

インド洋津波によるタイ南部農業被害の現地調査

中矢哲郎*・丹治 肇**・桐 博英***

インド洋津波により被災したタイ南部の農地において、塩害の進行の実態解明や農地復旧対策の検討は遅れている。タイ南部農地における津波の被災状況、農地の塩害進行状況を明らかにするために現地調査を行った。津波の被害を受けた農地では、津波による土砂の流入と塩害により立ち枯れが進行していた。土砂堆積厚の大きさにかかわらず塩分濃度は表層 1 ~ 2 cm で高く以下急激に減少しており、塩分除去には津波経由の土砂を全て除く必要がないことがわかった。日数の経過とともに表層への塩分集積が進んでおり、中長期的な現地調査による塩分集積状況把握の必要性を示した。

1. はじめに

2004年12月26日にスマトラ島西方沖で発生した地震に伴う津波はインド洋周辺国において、死者行方不明者30万人を越える大被害をもたらした。タイ国においても、南部パンガー県沿岸を中心に死者5,000人、行方不明者3,000人を越える大惨事となった。現在、観光地や社会インフラに対する災害復興が進められている一方、被災した農地における塩害の実態解明や復旧対策の検討は遅れている。農業被害は人的被害に対し対象が農作物であるため人々の関心は乏しい。しかし、現地では農業によって生計を立てている住民が多いため、被災した農地、農村の被災状況の把握と復旧対策が早急に必要である。

ここでは、インド洋津波によるタイ南部地域の沿岸、農村の津波の被災状況、農地の塩害状況の現地調査と、被害実態を踏まえた農地の復旧方法についての検討結果を報告する。

2. 調査方法

調査は2005年1月18日から23日（第1回調査）、2005年2月23日から26日（第2回調査）の2回にわたり行った。主な調査対象地域は、図-1に示すプーケット県農地（Pa Lai 地区）、同県西部沿岸、パンガー県西部沿岸、農地（Lam Kaen 地区（混合果樹園）、Bang Niang 地区（混合果樹園）、Nam Khem 地区（ゴム園）、Leam Pakarang 地区（ココヤシ園）である。津波による農地被害の主たるものとして塩害に着目し各農地において30 cm 又は60 cm 深さまで不攪乱試料の採取を行い、塩害状況を地点毎に深さ方向にサンプリングして、実態の調査を行った。塩害の調査には、塩分濃度の一つの指標である土壤電気伝導度の測定を行った。測定には小型電気伝導度計 HORIBA Twin Cond CONDUCTIVITY

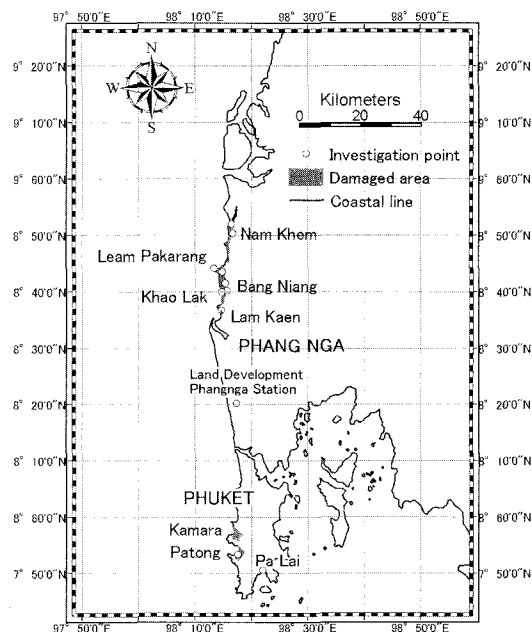


図-1 タイ南部における被災地域と調査地点の概要

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, 1997）。不攪乱試料の採取は Soil Sampler (DIK-110B) を用いて行った。得られた試料を深さ方向 2 cm 毎に切断し、土壤電気伝導度の測定を行った。分析結果を基に、塩害からの農地復旧方法について考察を行った。

3. タイ南部の農地被害状況の概要

観光地における津波被害では津波来襲時の建物倒壊や人身事故の占める割合が高い。被災した農地では津波浸水時の作物の倒伏などの物理的被害よりは海水による塩害がはるかに大きく、調査を行った全被災農地で立ち枯れが進行していた。津波の被害を受けたタイ南部の農地被災面積の合計は、FAO（2005）によると約9,726ライ

* 正会員 博(農) (独法)農業工学研究所 水工部
** 正会員 農博 (独法)農業工学研究所 水工部
*** 正会員 (独法)農業工学研究所 水工部

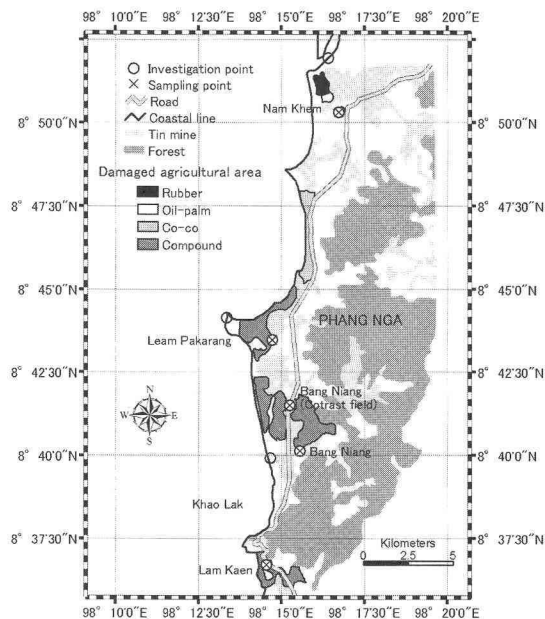


図-2 パンガー県における農地被災状況
(データ提供：LDD パンガー事務所)

(1 ライ = 1,600 m², 約1,556 ha) であった。ほとんどの被害はパンガー県で生じていた (8,406ライ)。プーケットにおける農地被害は図-1 に示す Pa Lai 地区のみで、90ライ程度であった。土地開発局 (LDD) パンガー事務所の把握している被害面積を GIS を用いてプロットしたのが図-2 である。調査地点、サンプリング地点も併せて記述した。被災農地は、図-2 に示すように西部沿岸部のゴム園、混合果樹園、ココヤシ園などの樹園地が主であった。

4. 被害状況調査結果及び考察

(1) プーケット県農地の被害状況 (Pa Lai 地区)

この地区は野菜、トウモロコシ、ウコン、イモ、などの畑作地である。津波の影響は海岸より500~800 m 内陸まで及び、農地は粘土質の土砂に覆われ、津波が及んだ様子が確認できた。津波による被災状況を写真-1 に示す。漂流物の痕から推測すると浸水高1 m 程度の波が及んだと推定された。畑地の堆積土砂を採取したところ、表土1 cm 程度は粘土質の微細な土砂が堆積しており以深は砂質の土砂が堆積していた。土壌電気伝導度は表層で5.5 dS/m、下層約5 cm 付近で1.08 dS/m であり、トウモロコシの収量に影響する電気伝導度の上限である4 dS/m を超えており、作物は既に枯死していた。

(2) パンガー県の農地の被害状況

a) 河川を遡上した津波の浸水による被害状況 (Bang Niang 地区混合果樹園)

この地区はランブータン、マンゴスティン、バナナなどの混合果樹園であり、海岸から約2.3 km 離れているが河川を遡上した津波の氾濫により被災した。果樹園内の被災状況を写真-2 に示す。漂流物から判断すると浸水高2 m 程度の氾濫水塊が来襲したことがわかった。農地被害だけでなく、農家の家族が氾濫水に襲われる人的被害も生じた。果樹園内には約5 cm の土砂が堆積し、表層の土壌電気伝導度は、塩性土壌判定の下限値である4 dS/m をはるかに超える15.8 dS/m であり、ほとんどの樹木は枯れるか、生長障害を生じていた。

樹園地内では枯死している樹木と、生長障害を起こしている樹木が混在していた。原因を把握するために枯死している樹木と生長障害を起こしている樹木の根本付近の表層約1 cm の土壌を採取し、電気伝導度を測定した。その結果、枯死している樹木で、21.2 dS/m、生長障害を起こしている樹木で12.15 dS/m で枯れた場所の塩分濃度がより高い。この原因としては樹園内における津波氾濫時の塩水の滞留場所や水みちの形成などが考えられる。



写真-1 浸水により粘質土に覆われたトウモロコシ畑
(Pa Lai 地区畑作地)



写真-2 河川を遡上した津波の浸水により被災した農地
(Bang Niang 地区混合果樹園)



写真-3 不撓乱土壌採取状況
(Bang Niang 地区混合果樹園)

不撓乱試料の採取状況を写真-3に示す。今回用いたサンプラーは、不撓乱試料の採取が比較的簡単に行え、現地土壌の採取には適していた。現地職員が継続して調査に使用できるように、現地職員とともに作業を行い使用方法を伝えた。

b) ゴム園 (Nam Khem 地区) の被害状況

ゴム園の被災状況を写真-4に示す。津波由来の砂質土砂は約4cm堆積しており表層の土壌電気伝導度は10.2 dS/mとなり、ゴム樹液の滲出はなく、ゴムは採取できない状況であった。1月の調査においてはゴムの木は枯死しているように見えたが、2月の調査では緑の葉が生えており、樹液は採取できないものの完全に枯死していなかった。この結果より、農地の被害状況の把握には中長期にわたる調査が必要である。

c) 混合果樹園 (Lam Kaen 地区) の被害状況

海岸に最も近い地区であるが、標高が高いために、土砂堆積厚は4cm、土壌塩分濃度は9.2 dS/mで他の地区に比較すると、やや小さい値であった。しかし写真-5に示すように果樹のほとんどは立ち枯れが生じ塩害は進行していた。

d) ココヤシ園 (Leam Pakarang 地区) の被害状況

ココヤシ園がある Leam Pakarang 地区は岬突端部分に位置し、両側に津波が来襲し、津波高さは15mに達したと報告されている(地震工学会, 2005)。そのため、本調査において最も厚い約11cmの津波由来の砂質土砂が一面に堆積しており、大きく土砂が移動していた。表土の土壌塩分濃度は30.8 dS/mで他の調査区よりかなり高く、表面に塩が集積していた(写真-6)。このため耐塩性の作物であるにも関わらずココヤシに立ち枯れが生じていた。1月の調査時に葉がまだ緑がかったが2月の調査時には根本の部分より枯れが進行していた。津波の規模が大きく海岸由来の土砂の堆積が大きいほど塩害の規模が大きかった。



写真-4 土砂と津波由来の漂流物が堆積したゴム園
(Nam Khem 地区ゴム園)

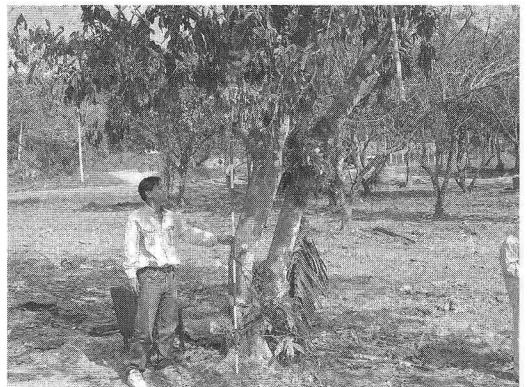


写真-5 塩害により立ち枯れが進行しているランブータン
(Lam Kaen 地区混合果樹園)

(3) 土砂堆積状況と土壌電気伝導の関係

土砂堆積状況、深さ方向の塩分濃度の把握のために不撓乱試料の採取を行った。灰褐色系の砂質土から褐色系のシルト質に変化する境界を津波由来の堆積土砂と農地土壌の境界とした。津波由来の土砂の堆積は Leam Pakarang 地区の11cmで最も大きく(写真-7)、その他の農地では4~5cmの堆積であった。

図-3に各調査地点における深さ方向2cm毎、及び表層1cmの土壌電気伝導度の分析結果を示す。全ての調査地点で土壌電気伝導度は表層1~2cmのみ高く、以深は急激に減少し一般的な作物の生長限界である土壌電気伝導度4 dS/m以下になる。この結果は、塩分除去には津波経由の土砂を全て除く必要がないことを示し、塩害対策上極めて重要な結果である。しかし全ての採土地点で塩分濃度は20~30cmまで無被災地(Bang Niang 地区ゴム園)の塩分濃度の0.2~0.25 dS/mより大きく、海水の浸透による塩分の集積を量的には少ないながら受けていた。また堆積厚が最も厚い Leam Pakarang 地区は、堆積厚が4~5cmの他の地区より表層塩分濃度が



写真-6 表層に塩が集積し、立ち枯れが進行する農地 (Leam Pakarang 地区, ココヤシ園)

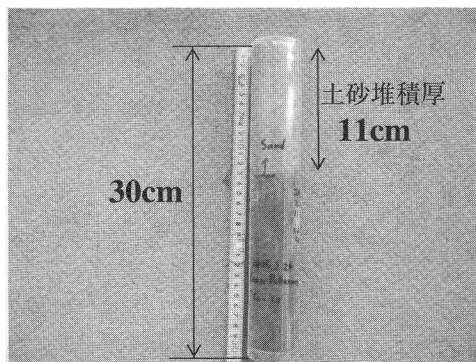


写真-7 不攪乱試料から見る土砂堆積状況 (Leam Pakarang 地区ココヤシ園内)

著しく高いことが明らかになった。土砂堆積が厚いほど表層土壌電気伝導度が大きくなるといえる。

表-1 に、1 月と 2 月の 2 回の調査における表層及び下層約 5 cm の土壌電気伝導度を示す。どちらの調査時期においても表層で土壌電気伝導度が高く、作物の一般的な生長限界である土壌塩分濃度 (4 dS/m) を大きく超えており下層で 1 ~ 2 dS/m 前後と急激に低くなる傾向にあった。この結果は被災したほとんどの農地で塩害は進行していることを裏付ける。調査時期別の比較を行

うと、2 月の方の土壌電気伝導度が全体的に上昇している。その傾向は上層で著しいが、下層においてもやや上昇している。20~30 cm 程度まで海水の浸透の影響を受けているため、下層以深の低濃度塩分は乾期の継続により上層部に補給されている。表-1 中で唯一下層土が堆積砂質土砂である Leam Pakarang 地区は、海岸由来の土砂中の塩分と浸透した塩分の上昇の両方の作用により他の地区より塩分濃度が高くなっている。

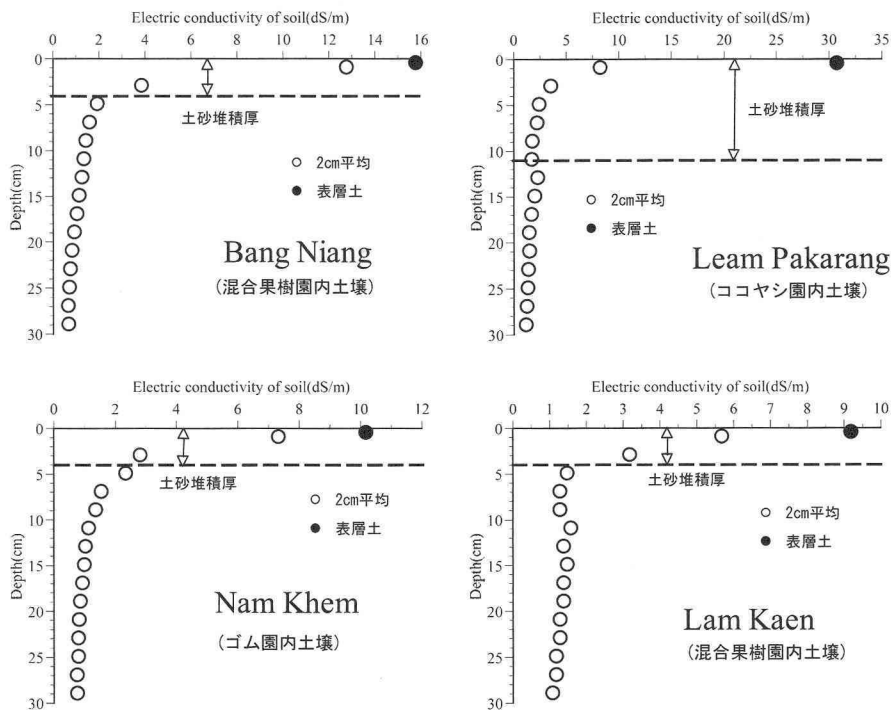


図-3 各調査地点の土壌電気伝導度の深さ方向の分布

表-1 各調査地点の土壤電気伝導度 (Lower layer は約 5 cm 深さの値を示す)

調査地点 作物の種類	Phang Nga										Phuket	
	Lam Kaen		Bang Niang		Nam Khem		Leam Pakarang		無被災地 (Bang Niang)		Pa Lai	
	ランブータン		マンゴスチン		ゴム		ココヤシ		ゴム		畑作物(トウモロコシ)	
	Surface (dS/m)	Lower layer (dS/m)	Surface (dS/m)	Lower layer (dS/m)	Surface (dS/m)	Lower layer (dS/m)	Surface (dS/m)	Lower layer (dS/m)	Surface (dS/m)	Lower layer (dS/m)	Surface (dS/m)	Lower layer (dS/m)
2005.1	6.90	1.74	7.10	1.86	12.20	1.78	16.90	2.00	0.25	0.20	5.50	1.08
2005.2	9.20	1.50	15.80	1.89	10.20	2.37	30.80	2.52				

5. 今後の塩害対策について

調査結果より塩害対策案を考察する。まず、年間雨量－年間蒸発散量を計算し、+であれば土壤塩分はリーチングされ、-であれば集積する。更に地下水位を測定し、高水位であれば上方への水移動とともに上層に塩分が集積し、低ければ下方へ浸透する。これらの場合分けを行い、塩分が表層に集積傾向にあるか否かを判定する。今回のケースのように表層にかなりの高濃度の塩分が集積している場合は、土壤が集積傾向にない場合でも、全ての塩分がリーチングされるのにかなりの時間が必要になる恐れがある。この場合は高濃度に集積した表層約 3 cm の土壤をはぎとることが有効である。それ以深の土壤電気伝導度は 4 dS/m 以下であるため塩害の被害は少なく、上記の場合分けの条件によっては残留した塩分は雨季の降雨によりリーチングされることが期待される。これらの対策をマニュアル化し、塩害対策として有効なものになるように、今後も現地での地下水位測定、雨季後の土壤電気伝導度計測が必要である。

6. ま と め

今回行われた農地の被害調査結果は以下のようまとめられる。

①表層の土壤塩分濃度は作物の一般的な生長限界である土壤電気伝導度 (4 dS/m) を大きく超えており、被災

したほとんどの農地で塩害は進行している。

②塩分濃度は表層 1～2 cm で高く以下急激に減少しており、塩分除去には津波経由の土砂を全て除く必要がない。

③低濃度ではあるが 20～30 cm 深程度まで海水の塩分の影響は達しており、経過日数の増加とともに表層 1～2 cm 及び、下層 5 cm 付近へ塩分が移動している。

④作物の生育を対象とするため、塩濃度の変化を考えた中長期的な現地調査が必要である。

謝辞：今回の調査は、(独)農業工学研究所 所内特別経費にて実施した。現地調査に際し、タイ農業協同組合省、LDD (土地開発局)、王室灌漑局スタッフには多大なる御協力をいただきました。ここに記し、関係各位に感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 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.
- 日本地震学会(2005)：2004年12月26日スマトラ島沖地震報告会概要集，pp. 49-56.
- FAO/MOAC (2005)：Report of Joint FAO/MOAC Detailed Technical Damages and Needs Assessment Mission in Fisheries and Agriculture Sectors in Tsunami Affected Six Provinces in Thailand，20p.