

資料

新潟地震から25年—その1—

元昭和石油株式会社 新潟製油所 白崎正彦

1. はじめに

昭和39年(1964)、それは日本ではじめてのオリンピックが秋に東京で開かれた年であった。そのためにその年の国体の当番に当たっていた新潟県では、会期を繰上げて5月から新潟市を中心に新潟県下で国体を開催し、6月初め無事終了、御来臨の昭和天皇、皇后をはじめ皇族方が帰京されて約1週間後、6月16日に新潟地震が発生した。

今年はちょうど25周年になる。筆者はたまたまその2年前から昭和石油(株)新潟製油所の拡充工事を担当し、地震の前年完成した集中装置を担当していて、地震に遭遇した。なお地震後の製油所の再建工事も担当した関係で、以来石油精製屋が多くの地震屋になってしまった。今もなおライフワークとして「地震対策」の啓蒙につとめているが、4半世紀を1つの区切りとして、新潟地震をふり返ってみたい。

2. 新潟地震

最初に地震そのものの要目を掲げる。

地震発生：昭和39年6月16日 午後1時1分40秒
震源地：北緯38°48′，東経139°20′，海底深さ約40 km，新潟製油所から北方海上約100 km地点 新潟県粟島沖

地震規模；Mg. 7.5

震度階；新潟，酒田地方 震度5，局部的には6もある。

余震；6月16日～6月27日 合計73回

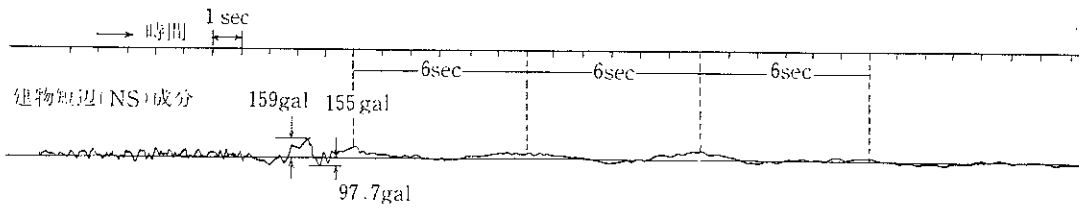
津波；震源地に近い岩船瀬波海岸，上海府で7～10分後に3.9m，大島崎で5 m，両津で3 m，新潟では30分後の13時35分信濃川で2.34m，その後30分ごとに第12波まで観測された。粟島で0.8～1.5 m隆起した。

特異現象；(1) 砂質地盤の液状化現象による被害
(2) 震動周期 5～6秒

図1の記録計の設置されていたのは、旧信濃川河床の埋立地に建てられたアパートの地階であり、製油所から西南西に約4 km離れている。製油所構内では、煙突その他構築物の被害状況および体感から地表面で200Gal以上の加速度であったと推定される。

地震の後で種々の記録を調べてみると、新潟地方は相当地震に関係のあったことが分かったのであるが、今回と同系統の地震は1833年に発生している。その後も数回の内陸性地震は発生しているが、新潟地方では20世紀に入って初めての大地震であったことは事実である。

筆者も地震の2年前に建設で新潟に赴任して以



前ぶれ8秒(10ガル)

本震最大4秒(159ガル)

周期5~6秒

1分間以内

NS及びEW成分の最大加速度は159gal及び155gal、その時の周期1秒前後20秒後より周期5~6秒程度の30gal程度の波動が続くのがこの地震の特徴、地動の振幅は4~8cm程度であろうと推察される。

図1 新潟地震強震計加速度記録(川岸町アパート2号棟地階SMAC-A型)(建設省、建築研究所資料)

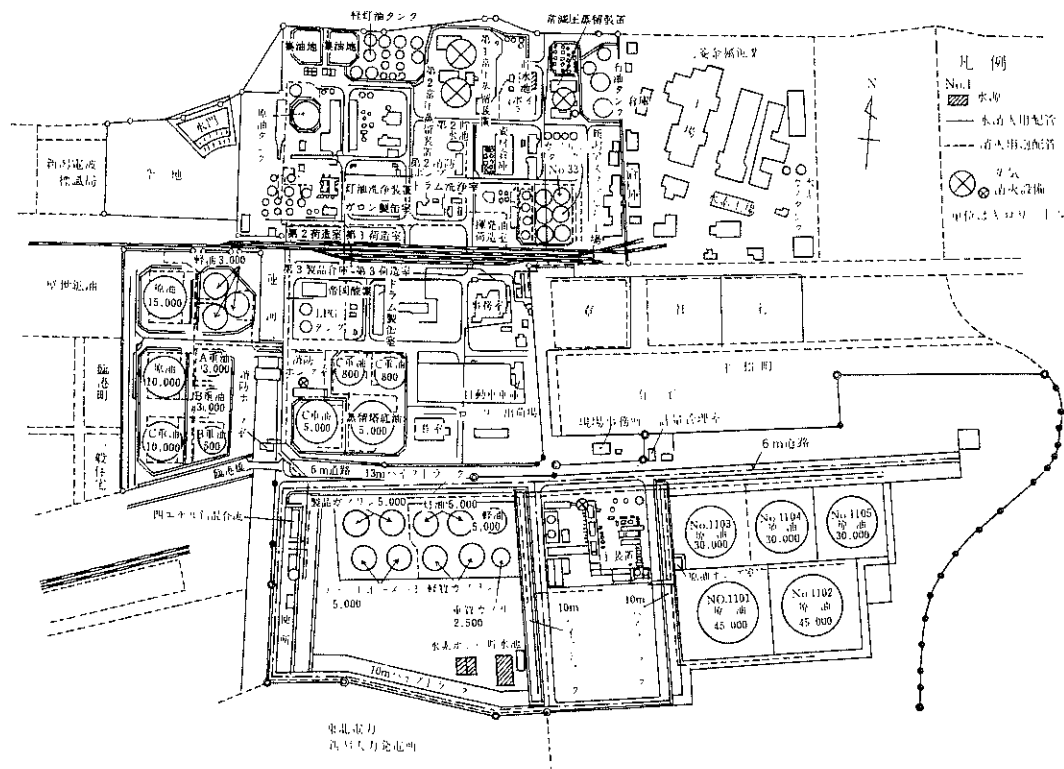


図2 新潟製油所施設配置図

来、「新潟地方は地震とは関係がない」と地元の人々から言われ、他の従業員も含めてすべてが簡単にそのように信じていたことは誠にうかつなことであった。そのような誤で地震はまさに晴天の霹靂であった。

当時集中装置は前年の9月に竣工し、10月から

約7カ月間の試運転も終わり、6月初めから第1回の営業運転に入った。地震はオンストリームになって約10日後の時点であった。(図2参照)

当時の筆者の挙動、思考を中心に新潟製油所の地震時の状況を再現してみる。

3. 地震発生

6月16日午後1時1分過ぎ筆者は建設事務所として使っていた木造の棟の高い事務所（昔は旧構内で講堂として使っていた）の中央の自分の席で新聞を読んでいた。わずかな微動が伝わってきた。「おや、今日はローリーが早く動き始めた」と思った。というのはその事務所の向かい側には未補装の県道をはさんでローリー車用の出荷施設を置き、積荷をしたローリーが通る度に事務所は振動をしていた。ところが続いて激しい本震が来た。事務所内にいた女子事務員は「地震だ!!」と悲鳴をあげて正面玄関の方へ走り出たが玄関前の地面に尻餅をついたように座りこんでいる。

筆者自身は本震の振動でまさか新聞は読み続ける訳にはいかず、ローリーが通ったのではない、これは確かに地震だと思わざるを得ない。でも片方で脳裏に浮かんだのは「そんなはずはない、信じられない」と思いつつ、椅子のキャスターで身体がふらつくのでしっかり机をつかんでいる。

事務所の建物はミシリミシリと音を出しながらゆれていたが、ボキリと音がして仮設の吊り天井が一部下がってくると同時に床下の根太が折れたのかスチールキャビネットがならべてあった方に床が傾いた。いよいよこれは本物だ。筆者の左側のドアの口から縦に一直線に見える集中装置の10本ばかりの塔類が直径と高さが種々異なっているためにそれが左右にゆれて、相対関係で随分大



筆者の居た事務所の玄関前

きくゆれて見え、なかには倒れるのがあるかと思われた。とにかく自分の受持つ装置に行かねばならぬと考え、椅子を支えに横のドアまで行き、手放してドアの前の石の階段を3段降りたところで前に進めず立往生してしまった。両膝を両手で支えてまるで四股をふむような形で耐えて正面の装置を見すえていた。

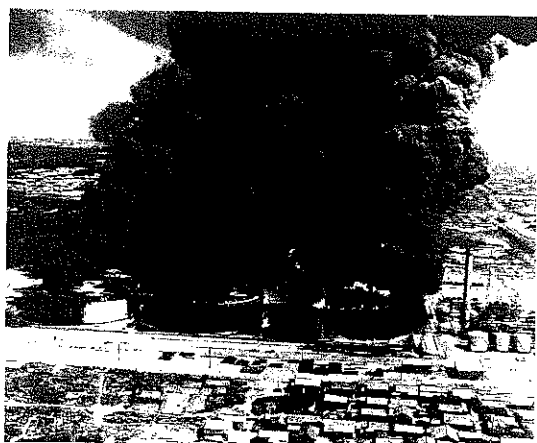
一番気になるのは正面の装置であるが、筆者の位置から左側約45度60m程のところに3万軒の浮屋根式原油タンクが視野に入る。また右側約60度100m程のところには5千軒の浮屋根式製品タンクが並んで視野に入る。

ところが3万軒の新しい白銀色のタンクの上縁から黒いものが顔を出した。「おや、何だろう」と考えたが、浮屋根式だから当然中の原油がゆれば屋根もゆれるので、シール部分が見えたのだと自分で納得した。ところが数秒後また顔を出した。今度は1回目より大きい。遂に3回目には原油があふれて白銀色の側板に沿って真っ黒な原油が流れ落ちてきた。反対側の5千軒の浮屋根タンクを見ると同様にスロッシングをしていると見えて、中の液面の高いタンクは、側板の上端からあふれ出している。こちらは中の油が軽質油(ガソリン、灯油類)のためにその溢流の状況はちょうど波頭が崩れるように飛散し、側板にも汚れは見えない。

4. 原油タンク発火

突然左側原油タンク側で「ポッ」と低い重い音がしたので、そちらを注視すると原油タンク側で発火した。ただちに防油堤内に溢流していた原油に引火炎上するとともに、タンクの浮屋根上面及びシール部分でも原油が炎上しているのが目撃された。防油堤内にはすでに相当量の原油が溢流していたと見えて焰も見えるが、上空は黒煙もうもうといった状態であった。この発災は、地震とともに筆者には全く予期しない事態であり、茫然自失というか本当に気持ちは動転してしまった。

正面の集中装置からは幸いにどこからも発災し



発災後1時間半の原油タンク群 防油堤内の火災及び屋根のシール部のリング火災が見える。

ていないようであった。また、右側の製品タンク群からも発災の様子は無い。そこへ運転員が2名計器室の方向から加熱炉群の方へ走って行くのを見つけた。

これを見て筆者は初めて我にかえったというのか、装置に向かって歩き出した。この間後で考えると地震発生後2～3分間の出来事である。当時は5分間は経過したかと思っていた。

5. その時計器室では

当日集中装置の運転員はスタッフを含めて組長以下10名であった。また地震発生時の各係員の位置は、計器室内に4名、計器室横のプラントラボに1名、休憩室に4名、装置外路上に1名であった。昼食は11時30分から13時30分間の間に交替で休憩室でとることにしていたので、その時点では上記のような位置にいたものである。

何はともあれ、あのような災害に際して、製油所全体を通じて1人の人身事故も生じなかったことは、安全のための行動が適切であったことを示すものとする。

次に運転員の心理と行動を概要すると、計器室にいたものは、初期微動で地震を感じているが、数秒後の激震で自立し得なくなり、まず自身の危険を感じて、本能的に自分自身の安全を図ろうと

考えている。1名は計器盤の前にいたので、計器盤の計器の凸部や緊急停止用の把手をつかんでしがみつき、1名は計器机の前にいたが最初慌てて計器室の外に飛び出し、外の方が危険と思ってまた室内に戻り、机上のページングの緊急アラームボタンを2度押して机の下にもぐり込んだと記憶している。他の2名の若い運転員は、室内にいたところ天井が落ちてくるかと慌てて室外に飛び出した。ところが室外では塔がゆれて今にも倒れそうに見えたり、架構上で配管がぶつかり合う音で大変に恐ろしい、また計器室に飛び込んだ。プラントラボにいた1名は排煙分析のオイルサット分析計を準備中であつたが、激震でその分析計のガラス器具を抱えて試験台にしがみついた。休憩室にいた4名と路上にいた1名は緊急処置のため計器室に急行しなければと頭の中に浮かんではいるが、激震で動きがとれなくなっている。

かくて、激震も過ぎ歩行も可能となって運転員は計器室に集合、計器盤の前に居た1名が加熱炉類の火を消すために計器盤からリモートで操作し、現場確認を2名の運転員に指示し、同時に加熱炉内へのスチーム吹込みも命じている。2名の運転員は加熱炉群に急行している。筆者が丘の上の事務所横から目撃したのはこの2名の姿である。この2名は現場確認後、加熱炉関係の全バーナーは消火している、ただしスチームは非常に圧力が低下していると報告している。高圧系のガスをベントスタックに放出すべく計器盤から操作しているが、バルブ類は全然作動せず。計器盤指示の圧力は一向に降下しない。改質装置の循環ガスコンプレッサーを組長自身が停止に行き、現場で駆動用蒸気タービンがトリップして停止していることを発見し、ガス側の出入口バルブを手動閉止を実施し、他のガスコンプレッサー類のガス側をすべて停止している。続いて緊急停止処置として次々と指示を出し、運転員はその指示どおりの行動をし報告をしている。この頃係長が計器室に入り、装置全般の状況を計器盤上で確認しているが、

まだ主電源がすでに13時03分頃切れていることは知らない。計器盤、計装と夜間の装置内保安照明だけは自動切換による蓄電池保安電力を持っていたので、これは無事作動して計装の電気関係は作動していた。ただし現場のバルブ類は計器用空気が配管漏洩で空気圧が0になり、フェイルセーフ側にすべてスプリング作動をし、その状態が指示として計器盤にでている。その後、すべての流量計指示が0になっていることを確認、また、温度指示記録が徐々に降下するのを見て、内圧保持のまま放置するしかないと係長は判断し、筆者も同時に状況確認の上、それより他に方法なしと判断してその旨の指示を出した。

午後1時3分に60kVの主電源が専用ケーブルの断線により停電したため、電動の全動力が停止して、パネル上では原油の張込み等各プロセスの張込ポンプをはじめ、すべてのモーターが停止のため、警報のアナシエーターの赤ランプが点灯し、パネル上部のセミグラフィックパネル中の赤ランプも点灯し、受槽類、塔類の液面計が内部の液面の動揺により、パネル上の各リボン指示計が青、黄、赤と点滅を繰り返し、いずれもその度にアラームブザーが鳴ったはずであるが、確実にそれを確認している者はいない。とにかくアラームは鳴りっぱなしで、パネルが真っ赤に見えたこと記憶している。

後になってこれらの操作指示はどのような判断で行ったかと聞くのであるが、計器盤を見て、ただ思いつくままに、という答えである。また、処置のあとをトレースして調べても誤りはない。7カ月の試運転期間中に繰り返した緊急処置訓練が最も効果があったと思う、ただ、すべてが同時に発生したので、泡を喰ったという答えである。人間は自分の生命の危機に直面すると脳の機能は停止してしまうといわれている。したがって思考力も判断力も失われて本能的な動作しかなし得ない。ということは読んで覚えるだけでなく、身体で覚える訓練が大切であると考えられる。

筆者が事務室の横に出て立往生している時、急に世の中が静かになり、配管のぶつかり合う金属的な音と原油タンクの中で浮屋根が側板にぶつかるのか低いドーン、ドーンという音のみが耳に残っていまだに忘れられない。考えて見るとその時は主電源が切れて停電し、すべての電動機が停止したので通常の運転音が消えて、快晴の青空と地震による音のみが印象に残ったものである。

6. 初期消火不能、津波警報

新工場側の状況は概略つかめた時点で筆者が思い出したのは当日製造次長と製油第一課長が製造会議で本社に出張していることであった。旧工場の本事務所向かった途中の道路上で警防係長に会い、固定の消火用水ポンプは駆動用ディーゼルエンジンとそれぞれ傾斜沈下してカップリングがはずれて運転不能との連絡を受けた。消防自動車庫の前を通ったが、自動車は^{エプロン}いずれも車庫前のコンクリート補装部までは出しているが、その前の道路は未補装のため相当深い亀裂が何本も走っているでそれより前には出せない。出勤できても消火用水管に水が流れなければ役に立たない。本事務所の玄関前でトッピングの係長と減圧蒸留の係長に会い、それぞれ加熱炉のバーナーを消火し抜き出した。装置からの発災はない、両プラントの煙突が上から約1/3の高さで折れた、旧構内一帯はいっせいに水が噴き上げ膝下位の浸水であるとの報告を受ける。医務室から診察ベッドに担架、救急薬品を乗せて衛生係が玄関前の屋外に出す。総務課長と処置対策を相談しているところに、新潟飛行場から警察予備隊が一分隊駆けつけてくれた。これは当時新潟港から定期的に北朝鮮帰還が行われており、その警備のため新潟飛行場に一個小隊が駐屯していた。分隊長から「何か応援することはないか」との言葉に、旧工場から漏洩したガソリンをはじめ石油類が浸水地区に拡がっている。引火の危険が考えられるので隣接の工場をはじめ近隣の民家に火気使用禁止の広報を依頼した。

やがて13時30分頃津波警報と避難勧告がラジオで報道された旨警察予備隊から伝えられ、製油所従業員も新工場南側の物見山の砂丘の上に避難することに決定。筆者も集中装置に戻り、津波警報のため物見山に避難することを指示。後に役に立つであろうと自転車を携えて物見山に向かったのであるが、それまでに用水ポンプ室、ガソリン加鉛室、白油タンク群等を走り回って漏洩の有無を確認したが、旧工場は一面に浸水し鉄道側線までしか踏み込めなかった。

7. 通称物見山（砂丘）対策本部、第2火災発生

砂丘の上に立って製油所を眺めたのは14時過ぎ頃と考えられるが、その頃には5基の原油タンクの防油堤内に溢流した原油はほとんど燃えつき、3万軒タンク3基の浮尾根のシール部のリング状火災が見え、4万5千軒タンク2基はいずれも中位であり、3万軒と同様にリング火災を起こしているのであろうが、火焰は見えずもうもうと黒煙を吹き上げていた。防油堤内には余り大きな火焰は認められなかった。当日の製油所従業員が全員砂丘の上に集まり、自衛消防隊本部の旗を立てて一応の本部の位置とした。各課別に人員点呼をして全員無事を確認した。原油タンク火災の状況からこれは相当な長期戦になると判断して、自衛消防隊の体制に沿って各課の分担を再確認した。本社への連絡は万代橋際の当時電々新潟支所まで行けば無線電話が通じるはずと、課長代理1名を派遣した。この連絡は距離にすれば約4軒であるが、途中の道路の浸水及び中央水産市場前の無数の魚箱の散乱等大変な難行苦行の連続で、腰上まで泥水につかり、途中で自転車を放棄し、徒歩にて最後は両端取付部の沈下した万代橋をよじ登るといふ苦勞をした。そして電々新潟に到着するとそこは順番待ちの人々の長蛇の列であったという。本社に連絡のとれたのは地震発生後約3時間後であった。



第2火災（左側の煙）発生直後

津波警報の解除は伝わらぬまま、16時頃から集中装置をはじめ旧工場の本事務所等に、津波警報で急遽避難した跡の片付けに従業員が戻っていた。18時頃旧工場と隣接の三菱金属㈱新潟工場の境界付近から出火した。第2火災の発生である。旧工場は昭和27～28年頃から開始された新潟地区の大量の水溶性天然ガスの採取により、急激な地盤沈下を生じ、特に構内側線から北側海岸地帯は地盤面高がほとんど0mとなっていた。また昭和9年からの設備や配管が多く、製品タンクの鋳鉄製ノズルが切損破断したり、埋設配管が各所で切損漏洩したものと思われ、地震発生後数分で地下から噴出した地下水および構内を横断していた新潟火力発電所の冷却水排水管の切損漏洩により構内は約50cmの浸水をし、その上に各種石油類が拡散滞油していた。この火災はNo.33タンクから漏洩したガソリンに引火し、北北東4.3mの風に乗って、平和町社宅及び独身寮を延焼する一方、構内鉄道側線出荷スタンドに沿って旧工場に延焼していった。前記のような状況のために延焼速度は早く、19時～20時にかけて旧工場の側線北側一帯は火に包まれた。この火は翌朝には構内西部の運河にひろがり、さらに17日午前10時頃には臨港町隣接民家に延焼するに至った。その後、この第2火災は臨港町の一般民家、当社新潟油槽所、臨港病院、新車細垂石油油槽所、杉治倉庫等を焼き、17日午後4時頃鎮火したが、運河側面のタンクはなお20日まで燃え続けた。（次号へ続く）

資料

新潟地震から25年—その2—

元昭和石油株式会社 新潟製油所 白崎正彦

8. 原油タンクの火災

原油タンク地区の配置並びに当日の在庫量、配管等附属施設の様子は図3の通りである。筆者の目撃では地震発生後30秒～1分以内に初めの1～2回は側板頂部の上にシール部分の黒色部が見え、3回目位で溢流が始まり、3度目の溢流後発火を見たように記憶している。溢流は3万軒タンク3基ともいずれも南北方向であったが、在庫量の最も多いNo.1103が溢流量も多く、一部は北側の防油堤を越し、南側では原油ポンプ室にも降りそそいだようである。No.1101とNo.1102は在庫量も約50%程度で浮屋根の位置から側板頂部まで約6mはあったため、スロッシングはもちろん起こしているが、外部への溢流は認められなかった。しかし浮屋根と側板との衝撃により浮屋根のポンツーン部かシングルデッキ部に一部故障を生じ、浮屋根上面への原油の浸出が推定される。それは地震発生後2～3時間後の航空写真によれば、北側3基のシール部のみのリング火災に対して、南側2基はシール部だけでなく、デッキ上でも部分的に火災が認められることから推定される。5基の原油タンクはいずれもグレーバータイプの金属製のシール機構を使用していた。スロッシングにより側板内面および屋根ポンツーン外周部との間

で、このシール機構が摩擦あるいは衝撃を生じた。これは後の調査で側板頂部が原型を残して立っている部分にシール機構が引きちぎれて引っかかって残っていた事で明らかであるが、溢流をする程屋根が上がった場合、シール機構は側板から外れて外に飛び出す。再び屋根が下がる時にはこのシール機構は側板頂部とぶつかり、中にはちぎれるものもある程の衝撃を起こす。

発火の原因はこれが最も可能性が高いと考えられる。集中装置をはさんで西側に5千軒の浮屋根式製品タンクを9基設置していた。中にはスロッシングにより溢流をしたタンクもあったが、1基も発火はしなかった。これらのタンクはハモンドタイプのチューブシールを使用していた。後での調査では、溢流をしなかったタンクは1.5m以上液面が上下した跡が残っていた。ゲージポールのはずれているもの4基、ウィンドガーダー(ゴム製)にき裂の入ったもの3基、ラダーのはずれかけているもの3基、チューブシールは8基が全部破損し、ポンツーンにき裂の生じたものもあった。また、盛土マウンドの崩れにより全タンクが変形し真円度が保てず、浮屋根が内部で引っかかって止まっていた。

発火がなかったのはチューブシールと金属製のシール機構の違いであったと考えられる。

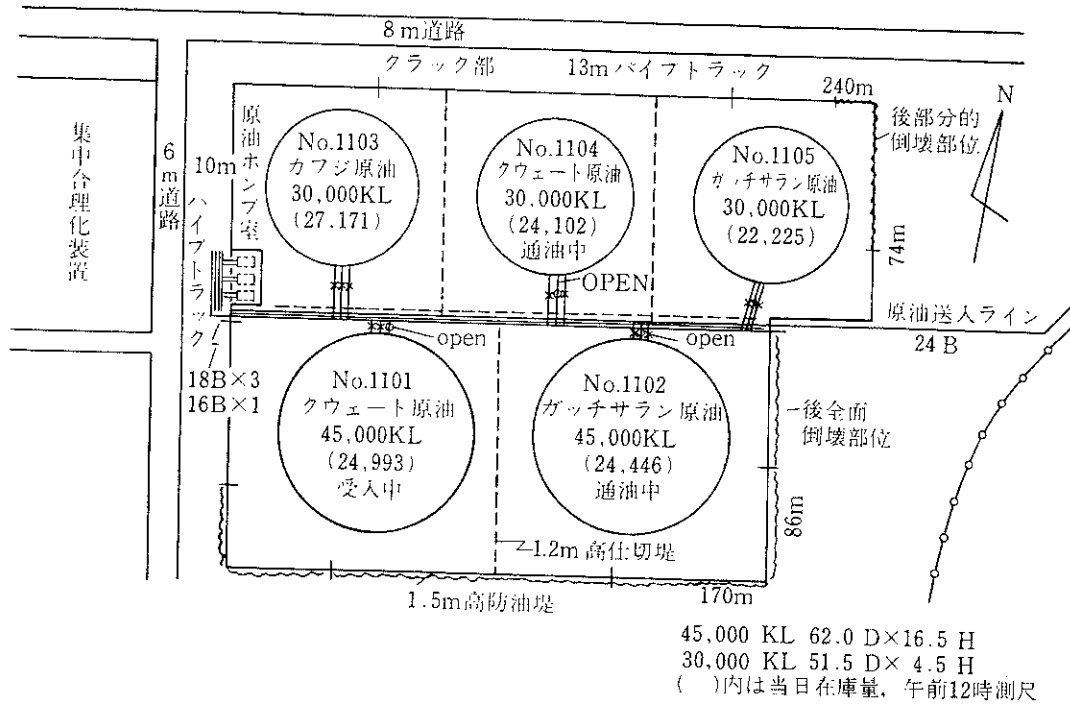


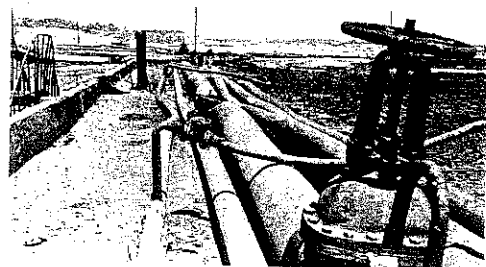
図3 原油タンクヤード配置図

原油タンク地区の一画に設置していた原油ポンプは防油堤内側に対してコンクリートブロックで防護されていたが、地震によりそれにき裂が生じたかあるいは運転中であつたために配管にリークが発生したか、タンク発災初期から最終の時期まで火災は続き、鎮火後の調査ではわずかに鉄の塊となって形跡が残っていた。

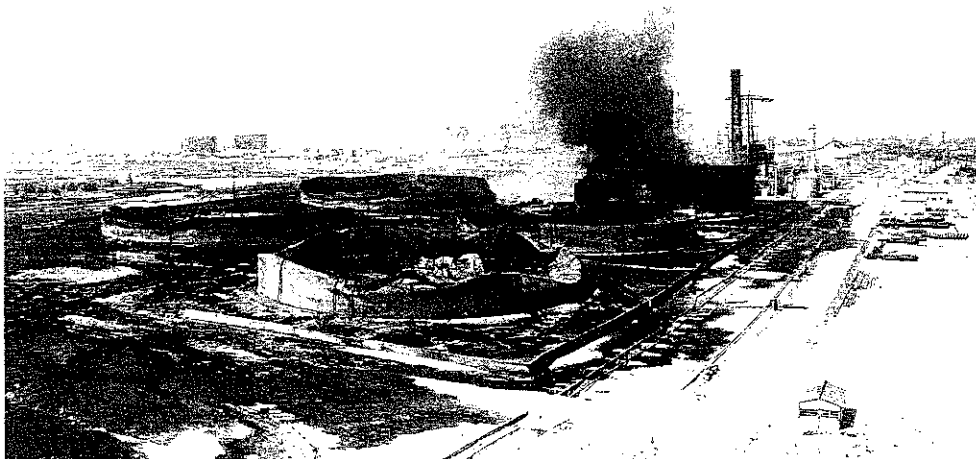
陽が暮れて砂丘の上から見ると4万5千軒タンク2基は側板の高さの中間部に赤い太い線を横に引いたように燃焼のはげしい位置が推定できた。この状態ではいずれ上部が折れ曲がるであろうと想像された。午後9時頃遂にそれが発生した。タンクはいずれも溶接構造のために外側に裂けるのではなく、側板の上半分が内側に折れ曲がって倒れ込んだ。2基ともほとんど同時であつた。その状態で内部の浮屋根を油面内に押し込んだと考えられ、後での調査では1基の浮屋根は中央部で半分に折り曲げられ半円の状態になり、他の1基の浮屋根はアコーディオンのように波打って押し曲げられ同じく半円の状態になっていた。このショッ

クにより内部の原油が燃えながら溢流してきた。この状況はあたかも火山の溶岩流のようで、南側に一斉に押し出し、南側の防油堤を全面的に押し倒し、低地に向かって流出してきた。防油堤南側空地に置かれていた10数本の20吋ホース（海上一点繫留ブイ用）を焼きそこで止まった。東側に流れたものは平和町側の低い道路を越え隣接の民家18棟を延焼した。

また、西側に流出したものは、幅10mの配管敷と8mの道路を越えて集中装置に流入した。集中装置地区内で東北部の加熱炉、反応塔群の約50cm沈



タンクヤード内の配管(焼けたあと)



鎮火宣言時 しかし、まだ煙だけは見える。

下した部分に燃えながら流入し、それらの設備を外部から下から焼き上げた。その時初めて反応塔の下部配管が熱のため破損し封じ込められていた水素リッチのガスが噴出燃焼したがいずれも反応塔内には引火しなかった。その後南部に流れ高圧部の熱交換器、受槽、空気式冷却器を焼き上げ、なおケーブルダクトを伝ってスイッチ室内に流入し、高圧スイッチ内部を燃焼した。4万5千軒タンク2基及びその流出先は6月17日朝にはほとんど消滅した。

3万軒タンク3基は原形を留めた状態で浮屋根シール部のリング火災を続け、東側の2基は数時間ごとに側板の折れ込みにより浮屋根上に溢れ出た原油の全面燃焼を繰り返しながら6月20日朝には火勢は衰え消滅に近かった。西側の1基はなおリング火災を続けむしろ静かな燃焼状態で遂に発災以来2週間、6月30日夜になってタンク内の残油も消滅した。

原油タンク群に関しては6月16日発災以来、初期消火不能となり、その後全国から集めて戴いた消火薬剤ももっぱら第2火災の鎮圧に消費し6月20日朝の対策会議において残る消火薬剤は約2千立となり、これは万が一に備えて温存し、残る3万軒タンク1基に関しては監視を続ける事に決定された。したがって原油タンク群の火災には消火薬剤は一切使用されなかった。

新潟製油所の地震火災の消火活動は6月18日早晩現地に到着した。国家消防から派遣の東京消防庁小野寺第5方面本部長の総指揮下で6月22日まで実施され、その後7月1日朝まで新潟市消防本部に引き継がれた。

昭和石油(株)新潟製油所地震火災は7月1日午前5時新潟市消防本部消防課長により「鎮火」と宣言された。筆者も現場でその宣言に立ち会った(図4火災経過参照)

9. 地震火災の要目*

9.1 第1火災(新工場)

- ① 出火 6月16日午後1時3分
鎮火 7月1日午前5時
原油タンク5基と原油122,000klを焼失
集中装置の一部も被災
- ② 延焼による隣接民家の被災
18棟(13世帯59名)延面積1,253m²
出火 6月16日午後9時
鎮火 6月17日午前2時

9.2 第2火災(旧工場)

- ① 出火 6月16日午後6時
鎮火 6月20日午後5時
タンク類144基と石油類32,000kl、建築

* ① 昭和石油(株) ② 隣接第三者

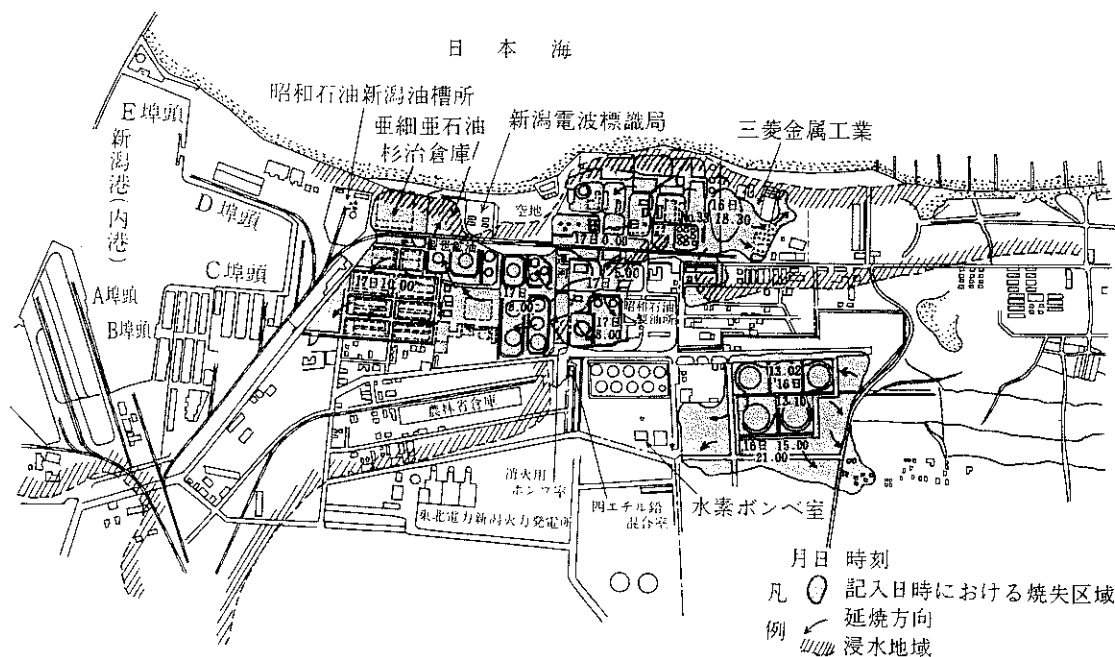


図4 延焼状況および焼失区域図

物69棟延13,828m²。事務所を除き旧工場
の装置設備の一切を焼失した。

- ② 延焼による隣接民家の被災
229棟 (328世帯1,375名) 21,003m²
出火 6月17日午前9時
鎮火 6月17日午後4時

9.3 消火作業に使用された人員機材

普通消防車 延212台 人員延1,561人
化学消防車 延107台 人員延 986人
(人員には薬剤運搬等の支援要員は含まない)
消火薬剤, たんぱく質系3%, 6%原液148,478
ℓ。その運搬トラック延7台, 航空機延27機。

10. 昭和石油株新潟製油所の再建

新装なったばかりの新潟製油所の新工場と、昭和10年完成以来29年間の古い歴史を持った旧工場は、前節までに書いたように地震、津波、火災などの不慮の災害によって、瞬時に壊滅してしまった。主力工場の1つを失った昭和石油株は、極力損失の軽減を図ったが、昭和39年9月期は会

社創立以来最悪の決算を組まざるを得ず、無配に転落した。

製油所をただちに再建したいとの願望は強かったが、営業上の諸問題、再建のための資金調達などは簡単に見通しのつく問題でなく、また昭和石油株単独で解決のつく問題でもなかった。7月には早くも地元からの再建運動が始まった。8月には新潟県及び市当局並びに地元経済界の支援を得て、再建陳情は昭和石油株首脳及び関係国務大臣に対して続けられた。

一方、この間本社では、シェル石油株を加えて長期的な展望のもとに製油所の再建計画が討議された。種々の代案について経済面での比較検討が行われ、この結果は必ずしも新潟再建有利とは出なかった。しかしながら、ついに地元及び関係各方面の要請に応え、焼失を免れた集中装置(4万B/D)を中心として効率的な製油所として再建することが決定されたのは昭和39年12月23日であった。

この間現地では被害状況の調査並びに原因の究明等が鋭意行われ、焼失を免れた集中装置のバー

ジ処理及び同じく焼失を免れた5千軒タンク等の養生処理が行われていた。

新潟地震の特徴というか特異現象として、砂質地盤の液状化現象と地震動の長周期化があげられる。新潟のすべての地震被害はこの地盤災害に起因すると考えられる。

11. 新潟地区の地盤、液状化現象

新潟地区、具体的には新潟製油所を中心とした現在の新潟市の区域及びその北部に続く聖籠町に至る間の海岸線から内陸側3～4軒幅の地域は中粒砂ないしは細粒砂が厚い層をなしており、特に信濃川と阿賀野川の河口に近い下流域は古代からの流砂の載積したデルタであり、新潟市はそのデルタの上に形成された都市であると考えられる。

地震動により砂質地盤が液状化し支持力が急速に低下することは当時土木・建築業界では知られていたようであるが、その程度、範囲、または地震動との相関関係等についてはまだ十分に解明されていなかった。昭和37～38年の建設工事に際しても、塔類、煙突、縦型加熱炉、高い鉄架構等の基礎との定着部、たとえばスカート、アンカーボルトに対してのみ、建築基準法でいう静的震度法による設計計算で設計震度係数0.3をとったに過ぎない。砂質地盤の液状化に関しては全然念頭になかった。

地震後になって調べたところでは、砂層の液状化に対しては非常に敏感な粒度範囲があり、一般に粒子の小さいシルトやクレイは粒子が互いに付着する性質があり、透水性が悪いので液状化現象は生じ難い。逆に粒子が大きい場合は透水性は良いが質量が大きいため水と共に流れ難い。つまり粒子が極端に小でも大でもない粒度範囲の砂が敏感であると考えられており、粒径0.03～2.0mmの範囲の砂は液状化し易く、その中0.15～1.5mmの範囲は特に液状化し易いとされている。

地震後に製油所敷地内数箇所ではボーリングをして採取したコアの代表例によると、深さ15mま

での間、礫分は0、砂分は97%、シルト分1.5%、粘土分1.5%で、砂分の60%粒径は0.26～0.29mm。10%粒径0.15～0.18mm。最大粒径1.0mm。自然含水分24～34wt%、標高2.34mの所で試孔内水位G.L.-2.3mという結果であった。地下水位の高い非常に粒度の均一な砂層地盤といえる。

また液状化現象は、含水率、地下水位とも非常に大きな関係があり、完全に飽和の状態では砂の表面張力がなくなり、間隙中の水の圧力が重要な働きをされると考えられている。新潟地震で液状化現象を起こしているのは、ゆるい砂層で、地下水位の高い所であったことはこれを証明している。

砂層と地下水位とは上記のように、まことに理想的状態に入れば、地震動により液状化現象を起こし地盤の支持力が低下し、接地面積当りの荷重の大きなもの程大きな沈下をする。また、新潟では広域の砂地盤とこの液状化により地盤が軟らかくなったために、地震動の振動周期のうち短周期成分が吸収されて、5～6秒というやや長周期成分が発達したのではないかと考えられる。この長周期震動に応じてタンク内の液体がスロッシングを起こし、当時液面の高かったタンクはすべて溢流をした。浮屋根タンクはその浮屋根を押し上げてシール部分の隙間から溢流し、固定屋根タンクは対角線上に両端部で側板と屋根板接合部を突き破ってその開口部から溢流している。また、このスロッシングは液面の揺動だけでなく当然タンク底部の周辺部にも大きな応力を発生し、盛土マウンド上に設置したタンクはそのマウンドを崩して傾斜沈下し、側板下部の座屈を発生したものもある。タンクのスロッシングと地震動の長周期振動とは非常に密接な関係があると考えられ、これはその後の十勝沖地震、宮城県沖地震や日本海中部地震での新潟地区の現象で明らかである。特に日本海中部地震時の秋田地区の加速度型の卓越周期に対し、新潟地区では加速度は非常に小さかったが、10～11秒という変位型の卓越周期が長くつづき、スロッシングを発生して溢流を起こしたこと

でも明らかである。

12. 再建に際して装置、貯槽等の基礎について

新潟製油所の再建にあたって、最大の問題点は、砂地盤の地震時の液状化に対する対策であった。そのために鹿島建設(株)技術研究所に依頼し、建設省建築研究所、運輸省港湾技術研究所その他学識者の意見、指導により、現地での慎重な各種調査試験の結果、基礎の設計、施工方針が決定された。

(1) 液状化現象に対する防止対策

液状化現象に対する防止対策としては、①ゆるい地盤を事前によく締め固める。②原地盤の砂より粒径の大きい材料で置換するか、部分的に置換する。③変位に対する拘束条件をよくする。の3つが考えられる。そこで補給材として切込砂利を使用したバイプロフローテーション工法を行えば前記3条件をすべて満足させることができる。

(a) バイプロフローテーションパイルの設計

バイプロによって締め固める深さは液状化現象の生じる N 値 <15 (標準貫入試験 N 値)の表層のゆるい5~6mの間で十分であり、その施工範囲はタンクシェル部を中心として幅12mのリング状に1.2mピッチ正三角形の配置で $l=7$ mのバイプロフローテーションパイルを施工することにした。その上に盛土填圧してマウンドを作り、鉄筋コンクリートリングで補強する。

(b) 杭基礎の設計

重量のあるもの、塔状のもの、振動するもの及び煙突等はすべて $\phi 355$ mm、 $L=17$ mの鋼管杭で支持し、さらにその周囲は液状化現象を防止するために($l=6$ m)1.5mピッチのバイプロフローテーション工法で締め固められている。

接地圧 5 t/m^2 以下の構造物はバイプロフローテーションで締め固めた地盤の上に構築し、水平移動をなくすために地中梁を多く採用し可能な限りそれを接続して一枚の板とした。

(2) その他基礎に関する留意点

地震時の苦い経験に鑑み、ポンプ、コンプレッサー類の本体と駆動機は絶対に同一基礎に設置しなければならない。同様に熱交換器、受槽等の支持脚部ペDESTALについても地中梁で連結し、基礎部に変位が発生しても上部構造物に歪の影響を及ぼさないことに留意すべきである。ローカルの現場に設置する計装のトランスミッター、エアーセツト等の支柱の基礎も単独には設置せず地中梁で他の基礎と連結する。すべて地震時を考慮してその基礎の上部構造物の機能が失われない配慮を忘れてはならない。

13. 構造物に対する耐震性

当時としては現在の如く耐震設計の基準も指針も発表されていなかったので、主要な検討項目はその支持部と基礎ボルトであった。たとえば塔類に関してはそのスカートとアンカーボルト、地震入力を地表面300Galとしてそれぞれ耐力、強度等を検討して肉厚、太さ、材質、セツト方法を再検討した。槽類、熱交換器、加熱炉、架構等すべて同様である。

タンクに関しては、特に浮屋根タンクで発生した金属製シール機構は全廃し、ソフトタッチの発泡ポリウレタンを合成ゴムで被覆したシールあるいはチューブシールを採用し、溢流防止用にタンクの大きさに応じてそれぞれ側板を一段分積上げた。これは容量を増加するのではなく容量は従来通りとして浮屋根最上位置から側板頂部までを従来より2~3m深くした訳である。また従来の消火施設の他にシール部の自動消火装置としてハロン系の消火薬剤の貯槽を浮屋根上に設置し、それから配管を延長してシール部のウエザーシール内部に1.2mピッチに先端に100℃で融けるフェーズメタル付ノズルを配置し、消火薬剤貯槽を常時窒素で加圧しておく機構である。浮屋根ポンツーン部と側板との間には金属製突起物を置かない配慮をした。

タンク配置の間隔はタンク直径以上とし、1つの防油堤の区画を十萬軒以内とした。また防油堤は少なくとも三方を周辺道路に面する如く道路を配置した。防油堤の構造は鉄筋コンクリート構造とし10mピッチ以内に可撓性接合部を設けた。

タンク本体の構造に関しては地震動によるスロッシング時等の応力を考慮して側板下段部及びアニュラ一部の肉厚を検討し従来の設計より厚肉となり十萬軒タンクまでを考えた場合には側板には高張力鋼の使用により、最大板厚を溶接効率等の制限40mm以内に押えることができた。

一方焼失を免れた五千軒浮屋根タンクはいずれも盛砂マウンドの崩れにより傾斜沈下し、浮屋根は中に引っかかった状態になって残ったが、新しく配置し直し、12項に記した如く造成した基礎の上に移設し、側板の真円度を回復するため、外周に型鋼で作成したスティフナーを2段あるいは3段溶接して修復した。もちろん最下段の座屈した板は取替え、チューブシールその他附属品も修復し、スティフナーも補強の意味からそのまま残し、側板の上積、自動消火装置の新設も行ったために、地震前よりは遙かに安全なタンクとなった。

14. 配管

(1) 装置内配管

装置内配管は地震前の建設ではプロセス配管要領で設計施工され、地震時に漏洩その他の故障を生じたものは一箇所もなかった。しかし地震により塔槽類、加熱炉その他機器類は相当変位を生じたものがあり、地震後の解体に際して接続配管を取り外した時、応力が解放されて配管側の変位を生じたものもあった。再建時にはホットラインの熱膨張に対する配慮だけでなく、コールドラインに対しても極力振動に対する可撓性の配慮をし、大口径の配管にはスプリングサポート等を多用した。

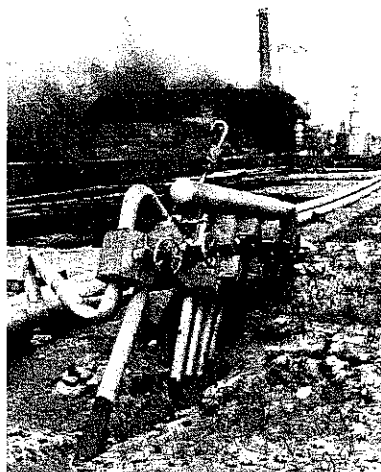
地震時全く残念であったのは計装用の空気配管であった。7kg/cm²G、4.8m³の計器用空気槽か

らパイラック上を2B、1½B、1Bの配管を幹線として溶接施工で配管し、各所の分岐ヘッダーから個別のエヤーパイロットに分岐する1/2B配管以降はネジ込みであった。分岐の先の1/4B接続O.D.6mmの銅パイプに故障は見出されなかったが、分岐ヘッダーの1/2B、ネジ込み部分で地震時数箇所の抜け脱落が発見され、この原因で地震発生後数分で空気圧は0となりすべてのコントロールバルブは作動不能となった。再建時はこの1/2B分岐を溶接とした。ネジ込みだけの接手は地震時は非常に抜け易い、計装用電気配線はコンジェット管で保護していたが地震後各所でネジ部が外れ、ワイヤーで数珠継ぎになっていた。再建時はこれを廃止し、パンチメタルを利用して保護対策を考慮した。

(2) 装置外配管

ヤード配管は新工場では地震前から地上配管を原則とし道路下横断部も直接埋設を避けカルバートを設けて目視点検を可能として施工していた。地震の結果延長方向及び直角方向に相当な変位が認められたにもかかわらず、切断や破損漏洩は一箇所も認められなかった。地上のコンクリート枕が割れたり沈下したものがあつたが、架台から外れてのたうって蛇行した状態であつた。

消火配管は地震を受けて大失敗という結果になった。というのは本管は水配管も泡配管も地上配管で構内にループを組んだのはよかつたが、各タンク用の消火配管は各タンクごとに防油堤の外でタンクに取付けたエヤフォームチャンバーの個数に応じた本数に分岐するヘッダーを設け、そのヘッダーに本管から各所で接続分配していた。当時の消防法では消火用配管は防油堤内は埋設することになっていたもので、分岐ヘッダーの直下で埋設しタンク基礎周辺で地上に出てエヤフォームチャンバーに立上る配管となつていた。地上配管の本管は消防ポンプ室から出て新工場に入り2方向に分岐する点に固定点を設け原油タンク側は直線で約500m延長して配管していた。地震の結果、この



地上配管と埋設した分岐配管との接続管の破損
本管は500mの自由端側で約1.5m固定点側へ変位した。その近くで接続されたヘッダーは分岐管が直下で埋設されているのでその変位に対応できず、本管との接続管は変形破損をしてしまった。後の調査で2基の原油タンクの前で同様の破損が認められた。これでは仮に消火ポンプが稼動したとしてもヘッダー部での漏洩により消火薬液はタンクまで送れなかった。

このように地上配管から分岐して埋設する場合にはその接続部に十分な可撓性を考慮しなければならない。再建時にはこのような場所に注意深く配慮をした。しかし現在は消防法の改正により消火配管はすべて地上に出す事になったのでこの心

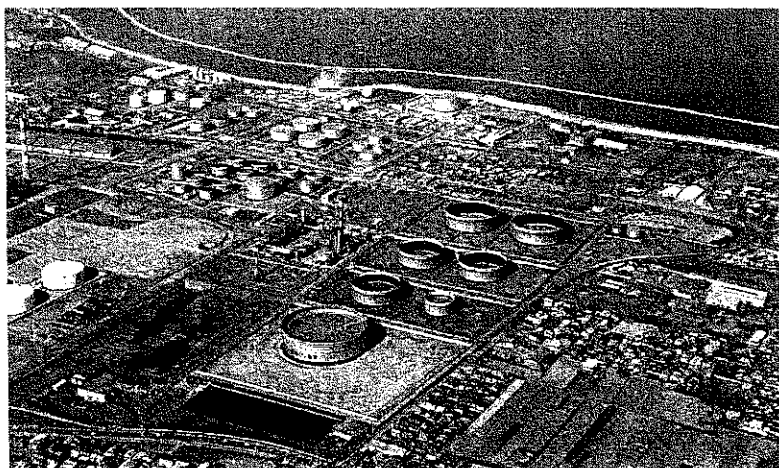
配はなくなった。

すべて一般に配管の分岐部にはその枝管の可撓性につき十分配慮すべきである。

以上に記したようなことを主要項目として、昭和40年1月から焼跡の解体撤去、旧工場も含めて更地に戻す工事に着手し、集中装置も場所を変えてレイアウトも変更した。装置も再建のために解体、清掃、検査を開始した。製油所全体を、あたかも新規建設の如くレイアウトを始めすべてを検討し直して再建工事を開始した。中心となる集中装置はもとより附帯設備、ユティリティ、試験施設に到るまで、当時の最新技術に加えて耐震性と公害防止に細心の配慮を傾注し、昭和41年2月完工、3月には新潟製油所再稼働の操業が開始された。筆者はその後昭和49年8月まで製造部長として新潟に勤務したが、再開後の数年は石油業界の各社を始め各地コンビナートの防災協議会、消防団体等の調査訪問が相つぎ、その応対説明に時間を割かれることが多かった。

15. おわりに

昭和39年の新潟地震から4半世紀を機に石油精製の製油所の地震から再建工事までを振り返った訳であるが、当時を思い起こすと、生産施設に関する耐震設計、地震対策は白紙というか無知に等しかった。幸いにも昭和45年頃から産学によるブ



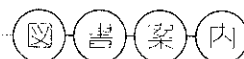
あらゆる苦い経験を生かして地震対策を行って再建した製油所

ラントの耐震設計の研究に端を発して、昭和60年頃までには行政による施策、規制も次々と実施されてきた。

しかし地震対策は決して完結したものでなくむしろようやく始まったというべきではないだろうか。新潟以来今までに5つの大きな地震を経験し、その度に新たな知見を得て対策が検討される。その結果は次の地震まではわからない。地震はそれぞれ特性も異なりまた地域も異なる。耐震工学が経験工学といわれる所以であると考えられる。地震対策に関してはハードウェアばかりでなくソフトウェアも重要である。このソフトも経験を積み重ねることによって改善し検討を繰り返さなければならない。また、ソフトは書かれたものを頭で覚えるだけでなく、訓練を繰り返して身体で覚えなければ役に立たない。地震対策には大変な努

力も必要となるところである。筆者が現在最も気になるのは、高度情報化社会となり、電気用機器から始まり、制御用機器、情報処理用機器、通信用機器等端末に到るまでの間の機能喪失が発生すれば一体どのような事態になるか、個々の機器がいくら機械的に強度が保証されても無意味なものとなることである。これは一例であり、地震対策はまだまだ完結したものではない。残念ながら我々は地震多発地帯に生活し、その地震の特性も限定できない。したがって経験を積み重ねて、研究開発を進め対策を発展する努力を続けなければならない。また、そこには経済的な観点からの評価も忘れてはならない。これらの意味からも地震の影響に関しては細大もらさず公表されることを希望して結言とする。

物質別保安技術ハンドブック・シリーズ



主題を保安にしぼり、より実務的内容としたハンドブック

主な構成

製造プロセス、物性(ガス、液体、データシート)、危険性(反応、燃焼、分解爆発等)、取扱法(容器、貯蔵、運搬、救急措置)、漏えい・流出・拡散、火災と消火、爆発(条件、伝は、爆ごう、威力、防止)、関連事故、関連実験、参考文献

■エチレン保安技術ハンドブック

(高圧ガス保安に関する情報紹介 No.91) E5判/143頁 発行年1987年(1987年)

■酸化エチレン保安技術ハンドブック

(高圧ガス保安に関する情報紹介 No.92) E5判/127頁 発行年1987年(1987年)

■水素保安技術ハンドブック

(高圧ガス保安に関する情報紹介 No.94) E5判/246頁 発行年1989年(1989年)

■アセチレン保安技術ハンドブック

(高圧ガス保安に関する情報紹介 No.99) E5判/118頁 発行年2000年(1999年)

発行：高圧ガス保安協会 〒105 東京都港区虎ノ門3-6-2 振替口座 東京7-48676