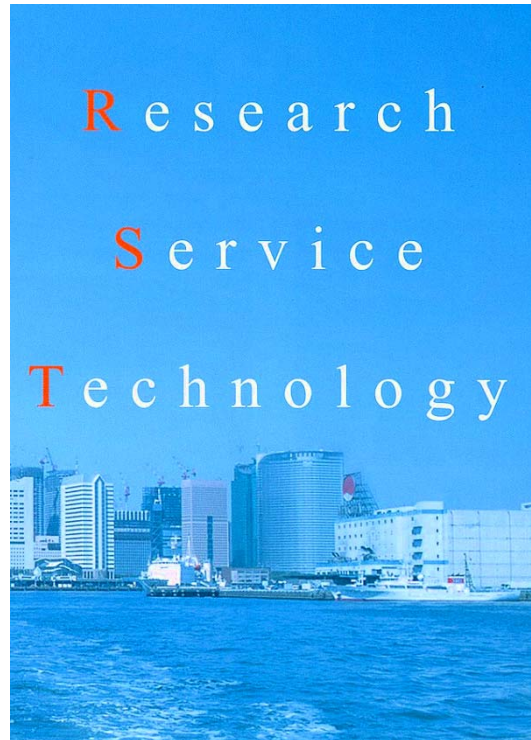


報告テーマ 統計的手法を用いた グラビティ鑄造の不良低減事例

サブテーマ
工程管理における管理図の効果

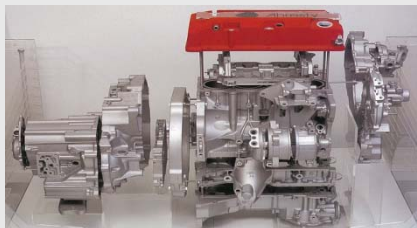
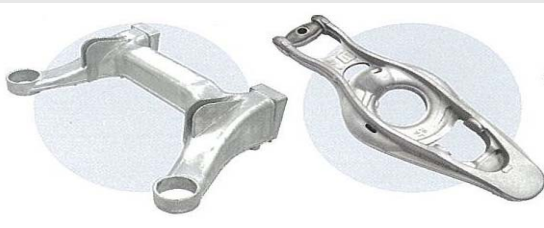
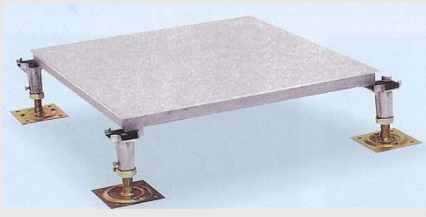
株式会社アーレスティ
東海工場 GDC課
栗田大渡



Ahresty

- ・「アーレスティ」・・・Research Service Technologyの統合＝企業理念
- ・R・・・新しい技術、市場、販売方法の絶え間ない開発研究調査
- ・S・・・ふれあいを重視した温かいサービス
- ・T・・・世の中の真に役に立つソフト, ハード両面の技術

Tab1. 会社概要

創 業	1938年 6月 22日
資本金	69億 3千 9百万円
従業員数	単体:891名 (2014年 3月) 連結:7,044名
売上高	1,267億 8千 3百万円 (2013年 4月～2014年 3月)
取扱品目	アルミニウムダイカスト製品  アルミニウムグラビティダイカスト製品  アルミニウム合金地金  フリーアクセスフロアパネル  ダイカスト周辺機器 
認証等	1997年 ISO 9001(建材), ISO9002(ダイカスト・アルミ)認証取得 2001年 ISO 14001認証取得 2014年 東京証券取引所市場第二部から同市場一部銘柄に指定

会社紹介

アルミニウムグラビティダイカスト製品を製造
する唯一の拠点



● 東海工場



● 熊谷工場



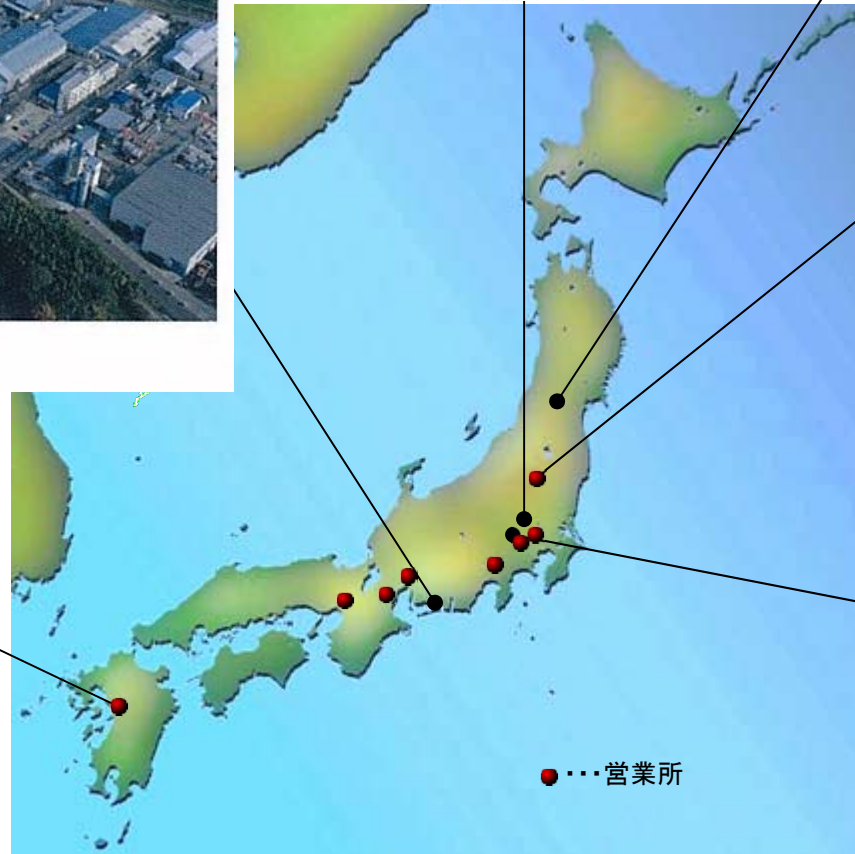
● 株式会社アーレスティ山形



● 株式会社アーレスティ栃木



● 株式会社アーレスティ熊本



● 東松山工場

Fig1. 国内生産拠点

会社紹介

Casting Our Eyes
on the Future

視線はまっすぐ未来へ

2005～



● 合肥阿雷斯提汽车配件有限公司

2006～



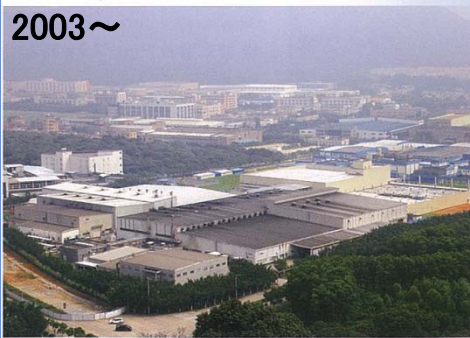
● Ahresty Mexicana, S.A. de C.V.

1988～



● Ahresty Wilmington Corporation

2003～



● 広州阿雷斯提汽车配件有限公司

2007～



● Ahresty India Private Limited



Fig2. 海外生産拠点

アルミニウムグラビティダイカスト法（Gravity Die Casting）

アルミニウム合金溶湯を重力で金型へ充填する鑄造方法。
特徴は内部欠陥が少なく、熱処理が可能。

Tab2. ダイカスト法との比較によるグラビティダイカスト法の特徴

	ダイカスト法	グラビティダイカスト法
充填時間	0.02～0.2秒	1～10秒
ガス量	10～20cc/100gAl …普通法 5～10cc/100gAl …GF法 1～3cc/100gAl …PF法	0.2～0.3cc/100gAl
製品の 形状 自由度	アンダーカット形状は不可能。	シェル中子などの崩壊性中子を使うことが可能であり、製品形状の自由度が大きい



工法紹介

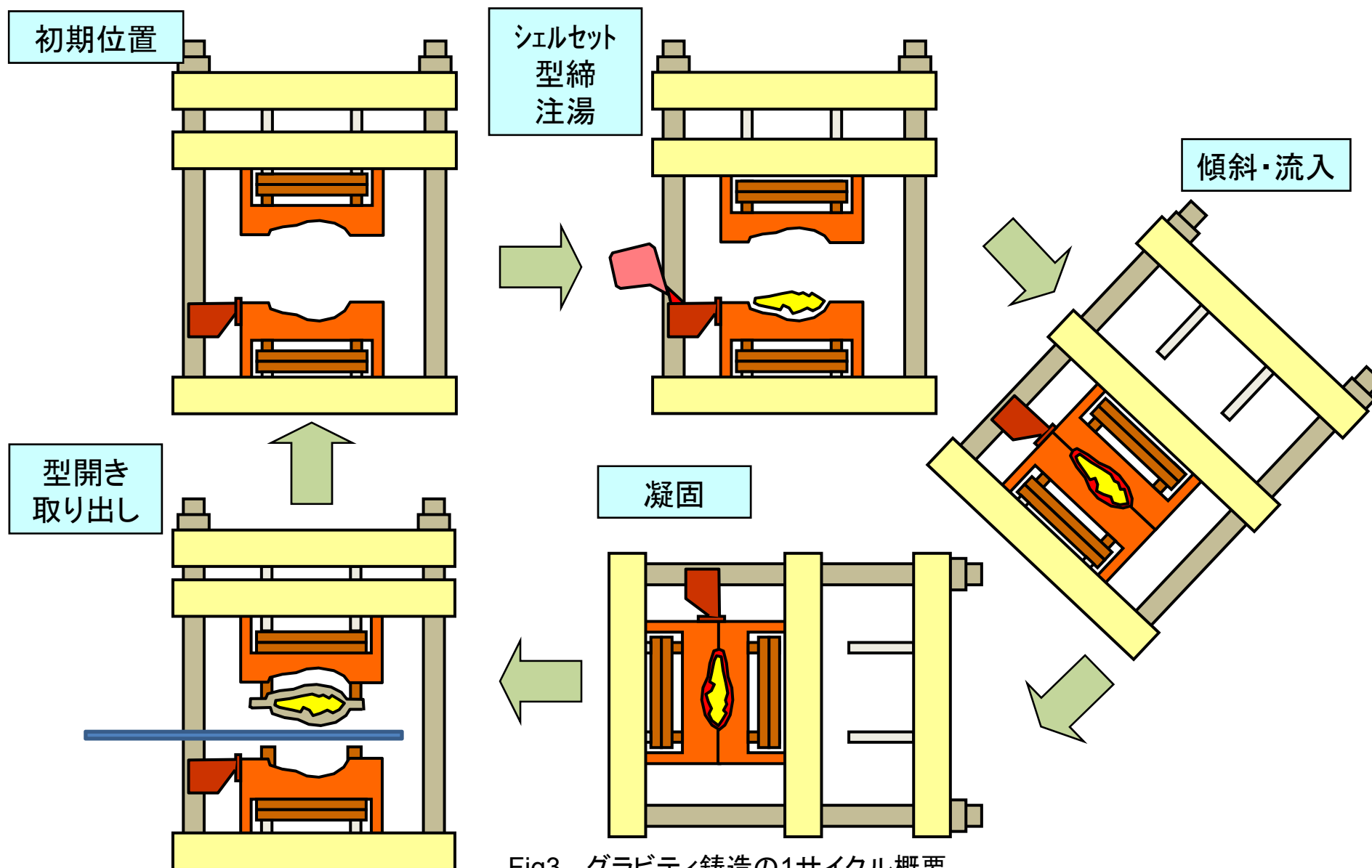


Fig3. グラビティ鑄造の1サイクル概要

グラビティダイカスト法で起きる品質不具合

Tab3. グラビティダイカスト法における主な不良事象

外観不良	打痕不良	外部からの衝撃によって生じたへこみ。
	湯廻り不良	製品形状が未充填のまま凝固する事で生じる形状欠損。
	ヒケ不良	液体から固体への状態変化過程での収縮により生じるへこみ。
内部欠陥	鑄巣不良	アルミニウム合金溶湯を金型へ充填する際、 製品内部に空洞が出来てしまう欠陥。 凝固収縮によるものやガス巻き込みによるものがある。
	圧洩れ不良	気密性を必要とする箇所、規定の圧力を加えたとき、鑄巣を起因とし、 ガス(気体)や液体の洩れが生じる。
その他	寸法不良	歪、径不良、深さ不良など、図面規格に適合しない。

本事例
の話題

1. はじめに

1-1. 対象製品と不良発生部位

船外機用:ステアリング

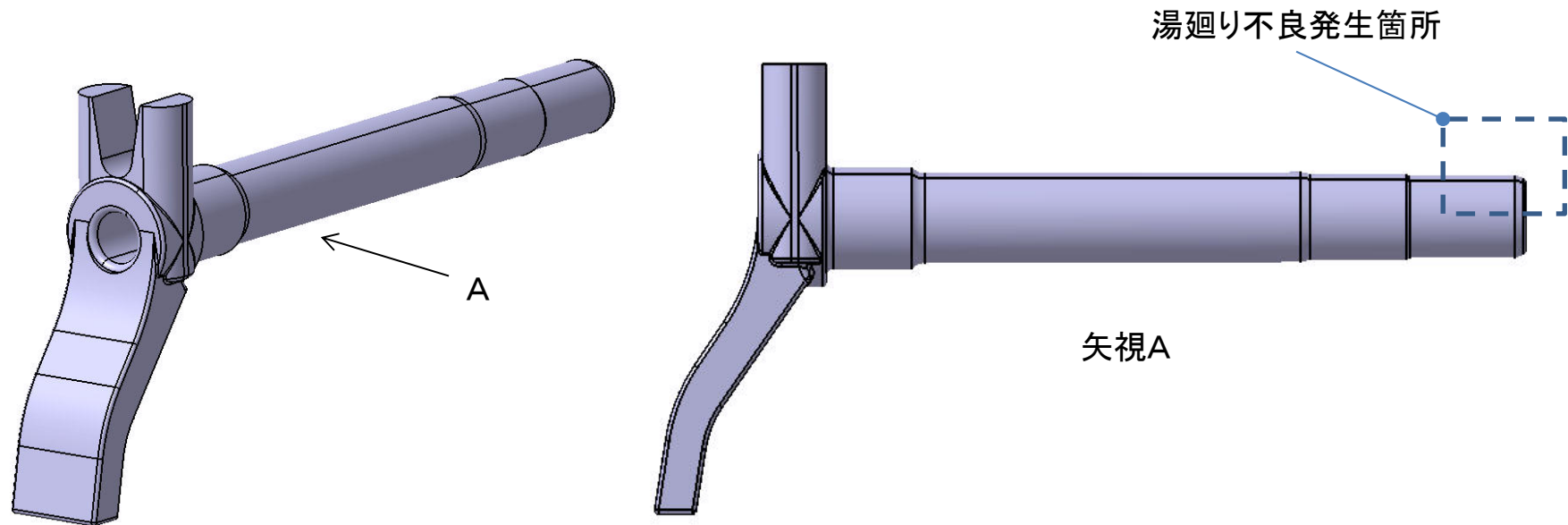


Fig4. 対象製品と不良発生部位

上図点線枠部に、湯廻り不良が発生する。
影響を与える因子を特定する為、
湯廻り性を定量的に評価する指標「特性Y」を用いて、調査・解析を実施する事とした。

2. 現状把握

2-1. 特性Yの調査①管理図

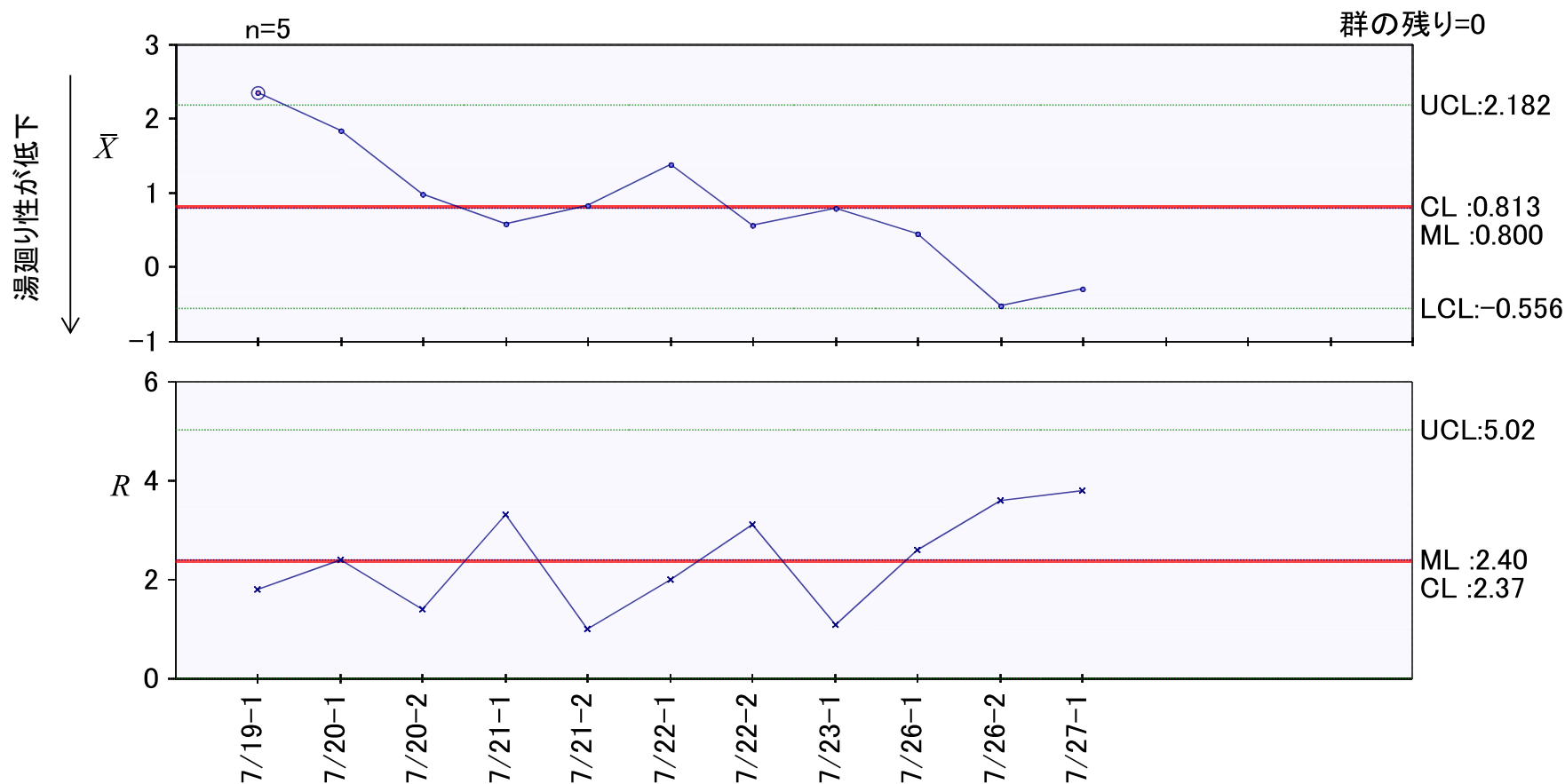


Fig5. 特性Yの勤務間における解析用 $\bar{X} - R$ 管理図(1ロット分)

ロット内での変動を検証すると、 $\bar{X}$ の点に時系列的な減少傾向がありそうである。

2. 現状把握

2-2. 特性Yの調査②工程能力

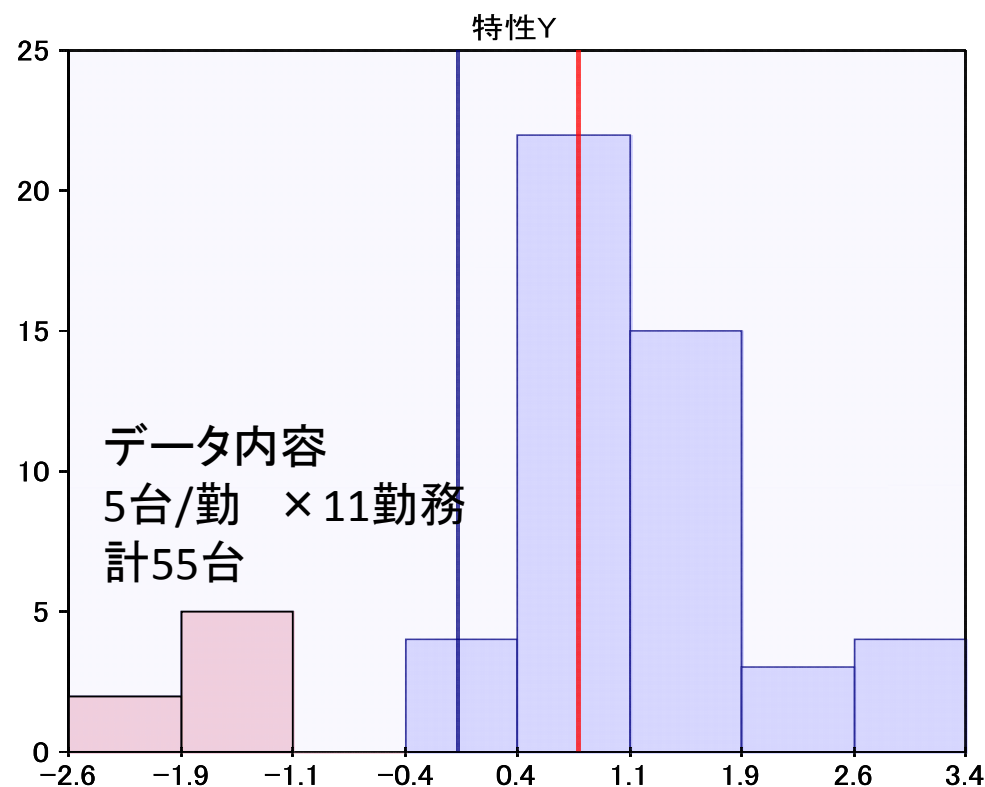


Fig6. 特性Yのヒストグラム

Tab4. 統計量

変数番号	2
データ数	55
最小値	-3
最大値	3
平均値	0.8
標準偏差	1.25
ひずみ	-0.723
とがり	1.205
上限規格値	-
下限規格値	0
Cp	0.217
Cpk	-
規格外データ数	7
規格内データ数	48

1ロット分のデータにて、工程能力を調査.

規格値は下限のみである. 工程能力は不足している状態である.

ばらつきは技術的に見て妥当な値と判断するが、平均値が小さい事が問題である.

2. 現状把握

2-3. 製造条件の検証 ①条件A

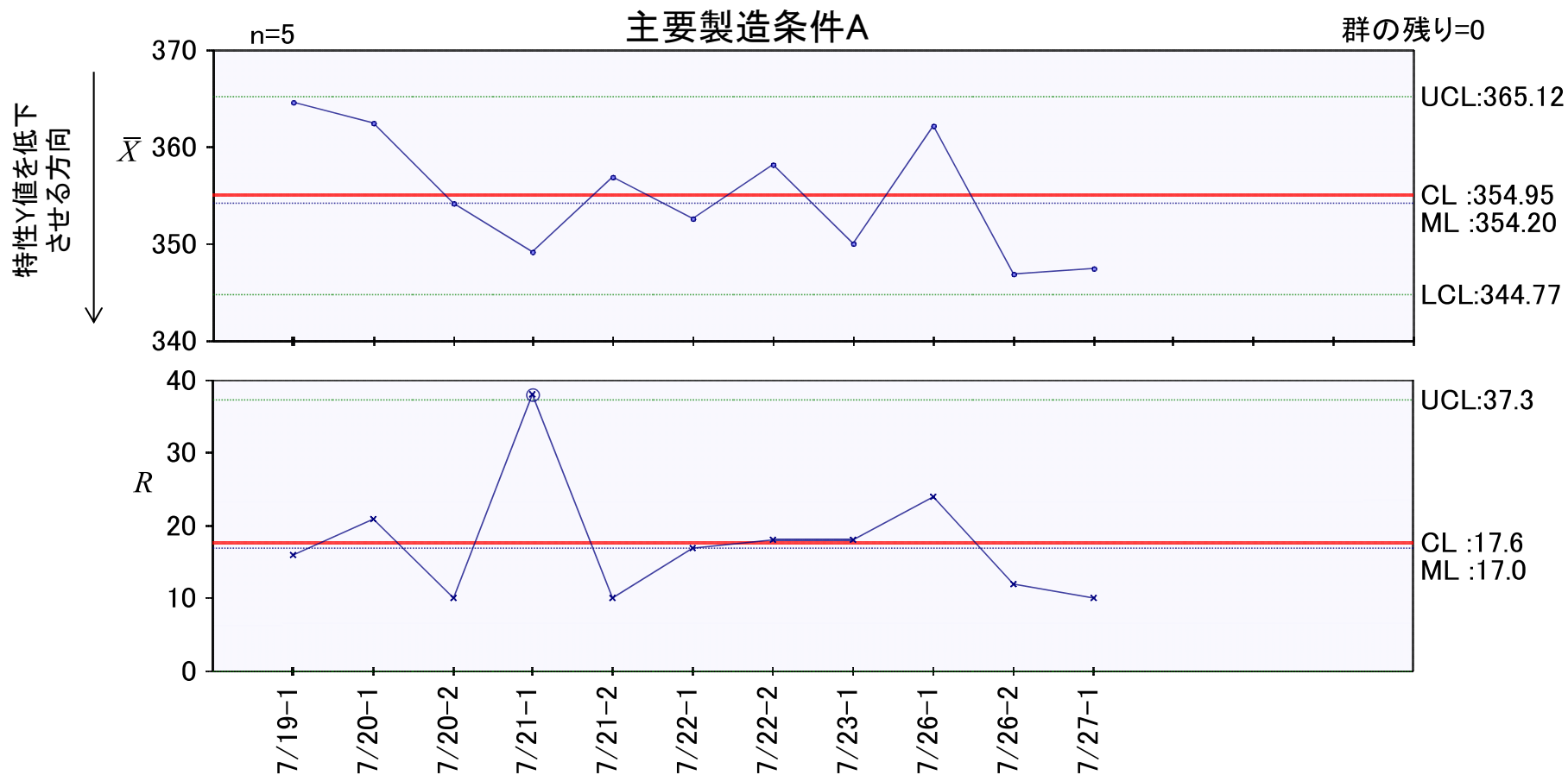


Fig7. 主要製造条件Aの勤務間における解析用 $\bar{X} - R$ 管理図

群の数が少ない為、検出力は低いと考えられるが、 $\bar{X}$ の点に若干の時系列的な変動が見受けられる。

2. 現状把握

2-3. 製造条件の検証 ②製造条件B

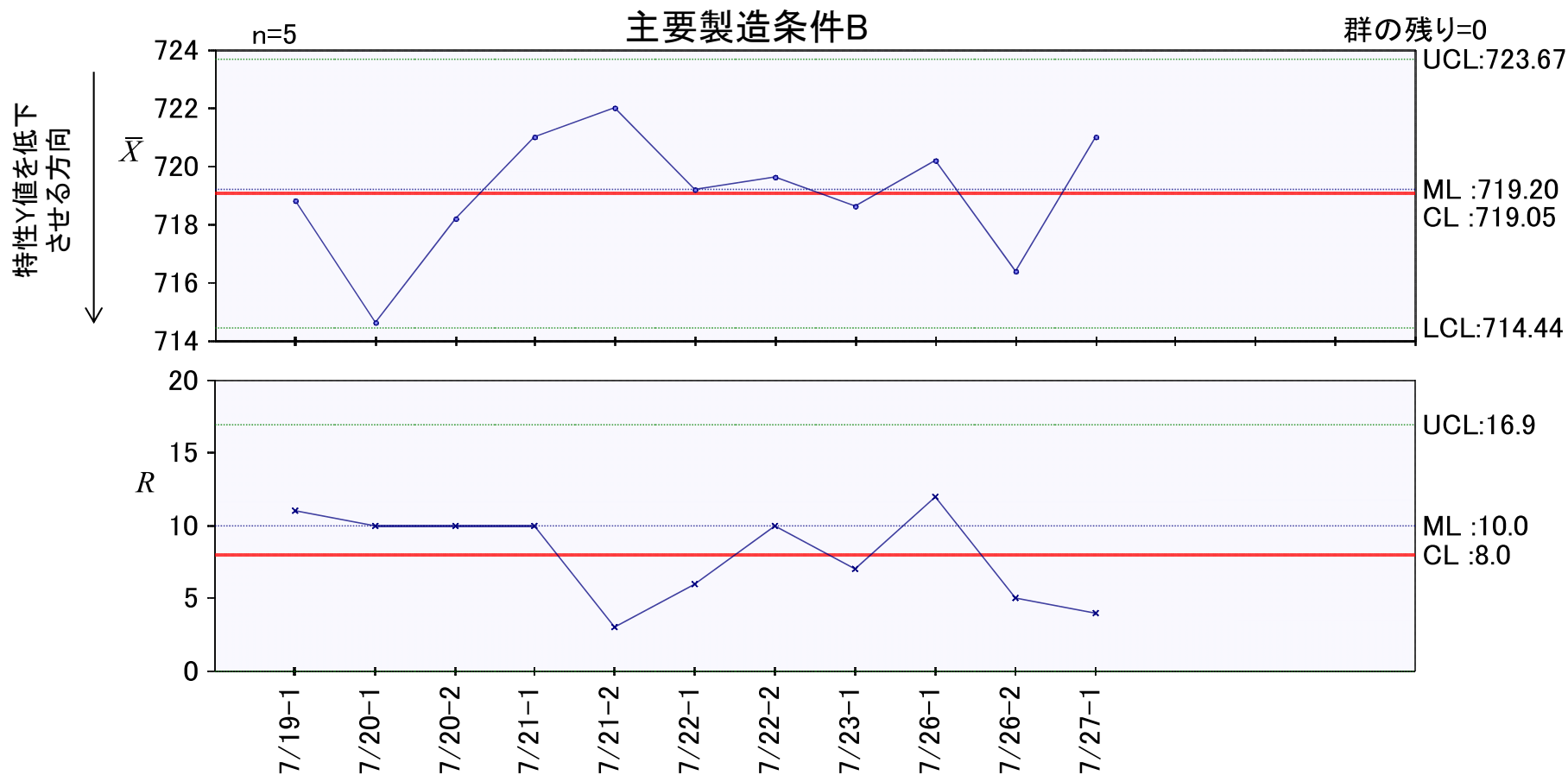


Fig8. 主要製造条件Bの勤務間における解析用 $\bar{X} - R$ 管理図

特に、異常や時系列的な傾向は見られない。

2. 現状把握

2-3. 製造条件の検証 ③製造条件C

計測の都合上、1回/勤のデータのみの為、X-R管理図で解析を実施する。

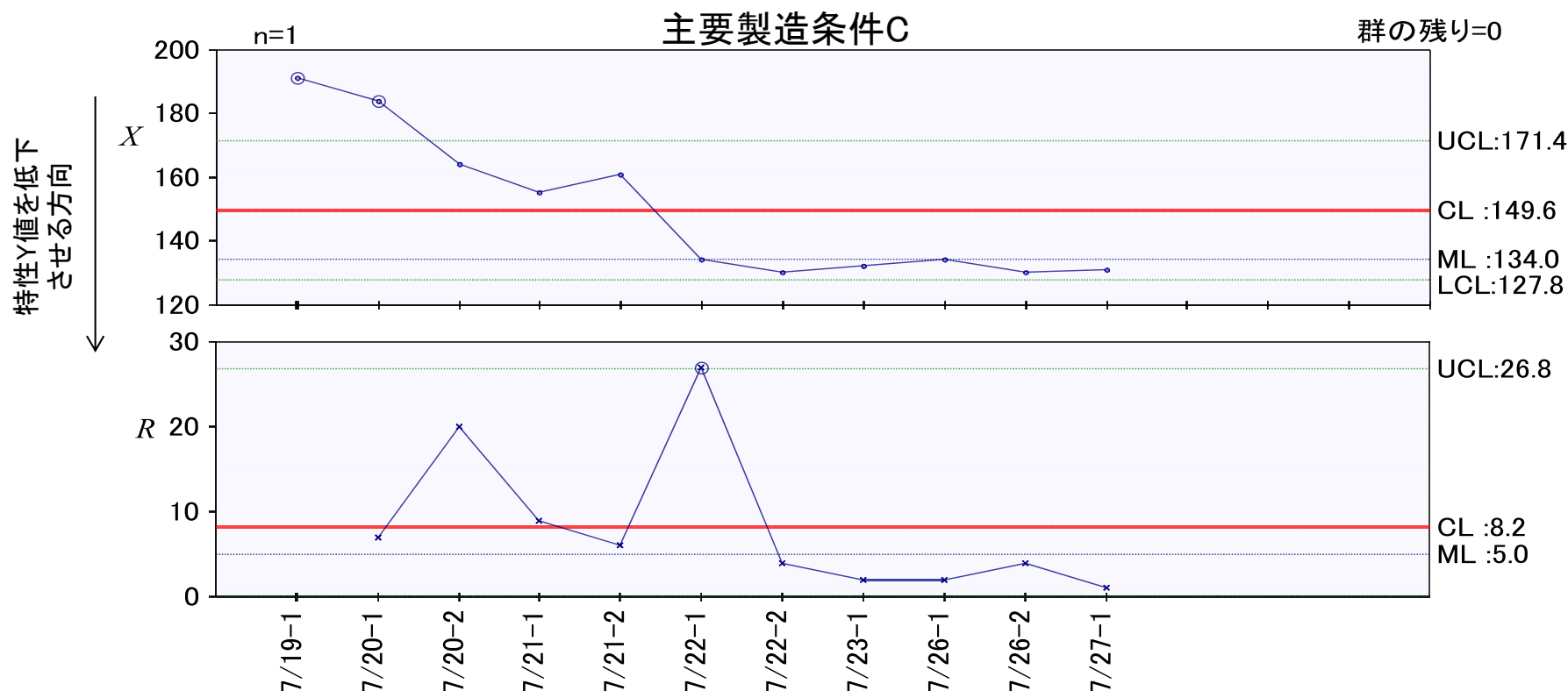


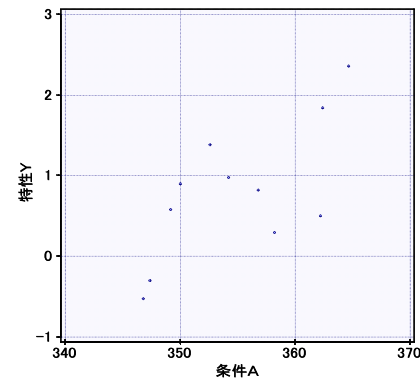
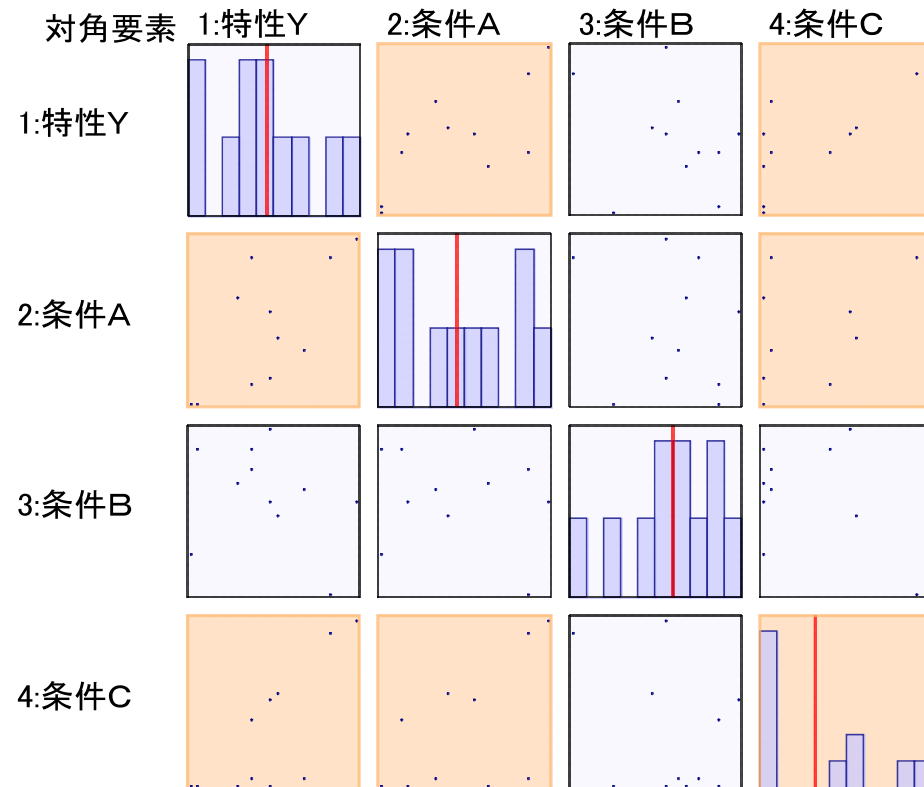
Fig9. 要製造条件Cの勤務間におけるX-R管理図

ロット開始より時系列的に減少し、その後はある一定の値で推移している。
しかしながら、その値は、他製品と比較しても逸脱した値では無い。
また、当因子は、現状技術では、時系列変動を制御する事が難しい因子である。

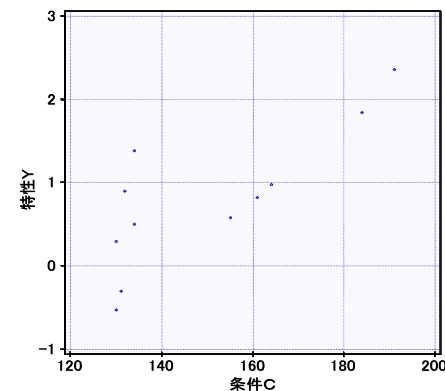
2. 現状把握

2-4. 特性との関係性の検証 ①条件A

特性Yの $\bar{X}$ の点に時系列的な傾向がある事が考えられた為、
特性Yと各条件の平均値を用い、散布図を作成し関係性を検証。



項目	横軸	縦軸
変数番号	2	1
変数名	条件A	特性Y
データ数	11	11
最小値	346.8	-0.52
最大値	364.6	2.36
平均値	354.95	0.804
標準偏差	6.342	0.8506
相関係数	0.693	



項目	横軸	縦軸
変数番号	4	1
変数名	条件C	特性Y
データ数	11	11
最小値	130	-0.52
最大値	191	2.36
平均値	149.6	0.804
標準偏差	22.75	0.8506
相関係数	0.786	

Fig10. 特性Yと各条件の関連性

条件A、Cは、相関係数が高く、関連性がありそうである。

3. 実験の計画と実施

3-1. 実験に取り上げる因子の抽出

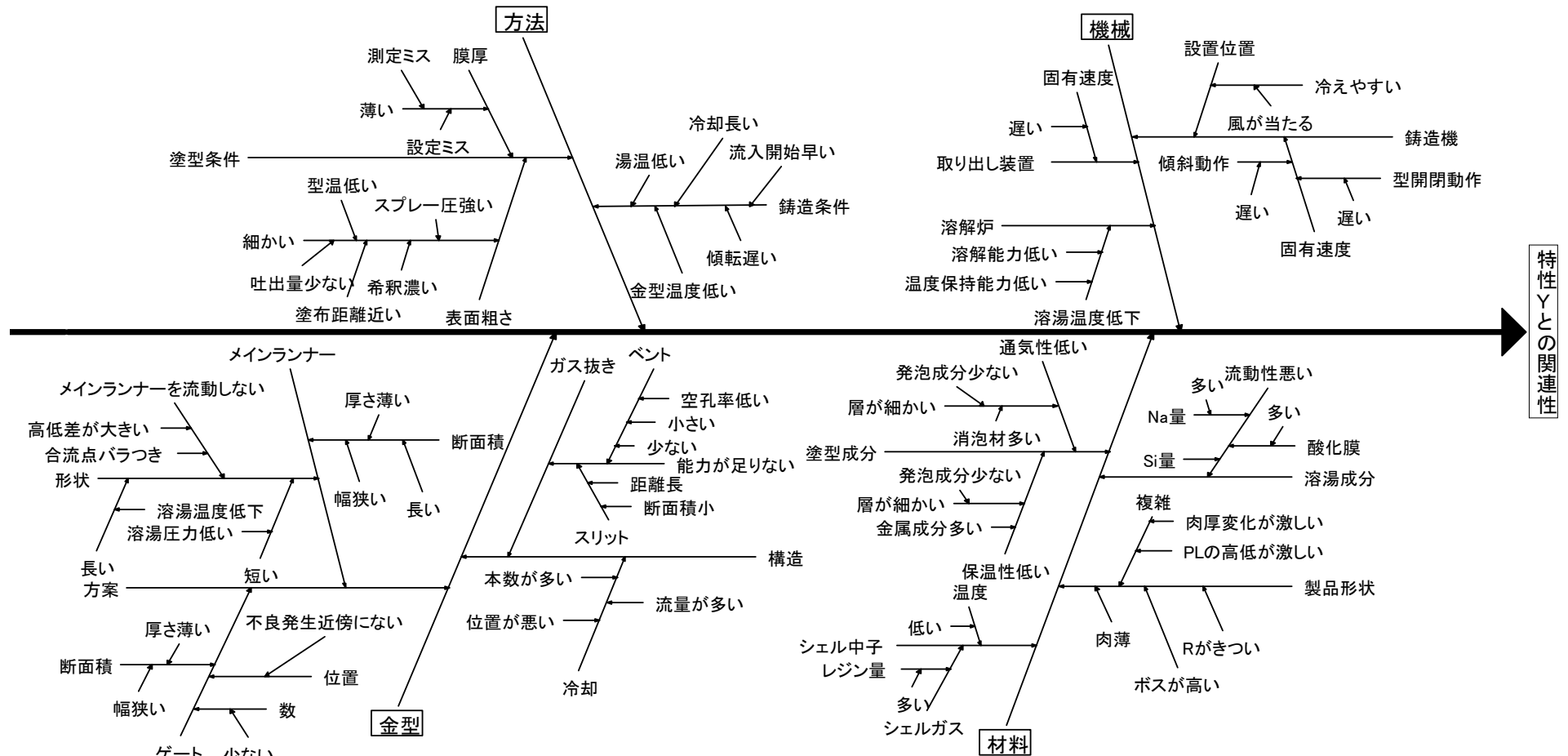


Fig11. 特性要因図

特性Yの水準を増加させる為に実験を計画.

特性Yの変動を加味し、現状把握データと当特性要因図より、要因を抽出した.

3. 実験の計画と実施

3-2. 実験に取り上げた因子とその理由

Tab5. 工程の管理状態と時系列的傾向調査

No.	因子名	取り上げた理由
1	因子A	特性Yと相関が見られた為. (条件A)
2	因子B	特性要因図より
3	因子C	↑
4	因子D	↑
5	因子F	類似製品との比較調査より値が飛び離れていた為

※1. 因子B、因子Cは、先に管理図で検証した条件B、Cでは無い。
 条件Bは、相関がなさそうであった為、取り上げていない。
 条件Cは、相関があったが、制御できない為、取り上げていない。
 実験では、ロット中間程度の値を狙い値として設定して実験を計画した。

製造条件の管理状態の確認、類似製品との相違点検証を実施。
 影響因子の特定の為、実験を計画した。

3. 実験の計画と実施

3-3. 直交表実験の為の計画

Tab6. 実験概要

実験特性値	特性Y	
主要因	水準	
因子A	現行水準を跨いだ2水準	
因子B		
因子C		
因子D		
因子F	現行水準	良化すると思われる水準
交互作用		
因子A × 因子B	技術的に交互作用があると考えられる	

Tab7. 直交表

割り付け	A	B	AB	C	D	e	F	実験順序
1	1	1	1	1	1	1	1	5
2	1	1	1	2	2	2	2	4
3	1	2	2	1	1	2	2	1
4	1	2	2	2	2	1	1	8
5	2	1	2	1	2	1	2	3
6	2	1	2	2	1	2	1	2
7	2	2	1	1	2	2	1	6
8	2	2	1	2	1	1	2	7
成分	a	b	ab	c	ac	bc	abc	

主効果5つ、交互作用1つであるので、L8直交表を用いて因子を割り付けた。

3. 実験の計画と実施

3-4. 実験の実施 ①直交配列表とデータプロット

Tab8. 実験データ概要

列番	1	2	3	4	5	6	7	特性Y
No	A:因子A	B:因子B	A×B	C:因子C	D:因子D		F:因子F	
1	A1	B1	1	C1	D1	1	E1	0.54
2	A1	B1	1	C2	D2	2	E2	2.76
3	A1	B2	2	C1	D1	2	E2	3.61
4	A1	B2	2	C2	D2	1	E1	0.39
5	A2	B1	2	C1	D2	1	E2	4.74
6	A2	B1	2	C2	D1	2	E1	2.24
7	A2	B2	1	C1	D2	2	E1	1.64
8	A2	B2	1	C2	D1	1	E2	3.46

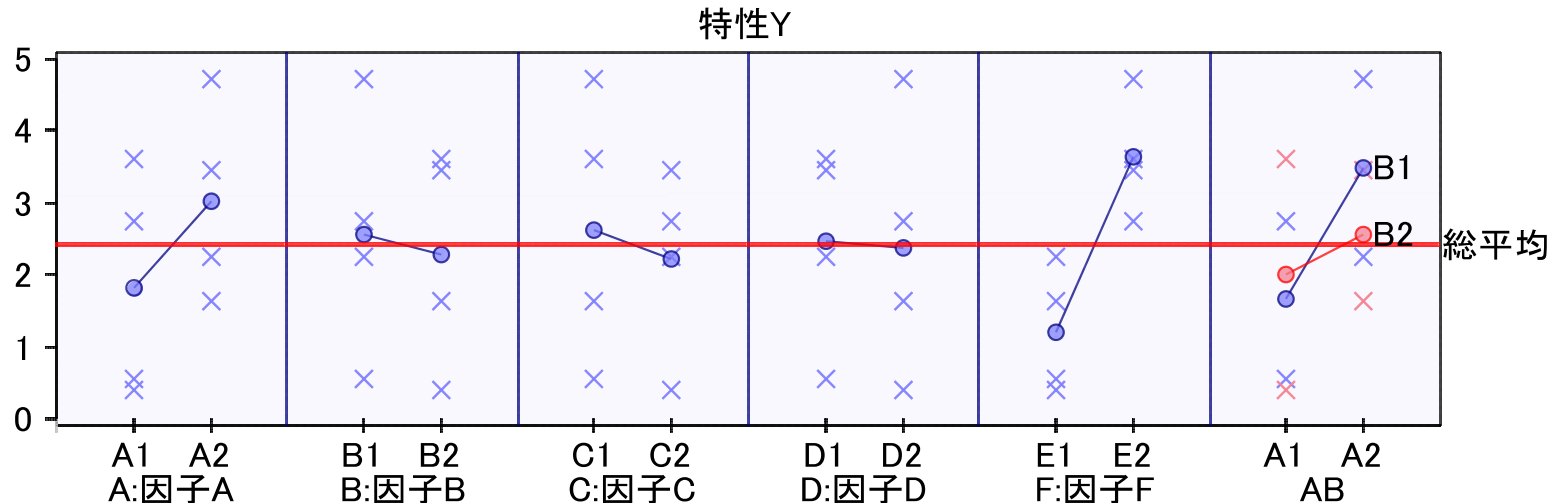


Fig12. 実験データプロット

因子F、因子Aが主効果として効いていそうである。

3. 実験の計画と実施

3-4. 実験の実施 ②分散分析結果

Tab9. 分散分析表

No	要因	平方和	自由度	分散	分散比	検定	P値（上側）
1	A:因子A	2.8561	1	2.8561	18.215		0.147
2	B:因子B	0.1741	1	0.1741	1.110		0.483
3	C:因子C	0.3528	1	0.3528	2.250		0.374
4	D:因子D	0.0128	1	0.0128	0.082		0.823
5	F:因子F	11.9072	1	11.9072	75.939		0.073
6	AB	0.8321	1	0.8321	5.306		0.261
7	誤差	0.1568	1	0.1568			
8	計	16.2918	7				

【検定結果】 **: 1%有意 * : 5%有意 空白 : 有意差なし

Tab10. 分散分析表（プーリング後）

No	要因	平方和	自由度	分散	分散比	検定	P値（上側）
1	A:因子A	2.8561	1	2.8561	9.343	*	0.028
2	F:因子F	11.9072	1	11.9072	38.951	**	0.002
3	誤差	1.5285	5	0.3057			
4	計	16.2918	7				

【検定結果】 **: 1%有意 * : 5%有意 空白 : 有意差なし

因子Fは高度に有意、因子Aは有意との結果となった。

3. 実験の計画と実施

3-4. 実験の実施 ③値の推定

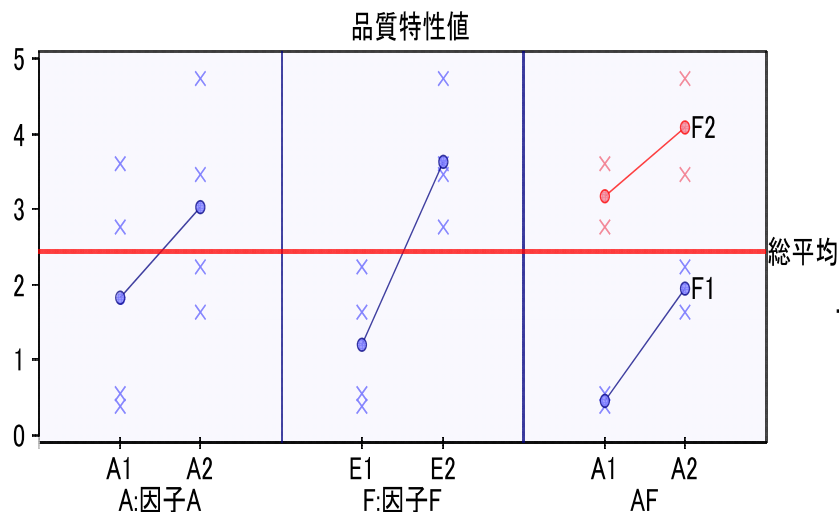


Fig13. 有意差のあった因子とその交互作用のデータプロット

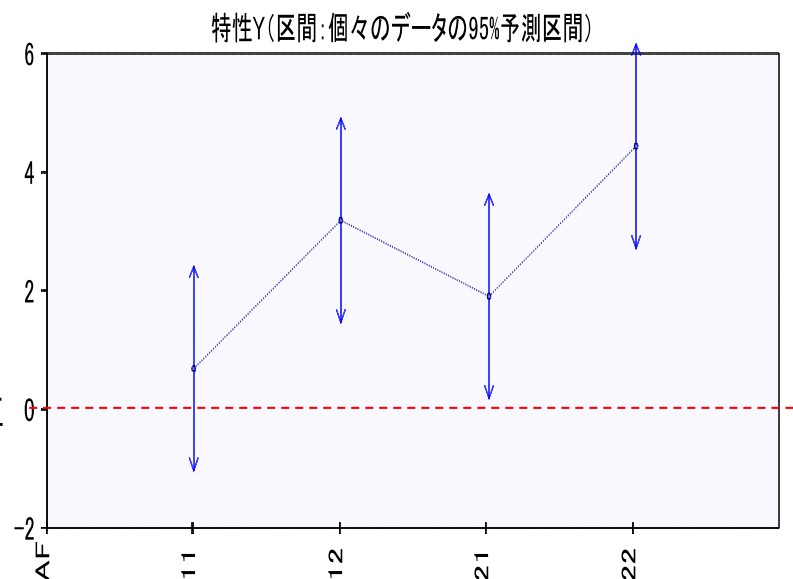


Fig14. 実験データからの予測区間

Tab11. 各水準組み合わせでの推定値、予測値

No	A	F		母平均	信頼区間			予測区間		
	因子A	因子F			下限(95%)	上限(95%)	幅	下限(95%)	上限(95%)	幅
1	A1	E1	min	0.605	-0.2654	1.4754	0.8704	-1.0616	2.2716	1.6666
2	A1	E2		3.045	2.1746	3.9154	0.8704	1.3784	4.7116	1.6666
3	A2	E1		1.800	0.9296	2.6704	0.8704	0.1334	3.4666	1.6666
4	A2	E2	max	4.240	3.3696	5.1104	0.8704	2.5734	5.9066	1.6666

有意差のあった因子A、因子Fの組み合わせにて、推定を実施。
交互作用には有意差が無い為、それぞれ単独で組み合わせを決定した結果、
A2E2の水準組み合わせにおいて、95%予測区間下限値が2.57と、良好な値である。

4. 対策実施

4-1. 対策内容

Tab12. 因子とその水準

主要因	水準	
因子A	現行水準を跨いだ2水準	
因子B		
因子C		
因子D		
因子F	現行水準	良化すると思われる水準

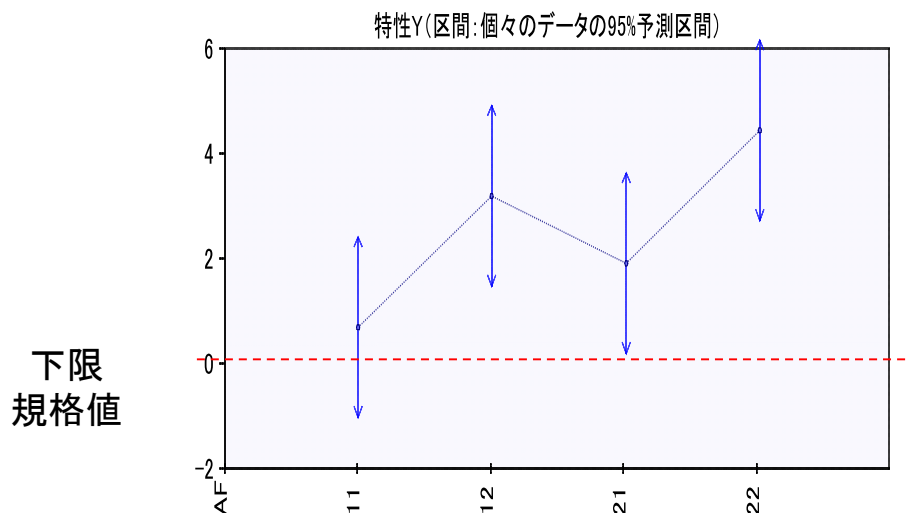


Fig15. 実験データからの予測区間

Tab13. 各水準組み合わせでの推定値、予測値

No	A	F		母平均	信頼区間			予測区間		
	因子A	因子F			下限(95%)	上限(95%)	幅	下限(95%)	上限(95%)	幅
1	A1	E1	min	0.605	-0.2654	1.4754	0.8704	-1.0616	2.2716	1.6666
2	A1	E2		3.045	2.1746	3.9154	0.8704	1.3784	4.7116	1.6666
3	A2	E1		1.800	0.9296	2.6704	0.8704	0.1334	3.4666	1.6666
4	A2	E2	max	4.240	3.3696	5.1104	0.8704	2.5734	5.9066	1.6666

因子F → 第2水準(良化すると思われる水準)に設定.

因子A → 第2水準に設定.

その他の因子 → 現行水準に設定.

4. 対策実施

4-2. 効果の確認

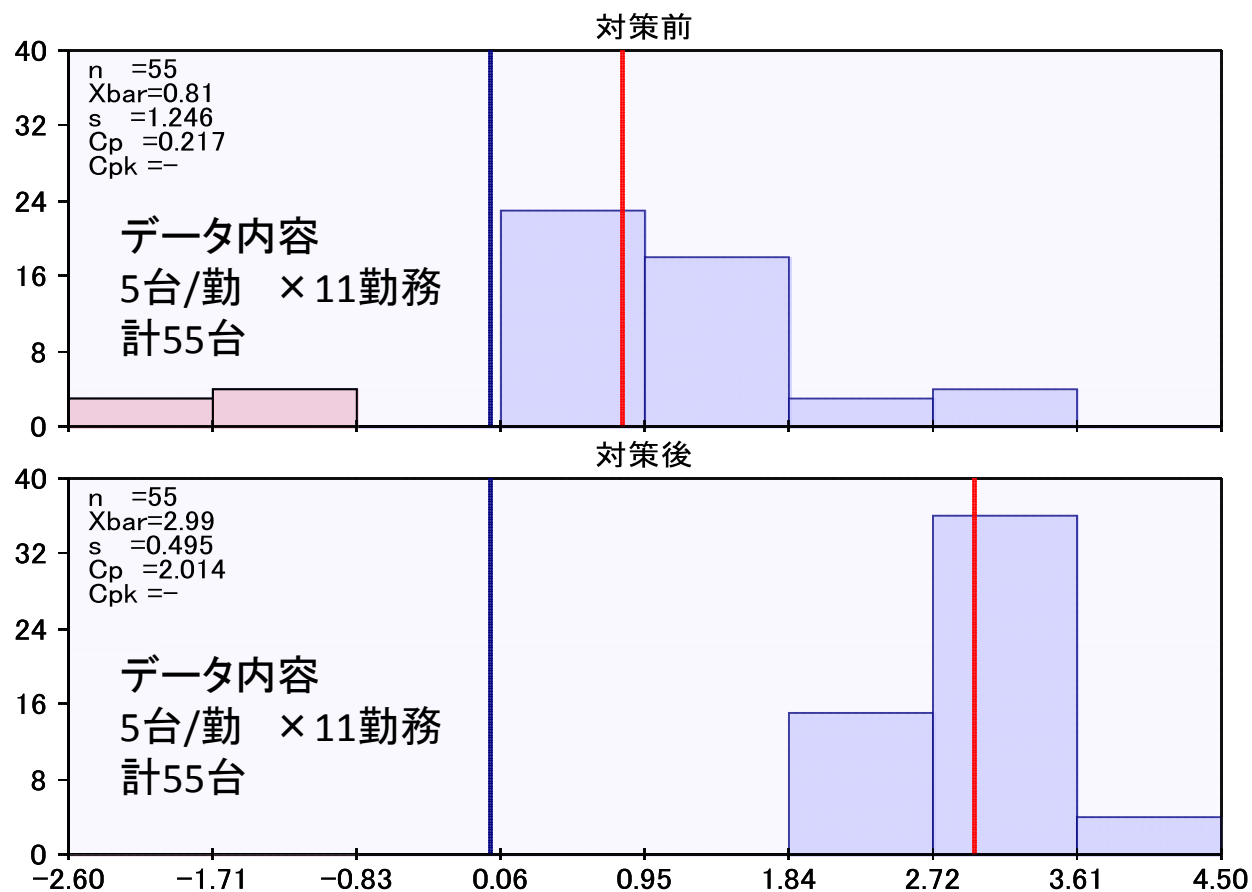


Fig16. 対策前後の特性Yのヒストグラム(1ロット内での比較)

最適水準へ変更した事により、平均値が増加し、工程能力は十分と考える。
気になる点としては、対策後でばらつきが低減している事である。

5. 効果確認

5-3. 不良率の確認

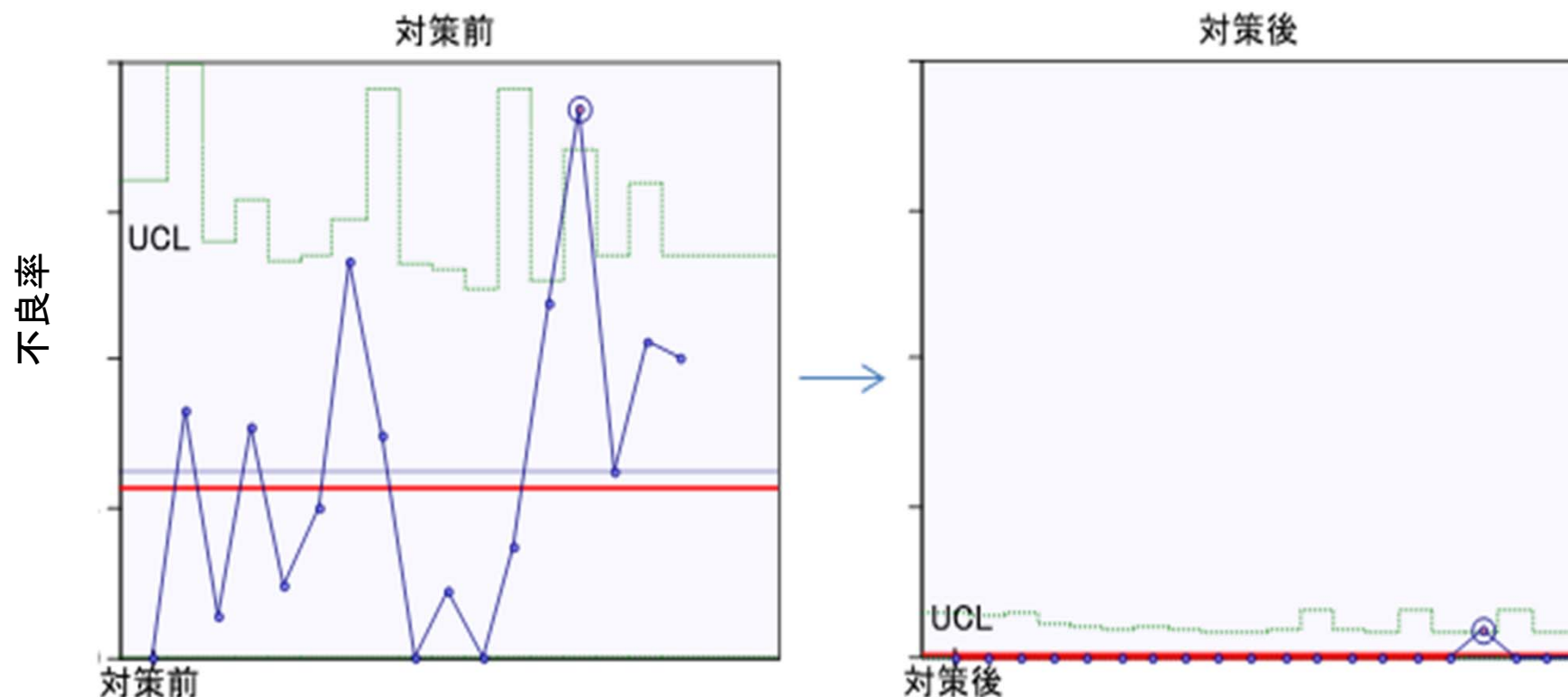


Fig17.. 湯廻り不良の勤務間におけるp管理図

ロット内の、 $\bar{X}$ の点の変動を加味しても工程能力は十分に有る。
結果として、湯廻り不良率は、ほぼ0%の値で推移している。

5. 効果確認

5-4. 湯廻り性の確認

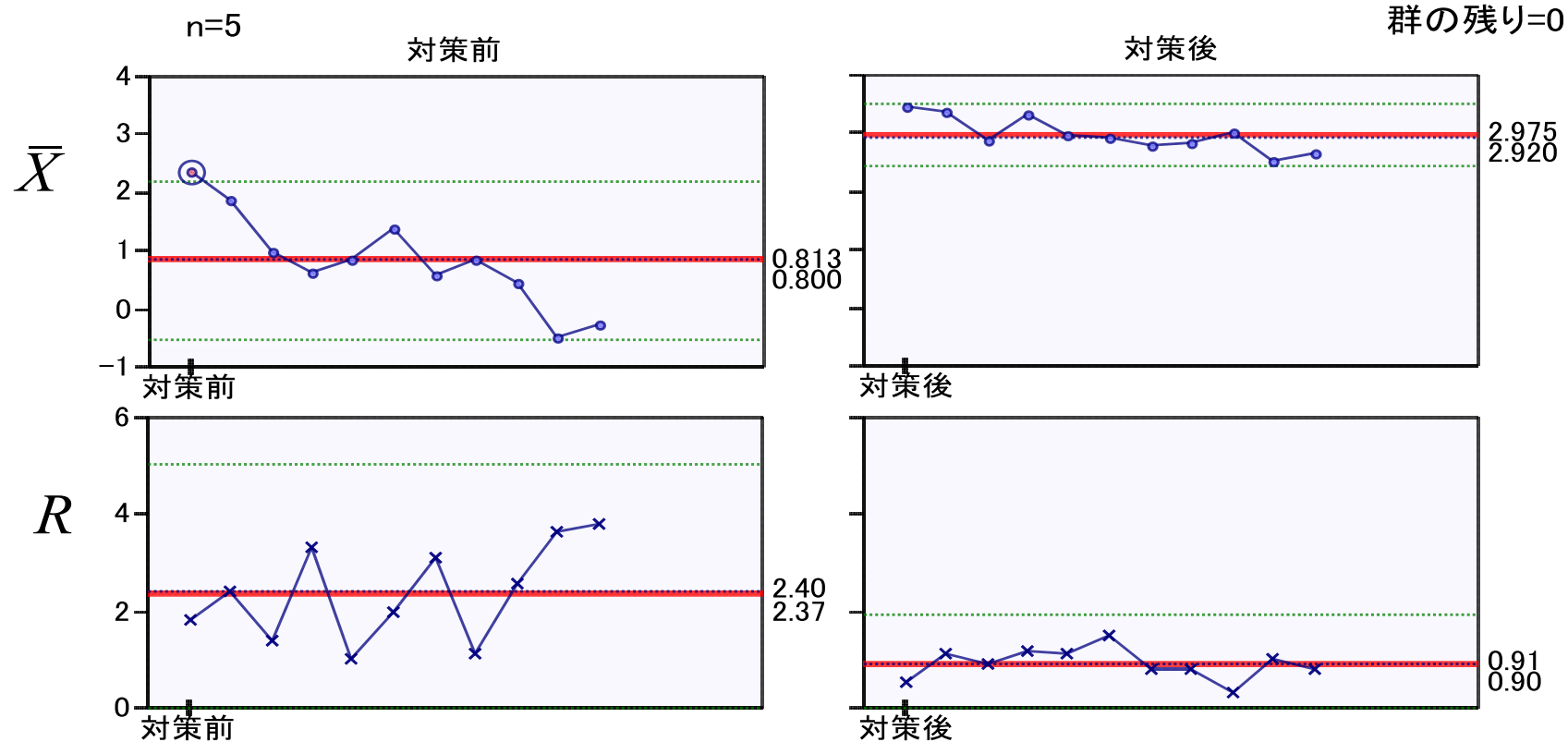


Fig18. 特性Yの $\bar{X} - R$ 管理図

対策後は、 $\bar{X}$ の点に若干の時系列的傾向がありそうだが、工程は、安定状態にある。特性Yの水準増加の結果として、ばらつきが低減した事が、要因として挙げられる。今後、因子Fの特性Yに対する頑健性を検証していく必要があると考える。

6. 総括

湯廻り性評価指標である、特性Yに影響する因子を最適化する事で、
工程能力が増加し、湯廻り不良率を低減することができた。
今後も、特性Yにおいて管理図を有効的に活用し、
湯廻り性に対する管理技術を継続して構築していく。

参考文献

・QC7つ道具、検定・推定入門 著：奥原正夫 編著：棟近雅彦
出版社：株式会社日科技連出版社 初版：2006年11月22日発行

・実験計画法入門 著：奥原正夫 編著：棟近雅彦
出版社：株式会社日科技連出版社 初版：2006年11月22日発行

・管理図・SPC・MSA入門 著：奥原正夫・加瀬三千雄 監修：棟近雅彦
出版社：株式会社日科技連出版社 初版：2011年9月7日発行

本著作物は原著作者の許可を得て，株式会社日本科学技術研修所（以下弊社）が掲載しています．本著作物の著作権については，制作した原著作者に帰属します．

原著作者および弊社の許可なく営利・非営利・イントラネットを問わず，本著作物の複製・転用・販売等を禁止します．

所属および役職等は，公開当時のものです．

■公開資料ページ

弊社ウェブページで各種資料をご覧ください <http://www.i-juse.co.jp/statistics/jirei/>

■お問い合わせ先

(株)日科技研 数理事業部 パッケージサポート係 <http://www.i-juse.co.jp/statistics/support/contact.html>