

3.5.5 交通インフラ網等の復旧を基点とした広域連携による復旧効率化に関する検討

(1) 業務の内容

(a) 業務の目的

ライフライン被害の対策の1つとなる広域連携による復旧効率化を目標とし、各種ライフラインの復旧関連情報ならびに復旧活動の広域連携による復旧効率化モデルの提案と、モデルに立脚した広域連携復旧ガイドラインの策定及びガイドライン運用方策の開発・実装を行う。具体的には、道路網等の交通インフラ網の被災に伴う機能不全が他の交通インフラ網やエネルギー供給系、水処理系、及び情報通信系等の各種ライフラインの復旧遅延に与える影響を定量的に明らかにした上で、交通インフラ網の復旧効率化から得られる各種ライフラインの広域連携復旧モデルを提案し、首都圏の社会・経済機能に与えるマイナスのインパクトを最小化・最適化するために求められる広域連携復旧方策のガイドラインを作成する。

(b) 平成20年度業務目的

本年度は、「ライフライン被害の影響波及阻止に資する広域連携・復旧効率化モデルの開発」を目的とする。平成19年度は、首都直下地震を想定した場合の東京都ならびにライフライン事業主体の時間フェーズに応じて求められる復旧活動項目とその相互関連を明らかにした上で、1)空間情報の広域連携と2)広域応援体制の仕組み改善の2つの方向性（以下では、両者を総称して「広域連携」と呼ぶ）から復旧効率化に資するライフライン復旧活動のシナリオを明らかにした。これらを踏まえ、本年度においては、1)復旧活動項目とその相互関連を再整理・再吟味した上で、2)相互関連を考慮した広域連携・復旧効率化シナリオをネットワークモデルとしてモデル化し、復旧効率化に資する定量的指標を与えるとともに、3)効率的な対策立案を行う。ネットワークモデル化の際には、復旧活動項目をノード、これらの項目間の流れややり取りをリンクとした有向グラフでモデル化し、復旧活動ネットワークの連結性の強弱を明らかにする。合わせて、いずれの復旧活動項目が現状でボトルネックになっているかを明らかにし、幾つかの好ましい広域連携・復旧効率化案をリンク群として上記のネットワークモデルに組み込んで分析することにより、効率的な対策立案に資する要件の抽出を行う。

(c) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
筑波大学大学院システム情報工学研究科	准教授	庄司学	

(2) 平成20年度の成果

(a) 業務の要約

第1に、電力供給網、都市ガス供給網、電気通信（電話）網、上下水道網、及び道路網を取り上げ、これらの事業主体の防災業務計画書、及び東京都並びに区の地域防災計画書

に対する分析、更には関連事業者に対するヒアリング調査を通じて、初動期から応急復旧活動の開始までの復旧活動項目とその相互関連の再整理・再吟味を行った。その結果、広域連携の観点からは、特に道路網の被災とそれに伴う応急復旧作業、及びそれらに付随する情報が「関連情報の集約」、「応急復旧活動の後方支援」、及び「応急復旧活動の準備・実施」に対してクリティカルに影響することが明確となった。次に、ライフラインごとの復旧シナリオにおける復旧活動項目をノード、復旧活動項目間の情報、ヒト、モノのやりとりをリンクとする有向グラフでモデル化し、広域連携・復旧効率化シナリオ（以下、略して「復旧シナリオ」と呼ぶ）のネットワークモデルを作成した。その際には、得られた有向グラフを数値表現する隣接行列の（行和+列和）を、復旧シナリオを構成する当該復旧活動項目の「関連度」、（行和-列和）を「影響度」としてそれぞれ定義し、それら2つのパラメータを個々の復旧活動項目間の情報、ヒト、モノのやりとりの連結性の強弱を定量的に評価し、復旧効率化に資する定量的指標として位置付けた上で、関連度ならびに影響度の2つの数値を2次元座標として平面上にプロットした関係図から広域連携・復旧効率化シナリオのネットワーク構造の定量的分析を試みた。その結果、ライフライン事業主体内の復旧活動項目間の連結性の強弱が明らかになるとともに、外部主体の復旧活動項目との関連を定量的に明らかにすることができた。以上のようなネットワーク構造から、第3には、各ライフライン事業主体と外部主体の関係のみを抽出し、復旧活動に関する情報とヒト及びモノのやりとりの2つの観点から、相互関連を考慮した効率的な対策立案に資する要件の抽出を行った。これより、広域連携・復旧効率化シナリオのネットワーク構造の中で、首都直下地震時において顕在化し得る復旧活動に係わる情報とヒト及びモノのやりとりの特質が明らかとなった。

(b) 業務の成果

1) 研究の背景・目的

ライフラインの地震に係わる減災対策に関しては大学研究者やライフライン事業者等を中心に豊富な研究実績があり、これらに基づいた有用な技術が実務において多数展開されている。例えば、供給施設、処理施設、交換機等の施設の耐震化やネットワークの冗長性の付与等のハードウェア対策に加え、緊急地震速報の活用や早期被害推定等のソフト面からの様々な減災対策が実施されている。しかし、2005年7月23日の千葉県北西部地震や2006年8月14日の首都圏大規模停電で顕在化したように、ライフライン被害を首都圏で想定した場合には、その影響波及の甚大さやライフライン間の被害の相互関連等の新たな問題点が浮かび上がってきており、この点を受け、国や自治体、及び首都圏で活動する企業等の事業継続の観点からライフライン機能の保持と被災後の復旧効率化が強く求められるようになってきている。しかし、ライフライン被害の相互関連に着目した復旧メカニズムに関してはその理念こそは「首都直下地震対策大綱」等においても言及されているが、その実質的な内容と細目はほとんど明らかとなっておらず、それらに対する定量的な評価が強く求められている。

以上を踏まえ、本研究では、ライフラインとして電力供給網、上下水道網、電気通信（電話）網、及び道路網を取り上げ、首都圏に敷設するこれらのシステム全体のハード的な仕組みを念頭に首都直下地震を想定した上で、災害発生直後の初動期から応急復旧活動の開

始までの復旧活動項目のシナリオ（以下、広域連携・復旧効率化シナリオ、略して「復旧シナリオ」と呼ぶ）とその相互関係を定性的に明確にする。これを踏まえて、相互関係を考慮した広域連携・復旧効率化シナリオをネットワークモデルとしてモデル化し、復旧効率化に資する定量的指標を与えるとともに、復旧活動に関する情報とヒト及びモノのやりとりの2つの観点から相互関係を考慮した効率的な対策立案に資する要件の抽出を行う。

2) 事業主体の復旧活動項目及びその相互関係の再整理・再吟味

a) 復旧シナリオの作成方法

復旧活動はその活動内容と目的の面から、災害直後の直後対応段階、応急復旧段階、本復旧段階及び復興・対策段階の4つの段階に分類できると考えられる。本研究では、災害直後の直後対応段階から発災後およそ72時間程度までの応急復旧段階をまとめて扱い、改めて「応急復旧段階」とし、「二次被害の拡大を防止するとともに応急供給を開始・確保する段階」と定義して分析対象期間とした。

シナリオ作成の際には、首都直下地震の被害想定^{1)~5)}、東京都地域防災計画⁶⁾、事業者の防災業務計画^{7)~13)}並びに関連資料¹⁴⁾を参考にするとともにライフライン事業者に対するヒアリング調査を併せて行い、復旧活動に関わる主体を網羅的に抽出した上で、それらの主体に関わる復旧活動項目を抽出した。なお、東京都地域防災計画（平成19年修正）⁶⁾及び東京都水道局震災応急対策計画（平成18年6月）⁸⁾は中央防災会議の首都直下地震対策専門調査会報告（平成17年7月）¹⁾及び東京都の首都直下地震による東京の被害想定最終報告（平成18年3月）²⁾を反映して作成されていることが明記されており、さらに、東京電力⁷⁾、東京ガス¹¹⁾、NTTグループ^{12), 13)}の防災業務計画に関してはそれらの被害想定発表後に公表されているため、同様にそれらの被害想定を反映したものであると推測される。一方、東京都下水道局地震対策マニュアル（平成10年8月）^{9), 10)}については、被害想定実施前に公表されているものの、「関東直下地震」等の用語が使用されているため、ここでは同様の規模の災害を想定して作成されていると見なす。なお、後述するシナリオ内の数値等は前述の資料が作成された時点での数値であることに注意が必要である。

以上より、シナリオの表現方法としては表形式とし、表の横軸には主体を、縦軸には時間経過を取り、「どの主体がどの時点でどのような応急復旧活動を行うのか」を図1のようにまとめた。時間経過に関しては、発災から1時間以内、1時間～24時間、24時間～72時間の3フェーズに分類し、各復旧活動の開始時間を示す。各復旧活動は位置付けられた時間以降、72時間の間は継続して行われると見なす。ただし、これらの中でも1時間以内のフェーズにおける復旧活動についてはほぼ同期的に開始されるため、特に記述の順序は意味をなさない。また、主体により各フェーズで開始する復旧活動の量に相違があるため、シナリオ内に空欄が生じている。上記の資料中の対応時間が明記されていないものに関してはヒアリング調査結果を参考にしつつ、記載内容の文脈から推測して示した。さらに、応急復旧活動項目間で地震関連情報や被害情報、ヒト及びヒトに関わる情報、並びにモノ及びモノに関わる情報のやりとりがある場合には活動項目の表記の下に矢印で示した。

	A社			B社
	主体A	主体B	主体C	主体D
地震発生	◀要員参集	◀要員参集	◀要員参集	◀情報収集
	◀本部設置	◀現地調査	◀在庫資材確認	
1時間	◀被害情報収集 *←主体B	◀被害情報報告 *←主体A, C	*←主体B	
	◀復旧計画作成	復旧作業 *←主体A	◀資材協力要請 *←主体D	◀資材協力要請 *←主体C
24時間	◀復旧活動指示 *←主体B,		◀資材受取	◀資材輸送
		→ 地震関連情報・被害情報のやりとり → ヒト及び人に関する情報のやりとり → モノ及びモノに関する情報のやりとり		

図1 応急復旧シナリオの作成方法

b) 各ライフラインの応急復旧活動のシナリオ

以下に作成したシナリオとその要点を示す。シナリオ表は電力のもののみを表1に示す。

表1-1 電力システムの復旧シナリオ

	東京電力																					
	本店		各店所災害対策本部										各第一線機関災害対策支店									
	本部長	情報班	広報班	復旧班	給電班	資材班	厚生班	総務班	支店	原子力発電所	火力発電所	建設所	変電所	制御所	支社	営業所	中央給電指令所	各指令所	店所給電指令所	店所給電指令所	店所給電指令所	店所給電指令所
地震発生	◀第3非常体 制自動発令 開始	◀第3非常体 制自動発令 開始	◀第3非常体 制自動発令 開始	◀第3非常体 制自動発令 開始	◀第3非常体 制自動発令 開始	◀第3非常体 制自動発令 開始	◀第3非常体 制自動発令 開始	◀第3非常体 制自動発令 開始	◀第3非常体 制自動発令 開始	◀第3非常体 制自動発令 開始	◀第3非常体 制自動発令 開始	◀第3非常体 制自動発令 開始	◀第3非常体 制自動発令 開始	◀第3非常体 制自動発令 開始	◀第3非常体 制自動発令 開始	◀第3非常体 制自動発令 開始	◀第3非常体 制自動発令 開始	◀第3非常体 制自動発令 開始	◀第3非常体 制自動発令 開始	◀第3非常体 制自動発令 開始	◀第3非常体 制自動発令 開始	◀第3非常体 制自動発令 開始
	◀要員参集 開始	◀要員参集 開始	◀要員参集 開始	◀要員参集 開始	◀要員参集 開始	◀要員参集 開始	◀要員参集 開始	◀要員参集 開始	◀要員参集 開始	◀要員参集 開始	◀要員参集 開始	◀要員参集 開始	◀要員参集 開始	◀要員参集 開始	◀要員参集 開始	◀要員参集 開始	◀要員参集 開始	◀要員参集 開始	◀要員参集 開始	◀要員参集 開始	◀要員参集 開始	◀要員参集 開始
1時間	◀非常災害 対策本部設置	◀非常災害 対策本部設置	◀非常災害 対策本部設置	◀非常災害 対策本部設置	◀非常災害 対策本部設置	◀非常災害 対策本部設置	◀非常災害 対策本部設置	◀非常災害 対策本部設置	◀非常災害 対策本部設置	◀非常災害 対策本部設置	◀非常災害 対策本部設置	◀非常災害 対策本部設置	◀非常災害 対策本部設置	◀非常災害 対策本部設置	◀非常災害 対策本部設置	◀非常災害 対策本部設置	◀非常災害 対策本部設置	◀非常災害 対策本部設置	◀非常災害 対策本部設置	◀非常災害 対策本部設置	◀非常災害 対策本部設置	◀非常災害 対策本部設置
									◀常駐運転 員による設 備被害の把 握	◀常駐運転 員による設 備被害の把 握	◀常駐運転 員による設 備被害の把 握	◀常駐運転 員による設 備被害の把 握	◀常駐運転 員による設 備被害の把 握	◀常駐運転 員による設 備被害の把 握	◀常駐運転 員による設 備被害の把 握	◀常駐運転 員による設 備被害の把 握	◀常駐運転 員による設 備被害の把 握	◀常駐運転 員による設 備被害の把 握	◀常駐運転 員による設 備被害の把 握	◀常駐運転 員による設 備被害の把 握	◀常駐運転 員による設 備被害の把 握	
24時間	◀情報収集	◀情報収集	◀情報収集	◀情報収集	◀情報収集	◀情報収集	◀情報収集	◀情報収集	◀情報収集	◀情報収集	◀情報収集	◀情報収集	◀情報収集	◀情報収集	◀情報収集	◀情報収集	◀情報収集	◀情報収集	◀情報収集	◀情報収集	◀情報収集	◀情報収集
	◀地域情報 班、報道機 関	◀地域情報 班、報道機 関	◀地域情報 班、報道機 関	◀地域情報 班、報道機 関	◀地域情報 班、報道機 関	◀地域情報 班、報道機 関	◀地域情報 班、報道機 関	◀地域情報 班、報道機 関	◀地域情報 班、報道機 関	◀地域情報 班、報道機 関	◀地域情報 班、報道機 関	◀地域情報 班、報道機 関	◀地域情報 班、報道機 関	◀地域情報 班、報道機 関	◀地域情報 班、報道機 関	◀地域情報 班、報道機 関	◀地域情報 班、報道機 関	◀地域情報 班、報道機 関	◀地域情報 班、報道機 関	◀地域情報 班、報道機 関	◀地域情報 班、報道機 関	◀地域情報 班、報道機 関

表 1-2 電力システムの復旧シナリオ

	電力系統利用協議会	中央電力協議会、東地域電力技術会議	他電力会社、電源開発(株)	グループ企業、請負会社、電気工事店	自衛隊	東京都災害対策本部	東京消防庁	警視庁	区市町村災害対策本部	内閣府			経済産業省		気象庁
										情報調査室	災害応急担当	災害対策本部	原子力安全・保安院	情報班	
地震発生	<ul style="list-style-type: none"> 情報収集 ○地震情報 					<ul style="list-style-type: none"> 情報収集 ○地震情報 	<ul style="list-style-type: none"> 情報収集 ○地震情報 	<ul style="list-style-type: none"> 情報収集 ○地震情報 	<ul style="list-style-type: none"> 情報収集 ○地震情報 	<ul style="list-style-type: none"> 情報収集 ○地震情報 	<ul style="list-style-type: none"> 情報収集 ○地震情報 	<ul style="list-style-type: none"> 情報収集 ○地震情報 	<ul style="list-style-type: none"> 情報収集 ○地震情報 	<ul style="list-style-type: none"> 情報収集 ○地震情報 	<ul style="list-style-type: none"> 情報班
1時間	<ul style="list-style-type: none"> ○自社被害情報 →中央給電指令所 →内閣府情報調査室、内閣府災害応急担当、経済産業省原子力安全・保安院 ○一般被害情報 	<ul style="list-style-type: none"> 資機材・応援要員要請 →資材班 →復旧班 ○応援受電要請 →給電班 	<ul style="list-style-type: none"> 資機材・応援要員要請 →資材班 →復旧班 	<ul style="list-style-type: none"> 資機材・応援要員要請 →資材班 →復旧班 	<ul style="list-style-type: none"> 派遣要請 →一部災害対策本部 	<ul style="list-style-type: none"> 本部派遣員募集 →東京電力対策本部 →支社、営業所 →厚生班 	<ul style="list-style-type: none"> 通報 	<ul style="list-style-type: none"> 通報 	<ul style="list-style-type: none"> ○一般被害情報 →支店 	<ul style="list-style-type: none"> ○一般被害情報 	<ul style="list-style-type: none"> ○一般被害情報 	<ul style="list-style-type: none"> ○一般被害情報 	<ul style="list-style-type: none"> ○一般被害情報 	<ul style="list-style-type: none"> ○一般被害情報 	<ul style="list-style-type: none"> ○一般被害情報
24時間		<ul style="list-style-type: none"> 資機材・要員の派遣 →復旧班、資材班 	<ul style="list-style-type: none"> 資機材・要員の派遣 →復旧班、資材班 	<ul style="list-style-type: none"> 資機材・要員の派遣 →復旧班、資材班 	<ul style="list-style-type: none"> ○一部災害対策本部、東京電力 	<ul style="list-style-type: none"> ○自衛隊派遣要請 →東京電力対策本部 →自衛隊 →資材置き場要請 →復旧班 			<ul style="list-style-type: none"> ○一般被害情報 	<ul style="list-style-type: none"> ○一般被害情報 	<ul style="list-style-type: none"> ○一般被害情報 	<ul style="list-style-type: none"> ○一般被害情報 	<ul style="list-style-type: none"> ○一般被害情報 	<ul style="list-style-type: none"> ○一般被害情報 	<ul style="list-style-type: none"> ○一般被害情報

i) 電力

東京都区部を含め首都圏における電力事業者は東京電力株式会社（以下、東京電力）である。表 1 より、震度 6 弱以上の地震が発生した場合は第 3 非常態勢の発令が自動的に行われ、全社員（約 38,000 人）が各所属事業所へ参集することとなっている。また、社員の参集までの間は、運転員が 24 時間常駐している原子力発電所、火力発電所、変電所の一部、制御所、給電指令所において初期活動が行われる。その際には、まず、自動復旧システムが作動し、次に各施設による被害情報の収集と自所判断での機器の切り離しや切替等の応急措置が行われる。同時にシステム監視施設である給電指令所が中心となり、各施設の被害状況の収集や応急点検等の指示出し、及びそれに合わせた系統切替等の組織的な復旧活動に移行する。一方、本社では宿直や都内数カ所の社宅に住む職員が初動要員として早期に出社できる体制をとっており、初動要員が参集すると同時に非常災害対策本部（以下、本部）が設置され、意思決定の中心が本部に移り、以後は本部を中心とした復旧活動が行われる。発災後 1 時間程度で、本部各班、各事業所で被害状況の調査及び社員の安否確認や備蓄資機材の確認が開始される。被害情報に関しては、各事業所から順次上位の事業所へ報告され、最終的には本部復旧班及び情報班を通して本部各班へ伝達される。そこで給電指令所との連絡を担当する給電班と復旧班の間で復旧効率性が検討された後、復旧計画が作成され、復旧班及び給電班による各事業所への復旧指揮が行われる。また、不足する資機材及び人員情報については、事業所ごとにまとめられて上位の事業所へ要請がなされ、各時点で系列事業所間での融通・調整がなされつつ、本部復旧班に報告され、その後、資材班、厚生班、総務班を通して東京都災害対策本部（以下、都本部）、関係協会、他電力会社、グループ会社等への応援要請がなされる。その際に、自衛隊への要請及び資機材置き場や前進基地となるオープンスペースの要請に関しては都本部に対して行われ、復旧要員や資機材の要請は、「非常災害における復旧応援要綱」や「東地域非常災害対策要綱」に基づき、中央電力協議会や東地域電力技術会議等の関係協会並びに他電力会社に対して直接行われる。また、グループ企業、請負会社、電気工事店へ対しても同様に直接協力要請が行われる。さらに、資機材等の輸送手段に関しては、調達契約している請負会社に要請を行なう他、他電力会社から調達することとなっている。

発災後 24 時間はこれらの活動の他、発電所、変電所、電力所、制御所での機器の切り離しや系統切替等の応急措置に合わせて、給電指令所では随時系統切替による停電の復旧が行われる。そして、24 時間以降は支店、営業所等による配電設備に対する復旧作業とその進捗に合わせた給電指令所での系統切替が行われる。なお、首都直下地震発生時には、復旧完了までの間に社内外の応援を合わせ、ピーク時で約 12,000 人/日が復旧作業に従事すると想定されている。

ii) ガス

東京都区部を含め首都圏におけるガス事業者は東京ガス株式会社（以下、東京ガス）である。ガスの応急復旧活動のシナリオにおいては、震度 6 弱以上の地震が発生した場合に第 2 次非常態勢が発令され、全社員（約 8,000 人）が各所属へ参集する。また、2 次被害を防止するために各家庭のマイコンメータ及び低圧導管用地区ガバナが自動遮断され、その情報は 24 時間態勢でガス運営を管理している供給指令センターに伝達される。これを受け、供給指令センターでは被害状況を勘案した上で中圧導管用地区ガバナの遠隔操作を行う。一方、本社に要員が参集し始めたところで、対策本部（以下、本部）が設置され、以後は供給指令センターからの情報をもとに本部を中心とした組織的な復旧態勢を整える。発災後 1 時間程度で本部各班、各事業所で被害状況の調査及び社員の安否確認や備蓄資機材の確認が開始される。被害情報に関しては、上位の事業所へ報告され、最終的には本部導管ネットワーク統括班やエネルギー生産統括班等を通して本部各班へ伝達される。そこで複数構成される本部各統括班と供給指令センターの間で復旧効率性に関する検討がされた後、復旧計画が作成され、本部各統括班による各事業所への復旧指揮及びそれに対応した供給指令センターでの系統管理が行われる。また、不足する資機材及び人員情報については、事業所ごとにまとめられて上位の事業所に要請がなされ、各時点で系列事業所間での融通・調整がなされつつ、本部の各統括班に報告され、その後、資材班、管材班、総務班等を通して都本部、関係協会、他ガス会社、グループ会社等への要請がなされる。その際に、自衛隊への要請及びオープンスペースの要請は都本部に対して行われ、復旧要員や資機材に関しては「地震・洪水等非常事態における救援措置要綱」等に基づき、日本ガス協会等の関係協会並びに他ガス会社へ直接要請がなされる。また、グループ企業、協力会社、メーカーに対しても同様に直接協力要請がなされる。

発災後 24 時間はこれらの態勢確立に関する活動を終え、24 時間以降は各事業所でガス漏えいの確認と管路の復旧、マイコンメータの操作を行ない、被害率の低いブロックから順次復旧活動が開始される。なお、首都直下地震発生時には、復旧完了までの間に社内外の応援を合わせ、ピーク時で約 4,200 人/日が復旧活動に従事すると想定されている。

iii) 電話

東京都区部を含め首都圏における通信事業者として東日本電信電話株式会社（以下、NTT 東日本）を取り上げる。電話の応急復旧活動のシナリオにおいては、災害発生直後は運転員が 24 時間常駐しているネットワーク運営センターで伝送ルートの切替による復旧活動が行われ、NTT 東日本及び被害地域の支店に被害に関する情報が伝達される。同時に NTT 東日本所有施設の保守管理を行うグループ会社の NTT-ME に対して被害箇所の確認指示が出され、NTT-ME の職員は現地に出向し、被害状況の確認と代替交換機への切り替え等の応急措置の他、復旧が困難な地域に関しては衛星通信機の設置等を行う。一方、国に緊急

対策本部が設置される規模の災害が発生した場合には、第1非常態勢が発令され、対策要員の参集が指示される。本社に要員が参集すると同時に、災害対策本部（以下、本部）が設置され、意思決定の中心が本部に移り、以後はネットワークセンターと本部が協働して復旧を進める。発災後1時間程度で本部各班、各事業所で被害状況の調査及び社員の安否確認や備蓄資機材の確認が開始される。被害情報に関しては、上位の事業所へ報告がなされ、最終的には本部復旧調整班を通して本部各班へ伝達される。そこで復旧調整班及びネットワークセンターの間で復旧方法が調整された後、復旧計画が作成され、復旧班による各事業所への復旧指揮が行われる。また、不足する資機材及び人員情報については、事業所ごとにまとめられて上位の事業所へ要請がなされ、各時点で系列事業所間での融通・調整がなされつつ、本部復旧調整班に報告され、その後、総務班等を通して都本部、グループ会社、工事会社、電力・水道・輸送に関わる事業者等へ要請がなされる。その際に、自衛隊及びオープンスペース、臨時ヘリポートの要請は都本部に対して行われ、復旧要員や資機材に関しては、グループ企業と工事会社へ直接要請がなされる。また、停電時の電源の確保については、電力会社に対して商用電源を、燃料会社及び地方自治体に対して発電用燃料を、そして水道事業者に対して冷却水をそれぞれ要請することとなっている。さらに、資機材の輸送に関しては自衛隊及び運送会社へ協力を要請する。

発災後24時間はこれら態勢の確立に関する活動の他、各社、各事業所での被害状況の調査や、職員の安否確認及び備蓄物資の確認が行われ、必要に応じて社内、グループ内、都本部への応援要請がなされる。24時間以降は被害を受けた伝送設備に対する復旧作業とその進度に合わせたネットワークセンターでの系統切替の他、公衆電話の設置や衛星機の設置等の通信途絶防止措置が行われる。なお、首都直下地震発生時には、復旧完了までの間に社内外の応援を合わせ、ピーク時で約3,800人/日が復旧活動に従事すると想定されている。

iv) 上水道

東京都区部における水道事業者は東京都水道局（以下、都水道局）である。上水道の応急復旧活動のシナリオにおいては、夜間・休日に震度6弱以上の地震が発生した場合は特別非常配備態勢が発令され、全職員（4,650人）が各所属事業所又はあらかじめ定められた給水拠点（45カ所）へ参集することになっている。また、災害発生直後は、運転員が24時間常駐している水運用センター、浄水管理事務所及び浄水場において機器操作等による取水・導水等の代替措置や系統切替等の応急措置が行われる。同時に勤務中の水道特別作業隊員もこれらの作業を支援する。その際には、システム監視施設である水運用センターが中心となり、各施設の被害状況の収集や応急点検及びこれを踏まえた応急措置の指示出し等、組織的な復旧活動を行う。一方、局に要員が参集し始めた時点で、給水対策本部（以下、本部）が設置され、意思決定の中心が本部に移り、以後は水運用センターと本部が協力して復旧を進める。また、都庁周辺に住む職員や局の災害対策職員住宅に入居する職員は初動要員として指定され、他の職員に先駆けて参集し、本部設置や通信機器の運用確認等の初期活動に従事する。発災後1時間程度で、本部各班、各事業所で被害状況の調査及び職員の安否確認や備蓄資機材の確認が開始される。被害情報に関しては、上位の事業所へ報告され、最終的には事業所ごとに本部浄水施設復旧班、配水施設復旧班、大規模施設復旧班においてまとめられる。また、不足する資機材及び人員情報については、事業所ご

とにまとめられて上位の事業所に要請がなされ、各時点で系列事業所間での融通・調整がなされつつ、本部復旧班に報告される。発災後 24 時間程度の間これらの態勢確立に関する活動の他、その結果を踏まえて本部で給水対策本部会議及び応急対策会議が開かれる。会議では、復旧方針の意思統一及び物資、要員等の応援要請の取りまとめが行われ、その後は、各復旧班で会議内容を反映した個別の復旧計画の作成がなされ、また総務班、職員救護班、調達班によって都本部、関係協会、他県都市、工事会社、運輸会社、燃料会社等への応援要請がなされる。その際に、自衛隊、警視庁、都各局職員及びボランティアの派遣要請に関しては都本部に対して行われ、復旧要員や資機材の要請に関しては、「日本水道協会関東地方支部災害時相互応援に関する協定」や「14 大都市水道局災害相互応援に関する覚書」等に基づき、日本水道協会や管工事工業協同組合等の関係協会（9 協会）、それらに所属する工事関係会社（区部で 1,590 社）及び材料製造会社（68 社）、他県都市の水道事業者（15 県市）、請負単価契約会社及び指定給水装置工事事業者（区部で 2,964 社）に直接応援要請がなされる。また、資機材の輸送や要員の移動に関する車両については東京都庁貨物自動車輸送事業協同組合に所属する運輸業会社等（28 社）に要請する他、重機に関しては東京建設業協会へ、非常用発電機の燃料に関しては揮発油等単価契約会社へ要請を行う。また、断水区域に対しては市町村災害対策本部等と連携した応急給水活動が行われる。

24 時間程度を経過した後は送配水設備の復旧が行われるが、当初は制水弁閉止等の断水範囲縮小作業を中心とした復旧作業にとどまり、被害を受けた管路の交換等の復旧作業は 72 時間以降に行われると考えられる。なお、首都直下地震発生時には、復旧完了までの間に社内外の応援を合わせ、ピーク時で約 12,000 人/日が復旧活動に従事すると想定される。

v) 下水道

東京都区部における下水道事業者は東京都下水道局（以下、都下水道局）である。下水道の応急復旧シナリオにおいては、局長は都本部からの連絡を受け、非常態勢の発令及び震災対策本部（以下、本部）の設置を指示することになっている。その際に、夜間・休日に震度 6 弱の地震が発生した場合には、特別非常配備態勢が発令され、全職員（3,411 人）が規定場所に参集することになっている。本部設置後は本部内に各部門本部が、また各部門本部設置後には管轄施設に事業所本部が設置される。発災後 1 時間ほどで本部、各事業所で被害状況の調査及び職員の安否確認や備蓄資機材の確認が開始される。被害情報に関しては、上位の事業所へ報告され、最終的には管理部門本部及び建設部門本部でまとめられる。また、不足する資機材及び復旧人員に関する情報については、事業所ごとにまとめられて上位の事業所に要請がなされ、各時点で系列事業所間での融通・調整がなされつつ、管理部門本部及び建設部門本部に報告され、まとめられる。発災後 24 時間はこれら態勢確立に関する活動の他、収集した情報をもとに本部に設けられた下水道局震災対策本部会議において復旧方針及び資機材、要員の応援要請の取りまとめが行われる。その後は会議決定事項に基づき、本部の中の管理部門本部及び建設部門本部が具体的な復旧計画を策定し、各事業所の復旧作業を指揮するとともに、支援本部では都本部、関係協会、他県都市の下水道事業者、工事会社、石油会社等への要請がなされる。その際に、自衛隊の要請に関しては都本部に対して行われ、復旧要員や資機材に関しては、「震災時等の相互応援に関する協定」や「13 大都市災害時相互応援に関する協定」に基づき、関係協会や他県都市の水道

事業者、請負会社、指定排水設備事業者（区部で 2,209 社）へ要請が行われる。また、燃料油に関しては石油会社（7 社）と優先供給体制を整えており、さらに工事時に必要な下水道台帳については、民間会社（7 社）と緊急出図に関する協力体制を整えている。その他、重機に関しては東京建設業協会へ要請する。また、下水道の復旧状況によっては上水道の使用制限等を要請する。

vi) 道路

東京都における道路事業者としては高速道路を管理する東日本高速道路株式会社、中日本高速道路株式会社、首都高速道路株式会社、一般国道を管理する国土交通省関東地方整備局、都道を管理する東京都建設局、市町村道を管理する市町村及び特別区道を管理する区が挙げられるが、それぞれが独自の防災業務計画を有するため、想定される応急復旧活動のシナリオも異なる。そのため、ここでは、前述した道路区分の中でも東京都における道路全体の 8.9%を占める都道に着目し、都道の管理者である東京都建設局（以下、都建設局）における応急復旧活動のシナリオを分析する。なお、通常、災害時には、救命救助、消火及び施設の復旧活動が円滑に行われるように重要幹線において交通規制が実施されるが、東京都の場合、震度 6 弱以上の地震が発生した際に警視庁を中心として自動的に規制が実施される。重要幹線の代表的なものとしては緊急交通路と緊急輸送路が上げられ、都内における緊急交通路としては甲州街道等の 37 路線、緊急輸送路としては災害時の復旧活動における重要拠点（841 カ所）を結ぶための道路が指定されている。これらの規制は復旧状況に応じて随時変更されるものであるが、ここでは発災後 72 時間の間は上述した規制が有効であると考えられる。

また、前述したライフラインの復旧活動に重要となる道路は緊急輸送路であり、重要拠点の中にライフライン事業者の施設が含まれている。具体的には、東京電力の支店、支社、倉庫等（18 カ所）、東京ガスの建物、グラウンド、倉庫等（12 カ所）、NTT 東日本の支店、ビル（13 カ所）、都水道局の支所（7 カ所）、都下水道局の管理事務所（9 カ所）、都建設局の建設事務所（11 カ所）が指定されている。これらに関わる緊急輸送路は、緊急道路障害物除去路線（625 路線、242,895km）と整合することとなっており、障害物除去及び応急補修が優先的に行われる。緊急道路障害物除去路線の作業分担としては、都建設局が都道並びに区市町村道を含む 587 路線（1,413km）、関東地方整備局が国道 12 路線（241,238km）、東日本高速道路株式会社及び中日本高速道路株式会社が高速道路 8 路線（66km）、首都高速道路株式会社が 18 路線（178km）をそれぞれ担当することとなっている。

道路の応急復旧活動のシナリオにおいては、災害発生直後に災害対策本部（以下、本部）が設置され、職員（2,847 人）の参集と道路被害の調査・点検及び職員の安否確認や備蓄資機材の確認が開始される。その後、都が開催する道路調整会議（以下、調整会議）において、他の道路管理者及び警視庁、消防庁等の関連主体間で道路情報・交通情報の交換及び調整がなされ、その後は調整会議を受けて作成された復旧計画をもとに障害物除去作業及び警視庁等と連携した交通規制が行われる。また、資機材並びに復旧要員の応援要請に関しては、「災害時における応急対策業務に関する細目協定」等に基づき東京建設業協会や日本道路建設業協会等の建設業協会（6 協会）に対して本部から直接要請がなされる他、震度 6 弱以上の地震が発生した際は、道路や河川の被害調査を支援するために東京都建設防災ボランティア（134 名）が予め決められた建設事務所（13 カ所）に参集することとな

っている¹⁵⁾。一方、同様の趣旨による要請でも自衛隊に対する要請は都本部を通して行う。なお、被害調査及び交通規制は災害発生直後からなされ、その後順次、障害物除去作業も24時間以内に開始される。

c) 各ライフラインの応急復旧活動の比較

b)に示したシナリオ分析の結果より、ライフラインの復旧活動において応急復旧段階に実施される諸活動は、(1)態勢確立(2)活動準備(3)応急復旧活動の3種類に分類できる。(1)態勢確立に係る活動とは、応急復旧活動を行う際の組織や要員の整備を目的とする活動であり、具体的には、a)非常態勢の発令、b)本部の設置、c)要員の参集である。次に、(2)活動準備に係る活動とは、応急復旧活動を行う際に必要な資機材及び要員の確保を目的とする活動であり、具体的には、a)資機材の確保、b)応援要員の確保である。また、(3)応急復旧活動とは応急復旧活動に関する諸作業であり、a)情報収集からg)応急復旧作業までの7つの活動である。これら諸作業の流れとしては、a)情報収集から始まり、これをもとに復旧戦略等のb)意思決定が行われ、外部へのc)広報活動が行われる。同時に、各施設・設備のハード面に対して、被害状況や施設の重要度に応じて即時のg)応急復旧作業又はf)代替措置で機能を補いつつ、e)危険予防措置を実施した上で、g)応急復旧作業が行われる。また、システム全体の早期復旧のために設備の被害・復旧状況に応じてd)系統操作がなされ、ソフト面からの復旧活動も合わせて進められる。以上の応急復旧作業までの流れを図2に示し、この構造に従い、各ライフライン事業者の復旧シナリオを比較した結果を表2に示す。

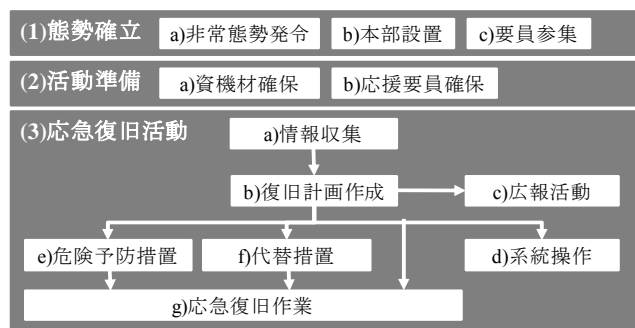


図2 ライフライン応急復旧活動の構造

d) ライフラインの応急復旧活動の相互関連に関する定性分析

b)並びにc)で示した各ライフライン事業者の応急復旧活動のシナリオを踏まえ、各ライフラインの応急復旧活動における相互関連を定性的に明らかにするとともに、過去の災害事例^{16)~19)}と比較することで本研究で対象とする首都直下地震時の相互関連について考察する。なお、ここで対象とする相互関連とは応急復旧活動に関する競合及び支障であり、ライフライン被害の物理的・機能的波及は対象としない。また、b)に示した各ライフラインの復旧シナリオを地震関連情報・被害情報、ヒト及びヒトに関する情報、モノ及びモノに関する情報の3つの観点から分析し、当該ライフライン事業者及びその外部主体との間の応急復旧活動の相互関連を定性的に明らかにした。なお、基本的には、事業者の防災業務計画及びマニュアルに記載されている内容を忠実に抽出して分析し、分析に際し、情報

表2 各ライフラインの応急復旧活動の比較

		東京電力		東京ガス		NTT東日本		東京都水道局		東京都下水道局		東京都建設局	
(1)態勢確立	a)非常態勢発令	第3非常態勢(自動発令)		第二次非常体制		第1非常態勢		特別非常配備態勢		特別非常配備態勢		特別非常配備態勢	
	b)本部設置	非常災害対策本部自動設置		対策本部自動設置		非常態勢に応じた対策組織を設置する		局長の指示で本部を設置		都本部の連絡に基づき、局長の指示で設置		—	
	c)要員参集	○規定場所に自発的に参集する ○交通途絶等により所属への参集ができない社員は、最寄りの事業所に参集する		○規定場所に自発的に参集する		○各対策組織の長は対策要員の動員を指示する ○交通途絶等により所属への参集ができない社員は、最寄りの事業所に参集する		○規定場所又は給水拠点に自発的に参集する ○交通途絶等により所属への参集ができない社員は、最寄りの事業所に参集する		○規定場所に自発的に参集する		○規定場所に自発的に参集する	
(2)活動準備	a)資機材確保(モノ等)	○復旧資機材	関係協会、他電力会社、グループ会社、電気工事店	○復旧資機材	関係協会、他ガス会社、グループ企業、協力会社、メーカー	○復旧資機材	グループ会社、工事会社	○復旧資機材	関係協会、工事会社、メーカー、他県都市	○復旧資機材	関係協会、工事会社、他県都市	○復旧資機材	建設業協会
		○車両	他電力会社、輸送請負会社	○重機	工事会社	○車両	輸送会社	○車両	運輸業協会、運送会社	○台帳	民間会社	○重機	建設業協会
		○障害物除去機材	都本部(自衛隊)、事前調査、都本部	○障害物除去機材	都本部(自衛隊)、事前調査、都本部	○障害物除去機材	都本部(自衛隊)、事前調査、都本部	○障害物除去機材	都本部(自衛隊)、建設業協会	○障害物除去機材	都本部(自衛隊)、建設業協会	○障害物除去機材	都本部(自衛隊)
		○スペース		○スペース		○スペース		○重機		○重機			
		○燃料				○燃料	燃料会社	○燃料	単備契約会社	○燃料	石油会社		
	b)応援要員確保(ヒト)	○復旧作業員	関係協会、他電力会社、グループ会社、電気工事店	○復旧作業員	関係協会、他ガス会社、グループ企業、協力会社	○復旧作業員	グループ会社、工事会社	○復旧作業員	関係協会、工事会社、他県都市	○復旧作業員	関係協会、工事会社、他県都市	○復旧作業員	建設業協会、東京都建設防災ボランティア
		○障害物除去要員	都本部(自衛隊)	○障害物除去要員	都本部(自衛隊)	○障害物除去要員	都本部(自衛隊)	○障害物除去要員	都本部(自衛隊)	○障害物除去要員	都本部(自衛隊)	○障害物除去要員	都本部(自衛隊)
								○応急給水要員					
(3)応急復旧活動	a)情報収集	○地震関連情報	(受信)気象庁、都本部	○地震関連情報	(受信)気象庁、都本部	○地震関連情報	(受信)気象庁、都本部	○地震関連情報	(受信)都本部	○地震関連情報	(受信)都本部	○地震関連情報	(受信)都本部
		○自社被害情報	(発信)都、区本部、内閣府、経済産業省、東京消防庁、警視庁、電力協議会、通信事業者	○自社被害情報	(発信)都、区本部、内閣府、経済産業省、国土交通省、海上保安庁、東京消防庁、警視庁	○自社被害情報	(発信)都本部、総務省、海上保安庁、電力事業者	○自社被害情報	(発信)都本部、区本部、道路事業者、河川管理者、(厚生労働省)	○自社被害情報	(発信)都本部、(国土交通省)	○自社被害情報	(発信)都本部、国土交通省、東京消防庁、警視庁
		○一般被害情報	(受信)都本部、区本部、通信事業者	○一般被害情報	(受信)都本部、区本部	○一般被害情報	(受信)都本部、区本部、電気事業者	○一般被害情報	(受信)都本部、区本部	○一般被害情報	(受信)都本部	○一般被害情報	(受信)都本部、道路事業者、水道事業者
	b)復旧計画作成	給電指令所の情報等を活用して本部ごとに復旧計画を作成し、上級本部は下級本部に対し、指示を行う	「超高密度リアルタイム地震防災システム」により被害想定を活用して復旧計画を作成する	ネットワーク運営センターの情報等を活用し、復旧計画を作成する	水運用センターの情報等を活用し、給水対策本部会議及び応急対策会議で情報共有及び局内の復旧方針の調整を行う	下水道局震災対策本部会議で情報共有及び局内の復旧方針の調整を行う	道路調整会議で他主体との情報共有及び復旧方針の調整を行い、局内へ指示する						
	c)広報活動	○報道機関を通じた広報		○報道機関を通じた広報		○放送事業者を通じた広報		○都災害対策本部を通じた広報		○都災害対策本部を通じた広報		○都災害対策本部を通じた広報	
		○広報車等による当該地域への周知活動		○自治体を通じた広報		○自治体を通じた広報		○情報機関を通じた広報		○情報機関を通じた広報		○情報機関を通じた広報	
	d)系統操作	中央給電指令所、系統給電指令所、店所給電指令所での系統切替	供給指令センターでの系統切替・ブロック化	ネットワーク運営センターでの系統切替・通話規制	水運用センターでの系統切替	水再生センターでの調整							
	e)危険予防措置	○被害機器の切り離し	○製造所、整圧所からの送出入量の調整	○設備・機器の機能確保のための通信規制	○取水・導水の停止・減量	○トイレ使用制限、水道の給水制限	○通行規制						
		○送電停止	○供給停止、閉栓	○回路閉鎖	○供給停止、閉栓	○管路閉鎖							
	f)代替措置	○電源車、発電機の派遣	○移動式ガス設備の派遣	○非常用無線設備、衛星通信局、非常用交換機、移動体臨時基地局の設置	○給水車、仮設給水栓等による応急給水	○雨水貯留池の活用	○迂回ルートの設定						
g)応急復旧作業	○設備・機器修理 ○送・配電線修繕	○設備・機器修理 ○ガス配管修繕	○設備・機器修理 ○ケーブル・配管修繕	○設備・機器修理 ○配管修繕	○設備・機器修理 ○配管修繕	○障害物除去作業 ○構造物修繕							

として足りない部分はヒアリング調査で補完した。

まず、地震関連情報・被害情報のやりとりに関する相互関連の観点からは、民間企業である電力、ガス、通信事業者と東京都関係機関である上水道、下水道、道路事業者で相違が見られる。電力、ガス、通信事業者は、東京都災害対策本部（以下、都本部）、区災害対策本部（以下、区本部）、管轄省庁である経済産業省、国土交通省、総務省及び激甚災害時の重要官庁である内閣府、東京消防庁、警視庁、海上保安庁へ自社被害情報を連絡する。

また、地震関連情報の収集に関しては、報道機関による情報の他、気象庁及び都本部から収集する。さらに建物や家屋被害、交通状況及び他のライフライン被害等の一般被害情報に関しては、都本部を通してこれらの情報を収集し、復旧の現場となる区レベルの情報については区本部から収集する。

一方、上水道、下水道、道路は都本部に対して自社被害情報を連絡する他、都本部を介し、管轄省庁である厚生労働省及び国土交通省に対して同様の報告を行う。また、地震関連情報の収集に関しては、報道機関による情報の他、都本部から収集する。さらに、建物や家屋被害、交通状況及び他のライフライン被害等の一般被害情報に関しては、都本部を通して収集する。ただし、上水道に関しては、応急給水活動のために区本部と、また、地中管及び取水施設の復旧活動のために道路管理者、警視庁、河川管理者と自社被害情報のやりとりを行う、同様に道路に関しては、発災直後から行われる障害物除去作業と交通規制の調整のために東京消防庁、警視庁及び他の道路管理者と自社被害情報のやりとりを行う。

以上で示した地震災害に係わる全体的な情報のやりとりの傾向を踏まえ、首都直下地震時に特に想定される個別事例について考察する。電力の場合は引込み線、ガスの場合は屋内配管、上水道の場合は給水管等の末端設備の復旧時には、所有者への確認作業が必要となるが、兵庫県南部地震の際には、所有者の所在不明による確認の遅れが復旧効率を低下させたとの報告がある。首都直下地震では 471,586 棟が全壊すると想定されており、兵庫県南部地震時の全壊棟数である 104,906 棟を大きく上回るため、上述した個別の訪問・確認作業は長期に及ぶと考えられる。このような確認作業に資する一般被害情報のやりとりの流れは、各事業者が個別に収集することになっているが、この問題構造を踏まえ、事業者間で所有者への確認作業をまとめて行なう等、関連する情報を共有する具体的な方策が特に求められる。

また、ガス、上水道、下水道、道路事業者は自社被害情報の調査のため、予め定められた路線の巡回点検を行うことになっているが、兵庫県南部地震の事例では、人手不足を補うためにガス事業者が道路復旧工事会社へ同時にガス漏洩の点検を依頼し、自社被害情報の収集を行ったと報告されている。また、新潟県中越地震時には「新潟県中越地震復旧・復興 GIS プロジェクト」²⁰⁾が運営され、ライフライン事業者の自社被害情報等の共有が行われた実績がある。このような取り組みをさらに推進するとともに、首都直下地震の場合には事業者間で点検範囲を調整し、現地調査段階から協力体制を築くための事業者間の仕組み作りが必要であろう。特に、電力と通信に関しては、電柱の復旧に関して自社被害情報のやりとりが見られるが、兵庫県南部地震の際には、電力と共用の共架柱に対して通信事業者の復旧活動が遅れたという報告や、新潟県中越地震の際には、協定により電力管理の電柱も NTT で修理した後、事後清算したとされ、電力と通信事業者がそれぞれ優先順位の高いものから復旧したと報告されている。新潟県中越地震時の配電支持物被害は 4,227 件（倒壊 88 件、傾斜等 4,139 件）であったが、首都直下地震の場合は 101,360 本の電柱被害が発生すると想定されており、新潟県中越地震以上にこの影響による復旧遅延が顕在化すると考えられる。そのため、事業者間の事前協議による共架点検範囲の分担や復旧活動の調整等、自社被害情報のやり取りをさらに強化する具体的な枠組みが必要となろう。

次に、ヒト及びヒトに関する情報のやりとりに関する相互関連の観点からは、民間企業

である電力、ガス、通信事業者の場合には本部派遣員を、都関係機関である上水道、下水道、道路事業者では本部員を都本部へ派遣することになっており、都本部に対しては被害情報及び復旧の調整に係わる情報交換のためのヒトの派遣が想定されている。

また、自衛隊は具体的な応急復旧作業以前の大規模な障害物除去作業等を担当する要員として、すべてのライフライン事業者と関係を有しており、その派遣要請に関しては都本部を介している。障害物の数量的な参考値として、首都直下地震における東京都の震災廃棄物は最大 3,465 万から約 6,700 万トンと想定されており、その一部が前述した障害物となる。このような規模の障害物は極めて甚大で、障害物除去作業の進捗はライフラインの応急復旧作業の立ち上げに影響を与えるため、事業者から都本部、そして自衛隊への要請を迅速に行う他、障害物除去を必要とする地域情報等を作業部隊の運用に適切に還元できる具体的な方策が求められる。さらに、上水道の場合、自衛隊に加えて都各局、警視庁、ボランティアに対しても応急給水作業を支援する要員として、都本部を通して要請を行うことになっている。

実際の復旧作業を行う作業員の派遣に関しては同業者、同業者協会、グループ会社、請負会社等に対して事業者が直接要請を行うが、その窓口として、電力は復旧班、ガスは総務班、上水道は配水施設班、下水道は支援部門及び管理部門、通信は復旧班というように、各事業者対策組織内の特定の部署が対応する。また、上水道と下水道に関しては、被害管路の交換のための資機材及び要員確保のために工事会社へ重複して要請がなされることになっている。具体的には、上水道設備の復旧を担う東京都指定給水装置事業者(区部で 2,964 社)と下水道設備の復旧を担う東京都指定排水設備事業者(区部で 2,209 社)では 2,014 社の重複が見られる。このような重複は兵庫県南部地震の際にも同様に報告されており、その際には上水道の復旧が優先されたために下水道の復旧に支障をきたしたり、上水道が復旧したものの下水道が復旧していなかったため、上水道が使用できなかったとの報告がある。前述した事業者において上水道の場合は約 70%、下水道の場合は約 90%の事業者が互いに重複しており、この状況を踏まえると上下水道間で応援の要請先を含め、重複を考慮した復旧計画の事前調整が改めて求められる。

モノ及びモノに関する情報のやりとりに関する相互連関の観点からは、自衛隊は具体的な応急復旧作業以前の大規模な障害物除去作業に関する機材等を所有しているため、前述したヒト及びヒトに関する情報のやりとりと同様にすべてのライフライン事業者と障害物除去作業という観点から関係を有しており、その派遣要請に関しては都本部を介している。民間企業である電力、ガス、通信事業者は都本部に対して、自衛隊派遣要請だけでなく、自社で確保している資機材置場及び前進基地が不足する場合、オープンスペースの要請を行うことができ、東京都においては若洲ゴルフリンクス(江東区)及び白鬚東地区旧都立忍岡高校跡地(台東区)の 2カ所が想定されている。このようなオープンスペースの確保によって資機材の輸送時間及び要員の移動時間の短縮化、資材分配の適切化等、道路被害や交通規制の影響を最小限に抑えることができ、過去の災害においても有効に活用されてきた。そのため、広域連携の効率化の観点からは、都本部から各事業者へのオープンスペースの提供は重要な意味をなし、都本部においては事業者全体で扱う資機材量のマクロな事前把握やそれに基づいた適切なスペースの確保・事前調整等が求められ、さらにライフライン事業者においてはスペースの共有に対する事前の調整が求められる。さらに、オー

プンスペースを共有することにより、事業者間で直接情報の交換・共有を行うことが可能となり、営業所や前進基地等の通信規制の影響を受けやすいローカルな拠点間でのやりとりがスムーズになる可能性がある。

また、復旧作業用の資機材の要請は、同業者、同業者協会、グループ会社、請負会社等に対して事業者ごとに行うが、その窓口としては、電力は復旧班、ガスは総務班及び資材班、上水道は配水施設班、調達班、下水道は支援部門及び管理部門、通信は復旧班というように、復旧要員の要請と同様に各事業者対策組織内の特定の部署が対応する。その上で、上水道と下水道に関しては復旧要員の場合と同様の重複が見られ、前述した内容と同様の事前調整が重要となる。その他、上水道、下水道、道路事業者に関しては、建設重機の確保のために建設業協会及び建設重機協会へ要請することになっているが、これらの要請を個別に行うこととなっており、その重複が数量的な観点から問題となる可能性が考えられる。さらに、ガス事業者も工事会社に対して掘削車・採水車等の同様の重機を要請することになっており、前述の事業者間で重機の共有や投入計画の調整を直接行うことにより復旧効率を高めることが可能になると考えられる。資機材輸送に不可欠なトラック等の輸送手段を確保するための輸送会社への要請に関して電力と通信の間で重複しており、また、燃料会社への発電機用燃料要請に関して上水道と通信の間で重複している。これらの事項についても、前述した事例と同様の問題が考えられるため、事前にこれらの重複を考慮した復旧計画の調整が必要であろう。

3) 広域連携・復旧効率化シナリオのネットワークモデル化とそれに基づいた定量的評価

a) モデル化の方法

2) で作成したライフラインごとの復旧シナリオにおける復旧活動項目をノード、復旧活動項目間の情報、ヒト、モノのやりとりをリンクとする有向グラフで表わし、復旧シナリオにおける復旧活動項目間の関係をモデル化した。これに基づき、いずれの復旧活動項目が現状でボトルネックになっているかを明らかにし、幾つかの好ましい広域連携・復旧効率化案をリンク群として上記のモデルに組み込んで分析することにより、効率的な対策の立案に資する定量的評価を試みる。このため、本モデルは広域連携・復旧効率化シナリオの構造を明らかにし、定量的に評価するためのネットワークモデルとして位置付ける。

以上のネットワークモデルの構築に当たっては、第一に、復旧活動項目間において情報、ヒト、モノのやりとりが想定されている場合には数値の 1 を、想定されていない場合には数値の 0 を与え、これらの関係を行列表現した（以下、隣接行列と呼ぶ）。すなわち、各復旧活動項目をノード、それらの関係をリンクで表現した有向グラフでモデル化する場合に、隣接行列は、復旧活動項目間の関係を 2 次元配列で表現したものとなり、ノード i と j の間にリンクがある場合には隣接行列の (i,j) 成分に 1 が、リンクがない場合には 0 がそれぞれ入力され、全ての復旧活動項目間の関係が $(0,1)$ の 2 値の数値で定量的に表現されたマトリックスのかたちとなる。

ある復旧活動項目 i に着目した場合、この隣接行列の行和 X_i は復旧活動項目 i が他の項目に影響を与える大きさ、逆に、列和 Y_i は復旧活動項目 i が他の項目から影響を受ける大きさをそれぞれ表わす。このため、当該復旧活動項目 i が他の全ての復旧活動項目に与えた影響 X_i と当該復旧活動項目 i が他の全ての復旧活動項目から受けた影響 Y_i の和、すなわ

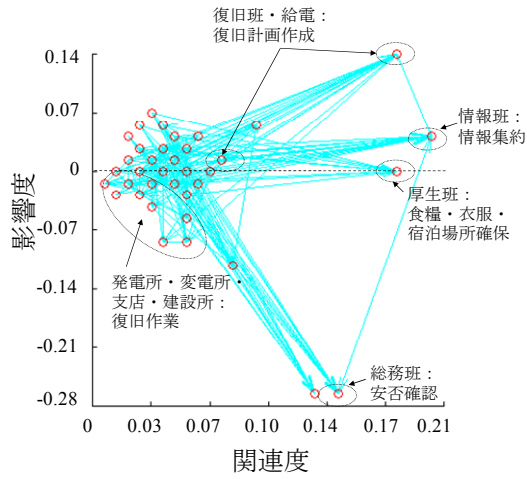
ち、隣接行列の（行和 X_i +列和 Y_i ）は有向グラフ内における当該復旧活動 i の他の復旧活動項目との関連の程度を表わす。また、当該復旧活動項目 i が他の全ての復旧活動項目に与えた影響 X_i と当該復旧活動項目 i が他の全ての復旧活動項目から受けた影響 Y_i の差、すなわち、隣接行列の（行和 X_i -列和 Y_i ）は有向グラフ内における当該復旧活動 i が他の復旧活動項目に対して与える影響の実質的な程度を表わす。従って、有向グラフを数値表現する隣接行列の（行和 X_i +列和 Y_i ）を、復旧シナリオを構成する当該復旧活動項目 i の「関連度」、（行和 X_i -列和 Y_i ）を「影響度」としてそれぞれ定義すれば、それら 2 つのパラメータを、個々の復旧活動項目間の情報、ヒト、モノのやりとりの連結性の強弱を定量的に評価し、広域連携・復旧効率化に資する定量的指標として位置付けることが可能となる。

以上の過程を経て、全ての復旧活動項目に対して、復旧シナリオの中での位置付けを関連度ならびに影響度という 2 つの数値情報により定義付けることができたので、各復旧活動項目に対して関連度（横軸）ならびに影響度（縦軸）の 2 つの数値を 2 次元座標とする平面図上にプロットした上で、それらの関係図の中で全ての復旧活動項目間の関係を矢印で示すことで、復旧活動項目間の情報、ヒト、モノのやりとりの連結性の強弱に関する情報を 2 次元座標の数値として陽に示しながら、広域連携・復旧効率化シナリオのネットワークモデルを視覚的に表現することとした。

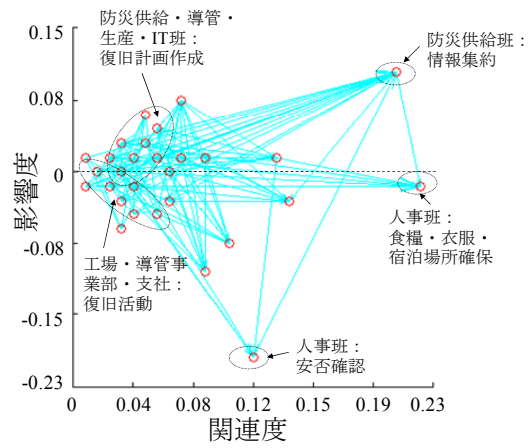
b) 復旧シナリオにおける復旧活動項目間の影響度並びに関連度

図 3 には、各ライフラインの復旧シナリオに係わるネットワークモデルを示す。図 3 より、いずれのライフラインの復旧シナリオにおいても、それらの復旧活動項目は「関連情報の集約」、「安否確認」、「応急復旧活動の後方支援」、「復旧計画作成」、及び「応急復旧活動の準備・実施」の 5 つのカテゴリーに大別されることが明確となった。

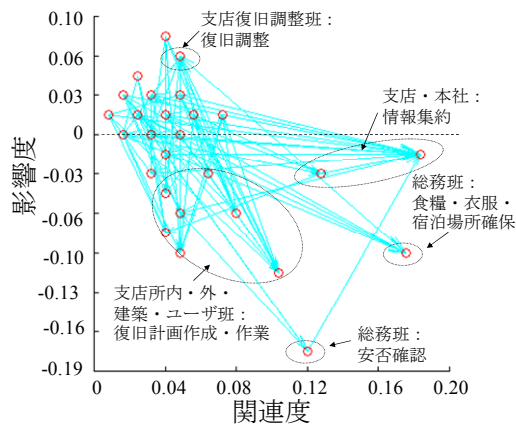
その上で、各ライフライン事業主体の地震被害及び復旧活動に関する情報を集約し、事業者外との情報のやりとりの窓口となる項目は、高い関連度を示す一方で、その影響度については他の主体と相互に情報を密に授受するため、0 付近の数値を示した。上水道及び下水道については、局内での情報共有や復旧に関わる調整等を行うための本部会議が、道路については他の事業者間との復旧調整を行うための道路調整会議が設けられ、それらに関する項目がいずれも高い関連度を示した。職員の安否情報の集約に係わる項目は、比較的高い関連度を示す一方で、他の主体から必然的に情報を得る必要があるため、影響度に関しては負の高い数値を示した。同様の観点より、復旧活動の後方支援に関しては、食糧や衣服、広域応援要員の宿泊場所等の確保に係わる項目が高い関連度を示した。また、本社等指令系での復旧計画の作成や資機材、要員の調整に係わる項目は、その関連度が比較的高くなるとともに、各事業所等へ指示を与える必要があるため、それらの影響度も高い数値を示した。一方、各事業所等での具体的な復旧作業の実施に係わる項目については、指令系統からの指示や資機材及び応援要員の受け入れの必要性からほぼ一様に影響度が負の数値を示した。



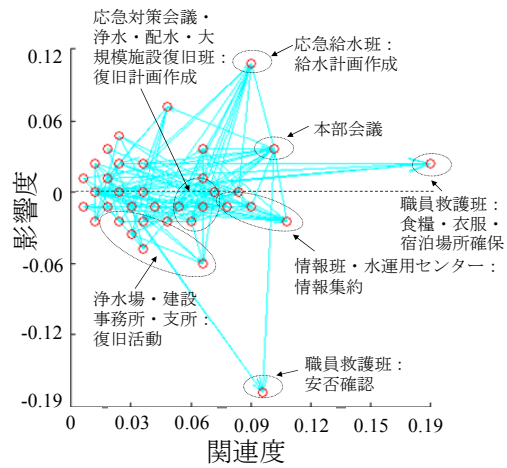
(a) 電力



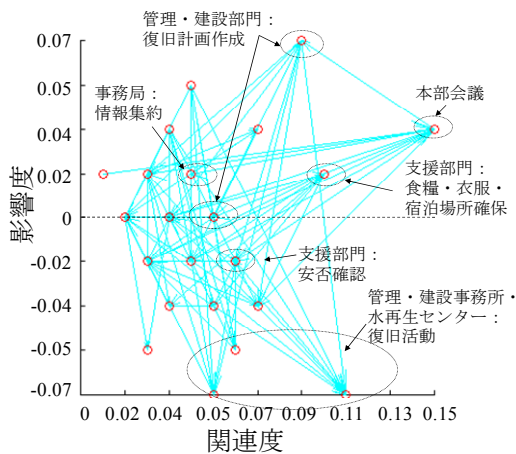
(b) ガス



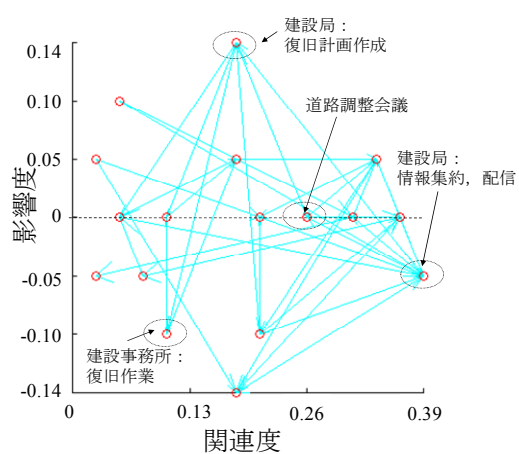
(c) 通信



(d) 上水



(e) 下水



(f) 道路

図3 広域連携・復旧効率化シナリオのネットワークモデル

4) 効率的な対策立案に資する要件の抽出

2) で示した各ライフラインの復旧シナリオ間の相互関連に関する定性分析と3) で示したネットワークモデルに対する感度解析を踏まえ、各ライフライン事業主体と外部主体と

の関係のみを抽出し、復旧活動に関する情報とヒト及びモノのやりとりの2つの観点から、相互連関を考慮した効率的な対策立案に資する要件の抽出を行った。図4は、図3のネットワークモデルに対して、各ライフライン事業主体と外部主体との関係のみを抽出し、まとめた結果である。

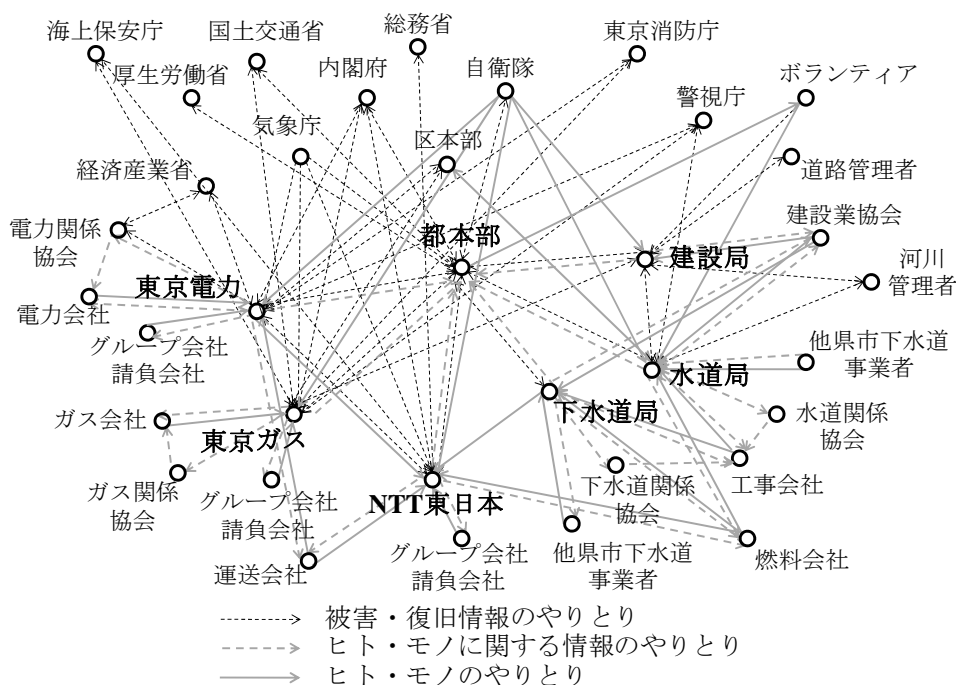


図4 広域連携・復旧効率化シナリオに係わる相互連関モデル

復旧活動に関する情報のやりとりに関しては、電力、ガス、通信事業者は都本部に対して自社被害情報を提供すると同時に家屋被害や道路交通状況、及び他のライフライン被害等の一般被害情報を受け取り、また、当該事業者を管轄する省庁及び激甚災害時の重要官庁、復旧活動の実質的な現場となる区と直接情報のやりとりを行う。一方、上水道、下水道、及び道路事業者はそれらの官公庁との連絡に関して都本部を通して行い、それらの中でも上水道、道路に関しては復旧活動に関わる調整を道路管理者、警視庁、河川管理者及び区と直接行う。また、電力と通信の間では電柱復旧に関する自社被害情報のやりとりが見られる。ヒト及びモノのやりとりに関しては、応急復旧作業の実施に必要な要員や資機材は、各事業主体の特定部署が同業者、同業者協会、グループ会社、請負会社等に対して直接要請を行う。その上で、応援要請先に関して幾つかの重複が見られる。1点目は都本部に対する自衛隊の要請であり、2点目は上水道と下水道間での工事会社に対する管路の復旧作業に係わる要員及び資機材の要請、3点目は電力、ガス、通信事業者間での都本部に対するオープンスペースの要請、4点目は上水道、下水道、道路事業者間での建設業協会に対する建設重機の要請である。5点目は電力と通信事業者の間での輸送会社に対する車両等の要請であり、6点目としては上下水道と通信事業者の間での燃料会社に対する発電機用燃料の要請である。さらに、事業者間での要請のやりとりに関しては、通信事業者から電力事業者に対して発電機の要請が、また、水道事業者に対して発電機用冷却水の要請がなされる。

以上のように、広域連携・復旧効率化シナリオのネットワーク構造の中で、首都直下地震時において特に顕在化し得る復旧活動に関する情報とヒト及びモノのやりとりの特質が明らかとなった。これらの特質を踏まえ、広域連携・復旧効率化シナリオのネットワーク構造の中で、2) d)で述べたような復旧活動に関する情報とヒト及びモノのやりとりに関する方策の具体化をはかり、それらに当たっての仕組みづくりとその強化が求められる。

(c) 結論ならびに今後の課題

本研究では、電力供給網、都市ガス供給網、電気通信（電話）網、上下水道網、及び道路網を取り上げ、これらの事業主体の防災業務計画書、及び東京都並びに区の地域防災計画書に対する分析、更には関連事業者に対するヒアリング調査を通じて、初動期から応急復旧活動の開始までの復旧活動項目とその相互関連の再整理・再吟味を行った。その結果、広域連携の観点からは、特に道路網の被災とそれに伴う応急復旧作業、及びそれらに付随する情報が「関連情報の集約」、「応急復旧活動の後方支援」、及び「応急復旧活動の準備・実施」に対してクリティカルに影響することが明らかとなった。次に、ライフラインごとの復旧シナリオにおける復旧活動項目をノード、復旧活動項目間の情報、ヒト、モノのやりとりをリンクとする有向グラフでモデル化し、広域連携・復旧効率化シナリオのネットワークモデルを作成した。その際には、得られた有向グラフを数値表現する隣接行列の（行和+列和）を、復旧シナリオを構成する当該復旧活動項目の「関連度」、（行和-列和）を「影響度」としてそれぞれ定義し、それら2つのパラメータを個々の復旧活動項目間の情報、ヒト、モノのやりとりの連結性の強弱を定量的に評価し、復旧効率化に資する定量的指標として位置付けた上で、関連度ならびに影響度の2つの数値を2次元座標として平面上にプロットした関係図から広域連携・復旧効率化シナリオのネットワーク構造の定量的分析を試みた。その結果、ライフライン事業主体内の復旧活動項目間の連結性の強弱が明らかになるとともに、外部主体の復旧活動項目との関連を定量的に明らかにすることができた。以上のようなネットワーク構造から、最後に、各ライフライン事業主体と外部主体の関係のみを抽出し、復旧活動に関する情報とヒト及びモノのやりとりの2つの観点から、相互関連を考慮した効率的な対策立案に資する要件の抽出を行った。これより、広域連携・復旧効率化シナリオのネットワーク構造の中で、首都直下地震時において顕在化し得る復旧活動に関する情報とヒト及びモノのやりとりの特質が明らかとなった。

平成19年度ならびに平成20年度の研究を通じて、電力、ガス、電話、上下水道、及び道路のライフラインの復旧活動に係わる広域連携・復旧効率化シナリオは定性的・定量的な観点から着実にモデル化されてきた。このような観点から広域連携・復旧効率化シナリオを評価し得るプロトタイプモデルは概ね構築することができた。次年度以降の課題としては、各事業者に対して本モデルを携えて詳細なヒアリング調査を実施し、復旧活動項目そのものやそれらの間のやりとりの修正を図るとともに、復旧活動項目に空間情報を付与し、これらをモデルに組み込み、反映させる必要がある。さらに、現在、復旧活動項目間のやりとりは on と off (1 と 0) のみであるが、これらに対して量的規模を表すパラメータを導入し、首都直下地震特有の広域連携・復旧効率化シナリオの強弱を定量的に明確にする必要がある。

(d) 引用文献

- 1) 中央防災会議首都直下地震対策専門調査会：首都直下地震対策専門調査会報告，2005.7，
<http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/shutochokka/houkoku.pdf>
- 2) 東京都防災会議地震部会：首都直下地震による東京の被害想定（最終報告），2006.3，
http://www.bousai.metro.tokyo.jp/japanese/knowledge/material_h.html
- 3) 中央防災会議首都直下地震対策専門調査会：第13回資料，資料2-1，直接的被害想定結果について，
<http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/shutochokka/13/shiryo2-1.pdf>
- 4) 中央防災会議首都直下地震対策専門調査会：第15回資料，資料2，被害想定結果について，
<http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/shutochokka/15/shiryo2.pdf>
- 5) 中央防災会議首都直下地震対策専門調査会：第15回資料，資料3，首都直下地震に係る被害想定手法について，
<http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/shutochokka/15/shiryo3.pdf>
- 6) 東京都防災会議：東京都地域防災計画震災編，平成19年修正，
<http://www.bousai.metro.tokyo.jp/japanese/tmg/plan-sinsai.html>
- 7) 東京電力株式会社：防災業務計画，平成18年7月修正，
<http://www.tepco.co.jp/cc/pressroom/bousai.pdf>
- 8) 東京都水道局：東京都水道局震災応急対策計画，平成18年6月，
<http://www.waterworks.metro.tokyo.jp/press/h18/press060825.pdf>
- 9) 東京都下水道局：東京都下水道局地震対策マニュアル（応急対策編），平成10年8月
- 10) 東京都下水道局：東京都下水道局地震対策マニュアル（予防対策編），平成10年8月
- 11) 東京ガス株式会社：防災業務計画，平成20年4月，
<http://www.tokyo-gas.co.jp/safety/bousai.pdf>
- 12) NTTグループ：防災業務計画，平成18年7月，
<http://www.ntt-east.co.jp/saigai/taisaku/bousai.pdf>
- 13) NTT HP：video NTTの災害対策，<http://www.ntt.co.jp/saitai/video.html>
- 14) 東京都：震災対策事業計画，平成20年3月，
http://www.bousai.metro.tokyo.jp/japanese/knowledge/material_z.html
- 15) 東京都建設防災ボランティア協会 HP：協会の組織・活動の体制，登録会員（平成20年5月16日現在），
<http://www.justmystage.com/home/adv/adv-taisei/framepage9.htm>
- 16) 内閣府 HP：阪神・淡路大震災教訓情報資料室，
http://www.bousai.go.jp/1info/kyoukun/hanshin_awaji/index.html
- 17) 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会：阪神・淡路大震災調査報告 ライフライン施設の被害と復旧，土木学会，1997.
- 18) 日本地震工学会，土木学会，日本建築学会，地盤工学会，日本地震学会，日本機械学会，震災予防学会：2004年（平成16年）新潟県中越地震被害調査報告会梗概集，2004.
- 19) 防災科学技術研究所：危機管理対応情報共有技術による減災対策，平成18年度成果報告書，
<http://www.kedm.bosai.go.jp/project/info-share/H18report.html>
- 20) 新潟県中越地震復旧・復興 GIS プロジェクト，<http://chuetsu-gis.nagaoka-id.ac.jp/>

(e) 学会等発表実績

学会等における口頭・ポスター発表

発表成果	発表者氏名	発表場所	発表時期	国際・国内の別
地震時におけるライフラインシステムの停止・寸断によるシステム影響度（口頭発表）	豊田安由美、庄司学	日本地震工学会大会—2008梗概集	2008.11	国内
ライフラインネットワークの地震ハザードに対する俯瞰的システム信頼性評価（口頭発表）	庄司学、伊藤颯子、田端雅史	日本地震工学会大会—2008梗概集	2008.11	国内

学会誌・雑誌等における論文掲載

掲載論文	発表者氏名	発表場所	発表時期	国際・国内の別
ライフライン事業者が想定する地震時応急復旧活動のシナリオとその相互依存関係—首都直下地震を想定した場合の事例分析—	豊田安由美、庄司学	地域安全学会論文集	2008.11	国内

マスコミ等における報道・掲載

報道・掲載された成果	対応者氏名	報道・掲載機関	発表時期	国際・国内の別
なし				

(f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

名称	機能
なし	

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成 21 年度業務計画案

平成 21 年度は、平成 20 年度に開発した広域連携・復旧効率化モデルのプロトタイプ（以下、プロトタイプモデルと呼ぶ）の修正・再吟味を行い、広域連携・復旧効率化案を具体化する。

平成 20 年度は、首都直下地震を想定した場合の東京都ならびにライフライン事業主体の時間フェーズに応じて求められる復旧活動項目とその相互関係をネットワークとしてモデル化し、復旧効率化に資する定量的指標を与え、幾つかの好ましい広域連携・復旧効率化案をリンク群として上記のネットワークモデルに組み込んで感度分析を実施した。

平成 21 年度においては、これらの結果を踏まえ、道路網の中でも広域連携に直結し、インターシティ間の道路交通を担う一般国道クラスの道路網を対象に絞り、緊急交通路並びに緊急輸送路としての機能とともに、災害発生直後から応急復旧活動の開始までのおおよそ 72 時間までの時間スケールの復旧シナリオの中で求められる道路機能を明確にし、これらの被災に伴う機能不全が電力、ガス、上水、下水、通信等の各種ライフラインの復旧遅延に与える影響を明らかにし、その具体的な影響の低減を目指した広域連携・復旧効率化案を明らかにする。なお、その際には、各ライフライン事業者に対してプロトタイプモデルを携えて詳細なヒアリング調査を再度、実施し、復旧活動項目そのものやそれらの間のやりとりの修正を図るとともに、復旧活動項目に空間情報を付与し、これらをモデルに組み込み、反映させて定量的評価を試みる。さらに、現在、復旧活動項目間のやりとりは on と off (1 と 0) のみであるが、これらに対して量的規模を表すパラメータを導入し、首都直下地震特有の広域連携・復旧効率化シナリオの強弱を定量的に明らかにする。