

1978年宮城県沖地震による都市供給施設の被害と復旧

——都市ガス施設——

Effect of the Miyagiken-oki Earthquake of June 12, 1978, on City Gas Systems

片山 恒雄*・増井 由春*・磯山 龍二**・甚内 郁郎***

Tsuneo KATAYAMA, Yoshiharu MASUI, Ryoji ISOYAMA and Ikurou JINNAI

1. ま え が き

従来の多くの地震被害報告書は構造物の震害に関するものであり、震害の影響や復旧に係わる問題はあまり深く検討されていない。もちろん、個々の構造物の被害を検討し、それらの耐震性を高めなければ問題の根本的解決へは近づけないが、来たるべき地震による被害の予測と発生した被害への対処に関する検討も防災上の重要な側面である。また、特に日本のように狭い国土に多数の人間が住んでいる状態では、地震災害の根幹をなす問題が「都市防災」であることにも異論はあるまい。防災の観点から見た大都市の特質はいろいろ考えられるが、都市の日常生活の大部分が各種供給施設に極めて強く依存していることをその一つに数えることができる。¹⁾ したがって、都市供給施設の地震時および地震後の挙動は、都市の地震防災を考える上での重要な因子となるが、近代的な都市が地震被害を受けた事例が少ないこともあって、経験的データの蓄積も不十分である。²⁾ 特にこれらの供給施設を構成する重要な要素である地下埋設管の地震被害に関しては、被害そのものの定量的資料もあまりまとまっていない。³⁾

1978年6月12日午後5時14分ごろ発生した1978年宮城県沖地震(M=7.4)は、その被害域の中心に人口約65万の仙台市を含んでいたこともあり、極めて多岐にわたる被害の様相を示した。⁴⁾ しかし、仙台市における住家全壊率が0.3%程度(約700戸)にとどまったことが示すように、構造物被害は全体的に軽微であったと言える。今回の地震被害の大きな特徴の1つは仙台市および周辺地域における各種供給施設の被害にあり、1971年の米国サンフェルナンド地震によるロスアンゼルス市北部の被害に続き、都市震災における供給施設の重要性をあらためて認識させることとなった。

このような問題意識から、筆者らも宮城県沖地震による都市供給施設の被害と復旧の概要について2,3の小文⁴⁻⁶⁾を発表してきたが、それ以後も各種資料の収集とそ

れらの分析を重ねてきた。その結果、筆者らなりの被害像も固まってきたので、都市供給施設被害の調査報告の第1報として都市ガス施設に注目してここに報告し、広く都市の地震防災に関心を持つ方々の参考に供することにした。宮城県沖地震による都市供給施設の被害に関しては関連協会などから詳細な報告書が発表されると思われ、特に都市ガス施設については通商産業省による調査報告書⁷⁾がすでに刊行されている。しかし、この種の検討はこれまで地震工学の分野ではあまりなされていないことから、いろいろな立場からいろいろな見方をすることに意味があると考えている。

本報告を書くにあたっては多くの資料を参照した。本文や図表中においても、資料の出所をできるだけ明確にするように努力した。資料の中には調査時点の違いなどが原因で、複数の情報の間に不一致が見られるものもあったが、それらの取捨選択は最終的には筆者らの総合的判断によった。各種資料の質の判定は、関係者との面談等による情報を勘案するなどして、できるだけ注意深く行ったつもりであるが、一部資料の解釈に誤りなしとは言いがたい。関係各位からご指摘をいただければ幸いである。

2. 被害と復旧の概要

表1は今回の地震で都市ガス施設に被害を受けた市のうち本報告の検討の対象とした6市の関連諸統計をまとめて示したものである。また、表2には、各ガス事業者の施設等の概要と被害に関する大まかな資料を示した。

仙台市ガス局が仙台市のほかに泉市および多賀城市を含む地域にまたがって約13.6万の需要家を擁しているのを別にすれば、他の3事業者は需要家数1万以下の小規模なものである。東京瓦斯(株)の東京23区内における需要家数は約300万、導管延長は本・支管のみで約11,700km(本管6,700km,支管5,000km)であるから、仙台市ガス局の規模は、これらにくらべて需要家数で約1/20、導管延長で約1/10となる。今回の被害を将来の都市型震災の教訓とする際には、表2に示された規模に十分留意する必要がある。

仙台市ガス局の原町工場で有水式ガスホルダー1基が

* 東京大学生産技術研究所 第5部

** 東京大学大学院学生

*** 中央大学理工学部学生

倒壊炎上するという被害が発生したが、原料設備・製造設備およびホルダーの被害は一般に軽微であり、長期間の供給停止に結びつく原因とはならなかった。導管被害の詳細については3章で検討する。

都市ガス供給の再開までの経過は埋設導管の点検・修理の進捗状況にほとんど依存しているが、ほぼ完全に供給が復旧するまでに要した日数は、石巻市で3日、古川市で5日、塩釜市で10日と考えてよく、仙台市ガス局管内については供給再開戸数が全需要家数の90%をこえるまでに17日を要した。仙台市ガス局に特に重点をおいた復旧の経緯は4章で詳しく検討する。

3. 埋設導管の被害

3.1 施設概要

一般に都市ガスは石油系原料から工場において製造され、いったん、ガスホルダーに貯えられた後、導管を通して各需要家に供給される。図1に都市ガス供給システ

表1 対象とする6市の関連諸統計

	仙台市	泉市	多賀市	塩釜市	石巻市	古川市
市制	明22.4.1	昭46.11.1	昭46.11.1	昭16.2.23	昭8.4.1	昭25.12.15
* 行政面積 (km ²)	237.1	145.1	19.7	18.3	138.4	135.0
* 人口 (百人)	6,166	796	461	597	1,185	559
* 世帯数 (百世帯)	2,146	228	128	174	328	143
(百人/km ²) 人口密度	26.0	5.5	23.4	32.6	8.6	4.1
** 人口成長率 (%)	2.6	22.2	4.5	0.2	1.6	0.7
*** 歳出額 (百万円)	65692	11007	3798	7798	11121	5488

* 昭53.3.31現在。 ** 昭和45人口/昭50人口を年平均したもの。
*** 昭51年度

表2 各ガス事業の供給施設概要と被害状況

		仙台市ガス局	塩釜瓦斯(株)	石巻瓦斯(株)	古川ガス(株)
ガス事業開始		明43.11.3	昭5.10.1	昭35.1.5	昭36.5.1
* 都市ガス需要家数(件)		135,863 (136,128)	5,968 (6,238)	7,061 (7,095)	2,059 (不明)
従業員数(名)		397	33	38	22
製造施設	ガス製造能力(m ³ /日)	794,280	32,000	69,000	21,196
	ガスホルダー(基)	球型 6 有水式 2	有水式 3	有水式 2	有水式 1
供給設備	中圧導管(km)	195.9	—	7.2	—
	低圧導管(km)	1225.1	90.8	135.6	34.5
	合計(km)	1421.0	90.8	142.8	34.5
被害状況	供給停止	全域・約3日間	全域・約3日間	全域・約1日間	全域・約3日間
	原料設備	被害なし ただし、港工場は東北石油(株)の重油流出事故のため同工場からのナフサLPG原料送出が停止した。	被害なし	被害なし	被害なし
	製造設備	原町工場の有水式ホルダー倒壊炎上のため同工場の製造が不能となった。港工場の球形ホルダーの基礎の一部破損したが、供給に支障はなかった。	被害なし	有水式ガスホルダーのガイドローラシャフトが一部破損した。	有水式ガスホルダーのガイドローラがはずれ同ホルダーの稼動が不能となった。
供給設備	本・支管	218件 (0.18件/km)	80件 (0.88件/km)	27件 (0.20件/km)	8件 (0.23件/km)
	供給・灯外内管	334件 (2.45件/千件)	88件 (14.11件/千件)	60件 (8.45件/千件)	12件 (5.83件/千件)
	合計	552件	168件	87件	20件

* () 内はメーター件数

ムの概念図を示す。⁸⁾ ガス製造工場は仙台市ガス局で2カ所、他のガス事業者では1カ所である。

仙台の場合(以下、泉市等を含め仙台市ガス局の供給区域を単に仙台と呼ぶ)、導管は中圧管と低圧管に大別され、いわゆる高圧管はない。中圧管は圧力によって、中圧A、Bに分けられ幹線の働きをする。仙台市ガス

局の製造工場および中圧Aの配置を図2に、また供給区域を図6に示す。⁷⁾ 低圧管は需要家に近づくにつれ本管、支管となり、さらに供給管、灯内管を経て各需要家に配分される。(以下、本報告においては、本管はすべて低圧本管をさす。) 中圧AとB、中圧と低圧の間などには整圧器(ガバナー)がもうけられ圧力の調整を行う。ま

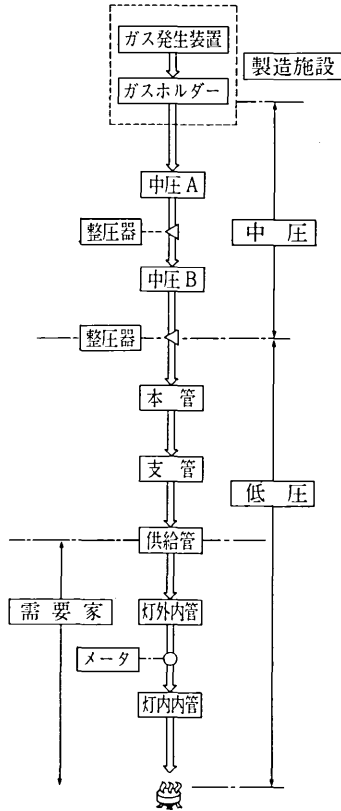


図1 都市ガス供給概念図

た刻々のガス圧力をシートに記録しており、ガス漏れ等の点検にも使用される。今回の地震においては、仙台の場合 141 カ所の調整器に被害はなく、調整器におけるガス圧力チャートが被害状況を把握するための参考資料ともなっている。⁷⁾ 他の 3市の供給系も仙台市ガス局とはほぼ同様である。

導管の大部分は鋼管または鋳鉄管である。ガス管に用いられる継手を大まかに分類すれば、溶接、メカニカル、ねじ、印ろう、フランジ等となる。直径 100 mm 以上の大口径管（高・中圧管、あるいは本管の一部）には、アーク溶接鋼管が多く用いられるが、一部メカニカル継手鋳鉄管も用いられる。小口径管の鋼管にはねじ接合が、また鋳鉄管にはメカニカル、印ろう継手が一般に用いられる。比較的可靠性に富むメカニカル継手としては A 型、A II 型等がある。また鋼管用として LA、HI-L A 等のメカニカル継手も一部用いられている。ねじ継手はその用途、形状によりエルボ、ベント等に分類される。弁類、調整器等の付属設備の取付け部にはフランジ継手が用いられている。

表 3 に仙台市ガス局における導管延長距離を導管種別、継手別に示す。この表から中圧管の大部分はアーク溶接鋼管であり、低圧本・支管では、ねじ接合鋼管およびメカニカル継手鋳鉄管がほぼ同じ割合で使用され、管全体の 92% を占める。供給管・灯外内管は全てねじ継手鋼管である。（なお、この中には一部 LA、HI-L A 等のメカニカル継手も含む。）印ろう継手は全延長の 2.9% で

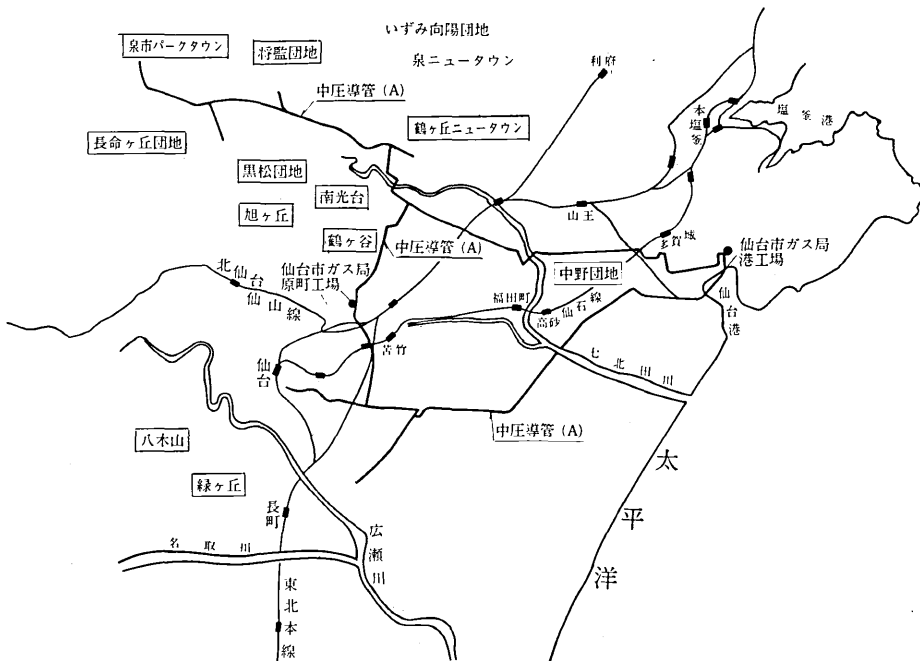


図2 仙台市ガス局の製造工場および中圧導管(A)の配置

表3 導管延長距離
(仙台市ガス局)

導管種別	管種	継手種別 (km)				総延長 (km) 比率 (%)	管径 (mmφ)	
		溶接	ねじ*	メカニカル	印ろう			
中圧管 A	鋼管	50.8	—	—	—	50.8 (2.9)	200~500	
	铸铁管	—	—	—	—			
中圧管 B	鋼管	138.7	—	—	—	138.7 (8.0)	75~400	
	铸铁管	—	—	6.4	—			
低圧管	本管 支管	鋼管	51.2	593.7	—	—	644.9 (37.0)	75~300
		铸铁管	—	—	530.0	50.2	580.2 (33.3)	75~400
	供給管 灯外内管	鋼管**	—	320.0	—	—	320.0 (18.4)	25 (ほとんど)
		铸铁管	—	—	—	—	—	—
総延長 (km) 比率 (%)		240.7 (13.8)	913.7 (52.5)	536.4 (30.8)	50.2 (2.9)	1,741.0 (100)		

* 一部LA, HI-LA等のメカニカル継手を含む。

** この中にはいわゆる鋼管の他、白ガス管(亜鉛メッキ鋼管)を含む。

(これらの注意事項は以下の図・表の全てにあてはまる。)

あり、旧市街地に埋設された古いものである。⁷⁾

古川ガスに関しては資料が得られなかったが、塩釜瓦斯、石巻瓦斯の導管延長距離を表4および表5に示す。塩釜および石巻の中圧管および低圧本・支管の総延長は、それぞれ仙台の場合の約1/16および1/10であることがわかる。

表6に仙台市ガス局、塩釜瓦斯、石巻瓦斯の管径別延長距離を示す。仙台の管径別延長は図3にも示してあるが、

50 mm以下の小口径管はすべて鋼管(白ガス管)であり、そのほとんどが供給管・灯外内管として用いられている。これらの図表からわかるように、管径と導管種別は高い相関を有している。このことは後述の被害統計を解釈する際に十分注意すべきであろう。

3.2 導管被害

(1) 概要

仙台市の旧市街地をとりまく丘陵地に広がる宅地造成

表4 導管延長距離
(塩釜瓦斯)

導管種別	管種	継手種別 (km)				総延長 (km) 比率 (%)	管径 (mmφ)	
		溶接	ねじ	メカニカル	印ろう			
低圧管	本管 支管	鋼管	12.9	67.0	—	—	79.9 (56.1)	25~200
		铸铁管	—	—	6.0	4.9	10.9 (7.6)	75~200
	供給管 灯外内管	鋼管	—	51.7	—	—	51.7 (36.3)	~25
		铸铁管	—	—	—	—	—	—
総延長 (km) 比率 (%)		12.9 (9.1)	118.7 (83.3)	6.0 (4.2)	4.9 (3.4)	142.5 (100)		

表5 導管延長距離
(石巻瓦斯)

導管種別	管種	継手種別 (km)				総延長 (km) 比率 (%)	管径 (mmφ)	
		溶接	ねじ	メカニカル	印ろう			
中圧管	鋼管	7.2	—	—	—	7.2	40~250	
	铸铁管	—	—	—	—	—	—	
低圧管	本管 支管	鋼管	44.6	67.0	—	—	111.6	25~250
		铸铁管	—	—	—	24.0	24.0	25~250
	供給管 灯外内管	鋼管	—	不明	—	—	不明	—
		铸铁管	—	—	—	—	—	—
総延長 (km) 比率 (%)		51.8	不明	—	24.0			

表6 管径別の埋設延長距離

管径	管径	管径									
		50以下	75	100	125	150	200	250	300 350	400	500
仙台市ガス局	中圧A	—	—	—	—	—	1.8	—	20.4	26.6	2.0
	中圧B	—	5.0	10.5	—	33.3	69.8	0.5	19.0	7.0	—
	低圧	591.9	76.5	140.3	2.7	195.1	199.4	5.6	13.3	0.3	—
塩釜瓦斯	低圧	44.9	17.0	10.8	—	9.7	8.5	—	—	—	—
石巻瓦斯	中圧	0.2	—	2.3	—	1.3	2.7	0.8	—	—	—
	低圧	72.1	0.2	23.4	—	25.8	7.7	6.3	—	—	—

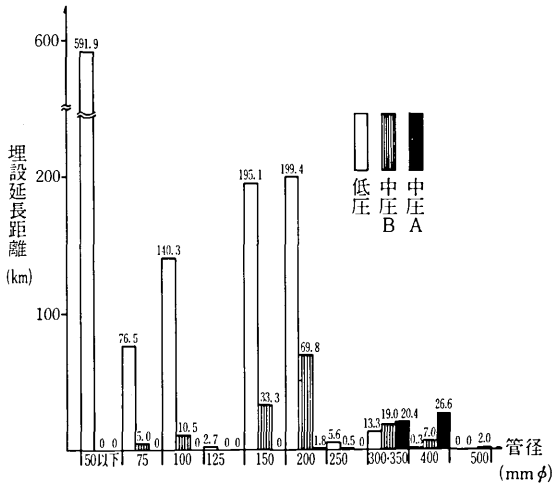


図3 管径別導管延長距離(仙台市ガス局)

地は昭和34年以降開発されたものであり、山を削り谷を埋めるという典型的な宅地造成地である。仙台市南部の緑ヶ丘、北部の鶴ヶ谷および泉市の南光台等ではいずれも埋設導管が大きな被害をこうむっている。緑ヶ丘、黒松では山くずれ等の地盤災害の様相を呈しており、埋設管被害が集中したのは当然のことであろう。

仙台市ガス局の場合、低圧管の内の約60%がねじ接合鋼管であったが、低圧管被害のうち96%がねじ接合鋼管によって占められており、今回のガス管被害の大部分はねじ接合鋼管の被害であったといえる。図4にねじ接合鋼管の代表的な被害例を示す。⁹⁾他の管種、継手についても同様であるが、ほとんどの被害は継手部分で起こっており、ねじ接合鋼管では継手自体の破損にくらべ管のねじ部の破損が大きな割合を占めている。

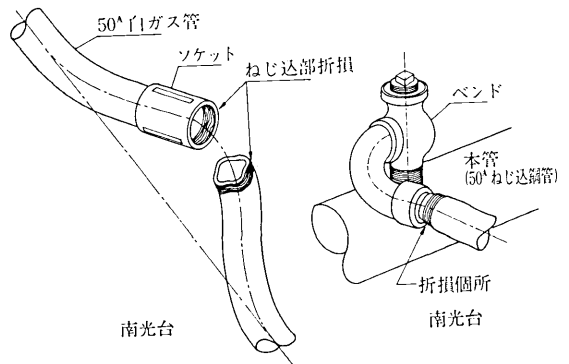


図4 ねじ接合鋼管の被害例

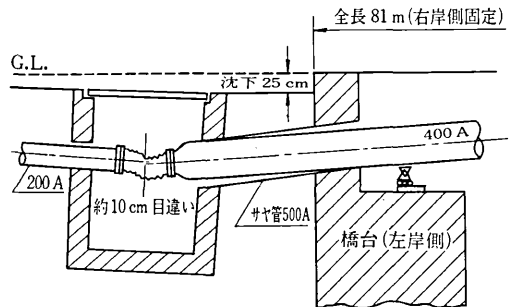


図5 中圧管の被害例

仙台におけるアーク溶接鋼管延長は中圧および低圧本管合わせて240.7km(表3)であったが被害は4箇所のみであった。被害はいずれも中圧管と付属施設との接合部で起こり、溶接部分での被害は皆無であった。表7に中圧管の全被害箇所を示す。⁹⁾また図5に中圧管被害の1例を示す。⁹⁾塩釜瓦斯で4件、古川ガスで1件アーク

表7 中圧導管の被害(仙台市ガス局)

場所	圧力	管種	管径	継手	土被り	埋設環境
宝塚橋伸縮管ボックス内(左岸側)	中圧A	鋼管	200A 400A	単式高圧型ベローズ伸縮継手	1.2m	橋台から10m区間 平均10cm沈下
福田大橋バルブボックス	〃	〃	400A	ボールバルブフランジ継手	1.5m	地盤沈下
福田大橋付近	〃	〃	不明	水取ボックス	不明	地盤沈下25cm以上
大和町5丁目青葉冷凍前バルブボックス	〃	〃	200A	プラグバルブフランジ継手	1.2m	地盤不等沈下

溶接継手鋼管の被害があったが、そのうちのすくなくとも2件(塩釜)は確実に溶接部の被害である。¹⁰⁾(なお石巻については不明である。)被害箇所数が少ないため統計量としての妥当性に問題はあがあるが、溶接鋼管の被害率は仙台の場合0.016箇所/kmとなり、従来被害予測などで仮定されているものにくらべて相当に小さい。しかし塩釜の場合0.31箇所/kmとなり、かなり大きくなっている。

図6, 7, 8におのおの、仙台、塩釜、石巻について被害箇所の分布、供給範囲、地盤分類(後述)を示す。

なお、本報告で扱う導管は灯外内管までであり、灯内内管の被害についてはまとめて表8に示す。¹¹⁾

(2) 導管被害の集計

埋設管被害にかぎらず、地震被害の調査にあたっては各被害についてできるだけ詳細なデータを同じレベルで収集することが望ましい。今回の地震では日本瓦斯協会が中心となり、ガス管被害について詳細な調査表を作成し、被害を受けた各都市の事業者に配布、被害の全数

調査を行っている。^{9,10,12,13)} これらの調査表をもとに、考えうる要因によって被害データを分類し、表9に例示するような形で全被害を整理した。ただし仙台、石巻の中圧管被害は除いてある。

被害形態は上記の調査表に従い折損、亀裂、抜け出し、継手ゆるみ、その他とした。管の材質は白ガス管を含む鋼管および铸铁管とした。管径の分類は表6を参照して決定したが、この分類は導管種別分類と高い相関を有することに注意する必要がある。継手の分類では一部の鋼管に用いられているLA, HI-LA等のメカニカル継手は“ねじ”に分類した。“その他”のカテゴリーには、クランプ、両穴センプル、水取器、フランジ継手等が該当する。このアイテムは先にも述べたように、材質と深い関係がある。なお、石巻瓦斯については継手資料が得られていない。

埋設管被害と地盤状況に関しては常に問題となる所であるが、ここでは詳しい資料の得られなかった古川ガスを除く3市について図6, 7, 8に示すように分類した。

表8 灯内内管の地震被害(仙台市ガス局)

文献(11)から引用

原因別		項目	作業処理 件数(件)	需要家数に 対する発生比(%)	備考
地震	折損・亀裂・破損もれ	全面破損	28	0.02	家屋倒壊等によるもの
		メータ立上り・立下り (メータ・コックを含む)	280	0.21	メータコック取替を含む。
		メータ本体	803	0.59	
		建物とび込み部	28	0.02	
		カラコック取付部(ニップル)	46	0.03	
		灯内内管	304	0.22	
		小計	1,489	1.10	
被害	客通	メータコック締らない	39	0.03	メータコック位置不良のため締らないものを含む。
		出不良・その他	29	0.02	
		異状なし	150	0.11	
		小計	218	0.16	
		メータ水入り	1	—	
		合計	1,708	1.26	
その他		メータコック グリス切れもれ	308	0.23	
		メータ本体腐食もれ	9	0.01	指針盤もれを含む。
		メータユニオンゆるみもれ	111	0.08	パッキン交換を含む。
		ガス栓グリス切れもれ	977	0.72	
		ガス栓ねじゆるみもれ	270	0.20	ガス栓交換を含む
		灯内内管腐食もれ	23	0.02	
		異状なし	374	0.28	
		その他	254	0.19	器具・ゴム管不良・取付不良等
	合計	2,326	1.71		
総合計			4,034	2.97	

注1. 6月30日現在、泉営業所分および不明分は含まず。

2. 需要家数は135,863とする。

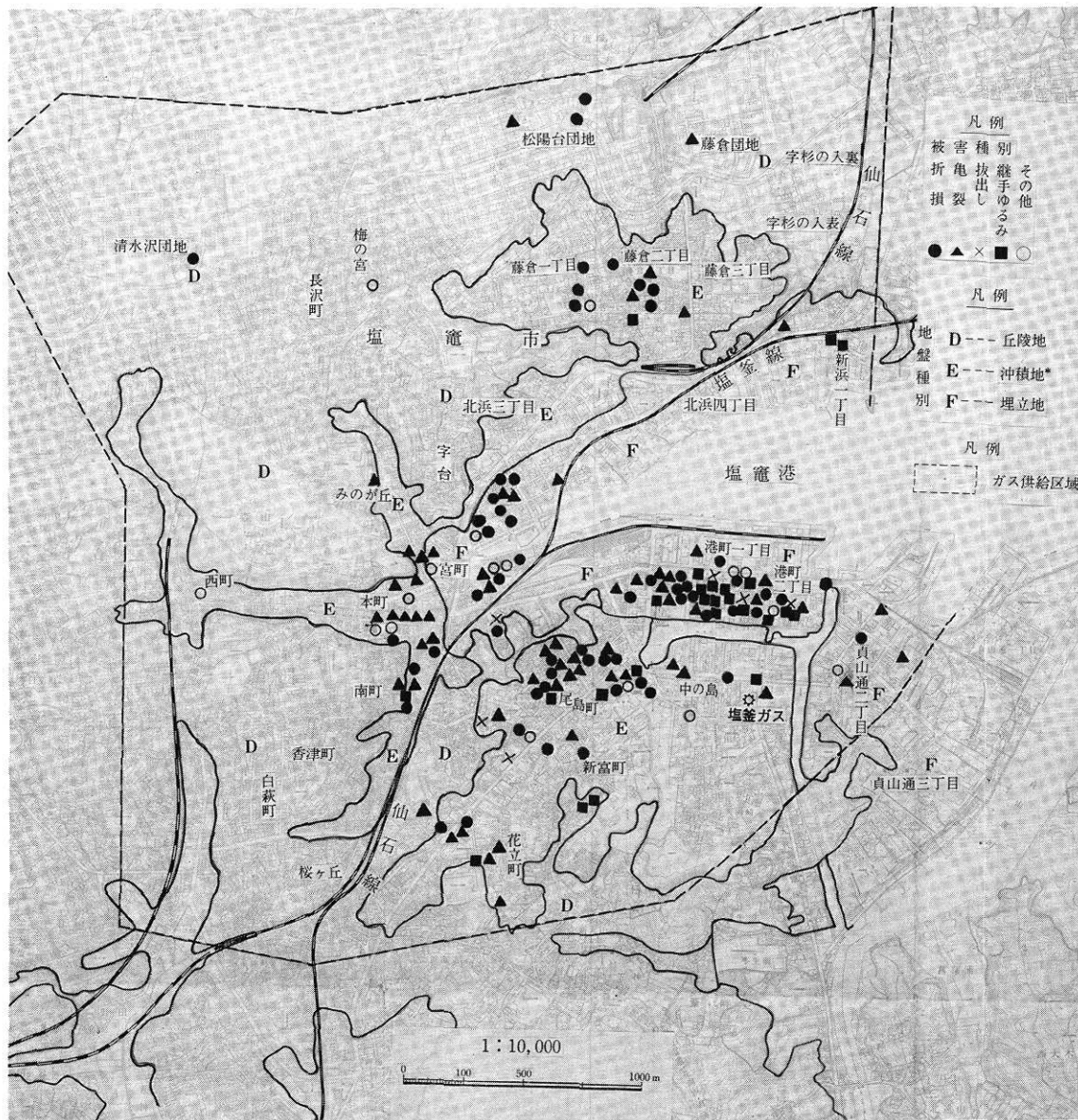


図6 ガス管被害分布, 供給区域, 地盤区分(仙台市ガス局)

それぞれの地盤の概略の特性は図の中に註として示した名称から推定されよう。塩釜と石巻におけるそれぞれ3種の地盤分類は、ほぼ対応した特性を有するものと考えてよいが、石巻の地盤Hは、一部砂質地盤も含んでいるものと考えられることが塩釜の地盤Eと少し異なっている。

被害の全体像を把握するために、上記のデータ表に対して単純集計およびクロス集計を行った。クロス集計は被害と要因間の複雑な組み合わせを理解する上で有用なものであり、後に被害率を考察する際にも参考になる。

各都市の結果を表10~13に示す。

クロス集計表の対角要素は各アイテム・カテゴリーの単純集計を示している。仙台市ガス局(表10)の場合被害形態のアイテムでは折損が409件で全被害552件の74%を占めており、最も起こりやすい被害形態となっている。導管種別では本管被害は20箇所と少なく、支管、供給管、灯外内管の被害がほぼ同じ割合で起こっており全体の96%を占めている。同様に他のアイテムでは、鋼管、D₁、D₂(管径100mm以下)、ねじ継手、地盤C(宅地造成地)がおおの卓越している。

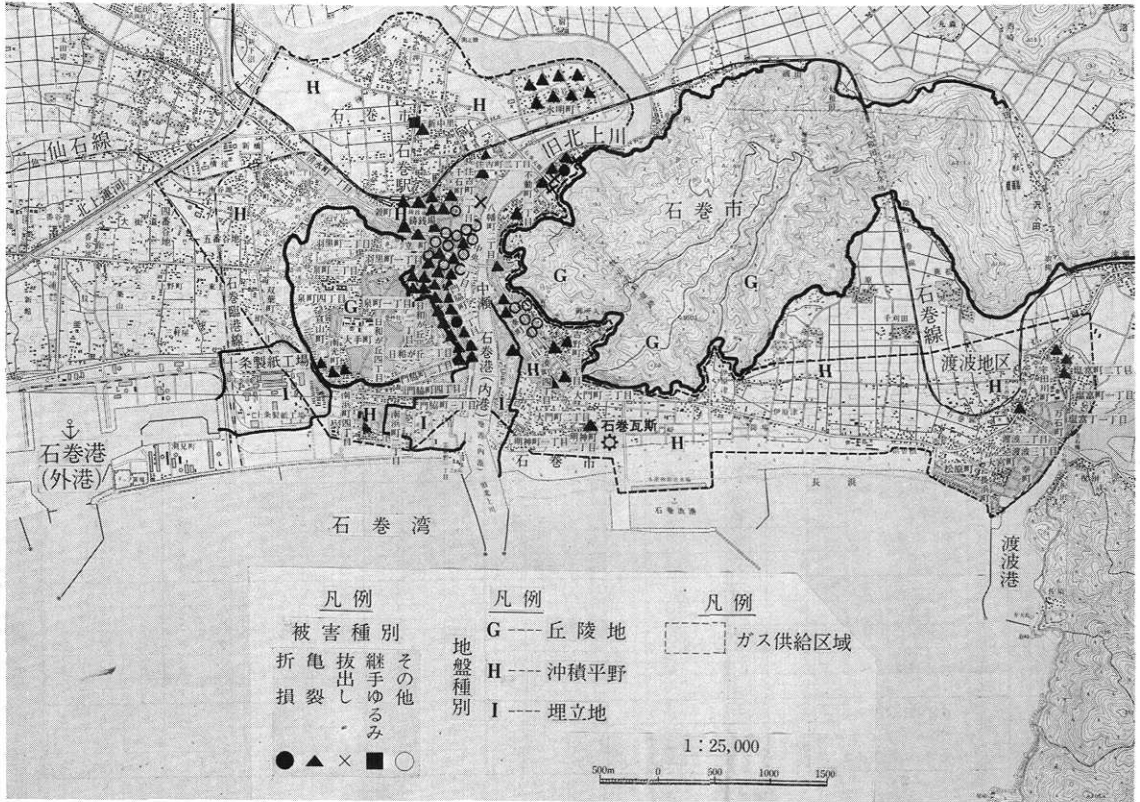


図8 ガス管被害分布, 供給区域, 地盤区分 (石巻瓦斯)

表9 ガス管被害集計表の例

ブロック	場 所	被害形態					圧力 中低 本支 管管	導管種別 供給 管管	材質 鋼 鉄 管	管径種別				継手種別	地盤				
		折 損	亀 裂	抜 出	継 手 ゆ る み	そ の 他				D ₁	D ₂	D ₃	D ₄		溶 接	メ カ ニ カ ル	ね じ う	そ の 他	A
1	鹿野 1-9-10	○					○	○	○	○				○			○		
1	鹿野本町 5-15	○					○	○	○	○			○			○			
1	川内三十人町 49-63	○					○	○	○	○			○			○			
1	郡山 1-12-17		○				○	○	○	○			○			○			
1	長町芦ノ口 61-28			○			○	○	○	○			○			○			
1	長町 8-11-22				○		○	○	○	○			○			○			

次に折損のカテゴリーを横方向に追いながら各アイテム・カテゴリー別に詳しく観察してみる。導管種別では支管、供給管、灯外内管が主であり、全折損被害 409 件中で本管折損は 3 件にすぎない。折損導管は全て鋼管であり、管径別では 1 件をのぞいて 100 mm 以下、継手別ではねじ継手の被害がほとんどであり、地盤では C が卓越している。この傾向は先に見た単純集計結果と同様となっている。亀裂被害も折損被害とはほぼ類似の特性を

示しており、折損、亀裂の種類の被害が全被害の 80% 以上を占めていることを考えると、これらの被害形態および要因が仙台のガス管被害の性質を支配していると言える。

ここで管径種別と導管種別のアイテムの関係に注目し D₁、D₂ と導管種別とがクロスする所を見ると大部分は支管・供給管・灯外内管となっている。また、これらの導管種別の被害を継手別で見るとほとんどがねじ継手で

表 10 クロス集計表 (仙台市ガス局)

被害形態	被害形態					低圧	導管種別				材質		管径種別				継手種別					地盤		
	折損	亀裂	抜出	継手ゆるみ	その他		本管	支管	供給管	灯外内管	鋼管	鋳鉄管	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	溶接	メカニカル	ねじ	印ろう	その他	A	B	C
	損	裂	出	ゆるみ	他		管	管	管	管	管	管	mm	mm	mm	mm								
折損	409	0	0	0	0	409	3	127	129	150	409	0	276	132	1	0	0	0	408	0	1	45	73	291
亀裂	(74.9%)	43	0	0	0	43	1	14	8	20	43	0	29	14	0	0	0	0	403	0	0	2	18	23
抜出	(7.8%)	60	0	0	0	60	11	46	2	1	49	11	1	51	7	1	0	11	48	0	1	0	2	58
継手ゆるみ		(10.9%)	13	0	13	4	5	2	2	11	2	2	11	0	0	0	0	2	9	0	2	5	2	6
その他		(2.4%)	27	27	27	27	1	6	7	13	26	1	19	7	1	0	0	0	24	0	3	4	4	19
低圧					(4.9%)	552	20	198	148	186	538	14	327	215	9	1	0	13	532	0	7	56	99	397
導本管					(100%)	20	0	0	0	6	14	0	11	8	1	0	13	4	0	3	2	6	12	
支管					(3.6%)	198	0	0	198	0	16	182	0	0	0	0	0	196	0	2	3	14	181	
供給管					(35.9%)	148	0	0	148	0	142	6	0	0	0	0	0	147	0	1	18	32	98	
灯外内管					(28.8%)	186	186	186	186	0	169	16	1	0	0	0	0	185	0	1	33	47	106	
鋼管					(33.7%)	538	0	0	538	0	327	210	1	0	0	0	0	532	0	6	55	98	385	
鋳鉄管					(97.5%)	14	14	14	14	0	16	182	0	0	0	0	0	13	0	0	1	1	1	12
管径 D ₁										(2.5%)	327	0	0	0	0	0	0	324	0	3	47	73	207	
D ₂										(59.2%)	215	0	0	0	0	5	207	0	3	9	24	182		
D ₃										(38.9%)	9	0	0	0	7	1	0	1	0	1	0	1	8	
D ₄										(1.6%)	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
溶接										(0.2%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
メカニカル										(0)	13	0	0	0	0	0	0	1	1	11				
ねじ										(2.4%)	532	0	0	0	0	0	0	52	97	383				
印ろう										(96.4%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
その他										(0)	7	3	1	3										
地盤 A																				(13.3%)	56	0	0	
B																					(10.1%)	99	0	
C																						(17.9%)	397	
																							(71.9%)	

表 11 クロス集計表 (塩釜瓦斯)

被害形態	被害形態					低圧	導管種別				材質		管径種別				継手種別					地盤		
	折損	亀裂	抜出	継手ゆるみ	その他		本管	支管	供給管	灯外内管	鋼管	鋳鉄管	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	溶接	メカニカル	ねじ	印ろう	その他	D	E	F
	損	裂	出	ゆるみ	他		管	管	管	管	管	管	mm	mm	mm	mm								
折損	57	0	0	0	0	57	9	17	21	10	54	3	35	21	1	0	1	0	53	3	0	5	26	26
亀裂	(33.9%)	63	0	0	0	63	7	14	29	13	61	2	46	15	2	0	2	1	59	1	0	2	39	22
抜出	(37.5%)	6	0	0	0	6	1	2	2	1	5	1	3	2	1	0	0	0	5	1	0	0	3	3
継手ゆるみ		(3.6%)	26	0	26	18	4	3	1	22	4	3	20	3	0	0	0	0	22	4	0	0	9	17
その他		(15.5%)	16	16	16	6	2	6	2	16	0	8	7	1	0	1	0	15	0	0	1	8	7	
低圧					(9.5%)	168	41	39	61	27	158	10	95	65	8	0	4	1	154	9	0	8	85	75
導本管					(100%)	41	0	0	0	31	10	0	33	8	0	4	1	27	9	0	0	19	22	
支管					(24.4%)	39	0	0	39	0	11	28	0	0	0	0	39	0	0	4	21	14		
供給管					(23.2%)	61	0	0	61	0	57	4	0	0	0	0	0	61	0	0	3	33	25	
灯外内管					(36.3%)	27	27	27	27	0	27	0	0	0	0	0	0	27	0	0	1	12	14	
鋼管					(16.1%)	158	0	0	158	0	95	60	3	0	4	0	154	0	0	8	81	69		
鋳鉄管					(94.0%)	10	10	10	10	0	5	5	0	0	1	0	9	0	0	4	6			
管径 D ₁										(6.0%)	95	0	0	0	0	0	95	0	0	4	51	40		
D ₂										(56.5%)	65	0	0	1	0	59	5	0	4	30	31			
D ₃										(38.7%)	8	0	3	1	0	4	0	0	4	4				
D ₄										(4.8%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
溶接										(0)	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0		
メカニカル										(2.4%)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1				
ねじ										(0.6%)	154	0	0	8	77	69								
印ろう										(91.7%)	9	0	0	4	5									
その他										(5.4%)	0	0	0	0	0									
地盤 D																				(0)	8	0	0	
E																					(4.8%)	85	0	
F																						(50.6%)	75	
																							(44.6%)	

表 12 クロス集計表 (石巻瓦斯)

	被害形態					低圧	導管種別				材質		管径種別				地盤			
	折損	亀裂	抜出	継手ゆるみ	その他		本管	支管	供給管	灯外内管	鋼管	铸铁管	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	G	H	I	
被害形態	折損	2	0	0	0	0	2	1	1	0	0	1	1	0	2	0	0	0	2	0
	亀裂	(2.3%)	63	0	0	0	63	0	5	57	1	63	0	56	7	0	0	0	59	4
	抜出		(72.4%)	4	0	0	4	0	4	0	0	4	0	0	4	0	0	0	4	0
	継手ゆるみ			(4.6%)	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
	その他				(1.1%)	17	17	0	15	2	0	17	0	12	5	0	0	0	17	0
低圧					(19.5%)	87	1	26	59	1	86	1	69	18	0	0	0	83	4	
導本管					(100%)	1	0	Q	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	
管支管							(1.1%)	26	0	0	26	0	11	15	0	0	0	25	1	
種供給管								(29.9%)	59	0	59	0	58	1	0	0	0	56	3	
別灯外内管									(67.8%)	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	
材鋼管										(1.1%)	86	0	69	17	0	0	0	82	4	
質铸铁管											(98.9%)	1	0	1	0	0	0	1	0	
管D ₁											(1.1%)	69	0	0	0	0	0	66	3	
径D ₂												(79.3%)	18	0	0	0	0	17	1	
種D ₃													(20.7%)	0	0	0	0	0	0	
別D ₄														(0)	0	0	0	0	0	
地G															(0)	0	0	0	0	
盤H																(0)	83	0	0	
I																	(95.4%)	4	(4.6%)	

表 13 クロス集計表 (古川ガス)

	被害形態					低圧	導管種別				材質		管径種別				継手種別					
	折損	亀裂	抜出	継手ゆるみ	その他		本管	支管	供給管	灯外内管	鋼管	铸铁管	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	溶接	メカニカル	ねじ	印ろう	その他	
被害形態	折損	3	0	0	0	0	3	0	1	2	3	0	3	0	0	0	0	0	3	0	0	
	亀裂	(14.3%)	17	0	0	0	17	2	4	9	2	17	0	12	4	1	0	1	0	16	0	0
	抜出		(81.0%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	継手ゆるみ			(0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他				(0)	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
低圧					(4.8%)	21	3	4	10	4	21	0	15	5	1	0	1	0	20	0	0	
導本管					(100%)	3	0	0	0	3	0	0	2	1	0	1	0	2	0	0	0	
管支管							(14.3%)	4	0	0	4	0	1	3	0	0	0	4	0	0		
種供給管								(19.0%)	10	0	10	0	10	0	0	0	0	10	0	0		
別灯外内管									(47.6%)	4	4	0	4	0	0	0	0	4	0	0		
材鋼管									(19.0%)	21	0	15	5	1	0	1	0	20	0	0		
質铸铁管										(100%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
管D ₁											(0)	15	0	0	0	0	0	15	0	0		
径D ₂												(71.4%)	5	0	0	0	0	5	0	0		
種D ₃													(23.8%)	1	0	1	0	0	0	0		
別D ₄														(4.8%)	0	0	0	0	0	0		
継溶接															(0)	1	0	0	0	0		
手メカニカル																(4.8%)	0	0	0	0		
種ねじ																	(0)	20	0	0		
別印ろう																		(95.2%)	0	0		
その他																			(0)	0		

ある。つまり支管・供給管・灯外内管は一般にねじ継手を有する管径100 mm以下の埋設管であると考えてよく、これらの管が折損被害を多く受けたことを示している。

次に抜け出しおよび継手ゆるみについて検討する。導管種別では本管・支管が大きな割合を占めており、特に本管被害20箇所のうち抜け出し、ゆるみが15箇所(75%)となっている。これらの被害は主として铸铁管、管径50~200 mm (D₂, D₃)およびメカニカル継手にあたっている。铸铁管の κατηγοリーを縦方向に見ると抜け出し・ゆるみが全铸铁管被害14箇所中13箇所を占め、これらは全て本管に起こっている。したがって、抜け出し・継手ゆるみという被害は铸铁管に多い被害形態であるといえよう。以上から、仙台におけるガス管被害の形態を大別すれば、つぎのようになる。

1. 管径100 mm以下のねじ接合鋼管で支管・供給管・灯外内管の折損・亀裂の被害。
2. 管径100 mm以上のメカニカル継手铸铁管で本管の抜け出し・継手ゆるみの被害。

最後に地盤種別と他のアイテム・カテゴリーとの関係を見よう。どのアイテム・カテゴリーをとっても、ほぼA, B, Cの順で被害が大きくなっており、地盤C(宅地造成地)が仙台のガス管被害の支配的要因であったことがわかる。また地盤Cでの比率が高いものは、支管および铸铁管に関連のあるカテゴリーである。

他の3市についてもほぼ同様のことが言えるが、注目されることは、3市ともに亀裂被害がかなり大きな比率を占めることである(表11, 12, 13参照)。仙台の被害の考察から亀裂と折損はほぼ同様の被害形態と考えられ、調査基準の相違によるものかもしれない。

(3) 平均被害率の検討

上記のクロス集計表はあくまで被害個数であり、適当な正規化が必要となる。もしクロス集計表のすべての組み合わせに対して導管延長距離がわかっているならば、その距離でクロス集計表全体を正規化し、被害率のマトリクスを作成することが可能となる。ここでは、資料不足から各アイテムごとの被害率しか算出できなかったが、被害率の意味を詳細に知るためには、適宜クロス集計表にもどって考察を進める必要がある。表14~19にアイテムごとの被害率を被害形態別にまとめて示す。古川ガスについては、被害率を求められなかった。なお導管種別においては、本・支管はまとめて1 km当りの被害箇所数、供給管・灯外内管については需要家千戸当りの被害箇所数で被害率を算出している。管径別被害率は本・支管のみを対象とした。なお石巻瓦斯の材質別被害率は本・支管延長に対して求めている。表14, 15は仙台市ガス局の被害率である。前節で述べたように各アイテムは相互に関連をもっており、これらの表の中の数値で継手別および地盤別被害率のほかはそのままではあまり意味をもたない。たとえば、本・支管の被害率は比較的被害の少ない铸铁本管と被害の大きいねじ接合鋼管との平均的な被害率を示すものであり、また鋼管の被害の被害率には、ねじ接合鋼管とアーク溶接鋼管が含まれている。アーク溶接鋼管延長は51.8 kmと小さいので、鋼管被害率は継手別の“ねじ”の被害率とほぼ同じ内容を表していることになる。継手別被害率のうちメカニカル継手の0.025箇所/kmは、ほぼ直径の大きい铸铁管の被害率に相当し、ねじ継手の被害率0.58箇所/kmは、直径の小さいねじ継手鋼管の被害率に相当する。また地盤別では(表15), 地

表14 被害率(仙台市ガス局)

仙台市ガス局		低圧導管の種別		低圧導管の材質種別		低圧一本・支管の管径種別				低圧導管の接合種別				
		本・支管	供給灯外内管	鋼管	铸铁管	D<50	50≤D≤100	100<D≤200	200<D	溶接	メカニカル	ねじ	印ろう	
埋設延長距離メータ個数		1225.1 km	136,128 個	964.9 km	580.2 km	591.9 km	181.5 km	397.2 km	19.2 km	51.2 km	530.0 km	913.7 km	50.2 km	
被害形態	折損	被害箇所	130	279	409	0	11	119	0	0	0	0	408	0
		被害率	0.11 箇所/km	2.05 箇所/千個	0.42 箇所/km	0 箇所/km	0.02 箇所/km	0.66 箇所/km	0 箇所/km	0 箇所/km	0 箇所/km	0 箇所/km	0.45 箇所/km	0 箇所/km
	亀裂	被害箇所	15	28	43	0	3	12	0	0	0	0	43	0
		被害率	0.01	0.21	0.04	0	0.005	0.07	0	0	0	0	0.05	0
	抜出し	被害箇所	57	3	49	11	0	49	7	1	0	11	48	0
		被害率	0.05	0.02	0.05	0.02	0	0.27	0.02	0.05	0	0.02	0.05	0
	継手ゆるみ	被害箇所	9	4	11	2	0	9	0	0	0	2	9	0
		被害率	0.01	0.03	0.01	0.003	0	0.05	0	0	0	0.004	0.01	0
	その他	被害箇所	7	20	26	1	2	4	1	0	0	0	24	0
		被害率	0.01	0.15	0.03	0.002	0.003	0.02	0.003	0	0	0	0.03	0
	合計	被害箇所	218	334	538	14	16	193	8	1	0	13	532	0
		被害率	0.18	2.45	0.56	0.024	0.027	0.06	0.020	0.05	0	0.025	0.58	0

表 15 地盤別被害率(仙台市ガス局)

仙台市ガス局			地 盤 種 別		
			A	B	C
低 圧 本 形 支 管	埋設延長距離(km)		267.84	132.37	616.74
	折 損	被害箇所	0	13	117
		被害率 箇所/km	0	0.098	0.190
	亀 裂	被害箇所	1	2	12
		被害率 箇所/km	0.004	0.015	0.019
	抜 出	被害箇所	0	2	55
		被害率 箇所/km	0	0.015	0.089
	継手 ゆるみ	被害箇所	3	2	4
		被害率 箇所/km	0.011	0.015	0.006
	その他	被害箇所	1	1	5
		被害率 箇所/km	0.004	0.008	0.008
	合 計	被害箇所	5	20	193
		被害率 箇所/km	0.019	0.151	0.313
	メー タ 個 数			61,521	29,362
低 圧 ・ 供 給 形 灯 外 内 管	折 損	被害箇所	45	60	174
		被害率 箇所/千戸	0.73	2.04	3.85
	亀 裂	被害箇所	1	16	11
		被害率 箇所/千戸	0.02	0.54	0.24
	抜 出	被害箇所	0	0	3
		被害率 箇所/千戸	0	0	0.07
	継手 ゆるみ	被害箇所	2	0	2
		被害率 箇所/千戸	0.03	0	0.05
	その他	被害箇所	3	3	14
		被害率 箇所/千戸	0.05	0.10	0.31
	合 計	被害箇所	51	79	204
		被害率 箇所/千戸	0.83	2.69	4.51

盤Cが本・支管で0.313箇所/kmと地盤Aの16.5倍、Bの2.1倍となっている。供給管・灯外内管では、地盤CはA、Bにくらべてそれぞれ5.4倍、1.7倍となっている。

塩釜瓦斯は、すべての被害率について仙台を上まわっている。継手別で見ると、溶接継手0.31箇所/km、印ろう継手1.84箇所/kmと仙台では、ほとんどなかった被害がかなり多くなっている。クロス集計表(表10)を参照すると溶接継手は、全て本管で直径は50~200mmであり、地盤Eで折損・亀裂被害を受けている。印ろう継手も本管で直径50~200mmであり、折損および継手ゆるみの被害を多く受けている。地盤はE・Fである。ねじ継手では、1.30箇所/kmで仙台の2.2倍、メカニカルについては6.8倍となっている。塩釜の地盤Fは、海岸沿いのかなり軟弱な埋立地であり(図7参照)、海水による管体腐食の影響も無視できないと思われる。地盤Fの被害率は2.57箇所/kmで仙台の地盤Cの8.2倍となっている。地盤Eは、丘陵地と埋立地にはさまれた複雑な分布をしており、丘陵地との境界での被害も多く認められる(図7参照)。

石巻瓦斯については継手種別が不明であるが、他の被害率から推定して、塩釜と仙台の中間程度の被害であったと考えられる。

4. 復旧の経緯

4.1 仙台市ガス局

(1) 被災直後の対応

地震発生直後の17:17幸町五丁目の原町工場内にある有水式低圧ガスホルダー(17,000m³)の水封が切れて出火し、炎上倒壊した。¹⁴⁾ 火災覚知と同時に元バルブを締め、ガス局自衛消防隊9名、工事従業員10名により屋外

表 16 被 害 率 (塩釜瓦斯)

塩釜瓦斯		低圧導管の種別		低圧導管の材質種別		低圧一本・支管の管径種別				低圧導管の接合種別				
		本・支管	供給灯外内管	鋼管	铸铁管	D<50	50≤D≤100	100<D≤200	200<D	溶接	メカニカル	ねじ	印ろう	
埋設延長距離 全需要家戸数		90.8 km	6235 戸	131.6 km	10.9 km	44.9 km	27.8 km	18.2 km	—	12.9 km	6.0 km	118.7 km	4.9 km	
被 害 形 態	折 損	被害箇所	26	31	54	3	5	20	1	—	1	0	53	3
		被害率 箇所/km	0.29	4.97	0.41	0.28	0.11	0.72	0.05	—	0.08	0	0.45	0.61
	亀 裂	被害箇所	21	42	61	2	6	13	2	—	2	1	59	1
		被害率 箇所/km	0.23	6.74	0.46	0.18	0.13	0.47	0.11	—	0.16	0.17	0.50	0.20
	抜 出	被害箇所	3	3	5	1	0	2	1	—	0	0	5	1
		被害率 箇所/km	0.03	0.48	0.04	0.09	0	0.07	0.05	—	0	0	0.04	0.20
	継手 ゆるみ	被害箇所	22	4	22	4	0	19	3	—	0	0	22	4
		被害率 箇所/km	0.24	0.64	0.17	0.37	0	0.68	0.16	—	0	0	0.19	0.82
	その他	被害箇所	8	8	16	0	0	7	1	—	1	0	15	0
		被害率 箇所/km	0.09	1.28	0.12	0	0	0.25	0.05	—	0.08	0	0.13	0
	合 計	被害箇所	80	88	158	10	11	61	8	—	4	1	154	9
		被害率 箇所/km	0.88	14.11	1.20	0.92	0.24	2.19	0.44	—	0.31	0.17	1.30	1.84

表 17 地盤別被害率(塩釜瓦斯)

塩釜瓦斯			地盤種別		
			D	E	F
低 庄 本 害 ・ 形 支 態 管	埋設延長距離(km)		45	32	14
	折損	被害箇所	2	14	10
		被害率 箇所/km	0.04	0.44	0.71
	亀裂	被害箇所	1	12	8
		被害率 箇所/km	0.02	0.38	0.57
	拔出	被害箇所	0	1	2
		被害率 箇所/km	0	0.03	0.14
	継手ゆるみ	被害箇所	0	8	14
		被害率 箇所/km	0	0.25	1.00
	その他	被害箇所	1	5	2
		被害率 箇所/km	0.02	0.16	0.14
	合計	被害箇所	4	40	36
		被害率 箇所/km	0.09	1.25	2.57

表 19 地盤別被害率(石巻瓦斯)

石巻瓦斯			地盤種別		
			G	H	I
低 庄 本 害 ・ 形 支 態 管	埋設延長距離(km)		22	110	3
	折損	被害箇所	0	2	0
		被害率 箇所/km	0	0.02	0
	亀裂	被害箇所	0	4	1
		被害率 箇所/km	0	0.04	0.33
	拔出	被害箇所	0	4	0
		被害率 箇所/km	0	0.04	0
	継手ゆるみ	被害箇所	0	1	0
		被害率 箇所/km	0	0.01	0
	その他	被害箇所	0	15	0
		被害率 箇所/km	0	0.14	0
	合計	被害箇所	0	26	1
		被害率 箇所/km	0	0.24	0.33

表 18 被害率(石巻瓦斯)

石巻瓦斯		低庄導管の種別		低庄-本・支管の材質種別		低庄一本・支管の管径種別				
		本・支管	供給 灯外内管	鋼管	鋳鉄管	$D < 50$	$50 \leq D \leq 100$	$100 < D \leq 200$	$200 < D$	
埋設延長距離・全需要家戸数		135.6km	7095戸	111.6km	24.0km	14.1km	81.6km	33.5km	6.3km	
被 害 形 態	折損	被害箇所	2	0	1	1	0	2	0	0
		被害率 箇所/km	0.01	0	0.01	0.04	0	0.02	0	0
	亀裂	被害箇所	5	58	5	0	0	5	0	0
		被害率 箇所/km	0.04	8.17	0.04	0	0	0.06	0	0
	拔出	被害箇所	4	0	4	0	0	4	0	0
		被害率 箇所/km	0.03	0	0.04	0	0	0.05	0	0
	継手ゆるみ	被害箇所	1	0	1	0	1	0	0	0
		被害率 箇所/km	0.01	0	0.01	0	0.07	0	0	0
	その他	被害箇所	15	2	15	0	10	5	0	0
		被害率 箇所/km	0.11	0.28	0.13	0	0.71	0.06	0	0
	合計	被害箇所	27	60	26	1	11	16	0	0
		被害率 箇所/km	0.20	8.45	0.23	0.04	0.78	0.20	0	0

消火栓3箇所からホース延長してLPGタンクおよびホルダーの冷却活動、他への延焼防止を行った。17:23現場から3km離れた鶴ヶ谷消防署から消防車1台が到着、同25分から消火活動を開始した。17:45には、東本、連坊(いずれも現場から3~4km)の各署から計3台の消防車が到着した。(実際の消火活動には、鶴ヶ谷、東本署の計3台があたった。)この火災は約20分後に鎮火したが、仙台市消防局による正式の鎮火時刻は18:30と報告されている。¹⁴⁾ このホルダー事故のため、市内中央北部地区に送出する北六幹線が構内で折損し、ガスの送出不可能となった。また球型ホルダー、原料タンクのバルブをすべて閉止し、原野工場の機能は完全に停止した。¹⁵⁾

地震直後に不通となった電話は約15分後に回復し、港

工場の被害が軽微であることが判明した。このため、ホルダー内の保留ガスを用いた需要家への供給は継続された。電話の回復と同時に供給区域全域からガス漏れ通報が殺到し、一時的にまひ状態も生じた。同日中のガス漏れ通報は約200件に達した。

17:32「仙台市ガス局災害対策本部」が設置され、関係機関との連絡をとると同時に、ただちに製造工場内の施設点検および中庄路線・整圧器の点検が開始された。^{14) 15)} 18:00対策本部は、ホルダー事故、停電、ガス漏れ通報の量などを考慮し、ガス供給の全面停止を決定、18:15港工場の最終出バルブを閉止し、仙台市および泉市、多賀城市を含む約13.6万戸の需要家へのガス供給を停止した。管内の141基の整圧器の入・出バルブは翌

朝までにすべて閉止された。

供給停止のお知らせと各戸メーターコックの閉栓の呼びかけはガス局の広報車で行うとともに、NHK等のマスコミ機関への協力を依頼した。仙台市ガス事業者による広告は翌13日の夕刊に掲載された(図9参照)。また日本瓦斯協会を通じて他ガス事業者の応援を要請した。

(2) 製造設備および中圧路線

港工場には3種類の製造プラント〔ナフサガス発生装置(OG)2基、同(MRG)2基および高圧連結式ガス発生装置(HB)1基〕があったが、これらは地震による停電で製造を停止した。製造停止時の温度、触媒交換の必要性の有無、東北石油の被災による原料受入れの可能性などについての点検・検討が必要とされたが、設備点検は15日の段階で終了して製造体制に入り、16日から一部製造が開始された。LPGおよびナフサ原料の受入れはローリーによる陸送受入れが17日から行われ、21日に東北石油とのパイプラインが復旧して最終的な解決を見た。なお、3種のプラントが正常稼動を再開したのはOGプラントが18日夕刻、MRGプラントが20日夕刻、HBプラントが27日午後と報告されている。¹⁵⁾ 後述のように低圧導管の復旧に時間がかかったため、製造設備の正常稼動再開は供給再開に歩調を合わせて行われたものと推測される。

地震発生当日の12日中から行われた中圧幹線の点検の結果、港工場から市街地に至る路線を含む中圧A管約51kmには4箇所被害が発見されたのみであった(表7)。これらはいずれも周辺の軟弱不良地盤の沈下に伴うフランジ漏れであり、13日早朝までに増し締めにより応急復旧された。13、14日の両日にわたり、市内各地域にガスを供給する中圧B幹線の点検が行われたが、折損・亀裂等の被害はなく、中圧幹線までの安全性は14日正午過ぎの時点で確認され、¹⁶⁾ 15日には昇圧されて供給再開を待つばかりとなった。

(3) 低圧本・支管

地震直後からのガス漏れ通報、13日早朝以降の事故処理件数などから判断して、低圧導管には非常に多数の被害箇所があることが予想された。このため、全供給地域を一度で修理再開することは不可能と判断され、迅速か

つ安全な復旧方法として、需要件数・供給地区系を勘案したブロック化による供給再開計画が立案された。13日午後の段階で最初に6つのブロック化による計画が立てられた。¹⁷⁾ その後この計画は再開作業のしやすさなどを考え、16日に最終的に8ブロック化が採用された(図10)。14日から行われたブロック化に伴う導管切断は51箇所におよび、17日にはほぼ完了した。¹⁷⁾ ブロック境界は主として河川、鉄道、主要道路などが選ばれ、団地群は独立のブロックとして設定されている場合が多い。

図11は供給再開までの巨視的な作業の流れを、また図12はブロック化から閉栓に至る詳細な作業の流れを示している。低圧管の点検・修理に先立つ各需要メーターコックの閉栓確認作業は、ブロック化と平行して、15日から本格的に開始され、17日には市一般職員200名¹⁸⁾あまりを動員して18日までに全供給区域について終了した。メーターコックの閉栓確認は作業員1人で1日あたり200件程度と言われ、広報等による閉栓呼びかけにもかかわらず、事前に閉栓していたものは5割程度であった。

供給再開順位については当初、一般住宅街優先の方向で進められたが、旧市内で被害が少なく、とくに丘陵地帯の造成団地に被害が集中している点を重視し、15日から旧市内の再開順位を優先させる方針に変更された。¹⁷⁾

点検・修理・再開作業が進むにつれて、泉市南光台、黒松、仙台市緑ヶ丘といった造成住地の被害が予想を上まわる結果となり、大ブロック分割だけでは復旧作業に支障をきたすようになった。このため、これら被害箇所の多いブロックをさらにいくつかのセクターに分割することが必要となった。最終的には、セクターを含むブロックの総数は38となり、必要とされたブロック切断箇所は合計で157箇所(うち2箇所は既設バルブの閉止)となった。¹⁷⁾

各ブロック、セクター毎に供給再開(閉栓)までの作業の流れを時系列的に総括して図13に示す。

(4) 供給再開

6月15日日本・支管点検修理を終了し、テスト加圧の結果、16日中野栄町地区(図2参照)の内管検査が開始され、地震発生以来4日ぶりに供給再開されるに至った。この屋内管点検・修理作業は17日の2ブロックおよび多賀城地区から本格化し、同日1万あまりの供給再開数を

お知らせ

十二日夕方に発生した地震により仙台市ガス局では、安全のために都市ガスの供給を全面的に停止してあります。

その後の調査では、市内全域にわたってガス管にかなりの被害が出ており、関係職員が夜を徹し、全力を挙げて主要幹線を始め、市内各所の調査と復旧作業にあたっておりますが、今のところ復旧には十日間以上の日数を要する見込みです。

ガス局では保安に万全を期し、供給再開にあたっては、安全十分に確認し、報道機関、広報車その他の方法により全需要家に周知のうえ供給を開始することとしておりますので、それまでは、安全のために必ずメーター付近の元栓を始め、コックを全部閉めておくようお願ひ申し上げます。

需要家の皆様には大変ご迷惑をおかけしておりますが、一日も早く供給を再開すべく全力を挙げて復旧作業にあたっておりますので、心しくご協力くださるようお願い申し上げます。

仙台市ガス局 局長 吉野 誠 謹言

図9 仙台市ガス局の需要家へのお知らせ

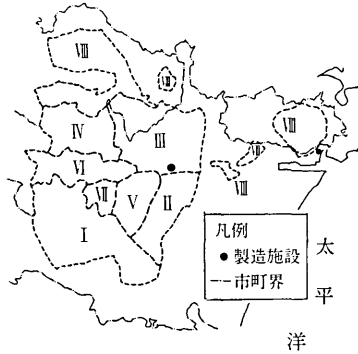


図10 仙台市ガス局供給区域のブロック分け

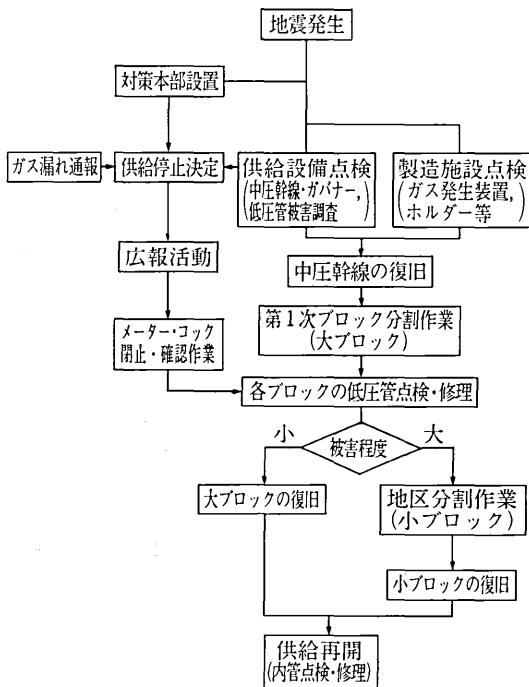


図11 仙台市ガス局の復旧経過

みた.¹⁸⁾

表20は地震発生後の6月12日からほぼ完全に供給が再開された7月9日までの期間における1日ごとの供給再開戸数および復旧稼働人員とその内訳を示したものである。また図14は表20の内容を図化したものであり、供給再開の進捗状況が明瞭に示されている。この間に復旧に従事した総数は約25,700人・日に達し、最盛時には1日あたり約1,300人が動員されている。総動員数の25%がガス局職員、44%が他ガス事業者からの支援、残りの31%がガス工事者となっている。また、稼働人員1人・日あたりの供給再開戸数は時期により大きく変動しているが、作業が順調に進んでいる場合で10戸/人・日程度の値となっている。

供給再開のための屋内管点検作業が需要家不在のため

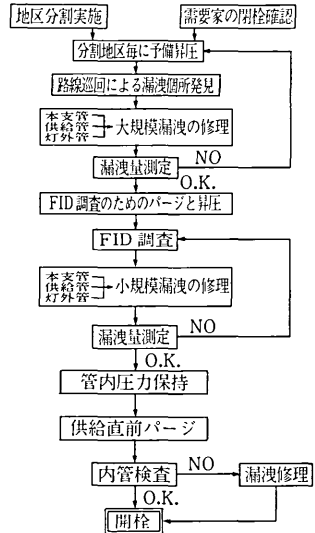


図12 第1次ブロック分割以後の供給再開の流れ

行えないという事態も発生したが、テレビ・ラジオ・新聞などマスコミやガス局広報車による供給再開日についての広報活動が徹底するに従い不在需要家数は減少した。

(5) 集中プロパンガス地区の復旧¹⁹⁾

仙台市ガス局の管理する集中方式プロパンガス供給地区は33地点群(12,100戸)あり、将来、都市ガスへの転換の方向で敷設されている。地震発生により、このうち15地点群(5,900戸)が供給を停止した(表21)。都市ガス同様に地震発生直後から供給再開に向けて点検・修理に着手し、14日夜半には約5割が復旧した。15日以降も残りの地区において供給再開のための作業が進められ、18日には約8割、19日約9割の復旧を見るに至った。しかし、泉ニュータウンでは、導管に都市ガス同様の水道管の被害による差し水の被害が見られたことから供給再開が遅れ、完全復旧は6月27日となった。

(6) 代替燃料

市ガス(一部プロパンガスを含む)の供給が停止している期間の代替燃料に関しては、NHKによる世論調査の結果が参考になる。²⁰⁾ 20歳以上の仙台市民800人に対する個人面接法により得られた601の有効回答に基づく結果の一部を図15に示す。回答者中で都市ガス使用者は56.9%であった(この値は仙台市における都市ガスの普及率¹⁵⁾72.8%にくらべてやや低めである)。都市ガスの代替燃料としては卓上ガスコンロ、登山用コンロが最も多く使われ、地震前に市ガスを使っていた家庭のうちの約34%にあたる。続いて、電気釜、電気コンロなどの使用者が23%、プロパンガス器具の使用者が17%であり、これらの上位3者で全体の75%となっている。また図15(c)によれば、地震後2、3日以内に上述の代替燃料に関連した買物をした家庭の全回答数(601)に対する割

表20 仙台市ガス局の復旧経過

月日	供給再開戸数	復旧稼働人員				復旧状況	
		自局	ガス事業者	工事者	計	戸/人・日	人・日/100戸
6.12	0	—	—	—	—	—	—
13	0	130	150	167	447	—	—
14	0	130	214	248	592	—	—
15	0	255	455	255	965	—	—
16	510	250	481	269	1,000	0.5	196
17	11,017	250	477	305	1,032	10.7	10
18	773	250	541	324	1,115	0.7	145
19	13,500	250	548	336	1,134	11.9	9
20	6,900	250	579	325	1,154	6.0	17
21	2,300	250	665	357	1,272	1.8	56
22	8,700	250	657	345	1,252	6.9	15
23	12,352	250	658	334	1,242	9.9	10
24	13,778	250	650	348	1,248	11.0	9
25	11,370	268	650	198	1,116	10.2	10
26	13,830	260	646	283	1,189	11.6	9
27	10,270	260	653	385	1,298	7.9	13
28	12,840	260	622	310	1,192	10.8	10
29	6,780	260	600	409	1,269	5.3	19
30	2,400	250	586	400	1,236	1.9	52
7. 1	470	260	174	250	684	0.7	146
2	200	200	171	250	621	0.3	311
3	910	250	171	250	671	1.4	74
4	3,120	250	150	250	650	4.8	21
5	710	250	150	250	650	1.1	92
6	740	250	150	270	670	1.1	91
7	460	250	150	270	670	0.7	146
8	1,150	250	150	270	670	1.7	59
9	190	200	150	270	620	0.3	326
合計	135,270	6,483	11,248	7,928	25,659	5.3	19

合は32%に達している。この期間に何も購入しなかった家庭が総数の33%もあることを考えると、都市ガスに依存していた家庭の多くでは地震後に代替燃料の手当をしていることがわかる。

仙台市ガス局では6月15日から管内3箇所携帯燃料器具の特価販売を開始した。¹¹⁾ 器具(3,500円)および220g入りボンベ3本1組(500円)の販売価格は市価(器具約6,000円、ボンベ1本約300円)にくらべて4割程度安くなっている。このあっせんは21日まで続けられ、同期間に器具4,000台(うち450台は低所得者等に無料配布)、ボンベ49,000本をあっせんした。ガス局ではコンロ20,000台、ボンベ90,000本を用意したと報告されており、品切れになるような事態は発生しなかった。

7月9日までに復旧ができなかった特別災害地区の対象戸数は527戸であった。¹¹⁾ これらの内訳は緑ヶ丘一、三、四丁目がそれぞれ56, 131, 188、北根一念坊117、泉市黒松三丁目35であり、いわゆる造成宅地に集中している。これらの大部分はその後都市ガスの供給が再開されたが一部地域では都市ガスによる供給が不能であると判断され、約40戸が各戸プロパン供給に切換えられた。¹¹⁾

4.2 塩釜、石巻および古川ガス

(1) 塩釜瓦斯²⁾

ガスの製造は地震発生と同時に停電により停止したがただちに行われた工場内の点検の結果、製造設備に被害の無いことが判明したので、ガスの供給は低圧供給に切換えて続行された。しかし需要家からのガス漏れ通報が続き、他の関連機関との対応、住家等の被害状況などを総合的に判断して、19:15全面供給停止を行った。ガス漏れ通報箇所の点検・修理を開始するとともに、ガス供給停止およびメーターコックの閉止を需要家に呼びかけた。

閉栓点検・閉止確認作業は13日早朝から着手され、14日の午前中までに完了した。閉栓点検の完了した地区の

表21 集中プロパン地点群の復旧状況

供給停止地点群名	供給戸数	埋設導管延長(km)	被害内容及復旧状況
市名坂友愛団地	48	2.94	被害なし。6月13日供給開始。
宮城町宮上原住宅	48	0.92	被害なし。13日供給開始。
四郎丸団地	754	7.60	本管1箇所折損。13日供給開始。
折立団地	913	13.29	灯外管1箇所折損。13日供給開始。
泉平和台団地	130	6.57	被害なし。13日供給開始。
手倉田第二団地	32	1.33	供給管2箇所折損。13日供給開始。
吉成団地	345	17.06	支管1箇所L A抜け出し。13日供給開始。
長町団地	260	6.06	被害なし。6月14日供給開始。
羽黒台団地	285	11.21	灯外管4箇所折損。14日供給開始。
塩釜魚市場	68	—	灯外管1箇所折損。14日供給開始。
市名坂いずる団地	14	2.41	支管1箇所L Aソケット抜け。供給管1箇所折損。6月15日供給開始。
松森団地	236	8.12	支管5(折損2, LA抜け1, 継手ゆるみ3)箇所。供給管1箇所。6月19日供給開始。
富谷ニュータウン	80	9.20	本管1箇所折損。支管6箇所折損。19日供給開始。
泉向陽台団地	2,001	49.46	支管8(折損7, LA抜け1)箇所。16日1100戸、17日500戸、20日401戸。
泉ニュータウン	749	19.97	支管3箇所折損。供給管2箇所折損。21日490、25日130、27日129戸。
合計	5,963	156.1	13日38%復旧、14日48%、17日75%、19日80%、21日96%復旧。

*埋設導管延長：鉄管、白ガス管、(四郎丸団地については塩ビ管1.11km含む)の合計。

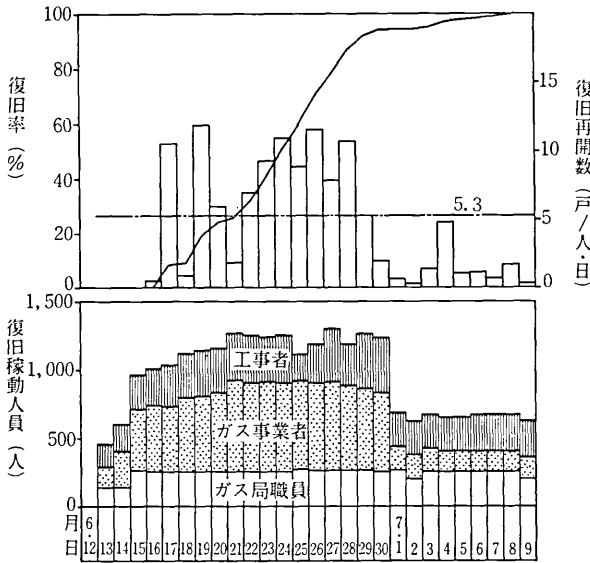


図14 仙台市ガス局の復旧再開状況

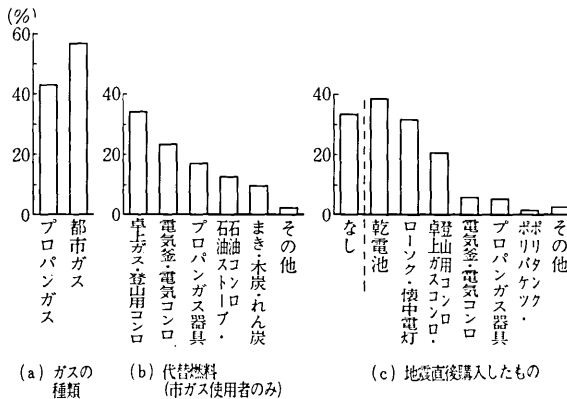


図15 NHK世論調査「宮城県沖地震」による

本・支管から点検・修理を進めたが、予想以上のガス漏れ箇所があることから、15日夜半、急きょブロック化を決定し16日早朝から分割作業に入った。図16にブロック分割を示し、表22に各ブロックの需要家数と導管の被害箇所数を示す。中圧ラインとして敷設されている本管を切断し、製造施設に近い方からブロックごとの復旧はかった。最初に点検・修理に着手したIブロックの幹線ラインの被害箇所が特に多かったため、他ブロックの作業開始には時間を要した。たとえばIブロック港町2丁目では導管延長50m程度の区間で、1つの被害を発見して修理・昇圧するたびに次の被害箇所が新たに発見されるという事態となり、この区間だけで10箇所の被害が発見された。需要家へのガス供給は16日から再開され、24日に不在需要家分を除いた一応の復旧作業を完了した。供給再開の進捗状況を表23および図17に示す。他ガス事業者からの応援は6月13日から6月29日までで16事業者延人員558人に及んだ。

(2) 石巻瓦斯²²⁾

地震発生と同時に停電によりガス製造の機能が停止したが、外観・目視点検でガス発生装置および構造物等には被害の無いものと判断された。ガス供給は、ガスホルダー内圧力による低圧供給に切換えて続行された。20時頃電力の回復により試験的にガス製造を再開した。ガス貯蔵とともに、有水式ホルダー上部タンクの上昇時に「キシミ音」が検知されたため、ただちに製造を中止し、ホルダーの再点検を行った。この結果ガイドローラー・シャフトの曲折、主桁用プレースの切断が発見されたが、応急修理を行うことによりガス貯蔵に支障はきたさなかった。保留ガスによるガス供給は、地震発生時から続けられていたが、ホルダーからの送出量に特に異常は認められなかった。需要家からのガス漏れ通報とパトロールによる導管被害の情報の収集をはかるとともに非常災害体制をとり、市内ガス工事者の応援を含め42名の動員で15班(各2~3名)の修理班を編成し、応急修理を開始した。

応急処理としては、折損・亀裂等の被害状況に応じ、導管の切断・プラグ止め、またはビニールテープによる一時的修理を行った。2次災害発生防止のため、工場内元バルブを閉止しガス供給を全面停止したのは21:20、地震発生から約4時間後であった。12日中のガス漏れ通報は約80件、応急復旧件数は約60件であった。13日7時から17時までに全需要家約7千件に対するメーターコックの閉栓確認・閉止作業を終了した。合わせて16:00~18:00に試験供給を行い、被害箇所の発見に努め、製造工場東部の渡波地区の本・支管の点検・修理を完了し、

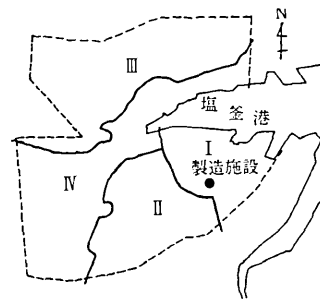


図16 塩釜瓦斯供給区域のブロック分け

表22 塩釜瓦斯のブロック別需要家数と導管被害数

ブロック	需要家数 (件)	導管被害数 (箇所)			
		本管	支管	供給管	灯外内管
I	413	14	8	17	7
II	1,349	18	16	18	6
III	2,182	4	10	8	4
IV	2,024	5	5	18	10
合計	5,968	41	39	61	27

表23 塩釜瓦斯的復旧経過

月日	閉栓確認作業(件)	ボーリング調査(m)	開栓作業(件)	復旧稼動人員			被害箇所の本修理件数	
				自社ガス事業者	工事者	計		
6.12				27	0	8	35	26
13	2,161			27	26	8	61	
14	3,837			27	24	18	69	8
15		19,542		27	43	12	82	29
16		7,048	294	27	60	25	112	20
17		11,690	643	27	47	25	99	20
18		18,730	857	27	47	25	99	14
19		17,050	1,306	26	55	23	104	10
20		14,300	793	26	55	23	104	8
21		7,500	1,066	26	53	23	102	8
22		4,600	868	26	53	23	102	4
23			141	26	52	9	87	2
24		6,000	63	26	27	9	62	1
25		1,000	27	26	0	9	35	4
26			12	26	4	9	39	
27			6	26	4	8	38	
28				26	4	8	38	
29				26	4	8	38	
30				16	0	8	24	
合計	5,998	107,460	6,076	491	558	281	1,330	154

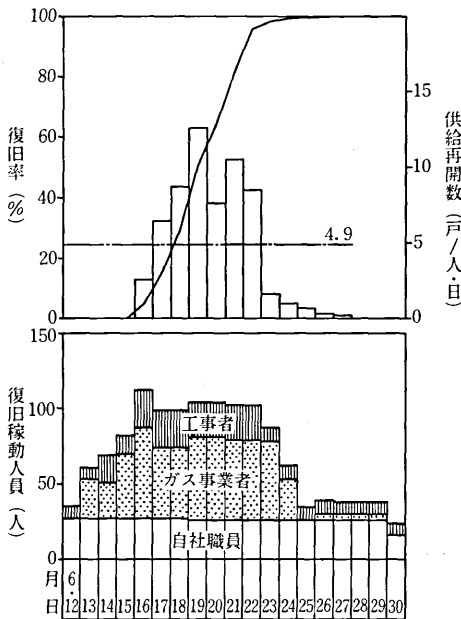


図17 塩釜瓦斯的復旧再開状況

深夜11時までに内管検査を終えた946件の供給再開を見た。また13日夕刻から前述のガスホルダーの本修理を行い、14日昼までに完了した。

電話等のガス漏れ通報と道路パトロールによる被害調

査から、市内中央の北上川沿岸の不動町、田町、中央町島田船見附近、門脇川岸、湊町一丁目川岸の被害の大きいことが予想された。14日石巻地区の復旧作業を開始し、8時から12時半まで中圧管の試験供給を行って、整圧器点検、被害箇所の発見に努めた。

本・支管点検・修理の終了した区域から内管検査を実施し、表24のような供給開発を見た。14日までに全需要家の約90%までへの供給が再開されている。内管検査では不在需要家があるため供給再開が後日にずれ込む事態が生じたことも報告されている。他ガス事業者からの応援は6月13日から18日まで3事業者、延べ42人であった。

(3) 古川ガス²³⁾

地震により、ガスホルダー(3000m³)のガイドローラーが離脱し、傾斜状態となり、作動不可能となった。さらに電話等によるガス漏れ通報が数件あったことも考慮し、2次災害防止のため、18時全面供給停止を行った。13・14日の両日にわたり、メーターコックの閉栓確認・閉止作業が行われた。またガスホルダーの復旧作業が進められ、14日ガス製造を開始、ホルダーの作動状態、ホルダーからのガス漏れのないことを確認した。

15日8時から試験供給を行い、市内主要幹線道路上の数箇所を人員を配置し、導管末端5箇所において空気抜き作業を行い、導管被害箇所の発見に努めた。本・支管点検・修理作業にはボーリング機械3台を使用し、ガス漏洩検知器(FID)を用いた漏洩検査を行い、被害箇所を本修理した。

本・支管、供給管の点検・修理の終了した区域から需要家に対する内管検査を行った。供給再開は16日から開始され、17日には全需要家の約90%を終了、23日に全面復旧を見た。古川ガスに対する他ガス事業者の応援は6月13日から19日にわたり、11事業者延べ157人に及んだ。

4.3 復旧過程の考察

図14に示した仙台市の場合の復旧率、稼動人員および作業員1人・日あたりの供給再開戸数の時間的経過を中心に、復旧作業の一般的な流れ(図11)やブロック・セ

表24 石巻瓦斯的復旧経過

月日	地区名	メーター件数	供給再開数	被害箇所数
6.13	渡波地区	1,358	946	4
14	石巻地区	5,737	5,440	14
15	(不動町)	(11)	525	69
16	(田町)	(10)	50	
17	(島田船見附近)	(4)	17	
18	(門脇川岸)	(88)	88	
19	(湊町一丁目)	(7)	29	
合計		7,095	7,095	87

クターごとの復旧総括表(図13)を検討すると、仙台市ガス局の復旧率の推移は次の4段階に分けることができよう。

(1) 6月12日～15日：復旧率0。製造設備、中圧幹線点検・修理、導管被害の把握(または推定)が行われ供給地域のブロック化が計画・実施される。

(2) 6月16日～21日：計画に従って供給再開作業が進められる。被害の少ないブロックはすみやかに供給が再開されるが、被害推定のあまさから、初期の計画に沿った復旧ができない地域がでてくる。計画の見直し・修正、ブロックの再分割(セクター化)が行われる。作業量あたりの供給再開効率は大きな変動を示し、復旧率のカーブに凹凸が目立つ(平均効率5.2戸/人・日)。

(3) 6月22日～29日：修正された計画に基づき、復旧作業が順調に進む。復旧率のカーブは直線的な増加を示す。平均効率9.2戸/人・日であり、1日あたりの供給再開戸数は平均11,000戸程度となる。

(4) 6月30日～7月9日：被害のひどい地域の復旧が中心となり、作業効率が低下する。平均効率は1.4戸/人・日、1日あたりの再開戸数も1,000戸程度となる。

石巻瓦斯や古川ガスでは正式のブロック化は報告されていないが、復旧過程においてはブロック化に近いことが行われたと考えられ、都市ガスの復旧過程は一般に仙台の場合に準じて分類することが可能であろう。

上述の4つの段階のうちで全体的な復旧の遅速を大きく支配するのは(1)と(2)であろう。すなわち(1)と(2)をなるべく短くすることが復旧計画の最適化につながる。このためには次の2つが特に重要であろう。

(1) 製造施設および幹線導管の被害を最小におさえる。

(2) 被害程度および被害の地域的分布の正確な把握、ブロック化の立案と実施に要する時間を短くする。特に後者は事業体の規模に大きく依存すると思われる。図14および図17に示された仙台と塩釜の復旧率の伸びを比較すると、被害の程度は塩釜の方が高いと考えられるにもかかわらず、塩釜では前述の(2)の段階がずっと短かったとの印象を受ける。復旧の具体的な作業は投入人員などの物量に直接比例して進めることができても、計画段階では中核的な少数の人間の判断が重要となり、この段階で組織の規模が極めて重要な影響を及ぼすものと思われる。この点から、仙台市ガス局の1ブロックが塩釜瓦斯・石巻瓦斯の供給エリアに、また1セクターが古川ガスの供給エリアにほぼ相当していることに注目しておきたい。したがって、地盤条件の相違などを考慮した事前の被害予測、およびそれを基本としたブロック化の計画と実施のための方策などを十分に検討しておくことが、特に大規模なガス事業体にとっては防災対策の基本となると言える。また、供給停止後に必要となる各需

要家メーターコックの閉止作業(閉栓確認作業を含む)や各種の広報活動も、システムの規模によっては無視できないものとなり、この作業が復旧計画が未だ流動的な段階では全作業量の中でかなりの重みを占めることにも注意したい。

復旧に関連すると考えられる項目は多数にのぼるが、表25は今回の被害に基づいて算出したいくつかの量をまとめ示したものである。これだけの数値から一般的な議論をすることはできないが、特に復旧に係わる指数などの資料は、将来の復旧計画の立案に際して何らかの参考にならう。

5. ま と め

1978年宮城県沖地震による都市ガス施設の被害と復旧に関しては、関係機関が被災直後からデータの集積に精力的に努めたこともあって、今後の都市震災を考える上での貴重な情報を残した。ここでは主として3章、4章の検討結果に基づき、導管被害および復旧過程についてのまとめを行い、今後の問題点を指摘したい。

今回の地震による導管被害の特徴は次の3点にまとめることができる。

(1) 被災都市のすべてに共通して、ねじ接合鋼管に折損・亀裂被害が集中した。ねじ接合鋼管は支管・供給管・灯外内管の大部分に使われ、一般に管径は100mm未満である。

(2) 仙台市・泉市では、丘陵宅造地に導管被害が多発し、塩釜市では軟弱な埋立地に、また石巻市では北上川沿いの沖積地に被害が集中した。埋設管の震害が地盤

表25 各ガス事業者の復旧状況の比較

	仙台市 ガス局	塩釜 瓦斯	石巻 瓦斯	古川 ガス
需要家数(件)	135,863	5,968	7,065	2,059
復旧再開				
需要家規模(仙台1000とする)	1,000	44	52	15
供給停止時	18:15	19:15	21:20	18:00
全面停止期間	約3日	約3日	約1日	約3日
経過				
復旧率50%以上	13日目	9日目	3日目	6日目*
" 80%以上	17日目	11日目	3日目	6日目*
復旧完了日(99%)	28日目	14日目	8日目	12日目
復旧稼働人員				
合計(人)	25,659	1,230*	336*	—
各社(局)職員(%)	25	34	66*	—
他ガス事業者(%)	44	45	21*	—
市内ガス工事者(%)	31	21	13*	—
復旧指数				
導管被害数(箇所)	552	168	87	21
(戸/人・日)	5.3	4.9	21*	—
(人・日/百戸)	19	20	5*	—
(箇所/千戸)	4.1	28.2	12.3*	10.2
(人・日/箇所)	46.5	7.3	3.8*	—

* 推定. ** 6月27日までの数値。

・地質・地形に密接に関連していることをあらためて示すとともに、自然地盤を人工的に改変した部分の安定が埋設管被害を支配する要因となりうることを明らかにした。

(3) 仙台市ガス局の供給地域には約240kmにわたりアーク溶接鋼管が埋設されていたが、これらの導管の管体および溶接部分には折損・亀裂被害が全く発生しなかった。

復旧経過の検討から以下の4点をまとめとして述べておく。

(1) 復旧の効率は被災後の数日間に作成される復旧計画の良否に大きく左右される。

(2) 特に供給再開作業が順調に進むようになるまでの期間においては、被害の地域分布・被害の程度の十分な把握およびこれらを踏まえた上での適切なブロック化が重要な意味をもつ。

(3) 復旧作業の立上り期間における作業効率はガス事業者の規模に密接に関連し、大きな規模になるほど初期計画の重要性が増す。

(4) 都市ガス施設の震災復旧に必要な作業員において、被害を受けない他ガス事業者からの支援が極めて重要な部分を占める。

本報告で述べた検討結果は特定の地震による特定地域の被害をもとに行われたものであり、必ずしもすべてが一般的なものとは言いがたいが、特に復旧に関連して次のような問題点を示唆している。

(1) 地盤条件等を考慮した被害予測の重要性

(2) 被害予測に基づいた震災時のブロック分割の事前計画の必要性

(3) 能率的なブロック化を念頭においた導管埋設計画と導管付属施設配置計画の必要性

(4) 震災後に必要なガス施設復旧作業内容の需要家に対する事前広報の必要性および災害発生後の広報活動の重要性

6. 謝 辞

本報告は関係機関の多数の方々のお協力により出来上がったものである。各種資料の収集や面談に際して貴重な時間をお裂きいただいた多くの方々への深甚なる謝意をこめて、ここに機関名と氏名を掲げさせていただく(順不同、敬称略)。

仙台市ガス局 横山勇吉 大沼 近 石川勇雄

塩釜瓦斯(株) 庄子公男

石巻瓦斯(株) 木村博雄

古川ガス(株)

日本瓦斯協会 日下部新太郎

東京瓦斯(株) 久保精一 斉藤公正

仙台市消防局 栗田為次

また、本所第5部 久保慶三郎教授には、資料収集や調

査遂行のための各種の便宜をはかっていただいた。

本調査研究の一部は川崎市防災会議地震専門部会および昭和53年度科学研究費補助金 自然災害特別研究(1)「1978年宮城県沖地震による被害の総合的調査研究」(代表 佐武正雄)の経費によるものである。

(1978年12月5日受理)

参考文献、資料

- 1) 片山恒雄:「大都市と防災」, 行政管理, 1976年3月.
- 2) 片山恒雄:「供給施設の地震被害と地震防災」, 日本機械学会誌, 第79巻, 第689号, 1976年4月.
- 3) 久保慶三郎, 片山恒雄, 佐藤暢彦:「地下埋設管震害の定量的解析」, 第4回日本地震工学シンポジウム(1975)講演集, 1975年11月.
- 4) 片山恒雄:「宮城県沖地震における都市型震災の特徴」, 土木学会昭和53年度全国大会部門別講演会「地震をめぐる最近の話題」, 1978年9月.
- 5) 増井由春, 片山恒雄:「1978年宮城県沖地震による仙台市の都市供給施設の震害とその復旧」, 第15回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集, 1978年10月.
- 6) 久保慶三郎ほか12名:「1978年宮城県沖地震の被害調査報告(概報)」, 生産研究, 第30巻, 第11号, 1978年11月.
- 7) 通商産業省:「宮城県沖地震・ガス施設被害調査団報告書」, 1978年12月.
- 8) 建設省土木研究所:「埋設管の耐震設計法」, 土木研究所資料, 第1036号, その2, 昭和49年3月.
- 9) 日本瓦斯協会・仙台市ガス局:「導管被害調査表」, その他文献(7)の付属資料(未刊行).
- 10) 日本瓦斯協会・塩釜瓦斯(株):「導管被害調査表」, その他文献(7)の付属資料(未刊行).
- 11) 仙台市ガス局:「宮城県沖地震による被害と災害復旧の経過について」, 1978年7月14日.
- 12) 日本瓦斯協会・石巻瓦斯(株):「導管被害調査表」, その他文献(7)の付属資料(未刊行).
- 13) 日本瓦斯協会・古川ガス(株):「導管被害調査表」, その他文献(7)の付属資料(未刊行).
- 14) 仙台市消防局:「宮城県沖地震の報告」, 1978年.
- 15) 仙台市ガス局:「1978年宮城県沖地震都市ガス事業関係調査」, 昭和53年8月25日.
- 16) 仙台市ガス局災害対策本部:「ガス災害復旧状況」6月14日21時現在.
- 17) 仙台市ガス局:「ブロック分け作業経過」
- 18) 仙台市ガス局災害対策本部:「ガス災害復旧状況」
- 19) 仙台市ガス局 大沼 近の提供による資料
- 20) N H K世論調査所・N H K東北支部: N H K世論調査「宮城県沖地震」, 昭和53年7月.
- 21) 塩釜瓦斯(株): 庄子公男との面談による.
- 22) 石巻瓦斯(株):「宮城県沖地震報告書」, 昭和53年8月17日.
- 23) 古川ガス(株):「宮城県沖地震における導管等の被害状況調査について」, 昭和53年7月.
- 24) 仙台市ガス局 横山勇吉の提供による需要家調査.