

# 特集 低労務費地域における工程設計手法の確立\*

## Method for Designing Production Lines in Low Labor Rate Countries

仲 美雄      山崎辰夫      中村 博      森口啓吾  
 Yoshio NAKA      Tatsuo YAMAZAKI      Hiroshi NAKAMURA      Keigo MORIGUCHI  
 前 嶋 和 樹      土 橋 正 臣  
 Kazuki MAESOBA      Masaomi DOBASHI

Recently, the business environment of auto parts makers has been drastically changing as car makers are expanding their overseas production. Under this globalization and borderless movement, auto parts makers have to establish production engineering methods that achieve cost reduction. We have established a production engineering method for designing production lines in low labor rate countries, through the design of the SE08 alternator production line at DNTH. In this paper, we will discuss our method, mainly focusing on the following two topics :

- (1) Machine design method to maximize labor ability
- (2) Quality assurance method in labor intensive operations

**Key words** : Designing production, Low labor rate countries, Machine design method, Quality assurance method

### 1. はじめに

21世紀にはいった現在、製造コストの低減のためのシャシメーカが次々と海外に進出することにより、それを取り巻く我々部品メーカの環境は大きく変わろうとしている。グローバル化、ボーダレス化が進展していく中で製品の国際的な競争力を確保し続けていくためには、この低コスト化に対応すべき工程設計が非常に重要になってくる。最近、わが社における各海外拠点の売上高推移は、日本・北米の売上が飽和状態にある一方で、ASEAN、中国、東欧といった地域でのそれは右肩上がりであり今後の市場拡大が予想される、いわゆる低労務費地域への生産移行である。

日本のような高労務費地域における生産システムは高度経済成長以降、自動化中心の工程設計による形態を歩んできて高生産性を維持している。しかしながら、今後の市場拡大が見込まれる低労務費地域においては、人の活用が不十分で償却費が高い割合を占めるといった具合に、人活用を主眼とした工程設計手法が確立されていないのが実状である。

本研究では、DNTH（デンソータイランド）のSEオルタネータ製造ラインの工程設計を題材にして低労務費地域における最適工程設計手法を紹介する。まず、現状分析から当地域における最適工程設計手法を実現するための課題を抽出する。次いで、その課題を解決する新しい工程設計手法を提言し、最後にこの手法によるSEオルタネータ製造ライン合理化での有効性を検証する。

### 2. 従来の低労務費地域における生産システム

従来のこの地域における生産システムの加工費に目を向けると、日本に比べ加工費は低減しているものの、今後、車両メーカからの要求が予想される目標値（CIM=0.7、CIM：Cost Index of Manufacturing）に到達できない可能性がある（Fig. 1参照）。

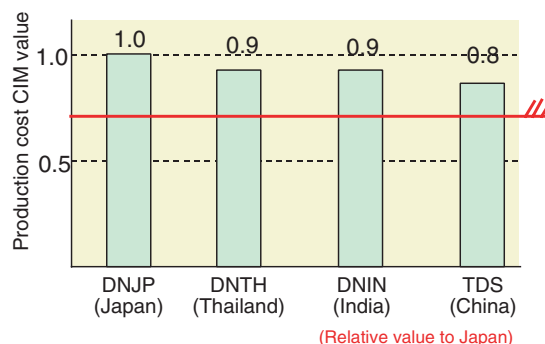


Fig. 1 Production cost CIM value at low labor country

この原因を特定するため、DNTHのⅢ型オルタネータラインを事例に加工費をさらに分析すると、Fig. 2に示すとおり加工費に占める償却費の割合が約60%を占めていることが確認でき、低労務費レートを十分に活用できているとは言い難い。

実際にDNTHの設備と日本のそれを比べると、Fig. 3に示すように、DNTHの設備は主に搬送・ワークセットといった作業とのインターフェース部分のみ人作業に置き換えられ、加工・品質チェックといった作業は日本のそれと同じユニットを使用している。

\*2004年2月2日 原稿受理

以上のことから、低労務費地域においては、加工・品質チェックといった作業に人をうまく活用し、設備費を低減することがポイントとなる。しかし、この場合、作業のなかで人が介在する割合が増えるため、品質保証方法についても見直す必要がある。

以上のことから、本生産システムにおける取組み課題を以下の2点とする。

- (1) 設備費を低減するため、「人活用の機械化」
- (2) 人が介在する作業においても、「人活用ラインにおける品質保証」

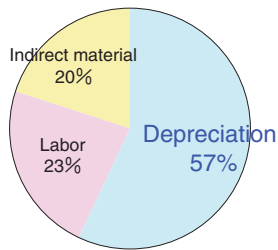


Fig. 2 Production cost of type III alternator at DNTH



Conventional machine in DNTH

	DNTH	DNJP
Work set	Operator	Robot
Draw in base pallet	Operator	Cylinder
Bearing press	Cylinder	Cylinder
Press load check	Load cell	Load cell
Pull out base palette	Operator	Cylinder
Convey next process	Operator	Conveyer

Fig. 3 Comparison between conventional machine in DNTH and automatic machine in DNTH

Table 1 An example of work element

Work element	DNJP(Automatic)	DNTH(Conventional)
Transfer the work from the previous process	Cylinder	Operator
Check for the work transferring from the previous process	Photo electric tube	Operator
Bearing set	Robot	Operator
Bearing position check	Photo electric tube	Operator
Palette push in	Cylinder	Operator
Check for palette pushing in	Photo electric tube	Photo electric tube
Press the bearing	Cylinder	Cylinder
Check for finishing bearing press	Omega SW	Omega SW
Return the punch	Cylinder	Cylinder
Check for punch returning	Omega SW	Omega SW
Check for the press load	Load cell	Load cell
Judge the press load OK or NG	Control circuit	Control circuit
Draw the work	Cylinder	Operator
Transfer the work to the next process	Conveyer(Automatic)	Operator
Check for the work transferring to the next process	Photo electric tube	Operator

### 3. 人活用の機械化

#### 3.1 人活用の機械化の考え方

低労務費地域において、設備費低減を図るため設備費を低減できない理由を明確にするためある工程を例に、要素作業分析を行う。

Fig. 4は従来のDNTH設備の概略図である。その機器構成はコンベア（送りは人作業）、加工ユニット、検査ユニットからなり、Table 1に示す要素作業を見ても、日本の自動機から搬送部分を人作業に置換えたものであることが確認できる。では、なぜ加工・品質チェックのユニットに人作業を組み入れることができていないかを明確にするために、次に、ある工程を例に各要素作業のフローについて分析する。

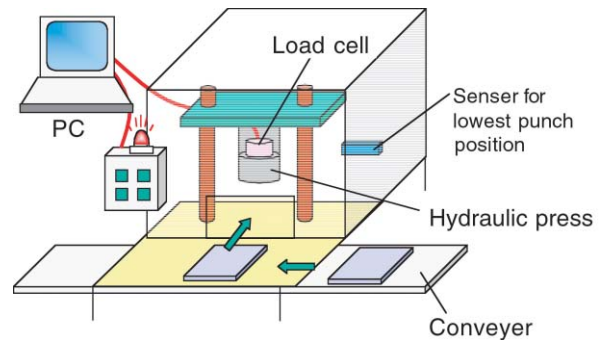


Fig. 4 The structure of ordinary machine in DNTH

Fig. 5によると、人作業に置換わっている搬送部分は要素作業ごとで完了しているのに対して、加工・品質チェックなどはユニット間での信号のやり取りが複雑に絡み合っており、単純に作業ごとを切り離して人作業に置換えることが困難である。したがって、設備としては、加工・品質チェックといった部分にメスが入られていないのが現状である。このように、従来のこの地域の設備は日本の自動化ラインをもとに工程設計されており、いわば自動機から人作業への置換

えといった考え方に基づいている。したがって、複雑な制御を含む部分はそれ以上人活用されず、日本の自動機そのままの構成となっていた。実際、自動機から人作業への置換えにより工程設計された場合の設備は、Fig. 6示すとおり約10%程度のコストダウンにとどまっている。

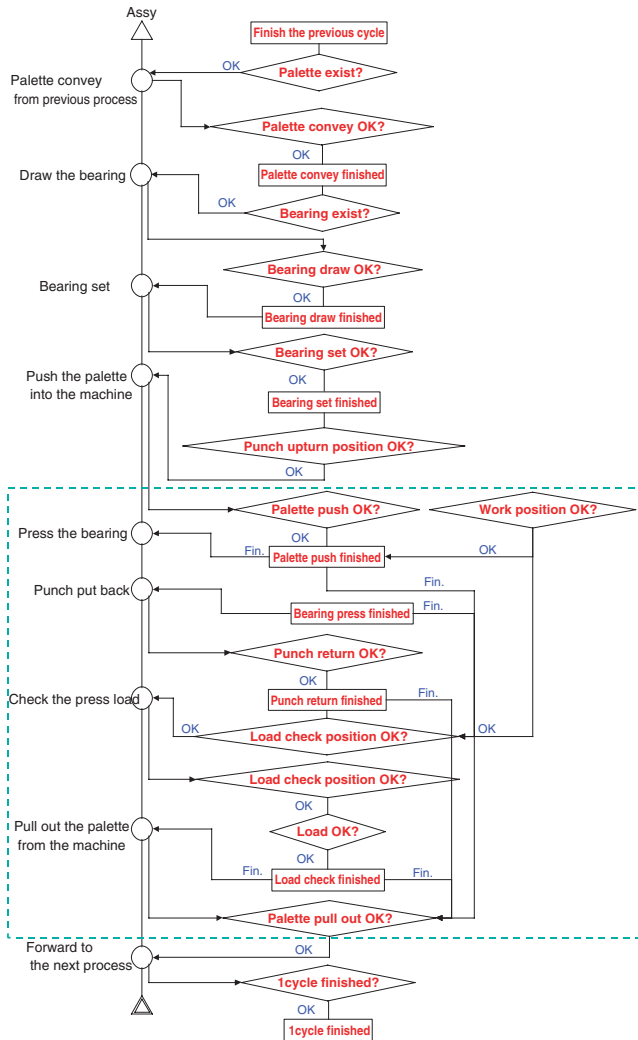


Fig. 5 Control flow in DNJP machine

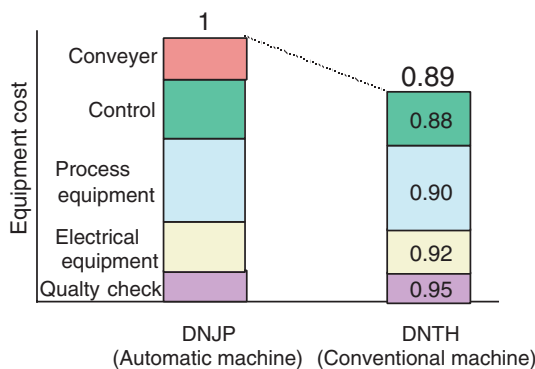


Fig. 6 The cost compare between automatic machine in DNJP and conventional machine in DNTH

そこで、今回対象となるSE製造ラインの工程設計の着眼点は、自動機をベースにした人作業への置換えではなく、「人作業を前提とした要素作業の限界見極め」であり、人のみで作業を行うことを基準に考え、それを補う機械（道具）を追加するという考え方に基づいている。

従来のアプローチと今回のアプローチを図解したものがFig. 7あり、従来は自動機から人作業への置換えにより自動化率が若干下がるのに伴い、償却費が低労務費レートに置換わり、その分の加工費が低減できていたにすぎないが、今回のアプローチでは人にできない作業を補う機械化を実施するという発想に基づいているため、従来手法では手をつけられなかった加工ユニットや品質チェックにまで人を活用できることがその特徴である。

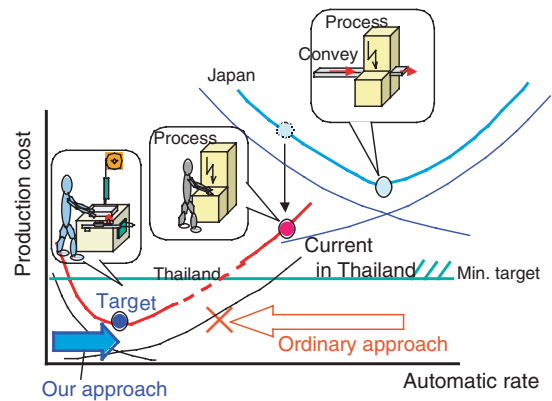


Fig. 7 The approach of our method for designing production line

### 3.2 SEオルタネータラインへの適用結果

今回の対象とした製造ラインであるSE08オルタネータラインに本手法を適用した結果について述べる。Fig. 8はSEオルタネータラインにおいて、加工の種類ごとの人作業検討ステップおよび各種工程ごとの具体的検討事例を示してある。

従来の検討ステップでは先に述べたとおり、自動機から人作業への置換えにより工程設計されていたため、その設備の多くは半自動機レベルまでしか自動化度を下げることができなかったのに対し、今回の検討ステップでは、手作業から必要な機能を付加するという考え方で検討を実施しており、治具レベルまで自動化度を落とすことができている。なお、今回の手法における「手」→「道具」→「治具」→「設備」への見極めは、例えば加圧工程の場合、DAS（デンソー安全基準）にある作業への負荷点により線引きを行った（Fig. 9参照）。

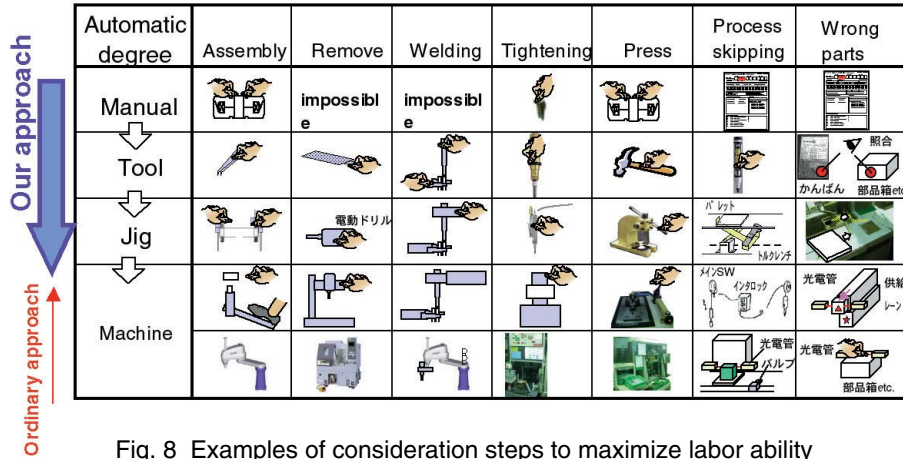


Fig. 8 Examples of consideration steps to maximize labor ability

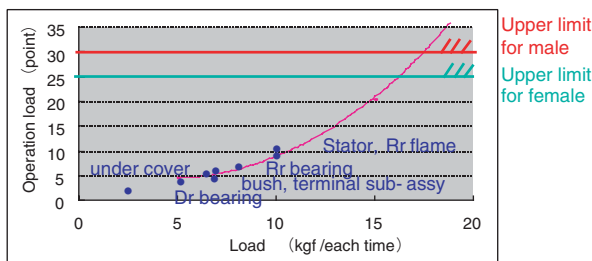
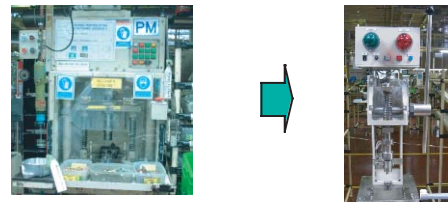


Fig.9 An example for evaluation of manual operation

これらの検討ステップを加工部のみならず、ポカヨケ・ワークの脱着に及ぶところまで適用することで、各要素作業とも、自動化レベルを下げることができたとともに全ラインで設備費を30%低減することができた (Fig. 10). また、検討結果の一事例をFig. 11示す。

Conventional machine      Developed machine



Function	Unit	Unit
Work check	Photo electric tube (auto)	Operator (manual)
Press	Hydraulic press (auto)	Hand press (tool)
Press position	Omega SW (auto)	Point sw (tool)
Load check	Load cell (jig)	Inside spring (jig)
Load OK/NG	Control circuit (auto)	Lump (tool)
Work discharge	Photo electric tube (auto)	Operator (manual)

Fig. 11 "Labor-intensive machine" example

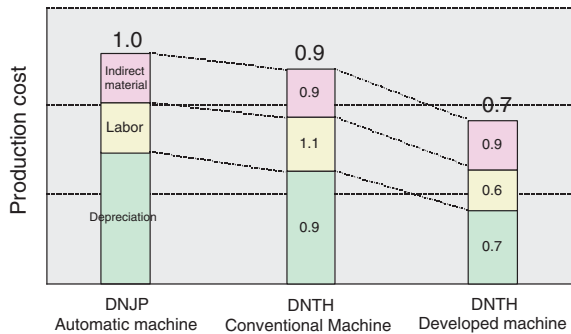


Fig.10 Production cost result

#### 4. 人活用ラインの品質保証

3章で述べた手法により、加工ユニット・品質チェックにまで人を活用することができたが、それにより従来は自動機で作っていた品質に人が介入するこ

とになり Fig. 12に示すような作業において不良が発生することが予想される。そこで、人活用の品質保証手法が必要となる。以下にその手法について述べる。

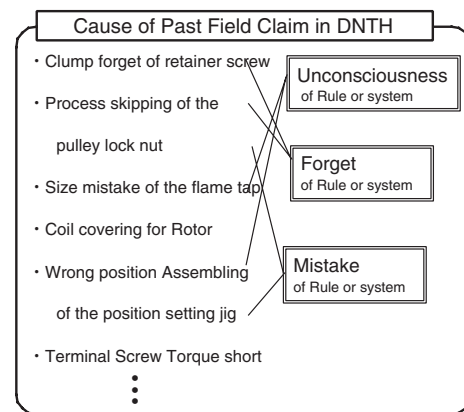


Fig.12 Expected examples of failure mode in DNTH

#### 4.1 人活用ラインでの品質保証の考え方

安価なポカヨケを使用して品質保証を行うため、我々は確率論に着目した。それは、1回では発生確率が高いものであっても、それを複数回かけることにより確率が低下するという考え方である (Fig. 13参照)。

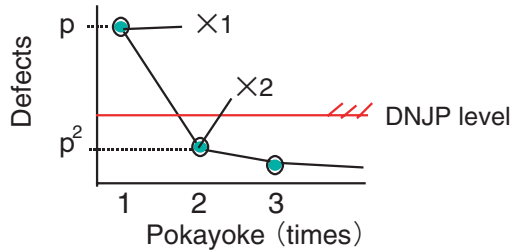


Fig. 13 The idea based on probability

この着眼に基づき、実際の工程を考えてみると、人が介在するポカヨケ一つでは不良率目標を達成することはできないが、多数のポカヨケが重なると不良率が低減すると考えることができる。したがって、従来は機械的に保証していた不良モードに対しても、人が介在するポカヨケを多段かけることにより機械化保証並みの不良防止効果が得られると考えられる。これをQAネットに適用する際の考え方がFig. 14である。

例えば、最も保証ランクの高いランク1 (発生側：○1, 流出側◇1) の場合、現在のQAネットでは「完全機械化保証」が前提であるが、これを人介在ポカヨケ×N段 (多段) により達成することとする。同様にランク2を達成する場合は、より保証度の低い人作業によるポカヨケをN段かけることとする。

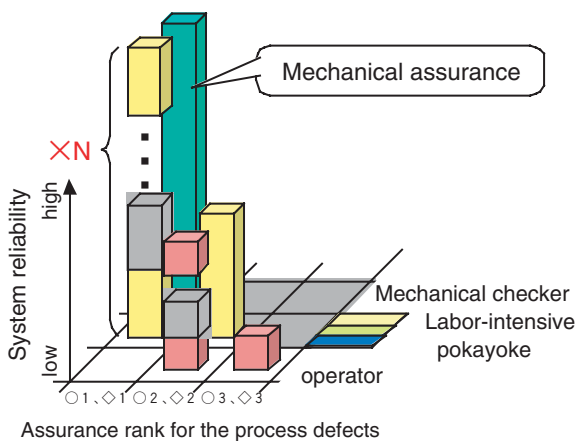


Fig. 14 Quality assurance matrix in low-labor country

この中に示す「N数」はポカヨケの品質保証レベルや作業レベルにより変化するため、ここではDNTH

のSEオルタネータラインへの適用事例として以下、紹介する。

#### 4.2 DNTH SEオルタネータラインにおける品質保証手法の適用

ここでは、DNTHのSEオルタネータラインにおいて、先に述べた人介在のポカヨケの品質保証度を調査し、N数をいくつにすればよいか検討した手順および結果について述べる。その手順は以下に示すとおりである。

- (1) 3.1節で示した人介在のポカヨケを既存の工程に適用する。ここで、既存の工程とはDNTHのⅢ型オルタネータラインとし、ポカヨケの対象となる不良は最終工程でのチェックで見つかるものとする。
- (2) 適用したポカヨケの品質保証度を定量化するため、ある期間にわたり不良の流出率を算出するためのデータを取る。なお、調査期間中に流動できるワークの台数は限られていることから、今回はポカヨケの品質保証度を、統計的手法 (ノンパラメトリクス法<sup>1)</sup>) を用いて推定した。

その結果、人介在のポカヨケにも様々な種類があり、その種類に応じて品質保証度は異なることから、それをTable 2に示す3種類に分類<sup>2)</sup>し、結果を整理した。

Table 2 Quality assurance level of labor-intensive Pokayoke in DNTH

Estimation of defects	Assurance level		
	15a/10 <sup>6</sup>	3a/10 <sup>6</sup>	a/10 <sup>6</sup>
Process	—	・ Load check by spring ・ Guide for eooxv powder	・ Jig to judge inside or outside ・ . . . . .
Wrong parts	・ Kanban check ・ . . .	・ Feeder with lid ・ . . .	・ Fixed quantity feeder ・ Feeder to judge inside or outside
Process skipping	・ OK marking ・ . . .	・ Counter for screw number ・ Fixed quantity Feeder	・ Interlock with relay
NG work discharge	・ NG marking ・ Lump & Buzzer	・ Work shaped shoot ・ . . .	・ Interlock for NG work Discharge ・ Feeder to judge inside or outside
	Judgment by operator	Lead the operator	No judgment by operator

※ Mechanical Assurance level ≒ a/10<sup>6</sup>  
a: Estimation of defects per million

Table 2から、今回適用を検討している人介在ポカヨケについてはその性質により品質保証度は異なる

が、最も効果の高いもので機械化保証並み、効果の低いものでも機械化保証の15倍程度のポカヨケ効果があることを確認した。この結果から、人介在ポカヨケのうち、品質保証レベルが最も低い人判断ポカヨケを適用した場合でも機械化保証みの品質保証を達成する場合、N=2とすることにより機械化レベル並みの保証度を確保できることが分かる。

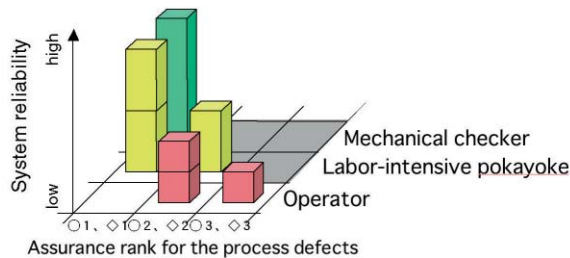


Fig.15 Quality assurance matrix in DNTH

以上から、人介在のポカヨケであってもN段(DNTHの場合N=2、拠点により異なる。)配置することにより日本同等の品質確保可能なことを確認することができた。

## 5. まとめ

本研究を通じ、下記に述べる低労務費地域における工程設計手法を確立した。

- (1) 従来手法とは逆の発想で、必要最低限の機械化を検討することにより、従来では到達することのできなかった自動化レベルの人活用設備を構築することが可能である。
- (2) 人介在のポカヨケであっても、それを複数回かけることにより機械保証並みの品質保証レベルを達成できる。

これを、工程の重要度に応じて配置することにより人活用ラインにおいても、日本同等の品質保証が可能である。

## 6. おわりに

DNTH SEオルタネータラインを対象に、低労務費地域での工程設計手法を適用し、加工費の低減および日本同等の品質保証ができることを確認した。

今後は、自動車生産台数が伸びていくと考えられる中国・インドといった地域での工程設計において本手法を適用していく。

## <参考文献>

- 1) オールトヨタSQC研修会，設計・評価分科会編: 自動車の信頼性 ―信頼性データ解析―，第3版 (1994)，p.43.
- 2) 品質管理部編:QAネットワークによる人的作業の保証度向上ガイド ―人的ミスの撲滅に向けて―，初版 (2004)，pp.1-8.



<著 者>



仲 美雄  
(なか よしお)  
生産技術部  
生産システム研究に従事



山崎 辰夫  
(やまざき たつお)  
電機製造 2 部  
オルタネータの生産技術開発に従事



中村 博  
(なかむら ひろし)  
電機製造 2 部  
オルタネータの生産技術開発に従事



森口 啓吾  
(もりぐち けいご)  
電機製造 2 部  
オルタネータの生産技術開発に従事



前唄 和樹  
(まえそば かずき)  
生産技術部  
生産システム研究に従事



土橋 正臣  
(どばし まさおみ)  
生産技術部  
生産システム研究に従事