災害事故の原因分析について

北 川 徹 三*
Tetsuzo KITAGAWA

1. 原因分析の方法論

われわれが災害事故の原因を分析する目的は、事故の責任者を摘出するためではなく、無災害の理想を達成するために、採るべき適切な対策を探究したいからである。したがって原因分析のための資料は、責任回避のために わい(歪) 曲されたものではなく、科学的に正確な調査が行われたものでなければならない。

工場の災害事故の原因分析を行うに必要な調査項目としては、それぞれの場合で異なるであろうが、つぎの資料を準備することが必要である。(1) 工場立地、(2) 工場内の配置図、(3) 主要製品及び生産量、(4) 製造工程図、(5) 平時の操業状態、(6) 事故当日の気象条件、(7) 事故発生までの経過、(8) 事故の概要、(9) 目撃者の供述、(10) 当事者の服装及び携帯用具、(11) 被害の状況、(12) 事故後の緊急処置、(13) 原材料及び製品の危険特性及び試験成績、(14) 関係設備の設計図及び配置図、(15) 現場写真及び見取図、(16) その他の必要事項、などである。

これだけの調査資料をもとにして、厳密な論理と科学的推理をはたらかせて、事故発生の最初の契機となった直接原因から被害拡大の経過を筋道をたてて明確にしなければならない。

しかし実際には、正しい原因と経過とを疑問のないように明確にすることは容易なことではない。著者の長年にわたる苦い経験によれば、関係資料がすべて出そろったのちに、十分な分析検討の未到達した正しい結論と比べ合わせてみると、事故の直後に十分な調査資料もなく、急いで直観的に推定した原因は、必ず軽率な誤りを犯しているものであるということがわかった。

同じ調査資料をもとにしても、原因分析を行う

人のもっている知識と経験の質と量との差異によって、到達する結論は、不思議にも食い違うものであることをしばしば見ている。もともと災害原因の分析は、学際的な性格をもつもので、関連するいろいろの専門分野にまたがって総合的判断を下すことによって、初めて正しい結論に到達することができる性質のものである。したがって個別的な狭い専門領域から見た判断だけでは、広い総合的判断による最終結論には、なかなか到達することがむずかしいからではなからうか。

従来の学問は、その工学の専門領域の知識に通暁することが主要の目的であったから、必ずしも他の専門領域との間の関連や多くの専門領域にわたる総合的な考え方については余り論議されたことが少なかった。しかし災害事故の原因分析においては、特に、関連をもつ多くの専門領域を横に連ねた知識体系、すなわち一つの総合工学が必要とされている。

安全工学とは、各種の災害の発生原因と経過を明らかにし、その防止対策を立てるために必要な知識体系であると考えられているが、安全工学の特徴の一つは、このような学際的な総合工学としての方法論にあるといい得る⁽¹¹⁾。そして安全工学に関連をもつ各専門領域としては、応用物理学、地球物理学、機械工学、土木工学、応用化学、化学工学、電気工学などにわたっている。災害事故の原因分析は、このような総合工学の分野において論議されるべき問題であって、その結論が的をはずれないためには、広い領域にわたる学問体系をその背景にもつ必要がある。

いずれにしても災害事故の原因分析を正しく行うということは、決して容易なものではなく、またその成果が、有効な対策樹立の上に大きい影響をもつものであることを十分に考えて、あくまで慎重に行うべきものであると思う。

* (㊟ 158 東京都世田谷区等々力 7-15-10, 自宅)。

2. 災害事故の分類

産業界における災害事故の防止の目的は、つぎの三つである。

(1) 産業労働者または工場従業員の生命と健康を守るため 作業中に転倒、墜落、撃突、圧重、感電、窒息などによって人身傷害が起きるのを労働災害といい、また作業環境中に発生する有害ガス、ミスト、粉じんなどの吸入などによって起きる慢性中毒、皮膚炎、職業性がん、などを職業病という。これらの発生原因を分析して、的確な防止対策を講じ、働く人々の生命と健康を守らねばならない。

(2) 地域住民または他の産業への影響を防ぐため 煙突から排出される排ガス、排水口から出る工場排水、または突発事故のために工場内の設備から漏えいする悪臭や有害なガス・液体は、地域住民の生活環境を汚染し、健康を損ね、漁業などの他の産業に悪影響を及ぼすため、これらの環境汚染の発生原因を調べ、その排出源に対して防止対策を施さなければならない。騒音、振動、地盤沈下などについても同様である。

(3) 生産設備および原材料製品の経済的損失を防止するため 大量の可燃性液体（原油、燈油、ガソリン、ベンゼン、トルエンなど）、高圧ガス（酸素、水素、天然ガス、アセチレン、エチレンなど）、または液化ガス（LNG、LPG、アンモニア、塩素など）を貯蔵するタンク及びこれらを取扱う製造設備や輸送設備は、火災、爆発、破裂、噴出、漏えいなどの事故を発生することが多く、これらの事故によって原材料または製品を流失、焼損するばかりでなく、また工場内の生産設備の破壊によって生産停止という大損害をこうむる。またこれらの事故のために、火傷などの労働災害やガス中毒などの工業中毒が起き、悪臭ガスの漏えいによって数 km 離れた民家にまで被害が及び、付近住民に不安感を与え、その結果大きい社会問題に発展することもある。これらの災害は十分な原因分析を行って、工場設備の最初の計画設計のときにおいてその予防対策を立てた上、安全作業を実施しなければならない。

以上のように、産業界における災害事故は、(1) 労働災害、(2) 職業病、(3) 火災爆発、(4) 破壊災害、(5) 環境汚染の 5 種に大別することができる⁽¹⁾。

それによる損失としては、(1) 従業員被害、(2) 地域住民被害、(3) 生産被害にわけられる。さらに、それらの災害事故が発生しやすい作業の種類によって、(1) 平常作業中の事故、(2) 非定常作業中の事故、(3) 輸送貯蔵作業中の事故、(4) 研究実験中の事故、(5) 気象変化または天災による事故、などにわけて考えることもできる。

一般に、災害事故と称する場合には、常に何らかの正常でない出来事が発生し、これに何らかの損失が伴うものと解せられる。この正常でない出来事を“事故”と称し、事故及び損失を含めた概念を“災害”と称することにする。

“事故”には、例えば人の墜落、物の落下、有害ガスの噴出、高圧容器の破裂、電気火花による漏えいガスの着火燃焼などがあり、それによる“損失”には、人のご傷、骨折、中毒、設備の破壊、家屋物品の焼失などが挙げられる。

例えば、高所から人が落ちた場合には墜落事故が発生したという。本人は骨折などの損失をこうむる。墜落という事故は、重力の法則にしたがって、原因があれば必然的に起きる自然現象である。すなわち墜落事故は、(1) 身体の重心を失う場合、(2) 足元が見えない場合、(3) 乗っているものが不安定かまたは折損する場合に起きるものである。これに反して、損失には偶然的な要素が多く、例えば骨折が、頭部か、足部か、腕部に起きるか、は偶然によってきまるものであり、また必ずしも骨折が起きるものとも限らず、水そうの中または軟らかな土の上に墜落すれば全く無傷であることもある。

このゆえに、事故は同じであっても、損失も同じとは限らない。すなわち、事故と損失とは別の概念であり、これらを区別する必要があると同時に、事故及び損失を含めた概念を災害という言葉で表す。しかし工場においては、製品の欠陥とか消費者からの苦情などを事故と称することもあるが、これはいわば生産過程における事故と解してよい。

火災爆発事故でも同様で、可燃物に対する最初の着火は、着火源があれば必然的に起きる自然現象である。しかし、たまたま、その周辺に大量の可燃物のたい積があれば大火災となり、偶然に爆発現場に多人数が集結していれば、多くの死傷者が出る。しかし、もし可燃物が少量であれば小火ですみ、現場に人がいないときは死傷者が出ない。

すなわち、損失の大小は、全く偶然によってきまる。

ゆえに、一般に災害といえ、その概念の中に、必然的な事故と偶然的な損失という二つの概念が含まれていることを見逃してはならない。したがって災害の防止対策は、おのずから、事故の防止と損失の防止という二つの対策にわかれる。その関係はつぎのように表現し得る。

工場→予防対策→事故→緊急対策→損失

工場は予防対策を施すが、これに失敗したとき事故が発生し、損失が生じるから、損失を軽減するために緊急対策を施す。すなわち予防対策は事故の防止、緊急対策は損失の防止を目的とするものである。

われわれが原因分析を行うのは、とりも直さず、事故の予防対策を見い出さんがためである。事故が起きなければ損失は全くないのであるから、最良の災害防止対策は事故の予防である。

これに対して緊急対策は、事故の発生を不可避なものとして、事故による被害を想定して、この被害を最小にとどめようとする対策である。地震のような天災による被害を考えると緊急対策が重要となる。しかし工場の事故のような人災を考える場合には、まず事故の予防対策の検討に重点をおき、その補助手段として緊急対策を考えるべきではなかろうか。

緊急対策は、このように偶然の被害を想定するために、いくらでも想定する被害は大きくなりやすく、過剰な設備投資に陥りやすい。これに対して、明確な原因分析の適用による予防対策の樹立は、かえって少額な対策費用で済むものである。原因分析の重要性はここにもあることを再び強調しておきたい。

3. 原因の立体的構造

今まで述べたところによって、各種の損失は事故の結果生じ、事故は直接原因によって発生することがわかった。しかし実際には、直接原因には、その存在理由があるはずであり、この理由を間接原因という。したがって、原因と災害はつぎのような連鎖を形作る。

例えば、ワイヤロープの切断によってクレーンのつり荷の落下事故が起こり、作業員が下敷きになって死亡したという災害事例をとれば、損失は作業員の死亡であり、事故は重量物の落下であり、そして直接原因はワイヤロープの切断である。さらに間接原因としては、技術的にはワイヤロープの劣化状態の検査の不備、人間的には揚重機の操作の不適切、管理的には安全教育制度や点検保全制度の組織上の欠陥などがあげられる。

すなわち、間接原因には常に(1) 技術的、(2) 人間的及び(3) 管理的の三方面からの見方が成り立ち、これらの3種の間接原因が重畳して直接原因をひき起こす。

このように、災害の原因は立体的構造をもつもので、くわしくいえば間接原因として、技術(設計、材料、検査、保全など)、人間(教育、訓練、配置など)及び管理(組織、制度、基準、法規など)の3種、直接原因として、物的(設備、環境、工程など)及び人的(誤操作など)の2種がある。通常、しばしば初歩的ミスとか不注意とかいう俗語で原因を片づけてしまいがちであるが、災害の原因は決してそのように浅薄なものではなく、深く考えれば実に複雑なものであるが、予防対策を施しやすいように概念を整理する必要があるのである。

ゆえに、災害の防止対策としては、技術的対策、人間的対策および管理的対策の3種の対策が必要であり、総合的にこれらの3種の対策を実施することによって直接原因をなくすることができるようになる。これが事故の予防である。事故の発生を予防することによって初めて損失を皆無にすることが可能になるのである。

4. 爆発の意義と類形分析

上述の災害の中で被害が最も大きくなりやすいものは爆発災害であるから、つぎに爆発災害の分析について考えてみよう。

“爆発”といえ、常に爆音と破壊を想起するが、実は、これらは爆発の結果生ずる現象であって、爆発そのものではない。爆発とは、本来、燃焼、分解、蒸発などの化学変化に伴う急激な圧力上昇現象をさすのである⁽¹⁾。このとき、爆発の最大圧力に耐え得る容器内で爆発が起きれば、容器の破壊は起きないし、爆音も小さい。しかし、この圧力に

耐え得ない場合には、容器や配管の材料に変形または破壊が起こり、膨張、き裂、裂開などを生じ、また破片が飛散することもある。この瞬間に噴出する高圧の爆発ガスのために衝撃波ないし音波が発生し、爆発音として聞こえるのである。

爆発には、ガス爆発、粉じん爆発などの気相爆発のほかに、固体または液体の凝相爆発があるが、事故として最も多いのはガス爆発である。ガス爆発は、混合ガス爆発と分解ガス爆発とに分けられる。空気中に天然ガス、プロパンなどの可燃性ガスが爆発範囲内の濃度に混合したものを爆発性混合ガスといい、これに一定値以上の着火エネルギーを与えるとガス爆発が起きる。アセチレン、エチレンなどは、空気と混合しなくても、高圧下において着火源があれば分解によって発熱し、ガス爆発が起きる⁽²⁾。

密閉容器内に爆発性混合ガスを入れて着火すれば、着火源から燃焼波が出発し、容器内を伝ばし、全部の混合ガスが燃えつきると、反応熱のために熱膨張が起き、内圧は急激に上昇して、最高圧は初圧の約7倍に達する。初圧が常圧ならば、爆発圧力は、化学量論比の濃度のとき約 7 kg/cm^2 に達し、爆発下限濃度のとき約 $3 \sim 4 \text{ kg/cm}^2$ になる(図1)。燃焼波の伝ば速度は $30 \sim 100 \text{ cm/s}$ 程度であるが、燃焼波がある距離を進むと爆ごう波に移行し、伝ば速度は一挙に 1000 m/s 以上にな

ることがあり、破壊はいっそうはげしくなる。

密閉容器の中で表面積の大きい繊維類や油脂膜が急速に燃焼しても、その燃焼熱によるガス膨張のためガス爆発と同様の急激な圧力上昇を呈する。また反応容器内で低沸点液体が急激な化学反応を起こし暴走すると、反応熱が蓄積し液温が上昇して、蒸気圧が急激に上昇して容器が破壊し、爆発現象が起きることもある。

このように爆発事故は、種々の類形に分類されるもので、工場で発生する爆発事故は、つぎの6種の類形⁽⁹⁾にわかれる。

I. 単純着火形

(A) 破壊漏えい形 容器、配管などがき裂や折損を起こし、内容物が外部に漏えいして、これに着火して火災またはガス爆発が起きる。誤操作による弁の開放によっても同様のことが起きる。

(B) 着火破壊形 容器または配管の内部にある危険性物質に着火して、内圧上昇によって容器、配管などの材料破壊が起きる。

II. 反応熱蓄積形

(A) 反応暴走形 化学反応熱が反応物質に蓄積して蒸気圧が急上昇し、容器の破壊が起きる。

(B) 自然着火形 化学反応熱が反応物質に蓄積して温度が上昇し、発火温度に達して自然に着火し、火災が起きる⁽⁴⁾。

III. 潜熱蓄積形(蒸気爆発形)

(A) 平衡破たん形 高圧の容器内で蒸気圧平衡にある高温液体が、容器の破壊によって平衡が破れた瞬間、不安定な過熱液体となり蒸気爆発が起きる。

(B) 熱移動形 水などの液体や液化ガスが高温物に触れ、急速な熱移動を起こし、過熱液体が生じ蒸気爆発が起きる。

実際には、Iの単純着火形の爆発事故が最も多く起きる。その中でI(A)の破壊漏えい形の爆発事故は、危険性物質の容器材料の破壊・変形による内容物の漏えいが爆発に先行するので、まず内容物の漏えいを防止することがこの形の事故の予防対策に当たる。漏えい防止は、設備の設計、工事、点検、保全、修理などの技術及びその制度化によってこれを達成しなければならない。また人為的な弁開閉の誤操作を教育によって防止しなければならない。この形の事故は、漏えいさえ防止し得れば、予防は完ぺきにできる。

また万一漏えいが起きた場合には、漏えいが小

図1 プロパンの空気中における爆発最大圧力及び圧力上昇平均速度⁽¹¹⁾ (下限界 2.2%, 化学量論比 4.0%)

量の間にいち早く検知し警報を発する設備を備える必要がある。この検知警報装置は、作動が確実で、誤警報を発するものであってはならない。

I(B)の着火破壊形の爆発事故は、設備の設計や点検だけでは、これを予防することは不可能である。容器内容物の危険特性をよくはあくして、着火によって爆発を起こすような危険性物質、中でも爆発性混合ガスや鋭感な爆発性物質の蓄積を起こさないように、最初からプロセスやプラントの設計を考えなければならない。たとえ爆発が起きてもそれに耐える容器の設計製作を考えることよりも、最初の爆発を防ぐため、蓄積と着火が起きないように危険性物質と着火源の適正管理を行うことが最も重要な対策である。

II及びIIIの爆発事故については説明を省略するが、時にはII(A)の反応暴走形の爆発が起きたためIII(A)の平衡破たん形の蒸気爆発が起き、引き続いてI(A)の破壊漏えい形の混合ガス爆発が起きた実例もある。昭和39年6月11日の川崎市における酸化プロピレン中間タンクの爆発事故⁽⁸⁾は、原因解析の結果、上のような複雑な連鎖形式の爆発事故であったことがわかった。このときも連鎖の最初の契機となった小爆発を防止することが、全体の大災害に対する効果的な予防対策である。

5. 爆発災害の実例

ここでは類形I(A)およびI(B)についての実

- ① 20 in 臨時配管
- ② ベローズに生じたしわ
- ③ 反応そうの 28 in 側管 (模型)

図2 28 in ベローズのよじれ追試実験
(イギリス鉦山保安研究所)⁽¹²⁾

例を述べ、その他の類形については他の機会にゆずる。

5.1 I(A): 破壊漏えい形の爆発事例 昭和23年ごろに川崎市のアンモニア合成工場において、300 atmの水素・窒素混合ガスの高圧配管のねじ継手の脱落によって、噴出した水素に着火してガス爆発事故が起きたことがあった。昭和48年10月8日には停電時のパージボタンの押し違いによって大量の液化プロピレンが漏出して、その蒸気に引火して大爆発と火災が起き、昭和48年10月28日には、塩化ビニルモノマの大量漏えいが鋳物弁の人力による破壊によって発生し、拡散した可燃性ガスに引火して爆発事故が発生した。

昭和39年9月14日には、容量10 tのLPG模型タンクにタンクローリからLPGを揚荷中に、斜面上に停車中のタンクローリが移動したため、ホースがけん引されてローリ側のカップリングの根元が折損して脱落し、放出されたLPGの蒸気雲に引火して、ガス爆発とタンク周辺の火災と、引き続いてタンク本体の蒸気爆発とさらに空気中のLPGの混合ガス爆発が相ついで発生し大被害を生じた。

昭和49年6月1日イギリスのナイプロ社のシクロヘキサンの大爆発事故は、反応そうの臨時の配管の28 in ベローズ式たわみ管に起きた小さき裂から高温の約10 kg/cm²の高圧シクロヘキサン液が漏えいし、蒸気爆発が起こり、配管の完全脱落によって、さらに大量のシクロヘキサンの漏えいが起こり、地上直径約160 mの範囲に拡散した可燃性蒸気雲に引火して、ガス爆発と大火災が起きたのであった(図2)。死亡者は28名に上った⁽⁶⁾。

昭和39年6月16日午後1時の新潟地震に際して、地震の動揺によって30 000 tの浮屋根式タンクから原油がいつ(溢)出したところへ、浮屋根とタンク側壁との衝撃によって着火し、5基の原油タンクが火災を起こした。また地震のため同工場内の別の地点にあった1 000 kJ入りのガソリンタンクの側管が根元から折損し(図3)、大量のガソリンがゆう(湧)水に浮いて拡散していた。同日午後6時ごろ付近の倉庫に貯蔵中の大量の紙袋入り還元鉄粉の海水との接触による自然発火が着火源とな

って、水上のガソリンに引火し、このため石油精製工場が全焼した⁽¹⁰⁾。

昭和49年4月30日には、弁操作の誤りによって30 t 塩素タンクから自圧によって液化塩素約11 t が押し出されて地上に漏えいした。多量の石灰とハイポで漏えい塩素をおおって処置したが、結局約500 kg の塩素ガスが地表を風下の方向に流れ、幅約1 km、長さ約10 km の細長いだ円形をえがいて拡散し、被害は広範囲に及んだがガス濃度が低かったために軽微で終わった。この事故は着火爆発とはちがうが、悪臭ガスの漏えい防止という点では予防対策は上と同一である。

この類形に属する多数の災害事例から設備の漏えいを起こしやすい箇所としては、(1) 配管フランジ継手からの漏えい、(2) 容器、配管の腐食またはき裂、(3) 管端盲板の耐圧力不足、(4) タンク側管の折損と脱落、(5) 局所沈下によるタンク底のき裂、(6) タンク側壁上からのいつ出、(7) タンク付属のガラス管製レベルメータの破損、(8) 破裂板式安全装置の自然作動⁽²⁾などがあげられる。また漏えいを起こしやすい人的誤操作としては、(1) タンクローリ、タンク貨車、タンカーなどの運転操作の誤り、(2) 配管結合操作の誤り、(3) 弁の開閉操作の誤り、(4) 電源の切換え操作の誤り、(5) フランジのボルトの開放の誤り、(6) 弁材料の破壊、(7) 埋設配管の他の工事による折損、(8) 危険性物質の携行による運搬などが数えられる。

5・2 I(B)：着火破壊形の爆発事例 昭和34年7月11日アンモニア合成工場で原油分解ガスから水素をとる目的で低温液化分離装置を運転

中、熱交換器内に、ガス中の微量不純物である二酸化窒素と不飽和炭化水素が蓄積して爆発性化合物を作り、第1回めの爆発を起こし、ついでその2時間後に液化した空気がしみ込んでいた可燃性断熱材に延焼して第2回めの大爆発を起こし、11名の死亡者を出した⁽³⁾。

昭和44年12月12日アフリカ西岸沖にてマルペッサ号、同年同月29日アフリカ東岸沖にてマクトラ号といういずれも20万t級の巨大タンカーが相ついでタンク爆発事故を起こした。その原因は、空タンク洗浄中の水流がタンク壁に衝突して帯電した水滴となって生じた空間荷電にあるとされている。著者⁽⁷⁾の見解によれば、この空間荷電のために洗浄水の水塊が帯電してタンク底で放電し、船底にたまった原油スラッジに着火して、スラッジ火災が起きたためと考えられる。昭和45年11月28日には東京湾扇島沖にて約8万tのタンカー“ていむず丸”が大爆発を起こしたが、空タンク内の空気を蒸気エゼクタで置換中に発生した静電気のため、タンク内の爆発性混合ガスに着火してガス爆発が起きたのである。長さ約76 m の甲板が、タンク爆発のため一度空中に立ち上がり、裏返しに甲板上に落下したが、ガス爆発の威力の大きさを物語っている(図4)。

昭和48年2月10日にはアメリカ・ニューヨーク州スターテン島に建設された10万tのLNGタンクを修理中に、断熱材にしみ込んでいたペンタンなどの炭化水素に着火して火災が起こり、タンクのドームが壊れて落下し、40名が死亡した。

昭和49年2月16日には金属再生用電気炉に投入された鉄切削くずに付着していた切削油が炉内で熱分解を起こし、発生した可燃性ガスが集じん用排ガスダクト内に蓄積して爆発性混合ガスを形

図3 新潟地震による1000 kL ガソリンタンクの配管の折損(新潟市消防本部提供)

図4 タンカー“ていむず丸”のタンクの爆発(著者撮影)

成し、これに着火したため、直径 2 m, 長さ約 70 m のダクトが全長にわたって爆発を起こした⁽⁵⁾。

昭和 47 年 1 月 8 日にはベンゼンタンク、昭和 51 年 1 月 18 日にはトルエンタンクが爆発を起こしたが、いずれもサンプリング中の静電気火花による事故で、ベンゼンは $-11^{\circ}\sim 14^{\circ}\text{C}$ 、トルエンは $4^{\circ}\sim 38^{\circ}\text{C}$ の間の温度で、液面上の蒸気濃度は爆発範囲に入る。同様に、航空タービン燃料油 (JP-4) もその蒸気濃度は常温で爆発範囲に入るので、かえってガソリンよりも危険が大きい。

上述のように最初に着火が起きる危険性物質としては、固体、液体の爆発性物質の蓄積による場合もあるが、爆発性混合ガスの蓄積の場合が最も多いと考えてよい。つぎに着火源について考えよう。

6. 着火源の種類

工場の火災または爆発事故において、着火源となるものは、つぎの 8 種である⁽¹⁾。

(1) 暖房, ボイラ, 焼却, トーチランプなどの裸火, (2) 加熱炉, 煙道, 電熱器, 溶融金属, 金属切断の火花などの高温表面, (3) 軽合金製品の衝撃, 回転部分の摩擦, 配管内気流中のスケールと管内面との摩擦など, (4) 電路の開閉, 活線の短絡, 電球の破壊, 電気冷蔵庫などの接点などの電気火花, (5) 摩擦, 流動, 衝撃などによる帯電体の静電気火花, (6) 高圧ガスの弁の急開閉などによって起こる断熱圧縮, (7) 火災からの熱ふく射, (8) 酸化, 分解, 吸湿などの化学反応熱の蓄積による自然発火の 8 種。

爆発火災の原因分析においては、これら 8 種の着火源を考え、この中から実際の状況から見て順次該当しないものを除外してゆき、最後に残ったものを着火源とする。この方法を“消去法”という。しかし安全工学においては、消去法だけで着火源を決定することは、誤りに陥りやすいため、

禁忌事項として戒めている。すなわち、逆に、その着火源があったと仮定したとき、すべての現象が十分合理的に説明されるか否かをさかのぼって確かめる必要があり、この方法を“そ(遡)及法”という。もしそ及法によって説明がつかないときは、消去法に誤りがあったのであるから、初め除外した他の着火源について再び検討しなおす必要がある。これは原因分析の重要な方法論の一つと考えねばならない。

7. む す び

上述のように、災害と事故と損失の概念上の区別を明らかにし、原因には直接原因と間接原因からなる立体的構造があることを考えた上で、災害事故の原因分析を正しく行うことが望まれる。原因分析の結果は、これを実地に適用して、事故の発生を事前に予測する目的に活用し、事故の未然予防のための対策の樹立に資することができる。

原因分析は問題が非常に大きく、とうていここに書き尽くすことができないが、この小文が災害発生メカニズムの理解を助け、安全確保に役立つならば幸いである。

(原稿受付 昭和 51 年 3 月 24 日)

文 献

- (1) 北川, 化学安全工学, 10 版, (昭 51), 日刊工業新聞社.
- (2) 北川, 安全工学, 1-1 (昭 37), 61.
- (3) 北川, 安全工学, 8-6 (昭 44), 360.
- (4) 北川, 安全工学, 10-1 (昭 46), 48.
- (5) 北川, 安全工学, 14-1 (昭 50), 48.
- (6) 北川, 安全工学, 14-3 (昭 50), 175.
- (7) 北川, 安全工学, 14-5 (昭 50), 376.
- (8) 北川, 安全工学, 14-6 (昭 50), 433.
- (9) 北川, 安全工学, 14-3 (昭 50), 125.
- (10) 北川, 安全工学, 15-5 (昭 51), 予定.
- (11) 安全工学協会編, 安全工学便覧, (昭 48), 1,249.
- (12) Department of Employment, *The Flixborough disaster*, (1975), Plate 11.