

# 鳥取県西部地震における地盤地質と地盤震動および被害の関係

鈴木茂之(岡山大学理学部), 竹宮宏和(岡山大学環境理工学部)

## はじめに

岡山県中部から南部ではこれまで大地震の震源となった記録がなく、小地震も少ないため、地震災害には縁がない地域とみなされがちである。しかし1946年の南海地震では岡山平野南部で多数の家屋が倒壊し50名余りの死者をだす被害を受けている。鳥取県西部地震でも軟弱な沖積地盤からなる岡山平野南部では後述するような家屋等の被害が出た。このように岡山平野のうち軟弱な地盤からなる地域では、離れた震源から来た地震波が増幅されることによって災害が起きている。

軟弱な地盤では地震災害が顕著になることを示した論文として、大庭(1957)がある。これは1944年の東南海地震において被害と地盤との関係に着目し、粘土質な沖積地盤で圧倒的に被害が集中したことを明らかにした。1944年の東南海地震が発生した当時は家屋のほとんどが木造であったため、この大庭(1957)による結果は木造家屋が受けた地震被害と地盤地質の関係を示したものと言える。最近では建築物も様々な種類があり、ライフライン関係など多様な設備も都市を中心に発達している。このような多様化が地震被害の多様化に反映したことは、1995年の兵庫県南部地震での被害にも現れている。地震災害の要因を検討する場合、このような建築物の特性(建築物の強度と振動特性)の他に地盤地質の特徴、地震波の特性など総合的に検討していく必要がある。兵庫県南部地震では沖積層が薄い地域において強い加速度による



図1 震央と調査地域の位置図

# 鳥取県西部地震 2000. 10. 6

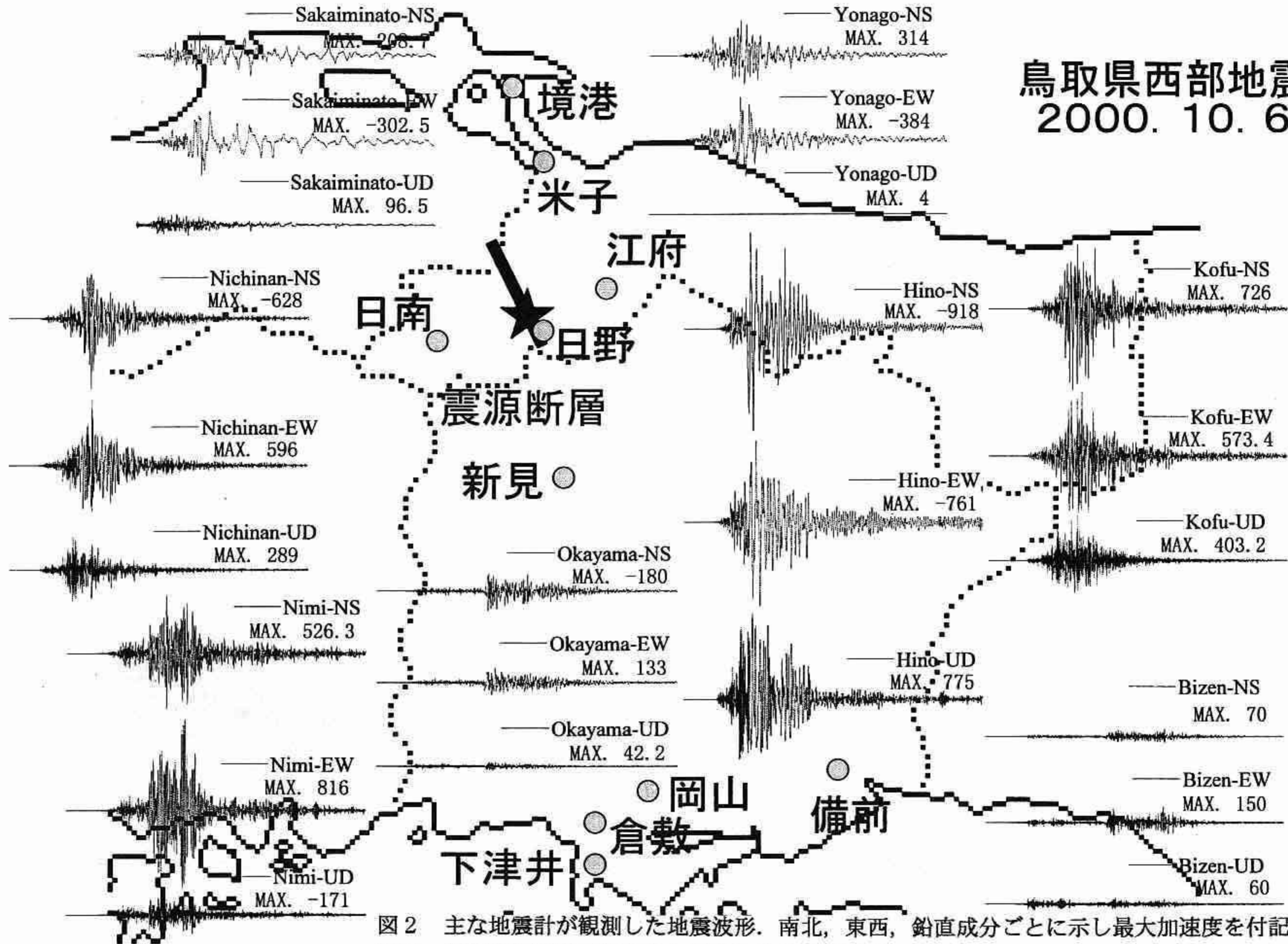


図2 主な地震計が観測した地震波形。南北、東西、鉛直成分ごとに示し最大加速度を付記している。震源断層は地下にあると想定したものである。

鉄筋構造物の被害が顕著であった一方、沖積層が厚い地域での液状化による被害が特徴的であった。岡山の地盤震動研究会（1999）は岡山平野の地盤震動予測を、将来発生する可能性のある地震に関して行った。ボーリング資料をもとに地盤の震動解析を行った結果、沖積層の厚さが数m程度の岡山平野北部では地震波の加速度が増幅される一方、沖積層の厚さが10mを超える岡山平野南部では地震波の加速度の増幅は弱まるものの地盤の歪みが増え液状化の可能性が高まることを示した。この結果は先に述べた兵庫県南部地震の一般的な特徴と調和的である。

このようないきさつから地盤地質の特性が、地表に達する地震波の加速度や周期特性に大きく影響を及ぼし、被害に関わっていることが予測される。そこで沖積層の発達が少ない震源地周辺、液状化現象が顕著であった境港市、80km以上震央から離れていながら被害があった岡山平野について（図1）、地盤地質と地盤震動及び被害に関してそれぞれの特徴と関連性を検討した。

### 震源地周辺

震央である西伯町鎌倉山北部を中心とし、西伯町、日野町、日南町、江府町にまたがる地域である。ほとんど山地からなる。山地斜面の勾配は急である。日野川がこの地域で最も大きな河川であるが谷底平野の発達はない。そのほかの中小の河川に沿っても谷底平野の発達は顕著でない。これらの谷底の平坦な地形は扇状地や崖錐による緩斜面からなる。日野川に沿って河岸段丘が存在する。

#### 〔地盤地質〕

山地は岩盤からなり、表土や崖錐成堆積物などの礫質な薄い（一般に1～2m程度）被覆層を伴うだけと考えられる。谷底平野の堆積物は山地が急峻であるため、礫質な溪床堆積物がほとんどと考えられる。水田として利用されている谷底平野には泥質な沖積層が存在すると考えられるが、薄いと推定される。扇状地や崖錐は礫質な地層からなるとみなされる。河川沿いの段丘（扇状地的要素が強い）もほとんど礫層からなると推定される。段丘のうちの低位のものの一部では泥質な層が存在すると考えられる。

以上のように震源地周辺の地盤はほとんどが岩盤および礫質な地層からなっている。

#### 〔地盤震動〕

図2に示されるように、日南、日野、江府で大きい加速度の震動が観測されている。また他の地域と比較して鉛直成分の震動が強かったことがわかる。このことは西伯町下中谷の上長田神社山門がほぞがはずれて移動したことに現れている（写真1）。山門が跳躍して南南東にずれ、次の揺れで東北東にずれたことが残された傷と擦過痕跡からわかる。また日南町菅沢の国道180号線沿いの墓地でも墓石の多くは南南東に転倒していた。図3から日南と日野で観測された地盤震動は短周期側に卓越周期があることがわかる。日南の地震計は岩盤とその上位2mの礫層の上に設置されている。日野では地震計は岩盤とその上位10mの段丘礫層の上に設置されている。いずれもこの地域の代表的な地盤である。

#### 〔被害〕

震央に近接した西伯町笹畑の国道180号線沿いでは左ずれを示す地表の変形が多数見いだされ、震源断層の変位が地表に現れたものと考えられている（吉岡ほか、2000）。家屋の倒壊は日野町黒坂で顕著であり、段丘の低い位置で家屋の被害が多かった。被害が多かった部分には泥質な地層が存在する可能性がある。震源地周辺全般では棟瓦がずれる被害が広がっていた。写真2に示されるように棟瓦がまとまってずれる被害には、鉛直成分の震動が影響した可能性がある。

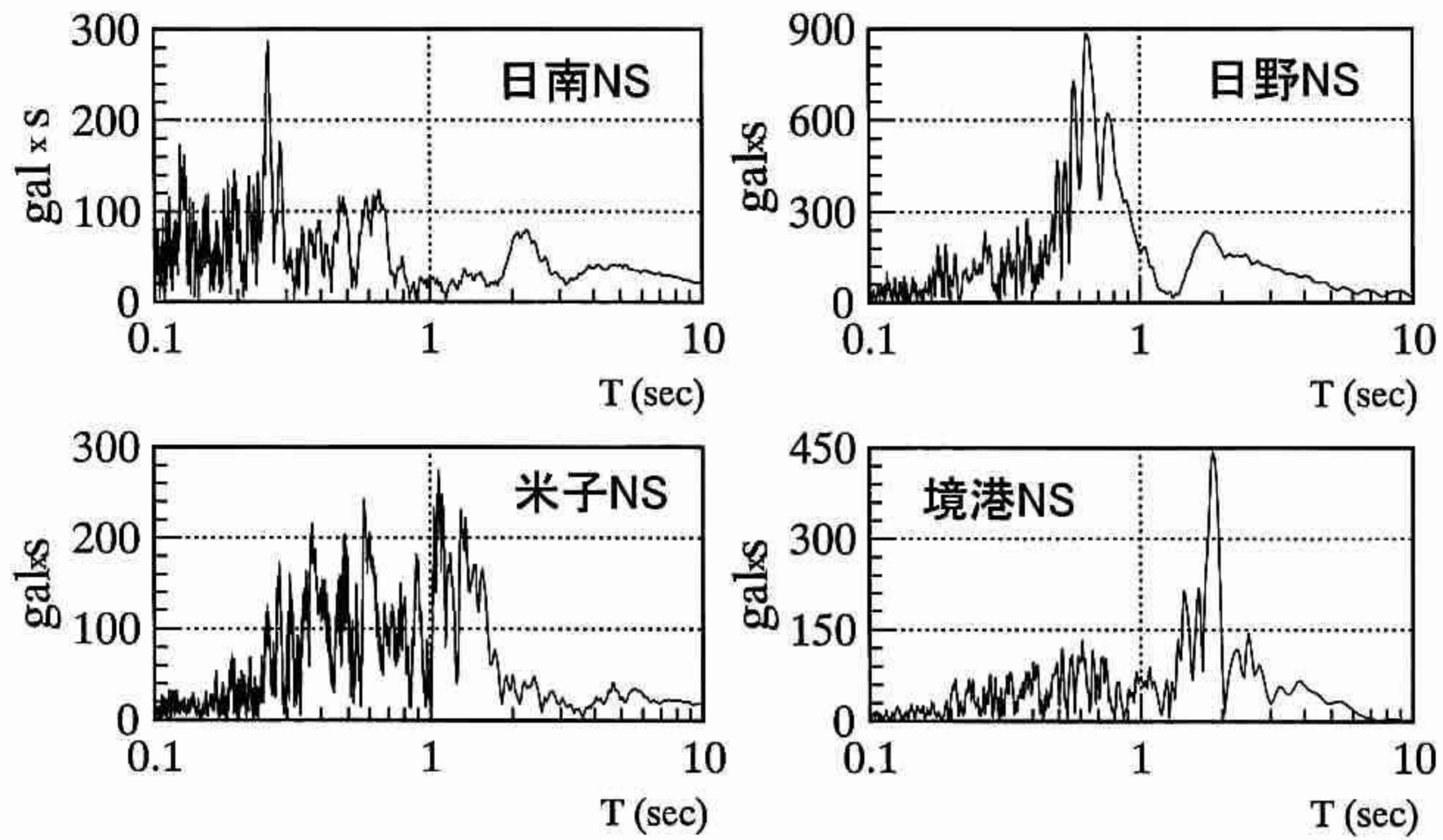


図3 南北成分での加速度波形のフーリエスペクトル.

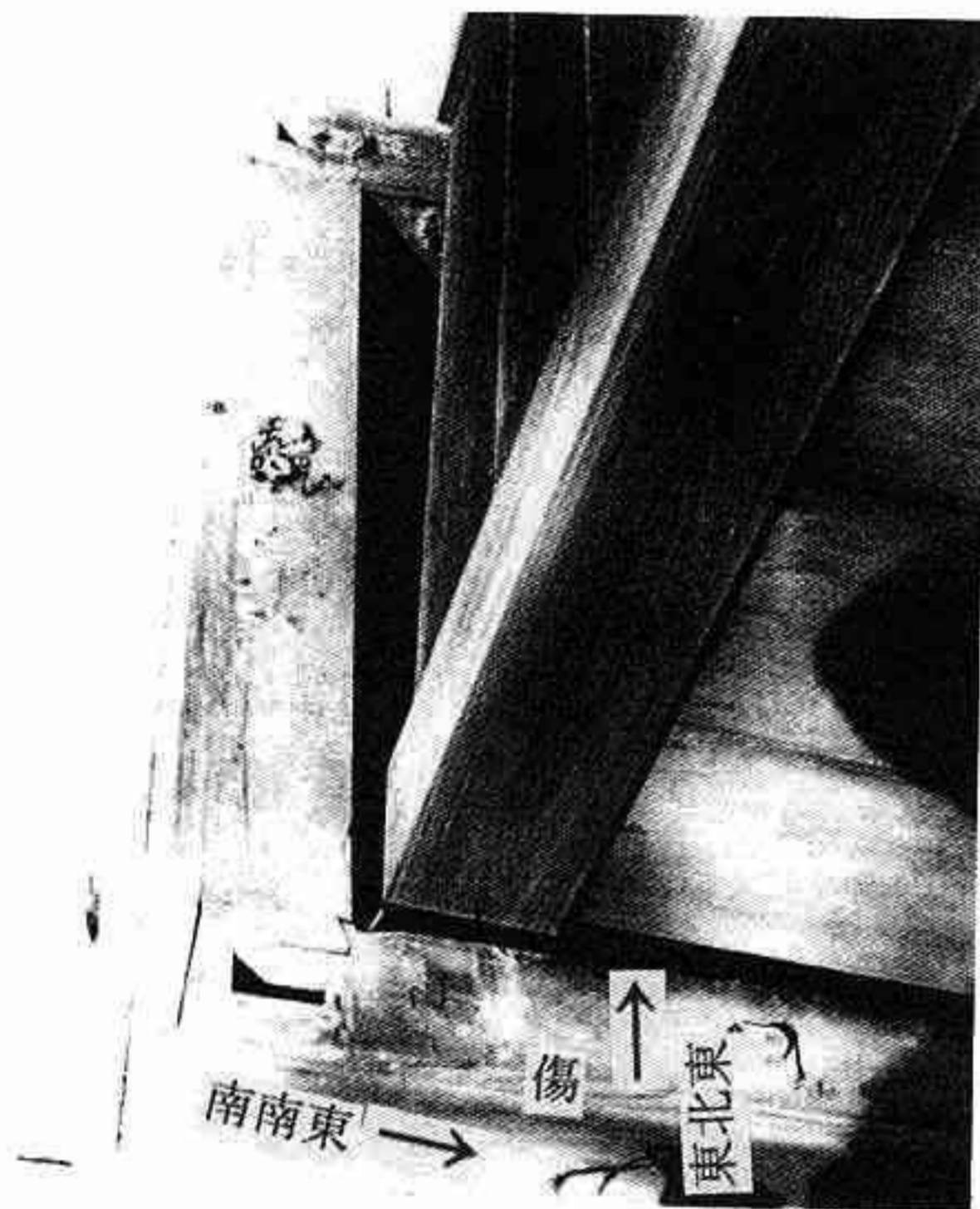


写真1 西伯町下中谷の上長田神社山門の基礎部分. ほぞがはずれて移動しており山門が跳躍したことがわかる.

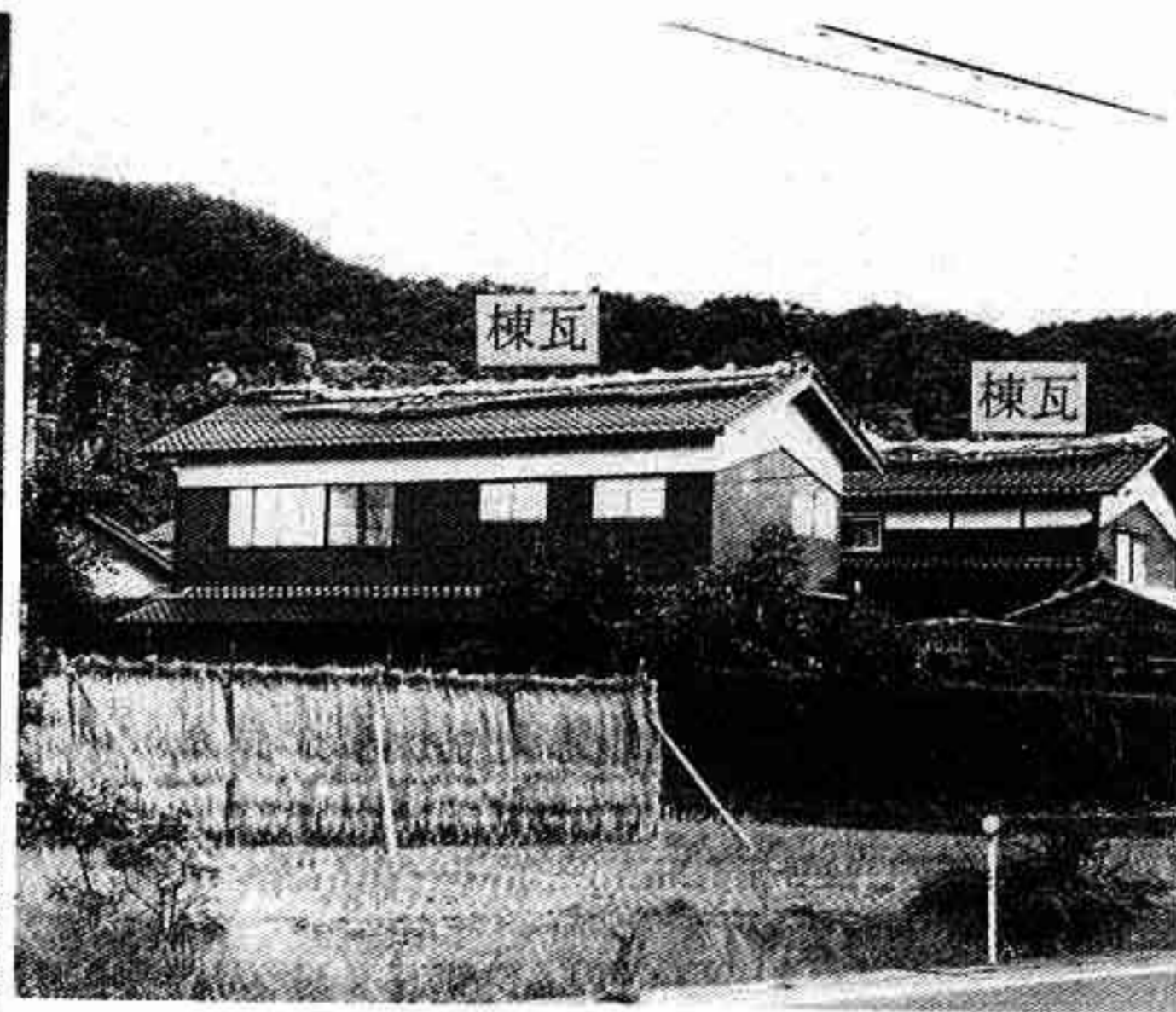


写真2 西伯町上阿賀での屋根の被害.

## 境港市

境港市は美保湾と中海を隔てる砂州の先端に位置する。この砂州は中国山地と大山が供給する碎屑物が日野川によって美保湾に運ばれ、それがさらに潮流によって運搬されてできた。この砂州の成長には砂鉄採取のためのかな流しも影響したと考えられている。現在はさらに人工の埋立地が造成されている。

### 〔地盤地質〕

全般に中粒の砂からなる。図4に示されるように洪積砂層からなる古期の砂州堆積層と沖積砂層からなる新期の砂州堆積層からなっている。洪積砂層はN値が20以上ある。沖積砂層もN値が10以上あり、砂層の地盤はある程度の強度を持っている。一方埋立地にはおそらく美保湾沖のものと推測されるシルトや細粒砂からなる埋立土が、数mから10mの厚さで盛られている。これら埋立土はほとんどが標高0m以下にあるため水を多く含んでいる。

また境港市の北は岩盤からなる島根半島が存在し、沖積層と洪積層の分布は境水道で急に絶たれる。

### 〔地盤震動〕

図2に示されるように地盤震動は鉛直成分の震動がほとんどなく、横揺れであった。観測された最大加速度は300ガル程度で震源地周辺と比較して減衰していることがわかる。また波形は途中から振幅が小さくなって波長が長くなる。これは液状化が起こったためと考えられる。加速度波形のフーリエスペクトルから長周期側に卓越周期があることが明瞭である(図3)。米子市北端で境港市の境界付近に位置する大篠津では、墓石が東北東-南南西方向に倒れていた。墓石が倒れた方向は前述した震源地周辺と異なっていることから、揺れの方向のうち加速度が大きい方向は両地域で異なると考えられる。

### 〔被害〕

被害は自然の地盤と人工的な地盤とで差が顕著であった。昭和以前からの町は自然の地盤上にあるが、被害は稀で瓦のずれも多くなかった。この民家が多い場所は砂州の高まりにあたる。自然の地盤でも砂州の後背にあたる中海側の低地のうち、米子空港周辺では変状が認められた。液状化が米子空港の北で認められ、米子空港も滑走路の一部が変形した。一方人工地盤である埋立地では液状化による噴砂や地盤の沈下、道路の波状の変形、水道管の破損などの被害が多発した。特に液状化は埋立地のほぼ全域で認められた。盛土によって拡張した境港港の岸壁も海側にずれて亀裂がはいった。人工地盤と自然の地盤は共に砂で構成されるがその砂の粒度組成が大きく違うことが予想される。自然の地盤の砂は波の影響を受けて淘汰されるため主に中粒の砂からなると推定される。一方埋立地の砂は噴砂からみてシルトや細粒の砂からなっていると考えられる。

## 岡山平野

岡山県の3大河川と言われる吉井川、旭川、高梁川がもたらす堆積物によって岡山平野は形成されている。岡山市側の岡山平野では、沖積層の層相は地理的な場を反映しており、北部、東部から中央部、西南部に区分できる。

### 〔地盤地質〕

岡山平野を構成する沖積層は岡山平野北部では数m程度であるが、南に層厚を増し、岡山平野南部の干拓地や児島湾周辺では10mから20m近くに達する。岡山平野の最終氷期以降の地層については岡山の地盤震動研究会(1999)によって堆積相の概要と分布、沖積層の厚さ、沖積層の工学的特性に関して、鈴木ほか(1999)、鈴木(2000)によって層序の概要が示されている。岡山市側の岡山平野を成す沖積層の特徴をまとめると次のようになる。平野北部では河川成の泥砂礫からなり厚さは数m程度である。砂礫層は旧流路の、泥砂層は旧氾濫原の堆積物で地盤としてはやや締まっている。平野東部から中央部の地域は吉井川、百間川、旭川の河口部

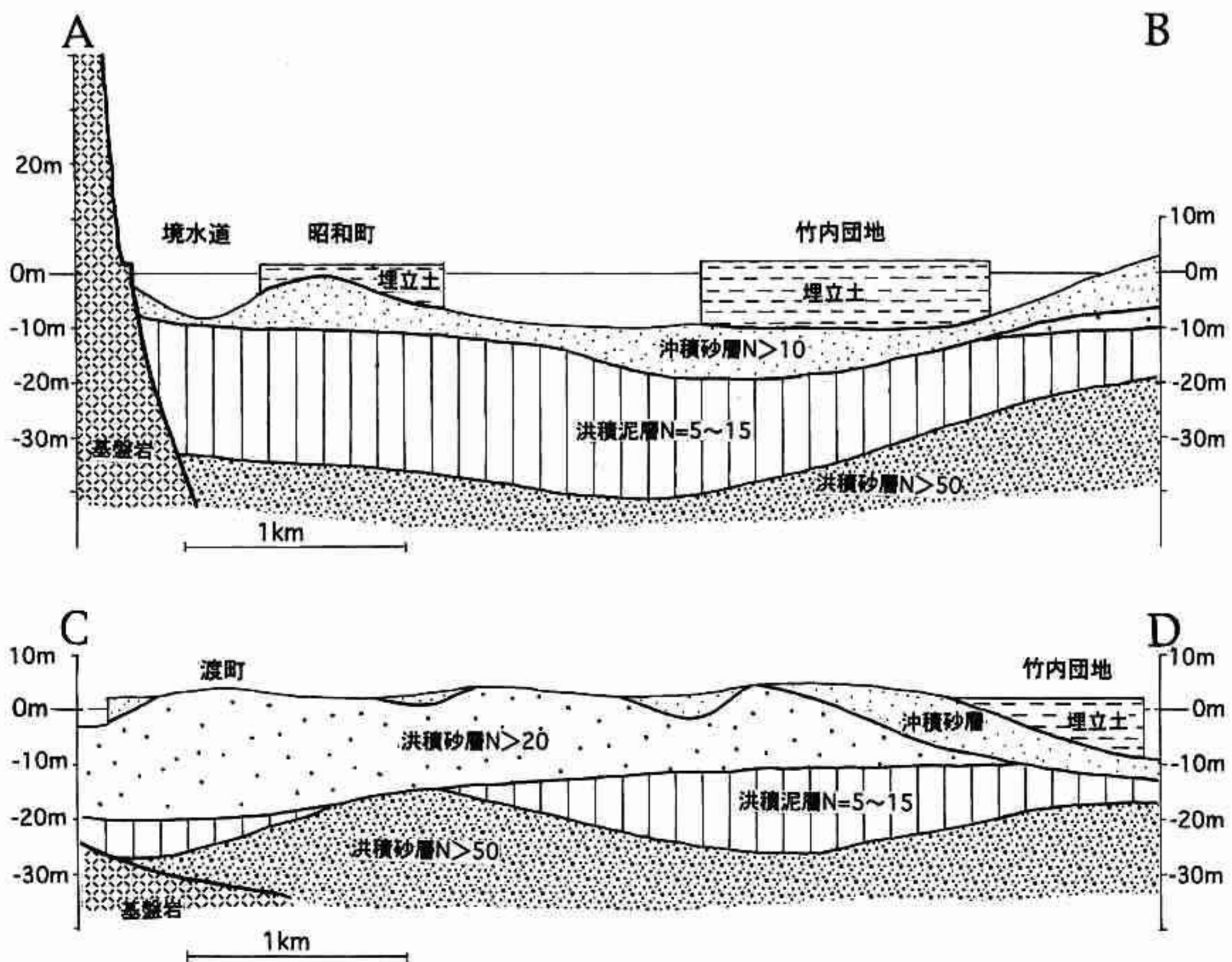


図4 境港市の地質断面図および断面位置図。位置図で太い線で囲まれた地域は埋立地を示す。

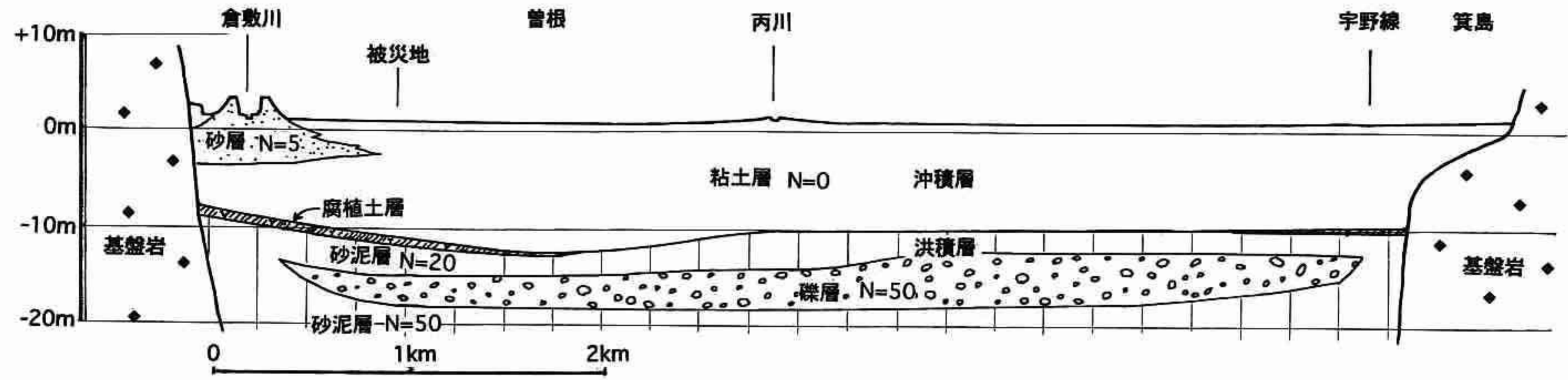


図5 岡山平野南西部の地質断面図.

周辺にあたり、明治以前から干拓が行われた。主に細粒砂から泥質砂からなる。これらは河川の河口に堆積したもので厚さは数mから10m程度ある。軟弱であり1946年の南海地震では液状化現象が多く見られた地域である。平野南西部は児島湾の奥部にあたり、干拓は明治以後に行われた地域である。内湾成の海成粘土からなり厚さも10m程度から20m近くある。N値が0~1と軟弱である。

#### 〔地盤震動〕

図2の地震波は岡山平野北部の砂礫質の地盤上で観測されたものである。鉛直成分の震動は弱く、ほとんど横揺れであった。観測された最大加速度は180ガル程度であった。

#### 〔被害〕

岩盤上では被害はなかった。県立博物館は岩盤に建てられているが、地階では「新幹線のガード下にいるような震動と音を感じたが展示物などになにも異変はなかった」というように影響はなかった。一方沖積層の厚さが10m程度およびそれ以上になる岡山平野南部では震動が大きく窓ガラスが割れたり、食器や電気製品などが転倒したり落下する被害が多かった。岡南では水道管が破損した。児島湾西方の干拓地である曾根では南北50m、東西200mと狭い範囲内にある8軒の家屋が半壊する被害を受けた。この付近は1946年の南海地震でも一部の家屋に被害が出ている。図5はこの曾根を通る南北方向の地質断面図である。この図は岡山平野南西部の地盤を良く示しており、N値が0~1と軟弱な粘土層が厚さ10m~12m堆積している様子がわかる。被災した曾根地区の地盤地質は周辺の地質と比較して特に変化は認められない。被害が発生した要因は地震波の鉢合わせ現象などが考えられるが、竹宮によって検討中である。

### まとめ

震源地周辺、境港市、岡山平野について、地盤地質、地盤震動、被害について検討したが、これらを比較すると、地盤地質によって震動の特性が変化しており、それに関連して被害も違うことが確認できた。軟弱な沖積地盤の地盤震動は、厚い場合は加速度を減衰していくが、加速度や振幅は増幅し長周期側に卓越周期がくる傾向がある。また岡山市曾根のように地震波の鉢合わせなどによって局所的に被害を被る例がある。これらをさらに解明し将来発生する地震に備えることは今後も重視すべき課題である。

### 謝辞

写真1と写真2および山門の変位に関する指摘は三菱化学株の黒田正雄氏に提供していただいた。岡山県立博物館での地震時の状況は岡山鉱物化石研究会の島田和昌氏による。以上の方々に厚くお礼申し上げます。

### 文献

- 岡山の地盤震動研究会（1999）：岡山県南部地域の地震アセスメントに関する調査研究報告書，p.167.  
大庭正八（1957）：1944年12月7日東南海地震に見られた遠江地方の家屋被害分布と地盤との関係，東京大学地震研究所彙報，35，201-295.  
鈴木茂之（2000）：泥炭層に着目した岡山平野形成過程の解明，財団法人八雲環境科学振興財団研究レポート集，1，89-95.  
鈴木茂之・竹宮宏和・松本 圭・岡山の地盤震動研究会（1999）：岡山平野における沖積層の平面的層相変化と予想液状化分布との比較，日本応用地質学会平成11年度研究発表会講演論文集，9-12.  
吉岡敏和・水野清秀・井村隆介・伏島祐一郎・小松原琢（2000）：2000年10月6日鳥取県西部地震に伴う地震断層の緊急調査，地質ニュース，55号，7-11.