

鹿児島県北西部地震による阿久根市での液状化

成尾 英 仁*

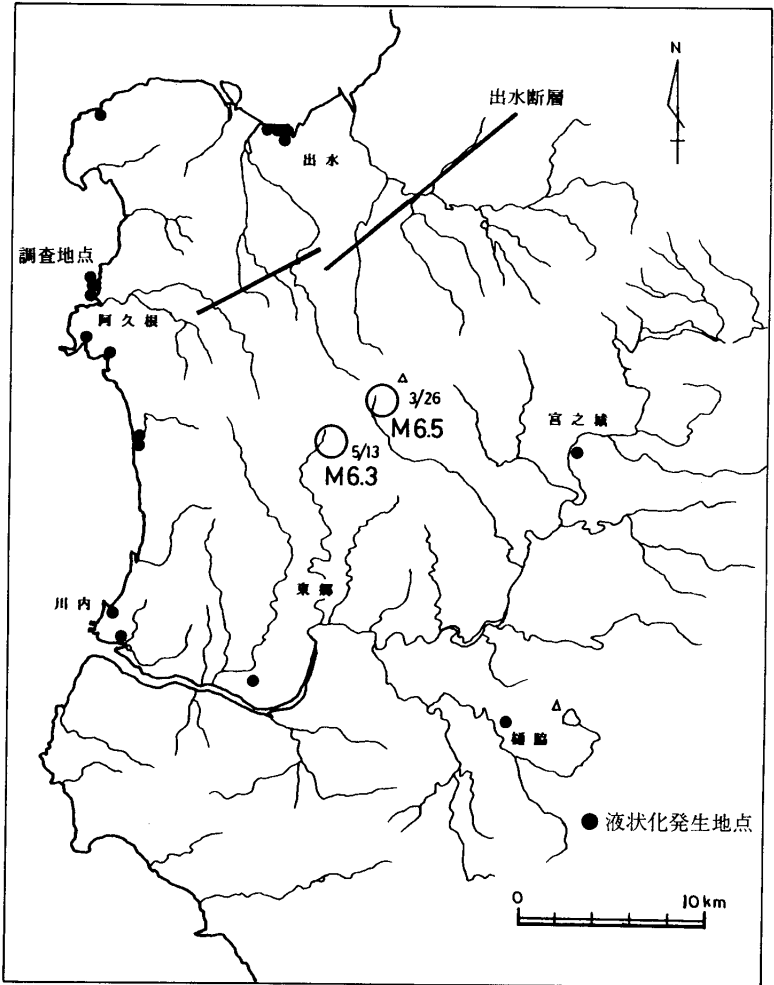
Liquefaction Caused by the Kagoshima-Hokuseibu
Earthquake in Akune City, Kagoshima

Hideto NARUO

1 はじめに

1997年3月26日17時31分に鹿児島県北西部でM6.5の地震があり、さらにその後、5月14日14時38分にもM6.3の地震が発生し、鹿児島県北西部を中心に大きな被害を生じた。二回の地震はいずれも東西方向の左横ずれ断層運動によるもので、余震域は互いに平行するように、約4kmずれて発生している（地震調査研究推進本部1997）。

この二回の地震により各地で落石や崖崩れ、液状化などの被害が生じた。地盤の液状化による被害は、鹿児島県内では知覧地震（1893年）、えびの地震（1968年）、日向灘地震（1968年）などで生じている（古藤田・若松1987）が、今回の地震でも北薩の沖積低地や埋立地を中心に



図一 鹿児島県北西部地震による液状化発生地点（岩松ほか1997より作成）

広範囲にわたって液状化が生じた。知覧地震については江平（1985）により、震災予防調査会報告の資料紹介という形で、液状化について触れられている。

今回の地震による被害の分布については岩松ほか（1997）、千田ほか（1997）に詳しいが、図-1にはそれによる液状化発生日点を示す。二度にわたる地震による液状化の著しかった地点は、阿久根市の水産加工団地と高尾野町の出水干拓東工区であるが、それ以外にも上川内駅前や東シナ海に面した河口付近、内陸部の宮之城町・樋脇町内でも小規模な液状化が発生した。これらの地点のうち出水干拓東工区や上川内駅前では3月および5月の2回にわたって液状化が生じている。

本論では二回の地震により生じた液状化について、筆者が観察した数地点のうち阿久根漁港と水産加工団地内の概要を報告する。

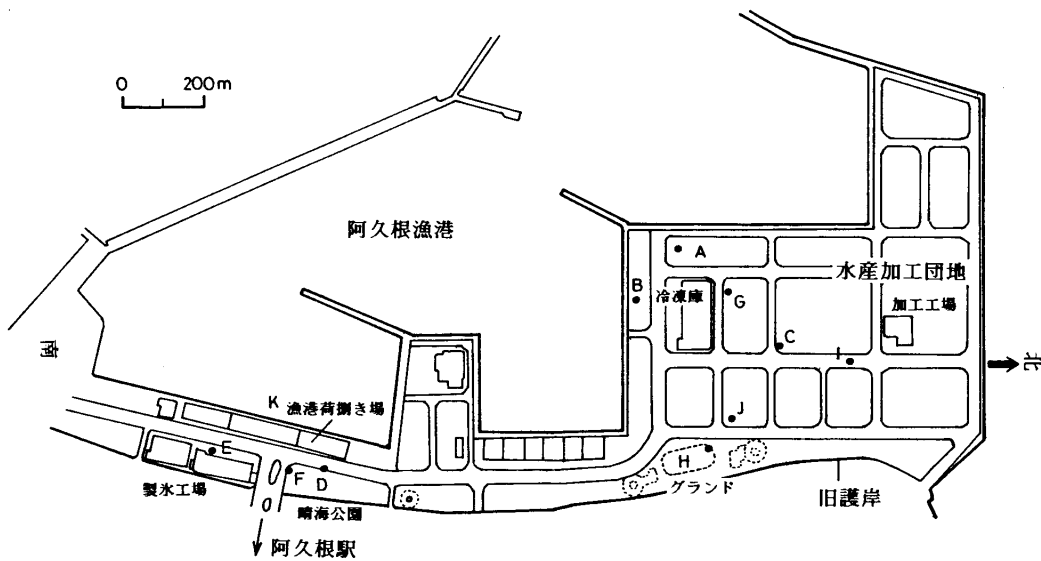


図-2 阿久根漁港および水産加工団地内の液状化発生日点

2 液状化の概要

水産加工団地は平成年間に入ってから造成され始めた、比較的新しい埋立地である。南側には既設の阿久根漁港があるが、ここはやや古い時代の埋め立て地である。

水産加工団地および阿久根漁港では液状化とそれに伴う沈下、および側方流動がみられた。阿久根駅から漁港に至る道路途中には幅数cm～十cmの地割れが生じている（写真-1）が、この線より海側が埋立地になり、ここが被害を受けた受けないの境界になっている。

今回の地震による液状化は加工団地と漁港内の各所で発生した（図-2）が、それらの発生のかたは、大きく以下の3つのパターンに分けることができる。

- 護岸に沿って平行に十数mのびる割れ目から液状化した砂が噴出する。
- 建物や電柱などの端部から液状化した砂が噴出する。
- 上記の2つのパターンと関係なく、平坦な地表面が割れて液状化した砂が噴出する。

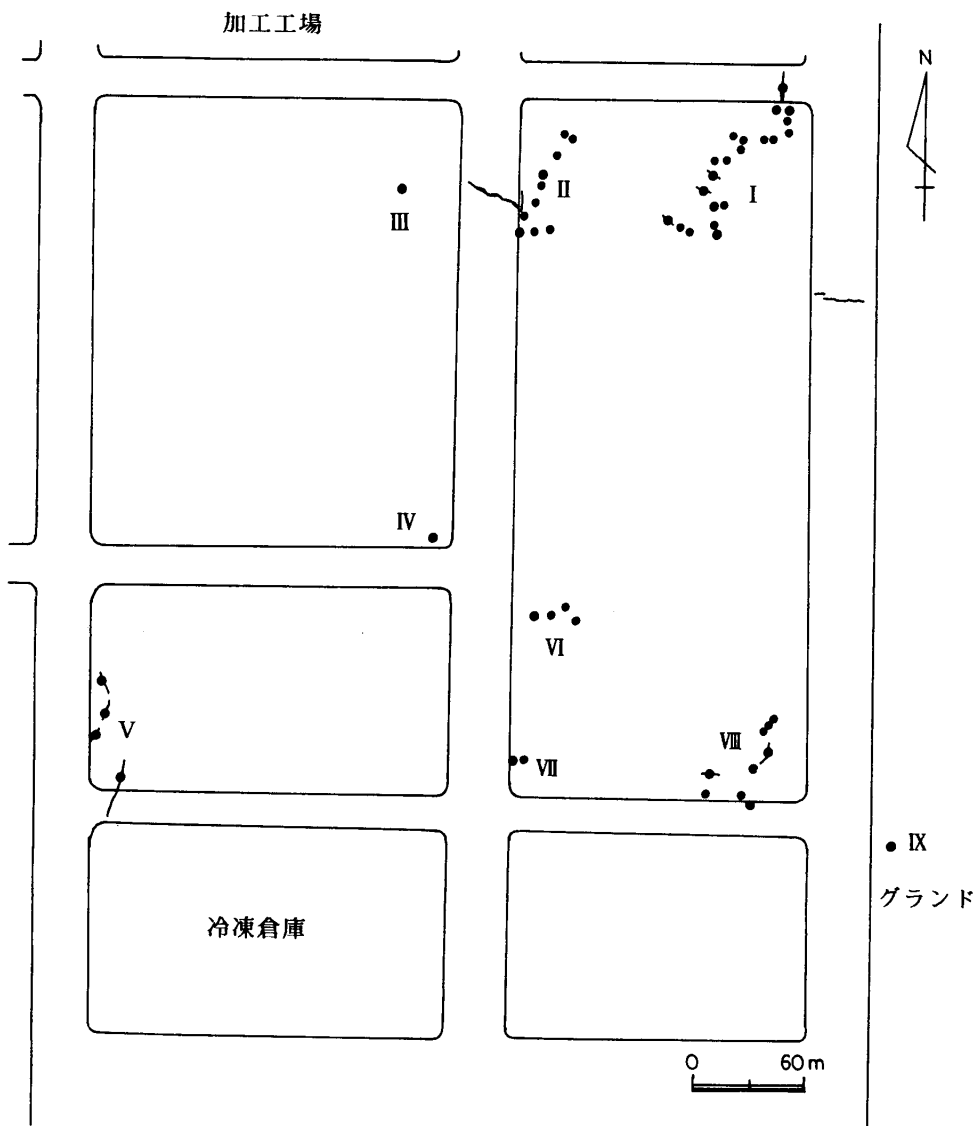
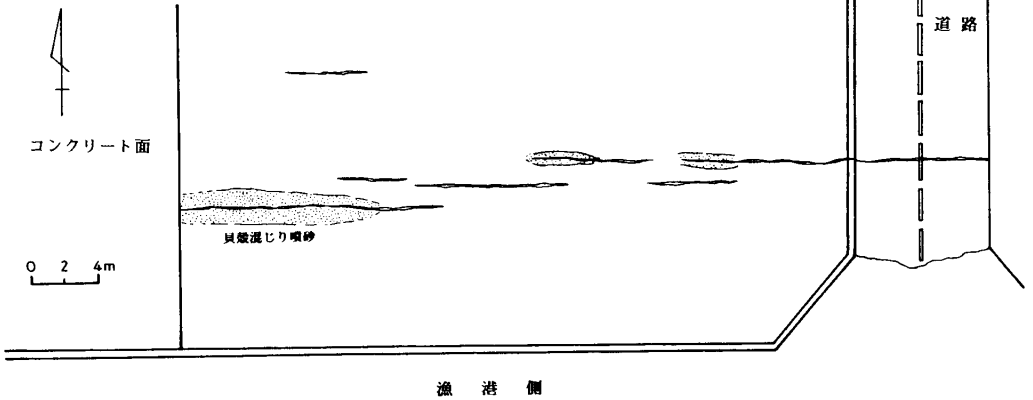


図-3 水産加工団地内の液状化発生地点

aのパターンは図-4に示されるように、幅数cm~10cm程度の割れ目が断続しながら十数mのびるもので、アスファルト道路を割ってのびるものもある。その様子を写真-2, 3に示す。図-2にあるように加工団地の護岸は途中で直角に折れ曲がっており、割れ目は護岸に平行して形成されている(図-2のA地点とB地点)が、割れ目形成の限界は護岸から20~30mの範囲である。噴き出した砂の量はそれほど多くないが、主に中~粗粒の砂および小礫である。護岸に近い場所では砂に混じって貝殻なども噴き出している。



図一四 護岸に沿う地割れと噴砂

bのパターンの例を写真一四、五に示す。写真一四は埋立地中央部（図一2のC地点）にあった電柱の脇から、青灰色をした細砂～シルトが噴出したものである。ここでは砂は主に北側へ吹き出しているが、これは南側と東側がアスファルト歩道になっているため、砂の噴き出しが阻害されたためと思われる。写真一五は阿久根漁港前の駐車場の歩道の例である（図一2のD地点）。レンガを敷き詰めた歩道とカラーアスファルトの間から中～細砂が噴出している。この噴砂の周辺では敷き詰められたレンガや花崗岩製の縁石がめくり上がっており、この部分に一定の力が加わったことを示している。

図一2のE地点では、製氷工場側溝内で液状化が生じている。ここでは側溝が長さ約5mにわたって割れ、それに沿って埋め立てに使用されたシラスが噴き出している。噴出力には強弱が存在したようで、噴出物の多い所や少ない所など濃淡が認められる。シラスは全体に淡桃色を帯びており、その中に長さ1～2cmの白色軽石や数mm大の岩片が混ざっている。

阿久根漁港内およびその周辺では地盤の沈下や側方流動などが著しかった（図一2のK、写真一六、七）。とくに荷捌き場ではコンクリート面が全体に波打っているが、これは40～50cmほど沈下した部分と地中に梁があり沈下しなかった部分が繰り返しているためである。沈下した部分ではコンクリート面の下が空洞になっている。調査した時点ではこれに関係した液状化跡は確認できなかったが、地震直後に撮られた写真には砂らしきものが写っており、液状化が生じた可能性が大きい。

図一2のE地点では駐車場南側端部のツツジ植込みの間に噴砂が見られた。ここは周囲が花崗岩製の縁石に取り囲まれており、ちょうど容器の中と同じ状態になり液状化しやすかったと推定される。

cのパターンはもっとも一般的な液状化の形態で、埋立地の中央部付近やグラウンドで多数発生している。写真一八～一五はその例を示す。

写真一八は護岸近くの冷凍倉庫脇（図一2の地点G）地点に見られる液状化跡で、ほぼ南北方向にのびる5個のマウンドが認められる。ここでは噴出口から40～50cmの幅で外部に噴き出している。液状化発生後にかなりの降雨があったため、マウンドの高さは本来より減じている。写真一九

は写真-8の噴出口のクローズアップであるが、粗～中粒砂と同時に礫が多数噴き出している。礫は最大長3cmに達するものもある。これらの砂・礫は埋め立て土に由来するもので、礫種は角閃石安山岩や頁岩、砂岩、凝灰岩などである。cのパターンではこのように小規模なマウンドがいくつか連って、一つの噴砂群を形成するのが普通である。図-2のJ地点近くでは4個のマウンドが連なっている例があるが、それぞれのマウンドの方向は少しずつ異なっている(図-5)。

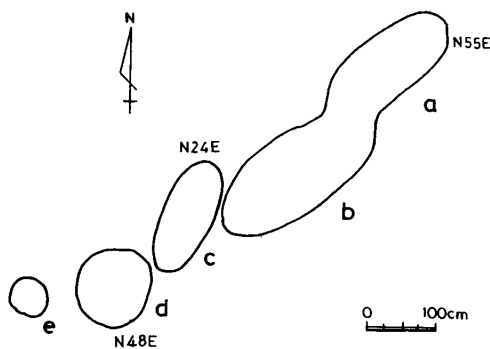


図-5 噴砂丘の形状と方向

写真-10は写真-8のマウンドの断面である。写真では明瞭でないが、噴出口周辺では礫があり、そこから離れるに従い礫径は小さくなり、中心から20～30cmで粗粒砂・中粒砂となる。また、下部ほど粒径が大きく上部は細粒となっていることから、初期ほど噴出力が大きかったことが推定される。

写真-11は護岸からもっとも離れたグラウンドで発生した噴砂跡である(図-3のH)。この写真では明瞭なマウンドは認められないが、降雨前に調査した阿久根市役所の撮影した写真では、径5～10cm程度のクレーターを持つ高さ十数cmのマウンドがあった。この噴砂跡の方向はN50°～60°Wである。噴砂は主に細粒～中粒の砂からなり、割れ目の中心部付近には粗粒の砂が認められる。ここでは噴砂の中心軸から、左右に1mほど噴砂が広がっている。

写真-12は旧地表面を覆う噴砂を取り除いた状態である。これからわかるように、砂は互いに平行して走る2本の割れ目系(I, II)から噴出している。それぞれの割れ目系はさらに何本かの割れ目がほぼ直線状に並んで形成されている。割れ目の幅はそれぞれ1～3cm、長さは10～70cmで、形状は一直線状や小刻みに折れ曲がった直線などである(図-6)。なお、割れ目の途中にはときどき径3cm程度の円形の膨らみが見られる。地震直後に撮られた写真では、マウンドの頂上に明瞭なクレーターが認められたが、あるいはこの部分がそれに相当するものかもしれない。

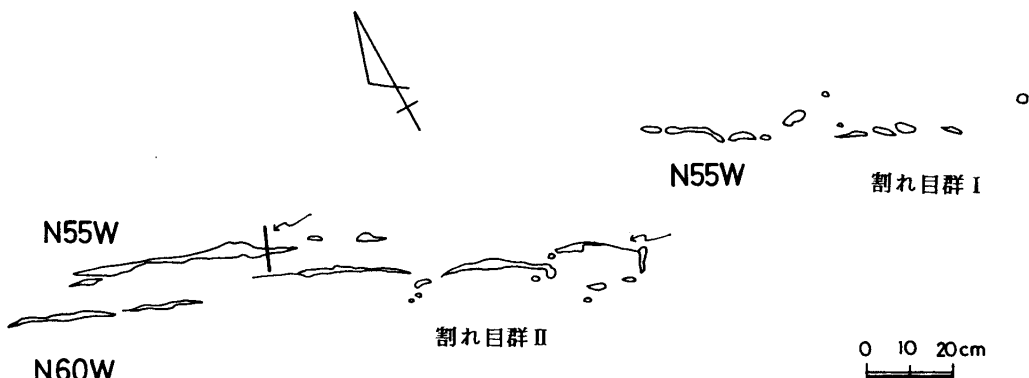


図-6 液状化を生じた地割れの平面形態

写真-13はその割れ目系の一部を断ち切った断面、図-7はそのスケッチである。それによるとグラウンドの埋め立て土は下位から上位へ、ア. 長径2~3cm程度の礫を多量に含む砂利層（下限不明）、イ. 黑色腐植土と茶褐色粘土およびシラスの黄色風化土の混土層（厚さ約10cm）、ウ. シラス混じり細~中粒砂層（表層：厚さ1~2cm）からなることがわかる。液状化した層はアの砂利層で、ここから砂だけが選択的に上昇してきたことがわかる。

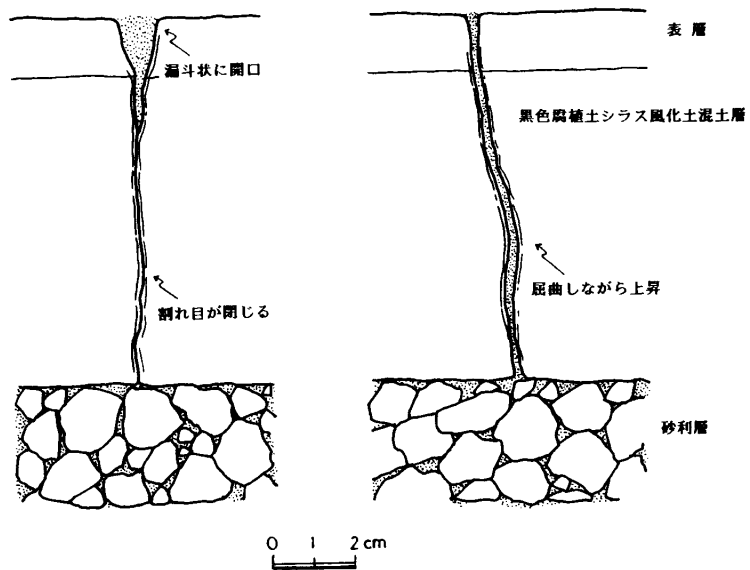


図-7 液状化を生じた地割れの平面形態

西側断面での観察によると、噴出口は下部ほど狭くなる漏斗状の形状を呈しており、それより下はごく狭いひび割れ状となって砂利層につながっている。東側断面では幅3~4mmの狭い通路が残っている。地震直後の写真では大量の砂が噴き出しており、液状化が生じた時点では通路はもっと広がったが、液状化の終了とともに通路が閉じたことが考えられる。

写真-14は埋立地中央に設けられたアスファルト道路の割れ目からの噴砂である（図-2のI）。道路に幅5cm程度でN70°W方向の割れ目があり、そこから細砂~中砂が噴出している。写真-15は孤立した噴砂丘の例である（図-2のJ）。ここでは噴砂丘が3個見られるが、いずれも隣の噴砂丘とは十数cm離れており、それらがほぼN40°E方向に伸びている。砂を取り去った平面での観察では噴出口は幅1~3cmの短直線状である。

3 液状化の原因

以上、水産加工団地内および阿久根漁港の液状化の概要について述べてきたが、ここは埋立地であり日常的に地盤沈下が生じていたことは、岸壁の一部に段差があり、それをコンクリートで修復した跡があることから推測される。液状化は埋立地や沖積平野の地下水に飽和された場所で、一般的に震度4以上になった場合に発生するとされるが、岩松ほか（1998）ではここでの震度は5となっておりそのことを裏づけている。

水産加工団地内の工場関係者の証言によると、地震発生と同時に液状化が起これり、砂・泥混じりの海水を人の背丈ほど噴き出し、それが30分ほど続いたとのことであり、ここでは加工団地地下に周辺から海水が入り込み、埋め立て土はそれに飽和していたと推定される。

噴き出した砂は護岸に近い部分では貝殻混じりの粗粒砂～細礫，加工団地中央部およびその周辺では中粒砂，旧海岸線よりの地点では青緑色の細粒砂～シルト，漁港の建築物周辺ではシラスとなっており，それぞれ埋め立てに使われた土砂の種類を反映している。

特徴的なこととして，数ヶ所の液状化跡では砂混じりの礫が噴き出している。礫は主に安山岩の角礫で長径1～2cmのものが大部分であるが，まれに4cmに達するものもある。とくに図-3のG地点付近では多量の礫が噴き出している。この埋立地では表土下約10～15cmの部分に礫と砂の混じった埋め立て土があり，礫はここに由来しているものと推定される。G地点付近での埋め立て土の観察によると，噴出口付近の礫と礫の間は比較的開いているが，これは液状化により選択的に砂が排出された名残りと考えられる。

ところで，図-2のE地点ではシラスの埋めて立て土が液状化し噴き出している。日本におけるこれまでの地震による液状化では，中粒砂からなる砂層が液状化してそれが噴き出すとされていた。これは粒径の揃ったものが液状化しやすいこと，実際の観測事例から中粒砂の噴き出しが一般的であったことなどによるが，今回の事例によりシラスのような粒径の異なるものも液状化し噴き出すことが判明した。

過去の例では鬼界カルデラのアカホヤ噴火（約6,300年前）に関連した地震により，いわゆる二次シラス層が液状化し噴き出していることが報告されている（成尾・弥栄・川崎1995）が，同じような性質を持つ埋め立てシラスも液状化することから，県内で数多く見られるシラスによる埋め立て地では，今後，中～大規模地震の際には液状化が広範囲に発生すると考えられる。

4 おわりに

今回の二度にわたる鹿児島県北西部地震では各地で様々な被害を生じた。とくに震源に近い宮之城町と鶴田町・東郷町では被害が大きく，宮之城高校では特別棟が座屈による被害を受け，改築せざるを得ないような状況におちいった（写真-16）。

このような建物の被害だけでなく山崩れや崖崩れ，液状化による側方流動など多様な地質災害が見られた。これらについては岩松ほか（1977）による震災地質図，鹿児島県砂防課による土砂崩壊発生箇所図など，徐々に報告されつつある。

本報告では地質災害のうち阿久根市水産加工団地，阿久根漁港の液状化の概要を述べたが，今回は粒度特性や土質工学的考察は行なわなかった。それらについては，他地域での液状化や崖崩れなどともに，今後報告する予定である。

ところで，最近，各地の考古遺跡において過去の液状化跡が多数検出され，地震考古学という分野が提唱されている（寒川1993など）が，そこで見られる液状化跡から地震の規模を推定するためには，現実には発生する液状化を観察する必要がある。しかし，実際にはそのような現象はまれにしか起こらないことから，今回の液状化を正確に記録することは，過去の地震の履歴を調べる際に有効と思われる。

本報告では触れなかったが，出水干拓東工区や上川内駅前でも顕著な液状化が発生しており，そこの形態の記載や粒度分析等も報告する予定である。

謝 辞： 本報告を書くにあたり，出水市立出水商業高校神 信裕氏と大分大学教育学部千田 昇教授には現地で指導して頂き，鹿児島大学南西島弧地震火山観測所後藤和彦助教授には北西部地震全般について様々なご教示を受け，鹿児島大学理学部講師井村隆介氏には地質災害について討論・ご教示頂いた。これらのお世話になった方々に感謝の意を表します。

文 献

- 江平 望 (1985) : 明治二十六年九月知覧地方における地震について. 知覧文化, 22, 47-54.
- 井村 隆介・隈元 幸司・福満修一郎・後藤 和彦・岩松 暉 (1977) : 1977年3月26日に発生した鹿児島県北西部の地震による被害調査 (速報). 地質雑, 103, XIX~XX.
- 井村 隆介・岩松 暉・隈元 幸司 (1977) : 1977年3-5月に発生した鹿児島県北西部の地震被害. 鹿児島県地学会誌, 76, 29-35.
- 岩松 暉・井村 隆介・隈元 幸司・(社)鹿児島県地質調査業協会 (1977) : 1977年鹿児島県北西部地震震災地質図, 1プレート. 鹿児島大学自然災害研究会.
- 鹿児島県砂防課 (1997) : 薩摩地方を震源とする地震による土砂崩壊発生箇所, 13プレート. 鹿児島県.
- 古藤田喜久雄・若松加寿江 (1986) : 本邦における液状化履歴地図. 日本建築学会大会学術講演梗概集 (近畿), 1001-1002.
- 地震調査研究推進本部 (1997) : 1997年5月13日の鹿児島県北西部地震について. SEISMO, 1, 6, 8-11.
- 成尾 英仁・弥栄 久志・川崎 重治 (1995) : 鹿児島県吾平町原口岡遺跡におけるアカホヤ噴火時の液状化跡. 日本文化財科学会第12回研究発表要旨集, 64-65.
- 千田 昇・遠田和典・上田勤子 (1977) : 1977年鹿児島県北西部地震の被害調査報告 (速報). 大分地理, 11, 1-6.
- 寒川 旭 (1993) : 遺跡の地震跡を用いた古地震研究. 第四紀研究, 32, 249-256.



写真-1 旧護岸と埋立地の境界の地割れ



写真-2 護岸と平行な地割れ（地点A）



写真-3 地点Bにおける地割れ



写真-4 電柱脇からの噴砂



写真-5 地点Dにおける噴砂

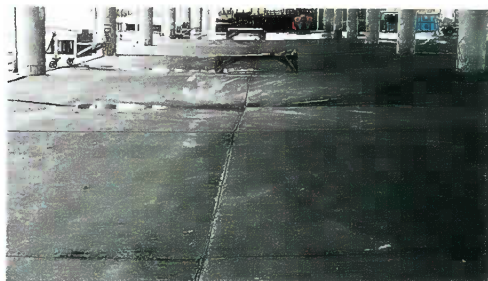


写真-6 波状になった荷捌き場



写真-7 荷捌き場前道路の沈下状況



写真-8 地点Gにおける連続する噴砂丘



写真-9 地点Gの噴砂丘のクローズアップ



写真-10 噴砂丘の断面（地点G）



写真-11 地点Hにおける噴砂



写真-12 平行する2本の砂脈（地点H）



写真-13 噴砂脈の断面



写真-14 アスファルト面での噴砂



写真-15 孤立した噴砂丘（地点J）



写真-16 宮之城高校特別棟の被害