

津波と付き合いってきた 1 世紀

東北大学 名誉教授 首藤伸夫

1. はじめに

自然災害は、自然と人間社会が交差する所で発生する。通常は自然の恵みを享受して居ても、外力がある大きさを超えると災害につながる。外力が同じであっても、人間社会のあり方が変われば、規模や種類の異なる災害が起こる。津波災害も例外ではない。

人間の対抗手段が変われば、災害の規模が変わる。それを見て、人間の心に変化が生じる。心の変化が次の対応に繋がる。日本でこの変化が起こったのは、1960 年を境にしてと云ってほぼ差し支えない。

2. 過去半世紀間に自然との付き合い方は変化した

1940 年代の日本では、大雨があれば洪水になるのは当たり前であった。なにしろ、40 万平方キロの国土のうち、3/4 は山地である。年間 1700mm もの雨が、台風・前線性降雨・雪でもたらされ、山は世界平均の 10 倍もの速さで削られ、それが運ばれ落とされて出来あがった沖積平野が、我々の活動の行われている場所である。国土面積のわずか 1/4 でしかない。

そこを利用した人々は、水が出て当たり前の生活をした。危険ではあるが、入り込めば実入りはよい。一時避難所を水山、水屋と云う形で用意したのは北上川下流地帯の人々である。一関市千歳橋東詰めでは、洪水が出るたびに家屋を綱で大木に繋ぎ、引き際のまだ浮いている家屋を元の場所に引き戻して住んだと云うたくましい例もある。大井川下流部の舟形屋敷もそうした類だし、長良・揖斐・木曾三川の輪中を知らない人は居るまい。

1950 年代の日本、まだ国道の舗装率が 2% 程度だったころ、雨が降れば洪水氾濫は当たり前のことであった。それを実地に経験し、わずかな微高地に居住するのだった。

1958 年の事である。静岡県伊豆半島を縦断し沼津で海に出る狩野川が大氾濫を引き起こした。このとき、初めて河川技術者が災害直後の川を飛行機から眺めた。降りて来ての第一声が、「川は自分の流れたように流れて居た」であった。堤防や水門などの人工構造物は全く無視されたのである。当時の人はこのことを自覚して居た。

下って 1986 年、宮城県松島の北にある鹿島台町で、吉田川で破堤氾濫が生じた。ここは品井沼と云って元禄時代から干拓の試みがなされ、明治以降に使われるようになった所である。破堤後 1 週間も経ったころ訪ねてみると、周囲はまだ惨憺たる有様なのに、もう普通の生活に戻っていた家が一軒あった。「さすが地元の人だ。昔、沼だった事を知って居たのだろう」と尋ねると、「違う。1950 年に他所から来た。回りを見ると堤防がやけに高い。これは何かあるぞと、一階の壁は石壁にし、納屋には小舟を用意して置いた。36 年目に役立ったね」。

今、平成大震災の事後処理において、「堤防が高くないと安心出来ない」との声が大きい。まったく正反対である。どうしてこうした変化が生じたのか。いつ頃からそうなったのか。1960 年がその境であったとして良いであろう。

1896 年の明治三陸大津波に始め、特徴のある津波や関連事項を紹介しながら、こうした変化をたどる。

3. 明治三陸大津波（中央防災会議報告書、2005）

3. 1 津波と被害

明治 29 年（1896 年）6 月 15 日（旧暦 5 月 5 日の端午の節句）夜 7 時過ぎ、巨大津波が三陸地方を襲った。先触れとなる地震は弱く、三陸沿岸では最大で震度 2 であった。このため、節句を祝っている人々には津波への備えが全くなかった。また、当夜日清戦争祝賀会があり花火を打ち上げている所も多く、津波の出す異常音を花火と取り違えて警戒につながらなかった。死者 2 万 2 千人、被害額は国家予算の約 1 割と見積もられている。

1896 年明治三陸大津波を伝える風俗画報の見出しに「経験者多く死す」とある。

「今より 41 年前の津波は緩やかに来たものだから 2 階に居て潮水の引くのを待って降りて来て助かった。その経験から今度も驚かず、油断しておぼれ死んだ。昔の津波を知らないものほど、あわてて逃げだし助かった。前のと今度のとでは津波が違った」としている。

当時の調査記録としては、理科大学地質学生であった伊木常誠、岩手県の依頼を受けた山奈宗真のものがある。更に、昭和三陸大津波時に内務省技師であった松尾春雄がいくつかの聞き込みをして付け加えている。

このときの最高打上高は、現在の大船渡市綾里白浜の 38m と云うのが定説であるが、山奈宗真は岩手県岩泉町茂師で 45m を測っている。

3. 2 復旧復興対策

主要な対策は、主として地元の有力者や素封家による高地移転であった。宮城県では、県主導で行われたらしく、特に集落までの道路開削は県からの特別補助によった。

移転集落のその後を詳しく調べたのが山口弥一郎である。高地移転は 43カ所で、そのうち集団移転は 7カ所であった。これらのかかなりの部分が原地に戻ってしまう。その理由は、

① 居住地から浜が遠すぎる、② 高地移転で飲料水が不足、③ 交通路不便、

④ 先祖伝来の土地に対する執着心、⑤ 津波未経験者の移住、⑥ 津波襲来が頻繁でないこと、等で、特に約 10 年経った頃からの復帰が目立つという（田中館・山口、1938）。また、高度で 15m 以上、距離で 400m 以上浜から離れると原地に復帰した（山口、1952）。

しかし、見事な成功例もある。岩手県吉浜（現大船渡市三陸町吉浜本郷）では、U 形湾の中央を流れる吉浜川の北岸にあった旧集落はほぼ全部流失し、死者 300 名以上となった。そこで集落を湾北岸に移し、道路も付け替え、元の屋敷は農耕地とした。新沼武左衛門等の主導で行われ、旧位置には一軒も残さなかった。この結果、昭和の津波でも、平成の津波でも、被害を免れたのである。

4. 昭和三陸大津波

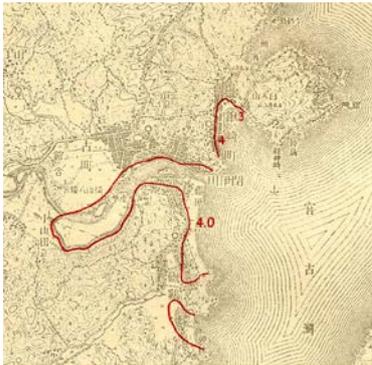
4. 1 津波と被害

昭和 8 年（1933 年）3 月 3 日の早朝、激震の後で大津波が襲来した。地震をきっかけとして避難したが、死者は 3 千人を超えた。似非科学ともいふべき思い込みが被害者を出した場所もあった。牡鹿半島に近い所では、明治三陸大津波の翌年、地震が強かったが津波は極小さいのを経験した。「地震が弱ければ津波が大きい。地震が強ければ津波は小さい」と云う経験則が出来あがっていた。「今度は地震が強いから津波は大丈夫」として避難しなかった。また、「明治の津波は地震後 30 分ほどで来襲した。もう 30 分経ったから津波は来ない」と帰宅直後に津波に攫われた人も出た。

津波後、内務省、東京大学地震研究所などが、組織的に調査に入った。地震研究所彙報別冊第 1 号はその結果である。

図一 1 は、宮古市（当時は宮古町）周辺の結果で、鉾が崎では測点が 2ヶ所、3m、4m となって居り、更に浸水域が赤線で示されている。このとき、宮古港修築事務所がもっと詳細に測ったのが図一 2 で、内務省土木試験所の松尾春雄技師の報告書に記載された。4m の箇所から 120m も離れると、7.2m と大きくなって

いる。ともすればこうした局所性を見逃し、誤った津波像に繋がる事があるので注意が必要である。
このときの最高打上高は、やはり綾里白浜で生じたが、28m程と明治よりは小さかった。



図一 1 東京大学地震研究所の測定値



図一 2 宮古港修築事務所の測定値

4. 2 直後の対応

津波直後、岩手県出身の代議士は現地に入り、これらの人を中心に民政党が復旧復興対策案をまとめたのが3月8日という素早さであった。応急対策と恒久対策とからなり、ソフトな対応をも含み、次述の国の対策を先取りしたものであった。

文部省の震災予防評議会が「津浪予防に関する注意書」を公表したのが6月10日である。その対策を現在の分類で示すと、次のとおりである。

防災施設	防浪堤	護岸	防潮林	
津波に強いまちづくり	高地移転	防浪地区	緩衝地区	
防災体制	避難道路	津浪警戒	津浪避難	記念事業

事後対応は、国・県主導の高地移転であった。宮城県では1年後に十五浜村・唐桑村を除き宅地造成完了。岩手県では1933年8月に造成開始、翌年8月には6割が完成していた。折から、1929年に始まる世界大恐慌、しかも満州事変の最中という状況の中での進捗であった。

防潮堤は、釜石、田老、山田など5か所。長部は地盤かさ上げで対応された。このころは、防潮堤の建造は経済的にかなり無理があったのである。これは、次節に述べる室戸台風時の報告書に明記されている。

4. 3 土地利用規制の結果

民政党の提案にもあったのだが、住宅地域を制限しようとの考えを実際に県の条例として実行したのは宮城県である。土地を指定するとともに、違反した場合の罰則を決めた厳しいものであった。県令第33号「海嘯罹災地建築取締規則」が6月30日付けで公布された。こうして、高地移転とともに土地の使用方法が規制されたのだが、この県令第33号は、廃棄したとの記録もないまま、1954年には忘れ去られていた。

しかし、これは当時の大日本帝国憲法「第2章 臣民権利義務 第22条 日本臣民は法律の範囲内に於いて居住及び移転の自由を有す」に抵触する可能性のあるものであった。

このため、岩手県は条例案を作ったものの、草案のままに終わった。

4. 4 津波予報 (首藤、2011)

当時普及し始めたラジオを使っての津波予報、津波警報を、との声が高くなる。その中には、岩手県が釜石港に設置した津浪予報装置塔(写真一1)があるが、高価なため他地点では成立していない。

現実の津波予報は、1941年三陸地方を対象とする津波警報組織によって開始された。測候所毎に、その管轄区域に対し、ラジオ及び警察署への電話連絡により、予報が伝達された。

1952年には、全国を対象として正式業務としての津波予報が始まる。



塔置装報豫浪津内港石釜郡伊閉上

写真 - 1 釜石港に設置された津波予報装置

4. 5 知識の普及

慰霊のためではなく、将来への教訓を伝えることが主目的の記念碑が、大阪・東京朝日新聞社の後援で多数建立された。碑には、「地震があったら津波の用心」などが刻まれた。これを記憶していた三陸地方は1960年チリ津波の襲来後、「地震は無くとも津波は来る」と経験し、相矛盾する碑を並べて建てたところもある。そして、「自然の掟には前例も何もありません」と多様性を表現した。(五十嵐之雄、1993)。

5. 海岸法成立前後の海岸防衛に対する考え方

1934年室戸台風が襲来した。土木学会風水害調査報告(1936年)は、土地災害対策として(イ)防護工作物の施設、(ロ)建築地盤高の統制、(ハ)土地利用の規制、の3つを挙げるが、「これら防護工作物は設計の基準を数十年に一度と云う大災害を目途とする事は経済上許されざる所と考える」とした。前年の三陸大津波復興時に高地移転の方が優先されたばかりであった。

この時、風津波と云う呼称から高潮へと正式に呼び名が変わる。

1950年にジェーン台風が襲来して大阪を中心に被害が生ずる。室戸台風以降、外郭防波堤が防災対策の一つとして期待されていたが、このとき大型水理実験で効果がないと否定されることとなる。そのかわり、大阪では地域を取り巻く防潮壁が作られることとなる。1950年代になって、人口集中地での防災施設が徐々に開始される。こうして作られた防潮壁は1961年第二室戸台風に対して効果を発揮する。なお、生起確率が初めて求められたのはこのときで、1934年室戸台風は813年に一度のものとして算定された。

1953年、13号台風が襲来、知多湾、渥美湾を中心に海岸堤防が大規模に破壊される。この時の経験から、海岸堤防は三面張りが基準となった。しかし、13号台風の復旧では重要な箇所のみに限られた。まだ経済的に弱体であったからである。

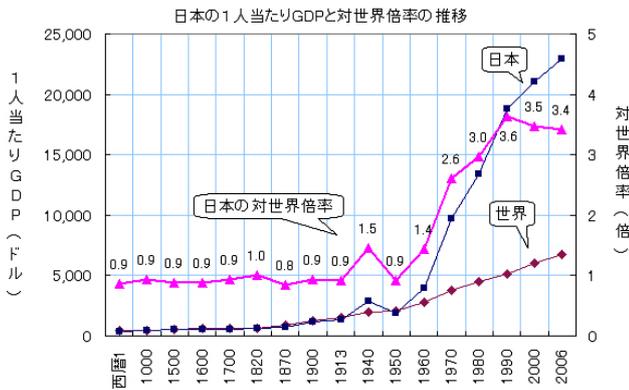
こうした経験を経て、1956年に海岸法が成立し、その第14条に「築造の基準」が規定されていた。その内容を明確に示したのが、農林水産省、運輸省、建設省の3省が共同で制定した海岸保全施設築造基準(1958年)であり、その運用についての海岸保全施設築造基準解説は1960年1月に刊行された。海岸堤防の三面張りは当然のこととなり、さらに裏尻の保護も取り入れられる。海岸堤防の高さは高潮水位に風波の打ち上げ高を考慮して決められる。この時の計画対象の風波は有義波である。これを越える波は約14%あるから、当然海岸堤防は越えられてしまう。したがって、表法、天端、裏法及び裏法尻の保護が必要と明記された。

成立直後、1959年伊勢湾台風が襲来する。被害総額は国家予算の9.9%にも及び、死者行方不明者5012名に及んだ。後、名古屋前面に高潮防波堤が建設される。水理実験で無効とされたのは、周期の長い高潮に対してであり、これに伴う風波に対しては大きな効果があったから建設されたのであった。高潮防波堤という呼称は不正確である。

名古屋市は名古屋市臨海部防災区域建築条例で沿岸地域を第1種から第5種に分け、建築物に制限をかけ

た。例えば、海に直面する第1種域では、木造の建物は禁止された。この条例には罰則は設けられていないが、建築関係者の自主性に期待しており、故意にこの条例に違反した場合は、建築基準法第9条第1項の規定により是正のため必要な措置が命ぜられ、この命令に従わないものに対しては同法の罰則規定が適用されることになっている。

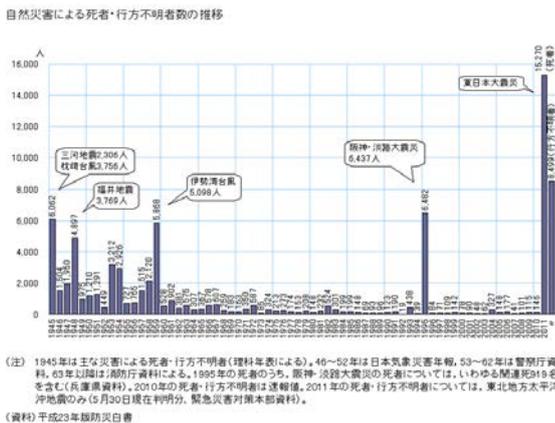
6. 1960年を境とする変化



図一3 国民所得の推移

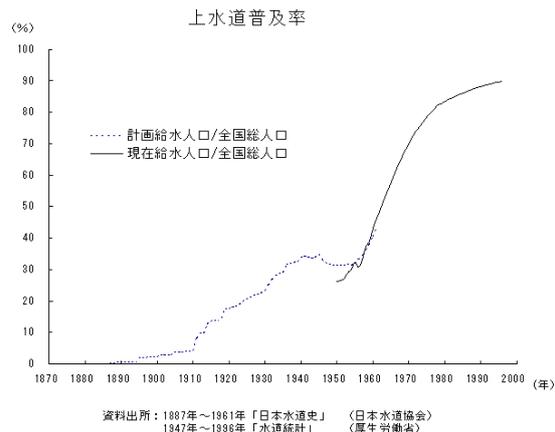
1950年代から、エネルギーを水力発電に求めて、大型のダム建設が進行するが、資金は世銀からの融資等が主であった。自前の金がつぎ込まれるのは、1960年から始まる所得倍増計画が進行してからである。図一3に示すように、国民所得が急増して行く。

こうして財源が確保された一方、構造物の材料は、それまでの土・木・石から、鉄・コンクリートに変わる。エネルギー源が石炭から石油に変わり、大型土木機械の運用も楽になる。傾いた堤防法面をコンクリートで覆うのも、バイブレーターの御陰で可能となった。こうした対策の進行に伴い、自然災害による死者行方



図一4 自然災害による死者行方不明者数の推移

(www2.ttcn.ne.jp/honkawa/4365.html)



図一5 上水道普及率の推移

不明者の数は激減する。図一4がそれである。

これに加えて、災害防止以外の社会基盤も充実して行く。図一5に、上水道の普及率を示すが、これも1960年を境として急に伸びて行く。それまでは井戸を自分で維持して居た。年に一度は自分で清掃をしなければ次の一年美味しい水を飲めなかった。良い水を飲むのは自分の責任であった。それが、きれいな水を供給するのは水道局の責任に変わった。こうして生活を維持するシステムが都市化するとともに、生活を営む考え方も都市化し、専門家に任せ頼る事になった。「水道の事は水道の専門家に。防災の事は防災の専門家に」となってしまう、場所毎に異なる自然災害を見る姿勢が忘れられて行く。

7. 1960年チリ津波 (中央防災会議報告書、2010)

7. 1 津波

5月24日早朝、太平洋沿岸をチリ津波が襲った。まだ津波予報の国際的な連携が組織されて居なかったか

ら、ハワイ等からの情報も生かされなかった。現地からの異常な引き潮情報にも否定的な返答をしたり、津波到達後かなり経過して津波警報を出したりと混乱が生じた。

これほど大規模な津波になると、太平洋も大きくない。22、3回上下すると日本に到達する。チリの沿岸では、波源から直達した津波より日本から反射したもののの方が大きかった場所が出た。地震後45時間以上も経ってからである。

日本に到達する間に短周期成分は島や海山に捕捉散乱され、長周期成分が優勢となった。我が国の太平洋岸では大きい所で6m、ほとんどの場所で3、4mであった。長い湾の奥で津波被害が大きかった。

7. 2 被害

人的被害の大きかった岩手県大船渡湾の湾奥では死者・行方不明53名と全国の死者140名の最大となったのだが、その理由として大船渡災害誌(1962)は、次のようなことを挙げている。

- 近地津波では被害少なく安全地帯と思われていた。
- 昭和16年大火で都市区画整理が行われ、そののち急速に発展した商業地区。
- 転入者、津波無経験者が多数。
- 毎年実施されていた避難訓練に消極的。
- 夜遅く朝も遅い人が多い。
- 最初のサイレンが魚市場のものであったから魚類水揚げの合図と誤認。
- 近火信号と津波避難信号が同一(3秒吹鳴・2秒中断)。

地震が先行しなかったため、引き潮を津波と思わず、魚を捕りに出かけて犠牲になる事例が多かった。

近代都市ならでは津波被害が多数発生した。

八戸火力発電所の浸水事故は、発電所としての最初の例である。地上50cm程度の浸水であったが、重要機器の吊上げなどの対応に大奮闘したと記録されている。

7. 3 対応

津波高が前年の伊勢湾台風と同程度であり、構造物で対処しやすかった。そのため、チリ津波特措法(昭和35年6月27日法律第107号)には「津波対策とは、施設の新設又は改良」と明記され、「施設は、海岸堤防、河川堤防、防波堤、防潮堤、導流堤、離岸堤、突堤、胸壁、護岸防潮林、水門及び閘門とする」(特別措置法施行例、昭和35年8月18日政令第240号)と書かれたのである。

このため、津波予報の国際的連携が進んだものの、それ以外は構造物による対策のみであった。大船渡湾の湾口に世界で最初の津波防波堤が出来たのもこの時である。津波抑止効果は、電子計算機により確かめられた。とはいうものの、外力としては正弦波を使い、湾口では流量が制限され、中に入ると瞬時に広がるという仮定の下での計算であった。

海岸堤防は津波を越えさせない高さにされた。一応三面張りにし、法尻に保護工を置くとしても、津波による大規模越流を考えたものではなく、風波の越波対策と同じものであった。

このとき現われた津波水門に対しては大型水理実験が行われた。

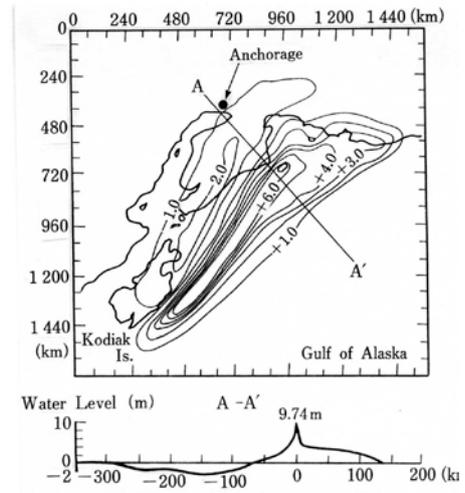
8. 1964年アラスカ大地震

8. 1 唯一の初期波形測定例

1964年3月28日午後5時半頃、アラスカ州アンカレッジの東で大地震があり、津波も発生した。

このとき、波源位置が浅海であったため、海底面の鉛直変位が測量された(Plafker, 1965)。直接測量して津波初期波形が確定したのは、これが最初で最後である。

A-A線での断面図を下に示してある。450km位の波に下幅30km高さ5m位の山が乗っている。波長の長い部分は主断層に対応するもので、これは地震情報から決定できる。短い山の方は、主断層に直交する副断層による変位であると言うのが、ほぼ定説になっているが、これは地震からは推定できない。この地震への寄与は無視可能であろうが、津波ではそうはいかない。この御陰で津波は最初から倍近い値になっているからである。



8. 2 石油の絡んだ火事

波源に近いアラスカのスワード、ホイティエ、ヴァルデズでは、石油の絡んだ火事で大災害となった。

スワードでは、地震発生から35-45秒間に石油タンクのパルブが壊れ、そこから油が漏れ始めた。タンクが傾き港内へ滑り落ちる時、大音響とともに爆発し、焰が70mも立ち上った。そこへ10mもの高さの津波が襲来して、燃える油を運び、火をつけて回った。

津波は遠くカリフォルニア州のクレセント市にまで及んだ。この津波に先立つ何度かの津波で、予報が空振りに終わったことから、図-6 1964年アラスカ大地震鉛直変位当局が慎重になって居たこともあって、警報が遅れた。警戒しないまま給油していたタンクローリーが津波で流され、衝突したのが近くの車庫の配電箱という不運が重なり、衝突時の火花でこの車が燃え上がり、その火が近くのタンクヤードに広がった。

その年の6月16日、新潟でも火事が石油で増幅した。地震で一つのタンクのパイプにひびが入った。ここから漏れた油が、地震で絞り出された地下水と浸水した津波とが溜った水面を広がり、5時間後原因不明の火がついた。水面の油を通じて火が広がり、タンク約100基が次々と誘爆、家屋約300軒が焼失した。

9. 1968年十勝沖地震津波—構造物効果の確認—

チリ津波緊急対策事業は1967年度で終了する。直後の5月16日に襲来したのが1968年十勝沖地震津波である。沿岸での高さがチリ津波より小さい所が多く、出来あがったばかりの構造物が完全に働いた。これにより、「津波対策は構造物で十分」との考えが急速に広まる。

構造物が破壊された例は1例だけである。八戸港河原木河口防波堤はケーソン堤であったが、港内が-1mと水位低下した所へ次の津波が襲来し、外水位が3.35mになり、この水位差による静水圧で破壊されたと結論された。それに加え、ケーソン堤背後の基礎マウンドが越流水で烈しく叩かれ不安定になった事が破壊を助長したとも云われた。このように乗り越えてきた水流の効果が認識されたが、平成津波での防波堤の破壊形式から見て、これへの対策が考えられたとは思えない。

10. 1983年日本海中部地震津波

10. 1 津波

津波のない1970年代を過ぎ、1983年5月26日正午頃、秋田県沖で津波が発生する。「日本海では津波はない」、「地震があれば浜へ行け」と云われていたとの報道が多かったが、必ずしも事実ではなかった。

現に、昭和14年(1939年)には男鹿半島沖地震があり、その津波を記憶して居た女性が、あの程度だろうと高をくくって津波に呑まれた。男鹿半島付近の海崖の迫った浜では、「地震で崖が崩れるから汀の方に行き、地震が収まったら上へ逃げろ」の後の半分がいつの間にか忘れられたのだと、後で修正された。

海の静かな晴天の日で、海に異常があれば津波であった。カメラや普及し始めたビデオで津波の様々な形が撮られ、数値計算手法の仕上げに役立つものとなった。砕波段波のみならず、海でも発達する波状段波、引きではなく押しで始まった津波などが記録された。砕波段波が岸沿いに走るエッジボアも明確にとらえられた。大型水理実験の結果（宇多、1988）、側方境界の僅かな変化で波形が大きく変わることが確かめられたこのエッジボアには、いまだ適応すべき理論がないことは特筆しておくべきであろう。

また、第1波は波源から来るものとすれば約10分早く現われ、プレスリップによるものであったかもしれないが、まだ結論は出て居ない。

10.2 潮位計特性

この津波来襲時には潮位計から自動的に水位が集まる仕組みが出来あがって居た。こうして集まったデータと被害程度を知らせる報道との間に大きな隔たりがあった。被害が津波水位に比べると桁違いに大きかったのである。

潮位計には風波の影響を排除する機能がつけられている。計測井戸と外部とは、細くて長い導水管で結ばれている。これがフィルターとして、津波位の波にも効いたのであった。1960年チリ津波は長周期成分の卓越した津波であったから、この水理フィルターは殆ど効かなかった。短周期成分が卓越した日本海中部地震津波では、記録が極めて歪んだものになったのである（佐竹ほか、1988）。数値計算結果の検証に潮位計記録を使う場合、計算波形に潮位計の特性から決まる水理フィルターを掛け、その結果と実測記録を比べなくてはならない。

11. 1993年北海道南西沖地震津波

11.1 津波と被害

1993年7月12日午後10時過ぎに奥尻島西方で発震。奥尻島南端の砂嘴上にあった青苗5区は高さ4.5mの防潮壁で守られていたが、高さ11mと推定される津波はそれを乗り越えて建物は全部流失。だが防潮壁はほぼ完全に近い形で残された。丘の陰にあつて第1波には襲われなかった青苗3、4区は、島の南北両端を回って東側に入り込んだ津波に襲われた。汀と丘の間にある道路までしか上がらなかつたが、浸水中に火が出た。数時間後もう一つの出火もあり、青苗3、4区ともほぼ全焼した。

11.2 総合的津波対策

構造物の効果に限界のあることを認識して、津波対策に関連する国土庁など7省庁が「地域防災計画における津波対策強化の手引き」（1998年）を取りまとめた。これは、1983年に建設省と水産庁が作成した「津波常襲地域総合防災対策指針（案）」とほぼ同様の内容を持っている。

まず、どのような津波を計画対象とするかであるが、2つの候補の大きいものを選ぶ。一つは過去最大の津波である。もう一つは、最近の地震学等から発生すると想定される最大地震が起こすであろう津波。この二つのうち大きな方を計画対象津波とする。1983年には、過去最大の津波のみが選ばれていた。その後の15年間に地震地体構造論等が発達し、後者の推定が可能になったのである。

対策は、防災施設・津波に強いまちづくり・防災体制の3つを組み合わせる。施設のみで防ぐとしたチリ津波後の対策は完全に見直されたのである。

防災施設で防ぎきる事を見直したのだが、施設を超える津波が来たとき防潮堤がどうなるかの検討はなされなかつた。

2004年に内閣府ほか「津波・高潮ハザードマップマニュアル」を取りまとめて以降、想定浸水域図が各所で作られるようになった。

2006年には中央防災会議が防災対策の検討対象とする地震を提案するが、これでは過去の地震が主体となって居り、地震地体構造論等で予想される最大地震での津波は抜け落ちて居た。

1.2. 東北地方太平洋沖地震津波

1.2.1 地震地体構造論の破綻

2011年3月11日午後2時46分に発震したこの地震は日本観測史上最大のものであった。それで発生した津波の打上高も約40mと大きなものとなった。

日本列島とその周辺域の地体構造を地震活動に基づいて区分し、それぞれに最大期待地震規模を示したのが、地震地体構造区分図である。それによると、三陸沿岸は独立な3つの区域からなっており、最大の地震規模は8.5と想定されていた。所が、実際には3つが連動し地震規模は9となった。

1.2.2 特徴的な被害

(1) RC建物の倒壊

女川町でRC構造が5棟、S構造が1棟、宮古市東赤前でRC構造が2棟、津波で倒壊した。基礎杭まで引き抜かれたものもある。これ以前にRC構造で倒壊したのは、1946年アリューシャン津波での灯台だけであった。これは台基礎の上に置かれただけと云っても良い程、基礎との結合が弱かったので、倒れても不思議はないと思われていた。所が、今回のビルは基礎杭まで引き抜かれてしまった。両地点に共通するのは、埋め立て地の建物でいずれも昭和40年代のビルであることである。

いずれにせよ破壊原因を解明しなくては、今後津波避難ビルの指定可否を問う時に大問題となろう。

(2) 防浪地区の効果

宮古市楯が崎本町では、多くの木造家屋が残った地域が出来た。その理由は、前面の岸壁に並んだ冷蔵倉庫などの堅牢な建物が津波の侵入を減少させたからである。

同様の効果が、釜石市でも見られた。全長300m近い倉庫が効果を発揮したのである。

こうした耐浪建築をまちづくりに取り入れるべきであろう。

(3) ハザードマップの過信

震災前、岩手県や宮城県では、想定浸水域図が配布されていた。多くの所では、過去の実績の外に、今後30年間に90%以上の確率で発生が予想されて居た宮城県沖地震での津波浸水域が付け加えられていた。こうしたハザードマップは、危険なところを示しているが、逆に域外の人には安全情報と受け取られた。たとえば、岩手県大槌町吉里吉里では、県の配布した地図では浸水域外に当たり、しかも昭和三陸大津波後に高地移転した区域で、最も死傷率が高かった。

所与の情報に安心してしまい、現実に眼前で生起する現象を見、自分で判断して行動する事が伴わなかったからである。

(4) 原子力発電所の被災

東京電力福島第一発電所では、6.1mの津波を想定し、1~4号機の敷地は10mの高さ、5、6号機は13mの敷地に建設されていた。襲来した津波は約13mで、その浸水深は1.5m~5.5m(1~4号機側)、1.5m以下(5、6号機側)となった。

この津波により、多くの電源盤が被水・浸水して、6号機以外の非常用ディーゼル発電機が停止して、交流電源を用いる冷却機能が失われた。また、冷却用海水ポンプも冠水し、除熱機能が失われた。1、2、3号機では、直流電源も失われ、交流電源を用いない炉心冷却機能も順次停止していった。こうして、事故が連鎖的に拡大し、格納容器の減圧(ベント)、建屋の爆発に至り、空気中への放射性物質の放出が発生した。海洋への放射性物質を含む汚染水の放出も起きて、甚大な事故に発展した。

もつとも原子力発電所が津波に襲われたのはこれが初めてではない。2004年インド洋大津波がインド南部カルパカムで、高速増殖原子炉の工事現場を襲った。地下18mを掘削して行われていた基盤工事部分の水没したが、約150人の作業員は全員避難して無事であった。水没した建設資材も使用不能となり、再開まで1カ月ほどかかると云われる。この高速増殖炉は平均海拔5mに出来る計画となっていた（毎日新聞、2005年1月13日）。

13. おわりに

今後の課題は、次の通りであろう。

① 越流がありうる防潮堤の設計方法

今までは構造物は津波を越えさせない事が設計条件になって居た。越えられる事がありうるとはしていても、その後の効果については言及して居なかった。今後は越流後でもなにがしかの効果があることを期待すると云うのであるから、越流後に破堤しない堤防を作らねばならない。波圧だけでなく、流れの効果を考慮する設計法が求められる。

また越流されても破壊しない構造物とした時、事後の排水を考慮しておかないと、大海水プールが多数発生することになる。これへの配慮が必要となる。

② 構造物機能・強度の維持体制

構造物は完成した瞬間から老化し始める。地盤がそれほど良くない沿岸地帯に重い構造物を作るのだから、次の津波までの長年月、強度や機能を維持するのは容易なことではない。長期にわたって維持する体制がなくてはならない。

③ 人心の劣化への対策と経験を云い繋ぐ方法

人間は忘れ易い。7、8年で忘れ始める。15年もすると、被災体験者も非体験者も次の災害への備えに差がなくなる。30年経つと世代が変わる。こうして、先の経験が次には役立たない（首藤、2008）。

引用文献

五十嵐之雄：津波災害文化の有効性と限界性、科研費報告書「災害多発地帯の『災害文化』に関する研究」、79-102、1993.

宇多高明：ボアの実験と理論、科研費報告書「日本海中部地震津波の発生・増幅機構と破壊力」、87-140、1988.

国土庁・農水省構造改善局・水産庁・運輸省・気象庁・建設省・消防庁：地域防災計画における津波対策強化の手引き、99p.、1997.

佐竹健治、岡田正実、阿部邦昭：験潮井戸の応答特性、科研費報告書「日本海中部地震津波の発生・増幅機構と破壊力」、57-86、1988.

首藤伸夫：記憶の持続性 - 災害文化の継承に関連して - 、津波工学研究報告、25、175-184、2008.

首藤伸夫：昭和三陸大津波直後の、津波対策・復興計画への提案、津波工学研究報告、28、41-56、2011.

田中館秀三、山口弥一郎：三陸地方の津浪に依る聚落移動（3）、齊藤報恩会時報、第134号、1-33、1938.

中央防災会議・災害教訓の継承に関する委員会：1896 明治三陸地震津波報告書、165p.、2005.

中央防災会議・災害教訓の継承に関する委員会：1960 チリ地震津波報告書、165p.、2010.

山口弥一郎：津波常習地三陸海岸地域の集落移動、山口弥一郎全集、第6巻、331-430、1972.

Plafker, G. : Tectonic deformation associated with the 1964 Alaska earthquake, Science, 148, 1675-1687, 1965.