

3.1 都市防火研究と災害調査 ―平成 28 年糸魚川市大規模火災調査報告―

(都市研究部長 佐藤 研一)



皆さん、おはようございます。都市研究部の佐藤でございます。きょうは一日、どうぞよろしく願いいたします。

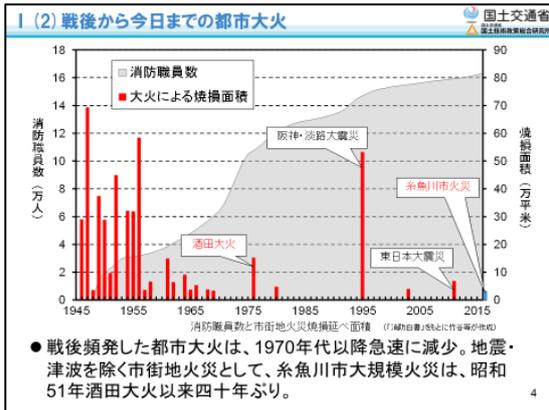
私からは、ご覧の都市防火研究と災害調査についてご紹介させていただきたいと思えます。朝一番ですので、少し楽にしてお聞きいただきたいと思います。



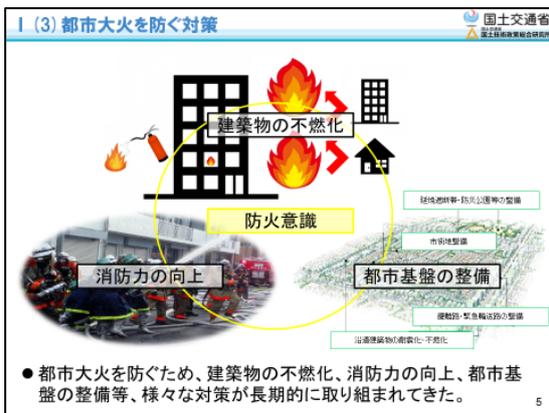
話の構成ですが、初めに都市防火研究と災害調査について、これまでの活動のごく一部をご紹介して、それから平成 28 年、昨年の糸魚川火災の調査報告、最後に今後の復興支援と大震災対策について取り組み事例を少しご紹介していきたいと思えます。



昨年起こった糸魚川火災です。上空からの映像です。左側のほうに北陸新幹線の糸魚川駅が見えますけれども、その駅前から右側の日本海に向かって、煙と炎が広がっているのがわかると思えます。



皆さんご存じだと思いますが、この規模の火災というのは久しぶりで、阪神・淡路大震災や東日本大震災といった地震時の火災を除く火災としては、昭和51年の酒田大火以来、実に40年ぶり。ということで、今回の火災は、条件によっては今でも全国どこでも大きな火災が起こるという警告になったと思います。



これまで大きな火災が減ってきたのは、人々の防火意識が一番背景にあるわけですが、ここにあるように、消防、あるいは建築、都市でのさまざまな取り組みのおかげだと思っています。

今後も都市大火を防ぐ対策は、国が地方や民間や住民と一緒にやって取り組んでいかなければいけない重要な政策だと思っています。

I (4) 国総研研究方針

国土技術政策総合研究所 研究方針（平成29年11月1日）

国土技術政策総合研究所の使命
住宅・社会資本分野における唯一の国の研究機関として、技術を原動力に、現在そして将来にわたって安全・安心で活力と魅力ある国土と社会の実現を目指す

基本姿勢

根幹となる活動

- 国土交通政策の企画・立案、普及を支える研究開発
- 災害・事故対応への高度な技術的支援と対策技術の高度化
- 地方整備局等の現場技術力の向上を支援
- 政策形成の技術的基盤となるデータの収集・分析・管理、社会への還元

● 国総研の活動の柱：①国土交通政策の技術的裏付け、②災害支援、③技術相談・技術指導、④基礎的共通基盤の管理

● 災害調査を典型として、社会から直接、間接に提起される様々な要請が、国総研にとって研究の活力の源泉。

国総研では、先ほど所長からも紹介がありましたように、国の政策の技術的な裏づけや災害支援、それから現場への技術指導などを行っています。

ご紹介する都市防火研究、災害調査についても、国総研にとっては、旧建設省の建築研究所時代からずっと続く、非常に重要な研究テーマだということをご理解いただきたいと思います。

I (5) 昭和51年酒田大火現地調査

● 昭和51年10月29日夕刻、酒田市の繁華街から出火した火災は、風速10m/秒以上の風の中、22.5haに及ぶ大火となった。

● 建設省建築研究所(当時)は、10月31日より11月3日の間、所員を派遣して調査に当り、さらに追加調査を4回にわたり実施。火災拡大過程などを速報として公表。

ここで事例を2つほどご紹介したいと思います。はじめに昭和51年の酒田大火です。証言にあるとおり、火の粉が猛吹雪のように飛んだとあります。当時の建設省の建築研究所は、火災の翌日には現地に入って、右側にあるような延焼がどのように広がったかという状態を調べて報告したということです。

I (6) 初期の都市大火延焼シミュレーション

● 火災研究の蓄積、電子計算機の発達に伴い、経験則をベースに、都市大火を電子計算機内で描写するモデルを開発。
 ● 酒田大火をモデルに延焼シミュレーションを用いた分析が試みられ始めた。

当時、ようやく電子計算機が発達してきて、建築研究所でも延焼シミュレーションを開発したようです。酒田の現場の市街地データを入れて、延焼シミュレーションをやってみたのですが、やはり当時はまだ研究が十分でなかったため、延焼がうまく表現できなかった。右側にありますが、どんどん広がって、なかなかうまく再現できなかったようです。

I (7) 平成7年阪神・淡路大震災現地調査

● 平成7年1月17日早朝、兵庫県南部で発生した地震によって、建築物・家屋の倒壊や市街地火災が各地で発生。
 ● 地震発生翌日から現地調査。都市を広幅員道路等の「延焼遮断帯」で区画する「都市防火区画」の有効性を確認した一方、区画内部の密集市街地の火災危険性が明らかに。

それから、もう1つの事例は、平成7年の阪神・淡路大震災です。各地で市街地火災が発生しました。建築研究所は、ここでも地震の翌日から現地に入って、地図の黒いところですが、道路などの延焼遮断帯はうまく機能したのですが、道路の中の密集市街地が燃えて、区画内部の密集市街地の危険性が明らかになったということです。

I (8) 建築研究所の火災風洞実験施設

● 建物内の小さな火災が都市防火区画内の市街地火災に、さらに区画を越えて都市大火に拡大する過程をより精度高く予測するため、風と火災の関係を解明する火災風洞実験施設を整備。

そこで、平成10年に建築研究所の敷地内に火災風洞実験施設を新たに建設して、さまざまな実験を重ねて、それをもとにシミュレーションを大幅に改良して、かなり精度の高いシミュレーションを開発しました。

こうした都市防火研究と災害調査は、現在も国総研、それから独法の建築研究所に続く非常に重要な研究であるということをここでご理解いただければと思います。

II 平成28年糸魚川大規模火災調査報告

国土交通省
国土技術政策総合研究所 国立研究開発法人建築研究所が共同で実施 平成29年7月公表
国総研 都市防災・防火基準 建築研究所 防火研究・住宅・都市研究の5人チーム
(報告書 <http://www.niiim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0980.htm>)

- [1次現地調査]** 平成28年12月25・26日
 - 国土省住宅局の派遣要請により、延焼拡大・抑止まり要因検討のための基本的情報収集を目的に、調査を実施 平成29年1月速報公表
- [2次現地調査]** 平成29年3月6・7日
 - 現地消防本部と住民へのヒアリング調査を実施
- [火災時の映像・画像等に基づく延焼状況の推定]**
 - 火災当時の映像・画像の収集・分析を行い、各建物への延焼時刻や延焼方向、飛び火した可能性のある建物を特定
- [飛び火に対する抵抗性の検証実験]**
 - 瓦の隙間に侵入する火の粉の形状・大きさを木片散布実験で確認。火の粉が屋根下へ着床し燃え掛けるかを飛び火実験で確認
- [市街地火災シミュレーションによる延焼性状の推定]**
 - 現行法令で求められている防火性能を確保した際の延焼性状を把握

11

ここからは本題の糸魚川火災に入ります。国総研と今、国立研究開発法人になった建築研究所が共同で5人のチームが調査して、この7月に報告書を発表しています。その内容をご紹介しますが、大きく1次現地調査、2次現地調査、それから画像映像分析、飛び火実験、最後に延焼シミュレーションの5つの順番でご紹介したいと思います。

II (1) 1次調査 ①火災の概要

国土交通省
国土技術政策総合研究所

[日時] 出火 12月22日(木) 10時20分頃
 発知 12月22日(木) 10時28分
 鎮圧 12月22日(木) 20時50分
 鎮火 12月23日(金) 16時30分

[焼損棟数] 147棟
 (全焼120棟 半焼5棟 部分焼22棟)

[焼損延べ床面積] 30,412㎡

[負傷者] 17人(一般2人 消防団員15人)
 ※中等症1人、軽症16人

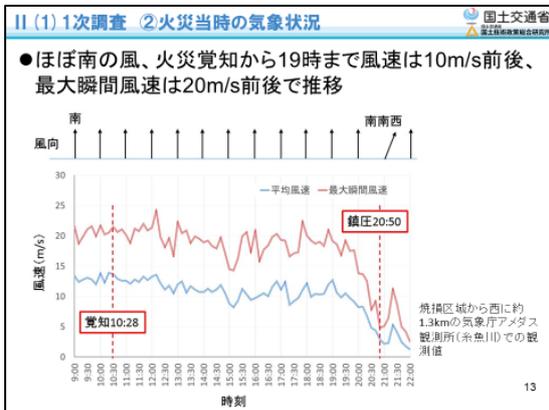
[避難動向] 12月22日(木) 12時22分
 ~本町、大町2丁目(273世帯 586人)
 12月22日(木) 16時30分
 ~大町1丁目(90世帯 158人)
 ※12月24日(土) 16時00分に解除

(出典) 糸魚川市消防本部資料



12

火災の概要ですが、火災は2日にわたって燃えて、建物で147棟、それから延べ面積で3万平米を焼いたということです。



当時の気象状況ですけれども、糸魚川では地名をとって焼山おろし、姫川だしと呼ぶ強い冬の南風が吹いていて、フェーン現象が起こっていたということです。

II (1) 1次調査 ③地区の状況

● 明治44年(1911年)、昭和3年(1928年)、昭和7年(1932年)に大規模火災があった - 今回の焼損区域は、昭和7年の焼損区域にほぼ含まれる

● 昭和35年(1960年)に今回の焼損区域を含む地区を準防火地域に指定(1968年に追加指定) - 屋根・外壁・開口部に規制

現在の準防火地域の範囲と焼損区域

凡例
 ■ 準防火地域
 ■ 焼損区域(平成28年)
 --- 焼損区域(昭和7年)

14

か外壁、窓などの開口部に防火規制がかかっています。

被災地区の概況ですけれども、古くから加賀街道の宿場町として栄え、今も雪国に特徴的なアーケードのような雁木ですとか、あるいは酒蔵、老舗割烹が残っていた場所です。

過去にもたびたび火災があって、今回の火災は直近では昭和7年の区域と重なっていますので、昭和7年直後に建てられた建物がかんたたくさん残っている地区でした。昭和35年には準防火地域指定されて、その後の建物については屋根と

II (1) 1次調査 ④市街地・建物被害状況

⑩金融機関建物屋上から撮影

県道西中・糸魚川線の幅員は10m程度

屋上のシート防水層に火の粉による溶融箇所多数

15

現地に入った1次調査ですけれども、燃え残った建物とか焼け止まり線を確認したほか、固い建物の上へ上がって市街地の被災状況などを確認しています。

II (1) 1次調査 ⑤火の粉

● 火の粉とみられる燃えさし、火災当時に風で飛散したと推定されるもののサンプルを現地で無作為に採取

⑩金融機関建物屋上

火の粉の着床による防水シートの補修跡や、火の粉によって溶融した防水シート

⑪酒類製造建物裏庭

5cm 5cm 10cm 14cm

16

それから、屋上では火の粉で溶けたとみられる屋上防水シート、地区の内外からは下にあるような火の粉とみられる燃えさしを採取しています。



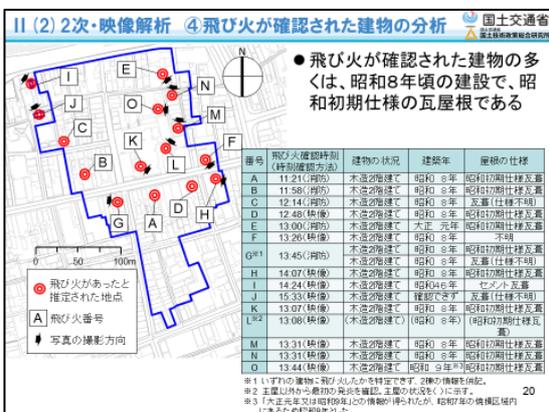
ここから2次調査と映像解析について説明します。現地で消防、住民や業者さんからどんな状況だったかをヒアリングする、あわせて地元のテレビ局などの映像を収集して、それらを総合して、火がどのように広がったか、あるいはいつごろ、どういう建物に移ったかを分析しました。



その例の1つですけれども、左側の映像で延焼している地区からちょっと離れたところの建物の屋根の上から煙が起っています。実際、鎮火後にその建物を確認したところ、やはり棟木のあたり、屋根の上に燃えた跡が残っていたので、これをもって飛び火があったと判定している例です。



そういった解析をさまざまやってまとめたのが、この市街地延焼動態図。いつごろ、どのように火が広がったか、それと飛び火がどうであったかというのを調べたもので、現地の消防が10棟飛び火を確認していたのですが、国総研でさらに5棟追加して、飛び火があったと判定しています。



今説明した飛び火があった建物をさらに分析すると、木造の建物で昭和7年の大火直後に建てられた建物が多い。さらにもう1つ特徴的なことは、屋根が昭和初期のままだったということで、この2つの特徴が明らかになりました。

II (3) 2次調査・実験 ①飛び火要因(瓦屋根の仕様)

●糸魚川市における、昭和初期に建設された建物の瓦屋根の標準仕様(昭和初期仕様)と、現代の瓦屋根の標準仕様(現代仕様)について、現地調査及び全日本瓦工事業連盟にヒアリングを実施。

野地板	昭和初期仕様 糸魚川 巾3寸厚12mm目透し	現代仕様 屋根標準施工 構造用合板・【野地板】
防水層	【巻木羽 杉3mm】/杉皮	アスファルトルーフィング/ 【高分子系下葺材】
瓦	地場産(古い能登瓦) 49判(49枚/坪)	工業製品化 53A JIS規格判(53枚/坪)
留付け	銅線縛り(瓦尻は瓦棧に 不載)	引掛け瓦棧、釘留め
棟葺土	【葺き土】/モルタル	南蛮漆喰

※【】は、仕様が複数ある場合に、試験体で用いた仕様

昭和初期仕様 現代仕様

昭和初期仕様の瓦屋根では、瓦のねじれや寸法の不揃いに伴って指1本が入るほどの隙間が多数見られた

昔の屋根と今の屋根はどう違うかということと比較、調査したところ、下の写真にあるように、昔の瓦というのは、今の工業化製品の瓦と違って、寸法がまちまち。反りがあったりして、瓦と瓦の間に少し隙間がある状態になっています。

それだけではなくて、瓦の下地板ですとか、あるいは防水層も今よりも防火性とか耐久性に劣る点がみられる。

II (3) 実験 ②実験に用いた試験体

●昭和初期仕様と、現代仕様の試験体を作成
<昭和初期仕様> <現代仕様>

ということで、昔の瓦屋根が飛び火の1つの原因であったのではないかということを検証するために、試験体をつくって実験することにしました。昔の瓦と今の瓦、葺き方も昔の形と今の形で作って実験をしたということです。

II (3) 実験 ③木片散布実験

●家屋に火の粉が降積する状況を想定し、火の粉を木片で代替して瓦屋根への火の粉の侵入状況を検証するための実験を実施
●現代仕様の瓦下に侵入した木片体積は、昭和初期仕様の3~4%

風 5m/s 又は 10m/s

ロープで籠を引き上げて木片を放出

まず、火の粉で実験する前に、予備実験として、屋根の上から小さな木片を飛ばして、その木片が瓦の隙間から下に入り込んでいくかという実験をしたところ、現代の瓦はほとんど入らなかったのに対し、昔の瓦は結構たくさん入ったということでした。

II (3) 実験 ④火の粉による出火実験

●風上より火の粉を吹き付け、屋根下地への火の粉の着床及び燃え抜け状況について実験により確認

風速は5m/sと10m/s(火災当日の平均風速に概ね相当)で実施

昭和初期仕様および現代仕様の瓦屋根の2種類で実施

その上で本実験の火災風洞実験をこういう形で行ったということで、ビデオをちょっとご覧いただきたいと思います。



手前の木材が燃えているところから、火の粉が屋根の上に飛んでいって降り積もっている。これは昔の瓦なのですが、隙間に結構入っています。屋内からみると、下地に燃え移って、こういう形で屋根裏に燃え広がるという現象が見られました。

II (3) 実験 ⑥ 実験結果

昭和初期仕様

昭和初期仕様◇
 ・昔の瓦は反りが大きく、重ね部に生じた隙間より火の粉が侵入しやすい。
 ・一旦、屋根下地に侵入すると、防水層が燃えやすく容易に屋内延焼する。

13	38	36	28	49	21	30	275
4	16	26	27	24	27	32	148
9	11	19	19	28	10	10	83
2	9	12	12	23	35	35	111
4	12	12	12	12	12	12	98
9	9	9	9	9	9	9	69
9	9	9	9	9	9	9	61
9	9	9	9	9	9	9	70
9	9	9	9	9	9	9	61
9	9	9	9	9	9	9	15

下地の焦痕 計932

◇現代仕様◇
 ・瓦上部に堆積して燃えるだけで、屋内へは延焼しない。
 ・屋根下地での焦痕数の比較では、現代仕様では約1/80に減少。

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	2
0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	3
0	0	0	0	0	0	0	2
0	0	0	0	0	0	0	2
0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0

計11

26

これは、昔の瓦と今の瓦の比較ですけれども、昔の瓦屋根では屋根裏に燃え移ったのですが、現代の瓦屋根では燃え移らずに、瓦をはがした後の下地の燃え跡をみても、随分数が少ないという結果になっています。この実験によって、飛び火が多かった理由の1つとして、昔の瓦があったのではないかという仮説が成り立ったのではないかと思います。

II (4) シミュレーション ① 延焼拡大要因(建物の防火性能)

● 焼損範囲は準防火地域内であったが、古い建物が多く、準防火地域の木造建物に必要な性能を有していない建物が混在(推定)

市街地①: 再現市街地

構造	建物棟数	
	データ作成範囲	赤枠内
耐火	17	7
準耐火	40	22
防火構造	91	56
裸木造	202	121
計	350	206

既存不適格: 準防火地域指定前に建てられた現行基準に適合しない建物

市街地②: 裸木造を全て防火構造に変更
 外壁、軒裏、窓など開口部に防火措置

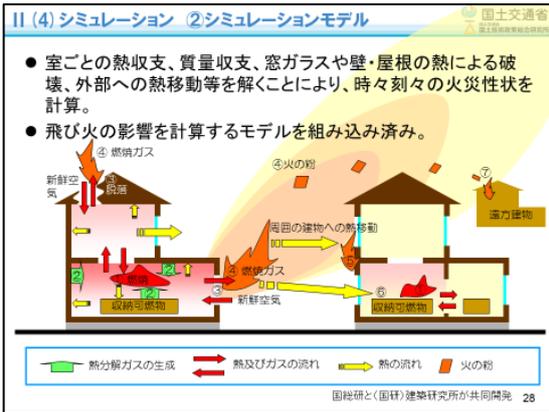
市街地③: ②+屋根も現代仕様に変更
 昭和初期仕様の瓦を現代仕様の瓦に変更

27

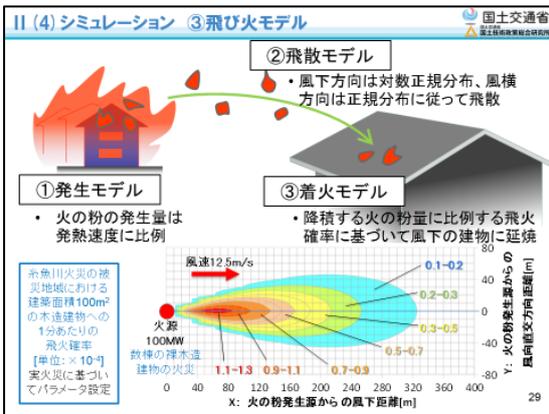
その上でさらに、建物の外壁とか屋根、今、瓦の話もしましたが、そういった建物の外皮の防火性能が市街地の延焼拡大にどう影響するか、これは実験では調べることができないので、シミュレーションでやってみました。

当時の市街地の状況を再現したものと、昔の木造建物を今の基準に合わせた形での市街地、それからもう1つ、瓦屋根も現代の瓦に葺きかえた市街地の3つのタイプのデータを入れて、シミュレ

ーションしました。



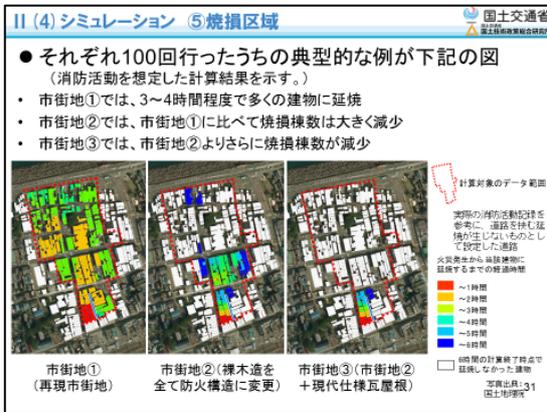
シミュレーションモデルは、建物の外壁とか屋根の違いも反映して精緻にできる最新の高度なモデルで、火の粉もモデル化しています。



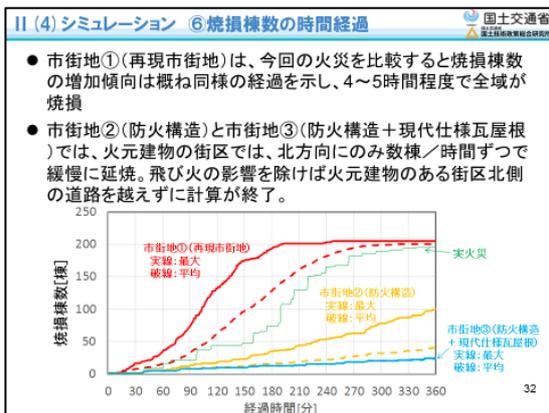
火の粉については、今回の実験や調査の結果に基づいて、発生、それから飛散、屋根に燃えつく着火までを、確率的に表現するモデルを組み込んでやっています。



これがシミュレーション動画ですけれども、海の方から見たものです。速いのですが、駅前の方からばらばらに火が燃え移っていることがわかって、飛び火があったというシミュレーションになっています。



それを3つの市街地で比較したのがこれで、再現市街地ではやはり3、4時間で燃えたのに対して、規制をした場合には、範囲が狭まって、それから時間もゆっくりになった。それで、さらに瓦も現代瓦に変えたシミュレーションでは、火元の街区だけに火災がおさまっているというシミュレーション結果になっています。



それから、これはシミュレーション結果を時間経過でみたものですが、赤い点線が再現市街地で 100 回シミュレーションした結果の平均値で、実火災は緑色になりますが、それとはほぼ合っているということで、シミュレーションの結果はかなり精度が高いということがわかってと思いますし、②や③の市街地は随分と燃える数が減っているということがわかります。

結論的にいえば、今回の調査報告は、準防火規制の有効性がある程度検証できたということと、規制だけではやはり十分ではなくて、住民の自主的な建物の維持、管理、改修が非常に重要だということがわかったのではないかと思います。

結論的にいえば、今回の調査報告は、準防火規制

III (1) 復興支援 ① 災害に強いまち

● 歴史や伝統を継承する復興まちづくり

- 様々な市街地特性などを適切に条件化することや、空地や高幅員道路の確保、延焼遮断帯の整備等の効果を含め、引き続き検討することが重要

残り時間も少ないので、最後に復興支援と大震災対策についての事例をご紹介します。残りの時間、復興支援と大震災対策についての事例をご紹介します。

糸魚川市では8月に復興計画を策定しています。雁木のまちづくりなどが内容になっていますので、引き続き国総研としてはシミュレーションなどを活用して支援してまいりたいと思っています。

III (1) 復興支援 ② にぎわいのあるまち・住み続けられるまち

● 既存建物の有効活用による地域活性化や観光振興

- 建築物の用途変更や改修を円滑化するため、防火・避難規定や立地規制の合理化に向けた技術開発を実施

それから、全国各地で既存の建物の有効活用による地域活性化や観光振興といった動きがあります。糸魚川もそうですけれども、高齢化などの同様の課題を抱えている全国の都市に対して、国土交通省の総プロという事業の中で、建物改修、用途変更を円滑化するような技術開発も行っています。

III (2) 大震災対策 ① 密集市街地の脆弱部分対策

国土交通省
国土総合政策研究センター

- 首都直下地震や南海トラフ地震等の大震災に備えた対策の検討
- 密集市街地の防災面での脆弱部分と大きな被害をもたらすおそれのある新たな災害事象について、効果的な対策とその効果を明らかにする

事項立て「地震時の市街地火災等に対する都市の脆弱部分及び防災対策効果の評価に関する研究」(平成26年度～28年度)

① 実験データの取得
② シミュレータの機能追加・向上
③ 密集市街地の実測調査
④ 市街地データ構築
⑤ シミュレーションによる脆弱性の評価
⑥ シミュレーションによる対策効果の評価

35

大震災対策ですけれども、密集市街地対策ということで、延焼シミュレーションのほかに避難シミュレーションもありますので、それらを使って、現場で求められる、より即効的な対策の検討手法を提案しています。

III (2) 大震災対策 ② 救急救命対策、避難対策

国土交通省
国土総合政策研究センター

- 首都直下地震や南海トラフ地震等の大震災に備えた対策の検討
- 大規模市街地火災を想定して、緊急輸送道路や広域避難地の安全性等を検証する

事項立て「地震火災時の通行可能性診断技術の開発」(平成29年度～31年度)

同時に評価する領域の座標や位置の特定や燃焼量の算出方法を開発

応急避難の構造・高さ・立地等に寄って、地震火災時に於ける通行可能性診断技術を開発

安全な広域避難地を計画する為の、大震災時の発生予測

科研究「関東大震災で大きな被害をもたらした巨大火災旋風の現代の市街地での発生可能性」(平成29年度～32年度)

36

それから、最後、地震時の同時多発する大規模市街地火災を想定して、緊急輸送道路や広域避難地の安全性なども検証するような研究も現在行っているところです。

以上、国総研として引き続きさまざまな研究を行って、現地のニーズに応え、国の政策に応じていくということで、私の説明を終わりにしたいと思います。引き続きご指導ご協力よろしくお願います。どうもありがとうございました。

—了—

