# 東日本大震災がもたらしたもの

### - 被害の特徴・教訓と今後の対処方策 -

株式会社工小日本技術開発 取締役 震災対策·復興企画統括 佐伯 光昭

## 1. まえがき

平成23年3月11日(金)午後2時46分に牡鹿半島東方沖約130kmを震源として発生した東北地方太平洋沖地震は、マグニチュードM9.0とわが国有史以来の最大規模のものであった。死者、行方不明者はおよそ2万3千人を超え、そのほとんどがこの地震により生じた巨大津波によってさらわれて命を落とした方々であった。加えて東京電力福島第一原子力発電所の第1号機~4号機の被害とそれに伴う事故がわが国初めての衝撃的な事態となり、その収束に向けた迅速な対処と周辺地域の住民避難や放射能汚染が深刻な社会問題となっている。

本文では、まず、この地震の特性とそれが原因となった東日本大震災の被災の概況と特徴を整理し、その構造を明らかにして教訓を浮き彫りにする。そして今後のわが国を巡る地震発生の危険性を踏まえた震災対策計画の課題と対処方策を指摘するとともに、この度の大震災で深刻な被災を受けた地域の復興計画や事業展開の基本的な考え方に言及する。

#### 2. 地震及び津波と被害の概況

#### (1) わが国の地震環境と被害地震の発生状況

改めて地球規模でのわが国の地震環境を考えてみよう。図1<sup>1)</sup> に示すようにわが国は太平洋、フィリピン海、北米およびユーラシアの4つの表層地殻を構成するプレートが界合する世界でもまれな地球の営力の影響を強く受ける位置にあり、全世界の年間地震エネルギーの約10%が日本周辺に集中するものと考えられている。太平洋プレートやフィリピン海プレートは年間2~3cmの速さで東方や南方から日本列島に向かって押し寄せており、それが北米プレートやユーラシアプレートの上に浮かぶわが国土にストレスを生じさせ、それが世界でも有数の大地震の頻発地域にさせている原因となっているのである。

理科年表<sup>2)</sup> の地震カタログによれば,416年以来、今日まで420回余、わが国のどこかに被害を

もたらした地震が発生している。また、江戸幕府が開かれて以来、約410年の間に350回余の被害地震が生じており、約1年2カ月に1回の割合で国土のどこかで被害を伴う大きな地震が生じていることになる。これら地震の脅威にさらされている以上、国防とならんで地震災害の軽減が重要な国家目標でなければならないはずである。



図1 海溝型地震のメカニズム 1)

#### (2) 今回の地震と津波の概要

そのような中で、去る3月11日午後2時46分、 図 23) に示す宮城県牡鹿半島東方沖のおよそ 130km、深さ 24km を震源とする東北地方太平洋 沖地震が発生した。三陸沖の日本海溝沿いに北は 青森県沖、南は茨城県沖に達する南北 450km、東 西 200km という広大な震源域を有するわが国有 史以来最大のマグニチュード(以下、Mと略記) 9.0 の巨大地震であった。M9.0 級の巨大地震はこ の東北地方太平洋沖地震を含めて、表1に示すよ うに世界でこれまで6回しか発生していない。表 2には東北地方太平洋沖地震の各地の気象庁震度 の概要をまとめておく。震源域での断層のずれは、 上記の450×200=9万平方kmの広がりを有する震 源域で 20~40m 程度と考えられている 3)。ちなみ に M7.3 の兵庫県南部地震の際には、およそ 50km の活断層にそって、2m程度のずれが生じたこと<sup>3)</sup> と比べると、改めて M9.0 の地震エネルギーの大 きさに驚かざるをえない。

また、この地震の余震の発生状況を**図**3<sup>4)</sup>に示す。同図にはこれまでの大地震の際の余震についても本震後の累積の発生回数も示した。今回の地震では、これまでになく多くの余震が生じたことがわかる。有史以来、最大規模の地震であったことが余震の数もわが国観測史上、最多となったことを示唆している。

地震動の特性については、最大加速度は宮城県 栗原市の観測地点で、水平成分で 2,699gal 強、鉛 直成分で 1,879gal<sup>6)</sup> であった。地震動の特性で重 要なことは、

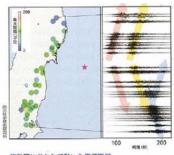
- ① 主要動の継続時間が数分以上と極めて長く、 観測地点によっては震度3以上の揺れが3 分以上も続いたこと
- ② 主要動の卓越周期が 0.2~0.3 秒と、これまで大きな災害を生じさせた地震の揺れに比べて短かったこと

の二つであった。  $\mathbf{Z} \mathbf{Z}^{(1)}$  には、今回の地震動の加 速度波形を兵庫県南部地震で記録されたものと比 較して示す。あきらかに今回の地震の主要動の継 続時間が長く、その繰り返し回数も多いことが見 てとれる。このことが、震源域から遠くはなれた 茨城県南部や千葉県の東京湾岸地域では、比較的 長い周期成分の振幅が減衰しにくいために沖積低 地や埋立地に液状化が生じた大きな要因となった のである。また、 $\mathbf{Z}_{5}^{7}$ には、地震動の周期特性 をあらわす加速度応答スペクトル曲線をこれまで 観測された大地震のものと比較して示す。建物や 構造物の被害を生じさせやすい周期 0.8~1.5 秒程 度の加速度応答値が兵庫県南部地震等のこれまで のおもな地震の観測記録にくらべて小さくなって いることがわかる。これが津波の影響を受けなか った地域での死者・行方不明者の数、建物や構造 物の被害がそれほど著しいものにならなかった要 因と考えられる。

このような地震動の特性のほかに、地震によって生じた現象として大きな地殻変動が生じたことが特徴的である。震源域内の海底では鉛直方向に4~5mの隆起、震源域の西方の陸地に向かって2m程度の沈下、そして陸上では最大1.2mにもおよぶ沈下8)をもたらした。そのメカニズムは、図6<sup>1)</sup>に示すように太平洋プレート上面の断層(滑り)面が本土を構成する北米プレートの下にもぐりこむため、その上方の北米プレートがもりあがり隆起する。その反動で西方の陸地側の北米プレートが沈みこむという、いわば北米プレートの褶曲(上下)運動の結果、生じるものと考えられている。この陸地側の沈みこみが津波襲来後の浸水域の拡

大をもたらしたのである。

津波の概況については、図 7<sup>4</sup>)に各地での津波の高さを示す。北海道から九州沿岸に津波の影響が及んだことがわかる。津波の最大高さは、岩手県大船渡で11.8mに達した。また最大の遡上高さは岩手県宮古市姉吉で 40.5m<sup>9</sup>)に及び、観測史上最高の 1896 年の明治三陸津波での同県大船渡市綾里での 38.2m を超えていた。これまでにないエネルギーで津波が襲ったことを示している。写真1 に宮城県南三陸町の被災状況、写真 2 に同町災害対策本部屋上からの津波襲来の状況を示す 10)。





複数回に分かれて動いた震源断層

中央の図は左図の観測地点(緑色の〇)でのM9.0の地震の最中の上下動成分の揺れを示す。断層は宮城県沖を起点に(上図中の赤い星印)、2度にわたって南北に向けて動いた(ピンク色と黄色の矢印)。2度目に南方に向かった断層の動きは、福島県沖で新たな断層の動きを誘発し、南北方向に向けて水色の矢印で示すような動きをもたらした。右の図は地震波から求めた震源断層の各場所での移動距離で震源付近とその日本海溝側で大きく動いたことがわかる。

#### 図2 震源の位置と数回に分かれて動いた震源断層 3)

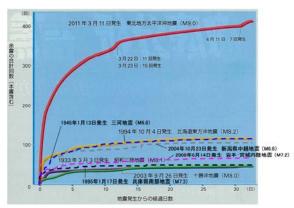


図3 余震の累積発生回数 4) 5)

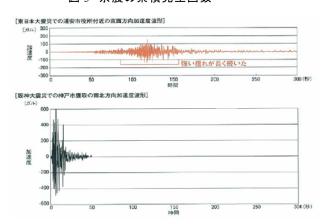


図4 東日本大震災と阪神大震災の加速度波形 7)

# 

図 5 地震動の加速度応答スペクトル 9) 一既往の地震の記録との比較一

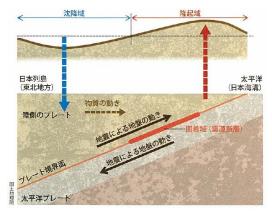


図 6 今回の地震によって生じた地殻変動の模式図 1)

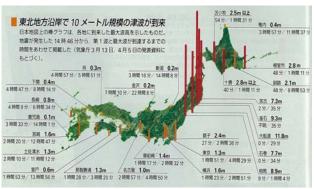


図7 今回の地震で各地に到達した津波高さ4)

表 1 世界の M9 を超える巨大地震

名称	発生年	マグニチュード M
カムチャッカ地震	1952	9.0
アリューシャン地震	1957	9.1
チリ地震	1960	9.5
アラスカ地震	1964	9.0
スマトラ島沖地震	2004	9.0
東北地方太平洋沖地震	2011	9.0

表 2 今回の地震の諸元と各地の気象庁震度

		諸元及び地点		
発生	E日時	平成 23 年 3 月 11 日 14 時 46 分ごろ		
震测	原位置	宮城県牡鹿半島東方 130km、深さ		
		24km		
マグニラ	チュード M	9.0		
夂	7	宮城県栗原市		
各 地	6	仙台 宇都宮 日立 水戸 つくば		
の気	5	盛岡 秋田 福島 前橋 さいたま 千葉 東京 横浜 甲府		
の気象庁	4	釧路 帯広 函館 青森 山形 静岡 長野 新潟 名古屋		



写真 1 南三陸町の津波被災状況 一遠景の建物は町の災害対策本部一



写真2 南三陸町災害対策本部屋上での津波襲来状況<sup>10)</sup>

#### (3) 被害の概要

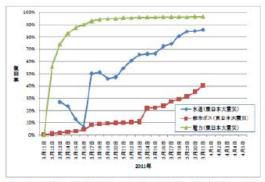
表 3<sup>11)</sup> には今回の大震災の被災状況を、図 8<sup>12)</sup> には電力、上水道及び都市ガスなどライフライン 施設の機能支障の程度をあらわす震後の復旧状況をそれぞれ示す。表 4 には参考までに関東大震災、阪神・淡路大震災の状況と比較して整理した結果を示す。また表 5 には今回の津波の被災状況を明治三陸津波以降の昭和三陸津波やチリ地震津波の状況と比較した結果を示す。

表 3 東北大震災 被害の概要<sup>11)</sup> 警察庁 5月24日 現在

		人的被	(人)	住家被害(戸)			その他 被害個所数				
		死者	不明者	全半壊	全半焼	浸水	道路	道路橋	斜面	堤防	鉄道
北泊	道	1	_	-	_	729	_	_	_	_	-
東北	青森	3	1	1,300		_	2	-	_	_	-
ac ac	岩手	4,474	2,937	19,768	15	2,101	30	4	6	-	-
	宮城	9,083	5,300	82,400	119	2,405	1,571	23	51	4	23
	福島	1,581	477	29,934	80	391	19	3	9	-	-
	その他	2	_	117	-		30		29	_	-
関東	茨城	23	1	10,477	37	1,861	307	41	_	_	-
ж	千葉	19	2	3,422	5	1,697	1,573	_	45	-	- 1
	その他	16		1,980	5	1	437	_	47		- 1
その	他地域	_	-	-	_	36	1	_	-	-	i <del>-</del>
合	ā†	15,202	8,718	149,398	261	9,221	3,970	71	187	4	2

表 4 これまでのわが国の主な地震災害との比較

	関東大震災 1923.9.1		阪神・淡路大震災 1995.1.17	東日本大震災 2011.3.11			
マグ	ニチュード	7.9	7.3	9.0			
	震源	相模湾~房総半島 ブレート境界	淡路島 ブレート内直下型	日本海溝沿い プレート境界			
死者	†・行方不明	10万5千余人	6,437人	23,982人(5月22日)			
住家被	技吉 全・半壊	21万1千余戸	24万9千余戸	14万8千余戸(5月22日)			
主な	被害の範囲	東京、干葉、茨城、 埼玉、神奈川、静岡	神戸、芦屋、西宮、 尼崎、宝塚、明石の各市	青森、岩手、宮城、福島、茨城、 千葉、東京			
	火災	東京下町、横浜で甚大 焼死者多数	神戸市内で発生	津波浸水地域で発生			
被害	津波	相模湾沿岸甚大	発生せず	東北関東太平洋沿岸で甚大			
被害状況	土木構造物 の被災の 特徴	落橋や河川堤防の被災 が顕著。 日本橋等アー チ橋の被害が極めて少 なかった	既存不適格の構造物、特に橋や高架で顕著	海岸堤防、防潮堤の被害甚大、 津波の選上による橋桁の落下や 河川堤防の崩落が顕著 地震動 による構造被害は比較的少ない			
		余震 少 損害額 約30兆円	余震多発 今後?! 直説損害額25 兆円(原発被害含まず) 世界初の原発被害・事故				



## 出典:土木学会 ライフライン復旧概況(時系列編) 岐阜大 能島教授

1995年1月17日 → (20日後) → 2月6日 2011年3月11日 → (20日後) → 3月31日

図20 東日本大震災における水道・都市ガス・電力の「復旧率=(延べ停止戸数-停止戸数)/延べ停止戸数」の推移 (電力については東北電力管内のみ)

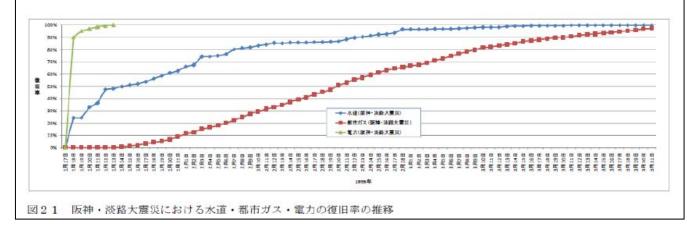


図8 ライフライン(電力、水道、都市ガス)の復旧状況 12)

#### 表5 これまで三陸沿岸を襲った津波被害の比較

	明治三陸 地震津波	昭和三陸 地震津波	チリ地震津波	東北太平洋沖 地震津波
地震の発生 年月日と時刻	1896.6.15 午後8時半前	1933.3.3 午前3時過ぎ	1960.5.24 午前2時~5時	2011.3.11 午後3時~5時
マグニチュード	8 1/4	8.1	8.5	9.0
震源位置と 発生機構	釜石沖約200km 海溝側太平洋プ レートの浅部での 滑りにより発生	釜石沖約200km 太平洋プレート 内のアウターラ イズ地震と想定	南米チリ沖	牡鹿半島沖130km 地震波の解析結果で は陸地側の深部の断 層の滑りと海溝側浅部 の滑りとが交互に発生
死者·行方不 明者合計	21,893	3,017	142	2万名強と推定
被害家屋数 全半壊流失 ()內:流失戸數	約1万2千戸 (9,879戸)	約1万6千戸 (4,885戸)	4万戸強 (1,474戸)	約16万戸
津波遡上高さ (m)	綾里38.2m 吉浜22.4m 田老14.6m	綾里28.7m	三陸沿岸5~ 6m、他の地域 で3~4m	宮古市姉吉: 40.5m

これらの結果から東日本大震災の被害を概観すると次のようにまとめられる。

- ① 死者・行方不明者の数はおよそ2万4千人に達する。これは、おそらくわが国の地震災害史上、関東大震災に次ぐ規模であり、死者のおよそ90%が津波による溺死となっている。地域別では宮城県下で1万4千人余りと全体の60%を占めている。
- ② 住家被害では、やはり宮城県下で全半壊が8万2千棟強と全体のおよそ55%を占めている。 岩手県の被害に比べ、福島県での全半壊戸数がおよそ1.5倍のおよそ3万棟に達しているこ

とや、茨城県下でも1万棟を超える被害が生じていること、そして、浸水被害で茨城、千葉の両県下で全体9,200棟余のおよそ4割弱の3,500棟を超えたことなどが注目される。これらは、やはり津波の影響が関東地方の太平洋沿岸にまで広く及んだことを示している。なお火災による全半焼も宮城県下で119棟と全体の46%を占めたが、福島や茨城県下合計でもそれと同程度生じたことが目につく。宮城県下では気仙沼市で津波により港湾施設から油が漏出して火災が生じた。

- ③ インフラ関連の被害については道路や斜面 で、千葉県下での状況が宮城県と同程度となっ ていること、茨城県やその他の関東地域のもの も合わせると東北各県下での件数を超える状況 となっていることが注目される。これは、震源 から遠く離れた関東北部や千葉県など東京湾岸 地域の震度3以上の揺れが3分以上も続いた地 震の継続時間の長さによる液状化発生の影響が 関係しているものと考えられる。東北各県での 道路橋や被害はどれも津波による落橋や交通支 障による被災である。鉄道については、東北新 幹線を除いては津波の影響によるものと考えら れる。なお、茨城県下での道路橋の被害が41か 所と、全体71か所の6割に近い数値となってお り、となりの千葉県では皆無となっていること が注目される。これについては、茨城県下は今 回の震源域の南部により近いため、地震動の強 さが千葉県下のそれよりも大きかったことが効 いているのではないかと考えられる。
- ④ ライフライン施設の復旧状況については、電力が最も早く復旧し、ついで上水道、都市ガスの順に遅くなっている。これはこれまでの大きな地震の場合と共通であるが、阪神・淡路大震災の状況と比べると、図8からわかるように、電力ではやや遅れぎみ、上水道や都市ガスについては、逆にやや早くなっている。ただし、宮城、岩手、福島の各県では津波による被害の影響を大きく受けて、これら各施設の復旧の進みぐあいがはかばかしくないのが実情である。
- ⑤ 今回の大震災と1923年の関東大震災、1995年の阪神・淡路大震災の状況とを比較して表4にまとめているが、災害の規模は関東大震災がわが国最大であること、阪神・淡路大震災は津波の影響も受けず神戸市を中心とする周辺の限られた地域における家屋の倒壊や火災、道路橋等の構造物の被災が特徴であったことがわかる。一方、東日本大震災では、太平洋沿いの広い地

- 域に津波が襲いかかったことに加えて原子力発 電所の被害と事故が甚大であったことなどがこ れまでにない被災の様相であった。
- ⑥ 津波被害については、表5に明治三陸津波、昭和三陸津波そしてチリ地震津波と対比して整理した結果を示しているが、津波そのものの規模や被害家屋の数では今回が最大となっていて、M9.0の地震の震源が日本海溝沿いに大きく南北方向に広がっていたため津波が襲来した地域も北海道から沖縄まで及んだことを示している。なお、死者・行方不明者の数については、津波の襲来が明治三陸津波に比べてはるかに広い地域に及んだにもかかわらず、今度の津波では明治三陸津波のおよそ2万2千名を下回る見込みであることが注目される。

以上、記してきたように、今回の大震災は、地 震、津波に加えて福島第一原子力発電所の被害と 事故の複合災害であろう。上記の被害の全体像を 考えると、原子力発電所の影響がわが国のみなら ず、世界に及ぼした影響が深刻かつ重大なもので あることは認めた上で、あらためて地震災害とし ては津波による広範な太平洋沿岸地域に与えた影 響が最も大きい。地震の影響については、地震動 の卓越周期が一般的な建物や構造物の揺れやすい 周期に比べて短かったため、地盤の液状化や宅地 造成盛土、古いアースダム等の土構造物での被害 以外は、それほど著しいものではなかった。この ことは、社会インフラの健全性の確保にとっては、 M9.0 の巨大地震のわりには不幸中の幸いといえ るものの、原子力発電所の原子炉建屋や原子炉本 体の収容構造には逆に熾烈な影響を及ぼしたのか もしれない。近い将来発生の可能性が高いといわ れている「東海・東南海・南海地震」や「首都圏 直下地震」などで、今回の地震と同じような地震 動の卓越周期を呈する保証はないことに留意しな ければならない。仮に M8 を超える巨大地震で卓 越周期が1~2秒程度となった場合には建物や各 種構造物に過酷な影響を及ぼす事態を、あらかじ め考えておくことが震災対策計画を実効ならしめ るために極めて重要な課題である。

# 3. 各種インフラ施設の被害の特徴と災害の構造

#### (1) 津波が引き起こした被害

1.に記したとおり、巨大津波の襲来により2万3千名を超す多くの生命が犠牲となったほか、広範な沿岸居住地域での家屋の流失や火災が生じた。そして、それらによる膨大な量の瓦礫が生じるこ

ととなった。これらに加え、次のような津波による各種インフラ施設の被災が特徴的であった。

- a. 福島第一原子力発電所 1 号機~4 号機原子炉 建屋に付属する各種施設の被災
- b. 津波防波堤、防潮堤など海岸堤防の破壊 (cf. 写真 3)
- c. 港湾施設や漁業・水産業施設の壊滅的被害
- d. 津波の遡上による河川堤防の崩壊
- e. 橋梁の上部構造(桁)の転落 (cf. 写真 4)
- f. 沿岸の下水道処理施設の被災 (cf. 写真 5) 特に、a、b、e、f については、わが国でも初めてのできごとであり想像を超える津波の破壊的な強さを思い知らされることとなった。

なお、建物の被害ついては、現場の状況からは 鉄筋コンクリート造に比べて、鉄骨造のものが津 波に対しては弱かったようである。



写真3 海岸施設の被災状況(南三陸地区)



写真 4 道路橋の津波による桁の落下の状況 (国道 45号 南三陸地区 歌津大橋)



写真 5 南蒲生ポンプ場の津波による被災状況

# (2) 液状化とそれによるライフライン施設や家屋など 建物の被害など

仙台周辺、茨城県や千葉県や東京湾岸地域では 地盤の液状化が広域的に発生した。それにより、 各種のライフライン施設、特に、上・下水道の管 路が各地で多く被災を受けた。このため、長期に 及ぶライフライン施設の機能障害が生じ、住民の 生活への支障が深刻なものとなった。なお、仙台 市内の都市ガスについては、新潟からの仙台まで のパイプラインからの緊急供給ができたこともあ って、阪神・淡路大震災での供給復旧よりも短い 期間で回復することができたようである。

#### (3) 土構造物の被災

仙台や福島市内での宅地造成地で盛土部分の地すべり様の変状、崩壊が目立った。また、福島県下の農業用のため池でアースダムの被災が多く発生した。いずれも、建設後半世紀以上経過したものであるが、その中には、写真6に示すように堤体に大規模な変状が発生して破堤し、ダムの下流域で6名が死亡、1名が行方不明となる惨事を引き起こした事例があった。



写真 6 福島県 藤沼貯水池の被災状況

#### (4) 復旧事業の遅れ

上記、各種インフラの復旧事業の展開の進みぐあいについては、震後3ヶ月経過時点でも、必ずしも順調に推移していないようである。これについては、M5.0 以上の余震の回数が500 回を超えるような状況<sup>13)</sup>、津波浸水地域が地殻変動で最大1mにも達する地盤沈下が生じたことや1万人を超えた行方不明者の捜索と膨大な瓦礫の処理がなかなか進まないことが原因と考えられる。福島県の太平洋沿岸部では、これらに加えて、原発被害と事故による周辺地域への放射能拡散の影響や放射能に汚染された瓦礫の処理、そして福島、茨城、千葉県などで生産された食物の放射能汚染の風評被害などの要因が加わり、事態を深刻ならしめている。

復旧展開の遅れが目立つのは、政府の政治主導 という基本姿勢にもかかわらず、官僚機構に対す るリーダーシップの欠如や信任不足によるところ が大きいように感じられてならない。

このような状況の下で、国道の復旧は迅速だったことは特筆されるべきであろう。国土交通省東北地方整備局では、三陸沿岸地域の孤立の解消を期して、仙台以北の国道 4 号を脊髄とし、それから枝状に、石巻、気仙沼、陸前高田、大船渡、釜石、宮古を結ぶ国道の早期啓開を可能ならしめる点検・診断と復旧展開を「くしの歯」作戦と名付けて、その任に当たるテック・フォース・チームを震後直ちに招集し、陸、空から展開させることとした。その結果、震後 5 日目の 3 月 16 日には概ね、国道 4 号からのアプローチが可能となり、その二日後の 3 月 18 日には国道 45 号、同 6 号の 97%が啓開を終了したのである 14)。

#### (5) 大震災をもたらした災害の構造

ここで、今度の東北太平洋沖地震が引き起こした大震災の構造を考えてみる。高橋は災害の起こる要因としてある環境の下での、「素因」、「誘因」そして「拡大要因」を取りあげ、それらの相互関係を $\mathbf{Z}$  のように整理している。また、佐伯は地震災害の構造として $\mathbf{Z}$   $\mathbf{Z}$ 

このような整理の考え方を今回の大震災に当て はめると以下のようにあらわすことができる。

まず、「**素因**」には、津波被害を受けやすい三陸 や仙台湾以南の海岸地形がまず挙げられる。次い で地盤条件、たとえば東京湾岸北部の液状化が生じやすいゆるい砂質地盤の存在などである。

「誘因」は、言うまでもなくわが国有史以来最大規模の M9.0 東北地方太平洋沖地震とそれに伴う大津波の発生である。

「被害拡大要因」には、沿岸低地に集中した市 街地や集落の存在やライフライン相互のシステム 間の連鎖、津波に対する住民の防災意識と避難行 動のギャップなどが挙げられる。加えて、万一、 被害や事故が発生した際、危険性の極めて高い原 子力発電所の立地も重要な要因である。

「被害抑制要因」については、震災の事前対策としての原子力発電所を含む各種インフラの整備 ~補強状況、震後対策としての市街地の不燃化対策や住民の避難誘導計画の推進状況、ライフラインの機能確保のためのバックアップシステム整備状況などのハードからソフトまでのさまざまな対策があげられる。

今回の大震災は、これらの要因相互の力関係、すなわち、「誘因」としての地震と津波の規模が有史以来。わが国最大のものであり、このことが「素因」である太平洋沿岸の地形や地盤条件の下で「被害拡大要因」のレベルが「被害抑制要因」をはるかに上回ったことによってもたらされたものと言える。

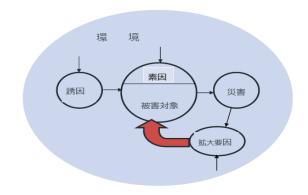


図 9 災害の起こる「素因・誘因・拡大要因」の相互関係 15)

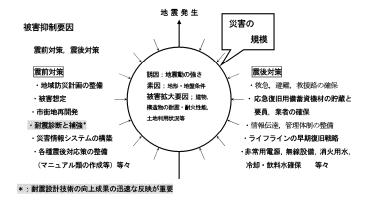


図 10 地震災害とその軽減対策の関係の概念 16)

#### 4. 震災の教訓と課題

前章までまとめてきた東日本大震災の全体像から、浮かび上がってくる教訓と課題について考えてみたい。教訓については大きく次の5つの事項に分けることができそうである。

- ① 被害の様相を考えることのむずかしさ⇒モグラ 叩きゲーム
- ② 自然現象としての地震や津波の脅威の再認 識
- ③ 災害規模の増大や複合災害の可能性の理解
- ④ 低頻度巨大地震がもたらす災害への備えの 必要性
- ⑤ 原子力発電所の被害と事故による安全神話の 崩壊

まず、①の被害の様相を考えることのむずかし さについては、これまで大地震の生じるたびに、 震源の位置もその規模、そして被害の様相も専門 家の予期し得ないものとなっているという事実を 重ねてきたことである。例えば、1995年の阪神・ 淡路大震災やそれ以降の平成 19年新潟県中越沖 地震など被害地震の最近の発生状況を見ても、地 震が生じた後にはいろいろ専門家から説明や解説 がおこなわれてきたが、その地震が生じる前の警 告や注意喚起の情報はどれ一つなかったのが実情 である。そして地震による被害が生じるたびに、 その前には思いもかけない被災の形態や様相を目 の当たりにしてきた。

今回の東北太平洋沖地震の M9.0 という規模や 南北 450km、東西 200km という震源域の広がり、 そして津波の規模や強さなどの災害の「誘因」と しての現象、さらには津波による沿岸地域の破壊、 巨大な津波防波堤や橋梁、各種建物の被災、そし て福島第一原子力発電所の被害と事故などについ ては、おそらくは専門家の誰もが事前には考えて いなかった事象が生じたのである。耐震工学や地 震工学の研究や技術の水準は大地震のたびに生じ た被害状況の調査、分析を行いながら進展する経 験工学的要素の強いものであるから、現象の後追 いになりがちなのは否めない。そのような意味で 今回の地震でもこれまで備えてきた震災対策の水 準や範囲を超えた事態が生じたわけで、筆者は、 遺憾ながら、またも"もぐら叩きゲーム"となって しまったと感じざるを得ず、あらためて専門家の 末席に連ねる身として、真摯にかつ謙虚に専門家 の使命と責務を顧みるべきだと考えている。

②の自然現象としての地震や津波の猛威の再認 識については、地球の歴史や地球の内部構造に係 わる問題であるとの再認識が必要であろう。再現 期間 1.000 年オーダーの極めて低い発生頻度の巨 大地震が起これば、その発生の地理的条件によっ ては悲惨な大災害となるのである。今回の地震の 再来ではないかと考えられている869年の貞観地 震(M8.3±1/4と推定)では古文書に1,000名を超 える溺死者が生じたことが記録されている17)。同 様にわが国にくらべて、あまり地震活動が活発で はない外国の事例では、1755年11月1日にポル トガル南西部に大災害を生じさせた M8.5、死者お よそ6万2千人のリスボン地震<sup>2)</sup>や1811年12月 から2月にかけて米国ミズーリ州セントルイス市 南方ニューマドリッド付近で M8.0 の大地震が 3 回続けて生じた事例2)も記録されている。このよ うにわが国ばかりでなく外国での低頻度の巨大地 震が生じた事実も忘れてはならない。

いずれにせよ、われわれは地球上で、最も地震活動の活発な位置に国土を置いているという事実、そして世界第3位のGDP大国として、高度に発達した資本主義、自由主義経済の下でグローバルに展開しているという事実が、地震災害のポテンシャル~リスクを世界のどの主要国の中で最もがあるという事実を冷厳に受け止める必要がある。地震の規模や地震動を予測するのは、地震の発生が地球の営みの結果であるという不確定性が高く、したがって、地震による建物や各種インフラ施設の耐震性の評価や被害の状況を的確に予測、想定することも当然のこととして不確定性が高く、はらつきが大きいものだということも、わが国民として知っておくべきであろう。

③の災害規模の増大や複合災害の可能性の理解については、故寺田寅彦博士が、関東大震災後 11 年経過した 1934 年に書きあらわした随筆「天災と国防」 <sup>18)</sup>の中で、自然災害について次のように蘊蓄のある興味深い記述をしていることに着目すべきであろう。

「(前略) 考えなければならないことで、しかもいつも忘れられがちな重大な要項がある. それは、文明が進めば進むほど天然の暴威による災害がその劇烈の度を増すという事実である. (中略) 文明が進むに従って人間は次第に自然を征服しょうとする野心を生じた. (中略) 災害の運動エネルギーとなるべき位置エネルギーを蓄積させ、いやが上にも災害を大きくするように努力しているものはたれあろう文明人そのものなの

である. もう一つ文明の進歩のために生じた対自然関 係の著しい変化がある. それは人間の団体, なかんず くいわゆる国家あるいは国民と称するものの有機的結 合が進化し, その内部機構の分化が著しく進展して来 たために, その有機系のある一部の損害が系全体に対 してはなはだしく有害な影響を及ぼす可能性が多くな り、時には一小部分の傷害が全系統に致命的となりう る恐れがあるようになったということである. (中略) 二十世紀の現代では日本全体が一つの高等な有機体で ある。各種の動力を運ぶ電線やパイプが縦横に交差し, いろいろな交通網がすきまもなく張り渡されているあ りさまは高等動物の神経や血管と同様である。その神 経や血管の一か所に故障が起こればその影響はたちま ち全体に波及するであろう. 中略) それで, 文明が進 むほど天災による損害の程度も累進する傾向があると いう事実を充分に自覚して、そして平生からそれに対 する防御策を講じなければならないはずであるのに, それがいっこうにできていないのはどういうわけであ るか. そのおもなる原因は、畢竟そういう天災がきわ めてまれにしか起こらないで, ちょうど人間が前車の 顛覆を忘れたころにそろそろ後車を引き出すようにな るからであろう. (後略)

上記の一連の指摘は、災害が文明の進展にしたがってその拡大の可能性を高めるようになること、社会の組織が高度化、複雑化するにつれて、その運営システムの一部に支障が生じるとそのシステム全体に波及するとか、社会機能を担うさまって、をカイフラインシステム間相互の連鎖によってのようイフラインシステム間相互の連鎖によって、あるシステムに支障が生じるとシステム総体のであるシステムに支障が生じるとシステムとはがよる可能性に言及したもの事実を認識に、そのような傾向があるという事実を認識である。普段の対応をしないのは天災が極めてくながら、普段の対応をしないのは天災が極めてくながら、普段の対応をしないのは天災が極めてくないるからだと主張している。ちなみに上記の引用した文章の最後のくだりが「天災は忘れたころに…。」という寺田博士の警句となって社会に伝わってきたルーツと考えられている。

このように、文明の進化が災害の様相を複雑にするとともに災害のポテンシャルを高めるものだという示唆は21世紀の今日、極めて貴重なものであり、これからの巨大地震の備えに不可欠な教訓として認識すべきである。

なお、巨大地震の発生と活火山の噴火との関係、特に M8.5 超級の「東海・東南海・南海地震」タイプの西南日本太平洋沖の巨大地震の発生時期と富士山の噴火との関係も考えられることが指摘されており <sup>19)</sup>、富士山の噴火の影響を受けることが想定される首都圏では、これらが複合した災害の

シナリオも考えておくことが必要と考えられる。

つぎに4の低頻度巨大地震がもたらす災害への 備えについてであるが、再現期間 1.000 年を超す ような今回のような巨大地震の襲来を考えた場合 の対応を定めておかなければならないということ である。筆者は国家の使命は、国民の生命と財産 の確保が第一義であり、それゆえに、国には「国 の安全保障~国防」と「世界でも稀な規模となる 地震災害に対する防災・減災」の二つの政策を国 の二大目標として遂行して行く責務があるものと 考える。この後者の視点に立って、つぎに襲って くるであろう巨大地震 (the next big earthquake) に 備えるためにも、"想定外の事態"だとして逃避す るのではなく、考えうる最悪のシナリオを想定し た防災・減災のための国家戦略の大綱を早急に確 立することが、経済のグローバル化が進む下でわ が国のカントリー・リスクを低減するためにも求 められるのである。

最後に⑤の原子力発電所の被害と事故による安全神話の崩壊についてであるが、2007年の新潟県中越沖地震の際に、東京電力柏崎原子力発電所の施設に生じた被害がわが国で初めての事象であった。この被災による施設の耐震性能の発揮については、いくつかの問題点や課題が国際原子力機関(IAEA)の現地での調査を踏まえた評価結果<sup>20)</sup>で明らかにされた。そのような最近における経緯があっての今回の地震による福島第一原子力発電所の衝撃的な被害と事故の発生であった。

震後三ヶ月を経た時点の状況では、原子炉の炉心溶融が生じたことや原子炉本体の冷却装置自体の構造の損傷があったことが新たに報じられて来ており、地震発生後の津波の襲来による非常用電源装置の被害とその後の対処に関する事故が問題とされていた震後の報道内容と大きく異なる様相を呈している。要は、絶対に安全だといわれていた原子力発電所本体の耐震性が必ずしもそうでないことがはっきりしたわけで、いわゆる安全神話が脆くも崩れ去ったという事実が世界に知らされることとなった。

この安全神話という概念について外岡秀俊は著書 $^{21)}$ の中で次のような興味深い説明をしている. すなわち、

「『神話』とは危機に対して脆弱な現実を覆い隠す被膜であり、普段は意識されることなく、崩れることによってしか露呈しない社会の合意事項だ.」そして「大切なのは、災害によって露呈した社会の合意事項のど

の部分が崩されたのか, その箇所と原因を探り, 確定 して行くという作業だろう. その場合に、合意のレベ ルがどこにあるのかを、その都度明らかにしておく必 要がある. 社会の合意と言っても, 技術者や専門家, 法曹,消費者など,各職種,各層によってその認知度 や了解の範囲が大きく異なるからだ.」(中略)「『神 話』は技術者や専門家が独自に創りあげ、流布するこ とによって成立するのではない.『神話』は実は、一定 の専門家の合意がさまざまな網の目を通じて社会に流 布される間に, 次第に緩められて変質し, 当事者です ら, 気がつかないうちにその変質した合意を暗黙のう ちに受け容れることによって成立する. その時点で, 専門家は,責任と権限を持った技能集団ではなく『神 話』を解釈する巫女、ないしは預言者に近い集団に転 化する. 専門家の合意は, 社会的合意にならない限り, また新たな『神話』を紡ぐことにしかならないだろう.」

まさに、震後、原子力安全員会のトップの発言も含め東京電力や経産省の原子力保安・安全院が今回の事故を地震や津波の現象を想定外であったとして説明しようとしていることが、上記の外岡の指摘の内容と密接に関係しているように考えられる。すなわち、上記の文章の中での「一定の専門家」の存在が、その表現で意味しているよりももっと限定的ないわゆる"原子力村"の中に限られていて、そこの分野以外の客観的な判断を果たしうる専門家の参画が十分で無いままに多重のフェイルシステムがあるから安全だという説をマスメディアを通して流布し、それが社会に定着してしまったたように思われるのである。

なお、上記、福島第一原子力発電所と同じよう なメカニズムで機能支障に陥った事例については、 1978 年宮城県沖地震の際の仙台市の下水道施設 の状況が参考になるものと思われる。それは名取 川の下流域にあるポンプ場で停電により処理場の ポンプが稼働不能となったため、直ちに非常用電 源装置が作動したものの、その冷却に必要な水が 断水したために非常用電源装置の機能が停止し、 下水処理ができなくなった事故であった。それに より汚水を名取川に緊急放流せざるを得ない事態 に陥ることとなった。要は、フェイルセーフ的な 機能を期待するバックアップシステムが停電と断 水といった異なるライフライン施設の機能支障に よって連鎖的に影響を受けたために作動しなかっ たことが事故の原因だったのである。まさに上記 の寺田博士の指摘そのものであり、原子力発電所 の機能確保面から求められる耐震性能の発揮の中 身が問われることになる。

いずれにしても最近、首相の諮問組織として畑

村東大名誉教授を委員長とする事故調査委員会の第三者機関としての成果が待たれるところである。

以上の安全神話に関する問題提起は、あらためて、専門家の倫理と使命~存在意義と行動の内容が問われることを示唆するものであり、きわめて低頻度の巨大地震に対する安全性を議論するには、自然科学と工学技術の立場の相違を社会的共通認識とする必要があるのではないのだろうか、要は、現象の不確定性をどう評価し、安全性とコストのトレードオフの問題に対して、当該プロジェクトの工期に間に合わせるために、どのように工学的意思決定を行うのかということが技術者の使命であることを再認識すべきなのであろう。

以上、今回の大震災の様相に照らして5つの教訓を指摘したが、土木工学、地震工学の立場での 今後の課題としては、つぎの三つにまとめられよう。

- i. 低頻度巨大地震に対する防災・減災の基本方針やそれを実効ならしめる制度設計や施策の体系化などの対応戦略や計画(案)の策定
- ii. 今回の大震災で被災を受けた公共インフラ 施設の復興水準や計画(案)の策定
- iii. 原子力発電所の耐震性能評価の見直しのための適用基準等の検討と策定

なお、このうち $\ddot{\mathbf{u}}$ については、筆者の専門外であり、以下の 5. では一般的な記述に留めることとする。

#### 5. 今後の対処方策について

#### (1) わが国をめぐる今後の地震発生の危険性

もしも、このたびの M9.0 の東北地方太平洋沖 地震が 1,100 年余り前の貞観地震(869 年 M8.3 ±1/4)の再来だとするならば、その発生前後、数十 年の間の被害地震の発生状況を真剣に考えてみる 必要がある。すなわち、

- 830年 出羽、秋田 M7.0~7.5
- 841 年 伊豆 M7.0 丹那断層の活動か?
- 850年 出羽、庄内 M7.0
- 863 年 越中、越後 M7.0 以上?
- 868 年 播磨、山城 M7.0 以上 山崎断層帯 の活動
- 878年 関東諸国 相模、武蔵 M7.4
- 880 年 出雲 M≒7.0
- 887年 仁和五畿七道地震 M8.0~8.5

と理科年表<sup>2)</sup>のカタログによれば8つの被害地震が記録されている。これらの地震の震央の位置を図11<sup>22)</sup>に示す。

このうち、特に下線を施した地震が注目される。

878年の地震は関東南部から西部の内陸に生じた直下型地震のタイプ、また887年の地震は、いわゆる東南海~南海地震と同じ震源域を有する巨大地震と考えられる。よって、今回の東北地方太平洋沖地震が869年の貞観地震を再現する発震機構であるとすれば、これら二つのタイプの地震の先触れとしてみなすこともできよう。「首都圏直下地震」や「東海・東南海・南海地震」が近い将来、生じる確率が高いとされている地震調査・研究の最近の見解とむすび合わせてみると、その備えを真剣に考えなくてはならない。

また、M8 超級の巨大地震では、断層の走向方向の両端延長部分で、本震と同じようなメカニズムで多くの地震が生じる可能性があることにも注意する必要がある。今回の地震を考えると北方では1968年十勝沖地震(M7.9)や1994年三陸はるか沖地震(M7.5)が生じているのに対し、南方の房総沖では近年、大きな地震の発生が無い。歴史をさかのぼれば、1677年に(延宝)房総沖地震(M8.0)が発生し、千葉から茨城の沿岸に津波が襲来して犠牲者200名以上に達したとの記録が残されている。この海域での巨大地震の発生もここ半年か1年ぐらいは警戒すべきとの指摘8)があるので、注意を払うべきであろう。

ここで近代的な地震観測が始まってからのわが 国の被害地震の発生状況をながめてみる。

表 6、7 は片山<sup>23)</sup> がまとめた 1891 年の濃尾地震 以降、死者 1,000 人を超えた地震の一覧および第 二次大戦敗戦直後の 1948 年の福井地震から後の 死者 20 人を超えた地震の一覧である。これらの表 から戦後に生じた地震で死者 1,000 人を超えた地 震は福井地震以降ではその 47 年後の 1995 年の兵 庫県南部地震まで一度も無かったこと、その間、 死者 100 名を超えた地震は、1983 年の日本海中部 地震と 1993 年の北海道南西沖地震の二つのみで、 いずれも津波被害による犠牲者が生じたものであ ったことがわかる。

このようにわが国の第二次大戦敗戦後の復興期や 1960 年代からの高度経済成長期に、たびかさなる台風などによる豪雨災害は多かったにせよ、地震の影響が少なく、国土が平穏な時期に相当していたことは、きわめて恵まれていたと言えよう。それが 1995 年の阪神・淡路大震災をきっかけにして、M7 を超える内陸直下型地震が各地で多く発生するようになり、この 2011 年 3 月 11 日の午後2 時 46 分をむかえることとなった。20 世紀末から21 世紀に入って、もはや戦後50 年も続いた静穏の時代から大地動乱の時代に突入したという認識

を全国民で共有し、近い将来、襲ってくるであろ う次の巨大地震に対する備えを講じておかなけれ ばならないのである。



図 11 869 年貞観地震の発生前後のわが国の被害地震 の発生状況 <sup>22)</sup>

表 6 濃尾地震(1891 年)以降の死者 1000 人以上の地震 <sup>22)</sup> (『テクノライフ選書 大地が震え 海が窓る――自然災害はなくせるか』 首藤伸夫・片山恒雄、オーム社、1996 年、に加筆修正)

EX MICHIGAN	s. I. britannishina		1000	1 - Marine Conduct
西暦 (日本暦)	地震名	M	死者数	その他
1891 年 (明治24)	濃尾地震	8. 0	7, 273	わが国の内陸地震として最大、 建物全・半壊 22 万余、全焼 7000 以上、断層、山崩れ、液状化
1896年 (明治29)	三陸地震	7. 6	21,959	陸上の被害なし、死者の大半は岩 手県、家屋流出、全半壊1万以 上、波高30m以上のところあり
1923年 (大正12)	関東大震災	7. 9	142,000	プレート間 (海溝型) 巨大地震、 死者の多くは火災による、家屋 の全半壊約 25 万、焼失約 45 万
1927年 (昭和2)	北丹後地震	7.3	2, 925	京都府北西部、家屋全壊1万 2000以上、焼失約3700、直交 する2つの断層が生じた
1933年 (昭和8)	三陸地震 津波	8, 1	3, 064	地震の揺れによる被害なし、家 屋流出4000以上、波高 25 m に達したところあり
1943 年 (昭和18)	鳥取地震	7, 2	1, 083	家屋全壊約7500、半壊約6000、 地割れ・地変多し、2つの断層 が発生した
1944 年 (昭和19)	東南海地震	7. 9	1, 223	家屋全壊1万7600以上、半壊3万6500以上、名古屋被害多し、紀伊半島に最大波高10mの津波
1945 年 (昭和20)	三河地震	6.8	2, 306	家屋全壊7200以上、半壊1万 6000以上、断層、波高1mほど の津波あり、規模のわりに被害大
1946 年 (昭和21)	南海地震	8. 1	1, 330	家屋全壊1万1000以上、半壊2万 3000以上、流失約1450、焼失約 2600、最大波高6 mの津波
1948年 (昭和23)	福井地震	7. 1	3, 769	家屋全壊3万6000以上、半壊1 万1000以上、焼失3800、樹層生 ず、福井市にとって直下型地震
1995年 (平成7)	兵庫県南部 地震	7. 2	6, 432	家屋全換約10万5000、半壊約 14万4000、住家全半焼約6000 以上、神戸でライフライン被害 大、重傷者8782、断層45 km

表 7 福井地震 (1948 年) から後の死者 20 人以上の地震 <sup>23)</sup> (『テクノライフ選書 大地が震え 海が怒る――自然災害はなくせるか』 首藤伸夫・片山恒雄、オーム社、1996 年、に加筆修正)

西暦 (日本暦)	地震名	М	死者数	その他
1952年 (昭和27)	十勝沖地震	8. 1	28	家屋全壊815、半壊1324、流失 91、最大波高4mの津波が北海道 南部、東北北部を襲う、不明5人
1960年 (昭和35)	チリ地震	8. 5	142 (不明含む)	チリ沿岸の巨大地震による津波、 最大波高 6 m、家屋全壊 1571、 半壊 2183、流失 1259
1964年 (昭和39)	新潟地震	7. 5	26	家屋全壊 1960、半壊 6640、浸水 1万 5298、新潟市で著しい液状 化被害、最大波高 5 m の津波
1968 年 (昭和43)	十勝沖地震	7.9	49	全壊 673、半壊 3004、浸水 527、傷 527、山崩れ多、最大波高 5 m の津 波、RC 建物被害目立つ
1974年 (昭和49)	伊豆半島沖地震	6.9	30	傷 102、死傷者の多くは地滑り による、家屋全壊 134、半壊 240、断層が生じた
1978年 (昭和53)	伊豆大島近 海地震	7.0	25	傷 211、家屋全壊 96、半壊 616、 道路 損 壊 1141 カ 所、崖 崩 れ 191 カ所、断層が見られた
1978年 (昭和53)	宮城県沖地震	7.4	28	傷 325、家 屋 全 壊 1183、半 壊 5574、造成宅地、ガス・水道・ 電気などのライフライン被害が 注目された
1983年 (昭和58)	日本海中部地震	7.7	104	死者のうち100人は津波、傷 163(104)、全壊934、半壊2115 (499)、流失52(52)、( )内 は津波
1984年 (昭和59)	長野県西部 地震	6.8	29.	傷 10、家屋全壊 14、半壊 73、一部 破損 565、道路損壊 258 カ所、死傷 者の大半は崖崩れ、土石流による
1993年 (平成5)	北海道南西沖地震	7. 8	230 (不明含む)	内 199 人は奥尻島、家屋全壊 594 (奥尻 432、うち火災 192)、市街 地に 10 m を超える津波
1995 年 (平成7)	兵庫県南部 地震	7. 2	6, 308	

#### (2) 低頻度巨大地震への備えのあり方と改善方策

極めて稀にしか生じない M8 超級の巨大地震に対する国家戦略としての備えはどのような内容が必要とされるであろうか。わが国のどこかの地域に悲惨な災害をもたらしこのような巨大地震は、個々の震源域では再現期間 1,000 年のオーダーで生じるのだが、総体としてみれば 100 年~200 年間隔でどこかの地域が影響を受けることになることに着目すべきである。このような視点に立って、このような巨大地震に対する国の施策の現況をレビューすると次の 4 つの事項が見直しや再検討などの対象として浮かび上がってくる。

すなわち、

- a. 災害対策を所掌する行政組織や法体系の見直し
- b. 津波災害も包含した震災対策に関する基本方針 の策定
- c. 事前対策としての被害軽減のためのインフラ施設の整備(新設及び既設の耐震補強)の水準と社会的合意形成
- d. インフラ施設の被害想定の手法の見直しと新たな制度の導入など
- の4項目である。

まず、a の災害対策を所掌する行政組織や法体系の見直しについてであるが、現行では内閣には防

災特命担当大臣が置かれている。内閣府の所掌として防災部門がおかれ災策統括官(防災担当)の下で、災害対策の総合的推進として、つぎの 10 の取組 <sup>24)</sup> が行われている。

i 地震対策、ii 火山対策、iii 大規模水害対策、iv 防災訓練、v 災害時要援護者の避難支援、vi 災害被害を軽減する国民運動の展開、vii 防災ボランティアの活動の環境整備、viii 企業の防災力向上の推進、ix 国際防災協力の推進、x 被災者生活再建支援制度

この他、災害発生時の対応として、情報対策室を設け、被災情報の迅速な収集把握に努めて、応急対策への対応と政府調査団の派遣の計画、決定を行うことや、災害が大規模で国家的対応が必要な場合には防災担当特命大臣を長とする「非常災害対策本部」を設置し、迅速な応急対応を可能ならしめるような仕組みとなっている。

また、内閣府には中央防災会議がもうけられている。内閣総理大臣が会長となり全閣僚と有識者(地方公共団体の長及び実務家)で構成され、内閣総理大臣や防災担当大臣の諮問に応じて重要事項を審議し、意見を述べる等の機能を有するとともに防災基本計画の実施の推進等、執行機関としての性格も有している。

このような防災対策に関する国の施策を推進する組織の下で、現行の法体系では上位の法律として「災害対策基本法」が位置づけられている。この法律はつぎの6つが骨子<sup>24)</sup>となっている。

i 防災に関する責務の明確化、ii 総合的防災 行政の整備、iii 計画的防災行政の整備、iv 災 害対策の推進、v 激甚災害に対処する財政支援 等、vi 災害緊急事態に対する措置

この中で重要なのは、ii とiiiで国、都道府県、市町村各レベルの防災会議の設置と防災計画の策定を義務付けていること、また、ivの災害対策の推進では、市町村は防災業務に第一義的に責務を負うこととされており、市町村長に住民の避難の指示、警戒区域の設定、応急公用負担等の権限が付与されていることである。

このような災害対策の最上位の国の法律の規定 で、今回の巨大地震の対策がはたして有効に機能 したのであろうか。その回答が見直しの方向でな ければならない。

まず、津波による重大な被害が青森、岩手、宮城、福島、茨城、千葉の各県にきわめて広域的に及んだことに対して、各県や市町村の地域防災計画ではそもそも対処ができなかったことに加えて政府で設置する「非常災害対策本部」の機能も十

全でなかったことが挙げられる。

本来、「災害対策基本法」の制定の背景には戦後 復興期から昭和33年の狩野川台風、そして翌年の 伊勢湾台風までの一連の豪雨災害に対する経験が ベースになっている。一方、M8 超級の巨大地震 のように建物や構造物の被害ばかりでなく、津波 の襲来による人的、物的被害の拡大や河川や海岸 堤防の破壊、変状、地盤の液状化、山崩れや宅地 造成地盤の変状、港湾施設の被害に加えて、電力、 上・下水道、ガス、情報・通信、廃棄物処理施設 などの広汎な各種ライフラインの被害などなど、 きわめて多岐にわたる被害の様相を呈する現象に 対しては、このような豪雨災害を主とした備えで は、市町村や都道府県、特に府県レベルでは対処 しうる人員も不足するし、的確かつ迅速な対応が できないのは当然である。特に、震後3ヶ月経過 した現時点で最も深刻なのは、瓦礫処理の進みぐ あいがはかばかしくないことである。国の方針が 二転三転し地元の自治体ではその対応に日々悩み が増しつつある。

現在、巨大地震に備えた対応については、現行の想定東海地震に対する昭和 53 年施行の「大規模地震対策特別措置法」や昭和 55 年の「地震財特法:地震防災対策強化地域における地震対策緊急整備事業に係る国の財政上の特別措置に関する法律」、平成 7 年の阪神・淡路大震災直後に施行された「地震防災対策特別措置法」、そしてその後平成 14 年の「東南海、南海地震に係わる地震防災対策の推進に係わる特別措置法」、同 16 年の「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に係わる地震防災対策の推進に係わる特別措置法」などの法体系の整備 24)がなされている。

今回の大震災をきっかけにして、これらの体系 と内容をあらためて見直し、上記の想定地震の他 に「首都圏直下地震」も対象にした巨大地震の発 生を特定した広域的な震災対策計画の策定を推進 すべきである。

この他、それらの計画の推進に当たる国レベルでの震災業務を所掌する組織、たとえば米国の連邦緊急事態管理庁 FEMA(Federal Emergency Management Agency)的な機能を有する組織を設置し、発災後、速やかに、防衛省や国土交通省の各地方整備局や関係する都道府県からの技術職からの支援組織も含めた、救急・救援から応急復旧、本復旧までの震後対応を一元化しうる体制を整備することも有効な施策と考えられる。上記のFEMAでは、「総合地震対策指針企業編,自治体(郡,市および大都市)編」: Comprehensive

Earthquake Preparedness Planning Guidelines for Corporate, County, City and Large City」を定めており、市および大都市編では準備および被害軽減(地震が発生する数年~数十年前から準備しておくべき活動)の対策の一環として地震安全対策および構造被害軽減を課題に挙げ、必要な業務の内容と役割分担を具体的に示している。大都市編では問題となる建物と構造物とを特定し、危険度にもとづく分類と公共の安全に対するリスク評価の実行を掲げていること、米国土木学会からの支援を受けることなどが示されているのが注目される。

次にbの津波災害も包含した震災対策に関する基本方針の策定については、筆者は阪神・淡路大震災の直後で、土木学会の耐震基準等基本問題検討会議で起草した「土木構造物の耐震基準に関する第一次提言<sup>33)</sup>」で取り上げられ、国の防災基本計画にも取り入れられた二段階の地震動、すなわちレベル1、レベル2に対応した耐震性能の要求水準を定めることが望ましいのではと考えている。

去る5月10日に開催された土木学会東日本大震 災特別委員会 第1回津波特定テーマ委員会では、 今回の津波の特性と位置付けとして

- 場所によっては、貞観津波(869年)クラスか、それ以上
- ・ 貞観津波クラスの巨大津波の発生頻度は、 500年~1,000年に一度と想定

と指摘し、海岸保全施設の復旧と設計方針として、 すべての人命を守ることが前提であり、主に海岸 保全施設で対応する津波レベルと海岸保全施設の みならず、まちづくりと避難計画を合わせて対応 する津波レベルの二つを設定するとしている。

すなわち、

#### 津波レベル1;

海岸保全施設の設計で用いる津波高さ。数 十年から百数十年に一度の津波を対象とし、 人命及び資産を守るレベル

#### 津波レベル2;

津波レベル1をはるかに上回り、構造物対策の適用限界を超過する津波に対して、人命を守るために必要な最大限の措置を行うレベル。ただし、地震発生後に来襲する津波には、避難の要否を予測することは困難なので、地震発生後は必ず避難しなければならないとしている。

今後は、この基本的な考え方に準拠した津波防 波堤や海岸堤防の被災地における復旧設計や全国 に展開するこれらの施設の耐震補強設計に適用す るために、目標耐震性能をできるだけ早く具体化 し、その照査基準や手法を確立することが急務の 課題である。

なお、今回の地震で被災した釜石や大船渡での 湾口津波防波堤の復旧をどの様な水準で対処する かが注目されるところである。被災したとはいえ、 津波の威力を減じさせる効果は図 12<sup>26)</sup> に示すよ うに確認されており、今回の津波の規模が明治三 陸津波を超えた有史以来最大のものであったこと を考えても、その役割を十分果たしたものと考え られよう。筆者としては、上記の津波レベルの考 え方からすれば、復旧工事に当たっては、今回の 津波を超えない高さで復旧するのではなく、当初 計画の諸元に戻す、つまり現状復旧の原則で行う ことで差し支えないのではと考えている。

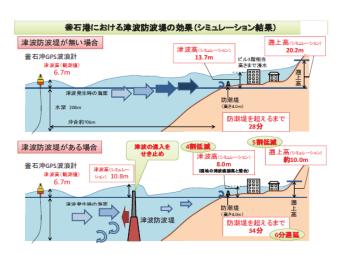


図 12 釜石港湾口防波堤の効果の推定 26)

また、今回の地震で大津波警報が出されたにもかかわらず、本震後 30~40 分経過した時点で津波が到達する前になぜ多数の方々が避難できずに津波に巻き込まれたかということの分析も重要であり、その結果も踏まえて上記の津波レベル2における津波避難のあり方についても震災対策計画の中で明らかにする必要がある。

また、上記の寺田寅彦博士の指摘も踏まえ、21世紀の成熟した文明社会において、巨大地震に対する防災・減災を積極的に推進するためには、過去の地震災害の反省から個々の構造物の耐震性能を高めることはもちろん、当該施設の構造系や機能を担保するシステムとしての耐震性能の確保や想定外事象の発生も考慮した、システム全体のリスクを最小化する対処、たとえば、ライフライン施設や原子力発電所の施設などでは

⇒ 当該施設全体の機能を担保するシステムを構成するサブ・システム間相互の接続部位や装置

の耐震性能確保のための配慮・工夫

- 停電の際の非常用電源の複数設置によるシステム機能の信頼性確保及び非常用電源エンジンの冷却水の確保など
- ▶ 施工段階での設計思想の確認の徹底による施工ミスのリスク回避策の徹底

などの対応の必要性を耐震対策の基本方針に取り 入れる必要がある。

この他、震後の救急・救命活動や避難所の運営 や住民の生活支援などに関する行政手続き等の当 事者としての被災地の病院や地方公共団体や学校、 そして企業などの事業継続計画(BCP)についても、 その策定の必要性と内容骨子についても、震災対 策計画の中に織り込む必要がある。

三番目の課題である c の事前対策としての被害 軽減のためのインフラ施設の整備(新設及び既設の 耐震補強)の水準と社会的合意形成については、わ が国がバブル崩壊以降、内需が停滞し、財政状態 も人口減少、高齢社会に突入したこともあって、 きわめて逼迫している状況の下で、上記のような、 20 世紀末からの大地動乱の地震活動が活発化す るという災害リスクに対して、どのようにお金を かけて備えをすべきかという選択の問題であると 認識する必要がある。

そのためには、つぎの二つの課題を解決することが必要である。

- i 現状での各種インフラ施設での耐震化コストの 情報公開
- ii 二段階の地震動の強さや津波の規模(レベル 1、レベル 2)に応じた耐震性能の目標と所 要コストに関する社会的合意形成

現在、iに関する情報はほとんど国民に開示されていないのが実情である。特に電力や、上下水道、ガスなどのライフラインの受益者負担としての料金に占める耐震化費用はもちろん、道路や鉄道、各種構造物の建設コストに占める耐震性確保に必要費用は明らかにされていない。国民はわが国が世界でも有数な強震頻発地域に位置することを知りながら、インフラ施設の耐震安全性の確保にどれだけのお金がつぎ込まれているのか知らされていない。このような状況を変えることが国民の防災意識の向上にも寄与するので、関連情報の開示に必要な検討作業を進めるべきである。

ii については、地震動の強さや津波の高さの想定に関する不確定性の評価の問題と関係するものである。このような不確定性を有する作用外力のばらつきの平均値~中央値的な値をとるか、それ

とも安全側に余裕を見込んで割り増した値を採用するか、その場合には建設コストは増えるが被災による損害は減ることになるという、いわば"トレードオフ"の問題を広く受益者や納税者に公開して、社会的合意を形成しようとするものである。わが国ではi自体が開示されていない状況から実際に実行しようとするとさまざまな問題が生じるかもしれない。イデオロギーが絡んだ反対のための反対などの行動も生じる可能性があるが、きちんとした合理的な説明ができれば、世論としての最大公約数的なものに収束することもできるのではと考えている。

5(1)に記したわが国の今後の地震活動が活発化 し、被害の発生するリスクが高まる状況の中で、 どのように必要な社会資本に係わる事業を進めて 行くかについては、平常時の費用便益解析で採用 される要因のみで評価することは適切ではない。 土木学会では2000年10月、阪神・淡路大震災の 後の「耐震設計等に関する第3次提言」<sup>27)</sup>の中で、 レベル 2 地震動に対する耐震性能として損害回避 便益と耐震化費用に基づく費用便益分析を基礎に 決定すべきであり、具体的には施設の地域特性, 利用特性および重要度ランクなどに応じて決定す る簡易な手法を早急に開発すべきこと、そしてそ の損害回避便益には地震の際の間接的な損害も含 んだカタストロフィックな影響を考慮して算出す べきことを指摘した。また、佐伯28)は低頻度の巨 大地震に対する備えのためには、無駄を排したり、 効率性のみを重んじたりするだけでは不十分であ り、防災・減災の要因を加味した適度な冗長性を 加えた社会システムとしての付加価値の高いもの とすべきであることを提案した。

今回の大震災の状況を踏まえ、国土交通省 社会 資本整備審議会計画部会 道路分科会事業評価部 会では、去る5月26日に開催した第3回部会で、 事業評価手法についても、これまでの費用便益解 析(CBA)で考慮する要因に加え、「防災・減災」 の効果を反映すべきとの資料が提出された。上記 した地震工学や土木計画学の立場からの意見が具 体の施策に反映されつつあるのは画期的なことと 考えられる。

ここで震災対策に関する社会的な合意形成の参考になる事例として、米国カリフォルニア州サンフランシスコ湾東部沿岸地域の水道企業体 (EBMUD: East Bay Municipal Utility District)で行われた耐震補強プロジェクトを紹介する<sup>29)</sup>。

供給人口約120万人を抱えるこの企業体は、近い将来マグニチュード7級の直下型地震の発生に

備え、供用中の各種施設に対して詳細な耐震性の 調査・診断を実施した。

その結果、現状のままでどのような被災が生じ るのかをビジュアルに表現した被害想定シナリオ を利用者である住民、企業に公開した。あわせて 最低限の緊急対応の他に4段階の耐震性向上計画 の内容とコストを提示し、利用者と地震直後の消 火活動への影響および飲料水供給の程度を含む議 論を市当局内部はもちろん、都市計画委員会、住 民団体、企業団体、ロータリークラブなどの地域 活動団体、退職者団体や生活弱者団体などを個別 に対象とした公聴会を開催して議論を徹底して行 う機会を設けたのである。そして全体として189 百万ドル、日本円にしておよそ 150 億円あまりの 事業規模を決定し、1994年から 2005年の 12年間 で事業を完成した。 この費用は今後30年間に平 均的な利用者が年間一人あたり約20ドル、日本円 にしておよそ 1,600 円の負担となった。これらの 事業内容は上記の利害関係者や団体に対する教 育・広報活動を通して周知が図られた。

このような情報公開を前提とした巨大地震の災害予防、減災対策の実施に関する社会的合意のプロセスを、わが国でも厳しい財政状況の下で積極的に試みることも認識すべきではあるまいか。

震前対策の財源の確保方策については、上記の ような受益者負担による手段に加え、税による対 応も考えられる。静岡県では、1978年に施行され た「大規模地震対策特別措置法」に基づいて各種 の対策を実施してきたが、その財政的な基盤はそ の2年後に施行された「地震防災対策強化地域に 係る国の財政上の特例措置に関する法律」による 国庫からの助成が主なものであった。しかしなが ら県では対策実施の緊急性を配慮し, これに加え て独自に県内の経済界の協力を得て, 新税による 財源の確保に努めた。法人税に対する超過課税を 1979年度から10ヵ年については10%、続く1993 年度までは 7%の割増率で行い、のべ 1,500 億円 余りの独自財源を確保して、県、市町村、民間の地 震対策事業に充当した 30)。ちなみに、このような 法人超過課税は当時、東京都、大阪府、京都府、 神奈川県、愛知県、兵庫県などで行われていたが 地震対策を目的としたものは静岡県のみであった。

なお、今回の大震災を契機に研究・開発を含む 復旧・復興関連の予算が急激かつ膨大になること が考えられる。しかしながら阪神・淡路大震災の 場合には数カ年で防災関連予算が急減し、今回の 大震災の前には、国及び地方の財政状況が悪化し ていることもあり、必ずしも十分な震災対策事業 の展開ができていない状況である。このような"喉もと過ぎれば熱さも…"という傾向は米国でも同じと見えて、B.A.Bolt<sup>31)</sup>によれば被害地震が起こった後には急激に予算が膨脹し、政治的な支援が活発となるが、1年程度の半減期を持つ減衰曲線で急激にしぼんでいく状況だと述べている。いずれにせよ、上記のような今後の地震活動が活発化する中で、震災対策を計画的に進めて行くには、以下に提案する「地震災害アセスメント制度」の導入もふくめて、恒常的に必要な予算と財源とを確保して実践していくことについて、社会的な合意形成を図っていく必要がある。

最後の4番目の課題であるdのインフラ施設の被害想定の手法の見直しと新たな制度の導入などについては、i 被害想定の手法や精度に関すること、ii 想定外の規模の現象が生じた場合の対処に関することの二つに分けられる。

このうち、iについては現行の被害想定の手法 が地震工学や耐震技術に即したものを採用してお らず、物理的にきちんとしたリスクの評価が定量 的に為されていなため、リアリティに欠けること が問題である。日野32)は、地域防災計画で定めら れてきた内容が阪神・淡路大震災の際に役立たな かったとする指摘が各方面から出されたことに着 目して問題点を整理している。この中で被害想定 について,想定される被害程度が示されておらず, 都道府県レベルのものでも精度が粗く, 市町村レ ベルに適用するには適切でないとしている.また、 予防対策実施の優先順位や目標水準が明確でない ことも指摘している. 要は、現状では地域防災計 画の作成には、各種インフラを管理する組織の技 術職の関与はほとんどないままに、防災部署の事 務職が既往の事例を参考に観念的に被害率などを 想定しているものと推察される。本来の被害想定 結果を事前の予防対策に反映させるためには、対 象となる建物やインフラ諸施設やこれらの周辺地 盤の挙動を力学的、物理的な方法によってリアリ ティのある挙動の予測した結果に基づくものでな ければならない。

力学的、物理的に適切な被害想定を行うには、 つぎの二つのシナリオを考える必要がある。一つ は当該施設の設計時点での基準と震災対策計画時 点での技術水準とのギャップが被害を生じさせる 原因であるとする考え方、二つ目はとそのギャッ プが無くても想定する地震の際に各種インフラ施 設が存在する地点での地震動の強さの推定の際の 不確定性や、当該構造物や周辺地盤の強さなどの 不確定性の存在によって安全性が想定よりも低くなって被害が生じるとする考え方である。

一般に、前者については、地域防災計画での想定地震と各種インフラ施設での耐震基準で規定された地震動の条件とは整合していないのが現状である。一方でインフラ施設の管理者サイドでは、耐震基準を遵守した整備や補強をしているのに、なぜ被害想定しなければならないのかという疑問が常にあるように感じられる。後者については、不確定性の高い地震動が作用した場合の建物や各種インフラ施設の構造物の挙動も不確定的になることへの対応である。

このような課題の解決には、阪神・淡路大震災 の後で土木学会の耐震基準等に関する基本問題検 討会議が起草した「土木構造物の耐震基準等に関 する第二次提言 | 33) で指摘したインフラ施設に対 して適用する「地震災害アセスメント制度」の導入 を図ることが有効と考えられる。この制度は5~ 10年ごとに、その時点での地震工学や関連工学や 技術の水準を踏まえた最新の評価・診断手法によ り、高度な能力と豊かな経験を有する専門技術者 が想定地震の諸元や地震動のハザードの不確定性 を考慮した解析、設定を行って、都市や地域の建 物や各種インフラ施設に対する耐震性の評価や被 災状況や復旧過程の想定を行うものである。それ らの結果を震災対策計画の被害想定に反映し、上 記3番目の課題 c で指摘した社会的合意形成のプ ロセスを通して、震前の補強による予防対策のみ ならず震後対策に有効な施策として防災・減災の ための事業を計画的に推進する上で有効な手段と なりうるものと考えられる。この制度はまた、人 命確保のための避難方策、住民への教育・啓蒙等 の事業を戦略的に推進するためにも有効な施策と なるものと期待される。

図13には各種インフラ施設の地震災害軽減のサイクルを示す。

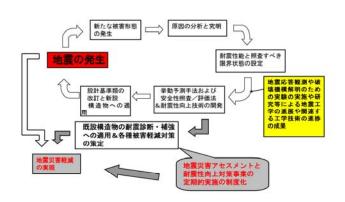


図 13 地震被害軽減のサイクル

この図からわかるように地震工学や耐震技術の 進展をタイムリーに取り入れた地震災害アセスメ ントを定期的に実行して行くことで現在、供用中 の施設に対して耐震性能を向上させるのに有効な 手段と考えられる。

さて、ここで忘れてならない重大な課題である **ii** の "**想定外**" の規模の現象が生じた場合の対応 について考えてみよう。

防災計画を作成する国や地方公共団体の立場としては、これまでは、想定外の事象が発生したことを考えたくないし、対処できないことは計画に書きたくないというスタンスであったことは否めないところであろう。想定外のことを触れたり、考えたりすること自体、"背徳的"だという意識、特に、原子力発電所の安全性についてはそのような意識があったように感じられる。もちろん、その背景には財源難や必要人員の確保が困難な事情もあったものと考えられる。

しかしながら、今回の大震災で明らかになったことは、想定外の事象が起きても、国民の生命は救わなければならないということであり、そのためのハード、ソフトの施策を戦略的、計画的に実行することが急務の課題に浮かび上がったのである。"想定外"を対処できないことの理由や言い訳にはできないことを防災担当者はあらためて認識しなければならない。

また、このことと関連して国、地方公共団体における防災対策のプロフェッショナル~専門家の存在が巨大地震に対する防災や減災にとって不可欠なことを指摘したい。現状では、たまたま運が悪い職員が大災害に遭遇して、防災担当者としての責務を担うという状況になっているのかもしれない。この点についても上記の土木学会の「土木構造物の耐震基準等に関する第二次提言」の中で、国や地方公共団体において"防災専門家を養成すべきこと"が謳われている。あらためて、国や都道府県において、真剣かつ具体的にその組織体制に関する検討を進め、速やかに対処方策を推進すべきである。

そもそも"想定外"とは一体、何を意味するものなのであろうか。今回の大震災の誘因となった M9.0 の「東北地方太平洋沖地震」の強さはレベル2 地震動なのか。それよりも超えた想定外の巨大地震の地震動なのか。津波はどうだったのか。筆者の感覚では、地震の規模 M9.0 は再現期間 1,000年以上の地震であったとしても、地震動は加速度応答スペクトル曲線の分布をみてもレベル 2 相当と考えて然るべき程度であったと考えている。問

題は津波の大きさであり、これについてはすでに 上記の通りである。いずれにせよ、今後の震災対 策計画を定めるには、地震動の予測の不確定性も 考慮した「想定外」の概念規定を明確にすること が必要である。

ちなみに、去る3月23日付で、土木学会、地盤 工学会そして都市計画学会の各会長が共同で「今回 の震災は、古今未曾有であり、想定外と言われる。わ れわれが想定外という言葉を使うとき、専門家として の言い訳や弁解であってはならない。このような巨大 地震に対しては、先人がなされたように、自然の脅威 に畏れの念を持ち、ハード(防災施設)のみならずソフ トも組み合わせた対応が重要であることを、あらため て確認すべきである。」との緊急声明を公表している。 このような考え方を専門家は念頭において最悪の シナリオに対してもハード、ソフト両面からなる 効果的な対策を組みあわせること、そして想定さ れるハザードの大きさに応じ、「公助」、「共助」、「自 助」の概念とそれらに応じた対策の仕分けをおこ なって、広く地域住民や企業関係者の理解と協力 を求めていく必要がある。

#### (3) 被災地の復興計画や事業の展開

震後三か月が過ぎた現在、なかなか被災地の復興が思うような進捗を遂げていない。これには津波により行方不明となった方々がまだ8千名近くも残っていることや瓦礫の処理が陸上や海底で難渋をきわめていることが大きいものと考えられている。

このような状況で、国土交通省では都市・地域整備局発注で津波被災地の復興手法調査業務 40件あまりが 5 月末にプロポーザル方式で発注された。これら業務の目的は対象の津波被災地域について、①被災状況等の調査、分析を行い、その成果を地方公共団体に提供するとともに、復興計画の具体化に応じて国に求められることが想定される技術的助言等に即応できるよう、②被災状況や都市の特性、地元の意向等に応じた市街地復興のパターンを分析し、③これに対応する復興手法等について調査・検討を行うものである。

ここで重要な要因の一つに復興計画に関する土地利用の制限の問題がある。宮城県では1933年の昭和三陸津波の教訓を生かした独自条例(規則)を制定し、津波による浸水が予想される沿岸部の住宅建築を原則禁止するという罰則付きの厳しい内容を定めた<sup>34)</sup>。同年の県公報によると、正式名称は「海嘯罹災地(かいしょうりさいち)建築取締規則」であり、昭和三陸津波の発生から約3カ月後

工場や倉庫を建てる場合は「**非住家 ココニスンデハ、キケンデス**」の表示を義務付け、違反者は拘留 か科料に処せられるとある。県私学文書課による と、この取締規則は現在、存在しないが、廃止された記録もない。1950年の建築基準法施行後、市町村が災害危険区域を指定し、住宅建築を制限できるようになり、役割を終えたものと思われる。

この他、国レベルでは内務省大臣官房都市計画 課から 1934 年 3 月に提出された「**三陸津波に因る** 被害町村の復興計画報告書」の内容も興味深い<sup>35)</sup>。 その序文には「(前略) 永久に浪災を防御し、又は 之を避けるべき安住の地を築設し、以って生活の 安定と便益を確保する(中略) 務めて姑息なる施 設を避け(後略)」と記述されている。

本文には「**津波防護対策**」として、津波の波高 が高く、その破壊力も大きくなるリアス式海岸の 奥の限られた平坦部しかないようなところでは、

「いかなる工作物を設けるとも津波防護の対策とはならぬ。部落移転を敢行する外に方法が無い。所謂浸水型の地方に就いては津波防護の方法が考えられる。」「(津波災害を)忍びて、単なる日常生活の多少の不便を忍びえざる筈はない。」として、部落の高地移転を推奨している。この他、敷地の地上げ、防浪堤、防浪建築、街路の整備、埋立て及び護岸、避難道路、防潮林、防波堤の整備を提唱している。

市計画や復興事業については、「漁農聚楽、必ずしも海岸に密接して居住するを必要とせず・・・ 部落敷地を高地に移転するは他のいかなる防浪対 策より勝れるものなり。」とか「高地移転を行い得 る部落に在りては・・・建築禁止区域の設定も止 むを得ざる方策・・・」などといった表現もある。

このように 1933 年の昭和三陸津波の後で宮城 県や国が示した上記の施策は、少なくとも現在で も通用する考えであることには間違いの無いとこ ろではある。しかしながら、21世紀の今、往時と は格段の文明が進展している中、これらの 78 年前 の対策の内容と水準で良しとするのか、真摯に考 えるべきではなかろうか。たとえば、

- ▶ 沖合の海底に設けた津波波高観測計測システムを活用した早期津波情報検知システムの開発とその住民避難情報伝達システムへの利用
- ▶ 携帯電話などの情報通信ツールを用いた避難 情報の伝達
- ▶ 避難への自動車の活用とそのための道路拡幅

#### や線形の改良

▶ 沿岸部に築造する鉄筋コンクリート造の人工地 盤により嵩上げした避難地や事業用地の確保

などが考えられよう。いずれにせよ後背地域を含 む被災地の地形条件や産業構造、当該地域の就労 人口や通勤地域なども踏まえた将来の地域産業の 振興策とも一体となった本格的復興計画の策定が 期待される。当然ながら三陸縦貫自動車道や国道 45 号そして鉄道の復旧計画との整合も視野に入 れた地域の発展に有効な計画としなければならな い。また、三陸地域の特色を生かした産業、特に 第一次産業である漁業、水産業の振興策として、 被災地の人口動態、特に就労可能人口の将来推計 結果も踏まえ、これまでの個人が主体となって事 業展開する形態に代わって新たな事業会社の設 立・運営も考慮すべきであろう。その場合には PPP の仕組みを活用した効率的かつ高付加価値な企業 の創成といった観点からの新たな取り組みについ ても積極的に検討し、地域住民間の合意形成も含 めて推進方を図っていくことが望まれる。

#### 6. まとめ

以上、東日本大震災がもたらしたものと題して、 被害の概要と特徴、教訓と課題そしてこれからの 対処方策について、一通り概観してきた。その結 果、次のように要約することができる。

- ① 今回の大震災は M9.0 の巨大地震とそれによってひき起こされた巨大津波、そして原子力発電所の被害と事故の発生からなる世界でも未曽有の複合災害といえよう。中でも、津波による被害が甚大であった。なお、M9.0 の巨大地震にしては、地震動の卓越周期が 0.2~0.3 秒と建物や橋が揺れやすい周期に比べて1/4~1/5 と短かったため、それら構造物の被災が著しくなかったことは不幸中の幸いであった。
- ② 特に本州北部の青森県沖から千葉県沖まで 襲来した津波の猛威は凄まじく、およそ2万 名を超える死者・行方不明者を生じさせた。
- ③ 復旧に当たって国道のライフラインとして機能は震後、比較的早く回復できたものの、津波被災地での行方不明者の捜索もあって、瓦礫の処理が大幅に遅れることになり被災地の復興に大きな支障となっている。つぎの巨大地震の発生に間に合うように今回の震災の教訓として合理的な瓦礫処理に関する効率的な行政システムの確立を講じることが必要である。

- ④高度に文明化したわが国の社会において、震災の様相は複雑、多岐にわたり、災害拡大のポテンシャルはきわめて大きくなっていることに留意しなければならない。このため社会インフラ単独ばかりでなく異なるインフラシステム相互間での連鎖を考えた冗長性の高いトータルの防災・減災が可能なネットワーク・システムを構築することが求められる。
- ⑤今回の地震動は M9.0 というきわめて大きな 地震エネルギーの発露であり、震源から遠く 離れた千葉県や神奈川県の東京湾沿岸部で主 要動の継続時間が長く続いたことや、その繰 り返し回数が多かったため、埋め立て地やゆ るい砂質地盤の液状化が各所で生じ上・下水 道施設や住居に甚大な被害を生じさせた。
- ⑥巨大津波への防災・減災対策や被災地の復興 を進める上で必要となる津波の規模と対策の 目標水準の考え方が、阪神・淡路大震災以降 に確立した土木構造物の耐震性能照査に対し て適用する二段階の地震動のレベル、すなわ ち、レベル1、レベル2と同じような二段階 の概念で規定される方向が打ち出されつつあ る。
- ⑦わが国の最近の地震の活動状況は戦後半世紀に及ぶ静穏期を経て、20世末、1995年に発生した兵庫県南部地震を契機に活発となり、今世紀に入り、今回の巨大地震の発生をもって、いよいよ本格的な大地動乱の時代に入ったようである。今後は西南日本及び関東南部から房総沖でのプレート境界で発生する巨大地震をはじめとして、首都圏直下地震や内陸の活断層タイプの直下型地震が頻発する可能性が高くなることを覚悟すべきである。また、東海地震や東南海地震の発生と富士山の噴火との相関性も指摘されており、これらが前後して発生する最悪のシナリオについても考えておくことが望ましい。
- ⑧このようなリスクに備えるためにも国の震 災対策を司る法体系や組織の再編が急務の課題であり、中央防災会議等での震災対策計画 に関する戦略的、建設的な建議が求められる ところである。今回の大震災の教訓を糧に「東 海・東南海・南海地震」や「首都圏直下地震」 などへの備えを速やかに着手すべきである。
- ⑨特に津波被災地の復興には、高規格道路や鉄道など基幹インフラの計画と整合させた土地利用に関する新たなアイデアの創出や今後の人口減少の動向も踏まえた将来に希望の持て

る、これまでの地域産業や生活基盤の枠組みに とらわれない新たな事業展開の枠組みの構築や、 情報化の進展に伴う新たなコミュニティの創成 などの将来に向けた視点で住民の地域復興の機 運を高めて推進して行くことが必要である。

#### 7. あとがき

あらためて東日本大震災の様相をみつめると、 津波による影響の甚大さに圧倒させられた。また 液状化の発生による被害も著しかったことが強く 印象に残った。

ここに、大震災で亡くなられた多くの犠牲者の ご冥福と被災地域の速やかな復興、被災者の方々 のご健康を心からお祈り申し上げる。

本文を執筆するに当たり、保全・耐震・防災事業部の森副事業部長、同事業部東京支社の田中保全・耐震・防災部長、同総合防災・保全チームの三村 PM ほかの各位に貴重なご支援と情報提供をいただいた。ここに記して感謝の意を表する次第である。

なお、原子力発電所の被害と事故については筆者の専門外でもあり、本文では深く言及することは避けさせていただいた。ただ、世界でも初めての原子力発電所災害でもあり、わが国のみならず世界各国の電力・エネルギー政策に重大かつ深刻な影響を及ぼしたことは間違いない。今回の一連の事象を重大な教訓にして、原子力発電に係わる方々に再発の防止と安全性、信頼性の更なる向上を期していただくための格段のご尽力、ご努力を祈念して筆をおくこととする。

#### 引用文献

- 1) 日経サイエンス 2011.6 月号
- 2) 国立天文台編、理科年表、平成23年版、丸善㈱
- 3) 平田 直:マグニチュード9.0の衝撃、科学、 vol.81 №5、2011年5月号
- 4) Newton 2011年6月号
- 5) 気象庁: 内陸及び沿岸で発生した主な地震の 余震回数比較 (マグニチュード 4.0 以上), 「平成 20 年 (2008 年) 岩手・宮城内陸地震」 の特集,
  - http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2008\_06\_14\_iwate-miyagi/yoshin hikaku.pdf, 2008 年 8 月
- 6) 防災科学技術研究所 K-NET 平成 23 年(2011年)東北地方太平洋沖地震による強震動についての特集ページ

- http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/topics/html20110311144626/main\_20110311144626.html
- 7) 日経コンストラクション 2011.5.9 号
- 8) 岡田義光: 2011 年東北地方太平洋沖地震に伴った地殻変動と誘発現象、科学、vol.81 No.5、2011 年 5 月号
- 9) 土木学会 東日本大震災特別委員会津波特 定テーマ委員会報告会 6月13日資料
- 10) 宮城県南三陸町 HP
- 11) 警察庁 HP: 2011 年 5 月 24 日 現在の被害集 計に基づき、一部改編
- 12) 土木学会 HP: ライフライン復旧概況(時系列編)、岐阜大学 能島教授作成
- 13) 気象庁 HP:
  http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2011\_03\_11\_
  tohoku/aftershock/
- 14) 国土交通省社会資本整備審議会計画部会道 路分科会第 13 回分科会 東日本大震災の対 応と課題 2011 年 5 月 23 日
- 15) 高橋浩一郎: 災害論 --- 天災から人災へ-- 、 東京堂出版、pp11、1977 年 5 月
- 16) 佐伯光昭:展望 地震災害軽減方策のあるべき姿と今後の課題、土木学会論文集、No.658 /VI-48、pp1-18、2000 年 9 月
- 17) 宇佐美龍夫:最新版 日本被害地震総覧[416] -2001、東京大学出版会、2003
- 18) 寺田寅彦: 天災と国防 (初出: 昭和9年11月 経済往来), ワイド版岩波文庫102, 寺田 寅彦随筆集.第5巻 小宮豊隆編, 1993.6
- 19) 鎌田浩毅: 今そこにある富士山噴火・東海・ 西日本大地震、文芸春秋、株式会社文芸春秋、 2011 年 7 月 号
- 20) IAEA, "PRELIMINARY FINDINGS AND LESSONS LEARNED FROM THE 16 JULY 2007 EARTHQUAKE AT KASHIWAZAKI-KARIWA NPP" REPORT TO THE GOVERNMENT OF JAPAN, 2007 http://www.iaea.org/newscenter/news/2007/kashi wazaki-kariwa report.html
- 21) 外岡英俊:地震と社会 「阪神大震災」記, 上巻,みすず書房,1997.11.
- 22) 寒川 旭:地震の歴史を活かした災害対策を、 中央公論、 2011 年 6 月号、pp36~45
- 23) 片山恒雄:東京大地震は必ず起きる、文春新書 280、2002 年 10 月
- 24) 内閣府 HP
- 25) 土木学会 耐震基準等に関する基本問題検 討会議:耐震基準等に関する第一次提言、 1995 年 5 月

- 26) 国土交通省港湾局:釜石港における津波による被災過程を検証、2011年4月1日、 http://www.mlit.go.jp/report/press/port05\_hh\_000 019.html
- 27) 土木学会 土木構造物の耐震設計法に関する特別委員会:耐震設計等に関する第三次提言、 2000年10月
- 28) 佐伯光昭: 改めて社会資本とその「無駄」を考える 一防災・減災の立場から一、橋梁と基礎、2011年1月号
- 29) Diemer, D.M.: ANTI-SEISMIC MEASURES ON WATER SUPPLY IN CALIFORNIA, Proc. of Water & Earthquake '98 Tokyo, IWSA International Workshop, 1998.11
- 30) 井野盛夫: 抗震 東海地震へのアプローチ, pp.95-99, 静岡新聞社, 2000.2.
- 31) ブルース・A・ボルト著, 松田時彦・渡邉トキエ訳: 地震, pp.292, 古今書院, 1995.3.
- 32) 京都大学防災研究所編:地震防災計画の実務,第2章 地域防災計画の現状と問題点,pp.9-36, 1997.4.
- 33) 土木学会 耐震基準等に関する基本問題検 討会議:耐震基準等に関する第二次提言、 1996 年 1 月
- 34) www.47news.jp/CN/201104/CN2011040601000 544.html
- 35) 家田 仁:東日本大震災の復旧・復興に向けて東日本大震災をどう見るか〜地域基盤の総合的フェイルセーフ化に向けて〜、一般社団法人流域水管理研究所主催 第1回緊急特別講演会、2011年5月11日、ppt 資料