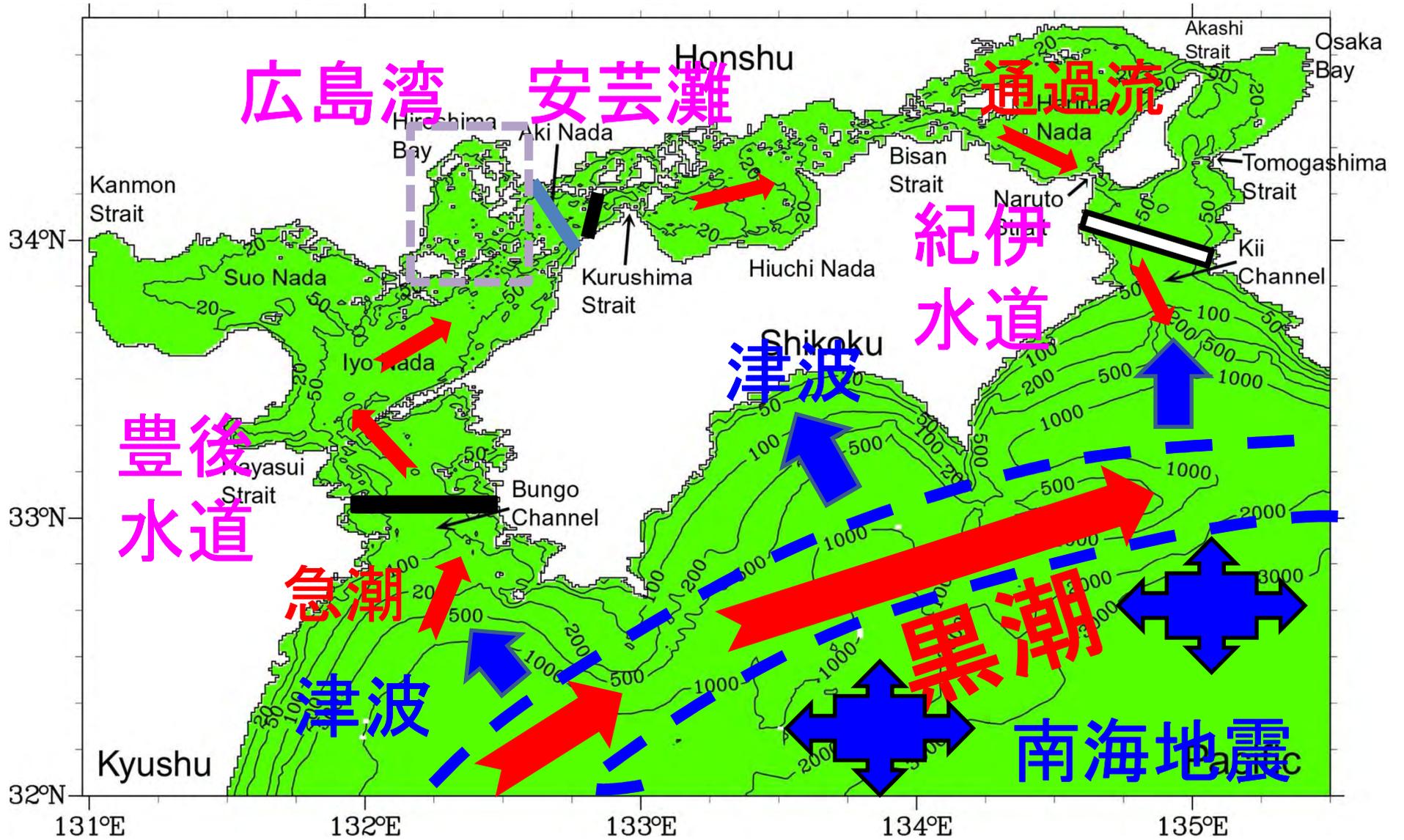


瀬戸内海環境変動の革新的計測と予測

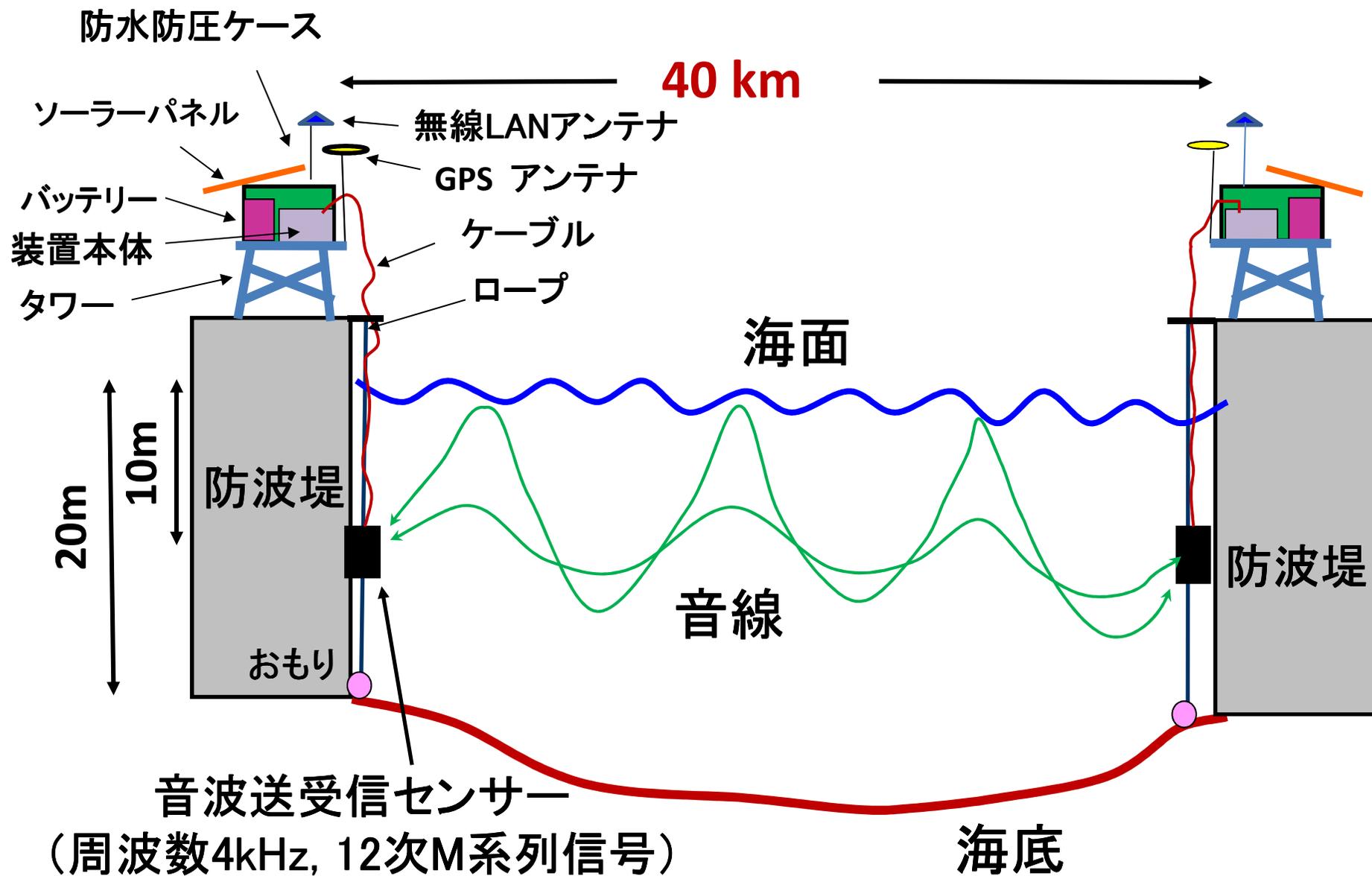
工学研究院社会環境空間部門
海洋大気圏システム研究室

教授 金子 新

瀬戸内海的环境は四国沖を流れる黒潮の影響を強く受けるが、黒潮の影響は瀬戸内海全体に薄く広がっているので、従来型の計測法では計測できない。瀬戸内海を横断するスケールで海中音波を送受信する沿岸音響トモグラフィ法でのみ、黒潮影響の弱い平均流と水温変動を抽出できる。

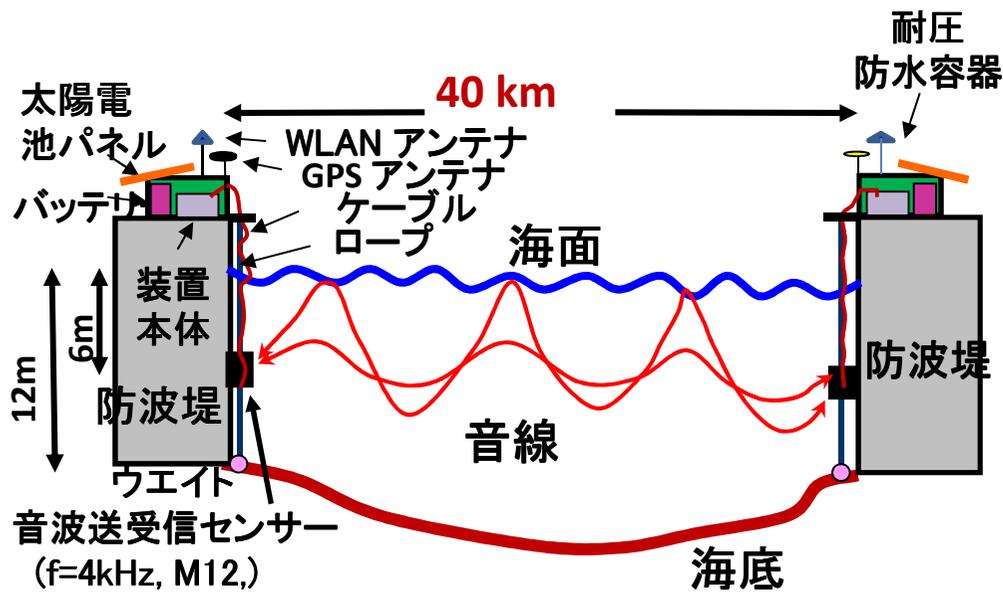


瀬戸内海に侵入する黒潮(急潮)と津波



防波堤(防潮堤)に設置した沿岸音響トモグラフィ装置

安芸灘実験





佐伯市上浦
福泊防波堤
(12月15日設置)



宇和島市津島町後防波堤
(2011年12月14日設置)

豊後水道実験

広島湾の異常潮位

工学研究院社会環境空間部門
海洋大気圏システム研究室

教授

金子 新

研究員

江田憲彰

博士課程後期生

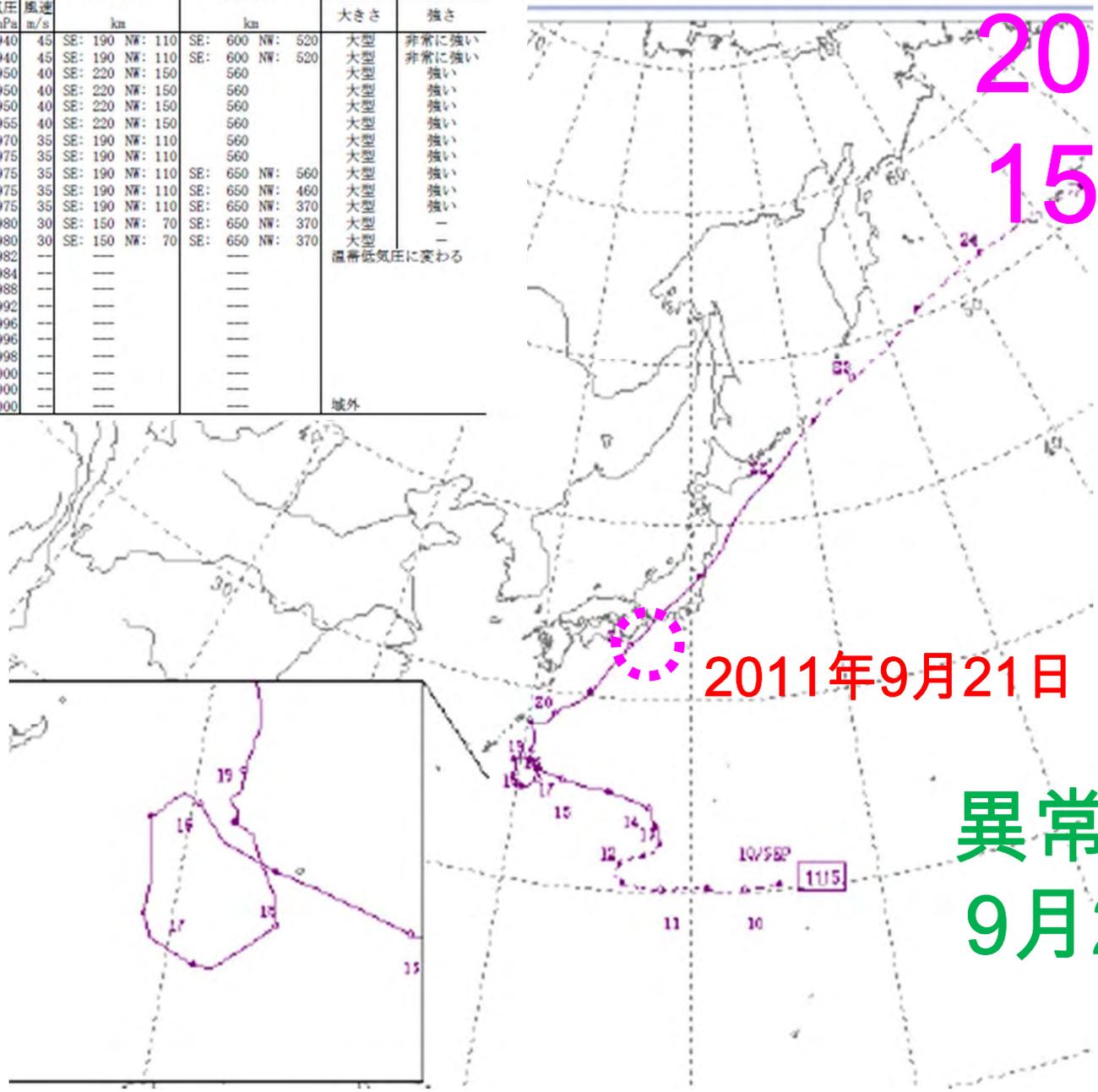
張伝正

事実関係の把握:

- 1) 厳島神社の回廊が浸水（満潮面から30cm上に設計、2001年の異常潮位は40cmの上昇）
- 2) 2001年9月18日と2011年9月29日に発生
- 3) 1年のうちで最も潮位が高い秋の大潮時に発生
- 4) 台風が紀伊半島の南東沖を通過して約8日後に発生

月日時	中心位置		中心気圧 hPa	最大風速 m/s	暴風域半径 km	強風域半径 km	大きさ・強さ等	
	緯度	経度					大きさ	強さ
9 21 03	31.7 N	134.7 E	940	45	SE: 190 NW: 110	SE: 600 NW: 520	大型	非常に強い
06	32.4	135.3	940	45	SE: 190 NW: 110	SE: 600 NW: 520	大型	非常に強い
09	33.0	135.9	950	40	SE: 220 NW: 150	560	大型	強い
12	33.9	136.9	950	40	SE: 220 NW: 150	560	大型	強い
14	34.7	137.6	950	40	SE: 220 NW: 150	560	大型	強い
15	34.9	137.8	955	40	SE: 220 NW: 150	560	大型	強い
18	35.9	139.2	970	35	SE: 190 NW: 110	560	大型	強い
21	37.1	140.7	975	35	SE: 190 NW: 110	560	大型	強い
22 00	38.7	142.4	975	35	SE: 190 NW: 110	SE: 650 NW: 560	大型	強い
03	40.5	143.6	975	35	SE: 190 NW: 110	SE: 650 NW: 460	大型	強い
06	41.8	145.0	975	35	SE: 190 NW: 110	SE: 650 NW: 370	大型	強い
09	42.7	146.6	980	30	SE: 150 NW: 70	SE: 650 NW: 370	大型	—
12	43.6	147.8	980	30	SE: 150 NW: 70	SE: 650 NW: 370	大型	—
15	44.5	149.0	982	—	—	—	温帯低気圧に変わる	
21	45.8	151.2	984	—	—	—		
23 03	46.8	152.9	988	—	—	—		
09	47.8	155.6	992	—	—	—		
15	49.0	159.4	996	—	—	—		
21	50.7	163.8	996	—	—	—		
24 03	51.4	167.7	998	—	—	—		
09	51.9	172.5	1000	—	—	—		
15	51.9	178.4	1000	—	—	—		
21	51.2	174.6 W	1000	—	—	—	域外	

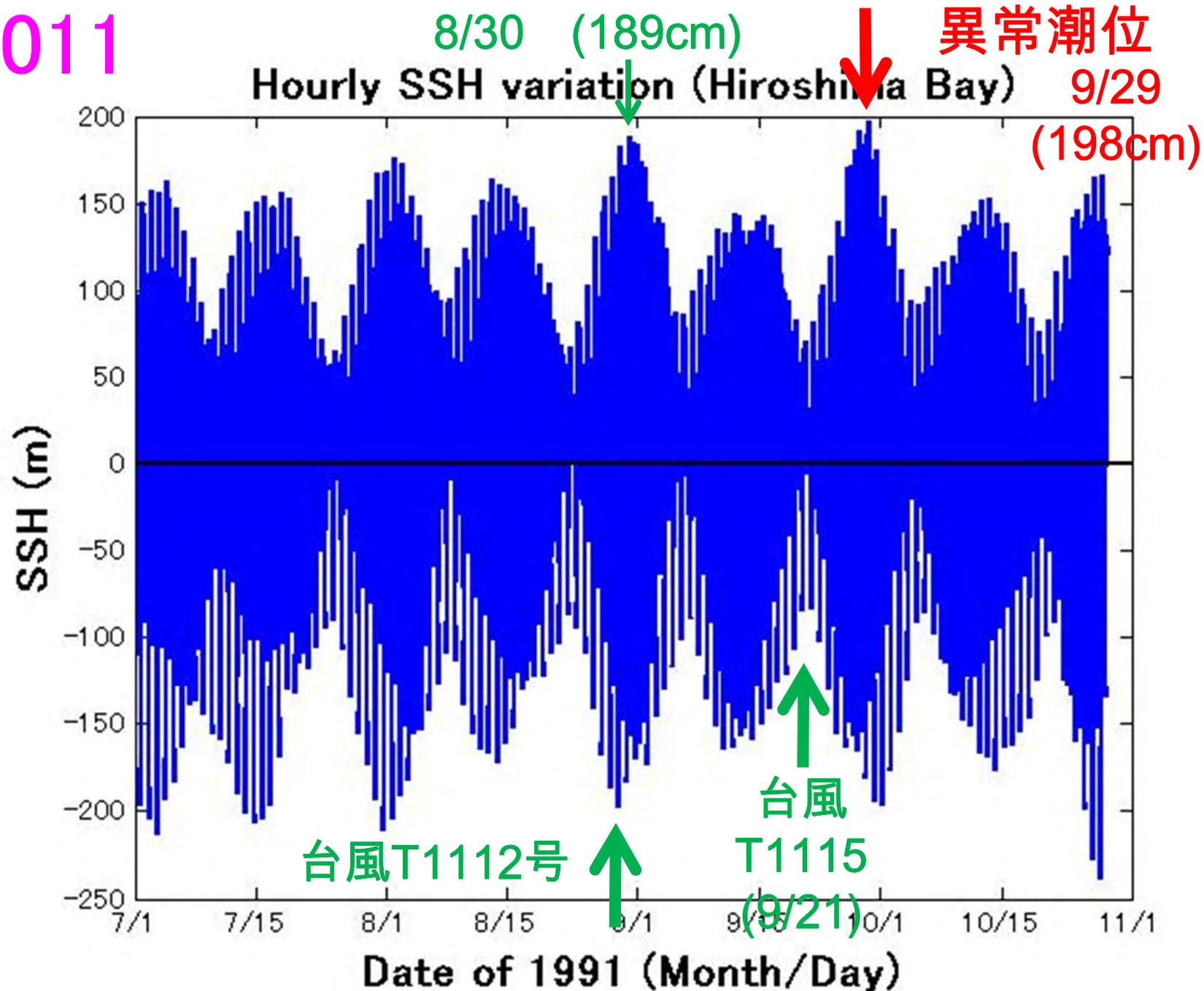
2011
15号



2011年9月21日

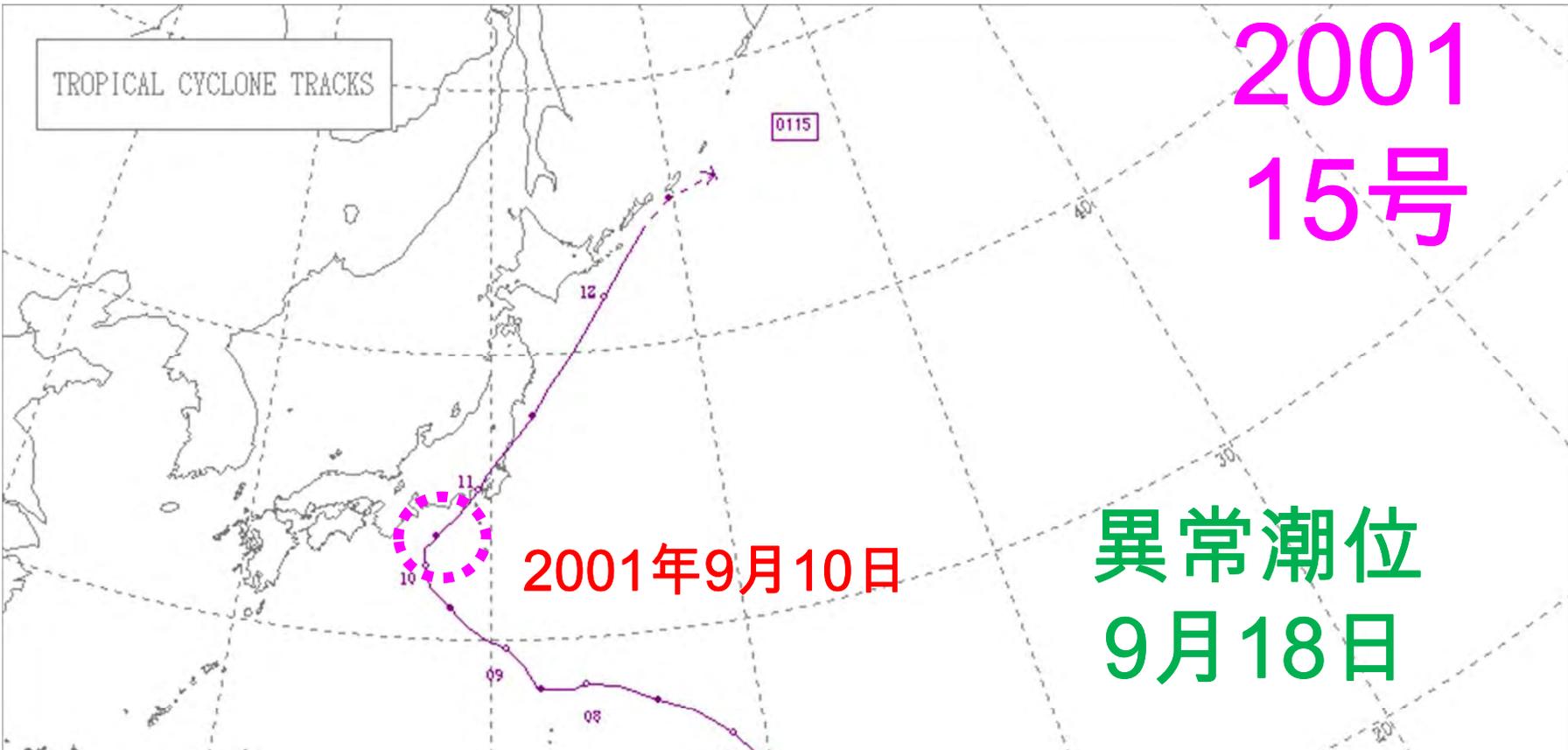
異常潮位
9月29日

2011



TROPICAL CYCLONE TRACKS

2001
15号

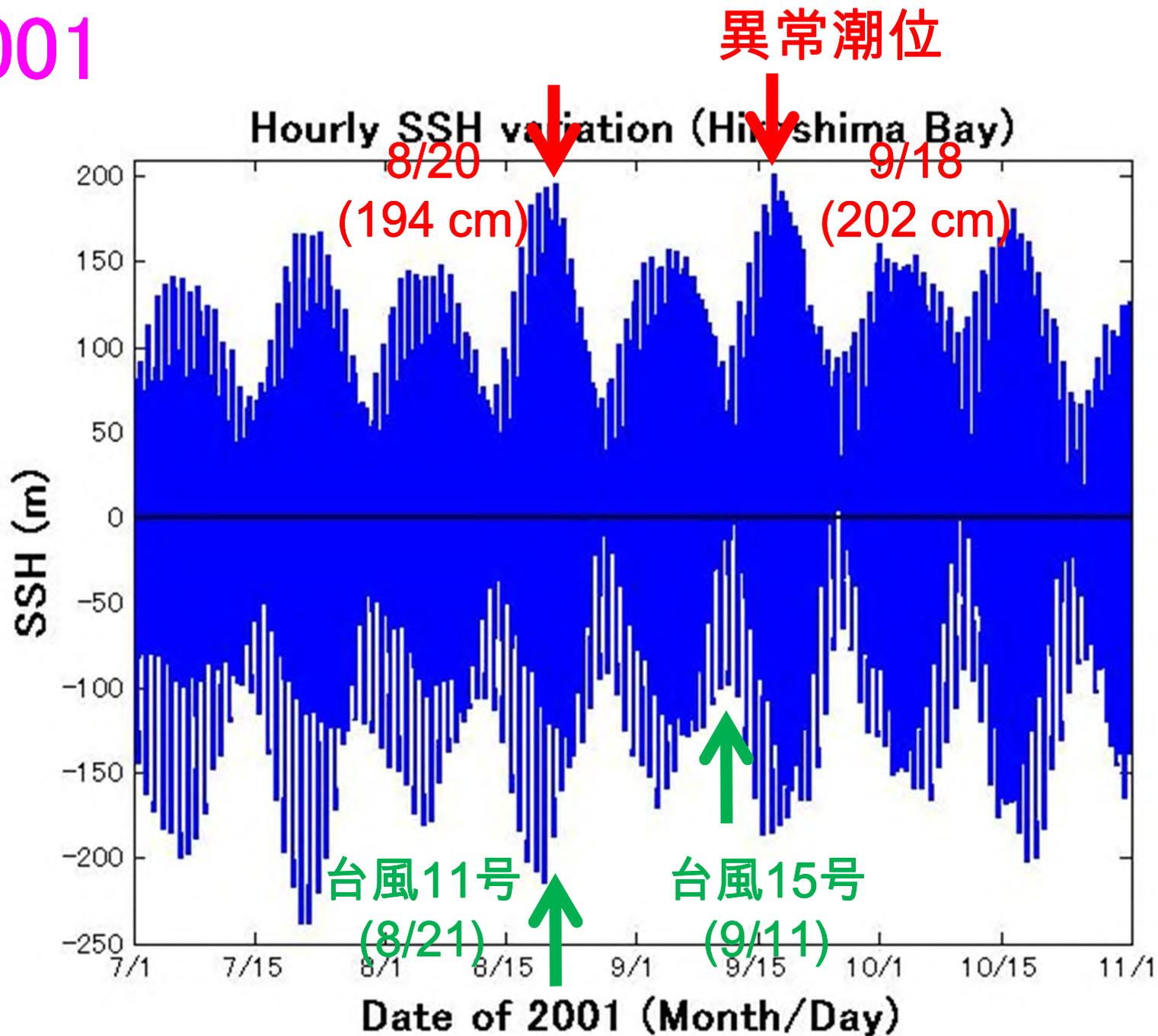


2001年9月10日

異常潮位
9月18日

9	00	28.4	141.8	945	45	110			07	E: 650	W: 430	大型	非常に強い
	03	28.7	141.6	945	45	110				E: 650	W: 440	大型	非常に強い
	06	29.2	141.3	945	45	110				E: 650	W: 440	大型	非常に強い
	09	29.8	140.6	945	45	110				E: 650	W: 410	大型	非常に強い
	12	30.1	139.8	945	45	110				E: 650	W: 410	大型	非常に強い
	15	30.5	139.1	945	45	110				E: 650	W: 370	大型	非常に強い
	18	30.8	138.7	945	45	110				E: 650	W: 370	大型	非常に強い
	21	31.1	138.4	950	40		E: 120	W: 100		E: 600	W: 370	—	強い
10	00	31.5	137.9	950	40		E: 120	W: 100		E: 600	W: 370	—	強い
	03	31.8	137.6	955	40		E: 120	W: 90		E: 600	W: 330	—	強い
	06	32.1	137.5	955	40		E: 120	W: 90		E: 600	W: 330	—	強い
	09	32.5	137.4	960	35		E: 120	W: 80		E: 560	W: 310	—	強い
	12	32.8	137.3	960	35		E: 120	W: 80		E: 560	W: 310	—	強い
	15	33.1	137.3	960	35		E: 120	W: 70		E: 560	W: 300	—	強い
	18	33.4	137.6	960	35		E: 120	W: 70		E: 560	W: 300	—	強い
	21	33.6	137.8	960	35		E: 110	W: 70		E: 560	W: 280	—	強い
11	00	33.9	138.1	960	35		E: 110	W: 70		E: 560	W: 280	—	強い

2001



原因の説明:

(1) 従来の研究(可能性ある原因の羅列)

- 1) 2001年3月の芸予地震後の地盤の沈下 (0.5cm/年)
- 2) 四国沖黒潮流軸の4カ月振動
黒潮接岸時に潮位が上昇する(13cm)
- 3) 太平洋を伝播する陸棚波の侵入(7cm)
- 4) 北太平洋振動(～10cm)

(2) 新しい提案

- 1) 台風による強い北風により広島湾に周期16日の内部セイシュ(内部静振、内部副振動)が発生
- 2) 強い北風により南側の屋代島に向かって掃き集められた暖水が海面を押し上げ、8日後に、揺り戻しにより広島市側の海面を押し上げる。この時が大潮と重なる。
- 3) 水温が一様化する10月以降は異常潮位は発生しない

異常潮位

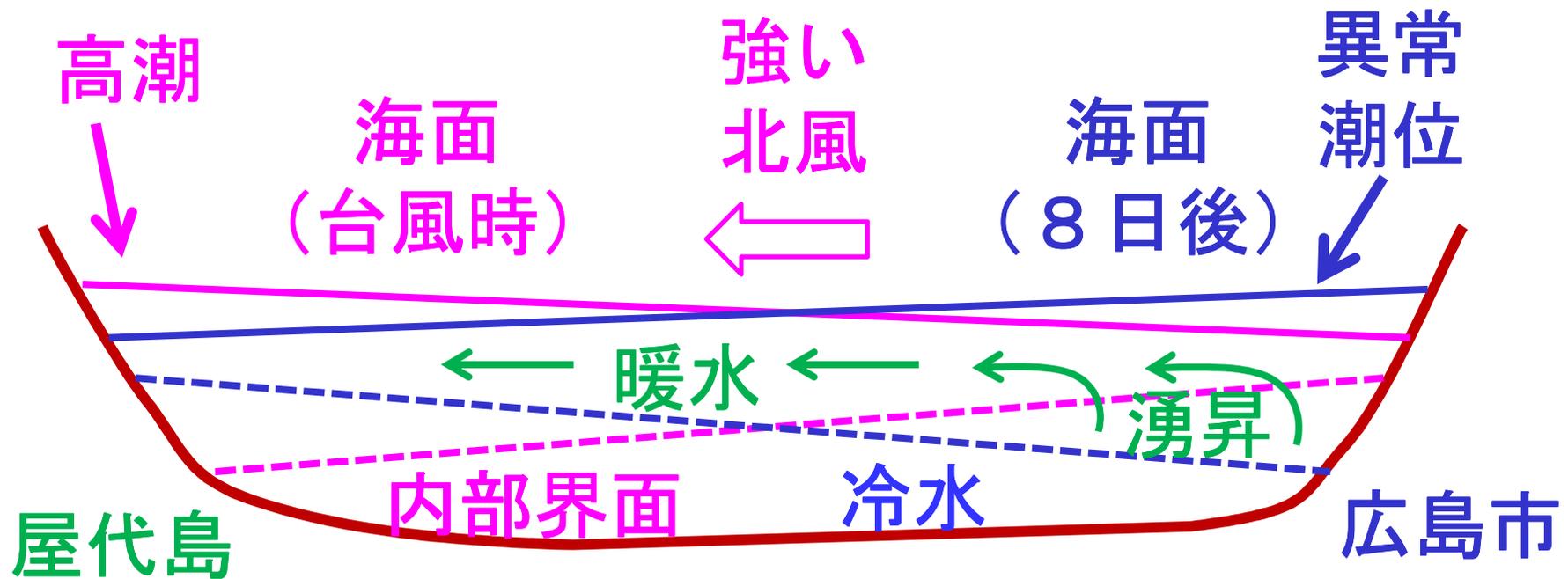


台風

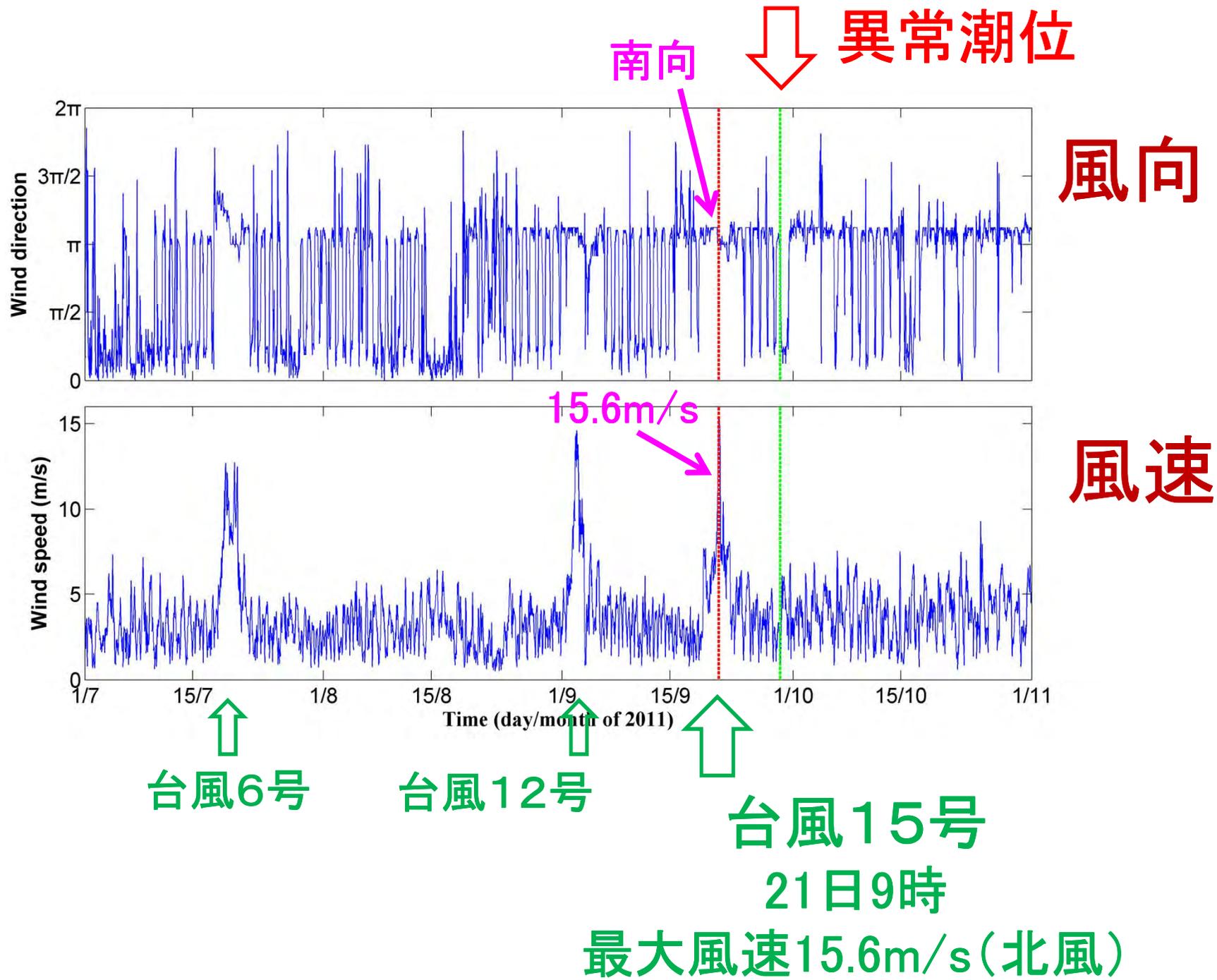
台風

高潮



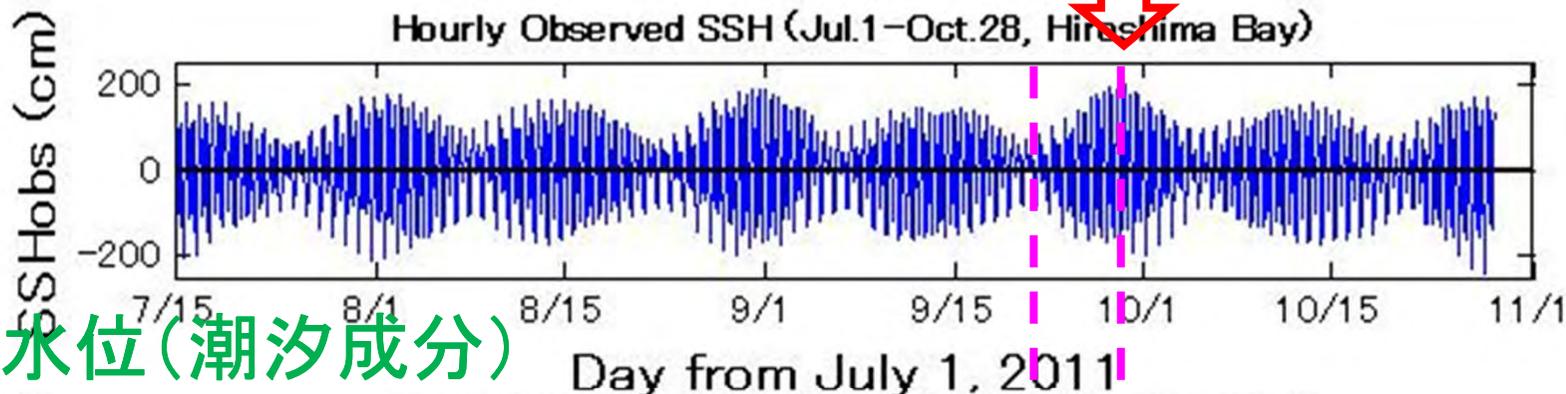


- ・ **台風**に伴う強い北風により屋代島に向かって**高潮**（潮位上昇）が発生し、内部界面は逆に低下する。広島側の潮位は低下し、内部海面は上昇
- ・ **8日後**、広島側の内部海面は低下、潮位は上昇し**異常潮位**となる（8日は、内部セイシュの周期16日の半分）

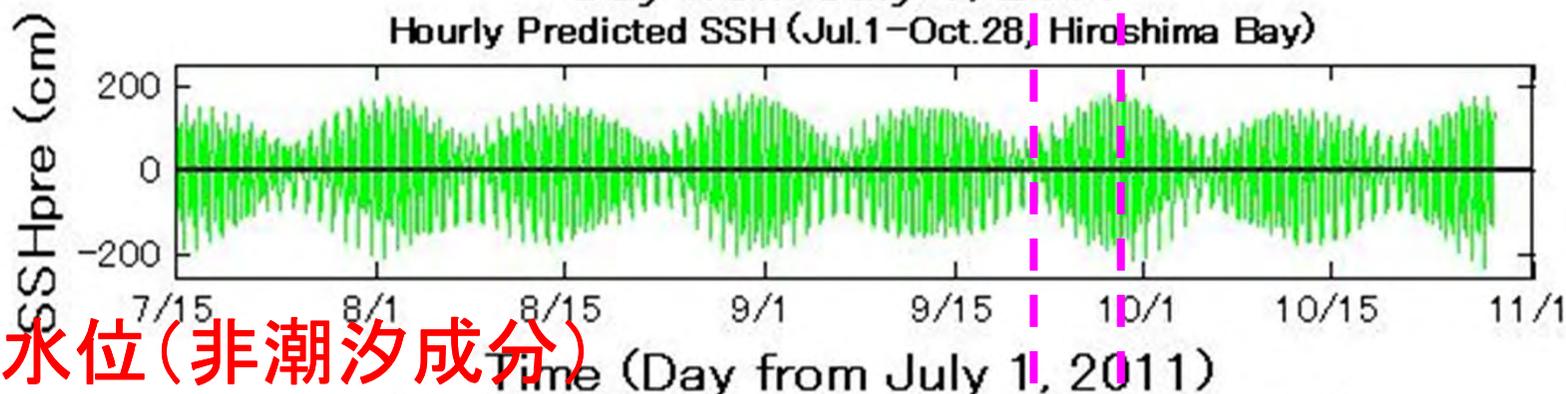


海水位(実測値)

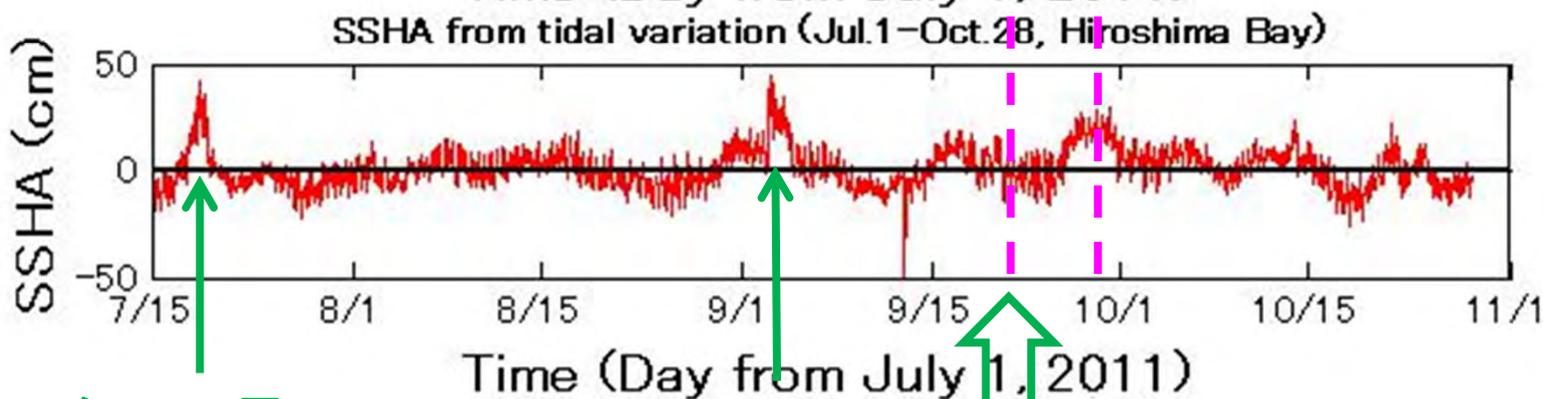
異常潮位



海水位(潮汐成分)



海水位(非潮汐成分)



台風6号

台風12号

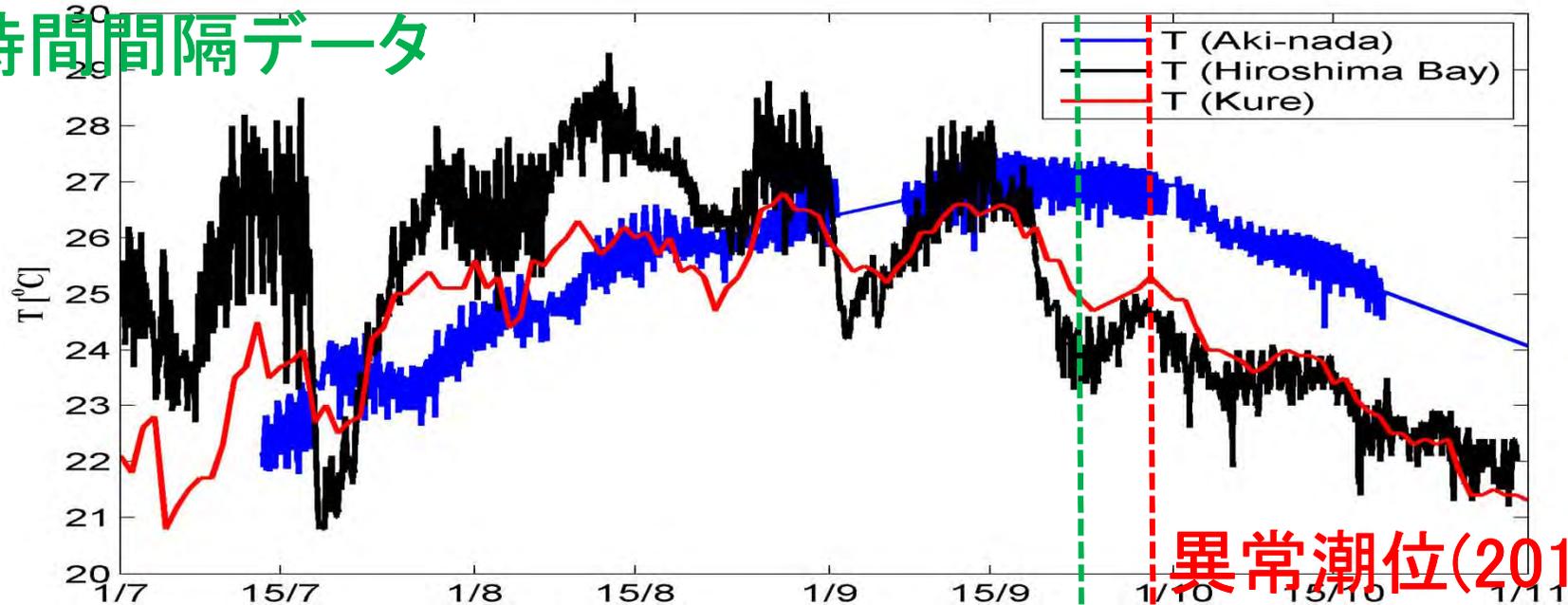
台風15号

注意点:

- 1) 台風通過時、気圧低下による大気の吸い上げ効果により通常潮位は極大となる。台風6号と台風12号はこの場合に相当。
- 2) しかし、異常潮位を引き起こした台風15号の場合、潮位は逆に極小となっている。これは、広島湾の海水は、屋代島に向かって吹き寄せられ高潮を引き起こしているため。

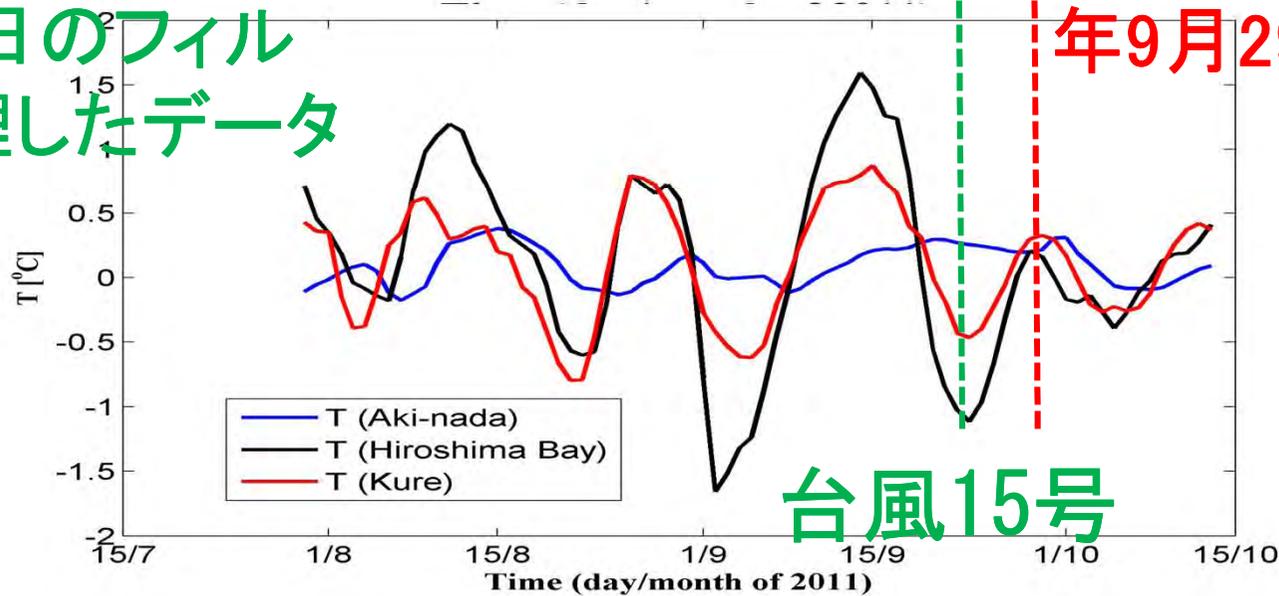
水温の時間変化（広島湾、呉、安芸灘）

1時間間隔データ



異常潮位(2011年9月29日)

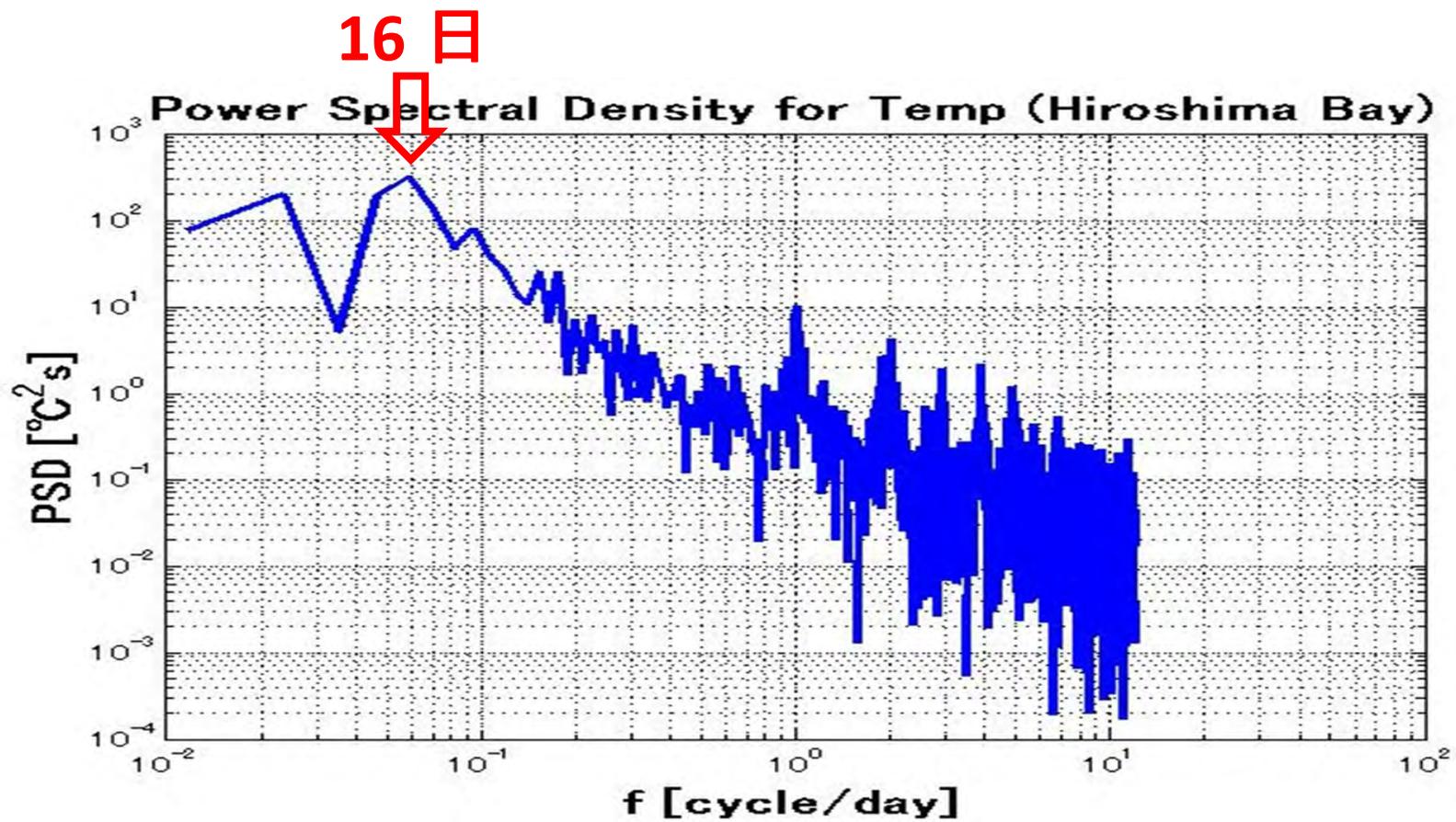
(2-30)日のフィルター処理したデータ



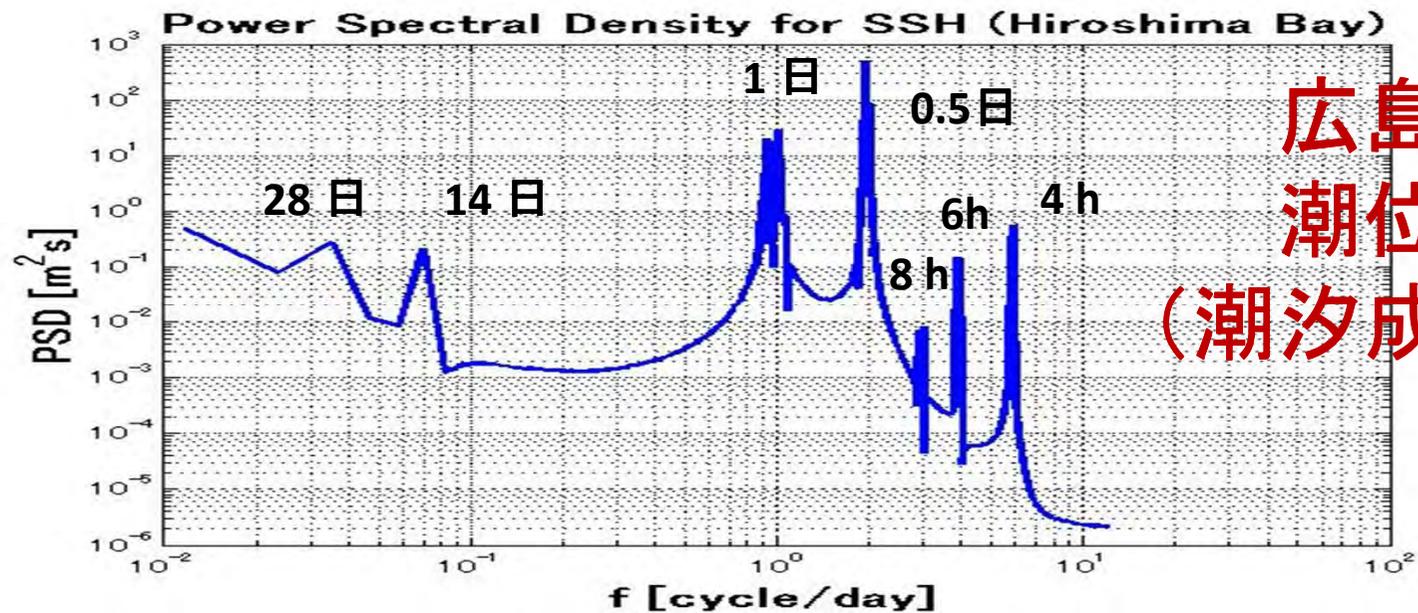
台風15号

注意点:

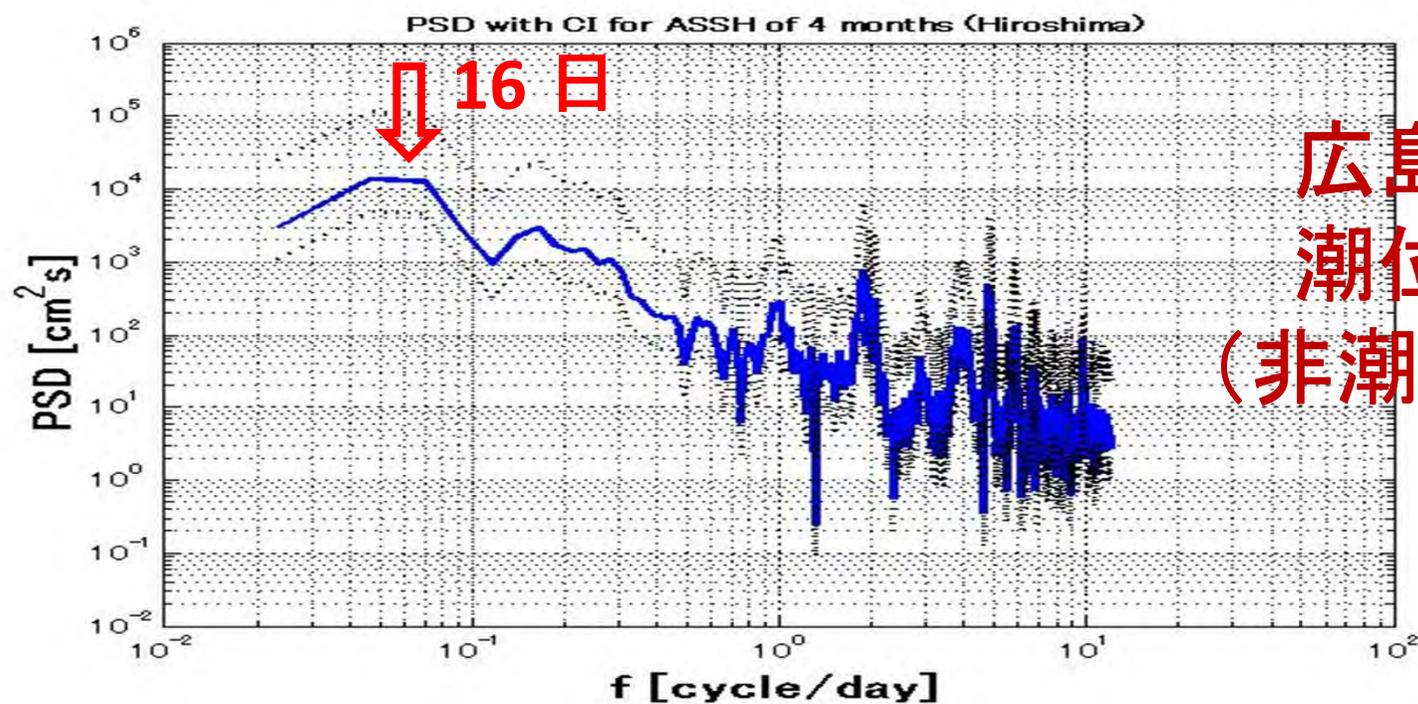
- 1) 台風通過時、広島側の水温（2m 深）は極小となる。
- 2) 8日後、広島側の水温は上昇し、極大となる。



広島湾の水温変動スペクトル
(実測水温)



広島湾の
潮位変動
(潮汐成分のみ)



広島湾の
潮位変動
(非潮汐成分)

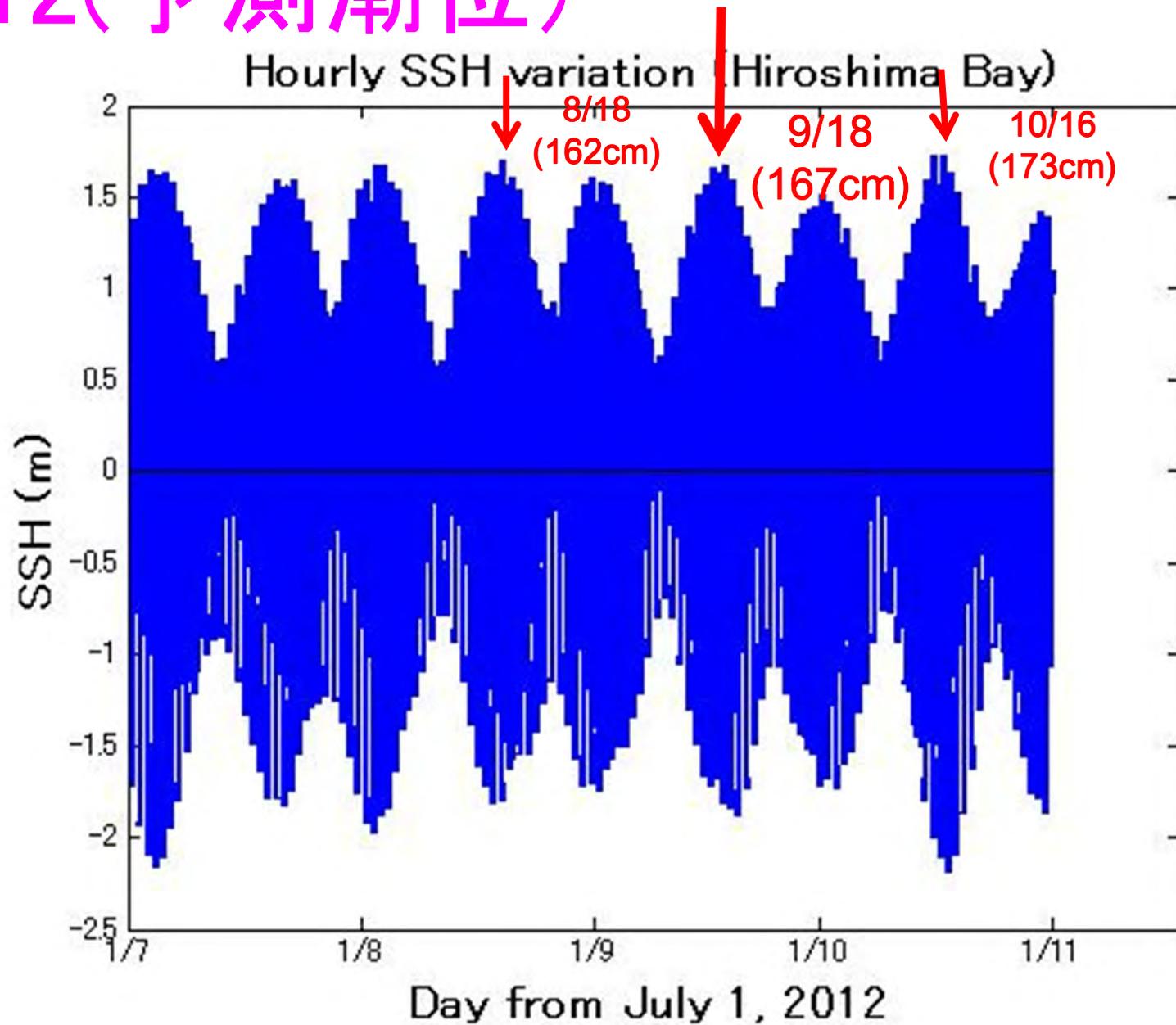
16日周期振動について:

- 1) 広島湾の潮汐に16日周期は存在しない
そのため、16日周期は潮汐ではない。
- 2) 広島湾の南北距離を50kmとすれば、周期16日の内部セイシュの波長は100kmとなるので波速は

$$\text{波速} = \frac{\text{波長}}{\text{周期}} = 7.2 \text{ cm/s}$$

- 3) 7.2 cm/sの波速は、広島湾から大崎下島-菊間間の安芸灘に放射される内部長波の波速として計測できた。

2012(予測潮位)



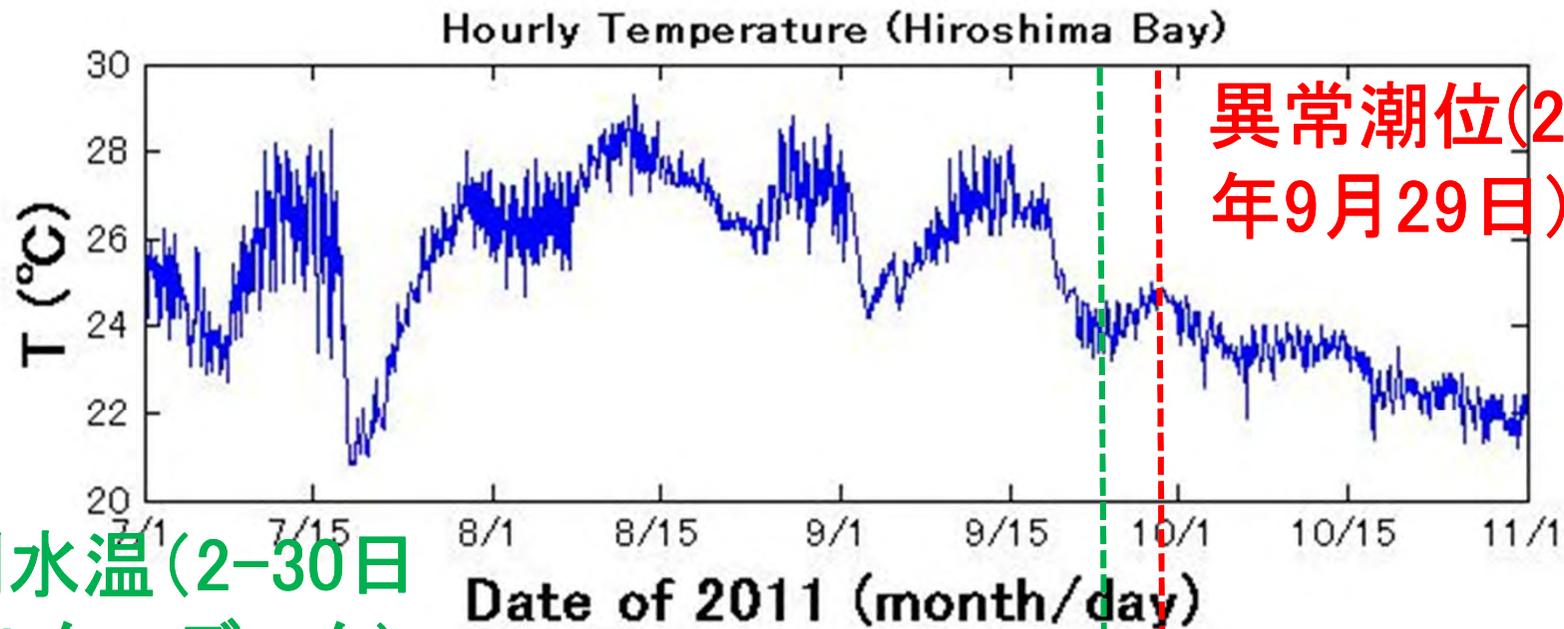
2012年の異常潮位（予測）

- 1) 9月10日頃に台風が紀伊半島の南東沖を通過すると異常潮位が発生する。
- 2) 8月10日頃と8月23日頃に台風が紀伊半島の南東沖を通過すると潮位が高くなるが巖島神社の回廊は浸水しない見込み。
- 3) 10月8日の場合は水温が一様化されているため内部セイシュは発生せず、異常潮位は起こらない。

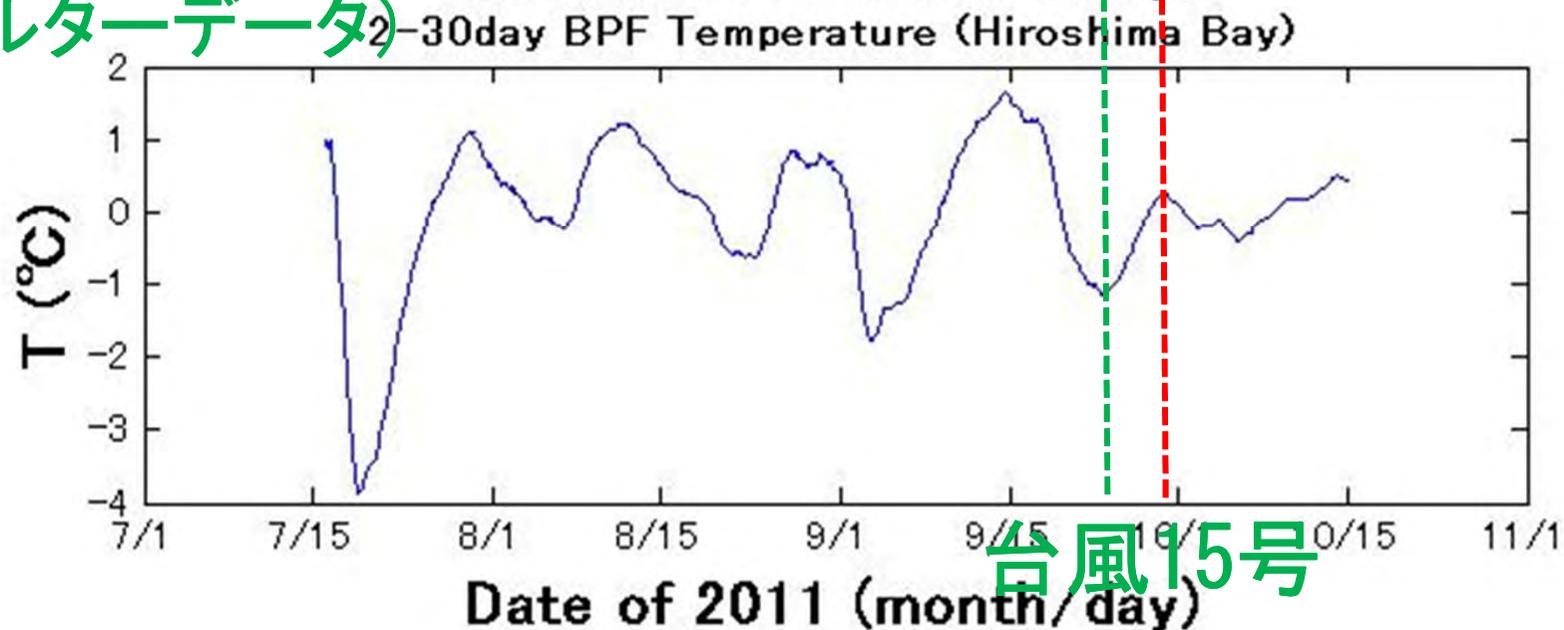
提案

今回説明したような異常潮位を防ぐには、巖島神社の回廊の床面を20cm程度上げる必要がある。

実測水温(1時間間隔データ)

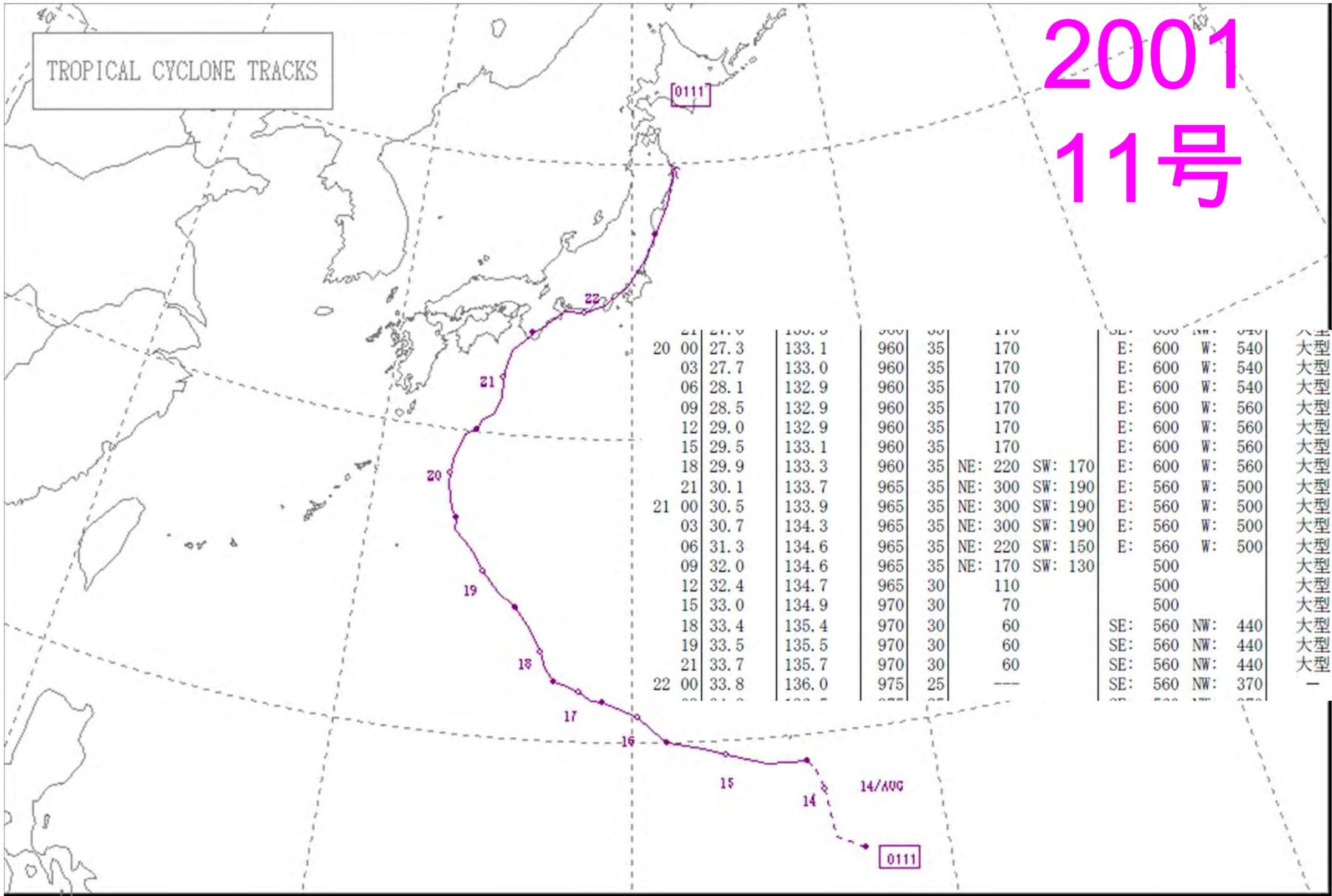


実測水温(2-30日
フィルターデータ)



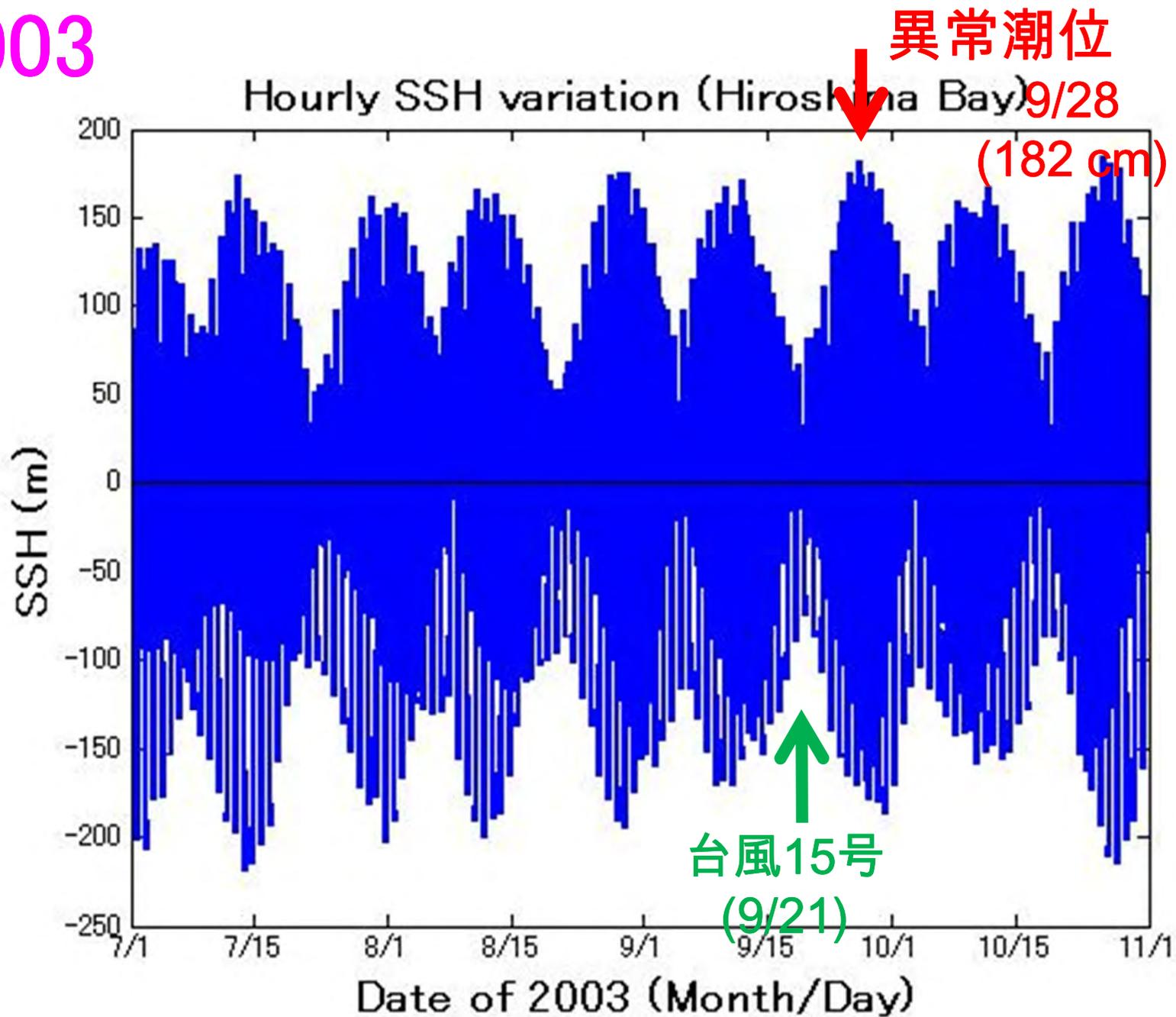
TROPICAL CYCLONE TRACKS

2001
11号

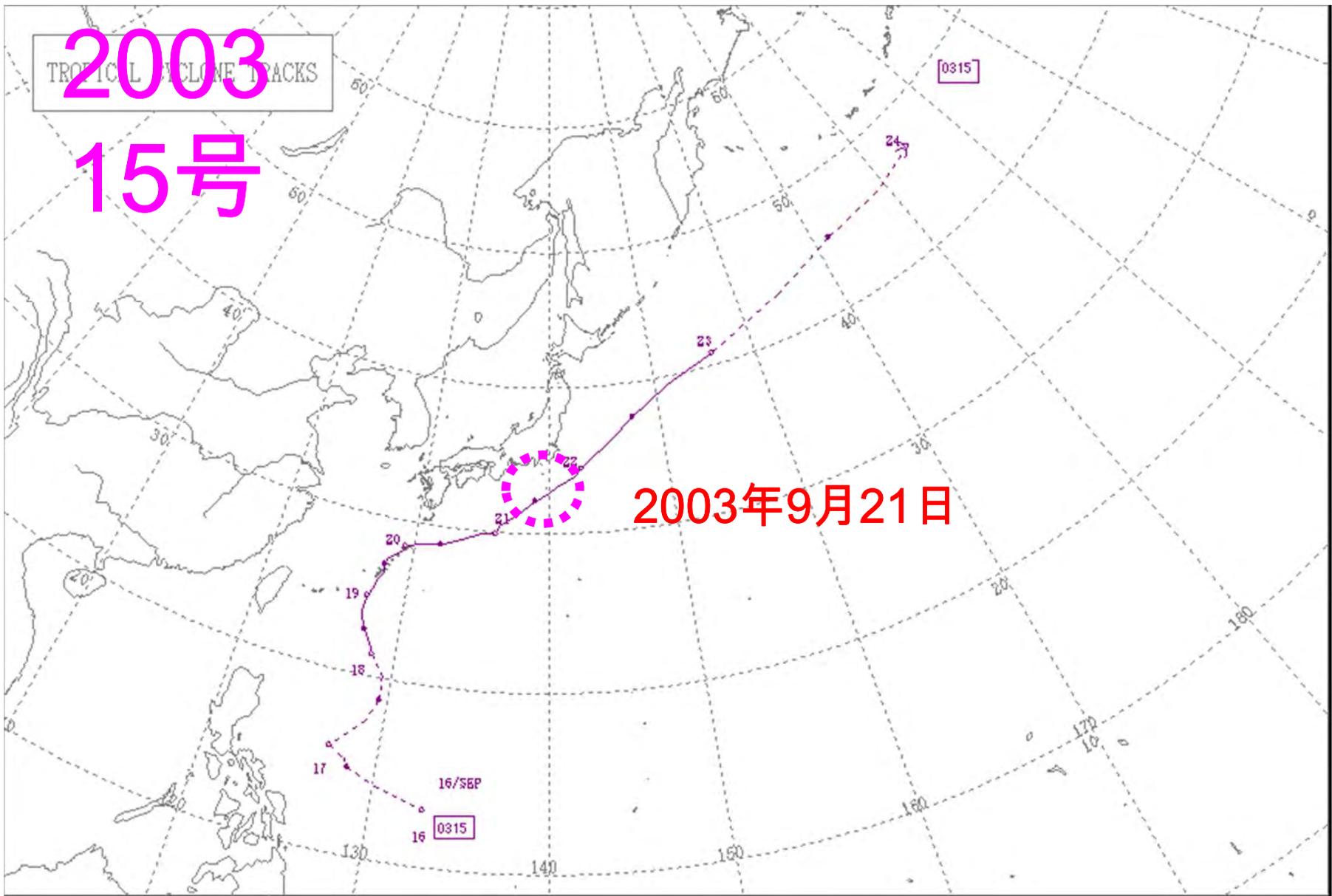


20	00	27.3	133.1	960	35	170	E: 600	W: 540	大型
	03	27.7	133.0	960	35	170	E: 600	W: 540	大型
	06	28.1	132.9	960	35	170	E: 600	W: 540	大型
	09	28.5	132.9	960	35	170	E: 600	W: 560	大型
	12	29.0	132.9	960	35	170	E: 600	W: 560	大型
	15	29.5	133.1	960	35	170	E: 600	W: 560	大型
	18	29.9	133.3	960	35	NE: 220 SW: 170	E: 600	W: 560	大型
	21	30.1	133.7	965	35	NE: 300 SW: 190	E: 560	W: 500	大型
21	00	30.5	133.9	965	35	NE: 300 SW: 190	E: 560	W: 500	大型
	03	30.7	134.3	965	35	NE: 300 SW: 190	E: 560	W: 500	大型
	06	31.3	134.6	965	35	NE: 220 SW: 150	E: 560	W: 500	大型
	09	32.0	134.6	965	35	NE: 170 SW: 130	500		大型
	12	32.4	134.7	965	30	110	500		大型
	15	33.0	134.9	970	30	70	500		大型
	18	33.4	135.4	970	30	60	SE: 560	NW: 440	大型
	19	33.5	135.5	970	30	60	SE: 560	NW: 440	大型
	21	33.7	135.7	970	30	60	SE: 560	NW: 440	大型
22	00	33.8	136.0	975	25	---	SE: 560	NW: 370	大型

2003



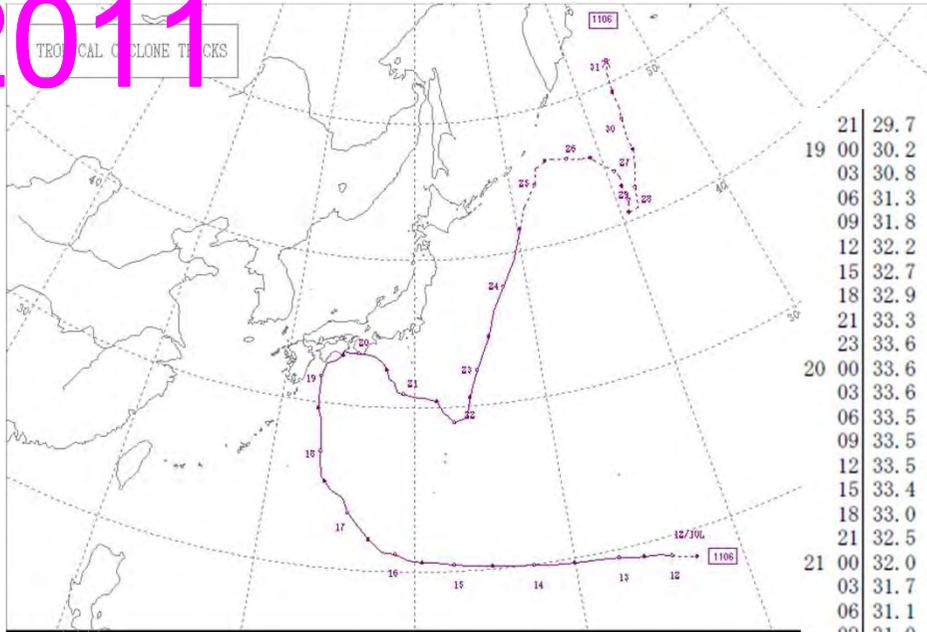
2003
15号



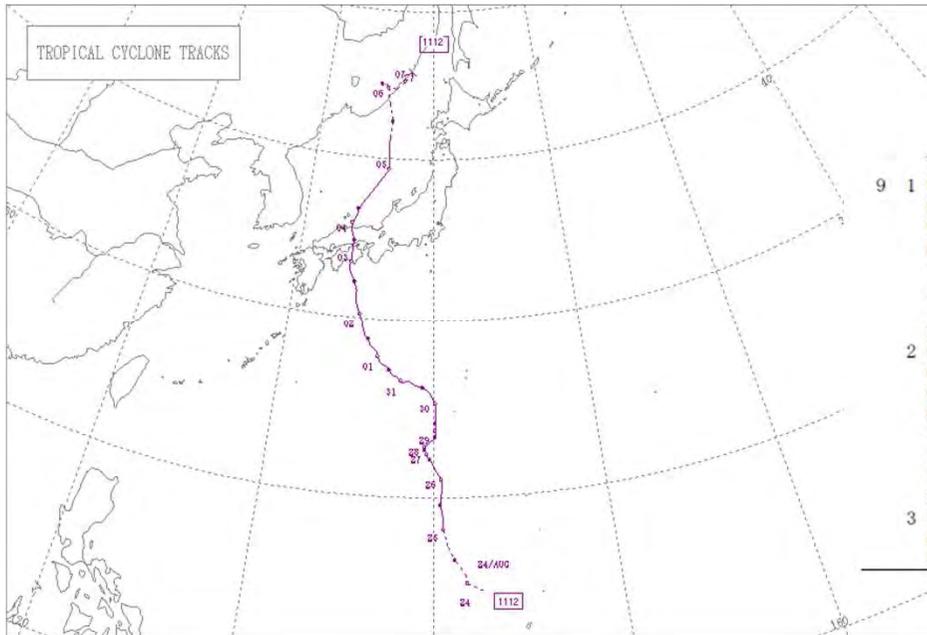
2003年9月21日

2011

台風6号



21	29.7	132.9	960	40	E: 220	W: 110	E: 750	W: 460	大型	強い
19 00	30.2	132.8	960	40	E: 220	W: 110	E: 750	W: 460	大型	強い
03	30.8	132.8	960	40	E: 220	W: 110	E: 750	W: 460	大型	強い
06	31.3	132.8	960	40	E: 220	W: 110	E: 750	W: 460	大型	強い
09	31.8	132.8	960	40	E: 220	W: 110	SE: 650	NW: 460	大型	強い
12	32.2	132.9	960	40	E: 220	W: 110	SE: 650	NW: 460	大型	強い
15	32.7	133.1	960	40	E: 190	W: 110	SE: 560	NW: 460	大型	強い
18	32.9	133.6	960	40	E: 190	W: 110	SE: 560	NW: 460	大型	強い
21	33.3	134.3	960	40	E: 190	W: 110	SE: 560	NW: 460	大型	強い
23	33.6	134.3	960	40	E: 190	W: 110	SE: 560	NW: 460	大型	強い
20 00	33.6	134.3	965	35	E: 150	W: 90	SE: 560	NW: 460	大型	強い
03	33.6	134.5	970	35	E: 150	W: 90	SE: 560	NW: 460	大型	強い
06	33.5	135.0	975	30	E: 110	W: 70	SE: 560	NW: 460	大型	—
09	33.5	135.6	980	30	70	SE: 650	NW: 560	大型	—	
12	33.5	136.2	980	30	70	SE: 650	NW: 560	大型	—	
15	33.4	136.8	980	30	70	SE: 560	NW: 460	大型	—	
18	33.0	137.5	980	30	70	SE: 560	NW: 460	大型	—	
21	32.5	137.9	985	25	---	SE: 560	NW: 460	大型	—	
21 00	32.0	138.1	985	25	---	SE: 560	NW: 460	大型	—	
03	31.7	138.5	985	25	---	SE: 560	NW: 460	大型	—	
06	31.1	138.7	985	25	---	SE: 560	NW: 460	大型	—	
09	31.0	139.2	990	23	---	SE: 560	NW: 460	大型	—	



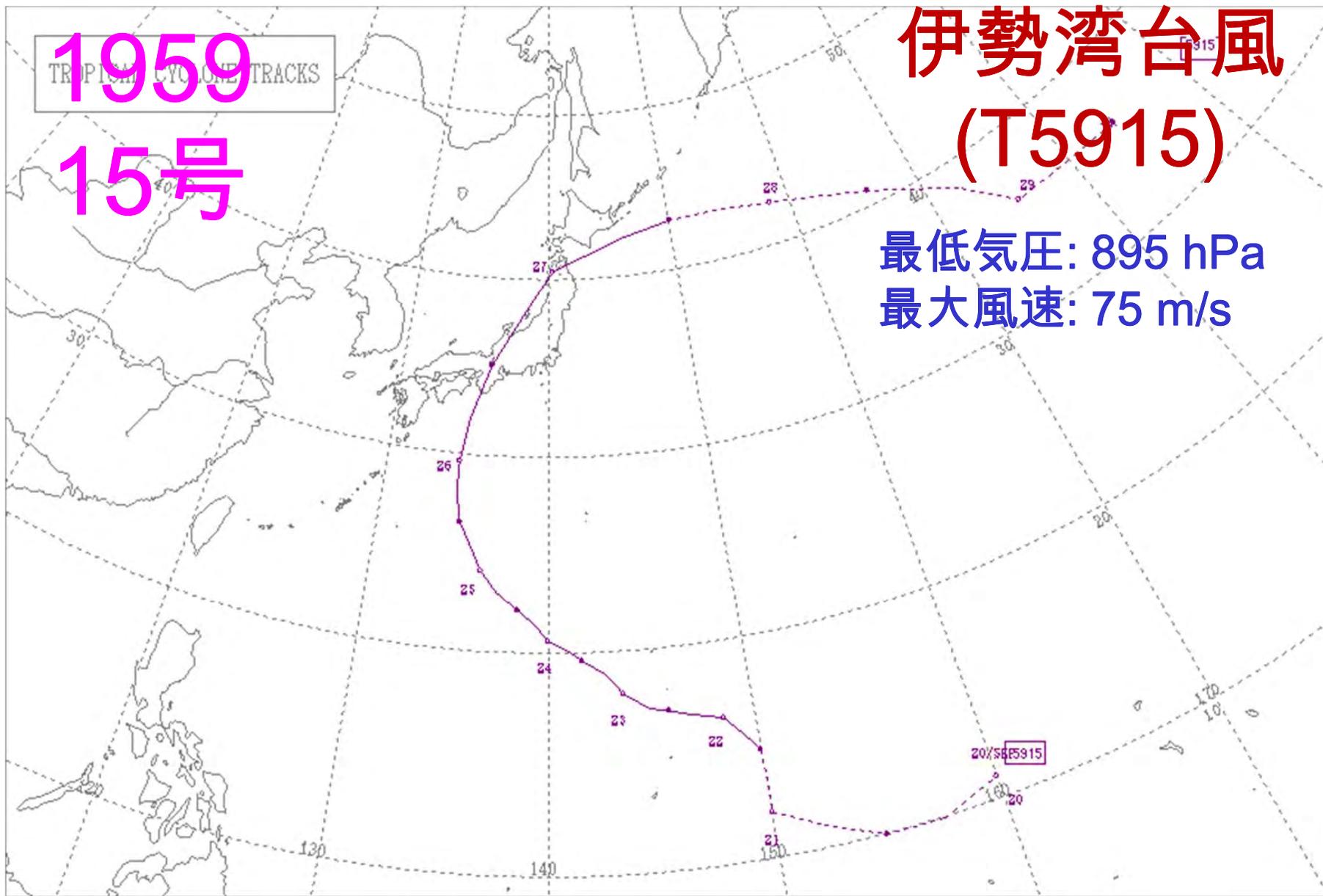
台風12号

21	27.1	137.1	970	25	---	---	NE: 650	SW: 560	大型	—
9 1 00	27.3	136.9	970	25	---	---	560	---	大型	—
03	27.4	136.6	970	25	---	---	560	---	大型	—
06	27.5	136.5	970	25	---	---	560	---	大型	—
09	27.8	136.3	970	25	---	---	560	---	大型	—
12	28.1	136.2	970	25	---	---	560	---	大型	—
15	28.3	136.0	970	25	---	---	560	---	大型	—
18	28.5	135.8	970	25	---	---	560	---	大型	—
21	28.8	135.6	970	25	---	---	560	---	大型	—
2 00	29.0	135.4	970	25	---	---	560	---	大型	—
03	29.4	135.2	970	25	---	---	E: 600	W: 560	大型	—
06	29.9	135.1	970	25	---	---	E: 650	W: 560	大型	—
09	30.3	134.9	970	25	---	---	E: 650	W: 560	大型	—
12	30.8	134.6	970	25	---	---	E: 650	W: 560	大型	—
15	31.3	134.5	970	25	---	---	E: 650	W: 560	大型	—
18	31.7	134.5	970	25	---	---	E: 650	W: 560	大型	—
21	32.2	134.3	970	25	---	---	E: 650	W: 560	大型	—
3 00	32.6	134.0	975	25	---	---	E: 650	W: 560	大型	—
03	33.0	133.8	975	25	---	---	E: 650	W: 560	大型	—
06	33.2	133.8	980	25	---	---	E: 650	W: 560	大型	—

1959
15号

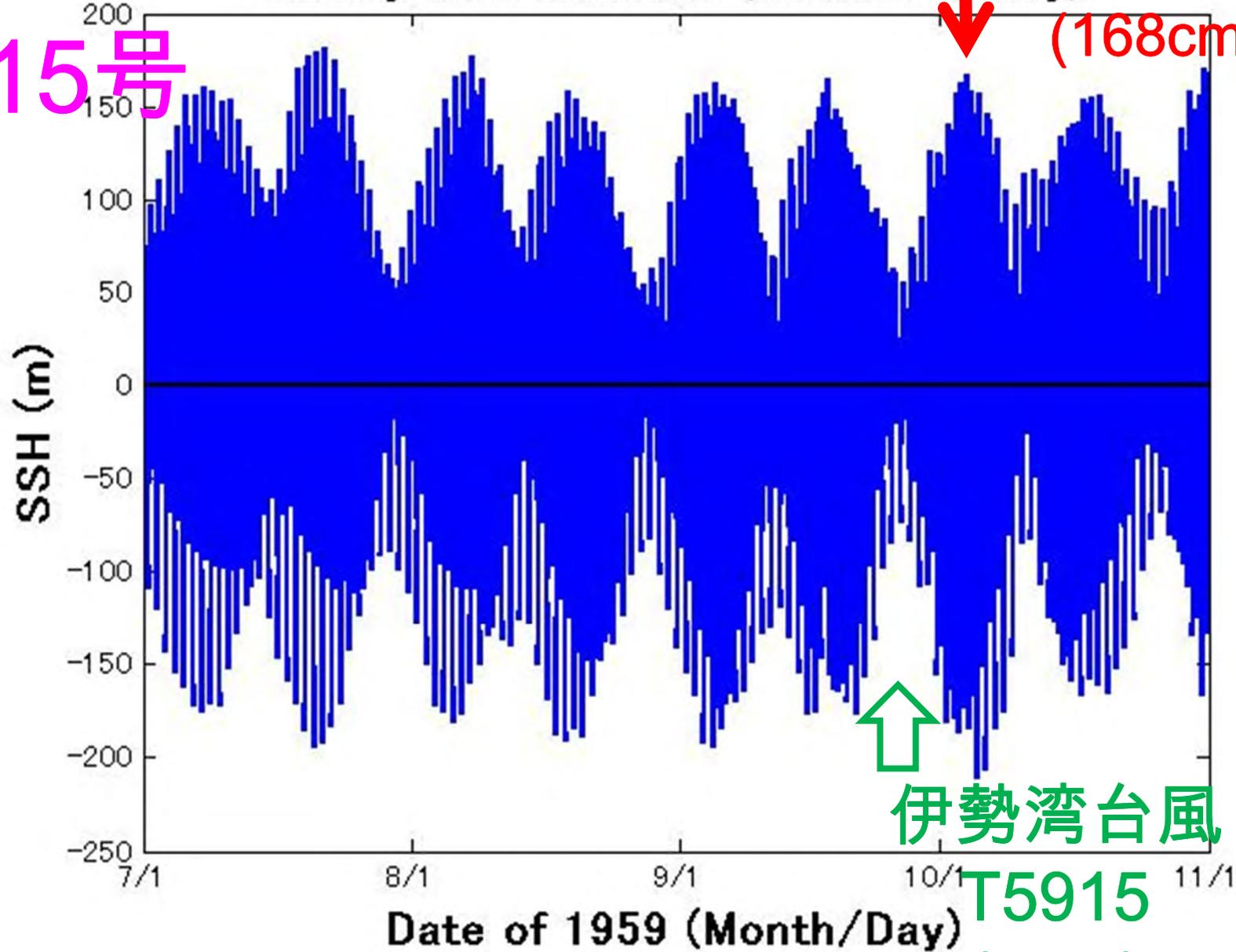
伊勢湾台風 (T5915)

最低気圧: 895 hPa
最大風速: 75 m/s



1959
15号

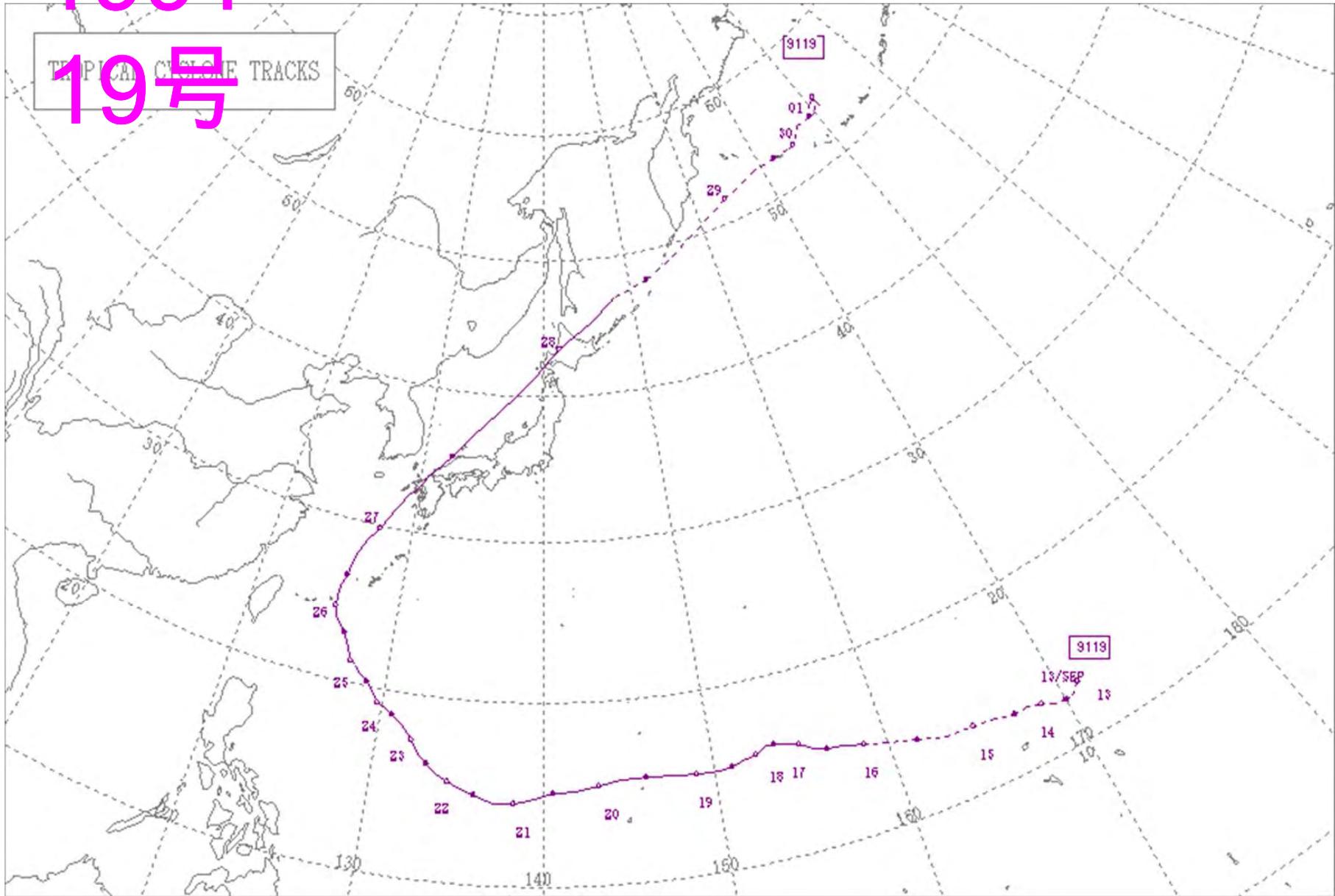
Hourly SSH variation (Hiroshima Bay)



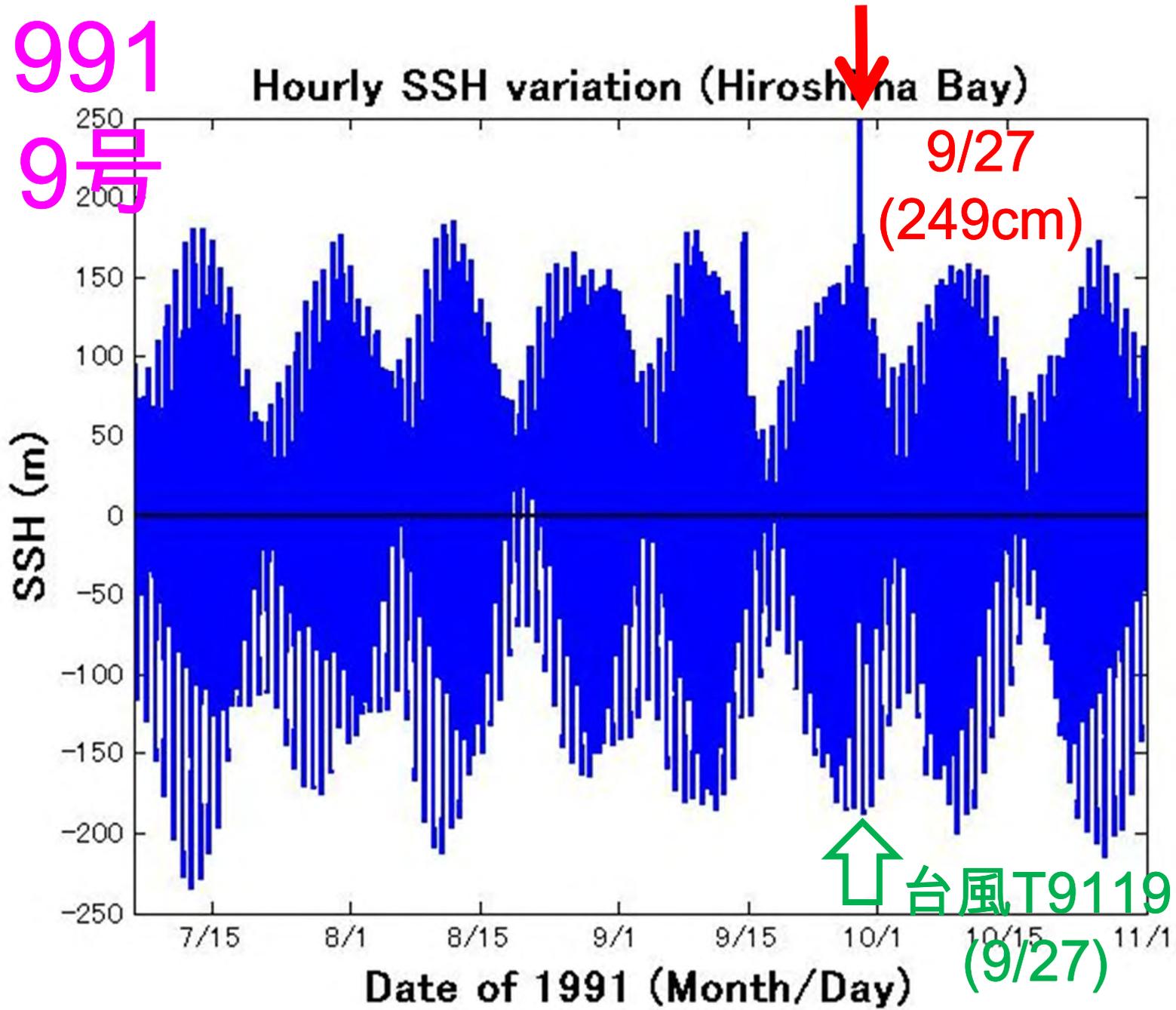
10/3
(168cm)

伊勢湾台風
T5915
(9/26)

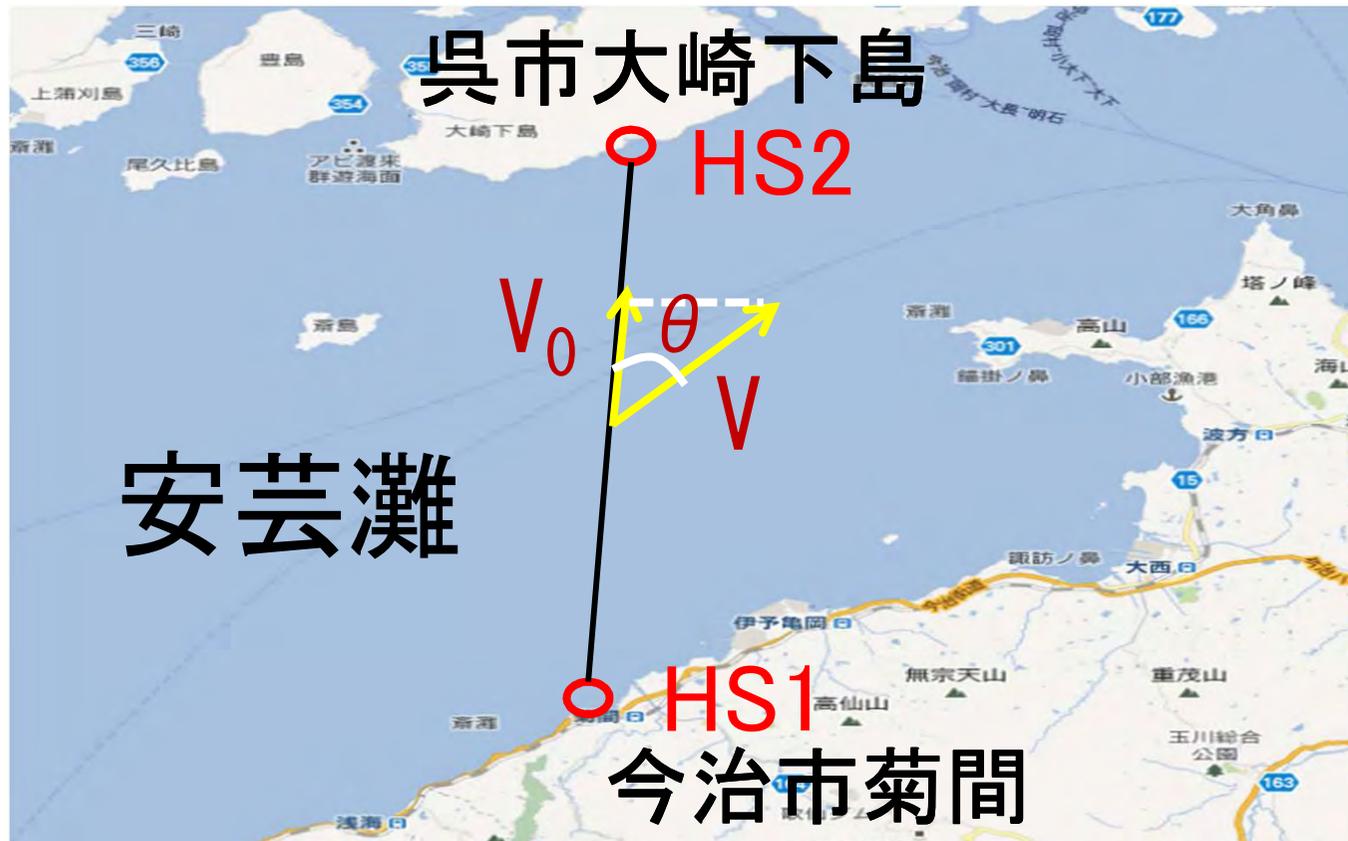
1991 19号



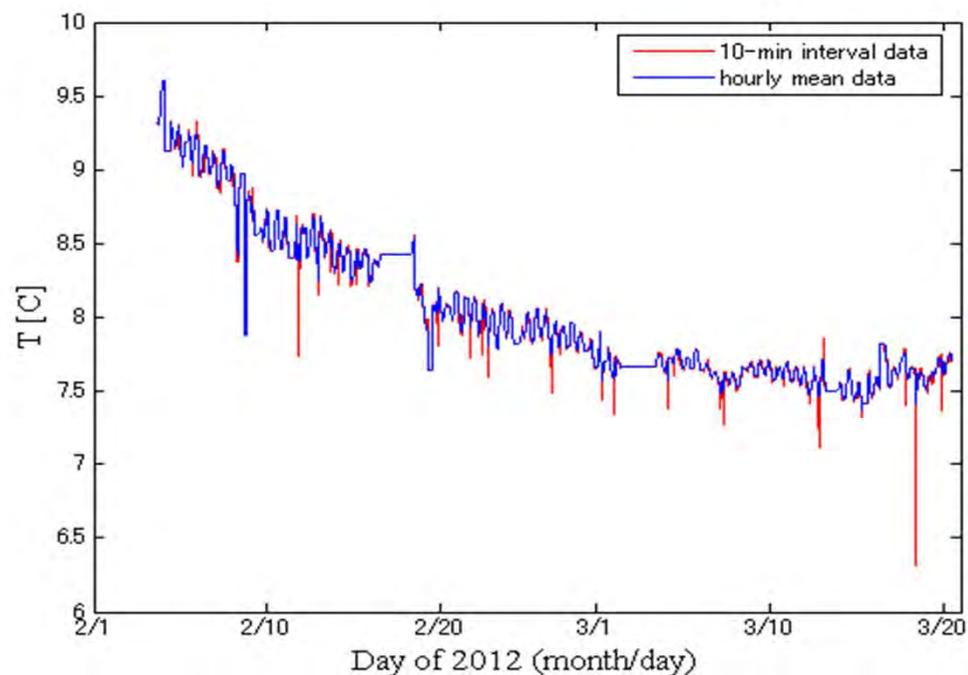
1991
19号



2012年2～3月の安芸灘 の海況(速報)

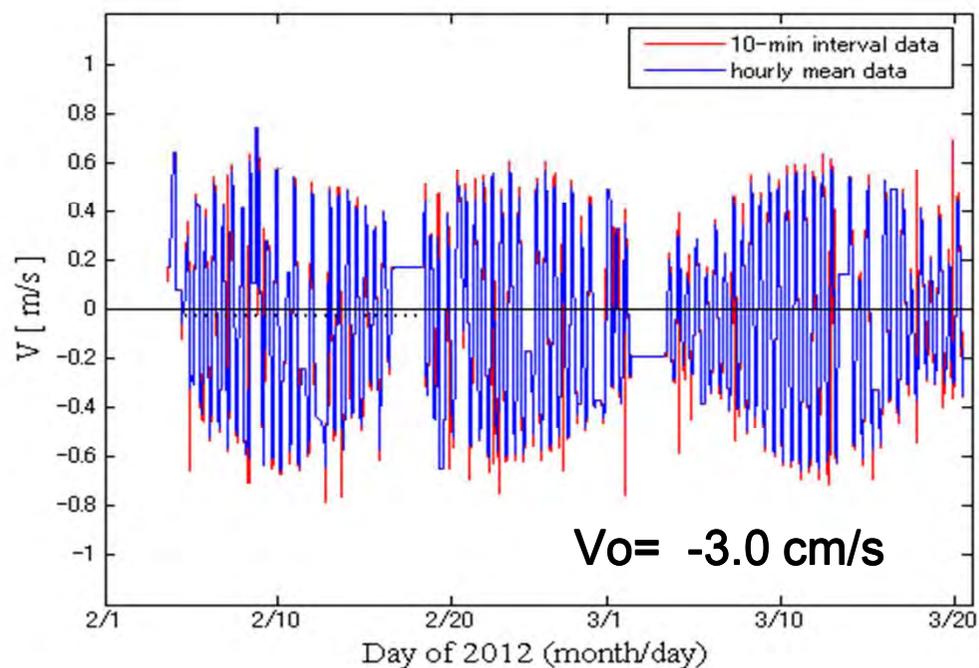


水温



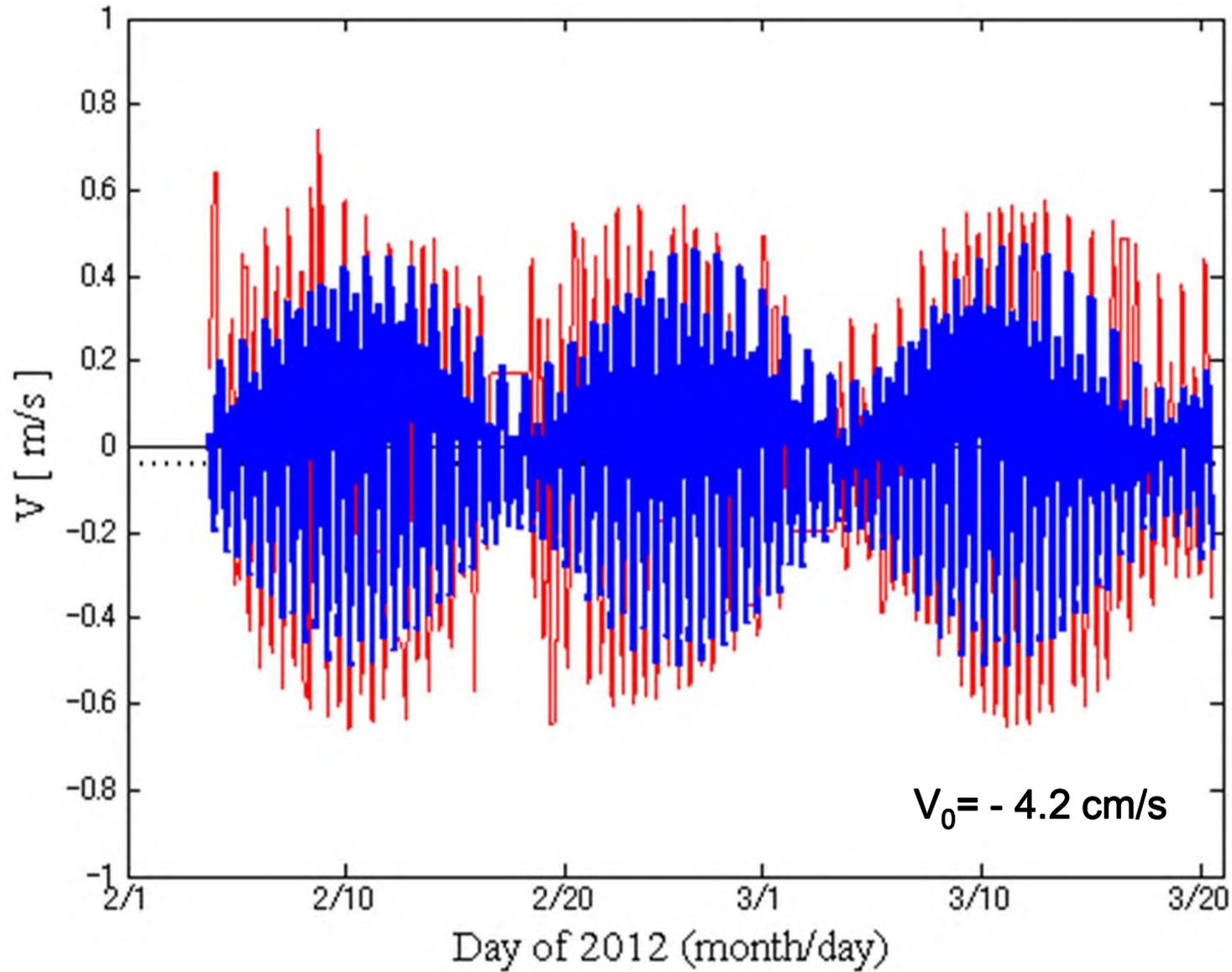
近年になく安芸灘の冬の水温が低い (最低 7.4°C)

流速



冬季、安芸灘の水はゆっくりと西向きに流れている

4分潮を考慮した調和解析結果



冬季、安芸灘の水はゆっくりと西向きに流れている

第二室戸台風 (T6118)

