鹿児島県北西部地震と鹿児島市の地盤

鹿児島大学理学部　　大木公彦・深見　聡

1．はじめに

１９９７年3月２６日（M6.3）、5月１３日（M6.2）に発生した鹿児島県北西部地震における地震活動の特徴、地質学的背景、斜面崩壊、地盤災害等について、すでに多くの報告がなされている（鹿児島大学県北西部地震被害調査研究会・財団法人鹿児島県建設技術センター、1997；赤崎・上園、1997；井村ほか、1997等）。筆者らは、地震直後の３月２７日、３０日、４月２日に現地を訪れ被害の状況を観察した。被害の詳細は他の調査報告に譲るとして、ここでは埋立地や盛土の問題に触れながら、鹿児島市（南部沖積平野部を除く）の地盤にスポットを当て、県北西部地震クラスの地震に対する問題点を指摘してみたい。

2．県北西部地震の地盤災害

3月２６日の地震でとくに被害の大きかった宮之城町、鶴田町、阿久根市を３月３０日、４月２日に訪れた。道路は、井村ら（1997）が指摘したように、路面の亀裂、沈下および陥没のほとんどが盛土部分に集中している（写真１）。宮之城町虎居、甫立集落北方の農業用施設の幹線道路はかなりの損傷を受け、噴砂現象も確認された（写真２）。この農業用施設は、国道328号線と海老川に挟まれた地域を平坦に整地して作ったもので、旧地形をかなり残しているものの、平坦面を造成するために、シラス台地面の一部を削り、そのシラスで谷を埋める工法を採用している。赤崎・上園（1997）は詳細な被害調査を行ない、路面の亀裂、沈下および陥没がやはり盛土部分に集中していると報告している。その状況は、赤崎・上園（1997）の示した農業用施設造成前と後の地形図（図１）から読み取れる。被害の集中した南部の、南へ傾斜した幹線道路は比較的広い旧谷部に相当し、路面のうねり、亀裂、滑りによるアスファルトの盛り上がり（写真３）、側溝蓋の跳ね上がり（写真４）が認められた。阿久根漁港および周辺の埋立地は、液状化による地面の亀裂、沈下、噴砂現象、公園施設の破損などが認められた（写真５～７）。阿久根駅から漁港へ至る、緩く坂になった道路には、明らかに漁港の埋め立て部分との境界と考えられる位置に幅10cm前後の開いた亀裂があり、港側が沈下している（写真８）。

3．県北西部地震による鹿児島市への影響

3月２６日の地震で鹿児島市は震度４を記録した。報道による顕著な被害報告はなかったが、１９９６年１１月に完成したばかりの鹿児島県庁敷地内において、県議会棟と行政棟の間の幅60cm、長さ6m四方に敷いてあった石板が盛り上がった（写真９）。読売新聞によると「埋設したコンクリート水路の上の部分で、この水路を境にして地震の揺れが異なったため、水路の部分に両方からの揺れの力が集まり、モルタルと石板を盛り上げた」と報道されている。5月１３日の地震でも震度４を記録したが、県庁行政棟の３階の壁の塗装に亀裂が入った。県庁舎は、１９９６年の１２月４日に発生した日向灘沖地震でも、鹿児島市が震度３

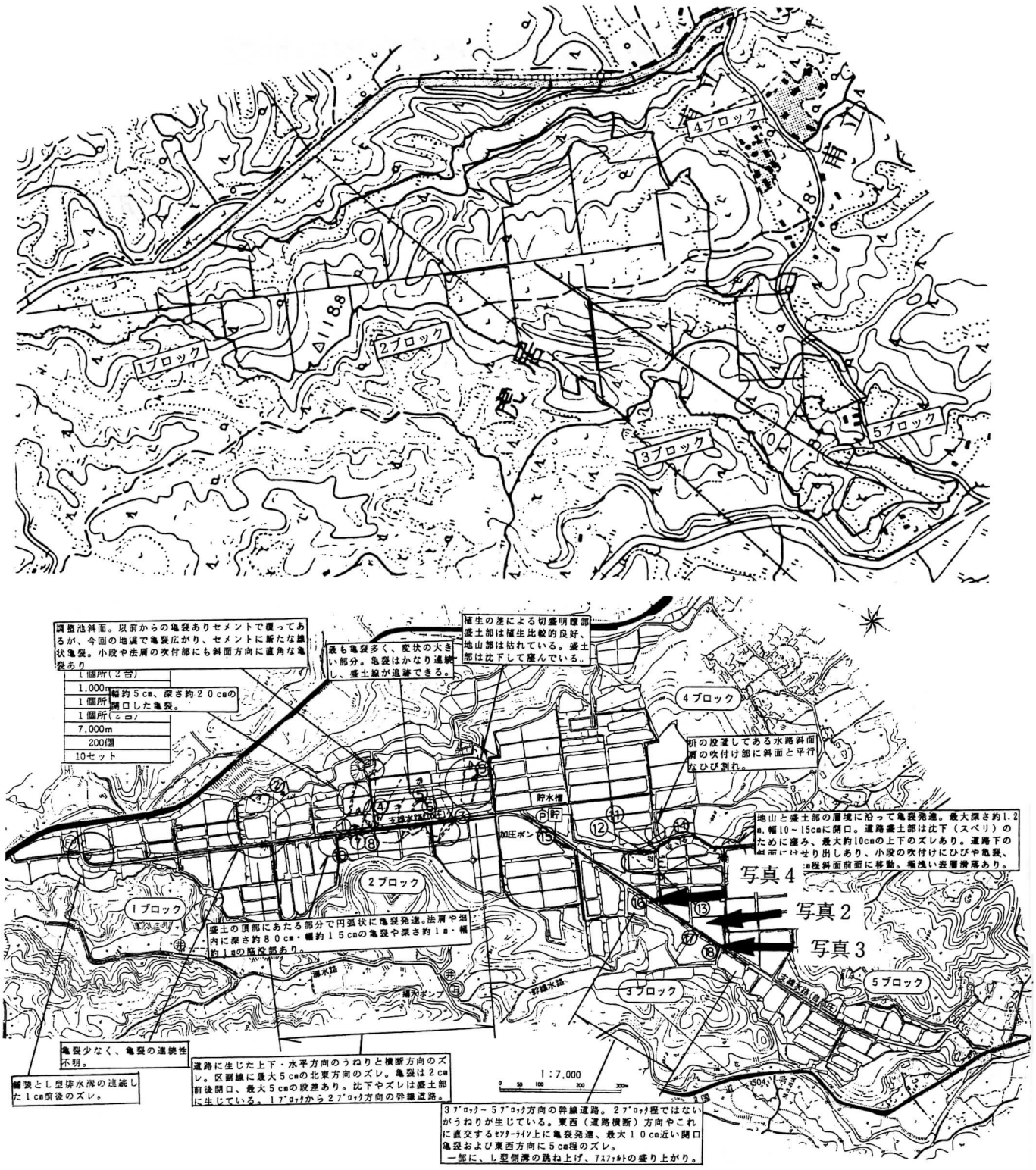

図1．宮之城町虎居甫立集落北方の旧地形（上）と農業用施設災害概略調査図（下）（赤崎・上園、1997）.

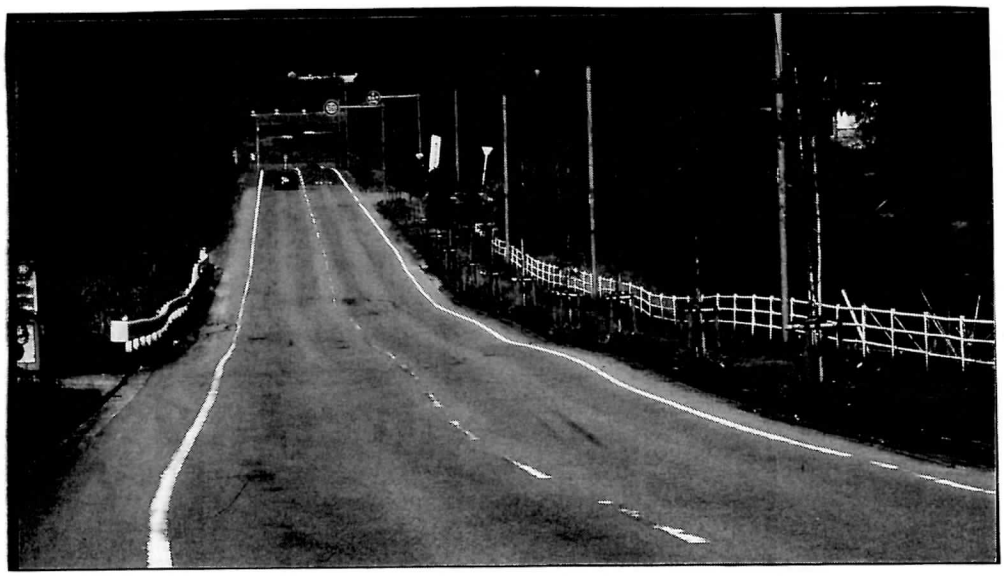

写真１．宮之城町平川の国道328の盛土部の被害状況（道路が波打って、多数の亀裂が認められる）．

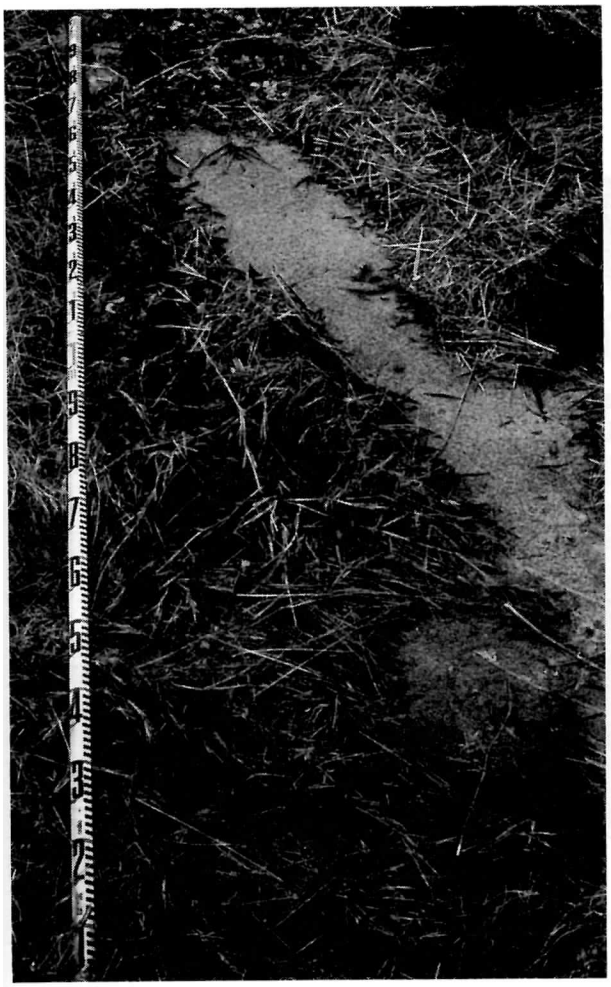

写真２．宮之城町虎居甫立集落北方の農業用施設４ブロックにおける噴砂現象（右は噴出孔）．

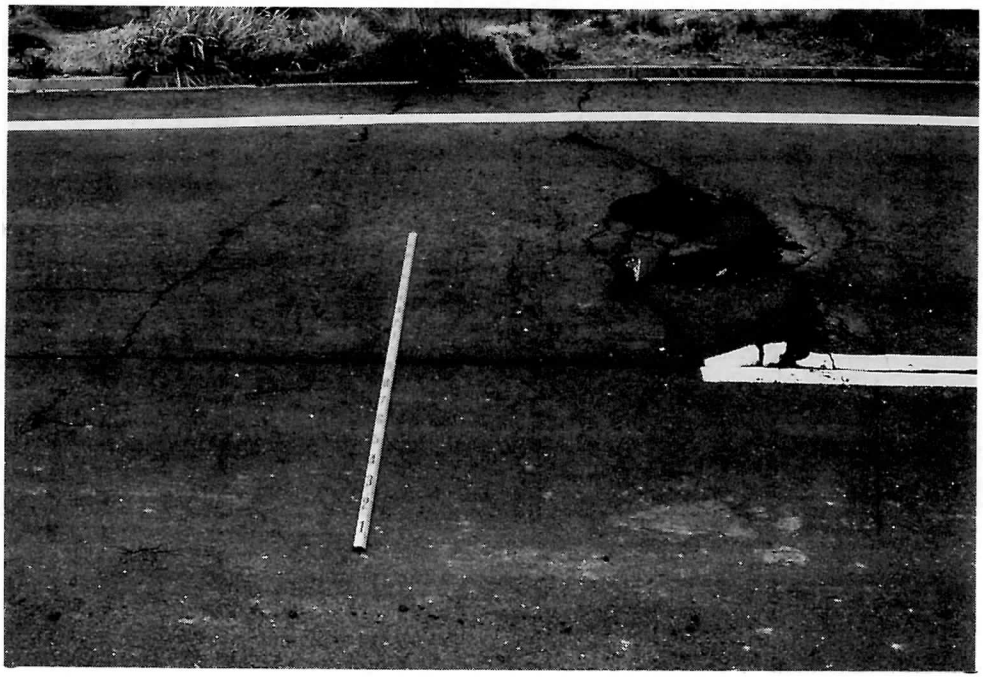

写真３．宮之城町虎居甫立集落北方の農業用施設３ブロックの滑りによるアスファルトの盛り上がり．

写真４．宮之城町虎居甫立集落北方の農業用施設３ブロックの側溝蓋の跳ね上がりと亀裂．

写真５．　阿久根漁港外港事務所付近の亀裂と噴砂現象.

写真６．　阿久根漁港外港の公園施設の破損状況.

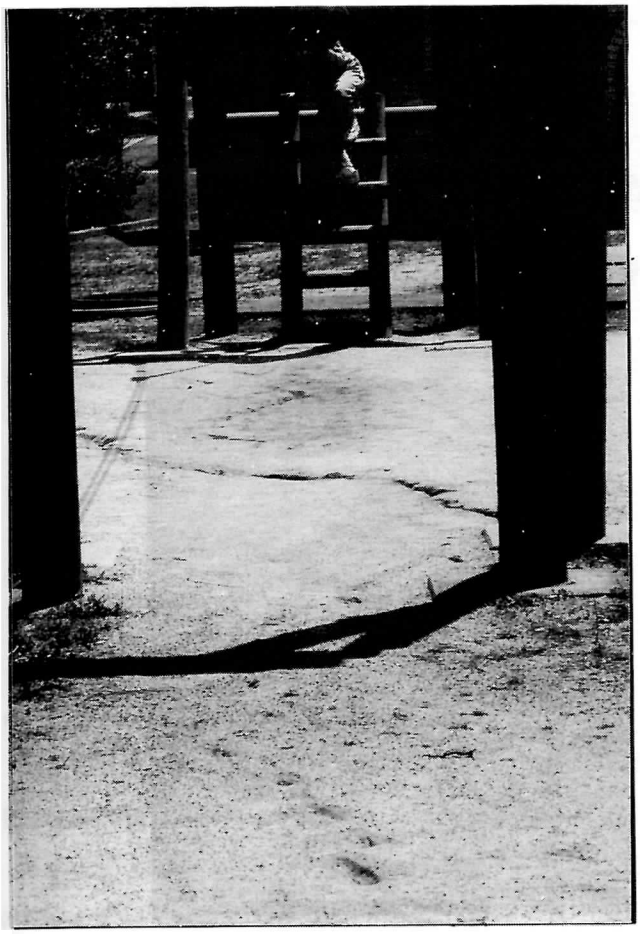

写真７．　阿久根漁港外港の公園内の亀裂.

写真８．　阿久根駅前通りの、市街地と漁港の境界付近に見られる亀裂.

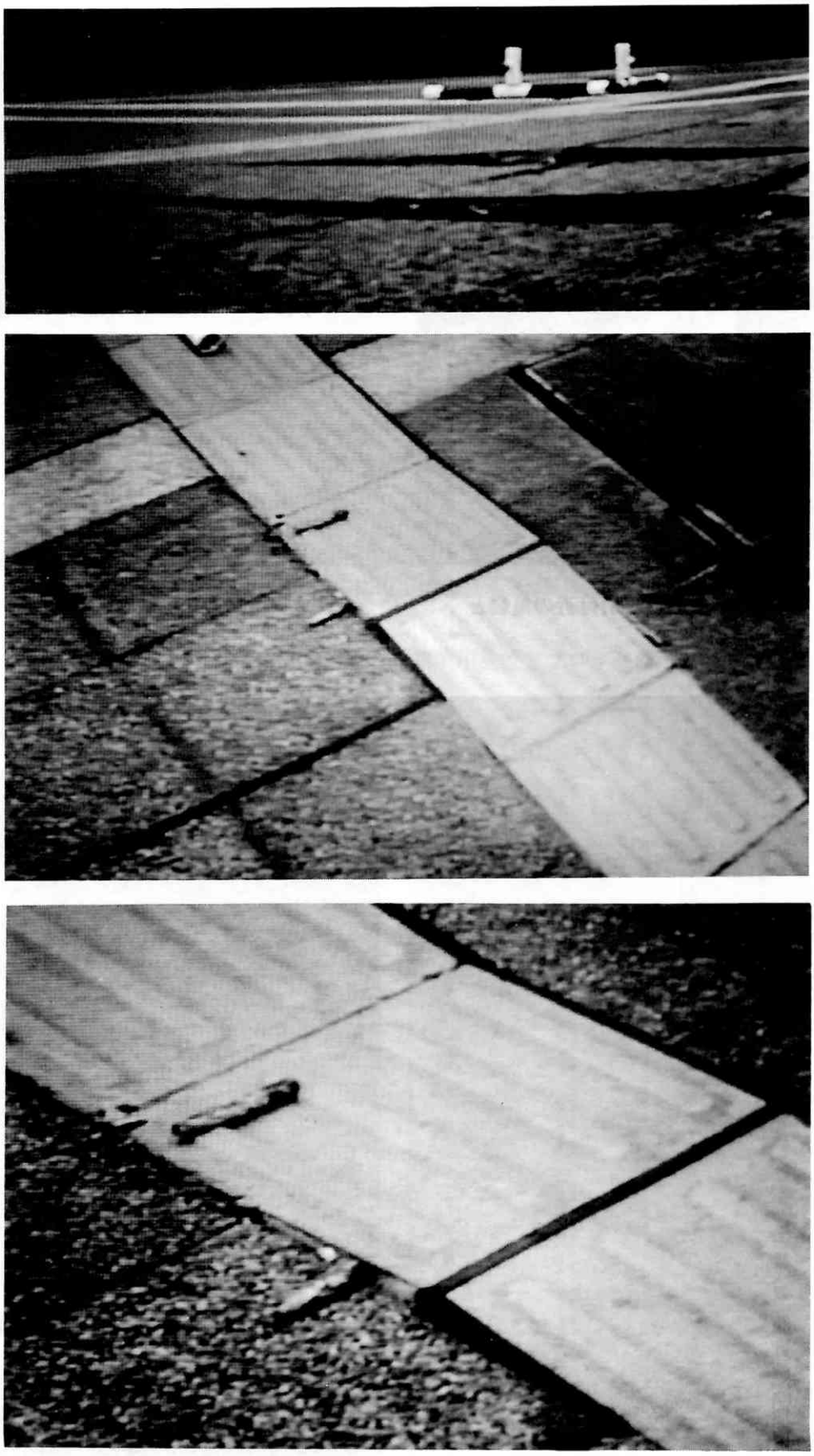

写真９．鹿児島県庁敷地内における石板の盛り上がり．

であったにもかかわらず、外壁の一部がはがれる被害にあっている。県庁所在地の鴨池新町は、旧海軍航空基地として造成された古い埋立地で、１９５７年から１９７２年の１６年間は鹿児島（鴨池）空港として使用されていた。

甲突川河口近くの錦江町では、５月の地震直後の調査で、すでに地盤沈下によって亀裂の入っていた花壇のブロックが６cm程横にずれたり（写真10）、修復したセメントに新たにひびが認められたが、地震以前の調査が１９９６年１１月であるために、地震だけによるものかどうか分からない。この地域は、１９１４年（大正３年）の桜島大噴火前後の写真では、甲突川河口右岸の天保山の埋立地に対応して砂州が発達している。この液状化しやすい砂州の場所が、１９６０年代半ばに、港湾施設の構築にともない浚渫された土砂で埋め立てられ、現在に至っている。

埋立地と同様、団地の盛土部も液状化が発生しやすいと報告されている（宮城県沖地震、千葉東方沖地震など）。しかし、１９７０年代から調査を続けている薩摩団地の地山と盛土境界の亀裂は、地震の前後にあたる１９９７年１月と５月の調査では、変化は認められなかった。

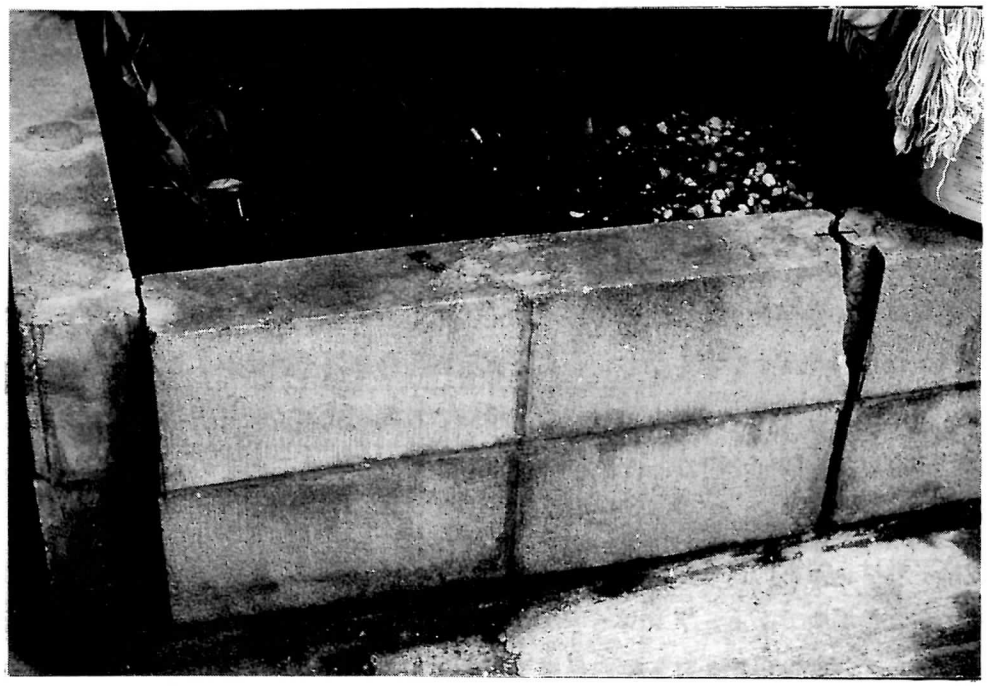

写真10.　鹿児島市錦江町における花壇の亀裂とブロックの横ずれ.

４．１９１４年（大正３年）の桜島地震

大正３年の桜島大噴火に伴って、M７.１の地震が発生している。震災予防調査会（1920）の震災予防調査報告書（執筆代表：今村明恒）を参考にして、桜島地震についてその概要をまとめると次のようになる。

『大正噴火の前兆として、１月１０日から噴火当日の１２日午前６時までに、桜島と鹿児島市で４１７回の地震を記録し、そのうちの１０回はM４.９～５.１の強いものであった。噴火開始から８時間後の１２日午後６時２９分にM７.１の最大の地震が発生し、鹿児島市では死者１３名、負傷者９６名、家屋全倒３９棟、

半倒１３０棟、市外では死者１６名（石川、1992：２２名）、負傷者１６名、家屋全倒８１棟、半倒６５棟などの被害が発生した。震度は、鹿児島で烈震、宮崎・熊本・佐賀・長崎で弱震、大分・佐世保・広島・福岡・名瀬で微震であったが、マグニチュードが大きかったにもかかわらず、震域が狭いということが桜島地震の特徴としてあげられる』。

震災予防調査会（1920）の報告した鹿児島県各市郡における噴火地震震災概表を表１に示す。この表には地震の被害だけでなく噴火による被害も含まれているが、桜島および牛根村の２９名の溺死者、桜島の焼失家屋がそれに相当する。また、鹿児島市における被害表を表２に示す。

震災予防調査会（1920）は、表２に示された家屋と石塀の被害から、桜島地震の鹿児島市中心部における震度（現在、使われている震度とは異なる）分布図を作成した（図２上）。現在の地形（図２下）を参考までに付記したが、甲突川左岸以北の現在の市街地と右岸以南の現在の高麗町・荒田町付近（震度Ⅱ）を除く市街地の大半は震度Ⅲを示し、最も被害の大きい震度Ⅳは現在の鹿児島駅から甲突川左岸の甲突町へ至る海岸に近い地域で認められる。震災予防調査会（1920）は震度Ⅳの地域と埋立地の関係について触れ、「ここ最近百年間の埋立地の状況を考えると、ここで震度がもっとも強いということが想像でき、今回の地震では水平加速度が2000mm／s^2（200　Gal）に達した。なお、この区域内には山下町加治木屋敷跡、すなわち200余年前に海底であった土地を含むことを注意しなければならない」と述べている。さらに、震災予防調査会（1920）は、震度がもっとも軽かったのは丘陵部で、次に軽い地域は地蔵角より松原町、新町にいたる一帯、柳町、車町、恵美須町、和泉屋町であると報告し、前者は土地が少々高いので天然の地盤で、後者は稲荷川によって自然に埋め立てられた古い土地と推定している。

５．鹿児島市中心部の沖積層と震災予防調査会（1920）の震度分布

鹿児島市地盤図編集委員会（1995）は、市内の2,000本をこえるボーリング資料（鹿児島大学水産学部敷地内で行なわれたボーリングコア試料を含む）から、鹿児島市の沖積平野地形・地質発達史について論述している。筆者らも、ボーリングコア試料を使って、沖積層の粒度組成および化石群集の垂直変化を調べ、地形・地質発達史について調査研究を行なった。詳細は別の論文で報告するとして、ここでは桜島地震と関連した地形・地質のみに触れる。

鹿児島市の沖積平野は、基本的に入戸火砕流堆積物（約25,000年前）が開析され、その後の海水準上昇によって埋め立てられた場所である。アレレード海進（約18,000～10,000年前）の始まる前の鹿児島市地域は深い谷部で、入戸火砕流堆積物より下位の地層（花倉層・吉野火砕流・城山層など）にまで浸食がおよんでいる（早坂・大木、1971；鹿児島市地盤図編集委員会、1995）。6,000年前後をピークに縄文海進が起こったが、最大時には現在の市街地の大半は海に没し、当時の海岸線は草牟田付近にまで後退したことが、草牟田で得られたボーリング試料に含まれる貝化石から明らかになった。この当時の市街地は、内湾浅海域の堆積環境にあり、内湾泥が堆積している。鹿児島市地盤図編集委員会（1995）の資料でも、ほぼ現在の海水準の高度まで貝化石を多く含む泥層が広く分布していることが報告されている。

5,000年以降、海水準は徐々に低下し、鹿児島市地盤図編集委員会（1995）も述べているように甲突川や旧田上川から供給される粗粒な氾濫原堆積物が浅くなった内湾を埋め立てたと考えられる。このことは鹿児島大学工学部、理学部の工事現場において、斜交葉理を持つ淘汰良好な海浜砂堆積物を河川の氾濫原堆積物

	死亡	負傷	焼失戸数	家全潰	住家半潰	納舎全潰	納舎半潰	その他全潰	その他半	備考（現市町村名）
鹿児島市	13	96	0	39	130	0	0	13	6	
鹿児島郡各村（桜下三村）	15	9	0	18	23	0	0	0	0	鹿児島市伊敷・吉野他
谷山村	1	6	3	0	8	0	0	10	5	鹿児島市南部（谷山）
東桜島村	24	0	677	3	12	0	0	0	0	鹿児島市
西桜島村	1	1	1467	21	14	0	0	0	0	桜島町
喜入村	0	0	0	1	0	2	1	0	0	喜入町
蒲生村	0	0	0	0	1	0	0	0	0	蒲生町
国分村	0	0	0	1	0	6	2	0	0	国分市
東国分村	0	0	0	0	0	4	0	1	0	国分市
西国分村	0	0	0	2	1	19	0	8	0	隼人町
清水村	0	0	0	0	0	1	0	0	0	国分市清水
西襲山村	0	0	0	0	0	1	0	0	0	隼人町（日当山）
岩川村	0	0	0	7	0	0	0	0	0	大隅町
牛根村	4	0	1	16	6	2	0	7	0	垂水市（牛根）
松山村	0	0	0	2	0	0	0	0	0	松山町
百引村	0	0	0	9	0	10	0	0	0	輝北町
垂水村	0	0	0	1	0	0	0	0	0	垂水市
合計	58	112	2148	120	195	45	3	39	11	

表１．桜島噴火地震震災概表（震災予防調査会、1920）．

町名	全潰 住家	全潰 その他	全潰 計	半潰 住家	半潰 その他	半潰 計	破損 住家	破損 その他	破損 計	全戸数	百分率（註２）
鼓川	0	3	3	1	5	6	131	30	161	147	4.1
稲荷	0	2	2	1	8	9	144	56	200	179	3.6
清水	0	3	3	0	10	10	212	71	283	296	2.7
春日	0	3	3	2	2	4	215	30	245	216	2.3
鹿師	0	0	0	0	0	0	163	9	172	171	0
漢師	0	5	5	0	1	1	154	2	156	171	3.2
西田	0	3	3	2	3	5	384	23	407	432	1.3
新屋敷	0	0	0	0	0	0	170	35	205	377	0
常盤	1	1	2	0	1	1	218	1	219	222	1.1
武	0	0	0	0	7	7	173	0	173	167	2.1
高麗	0	0	0	0	1	1	361	7	366	303	0.2
上ノ園	0	1	1	4	2	6	232	4	236	231	1.7
上荒田	0	1	1	0	5	5	352	4	356	268	1.3
下荒田	1	4	5	4	0	4	742	4	746	639	1.1
下龍尾	0	14	14	6	12	18	210	44	254	294	7.8
上龍尾	2	4	6	4	14	18	208	48	256	280	5.4
池ノ上	0	1	1	6	14	20	181	56	237	241	4.6
山下	3	0	3	2	5	7	408	51	459	681	1.0
易居	2	7	9	1	2	3	237	12	249	319	3.3
生産	1	3	4	0	0	0	54	11	65	63	6.3
六日	3	0	3	2	0	2	25	4	29	66	6.0
築	1	3	4	0	6	6	23	5	28	46	15.2
新	0	0	0	3	0	3	102	20	122	211	0.7
堀江	0	0	0	1	0	1	180	30	210	285	0.2
松原	0	0	0	5	0	5	98	25	123	466	0.5
泉	1	0	1	0	1	1	166	35	201	162	0.9
汐見	0	1	1	0	1	1	110	36	146	65	2.3
住吉	1	2	3	5	3	8	150	40	190	183	3.8
洲崎	3	1	4	0	2	2	20	10	30	30	16.7
東千石	0	7	7	6	3	9	425	15	440	460	2.5
中	1	1	2	13	15	28	136	17	153	160	10.0
金生	2	1	3	3	15	18	110	38	148	112	10.7
船津	0	5	5	0	3	3	113	15	128	164	4.0
大黒	2	1	3	15	5	20	182	12	194	177	7.3
呉服	1	0	1	8	15	23	97	22	119	119	10.5
山之口	0	4	4	6	7	13	262	44	309	548	1.9
樋之口	0	0	0	0	0	0	270	45	315	554	0
加治屋	0	0	0	0	0	0	216	41	257	426	0
草牟田	0	0	0	0	0	0	198	12	210	307	0
新照院	0	0	0	0	0	0	117	7	124	273	0
西千石	0	0	0	0	0	0	229	13	242	472	0
平之	0	0	0	0	0	0	200	11	211	463	0
塩屋	2	1	3	10	1	11	340	35	375	633	1.8
小川	2	2	4	3	5	8	150	15	165	178	4.5
恵美須	0	0	0	0	1	1	130	1	131	148	0.3
和泉屋	0	0	0	0	0	0	55	3	58	112	0
車	0	1	1	0	0	0	85	5	90	141	0.7
柳	0	0	0	2	4	6	145	0	145	147	0
向江	0	0	0	2	0	2	16	0	16	28	3.6
栄	0	1	1	0	0	0	30	1	31	62	1.6
長田	0	0	0	0	2	2	56	0	56	322	3.1
冷水	0	0	0	0	0	0	20	0	20	172	0

（註２）　表中の百分率とは、家屋の全潰数と半潰数の二分の一との和の、総戸数100に対する割合である。つまり、半潰家屋２棟＝全潰１棟として数えてある。

表２．桜島噴火地震鹿児島市被害表（震災予防調査会、1920）

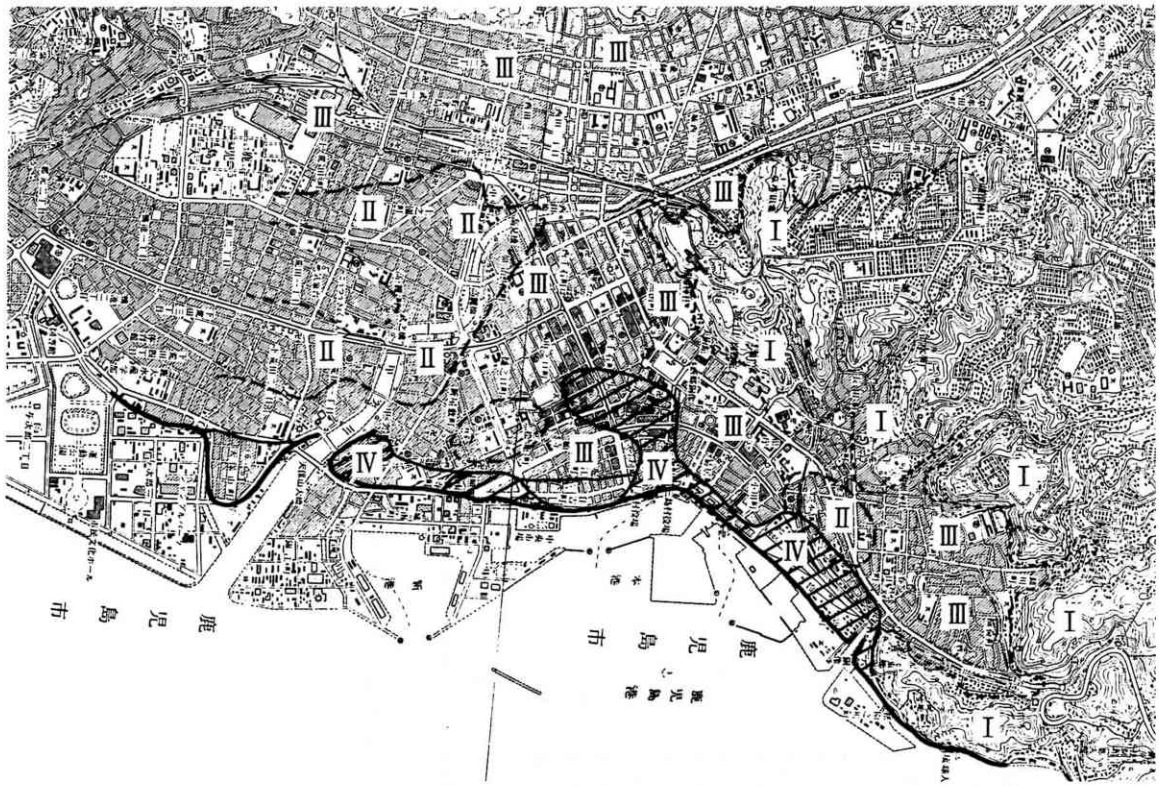

図2．桜島噴火地震（1914）の震度分布（上）と現在の地形（下）（震災予防調査会、1920）．
国土地理院2万5千分の1地形図「鹿児島市北部・南部」を使用.

が覆っていることからもよく分かる。理学部の工事現場で観察された氾濫原堆積物から多くの弥生時代の彩色土器が産出している。江戸時代初期には図３に示す位置まで海岸線が前進したと考えられる。

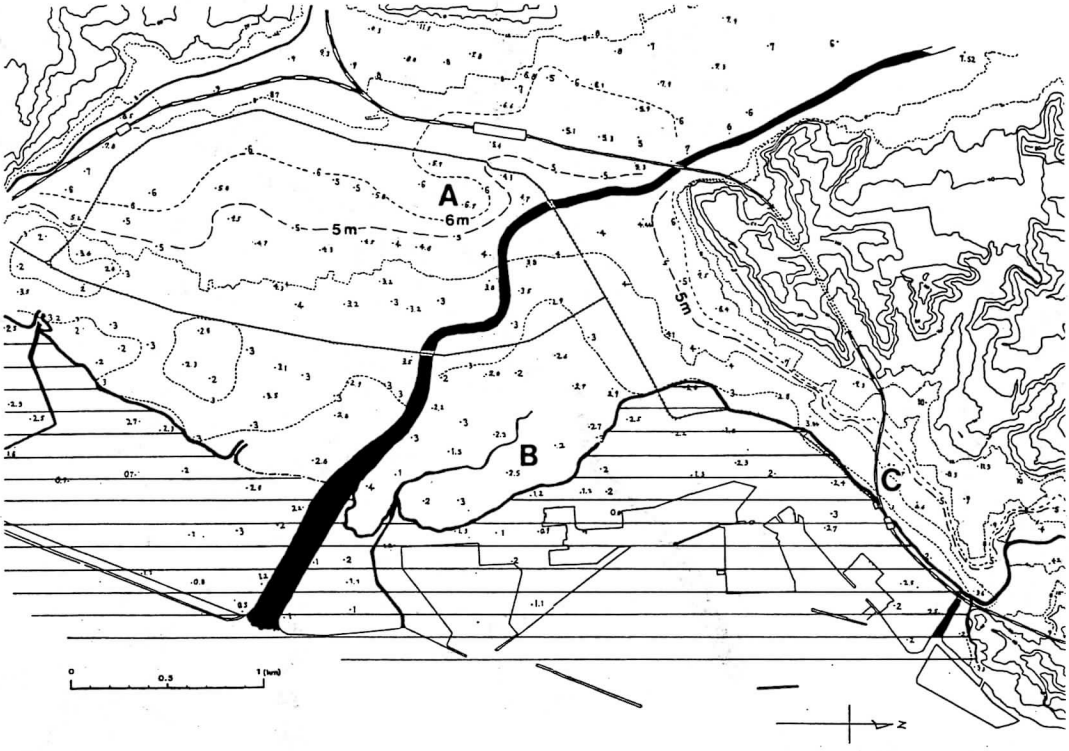

図３．鹿児島市地域の江戸時代初期（埋め立てまえ）の海岸線と地形（横線部は海域）．
A：上之園町・加治屋町地域；B：松原町・南林寺町地域；C：柳町・上本町地域

以下、震災予防調査会（1920）の震度分布域と地下地質との関係について述べる。

5-1．震度Ⅰ～Ⅱの地域

すでに述べたように、震度Ⅰは丘陵部で、約60～13万年前に堆積した花倉層・吉野火砕流・城山層などから構成される基盤岩を覆って入戸火砕流堆積物が分布している地域に相当する。

震度Ⅱは、上之園町・加治屋町（上荒田町・下荒田町・新屋敷町の一部を含む）地域、松原町・南林寺町にいたる地域、および柳町・上本町地域である。高麗町・荒田町は、震災予防調査会（1920）の図には表示がないのでここでは触れない。

鹿児島市地盤図編集委員会（1995）の示した沖積層基底面の等高線図（図４）によると、上之園町・加治屋町（荒田町）地域の基底面は周辺に比べて高く、標高が－30mから－40m前後と浅くなっている。鹿児島市地盤図編集委員会（1995）は、沖積層堆積以前には城山から南へ伸びる半島の存在を示唆している。現在の地形でも、上之園町から荒田町一帯の標高が５mをこえ、周辺域に比べてやや高くなっている。

松原町・南林寺町にいたる地域は、沖積層基底面の等高線が－40～－50mの間にある。現在の地形は、震災予防調査会（1920）も指摘したように周囲に比べ標高が高く（2.5～3m）、浸食からまぬがれた低位の海岸段丘の可能性もある。

柳町・上本町地域がパッチ状に被害の少ない理由はよく分からないが、沖積層基底面の等高線図（図４）や周辺の地質（大木・早坂、1970）を参考にすると、基盤にあたる入戸火砕流およびその下位の地層の浸食面が浅く、周囲に比べて高くなっている可能性がある。

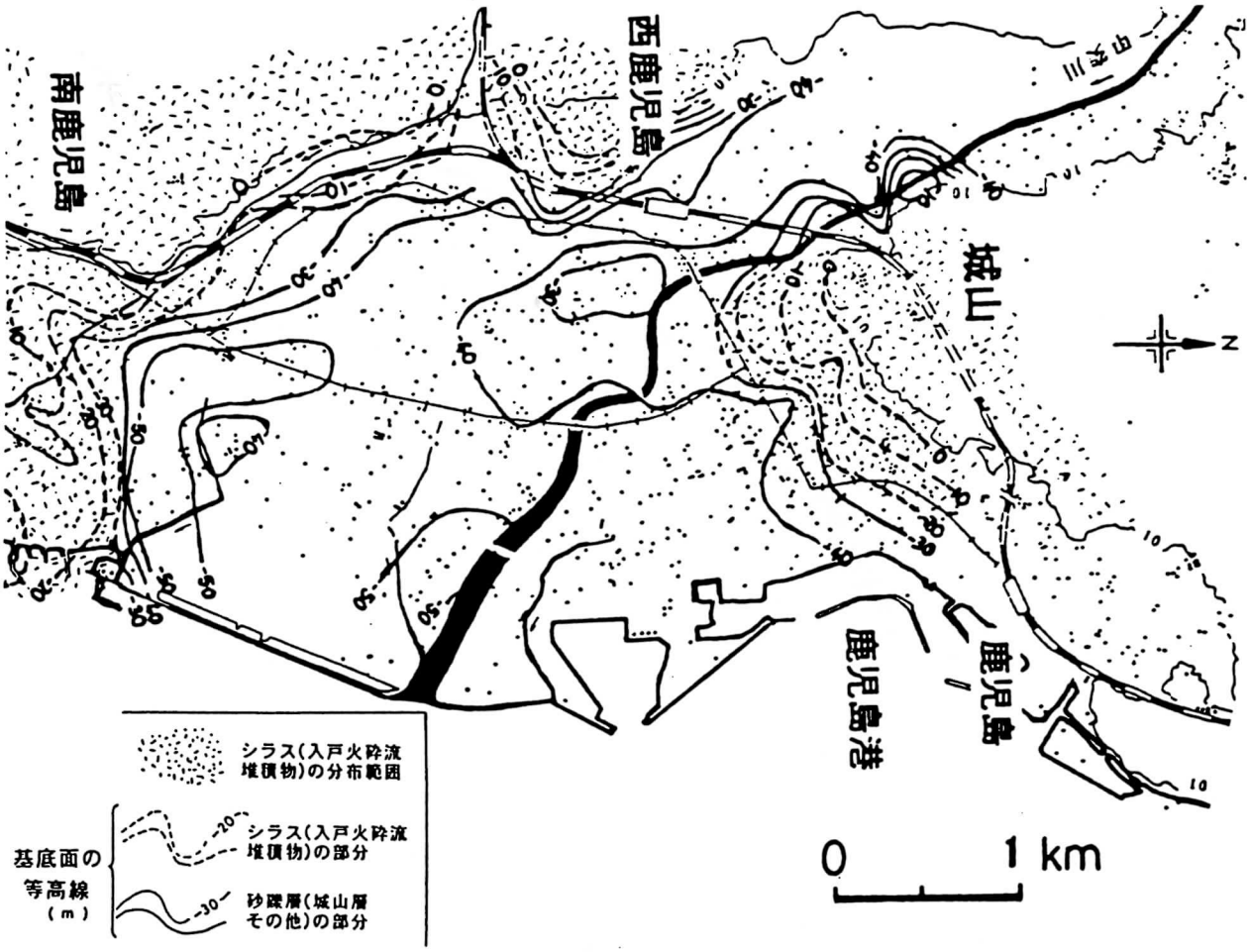

図４．鹿児島市の沖積層基底面の等高線図（鹿児島市地盤図編集委員会、1995）.

５－２．震度Ⅲの地域

震度Ⅲの分布域は、西鹿児島駅以西の、城西・西田・武から上荒田町へ至る、ほぼ南北にのびる帯状の地域、上之園町・加治屋町（荒田町）地域の震度Ⅱの地域を取り囲む市街地、照国町から稲荷町へ至る市街地、および甲突川沿いの草牟田町の地域である。

城西・西田・武から上荒田町へ至る地域は、鹿児島市地盤図編集委員会（1995）によれば、沖積層堆積前には標高－40mより深いチャネル地形（図４）を呈しており、当時の甲突川はこの谷底を流れていたと報告されている。

上之園町・加治屋町（荒田町）地域の震度Ⅱの地域を取り囲む市街地は、沖積層の厚さが50m前後と厚い地域に相当する。

照国町から稲荷町へ至る市街地は、鹿児島市北部に広がる吉野台地と鹿児島湾（江戸時代以降の埋立地を除く）に挟まれた幅500m前後の帯状の地域である。吉野台地南縁辺部には、一部を除いて城山層以前の地層が露出している（大木・早坂、1970）。これらの地層（花倉層・磯火砕流・城山層）の浸食面が地下浅

部に存在する吉野台地縁辺部に海抜高度10m前後の段丘が発達している（清水町、春日町、大竜町、城山町、照国町、平之町；早坂・大木、1971）。基盤岩が比較的浅いにもかかわらず、この地域の被害が比較的大きかった理由として、段丘面を構成する未固結の段丘堆積物の存在が考えられる。鹿児島市地盤図編集委員会（1995）の示した、この地域の地質断面図からも基盤の上を沖積層（段丘堆積物）が場所によっては10m程の厚さで覆っていることが読み取れる。この段丘を構成する堆積物は、約6,000年前の縄文海進によって海水面が現在より５m前後上昇し、海岸線が内陸へ移動した時に稲荷川、甲突川から供給され、台地縁辺部の狭くなった当時の沖積平野に厚く堆積し、その後の海水準低下によって段丘として取り残されたと考えられるが結論は今後の調査を待たなければならない。

甲突川沿いの草牟田町付近は、この地域が天保以前の甲突川の流路（定まっていなかった）あるいは湿地であったことと調和的である。当時の被害報告でも、国道沿いや甲突川べりでは幅10～20cm、長さ約百メートルを越す地割れや無数の大きな亀裂を生じたと記述されている。

5-３．震度Ⅳの地域

震度Ⅳの分布域は、１９１４年（大正３年）当時の海岸に沿った地域に限られる（図２、３）。震災予防調査会（1920）が指摘したように、この地域は江戸時代以降の埋立地に相当する。

江戸時代（1650年頃）から明治時代（1906年）の間に埋め立てられた地域と時期は、木脇（1976）によって以下の様にまとめられている（町名は旧地名）。

1650年頃～1703年（元禄頃）：中町、船津町、浜町、向江町

1818年～1872年（文政～明治）：大黒町、小川町、易居町、堀江町、金生町、泉町、住吉町、汐見町、築町、行屋堀、生産町

1906年（明治）：洲崎町

これらの町は全て震度Ⅳの地域に含まれており、埋立地の揺れの大きさを物語っている。

6．まとめ

１９９７年3月２６日（M6.3）、5月１３日（M6.2）に発生した鹿児島県北西部地震の被害状況は都市防災を考える上で示唆に富んでいる。また、１９１４年（大正３年）の桜島地震（M7.1）における被害は、鹿児島市で直下型地震が起こった場合の被害を推定する上で重要である。被害拡大の要因を安易に決めつけることはできないが、これまで述べてきたことから、地震の被害が地形・地質、とくに沖積層堆積以前の地形と表層地質、沖積層の性質に大きく影響されることは否定できない。

防災上、地形・地質の立場から、鹿児島市の沖積平野について次のような問題点が指摘される。

1．阿久根漁港や、桜島地震の際の鹿児島市の埋立地の被害状況からも明らかなように、過去、数百年の間に造成された海岸の埋立地は液状化を起こしやすく、建造物が多大の被害を蒙る可能性が高い。とくに１９４０年代以降に造成された鹿児島市沖の埋立地は、鹿児島地溝の内側に位置し、地溝の縁に落差の大きい断層が存在すること（早坂・大木、1971；大木ほか、1990）、入戸火砕流堆積物(いわゆるシラス)を削って埋め立てる水搬工法を採用し、地盤が比較的淘汰の良い細粒砂から構成されていることから液状化が極めて起こりやすいと考えられる。県庁の地震被害も埋立地であることが大きく影響したと思われる。

2．宮之城町虎居、甫立集落北方の農業用施設の被害で明らかなように、道路や住宅地の盛土部も地震に

よって被害が集中する可能性が高い。桜島地震で被害の少なかった丘陵地（入戸火砕流以前の地層からなる）でも、１９６０年代以降に造成された大型団地等では、豪雨、長雨と重なれば被害が増大する可能性が強い。とくに、大木（1988；1994a；1994b）の指摘した、鹿児島市の団地における地山と盛土との境界部の亀裂が拡大しない手だてを講じる必要がある。亀裂を放置し、雨水が流入することによってパイピングが形成された場合、地震による陥没等で多くの住宅が倒壊するおそれがある。

3．鹿児島市地盤図編集委員（1995）が、その詳細を明らかにした沖積層の層相および沖積層基底面の高度分布は、地震の被害に最も関係すると考えられる。しかし、震災予防調査会（1920）の震度分布と地形・地質との関係が、必ずしもうまく説明できない地域には別の要因があると考えられ、沖積層の地震に対する特性が十分に解明されたとは言えない。今後、可能な限り多くのボーリングコア試料を採取し、層位学的、堆積学的、岩石学的手法を駆使して沖積層を三次元的に捉えなくてはならない。この結果をもとに、危険度地図等の作成、市民の防災意識向上のための情報公開が必要であろう。

鹿児島市に分布する、１００万年前以降の地層群には多くの断層やクラスティックダイク（液状化）が認められ、大規模な隆起・沈降運動が確認されている（大木・早坂、1970；早坂・大木、1971；大木ほか、1990；大木、1994a；1994b；大木・岡田、1997）。さらに、約２万５千年前に噴出堆積した入戸火砕流にも断層やクラスティックダイクが存在し、ウルム氷河期以降にも数多くの地震が起きたと推定される（大木、1994a；1994b）。鹿児島市地域の被害を軽減化するためには、地盤の改良、建造物の耐震性を重視する工法の採用などがあげられるであろうが、専門を越えた研究者、技術者が協力して、日頃から対策を考えておくべきであろう。将来の地震に備えて、１９９７年に人口が５５万人をこえた鹿児島市の都市機能を分散させ、周辺の過疎地を視野に入れた都市計画を行なう時期にきている。

謝辞：（株）ユニオン技術コンサルタンツの中山義男、末吉哲也両氏は、宮之城町虎居、甫立集落北方の農業用施設の被害調査の際に貴重な情報を与えて下さった。南日本放送の税所朋子氏は、貴重なビデオ画像の接写を許可していただいた。鹿児島大学理学部付属南西島弧地震火山観測所所長角田寿喜教授には、論文を査読していただいた。これらの方々には心よりお礼を申し上げます。また、本論文発表の機会を与えて下さった鹿児島大学理学部の岩松　暉教授にもお礼を申し上げます。

参考文献

赤崎秀敏・上園純保、1997：鹿児島県北西部地震に伴う農業用施設の被災状況．鹿児島県地質調査業協会、32-43.

早坂祥三・大木公彦、1971：鹿児島市地域のボーリング資料にもとづく地質学的考察．鹿児島大学理学部紀要（地学・生物学）、no. 4、15-29.

井村隆介・岩松　暉・隈元幸司、1997：１９９７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、no. 76、29-35.

石川秀雄、1992：桜島 - 噴火と災害の歴史 . 共立出版、211pp.

鹿児島大学県北西部地震被害調査研究会・財団法人鹿児島県建設技術センター、1997：１９９７年鹿児島県北西部地震被害調査報告書、153pp.

鹿児島市地盤図編集委員会、1995：鹿児島市地盤図. 鹿児島大学地域共同研究センター・社団法人鹿児島県地質調査業協会、131pp.

木脇 栄、1976：鹿児島市史こばなし. 南日本新聞開発センター、199pp.

大木公彦、1988：宅地造成と地質 鹿児島市を例にして . 鹿児島県地学会誌、no. 61、1-6.

大木公彦、1994a：鹿児島市の地質と豪雨災害（その１）. 鹿児島県地学会誌、no. 69、1-10.

大木公彦、1994b：８・６豪雨災害と鹿児島市の地質. 1993年豪雨災害鹿児島大学調査研究会「1993年豪雨災害の総合的調査研究」報告書、61-73.

大木公彦・舟津俊宏・早坂祥三、1970：鹿児島市南部の地質・とくに伊作火砕流と照国火砕流との関係について. 浦島幸世教授退官記念論集「地球のめぐみ」、125-133.

大木公彦・早坂祥三、1970：鹿児島市北部地域における第四系の層序. 鹿児島大学理学部紀要（地学・生物学）、no. 3、67-92.

大木公彦・岡田博有、1997：第四紀における姶良カルデラ周辺地域の構造発達史. 月刊地球、vol. 19、no. 4、247-251.

震災予防調査会、1920：震災予防調査報告、no. 92、55-65.