

神奈川県高圧ガス施設等耐震設計基準の見直しについて

1 経緯

(1) 本県の状況

昭和 48 年に「高圧ガス製造施設耐震設計基準」（旧県基準）を制定
南関東地震を想定し、平成 2 年に終局強度設計（保有耐力評価法）を採用
した「高圧ガス施設等耐震設計基準」（県基準）を新たに制定

内容物の漏洩は許容しないが構造物の塑性変形は認める設計方法

兵庫県南部地震（平成 7 年）における高圧ガス施設からの L P G 漏えい事
故の発生を教訓として、平成 14 年に特定貯槽配管 について地盤変状への対
応を追加

液化ガス貯槽のうち、毒性ガスにあっては 5 トン以上、可燃性ガスにあっては 200
トン以上の貯蔵能力を持つ貯槽配管で受入れ又は払い出し用の主な配管

(2) 国の状況

昭和 56 年に「高圧ガス設備等耐震設計基準」（耐震告示）を制定

兵庫県南部地震の発生を受けて平成 9 年に耐震告示を改正し、許容応力度
設計及び終局強度設計（塑性率評価法）による 2 段階設計を導入

東日本大震災（平成 23 年）における被害の発生を受けて液面揺動（スロッシ
ング）に関する事項の見直しや球形貯槽の鋼管ブレース交差部の技術基準を新
たに設定

平成 26 年度からは、重要度の高い既存設備（重要度 a 及び ）の耐震性
をチェックして改善計画を提出するよう事業者に要請（遡及適用に準じた対
応）

現在は、首都直下地震及び南海トラフ地震の想定を基に、耐震設計基準のあ
り方について検討中

(3) 県基準見直し検討の背景

県内の高圧ガス設備等に係る耐震設計は、耐震告示及び県基準を用いて行う
こととなっているが、事業者からは基準の一本化を望む声が多数挙がっている。

耐震告示は、順次改正されて対策が強化されているが、県基準については、
平成 14 年以降見直されていない。

地方分権一括法により、平成 30 年 4 月から高圧ガス保安法の権限の一部が
政令指定都市に移譲され、耐震設計基準の運用を政令指定都市が担うことにな
るため、この機に県基準の見直しを行う必要がある。

2 県基準見直しの方向性

耐震告示と重複する部分については、耐震告示に定める方法へ一本化する。
(保有耐力評価法の廃止)

現行の上乗せ部分(主に重要度 及び の設備に係る部分)については、県基準において耐震告示に定める方法を適用する形で残す。

現在、明確な定めのない計器室等の耐震設計については、設計に当たり参考になる情報(ガイドライン)を別途作成し、事業者を提供する。

3 改正(案)

別添のとおり

<平成 28 年 6 月 2 日時点>

神奈川県高圧ガス施設等耐震設計基準（改正案）

1 目 的

この基準は、高圧ガス製造施設等の耐震性を確保するための基本事項を定め、高圧ガス製造事業者等がこれを指針として高圧ガス設備等を設計施工することにより、地震発生時の高圧ガスによる災害を防止することを目的とする。

2 適用範囲

この基準は、高圧ガス設備等耐震設計基準（昭和 56 年通商産業省告示第 515 号。以下「耐震告示」という。）が適用される構造物のほか、次の構造物について適用する。

- (1) 高圧ガス保安法（昭和 26 年法律第 204 号）の適用を受ける液化ガス貯槽（一般高圧ガス保安規則（昭和 41 年通商産業省令第 53 号）第 53 条第 2 項第 2 号に規定する特定高圧ガスの貯蔵設備を除く。）のうち、毒性ガスにあっては 5 トン以上、可燃性ガスにあっては 200 トン以上の貯蔵能力を持つ貯槽の受入れ又は払い出し用の主な配管（貯槽接続部から緊急遮断弁まで）であって、重要度 a 及び 以外の配管（以下「特定貯槽配管」という。）
- (2) 防災設備
- (3) 建屋（計器室）

3 用語の意義

この基準において、用語の意義は高圧ガス保安法及び耐震告示の定めによる。

4 耐震設計の方法等

耐震設計構造物等の耐震設計の方法及び性能評価の評価は耐震告示によることとするが、次に掲げる場合については、耐震告示に代えて、又は耐震告示に加えて実施することとする。

- (1) 重要度 a 及び となる耐震設計設備及び配管系

耐震告示第 2 条第 1 項第 2 号及び第 2 項第 2 号に規定するレベル 2 耐震性能に係る評価を行う場合であって、応答解析を耐震告示第 6 条に規定する修正震度法により行う場合は、水平方向の基準応答倍率の値は別図に示される値を用いるものとする。ただし、地下埋設貯槽については、応答倍率の値を 2.0 とすることができる。

(2) 重要度 及び となる耐震設計構造物

耐震設計設備

ア 耐震告示第 2 条第 1 項第 2 号に規定するレベル 2 耐震性能に係る評価を行う。ただし、この場合は鉛直地震動による影響は無視することができるものとする。

イ 上記の評価を行う場合であって、応答解析を耐震告示第 6 条に規定する修正震度法により行う場合は、水平方向の基準応答倍率の値は別図に示される値を用いるものとする。ただし、地下埋設貯槽については、応答倍率の値を 2.0 とすることができる。

基礎

耐震告示第 2 条第 3 項第 2 号に規定するレベル 2 耐震性能のうちイ～ニに係る評価を行うものとする。

(3) 特定貯槽配管の基礎

地盤変状に係る評価を行うものとする。ただし、緊急遮断弁の支持部と貯槽が同一基礎であり、かつ支持部が緊急遮断弁と十分に緊結されているなど、評価部位に影響が少ないと評価される場合は省略することができる。

(4) 防災設備及び建屋（計器室）

然るべき方法により耐震設計を行うものとする。

附 則

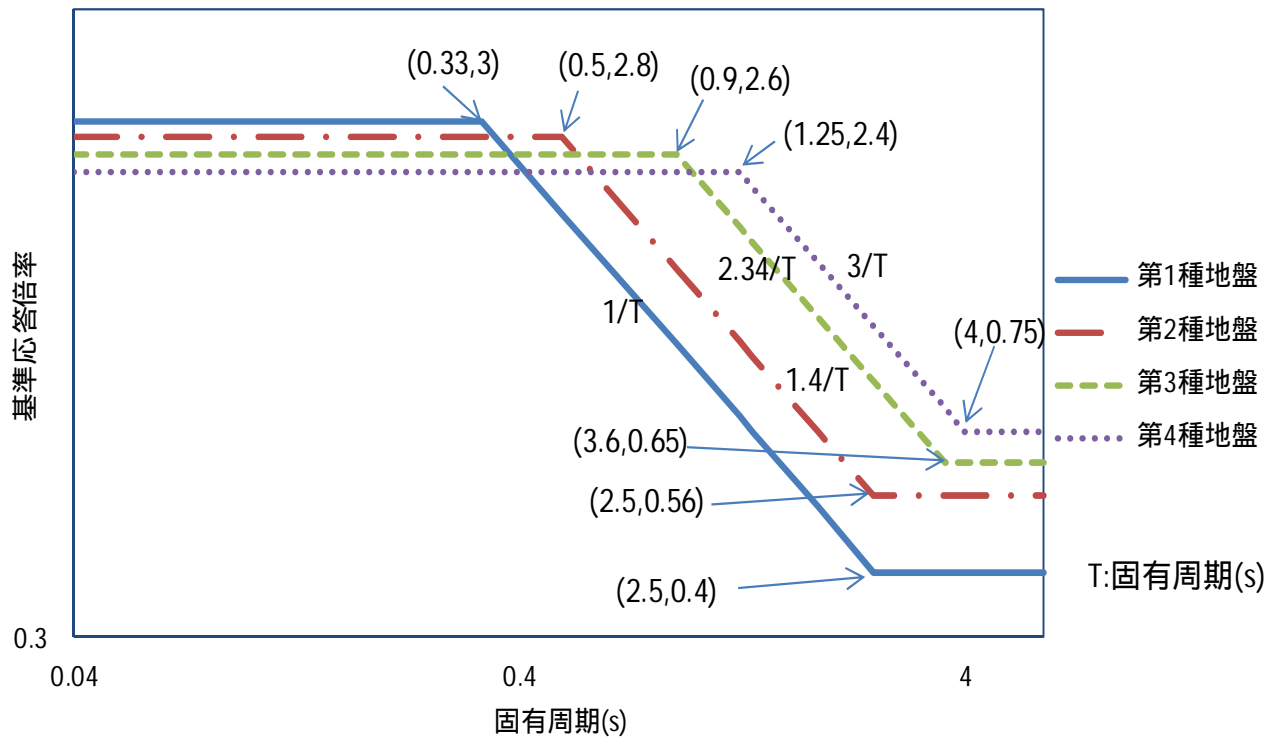
- 1 本基準は平成 2 年 6 月 1 日から施行する。
- 2 昭和 63 年 4 月「高圧ガス配管耐震性判定指針」を廃止する。
- 3 昭和 55 年 7 月「地盤の流動化判定指針」を廃止する。

附 則

本基準は平成 14 年 4 月 1 日から施行する。

附 則

本基準は平成 28 年 月 日から施行する。



別図 基準応答倍率

神奈川県高圧ガス施設等耐震設計基準解説（改正案）

1 目的

この基準は、高圧ガス製造施設等の耐震性を確保するための基本事項を定め、高圧ガス製造事業者等がこれを指針として高圧ガス設備等を設計施工することにより、地震発生時の高圧ガスによる災害を防止することを目的とする。

（解説）

1 「目的」について

- (1) 高圧ガス製造施設等とは、高圧ガス製造施設、特定高圧ガス消費施設、高圧ガス貯蔵所の貯蔵設備及び保安上これに関連する施設をいう。
- (2) 高圧ガス製造事業者等とは、高圧ガス製造者、特定高圧ガス消費者、高圧ガス貯蔵所の所有者又は占有者をいう。

2 適用範囲

この基準は、高圧ガス設備等耐震設計基準（昭和 56 年通商産業省告示第 515 号。以下「耐震告示」という。）が適用される構造物のほか、次の構造物について適用する。

- (1) 高圧ガス保安法（昭和 26 年法律第 204 号）の適用を受ける液化ガス貯槽（一般高圧ガス保安規則（昭和 41 年通商産業省令第 53 号）第 53 条第 2 項第 2 号に規定する特定高圧ガスの貯蔵設備を除く。）のうち、毒性ガスにあっては 5 トン以上、可燃性ガスにあっては 200 トン以上の貯蔵能力を持つ貯槽の受入れ又は払い出し用の主な配管であって、重要度 a 及び 以外の配管（以下「特定貯槽配管」という。）
- (2) 防災設備
- (3) 建屋（計器室）

（解説）

2 「適用範囲」について

- (1) 本基準は、耐震設計構造物を新設、更新、増設など新たに設置する場合に適用するものとする。

(2) 防災設備は、毒性ガス除害設備、防消火設備等災害の拡大防止のための設備をいう。

3 用語の意義

この基準において、用語の意義は高圧ガス保安法及び耐震告示の定めによる。

4 耐震設計の方法等

耐震設計構造物等の耐震設計の方法及び耐震性能の評価は耐震告示によることとするが、次に掲げる場合については、耐震告示に代えて、又は耐震告示に加えて実施することとする。

(1) 重要度 a 及び となる耐震設計設備及び配管系

耐震告示第 2 条第 1 項第 2 号及び第 2 項第 2 号に規定するレベル 2 耐震性能に係る評価を行う場合であって、応答解析の方法を耐震告示第 6 条に規定する修正震度法による場合は、水平方向の基準応答倍率の値は別図に示される値を用いるものとする。ただし、地下埋設貯槽については、応答倍率の値を 2.0 とすることができる。

(2) 重要度 及び となる耐震設計構造物

耐震設計設備

ア 耐震告示第 2 条第 1 項第 2 号に規定するレベル 2 耐震性能に係る評価を行う。ただし、この場合は鉛直地震動による影響は無視することができるものとする。

イ 上記の評価を行う場合であって、応答解析の方法を耐震告示第 6 条に規定する修正震度法による場合は、水平方向の基準応答倍率の値は別図に示される値を用いるものとする。ただし、地下埋設貯槽については、応答倍率の値を 2.0 とすることができる。

基礎

耐震告示第 2 条第 3 項第 2 号に規定するレベル 2 耐震性能のうちイ～ニに係る評価を行うものとする。

(3) 特定貯槽配管の基礎

地盤変状に係る評価を行うものとする。ただし、緊急遮断弁の支持部と貯槽が同一基礎であり、かつ支持部が緊急遮断弁と十分に緊結されているなど、評価部位に影響が少ないと評価される場合は省略することができる。

(4) 防災設備及び建屋（計器室）

然るべき方法により耐震設計を行うものとする。

（解説）

4 「耐震設計の方法等」について

(1) 弾塑性応答する場合の変位量は固有周期が伸長する傾向にあるため、レベル 2 耐震性能に係る評価について修正震度法を用いた応答解析を行う際の水平方向の基準応答倍率については、別図に示すとおり、安全側の評価となるよう短周期側では最大値をとることとする。

(2) 重要度 及び の耐震設計設備については、構造物が自重に対する設計がなされており、水平方向の 1 / 2 程度の鉛直震度に対して十分耐えられること、及び極限的な水平地震動の荷重効果に比して鉛直地震動の荷重効果は無視し得ると考えられるため、鉛直地震動による影響は無視することができるものとする。

重要度 及び の基礎については、耐震告示第 2 条第 3 項第 2 号ホに規定される地盤の流動化に係る評価を求めないが、保安用に用いる窒素のタンク等は耐震上の重要度とは別に施設全体の安全稼動に大きく寄与するものであるため、自主的に評価をすることが望ましい。

(3) 地盤変状に係る評価の方法は KHK の高圧ガス設備等耐震設計指針が参考となる。

(4) 防災設備及び建屋については、（要検討）を参照のこと。

附 則

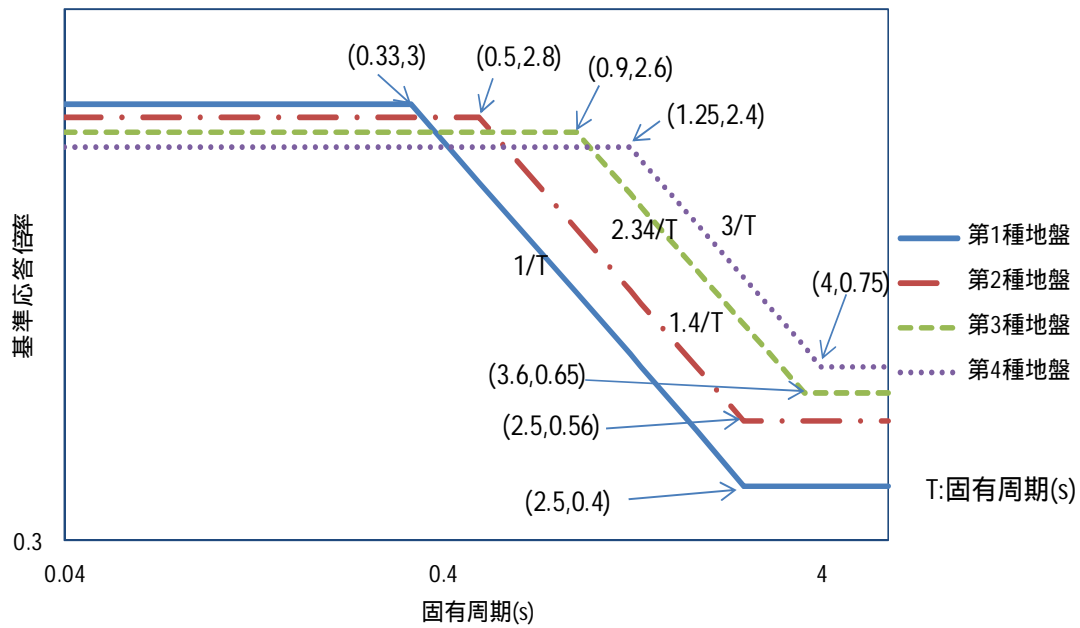
- 1 本基準は平成 2 年 6 月 1 日から施行する。
- 2 昭和 63 年 4 月「高圧ガス配管耐震性判定指針」を廃止する。
- 3 昭和 55 年 7 月「地盤の流動化判定指針」を廃止する。

附 則

本基準は平成 14 年 4 月 1 日から施行する。

附 則

本基準は平成 28 年 月 日から施行する。



別図 基準応答倍率

参考

耐震設計構造物の種類	重要度	レベル 1 耐震性能評価	レベル 2 耐震性能評価
耐震設計設備及びその基礎	a&	要	要
	&	要	要(ただし、基礎の流動化に関する評価は省略可能)
配管系及びその基礎	a&	要	要
	&	要	不要
特定貯槽配管の基礎	&	要	要(ただし、地盤変状に関する評価のみ)
	告示の対象外	不要	要(ただし、地盤変状に関する評価のみ)

平成27年度神奈川県委託

事業所実態調査業務委託報告書

太田 進

コンビナート地域の計装・電気設備の耐震評価手法の検討

1. はじめに

コンビナート地域の高圧ガス設備の計装・電気設備についての耐震対策は、法令にも設計上の具体的な定めがない。

しかし、その機能喪失は高圧ガス施設の安全を確保する上で極めて重要であり、事業所の地震対策（注）のひとつとしてその実態を知り耐震評価をすることが重要である。

については、その設備の耐震性能についての実態評価を行ううえでの設備項目を示し、その設備の地震対策について定性的な耐震評価を可能とする手法を検討したので以下に提示し、ガイドライン作成の基礎資料とすることで、コンビナート地域の事業所の耐震対策の一助としたい。

注：ここでの地震対策は津波の影響による被害を除く。

京浜地区の津波による災害は、チリ地震のように地震被害がなく津波だけが押し寄せた時であろうと考えられるが、これまでの歴史的事実からは京浜地区には大きな津波による被害は起きていないという事実から、ここでは津波の被害は起こらないとして検討から除外する。

2. 設計上の目標とする（想定）地震

設計上の目標とする地震は、以下のとおりとする。

神奈川県石油コンビナート等防災アセスメント調査報告書による想定地震
防災基本計画のレベル2地震動相当の地震

3. 耐震性能の評価

対象設備の制御機能喪失等による耐震性能の評価は以下のとおりとする。

重大な災害の可能性あり・・・・・・・・・・A

災害の可能性あり・・・・・・・・・・B

機能停止の可能性あり・・・・・・・・・・C

耐震性能上問題ない・・・・・・・・・・D

4. 対象設備の範囲

対象設備は高圧ガス施設に係る以下の設備とする。

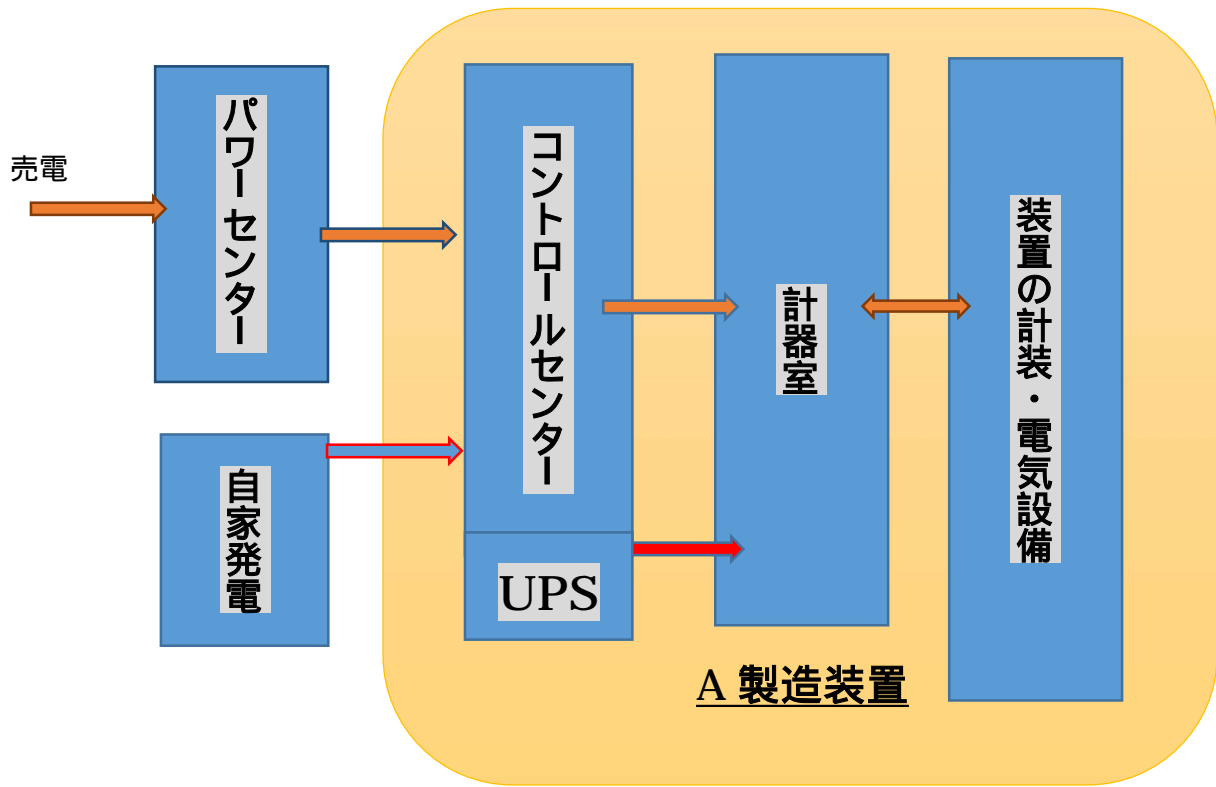
計器室（制御室・コンピューター室）等の建屋

電気室（パワーセンター・コントロールセンター）等の建屋

計装設備

電気設備

・対象範囲



5. 定性的な耐震評価

5.1 建屋

計装・電気設備に係る既存建屋の耐震性を評価し、地震対策の要否を明確にする建屋の範囲を以下に示す。

(1) 計器室(コントロール・ルーム、コンピューター・制御盤室等)

計器室はプラントを直接的に運転するコンピューター・制御盤等の最重要施設である。

これらの建屋は、装置と同等以上の耐震性能を有していなければならない。特に、計器室を増改築した場合は、旧基礎・建屋ともに一体となっている必要がある。

計器室の耐震性能

計器室の液状化対策

(2) 電気室等(パワーセンター・コントロールセンター等 屋外の設備を含む)

電気室等はプラントを直接的に運転する電源の最重要施設である。

これらの建屋は、装置と同等以上の耐震性能を有していなければならない。特に、電気室等を増改築した場合は、旧基礎・建屋ともに一体となっている必要がある。

電気室の耐震性能

電気室の液状化対策

5.2 計装設備

装置と同等以上の耐震性能を有している必要があり、地震対策が必要な計装設備の項目と考慮すべき項目を以下に示す。

(1) 制御用コンピューター等(計算機、DCS、アプリケーション&ヒストリーモジュール類、論理回路、盤等設備)

基礎(基盤)

メーカーの耐震性能

設置が適正な強度、施工方法の確認・検証

モジュールキャビネットの配置、固定

制御用コンピューター等の機能喪失の場合、装置を安全停止可能なインターロック設備の分離独立

モニターのブラックアウトの対処

(2) 計器室盤類

基礎

計装用空気・配線の外れ、損傷

モニターの転倒、移動

(3) 制御用空気配管

計装関係配管(導圧配管・電線管・計装用空気配管) の設置方法、接続部の外れ、損傷

固定する部分、フレキシビリティおよび余裕部の適切な施工

計装用エアホルダーの容量、設置場所、耐震性能

(4) 制御用電気配線ダクト

ケーブルダクト貫通部

ダクト接合部

計器検出端・操作端に関する共通事項

以下の(5) 項～(11) 項で、検出端・操作端に係る部位は、次の事項を併せて考慮する。

固有振動数および振動特性の耐震性能を考慮した機種

フェールセーフ機能(制御動作方向・出力遷移方向・冗長化等) を考慮

瞬間的な誤信号をキャンセルする遅延回路採用などの信号処理を考慮

機器等との接続部強度の考慮

(5) スイッチ・リレー類

設置状況

機種・構成

地震動による検出部や出力変換部の誤信号

接点出力の圧力スイッチや液面スイッチの誤作動

破損・故障

(6) 制御弁・緊急遮断弁

高圧ガス設備等耐震設計指針 (KHK E 0120-2012) に準拠

弁本体のサポート・基礎の構造 (独立基礎移動)

設置に際し、耐震、防振を目的として各種サポート類の施工

制御用・駆動用空気の接続部

空気溜め周り (アクチュエーター) の耐震性と容量

制御弁と接続配管系の一体的構造

安全側に動作するシステム

(7) 液面計

機器との接続部

ヘッダーの分岐部

(8) 放射線利用計測装置 (レベル計等)

耐震性能は、レベル 2 地震動にて設計

地震時に線源が漏洩しない構造 (法規制)

(9) 地震計 (感震装置)

地震計 (感震装置) 連動の自動停止

自動遮断の導入と方法 (電源遮断、I/L (インターロック))

最適な計測単位の採用 (加速度、計測震度、SI 値)

配置場所

台数と論理回路 (2 out of 3 方式)

(10) 漏洩監視装置 (毒性・可燃性ガス検知システム)

設備の本システムを見直し耐震性能を付与 (地震時も機能喪失しないシステム)

(11) その他の計装設備

個々に耐震性能の評価 C 以下にする耐震対策の目標を定める

5.3 電気設備

装置と同等以上の耐震性能を有している必要があり、地震対策が必要な電気設備の項目と考慮すべき項目を以下に示す。

(1) 受電設備(パワーセンター)

基礎・架構の耐震性能
設備(変圧器・断路器・遮断器・進相コンデンサー等)基礎の一体構造化
接続部(ブスバー・ケーブル類の可とう性)

(2) 動力用・制御用電気配線

次に示す部位は、固定する部分、フレキシビリティおよび余裕等をもって敷設する。
道路横断部
建屋貫通部
埋設ケーブルの地上立ち上がり部
分岐ダクト
コンジット
接続部

(3) 配電設備(コントロールセンター・キュービクル・メタクラ等)

基礎・架構の耐震性
設備(遮断器・電磁開閉器・電磁接触器等・始動リアクトル)基礎の一体構造化
接続部(ブスバー・ケーブル類の可とう性)

(4) 無停電電源装置(UPS・CVCF)

設置部屋の耐震性能
全停(売電・自家発電が停電状態)での装置を安全に停止させるための必要な電源とその時間
バッテリーが落下・移動しないような固定対策
接続ケーブル損傷の防止(可とう性)

(5) モーター等動力設備

動力・制御系の接続部

(6) 非常照明設備

地震時の最低限の照明の確保
設定時間

(7) 連絡設備

電源がなくとも安全確保まで使用できる設備

(8) その他の電気設備

個々に耐震性能の評価C以下にする耐震対策の目標を定める

6 . おわりに

コンビナート地域の石油・石油化学プラントには各種の安全装置を設けられており、通常の運転での異常は、その安全装置により安全が確保されている。しかし、2011年3月11日に発生した東日本大震災のような予想を上回る規模の地震動を受けた場合には、その安全装置の全てが正常に作動するか否かは大きな課題である。

特に、その中でも計装・電気設備が正常に機能するか否かは被害を最小限にするとの観点からも重要である。

本稿では、耐震対策の見直しが必要な計装・電機設備を特定して、対策の要否を定性的に判断することができるチェックリスト作成のための設備項目を提示した。

なお、今後これに基づいた耐震対策のチェックリストの項目は以下のとおりの項目が考えられる。

設備項目と考慮すべき項目

耐震対策の現状

耐震性能の評価

耐震改善対策

耐震性能の目標

・計装・電気設備の耐震性能チェックリストの作成例

設備項目 と 考慮すべき項目	耐震対策の現状	現状の評価	耐震改善対策	改善後の評価
(3) 制御用空気配管 計装関係配管(導圧配管・電線管・計空配管) の設置方法、接続部の外れ、損傷 固定する部分、フレキシビリティ ーおよび余裕部の適切な施工	導圧配管の方法	B B	導圧配管を〇〇に固定	D D

・考 察

今般の検討に際しては、東日本大震災で大きな被害を受けた製油所の計装・電気関係の動作状況の調査結果をもとにまとめた。

その調査の結果は以下のとおりである。

地震が起きてから津波が押し寄せるまでの20分後の津波避難命令が出される迄は、現場確認に係員が点検に出られたことも含め、火災や爆発等の現象はその間認められなかった。

計器室モニターは地震時に完全に BLACK OUT 状態であったが、地震計連動の緊急停止で最低限必要な計装・電気設備は機能の喪失もなく無停電電源装置(UPS)のバックアップにより正常に安全側に作動したものと考えている。

津波で水没した全ての設備は機械・電気・計装設備を問わず大きな被害が見られたが、水に浸っていない個所の計装・電気設備には地震動によると考えられる災害につながる様な顕著な損傷の形跡はなかった。

同一基礎上にない電気室やフレキシブル性のない計装・電気用配管やケーブル、サポートが柔なケーブルダクト等、設備個々には被害が見られたが、大きな災害につながるものではなかった。

以上、避難命令が出るまでの約20分間は、人的な操作を何らできなかったが、その間に火災や爆発は起きていない事実からも緊急制御系も含めた電気・計装等の設備に大きな災害に及ぶ被害が発生したとは考え難い。

無論、津波が押し寄せた後に火災があった事実はあるが、漏洩が地震動によるものか津波によるものか、また何時起きたか等は解明できないものも多々あったが津波による被害が大と考えられる。

この調査結果は、今後ガイドラインを作成するうえで重要である。

つまり、基本的に全ての計装システム[検出器(伝送器)、調節器(DCS、調節計等)、調節弁、緊急遮断弁、信号ケーブル等]は、設計時に FAIL SAFE 思想で構築されており、末端の調節弁、緊急遮断弁等は、地震により操作器や弁本体に損傷を受けない限り、安全方向(全開、全閉、開度保持)に作動した。また駆動用空気が震災により喪失した場合でも(エア圧縮機停止、エア配管折損)も、調節弁、緊急遮断弁は FAIL SAFE 方向に作動する。

当然のこととして、これまでのプロセス設計(計装システム)に通常採用されている HAZOP・FTA・ETA 等を導入したシステム設計が功を奏したと考えられる。

また、制御盤(DCS 盤や I/L 盤)が倒壊した場合や電源や空気信号が喪失した場合でも、同様に FAIL SAFE 方向に作動し最低限の安全確保ができたと考えられる。

とは言え、いつも多種多様な装置が常にこの様な状態に動作するかは保証の限りではない。

よって、計装・電気設備の現状の耐震性能の評価をして、より安全な状態にしておく必要がある。

近年、プラントの生産性向上のための高度化した制御システムの導入が進み、ますます複雑化している計装システムの安全性・安定性が重要な課題となっている。

最後に、本調査結果が近い将来に来襲が予想されている関東直下型地震や東南海・東海同時地震においても、設備の一部として比較的盲点となっている計装・電気設備の耐震性能を向上させるためのガイドラインの作成、そして大地震の際に起きると考える全停電でも安全に停止可能なシステム作り、つまり仙台製油所の経験をもとに、どのような緊急停止でも安全確保が可能な動作システム構築を新しい視点から見直すための一助となれば幸いである。

以上