

創刊 700 号特別企画
現場力向上のためのテクニカルエレメント

【展望：注目のイノベーション技術】

次世代オペレーションと インテリジェント P&ID

大坂システム計画株式会社 大坂 宏

1. はじめに

現場力向上のためのテクニカルエレメントということで「インテリジェント P&ID」を取り上げた。ご存知のとおり、P&ID (Piping and Instrumentation Diagram) は、プラントの設計段階で作成されるプラントの詳細設計図である。その一番の特徴は「プラントの構成を正確に表現している」という点である。これまで P&ID は設備管理業務を中心に使われてきたが、その特徴と最新の IT を活用することで、設備管理領域のみならず、運転管理領域でも大きな効果が期待できることが注目されている。

本稿では、まず P&ID 運用の現状と P&ID に対する要求をまとめる。次に、現在、市場に出回っているインテリジェント P&ID を解説したうえで、次世代オペレーションをイメージした次世代型インテリジェント P&ID の可能性を探る。

2. P&ID 運用の現状

すべてのプラントに必ず P&ID は存在する。ユーザ企業の P&ID の運用状況をみると、プラントの建設時期や企業の取り組み姿勢により差はあるものの、おおむね以下のような状況である。

- 大量の P&ID が存在する。

- 建設当初の紙の P&ID を使用しているユーザ企業も多い。
- P&ID 電子化の必要性を感じ、電子化に取り組んでいるユーザ企業が増えてきている。
- 電子化は進んでいるが、単なる電子化にとどまり、P&ID を有効に活用するレベルに達していないユーザ企業も多い。
- 明確な P&ID の運用ルールが決まっていない。運用ルールがあったとしても、管理は必ずしも徹底していない。

図 1 に P&ID の変遷を示す。P&ID 運用の歴史を見ると、1980 年代頃までは、紙での運用が主流であった。1980 年代に入ってエンジニアリング会社が 2 次元 CAD システムを使って P&ID を提供し始めているが、ユーザ企業が高価な CAD システムを導入するには、管理面・コスト面のハードルが高く、紙に印刷して運用していた。1990 年代に入って、ユーザ企業でも導入可能な CAD システムの出現により、2 次元 CAD が普及している。さらに、2000 年代に入ってから、エンジニアリングデータ (プラントの設計・調達・建設に関するデータ) と 2 次元 CAD および 3 次元 CAD を統合した統合設計環境が登場し、エンジニアリング会社を中心に導入が進んでいる。

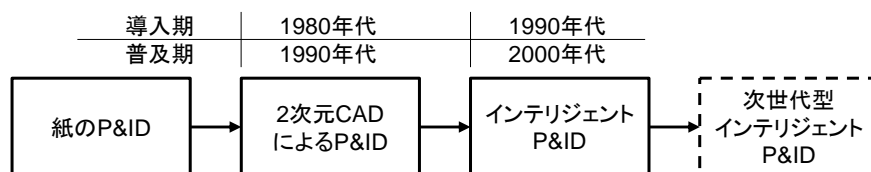


図 1 P&ID の変遷

表 1 P&ID 作成ツールの比較

	紙のP&ID	2次元CADによるP&ID	インテリジェントP&ID
利用ツール	-	汎用2次元CAD	P&ID作成専用CADシステム
国内ユーザの新規作成で採用	なし	採用される	今後採用は増える
海外の大型プロジェクトで採用	なし	ないと考える	常に採用される
P&ID作成作業効率	低い	高い	2次元CADより高い
エンジニアリングデータとの連携	なし	なし	機器・配管属性との連携
3次元CADとの連携	なし	なし	あり
標準ユーザ使用サイズ	非定型	A3	A3
国内ユーザ企業への普及時期	-	1990年代前半	2010年ころ
国内ユーザ企業の状況	-	<ul style="list-style-type: none"> かなり普及している 自社で作成・修正ができる企業は多い。 	<ul style="list-style-type: none"> 多くのエンジニアリング企業すでに導入している。 ユーザ企業への導入は今後増えてくる。
ユーザスキル、トレーニング	-	<ul style="list-style-type: none"> 製品個別の図面作成のスキル習得が必要となる。 	<ul style="list-style-type: none"> 機器や配管の属性などエンジニアリングデータに対する理解が必要となる。 P&ID作成用のため製品個別のトレーニングが必要となる。
最近のおもな製品 (アルファベット順)	-	AutoCAD, AutoCAD LT MicroStation Microsoft Visio	AutoCAD P&ID, AutoPLANT P&ID AVEVA P&ID, EyeCAD P&ID Smartplant P&ID, TechmasNavi, xPRO

その目的は正確なエンジニアリングデータの早期ハンドオーバーによる生産準備の効率化とコスト削減であり、海外の大型プロジェクトを中心に採用されている。この統合設計環境の中で 2 次元 CAD による P&ID はエンジニアリングデータと統合し、さまざまな設計効率化の機能を備えた P&ID 作成専用ツールとして、「インテリジェント P&ID」と呼ばれるようになった。2000 年代の国内のユーザ企業はインテリジェント P&ID に対する要求はまだ低く、エンジニアリング会社に対して 2 次元 CAD で納品を依頼するケースが多かった。しかし、近年、P&ID の電子化の要求が高まり、P&ID 作成作業を効率的に進められるインテリジェント P&ID が注目を集めるようになった。

このように P&ID を作成する技術は進歩しているが、ユーザ企業が適正に P&ID を管理するためには、その管理体制とエンジニアの育成等の問題も解決する必要があり、電子化、インテリジェント化の課題となっている。表 1 に P&ID 作成ツールの比較を示す¹⁾。

3. 安全の視点から高まる P&ID への要求

国内外で安全の視点から P&ID への要求が高まっている。米国では 1992 年に労働安全衛生法 OSHA (Occupational Safety and Health Act) のなかに、化学プラントを保有する事業所に対して危機管理の履行を求めるプロセス安全管理

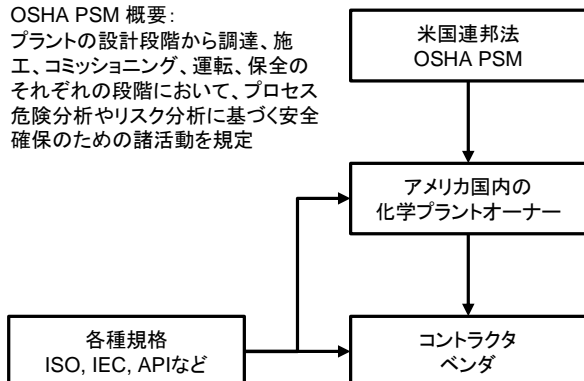
PSM(Process Safety Management)規定を導入した^{2) 3)}。そのアプローチは、「化学プラントの設計段階から調達、施工、コミッションング、運転、保全の各段階において、プロセス危険分析 PHA (Process Hazard Analysis) やリスク分析に基づく安全確保のための諸活動を系統立てて実施することで安全は確保できる」とする考え方が基本になっており、諸活動を 14 の PSM エlementとして定義している。米国の化学プラントを保有する企業はこの連邦法に従わなければならない。(図 2)

ご存知のように、PHA では危険源を特定する手法として HAZOP を採用することが一般的であるが、この HAZOP には、プラントを正確に表現する P&ID が必須となる。従って、OSHA PSM では 14 の PSM エlementの一つとして、プロセス安全情報の条項も設けており、その中で P&ID を主要ドキュメントの一つと定め、正確で、完全で、理解しやすい P&ID の管理を義務付けている。OSHA PSM の P&ID への要求と監査のポイントを表 2 にまとめる。^{4) 5) 6)}

国内においても、多くのユーザ企業が PHA をベースとしたリスク管理の有効性を認識しており、PSM プログラムの導入に取り組んでいる。HAZOP の運用も徐々に定着し始めており、正確な P&ID の維持管理はユーザ企業にとって重要なテーマとなっている。

OSHA PSM 概要:

プラントの設計段階から調達、施工、コミッショニング、運転、保全のそれぞれの段階において、プロセス危険分析やリスク分析に基づく安全確保のための諸活動を規定



14のPSMエレメント:

従業員の参加、**プロセス安全情報**、プロセス危険分析
操作手順の文書化、トレーニング、コントラクター
試運転前安全レビュー、機器の健全性、火気使用許可
変更管理、事故調査、緊急時対応プラン
法令遵守監査、業務上の秘密

おもなプラントオーナーの対応:

- プロセス危険分析PHAを実施し、最低5年後に見直し
- PHAに基づくデザインレビューと仕様決定
- PHAに基づく運転・保全マニュアルの作成
- 操作、保全、改造時の変更管理
- 要員のトレーニング
- 緊急事態への対応計画
- PSM規定の遵守に関するOSHAによる監査

図2 OSHA PSM

表2 OSHA PSM の P&ID への要求と監査のポイント

P&IDへの要求	P&ID監査のポイント
<ul style="list-style-type: none"> • 以下の情報がP&ID上に表されていること。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ すべての機器 ➢ 他プロセスとのインタフェース ➢ 機器と計装品とのインタフェース ➢ すべての安全弁とその設定値、サイズ ➢ 配管のサイズ、流れ方向、ID、仕様 ➢ 制御弁のフェイルセーフ位置 ➢ 機器の設計圧力・温度、材質、回転機の仕様等 • シンボルが統一されていること。また、業界標準のシンボル (ISA, ANSI, ISO) の採用が望ましい。 • P&IDは正確性と読みやすさが重要である。CADシステムを使ったP&ID管理が望ましい。 • P&IDにすべての安全システムが表されていること。 	<ul style="list-style-type: none"> • PSMプログラムに対象のプロセスのP&IDが存在すること。 • そのP&IDには、左記のすべての情報が表されていること。 • 監査員は数枚のP&IDを選択し、P&IDがプロセスを正確に表現できていることを、現場に出てチェックする。 • P&IDに使用している規約や標準が適切なものかチェックする • すべての安全システムが表されていることをチェックする。

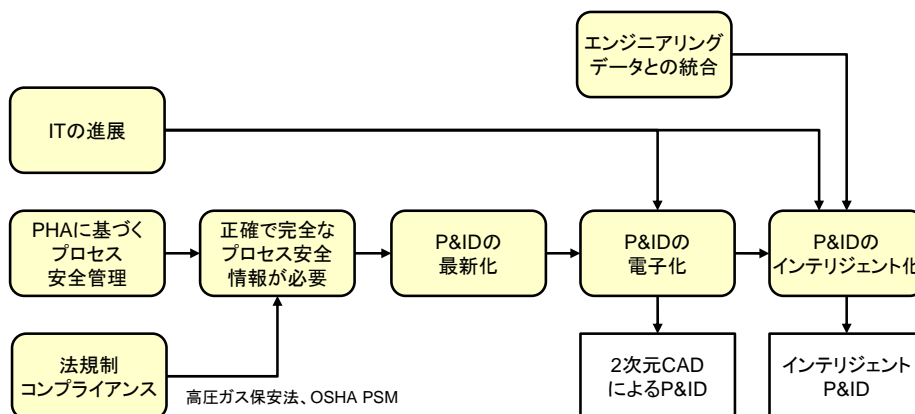


図3 P&ID インテリジェント化の背景

4. ユーザ企業にも普及し始めたインテリジェント P&ID

このような背景のもと、2000年以降、P&IDはインテリジェント化にシフトし始めている。(図3) 国内では設計業務を行うエンジニアリング会社が

先行して導入しているが、近年、ユーザ企業においても導入事例が増えてきている。インテリジェント P&ID のおもな機能を表3にまとめる。

インテリジェント P&ID を使用すると P&ID の作成時間は従来の 2 次元 CAD に比べて、50-70%

の時間で済むと報告されており、P&IDを作成・修正する頻度の高いユーザ企業にとっては魅力的である。また、機器属性や配管属性などのエンジニアリングデータを統合することで、エンジニアリングデータの共有環境を実現できる。エンジニアリングデータの管理が確実にできていれば、プラントのライフサイクルに渡って有効な情報を共有できる効果は非常に大きい。

インテリジェント P&ID の新設プラントへの導入は、新たに P&ID を管理する仕組みを構築するため比較的容易であり、今後、導入するユーザ企業は増えてくるものと思われる。一方、ユーザ企業が保有する既設プラントの大量の P&ID につい

ては、労力とコストをかけずにインテリジェント化することが課題となっている。図 4 に P&ID のインテリジェント化の考え方を示す。

5. インテリジェント P&ID の新たな可能性

インテリジェント P&ID は、プラントの構成を正確に表現し、機器や配管の属性を参照できるため、設備管理や工事管理にとっては非常に有効なツールである。このインテリジェント P&ID が「プラントの構成+プラントの状況」を正確に表現できるようになれば、設備部門のみならず、運転部門にも大きな効果をもたらすことは言うまでもない。

表 3 インテリジェント P&ID のおもな機能

シンボルライブラリ	P&IDで使用する機器や計装のシンボルライブラリが用意されている。代表的な業界標準のシンボルとしては、ANSI/ASME Y14、ISO 10628、ISA S5.3、JIS Z8240などがある。
P&ID作成	シンボルライブラリを使って、機器や配管を容易に作成できる。作成時間は2次元CADに比べて、50-70%の作成時間となると報告されている。
コンポーネント属性管理	機器や配管の属性を登録する。
自動集計機能	バルブや配管付属品、計装品等の自動集計をする。
整合性チェック	ルールベースの整合性チェックによりサイズやコンポーネント(機器や配管)間の接続の不整合等を検証する。
3Dとの統合	3次元CADと属性やトポロジを連携する。
バージョン管理	P&IDのバージョンの違いを比較表示する。
レポート作成	ラインリスト、機器リストなどのレポートをExcel等へ出力する。
データインポート	2次元CADをインポートし、P&IDデータ変換を支援する。
データエクスポート	設備管理システムCMMSなど他システムへのデータ出力をサポートする。

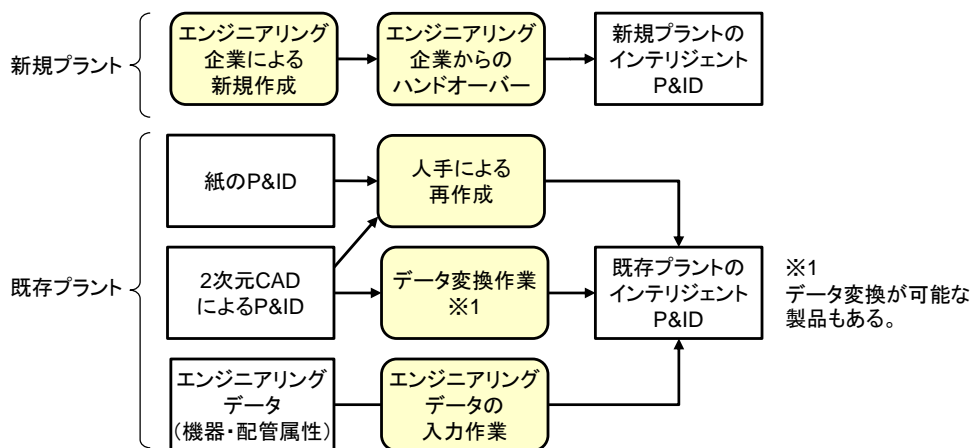


図 4 P&ID のインテリジェント化

このように、次世代オペレーションを考慮した新たな機能を組み込んだインテリジェント P&ID を、ここでは「次世代型インテリジェント P&ID」と呼ぶことにする。現に、エンジニアリングデータとの統合だけではなく、標準運転要領 SOP データを取り込んだり、HAZOP スタディを支援したりする次世代型インテリジェント P&ID 製品も出始めている。

その背景には IT の進展がある。エンジニアリングデータ以外の各種データ（プロセスデータ、機器状態データ、運転員の作業データなど）との連携は技術的に可能となっている。また、大型インフォメーションボードやモバイル端末など、多様なユーザインタフェースが実用化されたことで、

P&ID は CAD 室を出て運転現場に展開できる環境が整っている。その結果、これまでエンジニアリング IT として分類されていたインテリジェント P&ID は、そのプラント構成を正確に表現できるという特徴を最大限に活かし、運転現場の IT と融合することで、安全・安定操業をサポートする運転高度化ソリューションになりえると期待されている。

図 5 に現在、実用化されている、もしくは筆者が今後実現されると想定する次世代型インテリジェント P&ID アプリケーションの例を示す。

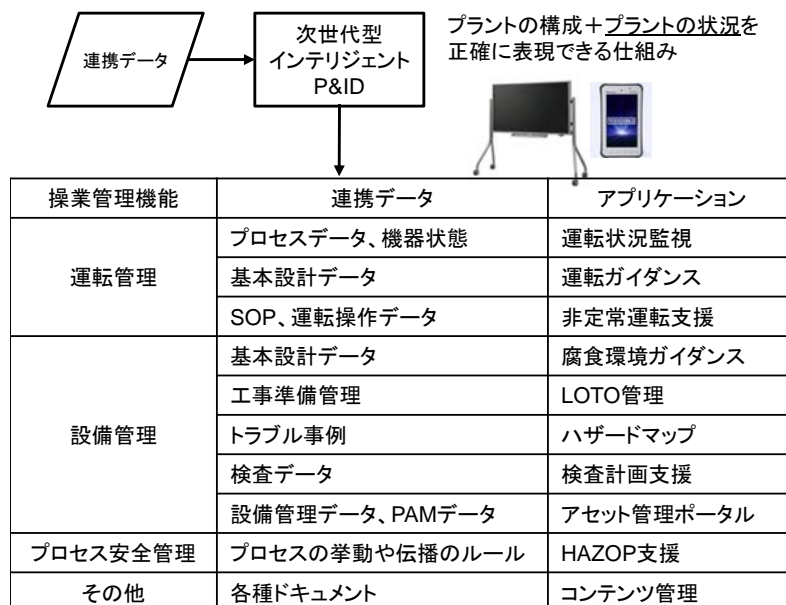


図 5 次世代型インテリジェント P&ID アプリケーション

6. インテリジェント P&ID の新たな可能性

図 6 は現在、弊社が取り組んでいる次世代型インテリジェント P&ID を活用した設計と運転の統合運用基盤のイメージである。⁸⁾

インテリジェント P&ID はプラントの構成を正確に表現できる。つまり、非定常作業を中心とした標準運転要領 SOP はインテリジェント P&ID 上で正確に表現できることになる。SOP はモデル化・構造化され、運転員に分かりやすい形で SOP データベースとして定義すれば、インテリジェント P&ID 上で、運転要領が表現でき、ボードマンとフィールドマンに的確な作業手順を示すことが

できる。また、モバイル端末や計器室内の PC 上に表示される作業手順は、運転員の作業確認により、インテリジェント P&ID 上で作業進捗として同期する。

一方、プロセスヒストリアンからのプロセスデータや機器状態は、プラントの状況として、インテリジェント P&ID 上に重畳する。この設計と運転の統合運用基盤は最新の各種技術を組み合わせることで実現するが、計器室の大型インフォメーションボード上に表示されるインテリジェント P&ID はプレゼンテーション層として中心的な役割を果たす。

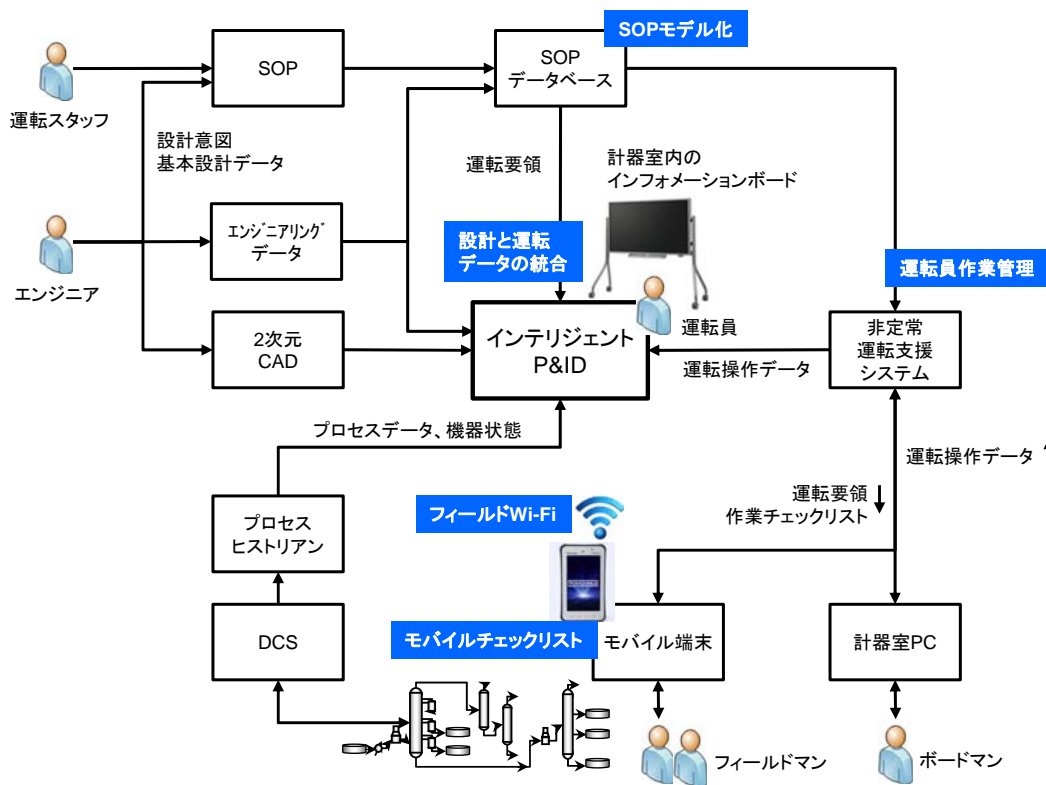


図6 設計と運転の統合運用基盤のイメージ

7. おわりに

今回は、次世代オペレーションとインテリジェント P&ID と題して、インテリジェント P&ID の解説と将来の活用の可能性をまとめた。

最近、優れたエンジニアリング技術や IT が登場し、数年前には構築が難しいと考えられていた仕組みが現実可能となっている。インテリジェント P&ID は将来性のあるテクニカルエレメントとして今後の生産現場のパラダイムをシフトできる技術になると確信しているが、その達成には周辺データの整備とその連携、P&ID の品質を維持する業務プロセス、モバイルやネットワークなどのインフラ技術の採用、運転員の育成などバランスのとれた取組みと、達成に向けた継続的なチャレンジが要求される。今後も次世代オペレーションにつながるソリューションの提供に貢献したい。

参考資料

- 1) ENN, 「プラントライフサイクルと 3 次元 CAD」 vol.328 (2014)
- 2) OSHA Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals (29 CFR 1910.119)
- 3) 大坂: 「工場マネジメントからみたプロセス安全管理の動向」計装 2014 年 4 月号/工業技術社
- 4) CCPS, Guidelines for Risk Based Process Safety (2007)
- 5) CCPS, Guidelines for Auditing Process Safety Management System (2010)
- 6) OSHA, Petroleum Refinery Process Safety National Emphasis Program (2009)
- 7) インテリジェント P&ID ベンダーの各種資料
- 8) 大坂: 「フィールド業務高度化を実現する巡回点検モバイルソリューション」計装 2014 年 5 月号/工業技術社

オオサカ・ヒロシ
大坂システム計画株式会社
〒230-0046
神奈川県横浜市鶴見区小野町 1-1-514
電話: (045)503-4801
E-mail: hiroshi.osaka@osakasvs.com