

燃焼安全ソリューションで実現する 改正JISに適合した設備対応

A combustion safety solution compliant with the revised JIS B 8415

中田 知也
Tomoya Nakata

奥村 大輔
Daisuke Okumura

キーワード

燃焼安全, 安全規格, JIS B 8415 改正, プロテクティブシステム

工業用燃焼炉(以下工業炉)の安全規格「JIS B 8415 工業用燃焼炉の安全通則」が2020年に改正され、工業炉の安全機能はプロテクティブシステムと呼ばれる安全計装システムに対応しなければならなくなった。しかし、工業炉を改正JISに対応するのは容易ではなく工業炉メーカーの大きな課題となっている。

そこでアズビルは、バーナコントローラ、火炎センサ、自動遮断弁といった製品からなる燃焼安全ソリューションによる改正JIS対応方法を従来とほぼ同じ設計で提供し、工業炉メーカーの改正JIS対応を支援する。

The JIS B 8415 safety standard, “General safety code for industrial combustion furnaces,” was revised in 2020. The safety functions of industrial combustion furnaces must now constitute the protective system type of safety instrumented system. However, it is not easy to bring industrial furnaces into compliance with the revised JIS standard, and this has become a major issue for industrial furnace manufacturers.

In response, Azbil now provides a method of complying with the revised JIS in the form of a combustion safety solution consisting of products such as a burner controller, flame sensor, and automatic shutoff valve.

1. はじめに

工業炉とは鉄やアルミ等の材料を加熱して物理的・科学的性質を望む形に変化させる為の設備である。加工された金属材料は自動車や建築資材など身近で使用されており、工業炉は我々の生活に欠かせないものとなっている。

一方、加熱の過程では多量のエネルギーを使用するため、万が一事故が発生すれば重大災害に繋がりがねないことから安全に運用することが求められている。そのため、工業炉メーカーは安全運用方策の1つとして安全規格に適合した設計を行っている。

2. 工業炉に関連する安全規格

2.1 国内外の規格

工業炉に関連する国内安全規格として、JIS B 8415 工業用燃焼炉の安全通則⁽¹⁾がある。この規格は工業炉の安全化を目標に1982年に制定されたが、工業炉の高性能化による安全基準の見直しや欧米規格(EN 746-2⁽²⁾, NFPA 86⁽³⁾)との整合を図るため、2008年に26年ぶりの改正が行われた。

この改正では工業炉のリスクアセスメントの実施、汎用プログラマブルロジックコントローラ(Programmable Logic

Controller:PLC)の安全機能部(インターロック処理など)への使用禁止、中継リレーの原則使用禁止、燃料安全遮断弁の二重化、火炎の個別監視など安全面で大きな変更が加えられており、各工業炉メーカー、関連機器メーカーが対応に迫られたことは記憶に新しい。

一方、国外安全規格としては欧州EN規格や米国UL規格といった地域規格は存在していたものの、国際的な枠組みでの安全規格は長らく存在していなかった。そこで、2008年に高性能工業炉に係る国際標準化を推進するISO/TC244^{注1}が日本工業炉協会の働きかけで発足し、ISO 13577 Industrial furnaces and associated processing equipment -Safety-シリーズ⁽⁴⁾が2012年から順次制定されていった。

2.2 2度目のJIS B 8415改正

2020年、前述のISO 13577シリーズを反映する形でJIS B 8415の2度目の改正が行われた。

2008年版のJIS B 8415(以下 従来JIS)と2020年版のJIS B 8415(以下 改正JIS)、ISO 13577の関係は表1で表すことができる。

注1 ISOが設置した工業炉の専門委員会
<https://www.iso.org/committee/561961.html>

表1 新旧JIS規格とISO規格の対応表

従来JIS	改正JIS	ISO
JIS B 8415	JIS B 8415-1	ISO 13577-1
	JIS B 8415-2	ISO 13577-2
該当なし	JIS B 8415-3	ISO 13577-4

従来JISを包括しつつ、ISO 13577の構成に合わせる形で2分割されたのが改正JISのJIS B 8415-1、JIS B 8415-2となる。

「JIS B 8415-1 第1部:一般要求事項」は従来JISとはほぼ同様の要求事項が規定されており、大きな変更はない。

「JIS B 8415-2 第2部:燃焼及び燃料取扱システム」においても従来JISに記載されている条項は包含されているが、新規条項がいくつかあるほか、細かなスペックなどで変更が見受けられる。中でも、安全機能において「プロテクティブシステムの要求事項に適合しなければならない」との記載が追加されたことが最大の変更点となる。

新たに用意された「JIS B 8415-3 第3部:プロテクティブシステム」には新規概念であるプロテクティブシステムについての要求事項が規定されている。

2.3 プロテクティブシステム

プロテクティブシステムは完全に新しい計装システムというわけではなく、既存の制御回路や操作回路といった安全計装の捉え方を変えたものである。

改正JISにおいては、「プロテクティブシステムとは、1つ以上の安全関連の計装機能を実施するための計装システムと定義され、センサ、論理処理部（ロジックソルバ）、および操作端で構成される」と定義されているが、この3つの組み合わせ自体は従来計装でもとられているため新要素というわけではない。

また、改正JISでは、プロセス制御システムとプロテクティブシステムは明確に独立することが求められている。これは、制御システム側に故障/誤作動が発生しても安全機能に影響を与えないためであるが、この制御と安全の分離は従来JISにおいても、汎用PLCでのソフトウェアインターロックの禁止や制御用温度調節計（含む温度検出器）と炉内過熱防止器の共用の不可等、一部安全機能で採用されている考え方である。

では、何が大きく変わったかという点、図1のようにセンサ・論理処理部・操作端において関連製品規格に適合した機器、または、SIL^{注2}/PL^{注3}能力を持つ機器を用いるという要求と各機器間の接続方法が決められている点が大きな変更となる。

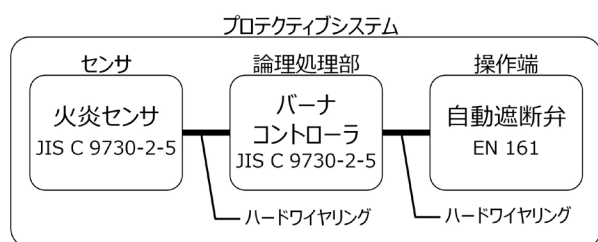


図1 プロテクティブシステムの構成例

注2 SIL (Safety Integrity Level) :JIS C 0508⁽⁵⁾においてシステムの安全性能を示す尺度

注3 PL (Performance Level) :JIS B 9705⁽⁶⁾においてシステムの安全関連部の能力を規定するための区分レベル

2.4 プロテクティブシステムの構築方法

プロテクティブシステムの構築方法は下記および図2に記載の方法A～Dの4つから選択することとなる。

方法A:関連製品規格適合機器で構成

方法B:方法AおよびSIL/PL適合機器で構成

方法C:方法BおよびSIL/PL適合PLCおよび機器で構成

方法D:機能安全規格に完全に従って設計

	方法A	方法B	方法C	方法D
ハードウェア			安全PLC	
			SIL/PL対応機器	
			関連製品規格適合機器	
相互接続			ソフトウェア	
			安全バス	
			ハードウェア	
安全機能ソフトウェア				安全PLC言語
				検証済ソフトウェア機能ブロック

図2 各方法の概要

最もシンプルな構成が方法Aで、改正JISに記載の関連製品規格に適合した機器間を直接ハードワイヤリングしている。後述する計装例ではこの方法Aを採用している。

関連製品規格には適合していないSIL/PLに適合した機器を使用した場合や、機器間の接続に安全バス通信^{注4}を利用している場合は方法Bとなり、安全機能が要求するSILを決定するリスク分析を行う必要がある。

安全PLC^{注5}を使用する場合は方法Cとなり、安全PLCに実装するアプリケーションソフトウェアの安全設計が必要となる。

方法Dについての説明は本論文では割愛とする。

3. アズビルの燃焼安全ソリューション

3.1 ラインナップ

改正JISで定義されているリスクの1つに「爆発」がある。爆発は「燃料・空気・点火源」の3要素のうち少なくとも1つ以上を制御することで防ぐことができる。しかし「空気」は地表のどこにでも存在して容易に炉内に侵入する。また、「点火源」は炉内が燃焼によって赤熱していると存在することになり制御が難しい。当社の燃焼安全装置は「燃料」を制御して炉内の燃料を貯蓄させないことで爆発を防いでいる。

燃焼安全装置はプロテクティブシステムに対応しており、センサ部としては火災センサ、ガス圧力スイッチ、論理処理部としてはバーナコントローラ、操作端としては自動遮断弁などをラインナップしており、それぞれ関連製品規格またはSIL/PLに適合している。

注4 JIS C 0508またはJIS C 9730-2-5⁽⁷⁾に従って設計された安全機器間で使用できるような仕組みを備えたフィールドバスシステムのこと

注5 JIS C 0508-1のSIL 2又はSIL 3の安全機能をもつ、公認機関、国家認定試験所又はJIS Q 17025⁽⁸⁾に適合する組織によって認証されたPLCのこと

表2 アズビル製品の関連製品規格およびSIL/PL対応

製品	適合関連製品規格 およびSIL/PL
バーナコントローラ 形 RX-L80/90 形 RX-R40/20 形 BC-R15/25/35	JIS C 9730-2-5 EN 298 SIL3
バーナコントローラ 形 AUR455	JIS C 9730-2-5 EN 298
バーナコントローラ 形 AUR255	JIS C 9730-2-5 EN 298(申請中)
バーナコントローラ 形 AUR890	JIS C 9730-2-5
アドバンスUVセンサ 形 AUD300C1000 形 AUD100/110/120	JIS C 9730-2-5 *1 EN 298 *1
高性能工業用ガス電磁弁 形 GV-A□□□	EN 161 ⁽⁹⁾ SIL2 および PLd *2 SIL3 および PLe *3
電磁弁付きレギュレータ 形 GV-D□□□ 形 GV-G□□□ 形 GV-H□□□	EN 161 EN 88-1 ⁽¹⁰⁾ EN 1854 ⁽¹¹⁾ SIL2 および PLd *2 SIL3 および PLe *3
ガス圧カスイッチ 形 C6097A	JIS C 9730-2-6 ⁽¹²⁾ EN 1854

*1 バーナコントローラとの組合わせにて適合。詳細は各スペックシート参照のこと
 *2 単独使用時
 *3 2台直列使用時

以前より、これらを用いて制御系と安全系を分離しつつ省配線/省スペースを実現する燃焼安全ソリューションを提供してきた⁽¹³⁾が、今回のプロテクティブシステムの考え方は、この延長線上にあると捉えている。

燃焼安全ソリューションが提供可能なプロテクティブシステムは表3のとおりである。サブシステム間の接続はハードワイヤリングを採用した方法Aをとっており、アズビル製品を配線で結ぶことでプロテクティブシステムに対応することができる。

表3 対象プロテクティブシステム一覧

対象安全機能	プロテクティブシステム		
ガス圧低下に対する保護	圧力SW	バーナコントローラ	自動遮断弁
ガス圧上昇に対する保護	圧力SW	バーナコントローラ	自動遮断弁
自動遮断弁	圧力SW	バーナコントローラ	自動遮断弁
	火災センサ	バーナコントローラ	自動遮断弁
自動遮断弁の閉止確認 (バルブ検証機能)	自動遮断弁Po CSW	バーナコントローラ	自動遮断弁
空気流量及び圧力検知	圧力SW	バーナコントローラ	自動遮断弁
自動バーナ制御システム	火災センサ	バーナコントローラ	自動遮断弁
燃焼室のプレバージ	圧力SW	バーナコントローラ	自動遮断弁

3.2 対応可能なバーナ運転方式

当社バーナコントローラにより改正JIS対応が可能なバーナ運転方式を表4に示す。これまで個別点火バーナ運転方式に対応した連続運転/バッチ運転用バーナコントローラモジュール 形 RX-R、連続運転用バーナコントローラ 形 AUR455等を提供してきたが、新たに一括点火バーナ運転方式や上流遮断バーナ運転方式に対応した、バッチ運転用バーナコントローラ 形 AUR255が製品ラインナップに加わることとなった。

次章では、これらの運転方式に対する改正JIS対応計装例を述べる。

表4 改正JIS対応が可能なバーナ運転方式

運転方式	説明	バーナコントローラ	
		AUR255	他
個別点火バーナ	二重自動遮断弁がバーナごとに設置されているバーナ運転方式	対応可	対応可
一括点火バーナ	根元の二重自動遮断弁で複数のバーナを一括に点火させるバーナ運転方式	対応可	対応不可
上流遮断バーナ	POC機能を持つ下流の単一自動遮断弁と、上流の単一自動遮断弁により構成されるバーナ運転方式	対応可	対応不可

4. 方法Aによる改正JIS対応計装

4.1 個別点火バーナ運転方式

個別点火バーナ運転方式の改正JIS対応計装例を図3に示す。

本計装ではパージコントローラがリミット/インターロックに異常がないことを確認したあとプレパージを実施し、完了後バーナコントローラへ安全出力にて点火許可を通知することで点火開始が行われる。

本計装はリミット/インターロックおよびパージコントローラに形 RX-L、バーナコントローラには形 AUR255や形 RX-Rなどを利用することで実現でき、いわゆる従来JIS計装からの変更がない（形 BC-R35といったパージ機能付きバーナコントローラの使用も可能）。

そのため、個別点火バーナ運転方式を燃焼安全ソリューションで構築し従来JISに対応している場合は、計装変更することなくプロテクティブシステムに合致可能である。

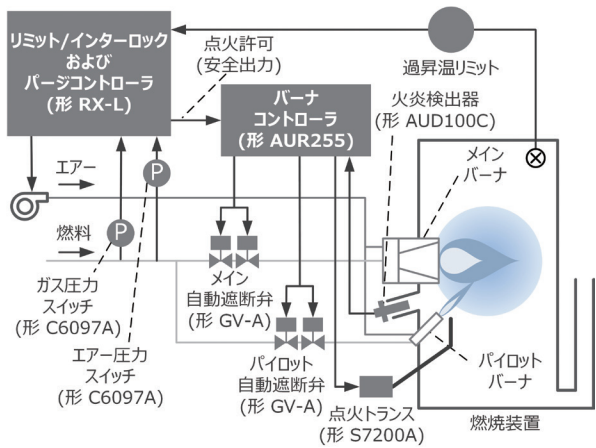


図3 個別点火バーナ運転方式の計装例

4.2 一括点火バーナ運転方式

4.2.1 JIS非対応計装例

一括点火バーナ運転方式の計装例として、汎用PLC+フレームリレー(火炎を検出し、その結果をリレー出力する機器)による計装がある。図4の計装例では汎用PLCがフレームリレーの火炎信号を受け取り、異常発生時は安全時間以内に根元の自動遮断弁を遮断する。

ただし、汎用PLCは従来JISの時点で安全機能への使用禁止が記載され、フレームリレーも関連製品規格に適合していないため、この組み合わせではプロテクティブシステムの要件を満たすことはできない。

仮に、関連製品規格またはSIL/PLに適合したフレームリレーがあったとし、汎用PLCを安全PLCに変更した場合は同様の計装でプロテクティブシステムの要件を満たすことができる。しかし、アプリケーションソフトウェアの安全設計が必要となる方法Cを採用する必要がある、方法Aに比べると多くの工数が必要になる。

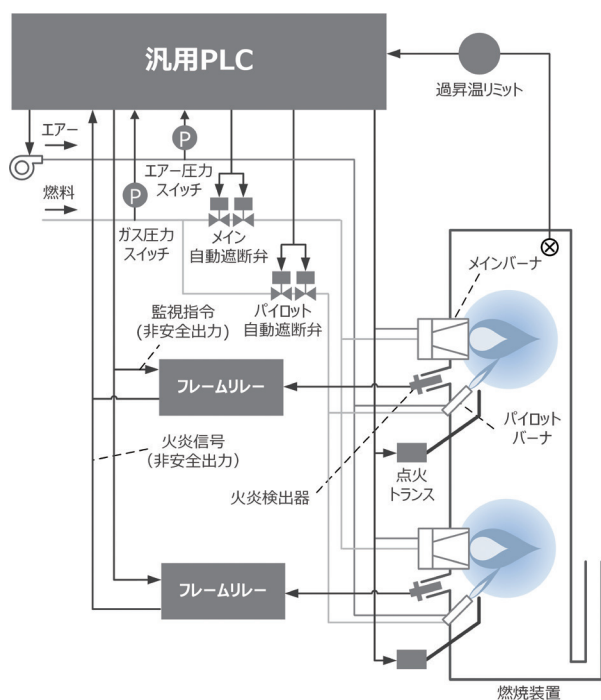


図4 JIS非対応計装例

4.2.2 改正JIS対応計装例

一括点火バーナ運転方式に対応した形 AUR255を利用することで方法Aを用いて簡便に改正JISへの対応が可能となる。一括点火バーナ運転方式の改正JIS対応計装例を図5に示す。

本計装ではパージコントローラがリミット/インターロックに異常がないことを確認したあとプレパージを実施し、完了後バーナコントローラおよび全てのフレームコントローラへ安全出力にて同時に点火許可を通知することで点火開始が行われる。

点火開始指令を受けたフレームコントローラはスタートチェックで機器の正常確認実施後、点火トランスを駆動すると共に安全出力にてバーナコントローラに遮断弁開許可を通知する。すべてのフレームコントローラから遮断弁開許可通知を受けたバーナコントローラは、自動遮断弁を開きすべ

てのバーナにガスを供給する。

もし、フレームコントローラが不着火や断火などの異常を検知した場合は、バーナコントローラに遮断弁閉指令を通知する。いずれかのフレームコントローラの遮断弁閉指令通知を受けたバーナコントローラは、即座に自動遮断弁を閉じすべてのバーナへのガスの供給を停止する。

本計装はリミット/インターロックおよびパージコントローラに形 RX-L, バーナコントローラおよびフレームコントローラに形 AUR255を利用することで実現できる。この時、形 AUR255への点火許可は外付け安全リレー経由の安全出力により通知する。

すべての入出力が汎用PLCに集中する図4の計装例に比べ、本計装ではリミット/インターロックの取込みはパージコントローラ、根元の自動遮断弁の操作はバーナコントローラ、バーナの点火と監視はフレームコントローラと機能を分割することにより分散配置が可能となっている。これにより、バーナ近傍の制御盤へフレームリレーを配置することで省配線/省スペースを実現することができる。

形 AUR255では、バーナコントローラへの遮断弁開許可および遮断弁閉指令の通知方法として、安全出力の接点によるハードワイヤリング構成を採用した。これは、通信に比べ速度が速く、JIS規定のタイミングの遵守、素早い点火の開始を実現するためである。

本接点をシリアルにバーナコントローラへ接続することで、すべてのフレームコントローラの遮断弁開許可、いずれかのフレームコントローラの遮断弁閉指令を通知している。

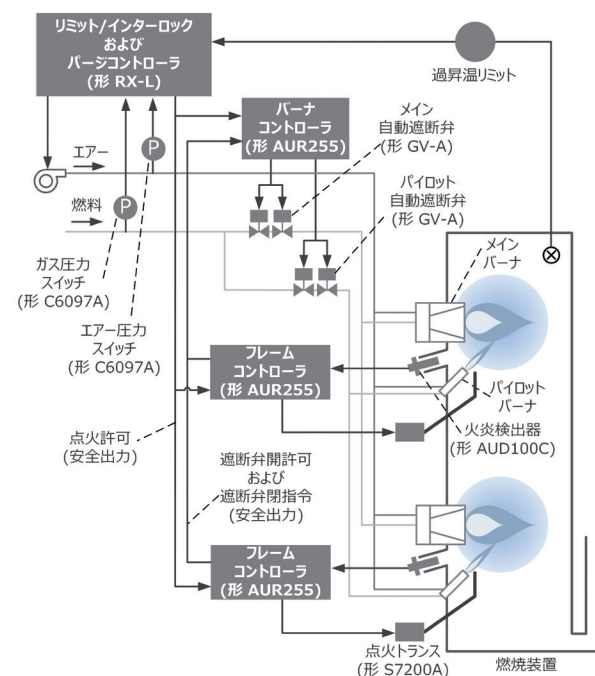


図5 一括点火バーナ運転方式の計装例

4.3 上流遮断バーナ運転方式

本運転方式はJISの改正に伴い新たに規定された計装である。JIS B 8415-2では単一の自動遮断弁の閉止を認める条件として、「低温運転時にISO 23551-1によるPOCが個別の自動遮断弁に装着されており、POCスイッチのうちの1つがバーナ弁の閉止を確認できなかった場合、プロテクティブ

システムによって上流側の自動遮断弁（ヘッダ弁）が閉止する場合」と規定されている。

当社の自動遮断弁 形 GV-□□□□はEN 161に適合しており、JIS B 8415-3の附属書JBにはISO 23551-1またはEN 161が関連製品規格として記載されているため利用可能である。

上流遮断バーナ運転方式の改正JIS対応計装例を図6に示す。ここでは、適用が想定されるダイレクト点火設備を例として挙げている。

本計装ではパージコントローラがリミット/インターロック、およびすべてのバーナコントローラからの遮断弁開許可を確認したあとプレパージを実施し、完了後バーナコントローラへ安全出力にて点火許可を通知すると共に上流側遮断弁を開く。

また、バーナコントローラは停止/運転/ロックアウトにかかわらず常にメイン自動遮断弁のPOC入力を監視し、本来自動遮断弁が閉じていなければならない状況で閉止を確認できなかった場合、パージコントローラに遮断弁閉指令を通知する。パージコントローラは点火許可通知中に、いずれかのフレームコントローラの遮断弁閉指令通知を受けた場合、即座に上流側自動遮断弁を閉じる。

本計装はリミット/インターロックおよびパージコントローラに形 RX-L、バーナコントローラに形 AUR255を利用することで実現できる。この時、形 AUR255への点火許可は外付け安全リレー経由の安全出力により通知し、上流側遮断弁の制御も本出力により行う。

形 AUR255では、一括点火バーナ運転方式の場合と同様、パージコントローラへの遮断弁開許可および遮断弁閉指令の通知方法として、安全出力の接点によるハードワイヤリング構成を採用した。

本接点を起動インターロックとしてRX-Lに平行接続することで、どのバーナの自動遮断弁で異常が発生したのかを検知することができる。一方、シリアル接続した場合、どのバーナの自動遮断弁で異常が発生したのか検知できないが、一入力のみで本計装を実現できる。

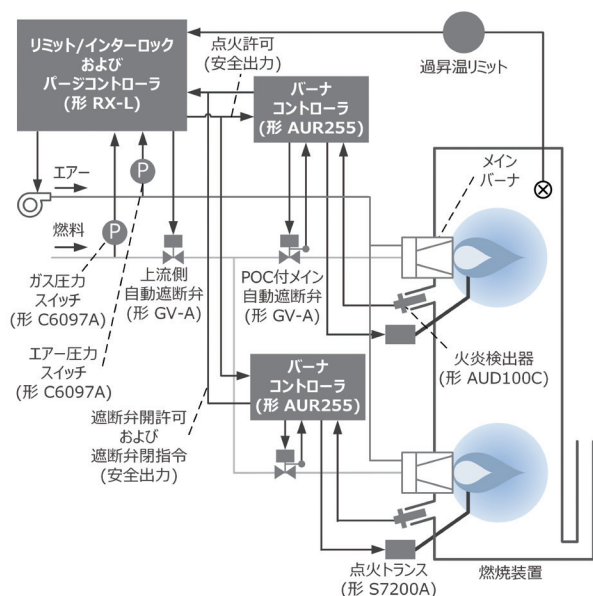


図6 上流遮断バーナ運転方式の計装例

4.4 まとめ

計装例を中心に改正JIS、特にプロテクティブシステムへの対応方法について説明したが、関連製品規格適合機器で構成する方法Aを燃焼安全ソリューションを用いて構築することで従来とほぼ同じ設計で対応できることを示すことができた。

また、従来ではJIS非対応のまま運用されていたケースもある一括点火バーナ運転方式においても、燃焼安全ソリューションを用いることで改正JIS対応を行えることを示すことができた。

なお、本稿ではリスクアセスメントの実施については説明省略したため、工業用燃焼炉の自動制御装置設計用リスクアセスメントガイド及び事例集⁽¹⁴⁾等を参考に実際の設計時には忘れずに実施していただきたい。

5. おわりに

安全規格を遵守することは安全上においても社会通念上においても重要なことではあるが、設計者の負担が膨れ上がり、規格適合が業務の大半を占めてしまえば本末転倒である。今回示した計装例は一例ではあるが、改正JIS対応の一助となれば幸いである。

折しも、カーボンニュートラルの実現に向けて水素やアンモニアといったCO₂を排出しない新たなエネルギーを用いた燃焼方法の確立が進められる中、安全規格の改正や新規発行が今後行われるであろうことは想像に難くない。

今後も安全規格の動向を注視し、規格に対応した燃焼安全ソリューションの提供を行うことで工業炉メーカーの安全規格対応を支援し、最終的にはアズビルのグループ理念である人を中心としたオートメーションで人々の安心、快適、達成感の実現と地球環境に貢献することを推進していきたい。

<参考文献>

- (1) JIS B 8415:2020 工業用燃焼炉の安全通則
- (2) EN 746-2:2010 Industrial thermoprocessing equipment - Part 2: Safety requirements for combustion and fuel handling systems
- (3) NFPA 86 Standard for Ovens and Furnaces
- (4) ISO 13577 Industrial furnaces and associated processing equipment -Safety-
- (5) JIS C 0508 電気・電子・プログラマブル電子安全関連系の機能安全
- (6) JIS B 9705 機械類の安全性 -制御システムの安全関連部-
- (7) JIS C 9730-2-5:2010 家庭用及びこれに類する用途の自動電気制御装置 - 第2-5部:自動電気バーナコントロールシステムの個別要求事項
- (8) JIS Q 17025:2018 試験所及び校正機関の能力に関する一般要求事項
- (9) EN 161:2011 Automatic shut-off valves for gas burners and gas appliances
- (10) EN 88-1:2011 Pressure regulators and associated safety devices for gas appliances - Part 1:

Pressure regulators for inlet pressures up to and including 50 kPa

- (11) EN 1854:2010 Pressure sensing devices for gas burners and gas burning appliances
- (12) JIS C 9730-2-6:2019 自動電気制御装置 - 第2-6部: 機械的要求事項を含む自動電気圧力検出制御装置の個別要求事項
- (13) 山田晃, 中田知也, 燃焼安全ソリューションを支えるソフトウェア安全設計, azbil Technical Review, 2015年4月, アズビル株式会社
- (14) 工業用燃焼炉の自動制御装置設計用リスクアセスメントガイド及び事例集, 2020年9月, (一社) 日本工業炉協会
- (15) 燃焼安全装置セレクションガイド 第26版, 2021年6月, アズビル株式会社

<商標>

AUDはアズビル株式会社の商標です。

<著者所属>

中田 知也 アズビル株式会社
アドバンスオートメーションカンパニー
CP開発部

奥村 大輔 アズビル株式会社
アドバンスオートメーションカンパニー
CP開発部