

เอกสารอ้างอิง (References)

ภาษาไทย

สิน สิ้นสกุล 2534 รายงานเบื้องต้น การกักร่อนชายฝั่งทะเลในประเทศไทย ฝ่ายธรณีวิทยาสิ่งแวดล้อม กอง
ธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี สิงหาคม 2534 14 หน้า

ภาษาอังกฤษ

Bunopas, S. 1983. Palaeogeographic history of western Thailand and adjacent part of S.E. Asia; A plate
tectonics interpretation. *Geol. Surv. Paper 5*. DMR, Thailand. 810p

Chalermklarp, S. 1990. Geology for the use in conservation and sustainable development of Khao Sam Roi
Yod National Park and adjacent area. *Unpublished B.Sc. Honour Thesis*, Department of Geology,
Chulalongkorn University, Bangkok, 198p.

Chonglakmani, C., Ingavat, R., Piccoli, G., and Robba, E. 1983. The last marine submersion of the Bangkok
area in Thailand. *Memorie Di Scienze Geologiche. Padova* Vol. XXXVI, 35-352.

Choowong, M., 2002. Coastal sedimentary lithofacies and episodic evolution from the eastern part of the
Gulf of Thailand. *Journal of Scientific Research, Chulalongkorn University*, Vol. 27, No. 2, pp.
111-129.

Choowong, M., 2002. The geomorphology and assessment of indicators of sea-level changes to study
coastal evolution from the Gulf of Thailand. *The International Symposium on Geology of Thailand*,
26-31 August 2002, Bangkok, Thailand., pp207-220

Choowong, M., 2002. Isostatic models and Holocene relative changes in sea level from the coastal lowland
area in the Gulf of Thailand. *Journal of Scientific Research, Chulalongkorn University*, Vol. 27,
No. 1, pp. 83-92.

Choowong, M., Ugai, H., Charoentitirat, T., Charusiri, P., Daorerk, V., Songmuang, R., and Ladachart, R.,
2004. Holocene biostratigraphical records in coastal deposits from Sam Roi Yod National Park,

- Prachuap Khiri Khan, Western Thailand. *The Natural History Journal of Chulalongkorn University*. 4 (2), 1-18
- DMR, 2002. Report on coastal erosion from the Gulf of Thailand and the Andaman Sea.
- Hesp. A.P., Hung, C.C., Hilton, M., Ming, C.L., Turner, M.I. 1998. A first tentative Holocene Sea level curve for Singapore. *Journal of Coastal Research*. 14(1), Royal Palm Beach, Florida., 308-314.
- Hoang Ngoc Ky. 1989. The Quaternary Geology of the Mekong Lower Plain and Islands in Southern Vietnam. *Proceedings of the Workshop on Correlation of Quaternary Successions in South, East and Southeast Asia*. November 21-24, 1988. Bangkok, Thailand., 215-242.
- Le Van Cu, Nguyen Dich Dy and Dao Thi Mien. 1989. Stratigraphy of the Pliocene-Quaternary Deposits on the Southeastern Vietnam Continental Shelf and the Mekong Delta. *Proceedings of the Workshop on Correlation of Quaternary Successions in South, East and Southeast Asia*. November 21-24, 1988. Bangkok, Thailand., 243-250.
- Nutalaya, P., and Rau, J.J. 1981. Bangkok: The Sinking Metropolis. *Episodes*. Vol. 1981. No.4., 3-8.
- Pitman, J.I. 1985. *Thailand*. In Bird, E.C.F., and Schwartz, M.L. (eds.): *The world's coastline*. Van Nostrand Rienbold, Strudberg, Pennsylvania., 771-783.
- Saito, Y., Tanabe, S, Sato, Y., Suzuki, Y., 2002. Holocene evolution of the Lower Central Plain of Thailand. *The Symposium on Geology of Thailand*, 26-31 August, 2002, Bangkok, Thailand, pp. 201-206.
- Sinsakul, S., Sonsuk, M., and Hasting, P.J. 1985. Holocene sea levels in Thailand: evidence and basis for interpretation. *Geol. Soc. Thailand*, 8, 1-12.
- Sinsakul, S. 1992. Review Paper: Evidence of Quaternary sea level changes in the coastal areas of Thailand: a review. *Jour. of SE Asian Earth Sciences*. Vol.7, No. 1, 23-37.

- Somboon, J.R.P., 1990. Geomorphology of the Chao Phraya Delta, Thailand. Unpublished Ph.D Dissertation, Kyoto University, Japan, 86.
- Somboon, J.R.P. and Thiramongkol, N. 1992. Holocene highstand shoreline of the Chao Phraya Delta, Thailand. *Jour. of SE Asian Earth Sciences*. Vol.7, No.1., 53-60.
- Supajanya, T., 1981. Delineation of the regression shorelines in the lower Chao Phraya Plain. Proceedings of the Seventeenth Session, Committee for Coordination of Joint Prospecting for Mineral Resources, pp. 232-237.
- Supajanya, T., 1983. Tentative correlation of old shorelines around the Gulf of Thailand. First Symposium on Geomorphology and Quaternary Geology of Thailand, Bangkok, Thailand, October 1983, pp. 96-105.
- Thiramongkol, N. 1983. Geomorphology of the lower Central Plain, Thailand. Third Meeting of the Working Group on Geomorphology and Quaternary Geology of Thailand, Bangkok, Thailand. October 1983, 13-25.
- Thiramongkol, N. 1986. Neotectonism and rate of uplift in the eastern margin of the lower Central Plain of Thailand. *Proceedings of the Workshop on Economic Geology, Tectonics, Sedimentary Processes and Environment of Southeast Asia*, Haad Yai, Thailand, 3-7 February 1986, 3-22.
- Tjia, H.D. 1986. Tectonics, volcanism and sea level changes during the Quaternary in Southeast Asia. In Thiramongkol, N. (ed.), *Proceedings of Workshop on Economic Geology, Tectonics, Sedimentary Processes and Environment of Southeast Asia*, Haad Yai, Thailand, 3-7 February 1986, 3-22.
- Umitsu, M., Tiypairach, S., Chaimanee, N., Kawase, K., 2002. Late Holocene sea-level change and evolution of the Central Plain, Thailand. The Symposium on Geology of Thailand, 26-31 August, 2002, Bangkok, Thailand, pp. 196-200.

ภาคผนวก

ผลงานวิชาการของโครงการ

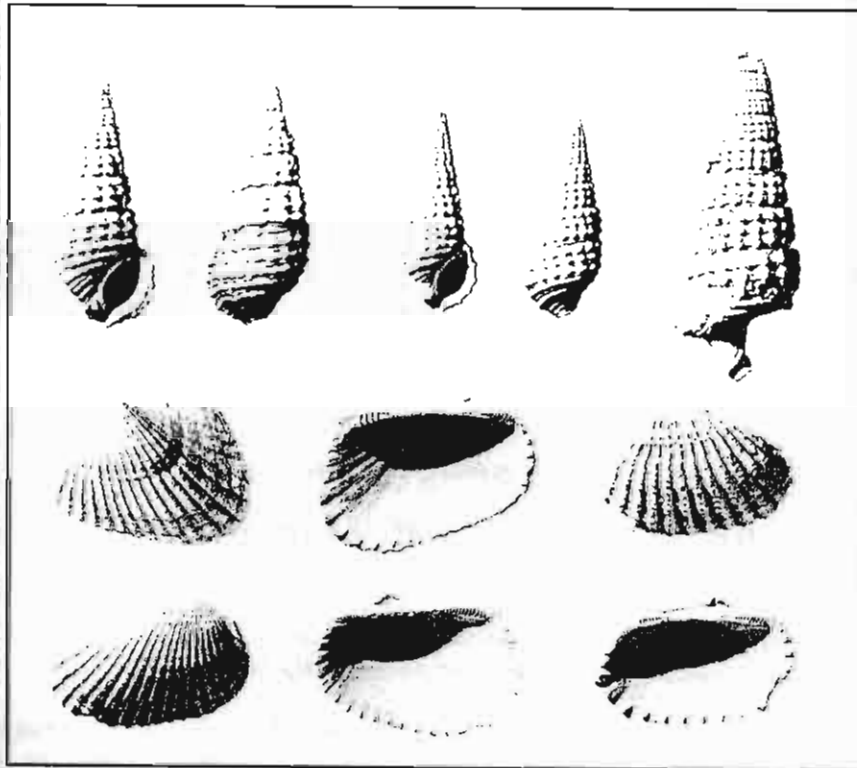
Publication

Choowong, M., Ugai, H., Charoentitirat, T., Charusiri, P., Daorerk, V., Songmuang, R., and Ladachart, R., 2004. Holocene biostratigraphical records in coastal deposits from Sam Roi Yod National Park, Prachuap Khiri Khan, Western Thailand. *The Natural History Journal of Chulalongkorn University* 4(2), 1-18.



The Natural History Journal of Chulalongkorn University

วารสารธรรมชาติวิทยาแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Official Publication of

Chulalongkorn University Museum of Natural History

Department of Biology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok, THAILAND

Volume 4, Number 2

October 2004

Editor

Somsak Panha (somsakp@sc.chula.ac.th)

*Department of Biology, Faculty of Science, Chulalongkorn University
254 Phaya Thai Rd., Pathum Wan, Bangkok 10330, THAILAND*

Associate Editors

Kumthorn Thirakhupt

Pongchai Harnyuttanakorn

Wichase Khonsue

Chulalongkorn University, THAILAND

Assistant Editors

Piyoros Tongkerd

Nontivitch Tandavanij

Pongsakorn Jewbangpa

Chulalongkorn University, THAILAND

Editorial Board

Arthur E. Bogan

*North Carolina State Museum of
Natural Sciences, USA*

Edmund Gittenberger

University of Leiden, NETHERLANDS

Indraneil Das

Universiti Malaysia Sarawak, MALAYSIA

John Taylor

Natural History Museum, UK

Osamu Takenaka

Kyoto University, JAPAN

Robert F. Inger

Field Museum of Natural History, USA

Angoon Lewvanich

Department of Agriculture, THAILAND

Phaibul Naiyanetr

Chulalongkorn University, THAILAND

Thosaporn Wongratana

Chulalongkorn University, THAILAND

David S. Woodruff

University of California, San Diego, USA

Harold K. Voris

Field Museum of Natural History, USA

Jean-Jacques Jaeger

Université Montpellier, FRANCE

Masafumi Matsui

Kyoto University, JAPAN

Peter C.H. Pritchard

Chelonian Research Institute, USA

Warren Y. Brockelman

Mahidol University, THAILAND

Art-ong Pradatsundarasar

Chulalongkorn University, THAILAND

Siriwat Wongsiri

Chulalongkorn University, THAILAND

Visut Baimai

Mahidol University, THAILAND

Don L. Moll

Southwest Missouri State University, USA

Hidetoshi Ota

University of the Ryukyus, JAPAN

John B. Burch

University of Michigan, USA

Nikolaus Koeniger

Goethe-Universität, GERMANY

Peter K.L. Ng

*National University of Singapore,
SINGAPORE*

William B. Jeffries

Dickinson College, USA

Jarujin Nabhitabhata

National Science Museum, THAILAND

Thaweesakdi Boonkerd

Chulalongkorn University, THAILAND

Editorial Staff : Anchalee Aowphol, Chirasak Sutcharit

The Natural History Journal of Chulalongkorn University (ISSN 1513-9700) is officially published semi-annually by Chulalongkorn University Museum of Natural History, Department of Biology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, THAILAND.

Copyright © 2004 by Chulalongkorn University

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, translated, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without prior written permission of the publisher.

Illustration: Marine mollusc fossils in Holocene coastal deposits
from Sam Roi Yod National Park (see page 11).

Holocene Biostratigraphical Records in Coastal Deposits from Sam Roi Yod National Park, Prachuap Khiri Khan, Western Thailand

MONTRI CHOOWONG^{1*}, HIROAKI UGAI², TITIMA CHAROENTITIRAT¹,
PUNYA CHARUSIRI¹, VEEROTE DAORERK¹, RATTAKORN SONGMUANG¹
AND ROTTANA LADACHART³

¹ Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, THAILAND

² Graduate School of Geosciences, University of Tsukuba, 305-8571, Ibaraki, JAPAN

³ Graduate School, NRC-EHWM, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330, THAILAND

ABSTRACT.—Biological clues, particularly marine fossils in Holocene coastal deposits from Sam Roi Yod National Park, Prachuap Khiri Khan province, western Thailand were preserved. Detailed systematic biological description and coastal stratigraphy presenting in this paper were contributed to unveil the characteristics of sedimentary sequences in association with the history of marine transgression and regression. Sedimentary sequences and fossils reveal marine episodes that were deposited mostly under intertidal and estuarine conditions. Marine faunas indicate regression periods of the sea. The age of some marine faunas were determined using AMS method and given the range of their deposition about 4,000 to 2,000 years BP. Results of dating confirm precise period of rapid marine gradual regression after the mid Holocene.

KEY WORDS: Holocene; Biostratigraphy; Sam Roi Yod; Prachuap Khiri Khan

INTRODUCTION

Coastline of Thailand is about 2,600 km long that can be separated into 1,800 km in the Gulf of Thailand (GOT) side, and the rest 700 km in the Andaman Sea coast and islands. With very long coastal area and the country containing more than 100 islands, the effect of coastal catastrophic events has been frequently occurred. Some events were thought to have related to eustatic phenomena of the global sea-level changes during geological time-span but

some are thought to have occurred by human-induced. The studies of the coast in the low-lying areas of Thailand were carried out only in some areas after having been affected by natural disasters, such as coastal erosion, storm surges, flooding and archaeological aspects; the Lower Central Plain, the low-lying area where big cities are currently located, is one of examples of coastal risk areas (e.g. Nutalaya and Rau, 1981; Supajanya, 1981 and 1983; Chonglakmani et al., 1983; Sinsakul et al., 1985; Choowong, 2002b).

The predicted sea-level rise of 1.2 mm/year in the low-lying Central Plain of Thailand by the year 1900-2100 has been reported (NEDECO, 1965). The most up-to-date prediction of sea-level change is strongly needed. The detailed

*Corresponding author.

E-mail: (662) 218-5445

Phone: (662) 218-5464

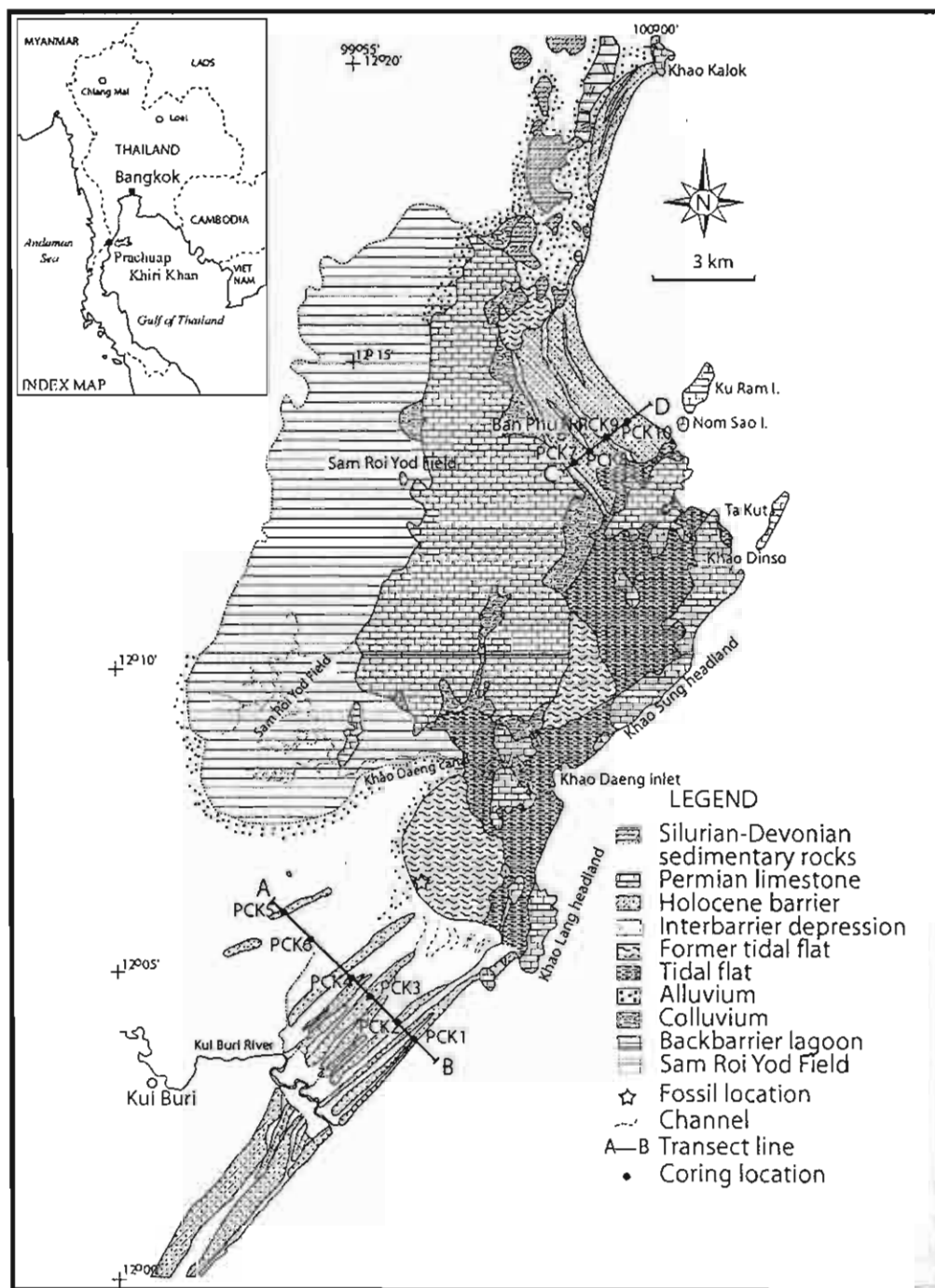


FIGURE 1. Geomorphological map of Sam Roi Yod National Park, Prachuap Khiri Khan province, western Thailand with transect lines showing locations of coring (see cross-sections in Fig. 2).

study of coastal evolution in particular the investigation of biological clues is a necessary first step. Thus, this work is aimed to outline the history of the Holocene sea-level changes, using biological evidence, especially from Sam

Roi Yod National Park, the western coast of the Gulf of Thailand (Fig. 1).

Holocene sea-level curve for Thailand was also constructed (Sinsakul et al, 1985; Choowong 2002a). Although local and regional marine

processes from the coastal area of Thailand have been reported, however, the regional climatic sea-level changes contributing to the relative sea-level movements in this area are difficult to separate. Sea-level curves in Thailand will also be discussed in this paper.

HOLOCENE BIOSTRATIGRAPHICAL RECORDS IN THAILAND

Biological evidences such as palynology, marine molluscs, ooids, corals and reefs, coralline algae, vermetid gastropods, even the diagenetic products of marine carbonates have been used extensively as sea-level indicators (e.g. Van de Plassche, 1986; Pirazzoli, 1991 and 1996). Fossil shells and pollen have been used as evidence of palaeo-environmental changes and the palaeo-shoreline, in particular, the Lower Central Plain and the western coast of the GOT. Most researchers concluded from pollen evidence that, on the Lower Central Plain, the palaeo-shoreline at the highstand extends as far as 70 km inland from the present coastline at an elevation of about 5 m above the present mean sea level (Kutalaya and Rau, 1981; Chonglakmani et al., 1983; Thiramongkol, 1983; Somboon and Thiramongkol, 1992), whereas, in the western and eastern coasts of the GOT, the other evidence of highstand palaeo-shoreline, such as marine notches has been located as far as 10 km (Boowong, 2002b). Pollen grains of *Acacia*, *Sonneratia*, *Rhizophora*, *Brugera*, *Cyperus*, *Xylocarpus*, *Lumnitzera* indicate former salt marsh mangroves in littoral zone; whereas *Acrostichum aureum*, *Lumnitzera*, *Casuarina indica*, *Sueda*, *Allophyllus*, *Amoora*, *Plastoma*, *Hibiscus*, *Cyperaceae* and *Gramineae* are typical pollen grains of brackish water-swing mangroves found within the depositional sequence of the Lower Central Plain (Somboon, 1990). However, no marine fossil records have been reported from the Sam Roi Yod National Park. Therefore, this paper will be the first report on Holocene marine

fossils found in the coastal deposit from the Sam Roi Yod National Park, Prachuap Khiri Khan province, the western coast of the Gulf of Thailand.

Other marine fossils were preserved extensively in the coastal area of the GOT. Fragments of marine molluscs occur generally in the deposition of barrier and beach ridge and estuarine sediments. Within the depositional sequence of former brackish tidal deposit in the Central Plain of the GOT, total 34 marine molluscs' species were identified (Somboon, 1990; Robba et al., 1993; Songtham et al., 1999). In particular, the Lower Central Plain, marine molluscs from the deposit between 11 to 12 m beneath the present surface including *Psammotreta praerupta*, *Zeuxis* sp., *Cycladichama oblonga*, *Neritina* sp., *Veaicorbula rotaris* and *Natica tigrina* indicate the intertidal to upper sublittoral zones (Somboon and Thiramongkol, 1992). At the depth between 3 to 11 m, abundance of mollusc species include *Striarea olivacea*, *Retina lineata*, *Rhizophorimurex apucinus* and *Neritina* sp., which indicate sublittoral environment. They were dated and given the age about $7,800 \pm 40$ years BP (Somboon and Thiramongkol, 1992). Mangrove molluscs are found between 1 to 3 m beneath the surface including *Anadara granosa*, *Lumnatia* sp., *Cycladichama oblonga* and *Solecurtus* sp. They were dated and given the age about $2,250 \pm 140$ years BP (Somboon, 1990).

Marine crabs were preserved within tidal and estuarine deposits. Marine crabs *Macrophthalmus (Venitus) latreillei* deposited in former tidal flat at about 6,000 years ago (Insai, 1999; Songtham et al., 1999). Robba et al (1993) identified major species of marine crabs from the eastern part of the Lower Central Plain of the GOT as include *Timoclea (Timoclea) scabra*. More species of crabs found at 13 m beneath the present surface (Songtham et al., 1999) as *Galene bispinosa* and the radiocarbon date was given the age about $6,450 \pm 300$ years BP.

MARINE FOSSILS FROM SAM ROI YOD NATIONAL PARK

Geologically, fossil beds are observed clearly in the brackish former tidal flat deposit that thought to be the deposition after mid-Holocene marine regression. According to evolution of coastal landforms, seaward progradation was the major cause of eastward coastal sediments in this area. In this paper, more species of marine fossils found from the former tidal flat and beach deposits at Sam Roi Yod National Park were identified. Former tidal flat deposit was characterized by brackish marine clays with some silty sand lens. Stratigraphy of coastal deposits from this area

was also constructed close to where we collected marine fossils (Fig. 2). They include *Clypeomorus coralia* (Kiener), *Cerithidea* (*Cerithideopsilla*) *singulata* (Gmelin), *Natica tigrina* (Roding), *Anadara setigericosta* (Nyst), *Tegillarca nodifera* (V. Martens), *Tegillarca granosa* (Linnaeus), *Volachlamys* cf. *singaporina* (Sowerby), *Anomia chinensis* Philippi, *Saccostrea* sp., *Anomalocardia squamosa* (Linnaeus), *Placamen chlorotica* (Philippi), *Circe* (*Circe*) *scripta* (Linnaeus), *Gafrarium tunidum* (Roding), *Katylisia hiantina* (Lamarck), and *Phacosoma* sp. All these faunas grow in inter-tidal range and indicate tidal flat environment of deposition. A systematic description is as follow (see Plates 1-3).

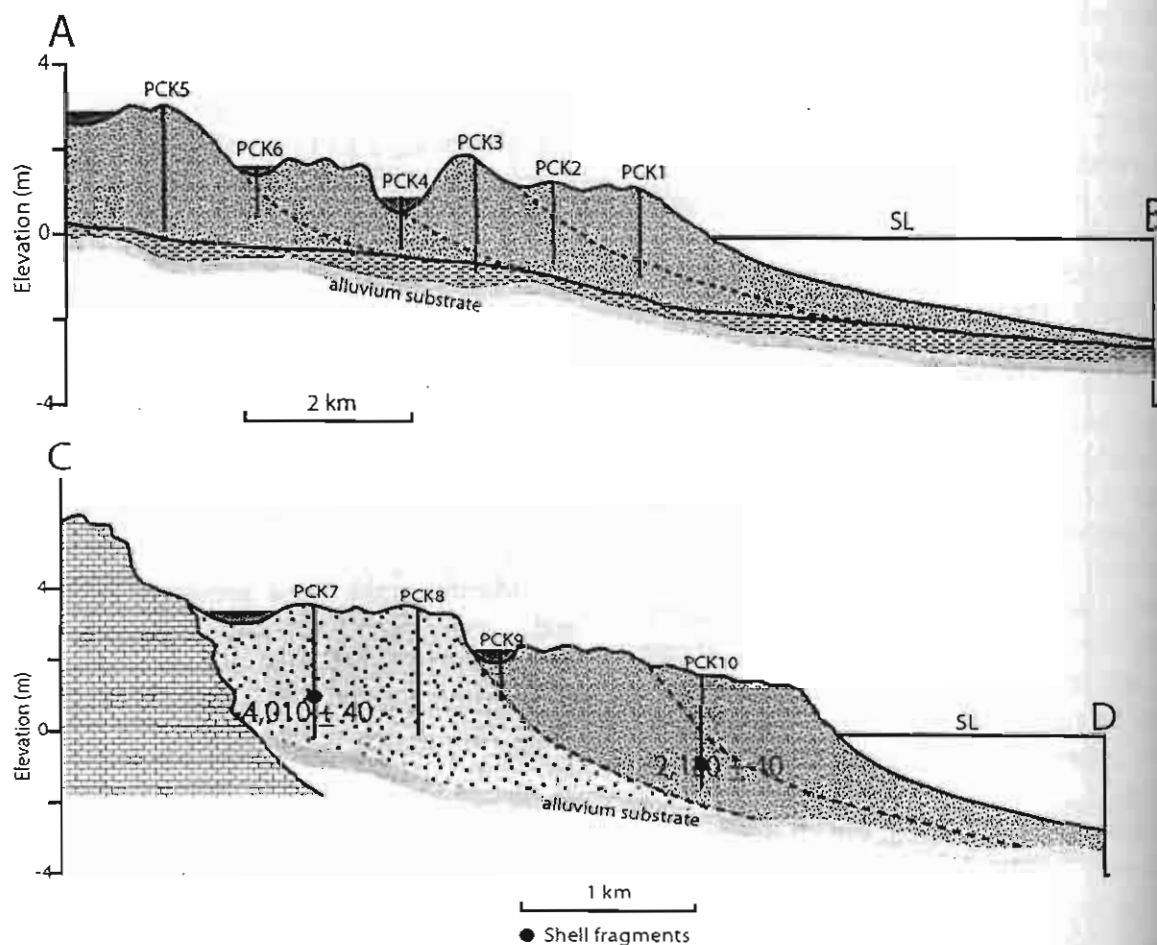


FIGURE 2. Stratigraphical correlations resulting from coring in coastal deposits from Sam Roi Yod National Park showing the depth of collection and ages of fossil samples.

DATING MARINE FOSSILS AND RELATIVE SEA-LEVEL CURVE FOR THAILAND

Dating marine fossils in Thailand has been reported in the past decades. Radiocarbon and AMS dating were carried out, not only in the Quaternary sequences of the Lower Central Plain, but also in some other coastal areas along the coast of the Gulf of Thailand (e.g. Takaya, 1972; Sinsakul et al., 1985; Sinsakul, 1992; Choowong, 2002b; Umitsu et al., 2002; Saito et al., 2002; Chaimanee, 2002). For instant, marine oysters attached sea notch wall from

Sam Roi Yod National Park were determined the age of about 5,500 years BP (Thiramongkol, 1983). Due to a lack of dating in Thailand, sea-level curve representing the past sea-level change in Thailand is sparse. Only two tentative sea-level curves of the country were currently proposed. However, all dating data in the literatures do not cover the late Pleistocene and early Holocene periods and thus do not register the regional eustatic sea-level changes. The first classical curve was presented by Sinsakul et al. (1985) and the latest modification of the curve into sea-level

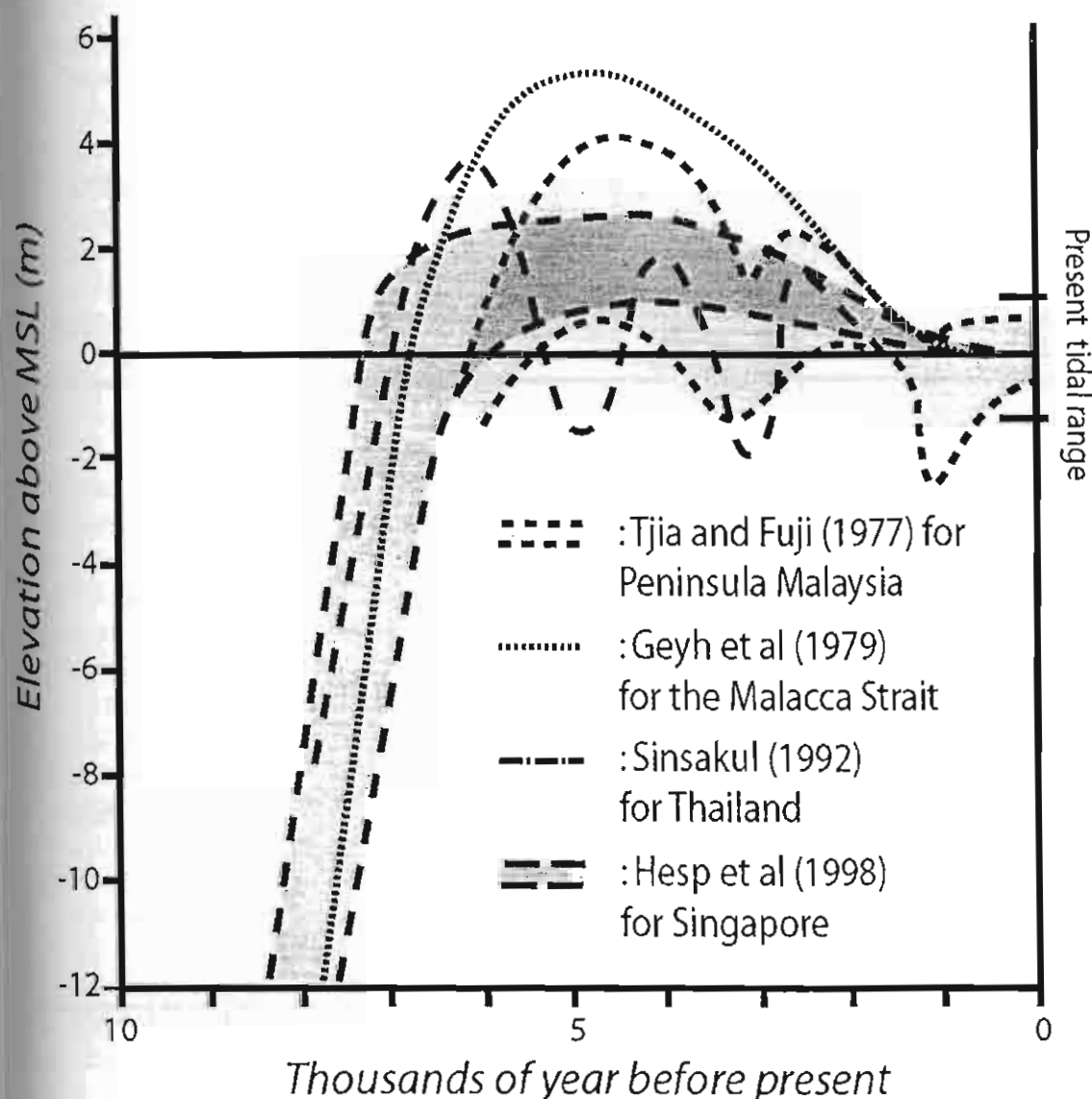


FIGURE 3. Sea-level curves of the Southeast Asian countries (after Choowong, 2002a).

envelope with zone of uncertainty was proposed by Choowong (2002a). Sinsakul et al. (1985) concluded the fluctuations of the sea level occurred twice, producing the two levels of highstand. The first level is at +5.0 m that formed about 6,000 years BP and the second is at +3 m about 4,000 years BP (Fig. 3). The curve shows the rebound phase of marine transgression around 4,700 years BP before stable at the present MSL. Sea-level curves from other coasts in Southeast Asian countries are also compared in this paper. The sea rose up to nearly 5.0 m above the present MSL for

the Peninsula Malaysia and 3.0 m for Singapore and then the sea began to fall to the present MSL (Tjia, 1987; Hesp et al., 1998). Generally, all curves show a rapid rising of the sea from the early to middle Holocene and exhibit a little variation in the highstand level.

Sea-level envelop presented by Choowong (2002a) suggested a revised picture of the middle Holocene sea level changes in Thailand (Fig. 4). By contrast with previous curve presented by Sinsakul et al. (1985), sea-level envelop shows that sea level rose rapidly from about -12 to about +3.5 m above the present

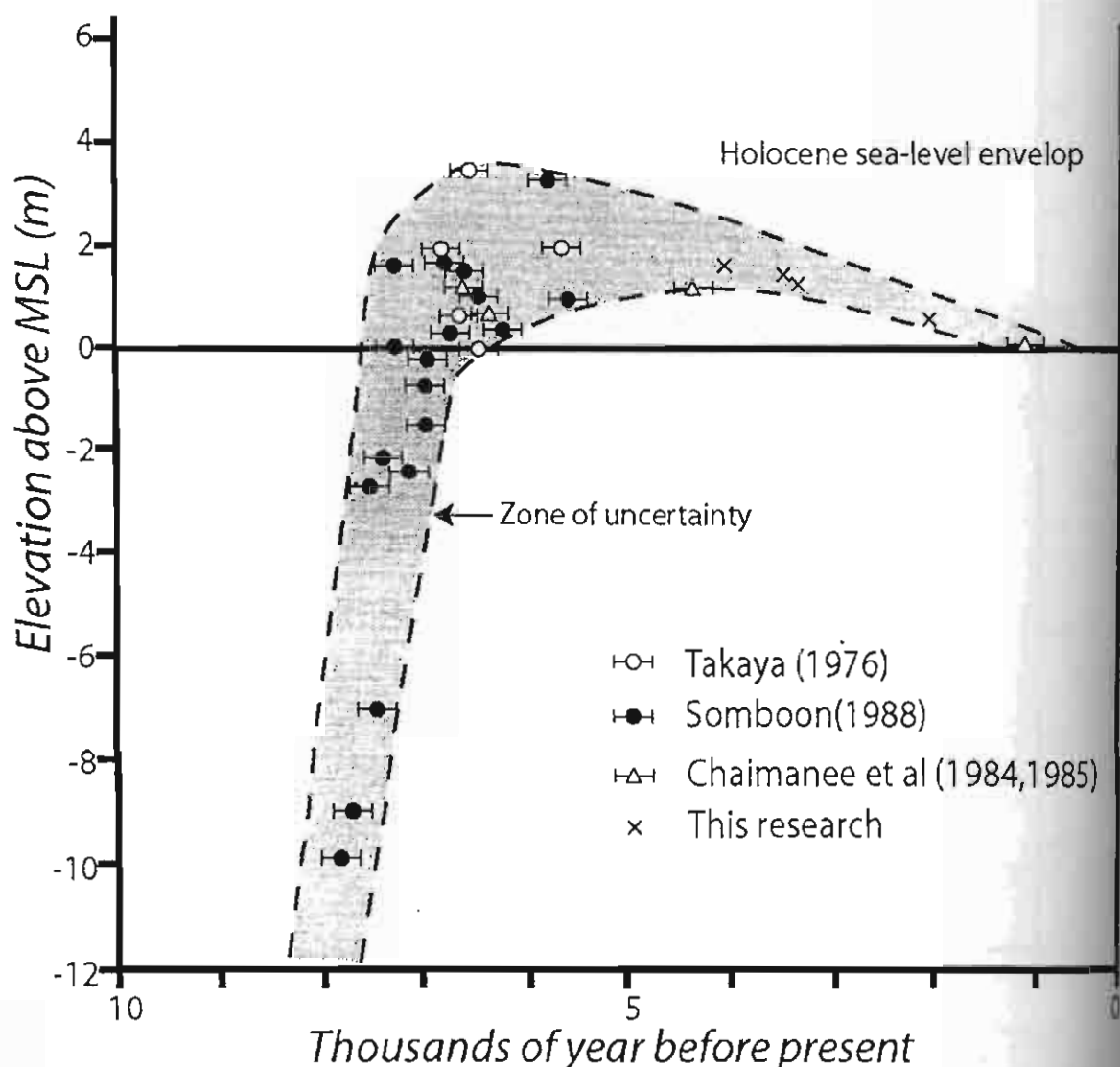


FIGURE 4. Holocene sea-level envelope for Thailand (after Choowong, 2002a).

MSL until the middle Holocene (about 6,500 years ago) and then gradually fell to the present MSL. AMS datings of genus *Circe* Schumacher (see Plate 3, fig. 7) collected from beach deposit (see position of samples from cross-sections in fig. 2) in this work with the age of $4,010 \pm 40$ and $2,180 \pm 40$ years BP were confirmed the period of gradual regression of the sea after the mid Holocene. This sea-level envelope suggests that a level of highstand in the GOT slightly differs from the Peninsula Malaysia and equivalent to the highstand level in Singapore.

It is significant to note that a reconstruction of a sea-level curve depends largely upon the recognition of the attributes of sea-level index points, including five principal attributes; a location, an age, an altitude, and indicative meaning and a reference tidal level (Long and Tooley, 1996; Islam and Tooley, 1999). Most of dated organic remains used in plotting sea-level curve must collect from their growth position where the relationship to a sea level datum can be determined within an acceptable limit.

CONCLUSION

It is accepted worldwide that fossil records can be used to study coastal evolution and the history of sea-level changes. Along the coastline of the GOT, there are no records and indicators of the Holocene tectonic adjustment. Thus, the interpretation in history of sea-level changes can be done directly from geomorphological features, stratigraphy and biological records. In this paper, it can be confirmed based upon sequence stratigraphy and biological evidence that the coastal plain of San Roi Yod National Park, the western part of GOT preserved a record of its evolution in association with the middle Holocene sea-level regression. Biostratigraphy and dating organic matters presented in this paper also reveal that the sea has gradually fallen after the mid

Holocene. A level of highstand of the mid Holocene marine transgression on the western coast of the Gulf is approximated from beach ridge topography of about 3.5 m above the present MSL.

Using biological records and AMS dating are among the methods to unveil the history of coastal evolution. However, the more studies on the evolution of the coastal plain, particularly the factors controlling the modes and styles of the deposition and how these factors played the role in associated with Holocene sea-level change are still interesting. The authors notice that the final solution to make a new sea-level curve and to explain the evolution of the coast by using existed geological indicators of sea-level changes may remain obscure until the more detailed additional research such as deep coring, detailed topographical survey and geophysical works are applied. Eventually, in order to make more precise sea-level curve without zone of uncertainty, the more dating results are required and some other related dating materials are necessary.

ACKNOWLEDGMENTS

This work is funded in part by the Ratchadapisek Somphot Foundation, NRC-EHWM and EATGRU Research Unit of the department of geology, Chulalongkorn University. Part of data is derived from the project number MRG4680091 sponsored by the Thailand Research Fund. Thanks are also to Associate Professor Ken-ichiro Hisada, the University of Tsukuba and Assistant Professor Naomi Murakoshi, Shinshu University, Japan for their wonderful advises. Parts of AMS dating were done at ANSTO, Australia. The department of geology, Chulalongkorn University, Bangkok, is also acknowledged for providing field equipments and office works.

LITERATURE CITED

- Chaimanee, N. 1986. The transgression-regression event in Songkhla Lake basin, southern Thailand. *Progress in Quaternary Geology of East and Southeast Asia, Proceedings of CCOP Symposium, Bangkok, 27-30 October 1986* (Document CCOP/TP 18), 169-177.
- Chaimanee, N. 2002. Quaternary geology and coastal evolution of the greater Surat Thani city area, southern Thailand. *The Symposium on Geology of Thailand, 26-31 August 2002, Bangkok, Thailand*, 188-195.
- Chonglakmani, C., Ingavat, R., Piccoli, G. and Robba, E. 1983. The last marine submersion of the Bangkok area in Thailand. *Memorie Di Scienze Geologiche, Padova Vol. XXXVI*, 35-352.
- Choowong, M. 2002a. The geomorphology and assessment of indicators of sea-level changes to study coastal evolution from the Gulf of Thailand. *Proceedings of International Symposium on "Geology of Thailand", Department of Mineral Resources, Thailand, August, 2002*, 207-220.
- Choowong, M. 2002b. Isostatic models and Holocene relative changes in sea level from the coastal lowland area in the Gulf of Thailand. *Journal of Scientific Research, Chulalongkorn University*, 27: 83-92.
- Choowong, M. 2002c. Coastal sedimentary lithofacies and episodic evolution from the eastern part of Thailand. *Journal of Scientific Research, Chulalongkorn University*, 27: 111-129.
- Hesp, A. P., Hung, C. C., Hilton, M., Ming, C. L., and Turner, M. I. 1998. A first tentative Holocene Sea level curve for Singapore. *Journal of Coastal Research*, 14: Royal Palm Beach, Florida, 308-314.
- Insai, P. 1999. Holocene diatom analysis of the Bangkok clay. M.Sc. thesis, Faculty of Graduate Studies, Mahidol University, Thailand, 66 pp. (Unpublished).
- Islam, M. S., and Tooley, M. J. 1999. Coastal and sea-level changes during the Holocene in Bangladesh. *Quaternary International*, 55: 61-75.
- Long, A., and Tooley, M. J. 1996. Holocene sea level and crustal movement in Hampshire and Southeast England, United Kingdom. *Journal of Coastal Research, Special Issue No. 17: Holocene Cycles; Climate, Sea level and Sedimentation*, 229-310.
- NEDECO (the Netherlands Engineering Consultants). 1965. *Situation: Bangkok Port Channel. Vol. 2. Report to the Government of Thailand*.
- Nutalaya, P. and Rau, J. J. 1981. Bangkok: The Sinking Metropolis. *Episodes*, 4: 3-8.
- Pirazzoli, A. P. 1991. *World Atlas of Holocene Sea-level Changes*. Elsevier, 300 pp.
- Pirazzoli, A.P. 1996. *Sea-level change: The last 20,000 years*. John Wiley & Sons, 211 pp.
- Robba, E., Chaimanee, N., Dheeraditok, P., Jongkanjanasoonthorn, Y., Piccoli, G., and Boyd, A. P. 1993. Late Quaternary molluscan communities from the Bangkok Clay, Thailand. *Proceedings of International symposium on Biostratigraphy of Mainland Southeast Asia Facies and Palaeontology, Chiang Mai*, 427-437.
- Saito, Y., Tanabe, S., Sato, Y., and Suzuki, Y. 2002. Holocene evolution of the Lower Central Plain of Thailand. *The Symposium on Geology of Thailand, 26-31 August, 2002, Bangkok, Thailand*, 201-206.
- Sinsakul, S., Sonsuk, M., and Hasting, P. J. 1985. Holocene sea levels in Thailand: evidence and basis for interpretation. *Journal of Geological Society Thailand*, 8: 1-12.
- Somboon, J. R. P. 1990. *Geomorphology of the Chao Phraya Delta, Thailand*. Unpublished Ph.D. Dissertation, Kyoto University, Japan, 86.
- Somboon, J. R. P., and Thiramonkol, N. 1992. Holocene highstand shoreline of the Chao Phraya Delta, Thailand. *Journal of SE Asian Earth Sciences*, 7: 53-60.
- Songtham, W., Watanasak, M., and Insai, P. 1999. Holocene marine crabs and further evidence of a sea-level peak at ca. 6,000 years BP. in *Thailand. Thai-Japanese Geological Meeting; the Comprehensive Assessments on Impacts of Sea-Level Rise., November 30-December 4, 1999, Petchaburi, Thailand*, 78-91.
- Supajanya, T. 1981. Delineation of the regression shorelines in the lower Chao Phraya Plain. *Proceedings of the Seventeenth Session, Committee for Coordination of Joint Prospecting for Mineral Resources*, 232-237.
- Supajanya, T. 1983. Tentative correlation of all shorelines around the Gulf of Thailand. *First Symposium on Geomorphology and Quaternary Geology of Thailand, Bangkok, Thailand, October 1983*, 96-105.
- Takaya, Y. 1972. *Quaternary Outcrops of the Southern Part of the Central Plain of Thailand*.

- The Center for Southeast Asian Studies. Vol.10, No.2. September, 298-320.
- Thiramongkol, N. 1983. Quaternary stratigraphy of Thailand. Workshop on Stratigraphy Correlation of Thailand and Malaysia. Haad Yai, Thailand, September 1983, 188-203.
- Tu, H. D. 1987. Changes of sea level in the southern South China Sea area during Quaternary times. Proceedings of Symposium Quaternary Geology of the Malay-Indonesian Coastal and Offshore Areas (CCOP Report, CCOP/TP.5), 11-36.
- Tooley, M. J. 1992. Recent sea-level changes. In: Allen, J. R. L., K. Pye. (Eds), Saltmarshes; Morphodynamics, Conservation and Engineering Significance. Cambridge University Press, Cambridge, 19-40.
- Umitsu, M., Tiypairach, S., Chaimanee, N., and Kawase, K. 2002. Late Holocene sea-level change and evolution of the Central Plain, Thailand. The Symposium on Geology of Thailand, 26-31 August, 2002, Bangkok, Thailand, 196-200.
- Van de Plassche, O. 1986. Sea-level research: a manual for the collection and evaluation of data. Galliard (Printers) Ltd., 618 pp.

PLATE 1

- Figs. 1a-b, 2a-b *Clypeomorus coralia* (Kiener), $\times 1.5$
1a, 2a: apertural view. 1b, 2b: dorsal view.
- Fig. 3 *Cerithidea (Cerithideopsilla) singulata* (Gmelin), $\times 1.5$
3: apertural view.
- Figs. 4a-b *Natica tigrina* (Roding), $\times 1.5$
4a: apertural view. 4b: dorsal view.
- Figs. 5a-b, 8a-b *Anadara setigericosta* (Nyst), $\times 1$
5a: external view of left valve. 5b: internal view of left valve. 8a: external view of right valve. 8b: internal view of right valve.
- Figs. 6a-b, 7a-b *Tegillarca nodifera* (v. Martens), $\times 1$
6a: external view of left valve. 6b: internal view of left valve. 7a: external view of right valve. 7b: internal view of right valve.
- Figs. 9a-b, 10a-b, 11a-b *Tegillarca granosa* (Linnaeus), $\times 1$
9a, 10a: external view of left valve. 9b, 10b: internal view of left valve. 11a: external view of right valve. 11b: internal view of right valve.
- Figs. 12a-b *Volachlamys* cf. *singaporina* (Sowerby), $\times 1$
12a: external view of left valve. 12b: internal view of left valve.
- Figs. 13a-b *Anomia chinensis* Philippi, $\times 1$
13a: external view of left valve. 13b: internal view of left valve.

Plate 1

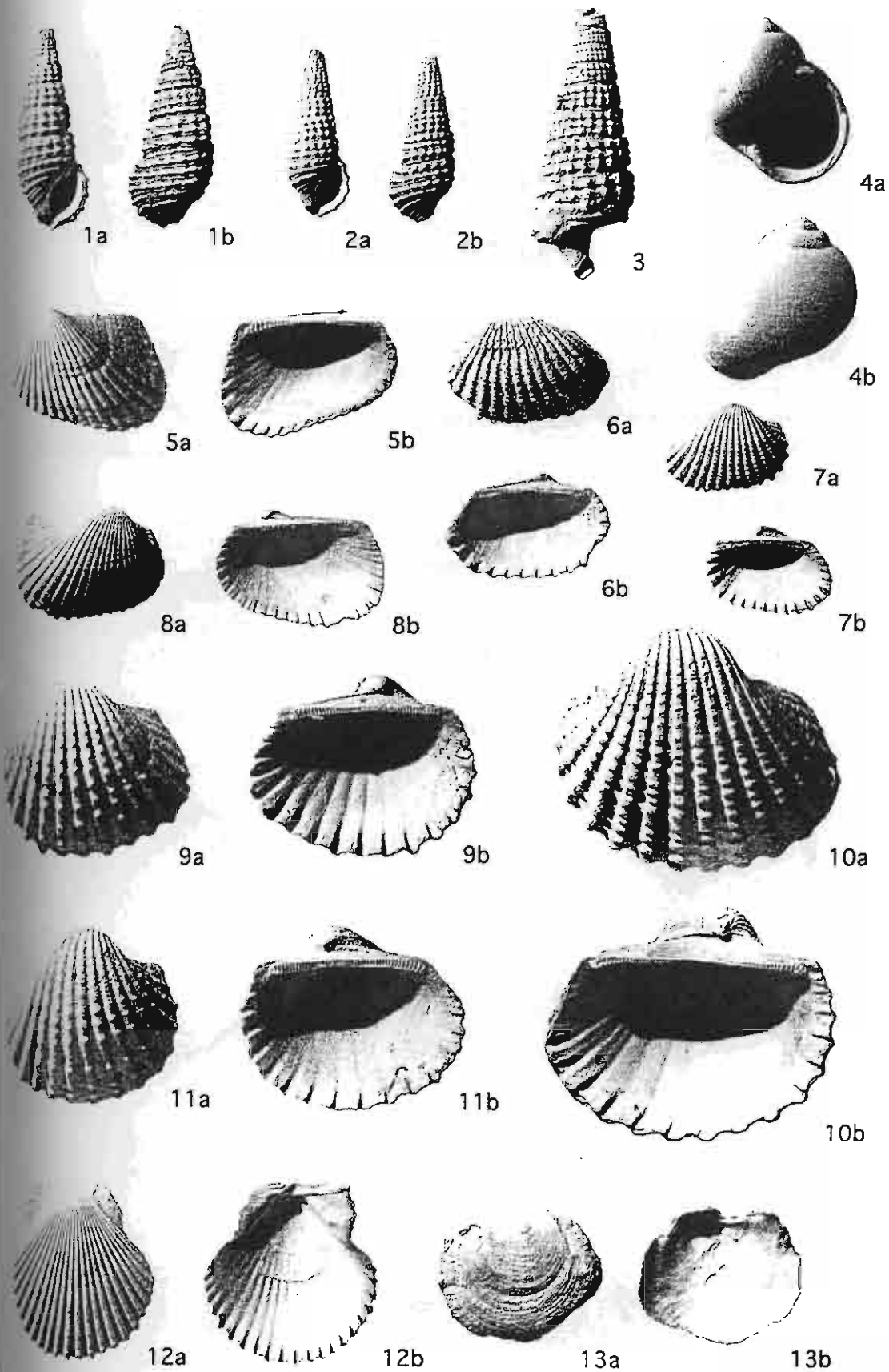


PLATE 2

Figs. 1a-b, 2a-b, 3a-b *Anomia chinensis* Philippi

1a, 3a: external view of left valve. 1b, 3b: internal view of left valve. 2a: external view of right valve. 2b: internal view of right valve.

Figs. 4a-b, 5a-b, 6a-b, 7a-b *Saccostrea* sp.

4a, 7a: external view of right valve. 4b, 7b: internal view of right valve. 5a, 6a: external view of left valve. 5b, 6b: internal view of left valve.

Figs. 8-10, 12-14 *Anomalocardia squamosa* (Linnaeus)

8, 9: external view of right valve. 10: internal view of right valve. 11, 12: external view of left valve. 14: internal view of left valve.

Figs. 11a-b, 15a-b *Placamen chlorotica* (Philippi)

11a, 15a: external view of left valve. 11b, 15b: internal view of left valve.

Plate 2

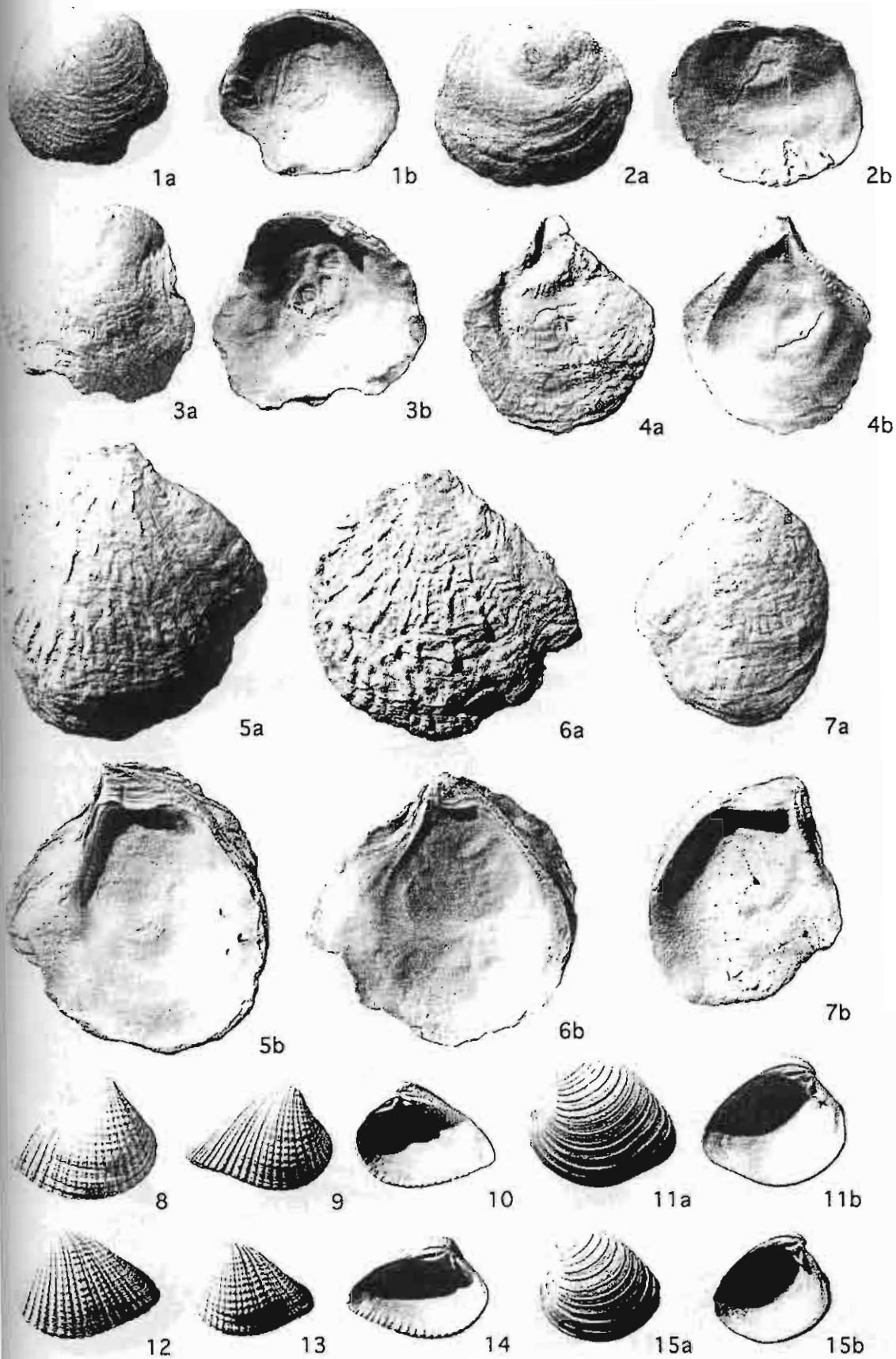


PLATE 3

Figs. 1a-b, 2a-b, 3a-b, 7a-b *Circe* (*Circe*) *scripta* (Linnaeus)

1a, 2a: external view of left valve. 1b, 2b: internal view of left valve. 3a, 7a: external view of right valve. 3b, 7b: internal view of right valve.

1, 3: Kui Buri, Prachuab Khiri Khan, Thailand.

2, 7: Agarisaki, Yonaguni Island, Okinawa Prefecture, lower part of the Ryukyu Group.

Figs. 4-6, 8, 9 *Gafrarium tumidum* (Roding)

4: external view of right valve. 5: internal view of right valve. 6, 8: external view of left valve. 9: internal view of left valve.

4-6, 8, 9: Kui Buri, Prachuab Khiri Khan, Thailand.

Figs. 10a-b, 11a-b *Katelysia hiantina* (Lamarck)

10a, 11a: external view of right valve. 10b, 11b: internal view of right valve.

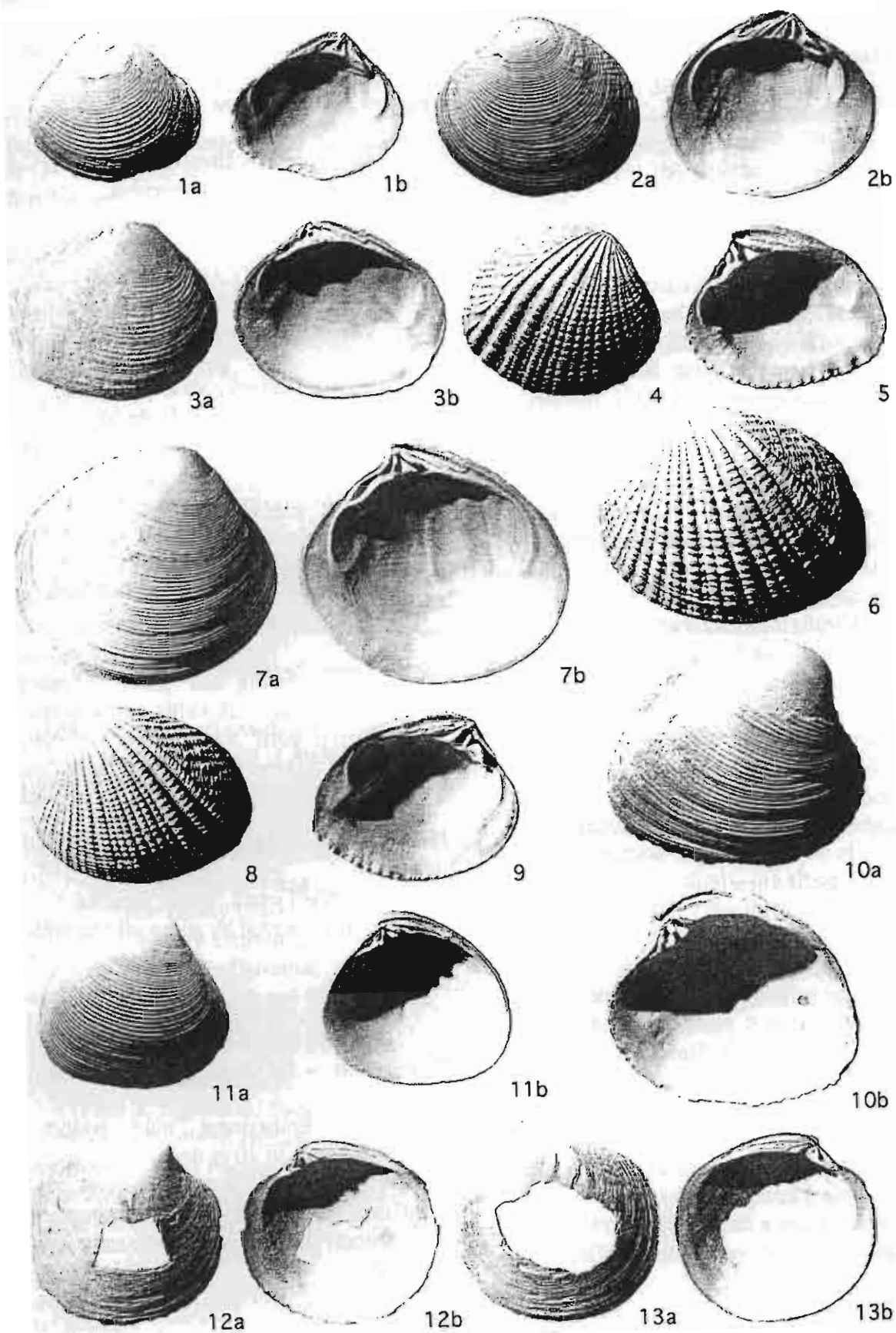
10, 11: Kui Buri, Prachuab Khiri Khan, Thailand.

Figs. 12a-b, 13a-b *Phacosoma* sp.

12a: external view of right valve. 12b: internal view of right valve. 13a: external view of left valve. 13b: internal view of left valve.

12, 13: Kui Buri, Prachuab Khiri Khan, Thailand.

Plate 3



APPENDIX

Systematic Description

Class Gastropoda
Subclass Prosobranchia
Order Mesogastropoda
Family Cerithiidae

Genus *Celypeomorus* Jousseaume, 1888

Celypeomorus coralia (Kiener, 1834)
(Plate 1, figs. 1a-b, 2a-b)

Distribution. - Kii Peninsula, Japan and southward to tropical West Pacific, and northeastern Indian Ocean.

Habitat. - On mud in intertidal estuarine mangrove swamp.

Remarks. - Shell tall, rather thin with a short siphonal canal. Sculpture of three spiral ribs crossed by narrower axial ribs forming granules at intersections.

Family Potamididae

Genus *Cerithidea* Swaison, 1840

Subgenus *Cerithideopsilla* Thiele, 1929

Cerithidea (Cerithideopsilla) cingulata
(Gmelin, 1790)
(Plate 1, fig. 3)

Distribution. - Boso Peninsula, Yamaguchi Prefecture in Japan Sea and southward to Indo-West Pacific.

Habitat. - On intertidal muddy flat in estuary.

Remarks. - Shell elongate conical. Axial ribs distinct on upper whorls and crossed by spiral ribs. Subsutural spiral groove deep.

Family Naticidae

Subfamily Naticinae

Genus *Natica* Scopoli, 1777

Natica tigrina (Roding, 1798)
(Plate 1, figs. 4 a-b)

Distribution. - Mikawa Bay, Japan and southward to tropical Indo-West Pacific.

Habitat. - On muddy sand bottom in intertidal zone to 30 m deep.

Remarks. - Shell thick, white with numerous dark purplish brown dots. Umbilicus narrow, deep with low funicle.

Class Bivalvia

Subclass Pteriomorpha

Order Arcoida

Superfamily Arcacea

Family Arcidae

Subfamily Anadarinae

Genus *Anadara* Gray, 1847

Anadara setigericosta (Nyst, 1848)
(Plate 1, figs. 5a-b, 8a-b)

Distribution. - Taiwan and southward to West Pacific.

Habitat. - On muddy to sandy bottom in shore.

Remarks. - Shell small. External surface ornamented by about 25 to 27 ribs with nodules.

Genus *Tegillarca* Iredale, 1939

Tegillarca nodifera (v. Martens, 1860)
(Plate 1, figs. 6a-b, 7a-b)

Distribution. - Taiwan and southward to West Pacific.

Habitat. - On muddy to sandy bottom in shore.

Remarks. - Shell small, thick. External surface ornamented by about 20 ribs with nodules.

Tegillarca granosa (Linnaeus, 1758)
(Plate 1, figs. 9 a-b, 10a-b, 11a-b)

Distribution. - Ise Bay, Japan and southward to India.

Habitat. - Embayment mud bottom in intertidal zone to 10 m deep.

Remarks. - Shell medium, ovate, well inflated, thick. External surface ornamented by about 20 ribs with distantly spaced nodules.

Order Pterioida
 Superfamily Pectinacea
 Family Pectinidae
 Subfamily Chlamydiae
 Genus *Volachlamys* Iredale, 1939

Volachlamys cf. *singaporina* (Sowerby)
 (Plate 1, figs. 12a-b)

Distribution. - Taiwan and southward to tropical West Pacific.

Habitat. - On sandy bottom under coastal water in 2 to 60 m deep.

Remarks. - Shell small with acute angular and relatively large auricles. External surface ornamented by 23 ribs.

Superfamily Anomiacea
 Family Anomiidae
 Subfamily Anomiinae
 Genus *Anomia* Linnaeus, 1758

Anomia chinensis Philippi, 1849

(Plate 1, figs. 13a-b, Plate 2, figs. 1a-b, 2a-b)

Distribution. - Southern Hokkaido, Japan and southward to West Pacific.

Habitat. - Rocky and gravel bottom under coastal water within 20 m deep.

Remarks. - Shell small, irregularly circular and thin. Left valve weakly convex and covered with wrinkled growth lamellae.

Order Pterioida
 Suborder Ostreina
 Superfamily Ostreacea
 Family Ostreidae
 Subfamily Ostreinae

Genus *Saccostrea* Dollfus and Dautzenberg, 1920

Saccostrea sp.

(Plate 2, figs. 4a-b, 5a-b, 6a-b)

Distribution. - Southern Hokkaido, Japan and southward to West Pacific.

Habitat. - Rocky and gravel bottom under coastal water within 20 m deep.

Remarks. - Shell small, irregularly circular and thin. Left valve weakly convex and covered with wrinkled growth lamellae.

Subclass Heterodonta
 Order Veneroida
 Superfamily Veneracea
 Family Veneridae
 Subfamily Chioninae

Genus *Anomalocardia* Schumacher, 1817

Anomalocardia squamosa (Linnaeus, 1758)
 (Plate 1, figs. 8-10, 12-14)

Distribution. - Kii Peninsula, Japan and southward.

Habitat. - Mud bottom in intertidal zone of embayment.

Remarks. - Shell medium, subtrigonal, thick and well-inflated. External surface ornamented with radial ribs and growth lines giving cancellous appearance.

Placamen chlorotica (Philippi, 1849)
 (Plate 2, figs. 11a-b, 15a-b)

Distribution. - Taiwan and southward to Indian Ocean.

Habitat. - Sandy bottom in intertidal zone to 50 m deep.

Remarks. - Shell small, rounded oval and thick. External surface ornamented with distantly spaced commarginal ridges.

Subfamily Circinae
 Genus *Circe* Schumacher, 1817

Circe (Circe) scripta (Linnaeus, 1758)
 (Plate 3, figs. 1a-b, 2a-b, 3a-b, 7a-b)

Distribution. - Boso Peninsula, southward to western Japan Sea, Ind-West Pacific.

Habitat. - Sand bottom in lower intertidal zone to 20 m deep.

Remarks. - Shell medium, rounded oval and thick. External surface ornamented with regularly spaced commarginal ribs, with weak oblique ribs.

Genus *Gafrarium* Roding, 1798

Gafrarium tumidum (Roding, 1798)
(Plate 3, figs. 4-6, 8, 9)

Distribution. – Amami Islands, Japan and southward to Indian Ocean.

Habitat. – Coarse sand bottom in middle intertidal zone to 20 m deep.

Remarks. – Shell medium, rounded oval and thick. External surface ornamented with strong radial ribs diverging in posterior part.

Subfamily Dosiniinae

Genus *Phacosoma* Jukes-Brown, 1912

Phacosoma sp.

(Plate 3, figs. 12a-b, 13a-b)

Distribution. – Amami Islands, Japan and southward to Indian Ocean.

Habitat. – Sandy bottom in middle intertidal zone to 30 m deep.

Remarks. – Shell moderately large, circular and thin. External surface ornamented with regularly spaced commarginal ribs, lamellated in posterior area. Pallial sinus deep.

Subfamily Tapetinae

Genus *Katelsia* Romer, 1857

Katelsia hiantina (Lamarek, 1818)

(Plate 3, figs. 10a-b, 11a-b)

Distribution. – Amami Islands, Japan to southward.

Habitat. – Sand bottom in lower intertidal zone to 20 m deep.

Remarks. – Shell medium, oval and thick. External surface ornamented with low commarginal ribs.

Received: 28 April 2004

Accepted: 17 November 2004

Publication

Geological Society of Japan Newsletter (front and back cover), Volume 8., Number 5., May 2005

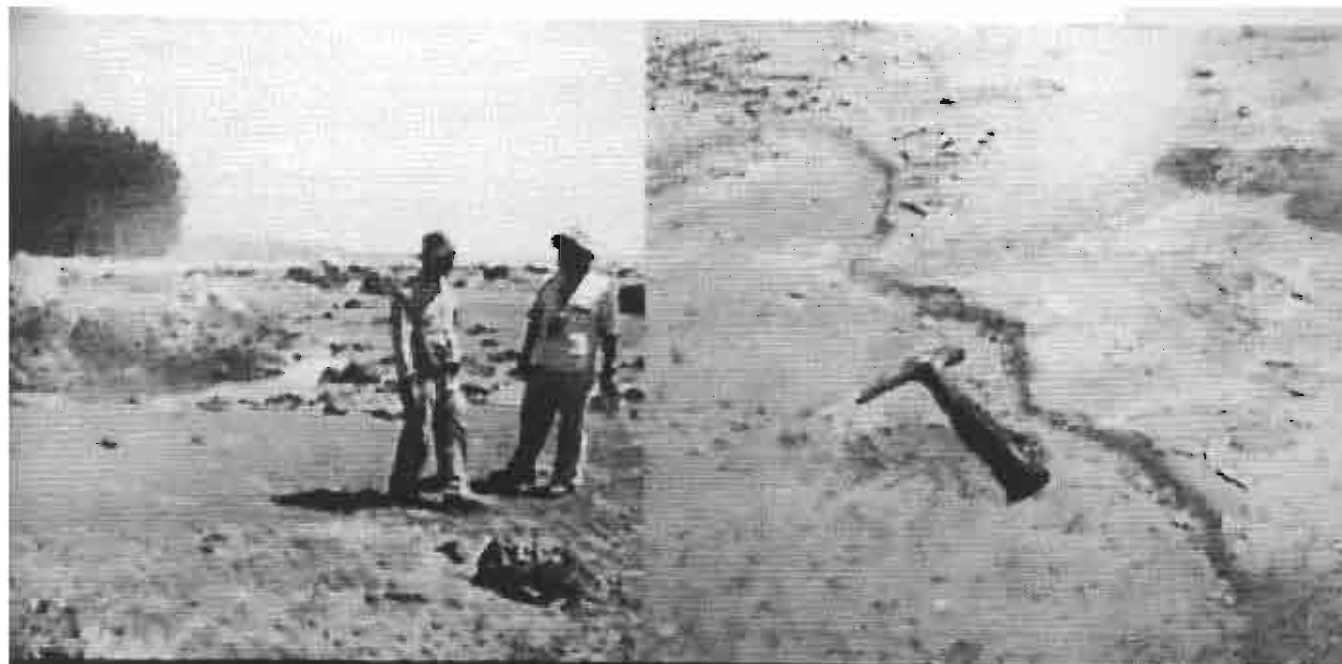
（正巻）214号）付録 昭和27年6月10日第三種郵便物認可 平成17年5月15日発行（毎月1回15日発

日本地質学会 *News*

Vol.8 No.5 May 2005



（写真：左：サロシゴン大学、筑波大学合同研究資料館）



紹介] 屋根まで達した津波 (写真・文) チェロロンコン大学・筑波大学合同津波調査団
tidal level reached upto 7m above the building ground surface

12月20日のオーストラリア沖戦にともなう発生した津波
 被害の様子。幸壇中幸城相まて得て試した津波の残さは、
 は壇中幸城に達した。オーストラリア沖戦にともなう
 津波被害の様子。幸壇中幸城相まて得て試した津波の残さは、
 は壇中幸城に達した。オーストラリア沖戦にともなう

1992年，陳一諮與「精英」們，在廣州向全球華僑提出：「三民主義，是天的指引。」¹²「精英」們在廣州，向海外華僑提出：「三民主義，是天的指引。」¹³

以上为《中国新诗史》之主要资料来源。非特且于此，亦
 足见其言之有根据。故其书之出版，实为一大贡献也。

奥には高土台。湖部の侵食が激しく、湖を取り囲むような地形を形成していたが、右の湖の西側がsand beachに転々とつながっている。湖底の湖岸林の残存は高土台に生ずる民食木が主であり、さらに陸地には雑草植物がシート状に発達していた。Pikarong湖の湖岸部に付録地図参照。

[illegible]

プーケット島周辺における スマトラ沖地震津波による被害

モンドリ・チョウワエン¹⁾、パンヤ・サヤルシザ²⁾、
村越真美³⁾、久田健一⁴⁾、岡中崇行⁵⁾

月26日に発生したスマトラ沖地震は大津波を引き起こし、インド洋周辺国に甚大な被害を、タイ王国ナチュロンコン大学理学部は、2日後の28日に第1次津波調査をプーケット、調査は海岸地形への影響などの調査に着手した。ナチュロンコン大学と学術交流している筑波大学は、第1次津波調査に参加し、津波堆積物の地質学的特性を検討し調査の様子については口頭として、現在、地質学雑誌に投稿中である。

地調査の際、津波の被災地の中には、すでに津波による風災がほとんどみられないほどに被災地もあれば、一方で、ほとんど復旧のめどが立たない悲惨な状況にある被災地も。不足の人間活動と自然に対する人間の無力さの両方の側面を垣間見た思いがしはこれまでの調査の間に撮影した写真とともに、現地の津波による被害の様子について



津波による被害が大きかったKhao Lakのリゾート地。埋田を含む建物の1階部分は残っていない。地表には、倒壊したコテージや舗装道路等からもたらされた建材片やコンクリートが散乱しており、無蓋を覆って津波によって埋没した外壁や配管が露出していた。Khao Pakarang岬の南にて久田撮影。〔写真2〕破壊されたビーチの遊歩道。津波はかきさらされた敷石が浮遊して運ばれ、背後に散乱したことがわかる。Phuket島北部、Aoにて岡中撮影。



地の目撃者に聞き取り調査。津波が襲った様子やその前後の地形変化を知る上で重要な作業である。彼女の話によると、津波の初波は主によって海風が原因で、その後、潮と波が押し寄せた。この報告では津波が内陸側に侵入、退去する流れを「潮し波」と呼ぶ。彼女は最初のその後の海水との間に高低に潰れることができて助かった。次の潮し波が押し寄せる前にはあまり水位は低くなく、海風が激しくなること無断岸を襲った。潮し波が押し寄せて海水位が上がったとき、海岸沿いの浅い海中に大きな岩が落ちていたのが見えたそうだ。ここでは彼女の友人も津波で亡くなった。Phuket島のKaron Beachにて村越撮影。〔写真4〕内陸に打ち上げられたタイ製の船。手前に見える道路はKm標を走っている。これを越えてさらに陸側に船はある。復旧活動用のトラックが壊れている。付近の道路周辺に広がっていたアークを居住区は壊滅状態だった。Khao Lak国立公園北側のAo Bang Nangにて久田撮影。〔写真5〕津波によって倒れた海岸の樹木。〔写真6〕表面の腐は雨に面した側だけにみられる。津波によって引きはがされた敷石などの埋もれたものが武器となって、激しく波間の岩に当たらう。側面は地面から3m以上の高さまでみられた。Phuket島北部、Ao Mai Khachにて村越撮影。

Publication

Choowong, M., Charusiri, P., Murakoshi, N., Hisada, K., Daorerk, V., Charoentitirat, T., Chutakositkanon, V., Jankaew, K., and Kanjanapayont, P., 2005. Initial report of tsunami deposit in Phuket and adjacent areas, Thailand induced by the earthquake off Sumatra December 26, 2004. *Journal of Geological Society of Japan*. (accepted).

フーケット島周辺の津波堆積物
-2004年12月26日スマトラ沖地震津波による-

Initial report of tsunami deposits in Phuket and adjacent areas, Thailand
induced by the earthquake off Sumatra December 26, 2004

シトリ・チョウワノン^{*}、ハンヤ・チャルシリ^{*}、村越直美^{**}、久田健一郎^{***}、ウィロット・タオレー
ティティマ^{*}、チャロエンティティラット^{*}、ウィチャイ・チュタコシットカノン^{*}、クルアワン・シ
ンケオ^{*}、ヒッサヌホンク・カンジャナハヨウン^{*}、チュラロンコン大学津波調査団

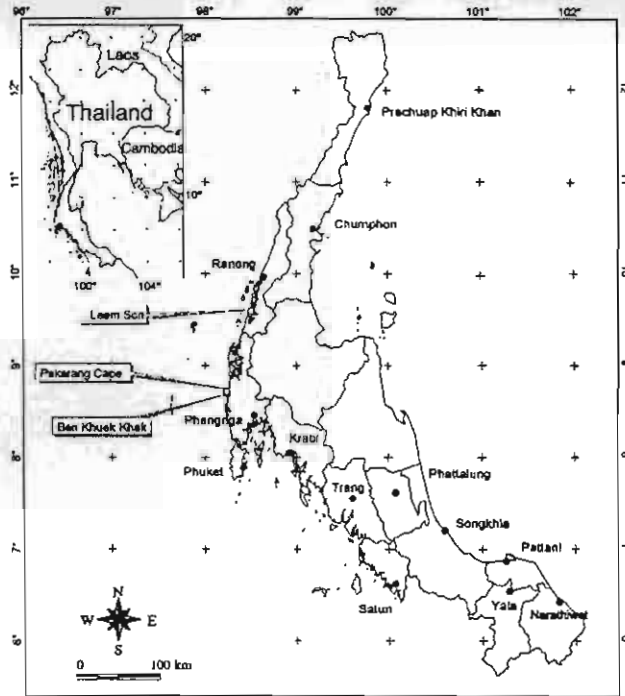
* Chiewong, S., Panya Charunrit, Nopon Munkong, Laksit, Kote, Chaitree, Chaisri, Wiroon, Tawalee,
Tittima, Charoen Tittiratt, Wichai, Chutakosittakarn, Krua Wan, Sinsue,
Hissanus Hongk, Kanjanahajoon, Chulalongkorn University, Tsunami Research Group

チュラロンコン大学 Department of Geology, Faculty of
Science, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330, Thailand.

*** 大学理学部物質循環学科 Department of Environmental
Sciences, Faculty of Science, Shinshu University, Matsumoto
21, Japan

** 波大学生命科学研究科, Graduate School of
Environmental and Life Sciences, University of Tsukuba,
1, Japan.

2004年12月26日に発生したスマトラ沖地震は大津波
を引き起こし、インド洋周辺国に甚大な被害をもたら
した。タイ王国チュラロンコン大学理学部は、2日後
に第1次津波調査をプーケット周辺に派遣し、
沿岸地形への影響などの調査に着手した。
チュラロンコン大学理学部と学術交流協定を締結して
いる波大学生命環境科学研究科は、第4次津波調査
を実施し、津波堆積物の堆積学的特性を検討した。
地震直後の1月の第2次調査では、津波堆積物に
デューンやリップルマークが観察された(第2図)。
これらのデューンやリップルマークは現在の海
面から100-200m陸側に発達し、遡上流(この報告で
は内陸側に侵入遡上する流れを「遡上流」、そ
の水位低下時の流れを「戻り流」と呼ぶ)によっ
て形成された。また第4次調査では、成層構造を示す
堆積物が観察された(第4図)。



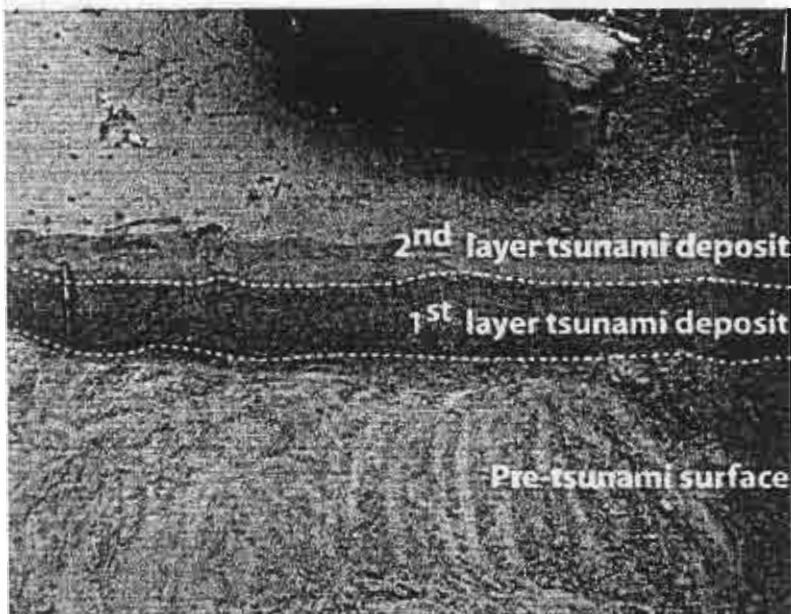
第1図 プーケット島の位置。



図 2004年12月26日のスマトラ沖地震津波によって堆積した津波堆積物の表面にみられたリップルマーク。一
つ発達したリップルは陸側向きに移動したことを示す。津波によって海岸から500m内陸側にまで堆積物がもたら
された。Lam Son 国立公園にて、北に向かって撮影。



第3図 カレントリップルが表面に発達した津波堆積物の断面のようす。かつての地表（赤色）を覆う津波堆積物の厚さは平均10cm程度。リップルマークは陸側に移動したことを示している。 Ban Khuek Khakにて、北を向いて撮影。



第4図 上方細粒化を示す2層（矢印）からなる津波堆積物がトレンチ断面で観察された。下位の濃オレンジ色部分がオリジナルな地表。1層目はクリーンな粗粒-極細粒砂、上位の2層目は泥質・有機質な細粒-極細粒砂からなり、しばしば海側に傾く斜交葉理がみられる。遡上流-停滞、および戻り流によって堆積したと考えられる。 Grand Diamond Resort & Spa, Ban Khuek Khakにて撮影。



第5図 津波による海岸侵食の跡。海浜-砂丘地帯の樹木が洗い出されて取り残されている。海浜-砂丘砂が約2m侵食されて地表が低下した。前浜にはサンゴ礁の巨礫が転々と打ち上げられていた。 Pakarang Cape にて撮影。

Manuscript

Choowong, M., Murakoshi, N., Hisada, K., Charusiri, P., Charoentitirat, T., Chutakositkanon, V., Jankaew, K. and Kanjanapayont, P. Significance of 26 December 2004 landward and seaward tsunami deposits from the Andaman coast of Thailand (submitted to Journal of Asian Earth Sciences).

Significance of 26 December 2004 landward and seaward tsunami deposits from the Andaman coast of Thailand

Montri Choowong^{1,3}, Naomi Murakoshi², Ken-ichiro Hisada¹, Punya Charusiri¹, Titima Charoentitirat¹, Vichai Chutakosikanon¹, Kruawan Jankaew¹, Pitsanupong Kanjanapayont¹

¹Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand

²Department of Environmental Sciences, Faculty of Science, Shinshu University,

Matsumoto 390-8621, Japan

³Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Ibaraki, Japan.

Abstract. The 26 December 2004 earthquake off the coast of Northern Sumatra generated tremendous tsunami depositions along the Andaman coast of Thailand. The tsunami sediments show spectacular surface patterns both landward and seaward directions. Such recent surface sedimentary structures were rarely preserved and not many researchers published these kinds of recent tsunami sediments. Here we report and provide the interpretation of the most recent surface tsunami sedimentary structures including bedform dune, ripples and other related structures that extend a few hundred meters and remained in place just a week after their formations.

Rationale. The 26 December 2004 earthquake that created the tsunami was among the world's fifth largest records with a magnitude of 9.1 to 9.3 on the Richter scale triggered off the coast of Northern Sumatra, Indonesia (13, 17). A maximum slip of 13.9 m is reported (13) and latest calculation reveals mega-thrust slip rate reaches up to 15 m (17).

We did not realize, with this very large slip, tsunami could theoretically be generated and the extent of damage that it could cause in other regions several hundred kilometers away.

Analysis in ancient tsunami sediments have been published from many parts of the world (1-10), but no literature works from Thailand were mentioned. The difficulty arisen on how to separate tsunami sediments from storm deposits. Some studies concluded that storm deposits comprise mostly landward flow direction, whereas, tsunami deposits consist of both landward and seaward directions (10-12). Imbricated cobbles, marine and non-marine materials, garbage and knocked-down plants were frequently used as indication of palaeo-tsunami sediments movement in landward and seaward directions (10). Sheet of sands interbedded with layers of freshwater peat and volcanic ash were commonly recognized (9, 11). We report here typical sedimentary structures induced by 26 December 2004 tsunami waves that hopefully will be increased our understanding in a nature of tsunami sediments and provided as the basis guideline in investigating paleo-tsunami sediments not only in Thailand but also along the world coast.

Video records and eyewitnesses confirm various directions and styles of tsunami waves attacked the Andaman coastline, even in one beach. First tsunami wave hit the western part of Phuket Island at 9.38 a.m., and then Phang-nga at 9.43 a.m. Tide gauge records located in the eastern part of Phuket shows a delay of the first wave hit this area at 10.20 a.m., clearly caused by reflection. However, all records confirmed that the second wave was the most destructive one and probably responsible for the formation of bedform sediments.

Hypothesis. The questions were arisen on when did tsunami sediments come? and how did they transport? We found widespread tsunami sedimentation in both landward and seaward directions, and assumed that there could be some different sedimentary characteristics induced by these tsunamis. Our hypothesis was set up that the majority of tsunami sedimentary sources was shoreface sands and were brought ashore upon to the land by the first tsunami wave after a rapid withdrawal of sea level. The second wave came along while sea water has already invaded inland and this wave with strong flow regime produced

landward tsunami sedimentary structures especially bedform dunes and ripple sands. Seaward ripples indicate the return flow that partly eroded upflow bedform sediments.

Methods. We set up post-tsunami field investigation soon after the 26th December 2004. Recently, fifth field works have been carried out: 28th December 2004, 3rd to 10th January 2005, 14th to 20th January 2005, 2nd to 6th April 2005, and 12th to 16th May 2005. Study sites were considered from relatively undisturbed and sheltered areas of the coastline, ranging from beach ridges, wind-blown dunes and back-barrier lagoons, which experience lower energy conditions than the open coast. In mapping tsunami sediment and inundated areas, we first used high accuracy GPS to locate the inundated boundary and for positioning ground control point. Altitudes were obtained by instrumental levelling survey on shoreface, beach ridges and dune profiles. All altitudes have been adjusted with reference to the original field data for each site, to take account of the possible error due to surveying. In testing inland spatial variation and distribution of tsunami sediments, stratigraphical investigations undertaken involved a pitting and trenching of very shallow (ca 2-30 cm deep, 50 cm length, 10-30 cm width and 5 to 50 meter pitting interval distance). Size of trenching was depended on the maximum extend of landward upflow sedimentary structures. Particle size analyses involved contiguous 1-5 cm thick samples through the pre-, syn- and post-tsunami sediments with sample pre-treated using an acid digest with hydrogen peroxide to remove all organic matter (21). Salts and acids were removed with distilled water and then centrifuged (18).

Significant tsunami sedimentary features. Surface features and the deposition of tsunami sediments were recorded from Phuket, Phang-nga and Ranong inundated areas of the Andaman Sea (see locations in up-right inset of Fig.1). We found the deposition of tsunami sediment varies in its dimension, thickness and grain size from the coastline to inland area similar to those of previous studies conclusion that ancient tsunami deposit thins abruptly at

the margins and fines inland (10,18). Upflow coarse to very coarse-grained tsunami sands preserved as small landward straight-crested unidirectional bedform dune with maximum wavelength up to 2.0 m and 15 cm thick mostly lying in eastward direction (Fig. 1a). Wavelength of bedform dunes, thickness and grain size decreased gradually landward and morphology changed to form medium- to fine-grained ripple structures. Most straight-crested tsunami bedform dunes display a symmetrical shape with an angle less than 10° of stoss side and average 25° of lee side. The most significant evidence is landward ripple marks overlaid on landward dune that we imply to be the best indication of reducing in tsunami wave energy and velocity (Fig.1b). Sinuous- and catenary-crested ripple sand deposited on the top of landward bedform dunes show multi-directions of seaward return flows that, based on sedimentological characteristics, they partly disturbed and reworked landward dune sand sediments beneath (Fig.1c). We infer that erosion of sediments from the stoss face of dune and deposition of these sediments on the lee side by tsunami return flow caused the ripple to migrate seaward. Symmetric straight- and linguoid-crested ripples of fine- to medium-grained sands and their magnitudes were considered as the indication of wave velocity and water depth (14-16). These similar ripple patterns are thought to have correlated well with increasing velocity and decreasing water depth conditions in landward direction. Difference in topographic configuration was thought to have controlled the creation of straight- and linguoid-crested ripple sands (Fig. 2). This is meaningful to explain why there are differences in tsunami velocity in one beach that is clearly depended also on the surface topography.

Double-layered with structureless tsunami sediments were recorded from Phang-nga. Lower thicker unit (7 to 10 cm) is characterized by very coarse-grained sand sequence. This unit appears to be indicative of the first tsunami attacked. Upper thinner unit (3 to 5 cm) is represented by finer sand grain. We assumed that the coarsest sediments were transported in suspension by first wave and then deposited as the wave's velocity slackens inland. It is probably followed by deposition of decreasing grain size sands from the second wave. Therefore, the relative size of sediment in each unit gives an indication of the relative magnitude of each wave.

Deformed pre-tsunami sediments. Deformed foreshore sediments by tsunami wave were recorded from Phuket. Convolute laminations are characterized by fold with sharp, irregular crest and broad, round troughs. We suggest that convolute laminations occurring at regular intervals were generated out of foreshore sand ripples whose crests were sucked up by tsunami water currents. Consequent coarse to very coarse-grained tsunami sand broke into discontinuous, kidney-shaped bodies overlying very fine to fine-grained foreshore sand layers (Fig. 3). These convolute laminations indicate syn-sedimentary shoreline deposit at the same time when tsunami wave disturbed the shoreline. However, these deformed sediments occurred where beach ridges and wind-blown sand dunes act as a natural barrier to protect tsunami wave, Mai Khao and Karon beaches, for example (Fig. 3). Seaward tsunami sediments mixing with broken tree and plastic bottle were observed on the top of deformed foreshore and overlain by post-tsunami shoreline sands. Here we have a complete sequence of pre-, syn-, and post-tsunami deposits (see Fig. 2a).

Natural tsunami protected wall. The formation of the Holocene beach ridges and wind-blown sand dunes from Mai Khao and Karon beaches made up of their elevation 5-6 m above the present mean sea level. Broad lagoon and series of back-barrier depressions were sheltered by those beach ridges and wind-blown dunes. This pattern of topographical configuration refers as a factor reducing tsunami damaged similar to Japanese Hanuori-ko area of Hokkaido Kuril trench (11). The 26 December 2004 tsunami wave did not cross in some higher parts. Although, they protected and reduced tsunami inundation, but the shoreline erosions were partly occurred. We presume that parts of shoreline beach sediments were eroded and migrated landward by tsunami and washover sands can be expected to deposit in back-barrier lagoon and depressions as in the case of Paleo-Tokyo Bay (20). Similarly, small tidal delta and inlet sand bodies were probably eroded and transported up inland. We also recognized offshore coral fragments broken and deposited mixing with tsunami sediments. It can, therefore, be assumed that offshore, foreshore and

tidal delta sediments and organic materials were the sources of tsunami deposits in the Andaman coastline of Thailand.

The characteristics of surface tsunami sediments provide the better understanding in a nature of tsunami deposits and inspire us an opportunity to further our investigation of palaeo-tsunami event. The 26 December 2004 tsunami event was our country first experienced. We considered the event as the most destructive and unpredictable disaster ever occurred. Recently, the attention in doing more research on ancient tsunami, earthquake recurrences and simulation model has been taken into account. Applying this report on surface sedimentary characteristics with additional records on post-tsunami field investigation, e.g., maximum run-up, flood level, inundation, we can increase an accuracy of real-time tsunami simulation models in the future.

References

1. B.F. Atwater., *Science*. 236, 942-944 (1987).
2. A.G. Dawson, D. Long, D.E. Smith., *Mar. Geol.* 82, 271-276 (1988).
3. K. Minoura, S. Nakaya., *J. Geol.* 99, 265-287 (1991).
4. B.F. Atwater., *J. Geophysics. Res.* 97, 1901-1919 (1992).
5. B.F. Atwater *et al.*, *Earthquakes, Spectra* 11, 1-18 (1995).
6. K. Minoura *et al.*, *Sed. Geol.* 106, 145-154 (1996).
7. J.P. Smoot, R.J. Litwin, J.L. Bischoff, S.J. Lund., *Sed. Geol.* 135, 241-254 (2000).
8. Y. Takashimizu, F. Masuda., *Sed. Geol.* 135, 231-239 (2000).
9. F. Nanayama *et al.*, *Sed. Geol.* 135, 255-264 (2000).
10. Y. Sawai., *J. Asian Earth Sci.* 20, 903-911 (2002).
11. F. Nanayama *et al.*, *Nature*. 424, 660-663 (2003).
12. J.J. Clague, T.P. Bobrowsky, I. Hutchinson. I., *Quat. Sci. Rev.* 19, 849-863 (2000).
13. T. Harinarayana, N. Hirata., *Gondwana Research*. 8, 2, 246-257 (2005).
14. P.A. Allen, P. Homewood., *Sedimentology* 31, 63-81 (1984).
15. F. Masuda, N. Nakayama., *J. Sediment. Soc. Japan* 29, 1-8 (1988).
16. N. Murakoshi., Prof. H. Igo Commem. Vol., 63-69 (1996).
17. T. Lay *et al.*, *Science*. 308, 1127-1133 (2005).

18. J. Goff, B.G. McFadgen, C. Chague-Goff, *Mar. Geol.* 204, 235-250 (2004).
19. H.E. Reineck, I.B. Singh, *Mar. Geol.* 5, 3, 227-235 (1967).
20. N. Murakoshi, F. Masuda, *Can. Soc. Pet. Geol. Mem.* 16, 219-226 (1991).
21. D.E. Smith *et al.*, *Quat. Sci. Rev.* 23, 2291-2321 (2004).

Acknowledgements. We thank TRF, JSPS and Chulalongkorn University. Assoc. Prof. Brady P. Rhodes, California State University, Fullerton is also thanked for giving some advises in the latest field. We thank the head of Geology Department, Assist. Prof. Veerote Daorerk for his wonderful contribution to this work. Assist. Prof. Thiva Supajanya is also appreciated to force us to work in the field soon after tsunami. We also thank Chulalongkorn geology students who join first tsunami experience with us in the field.

Figure legend

Figure 1 Locations of study area (upper right inset). **a**, Landward straight-crested unidirectional bedform dune (cross-section in line a1-a2). **b**, Landward ripple marks overlaid on landward dune (cross-section in line b1-b2). **c**, Sinuous ripple sand on landward bedform dunes showing multi-directions of seaward return flows (cross-section in line c1-c2).

Figure 2 Examples of pre-, syn- and post-tsunami sedimentary structures. **a**, Seaward tsunami sediments garbage layer (broken tree and plastic bottle) on the top of deformed foreshore and post-tsunami shoreface sands on the topmost, pale blue arrow showing thickness of 26 Dec. 04 tsunami deposit (trowel is 33 cm length). **b**, Tool marks (bounce marks) produced by bouncing of objects (gravel

and tree) with grooves or v-shaped circle marks on ripple sands from Khuek Khak, Phang-nga. **c**, Straight and symmetric linguoid ripples shapes from Lam Son, Ranong (see location in upper right inset of Fig.1).

Figure 3 Deformed pre-tsunami surfaces. **a**, Kidney-shaped convolute laminations foreshore sand bodies with heavy mineral patch overloaded by 26 Dec. 04 tsunami sands, and schematic coastal profile from Mai Khao, Phuket airport on the left showing overwash inundated zone. **b**, Seaward tsunami clayey sand disturbed shoreface sediment from Karon, Phuket, schematic profile on the left showing higher beach ridges and wind-blown sand dunes from the south of Karon than the north as natural tsunami protection wall (see locations in upper right inset of Fig. 1).

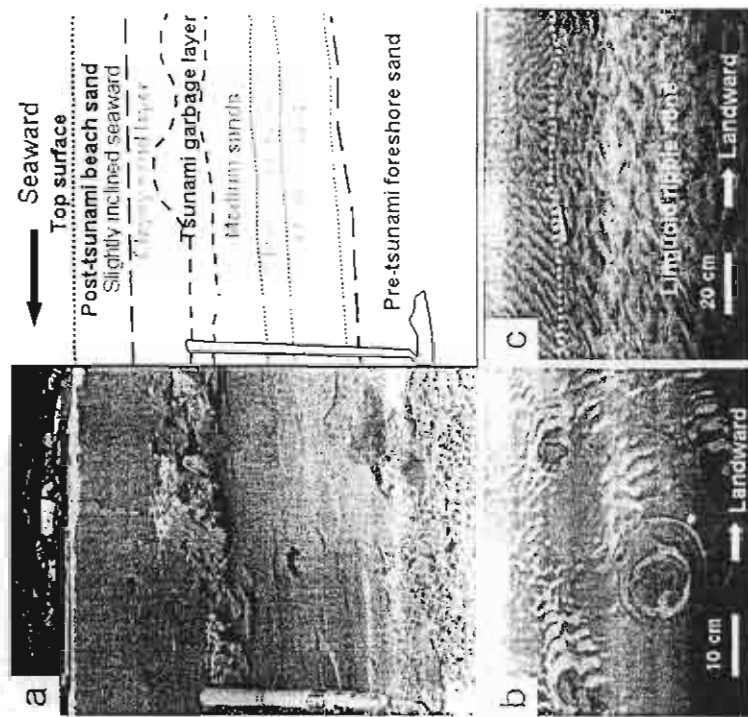


Fig. 2

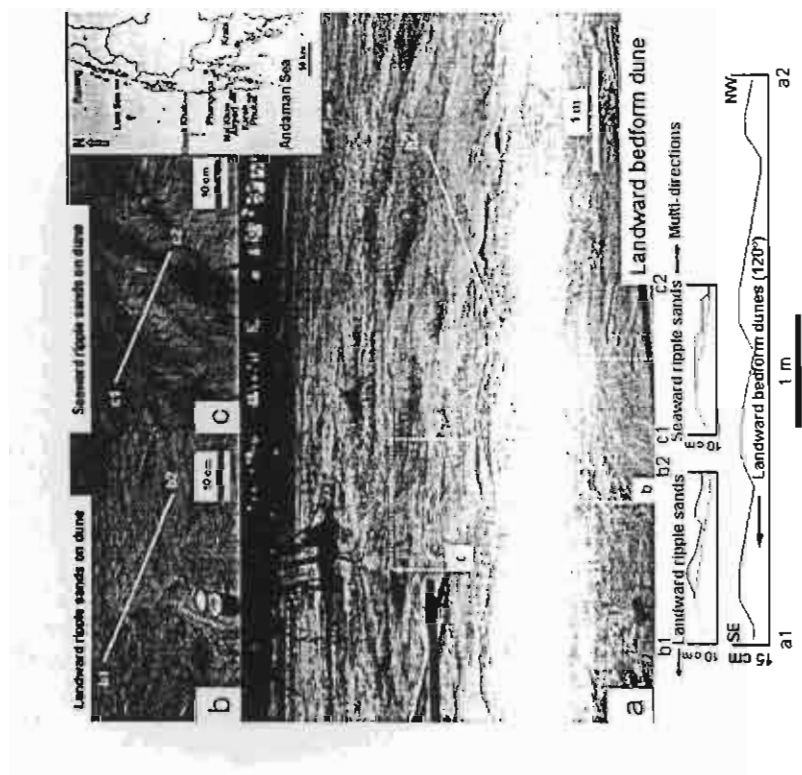


Fig. 1

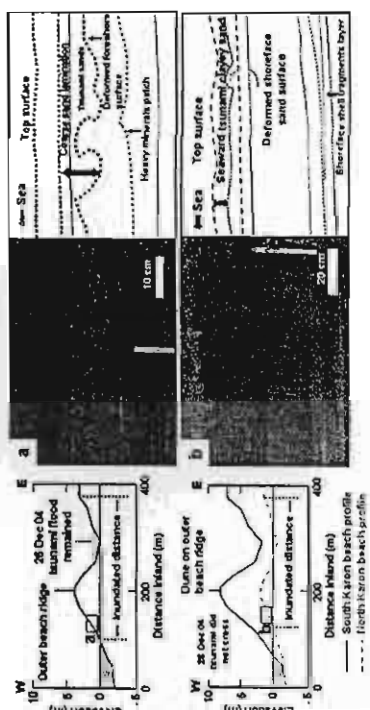


Fig. 3

Manuscript

Choowong, M., Murakoshi, N., Hisada, K., Charusiri, P., Charoentitirat, T., Chutakositkanon, V., Jankaew, K. and Kanjanapayont, P. Effects on the Andaman Areas of Thailand after 26 December 2004 Tsunami. (submitted to Journal of Coastal Research).

Manuscript title:

Effects on the Andaman Coastal Areas of Thailand after 26 December 2004 Tsunami

Authors:

Choowong, M.^{1,2}, Murakoshi, N.³, Hisada, K.², Charusiri, P.¹, Daorerk, V.¹, Charoentitrat, T.¹, Chuakositkanon, V.¹, Jankaew, K.¹, Kanjanapayont, P.¹

Author affiliations:

¹Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330, Thailand.

²Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Ibaraki, Japan.

³Department of Environmental Sciences, Faculty of Science, Shinshu University, Matsumoto 390-8621, Japan

Correspondence author: Montri Choowong

Postal address: Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand

Telephone: 66-2-2185445

Facsimile: 66-2-2185464

E-mail: montri@geo.sc.chula.ac.th; monkeng@hotmail.com

ABSTRACT

The tsunami on 26 December 2004 has become one of Thailand's severe geological disasters. Historically, tsunami with damages to people has never been reported in Thailand, therefore, no particular concerns in studying tsunami were taken into account, especially in term of geological interest. This article is the first report on post tsunami investigation, aiming to gain analysis in the most current evidence left by a tsunami. Our team has been investigating the effect of tsunami soon after it hit the land. We had planned urgently to collect physical tsunami records in systematic approach. As a result, during standstill of tsunami sea water inland, the shoreline areas have changed physically and biologically. We have found the effects of tsunami e.g., inundated areas, maximum run-up, changes in shoreline morphology, rapid tsunami sedimentation inland and some biological disturbances. All these effects are unravelled the behavior of 26 December 2004 tsunami event attacked the Andaman coast of Thailand.

ADDITIONAL INDEX WORDS: *Inundation, Bedform dune, Ripple sand, Phuket,*

Phang-nga, Ranong

INTRODUCTION

"Tsunami" has long been recognized in geological discipline as one of severe disasters. It particularly affects the countries located close to tectonic plate boundaries. Though, Thailand is considered to situate far away from those of major countries around plate boundaries, the tsunami event on 26 December 2004 was unpredictable. The subduction of the Indian-Australian oceanic plate off the northern Sumatra coast

produced the largest earthquake ever recorded in the region and the 9 Richter with mega-thrust slip; tsunami could theoretically be occurred afterward. The seawater was just 10 to 20 minutes stand still inland and caused the physical and biological damages. Not only lives but also the infrastructures were destroyed along the economic areas of the Andaman coast, i.e., Phuket, Phang-nga, Ranong, Krabi, Trang and Satun (Figure 1). Loss of properties and lives has made "tsunami" well known to Thai people as one of the most dangerous geological hazards of the country.

GENERAL BEHAVIOR OF 26 DECEMBER 2004 TSUNAMI IN THAILAND

Tsunamis are ocean waves generated by underwater disturbances of the seafloor or by surface impacts and are triggered by earthquakes and, less commonly, by landslides, volcanic eruptions and meteorite impacts (CLAGUE *et al.*, 2000). These long waves (up to 200 km) travel over the ocean at great velocity. Within the open ocean, the wave height is low, but upon reaching shallow water, in the vicinity of the coastline, it becomes greatly amplified (DAWSON and SMITH, 2000). During the process of wave deformation, the height of the wave increases significantly and as the waves strike the coastline they often cause widespread flooding across low-lying coastal areas (DAWSON *et al.*, 2004). It is no doubt and can be imagined how severe tsunami will destroy properties and life on the way it runs through. Based on our field evidence and analyses, decreasing in tsunami speed seems to rely on some oceanographical factors such as depth of bathymetric configuration, shoreline slope and depth of tsunami wave base.

The present altitude of the High Water Mark of Ordinary Spring Tides (HWMOST) at Tapaw Noi Island, eastern part of Phuket is about 1.00 m (ROYAL THAI

NAVY, 2005). According to tide gauge from Phuket record (Figure 2), three main tsunamis struck the Andaman coast of Thailand between 10.20 a.m. to 10.42 a.m. The drawdown or withdrawal effect of seawater started at 10.10 a.m. and standstill for 10 minutes before the first tsunami hit Phuket coastline at 10.20 a.m. The second tsunami, the most destructive one, was at 10.29 a.m. and followed by the third tsunami at 10.42 a.m. Eyewitnesses and video records confirmed that the second wave was strongest with maximum water flood level up to 11.00 meter above ground surface clearly recognized from water mark. However, there were difference in tsunami flood level and maximum run-up from place to place.

PURPOSE AND WAY OF GEOLOGICAL INVESTIGATION

Tsunami has left some unique physical evidences, i.e., maximum run-up level, maximum flood level, deformed pre-tsunami shoreline sands and surface tsunami sedimentary patterns. These evidences are needed to be recorded quickly before land restoration and reclamation gets started. This is why collecting existing post tsunami data in the field needs to be done earlier. Our first aim in the field was to understand the behavior of the 26 December 2004 tsunami along the Andaman coast of Thailand. We firstly investigated the distance of tsunami ran inland. One of investigation targets was to understand what makes the difference in tsunami run-up and inundation. To understand this, we look geomorphological factors into account including shapes of the coast, position of headland, depth of bathymetry, onshore and offshore shoreline slopes. Spectacular tsunami sediments were also recorded. Some surface sedimentary structures indicate upflow and return flow wave directions.

PRELIMINARY RESULTS

During period of tsunami standstill inland, lot of effects were accompanied, e.g., contamination of soil, surface water and groundwater, shore/face sediments moved up onto the land, changes in morphology of inlet/outlet tidal channel, erosion of beach sediment. We measured maximum run-up, maximum flood level, distance of inundation and the time of tsunami hit the land in detail and came up with a brief conclusion that the power of tsunami differed from place to place, relying mostly on the coastal morphology of the shoreline. One other additional factor is the nature of tsunami direction in term of its refraction and reflection.

Inundation

As a result of our investigation, we have found different values of tsunami flood level, run-up and inundations, even in one beach. Tsunami was inundated far away up to 3 km inland in some areas (Figure 3). Based on geomorphological factors, we came close to the more precise conclusion that all these factors are contributing to unveil the nature of tsunami uprush and backwash. Tsunami will change its wave front from straight line becoming a curve parallel along the curve of bay or beach where is sheltered by the rocky headland. In conclusion, the more curvature of the shoreline morphology, the more tsunami can be flooded and strongly hit further inland. Levels of seawater that were brought ashore onto the land by tsunami will be much higher than levels of maximum run-up in place where the hills and mountains block the narrow beach, Khao Lak beach, Phang-nga province, for example (Figure 4).

Tsunami sediments

Characteristics of sand sheets from ancient and recent tsunamis have been reported from many parts of the world (e.g., ATWATER, 1987; DAWSON *et al.*, 1988; MINOURA and NAKAYA, 1991; ATWATER, 1992; ATWATER *et al.*, 1995; NANAYAMA *et al.*, 2000). These analyses in tsunami sand sediment provide better understanding in the characteristic of 26 December 2004 tsunami sediment along the coastline of Thailand. Particular sedimentological evidences observed in the Andaman tsunami field were bedform dunes and ripple sands. Bedform dune and ripple sands, in sedimentological sense, are common sedimentary structures, indicating the relationship among wave energy, direction of wave, water and wind and water depth. The biggest tsunami bedform dune was recorded from Bang Tao Beach, Phuket province and small tsunami ripple marks in seaward and landward current directions were also recognized on the top of bedform dunes (Figure 5). Those tsunami sedimentary structures were developed on former tidal flat and marsh deposits.

Types of vortices responsible for bedrock sculpturing by tsunami especially pothole were also recorded. Potholes induced by tsunami current were developed over aeolian dune deposits. Instant potholes were found from Ban Nam Khem, Phang-nga province (Figure 6) and displayed as groove holes with small granules inside, indicating rapid rotational speed of tsunami onto aeolian dune. In general, asymmetrical form of the former dunes indicates landward migration that is conformable to the direction of tsunami uprush and their dimensions also decreased landward.

Tsunami sediment budget along the Andaman coastline was considered. Tsunami has eroded and brought up the foreshore sands (Figure 7). Since the rates of coastal aggradation around the coast of Thailand have been estimated, we have never had a record on rapid deposition in such a short time like tsunami event occurred on 26 December 2004. In the eastern part of the Gulf of Thailand, Chanthaburi low-lying coast, for example, the rate of coastal aggradation is about 1 m/year (CHOOWONG, 2002) and about 0.7 m/year at the Sam Roi Yod coastal beach deposit, western part of the Gulf starting the deposition after the mid Holocene (4,000 B.P.) (CHOOWONG *et al.*, 2004). Undoubtedly, it is obvious that the 26 December 2004 tsunami hit the Andaman coast produced rapid coastal sediment aggradation.

The maximum thickness of tsunami sediments along the Andaman coastline was 30 cm. Tsunami sediments were generally classified into two layers comprising very coarse- to fine-grained sands with landward deposition and very fine-grained sands to mud deposits on the top in seaward direction (Figure 8). Double layers of landward tsunami sediments from Ban Khuek Khak, Phang-nga province (Figure 9) indicate tsunami uprush has come twice in this area.

RELEVANT PHYSICAL EFFECTS

The 26 December 2004 tsunami may cause the changes in biozone. The offshore mud contains small faunas was probably brought up onto the land. The migration of small faunas occurred in the unsuitable environment where they normally used to live offshore. It is one interesting issue for zoologists to be concerned about.

10 to 20 minutes standstill inland of seawater caused by tsunami has made saline contamination occurs in soil, surface water and groundwater. This unusual contamination, surely, will affect not only inland flora but also fauna. We have seen a lot of flora starting to die a week after tsunami event (Figure 10). Therefore, 10 to 20 minutes flood of seawater means a lot for evaluating both physical and biological effects, and definitely, further attentions on these effects will be strongly needed.

DISCUSSION ON FUTURE WORKS

More detailed studies including sedimentology (e.g., grain fabric, internal sedimentary structures), paleontology (diatom and other marine fauna distributions), and coastal geomorphology are needed to take into account. The changes in shape of shoreline and beach after tsunami are of our interest. However, comparisons between the configuration of shoreline before and after tsunami hit were needed to be done carefully. Using satellite and air-photo images seems to be the best way to evaluate the spatial change in shoreline morphology, but all images are needed careful registration. There are factors controlling the accuracy of interpretation from those satellites and air-photo images, particularly, the time when the images were recorded. With less slope of the shoreface area, the image that was recorded during low tide may show area of beach and shoreface larger than normal configuration at the mean sea level. This could make a large number of errors in calculating sediment gain and loss from the coast. However in general, we implied that 26 December 2004 tsunami has caused a large area of sediment loss from the Andaman coastline.

This article is the first geological report from Thailand since we have collected tsunami evidences in the field and analyzed them carefully. Undoubtedly, it is necessary to keep doing more fieldwork; even a large number of tsunami evidence was already cleaned up by the local private sectors and people. Geological investigation of post tsunami is a must and needs to be done as soon as we possibly can. All physical and biological data are among useful keys for making good reclamation, restoration and protection plans in the future. Though, the investigation on effect of tsunami needs a long-term plan, however, geological survey is urgently recommended as the first mission to complete.

TRIBUTE

This article is devoted for the people who lost their properties and their loved ones (Figure 11). We started the investigation to find physical evidence of tsunami in order to understand tsunami behavior after affected the shoreline areas of our country. With our hope that we can make scientific conclusion and recommendation, at least, to bring our interpretation of geological data insight into policy decision-makers concern about how importance of physical characteristics of 26 December 2004 tsunami and its effect. We really care of life and strongly eager to make a guideline for the better understanding of tsunami, so that local people and tourists will be well prepared and able to escape danger from the next short-time predictable tsunami.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank Chulalongkorn University for allowing us to start our fieldwork soon after the tsunami. Special thanks go to Assoc. Prof. Brady Rhodes, California State University for his advice. Thanks are also extended to Silapant, P., Saithong, P., Khaokaeaw, C., Khaowiset, K., Ladachart, R., Supawich and Mahothorn, K. for joining fieldwork and donated their will, power and properties to make this field run smoothly. Chulalongkorn geology's students are thanked for their devoted time to gain experiences with us in the field. Japan Society for the Promotion of Science (JSPS) is also thanked for providing some financial supports. Part of budgets to make this investigation possible came from EATGRU, TRF (MRG4680091 and MRG4780046), Ratchadapisek Somphot Foundation, Unisearch, Chulalongkorn University and Ministry of Natural Resource and Environment.

LITERATURE CITED

- ATWATER, B.F., 1987. Evidence for great Holocene earthquakes along the outer coast of Washington state. *Science*. 236, 942-944.
- ATWATER, B.F., 1992. Geologic evidence for earthquakes during the past 2000 years along the Copalis River, southern coastal Washington. *Journal of Geophysics Research*. 97, 1901-1919.

- ATWATER, B.F.; NELSON, A.R.; CLAGUE, J.J.; CARVER, G.A.; YAMAGUCHI, D.K.; BOBROWSKY, P.T.; BOURGEOIS, J.; DARIENZO, M.E.; GRANT, W.C.; HEMPHILL-HALEY, E.; KELSEY, H.M.; JOCOBY, G.C.; NISHENKO, S.P.; PALMER, S.P.; PETERSON, C.D. and REINHART, M.A., 1995. Summary of coastal geologic evidence for past great earthquakes at the Cascadia subduction zone. *Earthquakes, Spectra*. 11, 1-18.
- CHOOWONG, M., 2002. Coastal sedimentary lithofacies and episodic evolution from the eastern part of Thailand. *Journal of Scientific Research, Chulalongkorn University*, Vol. 27, No. 2., 111-129
- CHOOWONG, M.; UGAI, H.; CHARONTITIRAT, T.; CHARUSIRI, P.; DAORERK, V.; SONGMUANG, R. and LADACHART, R., 2004. Holocene biostratigraphical records in coastal deposits from Sam Roi Yod National Park, Prachuap Khiri Khan, Western Thailand. *Journal of Natural History, Chulalongkorn University*, Vol. 4, No. 2. 1-18.
- CLAGUE, J.J.; BOBROWSKY, T.P. and HUTCHINSON, I., 2000. A review of geological records of large tsunamis at Vancouver Island, British Columbia, and implications for hazard. *Quaternary Science Reviews*. Vol. 19, 849-863.
- DAWSON, A.O.; LONG, D. and SMITH, D.E., 1988. The Storegga slides: evidence from eastern Scotland for a possible tsunami. *Marine Geology*. 82, 271-276.
- DAWSON, S. and SMITH, D.E., 2000. The sedimentology of Middle Holocene tsunami facies in northern Sutherland, Scotland, UK. *Marine Geology*, Vol. 170, 69-79.
- DAWSON, A.O.; LOCKETT, P. and SHI, S., 2004. Tsunami hazards in Europe. *Environment International*, Vol. 30, 577-585.
- NANAYAMA, F.; SHIGENO, K.; SATAKE, K.; SHIMOKAWA, K.; KOITABASHI, S.; MIYASAKA, S. and ISHII, M., 2000. Sedimentary differences between the 1993 Hokkaido-nansei-oki tsunami and the 1959 Miyakojima typhoon at Taisei, southwestern Hokkaido, northern Japan. *Sedimentary Geology*. 135, 255-264.
- MINOURA, K. and NAKAYA, S., 1991. Traces of tsunami preserved in inter-tidal lacustrine and marsh deposits: some examples from Northeast Japan. *Geology*. 99, 265-287.
- ROYAL THAI NAVY., 2005. Tide gauge record chart. Hydrographic Department.

List of Figures

Figure 1. Six provinces of coastal areas along the Andaman Sea, western peninsula Thailand, including Ranong, Phang-nga, Phuket, Krabi, Trang and Satun were attacked by tsunami on 26 December 2004.

Figure 2. Tapaw Noi Island (Phuket) tide gauge record showing the passage of tsunamis generated by the 26 December 2004 Sumatra earthquake. Three main waves arrived between 10.20 a.m. to 10.42 a.m.; the second wave was the most destructive at 10.29 a.m. (Modified from ROYAL THAI NAVY, 2005).

Figure 3. Effect of tsunami flood at Ban Nam Khem, Phang-nga Province showing erosion of the shoreline (red color in map) and inundation up to 3 km landward (blue color in map). A indicates the power of tsunami flood washed ashore big ship onto the land far about 150 m from shoreline; B shows erosion of the coastline.

Figure 4. Inundation map (blue color) along the Khao Lak beach. The opening of new inlet/outlet (A), the collapsed building near Ban Bang Niang (B), erosion along a channel bank (C) and the narrow beach morphology indicated the vast damage occurred in the southern part of the Khao Lak beach (D).

Figure 5. Tsunami sediments overlying salt marsh and backshore deposits from Bang Tao Beach, Phuket province showing upflow dunes overlain by return-flow ripple sands observed inland (A). Bedform dunes (as geologists stand on the top of each dune crest) indicate landward migration (from left to right) (A and B) whereas small ripple sands show seaward (from right to left) movement during the retreat of tsunami (C).

Figure 6. Erosional depressions (instant potholes) indicating rotational speed of tsunami developed on former aeolian dune sand from Ban Nam Khem, Phang-nga province. The vertices pothole contains thin layer of mud (2 mm) overlying on fine- to medium-grained sands (5 cm thick) with the dimension vary from 2 to 15 cm width with some granules at its bottom.

Figure 7. Pre-tsunami deformed foreshore deposits (convolute lamination) overlain by 26 December 2004 tsunami sediment from Karon Beach, Phuket.

Figure 8. Tsunami sediments at the Kamala beach, Phuket province, developed on graveled road surface with average thickness 10 cm of a upward fining fine- to medium-grained sand and thin muddy layer on the top (A) and mud cracks photographed a week after tsunami attacked (B).

Figure 9. Double-layered upflow tsunami deposits on pre-tsunami graveled road surface from Grand Diamond Resort & Spa, Ban Khuek Khak, Phang-nga showing high speed of tsunami wave (1st layer) which was characterized by coarse- to very coarse-grained sands overlain by low speed tsunami sediment (2nd layer) of very fine- to fine-grained sands.

Figure 10. Tsunami flood can be indicated by the boundary between living (A) and dried vegetation and grasses (B). The picture was photographed from the Mai Khao beach, Phuket province a week after tsunami.

Figure 11. This article is devoted for the people who lost their properties and their loved ones, especially to the lost children from Ban Nam Khem, Phang-nga province.

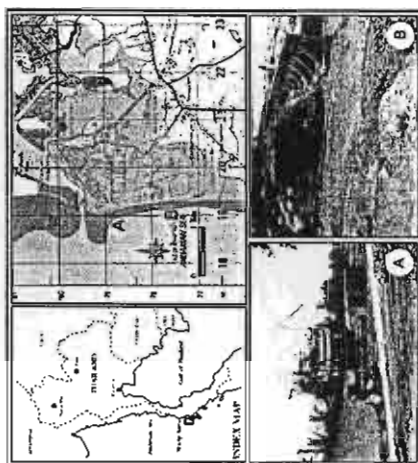
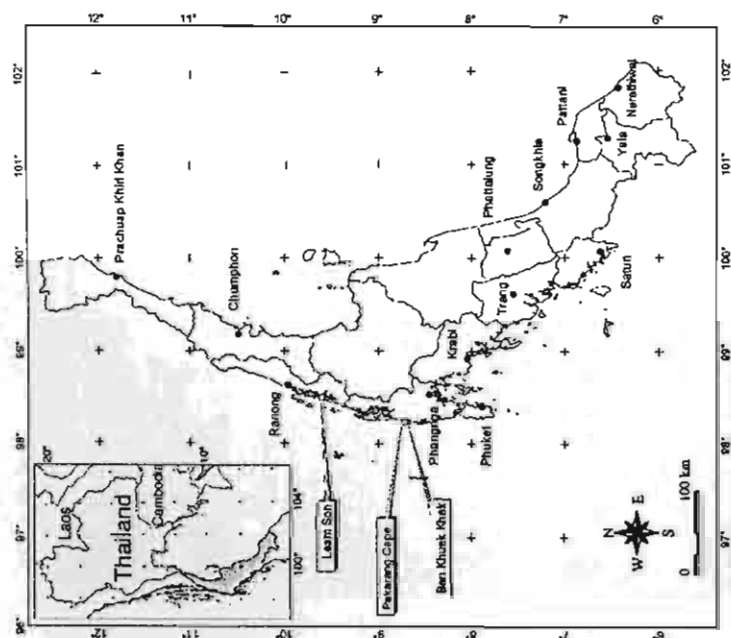
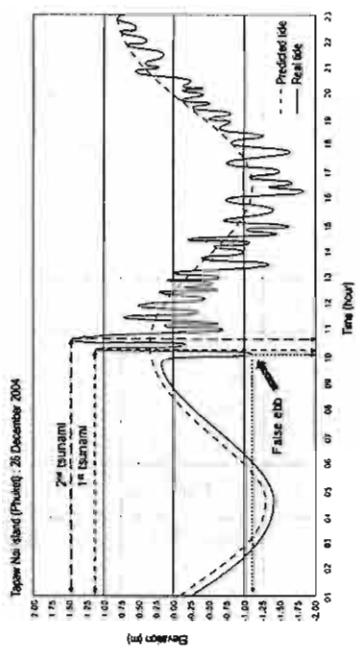


Figure 3

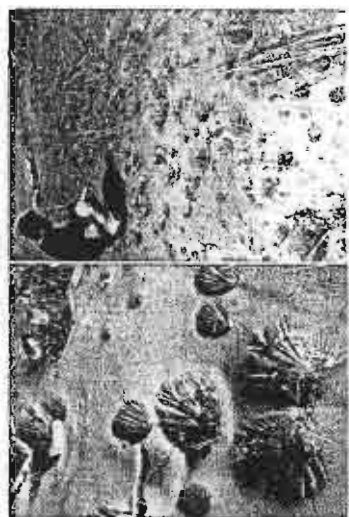


Figure 6

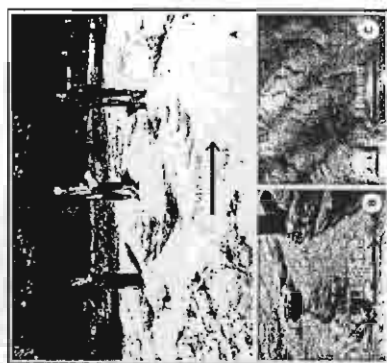


Figure 5

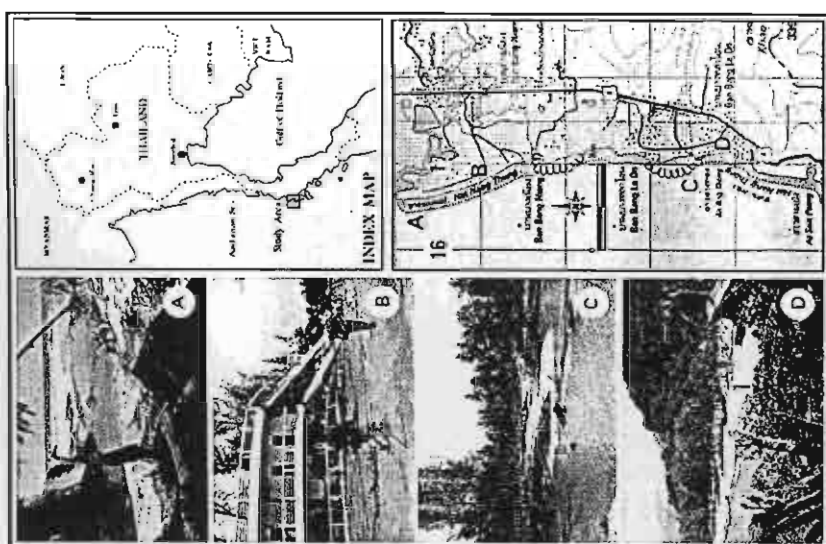


Figure 4

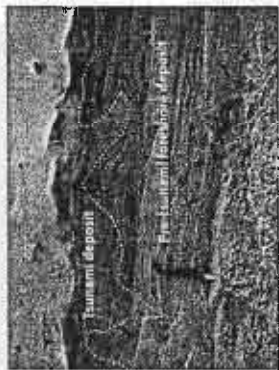


Figure 1

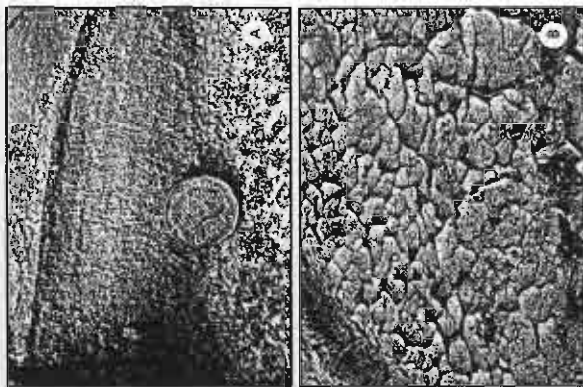


Figure 8

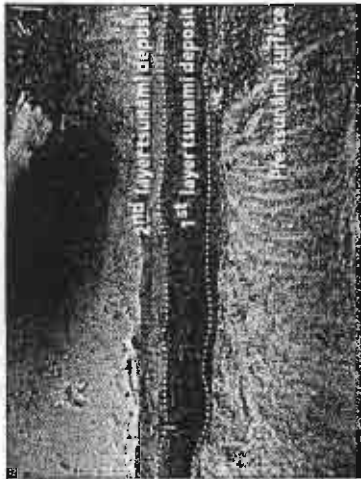


Figure 9



Figure 10

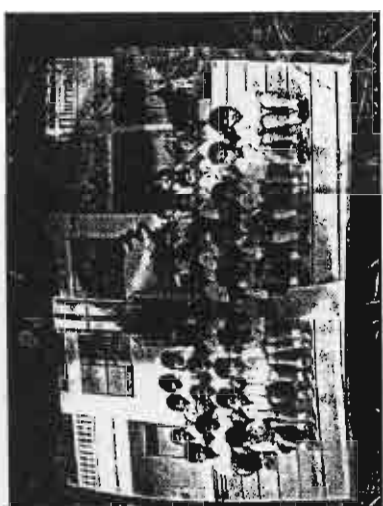


Figure 11

เอกสารประกอบการประชุม

เอกสารประกอบการประชุมสัมมนา
เรื่อง
ความก้าวหน้าในการศึกษาด้านโบราณคดีและเมืองโบราณในวัฒนธรรมทวารวดี

วันที่ 24-25 กรกฎาคม 2546

โรงแรมสองพันบุรี
จังหวัดสุพรรณบุรี

การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลสมัยโฮโลซีนตอนปลายในประเทศไทย
(Late Holocene sea-level changes in Thailand)

โดย

มนตรี ชวงษ์
วิโรจน์ คาวฤกษ์
ปัญญา จารุศิริ
ฐิติมา เจริญฐิติรัตน์
รัฐกร สองเมือง

ภาควิชาธรณีวิทยา
คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลสมัยโฮโลซีนตอนปลายในประเทศไทย

(Late Holocene sea-level changes in Thailand)

มนตรี ชูวงศ์
วิโรจน์ คาวฤกษ์
ปัญญา จารุศิริ
ฐิติมา เจริญฐิติรัตน์
รัฐกร สองเมือง

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลในอดีตของประเทศไทยได้มีการศึกษากันอย่างจริงจังในช่วง 20 ปีที่ผ่านมาซึ่งบทสรุปส่วนใหญ่จะเน้นถึงการหาคำตอบที่ว่า ในพื้นที่ลุ่มต่ำของประเทศ โดยเฉพาะที่ราบลุ่มภาคกลางได้มีการรุกเข้ามาของน้ำทะเลหรือไม่ อย่างไร ซึ่งผลการศึกษาในอดีตได้มีข้อสรุปไปในทำนองเดียวกันว่า น้ำทะเลได้ท่วมขึ้นมาในพื้นที่ลุ่มต่ำของประเทศโดยเฉพาะที่ราบลุ่มภาคกลางโดยระดับน้ำทะเลได้ขึ้นสูงสุด (highstand) จากระดับปัจจุบัน ประมาณช่วงอายุตอนกลางสมัยโฮโลซีน (mid-Holocene) ซึ่งระดับความสูงยังไม่เป็นที่ชัดเจนนัก แต่โดยเฉลี่ยพบว่าอยู่ที่ความสูงประมาณ 3.5-4 เมตร หากเปรียบเทียบความสูงดังกล่าวกับความสูงของพื้นที่ราบลุ่มภาคกลางจะพบว่าแนวชายฝั่งทะเลโบราณในพื้นที่ราบลุ่มภาคกลางน่าจะเข้าไปถึงบริเวณจังหวัดอ่างทองที่มีความสูงของพื้นที่อยู่ในระดับดังกล่าว อย่างไรก็ตาม การลากขอบเขตแนวชายฝั่งทะเลโบราณในอดีตได้ใช้วิธีการและอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลที่แตกต่างกัน ซึ่งแต่ละวิธีและข้อมูลจะทำให้ได้แนวชายฝั่งโบราณที่ค่อนข้างจะแตกต่างกันอย่างชัดเจน

ในบทความนี้ผู้เขียนได้ตั้งวัตถุประสงค์ไว้เพื่อให้ผู้อ่านได้ทราบประวัติการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในประเทศไทยโดยเฉพาะข้อมูลทางธรณีวิทยา เพื่อให้ผู้อ่านทราบถึงกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลธรณีวิทยาอย่างเป็นระบบโดยเฉพาะอะไรที่ใช้เป็นหลักฐานที่แสดงว่ามีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเล อธิบายลักษณะทางตะกอนวิทยาของการสะสมตัวในบริเวณที่เคยมีน้ำทะเลท่วมขึ้นมา พร้อมกับนำเสนอแนวคิดใหม่ของการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในพื้นที่ราบภาคกลาง และท้ายสุดจะได้วิเคราะห์และเสนอแนวทางกำหนดแนวชายฝั่งทะเลไทยในสมัยโฮโลซีนว่าน่าจะอยู่ที่ตำแหน่งใดและมีรูปแบบอย่างไร ซึ่งในบทความนี้ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าน่าจะช่วยให้ผู้อ่านได้รับข้อมูลทางธรณีวิทยาเพิ่มเติมซึ่งอาจจะประยุกต์ไปตอบคำถามหรืออธิบายเหตุการณ์อื่นๆ เช่น เหตุการณ์ต่างๆ ในทางโบราณคดี ในช่วงสมัยโฮโลซีนตอนปลายได้

1. บทนำ

พื้นที่ชายฝั่งทะเลของประเทศไทยจัดได้ว่าเป็นพื้นที่เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศโดยแนวชายฝั่งปัจจุบันก็มีการเปลี่ยนแปลงในเชิงธรณีวิทยาหรือมีการเคลื่อนไหวในทางกายภาพอยู่ตลอดเวลา ทั้งการสะสมตัว (deposition) การกัดเซาะชายฝั่ง (coastal erosion) โดยการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพนี้ได้เกิดขึ้นมาตั้งแต่อดีตกาลแล้ว จากการศึกษาและงานวิจัยเก่าๆ ที่ผ่านมามีพบว่าแนวชายฝั่งทะเลปัจจุบันในพื้นที่ชายฝั่งของประเทศเกือบทั้งหมดเคยเป็นทะเลมาก่อน ซึ่งจากบทสรุปของงานวิจัยเก่าๆ ได้ชี้ให้เห็นว่า แนวชายฝั่งทะเลไทยในสมัยโฮโลซีนตอนกลางถึงตอนปลาย (middle to late Holocene) ได้เคยอยู่ในพื้นที่ที่เป็นแผ่นดินโดยมีการท่วมขึ้นไปของระดับน้ำทะเลที่เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลทั่วโลก (eustatic sea-level changes) การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนับได้ว่าเป็นบทสรุปที่ได้จากการศึกษาและการเทียบสัมพันธ์จากทั่วโลก และในประเทศไทยข้อสรุปดังกล่าวก็ได้ถูกนำมาอธิบายการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลในสมัยโฮโลซีนเช่นกัน (เช่น Sinsakul และคณะ ปี ค.ศ. 1985; Chonglakmani และคณะ ปี ค.ศ. 1983 เป็นต้น) การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลในพื้นที่ลุ่มต่ำของประเทศไทยยังเป็นที่สนใจของนักวิจัยทางธรณีวิทยาทั้งในประเทศและต่างประเทศเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน

2. ประวัติการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในประเทศไทย

ในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา ได้มีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลของประเทศไทยกันอย่างแพร่หลาย นักวิจัยจากหลากหลายสำนักได้พยายามใช้วิธีการต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลพื้นฐานทางธรณีวิทยารวมถึงการแปลผลของข้อมูลที่อาจจะแตกต่างกันในเชิงวิชาการ ตัวอย่างเช่น การนำเอาซากบรรพชีวิน หรือซากฟอสซิลเข้ามาอธิบายสภาวะแวดล้อมของการสะสมตัวของสิ่งมีชีวิตในขณะที่ยังมีชีวิตอยู่ รวมถึงการศึกษาชนิดและการประยุกต์เอาวิธีการกำหนดอายุโดยวิธีคาร์บอน 14 เข้ามาช่วยในการหาอายุวัตถุหรือซากบรรพชีวิน เช่น ซากหอยนางรมจากบริเวณวัดเจ็ดย้อย จังหวัดปทุมธานี พบว่า เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีชีวิตอยู่ในพื้นที่ที่มีน้ำทะเล หรือน้ำกร่อยมาก่อนในประมาณอายุ 5,000 กว่าปีมาแล้ว (Chonglakmani และคณะ ปี ค.ศ. 1983) เป็นต้น นักวิจัยทางธรณีวิทยาหลายๆ กลุ่มได้ใช้ข้อมูลตะกอนวิทยา เรณูวิทยา (เช่น Nutalaya และ Rau ปี ค.ศ. 1981; Somboon และ Thiramongkol ปี ค.ศ. 1990) มาช่วยในการลากแนวชายฝั่งทะเลโบราณ แต่มีอยู่บทความเดียวที่ได้ประยุกต์ใช้ข้อมูลโทรสัมผัส คือ การแปลผลรูปถ่ายทางอากาศเข้ามาช่วยลากแนวชายฝั่งทะเล (Supajanya ปี ค.ศ. 1981 และ 1983) ในบทสรุปของงานวิจัยเก่าไม่เฉพาะในประเทศไทยแต่รวมไปถึงคณะผู้วิจัยจากประเทศอื่นๆ ในภูมิภาคใกล้เคียงพบว่ามีบทสรุปไปในทำนองเดียว

กันคือมีการท่วมขึ้นมาจากระดับน้ำทะเลในพื้นที่ชายฝั่งทะเลในทุกประเทศ แต่ระดับของการท่วมขึ้นมาและช่วงเวลาทีระดับน้ำทะเลได้ขึ้นสูงสุดนั้นยังมีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1. เปรียบเทียบบทสรุปของนักวิจัยถึงช่วงเวลาที่น้ำทะเลได้ท่วมขึ้นมาสูงสุดในพื้นที่ประเทศไทยและภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

คณะผู้วิจัย	ช่วงเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเล (Years in BP)	
	เวลาที่น้ำทะเลขึ้นสูงสุด	เวลาที่น้ำทะเลเริ่มลดระดับมาจนถึงปัจจุบัน
ประเทศไทย		
Chonglakmani และคณะ (ปี 1983)	5,500 ± 50	**
Thiramongkol (ปี 1983)	6,000	3,670 ± 125 to 2,250 ± 110
Sinsakul และคณะ (ปี 1985) and Sinsakul (ปี 1992)	6,000 และ 4,500	6,000 to 4,700 และ 4,500 to 1,500
Somboon และ Thiramongkol (ปี 1992)	7,300 ถึง 6,500	6,500 ถึงปัจจุบัน
เอเชียตะวันออกเฉียงใต้		
Hesp และคณะ (ปี 1998) (สิงคโปร์)	7,000 ถึง 6,500	6,500 ถึงปัจจุบัน
Tjia (ปี 1986) (มาเลเซีย)	7,000 ถึง 6,000	6,000 ถึงปัจจุบัน
Hoang Ngoc Ky (ปี 1988) (เวียดนาม)	5,500 ถึง 3,500	3,500 ถึง 3,000
Le Van Cu และคณะ (ปี 1988) (เวียดนาม)	5,000 ถึง 4,500	4,500 ถึง 2,300

หมายเหตุ

**ในรายงานไม่ได้กล่าวถึง

จากตารางจะเห็นว่ามีความแตกต่างเกิดขึ้นอย่างชัดเจนถึงเรื่องช่วงเวลาที่น้ำทะเลได้เคยท่วมขึ้นสูงสุดในแต่ละพื้นที่ซึ่งบทสรุปที่แตกต่างกันนี้เองได้มีนักวิจัยเคยอธิบายว่า น่าจะเกิดจากสาเหตุและปัจจัยทางกายภาพในระดับท้องถิ่นหรือในแต่ละพื้นที่ (isostatic sea-level changes) ซึ่งหมายความว่า แต่ละพื้นที่จะมีสภาพธรณีวิทยาทางกายภาพแตกต่างกันออกไป เช่น อาจเกิดมีการเคลื่อนตัวของพื้นที่อันเนื่องจากรอยเลื่อนสมัยใหม่ (Thiramongkol ปี ค.ศ. 1986) หรือมีการปรับ

ระดับของพื้นที่ให้ต่ำลงอันเนื่องมาจากน้ำหนักที่กดทับของตะกอน เป็นต้น (Choowong ปี ก.ศ. 2002b)

3. หลักฐานการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในอดีต

การสำรวจเพื่อค้นหาหลักฐานทางธรณีวิทยาภาพและหลักฐานทางชีววิทยาที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในอดีตจัดได้ว่าเป็นหัวใจของการศึกษาธรณีสัณฐานวิทยาชายฝั่ง โดยเฉพาะการนำเอาหลักฐานเหล่านั้นมาอธิบายวิวัฒนาการการเกิดธรณีสัณฐานชายฝั่งที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลในอดีต

หลักฐานที่แสดงให้เห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลไม่เฉพาะในประเทศไทย แต่ได้จากการศึกษาวิจัยทั่วโลก สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ ด้วยกัน คือ (1) หลักฐานทางธรณีวิทยาและธรณีสัณฐาน (2) หลักฐานทางชีววิทยาและบรรพชีวินวิทยา และ (3) หลักฐานทางโบราณคดี ซึ่งหลักฐานใน 2 กลุ่มแรกได้มีการศึกษากันอย่างแพร่หลายในประเทศไทยแต่หลักฐานในกลุ่มสุดท้ายคือโบราณคดี ยังไม่มีผู้กล่าวถึงอย่างแพร่หลายนักในปัจจุบัน หลักฐานที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลในแต่ละกลุ่มเฉพาะที่พบในประเทศไทย มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) หลักฐานทางธรณีวิทยาและธรณีสัณฐาน

สภาพธรณีวิทยาในแต่ละพื้นที่จะมีความแตกต่างกันอยู่แล้ว เช่น ชนิดหินโผล่ (outcrop) ชนิดหินรองรับตะกอน (rock basement) เป็นต้น ซึ่งความแตกต่างของหินบริเวณชายฝั่งทะเลจะเป็นตัวการสำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดความแตกต่างในเรื่องแหล่งที่มาของตะกอน รวมถึงอัตราการพังทลายจากกระบวนการทางกายภาพต่างๆ เช่น การกัดเซาะโดยน้ำทะเล คลื่น หรือพายุ เป็นต้น ลักษณะความแตกต่างของหินในบริเวณชายฝั่งนี้เองที่อาจจะทำให้เกิดลักษณะทางกายภาพที่แสดงให้เห็นถึงการกัดเซาะจากตัวการทางกายภาพดังกล่าว เช่น รอยเว้าในหิน (sea notch) ลานหินราบ (platform) เกาะหินโค้ง (sea stack) ชุ้มหินโค้งชายฝั่ง (sea arch) เป็นต้น นอกจากนี้หลักฐานทางธรณีสัณฐานที่จะเป็นตัวช่วยบอกการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเล ได้แก่ แนวสันดอนทรายเก่า (old sand barrier) แนวสันทราย (beach ridges) แนวสันทรายเก่า (relict strandlines) ที่ถูกรานน้ำขึ้นถึงเก่า (former tidal flat) เป็นต้น

(2) หลักฐานทางชีววิทยาและบรรพชีวินวิทยา

ซากของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ที่ตายทับถมตัวอยู่ในชั้นตะกอนชายฝั่งที่พบในลักษณะการตายในตำแหน่งเดียวกับขณะที่มีชีวิตร่อนอยู่บนน้ำเป็นหลักฐานทางชีววิทยาที่สำคัญที่จะสามารถบ่งบอกสภาวะแวดล้อมขณะที่มีการสะสมตัวของตะกอนหรือขณะที่สิ่งมีชีวิตนั้นๆ ดำรงชีวิตร่อนอยู่ได้ ซากของสิ่งมีชีวิตที่พบในประเทศไทย ได้แก่ ซากไม้ป่าชายเลน ซากละอองเรณู ซากหอย เพรียง ปู เป็นต้น ซากสิ่งมีชีวิตเหล่านี้เมื่อนำไปหาอายุจะสามารถบอกถึงระยะเวลาที่สิ่งมีชีวิตต่างๆ อาศัยอยู่ได้ อย่างไรก็ตาม การที่จะบอกถึงระดับน้ำทะเลท่วมขึ้นมานั้นจะต้องคำนึงด้วยว่า ซากสิ่งมีชีวิตต่างๆ ที่นำมากำหนดอายุสะสมตัวอยู่ในระดับความลึกเท่าไร ซึ่งตรงจุดนี้เอง หลายๆ งานวิจัยไม่ได้คำนึงถึงจึงทำให้เกิดความผิดพลาดในเรื่องของการลากขอบเขตแนวชายฝั่งทะเลโบราณได้

(3) หลักฐานทางโบราณคดี

การขุดค้นพบซากเรือ สมอเรือและเสากระโดงเรือ ตลอดจนเครื่องใช้ต่างๆ ในชุมชนโบราณหลายๆ แห่งได้ถูกนำมาอธิบายการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลในอดีตเช่นกัน เช่น จากการศึกษาแนวชายฝั่งทะเลโบราณจากรูปถ่ายทางอากาศในพื้นที่ที่ราบภาคกลาง พบว่า ตำแหน่งที่ตั้งเมืองโบราณประมาณ 20 เมือง พบในระดับความสูง 3.5-4 เมตร เป็นเมืองในสมัยทวารวดี (Supajanya ปี ค.ศ. 1981) การเทียบเคียงทางโบราณคดีจัดได้ว่าเป็นการได้มาซึ่งอายุสัมพัทธ์ (relative age) ซึ่งจะแตกต่างจากอายุสัมบูรณ์ (absolute age) ที่ได้จากกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งแม้กระทั่งในทางธรณีวิทยาเองการเทียบเคียงก็เป็นสิ่งสำคัญและอาจจะทำให้ได้มาซึ่งอายุโดยประมาณในกรณีที่ไม่สามารถหาวัตถุอื่นๆ มาหาอายุทางวิทยาศาสตร์ได้

4. ชนิดของชายฝั่งและชั้นการสะสมตัวของตะกอนชายฝั่งในประเทศไทย

หากตั้งคำถามว่า ทำไมไม่ค่อยพบการสะสมตัวของตะกอนทรายหรือแนวสันทรายในพื้นที่ราบลุ่มภาคกลางหากกล่าวถึงพื้นที่ดังกล่าวเคยเป็นแนวชายฝั่งทะเลมาก่อน ทำไมชายฝั่งทะเลไทยมีความแตกต่างในเรื่องชนิดของตะกอนที่สะสมตัวชายฝั่ง คำตอบที่ดีที่สุดของคำถามข้างต้น ก็คือต้องเริ่มการทำความเข้าใจโดยการจำแนกชนิดชายฝั่งทะเลออกมาก่อน ในประเทศไทยได้เคยมีผู้จำแนกชายฝั่งทะเลไว้ตามชนิดของลักษณะปรากฏของตะกอน (lithofacies) และชนิดของธรณีสัณฐาน (landforms) โดยการกำหนดชนิดชายฝั่งจะเรียกชื่อตามชนิดของตัวการหรือปัจจัยทางสมุทรศาสตร์ (oceanographic factors) เป็น 2 ประเภท คือ (1) ชายฝั่งที่ได้รับอิทธิพลจากคลื่นลมทะเล (wave-dominated coast) ได้แก่ ชายฝั่งที่พบการสะสมตัวของตะกอนขนาดทรายหยาบ เช่น แนวสันดอน

ทราย แนวสันทราย ซึ่งในประเทศไทยพบบริเวณภาคใต้และทางด้านตะวันตกของอ่าวไทย และ (2) ชายฝั่งที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้นน้ำลง (tide-dominated coast) ได้แก่ ชายฝั่งที่พบการสะสมตัวของตะกอนขนาดเล็กละเอียด พวกดินโคลน ในประเทศไทยพบบริเวณภาคตะวันออก เช่น จังหวัด จันทบุรี ตราด และบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาหรือที่ราบลุ่มเจ้าพระยาตอนล่าง (Choowong ปี ค.ศ. 2002a) อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าในพื้นที่ราบลุ่มเจ้าพระยาตอนบนพบเป็นลักษณะของการสะสมตัว อันเนื่องมาจากการทำงานของทางน้ำผสมกับอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง ฉะนั้น อาจจะกล่าวได้ว่า ที่ราบลุ่มเจ้าพระยาตอนบนเคยเป็นชายฝั่งที่ได้รับอิทธิพลจากทางน้ำและน้ำขึ้นน้ำลง (tide- and fluvial-dominated coast) จะเห็นว่าการจำแนกชนิดของชายฝั่งจะมีความสัมพันธ์กับชนิดของตะกอนที่สะสมตัวในบริเวณนั้นๆ ด้วย นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยทางกายภาพอื่นๆ อีก เช่น ความลาดชันของพื้นผิวที่รองรับตะกอน (substrate gradient) ซึ่งความลาดชันของพื้นผิวรองรับตะกอนนี้จะเป็นตัวช่วยลดความแรงของกระแสคลื่นลมทะเล หากเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อย เช่น ที่ราบภาคกลาง จะไม่ค่อยพบการสะสมตัวของตะกอนขนาดทรายหรือแนวสันทราย หรืออาจจะพบได้ในลักษณะที่เป็นชั้นตะกอนบางแผ่ (tess) กระจัดกระจายในบางพื้นที่ปะปนอยู่กับชั้นตะกอนน้ำกร่อยที่เป็นดินเหนียว หรือดินโคลนสีดำ จะเห็นว่าอิทธิพลของปัจจัยทางสมุทรศาสตร์ เช่น ระดับน้ำขึ้นน้ำลง ทิศทางกระแสคลื่น ในแต่ละพื้นที่ที่มีความแตกต่างกัน เกิดจากการหมุนเวียนของกระแสน้ำ กระแสคลื่นในทิศทางปกติและตรงกันข้ามสลับกัน (normal and reverse circulation) (Choowong ปี ค.ศ. 2002a) ที่เกิดขึ้นในทะเลในแต่ละช่วงเวลา การเปลี่ยนทิศทางการไหลของกระแสน้ำและกระแสคลื่นอย่างฉับพลันจะสามารถทำให้ความสามารถที่น้ำทะเลจะพัดพาตะกอนมาสะสมตัวในบริเวณชายฝั่งได้ในปริมาณที่แตกต่างกันด้วย

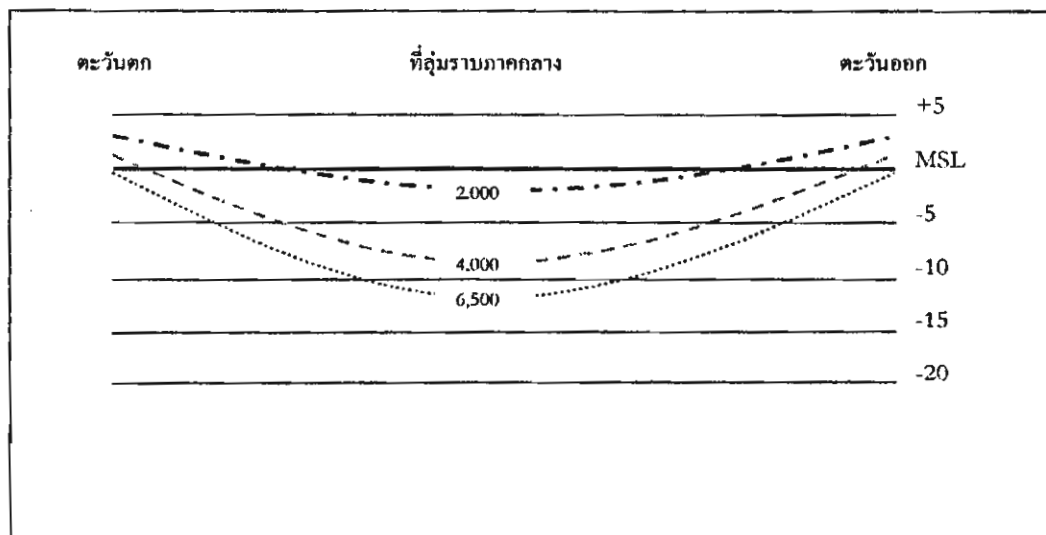
5. แนวคิดใหม่ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในที่ราบภาคกลาง

เป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางว่า ชั้นตะกอนดินเหนียวกรุงเทพ (Bangkok clay) ครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้างตลอดที่ราบลุ่มภาคกลางของประเทศไทย ซึ่งชั้นตะกอนดังกล่าวนี้ มีคุณสมบัติทางเคมีเป็นตะกอนน้ำกร่อย กล่าวคือ เกิดจากการสะสมตัวในบริเวณที่เป็นทะเลมาก่อน และมีความหนาแน่นมากในบริเวณที่ใกล้ชายฝั่งทะเลปัจจุบันและความหนาแน่นลดลงไปสิ้นสุดในแผ่นดิน บางนักวิจัยกล่าวว่าไปสิ้นสุดบริเวณจังหวัดอ่างทองหรือบางครั้งพบขึ้นไปถึงจังหวัดสิงห์บุรี นอกจากนี้ ชั้นตะกอนที่รองรับตะกอนดินเหนียวกรุงเทพจะเป็นชั้นตะกอนดินเหนียวแข็งมากปะปนกับทรายสีเหลืองเทา (Bangkok stiff clay) ซึ่งจากลักษณะทางกายภาพพบว่าเป็นชั้นตะกอนที่เกิดจากการพัดพาอันเนื่องมาจากการทำงานของแม่น้ำ จากการหาอายุชั้นตะกอนดังกล่าวได้อายุประมาณ 40,000-50,000 ปี (Nutalaya และ Rau ปี ค.ศ. 1981) ซึ่งเทียบได้กับตอนปลายสมัยไพลสโตซีน (late Pleistocene) อย่างไรก็ตามได้เคยมีการศึกษาชั้นตะกอนดินเหนียวกรุงเทพกันอย่างแพร่หลายรวมถึง

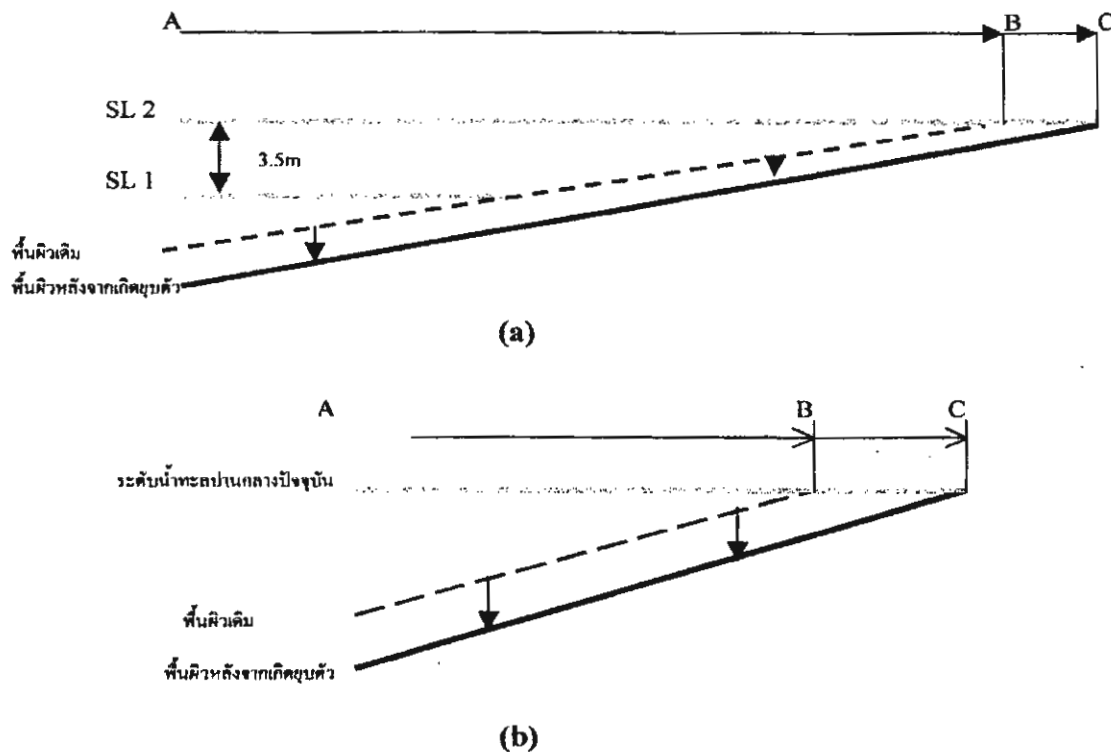
การนำเอาซากบรรพชีวินในชั้นตะกอนดังกล่าวไม่ว่าจะเป็นเศษถ่านไม้ หรือเศษเปลือกหอย ซากปู หรือไดอะตอม ไปศึกษาทางด้านสภาวะแวดล้อมของการสะสมตัวและกำหนดอายุวัตถุดังกล่าว พบว่า เป็นการสะสมตัวของตะกอนทะเลในช่วงสมัยโฮโลซีนในระดับความลึกที่แตกต่างกัน จะเห็นว่า หากนำข้อมูลอายุซากบรรพชีวินและระดับของการสะสมตัวที่พบซากบรรพชีวินเหล่านี้ทั้งจาก บริเวณชายฝั่งทะเลด้านตะวันตก ด้านตะวันออก และที่ราบลุ่มภาคกลางของอ่าวไทยมาหาความสัมพันธ์ดังแสดงในกราฟ (รูปที่ 1) จะพบว่า เส้นที่แสดงอายุเดียวกันของการสะสมตัว (time-line) ไม่ได้เป็นเส้นตรงแต่มีการขยุบตัวลงไปเสมือนแอ่งสะสมตัว ซึ่งลักษณะเส้นอายุดังกล่าวไม่ค่อยเป็นไปตามธรรมชาติของการสะสมตัวของตะกอนเท่าใดนัก การขยุบตัวของเส้นแสดงอายุเดียวกันเกิดขึ้นอย่างมากในพื้นที่ราบลุ่มภาคกลาง ถ้ามองอะไรเป็นสาเหตุของปรากฏการณ์ดังกล่าว ผู้เขียนได้ทำการการวิเคราะห์ข้อมูลและพยายามที่จะหาคำตอบก็พบว่ามีความเป็นไปได้ในสองแนวทาง แนวทางแรกคือ อาจเกิดจากการขยุบตัวของตะกอนในพื้นที่ดังกล่าว (Isostatic subsidence) บริเวณที่ราบภาคกลางอันเนื่องมาจากสภาพพื้นที่ที่เป็นแอ่งตะกอนขนาดใหญ่ และอันเนื่องมาจากน้ำหนักของน้ำ (hydro-isostatic subsidence) และน้ำหนักตะกอน (sedimento-isostatic subsidence) ที่สะสมตัวกันและกดทับชั้นตะกอนด้านล่างตลอดเวลาหลังจากเกิดการอัดตัว (compaction) การขยุบตัวนี้ก็จะเกิดขึ้นขณะที่มีการสะสมตัวของตะกอนน้ำกร่อยอย่างต่อเนื่อง (progradation) ในขณะที่ระดับน้ำทะเลมีการเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างต่อเนื่อง (regressive sea-level changes) ซึ่งการขยุบตัวนี้เองอาจจะทำให้การรุกของน้ำทะเลเข้าไปได้ไกลกว่าแนวชายฝั่งที่ควรจะเป็นตามปกติ (รูปที่ 2) แนวทางที่สองคือ เกิดจากการยกตัวของแผ่นดินอันเนื่องมาจากการแปรสัณฐานสมัยใหม่ (neo-tectonism) ซึ่งจากงานวิจัยเก่าที่ผ่านมามีผู้รายงานว่ามีการเลื่อนตัวของแผ่นดินสมัยใหม่ (neo-fault) เกิดขึ้นทางด้านตะวันออกของพื้นที่ราบลุ่มภาคกลาง (Thiramongkol ปี ค.ศ. 1986) อย่างไรก็ตามทั้งสองแนวคิดนี้เป็นสมมติฐานใหม่และต้องรอการพิสูจน์ทางธรณีวิทยาชายฝั่งต่อไป

6. บทวิเคราะห์แนวชายฝั่งทะเลไทยสมัยโฮโลซีน

หลายท่านคงสงสัยว่าแนวชายฝั่งทะเลไทยสมัยโฮโลซีนอยู่ที่ใดกันแน่ และชายฝั่งทะเลในสมัยนั้นน่าจะเป็นรูปแบบใด ในอดีตที่ผ่านมานักธรณีวิทยาหลายท่านได้พยายามลากขอบเขตของแนวชายฝั่งทะเลสมัยโฮโลซีน เช่น Nutalaya และ Rau (ปี ค.ศ. 1981) Supajanya (ปี ค.ศ. 1981 และ 1983) Somboon (ปี ค.ศ. 1990) เป็นต้น ซึ่งการลากขอบเขตดังกล่าวอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม ในบทความนี้ผู้เขียนขอแสดงความคิดเห็นและแนวทางการศึกษาชายฝั่งทะเลโบราณสมัยโฮโลซีน โดยจะขอเริ่มจากการวิเคราะห์แนวชายฝั่งทะเลที่เคยมีผู้ศึกษามาแล้วดังกล่าวข้างต้น



- รูปที่ 1. แผนภาพตัดขวางตั้งแต่ด้านตะวันตกผ่านที่ราบลุ่มภาคกลางถึงทางด้านตะวันออกแสดงเส้นแสดงอายุเดียวกัน (time-lines) ของการสะสมตัวของตะกอนในช่วงอายุ 2,000 ปี 4,000 ปี และ 6,500 ปี ที่ได้จากการหาอายุโดยวิธีคาร์บอน 14 จากลักษณะเส้น time-lines พบว่ามีการยุบตัวของชั้นตะกอนต่ำกว่าระดับปกติในบริเวณที่ราบภาคกลางเมื่อเปรียบเทียบกับด้านตะวันตกและด้านตะวันออก ซึ่งการยุบตัวอาจจะเกิดจากน้ำหนักของน้ำทะเลและตะกอนที่กดทับอยู่ด้านบนพื้นทะเลขณะที่มีการท่วมขึ้นและลดระดับลงของน้ำทะเล หรือ อาจจะเกิดจากแปรสัณฐานสมัยใหม่ (neo-tectonism) (ดัดแปลงจาก Choo Wong, ปี ค.ศ. 2002b)



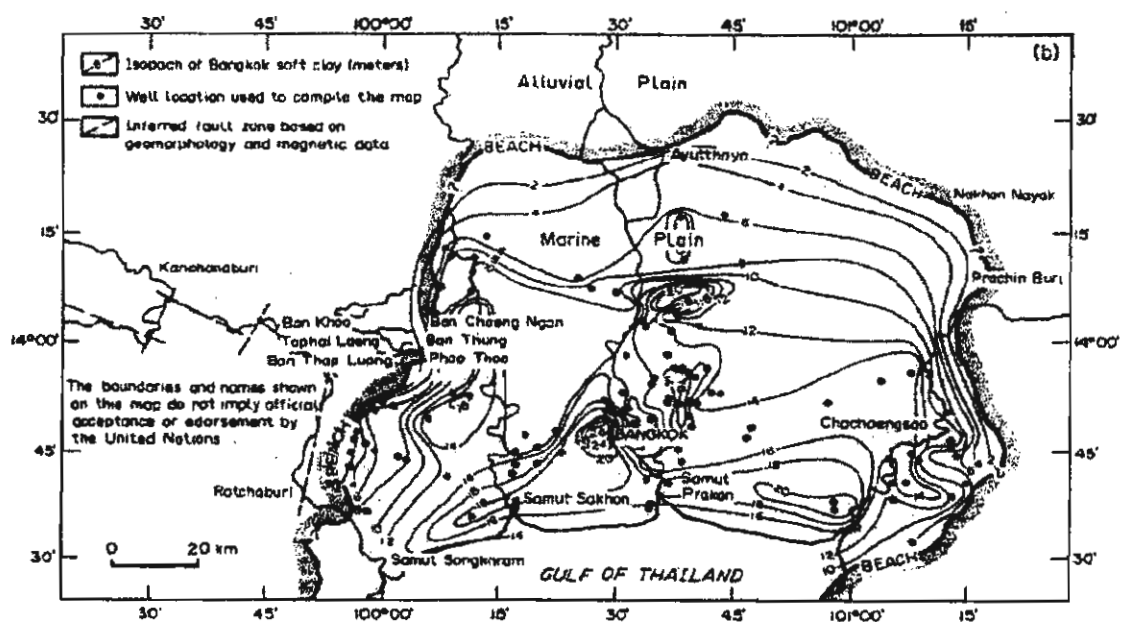
รูปที่ 2. แบบจำลองแสดงการปรับระดับพื้นผิวที่รองรับตะกอนในพื้นที่ลุ่มต่ำชายฝั่งทะเลไทยโดยเฉพาะที่ราบลุ่มต่ำภาคกลาง (รูปบน a) แสดงการท่วมขึ้นมาน้ำทะเลจากระดับ SL1 ถึง SL2 โดยมีระดับการท่วมขึ้นมาประมาณ 3.5 เมตร น้ำหนักของน้ำทะเล (hydro-isostatic subsidence) และน้ำหนักของตะกอนที่ปิดทับอยู่ด้านล่างบนพื้นทะเล (sedimento-isostatic subsidence) อาจจะทำให้เกิดการกดทับและยุบตัวได้ ซึ่งการยุบตัวนี้อาจจะทำให้ระดับน้ำทะเลรุกเข้าไปในแผ่นดินจาก A ไป C แทนที่จะเป็นจาก A ไป B (รูปล่าง b) แสดงผลการยุบตัวในปัจจุบันที่เกิดจากการสูบน้ำใต้ดินไปใช้โดยเฉพาะในเขตที่ราบภาคกลางตอนล่าง ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการรุกเข้ามาของน้ำทะเลคล้ายกับกรณีรูปบนได้

(ดัดแปลงจาก Choowong ปี ค.ศ. 2002b)

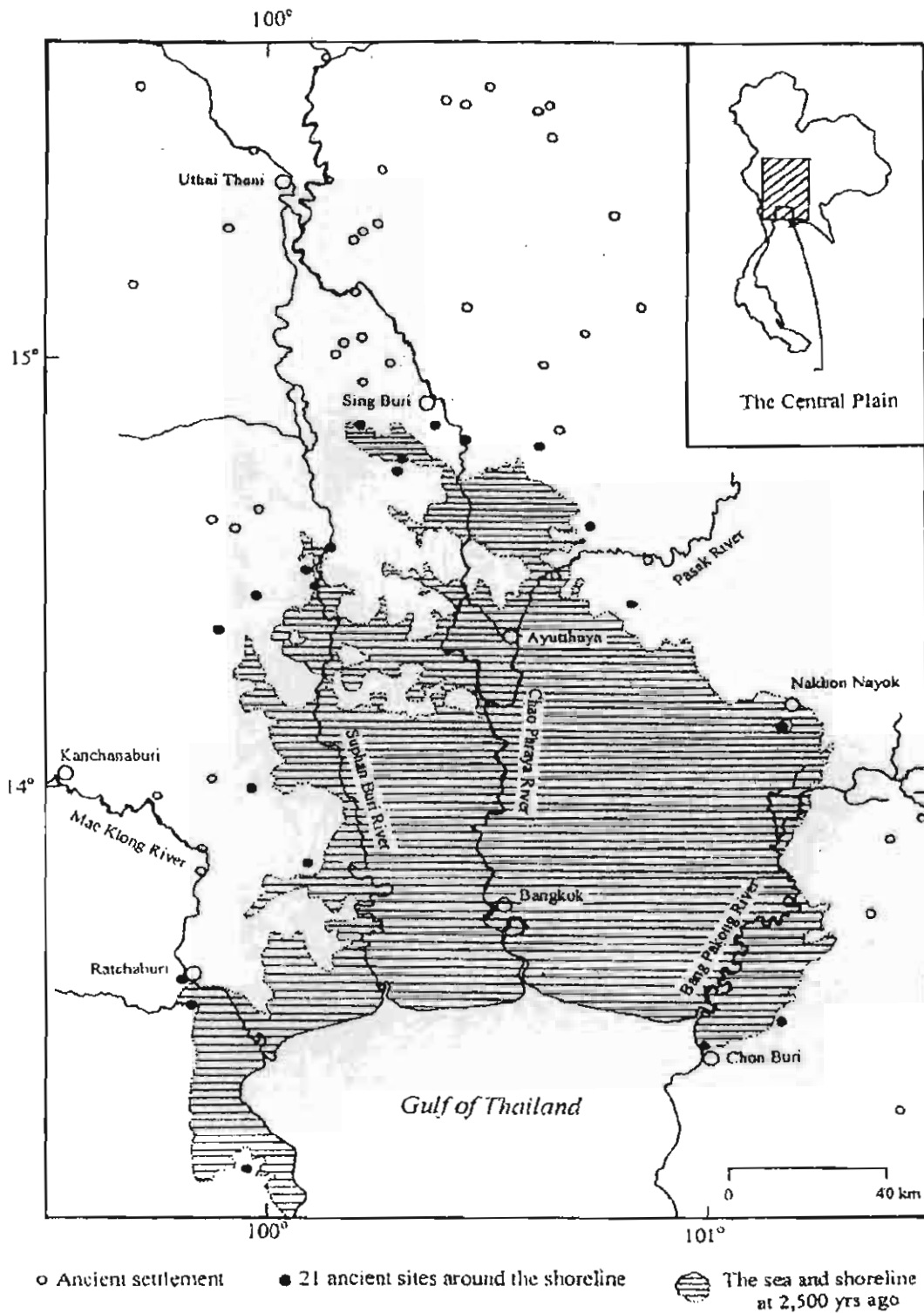
Nutalaya และ Rau (ปี ค.ศ. 1981) และ Somboon (ปี ค.ศ. 1990) ได้ใช้การเจาะสำรวจชั้นตะกอนและลักษณะตะกอนที่พบเป็นตัวบ่งชี้แนวชายฝั่งทะเลเก่าในช่วงอายุต่างๆ กัน และได้ลากแนวชายฝั่งทะเล ดังแสดงในรูปที่ 3 และรูปที่ 4 ในขณะที่ Supajanya (ปี ค.ศ. 1981 และ 1983) ได้ลากแนวชายฝั่งทะเลสมัยตอนปลายโฮโลซีนจากรูปถ่ายทางอากาศโดยสัมพันธ์กับการตั้งถิ่นฐานชุมชนโบราณสมัยทวารวดี (รูปที่ 5) โดยสรุปได้ว่า แนวชายฝั่งทะเลดังกล่าวอยู่ที่ระดับความสูง 3.5-4 เมตร จากระดับน้ำทะเลปัจจุบัน นอกจากนี้กลุ่มนักวิจัยล่าสุดที่ได้นำเสนอวิวัฒนาการของธรณีสัณฐานที่เกี่ยวข้องกับแนวชายฝั่งทะเลโบราณของที่ราบภาคกลาง คือ Umitso และคณะ (ปี ค.ศ. 2002) (รูปที่ 6) และ Saito และคณะ (ปี ค.ศ. 2002) (รูปที่ 7) ซึ่งการลากขอบเขตแนวชายฝั่งทั้งหมดมีเหตุผลและอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลที่แตกต่างกันทำให้การตีความหมายของแต่ละคณะวิจัยได้ผลสรุปที่แตกต่างกันไปด้วย

อย่างไรก็ตามในบทความนี้ ผู้เขียนขอนำเสนอแนวทางในการลากขอบเขตแนวชายฝั่งทะเลโบราณโดยเฉพาะชายฝั่งทะเลในสมัยโฮโลซีนตอนปลาย โดยน่าจะเริ่มจากการวิเคราะห์ข้อมูลโทรสัมผัส เช่น การแปลข้อมูลจากรูปถ่ายทางอากาศ รูปถ่ายจากดาวเทียม ก่อนที่จะมีการสำรวจหาหลักฐานทางกายภาพทางธรณีวิทยาและธรณีสัณฐานวิทยา หลักฐานทางชีววิทยาและบรรพชีวินในภาคสนาม (ดังแสดงในหัวข้อที่ 3) ที่แสดงถึงระดับที่น้ำทะเลขึ้นสูงสุดสูงสุดในสมัยโฮโลซีน (Holocene highstand) เมื่อทราบระดับที่แสดงถึงการท่วมขึ้นมาสูงสุดของน้ำทะเลที่แน่นอนแล้วอาจจะสามารถกำหนดแนวชายฝั่งอย่างคร่าวๆ จากการกลับไปตรวจสอบผลการแปลข้อมูลโทรสัมผัสในขณะนี้น้ำทะเลท่วมขึ้นมาสูงสุดได้โดยเฉพาะที่ราบภาคกลางซึ่งเป็นบริเวณที่ค่อนข้างจะกำหนดขอบเขตความสูงของพื้นที่ในอดีตได้ค่อนข้างยากซึ่งทำได้โดยการกำหนดขอบเขตตามระดับความสูงของพื้นที่หรือสภาพภูมิประเทศในปัจจุบัน ซึ่งแนวชายฝั่งที่ได้จะเป็นแนวชายฝั่งโดยประมาณเพราะเราไม่สามารถทราบถึงลักษณะภูมิประเทศในอดีตได้อย่างชัดเจนโดยเฉพาะเมื่อประมาณตอนกลางสมัยโฮโลซีน หลังจากทราบความสูงที่น้ำทะเลท่วมขึ้นมาสูงสุดแล้ว สิ่งต่อมาที่ควรจะทำคือ ต้องสร้างกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงของระดับน้ำทะเลสัมพันธ์กับช่วงเวลาต่างๆ (sea-level curve) เพื่อให้เห็นวิวัฒนาการการขึ้นลงของระดับน้ำทะเลโดยภาพรวมตั้งแต่ตอนต้นสมัยโฮโลซีนมาจนถึงปัจจุบัน การสร้าง sea-level curve สามารถทำได้จากการนำผลวิเคราะห์อายุของซากชีวิตที่ได้ในระดับความลึกต่างๆ ซึ่งขั้นตอนการเก็บตัวอย่างและการหาอายุจำเป็นต้องมีความระมัดระวังเป็นอย่างมากในเรื่องของค่าความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในทุกขั้นตอน

ในประเทศไทยกราฟแรก que แสดงการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลในสมัยโฮโลซีนสร้างขึ้นโดย Sinsakul และคณะ (ปี ค.ศ. 1985) (รูปที่ 8) และล่าสุด Choowong (ปี ค.ศ. 2002a) ได้สร้างกรอบของกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเล (รูปที่ 9) จากกราฟของ Sinsakul และคณะ (ปี ค.ศ. 1985) จะเห็นว่าที่ระดับความสูงประมาณ 4-5 เมตรจากระดับน้ำทะเลปัจจุบันเป็นระดับที่น้ำทะเลเคยท่วมขึ้นมาสูงสุดในประเทศไทย ซึ่งเป็นระดับที่แตกต่างจากกราฟที่เสนอโดย Choowong (ปี

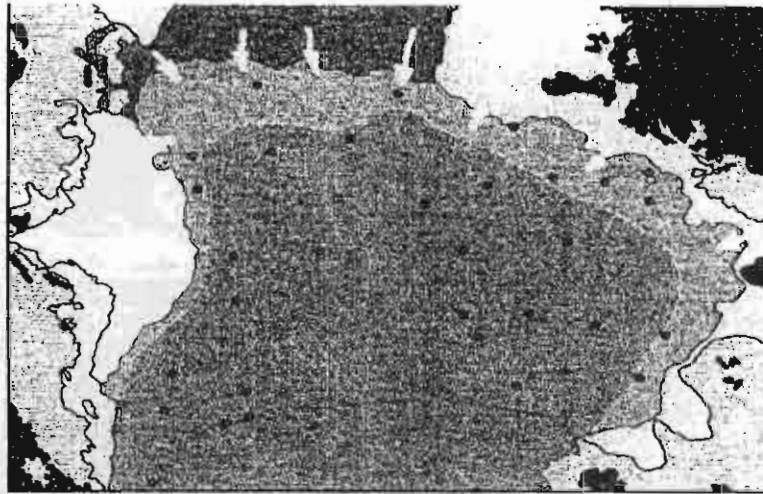


รูปที่ 3 แสดงแนวชายฝั่งทะเลโบราณ (palaeo-shoreline) โดย Nutalaya และ Rau (ปี ค.ศ. 1981)

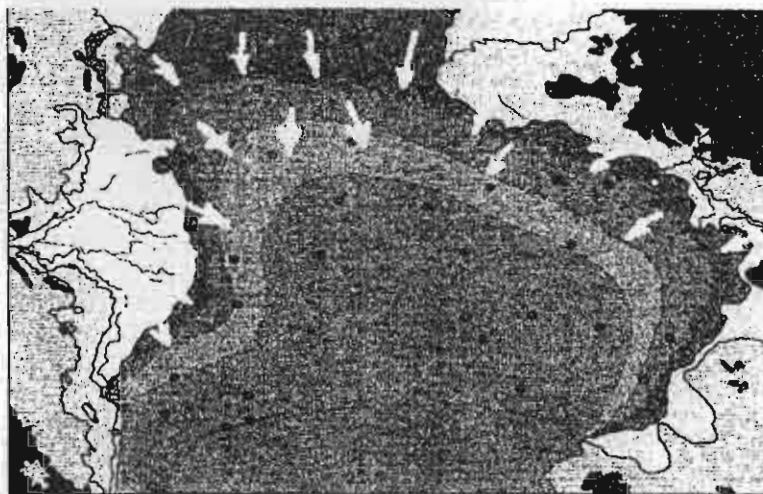


รูปที่ 5 แสดงชายฝั่งทะเลโบราณ (palaeo-shoreline) ประมาณสมัยทวารวดีอยู่ที่ระดับความสูงภูมิประเทศประมาณ 2-3.5 เมตร ที่สัมพันธ์กับการตั้งถิ่นฐานชุมชนโบราณ (คัดแปลงจาก Supajanya ปี ค.ศ. 1981)

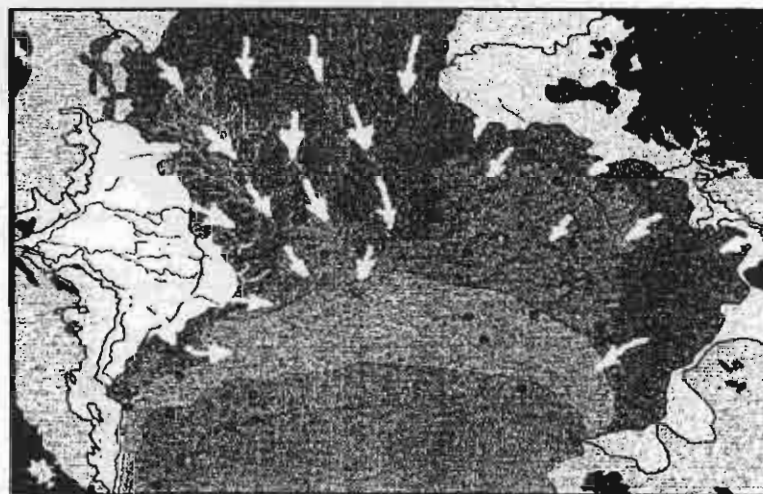
7,000 cal. yr BP



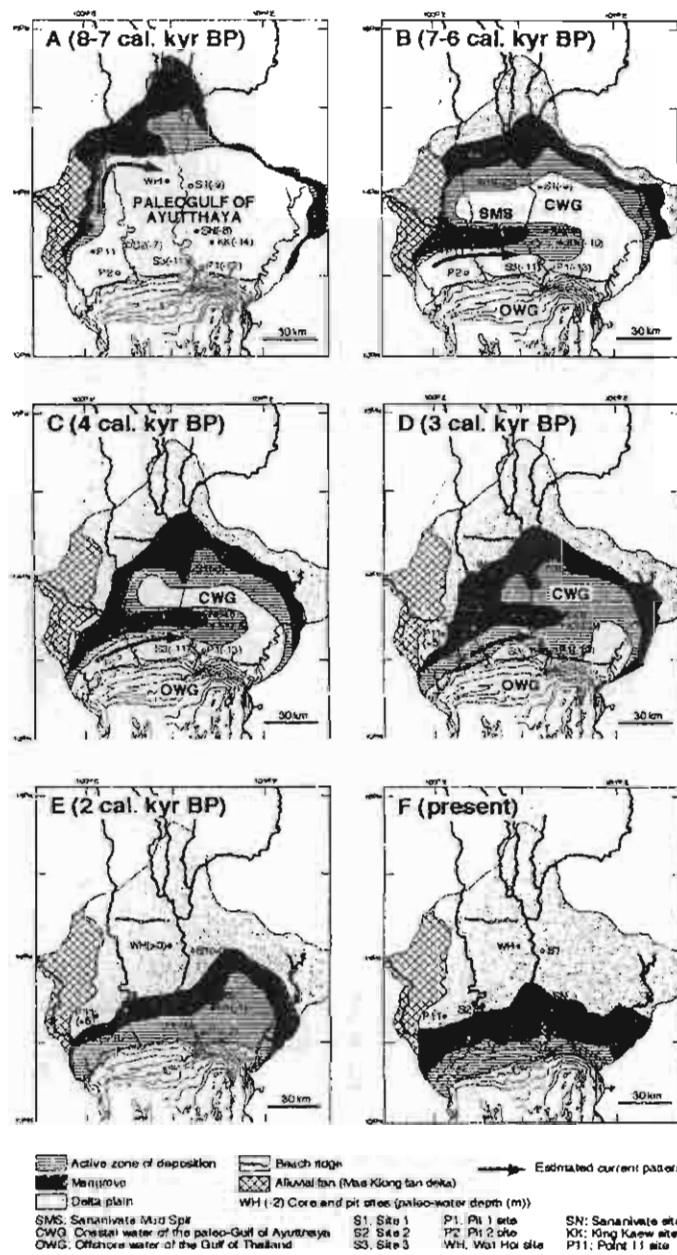
4,000 cal. yr BP



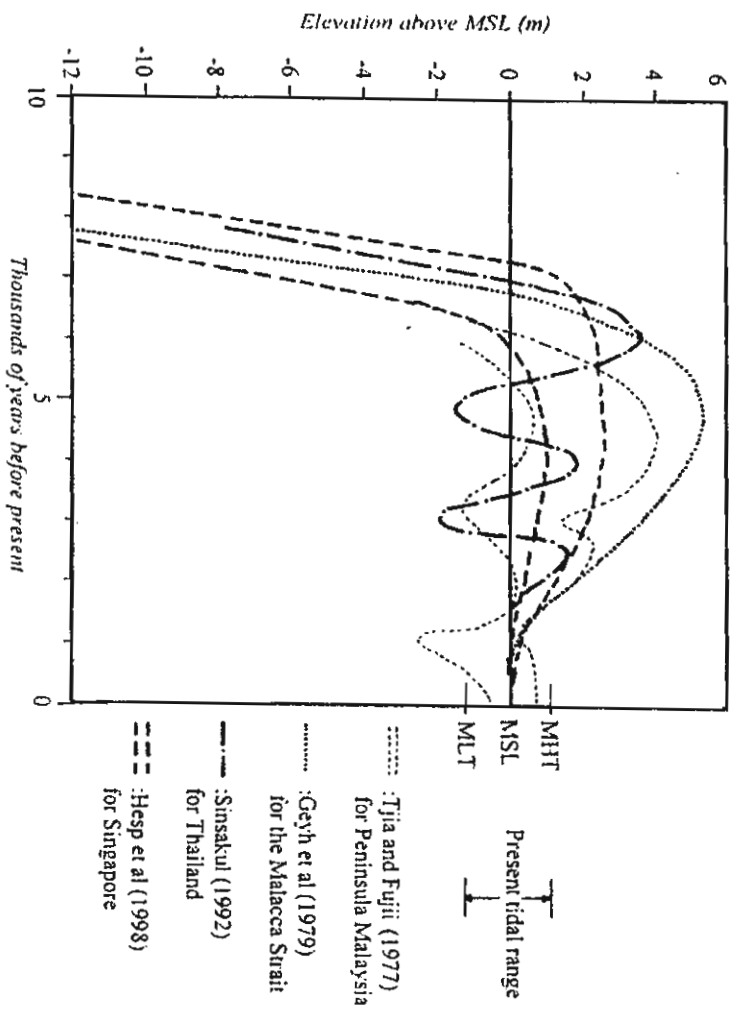
2,000 cal. yr BP



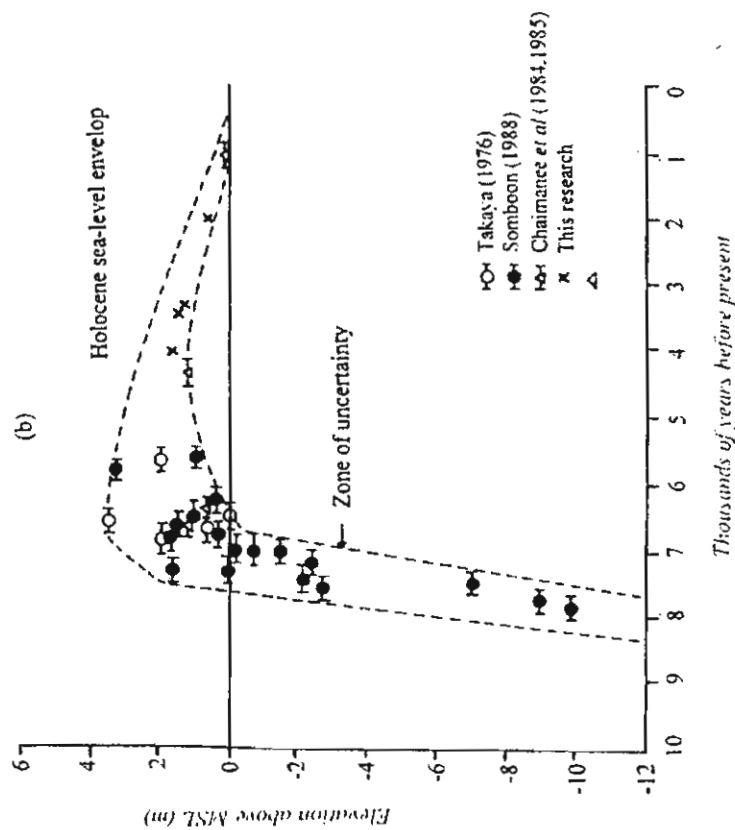
รูปที่ 6 แสดงแนวชายฝั่งทะเล โบราณและวิวัฒนาการธรณีสัณฐานบริเวณที่ราบภาคกลาง (ดัดแปลง
จาก Umitzu และคณะ ปี ค.ศ. 2002)



รูปที่ 7 แสดงวิวัฒนาการธรณีสัณฐานในสมัยโฮโลซีนบริเวณที่ราบภาคกลาง (ดัดแปลงจาก Saito และคณะ ปี ค.ศ. 2002)



รูปที่ 8 แสดงเส้นกราฟการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเล (sea-level curve) ของประเทศไทยโดย Sinsakul และคณะ (ปี ค.ศ. 1985) เปรียบเทียบกับกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลในประเทศมาเลเซียด้วยมือกลึงได้ (คัดแปลงจาก Choowong ปี ค.ศ. 2002a)



รูปที่ 9 แสดงกรอบเส้นกราฟของการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเล (sea-level curve envelop) ในประเทศไทย ซึ่งได้จากการนำค่าอายุที่ได้จากวิธีคาร์บอน 14 จากกราฟจะเห็นว่าน้ำทะเลได้เคยท่วมขึ้นมาสูงสุดที่ระดับความสูงประมาณ 3.5-4 เมตร ในช่วงเวลาประมาณ 6,500 ปีที่ผ่านมา (คัดแปลงจาก Choowong ปี ค.ศ. 2002)

ค.ศ. 2002a) เล็กน้อย อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับกราฟที่ได้จากประเทศในแถบภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้พบว่า มีลักษณะของการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายคลึงกันและระดับที่น้ำทะเลท่วมขึ้นสูงสุดก็ไม่แตกต่างกันมากนัก

และจากแนวคิดใหม่เรื่องการยุบตัวของตะกอนโดย Choowong (ปี ค.ศ. 2002b) ที่ได้นำเสนอไปแล้วข้างต้นนั้นจะพบว่า การลากขอบเขตแนวชายฝั่งทะเลโบราณในพื้นที่ราบลุ่มภาคกลางอาจจะทำได้ไม่ง่ายนักและควรคำนึงถึงอัตราการยุบตัวของชั้นตะกอนที่อาจจะมีผลสืบเนื่องไปถึงการเปลี่ยนระดับของสภาพภูมิประเทศตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันได้ ซึ่งอาจกล่าวโดยสรุปได้ว่า รูปแบบและขอบเขตของแนวชายฝั่งทะเลโบราณในสมัยโฮโลซีนตอนกลางถึงตอนปลายอาจจะไม่เป็นไปตามที่นักวิจัยเก่าๆ ได้นำเสนอมาก็เป็นได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานศิลปากรที่ 2 จังหวัดสุพรรณบุรี ที่ได้เชิญผู้เขียนเป็นวิทยากรในการประชุมสัมมนา เรื่อง ความก้าวหน้าในการศึกษาด้านโบราณคดีและเมืองโบราณในวัฒนธรรมทวารวดี ข้อมูลที่นำมาเผยแพร่ในบทความนี้ส่วนหนึ่งได้มาจากโครงการวิจัยวิวัฒนาการชายฝั่งทะเลไทย สนับสนุนโดยกองทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ได้รับความช่วยเหลือจากโครงการวิจัยแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย และภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

- Chonglakmani, C., Ingavat, R., Piccoli, G., and Robba, E. 1983. The last marine submersion of the Bangkok area in Thailand. *Memorie Di Scienze Geologiche*. Padova Vol. XXXVI, 35-352.
- Choowong, M., 2002a. The geomorphology and assessment of indicators of sea-level changes to study coastal evolution from the Gulf of Thailand. The International Symposium on Geology of Thailand, 26-31 August 2002, Bangkok, Thailand., pp207-220
- Choowong, M., 2002b. Isostatic models and Holocene relative changes in sea level from the coastal lowland area in the Gulf of Thailand. *Journal of Scientific Research, Chulalongkorn University*, Vol. 27, No. 1, pp. 83-92.

- Hesp. A.P., Hung, C.C., Hilton, M., Ming, C.L., Turner, M.I. 1998. A first tentative Holocene Sea level curve for Singapore. *Journal of Coastal Research*. 14(1), Royal Palm Beach, Florida., 308-314.
- Hoang Ngoc Ky. 1989. The Quaternary Geology of the Mekong Lower Plain and Islands in Southern Vietnam. *Proceedings of the Workshop on Correlation of Quaternary Successions in South, East and Southeast Asia*. November 21-24, 1988. Bangkok, Thailand., 215-242.
- Le Van Cu, Nguyen Dich Dy and Dao Thi Mien. 1989. Stratigraphy of the Pliocene-Quaternary Deposits on the Southeastern Vietnam Continental Shelf and the Mekong Delta. *Proceedings of the Workshop on Correlation of Quaternary Successions in South, East and Southeast Asia*. November 21-24, 1988. Bangkok, Thailand., 243-250.
- Nutalaya, P., and Rau, J.J. 1981. Bangkok: The Sinking Metropolis. *Episodes*. Vol. 1981. No.4., 3-8.
- Saito, Y., Tanabe, S, Sato, Y., Suzuki, Y., 2002. Holocene evolution of the Lower Central Plain of Thailand. The Symposium on Geology of Thailand, 26-31 August, 2002, Bangkok, Thailand, pp. 201-206.
- Sinsakul, S., Sonsuk, M., and Hasting, P.J. 1985. Holocene sea levels in Thailand: evidence and basis for interpretation. *Geol. Soc. Thailand*, 8, 1-12.
- Sinsakul, S. 1992. Review Paper: Evidence of Quaternary sea level changes in the coastal areas of Thailand: a review. *Jour. of SE Asian Earth Sciences*. Vol.7, No. 1, 23-37.
- Somboon, J.R.P., 1990. Geomorphology of the Chao Phraya Delta, Thailand. Unpublished Ph.D Dissertation, Kyoto University, Japan, 86.
- Somboon, J.R.P. and Thiramonkol, N. 1992. Holocene highstand shoreline of the Chao Phraya Delta, Thailand. *Jour. of SE Asian Earth Sciences*. Vol.7, No.1., 53-60.
- Supajanya, T., 1981. Delineation of the regression shorelines in the lower Chao Phraya Plain. *Proceedings of the Seventeenth Session, Committee for Coordination of Joint Prospecting for Mineral Resources*, pp. 232-237.

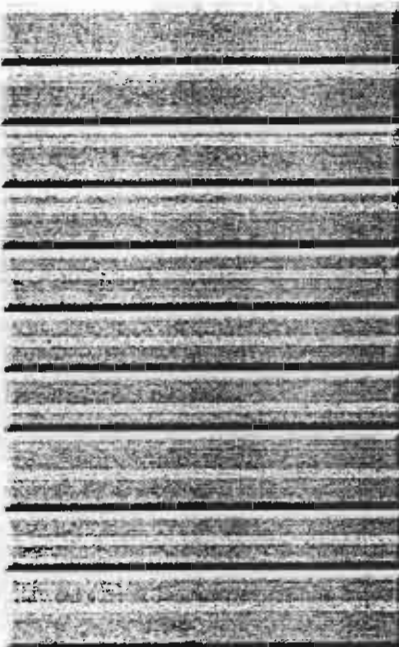
- Supajanya, T., 1983. Tentative correlation of old shorelines around the Gulf of Thailand. First Symposium on Geomorphology and Quaternary Geology of Thailand, Bangkok, Thailand, October 1983, pp. 96-105.
- Thiramongkol, N. 1983. Geomorphology of the lower Central Plain, Thailand. Third Meeting of the Working Group on Geomorphology and Quaternary Geology of Thailand, Bangkok, Thailand. October 1983, 13-25.
- Thiramongkol, N. 1986. Neotectonism and rate of uplift in the eastern margin of the lower Central Plain of Thailand. *Proceedings of the Workshop on Economic Geology, Tectonics, Sedimentary Processes and Environment of Southeast Asia*, Haad Yai, Thailand, 3-7 February 1986, 3-22.
- Tjia, H.D. 1986. Tectonics, volcanism and sea level changes during the Quaternary in Southeast Asia. In Thiramongkol, N. (ed.), *Proceedings of Workshop on Economic Geology, Tectonics, Sedimentary Processes and Environment of Southeast Asia*, Haad Yai, Thailand, 3-7 February 1986, 3-22.
- Umitsu, M., Tiypairach, S., Chaimanee, N., Kawase, K., 2002. Late Holocene sea-level change and evolution of the Central Plain, Thailand. The Symposium on Geology of Thailand, 26-31 August, 2002, Bangkok, Thailand, pp. 196-200.



สมาคม
วิทยา

22/06/47 - 16:01:54

CONTENT



การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วทท.) ครั้งที่ 29 20 - 22 ตุลาคม 2546 ณ ศูนย์ประชุมอเนกประสงค์กาญจนาภิเษก มหาวิทยาลัย ขอนแก่น

การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วทท.) เป็นการประชุมวิชาการระดับประเทศที่จัดขึ้นทุกปี โดยสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ซึ่งครอบคลุมทุกสาขาวิชาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผู้เข้าร่วมประชุมเป็นนักวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและบุคคล ที่สนใจจากในประเทศและต่างประเทศ จึงเป็นโอกาสพิเศษ สำหรับบุคลากรทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจากทั่วประเทศจะได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและประสบการณ์กับนักวิจัย ที่มีชื่อเสียง ระดับชาติและนานาชาติ วทท.29 เป็นการประชุมที่จัดร่วมกับคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ภายใต้ชื่อการประชุม "วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น"

สนับสนุนโดย ...



สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยีแห่งชาติ

สำนักงาน
กองทุน
สนับสนุน
การวิจัย

มูลนิธิส่งเสริมวิทยา
ศาสตร์
และเทคโนโลยี
ในพระบรม
ราชูปถัมภ์

กระทรวงวิทยา
ศาสตร์และ
เทคโนโลยี

$$\ln\left(\frac{t_R - t_M}{t_M}\right) = a + bz + \frac{c}{T} + \frac{dz}{T} \quad \text{Eq.1}$$

where t_M is the gas hold-up time, T is the absolute temperature, z is the carbon number of the of fatty acid, a , b , c and d are thermodynamically related constants. Eq.1 is limited to predict the t_R of fatty acid ester of methyl alcohol. For esters of other alcohols, the 4 numeric constants of Eq. 1 must be re-determined. Thus, it would be very inconvenient in using Eq. 1 to predict the t_R of natural waxes, which are mixtures of esters of fatty acids and alcohols of different chain length. Eq.1 is expanded to Eq.2, which can be used to predict the t_R of esters of longer alcohol chain length.

$$\ln\left(\frac{t_R - t_M}{t_M}\right) = a + b_1z_1 + b_2z_2 + \frac{c}{T} + \frac{d_1z_1}{T} + \frac{d_2z_2}{T} \quad \text{Eq.2}$$

where, the subscripts 1, and 2 signify the acid and alcohol, respectively.

Eq.2 is used successfully to predict the t_R of esters long chain fatty acid (C_{14} - C_{18}) and alcohols (C_{14} - C_{22}) at temperature between 290 – 310 °C, with 5 °C interval. Most of the predicted t_R values differ from the experimental values of less than 1%. The highest difference is 2.12 %.

SC-223P: KINETICS OF AN ENZYME MODEL SYSTEM SHOWING PH OSCILLATIONS

Narin Lawan¹, Atchara Sirimungkala¹, Somkiat Srijaranai¹, and Marcus Hauser²,

¹Department of Chemistry, Faculty of Science, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand; ²Abteilung Biophysik, Institut für Experimentelle Physik, Otto-von-Guericke-Universität, Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg, Germany; e-mail address: L_narin@hotmail.com

Abstract: Kinetics of an enzyme model system showing pH oscillations (hemin-hydrogen peroxide-sulfite system) have been studied by UV-visible spectroscopic techniques and measurements of the pH values as a function of time. It is found that the reaction of sulfite-hydrogen peroxide is the autocatalytic oxidation of sulfite by hydrogen peroxide. The reactions of hemin-hydrogen peroxide and of hemin-sulfite have been considered as the consecutive reactions. The mechanisms of all reactions have been proposed.

SC-224P: GEOLOGICAL EVIDENCE OF SEA-LEVEL CHANGES FROM THE EASTERN THAILAND

Montri Chooowong^{a,b}, Veerote Doerck^a, Punya Charusiri^a, Non Prapasanon^c, Withit Chanthasomboon^d and Rattakorn Songmeung^a

^aDepartment of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Phrayathai Bangkok, 10330, Thailand; e-mail address: ^bmchoowong@chula.com, ^cPTTEP Co., LTD (Public), ^dTrenchless Technology Thailand Co., LTD.

Abstract: Study on the changes in sea level during the Holocene epoch from the eastern Thailand is of particular interest in terms of how the changes play a role in controlling the development of the coastal area in this present large tide-dominated coast. The changes in sea level are accepted worldwide to have closely related to the evolution of the coastal plain. In the eastern part of Thailand, there is some geological evidence that will be able to unveil the Holocene sea level changes. The coastal area around Chanthaburi province is, therefore, selected for this investigation. The emphasis was made on the study of landforms in relation to their morpho-stratigraphies. We used remote sensing data, including aerial photographs and Landsat TMS to make the geomorphological map in the first stage. Coring was then designed to study detail stratigraphy, physical properties of coastal sediments, particularly grain-size distribution. As a result, the best geological evidence of the changes in sea level from the eastern Thailand include some spectacular palaeo-landforms; relict strandlines and palaeo-sand spit¹, which located at about 10 km far away from the present shoreline. Their geographic positions are the indicator of palaeo-shoreline during their depositional period and also indicate the direction of west-east longshore and wave currents. The alignment of relict strandlines and palaeo-sand spit in this coastal plain indicates their formation during the stability of sea level. Due to this coastal area is sheltered by the headlands in the west, the dimension of strandlines can be used to indicate the progradation of the sea during it reached highstand. However, the absolute dating from those landforms has not been reported previously, but the relative age can be referred to the late Pleistocene to early Holocene.

SC-225P: THE Ni-SAPO-44 CATALYST FOR METHANOL TO OLEFINS

Saksit Wongkularb, Aticha Chaisuwan*

Materials Chemistry and Catalysis Research Unit, Department of Chemistry, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand; e-mail: Aticha.C@Chula.ac.th

Abstract: Ni-SAPO-44 was studied as a catalyst for conversion of methanol to olefins. Ni-SAPO-44 was hydrothermally synthesized from a gel containing aluminum isopropoxide, phosphoric acid, colloidal silica, nickel nitrate and cyclohexylamine. A pure phase of Ni-SAPO-44 was obtained by controlling of the gel composition and condition for crystallization. Conditions for methanol conversion to olefins were studied. The activities of the catalyst were compared at different contact time and temperatures. Methanol conversion was observed in the range from 93 to 100% and selectivity to formation of a mixture of ethylene and propylene was about 85%. Raising temperature from 450 to 500°C results in an increase of selectivity to ethylene but the propylene selectivity decreases. Amount of coke formed on the catalyst depends on time on stream.

SC-226P: SYNTHESIS OF THE MESOPOROUS MATERIAL Fe-SBA-15

Kullatat Suwatpipat, Aticha Chaisuwan*

หลักฐานทางธรณีวิทยาของการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลจากภาคตะวันออกของประเทศไทย

GEOLOGICAL EVIDENCE OF SEA-LEVEL CHANGES FROM THE EASTERN THAILAND

มนตรี ชูวงศ์^{a,b}, วิโรจน์ คาวฤกษ์^a, ปัญญา ชารุศิริ^a, นนท ประภาสโนบล^c, วิจิต จันทสมบุญ^d และ รัฐกร สองเมือง^a

Montri Choo Wong^{a,b}, Veerote Doererk^a, Punya Charusiri^a, Non Prapasanobon^c, Withit Chanthasomboon^d and Rattakorn Songmeung^a

^a Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Phrayathai Bangkok, 10330, Thailand; e-mail address: ^bmchoowong@chula.com

^c PTTEP Co., LTD (Public), ^d Trenchless Technology Thailand Co., LTD.

บทคัดย่อ: การศึกษาเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลในสมัยโฮโลซีนจากบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยกำลังเป็นที่สนใจโดยเฉพาะในเชิงการค้นหาคำตอบที่ว่า การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมีอิทธิพลต่อการควบคุมวิวัฒนาการของชายฝั่งที่เป็นชายฝั่งที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้นน้ำลงบริเวณนี้ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลเป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลายในสากลว่ามีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับวิวัฒนาการชายฝั่งทะเล ในพื้นที่ภาคตะวันออกของประเทศไทยพบว่ามีหลักฐานทางธรณีวิทยาบางอย่างที่สามารถเป็นตัวบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลในสมัยโฮโลซีน ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้พื้นที่ชายฝั่งทะเลจังหวัดจันทบุรีได้ถูกเลือกเป็นพื้นที่ศึกษา โดยมุ่งเน้นการศึกษารณีฐานที่สัมพันธ์กับการสะสมตัวของตะกอน เราได้ใช้ข้อมูลโทรสัมผัสประกอบด้วยรูปถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายเทียมสำรวจทรัพยากรในการสร้างแผนที่ธรณีฐานวิทยา นอกจากนี้ยังมีการเจาะสำรวจชั้นตะกอนเพื่อศึกษารายละเอียดของการดำเนินชั้นตะกอนและคุณสมบัติทางกายภาพ โดยเฉพาะการกระจายตัวของขนาดตะกอนชายฝั่ง หลักฐานทางธรณีวิทยาที่ดีที่สุดที่พบประกอบด้วยธรณีฐานในอดีต ได้แก่ แนวสันทรายเก่า และสันดอนจอยเก่า ซึ่งพบอยู่ห่างจากชายฝั่งปัจจุบันประมาณ 10 กิโลเมตร ตำแหน่งที่พบธรณีฐานดังกล่าวจะใช้เป็นตัวบ่งชี้แนวชายฝั่งโบราณในช่วงที่ตะกอนสะสมตัวและบอกถึงทิศทางการพัดพาของกระแสน้ำและคลื่นในขณะนั้นว่าอยู่ในทิศตะวันตกไปทางทิศตะวันออก แนวการวางตัวของสันทรายเดิมและสันดอนจอยเดิมบ่งบอกว่าเป็นการสะสมตัวในช่วงที่น้ำทะเลคงที่ และเนื่องจากพื้นที่ชายฝั่งทะเลบริเวณนี้ถูกปิดล้อมด้วยเทือกเขาชายฝั่งซึ่งแนวการวางตัวของสันทรายเดิมจะบอกถึงทิศทางการพัดพาของชายฝั่งหลังจากที่ระดับน้ำทะเลขึ้นถึงระดับสูงสุด อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีการกำหนดอายุธรณีฐานที่แน่นอนแต่จากการเทียบสัมพันธ์พบว่า น่าจะมีอายุอยู่ในช่วงตอนปลายสมัยไพลสโตซีนจนถึงสมัยโฮโลซีนตอนต้น

Abstract: Study on the changes in sea level during the Holocene epoch from the eastern Thailand is of particular interest in terms of how the changes play a role in controlling the development of the coastal area in this present large tide-dominated coast. The changes in sea level are accepted worldwide to have closely related to the evolution of the coastal plain. In the eastern part of Thailand, there is some geological evidence that will be able to unveil the Holocene sea level changes. The coastal area around Chanthaburi province is, therefore, selected for this investigation. The emphasis was made on the study of landforms in relation to their morpho-stratigraphies. We used remote sensing data, including aerial photographs and Landsat TM5 to make the geomorphological map in the first stage. Coring was then designed to study detail stratigraphy, physical properties of coastal sediments, particularly grain-size, distribution. As a result, the best geological evidence of the changes in sea level from the eastern Thailand include some spectacular palaeo-landforms; relict strandlines and palaeo-sand spit, which located at about 10 km far away from the present shoreline. Their geographic positions are the indicator of palaeo-shoreline during their depositional period and also indicate the direction of west-east longshore and wave currents. The alignment of relict strandlines and palaeo-sand spit in this coastal plain indicates their formation during the stability of sea level. Due to this coastal area is sheltered by the headlands in the west, the dimension of strandlines can be used to indicate the progradation of the sea during it reached highstand. However, the absolute dating from those landforms has not been reported previously, but the relative age can be referred to the late Pleistocene to early Holocene.

Methodology: 1) Interpretation of aerial photographs and satellite images. The interpretation was made by using mirror stereoscope and air-photos with strip no. 51 (4847-4860), no. 50 (4870-4872), no. 49 (3470-3482), no.48 (3434-3447), no. 47 (3386-3397), no. 46 (3362-3351) and no. 45 (3271-3262), 2) Coring by using hand auger and Clement Sediment Corer with total 30 drill holes, 3) Study grain-size distribution. Sieve analysis was carried out by using meshes no. 10, 35,40,45,60,120,230 (ASTM), 4) Analysis and discussion. Geological models, fence diagram and geological cross-sections showing stratigraphic correlation were made, and 5) Evolutional models showing relationship among periods of deposition of coastal landforms was also conclude.

Result, Discussion and Conclusion: Landforms in the area around Chanthaburi province include recent beach ridges, inter-barrier lagoons, sand barriers, estuaries, recent and former tidal flats, relict strandlines and palaeo-sand spit. The analysis of coastal sediments was carried out from beach ridges, barriers, relict strandlines and palaeo-sand spit. As a result, grain size of sediments from those landforms shows the range of mean value at 0.164 to 2.538, range of standard deviation of -0.211 to 0.288, range of sorting of 0.8 to 2.675 and range of kurtosis of 0.527 to 1.813 (Prapasanobon, 2002; Chanthasomboon, 2002). These statistic parameters indicate palaeo-environment of deposition of lake dune, beaches (foreshore) commonly occur on shallow marine shelf. From those results, we divided the evolution of the coastal landforms from their morpho-stratigraphies evidence into 6 stages, including 1) the beginning of sand spits and relict strandlines, 2) the growth of sand spits and relict strandlines, 3) the end of sand spits and relict strandlines growth, 4) the beginning of tidal flat, 5) the growth of tidal flat and 6) the development of recent tidal flat and estuary. In conclusion, there is the difference in the factor controlling the evolution of coastal landforms in the past comparison to the present conditions. Sand spit and strandlines commonly indicate wave-dominated coast with high wave and longshore currents (Choowong, 2002). This means the oceanographic energy in the past, particularly during the formation of sand spit and strandlines was much stronger than the present condition (tide-dominated coast). This maybe leads to the final conclusion that the shoreline has dramatically changed from wave-dominated coast since the sea level reached highstand to tide-dominated coast during the regression of the sea through the present time.

Acknowledgements: This research is partly funded by Ratchadapisek Somphot Foundation, Chulalongkorn University, Thailand Research Fund (TRF project number MRG4680091) and NRC-EHWM, Chulalongkorn University.

References:

- 1) Prapasanobon, N., 2002. Palaeo-environments and relict strandlines at Amphoe Khlung, Changwat Chanthaburi, Eastern Thailand. *B.Sc senior project report*, Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, 77p. (Unpublished)
- 2) Chanthasomboon, W., 2002. Coastal evolution of Chanthaburi estuary, Chanthaburi province, Thailand by using remote sensing interpretation. *B.Sc. senior project report*, Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, 51p. (Unpublished)
- 3) Choowong, M., 2002. Coastal sedimentary lithofacies and episodic evolution from the eastern part of Thailand. *Journal of Scientific Research*, Chulalongkorn University, Vol. 27 (2), pp. 111-129.

Key words: Sand spit, Relict strandline, Chanthaburi, Holocene sea-level changes

International Symposium on the

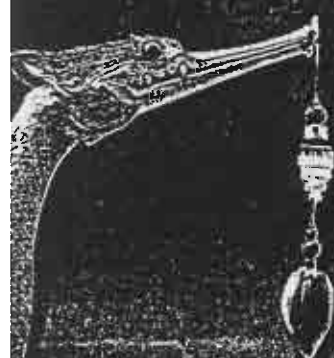
ABSTRACT

Geologic Evolution of East and Southeast Asia

Microcontinental accretion and formation of marginal sea -

*Featuring a celebration in honor of the retirement of
Professor Shigeki NODA, the leader of JGCP 411*

8-14 February 2004



BANGKOK
THAILAND

International Symposium on the

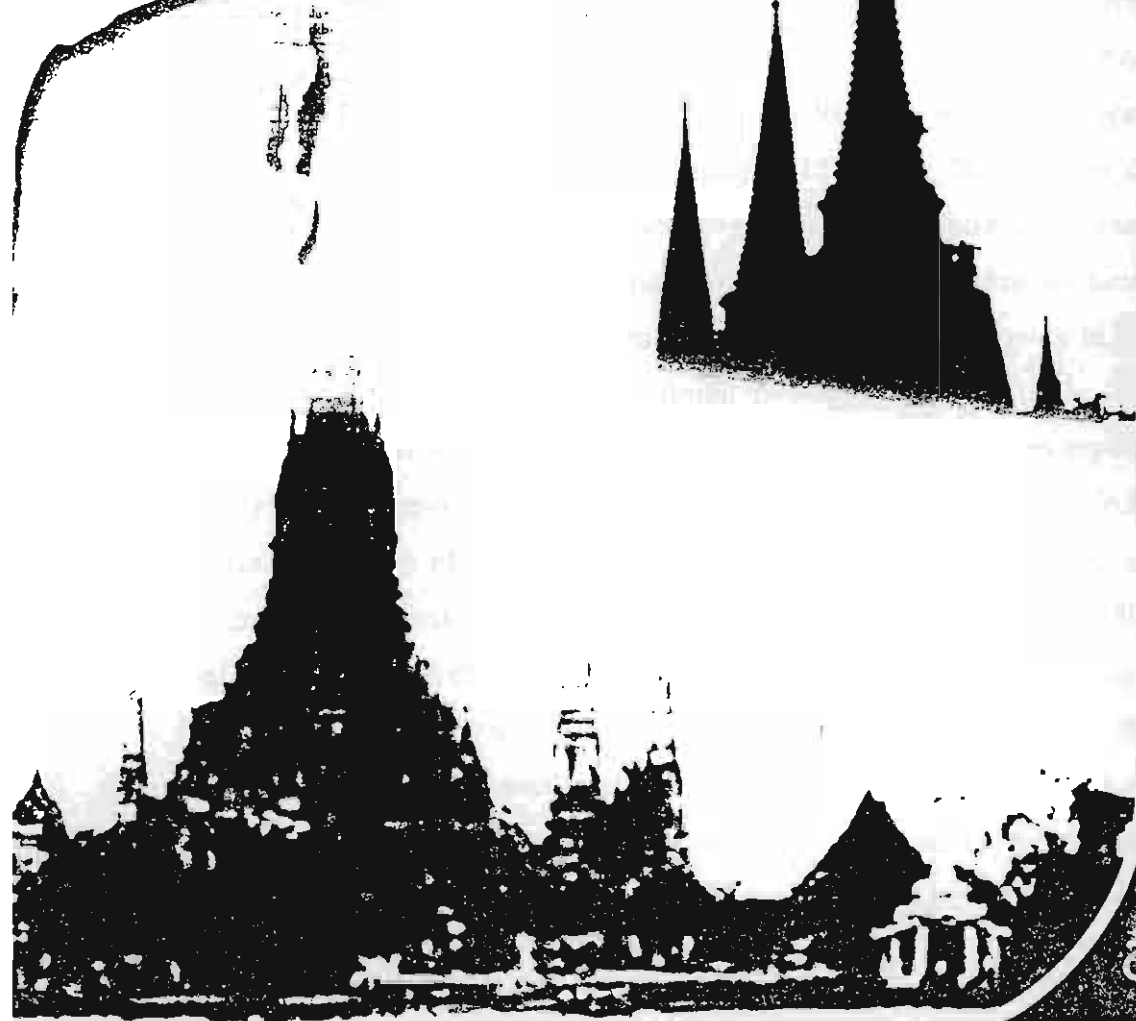
Geologic Evolution of East and Southeast Asia

Microcontinental accretion and formation of marginal sea -

Featuring a celebration in honor of the retirement of

Professor Shigeki HATA, the leader of JGEP 411

8-14 February 2004



FINAL
CIRCULAR



BANGKOK
THAILAND

STRATIGRAPHIC RECORDS IN HOLOCENE COASTAL DEPOSITS FROM THE WESTERN PART OF THE GULF OF THAILAND

CHOOWONG, Montri¹; UGAI, Hiroaki ²; CHARUSIRI, Punya¹; DAORERK, Veerote¹;
CHAROENTITIRAT, Titima¹; SONGMEUNG, Rattakorn¹ & LADACHART, Rottana³

¹Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand.

²Graduate School of Geosciences, University of Tsukuba, 305-8571, Ibaraki, Japan

³Graduate School, NRC-EHWM, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330, Thailand

email: mchoowong@chula.ac.th

ABSTRACT

Biological clues, particularly marine fossils in Holocene coastal deposits from Sam Roi Yod National Park, Prachuap Khiri Khan province, western part of the Gulf of Thailand (GOT) were studied. Detailed systematic biological description and coastal stratigraphy presenting in this work were contributed to unveil the characteristics of sedimentary sequences in association with the history of marine regression. Sedimentary sequences and fossils reveal marine episodes that were deposited mostly under intertidal and estuarine conditions.

Stratigraphy of coastal deposits from this area close to where we collected marine fossils was constructed. Systematic classification of marine fossils found from the former tidal flat and beach deposits were also carried out. They include *Clypeomorus coralia* (Kiener), *Cerithidea* (*Cerithideopsis*) *singulata* (Gmelin), *Natica tigrina* (Roding), *Anadara setigericosta* (Nyst), *Tegillarca nodifera* (v.Martens), *Tegillarca granosa* (Linnaeus), *Volachlamys* cf. *singaporina* (Sowerby), *Anomia chinensis* Philippi, *Saccostrea* sp., *Anomalocardia squamosa* (Linnaeus), *Placamen chlorotica* (Philippi), *Circe* (*Circe*) *scripta* (Linnaeus), *Gafrarium tunidum* (Roding), *Katelysia hiantina* (Lamarck), and *Phacosoma* sp. All these fauna growth in inter-tidal range and indicate tidal flat environment of deposition.

Dating marine fossils from the western part of the GOT has been reported in the past decades. For instant, marine oysters attached sea notch wall from Sam Roi Yod National Park were determined the age of about 5,500 years BP. In this work, AMS datings of Genus *Circe* Schumacher collected from beach deposit with the age of 4,010±40 and 2,180±40 years BP were confirmed the period of gradual regression of the sea after the mid Holocene.

In conclusion of the work, it can be confirmed based upon sequence stratigraphy and biological evidence that the coastal plain of Sam Roi Yod National Park, the western part of GOT preserves a record of its evolution in association with the middle Holocene sea-level

regression. Biostratigraphy and dating organic matters also reveal that the sea has gradually fallen after the mid Holocene. A level of highstand of the mid Holocene marine transgression on the western coast of the Gulf is approximated from beach ridge topography of about 3.5 m above the present MSL.

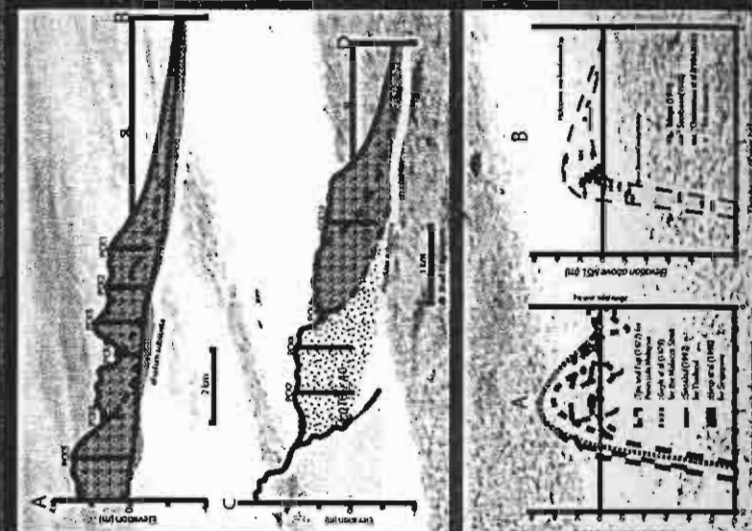
Stratigraphic Records in Holocene Coastal Deposits from the Western Part of the Gulf of Thailand

by Choowong, M.¹; Ugal, H.²; Charusiri, P.¹; Daorerk, V.¹; Charoentittirat, T.¹; Songmeung, R.¹; and Ladachart, R.³

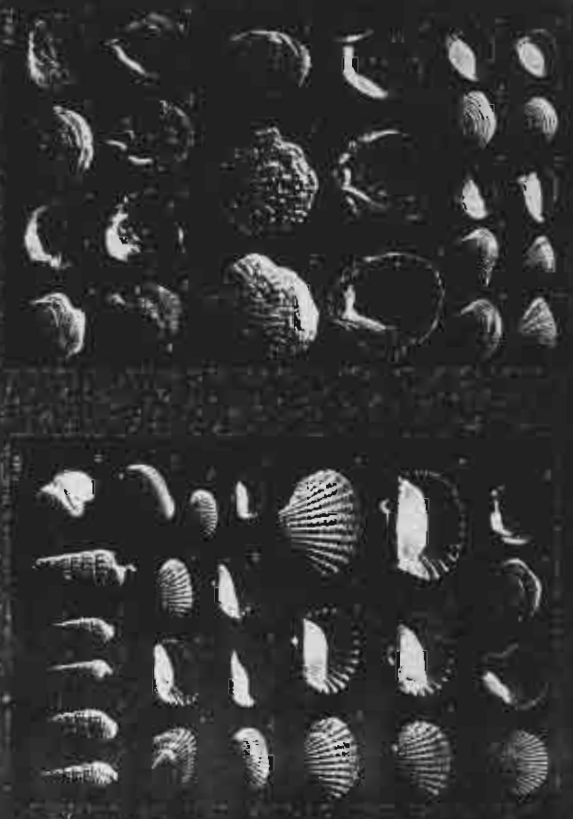
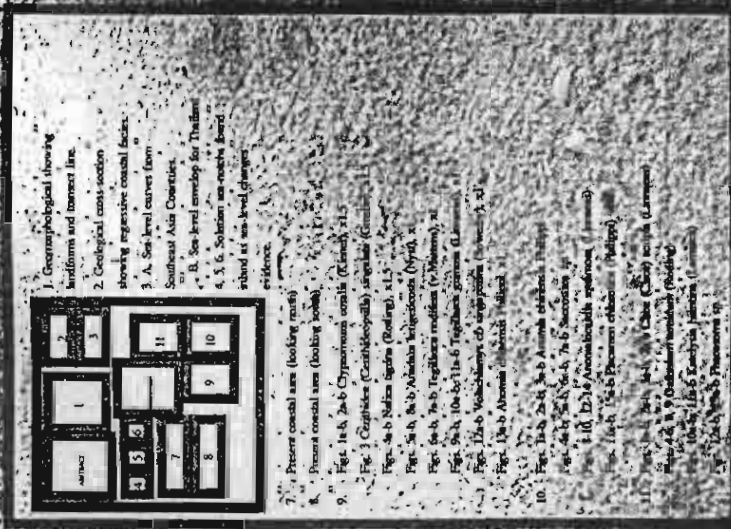
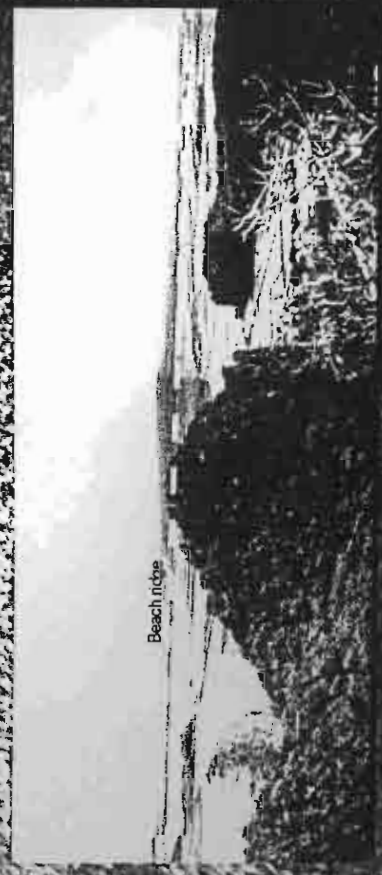
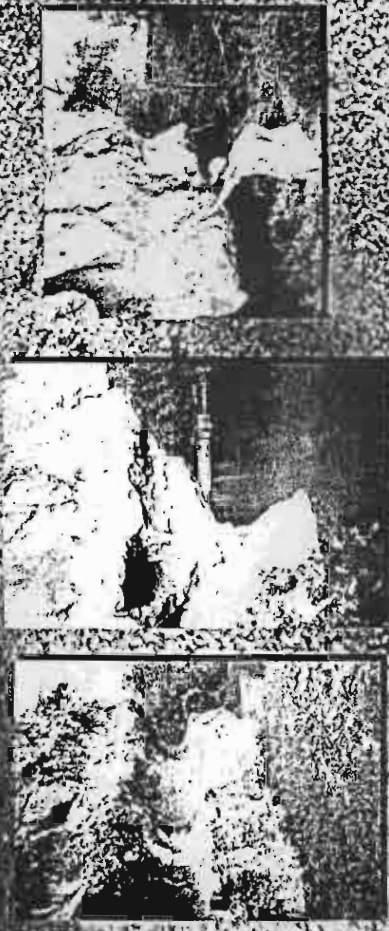
¹ Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand.

2 Graduate School of Geosciences, University of Tsukuba, 305-8571 Ibaraki, Japan

3 Graduate School, NRC-EHWM, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330, Thailand



• Inland
• Coastal
• Mangrove



Acknowledgements

This work is funded in part by the Ratchadapisek Somphot Foundation and NRC-EHWM, Chulalongkorn University, Thailand Research Fund (TRF project number MRG460091).

**PALAEOGEOGRAPHY AND ANCIENT SETTLEMENTS: A PRELIMINARY
INVESTIGATION AT THUNGSETTHI, CHANGWAT PETCHABURI,
WESTERN THAILAND**

SILAPANTH, Praon; CHAROENTITIRAT, Titima & CHOOWONG, Montri

Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Thailand

ABSTRACT

Thungsetthi, a locality in Changwat Petchaburi reveals its archaeological significance in historical period (7-18 C.E.). According to the discoveries of archaeological evidence, it is assumed that Thungsetthi is situated on one of the ancient communication networks between central and southern regions of Thailand. To understand the relationship between archaeological record and the environment in the past, geoarchaeological techniques have been applied.

The preliminary investigation by using aerial photographs and ground reconnaissance represents that the landscape has changed during the Holocene. The Dvaravati habitation site (7-11 C.E.) at Thungsetthi has been settled on the old sand barrier closed to Permian limestone hills and surrounded by palaeo-channels connecting to the palaeo-shoreline. The progradation of the land during marine regression after the middle Holocene might play a significant role in controlling coastal landforms pattern. The change in direction of palaeo-channels is one of examples. However, the morphological changes of the coastal area have been occurring until the present time. The more detail investigation on coastal stratigraphy will bring insight the boundary of palaeo-shoreline, particularly during the prehistoric period. These palaeo-shoreline and palaeo-landforms support the idea that Thungsetthi seems to have close relation with an important community on the communication route during Dvaravati period.

Palaeogeography and Ancient Settlements: a Preliminary Investigation at Thungsetthi, Changwat Phetchaburi, Western Thailand

Praon Silapanth, Titima Charoentitrat and Montri Choowong
Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Thailand

ABSTRACT

Thungsetthi, a locality in Changwat Phetchaburi reveals its archaeological significance in historical period (7-18 C.E.). According to archaeological evidences, it is assumed that Thungsetthi is situated on one of the ancient communication networks between central and southern regions of Thailand (Fine Arts Department, 2000; Vailbhotama, 1991).

The research aims to analyse the relationship between archaeological record and the palaeoenvironment by using geoarchaeological techniques.

The preliminary investigation by aerial photography and ground reconnaissance reveals the change of landscape during the Holocene. The Dvaravati habitation site (7-11 C.E.) at Thungsetthi had been located on an old sand barrier close to Permian limestone hills and surrounded by palaeo-channels connecting to the palaeo-shoreline. The progradation of the land during marine regression after the mid Holocene might have played a significant role in controlling coastal landform pattern i.e. the change in direction of palaeo-channels. However, the morphological changes of the coastal area have been occurring until the present time. More detailed investigation on coastal stratigraphy will bring some insights about the boundary of palaeo-shoreline, particularly during the prehistoric period. These palaeo-shoreline and palaeo-landforms support the idea that Thungsetthi seemed to have close relation with major communities on this communication route during Dvaravati period.

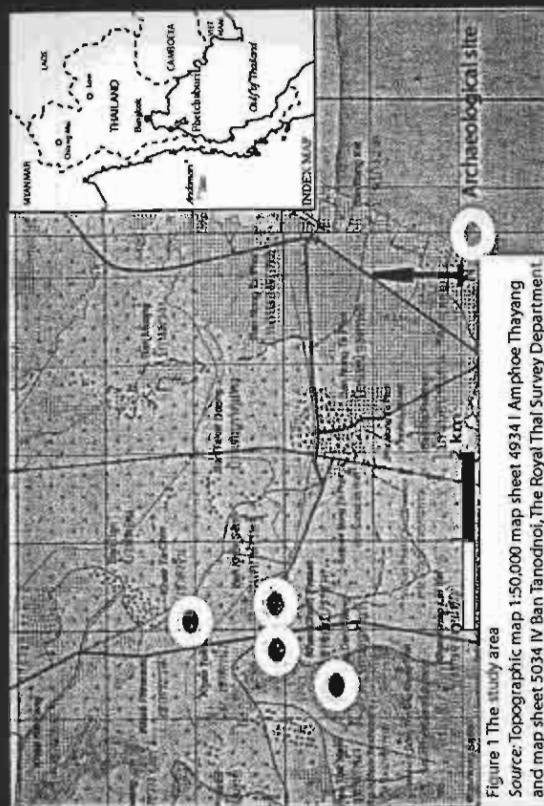


Figure 1 The study area
Source: Topographic map 1:50,000 map sheet 4934 I Amphoe Thuyang and map sheet 5034 IV Ban Tanodnoi, The Royal Thai Survey Department

INTRODUCTION

Archaeological evidence found at Thungsetthi, located 4 km. west of Phetchaburi's present shoreline, support the theory that this area was once a major Dvaravati community in western Thailand. Positive geological and environmental factors would have played a major role in human settlement in this region.

PRELIMINARY INVESTIGATION

Preliminary investigation by aerial photographs and ground reconnaissance reveals a current change in landscape patterns. The evolution of landforms can be preliminary divided into 3 stages (see figure 9). The Dvaravati habitation site (7-11 C.E.) at Thungsetthi had been located on an old sand barrier close to Permian limestone hills and surrounded by palaeo-channels connecting to the palaeo-shoreline of the first stage.

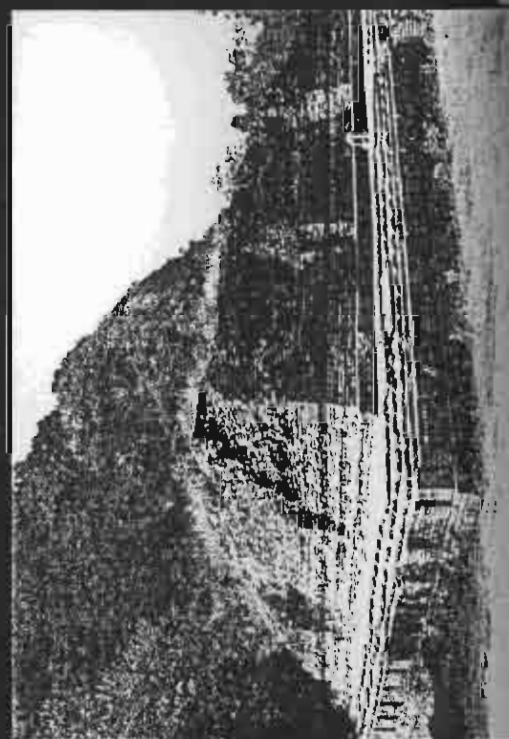


Fig. 2



Figure 2 Dvaravati monument



Figure 3 Stucco decoration from the monument
Source: Fine Arts Department, 1998.

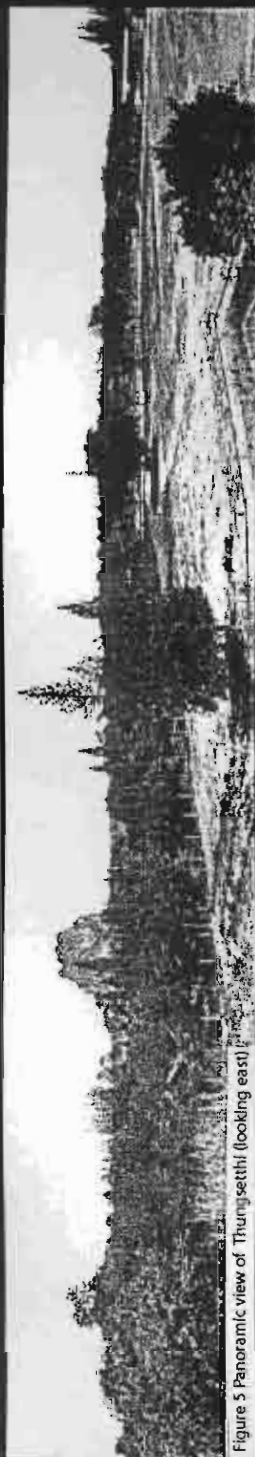


Figure 5 Panoramic view of Thungsethi (looking east)



Figure 6 Panoramic view of Thungsethi (looking west)



Figure 7 Ecofacts found at habitation site

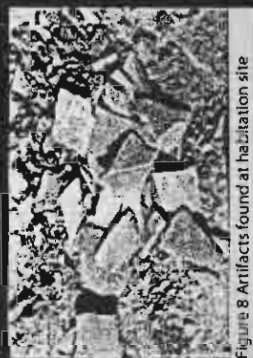


Figure 8 Artifacts found at habitation site



Figure 9 Aerial Photograph of Thungsethi and Landform evolution model

REFERENCES

- Fine Arts Department, 2000. Thungsethi Dvaravati Monument at Phra Pradaeng, Bangkok Fine Arts Department, in Thai.
Choochong M., Doornik V., Charnvit P., Chansittikul T., and Sangmanee R. 2003. Late Holocene sea level changes in Thailand. *The Proceedings of the 10th International Conference on Holocene Sea Level Changes in Thailand*, The Project on Archaeology and Environment, 24-25 July 2003, in Thai.
Vallabhatama S. 1991. Phra Pradaeng City of History. *Thungsethi* 22 (no. 4), pp. 17-42.

ACKNOWLEDGEMENTS

Department of Geology Faculty of Sciences, Chulalongkorn University for their support in publishing. Phra Pradaeng Samphat Foundation and Phra Pradaeng Chulalongkorn University Thailand Research Fund (TRF Project no. 370-4-000-000) are thanked for providing the funds during field investigation. Thanks are also to Mr. Rattana Lachart for the graphic design.