

植物の温度制御 アルゴリズムを採用した 温度調節計



株式会社チノー（以下、同社）は、温度に関わる工業用の計測制御装置の製造販売や温度管理に関わるサービスを提供する企業である。

同社は、岩手県などの寒冷地に自生するザゼンソウという植物が持つ発熱システムに注目し、岩手大学との産学連携により、世界で初めてザゼンソウの情報伝達アルゴリズムを模倣した温度調節計の開発に成功している。

ポイント

- 従来の温度制御の課題と社会動向の変化を見据えて、新たな製品開発に着手
- ザゼンソウの温度制御アルゴリズムを模倣した温度制御システム（Z制御）を開発
- 従来の温度制御と比べて、省エネ効果・操作性・汎用性に優れた温度制御を実現

株式会社チノー		
所在地	東京都板橋区熊野町 32-8	
従業員数	999人（2017/03期 連結）	
創業年	1936年8月（設立年）	
資本金（百万円）	4,292	
売上高（百万円） ※連結ベース	2015年3月	19,677
	2016年3月	19,496
	2017年3月	18,570

① 製品の特徴

高精度の温度調節と省エネを実現

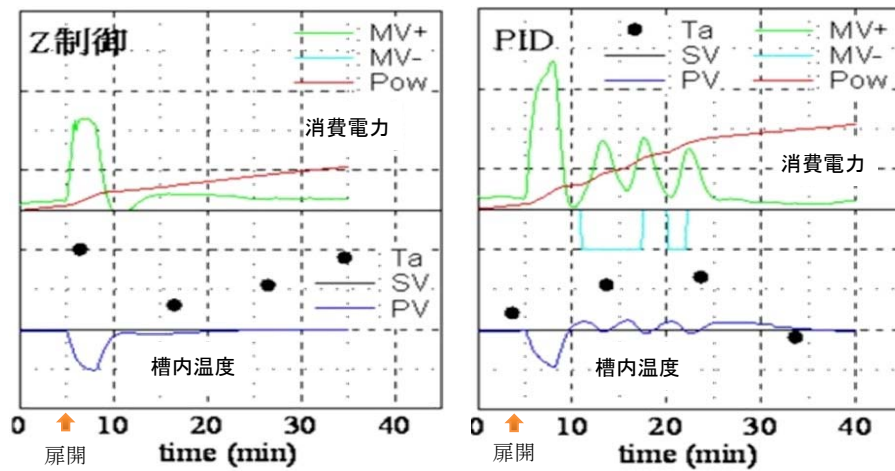
寒冷地に自生するザゼンソウという植物は、植物でありながら自ら発熱し、気温の変化に対して内部の温度をほぼ一定（約20℃）に保つことができる恒温性を有している。ザゼンソウは、この発熱機能を使って周囲の雪を溶かし、早春に花を咲かせる。同社が開発した温度調節計は、ザゼンソウの発熱機構に関する温度制御アルゴリズムを参考に開発された製品である。

従来、PIDと呼ばれる制御では、制御対象によっては目標値に到達するのに時間を要する、また、設定値より高くなる現象（オーバーシュート）などの問題があった。一方、同社のザゼンソウの発熱機構を模倣した温度制御（以下、Z制御）では、到達値を予測しながら最適な操作量を出力するため、目標値までの到達時間を保ちつつオーバーシュートが発生し難い、という特長を持つ。また、急激な温度変化が生じた場合でも、PID制御のような過度な出力による温度制御の乱れが抑えられ、安定した制御を可能としている。また、制御対象の熱的特性に応じた操作量を出力するため、温度の外乱に対する修正速度が早く、PID制御と比較して最大約70%の省エネを実現している。



図 30 ザゼンソウのアルゴリズムを採用した温度調節計
出所) 株式会社チノー

インキュベータ（恒温槽）において、目標値=40℃で運転中にドアを3分間開放した時における外乱復帰応答の比較



項目	Z 制御	PID 制御
設定値 (°C)	40	
外乱印加後整定 (安定) 時間 (s)	953	2090
外乱印加後整定までの消費電力 (kWh/h)	78	265

図 31 従来の温度調節計との省エネ性能の比較
出所) 株式会社チノー

② 事業参入の経緯

既存の温度調節計に対する問題意識が起点

同社は、2008年頃からザゼンソウの温度制御アルゴリズム（Z制御）を採用した温度調節計の開発を開始した。それまでは、PID制御を採用した温度制御を製造販売しており、業界においても温度調節計にPID制御を用いることが常識となっていた。しかし、PID制御では、目標温度に到達してから温度を一定に保つまでの整定時間に長い時間を要し、エネルギー効率が悪いことや、目標温度を超えてしまうオーバーシュートという現象が発生するという課題があった。金属や合金などの熱処理工程においては、温度が設定値を上回ることで金属組織に影響を及ぼし、材料品質に影響を与えかねない。これらの課題に対して、当時は工場等における熟練した温度制御管理者が制御パラメータを現場で微調整することで対応していた。

しかし、熟練した温度制御管理者の減少や海外メーカーが販売する低価格の温度調節計のシェア拡大に伴い、同社は既存の温度調節計の改良案を模索することとなる。

岩手大学との共同研究により、新たな温度制御方法を開発

同社で温度調節計の研究開発を担当していた石橋政三氏は、当時国内市場に流入していた海外製の低価格製品への対抗策として、従来のPID制御の課題を克服した高性能製品の開発を目指していた。また、当時の社会動向が省エネに向かっていたことから、温度制御の高精度化と製品の省エネ性能の向上の2つを製品開発の目標として掲げる。

同社はPID制御システムの改良による新たな温度調節計の開発を目指していたが、エネルギー効率性や温度制御の精度などにおいて限界を感じていた。そのような時に、2007年に石橋氏が出展した半導体の展示会で、岩手大学産学連携推進センターのコーディネーターを担当していた山崎氏から、同大学農学部の伊藤菊一教授と工学部の長田洋教授が共同研究を行っていたザゼンソウの温度制御アルゴリズムを利用した温度制御装置に関する研究データを紹介された。常温から目標温度に調節する為の電力の出力方法がPID制御と大きく異なる研究データに関心を持ち、後日、石橋氏は岩手大学の研究室を訪れた。石橋氏は、ザゼンソウの温度制御アルゴリズムを取り入れることで従来のPID制御の課題を克服できると考え、翌年の2008年から岩手大学と同社の産学連携による温度調節計の実用化に向けた共同開発を開始する。

共同開発の開始時点では、既に伊藤教授と長田教授により、ザゼンソウの温度制御が工学的なアルゴリズムとして再現されていた。工学的に再現されたアルゴリズムへ同社が改良を加えることで実用化に成功、2010年にザゼンソウの頭文字をとって「Z制御」と名付けたプログラムを採用した温度調節計の発売に至る。Z制御を搭載した温度調節計は、以前より石橋氏が課題としていたオーバーシュートの抑制や省エネ性能の向上、多様な用途に汎用可能な高い再現性を実現している。

③ 成功・差別化要因

業界動向を踏まえた的確な課題設定

開発当時の業界動向として、低価格製品の普及が進む一方、国内産業の発達に伴って高精度製品のニーズが高まりつつあったという。同社は業界動向を把握した上で、制御技術の精緻化と省エネ性能の向上を既存製品の課題とした製品開発を行っており、的確な課題設定が成功に至った要因として挙げられる。高性能かつ省エネ性能を持つ同社製品は、累計の販売台数は約1万台を達成している。

外部リソースと連携した効率的な研究

同社は、前述の通り岩手大学の研究シーズと同社の製品開発ニーズが一致し、産学連携により、製品の実用化を実現している。同社は生物学に関する知見は持っていなかったが、岩手大学農学部伊藤教授が生物学的アプローチからザゼンソウが持つ温度制御のシステムを解明、また岩手大学工学部長田教授が工学的アプローチから温度制御のシステムをアルゴリズムとして開発、数式化までを既に完了しており、その知見を活用することで、2008年の産学連携の開始からわずか2ヶ月ほどで試作品の完成を達成したという（その後認証手続などにより、2010年に販売）。同社の石橋氏によると、生物学の知見を有していない同社単独では、Z制御の研究・開発は不可能であったという。このように、同社は外部の研究機関と連携することで、外部の知見を活用し、短期間での製品開発に成功している。

既存技術に捕らわれない発想の転換

同社が採用しているZ制御は、従来の装置に採用されていたPID制御とは全く異なるアルゴリズムとなっており、当初は、岩手大学より入手したザゼンソウ制御アルゴリズムの数式データを同社が試作した装置に入力しても温度制御が安定しなかったという。安定しない原因を解明する中で、石橋氏は従来のPID制御とザゼンソウ制御による温度制御では、温度管理に対するロジックが異なっていることに気が付いたという。従来の制御では設定値に温度を強制的に収束させる制御（非ルーズ制御）であったのに対し、ザゼンソウ制御では設定値に対して許容範囲を持って制御（ルーズ制御）を行っていた。このザゼンソウ特有のルーズ制御に対し、既存の非ルーズ制御を組み合わせたハイブリッド型に発想を転換することで開発している。このようにルーズ制御を失敗として捉えるのではなく、適材適所でZ制御の強みを活かすという発想へ転換したことが製品開発の成功要因として挙げられる。事実、山崎氏は同社以外の同業他社にも共同研究の相談を持ちかけたが、他社は温度制御にばらつきがあることは問題であるという固定観念を捨てられず、Z制御の持つ省エネ性能や外乱性に強いこと、再現性があるという特徴に気付く、あるいは、それを活かすという発想には至らなかったという。

④ 事業ビジョン・展望

他分野への展開

同社は Z 制御を様々な用途・産業に水平展開し、売上げの拡大を目指している。特に、新素材や次世代セラミックス、リサイクルの分野には温度制御の課題が多くあり、展開していきたいと考えている。

省エネルギー性を軸とした事業展開

前述の通り、ザゼンソウの温度制御を模倣した Z 制御は従来の PID 制御のアルゴリズムとは大きく異なっており、石橋氏はザゼンソウが持つ「有限な体内エネルギーを利用して発熱し、生命を維持する」という機能が新たな制御手法の確立に繋がると考えている。省エネルギーで設定値へ到達する制御手法として、今後は温度以外の制御対象への応用を狙う。

⑤ 政府への要望

「省エネ」に対する定義の転換

同社によると、既存装置に Z 制御を組み合わせた場合や、既存装置を改造して Z 制御を導入した場合、例えば、装置に省エネのために Z 制御による電力制御機器を外部に付加して、最大消費電力を抑制したとしても、設置時に電力会社に申請した最大消費電力から値が変更することは、電力会社からは省エネとは認められず、反対に法規違反になる恐れがある。結局は、省エネを凶っても省エネとしては認められず、同社の製品開発や販売に影響があるという。現状では、新規導入装置に既に実装された場合のみ、省エネが凶られたと認められることになっている。現在でも、高度経済成長期に導入されたエネルギー効率の悪い設備が多く稼働しているという。政府として省エネを推進していくのであれば、今後は新設よりも既存設備をいかに省エネしていくかという視点が重要であり、「省エネ」の定義を変えていくことが必要と同社は考えている。



株式会社チノー
参事

石橋 政三さん

温度調節計の研究・開発担当として、Z制御の実用化に携わる。今後はZ制御の更なる改良と、省エネルギー性に基づいた温度以外の制御対象への応用を目指している。
