

## 11. ライフライン

### 11.1 上下水道

#### 11.1.1 上水道

##### (1) 被害の概要

上水道被害は、函館市、上磯町、七飯町、今金町など北海道渡島半島内に限られている。津波による被害は甚大であったが、上下水道に関しては概して震度の割合には被害が少なかったと思われる。特に函館市水道は1968年の十勝沖地震の教訓が強く生かされている結果と考えられる。しかしながら十分な耐震性を持っていなかった市町村もあり、改めてライフライン施設の脆弱性が重要問題であることを示唆した地震であった。被害形態は主として継手の離脱と直管部の折損であった。表11.1.1は各市町村における配水管の被害状況を示している。被害原因から言えば、地盤変状による被害が目立ったことは今までの地震と同様であるが、本震よりも余震で大きな被害を受けた地域もあったことにも留意すべきであろう。

##### (2) 各市町村の被害と復旧

###### a) 函館市

上水道の普及率は98%であり、給水人口は約30万人、日最大給水量は約13万 $m^3$ である。管路延長は、導水管30.14km、送水管17.45km、配水管818.32kmであるが、被害を受けた配水管の口径100mm 鑄鉄管の延長は258.874kmである。図11.1.1は上水道の供給エリアと被害箇所を示している。市

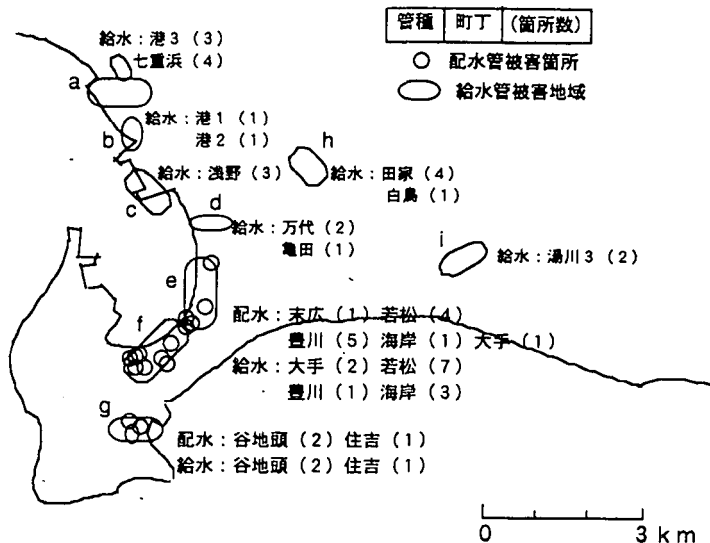


図11.1.1 函館市における供給エリアと被害個数

表 11.1.1 各市町村における配水管の被害状況

市町村名	給水戸数 (停止戸数)	管種・口径 (mm)	延長 (km)	件数	被害率 (箇所/km)	復旧金額 (円)	備考
函館市	122 326(76)		258.874	15	0.058	2 130 513	液状化あり
		DCIP φ 100	222.063	5	0.023	504 145	継手離脱&管路折損
		CIP φ 100	36.811	10	0.272	1 626 368	〃
室蘭市	46 199(0)		52.476	1	0.019	362 000	
		CIP φ 100	52.476	1	0.019	362 000	直管部継手離脱
厚沢部町	2 161(648)		82.020	11	0.134	437 000	液状化あり
		DCIP φ 200	4.061	3	0.739	259 000	継手部離脱
		ACP φ 125	1.580	1	0.633	12 000	〃
		SP φ 75	5.500	1	0.182	20 000	直管部亀裂
熊石町	1 690(0)		70.879	6	0.085	146 000	継手部離脱
		CIP φ 150	0.362	1	2.762	253 000	直管部亀裂
		VP φ 100	3.952	3	0.759	266 000	継手&管横亀裂
		VP φ 75	6.157	1	0.162	145 000	継手部亀裂
		VP φ 50	8.018	3	0.374	146 000	継手&管部亀裂
今金町	213(213)		—	2	—	40 000	〃
		VP φ 150	65.090	25	0.384	4 489 000	液状化あり
		VP φ 100	9.100	3	0.329	434 000	継手部離脱
		VP φ 75	22.300	8	0.358	1 940 000	継手離脱&流出
		VP φ 50	12.920	3	0.232	242 000	〃
松前町	3 157(100)		20.770	11	0.529	1 873 000	継手離脱&直管屈曲
		DCIP φ 200	44.000	1	0.023	548 000	
七飯町	800(50)		44.000	1	0.023	548 000	継手部離脱
		VP φ 100	—	19	—	195 000	液状化あり
		VP φ 100	—	1	—	—	直管部の陥没
		VP φ 100	—	7	—	—	継手の破損
上磯町	111 380(7 180)	VP φ 75	—	2	—	195 000	〃
		GP φ 50	—	9	—	—	〃
島枚村	872(208)		72.600	39	—	46 377 000	液状化あり
		VP φ 40	—	2	—	—	
		VP φ 50	15.500	11	0.645	—	継手離脱&管路折損
		DCIP φ 300	8.000	3	0.375	—	継手部離脱
		DCIP φ 200	10.800	1	0.093	46 377 000	〃
		DCIP φ 75~150	34.500	10	0.289	—	継手離脱&管路折損
		ACP φ 200	3.800	6	1.579	—	管路部折損
		PEP φ 50	—	2	—	—	継手離脱&管路折損
		SGP φ 75	—	2	—	—	管路部折損
SGP φ 50	—	2	—	—	管路部折損		
島枚村	872(208)		42.100	1	0.024	4 549 000	
		SP φ 100	42.100	1	0.024	4 549 000	管体流出

DCIP: ダクタイル鋳鉄管, CIP: 鋳鉄管, ACP: 石綿管, SP: 鋼管, SGP: 鋼ガバナ管, VP: 硬質塩化ビニール管, PEP: ポリエチレン管

表 11.1.2 函館市における配水管被害個数

	総延長(km)			管種		敷設年代			被害形態*				合計	被害率 (箇所/km)	被害金額(万円)	
	DCIP	CIP	合計	DCIP	CIP	M~T	~S30	S31~	離脱	亀裂	折損	緩み			~10	10~
口径 (φ 100)	222.063	36.811	258.874	5	10	10	0	5	3	3	5	4	15	0.058	6	9
管種	DCIP					0	0	5	2	2	1	0	5	0.023	3	2
	CIP					10	0	0	1	1	4	4	10	0.272	3	7
敷設年代	M~T								1	1	4	4	10	0.039	3	7
	~S30								0	0	0	0	0	0.000	0	0
	S31~								2	2	1		5	0.019	3	2
被害形態	離脱												3	0.012	2	1
	亀裂												3	0.012	2	1
	折損												5	0.019	1	4
	緩み												4	0.015	1	3
合計	222.063	36.811	258.874	5	10	10	0	5	3	3	5	4	15		6	9

\* 離脱・ゆるみ：継手部、亀裂・折損：直管部

表 11.1.3 函館市における給水管被害個数

	管種					敷設年代*			被害形態**			合計	被害金額(万円)		
	DCIP	CIP	GP	SP	PP	M~T	~S30	S31~	離脱	亀裂	折損		~10	10~	
口径 (mm)	~15			2				1	1		2		2	2	
	20			8				5	3		1	7	8	7	1
	25			4		1		2	3		1	4	5	4	1
	40			2					2			2	2	2	
	50			2				1	1			2	2	2	
	65			2					2		2		2		2
	75	1	2	4				2	3		2	5	7	1	6
	100	4							4	4			4		4
	150	3	1		3				5	3		2	7 <sup>2)</sup>	3	4
管種	DCIP								8	7	1		8	1	6
	CIP							1	2			2	3 <sup>2)</sup>	1	2
	GP							10	12		6	18	24	17	7
	SP								1			2	3 <sup>2)</sup>	1	2
	PP								1		1		1	1	
敷設年代	M~T														
	~S30									1	10		9	2	
	S31~								7	6	9		12	12	
被害形態	離脱													1	6
	亀裂													4	4
	折損													14	8
合計	8	3	24	3	1							39			

\* 敷設年代不明：4箇所

\*\* 被害形態不明：2箇所、離脱：継手部、折損・亀裂：直管部

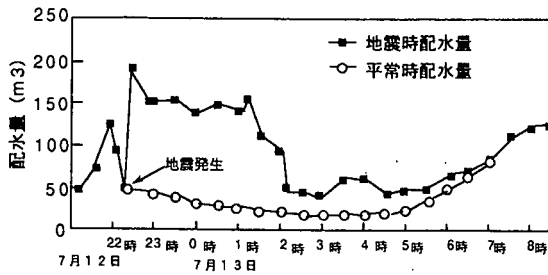


図 11.1.2 地震発生後の配水量の推移

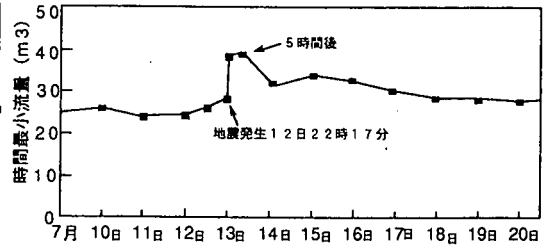


図 11.1.3 時間最小流量の推移

西部の海岸沿いや港湾地区に集中しているのが特徴的である。地質的にはすべての被害箇所が現河床堆積物・海浜堆積物に分類され、特に被害の集中した七重浜町、若松町、豊川町は埋め立てられた地域である。管路以外の水道施設には被害がなく、表 11.1.2 と表 11.1.3 は配水管と給水管の被害状況を示している。配水管 15 箇所、給水管 39 箇所に被害があり、配水管の被害額は約 213 万円、給水管の被害額は 423 万円であるが、人件費などを含んだ総復旧額は約 967 万円であった。今回被害を受けた配水管はすべて铸铁管 (DCIP+CIP) の口径 100 mm で、継手の離脱・ゆるみが 7 箇所、管の亀裂・折損が 8 箇所であるが、被害率は 0.06 箇所/km と極めて低い。敷設年代で見れば、9 箇所の管路は明治時代に敷設されたものである。被害は豊川町 (5 件) と若松町 (4 件) に集中している。函館市内の配水管のうち、口径 100 mm の配水管は約 258 km あり、そのほとんどがダクタイル铸铁管または铸铁管である。また配水管の中には口径 75 mm 石綿管が 1 660 m 残っていたが今回は被害はなかった。給水管の被害は全 39 箇所で 2 地区であった。そのうち万代埠頭、北埠頭の被害は、埠頭内の給水管が多数破裂したためにメーター部分で止めたものである。また被害の内訳は、口径 100~150 mm の口径の大きい管路の被害が 7 箇所あり、そのうち 5 箇所を占める铸铁管の被害が、東日本海フェリーのターミナルのある地区 (図 11.1.1 の a 地区) に集中しているのが特徴的である。口径 100 mm 以下の管路の被害のうち、90%を GP 管が占めている。被害状況としては、直部およびネジ部の折損が多い。配水管の被害と同様に、若松町 (7 件) は被害を多く受けている。

復旧活動は、地震発生後、市の災害対策要綱に従って対策本部が設置され、水圧集中監視盤とパトロールにより被害状況を特定した。図 11.1.2 と図 11.1.3 は地震発生後の配水量の推移と時間最小流量の推移を示す。図からわかるように、地震時配水量と時間最小流量が急激に上昇したが、配水量は 9 時間後平常時の配水量に戻ったのに対して、時間最小流量の推移が通常に戻るまでには約 6 日間かかっている。応急復旧後も漏水が続いていることを示すものと考えられる。地震による断水はなかったが、復旧工事による断水は 7 月 13 日午前中で終了している。影響を与えた世帯数は若松町 76 戸、住吉町 19 戸、豊川町 4 戸、の合計 99 戸である。若松町 (函館朝市) 付近では液状化に伴う被害が多く、飲食店などは営業可能な状況でなかったために断水による影響はほとんどないということである。翌日 14 日には復旧を完了している。応急給水は 0.71 m<sup>3</sup>行われた。今後、地震により被害を受けた配水管は耐震管路 (S II 型) に敷設替えする予定で、軟弱地盤に埋設されている経年管についても今後耐震管に敷設替えを行う予定と報告されている。

b) 上磯町

被害金額は約1億8000万円と推定される。配水管の被害状況を表11.1.4に示す。配水管の被害は39箇所、給水管には485箇所に被害があった。破損の状態は主に直管部の折損と継手部の離脱である。旧市街に残る石綿管に破損被害が多く発生している。敷設年代を見ると、昭和50年以降に敷設した管路の被害はわずか2箇所である。管路以外の水道施設の被害は浄水場の沈殿池の傾斜板上部および補助フレームの破損、ならびに水管橋で見受けられた。地震直後に約7500戸に断減水があり、配水管破損による断水が七重浜～中央地区で7180世帯、飯生地区で369世帯であった。復旧工事による断水は飯生地区で369世帯であった。7月21日まで復旧工事がすべて終了しているが、上磯駅前地区は道路のコンクリート舗装のために掘削にかなり時間を要した。なお、応急給水が6日間、給水車延べ22台で約150m<sup>3</sup>供給された。また、町の基本的防災対策としての見通しが風災害によるものだけであったために、地震災害については無防備であったことは否めないようである。さらには、復旧工事に際して町内業者だけでは対応不可能であったことや、住民が望む情報と役場として発表した情報間のズレ、水道課職員だけでは物理的に広報活動にまで手がまわらないといったことが報告されている<sup>1)</sup>。また、経年給水管路は複雑に配管されており、漏水管ルートの特定に難行したことなどをふまえて、地震後の復旧システムを長期的視野に立って確立することが早急に必要であると思われる。

表 11.1.4 北海道上磯町における配水管被害個数

		管 種					敷設年代		被害形態*	
		DCIP	PEP	VWP	ACP	SGP	～S40	S41～	離脱	折損
口径 (mm)	40			2			1	1		2
	50		2	11		2	5	10	1	14
	75	3				2	2	3	3	2
	100	4						4	3	1
	150	3						3	2	1
	200	1			6		6	1	1	6
管 種	300	3						3	3	
	DCIP							14	12	2
	PEP							2	1	1
	VWP						4	9	1	12
	ACP						6			6
敷設 年代	SGP						4			4
	～S40									14
	S41～								14	11
合 計		14	2	13	6	4	14	25		
総延長 (km)		65.3			9.4					
被害率 (箇所/km)		0.26			0.64					

\* 離脱：継手部、折損：直管部

c) 今金町

図11.1.4に今金町における給水区域を示す。水道施設は市街簡易水道、金原簡易水道、八束簡易水道の3つの簡易水道で構成されている。また畜産・農水用の肥培簡易用水が敷設されている。各簡易

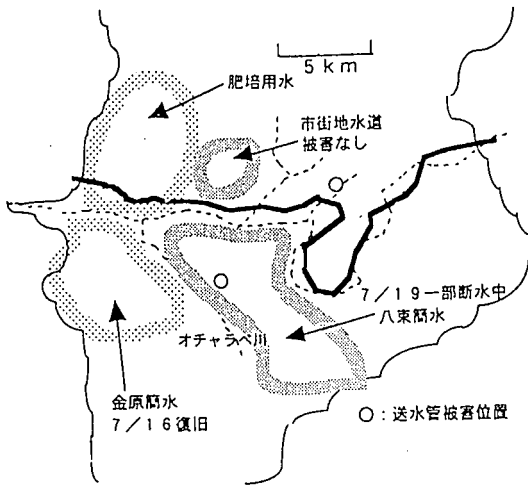


図 11.1.4 今金町における給水区域

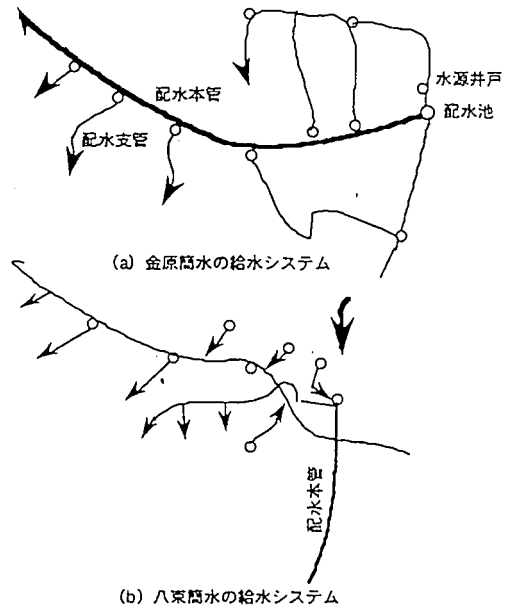


図 11.1.5 今金町の給水システム

水道の配管の状況を図 11.1.5 に示す。図からもわかるように都市域の配水システムとは異なり、主要管路から支管が派生するような簡単なシステム構成であり、システムの冗長性は全くないと考えてよい状況にある。配水管の総延長は 65.09 km、給水戸数は 213 戸である。被害は液状化の発生したオチャラッペ川流域の八束・稲穂に集中し、管路の被害数は 31 箇所であるが、そのうち配水管は 25 箇所、送水管は 3 箇所、給水管は 3 箇所であった。配水管の被害率は 0.3841 箇所/km と極めて高い被害率となっている。被害の状況は継手の離脱が多いが、路肩崩壊と地すべりによる直管の流失もある。被害箇所の周囲で地面に噴砂の跡が見られることから、液状化が発生したと判断できる。市街簡易水道では給水停止はなかったが、金原地区は口径 100 mm のダクタイル鋳鉄管の送水管に被害が発生したために、水源で給水を停止した。これは地震発生 5 日後には復旧している。しかし八束簡水の稲穂、白石地区は 7 月 22 日まで供給停止世帯があった。最大断水戸数は 213 戸で、10 日間で約 180 m<sup>3</sup> の応急給水が行われた。図 11.1.4 に示したシステム特性が示すように、復旧にあたっては水源、配水地の上位施設から延びる管路に順次通水をして漏水の有無を確認しながら行っている。供給停止が長く続いたのは、この町の水道施設のシステム特性が示すとおりのもので、ライフライン、特に地中管路のもつ構造的破壊と機能的破壊といった特徴を如実に表す結果となった。

#### e) そのほかの市町村

函館市や上磯町・今金町など以外の市町村における配水管の被害は表 11.1.1 に示すとおりである。七飯町の水道施設は簡易水道で、給水面積は 15 888 m<sup>2</sup>、給水戸数は 800 戸である。配水管と給水管はいずれも VP 管で、昭和 46 年に敷設されたものである。管路被害については、配水管は直管部の破損 1 箇所 32 m と継手部の破損 18 箇所、給水管は継手部の破損 10 箇所である。被害の特徴は、軟弱地盤箇所での古いソケット継手部分と給水分岐部分の被害が多かったことが挙げられる。被害を受けた地域の地質区分は、すべて火山灰質粘土層である。写真 11.1.1 は陥没による直管の破損を表す。

配水管破損による断水は西大沼地区で7月12日10時20分～7月14日21時まで続いた。応急復旧としては、直管部の亀裂陥没した部分約40mをPEP6本で仮設配管した。本復旧は、継手部の挿口の離脱した直管部の離脱箇所を切断し、切管+継輪にて接合し、陥没した部分をダクタイル鋳鉄管で新たに配管をやり直している。被害区域が狭かったために広報活動に関しては十分行えたようであり、応急給水も約1.2m<sup>3</sup>と少なかったために問題は生じていない。また、他市町村と同様に、漏水箇所の発見にかなり苦労したようで、地中管路は常に道路と並行に敷設すべきとの提案もあった。



写真 11.1.1 陥没による直管部の破損

一方、厚沢部町の水道施設は厚沢部川と支流の鶉川沿いに広がる館、俄虫、鶉地区の3つの簡易水道で構成されている。被害は全部で17箇所、そのうち配水管は11箇所、給水管は4箇所、送水管は2箇所であった。13箇所が液状化の発生した館地区（道路や畑で噴砂があった）で起きている。被害形態は継手離脱が16箇所と多く見受けられる。管種別にみると配水管に被害が集中しており、管材別には塩化ビニル管がもっとも多く被害を受けている。管路被害率は0.13（箇所/km）であり、これら被害はすべて7月中旬に修理を施したが平成6年4月までに本地震の影響と見られる漏水がいくつか見られている。これらのことからわかるように本町における被害は典型的な液状化による被害で、管路被害に与える地盤の影響の大きさを示唆するものとなっている。また、復旧工費は約40万円、断水戸数は最大で648戸に及び応急給水が2日間、約53m<sup>3</sup>行われた。

熊石町の水道施設は本町と相沼泊川地区の2簡易水道で構成されている。熊石町において特筆すべきことは、本震による被害は極めて軽微であったが8月8日以降の余震で被害が続出した点である。断水も7月中はなかったのに対し8月10日には671戸にも及んだ。これは全給水戸数の40%に該当する。しかしながら、長時間断水は夜間のみであったために町民生活にさほど影響はなかった。全被害箇所は10箇所、すべて配水管にあった。被害形態の特徴は、継手の離脱・ゆるみなどが一切なく、すべて管下部、継手部の亀裂である。また、塩化ビニル管に被害が目立っている。液状化現象は見受けられなかった。

松前町の水道施設の被害は上水道のダクタイル鋳鉄管継手離脱1箇所のみで、他市町村と比較して被害は軽微であった。簡易水道に被害はなかった。しかし、断水戸数が100戸にも及んだのは、比較的大きい口径200mmの配水管に被害があったためと思われる。

長万部町の管路被害は17箇所、そのうち石綿管9箇所、継手4箇所、塩ビ管1箇所、鋼管3箇所となっている。これらの被害は、国道5号線海側の地域、および中の沢町周辺に集中的に発生している。前者は以前、長万部川の川口および沼池であった地域であり、また後者は砂鉄の採取のために一度掘り起こした地盤を埋め戻した地域で、地盤の沈下・亀裂および液状化といった地盤変状が数多く見られた。地震後配水池の流出量が急増したために、配水池以降で供給を停止している。

### (3) 上水道被害と復旧に関するまとめ

今回の地震による上水道の被害特徴は、各市町村とも液状化・地盤変状の発生した極めてローカルな地域に被害が集中したことである。被害箇所が多かった函館市や上磯町などはいずれも液状化が発生していた。被害形態は主に継手の離脱・ゆるみと直管部の折損・亀裂である。本地震によって改めて認識させられた今後の課題として、①復旧工事に際して、町村レベルでは町内業者だけでは対応不可能な場合も多々あり、事前に協議しておく必要がある。②地震規模によっては、断水などを伝えるための広報活動が種々の条件からできない場合も想定でき、広報活動の形態に工夫が必要である。③漏水管を特定することは難行することが多く、これらを考慮して埋設方法に一定の規則性が望まれる。④地盤変状による被害が目立つが、かかる地域は次なる地震でも被害が発生する可能性が高い。復旧工事には迅速性も大切であるが、耐震対策を十分検討すべきである（たとえば、DIP管の敷設、ソケット継手の解消、地盤履歴のチェックなど）。⑤既存の配水管システムに冗長性がない場合には供水システムの改良を検討すべきである。⑥本震以降の余震で、新たな被害が出ることも十分考えられるが、そのための情報収集および対応策を検討する必要がある。などが挙げられる。

## 11.1.2 下水道

### (1) 下水道施設と被害の概要

下水道施設に被害を受けた市町村は、渡島半島に位置する函館市、函館湾流域下水道、上磯町、大野町、七飯町、八雲町、長万部町と伊達市および登別市である。渡島半島内においては北桧山町を除くすべての下水道システムが被害を受けたことになる。表 11.1.5 には上記市町村における被害の概要を示す。図 11.1.6 には、敷設替えされた管渠の延長の分布を示す。これらの市町村の中では函館市と

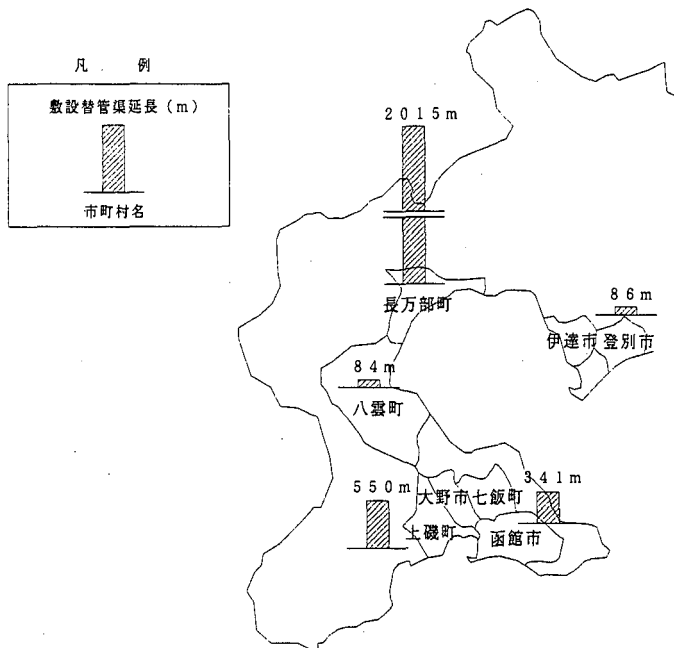


図 11.1.6 各市町における下水道管の被害延長



表 11.1.1.5 各市町における下水道施設の被害

市町村名	地区名	被害内容						被害額 (千円)	備考
		管渠関係		マンホール関係		その他			
		敷設管延長	復旧工	敷設替	復旧工				
函館市	①港町2丁目外	なし	なし	6箇所	なし				
	②浅野町	(φ 200)141 m (φ 350)56 m	なし	3箇所	4箇所 3箇所				
	③浅野町2	(φ 200)43 m	なし	2箇所	2箇所				
	④港町	(φ 200)49 m	なし	なし	2箇所				
	⑤鍛冶1丁目	(φ 200)24 m	なし	なし	なし				
	⑥本通2丁目	(φ 200)24 m	なし	なし	1箇所				
	⑦本通3丁目	(φ 200)24 m	なし	なし	1箇所				
	⑧大手ポンプ場 <sup>5)</sup>	-	-	-	-	地盤沈下, 水道管損傷			
	⑨住吉ポンプ場 <sup>5)</sup>	-	-	-	-	地下油タンク給油管渠損傷			
	⑩流通センター汚水処理場 <sup>5)</sup>	-	-	-	-	水道管損傷			
長万部町	函館市小計	341 m		11箇所	13箇所		46 334	下水道関係概算被害総額 59 000 (千円)	
	①本町	管渠総延長=766.7 km (φ 200)135 m (φ 450)219 m	なし	マンホール総個数=20 539 個 7箇所	なし			φ 200 以下は塩ビ管 φ 250 以上はRC管	
	②本町・大町	(φ 450)173 m	なし	2箇所	なし				
	③大町	(φ 200)226 m (φ 250)46 m (φ 450)76 m	なし	9箇所	なし				
	④大町2	(φ 200)75 m (φ 450)27 m	なし	6箇所	なし				
	⑤大町3	(φ 400)69 m	なし	2箇所	なし				
	⑥曙町2	(φ 400)82 m	なし	1箇所	なし				
	⑦曙町	(φ 200)171 m	なし	3箇所	なし				
	⑧大町4	(φ 200)195 m	なし	3箇所	なし				
	⑨元町・本町	(φ 200)221 m	なし	1箇所	なし				
	⑩元町・陣屋町	(φ 200)19 m (φ 400)108 m (φ 200)25 m (φ 350)114 m	(亀裂復旧)6箇所 なし	2箇所 1箇所	なし				
⑪高砂町			1箇所	なし					



長万部町の被害額（それぞれ5 900万円および3億5 000万円）が大きかった。日本海中部地震の時の秋田市および能代市の被害額（それぞれ約3億6 000万円および約6億6 000万円）と都市の規模を考えあわせれば、秋田市・能代市よりも函館市の被害の程度は軽微である一方、長万部町の被害の程度は大きかったと判断できる。函館市と長万部町における下水道関係の被害額が全体の被害額に占める割合に注目すれば、函館市が0.74%にすぎないのに対し長万部町においては9.2%に達しており、やはり長万部町の被害が特に大きかったと判断できる。また長万部町は規模が小さいため、業者の人数を含めても47名（函館市の1/3）で応急復旧にあたらねばならないという不利な状況もあった。今回被害の報告された市町村の全管渠延長は約1 000 kmである<sup>3)</sup>ので、そのうちで約800 kmを占める函館市の施設の規模が他の市町村と比べて大きいことがわかる。これらの点を考慮し、以下においては被害の大きかった長万部町と都市型の施設を持つ函館市の下水道被害を中心に述べる。

## (2) 函館市の被害と復旧

函館市の下水道システムは区域内に12万6 000人の人口を有し、処理区域の面積は17.57 km<sup>2</sup>、方式は分流式一部合流式、日最大計画処理量は84 300 m<sup>3</sup>である。函館市内には、函館湾流域下水道が受け持っている地区も存在している。函館市においてはφ150以下は塩ビ管が用いられているが、それ以外の管路はヒューム管であり、延長は約770 kmである。今回の地震によって341 m（約0.04%）の管路が敷設替えされた。マンホール関係では、敷設替えしたマンホールが11箇所、補修工事を要したマンホールが13箇所である。函館市においては20 539個のマンホール（特殊マンホール～0号マンホール）が設置されているので約0.12%が被害を受けたことになる。表11.1.6には、日本海中部地震のときの秋田市、および長万部町との被害の比較を示す。函館市と秋田市を比較すれば、函館市の管渠・マンホールの被害と被害額は約1/5で、施設の規模は函館市のほうが大きいため、函館市の被害率は約1/10となり、日本海中部地震時の秋田市と比べて被害はかなり小さいことがわかる。図11.1.7に示すようにこれらの被害は、上水道と同様に海沿いの埋立地に集中している。同図と表11.1.5との被害の番号は対応している。特に被害が大きかったのは②③の北埠頭（浅野町）における被害で管渠関係・マンホール関係とも、函館市の被害の約半数を占めている。この地区は液状化のため護岸被害、セメントサイロ傾斜、大量の噴砂がみられたところである。このあたりは、舞浜の海砂で埋め立てられたところで、浅野町4番の土質柱状図によると表層1 mほどの舗装（路盤を含む）の下に7 mほどのN値3程度の埋立層、微細砂1 m、シルト質微細砂6 mがあり、地下水位は-0.6 mとなっている。表11.1.5に示すすべての管路の被害は継手の抜け、クラックによるものである。表以外にも塩

表 11.1.6 下水道施設被害の比較

	秋田市 <sup>9)</sup>	函館市	長万部町
地震	日本海中部地震 (83.5.26)	北海道南西沖地震 (94.7.17)	同左
下水道被害額	3億6 000万円	5 900万円	3億5 000万円
管路敷設替え延長	1 741 m	341 m	2 015 m
管路延長	282 km	770 km	22.5 km
管路敷設替え比率	約0.6%	約0.04%	約8.94%
マンホール被害個数	127箇所	24箇所	51箇所
マンホール総数	8 950箇所	20 539箇所	658箇所
マンホール被害率	約1.4%	約0.12%	約7.75%

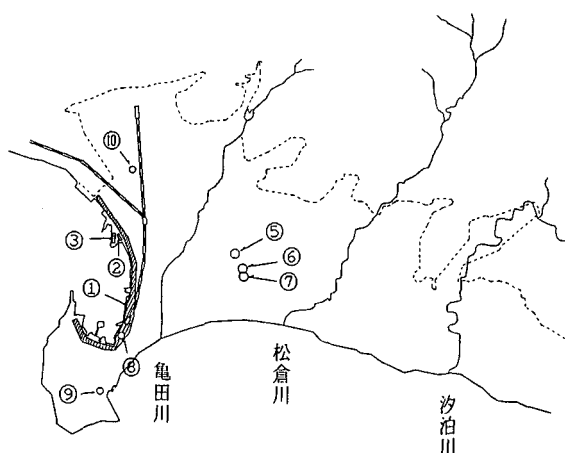


図 11.1.7 下水道管の被害箇所

ビ管にも蛇行・クラック等の被害が若干あった。以前は材料費、施工費とも安いヒューム管を使用していたが、塩ビ管のほうが粗度係数が有利、単体の長さが長いために継手が少なくて済む、施工費の差が少なくなったことなどから、塩ビ管の使用が増加している。被害は11路線16kmに影響したので、そのうち約1000mにカメラを入れて調査を行い、約200mに異常を発見した。函館市においては、地震前から以下のような対策がとられていた。

- ・耐震性を考慮して汚水圧送管に铸铁管を使用
- ・可撓性継手を伏越部および汚水圧送管と構造物間に使用
- ・復旧資材の備蓄（下水道部建設課維持係）
- ・可搬ポンプ・電源の準備

地震発生時には、下水道の使用制限など市民生活へ支障をきたす事態は発生しなかった。あらかじめ地震時の職員の連絡網も決められていたが、電話が不通になったために、自主参集に頼らざるを得ない事態、またマンホールの浮上・道路の陥没のために通行に支障をきたす事態等のライフライン間のインタラクションが発生した。被害箇所の復旧優先順序は道路陥没および水道・ガスの被害等の状況を参考にして決められた。また被害を受けた柵は塩化ビニル製のものに替えられた。上述の対策が講じられていたことと被害の規模に対して十分な職員数を有していたために、応急復旧のために業者が動員されたのも3日間だけであった。函館市の下水道システムは今回の規模の地震に対しては、十分対応できることを示した。

### (3) 長万部町

長万部町の下水道は区域内人口が6318人で、処理区域の面積は2.44km<sup>2</sup>、方式は分流式、日最大計画処理量は3420m<sup>3</sup>である。今回の地震で長万部町はもっとも大きな被害を受けた。表11.1.6によれば、被害額・被害の規模は、日本海中部地震のときの秋田市とほぼ等しいが、施設の規模が小さいため管路敷設替え・マンホール敷設替えの比率はそれぞれ8.94%、7.75%と大きい値になっており、これらは日本海中部地震の能代市の値12%と9%に匹敵する。被害の位置を図11.1.8に示す。同図中の番号は表11.1.5の番号と対応している。被害①から⑦および⑩は、旧河道に位置しており、特に①から⑤の被害は第二次大戦後まで存在していた旧沼地に位置している。⑧においては50および80cm



図 11.1.8 長万部町における下水道被害箇所



写真 11.1.2 下水マンホールの浮上

のマンホールの浮上があった。写真 11.1.2 には浮上したマンホールを示す。今回の地震においては旧河道における液状化発生が指摘されているが、これらの被害も液状化によると推定される。このあたりでは、地震直後に噴砂が観察されている。⑩においては、全くの流下不能に至った箇所があった。これら国道よりも海側の旧河道部は下水道に限らず上水道およびガスの被害も発生している地域であるが、被害の原因が液状化であるため大口径で比重の軽い下水道施設がもっとも被害を受けやすいと考えられ、長万部町は対策としていくつかのマンホールの埋戻しに7号砕石を使用した。なお、旧河道に位置する町立病院の土質柱状図によると、 $N$  値 6~12 程度のゆるい細~粗粒砂が表層 4~5 m あり、地下水位は -1.2 m 程度となっている。函館市と同様に、マンホールの浮上、下水管路部分の陥没のために通行車両・歩行者に支障をきたす事態が発生した。

#### (4) その他の市町村

表 11.1.5 に示した函館市、長万部町以外の市町村の被害について述べる。七飯町は区域内人口 4 160 人、処理区域面積 0.74 km<sup>2</sup>、日最大計画処理量 1 997 m<sup>3</sup> の小規模な分流式下水道を有している。七飯町字中野で函館湾 1 号幹線が被害を受けた。この被害の区間延長は 728.7 m で管渠は  $\phi$  800 の推進管である。本区間には 7 箇所のマンホールがあるがそのうち 5 箇所が被害を受けさらにそのうちの 1 箇所が、2 cm を超える横ずれのため開削・設置直しに至った。残り 4 箇所の中に漏水の復旧工が 8 箇所

あった。また推進管においては18箇所の継手部の剥離と4箇所の管体部の横断クラック(1mm以内)の復旧工が行われた。これらの復旧はVカットコーキングによって行われた。この地区のほかにも、マンホールの被害はあったが敷設替えは行われなかった。

八雲町は区域内人口4300人、処理区域面積は0.973km<sup>2</sup>、日最大計画処理量2310m<sup>3</sup>の小規模な分流式下水道を有している。八雲町においては管渠の被害があり、八雲中学校プール横のφ200の塩ビ管が84m敷設替えされた。この区間は建設中で、埋戻し後舗装をする前に被害を受けた。八雲町の下水管路延長は3.73kmであるから敷設替えは2.33%となる。八雲町では地震後に噴砂がみられ液状化が発生していたが、町内にある78個のマンホールに被害はなかった。管渠関係の被害額は124万円であったが、町内の内浦町の排水路のブロックが57mにわたって被害を受けたため、その被害額が847万円に達した。登別市は区域内人口12430人、処理区域面積2.4km<sup>2</sup>、日最大計画処理量3100m<sup>3</sup>の分流式下水道を有している。

登別市においては、常盤町4丁目において被害が発生した。86mの管渠の被害中78mが蛇行で8mが浮上である。被害を受けたマンホール(1号マンホール、φ900mm)で10cm浮上した。また同地区内では20cmの路盤の沈下が長さ49mにわたって発生した。この部分は住宅地の中の生活道路において管渠設置・埋戻し後、舗装を行う前に被害を受けたもので、埋戻し部の地表面に噴砂が見られていることから被害の原因は液状化であると思われる。登別市における下水道関係の被害は約610万円であり、前述の七飯町・八雲町よりも少ないが、市全体の被害額が約1090万円と小さいため、下水道関係被害の比率が56%と大きいのが特長である。

#### (5) 下水道のまとめ

上記市町村においては、地震直後に下水道の使用が制限される事態は発生せず住民生活に影響を与えることはなかった。液状化により管渠・マンホールに被害は発生したものの、処理場・ポンプ場などの被害が軽微で機能停止に至らなかったためである。それゆえ、宮城県沖地震のときのように、汚水を河川に簡易処理のみで放出する事態も発生しなかった。下水道は地震による管路の破損が発生しても直ちに機能を失うことはなく、むしろ上水の供給停止に伴い下水道に対する機能的要求は一時的に減少することが考えられる。また下水道は、上水道と違って管路内に水圧がないため、管路内部の下水が周囲の地盤中に浸透しにくいという利点がある一方、そのために被害箇所を発見しにくいという不利な点がある。それゆえ、今回の地震においては各市町村とも恒久復旧の終了までに上水道よりも長期間を要した。しかしながら1994年1月の米国ノースリッジ地震においては、下水管渠の亀裂から地盤中に浸透した下水が上水管路の亀裂を通じて上水を汚染した可能性があったために、利用者が上水をそのまま飲用できなかったというライフライン相互のインタラクションが発生した。下水管渠の被害部分を速やかに特定する方法を考案しておかなければならない。また下水道は、大口径管路・マンホールなど見掛け比重の軽い地中構造物を、上水道よりも多く含むため液状化の被害を受けやすい。今回の地震においてもマンホールの浮上に関係する被害が多かった。またそのために地上交通に支障をきたすというライフライン相互のインタラクションも発生した。次なる地震に際して同様の被害を繰り返さぬためには、液状化に伴うマンホールの浮上対策を復旧時に施しておくべきであるが、何らかの対策を講じたのは長万部町だけであった。安価で有効な対策工法の確立が望まれる。

11.2 電力

11.2.1 システム概要

表 11.2.1～11.2.4 に、今回の地震で被害を受けた函館支店管内の発電設備、送電設備、変電設備、配電設備のシステム概要を示す。函館支店管轄内の送電系統は、日本では珍しい長距離送電を目的とする 250 kV 北本直流幹線によって本州側と接続されている（図 11.2.1）。また、今回の地震でもっとも被害を受けた奥尻島は、島内に 2 つの発電所（奥尻、ホヤ石川）を持つ完全に本州から独立した単独給電系統（配電系統）である。さらに、函館支店管轄内は、函館、北桧山、八雲、森、江差、福島各営業所によって配電系統が管轄されているが、管内の配電系統は、いずれも中・小規模の需要家

表 11.2.1 函館支店管内送電設備（平成 5 年 3 月 31 日現在）

区分 電圧(V)	電線路互長 (km)		支持物数 (基)				
	架 空	地 中	木 柱	コンクリート柱	パンザーマスト	鉄 柱	鉄 塔
6 600							
22 000	32 814	4 138			394		2
33 000	219 111	1 787		392	2 040	21	99
66 000	454 862	21 402	23		1 716	18	887
187 000	341 387						1 106
函館支店計	1 048 174	27 322	23	392	4 150	39	2 094
全道計	7 601 472	204 924	87	3 822	24 085	366	17 863
函館支店/全道計	13.7	13.3	26.4	10.3	17.2	10.7	11.7

表 11.2.2 函館支店管内変電設備（平成 5 年 3 月 31 日現在）

区分 電圧(V)	箇 所 数			許可出力 (kVA)	設備容量 (kVA)
	変電所	変電塔	配電塔		
22 000	3			25 500	25 500
33 000	11		1	68 250	68 250
66 000	18			435 000	447 000
187 000	1			200 000	200 000
275 000					
函館支店計	33		1	728 750	740 750
全道計	314	2	8	12 241 550	12 575 550
函館支店/全道計	10.5		12.5	6.0	5.9

表 11.2.3 配電設備（その 1）

	架 空						地 中					
	実互長			電線延長			実互長			ケーブル延長		
	高压	低压	合計	高压	低压	合計	高压	低压	合計	高压	低压	合計
函 館	1 439.4	1 322.3	2 761.7	4 187.1	4 069.7	8 256.8	27 534	1 226	28 760	36 722	1 241	37 963
北桧山	454.3	237.6	691.9	1 298.2	710.4	2 008.6	3 651	0	3 651	4 704	0	4 704
八 雲	414.3	227.6	641.9	1 222.5	666.4	1 888.9	1 327	0	1 327	1 924	0	1 924
森	237.2	165.9	403.1	706.4	455.8	1 162.2	584	0	584	649	0	649
江 差	491.2	272.4	763.6	1 573.4	900.8	2 474.2	4 437	0	4 437	5 583	0	5 583
福 島	316.6	231.2	547.8	904.4	663.9	1 568.3	2 950	1 233	4 183	4 783	1 453	6 236
合 計	3 353	2 457	5 810	9 892	7 467	17 359	40 483	2 459	42 942	54 365	2 694	57 059

なお、江差営業所配電設備統計は奥尻島内の配電設備も含む。

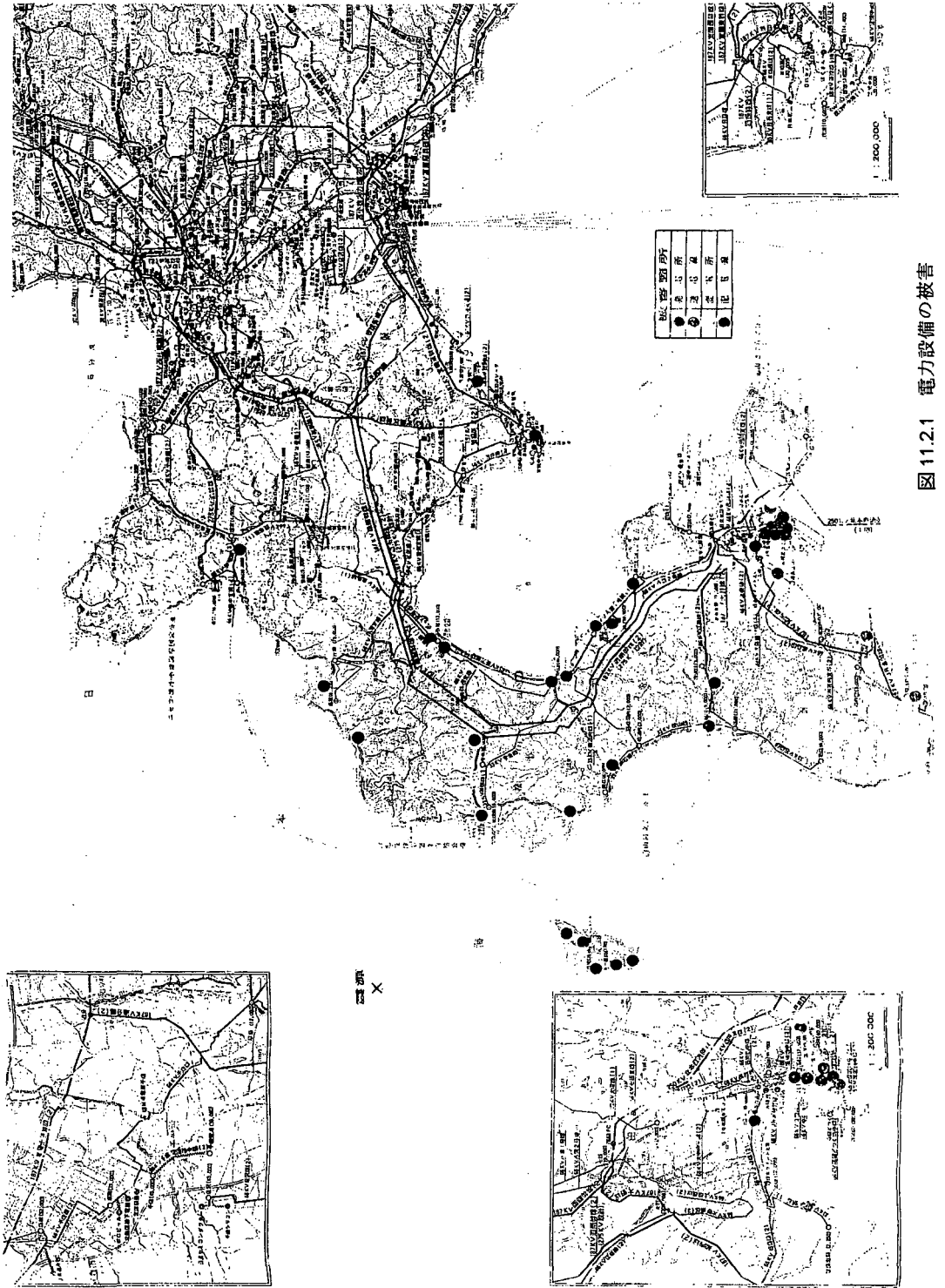


図 11.2.1 電力設備の被害



表 11.2.3 配電設備 (その2)

	WP	CP						鉄柱	合計
		OCP	ACP	BCP	その他	PCP	小計		
函館	4 475	21 419	23 398	2 224	26	106	47 173	229	51 877
北檜山	2 767	3 773	4 223	85	0	86	8 167	49	10 983
八雲	2 087	3 451	4 523	283	0	113	8 370	27	10 484
森	1 310	2 604	2 942	256	0	18	5 820	14	7 144
江差	3 532	3 725	5 752	239	0	124	9 840	118	13 490
福島	1 726	2 871	4 010	319	0	18	7 218	33	8 977
合計	15 897	37 843	44 848	3 406	26	465	86 588	470	102 955

WP : 木柱, CP : コンクリート柱, PCP : 複合鉄筋, OCP : 設計荷重 200 kg, ACP : 設計荷重 350 kg, BCP : 設計荷重 500 kg

表 11.2.4 発電設備概要

				許可出力 (kW)	備考
当社 発電所	本 道	水 力	ピリカ発電所	4 000	貯水池式
			七飯発電所	10 000	貯水池式
			磯谷川第1発電所	2 400	調整池式
			磯谷川第2発電所	1 233	流込み式
			相沼内発電所	2 000	調整池式
	奥 尻 島	水 力	ホヤ石川発電所	170	調整池式
			内燃力	3 200	1~6号機
			小計	3 370	
	計			423 003	
	他 社	本 道	水力	1 500	
小計			1 500		
計			1 500		

数を持つ放射状に運用されている比較のリダンダンシーの少ない系統である。たとえば、災害指定都市の認定を受け被害の多発した瀬棚町、北檜山町を供給エリアとする北檜山営業所は、今金、北檜山、瀬棚地域に供給する電力施設を管轄し、3つの配電用変電所を有する合計7 900戸の契約口数をもつ営業所である。

### 11.2.2 施設被害

図 11.2.1 には電力設備の被害箇所を、表 11.2.5~11.2.6 には電力施設の被害状況を示す。この表に基づき設備ごとの被害内容について以下に述べる。

#### (1) 発電設備

今回の地震により、森（地熱 50 MW）、知内（石油 350 MW）、奥尻（内燃力 3.2 MW）、ホヤ石川（水力 0.17 MW）の各発電所が被害を受けた。そのうち、もっとも被害の大きかった奥尻島内に設置されている2つの発電所のうち、主な島内供給源である奥尻火力発電所（3 200 kW）は、燃料輸送用パイプラインに被害があったが、発電に支障はでなかった。一方、需給調整用の水力発電所であるホヤ石川発電所（170 kW）は、津波による冠水の影響および導水路入口制水門ピアクラックなどの被害を受けた（写真 11.2.1）。この発電所は、地震発生時、1993年10月20日までの定期検査のため発電を中

表 11.2.5 設備被害

設備名	設備被害
発電所	
森 (地熱 500 MW)	生産井しゃ断弁駆動用アクチュエーター配管漏油
知内 (石油 350 MW)	電気集塵機 (EP) 短絡 煙突支持鉄塔一部損傷
奥尻 (内燃力 3.2 MW)	燃料パイプライン損傷
ホヤ石川 (水力 0.17 MW)	津波による発電所本館冠水、導水路 100 m 区間移動
送電線	
33 kV 松前線	がい子折損 (1 本)
33 kV 渡島当別線	がい子折損 (2 本)
33 kV 瀬棚線他	パンザーマストの支持物傾斜 14 基
33 kV 桧山線	鉄塔基礎変位および一部部材湾曲 3 基
変電所	
大野	187 kV 連変 Aバンク一次側避雷器赤相倒壊 構内方面擁壁亀裂 (100 m)
上磯	72 kV ガスしゃ断器青相碍管破損 機器基礎ひび割れ
長万部	66 kV 配変 Aバンク LTC がい管部漏油
福島	72 kV 開閉器赤相がい子折損

表 11.2.6 配電線の被害

支店別	函館	奥尻*	室蘭	小樽	岩見沢	合計
支持物 (基)	572	278		7		857
電線 (条)	27	659		4		690
変圧器 (台)	633	96	18	57	1	805
開閉器 (台)	3	11	2		1	17

注) \*奥尻分は函館支店と別掲

止していた。

震央位置にもっとも近い原子力発電所である泊原子力発電所においては、1、2号機とも地震による影響はなく、地震後も平常に稼働した。

## (2) 送電設備

送電設備の被害は、33 kV 松前線、33 kV 渡島当別線、33 kV 瀬棚線、33 kV 桧山線等に主な被害が発生した。特に、送電線パンザーマスト支持物と中実 LP 碍子を使用している 33 kV 瀬棚線においては、支持物傾斜の事故が多発した。これらの事故は、水田や砂質シルトなどの比較的軟弱な地盤で多発した。

## (3) 変電設備

大野、上磯、長万部、福島の各変電所の碍子系機器に被害が発生した。大野変電所では、187 kV 変圧器 1 次側の避雷器が地震力により倒壊した (写真 11.2.3)。また、上磯変電所では、72 kV ガス遮断器の青相碍管が地震力により破損した (写真 11.2.2)。その他軽微であるが、擁壁等にひび割れが発生

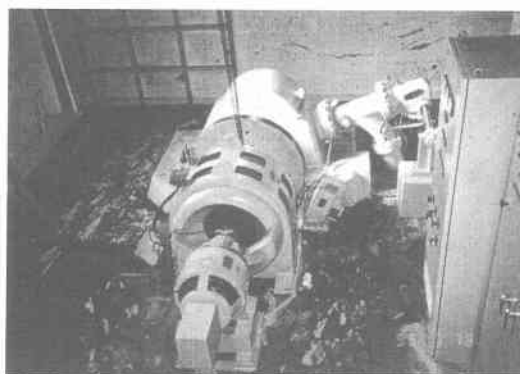


写真 11.2.1 津波により冠水したホヤ石川発電所水車発電機 (奥尻島)

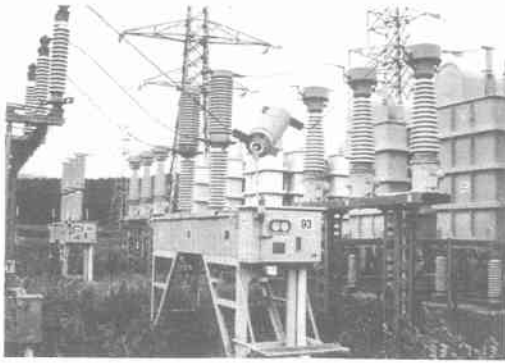


写真 11.2.2 72kV ガス遮断器の碍管破損  
(上磯発電所, 北海道電力から写真提供)

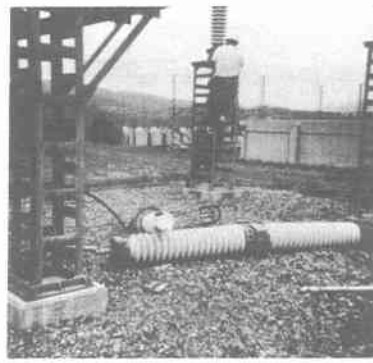


写真 11.2.3 187kV 避雷器の倒壊  
(大野変電所, 北海道電力から写真提供)

した変電所があったが、機能的には、問題はなかった。

#### (4) 配電設備

表 11.2.7 には、配電設備被害の統計を 1993 年釧路沖地震における配電設備被害の統計と併せて示す。被害は、函館支店管内では、全設備数の約 2.2%に発生した。また、南西沖地震における配電設備被害は、釧路沖地震のときと比較して支持物の被害が多いことが特徴的である(釧路沖地震で被害を受けた配電設備は、柱上変圧器に被害が多い)。この違いは、地盤に液状化が発生したかどうかによるものと考えられる。特に、南西沖地震の場合、支持物傾斜の多発した上磯町、七重浜、若松町地区(写真 11.2.4~11.2.5)は、液状化被害が数多く報告されている軟弱地盤地域である。地盤が液状

表 11.2.7 配電設備被害の違い

	支持物				電線	変圧器	
	折損	傾斜	倒壊	滅失		傾斜	滅失ほか
南西沖地震	48	615	65	129	690	735	70
釧路沖地震	12	199	6	0	114	8120	2



写真 11.2.4 地盤の液状化による電柱の埋没  
(上磯町, 北海道電力から写真提供)



写真 11.2.5 地盤の液状化による電柱の埋没 (七重浜)

表 11.2.8 奥尻島の被害状況

地区名	主な被害状況(支持物)				被害の概要
	折損	傾斜	倒壊	滅失	
海栗前～稲穂		3	9	18	主に津波による倒壊・流失 家屋の損壊も半数に及ぶ
宮津・仏沢・球浦	2		1		崖崩れによる折損・倒壊
奥尻			7		崖崩れによる倒壊(洋々荘付近)
長浜	1		1		崖崩れによる折損
松江～初松前		5		28	主に津波による流失
青苗・富里・米岡	22	21	18	48	主に津波による流失・倒壊と火災による焼失 損壊家屋が最も多い地域
藻内・ホヤ石 湯浜・幌内	2	17	15	35	津波と崖崩れによる倒壊・流失 最も大きな津波が発生した地域
八十八曲	7	10	8		崖崩れによる折損・倒壊 現在も崖崩れのため通行禁止
合計	34	56	59	129	

化すると支持物を支えている地盤自体の崩壊により、支持物傾斜等の被害が発生する。これに対し、地盤の凍結していた釧路沖地震のときには、地震動が地盤によりあまり減衰せずに、変圧器上部にまで伝わったことにより柱上変圧器等の上部機器に被害が多発したものと推定できる。

一方、もっとも被害の集中した奥尻島では、地震直後に崖崩れや津波により配電線路が各所で分断された。表 11.2.8 に奥尻島の地区別の設備被害状況を示す。被害の主な原因は、津波、火災、土砂崩れ、落石等によるものであり、地震力が直接の原因で破損した配電設備は、ほとんどなかった(写真 11.2.6)。



写真 11.2.6 津波により折れた電柱(奥尻島)

#### (5) 通信設備

本道の通信設備に関しては、上磯変電所のライントラップ(LT)が溶断したが、変電所の機能を停止するような事故には至らなかった。

一方、奥尻島では、奥尻発電所～ホヤ石川～奥尻発電所間の通信ケーブルが複数断線した。

#### 11.2.3 機能被害

今回の地震により北海道南部を中心に約2万6700戸に停電が発生した。このうち、約20500戸は配電線30フィードの故障による供給支障である。その他は碍子折損事故や発電所などの電源停電による供給支障である。表 11.2.9 には、地区別の供給支障電力とその発生時間を示す。

地震発生時、北海道電力管内では2860MWの供給を行っていたが、地震直後には約25MWの発電支障と約140MWの供給支障が発生し、系統周波数が50.58Hzまで上昇した。表 11.2.10 には、発

表 11.2.9 供給支障電力

地区名	支障電力	支障時	原因
松 前	4 400 kW	5 時間 18 分	送電線事故
渡島当別	800 kW	5 時間 08 分	送電線事故
福 島	2 700 kW	17 分	緊急作業
奥尻 (参考)	2 140 kW	約 9 日	配電線事故

表 11.2.10 発電支障

所 名	支障電力	支障時間	停止原因
ピリカ (水)	700 kW	10 時間 08 分	系統分離過電流リレー
森 (地)	20 800 kW	13 時間 34 分	地震検出リレー
知 内 (火)	出力制限	16 日まで	電気集塵機短絡
ホヤ石川 (水)	停止作業中	-	-
蘭 越 (水)	3 200 kW	1 時間 12 分	圧油集油槽油面低下
荘 督 (水)	420 kW	49 分	過速度リレー

表 11.2.11 奥尻島の停電状況

地区名	お客さま戸数	停電戸数	損壊家屋	送電時間	送電状況
奥尻地区北	415	119	0	14 日 19:30	奥尻 PS より送電
〃 南	137	0	0	-	(供給支障なし)
谷地地区	198	0	10	-	(供給支障なし)
赤石地区	131	131	30	13 日 10:00	奥尻 PS より送電
球浦開拓地区	17	17	0	14 日 11:15	奥尻 PS より送電
松江地区	146	146	111	14 日 15:15	奥尻 PS より送電
青苗・富里方	753	753	272	15 日 17:24	高圧発電機車 (500 kW) で送電 (20 日 14:32 奥尻 PS より送電)
米岡地区	71	71	0	15 日 19:35	高圧発電機車 (500 kW) で送電 (21 日 15:28 奥尻 PS より送電)
球浦・宮津方面	312	312	40	16 日 15:00	高圧発電機車 a (200 kW) で送電 (21 日 15:28 奥尻 PS より送電)
稲穂方面	85	85	44	16 日 15:55	高圧発電機車 a (200 kW) で送電 (20 日 16:41 奥尻 PS より送電)
幌内・神威脇	59	59	12	16 日 15:40	高圧発電機車 b (200 kW) で送電 (20 日 16:41 奥尻 PS より送電)
計	2 324	1 693	519		

電支障の内訳を示す。

表 11.2.11 には、今回の地震でもっとも被害を受けた奥尻島の地区別の停電状況を示す。地震直後、奥尻島の全契約口数である 2 324 戸のうち約 7 割にあたる 1 693 戸が停電した。奥尻島の火力発電所は、健全であったが、配電設備が壊滅的な被害を受けたため大規模な停電を引き起こした。また、津波、火災等により家屋倒壊したため、復旧後も電力供給を受けられなかった需要家は、519 戸に達した。

本道側でも被害の多発した北桧山営業所管轄内では、契約需要家のうち約 1 割にあたる 738 戸の需要家が停電となった。停電地域の内訳は、北桧山町では、若松方面が 190 戸、太櫓方面 273 戸であった。今金町では、大和方面 53 戸、日進方面 90 戸、八束方面 132 戸であった。瀬棚町では、停電は発生しなかった。

## 11.2.4 復旧過程

### (1) 復旧の概要

表 11.2.12 には、北海道電力がとった地震直後の非常事態態勢を示す。北海道電力では、まず、系統周波数異常が発生したため、北本連系設備により緊急送電を行い、平常周波数に回復させた。また、

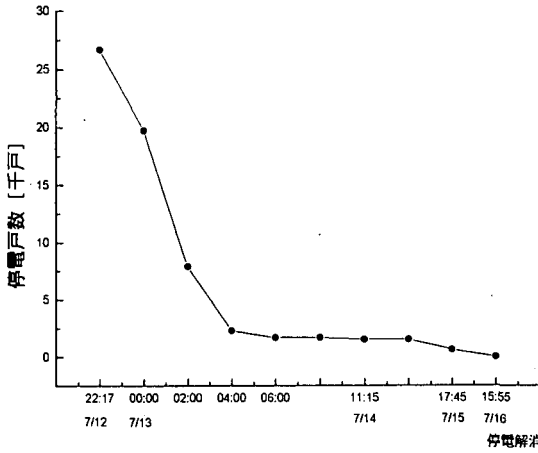


図 11.2.2 停電戸数の推移

表 11.2.12 非常災害態勢

日	時	内 容
7/12	22:45~7/13 7:16	泊支部 警戒態勢
7/12	23:00~7/12 24:00	函館支部 警戒態勢
7/12	23:10~7/13 7:20	本 部 警戒態勢
7/13	0:00~7/13 3:50	函館支部 1号非常態勢
7/13	3:50~7/13 7:15	函館支部 警戒態勢
7/13	7:15~	函館支部 奥尻島復旧 対策支部設置
7/13	7:20~	本 部 奥尻島復旧 対策支部設置

配電設備には、支持物、柱上変圧器等に約2300箇所の被害があったが、本道側は、故障箇所を主回路から切り離すことで仮復旧ができ、広域地域に長期的な供給支障は発生しなかった。図 11.2.2 には、停電戸数の推移を示す。

(2) 奥尻島の復旧

今回の地震では、奥尻島がかなりの被害を受けた。ここでは、奥尻島に焦点をあて、①人員と資材をどのように調達したか②復旧はどのように行われたのかについてその概要を示す。

a) 人材・資材の調達

奥尻島へ人員や資材を運搬するための手段としてフェリー、自衛隊ヘリコプター（ヘリ）、北海道電力配電監視用ヘリコプター、サルベージ船が利用された。表 11.2.13 に奥尻島への輸送状況を示す。地震直後は、奥尻～江差間、奥尻～瀬棚間の定期フェリーは奥尻港が使用できず欠航となり、13日から、ヘリコプターによる人材・資材の輸送が開始された。表 11.2.13 をもとに、13日からの人員・資

表 11.2.13 奥尻島への輸送人数

輸送日時		輸送人数			輸送車両台数			
		輸送方法	社 員	工 事 会 社	高所作業者	建柱車	移動電源車	その他
13 日	6:25	ヘリコプター	2					
	10:40	ヘリコプター	1	10				
	16:30	ヘリコプター	2				携帯 3	
14 日	0:40	サルベージ船	2		1	1	低圧 1	復旧資材
	8:00	ヘリコプター	5	15				
15 日	0:00	サルベージ船	3		1	1	携帯 21	復旧資材
	11:00	ヘリコプター	8	6				
	12:00	フェリー瀬棚	1				500 kW 1	タンクローリ
16 日	5:40	フェリー瀬棚	12	32	4	2	200 kW 4	タンクローリ
	6:50	フェリー江差		5	1	1		復旧資材
17 日	6:50	フェリー江差		2		2		復旧資材
	8:10	ヘリコプター	2					復旧資材
	10:20	フェリー瀬棚		5				復旧資材
	13:00	フェリー江差	3					復旧資材

材の島への搬入状況を以下に示す。

13日6時25分、北海道電力の職員2名が同社送電線巡視用ヘリで奥尻島に到着した。彼らの目的は、被害状況の把握および資材・機材の搬入等の具体的復旧方法の検討であった。

13日10時40分、移動電源車(500kW×1台、200kW×2台)を札幌支店等から瀬棚港へ移動し、フェリーが運行を再開するまで待機した。また、同40分、北海道電力職員1名および請負工事会社(北海電気工事)社員10名が、自衛隊のヘリで奥尻島に到着した。この後、現地に常駐してあった建柱車、高所作業車1台を活用して復旧作業に着手した。

13日11時10分、北海道電力江差営業所長から海上保安庁に対し、巡視船による作業車等の運搬を依頼したが、重量オーバーとの理由から運搬不能であると断られた。

13日16時30分、ヘリコプターにより社員2名、携帯用発電機(30kW、50kW計3台)等を運搬した。

14日からは、同社のチャータしたサルベージ船で車両・資材の運搬が行われたが、高圧発電機車などの重車両はサルベージ船では運搬できないため、瀬棚、江差両港で電源車や大型資材等は、足止めされた。

15日正午に瀬棚～奥尻間のフェリーが再開すると、ガソリン等の燃料搭載のタンクローリーが運搬され、燃料が確保された。しかし、その他の資材(コンクリート柱など)は、フェリー等のキャンセル待ちをさらに強いられた。

16日以降は、復旧状況に応じて資材が順調に運ばれた。

b) 復旧過程

図11.2.3には、奥尻島の停電戸数の時間的な推移を示す。地震発生から約4日後の16日午後には、機能的な回復が見られたが、9日後の21日まで仮復旧が続けられた。表11.2.14には、避難所への応急送電状況を示す。被災者が集合している米岡自治館、青苗中学校から、2.3kVAの発電機を13日18:30から設置し、暫定供給が開始された。また、奥尻飛行場、NTT青苗は、先方発電機設備および先方バッテリーで対処し、7月22日以降は、余震の継続による二次災害への対応として、高圧発電機車

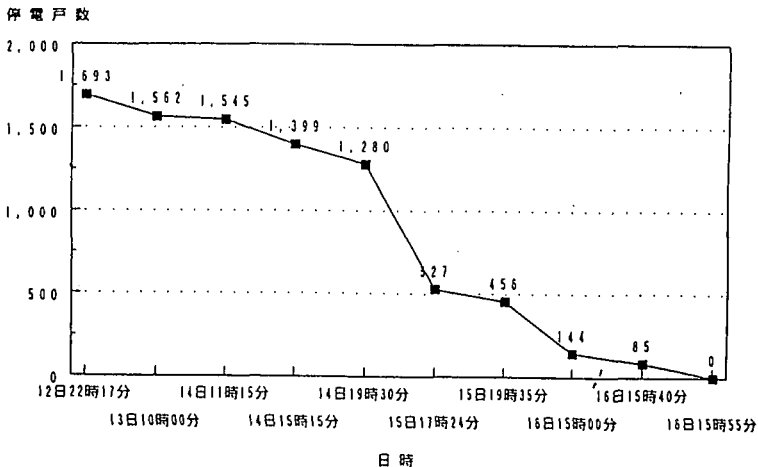


図 11.2.3 奥尻島の停電戸数の推移

表 11.2.14 避難所への送電状況

区	避難施設	収容人数	当初の電力供給方法	発電機の輸送
奥 尻	奥尻小学校	150	供給支障なし	
	公民館	30	供給支障なし	
赤 石	赤石町民センター	20	13日通常配電系統で供給	
	赤石自治会館	30	13日通常配電系統で供給	
松 江	母と子の家	150	14日通常配電系統で供給	
青 苗	法隆寺 (遺体安置所)	-	13日携帯帯低圧発電機系統で供給	ヘリコプター
	青苗中学校	460	13日低圧発電機車で供給	サルベージ船
	青苗支所	30	13日携帯帯低圧発電機系統で供給	島内で調達
米 岡	米岡自治会館	50	13日携帯帯低圧発電機系統で供給	ヘリコプター
	宮津小学校	150	15日携帯帯低圧発電機系統で供給	サルベージ船
宮 津	宮津保育所	20	15日携帯帯低圧発電機系統で供給	サルベージ船
	宮津生活会館	20	15日携帯帯低圧発電機系統で供給	サルベージ船
	稲穂自治会館	70	15日携帯帯低圧発電機系統で供給	サルベージ船
稲 穂	稲穂波とう会館	70	15日携帯帯低圧発電機系統で供給	サルベージ船
	神威協会館	50	15日携帯帯低圧発電機系統で供給	サルベージ船
合 計		1300		

2台を奥尻発電所に残置し、運転要員として社員4名を奥尻営業所に配置した。

仮設住宅への供給工事は、100戸（青苗72戸、初松前12戸、稲穂8戸、海栗前4戸、球浦4戸）に対して7月25日までに供給工事を完了し、さらに、増設される住宅に対しては、供給工事を行う準備が整えられている。

地震発生と同時にNTT回線が通話不能となり、無線での交信も思うようにならなかった。そこで、現地と函館支店での連絡をとるために、7月14日12:55までに、奥尻～瀬棚間で移動無線局による通話を可能とした。また、7月15日16:15までにHosat（北海道衛星通信株）の回線により奥尻～本店～函館支店間を通話可能とした。さらに、7月19日18:00までにHosatファクシミリが接続され、復旧作業に活用された。

図 11.2.4 には、奥尻島の派遣人員を示す。本道側から北海道電力およびその関連会社（北海電気工

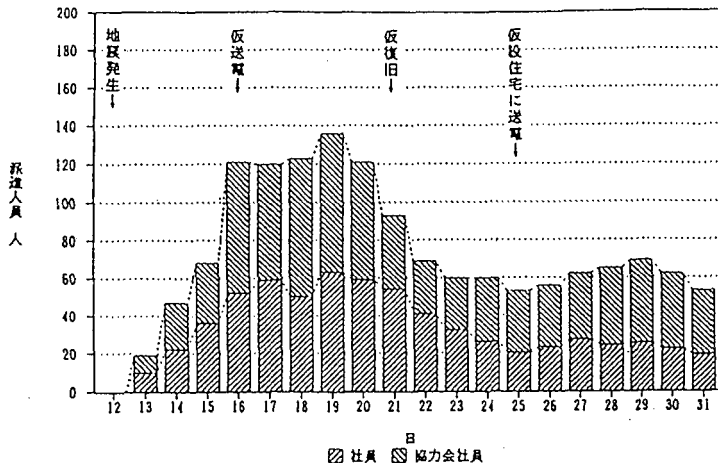


図 11.2.4 奥尻島派遣人員 (7月21日現在予定含む)



事、テクセル)の現場技術者が島に渡り、7月21日までの間、社員延べ500名、工事会社延べ620名を動員した。7月29日現在、社員延べ623名、工事会社延べ719名が派遣された。

### (3) 北桧山営業所における復旧過程

ここでは、本道側で被害の多発した北桧山営業所の復旧過程について詳述する。地震直後、配電用変電所の配線に、地絡および短絡事故が発生して柱上開閉器が事故遮断(通電を遮断)した。このような自動開閉器は、電柱上に約4km間隔ごとに設置されている。

復旧は、まず、この開閉器の自動開閉を繰り返し、事故区間を特定することから始められた。制御所では、事故時に自動開閉器が遮断されたかどうかで故障区間を特定する。ただし、自動開閉器が検知できない故障の場合(短絡や地絡が発生しない故障)には、需要家からの通報が故障区間を特定する有力な方法となる。

故障区間を特定すると次は、復旧の優先順位に従って作業員が現場に急行した。今回の場合、①公的な需要家②通信関係の需要家③負荷の大きな需要家の順に優先順位が決定された。復旧に際しては、社員12名関連会社9名で復旧作業を行った。

現場に急行すると各作業員が目視で故障箇所をみつめていった。目視で確認できない故障の場合は、①トランスをはずして通電性をチェック②アレスターリード線をはずして通電性をチェック③配電線をはずして通電性をチェック④碍子を一つ一つ点検するという段階的な手順で故障箇所を特定してゆく。今回の場合は、目視によりすべての故障箇所を特定することができた。

図11.2.5には、北桧山営業所管轄内の停電戸数の推移を示す。

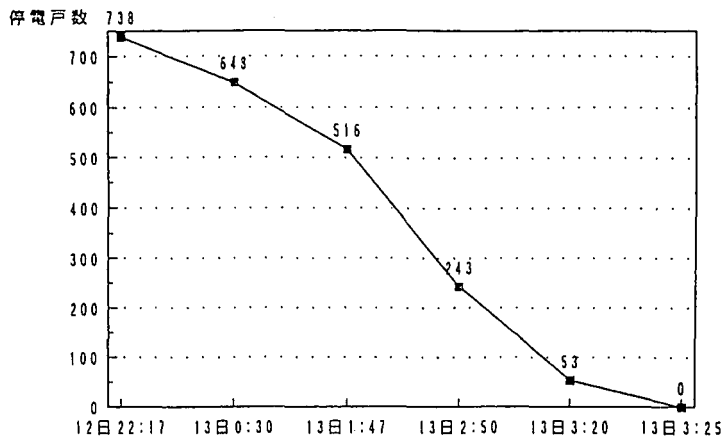


図 11.2.5 北桧山営業所管轄内の停電戸数の推移

## 11.2.5 復旧時の問題点

### (1) 離島地域の復旧について

奥尻島での復旧を行うに際し、復旧を遅延させる要因として以下のような項目を挙げることができる。

- ① 道路損壊や土砂崩れの危険性があるため道路封鎖が行われている場合、復旧現場に近づけない

あるいは道を迂回して復旧に長時間を要したケースがあった。

② 通行止めの区間や崖崩れの現場での復旧作業は、崖崩れ等の状態を監視しながら行われたが、このような危険箇所での工事の場合には、警察への連絡が必要であった。

③ 電柱の建柱（電柱を建てること）は、もとの場所に設置できない場合が多く、できない場合、水道管、NTT埋設管との関係で調整が必要であった。

④ フェリーの運行が停止し、島への重資材運搬に手間どった。

⑤ 現地との連絡がNTT回線の輻輳によりできなくなり、Hosatにより応急通信回線を確保しなければならなくなった。

## (2) 道路損壊に伴う復旧の遅延

今回の地震では、道路崩壊および土砂崩れが復旧にかなりの影響を与えた。たとえば、北桧山営業所管轄内で最後の復旧箇所となった道道八雲～今金線沿いの故障区間を特定した時刻は、13日1時47分であった。その後、作業員が現場に急行しようとしたが、途中土砂崩れが起きており、現場に作業車で近づくことができなかった。付近には、簡単に迂回できるような道が存在せず、なんとか迂回して現場の作業を終了（柱上変圧器リード線抜けを発見、修復）した時刻は、13日3時40分であった。もし迂回せずに現場に急行できたならば30分以上は、作業を早く終了することが可能であった。

### 11.2.6 まとめ

北海道南西沖地震による電力施設の被害と復旧の概要は、次のようにまとめることができる。

#### (1) 被害の概要について

約2万6700戸に供給支障が発生した。送電系統の被害は、軽微であり供給支障の主な原因は、配電系統の施設被害によるものであった。

奥尻島では、配電施設が壊滅的な被害を受け、1693戸に供給支障が発生した。

北桧山営業所が管轄する今金、北桧山町では、配電施設が被害を受け、738戸が停電となった。

#### (2) 復旧の概要について

送電系統の被害が軽微であったことにより、本道側の供給支障は、13日の明け方までにほぼ解消した。

奥尻島では、低圧発電機、発電機車により、避難所に応急配電を行った。また、(a)道路が通行止めであったため迂回しなければならなかったこと(b)崖崩れ等の危険箇所で作業を行わなければならなかったこと(c)建柱の際、NTT、水道局（町役場）等間で調整が必要であったこと(d)離島により復旧資材等の輸送に手間取ったこと(e)通信回線を新たに設置しなければならなかったことが復旧作業を遅らせる主な原因となった。全島の停電解消時刻は、7月16日15時55分であった。ただし、519戸が全壊したことによりこれらの需要家は、電気の供給を受けることができなかった。

北桧山営業所管轄内では、全需要家の停電を解消した時刻は、13日3時40分であった。また、道路崩壊や土砂崩れが復旧作業を遅延させる要因のひとつとなった。

なお、本文中の図表は、6)、7)の資料を引用したものと地震後に北海道電力より提供された資料をもとに作成したものとを含んでいる。絶大なる御協力をいただいた北海道電力の方々に記して感謝の意を表する。

## 11.3 ガス

### 11.3.1 概要

北海道南西沖地震で被害を受けた長万部町営ガスの概要および被害状況を表 11.3.1 に示す。長万部町営ガスは、長万部町の一部の約 1 425 件の需要家に、LPG を原料とする都市ガスを供給しているガス事業者で、ガス製造設備 1 基、ガスホルダー 2 基を有し、本支管延長は、約 20 km である。天然ガス受入用有水式ホルダー（1 000 m<sup>3</sup>）のガイドローラーが支柱よりはずれ使用不能となった以外、製造設備には被害がなかった。また、製造所からの低圧ガスの送出量が 50 m<sup>3</sup>/h から 280 m<sup>3</sup>/h に急激な増加傾向を示し、低圧導管からのガス漏えいが多数発生していることが推定されたために、保安統括者である助役および管理者である町長に連絡し、供給停止の決定を行い、地震発生 11 分後の 22 時 28 分に、送出管のバルブを停止することにより供給を停止した。このように、供給停止が早く実施されたため、地震発生直後の供給設備の状況については、確認されていない。なお、事業者の規模が小さいこともあり、ブロック化は行っていなかった。

被災事業者の復旧活動は保安確保を第一優先とし、速やかな復旧の遂行に努めた。北海道通産局、日本ガス協会北海道部会、被災事業者の緊密な連携のもと、応援事業者の精力的な救援活動によって、二次災害の発生もなく、地震発生後 8 日間で全需要家の復旧を完了した。

以下、設備の被害とその特徴、復旧経過および今回の地震で特徴的であった液状化地区の導管の拳動調査結果について述べる。

表 11.3.1 長万部町営ガスの概要および被害状況

設備項目	数 量	被害状況
需要家数	1425 戸	1 425 戸
ガス製造設備	LP エアーガス化装置 2 基	被害なし
有水式ガスホルダー	2 基	1 箇所
中間圧管	1.8 km	2 箇所
低圧本管	11.8 km	1 箇所
低圧支管	6.5 km	14 箇所
供給管	1425 戸（需要家数）	22 箇所
内 管	1425 戸（需要家数）	35 箇所

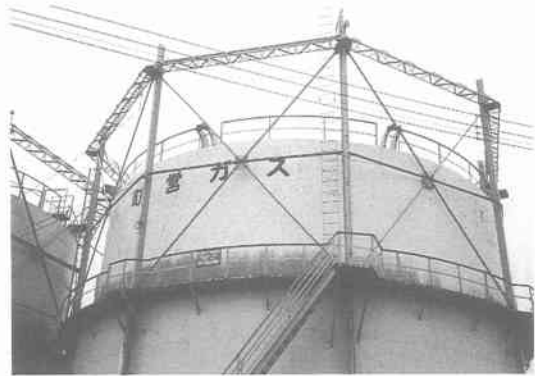


写真 11.3.1 ガス槽が回転し、ガイドローラーははずれ発生

### 11.3.2 製造設備の被害

天然ガスを受け入れている有水式ガスホルダーはガス槽のガイドローラー 16 個すべてが支柱よりはずれ、ガス槽全体が約 1.5 m 反時計方向に回転した（写真 11.3.1）。また、都市ガス供給用有水式ガスホルダーを含め他の製造設備は被害がなかった。

## 11.3.3 供給設備の被害

本支管および供内管の被害は、表 11.3.2 のとおりであった。

表 11.3.2 本支管および供内管の被害<sup>9)</sup>

	液状化地区※				非液状化地区			全地区		
	被害箇所数	延長,戸数	被害率	被害箇所数	延長,戸数	被害率	被害箇所数	延長,戸数	被害率	
中間 庄	本管	1 MKD 1	1.59 km	0.63 箇所 /km	0 -	0.24 km	0.00 箇所 /km	1 MKD 1	1.83 km	0.55 箇所 /km
	灯外内管	1 ねじ 1			0 -			1 ねじ 1		
低 庄	本管(80A 以上)	1 MKD 1	6.37 km	0.16 箇所 /km	0 -	5.474 km	0.00 箇所 /km	1 MKD 1	11.844 km	0.08 箇所 /km
	支管	14 LA 5	2.09 km	6.70 箇所 /km	0 -	4.386 km	0.00 箇所 /km	14 LA 5	6.476 km	2.16 箇所 /km
		ねじ 9						ねじ 9		
	供給管	19 LA 5	703 戸	27.3 箇所	3 ねじ 3	722 戸	4.16 箇所	22 LA 5	1 425 戸	15.44 箇所
		ねじ 14		/1 000 戸			/1 000 戸			ねじ 17
	庄	灯外内管	28 LA 7	39.83 箇所	2 ねじ 2	2.77 箇所	30 LA 7	21.05 箇所		
ねじ 21			/1 000 戸	/1 000 戸		ねじ 23		/1 000 戸		
灯内内管	4 ねじ 4	5.69 箇所 /1 000 戸	1 ねじ 1	1.39 箇所 /1 000 戸	5 ねじ 5	3.51 箇所 /1 000 戸				

※ 液状化地区は地盤変状等調査結果により区分

(全被害箇所数 74)

## (1) 被害状況

## a) 本支管

中間庄本管で、MKD継手の抜出しが1件発生した。また、低庄本管（口径80 A以上）でもMKD継手の抜出しが1件発生した。低庄支管の被害は、14箇所あった。その内訳は、ねじ折損7箇所、ねじ亀裂1箇所、ねじゆるみ1箇所、LA継手抜出し4箇所、LA継手ゆるみ1箇所であった。

## b) 供給管

供給管の被害は22箇所であり、その内訳は、ねじ折損14箇所、ねじ亀裂3箇所、LA継手抜出し4箇所、LA継手ゆるみ1箇所であった。

## c) 整圧器、バルブ

整圧器、バルブの被害はなかった。

## d) 内管

内管の被害は35箇所であり、その内訳は灯外内管30箇所、灯内内管5箇所であった。その大半が、ねじの折損・亀裂またはLA継手の抜出し・ゆるみであった。

## e) ガスメーター、消費機器ほか

ガスメーターおよび消費機器の被害はなかった。

## 11.3.4 復旧経過

## (1) 対策本部の設置

被災事業者では、地震発生直後「長万部町営ガス災害対策本部（本部長：中村勉長万部町長）」（以下、現地対策本部と記述）を設置し、被害状況の把握と復旧作業にあたった。また、日本ガス協会北

北海道部会（以下、北海道部会と記述）は、「日本ガス協会北海道部会北海道南西沖地震救援対策本部（本部長：佐々木正丞北海道部会会長）」（以下、北海道部会救援対策本部と記述）を7月13日に北海道部会内に設置した。

日本ガス協会本部では、今回は救援対策本部を設置せず、情報連絡体制を取り、ガス協会に常時職員を配置し、現地の情報の把握に努めた。また、7月13日に被害の調査隊を派遣した。

## (2) 復旧作業

### a) 被災事業者の動員状況

当該事業者の職員は8人（技術7人、事務1人）で構成されており、震度4以上の場合には、職員全員が自動的に製造工場に出動するように規定されている。今回、水道ガス課長、供給係長、製造係長が地震発生後約5分で工場に出動し、製造設備、ガスホルダーの点検、送出量の確認等を行った。また、他の技術系職員も20分後には全員出動した。

### b) 供給停止に至る経緯

地震発生後、低圧ガスの送出量が50 m<sup>3</sup>/hから280 m<sup>3</sup>/hに急激に増加し、低圧導管の漏えいが多数発生したものと推定されたことや、有水式ガスホルダーのガイドローラーがはずれたこと等から、町長および保安統括者の町助役と協議のうえ、供給停止を決定した。なお、供給停止が地震発生11分後という極めて早い段階で行われたため需要家からの漏えい通報等はなかった。

### c) 原料ガス源の確保

地震の発生が幸い夏期でピーク期でなかったため、3箇所の天然ガス井戸のうち2箇所（1号・3号）を稼働することで供給再開が可能と判断されたことから、天然ガス井戸から集積所間の2ラインでガス供給源を確保し、漏えいのあった1ラインの修理については、後日実施することにした。天然ガス井戸2箇所の漏えい検査、発生試験を北海道鉱山保安監督局検査官立ち会いのもと、7月15日に実施し合格した。

また、天然ガス輸送ラインについても、一部区間での修理完了後、上記と同日（7月15日）に検査を受け合格した。

### d) 有水式ガスホルダー（原料受入用）の復旧

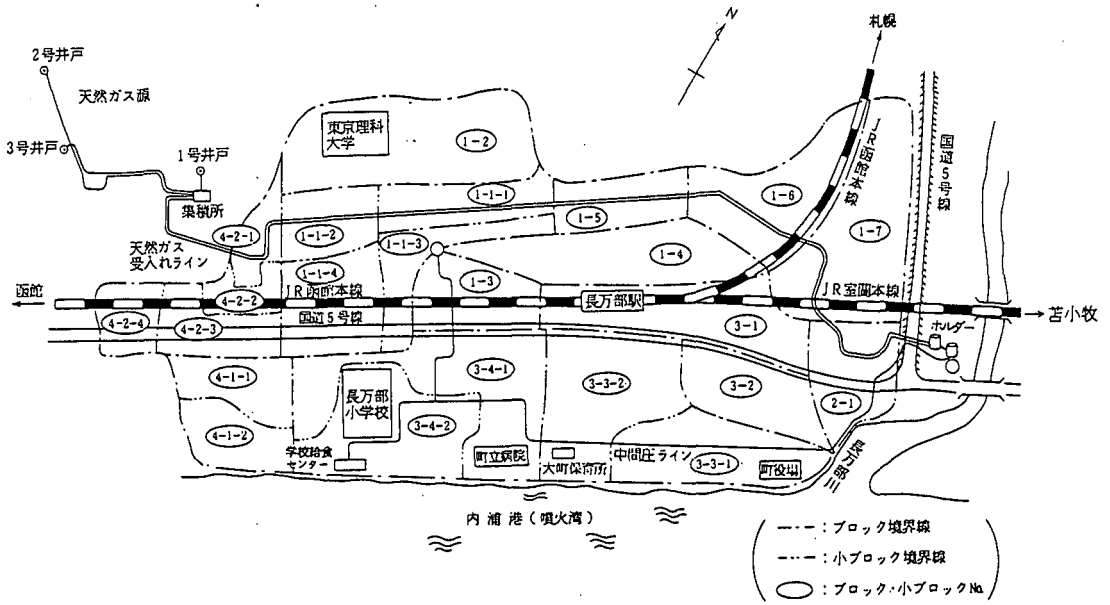
有水式ガスホルダーのガイドローラーはずれについては、復旧計画に基づき7月15日までに修理を完了し、原料ガスの受入れを開始した。

### e) 中間圧導管の復旧

中間圧導管については7月13、14日に漏えい箇所の特定制を行い、その結果、ライン中の1箇所と中間圧供給需要家の内管に漏えいがあることが判明した。7月15日に修理を完了し、7月16日にパージを実施した後、末端にあるガバナを稼働させた。漏えい原因は、MKD継手（拔出し防止機構なし）の拔出しとねじ接合のゆるみによるものであった。

### f) 低圧導管の復旧

供給再開に不可欠な低圧本管ラインの漏えい修理を7月13日に着手し、16日に完了した。本管については、結果的には80 A鋼管の漏えいが1箇所のみであり、他は支管、供給管、内管部で発生していた。7月14日よりブロック化（14ブロック）を実施したが、復旧作業の進捗に伴い、随時ブロックの見直しを行い、細分化や統合を実施した（最大時23ブロック）。7月15日には、低圧導管の



ブロック No.	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	2-1	3-1	3-2	3-3	3-4	4-1	4-2	計
需要家数 (件)	277	31	47	151	102	111	39	24	99	69	104	180	17	174	1425

図 11.3.1 ブロック化の状況 (イメージ) およびブロック別の需要家数<sup>8)</sup>

被害が軽微であったブロックが復旧し、順次開栓作業に着手した。

ブロック化の状況とブロック別の需要家件数については図 11.3.1 のとおりである。当該事業者の供給エリアのほぼ中央に、JR 函館本線が通っているため、これを境に導管网を大きく 2 つに分割した。また、製造所が供給エリアの北東の端に位置していることから、製造所からのびる本管ラインに沿って、順次復旧できるようにブロック化を実施した。

### 11.3.5 液状化と導管の拳動

#### (1) 調査目標と調査地点の概要

液状化の発生した地点における導管の状況を把握するため、現地詳細調査 (平成 5 年 7 月 16 日～18 日) を実施した。調査は噴砂や下水マンホールの浮上等から液状化が発生したと判断される 4 地点を抽出し、導管が埋設されている箇所をそれぞれ数箇所掘削し、水準測量等により導管の浮上・沈下を、また、目視により変形の有無等を確認した。また、他のライフライン施設の状況も併せて調査し、長万部町が行った下水道施設の災害復旧工事測量結果<sup>10)</sup>などにより、ガス導管の状況との比較を行った。

調査は、下水マンホールが浮上したと推定される長万部振興会館前「調査地点 1」および大町保育所付近の「調査地点 2」、周囲に噴砂の痕跡がみられた大町保育所前の「調査地点 3」、地盤の亀裂・圧縮、側溝コンクリート製マスの圧壊、および鋼管の変形がみられ、地盤の側方流動 (永久変位) が生じていたと推定される長万部町立病院付近の「調査地点 4」を対象とした。調査地点を図 11.3.2 に示す。

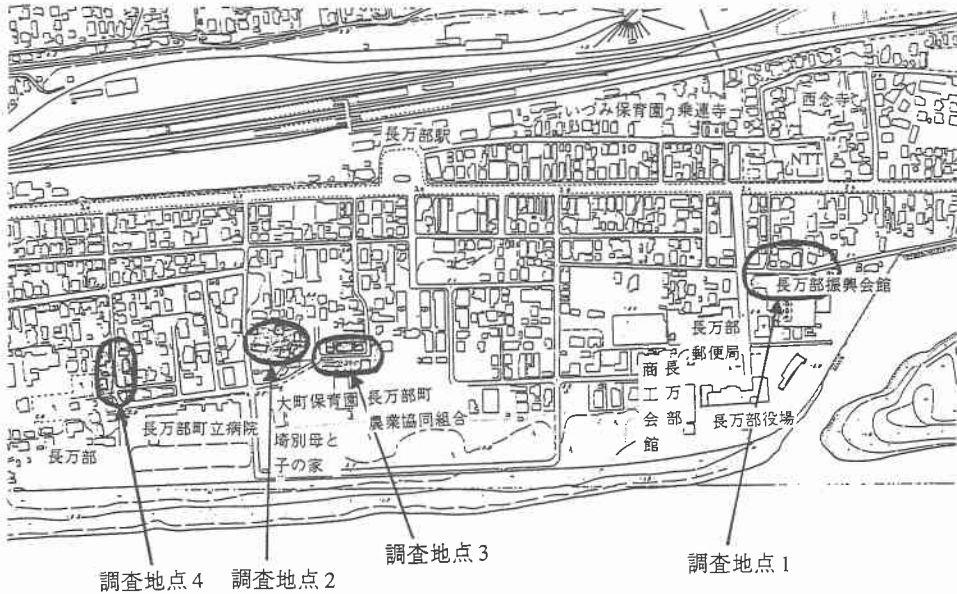


図 11.3.2 液状化の発生地区における導管の状況調査地点<sup>8)</sup>

(2) 調査結果および考察

a) 調査地点 1 (長万部振興会館前)

調査地点 1 における掘削箇所，変状のあった下水マンホール，液状化による噴砂箇所および地盤変状の状況を図 11.3.3 に示す．本地点では，掘削箇所 (No.1～7) に沿って口径 150 A の低压鋼管が埋設されており，これに近接した下水マンホールでは相対的浮上がみられた．調査は，図に示す 7 箇所を掘削し，それぞれについて水準測量を実施することにより，地震後における路面高，ガス管頂高，地下水位高および浮上たとされる下水マンホール天端高等を測定した．また，掘削により露出した導管について，液状化による変形の有無等を目視により確認した．調査状況を写真 11.3.2 に示す．な



図 11.3.3 調査地点 1 における地盤変状等の状況<sup>8)</sup>



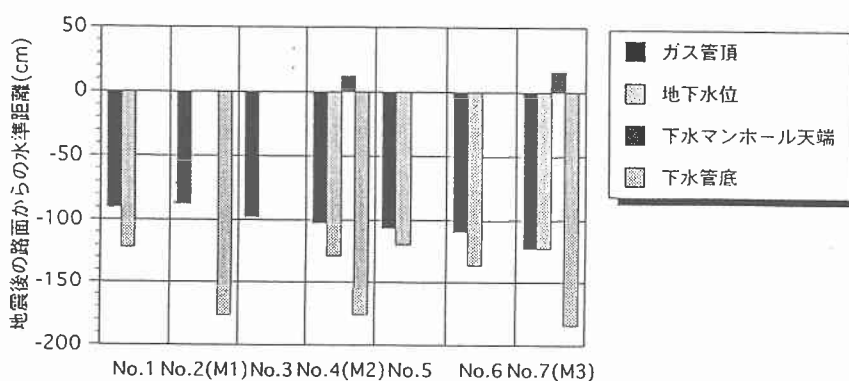
写真 11.3.2 調査地点 1 における調査状況 (測点 No.7 における掘削状況，下水マンホール M3 の相対的浮上量 16 cm)<sup>8)</sup>

表 11.3.3 調査地点 1 の測量結果<sup>8)</sup>

測点 No.	路面高 (cm)	ガス管頂高 (cm)	地下水位高 (cm)	下水マンホール 天端高 (cm)	下水管底高 (cm)	測点間距離 (m)
1	-2.0	-92.0	-123.5	-	-	0.0
2	-2.5	-89.5	地下水現れず	-2.5	-178.5	5.7
3	-1.0	-98.0	地下水現れず	-	-	9.7
4	-1.0	-103.5	-129.0	11.0	-177.0	10.8
5	0.0	-106.5	-119.5	-	-	10.4
6	0.5	-108.5	-135.5	-	-	14.4
7	0.5	-121.5	-121.5	16.5	-184.0	11.1
					計	62.0

\* M1 は測点 No.2, M2 は測点 No.4, M3 は測点 No.7 に相当する.

\* 路面高～下水管底高までは仮 BM を基準とした値である.

図 11.3.4 調査地点 1 の各測点における地震後の路面からの水準測量結果<sup>8)</sup>

お、掘削により、舗装構造はどの測点でもアスファルトコンクリート 10 cm, 路盤 30 cm 程度であることが確認されている。

測量結果を表 11.3.3 に示す。また、各測点における地震後の路面からの水準距離を図 11.3.4 に示す。測点 No.7 付近の下水マンホール M 3 では、路面と 16 cm 程度の相対的浮上が認められた。また、測点 No.4 付近の下水マンホール M 2 においても 12 cm 程度の相対的浮上がみられた。本地点で液状化が発生したことは、周囲の状況から明らかである。しかし、本地点においては前途の長万部町が行った下水マンホールの測量データがないため、その相対的変位が下水マンホールの浮上によるものであるのか、路面の沈下によるものであるのかは特定できない。

一方、地下水位については、ガス導管の埋設位置より若干低いことがわかった。そこで、管の自重  $W_p$  と管に作用する浮力  $U_p$  との比から、浮上安全率  $F_u (=W_p/U_p)$  を算定してみた。ここで、砂層の単位体積重量  $\gamma$  は  $2.0 \text{ tf/m}^3$  (以下の調査地点でも同一な値を用いる) とした。結果は  $F_u < 1.1$  (共同溝設計指針で示される基準値) となり、液状化により浮上する可能性があるものと判定される。しかし、この下水マンホールの相対的浮上が認められた測点 No.4 および No.7 において、地震前のガス導管の埋設深さを一定とすると、ガス導管については相対的浮上が生じていないことがわかった。また、それ以外の測点についても同様であることがわかった。



(3) 調査地点2 (大町保育付近)

調査地点2では、下水マンホールの相対的浮上が3箇所で見られた。本地点では図11.3.5に示すように、測点No.1~3に沿って口径80Aの中間圧鋼管が埋設されている。本調査に関しても調査地点1と同様な方法で行った。調査状況を写真11.3.3に示す。舗装構造は地震直後にすきとられており、確認することはできなかったが、周囲の道路状況から簡易舗装であったと推定される。

測量結果は表11.3.4に示す。ここで、3箇所の下水マンホールM1, M2, M3のデータについては、前途の長万部町の測量結果をそのまま用いた。これによると、M3においては路面の沈下による相対的な浮上であるが、M1に関しては60cmの相対的浮上量、17cmの路面の沈下量に対して、下水マンホール自体の浮上量が43cmにも達していることがわかった。この結果から、本地点においては液状化の程度が大きかったものと推定される。

本地点におけるガス導管の浮上の有無を確認するため、各測点における地震後の路面からの水準距離を測量した。測量結果を表11.3.4および図11.3.6に示す。この結果から、導管の埋設深さは地下水位より低い位置にあり、液状化により浮上する可能性が高い状況であることがわかった。調査地点1と同様に埋設された導管の液状化による浮上の判定を行うと、浮上安全率 $F_u < 1.1$ となり、液状化発

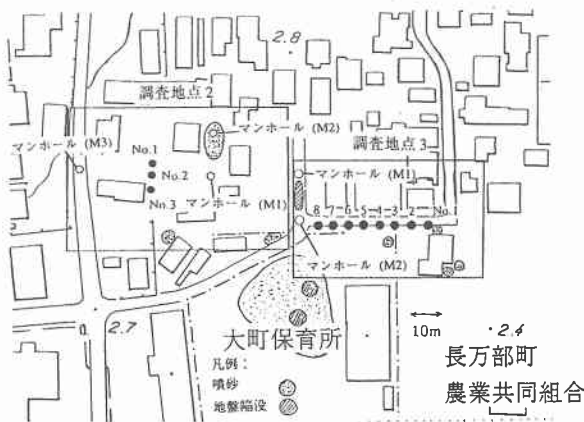


図 11.3.5 調査地点2, 3における地盤変状等の状況<sup>8)</sup>



写真 11.3.3 調査地点2における調査状況<sup>8)</sup>

表 11.3.4 調査地点2の測量結果<sup>8)</sup>

(導管)					(下水マンホール*1)				
測点 No.	路面高 (cm)	ガス管頂高 (cm)	地下水位高 (cm)	測点間距離 (m)	鉛直方向変位量 (cm)				M1からの距離 (m)
					マンホール名	マンホール (cm)	路面*2 (cm)	段差	
1	-1.5	-142.5	-117.0	0.0	M1	43.0	-17.0	60.0	0.0
2	-6.5	-145.0	-119.5	4.0	M2	11.0	-17.0	28.0	17.0
3	-1.0	-140.5	-122.5	5.0	M3	1.0	-10.0	9.0	42.0
			計	9.0					

\*路面高~下水管底高までは仮BMを基準とした値である。

\*1 長万部町が行った下水道施設の災害復旧工事測量結果<sup>10)</sup>による。

\*2 地震前と地震後における路面高の差を示す。

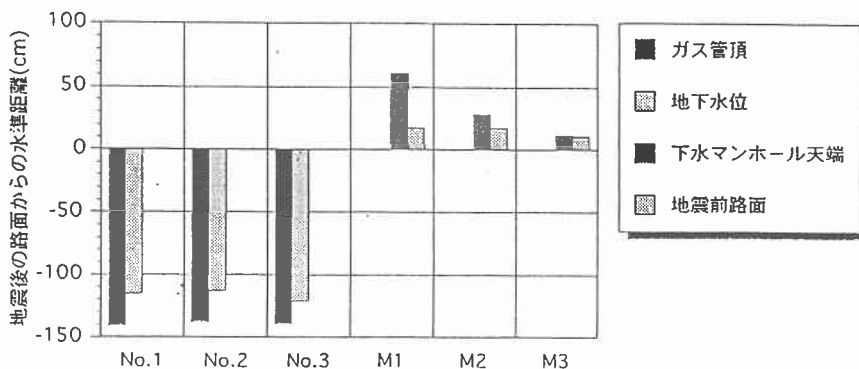


図 11.3.6 調査地点 2 の各測点における地震後の路面からの水準測量結果<sup>8)</sup>

生時には浮上の可能性があるものと判定される。しかし、地震後の埋設深さは G.L. -1.4 m 程度とほぼ一定であり、浮上した形跡はみられなかった。また、変形等も生じていなかった。

(4) 調査地点 3 (大町保育所前)

調査地点 3 は付近の大町保育所グラウンドにかなりの噴砂および陥没がみられた地点である。導管は図 11.3.5 に示すように、測点 No.1~8 に沿って埋設され、調査地点 2 に通ずる口径 80 A の中間圧鋼管である。調査方法は地点 1, 2 と同様である。調査状況を写真 11.3.4 に示す。舗装構造はどの測点においてもアスコン 10 cm 程度、路盤 50 cm であった。



写真 11.3.4 調査地点 3 における調査状況<sup>8)</sup>

測量結果を表 11.3.5 に示す。また、各測点における地震後の路面からの水準距離を図 11.3.7 に示す。これらの結果によると、導管は地下水位より低い位置に埋設され、液状化による浮上の可能性が高い ( $F_w < 1.1$  より浮上の可能性があるものと判定される) もの、現地調査結果では特に浮上した形跡は認められな

表 11.3.5 調査地点 3 の測量結果<sup>8)</sup>

(導管)					(下水マンホール <sup>*1)</sup>				
測点 No.	路面高 (cm)	ガス管頂高 (cm)	地下水位高 (cm)	測点間距離 (m)	鉛直方向変位量 (cm)				M1 からの距離 (m)
				マンホール名	マンホール (cm)	路面 <sup>*2</sup> (cm)	段差		
1	-62.0	-151.5	-123.0	0.0					
2	-60.0	-124.0	-123.0	5.0					
3	-54.5	-126.5	-119.0	5.0	M1	9.0	-20.0	29.0	0.0
4	-51.5	-124.5	-121.5	5.0	M2	-2.0	-7.0	5.0	25.0
5	-49.5	-121.5	-121.0	5.0					
6	-49.5	-129.5	-122.0	5.0					
7	-50.0	-130.5	-124.0	6.0					
8	-51.0	-133.5	-128.5	5.0					
			計	36.0					

\*路面高~下水管底高までは仮 BM を基準とした値である。

\*1 長万部町が行った下水道施設の災害復旧工事測量結果<sup>10)</sup>による。

\*2 地震前と地震後における路面高の差を示す。

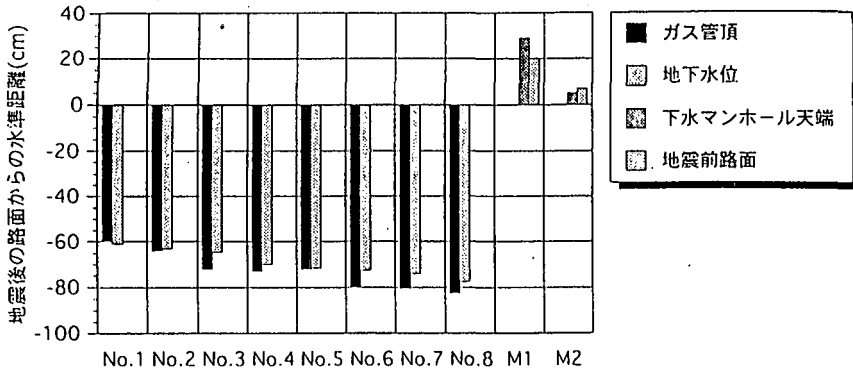


図 11.3.7 調査地点3の各測点における地震後の路面からの水準測量結果<sup>8)</sup>

った。また、導管自体に変形が生じた様子も確認されなかった。

(5) 調査地点4(長万部町立病院付近)

調査地点4は、傾斜を有する地形にあり、斜面上部では地盤の引張、下部では地盤の圧縮がみられた。本地点は、古地図等から長万部川の旧河道上であったと考えられることから、埋立地盤の液化化による側方流動(永久変位)が発生したものと推定される。調査対象とした導管は図11.3.8に示すように、測点No.1~5に沿って埋設される口径80Aの低圧鋼管である。

測量結果を表11.3.6に示す。また、これにより得られた地形の傾斜状況を図11.3.9に示す。この地

表 11.3.6 調査地点4の測量結果<sup>8)</sup>

測点 No.	路面高 (cm)	ガス管頂高 (cm)	地下水位高 (cm)	測点間距離 (m)
1	4.0	-68.0	地下水現れず	0.0
2 (変形発生)	-3.5	-141.5	-116.5	19.0
3	-3.5	-74.0	地下水現れず	7.0
4	54.5	-51.5	地下水現れず	18.0
5	208.5	88.0	地下水現れず	15.0
計				59.0

\*路面高~下水管底高までは仮BMを基準とした値である。

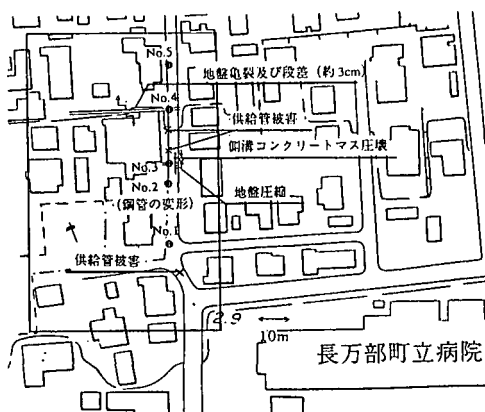


図 11.3.8 調査地点4における地盤変状等の状況<sup>8)</sup>

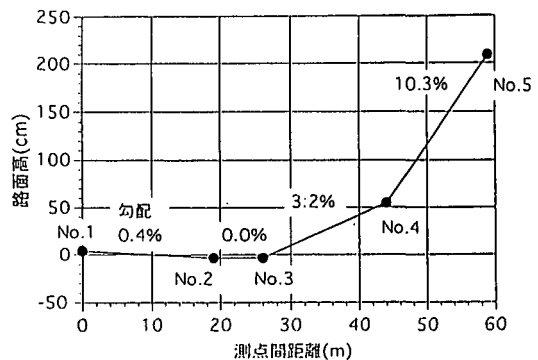


図 11.3.9 調査地点4の測点に沿った地震後の地盤の傾斜状況<sup>8)</sup>



(a) 地盤の圧縮箇所



(b) 変形部

写真 11.3.5 調査地点 4 における調査状況<sup>8)</sup>

点では写真 11.3.5 に示すように、側方流動したとみられる地盤変状が生じており、地盤の圧縮が生じた付近においては、側溝のコンクリート製柵の周方向に 25 cm 程度の圧壊が生じていた。なお、調査中もガスの復旧は並行して進められたため、地盤の圧縮および側溝柵の圧壊があった箇所（測点 No.3）から 7 m 程度離れた箇所において、鋼管が変形した箇所（測点 No.2）を発見することができた。これによると、変形は 3~4 m 程度の範囲で生じており、両端の埋設深さと比較すると、最大で 64 cm 程度鉛直下方に押し下げられていた。

また、同箇所を発見する前に下流側 20 m（測点 No.1）、上流側 25 m（測点 No.4）の位置から気密試験をするためブロック分割した際に、管内カメラにより導管内の状況を確認した。その結果、この範囲では鋼管はすべて溶接による接合であることがわかった。また、写真に示すように、管が変形した箇所は溶接部ではなく、13 cm 程度離れた母材部であることがわかった。このような変形にもかかわらず、気密性は保持されており、溶接部の健全性および鋼管の耐震性の高さが実証された。

前述したように、この付近のコンクリート製柵には 25 cm 程度の圧壊がみられ、また、ガス導管自体も 25 cm 程度軸方向に圧縮変形している。（財）地震予知総合研究振興会では、地震前後の航空写真から、調査対象路線も含めた長万部町における地盤の永久変位量の検討<sup>11)</sup>が行われたが、この結

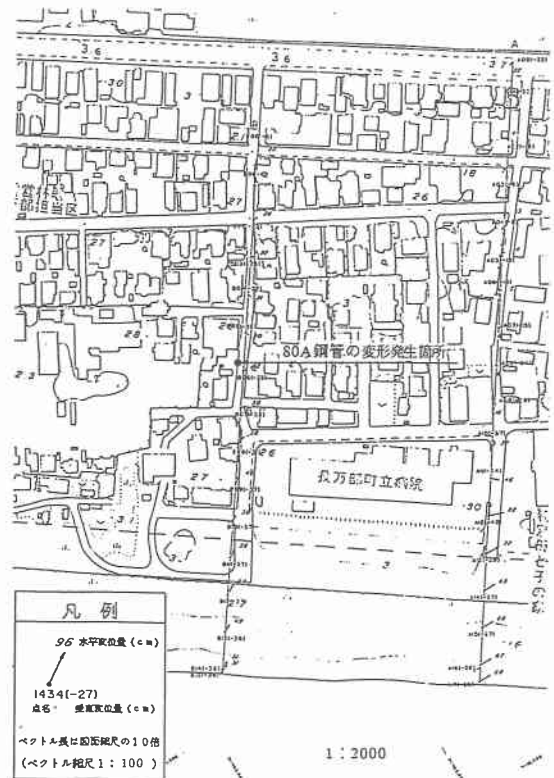


図 11.3.10 調査地点 4 における地震前後の地盤の推定永久変位

果(図 11.3.10)によれば、測点 No.4 から No.2 (変形発生箇所)に向かうベクトルと測点 No.1 から No.2 に向かうベクトルが生じており、地盤変状の状況が概ね現地調査結果と一致することがわかった。

## (6) 考察

液状化の発生地点における導管の状況調査結果から、以下のことが明らかとなった。地震により地盤の液状化が発生し、下水マンホールが相対的に浮上した箇所においても、地震前のガス導管の埋設深さを一定とすると、導管の浮上・沈下は認められず、目視により変形等も確認されなかった。また、液状化による地盤の側方流動が発生したと推定される箇所においては、ガス導管は変形したが漏えいには至っておらず、溶接接合鋼管の耐震性の高さが実証された。

### 11.3.6 まとめ

半年のうちに、釧路沖地震、北海道南西沖地震と2度も北海道を襲った大きな地震により、都市ガス設備が被害を受け、都市ガス供給を停止せざるを得ないという事態に至ったことは、国民生活に不可欠なエネルギーを供給する責務を負っている都市ガス業界にとっては非常に大きな試練であった。

特に北海道南西沖地震では、地盤の液状化等により天然ガス井戸、有水ホルダーやガス導管に被害が発生し、特に原料ガスの送出源である天然ガス井戸の復旧いかがが全体の復旧工程を左右するという非常に厳しい状況に置かれた。しかし、幸いにも都市ガス需要のオフピークである夏期の被害であったため、3箇所ある天然ガス井戸のうち被害を受けなかった2箇所の井戸の稼働により原料ガス源を確保することができ、地震発生から8日後に都市ガス供給を再開することができた。

これらの地震災害の復旧作業を通じて、宮城県沖地震の後に日本ガス協会が制定した耐震設計指針および地震防災対策ガイドライン妥当性が概ね検証されたこと、地元の方々から寄せられた暖かな声援・差し入れに励まされ都市ガス業界の底力・団結力により困難を極めた復旧作業を克服することができたことなど、都市ガス業界全体として数々の貴重な経験・体験を得ることができた。

## 11.4 通信

### 11.4.1 通信伝送路システムの概要

北海道南西部における函館～札幌間の主要な有線市外伝送路は、図 11.4.1 のように2ルート化されており、同軸ケーブルと光ケーブルが主に使用されている。

### 11.4.2 物理的被害<sup>12),13)</sup>

電気通信システムの被害について、被害要因別に概略を説明する(図 11.4.2)。

#### (1) 道路盛土部崩壊による被害

国道5号線二股地区で道路盛土部崩壊により地下管路が流され、倶知安～八雲間同軸ケーブルのマンホール内接続点が切断するといった被害が発生した。また光ケーブルにも張力が作用し移動していたため、応急光ケーブルの敷設が施された(図中①)。

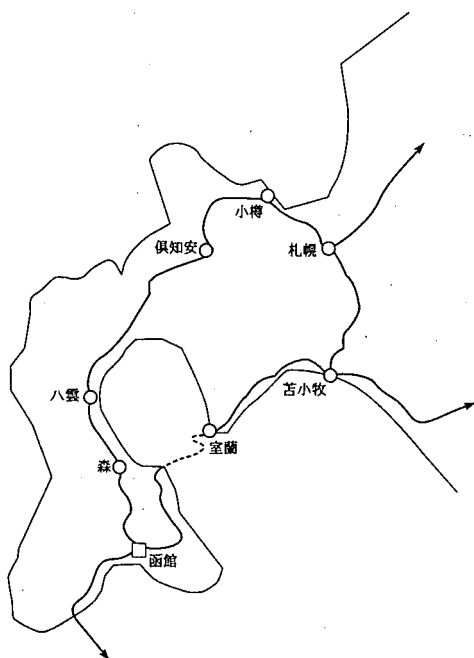
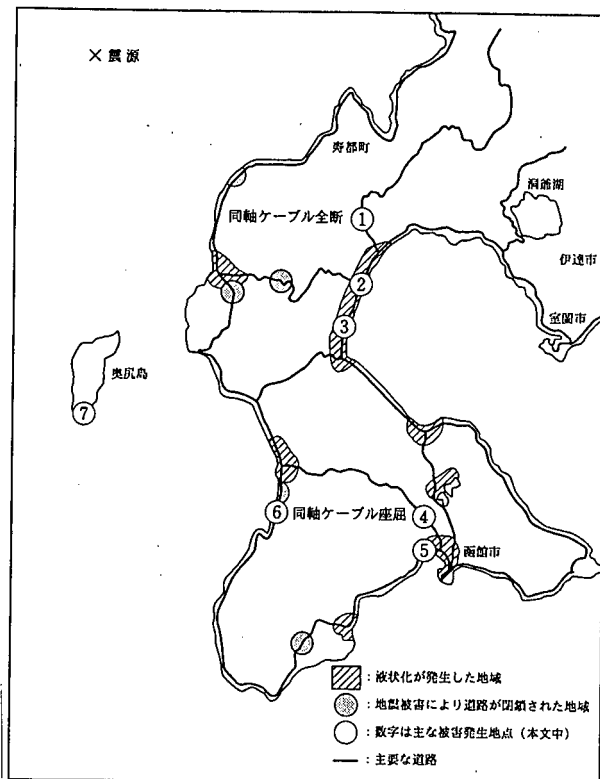


図 11.4.1 通信伝送路の概要 (北海道南西部)

図 11.4.2 被害発生地点概要図<sup>12)</sup>

## (2) 橋台際盛土地盤沈下による被害

橋台際での盛土地盤の沈下が国道5号線二股地区知来跨線橋, 国道228号線上磯地区の上磯新橋(図中⑤), 国道288号線の日本海側の江差地区(図中⑥)で発生し, マンホール内へのダクトの突出し等の被害が発生した。

## (3) 液状化による被害

今回の地震では広い範囲にわたって液状化が発生し, 国道5号線国縫地区(図中②)で電柱が連続的に傾斜・沈下したほか, 同じく国道5号線黒岩地区(図中③)ではマンホールが浮上し管路が抜け出すといった被害が発生した。

## (4) 軟弱地盤沈下による被害

国道227号線大野地区(図中④)では地盤沈下により同軸ケーブルの直埋部分で座屈し, 通信に異常をきたした。さらに同地区において, マンホールの周辺地盤が沈下・側方移動したことにより, 管路・ケーブルが突き出し, 同軸ケーブルが接続点で被災した。

このように過去の地震時と同様な被害が発生したが, 今回の地震で被害のあった管路設備は, いずれも旧仕様の管路設備であり, 特に橋梁添架管路の一部で, 耐震対策用伸縮継手を用いている区間では地震による被害は発生していない。

## (5) 津波による被害

今回の地震により, 壊滅的な被害を被ったのが奥尻島である。通信設備についても青苗地区で加入者線路設備の約8割が, 津波・火災により被害を被ったほか, 奥尻地区でも, 土砂崩れ・津波により

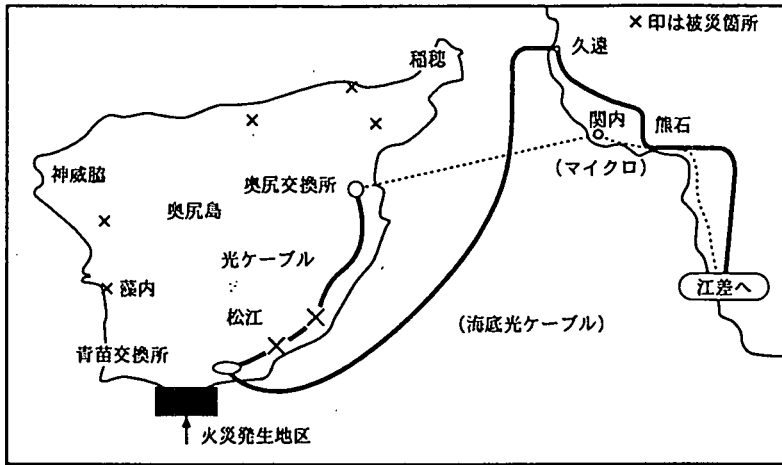


図 11.4.3 伝送路のループ化

奥尻～青苗間の光ケーブルが全断となった。しかし、北海道本土とループ化されていたため、一部の専用回線を除き通信を確保できた（図 11.4.3）。

### 11.4.3 機能的被害<sup>14),15)</sup>

#### (1) 一般電話等の被害

函館および小樽支店区域での被災加入数は、約 1 450 加入であり、これは被災対象地域全体の約 1% であった。しかし、加入者被害は奥尻島で多く発生しており、津波・火災および地震による崖崩れなどで、奥尻島約 2 100 加入中約 860 加入が被害を受けた。この中には、津波や火災で家屋が消失したものが 500 件以上あった

#### (2) 停電状況

奥尻島の青苗地区では停電が 15 日夜まで続いたため、復旧班が緊急用電源設備を持ち込み対処し、通信への影響を回避することができた。

#### (3) その他

地震による伝送路の切断により、一部の専用線関係で被害が発生し、中でも奥尻島での 110 番および 119 番の一部の通話は翌 13 日保守者が島へ駆けつけるまでの間不通となった。

#### (4) トラヒックの状況

トラヒックの疎通状況については、地震発生直後、全国から札幌、函館、小樽や盛岡方面へ、また、北海道内でも江差、奥尻方面への通話が殺到したことから、輻輳状態となった。このため、12 日午後 10 時半ごろから翌 13 日午後 1 時半ごろまで断続的にトラヒック制御システム（TCS）による地域規制を行った。なお、全国から札幌・函館へのトラヒックは平常時の約 30 倍にもなった（図 11.4.4）。

今回の地震では、釧路沖地震以降、広報部門などが行った「輻輳時におけるマスコミ各社への協力依頼と PR」の効果があり、NTT から「通話の自粛」を依頼する前に、NHK などの報道機関で「通話の自粛」を呼び掛けていただくことができた。

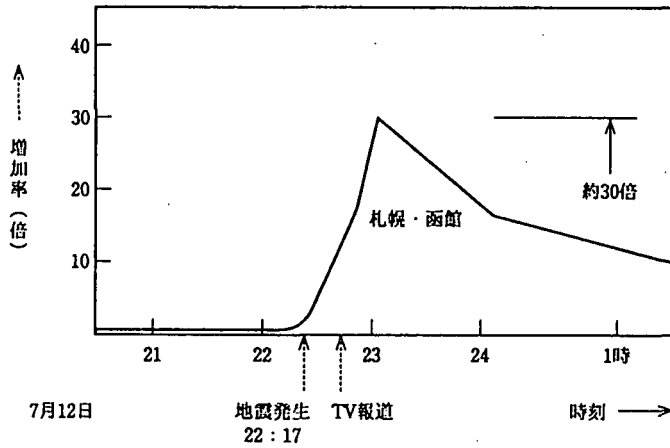


図 11.4.4 全国から札幌・函館へのトラヒック状況

#### 11.4.4 復旧過程<sup>14)</sup>

代表的な例として奥尻島の地震被害発生状況と復旧概要を述べる。

##### (1) 奥尻島での被害と復旧過程

- 7/12 ・ 22:17 地震発生
  - ・ 奥尻島津波襲来
  - ・ 青苗地区火災発生
  - ・ 奥尻～青苗光ケーブル全断
- 7/13 ・ 第一次復旧班現地到着
  - ・ 青苗中学（避難場所）に特設公衆電話設置
- 7/14 ・ 青苗地区に内航船舶電話で特設公衆電話を設置
  - ・ 衛星車載車の出動
- 7/15 ・ 衛星通信回線開通（警察等の臨時専用線）
- 7/16 ・ 移動体通信（NTT DoCoMo）臨時基地局開通（防災機関，マスコミ等への臨時電話）
  - ・ 奥尻～青苗光ケーブル応急復旧
- 7/17 ・ 青苗地区加入ケーブル順次復旧
- 7/19 ・ 青苗（神威脇地区）衛星車載により加入者救済（特設公衆電話設置）
- 7/24 ・ 奥尻島全面応急復旧完了

##### (2) 復旧作業と機器

これらの設置を緊急に準備するため札幌から衛星車載車や非常用無線機器を、また、東京から移動体臨時基地局を陸送およびヘリコプターで空輸した。このほか、江差～青苗、江差～奥尻間の回線増設による公衆回線および臨時専用線対応も実施している。奥尻島の復旧作業は、総稼働が約2000人日にも及んだ。



11.4.5 総括・教訓<sup>3),16)</sup>

NTTでは、本社に災害対策室およびネットワークコントロールセンタを設置し、災害状況や全国の設備の運用状況を24時間監視、災害時に迅速な復旧を行うために万全の体制を期している。

また、屋外設備の地震時信頼性評価プログラム「TEL-SAPP」を開発し社内に導入しており、地震による設備被害を予測し、耐震対策適用箇所の決定、伝送ルートの選定等に役立てている。さらに、地震発生後の調査による設備被害データを蓄積し、検証実験・解析等を行うことにより、被災のメカニズムを解明するとともに、地震発生時に通信に支障をきたさないための屋外設備形態・構造の開発に取り組んでいる。

さらに、過去の地震における設備被害データ同様、今回の地震により得られたデータをもとに、より信頼性の高い屋外通信設備の構築に向けて検討を重ねていくとともに、これからも、災害時の早期復旧に、万全の体制で臨めるよう努力することが肝要であろう。

## 11.5 まとめ

北海道南西沖地震の被災地は、都市圏と呼べるのは函館市のみであり、その他は中小の市町村が点在する地域である。その中で、函館市では、十勝沖地震の経験などから上下水道の耐震化方策が進められてきており、その効果は今回の地震において確認された。むしろその他の市町村、特に長万部市など軟弱地盤上に展開する地帯で、ライフラインが地盤震害を主原因とする被害を受け、住民の生活に影響を与えた。ライフラインへの高度依存という都市化社会の実態が、都市部だけでなく、社会全体にゆきわたっている現状を示すものと考えられる。

被害の特徴としては、埋設管では被害は液状化や地盤変状が発生した地域に集中し、地盤震害の様相が強いこと、電力・通信施設でも電柱などの被害で地盤震害の様相が強いことに加えて、奥尻島では津波と土砂崩れによる被害が顕著であったことなどが挙げられる。また、復旧体制では、分散した被災地域の復旧応援体制、離島の復旧における資機材輸送の問題などが指摘された。

一方、管路の耐震化、電力・通信における系統の多ルート化、復旧応援体制の整備など、これまで続けられてきたライフライン系の地震対策技術開発/地震時の対応策の強化など、ハード・ソフト両面での努力の成果は着実に示された。

以上、今回の震災の経験を基礎に、現代の都市化社会の中でのライフラインの地震対策がさらに進展し、一層広く普及することが望まれる。

## 参考資料・文献

- 1) 神戸大学工学部、北海道南西沖地震に対するアンケート調査、1994年
- 2) 大塚久哲・二宮嘉朗：(財)震災予防協会 地震工学振興会ニュース No.133、北海道南西沖地震特集・5.3 下水道、1993年11月
- 3) 建設省土木研究所：平成5年北海道南西沖地震災害調査速報、土木技術資料35-10、1993年10月
- 4) 土木学会：1983年日本海中部地震震害調査報告書、1986年

- 5) 高田至郎・西浦克敏・上野淳一・片桐 信：北海道南西沖地震調査報告書～本道各市町の被害と復旧～，1993年
- 6) 北海道電力（株）：1993年北海道南西沖地震被害について（速報），1993年7月
- 7) 岩楯敏広代表：1993年北海道南西沖地震被害調査報告，電力中央研究所報告，調査報告，U93028，1993年
- 8) （社）日本ガス協会：釧路沖地震，北海道南西沖地震と都市ガス，1994年11月
- 9) 長万部町水道ガス課：長万部町上水道被害箇所図および内訳，1993年
- 10) 長万部町下水道課：元町・陣屋町下水道施設（管渠）災害復旧工事測量地質調査・報告，1993年
- 11) （財）地震予知総合研究振興会：1993年北海道南西沖地震による長万部周辺の永久変位量測定調査報告書，1994年
- 12) NTT 筑波技術ニュース：北海道南西沖地震被害調査速報，1993年10月
- 13) 中野雅弘・牧 晴久：（財）震災予防協会 地震工学振興会ニュース No.133 北海道南西沖地震特集，通信施設，pp.65～66，1993年11月
- 14) NTT 技術ジャーナル：北海道南西沖地震の被害と災害復旧，1993年11月
- 15) NTT プラザ：災害対策 北海道南西沖地震，1993年9月
- 16) 土木学会耐震工学委員会：北海道南西沖地震被害調査報告 ライフライン，p.41，1993年9月