

# (110) 1993年釧路沖地震における都市ライフライン系のシステム間相互連関について

広島工業大学工学部 能島 暢呂  
京都大学防災研究所 亀田 弘行

## 1. はじめに

1993年1月15日に発生した釧路沖地震は、釧路市を中心とする広い地域に強い震動をもたらし、これによるライフライン施設の被害は都市機能に多大な影響を及ぼした。ライフライン系の地震被害は、個々のシステムの施設被害にとどまらず、システム相互に種々の影響が波及する性質を持つ。筆者らはこれまで、1923年関東地震、1978年宮城県沖地震、1983年日本海中部地震、1989年ロマ・プリエタ地震などの地震におけるライフライン系のシステム間相互連関の様相を整理して、(a)物理的被害波及、(b)機能的被害波及、(c)復旧支障、(d)代替システムによるバックアップ機能、(e)複数ライフラインによる複合災害の5項目に類型化し、各発生要因の分析を行ってきた<sup>1)</sup>。釧路沖地震においてもライフライン間において多面的な相互連関が認められたので、その様相を上記の分析と同一の観点から分類し、釧路沖地震の特徴的側面を考察する。

## 2. 釧路沖地震におけるシステム間相互連関の概要とその特徴

筆者らは地震直後に釧路市及びその周辺で被害調査を行い、ライフライン系の被害について資料収集に努めた。被害の概要については別途報告<sup>2)</sup>したので、ここでは収集資料に基づいて作成したライフライン系のシステム間相互連関表の考察を行う。表1は、左端の行に示されるシステムが上端の列に示されるシステムに与えた被害波及の様相と、被害波及を防止し得た場合にはその具体的内容をまとめたものである。これらを5項目に分類し、それぞれの特徴的な側面を以下に述べる。【】内の数字は表1の数字に対応している。

### 2.1 ライフライン間での物理的被害波及【9~14】

ライフライン・ネットワークの要素構造物は、道路の地上・地下を占有して設置・埋設もしくは橋梁に添加されているものが大半を占める。釧路沖地震では道路や橋梁の損傷が電気通信設備の屋外施設の直接的な破損につながる事例が多数発生した<sup>3)</sup>。国道38号線の白糠町馬主来では、盛土崩壊に伴う道路崩落によって谷側に埋設されたマンホールと管路が流出して地下光ケーブルが切断され、付近約1kmのケーブルに張力がかかった状態となった。これにより帯広-釧路間の市外回線と音別-白糠間の公衆回線などが影響を受け、北見経由の迂回ルート切り替えの処置がとられた。また音別-白糠間の橋梁ではアプローチ部の沈下が多発しており、和天別橋では添加管路継手の曲げ損傷が確認されている。国道272号線の東阿歴内では道路が上下線とも崩壊し、山側に埋設された管路・マンホールが流され、市外中継用の地下メタルケーブルが破断したため、迂回ルート切り替えおよび架空ケーブル仮設の措置がとられた。国道391号線の遠矢、塘路、茅沼などでは電柱倒壊・傾斜の被害が多発している。

### 2.2 ライフライン間での機能的被害波及【4~7】

ライフライン系の相互依存体系が地震によって破壊されると機能的被害波及が発生する。特に他システムへの影響が著しいのは電力供給の途絶であり、1978年宮城県沖地震では停電によって他のライフライン施設の運転用動力や系統管理・制御機能が失われ、機能マヒにいたったケースが多く報告されている<sup>1)</sup>。

釧路沖地震では支持物の倒壊、高圧線断線、変圧器の落下・傾斜、引き込み線の断線など、主として配電設備の被害により、池田から根室の広い範囲にわたって釧路支店管内だけでも3.7万戸で停電が発生したが、図1に示すように機能的復旧は迅速で地震から24時間以内に停電は完全に解消した。発電・変電・送電設備には大きな被害が発生せず、系統切り替えによって機能を維持できたことがその要因である。一例を挙げると、釧路市中心部に配電する橋北変電所の変圧系統のDバンクが、冷却オイル漏れのため15日22時から17日19時まで配電停止したが、図2に示すようにEバンクが完全にバックアップ機能を果たしている。全体的に短期間の停電であったため、他のライフライン機能への影響は軽微なものにとどまった。釧路市の西方に位

表1 1993年釧路沖地震におけるライフライン系のシステム間相互連関

被影響 影響	上水道	ガ ス	電 力	下水道	ごみ・ 廃棄物 処理	電 話	交 通	
							道 路	鉄 道
上水道		1						
ガ ス			2			3		
電 力	4, 5					6		
下水道	7, 8							
廃棄物処理								
電 話								
道 路			9	10, 11		12~15		
鉄 道								16

- (1) 配水管・ガス導管同時被害箇所においてガス管破損部分への差水のため、修復作業の作業効率が悪化
- (2) ガス供給停止によって、代替熱源として電力需要が一時的に増加（釧路市緑ヶ岡・武佐周辺）
- (3) ガス導管修理作業現場において、管の取り違え事故防止のためにN T T社員が立会い（釧路市黒金町）
- (4) 上水道施設での停電→自家発電機稼働で影響回避（釧路市上水道）
- (5) 停電による取水ポンプ稼働停止で貯水池の水位が低下し、営農水道が断水（音別町）
- (6) 交換局での停電→自家発電機稼働で影響回避（N T T釧路支店管内）
- (7) 下水道管路の破断と折損による土砂流入・管閉塞のため水道が使用不能（釧路市下水道）
- (8) 下水道の処理能力低下のため、上水道の節水要請および復旧猶予（標茶町）
- (9) 橋梁添加管のずれ1箇所（場所不明）、C A Bは今回の地震で無被害
- (10) 橋梁取り付け道路の沈下で橋梁添加管路継手に曲げ損傷（和天別橋の歩道橋部分）
- (11) 人道崩落に伴い、下水管渠・マンホール流出（釧路市武佐4丁目若草保育園裏）
- (12) 高盛土崩落に伴い、地下埋設管・マンホール・収容光ケーブルが破損（国道38号線白糠町馬主来）
- (13) 道路崩落に伴い、地下埋設管と収容されていた市外中継用メタルケーブルが破損（国道272号線東阿歴内）
- (14) 橋梁取り付け道路の沈下で橋梁添加管路継手に曲げ損傷、収容ケーブルに引張力（和天別橋の車道橋部分）
- (15) 国道38号線不通のため、地下光ケーブル破損現場に地震当日は到達できず（国道38号線白糠町馬主来）
- (16) 鉄道不通中のバス等代行運転（根室本線，釧網本線）

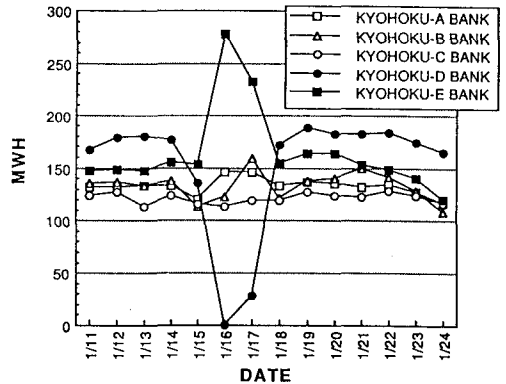
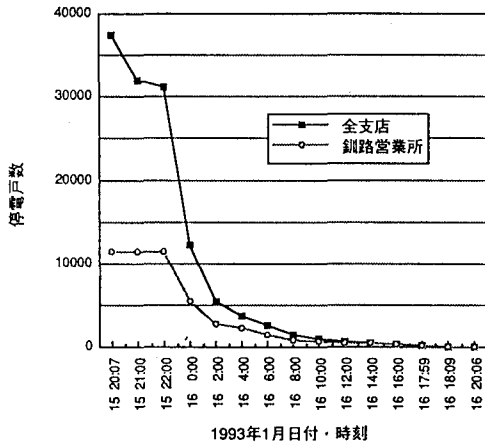


図1 北海道電力釧路支店管内の停電解消過程

図2 橋北変電所の5つのバンクの配電量の日変化

置する音別町では、停電による取水ポンプ稼働停止で貯水池の水位が低下し、営農水道が断水した。音別町は今回の地震で停電が最も長時間続いた町で、市街地に給水する簡易水道より規模の小さい営農水道が停電の影響を受けていることから、取水池容量が十分であれば断水は回避可能であったと考えられる。釧路市上水道においては、停電時に自家発電機が短時間稼働した施設もあるが、復電が速かったので配水機能上の支障は出ていない。N T T 釧路支店管内の約7割にあたる70の交換局で停電が発生したが、バッテリーの作動と早期復電により、交換機能には支障がなかった。

また釧路市では、下水道管路の破断と折損による土砂流入・管閉塞などのため水道が使用不能となり、7,391人に影響が出た。被害地域の一部では、地上仮設管とポンプ圧送で対処された。

### 2.3 復旧段階におけるシステム間での相互影響【1, 3, 15】

地震が発生すると複数のライフライン被害が同時多発し、事業者が一斉に緊急活動や復旧作業を開始するため、復旧段階で種々の相互影響が発生する。釧路市緑ヶ岡および武佐における配水管・ガス導管の同時被害箇所においては、漏れた水がガス管破損部分に差水・封水した。このため修復作業での作業効率が極度に悪化し、地表付近の凍土とともに大きな復旧障害となった。釧路市黒金町のガス導管修理作業現場においては、管の取り違え事故防止のためにN T T 社員が立会いのもとに作業が進められた。また前述の国道38号線の白糖町馬主来では、地震当日は国道不通のため復旧班が現場入りできず、架空ケーブルの仮設を翌日まで待たねばならなかった。この部分の本復旧は道路の復旧に付随して行われることとなっている。

### 2.4 システム間代替性によるバックアップ機能【2, 16】

複数システムが相互にバックアップ機能のように作動し、結果的に都市機能マヒを防御する相互連関を指す。エネルギー供給を担う電力とガスにおいては、一方の機能を他方が補える場合があるので、地震時に需要が増加する可能性があるが、釧路沖地震ではこの事例が確認された。図3は釧路変電所の3つのバンクA・B・Cの配電量の日変化を示している。釧路変電所は9,265戸でガスが停止した武佐・緑ヶ岡周辺地域を含む釧路市東部に、釧路市全体の約15%にあたる電力の供給を行っている。Bバンクの配電量がガスの停止戸数とほぼ対応して増加しており、ガス停止世帯での代替熱源として、電力へのニーズが一時的に高まったことを示唆している。Bバンクにおける配電量の経時変化を、地震前(1月11~14日)とガス供給停止期間の一部(1月18~21日)における平均値の比で示したものが図4である。午前中よりも午後の方がガス供給停止期間中と地震前の比が大きく、最高1.35倍の使用量となっている。これらよりガス停止が利用者の電力消費を促進し、電力供給パターンに変化をもたらしたとえいる。また釧路ガス独自の対応としては、代替熱源としてカセット式卓上コンロ1,301台や石油ファンヒーター112台などが無料で貸し出された。

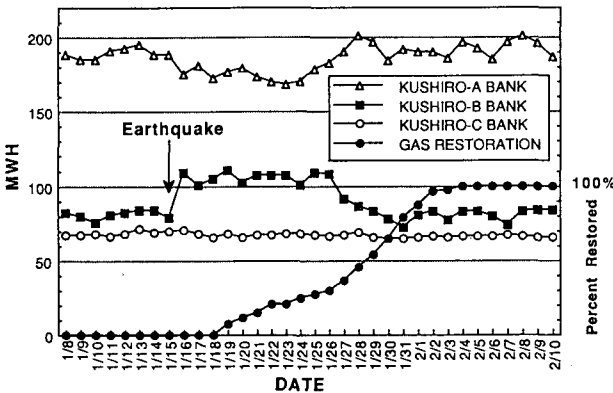


図3 釧路変電所における配電量の日変化とガス復旧過程

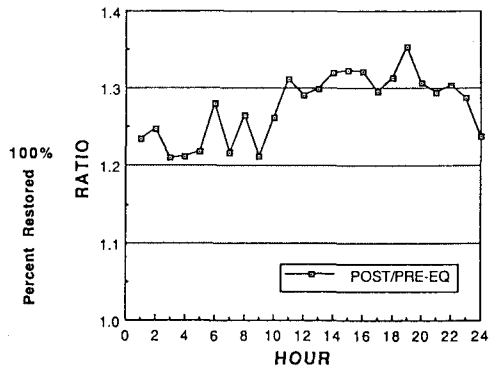


図4 釧路変電所Bバンクの配電量の地震前後の比

1989年ロマ・プリエタ地震においては、落橋したベイ・ブリッジの一月月に及ぶ閉鎖中、ほぼ無被害であった鉄道交通システム(BART)の利用が急増したことが明らかにされている<sup>4)</sup>が、釧路沖地震では逆に、不通となった根室本線および釧網本線の一部においてバスによる代行輸送が行われた。

## 2.5 複数ライフラインによる複合災害【8】

ライフラインが生み出した災害因が、複合的に新たな災害に結び付く場合がある。釧路市北方に広がる標茶町の上下水道システムの復旧プロセスにおいては、下水流出による二次的な環境汚染防止が配慮された<sup>5)</sup>。標茶町の上水道では延長23kmの配水管に2カ所の被害が発生した。試験通水が進められる中で1月20日15時、一部地域で下水道水位が危険水位に達しポンプアップで対処したが、終末処理場付近で20時20分再び危険水位に達したため、市街域全域に節水協力の要請がなされた。標茶町において断水が解消したのは地震から6日後の1月21日であり、結果的に今回の地震では断水が最も長期化した町となった。この原因については、釧路湿原国立公園の水質保全・環境保全を目的として下水道の処理能力を監視しながら上水道農業用水の復旧を行ったためと考えられている<sup>5)</sup>。これについては、下水管への地下水流入による処理能力超過、下水管の土砂閉塞による下水滞留・危険水位超過・流出、下水の生放流と環境汚染、節水要請と上水道の復旧猶予、といった多数の要因が複雑に作用していると予想され、これら項目群の因果関係を解明する必要がある。

1989年ロマ・プリエタ地震においては、ガス・電力を供給するP G & E (Pacific Gas & Electric Co.)が、サンフランシスコ市内において、ガス漏れの発生している建物への電力供給再開を見合わせ、スパークによる引火防止を図った事例がある<sup>6)</sup>。

## 3. 相互連関構造を考慮した地震防災対策

以上のように多面的な相互連関構造を考慮した防災対策を推進するためには、相互連関の遮断および緊密化という2種類の方向性が考えられる。前者は、個別システムの自立性の向上によって、相互の影響波及を緩和・遮断するものであり、種々のバックアップ装置の設置や相互依存関係の除去などによって実現される。後者は、システム間の結び付きを緊密にし、全体システムとしての一体性を強化するものであり、システム間の物理的結合部分(システム・リンク)の強化や、復旧の相互支援体制、災害情報の共有など組織的連携の強化によって推進される。都市ライフライン全体系の地震時信頼性を合理的に向上させるには、これら地震防災対策の最適なバランスを考える必要がある。

今回の釧路沖地震では、電力設備の被害が軽微で復旧が迅速であったため、停電からの被害波及がほとんど表面化しなかったのが幸運であった。一方、道路の損傷による被害の大きかった電気通信施設については、マンホール内の通信ケーブルに余長をもたせ、引張力が広範囲に波及するのを防止する方策や、谷側斜面の道路崩落の多発を教訓として、山側を占用する設計方針などが検討されている<sup>3)</sup>。また、システム間の代替性によるバックアップ機能は、災害が大規模化した場合にはさらに重要な意味を持つと考えられる。被災時にも可能な限り都市機能を維持するためには、個別システムを強化・冗長化するだけでなく、同種の都市機能をできるだけ異質なシステムによって支え、災害時に相互にバックアップできるようにしたフェイル・セーフ設計を都市に導入する必要がある。

### 【参考文献】

- 1) 加藤多郎・能島暢呂・亀田弘行：都市ライフラインの地震被害とライフラインシステム間の相互連関の分析、京都大学防災研究所都市耐震センター研究報告別冊第3号、京都大学防災研究所、1990.4.
- 2) (社)土木学会耐震工学委員会：1993年1月15日釧路沖地震被害調査報告、1993.3.
- 3) 八木高司他：平成5年釧路沖地震第1次調査結果報告、N T T フィールドシステム研究開発センタ、1993.2.
- 4) 亀田弘行・浅岡克彦・能島暢呂・小川信行：ロマ・プリエタ地震によるサンフランシスコ湾岸地域の交通システムへの影響について、第21回地震工学研究発表会講演概要集、1991.7、pp.321-324.
- 5) 林春男・亀田弘行：環境問題に配慮した災害復旧—1993年釧路沖地震の際の標茶町の水道被害—、第22回地震工学研究発表会講演概要集、1993.7.
- 6) 亀田弘行・高田至郎・岩井哲・能島暢呂・篠塚正宣：ロマ・プリエタ地震におけるサンタクルーズ市の災害と対応、都市耐震センター研究報告別冊第5号、ロマ・プリエタ地震に関する調査報告、第1巻(第1編)、京都大学防災研究所、1991.3.

【連絡先】 〒731-51 広島市佐伯区三宅2-1-1 広島工業大学工学部土木工学科 能島 暢呂 TEL:0829-21-3121(ext.415) FAX:0829-23-7083