

途上国の発展段階に位置づけた海岸問題発現の比較研究

柴山 知也*・柴山 真琴**・東江 隆夫***

1. 緒 論

アジア地域の開発途上国では、近年の飛躍的な経済発展に伴って農業・工業・リゾート開発が急速に進められた。その結果、かつて人類が経験したことのないほどの急激な海岸環境システムの変化にさらされている。本研究では環境問題を人間活動と関係づけて捉え、海岸環境問題が本来社会の産業化・近代化の過程と密接に結びついた社会問題であることを論証する。

2. 東南アジアの海岸問題の発現……各論

本節ではまず個別の国が沿岸開発においてどのような問題を有しているかを把握するために、国別に検討を行った。その際異なる産業化の過程にある国々の状況を比較検討することにより、環境問題の発現が近代化の発展段階によって異なることを明らかにしようと試みた。具体的に取り上げた国はタイ、マレーシア、インドネシア、ベトナム、バングラデシュの5カ国である。

環境問題のうち途上国の海岸環境問題に焦点を当てる理由の一つは、アジア諸国（特にASEAN諸国）は現在急速な経済発展の途上にあるため、急速な社会変動を捉えやすいからである。図-1は各国のGDPの1970年と1993年の間の変化（世界銀行、1994）を比べたものである。タイ、インドネシアは大きな伸びを達成しており、一方バングラデシュは相対的に停滞していることがわかる。ベトナムの成長は統計にはまだ現れないが1995年以降に急速な伸びを示している。特にタイはこの10年間に順調に成長を続けており、経済発展と海岸問題の関係を調べるのに好例となる。図には比較のためにアジア地域のその他の国々（フィリピン、ミャンマー）の数値も示してある。

もう一つの理由は、この地域の海岸は大規模河川からの大量の土砂の供給と波浪による侵食の動的な平衡の上に形成されているため、微妙な国土利用の変化に対しても大きな反応を見せる潜在的な可能性を有しているから

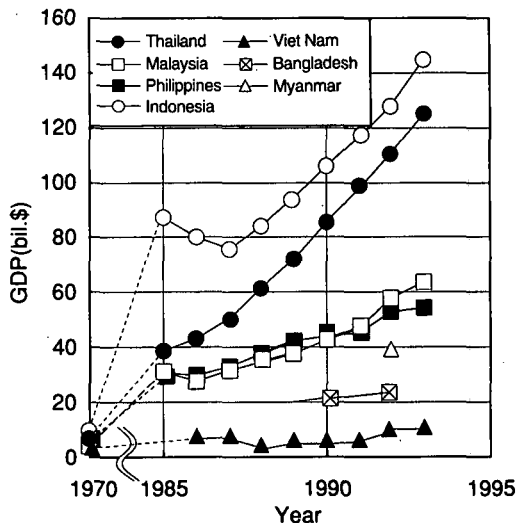


図-1 各国のGDPの経年変化

である。以下では各国の海岸問題の状況を概説するが、それらと比較検討するために日本の経験についても言及する。

(1) バングラデシュ

バングラデシュの場合、台風が来襲しやすい海岸線が低地（ほとんど0m）という自然条件を持つ。ガンジスブラマプトラ川が運んでくる土砂によって毎年新たな土地が自然に造成されているが、その一方でこの新造成地を開発することができないでいる。沿岸災害に関しては高潮シェルターの建設が進められており、人的被害にはある程度対応できるという。また南部海岸のマングローブ森では、燃料用およびエビ養殖場建設のために森林が伐採されているが、これを補充する植林事業が円滑に遂行されないために、マングローブ森の消失が急激に進んでいる。この他に産業の立地による内水の汚染・洪水対策・灌漑の実施が水の流れを変化させ、重要な産業である内水での淡水漁業が極端な不振に陥っている。特に内水の汚染は生態系の変化をもたらしている（Shahjahan, 1992）。

この国の場合、産業立地が進展する前に人口が爆発するという状況の中で解決を迫られている課題があまりにも多い。ASEAN諸国は産業化の進展初期における人口

* 正会員 工博 横浜国立大学助教授 工学部建設学科
 ** 修(教育) 東京大学大学院教育学研究科博士課程学生
 *** 正会員 工修 大成建設技術研究所

爆発の問題を比較的短期間のうちに解決し、産業化への離陸 (Take off) を達成していった。これに対して同国では人口の爆発的増加にもかかわらず産業化が進展せず、日本が明治期に経験した社会全体の近代化や社会の階層移動 (第一次産業から他産業への労働力の移動など) が起こっていない。このような状況が長期間継続していることが、この国の海岸環境問題を一層深刻なものにしている。

(2) ベトナム

ベトナムでは、一部の海岸における急激な海岸侵食・河口閉塞・河港への航路の確保が問題となっている。伐採によるマングローブ林の減少が海岸侵食を促進している。環境基準が存在しない中で海老の養殖池の建設も始まっているが、かつてフィリピンやタイが経験した海岸線の荒廃を招くことが懸念されている (Quang・An, 1992)。

この国の場合、社会主義移行経済の枠内で北部のハイホンや南部のブンタウの港湾の重点整備が企画され、国際河川であるメコン川の河口での航路整備が企画されている。今後の輸出に重点をおいた産業立地の進展に伴い、海岸利用の輻輳化が一層の混乱を招く可能性があるため、継続して観察していくことが求められる。

(3) インドネシア

インドネシアの環境変化とは、具体的には海岸侵食 (砂浜と海食崖)・航路埋没・環境汚染・河川への塩水遡上の顕在化を指すが、これは経済発展に伴って沿岸域の利用が輻輳化してきていることの結果である。侵食問題はマングローブ林の消滅した地域で顕著に起こっている。特にリゾート地にとって侵食問題は深刻な問題であり、早急な対応が求められている。その一方で、観光開発をする場合にも海岸景観を損ねるような構造物の建設に対して、反論が出されている。ジャカルタ湾の水質汚染の問題も悪化している (Hang Tuah, 1992)。

インドネシアに見られるような海岸線の輻輳的な利用は、土地利用密度の高度化に伴うものである。ジャワ島はもとも人口密度が高く、環境問題の発現もジャカルタ湾の汚染をはじめとして早くから指摘されてきた。インドネシアの場合、スマトラ・カリマンタン・イリヤンジャヤなどの島々に分かれた広域にわたる国内の開発を推進していく必要がある。ジャワ島への集中を緩和していく上でもジャワ島以外の島々の沿岸域開発が企画されているが、それを担っていく技術者の育成が急務である。

(4) マレーシア

現在マレーシアでは既に各種の海岸開発計画が進行中であり、特に観光・工業開発が盛んである。一方、27%の海岸が侵食海岸であるだけでなく、そのうちの 132 km は特に深刻な侵食海岸に分類されており、海岸侵食は深

刻な問題となっている。これは 1980 年代に推進された河川改修や治山治水施策の結果とも言えるものである。環境維持に関しては EIA (Environmental Impact Assessment) 法があり、計画段階から環境問題を考慮することが義務付けられている (Nik Hassan, 1992)。

マレーシアの海岸侵食問題は、日本の高度成長期の経験が生かされる可能性の高い事例である。治山治水の成功が急速な海岸侵食問題の原因となっていること、沿岸漂砂を阻害するような対策工が施工されていることなど日本の経験を踏まえて対処すべき問題が多い。

(5) タイ

急速な経済発展を遂げたタイ国では、産業育成の一環として沿岸域開発が盛んに行われた。海岸問題は急激な経済発展のひずみの一環として起こっているものである。経済の急激な発展とそれに伴う社会各部の調整の問題は、経済発展を目指す発展途上国に必然的に起こってくる問題であるとも言える。タイ国では 1980 年代以降の経済の急速な成長により、日本の 1960 年代後半に匹敵するような急速な社会構造の変動が起こっている。東北・東部タイの農業人口がバンコク周辺の第二次・第三次産業へと急激に移動し、バンコク都市域への一極集中が都市問題を伴って生起している。ラムチャバン・マブタブットの両新港の建設は、バンコク圏の現在の機能を近郊へ展開させることを意図している。このような変動期には、現在生起している問題に慎重に対処することが大切である。漂砂問題を例にとれば、問題の本質を解明するためにはまず漂砂の実体を知るための調査が必要である。しかし、タイ国でもそのための技術者が不足しており、港建設による周辺の環境への影響を検討だけの工学的・技術的基礎と余裕が不足している。これは技術者育成が経済発展に追いついて進行することからくるズレである。また、環境問題を考える際には大規模な開発だけでなく、国内の資本によって行われている観光開発を中心とした小規模な開発も研究対象にする必要がある。

(6) 日本

ここでは各国の海岸問題と比較するために日本の海岸問題の歴史を振り返ってみたい。海岸工学技術者が果たす役割を「従来予測できなかった環境変化を予測すること」と捉え、長期間にわたって徐々に進行しつつある環境システムの変化の把握方法に着目する。沿岸域開発における社会経済的状況・工学技術・自然のメカニズムの関係を検討するための事例として、日本の 3 つの大規模な土木事業を事例として取り上げる。3 つの事例とは信濃川の大河津分水路の建設に伴って新潟海岸で海岸侵食が生じた例、東京湾岸の埋め立て用土砂の採取のために空けられた沿岸部海底の穴が背潮の発生原因となっている例、および安倍川から海岸に供給される土砂量の変

化と静岡海岸を例とした日本の海岸侵食問題である。

まず信濃川大河津分水路の例について述べる。信濃川は米所、新潟平野を縦断し現在の新潟港で日本海に注ぐ日本最長の河川である。幕藩体制下では越後国は小藩が割拠していたため本格的な治水はできなかった。明治に入ると富国强兵政策の下で食糧増産が重要な政策課題となった。そのため明治期に河川改修工事が行われたが、洪水の発生を抑えることができなかったため、洪水時の放水路として大河津分水路が1922年に竣工した。その後新潟平野での洪水はなくなり、米の増産が実現した。大正・昭和期を通じて信濃川からの土砂供給が激減した新潟港周辺の海岸では、海岸侵食が急速に進行した。これに第二次世界大戦後の経済の高度成長期（1960年代以降）に行われた地下水の汲み上げによる新潟平野の地盤沈下の効果加わり、最大350mにもおよぶ海岸侵食が引き起こされた。産業化の進展とともに農業から工業へと国の産業育成の重点は変化してきたが、現在では国土保全のための海岸保全事業が年々行われている。

次に東京湾の例について述べる。1960年代に始まる高度成長の時代には東京湾・伊勢湾・大阪湾をはじめとして、工業用地を造成するために多くの埋め立てが行われた。この時期には東京湾でも1970年代前半をピークに1960年から1972年までの間に総計16,450haもの埋め立てが行われている。現在では内湾のほとんどは埋め立て海岸によって占められている。東京湾では1970年代から赤潮・青潮の被害が報告されるようになってきた。これらは富栄養化した内湾でのプランクトンの異常発生（赤潮）や赤潮とは異なるプランクトンの発生とその結果として無酸素化した水の移流拡散（青潮）によるものであり、今なお豊富な水産資源を有する湾全体の生態システムに大きな打撃を与えている。赤潮・青潮の原因の一つとされているのは、埋め立て用土砂の採取の結果として海底に残された大きな穴である。稲毛海岸付近には20m近い深さを持つ穴が形成されている。この穴の中は水の交換が悪く容易に無酸素水が形成されるために、この水が青潮の引き金になるという機構が指摘されている。東京湾の環境問題が産業化の進展の中で深刻化していったことが理解できるであろう。ここで、生物システムというものは富栄養化の過程が緩やかであればそれに適応することができるが、赤潮・青潮など急激な変化にさらされるとシステム全体が破壊されてしまうという特性を有しており、人間活動に起因する急激な変化に対しては極めて脆弱である。

最後に静岡海岸の事例を取り上げる。日本で長期的に進行しつつある海岸侵食問題は、基本的には明治以来の治山治水施策の推進と高度経済成長期にコンクリート用骨材として採取した川砂の減少に由来している。明治以

来、内務省土木局を中心に推進されてきた治山治水は、洪水を減少させたが同時に海岸に輸送される砂の量を減少させた。その結果、河川からの供給と波の侵食による減少という従来の動的な平衡状態が崩れ、海岸侵食が進行した。産業化の過程で推進された国土保全の施策が、新たな災害を引き起こしつつある事例と言える。

日本の海岸侵食問題には、治山治水の進展の他にもう一つの要因が絡んでいる。川砂の大量採取に起因する海岸侵食である。1964年の東京オリンピックに向けて建設された大規模建設工事（東海道新幹線など）あるいは東名高速道路の建設などでは、建設用資材としてコンクリート用骨材が必要とされたが、1965年頃まで大量の川砂が骨材として使用された。川砂の大量採取により河口域の漂砂が減少したことによって、海岸侵食が引き起こされた。静岡海岸では1968年まで安倍川河口での川砂の採集が行われていた。その後海岸侵食の進展に伴い、川砂の採取は中止された。

一方、海岸線には海外侵食に対処するために離岸堤が続々と建設され、海岸線の静的な平衡状態（砂が移動しない状態）が作られた。この後25年間に河口の砂はかなり回復したものの、今度は静的平衡によって別の海岸侵食が生じ始めた。すなわち離岸堤の働きで砂の移動が静止し河口から漂砂の下手側へ砂が供給されることがないために、下手側に向けて海岸侵食が徐々に進行している（例えば宇多ら、1994）。これは海岸侵食問題が日本の産業化の進展と社会基盤整備の歴史と密接な関係を持っていることを示す事例である。

これらの事例は、明治以降になされた大規模な土木事業であるが、いずれも計画段階では予測できなかった環境変化を生起させている。一般に環境システムの変化には、開発行為というインパクトに対して応答が速いものと遅いものがある。遅いものの方が影響の範囲も大きく因果関係も複雑なために、対応の仕方も難しい。上に述べた三つの事例がいずれも工事竣工後何十年も経過してはじめて環境変化との因果関係が解明されたことを考えると、東南アジア諸国の沿岸域開発が環境に与える影響を考える上で多くの示唆を含んでいる。

3. 東南アジアの海岸問題の発現……総論

東南アジアの中でタイ国は他の国々に先んじて経済発展を遂げた。インドネシアとマレーシアはタイ国と同様に経済発展を遂げている国として、ベトナムは10年後に現在のインドネシア・マレーシアと同じ経済発展段階に達する国として位置づけることができる。各国の事例から、一口に東南アジア諸国の沿岸開発と言っても各国が固有の問題を抱えていることが理解できる。

図-2は以上の考察に基づいて作成した各国に共通す

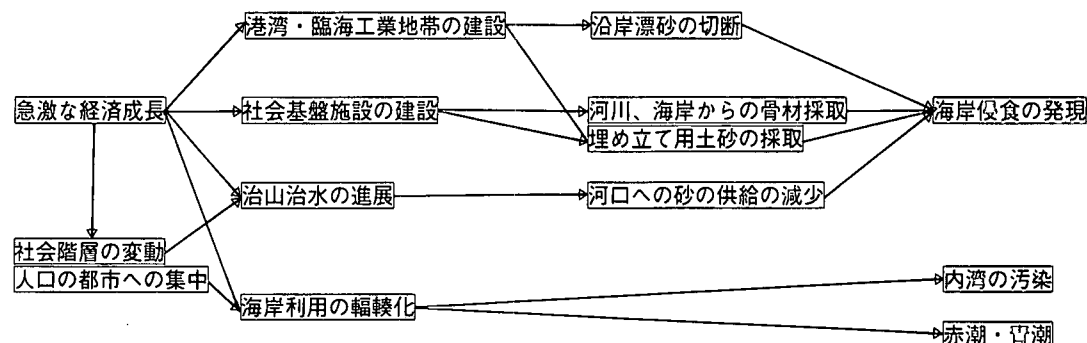


図-2 産業化過程と海岸問題の発現

る海岸問題の発現過程をモデル化したものである。それぞれの社会の発展段階に応じて発現の時期は異なるものの共通の過程を踏んでいると見ることができる。

東南アジアのように大きな経済的変換点を迎えている国々については、経済の発展段階を時間座標にすることで環境問題を1つの時系列に並べることができよう。一方、バングラディシュは人口の圧力の下で環境変化が生起している国であり、他の国々とは違った沿岸災害上の課題を抱えている。

この他に経済の発展段階や固有の自然的・社会的条件の違いを超えて共通に見出せることは、海岸開発に関する工学的知識や技術が貧弱であるということである。多くの国々で、日本で既に解明されている力学的知見を知らないために無謀な開発が行われたり、開発によるマイナスの後発効果や環境メカニズムへの影響を考慮しないまま開発が相次いで計画されたりしている。

4. タイ国の事例研究

(1) タイ国の場合

先に述べたように東南アジアの中でタイ国は他の国々に先んじて経済発展を遂げた。タイ国の海岸環境問題をさらに詳細に検討しておくことは、後続する他の東南アジア諸国が直面する海岸環境問題を予想する上で有益である。

タイ国の海岸問題を日本の事例と対応させながら年表にまとめたのが表-1である。1950年代から70年代までの沿岸域開発における関心は、バンコク港への航路を維持することにあったが、1970年代に入ると地方の小規模漁港を整備することに移行した。経済の順調な発展に呼応して1985年以降になると新工業港の建設・海岸侵食・排水処理・マングローブ公園の建設など各種の海岸開発と環境問題が取り上げられるようになった。特にここ5年間の変化は急激なものであった。

タイ国の場合、沿岸域開発に伴う海岸環境問題にはいくつかのタイプが見られるが、「環境対策の欠如によるもの」と「工学的知識の欠如によるもの」に分けることができる。

の」と「工学的知識の欠如によるもの」に分けることができる。

1) 環境対策の欠如によるもの(その1): パタヤ海岸

パタヤ海岸は、ベトナム戦争当時から主に米兵の休暇地としてリゾート開発が行われてきた。その後、一般向けのリゾート地として開発され、バンコク近郊にあるリゾート地として繁栄した。しかし、パタヤ海岸のリゾート開発は、排水処理やごみ処理などの問題を置き去りにしたまま進展したために、リゾート地にとっては生命線とも言える水質の悪化という事態をもたらした。現在、パタヤ海岸は、ホアヒンやプーケットなどの新興リゾート地にその地位を奪われようとしている。

パタヤ海岸の開発は、環境対策を欠いたリゾート開発の代表的事例である。

2) 環境対策の欠如によるもの(その2): 南部海岸

タイ国南部海岸には、1970年頃からエビ養殖場が相次いで建設され、養殖エビの輸出が重要な産業となってきた。エビ養殖場はシャム湾沿岸に建設され、次第にチャオブラヤ川河口部から南下し、現在ではタイ国南部の中心都市ソクラ近郊に至っている。新たなエビ養殖場が次々と建設されるに伴って、急速に水質が悪化し赤潮が発生するようになった。これはエビの養殖によって水質が富栄養化されたために、プランクトンが異常発生して赤潮となったためである。南部海岸の開発は、産業立地が環境問題を引き起こした代表的事例である。

3) 工学的知識の欠如によるもの: プーケット島

タイ国西部のプーケット島西部の海岸では、大規模なリゾートホテルが続々と建設されている。一方で、プーケット島は錫鉱石の産地でもあり、この海域は1970年代後半からしゅんせつによって錫の採掘が行われるようになった。しゅんせつ船は強い季節風の影響を受けることから、北東の季節風が吹く時期(11月～2月)には島の西側で、南西の季節風が吹く時期(5月～8月)には島の東側で操業を行っている。環境問題への配慮から、しゅんせつ後は錫を選鉱した後の土砂をしゅんせつ前と同じ

表-1 タイ国の海岸問題の年表

()内は調査機関

年代	タイ国	日本
1950		
1960	65 Chao Phraya 河川港, Bangkok 港の航路維持 (NEDECO)	59 伊勢湾台風 60 チリ地震津波 63 鹿島港着工
1970	71 Mekong 川航路維持 (AIT) 75 Bandon 河港航路維持 (AIT) 76 Sattahip 港, Ao Phai 港航路維持 (AIT) 78 Chumphon 河口港航路維持 (AIT) 79 Trat 港河口航路維持 (AIT) Songkhla 河口港航路維持 (AIT)	71 皆生海岸離岸堤 79 「港湾の施設の技術上の基準・同解説」発行
1980	81 Bang Pakong 温排水処理 (AIT) 82 Rayong 河口維持 (AIT) 83 Eastern Seaboard 港湾建設予備調査 (JICA) 85 Glog 川河口, タイ湾岸南部役食調査 (タイ・マレーシア政府合同調査) 86 Phuket 島東部沖合スズ鉱石採取, 排水問題 (AIT) 87 Khanom, Ao Phai 温排水問題 (AIT) 88~91 Laem Chabang 海港建設	83 日本海中部地震津波 87~94 関西新空港建設 MM 21 建設
1990	89~92 Map Ta Phut 海港建設 89 海岸侵食調査 (Suphat et al.) 90 Phuket 島 Bang Tao 湾侵食調査 (AIT) 91 Chao Phraya 河口西岸, 海岸マングローブ公園建設計画	93 北海道南西沖地震による津波被災 95 阪神大震災による港湾の被災

AIT: Asian Institute of Technology

JICA: Japan International Cooperation Agency

ように置砂することとされている。

ところが、プンタオ湾（プーケット島西岸）に面したある高級リゾートホテルでは、1990年の南西季節風の時期に数十mに及ぶ海岸侵食を受け、ホテルのポート小屋と海側庭園の一部を失うに至った。プーケット島海岸の海岸侵食問題は、海岸の複数利用と工学的知識の不足とのズレを示す代表的事例と言えよう。

(2) タイの海岸問題と日本の経験

ここでは特にプーケット島の事例を取り上げて、タイが直面している海岸問題が日本の経験に照らして考察可能であることを具体的に示してみたい。

Vongvisessomjai・Huq (1991) は、プーケット島にあるリゾートホテルの庭園の喪失が契機になって、海岸侵食の原因を究明するために1990年ホテル前面にある海浜の深淺測量を実施した。この海域には北東季節風の時期にしゅんせつ土砂を採取した後の大きな穴が汀線より200mから400mにわたって残されており、その深さは周辺地盤に対して10mにも及んでいる。しゅんせつ船が定められた通りに穴を埋め戻していなかったことが推測できる。この底面地形に対して波浪変形の数値シミュレーションを行うと、砕波線が極端に岸側に移動し、砕波後のエネルギー減衰が不十分のまま波が汀線に押し

寄せるために、汀線付近で大規模な侵食が引き起こされることが分かった。侵食は1991年の南西季節風の時期にも引き続いており、汀線付近の樹木を失っている。

このような海岸測量の手法と測量結果に基づく因果関係の解明は、我々にとっては初歩的な工学的知識である。しかし、タイ国の場合、現実に生起している海岸の異変を即座に測量してその因果関係を工学的に説明できるコンサルタントは極めて少ない。

1960年代に東京湾の千葉県沿岸において、埋め立て土砂の採取のために沖合いに同様の穴が掘られた例がある。先にも述べたようにこの穴は今でも東京湾の千葉県沿岸に残っているが、無酸素水がこの領域で生成し、青潮発生のメカニズムに深く関わっている。わが国の海岸工学の歴史における「予期しなかった失敗」の例である。海面からは見えない海底面の穴が実は多くの環境問題に関わっていたことを改めて認識する必要がある。

5. 結 論

東南アジアのように大きな経済的変換点を迎えている国々については、日本の経験と比較しつつ経済の発展段階を時間座標にすることで環境問題を1つの時系列に整理することができる。一方、バングラディッシュのように人口の圧力の下で環境変化が生起している国もあり、このような国は他の国々とは違った沿岸災害上の課題を抱えている。

本研究は文部省科研費国際学術研究 (No. 08041120, 代表・柴山知也) による研究である。また、海岸工学委員会研究現況レビュー小委員会 (委員長・河田恵昭京大教授)、ワーキンググループE (漂砂研究の途上国への応用) での討論が大変有益であったことを付記する。

参 考 文 献

- 宇多高明, 鈴木忠彦, 大石守伸, 山本吉道, 板橋直樹 (1994): 静岡海岸の沿岸漂砂量およびその分布形の評価, 海岸工学論文集, 41(1), pp. 536-540.
- 世界銀行 (1994): 世界開発報告, 1994, pp. 172-173.
- Shahjahan, M. (1992): Development and environmental problems in the coastal area of Bangladesh, pp. 21-52, in Coastal Processes in Asian region (Shibayama, T. Editor).
- Tran Minh Quang and Nguyen Ngoc An (1992): The recent state of coastal development and coastal environmental problems in Vietnam, pp. 53-62, 同上書.
- Hang Tuah (1992): Coastal environmental problems and development of coastal protection method in Indonesia, pp. 105-116, 同上書.
- Nik Hassan (1992): Coastal development and environmental problems in Malaysia, pp. 117-144, 同上書.
- Vongvisessomjai, S. and Huq, Md. A. (1991): Shoreline erosion study of Bang Tao Bay, Research Report No. 245, Asian Inst. of Tech., 104 p.