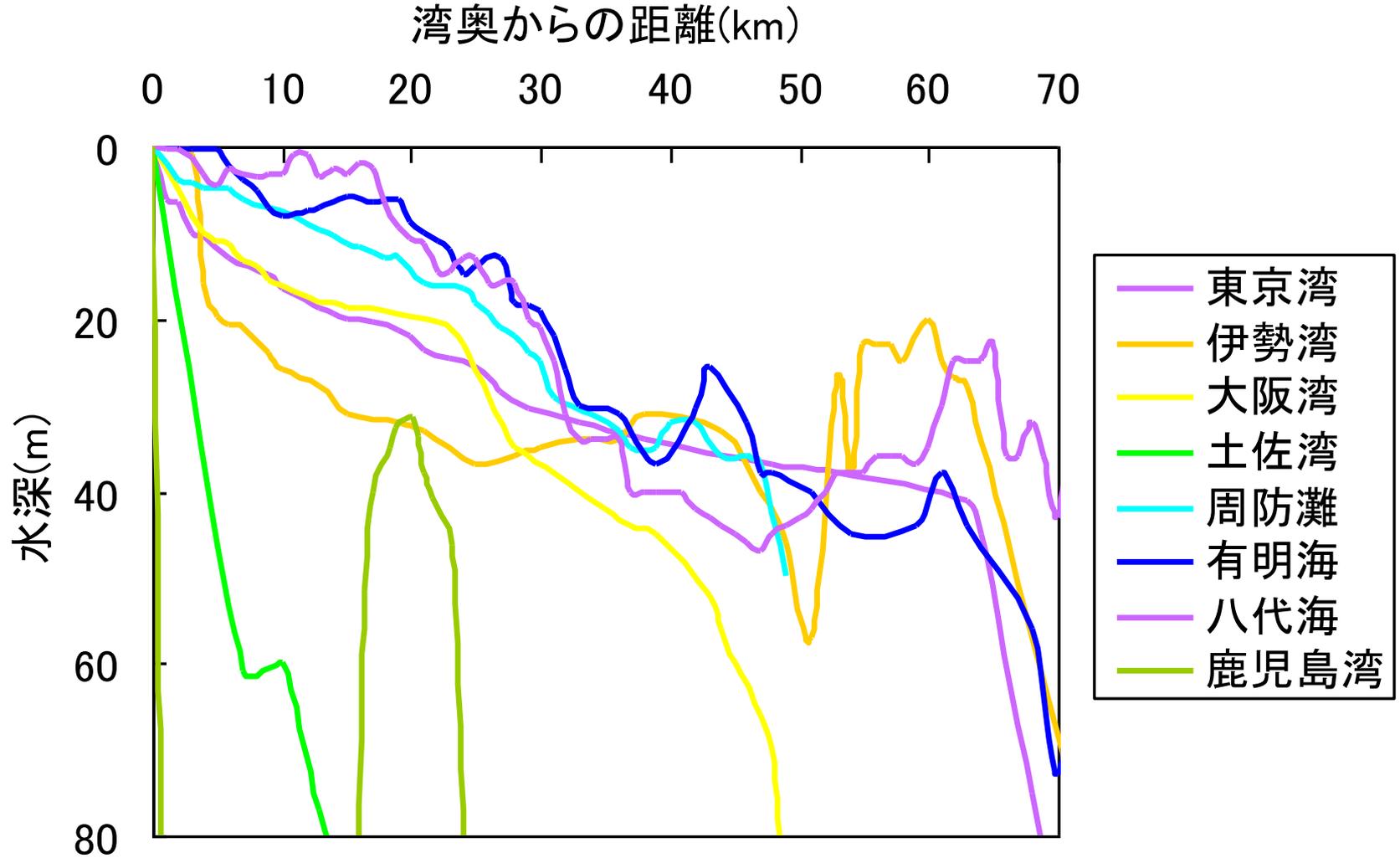
# 過去に観測された代表的な高潮偏差

0.5m程度の潮位偏差(必ずしも台風が原因ではない)であれば、全国のほとんどの地域で起きている。

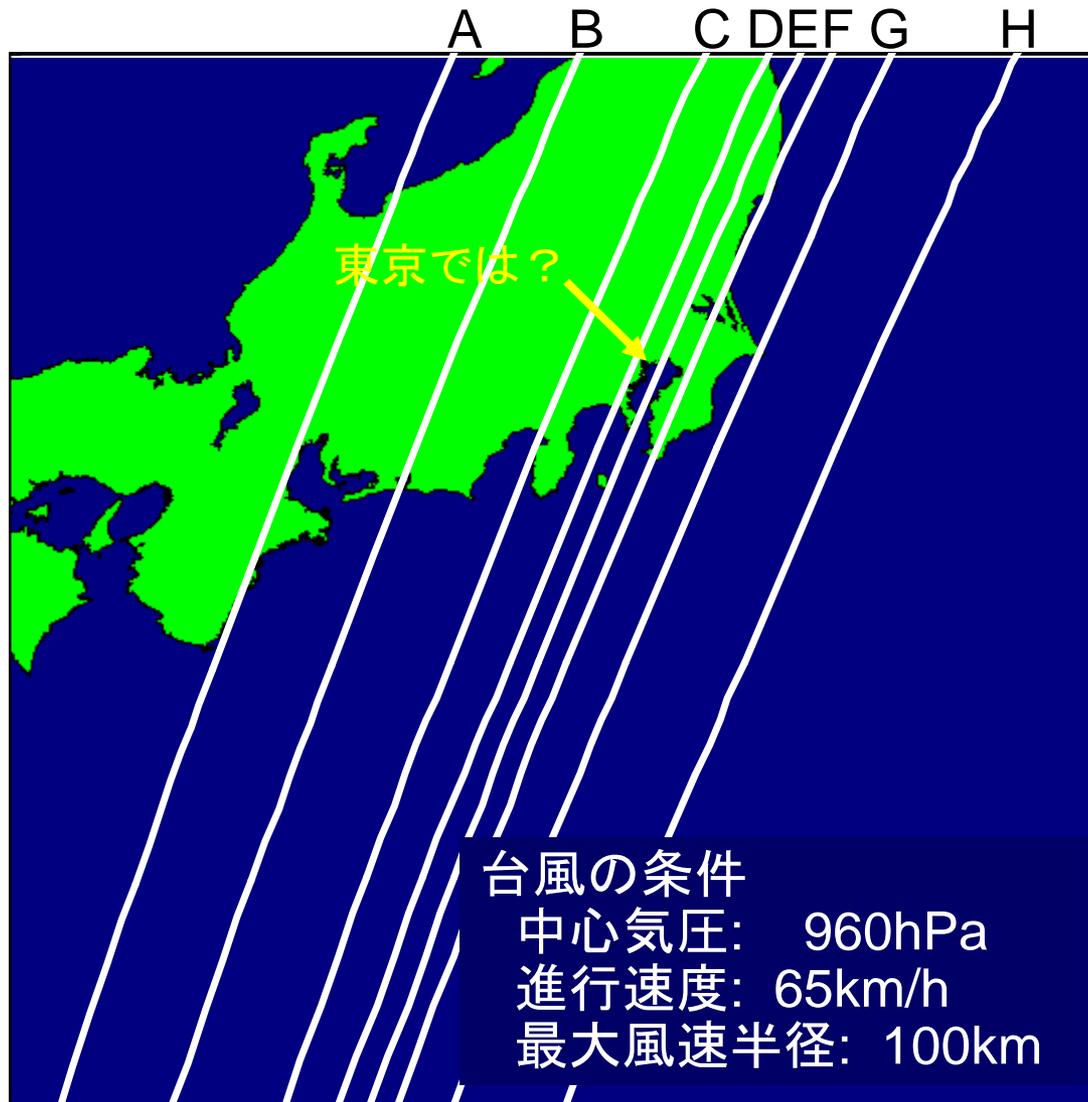


(1945~2007年)

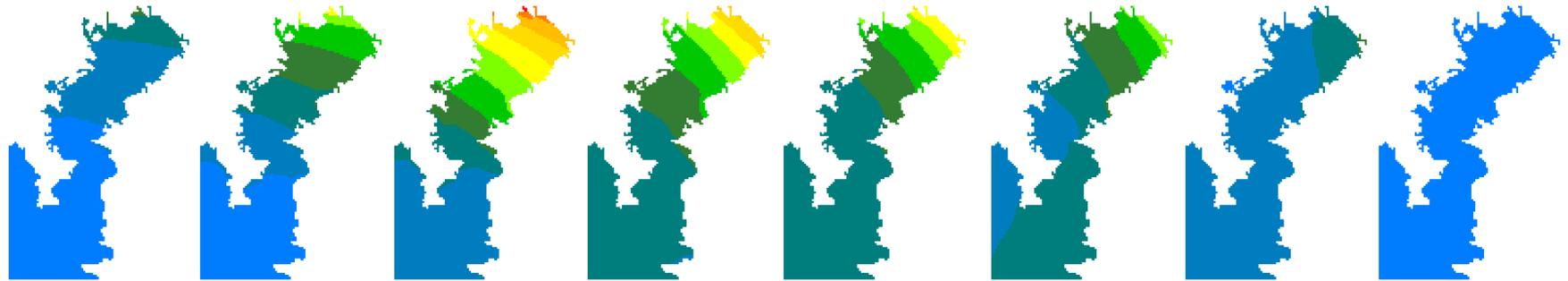
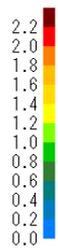
# 代表的な内湾の水深



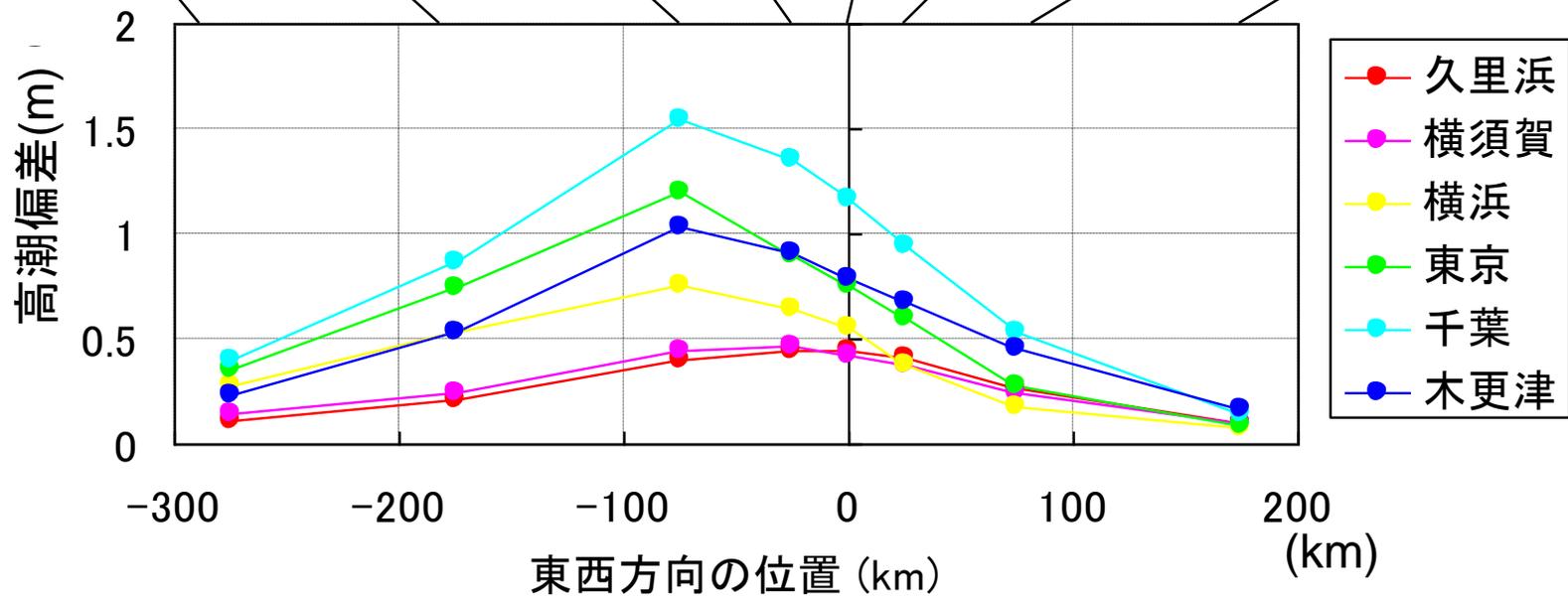
# 台風のコースと高潮偏差



# 台風のコースと高潮偏差



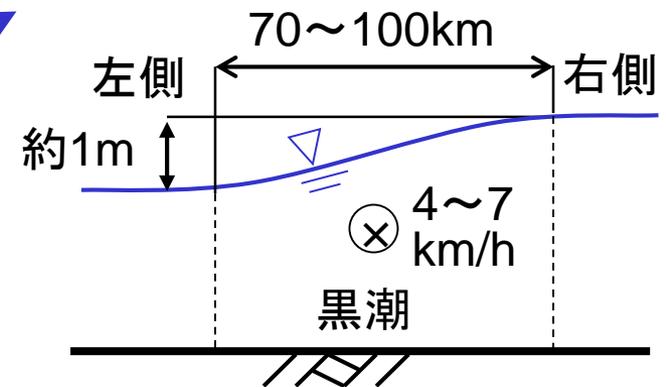
A B C D E F G H



# 異常潮位

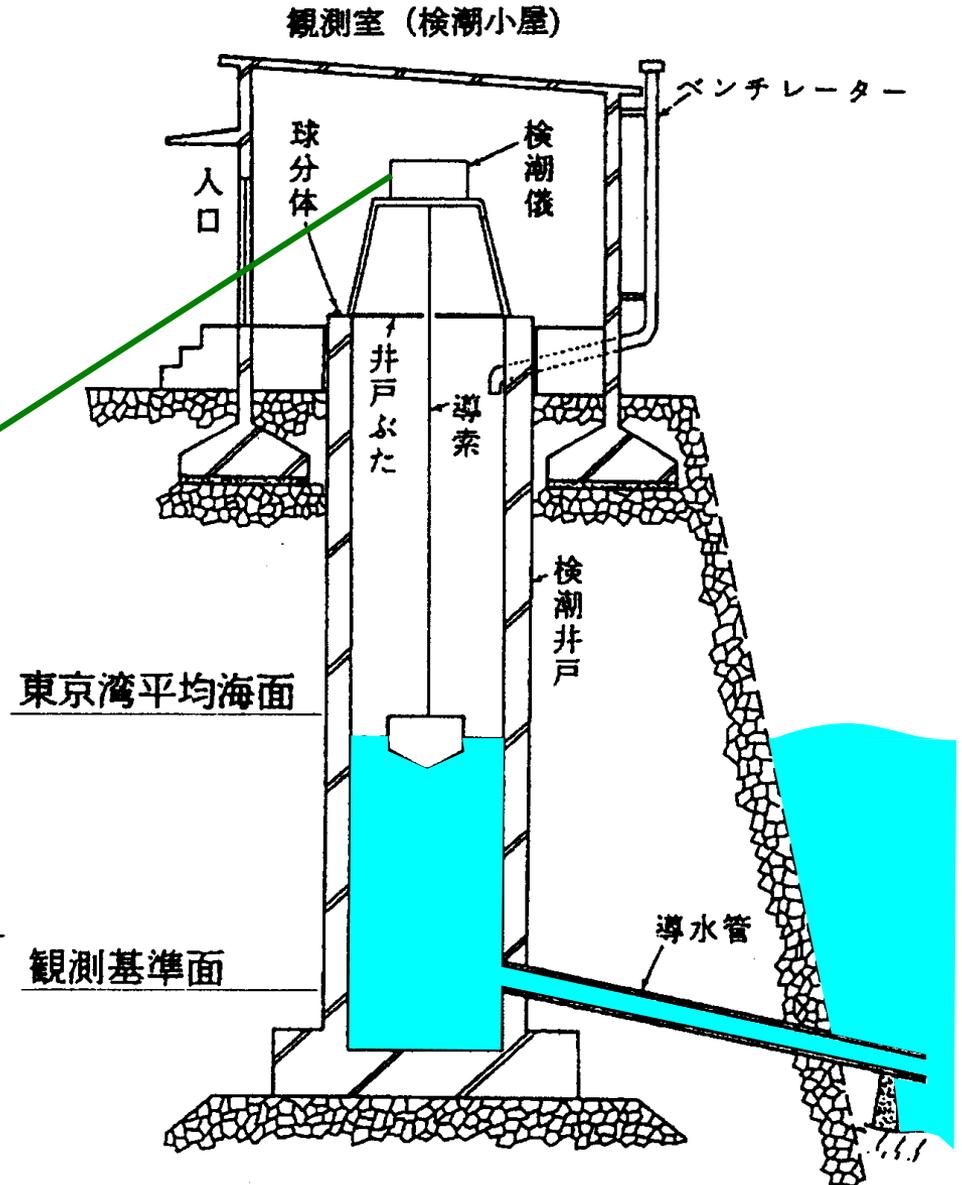
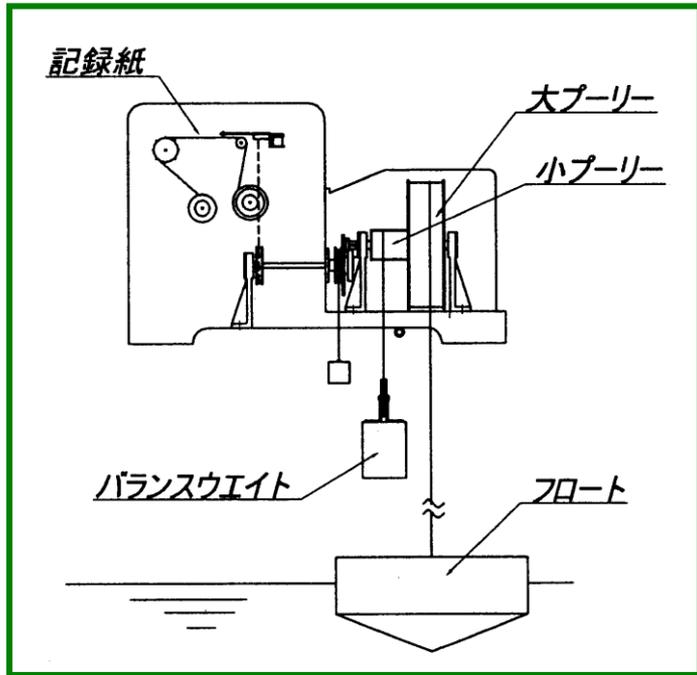


大潮満潮時に岸壁が浸水



太平洋沿岸では、数週～数ヶ月間、潮位が20～50cm高くなることがある。

# 潮位の観測（井戸とフロートを用いる方法）



# 講義内容

1. 高波と高潮による災害の例
2. 台風のしくみ
3. 波浪の発生のしかた, 伝わり方
4. 高潮が発生する理由
5. 気候変動による波浪や高潮の変化

# 気候変動に関する政府間パネルIPCC第4次報告書

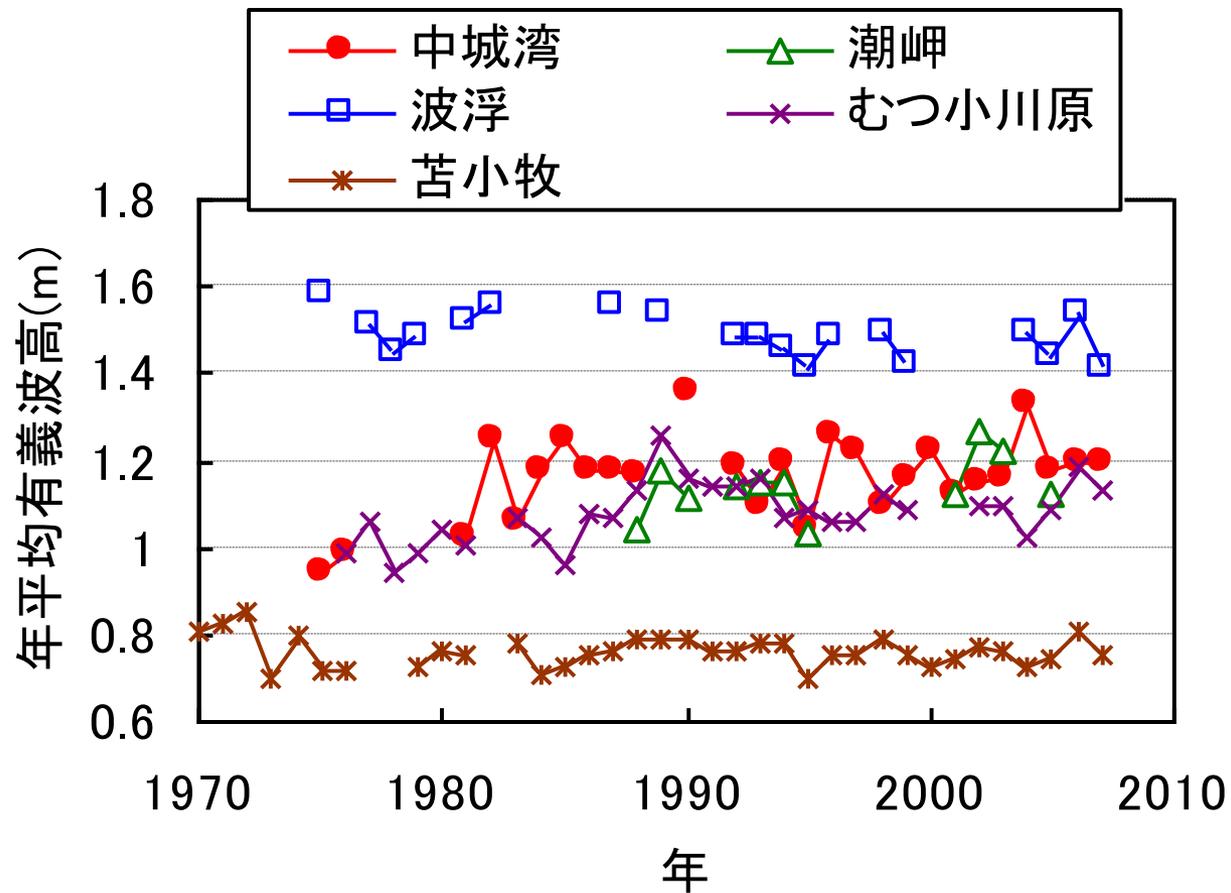
シナリオ	気温変化 (1980～1999年を基準とした2090～ 2099年の差 (°C)) <sup>a</sup>		海面水位上昇 (1980～1999年を基準とし た2090～2099年の差 (m))
	最良の推定値	可能性が高い 予測幅	モデルによる予測幅 (急速な氷の流れの力学 的な変化を除く)
2000年の濃度 で一定 <sup>b</sup>	0.6	0.3-0.9	資料なし
B1シナリオ	1.8	1.1-2.9	0.18-0.38
A1Tシナリオ	2.4	1.4-3.8	0.20-0.45
B2シナリオ	2.4	1.4-3.8	0.20-0.43
A1Bシナリオ	2.8	1.7-4.4	0.21-0.48
A2シナリオ	3.4	2.0-5.4	0.23-0.51
A1FIシナリオ	4.0	2.4-6.4	0.26-0.59

現象 <sup>a</sup> 及び傾向	20世紀後半(主に1960 年以降)に起こった可 能性	観測された傾向に対 する人間活動の寄与 の可能性 <sup>b</sup>	SRES シナリオを用いた 21世紀の予測に基づく 傾向の継続の可能性
強い熱帯低気圧の活動度の増加	いくつかの地域で 1970年代以降可能性 が高い	どちらかといえば <sup>f</sup>	可能性が高い
極端な高潮位の発生の増加 (津波を含まない) <sup>g</sup>	可能性が高い	どちらかといえば f, h	可能性が高い <sup>i</sup>

気象庁による和訳要旨

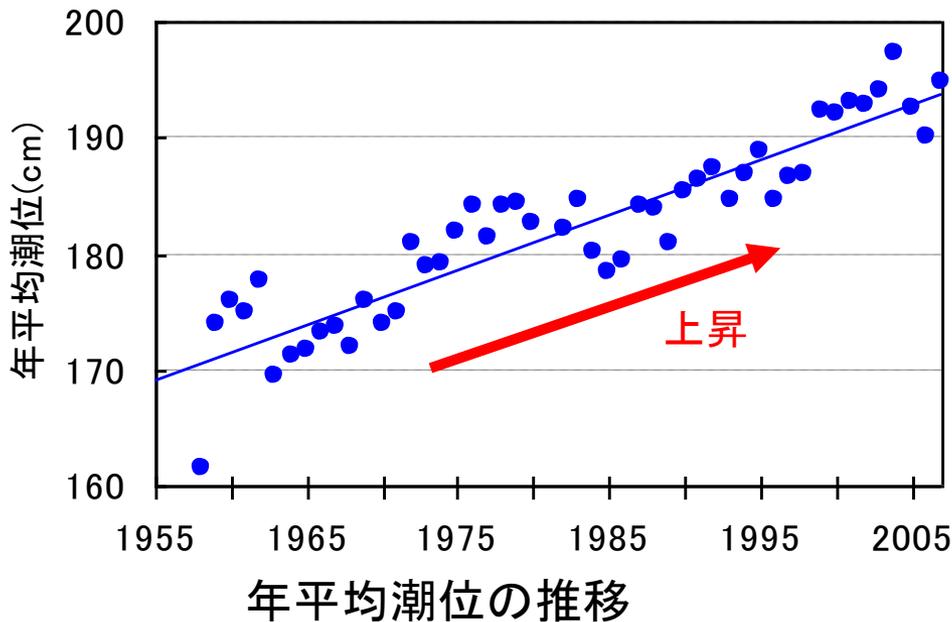
[http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/ipcc/ar4/ipcc\\_ar4\\_wg1\\_spm\\_Jpn\\_rev3.pdf](http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/ipcc/ar4/ipcc_ar4_wg1_spm_Jpn_rev3.pdf)

# 年平均有義波高の経年変化



各月の測得率が50%の年のみ表示

# 平均潮位の経年変化

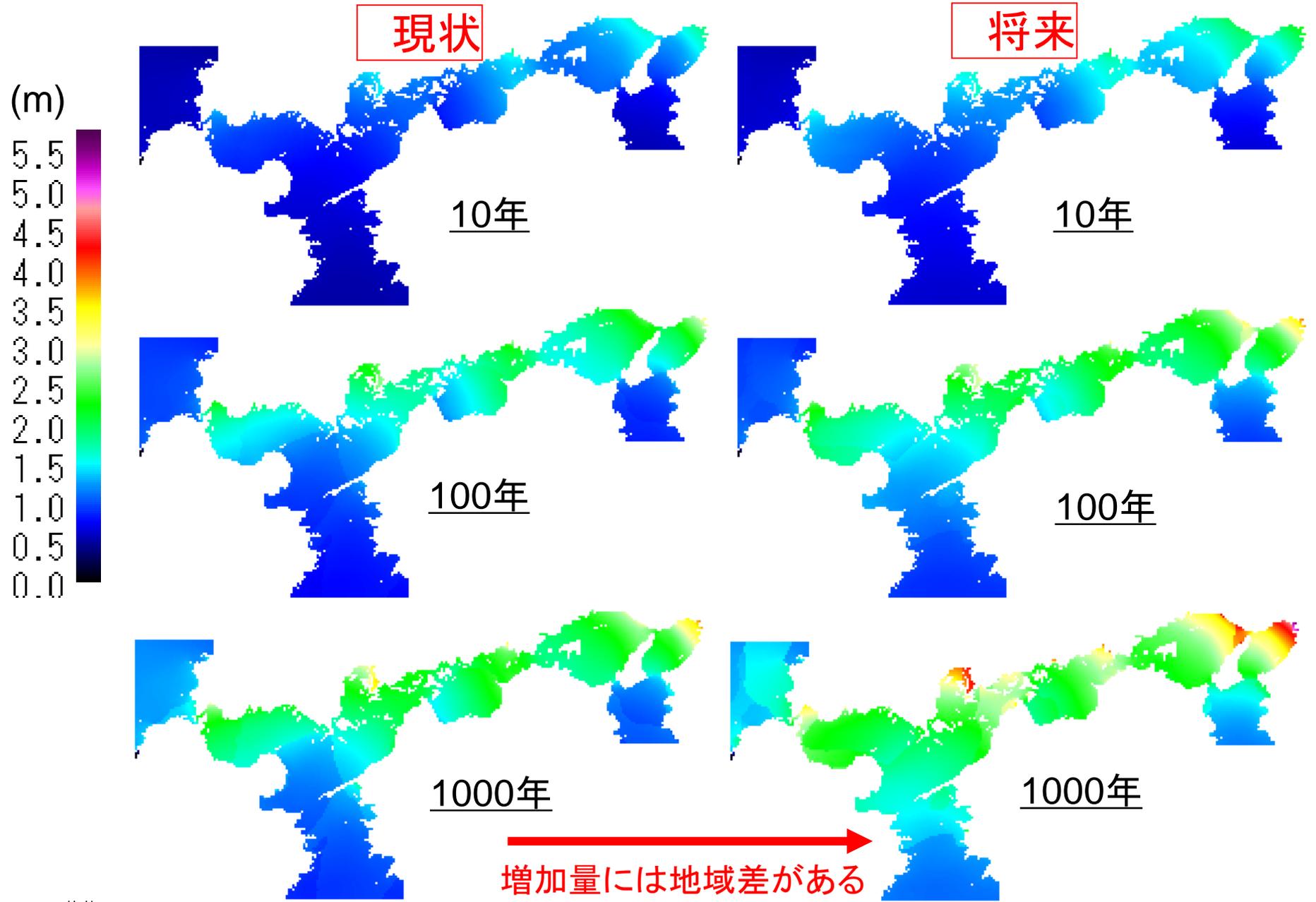


港湾空港技術研究所の検潮所  
1958年から計測・解析

地盤に対して約4.8mm/年の上昇  
(=基準点の地盤沈下:約2.3mm/年  
+純粋な海面上昇:約2.5mm/年)

※ 地盤沈下は、純粋な海面上昇を捉える上ではノイズだが、沿岸防災の観点では無視できない。

# 10~1,000年確率の高潮偏差の試算例



現状

将来

(m)

5.5

5.0

4.5

4.0

3.5

3.0

2.5

2.0

1.5

1.0

0.5

0.0

10年

10年

100年

100年

1000年

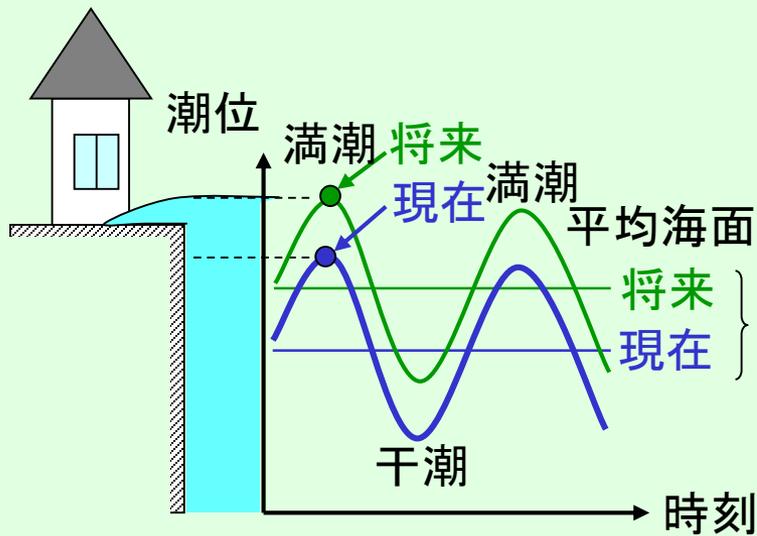
1000年

増加量には地域差がある

# 平均海面上昇と台風強大化による浸水被害の増加

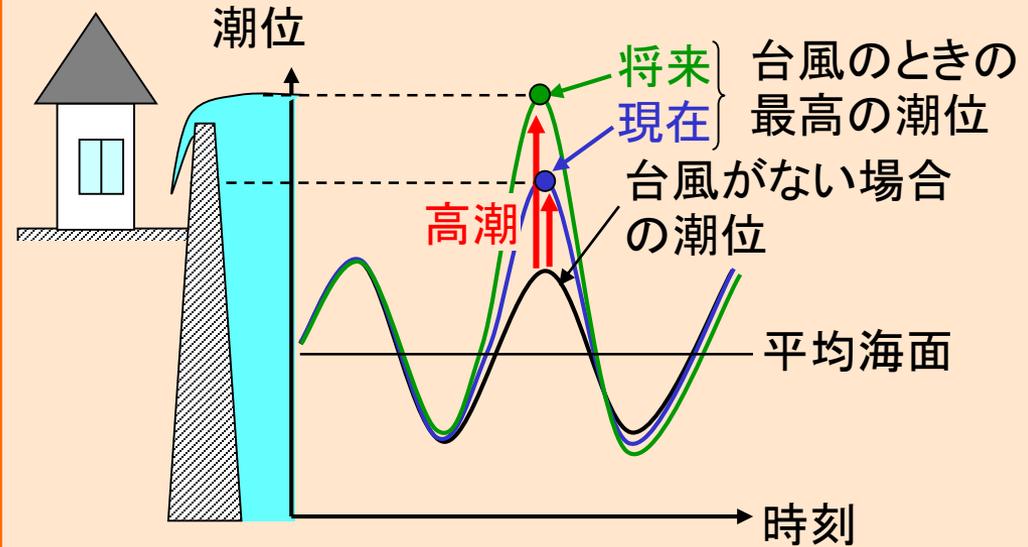
## ①平均海面上昇

今すでに海面スレスレの土地は、台風が来なくても、大潮の満潮のときに浸水するようになるかも。また、小さな高潮でも浸水しやすくなる。



## ②台風強大化(高潮偏差や波高の増大)

台風のときの激しい高潮と高波で、堤防が壊れやすく、陸地も浸水しやすくなる。



- ・ 温暖化予測には**予測モデル**と**将来の人間活動**という2つの**不確定性**があり、今すぐに具体的な適応策(設計基準の変更)は難しい。
- ・ **長期モニタリング**によるトレンドの感知, 気候変動シナリオによる**感度分析(弱点探し)**, 「どれだけ変動したら何をするか」という**国土防衛シナリオの構築**が必要。

# 伊勢湾台風を契機とするハード防災

## 代表的な台風災害

1934年：室戸台風（死者3,306名）

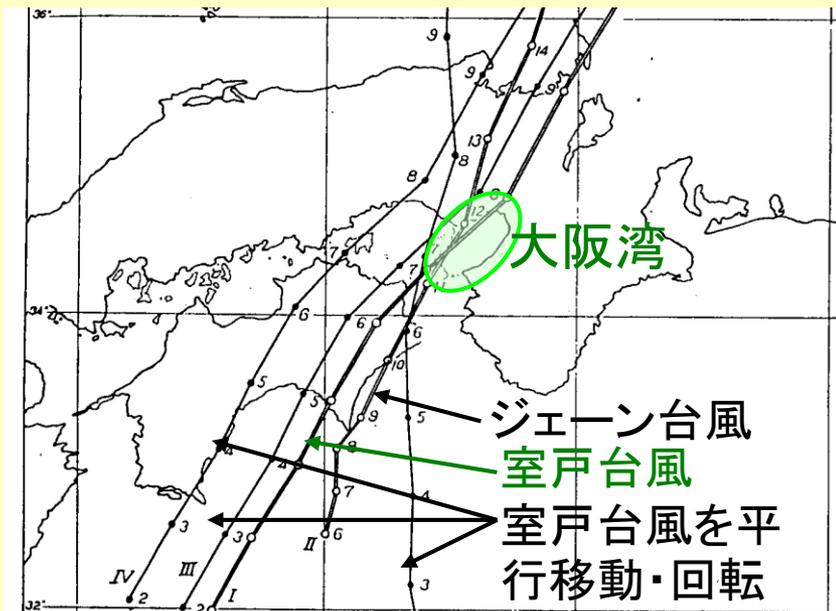
1942年：周防灘台風（1,158名）

1945年：枕崎台風（3,756名）

1953年：13号台風（478名）

1959年：伊勢湾台風（5,098名）

各海域でワーストケースを想定



大阪湾高潮の総合調査報告（気象庁・第三港湾建設局，1961）

ハード中心の高潮対策（堤防など）

①朔望平均満潮位（大潮の満潮位）

+ 伊勢湾台風級の高潮偏差

②既往最高潮位



高潮災害の大幅な減少

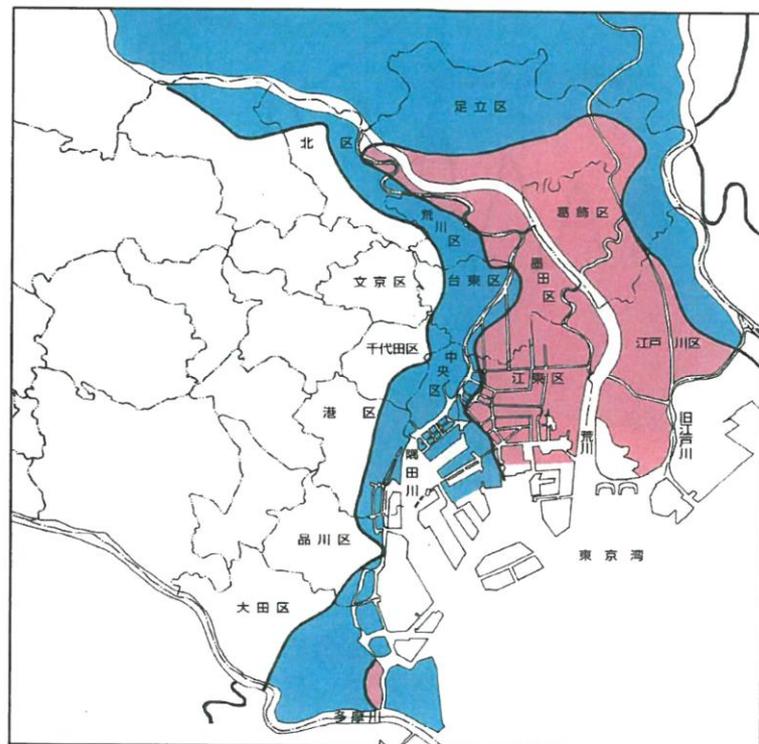
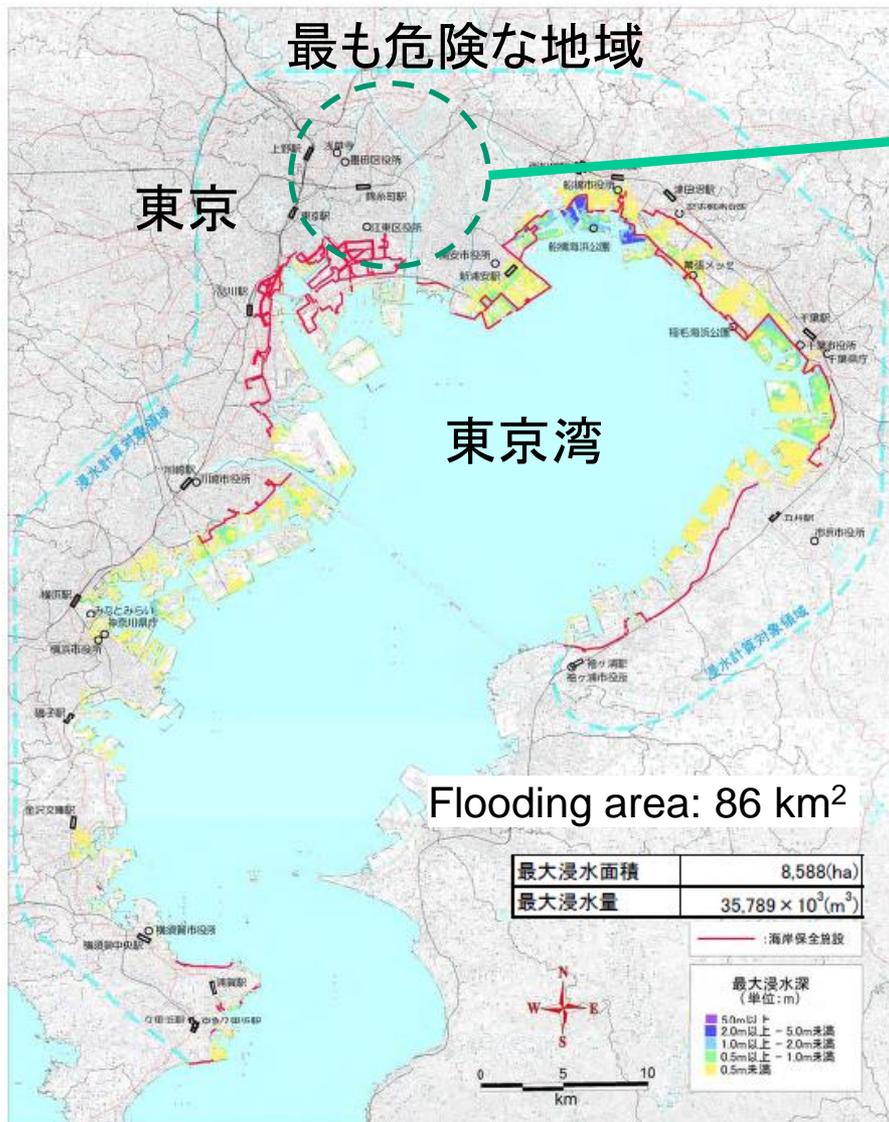


近年になって再び高潮災害が頻発

疑問「そもそも伊勢湾台風級とは何か？」

# 東京都の高潮防災

# 東京湾の高潮防御



# ゼロメートル地帯 (H.W.L.よりも低い地盤)

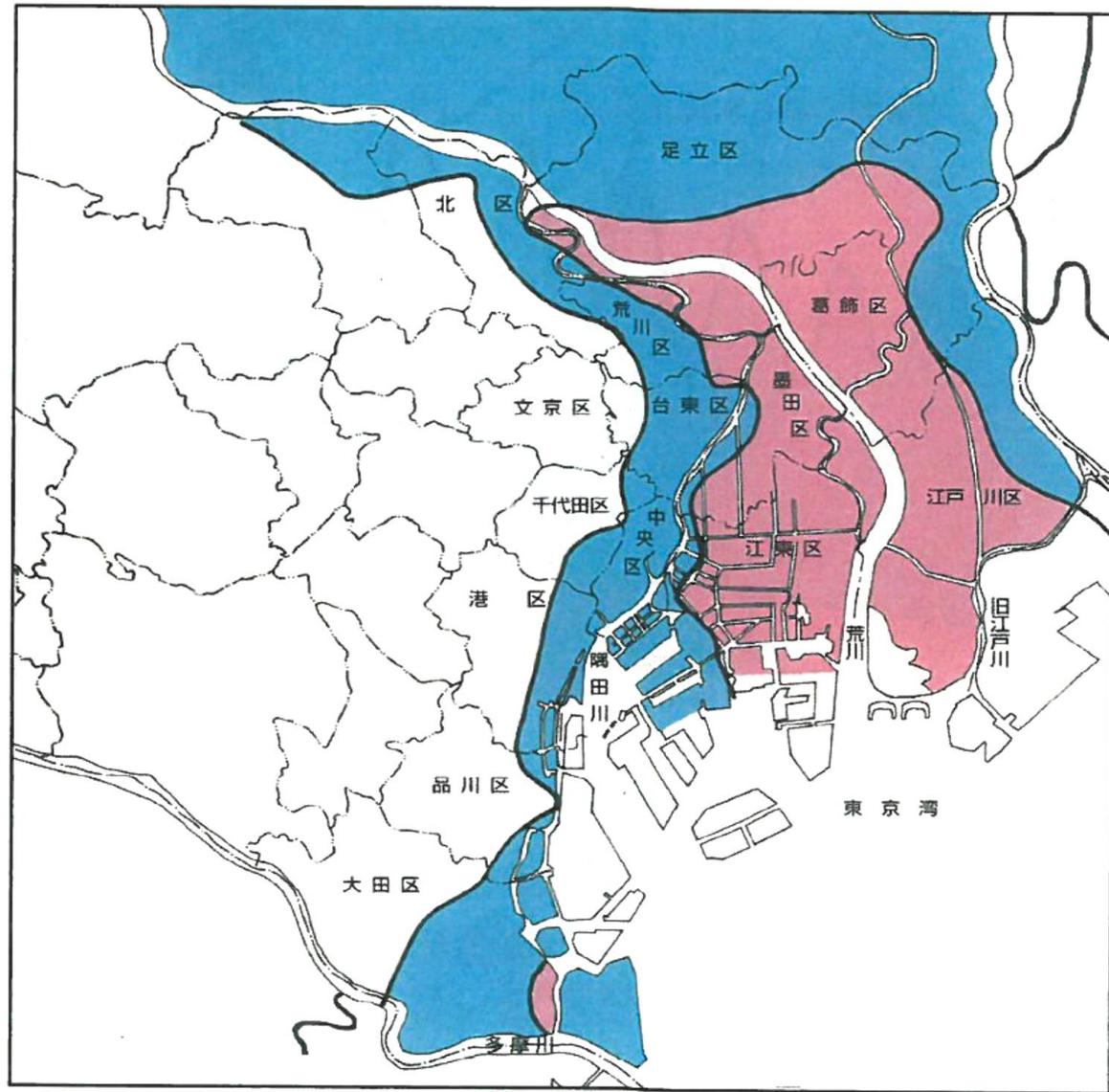
- ✓ 河口デルタ
- ✓ 人工的に埋め立てられた



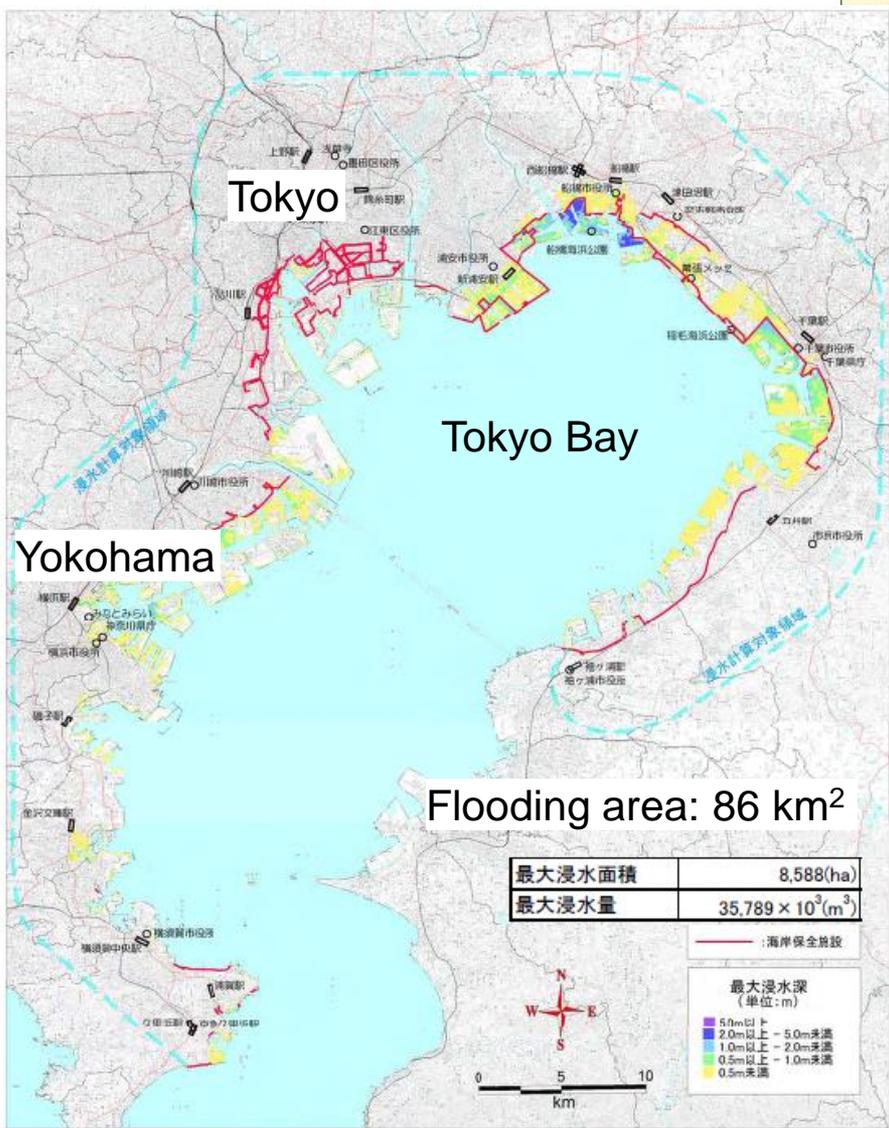
H.W.L.以下  
150万人



L.W.L.+5m以下  
300万人



# 東京港の防潮ライン

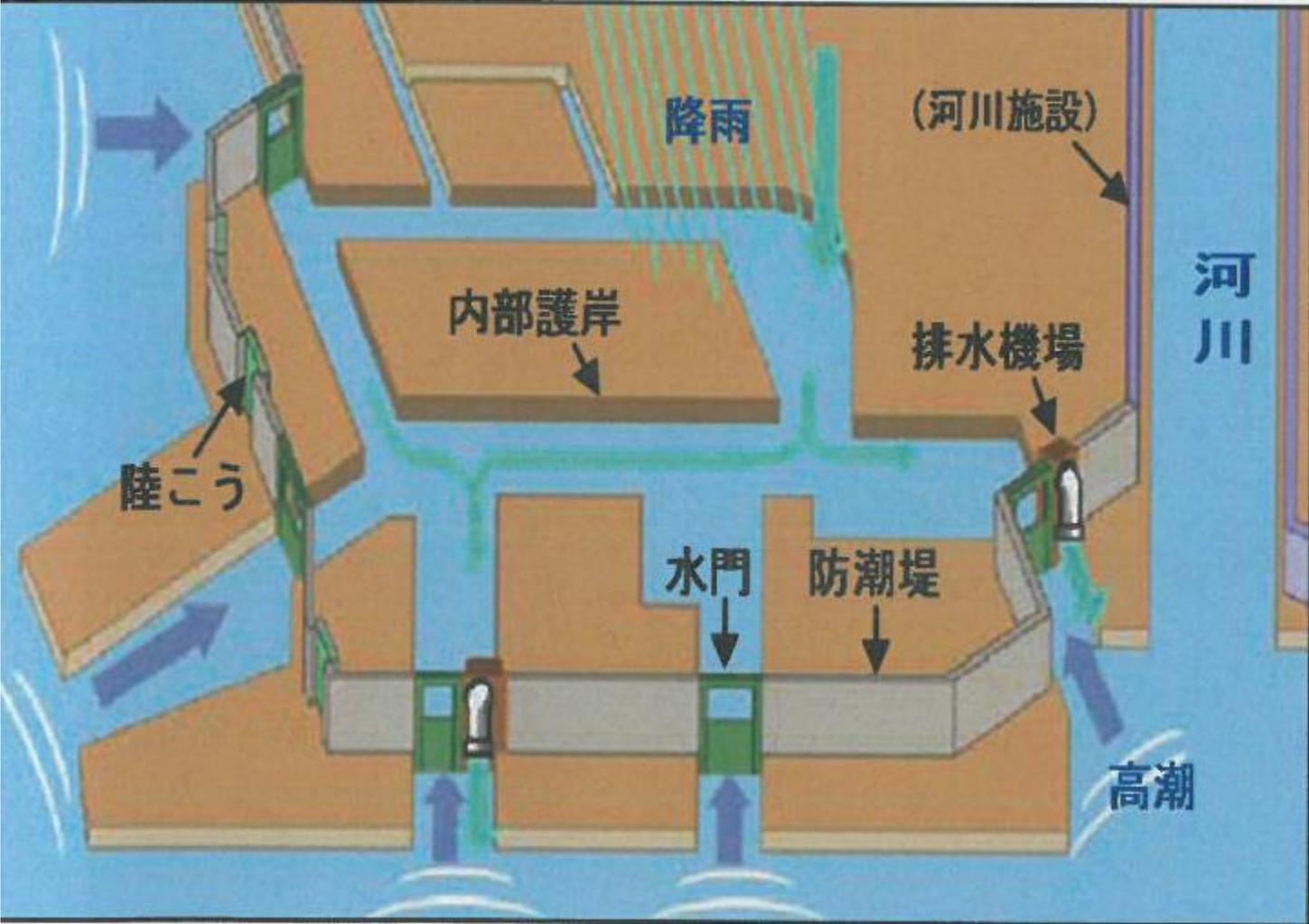


【東京湾海岸保全施設整備計画(平成24年12月)】

# 東京港の海岸防御構造物



【東京港海岸保全施設整備計画(平成24年12月)】



➤ 護岸



grass

➤ 水門

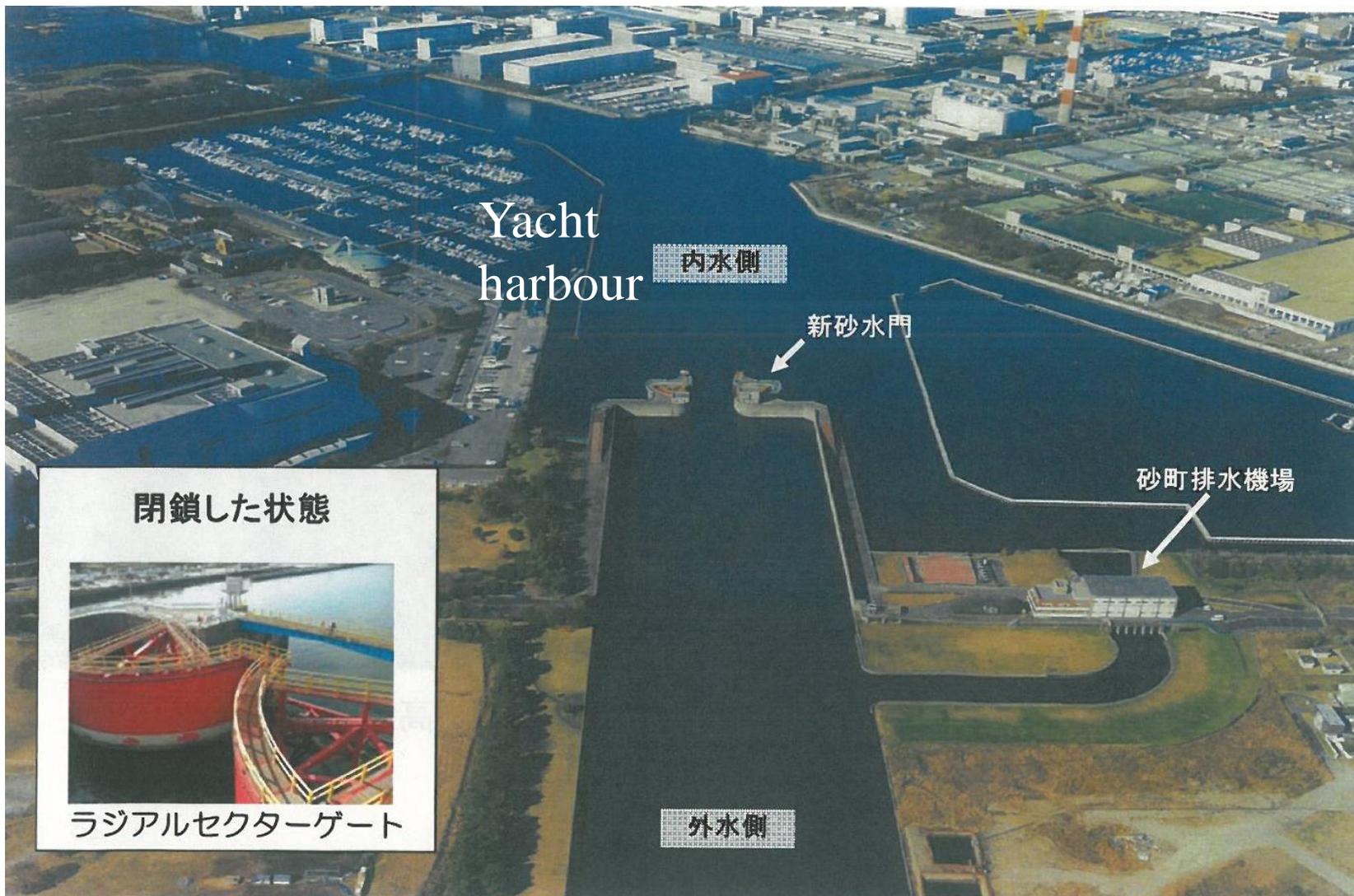
東京港には19の  
水門がある

閉鎖に5分  
オープンに10分



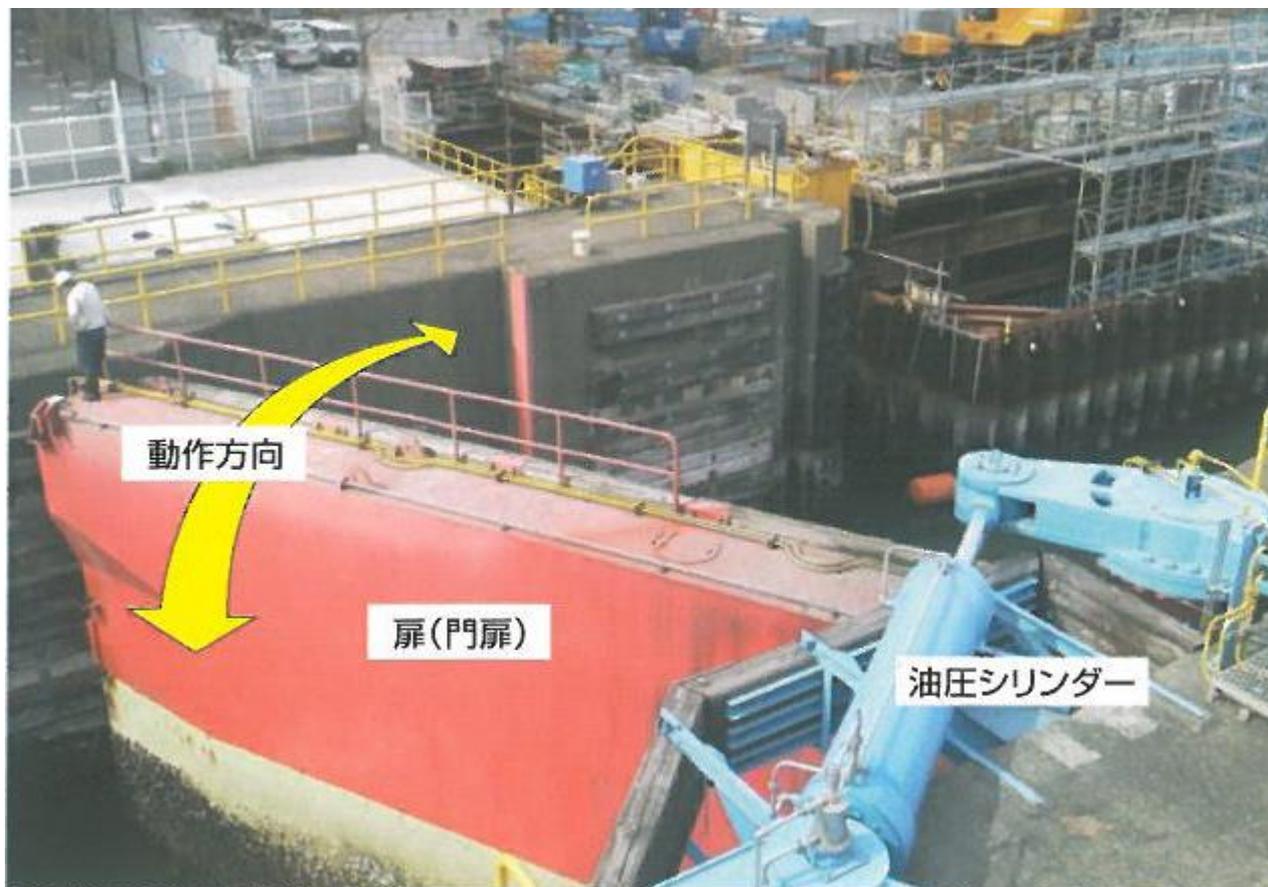
高浜水門

# ➤ 洪水ゲート



➤ 洪水ゲート (Swing type)

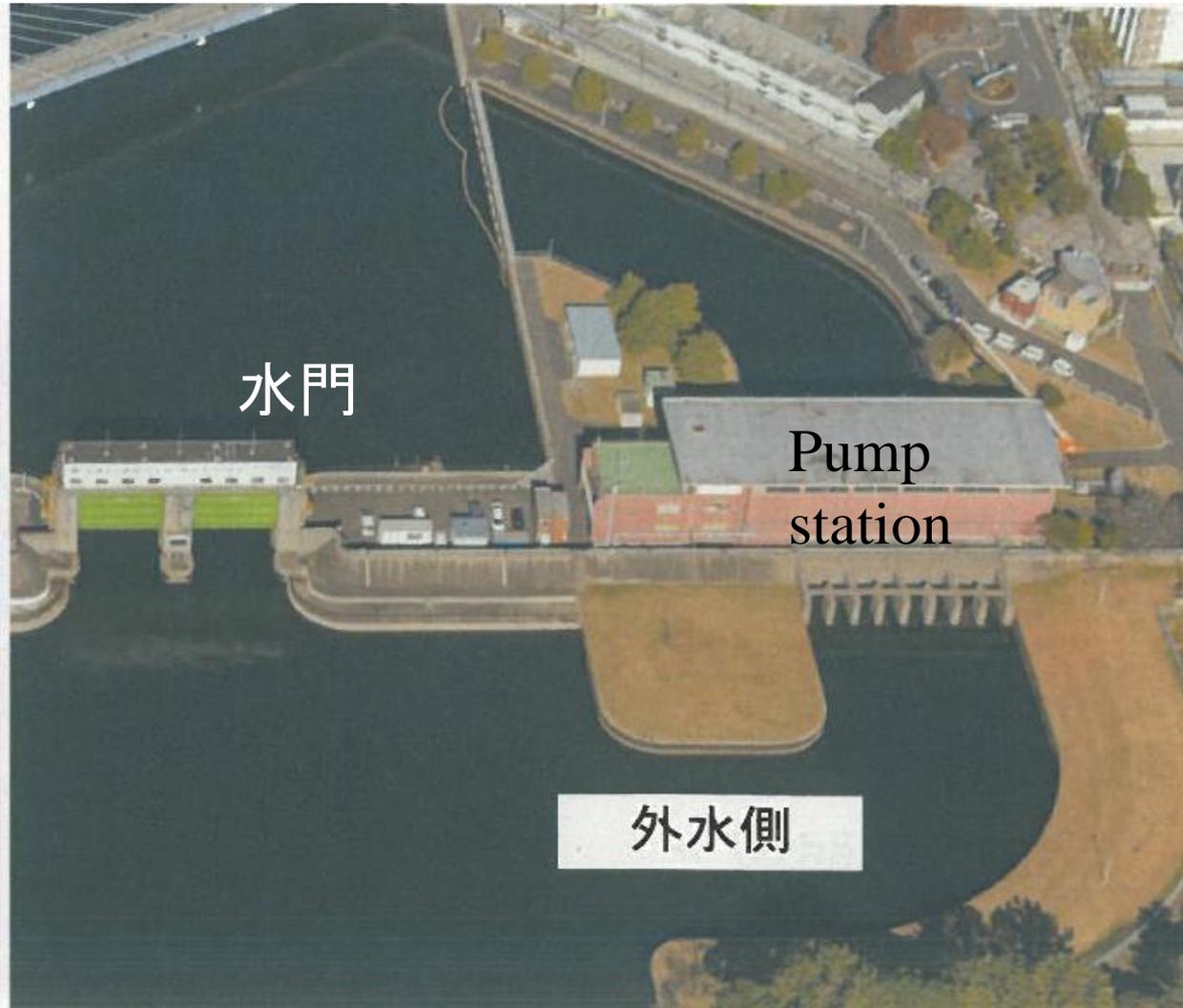
閉鎖に8分  
オープンに8分



➤ 陸こう



➤ 排水機場



## ➤ Pump station



1962

48 m<sup>3</sup>/s

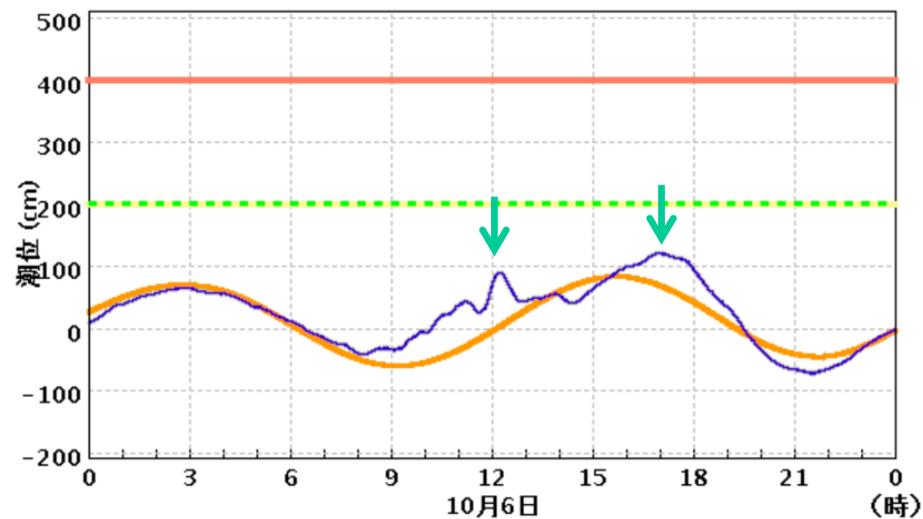
➤ 高潮防砂センター(辰巳)

Remote control of flood gates



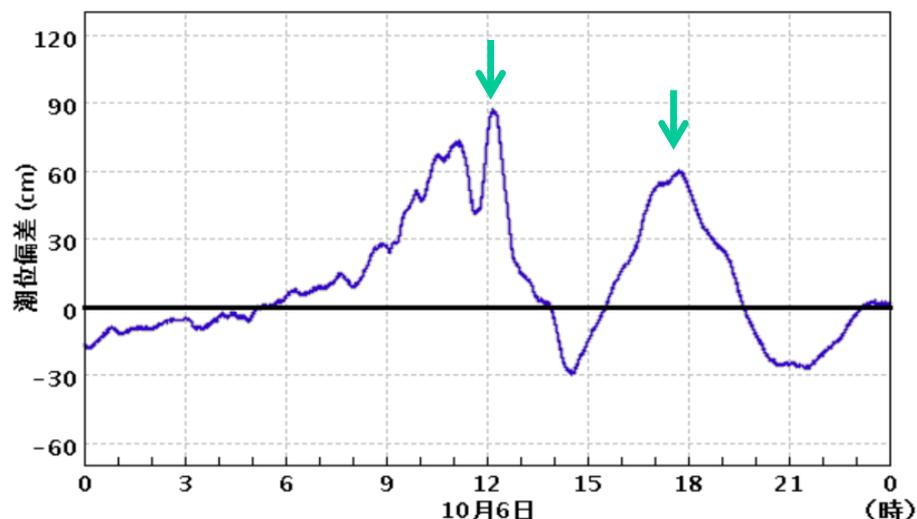
# 2014年台風18号による東京湾の副振動

## 潮位



Oct 6

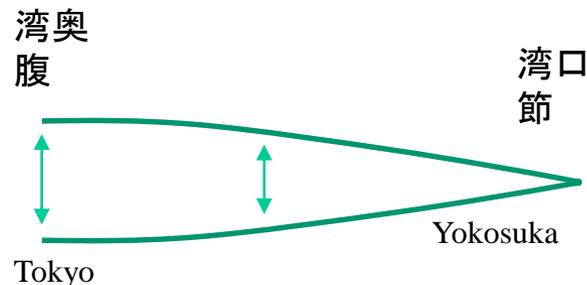
## 高潮偏差



Oct 6

All rights reserved. Copyright © Japan Meteorological Agency

- 台風18号は10月6日12時に接近
- セイシュ(副振動)が発生 最大潮位は約6時間後の17時頃に発生
- 東京湾の6時間周期の副振動は宇野木(1987)によって発見された

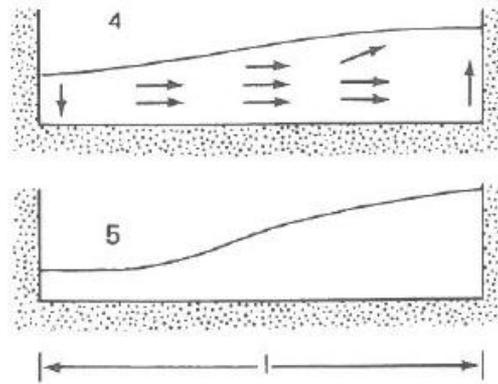
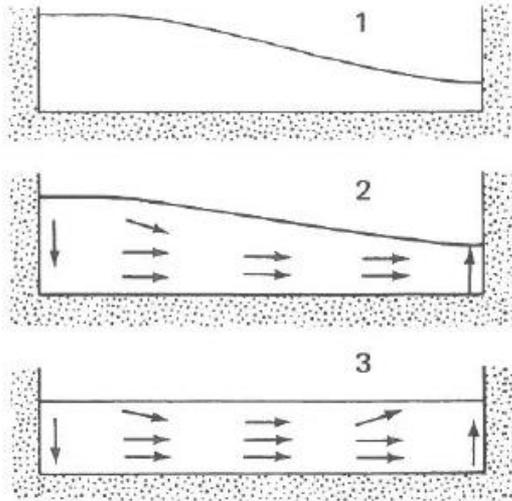


$$C(\text{wave celerity}) * T(\text{period}) = L(\text{wave length})/4$$

$$(gh)^{1/2} * T = L/4$$

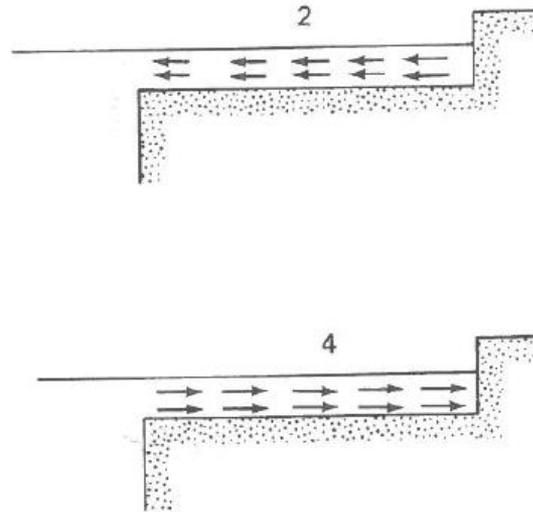
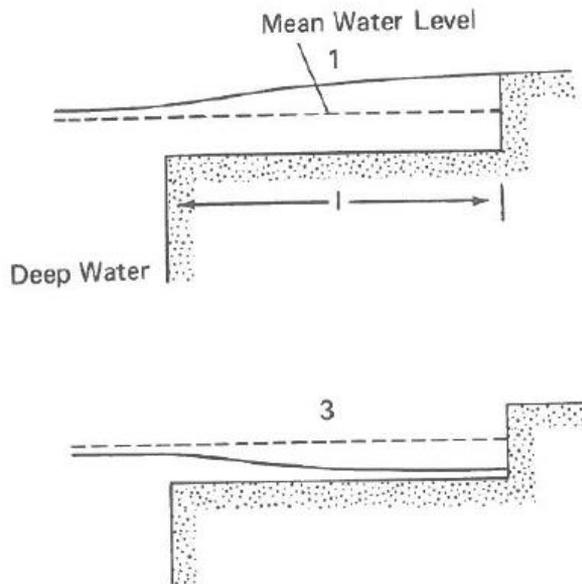
$$L = (9.8\text{m/s} * 20\text{m})^{1/2} * (3600\text{s} * 6\text{hrs}) * 4 = 75.6(\text{km})$$

# セイシュ(副振動)



$$T = \frac{2l}{n\sqrt{gh}}$$

$$n = 1, 2, 3, \dots$$

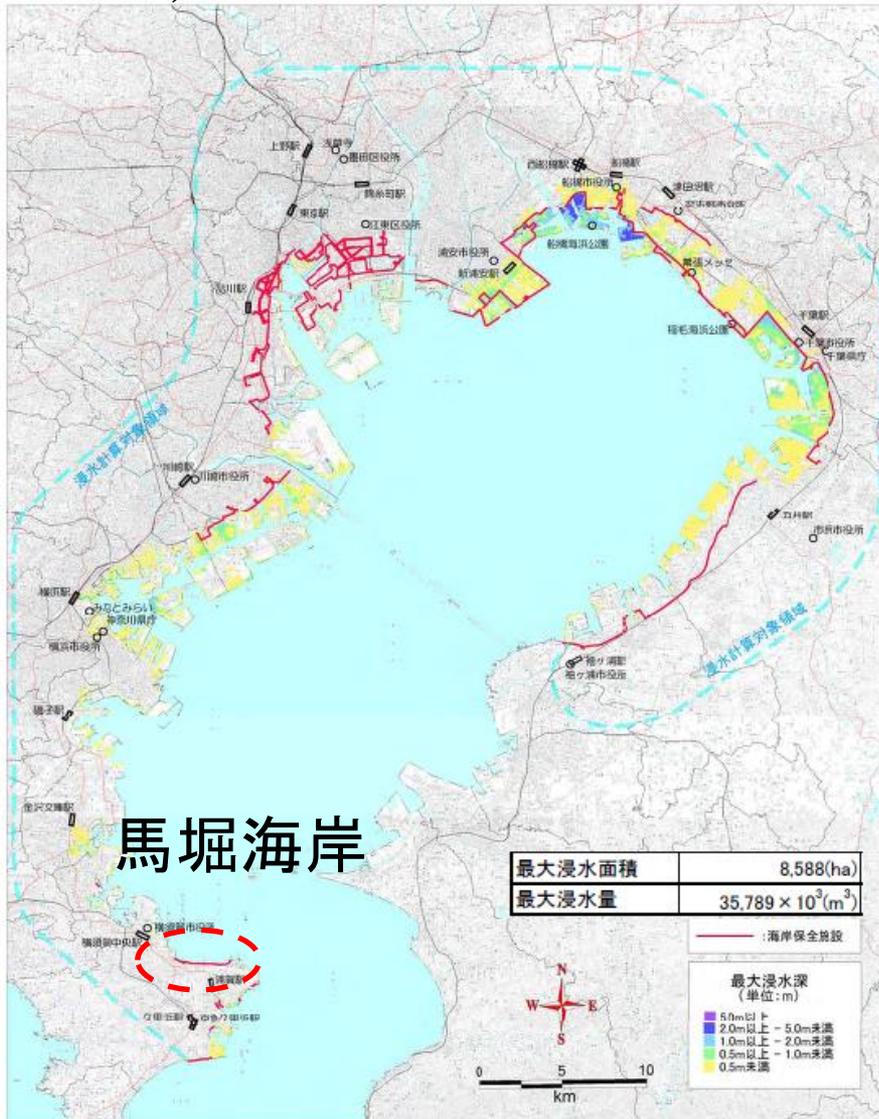


$$T = \frac{4l}{n\sqrt{gh}}$$

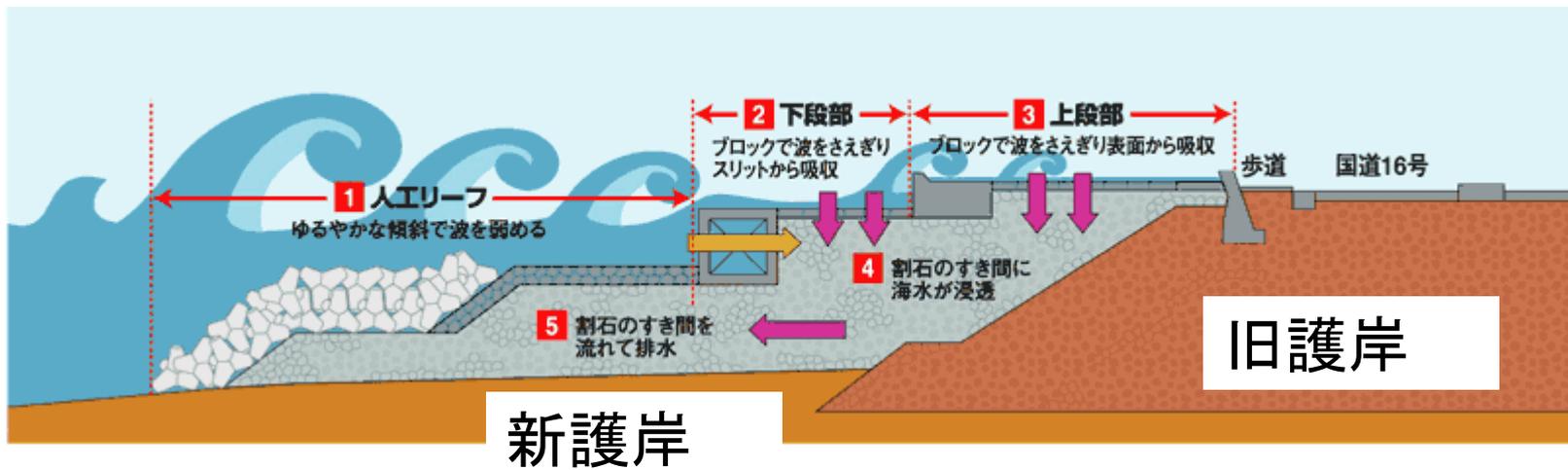
$$n = 1, 3, 5, \dots$$

# 高潮

1996, 1997



設計波が小さすぎた



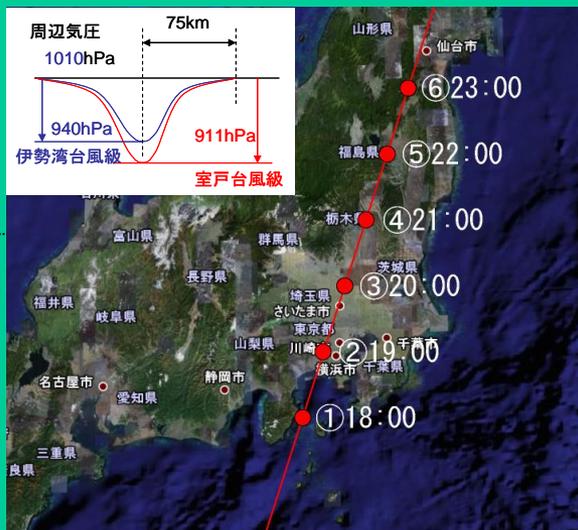
設計波を見直し、国土交通省が新護岸を設計



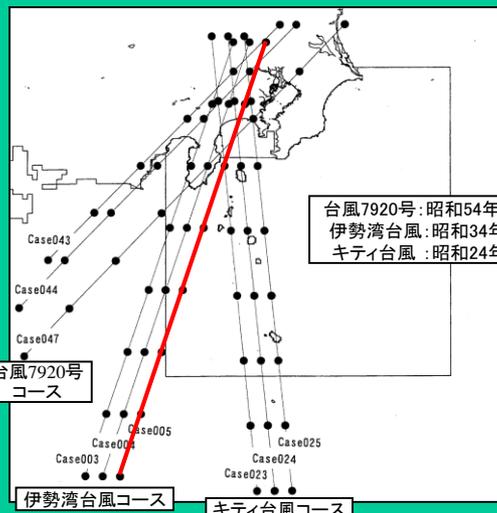
# 高潮浸水シミュレーション

## 台風コース設定

台風コースについては、既往の検討結果から9コース(台風7920号コース、伊勢湾台風コース、キティ台風コース)について、予測偏差順位と影響人口による重み付けから求めた高潮偏差の人口分布影響度数をもとに、首都圏沿岸部に最も影響のあると考えられるCase005を選定。



## 台風コース設定予備検討



台風7920号: 昭和54年10月上陸  
伊勢湾台風: 昭和34年9月上陸  
キティ台風: 昭和24年8月上陸

代表点の推算偏差と影響人口		横須賀		横浜		川崎		芝浦		浦安市 市川市 船橋市		千葉市		
推奨地点	影響範囲	コース	偏差(m)	コース	偏差(m)	コース	偏差(m)	コース	偏差(m)	コース	偏差(m)	コース	偏差(m)	
	426,178人			3,579,628人		1,327,011人		8,489,653人		1,191,733人		924,319人		
順位		1	C005	1.39	C004	1.68	C004	1.76	C005	2.19	C003	2.20	C044	2.68
		2	C004	1.37	C005	1.67	C003	1.71	C024	2.14	C004	2.18	C043	2.66
		3	C044	1.28	C003	1.57	C005	1.68	C044	2.11	C024	2.14	C005	2.64
		4	C003	1.26	C044	1.55	C024	1.64	C004	2.11	C005	2.09	C004	2.62
		5	C043	1.25	C043	1.53	C043	1.63	C043	2.06	C025	2.09	C003	2.50
		6	C025	1.23	C024	1.51	C044	1.62	C025	2.05	C023	2.06	C025	2.13
		7	C024	1.21	C025	1.51	C025	1.60	C023	2.02	C044	2.04	C047	2.11
		8	C023	1.13	C023	1.42	C023	1.59	C003	1.97	C043	2.03	C024	2.05
		9	C047	0.97	C047	1.18	C047	1.24	C047	1.41	C047	1.49	C023	1.92

※各都市の人口は平成17年度国勢調査結果を用いた。



予測偏差順位及び影響人口による重み付けによる分析結果

## ■ 計算方法

- 偏差順位の重み付け  
9コースの1位から9位に9/9~1/9を与えた。
  - 影響人口の重み付け  
エリアの人口を全体の人口で割って重み付け
- 影響度数 = 偏差順位の重み × 影響人口の重み

## 潮位条件

初期潮位は、東京湾各港の朔望平均満潮位※1 (H.W.L.) を基本とし、地球温暖化を考慮する場合は、これに0.6m※2を加える。

※1: 朔望平均満潮位: 朔望(いわゆる新月及び満月)の日から前2日後4日以内に現れる各月の最高満潮位を平均した水面。

※2: IPCC第4次報告書での平均海面水位上昇の最大値59cmより設定



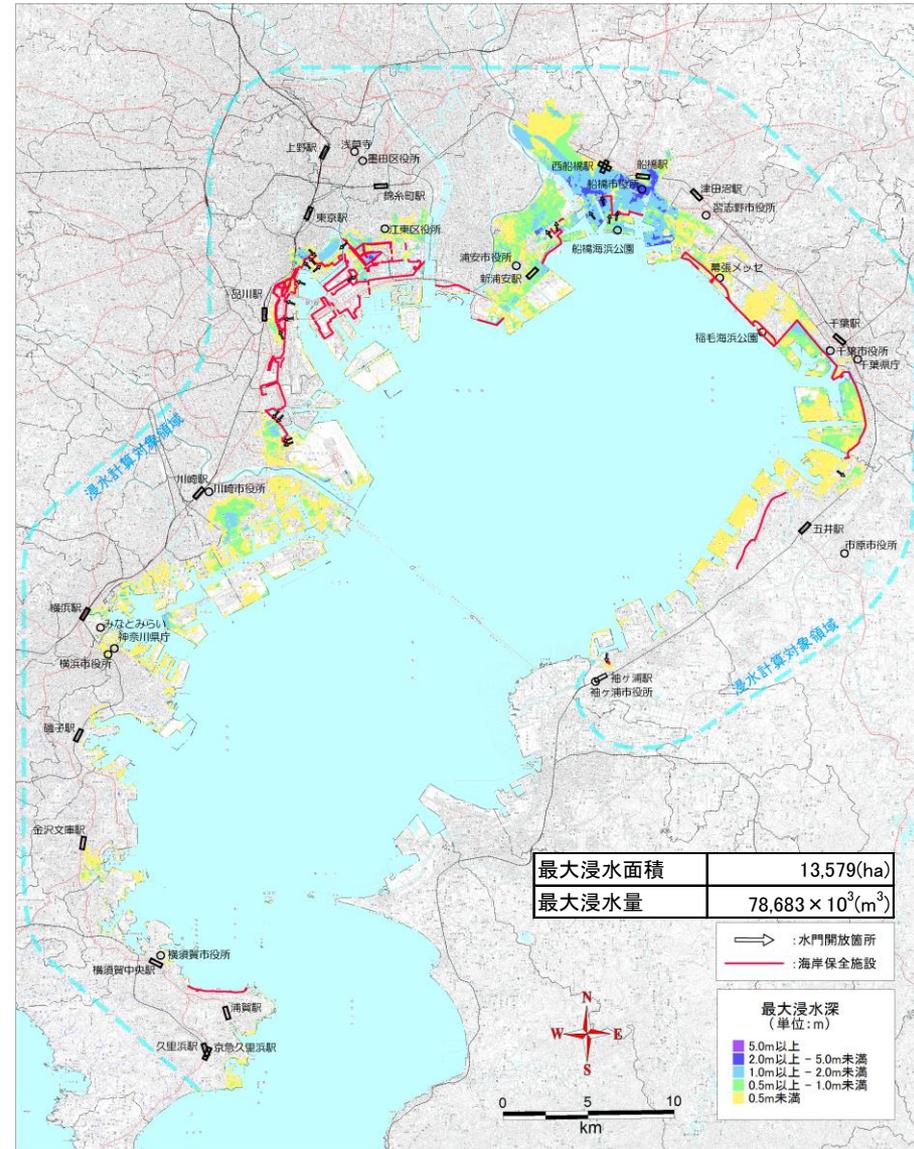
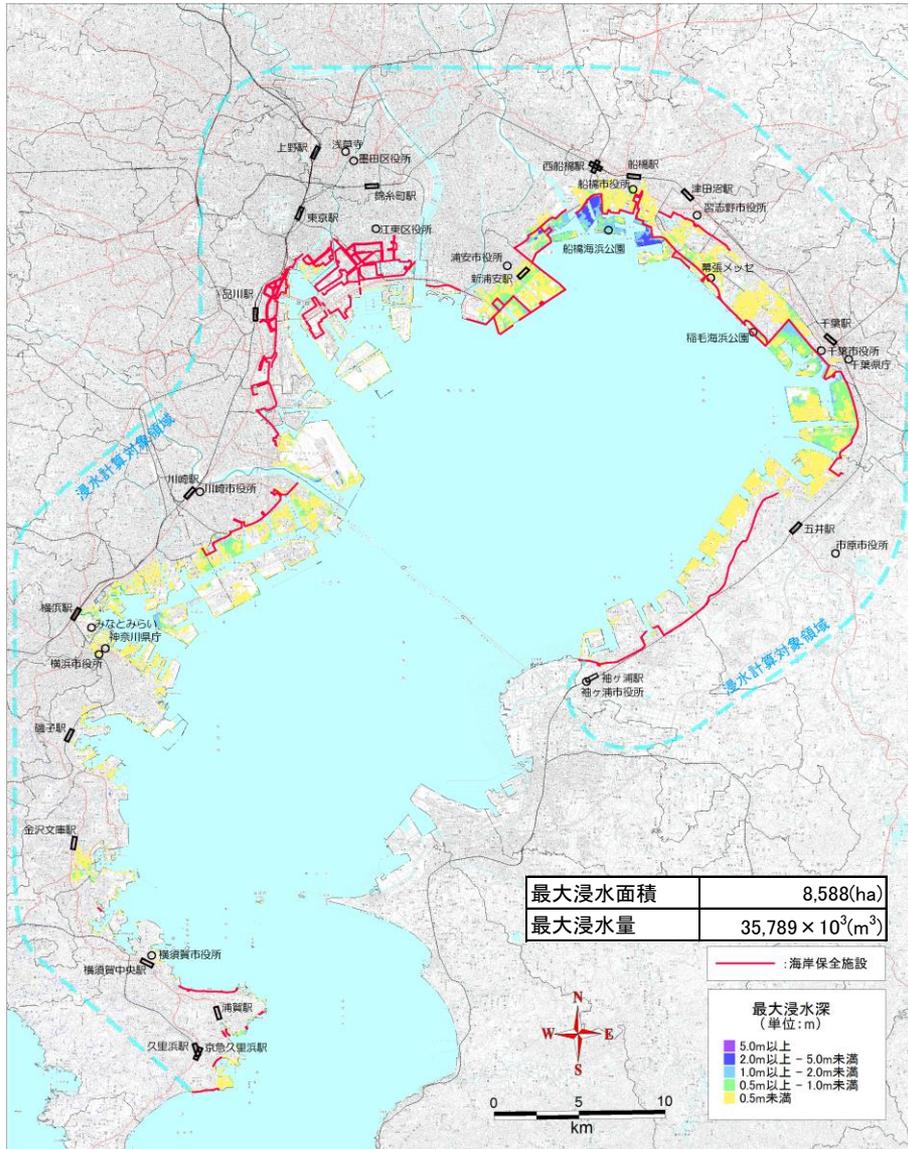
# 各シナリオの浸水想定結果の概要

	シナリオA	シナリオB	シナリオC	シナリオD	シナリオE	シナリオF
潮位の初期条件	朔望平均満潮位			朔望平均満潮位 + 0.6 m		
台風の規模	伊勢湾台風級		室戸台風級	伊勢湾台風級	室戸台風級	
海岸保全施設 条件設定	現 状	地震による被災を想定（レベル1地震動以上に対応する施設のみ正常に機能。耐震性の有無が不明な施設及び耐震性を有さない施設は存在しないものと仮定。ただし、液状化による地盤高の沈下は考慮していない。）	現 状			全ての水門が閉鎖できず、ゼロメートル地帯で破堤が発生。
水門の開閉	全水門閉鎖	耐震化対策未施工箇所は開放	全水門閉鎖			全水門開放
最大浸水面積 (ha)	8,588	13,579	16,628	16,105	24,619	27,630
最大浸水量 (×1,000m <sup>3</sup> )	35,789	78,683	116,693	102,645	265,492	324,365

# 各シナリオの浸水想定結果

シナリオA 海岸保全施設等の機能は正常、伊勢湾台風級  
温暖化による水位上昇考慮しない

シナリオB 海岸保全施設等が地震で被災、伊勢湾台風級  
温暖化による水位上昇考慮しない



注1：海岸保全施設については海岸省庁（水産庁、農林水産省農村振興局、国土交通省河川局）及び海岸管理者の協力を得て、平成20年度末の天端高及び耐震化状況を設定。

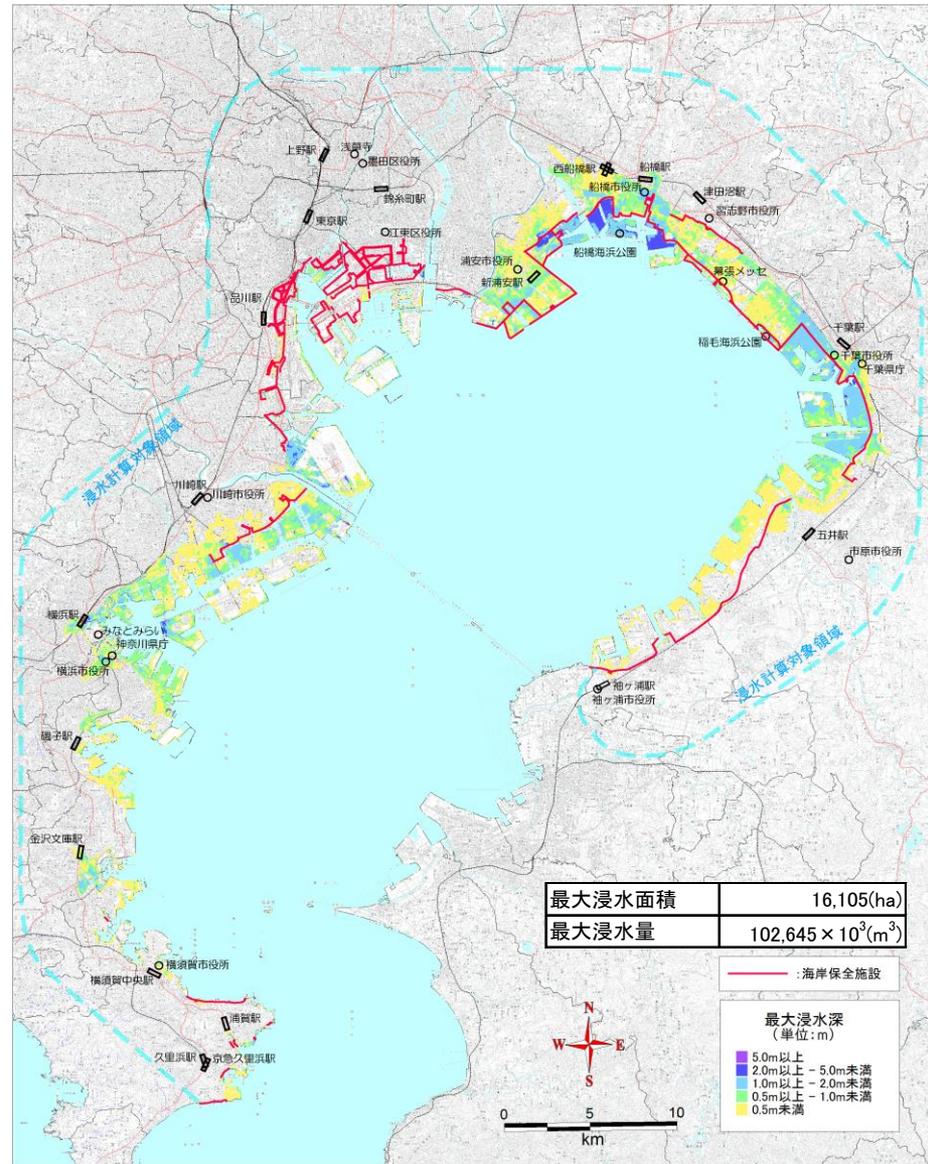
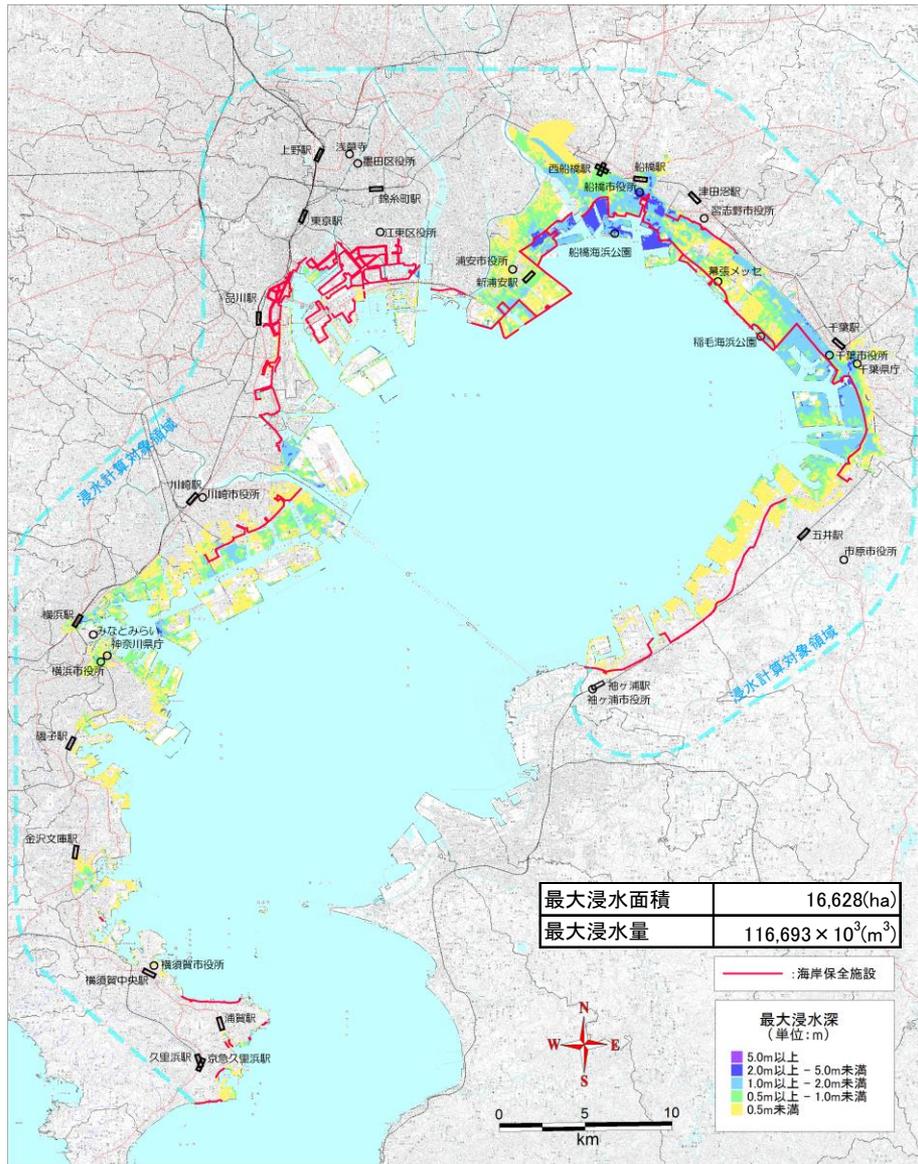
注2：本想定は、東京湾沿岸部分からの越波・越流等による浸水想定結果を示したものであり、河川からの氾濫浸水及び排水については考慮していない。

注3：本想定は、東京湾沿岸全体で影響人口が最も大きくなると推測される台風コースを設定した場合の最大浸水深を示したものである。地域によっては、台風コースにより、本想定よりも最大浸水深が大きくなる可能性がある。

# 各シナリオの浸水想定結果

シナリオC 海岸保全施設等の機能は正常、室戸台風級  
温暖化による水位上昇考慮しない

シナリオD 海岸保全施設等の機能は正常、伊勢湾台風級  
温暖化による水位上昇を考慮 (+0.6m)



注1：海岸保全施設については海岸省庁（水産庁、農林水産省農村振興局、国土交通省河川局）及び海岸管理者の協力を得て、平成20年度末の天端高及び耐震化状況を設定。

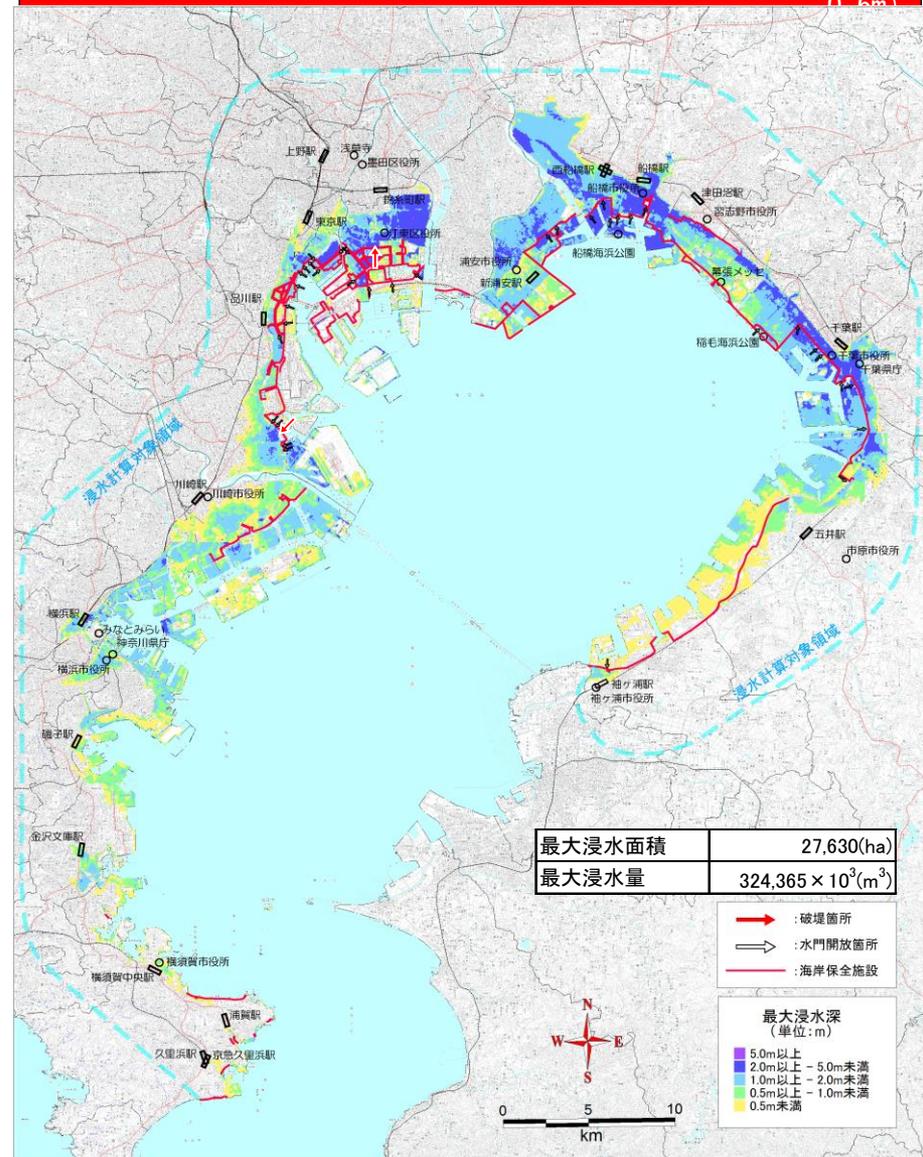
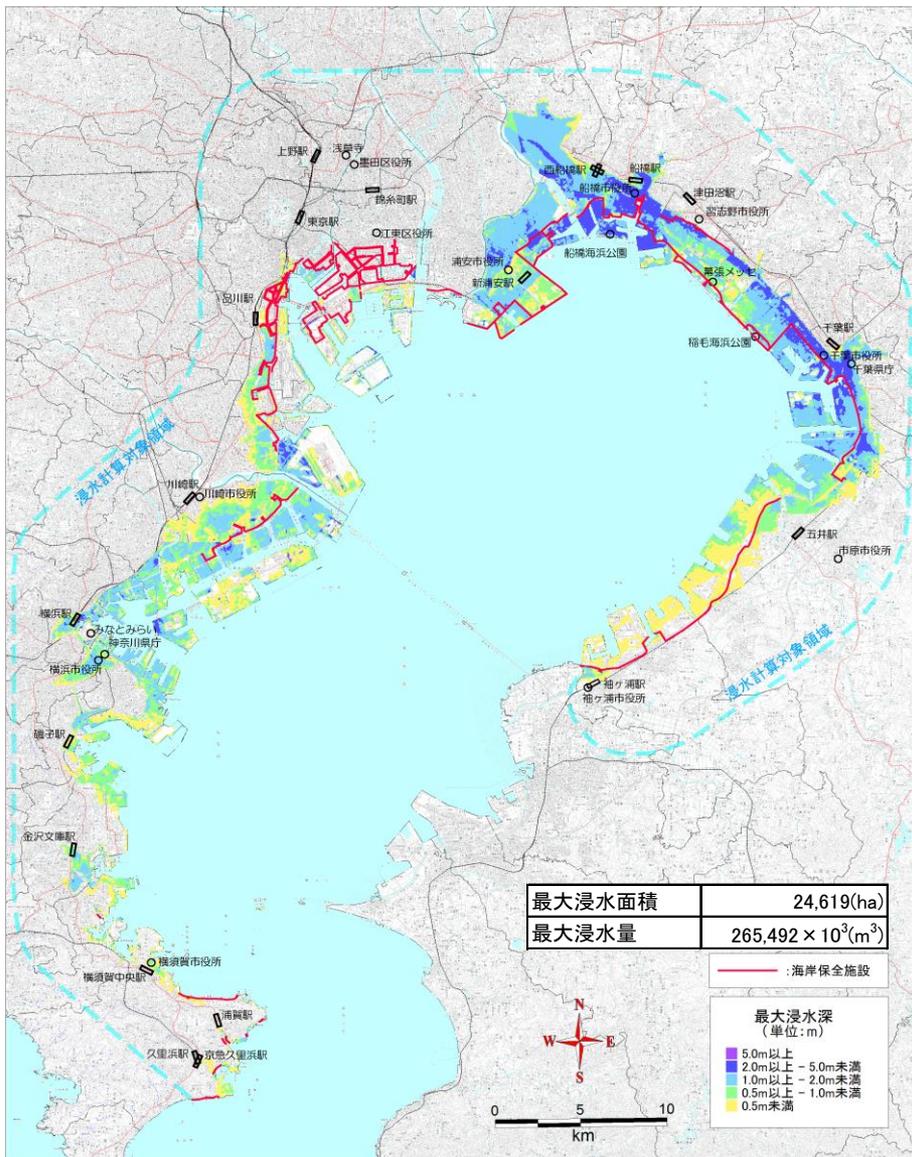
注2：本想定は、東京湾沿岸部分からの越波・越流等による浸水想定結果を示したものであり、河川からの氾濫浸水及び排水については考慮していない。

注3：本想定は、東京湾沿岸全体で影響人口が最も大きくなると推測される台風コースを設定した場合の最大浸水深を示したものである。地域によっては、台風コースにより、本想定よりも最大浸水深が大きくなる可能性がある。

# 各シナリオの浸水想定結果

シナリオE 海岸保全施設等の機能は正常、室戸台風級  
温暖化による水位上昇を考慮 (+0.6m)

シナリオF 全水門開放及びゼロメートル地帯で破堤  
室戸台風級、温暖化による水位上昇を考慮 (+0.6m)

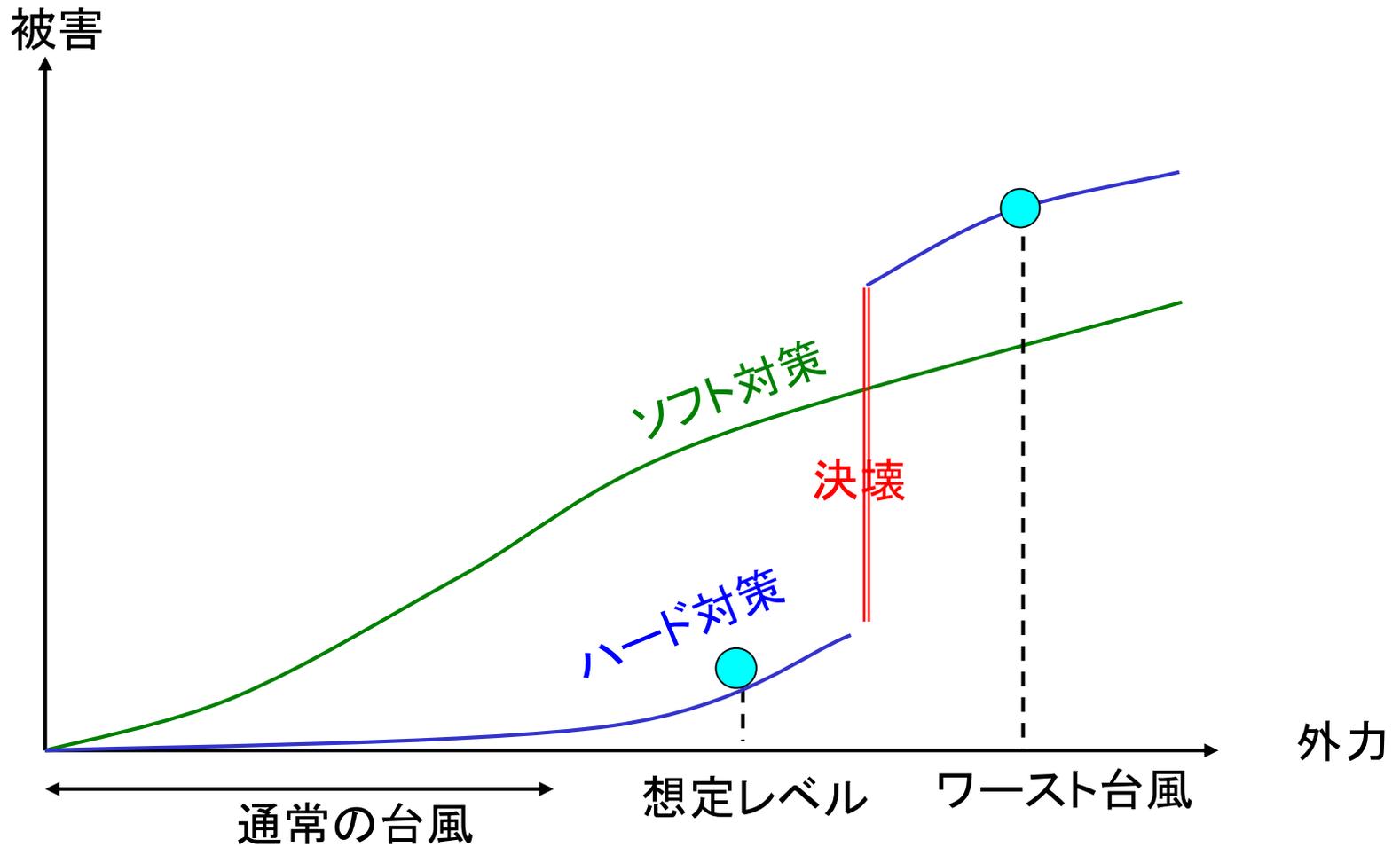


注1: 海岸保全施設については海岸省庁(水産庁、農林水産省農村振興局、国土交通省河川局)及び海岸管理者の協力を得て、平成20年度末の天端高及び耐震化状況を設定。

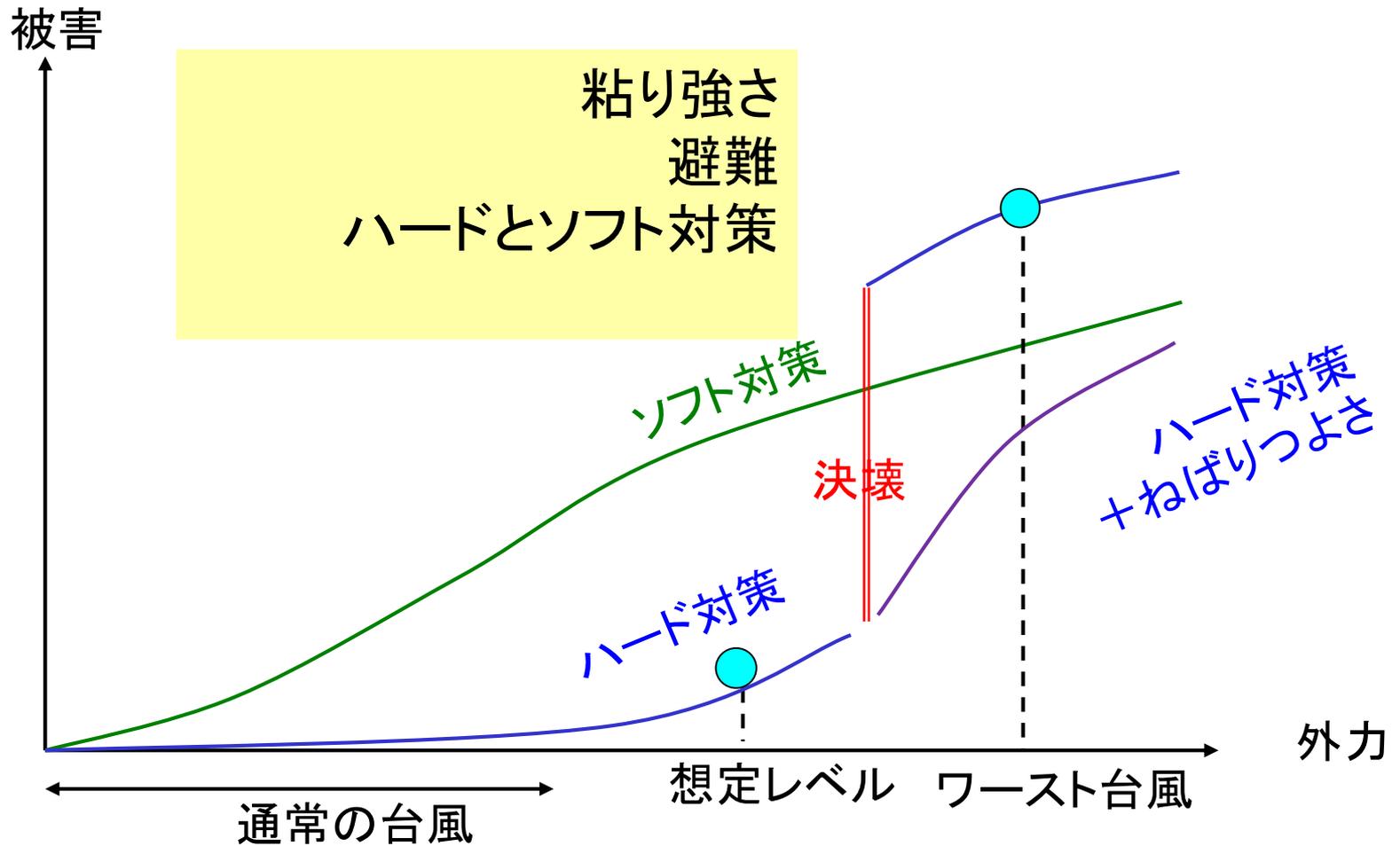
注2: 本想定は、東京湾沿岸部分からの越波・越流等による浸水想定結果を示したものであり、河川からの氾濫浸水及び排水については考慮していない。

注3: 本想定は、東京湾沿岸全体で影響人口が最も大きくなると推測される台風コースを設定した場合の最大浸水深を示したものである。地域によっては、台風コースにより、本想定よりも最大浸水深が大きくなる可能性がある。

# 外力レベルと災害の程度



# 外力レベルと災害の程度



レベル1

レベル2