

タイにおける津波とその被害

日本・タイ合同津波調査団

内 容

- 1 . 何故 , Phuket 島と Khao Lak か ?
- 2 . 調査目的
- 3 . Phuket 島と Khao Lak における津波
- 4 . 課題・提言

http://www.drs.dpri.kyoto-u.ac.jp/sumatra/thailand/phuket_survey.html

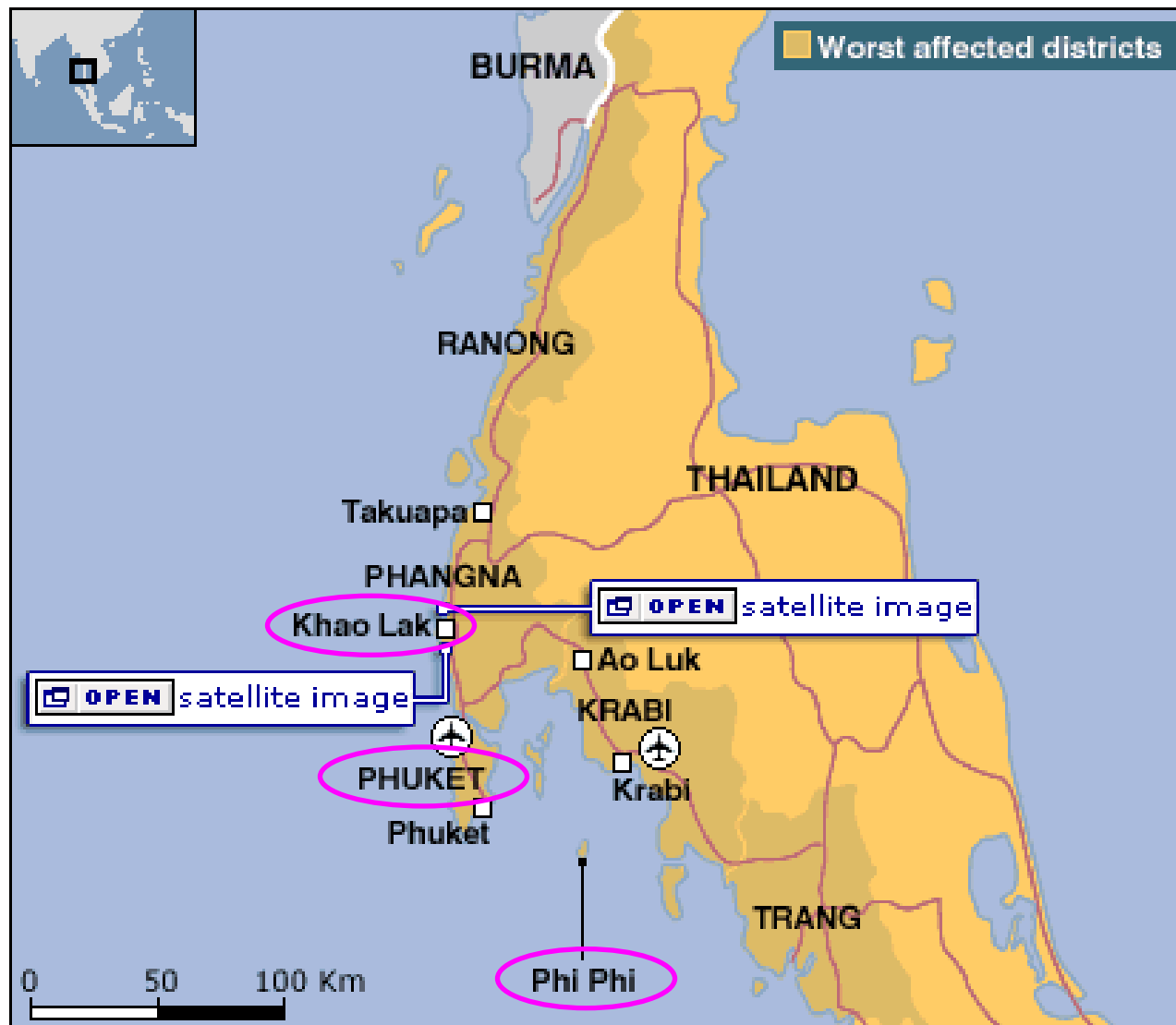
1. 何故 , Phuket 島と Khao Lak か ?

- 地震の影響がほとんどない
- 市街地や居住区の津波

2 . 調査目的

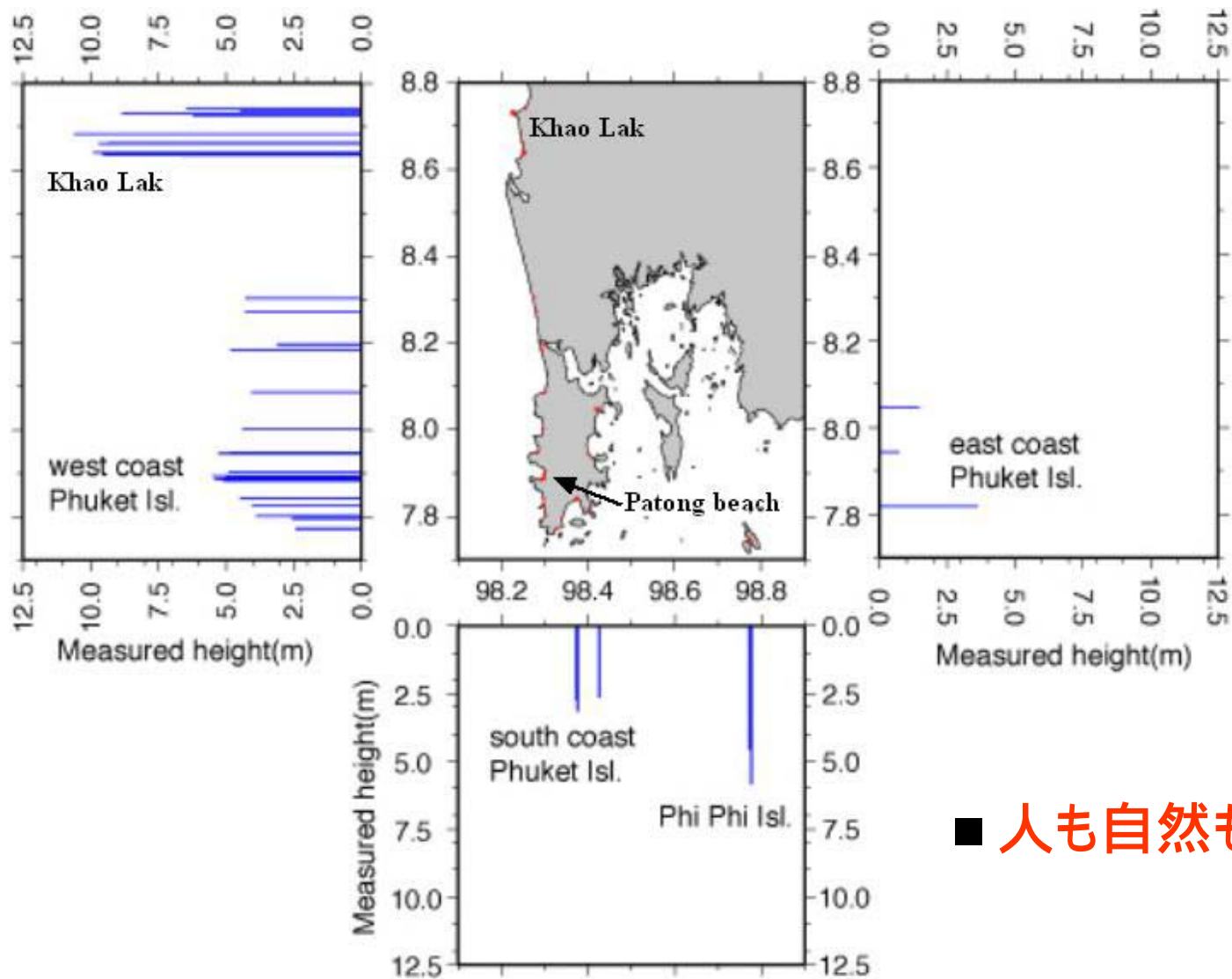
- 地震・津波の実体解明への貢献
- 被害想定の基本資料の収集
- 被害のメカニズム解明(流速, 流体力)
- 減災対策のヒント, 等

3 . Phuket 島と Khao Lak における津波



From BBC

■ 津波（遡上）高の分布



■ 人も自然も同じ

津波（遡上）高の分布

■ 市街地・居住区の津波

■ Patong ビーチ

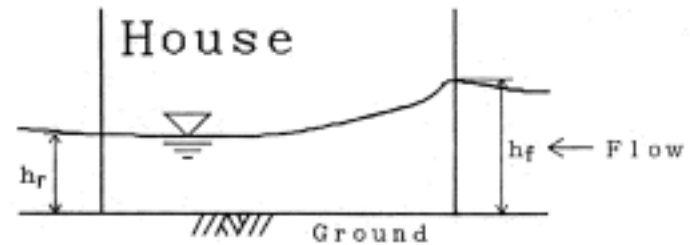
$$R=5\sim6\text{m}$$

$$h=2\text{m}$$

$$u=3\sim4\text{m/s}$$

$$F=0.9\sim1.7\text{tf/m}^2$$

■ 水も自ら道を切り開くのは難しい



■ Khao Lak

$$R=6\sim10\text{m}$$

$$h=4\sim7\text{m}$$

$$u=6\sim8\text{m/s}$$

$$F=3.8\sim6.7\text{tf/m}^2$$

$$u = \sqrt{2g(h_f - h_r)}$$

$$F = \frac{1}{2} \rho C_D u^2 A \cong \rho Q u$$

ここで、 R は津波(遡上)高さ、 h は浸水深、 u は流速、 F は単位面積当たりの力。

被災例1



壁が壊された煉瓦造の家屋 (Patongビーチ)

被災例2



3階部分まで浸水したホテル(Khao Lak)

被災例3



地盤が流され、大破に至った建物 (Khao Lak)



土砂の大量移動

浸水深 3.9m
流速 7.1m/s

■ 植生の効果



地盤高=3.65m ,
浸水深=4.94m ,
植生域厚=14m ,
植生密度=0.27% .



約 150m 北に位置

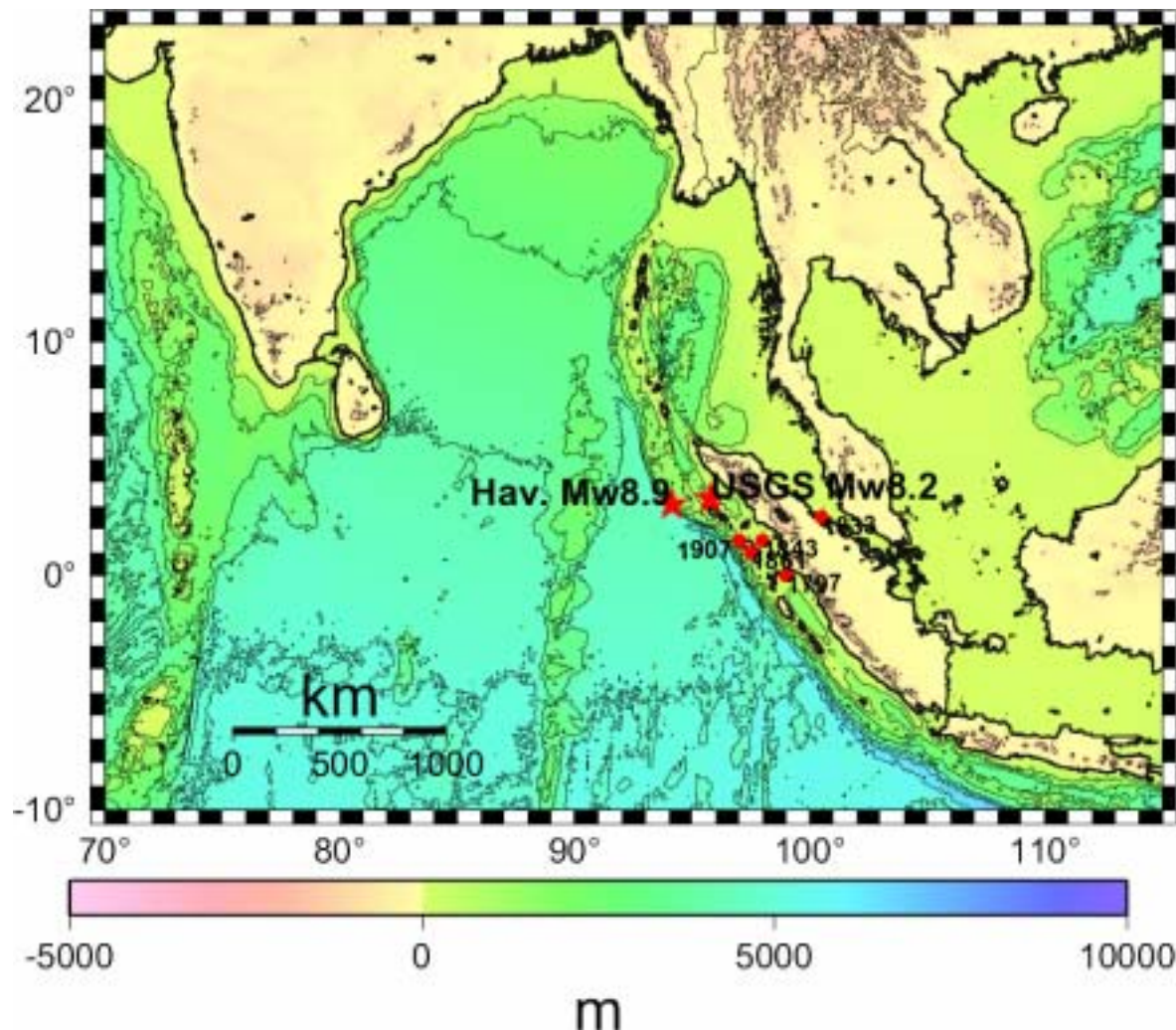
地盤高=3.53m ,
浸水深=4.64m ,
植生域厚=28m ,
植生密度=0.42%.



4 . 課題・提言

- M=9.0の地震(今までの方法で想定可能?)
- 建物の破壊基準
- 氾濫流速
- 漂流物を伴う氾濫流(段波理論の適用)
- 漂流物の衝突力
- 植生の効果
- その他

■ 今までの方法で想定可能？



主な地震津波

1797. 2.10	M=8, m=3
1833.11.24	M=8.25, m=2.5
1843. 1. 5.	M=7.25, m=2
1861. 2.16	M=8.5, m=3
1907. 1. 4.	M=7.5, m=2
2004.1.26	M=9.0, m=4

(電力中央研究所：松山
氏)

■ 建物の破壊基準

家屋の造り別の大破に至る流速と抗力(1994)*

家 屋 の 種 類	流速 (m/s)	抗力 (tf/m)
鉄筋コンクリート造	10.2 以上	16.9 以上
コンクリート・ブロック造	10.2	16.9
木 造	4.2	1.06

* 松富英夫・首藤伸夫：津波の浸水深，流速と家屋被害，
海岸工学論文集，第41巻，pp.246-250, 1994.

白抜き：過去の津波



■ 氾濫流速



海岸から約 **0.9km 内陸** に位置する形をとどめた数少ない家屋の1つ。家屋前背面の浸水痕跡からピーク時の氾濫流速は約 7.7m/s と推定された。



ビデオの撮られたところ。
(海岸から約**1.5km内**
陸)

浸水深 3.9m
流速 5.8m/s

ビデオ 5.4m/s

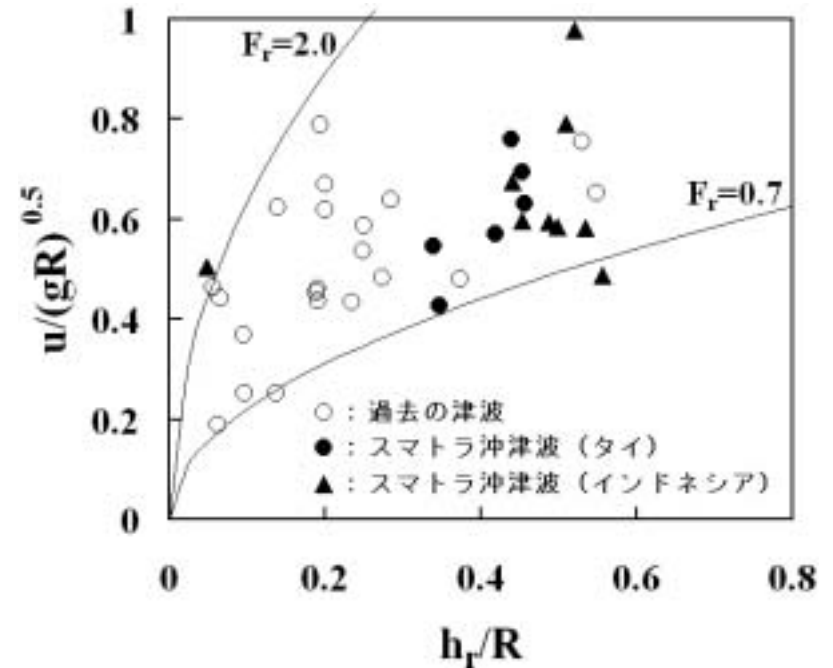
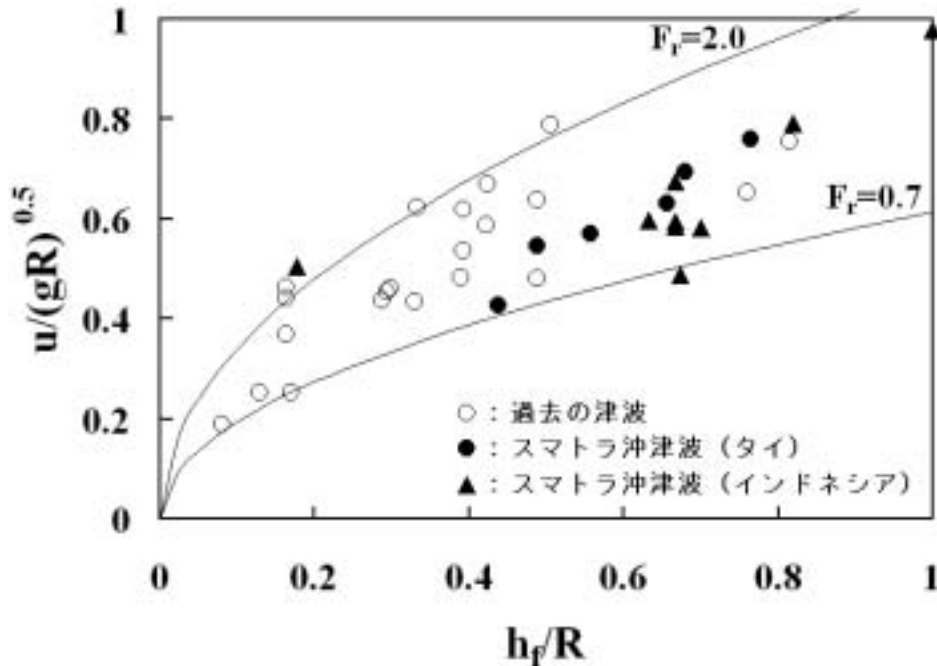


表-1 過去の津波氾濫流速

測定場所	水深(m)		水位差 (m)	流 速 (m/s)	前面の 浸水位 (m)	近傍の 遡上高 (m)	家屋の平面形状	家 屋 の 造 り	記 号	備 考
	前面	背面								
Wuring (モスク)	1.56	0.91	0.65	3.57	3.19	3.19	正方形(17.7×17.7 m)	煉瓦モル	○	側 面
	1.56	1.19	0.37	2.69	3.19	3.19	〃	タル	○	
藻 内	1.29	1.00	0.29	2.38	14.01	16.19	長方形(7×12 m)	木 造	○	
賽ノ河原	4.45	1.70	2.75	7.34	8.81	8.81	六角形(15.6×19.0 m)	鉄筋コン	○	
稲穂小学校	1.60	0.65	0.95	4.32			長方形(36.3×29.3 m)	木造モル	○	海 側 中 間 陸 側
	1.60	0.55	1.05	4.54		9.79	〃	タル	○	
	1.60	0.94	0.66	3.60			〃		○	
江 差 港	0.94	0.67	0.27	2.30		2.85	長方形(14.5×48.0 m)	鉄筋コン	○	引き波
Pancer	1	1.60	1.30	0.30	2.42	7.50	長方形(8.2×5.9 m)	煉瓦モル	○	
	2	2.70	1.80	0.90	4.20		長方形(12.8×5.3 m)	煉瓦モル	○	
	3	1.21	0.91	0.30	2.42		H 形 (15.0×9.0 m)	煉瓦モル	○	
	4	2.80	1.80	1.00	4.43		長方形(10.2×19.2 m)	煉瓦モル	○	
Lampon	1	1.58	1.02	0.56	3.31		長方形(10.6×6.0 m)	煉瓦モル	○	
	2	1.80	0.75	1.05	4.54		長方形(8.9×10.0 m)	煉瓦モル	○	
Korim	1	2.26	1.34	0.92	4.25	4.56	長方形(15.0×14.0 m)	ブロックモ	●	モ：モルタル
	2	2.10	1.33	0.77	3.88	5.27	長方形(30.2×10.5 m)	ブロックモ	●	
	3	2.10	1.07	1.03	4.49		長方形(18.0×7.6 m)	ブロックモ	●	
	4	2.27	1.07	1.20	4.86		長方形(27.0×7.3 m)	ブロックモ	●	
	5	2.08	1.46	0.62	3.49		長方形(14×7 m)	ブロックモ	●	
Mansoben		2.43	1.58	0.85	4.08	2.98	長方形(15.2×12.1 m)	ブロックモ	●	
Pai ls.		2.22	1.60	0.62	3.49	2.92	長方形(8.2×6.0 m)	ブロックモ	●	

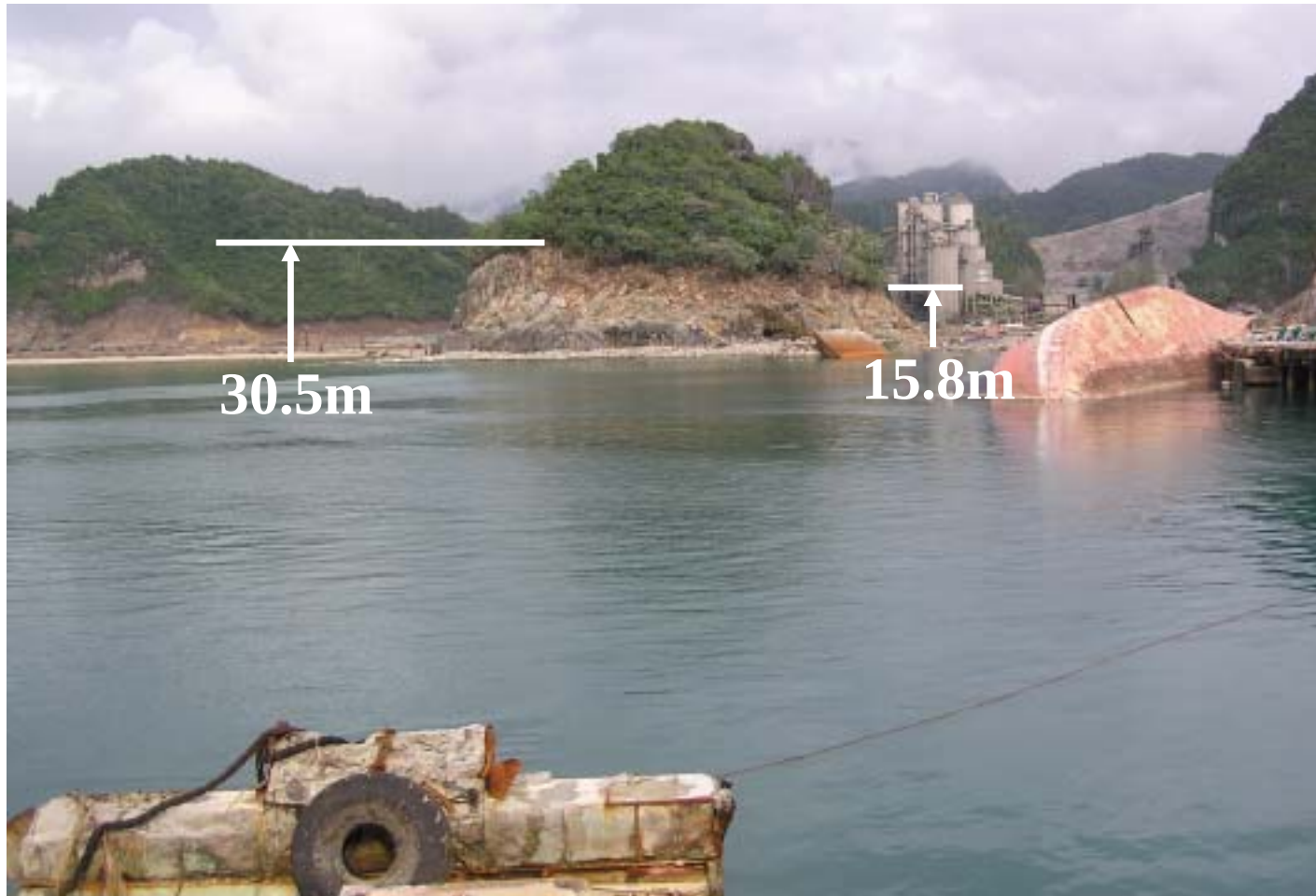
推定法の一般化

$$u = C_v \sqrt{2g(h_f - h_r)} f(x, y) \quad (C_v \cong 0.9)$$



浸水深と氾濫流速の関係

■ 小山による氾濫流速の評価



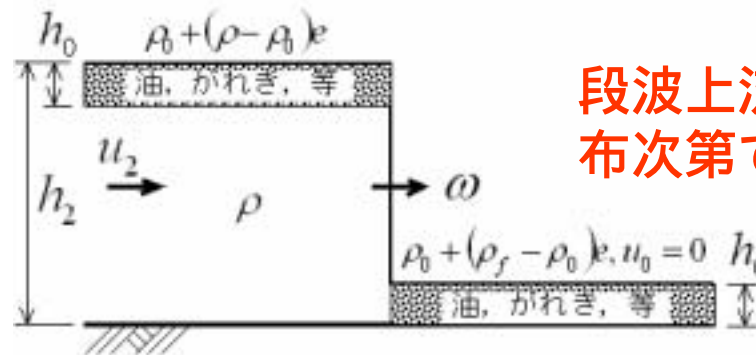
セメント工場と港の間に位置する小山前・背面での津波痕跡高、概算で流速は **16m/s** 程度と推定される。

■ 漂流物を伴う氾濫流



(電力中央研究所：榊山氏)

段波によるモデル化



段波上流側での漂流物の分布次第で伝播速度は変化

基礎式： 漂流物を伴う段波のモデル

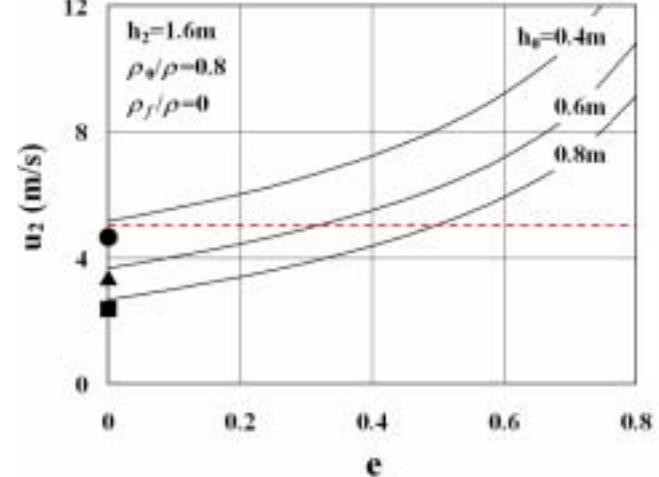
$$[\{\rho_0 + (\rho - \rho_0)e\}h_0 + \rho(h_2 - h_0)](\omega - u_2) = \{\rho_0 + (\rho_f - \rho_0)e\}h_0\omega \quad (1)$$

$$[\{\rho_0 + (\rho - \rho_0)e\}h_0 + \rho(h_2 - h_0)](\omega - u_2)u_2 = \frac{1}{2}\rho g(h_2 - h_0)^2 + \{\rho_0 + (\rho - \rho_0)e\}gh_2h_0 - \frac{1}{2}\{2(1-e)\rho_0 + (\rho + \rho_f)e\}gh_0^2 \quad (2)$$

ここで， ρ は海水の密度， ρ_0 は漂流物の密度， ρ_f は段波下流の空隙部の密度， e は段波下流の漂流物域の空隙率， h_2 は段波上流側の水深， u_2 は段波上流側の流速， ω は段波伝播速度．

$$u_2 = \frac{\left(\frac{\rho}{\rho_0} - \frac{\rho_f}{\rho_0}\right)e + \frac{\rho}{\rho_0}\left(\frac{h_2}{h_0} - 1\right)}{\left\{1 + \left(\frac{\rho}{\rho_0} - 1\right)e\right\} + \frac{\rho}{\rho_0}\left(\frac{h_2}{h_0} - 1\right)} \omega \quad (3)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g \left[\left\{ \frac{\rho_0}{\rho} + \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right)e \right\} h_0 + h_2 - h_0 \right]}{\left\{ 1 + \left(\frac{\rho_f}{\rho_0} - 1\right)e \right\} \left\{ \left(1 - \frac{\rho_f}{\rho}\right)e + \frac{h_2}{h_0} - 1 \right\}}} \sqrt{\frac{1}{2} \frac{\rho}{\rho_0} \left(\frac{h_2}{h_0} - 1\right)^2 + \left\{ 1 + \left(\frac{\rho}{\rho_0} - 1\right)e \right\} \frac{h_2}{h_0} - \frac{1}{2} \left\{ 2(1-e) + \left(\frac{\rho}{\rho_0} + \frac{\rho_f}{\rho_0}\right)e \right\}}$$



Krueng Raya港



- 火事
- 異物の飲み込み

油の流出？津波は6m程度．

■ 漂流物の衝突力



内陸約3kmまで漂流した2,500トンの発電船。

■ 植生の効果



西海岸のLhoknga村における最大遡上点付近の折損した木々．右上に見えるのはセメント工場用の港．