

影響評価の指標

コンビナート施設において、火災、漏洩等の災害が発生した場合、その災害による人体、物体等の影響を評価するための指標を次に示す。

1 液面火災の放射熱

放射熱の強度と人体、物体に与える影響との関係は、図4-1のように示されている。人体に対する危険限界値として、一般的には $2324 \text{ J/m}^2\text{s}$ ($2000 \text{ kcal/m}^2\text{h}$)程度の値が用いられている。

また、木造建築物への延焼に対する危険限界値としてコンビナート保安・防災技術指針（高圧ガス保安協会、1974）では、 $4648 \text{ J/m}^2\text{s}$ ($4000 \text{ kcal/m}^2\text{h}$)が用いられている。

液面火災で周囲への放射熱の影響が問題になるのは、大容量の石油、高圧ガスタンクでタンク全面火災や防油堤・仕切堤全面火災となった場合である。これらの火災は、漏洩又は火災が発生してから大規模火災に拡大するまでに、ある程度の時間を要するが、拡大した後は長時間燃え続けることが予想される。

火傷、発火等を起こす輻射強度 E ($\text{J/m}^2\text{s}$ 、 $\text{kcal/m}^2\text{h}$)と時間 T (s)の関係を表4-1及び図4-1に示す。

$$E = A T^n \quad (\text{J/m}^2\text{s})$$

$$E = A' T^n \quad (\text{kcal/m}^2\text{h})$$

表4-1 各条件における輻射強度と時間との関係

条 件	A	A'	n
檜の発火	43.0×10^4	37.0×10^4	-0.482
杉の発火	29.1	25.0	-0.434
繊維板の発火	14.2	12.2	-0.323
檜、杉及びマホ ガニーの引火	12.8	11.0	-0.398
火傷	6.0	5.2	-0.725
痛み	2.0	1.75	-0.562
-----	-----	-----	-----
木材の無炎発火	5.2×10^4	4.5×10^4	-0.80 (ただし、Tは分)

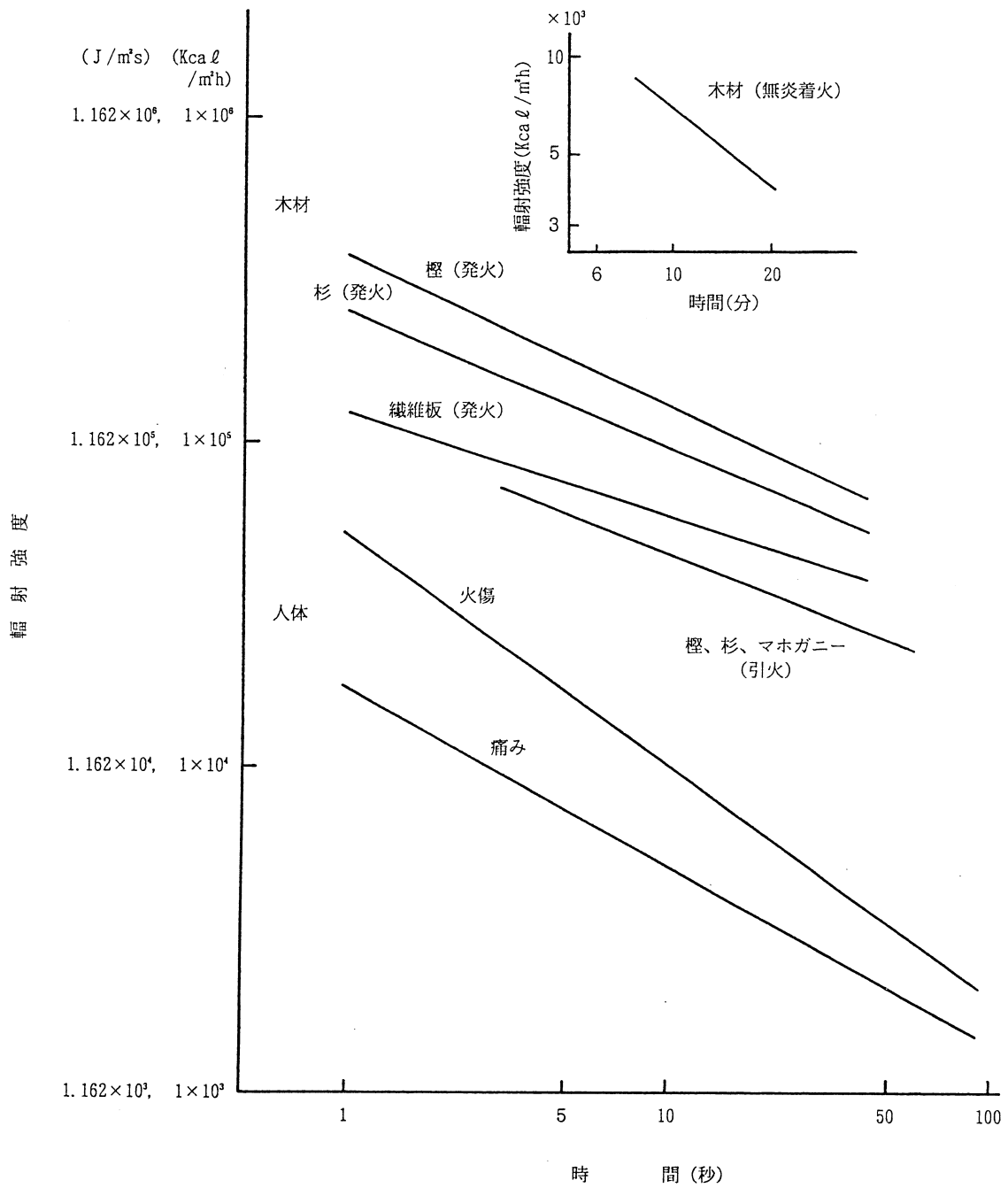


図4-1 火傷、発火等を起こす輻射強度と時間との関係

2 石油等の漏洩、流出

コンビナート施設から石油等が漏洩、流出した場合、漏洩量は、時間の経過と共に多くなっていく。この場合の漏洩、流出量は、発見するまでの時間と、発見後における漏洩・流出の防止措置の迅速さにより、左右される。

このため、単純に漏洩、流出量を推定することは困難であるが、その影響範囲の想定にあたっては、次の事項に留意して行うことが適当である。

(1) 大規模な漏洩が想定されるコンビナート施設の代表的なものとしては、次のものがある。

- ・ 陸上施設としては、屋外タンク。
- ・ 海上施設としては、岸壁等に係留中の船舶。

(2) 屋外タンクからの漏洩としては、

- ① タンク本体、配管等からの防油堤内漏洩
 - ② 防油堤から流出油等防止堤内への流出
 - ③ 防油堤・流出油等防止堤の排水溝からガードベースンを経て、河川、海等への流出
- 等が考えられる。

この場合の影響範囲の想定としては、事業所の敷地外に影響を与える観点から「③ 防油堤・流出油等防止堤の排水溝からガードベースンを経て、河川、海等へ流出」を対象とする。

(3) 岸壁等に係留中の船舶からの石油等の漏洩、流出については、

- ① 船舶への積み込み中
 - ② 船舶からの払い出し中
 - ③ ローディングアームの破損
 - ④ バラスト水の注排水中
 - ⑤ 船舶の油槽等の破損
- 等が考えられる。

この場合の影響範囲の想定としては、漏洩、流出量が最も多いと考えられる「⑤船舶の油槽等の破損」を対象とする。

(4) 漏洩・流出量の想定にあたっては、前記想定に従って漏洩、流出が発生した場合の単位時間あたりの量を基に、経過時間（10分後、30分後、1時間後、2時間後、3時間後、4時間後、5時間後、6時間後・・・）を考慮して、漏洩、流出量を想定する。また、拡散範囲については、年間の潮流、風向、風速等を考慮して想定する。

3 ファイヤボールの放射熱

可燃性ガスの漏洩、爆発により、大きなファイヤボールを形成することは、稀であるが、形成した場合には、放射熱の影響は重大なものとなる。

ファイヤボールの継続時間は、爆発ガス量（可燃性ガスと酸素の合計量）を W' として、

$$t = 0.258 W'^{0.349}$$

で与えられる。ファイヤボールは、漏洩等の事故発生後、短時間で形成される場合が多く、ガス量にもよるが、形成時間は通常数秒程度と考えられる。このため、ファイヤボールの放射熱に対する危険限界値として、一般的に $11620 \text{ J/m}^2\text{s}$ ($10000 \text{ kcal/m}^2\text{h}$) が用いられている。

4 可燃性ガスの拡散

可燃性混合気中を火炎が伝播し得る可燃性ガスの濃度の限界を爆発限界という。可燃性ガスの希薄側の限界を下限界、過濃側の限界を上限界という。これらの限界の範囲内で引火、燃焼（爆発）が起こる。可燃性ガスが漏洩して大気中に拡散した場合、可燃性ガスの爆発下限界の濃度が重要になる。

可燃性ガスの爆発下限界の濃度の例を、表4-2に示す。

ガス拡散モデルで求められるガス濃度は、一般に時間平均濃度であり、実際のガス濃度はこの値のおよそ1/2から2倍の範囲で変動すると言われている。これは、ガス拡散の式で求められたガス濃度が爆発下限界の1/2程度のところでも、引火する危険性のあることを意味している。

従って、可燃性ガスの拡散による危険範囲は、爆発下限界の1/2の濃度となる拡散範囲とする必要がある。

ただし、計算上の可燃性ガスの拡散範囲は、前述のとおりであるが、漏洩が発生している状況、地形、風速、風向等により、ガス濃度は変わることが考えられるので、これらの状況を勘案して、危険範囲を設定する必要がある。

表4-2 可燃性ガスの爆発下限界の濃度

物質名	濃度 (%)	物質名	濃度 (%)	物質名	濃度 (%)
アクリロニトリル	3.0	塩化エチル	3.8	二硫化炭素	1.3
アクロレイン	2.8	塩化ビニル	3.6	ブタン	1.6
アセチレン	2.5	ガソリン	1.4	ブチレン	2.0
アセトアルデヒド*	4.0	軽油	0.5	プロパン	2.1
アンモニア	16.0	原油	1.0	プロピレン	2.0
一酸化炭素	12.5	シアン化水素	5.6	ヘキサン	1.2
エタノール	3.3	シクロプロパン	2.4	ベンゼン	1.3
エタン	3.0	ジメチルアミン	2.8	メタン	5.0
エチルアミン	3.5	酸化エチレン	3.6	メタノール	6.7
エチルベンゼン	1.0	水素	4.0	硫化水素	4.0
エチレン	2.7	灯油	0.7		

5 可燃性ガスの爆発による爆風圧

爆風圧によって生ずる被害は、一般的に表4-3及び表4-4のように考えられている。

爆発が発生した場合、爆風圧はほとんど瞬時に伝搬するため、避難を行う余裕はない。従って、高圧ガス取締法コンビナート等保安規則で前提としている 1162Pa (1000kgf/m²) を危険限界値とする。

表4-3 爆発による爆風圧の影響（その1）

木造建築物

爆 風 圧		影 響 内 容
Pa	kgf/m ²	
7800 ~ 9800	800 ~ 1000	窓ガラスが破損する
14700 ~ 19600	1500 ~ 2000	窓枠や雨戸が折損する
58800 ~ 68600	6000 ~ 7000	小屋組が緩み、柱が折れる

人体

爆 風 圧		影 響 内 容
Pa	kgf/m ²	
19600	2000	1%の人の鼓膜が破裂する
34300	3500	5%の人の鼓膜が破裂する
49000	5000	10%の人の鼓膜が破裂する
98100	10000	50%の人の鼓膜が破裂する
205900	21000	85%の人の鼓膜が破裂する

表4-4 爆発による爆風圧の影響（その2）

爆風圧			影響内容
Pa	kgf/cm ²	psig	
137	0.0014	0.02	低周波数の場合(1015Hz)に騒音(137dB)となる。
206	0.0021	0.03	応力で歪んでいた大きい窓ガラスが時として壊れる。
275	0.0028	0.04	大音響(143dB)、超音速飛行の衝撃波によりガラスが破損する。
686	0.007	0.1	応力で歪んでいた窓ガラスが壊れる。
1030	0.0105	0.15	一般的にガラスが破損する圧力
2060	0.021	0.3	「安全距離」(確率0.95でこの値以下では、重大被害無)ミサイル限界、母屋に被害がみられ、窓ガラスの10%までが破損する。
2700	0.028	0.4	構造上の小被害が限定的に発生する。
3400	0.035	0.5	窓ガラスは大小に係わらず壊れる。窓枠にも被害が及ぶことがある。
~6900	~0.07	-1.0	
4800	0.049	0.7	家屋の構造に小被害が発生する。
6900	0.07	1.0	家屋の一部が破壊され、居住に不相当となる。
7000	0.071	1~2	波形アスベストが壊れる。波形の鉄鋼板やアルミ板が歪み、止め金具が壊れる。木板の止金具が壊れ吹き飛ばされる。
~13800	~0.141		
8900	0.091	1.3	建物を覆う鋼鉄の骨組みがわずかにゆがむ。
13800	0.141	2~3	鉄筋の入っていないコンクリートや軽量ブロックの壁が壊れる。
~20700	~0.211		
15900	0.162	2.3	これ以上の圧力では重大な構造上の被害を生じる。
17300	0.176	2.5	煉瓦造りの家の50%が倒壊する。
20700	0.211	3	工場の中の重い機械(1.5t)に少しの被害。鉄骨建造物がゆがみ基礎から引き抜かれる。
20700	0.211	3~4	鉄鋼板シェル構造の建造物が破壊される。
~27600	~0.281		
27600	0.281	4	軽工場の覆いが破裂する。
34500	0.352	5	電気電信用の木柱が折れる。
34500	0.352	5~7	家屋がほぼ完全に倒壊する。
~48200	~0.492		
48200	0.492	7	荷物を積んだ貨車が転覆する。
48200	0.492	7~8	鉄筋の入っていない20~30cmのレンガ壁が壊れる。
55200	~0.563		
62100	0.633	9	荷物を積んだ箱型車両が完全に破壊する。
68900	0.703	10	建造物の完全破壊もありうる。
2070000	21.1	300	これ以上の圧力では、クレータ状のへりが生じる。

6 毒性ガスの拡散

毒性ガスが漏洩した場合における拡散範囲は、漏洩が発生している状況及び地形、風速、風向等により、変わることが考えられる。

従って、毒性ガスの漏洩事故の場合には、慎重に対応する必要がある。

毒性ガスの人体に対する影響の評価については、

- ① ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists、アメリカ産業衛生監督者会議) の単一成分ガスの許容濃度
 - ② 労働衛生上の許容濃度 (日本産業衛生学会)
 - ③ LC⁵⁰ (吸入致死量：呼吸によつて一定時間投与した時に、実験動物総数の50%が死亡すると予想される化学物質の空気中の濃度(ppm)をいう。)
- 等がある。

毒性ガスの人体に対する影響を、表4-5に示す。

表4-5 毒性ガスの人体に対する影響について

物質名	濃度 (ppm)	影響
アンモニア	50	臭気を感じる下限。人によって感受性が異なり敏感な人は5ppmでも感知できる。
	100	長時間暴露の限界濃度
	300～ 500	30分～ 1時間暴露の許容限界
	2500～ 4500	30分間の暴露で危険
	5000～10000	短時間の暴露で生命危険
アクロレイン	0.1	臭気を感じる
	0.44	耐えうる刺激反応、肺水腫の危険なし。 眼、鼻、咽喉の刺激流涙
	5.5	激しい刺激症状、1分間で耐えられない。
	10	短時間で致死的
	24	全く耐えられない濃度
	150	10分間暴露で死亡
一酸化炭素	400	1時間の暴露で影響が認められない。
	600	1時間の暴露で影響が認められる。
	1000～1200	1時間の暴露で不快感、頭痛、悪心
	1500～2000	1時間の暴露で生命危険
	4000以上	1時間以内で致死

二酸化炭素	250～300 3 % 5 % 8 % 9 % 10 %以上 25 %以上	大気中の正常な濃度 呼吸困難、頭痛、眩暈、嘔吐、弱い麻酔性、聴覚の減退、血圧・脈拍の増加 30分後に被毒の徴候、頭痛、眩暈、発汗 眩暈、昏睡、人事不省 明瞭な呼吸困難、血圧の喪失、充血、4時間後に死亡 視力障害、けいれん、過呼吸、意識喪失 中枢神経系の抑制、昏睡、けいれん、窒息死に至る
塩素	0.1～0.2 3 ～6 14 ～21 40 ～60 100 900	臭気を感じる 目、鼻、のどに刺激があり、頭痛を招く 0.5～1時間で生命危険となる 短時間で生命危険となる 1分間以上耐えられない 即死
硫化水素	0.3 20 70 ～ 150 170 ～ 300 400 ～ 700 700以上	全ての人臭気を感じることができる 臭気は強いが耐えられる。 長時間暴露で眼、鼻、咽喉に灼熱感がある 1時間程度耐えられる限界 30分程度の暴露で生命の危険 数分の暴露で失神、けいれん、呼吸停止、致死
塩化水素	0.5～1.0 5 10 35 50 1000	軽い刺激性の臭気を感じる 鼻腔、咽喉にはっきりした刺激を感じる 鼻腔への刺激感強く、通常30分以上耐えられない 10分間耐えられる限度、咳、胸部圧迫感がある 数分間しか耐えられない 生命の危険
二酸化硫黄	1 ～ 2 3 ～ 4 5 20 30 ～40 300 400～500 2000	大部分のものは臭気を感じる 全ての人臭気を感じ、30分で鼻、咽頭に不快を感じる 1時間で気管収縮を起こし、呼吸抵抗が増大し、咳がでる 眼に刺激を感じ流涙、咳がでる 呼吸困難、呼吸抵抗40～50%上昇 事実上吸入不可能 呼吸困難、速やかに重傷の中毒、反射的声門閉鎖による窒息死を招くことがある 瞬間的に窒息死