

# 2004 年インド洋津波によるタイ南部農村地帯の長期的被害調査

中矢哲郎<sup>1</sup>・丹治 肇<sup>2</sup>・桐 博英<sup>3</sup>

津波による被害のうち、農地資産被害額推定の基礎となる農地被害の実態解明や、津波災害後の復旧対策案の策定のためには、津波被災後長期にわたる現地調査が必要である。よってインド洋津波により甚大な被害を受けたタイ南部沿岸において、約一年間にわたる長期的な現地調査を行い、農地被害状況、農村漁村の復旧状況の実態把握を行った。調査の結果、津波浸水に伴う塩害土壌は 1,000 mm 以上の降雨によりほとんど洗脱されること、被災後も作物に塩害の影響が残るため農業被害把握には最低でも一年は必要であることが示された。農村漁村においてはマングローブ、ココヤシによる津波防護対策や高床式の住居建設、漁船復旧支援が行われていた。

## 1. はじめに

津波災害史上最大の被害者を出したインド洋津波から一年以上が経過した現在、被災地では津波により失われた生活基盤を取り戻す取り組みと、長期的に続く被害状況の実態把握が望まれている。津波被害の実態解明は海岸事業の費用対効果分析に必要となる被害額推定の基礎となるため海岸管理上重要である。特に農地資産被害額推定の基礎となる農地被害状況の解明は、対象が作物や土壌であるため長期にわたる現地調査が必要である。しかしながら津波被害による農地被害のデータはほとんど取得されていない状況である。

よって本研究はインド洋津波により死者行方不明者 8,000 人以上の甚大な被害を出したタイ南部地域沿岸において、約一年間にわたる長期的な現地調査を行い、農地塩害被害状況、農地の復旧状況、農村漁村の津波対策状況を把握することを目的とした。

## 2. 調査方法

2005 年 1 月と 2 月の乾期にタイ南部で行われた津波による農地被害調査では、津波浸水を受けた全ての農地で塩害が広がっていることが報告された(中矢・丹治・桐, 2005)。この結果を踏まえて、雨期の調査(2005.7.3~10)、雨期終了時の調査(2005.11.16~27)、津波被災後 2 回目の乾期の調査(2006.2.27~3.7)の 3 回にわたる一年間の長期被害実態調査を実施した。調査対象地域は図-1 に示すプーケット県の畑作地(Pa Lai)、パンガー県の混合果樹園(Bang Niang, Lam Kaen)、ゴム園(Nam Khem)、ココヤシ園(Leam Pakarang)である。塩害の調査には、塩分濃度の一つの指標である土壌電気伝度の測定を行った。測定には小型電気伝導度計

HORIBA Twin Cond CONDUCTIVITY METER B-173, TOA CONDUCTIVITY METER CM-210P を併用し、計測方法は 1:5 水浸出法に準拠した(土壤環境分析法編集委員会編, 1997)。不攪乱試料の採取は Soil Sampler (DIK-110B, DIK-100A) を用いて行い、得られた試料の深さ方向 2 cm~5 cm 毎にサンプルを切断し土壌電気伝導度の測定を行った。また、現地踏査、住民や現地政府職員への聞き取り調査により農村漁村の復旧状況を把握した。

## 3. 被害状況調査結果及び考察

### (1) 津波浸水による農地塩害の状況

図-2 に 2005 年 2 月から 2006 年 3 月までに行われた 4 回の農地土壌塩分の調査結果を示す。被災直後の乾期(2005 年 2 月)の分布を見ると、全ての被災農地で表層

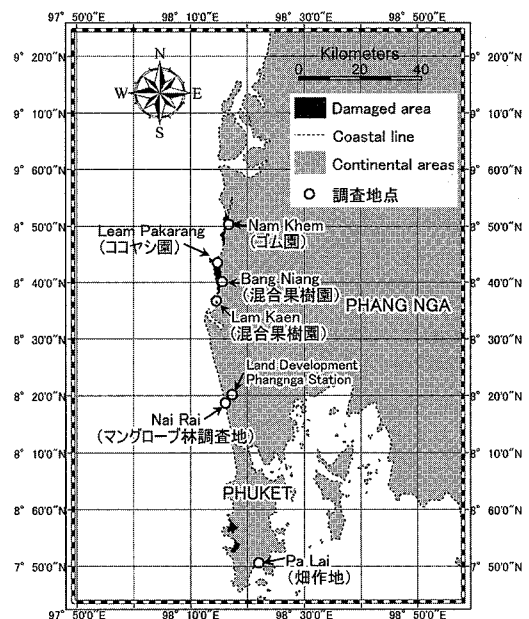


図-1 タイ南部調査地点

1 正会員 博(農) (独法) 農業・食品産業技術総合研究機構  
2 正会員 農博 (独法) 農業・食品産業技術総合研究機構  
3 正会員 (独法) 農業・食品産業技術総合研究機構

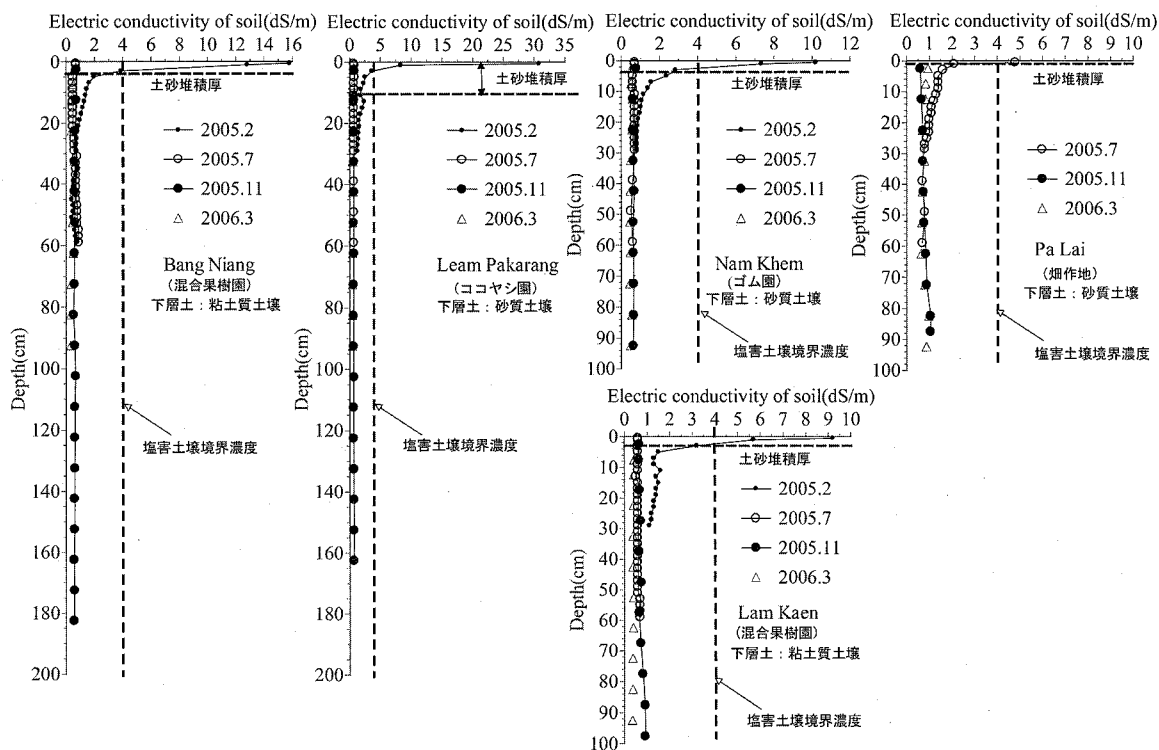


図-2 土壌電気伝導度の鉛直分布

付近における土壌塩分濃度は、作物の生長障害を引き起こす塩性土壌の下限值である 4 dS/m をはるかに超えている。しかし雨期の 7 月の塩分濃度を見ると、4 dS/m を超えた塩分濃度が検出されているのはプーケット県 Pa Lai 地区のみで、バンガー県の全ての農地で 4 dS/m 以下の塩分濃度に下がっている。このような洗脱状況の差を検証するために、プーケット県とバンガー県の被災後からの累積降雨量を算定した結果を表-1 に示す。2005 年 1 月～6 月の累積降雨量が、バンガー県で 1,397 mm、プーケット県で 474 mm でありこの降雨量の差が塩分の洗脱状況の差の原因であることが予想された。

2005 年 1 月～11 月の累積降雨量が 3,249 mm となったバンガー県の全ての農地においては、1～2 m 深さまで 1 dS/m 以下まで塩分濃度が低下している。2005 年 1 月～11 月の累積降雨量が 1,414 mm となったプーケット県 Pa Lai 地区畑作地は、7 月の調査で残留していた表

層の塩分は洗脱され、4 dS/m 以下の土壌塩分濃度であった。

これらの結果より、1,000 mm 以上の降雨により津波浸水による土壌塩分はほとんど除去されたことが明らかになった。

被災後 2 度目の乾期となる 2006 年 2 月の調査では全ての農地で塩分は再度表層に集積することではなく、深さ 1 m 付近まで 4 dS/m を超す塩分濃度は検出されなかった。

このように被災後 1 年後には土壌表層に集積した塩分は降雨により洗脱され、乾期においても塩分が再び集積することはないことがわかった。

土壌塩分の土中での挙動を予測するために透水係数を測定した。測定は土壌透水性測定装置 (DIK-4051) を用いて変水位法により算定した。Leam Pakarang 地区ココヤシ園、Nam Khem 地区ゴム園、Pa Lai 地区畑作地などの砂質土壌農地では  $10^{-3}$  cm/s～ $10^{-4}$  cm/s であり、Bang Niang 地区混合果樹園、Lam Kaen 果樹園など粘土質土壌農地では  $10^{-4}$  cm/s～ $10^{-6}$  cm/s であった。このようにバンガー県のほとんどの農地で透水係数が低く、2005 年 7 月の土壌塩分濃度分布において、塩分濃度のピークが下方に移動していないことから、高濃度の塩分は下方浸透ではなく、表層から流出したことが予想

表-1 被災後の降雨量

| 調査時         | 被災後経過日数       | 被災後累積雨量  |          |
|-------------|---------------|----------|----------|
|             |               | バンガー県    | プーケット県   |
| 2005 年 2 月  | 2 ヶ月 (乾期)     | —        | 5 mm     |
| 2005 年 7 月  | 6 ヶ月 (雨期)     | 1,397 mm | 474 mm   |
| 2005 年 11 月 | 11 ヶ月 (雨期終了時) | 3,249 mm | 1,414 mm |
| 2005 年 2 月  | 12 ヶ月 (乾期)    | 3,333 mm | 1,517 mm |

された。このことは今後圃場における除塩実験を実施し確認する必要がある。

## (2) 農地の復旧状況

### a) ココヤシ園 (Leam Pakarang 地区) における農地復旧状況

被災直後の2005年2月の調査では調査地区中最も堆積土砂厚、塩分濃度が大きかった農地である。雨期の7月の調査では塩分は2m深さまで除去されており、枯れかけていた椰子も回復し、下草も多く繁茂していた(写真-1)。しかし堆積した土砂11cm程度は依然として残留しておりココヤシの生長への影響を今後検討する必要がある。

### b) 河川を遡上した津波の浸水を受けた農地 (Bang Niang 混合果樹園) の復旧状況

この農地は海岸から約2.3km離れているランブータン、マンゴズティン、バナナなどの混合果樹園地であり、河川を遡上した津波の浸水により塩害を受けた場所である。塩害を受けたランブータン、マンゴズティン、ランサなどの果樹は完全に枯死し伐採され、新たに耐塩性のパームオイルの木が植樹されていた(写真-2)。パームオイルは収穫までに6年を要するため、樹木間に収穫の早い胡瓜が栽培されていた。土壌塩分は雨期の降雨により、深さ2mまで洗脱されているためパームオイルの木は順調に生長していた。また塩害対策として表土の塩分土壌をはぎとり、客土を行っていた。また排水を促進させるために、農地内に幅1m程度の排水路が掘られていた。これらの復旧策は農家自らの手で行われていた。溜池の塩分濃度は、乾期では塩分が濃縮され高塩分濃度を示していたが、雨期では飲料水と同じ程度に回復していた。

### c) ゴム園 (Nam Khem 地区) の復旧状況

ゴム園においては被災直後の2005年2月の調査では葉は生えてはいるものの樹液が出ない状況であり、塩害



写真-1 降雨により塩分が除去されたココヤシ園内の状況  
(被災後6ヶ月経過, 被災後累積降雨量1,397mm  
バンガー県 Leam Pakarang 地区, 2005.7 撮影)

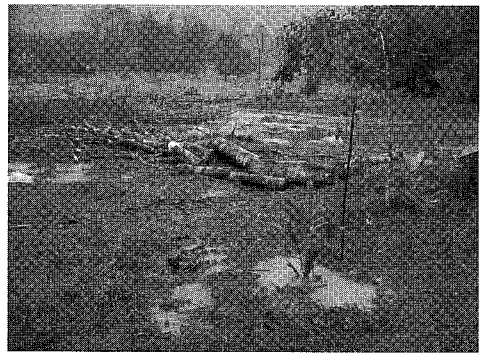


写真-2 津波の浸水により枯死し伐採されたランブータンの木と新たに植栽されたパームオイル  
(被災後6ヶ月経過, 被災後累積降雨量1,397mm  
バンガー県 Bang Niang 地区, 2005.7 撮影)

被害を受けていた。雨期に入った7月の時点では樹液が出始め回復したかにみえたが、雨期終了時の11月の調査においては、品質の低下のためほとんどのゴムの木は伐採されていた。樹液の品質不良により伐採されたゴムの木を写真-3に示す。このように塩害後生育状況が長期にわたり変化するためゴムの木に関する被害調査は最低でも1年間は必要である。

### d) 混合果樹園 (Lam Kaen 地区) における農地復旧状況

塩害により立ち枯れが生じ枯死したランブータンのほとんどは切り倒され、完全に除去されていた。新たな果樹の植樹はなされていない状況であった。

### e) 畑作地 (プーケット県, Pa Lai 地区) の農地復旧状況

被災直後は浸水を受けた農地の作物はほとんどが倒伏し、塩分も残留していた。この土壌塩分は雨期終了時の11月の調査において4 dS/m以下に洗脱されていたが、新しく作付けを行った作物は根が10cm程度までになると生長が阻害される状態であった(写真-4)。この原



写真-3 品質の悪化により伐採されたゴムの木  
(被災後11ヶ月経過, 被災後累積降雨量2,954mm  
バンガー県 Bang Niang 地区, 2005.11 撮影)

表-2 タイ南部における農地被害の長期調査結果

| 調査地点     | Lam Kaen |       | Bang Niang |       | Nam Khem |       | Leam Pakarang |       | Phuket (Pa Lai) |       |
|----------|----------|-------|------------|-------|----------|-------|---------------|-------|-----------------|-------|
| 作物の種類    | ランブータン   |       | マンゴスティン    |       | ゴム       |       | ココヤシ          |       | 畑作物             |       |
|          | 作物の状態    | 塩分の状態 | 作物の状態      | 塩分の状態 | 作物の状態    | 塩分の状態 | 作物の状態         | 塩分の状態 | 作物の状態           | 塩分の状態 |
| 2005年1月  | ×        | ×     | ×          | ×     | △        | ×     | △             | ×     | ×               | ×     |
| 2005年2月  | ×        | ×     | ×          | ×     | △        | ×     | △             | ×     | ×               | ×     |
| 2005年7月  | ×        | ○     | ×          | ○     | △        | ○     | ○             | ○     | ×               | ×     |
| 2005年11月 | ×        | ○     | ×          | ○     | △        | ○     | ○             | ○     | △               | △     |
| 2006年3月  | ×        | ○     | ×          | ○     | △        | ○     | ○             | ○     | △               | ○     |

塩分の状態；×：4 dS/m 以上，△：1～4 dS/m，○：1 dS/m 未満 作物の状態；×：完全に枯死，△：生長障害，○：回復



写真-4 成長障害を起こしている畑作物  
(被災後11ヶ月経過，被災後累積降雨量  
1,414mm プーケット県 Pa Lai 地区，  
2005.11 撮影)

因は雨期の7月において残留していた塩分の影響であることが予想された。

#### f) 農地被害の長期調査結果

農地被害の長期調査結果の一覧としてまとめたのが表-2である。ランブータン、マンゴスティンなどの果樹は完全に枯死し、ココヤシのみが津波前の状態に回復した。植樹し直す場合はランブータン、ランサは収穫までに4～5年を要し、マンゴスティンは10～20年を要する(岩佐, 2001)。ゴムの木は被災から約半年後には回復しているかのようにみられたが約10ヶ月後に樹液量が顕著に少なく伐採し、被害が拡大した。樹液の量が減ったゴムの木を伐採し植樹し直す場合は、樹液の採取が可能になるまで5～6年を要する(農林省熱帯農業研究センター, 1975)。このことは農業被害調査は最低でも1年間必要であることを示す。聞き取り調査によると伐採後の作物は被災前の作物にこだわらず、収入面で選ぶ傾向にあった。よって果樹園地では高収入が期待されるパームオイルを植栽し、伐採したゴム園では高収入のゴムを再び植栽することがわかった。

#### g) 農地資産被害額算定への応用

農地資産被害額は海水冠水による被害額と農地そのものの破壊による被害額の合計から算定される(農林水産

省, 2004)。これによると、海水冠水による農作物の被害は被災後5年目まで続くとしており、タイ南部においても塩害の長期的被害が懸念されていた。しかし今回の長期調査により残留塩分は降雨量、土壌条件によっては一年以内でほとんど除去されることを実測し、従来の基準より早期に回復することもあることを示した。しかし枯れたように見えて回復したココヤシや、回復したように見えて生長障害を起こしていたゴムの木など、塩分濃度だけでなく植物の状況も考慮して被害額を換算する必要がある。

農地の破壊に関しては、従来検討されてこなかった3 cm～11 cm 程度の堆積土砂、散乱した漂流物による被害額の算定を新たに加える必要がある。

#### (3) 農村漁村の復旧状況及び津波対策

##### a) 漁村の復旧状況調査

被災6ヶ月後の漁村(Nam Khem 地区)においては船の補修が進み、漁に出られる状況であった。被災後に漁獲量は減ったが、ほとんどの漁業者は漁業を続けていた。2006年3月においては政府、ボランティアによる漁船復旧支援も行われていた。海岸沿いの被災居住地には、津波対策として、300 m 以上離れた内陸において高床式の住居が政府から提供されていた(写真-5)。これらの支援は現地の生活基盤復旧に効果をあげていた。



写真-5 津波後新たに建設された高床式の居住  
(バンガー県 Bang Niang 地区，被災後6ヶ月経過，2005.7 撮影)



写真-6 津波防御効果があったマングローブ林  
(バンガー県 Nai Rai 地区、被災後1年2ヶ月経過、2006.3撮影)

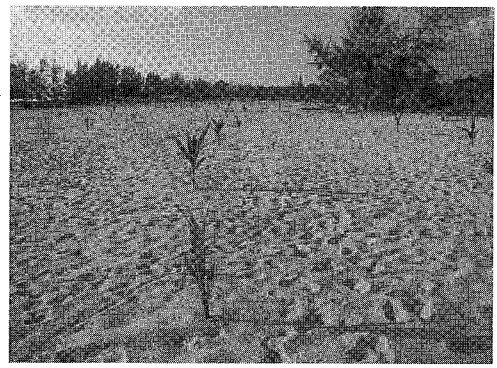


写真-7 マングローブ林(写真右側)前面にココヤシを植林している状況  
(バンガー県 Nai Rai 地区、被災後1年2ヶ月経過、2006.3撮影)

#### b) 津波被害からの農村漁村復旧状況の概要

タイ国農業協同組合省 LDD (Land Development Department) バンガー事務所において農地農村の復旧状況について聞き取りを行った。2005年7月の調査の時点では復旧対策として、住宅地がまず優先的になされ、続いて飲料水対策がなされた。しかし農地復旧に関しては後回しの状況であった。よって具体的な農地の復興対策を行うことができない状況であった。よって農地の復旧は主に農家自らが行っている状況であった。

マングローブ林により津波被害が軽減されたといわれる村の現地踏査を行った。調査を行った図-1に示すバンガー県 Nai Rai 地区では約4mの津波高が測定されている(松富ら, 2005)。聞き取り調査より、この村は津波の浸水を受けたが、マングローブ林により津波が減衰され、被災規模が減少したことがわかった。被災地のマングローブ林を写真-6に示す。海岸側のマングローブは津波により折れている木が多かった。現在はマングローブ林フロント部に写真-7に示すようにココヤシの木を植えている。津波防災対策としての植林であるが、環境面への効果、農作物としての収入源としても期待している状況であった。マングローブ林の防災効果は我が国において積極的に研究されており(たとえば原田, 2003, 2005; Kobayashi, 2005)、今後実用化が望まれる。

#### 4. ま と め

今回行われた津波による農地塩害被害、農村漁村の復旧状況の長期調査結果は以下のようにまとめられる。

- ①津波浸水に伴う塩分は総降雨量1,000 mm以上の降雨によりほとんど除去される。
- ②津波被災後一年間は塩害による作物の生長障害が残るため、津波浸水後の農業被害の把握は、最低でも一年の実態調査が必要である。

- ③被災農家は農地復旧に際して、被災前の作物より収入面を重視して作物を選定する。
- ④現地ではマングローブ林、ココヤシ林による津波防災対策を進めているが、有効な配置形式などの調査研究が今後必要である。

謝辞：本研究は住友財団環境研究助成の援助を受けた。現地調査に際しては、(独)国際農林水産業研究センター主任研究官濱田氏、タイ国農業協同組合省 LDD (土地開発局) 職員の方々に多大な御協力を頂いた。ここに記し、深甚なる感謝の意を表します。

#### 参 考 文 献

- 岩佐俊吉(1991)：図説熱帯の果樹，養賢堂，pp. 107-111。  
 土壤環境分析法編集委員会編(1997)：土壤環境分析法，博友社，pp. 8-11。  
 中矢哲郎・丹治肇・桐博英(2005)：インド洋津波によるタイ南部農業被害の現地調査，海岸工学論文集，第52巻，pp. 1361-1365。  
 農林省熱帯農業研究センター(1975)：熱帯の有用作物，農林統計協，pp. 275-281。  
 農林水産省構造改善局・農林水産省水産庁・国土交通省河川局・国土交通省港湾局(2004)：海岸事業の費用便益分析指針(改訂版)，pp. 49-52。  
 原田賢治・河田恵昭(2005)：津波減衰効果を目的とした海岸林活用条件の検討，海岸工学論文集，第52巻，pp. 276-280。  
 原田賢治・今村文彦(2003)：防潮林による津波減衰効果の評価と減災のための利用の可能性，海岸工学論文集，第50巻，pp. 341-345。  
 松富英夫・高橋智幸・松山昌史・原田賢治・平石哲也・Seree Supartid・Sittichai Naksuksakul(2005)：タイの Khao Lak と Phuket 島における2004年スマトラ島沖津波とその被害，海岸工学論文集，第52巻，pp. 1356-1360。  
 Kobayashi T. (2005)：Agricultural Damage Caused by Earthquake and Restoration Plan for the Northern Sumatra Island of Indonesia, Farming Japan, Vol.39-4, pp. 34-37。