NEW INOVATION

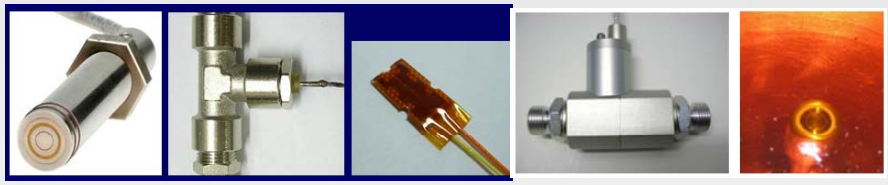
FRP生産における知的プロセスモニタリング及び品質管理

SysCom

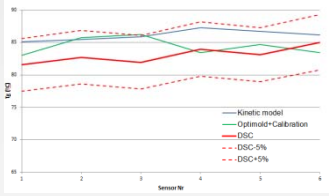
製品とサービス

OptiMold system
樹脂の硬化モニタリング、樹脂粘度、混合比率や樹脂の品質

OptiFlow system
モールド充填の最適化、プロセス自動化やシンプルなプロセス
コントロール



各種センサが用意
(耐久性/使い捨てやカスタムセンサ)



リアルタイムで**Tg**の計算/ 硬化度/ 粘度/ 樹脂の品質

自動化、設計やプロトタイプのデザインに

クライアント＆協力者

クライアント

SIEMENS
EADS
BOMBARDIER
faurecia
schunk
Audi
Aircelle Groupe SAFRAN
Krauss Maffei

協力者

DLR
TUM Technische Universität München
AIMPLAS INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PLÁSTICO
tecnalia
Fraunhofer
ANADOLU UNIVERSITY

Synthesites

プロセスモニタリング

- 樹脂の品質チェックとプロセス管理
- 重要な場所での樹脂の正確な到達検知
- センサフィードバックによるバルブの開閉
- 粘度変化のモニタ及び加熱開始の決定
- 最小粘度の認識と加圧タイミングの決定
- 予期しないイベントの検知とその対策
- シュミレーションの精度向上と設計の知的戦略化
- 時間ではなく、**Tg**や硬化度（樹脂に依存）に基づく硬化サイクルのリアルタイムでの決定

OptiMold: 硬化、粘度、樹脂の品質チェック

リアルタイムでの測定

- 樹脂の電気抵抗 **(0.1 MOhm ～ 50 Tohm)**
- 温度 **(0.1°C** 精度**)**

特　長

- 非破壊
- 多様なセンサ
- 優れた繰り返し精度
- 高速データ収集
- コンパクトな設計
- 無線
- 品質とプロセスコントロール

Synthesites

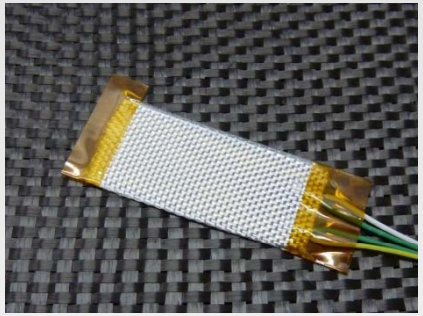
硬化及び粘度のセンサ

プロセスモニタリングセンサ = 電気抵抗 + RTD センサ

耐久性センサ

高温RTM
- 樹脂の到達
- 粘度上昇
- ゲル化
- 硬化終端

フレキセンサ

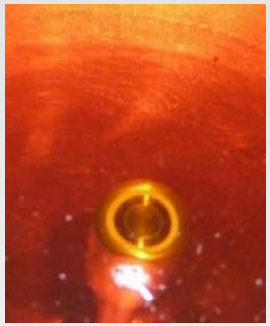


VI と RT キュア
- 樹脂の到達
- 粘度上昇
- ゲル化
- 硬化終端

インラインセンサ

- 配管洗浄不要
- サイクル調整
- 混合比率のチェック

ポットセンサ



- 混合比率
- 樹脂品質
- 樹脂の劣化
- サイクルの調整

OptiFlow: 樹脂の到達と温度

- 樹脂到達及び温度センサ各4個
- 電気抵抗-測定と温度計測に基づく
- 連続測定によるチェック
- プロセス自動化のためのリレー出力

樹脂の到達及び温度センサ

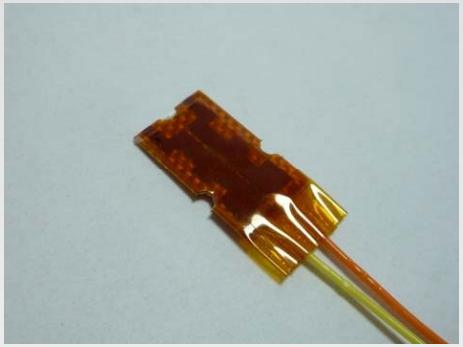
インモールド
耐久性

- 平面エリア
- センサ跡の付着も

ゲート
センサ

- オーブン
- オートクレーブ
- 真空注型
  （ゲート,配管,ポット等）

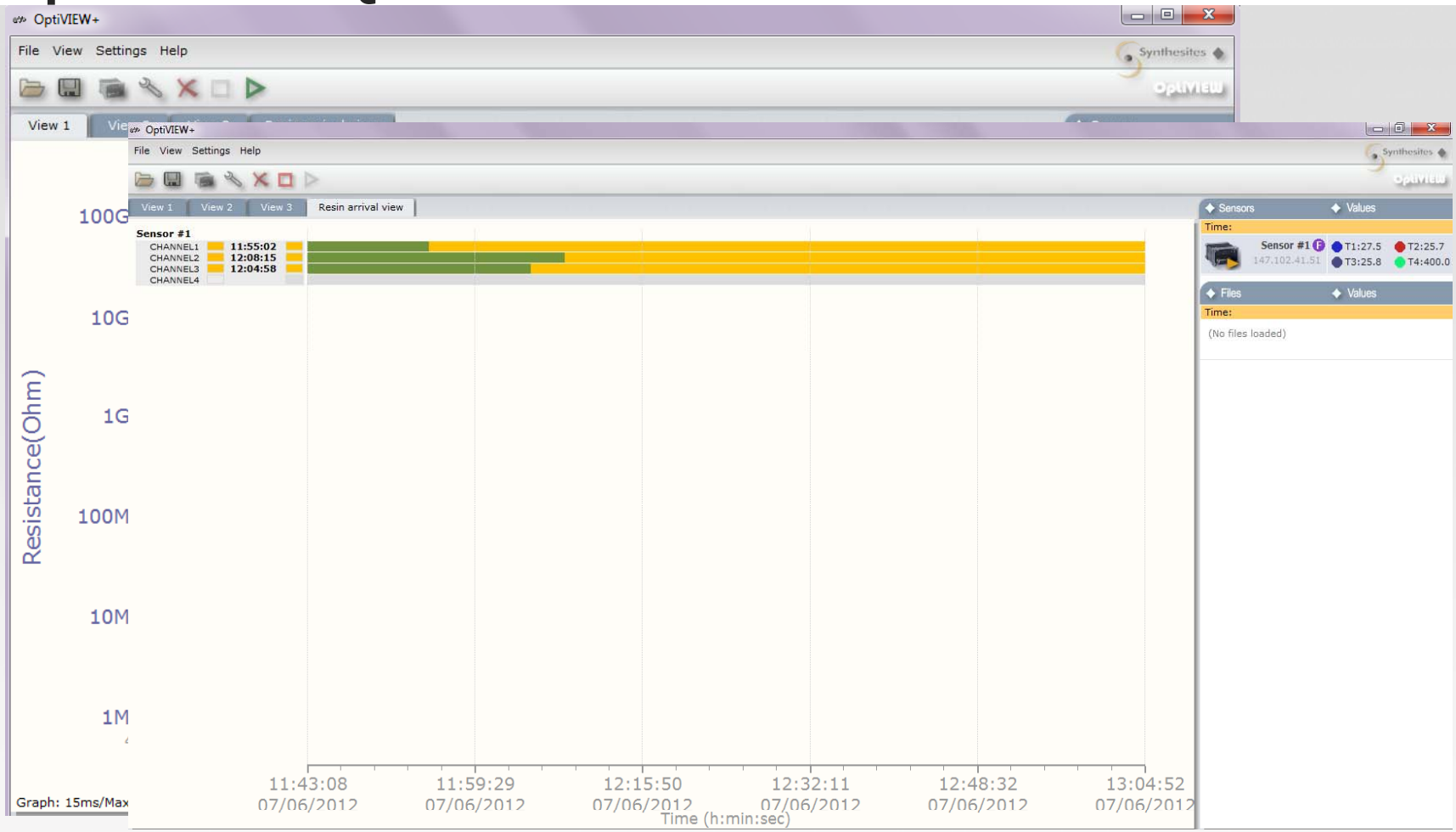
フレキタイプ
使い捨て



- **曲面への適用**
- 積層材料への適用
- 長いリードケーブル利用可
- 外部の保護不要

Synthesites

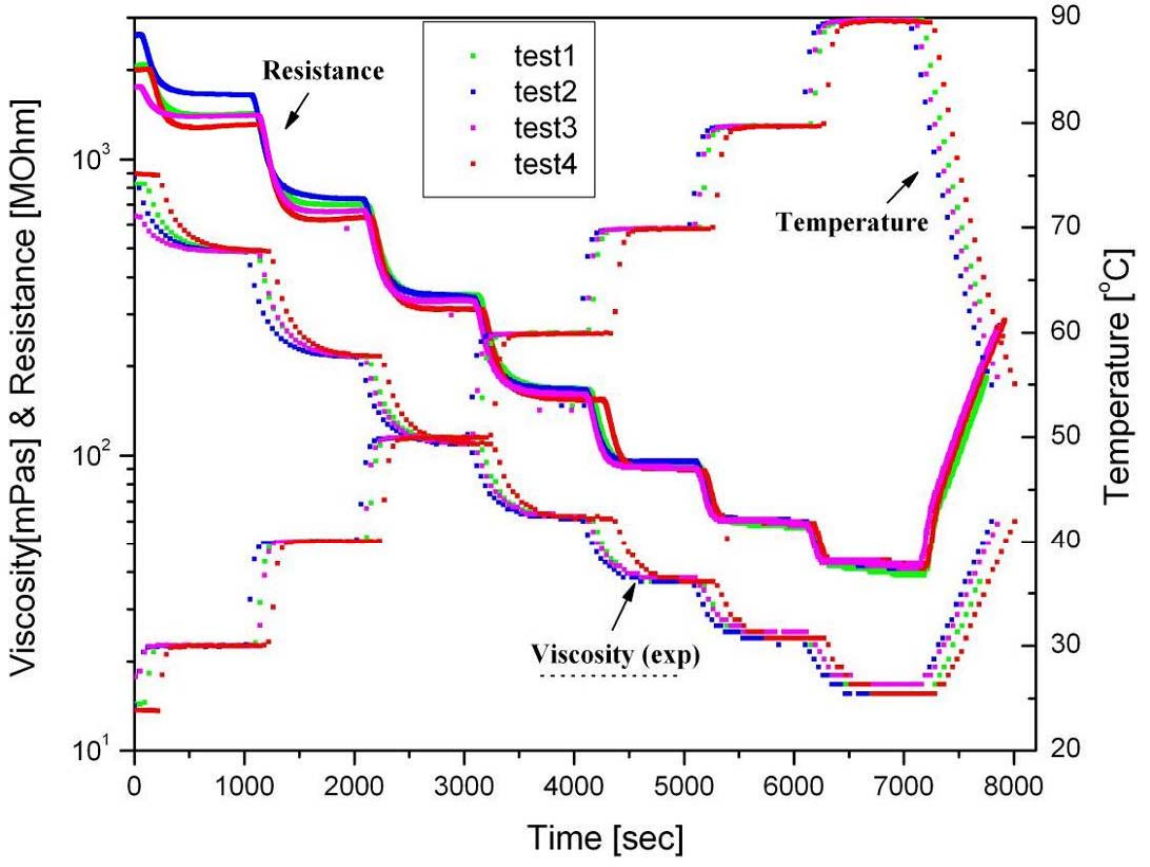
Optiview: DAQ ソフトウェア（データ収集・解析）



OptiMold 及び OptiFlow システムのアプリケーションソフト

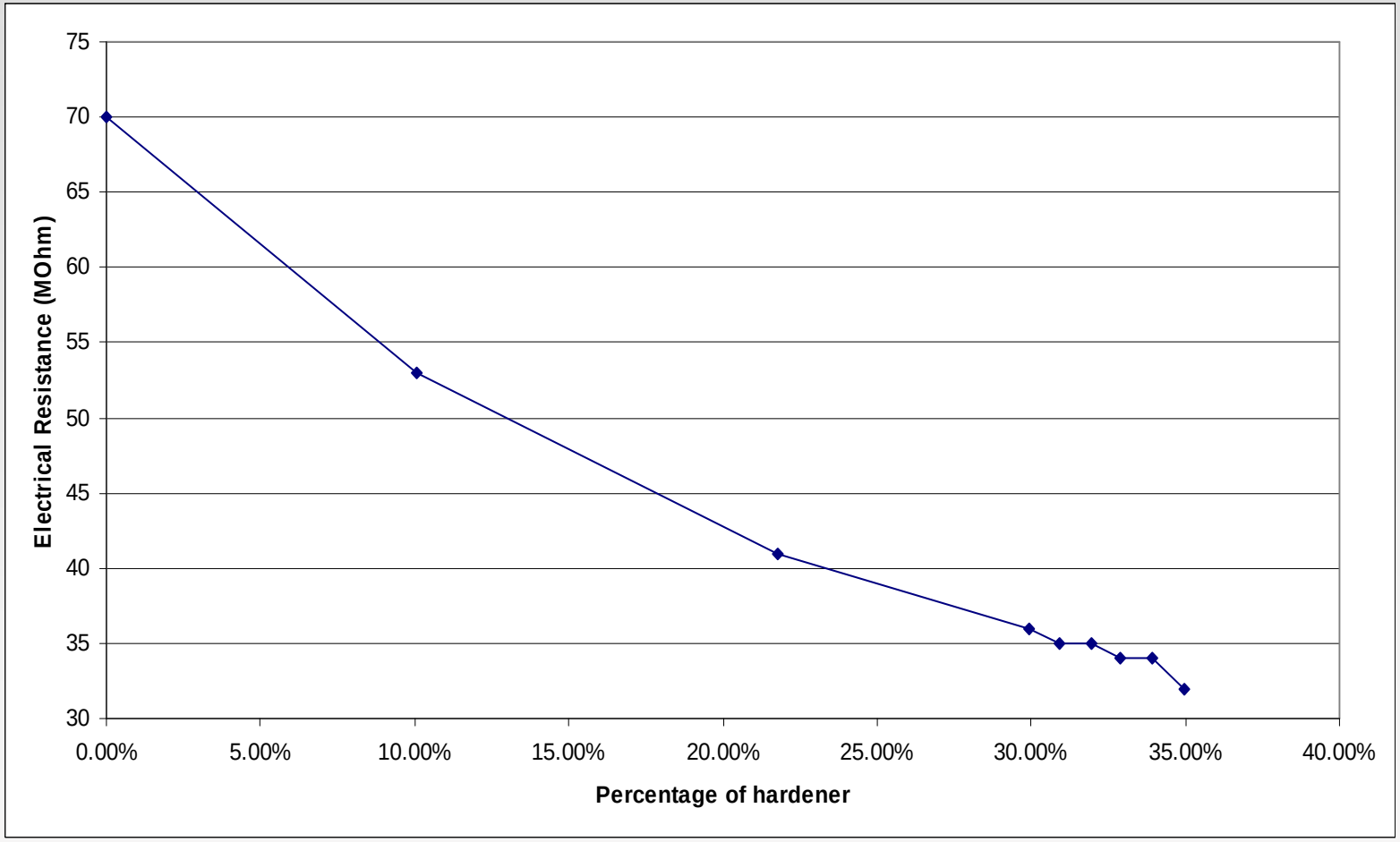
Synthesites

粘度 vs. 抵抗と温度



ベークライト生樹脂 **L20** エポキシレジンの
異なる温度における抵抗と粘度のモニタリング

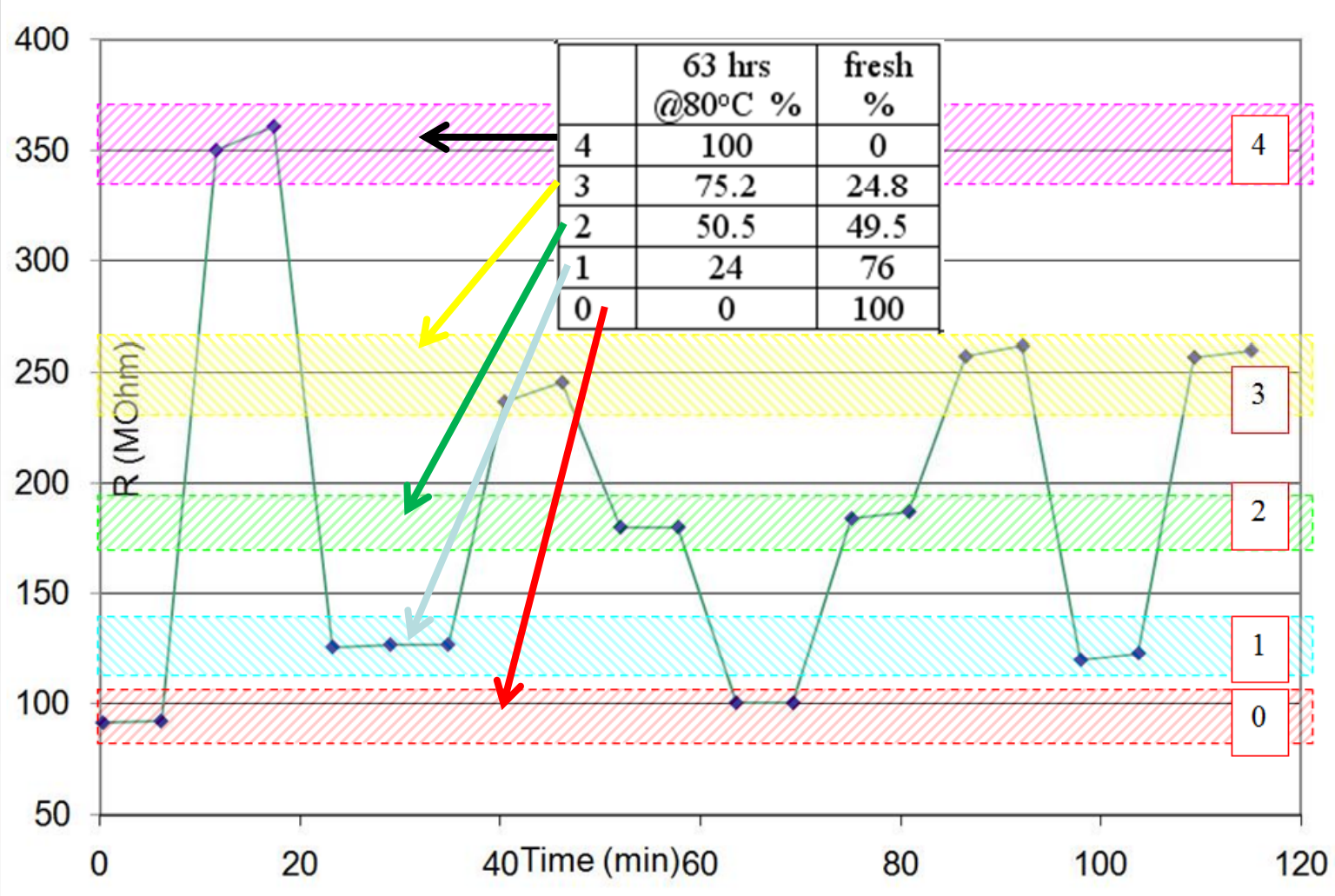
樹脂混合比率のチェック



抵抗(MOhm) vs. 硬化剤濃度 (定格混合比率 100 : 34)

Synthesites

樹脂の劣化

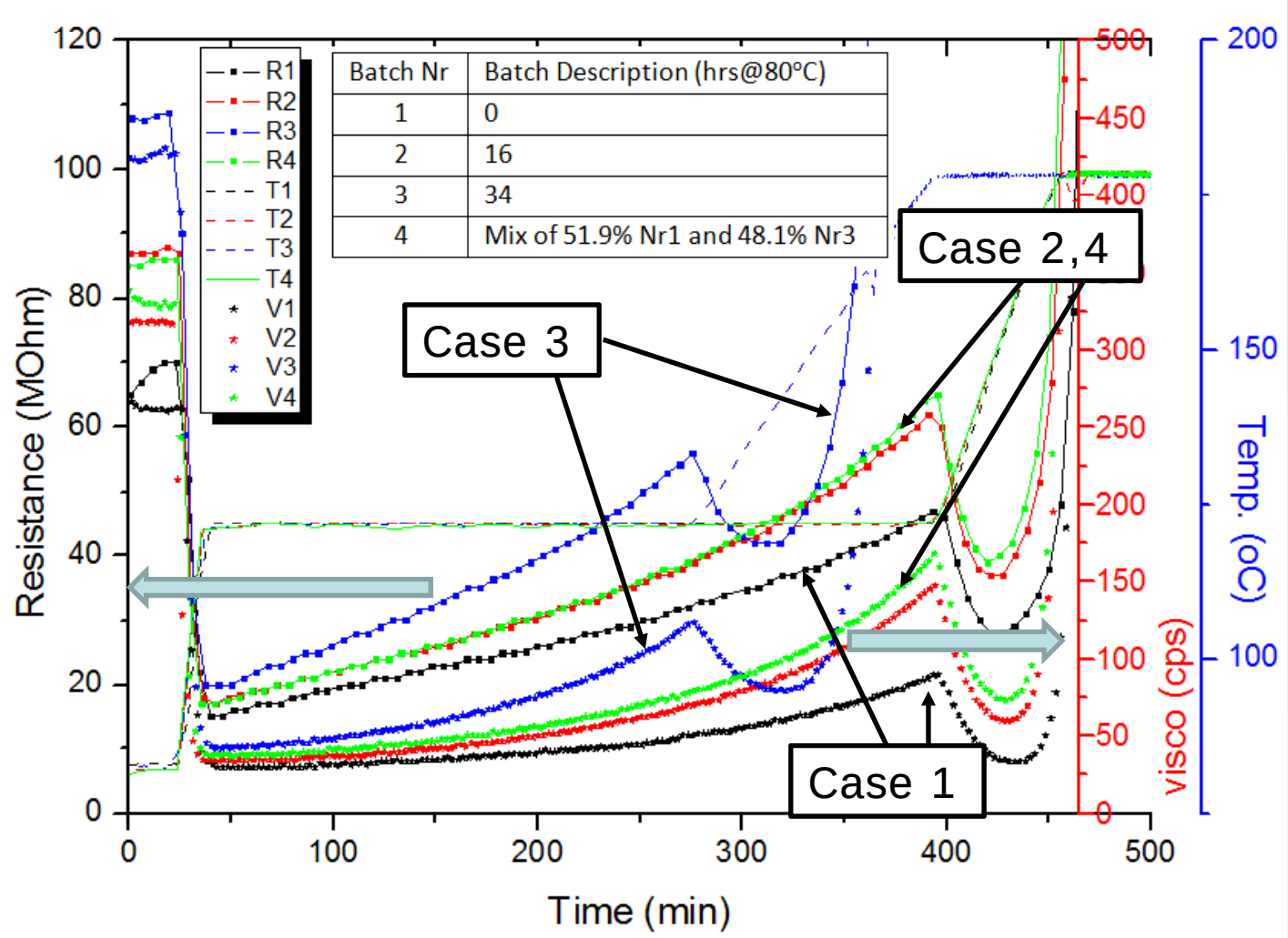


	63 hrs @80°C %	fresh %
4	100	0
3	75.2	24.8
2	50.5	49.5
1	24	76
0	0	100

新しい樹脂と劣化した樹脂の抵抗 vs 混合比率

Synthesites

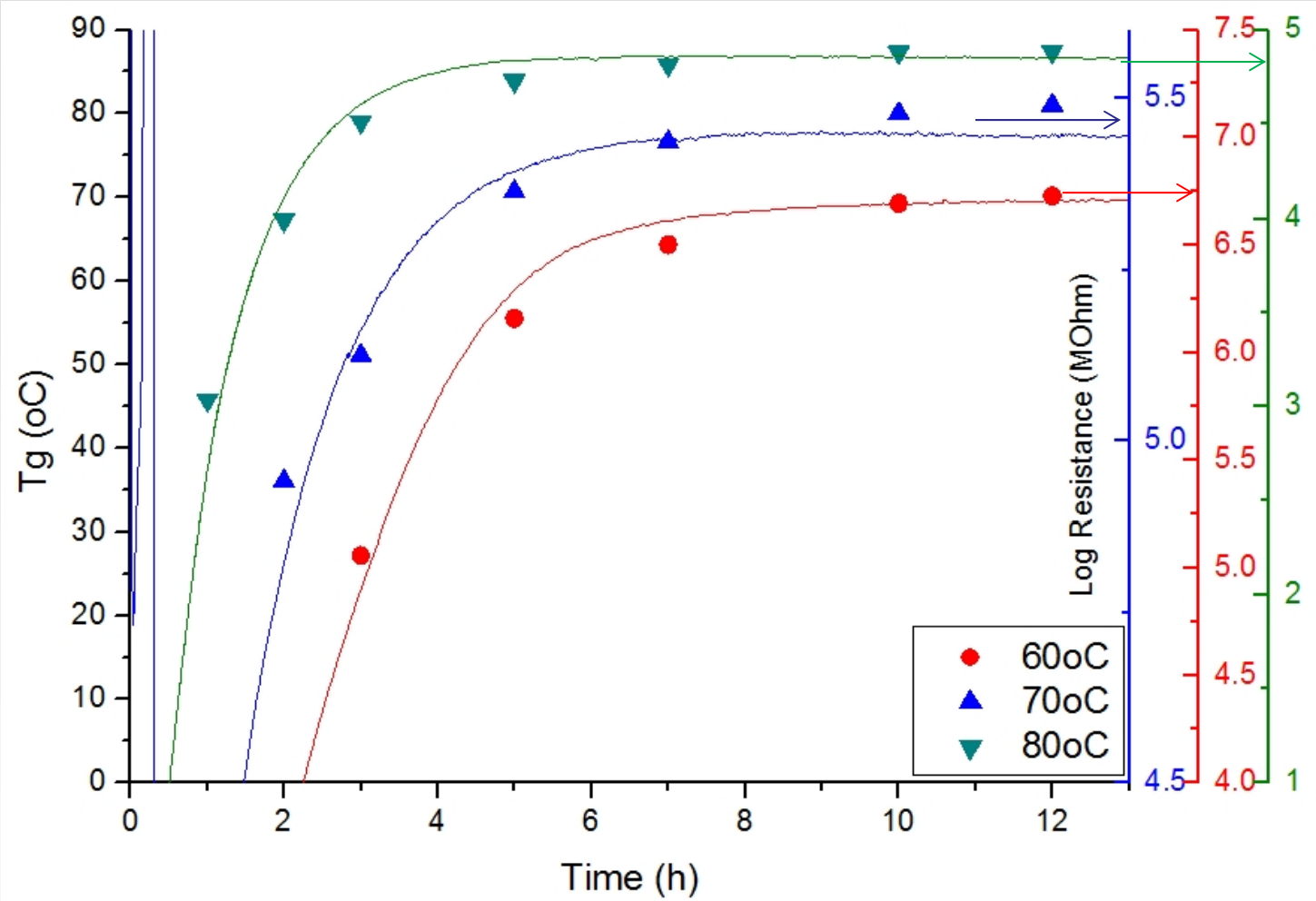
樹脂の劣化と粘度増加



Batch Nr	Batch Description (hrs@80°C)
1	0
2	16
3	34
4	Mix of 51.9% Nr1 and 48.1% Nr3

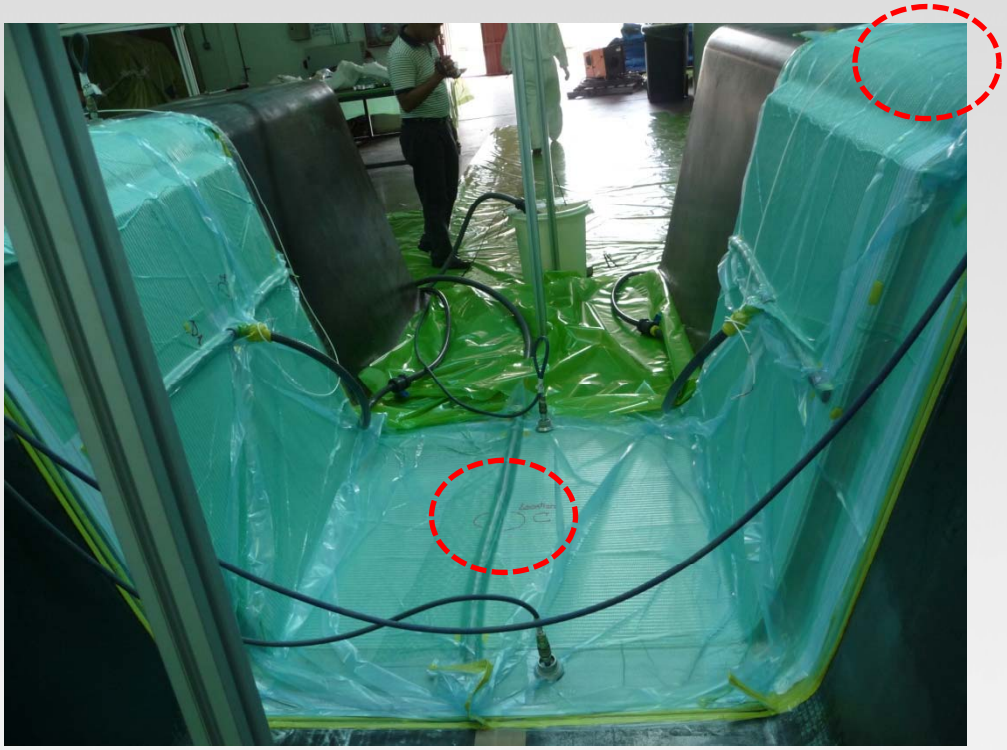
粘度・抵抗・温度 **vs** 時間（樹脂**4**バッチに対して）

抵抗とTgの相関



抵抗とTg (iso-T)との相関

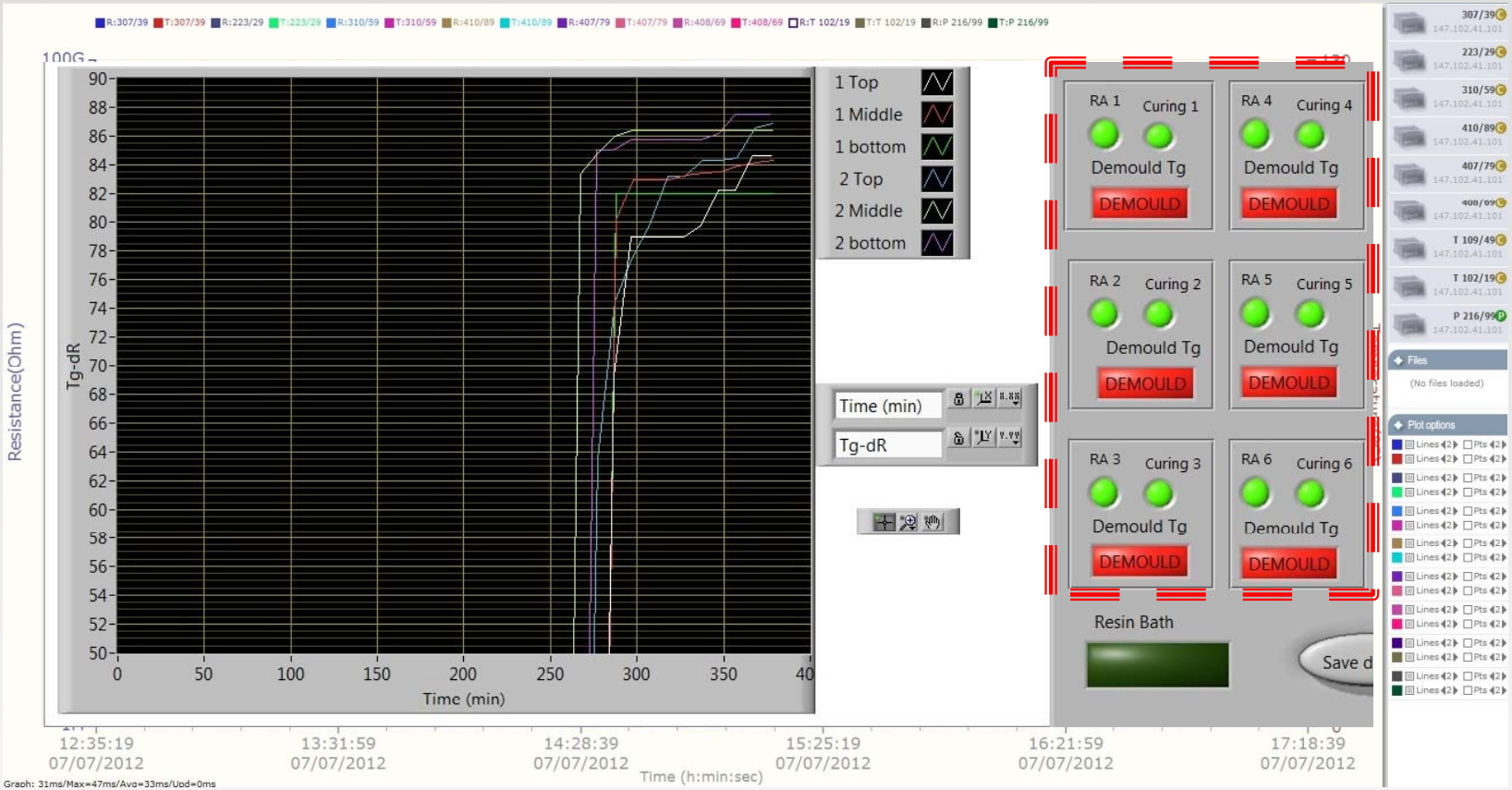
真空注入テスト例（大サイズの CFRP)



硬化センサ 6個使用 (構造物の真空注入試験・パーツ寸法 3x2x2 m)

Synthesites

オンラインでのTg 計算



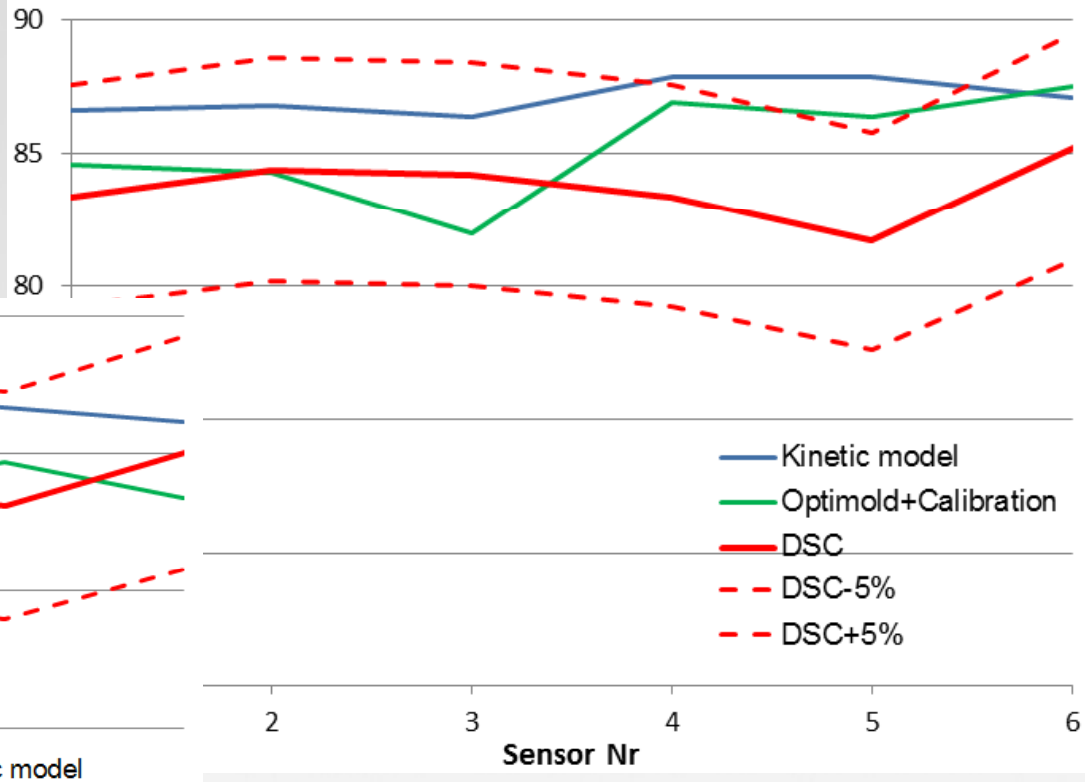
サイクルタイムの削減　**50%以上**

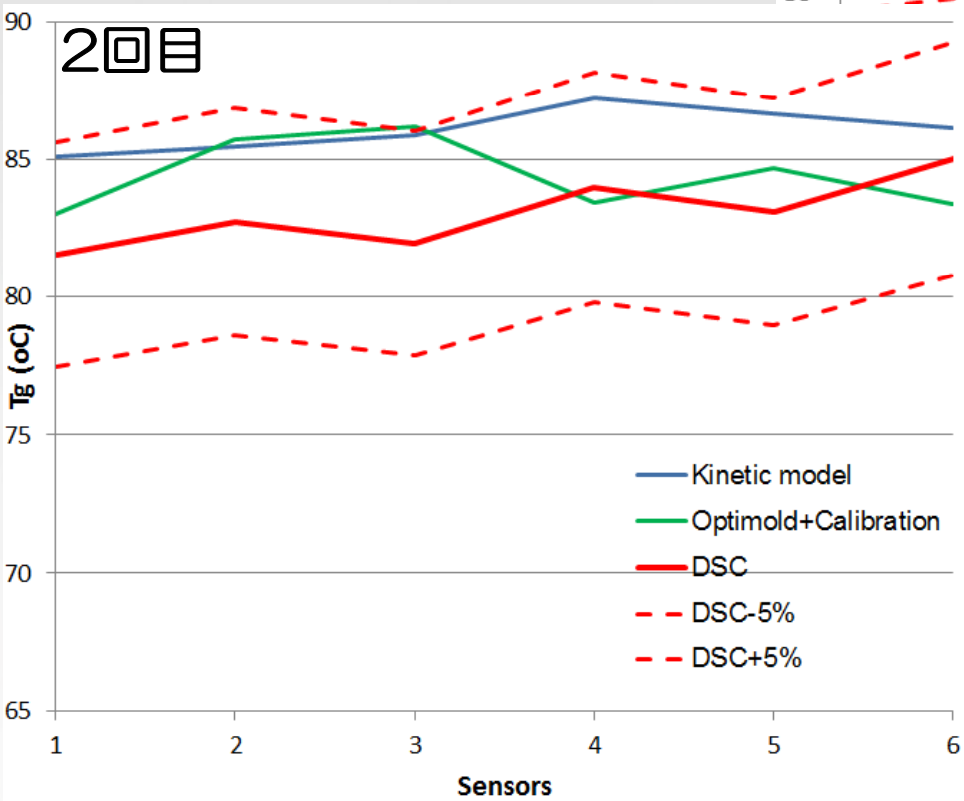
50%

Tg の確認

真空注入試験（2回）

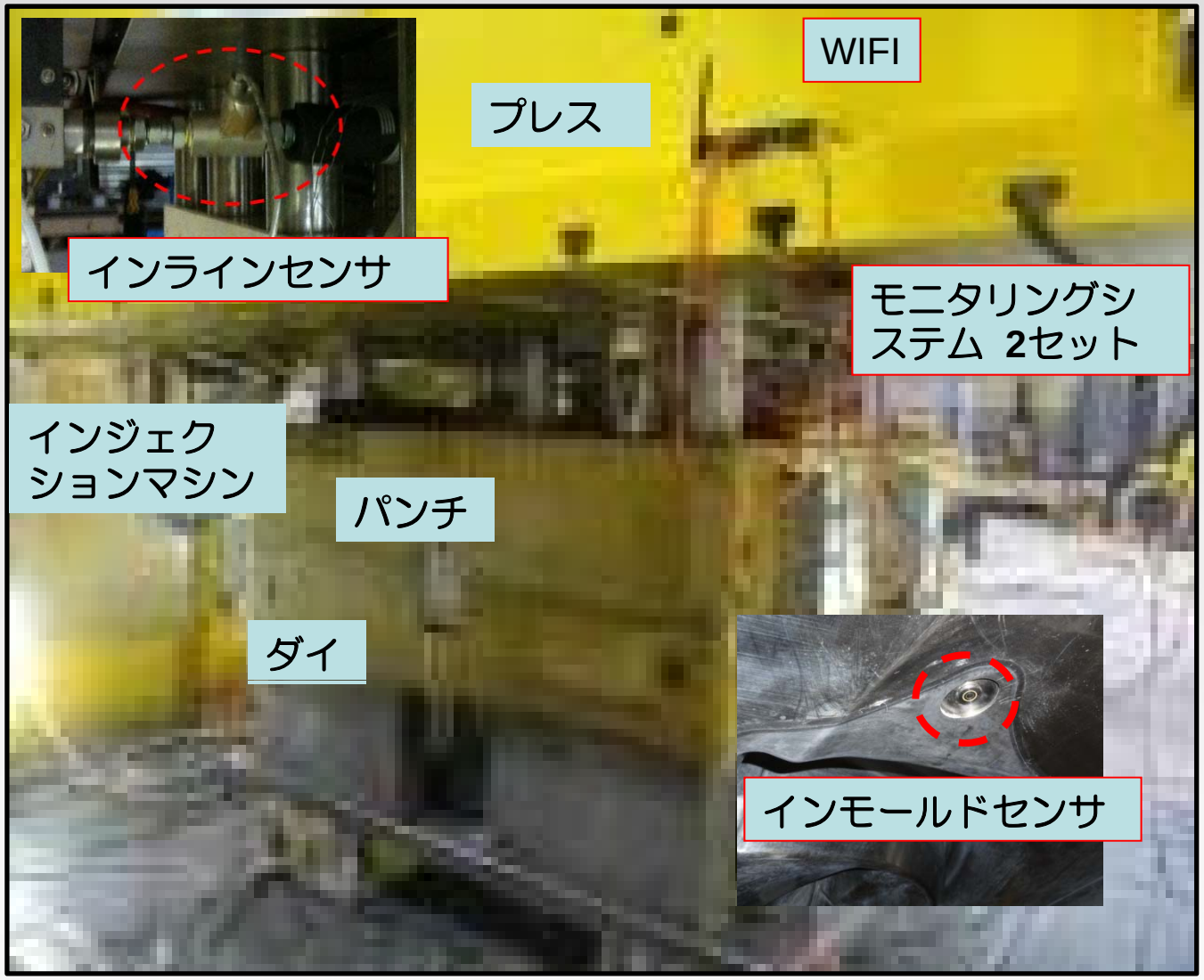
1回目





大きな発熱とノイズ環境に加えてリアルタイムでTgの予測はDSCの±5% に収まっています（DSC精度のマージン）

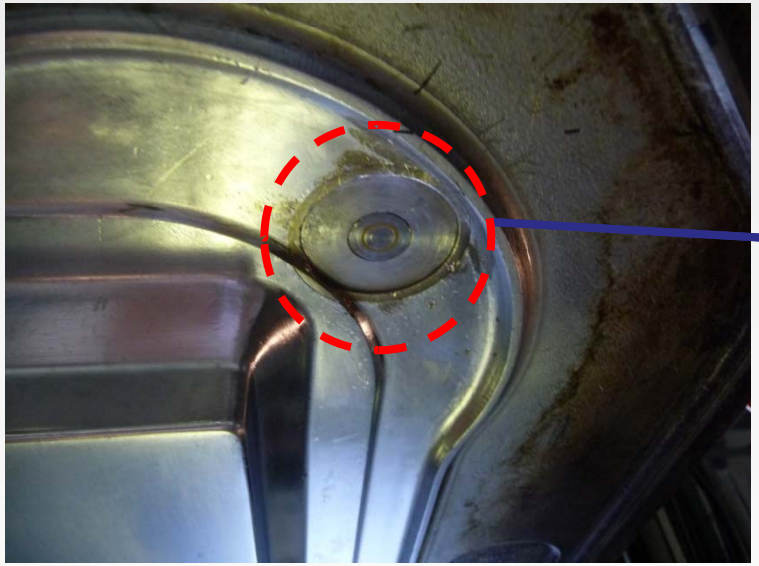
高速RTM

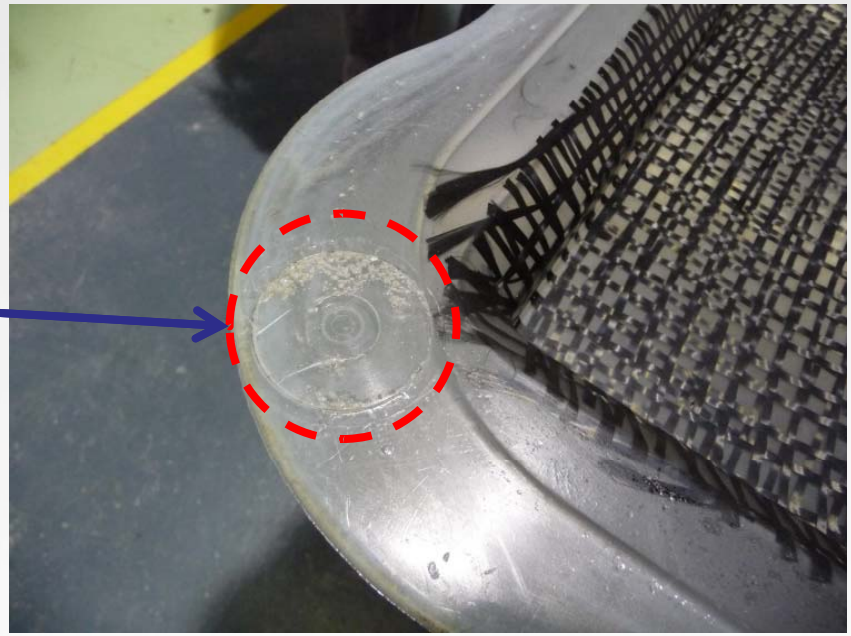


Synthesites

インモールドセンサのRTMプレスへのマウント例

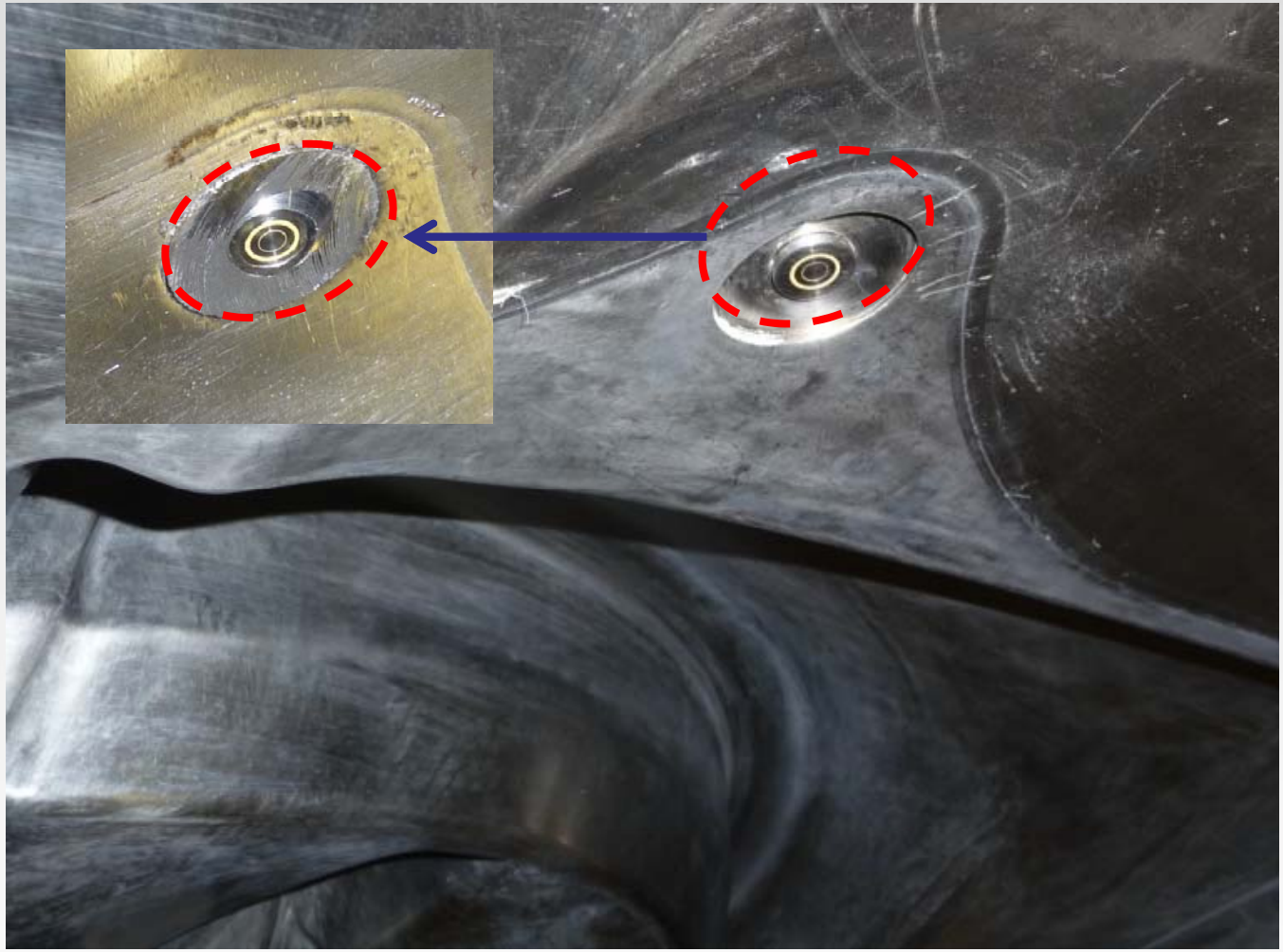
成形パーツには非接触





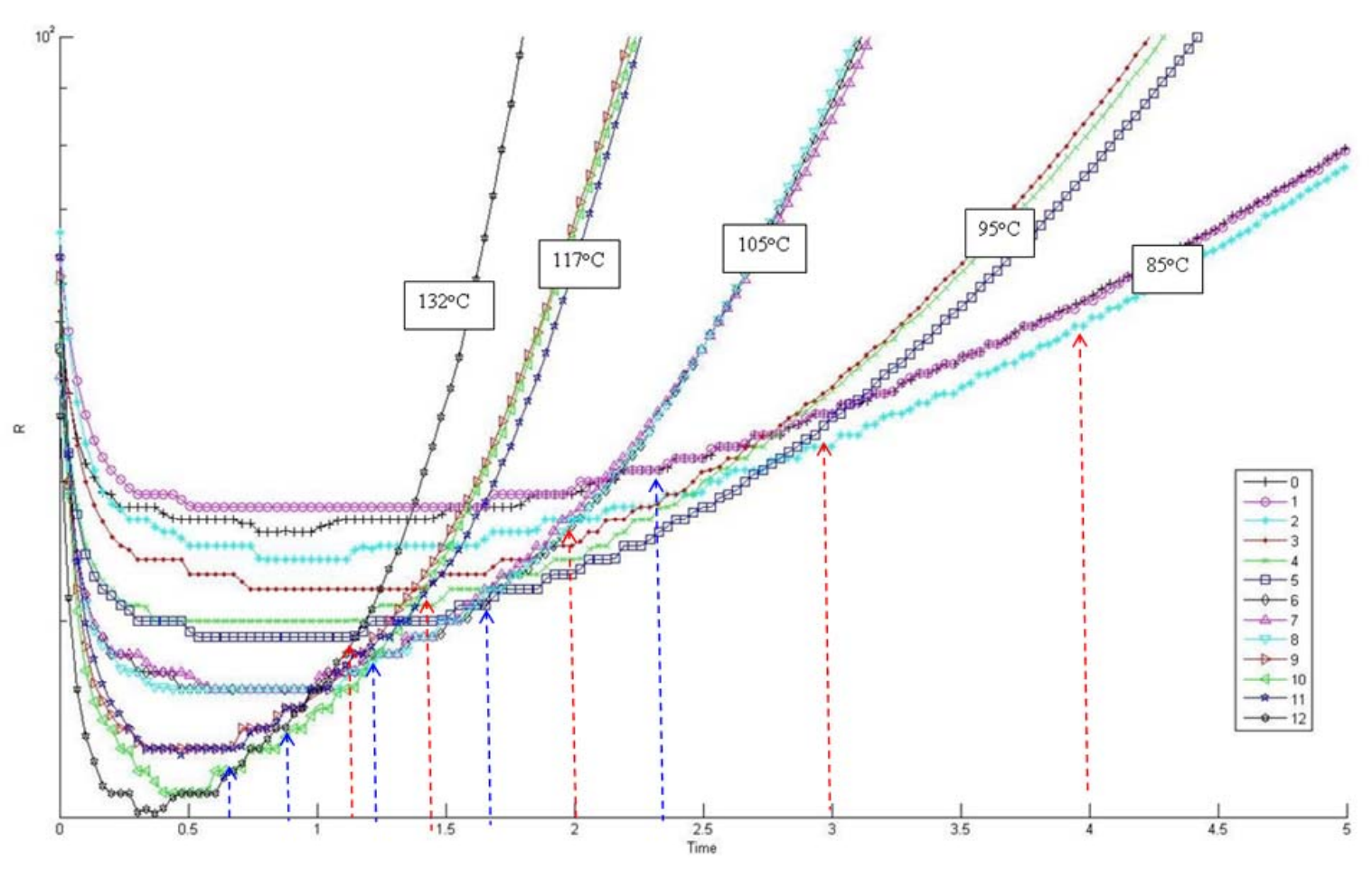
Synthesites

センサエリアへの樹脂フローの特定化



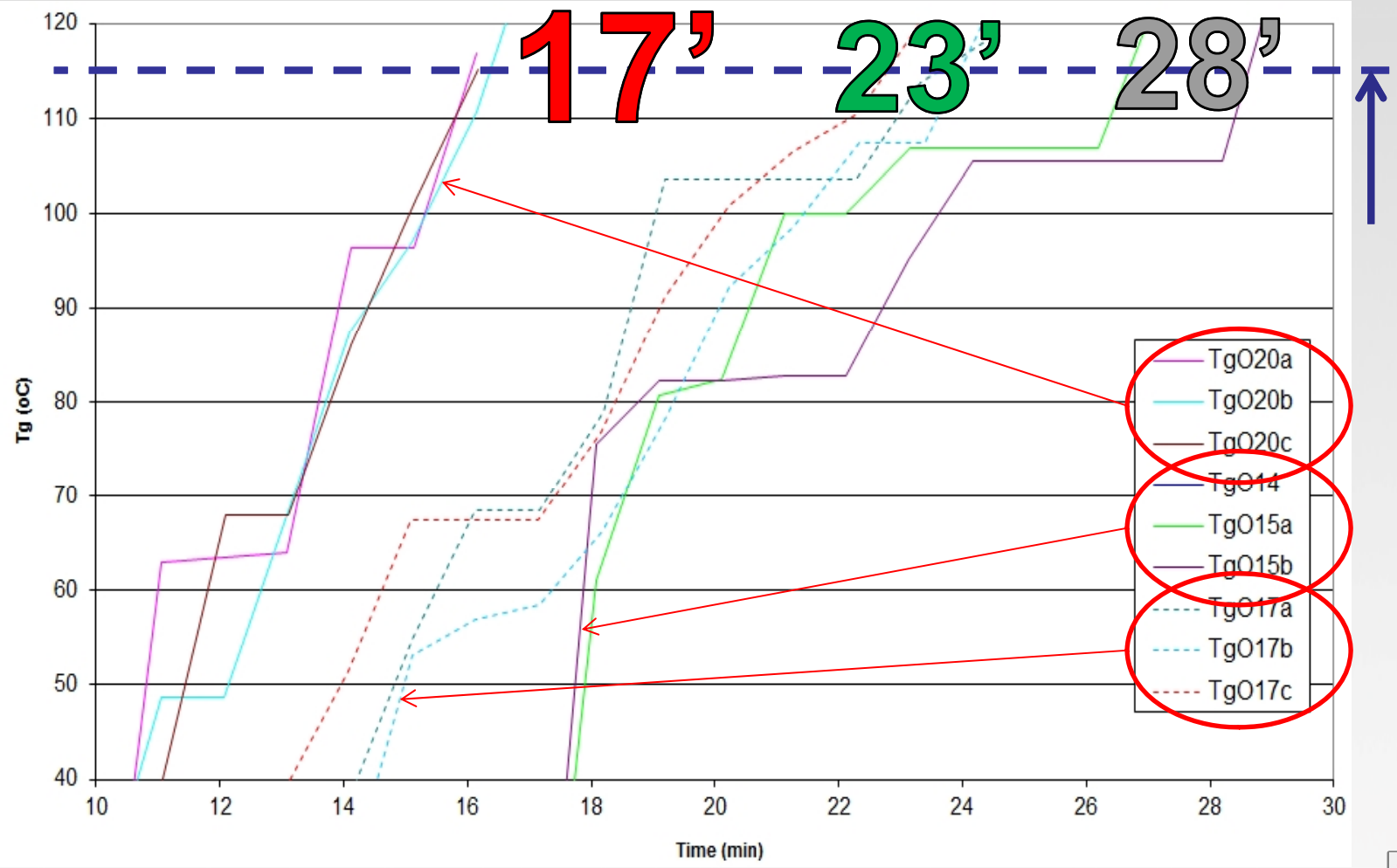
Synthesites

射出時間への温度の影響



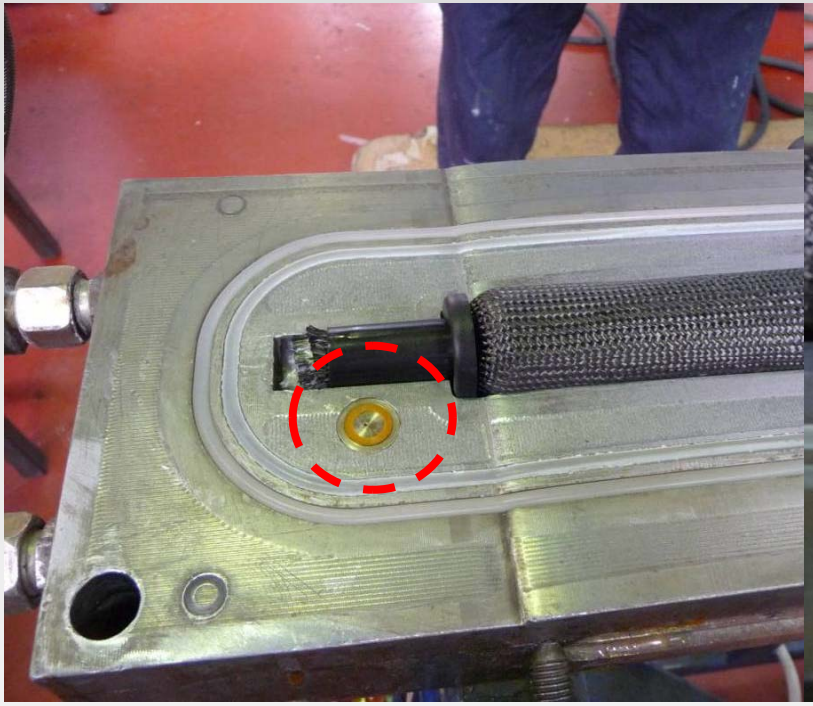
抵抗 (=> 粘度) vs. 温度

離型タイミングに及ぼす混合比率の影響

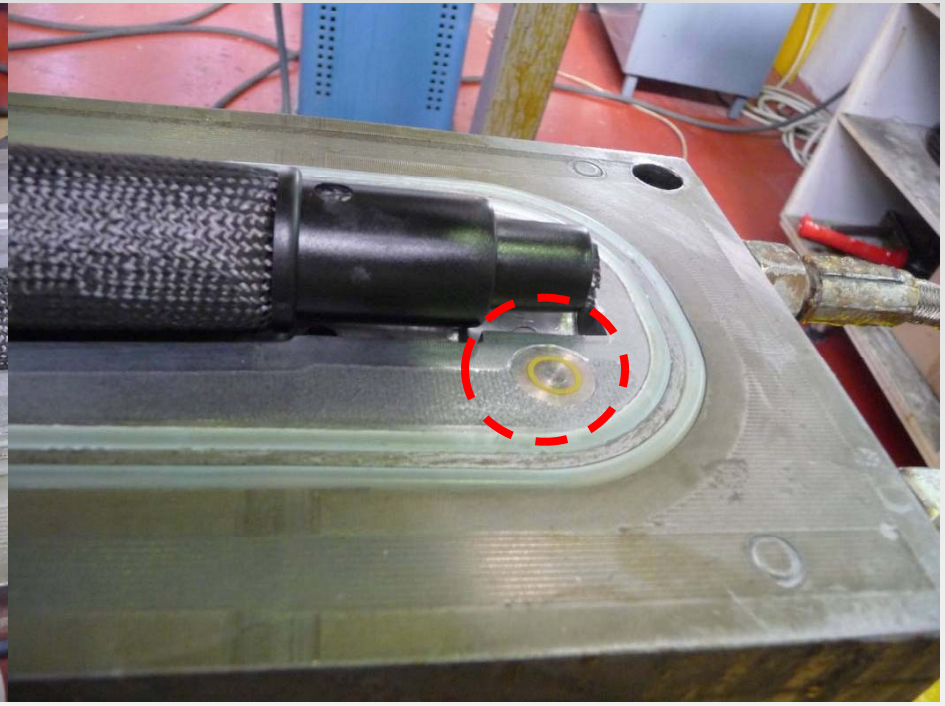


多様な混合比率に対するリアルタイムでのTg 予測 (100:14, :15, :17 and :20)

CFRPのRTM生産における品質コントロール



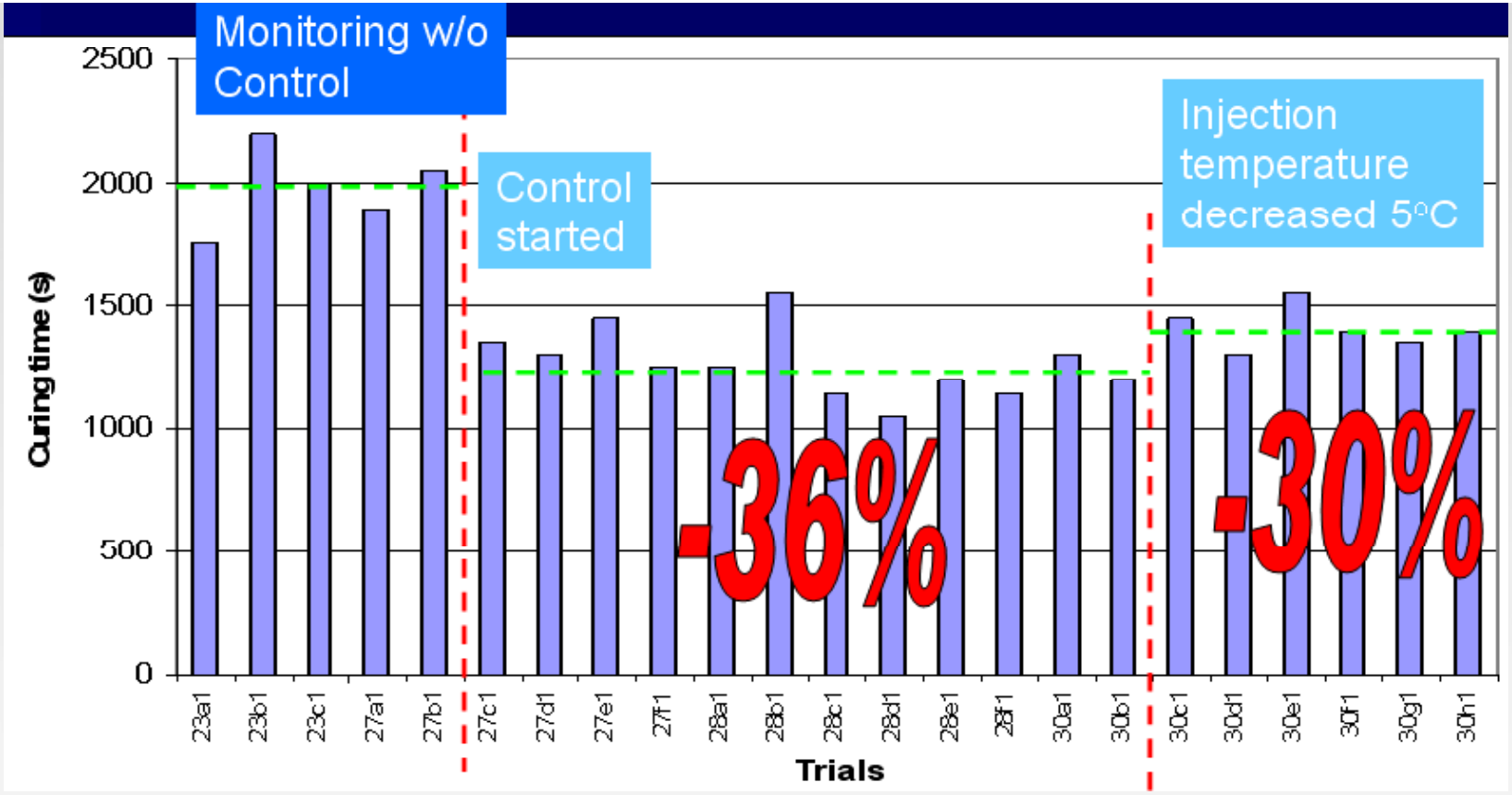
@出口ゲート



@入口ゲート

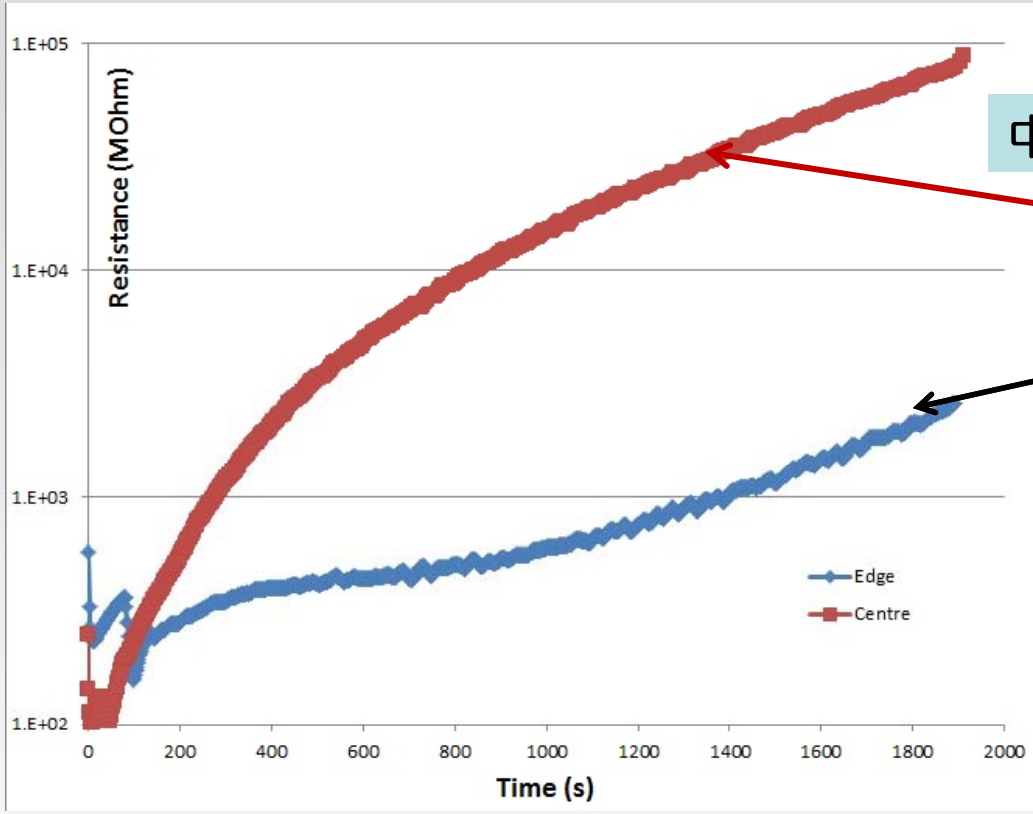
センサは成形パーツに非接触 !!

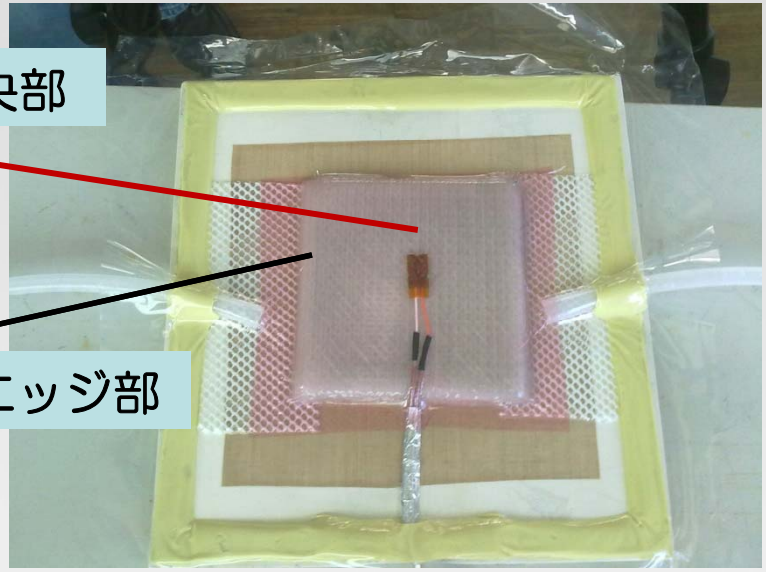
プロセスモニタリングによるサイクルタイムの削減



非等温での硬化例：最初がモニタリングのみ、次がキュアサイクルの最適化の実施、最後は樹脂注入温度の減少

マイクロウェーブ硬化プロセス例



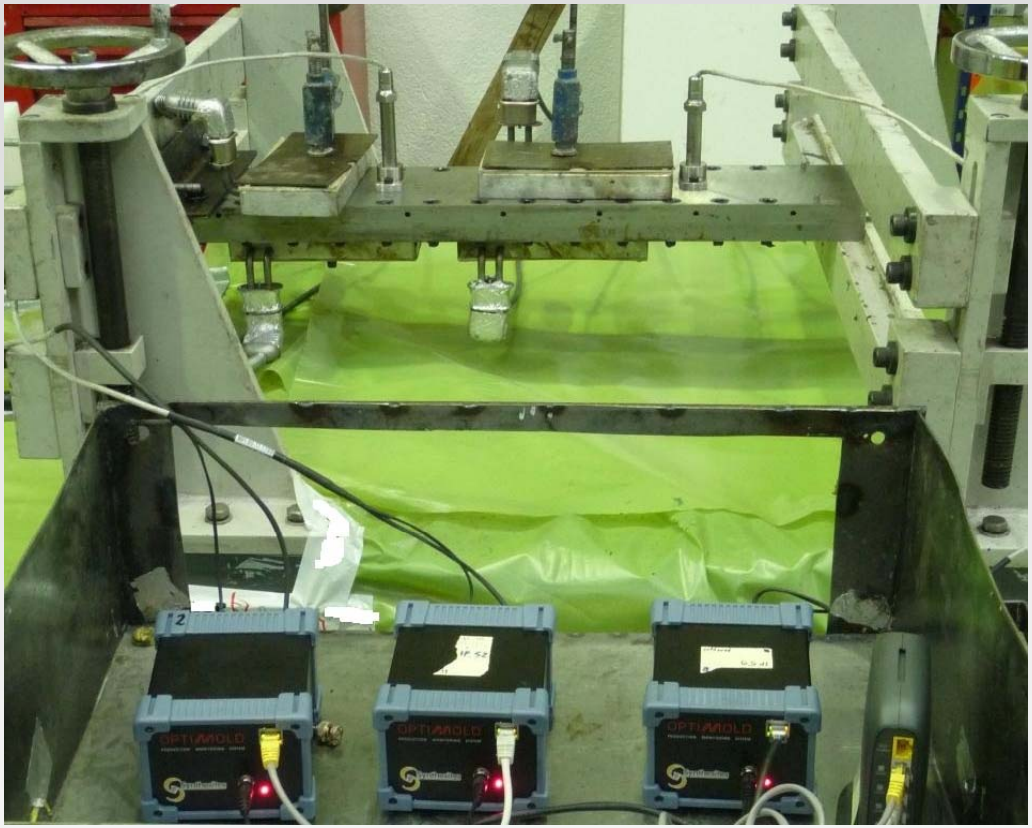


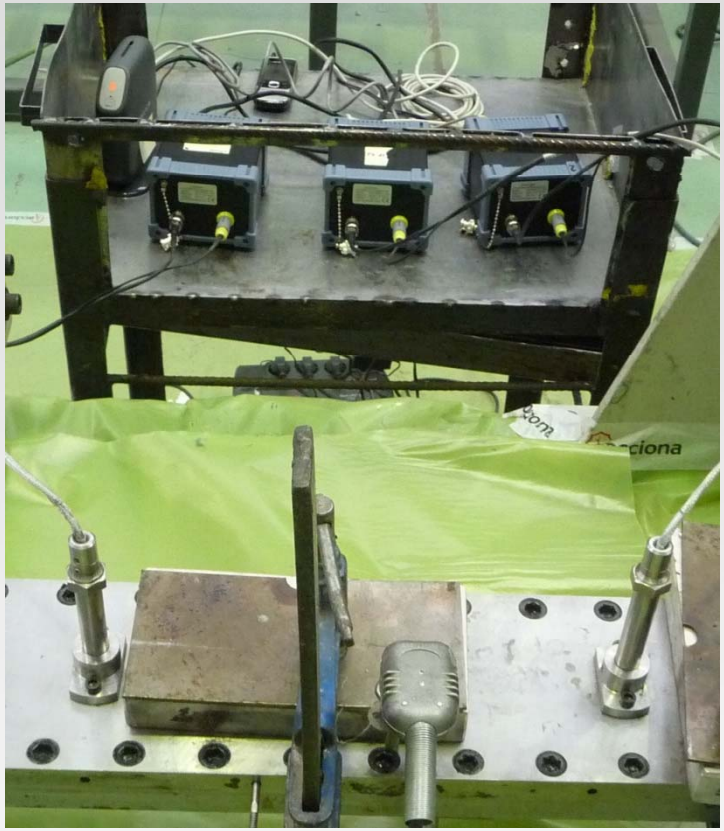
コンポジットのガラスエポキシジグパーツの異なる場所でのモニター例

(試験測定　@ Fraunhofer/ICT for MAC-RTM project)

Synthesites

プルトルージョン





@ Acciona Infrastructures (iREMO EC-funded project)

結 論

- 知的プロセスモニタリング及びコントロールシステムはコンポジット製造における信頼性のあるソリューションとなる
- オンラインでもオフラインでもプロセス特定化に適用できる
- 特定プロセスの仕様に合わせてシステムのチューニングができるのでラボスケールの試験も合理化
- 樹脂開発でも大きな時間短縮（30%以上）が実現
- 用途例：航空宇宙、自動車、風力発電、建設、船舶 等
- ユーザーのニーズに合わせたカスタマイズが可能