

インド ボパールの化学工場の毒ガス漏洩 【1984年12月2日、インド ボパール】

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）

1984年12月2日深夜から3日の未明にかけて、インド中央部マディヤ・プラデシュ州の州都ボパールが毒性のガスに襲われ、即死者2,000人以上、負傷者20万人とも30万人とも言われる大惨事になった。死者の数は最終的には14,410人と報道されている。毒性のガスは農薬原料のイソシアン酸メチル（MIC）で、ボパール郊外のユニオンカーバイドインド社（UCIL）の貯蔵タンクから漏洩した。MICは有機溶剤の原料や土壌燻蒸剤等に使われ、その毒性は毒性のガスで有名なホスゲンより遙かに強く、アメリカにおける8時間当たりの平均作業環境許容濃度は0.02ppmで、シアン化合物の許容濃度10ppmの1/500である。

漏洩事故はMIC貯蔵タンクに水が混入したことに始まり、異常反応が起こり、圧力が上昇してMICが貯蔵タンクから漏洩したが、不適切な管理状態にあった安全設備が作動せずに装置外に漏洩した。流出したMICガスは北西風によって、地を這うように市内に流れ、眠っていた市民を襲った。夜半の事故でもあり、適切な広報もなかったことが市民を避難させることもできずに被害を拡大させた。同工場で危険なMICを製造し貯蔵していることは地元民には知らされてなく、行政当局や同市の医療関係者も中毒の治療法等に知見がなく、このことも被害拡大の要因だったかも知れない。

この事故の背景を考えると、商品のライフと企業の経営方針の関連が見られる。UCIL社はアメリカの大手化学会社であるユニオンカーバイド社が50%以上の資本を有するインド籍の子会社で、親会社の技術によってMICやそれからの最終製品である農薬の製造を行っていた。1977年にMIC製造装置が建設されたが、安くてより安全な別系統の農薬が市場に出るようになったことから、UCIL社は経営不振になり1981年は収益ゼロ、1984年には400万ドルの赤字が予想された。そのため経営の合理化が進められ、安全教育は殆ど行われなくなり、設備や運転の安全がなおざりになり、しばしばトラブルを起こしていた。この大災害はこの延長線上にある。直接運転に携わる現地子会社だけの問題ではなく、親会社の責任問題である。

1. 事象

1984年12月2日深夜から翌3日未明にかけて、インド中央部ボパールにあるUCIL社の農薬製造工場の貯蔵タンクに貯蔵された猛毒の農薬中間体であるMICが異常反応により蒸発し、漏洩した。当夜は北西の風が吹き、気温も低く、漏洩ガスは音もなく南東方面に拡がる市街地に地上を覆って約40km²に拡散していった。深夜のこともあり、市民は避難す

することもできず、被害を受けた。被害者は人口 80 万人のボパール の 1/4 以上の最低 20 万人、一説では 30 万人に上がる。死者は即死者が 2,000 人を超え、最終的には 14,410 人になった。

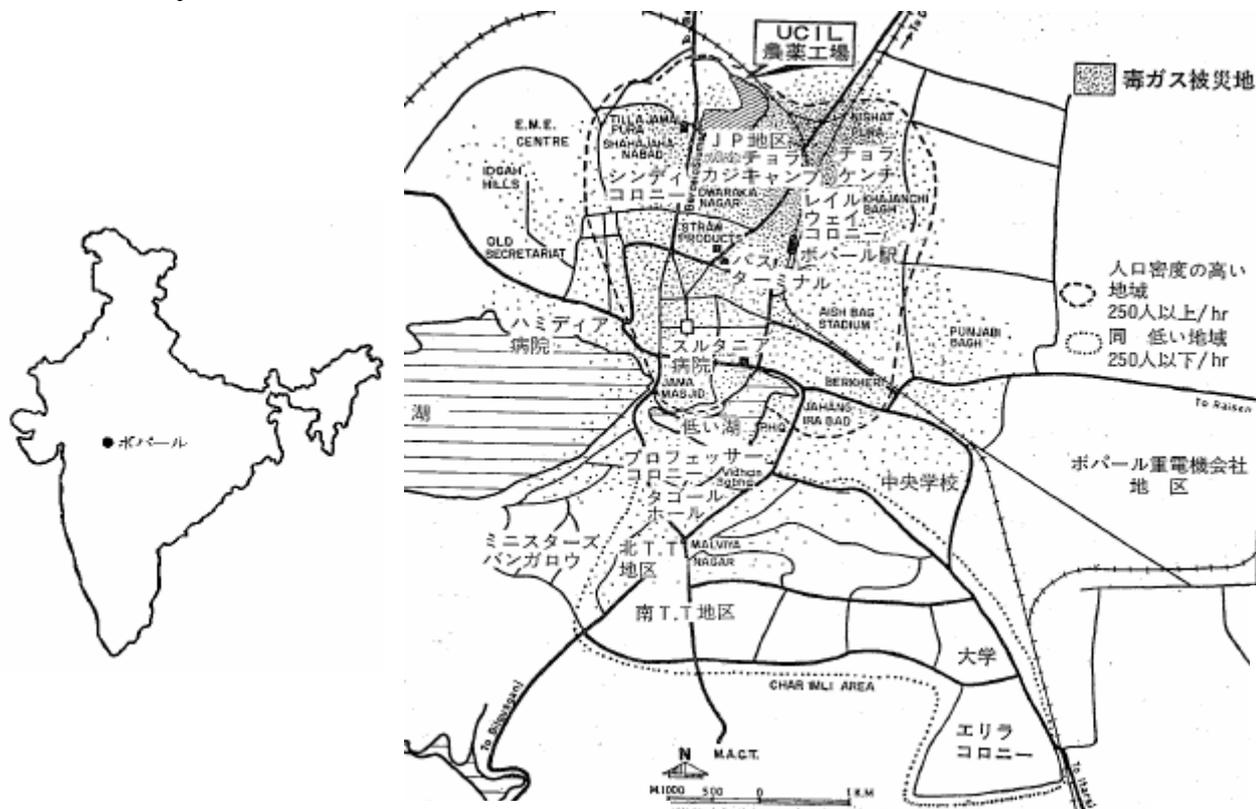


図 1 被害の拡がり

製造装置は停止していたが、運転停止前の何日かの運転でクロロホルムの含有量が高い不合格品を留出した。その不合格品が貯蔵されていたタンクから、作業のミスにより MIC の蒸気が発生し、除害設備が運転されていなかったことから MIC ガスがタンクから放散した。

2. 経過

製造装置は 10 月 23 日から停止していたが、その直前の 18 日～22 日の運転で、規格で定められた 5%の最大含有量を超えた 12～16%のクロロホルムを含有した MIC を留出し、それが発災した貯蔵タンクに保管されていた。

MIC 蒸気 の発生は、タンク内で異常反応が起こった結果高温になり、そのため MIC の蒸気圧が上昇して起こった。事故当日 12 月 2 日の夕方、タンクのガス抜き系配管の水洗浄作業が行われた。その作業では仕切り板を挿入するよう安全マニュアルには記されていたが、何故か仕切り板は挿入されなかった。バルブの洩れか、事故の少し前に新設された配管経路の洩れかの何れかで、洗浄水がタンクに流入した。運転員は同日夜 23 時にタンク圧の上

昇を検知したが、いくらかの対応を取ったが効果はなかった。次いで 23 時 30 分に MIC 蒸気の漏洩を感知したが、何ら打つ手もなかった。翌日 0 時 45 分頃 MIC の漏洩量が増加し、一部の設備を破壊して、工場内に放散した。2 時 30 分に呼び出しを受けたプラントマネージャーが出社し警察に連絡した。結果的にはこの警察への連絡が唯一の対外的な行動だった。そして、3 時 30 分漏洩蒸気が工場外に拡散していった。

ここで MIC タンクの管理状況を記す。危険で沸点が低い MIC のために、3 種類の安全装置が用意されていた。低沸点の保管対策として、タンク温度を 0 以下に維持するための冷凍設備は 7 月から停止されていた。そして、タンクの温度警報はアラームのリセットがされてなく、5 に上昇しても警報を発することはなかった。タンクから蒸発する MIC をアルカリにより吸収する除害塔は 10 月 22 日から吸収液の循環ポンプを停止し、使用不可能だった。漏洩ガスを燃焼処理するフレアスタックも配管工事のため停止していた。このため、発生したガスは系外へ、工場外へと拡散した。

その夜の風向きは北西であり、放出されたガスは人口稠密な市街地へと拡散した。MIC の猛毒性、放出量が合計で 35 トンと大量であったことおよび放散された時間帯が深夜で、しかも何らの広報活動と救助活動がなされなかったので、大きな人的被害は必然的な結果だった。以下に参考のため UCIL 社の歴史を記す。

1934 年に乾電池会社として会社が設立され、1959 年に UCC インド社に社名を変更した。1969 年に殺虫剤の調合を開始し、1977 年に MIC ベースの殺虫剤の製造を開始した。そして 1980 年に問題の MIC 製造装置を建設した。1984 年に発災し、ボパール工場は閉鎖された。

3 . 原因

MIC 蒸気の放出までの原因の流れは次のように考えられる。製造装置運転中に高濃度のクロロホルムを含有する不合格製品が留出した。そこに大量の水が混入した。クロロホルムと水の高温での反応により塩酸を発生させた。塩酸がタンク材のステンレス鋼を腐食して鉄を溶出した。その鉄が触媒となり、一連の異常反応が起こり、MIC 蒸気の放散に至った。異常反応の流れは以下の通りで、生成した炭酸ガスや蒸発した MIC による圧力上昇のため安全弁、圧力逃がし弁から MIC 蒸気が放散した。

MIC と水が反応し、発熱を伴い炭酸ガスとメチルアミンが生成する。さらにそれによる温度上昇と鉄触媒により 325kcal/kg-MIC の大きな発熱を伴って MIC の 3 量体を生成する。その反応熱で高温となり、暴走反応に至った。なお、塩酸の発生以下の化学反応は既知であった。

事故の遠因は運転中に不合格品を生産したことにある。多少の不合格品は運転上やむを得ないこともあるので、取り立てていうほどのことではない。しかし、4 日間も続けて不合格である。3 年以上の運転経験のある装置では異常であると考えられる。しかも、不合格の内容が多量のクロロホルム混入で水の混入がより危険な状況と思われるにも拘わらず、特

に通常以上に水との接触に注意を喚起した様子も見受けられない。

直接のトリガーは水がタンクに混入したことであり、その原因は作業指示違反の水洗浄工事とバルブの漏洩と思われる。作業は転勤してきたばかりの技術内容を理解していない上司の指示で行われたが、その作業は不要であったとされている。バルブが漏洩したようであるが、バルブは漏れることがしばしばあり、そのために仕切り板を挿入する指示と考えられる。その作業指示が守られなかったことは問題である。4日間にわたる不合格品の留出といい、作業指示違反といい、これらは

士気の低下、教育の不備が原因と考える。

さらに、3種類の安全設備が全く稼働しなかったことが決定打となって MIC ガスは市内に拡散した。安全設備は経過で記したように3種類の設備が用意されていた。しかし、冷凍設備は7月から停止中で、そして、製造装置が停止中のためか、除害設備は製造装置のベントガスも処理していたため生産が止まったので不必要と判断され、10月22日から停止していた。フレアスタックは配管工事のため停止していた。そのために、タンクから放出されたガスが何の処理もされずに外部へと放出された。今回の事故では関係はないが、処理能力にも問題がある。除害設備での処理能力は MIC

8トンが限界であった。タンクに貯蔵され

ていた MIC は発災のタンクだけでも 40 トンあり、とても処理しきれない。また、処理速度は如何だったろうか。安全弁と圧力逃し弁の両方から同時に放出されてくる全量を、全て無害化する必要が設計上は必要だろうが、処理速度はそこまであったらうか。これらは運転管理だけではなく、プラントの安全設計そのものに疑問を呈せざるを得ない。さらに MIC は沸点が 39.1 と低く、非常に蒸発しやすいことから 0 以下に保たれるように規定されていたが、6ヶ月以上冷凍設備は停止していた。一説によると電気代の節約のためである。冷凍設備の作動が直接暴走反応を防止できたかどうか分からないが、漏洩までの時間を長くしたことは間違いない。

以上は事故に直結した運転管理、設備設計等について指摘したが、根本的には安全管理不良があった。例えば 1981 年 12 月、1982 年 2 月、10 月と 3 回の従業員の死亡を含む漏洩事故を起こしている。1982 年 5 月に親会社が操業安全調査を行ったが、10 項目の欠陥が指摘されており、その中には致命的な欠陥が指摘されていたが、きちんとした対策が実施

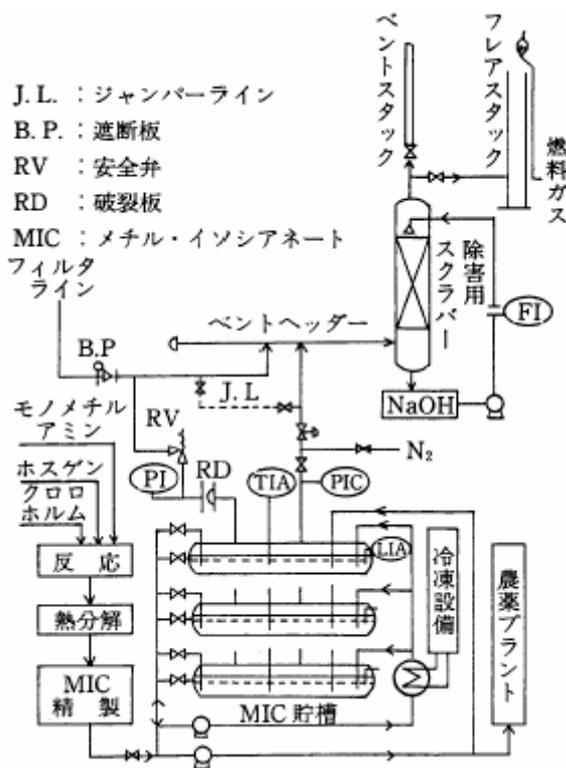


図2 推定工程図と安全設備

されたと書いた報告書はない。

以上に述べたことは、工場の最終製品が時代の流れに取り残されたがために陥った経営不振から、経営合理化のためお金が優先で装置の保守と従業員教育はなおざりにされ、安全を無視した方策が取られた結果であると考えられる。そのため有能なエンジニアもやめていった。

また、MIC の貯蔵はその危険性から、MIC の製造販売あるいは購入するところ以外は在庫を極力減らしている。中間製品として在庫を持たず直ぐ次工程の原料として使うのが一般的である。フランスでは小型のステンレス製ドラム缶による貯蔵が行われている。

さらに重要なことは、何故被害が拡大したかであろう。危険情報の伝達が企業から地元政府や住民になく、そのためか地方政府を含めた緊急時対策が全く考慮されていなかったことが被害を拡大させたことは疑いがない。さらに発災後 UCC 本社と米国災害情報センターから治療法の情報がもたらされたが、治療に当たる医師へは伝えられなかった。

最大の原因は UCC が危険解析を十分に行わないで、MIC の生産を決定し、しかも、大量に貯蔵することを決定したことと、赤字であるが故に十分な安全対策をしなかったことである。

別の表現で言えば、企業側の安全意識がほぼ皆無かあるいは極めて低いことが原因と言える。また、UCIL 社の技術能力は高いとは言えないし、プラント設置の責任者は親会社であったから、海外子会社の安全技術に関する指導と実施は親会社の義務でもある。

4．原因解明のプロセス

何故漏洩したかが原因解明のポイントであるが、そこに着目したレポートはない。大量に漏洩して市街地に拡散すれば、人的被害が起こるのはガスの特性上必然的である。装置の除害設備や保冷のための冷凍機が止まっていたことも、記録を追えば明らかになる。水が混入したことが分かれば、シナリオは書ける。関係者の聞き込みにより、作業や状況から水の混入ルートは特定されたものと考え得る。なお、親会社の報告では発災タンク上部の圧力計がノズルから取り外され、水のホースが近くで発見された等の証拠から運転員が故意に水を発災タンクに注入したと主張している。

5．対処

漏洩検知時にシフト責任者に報告したが何も手を打っていない。タンク付近にガスが貯まった後で放水を開始したが届かなかった。責任者到着後に警察に連絡した。以上のように何ら適切な対応が取れていないし、漏洩後は多分何もできなかったのではないか。

6．対策

工場は閉鎖されたので、再発防止対策は取られなかった。一般論を言えば、毒性のガスを製造、使用あるいは貯蔵する工場はその危険性に対して十分な調査・検討を行い、設備

と作業の安全対策を十分にとること、周辺住民、行政当局と十分な連絡・広報を行い事故時に備えることが必要であろう。

7. 教訓（知識化）

- a) 典型的な赤字会社の事故例である。経営改善中でも最低限の安全対策や安全教育を怠れば事故が起こる。安全は企業存続の最低条件であることを示している。
- b) 化学薬品には毒性のものが少なからずある。それらを大量に扱う企業は、取扱いを一つ間違えると容易に大惨事を引き起こすことを十分に理解して、対策を考慮しておく必要がある。僅か数 mg あるいはそれ以下で死亡者が出ることもあり、数量が増えれば大きな地域汚染を引き起こす可能性がある。安全確保は下級管理職や運転員に任せるのではなく、企業幹部の重要な責務である。石油精製や LPG などのエネルギー関連も時には大事故があるが、毒性物質による事故はその被害の地域的広がりや深刻な後遺症など遙かに大きく、チェルノブイリのような原子力関係の大事故に次ぐ大きさになる。
- c) 海外進出した大手企業の海外戦略の問題でもあったが、技術レベルの低い子会社に対する親会社の安全責任は重大である。採用技術が親会社の技術であったり、親会社主導で採用技術が決定されたりしたような場合、最終的な安全責任は親会社に問われる。この事故で 50%強の株主だった親会社は和解金 4 億 7 千万ドルの 90%以上を支払い、会長が刑事告訴されている。海外進出に際し現地の独自性は尊重すべきであろうが、最低の安全管理は親会社・本社に取って重要問題であり、義務である。
- d) 貯蔵設備に関する安全設備や記録・警報計などは生産設備が停止していても、停止してはならない。安全設備を停止する場合はそれに代替する措置をとり、できるだけ速やかに正規の設備に復旧する。
- e) 除害設備などの安全設備は処理速度と処理能力を、安全弁等からの予測される放出速度や放出量に見合った設備とするべきである。速度が極端に大きくなりそれに対応した大きさの除害設備が建設できないときには、何らかの緩衝設備が必要である。
- f) 安全教育、特に幹部の安全教育が重要である。転勤してきた上司指示により行わなくてもよい配管の水洗浄を行ったことが事故のトリガーになっている。漏洩の可能性がある場所の仕切り板の挿入を怠る、バルブは完全閉止しないことがあるといった常識的なことを忘れた作業を考えると、安全教育あるいはそれ以前の化学プラントの運転員の、管理監督者の持つべき基礎的知識に関する教育がここでも重要であったと考えられる。

8. 失敗の影響

被害者は即死者が 2000 人以上と言われ、最終的な死亡者は和解時点で 14,410 名とされているが、最近（2004 年 12 月）では 20,000 人以上がなくなったと聞いた。負傷者は 20 万～30 万名と推定され、その内就業不能者は約 2 万名、後遺症に苦しんだ者は約 7 万 5 千

名と推定されている。

企業側の経済的損失は、和解金の支払額が 4.7 億ドル（1984 年金額）であり、UCC 社の株価は 32%下落し、企業の縮小を余儀なくされ、年間売上高 90 億ドルから 63 億ドルへと変わった。さらに、他の理由もあるのであろうが、UCC 社は他の企業に合併された。

9 . よもやま話

親会社から見れば、出資比率も小さい、取るに足らない規模の海外子会社の小さな規律違反が引き金となって、世界的大手企業そのものが危機にさらされ、現在ではその名前がなくなってしまった。親会社の経営陣や従業員に取ってみれば、“えー、どうして”という気持ちであろう。工場の安全管理を、特に毒性物質を取り扱うところでは漏洩管理を主体に、もう一度考え直す必要があるのではないか。今後は世間の評判が企業の存続に大きな影響を持つようになるから、事故対策、本質的な安全確保を、さらに一層考え、実行することが重要になるだろう。

赤字会社の典型的な事故であること、安全確保が親会社の責任であることが事故が起こった本質であり、JCO の臨界事故でも全く同じことが言える。

10 . 後日談

この事故はインドとアメリカで損害賠償の民事訴訟になり、インドでは親会社の会長に対する過失致死の刑事裁判が行われた。1989 年インド最高裁は総額 4.7 億ドルを事故の被害者へ賠償金として支払う和解命令を出し、インド政府と親会社が承諾した。この事故の影響で親会社の株価は 30%以上も急落し、さらに規模 1/10 の会社から敵対的 TOB（株式の公開買い付け）を受け、その自衛策として多額の出費が必要となり、その結果、年間売上 90 億ドルの石化品、産業用ガス主体の会社から縮小し、年間売上 63 億ドルのコモディティ主体の化学会社として再出発した。さらに 2000 年代になって他の理由もあったのであろうが、同業大手と合併し、今や同社の名前はない。大事故は世界的大企業さえ消滅させる可能性がある。

参考文献

- ・福山郁夫、ボパール災害とその影響、SE シリーズ 続 事故に学ぶ、PAGE29-34(1989)
- ・ボパール事件を監視する会、ボパール 死の都市(1986)
- ・三宅敏之、ボパール事故、安全工学、No.141、PAGE346-354(1987)
- ・上原陽一・小川輝繁、防火・防爆対策技術ハンドブック、PAGE12 22(1998)
- ・大阪市消防局、国外の事例、化学災害事例集(昭和 59 年 2 月～61 年 12 月)、PAGE147(1987)
- ・田村昌三、新井充、阿久津好明、エネルギー物質と安全、PAGE69-71(1999)
- ・西川康二、事故事例からどう教訓を引き出すか(2)、高圧ガス、Vol.32、PAGE507-509(1995)