

目 次

1. 計装一般

| | |
|-----------------------------|----|
| 1-1 計装とは | 1 |
| 1-2 計装の目的 | 1 |
| 1-3 フールプルーフとフェイルセーフ | 2 |
| 1-4 プラント安全確保の要件 | 2 |
| 1-5 計測・制御の例（ボイラ） | 3 |
| (1) ACC（燃焼制御） | 4 |
| (2) FWC（給水制御） | 4 |
| 1-6 計装による安全性の向上 | 4 |
| (1) 従来の計装 | 4 |
| (2) 異常検出システム | 4 |
| (3) 異常診断システム | 5 |
| (4) 高信頼計装システム | 5 |
| (5) オペレータの新しい役割 | 5 |
| (6) 関連技術の再検討 | 5 |
| 1-7 測 定 | 5 |
| 1-7-1 基本量と単位 | 5 |
| 1-7-2 用 語 | 12 |
| 1-7-3 測定方式 | 13 |
| (1) 直接測定と間接測定 | 13 |
| (2) 基本測定，定義測定と比較測定 | 13 |
| (3) 測定系の構成と測定法の種類 | 13 |
| (4) 測定値の取扱（JIS K0211，Z8401） | 14 |
| 1-7-4 測定の誤差と精度 | 19 |
| (1) 誤差の要因 | 20 |
| (2) 誤差の種類 | 20 |
| (3) 現状のまとめ（用語の意味の統一） | 21 |
| 1-7-5 トレーサビリティ | 21 |
| 1-7-6 計測器の信頼性 | 22 |
| (1) 不確かさと偏差 | 22 |

| | |
|----------------------|----|
| (2) 安定性 | 22 |
| (3) 精度の表し方 | 22 |
| (4) 総合精度 | 24 |
| 1-7-7 計測器の動特性 | 25 |
| 1-7-8 アナログ表示とデジタル表示 | 25 |
| (1) 2値表現と2進数 | 26 |
| (2) 16進数 | 29 |
| (3) BCD (2進化10進数) | 29 |
| 1-8 自動制御 | 30 |
| 1-8-1 基本的な構成 | 30 |
| 1-8-2 代表的な制御の方式 | 30 |
| (1) 閉ループ制御 | 30 |
| (2) 開ループ制御 | 31 |
| 1-8-3 制御の対象による分類 | 39 |
| (1) プロセス制御 | 39 |
| (2) サーボ制御 | 39 |
| (3) 自動調整 | 39 |
| 1-8-4 プロセスの自由度 | 40 |
| (1) プロセス変数 | 40 |
| (2) プロセス方程式 | 40 |
| (3) プロセスの自由度の求め方 | 41 |
| 1-8-5 伝達関数 | 41 |
| 1-8-6 ブロック線図 | 42 |
| 1-8-7 制御方式の分類 | 47 |
| (1) 目標値の時間的性質による分類 | 47 |
| (2) 2つ以上の制御系の組み合わせ制御 | 48 |
| 1-8-8 制御動作の分類 | 51 |
| (1) 連続動作 | 51 |
| (2) 不連続動作 | 54 |
| 1-8-9 最適調整 | 55 |
| (1) 過渡応答 | 56 |
| (2) 安定性 | 56 |
| (3) 最適調整法 | 57 |

| | | |
|--------|---|----|
| 1-8-10 | デジタル計装制御 | 58 |
| (1) | デジタル計装の歴史 | 58 |
| (2) | DCSの周辺機器や周辺技術 | 58 |
| (3) | デジタル制御システムの機能 | 59 |
| (4) | デジタル制御システムの構成 | 61 |
| (5) | 分散型デジタル制御装置(DCS) | 64 |
| (6) | PLC, パソコン計装システム | 66 |
| (7) | ネットワークインタフェース(OPC, XML, RDB) | 67 |
| (8) | 安全計装システム(SIS: Safety Instrumented System) | 67 |
| 1-8-11 | フィールドバスシステム | 76 |
| (1) | フィールドバスの歴史 | 76 |
| (2) | フィールドバスシステムの概要, 特徴 | 76 |
| (3) | ハードウェアの構成, 概要と特徴 | 78 |
| (4) | 計装工事の概要および考慮すべきこと | 80 |
| (5) | 必要な工事材料, 試験用計測機器 | 83 |
| (6) | システム試験の概要 | 84 |
| (7) | フィールド機器の試験と校正 | 85 |
| 1-9 | 信号の変換と伝送 | 86 |
| 1-9-1 | 信号の変換 | 86 |
| 1-9-2 | 信号の種類 | 86 |
| (1) | 空気圧信号方式 | 86 |
| (2) | 電気信号方式 | 86 |
| (3) | 光信号方式 | 87 |
| 1-9-3 | 電気信号方式の伝送 | 87 |
| (1) | アナログ伝送方式 | 87 |
| (2) | ハイブリット伝送方式 | 88 |
| (3) | デジタル伝送方式 | 89 |
| 1-10 | 光伝送システム | 91 |
| 1-10-1 | 光通信の基礎 | 91 |
| (1) | 光の波長 | 91 |
| (2) | 光の三法則 | 91 |
| (3) | 光の伝搬 | 91 |

2. 計 器

| | |
|----------------------------|-----|
| 2-1 一 般 | 94 |
| 2-1-1 計測と制御 | 94 |
| 2-1-2 自動制御の効果 | 94 |
| 2-1-3 計装技術者として留意すべき事項 | 95 |
| 2-1-4 計 器 | 95 |
| 2-1-5 A/D 変換と D/A 変換 | 96 |
| 2-1-6 スマート（インテリジェント）センサ | 96 |
| 2-2 温度計 | 100 |
| 2-2-1 温度計の分類と仕様 | 100 |
| 2-2-2 温度計の測定原理 | 102 |
| (1) 膨張式温度計（パイメタル式） | 102 |
| (2) 圧力式温度計 | 102 |
| (3) 熱電温度計 | 103 |
| (4) 抵抗温度計 | 103 |
| (5) 放射温度計 | 106 |
| 2-2-3 温度伝送器 | 106 |
| (1) 特 徴 | 106 |
| (2) 動作原理 | 106 |
| (3) 構造による分類 | 107 |
| (4) 計装方法 | 107 |
| (5) スマート機能 | 107 |
| 2-2-4 抵抗温度計 | 108 |
| 2-2-4-1 白金測温抵抗体 | 108 |
| 2-2-4-2 測温抵抗体内部の導線方式と端子の識別 | 109 |
| 2-2-4-3 測温抵抗体の導線方式 | 110 |
| 2-2-4-4 サーミスタ測温体 | 111 |
| 2-2-5 熱電対 | 112 |
| 2-2-5-1 熱電対の3法則 | 112 |
| 2-2-5-2 熱電対測定回路 | 113 |
| 2-2-5-3 補償導線の特性 | 114 |
| 2-2-5-4 熱電温度計の構成 | 115 |
| 2-2-5-5 熱電対の構造 | 116 |

| | |
|--|-----|
| (1) 裸熱電対 | 116 |
| (2) 絶縁管付熱電対 | 116 |
| (3) 被覆熱電対 | 117 |
| (4) 保護管付熱電対 | 117 |
| (5) シース熱電対 | 118 |
| 2-2-5-6 熱電対の特徴と仕様 | 119 |
| (1) K の還元性雰囲気における熱起電力劣化 | 119 |
| (2) 超高温用熱電対 | 119 |
| (3) 標準用熱電対 | 120 |
| 2-2-6 温度計に関する資料 | 120 |
| 2-2-7 放射温度計 | 140 |
| 2-2-7-1 分光放射率 ($\lambda=0.65\mu\text{m}$) の例 | 142 |
| 2-2-7-2 各種の放射を利用した温度計の比較 | 143 |
| 2-3 流量計 | 145 |
| 2-3-1 主な流量計 | 145 |
| 2-3-2 流量計の測定原理 | 147 |
| (1) 差圧流量計 | 147 |
| (2) 面積流量計 | 151 |
| (3) 電磁流量計 | 152 |
| (4) 超音波流量計 | 152 |
| (5) 動圧流量計 | 154 |
| (6) 容積流量計 | 155 |
| (7) 質量流量計 | 156 |
| (8) タービン流量計 | 161 |
| (9) せき流量計 | 161 |
| (10) パーシャルフリューム | 162 |
| (11) カルマン渦流量計 | 163 |
| 2-3-3 流量計に関する資料 | 165 |
| 2-4 レベル計 | 184 |
| 2-4-1 レベル計の種類 | 184 |
| (1) レベル計 (液体) | 184 |
| (2) レベル計 (粉体) | 186 |
| 2-4-2 レベル計の測定原理 | 187 |

| | |
|-------------------------|-----|
| (1) ディスプレースメント式レベル計 | 187 |
| (2) フロート式レベル計 | 188 |
| (3) 圧力式レベル計 | 188 |
| (4) 静電容量式レベル計 | 193 |
| (5) 電極式レベル計 | 194 |
| (6) 磁歪（ジワイ）式レベル計 | 195 |
| (7) ガイド付マイクロ波式レベル計 | 195 |
| (8) 超音波式レベル計 | 196 |
| (9) 放射線式レベル計 | 197 |
| (10) 電波式レベル計（マイクロ波レベル計） | 197 |
| (11) 側圧式粉体レベル計 | 198 |
| (12) 回転体式レベル計 | 198 |
| (13) 重錘式レベル計 | 199 |
| 2-4-3 レベル計に関する資料 | 200 |
| 2-5 圧力計 | 203 |
| 2-5-1 主な圧力計 | 203 |
| 2-5-1-1 圧力とは | 204 |
| 2-5-1-2 圧力計測表示 | 204 |
| (1) 圧力の表示 | 204 |
| (2) 真空の圧力単位 | 204 |
| 2-5-1-3 圧力計の最大目盛 | 205 |
| 2-5-1-4 圧力計測の方式 | 205 |
| 2-5-1-5 圧力の単位 | 205 |
| 2-5-1-6 測定原理による圧力計の分類 | 207 |
| 2-5-2 圧力計の測定原理 | 208 |
| (1) 機械式圧力計 | 208 |
| (2) 抵抗圧力計 | 209 |
| (3) 半導体圧力計 | 209 |
| (4) ピエゾ（圧電）圧力計 | 210 |
| (5) キャパシタンス圧力計 | 210 |
| (6) 円筒振動圧力計 | 211 |
| (7) 水晶振動圧力計 | 211 |
| (8) 熱伝導真空計 | 212 |

| | |
|------------------|-----|
| (9) 電離真空計 | 213 |
| (10) 隔膜真空計 | 214 |
| (11) 差圧伝送器 | 214 |
| 2-5-3 圧力計に関する資料 | 219 |
| 2-6 成分計・その他 | 225 |
| 2-6-1 主な成分計 | 225 |
| 2-6-2 成分計の測定原理 | 228 |
| 2-6-2-1 液体 | 228 |
| (1) pH (ピーエイチ) 計 | 228 |
| (2) 電極式導電率計 | 229 |
| (3) 電磁式導電率計 | 230 |
| (4) 濁度計 | 230 |
| (5) 溶存酸素計 | 231 |
| (6) ポーラログラフ | 232 |
| (7) 残留塩素計 | 233 |
| (8) アルカリ度計 | 233 |
| (9) TOC 計 | 234 |
| (10) BOD 計 | 235 |
| (11) 細管式連続粘度計 | 235 |
| (12) 振動式液体密度計 | 236 |
| (13) 気泡管式密度計 | 236 |
| 2-6-2-2 気体 | 237 |
| (1) 磁気式酸素計 | 237 |
| (2) ジルコニア式酸素計 | 237 |
| (3) ガスクロマトグラフ | 238 |
| (4) 赤外線ガス分析計 | 239 |
| (5) 熱伝導率式ガス成分計 | 239 |
| (6) 振動式気体密度計 | 240 |
| (7) 可燃性ガス検知器 | 241 |
| 2-6-3 その他計器 | 242 |
| (1) 湿度計 | 242 |
| (2) 露点計 | 244 |
| (3) 水分計 | 245 |

| | |
|--|-----|
| (4) 振動計 | 246 |
| (5) 炎検知器 | 252 |
| (6) ロードセル | 253 |
| 2-6-3-1 ロードセルに関する資料 | 254 |
| 2-6-4 成分計に関する資料 | 257 |
| 2-7 パネル機器 | 267 |
| 2-7-1 主なパネル機器 | 267 |
| 2-7-2 パネル機器の動作原理 | 267 |
| (1) 指示計 | 267 |
| (2) 調節計 | 268 |
| (3) 工業用記録計 | 273 |
| 2-7-3 パネル機器に関する資料 | 277 |
| パネル機器資① 各種調節計の比較 | 277 |
| パネル機器資② 空気圧伝送方式の伝送距離と伝達時間 | 278 |
| パネル機器資③ 各種変換器資料 | 278 |
| (1) 安全保持器 (ツェナーバリア) | 278 |
| (2) アイソレータ | 279 |
| (3) 熱電対変換器 | 281 |
| (4) 測温抵抗体変換器 | 284 |
| (5) 開閉演算器 | 286 |
| (6) 空電変換器 | 288 |
| (7) パルスアナログ変換器 | 289 |
| (8) C T変換器 | 291 |
| (9) V T変換器 | 294 |
| (10) リモート I/O | 295 |
| (11) 避雷器 | 299 |
| パネル機器資④ デジタル制御機器 | 303 |
| (1) シングループコントローラ | 303 |
| (2) 温度調節計 | 304 |
| (3) PLC (programable logic controller) | 304 |
| (4) パソコン計測制御システム | 323 |
| (5) 分散制御システム (DCS: Distributed Control System) | 324 |
| 2-8 操作端 | 326 |

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| 2-8-1 | 工業用バルブの分類 | 326 |
| 2-8-2 | 調節弁の構成 | 328 |
| 2-8-3 | 調節弁の種類と用途（概要） | 329 |
| 2-8-4 | バルブの構造と特長 | 330 |
| (1) | バルブの構造と各部名称 | 330 |
| (2) | グローブ弁 | 330 |
| (3) | アングル弁 | 333 |
| (4) | 三方弁 | 334 |
| (5) | ダイヤフラム弁（サンダース弁） | 336 |
| (6) | ゲート弁（仕切弁） | 337 |
| (7) | バタフライ弁（蝶形弁） | 338 |
| (8) | ボール弁 | 340 |
| (9) | 偏心軸回転弁（ロータリー弁） | 341 |
| 2-8-5 | バルブの形式選定ガイド | 342 |
| 2-8-6 | バルブの選定（サイジング） | 342 |
| (1) | C_v 値の計算 | 343 |
| (2) | 流速計算と制限値 | 348 |
| (3) | 騒音 | 349 |
| (4) | レンジアビリティ | 354 |
| (5) | 流量特性 | 356 |
| (6) | 弁座漏洩量 | 358 |
| (7) | バルブの作動方向 | 359 |
| (8) | 調節計と調節弁，動作の組合せ | 360 |
| (9) | 操作器の形式 | 362 |
| (10) | 内弁形式 | 366 |
| (11) | 上蓋形式 | 370 |
| (12) | 本体定格圧力と接続形式 | 371 |
| 2-8-7 | 材料選定 | 373 |
| (1) | 本体材料 | 373 |
| (2) | 内弁材料（トリム材料） | 375 |
| 2-8-8 | 付属機器 | 377 |
| (1) | ポジションナ | 377 |
| (2) | 減圧弁 | 380 |

| | |
|---------------------------|-----|
| (3) ロック機構 | 382 |
| (4) その他の付属機器 | 382 |
| 2-9 計器盤 | 388 |
| 2-9-1 盤の種類 | 388 |
| (1) 構造による分類 | 388 |
| 3. 計装工事の設計 | |
| 3-1 計装工事設計の計画 | 390 |
| 3-1-1 計装工事設計の計画の目的 | 390 |
| 3-1-2 工事設計計画を行うための全体工程の流れ | 390 |
| 3-1-3 計装工事と他グループとの関係 | 392 |
| 3-1-4 計装工事設計 | 393 |
| (1) 作成する図書類 | 393 |
| (2) 設計要領 | 393 |
| 3-2 計装用記号 | 396 |
| 3-2-1 適用範囲 | 396 |
| 3-2-2 記号の種類 | 396 |
| (1) 基本記号 | 396 |
| (2) 詳細記号 | 396 |
| 3-2-3 基本記号 | 397 |
| (1) 文字記号 | 397 |
| (2) 個別番号 | 397 |
| (3) 図記号 | 397 |
| (4) 文字記号と個別番号の表し方 | 402 |
| (5) 基本記号の使用例 | 403 |
| 3-2-4 詳細記号 | 404 |
| (1) 文字記号 | 404 |
| (2) 個別番号 | 404 |
| (3) 仕様記号 | 404 |
| (4) 図記号 | 405 |
| 3-2-5 詳細記号の使用例 | 410 |
| 3-2-6 日本計装工業会標準による図記号 | 414 |
| 3-3 計装用動力源 | 421 |

| | |
|-----------------------|-----|
| 3-3-1 計装用電源 | 421 |
| (1) 計装用無停電電源装置の方式 | 421 |
| (2) 計装用交流無停電電源装置 | 423 |
| (3) 配電設備での計装用電源の分岐位置 | 426 |
| (4) 計装電源計画の留意点 | 426 |
| (5) 交流電源に関する用語と記号 | 428 |
| (6) 配線の電圧降下 | 430 |
| 3-3-2 計装用空気源 | 432 |
| (1) 空気源装置 | 432 |
| (2) 計装用空気の供給方式 | 435 |
| (3) 配管材料の比較 | 436 |
| (4) 一般計器の空気消費量 | 437 |
| (5) 配管サイズの決定 | 438 |
| 3-4 計装信号 | 439 |
| 3-4-1 電気信号 | 439 |
| (1) 電気信号方式 | 439 |
| (2) 電気信号方式の長所と短所 | 440 |
| 3-4-2 空気信号 | 442 |
| (1) 空気信号方式 | 442 |
| (2) 空気信号方式の長所と短所 | 442 |
| (3) 配管の種類と特徴 | 443 |
| (4) 一般的な信号空気配管の種類 | 443 |
| (5) 施工方式 | 444 |
| 3-4-3 計装信号に関する資料 | 445 |
| (1) ステップ入力における伝送遅れ | 445 |
| (2) 一定速度変化の入力における伝送遅れ | 446 |
| (3) 周波数応答による伝送遅れ | 447 |
| 3-5 計装配線 | 448 |
| 3-5-1 計装配線（メタルケーブル） | 448 |
| (1) 電源および制御配線 | 448 |
| (2) 信号配線 | 448 |
| (3) 特殊配線 | 449 |
| (4) 計装用ケーブルの特徴 | 449 |

| | |
|--|-----|
| (5) 補償導線 | 456 |
| 3-5-2 計装配線工事 | 461 |
| (1) 電線管とケーブル数量 | 461 |
| (2) 電線管による配管工事 | 461 |
| (3) プルボックスの種類および構造 | 462 |
| (4) プルボックスの選定 | 462 |
| (5) ケーブルによる配線工事（ケーブルダクト、ケーブルラック） | 464 |
| 3-5-3 光伝送システムの設計 | 469 |
| (1) 光ケーブルの種類と波長帯 | 469 |
| (2) 光ファイバ通信システム | 471 |
| (3) 光デバイス概要 | 471 |
| (4) 光ファイバの損失計算式 | 474 |
| (5) 光伝送路 | 475 |
| (6) 機器への光コネクタ接続 | 479 |
| 3-5-4 防爆計装設備 | 480 |
| (1) 爆発現象とその危険性 | 480 |
| (2) 防爆性能の保全 | 483 |
| (3) 防爆計装工事に関する規制 | 486 |
| 3-5-5 各種の障害対策 | 492 |
| (1) 特殊環境に対する考慮 | 492 |
| (2) 電気障害防止対策 | 494 |
| (3) インバータノイズの発生とその対策 | 507 |
| (4) 電磁両立性（EMC : Electromagnetic Compatibility） | 511 |
| 3-5-6 接地工事 | 514 |
| (1) 目 的 | 514 |
| (2) 計装設備の主要なグラウンドと接地 | 514 |
| (3) 接地抵抗値 | 516 |
| (4) 接地線の種類 | 517 |
| (5) 接地の方法 | 518 |
| (6) 接地極埋設の施工例 | 519 |
| 3-6 静電気 | 520 |
| 3-6-1 静電気の現象 | 520 |
| (1) 静電気の帯電原理 | 520 |

| | |
|----------------------------|-----|
| (2) 静電気帯電の性質 | 521 |
| (3) 静電気の放電現象 | 522 |
| (4) 静電気に起因する災害および障害 | 524 |
| 3-6-2 静電気災害防止対策 | 525 |
| (1) 静電気災害防止対策の基本 | 525 |
| (2) 静電気発生に関わる主な要素 | 525 |
| 3-6-3 接地とボンディング | 527 |
| (1) 接地・ボンディングの目的 | 527 |
| (2) 接地・ボンディングの適用範囲 | 527 |
| (3) 接地・ボンディングの対象 | 527 |
| (4) 静電接地の省略例 | 527 |
| (5) 漏洩抵抗 | 527 |
| (6) ボンディングの抵抗 | 528 |
| (7) 接地・ボンディングの方法 | 528 |
| 3-6-4 作業者の静電気対策 | 530 |
| (1) 作業者の接地 | 530 |
| (2) 作業服の帯電防止 | 530 |
| 3-6-5 不導体の静電気対策 | 531 |
| (1) 不導体の制限 | 531 |
| (2) 導電性の向上 | 531 |
| (3) 静電遮へい | 531 |
| (4) 除電器の併用 | 531 |
| 3-7 計装配管 | 532 |
| 3-7-1 導圧配管工事 | 532 |
| (1) 設 計 | 532 |
| (2) 施工方法 | 532 |
| (3) 圧力・温度による配管の選定 | 532 |
| (4) 流体の腐食性による使用材料の選定 | 533 |
| (5) 計器取付位置の選定 | 537 |
| (6) 導圧配管の取出しノズルの方向 | 538 |
| (7) プロセス流体の状態 | 539 |
| (8) シールボットおよびコンデンセートボットの取付 | 539 |
| (9) 伝送器の取付位置と導圧管配管の例 | 541 |

| | | |
|-------|--------------------------|-----|
| 3-7-2 | 分析計サンプリング配管 | 543 |
| (1) | 概 要 | 543 |
| (2) | 代表的分析計の種類 | 544 |
| (3) | 配管材料 | 544 |
| (4) | サンプリング配管の例 | 544 |
| 3-7-3 | ヒートトレースの計画 | 547 |
| (1) | ヒートトレースの目的 | 547 |
| (2) | ヒートトレースの実施要領 | 548 |
| (3) | 熱 源 | 548 |
| (4) | 保温仕様 | 550 |
| (5) | 保温およびカバー | 552 |
| (6) | スチームトレース配管 | 553 |
| 3-7-4 | 計装配管に関する資料 | 555 |
| 3-8 | ケーブルダクト, ラック, ピット, トラフ工事 | 561 |
| 3-8-1 | ケーブルダクト工事 | 561 |
| (1) | 設 計 | 561 |
| (2) | ケーブルダクトの構造例 | 562 |
| (3) | ケーブルダクトの取付方法 | 564 |
| 3-8-2 | ケーブルラック工事 | 565 |
| (1) | 設 計 | 565 |
| (2) | ケーブルラックの構造例 | 566 |
| (3) | ケーブルラックの取付方法 | 566 |
| 3-8-3 | ピットおよびトラフ工事 | 568 |
| (1) | 設 計 | 568 |
| (2) | 施工方法 | 569 |
| (3) | 施工例 | 569 |
| 3-8-4 | ケーブルダクトおよびピット類の長所・短所 | 571 |
| 3-9 | 計器室内の配線 | 571 |
| 3-9-1 | 屋外より計器室への引込み | 571 |
| (1) | ダクトおよびラックによる引込みの場合 | 571 |
| (2) | 保護管および管路による引込みの場合 | 571 |
| (3) | ケーブルピットおよびトラフによる引込みの場合 | 573 |
| (4) | シール材料 | 573 |

| | | |
|--------|-----------------------------|-----|
| 3-9-2 | 計器室内の配線ルート | 573 |
| 3-10 | 貫通処置 | 574 |
| 3-10-1 | 電線等防火区画の貫通 | 574 |
| (1) | 耐火性能 | 574 |
| (2) | 電線管等が防火区画等を貫通する箇所の工事方法 | 574 |
| (3) | 鋼製電線管が防火区画等を貫通する箇所の工事方法 | 576 |
| (4) | ケーブルが貫通する工事方法 | 577 |
| (5) | 金属ダクトが貫通する工事方法 | 577 |
| (6) | 監督職員の承諾 | 577 |
| (7) | 防火措置工法の標識の掲示 | 577 |
| 3-10-2 | 管路の外壁貫通など | 578 |
| 3-11 | 計装配線の耐火と延焼防止 | 580 |
| 3-11-1 | 一般 | 580 |
| 3-11-2 | 対策の選定 | 580 |
| 3-11-3 | 耐火対策の方法 | 580 |
| (1) | 一般的な耐火対策 | 580 |
| (2) | ケーブルダクトの耐火施工方式 | 581 |
| (3) | 電線管の耐火施工方式 | 581 |
| (4) | 耐火材の選定条件 | 581 |
| 3-11-4 | 延焼防止対策の方法 | 583 |
| (1) | 一般的な延焼防止対策 | 583 |
| (2) | 延焼防止対策の施工方法および延焼防止材 | 583 |
| 3-11-5 | 注意事項 | 585 |
| (1) | 耐火対策の注意 | 585 |
| (2) | 延焼防止対策の注意事項 | 585 |
| 3-11-6 | 関連法規・規格 | 586 |
| 3-12 | 耐震処置 | 586 |
| 3-12-1 | 耐震処置を施す根拠 | 586 |
| 3-12-2 | 設計用標準震度 K_s の表現方法 | 587 |
| (1) | 「電気設備工事監理指針 平成 28 年版」での表現 | 588 |
| (2) | 「建築設備耐震設計・施工指針 2014 年版」での表現 | 589 |
| 3-12-3 | 配管の耐震施工設計 | 590 |
| 3-12-4 | 盤の耐震施工設計 | 590 |

| | |
|---|-----|
| (1) 概要 | 590 |
| (2) アンカーボルトに作用する引抜力とせん断力の捉え方 | 591 |
| (3) アンカーボルトの選定 | 592 |
| (4) アンカーボルトに作用する引抜力・せん断力の計算例，アンカーボルト選定例 | 595 |
| 3-1-3 雷対策 | 603 |
| 3-1-3-1 雷の発生形態 | 603 |
| 3-1-3-2 落雷の形態 | 604 |
| (1) 直撃雷 | 604 |
| (2) 誘導雷 | 604 |
| (3) 逆流雷 | 604 |
| 3-1-3-3 雷対策の基本事項 | 604 |
| 3-1-3-4 建築物等の雷保護 | 605 |
| (1) 保護レベルに応じた受雷部システムの配置 | 605 |
| (2) 引下げ導線システム | 606 |
| (3) システム | 606 |
| (4) 等電位ボンディング | 607 |
| 3-1-3-5 電気・電子設備の雷保護 | 608 |
| (1) 雷電流パラメータ | 608 |
| (2) 雷保護領域 | 609 |
| (3) 導電性部分のボンディング | 610 |
| (4) 磁気遮蔽と配線ルート | 612 |
| (5) SPD による雷保護（接地） | 614 |
| 4. 計装工事の施工 | |
| 4-1 計装工事工程の概要と工事監督 | 618 |
| 4-1-1 計装工事工程の概要 | 618 |
| 4-1-2 工事監督 | 618 |
| 4-1-3 資材及び工具の管理 | 619 |
| (1) 資材関係 | 619 |
| (2) 工具関係 | 620 |
| (3) その他 | 620 |
| 4-1-4 工程管理 | 620 |
| (1) 工数 | 620 |

| | |
|--------------------------------|-----|
| (2) 工程表の作成, 見直し | 620 |
| (3) 工程表の種類 | 621 |
| 4-1-5 ネットワーク図, ネットワーク工程表 | 625 |
| (1) 作図ルール | 625 |
| (2) 変 数 | 627 |
| (3) 工程の立案手順 | 628 |
| (4) 人員配置の検討 | 629 |
| 4-2 計器盤据付 | 629 |
| 4-2-1 一 般 | 629 |
| 4-2-2 チャンネルベースの据付 | 629 |
| (1) チャンネルベースの固定 | 629 |
| (2) チャンネルベースのレベルの出し方 | 630 |
| (3) チャンネルベース据付仕上げ | 631 |
| 4-2-3 計器盤の開梱 | 632 |
| 4-2-4 計器盤の搬入 | 632 |
| (1) 概 要 | 632 |
| (2) つり上げ作業 | 633 |
| (3) 横引き搬入 | 636 |
| 4-2-5 計器盤の据付 | 638 |
| 4-2-6 計器盤据付に使用する工具 | 638 |
| (1) 計器盤の開梱時 | 638 |
| (2) 計器盤搬入時 | 638 |
| (3) チャンネルベース据付時 | 638 |
| (4) 計器盤据付時 | 638 |
| 4-2-7 DCS, PC, サーバなどの据付 | 638 |
| (1) 機器の作動環境 | 638 |
| (2) 電源の供給 | 639 |
| (3) 接 地 | 639 |
| (4) 保 管 | 639 |
| 4-3 ケーブルダクト据付 | 639 |
| 4-3-1 一 般 | 639 |
| 4-3-2 ケーブルダクトの接続 | 639 |
| 4-3-3 ケーブルダクトの据付 | 641 |

| | |
|------------------------------|-----|
| (1) ケーブルダクトの据付例 | 641 |
| (2) ケーブルダクトの熱膨張対策 | 642 |
| (3) ケーブルダクトの接地 | 642 |
| 4-3-4 セパレータ（隔離板）の取付 | 642 |
| 4-3-5 清掃及び補修 | 643 |
| 4-3-6 ダクト据付に使用する工具 | 643 |
| 4-4 トラフのふ設 | 643 |
| 4-4-1 一般 | 643 |
| 4-4-2 トラフのふ設 | 643 |
| 4-4-3 トラフのふ設に使用する工具 | 644 |
| 4-5 現場計器の取付 | 644 |
| 4-5-1 一般 | 644 |
| (1) インライン計器 | 645 |
| (2) 現場取付計器 | 645 |
| (3) 導圧配管レス化 | 645 |
| 4-5-2 差圧流量計用絞り機構の取付 | 646 |
| (1) 絞り機構の直管部 | 646 |
| (2) オリフィスプレートの取付 | 646 |
| (3) オリフィスタップの位置 | 648 |
| 4-5-3 温度計の取付 | 648 |
| (1) 保護管の取付方法による分類 | 648 |
| (2) 保護管の取付 | 649 |
| 4-5-4 面積流量計（ロータメータ）の取付 | 650 |
| 4-5-5 容積流量計の取付 | 650 |
| 4-5-6 電磁流量計の取付 | 652 |
| 4-5-7 質量流量計の取付 | 654 |
| (1) 特徴 | 654 |
| (2) 施工時の注意点 | 654 |
| 4-5-8 ディスプレースメント式レベル計の取付 | 654 |
| (1) ディスプレースメント式レベル計の取付けによる分類 | 654 |
| (2) ディスプレースメント式レベル計の取付 | 656 |
| 4-5-9 煙道ガス濃度計の取付 | 656 |
| (1) 本体設置場所選定の留意点 | 657 |

| | |
|----------------------------------|-----|
| (2) 外付けサンプリングシステムの留意点 | 657 |
| (3) 排気及びドレン処理時の留意点 | 657 |
| 4-5-10 調節弁の取付 | 657 |
| 4-5-11 発信器・変換器類の取付 | 659 |
| (1) 一般的な計器のスタンション取付例 | 659 |
| (2) スタンションの構造 | 659 |
| (3) スタンションの据付 | 660 |
| (4) 計器のスタンションへの取付 | 664 |
| 4-5-12 環境の悪い場所の現場計器の保護対策 | 665 |
| 4-5-13 現場計器の取付に使用する工具 | 666 |
| 4-6 導圧配管工事 | 667 |
| 4-6-1 一般 | 667 |
| 4-6-2 導圧配管方式 | 667 |
| 4-6-3 導圧配管施工上の注意事項 | 694 |
| (1) 溶接 | 694 |
| (2) ねじ接続 | 697 |
| (3) 酸洗 | 702 |
| (4) フランジ接続 | 702 |
| (5) 管の曲げ加工 | 705 |
| (6) 施工上の要点 | 706 |
| 4-6-4 導圧管のトレース及び保温 | 708 |
| (1) 計器収納箱・導圧管電熱トレース | 709 |
| (2) 導圧管トレース施工 | 709 |
| (3) 電熱トレース施工上の注意事項 | 710 |
| 4-6-5 導圧配管工事に使用する工具 | 711 |
| 4-7 計装配線工事及び供給・信号配管工事 | 711 |
| 4-7-1 一般 | 711 |
| 4-7-2 配線・配管の実際 | 711 |
| (1) 配線・配管ループ | 711 |
| (2) 計器廻りの配線配管 | 742 |
| (3) ケーブルダクト、ピット、トラフ廻りの配線配管 | 746 |
| (4) 電線管ねじ | 748 |
| (5) 配線・配管のサポート | 748 |

| | |
|------------------------------------|-----|
| (6) 配線・配管のふ設 | 753 |
| (7) 計装配線・配管の端末処理 | 758 |
| 4-7-3 配線・配管施工上の注意事項 | 761 |
| (1) 鋼製電線管工事 | 761 |
| (2) 配線工事 | 763 |
| (3) 信号空気配管, 供給空気配管 | 763 |
| 4-7-4 計装配線工事及び供給空気・信号空気配管工事に使用する工具 | 764 |
| (1) 鋼製電線管に使用する工具 | 764 |
| (2) 供給空気配管, 信号空気配管に使用する工具 | 764 |
| (3) ケーブルふ設に使用する工具 | 764 |
| (4) 端末処理に使用する工具 | 764 |
| 4-8 防爆電気配線 | 765 |
| 4-8-1 防爆指針について | 765 |
| 4-9 光ケーブル工事 | 776 |
| 4-9-1 光ファイバ通信システムの概要 | 776 |
| (1) 光ファイバ通信システムの構成 | 776 |
| (2) 光ファイバ通信システムの特徴 | 776 |
| (3) 法的規制 | 776 |
| 4-9-2 光ファイバケーブルのふ設 | 776 |
| (1) メタルケーブルと光ファイバケーブルの違い | 776 |
| (2) ルートの選定 | 777 |
| (3) ふ設 | 777 |
| (4) 光ファイバケーブルの接続 | 779 |
| 4-10 溶接 | 784 |
| 4-10-1 一般 | 784 |
| (1) 概要 | 784 |
| (2) 分類 | 784 |
| (3) 溶接用語 | 784 |
| (4) 溶接姿勢 | 789 |
| (5) 溶接記号 | 790 |
| (6) 溶接理論 | 793 |
| 4-10-2 熱処理 | 798 |
| (1) 熱処理の分類 | 798 |

| | |
|----------------------|-----|
| (2) 熱処理の4要素 | 798 |
| (3) 温度処理 | 800 |
| (4) 体質改善熱処理 | 800 |
| (5) 表面改質熱処理 | 801 |
| 4-1-1 塗 装 | 802 |
| 4-1-1-1 塗料の取扱 | 802 |
| 4-1-1-2 塗装施工 | 803 |
| 4-1-1-3 塗装時の禁止事項 | 804 |
| 5. 積 算 | |
| 5-1 一 般 | 805 |
| 5-2 建設業の分類 | 805 |
| 5-3 積算業務の概要と留意事項 | 805 |
| 5-4 積算前の準備, 確認事項 | 806 |
| 5-4-1 現場説明 | 806 |
| 5-4-2 現場調査 | 806 |
| 5-4-3 仕様書, 図面の確認 | 806 |
| 5-4-4 工法および工程の確認 | 806 |
| 5-4-5 機器のメーカー指定 | 807 |
| 5-5 工事価格の構成と積算 | 807 |
| 5-5-1 工事価格の構成 | 807 |
| 5-5-2 工事価格の決定 | 807 |
| 5-5-3 工事価格, 工事原価, 利益 | 808 |
| 5-6 工事価格の算出 | 808 |
| 5-6-1 直接工事費の算出 | 808 |
| (1) 直接工事費の計装工事内容 | 808 |
| (2) 材料費 | 809 |
| (3) 労務費 | 810 |
| (4) 外注費とその他の費用 | 811 |
| 5-6-2 共通費の算出 | 812 |
| (1) 共通仮設費 | 812 |
| (2) 現場管理費 | 814 |
| (3) 一般管理費等 | 814 |

| | |
|---------------------------------|-----|
| 5-7 歩掛りに関する共通事項 | 818 |
| 5-7-1 歩掛り | 818 |
| 5-7-2 標準歩掛り | 818 |
| 5-7-3 歩掛りと複合単価 | 819 |
| 5-7-4 下請経費など | 819 |
| 5-8 直接工事費の歩掛り | 819 |
| 5-8-1 電線管工事 | 819 |
| 5-8-2 電線管工事の複合単価作成例 | 821 |
| 5-8-3 ケーブルラック歩掛り例と複合単価作成例 | 822 |
| 5-8-4 制御用ケーブル (CVV, CVV-S) 歩掛り例 | 823 |
| 5-9 その他の一般的歩掛り | 824 |
| 5-10 市場単価方式 | 826 |

6. 検 査

| | |
|---------------|-----|
| 6-1 概 要 | 829 |
| 6-2 工事の検査, 試験 | 829 |
| 6-2-1 計装機器の据付 | 829 |
| 6-2-2 導圧配管 | 832 |
| (1) 外観・仕様検査 | 832 |
| (2) 耐圧試験 | 833 |
| (3) 気密試験 | 835 |
| (4) 耐圧・気密同時試験 | 836 |
| 6-2-3 供給空気配管 | 837 |
| (1) 外観・仕様検査 | 837 |
| (2) 気密試験 | 837 |
| 6-2-4 信号空気配管 | 839 |
| (1) 外観・仕様検査 | 839 |
| (2) 導通・気密試験 | 839 |
| 6-2-5 配 線 | 841 |
| (1) 外観・仕様検査 | 841 |
| (2) 導通試験 | 843 |
| (3) 絶縁抵抗試験 | 844 |
| (4) 接地抵抗試験 | 845 |

| | |
|-------------------------------------|-----|
| (5) その他 | 846 |
| 6-2-6 光ファイバケーブルの試験 | 846 |
| (1) 導通試験 | 846 |
| (2) 損失測定 | 847 |
| (3) 光ファイバ施工時に生ずる光損失 | 849 |
| (4) 光損失測定法 | 849 |
| 6-2-7 ヒートトレース | 851 |
| (1) 蒸気（スチーム）トレース | 851 |
| (2) 電熱（ヒータ）トレース | 852 |
| 6-2-8 非破壊検査 | 852 |
| (1) 非破壊検査とは | 852 |
| (2) JIS の用語 | 853 |
| (3) 検査の概要 | 853 |
| (4) 検査技術者の資格 | 854 |
| 6-3 計装機器の校正と調整 | 855 |
| 6-3-1 単体校正と調整 | 856 |
| 6-3-2 ループ校正と調整 | 857 |
| 6-3-3 PID 調節計の最適調整法 | 859 |
| (1) PID の値を求める方法 | 860 |
| (2) ジーグラ・ニコルスの限界感度法による PID の最適調整法 | 860 |
| (3) ジーグラ・ニコルスのステップ応答法による PID の最適調整法 | 861 |
| 6-4 検査と校正の期間その他 | 863 |
| 6-5 保 全 | 863 |
| 6-5-1 保全と校正 | 864 |
| 6-5-2 保全の目的 | 864 |
| 6-5-3 保全の3要素 | 864 |
| 6-5-4 設備点検作業 | 864 |
| (1) 日常点検 | 864 |
| (2) 巡回点検 | 865 |
| (3) 定期点検 | 865 |
| (4) オーバホール | 866 |
| 6-6 測定器 | 869 |
| 6-7 計量計測のトレーサビリティ | 881 |

| | | |
|-------|---------------------------|-----|
| 6-7-1 | 校正におけるトレーサビリティの意味 | 881 |
| 6-7-2 | 計量標準供給制度（日本のトレーサビリティシステム） | 882 |
| 6-8 | 計測関係の JIS 規格 | 891 |

7. 計装工事用工具

| | | |
|-------|-------------------|-----|
| 7-1 | 溶接機，溶断機および付属品 | 897 |
| 7-2 | 工作機械および付属品 | 901 |
| 7-3 | 電動工具および付属品 | 903 |
| 7-4 | 作業工具および付属品 | 905 |
| 7-4-1 | 作業工具（配管工事および関連工事） | 905 |
| 7-4-2 | 作業工具（電気工事） | 912 |
| 7-4-3 | 作業工具（銅管工事） | 915 |
| 7-5 | 測定工具および検査・試験工具 | 916 |
| 7-6 | 運搬用具など | 920 |
| 7-7 | 安全衛生保護具など | 921 |

8. 計装工事用材料

| | | |
|-----|---------------------|-----|
| 8-1 | 電気材料 | 927 |
| (1) | 電線およびケーブル | 927 |
| (2) | 電線管および関連部品 | 937 |
| (3) | ケーブルラックおよびコンクリートトラフ | 956 |
| (4) | 銅線用圧着端子 | 959 |
| (5) | 端子台 | 962 |
| 8-2 | 配管材料 | 963 |
| (1) | パイプ配管材料 | 963 |
| (2) | チューブ配管材料 | 972 |
| (3) | 計器架台（スタンション） | 981 |
| (4) | その他 | 982 |

9. 安全衛生

| | | |
|-------|--------------------|-----|
| 9-1 | 安全衛生管理 | 983 |
| 9-1-1 | 労働災害の防止 | 983 |
| 9-1-2 | 事業者，労働者の安全衛生に関する職責 | 983 |

| | | |
|-------|-------------------|------|
| 9-2 | 安全衛生管理体制 | 984 |
| 9-3 | 安全衛生教育 | 987 |
| 9-3-1 | 雇入れ時，作業内容変更時の教育 | 987 |
| 9-3-2 | 特別教育を必要とする主な業務 | 987 |
| 9-3-3 | 職長教育の内容 | 988 |
| 9-3-4 | 現場内諸規律等教育その他 | 988 |
| 9-4 | 監督者・職長の監督業務 | 989 |
| 9-5 | 技能資格 | 989 |
| 9-6 | 健康管理 | 992 |
| 9-7 | 労働安全衛生規則の安全基準（抄） | 992 |
| 9-8 | 労働安全衛生規則の衛生基準（抄） | 996 |
| 9-9 | 安全衛生に関する諸関係法規（抄） | 998 |
| (1) | 有機溶剤中毒予防規則（有機則） | 998 |
| (2) | 鉛中毒予防規則（鉛則） | 999 |
| (3) | 四アルキル鉛中毒予防規則（四鉛則） | 1000 |
| (4) | 特定化学物質障害予防規則（特化則） | 1001 |
| (5) | 高気圧作業安全衛生規則（高圧則） | 1001 |
| (6) | 電離放射線障害防止規則（電離則） | 1002 |
| (7) | 酸素欠乏症等防止規則（酸欠則） | 1003 |
| (8) | 粉じん障害防止規則（粉じん則） | 1004 |
| (9) | じん肺法 | 1005 |
| (10) | 石綿障害予防規則（石綿則） | 1006 |
| 9-10 | 安全衛生に関する資料 | 1008 |

10. 関連法令など

| | | |
|--------|----------------------|------|
| 10-1 | 法令等の種類 | 1023 |
| 10-2 | 法令の用語および番号等 | 1024 |
| 10-2-1 | 「以下，以上，以前，以後，こえる，未満」 | 1024 |
| 10-2-2 | 「及び，並びに」 | 1024 |
| 10-2-3 | 「又は，若しくは」 | 1025 |
| 10-2-4 | 「準用する，準ずる」 | 1025 |
| 10-2-5 | 法令の番号および区分 | 1025 |
| 10-3 | 関連法令など | 1026 |

| | | |
|---------|---------------------------|------|
| 10-3-1 | エネルギーの使用の合理化等に関する法律 | 1027 |
| 10-3-2 | 環境基本法 | 1028 |
| 10-3-3 | 計量法 | 1028 |
| 10-3-4 | 原子力基本法 | 1028 |
| 10-3-5 | 建設業法 | 1028 |
| 10-3-6 | 建築基準法 | 1028 |
| 10-3-7 | 建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律 | 1029 |
| 10-3-8 | 高压ガス保安法 | 1029 |
| 10-3-9 | 航空法 | 1029 |
| 10-3-10 | 産業標準化法 | 1029 |
| 10-3-11 | 資源の有効な利用の促進に関する法律 | 1030 |
| 10-3-12 | 消防法 | 1030 |
| 10-3-13 | 新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法 | 1030 |
| 10-3-14 | じん肺法 | 1031 |
| 10-3-15 | 石油コンビナート等災害防止法 | 1031 |
| 10-3-16 | 騒音規制法 | 1031 |
| 10-3-17 | 大気汚染防止法 | 1031 |
| 10-3-18 | 大規模地震対策特別措置法 | 1031 |
| 10-3-19 | 地球温暖化対策の推進に関する法律 | 1032 |
| 10-3-20 | 電気工事士法 | 1032 |
| 10-3-21 | 電気事業法 | 1032 |
| 10-3-22 | 電気通信事業法 | 1033 |
| 10-3-23 | 電気用品安全法 | 1033 |
| 10-3-24 | 電波法 | 1033 |
| 10-3-25 | 廃棄物の処理及び清掃に関する法律 | 1034 |
| 10-3-26 | 有線電気通信法 | 1034 |
| 10-3-27 | 労働安全衛生法 | 1034 |
| 10-3-28 | 工場電気設備防爆指針 | 1035 |
| 10-4 | 工場防爆電気設備関係法規について | 1036 |
| 10-4-1 | 防爆構造 | 1036 |
| 10-4-2 | 粉じん防爆 | 1037 |
| 10-4-3 | 指針とガイド | 1037 |
| 10-4-4 | 工場電気設備防爆指針の推移（告示および通達を含む） | 1038 |

| | |
|---|------|
| 10-5 各種団体および規格 | 1042 |
| 10-5-1 日本における各種団体規格および制定機関 | 1042 |
| 10-5-2 外国における各種団体規格および制定機関 | 1045 |
| 付録 1. 参考資料(1) 電気機械器具の外郭による保護等級 (IP コード) | 1051 |
| 付録 2. 参考資料(2) 海外主要国の防爆性能選定ならびに配線方式 | 1059 |
| 参考資料 保全点検項目の要点 | 1060 |
| 付録 3. 電気用図記号 JIS C 0617 : 2011 (抜粋) | 1061 |
| 付録 4. 計測制御用語集 | 1075 |
| 1. JIS B 0155-1997 | 1075 |
| 2. JIS Z 8103-2019 | 1100 |
| 3. 自動制御用語一般 JIS Z 8116-1994 | 1119 |
| 付録 5. 補償導線と高圧ガス容器の色 | 巻末 |
| 索引 | 1135 |