

巨大地震に備えた 消防防災研究の方向性(その1) —東日本大震災の火災被害を踏まえて—

松原 美之 浦島 邦子

概 要

2011年3月11日に発生した東日本大震災は未曾有の被害をもたらした。震災直後に総務省消防庁長官は、阪神淡路大震災での広域応援の必要性の認識を踏まえて整備された緊急消防援助隊の出動指示を初めて20都道府県に対して行った。緊急消防援助隊の延べ派遣数は、6月6日までの88日間で、44都道府県の712消防本部から3万人を超え、全国の消防職員の約5分の1が、岩手県、宮城県、福島県、茨城県、千葉県、新潟県等の全部で8県において応援活動を実施した。消防庁では、消防研究センターにより火災等の被害の現地調査を行った。火災等の調査では、ヒアリング調査、空撮映像分析、危険物施設の津波による被害等を整理した。これらの調査結果から、安全な社会の構築に向けて、意思決定に有用な情報技術の開発、延焼要因の解明と防火対策、消防・救助活動のための技術開発、津波対策に関する研究開発、防災に関する技術開発などといった推進が不可欠であることが示された。

キーワード：防災，消防，東日本大震災，地震，火災，津波

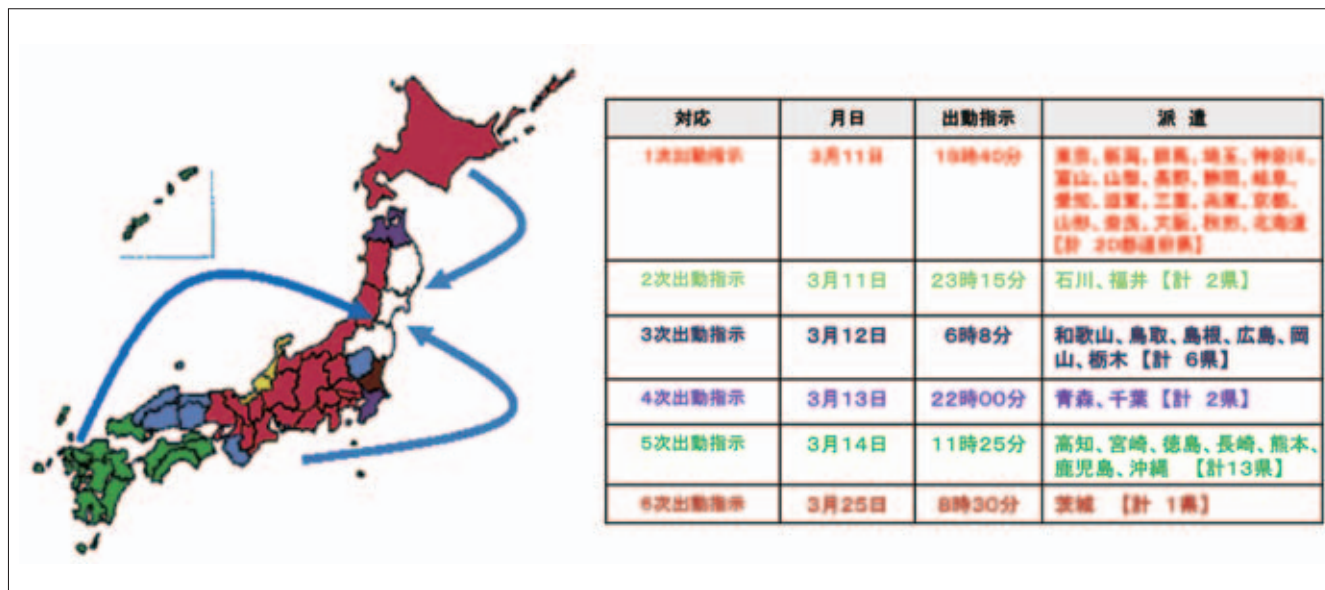
1 はじめに

2011年3月11日に発生した「平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震」は、我が国観測史上最大のマグニチュード9.0となり、東日本大震災と命名される未曾有の被害をもたらした^{1~5)}。震度6弱以上を観測した地域が8県にまたがり、うち数県では通信網に支障をきたし、さらに広い範囲で津波警報が発表されていたことから、総務省消防庁長官は3月11日15時40分、20都道府県に対して緊急消防援助隊の出動指示を行った。緊急消防援助隊は、阪神淡路大震災での広域応援の必要性の認識を踏まえて整備された制度で、新潟県中越地震をはじめ多くの大規模災害時には活用されてきているが、消防庁長官の出動指示権（消防組織法第44条第5項）が行使されたのは、2008年の制度発足以来、初めてのことである。今回の震災は、それほど被害の甚大さが当初から予測されたということである。緊急消防援助隊の1日の最大派遣数は

1,912隊7,035人にのぼり（3月18日）、最終的には6月6日までの88日間、44都道府県の712消防本部から延べ3万人を超える消防職員（全国の消防職員の約5分の1）が、岩手県、宮城県、福島県、茨城県、千葉県、新潟県等の8県において緊急消防援助隊による応援活動を実施した⁶⁾。これらの概要を図表1に示す。

本災害の経験を通じて、防災に関する多くの課題が見出された。本号から数回にわたり、今回の震災が提起した防災の科学技術のうち、特に消防に関連した課題を整理・概観し、改訂された消防防災科学技術に関する戦略プランについて概説する。さらに、近い将来発生が危惧されている巨大地震などに備えるための消防防災研究のあり方について提言する。

図表1 全国各地からの緊急消防援助隊の派遣状況



出典：参考文献6を基に科学技術動向研究センターにて作成

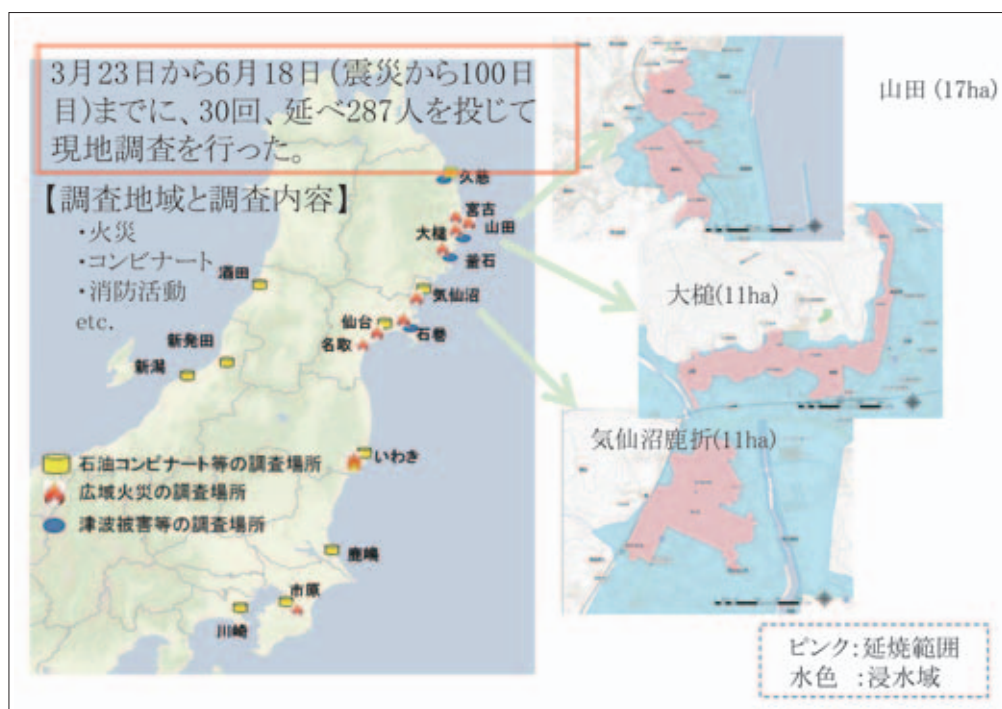
2 消防の視点からみた東日本大震災の現状

2-1 火災被害の現地調査

消防庁消防研究センターは、応急対応が一区切りした3月23日から「火災被害」、「コンビナート

被害」、「その他および消防活動」の現地調査を開始した。6月18日（震災から100日目）までの間だけでも、30回、延べ287人を投じて現地調査を行った。調査は、日本火災学会、東京大学、東京理科大学、危険物保安技術協会等、関連する各機関団体と協力して実施された。図表2は消防研究センター等が現地調査を行った地域の概要である。調査結果は、ウェブサイトで公開されている^{1)、6~10)}。

図表2 消防研究センターが現地調査を行った地域



出典：参考文献8を基に科学技術動向研究センターにて作成

2-2 火災被害の面積

大規模な延焼火災が発生した殆どの地域について、延焼範囲の記録、出火・延焼・消防活動に関するヒアリング調査を実施した。図表3は阪神淡路大震災と比較した延焼状況を示しているが、阪神淡路大震災時の最大延焼面積を記録した水笠西公園周辺の2倍に近い面積の延焼火災が山田町では発生

していたこと等、大規模な延焼火災が多く地域で発生していたことがわかる。それぞれの延焼火災地域について、延焼境界線をGPSにて計測し記録していった。

図表4は、山田町の延焼火災の全体写真と延焼範囲を例示している。このように、後世の分析に資することを旨として、全調査地域についての記録が残され、消防研究センターのウェブサイトで公開されている。

図表3 火災延焼範囲の面積（阪神淡路大震災との比較）

東日本大震災		阪神淡路大震災	
地区名	面積(m ²)	地区名	面積(m ²)
野田村	500	須磨区 太田中学校北	4,000
大槌町 大槌小付近	116,000	須磨区 太田中学校南	7,000
大槌町 赤浜地区	14,000	須磨区 大田四丁目	1,000
宮古市 田老地区	40,000	須磨区 横綱ビル	2,000
山田町 陸中山田駅・役場前	170,000	須磨区 千歳小公園周辺	14,000
気仙沼市 鹿折地区	110,000	長田区 高橋病院周辺	62,000
気仙沼市 二ノ浜地区	27,000	須磨区・長田区 西代市場周辺	34,000
気仙沼市 内の脇地区	38,000	須磨区・長田区 水笠西公園周辺	97,000
石巻市 門脇小付近	58,000	長田区 日吉町二丁目	3,000
石巻市 門脇三丁目冷蔵工場等	2,000	長田区 新長田駅南	35,000
石巻市 門脇三丁目12アパート	300	長田区 神戸デパート南	36,000
石巻市 門脇三丁目鉄工所	400	長田区 細田町四丁目	4,000
石巻市 蛇田地区	500	長田区 御船通二・三・四丁目	15,000
仙台市 宮城野区 川沿いの工場	8,800	長田区 川西通一丁目	3,000
仙台市 宮城野区 住宅	2,100	長田区 御蔵通五・六丁目	20,000
仙台市 宮城野区 アパート・工場	1,800	長田区 菅原市場周辺	45,000
仙台市 宮城野区 倉庫	2,400	長田区 東尻池七丁目	3,000
仙台市 宮城野区 駐車場での車両火災	2,200	兵庫区 会下山南	52,000
仙台市 宮城野区 倉庫火災	4,100	兵庫区 中道通六丁目	4,000
名取市 関上地区ホーム前	12,500	東灘区 魚崎北五・六丁目	10,000
名取市 関上地区平田橋	42,000	東灘区 青木駅南	6,000
いわき市 久之浜地区	18,400		
計	671,000	計	457,000

参考文献9を基に科学技術動向研究センターにて作成

図表4 山田町の延焼火災範囲



出典：参考文献8を基に科学技術動向研究センターにて作成

図表5は、石巻市門脇地区の火災について、延焼範囲と津波遡上範囲を重ねて地図上に描いた結果であるが、水陸の境界線周辺で拡大している様子が読み取れる。津波により家屋が破壊され発生した火災が、初期消火活動が困難な中で拡大したと推測できる。

2-3 火災被害の実情と原因

出火原因の全体像を把握することは未だ困難であるが、現地での目撃者から聞き取った情報が図表6のようにまとめられている。津波により海水をかぶった自動車や電力関係機器からの出火が、今回の震災で特徴的な出火原因像として浮び上がってくる。阪神淡路大震災時には、再通電火災が多数発生したが、今回は地震直後から多くの報道機関が再通電火災の危険性について注意を呼び掛けており、その結果、大きな被害にならなかったと予想される。

東日本大震災が起こった翌朝の新聞各紙は、「津波にのまれ町炎上。港の重油タンク火災、気仙沼住宅に延焼」と報じた。気仙沼市の大規模火災については、「石油タンクが津波で破壊され、その結果、市街地が火の海になったのだとしたら、対策を早期に検討すべき」との視点から、特に調査を急ぐ必要があり、早期から多くの人員が調査に投

図表5 火災範囲と津波遡上範囲（石巻市門脇地区）
薄赤網掛：延焼範囲、水色網掛：津波遡上範囲



出典：参考文献8を基に科学技術動向研究センターにて作成

入された。詳細は報告書⁶⁾によるとして、調査の結論を要約すると、「火災は海上を浮遊する固形物の燃焼であった」、「市街地で漏えい石油が燃焼した痕跡は確認できなかった」ということである。この結果は図表7に示すように、昼間に撮影された多くの空撮映像と火災現場の映像を重ね合わせ、位置特定を行った結果得られたものである。燃えている場所は、市街地ではなく、ほとんどが気仙沼湾内の海上であった。つまり炎上していたのは津波によって流された瓦礫であったことが判明した。

2-4 地震の経過時間と鎮火件数の関係

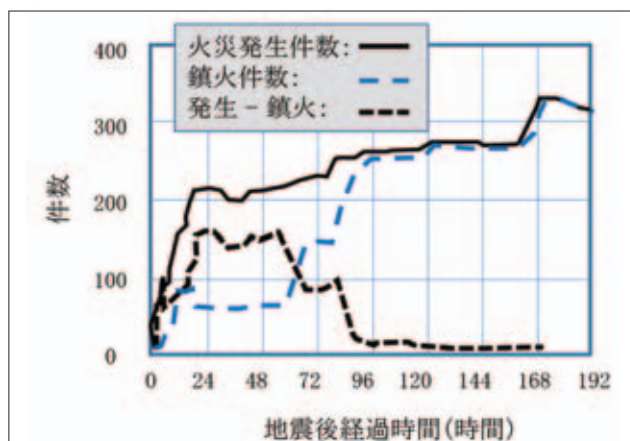
図表7は地震後の経過時間と鎮火火災の件数の関係を示している。地震発生後50時間までの間、鎮火される火災件数が発生する火災件数に対して低い比率の時間が継続した。これは、津波浸水地域での消防活動の困難性、援助部隊が未着などのために、地域の消防力により対応せざるを得ないこの期間を如何に短縮するか、また、限られた消防力で如何に有効に火災に対応するか、さらに分析と検討が求められる。

図表6 出火原因に関する現地で聞き取り調査結果

- (a) 津波で流されたガレキからの出火や燃えながら流されるガレキがあった。(山田町、石巻市、名取市)
- (b) 津波で流された自動車や一度海水をかぶった自動車からの出火があった。(山田町、気仙沼市、石巻市)
- (c) 一度海水をかぶった積算電力計等の電力関係機器が、電力が復旧したときに出火した。(気仙沼市、石巻市)
- (d) 津波に流された船からの出火があった。(大槌町、気仙沼市)
- (e) 現場調査において、出火場所付近のガレキの中に、焼損した給湯器、製品の一部と思われる灯油タンク、ストーブなどが見つけれられたが、出火原因かどうかの確認は得られなかった。

出典：参考文献9を基に科学技術動向研究センターにて作成

図表7 火災件数の地震後経過時間と火災件数



出典：参考文献10を基に科学技術動向研究センターにて作成

3 危険物施設等の被害について

千葉県市原市のコンビナートにある高圧ガスタンクの爆発炎上、仙台地区のコンビナートでの危険物施設火災などから、今回の震災で多大な危険物施設の被害が発生したのではないかという印象が強い。しかし、今回の東日本大震災時に危険物施設で発生した火災・流出事故の概要について消防庁が取りまとめたもの（図表8）に示すごとく、平常時であ

れば決して少ない数字ではないが、あの甚大な震災の被害の全体の中では決して大きな被害とは言えない。

図表9は東日本大震災における危険物施設の被害の地域ごとの特徴について整理したものである。日本海側、東京湾周辺で地震動による浮き屋根への被害が発生しているが、いずれも現行基準への改修の猶予期間中の施設であることが確認されており、現在の石油タンク基準を満たす石油タンクでは地震動による大きな被害は発生していない。

図表8 東日本大震災時に危険物施設で発生した、火災、流出事故概要

	地震による被害	津波による被害
火災	5件(全て一般取扱所) 《危険物に起因した火災は次の2件》 ・地震により破損した配管から流出した重油に引火し火災が発生 ・焼き入れ作業中に地震が発生し、焼き入れ油に着火し、火災が発生	36件(屋外タンク1、一般取扱所7、移動タンク28) 全て宮城県内の製油所で発生した火災によるもの
流出	79件 屋外タンク貯蔵所:27件(34%) ⇒浮き屋根・配管等の破損による流出 屋内貯蔵所:18件(23%) ⇒危険物容器の落下による流出 地下タンク貯蔵所:14件(18%) ⇒危険物配管の破損による流出 一般取扱所:13件(16%) ⇒危険物配管の破損による流出 給油取扱所:4件(5%) ⇒危険物配管の破損による流出 移送取扱所:3件(4%) ⇒危険物配管の破損による流出	106件 屋内貯蔵所:1件(1%) ⇒危険物容器が建物と共に流出 屋外タンク貯蔵所:92件(87%)⇒タンク本体や配管等が破損し、流出 屋内タンク貯蔵所:2件(2%) ⇒タンク本体や配管等が破損し、流出 地下タンク貯蔵所:2件(2%) ⇒ポンプ設備などが破損し、流出 屋外貯蔵所:2件(2%) ⇒ドラム缶などが流出 一般取扱所:4件(4%) ⇒配管やポンプ設備などの破損により流出 給油取扱所:1件(1%) ⇒配管などの破損により流出 移送取扱所:2件(2%) ⇒配管接合部からの少量流出
破損	1,235件 破損の被害は建築物や配管に多く発生	1,347件 施設全体に津波の被害が及んでいる

出典：参考文献9を基に科学技術動向研究センターにて作成

図表9 東日本大震災時の危険物施設被害の地域ごとの特徴

<div><h3>被害の特徴</h3><p>(1)太平洋側</p><ul style="list-style-type: none">・タンク・配管の浮上、移動、地盤・基礎の洗掘(タンク底板の破断)など、津波による被害が多く見られる。・やや長周期地震動(周期2秒から20秒程度の地震動)によるスロッシング(液面揺動)は小さく、浮き屋根の顕著な被害は見られない。・短周期地震動による側板座屈、浮き上がりなどの被害は見られない。・地盤の液状化が発生している。<p>(2)日本海側</p><ul style="list-style-type: none">・スロッシングによる浮き屋根のポンツーン(浮き室)破損、デッキ上への溢流被害が発生している。<p>(3)東京湾岸</p><ul style="list-style-type: none">・スロッシングによる浮き屋根沈没、デッキの割れなどやや長周期地震動による被害が多く発生している。・液状化が発生しているところもあるが、液状化対策のなされた地盤では認められていないようである。</div> <div><p>○調査の視点</p><ol style="list-style-type: none">1. タンク側板、床板、浮き屋根が受けた被害状況は消防法令の技術上の基準を見直す必要のあるものであるか2. 仙台地区の火災の原因3. 千葉県市原市のコンビナート火災の出火原因4. 巨大な津波が来襲した地区における危険物施設の被害の状況はどうであるか</div>
--

出典：参考文献8を基に科学技術動向研究センターにて作成

4 危険物施設の津波による被害

図表 10 は、今回の震災時に危険物施設が被った津波による被害を、津波の浸水深さとタンク許容量をもとに整理したものである。津波の浸水深が3 mより小さな場合には、タンク本体、配管ともに被害はないが、浸水深が増すに伴って配管が被害を受け始め、そして小さな容量のタンクから本体被害が及んでいる。その結果、大量の石油流出が、津波による配管の破損から引き起こされた教訓を踏まえ、津波浸水が危惧される地域に設置される大容量の石油タンクへの緊急遮断弁の設置などの対策が講じられることとなった。

5 まとめと提言 —東日本大震災が提起した課題—

東日本大震災では死者の9割以上が水死（火災による死者は全体の1%程度）であるなどの特徴があり⁵⁾ 津波による被害が大きかったことを示している。

東日本大震災は、甚大な被害を被った地域が著し

く広域であったことから、被災した地域の消防力だけで対応することは不可能であり、緊急消防援助隊の制度発足以来初めてとなる、消防庁長官の指示による派遣がなされた。しかし、支援の消防力を遠方から、速やかに、かつ、長期間にわたって派遣することを如何にして可能とするかの課題が審議会などの検討を経て明らかとなった。消防防災の科学技術においては、こうした課題を解決するために、次のような消防防災分野における科学技術上の重要課題が改めて浮き彫りとなった。

〔1〕意思決定に有用な情報技術の開発

極めて広域な地域が被災地となるような災害が発生した場合における早期かつ的確な被害推定および被害情報収集並びに応急対応に関する意思決定支援のための情報技術が必要である。

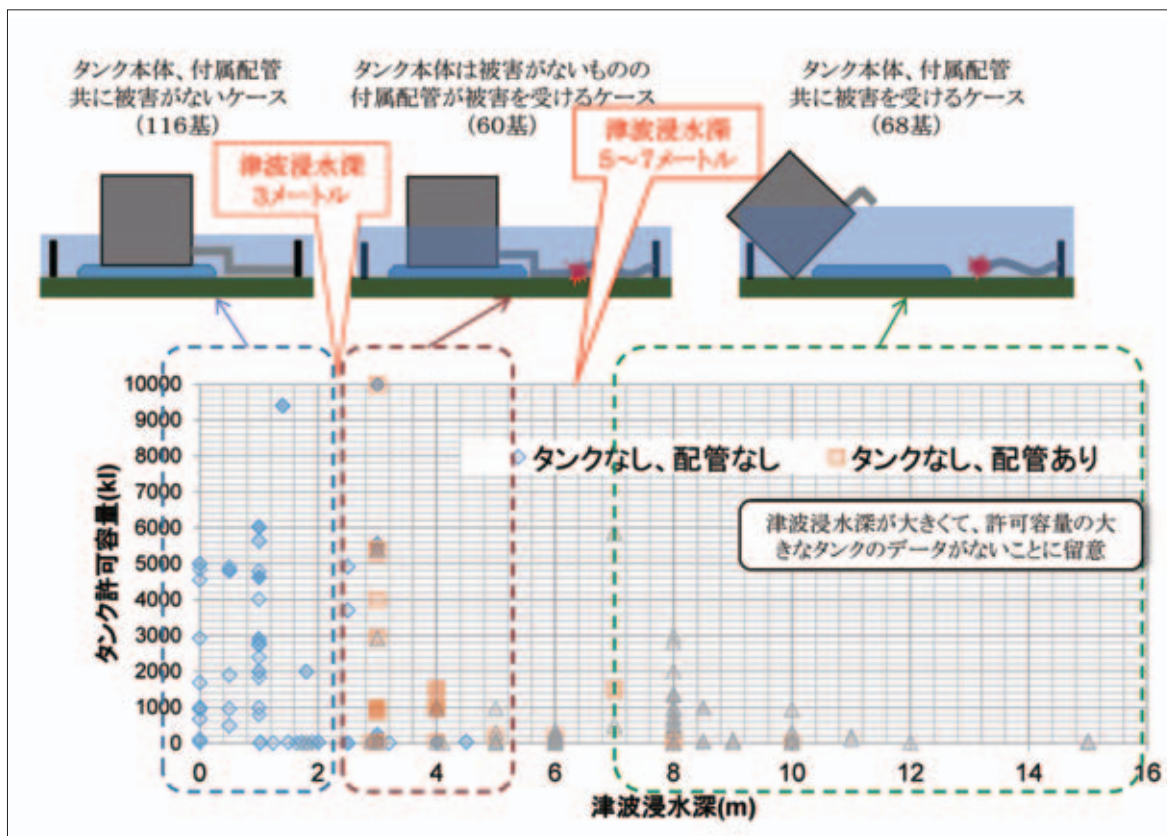
〔2〕延焼要因の解明と防火対策

津波浸水域で発生した大規模市街地火災の発生原因・延焼要因の究明と防火対策に関する知見を深めるための施策が必要である。

〔3〕消防・救助活動のための技術開発

水やがれきが滞留している津波浸水域における消防活動・救助活動を可能とする技術開発を推進すべきである。

図表 10 浸水深、規模と屋外タンクの被害形態



出典：参考文献9を基に科学技術動向研究センターにて作成

〔4〕津波対策に関する研究開発

石油コンビナートにおける地震・津波対策、特に津波対策に関する知見に関する研究開発が今まで以上に重要である。

〔5〕防災に関する技術開発

震災後発生するがれきなど堆積物の火災予防対策に関する知見と消火技術の開発と研究が必要である。

東日本大震災における被害や活動等を踏まえ、

ハードとソフトの両面から更なる防災への取り組みが必要である。特に今後、確実に我が国が迎える高齢化社会への対応や、老朽インフラの再構築なども、防災を念頭において、計画、実施されるべきである。そして、万が一起きてしまった災害被害をできる限り最小に食い止めるための科学技術をこれまで以上に推進する必要がある。我が国はこうした取り組みを通じて、世界でトップクラスの防災技術を目指すことが国際貢献につながり、さらには科学技術イノベーションに寄与できるであろう。

参考文献

- 1) 消防庁：東日本大震災記録集
http://www.fdma.go.jp/concern/publication/higashinihondaishinsai_kirokushu/
- 2) 防災科学技術研究所：平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）について
http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/topics/TohokuTaiheiyo_20110311/nied_kyoshin1j.pdf
- 3) 国土交通省：東北地方太平洋沖地震による土砂災害発生状況
<http://www.mlit.go.jp/river/sabo>
- 4) 首相官邸：平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）について
<http://www.kantei.go.jp/saigai/pdf/201305281700jisin.pdf#search='%E5%AE%98%E9%82%B8+%E6%9D%B1%E5%8C%97%E5%9C%B0%E6%96%B9%E5%A4%AA%E5%B9%B3%E6%B4%8B%E6%B2%96'>
- 5) 警察庁：東北地方太平洋沖地震による死者の死因等について【3/11～4/11】、平成 23 年 4 月 19 日
- 6) 消防庁：平成 23 年版消防白書
<http://www.fdma.go.jp/html/hakusho/h23/h23/index.html>
- 7) 消防庁：平成 24 年版消防白書
<http://www.fdma.go.jp/html/hakusho/h24/h24/index.html>
- 8) 消防研究技術資料第 82 号 平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震の被害及び消防活動に関する調査報告書（第 1 報）
http://nrifd.fdma.go.jp/publication/gijutsushiryo/gijutsushiryo_81_120/files/shiryo_no82.pdf
- 9) 第 15 回消防防災研究講演会資料（平成 24 年 1 月）
http://nrifd.fdma.go.jp/publication/gijutsushiryo/gijutsushiryo_81_120/files/shiryo_no82.pdf
- 10) 第 16 回消防防災研究講演会資料（平成 25 年 2 月）
http://nrifd.fdma.go.jp/publication/gijutsushiryo/gijutsushiryo_81_120/files/shiryo_no82.pdf

消防防災に関する科学技術動向 ―消防防災領域でのイノベーションを目指して―

松原美之、浦島邦子

http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/stfc/stt078j/0709_03_featurearticles/0709fa03/200709_fa03.html

消防防災に関する科学技術動向 ―安心・安全を目指す科学技術の特性と方向性の考察―

松原美之、浦島邦子

http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/stfc/stt048j/0503_03_feature_articles/200503_fa02/200503_fa02.html

..... 執筆者プロフィール



松原 美之

科学技術動向研究センター 客員研究官

湯川秀樹を目指して京都大学理学部に進学するも、心変わりし、消防庁に就職して消防防災のための研究に従事することとなる。「石油類の着火原因としての静電気に関する研究」で、東京大学より工学博士を取得。典型的「理系人間」であるが、勤務する研究機関の独法化などの組織機構の変革の実務を経験し、理系と文系の「バイリンガル」を目指すことに。



浦島 邦子

科学技術動向研究センター 上席研究官

工学博士。日本の電機メーカー、カナダ、アメリカ、フランスの大学、国立研究所、企業にてプラズマ技術を用いた環境汚染物質の処理ならびに除去技術の開発に従事後、2003 年より現職。世界の環境とエネルギー全般に関する科学技術動向について主に調査中。