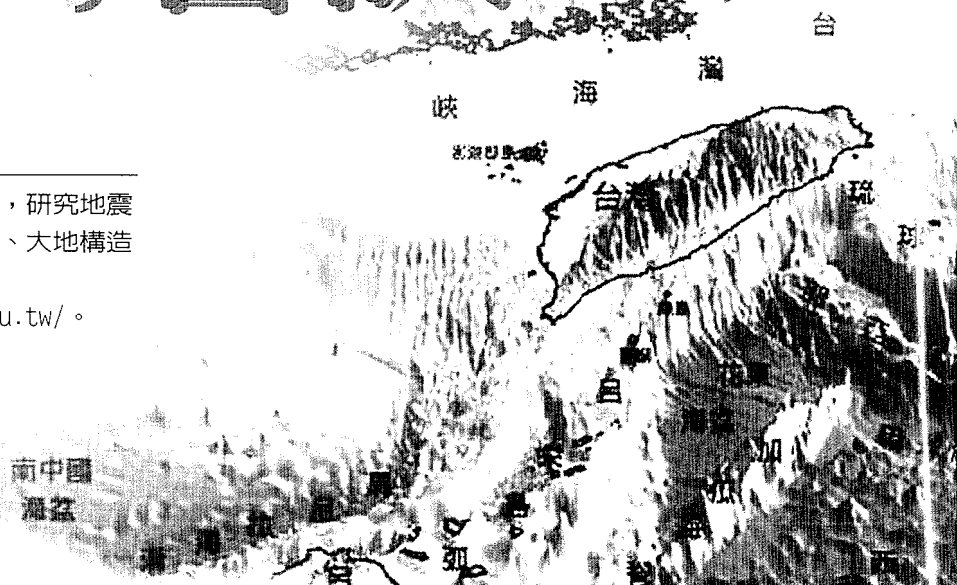




文◎ 陳文山

南亞海嘯對 臺灣的警訊！

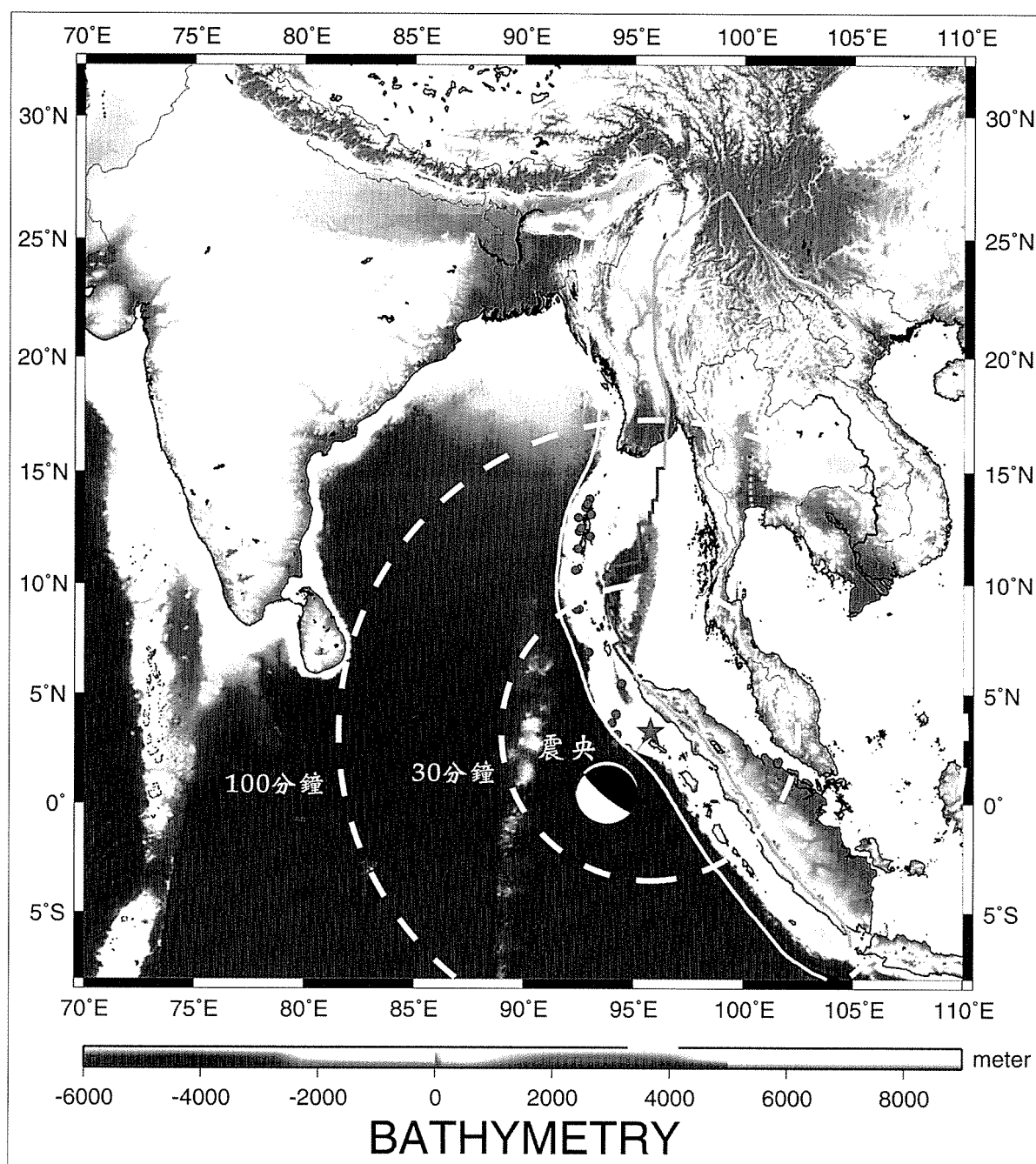
◎ 陳文山 臺灣大學地質科學系教授，研究地震地質、生痕化石、沈積學、大地構造等，「阿山的地科教室」
<http://ashan.g1.ntu.edu.tw/>。



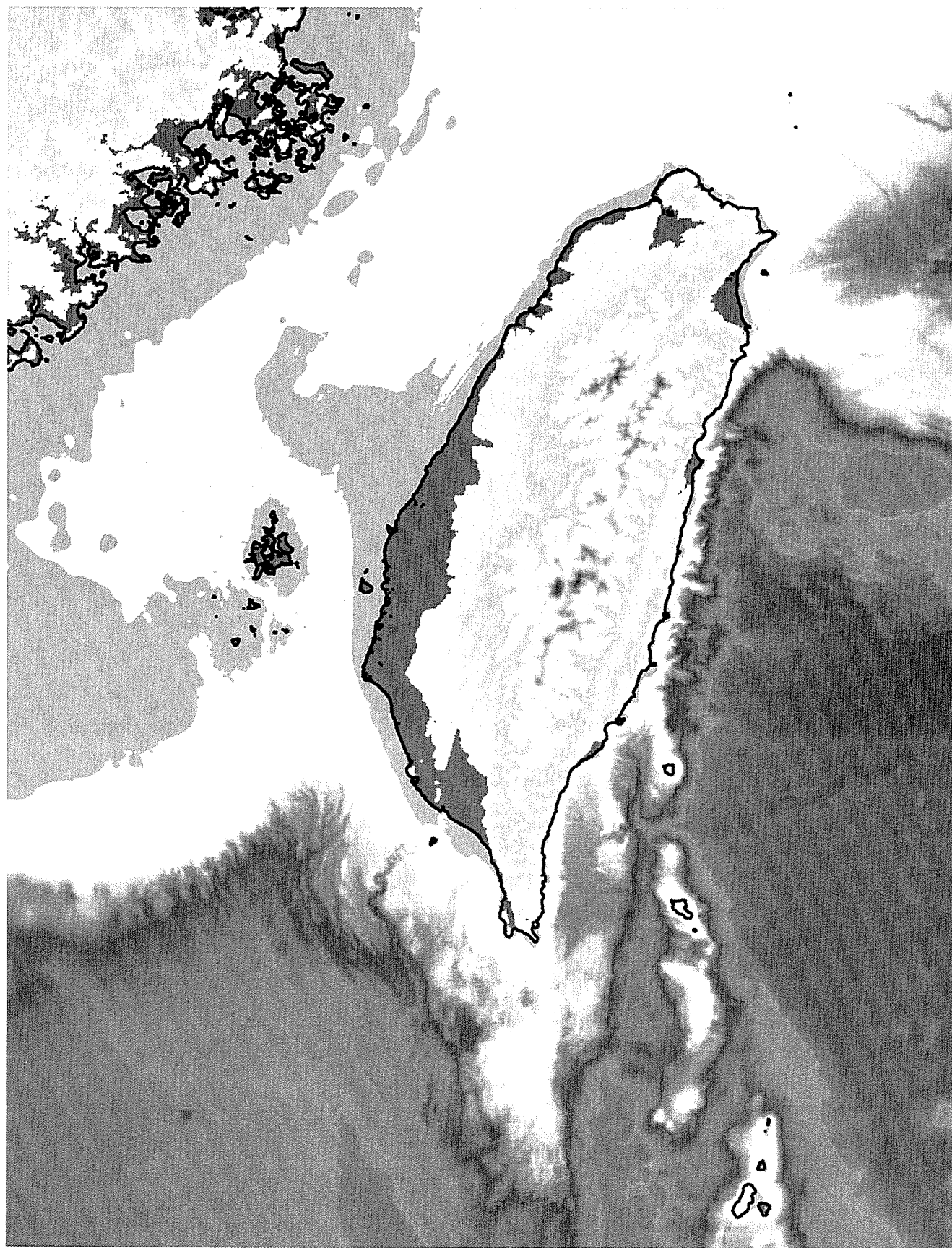
需要建立 海嘯預警系統嗎？

20世紀海嘯造成死亡人數超過10萬人，雖然遠不及地震災害造成超過百萬人死亡，但是海嘯災害範圍可以遍及數千公里外的沿海區域，並造成

重大傷亡。南亞海嘯造成30萬人死亡，可能是近百年以來人類最慘重的災害，也是有史以來因自然災害死亡人數的第3位（1887年黃河氾濫死亡人數100萬人，1556年陝西地震死亡人數83萬人）；同時是受災範圍最為廣泛的災難。但是為何在現今高科技的時代



圖一 從這次海嘯傳播到達印度東岸與斯里蘭卡的時間為1時30分至2小時，環印度洋海岸深綠色陸地代表海拔高度約數十公尺以下，都屬於海嘯的可能侵襲範圍（除孟加拉灣之外）。



海水深度0至~50公尺 海水高度0至~30公尺

圖二 從沿海地形來看，西南部低於海拔30公尺的海岸平原涵蓋嘉南與高屏地區，北部區域主要為蘭陽平原。水深淺於50公尺的海床主要分布在西部地區。

還會造成如此慘重的傷亡？

以目前科技而言，許多自然災害都可以預警，例如颱風、洪水、火山爆發；目前唯一還不可預測的自然災害就屬地震引發的災害。雖然海嘯是海底地震引發的災害，但由於海嘯到達海岸尚有時距，所以海嘯預警系統是可以達到減災的效果。

環太平洋地區自1949年於夏威夷成立海嘯預警中心之後，在遠離震央區受到海嘯侵襲的傷亡人數已較以往減少許多。從這次海嘯到達各國沿海的時距來看，蘇門答臘外海地震發生之後，海嘯約1小時30分至2小時之後到達印度與斯里蘭卡東岸，約1小時到達泰國沿海，約10數分至數10分鐘到達蘇門答臘島沿海（圖一）。假如印度洋區域已有海嘯預警系統，印度、斯里蘭卡以及泰國地區應有足夠時間作防災準備，理應不會造成如此慘重的災情。

但是接近震源區域，海嘯到達時距只有10數分鐘，預警系統可能沒有預期有效，日本的海嘯預警系統可算是最為完備，但是1993年7月12日在北海道外海發生規模7.6地震，引發的海嘯還是造成沿海地區200人死亡。此種近震源海嘯的預防工作除了有預警系統之外，最重要是必需建立民眾對於海嘯災害的警覺與認識才能有效的減少災害。

這次海嘯災區內的蘇麻魯島無人傷亡，原因是此地有一傳說，當地震

發生時要立即往山上疏散。這就是海嘯學者一再的告訴民眾當察覺可能發生海嘯時要「即時往高處跑」的觀念。

臺灣會遭受海嘯侵襲嗎？

臺灣在過去400年的歷史紀錄中有4次災害性的海嘯事件，1721年（臺南）、1781年（屏東）、1792年（臺南—嘉義）與1867年（基隆—金山），傷亡人數可達百至千人，可見臺灣西南海岸與東北海岸地區對於海嘯災害是不可不防備的。（圖二）

雖然百年來地震觀測結果顯示臺灣海峽發生大地震的次數非常少，但是歷史記載17世紀時海峽中曾經發生大地震造成福建沿海重大傷亡。雖然歷史記載海嘯災害以西南沿海地區較多（可能與地方縣府設立較早有關，中北部地方縣誌文獻都始於19世紀中期），其中之一原因是南中國海沿著馬尼拉海溝隱沒到菲律賓海板塊之下，並在恆春半島西部與南部海域中形成一系列的逆斷層，此種的地質構造環境是具備有引發大地震的潛能。

另外，臺灣東北部延伸至西南部沿海區域的海底地形與地質構造條件都有利於形成海嘯的危險區域，而且引發海嘯的大地震都可能鄰近臺灣，海嘯在十數分至數十分鐘之內就會侵襲沿岸地區，即便具備預警系統可能

在短時間內尚無法達到預防效果。由此可見臺灣沿海地區有必要針對海嘯災害進行詳細評估，並建立預警系統，同時也應教導民眾認識各種自然災害的防災觀念。尤其對於地震與近源海嘯，此種不可預警的自然災害，民眾應須具備避災與防災的認知，如此才能減少災害。

從海嘯中學習

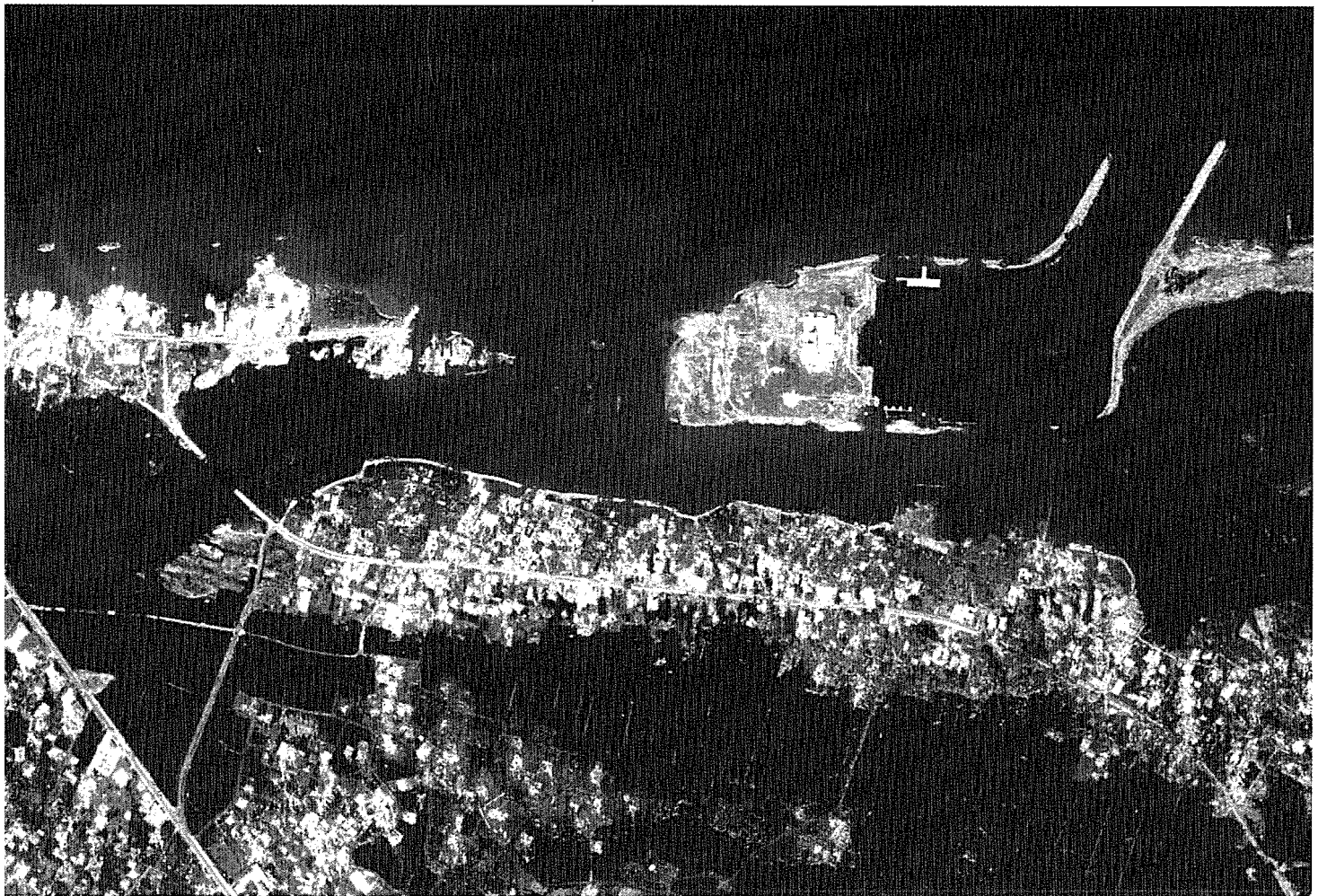
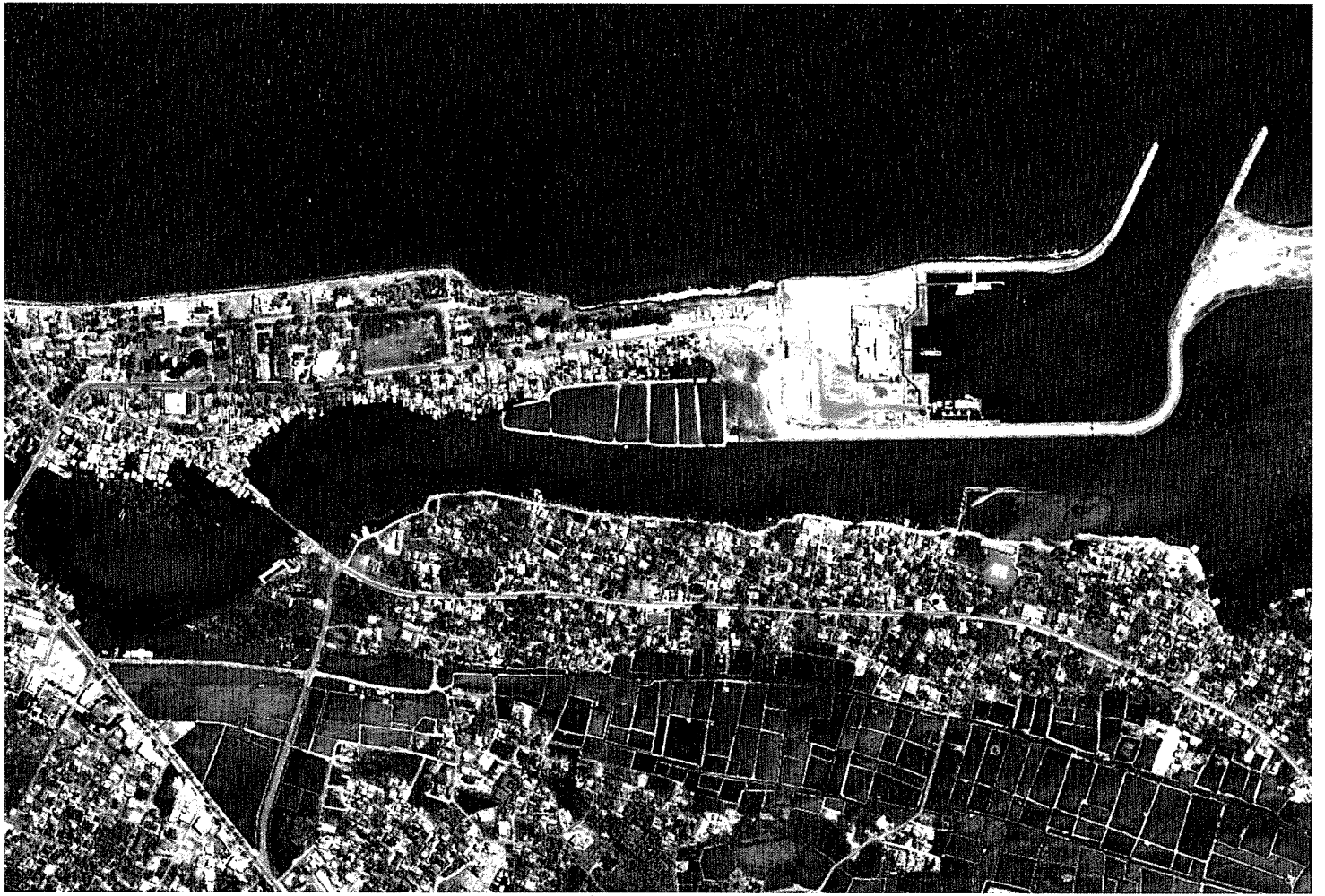
海嘯之所以會造成重大傷亡的原因雖然與在近岸時形成巨浪有關，但是另一主因是具有平緩的海岸地形，造成海水可以入侵並衝擊至數十公里內陸地區的城鎮。由DigitalGlobe公司的QuickBird衛星照片來看，發現主要受災城鎮都是位於沿岸的沙洲、海岸、沼澤濕地（經人為開墾）、海岸平原等地低海拔區域（圖三、圖四）。由此推想為何臺灣東部海域經常發生規模7.0以上的大地震或太平洋東岸產生的大海嘯未曾造成災害的原因，是花東近岸海底不具有淺海海棚地形，海嘯近岸時不會形成巨浪；另外，東海岸沿岸陸地地形非常陡峭，海嘯衝擊陸地時無法深入內陸造成嚴重的災情。

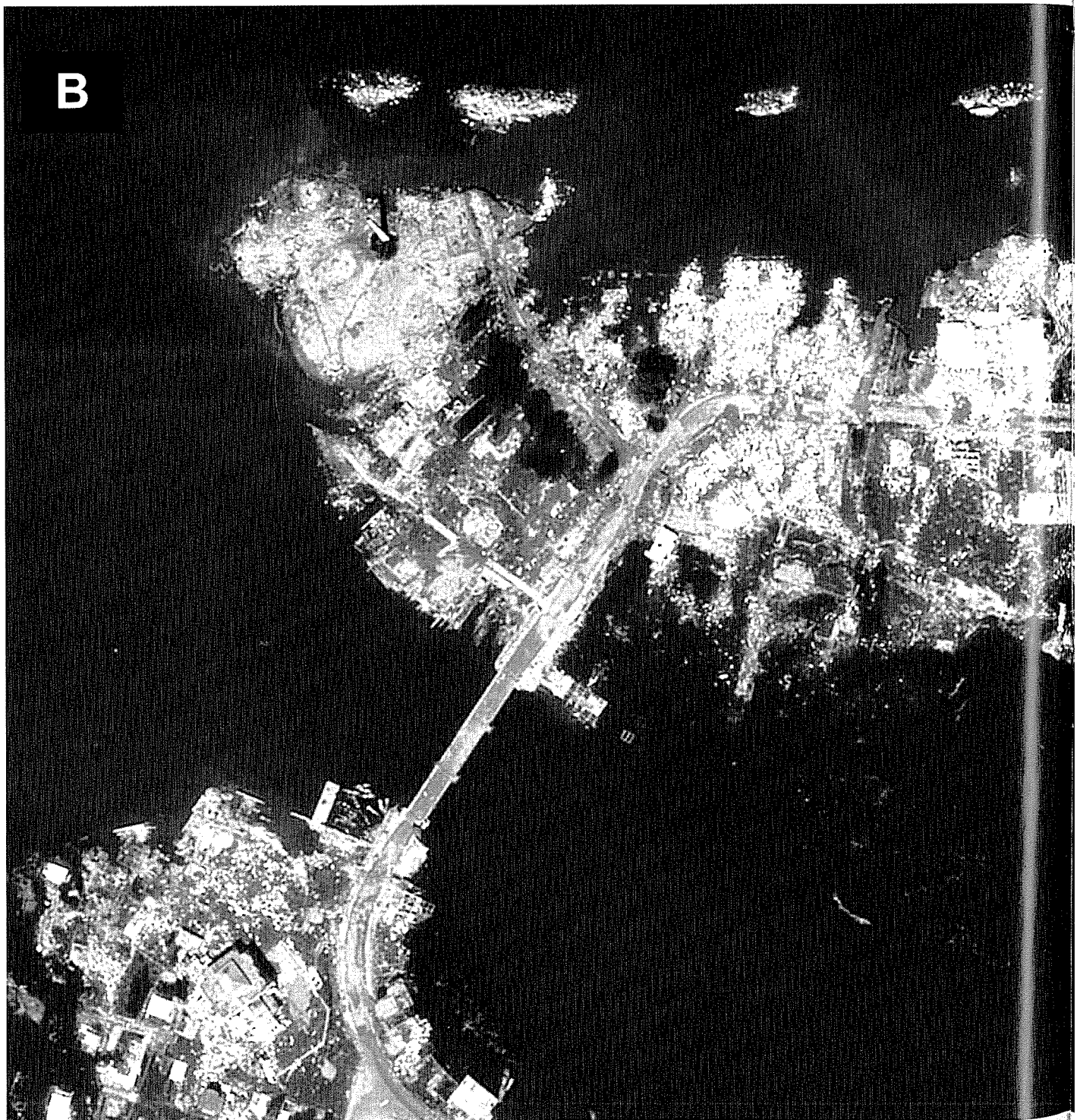
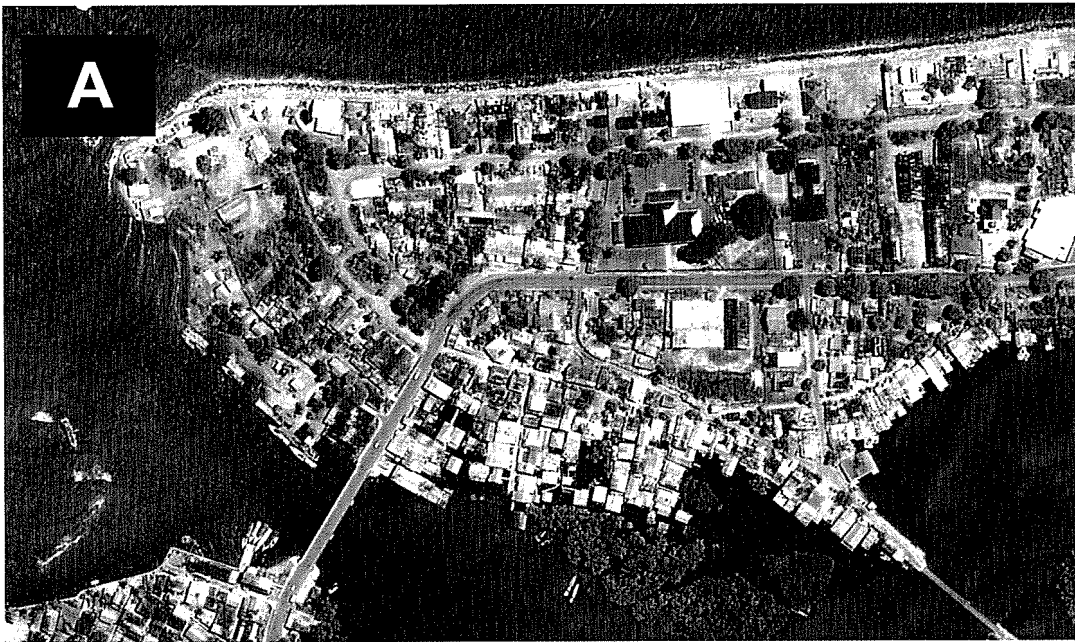
臺灣未來對於海嘯的預防，除了須建立一套完備的海嘯預警系統之外，民眾也須具備有預警的知識。尤其當身處海岸時，若發現海水有異常變動，如急速上漲或退去（海床裸露），或發現遠方海面形成巨浪時，第一時間反應是立即往鄰近高處逃跑。第一波海嘯過後，不能立即回到岸邊，因為短時間之內還會有數波的海嘯陸續侵襲海岸，通常最大海嘯會形成於第二或第三波，所以海嘯過後兩至三個小時還須遠離海岸。

2004年南亞海嘯造成人類史上紀錄第三大災害，除了帶給身處島國的臺灣人民對於海嘯災害有更深入的體認，政府也急須建立一套有效的預警系統。除此之外，近二十年來全球氣候急遽的變遷，自然災害發生頻繁，如颱風引發山崩、土石流與洪水，溫室效應與聖嬰現象形成不穩定的氣候（造成農業與漁業的衝擊）與海岸變遷，活躍的地質結構引發的大地震，等等的自然環境變動都帶來許多災害。政府應立即評估與劃定各種自然災害的潛勢區域，同時也應建立針對各種災害的應變與預警系統，未來才能面對各種自然環境變遷造成的災害。

圖三 印尼亞齊省北部海岸的離岸沙洲與後方的潟湖環境，經人為過度開發成為人口稠密的住宅區。從破壞情形來看，顯示海嘯越過前方沙洲之後，又越過第二道沙洲，之後衝擊至內陸。沙洲上大部分建物都已破壞，災後景象又回復原來的自然地貌。a為災前衛星照片，b為災後照片（摘自DigitalGlobe公司的QuickBird Imagery）。









圖四 印尼亞齊省北部的離岸沙洲，此影像為圖三沙洲左側的放大照片。海嘯越過沙洲，大部分沙洲被巨浪沖洗面積減小。

A 為災前衛星照片，B 為災後照片
(摘自DigitalGlobe公司的QuickBird Imagery)。