

(株) 奥村組 正員 白石浩司
 京都大学防災研究所 正員 土岐憲三

1. まえがき 1971年サンフェルナンド地震の際に、ライフラインが大きな被害を受けた。その際、復旧の遅れた地域ではかなりの期間にわたって一般生活が阻害され、都市機能におけるライフラインシステムの重要性が認識される契機となった。ここ数年来、各種ライフラインの震災復旧過程に関する研究が行われてきた。本研究では、ガス供給網の震災復旧に対して、震災復旧戦略の選択に対して有効な指標の提示を行うために、震災復旧に影響を及ぼし、時々刻々と変化する様々な要因を考慮した支援システムの開発を32bitの小型机上計算機(SONY社製NWS830)上で行った。

2. 震災復旧過程のモデル化 ガス供給網は、高压管、中圧管の各レベルにおいて各々ブロック化されており、地震時信頼性を向上させてある。しかし、過去の震災例によると低压管レベルにおけるブロック化を行った後に復旧作業を行っている。大阪ガス(株)では、震災復旧作業と酷似した作業である天然ガス転換作業を行う際に低压管レベルにおけるブロック化(セクターと称す)を行った。本研究では、このセクターを解析の最小単位とし、図-1に示す高压管レベルの1つのブロックについて解析を行った。

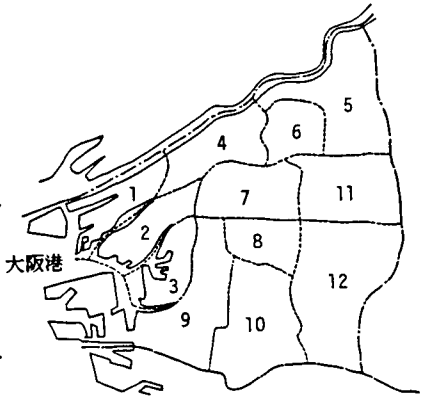


図-1 大阪市内ブロック

低压管の復旧作業は、図-2に示すような各種の調査作業や修理作業を行う。また、低压管の復旧過程が様々な要因に影響されること、復旧過程が供給を再開された累積需要家数や累積導管延長距離などの時刻歴で表現されることから、そのモデル化にあたってはシステム・ダイナミクス(S・D)を用いた¹⁾。

3. 復旧過程の近似式の提案 2.で記述したモデルをセクターについて被害率,投入人員,天候条件等を変化させシミュレーションを行った結果、図-3に示されるように被害率と復旧に要する時間との間には、線形関係が認められた。そこで、1つのセクターが復旧に要する時間と式(1)のように仮定した。

$$T = a + b \times R \quad (1)$$

ただし、T:復旧時間(hr), R:被害率(件/km)

a:係数(hr), b:係数(hr・km/件)

係数 a, b を最小自乗法を用いて、全てのシミュレーション結果について求め、投入された人員との関係を示したものが図-4, 5である。図中の実線はその回帰式である。これによれば、投入人員による復旧時間の減少には飽和効果があることが示された。

4. 動的計画法と復旧戦略 本研究では、3.で記述した近似式を用いて動的計画法による人員配分計画を立案することにした。その際に、各セクターが復旧することで得られる利益を需要家数(需要家案)と導管延長距離(導管案)と考慮

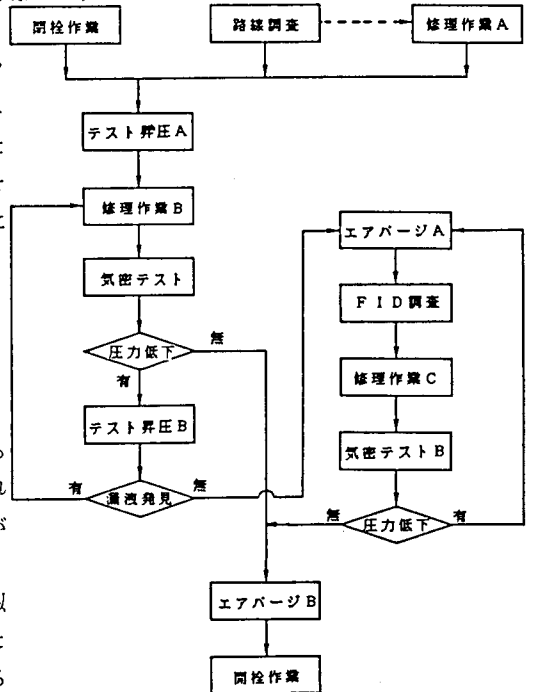


図-2 復旧作業のフローチャート

し、各セクターの効用関数を次式の2通りとした。

$$g_i^A(x_i) = (\text{栓数})_i / T_i(x_i) \tag{2}$$

$$g_i^B(x_i) = (\text{低圧管延長距離})_i / T_i(x_i) \tag{3}$$

x_i : i 番目のセクターに投入された人員数

ガス供給網としての利益関数は式(2)または(3)の総和で表されるが、その際に拘束条件として、重要施設の存在するセクターを優先するか否かの2通りと、隣接地域を優先するか否かの2通りについて考慮した。これを先の需要家案と導管案の2通りの戦略と組合せ、計8通りの復旧戦略を考慮した。

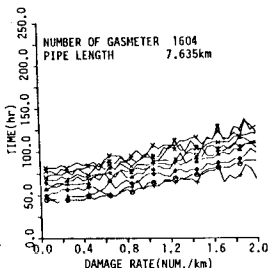


図-3 被害率と震災復旧時間

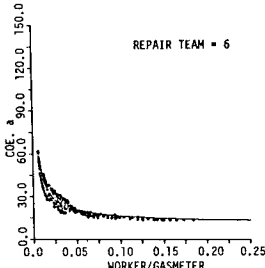


図-4 係数aと開閉栓人員/栓

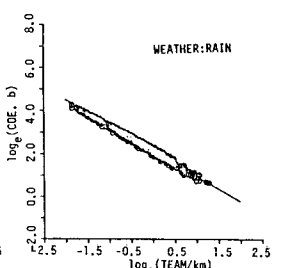


図-5 係数bと修理班数/導管延長距離(km)

5. 大規模ガス供給網への適用例 図-1で示した1つの高圧管レベルのブロックについて、低圧管が平均被害率にして約0.3件/kmの被害を被ったとして、投入人員数を表-1のように仮定してシミュレーションを行った。その結果は、表-2, 3, 図-6, 7, 8で示される通りである。図-7は、重要施設を考慮した場合の需要家案であるが重要施設無考慮の場合の図-6と比較すると12日前後までの復旧初期における復旧の度合いが鈍く、それが完全に復旧に要するまでに要する日数に影響を及ぼしている。また、累積復旧率の点でも12~16%増加する。隣接地域を優先した場合には、作業終了日数は増加するが、累積非復旧率の点では殆ど変化がない。これは、各時点における人員配分対象のセクターの利益関数が平均化され、その結果復旧率の増加も平均化されるためである。

表-1 想定投入人員

	総開閉栓用人員数	総修理用班数
1~3日	1000	100
3~8日	3000	300
8日~ 復旧率95%	5000	500
復旧率95%~ 復旧率100%	2000	200

表-2 支援システムの出力結果(隣接地域非優先)

復旧戦略	重要施設を考慮しない場合		重要施設を考慮した場合	
	需要家案	導管案	需要家案	導管案
作業終了日数(日)	25	26	28	29
累積非復旧需要家数	13912320	14321642	15830174	16212610
累積非復旧低圧導管延長距離(km・日)	46527.5	43988.4	52148.4	50850.3

表-3 支援システムの出力結果(隣接地域優先)

復旧戦略	重要施設を考慮しない場合		重要施設を考慮した場合	
	需要家案	導管案	需要家案	導管案
作業終了日数(日)	30	31	33	33
累積非復旧需要家数	14439540	14872786	15824687	16119826
累積非復旧低圧導管延長距離(km・日)	48035.8	46833.8	51923.0	51281.9

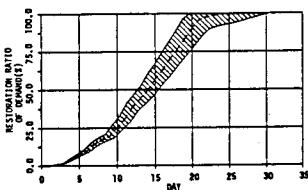


図-6 復旧曲線(需要家案) 重要施設非考慮, 隣接地域非優先

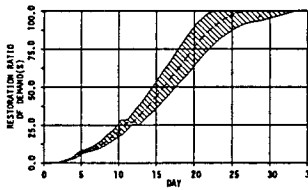


図-7 復旧曲線(需要家案) 重要施設考慮, 隣接地域非優先

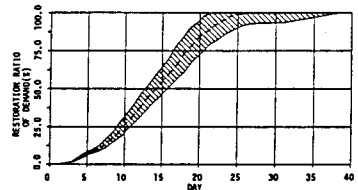


図-8 復旧曲線(需要家案) 重要施設考慮, 隣接地域優先

参考文献 1) 自然災害科学総合研究班(研究代表者, 志賀敏男): 大地震における都市生活機能の被害予測とその保全システムに関する研究, pp. 172-180, 1984.