

Autaro™：新自動燃焼制御システムプラットフォーム

Kanadevia Inova AG（以下、Inova）はごみ焼却炉における燃焼と蒸気温度の制御に加えて、SNCR（無触媒脱硝）で高性能を得るためのNOx濃度予測機能を備えるなど、最先端のプロセス制御を可能とする新たなプラットフォームAutaro™（アウタロ）を開発した。2021年に、Inovaでは全ての新設プラントでAutaro™による燃焼制御を導入することにしており、既に複数のプラントに加えて、他社プラントでもAutaro™による燃焼制御に成功している。

2024年には、Autaro™による燃焼制御と過熱器蒸気温度制御をカナデビアが建設運営するプラント（熊本県八代市：エコエイトやつしろ（八代市環境センター））へ導入し、日本のごみ焼却発電プラントであっても制御可能であるかを確認する。

八代市環境センターへの導入は単なる実証試験にとどまらず、カナデビアとInovaの協業関係をさらに強固にさせるものである。

Autaro™の開発はInovaのWtE開発グループによって2019年に開始された。Autaro™は、すでに実績のあるInovaの燃焼制御コンセプトに基づいている。ノウハウ保護、他社プラントでも使用可能とする柔軟性、コスト競争力、燃焼制御を越える拡張性と将来の開発でも受け入れ可能であることを重要な開発目標と定めた。

■ 柔軟性

プログラムコードの改造なしで様々なプラントで使用できるようにAutaro™の全ての設定は非常に柔軟性を持ったデザインが施されている。各プラントの処理フローおよびレイアウトへ適応させるには、開発した標準化設計ツールをもとにパラメータの設定によって行われる。

例として図1が示すように、Autaro™は多種多様な一次空気ダクトのレイアウトを扱うことが可能である。流量の設定値と、各ゾーン（長さ方向、最大7ゾーン）および各エレメント（幅方向、最大6レーン）のダンバ制御値を出力する。二次燃焼部では、最大3種のガスまたは空気と最大8箇所の分岐（ごみピット側とボイラ側）を個々に制御することが可能である。この柔軟性によって、日本でよく見られるコンパクトなプラントに対応が可能であると同時に、超巨大なプラントについてもプログラミングの変更無しでパラメータ設定が可能である。

Autaro™は様々なタイプの火格子、例えば逆作動火格子、L型火格子、その他カナデビアグループの技術にはない灰の層を一定に保つ装置を持つ火格子のプラントにも導入可能である。つまり、Autaro™はInova、カナデビアだけでなく競合他社のプラントでも高い信頼性をもって制御可能である。



八代市環境センターではスイスと日本の最新の技術を搭載する予定である

Primary Air	SP Flow Setpoint						
	Setpoint Flow, Ctrl	Measured Flow	Flow Setpoint	Set to Operator	Set to Cascade	Set to Burner	Set to MAX/Min
Element x-1	SP Flow Setpoint	1965 Nm³/h	1967 Nm³/h	1972 Nm³/h	1979 Nm³/h	1987 Nm³/h	1995 Nm³/h
	Measured Flow	49550 Nm³/h	49550 Nm³/h	49550 Nm³/h	49550 Nm³/h	49550 Nm³/h	49550 Nm³/h
	Setpoint Range	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h
	Set to Operator value	0 Nm³/h	0 Nm³/h	0 Nm³/h	0 Nm³/h	0 Nm³/h	0 Nm³/h
	MAX/Min value	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h
Element x-2	SP Flow Setpoint	2965 Nm³/h	2967 Nm³/h	2972 Nm³/h	2979 Nm³/h	2987 Nm³/h	2995 Nm³/h
	Measured Flow	49550 Nm³/h	49550 Nm³/h	49550 Nm³/h	49550 Nm³/h	49550 Nm³/h	49550 Nm³/h
	Setpoint Range	27640 Nm³/h	27640 Nm³/h	27640 Nm³/h	27640 Nm³/h	27640 Nm³/h	27640 Nm³/h
	Set to Operator value	0 Nm³/h	0 Nm³/h	0 Nm³/h	0 Nm³/h	0 Nm³/h	0 Nm³/h
	MAX/Min value	27640 Nm³/h	27640 Nm³/h	27640 Nm³/h	27640 Nm³/h	27640 Nm³/h	27640 Nm³/h
Element x-3	SP Flow Setpoint	1965 Nm³/h	1967 Nm³/h	1972 Nm³/h	1979 Nm³/h	1987 Nm³/h	1995 Nm³/h
	Measured Flow	49550 Nm³/h	49550 Nm³/h	49550 Nm³/h	49550 Nm³/h	49550 Nm³/h	49550 Nm³/h
	Setpoint Range	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h
	Set to Operator value	0 Nm³/h	0 Nm³/h	0 Nm³/h	0 Nm³/h	0 Nm³/h	0 Nm³/h
	MAX/Min value	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h
Element x-4	SP Flow Setpoint	2965 Nm³/h	2967 Nm³/h	2972 Nm³/h	2979 Nm³/h	2987 Nm³/h	2995 Nm³/h
	Measured Flow	49550 Nm³/h	49550 Nm³/h	49550 Nm³/h	49550 Nm³/h	49550 Nm³/h	49550 Nm³/h
	Setpoint Range	27640 Nm³/h	27640 Nm³/h	27640 Nm³/h	27640 Nm³/h	27640 Nm³/h	27640 Nm³/h
	Set to Operator value	0 Nm³/h	0 Nm³/h	0 Nm³/h	0 Nm³/h	0 Nm³/h	0 Nm³/h
	MAX/Min value	27640 Nm³/h	27640 Nm³/h	27640 Nm³/h	27640 Nm³/h	27640 Nm³/h	27640 Nm³/h
Element x-5	SP Flow Setpoint	1965 Nm³/h	1967 Nm³/h	1972 Nm³/h	1979 Nm³/h	1987 Nm³/h	1995 Nm³/h
	Measured Flow	49550 Nm³/h	49550 Nm³/h	49550 Nm³/h	49550 Nm³/h	49550 Nm³/h	49550 Nm³/h
	Setpoint Range	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h
	Set to Operator value	0 Nm³/h	0 Nm³/h	0 Nm³/h	0 Nm³/h	0 Nm³/h	0 Nm³/h
	MAX/Min value	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h
Element x-6	SP Flow Setpoint	2965 Nm³/h	2967 Nm³/h	2972 Nm³/h	2979 Nm³/h	2987 Nm³/h	2995 Nm³/h
	Measured Flow	49550 Nm³/h	49550 Nm³/h	49550 Nm³/h	49550 Nm³/h	49550 Nm³/h	49550 Nm³/h
	Setpoint Range	27640 Nm³/h	27640 Nm³/h	27640 Nm³/h	27640 Nm³/h	27640 Nm³/h	27640 Nm³/h
	Set to Operator value	0 Nm³/h	0 Nm³/h	0 Nm³/h	0 Nm³/h	0 Nm³/h	0 Nm³/h
	MAX/Min value	27640 Nm³/h	27640 Nm³/h	27640 Nm³/h	27640 Nm³/h	27640 Nm³/h	27640 Nm³/h
Element x-7	SP Flow Setpoint	1965 Nm³/h	1967 Nm³/h	1972 Nm³/h	1979 Nm³/h	1987 Nm³/h	1995 Nm³/h
	Measured Flow	49550 Nm³/h	49550 Nm³/h	49550 Nm³/h	49550 Nm³/h	49550 Nm³/h	49550 Nm³/h
	Setpoint Range	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h
	Set to Operator value	0 Nm³/h	0 Nm³/h	0 Nm³/h	0 Nm³/h	0 Nm³/h	0 Nm³/h
	MAX/Min value	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h	13340 Nm³/h

図1 本図はAutaro™のタッチパネルであるが、これによって幅広いサイズ（一次空気の流量制御は、最大7ゾーン×最大6レーン）の炉を扱える事がわかる。Autaro™は火格子下から一次空気だけでなく再循環ガスやその他のガスを吹き込む燃焼にも対応可能である。

図2が示すようにAutaro™は、特に低空気比燃焼を実現する際に優れた性能を発揮する。さらに、燃焼制御を超えた機能を保有しており、その一例として、Autaro™をプラットフォームとした、蒸気温度制御モジュールを既に2施設に導入している。このモジュールは、カナデビアが開発した予測モデルをベースとして現代のモデルに基づく制御アプローチを採用している。

■ コスト削減効果

特にAutaro™の開発において注力したことは、様々なセンサーを扱うことが可能であると同時に高いコスト競争力を持たせることである。例として、Autaro™は排ガス中のCO₂とH₂Oの各濃度によってごみの低位発熱量を知ることができる。しかしながら、これらを測定する計器は高額である。そこで、湿式洗煙塔を持つプラントを対象とする新たな機能として、大気圧を含むリアルタイムの気象データを提供するサーバと接続していることを条件に、Autaro™は洗煙塔の入口

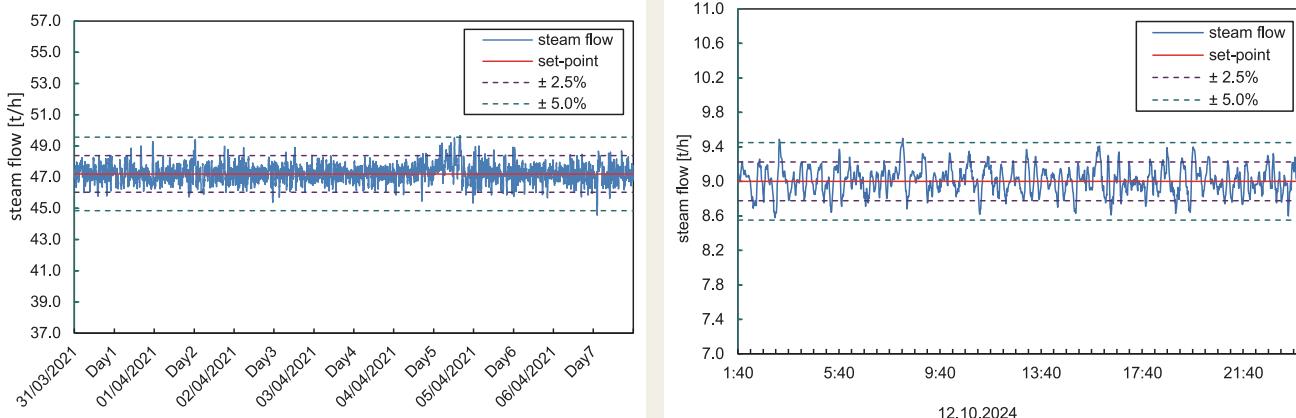


図2 左図はAutaro™の燃焼制御によって運転されたスイスのローザンヌプラントにおける蒸気量の実測値と設定値を示す。グラフにおいて、点線は設定値の±2.5%と±5%を示しており、Autaro™による燃焼制御が優れていることを示す。右図は八代市環境センターでの同様の値であるが、小型炉で燃焼が変動しやすいにも関わらず、蒸気量を安定して制御できていることが分かる。

および出口の排ガス温度さえあればH₂O濃度を計算することができる。その結果として、このような洗煙塔を持つプラントではH₂O計は不要となる。図3は本アプローチによって煙突と排ガス処理前であるボイラ出口の両方でどの程度の精度でH₂O濃度を推定できたかを示している。CO₂濃度については、通常煙突に設置しているものを使用すれば良い。この新たなAutaro™の機能は、約5百万円のコスト削減効果がある。

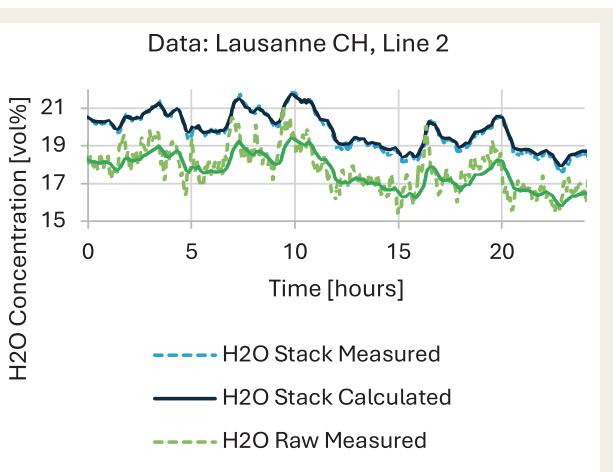


図3 H₂O濃度の実測値(破線)と洗煙塔入口と出口温度からの計算値(実線)の比較。緑線は排ガス処理前のボイラ出口を、青線は煙突での値を示す。本グラフから、計算値が非常に精密に値を推定できていることが分かる。

■ 独自性、ノウハウ保護と信頼性

ユニークなAutaro™燃焼制御の特長は、低空気比運転ができる点である。本運転は、プラントのボトルネック（誘引通風機の容量やボイラ汚れなど）を低減し、発生NOx量を減らすことができる。Autaro™の柔軟性の高さによって、Inovaとカナデビアに加えて海外の技術の炉にも対応できる。

これらのユニークな特長を保護するため、Autaro™

は最新のノウハウ保護機能を搭載している。ソースコードは256ビット技術によって無許可でのコピー、読み取り、操作から保護されている。Autaro™の信頼性については、2重化PLCによるシステムの冗長化によって実現している。DCSとの信号交換も必要であれば冗長化することが可能である。

■ アプリケーションの現状

Autaro™燃焼制御システムは2021年にスイスにあるローザンヌのプラントにて初めて運転した。1年後、顧客および運転員は性能と使いやすさに非常に満足し、同プラントの別号炉にもAutaro™を導入した。

2022年には、スイスにあるトゥーンのプラントにもAutaro™を導入した。ローザンヌとトゥーンのプラントはともに、Autaro™をプラットフォームとした蒸気温度制御を導入し、蒸気温度の変動幅を50%低減することに成功した。

新設プラントのプロジェクトの工期が長いことから、新設プラントへ導入は2024年秋に英国が初となる。その後、全てのInovaによる新設プラントはAutaro™を採用することになる。また2024年春から、フランスのニースにあるプラントへAutaro™の燃焼制御システムを導入している。同プラントは他社の火格子技術を採用しているが、運転に成功しており、他社プラントでも使用可能であることを証明した。

■ カナデビアとInovaの協業

Inovaは、当初からカナデビアの要望に合わせてAutaro™の開発を進めていた。柔軟性を含む初期のコンセプトは、2019年、数週間に渡る日本とスイスのメンバーによる協力によってデザインされたコンセプトから、Autaro™をカナデビアのプラントで使用することは理にかなっている。



図4 八代市環境センターでの試運転に向けた準備のために行われたスイスのパネルメーカーの工場での信号接続テスト

このようなカナデビアのごみ焼却発電プラントへの導入は次の重要な目標であり、八代市環境センターでの実証試験によって適用可能性を確認する予定である。

八代市環境センターではAutaroTMの追加機能として過熱器蒸気温度予測制御を導入した。この機能追加において、Inovaはカナデビアが開発した予測モデルに適応可能な自己学習モデルベースの制御を組み合わせることに成功した。八代市環境センターでのAutaroTMの検証は、カナデビアとInova両者の協力で行われることもあり、カナデビアとInovaの協業関係をさらに深めることにつながる。

Kanadevia Inova AG
Michael Moser
Senior Project Manager R&D
E-mail : michael.moser@kanadevia-inova.com

Maurice Waldner
Director R&D Energy from Waste
E-mail : maurice.waldner@kanadevia-inova.com

Alexander Permann
Process Engineer R&D
E-mail : alexander.permann@kanadevia-inova.com