

高速道路におけるリスク分類と様々な防災対策の体系化 —西日本高速道路株式会社における検証を通じて—

Systematization of Various Disaster Countermeasures and
Classification of Risks on Expressways,
A Case Study on West Nippon Expressway Co.,Ltd.

岡本晃¹, 染矢弘志¹, 池添慎二郎¹, 加治英希¹,
林春男², 田村圭子³, 井ノ口宗成³

Akira OKAMOTO¹, Hiroshi SOMEYA¹, Shinjiro IKEZOE¹, Hideki KAJI¹
Haruo HAYASHI², Keiko TAMURA³, Munenari INOUCHI³

¹ 西日本高速道路株式会社

West Nippon Expressway Co., Ltd.

² 京都大学 防災研究所

Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

³ 新潟大学 危機管理室

Emergency Management Office, Niigata University

It is an important social mission for West Nippon Expressway Co., Ltd. which is a designated public institution (following NEXCO West) to continue the wide expressway network operations against various risks. NEXCO West currently works on business continuity plan development to cope with the various risks. This paper reports on the systematization of disaster countermeasures, which makes clear the correlation between risks and road functional disorders with consideration of the frequency and duration of regulations in traffic on expressways at Kansai region in Japan. In addition, the general prioritizing method of disaster countermeasures with consideration of cost and effectiveness of disaster countermeasures is proposed.

Keywords: business continuity plan, expressway, various risks, systematization of disaster countermeasures, general prioritizing method, cost and effectiveness

1. はじめに

我が国の高速道路の供用中路線延長はH21年度末で7,691km¹⁾を超え、都市内高速道路はもとより、都市間道路である縦貫自動車道や横断自動車等が日本全国の地方中核都市を繋ぐ広域高速道路ネットワークを形成している。また、国内輸送機関別の貨物及び旅客輸送量をみると、高速道路は国内貨物輸送量の13.5%、国内旅客輸送量の9.5%を占め²⁾、高速道路は日本の物流を支える社会的資本として、無くてはならない存在となっている。加えて災害発生時には、緊急輸送路として指定され、緊急車両の被災地へのアクセス道路としての活用が期待されている。

これまで、社会基盤として重要な高速道路の運用に影響を及ぼした主なリスク事象を列举すると、地震、津波、異常気象（豪雨・豪雪）、重大交通事故、噴火・感染症等

がある。これらリスク事象に直面した場合には、通行規制、休憩施設の営業停止、高速道路料金の課金停止等様々な道路機能障害が発生する。これら機能障害を予防、或いは軽減するため多種多様な防災対策が実施されている。

これらの対策の中には、財源や現地条件によって整備に時間を要するものや、老朽化や陳腐化により更新が必要となってくるものもあるため、計画的かつ継続的な整備・更新を実施し、あらゆるリスク事象に対してお客様の安全・安心と円滑な通行を確保することが指定公共機関である高速道路会社の社会的使命である。

このため、西日本高速道路株式会社（以下、ネクスコ西日本）は、事業継続能力向上のため継続的な取組を行ってきた。本稿では、ネクスコ西日本関西支社を具体事例として、高速道路におけるリスク事象と有効な防災対策の対応関係を検討・整理して、「高速道路におけるリスク事象分類と防災対策体系」を取り纏めたので報告する。

2. 研究の背景と目的

(1) 研究の背景

高速道路の維持管理事業では、24時間365日間リアルタイムで広域に亘る高速道路ネットワークを管理しており、高速道路管理者の迅速な判断を必要とするリスク事象が発生する頻度が高く、その判断が第三者の安全・安心に直結する場合が多い。例えば、近畿地区840kmの高速道路を維持管理するネクスコ西日本関西支社の場合、事故件数は約5,000件/年、故障や落下物件数は約44,000件/年であり、膨大な件数に上る。

一方、近年まで高速道路の維持管理事業に関する事業継続マネジメント体系が確立されておらず、加えて、高速道路会社の分割民営化により防災対策に対する各高速道路道路会社の危機管理対応への取組状況が変化し始めた中で、各社の対応水準統一の観点からも、そのマネジメント体系の確立が大変重要であった。

このため、岡本他(2011)³⁾は、ネクスコ西日本における検証を通じた、高速道路機能維持のための事業計画づくりを行った。この取組を通して、岡本他(2011)は、山下他(2009)⁴⁾による大阪府水道局や山田他(2008)⁵⁾による奈良県橿原市におけるBusiness Flow Diagram(以下、BFD)⁽¹⁾を活用した災害対応マニュアルの作成手法を参考に、大規模組織で広域を管理するという、規模・対象範囲や求められる対応のスピードにおいて地方公共団体とは全く異なる業種・業態を有するネクスコ西日本関西支社の事業継続計画策定に適用して、その手法の妥当性を明らかにした。

(2) 既往の研究成果

岡本他(2011)の研究では本社・支社・事務所から社員を広く選び、それらの社員が一堂に介した参画型ワークショップにより、関西支社防災業務実施規則⁶⁾に記載の災害対応業務について業務プロセス分析を実施してWBS⁽²⁾とDFD⁽³⁾を作成すると共に、これを文書化した災害対応マニュアルを作成した。

この参画型ワークショップでは、BFD業務サイクルを活用することにより、意見を可視化し構造化する作業を実施した。なお、このワークショップには延べ本社社員25名、関西支社社員132名、他支社社員28名、事務所社員52名、グループ会社社員49名、合計286名が参画し、事業継続計画立案手法の基本を習得した。本社や他支社の社員を参画させたのは、本社、他支社への今後の水平展開を配慮してのことである。

この研究で作成したWBSは4層構造となっており下層になるほど業務の内容が詳細化されており、上層から業務の目的、業務の内容、まとも仕事、仕事の流れの順で構成されており、其々指揮調整者が管理する項目、各機能の責任者レベルが管理する項目、各班の責任者レベルが管理する項目、各班の担当者レベルが管理する項目となっている。

この業務プロセス分析により整理したWBSにおいて、関西支社防災業務実施規則に記載の災害対応業務項目がどのように増減したかを表1に示す。この表から、記載内容が変更されない災害対応業務はどの階層でも少なく、実施内容を具体的に規定する第3階層目や第4階層目において変更又は新規追加した項目が格段に多くなったことが分かる。

この成果として下記に示す3つの効果を確認した。

- ① 業務階層が明確になり業務内容の精粗が改善された
- ② 業務手順が明確化され業務内容がより詳細になった
- ③ 階層化、詳細化により新規追加業務を抽出できた

表1 業務プロセス分析の効果

	第1階層		第2階層		第3階層		第4階層	
	業務の目的		業務内容		まとも仕事		仕事の流れ	
	①	①/小計	②	②/小計	③	③/小計	④	④/小計
当初記載内容を変更していない業務	0	0%	2	10%	10	14%	4	1%
記載内容を変更した業務	6	86%	15	71%	35	49%	63	20%
新規追加した業務	1	14%	4	19%	27	38%	243	78%
小計	7		21		72		310	

なお、当該研究では21世紀前半に発生が確実視され、最も被害規模が大きく重大な道路機能障害が発生し長期の通行止めが想定される、東海・東南海・南海地震を具体的事例とした。

これらWBSとDFDを基礎資料として取り纏めた災害対応マニュアルは、これまで防災担当者の暗黙知であった危機管理対応のナレッジを文書化することによって、災害対応行動手順の見える化⁷⁾を実現したといえる。

また、ICS⁽⁴⁾の考え方を導入することにより、支社、事務所、現場作業所の権限と役割を整理することできた。特に、災害対応マニュアルには、ICSに基づく実施責任者が明確に示されており、指揮命令系統がより明確になったと考えられる。具体的には、東北地方太平洋沖地震に伴う大津波警報へ本体制を適用して対応にあたり、阪和自動車道の通行止め措置や通行車両への情報伝達、関係機関や社内の連絡・連携が円滑に図られたことが確認された。この様に、岡本他(2011)は、災害対応マニュアルの策定や指揮命令系統の明確化により、非常時対応を充実した。

(3) 研究の目的

高速道路の事業継続には、限られた資源を有効に活用して如何に効果的な事前対策や非常時対応が図れるかが求められる。先行研究では前述のように災害対応マニュアル策定まで行ったが、事業継続計画の内容は、未だ改善する点があった。

このため、事業継続マネジメント規格(ISO22301)を採用して、全てのリスク事象を対象としたリスク分析やビジネスインパクト分析を行い、包括的なリスク分類と防災対策の対応関係を明らかにした事業継続能力向上に向けた戦略を構築して、事業継続計画に反映させる必要があった。

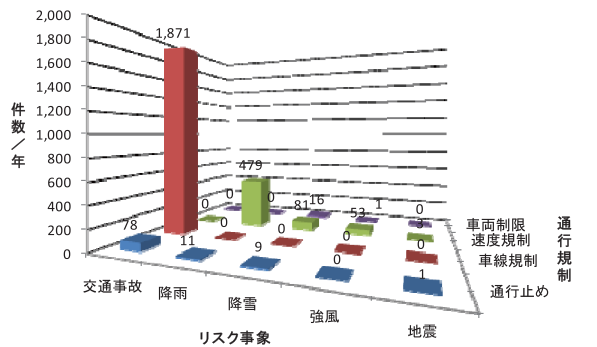
通常、効果的な防災対策の実施に向けて、費用対効果を考慮して発生頻度が高いリスク事象やより多くのリスク事象に有効な防災対策を選定し、重点的、かつ計画的に対策が取られることとなる。しかし、個別対策についての検討はなされるもののリスク事象、道路機能障害、措置及び防災対策の対応関係を整理して、総合的な防災対策の優先順位付けを行った取組が実施されたことは殆どない。

このため本研究では、高速道路における包括的リスク分類・道路機能障害・措置と防災対策の対応関係を明らかにした「高速道路におけるリスク事象分類と防災対策体系」を整理することと併せて、各リスク事象の発生頻度や防災対策の有効性を加味した防災対策の優先順位付

けを行い、高速道路の維持管理事業における事業継続能力向上のための戦略立案を目的とする。

3. リスク事象と通行規制の対応関係

ネクスコ西日本関西支社管内における、交通管制データベース（ネクスコ西日本調べ）に記録されている H18～H23 年の年平均の通行規制を伴うリスク事象と通行規制件数の関係を図 1 に示す。



件/年平均						
通行規制	リスク事象	通行止め	車線規制	速度規制	車両制限	総計
交通事故	78	1,871	0	0	1,950	75%
降雨	11	0	479	0	491	19%
降雪	9	0	81	16	106	4%
強風	0	0	53	1	53	2%
地震	1	0	3	0	3	0%
総計	99	1,872	615	17	2,602	100%
率		4%	72%	24%	1%	100%

※四捨五入の関係上合計が合わない場合がある

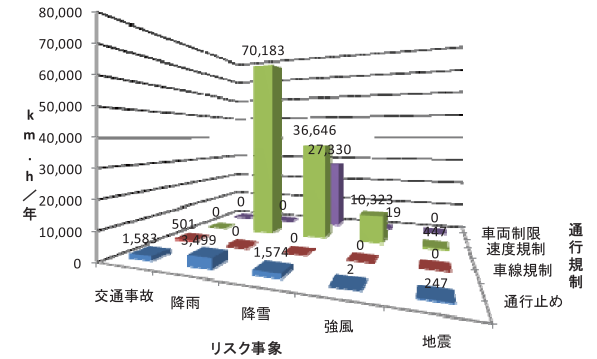
図 1 リスク事象と通行規制件数の対応関係

通行規制を伴うリスク事象は、年平均 2,603 件発生している。これを、通行規制別に分類した場合、通行止めが 100 件(4%)、車線規制が 1,872 件(72%)、速度規制が 616 件(24%)、車両制限(冬用タイヤ規制等)が 17 件(1%)発生している。この様に、高速道路機能を低下させる車線規制や速度規制が頻繁に発生しているが、高速道路の機能を停止させる通行止めは比較的少ないことが分かった。

また、リスク事象別に分類した場合、交通事故による規制が 1,950 件(75%)、降雨による規制が 491 件/年(19%)、降雪による規制が 106 件(4%)、強風による規制が 53 件(2%)、地震による規制が 4 件(0.01%)であり、交通事故によるものが大部分を占めるが、降雨、降雪等の自然災害によるものも少なくない。このことから、効果的な交通事故対策、降雨、降雪対策の実施が、通行規制件数の削減に有効であることが分かった。

次に、H18～H23 年の年平均の通行規制を伴うリスク事象と通行規制時間・距離との関係を図 2 に示す。通行規制を伴うリスク事象は、年平均 152,354 km・h 発生している。これを、通行規制別に分類した場合、通行止めが 6,905 km・h(5%)、車線規制が 501 km・h(0.003%)、速度規制が 117,599 km・h(77%)、車両制限(冬用タイヤ規制等)が 27,349 km・h(18%)発生している。このことから、通行規制件数と同様に速度規制や車両制限による通行規制時間・距離は長いが、通行止めの時間・距離は、比較的短いことが分かった。

また、リスク事象別に分類した場合、交通事故による通行規制が 2,084 km・h(1%)、降雨による規制が 73,682 km・h(48%)、降雪による規制が 65,550 km・h(43%)、強風による規制が 10,343 km・h(7%)、地震による規制が 694 km・h(0.005%)発生しており、降雨・降雪等の自然災害によるものが長い。このことから、効果的な降雨、降雪対策の実施が、通行規制時間・距離の削減に有効であることが分かった。



km・h/年平均						
通行規制	リスク事象	通行止め	車線規制	速度規制	車両制限	総計
交通事故	1,583	501	0	0	2,084	1%
降雨	3,499	0	70,183	0	73,682	48%
降雪	1,574	0	36,646	27,330	65,550	43%
強風	2	0	10,323	19	10,344	7%
地震	247	0	447	0	694	0%
総計	6,905	501	117,599	27,349	152,354	100%
率		5%	0%	77%	18%	100%

※四捨五入の関係上合計が合わない場合がある

図 2 リスク事象と通行規制時間・距離の対応関係

更に、通行止めに着目した場合、交通事故によるものが 1,583 km・h、降雨によるものが 3,499 km・h、降雪によるものが 1,574 km・h 発生しており、効果的な降雨、降雪対策、交通事故対策の実施が、通行止め時間・距離の削減に有効であることが分かった。

次に、リスク事象別の通行規制件数と通行規制時間・距離を比較した場合、交通事故の発生件数は、非常に多いものの通行規制時間・距離は短くなっている。一方、降雨や降雪による通行規制の発生件数は、少ないものの通行規制時間・距離は長くなっていることが分かった。

これは、表 2 に示すように交通事故 1 件当たりの通行規制時間・距離が降雨・降雪に比較して短くなっているからであり、交通事故は部分的な区間での短時間での事故処通行規制であるのに対して、降雨や降雪は、気象条件により広域で長時間に亘る通行規制となることに起因しているものと考えられる。

表 2 リスク事象 1 件当たりの通行規制時間・距離

km・h/年・件						
通行規制	リスク事象	通行止め	車線規制	速度規制	車両制限	総計
交通事故	20.2	0.3				1.1
降雨	318.1			146.4		150.2
降雪	171.7			454.3	1708.1	619.4
強風	9.0			196.6	37.1	194.6
地震	370.5			167.6		208.2
総計	69.6	0.3	191.2	1657.5	58.5	

※四捨五入の関係上合計が合わない場合がある

前述の様々な交通規制の中で、高速道路の機能を停止させる通行止めの社会的影響度は非常に大きい。特に、

降雨や降雪により高速道路が通行止めになった場合には、通行止めが長時間に亘り、並行する一般道の交通確保も難しいことが多く、早期通行止め解除がしばしば要請される。従って、指定公共機関としてのお客様の安全・安心と円滑な通行を確保する社会的使命を鑑みて、ネクスコ西日本には、財源的制約の中で効果的な防災対策を選定し実施することにより、通行止め時間・距離を必要最小限に抑える取組が求められる。

なお、前述の通行止め件数と時間・距離は、関西支社管内の過去6年間（H18～H23年）の記録であり、巨大災害を記録として含んでいない。このため、防災対策の優先度を決定する際には、極低頻度で発生する巨大災害の発生確率や被害規模も考慮して、総合的に判断しなければならぬ。因みに、阪神淡路大震災災害・復旧報告書応急復旧編⁹⁾に基づき算出すると、大震災時には、関西支社管内で、138,664 km・hの通行止め時間・距離が発生しており年間の通行止め規制時間に匹敵することが分かった。

4. 高速道路の様々な機能障害と通行措置の手順

高速道路には様々な道路管理施設があり、一度リスク事象が発生すれば様々な道路機能障害が発生する可能性がある。当然リスク事象の規模や軽重により異なるが、大規模かつ重大な場合には複数の道路機能障害が複合して発生し広範囲に亘る場合がある。以下、主なリスク事象に対する道路機能障害とそれに対する通行措置の概略の対応手順について述べる。

a) 交通事故

事故の規模や死傷者の状況と道路損傷の程度に応じて、通行規制措置をとり、死傷者の搬送、事故処理に当たる。ガードレールや舗装路面等が損傷した場合は、必要に応じて交通規制措置を継続してその復旧作業に当たる。復旧作業完了後安全を確認して通行規制措置を解除する。

b) 降雨

ネクスコ西日本の保有する気象観測点で計測した連続降雨量と時間降雨量が基準値を超過した場合に通行規制措置をとる。基準値を下回り、点検により安全を確認した後通行規制措置を解除する。点検の結果、のり面崩壊等の異常が確認された場合は通行規制措置を継続してその復旧作業に当たる。復旧作業完了後安全を確認して通行規制措置を解除する。

c) 降雪

凍結防止剤散布作業・除雪作業・凍結防止剤散布装置等により本線上の積雪を排除して通行を確保する。積雪地域等の一部路線では冬用タイヤ規制を実施して通行を確保する。降雪の予想に基づき名神や山陽道等の幹線道路の優先除雪を実施する場合もある。路面状況を確認の上、積雪により走行不可能と判断した場合には、通行止め措置をとる。通行止め解除も路面状況の確認後安全を確認して行う。

d) 強風

ネクスコ西日本の保有する気象観測点で計測する5分間平均風速が基準値を超過した場合に通行規制措置をとる。基準値を下回り、点検により安全を確認した後通行規制措置を解除する。点検の結果、倒木等異常が確認された場合は、通行規制措置を継続してその処理作業に当たる。処理作業完了後安全を確認して通行規制措置を解

除する。

e) 地震

阪神淡路大震災のように極低頻度ながら大規模な被害をもたらす地震が発生した場合には、路面やガードレール等の土木施設、橋梁や通信施設等が大きく損傷し、復旧作業に多大な時間を費やし長期通行止めとなる。一方、発生頻度の高い比較的軽度の地震の場合、ネクスコ西日本の保有する地震計により震度を計測して、震度に応じた通行規制措置をとり、状況把握のための点検で安全確認後通行規制措置を解除する。点検の結果、段差や施設の損壊が確認された場合は、緊急復旧、応急復旧、本復旧に当たり、復旧作業完了後安全を確認して通行規制措置を解除する。

f) その他

巨大地震以外では発生頻度が極めて低いと考えられるリスク事象である原子力災害では、放射能汚染区域への出入りの禁止措置がとられる。鳥インフルエンザでは、感染区域内のインターチェンジに出入りする車両に消毒作業や社員の感染防止のためマスク装着、うがい、感染者の出勤停止措置等が実施される。この様に、様々なリスク事象の発生により道路機能障害が発生し、その結果として各種通行規制・休憩施設の営業停止・高速道路の課金停止等の措置が取られる。これらの対応は、24時間365日高速道路を管理するネクスコ西日本の道路管制センターを中心に、地方整備局、地方自治体、警察、消防等がリアルタイムで協議・調整して実施される。

5. 高速道路の防災対策

(1) 高速道路のリスク事象と防災対策の対応

本章では、ネクスコ西日本が実際の業務で運用している防災業務実施規則や中期事業計画⁹⁾をもとに、リスク事象と道路機能障害と通行規制措置や機能停止等に対応させた予防対策と回復対策の関係並びに、有効性を明らかにする。

関東・中部・北陸・関西・四国等、様々な地域や気候特性を備える高速道路の建設事業と維持管理事業に平均20年以上携わった経験を有する、関西支社の防災担当課の3人の防災責任者が、各々干渉すること無く独立して、ハザード毎にカテゴライズした高速道路におけるリスク分類と防災対策の対応関係を取り纏めた。その結果を持ち寄り、不一致の項目は協議して合意形成し作成したものが表3である。併せて、内容の精査を本社防災責任者や事務所の防災責任者にも依頼して、ダブルチェックすることにより精度を高めた。

以下、表3の内容について説明する。防災対策の取りまとめに際し、抑止力と回復力の両方を高める「総合的な防災力」を持った「レジリエンス」の実現が現代社会に求められている¹⁰⁾との考え方を参考に、予防対策と回復対策に分類することとした。ここで、予防対策はリスク事象発生時の被害を防ぐ又は軽減するための対策、回復対策は発災後の行動、復旧作業を速やかに実施するための対策とした。

併せて、従前の防災対策に取り組む考え方として、予防対策イコールハード対策、回復対策イコールソフト対策と考えられがちであるが、これを払拭するため其々の対策に対してソフト対策とハード対策に分類した。

表 3 高速道路におけるリスク事象分類と防災対策体系

諸元		リスク事象	定量的リスク事象					定性的リスク事象					備考				
			交通事故	降雨	降雪	強風	地震	火災	津波	原子力事故	鳥インフル	新型インフル					
道路機能障害		土木施設損傷	×	×	×	×	×	×	×				1.道路機能障害の説明 【土木施設損傷】 舗装路面・交通管理施設の損傷（ガードレール・標識・通信管） 【土木構造物損傷】 橋梁・切土・盛土・トンネルの損傷 【設備損傷】 通信設備の損傷（ETC・料金機械・伝送設備・情報板・カメラ・交通量検知器・ハイウェイラジオ・管制システム・通信ケーブル） 電気設備の損傷（照明・変電設備・送電ケーブル） 機械設備の損傷（トンネル換気・非常用電話） 【建物損傷】 本社・支社・管理事務所・管制センターの損傷				
		土木構造物損傷		×			×	×	×								
		設備損傷	×			×	×	×	×								
		建物損傷					×	×	×								
		人身傷害	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×					
措置	通行規制	長中期通行止					△	△	△	△		2.凡例（道路機能障害） △印はリスク事象に起因して、発生する可能性が高い道路機能障害を示す 3.凡例（措置） △印は、障害発生により可能性のある通行規制措置や機能停止の領域を示す 4.凡例（予防対策・回復対策） ●印は各々の対策が有効なリスク事象を示す					
		短期通行止	△	△	△	△	△	△	△								
		車線規制	△	△	△	△	△	△	△								
		速度規制	△	△	△	△	△	△	△								
		車両制限				△		△		△							
	休憩施設の営業停止						△	△	△	△	△	5.凡例（5か年分の事業費） ※関西支社中継事業計画事業費を参考 【小】5億円未満 【中】5億円以上10億円未満 【大】10億円以上					
高速料金課金停止						△	△	△	△								
予防対策（リスク事象発生時の被害を防ぐ又は軽減するための対策）													事業費	効果	優先度	補足説明	
ハード対策	代替機能確保	高速道路のネットワーク整備	●	●	●	●	●	●	●	●			大	大	Ⅲ	新規建設区間の開通	
		通信施設二重化					●	●	●	●			大	小	V	光通信ケーブルの2ルート化	
	耐震性向上	料金事務センターの二重化					●	●	●	●			大	小	V	複数の料金大型計算機	
		橋梁耐震補強					●	●	●	●			大	小	V	橋脚の耐震補強・落橋防止装置	
	のり面安定性向上	管理用建物・社宅の耐震補強					●	●	●	●			大	小	V		
		休憩施設建物の耐震補強					●	●	●	●			大	小	V		
	雪水対応力の向上	切土・盛土のり面補強		●			●						大	中	Ⅳ	地すべりのり面崩壊対策	
		水抜きボーリング／集水井の整備		●			●						中	中	Ⅲ		
	走行安全性確保	水抜きボーリング／集水井保守		●			●						小	中	Ⅱ	地下水位低下対策	
		雪崩対策の保守・整備	●		●								中	中	Ⅲ	雪崩防止柵・雪崩抑制工	
ソフト対策	観測機能向上	チェーン脱着所／雪水車両リターン路保守	●		●								小	中	Ⅱ		
		除雪車・凍結防止剤散布車更新	●		●								中	中	Ⅲ	機械除雪能力の向上	
	老朽化対策	定置式凍結防止剤散布装置・ロードヒーティング保守・更新	●		●								中	中	Ⅲ	路面融雪	
		高機能舗装／舗装路面補修	●	●									大	大	Ⅲ	排水性舗装の整備・路面補修	
	観測機能向上	ガードレール・路面表示保守・更新	●										中	小	Ⅳ	交通安全対策	
		注意喚起標識の整備・視線誘導保守・更新	●										中	小	Ⅳ	交通安全対策	
	老朽化対策	道路照明設備保守・更新	●										中	小	Ⅳ	夜間走行性能の向上	
		吹き流し保守・更新	●				●						小	小	Ⅲ		
	観測機能向上	油水分離ます整備	●										小	小	Ⅲ	油分の本線外流出防止	
		地震計保守・更新						●					小	小	Ⅲ	基準値超過監視	
ハード対策	保守・点検機能向上	気象観測機器保守・更新		●	●	●	●						中	大	Ⅱ	基準値超過監視	
		道路付属物脱落防止ワイヤー保守・整備					●						中	小	Ⅳ	標識等の落下防止措置	
	老朽化対策	道路構造物・付属施設の老朽化更新	●	●	●	●	●	●					大	大	Ⅲ	構造物の床版・トンネル換気設備、通信設備、料金徴設備	
		日常点検・詳細点検	●	●	●	●	●		●				大	大	Ⅲ	構造物、施設、付属施設の点検	
	観測機能向上	排水溝の保守・清掃作業		●									大	中	Ⅳ	通水阻害の未然防止	
		除雪・凍結防止剤散布作業	●		●								大	中	Ⅳ		
	老朽化対策	倒木処理作業	●		●	●							小	中	Ⅱ	倒木の迅速な処理	
		落下物処理作業	●										小	小	Ⅲ	落下物の迅速な処理	
	観測機能向上	計画震度による速度規制／通行止め						●					小	小	Ⅲ	基準値超過による速度規制や通行止めの措置	
		大津波警報による通行止め／IC流出規制							●				小	小	Ⅲ	津波警報による速度規制や通行止めの措置	
ソフト対策	走行安全性確保	計画降雨による速度規制／通行止め	●	●									小	大	I	基準値超過による速度規制や通行止めの措置	
		冬用タイヤ規制	●		●								小	中	Ⅱ	白路面管理路線における冬用タイヤ規制措置	
	観測機能向上	計画風速による速度規制／通行止め				●							小	小	Ⅲ	基準値超過による速度規制・通行止めの措置	
		速度超過車両取締	●					●					小	小	Ⅲ		
	老朽化対策	車両制限令違反車両取締	●					●					小	小	Ⅲ		
		危険物積載車両の通行制限	●					●					小	小	Ⅲ		
	観測機能向上	放射能汚染区域への立入禁止							●				小	小	Ⅲ	放射能汚染区域の通行止め措置	
		交通安全キャンペーン	●					●					小	小	Ⅲ	交通安全防止の啓発	
	老朽化対策	緊急地震速報の活用					●						小	小	Ⅲ	地震動に対する備え	
		気象会社による気象予測サービスの活用		●	●	●	●						小	大	I	降雨・降雪への備え	
ソフト対策	観測機能向上	ハザードマップの整備	●	●	●			●					小	大	I	危険箇所の見える化	
		マスク・手洗いなどの励行	●	●						●	●		小	小	Ⅲ	インフルエンザ対策	
	回復対策（発災後の行動、復旧作業を速やかに実施するための対策）													事業費	効果	優先度	補足説明
	ハード対策	災害対応設備機能向上	トンネル非常用設備保守・更新	●					●					大	小	V	TN内の消火設備等
			トンネル避難坑・避難連絡路坑保守						●					小	小	Ⅲ	
		災害対応設備機能向上	本線緊急開口部・中分開口部保守	●	●	●	●		●		●			小	大	I	
			管制センター設備保守・更新	●	●	●	●		●		●			中	大	Ⅱ	
		災害対応設備機能向上	防災対策本部設備保守・更新	●	●	●	●		●		●			小	大	I	OA機器、各種道路状況モニタの整備
			自家発電設備保守・更新		●				●		●			中	中	Ⅲ	休憩施設における停電時のバックアップ
		災害対応設備機能向上	防災備蓄の充実	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	小	大	I	食料や補修材料の充実
災害対策本部車両／後方支援車保守・更新			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	小	大	I		
災害対応設備機能向上		衛星画像通信車両保守・更新	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	小	大	I		
		災害優先電話／衛星電話調達	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	小	大	I		
ソフト対策	情報収集・提供機能向上	防災GIS保守・更新		●	●	●	●	●	●	●	●	●	小	大	I		
		無線設備保守・更新	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	小	大	I	道路状況のリアルタイム把握	
	情報収集・提供機能向上	CCTVカメラ保守・更新・増設	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	大	大	Ⅲ	道路状況のリアルタイム把握	
		道路交通情報板保守・更新	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	大	大	Ⅲ	お客様へのリアルタイムな情報提供	
	情報収集・提供機能向上	アイハイウェイ・HP保守・更新	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	中	大	Ⅱ	お客様へのリアルタイムな情報提供	
		ハイウェイラジオ保守・更新	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	中	大	Ⅱ	お客様へのリアルタイムな情報提供	
	復旧の迅速化	緊急復旧工事の迅速化	●	●			●	●	●	●	●	●	小	大	I	緊急復旧工事のための資源確保	
		防災訓練・社員教育	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	小	大	I	シナリオベースの防災訓練、DIG	
	災害対応体制の強化	道路管制センター初動対応強化	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	小	大	I		
		社内の応援協力体制構築	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	小	大	I	定期的な体制確認が必要	
ソフト対策	情報提供機能向上	関連会社との応援協力体制構築	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	小	大	I	定期的な体制確認が必要	
		地方行政機関との連携強化	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	小	大	I	防災協定の締結、具体的連携が必要	
	復旧の迅速化	社内外への広報活動充実	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	小	大	I	記者発表、HP掲載、アイハイウェイ掲載	
		道路交通情報センターの交通情報活用	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	小	大	I		
	復旧の迅速化	お客様への情報提供充実	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	小	大	I		
		応急復旧・本復旧工事の迅速化	●	●			●	●	●	●	●	●	小	大	I	応急復旧・本復旧工事の協力業者との連携強化	
	復旧の迅速化	避難誘導計画の事前設定	●	●			●	●	●	●	●	●	小	中	Ⅱ		
		災害対策本部車両／後方支援車活用	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	小	大	I		
	復旧の迅速化	衛星画像通信車両活用	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	小	大	I		
		特別巡回点検による迅速な情報収集	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	小	大	I	重点箇所の点検	
ソフト対策	復旧の迅速化	防災ヘリによる迅速な情報収集	●	●			●	●	●	●	●	●	小	小	Ⅲ		
		緊急通行車両の事前指定	●	●					●				小	小	Ⅲ		
	復旧の迅速化	牽引レッカー車の事前配置	●	●			●	●	●	●	●	●	小	中	Ⅱ	交通障害の迅速な排除	
		インフルエンザ感染区域内のIC入り車両の消毒	●	●							●		小	小	Ⅲ	鳥インフルエンザ対策	
	復旧の迅速化	インフルエンザ感染者のuscita停止	●	●								●	小	小	Ⅲ	新型インフルエンザ対策	
		有効リスク事象数	50	40	37	32	45	35	34	26	18	12	小	小	Ⅲ		

次に、表の横軸に表示したリスク事象は、関西支社交通管制データベースにイベントとして記録され定量的に把握可能な、交通事故、降雨、降雪、強風、地震並びに、高速道路便覧等から調べた定性的な火災、津波、原子力事故、鳥インフルエンザ、新型インフルエンザ等全ての分野に亘る。なお、噴火についても、リスク事象として想定されるが、関西支社管内では噴火リスクがほとんど無く、交通管制のデータベースにイベントとして登録もされていないため、本研究では対象外とした。

次に、縦軸であるが上から道路機能障害とそれに対応して取られる措置の順序で記載した。発生するリスク事象の軽重により道路機能障害の軽重も異なり、それに対応して措置の軽重も異なる。この軽重を表現するため、表中の×印は、当該リスク事象に起因して発生する可能性の高い道路機能障害の領域を示し、△印は、道路機能障害に起因して発生する可能性のある通行規制措置や機能停止措置の領域を示す。

更に、其々のリスク事象に対して、有効に機能すると考えられる予防対策と回復対策項目について●印で表示した。また、事業費は中期事業計画を参考に5か年分の事業費が概ね5億円未満を小規模、5億円以上10億円未満を中規模、10億円以上を大規模とした。なお、この結果を大・中・小の表示で、表3の事業費の項目に記載した。

次に、各対策効果を判定する指標として、社会的影響が大きい通行止めに着目して、定量的な数値として通行止め時間・距離を用いることとした。具体的には、表2の各リスク事象別の通行止め時間・距離を総通行止め時間・距離に対する比率として求め、その比率を重み付け係数とした。そして、重み付け係数を其々の防災対策が有効に機能すると考えられる定量的リスク事象毎に対応するよう配分し、それらを合算した数値を対策効果指数として評価することとした。

この重み付け係数は、表4に示すように、交通事故(0.23)、降雨(0.51)、降雪(0.23)、強風(0.00)、地震(0.03)となった。なお、強風については、微小値のため小数点桁表示では0.00表記となっている。また、この係数の合計値である対策効果指数が、0.3未満のものを対策効果が小規模、0.3以上0.6未満を対策効果が中規模、0.6以上を効果が大規模であるとした。

表4 定量的リスク事象重み付け係数

		定量的リスク事象					
		交通事故	降雨	降雪	強風	地震	総計
通行止め時間・距離	km・h/年	1,583	3,499	1,574	2	247	6,905
重み付け係数	—	0.23	0.51	0.23	0.00	0.03	

計算例として、表5に示すように、高速道路ネットワーク整備の場合、交通事故(0.23)+降雨(0.51)+降雪(0.23)+強風(0.00)+地震(0.03)=1と算出され、重み付け係数の合計値である対策効果指数が1となり、0.6以上なので、対策効果は大規模と判定した。

表5 防災対策の効果の判定

リスク事象	定量的リスク事象					指数合計	対策効果判定
	交通事故	降雨	降雪	強風	地震		
重み付け係数	0.23	0.51	0.23	0	0.03		
高速道路のネットワーク整備	0.23	0.51	0.23	0	0.03	1	大
切土・盛土のり面補強		0.51			0.03	0.54	中
橋梁耐震補強					0.03	0.03	小

同様に、切土・盛土のり面補強の場合は、対策効果指数

が0.54となり、0.3以上0.6未満なので、対策効果は中規模と判定した。橋梁耐震補強の場合は、対策効果指数が0.03となり、0.3未満なので、対策効果は小規模と判定した。なお、この判定結果を大・中・小の表示で表3の効果の項目に記載した。

第3章でも述べたが、今回算出した重み付け係数の根拠とした交通管制データベースには、巨大災害は過去の記録として含まれていない。しかし、21世紀前半に発生が確実視される東海・東南海・南海地震が発生した場合は、道路機能が大きく毀損される事が懸念される。このような巨大災害に備え発生確率と被害規模を想定して通行止め時間・距離を算出して重み付け係数を見直し、対策効果に反映させることが必要であると考えている。併せて、定性的リスク事象についても同様に発生確率と被害規模を想定して通行止め時間・距離を算出し、重み付け係数を定めて、対策効果に反映させることが必要であると考えている。

次に、防災対策の内容について説明する。

a) ハードの予防対策

この対策は、代替え機能の確保・耐震性能の向上・のり面安定性の向上・雪氷対応力の向上・走行安全性確保・観測機能向上・老朽化対策で構成される。具体的には、高速道路のネットワーク整備の様に抜本的なもので全てのリスク事象に有効な対策やシステムの二重化、耐震補強、切土・盛土のり面補強、高機能舗装、路面補修等事業費が大きく、地震・降雨といった限定的なリスク事象に対してのみ有効な防災対策がある。これら対策は、整備コストが大きい計画的に実施されるものである。

また、道路構造物・道路付属施設の保守更新の代表的なものとして、橋梁の床版やジョイント部の取替え、トンネル換気設備、道路照明設備、通信設備、料金徴設備等があり、更新の都度性能の向上や故障率の低下等により幅広いリスク事象に対して耐性が向上する防災対策である。

これらの対策は、定量的なリスク事象全てに有効であるが、整備コストが大きいライフサイクルコストを考慮して計画的に更新されるべきものである。その他の防災対策は概して、限定的なリスク事象にのみ有効な傾向があり事業費は中・小規模である。

b) ソフトの予防対策

この対策は、保守点検機能向上・走行安全性確保・観測機能向上で構成される。

具体的には、定量的なリスク事象全てに有効な日常点検や詳細点検は、道路構造物の損傷状況や老朽化の進行状況を把握し補修計画を立案する基礎資料として活用するために実施されるものであるが、人力による点検が中心となるため事業費が大きい。また、排水溝の保守・清掃や除雪・凍結防止剤散布作業、倒木処理作業、落下物処理作業、各種取締り規制等は、降雨、降雪、交通事故防止等其々のリスク事象に対して限定的に有効な防災対策である。これらの対策は、円滑な交通を確保する上で、必要不可欠な防災対策である。

c) ハードの回復対策

この対策は、災害対応設備機能向上、情報収集・提供機能向上、復旧の迅速化等で構成される。

具体的には、トンネル非常用設備保守・更新、CCTVカメラ保守・更新・増設、道路交通情報板保守・更新、管制センター設備更新等事業費の大きい防災対策と防災備蓄の充実、災害対策車両・後方支援車両の保守・更新、防災GIS保守・更新等事業費の小さなものであるが、何れも概ね全てのリスク事象に対して有効な対策である。

表 6 有効リスク事象数分布表

			(Ⅰ) 対策 数	対策数 構成比率	(Ⅱ)有効リスク事象数												有効リスク 事象構成比率	(Ⅰ/Ⅱ) 平均有効 リスク事象数											
					定性的リスク事象						定量的リスク事象																		
					交通 事故	降雨	降雪	強風	地震	火災	津波	原子力事故	鳥 インフル	新型 インフル	計														
予防 対策	ハード 対策	代替機能確保	3	Ⅰ / ③	4%	1	1	1	1	3	1	1	1	10	Ⅱ / ③	3%	予防 対策 平均	3.3											
		耐震性能向上	3		4%				3				3	1%		1.0													
		のり面安定性向上	3		4%		3		3				6	2%		2.0													
		雪氷対応力の向上	4		5%	4	0	4					8	2%		2.0													
		走行安全性確保	6		8%	6	1		1				8	2%		1.3													
		観測機能向上	2		3%		1	1	1	1			4	1%		2.0													
	ソフト 対策	老朽化対策	2	Ⅰ / ③	3%	1	1	1	2	1				6	Ⅱ / ③	2%	ソフト 対策 平均	3.0											
		小計	23		30%	12	7	7	5	11	1	1	0	0		45		14%	2.0										
		保守・点検機能向上	5		6%	4	2	3	2	1		1		13		4%		2.6											
		走行安全性確保	10		13%	6	1	1	1	1	4	1	1			16		5%	1.6										
		観測機能向上	3		4%	1	2	1	1	2		1		8		2%		2.7											
		その他	1		1%								1	1		2		1%	2.0										
			小計	19				25%	11	5	5	4	4	4	3	1	1	39				12%				2.1			
			①計	42				55%	23	12	12	9	15	5	4	2	1	84				26%				2.0			
回復 対策	ハード 対策	災害対応設備機能向上	11	Ⅰ / ③	14%	8	9	8	7	9	10	9	8	1	1	70	Ⅱ / ③	21%	回復 対策 平均	6.4									
		情報収集・提供機能向上	5		6%	5	5	5	5	5	5	5	5	4	49	15%		9.8											
		復旧の迅速化	1		1%	1	1		1	1	1			5	2%	5.0													
		小計	17		22%	14	15	13	12	15	16	15	13	6	5	124		38%		7.3									
		災害対応体制の強化	5		Ⅰ / ③	6%	5	5	5	5	5	5	5	5	4	49		Ⅱ / ③		15%	ソフト 平均	9.8							
		情報提供機能向上	3			4%	3	3	3	3	3	3	3	3	1	28				9%		9.3							
	ソフト 対策	復旧の迅速化	10	③	13%	5	5	4	3	7	6	7	3	3	1	44	③	13%	ソフト 平均	4.4									
		小計	18		23%	13	13	12	11	15	14	15	11	11	6	121		37%		6.7									
		②計	35					45%	27	28	25	23	30	30	24	17		11		245				74%				7.0	
		③合計	77						50	40	37	32	45	35	34	26		18		12	329								4.3

d) ソフトの回復対策

この対策は、災害対応体制の強化、情報提供機能向上、復旧対策で構成されている。

具体的には、社内・関連会社との応援体制の構築や地方行政機関との連携強化、広報やお客様への情報提供充実等費用がほとんど発生せず、概ね全てのリスク事象に有効な対策である。

また、応急・本復旧工事の迅速化で大きな課題は、ネクスコ西日本グループでは、初動段階の対応は可能であるが、大規模な応急復旧工事や本復旧工事への対応は十分な重機や資機材及び作業員を保有していないため対応不可能である。そのため、普段から協力業者等との関係構築や連携を図り有事への対応体制の確認を強化する必要がある。

この様に、高速道路の防災対策では、予防保全と回復対策を両輪と捉え、整備拡充を図っており、限られた資源の中で優先順位を考慮しつつ、ベストミックスで整備充実を図らなければならない。

(2) 高速道路防災対策の数値的分析

表 3 の高速道路におけるリスク事象分類と防災対策の関係の数値的に分析した結果を表 6 に示す。表中に示す全体の対策は 77 件で、その内予防対策は 42 件、回復対策は 35 件であり、予防対策と回復対策の対策数を比較すると予防対策の方が若干多いことが分かった。

また、予防対策におけるハード対策とソフト対策を比較すると其々 23 件と 19 件であり、ほぼ同程度の対策数であった。更に、回復対策におけるハード対策とソフト対策を比較すると其々 17 件と 18 件でありほぼ同程度の対策件数となっている。この様に、具体的な防災対策を列挙し分類することにより、予防対策にはソフト対策が、回復対策にはハード対策が相当数存在することが分かった。

次に、予防対策と回復対策其々に有効なリスク事象数をみた場合、全体の有効リスク事象数は 329 個で、その内予防対策は 84 個のリスク事象を、回復対策は 245 個のリスク事象をカバーしており、回復対策が全体の 74% のリスク事象をカバーしていることが分かった。なお、有効リスク事象数は、其々の防災対策が有効に機能すると考えられるリスク事象数とした。また、予防対策におけるハード対策

とソフト対策を比較すると其々、45 個と 39 個のリスク事象となり、ハード対策の方がソフト対策より多くのリスク事象をカバーしていることが分かった。更に、回復対策におけるハード対策とソフト対策を比較すると其々、124 個と 121 個のリスク事象となり、ハード対策とソフト対策はほぼ同程度のリスク事象をカバーしていることが分かった。

次に、対策当たりの有効リスク事象数を算出すると、全体平均で 4.3 個のリスク事象をカバーしており、この内、予防対策当たりの平均では 2.0 件のリスク事象をカバーし、回復対策当たりの平均では 7.0 件のリスク事象をカバーしており、回復対策当たりの有効リスク事象数が予防対策より圧倒的に多いことが分かった。

この結果から、予防対策は個別のリスク事象毎に有効な傾向であり、回復対策は多くのリスク事象に対して広く一元的に有効な傾向があることが分かった。

但し、前述の有効リスク事象数の分析は、単純合算値を用いて行ったものであり、個別のリスク事象の発生頻度や影響度については加味されておらず、本来同等に扱えるものではない。加えて、各防災対策の有効性についても同程度のものとは言えず、あくまで、全体的な傾向を示すものとして提示したものである。

なお、本研究で作成した、表 6 はネクスコ西日本関西支社の事例を用い、現在の知見の範囲で検討した結果であり、東北太平洋地震を踏まえた防災対策の見直し結果を、順次反映し修正することが今後の課題であると考えている。

6. 効果的な防災対策に関する考察

防災対策の実施に当たり、資源は有限であり優先順位を付けて整備することが求められる。このため、投資効果の高い防災対策から計画的に整備する必要がある。

公共事業投資の場合事業評価は、事業の投資効果や波及的影響、実施環境といった多様な視点から総合的に行うべきものである。その中で、ある事業がその投資に見合った成果を得られるものであるかどうかを確認することが重要であることから、事業評価にあたっては費用便益分析を

行い、事業の投資効果を評価し、その結果を事業採択時の判断材料の一つとして活用する。その際、投資効果について、純現在価値⁽⁵⁾（以下、NPV）、費用便益比⁽⁶⁾（以下、B/C）、経済的内部収益率⁽⁷⁾（以下、IRR）の3指標があるとされている。⁽¹¹⁾

B/Cを例に簡単に説明すると、Bは投資によりもたらされる便益を示し、Cは投資費用を示す。この数値が1以上のものが、投資費用が便益を上回り投資価値のあるものとされ、数値が高ければ高いほど投資効果が高いものとされる。NPVやIRRの場合も、同様に数値が高ければ高いほど投資効果が高いものとされる。

今回の研究では、上記の厳密な投資効果の検討とは別に、防災対策事業費と防災対策効果の2つの指標を使い概略的に投資効果を検討する方法として、下記の条件で費用対効果分析することを提案する。

①事業費が小規模な防災対策をより優先度が高いものとする

②対策効果の大きい防災対策をより優先度が高いものとする

ここで、防災対策事業費は、第5章で述べたように5億円未満を小規模、5億円以上10億円未満を中規模、10億円以上を大規模として区分した。また、対策効果も同様に、効果指数が0.3未満を小規模、0.3以上0.6未満を中規模、0.6以上を大規模とした。前述の区分に従い対策事業費と対策効果の関係を表7に取りまとめた。

表7 防災対策優先度分布

対策事業費 対策効果			小	中	大	小計
			5億円未満	5億円以上 10億円未満	10億円以上	
大	0.6以上		優先度Ⅰ	優先度Ⅱ	優先度Ⅲ	
		対策数	24	4	6	34
		比率	31%	5%	8%	44%
中	0.3以上 0.6未満		優先度Ⅱ	優先度Ⅲ	優先度Ⅳ	
		対策数	6	5	3	14
		比率	8%	6%	4%	18%
小	0.3未満		優先度Ⅲ	優先度Ⅳ	優先度Ⅴ	
		対策数	19	4	6	29
		比率	25%	5%	8%	38%
小計		施策数	49	13	15	77
		比率	64%	17%	19%	100%

防災対策事業費別に分類した場合、事業費が小規模な防災対策は、49件であり全体の64%を占める。中規模な防災対策は、13件あり17%を占める。大規模な防災対策は、15件あり19%を占める。このことから、事業費の小規模な防災対策が過半数を占めることが分かった。次に、対策効果別に区分した場合、対策効果が小規模な防災対策は、29件であり全体の38%を占める。中規模の防災対策は、14件あり18%を占める。大規模な防災対策は、34件あり44%を占める。このことから、対策効果が大規模な防災対策は、過半数よりやや少ないことが分かった。

これら、事業費と対策効果を2つのパラメーターとして、防災対策の優先順位付けを行いⅠからⅤのランクに区分した。最も優先度の高い防災対策は、事業費が小規模かつ効果が大きい組み合わせとして優先度Ⅰとした。一方、最も優先度の低い防災対策は、事業費が大規模で効果が小さいものとして優先度Ⅴとした。

その他の優先度は、対策効果が一定の場合防災対策事業費が大きくなるに従い、優先度を1ランク繰り下げることとし、逆に、対策事業費が一定の場合対策効果が小さくなるに従い、優先度を1ランク繰り下げることとした。この条件を各防災対策に適用して、ランク付けしたものを表3の優先度の項目に表示し、優先度Ⅰに該当する防災対策を

網掛けして表示した。

この結果、費用対効果が最も高いと分類された（優先度Ⅰ）は、24件であり全体の31%を占めるが、表3から分かるように回復対策に広く分布することとなった。回復対策は事業費も小規模で、短時間の内に実現できるものが比較的多く、かつ広く一元的に有効な防災対策である。従って、回復対策を充実することにより、中断した業務をより早く再開させることが出来るため、早急に対応すべきものであると考えている。併せて、回復対策の実効性を向上させるために非常時対応の行動手順である災害対応マニュアルを充実させることが重要であるといえる。

また、優先度Ⅲに分類され対策効果と事業費共に小規模な防災対策は19件25%を占めており、走行安全性確保のための対策が多い。また、対策効果と事業費共に大規模な防災対策は、高速道路ネットワーク整備や道路構造物・道路付属物更新等抜本的な防災対策と日常点検・詳細点検となっている。

一方、対策効果判定の根拠とした、関西支社の交通管制データベースには、極低頻度で発生する巨大災害による通行止め時間・距離が反映されていないため耐震補強対策の効果は小規模で、事業費は大規模であることから優先度Ⅴに判定されている。これは必ずしも対策を後回しにして良いという意味のものでは無い。科学的な知見から導出した巨大災害による発生確率や被害規模から、通行止め時間・距離を算出して重み付け係数を見直し、対策効果に反映することにより戦略的に対策を図る必要があると考えている。

a) 優先度別防災対策数の状況

優先度別防災対策件数を表8に取りまとめた。

表8 優先度別防災対策数

		優先度					件	
		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	総計	率
予防対策	ハード対策	0	3	10	5	5	23	30%
	ソフト対策	3	2	12	2	0	19	25%
回復対策	ハード対策	9	3	4	0	1	17	22%
	ソフト対策	12	2	4	0	0	18	23%
総計		24	10	30	7	6	77	100%
率		31%	13%	39%	9%	8%	100%	

優先度Ⅰの防災対策は、24件で全体の31%を占め、ハードとソフトの回復対策が大部分を占める。優先度Ⅱの防災対策は、10件で全体の13%を占め、ハードとソフトの予防対策とハードとソフトの回復対策が、2から3件其々同程度ある。優先度Ⅲの防災対策は、30件で全体の39%を占め、ハードとソフトの予防対策が過半数を占める。優先度Ⅳの防災対策は、7件で全体の9%を占め、ハードとソフトの予防対策のみである。優先度Ⅴの防災対策は、6件で全体の8%を占め、その内訳はハードの予防対策のみである。

b) 優先度別有効リスク事象数の状況

優先度別有効リスク件数を表9に取りまとめた。優先度Ⅰの防災対策の有効リスク事象数は、7.8個であり、特にソフトの回復対策が高い件数となっている。これは、災害対応体制の強化、情報提供機能向上、災害対応体制の強化、復旧の迅速化のための防災対策が、広くリスク事象に対して有効であることに起因している。また、優先度Ⅱの有効リスク件数は4.8個であり、特にハードの回復対策が高い個数となっている。これは、情報収集機能向上のための防災対策が広くリスク事象に対して有効であることに起因

している。

優先度Ⅲの有効リスク事象数は2.6個、優先度Ⅳの有効リスク件数は1.3個、優先度Ⅴの有効リスク件数は1.2個となり、優先度が低い程有効リスク事象数が少ない結果となった。これは、優先度の低い防災対策が予防対策に集中する傾向があり、予防対策は個別のリスク事象毎に有効な傾向があることに起因している。

表9 優先度別有効リスク事象数

		優先度					個/対策
		I	II	III	IV	V	
予防対策	ハード対策		2.3	2.7	1.2	1.0	2.0
	ソフト対策	3.0	2.5	1.8	1.5		2.1
回復対策	ハード対策	7.9	9.3	5.8		2.0	7.3
	ソフト対策	8.9	4.0	1.5			6.7
総計		7.8	4.8	2.6	1.3	1.2	4.3

なお、其々の防災対策の有効性や影響度は異なり、優先順位に影響することとなるが、本研究では、概略検討としたことから加味しておらず、今後の研究課題であると考えている。

また、同一の防災対策においても、其々の対策効果は異なる、例えば交通事故対策では、死傷事故率の高い箇所や事故件数の多い箇所ほど事故削減効果は高くなるので、その様な箇所の優先度は高く設定されることとなる。これは、ある程度防災対策が進捗して、防災対策対象が優先度の低い防災対策に移行した段階で、その防災対策効果は下がることを意味する。従って、異種の防災対策同士の優先度が、防災対策の進捗に併せて絶えず変化するので注意が必要である。

8. まとめ

本研究では、ネクスコ西日本関西支社を具体事例として、各リスク事象の発生頻度や防災対策の有効性を加味した防災対策の優先順位付けを行い「高速道路におけるリスク分類と防災対策体系」について、報告した。その概要と課題を以下にまとめる。

a) リスク事象と通行規制の対応関係を明確化

高速道路機能を低下させる車線規制や速度規制が頻繁に発生するものの、高速道路機能を停止させる通行止めは比較的少ないことが明らかになった。

様々な交通規制の中で高速道路の機能を停止させる通行止めの社会的影響度は非常に大きく、指定公共機関としてのお客様の安全・安心と円滑な通行を確保する社会的使命を鑑みて、財源的制約の中で効果的な防災対策を選定し実施することにより、通行止め時間・距離を必要最小限に抑えることが必要である。この場合、発生頻度は低い被害規模の大きい巨大災害も考慮して総合的に判断する必要がある。

b) 高速道路におけるリスク分類と防災対策を明確化

リスク事象、道路機能障害、措置の関係を明らかにした。また、それらに対応した予防対策、回復対策の関わりと有効リスク事象を具体的に分類することにより、予防対策と回復対策其々に同数程度のソフト対策とハード対策があることを明らかにした。また、予防対策は個別のリスク事象に対して有効な傾向があり、回復対策は多くのリスク事象

に対して広く一元的に有効な傾向があることが明らかになった。更に、各対策効果を判定する指標として、社会的影響が大きい通行止めに着目して、定量的な数値として通行止め時間・距離を用いることとした。

具体的には、各リスク事象による通行止め時間・距離を総通行止め時間・距離に対する比率として求め、その比率を重み付け係数とした。そして、其々の防災対策に有効に機能すると考えられる定量的リスク事象毎に対応する重み付け係数として配分し、それらを合算した数値を対策効果指数として評価する手法を提案した。

c) 防災対策の整備優先順位付けの手法

概略的に防災対策の投資効果を分析する方法として、防災対策事業費と防災対策効果の2つの指標を使い、下記の条件で分析することを提案した。

①事業費が小規模な防災対策をより優先度が高いものとする

②対策効果の大きい防災対策をより優先度が高いものとする

上記2つの指標をパラメータとして、防災対策の優先順位付けを行いⅠからⅤのランクに区分した。最も優先度の高い防災対策は、事業費が小規模かつ対策効果が大きい組み合わせとして優先度Ⅰとした。一方、最も優先度の低い防災対策は、事業費が大規模で対策効果が小さいものとして、優先度Ⅴとした。

この結果、優先度Ⅰの業務は、回復対策に広く分布することとなった。回復対策は事業費も小規模で、短時間の内に実現できるものが比較的多く、回復対策を充実することにより、中断した業務をより早く再開させることが出来るため、早急に対応すべきものであると考えている。併せて、回復対策の実効性を向上させるために非常時対応の行動手順である災害対応マニュアルを充実させる必要があるといえる。

一方、対策効果判定の根拠とした、関西支社の交通管制データベースには、極低頻度で発生する巨大災害による通行止め時間・距離が反映されていないため耐震補強対策の効果は小規模で、事業費は大規模であることから優先度Ⅴに判定されている。これは必ずしも対策を後回しにして良いという意味のものでは無い。科学的な知見から導出した巨大災害による発生確率や被害規模から、通行止め時間・距離を算出して重み付け係数を見直し、対策効果に反映することにより戦略的に対策を図る必要があると考えている。

実際の災害復旧では目標復旧時間⁽⁸⁾を設定し、その時間内に復旧作業を完了することを目的に、其々の防災対応業務の全体工程調整することが大変重要である。そのため、クリティカルとなる業務を把握し、その業務を実行するために必要十分な資源を確保することが必要である。

このため、優先順位付けに際して、費用対効果による評価指標に加えて、クリティカルパス⁽⁹⁾上の業務を円滑に実施するためにはどのような資源を確保する必要があるか等の観点から考察することも必要であり、今後の検討課題であると考えている。一方、東北地方太平洋沖地震で「想定外」と言う言葉がしばしば聞かれた。想定値が過去に起こった事象と比較して、余程大きなものでない限りは、想定値を超える事態が起きることは、ある意味で必然である。想定外のこと起こった時の対処方法を事前に検討して用意しておくことが危機管理の要諦である。¹²⁾

この様に、予防対策や回復対策を完了したからといって安住することなく事業継続に向けて絶え間ない努力を継

続することが課題である。

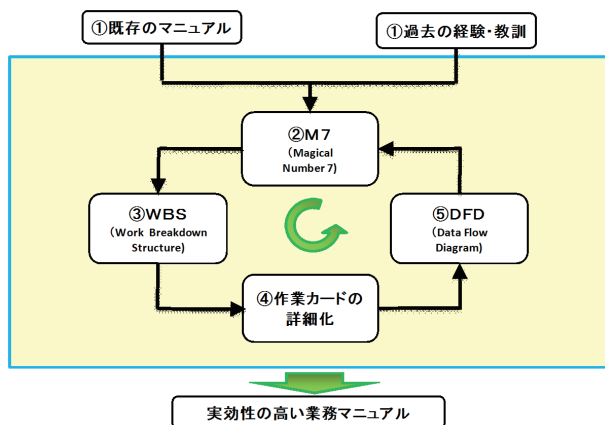
謝辞

本研究は、京都大学防災研究所並びに新潟大学危機管理室及びネクスコ西日本との共同研究である。本研究に関わるワークショップにご参画・ご協力頂いたネクスコ西日本グループ社員・サイエンスクラフト様の方々、本研究を進める上で協力して頂いた全ての方々に心より深く感謝いたします。

補注

(1) BFD (Business Flow Diagram)

BFD とは、実務者の役割ごとに適切な情報の見える化を実現する業務分析手法である。この「見える化」により意思決定、企画立案を行う実務者には、議論・指示する業務自体を、現場業務を行う実務者には、業務手続や資源の流れを明確にすることができる。また、特別な知識や技術を持たない者でも効果的な業務分析ができる特徴も備える。BFD の主な構成要素である M7、WBS、DFD をサイクルとして繰り返すことで、業務マニュアルの精度を向上させることができる。ここでいう、M7 とは業務を 7 個以下の把握が容易な数にまとめて整理する手法であり、作業内容を体系的に捉え作業内容がどのような構成となっているか把握するツールである。



付図 1 BFD 業務サイクル図

(2) WBS (Work Breakdown Structure)

WBS とは、業務を階層構造で整理し、業務を体系的に整理したものである。階層が 1 段下がるごとに業務内容が詳細化されて表現される。また、階層ごとに担当する主体が明示される。ネクスコ西日本の検討では、4 層構造とした。

(3) DFD (Data Flow Diagram)

DFD とは、WBS 化した仕事の構成が実際機能するか検証するツールであり、「人」「物」「情報」「スペース」等の人的・物的資源を洗い出し仕事を遂行準に並べ関連付けたプロセス図を作成し仕事と仕事のつながりをチェックするものである。

(4) ICS (Incident Command System)

ICS は、米国・英国・EU 諸国等多くの先進国で採用されている一元化の危機管理システムである。FIRESCOPE (Federal Recourses of California Organized for Emergencies) から 1970 年代に生まれ 1990 年代には様々な種類の災害やイベントでも利用される危機対応に対する標準的な組織運営システムとなった。危機対応に必要な活動となる 5 つの機能 (指揮調整・情報作戦・資源管理・庶務財務・事案処理) の集合体としてとらえ、関係する全ての組織が一元的に、標準的な危機管理体制を共有することで、危機の規模や原因を問わず効果的な危機管理対応が可能な組織運営ができるとしたものの。

(5) 純現在価値 (NPV)

発生時期の異なる貨幣価値を社会的割引率により、換算して現在の価値に換算したものであり、事業実施による便益比の大きさ

を比較できる、社会的割引率によって値が変化する等の特徴を備えており、以下に示す式で表現される。

$$\sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^{t-1}}$$

但し、n: 評価機関、B_t: t 年次の便益、C_t: t 年次の費用、i: 社会的割引率

(6) 費用便益比 (B/C)

単位投資額あたりの便益の大きさにより事業の投資効率が判断できる等の特徴を備えており、以下の式で表現される。

$$\sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i_0)^{t-1}} = 0 \text{ となる } i_0$$

但し、n: 評価機関、B_t: t 年次の便益、C_t: t 年次の費用、i: 社会的割引率

(7) 経済的内部収益率 (IRR)

投資に対する将来収入の現在価値と投資額が等しくなる割引率のことであり、社会的割引率との比較により投資判断ができる、社会的割引率の影響を受けない等の特徴を備えており、以下の式で表現される。

$$\sum_{t=1}^n B_t / (1+i)^{t-1} / \sum_{t=1}^n C_t / (1+i)^{t-1}$$

但し、n: 評価機関、B_t: t 年次の便益、C_t: t 年次の費用、i: 社会的割引率

(8) 目標復旧時間

事業継続の考え方の特徴として、理由を問わず企業が事業を停止した場合に、その停止期間がどの程度企業に影響を与えるのかを評価し、事業としていつまで耐えられるのかの目標復旧時間を設定する。¹³⁾

(9) クリティカルパス

全体のプロジェクトの所要期間を決定する、最長となる一連の作業経路を意味する。クリティカルパス上の活動に遅延が発生するとプロジェクト全体工程に影響を及ぼす。

参考文献

- 1) 全国高速道路協議会：高速道路便覧 2010, pp. 211
- 2) 全国高速道路協議会：高速道路便覧 2010, pp. 228
- 3) 岡本晃、林春男、田村圭子、井ノ口宗成、染矢弘志、南部優子：様々なリスク事象に対する効果的な高速道路機能維持のための事業計画づくりー西日本高速道路株式会社における検証を通じてー、地域安全学会論文集, No15, pp. 323-332, 2011
- 4) 山下涼、石井浩一、谷口靖博、林春男：事業継続計画策定に向けた業務分析結果を用いた危機管理対応マニュアルの階層化及び人的資源分析に関する研究ー大阪市水道局における検証を通じてー、地域安全学会論文集, No11, pp. 257-266, 2009
- 5) 山田雄太、林春男、浦川豪、竹内一浩：平常業務をもとにした災害対応業務マニュアルの作成手法の確立に向けてー奈良県橿原市を対象とした適用可能性の検証ー, No10, pp. 67-76, 2008
- 6) 西日本高速道路株式会社 関西支社：関西支社防災業務実施規則, 2010. 9 改定
- 7) 遠藤功：見える化, 東洋経済, pp. 200, 2005
- 8) 阪神・淡路大震災災害・復旧報告書応急復旧編 日本道路公団 大阪建設局, 大阪管理局
- 9) 西日本高速道路株式会社 関西支社：保全サービス事業部中期事業計画, 2011.
- 10) 京大・NTT リジリエンス共同研究グループ：しなやかな社会への試練 東日本大震災を乗り越える, pp. 19, 2012. 3
- 11) 国土交通省：公共事業評価の費用便益に関する技術指針 (共通編), 2011. 6
- 12) 土岐憲三：季刊バイオフィリア生命科学の未来を考える, 2011. 5. 11
- 13) 事業継続計画策定促進方策に関する検討会 内閣府防災担当：事業継続ガイドライン第二版、-わが国企業の減災と災害対応の向上のために-, pp14, 2009. 11

(原稿受付 2012. 5. 26)

(登載決定 2012. 9. 8)