

災害シナリオ:

プロパン球形タンク、下部フランジのガスケットが全周吹き飛んで全量漏洩し、防液堤内に広がり蒸発・拡散し、周辺民家に達した時点で着火。フラッシュファイアーが発生し、バックファイアーにより防液堤全面火災となる。球形タンクが火災により加熱され、BLEVE が起こり圧力波の発生とともに破片が飛散する。その結果ファイアーボールが発生し周辺に輻射熱災害をもたらす。

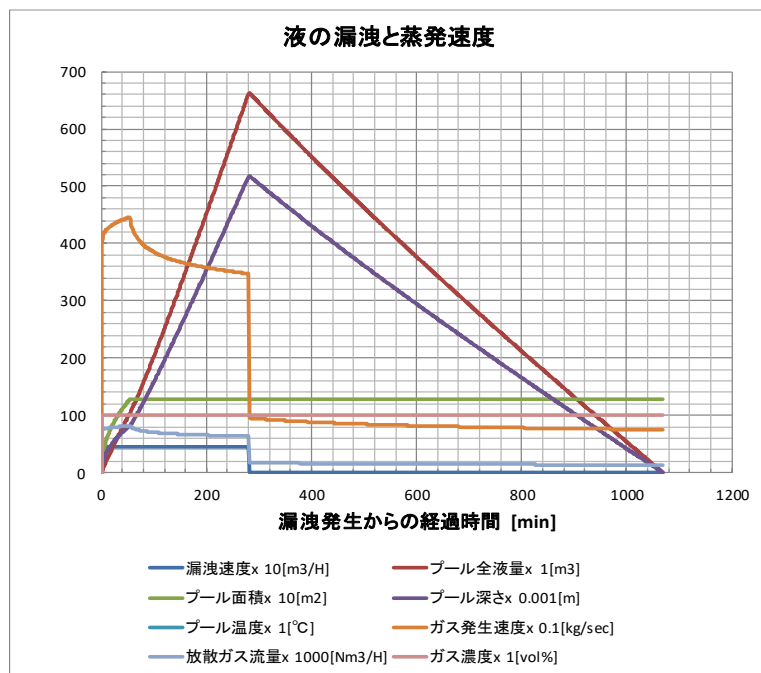
1 漏洩・蒸発の経時変化

1.1 計算条件

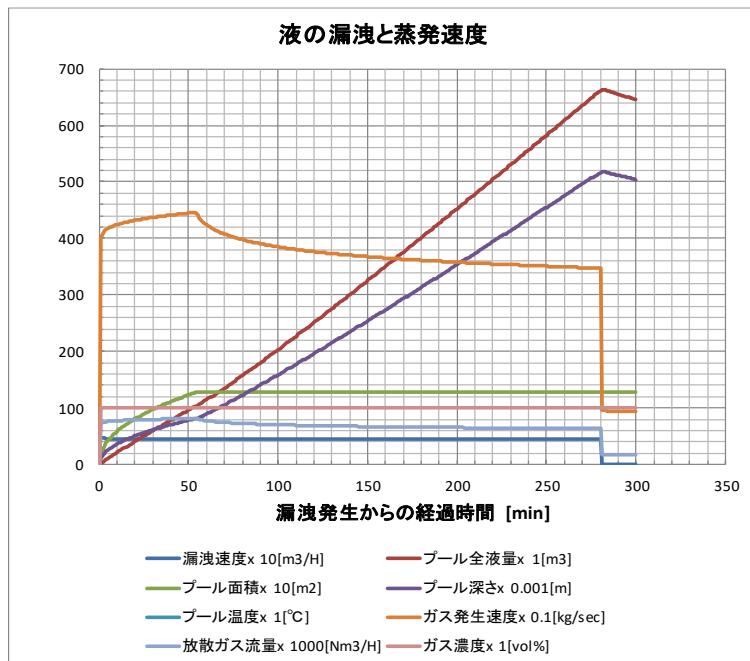
計算条件	CND3						
列番号 漏洩物質名	178	プロパン		タンク型式		球形タンク	
分子量	M	44.10	—	タンクの直径	Dt	16.0	[m]
大気圧に於ける沸点	Tboil	-41.9	[°C]	タンクの高さ (長さ)	Lt	16.0	[m]
液の密度 @ Ts	ρ_l	484.2	[kg/m ³]	タンク初期液面高さ	Lhf	16.0	[m]
ガスの密度 @ Ts, Ps	ρ_g	19.28	[kg/m ³]	漏洩口の直径	Dn	64.0	[mm]
ガスの密度 @ Tatm, Pa	ρ_g	1.77	[kg/m ³]	漏洩口の高さ	Lhole	0.30	[m]
蒸気圧 @ Ts	PETs	11.232	[Kg/cm ² A]	流出係数	Cd	0.60	—
蒸気圧 @ Tatm	PETatm	11.232	[Kg/cm ² A]	タンク貯蔵温度	Ts	30.0	[°C]
液の粘度 @ Tboil	μ	0.0	[kg/m · s]	防油堤の有効面積	Ad	1,280.0	[m ²]
ガスの比熱 @ Tboil	CpG	0.3	[kcal/kg/°C]	防油堤の風下長さ	Lpd	35.0	[m]
蒸発潜熱 Tboil	ΔH_{ev}	102	[Kcal/kg]	漏洩時間	θ_{max}	3,000	[Min]
真発熱量	Δc_{comb}	11,066	[Kcal/kg]	表示時間間隔	$\delta \theta$	1	[Min]
引火点	FP	-123.0	[°C]	計算時間間隔	$\Delta \theta$	10	[sec]
爆発下限界	EPL	2.0	[%]	タンク貯蔵圧力	Ps	10.199	[Kg/cm ² G]
爆発上限界	UPL	9.5	[%]				[m]
配管内径	Dp	0.000	[m]	配管長さ	Lp	0.02	[m]
蒸発速度計算方法	4	ALOHA Method		漏洩面積計算方法	1	Ap計算法	
大気温度	Tatm	30.0	[°C]	風速 (at 10m)	Uw10	6.0	[m/sec]
湿度	RH	50	[%]	雲量	CJ	7.0	-
地面の温度	Tgrd	30	[°C]	西暦	year	2018	-
地面の種類	soil	concrete		日時 (月、日、時刻)	5	23	13.00
プール表面上の風速	u	1.5	[m/sec]	緯度/経度	35.26	139.38	[度]

1.2 計算結果

(1) 全量漏洩後、全量蒸発まで



(2) 全量漏洩まで



(3) 計算結果

計算結果								
最大漏洩速度	463.0	[m ³ /H]	漏洩プール最大面積	1,280.0	[m ²]			
漏洩停止時のタンク液面高さ	0.30	[m]	上記に達するまでの経過時間	55.0	[Min]			
全漏洩液量	2,129.6	[m ³]	漏洩プール最大液深	0.519	[m]			
放散ガスの平均濃度	100.0	[Vol%]	上記に達するまでの経過時間	281.0	[Min]			
最大放散ガス流量	81,527.6	[Nm ³ /H]	漏洩物質の最大ガス発生速度	44.582	[kg/sec]			
上記に達するまでの経過時間	54.0	[Min]	上記に達するまでの経過時間	54.0	[Min]			
平均放散ガス流量	29,345.5	[Nm ³ /H]	プールの完全蒸発経過時間	1069.0	[Min]			
大気安定度	D		フラッシュ率	FlashX	0.418			
プール平均温度	Tpav	-41.900	[°C]	液の密度@Tpav	ρ _l	582.5	[kg/m ³]	
蒸気圧@Tpav	PETp	1.065	[Kg/cm ³ A]	ガス密度@Tpav, Pat	ρ _g	2.3	[kg/m ³]	
蒸発潜熱@Tpav	ΔH _{ev}	103.109	[kcal/kg]	液の比熱@Tpav	CpL	0.5	[kcal/kg/°C]	

2 蒸発したガスの拡散

(1) 二次元マップ

排気ガス名:		単一成分ガス		対象ガス名		プロパン		
大気条件					排気ガス			
風速	温度	湿度	雲量	安定度	流量	濃度	放出高さ	放出面積
[m/s]	[°C]	[%]	-	-	[Nm3/min]	[%]	[m]	[m2]
6	30	50	7	D	1257.625	1000000	0	1280.1
LEL%		50	30	10				
表示時間[min]		0.5						
表示高さ[m]		1.5						



(2) 三次元マップ



3 フラッシュファイアーの影響範囲

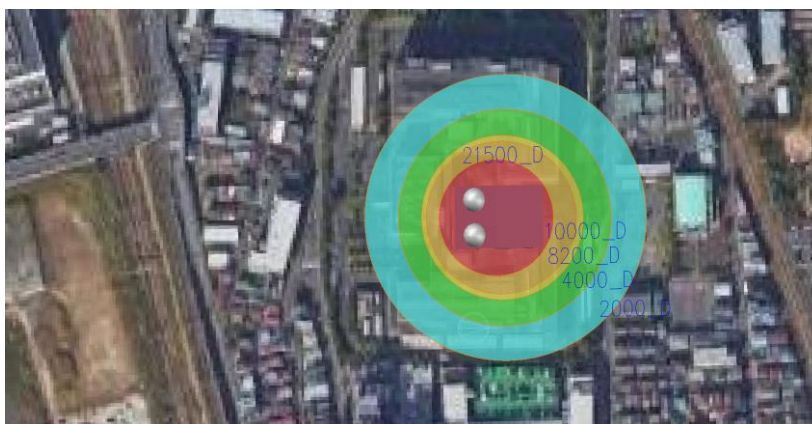
漏洩後約 1 分で周辺民家に到達し、フラッシュファイアーが発生した。



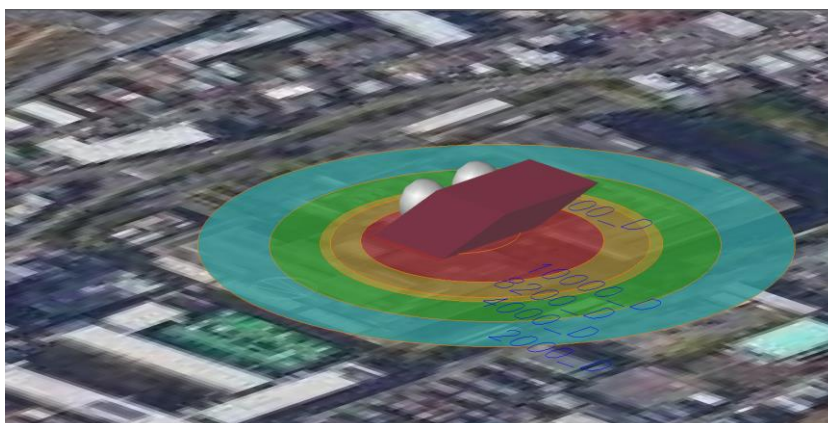
4 防油堤火災による輻射熱の影響範囲

対象液体名:				プロパンタンク			
大気条件				対象			
風速	風向	温度	湿度	防油堤面積	液面降下速度	輻射発散度	
[m/s]	[deg]	[°C]	[%]	[m2]	[m/hr]	[kcal/m2/hr]	
6	90	30	50	1280	0.504	63.630	
輻射強度 [kcal/m2/hr]		21500	10000	8200	4000	2000	
表示高さ[m]		1.5					

(1) 二次元マップ

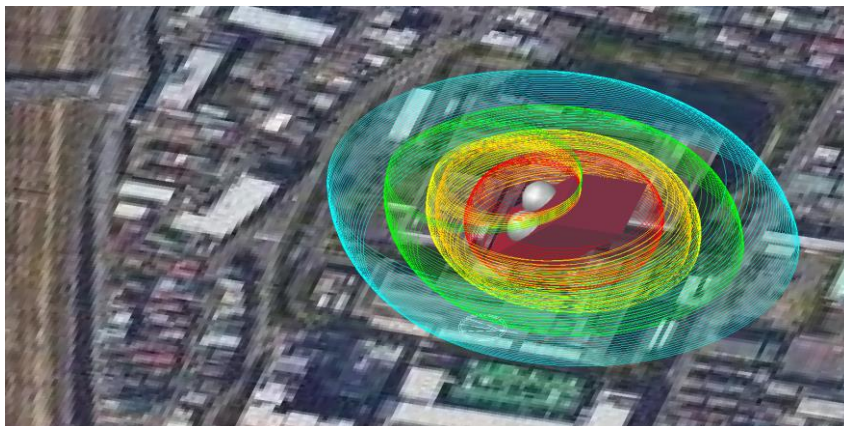


(2) 三次元マップ



(3) 輻射熱 3次元マップ

輻射熱マップを高さ 50mまで重ねたものです。



5 BLEVE 発生による影響範囲

漏洩物質名	プロパン			
燃焼熱量	11,069.1	[kcal/kg]	運転/貯蔵温度	52.0 [°C]
分子量	44.1	[-]	破裂時の容器圧力	1.7 [MPaG]
定圧比熱 (液)	0.764	[kcal/kg/°C]	大気温度	30.0 [°C]
定圧比熱 (ガス)	0.295	[kcal/kg/°C]	大気湿度	50.0 [%]
密度 (液)	444.2	[kg/m3]	破裂時の貯蔵物質量	529,325.0 [kg]
密度 (ガス)	29.18	[kg/m3]	TNT当量	2,783.7 [kg]
比熱比	1.14	[-]	容器気相部の体積	1,000.0 [m3]
爆発上限	9.5	[Vol%]	計算方法	Brodeの式
爆発下限	2.0	[Vol%]	フラッシュ率	0.592 [-]
沸点	-42.0	[°C]	破片の最大飛散距離	1737.1 [m]

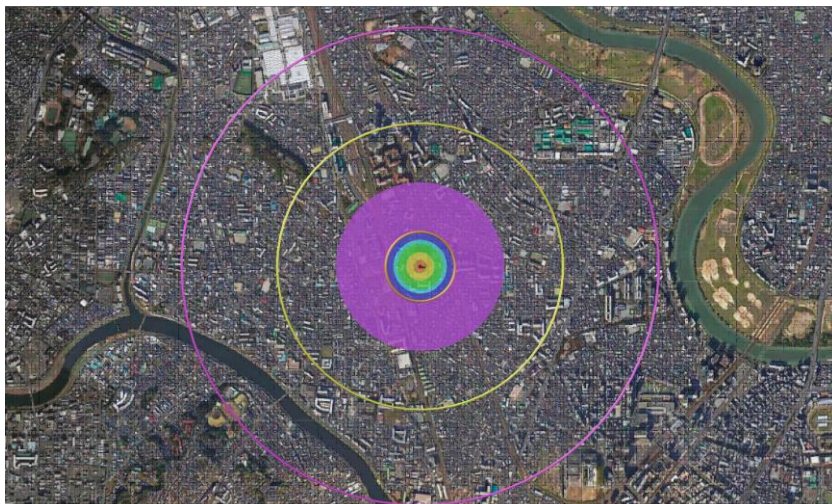
指定 爆風圧		距離 (半径)
NO	[kPaG]	[m]
1	255.000	17
2	58.800	50
3	22.600	104
4	12.300	165
5	9.800	196
6	7.000	252
7	2.100	613

↑
マップ上に半透明の
円盤として表示

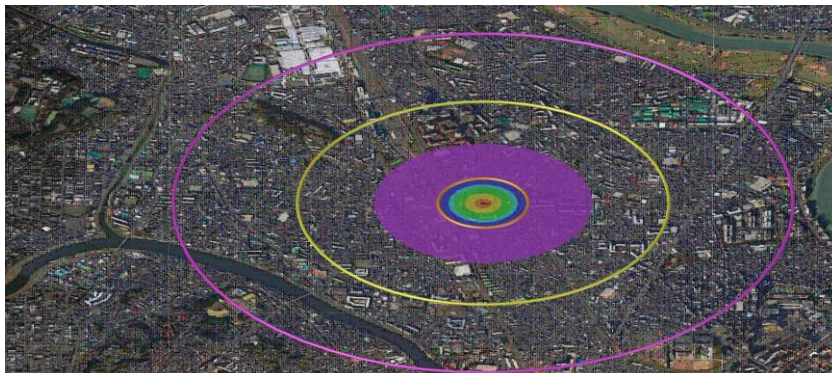
規定 爆風圧	距離 (半径)	影響の内容	マップ表 示の要否
[kPaG]	[m]		
70.0	44	70kPa: ほとんどの建物が崩壊する。	YES
65.0	47	63kPa: 貨車が全壊する。	NO
60.0	50		NO
55.0	53	50～55kPa: 強化していない厚さ20～30cmのブロックがせん断等により破損	NO
50.0	57		NO
45.0	62	35～50kPa: 家屋が全壊する。	NO
40.0	67		NO
35.0	75		NO
30.0	84	28kPa: 軽量建築物が全壊する。	NO
25.0	96	21～28kPa: 無筋建物、鋼板建物が破壊する。油貯槽が破裂する。	NO
20.0	114	17kPa: レンガ造家屋の50%が破壊する。16kPa: 建物の大きな被害の限界。	NO
15.0	142	14～21kPa: 未強化コンクリートやブロック塀が破壊する。	NO
10.0	193	14kPa: 家屋の壁や屋根が一部破壊する。	NO
9.0	209	9kPa: 建物のスチール製フレームが多少曲がる。	NO
8.0	228		NO
7.0	252	7kPa: 住めなくなる程度に家屋の一部が破壊される。	YES
6.0	284	3.5～7kPa: 大小の窓ガラスが普通破壊される。窓枠も時には破壊される。	NO
5.0	325	5kPa: 家屋が多少の被害を被る。	NO
4.0	385		NO
3.0	475	2.8kPa: 建物の小さな被害の限界。	NO
2.0	634	2.1kPa: 安全限界(この値以下では0.95の確率で大きな被害はない)。 推進限界(物が飛ばされる限界)。 家の天井の一部が破損。窓ガラスの10%が破壊される	NO
1.0	1,041	1kPa: ガラスが破壊される一般的な圧力。	YES
0.5	1,708	0.7kPa: 歪のある小さな窓が破壊される。	NO
0.2	3,287	0.21kPa: 歪のある大きな窓ガラスが破壊される。	NO

↑
マップ上に円(線)
として表示

(1) 二次元マップ



(2) 三次元マップ



6 ファイアーボール発生時の輻射熱災害の影響範囲

漏洩物質名	プロパン				
燃焼熱量	11,069.1	[kcal/kg]	運転/貯蔵温度	52.0	[°C]
分子量	44.1	[—]	大気温度	30.0	[°C]
定圧比熱 (液)	0.764	[kcal/kg/°C]	大気湿度	50.0	[%]
定圧比熱 (ガス)	0.295	[kcal/kg/°C]	可燃性物質質量	529,325.0	[kg]
密度 (液)	444.2	[kg/m3]	酸素分子数/燃料1分子		[—]
密度 (ガス)	1.65	[kg/m3]	ファイアボール直径	469.2	[m]
比熱比	1.14	[—]	ファイアボール中心高さ	351.9	[m]
爆発上限界	9.5	[Vol%]	ファイアボール継続時間	23.4	[sec]
爆発下限界	2.0	[Vol%]			
沸点	-42.0	[°C]	計算方法	AIChE法	

NO	指定 受熱輻射強度 [Kcal/m2/hr]	Fire Ball中心からの水平距離			
		受熱面高 さ[m]	受熱面高 さ[m]	受熱面高 さ[m]	受熱面高 さ[m]
		0			
1	32300.0	505			
2	21500.0	660			
3	10000.0	1020			
4	8200.0	1133			
5	4000.0	1635			
6	2000.0	2303			
7					

(1) 二次元マップ



(2) 三次元マップ

