

プロセス工業向け安全PLCの動向

—大きく導入の進む世界の SIS—

中 川 雅 造

はじめに

日本国内における製事業所の高圧ガス設備事故件数は、化学プラントの爆発事故を含め2006年106件から年々増加の一方で、2011年には354件に達した。(高圧ガス保安協会事故統計)機能安全国際規格のIEC61508が1999年に、さらにプロセス工業向けの安全計装システム(SIS)のIEC61511が2003年に制定された。これをベースに欧米、さらに中東、アジアでの安全計装システムの導入展開が大きく進んだ。

プロセス安全システムの全世界での売り上げ高が、2007年1400百万USD(約12000億円)から年率12%の伸びとなり、2012年には2500百万USD(1.78倍 約21000億円)に達すると言う。(ARC報告による)またプロセス安全計器は、2007年148百万USD(約1200億円)から2012年には431百万USD(約3600億円)に達すると言う。(Exida社報告による)

今号では、

—プロセス工業における導入の業種分布、マーケット分析、SIL分布、地域別の実績分布、業種別の実績リスト、システム市場、IEC61508認証計器の現況—  
—プロセス工業向け安全PLCのメーカ分類、特徴、SISの技術傾向・課題を報告・解説する。

## 1. 安全計装システムの現況

### 1) 安全計装の導入の業種分布(2009)

・石油・ガス	39.0%
・石油精製	23.4%
・化学	21.8%
・製薬・生化学	0.9%
・電力	11.6%
・その他	3.3%

(ARC報告2010による)

2) 安全計装マーケット分析

・ 緊急遮断設備 ( ESD )	41%
・ 防火・防ガス設備 ( Fire & Gas )	24%
・ 高度制御設備 ( HIPPS )	7%
・ バーナー管理設備 ( BMS )	10%
・ ターボ機設備	14%
・ その他	4%

( Rockwell 2011 報告 )

3) SIS の SIL 分布

・ SIL 未満	8.19%
・ SIL1	51.41%
・ SIL2	32.16%
・ SIL3	7.45%
・ SIL4	0.78%

( Exida による 9060 の SIF : 安全計装機能についての分布 2009 報告 )

4) 地域別 SIS 実績分布 ( 2009 )

地 域	実績分布	( EMEA : 西欧, 東欧, CIS, アフリカ, 中米 )
北 米	16.8%	
EMEA	47.4%	
アジア	27.1%	
ラテン・アメリカ	8.7%	

( ARC 報告 2010 による )

5) SIS 業種別実績リスト ( 累計 ) A 社 2009 Reference List

入出力点数	石油精製	石油・ガス	製 薬	化 学	ユーテリテイ	その他
500 未満	25	52	5	44	4	12
500-1000	4	12	—	5	—	5
1000-1500	3	2	—	—	—	—
1500 以上	5	6	—	1	—	—
合 計	37	72	5	50	4	17

5) プロセス安全システム市場 ( ARC Market Analysis 2010 )

Manufacturer	シェア ( % )
Invensys( Triconex )	21.0

Rockwell	12.6
Honeywell	12.3
横河電機	12.0
ABB	8.9
SIEMENS	7.3
HIMA	6.2
Emerson	3.5
その他	16.2
全売り上げ高	1634.4 百万 USD( 2009 )( 約 13900 億円 )

6) 増加する IEC61508 認証計器、適合宣言計器( 2012 年 4 月現在累計 )

分 類	認証計器	適合宣言	備 考
センサー	55	83	
ロジック・ソルバー	29	53	
( PLC )	( 18 )	—	
最終端	129	16	
プラント機器	5	0	IEC61511 設計認証
合 計	218	152	

認証機関 : Exida, TUV Rheinland, TUV SUD, DEKRA, WST

適合宣言 : Proven in Use について FMEDA 評価による。

( 参考資料 2 参照 )

全世界における SIS の累計実績は 8000 システムを超えると言われている。日本国内では石油精製、化学プラント更に最近では LNG 基地というように実績は、増加しているものの累計実績では 50 システムを超えたところと言う。また計装機器の IEC61508 認証、適合宣言も仲々伸びていかない。IEC61508, 61511 とともに JIS 化されているが、安全計装の実績としては遅々とした状況である。

ヨーロッパではドイツを中心に大手化学会社など 66 社が NAMUR 組織としてプロセス安全を中心とした規格を制定し、また機能安全規格制定委員との討議なども進め SIS の展開を進めている。また石油メジャーの Shell, ExxonMobil, BP, Chevron などが SIS を計装標準とし、全世界の系列企業に SIS の導入を進めている。

日本においては、原子力・安全保安院や高圧ガス保安協会が増大する高圧ガス設備事故への対応を進めているが、欧米のように法制化されていないので仲々進まない現状がある。

## 2. プロセス工業向け安全 PLC

### 1) 安全制御メーカーの分類 ( 2005 Exida Market Report など )

#### —プロセス工業向け・Integrated Control and Safety Systems

SIEMENS, 横河電機, Emerson, ABB, Honeywell

・認証された独立システム

Pilz, GE Funac, ICS Triplex, HIMA, Triconex

#### —複合システム・非認証の高度制御システム

GE Funac, Schneider, SIEMENS, Rockwell

#### —F A 向け・認証システム

Schneider, HIMA, Rockwell, SIEMENS, Pilz, BECKHOFF, Jick, JOKAB,

Telemecanics

三菱電機, OMRON, IDEC, JTEKT, SUNX, 光洋電子

### 2) 安全 PLC の特徴 ( 参考資料 3 による )

#### 2-1) ハードウェアの多重化、冗長化および安全関連自己診断回路

部品の故障で安全制御機能を喪失しないように、ハードウェア主要部分の構成 ( 入力部、論理制御部、出力部 ) が多重化、冗長化されている回路。また、安全制御に関連する部品を常時自己診断することで、故障を速やかに検出し、安全側に停止するように制御している。

#### 2-2) アプリケーションの多重化演算および演算結果の不一致検出

ユーザアプリケーションを、例えば正論理と負論理で演算して結果の一致をチェックすることで、ユーザアプリケーションを実行するファームウェアの不具合による不安全動作を防止している。

#### 2-3) 安全関連部と非安全関連部との完全分離 ( IEC61511 に準拠 )

安全情報が格納される RAM 領域、安全情報を処理するファームウェア、安全情報を伝送する通信プロトコル処理部など、安全関連の情報処理系 ( 例えば、Ethernet による上位系通信処理部 ) とは完全に分離されて作られている。これにより、非安全関連処理系の誤動作が、安全関連情報処理系の影響を与えることを防止している。

#### 2-4) 安全アプリケーション作成専用ツールおよび安全 PLC との専用通信手順

安全アプリケーション作成ツールは、ユーザインターフェイスにおいて汎用 PLC のツールと同じ場合もあるが、アプリケーションによる予期せぬ安全 PLC の誤動作を生じな

いように、内部的には大幅に異なる処理系として構築されているものがある。例えば、厳格な文法チェック、正論理 / 負論理のオブジェクト・コード作成、安全 PLC との通信におけるダブルチェックなど、安全度を高めるための各種処理が、内部で実行されている。

### 3) SIS の最近の技術傾向・課題

#### 3-1) 反応時間 ( Reaction Time ) の高速化

反応時間 ( 安全 PLC の入力部から論理処理部を経て出力部に至る時間 ) は 120ms から 150ms 位となっている。ESD の場合、従来のリレー回路による処理の 20ms から 30ms を要求されるプロセスには対応出来ず、FA 向け安全 PLC を用いたり ( FA 向け安全 PLC では反応時間は 10ms から 50ms ) ,安全リレーによる回路を用いたりすることとなる。最近では、反応時間 50ms のものも発売されているが。

#### 3-2) IEC61131-3, 6 準拠のファンクション・ブロックの組み込み

安全 PLC については、IEC61508 認証のファンクション・ブロックが各社で用意されている。SIS 導入に際しては、従来構築してきた実績ある ESD リレー論理をこのファンクション・ブロックで組み立てる作業が、反応時間の検討を含め多大のエンジニアリングを必要とするのが実態である。例えば IEC61131-6 で定義されている「 SF\_EmergencyStop 」のファンクション・ブロック用いることで安定したプログラムが期待できることとなる。

#### 3-3) 安全制御システムのセキュリティの確立・強化

近年 DCS や PLC による制御システムのセキュリティが、サイバー攻撃により脅かされる事件が多くなってきた。ISA-99 にて検討されてきたものが、IEC62443 Industrial Network and System Security が 2010 年 11 月に制定された。ネットワークを含めた SIS において、どのようにセキュリティを構築してシステムの認証を得るのかは、火急の課題となっている。

#### 3-4) 安全フィールドバス技術の適用

PROFIsafe は、PROFIBUS と PROFINERT フィールドバスに配置されている安全プロトコルで、数年前に SIL3 の認証を得ている。当初は機械工業に適用されていたが、近年はプロセス産業において PROFIsafe 機器が出てきた。安全 PLC もこの機器を SIS に組み込むこと出来始めた。

Foundation フィールドバスでは、PLC や DCS のコントローラ無しでフィールドで制御が唯一可能である。が現状では FF-SIF は仕様に基づき安全 PLC メーカーなども加わり

開発中であり、まもなくフィールド機器やロジック・ソルバがフィールドバスに接続されることとなる。

安全フィールドバスに接続することの効果は、早期に自己診断情報が得られることである。また 4-20mA 伝送と共に HART 通信を持つ機器であれば、診断情報も増える。HART 情報を直接取り込める安全 PLC も出されている。

### 3-5) STL : Spurious Trip Level 誤トリップ度の展開—Availability の追及

SIL は、検出出来ない危険側故障についての機能失敗確率( PFD )の大きさによって SIL1 から 4 まで定義される。一方 Availability とは、機器の故障によって誤トリップを起こさないための機器の健全性のことを示す。1 年間に安全側故障を起こす確率 : Probability of Fail Safe per year PFS により定義され、STL=1 は MTTF 30 年を示す。

欧米では、この STL を SIL と併記して機器の健全性を示すことが多い。

### 3-6) 自己診断率 Diagnostic Coverage : DC の向上

ロジック・ソルバーのモジュールについてスキャン毎に自己診断を行う。

- ・ プロセッサモジュールの Integrity
- ・ 通信の Integrity
- ・ バックプレーンの駆動部や配線の Integrity
- ・ 入出力カードの Interface

また SIS について次の手法により DC を高める。

- ・ 最終操作端( 弁など )の Partial Stroke Test : PST
- ・ 最終操作端( 弁 )への低供給圧
- ・ 温度伝送器の検出端故障やホット・バックアップ機能
- ・ 圧力伝送器のインパルス・ラインの接続による静圧、差圧の検出
- ・ 流量伝送器を用いた 2 相流量検出
- ・ 伝送器の故障についてポーテイングを下げる。

これらの DC の向上は SIS の Availability を上げることとなる。

### まとめ

IEC61508-1 から 7 までが 2010 年に改定となった。特に Part2 ソフトウェアと Part 3 ハードウェアが大幅に追補となった。また IEC61511-1 から 3 についても改定案が提示となった。SIS の導入の進む中で、機能安全の定義が進化・発展してきている。

日本は技術の優秀さにより世界の産業をリード出来たのは過去のことで、現在は、いかにこの技術の国際標準化を進めるかで、日本は相当水をあけられてしまっている。

安全計装の大きな展開の中から、高圧ガス設備の事故の削減と併せて、プラント計装技術の進化も期待できると考える次第である。( 2012 年 6 月 )

<参考資料>

1. 中川：IEC61508 計器認証の取り組み、計測技術（2011年9月号）
2. 中川：IEC61508 認証計器の動向、計測技術（2010年8月号）
3. 日本電機工業会：安全 PLC を用いた機械・設備の安全回路例集（2011年5月）

中川 雅造

東京計装(株)液面計技術本部

日本電気計測器工業会 機能安全調査研究 WG

TEL: 03-3435-0673

E-mail:masazo.nakagawa@tokyokeiso.co.jp