

大阪の樹脂製造工場の爆発 【1982年8月20日 大阪府堺市】

板垣晴彦（独立行政法人産業安全研究所）

小林光夫（東京大学大学院 新領域創成科学研究科）

田村昌三（東京大学大学院 新領域創成科学研究科）

安全設備の考え方、事故発生後の対処の仕方など非常に考えることの多い事故である。

1982年8月20日夜半、大阪府堺市にあるダイセル化学工業(株)堺工場の樹脂製造装置で比較的軽微な爆発事故があり、設備の停止命令を受けた。装置の停止作業中、原料のモノマー2種類と触媒とを入れたモノマー混合槽からガスが漏洩した。対策会議を行っていた工場幹部の会議の場に漏れの件が伝えられた。会議出席者全員が急遽漏れ現場に駆けつけたところで、大爆発が起こった。2回目の爆発で死者6名、重傷者9名、軽傷者198名の多くの被災者がでた。軽傷者の内178名が周辺の住民であった。また、被害を受けた所帯数が1700以上になる大災害であった。

1回目の爆発は、停電のため樹脂の重合槽の攪拌が停止し、ジャケットの冷却用温水も停止した。急遽温水を冷却水に換えて手動で冷却を続行しようとしたが、反応は暴走してモノマーが蒸発し、通常の排ガス処理を想定した燃焼脱臭炉をバイパスし、煙突に行く途中で爆発が起こった。この1回目の爆発では人的被害も大きな物的被害も出ていない。

事故の後始末で装置の停止作業と並行して、工場幹部が対策会議を行った。翌日も停止作業と対策会議が行われていた。夕方反応槽へ供給するモノマーを入れたモノマー混合槽からガス漏れが生じた。ガス漏れがだんだん大きくなり、近づけなくなってきた。知らせを受けて、会議に出席していた全員が一団となって漏洩現場近くに来たとき、大爆発が発生した。全ての人的被害と大きな物的被害はこの2回目の爆発で生じた。

モノマー混合槽内のアクリロニトリルとスチレンおよび重合開始剤の有機過酸化物の混合液が42時間放置されている間に重合反応が開始して暴走反応に至ったため、圧力が上り可燃性ガスが吹き出し、工場内に滞留し、危険物施設区域の外にある電気設備の火花で着火した。夏場の27程度の温度ではモノマー混合槽内で重合は開始しないだろうと判断していたらしいが、その供給が事故の影響もあり遅れてしまったことにより重合開始したと考えられる。なお、モノマー混合槽内の量は3800kg程度あった。

1. 事象

樹脂製造工場ではAS樹脂(アクリロニトリルとスチレンの共重合樹脂)とABS樹脂(アクリロニトリル、ブタジエン、スチレンの3成分系共重合樹脂)を製造しており、AS樹脂重合槽は5基あった。当日はそのうちCおよびGの2基で重合を行っていた。夜中に重合

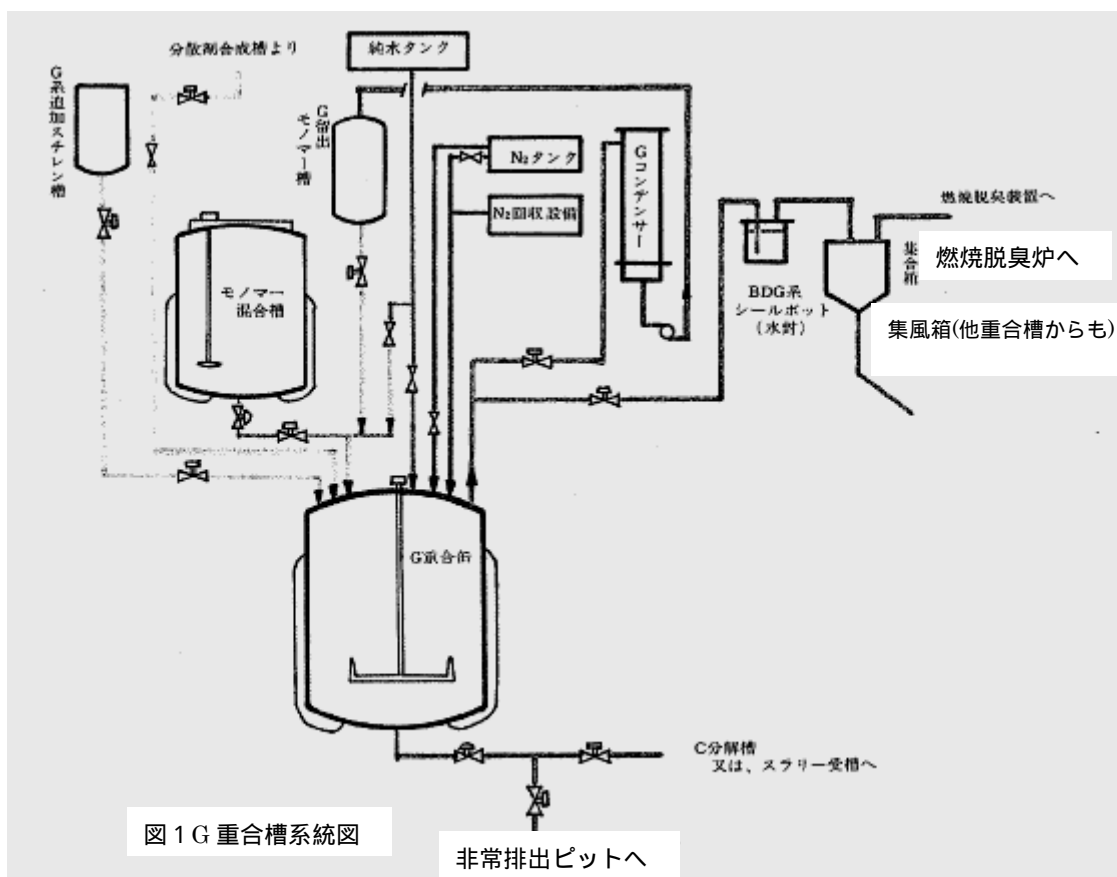


図1 G 重合槽系統図

非常排出ピットへ

系の 400V 系が停電した。C、G 重合槽の攪拌機と冷却用のポンプが停止し重合槽の冷却が不可能になった。そこで、温水を冷水に切り換え、手動で通水した。また、重合槽に冷水 1 トンずつを入れて冷却の補助とした。そうこうしている内に重合反応は暴走を始め、C 重合槽のマンホールから白煙状のガスが吹き出した。燃焼脱臭炉の警報が鳴り、燃焼脱臭炉の安全弁が自動的に作動して、燃焼脱臭炉をバイパスして燃焼排ガスの煙突へガスが直接流れ込んだ。この時可燃性ガスの濃度は爆発下限界濃度の 35%を示しており、燃焼脱臭炉内温度は 830 を超えていた。この時排ガスダクト内で 1 回目の爆発が起こり、燃焼脱臭炉系統に被害が生じた。

大量のガスが燃焼脱臭炉系に流れ込んだことは次のように説明される。C および G 重合槽で攪拌ができなくなったために反応槽内で反応液がポリマー相とモノマー相に分離し、さらに反応熱の除去ができなくなったためにモノマーが急激な重合反応を起こし、その発熱により残存モノマーは沸点に到達して蒸発し、可燃性ガスとなった。その可燃性ガスは圧力調整弁から集風箱経由で燃焼脱臭炉系に流れ込んだ。燃焼脱臭炉系統図を図 2 に示す。

燃焼脱臭炉は供給されるガス濃度が爆発下限界の 50%を越えるか、炉内温度が 830 を超えた場合は、燃焼脱臭炉への供給ガスを燃焼後のガスを放出する煙突に直接導くバイパス配管を通す計装が、安全対策として組み込まれており、そのシステムが働いた。

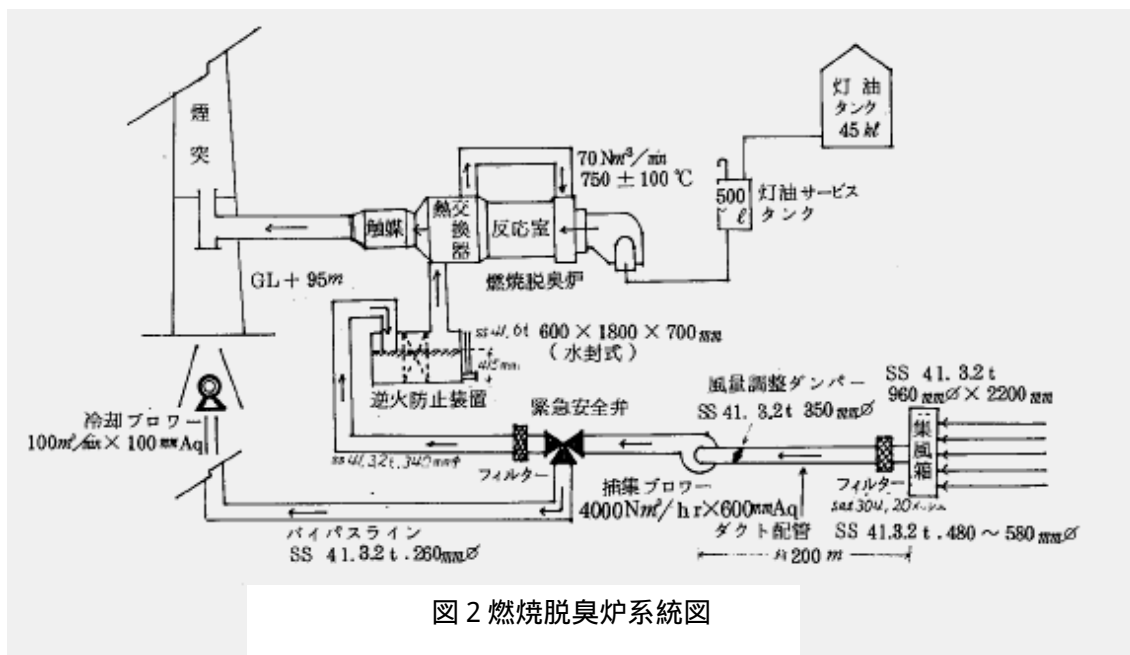


図2 燃焼脱臭炉系統図

1 回目の爆発の後、消防当局より設備の使用停止命令を受け、装置を完全に停止するため重合槽内の残存物の抜き出しなど保安上必要な作業だけを行っていた。翌日、停止作業と並行して事故究明委員会のための予備会議を工場の管理者 13 名で行っていた。夕方 C 系列のモノマー混合槽からガスが漏洩した。見つけた運転員は建物の中に入り確認しようとしたが、漏れは大きくなり、とても中に入れる状況ではなくなった。危険を感じて避難した運転員の一人が会議中の管理者に連絡した。会議出席者が全員一団となって現場へ駆けつけた。対象混合槽を冷却すべく消火栓による消火準備をしているときに大爆発（2 回目の爆発）が起こった。

2. 経過

2.1.1 1 回目の爆発までの経過

19 日 23 時 52 分頃、重合槽の攪拌機回転異常の連絡があり、電気室で原因調査中に電磁開閉器が焼損した。製造部門に連絡の上、電源を遮断した。この時、2 基の重合槽が稼働中であったが、攪拌機と反応熱を除去するための反応器ジャケットの冷却用温水循環ポンプが停止した。冷却確保のため冷却水を冷水に変更し手動で通水した。

20 日 0 時 10 分頃、C 重合槽のマンホールのパッキン部からガスが漏洩し始めた。0 時 15 分に燃焼脱臭炉のアラームが鳴った。燃焼脱臭炉のバイパスバルブが開き、燃焼前の可燃性ガスを燃焼済み排ガスの煙突に直接放出した。その時炉内温度は 830 を超えていた。

0 時 20 分頃に建物内のガス検知機が作動した。0 時 25 分頃、運転員の一人が爆発音を聞いた。1 回目の爆発が起こった。屋外消火栓による消火と関係者への連絡を行った。

0 時 28 分に公設消防の出動があり、0 時 31 分に鎮火した。

2.2.2 2回目の爆発への経過

20日0時30分頃から、鎮火の報告を受け、工場側は工場内の点検を開始し、以後終日点検確認作業が続いた。確認作業は主に暴走した2基の重合槽を中心に行われていた。工場幹部は状況の把握、消防、警察などへの説明、本社への連絡・報告などに追われていた。

21日13時に、本社での事故原因究明委員会の発足を受け、工場関係者で予備会議を開いた。この会議は17時過ぎまで続いた。

17時12分頃、重合槽のある部屋から「ピー」という音がした。運転員が確認するとG重合槽付近で白いガスが出ていた。運転員の一人が、会議中の関係者に連絡した。会議中の関係者は全員が現場近くに急行した。近くの消火栓付近に駆けつけた時には、当該の部屋から北側中央道路の方へ白いガスが流れていた。17時25分頃、関係者が2箇所の消火栓に集まり、放水および放水の準備中に大爆発が起こった。

3. 原因

3.1.1 1回目の爆発の原因

停電による攪拌停止で、反応槽2基で暴走反応が起こり、その結果、反応槽中のモノマー（スチレン、アクリロニトリル）が蒸発した。その蒸気が平常運転時を想定したベント系の燃焼脱臭炉系に導入され、燃焼脱臭炉の設計条件を上回る燃焼脱臭炉内温度になったために、燃焼脱臭炉がバイパスされた。そのモノマー蒸気が何らかの原因で着火し、燃焼脱臭炉系のダクト内で爆発した。停電とそれに続く暴走反応が直接の原因である。

停電が起こったことも問題であろうが、何処かで停電が起こるのはやむを得ないこともある。問題は停電で何故暴走反応が起こり、爆発に到ったかである。装置が停電を想定した安全設計になっていないこと、それを考慮した運転マニュアルになっていなかったと思われることが原因であろう。

先ず攪拌停止の影響を考えて見る。問題が2点考えられる。1点目は伝熱である。直径2m以上ある容器で攪拌が止まったら、冷却は可能であろうか。攪拌することで伝熱面での境膜を薄くし伝熱抵抗を小さくし、内部液の均一化を行うことで冷却が行われる。工業的スケールの攪拌容器で、攪拌が止まれば殆

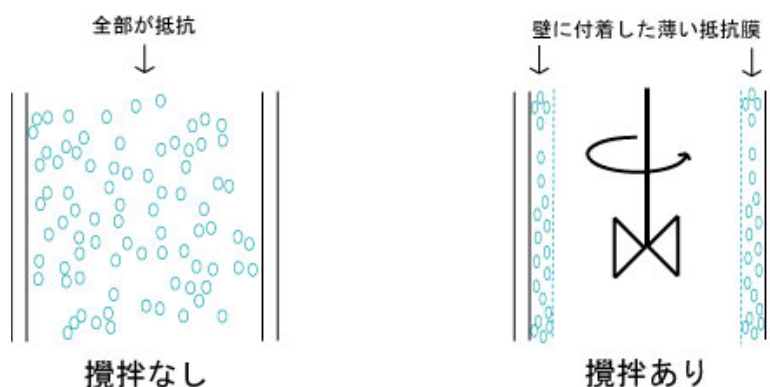


図3. 攪拌の効果－1 伝熱

ど伝熱はできないと考えるべきである。また、攪拌することで重合槽内のポリマーとモノ

マーを分離させることなく、反応を進めている。攪拌が停止すれば、密度が大きく固体化したポリマーは密度の小さいモノマーと分離する。モノマー相は反応のポテンシャルが大きい。(攪拌停止しているから)除熱ができなくなり、ホットスポットも生成しやすくなっているため、モノマー相での重合が進み暴走反応が起こり、温度の上昇から、モノマーの蒸発、圧力上昇、ベントガスの増加はある意味で不可避ではないかと思われる。

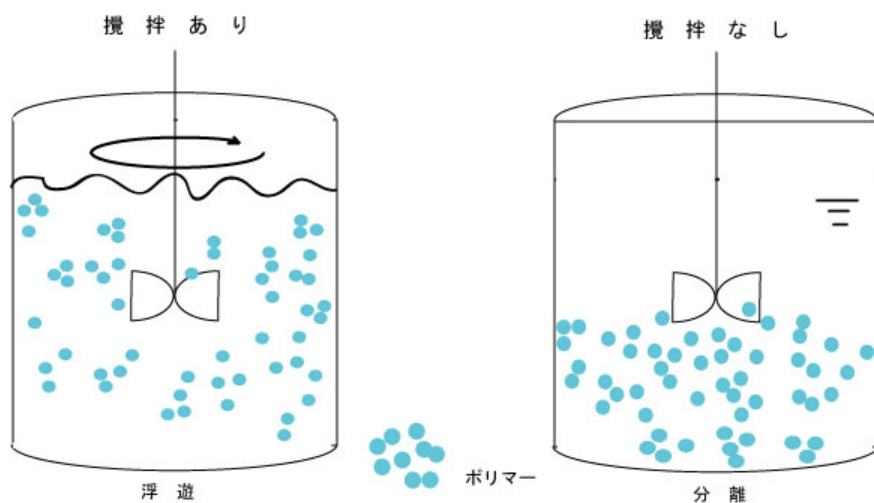


図4. 攪拌の効果－2 混合

次に、燃焼脱臭炉の

能力について考える。AS 樹

脂重合槽 5 基の内 2 基だけが稼働していた時点の停電でバイパスせざるを得なくなっている。そのために可燃性混合気を燃焼させないで煙突に導き、その過程で爆発が起こっている。バッチ式重合であるが故に空気と可燃性ガスの混合気を作るのか、燃焼させるために空気を入れているのかは定かではないが、ベントガスの脱臭システムに何らかの問題はあった可能性があったと思われる。停電があったら、条件によっては爆発になりかねない設備だったのではないかと推測できる。

今設計するならば、右の図5に示すように、停電などで攪拌ができなくなったら、重合槽にインヒビターと希釈剤と冷却剤を兼ねた不活性な液を自動的に注入するとか、大きなダンプドラムを設け、重合槽内の内容物全部を緊急放出するなどの方策を検討して、停電時等

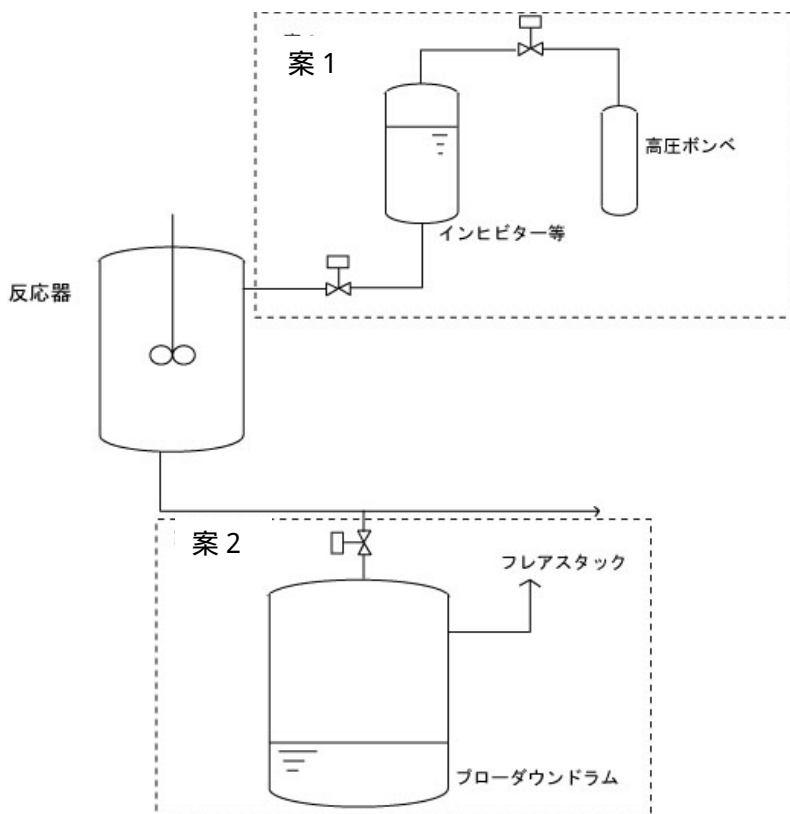


図5 緊急対策のイメージ

に問題の起こらない設備的な対策を取れる。図1を見ると、反応槽底部からの抜き出し線に非常排出ピットへの配管が設置されている。排出ピットの中味が不明であるが、暴走反応が起こったあるいはそれに至る過程で反応槽内の液とスラリーを安全な容器などに排出する非常用配管とも思われる。もし、そういう目的の設備なら何故使用されなかったか疑問である。

3.2.2 2回目の爆発の原因

2回目の爆発の原因は、1回目の爆発の直前に調整した仕込み原料を長時間モノマー混合槽内に放置し、重合反応が起こって温度が上昇し、圧力上昇からガス漏れを起こしたことによる。混合原料は反応性の大きなアクリロニトリルとスチレンに反応開始剤が混合されたもので、約3.8トンもあった。

本来、事故を起こしたバッチでは調合後1時間で重合槽に移し制御しながら反応させることになっていたが、1回目の爆発の影響で42時間モノマー混合槽内に放置したために暴走反応が起こった。調合後の温度は27であったが、この温度では反応の開始はないと考えていたのかも知れない。また、設備的にも、調合した原料は重合槽で反応させるしかない設備になっていた。

したがって、真の要因と考えられるのは、研究開発の段階で調整後の原料の保持についての検討が不十分だったか、それが設備設計に生かされていなかったか、工場全体が1回目の爆発の当面の処置に追われ本来注意すべきことを失念していたかの何れかであろう。

なお、2回目の爆発で人的被害を大きくした原因の一つに、状況確認が不十分なまま、会議に出席していた全員が同じ行動を取り、漏洩現場に行ったことが上げられる。緊急時に的確な判断を下す指揮者とそれに十分な情報を与えるシステムを構築することが必要であろう。

4. 原因解明のプロセス

1回目の爆発については停電からの一連の流れと、運転記録と関係者の証言で容易に見当は付く。公式の事故調査報告書でも2回目の爆発の解明が殆どで、1回目の爆発の原因解明の記述はない。

2回目の爆発については目撃証言と現地調査から爆心地がほぼ判明する。蒸気を漏洩させた発生源は、爆発に足りるガスの発生源を特定することと、特定された発生源で何故蒸気が漏洩したかの順で確かめられた。ガスの発生源として重合槽とモノマー混合槽の2箇所があるが、重合槽に残されたポリマーの量と性状の分析などから重合槽から漏洩したガスは1回目

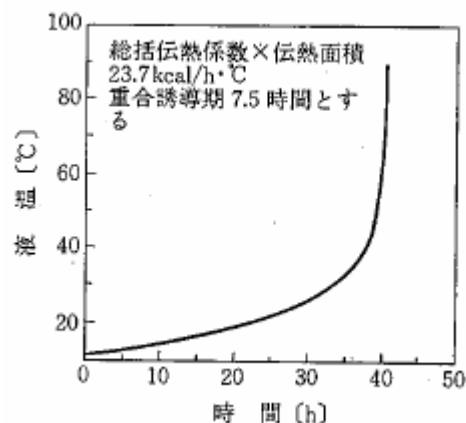


図6 モノマー混合槽内液温度上昇実験結果

の爆発なら起こしうるが、2回目の爆発を起こすには余りにも少量であることが分かった。それに対し、モノマー混合槽では約3.8トンの原料モノマーがあり、十分な量であった。

モノマー混合槽で比較的低温で反応が開始し、ガスが漏洩に到るかは実験の結果、十分に可能であるとされた。漏洩し、爆発を起こした場合の爆発威力と大きさに説明が付くことから、モノマー混合槽で長時間保管中に重合が起こり、圧力上昇の結果、ガスが漏洩したと結論づけられた。

5. 対処

1回目の爆発では、自衛消防隊の活動として樹脂工場の4名が非常ベルと構内電話で非常時通報を行い、さらに付近の屋外消火栓から放水し、消火した。工場の消防ポンプ車1台が出動し、樹脂工場の前で警戒態勢を取った。

2回目の爆発ではガス漏れ段階において1箇所で放水中、2箇所で放水準備中であった。爆発後は消防への連絡、救助、救急要請等を行った。公設消防到着後は公設消防の指揮下で負傷者の救護活動と主に屋外消火栓からの散水などで消火活動を行った。鎮火後も原料タンクヤードの冷却放水を3日間行った。

6. 対策

事故調査報告に14ページに上る今後の対策が記されている。そこには全体の安全対策としての近隣地域への環境問題、距離確保や防災設備、防災組織、教育など多岐にわたっている。ここでは技術的な面から基本的な考え方を述べる。

1. プラントの安全設計：プラントの安全システムは、装置の小事故、故障および不調等の緊急事態になったときに、その影響を最小限にとどめ事故を未然に防止するために重要である。その観点に基づき、制御システムの冗長化や自動化、機械化を取り入れたり、緊急時に備えインターロックや放出機構等を取り入れる。発災装置でいえば、燃焼脱臭炉の処理能力や炉をバイパスしたときの安全対策の検討等が不足していた。
2. 設備の充実：設備の構造、配置について十分に考慮することは当然である。特に緊急事態に備え、早期検出、安全な停止ができる装置とする。さらに用役の供給が絶たれた時には、プラントの継続運転はできなくなる。安定的な用役の供給が行えるように配慮する。用役とはプラント運転上に必要な電力、スチーム、冷却水等の補助流体であり、ユーティリティという。例えば電気系統を独立2重化する、冷却水ポンプにディーゼル駆動のスペアポンプを持つなどが必要であろう。
3. 化学反応関係：化学反応に関しては反応の特徴を十分に理解し、その特徴に応じた設備と取扱法を確立する。発災装置なら、攪拌停止時の冷却確保のため窒素ガスの吹き込みで攪拌と同様の効果を求めるとか、ブローダウン設備を持つことが有効である。
4. 作業基準書と教育の充実：十分な安全設計がなされ、装置が充実していても、運転に

反映されていなくては意味がない。反応や物質の特徴、危険性などと設備の在り方を十分に配慮した作業基準を作成し、運転員に教育することが重要である。

7. 教訓（知識化）

1. 異常時においては平常運転では考えられないような事象が起こる。電気や計装用空気などの用役が装置の生命線であることを考えて、用役停止時に起こることに備えた設備や運転法を確立することが重要である。
2. 同様に予想外の時間や温度で化学品が保持されることがある。その場合に備えた事前検討が必要である。
3. 異常時に全員が同じ行動、同じ思考を取ることは危険である。全体を取り仕切る役割、現状調査の役割、欠陥がないかなどを調査する役割など分担できるような組織作りをすることが必要である。
4. 攪拌が停止したら何が起こるかということをも十分想定したプロセス設計や運転管理を行う必要がある。異常時における対応等教育にも一考が必要である。

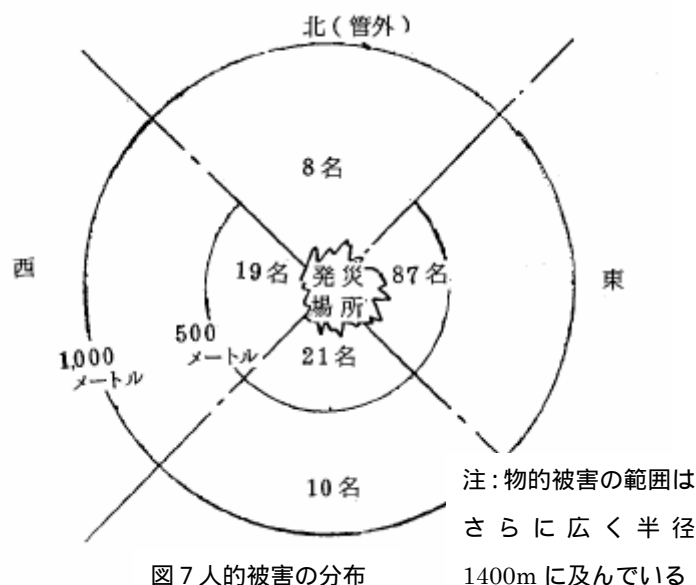
8. 失敗の影響

人的被害は全て2回目の爆発で生じ、死亡6名、負傷者207名となった。負傷者の内近隣の住民が178名に上る。

物的被害は住宅密集地にある工場のため近隣の被害が大きく、爆心地を中心に半径平均1,400mの広範囲にガラス破損、壁の亀裂落下などで1,733棟、2,812世帯が被害を受けた。

工場内では多くの施設が焼損したり爆風で損害を受けた。

直接の被害額は10億円と算定されているが、補償、賠償、さらに復旧費や不稼動を入れた実質的な損害額はさらに巨大であろう。



9. よもやま話

人口過密な地域にある工場の爆発は意外に多い。百選で取り上げた事例でも東京都板橋区の過酸化ベンゾイルの爆発、群馬県の国道17号線と354号線の交差点近くで起こったヒドロキシルアミンの爆発などがそれに当たる。被害がより拡大して悲惨になると同時に、

社会に与えるインパクトが大きすぎる。根本的には工場の隔離しかあり得ないと考える。

また、この事故は攪拌に絡んだ事故である。攪拌停止あるいは再開は非常に重要な状況変化の一つである。攪拌停止時に起こった事故例として、この百選にも取り上げた川崎のある工場で起こった“エチリデンノルボルネン製造中の火災”があり、再開時の事故としては、例えば濃硫酸とトルエンの反応のように攪拌を止めると2相分離する系で幾つかの例がある。このような基本的な条件が変わった時に何が起こるか、化学物質・プラントの基本的な問題であり、安全工学の基礎として教える必要がある。

参考文献

- ・安全工学協会編・上原陽一、AS 樹脂プラント爆発事故の概要、火災爆発事件事例集、PAGE97-111 (2002)
- ・堺市高石市消防組合、ダイセル化学工業(株)堺工場樹脂製造工場爆発火災事故調査報告書 (1983)
- ・福山郁夫、反応暴走による爆発事故、SE シリーズ 事故に学ぶ、PAGE20-23 (1987)