

第8編	ライフライン・交通施設被害の想定	8-1
8.1	概要	8-1
8.1.1	予測項目	8-1
8.2	施設データ	8-2
8.2.1	上水道	8-3
8.2.2	下水道	8-4
8.2.3	電力	8-6
8.2.4	電話施設	8-7
8.2.5	都市ガス	8-8
8.2.6	道路施設	8-9
8.2.7	鉄道施設	8-10
8.2.8	港湾施設	8-11
8.2.9	空港施設	8-12
8.3	被害予測手法	8-13
8.3.1	上水道	8-13
8.3.2	下水道	8-16
8.3.3	電力	8-17
8.3.4	電話施設	8-18
8.3.5	都市ガス	8-22
8.3.6	道路施設	8-24
8.3.7	鉄道施設	8-26
8.3.8	港湾施設	8-27
8.3.9	空港施設	8-28
8.4	被害予測結果	8-29
8.4.1	上水道	8-29
8.4.2	下水道	8-29
8.4.3	電力	8-30
8.4.4	電話施設	8-30
8.4.5	都市ガス	8-30
8.4.6	道路施設	8-31
8.4.7	鉄道施設	8-38
8.4.8	港湾施設	8-42
8.4.9	空港施設	8-43
	【参考文献】	8-44

第8編 ライフライン・交通施設被害の想定

8.1 概要

8.1.1 予測項目

(1) 上水道

上水道（配水管）の物的被害予測を行った。また、機能支障（断水）について算定した。

(2) 下水道

下水管きよの物的被害予測を行い、また、その物的被害によって影響をうける機能支障（排水困難）について算定した。

(3) 電力

電力供給施設（電柱）の物的被害予測を行い、機能支障（停電）について算定した。

(4) 電話施設

一般電話施設（電話電柱）の物的被害予測を行い、機能支障（通話不能）について算定した。携帯電話の機能支障については、東日本大震災の被災事例を取りまとめた。

(5) 都市ガス

都市ガス（ガス導管）の物的被害予測を行い、また、その物的被害によって影響をうける機能支障（供給困難）について算定した。

(6) 道路施設

揺れ、液状化による被害を考慮して道路の機能支障を評価し、地震発生時の利用可能性を検討した。

(7) 鉄道施設

揺れによる被害を考慮して鉄道の機能支障を評価し、地震発生時の利用可能性を検討した。

(8) 港湾施設

揺れによる被害を考慮して港湾の機能支障を評価し、地震発生時の利用可能性を検討した。

(9) 空港施設

津波による被害を考慮して空港の機能支障を定性的に評価し、地震発生時の利用可能性を検討した。

8.2 施設データ

本調査で対象とするライフライン施設は、上水道、下水道、電力、電話、都市ガスとし、交通施設は、道路、港湾とした。

8.2.1 上水道

市町村毎の配水管延長を、管種・管径別に250mメッシュ単位に分配した。水道施設の普及状況を表8-1、配水管延長のメッシュ単位での分布状況を図8-1に示した。

表 8-1 水道施設普及状況

年度および 市町村	(単位 人、%)										各年度末	
	総数(給水施設を除く)			上水道		簡易水道		専用水道		給水施設		
	施設数	給水人口	普及率	施設数	給水人口	施設数	給水人口	施設数	給水人口	施設数	給水人口	
平成13年度	350	1,078,087	88.7	19	911,276	286	150,250	45	16,561	381	20,524	
14	440	1,077,210	88.7	13	908,260	284	151,420	137	17,530	378	20,242	
15	446	1,076,545	88.8	19	910,230	278	148,749	149	17,566	350	18,679	
16	453	1,075,980	88.9	18	915,163	270	143,281	165	17,536	346	18,149	
17	455	1,075,950	89.3	17	917,844	267	142,949	171	15,157	335	17,425	
18	455	1,078,666	89.8	17	928,605	260	134,008	178	16,053	331	17,190	
19	458	1,082,384	90.2	17	932,902	260	133,260	181	16,222	330	16,478	
20	454	1,079,231	90.2	16	933,177	255	129,889	183	16,165	328	16,078	
21	445	1,077,981	90.4	16	937,553	244	125,175	185	15,253	327	16,063	
22	436	1,078,391	90.6	16	944,043	229	119,504	191	14,844	325	16,028	
23	431	1,076,021	90.7	16	943,886	224	117,997	191	14,138	320	15,856	
24	434	1,072,040	90.9	16	943,962	222	113,529	196	14,549	307	15,422	
25	429	1,068,307	91.1	16	942,498	220	110,447	192	15,362	296	14,650	
26	420	1,065,059	91.4	16	941,224	217	108,179	187	15,656	294	14,533	
27	421	1,060,929	91.4	16	943,104	210	102,673	195	15,152	294	14,578	
大分市	62	475,335	99.6	1	467,226	2	321	59	7,788	3	241	
中津市	20	120,307	99.2	1	119,510	1	98	18	699	7	543	
日田市	36	67,828	81.1	1	63,629	17	3,998	18	201	11	659	
佐伯市	67	60,016	91.0	1	49,944	45	9,654	21	418	28	1,866	
杵臼市	32	70,988	99.2	1	52,791	28	18,043	3	154	4	138	
津久見市	9	38,460	99.8	1	36,461	7	1,999	1	-	22	922	
竹田市	3	17,306	97.5	1	16,212	2	1,094	-	-	4	153	
豊後高田市	23	14,334	65.0	1	6,650	14	7,353	8	331	39	2,101	
杵築市	8	12,996	57.1	1	11,996	5	922	2	78	2	145	
宇佐市	18	25,754	85.9	1	20,545	9	3,822	8	1,387	26	1,491	
豊後大野市	29	40,201	71.9	1	29,254	18	10,440	10	507	10	477	
由布市	17	25,759	71.0	1	13,146	8	11,288	8	1,325	41	1,693	
国東市	29	31,919	93.7	2	23,161	12	7,715	15	1,043	30	949	
姫島村	23	15,321	53.9	-	-	17	15,111	6	210	17	757	
日出町	1	1,987	100.0	-	-	1	1,987	-	-	-	-	
九重町	7	26,102	93.1	1	24,732	3	1,270	3	100	5	169	
玖珠町	20	6,148	64.5	-	-	11	5,529	9	619	24	1,275	
	17	10,168	64.9	1	7,847	10	2,029	6	292	21	999	

資料：県環境保全課「大分県の水道」

注) 普及率とは、上水道・簡易水道・専用水道の総給水人口を行政区内人口で割ったものである。

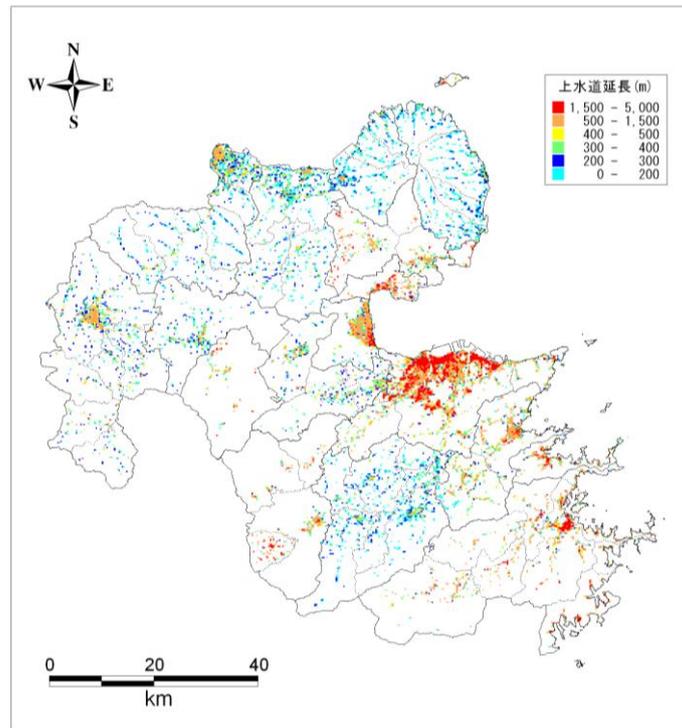


図 8-1 上水道施設状況

8.2.2 下水道

市町村毎の下水管きょ延長を、250mメッシュ単位に分配した。下水管きょの延長の市町村単位での集計結果を表 8-3 に示した。

表 8-2 下水道普及状況¹

市町村名	H29 末	H23 末
大分市	63.1%	58.6%
別府市	66.6%	62.9%
中津市	40.7%	37.1%
日田市	69.7%	63.8%
佐伯市	34.3%	30.6%
臼杵市	47.6%	44.2%
津久見市	53.7%	51.4%
竹田市	*	*
豊後高田市	50.2%	46.8%
杵築市	33.2%	29.5%
宇佐市	28.7%	26.4%
豊後大野市	3.2%	3.0%
由布市	2.6%	2.8%
国東市	54.8%	53.0%
姫島村	83.6%	82.8%
日出町	56.2%	54.3%
九重町	*	*
玖珠町	*	*
大分県	50.4%	46.4%

¹公益社団法人 日本下水道協会 全国市町村別 下水道処理人口普及率一覧

表 8-3 下水道施設状況（大分県の都市計画（資料編））

上：平成 24 年 3 月 31 日現在、下：平成 30 年 3 月 31 日現在

公共下水道

①排水区域、処理区域、下水管渠

平成 24 年 3 月 31 日現在

上段：供用

下段：計画

都市名	区域名	方式の種類	排水区域 (ha)				処理区域 (ha)	下水管渠 (m)
			A	B	C	計		
大分市	大分	分流式	4,781	0	397	5,178	5,178	18,740
			5,432	3,911	837	10,180	10,180	18,740
別府市	別府※	分流式	1,093	121	18	1,232	1,232	3,950
			1,859	949	18	2,826	2,826	3,950
中津市	中津	分流式	587	105	21	713	713	2,640
			667	1,703	218	2,588	2,588	2,640
日田市	日田	分流式	578	403	161	1,142	1,142	2,460
			729	448	280	1,457	1,457	2,460
佐伯市	佐伯	分流式	402	0	0	402	402	740
			642	61	0	703	703	990
臼杵市	臼杵	分流式	306	139	2	447	447	1,900
			380	268	148	796	796	1,900
津久見市	津久見	分流式	184	81	7	272	272	490
			339	253	12	604	604	490
豊後高田市	豊後高田	分流式	0	425	70	495	495	16,957
			0	586	105	691	691	15,660
杵築市	杵築	分流式	0	230	6	236	236	0
			0	382	8	390	390	0
宇佐市	宇佐	分流式	0	243	209	452	452	12,580
			0	308	234	542	542	12,580
国東市	国東	分流式	0	182	53	235	235	5,420
			0	249	54	303	303	5,420
日出町	日出	分流式	0	410	45	455	449	16,190
			0	570	204	774	774	16,259
挾間町	挾間	分流式	0	0	0	0	0	0
			0	462	24	486	454	1,100
合計			7,931	2,339	989	11,259	11,253	82,067
			10,048	10,150	2,142	22,340	22,308	82,189

注：下水管渠は都市計画決定された幹線管渠の延長である。

公共下水道

①排水区域、処理区域、下水管渠

平成 30 年 3 月 31 日現在

上段：供用

下段：計画

都市名	区域名	方式の種類	排水区域 (ha)				処理区域 (ha)	下水管渠 (m)
			A	B	C	計		
大分市	大分	分流式	5,241	0	397	5,638	5,638	18,740
			5,432	3,911	837	10,180	10,650	18,740
別府市	別府※	分流式	1,168	123	18	1,309	1,309	3,950
			1,859	949	18	2,826	2,826	3,950
中津市	中津	分流式	626	168	24	818	818	2,640
			667	1,703	218	2,588	2,588	2,640
日田市	日田	分流式	578	440	197	1,215	1,215	2,460
			726	373	284	1,383	1,383	2,460
佐伯市	佐伯	分流式	386	19	0	405	405	892
			612	19	0	631	631	990
臼杵市	臼杵	分流式	318	151	14	483	483	1,900
			344	156	70	570	570	1,900
津久見市	津久見	分流式	168	97	22	287	287	490
			172	110	36	318	318	490
豊後高田市	豊後高田	分流式	0	437	72	509	509	15,660
			0	586	105	691	691	15,660
杵築市	杵築	分流式	0	263	6	269	269	
			0	382	8	390	390	
宇佐市	宇佐	分流式	0	271	209	480	480	14,534
			0	501	281	782	782	20,500
国東市	国東	分流式	0	184	53	237	237	5,420
			0	249	54	303	303	5,420
日出町	日出	分流式	0	412	61	473	469	16,190
			0	570	204	774	774	16,259
由布市	挾間	分流式	0	32	0	32	32	
			0	32	0	32	32	
合計			8,485	2,597	1,073	12,155	12,151	84,116
			9,812	9,541	2,115	21,468	21,938	90,249

注：下水管渠は都市計画決定された幹線管渠の延長である。

※一部、国土交通省都市計画現況調査より修正

8.2.3 電力

九州電力大分支社の管内毎の電柱本数を、250mメッシュ単位に分配した。管内毎の電柱本数を図8-2に示した。

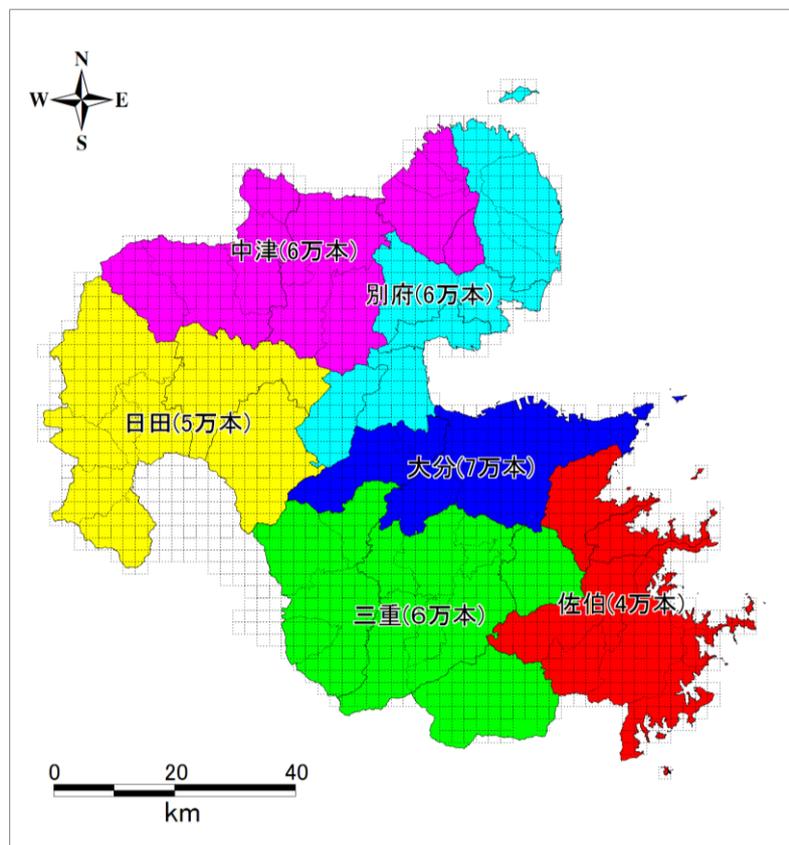


図8-2 九州電力大分支社の管内図（熊本県の一部対象外）(H24. 4. 1)

8.2.4 電話施設

一般電話施設に関して NTT 西日本-大分支店の営業所エリア毎の電柱本数を集計した。営業所エリアを図 8-3 に示した。



図 8-3 NTT 西日本-大分支店の営業所エリア

8.2.5 都市ガス

都市ガスの供給エリアにおける導管延長を、250mメッシュ単位に分配した。都市ガスの供給エリアを図8-4、施設普及状況を表8-4に示した。

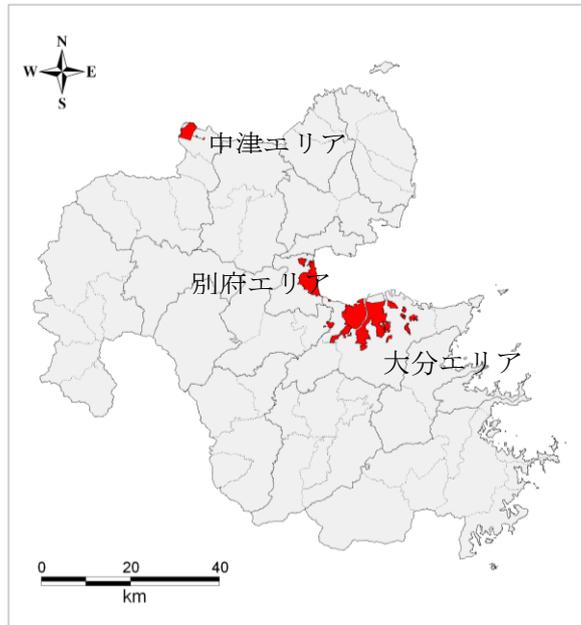


図8-4 都市ガス供給エリア

表8-4 都市ガス施設普及状況（大分県統計年鑑）

(単位 戸、百万Kcal)		平成28年度							
年度および市	需用家戸数 (年度末)	発生量	用途別消費量					自家用	勘定外
			総数	家庭用	商業用	工業用	その他		
平成14年度	82,336	585,433	585,421	214,862	105,081	164,204	88,758	5,867	6,649
15	81,408	679,302	681,401	212,016	103,579	272,808	85,101	5,437	2,460
16	80,218	726,518	727,530	198,953	113,602	302,139	96,029	5,313	11,494
17	79,066	784,979	785,048	196,582	116,748	356,119	101,465	2,402	11,732
18	77,734	734,350	734,237	192,674	112,016	329,053	91,983	1,488	7,023
19	76,859	825,811	825,931	187,753	115,876	408,150	113,269	2,330	-1,447
20	75,655	786,828	786,794	183,045	117,826	358,365	125,398	3,211	-1,051
21	74,393	638,459	638,426	178,036	114,690	222,443	116,172	2,867	4,218
22	72,886	668,557	668,592	176,303	117,532	236,482	127,073	2,981	8,221
23	...	627,971	627,812	169,633	111,941	223,615	115,072	3,078	4,473
24	...	621,892	622,006	166,636	105,989	228,491	115,323	2,919	2,648
25	...	598,280	598,455	156,921	106,805	207,189	122,767	2,858	1,915
26	...	585,492	585,354	156,005	105,532	200,162	112,984	2,614	8,057
27	...	569,518	569,478	149,889	107,856	187,691	111,894	2,489	9,659
28	...	577,098	577,090	142,696	111,211	192,704	119,913	2,545	8,021
28年4月	...	41,251	41,183	14,534	7,575	14,244	6,472	136	-1,778
5	...	37,497	37,558	12,281	7,537	12,491	6,212	140	-1,103
6	...	40,080	40,090	9,798	8,696	13,725	8,229	201	-559
7	...	43,874	43,877	7,884	10,712	11,652	12,352	277	1,000
8	...	43,131	43,122	6,475	13,448	11,320	15,093	295	-3,509
9	...	39,596	39,563	6,235	11,500	12,279	11,443	237	-2,131
10	...	37,717	37,747	7,847	8,613	13,102	8,280	202	-297
11	...	43,105	43,100	11,175	6,893	15,765	6,625	164	2,478
12	...	56,696	56,696	13,680	7,159	19,519	8,956	206	7,176
29年1月	...	68,887	68,877	17,844	9,870	23,698	12,468	231	4,766
2	...	63,669	63,671	18,640	10,392	22,875	12,912	235	-1,383
3	...	61,595	61,606	16,303	8,816	22,034	10,871	221	3,361

資料：大分瓦斯株式会社、株式会社エコア中津ガス支店

注) 「需要家戸数」については、平成23年度より一部にデータの提供がなくなったため、掲載していない。

8.2.6 道路施設

橋梁、盛土、切土の被害を対象とするため、それぞれの個別施設の把握を行った。なお、緊急輸送道路（第一次、第二次）を調査対象とし、市町村道などは対象外とした。緊急輸送対象路線を図8-5に示した。

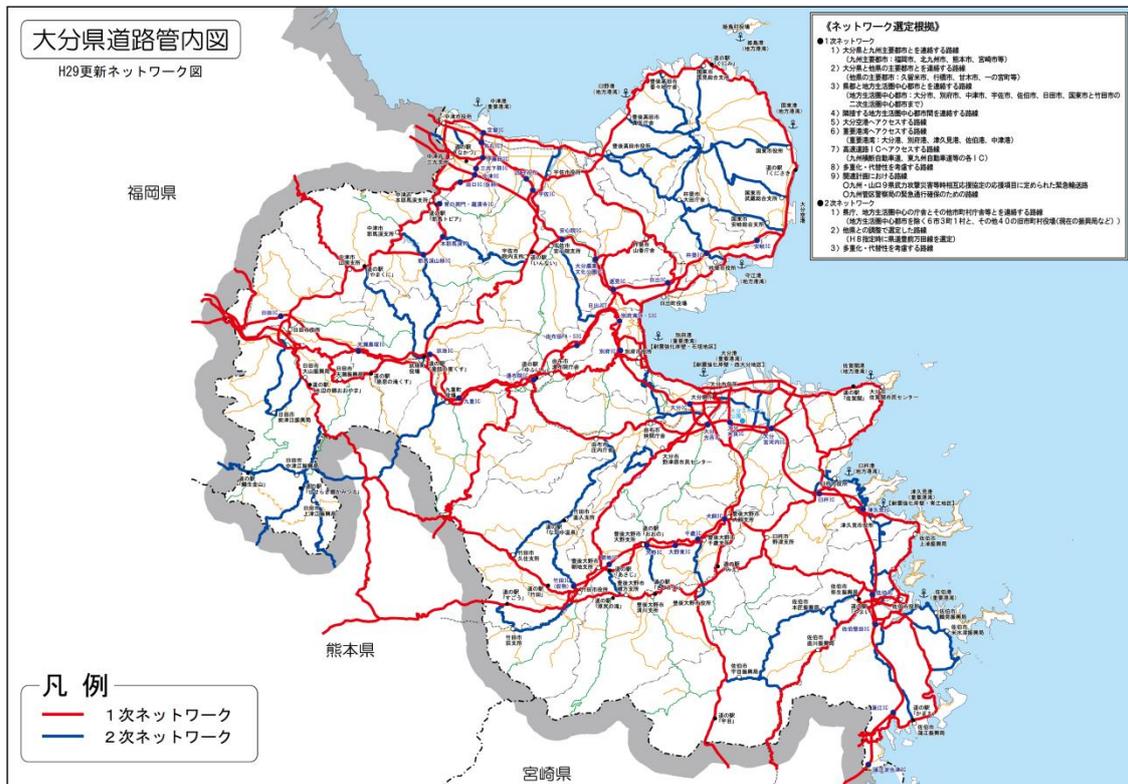


図8-5 緊急輸送対象路線

8.2.7 鉄道施設

鉄道路線を対象とするため、それぞれのルート of 把握を行った。なお、大分県内の路線を調査対象とした。対象路線を図 8-6 に示した。

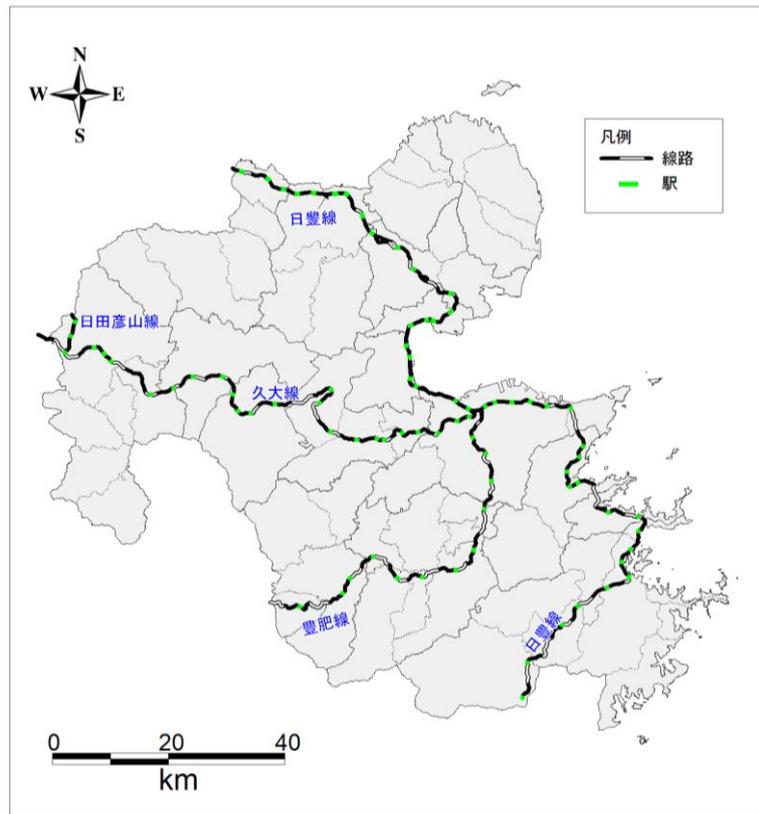


図 8-6 鉄道対象路線

8.2.8 港湾施設

港湾施設の使用可能性を対象とするため、それぞれのバースの耐震性の把握を行った。なお、重要港湾（大分港、別府港、津久見港、佐伯港、中津港）を調査対象とした。重要港湾の分布を図8-7に示した。

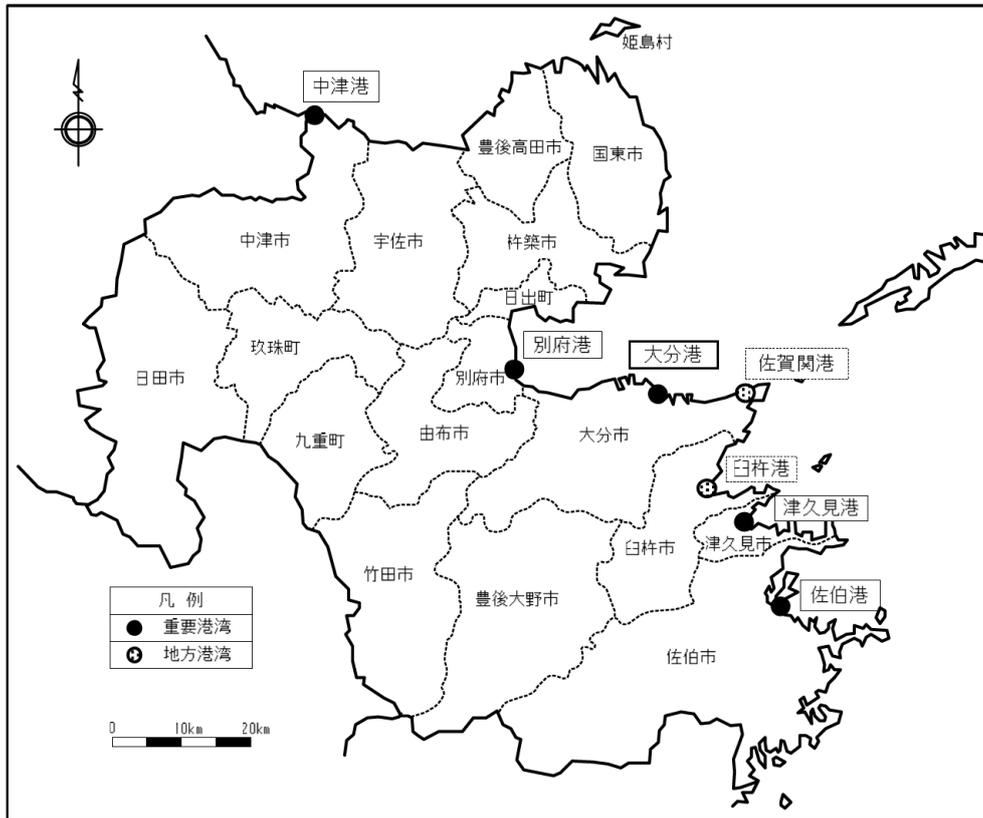


図8-7 重要港湾の位置（大分港 港湾計画（改訂））

8.2.9 空港施設

空港施設の使用可能性を対象とするため、津波浸水予測結果から定性的にまとめた。

8.3 被害予測手法

8.3.1 上水道

(1) 物的被害

阪神・淡路大震災の被害データから、地表最大速度と铸铁管被害率との関係を標準被害率として、これに管種、管径および液状化による影響を考慮・補正する方法を用いる。

水道管の物的被害量（被害箇所数）は次式により算出される。

$$(被害箇所数) = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot R \cdot L$$

- ここに、
 C_1 : 液状化による補正係数
 C_2 : 管種による補正係数
 C_3 : 管径による補正係数
 C_4 : 耐震化率による補正係数
 R : 地震動による標準被害率 (箇所/km)
 L : 設備延長 (km)

なお、液状化による補正係数 C_1 は1983年日本海中部地震における都市ガス導管の液状化地域と非液状化地域の被害率比（約11倍）より、表8-5のように算出した。

$$C_1 = 11 \times \text{液状化発生面積率} + (1 - \text{液状化発生面積率})$$

表 8-5 液状化地域と非液状化地域の都市ガス導管被害率比
 (1983年日本海中部地震・能代市)

管種	液状化地域被害率①	非液状化地域被害率②	①/②
铸铁管 ダクタイル铸铁管	38.12	2.29	16.65
鋼管	23.51	2.94	8.00
合計	28.78	2.56	11.2 (≒11)

(被害率単位：箇所/km) (東京都, 1997)

1) 地震動による標準被害率

阪神・淡路大震災等の過去の震災における水道管（铸铁管）の被害データから得られた、標準被害率と地表速度との関係式を用いた。

地震動による標準被害率は次式から求められる。

$$\left(\text{地震動による標準被害率(箇所/km)} \right) = 2.24 \times 10^{-3} (PGV - 20)^{1.51}$$

ここに、PGV: 地表最大速度(cm/s)

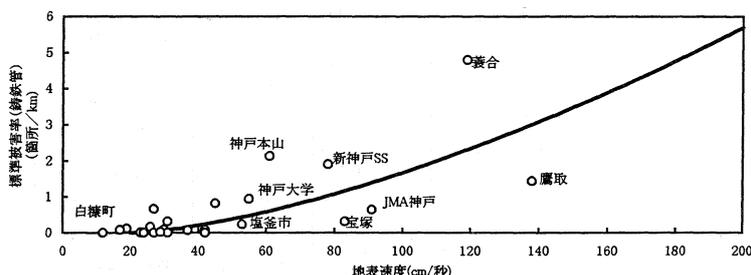


図 8-8 水道管の被害率と地表速度との関係

2) 管種による補正係数： C_2 、管径による補正係数： C_3 、耐震化による補正係数： C_4

管種・管径による補正係数（ C_2 、 C_3 ）は、阪神・淡路大震災における水道管の管種・管径別の被害率データをもとに以下の通り設定できる。また、過去約 10 年間の耐震管の割合の変化率から、耐震化による補正係数 0.89 とした。

表 8-6 管種による補正係数： C_2 、管径による補正係数： C_3 、耐震化による補正係数： C_4

管種	補正係数(C_2)	管径	補正係数(C_3)
普通铸铁管	1.00	φ 75 以下	1.2
ダクタイル铸铁管	0.10	φ 100-125	1.0
鋼管	1.00	φ 150-350	0.6
ネジ付鋼管	1.00	φ 400 以上	0.4
メカ継手鋼管	0.10		
溶接鋼管	0.10		
ライニング鋼管	1.00		
ガス管	1.00		
塩化ビニル管	1.50		
鉛管	1.50		
硬質塩化ビニル管	1.50		
ポリエチレン管	0.10		
ステンレス管	0.10		
石綿セメント管	3.00		

※鉛管は塩化ビニル管、ポリエチレン管・ステンレス管は鋼管(溶接接合)と同様とした。

(静岡県(2001)等被害想定調査報告書、日本水道協会(1998)を参考に設定)

(2) 機能支障

本想定では1995年兵庫県南部地震を含む過去の地震時の被害事例をもとに、配水管の被害率と水道供給支障率（断水率）の関係を設定した川上（1996）の手法を用いて、配水管の制水弁閉止前（発災1、2日後）と、1995年兵庫県南部地震時の実態に基づき制水弁閉止後（発災7日後）の上水道の断水率を算出した。

本来復旧と人的投入は深く関係するが、本想定では考慮されていない。

【制水弁閉止前】

阪神・淡路大震災における被害率（1kmあたりの配水管の被害箇所数）と断水率（断水戸数／平常時の給水戸数）との計算式を用いて、断水世帯率を算定した（川上「第1回都市直下地震災害による総合シンポジウム」（1996）の手法）。

$$\begin{aligned}(\text{断水率}) &= 1/(1 + 0.0473 \times x^{-1.61}) \text{ [直後]} \\(\text{断水率}) &= 1/(1 + 0.3070 \times x^{-1.17}) \text{ [1日後]} \\(\text{断水率}) &= 1/(1 + 0.3190 \times x^{-1.18}) \text{ [2日後]} \\x &: \text{排水管被害率(箇所/km)}\end{aligned}$$

【制水弁閉止後（発災4日～7日）】

地震後1週間後の断水率は、1995年兵庫県南部地震時の実態に基づき、地震直後の断水率×0.5とした。

$$(\text{断水率}) = \text{地震直後の断水率} \times 0.5 \text{ [1週間後]}$$

8.3.2 下水道

(1) 物的被害

日本海中部地震の被害データをもとに、下水道管きよの物的被害として、流下機能に支障をきたす管きよ内の土砂堆積延長を算定した。

1) 下水道管きよの物的被害

日本海中部地震の被害データを用いた想定手法に基づき想定を行った。

下水道管きよの物的被害としては、流下機能に支障をきたす管きよ内の土砂堆積延長を定量的に想定した。

(下水道管きよの土砂堆積延長)

$$= (\text{液状化ランクごとの標準被害率}) \times (\text{土被り深さによる補正係数}) \times (\text{管きよ延長})$$

なお、日本海中部地震における能代市の被害率は6.8%であり、能代市の市街地は沖積平野で軟弱地盤であるため、能代市の下水処理区域はすべて液状化危険度が最大(=液状化発生面積率18%)として、

$$\text{液状化ランクごとの標準被害率} = 6.8\% \times \text{液状化発生面積率}(\%) / 18\%$$

とした。

なお、日本海中部地震の事例により、土被り10m以上の下水道管きよについては被害なしと設定した。

(2) 機能支障

下水道機能支障人口(排水困難人口)は、下水管きよの物的被害率(土砂堆積延長/管きよ延長)に普及人口を乗じて算出した。

$$(\text{下水道機能支障人口}) = (\text{下水道管きよの物的被害率}) \times (\text{下水道処理区域人口})$$

$$(\text{下水道管きよの物的被害率}) = (\text{土砂堆積延長} / \text{管きよ延長})$$

8.3.3 電力

(1) 物的被害

電柱について、阪神・淡路大震災の震度別データをもとに設定した被害率を用いて算定した。津波により流出した家屋などにより電柱も相当数の被害が発生することが予想される。

$$\text{(被害本数)} = \text{(電柱被害率)} \times \text{(液状化による補正係数)} \times \text{(総本数)}$$

表 8-7 電柱の被害率

震度階級	被害率
震度 7	6.68%
震度 6 強、6 弱	0.55%
震度 5 以下	0.00%

なお、液状化による補正係数 C_1 は日本海中部地震における電柱の液状化地域と非液状化地域の被害率比(約 7 倍、表 8-8 参照)により、次のように算出した。

$$C_1 = \text{液状化被害率}(= 7) \times \text{液状化発生面積率} + 1 \times (1 - \text{液状化発生面積率})$$

表 8-8 電力液状化地域と非液状化地域の電柱被害率比 (日本海中部地震・能代市)

	液状化地域 被害率①	非液状化地域 被害率②	①/②
倒壊・折損	0.77	0.24	3.2
沈下	1.07	0.04	26.8
合計	1.84	0.27	6.8 (≒7)

(出典：「東京における直下地震想定に関する調査報告書」(東京都、1997))

(2) 機能支障

停電率は電柱被害率の関数として表され、電柱被害率が大きいくところでは停電率が大きくなる結果となる。ここでは、配電ツリーモデルにより求められた物的被害と機能支障率との関係式を用いて停電率を算定した(神奈川県地震被害想定(1993)参照)。

$$\text{(停電率(\%))} = 19.5 \times \text{(電柱の被害率(\%))}^{0.35}$$

8.3.4 電話施設

(1) 一般電話の物的被害・機能支障

一般電話施設の設備被害はNTTの所有する被災想定を算出する計算ロジックに基づいて行った。このシステムは距離・マグニチュード・深さ・震度などをパラメータとして被災設備数・影響人口を算出するものである。単純に震度などで係数が決定されるものではないが、イメージは次に示すとおりである。

電柱被災本数計算

	液状化			
総合地震動	震度6強以上	震度6弱	震度5強	震度5弱以下
被災率	0.0177	0.0130	0.0094	0.0000
	非液状化			
総合地震動	震度6強以上	震度6弱	震度5強	震度5弱以下
被災率	0.0150	0.0110	0.0080	0.0000

メタル・光-架空-被災条数計算

	液状化			
総合地震動	震度6強以上	震度6弱	震度5強	震度5弱以下
被災率	0.0118	0.0033	0.0024	0.0000
	非液状化			
総合地震動	震度6強以上	震度6弱	震度5強	震度5弱以下
被災率	0.0100	0.0028	0.0020	0.0000

震度と推定最大加速度対応表

	震度7	震度6強	震度6弱	震度5強	震度5弱	震度4
推定最大加速度	1200	900	450	258	158	65

震度と推定最大速度対応表

	震度7	震度6強	震度6弱	震度5強	震度5弱	震度4
推定最大速度	185	100	60	30	15	3.6

※1：津波の被災率は被災エリアを手動で60%に設定が可能

※2：火災の被災率は被災エリアを手動で80%に設定が可能

(2) 携帯電話の物的被害・機能支障

携帯電話の物的被害・機能支障に関しては、総務省総合通信基盤局がまとめている「東日本大震災における通信の被災状況、復旧などに関する取り組み状況」よりまとめた。

被災状況は各社あわせて2万9千局の基地局が停止し、音声では最大70%~95%の規制を実施した。

携帯電話基地局の停波基地局数の推移では、ほぼ電力の復旧状況と相関して復旧していることがうかがえる。

これは、携帯電話ネットワークの被災の様相として、基地局の倒壊やケーブルの切断などの物理的な損傷はあるものの、携帯電話の基地局などの設備に生じた支障の大部分は停電に起因するものと考えられるためである。

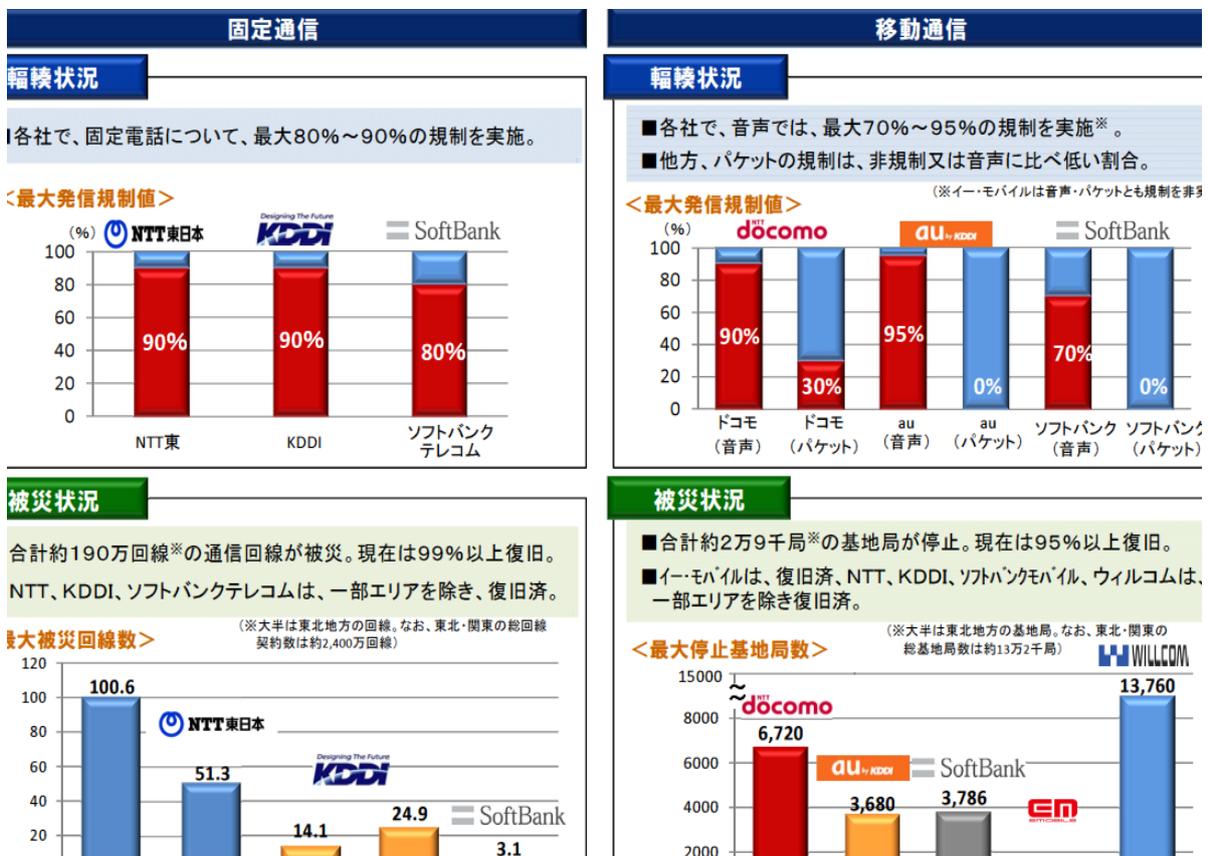


図 8-9 東日本大震災における通信の被災・輻輳状況（総務省、2011）

携帯電話基地局の停波基地局数の推移

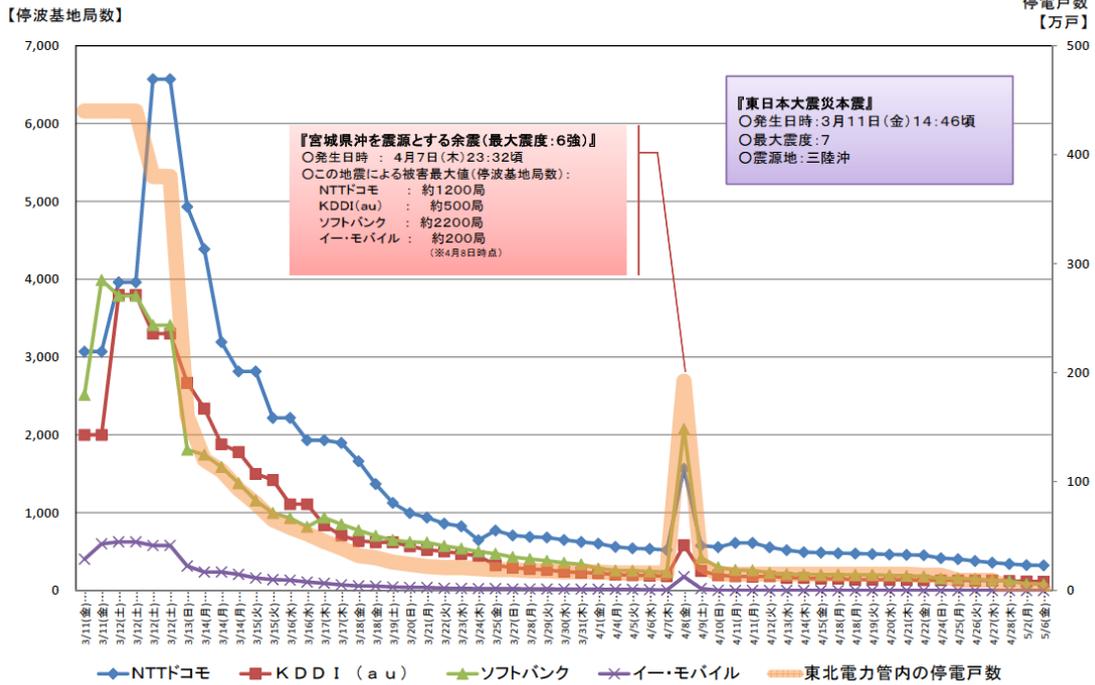


図 8-10 携帯電話基地局の停波基地局数の推移 (総務省、2011)

携帯電話ネットワークの被災箇所

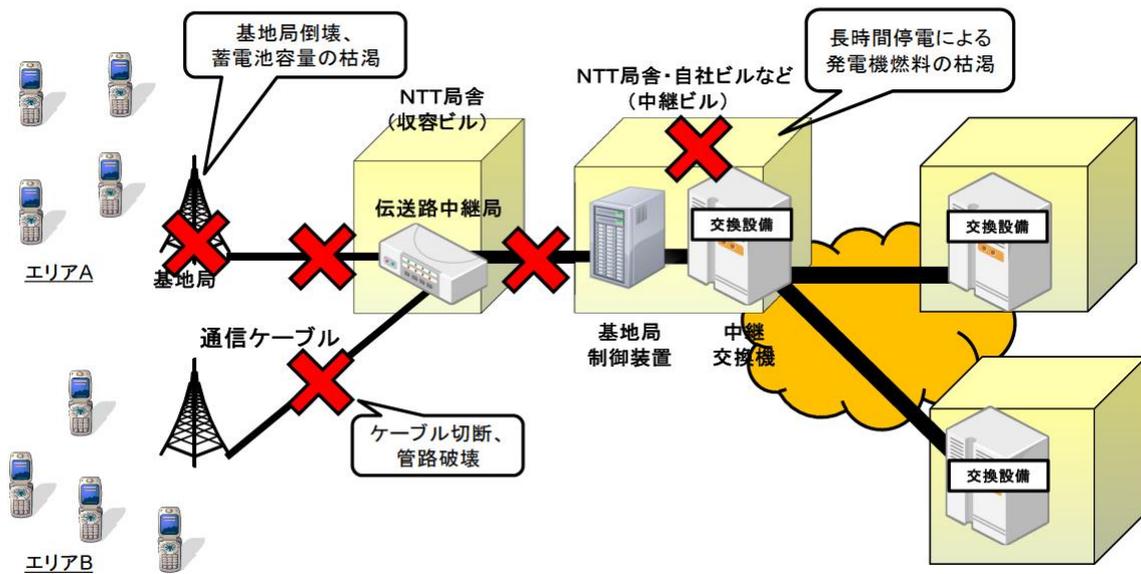


図 8-11 携帯電話ネットワークの被災箇所 (総務省、2011)

- ◆ 携帯電話事業者によりばらつきはあるものの、携帯電話の基地局等の設備に生じた支障の大部分は停電に起因するものと考えられる。
- ◆ 電気通信事業法では、固定電話や携帯電話の設備に蓄電池や自家用発電機の設置等を義務付けているところ。
- ◆ しかしながら、東日本大震災では商用電源の停電が長時間に及んだことから、蓄電池の充電容量や自家用発電機の燃料が枯渇して、広域にわたって基地局が停波する等の事態が発生した。



事業者からは、自家用発電機や移動電源車等のインフラ復旧車両の燃料の確保に関し、以下のような要望が多く寄せられているところ。

- 国全体としての災害時の燃料の確保・輸送に関する体制・ルールの確立(国家レベルでの燃料の確保と、社会機能維持に係る業界への割当て 等)
- インフラ復旧車両への優先的な燃料の提供、訓練の実施
- 燃料輸送や復旧車両の展開のための道路情報(通行止め等の規制情報)の共有 等

図 8-12 携帯電話設備等の被災要因（総務省、2011）

8.3.5 都市ガス

(1) 物的被害

大分県においては、ガス導管によって都市ガスが供給されているのは、大分市・別府市・由布市の一部（大分瓦斯）、中津市の一部（伊藤忠エネクス）がある。都市ガス導管（ネジ鋼管）の被害箇所数は、阪神・淡路大震災の都市ガス導管（ネジ鋼管）の被害データから、地表最大速度とネジ鋼管被害率との関係を標準被害率として設定し、これに液状化条件、管種による影響を考慮・補正することで、定量化する方法が考えられている。本調査では、この手法を参考に、都市ガス導管の被害箇所数を算定した。

都市ガス中圧導管、低圧導管の被害箇所数は次式により算出される。

$$\text{(被害箇所数)} = C_1 \cdot C_2 \cdot R \cdot L$$

ここに、 C_1 : 液状化による補正係数

C_2 : 管種による補正係数

R : 地震動による標準被害率 (箇所/km)

L : 設備延長 (km)

液状化による補正係数 C_1 は 1983 年日本海中部地震における都市ガス導管の液状化地域と非液状化地域の被害率比(約 11 倍)より、次のように算出した。

$$C_1 = 11 \times \text{液状化発生面積率} + (1 - \text{液状化発生面積率})$$

1) 地震動による標準被害率

阪神・淡路大震災における都市ガス導管（ネジ鋼管）の被害データから得られた、標準被害率と地表速度との関係式を用いた。

この場合、地震動による標準被害率は次式から求められる。

$$\begin{aligned} & \text{(地震動による標準被害率(箇所/km))} \\ & = 3.89 \times 10^{-3} (PGV - 20)^{1.51} \end{aligned}$$

ここに、 PGV : 地表最大速度(cm/s)

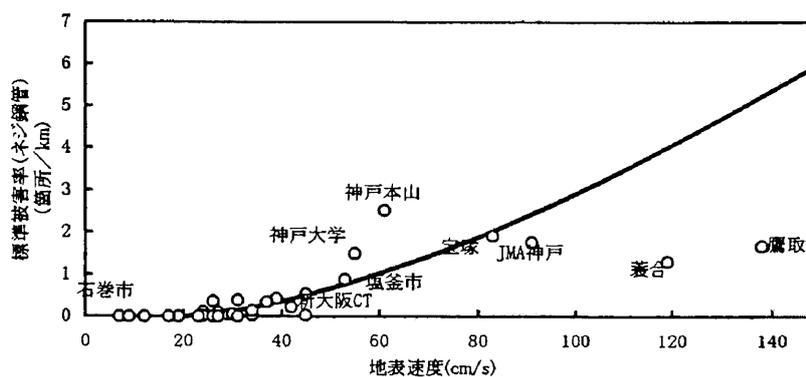


図 8-13 都市ガス導管の被害率と地表速度との関係

2) 管種による補正係数 : C_2

管種による補正係数 (C_2) は表 8-9 のとおり設定した。

表 8-9 管種による補正係数 : C_2

管種		C_2
中圧	ダグタイムル鋳鉄管 (ガス管)	0.02
	鋼管 (溶接接合、メカニカル継手) ポリエチレン管等耐震管種	0.00
	鋼管 (ネジ、メカニカル継手、溶接接合)	0.20
低圧	鋳鉄管 メカニカル	0.10
	ポリエチレン管等耐震管種	0.00
	石綿管	3.00

(「東京における直下地震の被害想定に関する調査報告書」(東京都、1997)による東京ガス(株)の地震時導管網警報システム SIGNAL で使用している補正係数を参考に設定)

(2) 機能支障

大分瓦斯においては、中圧導管網と低圧導管網はブロックを形成しており、このブロック内に取り付けられた地震計の SI 値が 60 カインを超えるか否かをそのブロックの第一次緊急停止の判断基準にしている。本調査では供給エリア内にて SI 値 60 カインを超える値が想定された場合、エリア全域を停止するものとした。伊藤忠エネクスに関しても同じ条件とした。

なお、地震時の安全装置として、一般需要家には、震度 5 弱相当の揺れやガス漏れを感知して自動的にガスを遮断するマイコンメータが設置されている。このマイコンメータ遮断は需要家側で簡単に復帰操作が出来ることから、ここでは機能支障として扱わないこととした。

8.3.6 道路施設

1) 盛土

過去の震害事例にもとづいた秋田県（1997）による被害率（箇所／km）と計測震度及び液状化指数（ P_L 値）との関係（表 8-10）を用い、250mメッシュごとの不通に至るような被害箇所数を算出し、区間（一般道：市町村単位の路線、高速道：IC間）ごとに集計した。

表 8-10 盛土区間の被害率

PL 値	震度別被害率					
	4	5 弱	5 強	6 弱	6 強	7
15以上	0.16	0.51	0.89	1.59	2.84	5.04
15未満	0.06	0.18	0.32	0.57	1.02	1.81

（単位：箇所/km）

秋田県（1997）

2) 切土・斜面

盛土と同様に、過去の震害事例にもとづいた、秋田県（1997）による被害率（箇所／km）と計測震度との関係（表 8-11）を用い、250mメッシュごとの不通に至るような被害箇所数を算出し、区間ごとに集計した。

表 8-11 切土・斜面区間の被害率

震度	4	5 弱	5 強	6 弱	6 強	7
被害率	0.05	0.16	0.28	0.5	0.89	1.59

（単位：箇所/km）

秋田県（1997）

3) 切土・斜面

盛土に準ずる。

4) 平面道路

盛土、切土、片切・片盛、トンネル、橋梁を除いた道路を平面道路と考え、液状化が発生した時に被害が出ると仮定する。このような道路では通行はできるものの速度を落として通行せざるを得ず、通行に支障をきたす。ただし、全面通行止めになることはないと考え。

5) トンネル

地震時のトンネルの被災事例は少ない。震源直上の変位による被害などは発生する恐れがあるが、本調査では大規模な被害が起きて全面通行止めになることはないと考え。

6) 橋梁

地震による落橋などの橋梁の被害は、輸送をはじめとして大きな影響を及ぼすこととなる。橋梁の地震に対する強度は、建設時に適用した示方書及び建設後の耐震補強によって決定付けられる。したがって、主要な橋梁（多径間）に対して、適用示方書、補強の有無と地震による計測震

度を考慮して、過去の被害事例を参照して支障影響度を評価する。

表 8-12 に橋梁・高架橋の被害による支障影響度のランク分類を示す。

表 8-12 橋梁・高架橋の被害による支障影響度のランク分類

A	大破。施設に重大な被害が生じ、機能を喪失する。復旧に長時間を要する。被災 1.0 箇所とした。
B	中破。施設に被害を生ずるが、機能は維持するもしくは短時間で復旧する。被災 0.5 箇所とした。
C	小破または無被害。被害は小さいもしくは発生せず、機能に支障はない。

表 8-13 橋梁・高架橋の被害率

①落橋防止がない場合

震度	完成年	
	1979以前	1980以降
7	A	B
6強	A	C
6弱	B	C
5強以下	C	C

S55道路橋示方書を境に区別

②落橋防止、固定橋脚の補強がある場合

震度	完成年	
	1979以前	1980以降
7	B	C
6強	C	C
6弱	C	C
5強以下	C	C

7) 津波浸水

本調査では、津波による浸水深が 1.0m 以上となる路線の抽出を行った。これらの地域は、流出物により通行に支障をきたし、全面通行止めになることも考えておく必要がある。

8.3.7 鉄道施設

過去の震害事例にもとづいた高浜・翠川（2009）による被害率（箇所／250メッシュ）と地盤条件、計測震度との関係を用い、250mメッシュごとの不通に至るような被害箇所数を算出し、区間・路線ごとに集計した。

表 8-14 に回帰分析結果、図 8-14 に被害関数を示す。

表 8-14 回帰分析結果

グループ	平均値 λ	標準偏差 ζ	回帰分析に 用いたデータ数 n
1) 「山地・丘陵」 山地、丘陵、火山性丘陵、(山麓地)、(火山地)	6.19	0.72	34
2) 「台地」 砂礫質台地、(ローム台地)	6.82	0.95	39
3) 「低地1」 扇状地	6.87	0.70	19
4) 「低地2」 谷底低地、自然堤防、砂州・砂礫州、埋立地、(干拓地)	6.20	0.64	38
5) 「低地3」 三角州・海岸低地、後背湿地、砂丘、(旧河道)、(河原)	6.71	0.91	40

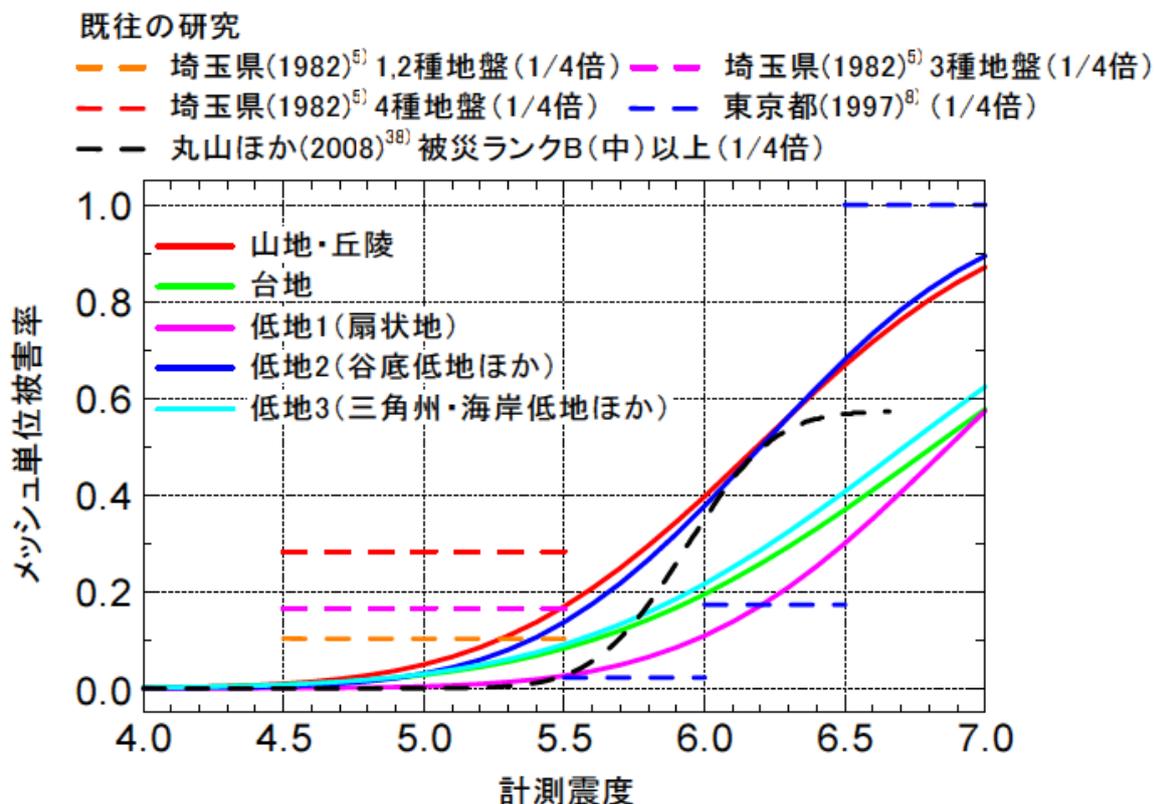


図 8-14 高浜・翠川（2009）の被害関数と既往の被害関数との比較

8.3.8 港湾施設

非耐震バースについて、地震発生に伴い復旧に長期間を要する被害バース数を評価する。

被害率関数として、図 8-15 を用いる。この図は、兵庫県南部地震における神戸港及び釧路沖地震における釧路港の被害実態を元に作成されているもので、近年、港湾施設（岸壁）を対象とした地震被害予測の被害率として用いられている手法である。

今回の想定では、港湾岸壁が被害を受けるが短期間で修復可能な場合（Level-II）、及びほぼ崩壊かつ復旧に長期間を要する場合（Level-III）の港湾岸壁被害率を用い、下の式より被害バース数を算出する。

$$\text{被害バース数} = \text{非耐震バース数} \times (\text{加速度別})\text{港湾岸壁被害率}$$

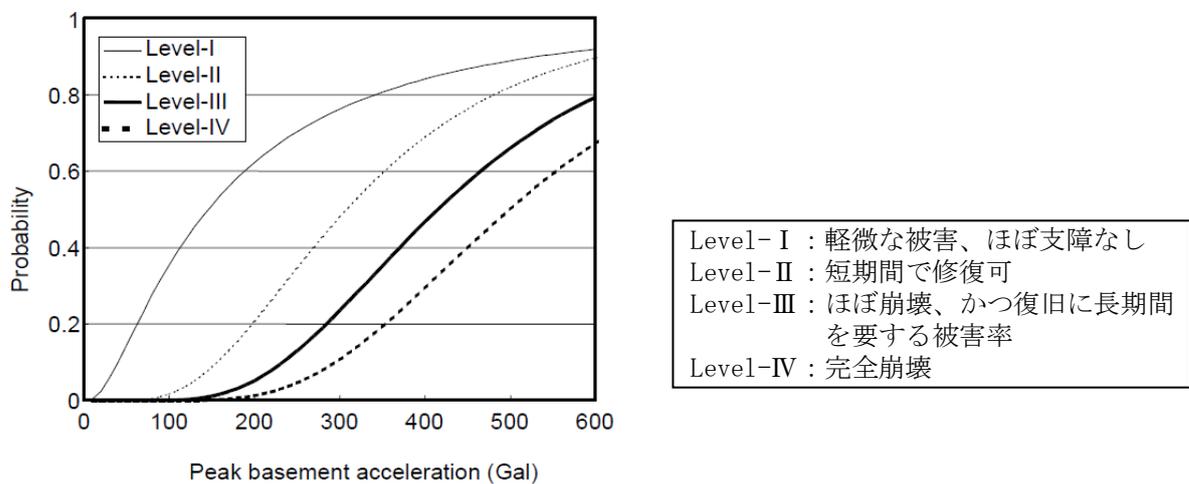


図 8-15 港湾岸壁被害確率の累積分布関数（ICHII (2004)）

8.3.9 空港施設

大分空港について、地震発生に伴い復旧に長期間を要する被害を定性的に評価する。

8.4 被害予測結果

表 8-15～表 8-22 に各項目の被害予測結果を示した。また図 8-16～図 8-21 に各想定地震による交通被災（道路施設被害率）を示した。なお、今回調査では、中央構造線断層帯による地震、日出生断層帯による地震及び万年山-崩平山断層帯による地震については、改めて被害予測を実施し、南海トラフの巨大地震、周防灘断層群主部による地震及びプレート内地震については、過去調査の結果を図表にまとめた。

8.4.1 上水道

表 8-15 上水道の物的被害・機能支障

地震名	配水管		機能支障				
	被害箇所数 (箇所)	被害率 (箇所/km)	影響人口 (人)	断水率 [直後] (%)	断水率 [1日後] (%)	断水率 [2日後] (%)	断水率 [1週間後] (%)
中央構造線断層帯による地震	約 7,100	1.05	約 649,000	61	54	53	31
日出生断層帯による地震	約 1,250	0.18	約 522,000	49	31	30	25
万年山-崩平山断層帯による地震	約 150	0.02	約 40,000	4	2	2	2
南海トラフの巨大地震	約 730	0.11	約 374,000	35	19	19	17
周防灘断層群主部による地震	約 10	0.00	約 3,000	0	0	0	0
プレート内地震	約 400	0.06	約 223,000	21	11	11	10

※南海トラフの巨大地震、周防灘断層群主部による地震は、前回調査の値、プレート内地震は、前々回調査の値

8.4.2 下水道

表 8-16 下水道施設の物的被害・機能支障

地震名	配水管		機能支障
	土砂堆積延長 (m)	被害率 (%)	影響人口 (人)
中央構造線断層帯による地震	約 770	0.9	約 11,400
日出生断層帯による地震	約 560	0.7	約 7,300
万年山-崩平山断層帯による地震	約 30	0.0	約 500
南海トラフの巨大地震	約 640	0.8	約 10,400
周防灘断層群主部による地震	約 130	0.2	約 300
プレート内地震	約 720	0.9	約 8,800

※南海トラフの巨大地震、周防灘断層群主部による地震は、前回調査の値、プレート内地震は、前々回調査の値

8.4.3 電力

表 8-17 電力施設の物的被害・機能支障

地震名	電柱		機能支障	
	被害本数 (本)	被害率 (%)	停電需要家 (千世帯)	停電率 (%)
中央構造線断層帯による地震	約 920	0.28	約 59	13
日出生断層帯による地震	約 330	0.10	約 39	9
万年山-崩平山断層帯による地震	約 90	0.03	約 14	6
南海トラフの巨大地震	約 560	0.17	約 43	10
周防灘断層群主部による地震	0	0.00	0	0
プレート内地震	約 370	0.11	約 39	9

※南海トラフの巨大地震、周防灘断層群主部による地震は、前回調査の値、プレート内地震は、前々回調査の値

8.4.4 電話施設

表 8-18 電話施設の物的被害・機能支障

地震名	NTT 柱		機能支障	
	被害本数(本)	被害率(%)	不通回線数(千回線)	不通率(%)
中央構造線断層帯による地震	約 4,000	0.85	約 178	13.72
日出生断層帯による地震	約 3,800	0.81	約 137	10.51
万年山-崩平山断層帯による地震	約 2,500	0.53	約 53	4.06
南海トラフの巨大地震	約 4,100	0.99	約 88	6.77
周防灘断層群主部による地震	約 2,100	0.51	約 12	0.93
プレート内地震	約 3,800	1.11	約 122	7.00

※南海トラフの巨大地震、周防灘断層群主部による地震は、前回調査の値、プレート内地震は、前々回調査の値

8.4.5 都市ガス

表 8-19 都市ガス施設の物的被害・機能支障

地震名	被害箇所数 (箇所)	被害率 (箇所/km)	供給停止 エリア
中央構造線断層帯による地震	約 490	0.45	大分・別府
日出生断層帯による地震	約 590	0.54	大分・別府
万年山-崩平山断層帯による地震	0	0.00	なし
南海トラフの巨大地震	約 80	0.07	大分・別府
周防灘断層群主部による地震	0	0.00	なし
プレート内地震	約 30	0.03	大分の一部

※南海トラフの巨大地震、周防灘断層群主部による地震は、前回調査の値、プレート内地震は、前々回調査の値

8.4.6 道路施設

表 8-20 道路施設の物的被害

地震名	被害箇所数 (箇所)	被害率 (箇所/km)
中央構造線断層帯による地震	約 100	0.05
日出生断層帯による地震	約 100	0.05
万年山-崩平山断層帯による地震	約 70	0.03
南海トラフの巨大地震	約 110	0.05
周防灘断層群主部による地震	約 30	0.01
プレート内地震	約 110	0.06

※南海トラフの巨大地震、周防灘断層群主部による地震は、前回調査の値、プレート内地震は、前々回調査の値

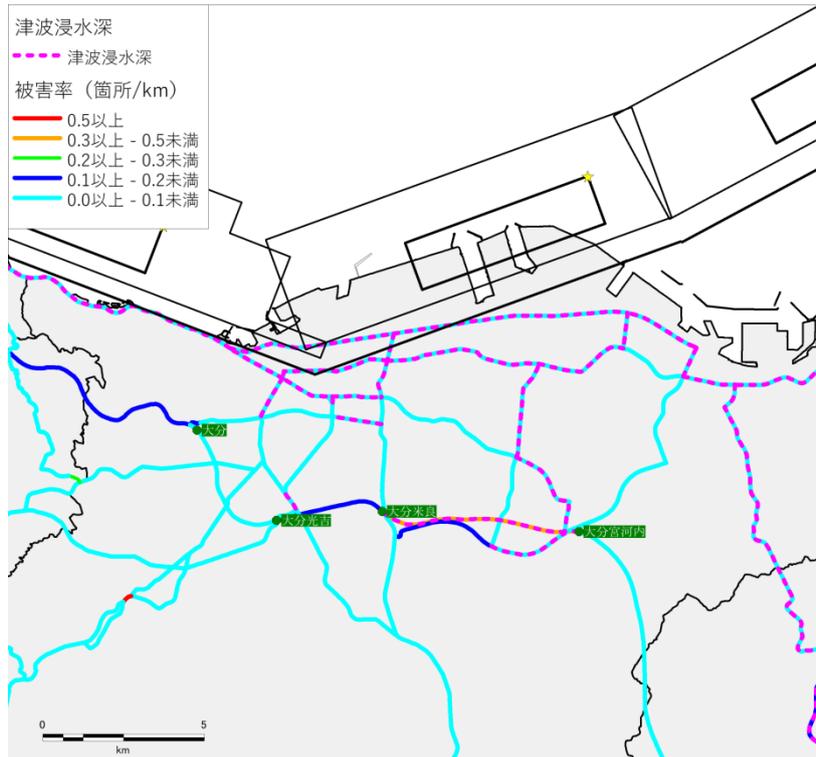
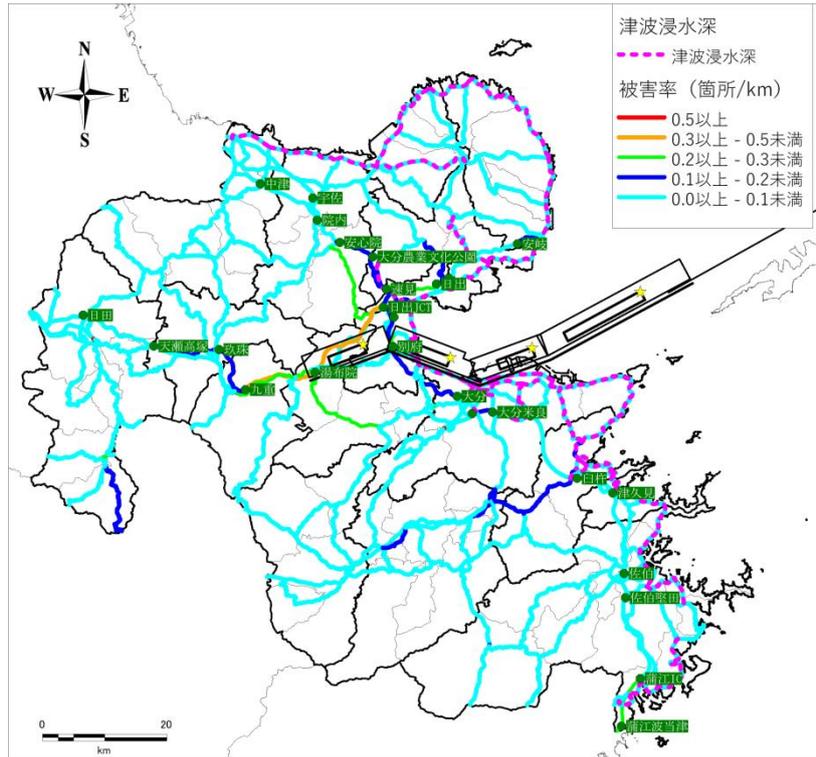


図 8-16 道路被災<中央構造線断層帯による地震>

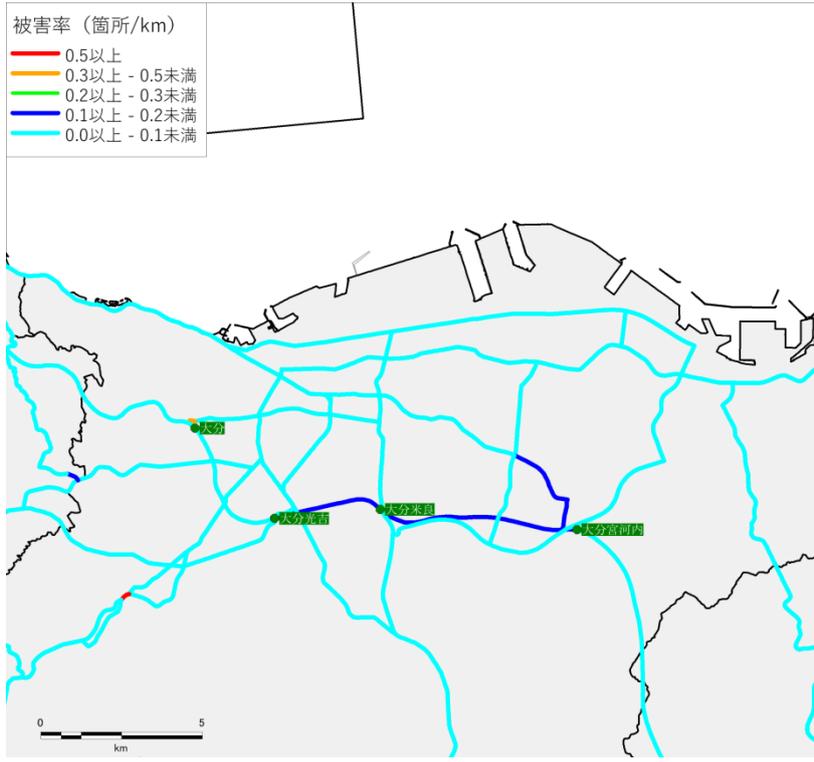
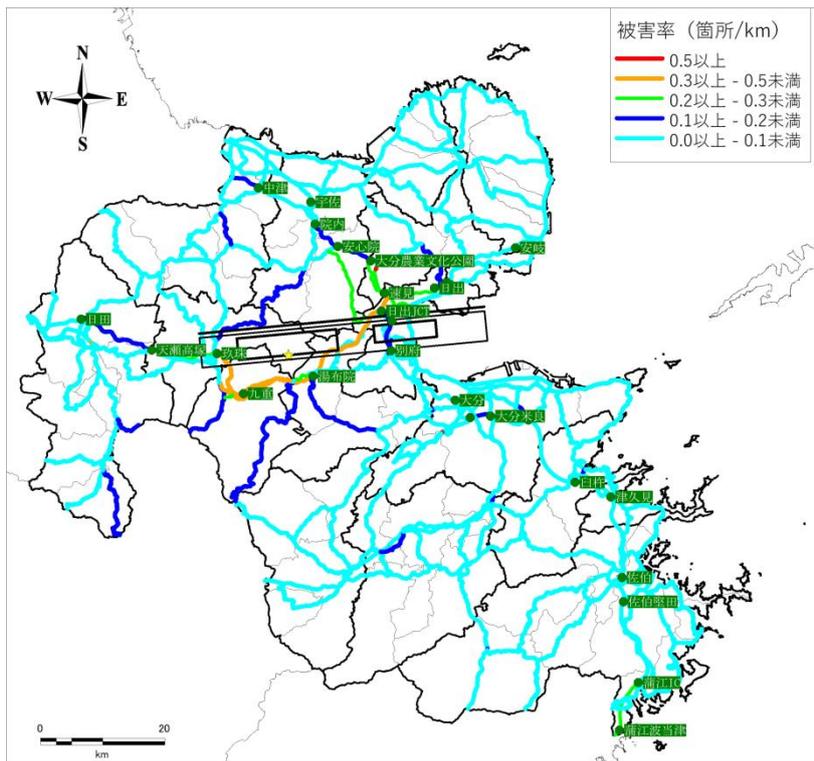


図 8-17 道路被災<日出生断層帯による地震>

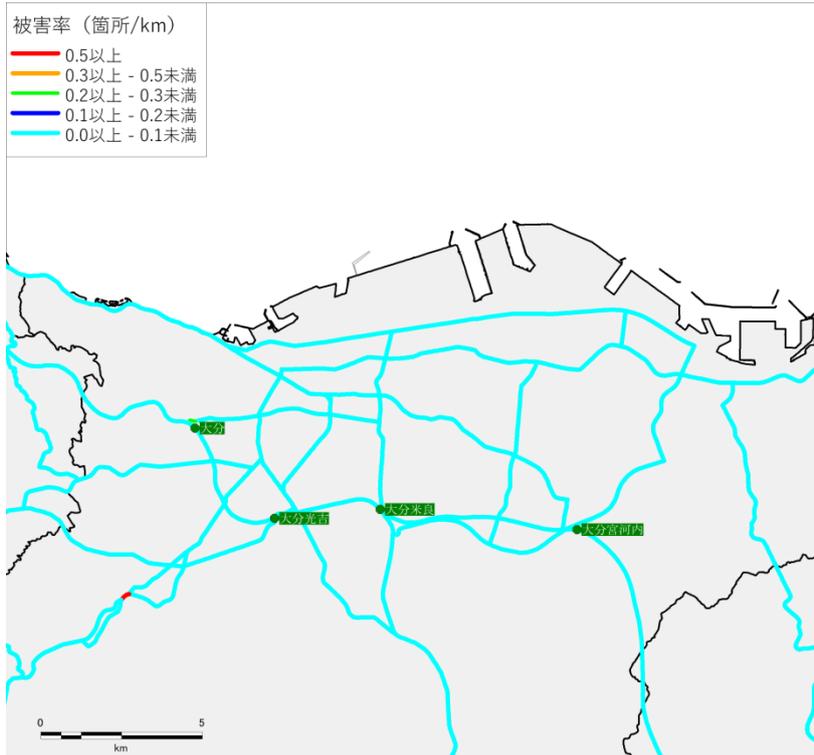
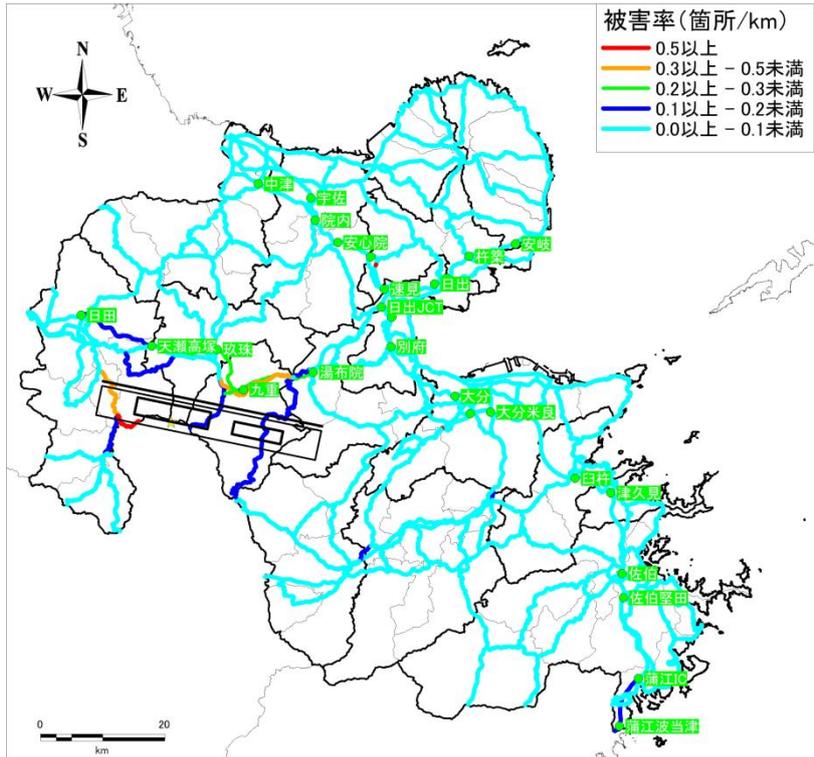


图 8-18 道路被災<万年山-崩平山断層帯による地震>

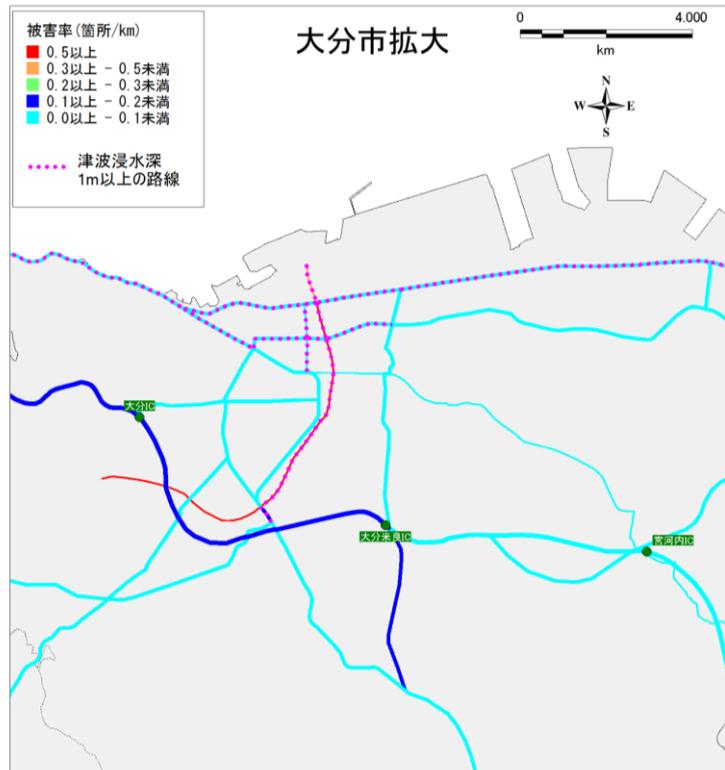
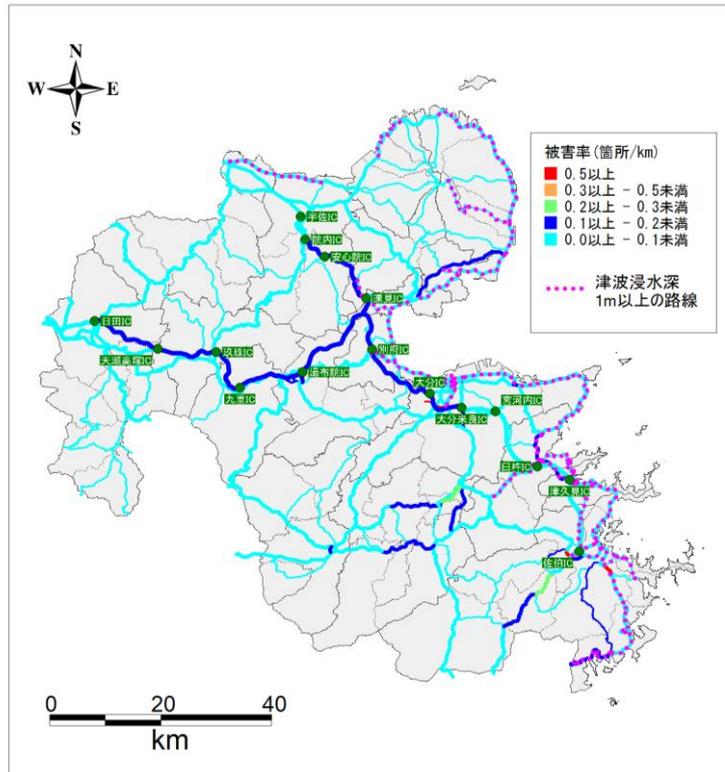


図 8-19 道路被災<南海トラフの巨大地震> (H25 調査結果)

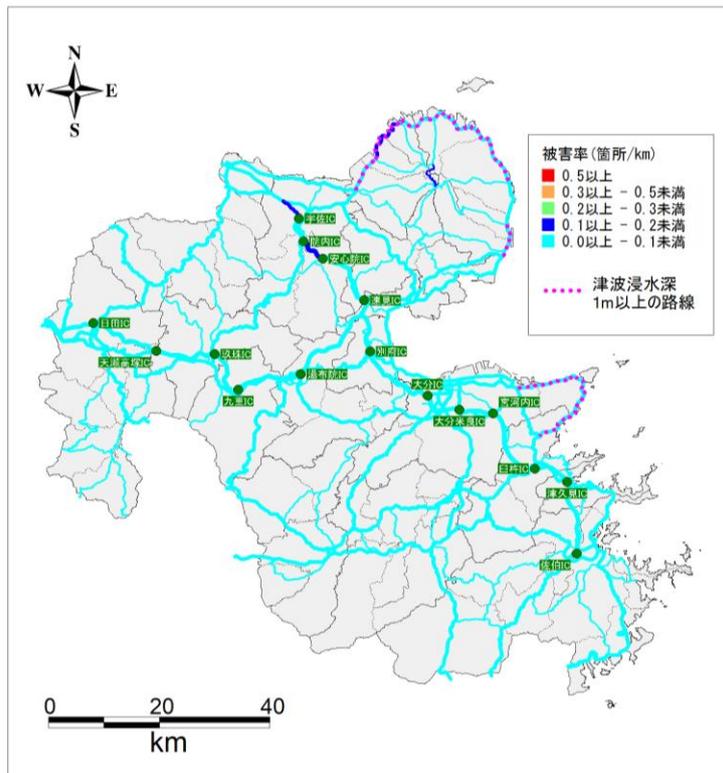


図 8-20 道路被災<周防灘断層群主部による地震> (H25 調査結果)

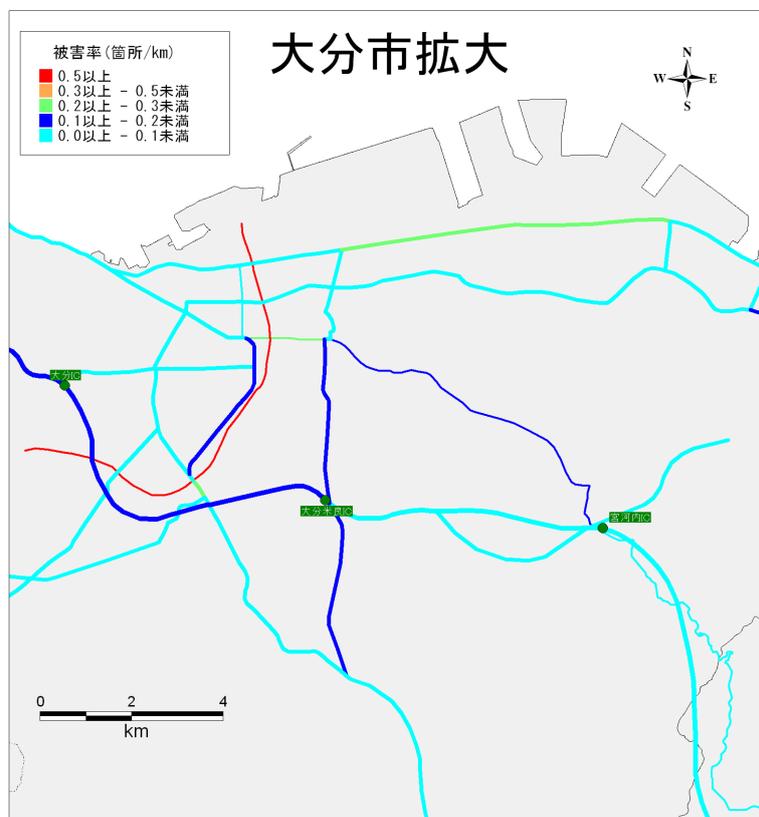
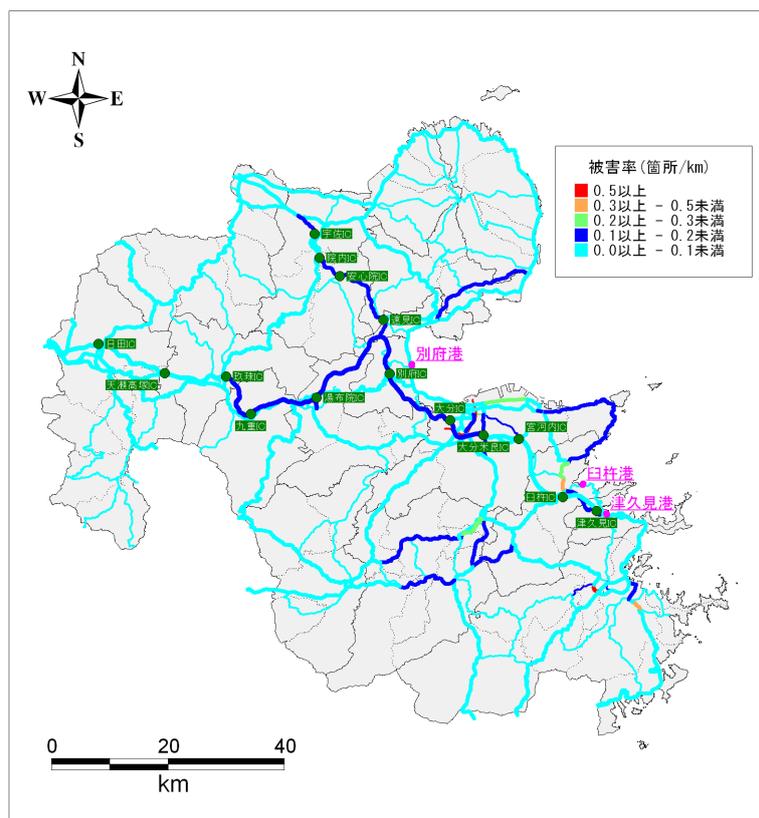


図 8-21 道路被災<プレート内地震> (H20 調査結果)

8.4.7 鉄道施設

表 8-21 鉄道施設の物的被害

地震名		被害箇所数 (箇所)	被害率 (箇所/km)
中央構造線断層帯による地震	日豊線	140	0.7
	久大線	92	0.8
	豊肥線	36	0.5
	日田彦山線	0	0
	合計	268	0.7
日出生断層帯による地震	日豊線	70	0.4
	久大線	79	0.7
	豊肥線	11	0.1
	日田彦山線	0	0
	合計	160	0.4
万年山-崩平山断層帯による地震	日豊線	4	0
	久大線	60	0.6
	豊肥線	4	0
	日田彦山線	0	0
	合計	68	0.2
南海トラフの巨大地震	日豊線	53	0.3
	久大線	21	0.2
	豊肥線	28	0.4
	日田彦山線	1	0.1
	合計	103	0.3
周防灘断層群主部による地震	日豊線	8	0
	久大線	0	0
	豊肥線	0	0
	日田彦山線	0	0
	合計	8	0

※南海トラフの巨大地震、周防灘断層群主部による地震は、前回調査の値、プレート内地震は、前々回調査時に想定していない

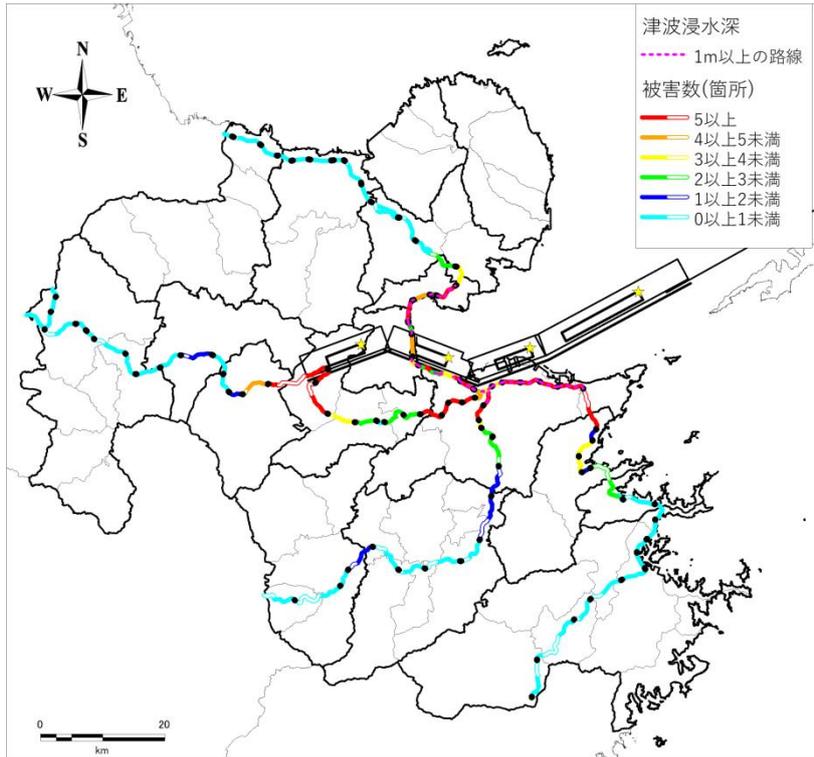


図 8-22 鉄道被災<中央構造線断層帯による地震>

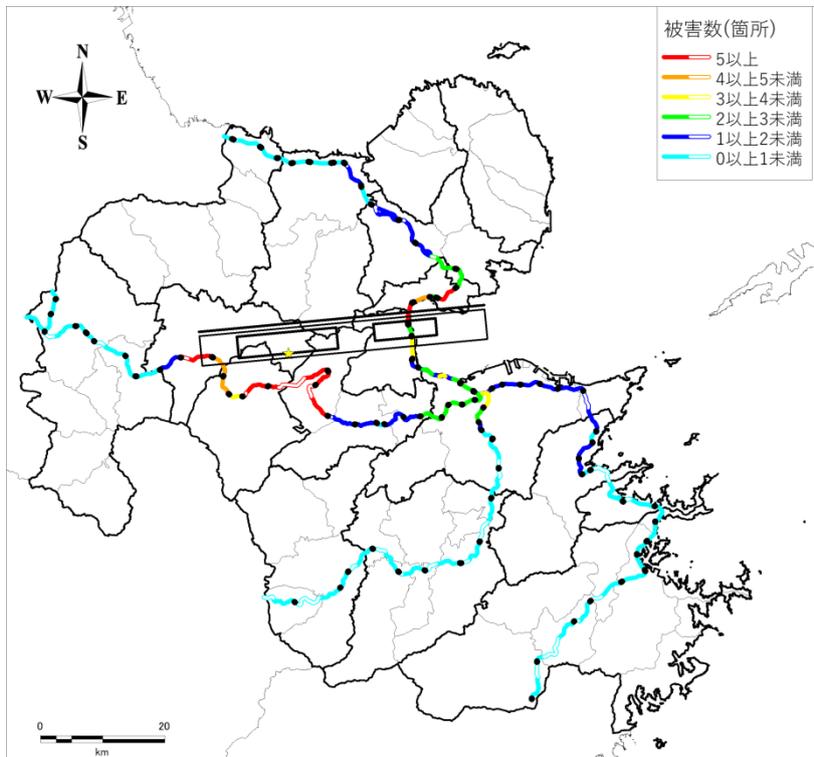


図 8-23 鉄道被災<日出生断層帯による地震>

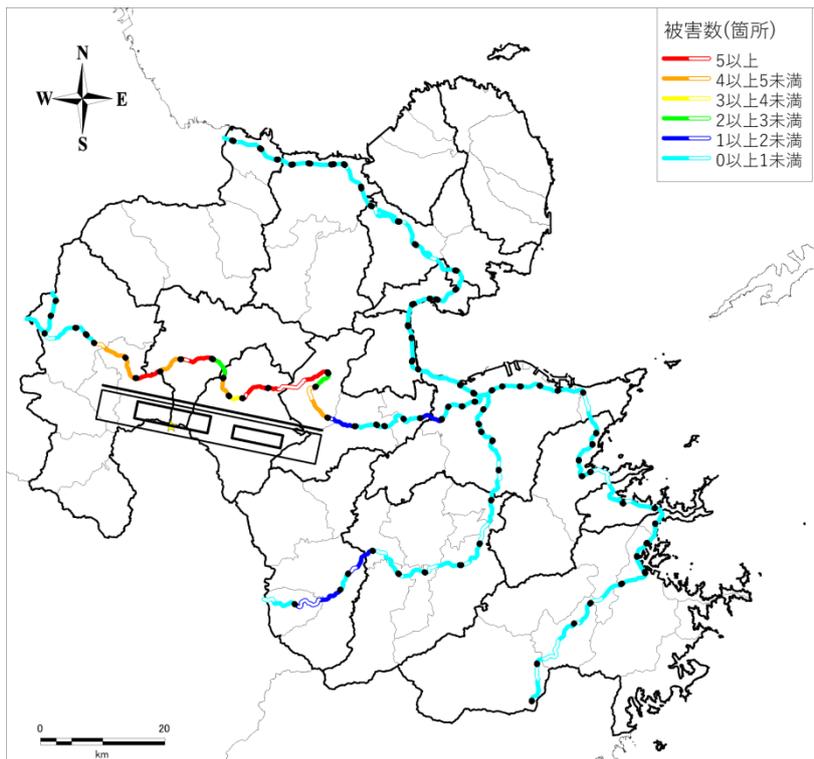


図 8-24 鉄道被災<万年山-崩平山断層帯による地震>

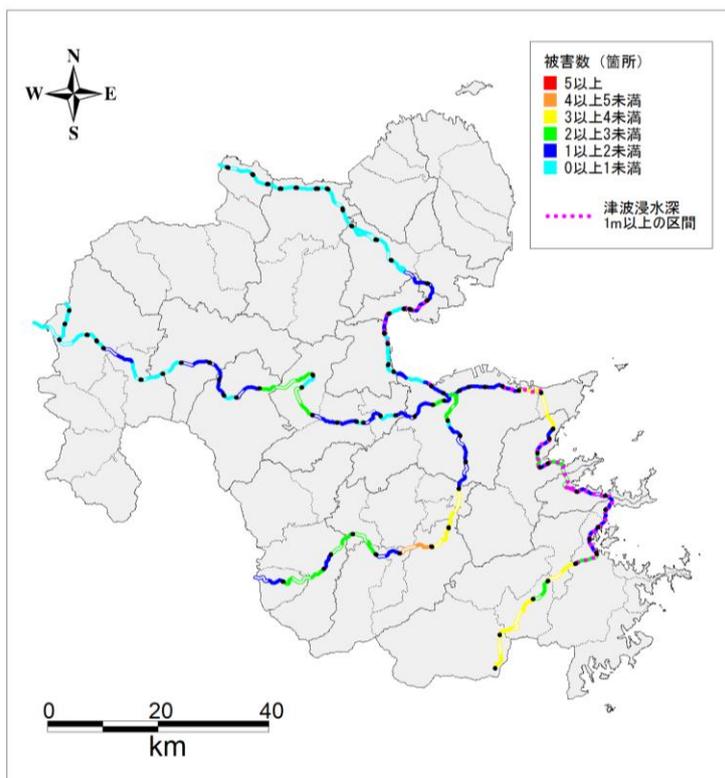


図 8-25 鉄道被災<南海トラフの巨大地震> (H25 調査結果)

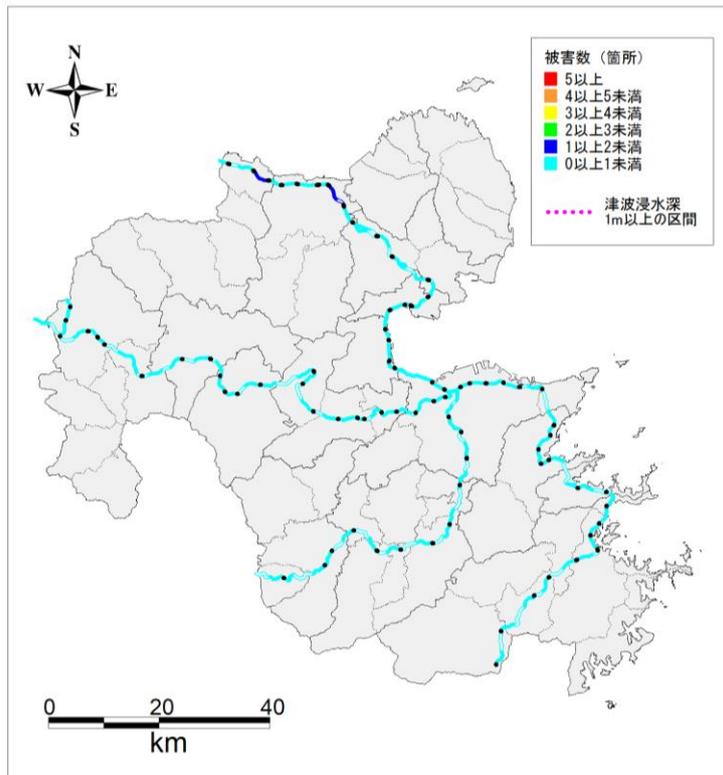


図 8-26 鉄道被災＜周防灘断層群主部による地震＞（H25 調査結果）

8.4.8 港湾施設

表 8-22 港湾施設の物的被害

地震名		バース数 (内：耐震バース) (箇所)	被害バース数(箇所)	
			レベルⅡ	レベルⅢ
中央構造線断層帯による地震	大分港	68	68	68
	別府港	8 (1)	7	7
	津久見港	3 (1)	0	0
	佐伯港	13	0	0
	中津港	7	0	0
	合計	99 (2)	75	75
日出生断層帯による地震	大分港	68	40	24
	別府港	8 (1)	7	7
	津久見港	3 (1)	0	0
	佐伯港	13	0	0
	中津港	7	2	1
	合計	99 (2)	49	32
万年山-崩平山断層帯による地震	大分港	68	5	1
	別府港	8 (1)	2	1
	津久見港	3 (1)	0	0
	佐伯港	13	0	0
	中津港	7	0	0
	合計	99 (2)	7	2
南海トラフの巨大地震	大分港	51	20	8
	別府港	9 (1)	1	0
	津久見港	3 (1)	0	0
	佐伯港	12	7	4
	中津港	7	0	0
	合計	82 (2)	28	12
周防灘断層群主部による地震	大分港	51	0	0
	別府港	9 (1)	0	0
	津久見港	3 (1)	0	0
	佐伯港	12	0	0
	中津港	7	3	1
	合計	82 (2)	3	1

※南海トラフの巨大地震、周防灘断層群主部による地震は、前回調査の値、プレート内地震は、前々回調査時に想定していない

【参考文献】

大分県統計年鑑：平成29年版 都市ガス施設普及状況

<https://www.pref.oita.jp/site/toukei/h2910.html>

大分県：大分港 港湾計画（改訂）

<http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha06/11/111130/03.pdf>

静岡県(2001)：第3次被害想定報告書

川上英二(1996)：道路交通システムの形状と連結確率のとの関係、第1回都市直下地震災害総合シンポジウム、pp.169-172

東京都(1997)：東京における直下地震の被害想定に関する調査報告書(被害想定手法編)

総務省総合通信基盤局(2011)：東日本大震災における通信の被災状況、復旧などに関する取り組み状況、東日本大震災における災害応急対策に関する検討か 第4回

神奈川県(1993)：神奈川県西部地震被害想定調査報告書

秋田県(1997)：秋田県地震被害想定調査報告書、平成9年3月

高浜勉・翠川三郎(2009)：地盤条件を考慮した地震による鉄道構造物の被害関数の構築 日本地震工学会論文集 第9巻 第5号 2009 pp.57

Koji ICHII(2004)：FRAGILITY CURVES FOR GRAVITY-TYPE QUAY WALLS BASED ON EFFECTIVE STRESS ANALYSIS,13th WCEE

国土交通省 航空局(2012)：空港の津波対策の方針(空港の津波対策検討委員会報告)、平成23年10月