

計 装 設 備 維 持 規 格

(2011年10月20日追補)

この追補は、平成21年10月1日に改訂された“計装設備維持規格”2009年版の追補である。したがって、今後、**JPI-8S-5-2009** とは、この追補も含むものとする。

なお、この追補は、石油学会ホームページ上で、該当箇所のみを示す。2011年10月20日の追補は次の2箇所である。

<u>JPI-8S-5-2009</u> の該当頁：12 頁（管理番号 8S-5-2009 追補 01）	2
<u>JPI-8S-5-2006</u> の該当頁：76 頁（管理番号 8S-5-2009 追補 02）	2
<u>管理番号 8S-5-2009 追補 01 で挿入する I 付属書 C</u>	28-1
<u>管理番号 8S-5-2009 追補 02 で挿入する II.6 付属書 A</u>	82-1

JPI-8S-5-2009 の該当頁 : 12 頁 (管理番号 8S-5-2009 追補 01)

4 長期連続運転のための改善

b) 計装設備信頼性向上のための改善

5) 雷保護対策。(検討事例を付属書 C に示す)

追記

(管理番号 : 8S-5-2009 追補 01) の解説

設備の信頼性向上のための改善を進めるには、最新の技術情報収集も重要な要素である。屋外設置が主流となる計装設備では、自然災害である雷被害も多数報告されている。雷から設備を保護するための基礎知識や対策事例を取りまとめ付属書として添付することとした。

I 付属書 C 計装設備に対する雷保護対策 を 28 頁と 29 頁の間に挿入する。次回改訂まで付属書のページを 28-1,2,3....と記載する。

JPI-8S-5-2009 の該当頁 : 76 頁 (管理番号 8S-5-2009 追補 02)

4 調節弁・緊急遮断弁の管理 調節弁・緊急遮断弁の維持管理に関しては、設置環境に起因する劣化や作動不良、内部流体の性状等に起因する機能低下など多くのトラブル事例が報告されている。代表的な事例を付属書 A に示す。

追記

(管理番号 : 8S-5-2009 追補 02) の解説

調節弁・緊急遮断弁は主要な操作端として各事業所で多数採用されている。耐圧性能はもとより、稼働部を含むため動作（流体制御）性能の維持管理が重要となる。トラブル事例は多数報告されているが全てを網羅することは困難であることより、主だった事例を付属書に示すこととした。

II.6 付属書 A 調節弁・緊急遮断弁のトラブル事例 を 82 頁と 83 頁の間に挿入する。次回改訂まで付属書のページを 82-1,2,3....と記載する。

I 付属書 C 計装設備に対する雷保護対策

(Protection for the instrumenting facilities against lightning)

株式会社サンコーシャ 雷コンサルティング部 佐藤正明

1. はじめに

石油関連設備に用いられている計装システムは技術革新が著しく、石油精製プロセス制御だけでなく施設全体の最適制御などにも組み込まれるようになってきている。反面、雷などの異常電圧に対して脆弱化が指摘され、毎年、雷害が発生している事実もある。本稿は、計装設備の雷害を低減して、設備・装置の維持管理に寄与しようとするものである。

2. 雷の発生と地域性について

2.1 雷の発生

雷は大気の状態が不安定なときに発生する。梅雨明け直後、まだ上空に冷たい空気が流れ込み、地表が真夏の日射で温められたときなどに強い上昇気流が発生し雷雲が形成される。一般に知られている夏の雷雲は地表から雲底までの高さは 3000m～5000m であり、雲頂までの高さは 8000m～15000m である。成長を続ける雷雲の中では強い上昇気流によって雹やあられの衝突・摩擦による電荷分離作用が活発に行われる。その際、小さな粒にはプラスの、大きな粒にはマイナスの電荷が帯電する。小さな粒は上昇気流により上空に吹き上げられ、大きな粒は重力で下に落ち、普通上空にプラスの、下部にはマイナスの電荷が蓄積する。電荷分離がすすみ電位差が大きくなると、ついには空気の絶縁を破壊し放電が発生する。これが雷である。この様子を図 2.1.1 示す。

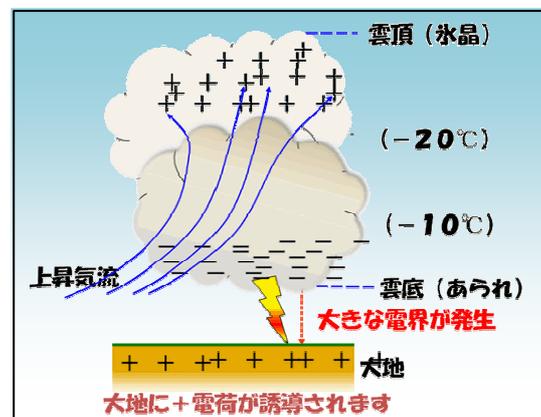


図 2.1.1 雷雲と雷の発生

雷は夏季に多く発生するが、北海道西部から北九州に亘る日本海沿岸では冬季にも雷が発生し、これを冬季雷といっている。冬季の雷は世界的にも珍しい現象である。冬季雷は、雷雲が高度の低い所に発生するため高層の構造物から雷雲に向かって起きる落雷が多く、また、一回の落雷によって大きなエネルギーを放出することもあり、当該地域の高層構造物に深刻な雷被害をもたらしている。

2.2 雷の地域的分布

複数の電磁界センサにより落雷の発生位置を標定するシステムが 1970 年代にアメリカで実用化された。日本で最初の落雷位置標定システムは、1982 年に東京大学と東北電力により雷の研究目的で導入された¹⁾。その後、電力会社を中心に広く用いられるようになった。また、民間の雷気象情報会社、(株)フランクリン・ジャパンが日本全国を 30 基の雷センサでカバーする精度の高い雷観測網²⁾ (JLDN : Japan Lightning Detection Network) を整備している。1992 年に関東地方で観測ネットワークを構築して以降、1999 年には沖縄を除く日本国内、2003 年には沖縄県まで含めた観測網が構築され、構築後から雷撃数等のデータを蓄積している。

この雷気象情報会社の最新の 5 年間 (2006～2010 年) の雷撃頻度マップと落雷日数マップを図 2.2.1 に示す。落雷は雷撃と呼ばれる放電の単位から構成されており、1 回の落雷 (フラッシュ) には何回かの雷放電がおきることがあり、1 回の雷放電を雷撃 (ストローク) と呼ぶ。ここに示されている雷撃頻度マップは雷撃 (ストローク) をカウントしたものである。

雷撃頻度マップ及び雷日数マップは雷の多寡を濃淡で示しており、色の濃く出ている地域は雷が多い地域である。この地域にある施設は落雷による被害を受けるリスクが高いため特に注意が必要である。

落雷日数マップにおいて秋田県から福井県に亘る日本海沿岸は冬季雷が多く発生する地域のため落雷日数が多くなっているが、冬季雷は 1 回の雷発生による雷撃数は少ないので、雷撃頻度マップでは必ずしも濃い色とはなっていない。

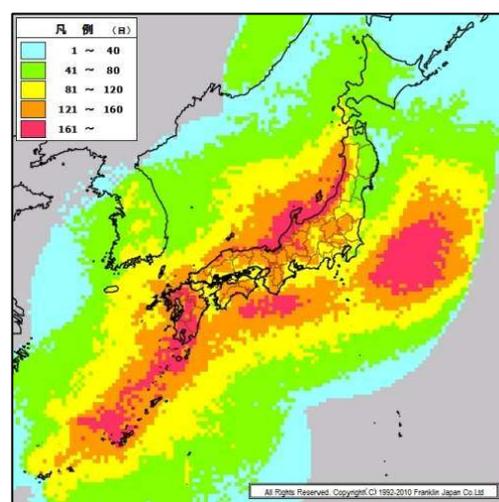
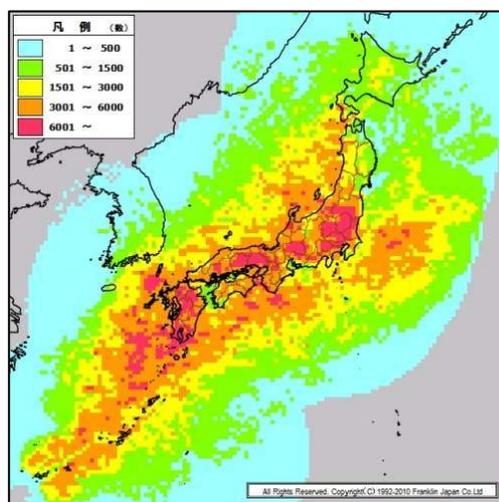


図 2.2.1

上：雷撃頻度マップ

下：落雷日数マップ

(2006～2010 : 5 年間積算値)

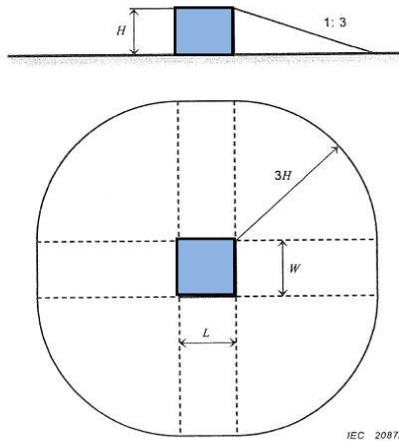
3. 雷害事例

3.1 雷害の発生について

石油関連施設は大容量貯蔵タンク、煙突及びベッセル等、周辺施設に比べ「高さ」のあ

る構造物が多く、施設面積も広いので、落雷の確率が高くなっている。さらに、高い構造物の施設内配置によっては等価受雷面積^{注)}が広がるので直撃雷の確率が高くなる。また、通信・信号線や電源線などのメタルケーブルが外部から引き込まれている施設は、施設周辺、及び遠方の落雷であっても、ケーブルを伝わってくる雷によって雷害を被り易くなる。

注：等価受雷面積とは、落雷の収集領域のこと。建物が無い場合に、この領域に落雷する雷が被保護対象建築物に落雷すると考える。従って高い建物ほど落雷しやすくなる。



等価受雷面積 A_d の決定

平地上の独立した建築物の等価受雷面積 A_d は、建築物の高さの 3 倍の長さで左図のように囲まれる領域である。

$$A_d = L \times W + 6H(L + W) + 9\pi H^2$$

IEC 62305 : 2006 リスクマネジメントより

これら施設で雷害を受けやすい設備や機器は次のとおりである。

現場機器では、液面計、温度計、流量計、漏油検知器、電動弁等が挙げられる。一方、計測・制御室内の機器としては、各種プラント制御・計装システム、LAN、入出荷管理システム、各種防災設備、監視カメラシステムなどである。図 3.1.1 に雷によって破壊された機器や基板例を示す（この被害写真は必ずしも石油関連施設の事例を示したものではない）。



プリント基板



コネクタ



ステンレス管



MCCB

図 3.1.1 機器、基板類の雷被害事例

石油関連施設では、設備へ落雷があると、高電圧による機器の耐電圧破壊とそれに続く過大な雷電流や給電電流の流入による電流破壊が発生する。

施設付近への落雷の場合には、雷電流の流入により落雷点付近の接地電位が上昇し、その影響で付近にある機器の接地電位が機器の耐電圧以上になると機器の絶縁破壊が起こり、機器に接続している接地線から破壊された機器を経由して信号線・電源線へ雷が逆流する。この逆流した雷で、次々に機器破壊に至るケースなどが考えられる。また、落雷によりメタルケーブルに誘導した雷サージによる IC 基板の損傷も多数報告されている。図 3.1.2 はこれら落雷による雷被害の発生の様子を模擬的に示したものである。

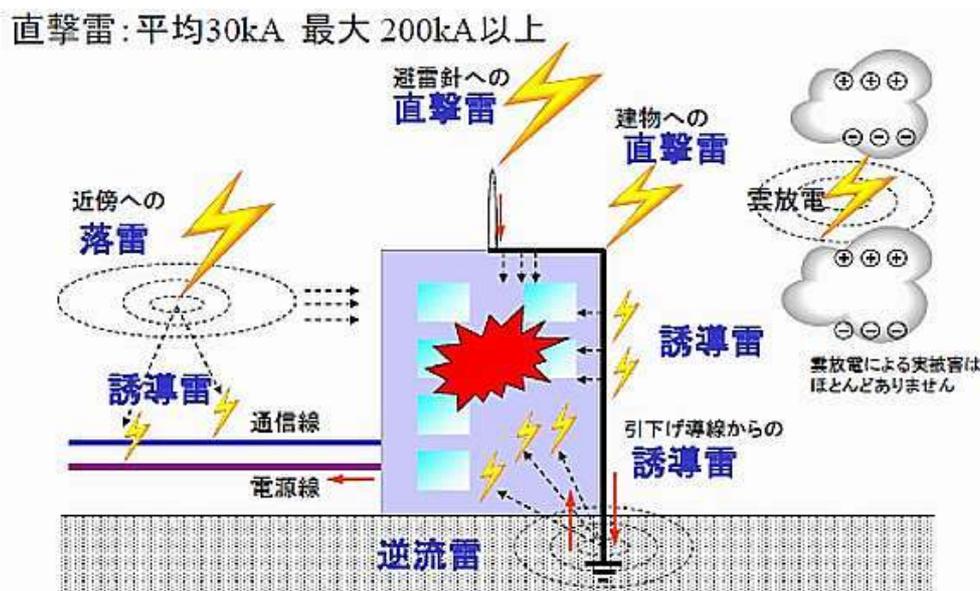


図 3.1.2 施設・設備への落雷と雷サージの発生

3.2 雷害発生事例

現場装置に落雷があった場合の事例を以下に示す。雷被害のあった当日は、施設上空を横切る形で寒冷前線が通過し落雷を伴う豪雨となった。施設内にも多数の落雷があり、このうちの一発の雷が煙突等の高構造物に直撃した。この施設では現場装置側及び管理室側ともに雷害対策はなされておらず、現場側装置、管理室側装置に雷被害が発生したものである。この装置以外にも周辺の I T Vカメラ、その他装置に被害が発生している。

図 3.2.1 に現場装置付近の煙突に落雷があった場合の雷電流経路を示す。

現場装置に落雷があると、雷サージ電流による接地電位上昇電圧 V_{e1} と雷電流流入経路のインダクタンス成分による誘導電圧 V_{L1} の和の過電圧インパルスが発生する。

図 3.2.1 の現場側装置に引き込まれている通信線の電位は遠方にある管理室の電位となっているので、通信線の接続されたセンサ回路も管理室の電位となっている。落雷により発生する雷過電圧が現場装置ケースと内部にあるセンサ回路間にスパークを発生させ現場機器を破壊する。同時に通信線により接続されている遠方の管理室側装置の回路と接地 E_2 間にも同じ雷過電圧が印加され管理室側装置も破壊したと想定される。

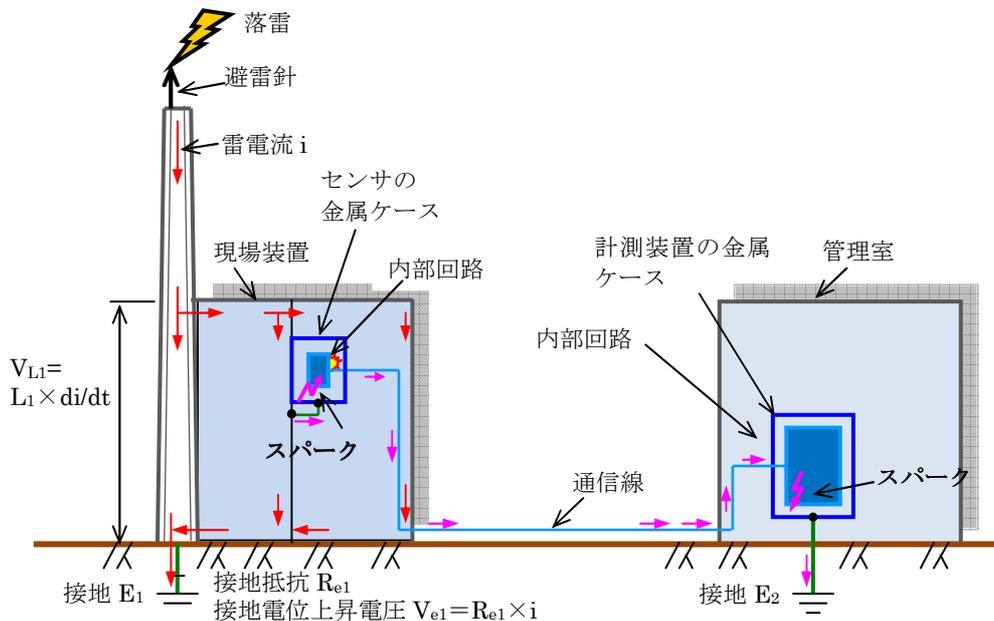


図 3.2.1 現場装置に落雷があった場合の雷電流経路

4. 雷保護対策

4.1 雷保護対策の基本

IEC(国際電気標準会議)では雷現象と雷による被害を防ぐ保護対策に対して、関係する各国の専門家による雷保護の専門委員会を設立し、雷保護関連の国際規格を多数発行している。一方、国内でも規格の国際整合化の流れの中で、JIS の制・改定は特別の理由がない限り IEC 規格を採用することになった。雷保護関係においても IEC 規格を採用した JIS 多数発行され、体系化された雷対策の指針となっている³⁾。

電気・電子機器を雷の過電圧から保護するには、機器の耐電圧以上の雷による電圧が加わらないようにすることが必要で、IEC 規格を翻訳した JIS による電気・電子機器の雷保護の基本的な考え方は以下のとおりである⁴⁾。

a. 等電位ボンディング

- ・ 接地線（ボンディング用導体）等による等電位化
- ・ SPD (Surge Protective Device: 従来、保安器、避雷器、アレスタ等と呼ばれていたものの総称) による機器の等電位化

等電位ボンディングは構造物等の受雷部（避雷針）に落雷があった場合でも、設備や機器相互間に電位差を発生しにくくなるよう、関連設備の接地を接続するシステムである。電力線や通信・信号線は SPD を介して接地と接続することによって線路－接地間に異常な高電圧が発生したとき、等電位化を図り機器の破損を防ぐことができる。

b. 遮へいによる誘導電圧の低減（被保護機器に加わる雷過電圧の低減）

- ・ 通信線、電力線にシールド線を使用し、メタルシールドを少なくとも両端で接地す

ることにより電磁誘導を遮へいする。

- ・通信線、電力線を金属管路に収容し、金属管路を相互に電氣的に接続し、さらに少なくとも両端で接地することにより電磁誘導を遮へいする

これらケーブル類の遮へい層を、両端の機器の接地端子と接続することで電磁遮へいが行なわれ、付近に落雷があったときの、電力線や通信線に誘導される雷過電圧を抑制することができる。

c. 予測雷過電圧の絶縁

- ・通信線、電力線と装置間に予測される過電圧以上の耐電圧を有する耐雷トランスを挿入し、あるいは通信線に光ファイバケーブルを使用し絶縁する。

これら a.~c.の方法で費用対効果を考慮し単独または組み合わせて対策を行うべきである。

4.2 雷保護対策事例

先の事例に 4.1 項で示した雷対策の基本的な考え方に基ついて対策を行うと次のようになる。現場側装置と管理室側装置間の通信線は電磁シールド線を使用するか金属管に収容し、両端のそれぞれの機器の金属ケースに接続する。

さらに通信線の心線の両端に SPD を設け SPD の接地線をそれぞれの金属ケースと確実に接続する。可能であれば、現場側装置と管理室間を接地線で接続することによって、接地間電位差が緩和され、この連接接地線に雷電流を分流させることで SPD を経由して通信線に流れる電流を少なくして、より確実な雷保護がなされるようにする。

図 4.2.1 に SPD を用い、接地の連接による等電位化を図り、通信線の電磁誘導対策を考慮した雷保護対策をまとめて示す。

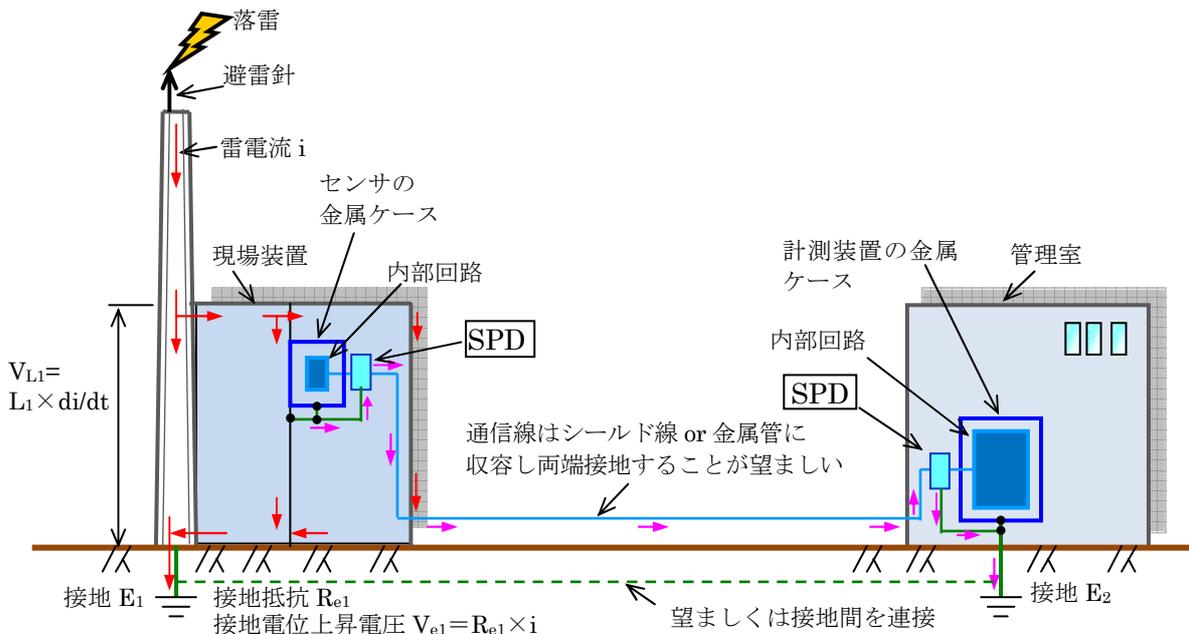


図 4.2.1 SPD を設置した場合の、現場装置に落雷があった場合の雷電流経路

以上のような雷保護対策の基本的な配慮の下に、計測・自動制御回線の雷保護対策事例を図 4.2.2 に示す。石油関連施設では現場装置側は防爆エリアになっている場合が多く、耐圧防爆型の SPD を用いる。計器室、管理室側は各回線が集中してくるため専用の多回線収容 SPD 盤を設け一括管理を行っている。

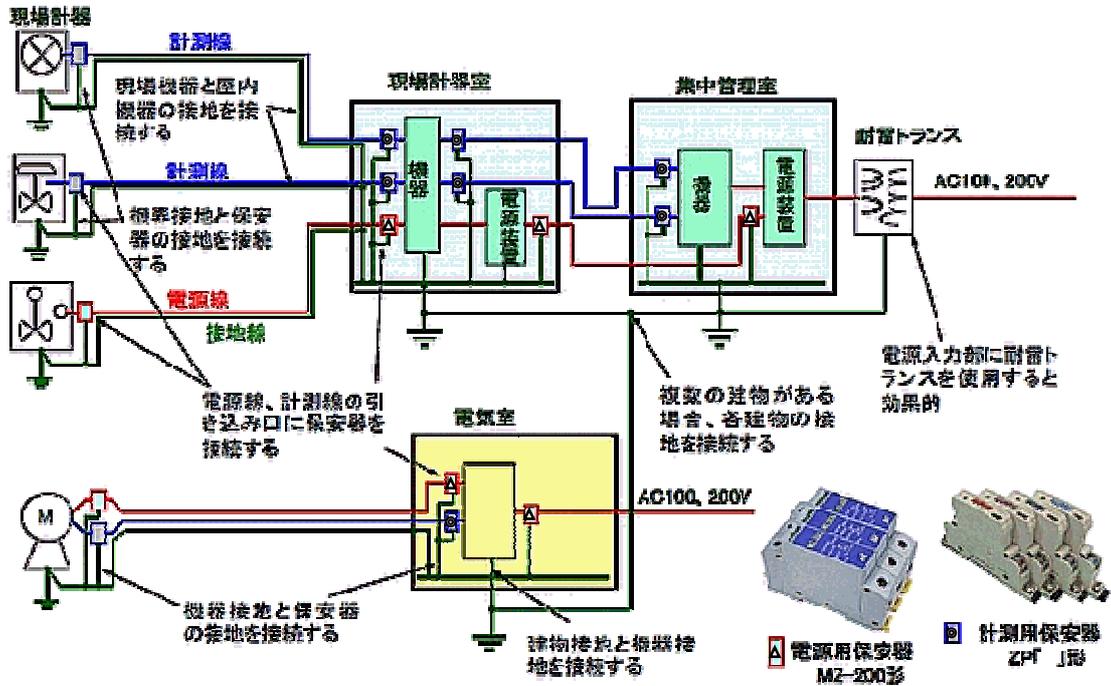


図 4.2.2 計測・自動制御回線の雷保護対策事例

最近の通信・信号用 SPD は劣化表示を実装したプラグ・ジャック方式となっているものもあり保守・メンテナンス性が向上している。図 4.2.3 に防爆型 SPD と通信・信号用 SPD の外観例を示す。



図 4.2.3 防爆型 SPD と通信・信号用 SPD の外観例

4.3 SPD の選定について

SPD は、通常は絶縁状態を維持し、雷サージなどの異常電圧が侵入したときに導通状態となり、異常電圧が去った後はまたもとの絶縁状態に復帰する働きをもつ。SPD を大別すると低圧電源線に接続する SPD と通信および信号回線に接続する SPD に分けられる。

SPD はそれぞれの形式ごとにインパルス電流、公称放電電流、使用電圧、および電圧保護レベルなどが定められている。併せて SPD の設置場所と設置方法についても以下のような配慮が必要である。

- ・ 通信・信号系統で、端末機器が外部にある装置などは端末側と制御監視部側の各々に SPD を接続する。
- ・ 外部に出ている通信線に対しては必ず通信用 SPD を接続する。
- ・ 変換器や受信計など、線間及び接地間の耐電圧が数十 V と極めて低い機器があるので保護レベルを確認し SPD を選定する。
- ・ 重要な機器の電源部は耐雷トランスを使用することで確実な防護が可能となる。
- ・ 計装機器と SPD の接続には電磁遮蔽ケーブルを用いシールドは両端接地とするのが望ましい。

その他、計装機器特有の配慮として、例えば温度計の測定誤差を出さない SPD の選定や接続方法の配慮も必要である。SPD を用いた具体的な雷保護対策を検討する場合は専門業者に相談することをお勧めする。

4.4 雷保護対策設置後の維持管理について

雷保護対策は人体及び計装システムを含む設備・機器を雷サージ等の異常電圧から継続的に保護するものである。落雷時は SPD 等の雷保護対策機器が劣化または損傷する恐れがある。一方、侵入頻度の高い誘導雷過電圧等により SPD が動作を繰り返すことによつて経年的に劣化が進み、当初具備していた保護性能を喪失している可能性もある。

以上から雷保護対策設置時の性能を継続的に維持するための定期的な保守・点検及び被雷後の臨時点検を推奨する。保守・点検は要領書等を作成し実施することが望ましい。

要領書には表 4.4.1 に示す点検項目と点検要領及び良否判定基準を明記する。

表 4.4.1 点検要領書の記載項目及び内容例

点検箇所・機器等		点検項目	点検方法及び使用機器	判定基準
外部雷保護 (避雷設備)		外観・目視	取付状態、接続状態緩み、断線 スパーク痕跡、金属腐食等	異常なきこと (修繕済みのこと)
SPD	電源用及び	外観・目視	接続端子の状態、緩み、スパーク痕	外観・損傷なきこと
	通信信号用	電気的特性	専用測定器等による電気的特性	メーカー劣化判定基準
耐雷トランス		外観・目視	接続端子の状態、緩み、スパーク痕	外観・損傷なきこと
		電気的特性	入出力電圧、絶縁抵抗、耐電圧	メーカー劣化判定基準

本稿は、計装設備・機器に対する雷保護対策について記述しており、外部雷保護（避雷針、引下げ導線や接地システム）には言及していないが、雷保護対策全体としては表 4.4.1 に示すように外部雷保護を含む雷保護システム全体の保守点検が望ましい⁵⁾。

点検の周期は被保護施設等の重要度と、2.2 項に示した落雷の地域性、腐食等に関わる立地条件・環境条件等によって合理的に決定すべきである。また落雷時には臨時点検を行い損傷等・劣化のある場合は SPD を交換するなど、速やかに必要な機能回復措置をとる⁶⁾。

雷保護機器メーカーが推奨する SPD の点検の周期は 1 回/年である。

5. おわりに

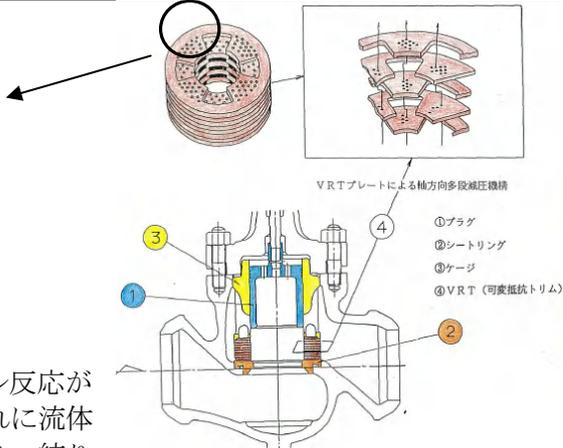
落雷は毎年発生し、少なからぬ雷被害が各所で発生しており、石油関連設備に用いられている計装システムについても例外ではない。ここでは雷の発生から石油計装設備の基本的な雷保護対策、計装システムの具体的な雷保護対策について示した。本稿が雷被害の低減の参考になり、計装設備の維持管理に寄与できれば幸いである。

参考文献

- 1) J.Hojo, M.Ishii, T.Kawamura, F.Suzuki, R.Funayama, M.Shiogama: "Lightning Parameter Obtained by Lightning Location System and Its Analysis", IEEJ, ED-85-11, pp17-26, 1985 (in Japanese)
- 2) 雷・気象情報会社 (株) フランクリン・ジャパンの統計データ
<http://www.franklinjapan.jp/>
- 3) IEC 事業概要 -2010 年版- (財) 日本規格協会 2010.05
- 4) 雷保護関連各種 JIS 日本規格協会
JIS A 4201 : 2003 、 JIS Z 9290-4 : 2009 、 JIS C 5381-1,12,21,22 他
- 5) 国交省大臣官房電気通信室監修「雷害対策設計施工要領(案)・同解説」 pp89-92, 2006.11, JLPA 編集、(社) 電気設備学会監修「雷害対策設計ガイド」 pp151-172, 2008.10 等に詳しい
- 6) JIS A 4201 : 2003 4 項に外部雷保護システムの保守点検について記載
JIS Z 9290-4 : 2009 8 項に SPD 等を用いた電気・電子機器の雷保護の検査、保守について記載

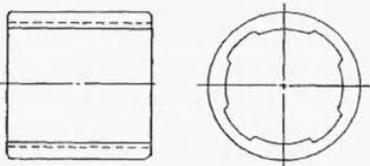
Ⅱ.6 付属書 A 調節弁・緊急遮断弁のトラブル事例

事例 1

件名	スケール付着による容量不足発生
使用条件	流体／使用場所／使用期間 : 給水／発電設備／2年 圧力／差圧／温度 : 17MPa／3.2MPa／223℃
仕様	弁／操作器型式／弁口径 : 多段減圧トリムグローブ弁／シリンダ式／8B 本体／プラグ／ケージ材質 : SCPH21／SUS630 チッカ処理／SUS403 Ni 系メッキ
部位	トリム
事例概要	流体内の酸化鉄が絞り部に付着して容量不足になった。
(推定)原因	  <p>高温 (200℃以上) 給水では、シッコール反応が促進されマグネタイトが生成される。これに流体力学的要因や静電的要因が組み合わさり、絞り部に酸化鉄が付着し易い。</p> <p>注) シッコール反応とは鉄鋼腐食の分野でボイラ水中にマグネタイトの沈積が起こる際の反応である。$3\text{Fe}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2$</p>
対策処置	①プロセス流体の性状管理。 ②スケール付着メカニズムを把握し、回避可能となる手段を講じる。 ③必要により型式変更も検討する。

資料提供・協力 日本ドレッサー株式会社

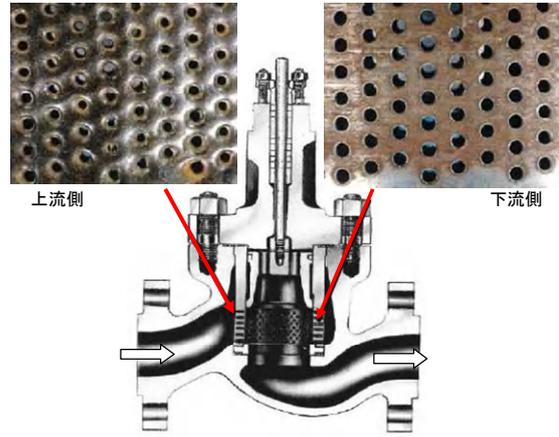
事例 2

件名	流体の付着による作動不調
使用条件	流体／使用場所／使用期間 : C7+PE スラリー／石油化学装置／2年 圧力／差圧／温度 : 5.42MPa／4.61MPa／280℃
仕様	弁／操作器型式／弁口径 : 単座グローブ弁／ダイヤフラム式／2B 本体／プラグ／ケージ材質 : 炭素鋼／SUS316 ステライト盛り／SUS630
部位	トリム
事例概要	パッキンボックス下端部から下側のプラグシステムに付着物が確認された。
(推定)原因	溜り部の流体付着。
対策処置	  <p>①付着箇所がガイド部であれば、溝付きガイド等を採用し、摺動面積を小さくする。 ②ある程度の付着が避けられない場合は、操作推力に余裕を持たせた駆動部の選定を検討する。 ③作動状況監視による CBM 化を検討する。</p>

資料提供・協力 日本ドレッサー株式会社

事例 3

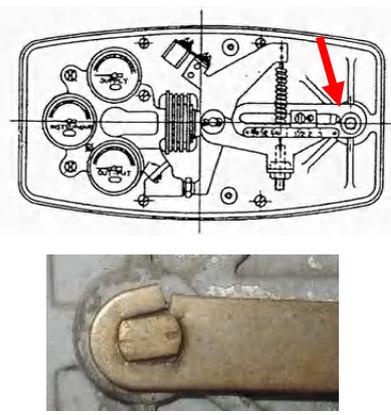
件名	ケージ外周部の摩耗と小孔部の詰まり	
使用条件	流体／使用場所／使用期間 : 水／発電設備／試運転期間 圧力／差圧／温度 : 4.4MPa／2.0MPa／60℃	
仕様	弁／操作器型式／弁口径 : 多孔ケージグローブ弁／シリンダ式／8B 本体／ケージ材質 : 炭素鋼／マルテンサイト系ステンレス鋼	
部位	トリム	
事例概要	<p>ケージ外周側に異物による肌荒れと小孔に詰まりが確認された。 流れが直接当たる上流側にのみに確認され、反対側（下流側）は正常だった。</p>	
(推定)原因	<p>流体内の異物（溶接スパッター等の金属片）がケージ外周面に滞留し、水流によって衝突・擾乱を起こした。</p>	
対策処置	<p>①試運転前には十分なフラッシングを行う。 ②特に小孔ケージ、小 Cv 値のものについては、バイパス操作や短管に取替えてフラッシングするなど、詰まり対策に十分な配慮が必要である。</p>	



資料提供・協力 日本ドレッサー株式会社

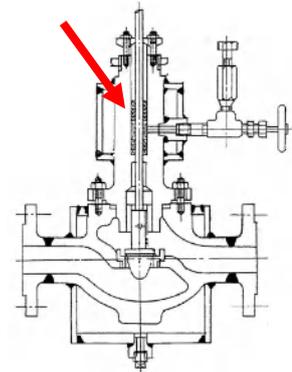
事例 4

件名	調節弁ポジションナ フィードバックレバー軸の固着による制御不良	
使用条件	流体／使用場所／使用期間 : C3 液体／液封重合槽／20 年超 圧力／差圧／温度 : 2MPa／1.5MPa／200℃	
仕様	弁／操作器型式／弁口径 : 単座グローブ／ダイヤフラム／10B 本体／プラグ／シート材質 : SCPH2／SUS316／SUS316	
部位	操作器 (P/P ポジショナ)	
事例概要	<p>ポジションナのフィードバックレバー軸が固着（軸受け材質：オイライトブロンズ）し、レバー連結部のガタ発生やフィードバックレバー折損に至り、制御不良によるプロセス変動が発生した。</p>	
(推定)原因	<p>作動頻度大による軸偏磨耗及び風雨等により集積した粉塵等が付着して固着に至った。</p>	
対策処置	<p>①定期検査項目および検査方法の見直し改善 ②設置環境の改善（カバー取付等） ③ポジションナ形式変更による改善</p>	



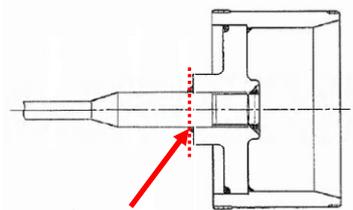
事例5

件名	駆動部選定不良による制御不良			
使用条件	流体/使用場所/使用期間 : C7+PP スラリー/重合槽/20年超 圧力/差圧/温度 : 5MPa/3MPa/200℃			
仕様	弁/駆動部型式/弁口径 : 単座グローブ/ダイヤフラム式/3B 本体/プラグ/シート材質 : SCPH2/SUS316/SUS316			
部位	駆動部			
事例概要	液封重合槽圧力制御用調節弁の整備を実施し復旧したところ、ハンチングが発生し制御不良となった。			
(推定)原因		パッキン材質	パッキン摩擦係数(N)	駆動部バネ定数(N/mm)
			必要値	測定値
	新設時	M#VG1-R+P#6616A	2530	310 316
	整備後	P#6528+P#6616A	2320	280 316
	対策後	V#VTF22+V#6399L	1240	190 750
(推定)原因	高度な精密制御が必要な駆動部選定時にグランド部摩擦係数など摺動部摩擦係数が設計に考慮されないまま、余裕の無い駆動部が選定された。その後、整備工事が施工されパッキンが新品となり、さらに他の摺動部の経年劣化もあり、摩擦係数が上昇した。摺動部全体の摩擦力と駆動力が拮抗したため調節動作が不安定になったものと思われる。			
対策処置	①特に高度な精密制御プロセスには、駆動力の余裕度を考慮することが必要。 ②プロセス条件と機器（操作器）選定条件、基準の確認 ③変更管理の徹底（部品変更時の設計条件および選定基準の確認）			

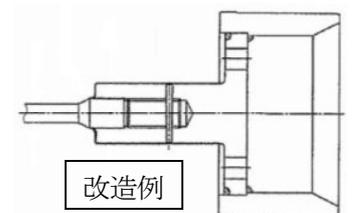


事例6

件名	振動によるステム折損（プラグ脱落）	
使用条件	流体/使用場所/使用期間 : 熱炭酸カリ/CO2 吸収塔出口弁/2ヶ月 圧力/差圧/温度 : 1.84MPa/1.80MPa/120℃	
仕様	弁/操作器型式/弁口径 : ケージ弁/ダイヤフラム/6B 本体/トリム/ステム材質 : SCS13A/SCS14A+ステライト盛/SCS14A	
部位	トリム	
事例概要	調節弁の動作は正常だが、流量調節ができず運転不能となった。弁の閉塞が疑われた。開放結果、プラグとステムとの接合部が折損しており、プラグが脱落していた。	
(推定)原因	調節弁出口が低圧であるため、流体中に吸収されていたCO2 が放出され（アウトガッシング）、これに伴う振動の繰り返し応力により疲労破断に至った。	
対策処置	H2S 吸収塔なども類似プロセスである。 ①アウトガッシング・振動の抑制（運転方法、流体性状、バルブ型式等） ②耐振動性向上、応力集中緩和（プラグ/ステムの強度、太さ、接合部形状） ③キャビテーション対策も参考とする。（事例7 参照）	



切断部

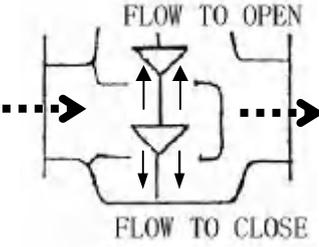


改造例

事例7

件名	調節弁の本体から漏れ																										
使用条件	流体/使用場所/使用期間 : CO2 ドレン水/セパレーターボトム/20年超 圧力/差圧/温度 : 1.62MPa/1.49MPa/75°C																										
仕様	弁/操作器型式/弁口径 : 単座グローブ弁/ダイヤフラム式/3/4B (ポート=1/8B) 本体/プラグ材質 : 炭素鋼/SUS630																										
部位	弁本体																										
事例概要	<p>運転中の水素製造装置において、調節弁ボディより内部流体が漏れる不具合が発生した。(過去に点検整備履歴なし) 分解点検結果、出口側接液部(胴部上側)が極端に減肉し、スタッドボルト穴が貫通している状態。</p>																										
(推定)原因	<p>ボディ胴部のピンホール及び極端な減肉は、キャビテーションにより内壁が浸食されたものと推定。</p>																										
解説	<p>【キャビテーションとは】 高流速部で圧力が飽和蒸気圧以下になると気泡が発生する。気泡は、周囲の圧力回復(圧力の上昇)に伴い崩壊する。この崩壊は、非常に短時間(1/1000秒程度)で起こり、この時の強い衝撃力は700MPaにも達すると言われている。崩壊が物体の近くで発生すると衝撃力により物体表・内面に大きな応力が発生し、損傷を生じさせる。その際15~10000Hzにわたる広範囲の周波数の騒音を伴う。なお、キャビテーション・エロージョンは弁本体よりも、トリム部へ損傷を与える場合が多い。</p>																										
対策処置	<p>【キャビテーション発生の評価式】 発生しない場合 $\Delta P < Kc (P1 - Pv)$ キャビテーション発達域 $FL^2 (P1 - Pv) > \Delta P \geq Kc (P1 - Pv)$ 全面キャビテーション (フラッシング) $\Delta P \geq FL^2 (P1 - Pv)$ $P2 < Pv$</p> <p>ΔP : 弁差圧 [P1-P2] (kPa) Kc : キャビテーション係数 (注) P1 : 弁上流側圧力 (kPaA) P2 : 弁下流側圧力 (kPaA) Pv : 液体の蒸気圧 (kPaA) FL : 圧力回復係数 (注) (注) バルブ構造により決定される</p> <p>上式からわかるように FL 値が小さい(バタフライ弁、ダイヤフラム弁等)程、又差圧が大きい程、キャビテーションが発生しやすくなる。キャビテーションを回避するためには、高い Kc、又は FL を持つバルブの採用(構造変更、CVの直列設置、減圧用多孔オリフィス設置等)や2次圧を上げる(バルブ取り付け位置を下げる)方策をとる。また、ダメージ軽減の観点から材質対応を検討する。</p> <p style="text-align: center;">キャビテーション損傷試験による金属の減量 (ノズル型、80m/s、20°C、16時間)</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>金属の種類</th> <th>相当鋼種</th> <th>硬さ(HB)</th> <th>減量(mm³)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>炭素鋼</td> <td>S30C</td> <td>145</td> <td>135.0</td> </tr> <tr> <td>鋳鋼</td> <td>SCPH2</td> <td>133</td> <td>57.8</td> </tr> <tr> <td>Cr-MO鋼</td> <td>SCM435</td> <td>640</td> <td>4.7</td> </tr> <tr> <td>ステンレス鋼</td> <td>SCS13A</td> <td>182</td> <td>3.7</td> </tr> <tr> <td>ステライト</td> <td>No.12</td> <td>486</td> <td>0.9</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">*水道協会誌 抜粋</p> <p>参考 : 株式会社本山製作所 技術情報 http://www.motoyama-cp.co.jp/technology/valvematerial.html 巴バルブ株式会社 技術資料 http://www.tomoevalve.com/pdf/technical.pdf</p>			金属の種類	相当鋼種	硬さ(HB)	減量(mm ³)	炭素鋼	S30C	145	135.0	鋳鋼	SCPH2	133	57.8	Cr-MO鋼	SCM435	640	4.7	ステンレス鋼	SCS13A	182	3.7	ステライト	No.12	486	0.9
金属の種類	相当鋼種	硬さ(HB)	減量(mm ³)																								
炭素鋼	S30C	145	135.0																								
鋳鋼	SCPH2	133	57.8																								
Cr-MO鋼	SCM435	640	4.7																								
ステンレス鋼	SCS13A	182	3.7																								
ステライト	No.12	486	0.9																								

事例 8

件名	複座弁ステム折損	
使用条件	流体／使用場所／使用期間 : Solution(比重: 1.25) / 水素製造装置 / 38年 圧力／差圧／温度 : 1 MPa / 0.8 MPa / 113°C	
仕様	弁／操作器型式／弁口径 : 複座弁／ダイヤフラム式／6 B 本体／プラグ : SCS14 / SUS32(SUS304) ステライト盛	
部位	トリム	
事例概要	<p>定期整備で内弁を代替品に取替えた後、2年で液面調整が不能となった。作動状況(0-20-50%)は問題なかったが、液面変化せず。点検結果、ステムが折損し、ガイド部に磨耗が見られたことより、横方向に振動が発生し、疲労破壊により折損したものと推定された。</p>	
(推定)原因	<p>複座弁では、それぞれのプラグで流れ方向が異なっており、不平衡力の反転現象と呼ばれる、プラグに加わる力が開度によって変化する現象が知られている。</p> <p>この事例では、整備により取り替えたプラグの特性変化(リニアからイコール%に変更)により不平衡力が大きくなったこと、これに起因した偏流や、特定の弁開度で発生する流れの付着や剥離の不安定挙動が、振動の発生要因と考えられた。</p>	
対策処置	<p>①代替品や遊休品の採用が思わぬトラブル要因となる場合がある。調節弁の型式ごとに特性を把握し、それに応じた変更管理を行うことが重要である。</p> <p>②耐振動性に優れたステム構造、不平衡力の反転現象が無い弁型式等の検討。</p> <p>③不平衡力に耐えうる駆動部の十分な剛性・駆動力を確保する。</p>	