

参考資料 1 災害現象解析モデル¹

1.1 流出モデル

(1) 液体流出

危険物質を液相で貯蔵した容器（または付属配管で容器に近いところ）が破損したときの流出率は次式で与えられる。ただし、容器の大きさに比べて流出孔が十分に小さく、流出が継続する間は液面の高さは変化しないことを前提とする。

$$q_L = ca\sqrt{2gh + \frac{2(p - p_0)}{\rho}} \quad (1)$$

ただし、

- q_L : 液体流出率 (m³/s)
- c : 流出係数 (不明の場合は 0.5 とする)
- a : 流出孔面積 (m²)
- p : 容器内圧力 (Pa)
- p_0 : 大気圧力 (=0.101 MPa=0.101×10⁶ Pa)
- ρ : 液密度 (kg/m³)
- g : 重力加速度 (= 9.8m/s²)
- h : 液面と流出孔の高さの差 (m)

長い配管から流出するような場合には、配管内壁と流体との摩擦による圧力損失を考慮すべきであるが、これを無視して次式により安全サイドの評価として概算することができる。

$$q_L = ca\sqrt{v^2 + \frac{2(p - p_0)}{\rho}} \quad (2)$$

ただし、

- v : 配管内の流速 (m/s)
- p : 送出圧力 (Pa)

(2) 気体流出

容器内に物質が気相で存在する場合の流出率は次式で与えられる。ただし、容器のサイズに比べて流出孔が十分に小さく、気体の噴出に熱的变化がないことを仮定している。

①流速が音速未満($p_0 / p > \gamma_c$)のとき

¹ 消防庁特殊災害室,「石油コンビナートの防災アセスメント指針」,平成 25 年 3 月

$$q_G = cap \sqrt{\frac{2M}{ZRT} \left(\frac{\gamma}{\gamma-1} \right) \left\{ \left(\frac{p_0}{p} \right)^{\frac{2}{\gamma}} - \left(\frac{p_0}{p} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma}} \right\}} \quad (3)$$

②流速が音速以上 ($p_0 / p \geq \gamma_c$) のとき

$$q_G = cap \sqrt{\frac{2M}{ZRT} \gamma \left(\frac{2}{\gamma+1} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}} \quad (4)$$

ただし、

$$\gamma_c = \left(\frac{2}{\gamma+1} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}$$

- q_G : 気体流出率 (kg/s)
- c : 流出係数 (不明の場合は0.5 とする)
- a : 流出孔面積 (m²)
- p : 容器内圧力 (Pa)
- p_0 : 大気圧力 (=0.101 MPa=0.101×10⁶ Pa)
- M : 気体のモル重量 (kg/mol)
- T : 容器内温度 (K)
- R : 気体定数 (=8.314 J/mol・K)
- γ : 気体の比熱比
- Z : ガスの圧縮係数 (=1.0 : 理想気体)

1.2 蒸発モデル

常温の揮発性液体が流出して矩形の囲いの中に溜まった場合、液面からの蒸発量は風速に支配され次式で与えられる¹⁾。

$$w = 0.033 \rho_G u \left(\frac{p_v}{p_0} \right) \left(\frac{\nu}{ul} \right)^{0.2} \quad (5)$$

ただし、

- w : 蒸発率 ($\text{kg/m}^2\text{s}$)
- ρ_G : 周辺温度における蒸気密度 (kg/m^3)
- p_v : 液面温度での飽和蒸気圧 (Pa)
- p_0 : 大気圧 ($=0.101 \text{ MPa}=0.101 \times 10^6 \text{ Pa}$)
- u : 風速 (m/s)
- l : 風方向の囲いの長さ (m)
- ν : 空気の動粘性係数 ($=0.151 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} : 20^\circ\text{C}$
 $=0.154 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} : 25^\circ\text{C}$)

1.3 拡散モデル (坂上モデル)

ガスが流出して大気中で拡散したときの濃度分布を計算するための簡易モデルとしてガウシアンモデルがある。このモデルは、ガスの進行方向 (風下方向) に対して直角方向の濃度分布を正規分布と仮定して解析するものである。ガウシアンモデルにはいくつかのものがあるが、海外ではプルームモデル (Pasquill-Gifford モデル)、国内では坂上モデルがよく用いられている。ここでは、坂上モデルを示す。

坂上モデルには、ガスの発生源が点源と面源、ガスの発生時間が連続的と瞬間的の計 4 種類がある。点源の式は小さな開口部からガスが流出するような場合、面源の式は流出した液化ガスが防液堤に溜まって蒸発するような場合に適用される。以下に、よく用いられるガスの発生が連続的な点源と面源の式を示す。防液堤に溜まって蒸発するような場合でも、防液堤から遠いところでは面からの蒸発ガス量が 1 点から発生するとして点源の式を用いてもよい。

なお、ガウシアンモデルでは、対象とするガスの密度が周囲の空気密度と同程度であることを仮定している。空気よりも非常に軽いガスや重いガスの場合には、実際の拡散距離とガウシアンモデルによる算定値にかなりの差が生じるものと考えられ、注意が必要である。

①連続点源の式

連続点源を想定したときの濃度分布は次式で与えられる。

$$C_{xyz} = \frac{Q}{uB\sqrt{\pi A}} \exp\left(\frac{-y^2}{A}\right) \exp\left(\frac{-(h+z)}{B}\right) I_0\left(\frac{2\sqrt{hz}}{B}\right) \quad (6)$$

$$A = q_A \{\varphi_A x + \exp(-\varphi_A x) - 1\}$$

$$B = q_B \{\varphi_B x + \exp(-\varphi_B x) - 1\}$$

ただし、

- C_{xyz} : 任意の地点 (x, y, z) のガス濃度 (体積比率)
- x は水平風下方向、 y は水平風横方向、 z は鉛直方向にとった座標 (m)
- Q : 拡散ガス量 (m³/s)
- u : 風速 (m/s)
- h : ガス発生源の高さ (m) (0, 0, h) が発生源の座標となる。
- $q_A, q_B, \varphi_A, \varphi_B$: 拡散パラメータ
- I_0 : 0 次の虚数単位ベッセル関数、($I_0(X)=J_0(iX)$: J_0 は 0 次ベッセル関数)

拡散パラメータは拡散源の高さと大気安定度によって決まり、表 1.1 で与えられる。

表 1.1 坂上モデルの拡散パラメータの値²⁾

大気安定度	h[m]	φ_A	$\sqrt{q_A}$	φ_B	q_B
安定	0.5	4.78E-02	4.26	4.20E-02	3.50E-01
	10	4.78E-02	4.26	4.60E-02	2.93E-01
	20	4.78E-02	4.26	4.71E-02	2.86E-01
	30	4.78E-02	4.26	4.77E-02	2.83E-01
中立	0.5	1.48E-02	1.56E+01	1.10E-02	5.30
	10	1.09E-02	2.18E+01	2.46E-02	1.02
	20	1.01E-02	2.37E+01	3.00E-02	7.00E-01
	30	9.70E-03	2.48E+01	3.29E-02	5.65E-01
やや不安定	0.5	4.50E-03	7.59E+01	4.25E-03	3.48E+01
	10	2.12E-03	1.59E+02	1.48E-02	2.87
	20	1.80E-03	1.88E+02	1.98E-02	1.61
	30	1.61E-03	2.09E+02	2.34E-02	1.14
不安定	0.5	1.12E-03	2.77E+02	1.30E-03	3.73E+02
	10	2.52E-04	1.24E+03	7.20E-03	1.18E+01
	20	1.78E-04	1.73E+03	1.10E-02	5.19
	30	1.44E-04	2.14E+03	1.40E-02	3.21

液体で流出したときには、式(1)、(2)で求められる流出率 q_L (m³/s) をもとに、式(7)により拡散ガス量 Q (m³/s) を計算し、これを式(6)に代入して拡散ガス濃度を計算する。

$$Q = \frac{q_L f \rho R T}{M p_0} \tag{7}$$

ただし、

- f : フラッシュ率
- ρ : 液密度 (kg/m³)
- R : 気体定数 (= 8.314 J/mol·K)
- T : 大気温度 (K)
- p_0 : 大気圧 (=0.101 MPa=0.101×10⁶ Pa)
- M : 気体のモル重量 (kg/mol)

小量流出の場合には、すべて気化するとして $f = 1$ としてよい。また、気体で流出したときには、式(3)または式(4)で求められる流出率 q_G (kg/s) をもとに、次式により拡散ガス量 Q (m³/s) を計算する。

$$Q = \frac{q_G RT}{Mp_0} \quad (8)$$

なお、風下方向・地表面 ($y=0, z=0$) の濃度のみ計算する場合には、式(6)は次のように簡単になる。

$$C_x = \frac{Q}{uB\sqrt{\pi A}} \exp\left(-\frac{h}{B}\right) \quad (9)$$

②連続面源の式

連続面源を想定したときの濃度分布は次式で与えられる。

$$C_{xyz} = \frac{Q \exp\left(\frac{z+h}{B}\right) \sqrt{A}}{4uB} \left\{ \Lambda\left(\frac{x+n}{\sqrt{A}}\right) - \Lambda\left(\frac{x-n}{\sqrt{A}}\right) \right\} \left\{ \operatorname{erf}\left(\frac{y+m}{\sqrt{A}}\right) - \operatorname{erf}\left(\frac{y-m}{\sqrt{A}}\right) I_0\left(\frac{2\sqrt{hz}}{B}\right) \right\} \quad (10)$$

$$\Lambda(\eta) = \eta \operatorname{erf}(\eta) + \eta + \frac{1}{\sqrt{\pi}} \exp(-\eta^2)$$

$$\operatorname{erf}(\eta) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^\eta e^{-t^2} dt \quad (\text{誤差関数})$$

ただし、

- C_{xyz} : 任意の地点 (x, y, z) のガス濃度 (体積比率) (kg/m²s)
- Q : 単位時間、単位面積あたりの拡散ガス量 (kg/m²s)
- m : 風に直角方向の面源の幅の1/2 (m)
- n : 風方向の面源の幅の1/2 (m)

であり、その他の記号は点源式と同じである。

なお、風下方向・地表面 ($y=0$ 、 $z=0$) の濃度のみ計算する場合には、次のように簡単になる。

$$C_x = \frac{Q \exp\left(\frac{h}{B}\right) \sqrt{A}}{4uB} \left\{ \Lambda\left(\frac{x+n}{\sqrt{A}}\right) - \Lambda\left(\frac{x-n}{\sqrt{A}}\right) \right\} \left\{ 2 \operatorname{erf}\left(\frac{m}{\sqrt{A}}\right) \right\} \quad (11)$$

1.4 火災・爆発モデル

(1) 液面火災

ア. 火炎の放射熱

火炎から任意の相対位置にある面が受ける放射熱は次式で与えられる。

$$E = \phi \varepsilon \sigma T^4 \quad (12)$$

ただし、

E : 放射熱強度 (W/m^2)

T : 火炎温度 (K)

σ : ステファン・ボルツマン定数 ($=5.67 \times 10^{-8} \text{ W}/\text{m}^2\text{K}^4$)

ε : 放射率

ϕ : 形態係数 (0.0~1.0 の無次元数)

実用上は、燃焼液体が同じであれば火炎温度と放射率は変わらないと仮定し、 $R_f = \varepsilon \sigma T^4$ (W/m^2)

とにおいて次式で計算してよい。

$$E = \phi R_f \quad (13)$$

ここで R_f は放射発散度と呼ばれ、主な可燃性液体について表 1.2 に示すような値をとる。

表 1.2 主な可燃性液体の放射発散度²⁾

可燃性液体	放射発散度	可燃性液体	放射発散度
	[kW/m ²]		[kW/m ²]
カフジ原油	41	メタノール	9.8
ガソリン・ナフサ	58	エタノール	12
灯油	50	LNG(メタン)	76
軽油	42	エチレン	134
重油	23	プロパン	74
ベンゼン	62	プロピレン	73
n-ヘキサン	85	n-ブタン	83

イ. 形態係数

① 円筒形の火炎

円筒形の火炎を想定し、図 1.1 に示すように火炎底面と同じ高さにある受熱面を考えたとき、形態係数は次式により与えられる。また、受熱面が火炎底面と異なる高さにある場合の形態係数の計算は図 1.2 のように計算する。

$$\phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left[\frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left(\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right) - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left(\sqrt{\frac{n-1}{n+1}} \right) \right] \quad (14)$$

$$A = (1 + n)^2 + m^2$$

$$B = (1 - n)^2 + m^2$$

$$m = H / R$$

$$n = L / R$$

ただし、

H : 火炎高さ (m)

R : 火炎底面半径 (m)

L : 火炎底面の中心から受熱面までの距離 (m)

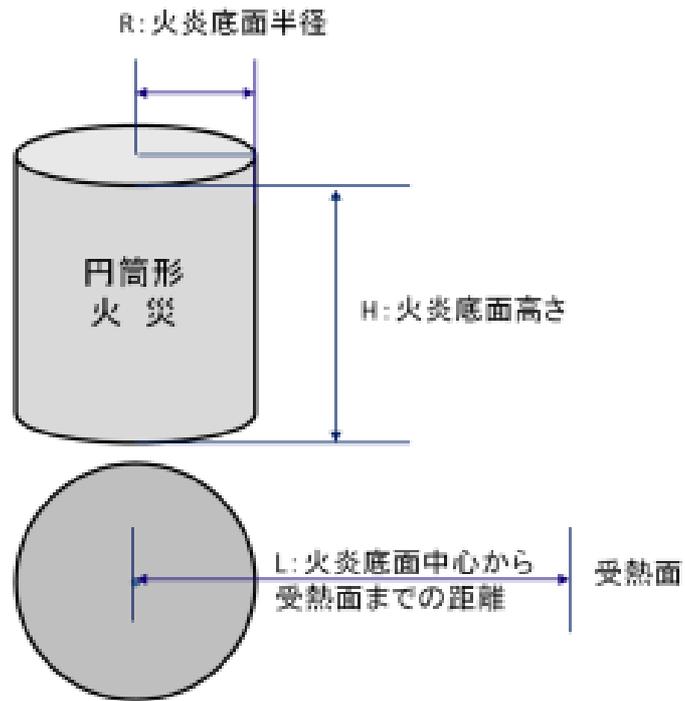


図 1.1 円筒火災と受熱面の位置関係

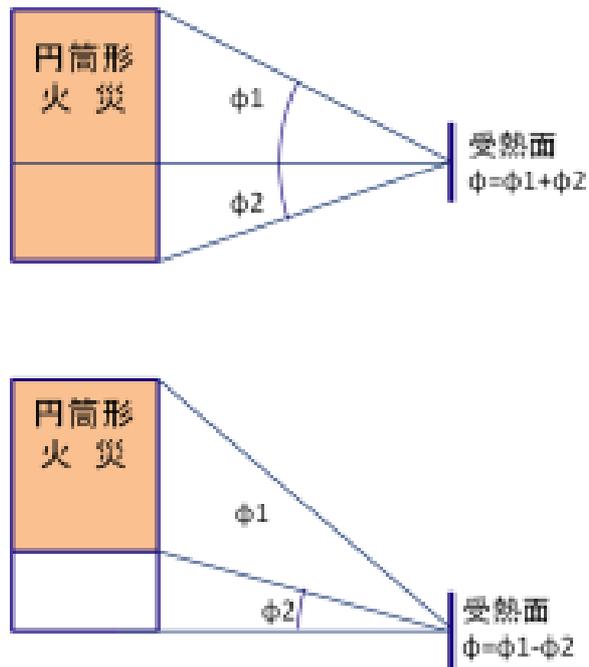


図 1.2 受熱面の高さによる形態係数の計算例

ウ. 火炎の想定

液面火災による放射熱を計算するためには火炎の形状を決める必要があり、一般に次のような想定がよく用いられる。

① 流出火災

可燃性液体が小さな開口部から流出し、直後に着火して火災となるような場合には、火炎面積は次式で表せる。

$$S = \frac{q_L}{V_B} \quad (15)$$

ただし、

- S : 火災面積 (m²)
- q_L : 液体の流出率 (m³/s)
- V_B : 液体の燃焼速度 (液面降下速度 : m/s)

燃焼速度は、可燃性液体によって固有の値をとり、主な液体については表 1.3 に示すとおりである。流出火災については、式(15) で得られる火災面積と同面積の底面をもち、高さが底面半径の 3 倍 (m=H/R=3) の円筒形火炎を想定して放射熱の計算を行う。

表 1.3 主な可燃性液体の燃焼速度(液面降下速度)³⁾

可燃性液体	燃焼速度	可燃性液体	燃焼速度
	[m/s]		[m/s]
カフジ原油	5.20E-05	メタノール	2.80E-05
ガソリン・ナフサ	8.00E-05	エタノール	3.30E-05
灯油	7.80E+03	LNG(メタン)	1.70E-04
経由	5.50E-05	エチレン	2.10E-04
重油	2.80E-05	プロパン	1.40E-04
ベンゼン	1.00E-04	プロピレン	1.30E-04
n-ヘキサン	1.20E-04	n-ブタン	1.50E-04

② タンク火災

可燃性液体を貯蔵した円筒形タンクの屋根全面で火災となった場合には、タンク屋根と同面積の底面をもち、高さが底面半径の3倍 ($m=H/R=3$) の円筒形火炎を想定して放射熱の計算を行う。

③ 防油堤火災

可燃性液体が流出し防油堤や仕切堤などの囲いの全面で火災となった場合には、囲いと同面積の底面をもち、高さが底面半径の3倍 ($m=H/R=3$) の円筒形火炎を想定する。

エ. 火炎の規模による放射発散度の低減

液面火災では、火災面積(円筒底面)の直径が10mを超えると、空気供給の不足により大量の黒煙が発生し放射発散度が低減する。したがって、このことを考慮せずに上記の手法で放射熱を計算すると、火災規模が大きいたまにはかなりの過大評価となる。

実験により得られた火炎(燃焼容器)直径と放射発散度との関係を図1.3に示す。これによると、火炎直径が10mになると放射発散度の低減率は約0.6、20mで約0.4、30mで約0.3となる。

ただし、アルコールやLNGは燃焼しても黒煙が発生しにくいため、放射発散度は低減しないものとするのが妥当である。

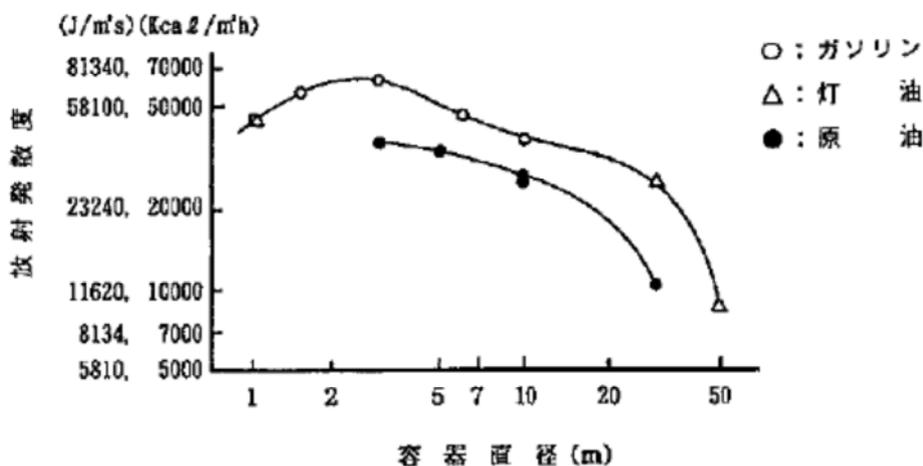


図 1.3 火炎直径と放射発散度との関係⁴⁾

一方、平成10年から11年に石油公団(現石油天然ガス・金属鉱物資源機構)が消防研究所(現消防庁消防大学校消防研究センター)等と共同で行った燃焼実験の結果、燃焼容器直径(D)と放射発散度の低減率(r)の関係として次式が示されている。

$$r = \exp(-0.06D) \tag{16}$$

式(16)によると、D=20m に対して r=0.3、D=30m に対して r=0.17 という低減率になるが、火炎直径の大きいところでのデータが少ないため、r=0.3 程度の値を下限としたほうがよいと考えられる。

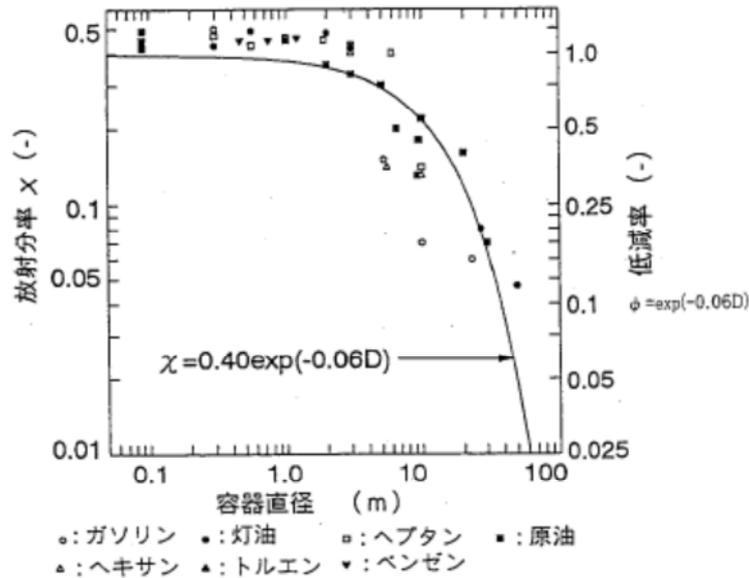


図 1.4 各種燃料の放射分率と容器直径との関係⁵⁾

(2) 蒸気雲爆発

流出した可燃性ガス（液化ガスを含む）が拡散し、空気との混合が進んだ後に着火した場合、激しい爆風圧を発生する爆轟が起こる可能性がある。この際の爆風圧と爆発中心からの距離との関係は、TNT 等価法による次式で与えられる。

$$L = \lambda \sqrt[3]{W_{TNT}} = \lambda \sqrt[3]{\frac{W_G f \psi Q_G \gamma}{Q_{TNT}}} \quad (17)$$

ただし、

- L : 爆発中心からの距離 (m)
- λ : 換算距離 (m/kg^{1/3})
- W_{TNT} : 等価の TNT 火薬量 (TNT 当量 : kg)
- W_G : 可燃性ガス（液体）の流出量 (kg)
- Q_G : 可燃性ガスの燃焼熱量 (J/kg)
- Q_{TNT} : TNT 火薬の燃焼熱量 (=4.184×10⁶ J/kg)
- f : 流出したガスの気化率（フラッシュ率）
- ψ : 爆発係数 (=0.1)
- γ : TNT 収率 (=0.06)

爆発係数 ϕ は流出・気化したガスのうち爆発に寄与するガスの割合であり、通常 0.1 (10%) が用いられる。また、TNT 収率 γ は爆発に寄与したガスの総エネルギーと、この場合に生じた爆風圧に相当する TNT 当量のエネルギーの割合であり、通常安全側の評価を見込んで 0.064 (6.4%) が用いられる。

換算距離 λ は爆風圧 (Pa) と対応する。換算距離 (λ) と爆風圧 (P) との関係は次のような近似式で表すことができる (ただし爆風圧の単位は kgf/cm^2)⁶⁾。

- $P < 0.035$: $\lambda = 2.7944P^{0.71448}$
- $0.035 \leq P < 0.2$: $\lambda = 2.4311P^{0.75698}$
- $0.2 \leq P < 0.65$: $\lambda = 3.143P^{0.59261}$
- $P \geq 0.65$: $\lambda = 3.2781P^{0.48551}$

なお、高圧ガス保安法では、式(17) を次式のように表し、K の値を HYO のようにガスの種類ごとに示している (燃燒熱量の単位を kcal/kg で表しており Q_{TNT} は $1,000\text{kcal/kg}$ としている。また K 値に 10^3 が掛かるのは W_G をトンで表しているためである)。

$$L = 0.04\lambda\sqrt[3]{KW_G} \quad (18)$$

$$K = f\psi Q_G 10^3$$

この式では、TNT 当量を次のように見積もっていることになる。

$$W_{\text{TNT}} = \frac{0.064KW_G}{1000} \quad (19)$$

同法では、既存施設に対しては $\lambda=12.0$ (爆風圧 11.76kPa)、新規施設に対しては $\lambda=14.4$ (爆風圧 9.8kPa) を限界強度として保安距離を確保するものとしている。

(3) ファイヤーボール

蒸気雲爆発にはファイヤーボールを伴うことがある。特に、東日本大震災での事例で見られたように、LPG タンクが BLEVE により破損した場合には、巨大なファイヤーボールが形成され、主に放射熱によって周囲に大きな影響を与える恐れがある。

ア. ファイヤーボールを形成する可燃性ガス量

沸点以上の温度で圧力をかけて液化したガスが漏洩して瞬間的に気化する現象をフラッシュと呼び、気化する液量と流出した液量の比をフラッシュ率と呼ぶ。フラッシュ率はガスの種類と流出前の温度によって決まり、次式で与えられる。

$$f = \frac{H - H_b}{h_b} = C_p \frac{T - T_b}{h_b} \quad (20)$$

ここで、

- f : フラッシュ率
- T : 液体の貯蔵温度 (K)
- H : 液体の貯蔵温度・圧力におけるエンタルピー (J/kg)
- T_b : 液体の大気圧での沸点 (K)
- H_b : 液体の沸点におけるエンタルピー (J/kg)
- C_p : 液体の比熱 ($T_b \sim T$ の平均 : J/kg K)
- h_b : 沸点での蒸発潜熱 (J/kg)

ただし、BLEVE によるファイヤーボールを想定した場合、フラッシュ率より大きな割合の可燃性ガスがファイヤーボールを形成すると考えられる。長谷川・佐藤はファイヤーボールを形成する可燃性ガスを、フラッシュ率を基に次のように想定している⁷⁾。

$$W_G = r_{fb} W_t \quad (21)$$

ただし、

$$r_{fb} = 1 \quad (f \geq \frac{1}{3})$$

$$r_{fb} = 3f \quad (f < \frac{1}{3})$$

ここで、

- W_G : ファイヤーボールを形成する可燃性ガス量 (kg)
- r_{fb} : ファイヤーボールを形成する可燃性ガスの割合
- W_t : ガス貯蔵量 (kg)

イ. 直径・継続時間

ファイヤーボールの直径と継続時間に関する算定式には次のようなものがある。

①旧指針 (平成 6 年)、コンビナート保安・防災技術指針⁸⁾

$$D = 3.77W^{0.325}$$

$$t = 0.258W^{0.549}$$

ここで、

- D : ファイヤーボール直径 (m)
 t : 継続時間 (s)
 W : 燃焼ガス量 (燃料と理論酸素量の和 : kg)

ただし、 W は可燃性ガス量 (W_g) と酸素量の合計である。例えばプロパンの場合、燃焼の反応式は $C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$ であるから、完全燃焼ではプロパン (44g/mol) 1mol に対して酸素 (32g/mol) 5mol が必要となる。したがって W は W_g の 4.64 倍 ($(44+32 \times 5) / 44$) となり、上式は次のように書ける。

$$D = 6.21W_g^{0.325}$$

$$t = 0.44W_g^{0.549} \quad (22)$$

②AICHE (2010) 9)

$$D = 5.8W_g^{1/3}$$

$$\begin{aligned}
 t &= 0.45W_g^{1/3} \quad (W_g < 30,000kg) \\
 &= 2.6W_g^{1/6} \quad (W_g > 30,000kg)
 \end{aligned} \quad (23)$$

また、ファイヤーボール中心の高さ (H) は次式により与えられる。

$$H = 0.75D \quad (24)$$

なお、ファイヤーボールの直径及び継続時間と燃料量との関係については、実験に基づきいくつかのモデルが提案されているが、上式はそれらの平均値を与えるものである。

ウ. 放射熱

ファイヤーボールから受ける放射熱は、ステファン・ボルツマンの法則に基づいた次式で表される。

$$E = \phi R_f = \phi \epsilon \sigma T^4 \quad (25)$$

ここで、

- E : ファイヤーボールから受ける放射熱 (W/m²)
- R_f : ファイヤーボールが発散する放射熱 (= $\varepsilon \sigma T^4$: W/m²)
- T : ファイヤーボールの温度 (K)
- σ : ステファン・ボルツマン定数 (= 5.67×10^{-8} W/m²K⁴)
- ε : 放射率
- ϕ : 形態係数

形態係数 ϕ は、ファイヤーボールを球形と仮定し、球の中心に正対した受熱面を想定すると次式で表される。

$$\phi = \left(\frac{D}{2L} \right)^2 \quad (26)$$

ただし、

- D : ファイヤーボール直径 (m)
- L : ファイヤーボール中心から受熱面までの距離 (m)

式(23) で、ファイヤーボールを 1750K の完全黒体 ($\varepsilon = 1.0$) とし、形態係数として式(24)を代入すると次のようになる。

$$E = 1.33 \times 10^5 \left(\frac{D}{L} \right)^2 \quad (27)$$

(4) フラッシュ火災

フラッシュ火災とは、可燃性蒸気雲の燃焼で火炎伝播速度が比較的遅く過圧が無視できるものをいう。この場合、爆風圧よりも放射熱が問題になるが、放射熱の影響を算定するためのモデルはほとんど開発されていない。そのため、燃焼プロセスが穏やかで持続時間が短いこと、ガス雲の熱膨張は浮力により鉛直上方に起こることを仮定して、ガス濃度が爆発下限界またはその 1/2 以上となる範囲を危険とする評価がよく用いられる。主な可燃性物質の爆発下限界濃度を表 1.4 に示す。

表 1.4 主な可燃性物質の爆発下限界濃度

可燃性物質	爆発下限界	可燃性物質	爆発下限界
アクリロニトリル	3.0 %	エチルアミン	3.5 %
アクロレイン	2.8 %	エチルアルコール	3.3 %
アセチレン	2.5 %	エチルエーテル	1.9 %
アセトアルデヒド	4.0 %	エチルベンゼン	0.8 %
アセトン	2.5 %	エチレン	2.7 %
アンモニア	15.0 %	塩化エチル	3.8 %
一酸化炭素	12.5 %	塩化ビニル	3.6 %
イソプレン	1.5 %	キシレン	1.1 %
イソプロピルアルコール	2.0 %	クメン	0.9 %
エタン	3.0 %	クロルメチル	8.1 %

(5) 容器破裂

圧力上昇に伴う容器等の破裂に関しては、破裂前後の圧力の違いから放出エネルギーを計算し、これと等価な TNT 火薬量 (TNT 当量) を求めて、式(17) によりある地点の爆風圧を推定することができる。破裂の際に放出されるエネルギーを求める式としては次のものがある⁹⁾。

① Brode の式 (1959)

$$E = \left(\frac{P - P_0}{\gamma - 1} \right) V \quad (28)$$

② Crowl の式 (1992)

$$E = PV \left[\ln \left(\frac{P}{P_0} \right) - \left(1 - \frac{P_0}{P} \right) \right] \quad (29)$$

ここで、

- E : 破裂により放出されるエネルギー (J)
- P : 破裂前の容器内圧力 (絶対圧 : Pa)
- P_0 : 破裂後の圧力 (=0.101 MPa=0.101×10⁶ Pa)
- V : 内容積 (m³)
- γ : 容器内の気体の比熱比

タンクの破裂を前提とした場合、タンク気相部の容積が大きい（タンク貯蔵量が少ない）ほど爆風圧の推定値は大きくなり、蒸気雲爆発を前提とした場合と逆の傾向を示す。また、推定値は貯蔵量が相当に少ない場合を除いて、蒸気雲爆発を前提としたほうが大きくなり安全側の評価といえる。

(6) 飛散物

容器の破裂による破片の飛散範囲は、破裂エネルギーのほか、破片の数、重量や形状、射出角度や初速度により異なってくる。

LPG 容器の BLEVE に伴う破片の飛散範囲に関しては、次のような簡易式が示されている。

$$L = 90M^{0.333} \quad (\text{容積 } 5\text{m}^3 \text{ 未満の容器})$$
$$= 465M^{0.10} \quad (\text{容積 } 5\text{m}^3 \text{ 以上の容器})$$

ただし、

- L : 破片の最大飛散範囲 (m)
 M : 破裂時の貯蔵物質量 (kg)

なお、プラントの異常反応に伴う容器破裂に関しては、上式は適用できないため、過去の事故事例などをもとに推定する。

参考文献

- 1) 佐藤公雄：揮発性液体の風による蒸発，安全工学, Vol.18, No.2, 1979
- 2) 坂上治郎：坂上式の拡散パラメータと二,三の計算式について，高圧ガス，Vol.19, No.4, 1982
- 3) 石油コンビナート防災診断委員会：石油コンビナート災害想定の手法（消防地第 180 号），1980
- 4) 湯本太郎他：大規模石油火災からの放射熱の推定，安全工学, Vol.21, No.4, 1982
- 5) 石油タンク等の災害想定について，石油公団・危険物保安技術協会, 2002
- 6) 安全工学協会編：安全工学講座 2・爆発, 1983
- 7) K. Hasegawa and K. Sato, : Study on the Fireball following Steam Explosion of n-Pentan, Proc. of the 2nd International Symposium on Loss Prevention and Safety Promotion in Process Industries, 1977
- 8) 高圧ガス保安協会：コンビナート保安・防災技術指針, 1974
- 9) CCPS AICHe : Guidelines for Vapor Cloud Explosion, Pressure Vessel Burst, BLEVE and Flash Fire Hazards Second Edition, 2010

参考資料 2 東北地方太平洋沖地震(M9.0)における地震動

独立行政法人港湾空港技術研究所の研究¹では2011年3月11日東北地方太平洋沖地震の際に地震記録が得られた強震観測地点と比べて、石油コンビナート防災区域におけるサイト増幅特性が大きく異なっており、サイト増幅特性の違いから2倍ぐらい揺れていた可能性もあるとの指摘がなされている。

この結果を踏まえて、実際に観測された地震動だけではなく、石油コンビナート防災区域の強震計が存在しない地点における事後推定波についても活用することとした。

2.1 仙台地区

仙台地区においては、独立行政法人港湾空港技術研究所の研究から、北航路地区、高松埠頭地区、高砂埠頭地区にある事業所とそれらの地区と栄地区に挟まれた事業所とではサイト増幅特性が異なる可能性がある。高砂埠頭における東北地方太平洋沖地震時の地震動は独立行政法人港湾空港技術研究所の研究により事後推定されている。

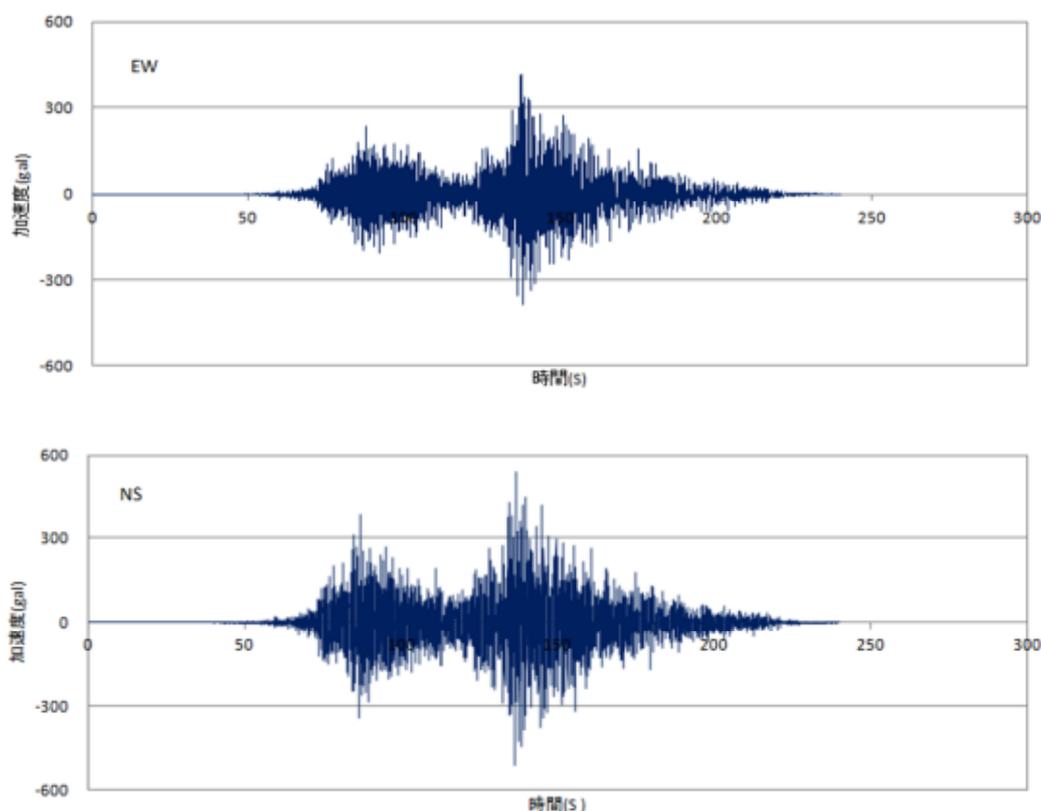


図 2.1 仙台港区高砂埠頭 東北地方太平洋沖地震の加速度時刻歴(工学的基盤 2E)
(独立行政法人港湾空港技術研究所のサイト²よりダウンロード)

¹ 2011年東北地方太平洋沖地震による仙台塩釜港（仙台港区）高砂埠頭における地震動の事後推定（第1版）
http://www.pari.go.jp/bsh/jbn-kzo/jbn-bsi/taisin/research_jpn/research_jpn_2011/jr_4051_rev1.html

² 2011年東北地方太平洋沖地震による仙台塩釜港（仙台港区）高砂埠頭における地震動の事後推定（第2版）
http://www.pari.go.jp/bsh/jbn-kzo/jbn-bsi/taisin/research_jpn/research_jpn_2011/jr_4052_rev2.html

(1) 北航路地区、高松埠頭地区、高砂埠頭地区にある事業所

北航路地区、高松埠頭地区、高砂埠頭地区にある事業所については、図 2.1 の加速度波形と各事業所から得られた地盤データと土質調査結果より、非線形の重複反射理論により地表面での加速度波形を求めた。地盤の非線形地震応答計算には(株)アーク情報システムの ArkQuake を用いた。

(2) 北航路地区、高松埠頭地区、高砂埠頭地区と栄地区に挟まれた事業所

当該地区においては、消防庁消防大学校消防研究センター(以下、消防研究センター)が 2011 年 3 月 11 日以前に当該地区の事業所内に地震計を設置しており、同年 3 月 9 日(M7.3)の地震動が得られている。これより港湾観測点サイト特性のコンビナート地区サイトへの補正が可能である。

図 2.2 に消防研究センターによる 3 月 9 日の地震動の波形を示す。

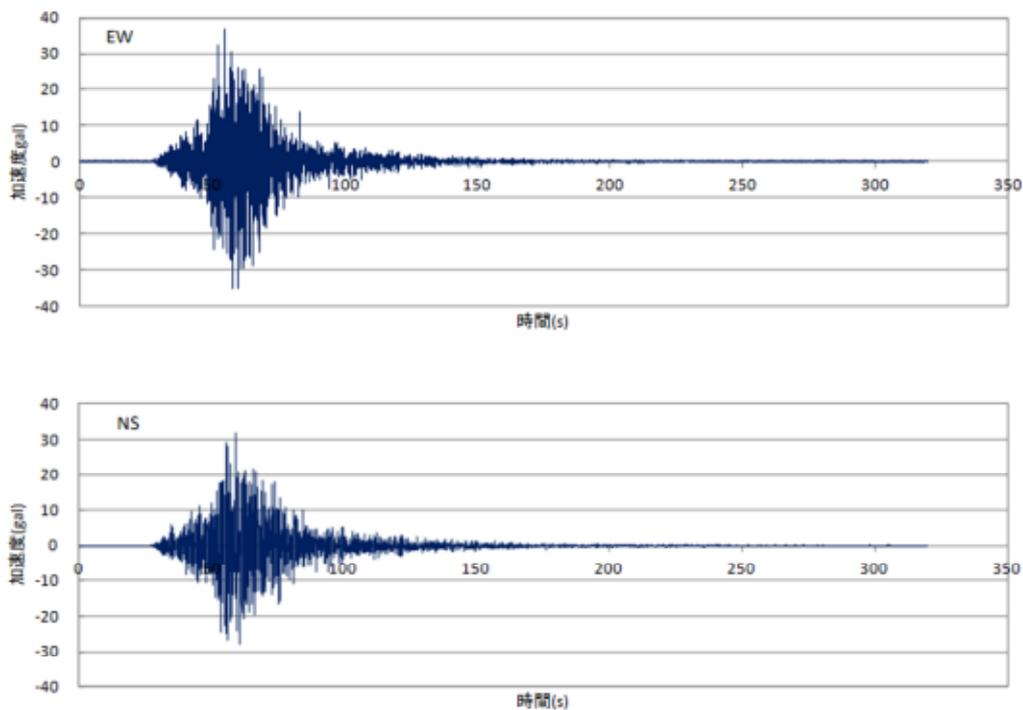


図 2.2 消防研究センター 2011 年 3 月 9 日の地震(M7.3)の加速度時刻歴
(消防研究センターご提供から加工)

また、港湾観測点としては、独立行政法人港湾空港技術研究所の観測点(仙台・G)において 3 月 9 日(M7.3)と東北地方太平洋沖地震時の加速度波形が得られている。図 2.3 に 3 月 9 日の加速度波形を、図 2.6 に東北地方太平洋沖地震時の加速度波形を示す。

A. 2011 年 3 月 9 日(M7.3)における工学的基盤のスペクトルの比較

図 2.2 と図 2.3 の観測記録からボーリングデータ等を用いて、非線形重複反射理論により、工学的基盤に戻して両者を比較する。

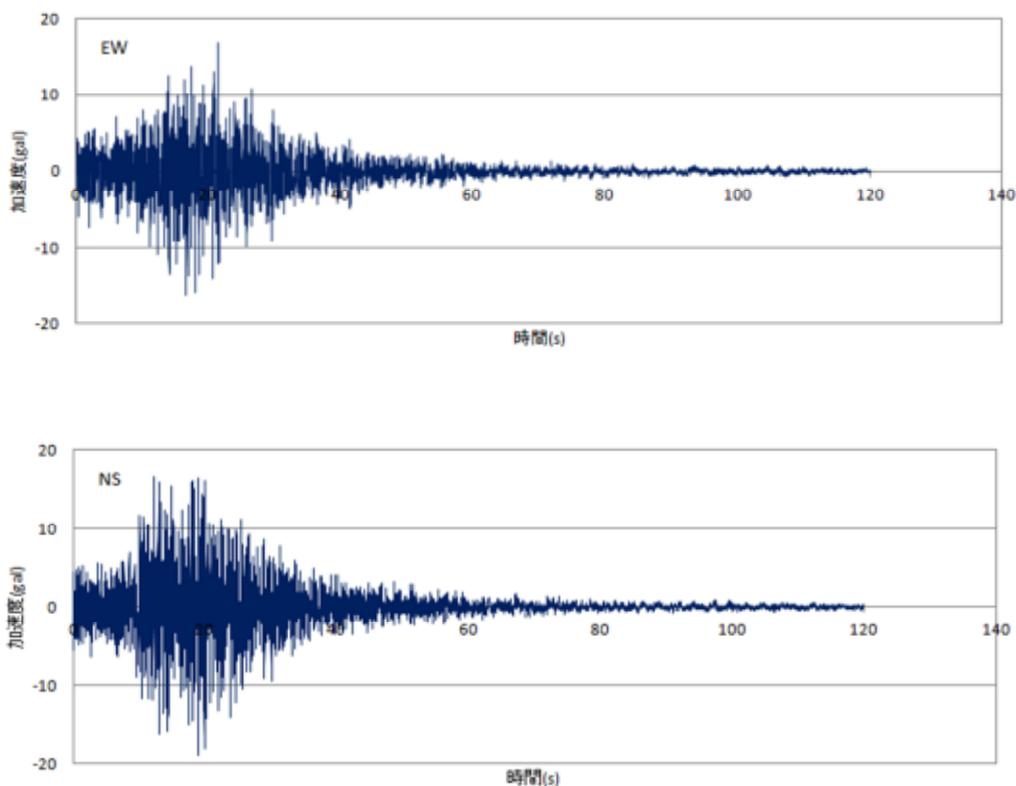
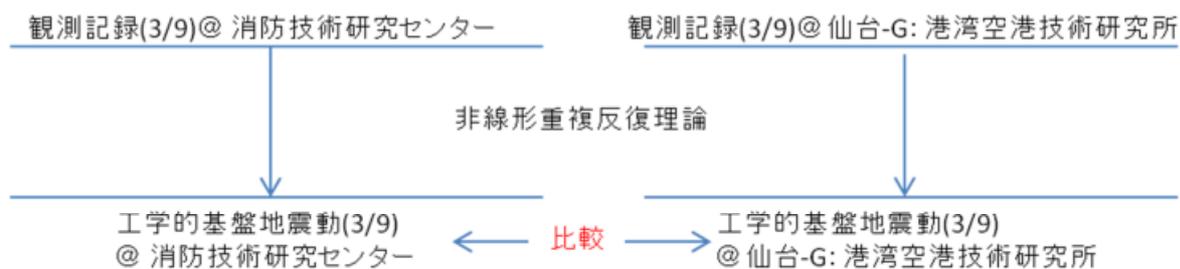


図 2.3 観測点(仙台-G)における加速度時刻歴(2011年3月9日(M7.3))
(港湾空港技術研究所 港湾地域強震観測のサイト³よりダウンロード)

B. 2011/3/11 における地震波形の推定

事業所における東北地方太平洋沖地震時の加速度波形の推定は以下のように行う。

2011年3月9日(M7.3)における工学的基盤のスペクトルの比較からスペクトル比(3/9)(事業所/仙台-G)を求めた。

³ <http://www.mlit.go.jp/kowan/kyosin/eq.htm>

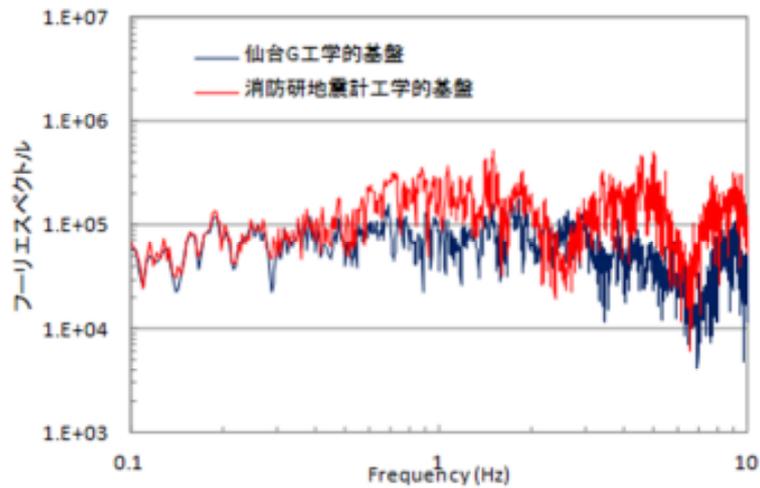


図 2.4 2011 年 3 月 9 日(M7.3)における工学的基盤のスペクトル

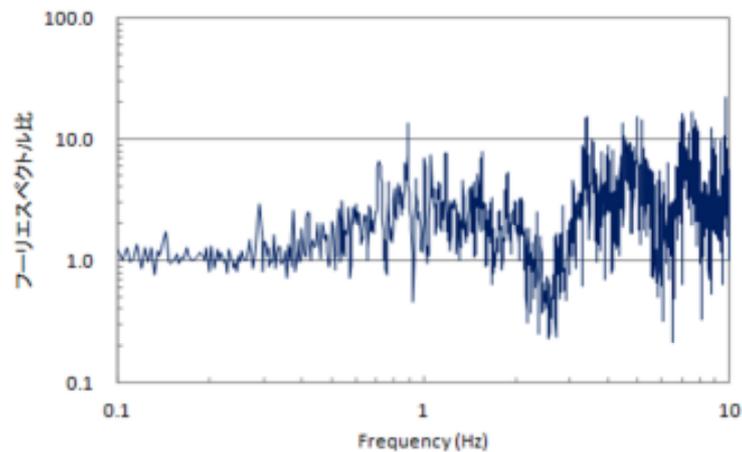


図 2.5 消防研究センター設置地震計/観測点(仙台-G)のスペクトル比

工学的基盤における地震波形(3/11)@仙台-G：港湾空港技術研究所のフーリエスペクトルにスペクトル比(事業所/仙台-G)を乗じて、観測記録(3/9)@事業所：消防研究センターのフーリエ位相を組み合わせ、逆フーリエ変換をして工学的基盤における地震波形@事業所(3/11)を推定する。ここで、工学的基盤における地震波形(3/11)@仙台-G：港湾空港技術研究所のフーリエスペクトルの計算においては、地震波形に関して、前半部分と後半部分に切り出して行った。切り出された前半部分と後半部分のフーリエスペクトルに事業所と仙台-Gのスペクトル比を乗じることにより、事業所におけるフーリエスペクトルを推定した。また、前半部分と後半部分の波形の足し合わせにおいては、前半部分と後半部分の各々に対応する S 波初動の間隔が仙台-Gと同様になるように足し合わせを行った。

工学的基盤における地震波形@事業所(3/11)から非線形性を考慮して地表面での地震波形(3/11)@事業所を推定した。

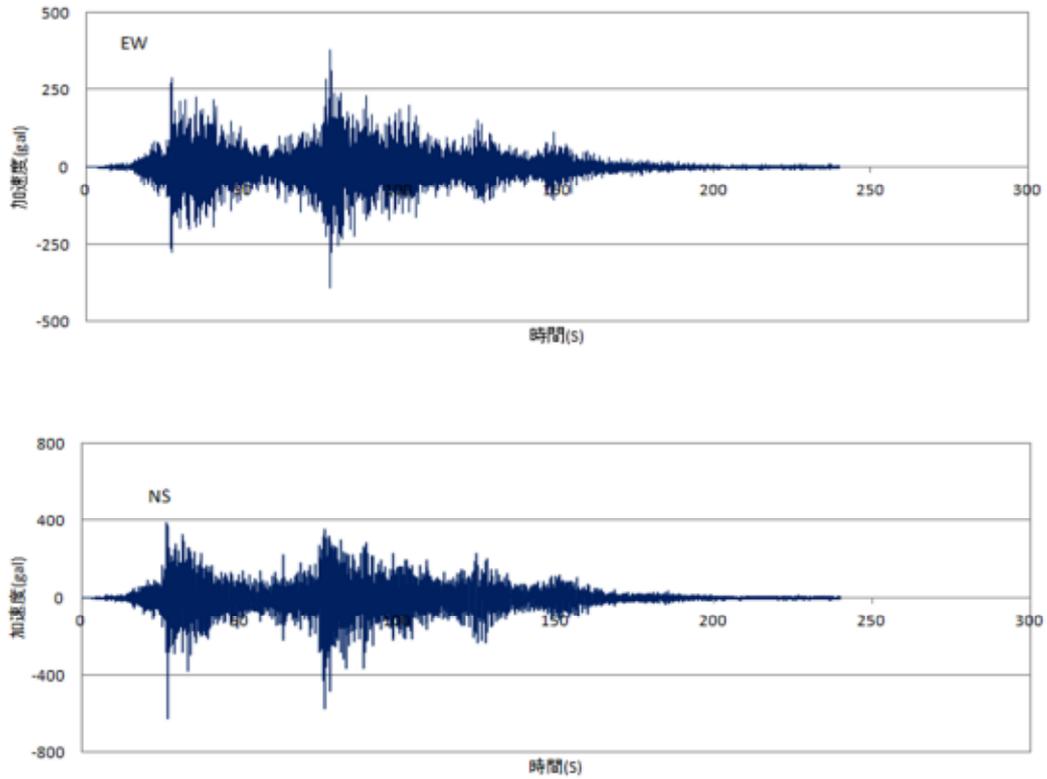


図 2.6 観測点(仙台-G)における加速度時刻歴(東北地方太平洋沖地震)
(港湾空港技術研究所 港湾地域強震観測のサイトよりダウンロード)

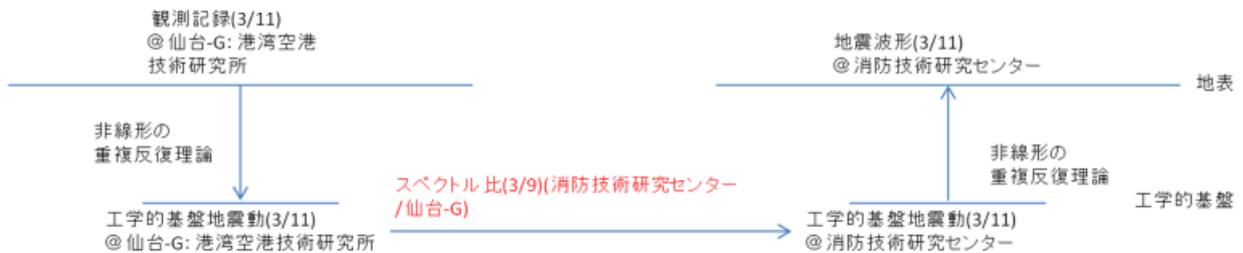


図 2.7 北航路地区、高松埠頭地区、高砂埠頭地区と栄地区に挟まれた事業所の推定手順

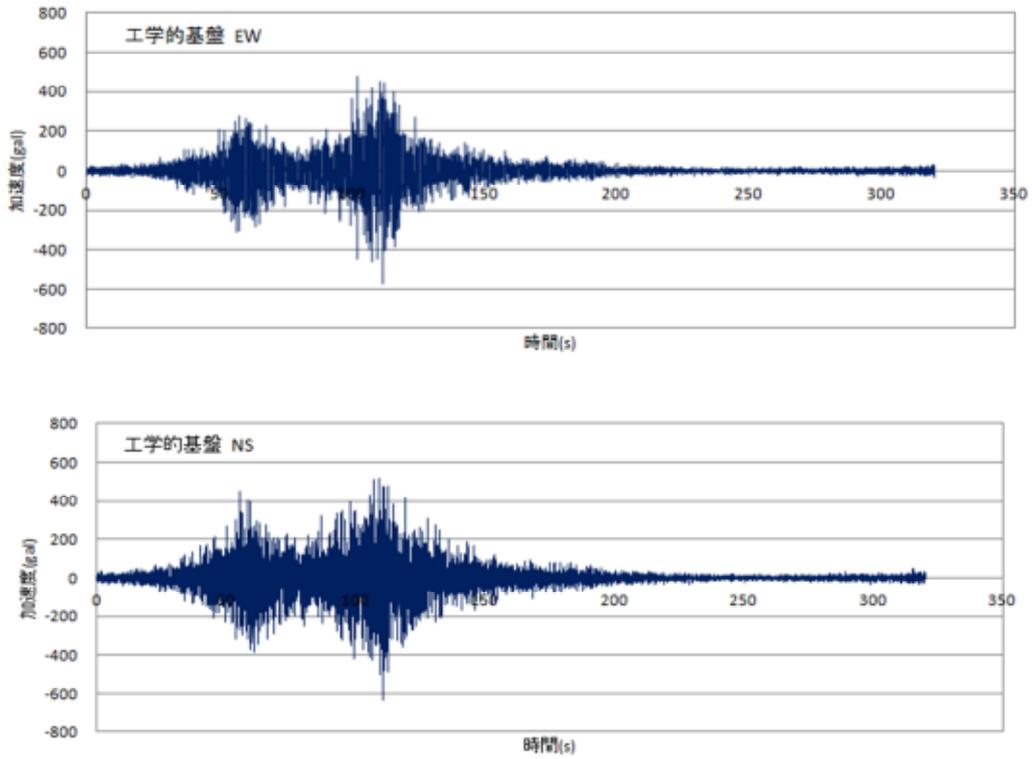


図 2.8 消防研究センターにより設置された当該地区の事業所内における工学的基盤での地震動の推定結果(東北地方太平洋沖地震)

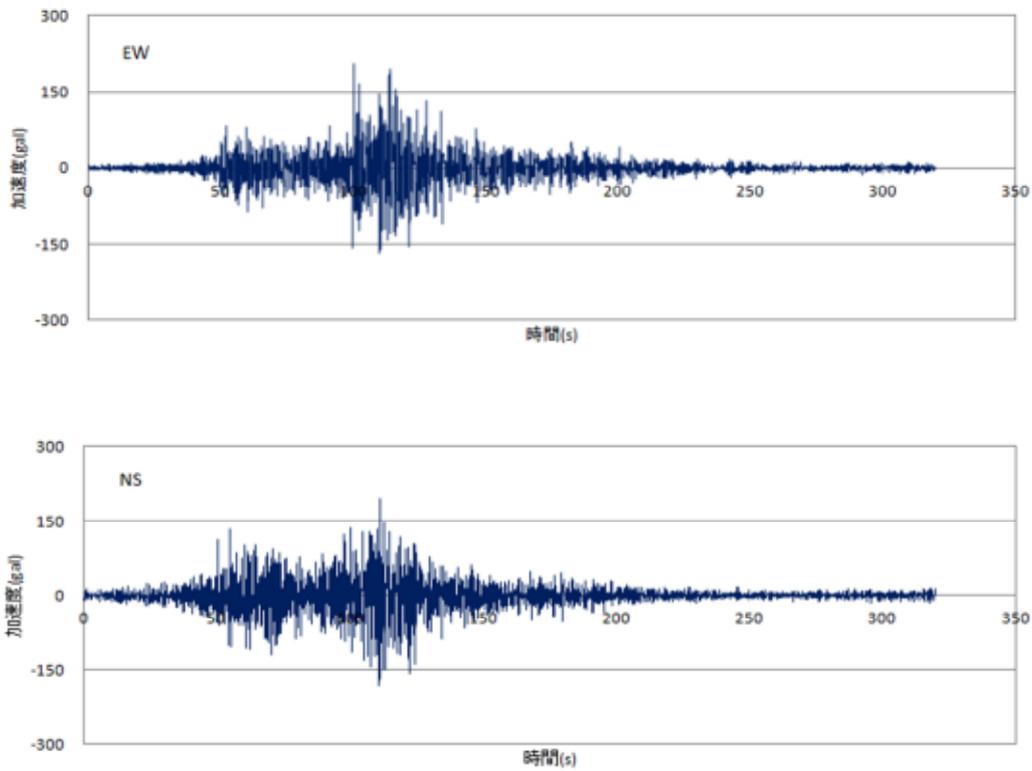


図 2.9 消防研究センターにより設置された当該地区の事業所内における地表での地震動の推定結果

2.2 塩釜地区

塩釜地区においては、国土交通省東北地方整備局仙台港湾空港技術調査事務所により東北地方太平洋沖地震時における塩釜港区貞山地区の地震動が推定されている。

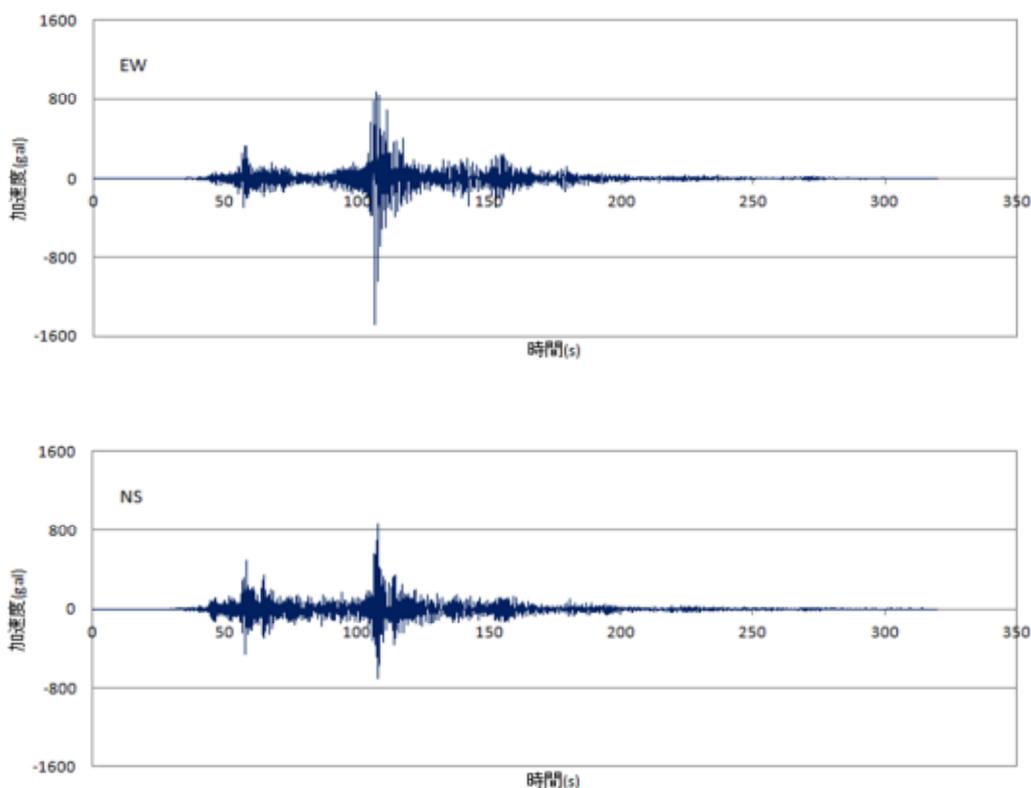


図 2.10 塩釜港区貞山地区 東北地方太平洋沖地震の加速度時刻歴(工学的基盤 2E)
(国土交通省東北地方整備局仙台港湾空港技術調査事務所ご提供)

塩釜地区の各事業所は貞山通 2 丁目と 3 丁目にあり、上記の事後推定が実施された地点の南に位置する。塩釜地区については図 2.10 の加速度波形と各事業所から得られた地盤データと土質調査結果より、非線形の重複反射理論により地表面での加速度波形を求めた。重復理論による計算には(株)アーク情報システムの ArkQuake を用いた。ここで、非線形の重複反射理論による計算における歪依存曲線には旧建設省土木研究所資料⁴による曲線を用いている。歪依存曲線においてはパラメータにより結果に幅が出てくることがある。

⁴ 建設省土木研究所資料 第 1778 号、「地盤の地震時応答特性の数値解法」

参考資料 3 評価対象施設

表 3.1 評価対象施設(危険物タンク)

①仙台地区

No.	貯蔵物質	類別	タンク形式	容量[kℓ]	タンク技術基準
1	原油	第4類・1石	浮屋根式	98,630	旧法・新基準
2	ガソリン	第4類・1石	浮屋根式	98,130	旧法・新基準
3	灯油	第4類・2石	浮屋根式	98,240	旧法・新基準
4	ガソリン	第4類・1石	浮屋根式	53,620	旧法・新基準
5	ガソリン	第4類・1石	浮屋根式	71,630	旧法・新基準
6	原油	第4類・1石	浮屋根式	98,060	旧法・新基準
7	灯油	第4類・2石	浮屋根式	97,960	旧法・新基準
8	灯油	第4類・2石	浮屋根式	98,240	旧法・新基準
9	軽油	第4類・2石	浮屋根式	53,360	旧法・新基準
10	ガソリン	第4類・1石	浮屋根式	53,370	旧法・新基準
11	原油	第4類・1石	浮屋根式	65,700	新法
12	原油	第4類・1石	浮屋根式	65,700	新法
13	原油	第4類・1石	浮屋根式	65,700	新法
14	原油	第4類・1石	浮屋根式	65,700	新法
15	原油	第4類・1石	浮屋根式	65,700	新法
16	原油	第4類・1石	浮屋根式	65,700	新法
17	原油	第4類・1石	浮屋根式	65,700	新法
18	軽油	第4類・2石	固定屋根式	513	旧法・新基準
19	重油	第4類・3石	固定屋根式	5,410	旧法・新基準
20	灯油	第4類・2石	内部浮屋根式	21,838	旧法・新基準
21	重油	第4類・3石	固定屋根式	22,480	旧法・新基準
22	重油	第4類・3石	固定屋根式	10,930	旧法・新基準
23	ベンゼン	第4類・1石	内部浮屋根式	5,282	旧法・新基準
24	ガソリン	第4類・1石	浮屋根式	5,540	旧法・新基準
25	ETBE	第4類・1石	内部浮屋根式	5,139	旧法・新基準
26	ガソリン	第4類・1石	浮屋根式	10,950	旧法・新基準
27	ガソリン	第4類・1石	内部浮屋根式	29,000	旧法・新基準
28	ガソリン	第4類・1石	浮屋根式	9,990	旧法・新基準
29	重油	第4類・3石	固定屋根式	10,890	旧法・新基準
30	軽油	第4類・2石	固定屋根式	5,410	旧法・新基準
31	重油	第4類・3石	固定屋根式	9,990	旧法・新基準
32	重油	第4類・3石	固定屋根式	22,436	旧法・新基準
33	重油	第4類・3石	固定屋根式	22,450	旧法・新基準
34	ガソリン	第4類・1石	浮屋根式	10,980	旧法・新基準
35	ガソリン	第4類・1石	内部浮屋根式	2,950	旧法・新基準
36	重油	第4類・3石	固定屋根式	980	旧法・新基準
37	軽油	第4類・2石	内部浮屋根式	21,936	旧法・新基準
38	軽油	第4類・2石	固定屋根式	22,430	旧法・新基準
39	軽油	第4類・2石	固定屋根式	19,180	旧法・新基準
40	軽油	第4類・2石	固定屋根式	17,018	旧法・新基準
41	ガソリン	第4類・1石	浮屋根式	11,200	旧法・新基準
42	ガソリン	第4類・1石	浮屋根式	19,990	旧法・新基準
43	ガソリン	第4類・1石	内部浮屋根式	28,992	旧法・新基準
44	灯油	第4類・2石	固定屋根式	29,730	旧法・新基準
45	トルエン	第4類・1石	内部浮屋根式	25,248	旧法・新基準
46	キシレン	第4類・2石	内部浮屋根式	22,886	旧法・新基準
47	重油	第4類・3石	固定屋根式	5,400	旧法・新基準
48	ナフサ	第4類・1石	浮屋根式	5,540	旧法・新基準
49	ガソリン	第4類・1石	内部浮屋根式	9,990	旧法・新基準
50	ガソリン	第4類・1石	浮屋根式	9,990	旧法・新基準

①仙台地区(続き)

No.	貯蔵物質	類別	タンク形式	容量[kℓ]	タンク技術基準
51	ガソリン	第4類・1石	浮屋根式	9,990	旧法・新基準
52	ガソリン	第4類・1石	浮屋根式	10,970	旧法・新基準
53	スロップ	第4類・1石	浮屋根式	9,990	旧法・新基準
54	重油	第4類・3石	固定屋根式	9,990	旧法・新基準
55	軽油	第4類・2石	固定屋根式	10,900	旧法・新基準
56	ガソリン	第4類・1石	内部浮屋根式	21,831	旧法・新基準
57	重油	第4類・3石	固定屋根式	22,393	旧法・新基準
58	軽油	第4類・2石	固定屋根式	22,450	旧法・新基準
59	ガソリン	第4類・1石	浮屋根式	10,950	旧法・新基準
60	ガソリン	第4類・1石	浮屋根式	5,550	旧法・新基準
61	重油	第4類・3石	固定屋根式	29,730	旧法・新基準
62	重油	第4類・3石	固定屋根式	29,780	旧法・新基準
63	重油	第4類・3石	固定屋根式	29,750	新法
64	重油	第4類・3石	固定屋根式	29,750	新法
65	重油	第4類・3石	固定屋根式	12,380	旧法・新基準
66	軽油	第4類・2石	固定屋根式	9,990	旧法・新基準
67	重油	第4類・3石	固定屋根式	21,920	旧法・新基準
68	減圧軽油	第4類・3石	固定屋根式	22,470	旧法・新基準
69	減圧軽油	第4類・3石	固定屋根式	22,520	旧法・新基準
70	重油	第4類・3石	浮屋根式	22,040	新法
71	硫黄	第2類	固定屋根式	4,750	—
72	硫黄	第2類	固定屋根式	10,000	—
73	ハイオクガソリン	第4類・1石	内部浮屋根式	980	準特定・新基準
74	レギュラーガソリン	第4類・1石	内部浮屋根式	4,950	新法
75	軽油	第4類・2石	固定屋根式	17,000	新法
76	灯油	第4類・2石	固定屋根式	17,000	新法
77	灯油	第4類・2石	固定屋根式	17,000	新法
78	レギュラーガソリン	第4類・1石	内部浮屋根式	9,707	新法
79	軽油	第4類・2石	固定屋根式	4,000	新法
80	ハイオクガソリン	第4類・1石	内部浮屋根式	4,000	新法
81	A重油	第4類・3石	固定屋根式	3,100	新法

②塩釜地区

No.	貯蔵物質	類別	タンク形式	容量[kℓ]	タンク技術基準
1	ガソリン	第4類・1石	内部浮屋根式	3,000	旧法・新基準
2	ハイオク	第4類・1石	内部浮屋根式	995	準特定・新基準
3	軽油	第4類・2石	固定屋根式	995	準特定・新基準
5	ハイオク	第4類・1石	固定屋根式	740	準特定・新基準
6	ガソリン	第4類・1石	内部浮屋根式	2,815	旧法・新基準
7	灯油	第4類・2石	固定屋根式	995	準特定・新基準
8	灯油	第4類・2石	固定屋根式	1,078	旧法・新基準
9	灯油	第4類・2石	固定屋根式	1,078	旧法・新基準
10	軽油	第4類・2石	固定屋根式	2,179	旧法・新基準
11	軽油	第4類・2石	固定屋根式	1,773	旧法・新基準
12	灯油	第4類・2石	固定屋根式	2,955	旧法・新基準
13	ガソリン	第4類・1石	内部浮屋根式	2,087	旧法・新基準
14	灯油	第4類・2石	固定屋根式	573	準特定・新基準
15	灯油	第4類・2石	固定屋根式	600	準特定・新基準
16	灯油	第4類・2石	固定屋根式	2,280	旧法・新基準
17	A重油	第4類・3石	固定屋根式	1,476	旧法・新基準
18	揮発油	第4類・1石	内部浮屋根式	1,413	旧法・新基準
19	並揮発油	第4類・1石	内部浮屋根式	2,100	新法
20	灯油	第4類・2石	固定屋根式	2,170	新法
21	LSA重油	第4類・3石	固定屋根式	3,910	新法
22	A重油	第4類・3石	固定屋根式	6,400	新法
23	A重油	第4類・3石	固定屋根式	6,000	新法
24	灯油	第4類・2石	固定屋根式	983	準特定・新基準
25	灯油	第4類・2石	固定屋根式	983	準特定・旧基準
26	灯油	第4類・2石	固定屋根式	983	準特定・新基準
27	灯油	第4類・2石	固定屋根式	983	準特定・旧基準
28	灯油	第4類・2石	固定屋根式	983	準特定・旧基準
29	灯油	第4類・2石	固定屋根式	983	準特定・旧基準
30	灯油	第4類・2石	固定屋根式	983	準特定・新基準
31	灯油	第4類・2石	固定屋根式	983	準特定・旧基準
32	軽油	第4類・2石	固定屋根式	980	準特定・新基準
33	軽油	第4類・2石	固定屋根式	980	準特定・新基準
34	高揮発油	第4類・1石	内部浮屋根式	990	準特定・新基準
35	軽油	第4類・2石	固定屋根式	980	準特定・新基準
36	軽油	第4類・2石	固定屋根式	1,850	旧法・新基準
37	ガソリン	第4類・1石	浮屋根式	2,350	新法
38	ガソリン	第4類・1石	浮屋根式	2,880	旧法・新基準
39	ジェット燃料	第4類・1石	浮屋根式	1,090	旧法・新基準
40	ジェット燃料	第4類・2石	固定屋根式	720	準特定・新基準
41	ジェット燃料	第4類・2石	固定屋根式	780	準特定・新基準
42	ジェット燃料	第4類・2石	固定屋根式	2,060	旧法・新基準
43	灯油	第4類・2石	固定屋根式	1,750	旧法・新基準
44	灯油	第4類・2石	固定屋根式	3,890	旧法・新基準
45	軽油	第4類・2石	固定屋根式	2,950	旧法・新基準
46	重油	第4類・3石	固定屋根式	2,960	旧法・新基準
47	重油	第4類・3石	固定屋根式	700	準特定・新基準
48	重油	第4類・3石	固定屋根式	712	準特定・新基準
49	重油	第4類・3石	固定屋根式	1,780	旧法・新基準
50	重油	第4類・3石	固定屋根式	980	準特定・新基準

②塩釜地区(続き)

No.	貯蔵物質	類別	タンク形式	容量[kℓ]	タンク技術基準
51	ハイオク	第4類・1石	内部浮屋根式	714	新法
52	ガソリン	第4類・1石	内部浮屋根式	1,542	新法
53	ガソリン	第4類・1石	内部浮屋根式	1,542	新法
54	軽油	第4類・2石	固定屋根式	2,272	新法
55	軽油	第4類・2石	固定屋根式	1,268	新法
56	JETA-1	第4類・2石	固定屋根式	724	新法
57	重油	第4類・3石	固定屋根式	860	新法
58	灯油	第4類・2石	固定屋根式	980	新法
59	重油	第4類・3石	固定屋根式	4,536	新法
60	重油	第4類・3石	固定屋根式	2,272	新法
61	灯油	第4類・2石	固定屋根式	3,425	新法
62	JETA-1	第4類・2石	固定屋根式	1,499	新法
63	ガソリン	第4類・1石	内部浮屋根式	980	新法
64	ハイオク	第4類・1石	内部浮屋根式	980	新法
65	A重油	第4類・3石	固定屋根式	992	準特定・新基準
66	A重油(北転)	第4類・3石	固定屋根式	992	準特定・新基準
67	LSA-1	第4類・3石	固定屋根式	992	準特定・新基準
68	JP-4	第4類・1石	固定屋根式	1,980	新法
69	軽油	第4類・2石	固定屋根式	2,260	新法
70	並揮	第4類・1石	内部浮屋根式	1,387	新法
71	灯油	第4類・2石	固定屋根式	4,920	新法
72	灯油	第4類・2石	固定屋根式	4,942	新法
73	並揮	第4類・1石	内部浮屋根式	1,490	新法
74	JETA-1	第4類・2石	固定屋根式	970	準特定・旧基準
75	LSA-1	第4類・3石	固定屋根式	970	準特定・旧基準
76	LSA-1	第4類・3石	固定屋根式	900	準特定・旧基準
77	軽油	第4類・2石	固定屋根式	2,800	新法
78	重油	第4類・3石	固定屋根式	800	準特定・旧基準
79	重油	第4類・3石	固定屋根式	800	準特定・旧基準
80	重油	第4類・3石	固定屋根式	2,000	旧法・新基準
81	重油	第4類・3石	固定屋根式	900	準特定・旧基準
82	重油	第4類・3石	固定屋根式	1,820	旧法・新基準

表 3.2 評価対象施設(高圧ガスタンク)

①仙台地区

NO.	貯蔵物質	タンク形式	貯蔵量[t]	温度[°C]	圧力[MPaG]
1	ブタン	球形	900	28	0.2254
2	プロピレン	球形	1,350	21	0.98
3	ブタン	球形	1,566	25	0.1764
4	ブタン	球形	1,044	24	0.1764
5	プロパン	球形	1,350	20	0.98
6	プロパン	球形	1,350	24	0.98
7	ブタン	球形	1,566	20	0.1862
8	プロピレン	球形	860	25	0.98
9	プロピレン	球形	860	25	0.98
10	プロピレン	球形	860	25	0.98
11	プロピレン	球形	860	25	0.98
12	プロピレン	球形	995	25	0.98
13	プロパン	LNG 地上	35,000	-41	0.0049
14	プロパン	LNG 地上	35,000	-41	0.0049
15	ブタン	LNG 地上	20,000	-4	0.0049
16	ブタン	LNG 地上	15,000	-4	0.0049
17	プロパン	LNG 地上	45,000	-41	0.0049
18	ブタン	LNG 地上	45,000	-41	0.0049
19	液化アンモニア	円筒横置、枕型	11	外気温相当	最高使用圧力 1.76(45°C時)
20	液化アンモニア	円筒横置、枕型	3	外気温相当	最高使用圧力 1.76(45°C時)
21	液化アンモニア	円筒横置、枕型	11	外気温相当	最高使用圧力 1.8(45°C時)
22	液化天然ガス	LNG 地上	73,120	-164	0.0245
23	液化天然ガス	LNG 地上	73,120	-164	0.0245
24	液化天然ガス	LNG 地下	36,000	-162	0.196
25	ブタン	円筒横置、枕型	90	常温	1.8
26	ブタン	円筒横置、枕型	90	常温	1.8
27	都市ガス	球形	8	常温	0.97

②塩釜地区

NO.	貯蔵物質	タンク形式	貯蔵量[t]	温度[°C]	圧力[MPaG]
1	プロパン	円筒横置、枕型	30	23	1.1
2	ブタン	円筒横置、枕型	20	22	0.35
3	プロパン	円筒横置、枕型	50	23	1.1

表 3.3 評価対象施設(プラント)

①仙台地区

No.	施設・装置名	施設区分	取扱危険物			取扱可燃性ガス		取扱毒性物質	
			物質名	類別	最大滞留量 [kℓ]	物質名	最大滞留量 [t]	物質名	最大滞留量 [t]
1	集中合理化装置群及び重油間接脱硫装置群	危険物製造所, 他	原油	第4類・1石	470	循環ガス	6	硫化水素	0
2	残油流動接触分解装置群	危険物製造所, 他	灯油、軽油	第4類・2石	227	LPG	117	硫化水素	0
3	重油直接脱硫装置群	危険物製造所, 他	重油	第4類・3石	260	水素	36	硫化水素	0
4	ガソリン脱硫装置	危険物製造所, 他	ガソリン	第4類・1石	70	水素	16	-	-
5	連続触媒再生式接触改質装置群	危険物製造所, 他	ガソリン	第4類・1石	85	LPG	28	-	-
6	高純度プロピレン精留装置	高圧ガス製造施設	-	-	-	プロピレン	149	-	-
7	第2ガスタービン複合発電設備	発電施設	潤滑油	第4類・4石	30	LPG	17	-	-
8	1号発電設備	発電施設	タービン油	第4類・4石	107				
9	3号発電設備	発電施設	軽油	第4類・2石	200				

②塩釜地区

該当なし

参考資料 4 危険物施設における事故発生状況

表 4.1 危険物施設における事故発生状況(最近 10 年間)

年	事故種別等	製造所	貯蔵所							取扱所			
			屋内貯蔵所	屋外タンク貯蔵所	屋内タンク貯蔵所	地下タンク貯蔵所	簡易タンク貯蔵所	移動タンク貯蔵所	屋外貯蔵所	給油取扱所	移送取扱所	一般取扱所	
2004	火災	件数	33	6	1	0	1	0	10	0	37	0	107
		発生率	66.00	1.11	0.13	0.00	0.08	0.00	1.26	0.00	4.61	0.00	114.40
	漏洩	件数	11	2	40	10	64	0	65	0	84	6	77
		発生率	22.00	0.37	5.29	7.00	5.36	0.00	8.19	0.00	10.46	48.43	10.36
2005	火災	件数	27	2	4	0	0	0	7	0	26	0	122
		発生率	54.15	0.37	0.54	0.00	0.00	0.00	0.89	0.00	3.31	0.00	16.55
	漏洩	件数	10	1	61	3	76	0	73	1	81	6	80
		発生率	20.06	0.19	8.22	2.15	6.50	0.00	9.33	0.83	10.31	48.82	10.86
2006	火災	件数	35	0	3	0	1	0	5	0	40	0	139
		発生率	70.30	0.00	0.41	0.00	0.09	0.00	0.65	0.00	5.19	0.00	19.07
	漏洩	件数	19	0	52	5	71	1	66	0	78	8	75
		発生率	38.16	0.00	7.12	3.65	6.22	7.29	8.53	0.00	10.12	64.72	10.29
2007	火災	件数	27	5	4	0	0	0	1	0	27	1	104
		発生率	53.65	0.94	0.56	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	3.56	8.20	14.53
	漏洩	件数	20	0	99	12	78	0	56	0	77	12	89
		発生率	39.74	0.00	13.80	9.02	7.04	0.00	7.37	0.00	10.15	98.44	12.43
2008	火災	件数	23	4	5	0	0	0	1	0	27	0	117
		発生率	45.51	0.75	0.71	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	3.65	0.00	16.58
	漏洩	件数	17	1	52	7	66	0	62	0	84	7	90
		発生率	33.64	0.19	7.38	5.42	6.11	0.00	8.34	0.00	11.36	57.80	12.75
2009	火災	件数	30	1	4	0	0	0	4	0	30	0	93
		発生率	58.81	0.19	0.58	0.00	0.00	0.00	0.55	0.00	4.18	0.00	13.41
	漏洩	件数	19	1	50	6	54	0	68	1	67	9	86
		発生率	37.25	0.19	7.20	4.79	5.15	0.00	9.42	0.89	9.34	74.88	12.40
2010	火災	件数	40	2	1	0	0	0	4	0	29	0	103
		発生率	78.29	0.38	0.15	0.00	0.00	0.00	0.57	0.00	4.16	0.00	15.09
	漏洩	件数	16	2	56	3	55	0	42	3	69	9	102
		発生率	31.32	0.38	8.20	2.45	5.39	0.00	5.99	2.70	9.90	75.69	14.95
2011	火災	件数	30	6	2	0	0	0	2	0	29	1	119
		発生率	58.75	1.16	0.30	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	4.28	8.51	17.73
	漏洩	件数	26	1	62	8	55	0	52	2	79	16	95
		発生率	50.92	0.19	9.23	6.74	5.55	0.00	7.58	1.81	11.67	136.17	14.16
2012	火災	件数	27	2	5	1	0	0	6	0	29	0	128
		発生率	52.93	0.39	0.76	0.86	0.00	0.00	0.88	0.00	4.38	0.00	19.36
	漏洩	件数	25	1	81	6	48	0	48	0	59	11	96
		発生率	49.01	0.20	12.28	5.16	5.01	0.00	7.05	0.00	8.91	95.49	14.52
2013	火災	件数	32	2	2	0	0	0	6	0	22	0	124
		発生率	62.71	0.39	0.31	0.00	0.00	0.00	0.89	0.00	3.42	0.00	19.23
	漏洩	件数	25	1	73	5	46	0	60	0	56	9	101
		発生率	48.99	0.20	11.22	4.38	5.07	0.00	8.87	0.00	8.71	78.47	15.66

※1 消防庁各年中の「危険物に係る事故の概要」より作成

※2 発生率は危険物施設 1 万施設あたりの発生件数を表す。発生率における施設数は各年 3 月 31 日現在の完成検査済証交付施設数。

※3 2011 年、2012 年においては岩手県陸前高田市消防本部及び福島県双葉地方広域市町村圏組合消防本部の管内の分のみ平成 22 年 3 月 31 日現在のデータを用いられている。

表 4.2 特別防災区域の特定事業所における事故発生状況(最近 6 年間)

年	事故種別	危険物施設(高圧混在施設も含む)						高圧ガス施設
		製造所	屋内貯蔵所	屋外タンク貯蔵所	移動タンク貯蔵所	移送取扱所	一般取扱所	
2008	火災	10	0	3	0	0	20	2
	爆発	1	0	0	0	0	5	0
	漏洩	26	0	22	1	5	25	2
	その他	2	0	5	0	1	3	2
	合計	39	0	30	1	6	53	6
2009	火災	16	0	4	0	0	18	1
	爆発	2	0	0	0	0	3	0
	漏洩	21	0	23	0	8	28	1
	その他	1	0	2	1	0	1	2
	合計	40	0	29	1	8	50	4
2010	火災	21	0	1	0	0	20	1
	爆発	0	0	0	0	0	1	1
	漏洩	17	0	27	0	8	33	4
	その他	0	0	2	0	0	2	1
	合計	38	0	30	0	8	56	7
2011	火災	11	1	0	0	1	22	1
	爆発	2	0	1	0	0	1	0
	漏洩	21	0	31	0	8	23	6
	その他	1	2	0	0	1	3	1
	合計	35	3	32	0	10	49	8
2012	火災	11	0	3	0	0	28	3
	爆発	2	0	0	0	0	1	0
	漏洩	22	0	44	4	5	30	1
	その他	2	0	6	0	1	1	0
	合計	37	0	53	4	6	60	4
2013	火災	12	0	2	0	0	22	0
	爆発	2	0	0	0	0	1	0
	漏洩	22	0	36	1	9	32	3
	その他	1	0	4	0	0	3	1
	合計	37	0	42	1	9	58	4

※1 消防庁各年中の「石油コンビナート等特別防災区域の特定事業所における事故概要」より作成

参考資料 5 施設調査（アンケート調査）の概要

1. 調査対象施設

調査対象とする施設は以下の①～⑥に該当する施設です。

① 危険物タンク

- 第4類危険物を貯蔵する屋外タンク貯蔵所で、容量500kl以上のもの（特定タンク及び準特定タンク）
- 毒性危険物（表1に該当）を貯蔵する全ての屋外タンク貯蔵所

② ガスタンク

- 可燃性ガスを貯蔵するガスタンク（高圧ガス保安法に係る貯槽、電気事業法及びガス事業法に係る貯槽またはガスホルダー）
- 毒性ガス（表1に該当）を貯蔵する全てのガスタンク

③ 毒性液体タンク

- 危険物、高圧ガスのいずれにも該当しない毒性液体（表1に該当）を貯蔵したすべてのタンク（プラント内の貯槽、小容量の容器等は除く）

表1 毒性物質

石油コンビナート等災害防止法で指定された毒物・劇物	毒物	四アルキル鉛、シアン化水素、フッ化水素
	劇物	アクリロニトリル、アクロレイン、アセトンシアンヒドリン、液体アンモニア、エチレンクロルヒドリン、塩素、クロルスルホン酸、硅フッ化水素酸、臭素、発煙硝酸、発煙硫酸
その他の毒性物質		硫化水素、硫黄、ホスゲン

④ プラント

- 全ての危険物製造所
- 全ての高圧ガス製造施設
- 発電設備（自家発用の発電設備は除く）

⑤ タンカー棧橋

- 石油類の入出荷用タンカー棧橋
- LPG入出荷用タンカー棧橋
- LNG入出荷用タンカー棧橋

⑥ パイプライン

下記のうち、事業所間を結ぶ導配管、またはタンカー棧橋に接続する入出荷用

配管

○危険物の移送取扱所

○可燃性ガス導管

2.調査期間

調査期間は次のとおりです。

平成 26 年 7 月 31 日～平成 26 年 9 月 16 日

3.調査対象事業所

調査対象事業所は次のとおりです。

J X 日鉱日石エネルギー（株） 仙台製油所

全農エネルギー(株)仙台石油基地

東北電力（株） 新仙台火力発電所

東邦アセチレン（株） 多賀城工場

(株)仙台サンソセンター

仙台市ガス局港工場

EMG マーケティング合同会社塩釜油槽所

カメイ物流サービス(株)

出光興産(株)塩釜油槽所

昭和シェル石油(株)塩釜油槽所

東西オイルターミナル(株)塩釜油槽所

富士興産（株） 塩釜油槽所

3.データ作成要領

(1)危険物タンク

ア.地図上の識別番号

地図に記入した識別番号(1,2,3,・・・の通番)

イ.固有の施設記号

事業所で固有の施設記号(例えば T-001 など)があれば記入してください。

現在休止中または建設中の施設についてもデータを記入し、施設記号の横に「休止」または「建設」と記入してください(建設中の施設については可能な範囲でご記入ください)。

ウ.貯蔵物質(物質名、類別、内容物の実液比重、毒物・劇物)

貯蔵物質の名称と消防法上の類別(例：第4類・第1石油類)を記入してください。名称は略称を避け、一般名を用いてください。

また、表1の毒性物質について、下記の該当する番号を記入してください。

- 毒物・劇物に該当しない : 1
- 毒物・劇物に該当する : 2

表1 毒性物質

石油コン ピナート 等災害防 止法で指 定された 毒物・劇物	毒物	四アルキル鉛、シアン化水素、フッ化水素
	劇物	アクリロニトリル、アクロレイン、アセトン シアンヒドリン、液体アンモニア、エチレン クロルヒドリン、塩素、クロルスルホン酸、 硅フッ化水素酸、臭素、発煙硝酸、発煙硫酸
その他の毒性物質		硫化水素、硫黄、ホスゲン

エ.形式

タンクの形式について該当する番号を記入してください。

- 固定屋根式 : 1
- 浮き屋根式 : 2
- 内部浮き屋根式 : 3

オ.規模(容量、直径、高さ、重量、最高液面高さ)

①容量、直径、高さ、重量

許可申請時の貯蔵最大数量[kl]、タンク直径[m]、タンク高さ[m]、タンク重量 [ton]を記入してください。

カ.液面(自主管理油高の上限値、自主管理油高の下限値)

①自主管理油高の上限値

自主管理油高の上限値[m]を記入してください（地震による液面揺動の評価に用います）。

②自主管理油高の下限値

自主管理油高の下限値[m]を記入してください（津波による浮き上り、移動の評価に用います）。

キ.仕切堤・防油堤(仕切堤有無、仕切堤高さ、仕切堤面積、防油堤高さ、防油堤面積、地盤の液状化対策の有無等)

仕切堤の有無、仕切堤高さ、仕切堤面積、仕切堤における地盤の液状化対策の有無、防油堤高さ、防油堤面積、防油堤における地盤の液状化対策の有無、防油堤の漏洩防止措置の実施状況について、該当する番号または数値を記入してください。

①仕切堤有無 ○仕切堤あり : 1

 ○仕切堤なし : 2

②仕切堤高さ、仕切堤面積、防油堤高さ及び防油堤面積

仕切堤（ある場合）及び防油堤のタンク部分も含めた面積[m²]を記入してください。

複数のタンクが1つの防油堤で囲まれている場合には、それぞれのタンクについて同じ防油堤面積(タンク部分も含めた全体の面積)を記入してください。

③仕切堤、防油堤における地盤の液状化対策の有無

 ○対策あり : 1

 ○対策なし : 2

③防油堤の漏洩防止措置の実施状況

次の中から該当する番号を記入してください。

○漏洩防止措置済 : 1

○漏洩防止措置未 : 2

○該当なし(目地等なし) : 3

注)防油堤の漏洩防止措置とは、平成10年3月20日付け消防危32号「防油堤の漏洩防止措置等について」による目地等の強化措置を指します。

ク.接続配管(最大配管の呼び径、フランジボルト数)

タンクに接続されている配管で、直径が最大のものの呼び径(A)[mm]とフランジボルト数(タンク直近のフランジ1箇所について)を記入してください。フランジボルト数が不明の場合は、フランジ規格（JIS5k、JIS10k、JPIクラス150等）をご記入下さい。

ケ.ドレイン配管

ドレイン配管（タンクで最大のもの）の呼び径[mm]をご記入下さい。

コ. タンクの設置許可年月日

タンクの設置許可年月日を記入してください。

サ.技術基準

「危険物の規制に関する政令」に定める技術上の基準について、次の中から該当する番号を記入してください。

- 新法 : 1
- 旧法・新規準 : 2
- 旧法・旧基準 : 3
- 準特定・新基準 : 4
- 準特定・旧基準 : 5
- 特定外 : 6

注)新法：昭和 52 年の技術基準(現行基準)に適合する特定タンク

旧法・新規準：平成 6 年の新基準に適合する旧法タンク(第 1 段階基準を含む)

旧法・旧基準：平成 6 年の旧法新基準に適合しないか適合調査中の旧法タンク

準特定・新基準：平成 11 年の新基準に適合する準特定タンク

準特定・旧基準：平成 11 年の新基準に適合しない準特定タンク

特定外：容量 500kl 未満の屋外タンク貯蔵所

シ.遮断設備(設備有無、駆動源、停電時操作性)

遠隔による開閉操作が可能な受払弁または緊急遮断弁の有無、駆動源、停電時(送電及び非常用を除く自家発電設備のいずれも停止したとき、以下同様)の操作性について、次の中から該当する番号を記入してください。

- ①設備有無
 - 設備あり : 1
 - 設備なし : 2
- ②駆動源
 - 電力 : 1
 - 空気 : 2
 - その他 : 3
- ③停電時操作性
 - 自動閉止(電力喪失時に自動閉止するもの) : 1
 - 操作可能 : 2
 - 操作可能(手動操作により) : 3
 - 操作不能 : 4

ス.固定泡消火設備(設備有無、停電時操作性)

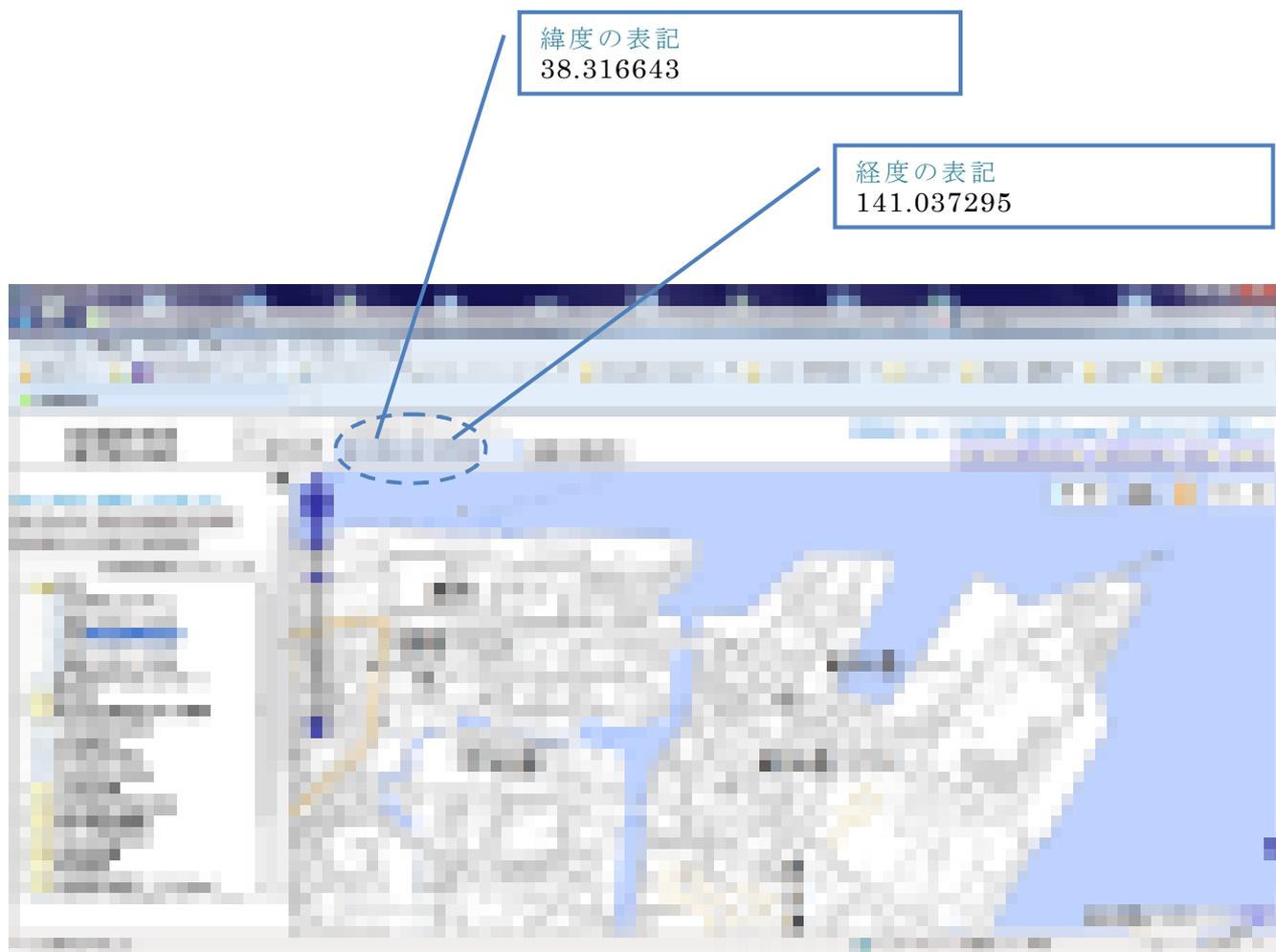
設備有無、停電時操作性について、次の中から該当する番号を記入してください。

- ①設備有無
 - 設備あり : 1
 - 設備無し : 2
- ②停電時操作性
 - 操作可能 : 1
 - 操作可能(手動操作により) : 2
 - 操作不能 : 3

※ データの記入数値については、地図閲覧サービス（国土地理院）を参照し、入手願います。

(<http://watchizu.gsi.go.jp/>)

緯度経度情報の入力数値



(2)ガスタンク

ア.地図上の識別番号

地図に記入した識別番号(1,2,3,……の通番)

イ.固有の施設記号

事業所で固有の施設記号(例えば T-001 など)があれば記入してください。

現在休止中または建設中の施設についてもデータを記入し、施設記号の横に「休止」または「建設」と記入してください(建設中の施設については可能な範囲でご記入ください)。

ウ.貯蔵物質(物質名、種別、内容物の実液比重)

貯蔵物質の名称を記入してください。名称は略称を避け、**一般名**を用いてください。また、貯蔵ガスの種別(適用法規に基づく)について、次の中から該当する番号を記入してください。

- 可燃性 : 1
- 毒性 : 2
- 可燃性・毒性 : 3

エ.形 式

タンクの形式について、次の中から該当する番号を記入してください。

- 球形タンク : 1
- 円筒横置タンク(枕型含む) : 2
- LNG 地上タンク : 3
- LNG 地下タンク : 4
- その他平底タンク : 5

オ.規 模

タンクの規模について、形式ごとに次の内容を記入してください。

- 球形タンク : 貯蔵量[t]、直径[m]、重量 [ton]
- 円筒平底タンク : 貯蔵量[t]、直径[m]、高さ[m]、重量 [ton]
- 円筒横置タンク : 貯蔵量[t]、重量 [ton]

カ.防液堤

防液堤を設置している場合は、防液堤の高さ[m]、防液堤面積(タンク部分も含めた面積) [m²]、防液堤における地盤の液状化対策の有無を記入してください。面積については複数のタンクが1つの防液堤で囲まれている場合には、それぞれのタンクについて同じ値(防液堤全体の面積)を記入してください。

キ.貯蔵状態(温度、圧力、状態)

貯蔵温度[°C]、貯蔵圧力[ゲージ圧 : MPa]を記入してください。貯蔵圧力は、常用の圧力

(圧力が変動する場合はその変動範囲のうちの最高の圧力) とします。

また、状態については以下の該当する番号を記入してください。

○液 体 : 1

○気 体 : 2

ク.接続配管(最大配管の呼び径、フランジボルト数)

タンクに接続されている配管で、直径が最大のものの呼び径(A)[mm]とフランジボルト数(タンク直近のフランジ1箇所について)を記入してください。

フランジボルト数が不明の場合は、フランジ規格 (JIS5k、JIS10k、JPI クラス 150 等) をご記入下さい。また、溶接配管の場合は「溶接」とご記入下さい。

ケ.タンクの設置許可年月日

タンクの設置許可年月日を記入してください。

コ.遮断設備(設備有無、駆動源、停電時操作性)

遠隔により開閉操作が可能な受払弁または緊急遮断弁の有無、駆動源、停電時操作性について、次の中から該当する番号を記入してください。

①設備有無 ○設備あり : 1

○設備なし : 2

②駆動源 ○電 力 : 1

○空 気 : 2

○その他 : 3

③停電時操作性 ○自動閉止 (電力喪失時に自動閉止するもの) : 1

○操作可能 : 2

○操作可能(手動操作により) : 3

○操作不能 : 4

サ.移送設備(設備有無、停電時操作性)

緊急時に内容物を他のタンクに移送するための設備の有無、停電時操作性について、次の中から該当する番号を記入してください。

①設備有無 ○設備あり : 1

○設備なし : 2

②停電時操作性 ○操作可能 : 1

○操作可能(手動操作により) : 2

○操作不能 : 3

シ.除害設備(設備有無、設備種類、停電時操作性)

内容物が毒性ガス又は可燃性・毒性ガスの場合、漏洩時に毒性を除害(または拡散を防止)

するための設備の有無、種類、停電時操作性について、次の中から該当する番号を記入してください。

- ①設備有無 ○設備あり : 1
 ○設備なし : 2
- ②設備種類 ○吸引除害 : 1
 ○散水希釈 : 2
 ○その他 : 3
- ③停電時操作性 ○操作可能 : 1
 ○操作可能(手動操作により) : 2
 ○操作不能 : 3

ス.設置場所

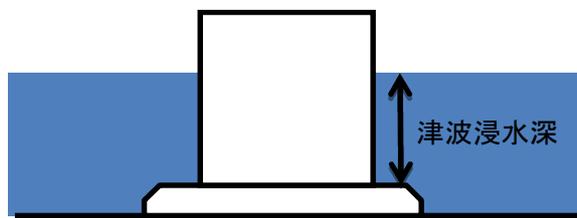
内容物が毒性ガス又は可燃性・毒性ガスの場合、設置場所について次の中から該当する番号を記入してください。

- 屋 外 : 1
- 屋 内 : 2

セ 東日本大震災におけるタンク設置位置での津波浸水深

東日本大震災におけるタンク設置位置での最大の津波浸水深[m]について記入してください。

「津波浸水深」とは、津波の浸水時における表面からタンク底板までの深さ（下図参照）です。



図：津波浸水深の定義

ソ タンクの設置位置の緯度・経度

タンクの設置位置の緯度・経度のデータを記入ください。

緯度・経度データは、タンクの中心位置で、小数表記、小数点第6位までを記入ください

※ データの記入数値については、地図閲覧サービス（国土地理院）を参照し、入手願います。

(<http://watchizu.gsi.go.jp/>)

(3)毒性液体タンク

ア.地図上の識別番号

地図に記入した識別番号(1,2,3,……の通番)

イ.固有の施設記号

事業所で固有の施設記号(例えば T-001 など)があれば記入してください。

現在休止中または建設中の施設についてもデータを記入し、施設記号の横に「休止」または「建設」と記入してください(建設中の施設については可能な範囲でご記入ください)。

ウ.貯蔵物質(物質名、内容物の実液比重)

貯蔵物質の名称を記入してください。名称は略称を避け、一般名を用いてください。

エ.形 式

タンクの形式について、次の中から該当する番号を記入してください。

- 円筒平底タンク : 1
- 円筒横置タンク (枕型含む) : 2
- その他 : 3

オ.規 模(容量、最大液面高さ)

タンクの容量[kl]と最大液面高さ[m]を記入してください。

カ.防液堤

防液堤の高さ[m]、防液堤の面積(タンク部分を含めた面積) [m²]、地盤の液状化対策の有無を記入してください。面積については複数のタンクが1つの防液堤で囲まれている場合には、それぞれのタンクについて同じ面積値(防液堤全体の面積)を記入してください。

キ.貯蔵状態(温度、圧力、水溶液濃)

貯蔵温度[°C]、貯蔵圧力[ゲージ圧:MPa]を記入してください。水溶液として貯蔵している場合には濃度[重量%]も記入してください。

ク.接続配管(最大配管の呼び径、フランジボルト数)

タンクに接続されている配管で、直径が最大のものの呼び径(A)[mm]とフランジボルト数(タンク直近のフランジ1箇所について)を記入してください。

フランジボルト数が不明の場合は、フランジ規格(JIS5k、JIS10k、JPIクラス150等)をご記入下さい。また、溶接配管の場合は「溶接」とご記入下さい。

ケ.タンクの設置許可年月日

タンクの設置許可年月日を記入してください。

コ.遮断設備(設備有無、駆動源、停電時操作性)

東日本大震災におけるタンク設置位置での最大の津波浸水深[m]について記入してください。

ソ タンクの設置位置の緯度・経度

タンクの設置位置の緯度・経度のデータを記入ください。

緯度・経度データは、タンクの中心位置で、小数表記、小数点第 6 位までを記入ください

※ データの記入数値については、地図閲覧サービス（国土地理院）を参照し、入手願います。

(<http://watchizu.gsi.go.jp/>)

(4)プラント

ア.地図上の識別番号

地図に記入した識別番号(1,2,3,……の通番)

イ.固有の施設記号

事業所で固有の施設記号(例えば T-001 など)があれば記入してください。

現在休止中または建設中の施設についてもデータを記入し、施設記号の横に「休止」または「建設」と記入してください(建設中の施設については可能な範囲でご記入ください)。

ウ.施設・装置名

プラントの名称を記入してください(例：常圧蒸留装置、水添脱硫装置、発電設備)。

エ.施設区分

施設の区分について該当する番号を記入してください。

- 危険物製造所 : 1
- 高圧ガス製造設備 : 2
- 発電設備 : 3

オ.設置許可年月日

設置許可年月日を記入してください。

カ.取扱危険物

代表的な危険物の塔槽類(取扱危険物の滞留量が最大のユニット)について、以下の内容を記入してください。ユニットのバウンダリは、緊急時に遮断弁などによりブロック化できる範囲と定義します(以下同様)。

①物質名

②類別(消防法上の類別(例：第4類・第1石油類)、**内容物の実液比重**)

③最大滞留量：代表的な塔槽類の滞留量[kl]

④処理温度：代表的な塔槽類の処理温度[℃]

⑤処理圧力：代表的な塔槽類の処理圧力[ゲージ圧：MPa]

※処理温度や処理圧力に幅がある場合は、常用の最大値としてください(以下同様)。

⑥接続配管(最大配管の呼び径、フランジボルト数)

：ユニットに接続する配管で直径が最大のものの呼び径(A)[mm]とフランジボルト数(ユニット直近のフランジ1箇所について)を記入してください。

※フランジボルト数が不明の場合は、フランジ規格(JIS5k、JIS10k、JPIクラス150等)をご記入下さい。また、溶接配管の場合は「溶接」とご記入下さい(以下同様)。

⑦取扱状態：液体:1 気体:2

キ.取扱可燃性ガス

代表的な可燃性ガスの塔槽類（取扱可燃性ガスの滞留量が最大のユニット）について、以下の内容を記入してください。

①物質名、**内容物の実液比重**

②最大滞留量：代表的な塔槽類の滞留量[t]

③処理温度：代表的な塔槽類の処理温度[℃]

④処理圧力：代表的な塔槽類の処理圧力[ゲージ圧：MPa]

⑤接続配管(最大配管の呼び径、フランジボルト数)

：ユニットに接続する配管で直径が最大のものの呼び径(A)[mm]とフランジボルト数(ユニット直近のフランジ1箇所について)を記入してください。

⑥取扱状態：液体:1 気体:2

ク.取扱毒性危険物

代表的な毒性危険物の塔槽類（取扱危険物の滞留量が最大のユニット）について、以下の内容を記入してください。

①物質名

②類別（消防法上の類別(例：第4類・第1石油類)、**内容物の実液比重**)

③最大滞留量：代表的な塔槽類の滞留量[kl]

④処理温度：代表的な塔槽類の処理温度[℃]

⑤処理圧力：代表的な塔槽類の処理圧力[ゲージ圧：MPa]

※処理温度や処理圧力に幅がある場合は、常用の最大値としてください（以下同様）。

⑥接続配管(最大配管の呼び径、フランジボルト数)

：ユニットに接続する配管で直径が最大のものの呼び径(A)[mm]とフランジボルト数(ユニット直近のフランジ1箇所について)を記入してください。

※フランジボルト数が不明の場合は、フランジ規格（JIS5k、JIS10k、JPI クラス 150等）をご記入下さい。また、溶接配管の場合は「溶接」とご記入下さい（以下同様）。

⑦取扱状態：液体:1 気体:2

ケ.取扱毒性ガス

代表的な毒性ガスの塔槽類（取扱毒性ガスの滞留量が最大のユニット）について、以下の内容を記入してください。

①物質名、**内容物の実液比重**

②最大滞留量：代表的な塔槽類の滞留量[t]

③処理温度：代表的な塔槽類の処理温度[℃]

④処理圧力：代表的な塔槽類の処理圧力[ゲージ圧：MPa]

⑤接続配管(最大配管の呼び径、フランジボルト数)

：ユニットに接続する配管で直径が最大のものの呼び径(A)[mm]とフラン

ジボルト数(ユニット直近のフランジ1箇所について)を記入してください。

- ⑥取扱状態 : 液体:1 気体:2
⑦可燃性 : 可燃:1 不燃:2

コ.遮断設備(設備有無、駆動源、停電時操作性)

遠隔による開閉操作が可能な受払弁または緊急遮断弁の有無、駆動源、停電時(送電及び非常用を除く自家発電設備のいずれも停止したとき、以下同様)の操作性について、次の中から該当する番号を記入してください。

- ①設備有無 ○設備あり : 1
 ○設備なし : 2
②駆動源 ○電 力 : 1
 ○空 気 : 2
 ○その他 : 3
③停電時操作性 ○自動閉止 (電力喪失時に自動閉止するもの) : 1
 ○操作可能 : 2
 ○操作可能(手動操作により) : 3
 ○操作不能 : 4

サ.固定泡消火設備(設備有無、停電時操作性)

設備有無、停電時操作性について、次の中から該当する番号を記入してください。

- ①設備有無 ○設備あり : 1
 ○設備なし : 2
②停電時操作性 ○操作可能 : 1
 ○操作可能(手動操作により): 2
 ○操作不能 : 3

シ.移送設備(設備有無、停電時操作性)

緊急時に内容物を他のタンクに移送するための設備の有無、停電時操作性について、次の中から該当する番号を記入してください。

- ①設備有無 ○設備あり : 1
 ○設備なし : 2
②停電時操作性 ○操作可能 : 1
 ○操作可能(手動操作により): 2
 ○操作不能 : 3

ス.除害設備(設備有無、設備種類、停電時操作性)

内容物が毒性の場合、漏洩時に毒性を除害(または拡散を防止)するための設備の有無、種類、停電時操作性について、次の中から該当する番号を記入してください。

- ①設備有無 ○設備あり : 1
 ○設備なし : 2
- ②設備種類 ○吸引除害 : 1
 ○散水希釈 : 2
 ○その他 : 3
- ③停電時操作性 ○操作可能 : 1
 ○操作可能(手動操作により) : 2
 ○操作不能 : 3

セ.設置場所

設置場所について次の中から該当する番号を記入してください。

- 屋 外 : 1
○屋 内 : 2

(5)タンカー棧橋

ア.地図上の識別番号

地図に記入した識別番号(1,2,3,……の通番)

イ.施設区分

施設の区分について該当する番号を記入してください。

- 入荷施設 : 1
- 出荷施設 : 2
- 入出荷施設 : 3

ウ.取扱物質

取扱物質について該当する番号を記入してください。また、内容物の実液比重を記入してください。

石油の場合には、物質名と類別も記入してください。その他可燃性ガス・毒性ガスの場合は物質名を記入してください。

- 石油（物質名・類別） : 1
- LPG : 2
- LNG : 3
- その他可燃性・毒性ガス : 4

また、貯蔵物質の種別（適用法規に基づく）について、次の中から該当する番号を記入してください。

- 可燃性 : 1
- 毒性 : 2
- 可燃性・毒性 : 3

エ.年間の利用状況（平均入出荷回数、平均入出荷時間）

年間の入出荷回数（最近1年間の実績）と1回あたりの入出荷に要する平均時間を記入してください。

オ.移送配管（最大配管の呼び径、フランジボルト数、敷設場所）

受入・払出配管で最大直径の配管の呼び径(A)[mm]とフランジボルト数(フランジ1箇所について)、配管の敷設場所を記入してください。敷設場所は、次の中から該当する番号を記入してください。

- 地上 : 1
- 地中／海底 : 2

カ.移送ポンプ（送出圧力、配管内の流量）

移送ポンプの送出圧力[ゲージ圧:MPa]と配管内の流量[m³/h]を記入してください。

船側のポンプの場合も最大の送出圧力と流量を記入してください。

キ.遮断設備（設備有無、操作方法、駆動源、停電時操作性）

遠隔により開閉操作が可能な受払弁または緊急遮断弁の有無、操作方法、駆動源、停電時操作性について、次の中から該当する番号を記入してください。

- ①設備有無 ○設備あり : 1
 ○設備なし : 2
- ②操作方法 ○制御室で遠隔操作 : 1
 ○棧橋付近で遠隔操作 : 2
 ○その他 : 3
- ③駆動源 ○電 力 : 1
 ○空 気 : 2
 ○その他 : 3
- ④停電時操作性 ○自動閉止（電力喪失時に自動閉止するもの） : 1
 ○操作可能 : 2
 ○操作可能(手動操作により) : 3
 ○操作不能 : 4

ク.消火設備（設備有無、停電時操作性）

泡消火設備などの消火設備の有無と、停電時操作性について、次の中から該当する番号を記入してください。

- ①設備有無 ○設備あり : 1
 ○設備なし : 2
- ②停電時操作性 ○操作可能 : 1
 ○操作可能(手動操作により) : 2
 ○操作不能 : 3

ケ.水幕設備（設備有無、停電時操作性）

水幕設備（ウォーターカーテン）の有無と、停電時操作性について、次の中から該当する番号を記入してください。

- ①設備有無 ○設備あり : 1
 ○設備なし : 2
- ②停電時操作性 ○操作可能 : 1
 ○操作可能(手動操作により) : 2
 ○操作不能 : 3

コ.オイルフェンス

タンカー着棧時のオイルフェンスの展張について、次の中から該当する番号を記入してください。

- 入出荷時には常に展張 : 1

○漏洩発生時に展張 : 2

(6)パイプライン

ア.地図上の識別番号

地図に記入した識別番号(1,2,3,……の通番)

イ.施設区分

施設の区分について該当する番号を記入してください。

- 危険物配管 : 1
- 高圧ガス導管 : 2
- その他 : 3

ウ.敷設場所

次の中から該当する番号を記入してください。

- 地上 : 1
- 地下 : 2

エ.配管仕様（総延長、呼び径、フランジボルト数）

導配管の総延長 [m]、呼び径(A) [mm] (管径が最大となる箇所について) を記入してください。また、フランジ部がある場合は、フランジボルト数の代表値（最頻値）を記入してください。

オ.取扱条件

導配管の取扱条件について以下の内容を記入してください。値に幅がある場合は、常用の最大値としてください。

- ①取扱物質名（類別）：危険物の場合には類別も記入してください。
- ②流量 [m³/h]
- ③移送圧力 [ゲージ圧：MPa]
- ④取扱温度[°C]
- ⑤取扱状態：液体:1 気体:2

※ 圧力や温度に幅がある場合は、常用の最大値としてください。

カ.遮断設備（設備有無、操作方法、駆動源、停電時操作性）

遠隔により開閉操作が可能な受払弁または緊急遮断弁の有無、操作方法、駆動源、停電時操作性について、次の中から該当する番号を記入してください。

- ①設備有無
 - 設備あり : 1
 - 設備なし : 2
- ②操作方法
 - 制御室で遠隔操作 : 1
 - 栈橋付近で遠隔操作 : 2
 - その他 : 3

- ③ 駆動源
- 電 力 : 1
 - 空 気 : 2
 - その他 : 3
- ④ 停電時操作性
- 自動閉止（電力喪失時に自動閉止するもの） : 1
 - 操作可能 : 2
 - 操作可能(手動操作により) : 3
 - 操作不能 : 4

キ.液状化対策

液状化対策の実施状況について、次の中から該当する番号を記入してください。

- 液状化対策実施済み : 1
- 液状化対策未実施 : 2
- 非液状化地盤 : 3
- 調査中 : 4

用語説明

(1) 危険物関連用語

○新法タンクと旧法タンク

昭和 52 年改正の危険物の規制に関する政令施行後に設置許可申請された特定タンクを新法タンク、それ以前に設置許可申請された特定タンクを旧法タンクという。

○特定タンクと準特定タンク

容量 1,000kL 以上のタンクを特定タンクといい、500kL 以上 1,000kL 未満のタンクを準特定タンクという。

○旧法・新基準タンクと旧法・旧基準タンク

平成 6 年の基準強化に適合するタンクを旧法・新基準タンク、適合しないタンクを旧法・旧基準タンクという。

○準特定・新基準タンクと準特定旧基準タンク

平成 11 年に技術基準が制定され、これに適合するものを準特定・新基準タンク、適合しないものを準特定・旧基準タンクという。

○固定屋根式タンク

タンクの屋根と側板が固定され一体となっている屋外貯蔵タンク。一般に揮発損失が比較的少ない重油、灯油、軽油等の貯蔵に用いられる。

○浮き屋根式タンク

屋根が貯蔵物液面に浮いており、液面とともに上下するタンクであり、フローティング・ルーフ・タンクとも呼ばれている。屋根が固定式の円すい（錐）屋根（式）タンクに比べ、貯蔵油の蒸発損失を少なくし、蒸気相をなくして安全性を保つことから、原油、ガソリンなどの揮発性石油類の貯蔵に多く用いられる。

○内部浮き蓋付きタンク

側板に固定され屋根のほかに、タンク内部に浮蓋構造を有するもの。

○仕切堤

防油堤と同様に危険物が屋外貯蔵タンクから漏れた場合に、その流出を防止するためタンク周辺に設ける堤のことで危険物法令で設置が義務付けられたものである。

容量が 1 万 kL 以上のタンクごとに設置する必要がある。

○防油堤

危険物が屋外貯蔵タンクから漏れた場合に、その流出を防止するためタンク周辺に設ける堤のことで危険物法令で設置が義務付けられたものである。防油堤内に設定する屋外タンクは 10 基(防油堤内

に設置するすべての屋外貯蔵タンクの容量が 200kL 以下で、かつ、当該屋外貯蔵タンクにおいて貯蔵し、又は取り扱う危険物の引火点が 70 度以上 200 度未満である場合には 20 基以下)で、防油堤容量は最大タンク容量の 110%以上が必要である。

○防液堤

可燃性ガス、毒性ガスまたは酸素の液化ガスの貯槽の周囲に設ける堤である。

施設の貯槽能力により一般高圧保安規則、液化石油ガス保安規則、コンビナート保安規則、冷凍保安規則で設置が義務付けられている。

○流出油等防止堤

1 万 kL 以上の屋外タンク貯蔵所を有する事業所において、流出油の拡大を防止するため敷地内にすべての防油堤を囲むように設ける堤のことで、石油コンビナート等災害防止法により設置が義務付けられている。流出油等防止堤の容量は最大の防油堤の容量以上で、地盤面からの高さが 0.3m 以上である必要がある。

(2) 防災アセスメント関連用語

○イベントツリー解析(ETA)

ある発端となる初期事象からスタートして、これが最終的な事象に発展していく過程を枝分かれ式に展開して解析する手法。初期事象が発生する確率、ある事象が次の事象に分岐する確率を与えることにより、中間あるいは最終の事象がどの程度の確率で起こりうるかといった定量的な解析も可能となる。

○リスク

事故などの事象について、危険性の度合いを定量的に評価するための尺度で、一般に事象が発生する可能性（起こり易さ）と、事象が発生した場合の影響の大きさとの積で表されることが多い。

○フラジリティ関数

地震による建造物の被害率を推定するとき、被害の発生率が正規分布で表せると仮定し、地震動強さの関数としてモデル化する方法が良く用いられる。このような関数をフラジリティ関数（フラジリティ曲線）といい、基本的には過去の被害調査に基づいて作成される。

(3) 災害現象関連用語

○ガス爆発（蒸気雲爆発）

可燃性蒸気雲の燃焼現象。火炎に乱れがあり可燃物と空気が混合された状態で爆発するため、火炎伝播速度が非常に大きい。

○フラッシュ火災

可燃性蒸気雲の燃焼で火炎伝搬速度が比較的遅く過圧が無視できるもの。爆風圧よりも放射熱が問題となる。

○ファイヤーボール

密閉された可燃性のガスや蒸気などが空気に触れた途端、急激に球状の炎を形成する現象。LPGタンクが BLEVE により破損した場合には巨大なファイヤーボールが形成され、主に放射熱によって周囲に大きな影響を与える恐れがある。

○ボイルオーバー

注水等によりタンクの下部に貯まった水が、その後の燃焼で温度が上がり沸騰しタンクから水蒸気とともに燃焼している危険物が急激に噴き出す現象をいう。

(4) 地震関連用語

○液状化指数(PL 値)

PL 値はある地点の液状化の可能性を総合的に判断しようとするものであり、各土層の液状化強度(せん断応力に対する強度)を深さ方向に重みをつけて足し合わせた値である。

○スロッシング

液体容器の振動により引き起こされる内容液の液面揺動をいう。

具体的な現象としては地震の際のタンクの液面揺動ならびに船舶に積載されているタンクの液面揺動等があり、地震動の周期がタンク内容液の振動固有周期と近似する場合には、液体のいつ(溢)流に至るほどの大きな液面揺動が発生する可能性は高くなる。

(5) 津波関連用語

○津波高(津波の高さ)

津波による水位上昇と、その時の潮位(天文潮)との差。なお、「波高」は津波による水位上昇と下降との差をいい、津波高とは異なる。

○浸水深

津波で水没したときの地面から水面までの高さ。ただし、タンクの場合はタンク基礎からの高さ。