

宍道湖・中海低地帯周辺の地震動災害の予測に関する研究

寺見保正*・三梨 昂*

Study on Earthquake disaster considering the subsoil structures in
and around the Shinjiko-Nakanoumi Low-land, Shimane Prefecture.

Yasumasa TERAMI and Takashi MITSUNASHI

はじめに

地震予知計画で特定観測地域に指定されている島根県東部において、宍道湖および中海周辺の平野部（宍道湖・中海低地帯）を中心に、人口や行政機能が集中している。また、本低地帯には、地震動の影響を強く受けると考えられる沖積層が広く分布している。そのため、島根県東部の地震災害予防の問題において、宍道湖および中海周辺の平野部の地震動災害の予想を検討しておくことは、意義あることと考える。

地盤と地震動災害の関連において、特に地盤の2つの性質が重要と考えられている。すなわち、1つは、地盤が液状化を起こす可能性であり、もう1つは、地震動の増幅率の大きさである。この2つの性質は、各地域の表層地盤を構成する堆積物によって主に決められると考えられている。そこで、宍道湖・中海低地帯とその周辺地域の表層地盤図を作製して、液状化と地震動の増幅率について検討した。そして、地震動の増幅率は表層地盤図中に、液状化については液状化発生危険度図として表現した。

本研究の基礎的資料である各種の試錐資料を御提供下さった島根県、松江市、出雲市、安来市、米子市、境港市および中海干拓事務所に厚く御礼申し上げる。また、試錐資料集取に際し、色々と便宜をはかって下さった和田温之博士、原稿の校閲および図表類の作製において御援助下さった山内靖喜博士、並びに中村和彦・田口 修・岸 秀昭の諸氏に厚く感謝の意を表する。

表層地盤図

1. 作製方法

本論の表層地盤図は、東京都防災会議（1978）が東

京都区部について作製した表層地盤図の作製方法に従った、すなわち、それは表層5mにおいて卓越する土質を表現した表層地盤図である。

また、東京都防災会議（1972）は、液状化しないと考えられる層が地表から3m以上の深さまであれば、地表には液状化現象が現われないと考えている。そこで、表層5mにおける地盤の性質を表現した表層地盤図は、ある程度地盤の液状化の予測にも利用できる。

このような表層地盤図は、基本的には試錐資料に基づいて作製したが、試錐資料において、最上部すなわち地表部の土質は表土としか記載されていないことがしばしばある。また、各地域において十分な試錐資料が入手できたわけではない。このような試錐資料の記載の不明確さや資料数の不足を補うため、後に述べるように、微地形を手掛りに、同じ土質からなる部分の境界を推定した。

以下に、表層地盤図作製の具体的手順を述べる。

まず第1に、試錐資料が入手できた地域については、試錐柱状図から表層5mに卓越する土質を読みとり、卓越する土質のうち上位の2種の土質の組合せを地形図上に記入する。層厚が上位か下位かは、図が繁雑になりすぎるため問題にせず、地表下5m以浅において占める割合のみをとり上げる。しかし、2番目に卓越する土質の層厚が1m以下の場合には無視し、最も厚い層の土質のみを表現する。ただし、腐植土層および泥炭層が存在する場合は、上記の基準を適用しない。すなわち、腐植土層あるいは泥炭層が1m以上の層厚で分布する場合には、他の層がそれ以上の厚さを示しても、腐植土もしくは泥炭の卓越地とする。

次に、試錐資料の不十分な地域の表層地盤を、島根農林水産部発行の地形分類図から判読した。

水田となっている地域の地盤は泥質とし、古くから畑地や宅地である部分の地盤は砂質とした。

* 島根大学理学部地質学教室

また、乾田に利用されているところは泥質などところもあるし、砂質などところもある。したがって、試錐柱状図から読みとった土質と対比させながら泥質地盤の地域にするか砂質地盤の地域にするかを判読した。

沖積低地では、砂州や自然堤防などが微高地となっている。これらの地形は砂やシルト質砂からなり、ところによっては砂礫からなっている。このような微高地は、試錐柱状図から読みとった土質と対比させながら、砂質もしくは砂礫質地盤の地域にした。一方、微低地は泥質地盤からなっている地域と砂質地盤からなっている地域があり、これも試錐柱状図から読みとった土質と対比して判断した。

扇状地は砂礫質地盤からなっている。

干拓地・埋立地では盛土が卓越する。

このような各情報を整理して各土質からなる地盤の境界を描いていった。なお、これらの境界は明瞭なものでなく、むしろ、指交関係あるいは漸移している場合が多いと考えられる。

2. 表層地盤の分布について

上記の方法で宍道湖・中海低地帯とその周辺についての表層地盤図(第1図)を作った。この表層地盤図(第1図)から本地域における表層地盤の分布の特徴について以下に述べる。

(1) ローム層が卓越する地域

出雲平野に分布するローム層は、大山と三瓶山の降下火山灰からなっている。特に、米子市南東部の山の斜面にロームが広く分布している。また、大根島や松江市南方の台地にも、ローム層の分布はみられるが、松江市付近に分布するローム層は、ほとんど段丘面に堆積したものである。

(2) 腐植土が1m以上分布する地域

層厚1m以上の腐植土層や泥炭層が分布する地域は、松江市周辺に点在している。しかし、一般に、腐植土層や泥炭層の連続性は乏しく、1本の試錐資料で代表されている場合が多い。また、松江市周辺の溜池付近に腐食土の分布がみられる。

(3) 砂礫層からなる地域

日野川河口付近の低地には、三角州を構成する砂礫層が卓越する地盤が広く分布する。また、台地を削る谷の斜面や扇状地にもその分布がみられる。飯梨川沿いの低地に見られる砂礫層は、三角州中の砂州を構成しており、微高地として地形に現われている。しかし、出雲市南部の台地上に分布する砂礫層は、洪積世の段丘堆積物で、山廻り礫層と呼ばれている。

(4) 砂からなる地盤

低地に分布する砂層を大まかに分類すると、三角州を形成するもの、砂州・砂堆を形成するもの、三角州上の河道沿いに堆積したもの、および砂丘となっているものの4種類に区分される。

出雲平野西部の日本海沿岸部では、出雲砂丘が分布する。飯梨川と河口の三角州に、砂層の卓越部がみられる。また、斐伊川河口の三角州では、三角州の上流部のほぼ全域と下流区域内の自然堤防沿いに砂層の卓越部がみられる。

弓ヶ浜および、出雲平野では、砂州を構成する砂が卓越する地域が島状に分布している。

松江市の大橋川と国道9号線にはさまれる地域では、砂と盛土からなる地盤が卓越している。

(5) 粘土・シルトからなる地盤

簸川平野の三角州の下流部は、主に粘土～シルトと砂が卓越する地盤である。同じく、朝酌川と大橋川流域の砂州および、伯太川と法勝寺川の各河口の三角州は、粘土～シルトと砂からなる。

また、宍道湖の南および北岸沿いの台地を刻む谷地形の底部の沖積層は、主に粘土・シルトが卓越する。同じく、島根半島の日本海側においても、若干の谷地形の底部の沖積層が同様の傾向を示している。

松江市の大橋川の北側の地域では、粘土～シルトと盛土が卓越する地盤が広く分布する。

(6) 盛土からなる地盤

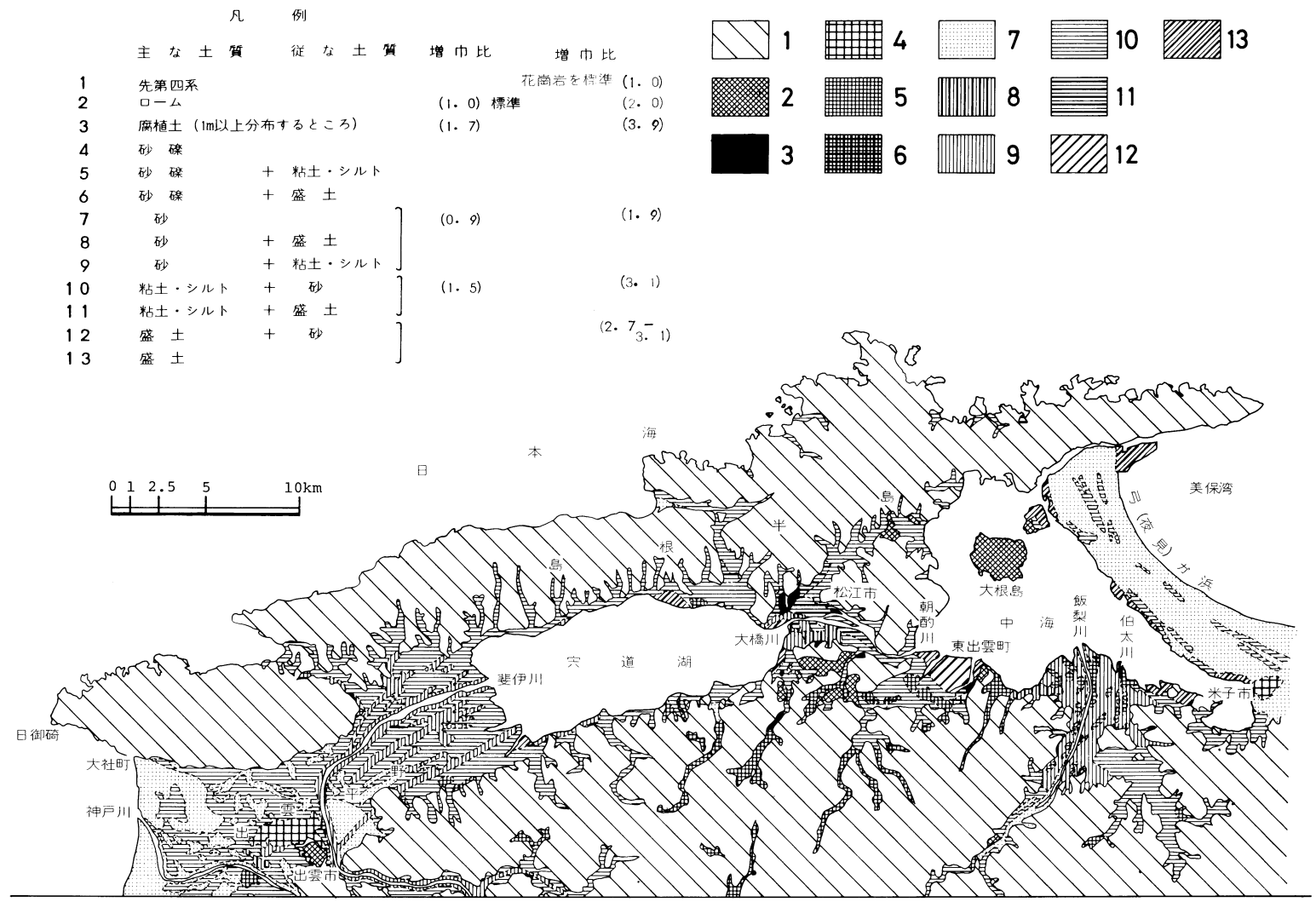
島根県農林水産部発行の土地分類図において、埋立地もしくは干拓地となっている地域の地盤は、基本的に盛土からなる。同じく中海沿岸部の干拓地および宍道湖東岸周辺の埋立地も盛土の地盤からなる。

地震動の増幅

次に表層地盤図をもとに、各地域における地震動の増幅率について考えてみた。

地震波にはS波とP波の二種類があるが、S波の振幅(すなわちエネルギー)は、他の波にくらべて圧倒的に大きく、地震動災害を考える際はS波のみを考慮すればよいとされる(東京都防災会議(1974))。さらに、最近の研究では、このS波の変形は、地表のごく浅い部分でおこされていて、地下深所に入射してくる波には、大きなちがいのないことが明らかにされている。また、地震波の速度が遅いほど、増幅率が高いとされている。

これらの関係から、基盤中の地震波の速度が不明で



第1図 宍道湖・中海低地帯周辺の表層地盤図

も、地表部の地盤の性質が判っていれば、特定の土質を基準にすることによって、各地点での相対的な揺れの度合いを知ることができる。しかし、現段階では、本地域の地表層の地震波の速度に関する資料が入手できない。そこで、東京都防災会議(1974)が各地層について測定した地震波速度の値を使用して、各地盤におけるS波の増幅率を検討した。

ローム層を基準にした場合、S波の振幅は、腐植土が1m以上分布する地域では1.7倍、粘土層では1.5倍、砂層では0.9倍に増幅される。

これまで、表層地盤を構成する堆積物の種類によって地震動の増幅率が異なることを述べてきた。しかし、最近では、堆積物の種類だけでなく、沖積層の下位の基盤中に発達する大規模な断裂上の地表では、周囲に比べて地震動の増幅率が異常に大きくなると考えられている(角田・堀口, 1981)。また、本地域において、山内・吉谷(1981)は、先新第三系からなる基盤内の断裂系をいくつか推定している。これらの考えに従えば、出雲平野部は特に地震動が大きく増幅されることが予想される。しかし、この断裂系は、実際には確認されたものとは限らない。今後、このような基盤内の断裂系を地震波などにより確認することが必要であると考える。

液状化発生危険度

地下水位の高い砂質地盤のところでは、地震の震動によって、地盤が液体のように挙動して、建物などの構造物の支持力がなくなる。このような現象は、液状化現象と呼ばれ、震災対策を行うに当たっての基礎的な事項として注目されている。

過去の事例では、液状化はすべて震度5以上で起きている。ここでは、東京都防災会議(1972)による判定方法に従って、地盤の液状化について検討した。この判定方法は、調査地域を単位面積に区分し、各単位における液状化の発生危険度を検討する。そして、液状化発生危険度は、堆積物の分類、地盤の層構造、砂層の締めり方の3点を基準にして判定される。本論では、調査地域を1km²の単位面積に区分して検討した。

堆積物の分類では、砂・細砂・粘土混りの砂などを液状化しうる土とした(第1表)。

しかし、これらの液状化しうる堆積物が、実際に液状化を起すかどうかは、その厚さによって決まるとされている。すなわち、それらの厚さが3m以下の場合

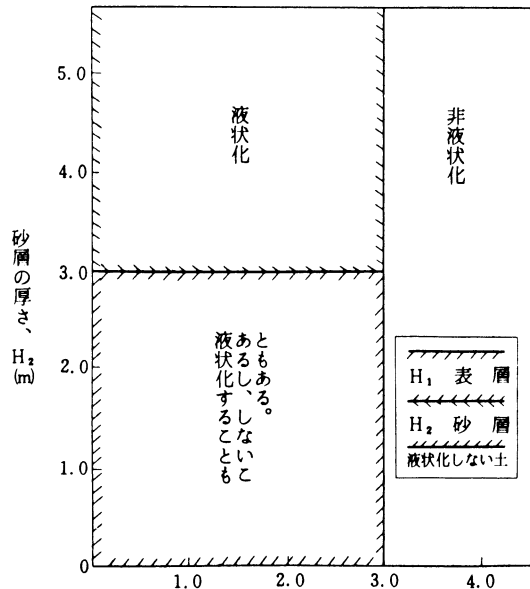
第1表 土の種類別分類(東京都防災会議, 1972)

土の種類	
液状化しうる土	砂、細砂、中砂、シルト質砂、粘土まじり砂、貝がらまじり砂、腐植物まじり砂、レキまじり砂
液状化しにくい土	表土、埋土、盛土、シルト、ローム、腐植土、砂礫、その他

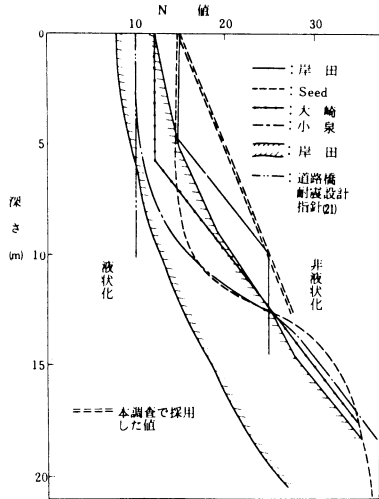
には、液状化が生じることもあり、生じないこともあるが、厚さが3m以上の場合には液状化が生じるとされている。さらに、厚さ3m以上の液状化を起こさない層が地表にある場合には、その下位のゆるい砂層が液状化を起こしても、液状化現象そのものは地表に現われないと仮定されている(第2図)。

砂層の締めり方については、新潟地震の際に液状化を起こした砂層の資料に従う。すなわち、液状化した砂層の深さとN値の間に一定の相関が認められることから、その相関性を基準にして用いた(第3図)。

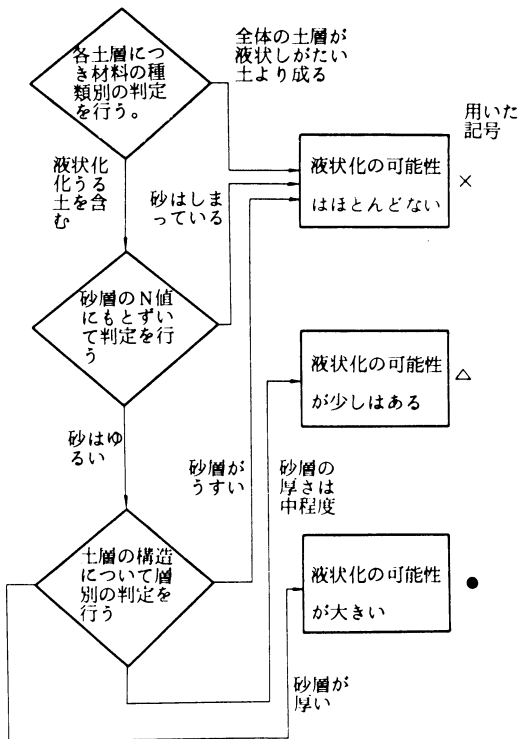
これらの基準により、第4図のフローチャートに従い、本調査地域において、約1,000本の試錐柱状図について液状化の判定を行い、それぞれの試錐地点にその結果をプロットして、1km²の単位ごとについての液状化の可能性を検討し、液状化発生危険度図としてまとめた(第5図)。



第2図 液状化発生時の表層厚さと砂層厚さとの関係(東京都防災会議, 1972)



第3図 液化化の判定基準(東京都防災会議, 1972)



第4図 液化化判定のためフローチャート(東京都防災会議, 1972)

液化化発生危険度図によると、液化化の危険度が大きい地域は、弓ヶ浜全域、松江市周辺、東出雲町の中海沿岸、飯梨川の三角州地域、斐伊川河口付近、出雲

市北方に集中している。

しかし、一度液化化した砂層は再び液化化しにくいと一般に考えられている(東京都防災会議(1972))。過去に液化化を引き起こすような地震は880年の出雲地震が記録されているが、本論では、これらの砂層は液化化していないものとして取り扱った。

おわりに

本論文で、地震動による被害の程度を考える上で最も基本的な地盤の性質についての検討を行った。しかし、この研究には、まだ多くの課題が残されている。1つは試錐資料の密度が非常に小さいことである。これは、東京都区部の調査の資料にくらべると5分の1にも充たない数である。このため、液化化発生危険度図のような、一定範囲内を、限られた試錐資料で判断するような場合、資料の数の多い地域と少ない地域では、一本の試錐資料が占める割合が異なる。この差を少なくし、より厳密な成果を得るためには今回の資料の10倍ぐらゐの資料が必要であろう。

また、液化化には地下水位や砂層の分布範囲なども関係してくることから、このような基準についても検討する必要があると考えられている。

さらに、地震基盤(調査地域で一様な震動をする層)をどこに設定するかという問題が残されている。現段階では、沖積層内での震度の相対的關係を検討したが、この点が明らかになれば、沖積層と基盤との震度の關係も検討できるようになる。

本論文は、地盤の静的な性質についてのみ検討しているが、地盤の動的な性質が明らかになれば、地盤が示すかなり複雑な反応を示すことができると考えられる。震度分布をより信頼のおけるものにするためには、このような観点からの検討が今後も必要であり、本論はその研究のための基礎的な段階であることをここに明記する。

文 献

石原研而, 1978: 地盤の液化化現象. 東京区部における地震被害の想定に関する報告書, 107-121.

松田磐余, 1978: 地盤の地学的性質. 東京区部における地震被害の想定に関する報告書, 78-81.

嶋悦三, 1978: 地盤の振動. 東京区部における地震被害の想定に関する報告書, 89-106.

角田史雄・堀口万吉, 1981: 関東における大地震と小地震の震度分布の比較. 地質学論集, No.20, 21-45.

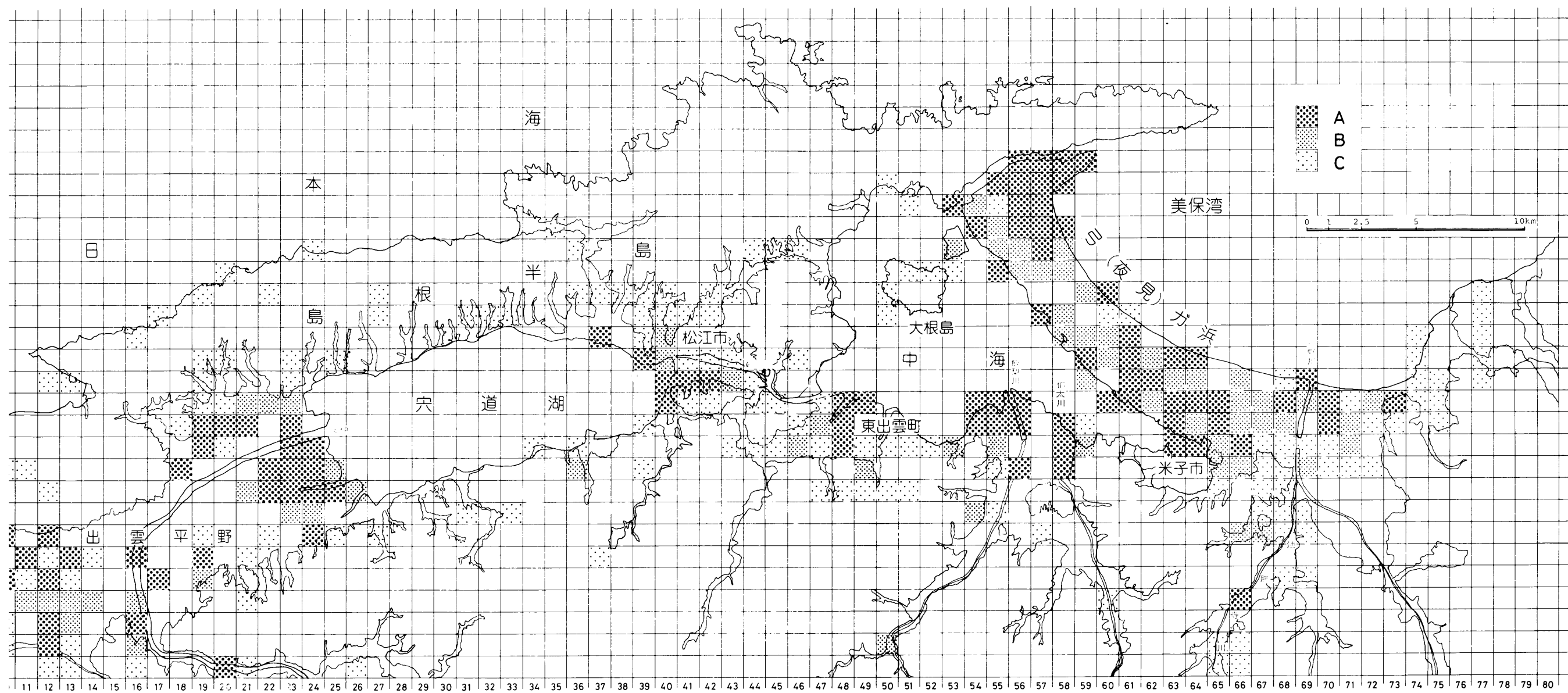
東京都防災会議, 1972: 地震による地盤変動と土質構造物への影響に関する調査.

—————, 1974: 東京都23区の地盤のレスポンス及び震度分布に関する調査研究.

—————, 1978: 東京区部における地震被害の

想定に関する報告書.

山内靖喜・吉谷昭彦, 1981: グリーンタフ堆積盆地発展期の構造運動—島根県東部を例にして—. 地質雑. 87, 711—724.



第5図 液状化発生危険度図

A：液状化の可能性が大きい，B：液状化の可能性が少しある，C：液状化の可能性がほとんどない，白ぬきの部分は資料なし。
 1区画は1km²。