

# 半導体製造の熱処理成膜装置における 温度制御へのModel-Based Design適用事例

2022年5月25日

Tatsuya Yamaguchi

Group Leader

熱制御技術部 / 東京エレクトロン テクノロジーソリューションズ株式会社



# アジェンダ

- 会社/製品紹介
- 製品開発ワークフロー：事例紹介①
- MBD課題の共有：事例紹介②
- まとめ
- 質疑応答

# 会社 / 製品紹介

# 会社概要

設立：1963年11月11日

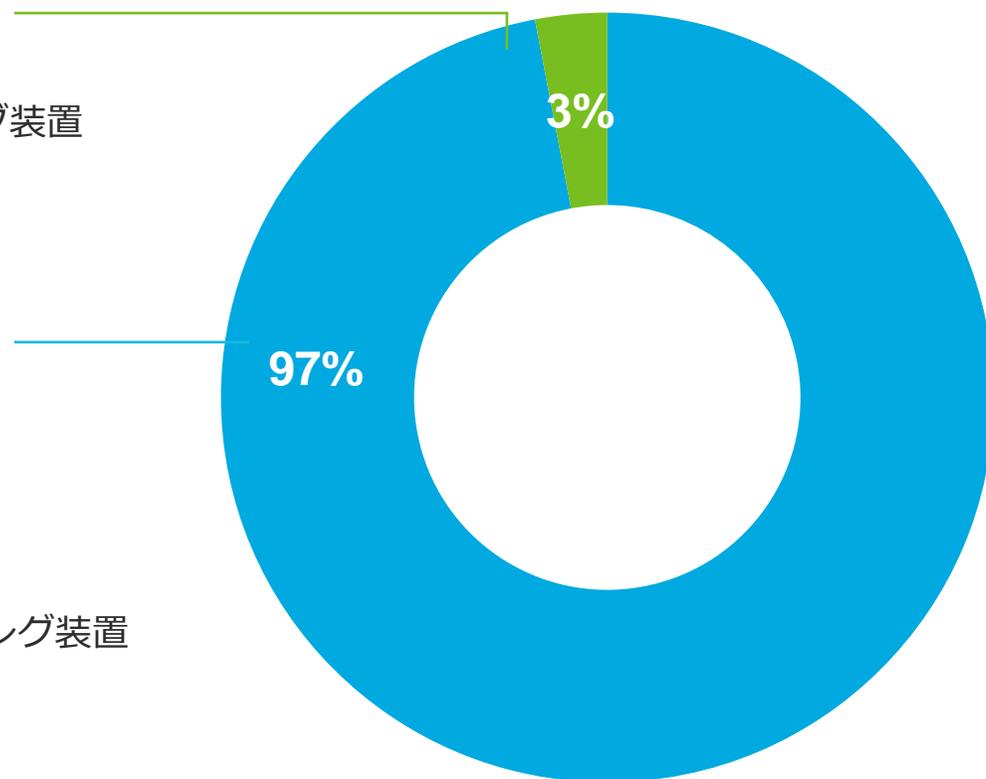
従業員数：15,634名 (2022年3月31日現在)

## FPD製造装置

FPDコータ/デベロッパ  
FPDプラズマエッチング/アッシング装置  
FPDインクジェット描画装置

## 半導体製造装置(SPE)

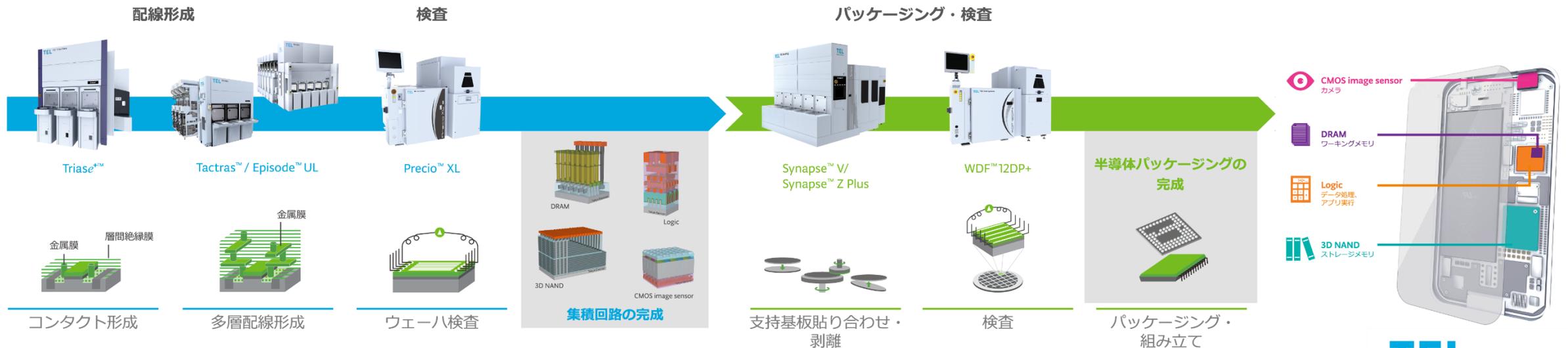
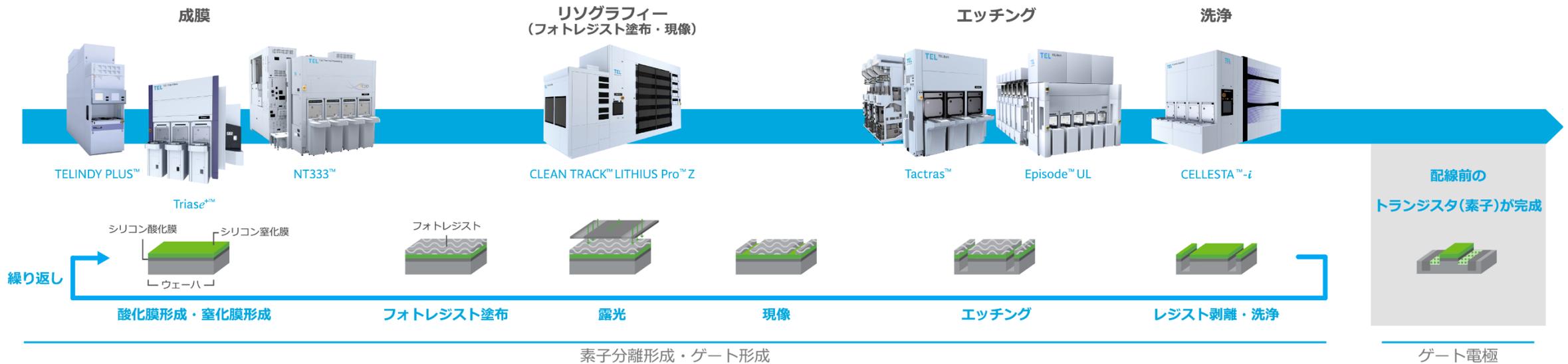
コータ/デベロッパ  
ドライエッチング装置  
成膜装置  
洗浄装置  
ウェーハプローバ  
ウェーハボンディング/デボンディング装置  
その他



**事業分野別 売上高構成比**  
2022年3月期連結売上高: 20,038億円

# 半導体製造プロセス

■ ウェーハ処理プロセス(前工程) ■ 検査・組み立てプロセス(後工程)



# 国内主要拠点

(2022年5月12日現在)

フィールドエンジニアリング拠点: 12

■ 営業/フィールドサービス
■ R&D/製造/技術



東京エレクトロン九州  
熊本 (合志/大津)



東京エレクトロン  
テクノロジーソリューションズ  
富士 (藤井/穂坂)



TEL デジタル デザイン スクエア

札幌



東京エレクトロン テクノロジーソリューションズ  
岩手 (奥州)

奥州

大和



東京エレクトロン宮城

富士

赤坂

大阪



東京エレクトロン本社



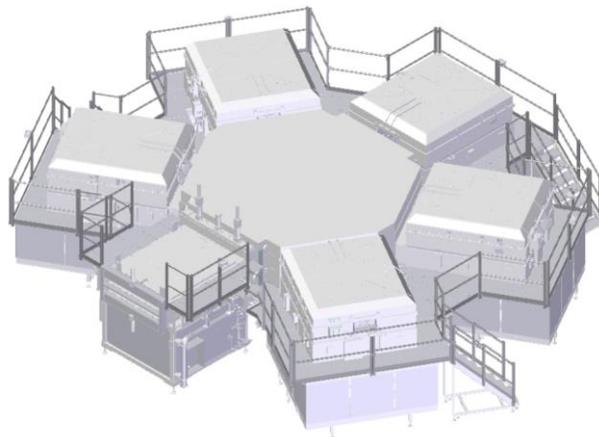
府中テクノロジーセンター

# 東京エレクトロン テクノロジーソリューションズ株式会社

- ◆ 設立 : 1983年7月1日(山梨事業所設立)
- ◆ 代表者 : 代表取締役社長 佐々木 貞夫
- ◆ 主要事業 : 熱処理成膜装置・枚葉成膜装置・ガスケミカルエッチング装置・テストシステム、FPDプラズマエッチング/アッシング装置の開発・製造



枚葉成膜装置  
Triase+™



FPDプラズマエッチング/アッシング装置  
Betelex™



テストシステム  
Precio™XL

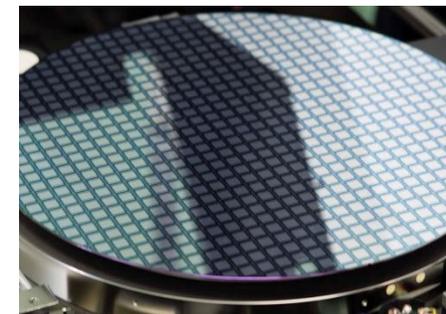
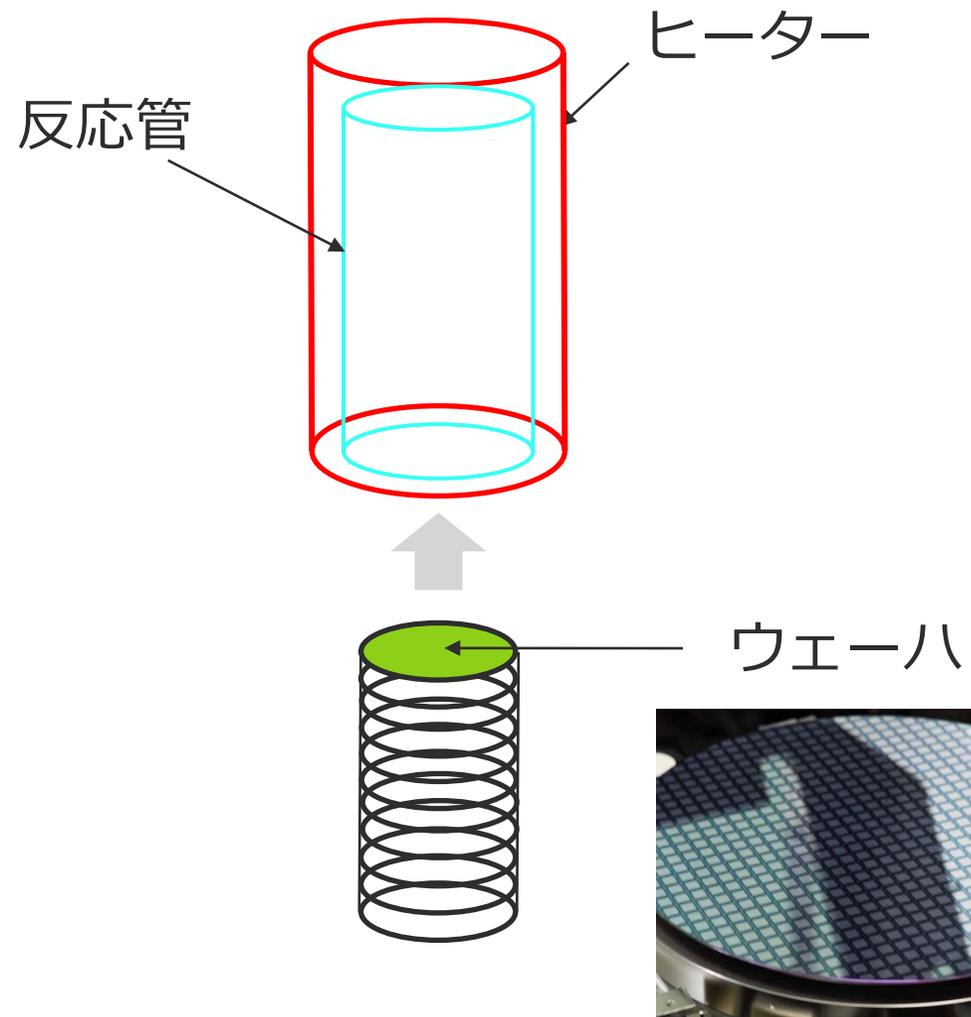
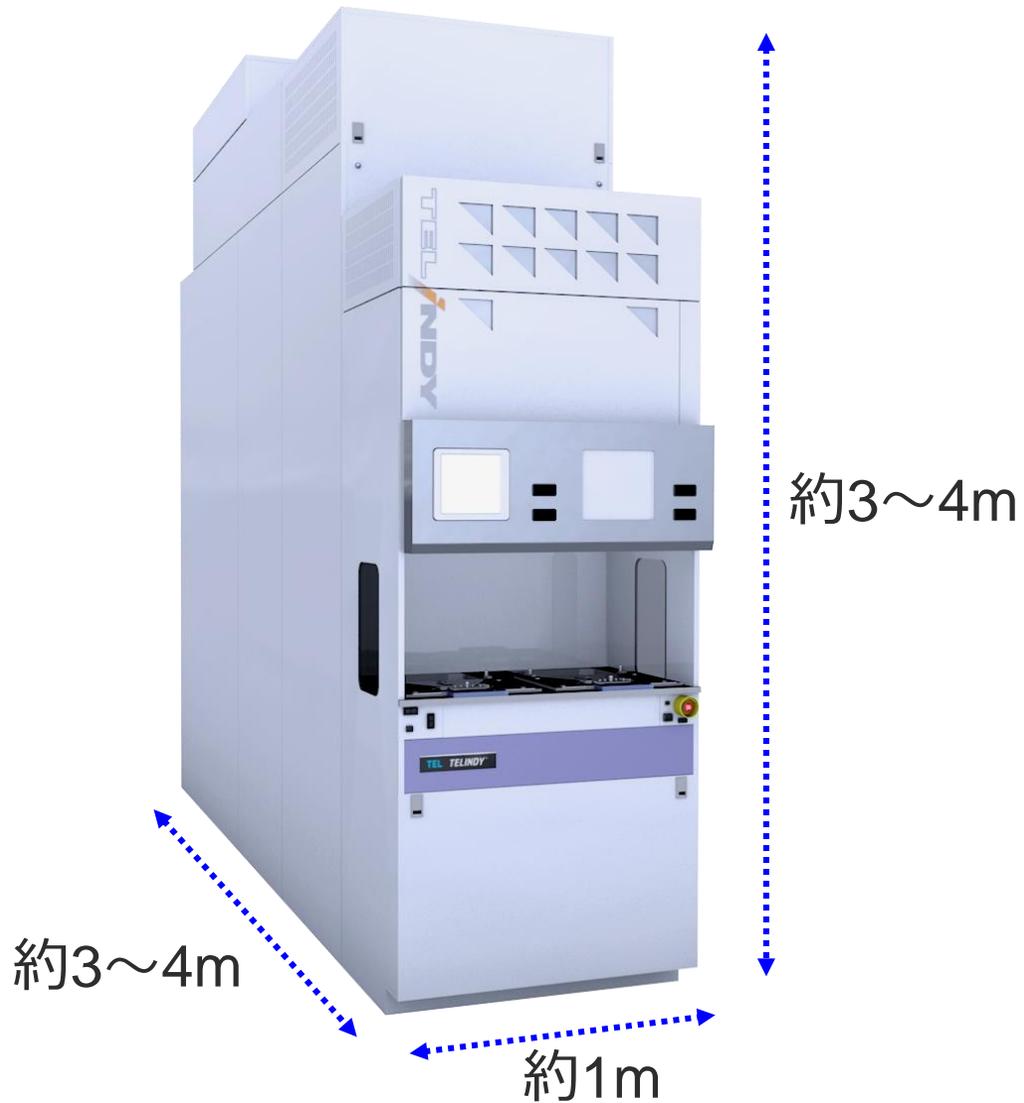


セミバッチ式成膜装置  
NT333™

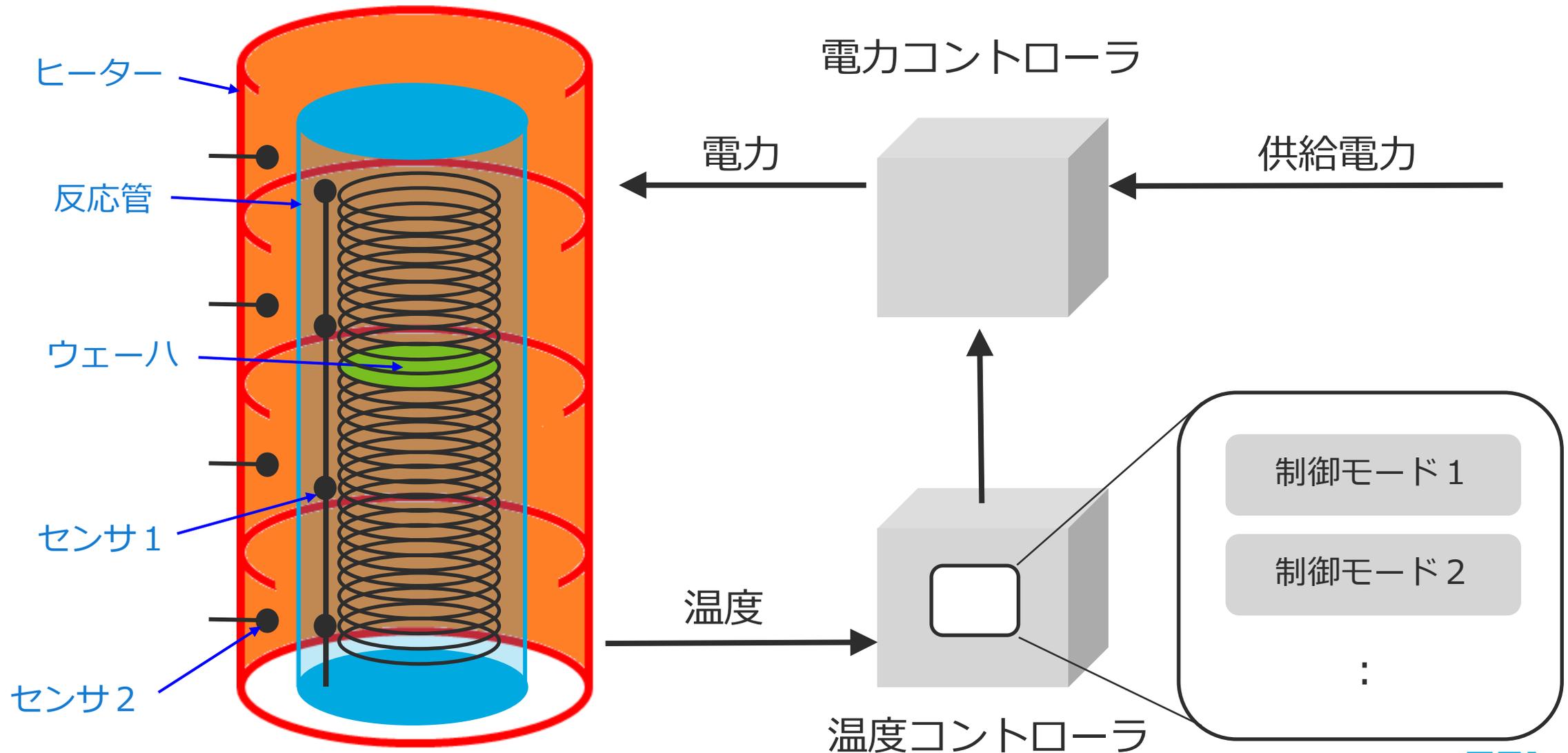


バッチ式熱処理装置  
TELINDY PLUS™

# 熱処理成膜装置 製品概要

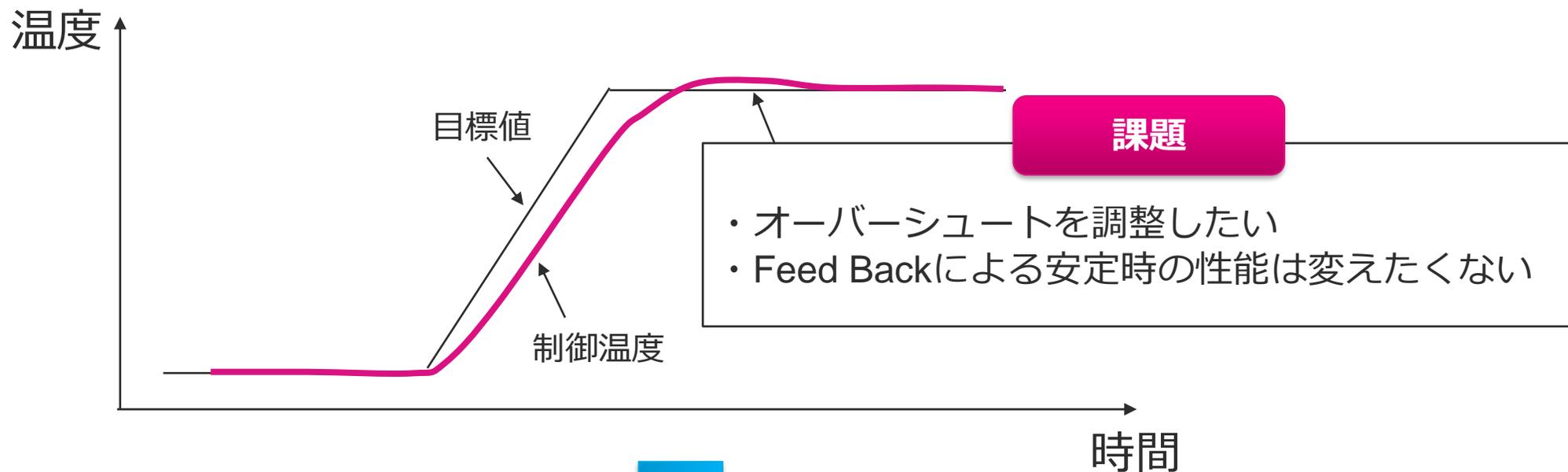


# 熱処理成膜装置の温度制御系



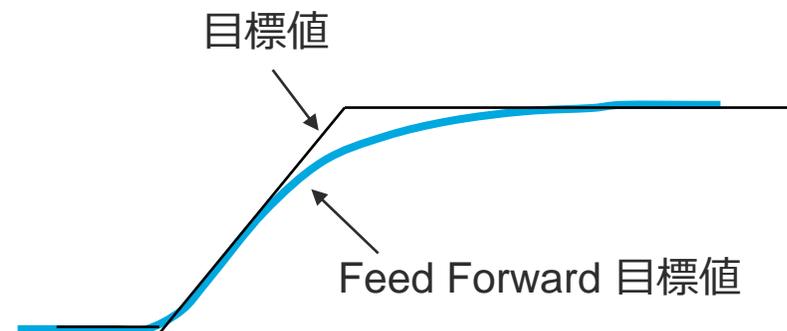
# 製品開発のワークフロー：事例紹介①

# 事例紹介① : Feed Forward制御 目標値フィルタ

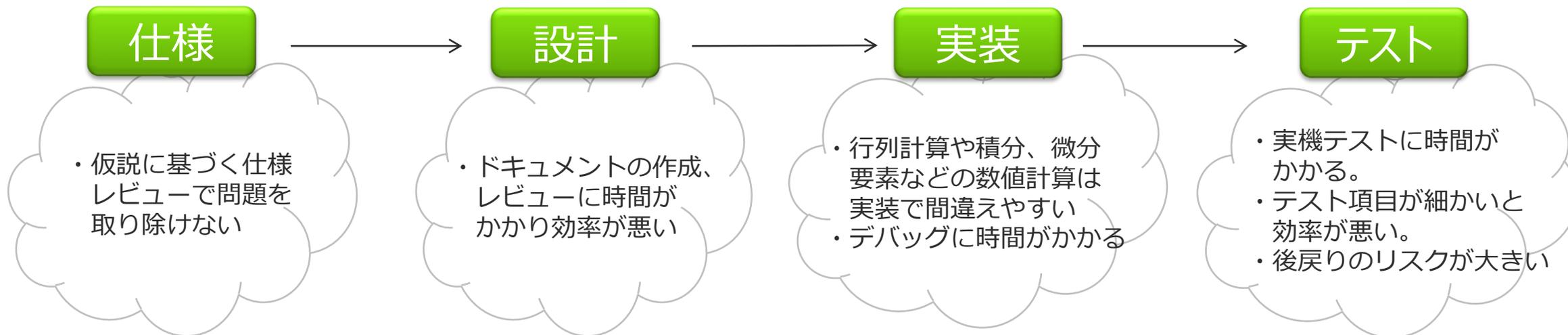


## 仮説に基づく仕様

目標値にフィルタを用いて内部的に目標値を曲線状に変換しオーバーシュートの微調整を行う  
Feed Backの性能には影響しない

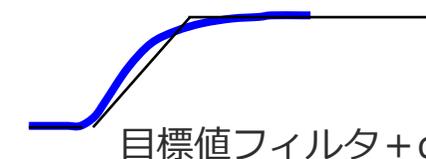
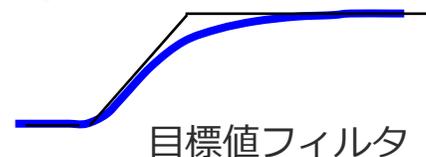


# 従来の制御ソフト開発フロー

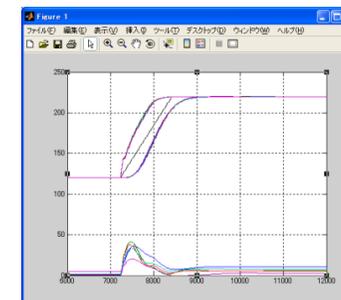


※仕様の段階から時間をかけて検討を行うが、制御アルゴリズムの場合は動かしてみないと分からないことが多い。**動かすまでに時間がかかることは致命的**

Total で 数ヶ月はかかる

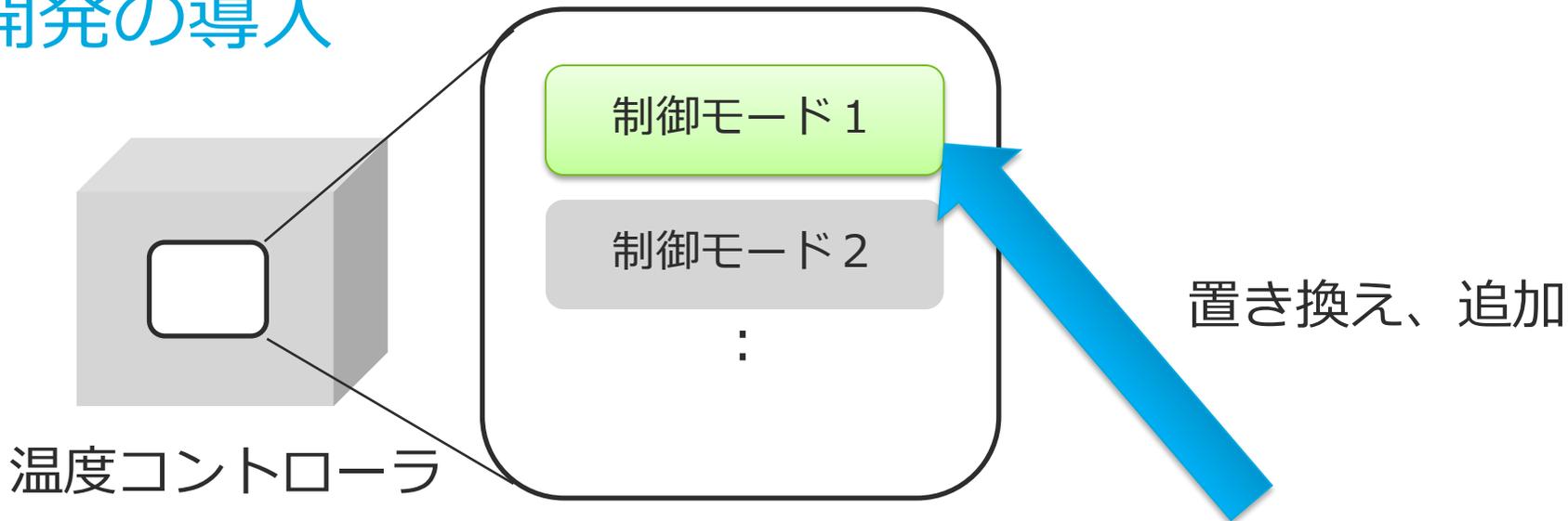


最初のサイクルを回すだけでも 1ヶ月はかかる

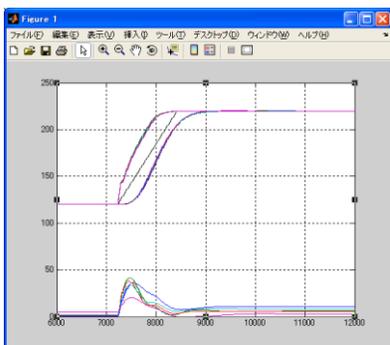


# モデルベース開発の導入

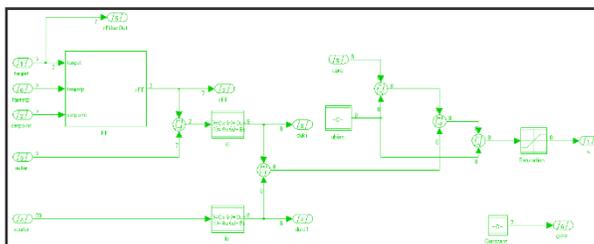
導入しやすいように  
適用範囲を限定する



## ①シミュレーションの活用



モデルと制御ブロックを用いた  
シミュレーションで検証



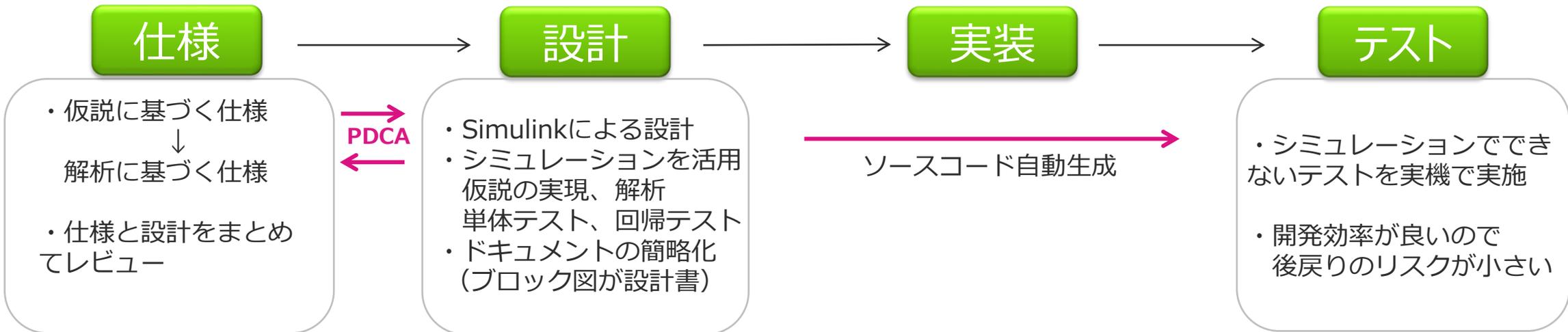
Simulinkによる制御ブロックの作成

## ②ソースコードの自動生成

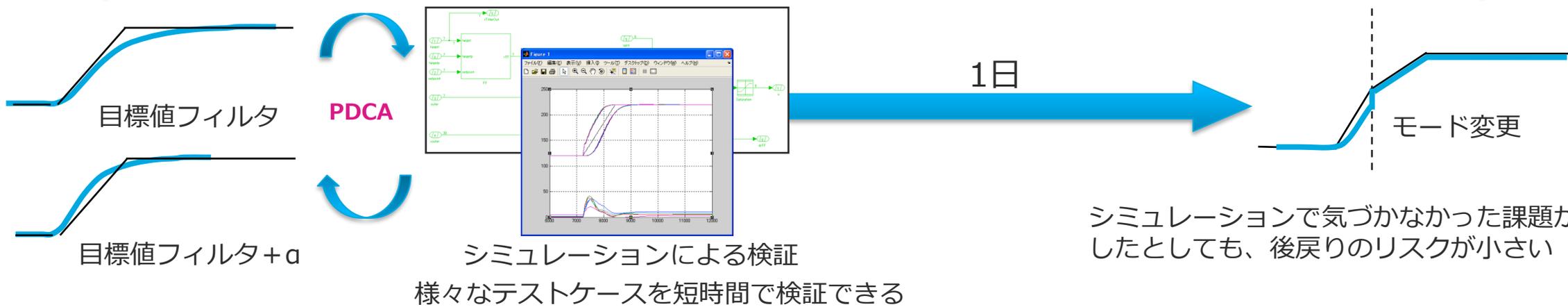
```
*** SGI5 RegInner/Outer/TFF_2  
*** SGI5 RegInner/Outer/TFF_2/Subsystem  
***  
*** OF-MODE CORRESPONDING STATEFLOW NODE DESCRIPTION  
***  
*** TargetLink version : 3.0 from 27-Jun-2008  
*** Code generator version : Build Id 3.5.0.10 from 2008-06-09 16:55:48  
*** Copyright (c) 2008 dSPACE GmbH  
*****  
#ifndef _BEGINNER_C_  
#define _BEGINNER_C_  
  
#include "math.h"  
#include "RegInner.h"  
#include "matlib.h"  
  
#define  
#define  
  
#ifdef  
#endif  
  
#endif  
#endif
```

Simulink制御ブロックから  
ソースコードを自動で生成

# モデルベース開発の開発フロー

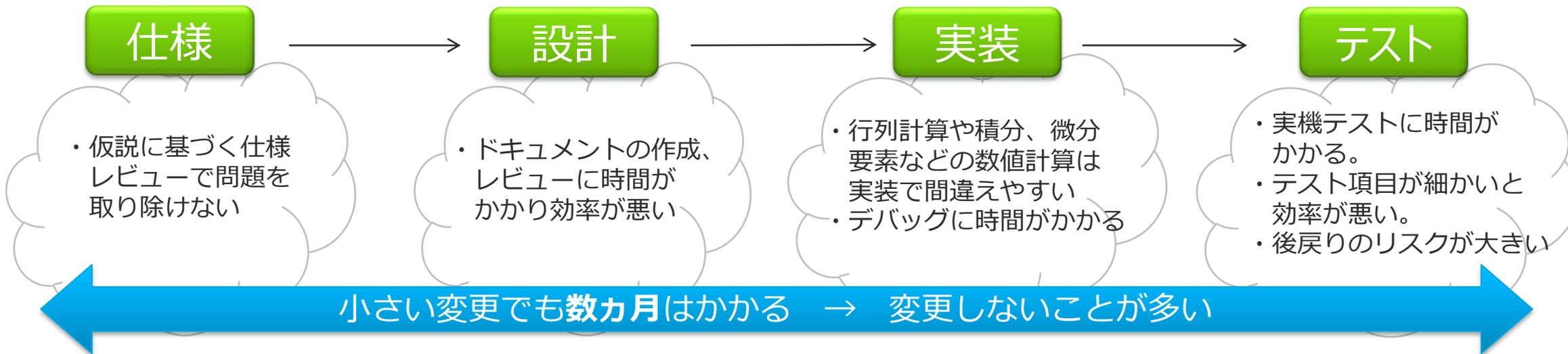


← Total で 数週間に対応 →

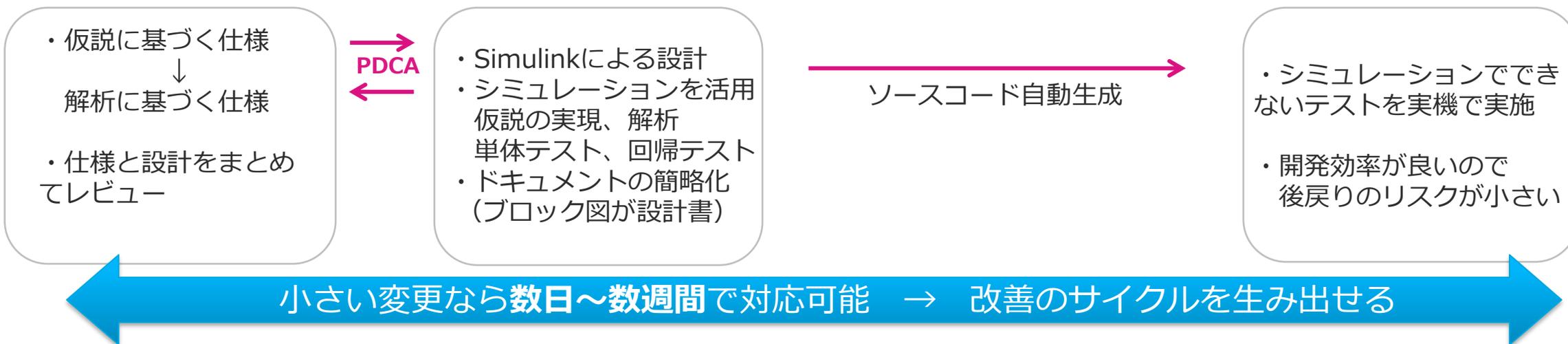


# モデルベース開発の導入とその効果

従来の問題点



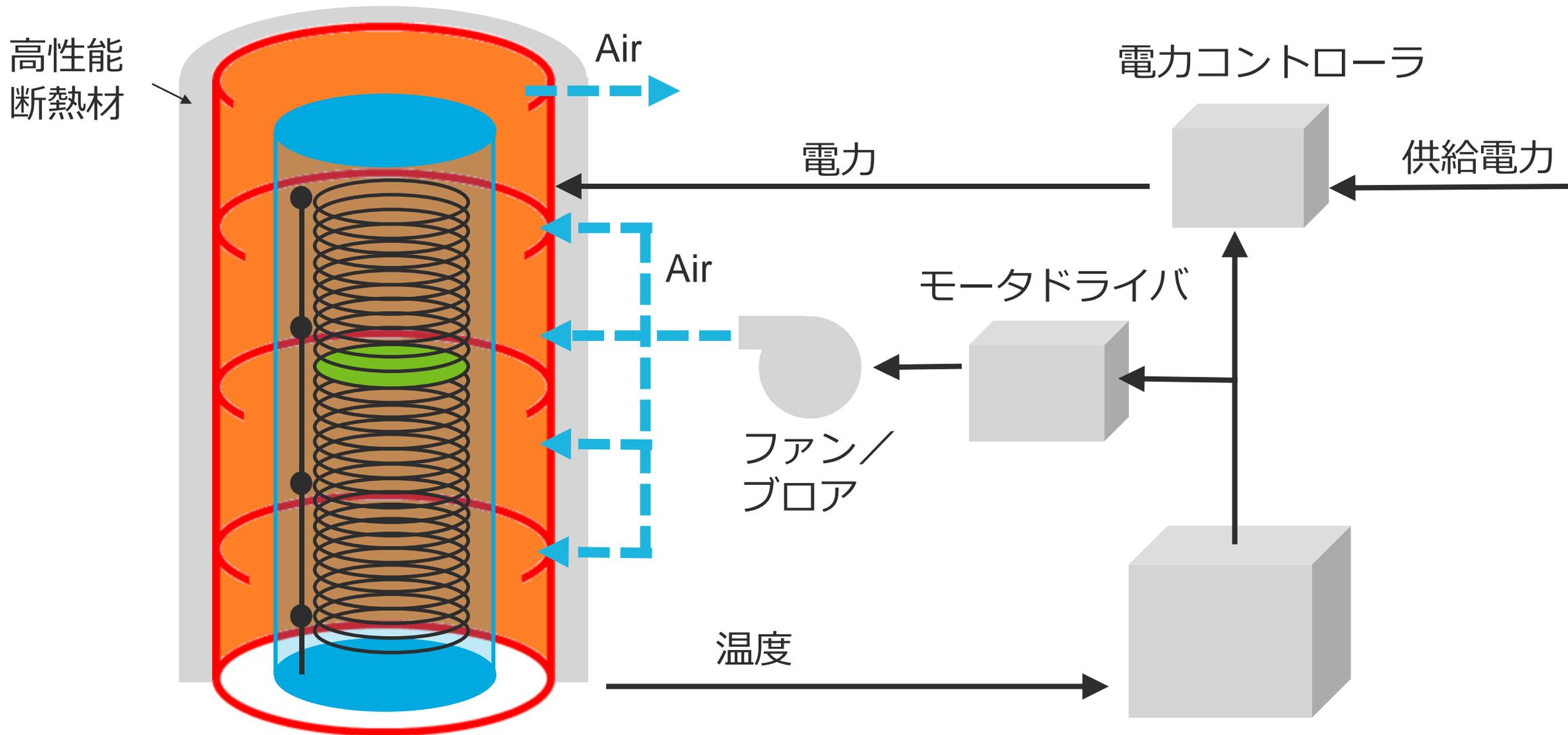
モデルベース開発



MBDを導入し、改善を行いながら制御系ソフトを開発できている → 品質が大幅に向上した

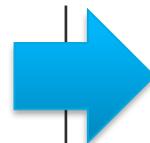
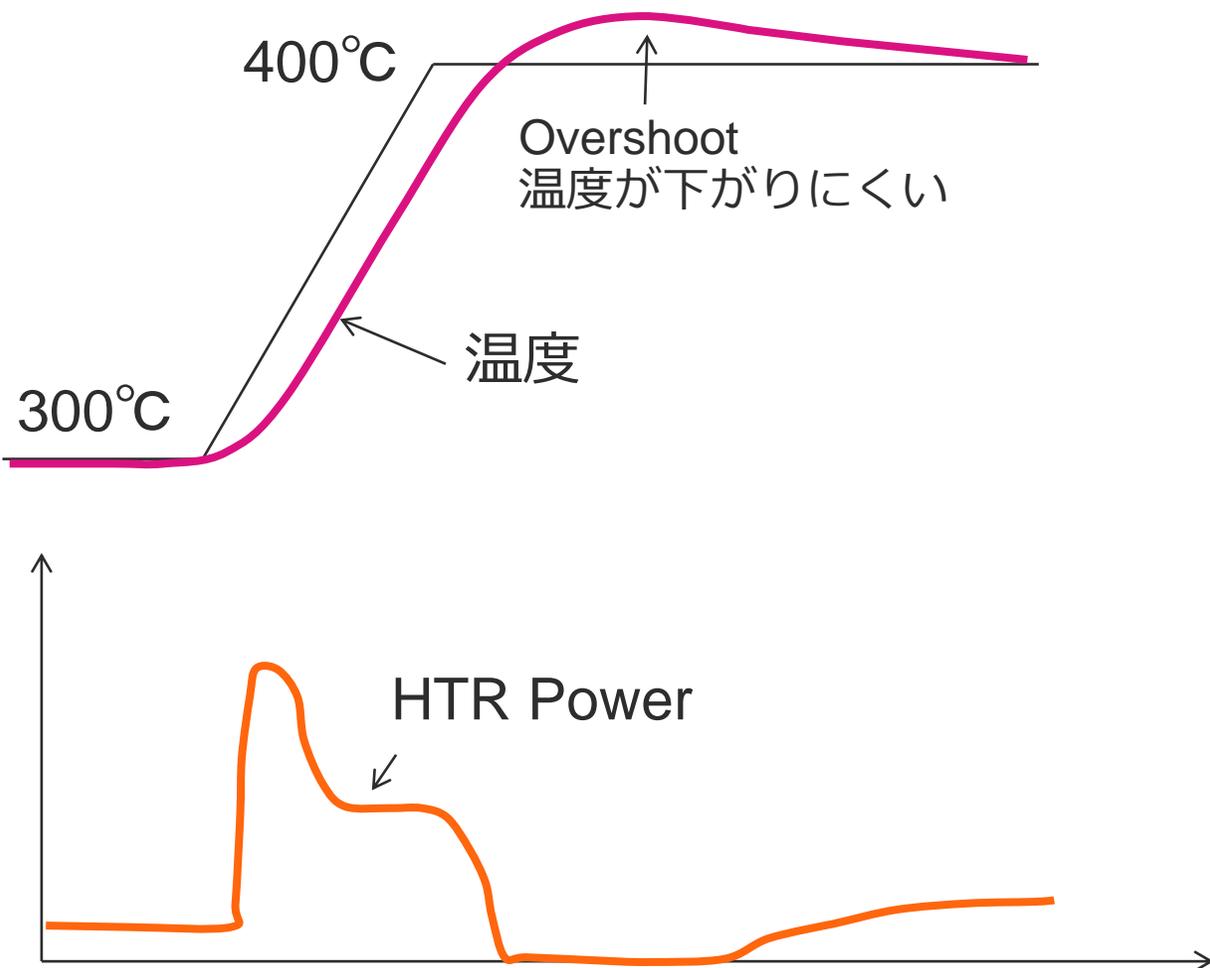
## MBD課題の共有：事例紹介②

## 事例紹介②：ヒーターの省エネ化と Air-Blow制御

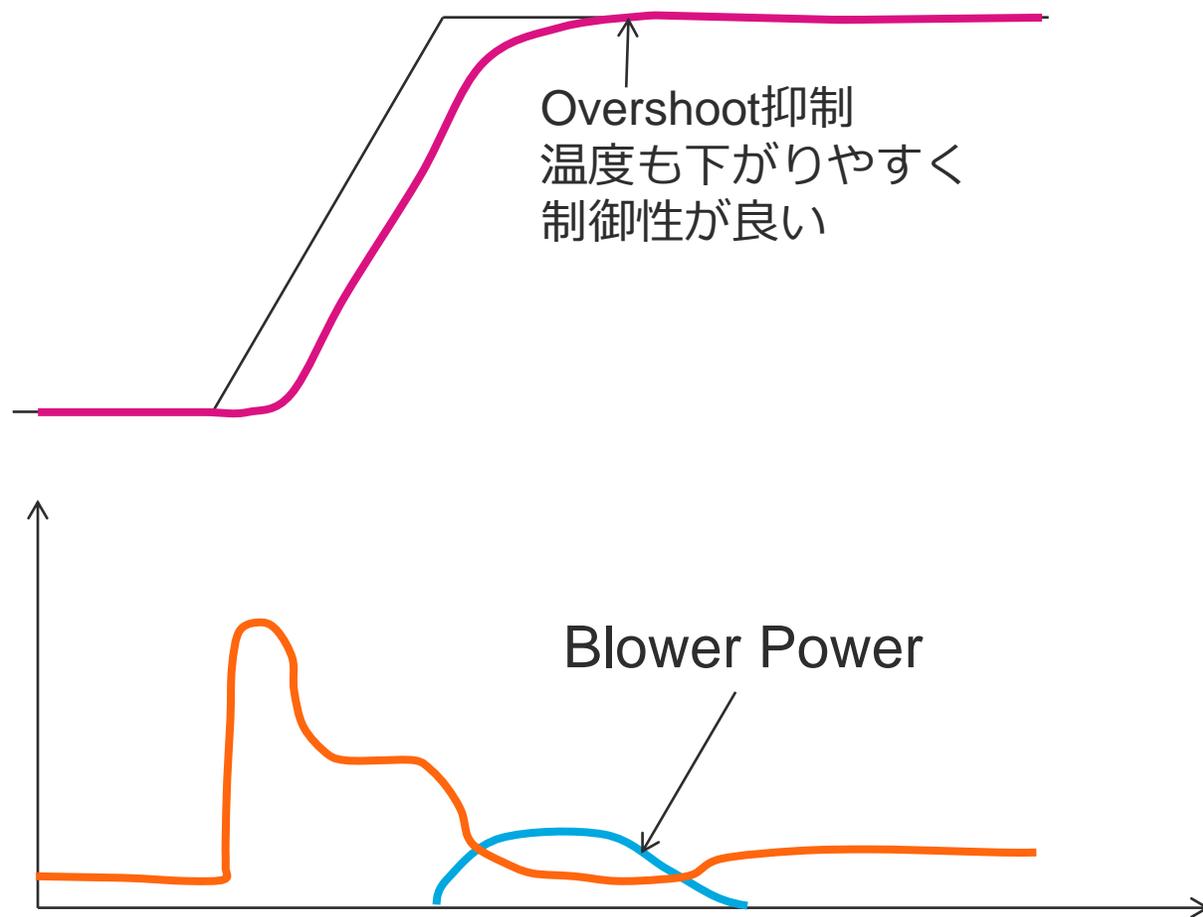


# 温度制御の課題 と Air-Blow 制御

Air-Blower制御なし

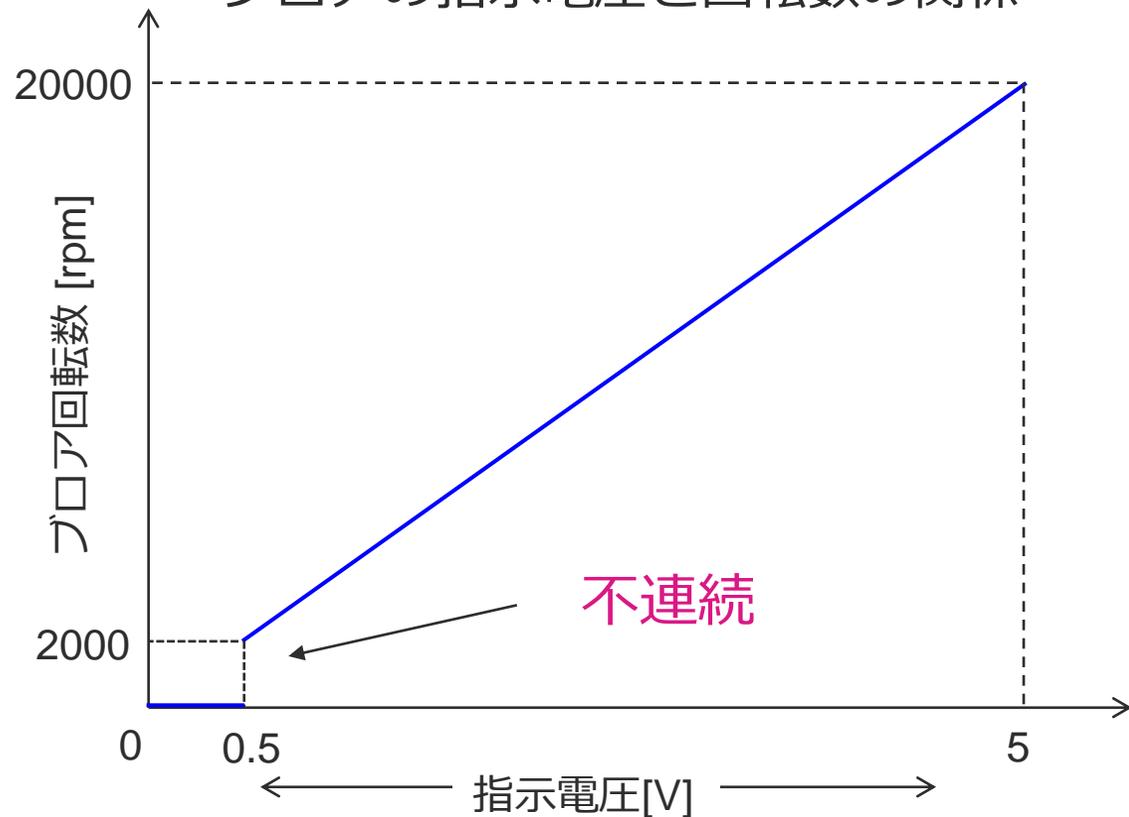


Air-Blow制御あり



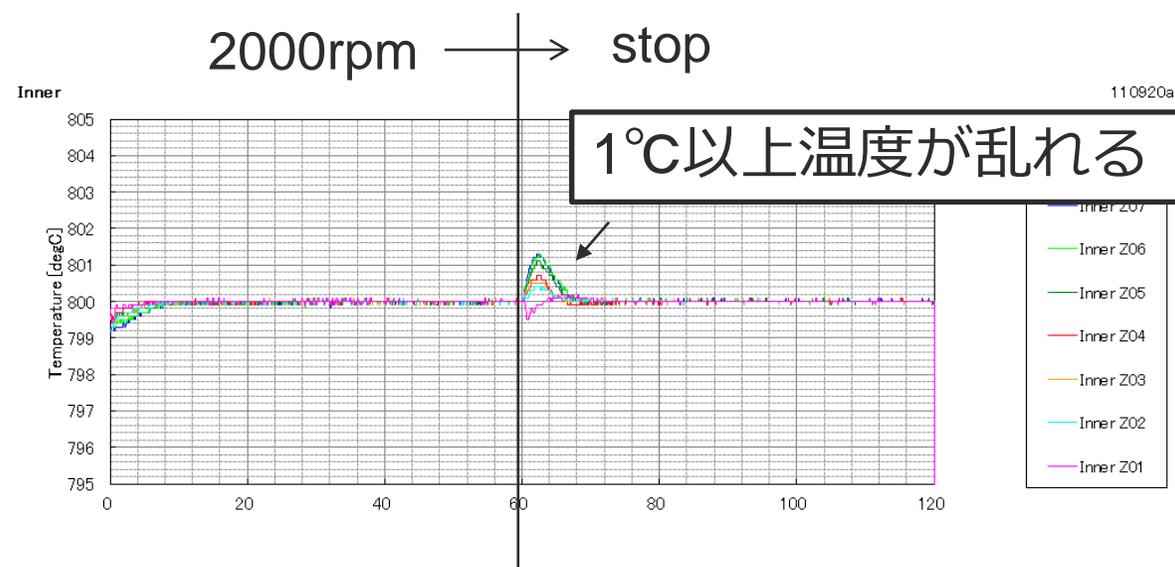
# ブロアの最低回転数の問題

ブロアの指示電圧と回転数の関係



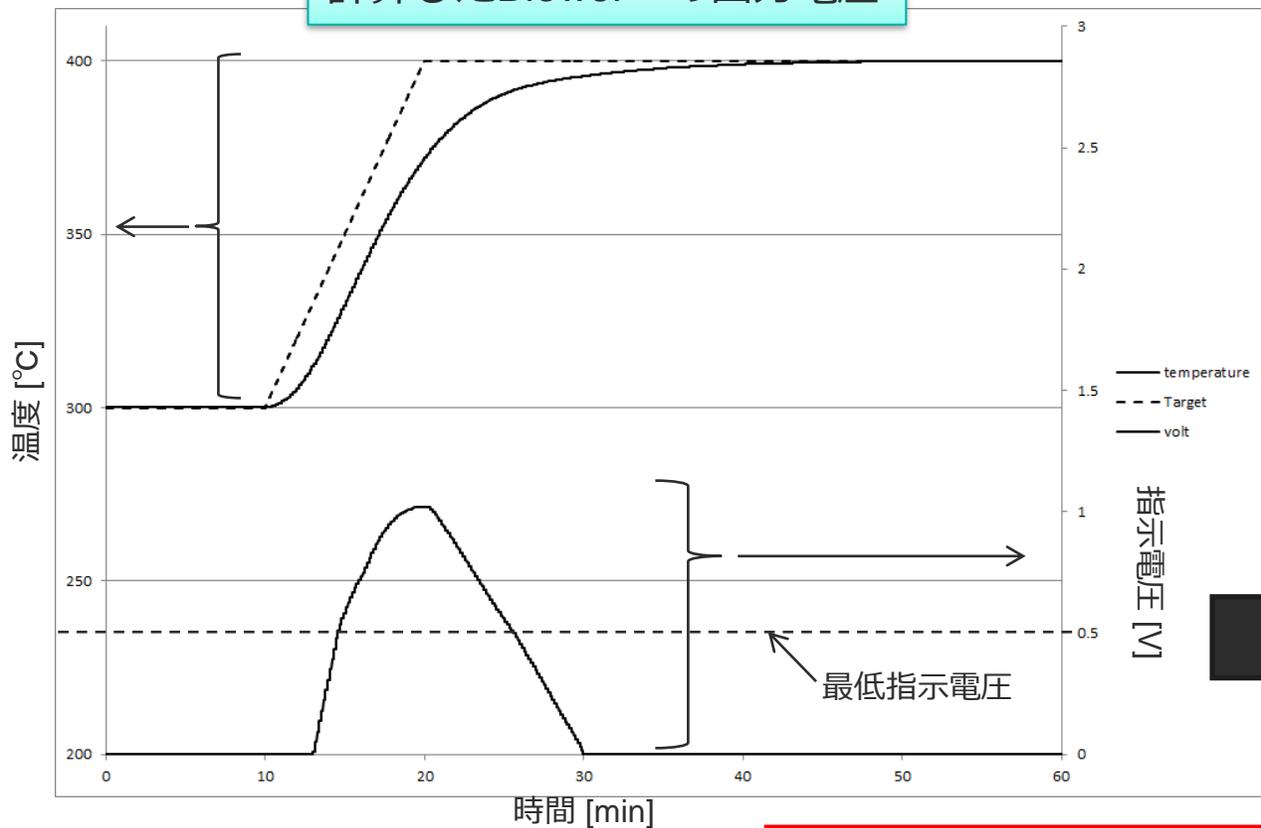
Blowerは低回転になると高負荷がかかり止まる

ブロアを止めると温度が乱れる

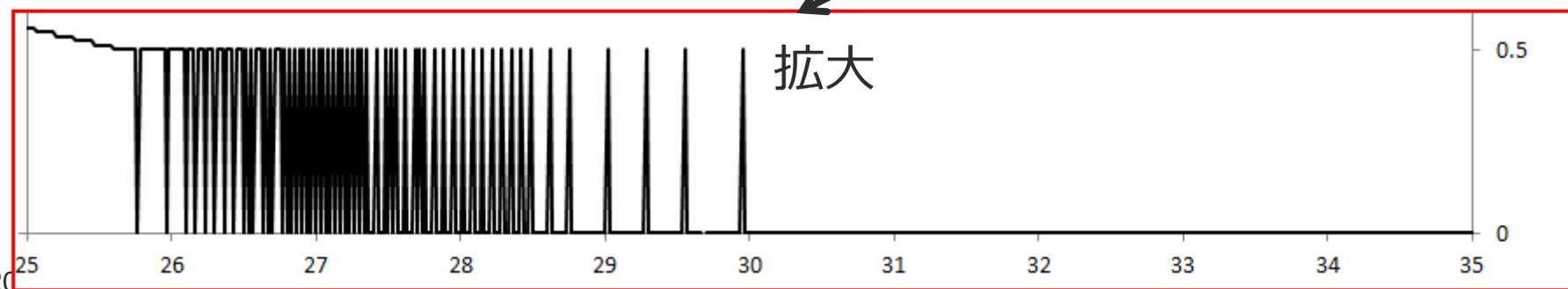
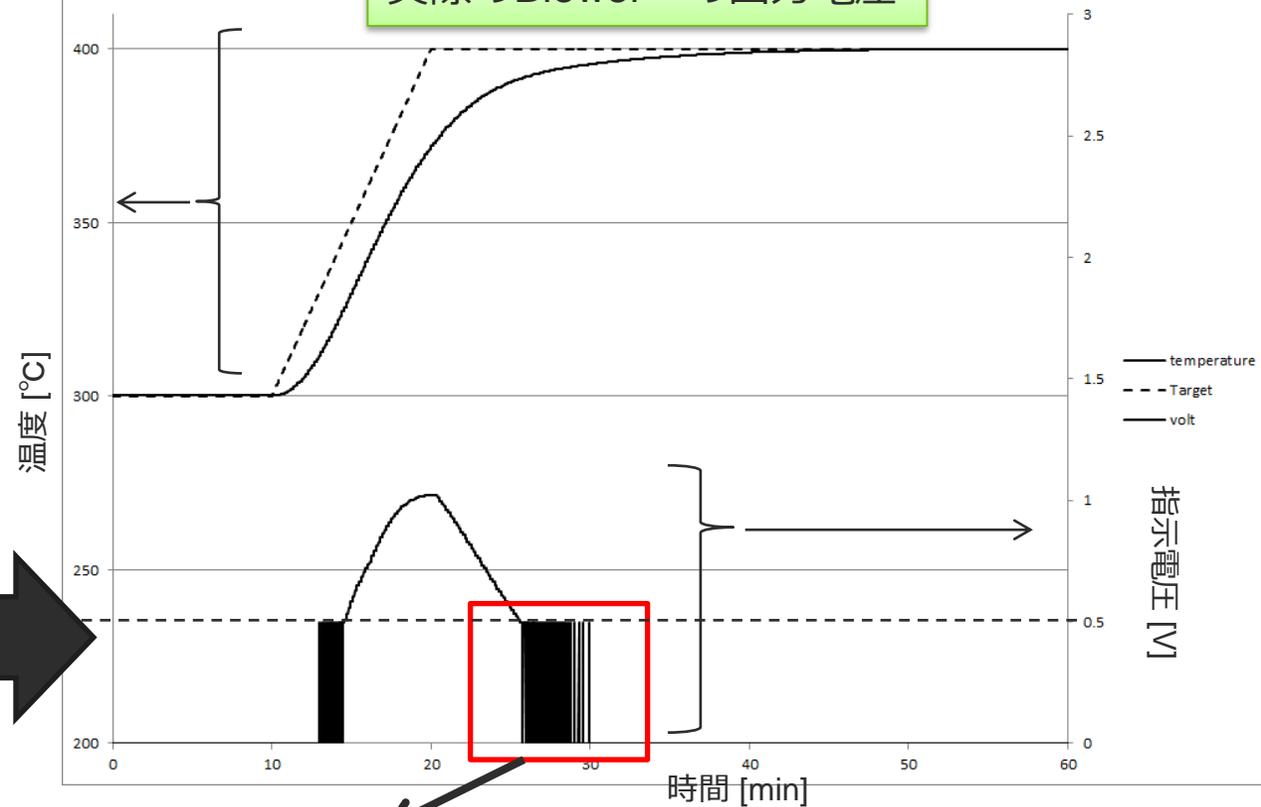


# 最低指示電圧による間欠運転

計算したBlowerへの出力電圧



実際のBlowerへの出力電圧





## その他の課題

- 新機能開発に対してのみMBDを適用しており、全体のソースコードに対してはわずか。
- シミュレーションを行うときに、レガシーコードを簡易的にSimulinkブロックに置き換えたものを使用しており、動作の違いによって不具合が発見できなかった。
- ソースコードを自動生成しているが、Windowsの移行などで開発環境のソフトウェアがVer upされると出力されるソースコードが変わるため、動作確認が必要となる。
- 他の業界と比べるとMBDの適用が少ないのもっと上げていく必要がある。

# まとめ

- 半導体製造装置（熱処理成膜装置）の温度制御開発にMBDを適用することで、品質を向上させることができている
- 熱処理成膜装置は特に実機での評価に時間がかかるので、シミュレーションによるテストを充実できたことが品質向上に寄与したと考えている
- MBDの適用範囲を限定することで、スモールスタートで始めることができ、ソースコード自動化まで最初から導入できた
- 適用範囲を限定することによる課題もあったが、それでもMBD導入のメリットは大きい
- MBDで改善のサイクルを生み出したことで、新しい機能や難しい機能の開発についてもどんどんチャレンジできるようになった

# 質疑応答

## 本資料の取扱上の注意

当社の書面による承諾なしに複写、または第三者への開示はできません。

東京エレクトロン

**TEL**™

**TOKYO ELECTRON**