

2000年10月6日鳥取県西部地震被害調査報告

(社)土木学会 鳥取県西部地震調査団

調査の概要

平成12年10月6日13時30分、鳥取県西部を震源とするマグニチュード7.3(M_J)の地震が発生し、鳥取県境港市と日野町で震度6強の揺れを記録した。土木学会・地震工学委員会(委員長:片山恒雄・科学技術庁防災科学研究所長)では直ちに被害調査団派遣に関する検討に入り、同日、土木学会災害緊急対応部門と協議の上、鳥取県西部地震被害に関する調査団派遣を決定した。調査期間は10月8日から10日(一部20日から22日)まで、清野純史(団長:京都大学:地震動関連)、磯山龍二(日本技術開発(株):液状化被害)、田地陽一(清水建設(株):液状化被害)、中村 晋(日本大学:地盤震動)、橋本隆雄((株)千代田コンサルタント:斜面崩壊)、濱田政則(早稲田大学:液状化被害)、藤原斉郁(大成建設(株):土質・地盤災害関連)、宮島昌克(金沢大学:ライフライン被害)の8名を現地に派遣し、調査を行った。なお、本報告においては、同時期にそれぞれの機関で現地調査をされた各位、すなわち、ダム関連は小長井一男氏(東京大学生産技術研究所)、山口嘉一氏(建設省土木研究所)、道路・橋梁関連は野崎智文氏(建設省道路局)、松尾修氏(建設省土木研究所)、港湾関連は一井康二氏(運輸省港湾技術研究所)、大楨正紀氏(農林水産省水産工学研究所)、野津 厚氏(運輸省港湾技術研究所)、災害対応関連は村上ひとみ氏と瀧本浩一氏(山口大学理工学研究科)にご協力いただいた。この場を借りて御礼申し上げる次第である。

地震および地震動

気象庁の速報³⁾によると、震源は $35.3^{\circ}N$, $133.4^{\circ}E$ 、深さ約10km(図-1)、また、上方修正された気象庁マグニチュードは7.3であるが、モーメントマグニチュード(M_w)は6.6^{2,3)}となっている。震度分布や余震分布⁴⁾から北西-南東走向の長さ約20~30km、幅約10~15kmの左横ずれ断層とされている^{2,5)}。震源付近では、本震発生直後からM1以上の地震が1時間あたり20~30回以上起こっていたが、それ以降徐々に減少していった。震源域における最大余震は、10月8日20時51分に起こったM5.0の地震であり、西伯町で震度5弱の揺れを記録した。また、今回の震源域の南西部にも誘発された地震

が発生している(図-1)。鳥取県では、東部で1943年に死者1000人以上を数えたM7.2の地震が起こっている。今回の震源付近では、日野市北西部に位置する鎌倉山付近で、1989年と1990年にM5クラスの地震を含む群発地震が発生しており、また、米子市周辺でも1996年、1997年そして本年7月にM3~5クラスの地震が発生し

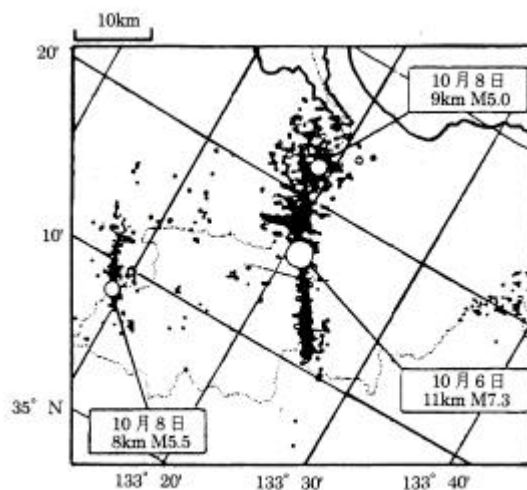


図-1 鳥取県西部の地震活動(気象庁発表資料⁶⁾一部修正)

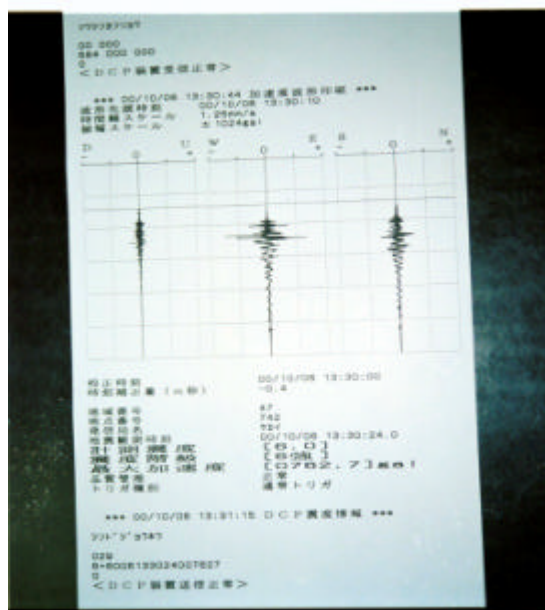


写真-1 震度6強の境測候所の記録(宮島氏撮影)

ている。

震源周辺には、気象庁をはじめ、科学技術庁防災科学技術研究所の K-Net⁷⁾、KiK-Net⁸⁾、消防庁震度情報ネットワークなどによる地震計・震度計が数多く設置されており、地震発生後の早い時期に地震動に関する有用な情報を数多く提供したことは特筆に価する。また、地震直後から稠密余震観測⁴⁾なども行われている。

境港市の震度 6 強（計測震度 6.0）の揺れは、気象庁の境港市境測候所の記録より算出されたもので、最大加速度は 763gal(EW)である(写真-1)。しかし、約 1km 程離れた境港市役所の震度計の記録は、EW213gal、NS113gal、UD93gal(震度 6 弱：計測震度 5.6)、また、運輸省の港湾地域強震観測網の境港観測地点の記録⁹⁾は、EW302gal、NS209gal、UD97gal と、境測候所よりかなり小さな加速度値となっている。

日野町の震度 6 強（計測震度：6.3）の揺れは、町役場に県が設置した震度計が記録したもので、県を通して鳥取県の中央気象台に送られたものである。EW1482gal、NS675gal、UD1407 gal という大加速度が記録されている。ちなみに、西伯町の町役場に設置されている震度計（震度 6 弱：計測震度 5.9）では、EW802gal NS607gal、UD1077gal、会見町の町役場に設置されている震度計（震度 6 弱：計測震度 5.9）では、EW952gal、NS865gal、UD756gal、溝口町の町役場に設置されている震度計（震度 6 弱：計測震度 5.7）では、EW816gal、NS522gal、UD433gal が記録されている。ただし、この 4 地点を含め、県が設置している震度計は 50 波分のメモリーしかないため、当日中に全て上書きされている可能性が強く、現時点ではこれらの貴重な波形のデジタル記録は回収されていない。表-1 に震源近隣の市町村の震度計で観測された加速度記録のピーク値と計測震度、および震度階級を示す。

表-1 各市町村役場の震度計で観測された最大加速度と計測震度

市町村名	最大加速度(gal)			計測震度	震度階級
	EW	NS	UD		
境港市	213	113	93	5.6	6 弱
米子市	383	314	307	5.8	6 弱
日野町	1482	675	1407	6.3	6 強
西伯町	802	607	1077	5.9	6 弱
会見町	952	865	756	5.9	6 弱
溝口町	816	522	433	5.7	6 弱
岸本町	593	445	541	5.6	6 弱
淀江町	342	333	148	5.6	6 弱
日吉津村	326	258	145	5.5	6 弱

また、K-Net の江府(TTR007)で NS725 gal、EW573gal、UD404gal（震度 6 弱：計測震度 5.8）、KiK-Net の日野(TTRH02)では、NS927gal、EW723gal、UD776gal(計測震度 6.6：震度 7 相当)が記録されている。

今回の地震では、KiK-Net 日野や K-Net の江府の記録のように大振幅加速度の波形が採録されている一方、1G を超える水平・上下動のピーク値も日野・西伯町役場で観測されたにもかかわらず記録が残っていなかったこと、境港市の測候所と市役所・港湾における記録、日野町の KiK-Net と町役場のように、比較的狭い範囲で観測された加速度値に大きな違いがあること、発表された震度はその地点での入力の大さを正確に伝えてはいるが、いわばピクポイント情報のため、その入力情報から推定される各種構造物被害の全体像との間にギャップが生じ始めていること、などが今後の検討課題として挙げられる。また、米子市における K-Net の記録では、S 波の途中から波形の長周期化が現れ、液状化の様相を呈しているが、公園内の地盤には噴砂等の現象は見られず、今後の記録の解析が待たれる。

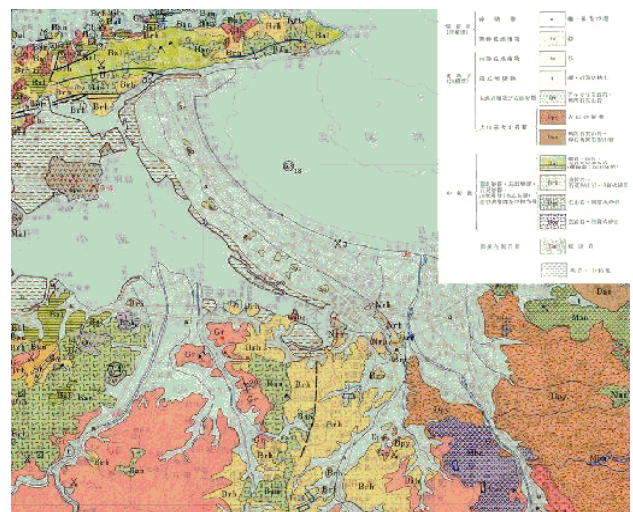


図-2 境港市から米子市間および安来市周辺の地質図¹⁰⁾

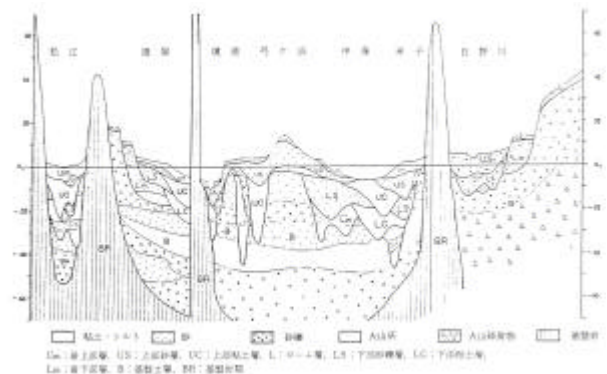


図-3 地盤地質区分¹¹⁾

表-2 地盤地質区分¹¹⁾

地質学分区				地盤地質区分	
地質時代	絶対年数(万年)	地層名	地層		
新 四 紀	沖積世	1	沖積層	沖積平野、砂丘の形成	最上部層(1)土、上部粘土層(2)C
		1.7	大山上部大山洪層 与中洪層	大山大山洪動 急峻丘陵の形成	ローム層L 下部粘層(1)土、下部粘土層(1)C
	洪積世	3	非冲積層・大形礫層		最下部層Lm
			大山中層大山洪層 乃木洪層	三瓶大山洪動 大山大山洪動 中位急丘陵の形成	ローム層L 凝結土層B
			大山下部大山洪層 新米原砂礫層	大山大山洪動 高松丘陵の形成	ローム層L 凝結土層B
	花多層	溝口湖床層、摩雲山笠山笠	大山大山洪動	ローム層L 凝結土層B	
新 三 紀	中新世		鍋山笠山笠・新久瀬山笠山笠 横田笠山笠	大山洪動、陸地拡大	凝結土層B
			松江層 南笠山笠 大森層 新米原区粘層・成層等層 引台層 花多層	海成の減少 広い海成の形成 沈降、火山活動	
古第三紀	2,400	花崗岩	花崗岩の貫入・隆起割別		
中生代白堊紀	6,500	母里尾粘層	大山洪動		

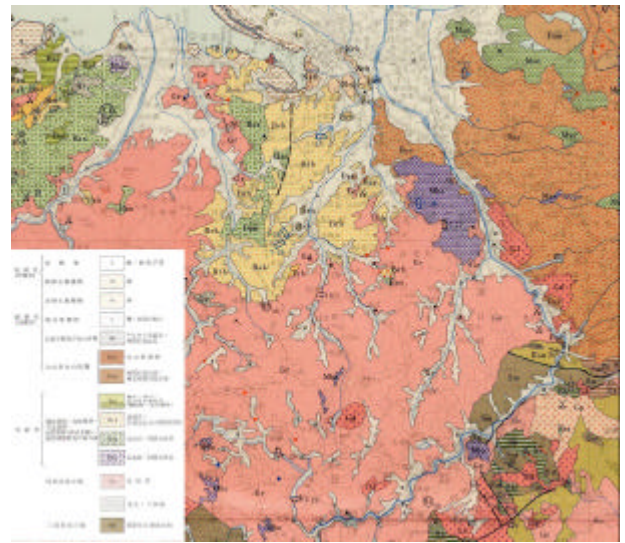


図-6 日野川上流地区の地質図¹⁰⁾

地質・地盤条件

(1) 中海地区

境港市から米子市間および安来市周辺は主に沖積砂層からなり、米子市西部から安来市東部にかけての一部で第三紀の火成岩で構成されている。図-2に当該地付近の地質図¹⁰⁾を、図-3および表-2に地質区分¹¹⁾を示す。

今回の調査の範囲では、液状化被害の報告されている竹内工業団地（境港市）の噴砂で一般的に黒く細粒分を多く含む特徴が見られた。竹内工業団地および護岸被害を受けた境港漁港（通称：カニかご岸壁）で採取された噴砂の粒径加積曲線を図-4に示す。両地点とも詳細な地盤条件は不明であるが、図から竹内工業団地における噴砂の細粒分が多いことがわかる。

(2) 日野川上流地区

震源に近い日野川上流部の山間部は、主に中世代の花

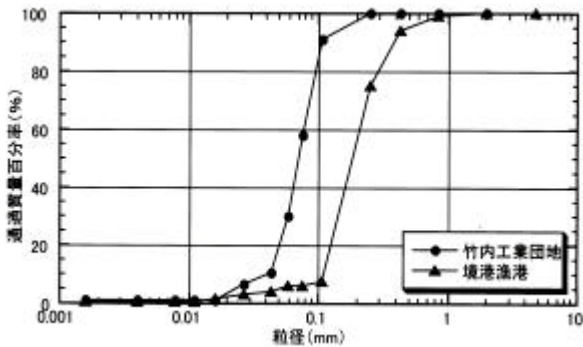


図-4 粒径加積曲線（竹内工業団地及び境港漁港：藤原）

崗岩からなり、日野町の一部で泥質片岩との変成岩が見られる。図-6に当該地区の地質図¹¹⁾を示す。特徴としては、新鮮岩であっても節理の発達が著しく、剥離型落石が各地で見られることが挙げられる。

地盤震動

震度計また地震計設置サイトで測定した常時微動より算出したH/Vスペクトル(40.96秒間の微動を0.2HzのParzen window処理し、10区間の平均として算出)を以下に示す。

まず、震源近傍で比較的硬質な地盤上にある日野町、溝口町、西伯町の役場におけるH/Vスペクトルを図-7に示す。いずれの地点においても0.2秒前後に卓越周期が認められる。次に、会見町、岸本町、淀江町、日吉津村の役場、米子市 k-net site 及び境港市役所におけるH/Vスペクトルを図-8に示す。図より、会見町、日吉津村では0.3-0.4秒、岸本町、淀江町、米子市 k-net site 及び境港市では0.7-1.5秒に卓越周期が認められる。

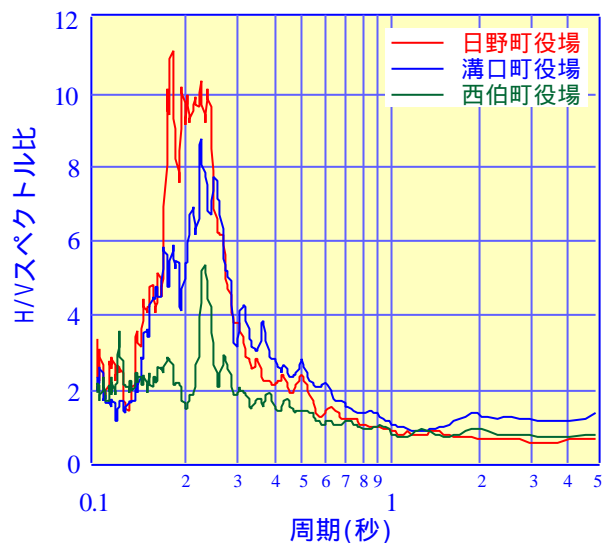


図-7 震源近傍地域のH/Vスペクトル

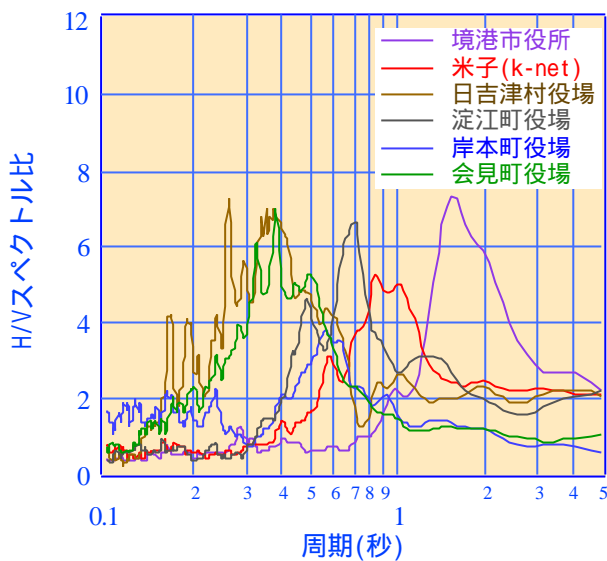


図-8 海沿い及び内陸の比較的軟質な地盤における H/V スペクトル

液状化被害

平成 12 年鳥取県西部地震における液状化の被害は、震源から 30km 以内に位置する境港市、米子市、安来市、松江市の中海臨海地帯に集中した。

図-9 は、現地踏査による噴砂や地割れなどの確認および新聞報道などにより判明した液状化の発生地点を示したものである。境港市から米子市に至る弓ヶ浜半島は、日野川から流れる土砂が堆積してできた全長 18km、幅 4km の砂州からなり¹²⁾、農業用地、工業用地拡充を目的として図-10¹³⁾に示すように埋立て及び干拓が行われている。図より美保湾側は大半が自然海浜であるのに対し、中海側は造成地が多いことがうかがえる。図-9、図-10 を比較すると、今回の地震において液状化が発生した地点は、境港市の竹内工業団地、昭和町、米子市の米子港付近の埋立地に集中している。竹内工業団地や昭和町では、広範囲に液状化が発生し、建物周辺地盤の沈下、岸壁のはらみだしやエプロンの沈下・亀裂、側方流動による軽量の建物の不同沈下や移動、上水道などのパイプラインの損壊が見られた。また、米子市の旗ヶ崎(米子港)、彦名団地、錦海団地、湊山公園でも、建物周辺地盤の沈下、護岸のはらみだしや護岸背後地盤に亀裂が見られた。

報道で明らかにされている被害として、米子空港における滑走路の段差、彦名干拓地における農作物の被害が挙げられる。米子空港では、1996 年(平成 8 年)に滑走路を中海側に 500m 延長しており、今回の地震では、その滑走路において横断方向に 2 本の幅 1cm 程度の亀裂と 1~2cm の段差が生じたとのことである。また、彦名干拓地では、液状化の噴砂により農作物に被害が生じ、その

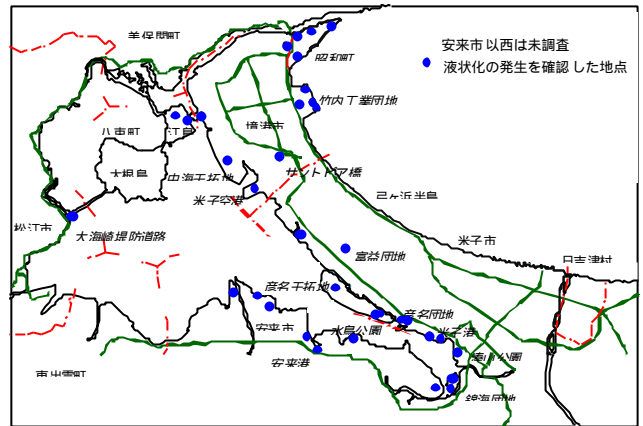


図-9 液状化の発生を確認した地点

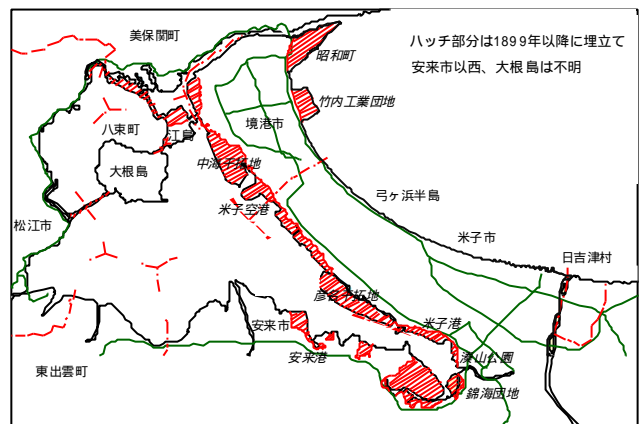


図-10 中海臨海地帯の埋立て地

被害額は約 8,000 万円にも及んだ。

若松の液状化履歴図¹⁴⁾では、1943 年鳥取地震、1946 年南海地震、1925 年美保湾の地震において、米子市内で液状化の発生が報告されている。今回の地震では過去の地震とは比較にならないほどの多数の地点で液状化が発生し、改めてその被害の甚大さを知らしめることとなった。

以下に現地踏査を行った地点について、写真を中心に被害状況を概説する。

(1) 境港市における被害

境港市の竹内工業団地は、1978 年(昭和 53 年)に埋立て造成が行われ、1986 年(昭和 61 年)に完成した埋立地にある。写真-2 は、地震発生翌日に撮影した航空写真である。埋立地の中心部を除いたかなりの部分で噴砂が見られ、液状化が発生している様子がうかがえる。附録写真-1(以下、附-1 のように示す)は同埋立地において発生した噴砂の状況を示したものである。

附-2、附-3 は同埋立地北部に位置する倉庫の状況を示したものである。建物周囲には噴砂が見られ、液状化に



写真-2 地震後に撮影した境港市竹内工業団地の航空写真（撮影日：10/7）

よって地盤が25cm沈下した。このような被害は、同埋立地南部に位置する夢みなと温泉館でも見られ(附-4)、ここでの地盤の沈下量は30cmであった。液状化の地盤の沈下による被害は、同埋立地西部に位置する水道橋(単径管のパイプビーム橋)にも見られた(附-5,附-6)。水道橋の埋立地側は護岸に直接貫通しており、埋立地の液状化による沈下のためパイプが変形した。附-7は、その承水路と平行して走る道路の状況を示したものである。液状化により道路がうねっている様子がうかがえ、こうした道路の被害は、竹内工業団地内で多数見られた。

附-8は竹内工業団地の東側護岸の状況を示したものである。護岸背後には数cmの亀裂が生じていた。竹内工業団地における護岸の被害状況を見る限り、護岸の移動に伴う地盤の側方流動現象はほとんど生じていないと判断できる。

図-11は、同埋立地で採取した噴砂の粒度分布を示したものである。図には他の液状化発生地点で採取した噴砂の粒度分布を併記している。同埋立地で採取した噴砂は細粒分を多く含んだシルト質の砂であるが、他地点で採取した噴砂は、比較的粒径のそろった砂であり、竹内工業団地内で採取した噴砂のみ傾向を異にする。竹内工業団地においてどのような地層で液状化が発生したかは、今後の詳細な地盤調査が待たれるところである。また、写真-2からわかるように、埋立地中心部での噴砂が少ないことの原因についても、今後検討する必要がある。

外港が位置する昭和町は1967年(昭和42年)に造成

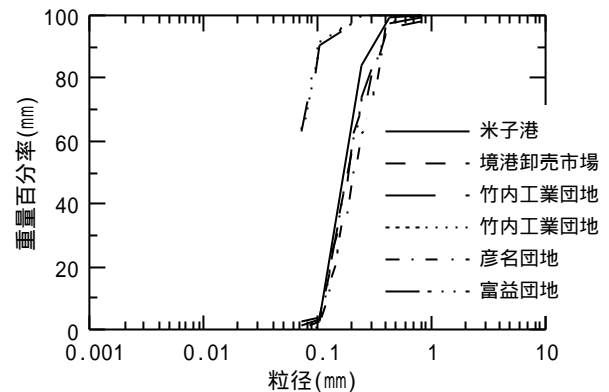


図-11 採取した噴砂の粒度分布(田地・濱田・磯山)

された埋立地にある。文献12)によると、表層からG.L.-10mがN値10程度の砂層があり、その下部にG.L.-60mまで一部に砂層を含んでシルト層が続く地層構成となっている。昭和町では、ほぼ全域にわたり液状化が発生し、中でも境港水産物卸売市場の埠頭(長さ190m、幅81m)の被害が甚大であった。同埠頭では、液状化に伴う側方流動により護岸が約1.5m程度海側へ移動し¹⁵⁾、それによって荷揚場の屋根を支える太さ60cmのコンクリート柱が最大で10度傾斜した(附-9)。護岸の背後地盤では、護岸と平行に幅80cmの亀裂が発生し(附-10)、軽量の建物が傾斜した(附-11)。また埠頭に近接する護岸では、エプロンで20cmの段差が生じた(附-12)。

附-13は、松江市と大根島を結ぶ大海崎堤防道路の被害状況を示したものである。道路の脇には噴砂が見られ、液状化に伴う側方流動により地盤が海側へ移動したために、長さ数十mにも及ぶ亀裂が生じたと推測できる。このような被害は、米子空港近くにあるため池に架けられたサントピア橋(単径間、平成9年竣工)の取付け道路、境港市から八束町へわたる中浦水門の取付け道路近傍の護岸でも見られた。サントピア橋は、取付け道路が液状化により沈下し通行不能となっていた(附-14)。液状化に伴う側方流動により、ため池の両岸では水際線と平行に亀裂が生じ、護岸が一部浸水している部分が見られた(附-15)。中浦水門取付け道路近傍の護岸では、背面地盤が液状化によってすべりせん断破壊を生じ、大きさ1m以上にもわたる陥没(附-16)や土塊の上に建てられていた建物が傾斜した(附-17)。

(2)米子市およびその他における被害

米子市内およびその近郊における液状化の被害は、その大半が建物周辺地盤の沈下と護岸の被害である。前者の被害は、彦名団地、富益団地、湊山公園、米子港が位置する旗ヶ崎で見られた。

彦名団地では、ほぼ地区全体で液状化が発生し、周辺

地盤が 30cm 程度沈下した建物(附-18),傾斜した個建て住宅や電灯(附-19)が見られ,液状化により噴砂が生じたために水路のコンクリート河床に亀裂が生じるといった被害もあった(附-20).また,米子市の湊山公園にある RC 造の建物でも 周辺地盤が液状化し入口の土間が沈下する被害が見られた(附-21).

弓ヶ浜半島の中海側と弓ヶ浜側の間中部に位置する富益団地では 液状化により水道管に被害が生じ 80 世帯で断水となった.同団地は,周囲の低地より若干標高が高く,団地中心部に向かって緩やかな上り勾配となっている.液状化が発生した地点は,その団地のほぼ中心位置のごく限られたところである.附-22 は,同団地のバス停付近に見られた亀裂と噴砂の状況を示したものである.附-23 は団地内の状況(撮影 10/11)であり,マンホールと道路に段差が生じている様子がうかがえる.今後,旧地形図との相関性や団地の造成方法などの調査を行い,液状化に限られた地点においてのみ生じた原因を究明する必要がある.

護岸の被害は,米子港が位置する旗ヶ崎,湊山公園,錦海団地,安来市の安来港で見られた.米子港では,護岸のはらみだしやコーナー部における吸出し(附-24),背後地盤の亀裂(附-25)や噴砂(附-26)が見られた.旗ヶ崎には,球形のガスホルダー 2 基,有水ホルダー 1 基(附-27)が存在し,今回の地震において敷地内で液状化により沈下したが,特に構造的な被害は見られなかった.

米子港の対岸に位置する湊山公園の護岸背後には幅 5cm 程度の亀裂が生じていた(附-28).また,錦海団地では,護岸の海側への移動と共に,背後地盤では護岸とほぼ平行に亀裂が生じていた(附-29).亀裂の幅から判断すると,護岸の移動量は数十 cm 程度である.安来市にある安来港でも同様な被害が生じ(附-30),付帯道路において液状化による噴砂が発生し,陥没が生じていた.(附-31).

今回の地震において,護岸の移動量は,境港以外,その変位量は概ね数十 cm 程度であり 兵庫県南部地震の被害状況と比較して軽微な被害が多い.護岸や背後地盤にある建物の耐震性を確保するためにも,今回の地震において,兵庫県南部地震のような護岸の移動に伴う大規模な側方流動が生じなかった原因の究明が重要である.

斜面崩壊・土砂災害

(1)被害全体状況

鳥取県では 6 日の地震発生後,山間部の状況把握に時間がかかり,斜面崩壊総数を把握できたのは 8 日になってからであった.10月10日12時現在の崖崩れ件数は,

117 件である.しかし,本年 7 月の神津島近海地震と比較すると,地震動の大きさに対して斜面崩壊件数は少なかったといえる.大山西側の地域は 2 万 6 千年前の噴火で流れた火砕流が固まった地盤であるので,粘着性があり砂地と比べて壊れにくかったためと考えられる.

各市町村における斜面崩壊の被害件数は,以下の通りである.

米子市 6 件,西伯町 15 件,会見町 3 件(裏山亀裂数件),岸本町 落石 6 件(土砂崩れ 11 件),名和町 1 件,日南町 10 件,日野町 30 件(道路通行止め 4 箇所),江府町 19 件,溝口町 22 件

(2)日野町

日野町では,下黒坂の国道 180 号など計 17 箇所が土砂崩れで通行止めになった.また,JR 西日本では,国道 180 号線と並行している JR 伯備線の線路が土砂崩壊によって寸断されるなど,山陰線をはじめ近畿,中国地方ほぼ全線で列車運行を見合わせた.また,根妻トンネル(175m)前後では,約 500m の間の 4 箇所が土砂崩壊の被害を受けたが,日野川を挟んで道路と離れており現場近くから重機を引き込めないために,遠くから線路を利用して復旧作業を行った.国道 180 号線は,黒坂~根雨間が落石,土砂崩壊により通行止めになり,迂回路として農道濁谷滝山線,上石見黒坂停車線を利用した.14日17:00までに仮設防護柵の設置を完了し,片側通行止めとした.



写真-3 日野町貝原の JR 伯備線及び国道 181 号線への斜面崩壊

さらに,8日の朝から小雨が降り始め,日野町役場から北東に 2km の貝原では,余震で新たに山の沢部から長さ約 50m,幅 5 m にわたって土石流が発生し,国道 181 号線と平行に走る JR 伯備線の線路復旧作業現場を襲った(写真-3).しかし,幸いにも 30 人の作業員は昼休憩に入ろうとして全員で線路を降りたため,間一髪で逃

ることができた。地震の影響で地盤が緩んだところでは、雨による新たな土砂災害の発生が懸念される。

日野町濁谷の工事現場では、作業員が型枠の設置作業中、土砂崩れで足場になっていたパイプの間に下半身を挟まれて生き埋めになったが、無事救出された。また、濁谷の真住川に沿った国道180号線では、ガードレール部分が、長さ80m、幅2mにわたって川側の斜面が崩壊し、片側通行となった(写真-4)。



写真-4 日野町濁谷に川側斜面崩壊によるガードレールの落下

(3)西伯町

西伯町では、法勝寺中学校の高台にある軟式野球場に斜面崩壊の深さ2～3mもある亀裂が生じた(写真-5,6)。盛土のすべり破壊と考えられる。

12日現在での落石、斜面崩壊による通行止めは、以下の通りである。



写真-5 西伯町法勝寺中学校軟式野球上のテンションクラック

全面通行止め

県道：西伯根雨(東上)土砂崩壊のため迂回路 溝口伯太線、西伯伯太線(法勝寺～伐株)斜面崩壊のため迂回路 国道180号線～溝口伯太線、町道：猪小路地内ほか多数。

片側通行

国道：180号線 日野福長～西伯 落石のため

国道：180号線 大木屋～福成日野福長～西伯 落石のため



写真-6 法勝寺中学校軟式野球場の斜面下部擁壁の崩壊

(4)溝口町

溝口町宇代の鬼ッ子ランド脇の県道付近で山崩れが発生し、県道脇の避難所に停車していた軽自動車が発石や土砂に埋もれ、車内にいた夫婦が下敷きになったが無事救出された(写真-7)。



写真-7 溝口宇代の県道付近の落石による軽自動車の被害

(5)大山

国立公園・大山の三鈷峰(さんこほう)で地震による土砂崩れがあり、登山中の5人が下山できずに救助され

た。また、大山山頂弥山の標高 1,711m地点を示す三角点が、コンクリートの基台とともに北側に約 3m ずれ、標高も崖崩れや地割れにより約 2m 低くなった。

(6)今後の課題

日野町は山林原野が総面積の 89.7%を占め、地形はおおむね急峻であるが、久住地区、小原地区においてはかなり緩やかな地形を形成している。地質は 80%が花崗岩で、一部秩父古生層と第 3 紀層からなる褐色森林土壌である。民有林は 96%を占め、その内人工林率は 64%と相当高く、杉 53%、檜 28%、松 18%でありその大半が戦後の造林のため、除間伐、枝打ちを必要とする 20~30 年生の幼齢林となっている。現在、木材価格の低迷、森林就業者の高齢化、後継者不足と労務費の高騰など林業を取り巻く環境は大変厳しい状況にあり、手入れが行き届かなくなっている。近年、マツクイムシの被害が急増したため立ち枯れの木が多く、これも斜面崩壊の誘因の一つと考えられる。今後、森林の維持管理が地震及び風雨災害から斜面崩壊を防ぐために必要となるであろう。

道路・橋梁被害

今回の地震においては、鳥取県境港市、日野町で最大震度 6 強が観測されたほか、6 県で震度 5 弱以上が観測されるという強い地震であり、2 府 12 県の地域において、各道路管理者による緊急点検が行われた。表-2 に県道以上の道路における被害の概要を示す。

表-2 鳥取県西部地震による県道以上の道路通行止めの延べ箇所数

	鳥取	島根	岡山	広島	香川	徳島	備考
高速自動車国道	1		(1)				米子道 (米子~久世)
一般有料 自動車道		1					安来道路
直轄国道							
補助国道	1		1				
県道	9	2	4	2			

10月7日8時時点までの集計地

箇所数は各道路管理者からの報告による

建設省としては、地震発生直後に筆者を含む本省担当官三名、土木研究所の専門家四名を派遣し、震源に近く被害が甚大と推測された地域の緊急調査を行ったので、これらのうち道路に関する被害の概要を報告する。

今回緊急的に調査を行ったのは、道路に関する法面崩落、橋梁被害、液状化被害が特に甚大と予想された地域である(図-12参照)。液状化に関しては、港湾施設、漁

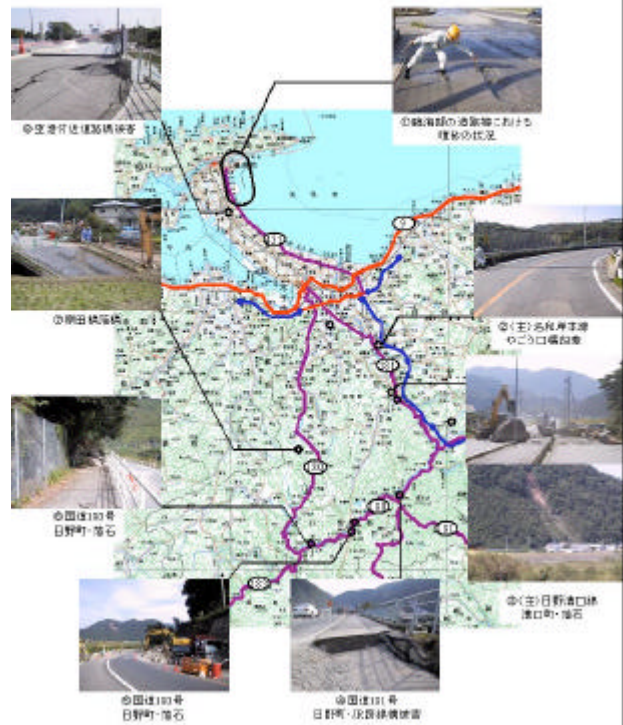


図-12 調査地域とその被害概要(建設省道路局 HP)

港施設等において地盤変状が見られたが、道路については埋め立て地盤において噴砂が見られた(写真)。橋梁については構造物そのものの被害は少なく、落橋が生じたのは町道赤谷線原田橋(スパン 7m 単径間の斜橋)一箇所であり(写真)、その他はほとんどが橋台付近での地盤の変状による段差の発生であった(写真)。山間部では地震動による土砂災害が発生し、米子自動車道で一箇所被災したほか、県管理の一般国道 180 号、181 号及びその他の県道において法面崩壊、落石等の被害が見られた(写真)。ただし、これらの箇所については被害発見後通行が制限されたものの、幹線道路については短時間である程度通行機能が確保された(補助国道以上の道路において 10 月 17 日以降通行止め箇所なし)。今後は、各被災箇所において本格的な復旧対策が展開される見込みである。

今年に入り、3 月 30 日の有珠山噴火を始め全国各地で地震、火山噴火、水害等の災害が相次ぎ、改めて日本の国土の脆弱性が認識されているところであるが、道路としては、想定される災害に対して強い道路の構造物及び道路網を整備し、安全で安心して生活できる社会基盤の確保に努めることとしている。

ライフライン被害

地震直後には、鳥取県西部の西伯町、会見町、日野町など合わせておよそ 2,800 世帯で断水した。地震から 6 日目を迎えた 10 月 11 日現在でも 1,200 世帯以上で断水

や水の濁りが続いたが、自治体と自衛隊が協力して給水車による給水が続けられた。地震3日後の10月9日には自衛隊が野営で使う仮設の風呂を利用して無料の入浴サービスを日野町の3箇所を始めたり、米子市、西伯町、淀江町の宿泊施設では風呂を無料開放して、被災者の不便を和らげた。

上水道被害内容の詳細はまだ明らかではないが、境港市の竹内工業団地内の工業用水配水管は液状化によって大きな被害を受けた。写真-8は、竹内工業団地の南西部の工業団地入り口に当たるところの水管橋の被災状況を示している。液状化により承水路の護岸が移動し、水路幅が減少したことにより変形している。また、地盤も沈下している。



写真-8 竹内工業団地の西部の承水路に架かる水管橋の被害状況

阪神・淡路大震災の教訓が生かされた例として、阪神・淡路大震災を契機に締結された米子市と山口県の防府市、岩国市、宇部市、光市、広島県大竹市との広域応援協定が挙げられる。地震発生から1時間半後に米子市からあった応援要請によって、防府市水道局が給水車やトラック5台と技術者5人をまず米子市に派遣した。その後、協定を結んでいる他の4つの市からの応援も含めて合計23台の給水車などと38人の技術者が復旧作業に当たった。

都市ガスは、米子ガスが米子市の約14,600世帯に供給している。製造施設、2基の球形ホルダー、有水式ホルダーには被害がなかった。ガス漏れが43件発生したが、ほとんどが灯内管であり、本支管の被害は1ないし2箇所程度である。ガスの供給量の変化、需要家からの電話や消防からの連絡がないことから、地震後も供給を続けた。

下水道の被害として、10月10日現在で鳥取県土木部都市計画課に12件の被害が報告されている。被害は米子市、境港市、日野町、溝口町、淀江町、日吉津村で発生しており、主に管渠の破損とマンホールの隆起が報告されている。

電話については、溝口町内で一部不通になったほか、安否を確認する電話が殺到して輻輳したため、NTT西日本鳥取支店では午後2時半に災害用伝言ダイヤルを設けるなどして対応した。運用開始後30分で約3,200件の利用があるなど、これまでの災害で最高の利用数を記録した。

電力については、地震直後に停電したがすぐに復旧した。その後の余震によっても電柱から各戸への引き込み線が切断されて電気の供給を受けることのできない世帯が出たが、順次復旧し、大きな混乱はなかった。

ダム関連

(1) 賀祥ダム（東経133°19.9 北緯35°18.0）

鳥取県西部から北に向かって流れる法勝寺川（流路延長25km、流域面積121.7km²）をせき止めて造られた多目的ダムで、堤高46.4m、堤頂長174.0m、堤体積86,600m³の重力式コンクリートダムである（写真-9）。余震域のほぼ直上に存在している。

地震計がEL87.0mの監査廊、およびエレベータシャフト内EL124.4m（天端標高）にあり、これまでのダムでの記録としては最大級の加速度（下記）が得られている（基盤標高EL78.0m）。ダムの左岸地山にある管理事務所2Fでは立ってられないほどの揺れであったとの証言がある。当時の貯水池水位は洪水期制限水位のEL114.6mより少し低いEL112.2mであった。天端にある副ゲート機械室の壁面にわずかな斜めクラックが認められ、窓が破損した。また管理事務所玄関前の駐車場が10cmほど沈下した他は、変状は認められない。ダムの安全性および機能にも異常は報告されていない。下流側の墓地（花崗岩の山肌にマサが堆積した小谷にある）はほぼ全壊状態であった。

観測された最大加速度は以下のとおりである。

監査廊（EL87.0m）：NS 528.5gal

EW 531.1gal

UD 485.2gal
 天端 (EL124.4m : エレベータシャフト内)
 NS 2051.0gal
 EW 1406.2gal
 UD 884.2gal



写真-9 賀祥ダム右岸から左岸を望む

(2) 菅沢ダム (東経 133° 19.1' 北緯 35° 12.1')

印賀川をせき止めて造られた多目的ダムで、堤高 73.5m、堤頂長 210m、堤体積 204,000m³の重力式コンクリートダムである。監査廊 (EL.326.0m) 内に設置された地震計により記録された最大加速度 (暫定値) は下記のとおりである。天端の地震計については、故障で地震時に作動しなかった。(基盤標高 EL.317.0m)

監査廊： ダム軸方向 153gal
 ダム軸直角 106gal
 UD 66gal

港湾被害

平成 12 年 10 月 6 日午後 1 時 30 分に発生した平成 12 年 (2000 年) 鳥取県西部地震により、重要港湾のひとつである境港 (さかいこう) に被害が発生した。運輸省港湾技術研究所の調査チーム 4 名は 10 月 7 日より現地入りし、被害調査を行った。被害に関する詳細な解析・分析等は今後の課題であるが、ここでは被害の概要について暫定的な報告を行う。境港には、現在、前面水深-7.5m 以上の大型係留施設は 6 施設あり、このうち 5 施設が外港地区、1 施設が内港地区に位置している。これら 6 施設の構造形式を見ると、外港昭和南 1 号～3 号岸壁は重力式、外港 1 号・2 号岸壁は横棧橋式、内港地区の江島岸壁は鋼矢板式となっており、多様な構造形式が採用されていることがわかる。なお、本報告における被災変形量等に関する数値については調査チームの測定した概略値であり、詳細な測量結果ではないことに留意されたい。

外港昭和南地区には重力式岸壁が 3 バースあり、その前面水深は西から順に-7.5m、-10m、-13m となっている。構造形式は-7.5m 岸壁の一部を除き置換砂・捨石マウンド及びケーソンによる構造となっている。最も西に位置する-7.5m 岸壁は境港で唯一の耐震強化岸壁であり、その設計震度は 0.23 と、他の係留施設 (設計震度 0.1~0.15) と比較して高い設計震度で設計されていた。-10m 岸壁については、背後地盤においてロッドコンパクションによる地盤改良が実施されていた。これら 3 バースの被災状況を見ると、まず 3 施設ともケーソン背後の地盤が沈下し、沈下しないケーソン部分との間に段差が生じた。このうち東の-13m 岸壁で生じた段差がもっとも顕著であり、エプロンとヤードの間に最大で 50cm 程度の段差が生じた (写真-10)。岸壁の背後の直柱付近では噴砂



写真-10 昭和南-13m岸壁における被害 (ケーソン背後に段差が生じた。チップアンローダーは地震後も正常に動作した)

の痕跡が見られたので、本岸壁の背後地盤 (すくなくともその一部) で液状化が発生したことがわかる。次に法線の出入り (すなわちブロック間の相対的な海側への変位) については 3 バースとも軽微であった。法線のはらみだしの絶対値については詳細な測量結果を待つ必要があるが、-13m 岸壁は背後の段差が最も顕著であったことから、法線のはらみだし量についてもこれら 3 バースの中で最も顕著であったと推察される。3 バースとも法線の出入りが軽微であったことから船舶の係留そのものに支障はなかった。地震後に、背後地盤の舗装下において液状化による空洞発生が顕著でないこと、チップ・アンローダーが正常に動作すること、前面水深が確保されていることの三点について確認が行われ、安全が確認されたバースから順次荷役作業が行われた。

横棧橋式の外港 1号・2号岸壁では、岸壁法線の出入りはほとんどないものの、背後の渡版前後と控え矢板背後に法線と並行に開きが生じており、開きの幅を合計すると 7cm程度であった。矢板式の江島地区岸壁 (-9.0 m) では顕著な被害は見受けられず、矢板控え部に一部



写真-11 漁港地区（通称かに棧橋）における被害

クラックが見られる程度であった。また、外港昭和北地区や外江（とのえ）地区の前面水深が-7.5m 未満の施設では被害はほとんど見受けられなかった。

主要港湾施設以外では、昭和北地区の漁港地区 -6.0m 岸壁（通称：かに棧橋）に大きな被害が生じた（写真-11）。液状化が発生し、上屋の柱基部周辺に最大 0.6m 程度の陥没が発生すると同時に、岸壁法線は湾曲しながら最大 1.3m 程度はらみだしていた。また、ポンプ浚渫により埋め立てられた竹内地区では大規模な液状化が発生し、埋立地内を流れる水路で水路幅が 2m程度縮小すると同時に、河床が最大 1m程度盛り上がっていた。竹内地区の南側にあるマリナーでは、ヨット係留用の小型の杭式棧橋 3基が倒壊した。

総じて、液状化の痕跡が見受けられた施設に被害が生じていた。今後、詳細な測量や地盤調査により被害の実態やメカニズムを明らかにしていく予定である。

災害対応

(1) 人的被害について

自治省消防庁の 10月 18日 20時現在の人的被害は、死者はなく、負傷者は鳥取県 97人、島根県 10人、岡山県 18人、広島県 3人、香川県 2人、兵庫県 1人の合わせて 131人である。地震時人的被害の発生原因との関連において、今回の地震の人的被害を検討すると次のようになる。

(a) 家屋建物の倒壊による生き埋め、死傷

家屋の全壊はあるが、完全崩壊に至った住家・建物が意

外に少ない。建設現場での生き埋めも発生したが無事救助された。境港市上道教会、日野町の神社社務所など完全崩壊の建物もあるが、幸い集会等が開かれていなかった。

(b) 地すべり、落石、土砂災害による死傷

自動車が落石に遭い大破したが、無事救出された。また、日野町の砂防工事現場で生き埋めも発生したが、無事救助された。

(c) 屋外工作物（ブロック塀、ガラス、瓦、墓石等）の倒壊による死傷

ブロック塀の倒壊、墓石の転倒は多数発生したが、これによる人的被害は少なかった。1978年の宮城県沖地震では、28名の死者の多数が塀・門柱等の倒壊により発生している。

(d) 家内の家具什器散乱による負傷

今回の地震では、負傷者の多くがこの原因によるものであった。

(2) 震度と人的被害発生率

図-13 に示すように、震度に対する負傷者発生率は、1993年釧路沖地震や 1994年北海道東方沖地震など、これまでの地震に比べて小さかった。この背景としては、鳥取県の木造住宅の耐震性の観点からの考察も必要であり、日本建築学会等で行われている木造住宅の被災状況に関する詳細調査の結果を待たねばならない。また、地震発生季節や時刻が幸いした事などが考えられる。すなわち、10月 6日という時期で暖房していなかったこと、また、午後 1時 30分 でほぼ昼食が済んだ後であり、一般住家や飲食店の火気使用率が低かったこと、昼間で明るく、周りの状況をよく観察して行動できること、また、学校では教員が身近にあり、身を守るように指示できたこと、登下校のために子供が外を歩く時間ではなかったこと、などが挙げられる。災害緊急対策の主体となる役場・消防・警察・電力・通信・報道関連・病院などの組

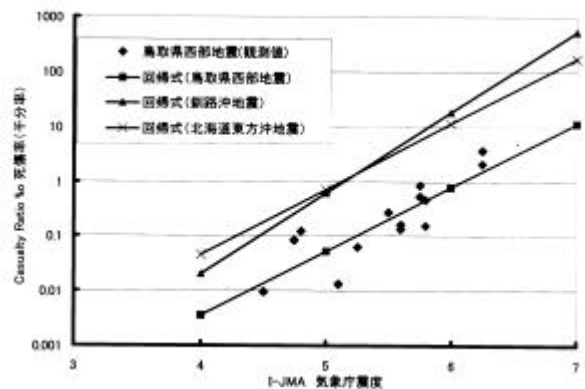


図-13 気象庁震度と死傷率の関係

織がフルに活動しており、災害事故に対して速やかな対策が取れたものと考えられる。

(3) 負傷者の特徴

負傷者の特徴としては転倒による骨折疑いなどが多く、また年齢・性別では、高齢の女性が多かった。これは、日野町、江府町、溝口町、西伯町、会見町など 65 歳以上の人口構成比が 25～30%にも上る(平成 11 年 3 月 31 日現在の住民基本台帳による)ことと無関係ではない。

(4) 緊急対応

(a) 消防局の対応

鳥取県西部広域行政管理組合は米子市・境港市を中心として、西伯郡・日野郡の 14 市町村(人口 250,791 人、世帯数 87,048、1999.4.1 現在)で構成されている。消防局は 4 消防署、6 出張所から成り、消防自動車 25 台、救急自動車 14 台、職員 287 名の消防力を有する。

地震後の緊急対応は以下のとおりである。地震直後には消防・救急に支障をきたす道路被害箇所を確認し、7 日には緊急車両が通れるようになった。道路破損 405 ケ所、土砂崩れ等 136 ケ所以上、ガス漏れ 42 ケ所にのぼる。火災出場 5 件は幸いすべて誤報であった。米子市の水道は水漏れがひどくて加圧できず、ひとつの消火栓から複数台の消防自動車が取水できない状況であった。

地震を原因とする救急出場は 6 日から 9 日の間に 118 件、搬送 135 人を数えるが、このうち 82 件、103 人は病院間の転送である。また救助活動は出場 9 件、救助 3 件(4 人)である。

平日昼間の地震であり、災害緊急対策の主体となる役場、消防、警察、電力・通信・報道関連企業、病院等の組織がフルに活動しており、災害の事故等に対して速やかな対策がとれた。なお、他本部からの支援として、10 月 6 日に消防・防災ヘリ 3 機、救急隊 1 隊、10 月 7 日にヘリ 1 機、救急隊 4 隊の応援を受けている。

(b) 病院等の被害

医療施設は水・電気・医療ガス等のユーティリティ設備に大きく依存している。これらの機能が損なわれると救急患者の受け入れはもとより、入院患者の医療活動にも大きな支障が生じる。

・日野町日野病院： 停電と建物被害のため、13 人の患者を他の病院に転送、63 人を近くの町立根雨社会体育館に避難させた。役場の話では、野田地区に新病院施設を建て替えのため建設中であり 11 月竣工、2001 年 1 月移転を前倒しして対応するとのことである。

・西伯町西伯病院： 給水タンクの水漏れ等の被害により、一部の患者を退院・転院させた。

・境港市済生会病院： 建物・設備被害のため、一部の患者を退院させた。

米子市の被害が軽く、水道管の被害はあったが停電もなく、鳥取大学附属病院をはじめとして市内の病院が正常に稼働しており、搬送受け入れ先に困らなかった。消防も火災が発生しなかったため、救急搬送に部隊を投入できたとのことである。

(4) 災害情報伝達のシステム

日野町：防災行政無線を持ち、各世帯に受信機設置、屋外放送設備あり。

境港市：平成 7 年導入の職員参集・通報システムにより、震度情報が気象庁から衛星ひまわり経由で市に届き、ポケベルで職員を呼び出す。防災行政無線から市内 62 ケ所の街頭スピーカーを通して災害情報を流すことができる。

米子市：防災行政無線により平成 9 年度までにすべての区域(237 ケ所)に街頭スピーカーを設置した。今回の地震では火の元注意、ガスを使わないなどの情報を流した。

溝口町：音声告知放送(有線)の受信機が町内全世帯に設置されている。また CATV(有線ケーブルテレビ局)を町で運営しており、災害情報伝達にも利用した。

(5) 地震後の対応、被災者支援

鳥取県西部消防局の調べによれば、10 月 9 日 21 時現在の避難所数 57 ケ所、避難者数 906 人となっている。日野町、溝口町に避難勧告が出ており、他の 2 市 5 町では自主避難を実施している。今回の地震被災地は表 2 に示すように高齢化の進む地域でありこのことが被害状況、被災後の避難、安否確認、救助救急、後かたづけ、復旧等の過程に影響を及ぼしている。被災地では災害救援のボランティア活動を実施しており、社会福祉協議会等のサポートがみられた。

(6) 今後の課題

今回の地震では幸い死者が発生せず、震度に対する負傷率も従来の地震より低かった。しかし、地震がもし夜間に起こったら、冬期に起こったら、地震の規模(断層長さ)がもう少し大きかったらなど、十分可能性の高かった別のシナリオを想定してみることが必要である。どのような被害が発生し、それに対してどのような災害情報伝達と緊急対策がとれたのかを検討しておくことが今後の防災対策・体制を改善するために重要である。今回、活断層として知られていなかった場所で地震が発生し、大きな地震動と災害をもたらした。よく知られた活断層のみを想定して地震のシナリオを描き、対策を準備するだけでは不十分であることも示唆している。

付記

建設省道路局，東京大学小長井研究室，運輸省港湾技術研究所の調査速報のホームページはそれぞれ以下の URL で公開されていますのでご参照ください。

- <http://www.moc.go.jp/road/bosai/jisin.html>
- <http://norway.iis.u-tokyo.ac.jp/tottori/index.html>
- <http://www.phri.go.jp/jishin/index.html>

参考文献

- 1) 気象庁：平成 12 年(2000 年)鳥取県西部地震について，記者会見資料，平成 12 年 10 月 6 日 17 時 50 分発表。
- 2) 菊地ら：EIC 地震学ノート No.93s Oct. 6, '00 東大震研情報センター，2000.10.7. http://kea.eri.u-tokyo.ac.jp/EIC/EIC_News/001006.html
- 3) 建設省国土地理院：断層モデルの概念図，平成 12 年 10 月 7 日。(<http://www.gsi-mc.go.jp/WNEW/PRESS-RELEASE/2000/1007-2.htm>)
- 4) 京都大学防災研究所地震予知研究センター：稠密余震観測(全国大学合同地震観測) , http://www2.rcep.dpri.kyotou.ac.jp/~sato/tottori/index_j.html
- 5) 関口春子・岩田知孝：K-net, KiK-net 地震記録を用いた断層破壊過程の推定，京都大学防災研究所地震災害研究部門 HP ， <http://sms.dpri.kyoto-u.ac.jp/iwata/ttr.source.html>
- 6) 気象庁：平成 12 年(2000 年)鳥取県西部地震の余震活動について，報道発表資料，平成 12 年 10 月 16 日 18 時 00 分発表。
- 7) 防災科学技術研究所：Kyoshin Net (K-NET) ， http://www.k-net.ostec.or.jp/k-net_docs/kyoshin.html
- 8) 防災科学技術研究所：基盤強震観測網 (KiK-Net) <http://www.kik.bosai.go.jp/kik/>
- 9) 運輸省港湾技術研究所：平成 12 年(2000 年)鳥取県西部地震港湾施設被害調査報告(暫定版)， <http://www.phri.go.jp/jishin/index.html>
- 10) 中国地方土木地質図編纂委員会：中国地方土木地質図，1984。
- 11) 建設省計画局：鳥取県・島根県編 中海臨海地帯の地盤 都市地盤調査報告書，15，142P，1967。
- 12) 中海臨海地帯の地盤(都市地盤調査報告書 第 15 巻)，大蔵省印刷局，1967.3
- 13) 日本図誌大系 中国，朝倉書店，1975.5
- 14) 若松加寿江：日本の地盤液化履歴図，東海大学出版会，1991.3
- 15) 平成 12 年鳥取県西部地震被害調査報告，清水建設(株)，2000.11(発行予定)

附録写真

液化化被害における附録写真(附-1～附-31：田地による)を以下に示す。なお，附録写真 32～34(附-32～附-34)は中村(日本大学)による写真である。



附-1 液状化による噴砂
(境港市竹内工業団地)



附-2 竹内工業団地内の倉庫
(境港市竹内団地)
建物周囲に噴砂有り、周辺地盤の沈下



附-3 液状化による沈下
(境港市竹内工業団地)
周辺地盤の沈下 25cm



附-4 液状化による沈下
(境港市竹内工業団地)
周辺地盤の沈下 30cm



附-5 水道橋の被害
(境港市竹内工業団地)
埋立て地盤側(写真右)が沈下し、パイプ変形



附-6 水道橋の被害
(境港市竹内工業団地)
附-5の左側を拡大



附-7 液状化による道路の被害
(境港市竹内工業団地)
道路がうねっている



附-8 護岸の被害
(境港市竹内工業団地)
護岸背後の亀裂、奥に見えるのはケーソールド



附-9 護岸の被害
(境港市昭和町)
護岸が約 1.5m 移動、荷揚場の柱の傾斜



附-10 護岸の被害
(境港市昭和町)
護岸背後地盤の亀裂



附-11 護岸付近の建物の被害
(境港市昭和町)
液状化により建物が傾斜



附-12 護岸の被害
(境港市昭和町)
エプロンの沈下 20cm



附-13 道路の被害
(松江市大海崎堤防道路)
液状化による亀裂
<提供：清水建設(株)福武氏>



附-14 取付け道路の被害
(境港市サントピア橋)
液状化によって取付け道路が沈下
<提供：清水建設(株)福武氏>



附-15 護岸の被害
(境港市サントピア橋)
液状化によって護岸が浸水
<提供：清水建設(株)福武氏>



附-16 護岸の被害
(境港市中浦水門)
護岸背後に大きな陥没が生じている



附-17 護岸近傍の建物の被害
(境港市中浦水門)
護岸の滑り破壊に伴い、自転車小屋が傾斜
<提供：清水建設(株)浅香氏>



附-18 液状化による建物の被害
 (米子市彦名団地)
 周辺地盤沈下 30cm



附-19 液状化による被害
 (米子市彦名団地)
 電灯の傾斜



附-20 液状化による被害
 (米子市彦名団地)
 河床に生じた噴砂



附-21 液状化による建物の被害
 (米子市湊山公園)
 液状化による周辺地盤の沈下



附-22 液状化による被害
 (米子市富益団地)
 住宅横に生じた亀裂と噴砂



附-23 液状化による被害
(米子市富益団地)
水道管に被害が生じ、80世帯で断水



附-24 護岸の被害
(米子市米子港)
コーナー部における吸出し



附-25 護岸の被害
(米子市米子港)
護岸背後地盤に生じた噴砂と亀裂



附-26 液状化による噴砂
(米子市米子港)
護岸背後地盤に生じた噴砂



附-27 球形ガスホルダー
(米子市米子港)
敷地内は噴砂有り、ガスホルダーに構造被害なし



附-28 護岸の被害
(米子市湊山公園)
護岸背後に生じた亀裂



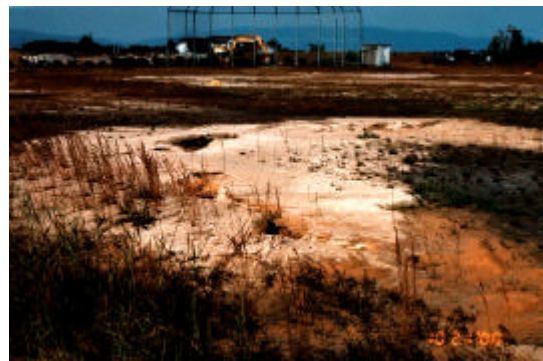
附-29 護岸の被害
(米子市錦海団地)
護岸背後地盤に生じた亀裂



附-30 護岸の被害
(安来市安来港)
護岸背後の亀裂



附-31 護岸の被害
(安来市安来港)
道路の陥没



附-32 安来市東赤江町福井の
グラウンド内で生じた噴砂



附-33 安来市鉄工センター護岸の破壊



附-34 安来市鉄工センター護岸背後の噴砂