

宮城県沖地震による都市供給施設被害の復旧

東京大学生産技術研究所 増井由春, 磯山龍二, 片山恒雄

1. まえがき

1978年宮城県沖地震により、都市ガス、電力、上・下水道等の都市供給施設に被害が発生し、一部ではシステムの停止という事態に至った。供給再開までの経緯はおのこのシステムの特徴や事業体の違いにより明らかなる相違を示している。今日の都市生活はガス、電力、上・下水道へ強く依存していることを考えると、地震時のこれら施設被害の軽減化をはかるヒトモに安全かつ迅速な復旧の重要性が指摘できよう。地震後の二次的災害を防止する上からも復旧計画・対策の最適化が必要とされる。ここに上記4施設の相違、また事業体別に見た同一システムの被害を述べ、復旧過程の分析の中からいくつかの問題点を検討する。

2. 各供給施設被害の概要

都市ガス、電力、上・下水道施設を系統的に模式化して図1に示す。今回の各供給施設の被害の概要は次のようである。都市ガスの被害としては、仙台市ガス局のガスホルダーの倒壊事故が発生し、石巻支所、古川ガスホルダーにも一部破損が見られたが直接供給停止原因とはならず、いずれの事業体でも埋設導管に被害が集中している。電力施設の被害は宮城県を中心として、火力発電所、変電所、配電設備に発生した。発電所、超高压系変電所の被害は供給支障と超高压幹線の分断をもたらした。上水道施設の被害は各事業体により、それぞれ違った様相を示した。塩釜市では導水管事故を原因とする断水が、石巻市では主要施設に自家発電装置を保有したことから、停電の影響による断水が発生して供給系統のもろさを露呈する結果となり、配水管等の点検・修理への移行が遅れた。下水道施設の被害は比較的軽微であったがマンホール等を始めとしてほとんど系統のすべてに発生した。

各システムの復旧はとくに強い影響を及ぼした部分を図1で実線で囲んで示した。ガス、上水道では埋設導管、電力では変電・配電設備、下水道では中継ポンプ場の被害があげられる。しかし、復旧の速さが被害状況の把握や復旧計画の妥当性にも強く支配されていることに注意したい。このことはガス・上水道等の埋設管被害の復旧ではとくに重要であろう。また上水道における応急給水活動などにより復旧作業と並行して行われる対策の重要性も忘れてはならない。

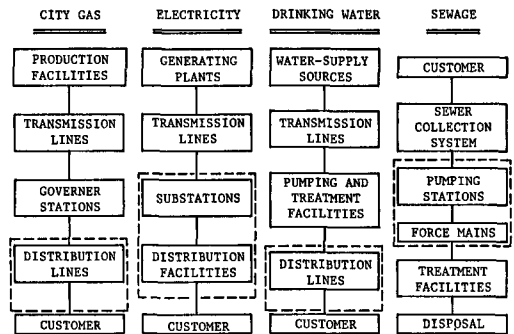


FIG. 1. SCHEMATIC DIAGRAMS OF URBAN UTILITY SYSTEM.

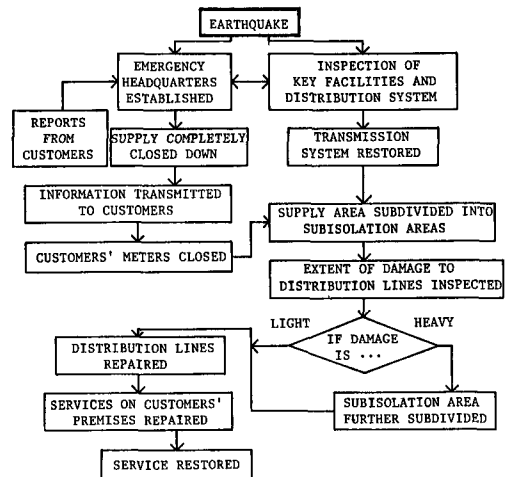


FIG. 2. SCHEMATIC FLOW OF RESTORATION WORK OF CITY GAS SYSTEM.

3. 各供給施設の復旧過程の検討

3.1. 都市ガス施設：地震発生後のガスの供給停止は需要家からのガス漏れ通報や主要施設の点検の結果などを考慮して行われた。図2は仙台市ガス局を例にとった地震発生から供給再開までの概略である。埋設管の被害程度の大きさ、復旧作業のしやすさなどから供給エリアの分割、さらには再分割も行なわれている。また低圧本・支管の点検・修理作業に先立っておのおの需要家メータ・コックの閉止確認作業も必要とされる。システムの規模が大きくなるにつれ、需要家への広報活動とともにメータ・コックの閉止は大きな作業量となる。図3に仙台市ガス局、図4に塩釜ガスの供給再開状況を復旧稼働人員とともに示した。塩釜ガスは仙台市ガス局と比べて需要家数で約1/20、導管延長で約1/16、埋設管被害箇所数で約1/3、復旧稼働人員で約1/20である。塩釜ガスの復旧過程がだまかに①幹線点検・修理、導管被害の把握、②順調な供給再開作業の進展、③被害多発箇所における供給再開作業となる。これに対して仙台市ガス局の場合は①と②の間に②'被害推定・計画の修正というステップが入っており、図3の復旧率の凸凹として現われていることに注意したい。復旧率の向上は、被害程度や被害の地域的分布の把握、またブロック化の立案・実施作業に大きく左右され、事業体の規模にも密接に関連する。大きな規模になるほど初期計画の重要性が増すと考えられる。復旧稼働人員の内訳を見ると仙台・塩釜ともに、指定ガス工事業者、被害を受けない他ガス事業者からの応援の占める率が平均約7割に達しており、復旧人員の確保が重要な問題であることがわかる。また長期にわたるガスの供給停止に対しては代替燃料の確保も考えられなければならない。

3.2. 電力施設：宮城県を中心として発生した電力施設の被害は発電所、変電所および柱上トランス等の配電設備に集中した。中でも超高压系変電施設の被害は幹線への分断を招き、広範囲にわたる停電を生じさせる原因となった。しかし、主たるネットワークが架空にあり、復旧体制の充実や送・配電システムのルーパ化・ネットワーク化などにより、他の供給施設と比較して供給再開の早いことも1つの特徴である。発電所・変電所の被害がルーパ運用の対策を講ずることにより、比較的短時間に停止原因を回避できるのに対し、柱上トランス等に見られる配電設備の被害は、被害箇所の確認も需要家からの通

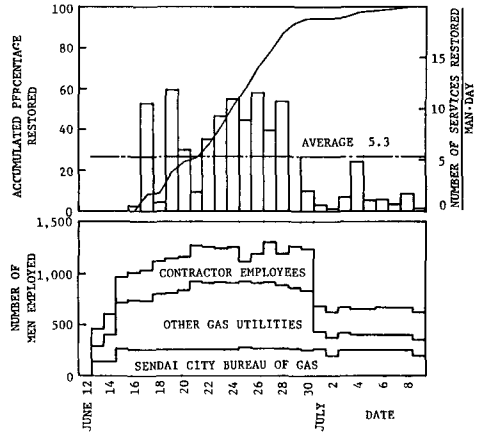


FIG. 3. PROGRESS OF RESTORATION OF CITY GAS IN SENDAI.

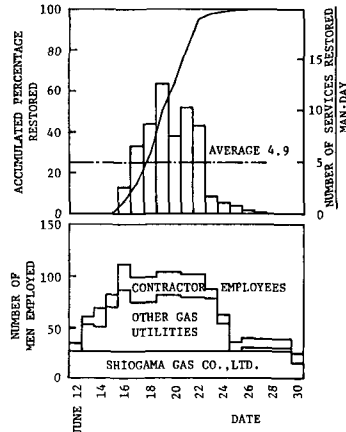


FIG. 4. PROGRESS OF RESTORATION OF CITY GAS IN SHIOGAMA.

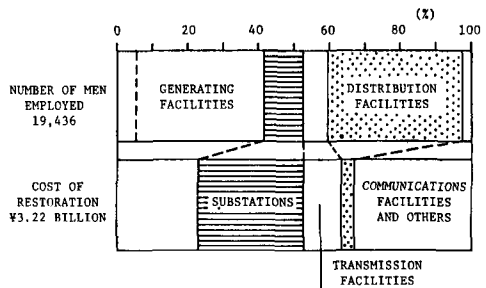


FIG. 5. BREAKDOWN OF MEN EMPLOYED IN AND COST OF RESTORATION OF ELECTRIC POWER SYSTEM.

報による部分が大きい。今回の電力施設の復旧稼働人員と復旧費の内訳を図5に示した。電力施設の場合、事業規模の大きさから、ほとんど自社職員および依頼業者で復旧人員を確保できることが特徴的である。

3.3. 上水道施設：大部分の都市住民

にとって、生活水にはほとんど代替性が無いことが重要である。上水道施設が被害を受けた場合、被害箇所の発見・修理と並行して応急の給水活動が必要とされる。表1に仙台・石巻・泉・塩釜の各事業体別に事業規模と応急給水活動の状況を示した。仙台市では全市的な断水は発生せず、配水管のバルブ閉止による部分的断水区域だけにとどまったが、他の3事業体では導水管事故や貯水量を考慮しての供給停止となった。供給停止に伴う断水戸数の相違はこれらの原因を端的に表わしている。図6に4市（塩釜は平均給水量のみ）の日別の1戸当たり平均応急給水量を示した（仙台を除く3市で完全断水が生じた）。泉市の場合、供給再開作業の進展につれ増加傾向を示しているが、地震直後の数日間ほ他と比べて給水量の少ないことが目立つ。泉市の実績は、一般に震災時における応急給水量といわれる3ℓ/人・日と同程度の数値となっている。塩釜では導水管事故が発生したため、他事業体からの大幅な応援体制のもとでの給水活動が行われたのに比べて対照的な給水実績となっている。被害を受けない他事業体からの給水車等の応援体制や団地・市街地といった需要家の居住する場所の問題も応急給水計画を立案する上での要因となろう。上水道施設では配水管の被害とともに給水管・給水装置等の被害件数も無視できない問題となる。図7に仙台市水道局の6月末日までの修理受付と処理状況および点検・修理作業従事者数を日別に示した。6月13日の修理受付は1,160件におよび、地震発生から17日までの合計は約3,000件、6月末までに約4,300件となっている。

TABLE 1. SUMMARY OF EMERGENCY WATER SUPPLY OPERATIONS.

Item	Sendai	Ishinomaki	Izumi	Shiogama
Number of Customers (x100)	2,014	332	178	199
Period of Complete Suspension of Water Supply (hours)	non	21	16	61
Total Number of Customers Affected (customer-day)	14,640	1,023	51,167	50,540
Total Number of Trucks Employed (truck-day)	149	37*	91	245
Total Number of Men Employed (man-day)	394	74*	297	1,497
Total Amount of Water Delivered (ton)	702	54	695	2,071
Average Amount of Water Delivered per Customer per Day (litres)	49	54	14	41

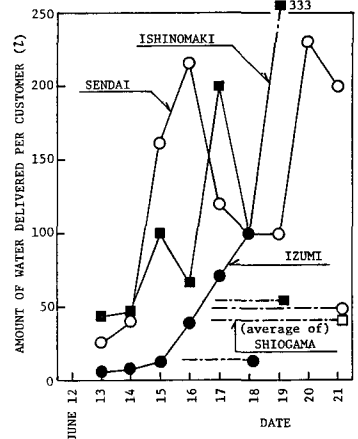


FIG. 6. AMOUNT OF WATER DELIVERED PER CUSTOMER PER DAY BY WATER TANKERS.

3.4. 下水道施設：仙台市を例にと、下水道施設の被害は、マンホール、管渠を始めとしてポンプ場、処理場までにおよんだが、全体に軽微であったと言える。しかし、ポンプ場の被害により、河川等へ汚水の放流といった事態を生じており、下水道のシステム上のネックとなった。表2に11のポンプ場のあのおのについて、その被害状況、汚水の放流状況、復旧日時を示す。地震発生後も正常な圧送

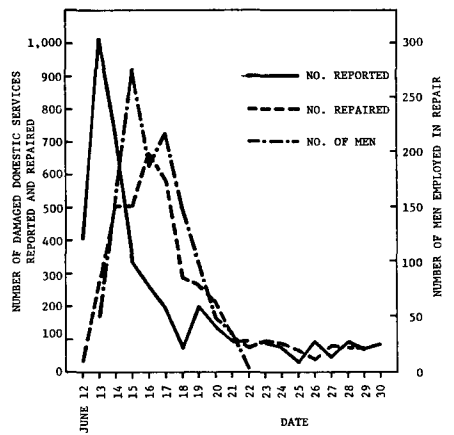


FIG. 7. NUMBER OF DAMAGED DOMESTIC WATER SERVICES AND PROGRESS OF THEIR REPAIRS.

を続けたポンプ場は2箇所のみであり、自家発電装置の運転不能が6箇所発生している。このうち5箇所のポンプ場では断水によって自家発電装置用の冷却水・潤滑水が得られなかったことが原因であった。最も放流量の多かったE(郡山)ポンプ場ではポンプ室と調水槽を結ぶ鑄鉄管がフランジ継手付近で固定台とともに破壊したものである。河川等に放流された汚水は約47万ton以上にのぼったが、処理場の日最大流入量が約26万tonであることを考えるとかなりの量である。

TABLE 2. DAMAGE TO PUMPING STATION IN SENDAI.

Pumping Station	Drainage Area (ha)	Capacity (m ³ /a)		Effects of the Earthquake										Amount of Sewage Discharged into Waterways (m ³)	Normal Operation Resumed at								
		Sewage	Storm Water	Power Outages	Suspension of Water Supply	Faults in Emergency Power Units	Faults in Electrical and/or Mechanical Systems	Damage to Discharge Pipes	Damage to Inlet Pipes	Damage to Buildings and Other Equipment													
A	55.84	0.134	0.860	○																		Normal Operation Continued	
B	16.60	0.014	-	◎																		Negligible	0:30 on June 13
C	243.54	0.510	-	○	◎	○																2,000	1:30 on June 13
D	158.78	0.067	-	○																		2,000	16:00 on June 14
E	920.00	0.419	7.687	○						◎	◎											450,000	16:25 on June 23
F	121.52	1.007	3.620	○						◎	◎	△										10,000	17:30 on June 14
G	139.30	0.135	-	○	◎	◎																5,500	10:00 on June 14
H	168.00	0.149	-	○	◎	◎																Negligible	10:00 on June 13
I	320.42	0.236	2.118	○																			Normal Operation Continued
J	53.96	0.033	-	○	◎	◎																*	10:00 on June 13
K	108.00	0.151	-	○	◎	◎																3,000	9:00 on June 13

* Discharged to Station K by gravity flow.
 ◎ Main cause(s) for malfunction of pumping station.
 △ Damage discovered about one month after the earthquake.

4. まとめ

都市供給施設の復旧過程の検討から次のような事が指摘できる。

(1) 都市ガス施設:

- 復旧効率は被害後の短期間に作成される復旧計画の良否に大きく左右される。とくに供給再開作業が順調に進むまでの期間において被害の地域分布・被害程度の把握、これらを踏まえた適切なブロッカー化などが復旧の遅速に大きく影響する。
- 復旧作業の立ち上がり期間における作業効率は事業者の規模に密接に関連し大規模になる程初期計画の重要性が増す。
- 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。

(2) 電力施設:

- 超高压系変電施設の被害を隣接系統に切替えて送電を行うことにより、停電事故の範囲が局限化される。
- 配電設備の被害額は電力施設全体の5%程度であるにもかかわらず、復旧人員は全体の1割程度が動員されており、地震発生後約38時間ほどで大部分の停電解消を見ている。
- 災害時の復旧計画、対応策の充実、事業規模の大きさなどから、復旧に必要な人員は事業体内および委託業者で確保されており、他の事業者からの応援を最小限として復旧が行われた。

(3) 上水道施設:

- 事業者別に供給系統の被害箇所に関連が見られ、復旧における問題も様々であるが、導水管事故の対応に上の方で主要施設の自家発電装置の有無は復旧計画立案の際の重要な因子となっている。
- 断水に伴う応急給水計画では、給水車輛、作業員の確保などについての充分な配慮が重要であり、埋設導管の被害予測や敷設図面の整備等の常時の対策が災害復旧の速さを決定する要因となり得る。

(4) 下水道施設:

- 集水機能が大规模な影響を受けない段階でポンプ場の機能停止が発生したことが最大の問題である。自家発電装置の冷却水確保や緊急時の放流対策など、最小限の排水機能確保を目標としたシステムの見直しが必要とされよう。
- 都市供給施設の震災復旧を考える上で、地盤条件を考慮した被害予測、それに基づく事前計画、それらの事前広報と災害発生後の広報活動の重要性などはあらかじめ認識されるべき問題であろう。