

## 7 海底地すべりの津波伝播状況の スナップショット

---

**(1) 水位上昇側**

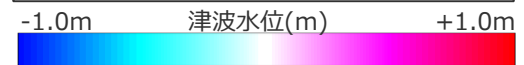
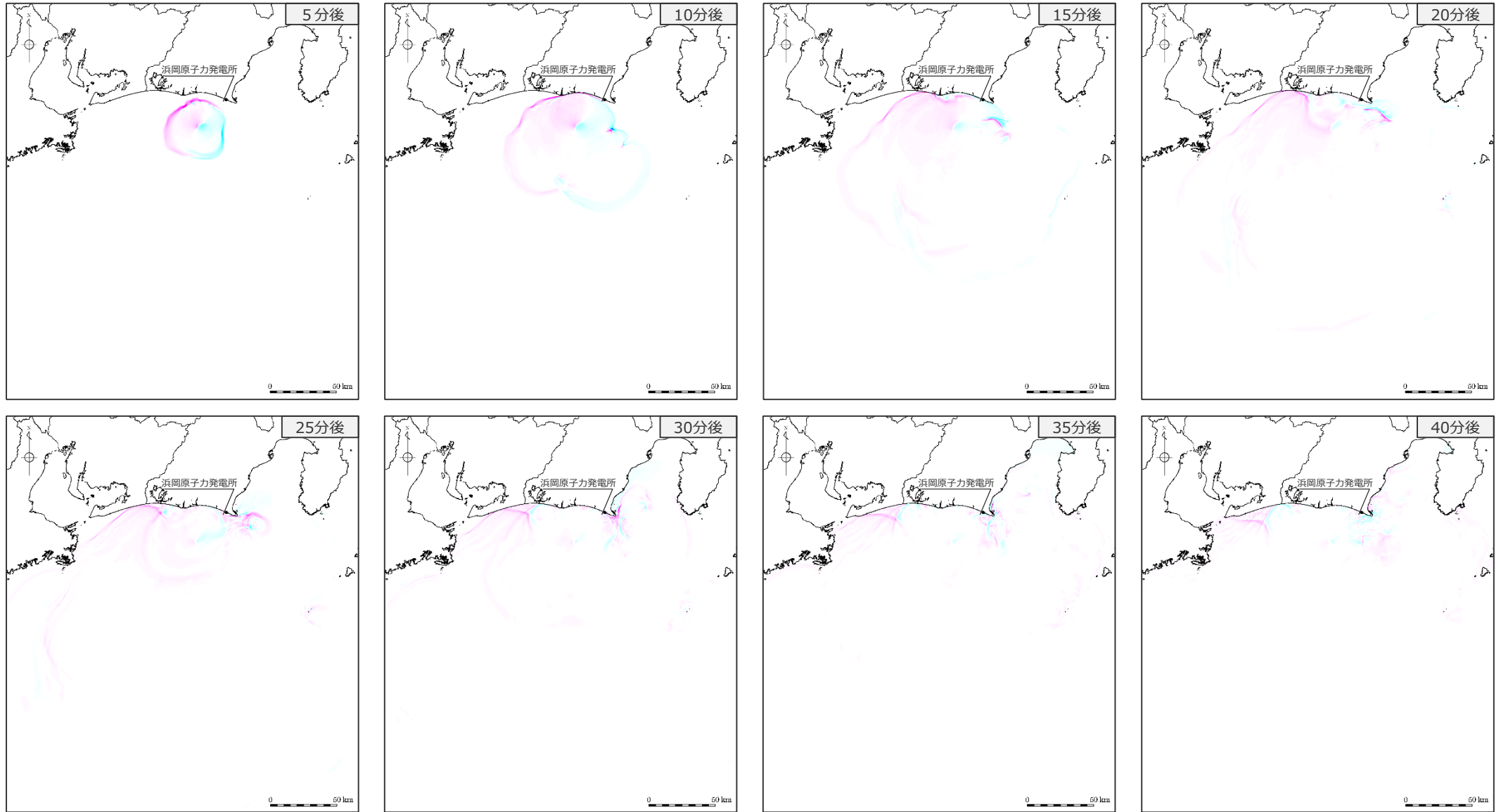
(2) 水位下降側

# 遠州灘沖（海盆内）の海底地すべり

---

# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット（1）水位上昇側 s2地点の海底地すべり（二層流モデル）

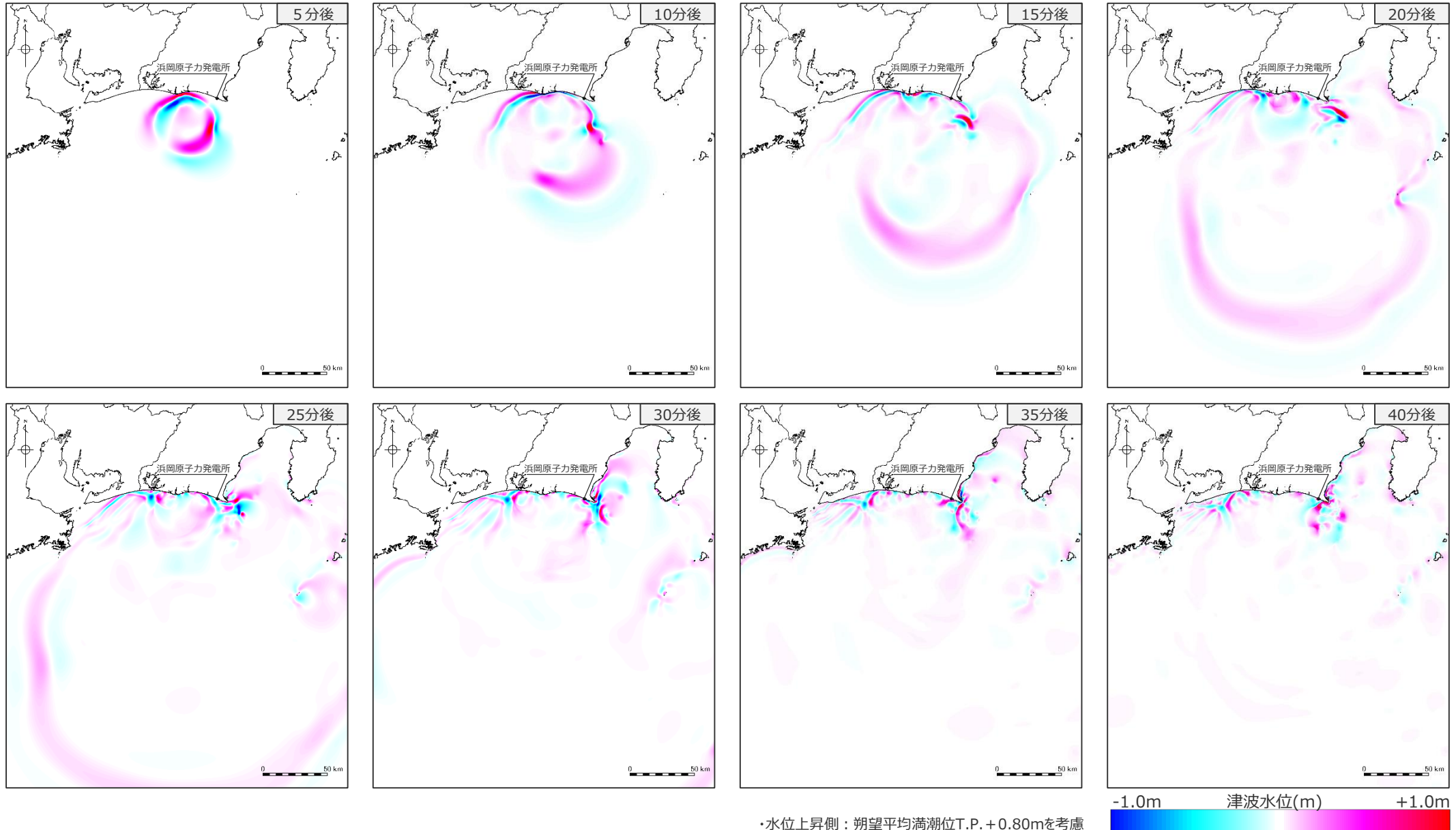
■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



・水位上昇側：朔望平均満潮位T.P. +0.80mを考慮

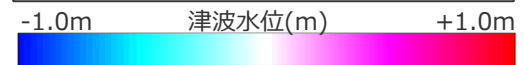
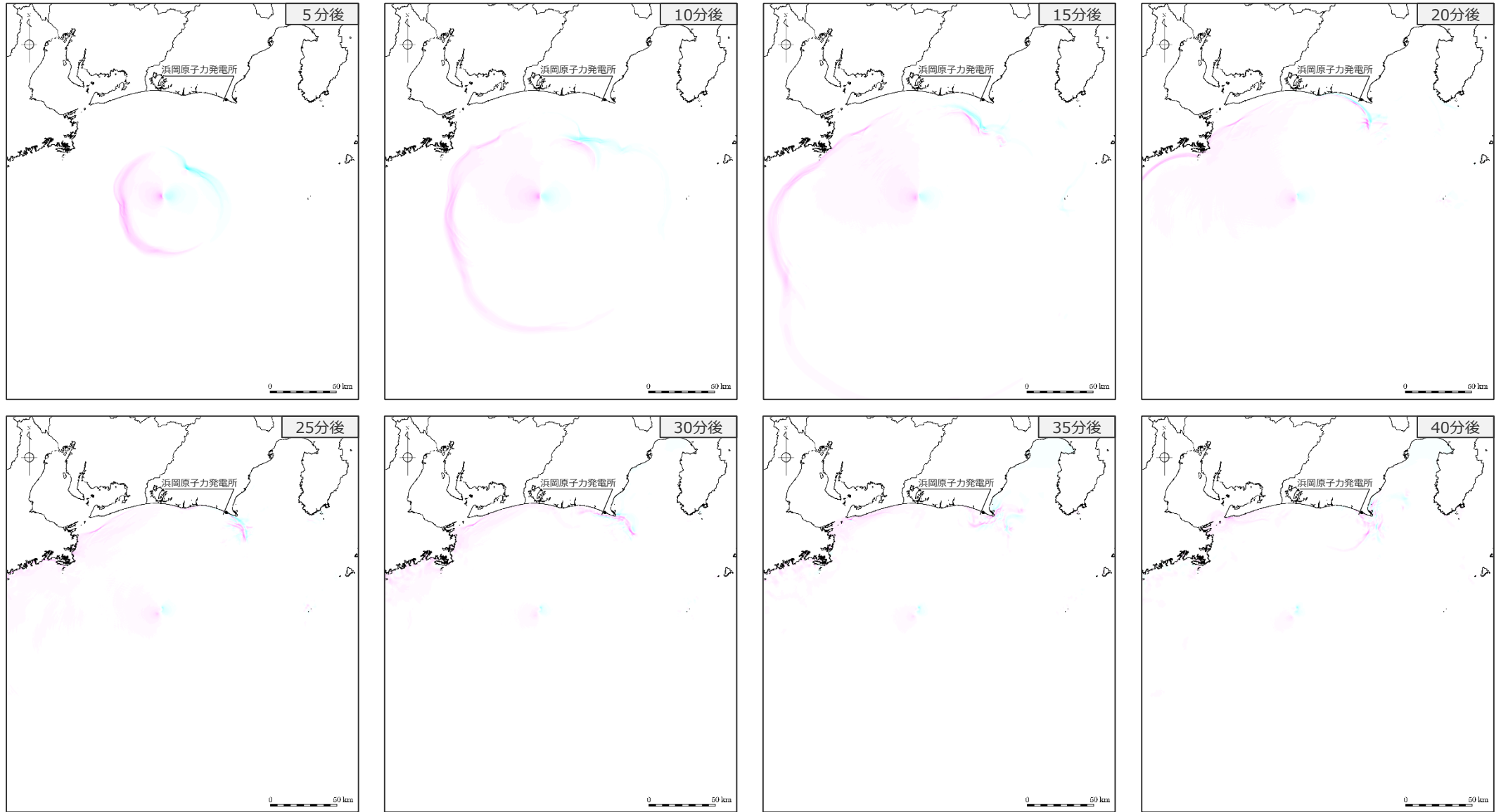
# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット（1）水位上昇側 s2地点の海底地すべり（Wattsほかの予測式）

■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット (1) 水位上昇側 s18地点の海底地すべり (二層流モデル)

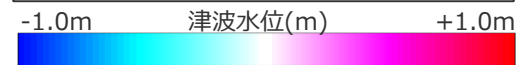
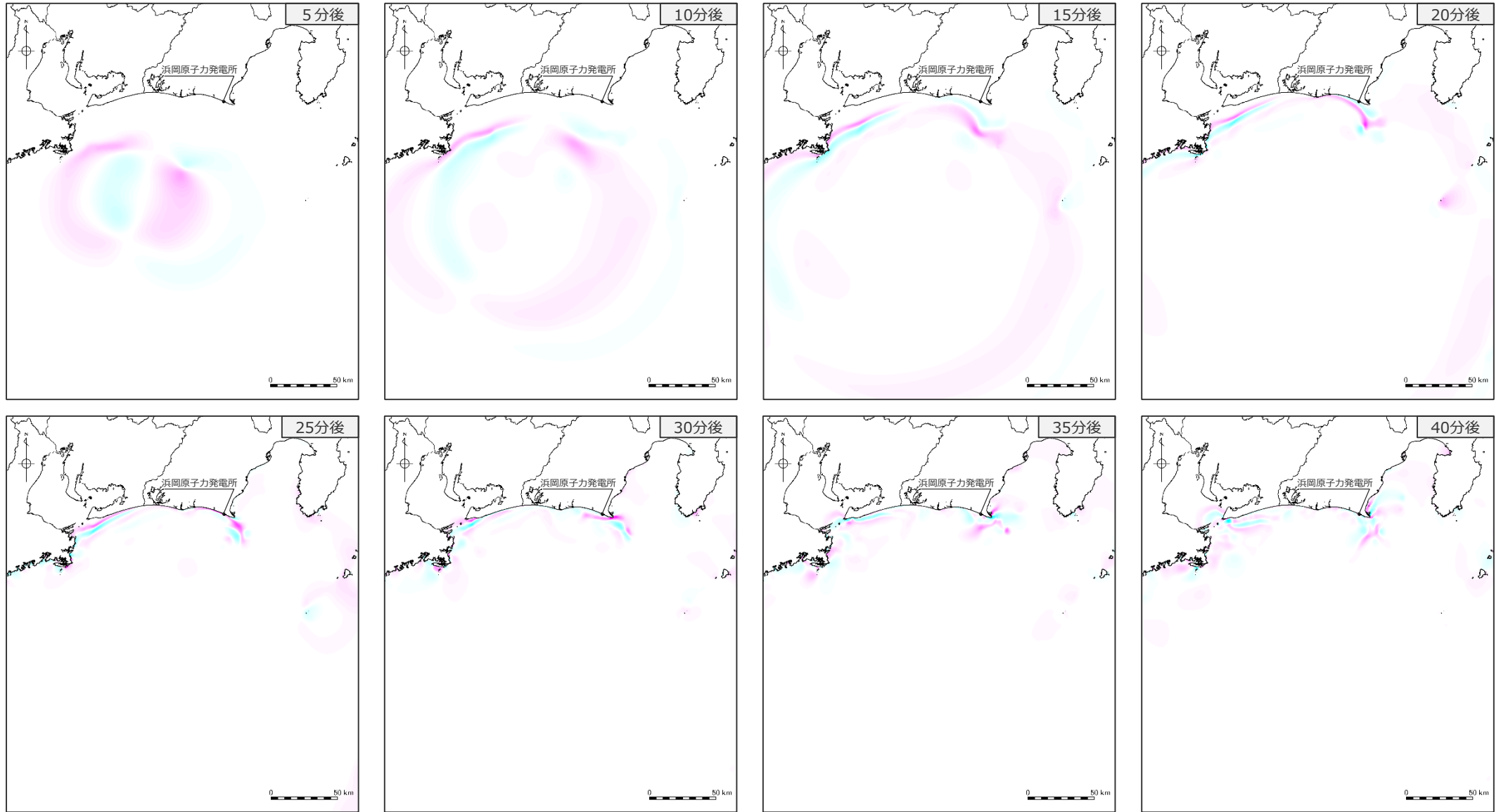
■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



・水位上昇側：朔望平均満潮位T.P. +0.80mを考慮

# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット（1）水位上昇側 s18地点の海底地すべり（Wattsほかの予測式）

■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



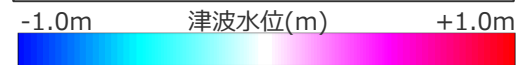
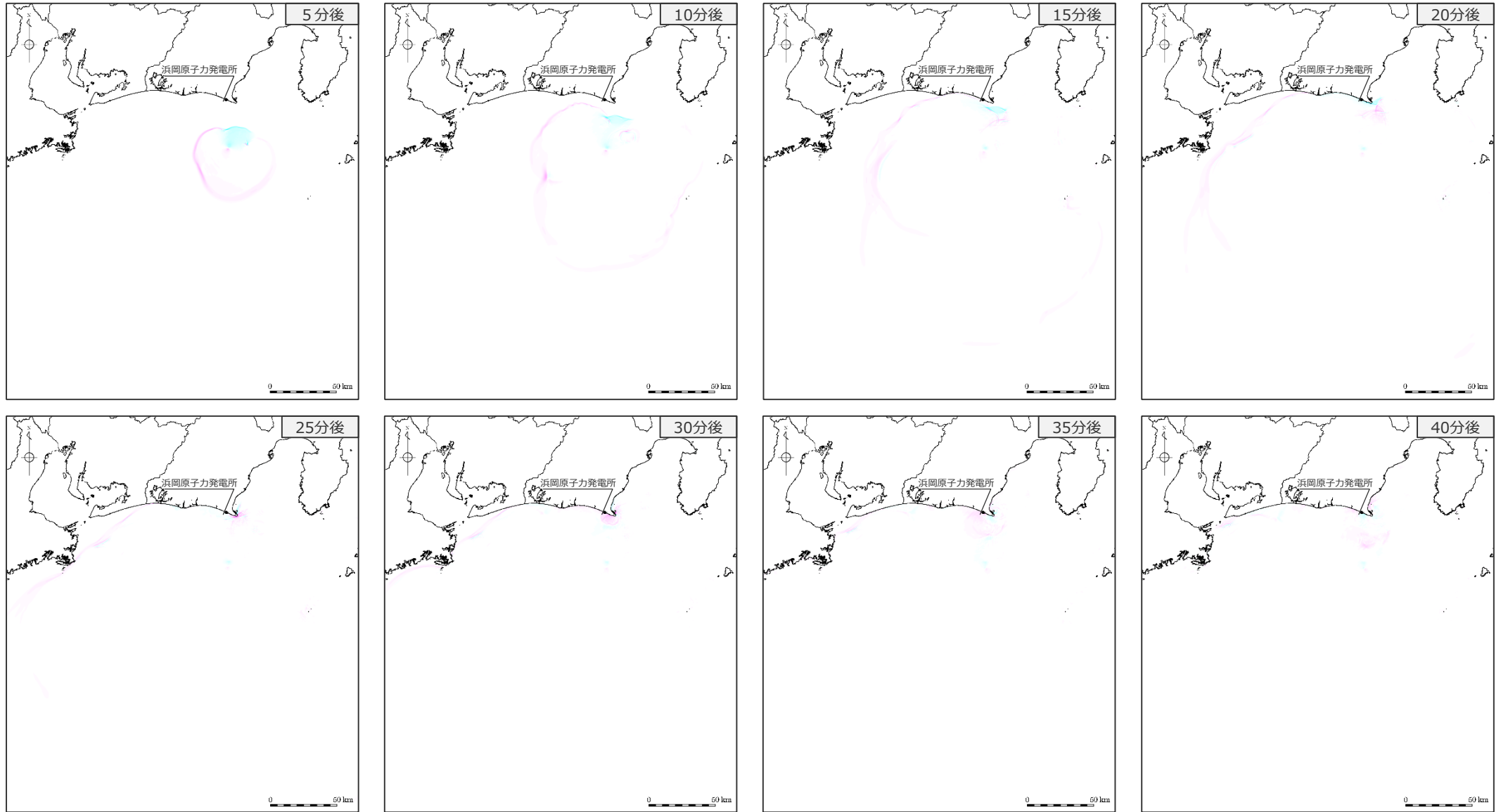
・水位上昇側：朔望平均満潮位T.P. +0.80mを考慮

# 遠州灘沖（外縁隆起帯トラフ側斜面） の海底地すべり

---

# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット (1) 水位上昇側 s4地点の海底地すべり (二層流モデル)

■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。

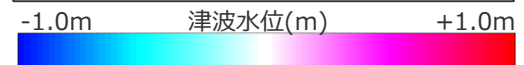
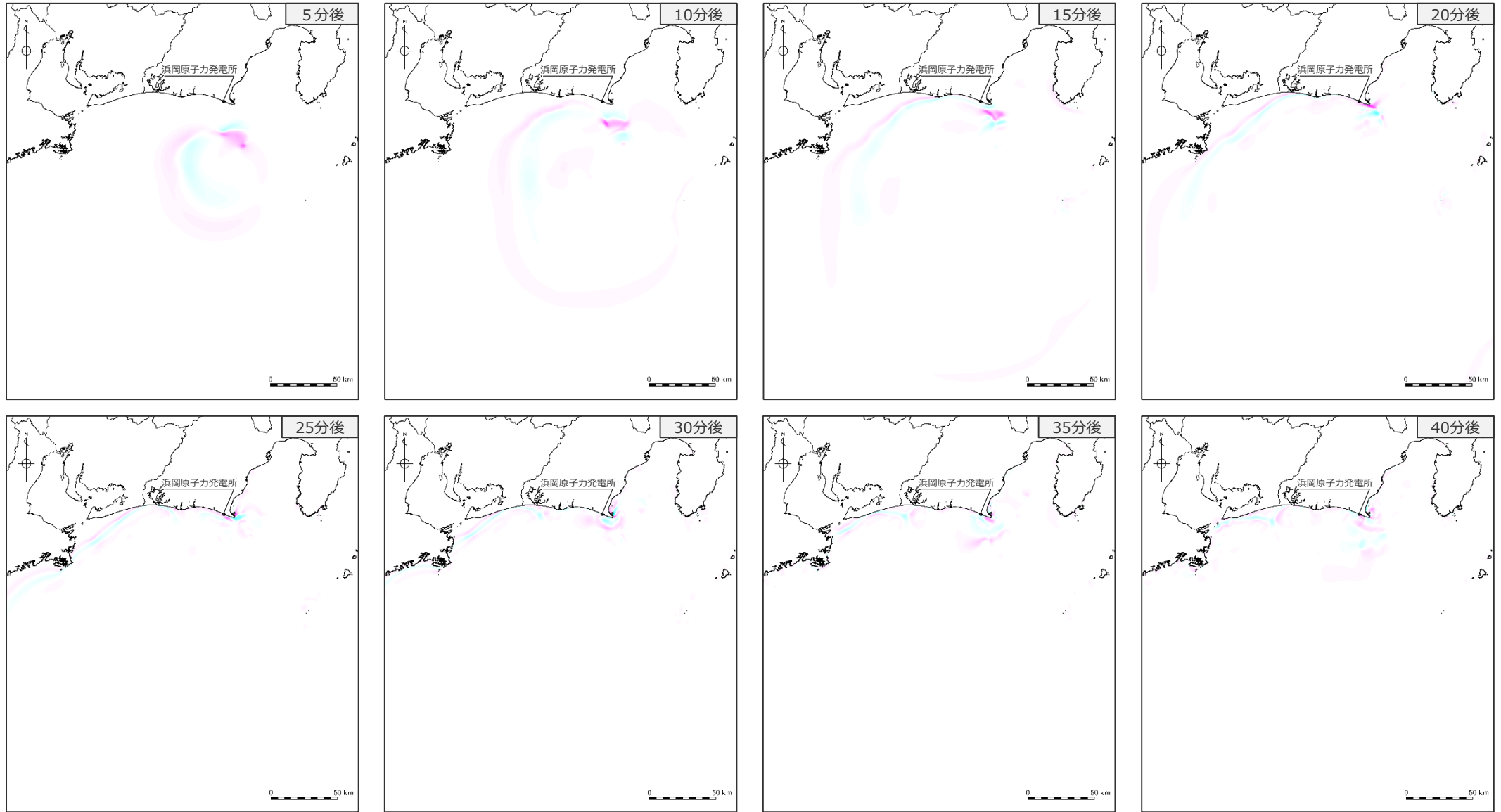


・水位上昇側：朔望平均満潮位T.P. +0.80mを考慮



# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット（1）水位上昇側 s4地点の海底地すべり（Wattsほかの予測式）

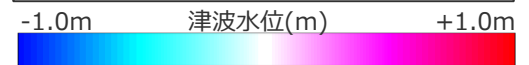
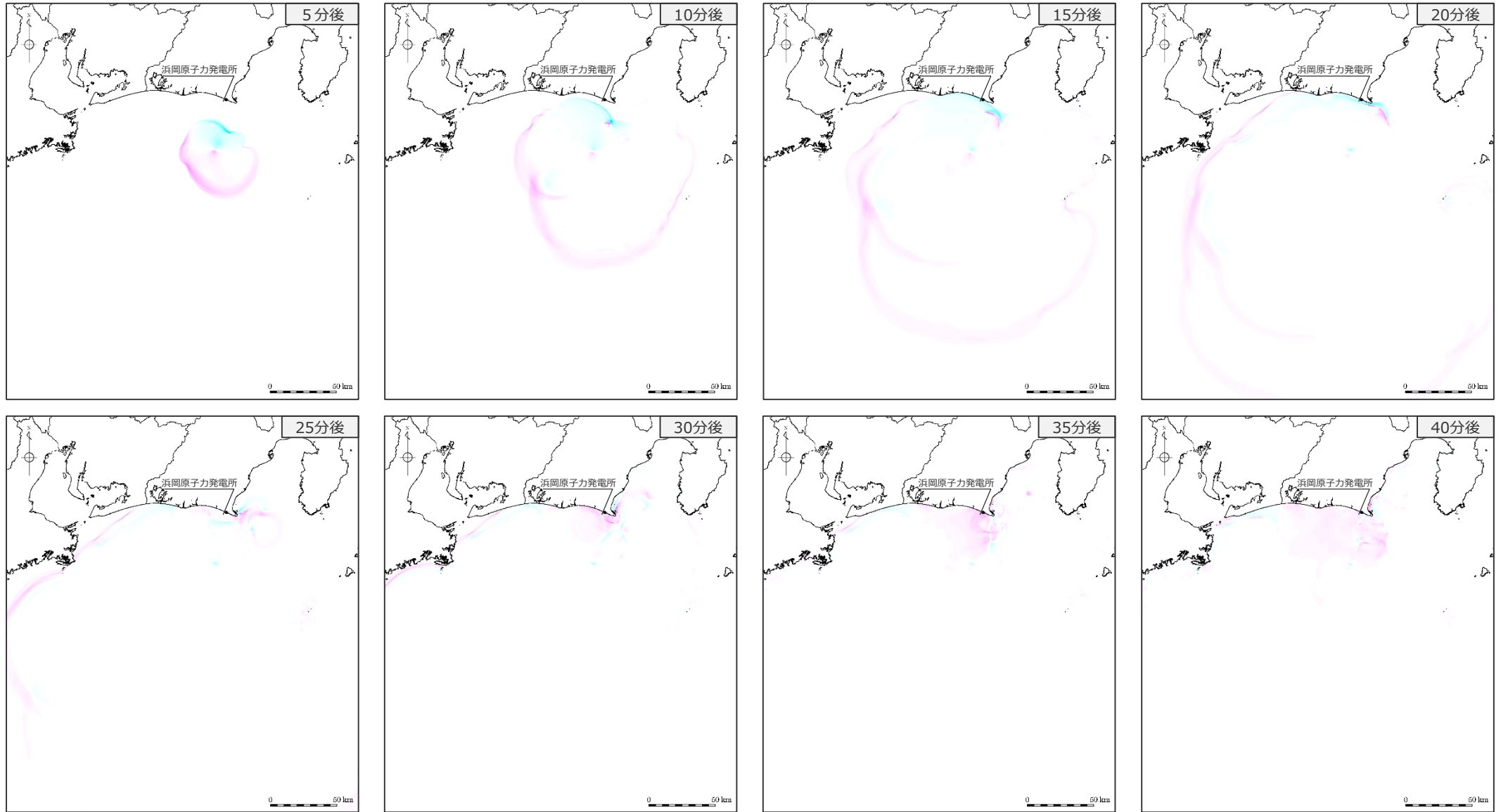
■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



・水位上昇側：朔望平均満潮位T.P. +0.80mを考慮

# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット (1) 水位上昇側 s5地点の海底地すべり (二層流モデル)

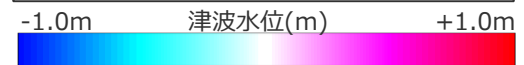
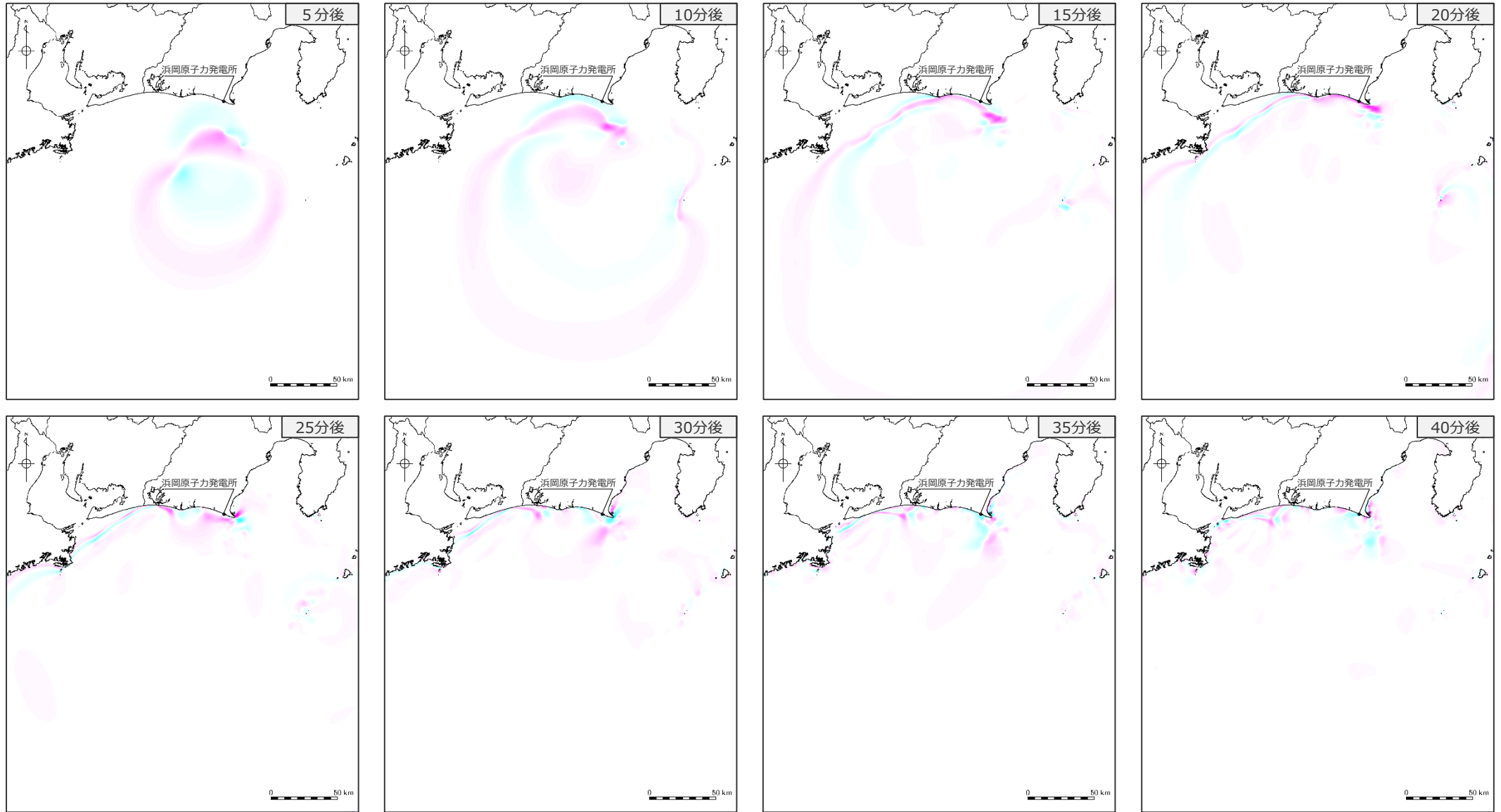
■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



・水位上昇側：朔望平均満潮位T.P. +0.80mを考慮

# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット（1）水位上昇側 s5地点の海底地すべり（Wattsほかの予測式）

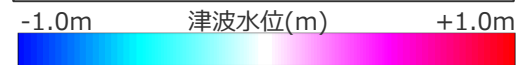
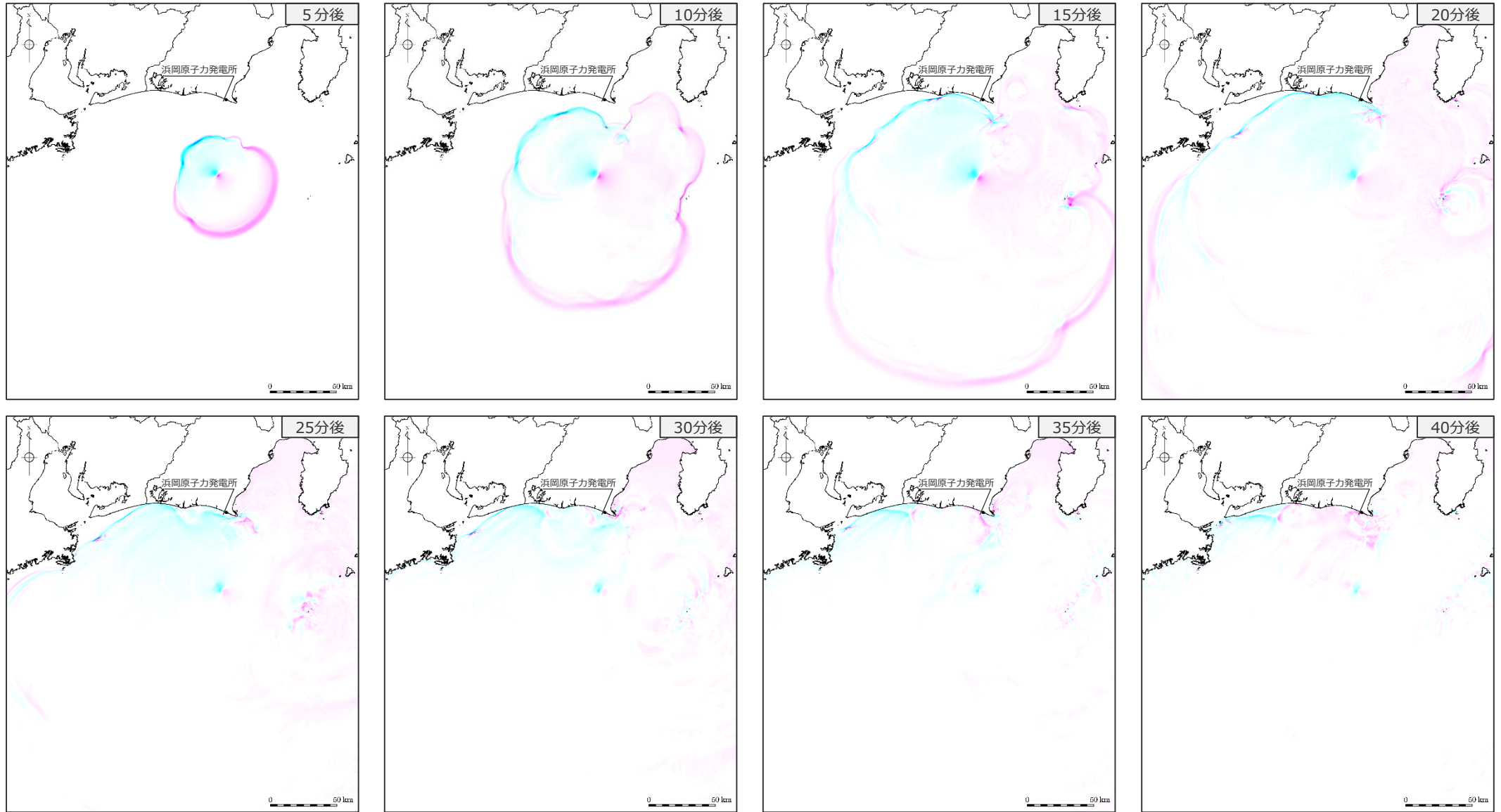
■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



・水位上昇側：朔望平均満潮位T.P. +0.80mを考慮

# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット（1）水位上昇側 s12地点の海底地すべり（二層流モデル）

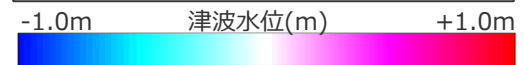
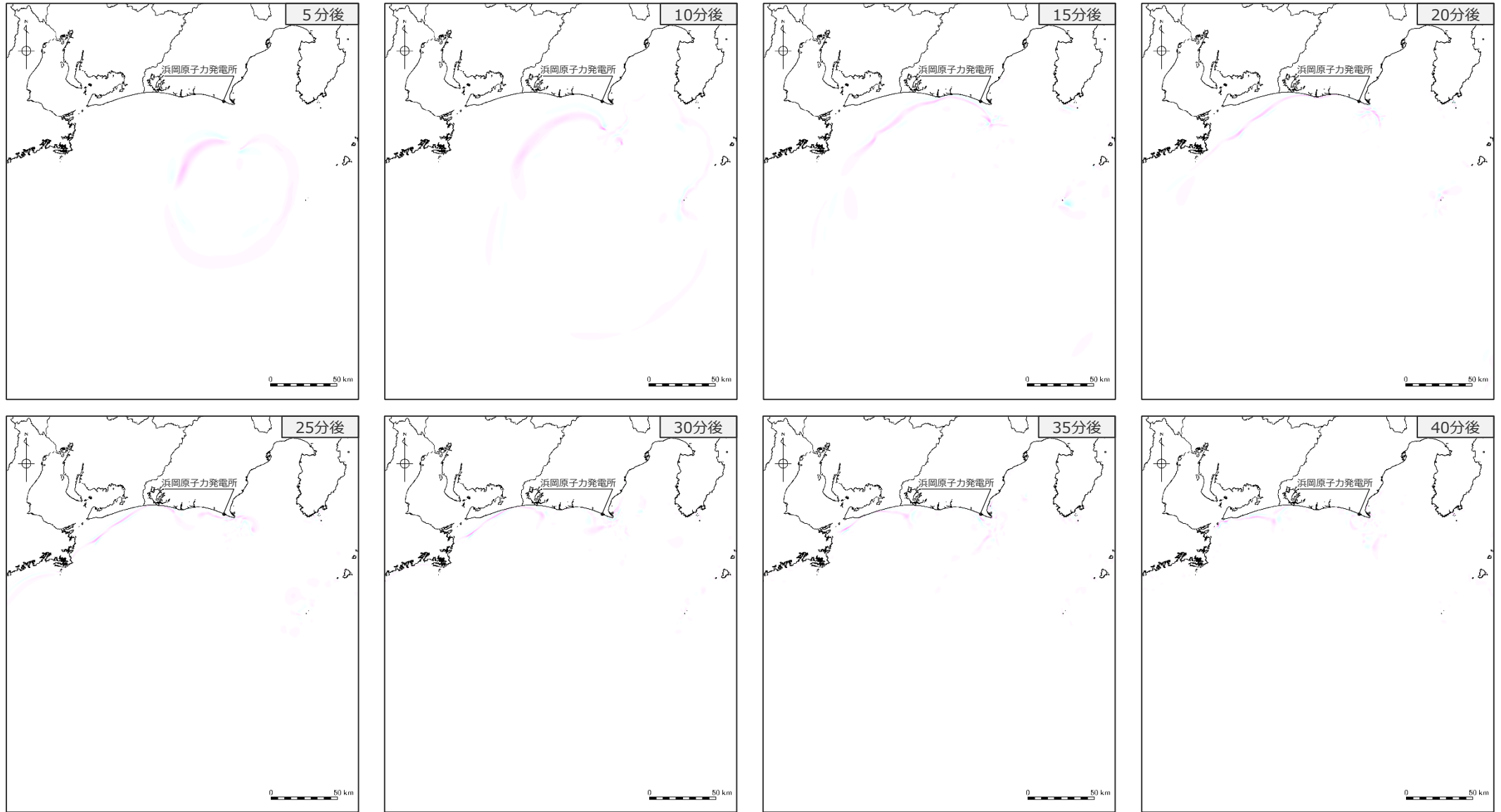
■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



・水位上昇側：朔望平均満潮T.P.+0.80mを考慮

# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット（1）水位上昇側 s12地点の海底地すべり（Wattsほかの予測式）

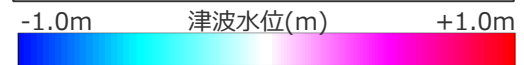
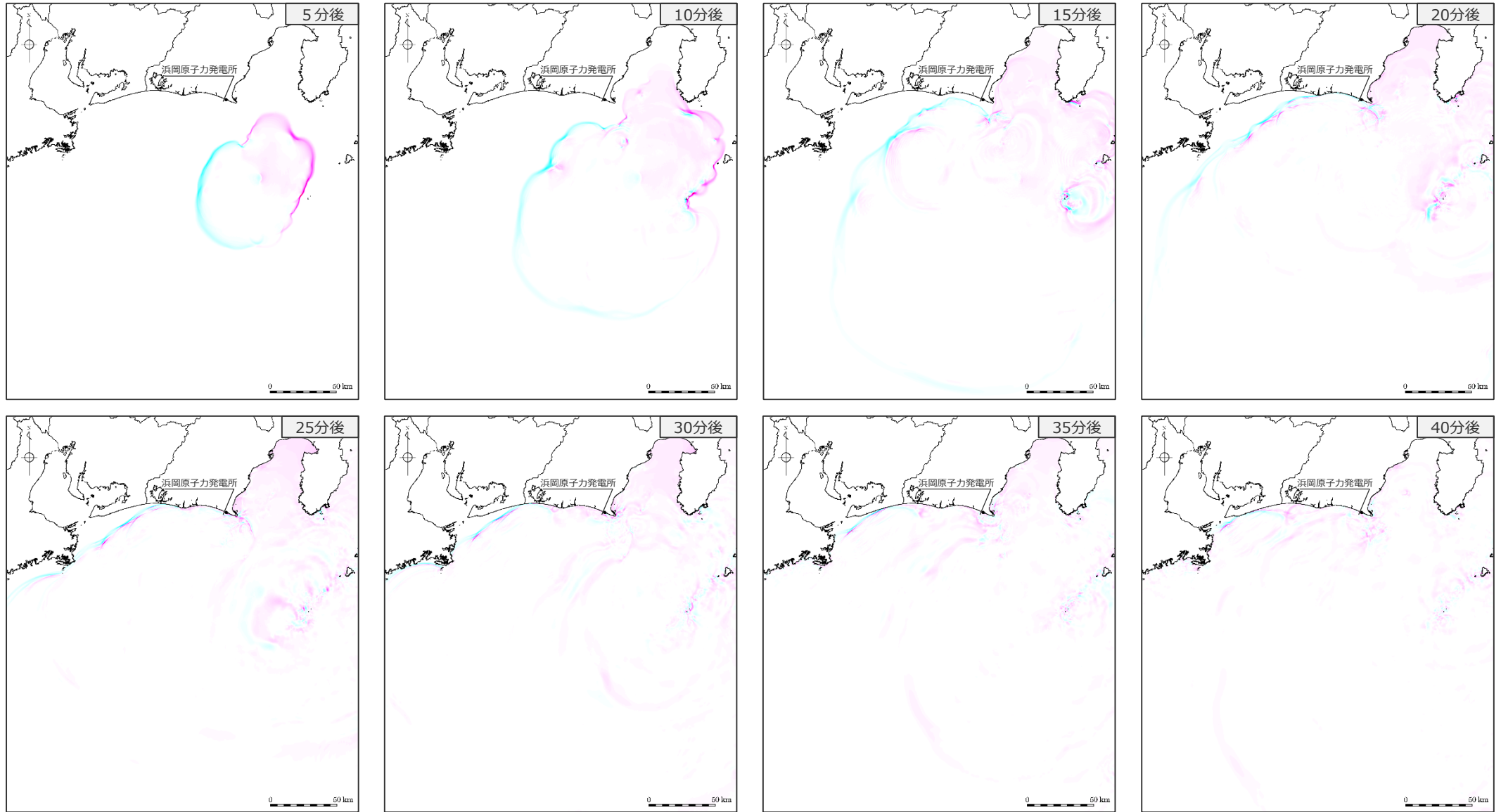
■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



・水位上昇側：朔望平均満潮位T.P. +0.80mを考慮

# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット (1) 水位上昇側 s13地点の海底地すべり (二層流モデル)

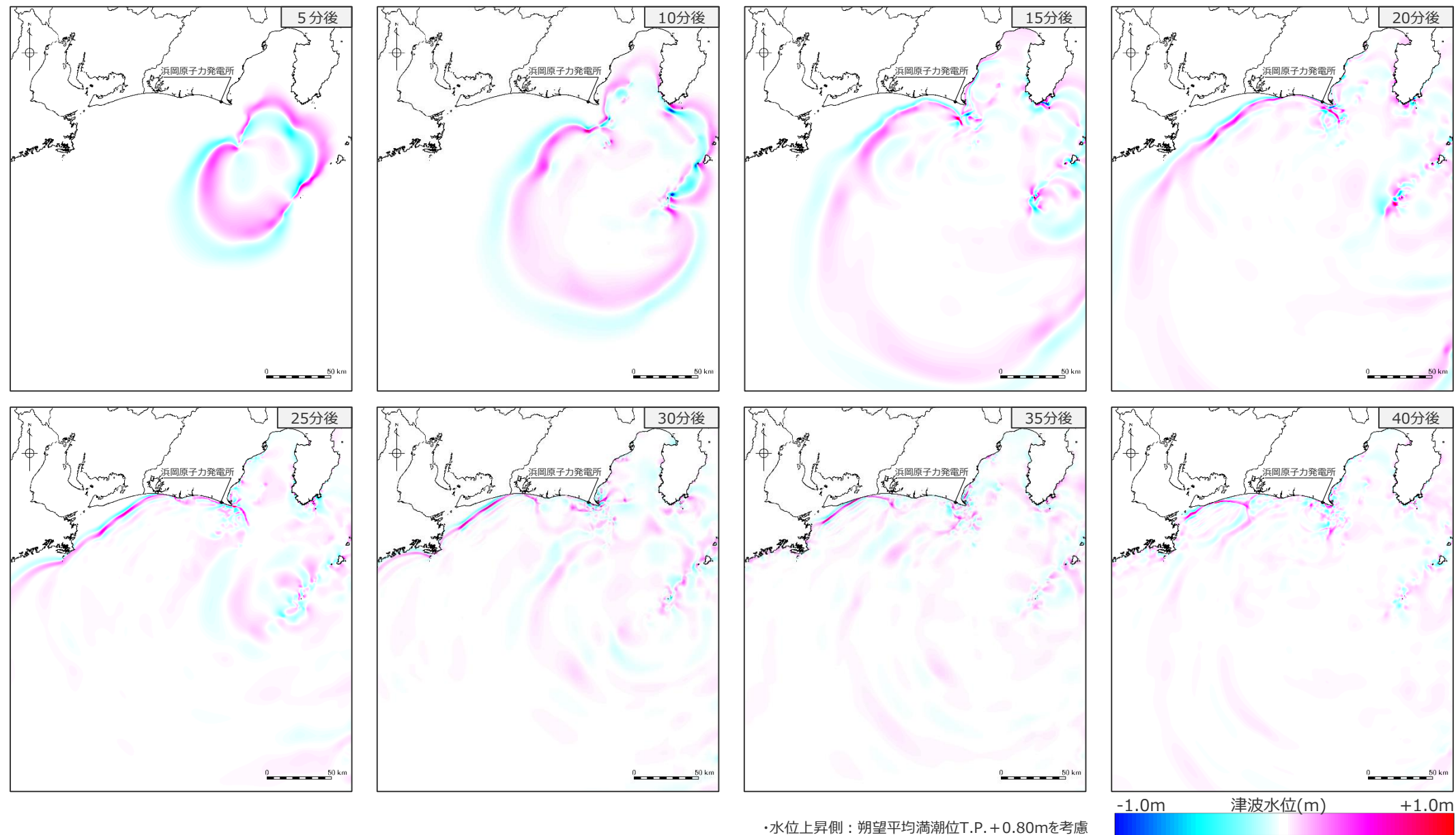
■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



・水位上昇側：朔望平均満潮位T.P. +0.80mを考慮

# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット (1) 水位上昇側 s13地点の海底地すべり (Wattsほかの予測式)

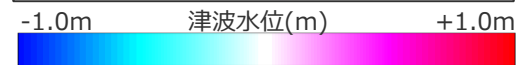
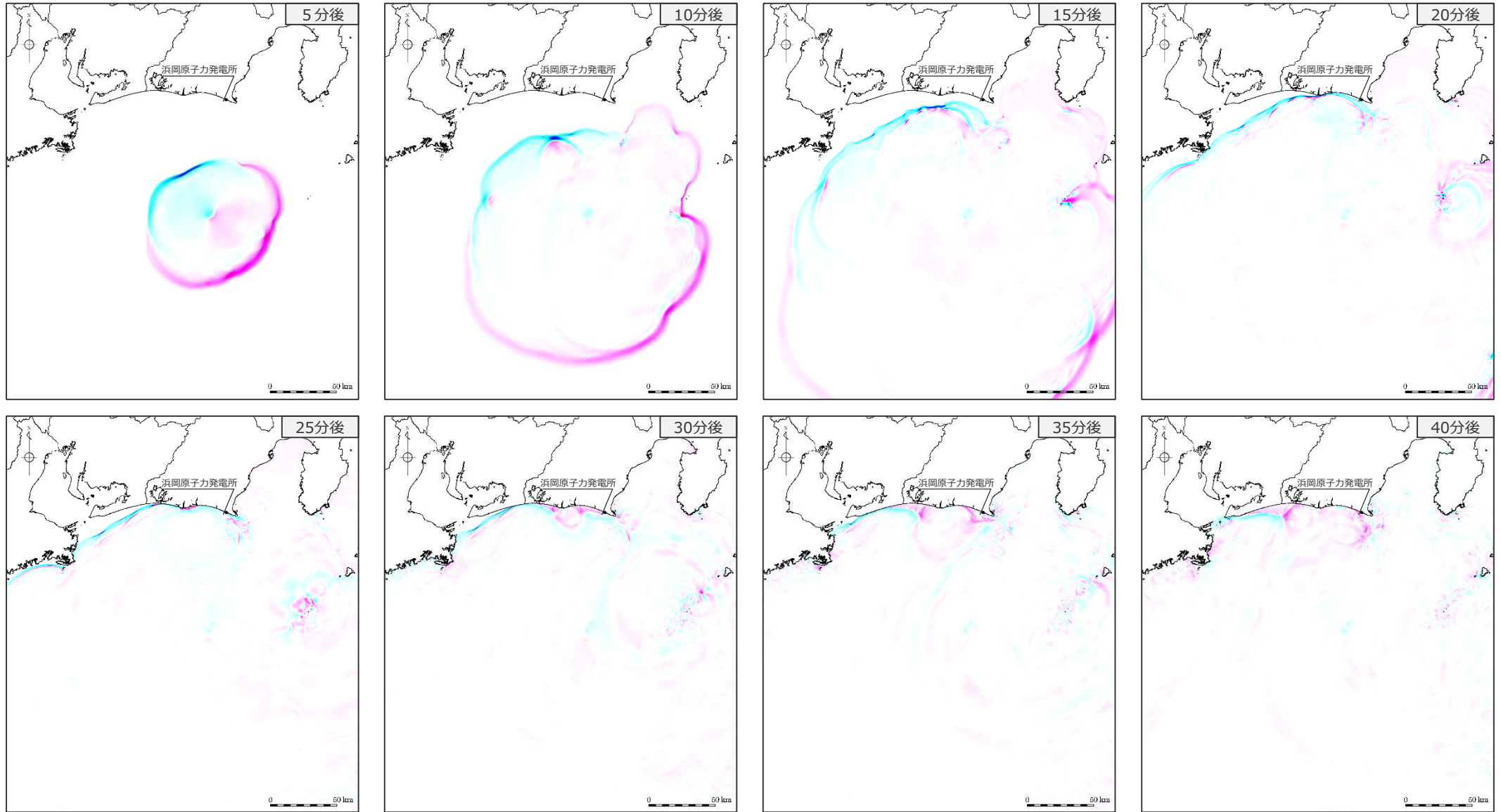
■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



・水位上昇側：朔望平均満潮T.P.+0.80mを考慮

# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット (1) 水位上昇側 s17地点の海底地すべり (二層流モデル)

■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。

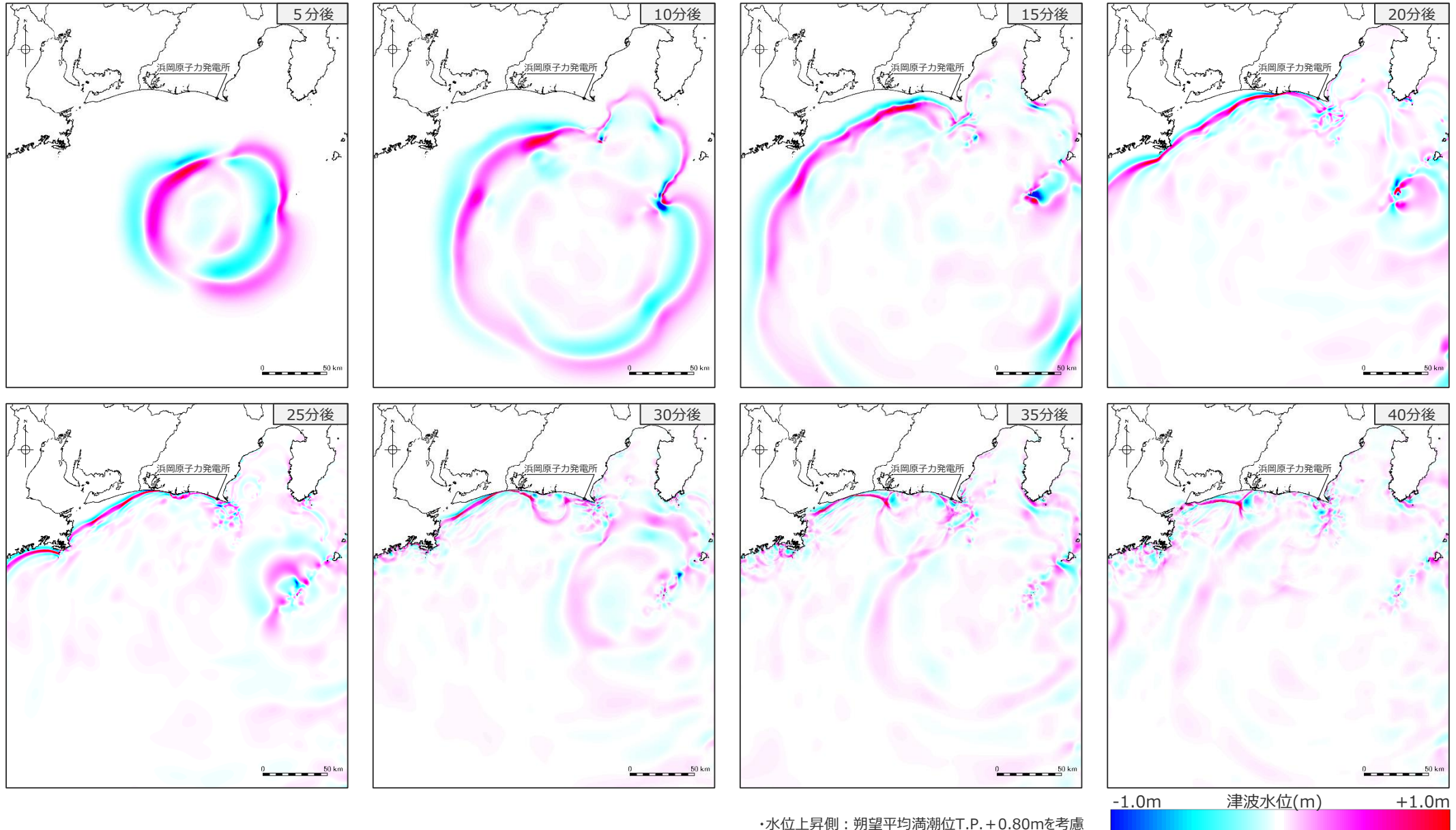


・水位上昇側：朔望平均満潮T.P. +0.80mを考慮



# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット (1) 水位上昇側 s17地点の海底地すべり (Wattsほかの予測式)

■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。

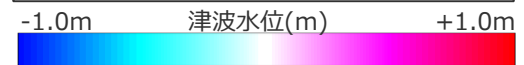
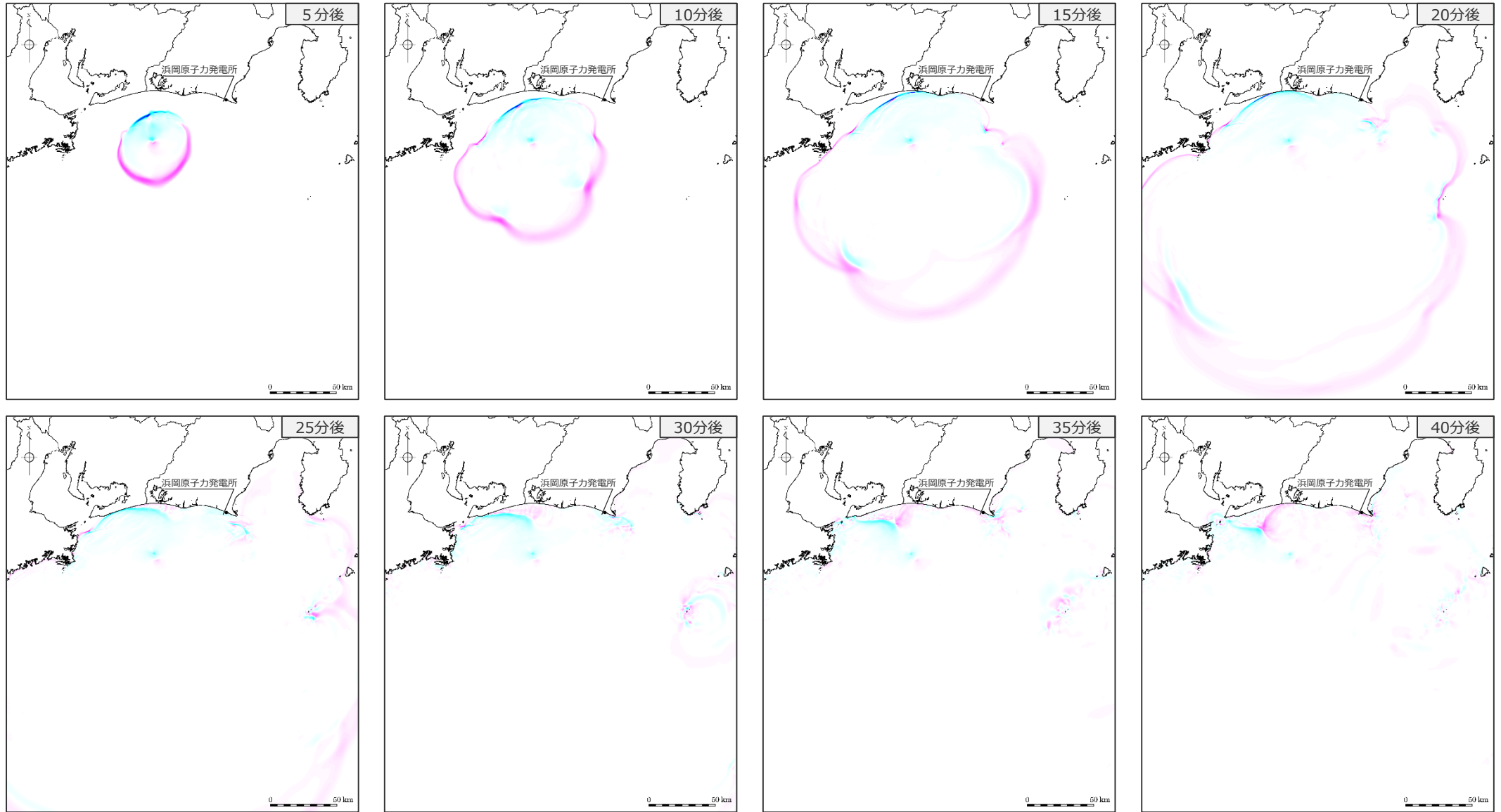


# 遠州灘沖（大陸棚斜面）の海底地すべり

---

# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット (1) 水位上昇側 s22地点の海底地すべり (二層流モデル)

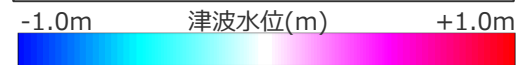
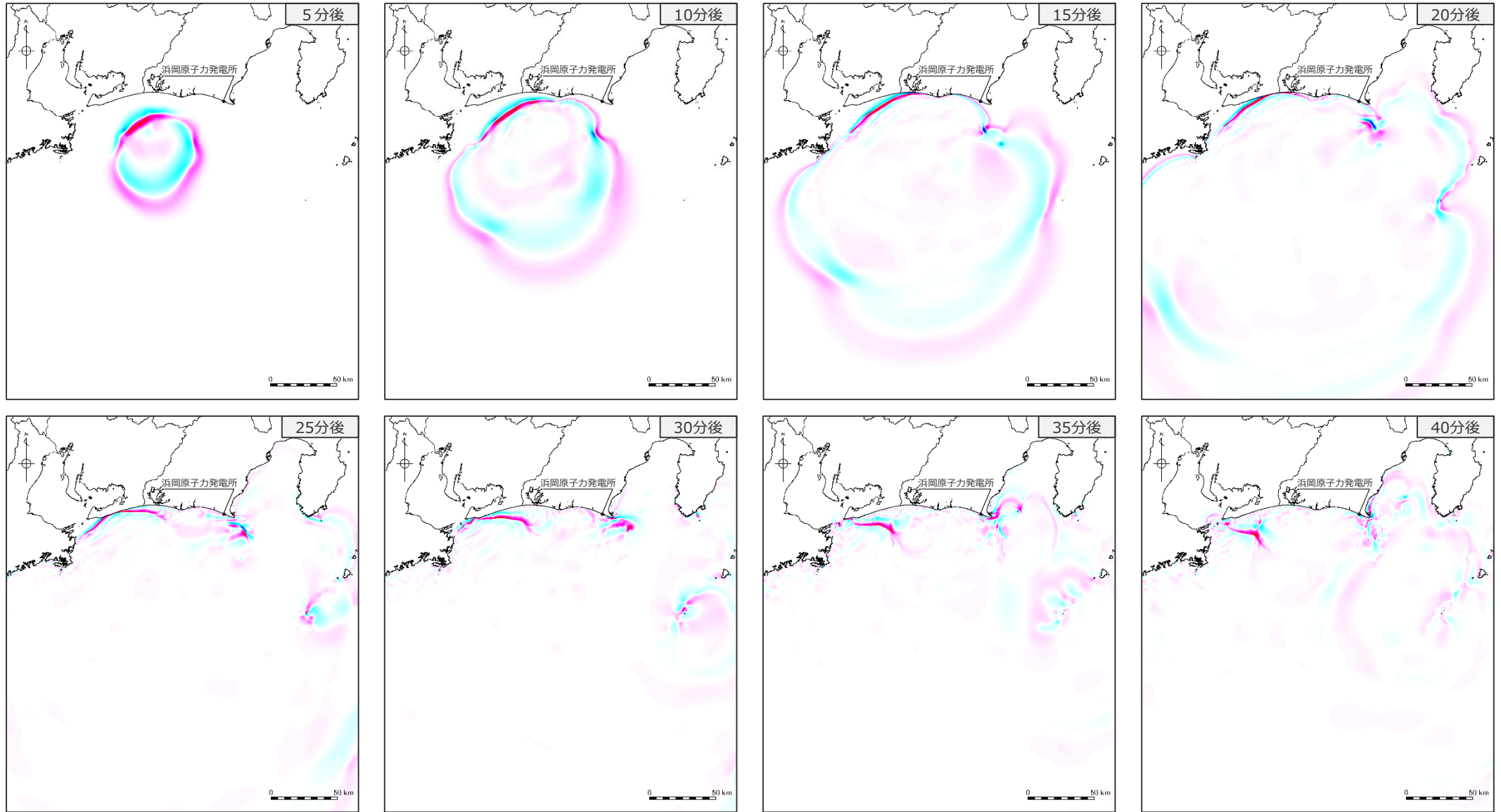
■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



・水位上昇側：朔望平均満潮位T.P. +0.80mを考慮

# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット（1）水位上昇側 s22地点の海底地すべり（Wattsほかの予測式）

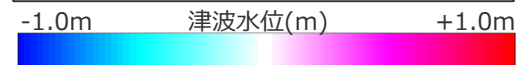
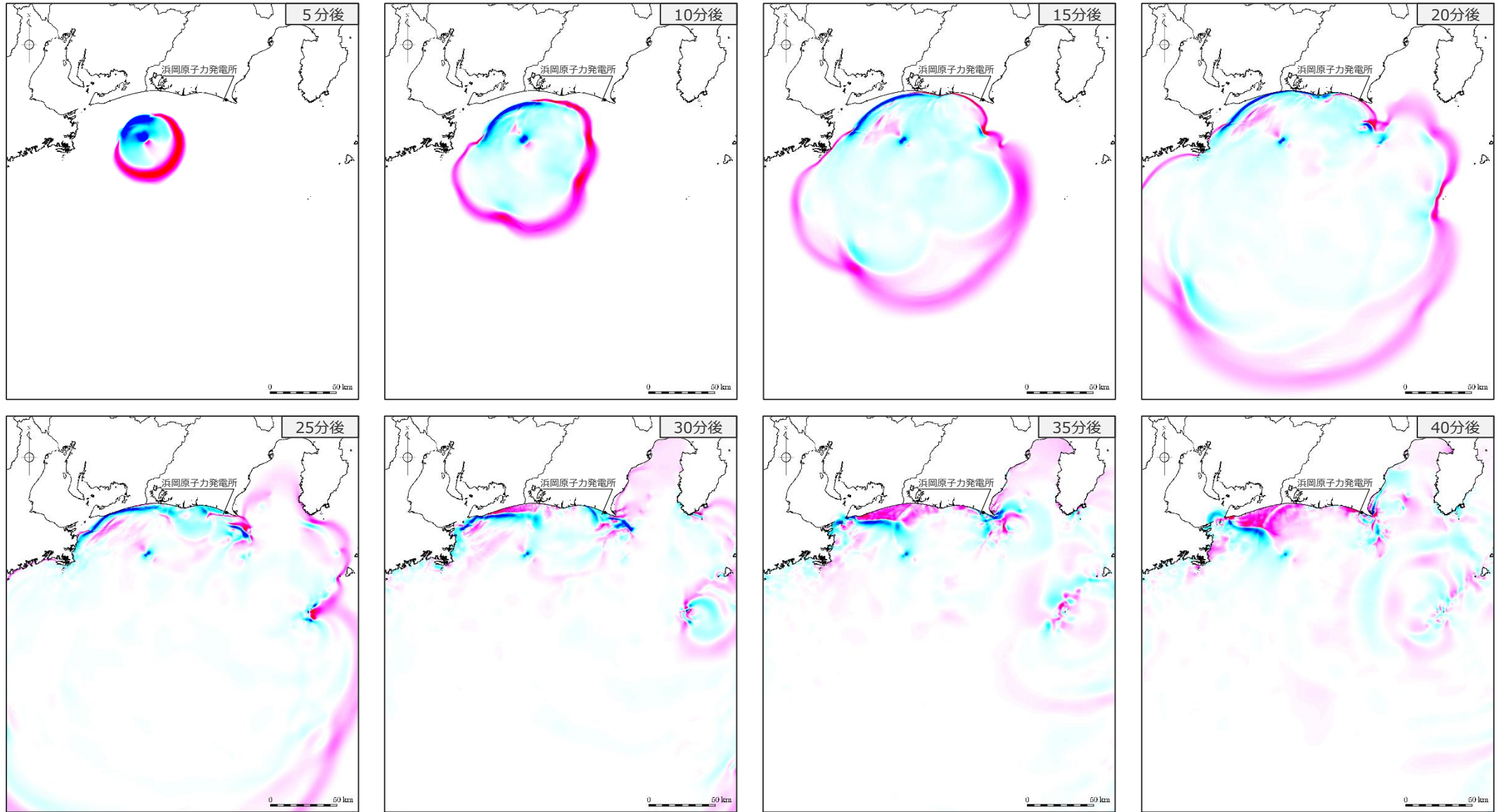
■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



・水位上昇側：朔望平均満潮位T.P. +0.80mを考慮

# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット (1) 水位上昇側 s26地点の海底地すべり (二層流モデル)

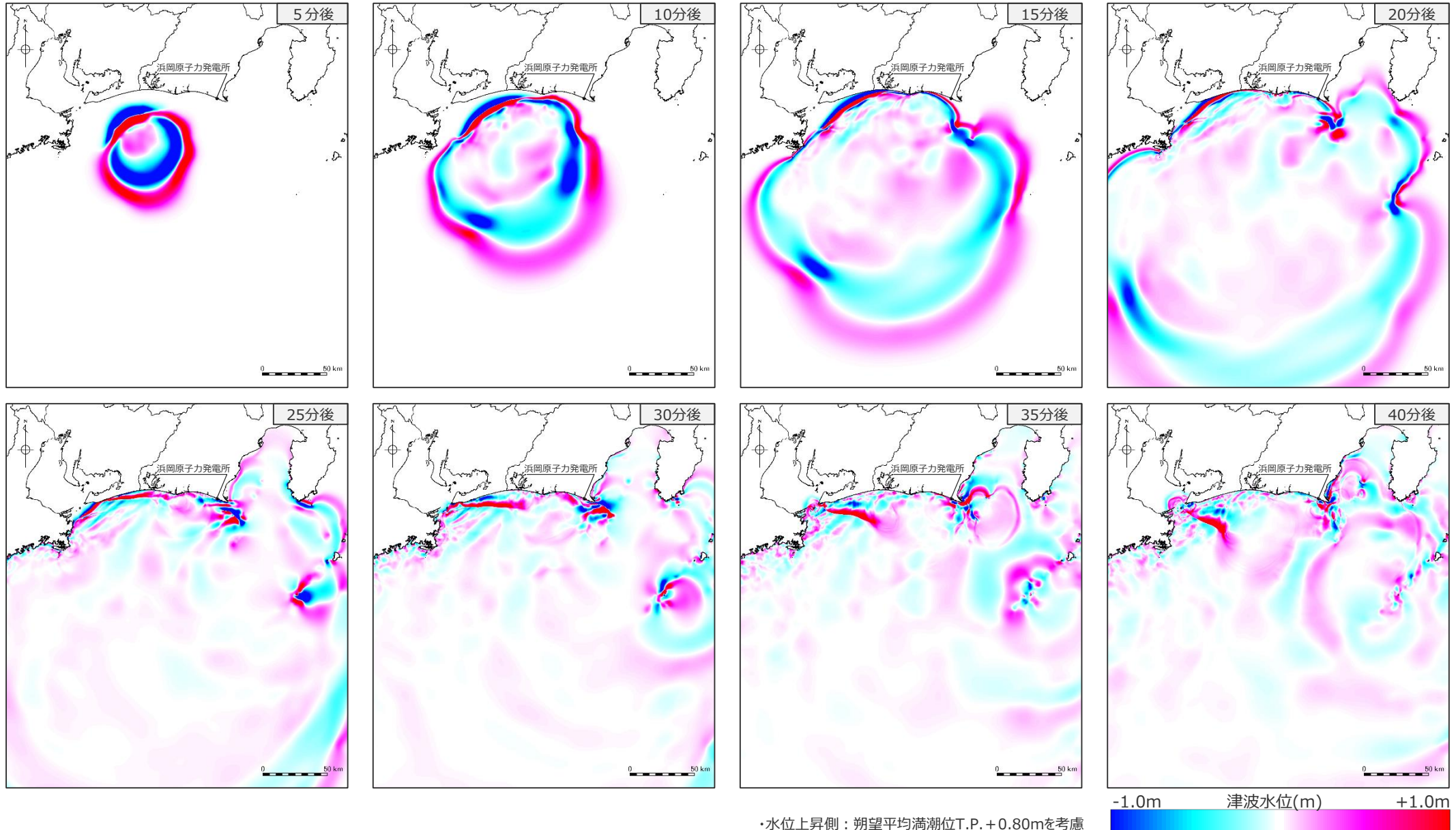
■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



・水位上昇側：朔望平均満潮位T.P.+0.80mを考慮

# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット（1）水位上昇側 s26地点の海底地すべり（Wattsほかの予測式）

■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。

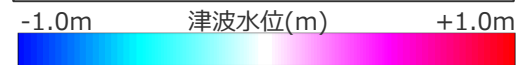
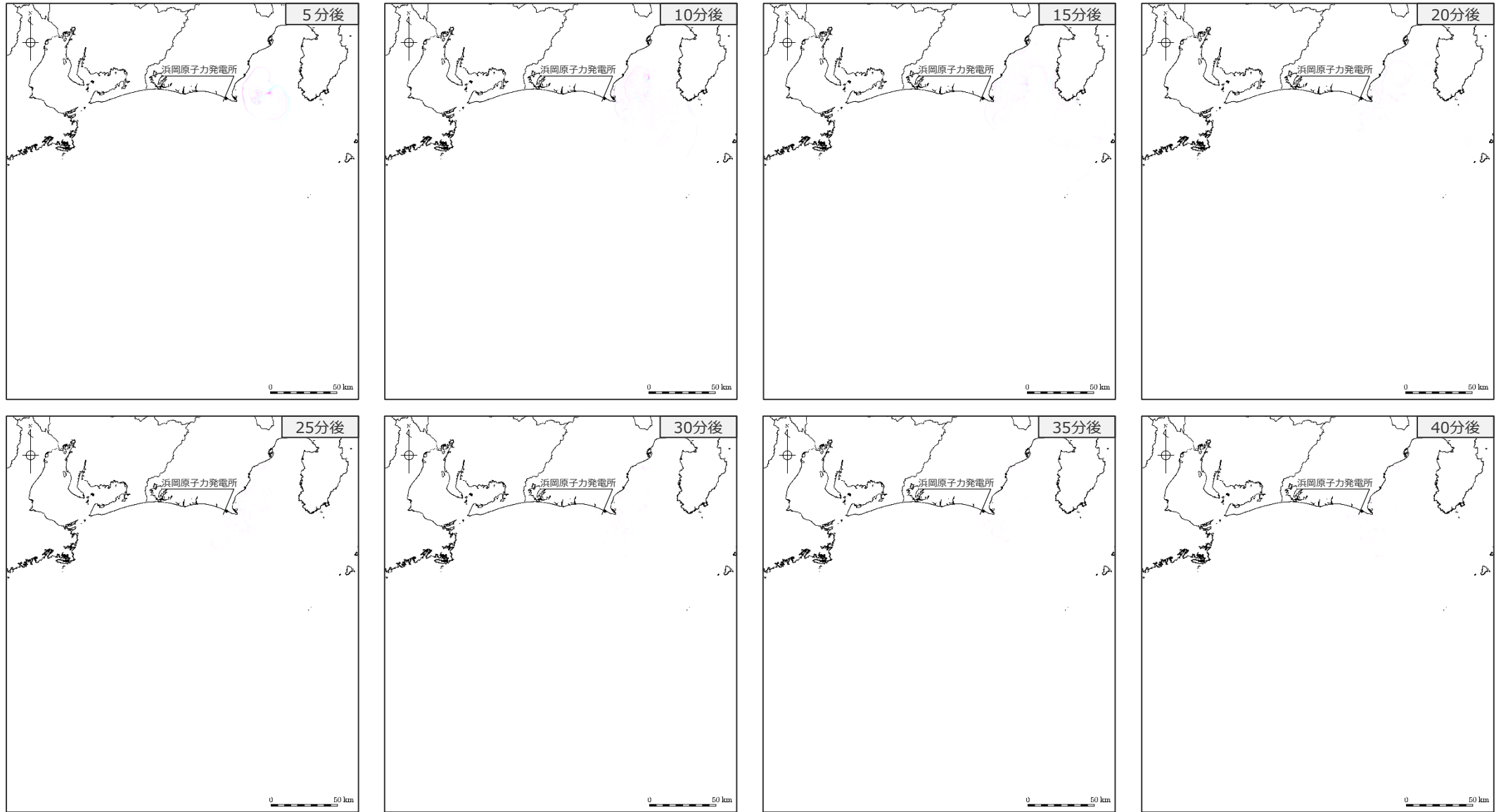


# 駿河湾内の海底地すべり

---

# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット (1) 水位上昇側 s1地点の海底地すべり (二層流モデル)

■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。

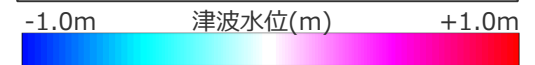
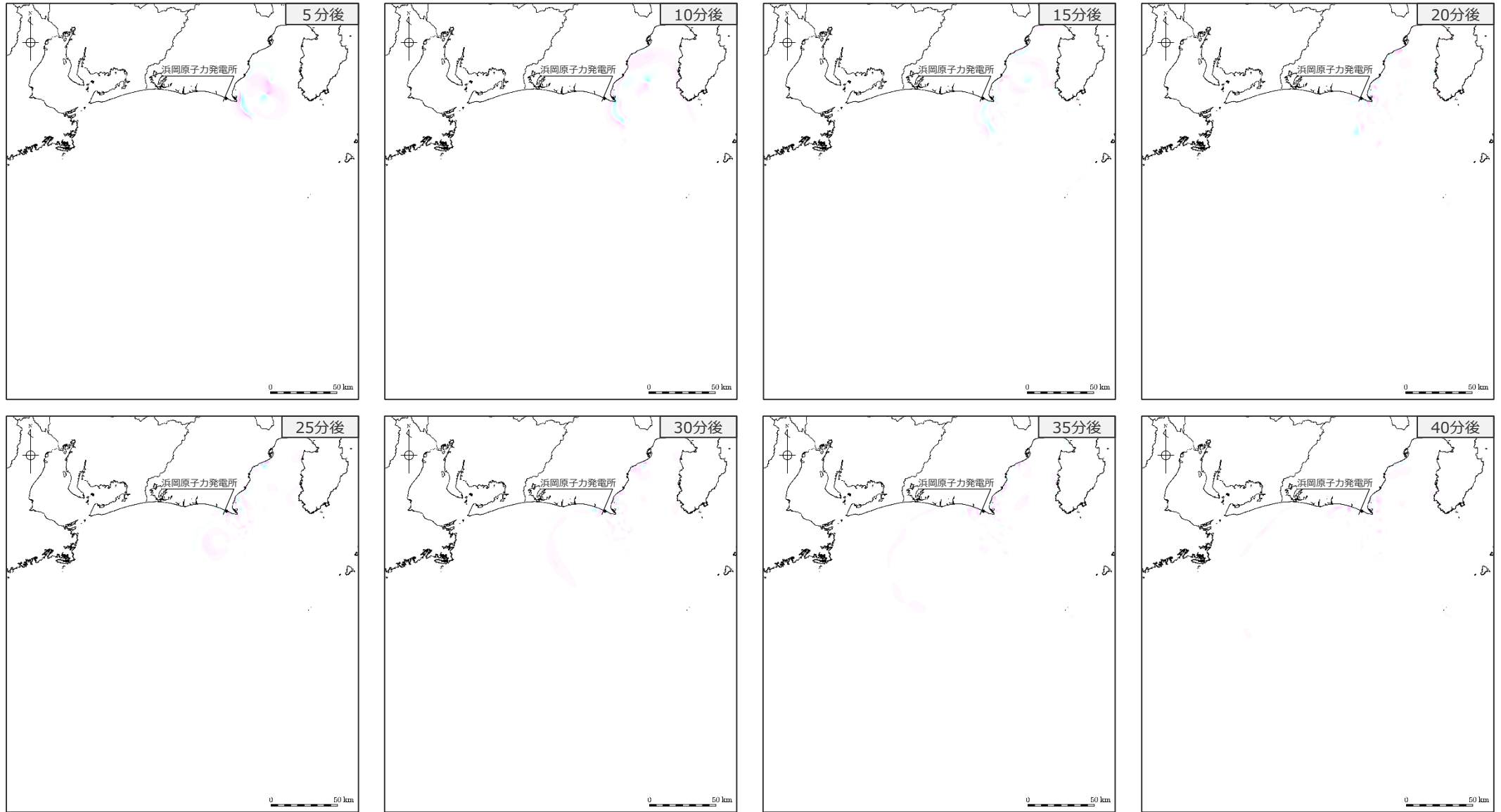


・水位上昇側：朔望平均満潮位T.P.+0.80mを考慮



# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット (1) 水位上昇側 s1地点の海底地すべり (Wattsほかの予測式)

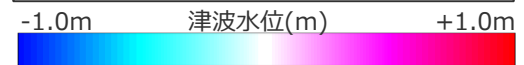
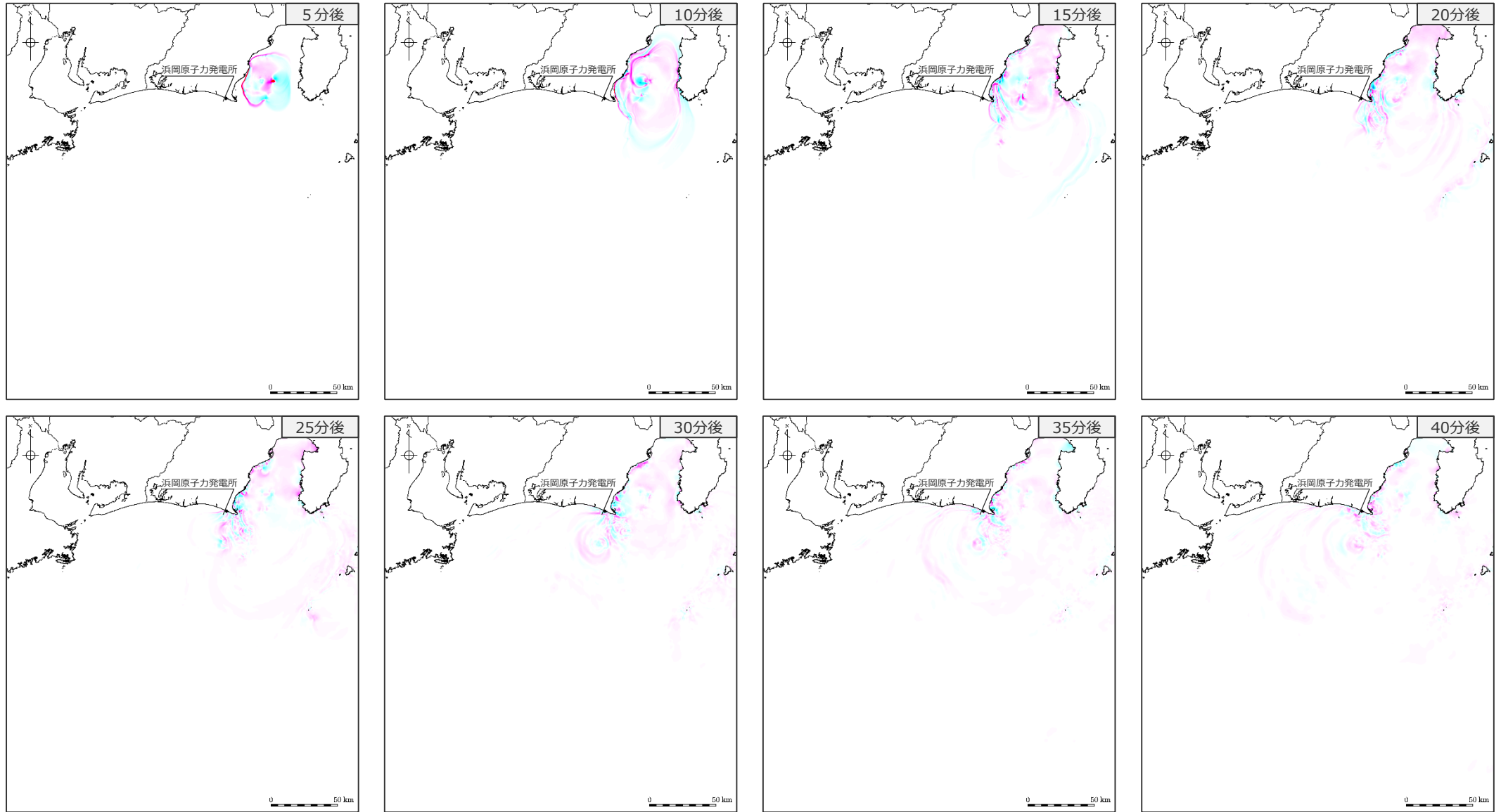
■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



・水位上昇側：朔望平均満潮位T.P. +0.80mを考慮

# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット (1) 水位上昇側 s3地点の海底地すべり (二層流モデル)

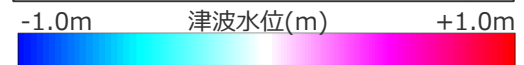
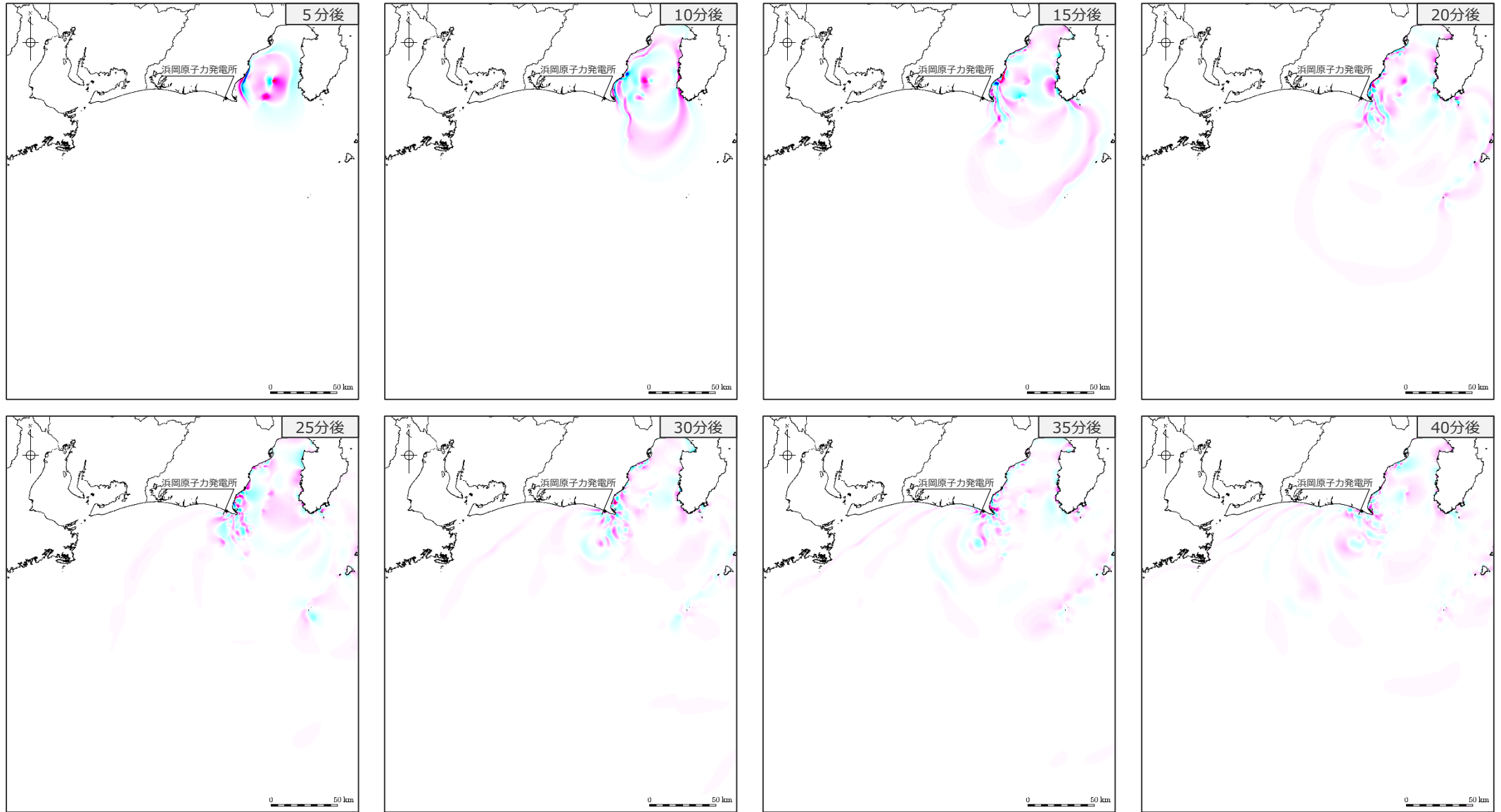
■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



・水位上昇側：朔望平均満潮位T.P. +0.80mを考慮

# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット（1）水位上昇側 s3地点の海底地すべり（Wattsほかの予測式）

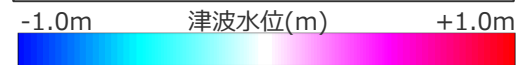
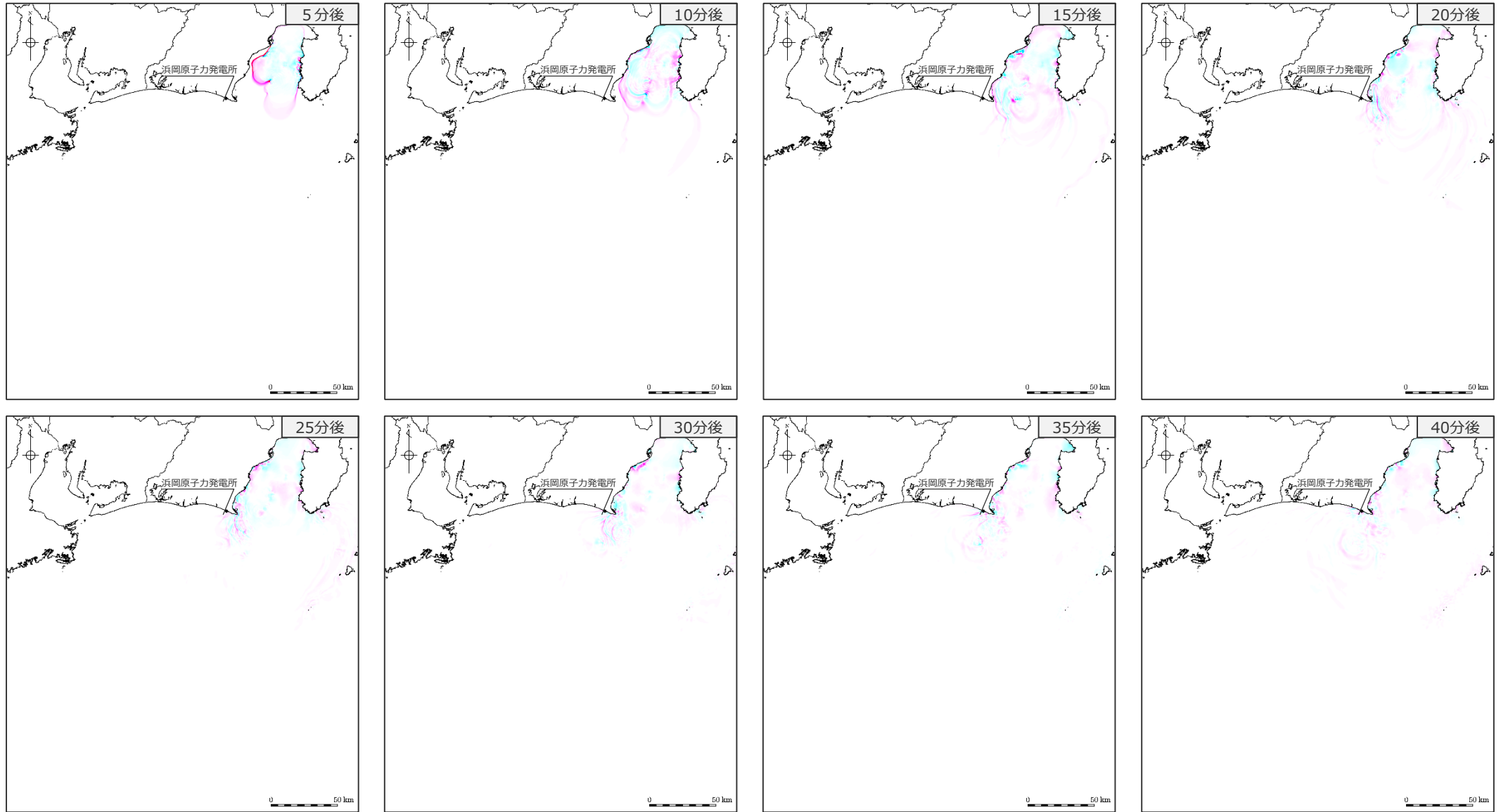
■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



・水位上昇側：朔望平均満潮位T.P. +0.80mを考慮

# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット (1) 水位上昇側 s10地点の海底地すべり (二層流モデル)

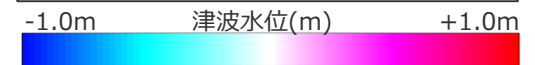
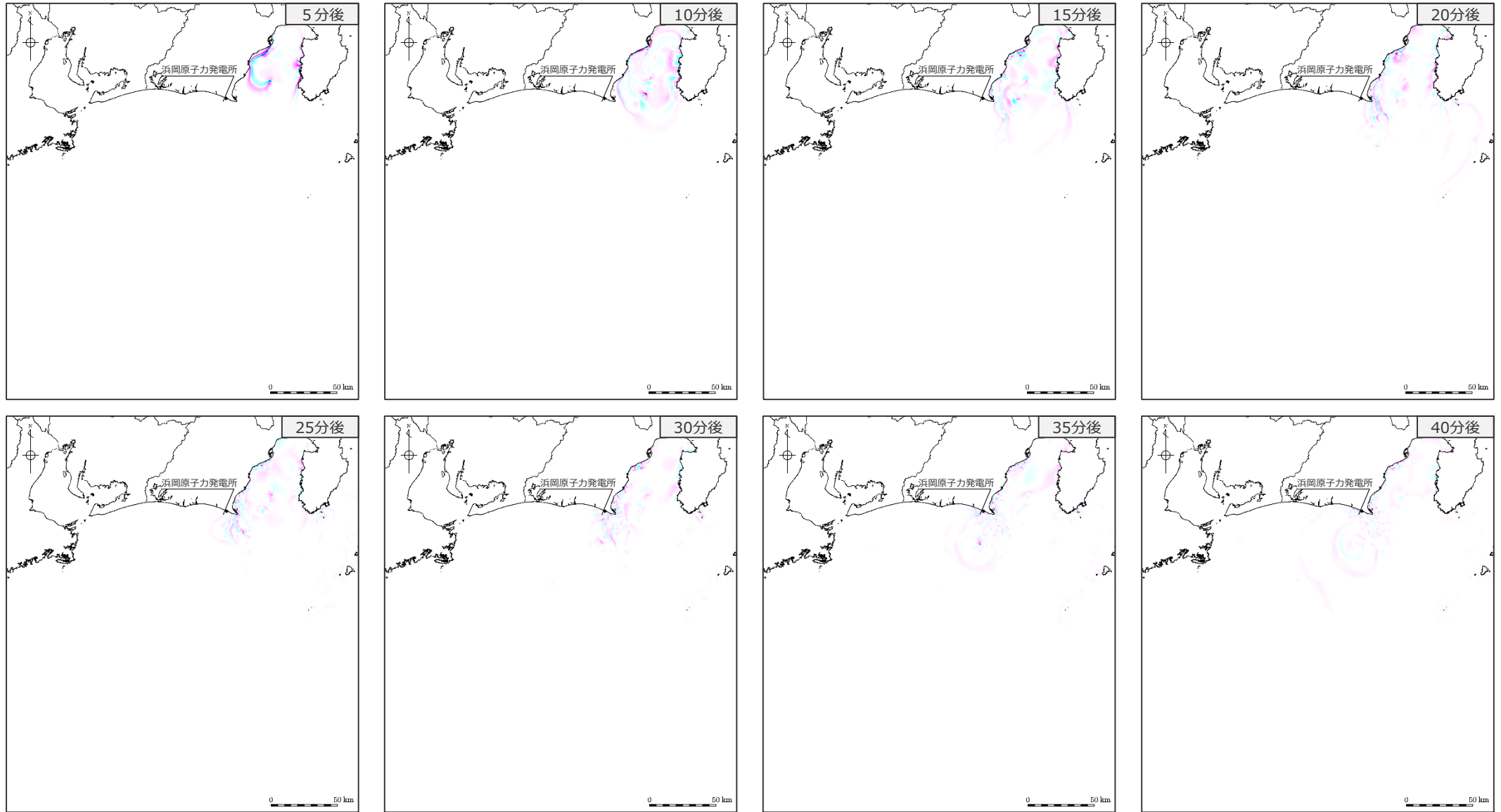
■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



・水位上昇側：朔望平均満潮位T.P. +0.80mを考慮

# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット (1) 水位上昇側 s10地点の海底地すべり (Wattsほかの予測式)

■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



・水位上昇側：朔望平均満潮位T.P. +0.80mを考慮

## 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット

---

(1) 水位上昇側

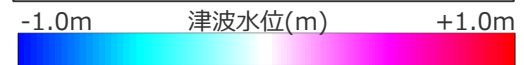
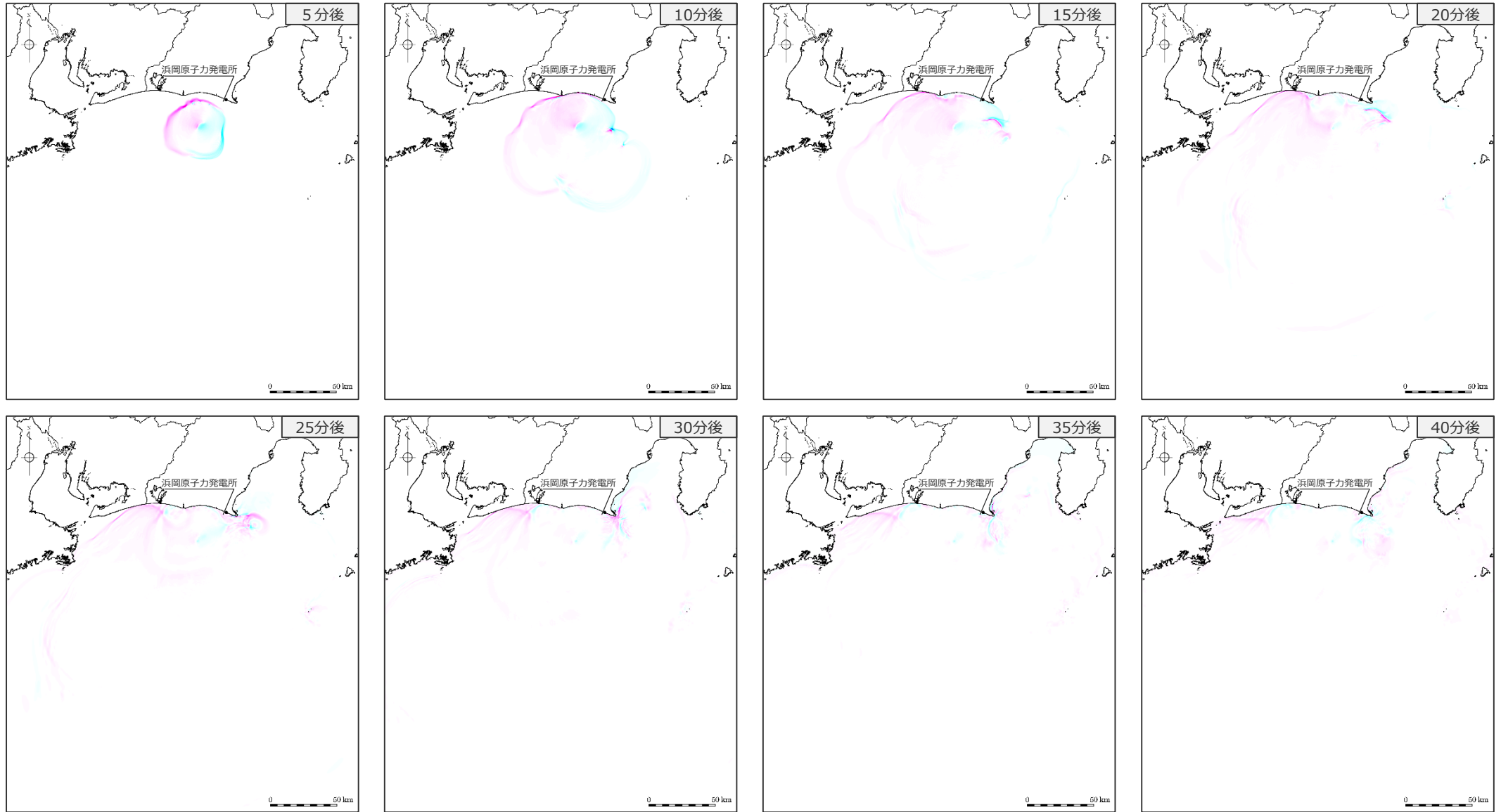
(2) 水位下降側

# 遠州灘沖（海盆内）の海底地すべり

---

# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット（2）水位下降側 s2地点の海底地すべり（二層流モデル）

■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。

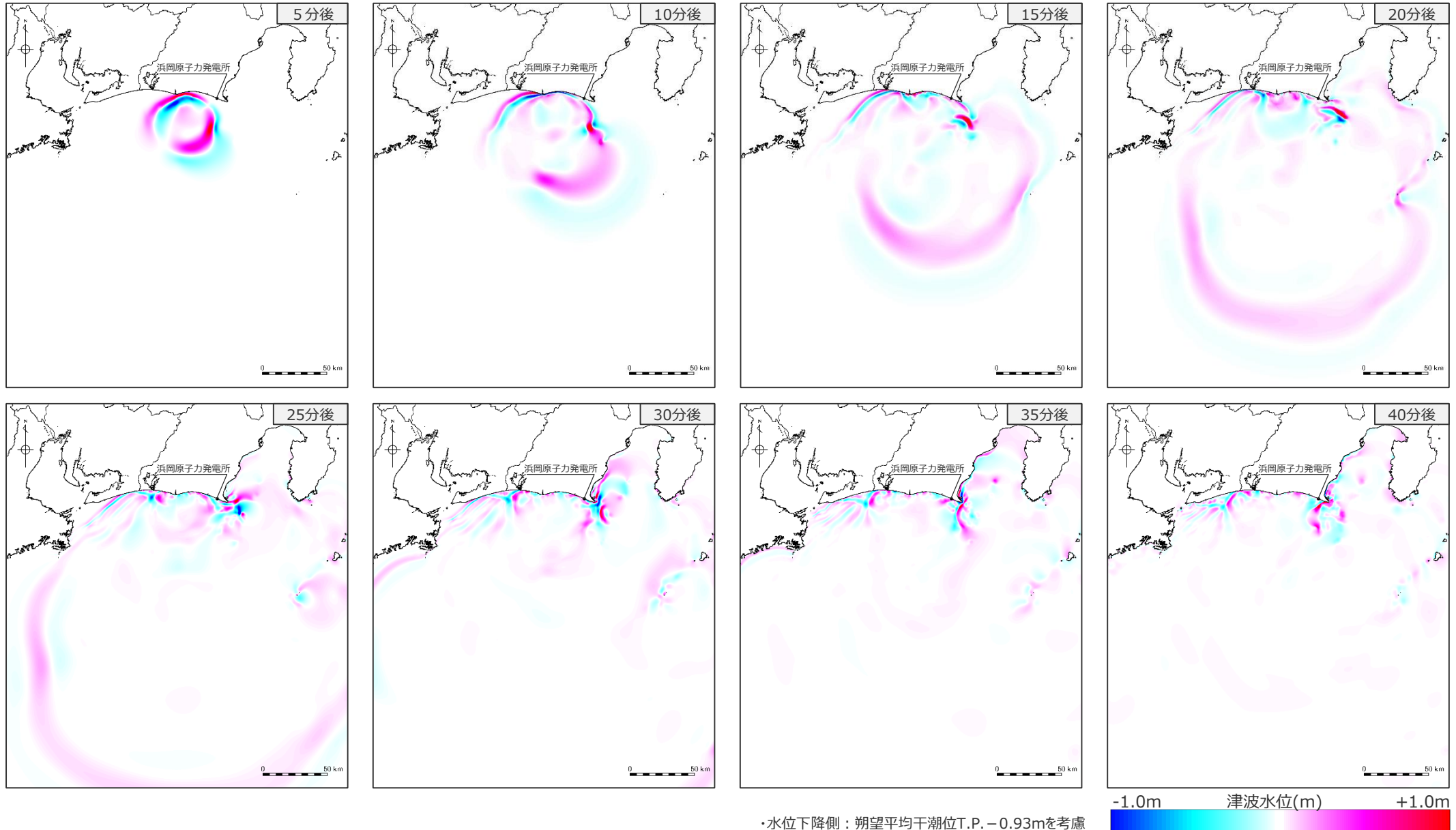


・水位下降側：朔望平均干潮位T.P. -0.93mを考慮



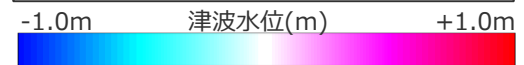
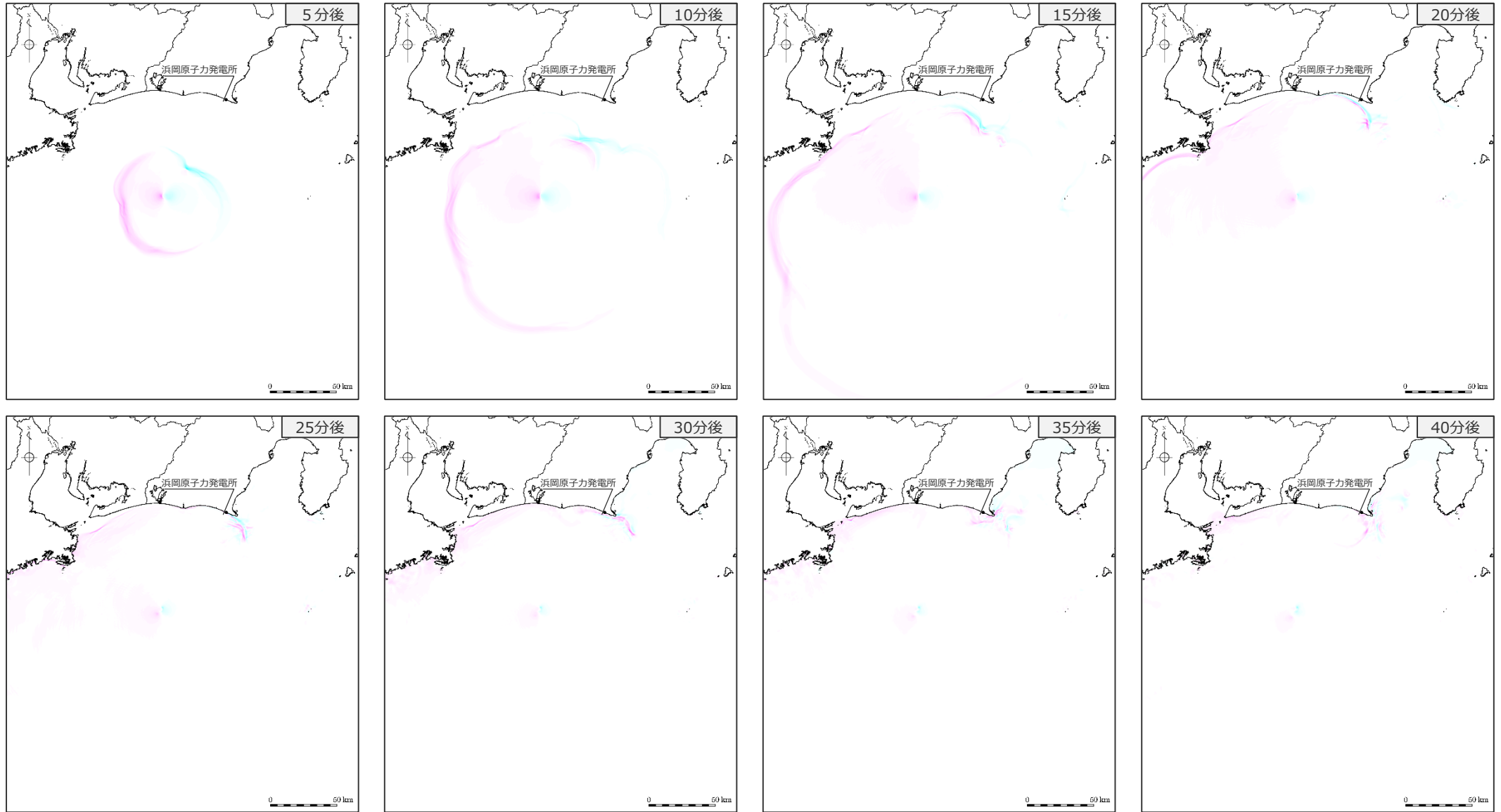
# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット（2）水位下降側 s2地点の海底地すべり（Wattsほかの予測式）

■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット（2）水位下降側 s18地点の海底地すべり（二層流モデル）

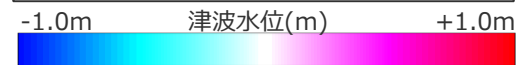
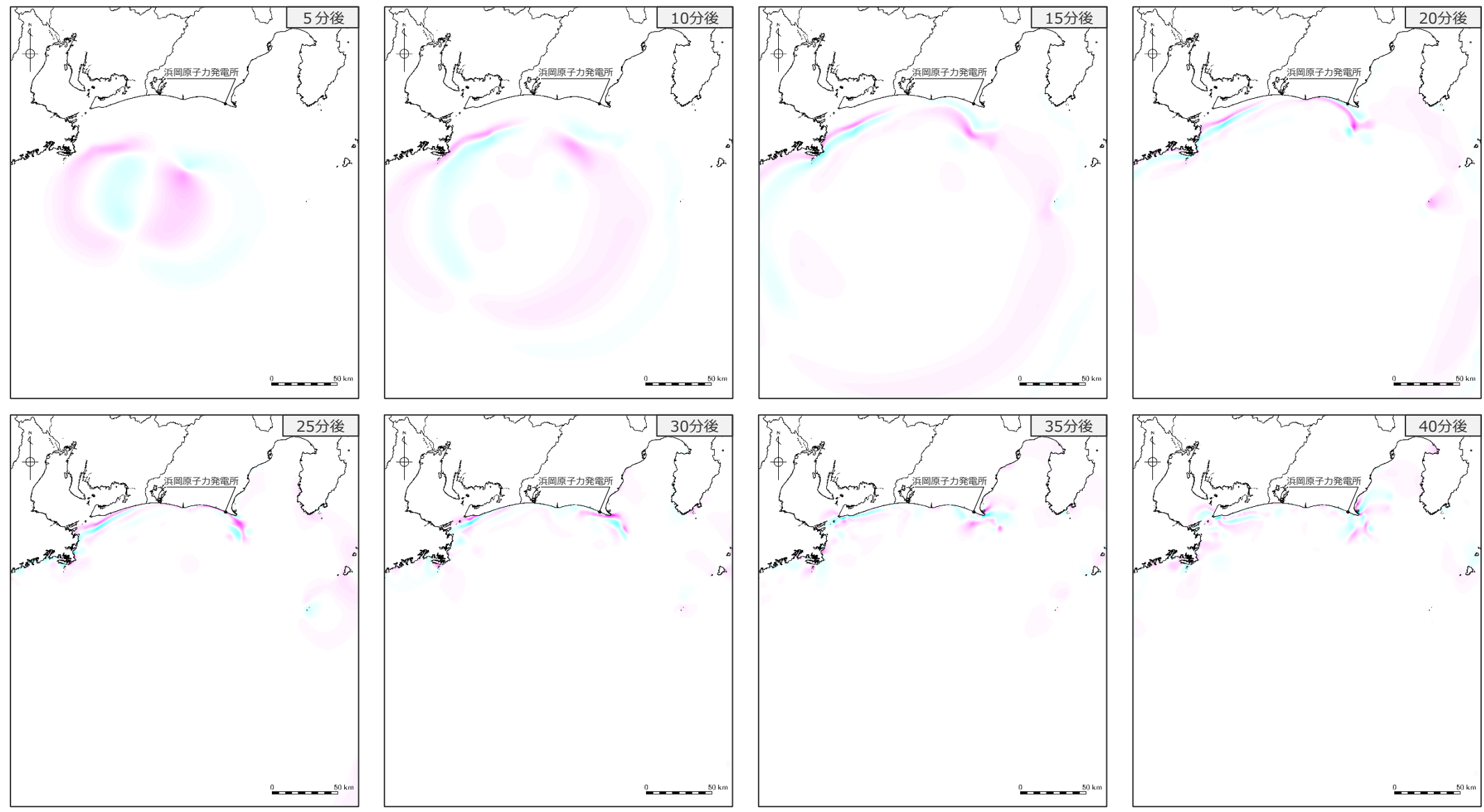
■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



・水位下降側：朔望平均干潮位T.P. -0.93mを考慮

# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット（2）水位下降側 s18地点の海底地すべり（Wattsほかの予測式）

■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



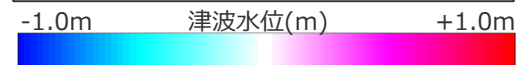
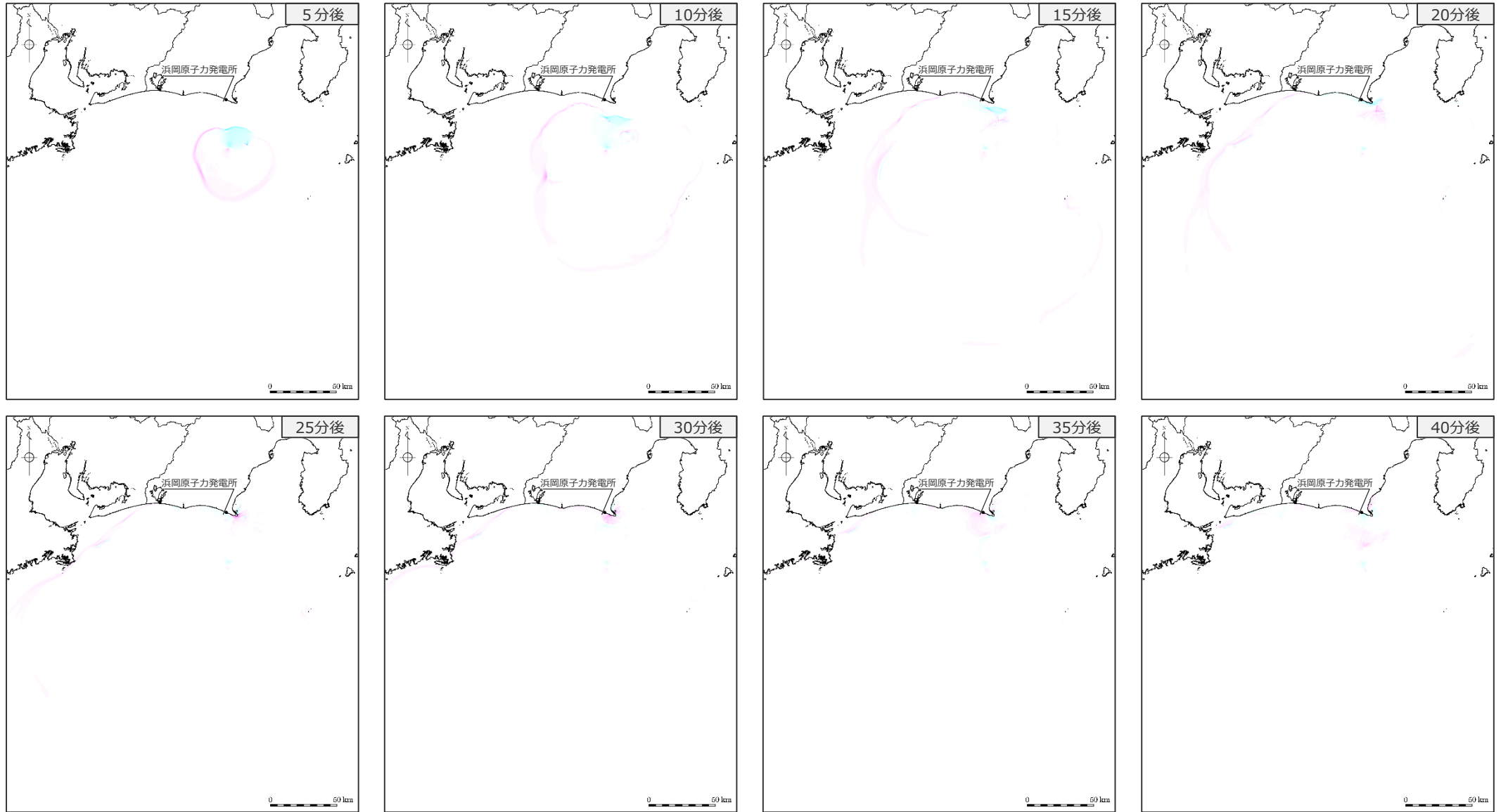
・水位下降側：朔望平均干潮位T.P. - 0.93mを考慮

# 遠州灘沖（外縁隆起帯トラフ側斜面） の海底地すべり

---

# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット（2）水位下降側 s4地点の海底地すべり（二層流モデル）

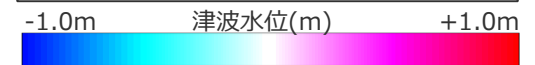
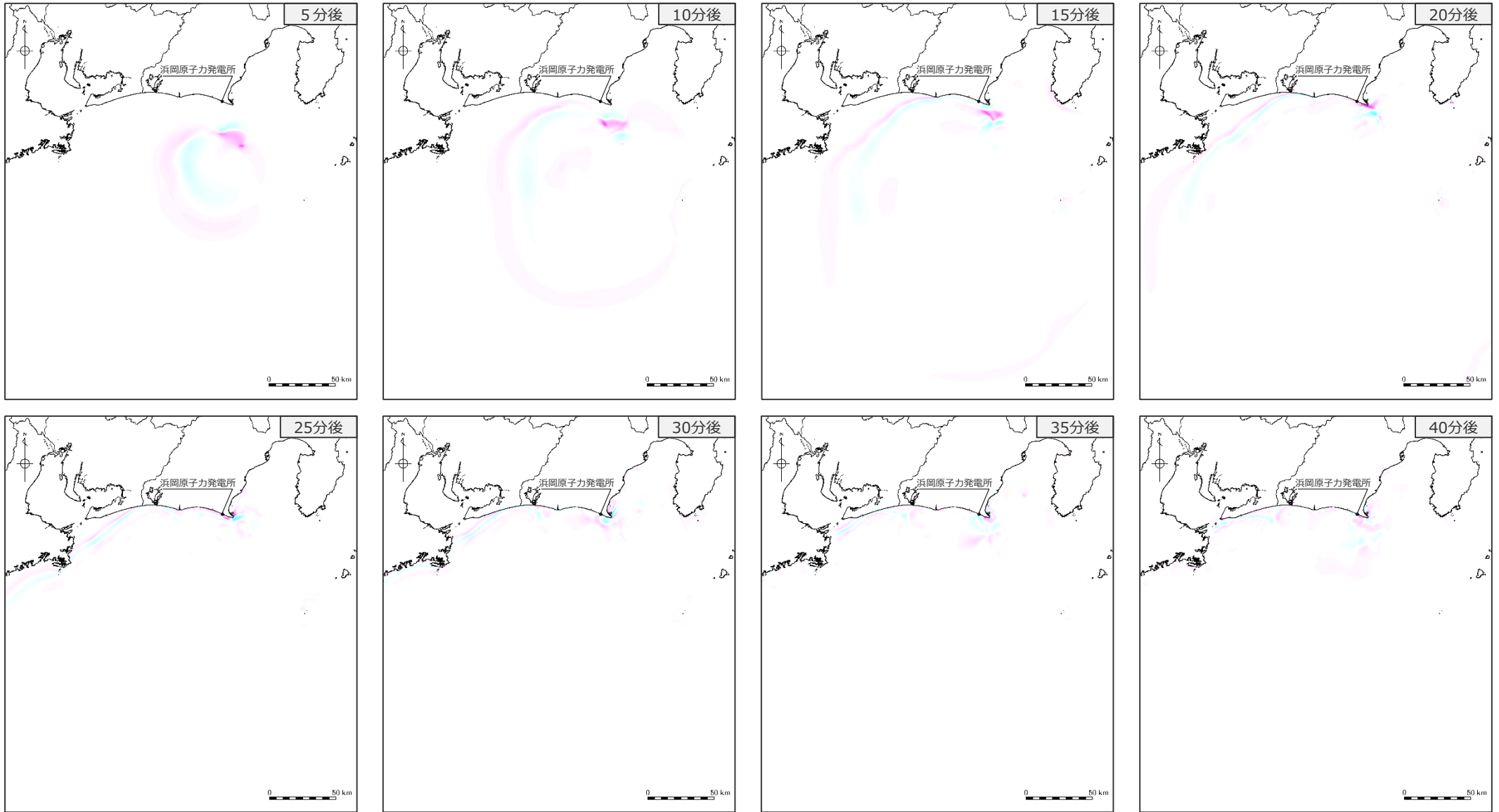
■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



・水位下降側：朔望平均干潮位T.P. -0.93mを考慮

# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット（2）水位下降側 s4地点の海底地すべり（Wattsほかの予測式）

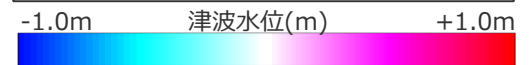
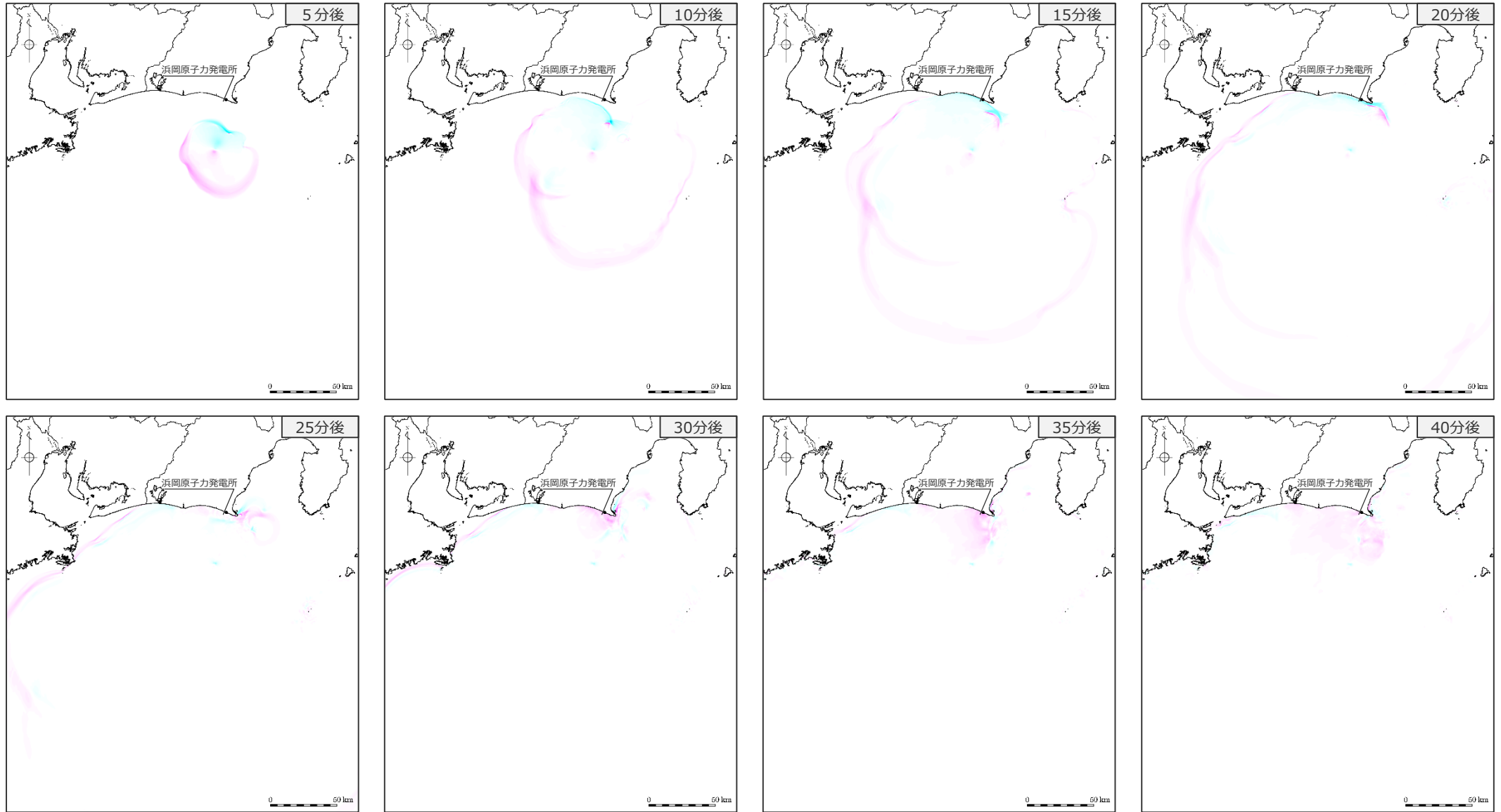
■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



・水位下降側：朔望平均干潮位T.P. - 0.93mを考慮

# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット（2）水位下降側 s5地点の海底地すべり（二層流モデル）

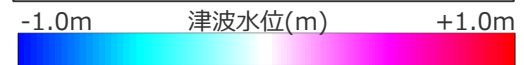
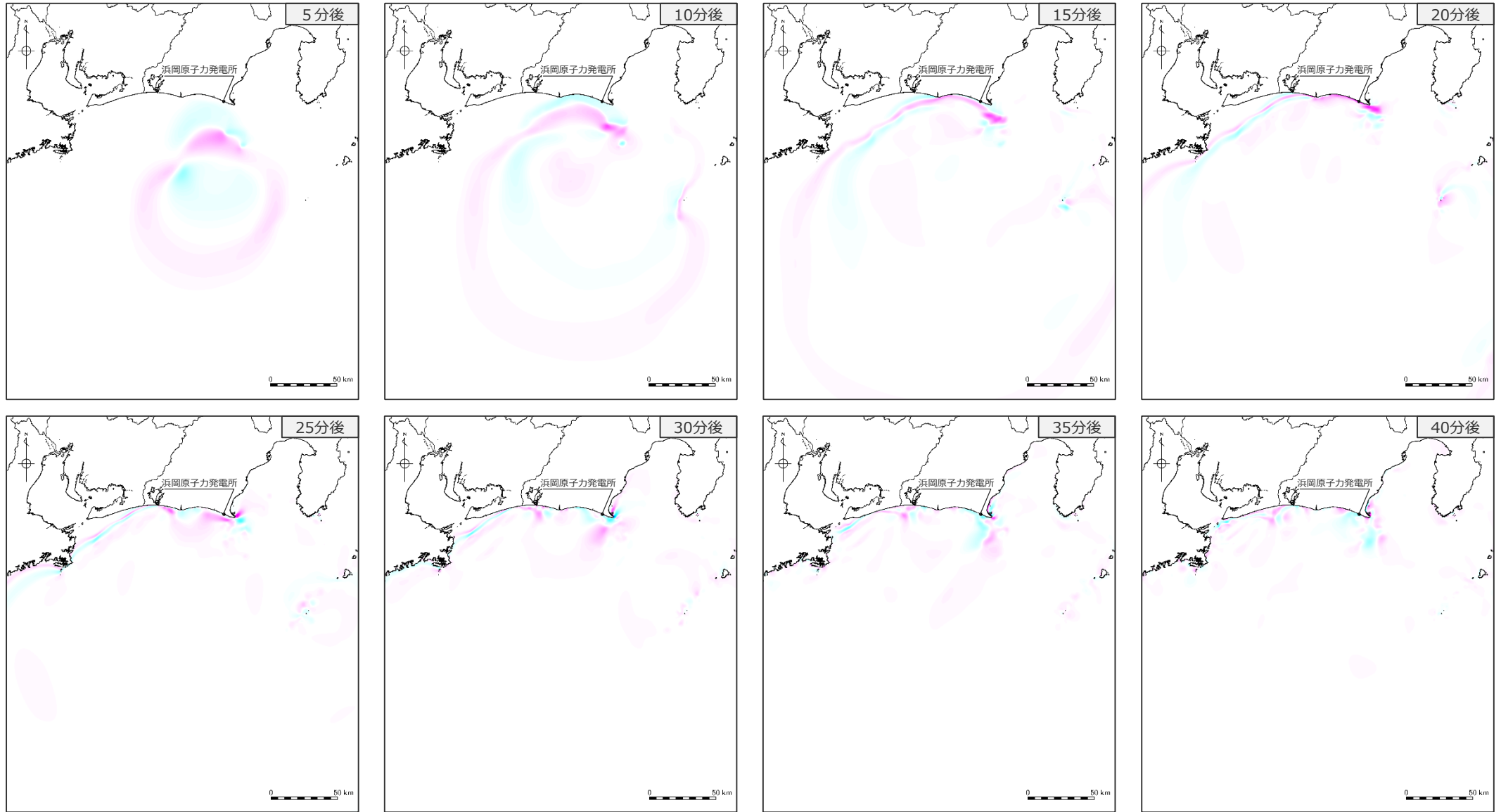
■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



・水位下降側：朔望平均干潮位T.P. -0.93mを考慮

# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット（2）水位下降側 s5地点の海底地すべり（Wattsほかの予測式）

■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。

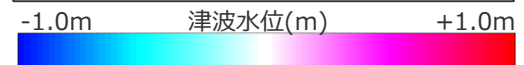
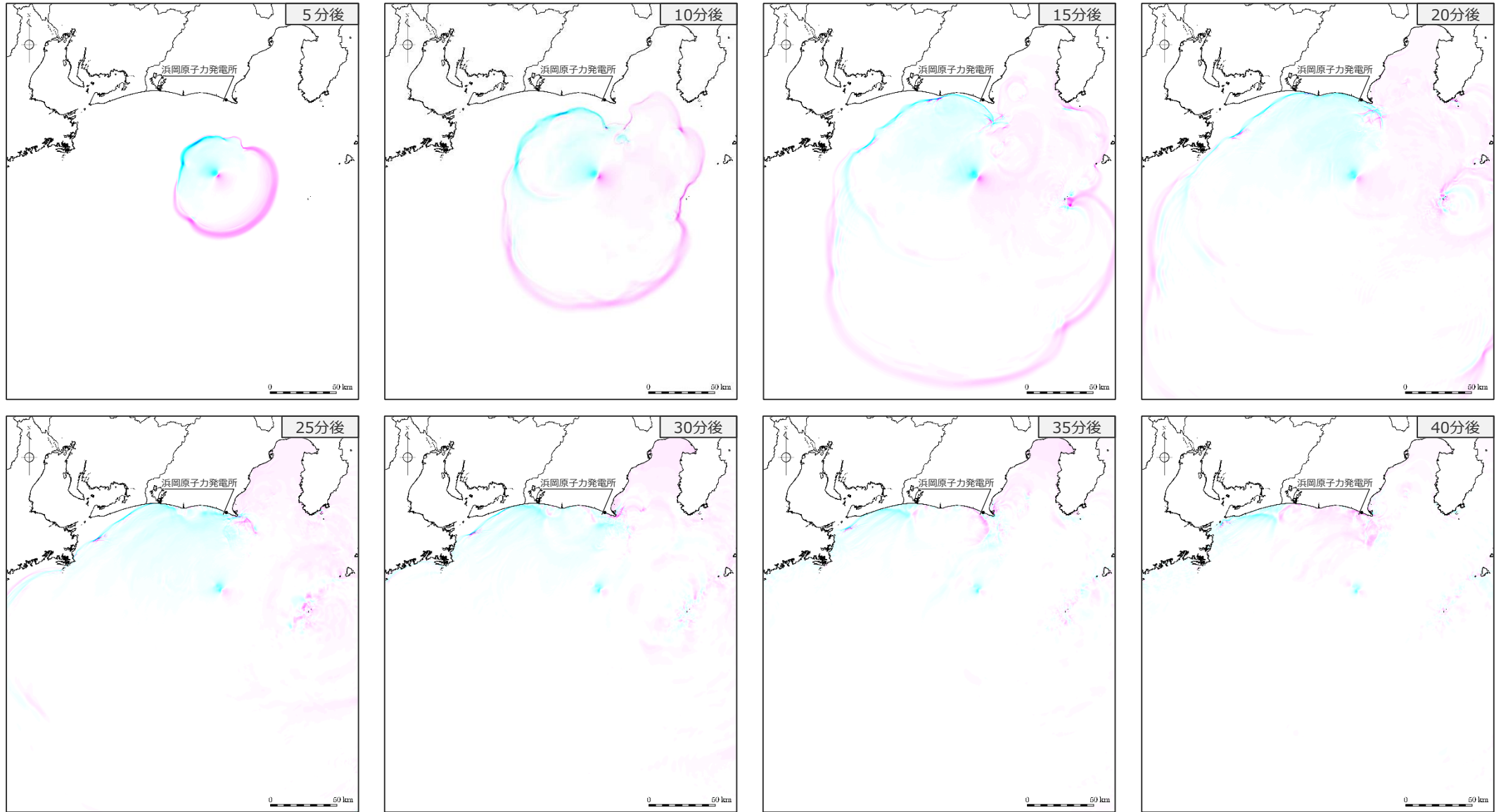


・水位下降側：朔望平均干潮位T.P. - 0.93mを考慮



# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット（2）水位下降側 s12地点の海底地すべり（二層流モデル）

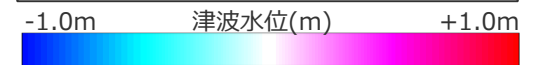
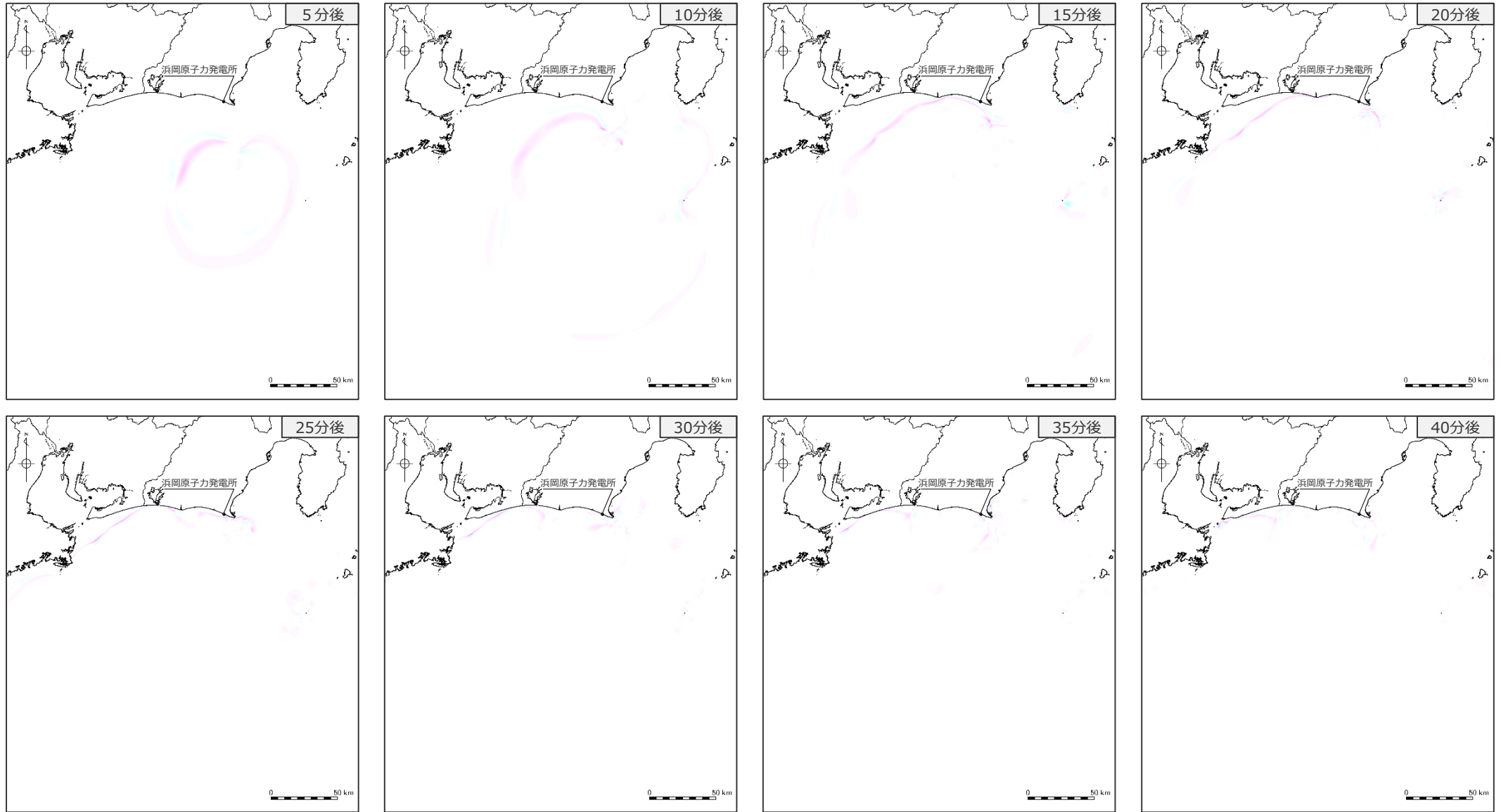
■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



・水位下降側：朔望平均干潮位T.P. -0.93mを考慮

# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット（2）水位下降側 s12地点の海底地すべり（Wattsほかの予測式）

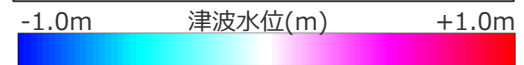
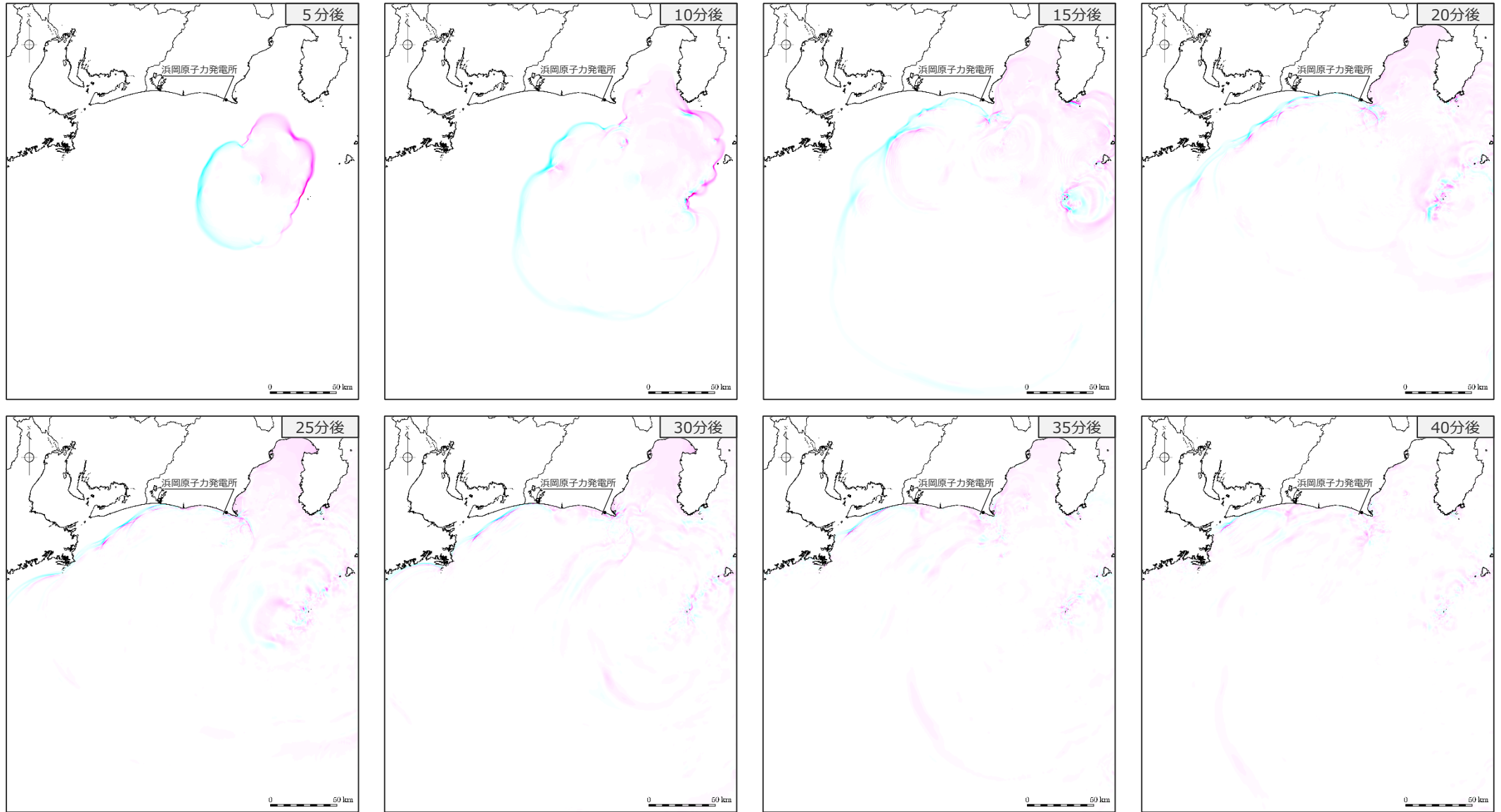
■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



・水位下降側：朔望平均干潮位T.P. -0.93mを考慮

# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット（2）水位下降側 s13地点の海底地すべり（二層流モデル）

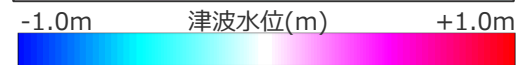
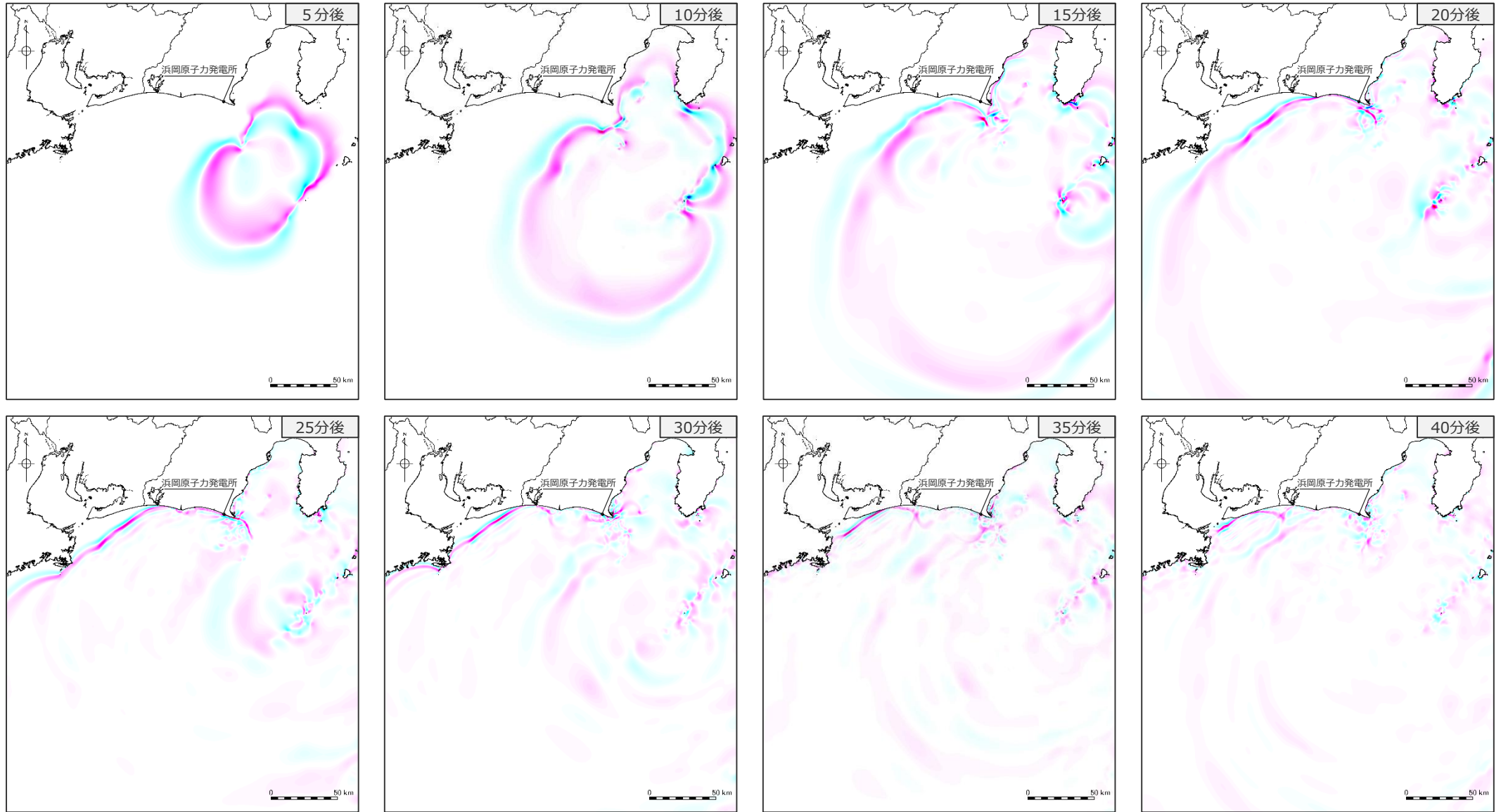
■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



・水位下降側：朔望平均干潮位T.P. - 0.93mを考慮

# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット（2）水位下降側 s13地点の海底地すべり（Wattsほかの予測式）

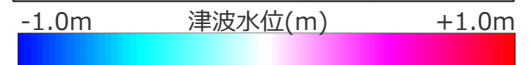
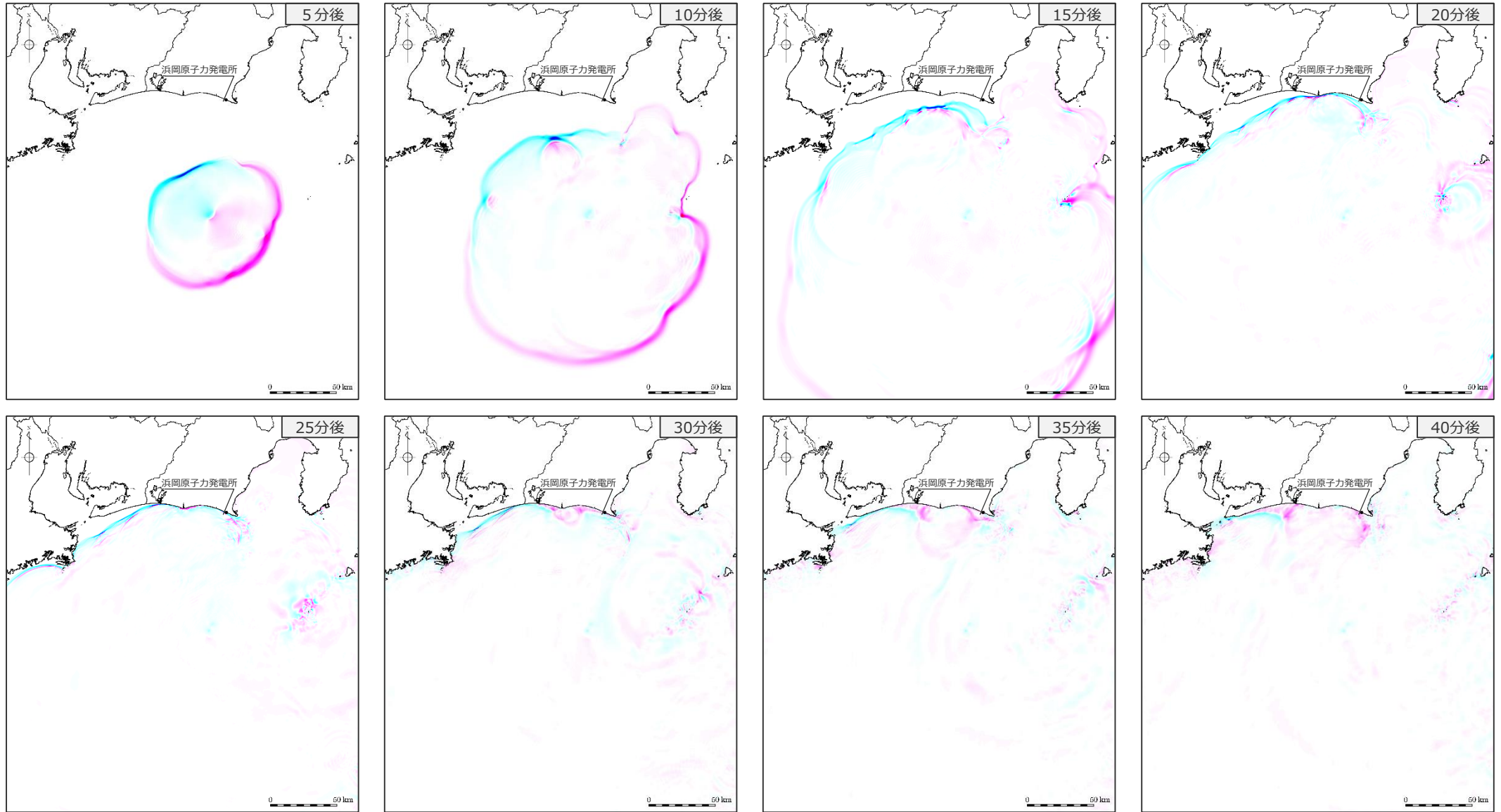
■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



・水位下降側：朔望平均干潮位T.P. -0.93mを考慮

# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット（2）水位下降側 s17地点の海底地すべり（二層流モデル）

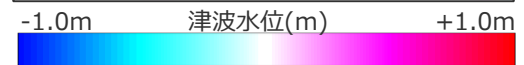
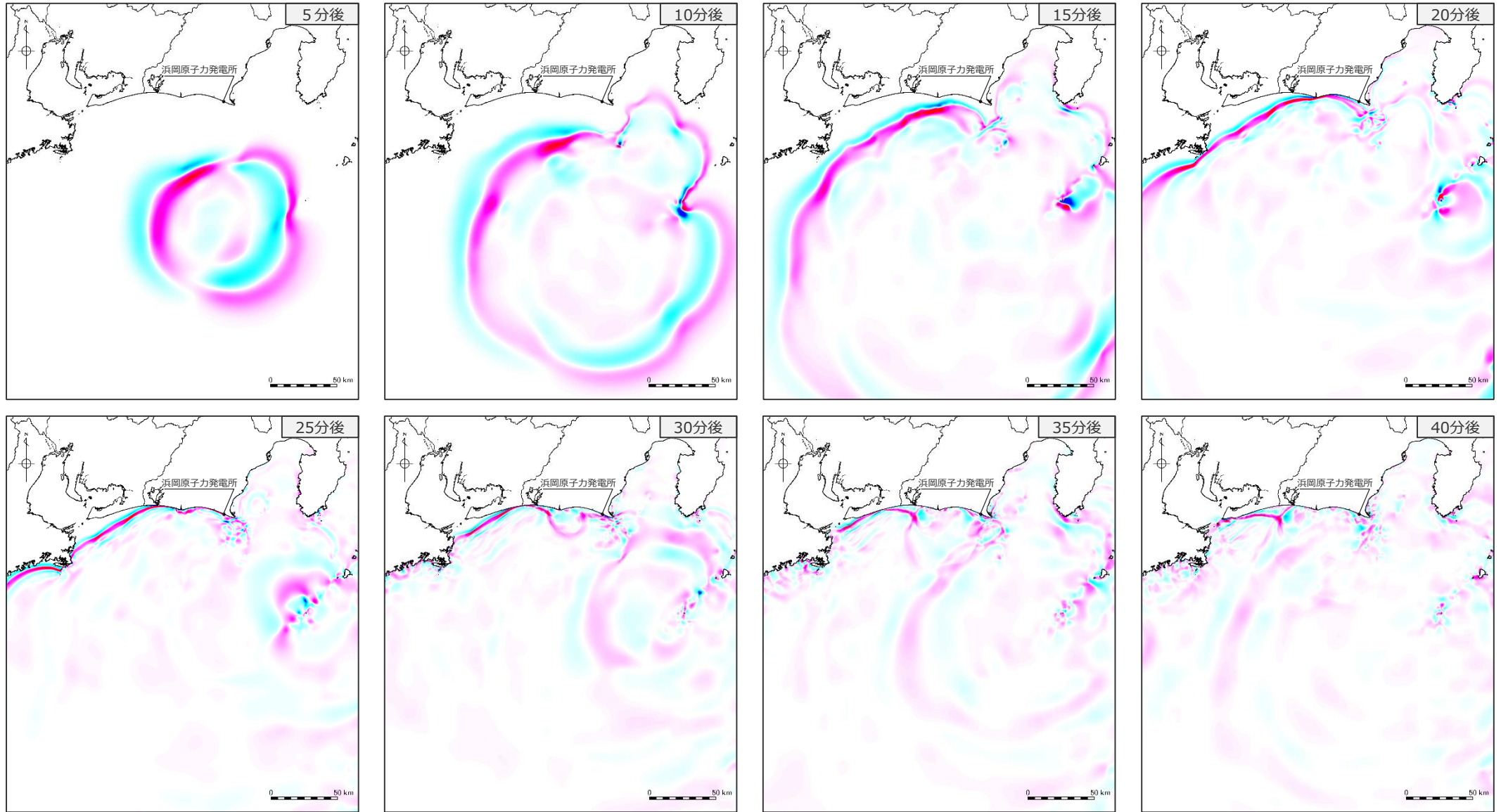
■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



・水位下降側：朔望平均干潮位T.P. -0.93mを考慮

# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット（2）水位下降側 s17地点の海底地すべり（Wattsほかの予測式）

■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



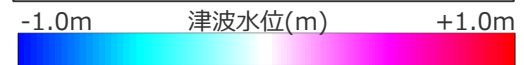
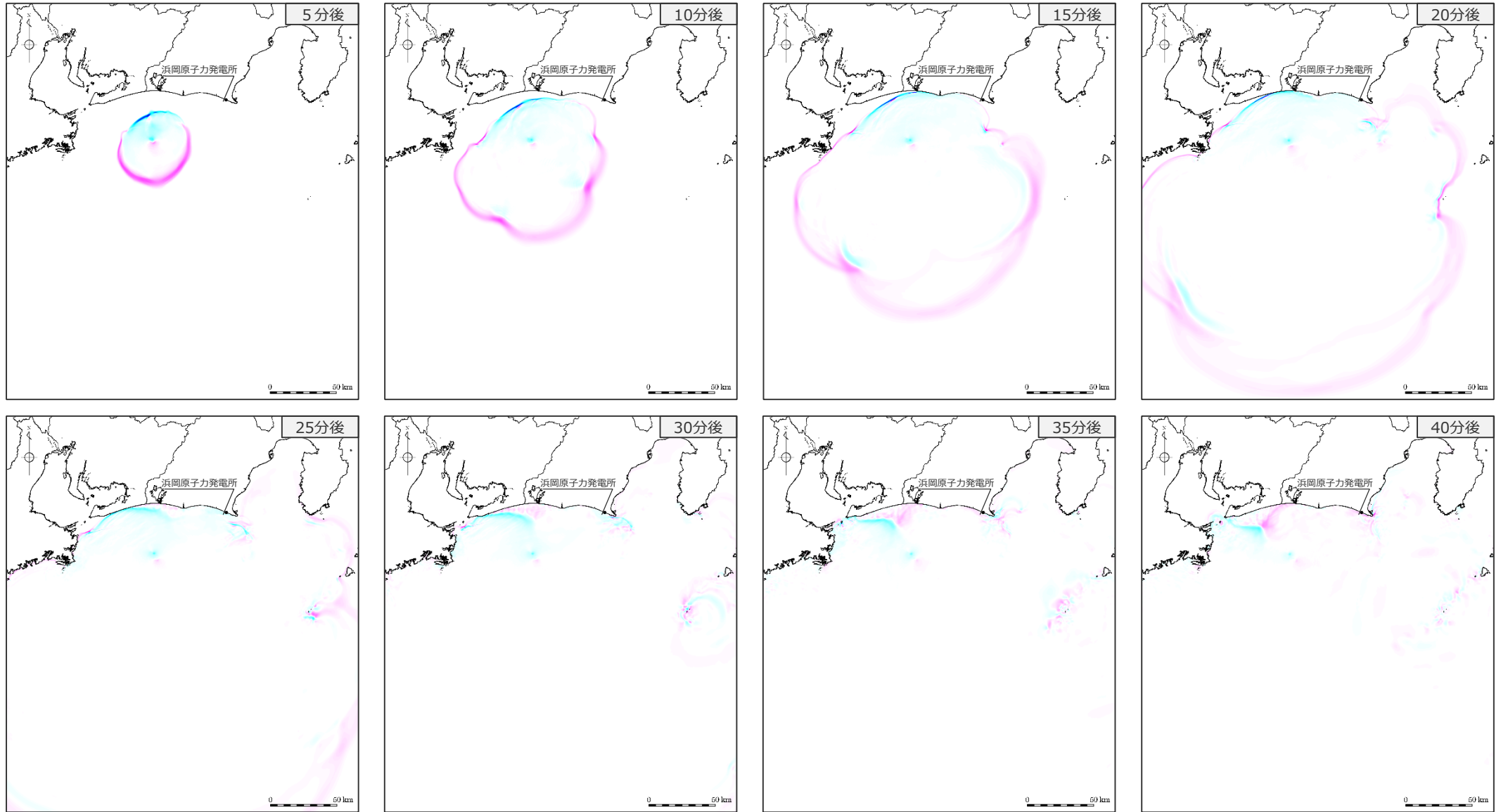
・水位下降側：朔望平均干潮位T.P. -0.93mを考慮

# 遠州灘沖（大陸棚斜面）の海底地すべり

---

# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット（2）水位下降側 s22地点の海底地すべり（二層流モデル）

■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。

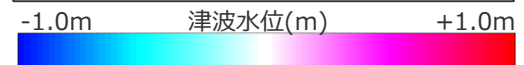
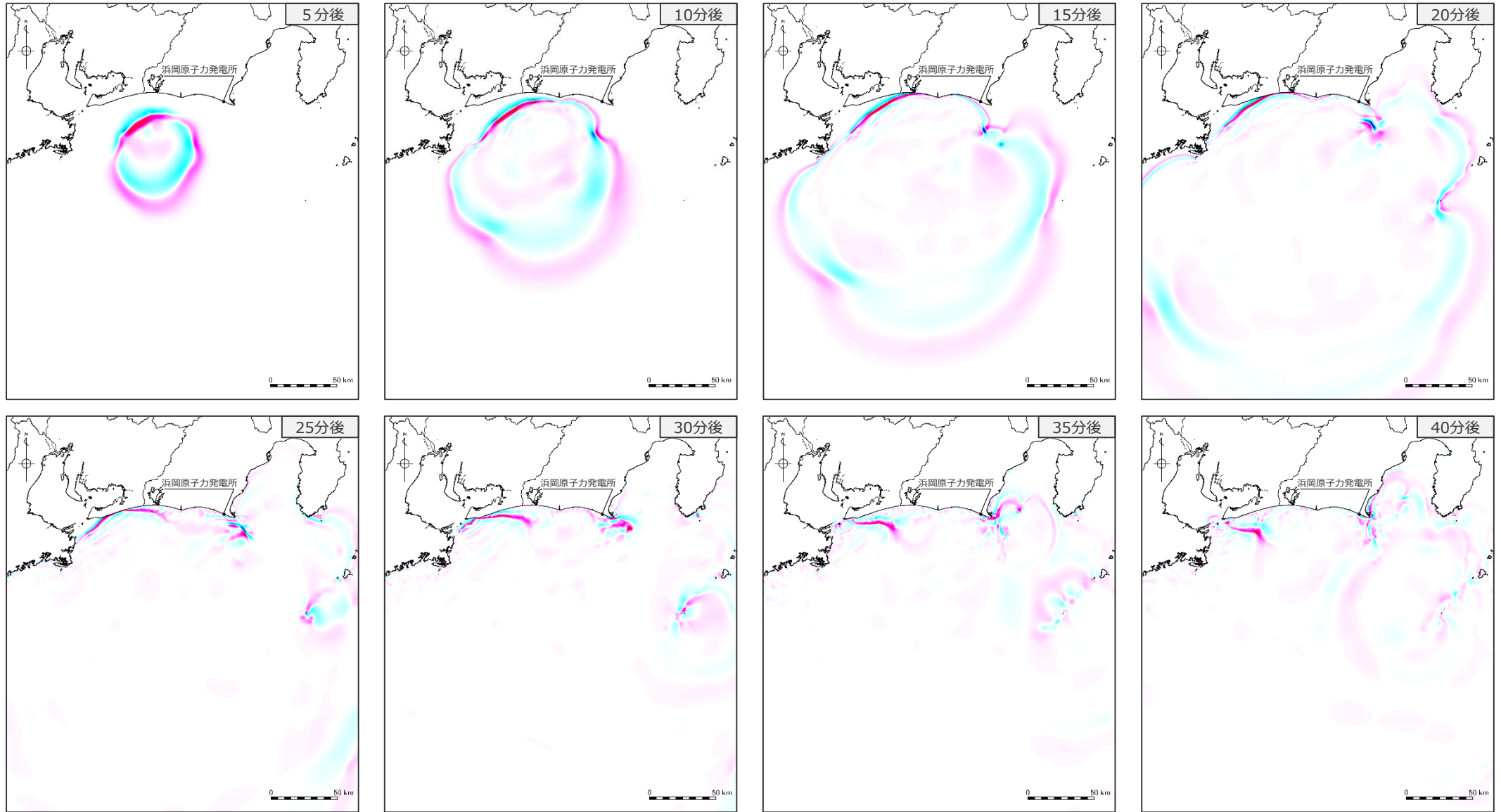


・水位下降側：朔望平均干潮位T.P. - 0.93mを考慮



# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット（2）水位下降側 s22地点の海底地すべり（Wattsほかの予測式）

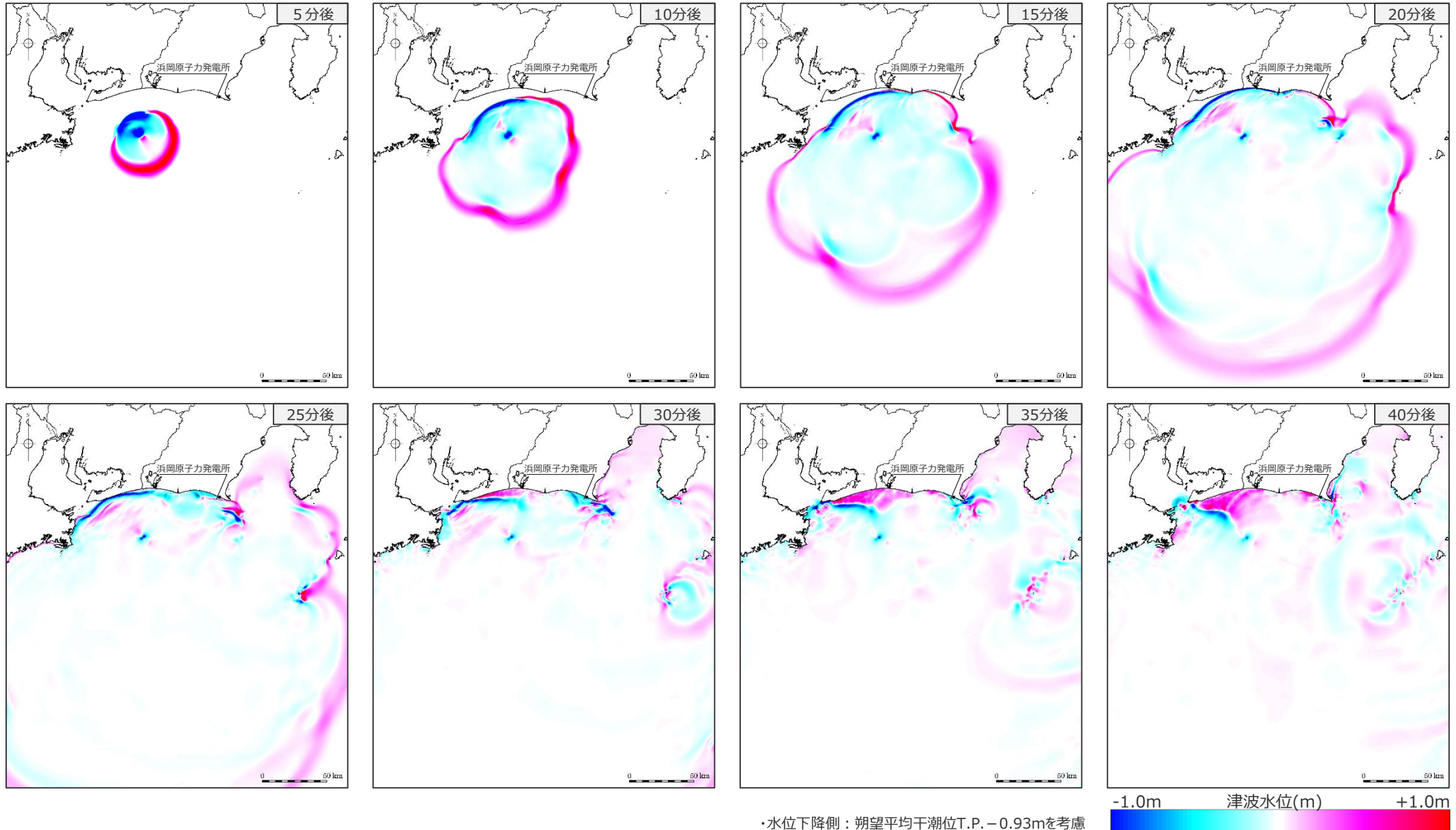
■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



・水位下降側：朔望平均干潮位T.P. - 0.93mを考慮

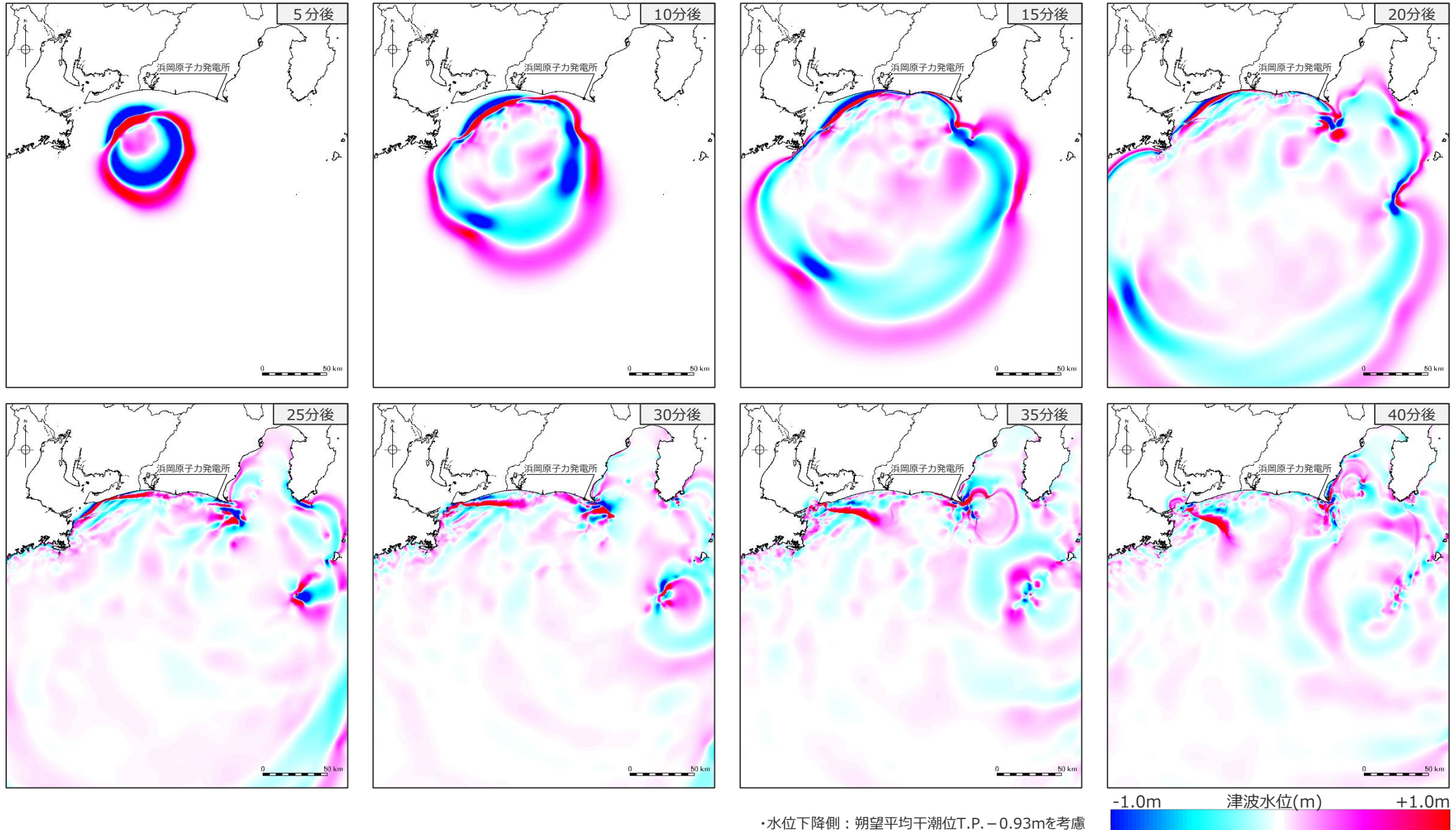
# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット（2）水位下降側 s26地点の海底地すべり（二層流モデル）

■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット（2）水位下降側 s26地点の海底地すべり（Wattsほかの予測式）

■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。

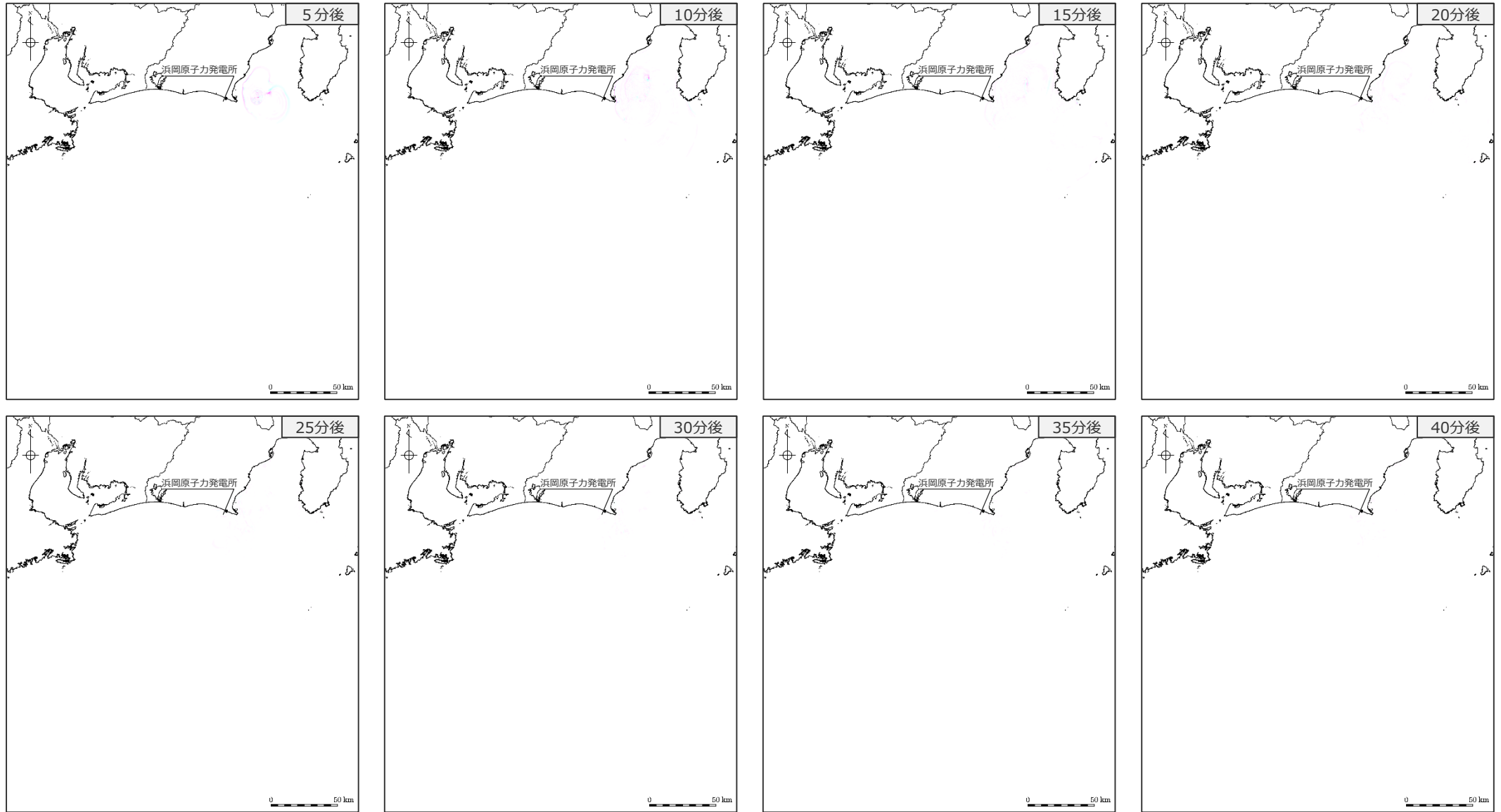


# 駿河湾内の海底地すべり

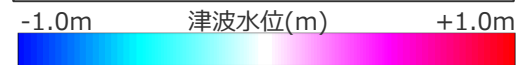
---

# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット（2）水位下降側 s1地点の海底地すべり（二層流モデル）

■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。

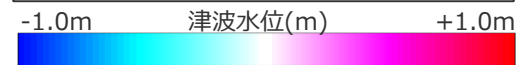
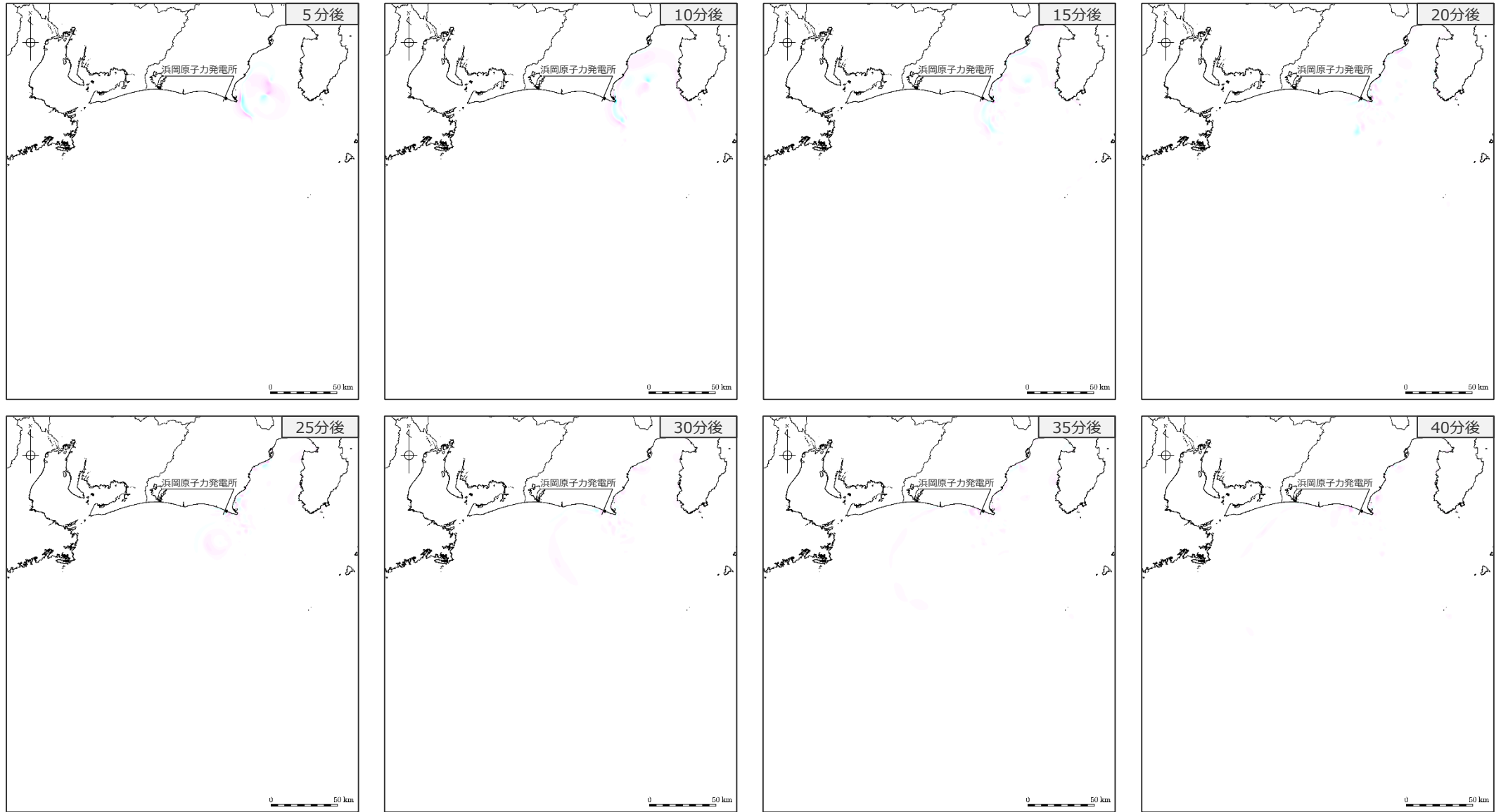


・水位下降側：朔望平均干潮位T.P. - 0.93mを考慮



# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット（2）水位下降側 s1地点の海底地すべり（Wattsほかの予測式）

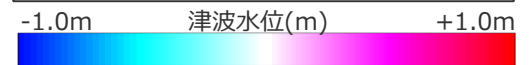
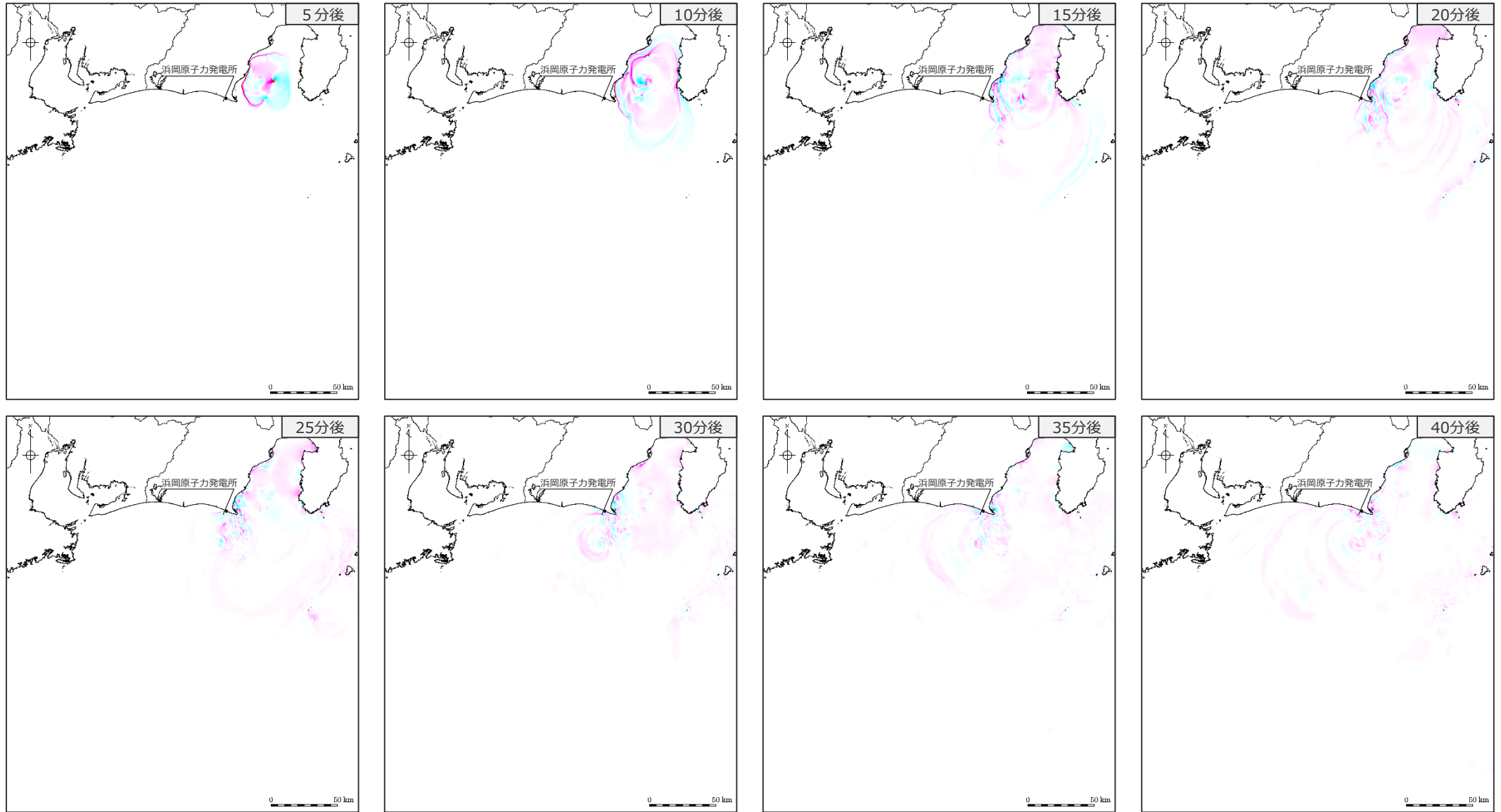
■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



・水位下降側：朔望平均干潮位T.P. -0.93mを考慮

# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット（2）水位下降側 s3地点の海底地すべり（二層流モデル）

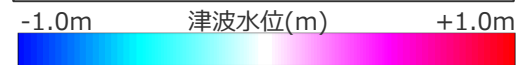
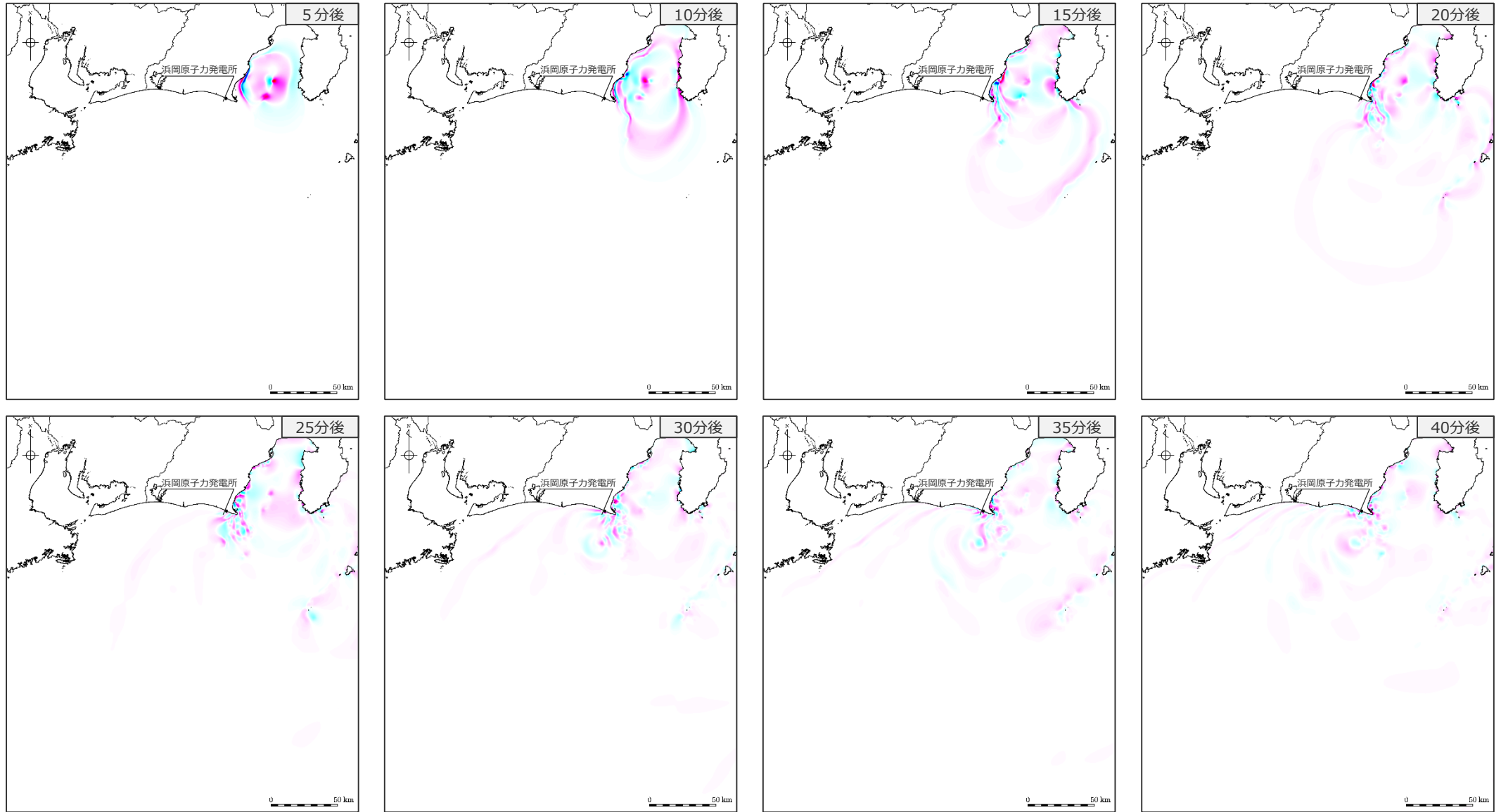
■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



・水位下降側：朔望平均干潮位T.P. -0.93mを考慮

# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット（2）水位下降側 s3地点の海底地すべり（Wattsほかの予測式）

■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。

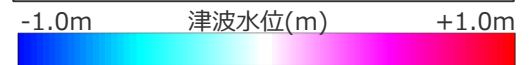
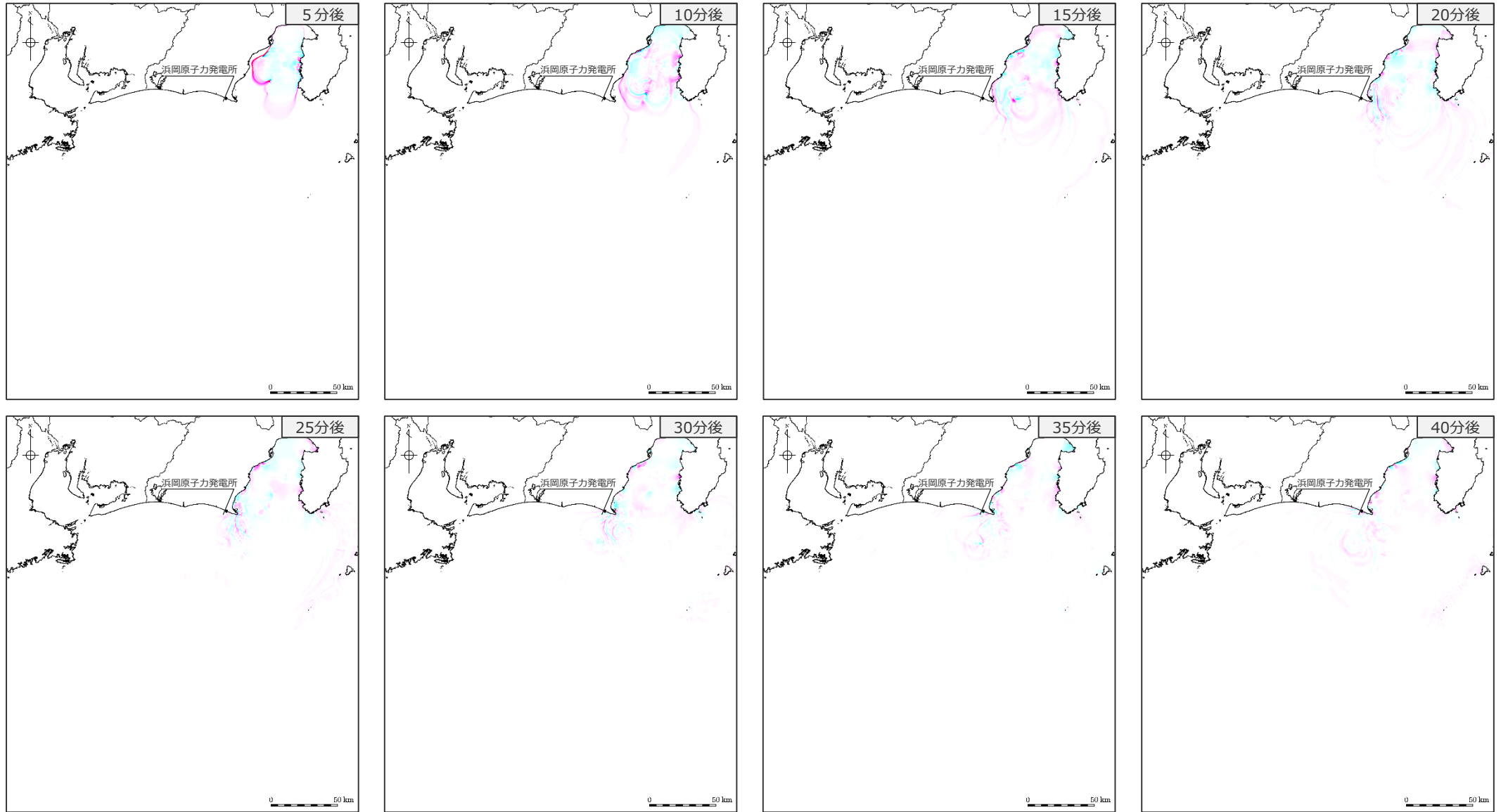


・水位下降側：朔望平均干潮位T.P. - 0.93mを考慮



# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット（2）水位下降側 s10地点の海底地すべり（二層流モデル）

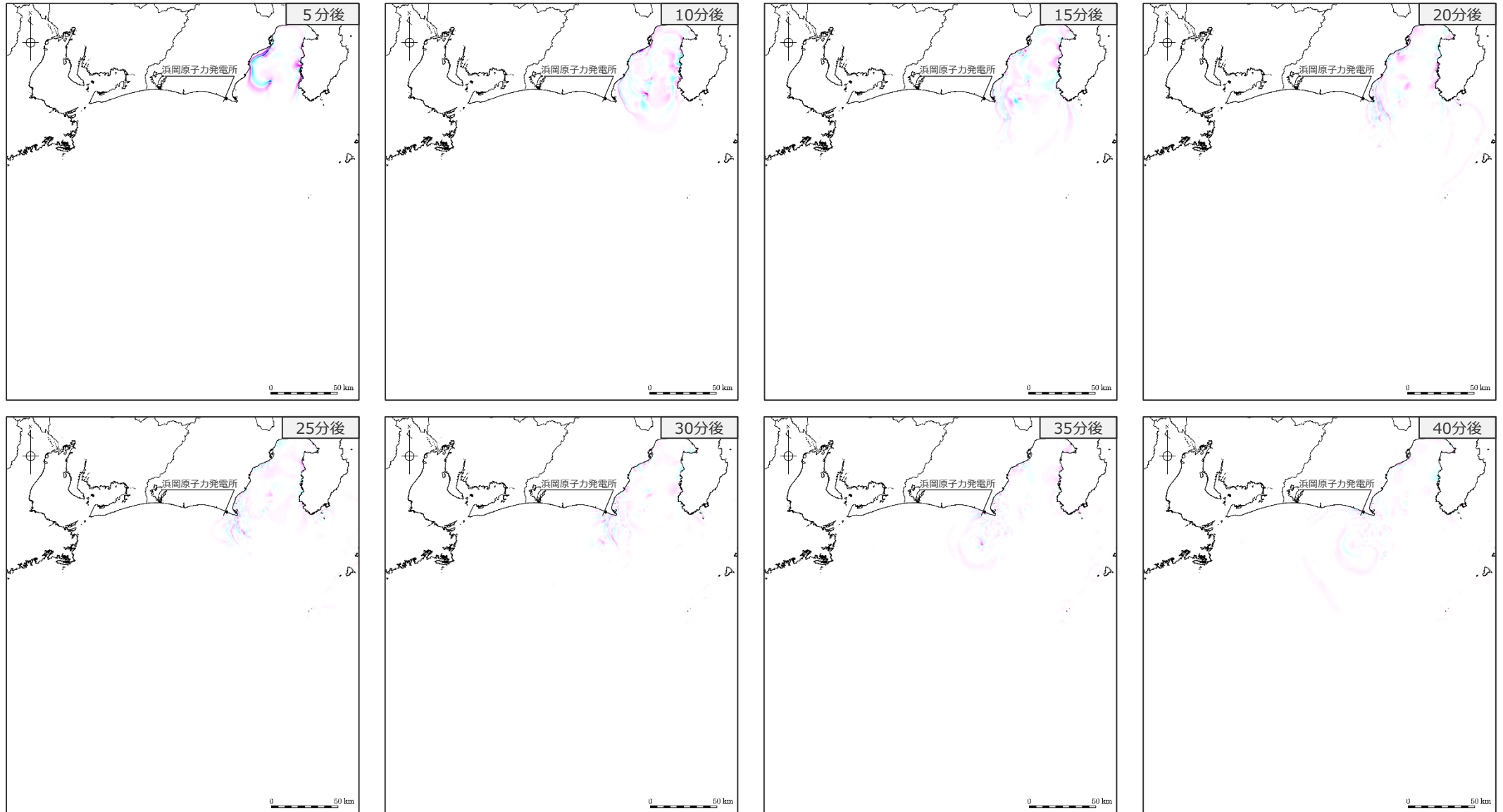
■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



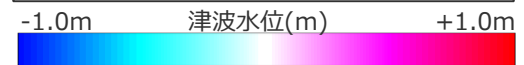
・水位下降側：朔望平均干潮位T.P. -0.93mを考慮

# 7 海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット（2）水位下降側 s10地点の海底地すべり（Wattsほかの予測式）

■ 5～40分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



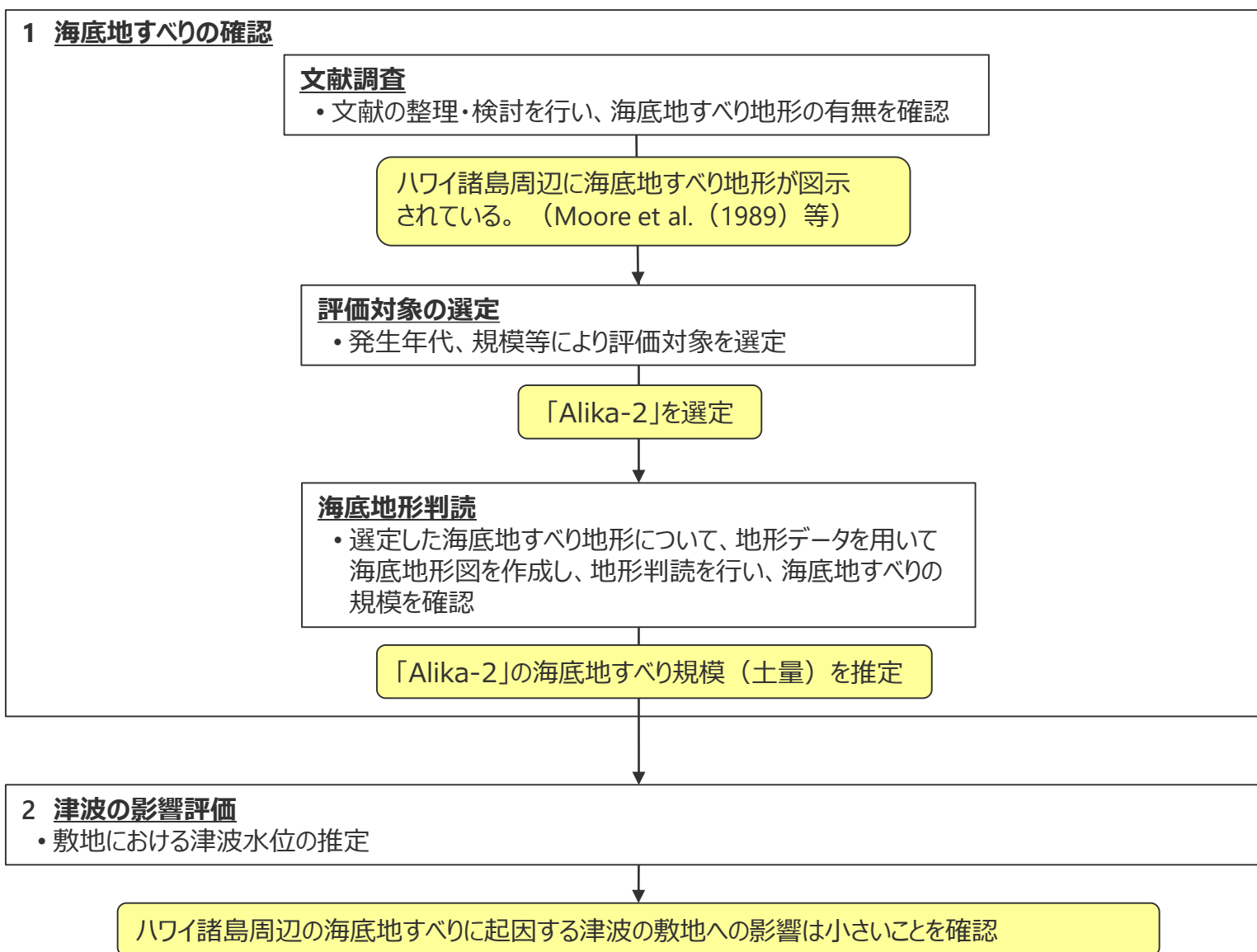
・水位下降側：朔望平均干潮位T.P. -0.93mを考慮



## 8 ハワイ付近の海底地すべりに関する検討

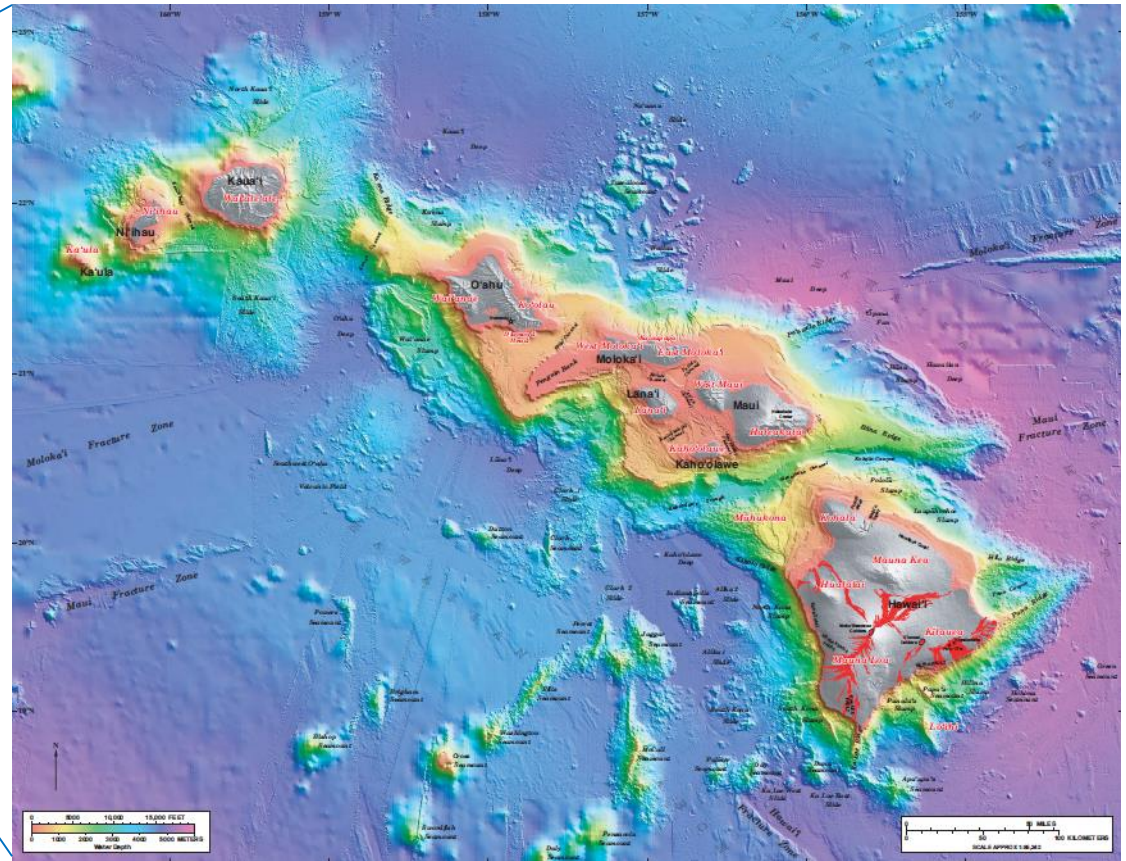
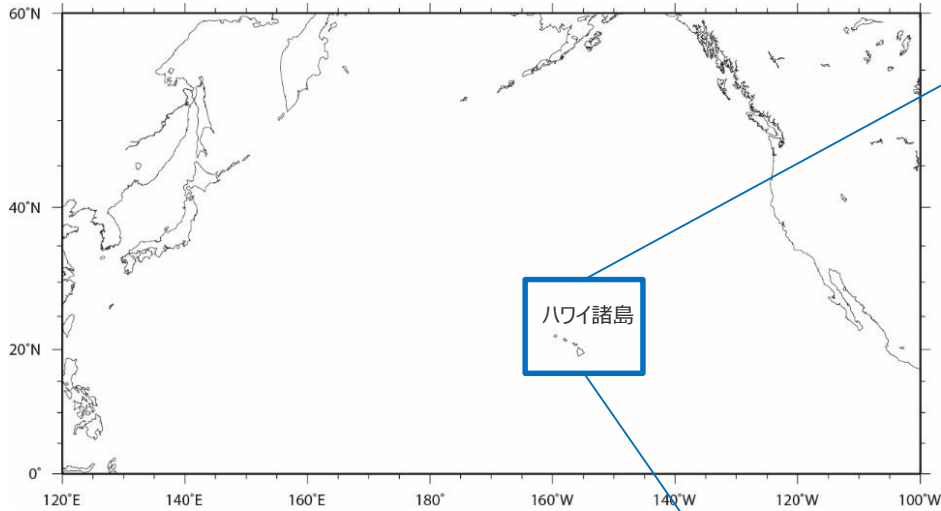
---

■以下のフローに従い、ハワイ付近の海底地すべりについて調査を実施し、津波水位の検討を行った。



## 8 ハワイ付近の海底地すべりに関する検討 ハワイ諸島の概要

- ハワイ諸島は日本の南東約6,400kmの太平洋上に位置しており、ハワイ島、マウイ島、オアフ島、カウアイ島、モロカイ島、ラナイ島、ニイハウ島、カホオラウエ島の8つの島のほか多数の島と環礁からなる。
- ハワイをのせる太平洋プレートは北西方向へ年間10cm程度の速さで動いているので、ハワイ諸島は北西へ行くほど古い(佐竹(1997))。



Ekans et. al. (2003)

# 8 ハワイ付近の海底地すべりに関する検討 既往津波に関する文献調査：1975年Kalapana津波

- 1975年にハワイ島南岸の Kalapana 付近に強震が起こり、日本沿岸各地で津波が観測された(羽鳥(1976))。
- 地震の規模は Nettles and Ekström (2004) のCMT解によればMw7.7である。
- 羽鳥 (1976) によれば、日本沿岸における検潮記録の最大全振幅の最大値は、宮城県鮎川における55cmであった。茨城県日立における最大全振幅は24cmであったと示されている。
- Day et al. (2005) によれば、ハワイ沿岸で最大15m弱の津波が観測された。

No.	Tide station	Initial wave					Maximum wave	
		A			B		Double ampl.	Occurred time, GMT
		Arrival time, GMT	Rise	Period	Arrival time, GMT	Rise		
1	Hanasaki	Nov. 30 8:48	cm 6	min 8	Nov. 30 7:56	cm 10	cm 27	Nov. 30 13:32
2	Kushiro	?					12	13:08
3	Hiroo	7:42	15	12			23	10:06
4	Urakawa	9:00	-6	15	7:42	3	12	12:11
5	Hakodate	?					17	13:30
6	Same	8:56	2	10	7:55	2	5	11:15
7	Miyako	8:50	-8	8	7:35	6	14	9:48
8	Enoshima	8:46	-4	10				
9	Ayukawa	9:00	-6	8	7:44	4	55	10:44
10	Onahama	8:10	4				21	9:20
11	Hitachi	7:27	5	16			24	10:14
12	Mera	8:28	5	16	7:22	4	19	11:22
13	Miyake Is.	8:22	4	7			24	10:15
14	Chichijima	6:53	6	18			18	10:18
15	Minami-Izu	7:20	3				20	11:46
16	Omaezaki	7:33	4	10			14	13:50
17	Owase	9:14	8	22	7:40	2	22	10:00
18	Kushimoto	10:00	7	12			22	17:00
19	Muroto	8:50	3	8			11	11:50
20	Tosa-Shimizu	8:00	8	22			23	16:23
21	Aburatsu	?					18	15:32
22	Naha	8:35	3	18			13	16:43

A: Evident wave commences. B: Wave front is indefinite. Wave front is determined with the aid of the refraction diagram.

羽鳥 (1976) による日本沿岸の検潮記録

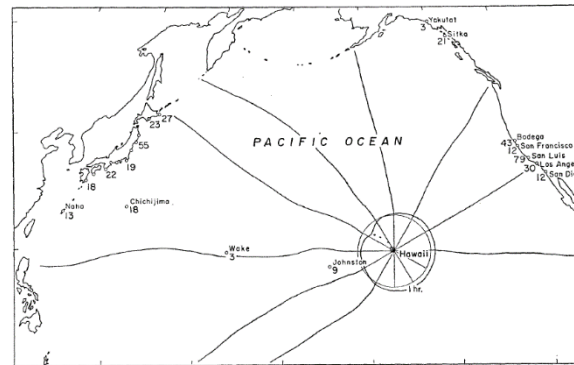


fig. 7. Distribution of the maximum double amplitude (unit: cm) and wave rays which are emitted from the origin subdivided into equal angles of 30 degrees.

羽鳥 (1976) による波向線  
※米国沿岸における水位は日本沿岸と大差なく、指向性による影響はみられない



Day et al. (2005) によるハワイ沿岸の痕跡地点および遡上高

Location	Observed (m)
Honakahau (W)	2.1
Kailua (W)	3.4
Kahaluu (W)	1.8
Keauhou (W)	2.4
Napoopoo (W)	2.4
Honaunau (W)	1.8
Milolii (W)	<1.8
South Point (W)	6.7
Kaalualu (S)	4.0
Honuapo (S)	6.1
Punaluu (S)	6.1
Kalu (S)	9.4
Halape (S)	7.0
Apua Point (S)	14.6
Kamoamo (S)	6.4
Kalapana (S)	2.6
Pohoiki (S)	2.4
Cape Kumukahi (S)	3.4
Hilo (E)	3.0

# 8 ハワイ付近の海底地すべりに関する検討 既往津波に関する文献調査：1975年Kalapana津波

■ Ma et al. (1999) は、①海底地すべり、②低角逆断層のいずれでもハワイ周辺の検潮記録を説明できるとし、これらの組合せにより津波が発生したであろうとしている。

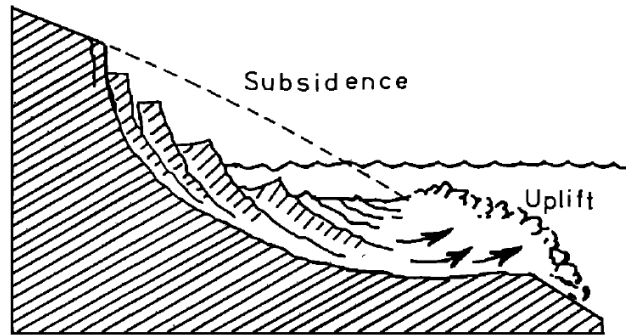
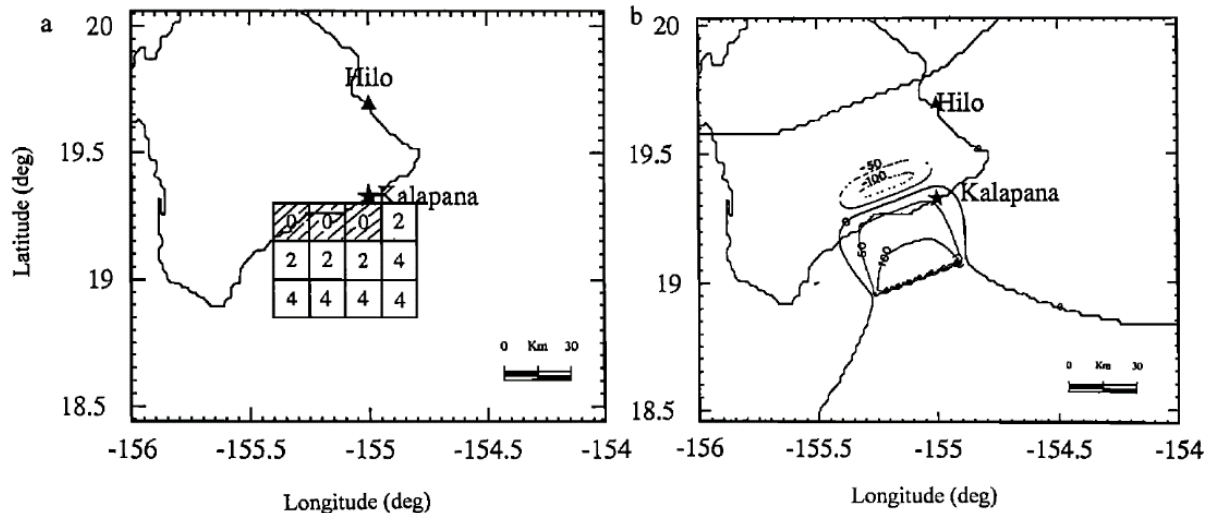


Figure 17. Schematic showing a rotational slumping that causes subsidence and uplift.



Ma et al. (1999) による1975年Kalapana津波のメカニズムの解釈（上）、地すべりの分布（左下）および低角逆断層による初期波形（右下）

いずれのモデルでも海面隆起量（=地すべりによる海底隆起量）=2.5km<sup>3</sup>としている。

左下図のハッチ部は沈降域、白抜き部は隆起域である。数字は時間遅れ（分）を表す。

# 8 ハワイ付近の海底地すべりに関する検討 海底地すべり地形に関する文献調査および評価対象の選定

- ハワイ付近の海底地すべりについて文献調査を実施した。
  - Moore et al. (1989) によれば、ハワイ諸島で発生した海底地すべりの数と特徴が示されている。
  - McMurtry et al. (2004) 等によれば、ハワイ諸島周辺の海底地すべりの発生年代が示されている。
  - 横瀬 (2007, 2010) によれば、詳細なDEM データに基づきハワイ諸島の流山地域の微地形解析から、ハワイ諸島で想定されている17の巨大海底地すべり堆積物の中で、巨大津波を伴った可能性があるのは、オアフ島東部のNuuanu 地すべり、ハワイ島西部のAlika-2地すべりそして南部の東Ka Lae 地すべりの3つに限定されるとの見解を示している。
  - Harbits et al.(2014)によれば、ハワイ諸島で発生した火山活動に伴う斜面崩壊は、火山の発達初期に生じたものであり、現在でも津波を励起させる可能性の有無には議論があると共に、遠方へ脅威となる津波となるかも議論があるとしている。
- 以上から、後期更新世以降に生じた地すべりのうち、巨大津波を伴った可能性があり、面積が大きい「Alika-2」を評価対象として選定した。

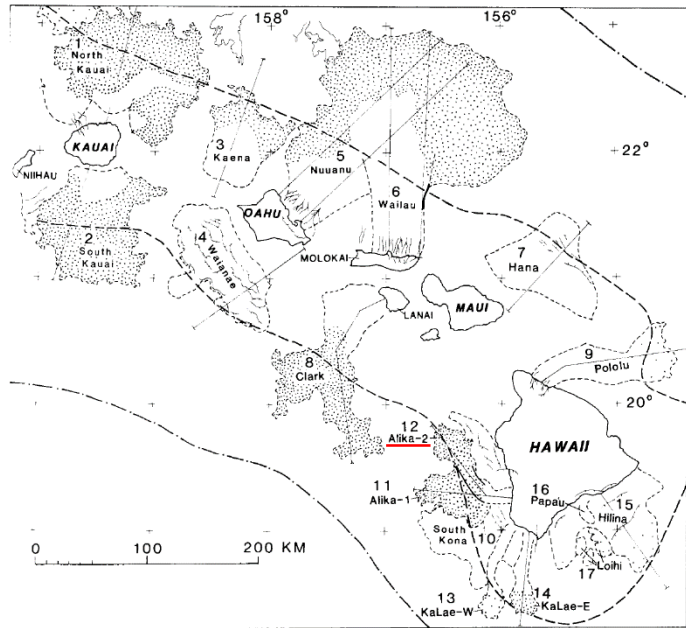


Fig. 2. Map of southeastern Hawaiian Ridge showing major slides bounded by dashed lines identified by number in text and Table 1; compare with Figure 1. Dotted area, hummocky ground (widely spaced where subdued); hachured lines, scarps; thin, downslope-directed lines, submarine canyons and their subaerial counterparts; heavy dashed line, axis of the Hawaiian Deep; dash-dotted line, crest of the Hawaiian Arch.

TABLE 1. Hawaiian Submarine Slides

No.	Name	Location	Area, km <sup>2</sup>	Length, <sup>a</sup> km	Width, <sup>b</sup> km	Type <sup>c</sup>	年代 (Ma) ※1
1	North Kauai	North Kauai	14,000	140	100	D (0.6-0.9)	5.0
2	South Kauai	South Kauai	6,800	100	50	D (0.6-1.2)	5.0
3	Kaena	NE Oahu	3,900	80	45	D	3.6
4	Waianae	SW Oahu	6,100	50	80	S (1.0)	2.9-3.1
5	Nuuanu	NE Oahu	23,000	235	35	D (0.8-1)	2.1-2.2
6	Wailau	North Molokai	13,000?	<195	40	D (0.7)	1.0±0.1
7	Hana	NE Maui	4,900	85	110	S	0.86
8	Clark	SW Lanai	6,100	150	30	D (0.5-1)	1.3±0.06
9	Pololu	North Hawaii	3,500	130	20	D	0.254-0.306
10	South Kona	West Mauna Loa	4,600	80	80	S	0.200-0.240
11	Alika-1	West Mauna Loa	2,300	88	15	D (0.9-1)	>0.112-0.127
12	Alika-2	West Mauna Loa	1,700	95	15	D (2-5)	>0.112-0.127
13	Ka Lae, west	South Hawaii	850	85	10	D	>0.032-0.060?
14	Ka Lae, east	South Hawaii	950	75	10	D (2)	>0.032-0.060?
15	Hilina	South Hawaii	5,200	40	100	S	>0.010-0.100
16	Papa'u	South Hawaii	200	20	6	SF	0.001~0.005※2
17	Loihi	South Hawaii	500	15	10-30	L	0.001~0.115※3
Total			97,600				

Located by number in Figure 2.  
<sup>a</sup>Length of Waianae and South Kilauea landslides omits indistinct irregular topography beyond steep toe.  
<sup>b</sup>Width at head of landslide.  
<sup>c</sup>D, Debris avalanche; (number) is average number of hummocks appearing in GLORIA images per square kilometer; S, Slump; SF, sand rubble flow; L, three unclassified landslides.

- : 後期更新世よりも前に生じた地すべり
- : 巨大津波を伴った可能性のある地すべり
- (red border) : 選定した地すべり

※1 McMurtry et al. (2004)  
 ※2 Papa'u (No.16) の年代はMoore et al. (1989) の“several thousand years ago”との記述に基づく。  
 ※3 Loihi (No.17) の年代はGuillou et al. (1997) がLoihi火山東斜面の試料から求めた5±4~102±13kaに基づく。

Moore et al. (1989) を基に作成



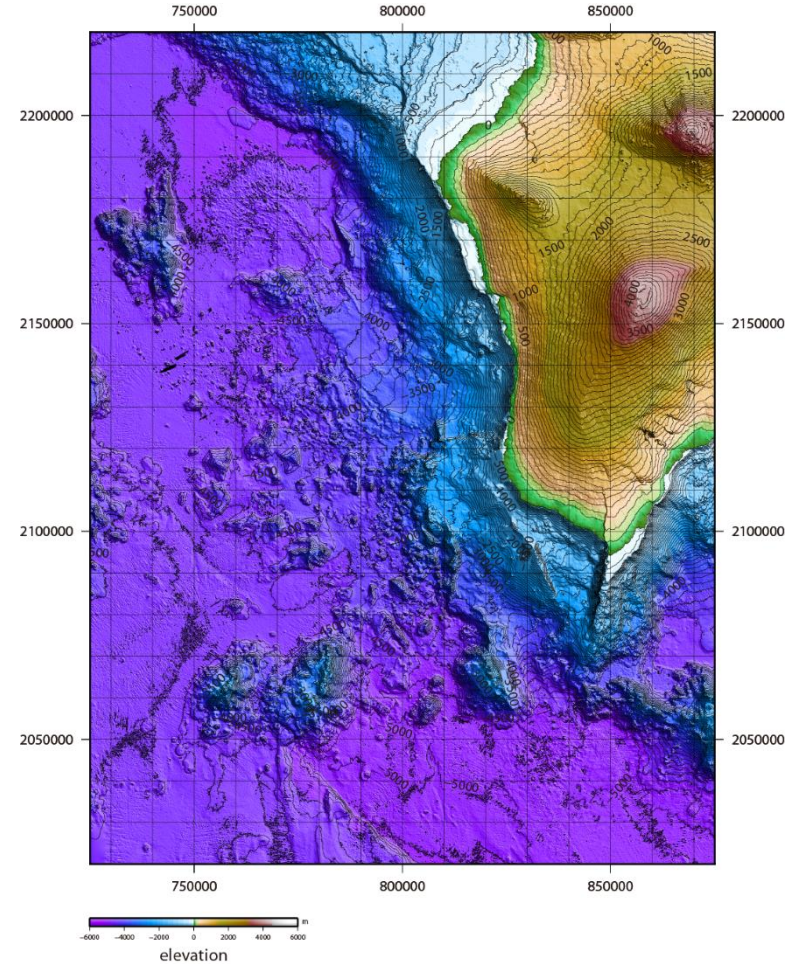
# 8 ハワイ付近の海底地すべりに関する検討 海底地すべり抽出における海底地形判読

- ハワイ島西部周辺（Alika-2地すべり周辺）について、ハワイ大学マノア校海洋地球科学技術学部（SOEST）による地形デジタルデータ（50mグリッド）を使用し、海底地形コンター図および標高段彩陰影図を作成し、海底地形判読を行った。
- 海底地形判読にあたっては、以下の判読基準等に従って、海底地すべりの可能性のある地形を抽出した。

## ○海底地すべり地形の判断基準

地すべり地形としては滑落崖とその基部にある地すべり土塊（滑落土塊）が対をなす。陸上の地すべりに比べて、大規模、薄く広がる傾向がある。薄く広がるケースでは土塊は認定しにくいので滑落崖だけを認定する。

<p>崩壊部 (滑落崖)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・馬蹄形、半円形、コの字形の平面形で、斜面下方へ開く急斜面</li> <li>・急斜面は平面的に出入りがなくスムーズな形状で、傾斜も一定傾向。また、地すべり土塊を囲んで側方にも連続することがある。</li> <li>・下方に地すべり土塊が対をなして存在することが重要</li> </ul>
<p>堆積部 (地すべり土塊)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・滑落崖の基部にある扇状地状あるいは舌状の高まり。</li> <li>・細長い舌状の場合や台地状を呈することもある。</li> <li>・典型的な場合には、土塊の表面に不規則な凸凹、低崖、凹地があり、凸形縦断の斜面形を示す。</li> </ul>

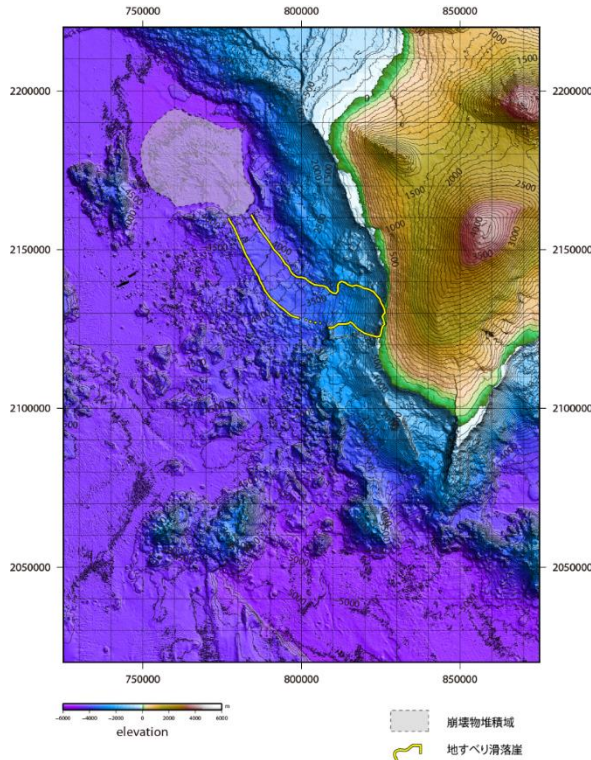


海底地形コンター図および標高段彩陰影図

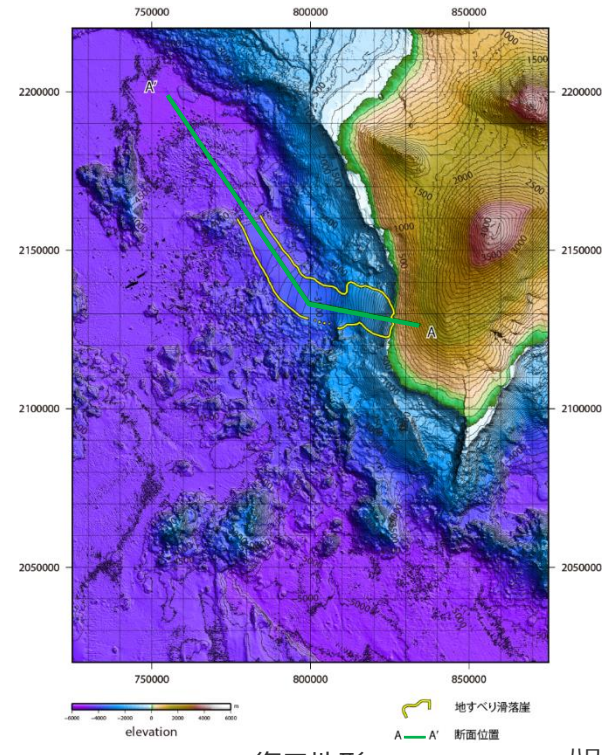
ハワイ大学マノア校海洋地球科学技術学部（SOEST）による海底地形デジタルデータを使用

# 8 ハワイ付近の海底地すべりに関する検討 海底地すべり抽出における海底地形判読

- 海底地形判読の結果、「Alika-2」付近に海底地すべりと判断される地形（滑落崖、崩壊物堆積域）が認められた（左図）。
- また、地すべり滑落崖周辺の現況地形から滑落崖を埋め戻し、地すべり崩壊前地形を復元した（右図）。
- 復元地形と現況地形との差から地すべり規模（土量）を算出した結果、地すべり規模（土量）は約105km<sup>3</sup>となった。

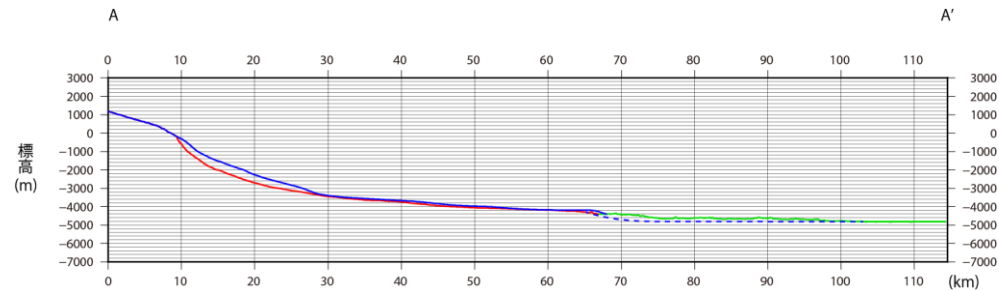


「Alika-2」の海底地すべり判読結果（現況地形）



復元地形

ハワイ大学マノア校海洋地球科学技術学部  
(SOEST) による海底地形デジタルデータを使用

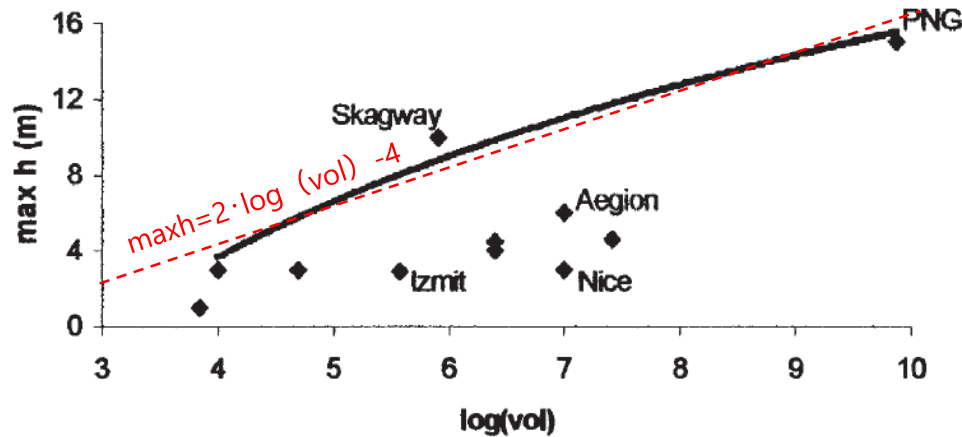


地形断面図 (H:V=1:2.5)

- : すべり面地形（現況地形）
- : 崩壊物堆積域（現況地形）
- - : 復元地形

# 8 ハワイ付近の海底地すべりに関する検討 評価結果

- 「Alika-2」の海底地すべりによる津波の敷地への影響を確認することを目的に、地すべり規模から津波水位を推定することを検討した。
- Papadopoulos and Kortekaas (2003) は20世紀以降に発生した世界の地すべり津波のデータを分析し、地すべり塊の体積が沿岸における津波の最高水位と関係があるとしている。この関係では、地すべり体積の対数値に比例して津波水位が大きくなる。
- Ma et al. (1999) より、1975年Kalapana津波の地すべり体積を2.5km<sup>3</sup>とし、その地すべりによる日本沿岸における津波水位を検潮記録最大全振幅の最大値である55cm（宮城県鮎川）と仮定する。
- Papadopoulos and Kortekaas (2003) による地すべり体積と津波水位の関係が、日本沿岸でも成立すると仮定すれば、「Alika-2」のような地すべり（地すべり体積約105km<sup>3</sup>）がハワイで発生した場合、日本沿岸における水位は3.8m程度と推定される。



Papadopoulos and Kortekaas (2003) を基に作成

地すべり体積 (m<sup>3</sup>) と沿岸における津波の最高水位の関係

※赤線は包絡線を直線近似して加筆したもの。  
※PNG (1998パプアニューギニア) およびIzmit (1999トルコ) は断層運動による津波への寄与が含まれる。

- 地すべり1の体積をV1、日本沿岸における津波水位をh1とする。地すべり2の体積をV2、日本沿岸における津波水位をh2とする。
- Papadopoulos and Kortekaas (2003) の関係により、  

$$h2 = a \cdot \log(V2) + b$$

$$h1 = a \cdot \log(V1) + b$$
 両式の差をとれば、  

$$h2 - h1 = a (\log(V2) - \log(V1))$$
 よって、  

$$h2 = h1 + a \cdot \log(V2/V1)$$
 となる。
- いま、添え字1を1975年Kalapana津波、添え字2を想定津波に対応させると、求めたい水位h2は以下ようになる。

1975年の日本沿岸における津波水位 h1	0.55m
Papadopoulos and Kortekaas (2003) に基づく比例定数 a	2
1975年の地すべり体積 V1	2.5km <sup>3</sup>
想定津波の地すべり体積 V2	105 km <sup>3</sup>
想定津波の日本沿岸における津波水位 h2	3.8m

- ・ 以上から、ハワイ諸島周辺の海底地すべりに起因する津波の敷地への影響は小さいことを確認した。

- 佐竹健治 (1997) 「ハワイの津波堆積物 –アメリカ地質学会コルディレラ分科会および巡検に参加して-」『地質ニュース』第518号, pp.21-28。
- 羽鳥徳太郎 (1976) 「1975年ハワイ島 (Kalapana) 津波と日本沿岸での挙動」『地震第2輯』第29巻, pp.355-363。
- 横瀬久芳 (2007) 「ハワイ諸島における巨大海底地すべり」『日本地質学会, 第114年学術大会』, S-10, 6p。
- 横瀬久芳 (2010) 「ハワイ諸島の巨大海底地すべり群と津波 – 流山の高さ分布におけるフラクタル次元 – 」『月刊地球号外』No.61, pp.71-80。
  
- Day, S. J., P. Watts, S.T. Grilli and J. T. Kirby(2005), "Mechanical models of the 1975 Kalapana, Hawaii earthquake and tsunami", Marine Geology, Vol.215, pp.59–92.
- Eakins, Barry W., Joel E. Robinson, Toshiya Kanamatsu, Jiro Naka, John R. Smith, Eiichi Takahashi, and David A. Clague(2003), "Hawaii's Volcanoes Revealed", U.S. Geological Survey.
- Guillou, H., L. Turpin, F. Garnier, S. Charbit, and D. M.Thomas (1997), "Unspiked K-Ar dating of Pleistocene tholeiitic basalts from the deep core SOH-4, Kilauea, Hawaii", Chemical Geology, Vol.140, pp.81–88.
- Harbitz, Carl B., Finn Løvholt, Hilmar Bungum(2014), "Submarine landslide tsunamis: how extreme and how likely?", Natural Hazards, Vol.72, pp.1341–1374.
- Ma, K-F., H. Kanamori and K. Satake(1999), "Mechanism of the 1975 Kalapana, Hawaii, earthquake inferred from tsunami data", Journal of Geophysical Research, Vol. 104, Issue B6, pp.13153–13167.
- McMurtry, G.M, P. Watts, G.J. Fryer, J.R. Smith, F. Imamura(2004), "Giant landslides, mega-tsunamis, and paleo-sea level in the Hawaiian Islands", Marine Geology, Vol. 203, Issues 3–4, pp.219–233.
- Moore, J. G., D. A. Clague, R. T. Holcomb, P. W. Lipman, W. R. Normark, and M. E. Torresan(1989), "Prodigious submarine landslides on the Hawaiian Ridge", Journal of Geophysical Research, Vol. 94, B12, pp.17465–17484.
- Nettles M. and Göran Ekström(2004), "Long-Period Source Characteristics of the 1975 Kalapana, Hawaii, Earthquake", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.94, No.2, pp.422–429.
- Papadopoulos, G. A. and S. Kortekaas(2003), "Characteristics of Landslide Generated Tsunamis from Observational Data", Submarine Mass Movements and Their Consequences, Vol. 19 of the series Advances in Natural and Technological Hazards Research, pp. 367-374.
- The School of Ocean and Earth Science and Technology The University of Hawaii at Manoa (2016), (<http://www.soest.hawaii.edu/HMRG/Multibeam/bathymetry.php>).