

首都の強靱化を防災面で支える 都市・道路交通インフラの提案 ～地震発災直後に助かった命を インフラで守り抜く～

玉岡 秀敏¹・山口 大輔²・浜田 誠也³・加藤 宣幸⁴・菊山 幸輝⁵

¹非会員 パシフィックコンサルタンツ株式会社（〒206-8550 東京都多摩市関戸1丁目7番地5）
E-mail: hidetoshi.tamaoka@tk.pacific.co.jp

²正会員 株式会社 建設技術研究所（〒103-8430 東京都中央区日本橋浜町3-21-1）
E-mail: d-yamagc@ctie.co.jp

³非会員 一般財団法人 道路新産業開発機構（〒112-0014 東京都文京区関口1丁目23番6号）
E-mail: hamada@hido.or.jp

⁴非会員 一般財団法人 道路新産業開発機構（ 同上 ）
E-mail: yoshiyuki.kato@hido.or.jp

⁵正会員 一般財団法人 道路新産業開発機構（ 同上 ）
E-mail: koki.kikuyama@hido.or.jp

道路都市再生部会（事務局：（一財）道路新産業開発機構）では、レジリエントな国土・地域の形成に向け、「強い都市・東京」に資するインフラ整備や施策のあり方等について、下記の検討を行った。

国土強靱化に向けてインフラが取り組むべき内容を防災の観点から、首都直下型地震を想定した5つの事象別観点（火災、建物被害、情報途絶、要支援者、インフラ）で、現状の課題と必要な対応策について検討を行った。さらにその内容を基にケーススタディ（CS）を実施するために、場所別に3つのテーマ（幹線道路、交通結節点、木造住宅密集地域）に分類し、復旧に向けて必要な燃料運搬や、発災直後のパニック時に向けたルール、少子高齢化を見据えた土地活用のあり方等について検討した。

Key Words : *land infrastructure , earthquake, triage, , Tokyo*

1. 研究の背景と目的

(1) 現状課題の認識と研究背景

防災分野においては、東日本大震災の教訓を活かすことが重要視されており、『災害に上限なし』、『想定外を想定しておくことの重要性』が指摘されており、防災・減災対策に「盲点」はないか考える必要がある。

また防災の視点を含めた社会資本全体の急速な老朽化への対応として、高度成長期に大量に整備された道路、河川、港湾、鉄道、ライフライン網等について、社会資本全体の老朽化が急速に進行している。一方今後の人口減少においては、既存インフラが過剰となることも懸念されるため、防災の視点を含めた対応を検討する必要がある。このことから東京の耐災害性の向上として、中枢機能の東京一極集中構造の脆弱性や首都直下地震の切迫性により、東京がもつ首都中枢機能の代替性・多重性

の確保、バックアップ体制の構築は喫緊の課題であり、2020年にオリンピックを迎えるにあたって、防災の視点を含め、既存インフラの一元的な把握と持続可能な管理・更新が必要であると考え、首都東京の強靱化に向けた検討は、多岐に渡るため、建設コンサルタントやゼネコンなどが持つ都市・交通インフラに関する高度な知見を活かすことが必要であり、さらに中長期的視点から、東京の持続可能な社会インフラの整備に対する提言が必要であることから、道路都市再生部会の中に12社19名のメンバーでワーキンググループを構成し、平成25年度より本研究を実施した。

(2) 研究目的

阪神大震災では、発災後の家屋の倒壊により逃げ遅れた方が、その後の火災により亡くなられた事例が多く報

告されている。また東日本大震災では、地震自体によるインフラ被害は多くなかったが、その後の津波襲来時に、避難しようとしていた方々が道路上において亡くなられた事例が多く報告されている。

よって首都直下地震においては、上記の教訓を踏まえた対応が必要であり、そのためには、公共空間における社会インフラが対応できることとして、発災後の2次被害を軽減させるための整備を行う必要があると考え、首都圏で地震が起きたときに想定される事象を挙げ、その中で未解決な課題を抽出し深掘りし、平常時から持続可能で命を守るインフラ整備をどのように行うか明確にすることを本研究の目的とした。

2.事象に着眼した課題及び対応策

首都直下型地震（東京湾北部地震（冬18時・風速8m/sの状況下において発生）を想定し、地震発災直後に助かった命を、インフラ機能で守り通すための現状の課題と対応について、以下の5つの観点から整理を行った。

【直接生命の危険につながる要因に着目】

- ① 火災
- ② 建物被害（倒壊）

【直接的には生命の危険につながらないが、避難・対応に影響を与える点に着目】

- ② 情報途絶（デマ、パニック含む）
- ③ 要支援者（自力脱出困難者、一人暮らし含む）
- ④ インフラ（ライフライン）途絶

上記①～⑤の各観点において、発生要因とその影響（被害）が大きいと想定される箇所を既存の被害想定に関する資料から整理を行い、現状における課題と対応策について、時系列に整理を行った。

(1) 火災に着目した対応策

木造住宅密集市街地や、都市施設（高層ビル、地下街等）の火災への対応に加え、津波火災（地下街の津波浸水）や危険物取扱施設（石油タンク、化学工場等）の火災への対応、交通インフラにおける火災への対応に着目し、特に木密エリアの火災への対応が重要であると考え、「100%不燃化の実現」「円滑な緊急輸送を可能にするインフラネットワーク構築」「少子高齢化を見据えた土地利用の再編」を目指し、それぞれ対応策を検討した。

対応策としては、地区計画による建物基準の設定、建替に対する容積率の緩和や固定資産税・都市計画税の減免リノベーション事業を活用し、地域施設・居住施設を融合する。また、緊急活動と交錯しない避難路、ヘリポートを確保し、拡幅・植樹・地下化等による幹線道路確保や、高速道路からの緊急時アクセスポイントを確保し、まちなかへの水路の導入（地下水路+地上のせせらぎ）、ライフライン 共同溝による地下埋設（無電柱

化）を目指す。併せて「集約型都市の形成」が実現した前提として、道路空間の再配分による幹線道路のリダンダンシー確保、拠点内の被害状況の収集、被害状況の共有、拠点間の災害時の支援協定が必要である。

(2) 建物被害に着目した対応策

建物からの落下物から歩行者・車両を守ることや、歩道および道路空間内の設置物の倒壊・破損から歩行者・車両を守ることに加え、建物の出入口（特に地下と地上の出入口）が使用できなくなることから、建物利用者（特に地下利用者）を守ることに着眼し、地震時「人は判断できない（何もできない・動けない）」が、結果的に歩道上、車道上で道路が守ってくれるために必要なインフラや地震時に安心して地下に逃げ込むために必要な対策を検討した。

その結果、歩道部においては、街路樹が守ってくれるよう、公開空地を同じように街路樹整備を実施し、公共貢献として、容積率をアップするような官民が連携した取り組みの必要性や、道路空間を一体的に使えるような道路施設・付属物の機能変更（例として、横断防止柵、中央分離帯は可動式とする。（既に消防署前の中央分離帯は、スライド式となっている））や、歩道幅員が確保されている場所では、歩道と車道を入替えるような対応の可能性を提案した。また、天井の安全確保に関する制度・ガイドラインを作成し、暑さ、排熱対応の制度の必要性（地域防災計画で一時避難場所として指定するのであれば、空調を確保するための電源確保に補助金等）に加え、地震時に建物内（地下空間）に避難することへの不安感（閉じ込められることはないのか）対策を行い、「災害時の地下利用推進キャンペーン」を実施することと、併せて空間利用のあり方検討が必要である。

(3) 情報途絶に着目した対応策

事象及び情報の受け手と場所の関係性を整理し、帰宅困難者・主要ターミナル駅周辺の情報途絶や、帰宅困難者・行楽地や集客施設周辺（特に休日）の情報途絶、帰宅困難者・発災時に就業先企業にいる就業者への情報途絶、帰宅困難者・徒歩帰宅者への情報途絶、車利用者、自宅被災者、避難所等における情報途絶や、行政側の災害対応について整理を行った結果、「群衆なだれ防止」に向けた情報の出し方、受け方について、Case1：駅など人が集まる可能性が高い場所にいる人、case2：駅周辺の地下空間にいて、これから駅に向かうかもしれない人に分類し、被害の状況の条件として、「A：安全が確保されている場合」「B：被害が発生している場合（被害箇所/被害箇所周辺）」「C：被害が拡大して危険な場合」、対象者の条件には情報弱者、避難弱者も含め、共助、外国人向けの多言語化対応を行うための対応策を

提案した。

(4) 要支援者に着目した対応策

災害時に要支援者が家屋等に閉じ込められる場合の対応や、公共交通（特に電車）が不通になるとともに、道路や空港・港湾が被災し、首都圏の交通がマヒし、帰宅困難者が多数発生する点に着目し、最終的に「自宅等において、一人で逃げるのが困難な人をどう救うか」を目標とした検討を行った。

対応としては、道路空間や道路施設など、ハード的な対策と公助・共助を最大限発揮させるための、ソフト的な対策の併用が必要であるが、その際には以下の2点に留意する必要がある。①道路管理者単体では救助を行うことができないため、自衛隊や消防等、他の防災機関とも連携。②大規模災害では公助が期待できないため、共助に委ねる（NPOや社会福祉協議会、通りすがりの避難者等）ことが重要である。

(5) インフラに着目した対応策

「人の命を救う」という大前提のもと、東京圏が被災した際のバックアップ方法に着目し検討を行った。その結果、道路啓開の準則化に向けた対策や、道路空間を活用した代替ヘリポート、高速道路と一体となった物資供給・救急施設の整備（沿道開発施設への機能付加）が必要であるとともに、道路下貯水設備の整備と活用（平常時：ヒートアイランド対策、災害時：防火用水、暫定生活用水）についても、今後詳細な検討が必要である。

a) 道路啓開の迅速化に向けた対策

主要幹線道路の早期啓開により、負傷者の搬出・緊急物資の早期輸送ネットワークを再構築し、震災で助かった命を守り抜くことを提案する。なお、実現に際して制度的には、啓開実施者による放置車両・事故車両の早期撤去の担保（関東防災連絡会でも検討中）が課題となり、道路構造的には首都圏を中心とした放射状8ルート of 早期啓開一車線以上の確保、関係機関相互においては、公安関係者との合意や私有財産の移設に関する制限緩和が課題である。

b) 道路空間を活用した代替ヘリポート

道路空間を活用した代替ヘリポートにより、発災直後の緊急物資の輸送、陸路が寸断された孤立地域への搬送、さらには高速道路ネットワーク周辺の防災拠点との連携による交通モードの代替性を確保を提案する。この対策の実現により、災害時のみならず、高速道路上の死傷事故等時にも道路インフラが活躍する。なお、実現に際して制度的には、既存整備メニューの拡充、新たな補助制度等の活用可能な制度の創設や、離着陸箇所や合流箇所

の選定（利用可能な道路施設、交通事故多発箇所、防災拠点等の位置を考慮し選定）に加え、道路本線上への離着陸に関するルールの整備、災害時を想定した離着陸訓練・審査体制の構築（パイロットの訓練・審査）、移動式ヘリポートの可能性検討が課題として存在する。

また、道路構造としては、代替ヘリポートとして転用可能な道路施設の構造基準の検討・見直し、必要箇所における障害物（防護柵、標識、照明柱等の周辺構造物、道路付属物）の改修、必要箇所における路盤の耐荷重の強化に加え、トラックまたはトレーラーベースの移動式ヘリポート実現の可能性の模索（場合によっては、技術開発も必要）が課題である。

c) 道路下貯水施設の整備

道路下空間を活用し、給水施設や給水活動が機能不全になっても、消火活動や生活（トイレ、洗濯など）に活用可能な水を確保することを提案する。整備する施設は平常時においては、道路植栽等への散水用水源として活用するほか、道路空間全体の気温低減対策設備として活用（透水性舗装等との連携）することも可能である。

なお、実現に際して制度的には、木密地域での防火区画整備と並行した施設配置検討や法的位置づけの明確化が課題となり、道路構造的には傾斜道路等道路線形と当該施設配置の検討に加え、利水ならびにメンテナンス対策の確立、根拠法に基づく構造条件（大きさ・設備等）への適合が課題である。さらには整備に向けて、道路管理者との合意や下水道、河川部局との調整、維持管理に関する協定締結等の課題も存在する。

表-1 道路下貯水施設に関する既存法制度

施設名	目的	根拠法制度	水源
簡易専用水道	飲料水の確保	水道法	水道水
小規模貯水槽水道		小規模貯水槽水道等における安全で衛生的な飲料水の確保に関する条例	
飲用井戸等		水道法	
専用水道			
雨水貯留・浸透施設	総合的な治水対策 (雨水の流出抑制)	不明だが、下水道施設に当たるか?	雨水
防火水槽	消火栓が使用できなくなった場合に備え、地下に消火用の水をためる	消防法（法17条、施行令27条） ※法に基づかない防火水槽も存在するかもしれない	規定なし
耐震性貯水槽	災害時の飲料用水あるいは防火用水、生活用水をためる	消防法 ※法に基づかない耐震性貯水槽も存在するかもしれない	水道水など

3.場所（エリア）に着眼した課題及び対応策

前項までは、事象別に検討を進めたが、最終的に行政機関等への提案及びケーススタディの実施を鑑みると、場所（エリア）の観点からの検討も必要であると考え、前項までの検討成果も踏まえ、以下の3テーマに再編し、再度検討を行った。

表-2 事象別検討を踏まえた場所別検討への移行

テーマ	検討内容	既存テーマの検討				
		火災	建物	情報途絶	要支援者	インフラ
幹線道路	道路啓開、応急復旧、ヘリポートの活用、道路利用者への情報提供（交通管理者、道路管理者）			○		○
交通結節点	駅、交差点、地下道（地下街）において、どのように身を守るか。歩行者への情報提供のあり方も含めて検討する。	○	○	○	○	
木密エリア	火災からどのように身を守るか、新たな貯水施設等を用いてどのように消火するか、建物被害からの保護、緩衝帯（100m道路）のあり方等	○	○		○	○

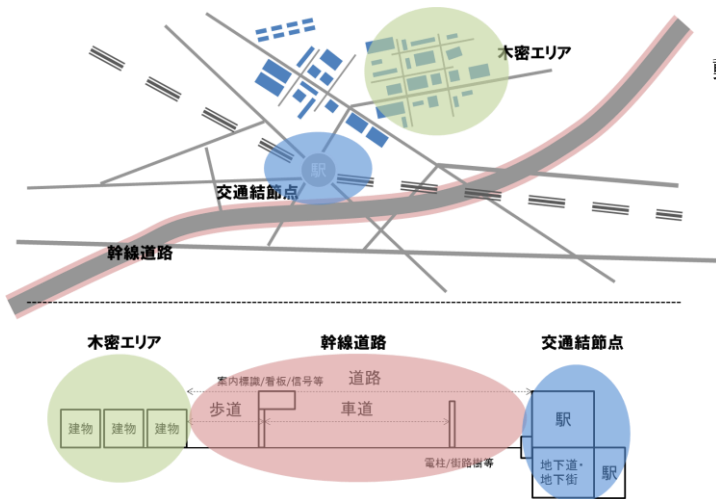


図-1 場所別検討対象範囲イメージ

(1) 幹線道路に着目した対応策

幹線道路に着目した対応策の検討では、取り扱う範囲が非常に多岐に渡り、かつ道路管理者が既に色々取り組んでいると想定されるため、幅広に直下型地震時に「助かった命を守り通す」ために、何をすべきかを立場・役割ごとに考え、メニューを網羅的に整理を行い、流れに従い、幹線道路において必要とされると考えられるメニューを網羅的に整理した。

表-3 対応策検討に向けた網羅的整理イメージ

対象者	×	Phase	×	メニュー
道路管理者		震災直後		役割
消防・救急		数時間～3日		実施すべき内容
物流関連		3日～数日		
一般・避難		他		

上記整理を行った結果、①燃料の確保、②安全な道路空間（拠点）の確保、③安全な避難誘導の3メニューが重要であると判断した。そのうち「燃料の確保」については、東日本大震災でも注目されたが、対応を行うにあたり省庁間の調整、多くの関係機関の存在があるため、既存研究がすくないことから、本研究で取り上げることとした。

a) 燃料確保の問題点

震災直後、被災状況の迅速な把握が必要となる中、二次災害による燃料への引火による火災等が問題となる。また、数時間～3日後にかけては、緊急輸送道路の通行機能の確保が必要となるが、燃料不足が発生すると、自衛隊・TEC-FORCE等の人命救助、道路啓開作業の遅延が問題となる。震災後3日目以降では、応急復旧活動が求められるが、この時点での燃料不足は、救援物資輸送、復旧用資材搬送の遅延が問題となる。

b) 燃料確保に関する対応メニュー

上記問題点への対応に向けて関係省庁や自治体の周辺動向として、以下の法制度を確認した。

表-4 周辺動向の把握として確認した法制度

周辺動向（法制度）の整理	機関名
災害時における石油の供給不足への対処等のための石油の備蓄の確保等に関する法律等の一部を改正する法律案（仮称）	経産省
資源・燃料の安定供給確保のための先行実施対策	経産省
災害時における関東地方整備局管内の燃料運搬・貯蔵の支援に関する協定	関東地整
災害時における石油類燃料の供給に関する協定書	千葉県
大規模災害時等における燃料の調達に関する協定	警視庁

上記動向を踏まえ、下記メニューを提案した。

- ① 燃料運搬車両の現在位置の把握する技術の開発、走行中の燃料運搬車両の活用：現状の民間動態管理サービスやETC2.0の活用等の可能性
- ② ガソリンスタンド、石油業協同組合等の協定締結による燃料の確保：現在、自治体や省庁レベルで協定を締結
- ③ 燃料確保の優先順位・最適配分のシステム化：災害発生後、時間帯別の業務の優先順位の整理と道路の利用状況の把握
- ④ 災害時の燃料提供拠点の設置、可動式燃料供給体制の構築：道の駅や交通結節点の活用（再生可能エネルギーの活用も含め）ただし、タンクローリー車からの給油が消防法上禁止

- ⑤ 資材、燃料が不足した際のSOSシステムの作成：
リアルタイムの情報共有機能の構築

(2) 交通結節点に着目した対応策

東日本大震災発生時には、首都圏の交通機関は被災しなかったものの、安全確認等を行うために、一時的に全ての運行が停止し、その際に各ターミナル駅では構内に入ることができなかつた人たちが大変混雑した。また運行開始直後も、情報や移動手段を求めて、多くの人々がターミナル駅に押し寄せ、危険な状況になった。

上記の状況を鑑みると、首都圏を直撃する首都直下地震においては、鉄道施設の被害も想定されており、交通網の麻痺が発生する。その際にはターミナル駅では東日本大震災時と同様あるいはそれ以上の人々が、構内及びその周辺に滞留し、混雑が発生することが考えられる。

このような状況において、ターミナル駅を含む周辺地域で、交通事業者、大規模集客施設事業者等と道路管理者を含めた関係機関が連携して、滞留者を安全に待機・避難への誘導を行うことは重要であるが、発災直後に、大勢の人々に対して、特定の誰かの指示の下、そのような対応を行うのは困難である。

そのため本検討では、ターミナル駅及びその周辺の施設の管理者が連携し、地震災害発生後の交通機関運行停止が明らかになった状態以降において、その場にいる大勢の人々に対し、安全に待機・避難をしていただくための仕組み・ルール及びそれらの啓もうに関する検討を行った。

a) 「交通トリアージ」の定義

災害時においてターミナル駅及びその周辺において、大量に発生する滞留者、施設利用者、移動者に対し、限られた空間・施設（インフラ）によって、出来るだけ安全な状況を提供するために、滞留者、施設利用者、移動者の属性（移動のしやすさ、場所への精通度、）に応じて分類し、それぞれへの対応（どこで・誰が・どうやって）のルール化を行うものとする。

なお、この分類については、災害時の医療現場で実施するトリアージとは異なり、トリアージ実施者・指揮者がトリアージタグを各人に取り付けるものではなく、分類のルールを決定し、各人が自分の分類先を確認して移動し、移動先にて各施設管理者が、それぞれの対応を行うものとする。

避難計画、備蓄計画、支援計画等、セットで計画し、避難者を受け入れてくれる施設（民間含む）の基準、ルールづくりと支援制度、避難予定場所が大きな被害に合った場合のリダンダンシーなども含めて検討し、次のように定義する。交通トリアージとは、「「極限的手段」ではなく、権限を持った命令でもなく、円滑な誘導、

移動を促進するためのルール、指標のようなもの」である。

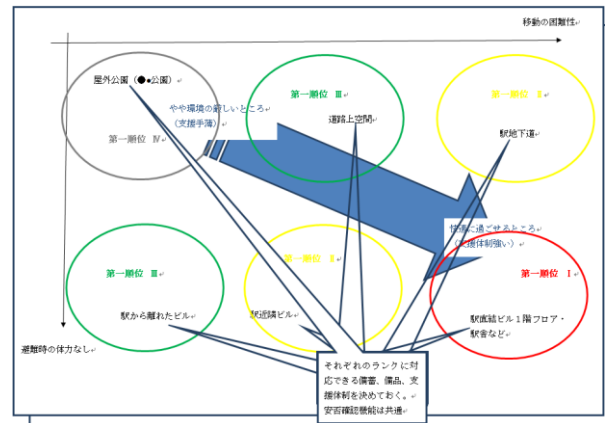


図-2 交通トリアージ概念図

b) 「交通トリアージ」の対応イメージ

対応イメージの検討にあたり、単純に誰にどのような対応をするというのを考えるため、「対象者の属性」と「対応方法」を整理した。「交通トリアージ」の肝は、震災時における交通弱者の位置づけと、その対応方法になる。そのため交通弱者の定義に関して、一般的には移動制約上の交通弱者と、安全性上の交通弱者が存在するが、今回は前者を対象とする。なおこの際、一般的に言われる移動制約上の交通弱者と、震災時における交通弱者の違いを整理し、一端は風呂敷を広げた後、移動制約条件のもと、現実的な（実現可能な）カテゴリに再編成することが必要である。以上を踏まえ、下記のようなイメージを想定し、それぞれのカテゴリに対する対応方法（指示・滞在箇所の確保等）と、これを達成するための情報伝達方法・誘導方法の検討を今後実施する。

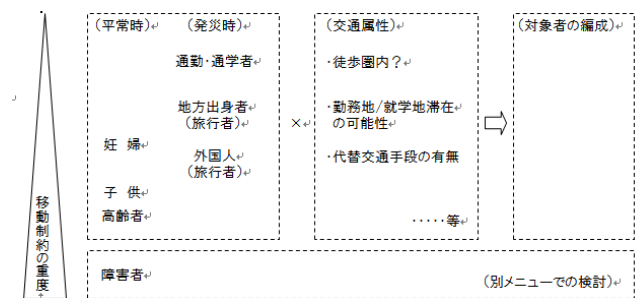


図-3 交通トリアージによる対応イメージ図

(3) 木密に着目した対応策

首都直下地震の切迫性や東日本大震災の発生を踏まえ、東京都では「木密地域不燃化10年プロジェクト」が実施され、無電柱化が推進されている。併せて東日本大震災以降、区ごとに主体的な取り組みを実施（木密地域の解消に向けた新制度の創設等）している。今後、東京都の総人口は2020年を境に減少局面に突入（高齢化率は約25%となり、その後も増加傾向）することから、下記3

点を目標とした対応策の検討を行った。

- ① 100%不燃化の実現
- ② 円滑な緊急輸送を可能にするインフラネットワークの構築
- ③ 少子高齢化を見据えた土地利用の再編

a) 2020東京オリンピックを目標としたハード対応

【建物】

- ・ 耐火建築物への立替、集約化（規制緩和、助成制度の活用）
- ・ 救助のためのヘリポート整備
- ・ 感震ブレーカー設置等による出火元対策

【道路】

- ・ [避難路] 狭隘道路のセットバック、緊急活動と交錯しない避難路
- ・ [アクセス] 都市計画道路整備による延焼遮断帯の形成
- ・ [広域] 高速道路からの緊急時アクセスポイントを確保

【水路】 まちなかへの水路の導入（地下水路+地上のせせらぎ）

【ライフライン】 共同溝による地下埋設（無電柱化）

【駐車場・空き地】

- ・ 小さな空地（駐車場、空き地等）を活用した延焼防止策
- ・ コミュニティ広場等のオープンスペース化⇒延焼遮断のための道路に対する地域分断の不安払拭

b) 2020東京オリンピックを目標としたソフト対応

【街づくり】

- ・ 地区計画による建物基準の設定（景観の保全、改善）
- ・ 多様な権利変換による街並み形成
- ・ 立替に対する容積率の緩和や固定資産税・都市計画税の免税
- ・ 土地を担保に建替え資金援助（高齢地権者への対応）

【防災体制】

- ・ 延焼地域を考慮した交通規制、緊急交通ネットワークの確保（延焼地域へ向かう、延焼地域を迂回）
- ・ 初期消火体制の構築
- ・ 延焼予測を踏まえた広域的な消化体制の構築
- ・ 身近な消火用水、貯水施設の整備（雨水タンク等）

b) 実現に向けた課題

上記対応の実現に向けて、技術的課題としては、延焼

実態や被災者の滞留場所をリアルタイムで把握し、情報提供を行うための技術の確立や土地利用適正化のための計画策定および規制・誘導のために必要な技術の確立が求められる。一方制度面においては、立替を促進するための制度や、土地の集約化を促進するための制度に加え、地域コミュニティを確保するための制度の確立が必要である。

4.おわりに

(1) 本研究の成果

首都直下型地震に対して、首都圏を対象に「地震発生直後に助かった命をインフラで守り通す」ことを目的に、事象別・場所別観点から、現状の課題とその対応策についてのメニューを提案した。なおメニューについては実現性を確認するために、行政関係者、道路管理者等へのヒアリング等を行いながら、ケーススタディを実施し、各観点における防災力向上に向けた提案とした。

(2) 今後の課題

今後は、行政担当者との勉強会による意見交換も行き、最終的には、プロジェクトとして実施可能なレベルの提案を検討する。提案する内容にあたっては、将来的に参画プロジェクトの運営管理までを踏まえたものに加えて、平常時のルール、技術活用を含めて民間企業が広く参画できる仕組みの検討を進めたい。

謝辞：本項は、道路都市再生部会（WG1）国土強靱化・防災WGにて行った研究成果の一部である。分野別に検討を行っていただいた合計8つのリーダー（以下）及び全てのWGメンバーに感謝の意を表す。

火災：胡内健一（日本工営）

建物被害：五十嵐安雄（大成建設）

情報途絶：西坂淳（長大）

要支援者：山口大輔（建設技研）

インフラ途絶：薦田敏郎（鹿島建設）

幹線道路：笠井巖祐（建設技研）

交通結節点：馬越正純（リエンタルコンサルツ）

木密：瀧上隆也（熊谷組）