



京都府鉛フリーはんだ付け共同研究報告

・・・H15年度～H20年度のまとめ・・・

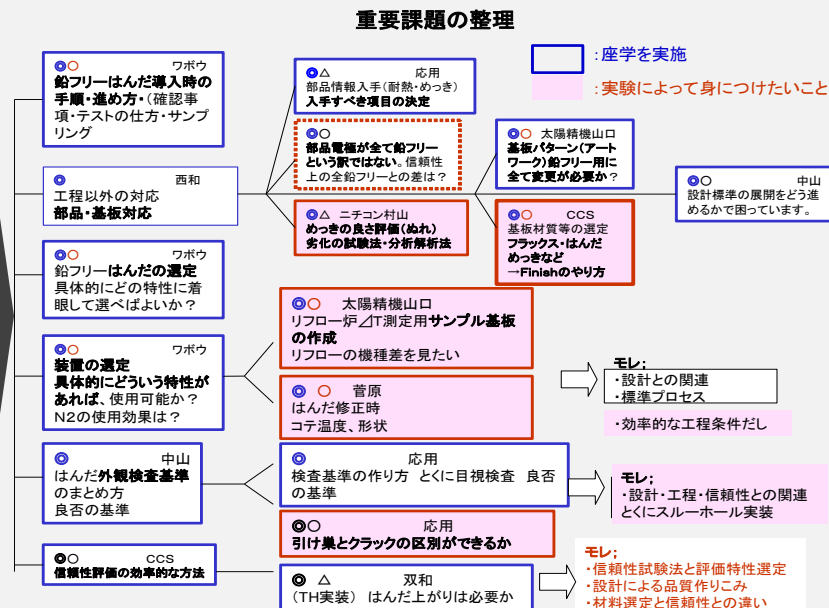
京都府中小企業特別技術指導員 平野正夫
Masao_hirano@m-trinity.com

H15年度 座学をスタート

検査設計・検査の三位一体	はんだ外観検査 ・良否基準の根源 ・目視検査と検査の違い ・工程能力との兼ね合い ・新部品への対応 ・鉛フリー化における対応のあり方	上級審(検査の活用) <u>既存機種へ展開するとき</u> ・検査結果を改善へ活用する ・不良の発生原因 ・改善の進め方
	信頼性について ・はんだ継ぎ手・PCB・装置の信頼性要求事項 ・試験法の選定(何がわかるか)・試験水準(条件)・評価特性の選定 ・材料による品質作りこみ ・設計による品質作りこみ ・工程条件による品質への影響(高温)	
導入時の手順		
材料・設計・工程の三位一体評価	鉛フリーはんだの選定 ・具体的にどの特性に着眼して選べばよいか？ ・合金特性と信頼性(強度、クリープ性)、部品電極との相性 ・製造性・・・フラックス処方、部品電極形状とめれ性、印刷安定性 ・工程別の評価指標の違い	
	設計標準の持ち方 ・部品選定とはんだ付け難易度(熱容量・IR放射率・電極形状と「はんだ周り」) ・基板アートワークの変更が必要か？ ・ランド・マスク一体設計・部品配置とΔT(大型部品)、Δt(弱耐熱部品) ・部品情報入手(耐熱・めっき)入手すべき項目の決定 ・基板材質(耐熱)とフィニッシング(耐熱・めれ確保・加熱繰り返し耐力)	
	工程変更と装置選定 ・標準プロセス条件・・・正しい管理、代表部品・レイアウトに対して ・装置特性をはかれるには？(テスト基盤の作り方・使い方) ・装置：具体的にどのような特性が必要か？(N2の使用効果は？)	

楽に作る、作り込む研究を実施！

H16年度 共通課題で実験研究



H17-H18: 実験研究・現場実験

H18-H20: 実装CAE教育・研究

表1

WG名	課題→得られた効果
WG 1 コテはんだ	ヤニ入りはんだ選定、コテはんだ付けの技術化 →リペアの改善
WG 2 リフロー	フラックスに適合する温度プロファイルづくり →凝集性評価法と活性度評価法
WG 3 クリームはんだ	フラックス処方の定量（クリームはんだ組成比測定） →ポットライフにおける発生劣化の簡易判定法
WG 4 SMT＋フロー	耐熱性プリフラックスの選定法
WG 5 CAE解析	はんだ接合部の耐H／C性設計（部品別データベースづくり） →熱ひずみ発生 of 要因解析（部品－はんだ－基板の相互作用） 部品選定の解析法、理想フィレット作り込み手法
WG 6 フロー	フラックス・TH設計・加熱条件の一体評価基板の開発 →パラメータ設計を用いた最適製造条件の現場評価法 →フラックス劣化防止と管理法

技能を技術化する！

「材料(はんだ／部品／基板)－設計－工程」を調和し、
はんだ接合の「信頼性と製造性」を両立する

- 基本は、コテ・ハンダづけにある
- 過程の理解が大切：「熱の流れ→フラックスの流れ→ハンダの流れ」
- フラックスが生きていて、ハンダが流動する間に、ハンダづけを完了する
- 部品電極形状・ランド設計が、ハンダの流動を促す
- Pbフリーはんだ「Sn-Ag-Cu」とうまく付き合う

- 3Mを調和させて、信頼性と製造性を作りこむ
- 調和関係を維持して、技術変更に強く、進化可能な体質を作る
- 変更の定石: 工程から設計へと順次、条件固定(標準化)していく

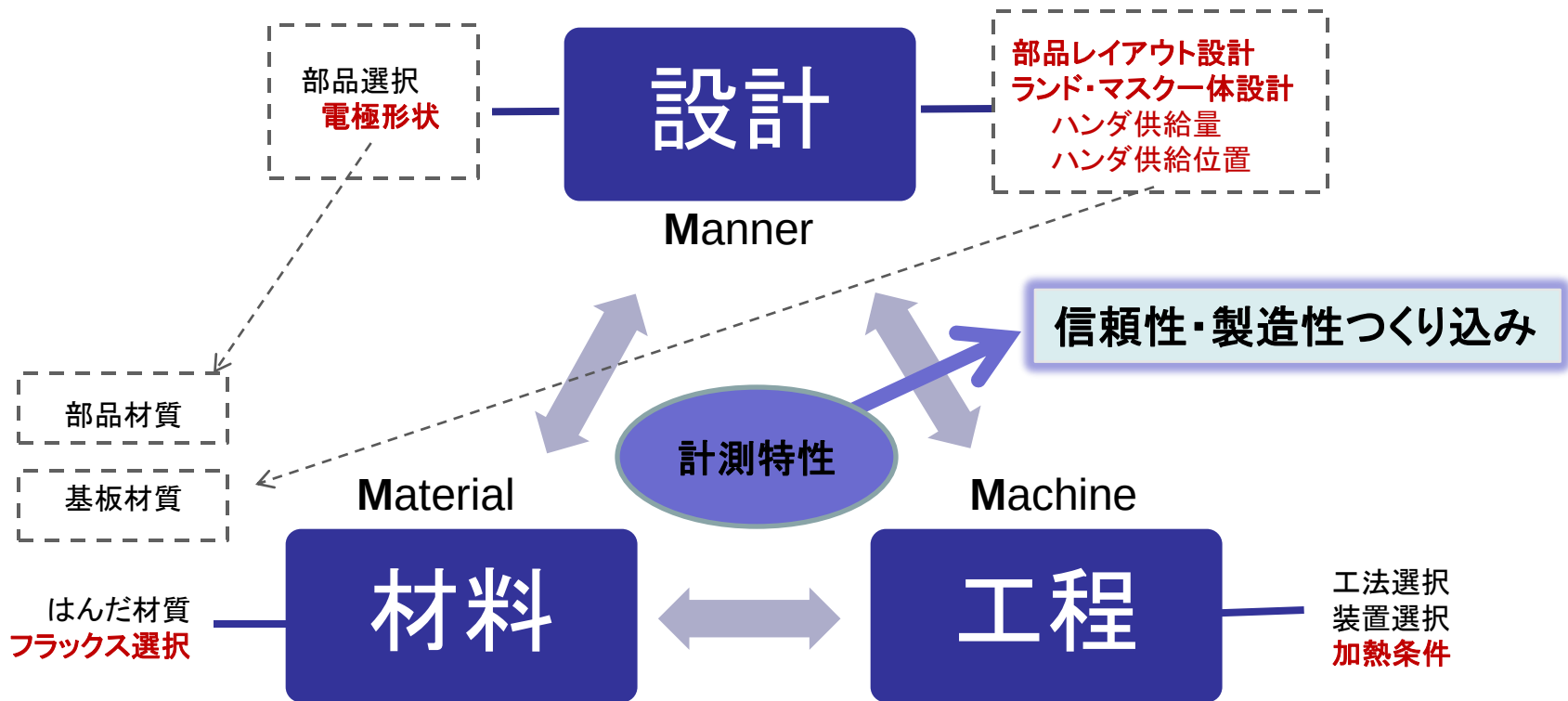


図1 3Mの調和

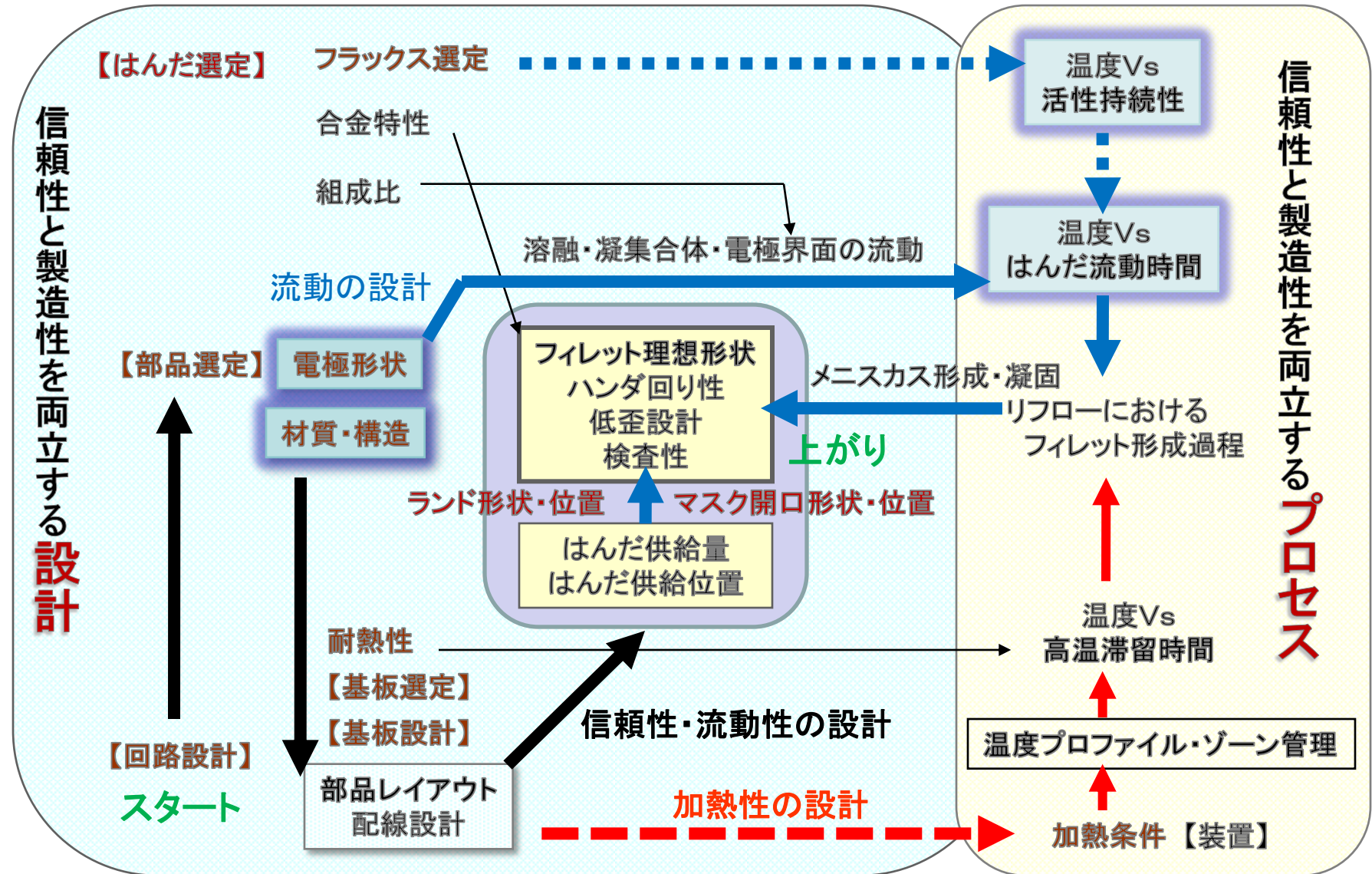


図2 ソルダリング双六

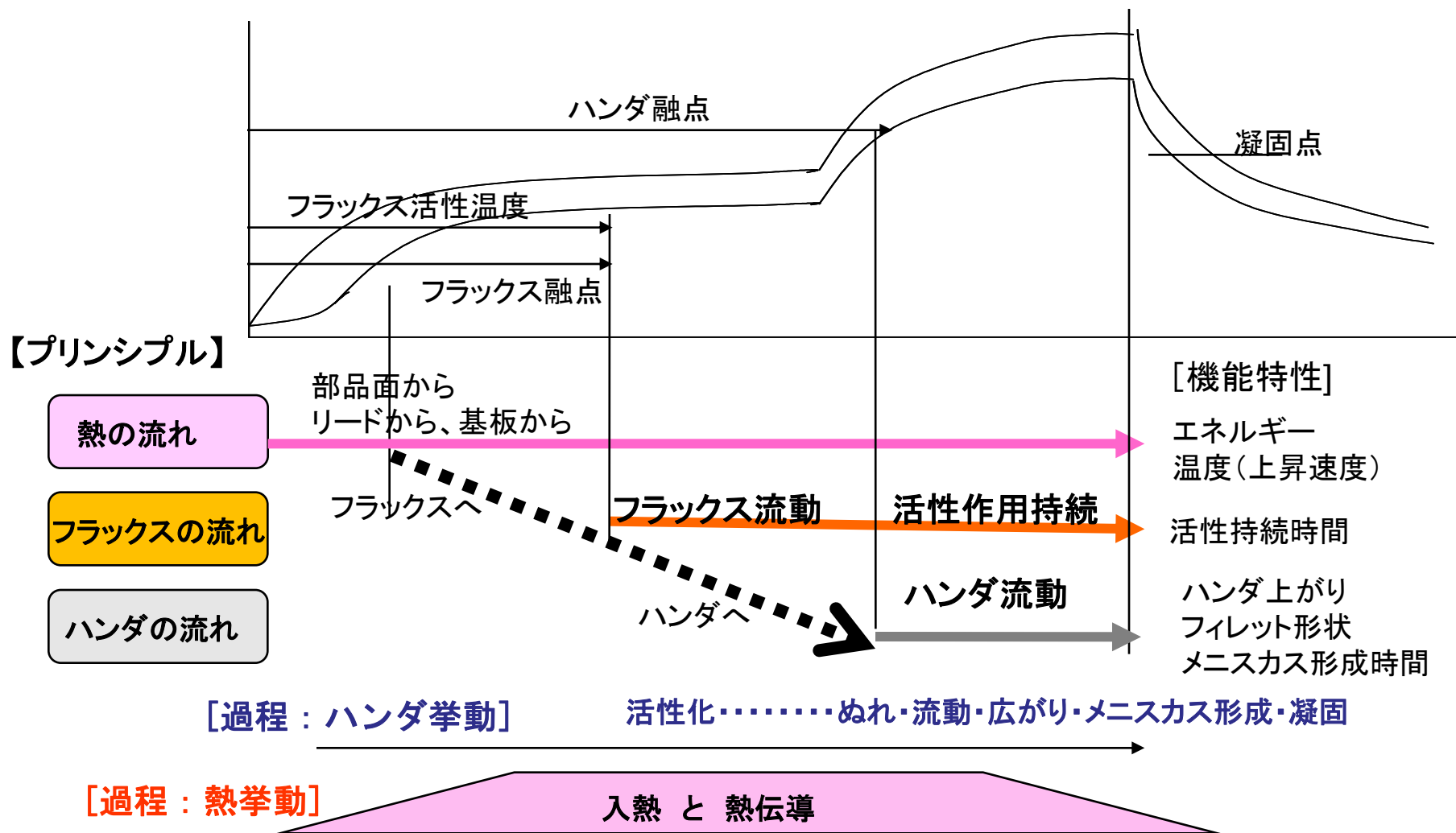


図3

表2 工法機能とソルダリング過程(振舞いの違い)

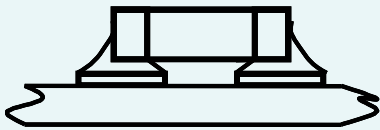
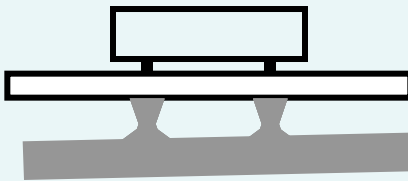
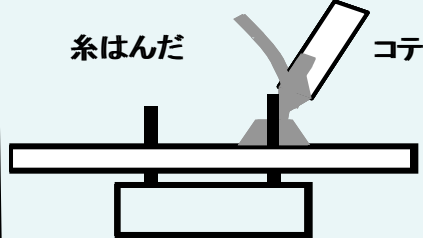
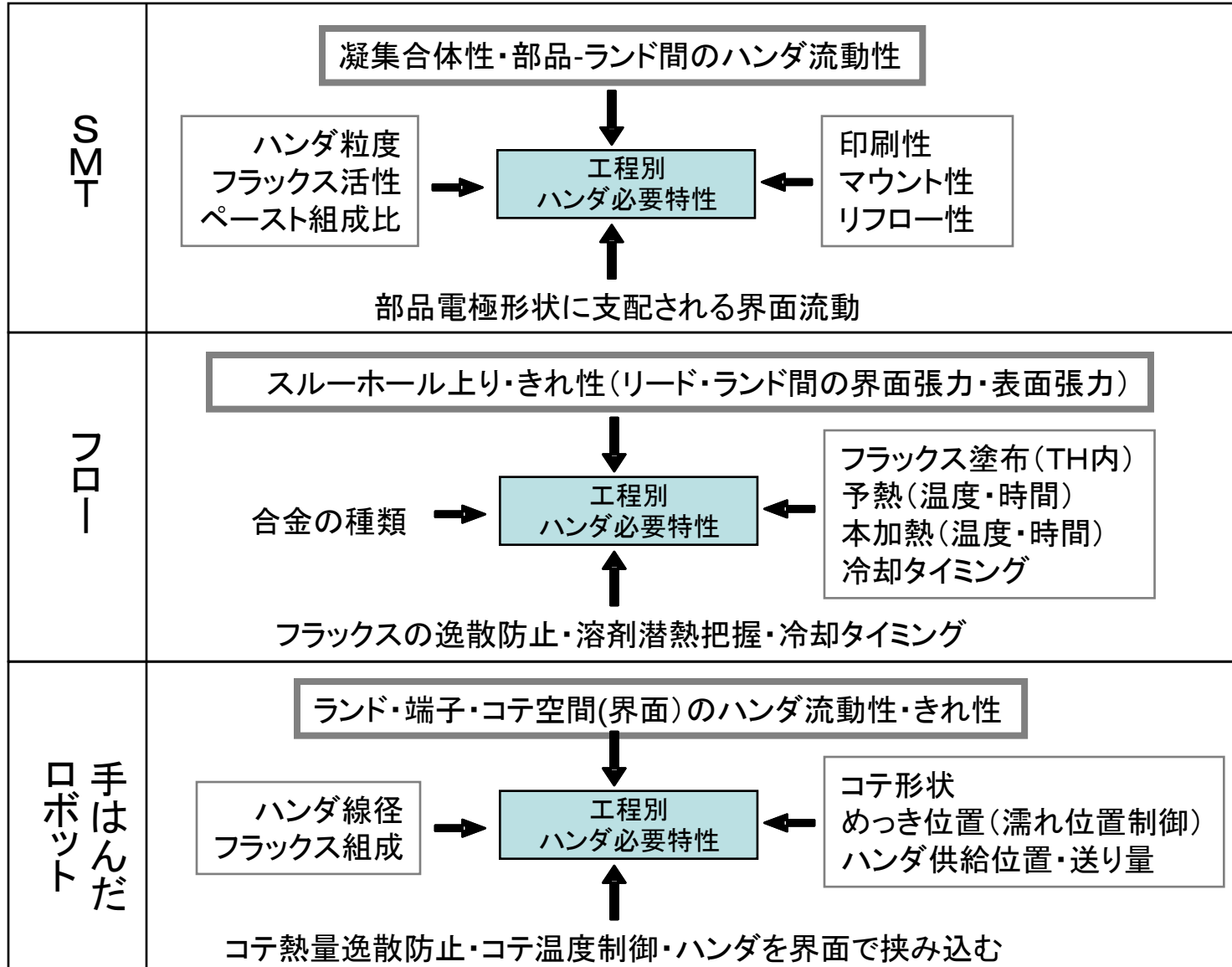
比較 \ 工法	リフロー	フロー	ロボット・手付け
ハンダの種類	ペースト	棒	糸
ハンダ供給位置 (方法)	ランド上 (印刷)	ランド・TH・端子 (浸漬)	ランド・端子 (流し込み)
フラックス供給	ハンダ粒子表面	基板面塗付	糸はんだ内封入
熱の供給方向	部品の全方位から	基板ハンダ面から	鋳の接触面から
ソルダリング過程 フィレット形成時のハンダの振舞い 	 必要なところへ必要量のハンダを置き その場で溶かす	 THへハンダの吸いあがり 浴から必要量を切り取る	 コテ先から熱を与え、 コテと端子の狭空間に ハンダを流し込む
過程の機能特性	- 凝集体 - ハンダ海面流動(時間) - メニスカス形成(形状)	- ハンダ上がり(時間) - 切れ(メニスカス形状)	- 熱伝達 - フラックス流動(時間) - ハンダ流動(時間)

表3



コテ・ハンダづけの極意

“ハンダ流れ”の観察と計測

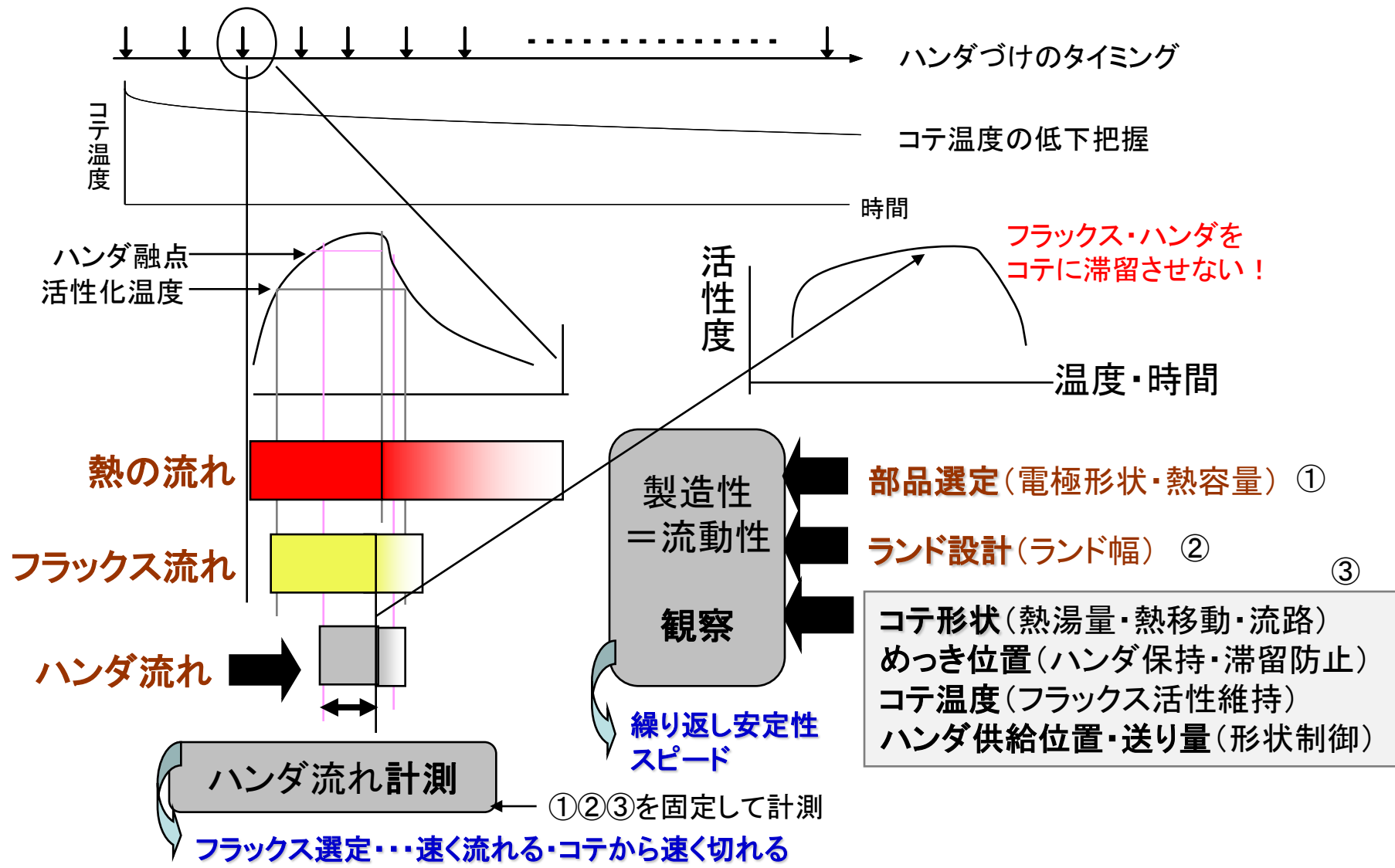


図4 コテハンダづけの過程

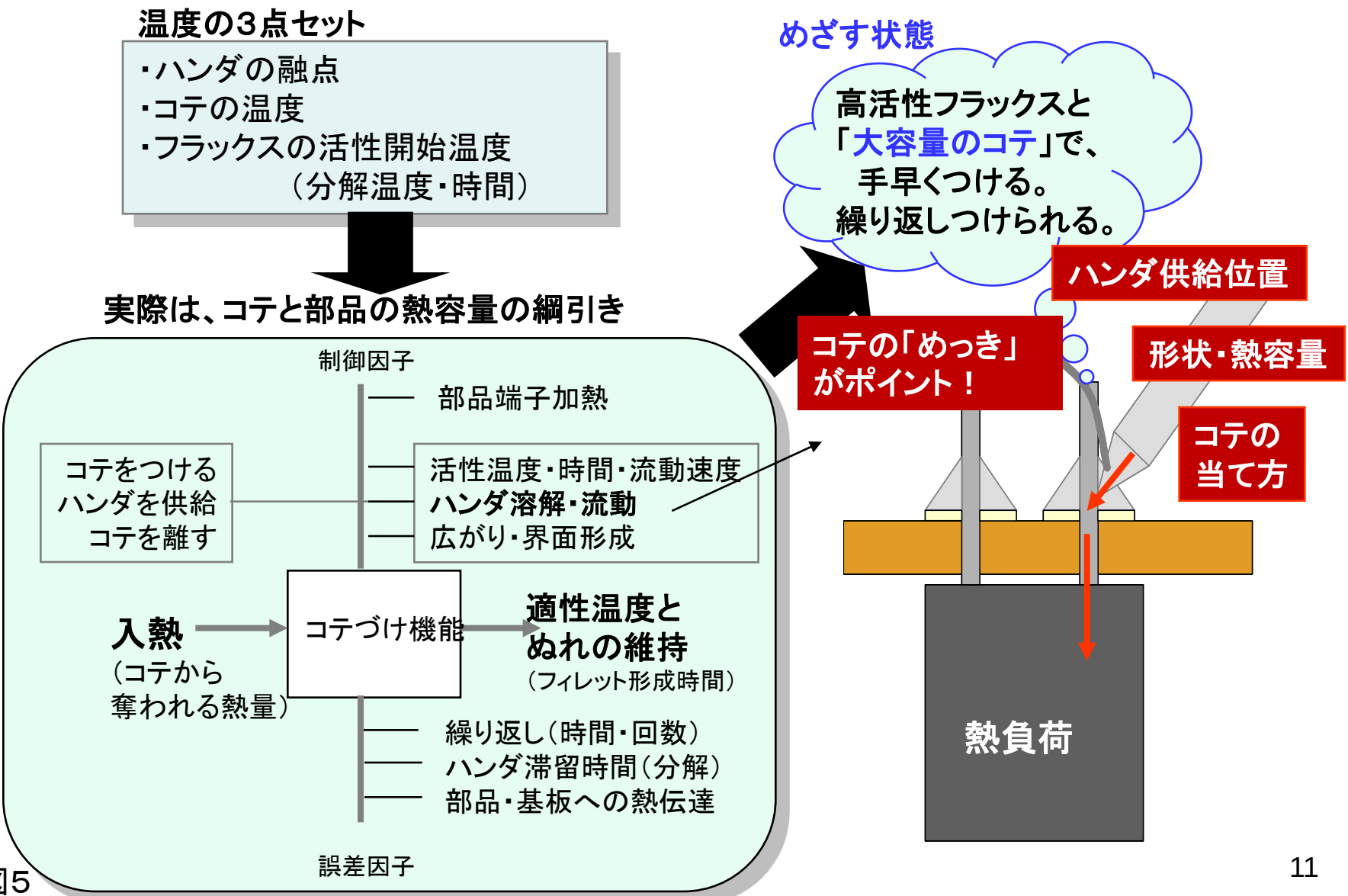
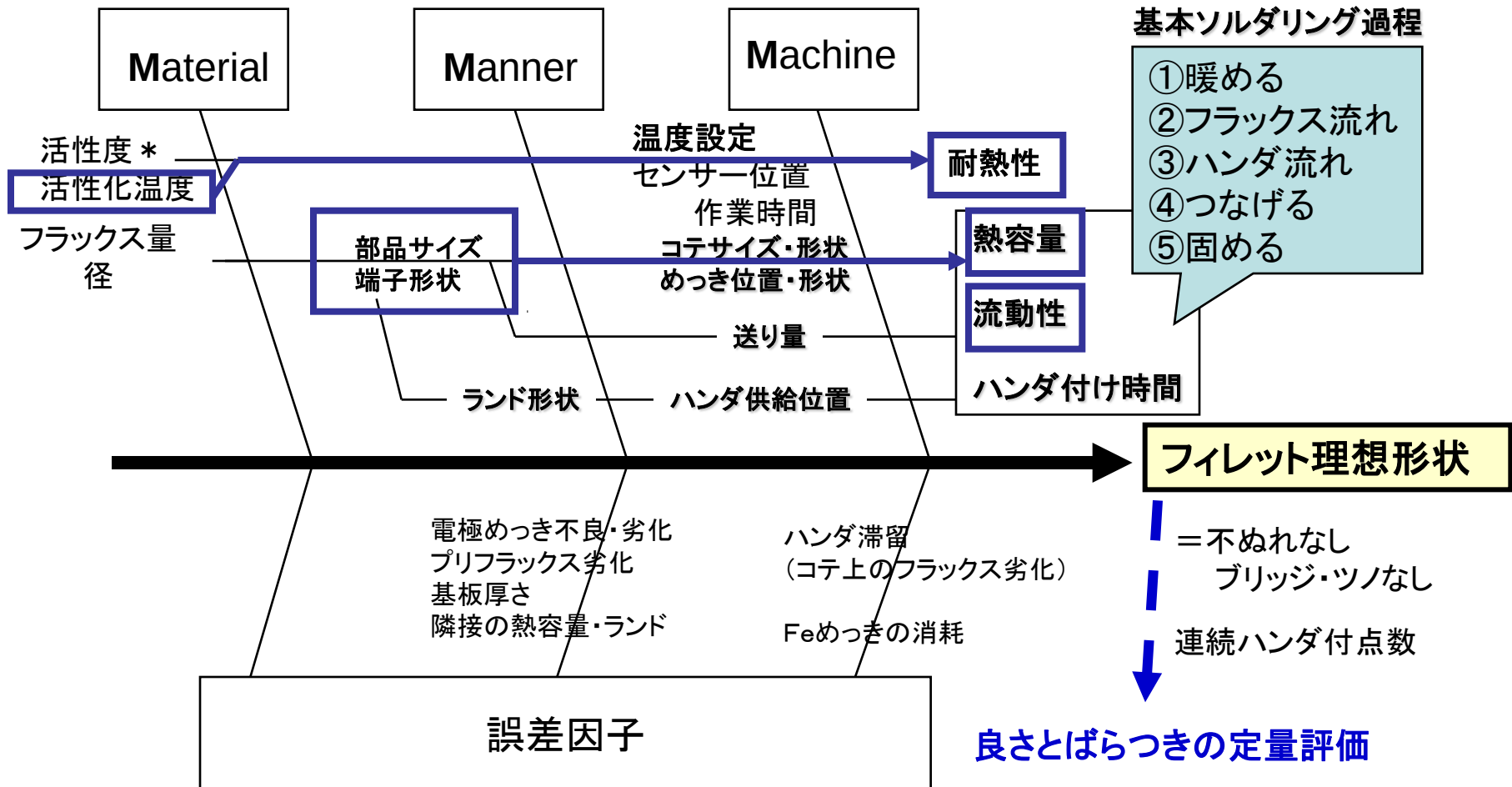


図5

コテ・ハンダづけの特性要因図(ポイント・ハンダ)



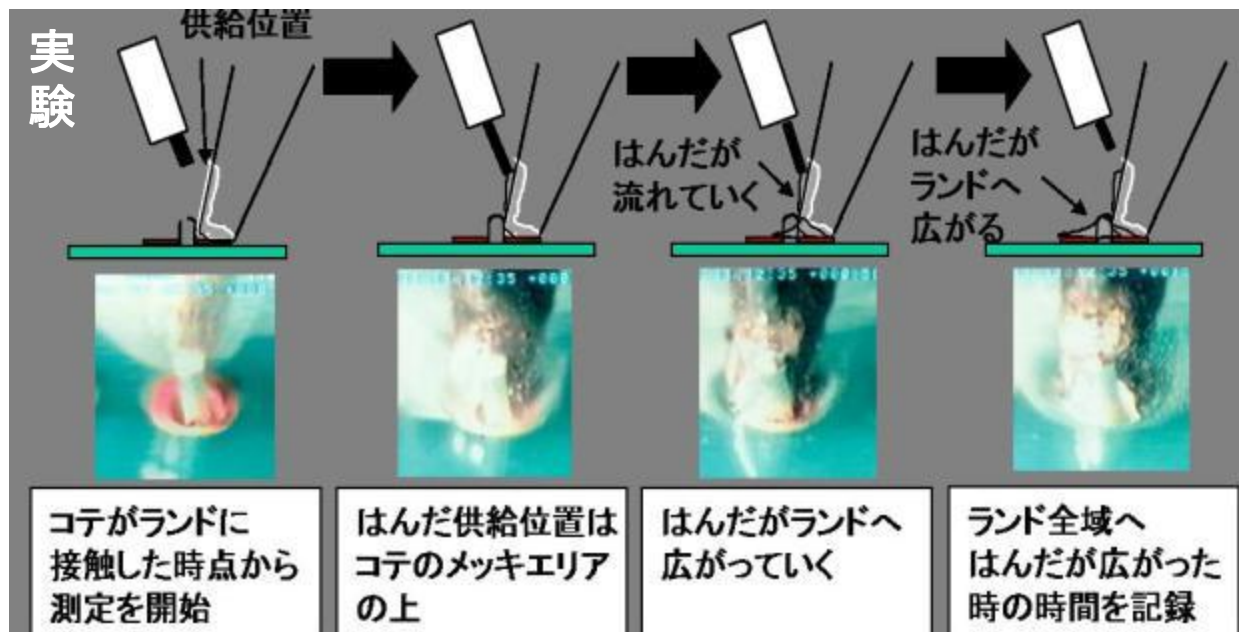
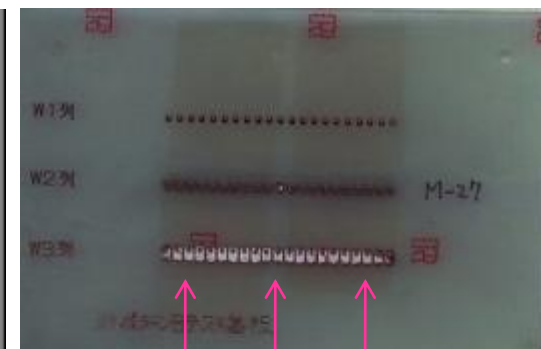


図7-1 実験手順



フラックス流動開始
はんだ流動
メニスカス形成
の時間変化を計測

図7-2 テスト基板

理論

フラックス流動開始ーメニスカス形成
の時間を計測

結果

フラックス流動開始からはんだ流動開始
までの時間が、フラックスの種類によって
ばらついた

リフロ過程を可視化し、技術的理解を深める

加熱・フラックス・ハンダ・部品の連携作用を理解する

- フラックス活性発現温度持続時間に合わせた予熱条件設定が必要！
- 電極形状によってハンダ流路・時間が異なる・・・多様な部品へのハンダ付け性確保が必要！
- 本加熱に必要な時間＝温度上昇する時間＋ぬれる時間＋流動する時間＋バランスする時間
- 予熱で加熱をしすぎると、フラックス活性を失う。本加熱でハンダが流動しない！形状もばらつく！

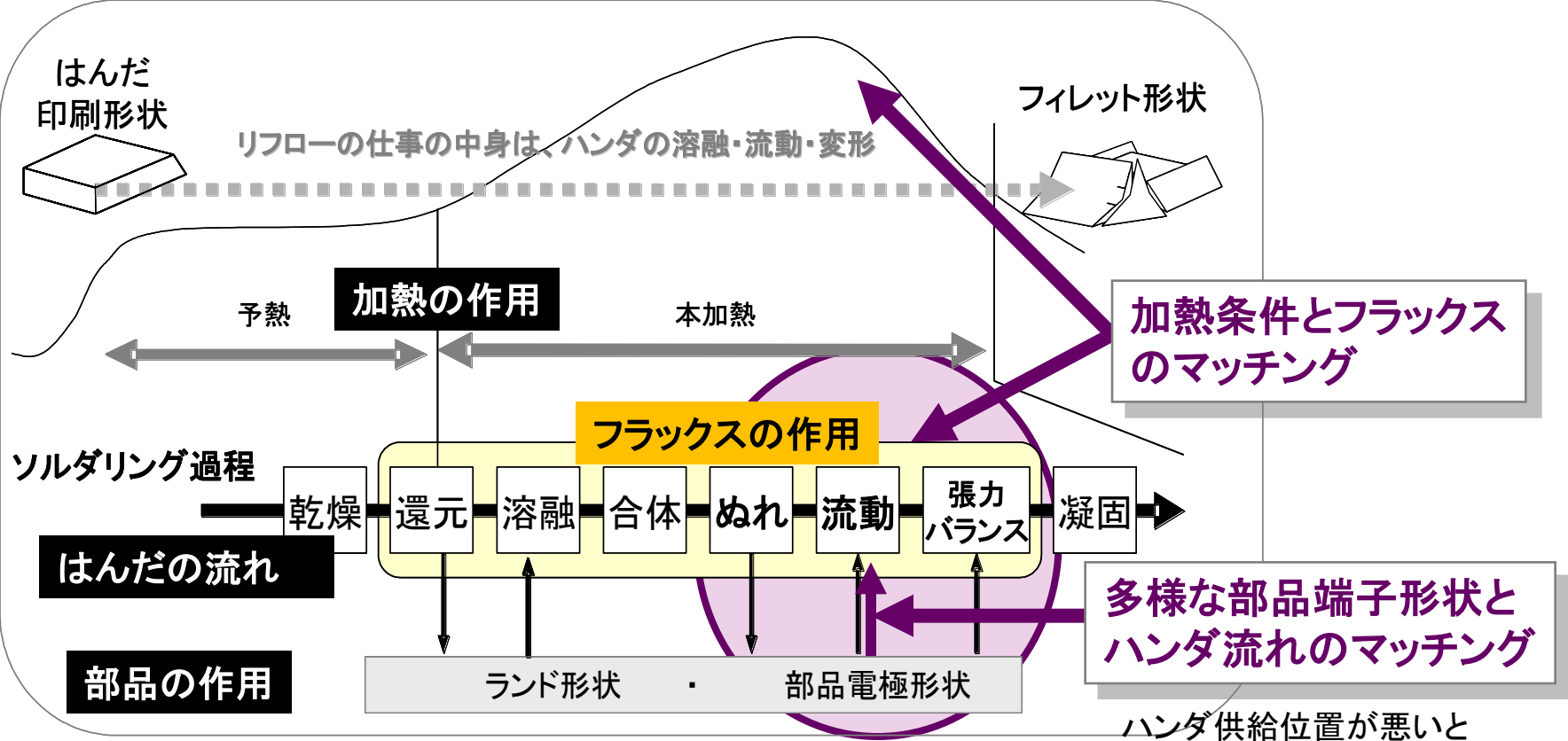
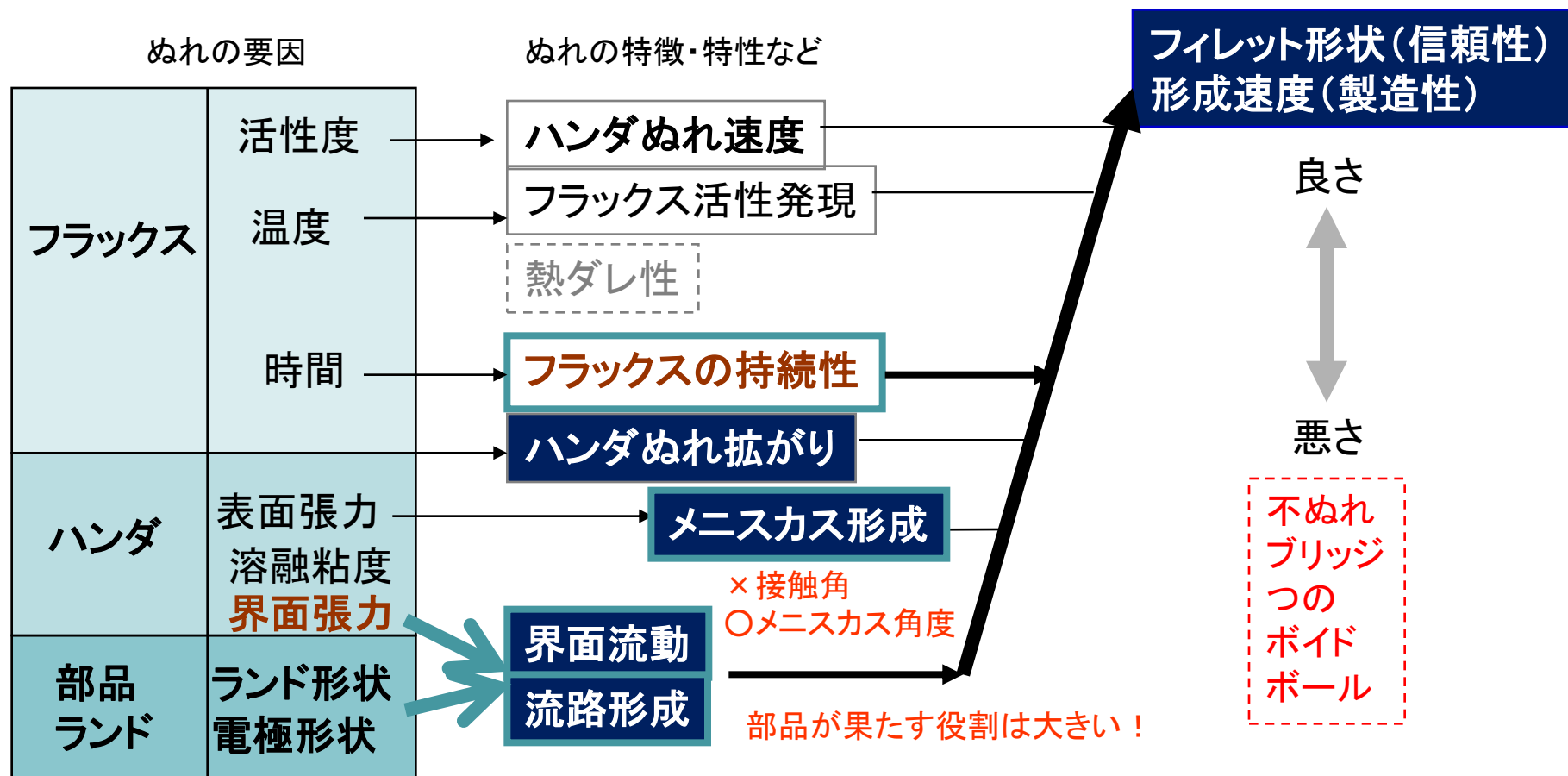


図8 加熱・フラックス・ハンダ・部品の連携作用

- ぬれ(相互拡散)とぬれ拡がりだけがぬれ性ではない。
- 部品下で起きるぬれに注目！ 部品端子形状が界面ぬれ、ハンダ流動、メニスカス形成に深く関わる！
- フィレット形状の主因は、部品電極・ランドの形状とハンダ量・供給位置！・・・ぬれと流動を考える！
- リフロー条件の決定には、フラックスの活性発現温度や持続時間(＝流動性維持)の把握が大切！



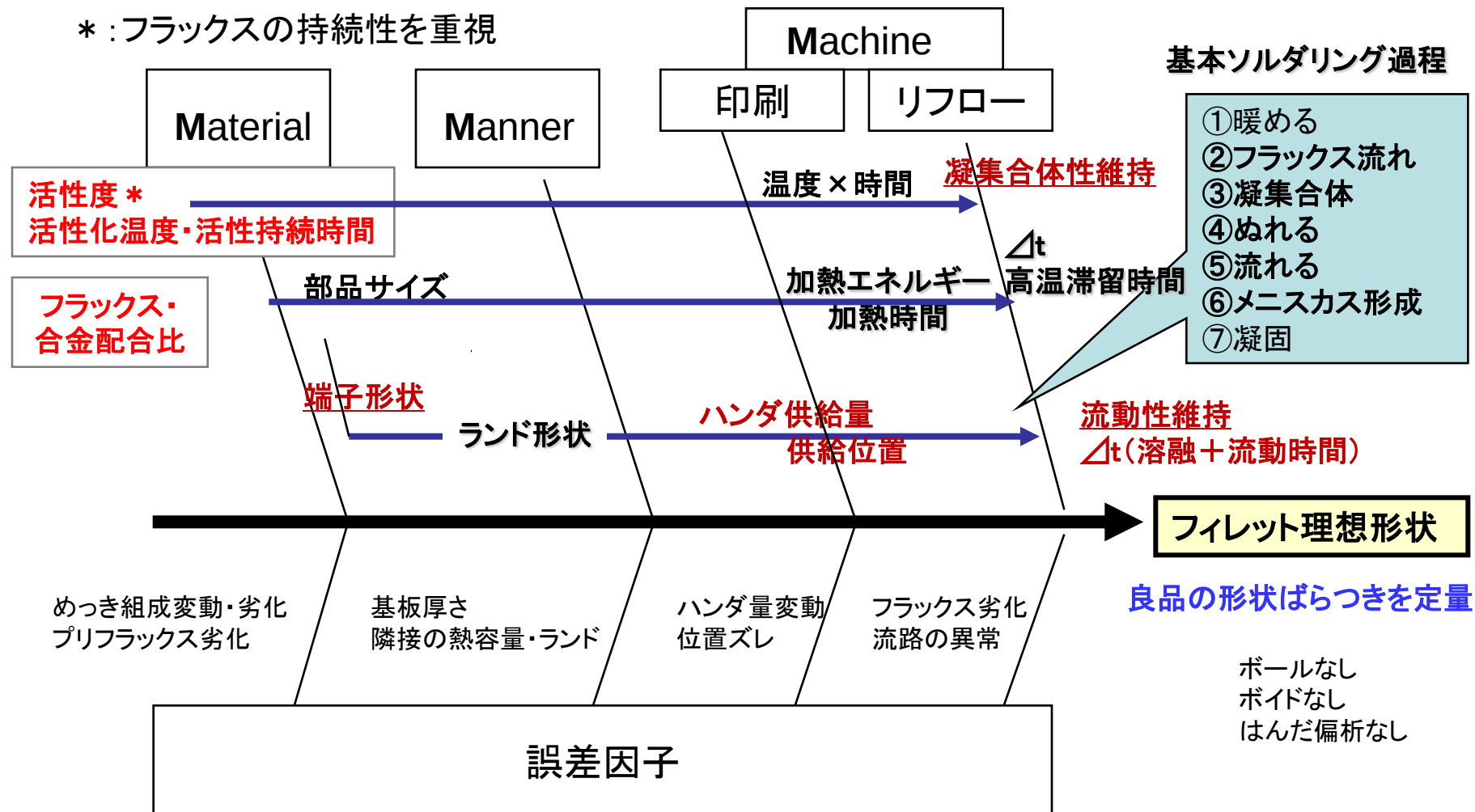


図10

- プロファイルをゾーン管理すれば、工程条件を固定し、設計の製造保証が可能になる
- プロファイルをゾーン管理すれば、異機種混流が可能

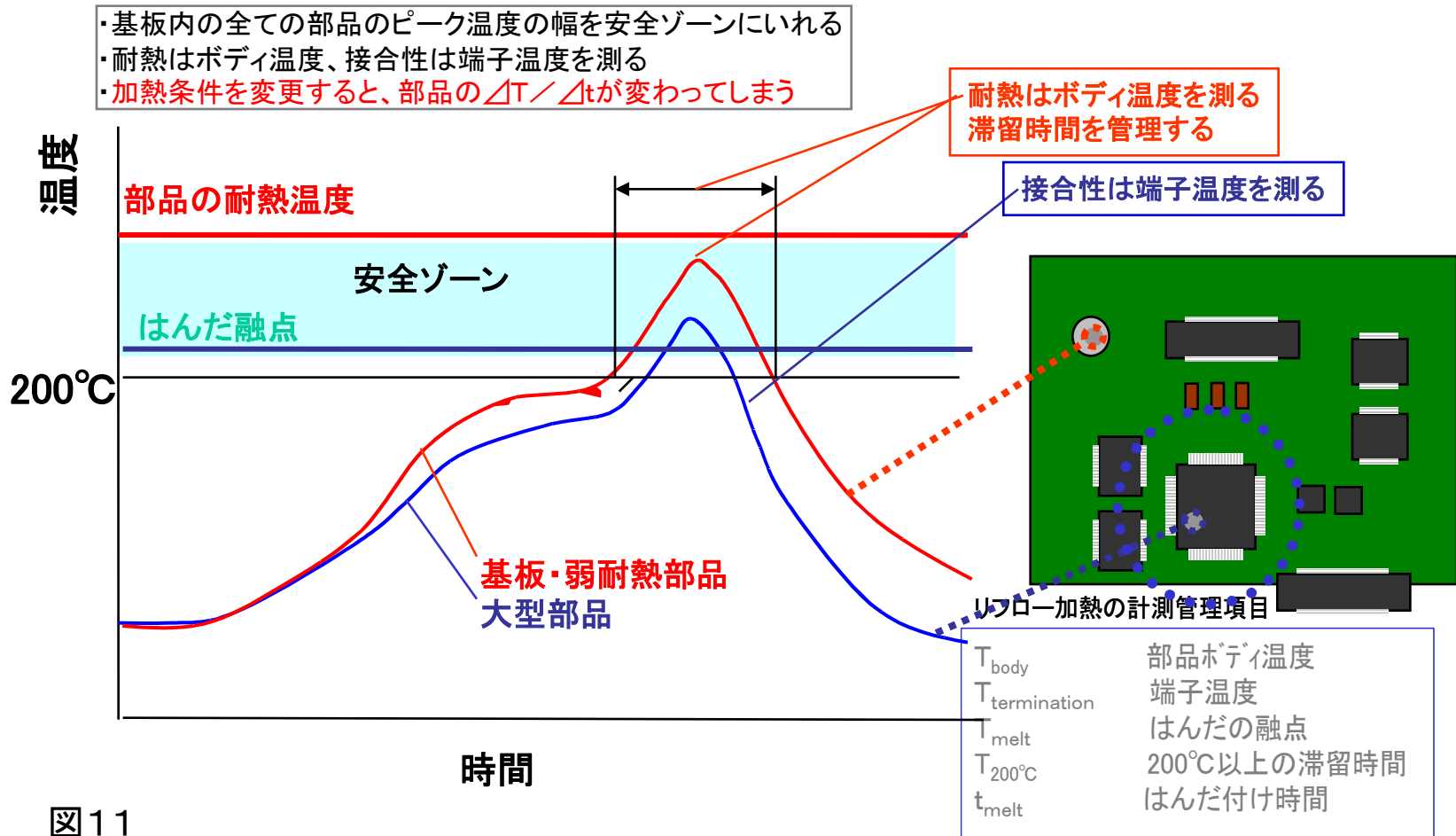


図11

- まず、本加熱量の設定をする(上下加熱条件、ゾーン長さ／コンベア速度)
- 「本加熱時間≠はんだ付け時間(流動時間)」に注意したい。(流動時間は観察・ビデオにより計測する)
- 端子温度上昇が遅い部品の流動を確保する

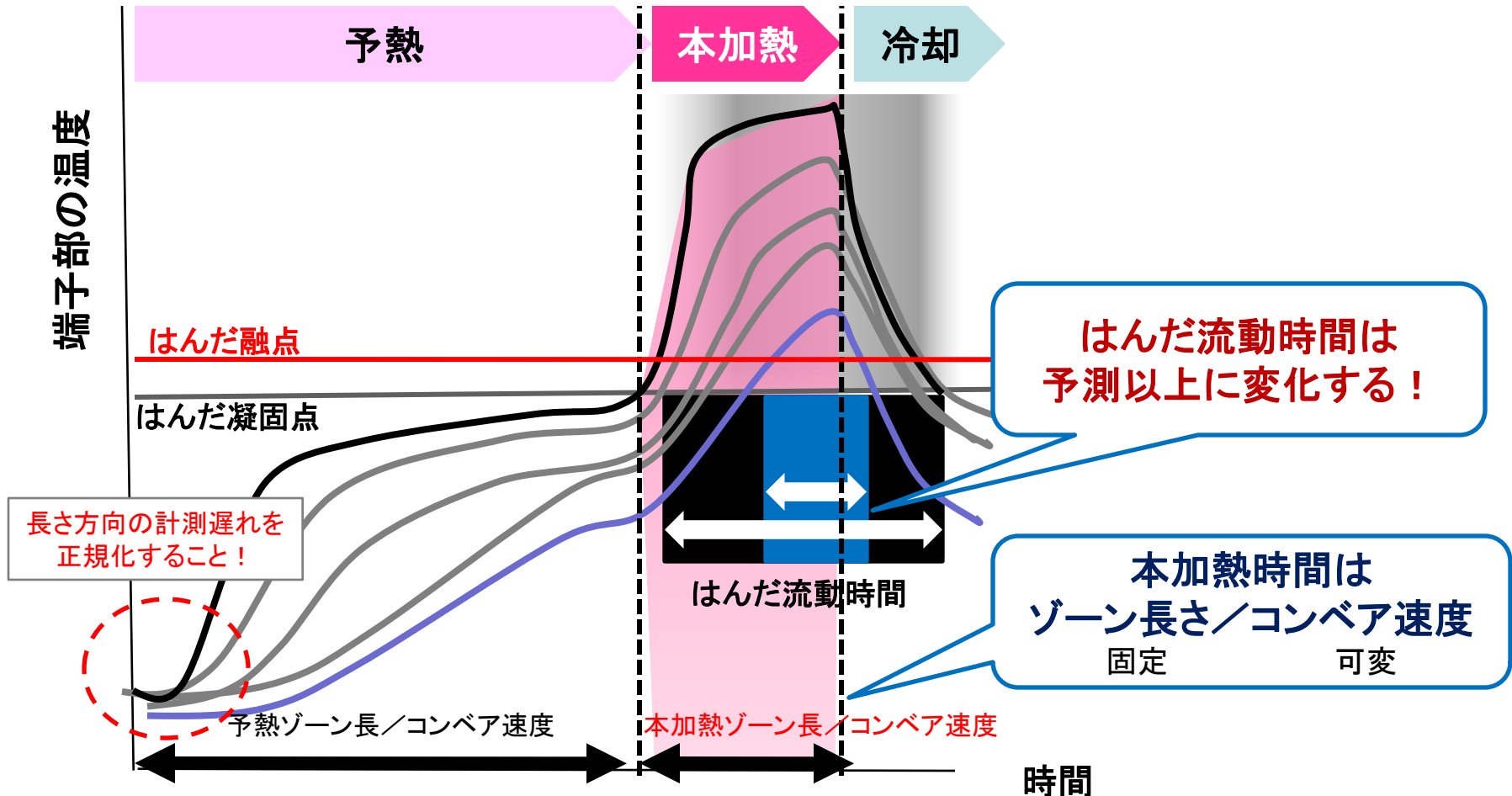


図12

- プロファイルづくりは、本加熱プロファイル形成が先
- フラックス活性維持によりハンダ流動性を維持→フィレット形状安定・ボイドフリー

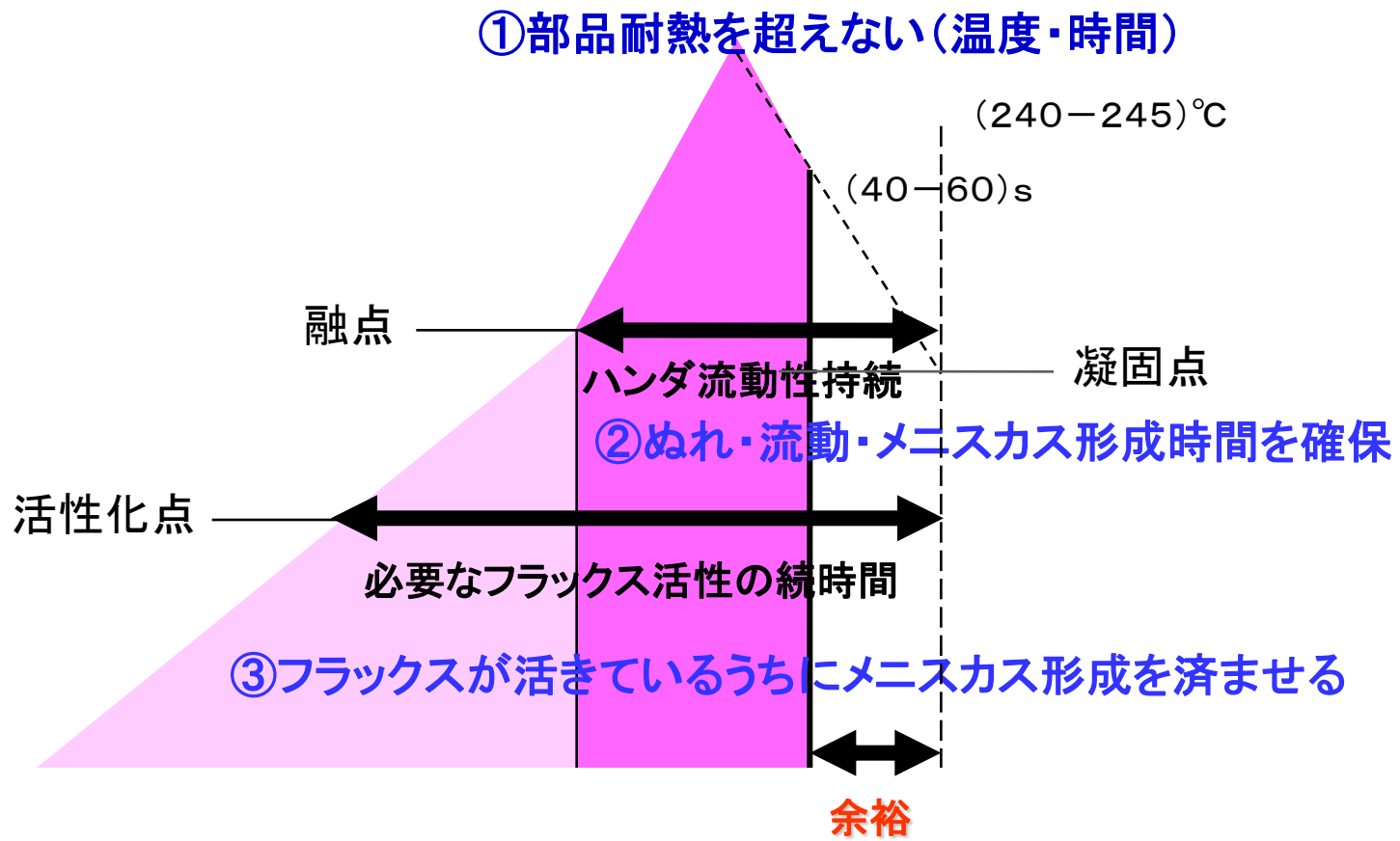


図13

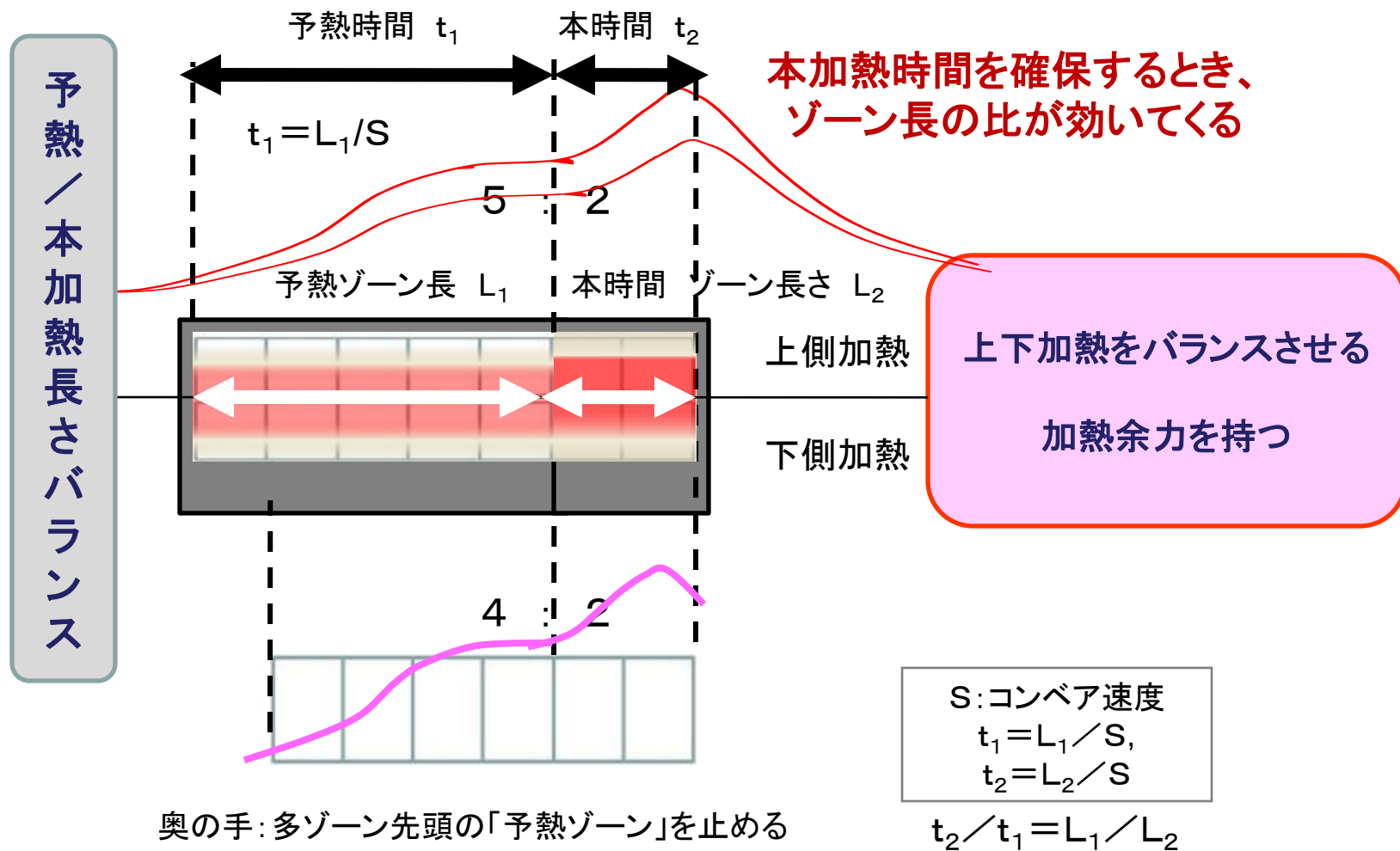


図14

「工程機能に対して処方されるべき」だが、業界の考え方は統一できていない。（下記は筆者の解析）

SMT工程機能とフラックス成分との関係性

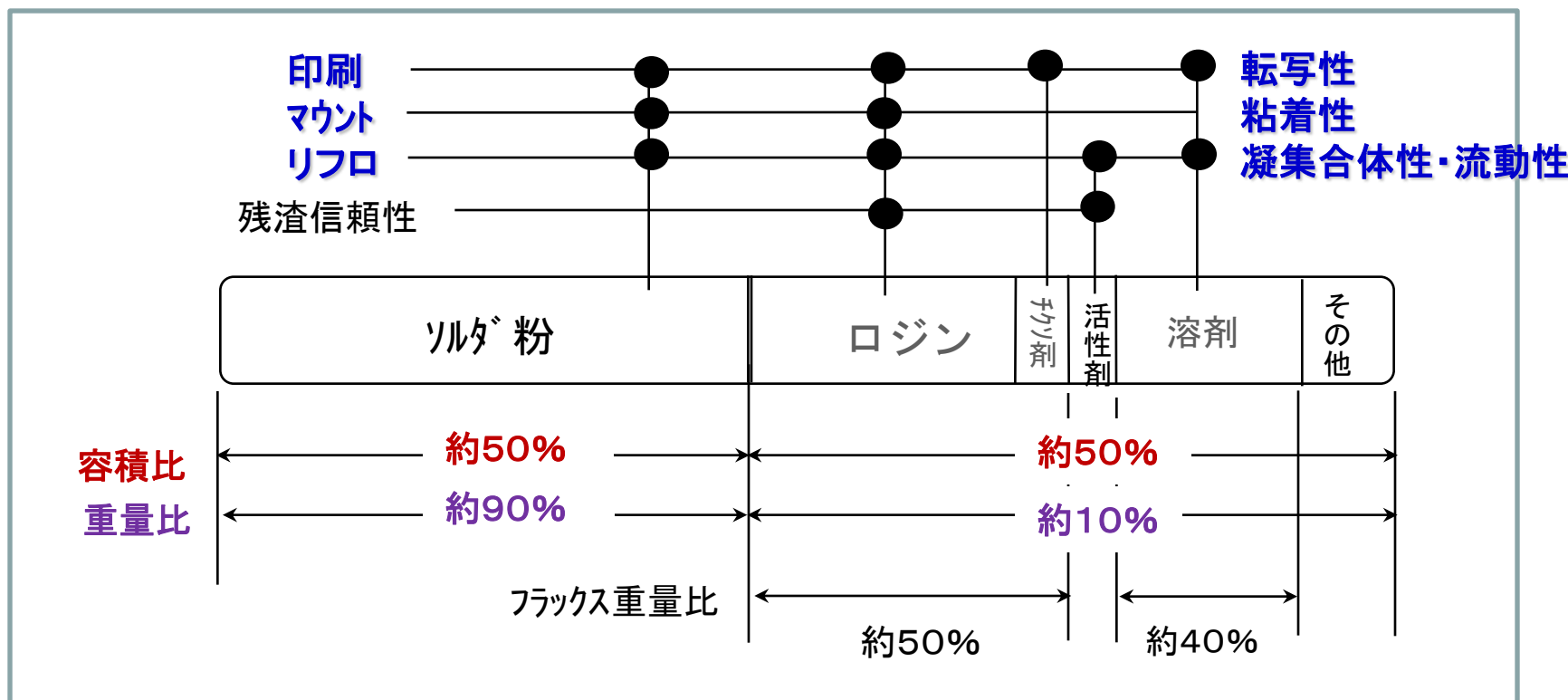
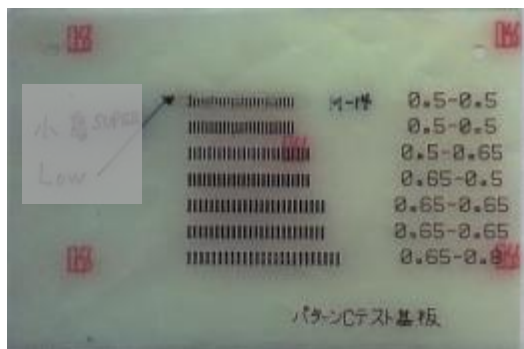
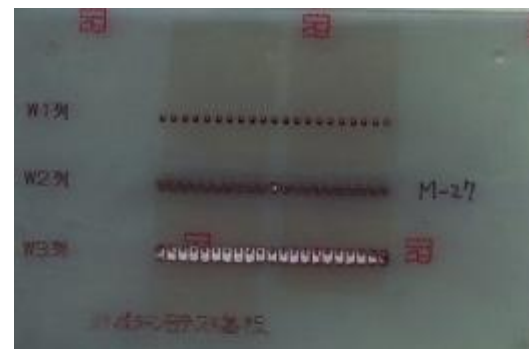


図15

ロボットハンダ付け(スライド)テスト基板

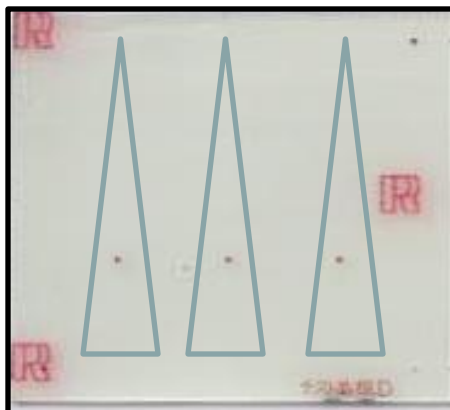


ロボットハンダ付け(ポイント)テスト基板



ヤニ入りハンダの切れ性(ブリッジ性)、耐熱性の評価 ヤニ入りハンダのファインパターンのぬれ広がり性評価

クリームハンダの溶融合体性評価



チップ立ち性評価



クリームハンダのフラックス持続性評価



組成比の適正、劣化判断、予熱の適正

本加熱の適正

ハンダ流動性維持時間の定量

図17-1 実験手順

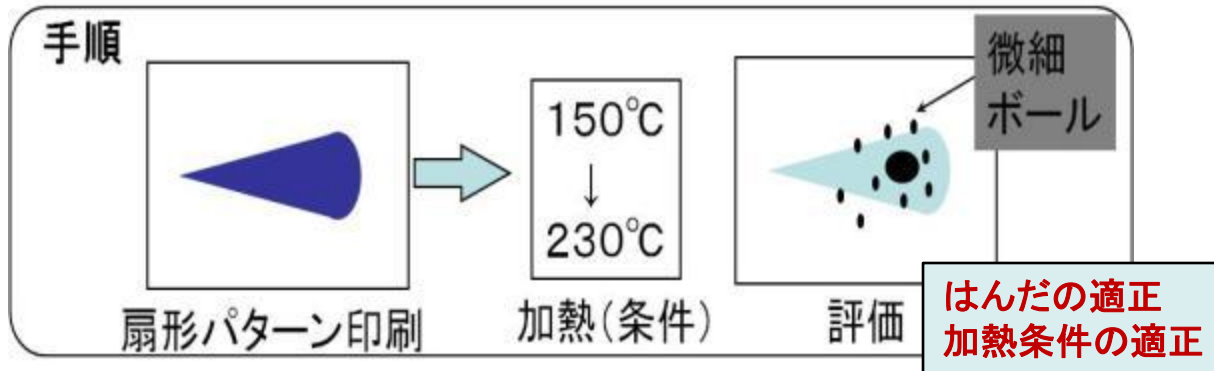
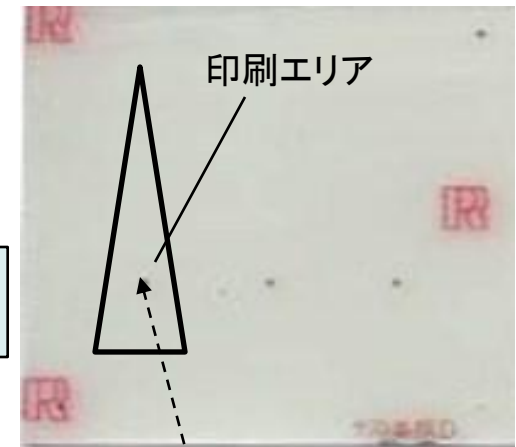


図17-2 テスト基板



理論

はんだの粒子と粒子が溶けて一つなる性質。
溶融直前の粒子の密度に左右される。

結果

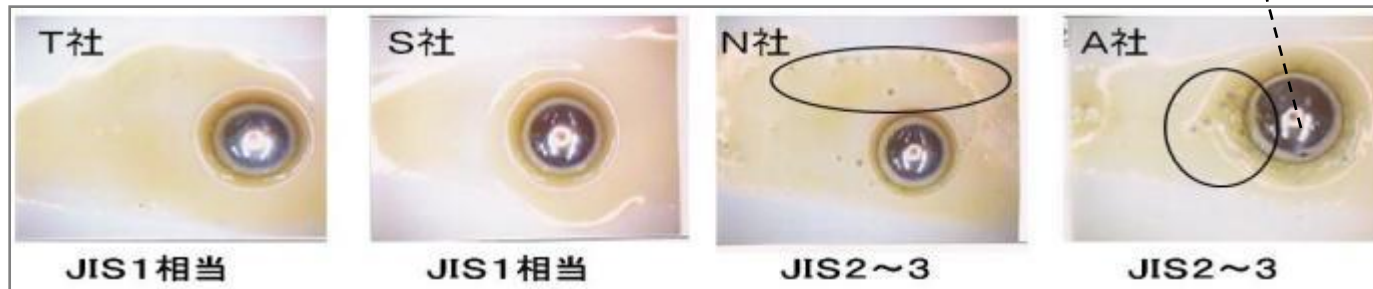
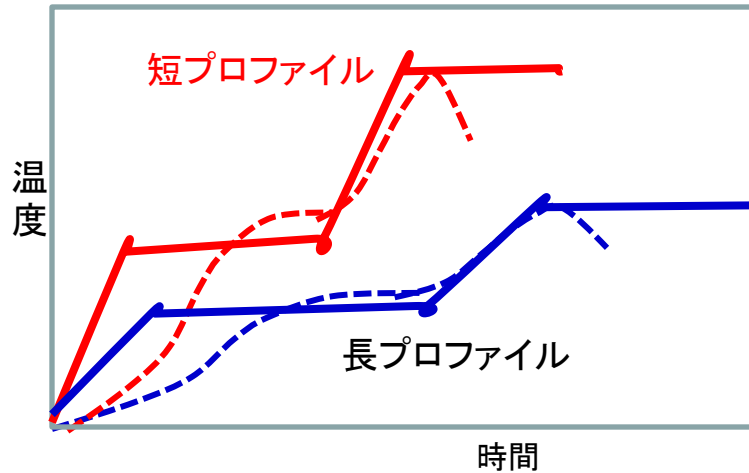


図17-3

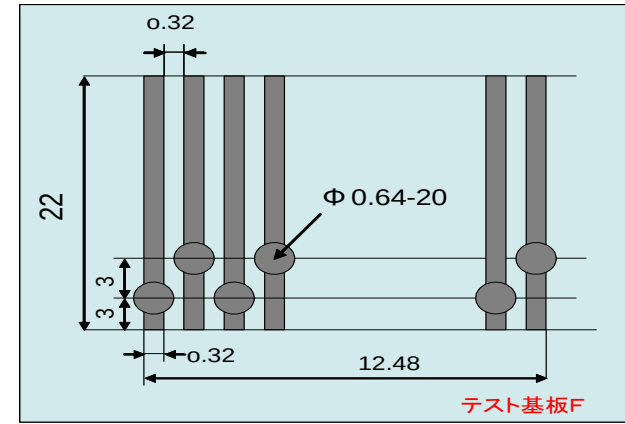
図18-1 温度プロファイル比較実験



理論

- ・ハンダはぬれ広がり(界面張力)により安定化する。[第1安定法則]
- ・フラックスが生きているとき、表面張力により集まろうとする。[第2安定法則]

図18-2 テスト基板



結果

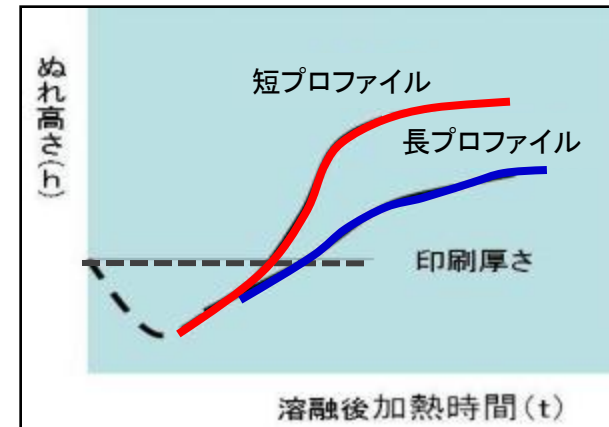


図18-2 ぬれ高さ測定

実験 50ccのビーカーに、はんだ(薬匙1杯)を採取し、ジエチルカルビトールに希釈

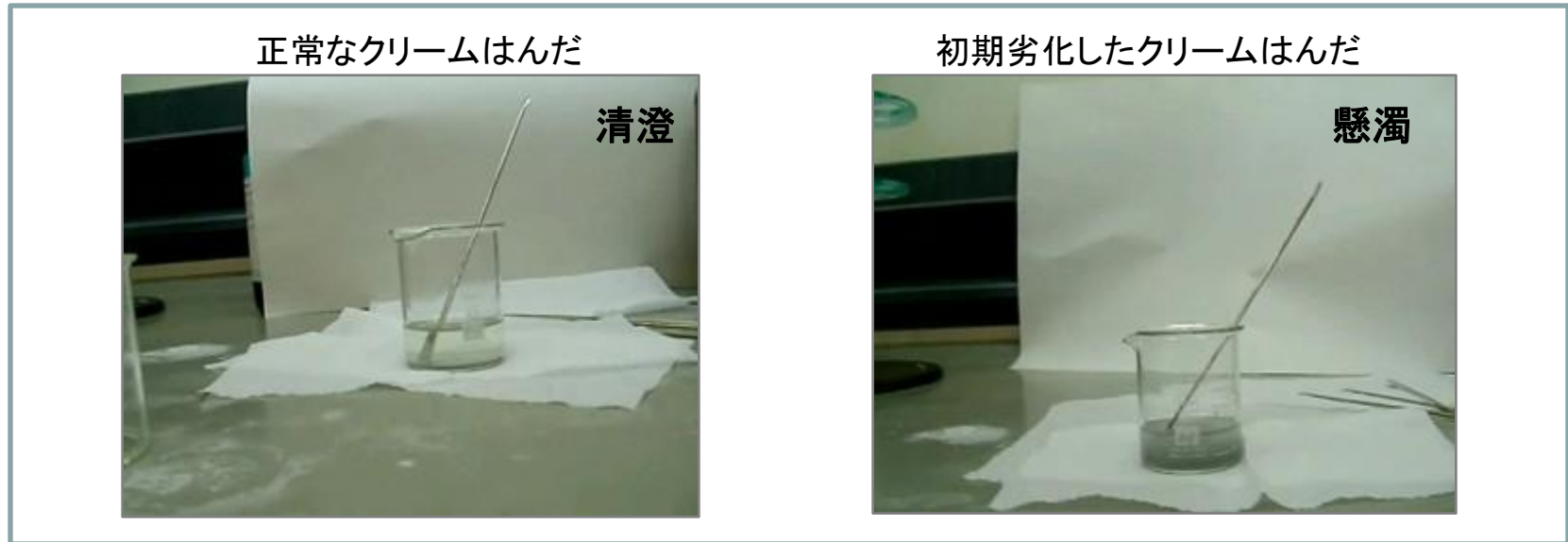
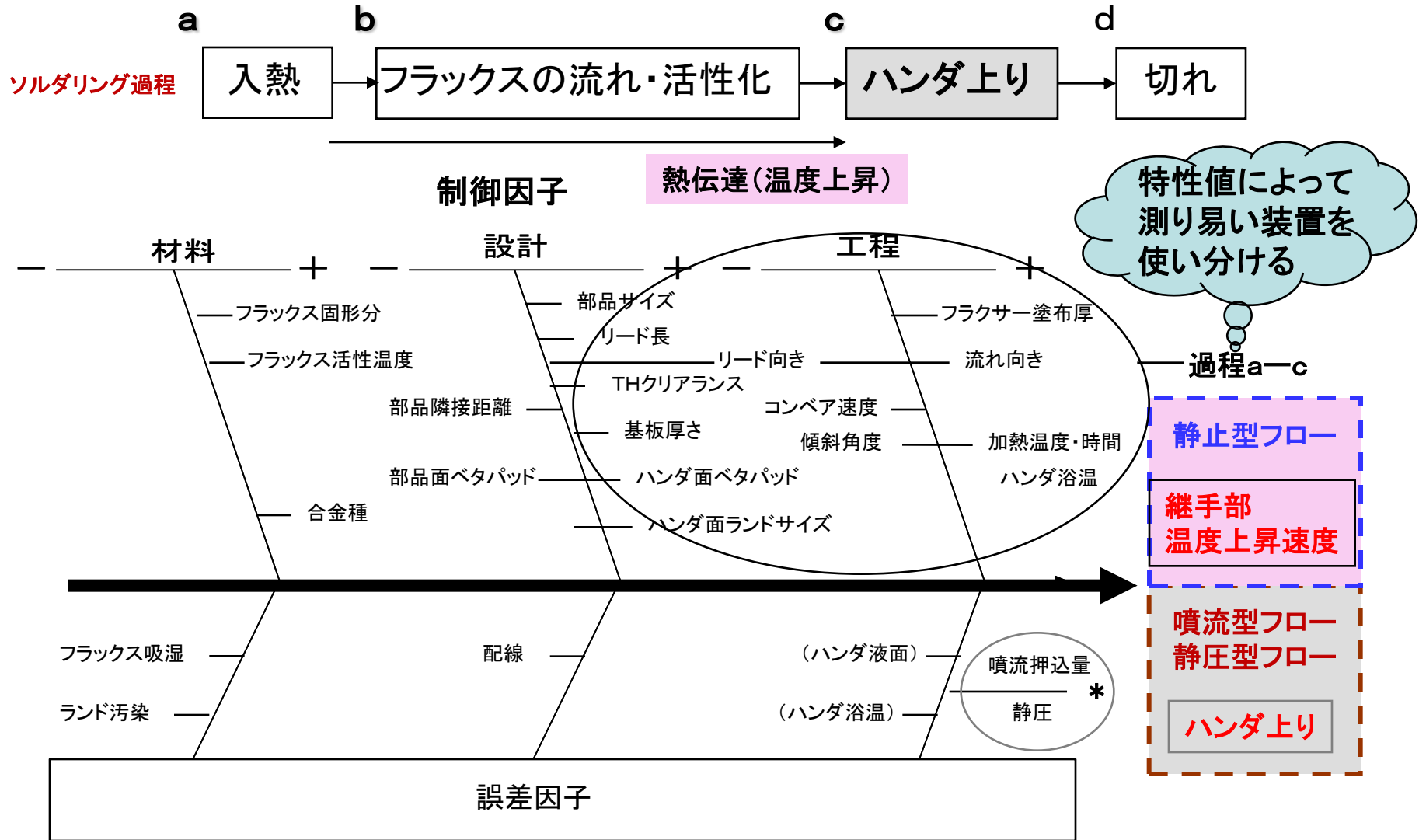


図19

結果

初期劣化があると、はんだの超微細なドロスが生成するため、ジエチルカルビトールに溶解しない。
(懸濁液を乾固して分析するとSnが検出される)



注) * : TH中のハンダ上がりの基本機能をめれと毛細管現象と捉え、押し込み／静圧は補助手段と捉える

図20

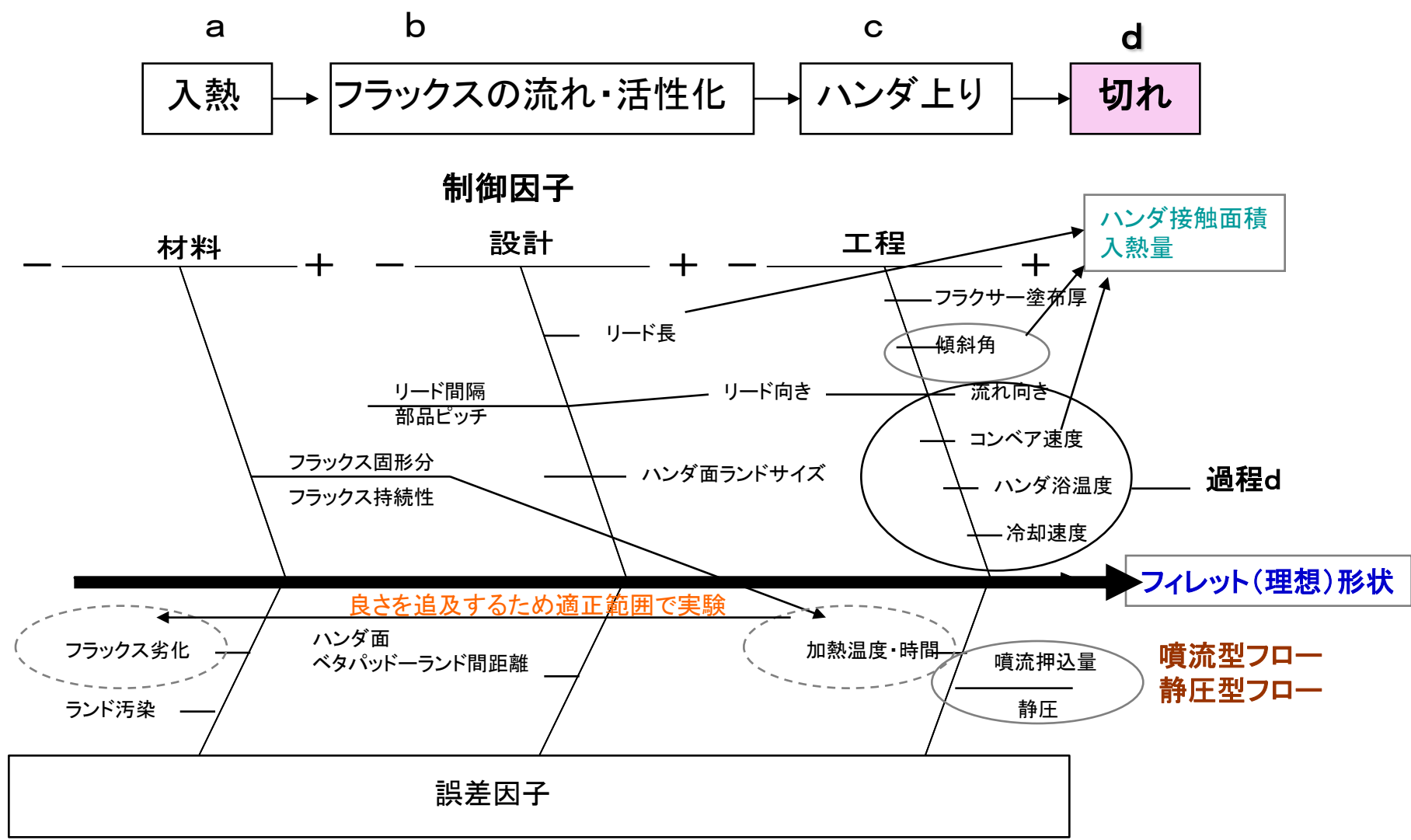
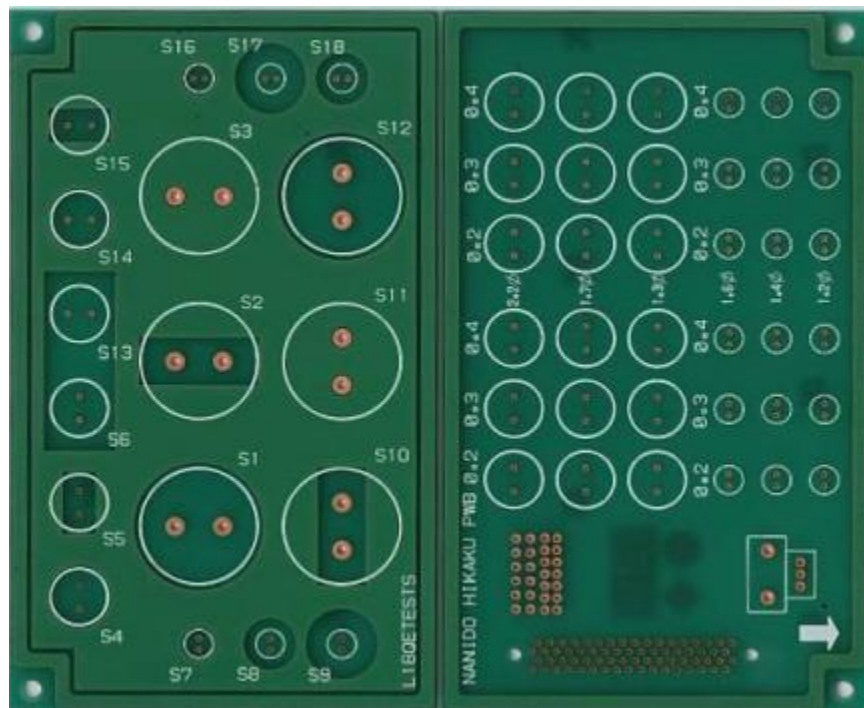


図21

部品面



パラメータ設計基板

全部品搭載基板

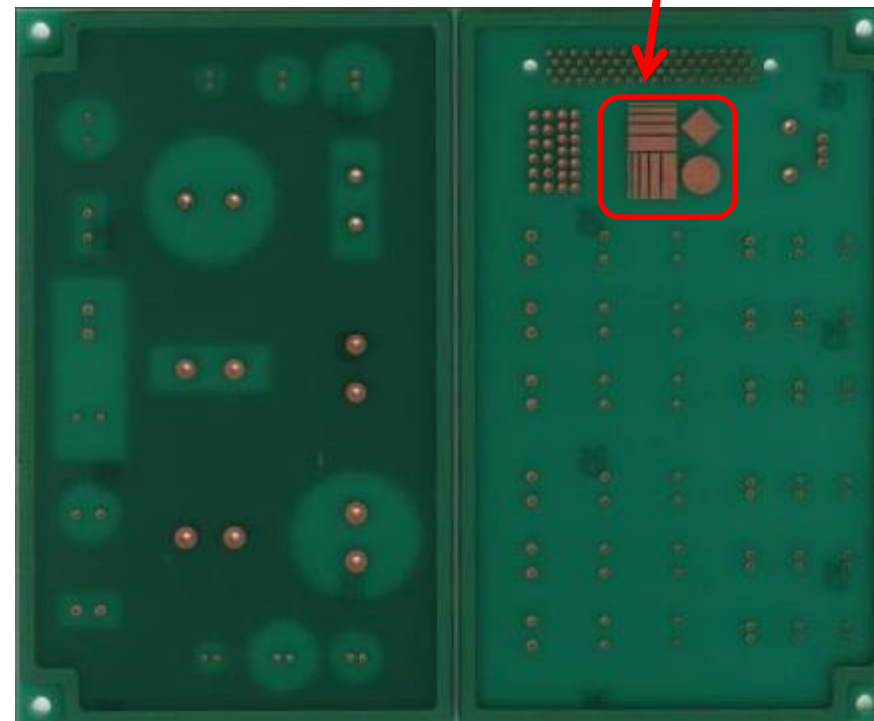
L18サンプル

見て条件比較できる

(1部品／基板:見てわかりにくい)

ハンダ面

ハンダ切れ性テストパターン



パラメータ設計基板

全部品搭載基板

图 22

フローの3Mパラメータ調和設計
L18 直交表

- (1)コンベア速度は生産実用領域であること
- (2)冷却ファンをはんだ槽に近づける(引け巣発生を抑える)
- (1)(2)により、使える温度条件幅が拡大できる可能性を見出す

表4	制御因子	水準1	水準2	水準3		
材料	A フラック固形分 フラクサー回数	1回	1回+手塗り		実績があるフラックスで固定	
	B 部品サイズ	大	中	小	主要部品に重点化 製造安定化に重点	
設計	C ハンダ面ランドサイズ	小	中	大		
	D リード長	小	中	大		
	E クリアランス	小	中	大		
	F 部品面ベタパターン距離	大	中	小		
装置	G 浴温	大(℃)	中(℃)	小(℃)	静圧のとき 圧(小・中・大) に入れ替え	
	H コンベア速度 (浸漬時間)	小 2s	中 3s	大 5s	他は良い条件で固定	温度上昇 ハンダ上がり
	H' 傾斜角	小	中	大		切れ フィレット形状

誤差因子： 噴流高さの変動とする(N1:-5%,N2:+5%)

組合せも可能

Harmonize M-Trinity

注)雑音因子に、部品周辺のベタランドや配線の影響を評価したいところだが、基板因子を使いすぎると基板が高くなる→難易度評価にまわす

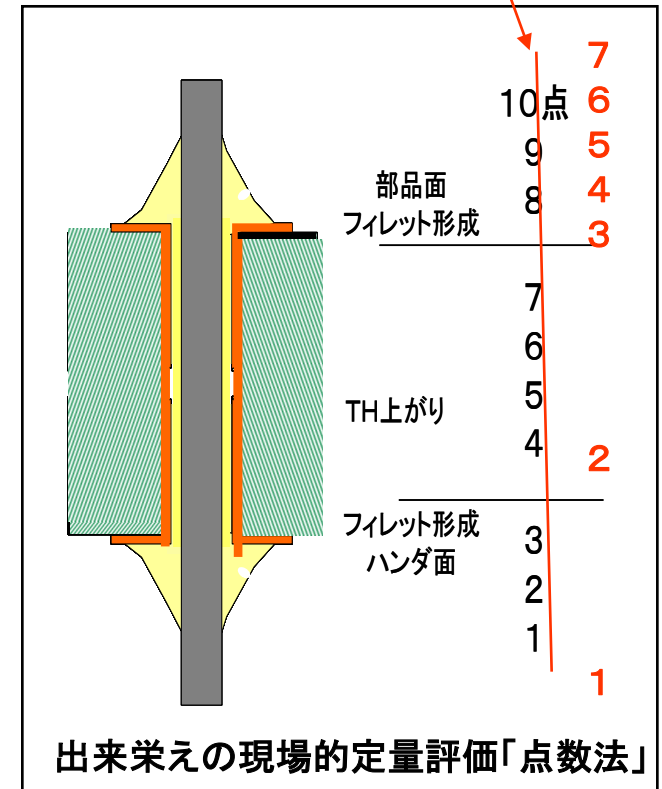
●L18定量評価→計測、SN比計算

●難易度比較→良品形状であっても、形状差(バラツキ)を計測→工程能力差

観察から定量評価へ

評点法の例: 良品から不良へ連続評価

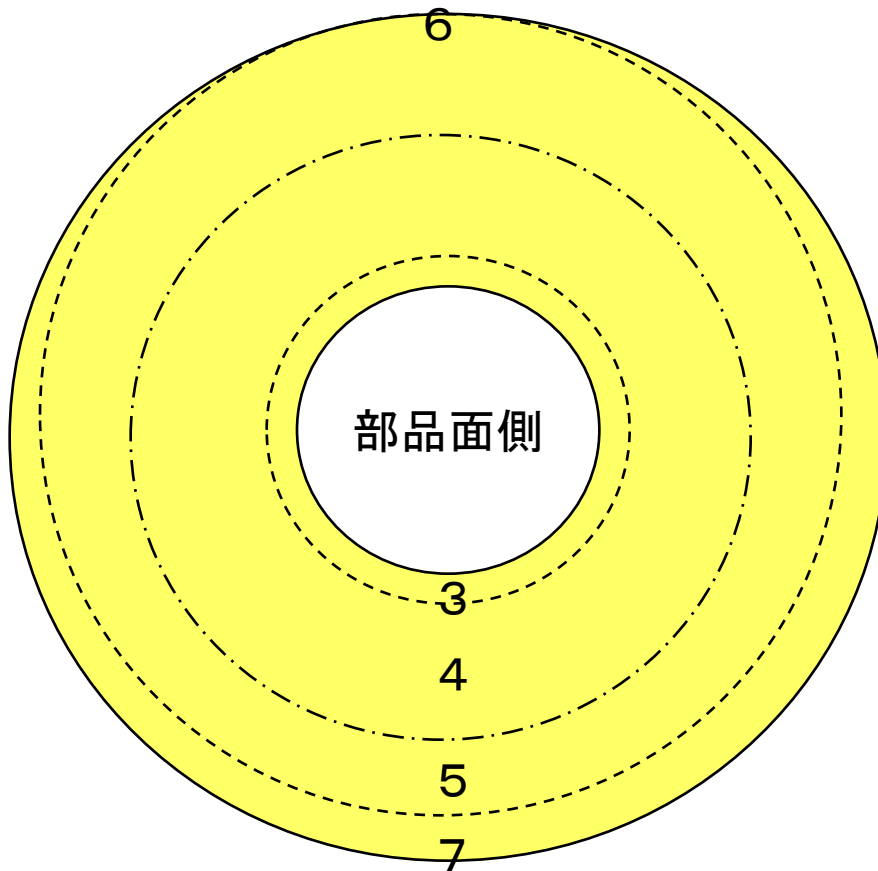
観察法	外観	形状の特徴把握・・・写真記録 表面状態・・・記録
	X線	TH内ハンダ上がり・・・写真記録 ボイド等の観察
	断面観察	フィレット断面の任意形状 偏析等の解析
計測法	形状計測	カラハイライト検査機の 計測機能利用
		デジタルファインスコープの 計測ソフト利用



この評価では、ハンダ上がり量を見ている

* 引け巢の判定: 3点法(大、小、ゼロ)・・・小: 容易に目視確認でき、これまで許容してきたレベル

ハンダ上がりの評点



ぬれ拡がり	ぬれ高さ
3 THが充填し、 H端がぬれている	各ランクで フィレットが高いと加 点1
4 ランドセンターより内側	
5 ランドセンターより外側	
6 5かつ 一部がランドエッジまでぬれる	
7 ランド全体がぬれる	

目視・DFS2次元観察による判定のため、
 ・判定し易い「ぬれ拡がり」評点に
 高さを加味することで、
 THから上がった「体積」を反映させた
 ・部品を切断し、部品面のはんだ形状を判定
 ・ハンダ付け性が良い工程条件のため、
 ハンダ面のぬれは不問
 (NGは部品起因と解釈した)

- ・TM実験で得られた要因効果を熱だけで
そのまま最適条件を判定
- ・デントライト、引け巣発生を加味して最適条件を判定

●8つのパラメータの量産条件○に対して、条件変更○により、改善できることがわかる

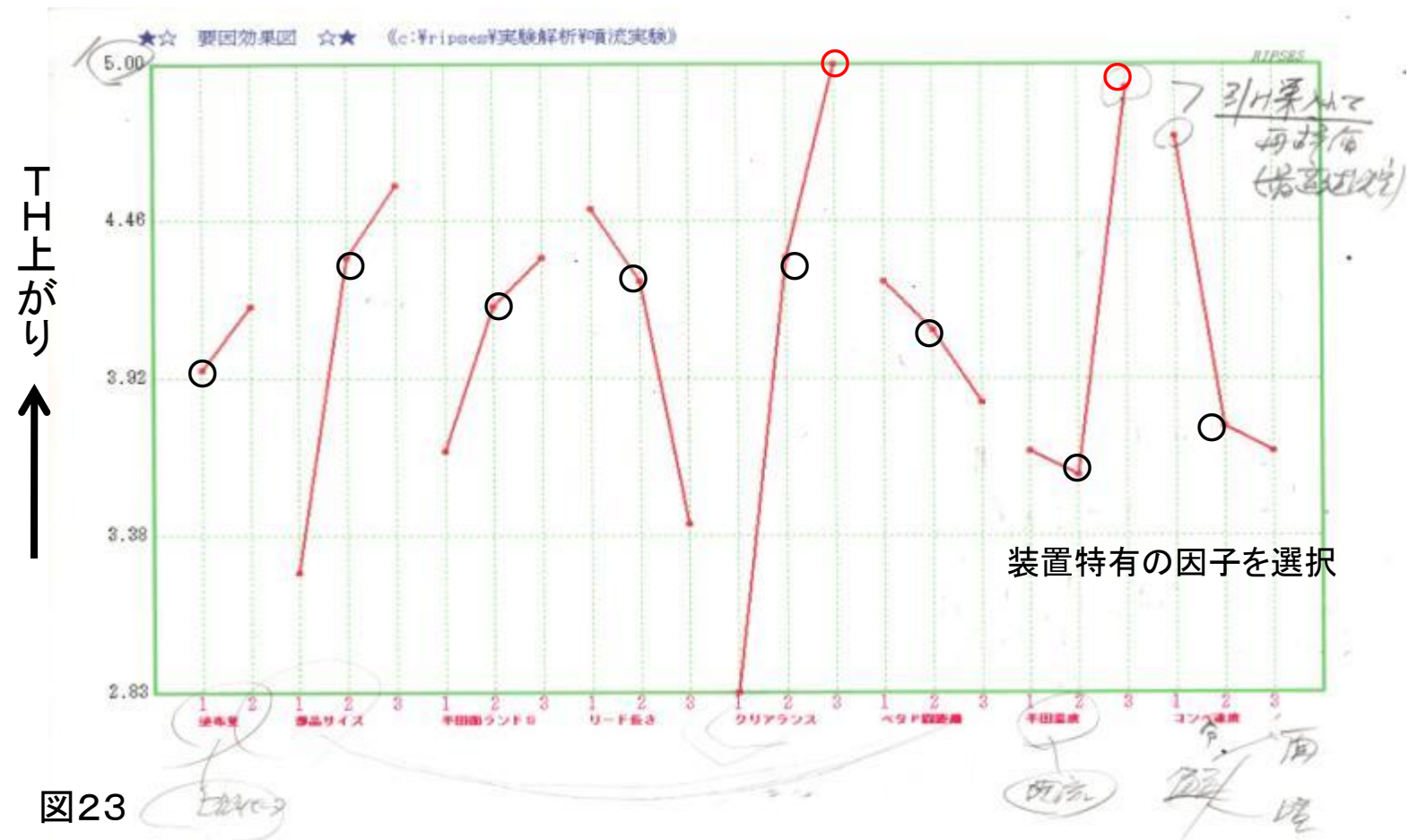


図23

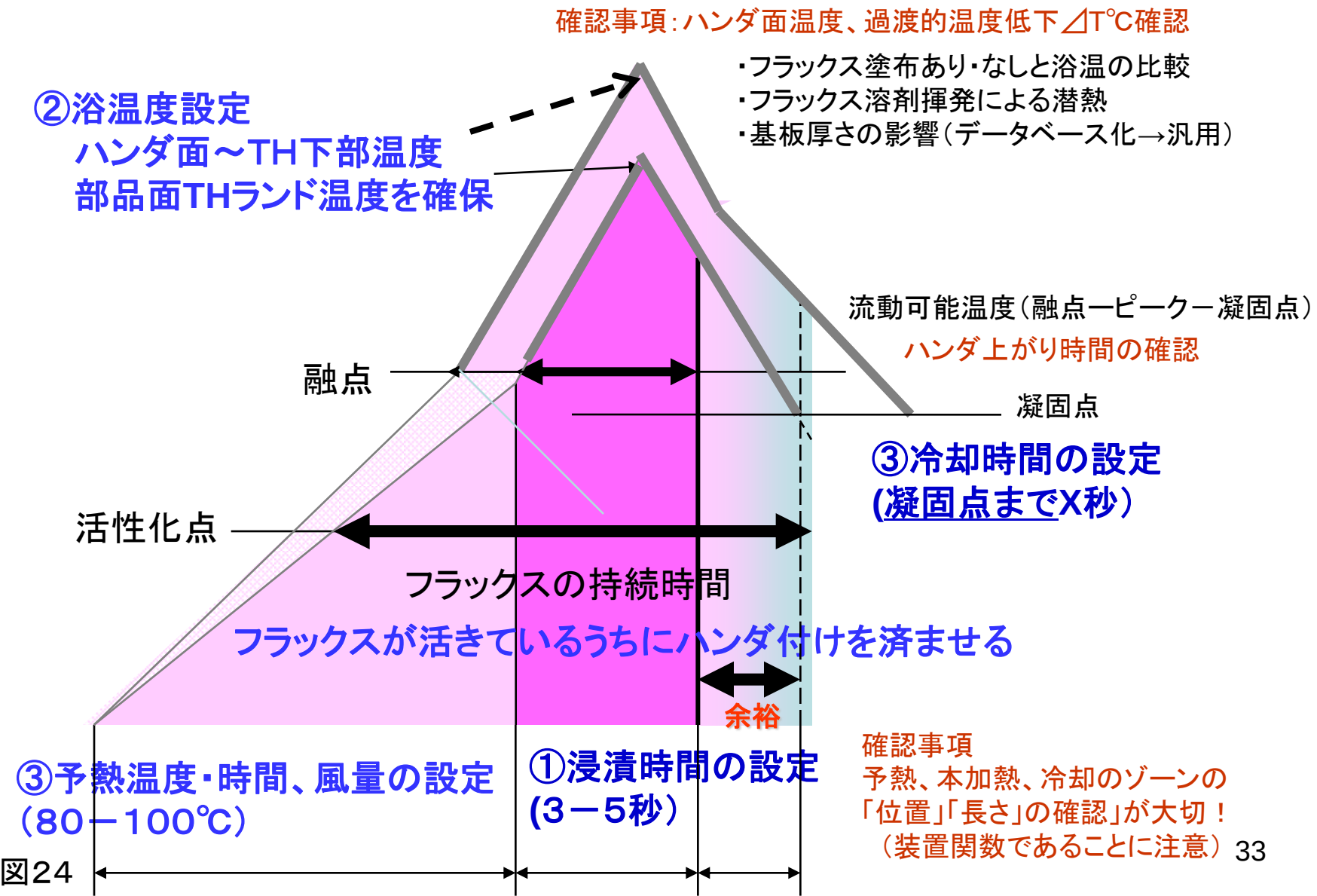


図24

確認事項
予熱、本加熱、冷却のゾーンの
「位置」「長さ」の確認が大切！
(装置関数であることに注意)

- プロファイルづくりは、部品面の本加熱プロフィール形成を優先

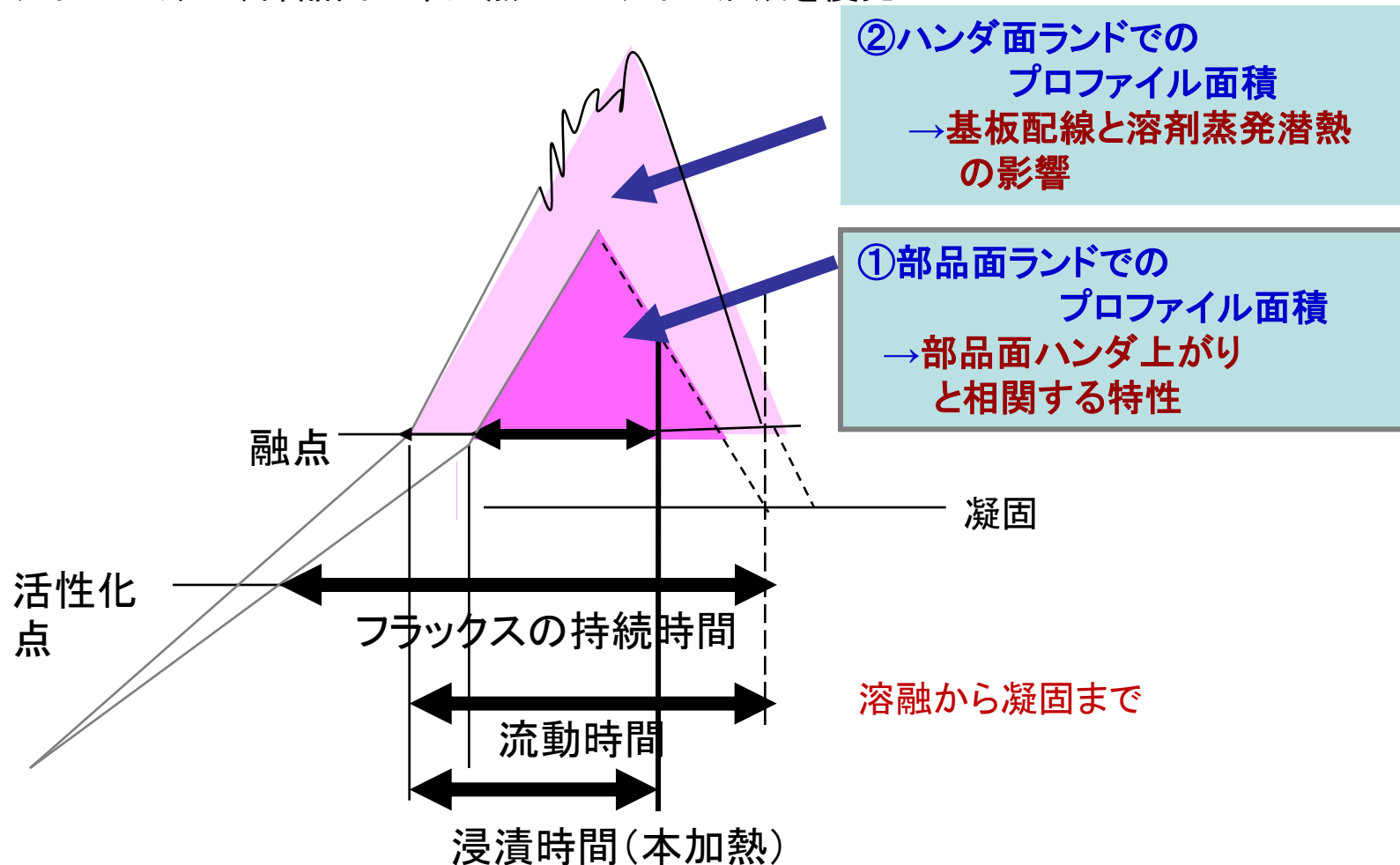


図25

ハンダ浴温度と温度プロファイルの差異
(製造現場の実測例から見る温度管理と装置の改善点)

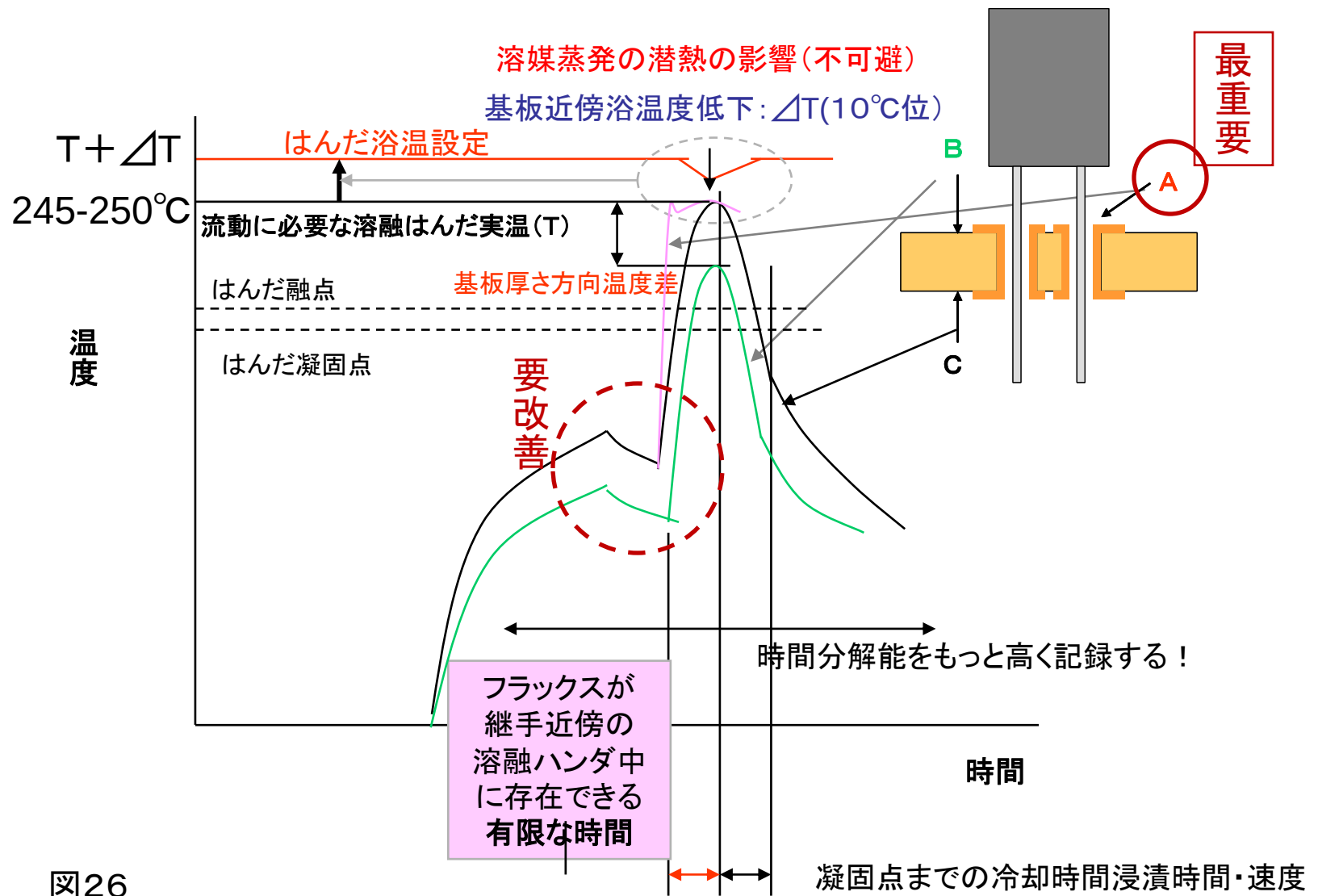


図26

フラックスにモレキュラシーブス5A添加による脱水効果が劣化を防止

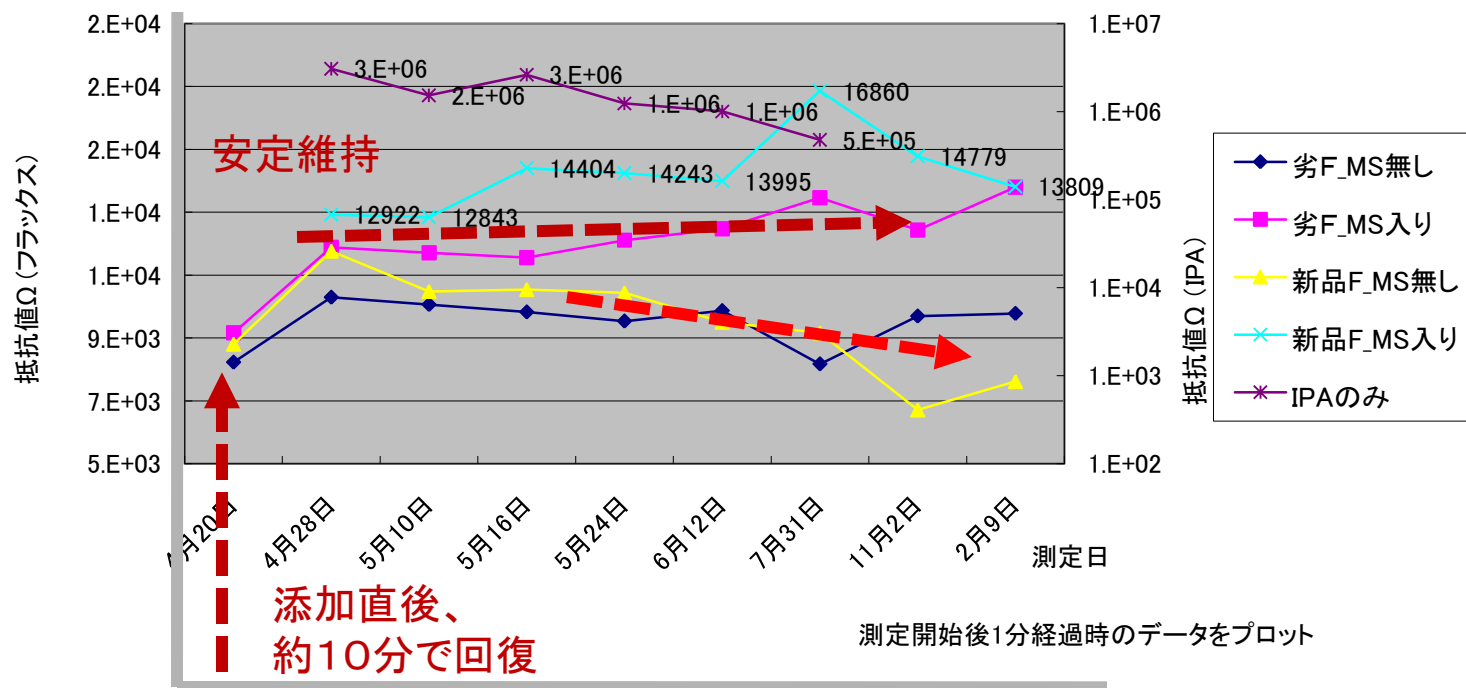
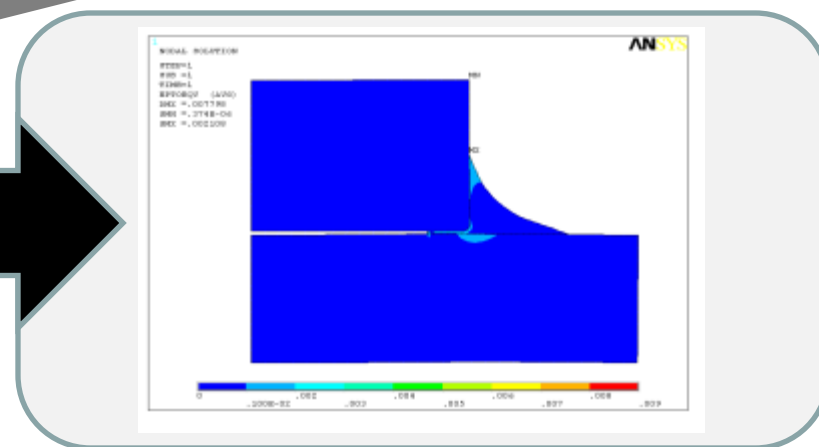
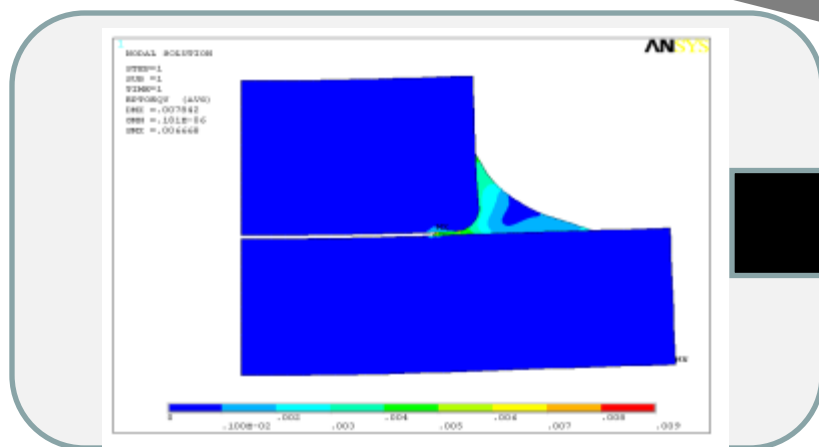
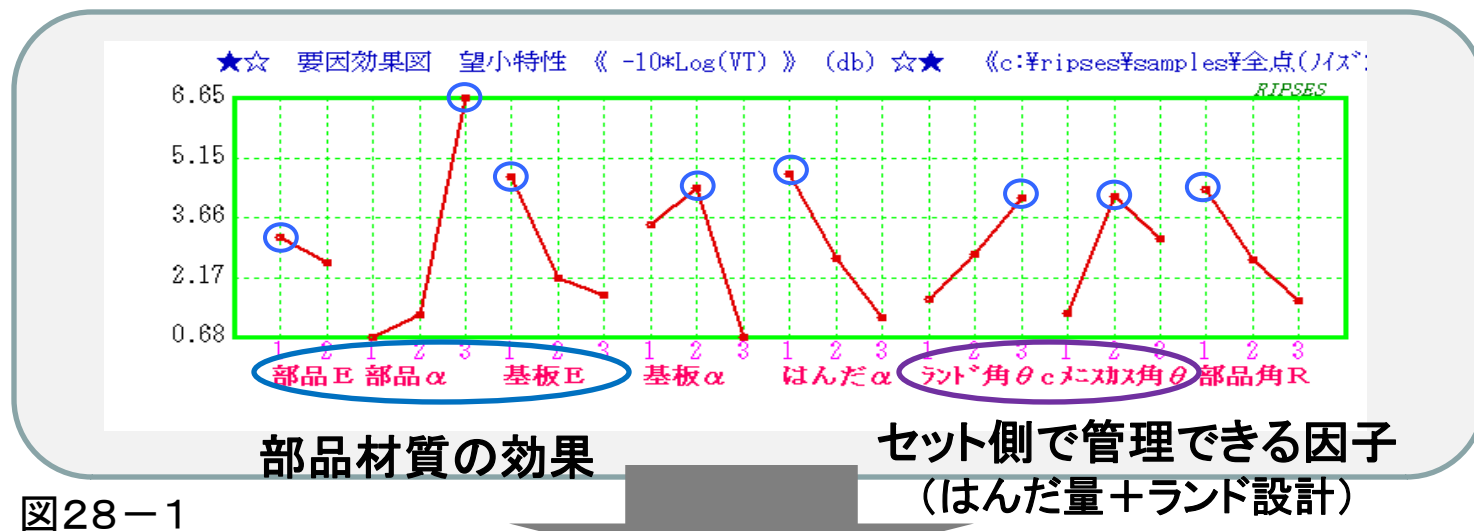


図27 フラックスの保存方法の違いによる電気抵抗値の推移



●形では見えない因子(=材料)の要因効果を忘れがち

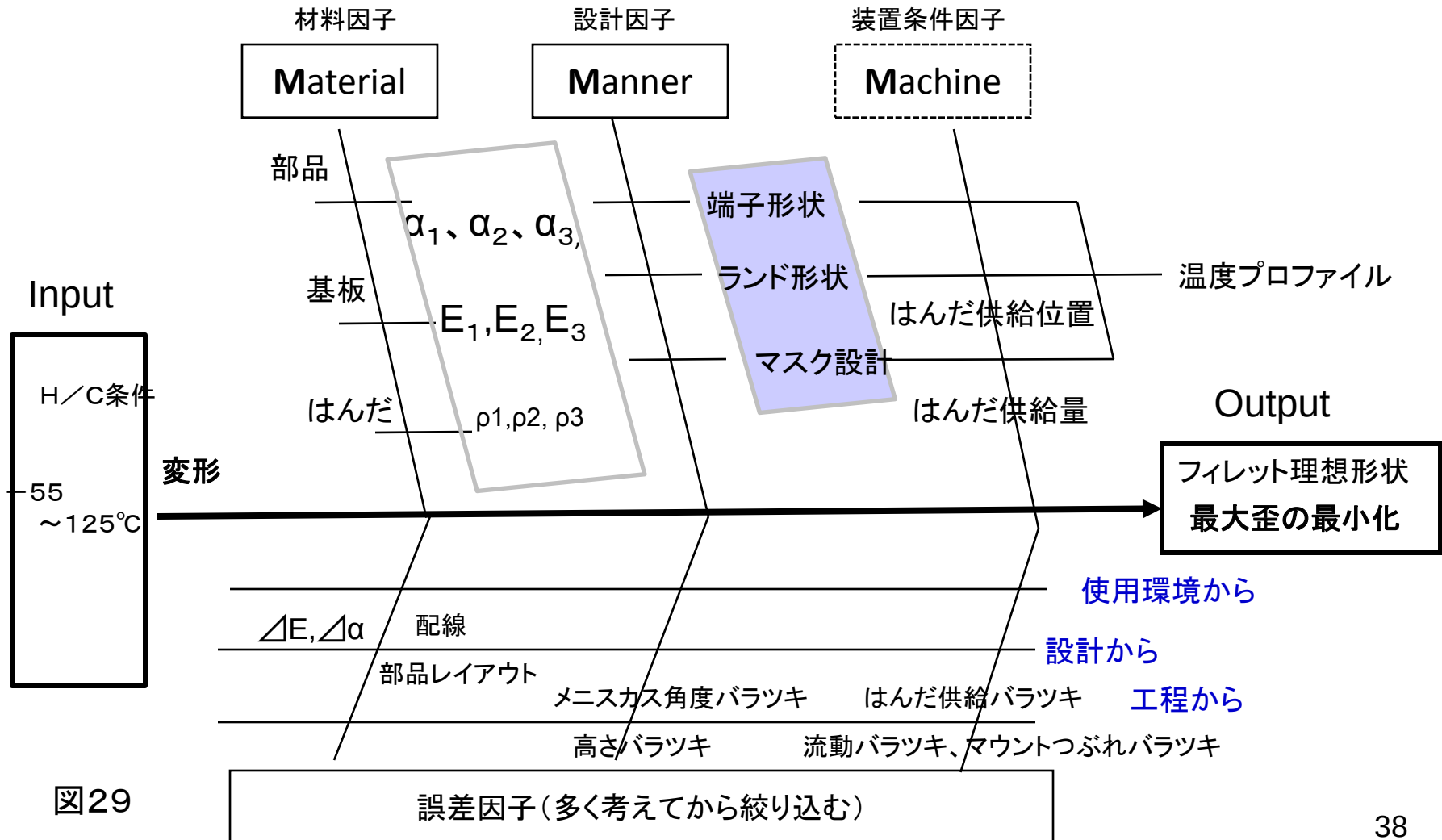
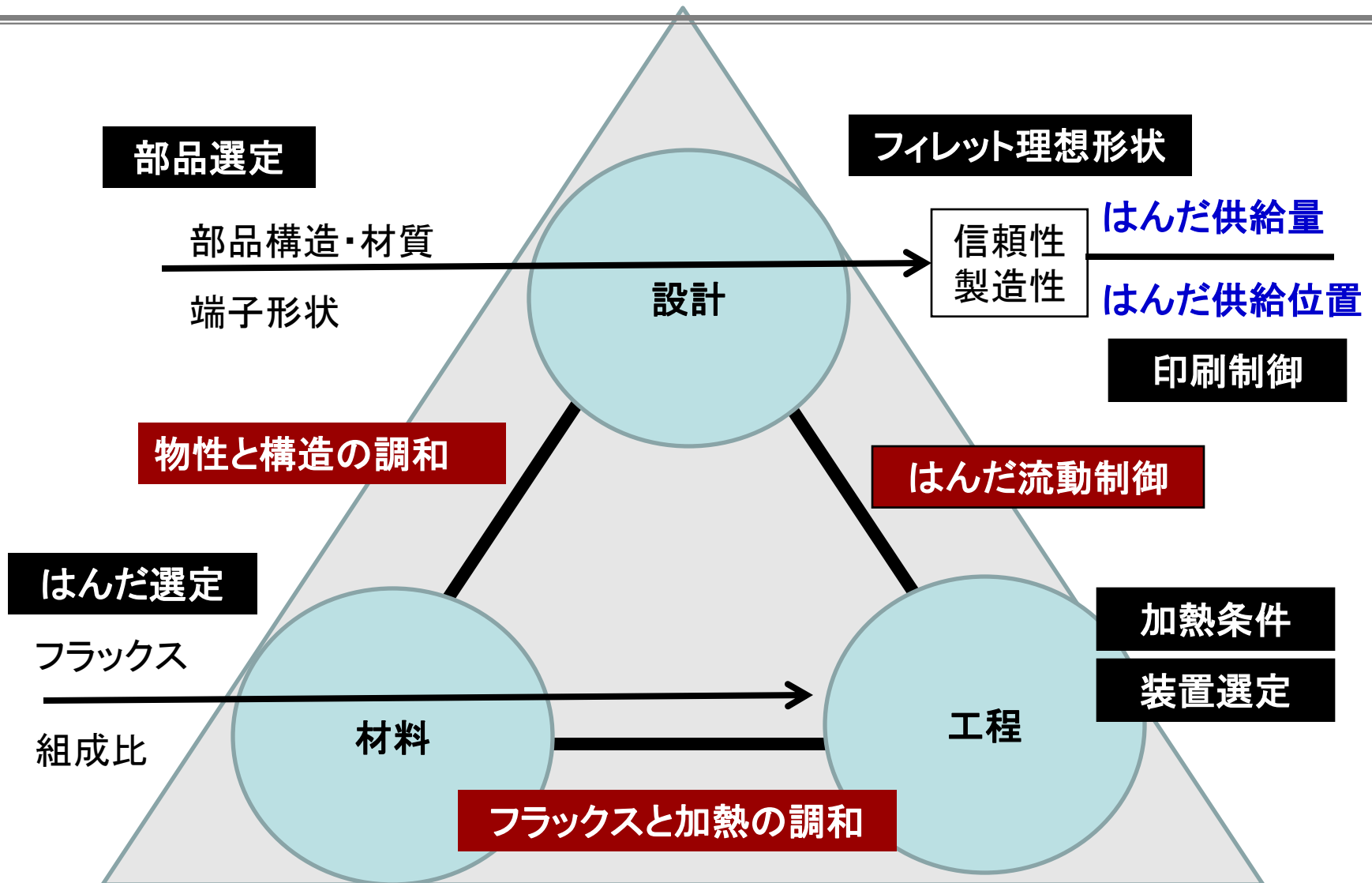


図29



- 3Mを調和させて、信頼性と製造性を作りこむ
- 調和関係を維持し、技術変更に強く、進化可能な体質を作る
- 工程から設計へと条件固定(標準化)し、生設一体化する

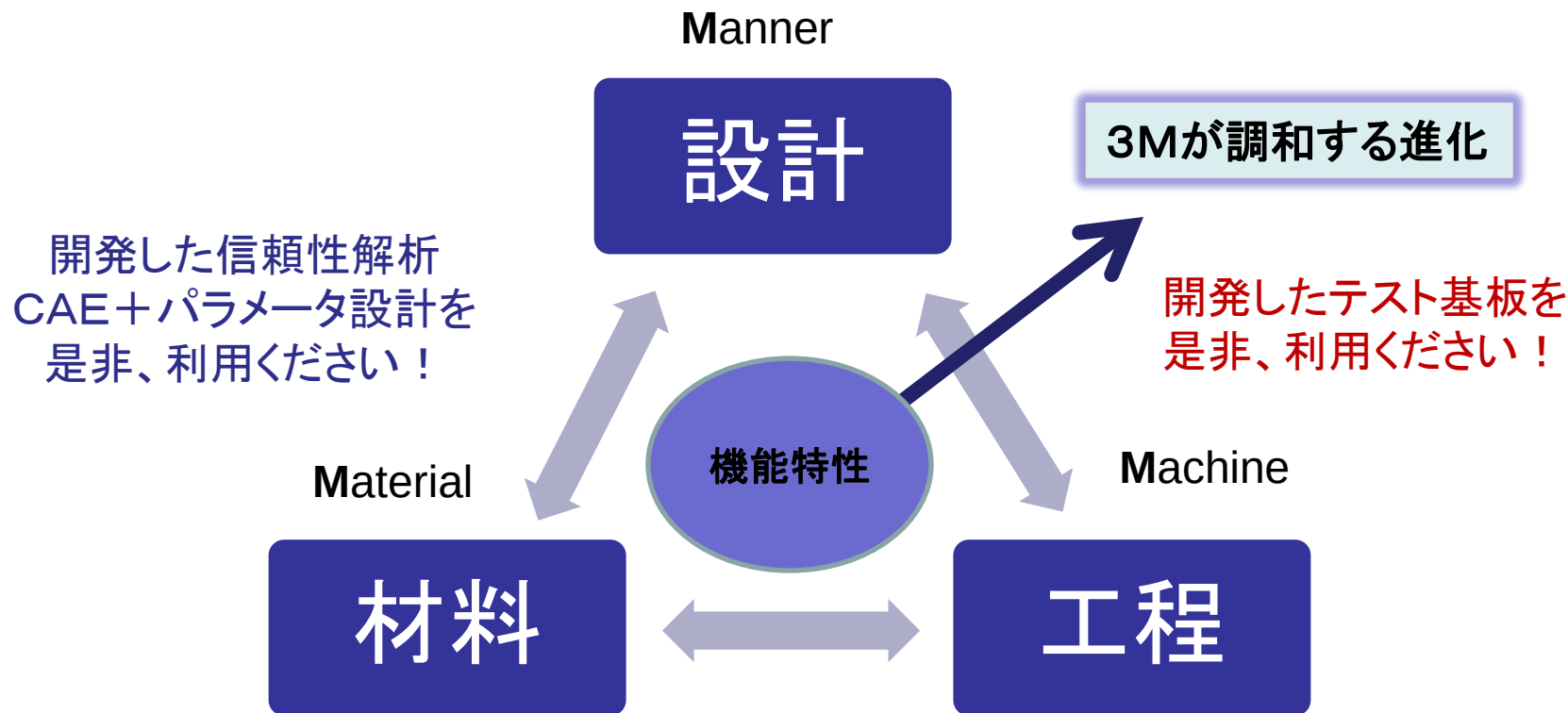


図30