

1. 高圧ガス施設等耐震設計基準の変遷について

1.1 国の基準の変遷

関東大地震 69 年±13 年周期説(故川角説)への対応などを背景として、新設高圧ガスプラントの耐震化対策および既設高圧の耐震化対策の推進するため、昭和 56 年 10 月に「高圧ガス設備等耐震設計基準」(「耐震告示」「告示515号」とも呼ばれる)が制定されるとともに、昭和 56 年から昭和 59 年にかけて「既存高圧ガス設備の耐震性向上対策について」(通達)が出された。

この耐震設計の考え方は重要施設(石油コンビナート設備や原子力発電所などの大規模産業施設と一般施設)の耐震設計に初めて、重要度、垂直方向震度評価などの考え方を導入した。

1.2 通商産業省告示515号(高圧ガス施設等耐震設計基準)の制定(昭和 56 年 10 月)

耐震設計をすべき塔槽類を規定し(容量、機器サイズ)、保有すべき耐震性能を要求するものであり、耐震性能評価基準は材料の応力基準は降伏応力としている。

(弾性設計)〔対象機器〕 TL(塔の正接線長さ) $\geq 5\text{m}$ 、貯蔵能力 $\geq 3\text{t}$ 又は 300m^3

なお、設計地震動として、水平震度 K_H 、垂直震度 K_V の 2 方向を考慮している。個々の設計地震動を求めるときに、重要度、地域係数、表層地盤増幅係数を用いて算出することとしている。

・設計地震動(水平震度 K_H 、垂直震度 K_V) の規定

$$K_H = 0.150 \beta_1 \beta_2 \beta_3$$

$$K_V = 0.075 \beta_1 \beta_2 \beta_3$$

ここに、 β_1 は重要度に基づく係数(重要度: I a、I、II、III)

$$\beta_1 = 1.0(\text{重要度: I a}), \beta_1 = 0.80(\text{重要度: I}),$$

$$\beta_1 = 0.65(\text{重要度: II}), \beta_1 = 0.50(\text{重要度: III})$$

なお、重要度は、貯槽能力、ガスの種類(可燃性・毒性)および貯槽類の外側から事業所の境界線までの距離により決定。

$$\beta_2 \text{ は地域係数(地域係数: 1.0、0.8、0.6、0.4)}$$

なお、神奈川県内は全域 $\beta_2 = 1.0$ (特A地域)

$$\beta_3 \text{ は表層地盤増幅係数(第1種地盤: 1.4、第2～第4種地盤: 2.0)}$$

・応答解析

a) 第一設計地震動の応答解析は、修正震度法(告示第6条)又はモード解析法(告示第7条)

(重要度 II および III は鉛直方向省略可)

水平方向の応答解析において時刻歴応答解析法を許容

b) 重要度 II および III の設備のうち、規模の小さいもの(*)は静的震度法による解析を許容

*重要度 II および III の設備のうち、静的震度法による解析を許容しているもの(告示第4条第2項)

塔 類: ベースプレートからの高さ < 20m

球形貯槽: 貯蔵能力 < 80t

平底円筒形貯槽: 外径・側板部の高さ < 10m

横置円筒形貯槽: 貯蔵能力 < 100t

1.3 兵庫県南部地震を踏まえた見直し等(平成9年6月)

平成7年に発生した兵庫県南部地震において低温二重殻LPガス貯槽配管からのガス漏洩、これに伴う避難勧告の教訓を踏まえて、耐震設計対象物として配管が追加され、また、耐震性能の評価基準として2段階設計を行うこととなった。(H9. 6. 12(H9.09.04.12 立局第6号))

◇H7年兵庫県南部地震を踏まえた対象範囲の見直し(配管の追加)

告示第1条の2(配管の適用範囲)を追加

<冷凍則>

- ・外径45mm以上に適用(1.5B以上の配管が対象)
- ・内容積が3m³以上のものに適用
- ・塔槽類に接続されているもの

<液石則>

- ・地震防災遮断弁で区切られた内容積が3m³以上のもの
- ・塔槽類から地震防災遮断弁までのもの

◇2段階地震動(レベル1、レベル2)による設計を導入

従前の設計地震動はレベル1とし、発生頻度の稀な地震を新たにレベル2地震動と定義し、レベル2地震動に対しては、内容物の漏洩は認められないが構造物の塑性変形を認めることとしている。(終局強度設計)

告示第1条の3(保有すべき耐震性能)追加

- ・従前の基準をレベル1地震動と定義して弾性設計基準とした。
 - ・新たにレベル2地震動(従来の地震加速度の2倍)を定義し、レベル2地震動および地盤変状に対して塑性変形は認めるも気密性の確保を要求(対象:重要度Ia、Iの構造物)
- [評価基準] 応答塑性率<許容塑性率

設計修正水平震度 K_{MH}

$$K_{MH} = \beta_5 K_H = 0.150 \mu_K \beta_1 \beta_2 \beta_3 \beta_5 \quad (\mu_K \geq 2.0)$$

$$K_{MV} = \beta_6 K_V = 0.075 \mu_K \beta_1 \beta_2 \beta_3 \beta_6 \quad (\mu_K \geq 2.0)$$

β_5 : 水平方向の応答倍率 β_6 : 鉛直方向の応答倍率

μ_K : 地震動のレベルに基づく係数で、レベル1地震動では1.0、レベル2地震動では2.0以上

1.4 東日本大震災を踏まえた見直し等

平成23年3月に発生した東日本大震災とその被害を契機として、耐震告示の一部見直しがされ、液面揺動(スロッシング)に関する事項の見直し、球形貯槽の鋼管ブレース交差部の技術基準が新たに設定された。

◇長周期地震動の地域係数及び耐震性能評価方法等の改正〔耐震告示〕

液面揺動に大きく影響する長周期地震動の特性を反映した地域係数を設定するとともに、近年の地震学の知見や建設基準法の改正状況等を踏まえて、地震動や許容応力の算定方法等を一部改正

地域係数等 : 平成23年10月31日公布(平成24年4月1日施行)

経過措置等 : 平成23年12月21日公布(平成24年4月1日施行)

◇高圧ガス設備等耐震設計基準の運用及び解釈について〔内規〕

長周期地震動による耐震性能評価方法等の変更に伴う運用・解釈を変更
(平成 24 年3月 16 日改正(平成 24 年4月1日施行))

◇鋼管ブレース交差部の技術基準の追加〔耐震告示・内規〕

大規模地震の発生に備えた対応として、耐震告示に鋼管ブレースの交差部分にかかる応力の算出
方法や許容応力の評価方法を追加(平成 25 年 11 月 29 日公布、平成 26 年1月1日施行)

2. 神奈川県耐震設計基準制定の背景と変遷

2.1 神奈川県における高圧ガス施設等耐震設計基準制定の背景

◇「高圧ガス施設等耐震設計基準」の制定(昭和 48 年)〔第一次〕

神奈川県が高圧ガス設備の耐震性確保に着目したのは、昭和 39 年(1964 年)の新潟地震における石油
製油所のタンク火災をはじめ高圧ガス設備の被害状況や地盤の液化化現象の調査を実施したことに端を
発した。

当時の高圧ガス取締法は高圧ガス設備の耐震設計は建築基準法の静的震度法を用いて耐震設計を確
保するという考え方で、極端に言えば一般建築物の震度係数0.2で設計すればよいということであった。

新潟地震以降、高圧ガス設備については静的震度係数0.3以上とする上乗せ、さらに、重要度分類、
地盤の液化化、長周期地震動に関するスロッシングの影響なども考慮する要因として神奈川県商工部工業
課高圧ガス班の中で今後の高圧ガス設備の耐震設計の在り方について議論がなされた。

その後、故川角廣氏(東京大学地震研究所)による「南関東大地震 69 年発生周期説」が唱えられ、この
地震は鎌倉での地震被害調査の記録から周期説が成り立つといふかなり先鋭的な主張であった。

その内容は 1991 年を中心に±13 年の範囲内で地震が発生するというもので、この説によれば神奈川
県域は1978年から大地震の発生危険期に入るとを意味し国会でも取り上げられたことも影響し、神奈川
工業課は、柴田碧氏(東京大学)をはじめ機械、建築、土木、安全工学等の学識者を招請し、「神奈川県耐
震設計委員会」を設け検討を重ねた結果、全国に先駆けて昭和 48 年(1973年)(仮称)“第一次”「高圧ガ
ス施設等耐震設計基準」を制定した。

◇「高圧ガス施設等耐震設計基準」の改訂(昭和 55 年)〔第二次〕

昭和 51 年(1976 年)に石橋克彦氏(東京大学地震研究所)による東海地震説が発表され、昭和 53 年に
地震予知を前提とした「大規模地震対策措置法」が制定され、神奈川県の相模川以西の 8 市 11 町が地震
対策強化地域に指定された。

同法の施行に伴い神奈川県環境部工業保安課は、「高圧ガス施設等耐震設計基準」を改訂((仮称)
“第二次”)し、東海地震対応(横置円筒形貯槽の液面揺動による影響、地盤の流動化対策)を盛り込ん
だ。

◇「高圧ガス施設等耐震設計基準」の改訂(平成2年)〔第三次〕

一方、神奈川県は昭和 55 年(1980年)から過去の地震発生状況、神奈川県の地質地盤構造、行政的
判断等の要素を考慮して神奈川県地震被害想定調査を開始した。

この地震被害想定地震モデルは、南関東地震(震源域相模湾 M7.9 金森モデル)、東海地震(震源域駿河湾、M8.0 中央防災会議の断層モデル)、100年期待値地震(過去の地震データを統計処理し今後100年以内に発生する地震)の3つを想定地震とした。

地震被害想定結果の出力は次の通りである。

- ①地盤の加速度分布
- ②地盤の液化判定分布
- ③地盤の卓越周期分布
- ④長周期地震動(変位周期)分布
- ⑤津波水害分布
- ⑥建築物損壊分布
- ⑦危険物・火災延焼被害分布
- ⑧道路橋梁損壊被害
- ⑨ライフライン被害

これらの調査結果は、県下を500mメッシュ(6500箇所)別に、各メッシュ毎の被害予測を行った。この地震被害想定調査は、昭和60年(1985年)に神奈川県地震防災会議で公表した。

被害想定結果(地盤の地震動予測)が発表されたことに伴い環境部工業保安課は、地震被害想定結果を反映させるため、昭和62年(1987年)から「高圧ガス施設等耐震設計基準策定委員会」及び分科会を設け、基準改定の検討に入った。

地震被害想定結果で地盤の地震入力(主に加速度)分布については、南関東地震の入力地震動が3つの想定地震の中で県内の入力地震動が高い値を示していたので、(仮称)第三次「神奈川県高圧ガス施設等耐震設計基準」の想定地震は南関東地震の地盤加速度分布の数値を設計地震動とすることとした。

南関東地震の加速度分布では、県東部の海岸沿岸部、埋め立て地盤、多摩川沖積平野、相模川沖積平野、酒匂川沖積平野、三浦半島沿岸部において震度6~7の部分が多く存在し、従来から用いられている材料に関する一つの安全率しか考慮しない許容応力度設計法は高い加速度などの地震入力を考慮する場合、合理的な設計法ではないこともあり、従来の許容応力度法の欠点を是正する方法として合理的な設計方法が必要と考えられ、耐震設計委員会において検討した結果「終局強度設計法」を高圧ガス施設の耐震設計に初めて取り入れることとした。

この設計法は、構造物の安全性を破壊、崩壊に対してより直接的に評価するとともに、性質の異なる荷重の組合せの部位について耐震性評価を合理的に行えるという考え方であり、高圧ガス設備のような複雑な構造物を一体的に評価するには最適であると考えられる。

また、この終局強度法設計計算は複雑で困難を伴うため、そのために必要な計算ソフト(耐震診断ソフト)が必要であり、耐震設計制定とあわせて構築した。

以上に述べた神奈川県高圧ガス耐震設計基準を制定別に整理すると次のようになる。

第一次(仮称)「高圧ガス施設等耐震設計基準」昭和48年(1973年)

川角氏:大地震発生69年周期説

第二次(仮称)「高圧ガス施設等耐震設計基準」昭和55年(1980年)

石橋氏:東海地震発生説「大規模地震対策措置法制定昭和53年」

第三次(仮称)「高圧ガス施設等耐震設計基準」平成2年(1990年) ……現行基準

神奈川県地震被害想定公表

2.2 高圧ガス施設等耐震設計基準(平成2年6月)

◇神奈川県高圧ガス施設等耐震設計基準(平成2年6月)の概要

平成2年改正の「神奈川県高圧ガス施設等耐震設計基準」の設計要素は次の通り構成されている。

- ・重要度分類
 - ・地盤の流動化判定(N値等を用いた一次判定及び詳細な二次判定)
 - ・許容応力度設計(レベル1地震動)
 - ・終局強度設計(レベル2地震動) 評価基準:必要保有耐力<保有水平耐力
 - a) D_s 値(構造特性係数)の導入
 - b) β_2' (地区補正係数:県下を6500に区分したメッシュ毎の被害想定より)の導入
 - β_2' は3段階とし、ランクⅠ($\beta_2'=1.4$)、ランクⅡ($\beta_2'=1.1$)、ランクⅢ($\beta_2'=1.0$)としている。従って、地域により国の基準より大きく設定される。
- <県基準における終局強度設計法における設計水平震度 ${}_{p}K_H$ >
- $${}_{p}K_H=0.150 \beta_1 \beta_2 \beta_2' \beta_3 \beta_5 \beta_P$$
- β_P :塑性設計係数(県基準独自の上乗せ)・・・国の基準で $\mu_K=2$ とすると同じ
- 県基準では、垂直方向の設計震度は規定していないが、上記の式で計算することにより実質的に垂直方向も考慮されているものとしている。(建築学会の考え方と同様)
- ・新たに開発した耐震計算プログラムによる評価
 - (球形貯槽、レグ支持塔&CE、スカート支持塔、横置円筒形貯槽、平底円筒形貯槽)

◇神奈川県行政指導(耐震関係)

本県は南関東地域に位置し、過去にも関東大震災をはじめとした大地震に幾度も見舞われてきており、全国でも地震期待値が高い地域となっている。

このような状況の中、県では、関係事業所の理解のもと、既存施設にあつては耐震性の判定指針として、また、新設設備については設計指針として本基準を運用し、このことにより多くの高圧ガス施設の基礎の補強、支持構造物(ブレース、脚柱等)の補強等が行われ、地震災害リスクの軽減に寄与してきた。

耐震補強を実施した事例をまとめて、「高圧ガス施設耐震性改善事例集」(平成8年3月)として発行している。

2.3 高圧ガス施設等耐震設計基準「解説」の改訂(平成5年1月)

平成2年の基準制定後、「高圧ガス施設等耐震化推進委員会」等による実証実験や検討を重ね(2-4項参照)、そこで得られた技術的な知見を取り入れて、平成5年1月に基準「解説」および「付属書」の一部改訂を行った。

2.4 高圧ガス施設等耐震設計基準の改訂(平成14年4月)

平成7年1月に発生した兵庫県南部地震(阪神・淡路大震災)における被害状況を踏まえ、「高圧ガス施設等耐震化推進委員会」等により各種調査・検証を行うとともに、平成9年に改訂された耐震告示の内容に即した形で改訂を平成14年4月に改定を行った。

地盤の液状化、流動への対策については、耐震告示において地盤の液状化、流動に関する評価が取り入れられたが、重要度ⅠaおよびⅠの設備のみに適用された。しかしながら、本県のコンビナート地域は、液状化や流動が起こりやすい埋立地に立地しており、万一の場合において社会的影響が大きいこと

を考慮し、たとえ重要度が低いものであっても、毒性ガスにあつては5トン、可燃性ガスにあつては200トン以上の貯槽に係る配管(特定貯槽配管)について、地盤変状への対応を行うこととした。

2.5 神奈川県耐震関係実験等委託事業(委託先:神奈川県高圧ガス保安協会)

神奈川県は、昭和59年度より平成6年度にかけて地震に係わる耐震検証・耐震技術開発実験等を次の通り行い神奈川県高圧ガス施設等耐震設計基準改定のための技術資料とした。

- ①横置円筒形貯槽スロッシング実験 昭和59年度
- ②平底円筒形貯槽におけるエレファントフットバルジ(EFB)に関する実験 昭和60年度
- ③レグ支持貯槽の強度試験 平成3年度
- ④横置円筒形貯槽基礎ボルトせん断補強実験 平成4年度
- ⑤横置円筒形貯槽地中つなぎ梁補強実験 平成5年度
- ⑥基礎定着部補強実験 平成6年度

なお、神奈川県の耐震に係る調査、実験、指針作成等の事業の履歴は附属資料-4を参照のこと。

2.6 耐震告示と県耐震設計基準との相違点等について

耐震告示と県耐震設計基準については、前述のとおり、基準の制・改訂の背景や経緯、その後の見直しの経過の違いにより、内容に違いがある。附属資料-3に比較表を示す。

◇終局強度設計の適用範囲

耐震告示では、重要度ⅠaおよびⅠの耐震設計構造物に対して、レベル2耐震性能評価を求めているが、県基準では、重要度ⅡおよびⅢの耐震設計構造物に対してもレベル2相当の地震動に対して、保有耐力法による設計を行うよう求めている。

また、耐震告示では、鉛直地震動についても評価を行うこととなっているが、県基準においては、検討の結果影響は少ないことから、水平地震動のみを評価することとしている。

◇第1設計地震動の違い

県基準では、前述のとおり、第1設計地震動の設定において、 β_2' (地区補正係数)を規定しており、地域により耐震告示で規定する地震動より大きく設定されこととなる。

<県基準における終局強度設計法における設計水平震度 pK_H >

$$pK_H = 0.150 \beta_1 \beta_2 \beta_2' \beta_3 \beta_5 \beta_P$$

β_2' (地区補正係数): ランクⅠ($\beta_2' = 1.4$)

ランクⅡ($\beta_2' = 1.1$)

ランクⅢ($\beta_2' = 1.0$)

◇耐震告示と県基準の整合

県基準では、耐震告示との相違を考慮し、次のような整理を行っている。

重要度ⅠaおよびⅠの耐震設計構造物に対して、県基準に基づき第1設計地震動を算出し、耐震告示に定めるレベル2耐震性能評価(塑性率評価法または代替法)を行った場合は、県基準に基づく保有耐力法による評価は実施不要としている。

ただし、重要度ⅡおよびⅢの耐震設計構造物の場合、耐震告示によるレベル2耐震性能評価は求められていないため、県基準に基づき保有耐力法により評価を行うこととしている。

本資料の附属資料として「附属資料-1」及び「附属資料-2」を掲載した。その概要は以下の通りである。

附属資料-1: 告示基準と県基準を耐震設計構造物別に比較したものと時系列的に高圧ガス関連法規の制定・改定などを大きな出来事と合せて俯瞰したものである。

附属資料-2: 神奈川県が実施した耐震に関する調査・実験等の事業に関する資料の一覧表である。

本資料の作成にあたり、サブワーキンググループメンバーの皆様から多くのご助言とご支援、ご協力を頂いたが、次に示した文献、資料から参考引用させて頂いた部分も多くあり、編纂発行された団体、執筆者の皆様感謝申し上げます。

- 引用・参考文献 : 「平成24年度 経済産業省委託 石油精製業保安対策事業 報告書」
耐震診断マニュアルの検証 平成25年2月 高圧ガス保安協会
: 「高圧ガス設備配管系耐震診断マニュアル」 平成20年3月 高圧ガス保安協会
I 配管系耐震診断指針 編
II 配管系耐震診断要領 編
IV 既存配管系耐震性能改善対策 編
V 配管系耐震診断に係る参考資料 編
: 「高圧ガスプラント耐震化対策 報告書」 平成23年2月 高圧ガス保安協会
: 「配管の耐震設計」 (株)プラント耐震設計システム 池田雅俊
: 「過去の地震被害から学ぶ配管系の耐震設計」 配管技術 vol. 47 稲葉 忠
: 「許容スパン法による配管系の耐震設計」 (株)プラント耐震設計システム 池田 雅俊
: 「化学プラントの耐震設計」 丸善株式会社 柴田 碧
: 「石油精製・石油化学プラントの地震防災のマネジメント」
日本地震工学会誌 創刊号 稲葉 忠
: 「高圧ガス設備等耐震設計基準」
日本地震工学会誌 創刊号 池田 雅俊
: 「高圧ガス設備等耐震設計指針(2012)」レベル1耐震性能評価 高圧ガス保安協会
: 「高圧ガス施設等耐震設計基準」 平成5年1月 神奈川県工業保安課
: 「高圧ガス施設耐震性改善事例集」 平成8年3月 神奈川県工業保安課

附属資料－1 国及び神奈川県耐震基準等の変遷

○告示基準と県基準の比較(参考)

		告示基準	県基準
対象とする設備	耐震設計設備	<p>【適用範囲】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○高圧ガス設備であって ・正接線間が5m以上の塔 ・貯蔵能力が3t(300m³)以上の貯槽 <p>【耐震性能評価】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○レベル1耐震性能 ○レベル2耐震性能 (ただし、重要度がI a及びI の設備) 	<p>【適用範囲】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○告示基準に同じ <p>【耐震性能評価】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○許容応力設計法による耐震性確保 (告示基準のレベル1耐震性能に同じ) ○終局強度設計による耐震性確保 (重要度Ⅱ、Ⅲも終局強度実施)
	配管系	<p>【適用範囲】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○配管外径が45mm以上のものであって、 ・地震防災遮断弁で区切られている間の内容積が3m³以上のもの ・塔槽類から地震防災遮断弁までの間のもの <p>【耐震性能評価】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○レベル1耐震性能 ○レベル2耐震性能 (ただし、重要度がI a及びI の設備) 	<p>【適用範囲】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○告示基準と同じ <p>【耐震性能評価】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・レベル1耐震性能評価 ・レベル2耐震性能評価 (ただし、重要度I a及びI のみ)
	(特定貯槽配管)	<p>【適用範囲】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・明記なし ※「配管外径が45mm以上のものであって、塔槽類から地震防災遮断弁までの間のもの」が該当するもの。 <p>【耐震性能評価】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・告示に該当する配管が、レベル1、レベル2耐震性能評価の対象 ※レベル2耐震性能評価は、重要度I 及びI aのみ 	<p>【適用範囲】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○可燃性ガス200t以上、毒性ガス5t以上の液化ガス貯槽の受け入れ、払い出し用配管 <p>【耐震性能評価】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○重要度I a又はI となる特定貯槽配管 ・許容応力設計による評価 ・終局強度設計による評価 ・地盤の液状化及び流動に係る設計 ○重要度Ⅱ又はⅢとなる特定貯槽配管 ・許容応力設計による評価 ・地盤の液状化及び流動に係る設計
	基礎	<p>【適用範囲】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○耐震設計設備及び配管系に係る基礎 <p>【耐震性能評価】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○レベル1耐震性能 ○レベル2耐震性能 (ただし、重要度がI a及びI の設備) 	<p>【適用範囲】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○告示基準に同じ <p>【耐震性能評価】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○許容応力設計法による耐震性確保 (告示基準のレベル1耐震性能評価に同じ) ○終局強度設計による耐震性確保 (重要度Ⅱ、Ⅲも終局強度実施)
	(地盤変状)	<p>【耐震性能評価】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○レベル1耐震性能 ・基礎で「地盤の液状化判定」を実施 ○レベル2耐震性能 (ただし、重要度がI a及びI の設備) ・耐震上「重要な部材」について、地盤の液状化と流動による影響を評価 	<p>【適用範囲】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○耐震設計設備の基礎地盤 <p>【耐震性能評価】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○地盤の液状化及び流動に係る設計は、耐震告示により実施

西暦年	出来事(大型地震等)	国の基準	県の基準等	参考(協会、KHKの発足、基準等) K:当協会を示す
1922	T11年		「圧縮瓦斯及液化瓦斯取締法」の制定 (全12条:内務省警察行政の一環)	
1923	T12年	9. 01 関東大震災M7.8		
1936	S11年		「圧縮瓦斯及液化瓦斯取締法施行例」の全面改正	
1939	S14年			K:当協会の前身「圧縮瓦斯および液化瓦斯関係業者有志懇談会」発足
1944	S19年	12.7 東南海地震M8. 0		
1951	S26年		「高圧ガス取締法」の制定 (新憲法に即応した法体系・管轄:通産省)	
1963	S38年		「高圧ガス取締法」の改正 (自主保安体制の確立、KHK設立)	「高圧ガス保安協会(KHK)」の発足
1964	S39年	6.16 新潟地震M7.5		
1966	S41年		法施行規則を分割(一般ガス、冷凍、容器保安、液化石油ガス)	
1968	S43年	5.16 十勝沖地震M7.9		
1970	S45年		「原子力発電所耐震設計技術指針」:(重要度に応じた耐震設計の考え方)	
1971	S46年			K:「社団法人 神奈川県高圧ガス協会」に名称変更
1972	S47年	(5. 15 沖縄県日本に復帰)		K:(本協会内に地震対策研究会を設置)
1973	S48年	(コンビナート事故多発)		高圧ガス施設等耐震設計基準制定
1974	S49年			「コンビナート保安・防災技術指針」化学工場における地震対策(KHK E 007-1974)
1975	S50年		石油コンビナート等災害防止法(12月17日)	
1976	S51年		(特定制定)	
1978	S53年	6. 12 宮城県沖地震M7.5	大規模地震対策特別措置法(6月)	(措置法施行に伴い地震防災対策強化地域の指定:12月)
1979	S54年	(3.28 スリーマイル島原発事故)	一般則の改正:地震時対応措置を危害予防規程に。	
1980	S55年	(静岡駅ビル地下街爆発事故)		地震の流動化判定指針制定
1981	S56年		通産省告示515(高圧ガス設備等耐震設計基準) (S56.10.26) 建築基準法の改定(震度法による強度の確保&変形能力の確保)	S55.8 地震防災対策強化地域における高圧ガス設備耐震性総点検要領
1982	S57年		高圧ガス設備等耐震設計基準及び解釈について(通達:S57.1.22) 既存高圧ガス設備の耐震性向上対策について(球形貯槽、横置き円筒形貯槽) (国⇒県:点検・改善指導依頼;S57. 4. 01 57 立局80)	S56. 10 既存高圧ガス設備耐震性総点検要領
1983	S58年	5. 26 日本海中部地震M7. 7	既存高圧ガス設備の耐震性向上対策について (塔類;S58. 4. 12 58 立局204)	S57. 5 既存高圧ガス設備の耐震性点検要領及び耐震性向上対策指針(槽)
1984	S59年		既存高圧ガス設備の耐震性向上対策について (平底円筒形貯槽;59 立局575)	S58. 5 既存高圧ガス設備の耐震性点検要領及び耐震性向上対策指針(塔類)
1985	S60年			S59. 11 既存高圧ガス設備の耐震性点検要領(平底円筒貯槽)
1986	S61年	(4. 26 チェルノブリリ原発事故)	告示474 告示515号の改正(S61.12.13) コンビナート等保安規則の全面改正	委託事業「平底円筒形貯槽エレファントフートパルジに関する実験」 神奈川県地震被害想定調査報告書(地質地盤:液状化、津波)
1987	S62年	(JR分割民営化)		(高圧ガス施設等耐震設計基準策定委員会にて検討)
1988	S63年			

1989	H元年				
1990	H2年			高圧ガス施設等耐震設計基準改定(週及適用) (併せて、診断用ソフトの開発を実施)	
1991	H3年	(モノシランガス爆発事故)		委託事業「レグ支持貯槽の強度試験」	
1992	H4年	(CE爆発事故)		委託事業「横置円筒形貯槽基礎ボルトせん断補強実験」	
1993	H5年	7. 12北海道南西沖地震 (奥尻島津波)		高圧ガス施設等耐震設計基準の解説・付属書一部改定 委託事業「横置円筒形貯槽地中つなぎ梁強度実験」	
1994	H6年			高圧ガス施設耐震性判定マニュアル発行 委託事業「基礎定着部補強実験」	
1995	H7年	1. 17兵庫県南部地震:7万人避難 勧告(LPガス貯蔵配管ガス漏洩)	←(免震構造建築物の性能発揮)	「神奈川県高圧ガス施設地震時緊急停止システム」に基づく 保安措置の徹底について(通知)	H7～H11「高圧ガス設備等耐震対策検討委員会」(委託事業)
1996	H8年			高圧ガス施設耐震性改善事例集発行	
1997	H9年			「高圧ガス保安法」の施行 告示143 告示515号の改正 (H9.3.25) (*1) 高圧ガス設備等耐震基準の一部を改正する件 高圧ガス設備等耐震設計基準及び解釈について(通達:H9.6.12)	KHKE012-2高圧ガス設備等耐震設計指針レベル1耐震性評価(配管)
1998	H10年			(*1):配管追加及び2段階地震動設計の導入	
1999	H11年				
2000	H12年				
2001	H13年				
2002	H14年			4月 高圧ガス施設等耐震設計基準改定	
2003	H15年			高圧ガス施設耐震性判定マニュアル改定版発行	
2004	H16年				KHKS0801(2004)高圧ガス配管に関する基準
2005	H17年				
2006	H18年				
2007	H19年	7. 16新潟県中越沖地震			
2008	H20年				
2009	H21年				
2010	H22年				
2011	H23年	3. 11東日本大震災M9. 0 (東京電力福島第1発電所原発事故)		高圧ガス設備等耐震設計基準の一部を改正する告示(告示217) (H23.10.31) 高圧ガス設備等耐震設計基準の一部を改正する 告示の一部を改正する告示 (告示236号)	K:「球形貯槽に係わる耐震ソフト」の見直し
2012	H24年			高圧ガス設備等耐震設計基準及び解釈についての一部を改正する規程 (H24. 3. 16);地震波の定義関係	K:「一般社団法人 神奈川県高圧ガス保安協会」に名称変更 K:「レグ支持塔及びCE耐震ソフト」の見直し 高圧ガス設備等耐震設計指針(レベル1&レベル2)
2013	H25年			高圧ガス設備等耐震設計基準及び解釈について(H9. 04. 21)の改正 (球形貯槽の鋼管ブレース交差部の技術基準の新設:11. 29告示)	K:「スカート支持自立塔耐震ソフト」の見直し
2014	H26年				

附属資料-2 耐震に関する調査・実験等事業に関する資料一覧

冊子 No.	No.	種別	作成年度	冊子タイトル	細目	作成者	概要
	1	実験	S48		高圧ガス設備の耐震性改善技術開発実験（球形タンクへのオイルダンパーの適用）	（社）神奈川県高圧ガス協会	LPG球形タンクにオイルダンパーを取り付けた振動実験
	2	実験	S49		二重殻低温タンクの耐震性能及び免震に関する実験報告書	（社）神奈川県高圧ガス協会	二重殻低温タンクの耐震性能の把握と的確な免震を行うための模型実験
	3	実験	S50		-塔槽類の耐震性改善技術- 'VEM方式' 耐震ダンパーの実験報告	（社）神奈川県高圧ガス協会	粘弾性物質による耐震ダンパーの試作及び模型実験
	4	実験	S53	高圧ガス調査実験報告集	地震時に於けるプロセス制御システムの耐震性能実験調査報告書	（社）神奈川県高圧ガス協会	地震による制御システムの乱れの有無を実験により確認
	5	調査	S54		ボーリング資料の収集と流動化の判定	（社）神奈川県高圧ガス協会	県内21地点の流動化の判定を行ったもの
	6	実験	S54	高圧ガス調査実験報告集	高圧ガス施設耐震性改善技術開発調査実験報告書（除害設備）	（社）神奈川県高圧ガス協会	除害設備の調査、PVCの振動実験
55-1	7	実験	S55	高圧ガス調査実験報告集	耐震性改善技術調査実験報告書（ストラクチャー）（昭和55年度委託事業）	（社）神奈川県高圧ガス協会	実態調査及びモデルによる静的実験
55-1	8	実験	S55	高圧ガス調査実験報告集	耐震性改善技術調査実験報告書 別冊 実験記録 荷重実験歪測定記録（昭和55年度委託事業）	（社）神奈川県高圧ガス協会	実験生データ
56-1	9	実験	S56	高圧ガス調査実験報告集	耐震性改善技術調査実験報告書（用役施設用配管）（昭和56年度委託事業）	（社）神奈川県高圧ガス協会	用役用配管の耐震性判定方法確立のための実態調査及びモデル実験
57-1	10	調査	S57	高圧ガス調査実験報告集	地盤の流動化対策会議報告書（昭和57年度）	（社）神奈川県高圧ガス協会	地盤の流動化判定指針に基づく実際の判定事例
	11	調査	S57		地盤の流動化対策会議報告書	（社）神奈川県高圧ガス協会	地盤の流動化判定指針に基づく実際の判定事例
58-1	12	調査	S58	高圧ガス調査実験報告書	高圧ガス保安施設耐震性調査（昭和58年度委託事業）	（社）神奈川県高圧ガス協会	フレースタック、ベントスタックの耐震性調査

59-1	13	調査	S59	高圧ガス調査実験報告集	横置円筒形貯槽耐震性調査報告書（昭和59年度委託事業）	（社）神奈川県高圧ガス協会	横置円筒形貯槽のスロッシング影響実験調査
H8-1	14	実験	H8	高圧ガス製造施設耐震実験報告書（総集）（付補強工事事例）	横置円筒形貯槽耐震性調査報告書（スロッシング）（昭和59年度）	（社）神奈川県高圧ガス協会	横置円筒形貯槽のスロッシング影響実験調査
	15	調査	S61		高圧ガス配管耐震性判定指針に関する調査報告書	（社）神奈川県高圧ガス協会	高圧ガス配管の耐震性を判定するのに必要な項目について検討したもの
	16	調査	S62		高圧ガス施設等耐震性調査中間報告書	（社）神奈川県高圧ガス協会	既存高圧ガス貯槽の耐震性調査およびプログラム開発
	17	指針	S62		危険物屋外タンク貯蔵所耐震診断指針（県地震被害想定調査報告書（地質地盤）に伴う追補	防災消防課	地震加速度300ガルを超える場合のアンユロー板及び防油堤の耐震性診断
	18	調査	H7		神奈川県耐震設計基準の照査		阪神大震災において被災した神戸市のタンクデータを県基準に当てはめて検証。
	19	調査	H8		神奈川県耐震設計基準の照査ver.2		応答スペクトルを考慮したもの
	20	事例	H7		高圧ガス施設耐震性改善事例集	工業保安課	改善事例
H8-1	21	調査	H8	高圧ガス製造施設耐震実験報告書（総集）（付補強工事事例）	高圧ガス平底円筒形貯槽におけるエレファントフットバルジの発生と地震後の暫定許容限界に関する検討報告書（昭和60年度）	（社）神奈川県高圧ガス協会	平底円筒形貯槽におけるエレファントフットバルジに関する検討
	22	実験	H3		レグ支持貯槽の強度試験試験結果（速報）	（社）神奈川県高圧ガス協会	外殻レグ取付部板曲げ降伏の強度確認実験
H8-1	23	実験	H8	高圧ガス製造施設耐震実験報告書（総集）（付補強工事事例）	レグ支持貯槽の強度試験報告書（平成3年9月）	（社）神奈川県高圧ガス協会	外殻レグ取付部板曲げ降伏の強度確認実験
	24	実験	H4		横置円筒形貯槽基礎ボルトせん断補強実験実験報告書（速報）	（社）神奈川県高圧ガス協会	基礎ボルトにせん断力が作用したときの影響調査及びせん断補強の実証試験。
H8-1	25	実験	H8	高圧ガス製造施設耐震実験報告書（総集）（付補強工事事例）	横置円筒形貯槽基礎ボルトせん断補強実験報告書（平成4年11月）	（社）神奈川県高圧ガス協会	基礎ボルトにせん断力が作用したときの影響調査及びせん断補強の実証試験。

	26	実験	H6		県西部高圧ガス施設耐震性改善推進事業に係る耐震性改善技術開発報告書	早稲田大学	既存横置き円筒形貯槽及びレグ支持CE貯槽の基礎の補強に関する技術開発
	27	実験	H5		横置円筒形貯槽基礎部地中つなぎ梁に関する補強技術開発報告書	工業保安課	既存横置き円筒形貯槽の基礎部地中つなぎ梁改善・補強方法に関する実験検証
	28	実験	H5		特定地域高圧ガス施設耐震性改善推進事業に係る耐震性改善技術開発委託報告書	東海大学	既存横置き円筒形貯槽の基礎部地中つなぎ梁改善・補強方法に関する実験検証
H8-1	29	実験	H8	高圧ガス製造施設耐震実験報告書（総集）（付補強工事事例）	横置円筒形貯槽地中つなぎ梁補強実験報告書（平成6年1月）	（社）神奈川県高圧ガス協会	既存横置き円筒形貯槽の基礎部地中つなぎ梁改善・補強方法に関する実験検証
H8-1	30	実験	H8	高圧ガス製造施設耐震実験報告書（総集）（付補強工事事例）	基礎定着部補強実験報告書（平成7年1月）	（社）神奈川県高圧ガス協会	基礎の改善・補強方法に関する実験
H8-1	31	事例	H8	高圧ガス製造施設耐震実験報告書（総集）（付補強工事事例）	付属書「神奈川県高圧ガス施設等耐震設計基準」に基づく補強工事事例	（社）神奈川県高圧ガス協会	改善事例
	32	調査	H8		平底低温貯槽の耐震性評価報告書	（社）神奈川県高圧ガス協会	平底低温貯槽の経年変化を考慮した耐震性の確認（評価）と、開放検査時における耐震性を考慮した留意事項
	33	調査	H9		「地盤の液状化判定手法評価等」報告書	（社）神奈川県高圧ガス協会	地盤の流動化判定指針の見直しに資するため、道路橋示方書などの各種基準との比較検証
	34	調査	H10		「高圧ガス導管耐震性評価等」報告書	（社）神奈川県高圧ガス協会	既設導管の現状分析と耐震性評価、耐震化対策上の要点、県耐震基準への組み込みの検討
	35	調査	H11		「高圧ガス施設等耐震設計基準改定検証等委託」報告書	（社）神奈川県高圧ガス協会	県基準の改定に向けた具体的な調査（告示との整合性、新たに取り入れる事項）
	36	調査	H12		「高圧ガス施設等耐震設計基準改定に向けた基準等調査事業」報告書	（社）神奈川県高圧ガス協会	県基準の改定に向けた具体的な調査（鉛直地震動の影響など）
	37	指針	H17		特定貯槽配管の地盤変状に係る簡易判定マニュアル	工業保安課	貯槽接続配管の地盤変状による影響判定方法
	38	事例	H18		特定貯槽配管の地盤変状に係る改善対策について	工業保安課	特定貯槽配管の具体的な対策工法