



1964年新潟地震から60年 ～危険物施設の被害と教訓～

横浜国立大学総合学術高等研究院
リスク共生社会創造センター 座間 信作

1. はじめに

本年は1964年新潟地震から60年という節目となる。そこで本稿では、近い将来発生するとされる南海トラフ地震等への備えとして、この地震による危険物施設被害に焦点を当て、新潟地震が与えた教訓について改めて考えてみたい。

新潟地震が発生した60年前、我が国初めてのオリンピックが開催された。これに合わせて東海道新幹線や首都高速道路が開通し、オリンピックは我が国の戦後の驚異的な経済発展を世界中に知らしめる絶好の場となった。一方、同年の国民体育大会は、開催時期がオリンピックと重ならないようにとの配慮から、秋季大会を前倒して6月6日から11日にかけて新潟で開催された。国体終了5日後の6月16日、新潟市北方沖でM7.5の新潟地震が発生した。国体開催に合わせて1ヵ月前に竣工したばかりの昭和大桥（図1¹⁾の①、以下同様）の2基の橋脚が川底に埋没し、5つの橋桁が落ちるなどの大きな被害を受けた。これは当時まだ該当する言葉すらなかった液状化現象（流砂現象と言われた）によるもので、新潟市内の極めて広い範囲で認められた（図1の赤メッシュ）。さらに信濃川河口付近の護岸が地震動により崩壊し、そのため川を遡上した津波が低地部へ流入し長期間滞水した。また大規模な石油コンビナート火災が発生し、国民体育大会を成功裏に終わらせた安堵感は一変した。この地震は、地震防災対策上、極めて多くの教訓を与えた地震であったが、その4ヵ月後のオリンピックの陰に隠れてしまった感があった。

2. 1964年新潟地震の特徴

地震は6月16日午後1時過ぎに、新潟県粟島の南方約40km、深さ34kmを震源として発生した。余震は震央を中心として、北北東—南南西方向に約80kmに亘って広がった。ただし、当時は震源決定の精度が悪く、今もって断層が東傾斜なのか西傾斜なのかさえ議論の分かれるところである。

震源域は日本海東縁ひずみ集中帯と呼ばれる領域にある。北海道沖から新潟県沖にかけての日本海東縁部では、ユーラシアプレート（あるいはアムールプレート）と北米プレート（あるいはオホーツクプレート）が東西方向に衝突しており、プレートの境界付近の幅数百kmの領域でひずみが蓄積され、過去何度もM7級の地震が発生している。新潟地震以降では1983年日本海中部地震（M7.7）、1993年北海道南西沖地震（M7.8）、2004年新潟県中越地震（M6.8）、2007年新潟県中越沖地震（M6.8）、2019年山形県沖地震（M6.7）などが発生している。元々日本列島はユーラシア大陸の一部で日本海は存在していなかったが、3,000—2,500万年前の大規模な火山活動が始まると共に地溝帯が生じて日本海の形成が始まり、1,200万年前頃には日本海の拡大が終了して現在の位置に移動し、更に約300万年前から東西圧縮場となり、日本海沿岸に逆断層が多く形成されたとされている²⁾。なお、本年正月1月1日に発生した能登半島地震（M7.6）も逆断層型である。

一方、最近のGPSによる地殻変動観測からは、新潟から神戸にかけての幅約200kmの領域でひずみ速度が極めて大きいことが明らかとなり、その領域を新潟-神戸ひずみ集中帯と呼んで注意喚起がなされている³⁾。この領域では1847年善光寺地震（M7.4）、1858年飛越地震（M7.1）、1891年濃尾地震（M8.0）、1995年兵庫県南部地震（M7.3）、2007年新潟県中越沖地震（M6.8）などが発生している。

このようなひずみ蓄積が著しい領域で発生した新潟地震では、新潟県等の広い範囲で震度Vとなったが、死者は新潟、山形、秋田県全体で26名と地震の規模や地震動の強さの割に少なかった。また、この地震に伴い津波が発生し、新潟市では1.8mの津波が信濃川護岸の崩壊箇所から流入し、山ノ下地区などを中心に広範囲に亘り浸水した。特に栗ノ木川周辺など一部の冠水は1ヶ月にも及んだ。更に、新潟平野では長周期地震動が卓越し、石油タンクに多大な被害をもたらした。

ところで、「新潟地震といえば液状化」という認識が広く人口に膾炙しているのは、冒頭で簡単に触れたように、新潟市の極めて広範囲に亘って地盤の液状化が生じ、市内1530棟の鉄筋コンクリート造建物のうち22%に当たる340棟が被害を受けた等のためであろう。そのうち189棟は上部構造に何ら損傷を受けず、そのまま沈下したり傾斜したりした⁴⁾。その

典型例は信濃川沿いの川岸町県営アパート(②)で、4号棟は無傷のまま完全に横倒しになった。当時は3-4階建ての建物まではくい打ちなどはしていなかったようである。被害は危険物施設についても例外ではなく、液状化に伴う地盤の大変形によるタンクの不等沈下や付属配管の損傷等の多大な被害をこうむった。

なお、同年3月に発生したアラスカ地震(M9.2)でも液状化現象が認められ、海岸沿いで大規模な液状化地すべりが発生し、街の一部が海中に沈み込んでしまうという大きな被害となった⁵⁾。しかし地すべりが主であったことから、一般の地盤の液状化のメカニズムや対策についての研究は新潟地震を機に世界的レベルで始まったと言える。

3. 危険物施設の被害⁶⁾

3.1 被害の概要

化学工業の伸展に伴い、当時の新潟市は日本海側の石油工業の中心となっていた。市内には約1,500の危険物関係施設(屋外タンク貯蔵所773、屋内タンク貯蔵所197、屋内貯蔵所156、給油取扱所71等)があって、被害は施設の大小に拘わらず発生した。

消防庁報告⁶⁾によれば、火災は新潟市内では9件発生し、その内4件は直ちに消火された。火元はいずれも工場、商店、学校関係で、一般家庭からの出火は1件もない。危険物施設では、昭和石油新潟製油所新工場(③)及び旧工場(④)、成沢石油製油所(⑤)の3か所で火災が発生し延焼拡大した。成沢石油では、地震により架台から落下した蒸留釜燃料タンクが損傷し、重油が釜内に流れ火災となった。この火災は他タンクからの漏えい油とともに、液状化に伴い噴出した地下水に乗り広範囲に広がった。消防隊の活動により17日4時頃鎮火したが、全焼14棟等の被害となった。なお、前2者については別項を設けて述べる。

一方、幸いにも火災には至らなかったが、日本石油新潟製油所(⑥)は地震動によるタンク(多くはリベット)損傷等のため約7,000kLもの油類が流出し、構内全域が厚さ20-30cmの油で覆われた。さらに津波浸水によって流出油は河川にも流出した。結局、危険物タンク216基のうち53基から油の漏えいがあり、121基が何らかの被害を受けた。また構内流出油の回収に10日間を要した。

日本石油沼垂貯油所(⑦)では、全体5基のうち重油タンク1基(993kL貯油)の底部水切りパイプが地震と同時に抜け重油が流出した。重油は、防油堤が破損していたため付近一帯に拡大し、更に護岸損傷箇所から栗ノ木川、八間堀、東港線山ノ下詰下付近の津波浸水地帯まで拡大した。24日まで自衛隊の協力を得て防油堤補修を終えてポンプ13台によって流出油は防油堤内に回収し、さらに空タンクに移すことに成功し危険状態を脱した。

新潟火力発電所(⑧)では、2万kL重油タンク2基からスロッシングによって重油が固定屋根を突き破り、全容量の5%に当たる約2,000kLもの重油が溢流した⁷⁾。

その他、給油取扱所の地下タンク・関係設備が損傷して流出した油が、液状化に伴う噴水のため浮遊するという事態も生じ、周辺住民への火気使用厳禁を周知するとともに警戒危険区域内の立ち入りを禁止するなどの対策が実施された。



図1 新潟地震で主な被害のあった危険物施設などの位置 (公開空中写真¹⁾に加筆)

赤メッシュは液状化が確認された領域、赤星印は火災発生地点、黒星印は油流出地点

3.2 昭和石油新工場 (③) でのタンク火災 (第1火災)

当時、昭和石油製油所全体では容量 500kL 未満の小規模タンクから45,000kLの大型タンクまで169基のタンクがあり、2つの火災で49基が焼損した。そのうち、新工場には10基の製品タンクのほかに、5基の原油タンク (表1参照) があった。地震発生直後、30,000kL原油タンク (No.1103) の浮屋根が3~4回大きく揺れはね上がったとき、タンク側板を越えて溢流した原油に着火したとの証言がある。出火原因は諸説あるが、浮き屋根と側板との間のメカニカルシールがスロッシングによって大きく摺動した、あるいはその構成部材である「シユープレート」、「ハンガー」、「コイルスプリング」などが側板の上端に激突したためとする説が有力である⁶⁾。

隣接タンクもほぼ同時に火災となったが、最初のうちはリング火災で静かに燃焼していた。時間がたつにつれ次第に火勢が強くなり、側板が高熱によって内側に倒れこみ浮き屋根を破って全面火災となった。その後、輻射熱等の影響で消火活動がままならぬうちに防油堤火災となり、更に破壊されたレンガ積み防油堤から延焼拡大し、加熱炉、ボイラー、反応塔にも延焼するとともに工場周辺の住家18棟を焼損した (図2参照)。なお、19日の23時頃にNo.1103タンクでボイルオーバーが起こったらしい⁸⁾。No.1103タンク火災は6月29日17時まで燃え続け、鎮火は地震から約2週間後の7月1日 5時である。この事故を受けて、側板に接触する部分の非鉄化やソフトシール化が図られている。

1964年新潟地震 (1964年7月21日撮影)



防災科研 <http://map03.ecom-plat.jp/map/map/?cid=19&gid=252&mid=1126>

図2 昭和石油火災鎮火後の様子 (文献1に加筆)

赤太線:延焼範囲 青太線:津波浸水範囲 黒太線:油漏洩範囲
破線の丸及び点線:出火元 赤丸:ボイルオーバーを起こしたタンク 水色矩形:消防活動域(筒先位置)

表1 タンク諸元とスロッシング固有周期

タンクNo	油種	容量(kL)	直径(m)	高さ(m)	保有量(kL) (16日PM1:00 推定)	液面高さ (m)	空間余裕高さ (m)	スロッシング 固有周期(sec)
1101	クウェイト原油	45,000	62.0	16.5	25,111	8.32	8.18	12.18
1102	ガチサラン(イラン)	45,000	62.0	16.5	23,395	7.75	8.75	12.56
1103	カフジ原油	30,000	51.5	14.5	27,171	13.04	1.46	8.77
1104	クウェイト原油	30,000	51.5	14.5	24,054	11.55	2.95	9.12
1105	ガチサラン(イラン)	30,000	51.5	14.5	22,225	10.67	3.83	9.36

地震当時、No.1103タンクはほぼ満液状態で空間余裕高さは1.5m程度であった。この時のスロッシング挙動をシミュレーションで見てみよう。ただし用いる地震記録は、比較的近い気象台(⑩)の1倍変位強震計記録は振り切れていることから、液状化の影響でわずかながら傾いた(上述とは別棟の)川岸町アパート地下室(②)で得られたSMAC強震記録(図3)である⁹⁾。

図4にスロッシングが卓越した南北方向のシミュレーションを行った結果を示す。図3でS波が到達した7秒から11秒付近に相当する辺りで1m程度のスロッシングとなり75秒付近で最大波高が3mとなって空間余裕高さを大きく上回る。これは、スロッシングによって大きく揺動した浮き屋根が見えたという証言と調和的である。図4では、スロッシングは60秒付近から大きく成長しているが、相当する時間帯の加速度記録では非常に小さな振幅となっていることに留意されたい。すなわち、スロッシングの大きさは最大加速度や震度などの強さとは必ずしも整合しないのである。

なお、当時調査のため現地入りした消防庁担当者から筆者が直接聞いた話では、最大で7mものスロッシング高さとなったタンクがあったことから、スロッシング対策は容易ではないとの思いを強くしたとのこと。7mというと、現行の基準で長周期地震動に係る地域特性に応じた補正係数 v_5 が1.0に相当する速度応答スペクトル約100cm/secのおよそ

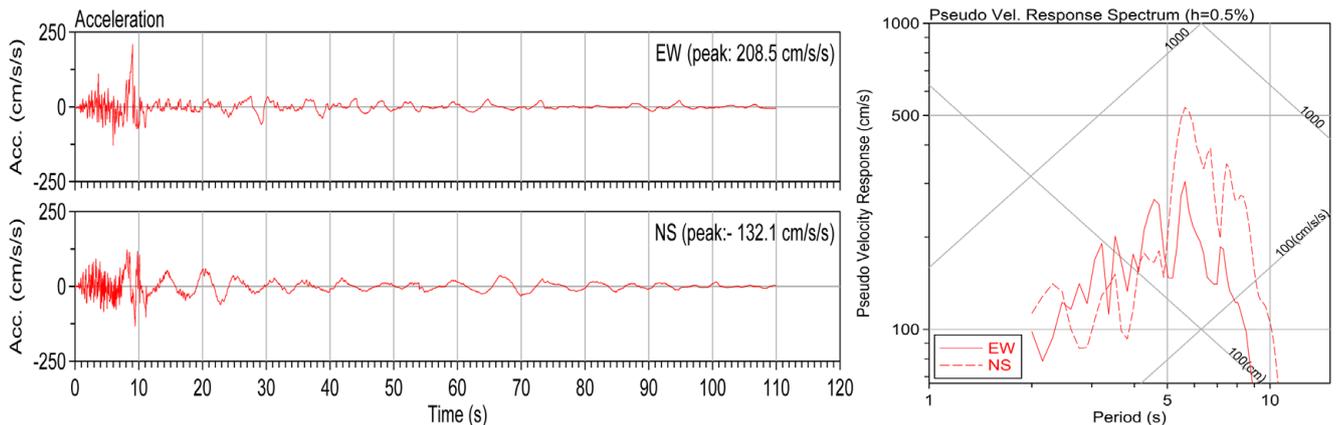


図3 川岸町県営アパートB1での SMAC 記録⁹⁾とその疑似速度応答スペクトル

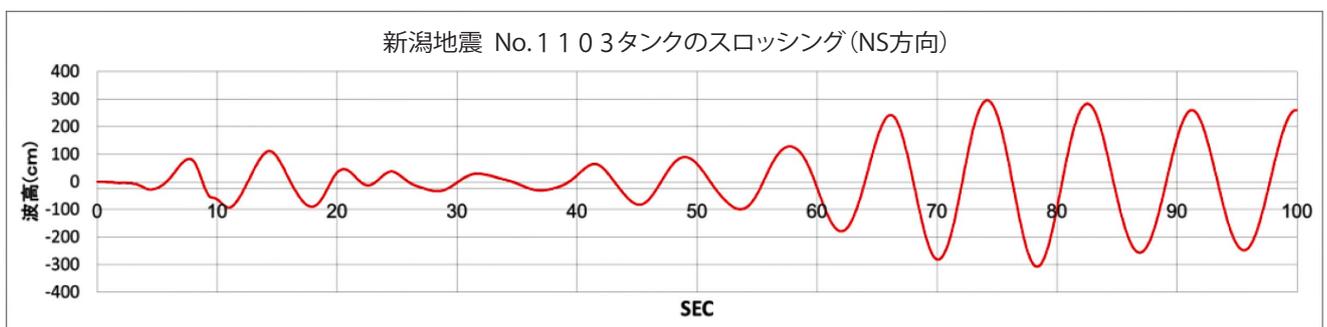


図4 No.1103タンクを対象としたスロッシング時刻歴応答解析結果

3～4倍の強さの地震動であったことになる。図3右のスペクトル図を見ると、周期約6秒で500cm/s、8～9秒で300cm/s程度となっており、ありうる話ではある。

3. 3 昭和石油旧工場 (④) と三菱金属新潟第1工場 (⑨) 境界付近で発生した火災 (第2火災)

地震時、旧工場のNo.33タンク (1,000kL) の配管が損傷して、ガソリンが2m程の高さに吹き出し防油堤破損箇所から流出した。13時40分頃には既に液状化に伴う噴水で10cm程度の浸水があり、流出ガソリンに加えスロッシングにより溢流した油、機器配管の亀裂により流出した油等が浮遊していた。そこにおそらく最大波高をもつ津波 (第3波) が襲来し¹⁰⁾、15時頃には50cm程度の浸水となって油類を拡大させ、極めて危険な状態となっていた。上述の原油タンクの出火から約5時間後の18時頃、昭和石油旧工場と隣接する三菱金属鉱業工場との境界付近から爆発音とともに炎が上がった。その火災は瞬く間に浮遊している油に移り、次々と延焼拡大し旧工場全体に亘る火災となった。更に、ドラム缶関係工場、重油タンク群、帝国酸素プロパンガスタンク、旧運河から西側の浸水地帯のタンク群にまで延焼し、民家約300棟をも焼きながらその北側の歴世工業、日本製蠟、亜細亜石油などにも延焼した (図2参照)。出火の原因については諸説あり明確となっていないが、保管されていた金属 (おそらく鉄粉) と海水との接触による自然発火が有力である¹¹⁾。

消防隊は地震直後に発生した第1火災に対して通報なしのため自主判断で出動したものの、道路き裂、落橋などの道路通行支障のため、17時頃に漸く消防車1台が新工場火災現場に到着するという状態であった。しかし、輻射熱とタンク誘爆の恐れがあり消火活動ができず、住民の避難誘導を実施している。17日未明には18台の消防車が旧工場火災現場に到着してきたが、工場内が低地のため津波により冠水し、流失した油が浮遊拡大しながら炎上するなかでタンク誘爆が起こり、延焼防止以外の活動は困難な状況にあった。18日東京消防庁化学車5台が到着し、新工場の10基の製品タンク群への延焼阻止 (図2: 水色四角) を行っていたところ、15時頃その北側のタンク (赤丸印) がボイルオーバーを起こし、延焼範囲はさらに拡大するという事態となったが、19日に鎮圧、10基の製品タンク群 (ガソリン、灯油、軽油) は延焼を免れた。ボイルオーバーはこの他西側のタンク (図2: 赤丸印) でも発生し、約100mもの火柱を噴出し、辺り一面を

火の海とした。なお、当時のコンビナート火災最盛期（翌日17日午前）のゴーという凄まじい火災や爆発音の生々しい現場の状況を文献¹²⁾で聴くことができる。第2火災への放水開始は17日5時頃、鎮圧は20日5時頃、鎮火は同日17時頃であった。

4 スロッシングを励起した長周期地震動

1968年4月12日に霞が関ビルが竣工した。高さ147mのこのビルは基本固有周期が長辺2.6秒、短辺3.1秒である。竣工から約1ヵ月後の1968年5月16日に発生した十勝沖地震（M7.9）では、八戸や青森で周期2～3秒の波が大きく卓越する加速度記録が得られ、また遠く離れた霞が関ビルでも10cm程度揺れた。当時の超高層ビルの設計には、1940年Imperial Valley地震（M6.4）での米国El Centroでの強震記録など海外の記録を用いることを余儀なくされていたことから、これらの強震記録は地震・地震工学者に注目され、我が国での長周期地震動研究が始まったと理解されている⁷⁾。

それでは、図3に示した1964年新潟地震時の川岸町県営アパートでの長周期地震動が卓越したSMAC記録の利用は考えられなかったのだろうか。推測であるが、当時の新潟市内の2つの記録（川岸町アパートの加速度記録と気象台の変位記録）はいずれも液状化が激しかった地点でのものであり、また気象台の上下動成分以外の記録は振り切れており、川岸町の長周期成分は8秒付近のピークも含めすべて液状化によるものと思われていたため、地盤の液状化解析の対象とはなかったが震源から放出される波動の問題とは捉えられなかった感がある。長周期地震動が液状化によるものであるならば、スロッシング対策は容易であろうが、震源からの長周期波動であるとこれを低減するのは至難と言わざるを得ない。

その後、同じ日本海東縁部を震源とする1983年日本海中部地震（M7.7）が発生し、震源から約270km離れた新潟では震度Ⅲであったにも拘わらず、最大4.5mものスロッシングが発生し、タンク内溶液の溢流が生じた。震度Ⅲでは地盤の液状化は考えにくいいため、スロッシングを励起したのは震源からの波動（表面波）であることが推察された¹³⁾ことを契機に、図3に示した新潟地震の記録に関する地震学的な検討が地震から約30年経って漸くなされた¹⁴⁾。その後、震源モデルを仮定した表面波生成・伝播の理論計算および地盤応答解析から、図3のSMAC記録で地震動の長周期化が始まった付近の周期5.8秒の卓越した成分は液状化の影響、その波群の後に認められる周期8～9秒などの波は震源由来（の主に表面波）であるとされた^{15, 16)}。

5 新潟地震の被害を踏まえた対策と効果

消防庁による調査報告書⁶⁾では、被害の甚大さに鑑み石油製精工場及び油槽所等に焦点をあて、今後検討されるべき課題をまとめている。

- 1) 位置（危険物施設の民家等との距離、工場内における施設の配置）
- 2) 構造（タンク、装置等の基礎・地盤、タンクの構造（本体の強度、規模、浮き屋根、シール構造、ドレインパイプ））
- 3) 防油堤（構造、容量、防油堤とタンクとの間隔、防油堤を貫通する配管の設置方法、排水口設置方法等）
- 4) 設備（消火設備（消防用ポンプ室、消火配管、タンク消火設備、消火薬剤と消防用水）、配管（タンク関係の配管、工場外部の配管）、電気設備

周知のごとく、これらの諸課題およびその後の地震等災害の経験や新たな知見に基づき、危険物の規制に関する政令等の技術基準等が整備され今日に至っている。その効果についてしてみると、新潟地震で広範囲に認められた液状化に対しては、その後の発生メカニズムの解明等に基づき様々な対策工法の確立・適用により十分な効果が認められている。例えば、2011年東北地方太平洋沖地震（M9.0）では千葉県浦安市から千葉市にかけての埋め立て地盤などで多大な液状化被害を受けたが、同じ東京湾岸の埋め立て地にある石油コンビナートにおいて、対策が施されていたタンクヤードでは地盤変状がなく済んでいる。一方で、対策対象外でない構内道路で地盤沈下や噴砂が発生しており、地盤改良の有無によって液状化発生に明瞭な違いが生じ、対策の有効性が示された（図5）¹⁷⁾。

タンク本体の耐震性についても、1978年宮城県沖地震等の経験を踏まえ、特に短周期地震動に対してはその安全性の向上が図られてきた。例えば2018年北海道胆振東部地震（M6.7）では、震源断層から約20kmにある石油備蓄基地において3成分合成で約1,600galもの大加速度が観測されたが、タンク本体には何ら問題がなく十分な耐力を有していることが示された¹⁸⁾。なお、この地震で約4.5cmの浮き上がりが観測された。

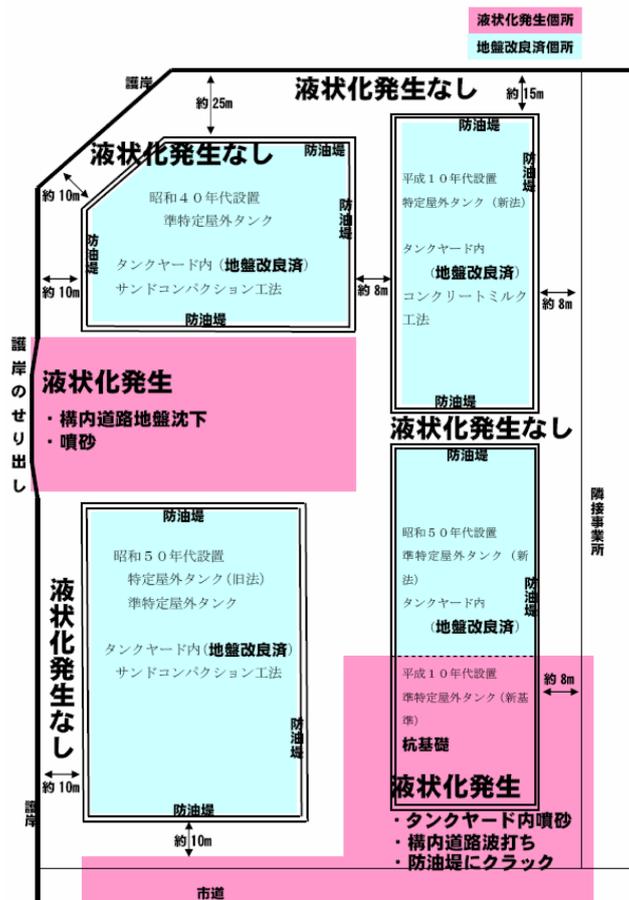


図5 2011年東北地方太平洋沖地震でのコンビナート事業所内液状化発生の状況¹⁷⁾

一方、長周期地震動によるスロッシングに係る問題はなかなか厄介である。液面の揺動現象自体は地震動さえ与えられればほぼ説明できるのであるが、長周期地震動の設定、浮き屋根（特にシングルデッキ）がある場合の挙動、安全性評価については中々難しいものがある。

2003年十勝沖地震（M8.0）ではスロッシングによる全面火災等の甚大な被害が発生した。これを受け、長周期地震動に係る設計震度の見直しや浮き屋根ポンツーン強化などの対策が施された結果、2011年東北地方太平洋沖地震（M9.0）では耐震基準に適合しているタンクの浮き屋根では、ポンツーン破損に伴う浮き屋根の沈下、傾斜等の浮き性能を損なうような被害はなかった。ただし、特に地震動の設定については幾つかの観測点で基準値を超えるケースも見受けられたことから、なお継続検討が必要であろう。また、浮き屋根挙動についても基準で考えていないモードの影響も小さくないという指摘もある¹⁹⁾。更には、長周期地震動レベルが小さくても、浮き屋根と側板から内容物が飛散するスプラッシュについては、現象把握、モデル化、評価方法などは手付かずであり、火災発生の可能性も否定できないことから今後の課題である。

防油堤については、1964年新潟地震当時レンガ積みが鉄筋コンクリート（あるいは国家石油備蓄などの土堤）となり、2011年東北地方太平洋沖地では連結部で大きく開口した例もあったが極めてレアなケースとされ、殆どがひび割れ、亀裂等の一部損傷であって、その耐震性は大いに高まったことが示された。

新潟地震では最大波高1.8mの津波であったが、護岸、防油堤の耐震性の脆弱さのため、事業所内に津波が侵入し、漏洩油の拡散という事態を招いた。その後、防油堤の耐震性は向上したものの、2011年東北地方太平洋沖地震では想定以上の津波が襲来し、仙台の事業所では防油堤を乗り越えた津波が、配管の変形、損傷、基礎洗掘などを引き起こした。また気仙沼では小規模タンクが津波により浮き上がり、移動、損壊した。これに対して津波に強いタンクの建設・対策工法の提案もなされ一部実現している^{20, 21)}が、想定を上回る津波への対策は容易ではない。

想定を超える外力に見舞われた場合、タンク、配管等の被害の発生が懸念されることから、消火設備等による迅速・的

確な応急対応が極めて重要である。これら設備については一定の基準が定められているが、2011年東北地方太平洋沖地震では、消火用屋外給水施設と配管接続部分や埋設配管の損傷、加圧送水設備の基礎の不等沈下などが少ないながらも発生し使用に支障が出ていることを忘れてはならない²²⁾。

このように、各施設、設備の耐震性能は、新潟地震当時と比較すれば、その後の地震等の教訓も踏まえ関係者の尽力によって大きく向上したと言えるが、外力の強さや経年劣化の進行等を考えると、より安全を高めるための継続的努力が必要である。

6 おわりに

上述したように、1964年新潟地震では、危険物施設の耐震安全性に係る対策上2つの重要な現象が現れた。一つは液化現象、そしてもう一つは長周期地震動である。後者については地震直後には認識されてはならず、4年後の1968年十勝沖地震を待つことになるが、新潟地震において観測された長周期地震動の理解についてはさらに30年の月日を要した。新潟地震での危険物施設の特筆すべき被害は、地盤の液化に伴うタンク・配管の損傷による油漏洩、液化に伴う噴水および津波浸水による漏洩油の拡散と火災発生・延焼という複合災害そしてスロッシングによるタンク火災である。

このコンビナート火災は様々な教訓を我々に与えた。民家への延焼、タンク間の延焼・誘爆、防油堤の破損、液化化によるタンク本体・配管、消火設備等の損傷、津波浸水と長期間滞水、長周期地震動によるスロッシングの発生などに対して、1964年新潟地震、1978年宮城県沖地震、2003年十勝沖地震などの経験も踏まえ、様々な対策がとられてきていて、当時よりも個々の危険物施設の安全性、耐震性は格段に高まってきている。

しかし、特に昭和石油製油所旧工場においては、強震動、長周期地震動、津波という外力に対して、液化化、タンク・配管および防油堤の損傷、護岸の崩壊と津波浸水が生じ、流出・溢流油が浮遊拡大する中で、火災、ボイルオーバーが発生し、投入した消防力の奮闘にも拘らず235,000㎡を焼損し、347世帯が全焼となる等の甚大な被害となったことからすれば、このような複合災害、あるいは一施設の損傷が他施設に影響を及ぼすといったシナリオ、さらには平常時でも稀に認められる蒸気雲の発生に伴う同時多発的全面火災の発生²³⁾、道路通行支障など危険物施設ではないところでの消防活動阻害要因の発生など、それらがたとえ低発生確率の事象であっても様々な観点から見逃しなく洗い出すことが肝要である。

一方で、第2火災発生区域と同様に地震動・液化化・津波浸水による油類の大量流出・浮遊拡散という極めて危険な状況であった日本石油製油所においては、地震と同時に加熱炉等の火元を遮断する、タンク・配管からの油流出の防止と回収に当たる、火元となる恐れのある施設周囲に土盛りをして油類の流入を防ぐ、消防署を通じて付近の火気使用禁止を徹底する、危険区域を設定し数日間パトロールする、津波警報発令後も工場に留まり火災の防止に努める（NHK放送局に出向いて津波の大きさを確認後）など、火源の制御に注力し、結果として火災を出さずに済んだことは大きな教訓である。

2011年東北地方太平洋沖地震は殆どの地震研究者にとって想定外であった。この地震の前後の地震活動状況は貞観（859年～877年）時代前後のそれとよく似ていると言われている（図6参照）。867年貞観地震（M8.7）から9年後には相模・武蔵の地震（M7.4）、18年後には南海トラフを震源とする仁和地震（M8.0～8.5）が発生している。このようなこともあって、首都直下地震や南海トラフ地震の近い将来の発生が危惧されているところである。

首都直下地震が発生すれば、東京湾岸の石油コンビナートは強震動に見舞われるだろう。また、南海トラフ地震では、2011年東北地方太平洋沖地震にもまして強震動、長周期地震動、津波の影響が強く出ると考えられ、また影響を受ける地域・施設も格段に多くなると想定され、個々の危険物施設等の安全性強化だけではなく、コンビナート全体における複合災害のシナリオ等について改めて考え直す必要がある。従来、一つの事象を対象として考えることが往々にして見受けられるが、1964年新潟地震での状況を振り返り、複合災害を考慮したシナリオに基づく対策がなされているか、地震及び津波という突然の極めて大きな外力を受けた中でも被害を最小に抑え込むための事前の対策、最中での対処のあり方が検討されているか、改めて点検してほしいものである。

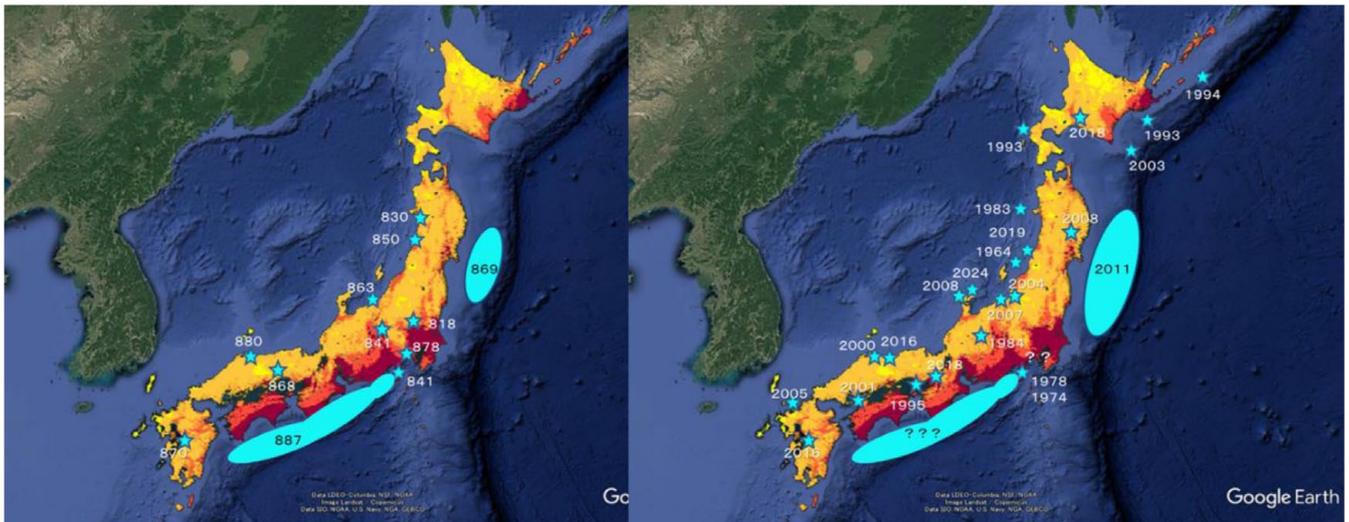


図6 貞観時代前後(左)と最近(右)の被害地震の分布及び確率論的予測地図(今後30年で震度6弱以上に見舞れる確率
☆印は震央、水色領域は震源域、数字は発生年を示す。

参考文献

- 1) 防災科学技術研究所: 1964年新潟地震オープンデータ特設サイト,
<http://ecom-plat.jp/19640616-niigata-eg>
- 2) 片山肇・他: 日本海はどうしてできた?, 地質ニュース583, 28-30, 2003
https://www.gsj.jp/data/chishitsunews/03_03_06.pdf
- 3) 内閣府: 災害教訓の継承に関する専門調査会報告書, 1858飛越地震, コラム2 “新潟-神戸歪集中帯について”
http://www.bousai.go.jp/kyoiku/kyokun/kyoukunnokeishou/rep/1858_hietsu_jishin/pdf/10_column2.pdf
- 4) 若松加寿江: 1964年新潟地震の被害を再考する, 日本地震工学会誌 23, 20-23, 2014
- 5) 1964/03/28 RINCE WILLIAM SOUND USA EARTHQUAKE AND TSUNAMI
<https://www.ngdc.noaa.gov/hazardimages/event/show/2>
- 6) 消防庁: 新潟地震火災に関する研究, 昭和39年度
- 7) 太田外氣晴, 座間信作: 巨大地震等大規模構造物, 共立出版, 2005
- 8) Koseki, H., G. Dusserre, Y. Iwata.: Multi-boilover incidents in oil and chemical complexes in the 1964 Niigata earthquake, Loss Prevention, Bull., 231, 11-14, 2013
- 9) 東京大学地震研究所: 強震観測データベース, 1964年新潟地震のデータ
http://smsd.eri.u-tokyo.ac.jp/smad/?action_1964niigata=true
- 10) 岩渕洋子, 今村文彦: 津波来襲による原油流出・拡散問題の整理と解析手法の検討,
- 11) 北川徹三: 新潟地震における石油精製工場第1火災および第2火災の原因, 安全工学, 15-5, 317-330, 1976
- 12) 昭和39年のラジオ 新潟地震実況生中継 1 昭和石油爆発現場編
<https://www.youtube.com/watch?v=S1xtD6ahQVk>
- 13) 工藤一嘉, 坂上実: 1983年日本海中部地震における石油タンク被害と地震動の特徴について, 地震研究所彙報, 59, 361-382, 1984
- 14) 工藤一嘉: 1964年新潟地震, 川岸町における強震記録の検討, 地震学会講演予稿集, 138, 1992
- 15) 吉田望, 工藤一嘉: 1964年新潟地震における川岸町の液状化に関する地盤工学的再検討, 日本建築学会学術講演概要集(東北)構造II, pp. 293-294, 2000
- 16) Zama, S.: Characteristics of long-period strong ground motions due to earthquakes in the eastern margin of the Japan sea, 12th WCEE Proc. 1987-1-7, 2000

- 17) 千葉県石油コンビナート防災アセスメント検討部会 耐震対策分科会検討結果報告書平成 23 年 10 月
- 18) 吉田聖一、畑山健、大野卓志、清野昇亨: EST-1 委員会 2019 年度研究成果抄録、圧力技術、58-5、278-289、2020
- 19) 例えば、山本憲司、皆川洋一: シングルデッキ型浮き屋根を有する円筒液体貯槽の非線形スロッシング解析、日本建築学会構造系論文集、74-643、1603-1612、2009
- 20) 山田善政: 気仙沼における津波対応型燃料タンクの建設について、Safety & Tomorrow, 188, 17-28, 201 (https://www.khk-shoubou.or.jp/pdf/magazine/188/gijyutsu_info01.pdf)
- 21) 消防庁: 小規模屋外貯蔵タンクの津波・水害対策工法に係るガイドライン、令和 4年3月 (https://www.fdma.go.jp/singi_kento/kento/items/post-97/04/guideline1.pdf)
- 22) 消防庁: 東日本大震災における防災施設の被害の概要、資料4 (https://www.fdma.go.jp/singi_kento/kento/items/kento130_05_shiryo4.pdf)
- 23) 吉田聖一: 海外での石油タンク事故、Safety & Tomorrow, 156, 24-32, 2014