

4.4 海啸(Tsunami)

词源自日语“津波”(Tsunami)，“港边的波浪”(“津”即港)。

海啸是一种具有强大破坏力的海浪。当海水被扰动而引起海水剧烈的起伏时，形成强大的波浪，向前推进，将沿海地带淹没的灾害，称为海啸。

清华大学 陆新征 2007

4.4.1 海啸的形成

(1)由地震引起：震源在海底下50公里以内、震级在里氏6.5级以上。

海啸波属于可以传播很远的长波。

海啸在海洋的传播速度大约每小时500-1000公里。

当海啸波进入陆地后，由于深度变浅，波高突然增大，它的这种波浪运动所卷起的海涛，波高可达数十米，并形成“水墙”。

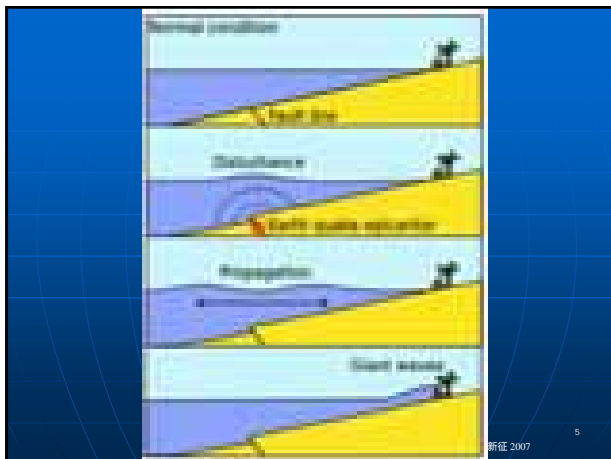
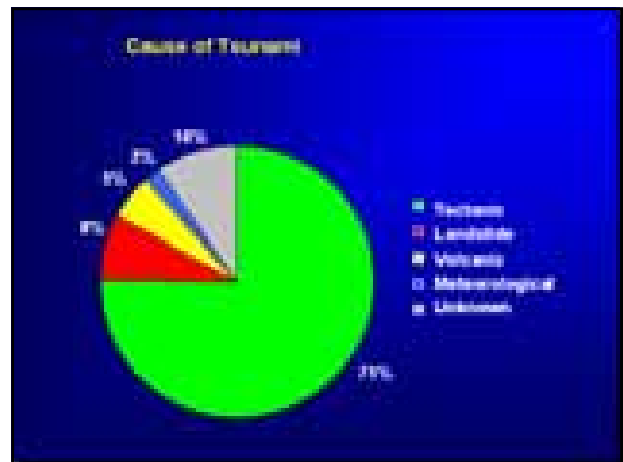
清华大学 陆新征 2007

(2)海底或沿岸的山崩、滑坡或火山爆发：山崩或火山喷发中落下的沉淀物和岩石导致大规模海水移动，引发海啸。

(3)水下核爆炸。

(4)风暴。

清华大学 陆新征 2007



新征 2007

海啸形成动画

清华大学 陆新征 2007



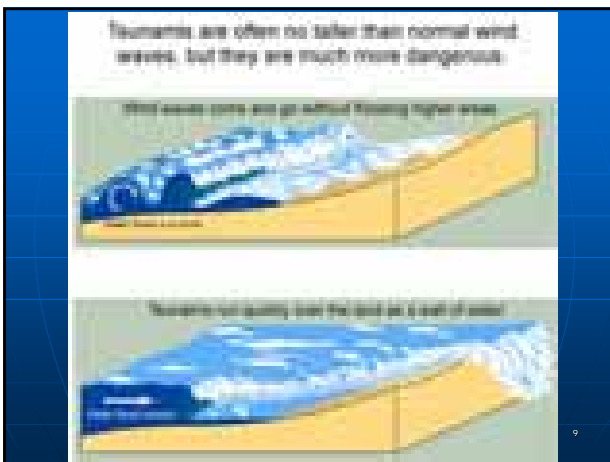
清华大学 陆新征 2007

地震产生水体波动与海面上海浪的不同之处：

- 海浪只在一定深度以上的水层引起波动，且其振幅随水深衰减很快。

- 地震引起的波动是从海面到海底整个水层的起伏，在海底震源附近处水面最初的升高幅度只有1-2米，海啸不会在深海大洋上造成灾害。而当海啸波进入大陆架后，因深度急剧变浅，能量集中，波高骤然增大。当进入狭窄浅水海域时，海啸波携带巨大能量直冲海湾和岸边，可出现10-20米以上的波高，以排山倒海之势冲击过来。

清华大学 陆新征 2007



4.4.2 海啸的前兆与分布

在某种情况下，当海啸快要遇上大陆时，海平面会下降而露出海底（下降型），或异常上涨（上升型）。这是海啸来临的前兆。

- 下降型：海底地壳大范围急剧下降，海水向空隙处涌去，在海底遇阻返回后产生长波大浪；

- 上升型：海底地壳大范围急剧上升，海水随之抬升，出现大规模海水积聚并向四周扩散。

清华大学 陆新征 2007

海啸的易发地区

全球的海啸发生区大致与地震带一致。

全球有记载的破坏性海啸大约有260次左右，平均大约六、七年发生一次。

发生在环太平洋地区的地震海啸占约80%。其中日本列岛及附近海域的地震占太平洋地震海啸的60%左右，日本是全球发生地震海啸并且受害最深的国家。

清华大学 陆新征 2007



清华大学 陆新征 2007

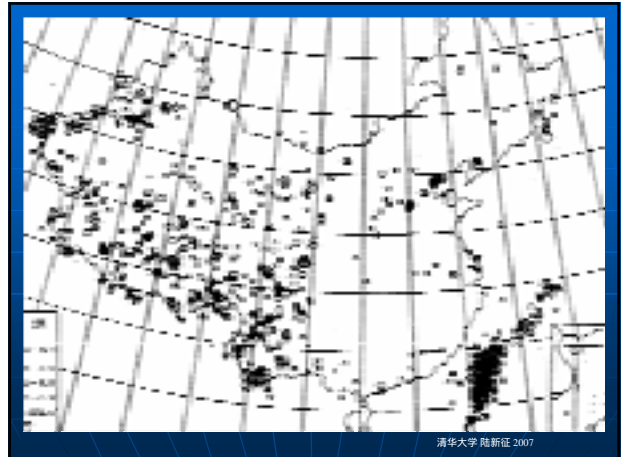
二千年以来，我国仅发生过10次地震海啸，平均200年左右出现一次。

我国海区处于宽广大陆架上，水深较浅（200米以内），不利于地震海啸的形成与传播。从地质构造上看，除了郯城--庐江大断裂纵贯渤海外，沿海地区很少有大断裂层和断裂带，即使我国海区发生较强的地震，一般不会引起海底地壳大面积的垂直升降变化，缺乏引发海啸的大地震。

1969年-1978年我国渤海、广东阳江、辽宁海城、河北唐山发生的4次大地震，地震震级均在6级以上，但均未引发地震海啸。

清华大学 陆新征 2007

13



清华大学 陆新征 2007

4.4.3 历史上的海啸：

-1498.9.20.日本北海道出现最大波高20米的地震海啸，侵入内陆2公里，造成20000人丧生；

-1792.5.21.日本明海附近山崩引起海啸，最大波高50米以上，死亡15000人；

-1883.8.7.印尼巽他海峡因火山喷发引起海啸，最大波高35米，死亡36000多人；

清华大学 陆新征 2007

15

-1896.6.15.日本三陆因地震引起海啸，最大波高达25米，卷倒房屋1.4万多间，流失船只3万余条，死亡27000多人。

-1933.3.3.日本三陆外海地震海啸，最大波高24米，死亡3000人；

-1964.3.28阿拉斯加湾因大面积海底运动引起海啸，最大波高达30米，海啸波及加拿大和美国沿岸，死亡150人；

清华大学 陆新征 2007

16

1960年5月22日，智利大地震，海啸最大波高为25米。

-智利半座城市成为瓦砾场；

-100多座防波堤坝被冲毁；

-2000余艘船只被毁；

-900多人丧生；

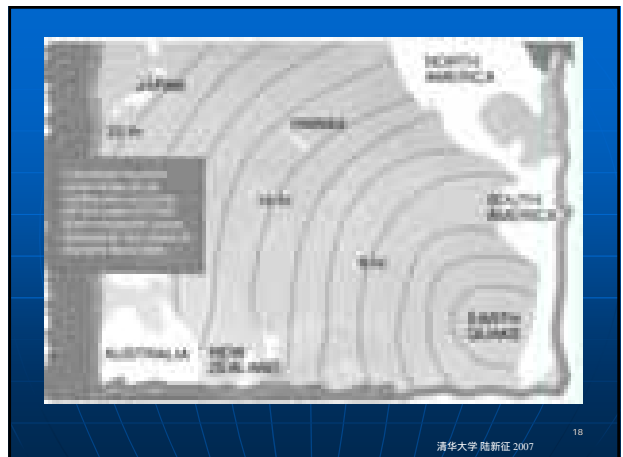
-经济损失5亿多美元。

在美国夏威夷，海啸波把堤坝的10多吨重的岩石抛出百米以外，一座铁路桥被推离桥墩200多米，毁坏建筑物500多座，造成61人死亡，伤282人，损失近亿美元。日本800人死亡，15万人无家可归。

（海底一块约50万平方公里的地块上升了10米，海浪一个星期后逐渐平息）。

清华大学 陆新征 2007

17



清华大学 陆新征 2007

18

近期较大的海啸：

-2004年12月26日印尼苏门达腊外海发生里氏地震9级的海底地震。海啸造成斯里兰卡、印度、泰国、印尼及马来西亚近30万人丧生。

-1998年7月两个7.0级的海底地震，造成巴布亚新几内亚约2100人丧生。

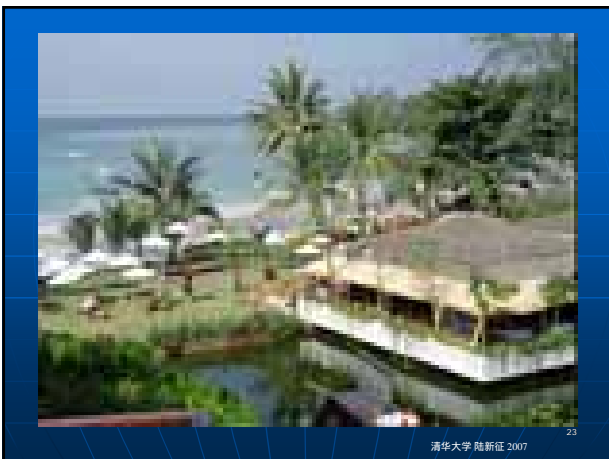
-1992年9月尼加拉瓜发生海啸，170人丧生，1.3万人流离失所。

4.4.4 印尼大海啸

2004年12月26日印尼苏门达腊外海里氏9级海底地震。印度板块与亚洲板块互相挤压，在长约1000公里的裂缝中释放出巨大能量，1块1000公里长的海底地块在地震中上升了10-30米。海啸造成印尼、斯里兰卡、印度、泰国等55国近30万人丧生。海啸波及500多万人，其中100多万人无家可归。

海啸中死亡（包括失踪）人数（截至2005.3.1.）

Indonesia 228948	Japan 93	Hungary 10
Sri Lanka 36603	Belgium 91	Russia 10
India 16423	Myanmar 90	Tanzania 10
Thailand 8346	Norway 84	Greece 9
Germany 574	Maldives 82	Ireland 8
Sweden 544	Malaysia 74	Portugal 8
South Africa 383	Hong Kong (China) 66	Turkey 7
Italy 288	New Zealand 56	Argentina 6
Australia 276	USA 53	Estonia 3
Canada 260	Denmark 46	Seychelles 3
France 196	Singapore 39	Spain 3
Finland 176	China 18	Taiwan 3
Great Britain 158	Ukraine 17	Bangladesh 2
Somalia 150	Mexico 16	Brazil 2
Switzerland 125	Czechia 14	Croatia 2
Holland 117	Iceland 11	Luxemburg 2
South Korea 110	Israel 11	Kenya 1
Austria 103	Poland 11	Malta 1
		Yemen 1
		Total 294743





明越度假村 (Onda Resort) 在海啸受灾现场

26



050128-071. At the limit of area of complete destruction in the northern part of Banda Aceh, Sumatra, Indonesia

27

清华大学 陆新征 2007



050128-100. Area of heavy destruction in the northern part of Banda Aceh, Sumatra, Indonesia

28

清华大学 陆新征 2007



050128-039. Area of heavy destruction in the northern part of Banda Aceh, Sumatra, Indonesia.

29

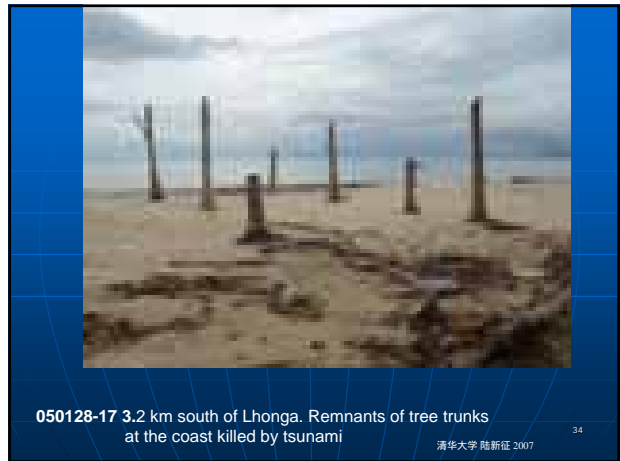
清华大学 陆新征 2007



050128-021. Banda Aceh, Sumatra, Indonesia. Fishing boat in front of Rajawali Hotel located in 1.2 km from the coastline.

30

清华大学 陆新征 2007





印尼大海嘯录像

印尼大海嘯录像

印尼大海嘯录像

清华大学 陆新征 2007 39

4.4.5 海啸对策

(1) 监测与预报

1966年成立“太平洋海啸警报系统国际协调组”(ITSU)，建立了太平洋监测预报系统：

- 太平洋海啸警报中心（檀香山）；
- 地震海啸监测站（太平洋沿岸24个）；
- 验潮站；
- 通信联络（通信网，无线电高频通信，卫星转播通信）；

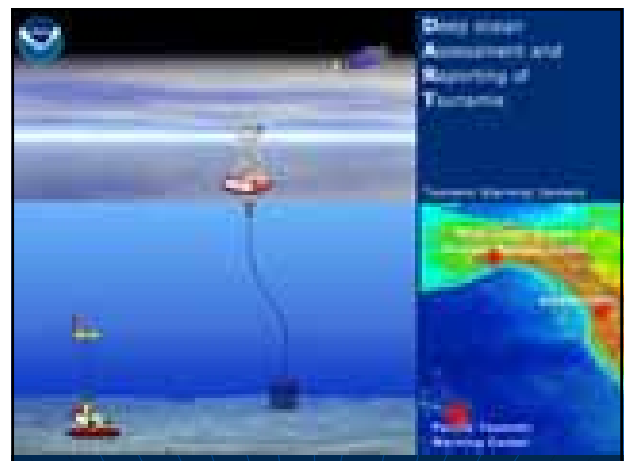
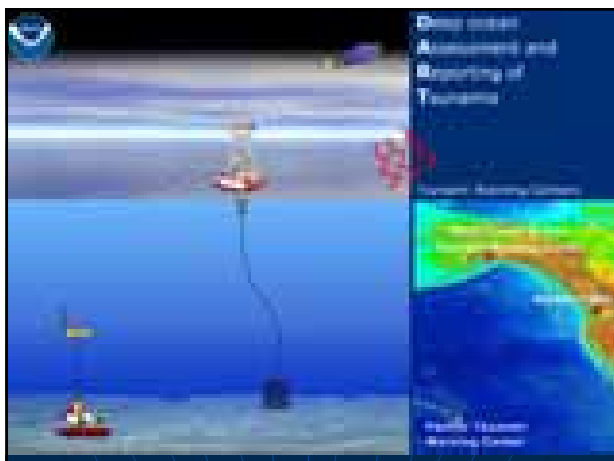
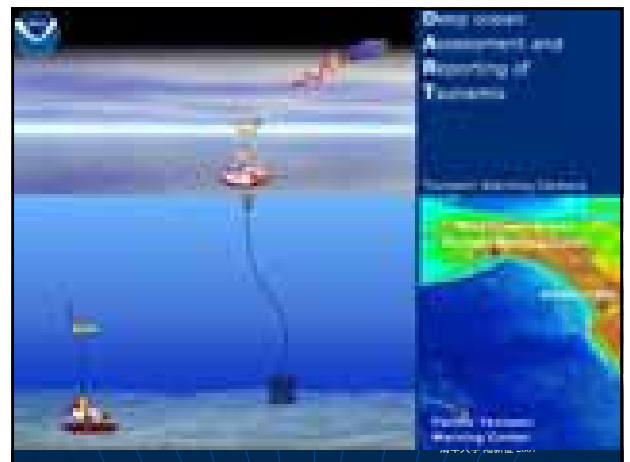
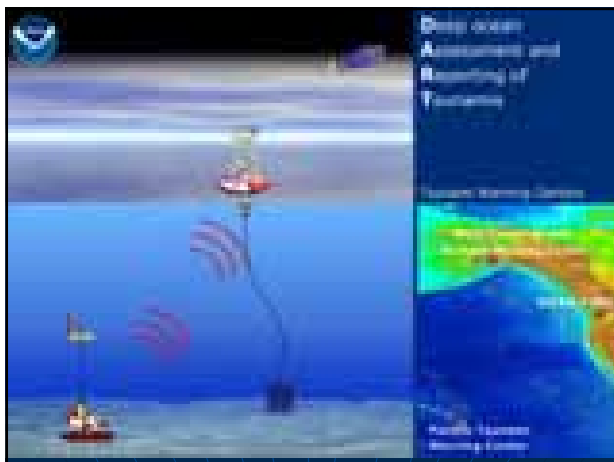
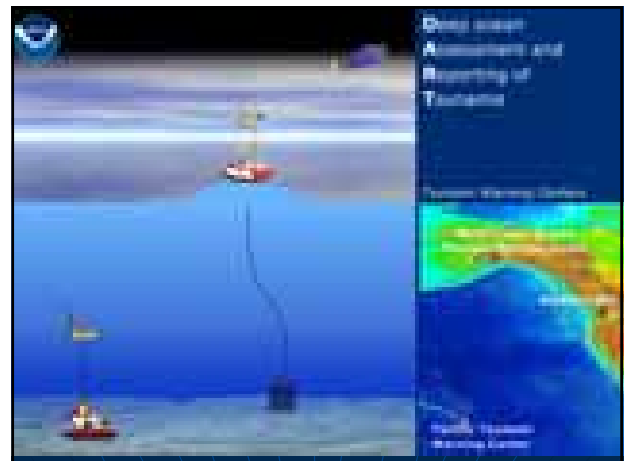
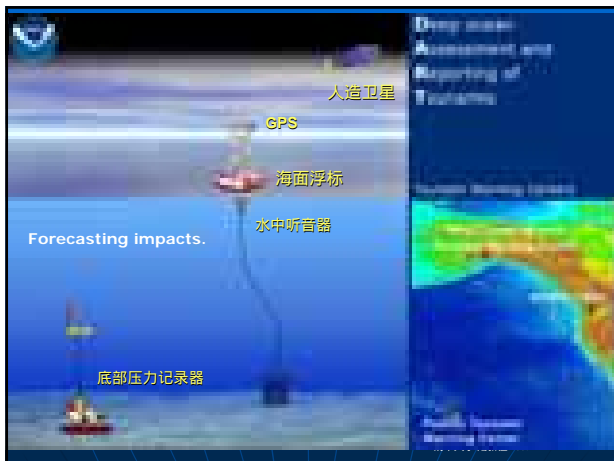
- 国家和地区海啸警报系统。 清华大学 陆新征 2007 40

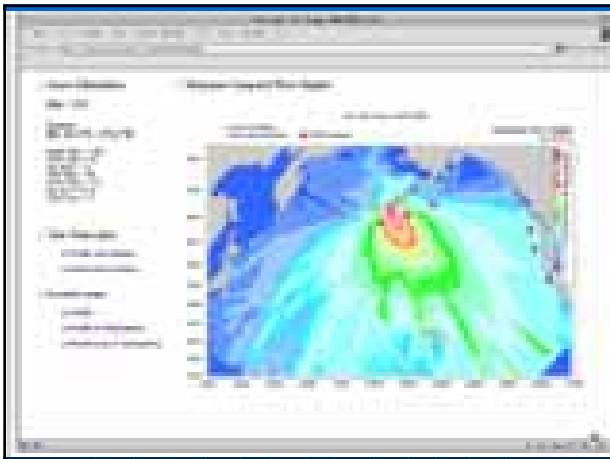
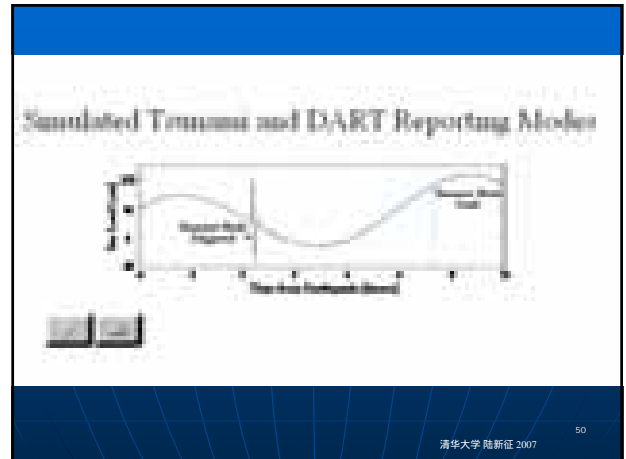
验潮站：在沿海设置验潮仪，根据水位记录曲线的异常升降判断出现海啸的可能性。

监测站：设置岸边水声接收站，监测海啸（地震海啸产生的声波的传播速度为5400公里/小时，比海啸波传播的速度快得多，可根据接收到海啸声音的时刻，推算地震海啸波到达的时间）。

清华大学 陆新征 2007 41

新征 2007 42





(2) 修筑堤坝：

“荷兰”Holland-Netherland(日耳曼语)，意为“低地之国”，国土有一半以上低于或几乎水平于海平面。

为了生存和发展，荷兰人从13世纪起筑堤坝拦海水，几百年来修筑的拦海堤坝长达1800公里，增加土地面积60多万公顷。在1 / 4个世纪内，荷兰耗资大约80亿美元，设立了一道海岸防御体系，是迄今为止世界上最好的海防工程之一(巴里尔大坝)，能够抵御万年一遇的风暴洪灾。

- 50%的荷兰人生活在海平面下，在水患的威胁之下，他们是如何安居乐业，如何发展经济的呢？包括三角洲(Delta)工程在内的一些重要水利工程功不可灭。
- 1953年，荷兰发生了一次历史罕见的特大洪水。堤坝被毁，海水倒灌，致使约20万公顷土地被淹，死亡1800人，经济损失重大。
- 洪水过后，大片土地已不适宜耕作。灾后，荷兰政府开始酝酿、实施Delta工程。该工程位于荷兰西南部莱茵河、马斯河、斯凯尔德河三河交汇入海处。荷兰人在鹿特丹以南的海湾之间修建了一系列水坝、防洪坝。
- 整个工程包括12个大项目，1954年开始设计，1956年动工，1986年宣布竣工并正式启用，共耗资120亿荷盾。一些海湾的入口被大坝封闭，使得海岸线缩短了700公里。



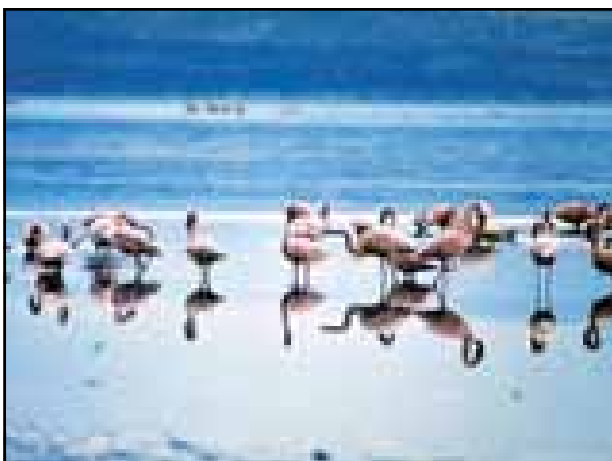


(3) 营造沿海湿地环境：

在海岸线和岛岸线种植红树林、海草和珊瑚礁，形成海上森林。

清华大学 陆新征 2007

56



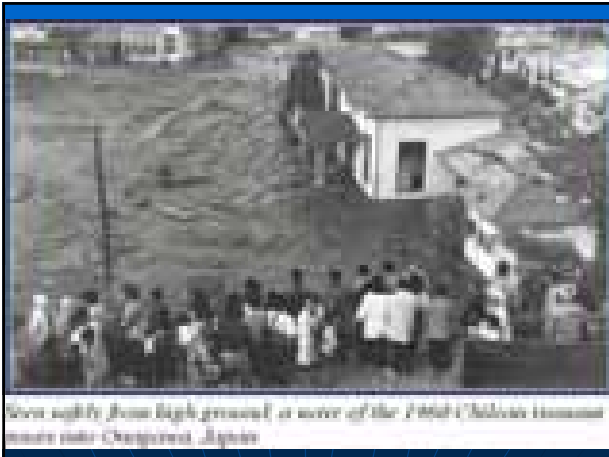
海啸中的自救与互救：

-沿海地区附近发生地震后，要离开岸边并往高处避震。

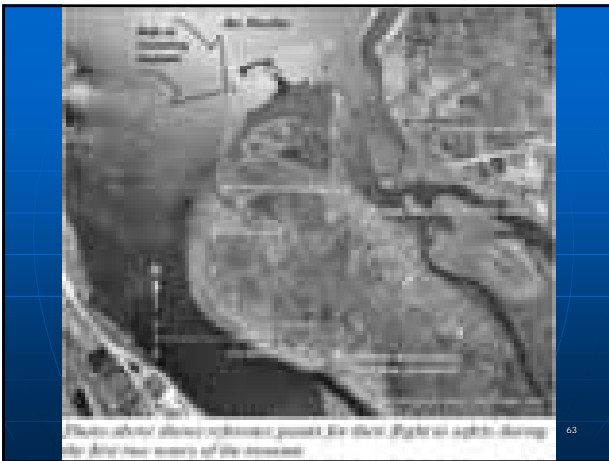


清华大学 陆新征 2007

60



-海啸来临时不要为了钱财丧失逃生机会。
-如果海啸来临时附近没有高地可跑，可以跑到楼上或屋顶处。



-爬树。



-保持清醒，尽快离开危险物体（建筑、漂游物），抓取救生物。
-保持体力。水中浮游：取仰卧位，浅呼气、深吸气。尽量减少动作。
-不能喝海水。