

出し、図2の多階層有向グラフを得た。レベル16の地震発生からレベル1の人的被害に関する項目までの波及構造が明らかにされた。なおISMの手順については参考文献2)を参照された。

(2) FTA³⁾ (Fault Tree Analysis) による被害要因分析……FTAは、解析の対象とする災害の発生を頂上事象としてその原因となる事象を段階的に明らかにし、ANDゲート(□)とORゲート(△)で結び付け、樹木状に図示したものである。ISMの結果得られた図2の多階層有向グラフに基づいて構成したFTの一例として、ガス爆発を頂上事象とする部分FTを図3上に示す。事象の中で△のついているものは、別のFTでさらに分析を行ったことを表す。

(3) ETA³⁾ (Event Tree Analysis) による被害波及分析……ETAは、災害の発端となる初期事象から、安全手段の成否などによって分岐し、最後に災害事象に達する流れを図示したものである。地下街の防災設備・防災体制を詳細に検討したうえで構成したETAの一例として、ガス爆発を初期事象とするETAを図3下に示す。図中の数字は発生確率を試算したものである。

4. むすび 都市の耐震化は、ハード面とソフト面、短期的対策と長期的対策、など多くの側面から考える必要がある。本報では主として都市震害の現象の定性的理解に重きを置いたシステム分析について報告した。今後さらに、弱点項目の抽出や定量的把握を狙った分析を進める方針である。

表2 地下街における地震災害関連項目

No.	項目	No.	項目
第1	地震動 (M, J, 卓越周期)	第20	避難経路確保 (エレベーター等)
第2	地震規模	第21	避難経路確保 (エレベーター等)
第3	地震発生時刻	第22	避難経路確保 (エレベーター等)
第4	巨動 (卓越, 揺れ, 揺動)	第23	地下街構造
第5	震害影響 (分層, 巨動, 巨動)	第24	地下街, ガラス設備
第6	災害影響 (分層, 巨動, 巨動)	第25	出口閉鎖
第7	地下街構造 (構造形式, 空間)	第26	防災設備 (スプリンクラー等)
第8	地下街全体の耐震性能, 形態	第27	ガス設備
第9	避難経路 (巨動, 巨動)	第28	ガス設備
第10	避難経路との関係 (巨動, 巨動)	第29	ガス設備
第11	交通機関との関係 (巨動, 巨動)	第30	ガス設備
第12	地上連絡口 (巨動, 巨動)	第31	ガス設備
第13	連絡のゲート (巨動, 巨動)	第32	ガス設備
第14	案内板・看板 (巨動, 巨動)	第33	ガス設備
第15	構造設計 (構造形式, 設計基準)	第34	ガス設備
第16	構造設計 (S/C, 設計基準)	第35	ガス設備
第17	設備設計 (配管の寸法等)	第36	ガス設備
第18	内装材 (巨動, 巨動)	第37	ガス設備
第19	竹脚設備 (巨動, 巨動)	第38	ガス設備
第20	飲食店 (巨動, 巨動)	第39	ガス設備
第21	化粧品店 (巨動, 巨動)	第40	ガス設備
第22	ガス供給設備の信頼性, 有内配管	第41	ガス設備
第23	ガス供給設備の信頼性, 有内配管	第42	ガス設備
第24	電力供給設備の信頼性, 有内配管	第43	ガス設備
第25	ガス使用状況	第44	ガス設備
第26	ガス使用状況	第45	ガス設備
第27	電力使用状況	第46	ガス設備
第28	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第47	ガス設備
第29	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第48	ガス設備
第30	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第49	ガス設備
第31	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第50	ガス設備
第32	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第51	ガス設備
第33	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第52	ガス設備
第34	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第53	ガス設備
第35	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第54	ガス設備
第36	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第55	ガス設備
第37	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第56	ガス設備
第38	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第57	ガス設備
第39	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第58	ガス設備
第40	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第59	ガス設備
第41	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第60	ガス設備
第42	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第61	ガス設備
第43	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第62	ガス設備
第44	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第63	ガス設備
第45	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第64	ガス設備
第46	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第65	ガス設備
第47	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第66	ガス設備
第48	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第67	ガス設備
第49	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第68	ガス設備
第50	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第69	ガス設備
第51	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第70	ガス設備
第52	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第71	ガス設備
第53	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第72	ガス設備
第54	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第73	ガス設備
第55	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第74	ガス設備
第56	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第75	ガス設備
第57	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第76	ガス設備
第58	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第77	ガス設備
第59	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第78	ガス設備
第60	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第79	ガス設備
第61	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第80	ガス設備
第62	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第81	ガス設備
第63	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第82	ガス設備
第64	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第83	ガス設備
第65	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第84	ガス設備
第66	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第85	ガス設備
第67	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第86	ガス設備
第68	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第87	ガス設備
第69	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第88	ガス設備
第70	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第89	ガス設備
第71	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第90	ガス設備
第72	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第91	ガス設備
第73	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第92	ガス設備
第74	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第93	ガス設備
第75	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第94	ガス設備
第76	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第95	ガス設備
第77	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第96	ガス設備
第78	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第97	ガス設備
第79	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第98	ガス設備
第80	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第99	ガス設備
第81	防災設備 (設備の信頼性, 設備管理)	第100	ガス設備

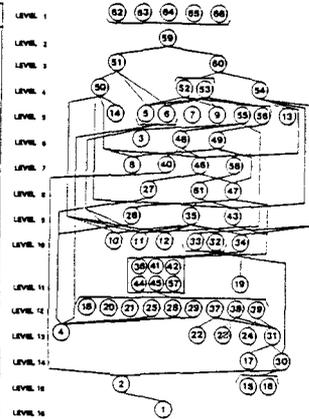


図2 ISMによる多階層有向グラフ (番号は表2に対応)

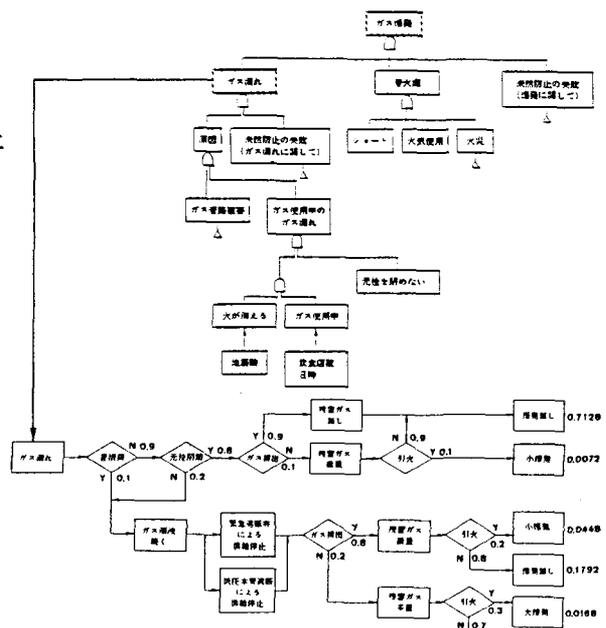


図3 地震に起因する地下街のガス事故に関するFT (上部) とET (下部)

参考文献 1) 亀田弘行・岩井哲・北原昭男・能島暢呂：都市耐震のための研究領域の分析，土木学会 関西支部都市防災シンポジウム講演集，pp. 207-216, 1987. 10.
 2) 吉川和弘：新体系土木工学52 土木計画のシステム分析，pp. 29-56, 技報堂出版，1980.
 3) Ang and Tang, "Probability Concept in Engineering Planning and Design, Vol. 2 - Decision, Risk, and Reliability", pp. 485-504, John Wiley & Sons, Inc., 1975.