



# IoTの取り組みプロセスと適用効果

---

経営者向けIoT・AIチャレンジ塾 応用コース

2021年9月27日

田中精密工業株式会社

事業開発部 久世健二

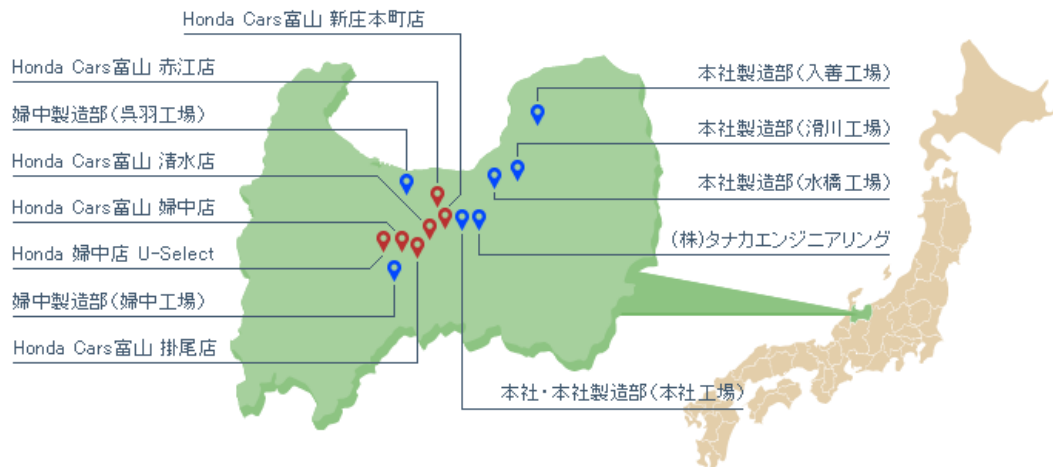
PRESENTATION  
**AGENDA**

- 01 自己紹介
- 02 開発体制とマネジメント
- 03 初期IoTシステムの問題点
- 04 プロセス
- 05 導入事例
- 06 IoT導入効果



会社紹介	
会社名	田中精密工業株式会社
本社所在地	富山県富山市新庄本町二丁目7番10号
資本金	5億19万円
創業/設立	創業:1948年3月31日 設立:1951年3月12日
代表者	代表取締役社長執行役員 金森 俊幸
従業員数	連結: 1,952名 単独: 660名 (2020年3月末)
事業内容	自動車部品、オートバイ部品、汎用部品
連結子会社	国内2社、海外3社
主要販売先	本田技研工業株式会社、株式会社ホンダトレーディング マツダ株式会社、スズキ株式会社、 三菱自動車工業株式会社、川崎重工業株式会社 ヤマハ発動機株式会社、株式会社不二越 アイシン・エイ・ダブリュ株式会社 アイシン・エイ・ダブリュ工業株式会社 他
株式	東京証券取引所 ジャスダック(7218)
筆頭株主	本田技研工業株式会社(24.34%)
ISO認証	1999年 ISO9001認証取得、2000年 ISO14001認証取得

## 国内拠点



## 海外拠点



レース用部品や航空宇宙産業用の部品も製作納品！

## 商品紹介

### エンジン部品

- ロッカーアームアッシー  
ARM ASSY,ROCKER
- バルブスプリングリテーナー  
RETAINER,VALVE SPG
- ピストンピン  
PIN,PISTON
- ウォーターパッセージ  
PASSAGE,WATER

### 自動四輪車用部品

### シャーシ部品

- アウトボードリテーナー  
RETAINER,OUTBOARD

### ミッション部品

- シンクロナイザーリング  
RING,SYNCHRONIZER
- シンクロナイザーズプリング  
SPRING,SYNCHRONIZER
- ドラム  
DRUM

### エンジン部品

- クランクピン  
PIN,CRANK
- ピストンピン  
PIN,PISTON
- バルブスプリングリテーナー  
RETAINER,VALVE SPG
- バルブスプリングシート  
SHEET,VALVE SPG
- バルブリフター  
LIFTER,VALVE

### 自動二輪車用部品

### モーター部品

- 分割ステーター  
STATOR,CORE COMP

### ミッション部品

- ボールリテーナー  
RETAINER,BALL
- クラッチカムプレートコンブ  
CAM PLATE COMP,CLUTCH
- ファイナルドリブンフランジ  
FRANGE,FINAL DRIVEN



## 主力製品の紹介



## ロッカーアーム用の自社製組立/検査装置/加工設備



### VTECロッカーアーム

(エンジンの中でカムの力を受けてバルブを動かす部品)

カムとの摩擦を減らすためのローラーや  
バルブを押すためのアジャストボルト  
バルブの動き方を切り替えるピストンなど20点ほどの部品で構成  
高い加工精度や組付け精度が求められる

毎月数十万セットを全数機能保証をして世界中に納品している

### 開発用試作品、レース、航空、宇宙部品



一般鋼  
アルミニウム  
ステンレス  
難削材 (インコネル、チタン等)



## 久世 健二

田中精密工業株式会社  
事業開発部 事業開発ブロック  
ブロックリーダー

1981年富山県生まれ。

芝浦工業大学で機械工学を学び、2004年に田中精密工業入社。

入社後、主にアルミダイカスト事業に従事し、CFD解析を用いた金型設計などを担当。

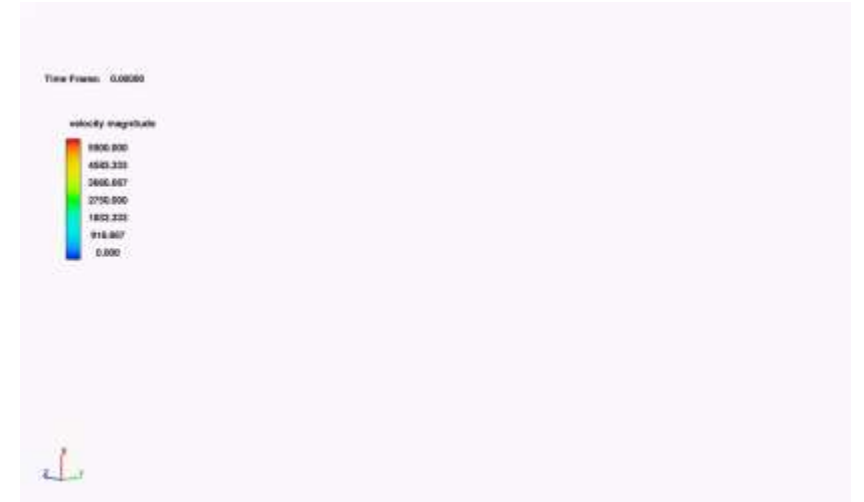
その後、プロジェクトリーダーとして新機種立上げ担当を経て、

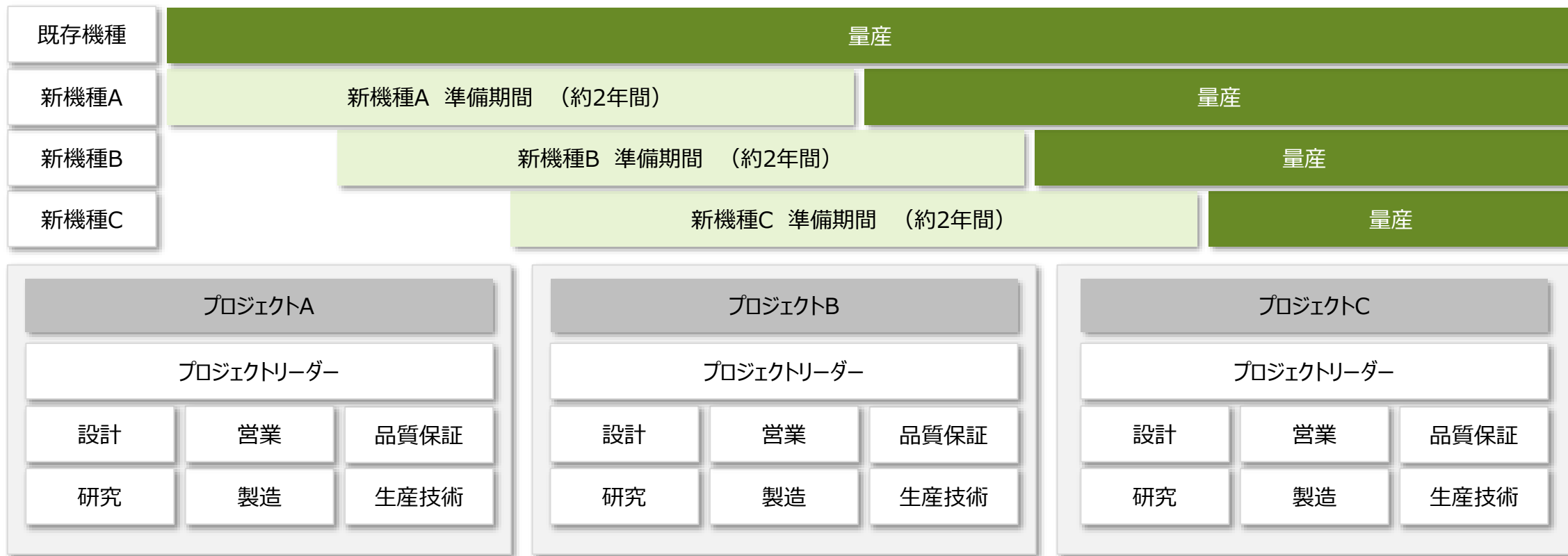
2017年よりAI/IoT推進担当に従事。

生産装置から稼働情報を取得するIoT装置開発を担当。

稼働情報と受注情報から最適な生産計画を自動立案するアルゴリズムを開発し、近年は自動立案された計画に合わせて設備が稼働するIoTレベル3の開発を行う。

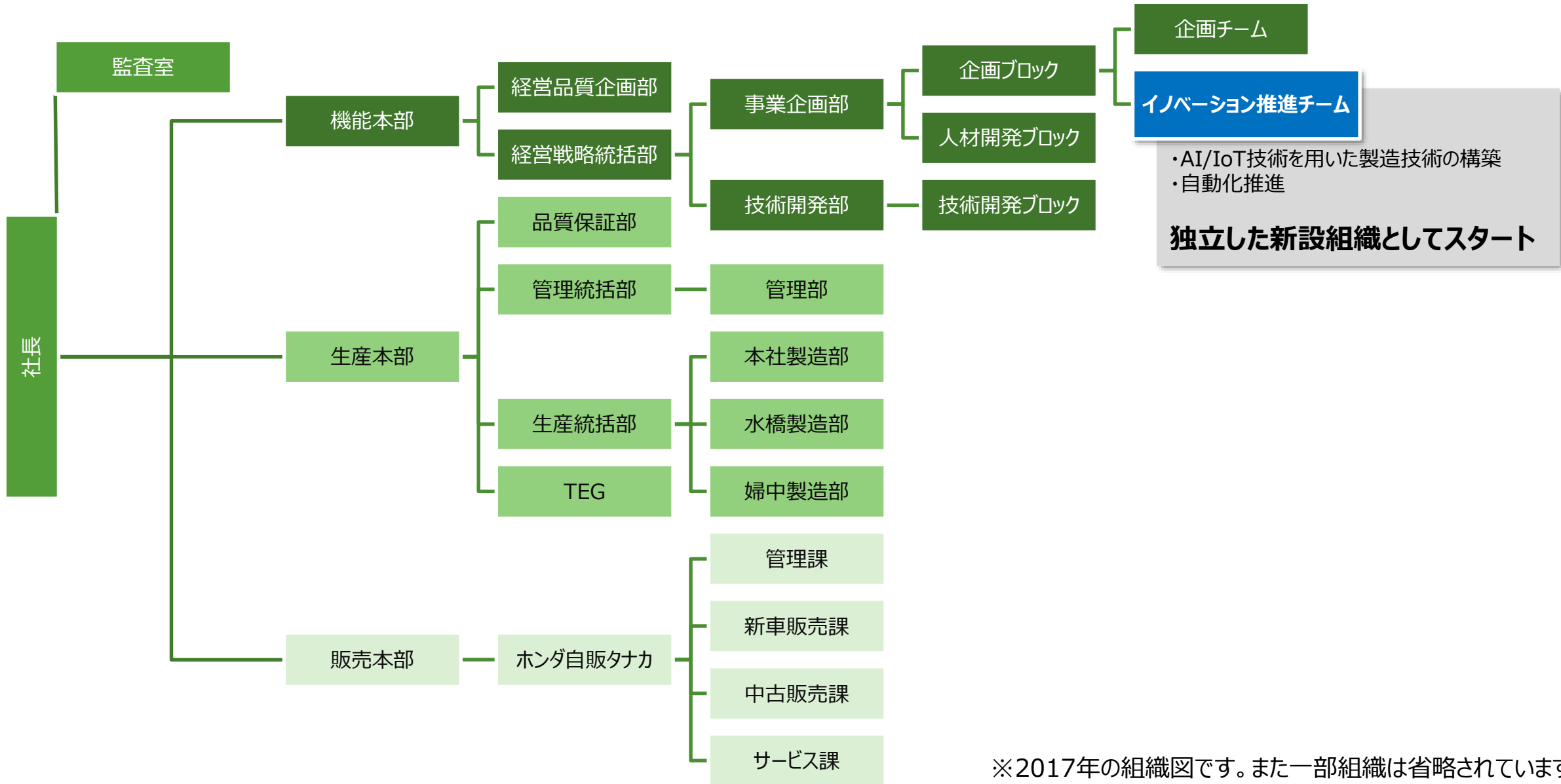
趣味：日曜大工、3Dモデリング、ミニ四駆など



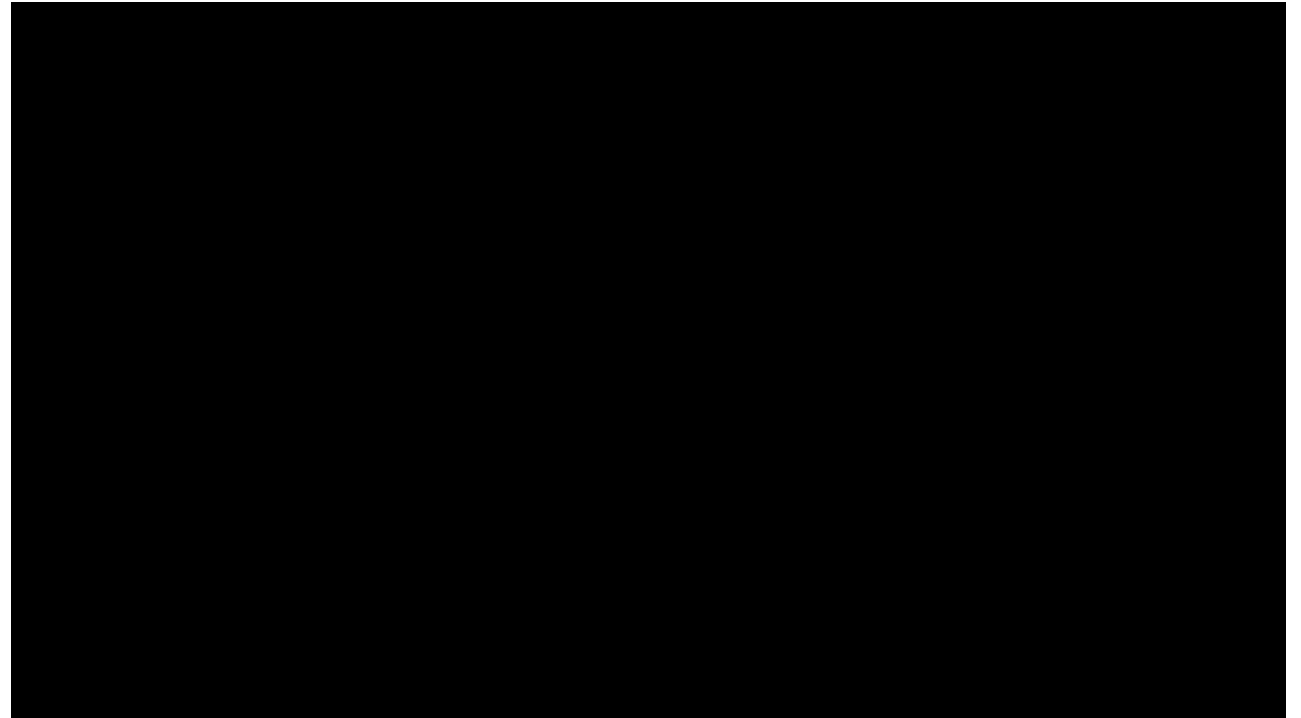


自動車部品開発は組織横断で選出されたメンバーによるプロジェクトで推進しているため、IoT推進の専任なることは困難





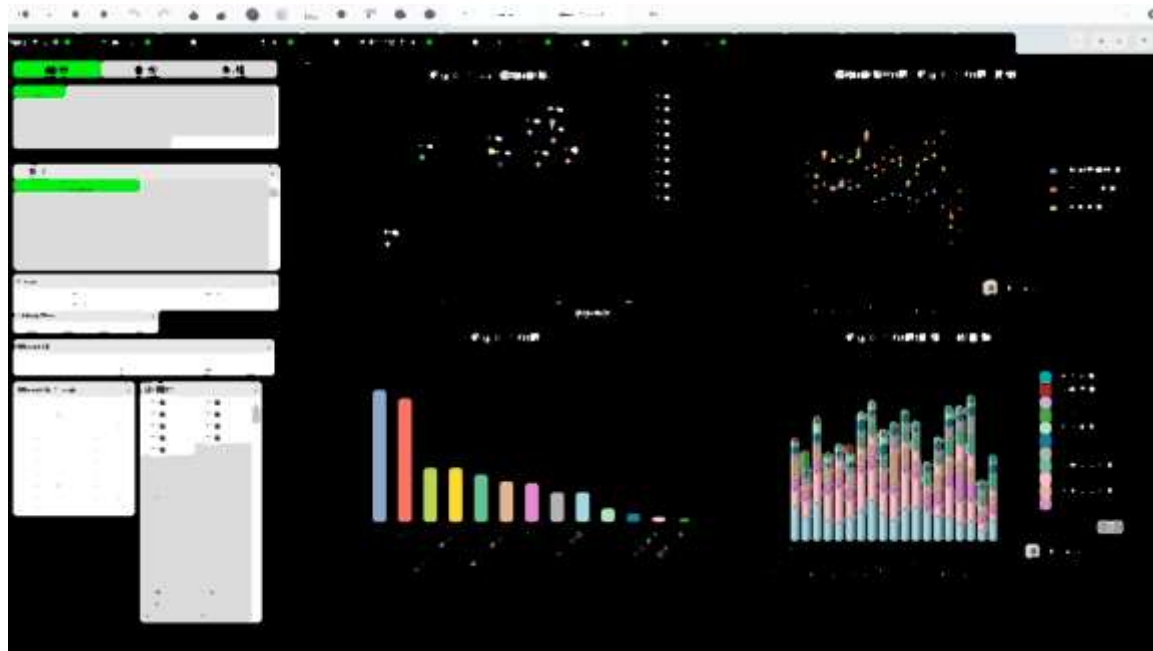
※2017年の組織図です。また一部組織は省略されています



# IoTへの取り組みを専属メンバー5名で開始

既存業務から隔離されたメンバーと活動拠点

開発初期のダッシュボード



開発初期のandon



データを見ているだけでは、不良品が減ることも、稼働率が上がることもない

# IoT導入効果を得ることは簡単ではない

現場から離れた事務所でデータを見ているだけでは生産効率が上がることはない  
お金をかけて集めたデータも、現場の人は既に“知っている”もの

# 生産改革プロジェクトの発足

自助努力できる体質や文化の醸成

## 生産改革プロジェクトの活動 TPMトップ巡回



管理職全員参加のTPM活動を開始  
現場での社員によるTPM活動プレゼンの実施。経営層による改善箇所、復元箇所の視察

# IoT推進チームとして、何を目指して活動していくのか？

改善を行う文化や体質はTPM活動で醸成する中で、IoTシステムの向かう先を模索



レベル定義：『スマートファクトリーロードマップ 2017年5月31日 中部経済産業局』9頁

システムレベル	スマート化の目的	レベル1 (データの収集・蓄積) リアルの表示	レベル2 (データによる分析・予測) 過去・未来の可視化	レベル3 (データによる制御・最適化) 自律制御
	ヒト・設備の稼働率の向上	MES（製造実行システム）などの生産管理システムのデータを利用することで、生産ライン全体の設備の稼働・ヒトの作業の進捗状況を収集・把握できる	設備の稼働・ヒトの作業の進捗状況を基に、各プロセスの完了予定時刻を予測できる。設備とヒトの非稼働時間が発生する要因を分析できる	生産ライン全体の生産完了予定時間が最短化されるよう、設備の稼働計画、段取り計画、ヒトの作業計画を修正・最適化することで、設備・ヒトの非稼働時間を最小化できる。
IoTシステム 保有機能	稼働/非稼働 生産数	設備状態監視 停止/不良項目内訳	生産計画作成	
	現場掲示アンドン	監督者インターフェイス	作業者インターフェイス	
AI	不要	パターン認識	最適化	

## ■ 呉羽工場

1~8個/30秒

時効硬化 数日間

300個/15分

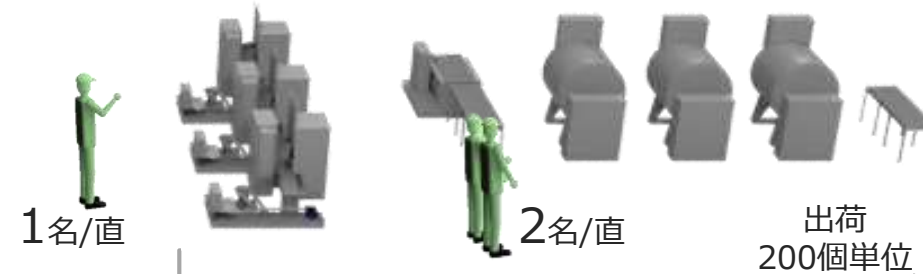
5000個/4.5時間

①ダイカスト工程



③表面処理工程

②熱処理工程



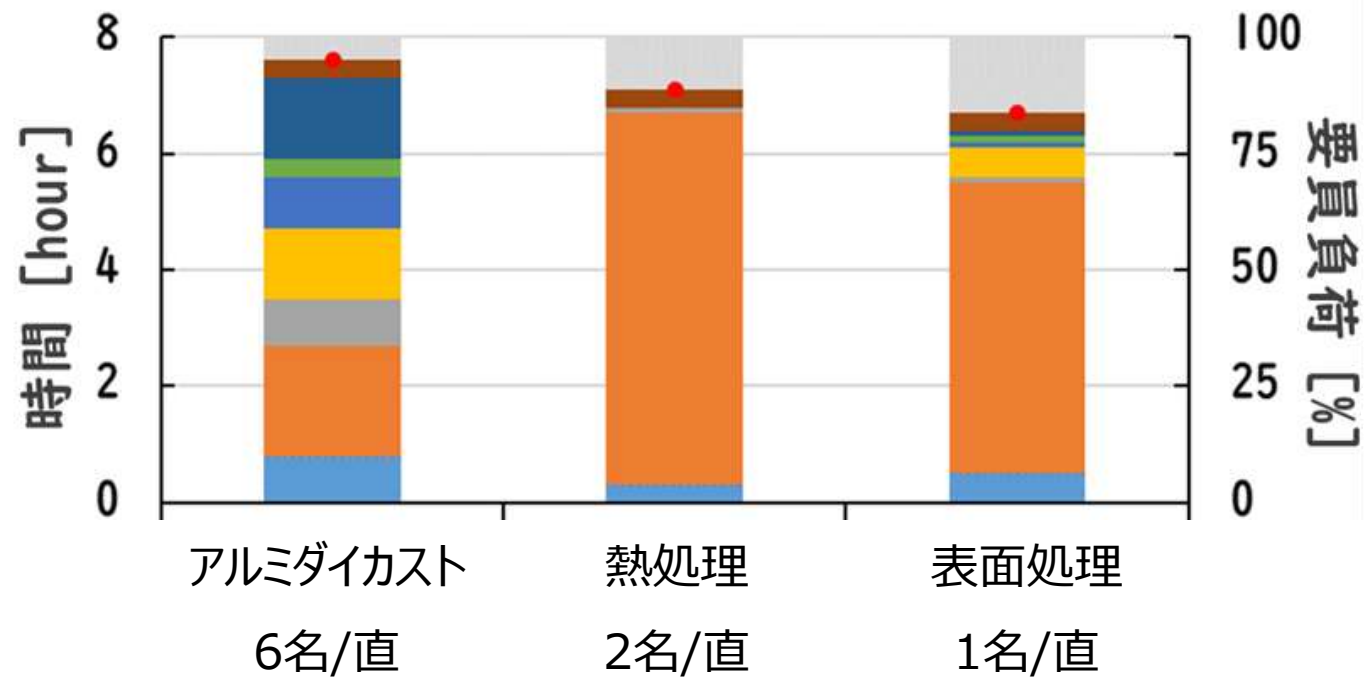
3直体制で25型番  
1,000,000個/月のダイカスト製品を生産

主作業	付帯作業	検査	書類作成	実績報告
材料投入	設備状態確認	寸法検査	作業日報記入	不良集計入力
ワーク取出し	日常保全	外観検査	ロット台帳記入	不稼働時間入力
ワーク運搬	金型交換	内質検査	生産進捗記入	加工実績入力

主作業	書類作成
治具バラシ	作業記録記入
ワーク投入	ロット台帳記入
加工条件変更	

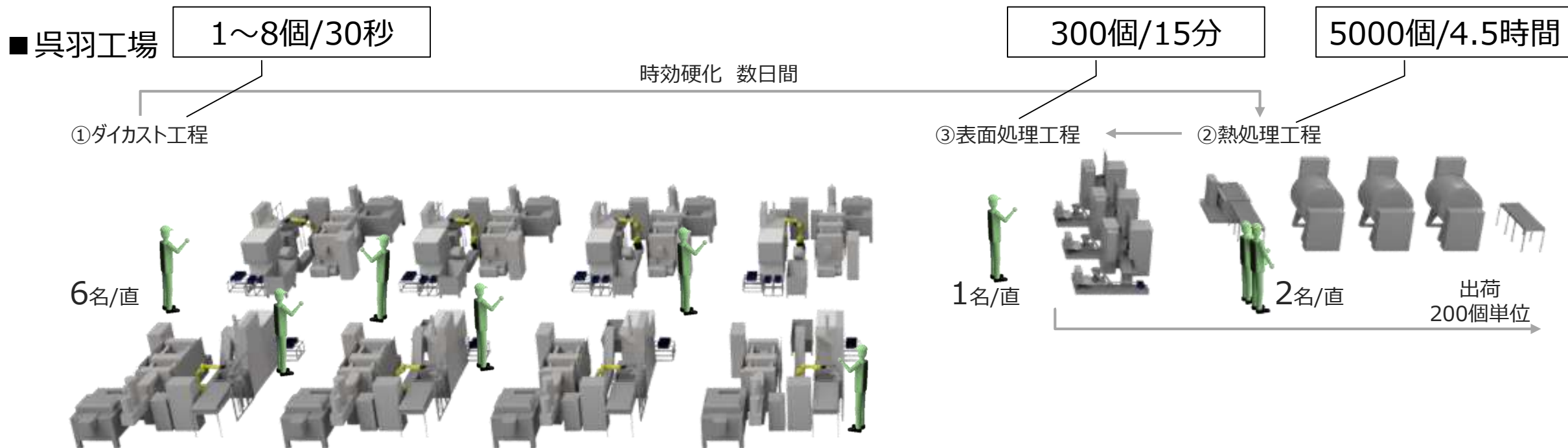
主作業	書類作成
ワーク整列 (治具付け)	作業記録記入
ワーク投入/排出	ロット台帳記入
生産計画立案	

呉羽工場をスマートファクトリーのモデル工場とした



熱処理と表面処理工程の主作業割合が大きい  
 熱処理：バスケットへの製品整列  
 表面処理：材料運搬、材料投入、加工条件変更

アルミダイカスト工程は様々な作業を行う一方で、熱処理、表面処理工程は単純作業の繰り返しが多い



- 課題**
- ①アルミダイカスト工程の生産トラブルにより納期遅延が発生
  - ②加工実績に合わせた生産計画の再立案を行うため試行錯誤と属人化
  - ③作業者の繰り返し単純作業が多い

呉羽工場には3つの生産上の課題を抱えていた

課題	対応	IoTレベルと手法	IoT手法
アルミダイカスト工程の生産トラブルにより納期遅延が発生	稼働率の向上	IoTレベル 1、2	可視化、分析
加工実績に合わせた生産計画の再立案を行うため試行錯誤と属人化	生産計画立案	IoTレベル 3	AIによる最適化
作業者の繰返し単純作業が多い	自動制御	IoTレベル 3	設備の自律制御

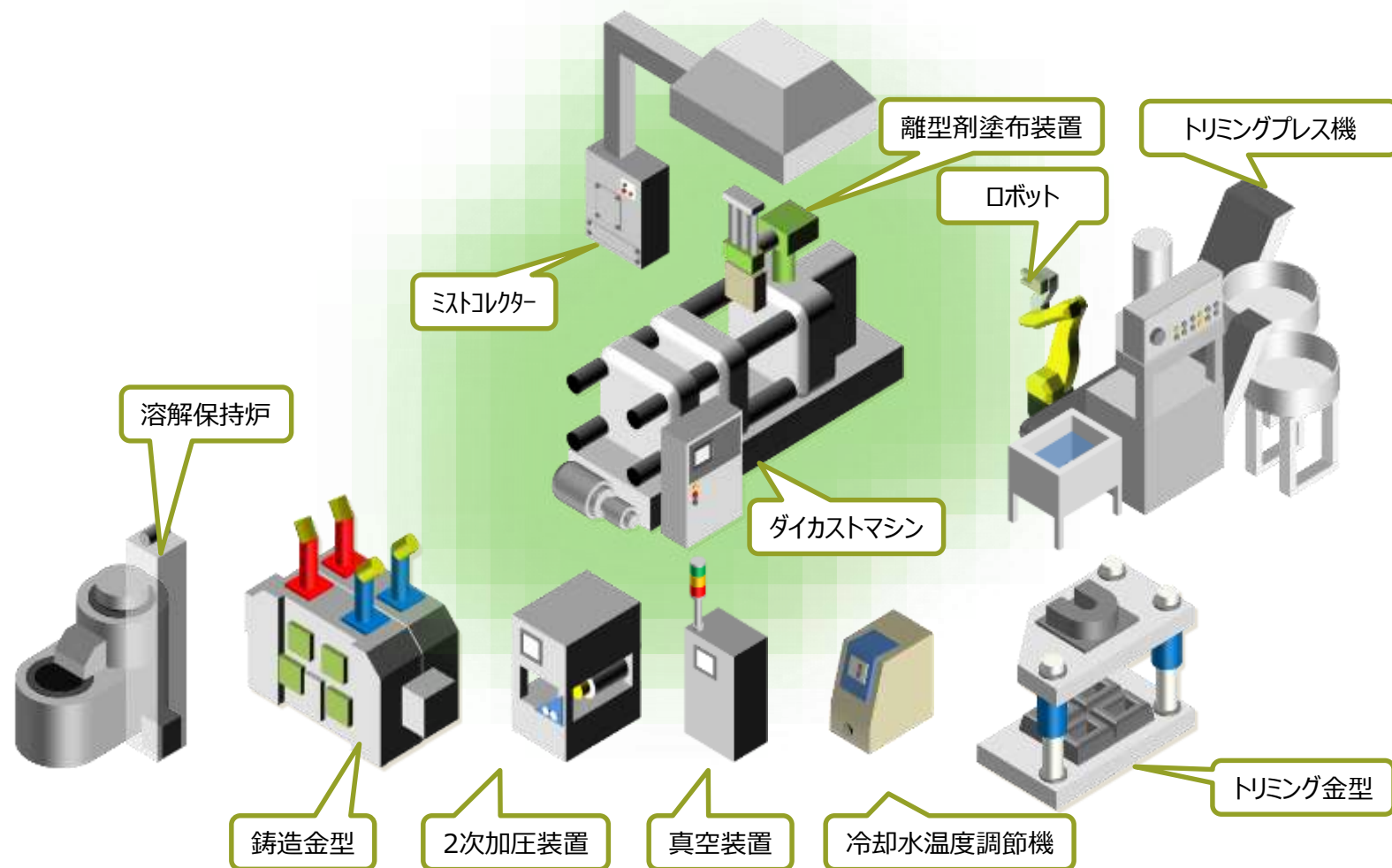
課題	対応	IoTレベルと手法	IoT手法
アルミダイカスト工程の生産トラブルにより納期遅延が発生	稼働率の向上	IoTレベル 1、2	可視化、分析
加工実績に合わせた生産計画の再立案を行うため 試行錯誤と属人化	生産計画立案	IoTレベル 3	AIによる最適化
作業者の繰返し単純作業が多い	自動制御	IoTレベル 3	設備の自律制御

## BIツール指標 現場管理指標(策定中)

<b>MTBF</b> MEAN TIME BETWEEN FAILURES	平均故障間隔:稼働時間/故障回数 ⇒チョコ停の改善
<b>1/MTBF</b>	故障率:1/平均故障間隔 ⇒ドカ停含めて連動できなかった割合
<b>MTTR</b> MEAN TIME TO REPAIR	平均修理時間 ⇒計画達成力 すぐに直して生産できているか
<b>Yield Rate</b>	歩留り(良品率):不良品数/良品数
<b>Performance</b>	性能稼働率:基準CT/実測CT
<b>Occupancy</b>	設備占有率:生産指示数/設備能力(24時間×365日)
<b>OEE</b> OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS	総合設備効率:MTBF/(MTBF+MTTR)×YieldRat×Performance
<b>TEEP</b> TOTAL EFFECTIVE EQUIPMENT PERFORMANCE	設備機器総合有効生産力:OEE×Occupancy ⇒設備の集約を促す指標

改善活動を促すために、設備から取得するデータは指標のひとつ下の階層のデータ収集が必要  
不良率では、不良項目。性能稼働率ではサイクル線図等

信頼性工学を参考に、可視化する管理指標を作成したが、製造現場ではだれも見えてくれない



様々な周辺機器が接続されたユニットとして稼働

どの設備からトラブル対策していくかをというシンプルな優先順位を求めていた



部門名: 田中精密KD

工程名: ダイカスト

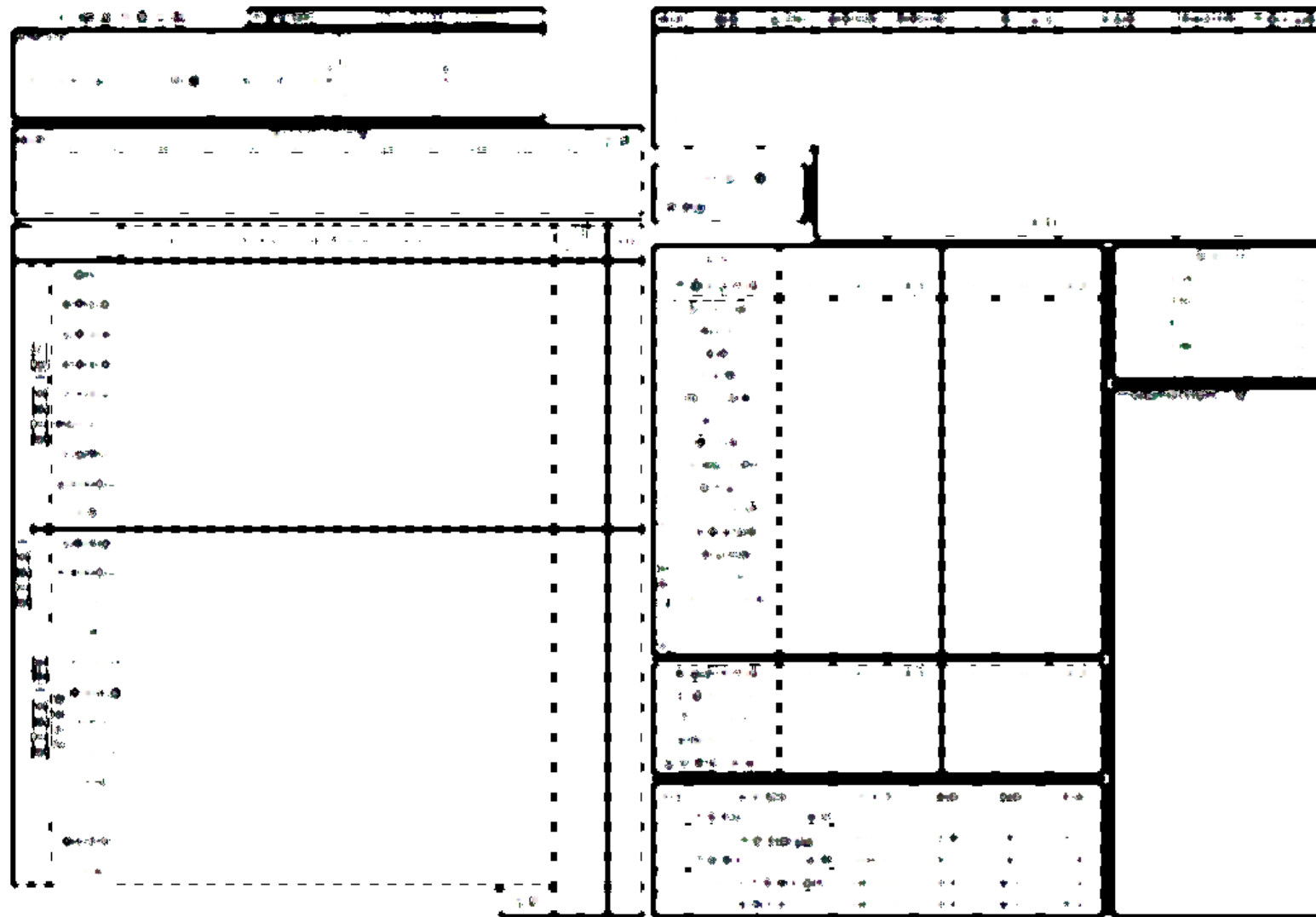
2017年 2月度

田中精機グループ

ライン名	作業時間	点検・休憩	負荷空き	災害	負荷時間	始動準備	突発取替え	メンテ	炉	ダイカスト	真空装置	ロボット	トリミング	SQM	スプレー	電気故障	その他	停止ロス	稼働時間	良品数量	加工数量	2017年 2月度										前月との差				
																						実加工時間	時間稼働率	進展稼働率	正味稼働率	性能稼働率	良品率	稼働総合効率	良品加工時間	基準加工時間	稼働総合効率(前月)		前月の差			
*	分	分	分	分	分	分	分	分	分	分	分	分	分	分	分	分	分	分	分	個	個	分	%	%	%	%	%	%	分	分	%	%				
1号機	28380	2053	338	0	25389	72	1014	771	24	482	62	99	81	149	0	30	175	2989	23000	199868	212432	22976.9	88.5	104.0	99.9	103.9	94.1	<b>86.5</b>	21617.6	23898.6	81.2	5.3				
2号機	29290	2142	305	0	26843	141	480	814	55	1042	359	204	159	357	0	0	138	3779	23064	190876	208358	23060.3	85.9	106.0	100.0	106.0	90.6	<b>82.5</b>	20883.3	24441.3	83.7	△1.2				
3号機	27460	1944	120	0	25396	48	255	140	127	575	160	50	222	87	0	0	243	1962	23434	206157	219104	23432.6	92.3	105.2	100.0	105.2	94.1	<b>91.3</b>	22047.7	24649.2	92.3	△1.0				
4号機	28395	1950	402	0	26043	128	330	46	457	248	56	45	544	43	10	0	165	2102	23941	215406	221972	23947.3	91.9	104.3	100.0	104.3	97.0	<b>93.0</b>	23235.7	24971.9	94.4	△1.4				
5号機	25980	1691	118	0	24171	150	186	534	47	173	510	12	0	71	17	0	85	1815	22356	101817	107954	22348.3	92.5	108.7	100.0	108.6	94.3	<b>94.8</b>	21077.7	24289.7	95.2	△0.5				
6号機	27460	1608	124	0	25728	186	0	169	0	382	513	37	0	8	8	0	245	1578	24150	110646	117554	24134.8	93.9	108.6	99.9	108.5	94.1	<b>96.8</b>	22716.0	26449.7	94.4	2.3				
7号機	29315	50	0	0	27277	30	961	169	206	861	139	104	301	18	0	0	222	3041	24236	213280	223376	24227.3	88.9	103.7	100.0	103.7	95.5	<b>88.0</b>	23132.0	25129.8	87.5	0.4				
8号機	3360	0	0	0	2943	0	0	35	30	51	88	534	0	0	0	0	741	1479	1464	6975	8859	1441.6	49.7	104.7	98.5	103.1	76.4	<b>39.2</b>	1101.8	1509.2	85.8	△48.8				
9																																				
10																																				
11																																				
12																																				
13																																				
14																																				
*	199640	11438	1407	0	184390	755	3226	2678	946	3814	1887	1085	1307	733	35	30	2014	18745	165645	1245025	1319609	183389.2	89.8	106.9	100.0	106.9	94.1	<b>89.5</b>	133812.0	173339.2	89.9	△0.4				
不稼働比率	停止ロス比率(%)					0.41	1.75	1.45	0.51	2.07	1.02	0.59	0.71	0.40	0.02	0.02	1.09	10.17																		
	不良率(%)										5.89																									
	不明比率(%)										0.04																									

※停止ロス比率 ... [ロス時間/負荷時間]  
 不良率 ... [100-(良品加工時間/実加工時間)]  
 不明比率 ... [不明時間/負荷時間]

生産現場は過去15年以上、エクセル上で設備ごとの停止時間を算出していた



現場が求めているエクセル管理の元となる情報が作業日報に集約されていた



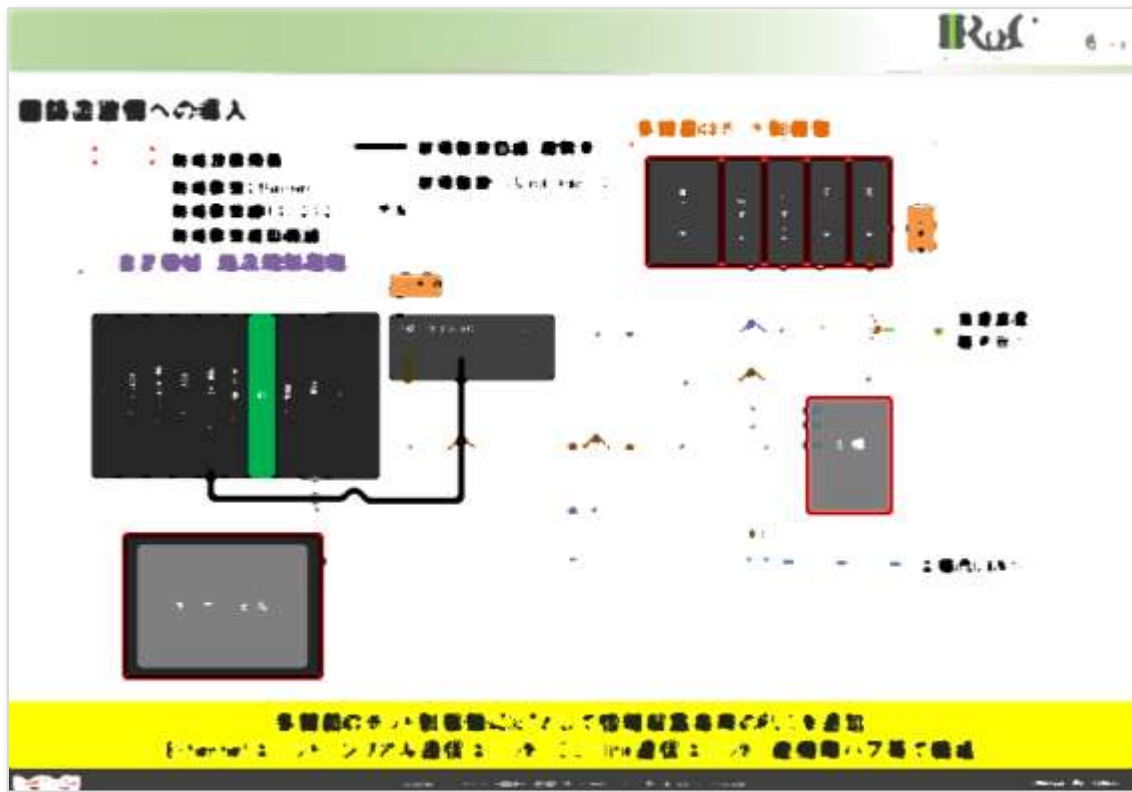
必要データの整理

取得データ一覧

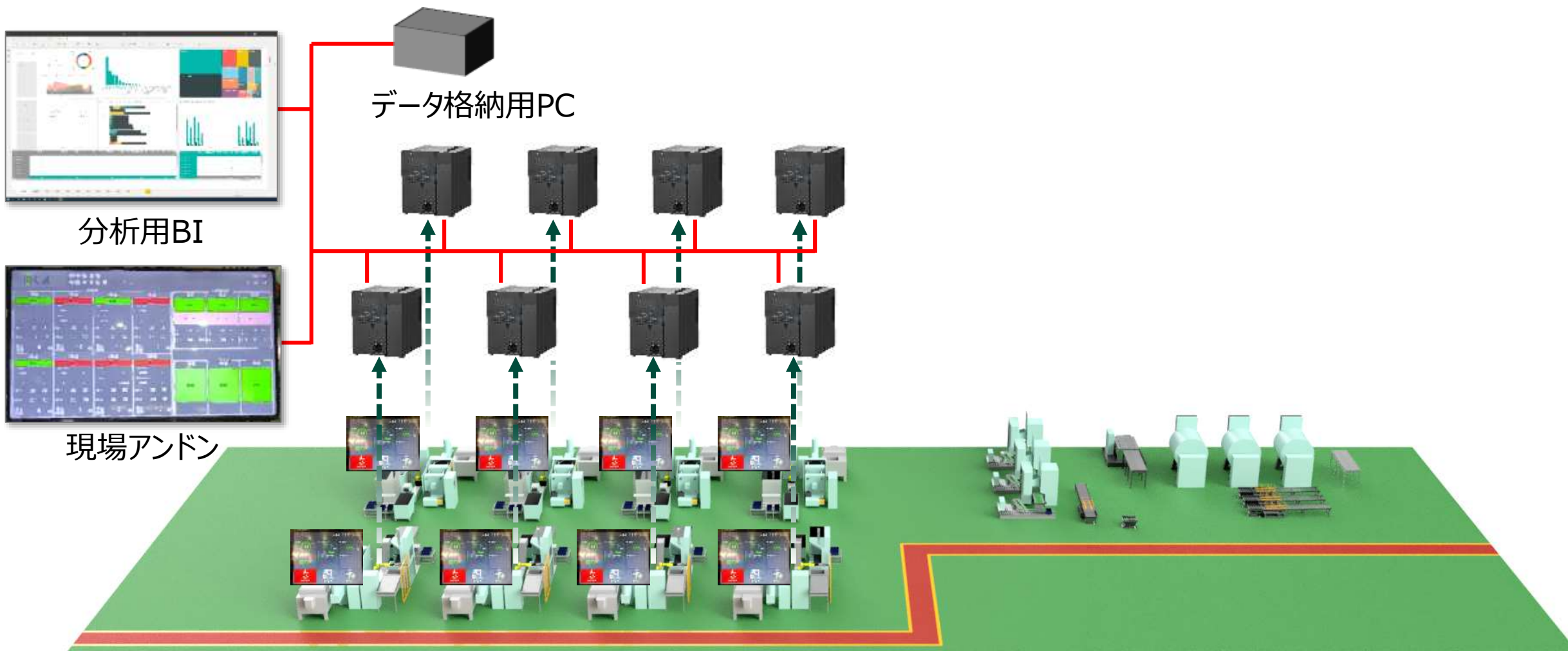
項目	単位	取得頻度	更新頻度	備考
生産計画	個	1分	1分	...
...	...	...	...	...

項目	単位	指標	計算式	参照データ
計画に対する進捗度	%	铸造	良品数 / その時刻の生産計画数	良品数 生産開始時刻 生産計画上の生産開始時刻 生産開始時刻と計画上の生産開始時刻との差
	min	T5	標準タイムテーブルと実績時刻の時間差 = 標準タイムテーブルの時刻 - 実績時刻	標準タイムテーブル(外部CSV) 実績時刻
	min	プラスト	標準タイムテーブルと実績時刻の時間差 = 標準タイムテーブルの時刻 - 実績時刻	標準タイムテーブル(外部CSV)

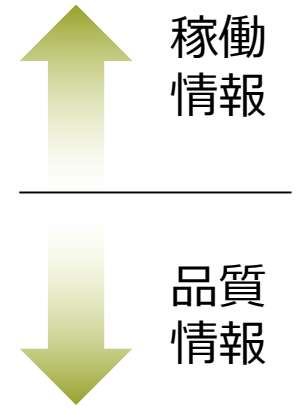
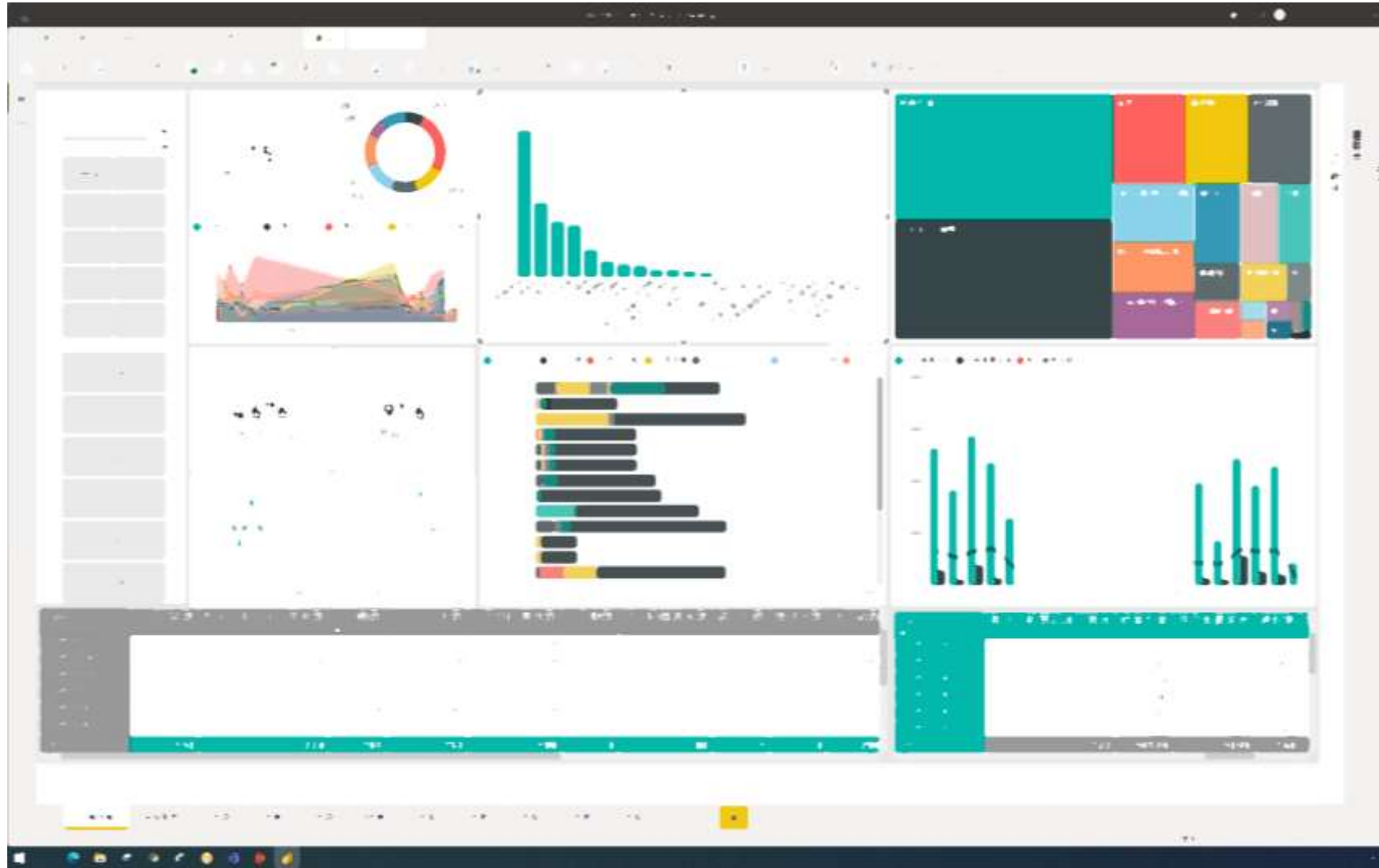
作業日報を参考に取得データ項目と取得頻度、更新頻度を策定  
不足データに関してはタッチパネル入力で補うこととした



取得情報の種類と頻度などの定義を決定し、IoT装置の仕様検討を進め  
 設備制御用PLCとは別にネットワーク型PLC、タッチパネルをもちいたシステムを開発した

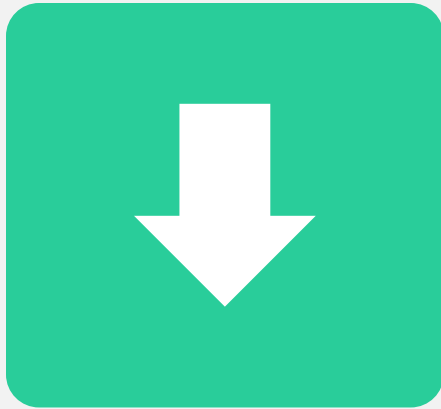


ダイカストマシンに情報収集を目的としたPLCと不足情報を補うタッチパネルを設置  
工場内にリアルタイムの状況を表示する現場アンドンと分析用BIツールを準備した



BIツールでは生産現場の方が求めていた情報を表示し、日々改善活動を実施

### 1. 単純作業を大幅に削減



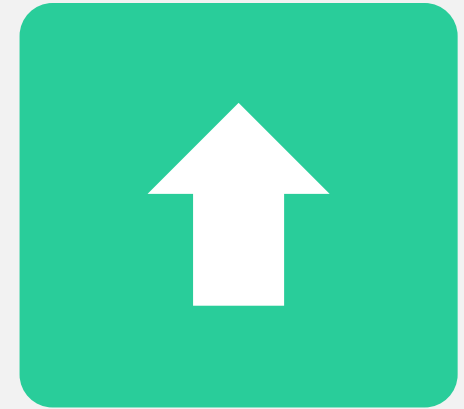
- 設備の稼働状況を自動で記録
- 紙からPCへの転記作業を削減

### 2. 現場の可視化が可能



- どこでも現場の状況が分かる
- データを素早く分析できる

### 3. 改善活動が活性化



- データが自動で集約され、改善スピードが向上
- 全員が同じデータを共有し、課題に対して意思統一が可能

管理者の転記・確認工数  
削減

レポート作成作業  
削減

現場発信の改善報告  
増加

83.3%減



99.1%減



5倍



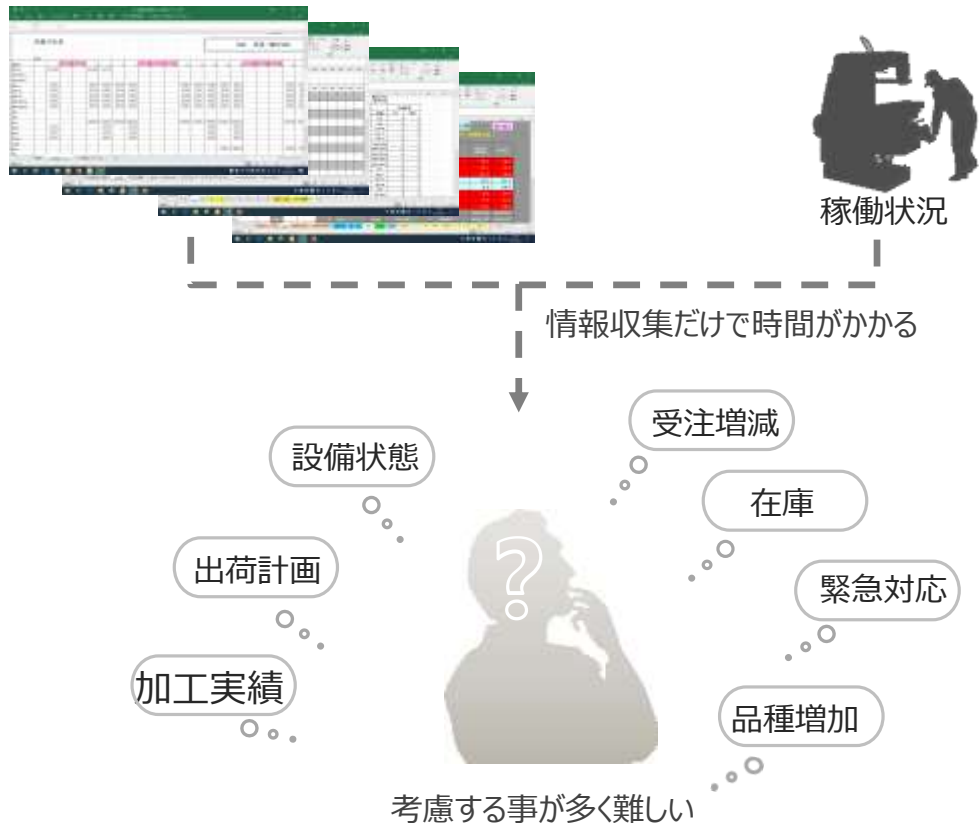
1日あたり1時間かかっていた  
**帳票の転記・確認作業が10分まで減少。**  
転記作業がなくなり、確認作業のみへ。  
現場のデータを網羅的に  
デジタル化する仕組みを導入。

1回あたり2時間かかっていた  
**レポート作成作業が1分で完了。**  
データから自動でビジュアル化するツールに  
最適化

月間2~3件だった**改善報告が**  
**12件に増加。**常にデータが可視化され、  
データと向き合う機会が少ない、  
現場の作業も分析が容易。  
課題が共有され士気が向上。

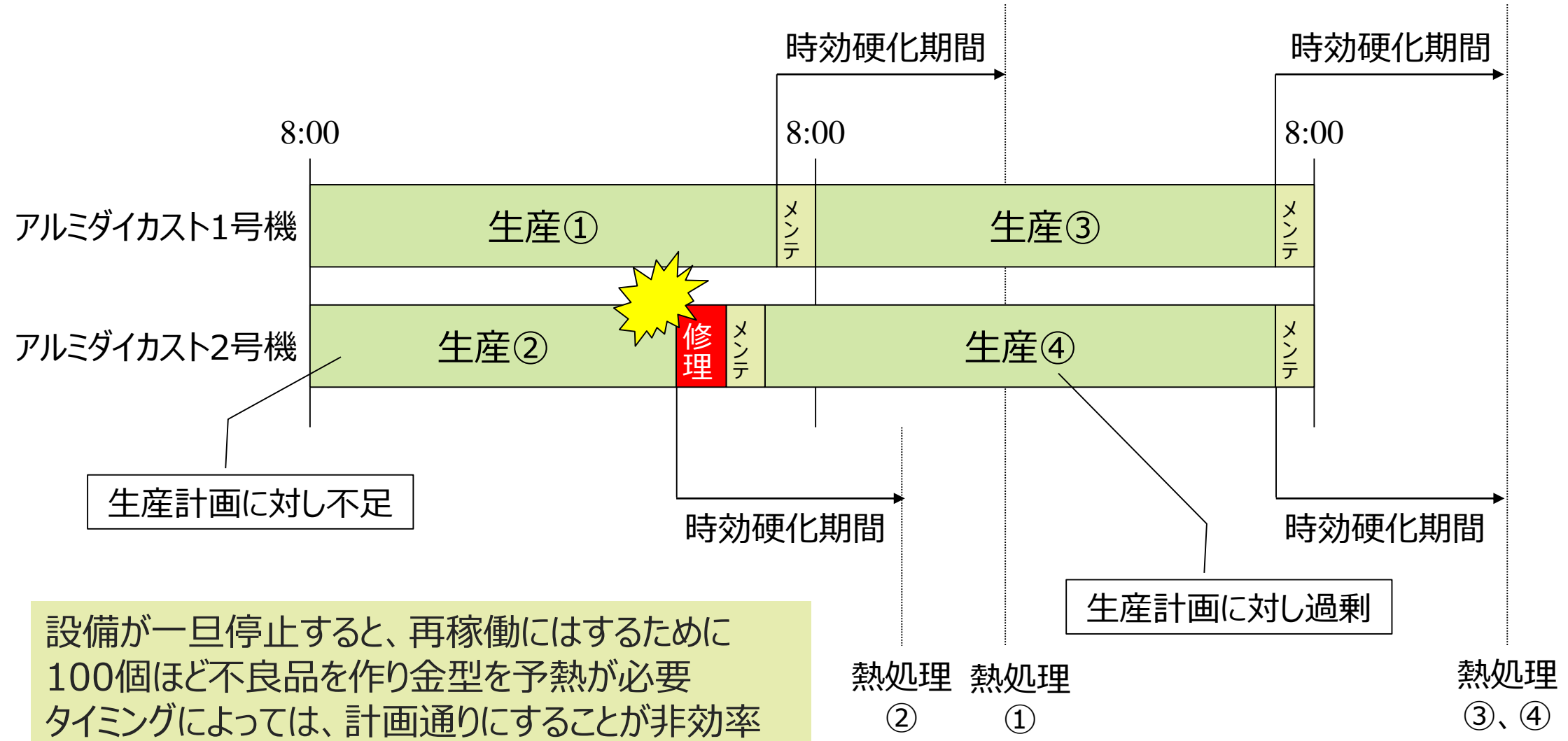


課題	対応	IoTレベルと手法	IoT手法
アルミダイカスト工程の生産トラブルにより納期遅延が発生	稼働率の向上	IoTレベル 1、2	可視化、分析
<b>加工実績に合わせた生産計画の再立案を行うため 試行錯誤と属人化</b>	<b>生産計画立案</b>	<b>IoTレベル 3</b>	<b>AIによる最適化</b>
作業者の繰返し単純作業が多い	自動制御	IoTレベル 3	設備の自律制御



	1月10日	1月11日	1月12日	1月13日	1月14日	1月15日	1月16日	1月17日
1月10日	1000	1000	1000	1000	1000			
1月11日		1000	1000	1000	1000			
1月12日	1000	1000	1000	1000	1000			
1月13日	1000	1000	1000	1000	1000			1000
1月14日	1000	1000	1000	1000	1000			1000
1月15日	1000	1000	1000	1000	1000		1000	1000
1月16日	1000			1000			1000	
1月17日				1000			1000	1000
1月18日							1000	1000
1月19日							1000	1000
1月20日							1000	1000
1月21日							1000	1000
1月22日							1000	1000
1月23日							1000	1000
1月24日							1000	1000
1月25日							1000	1000
1月26日							1000	1000
1月27日							1000	1000
1月28日							1000	1000
1月29日							1000	1000
1月30日							1000	1000
1月31日							1000	1000

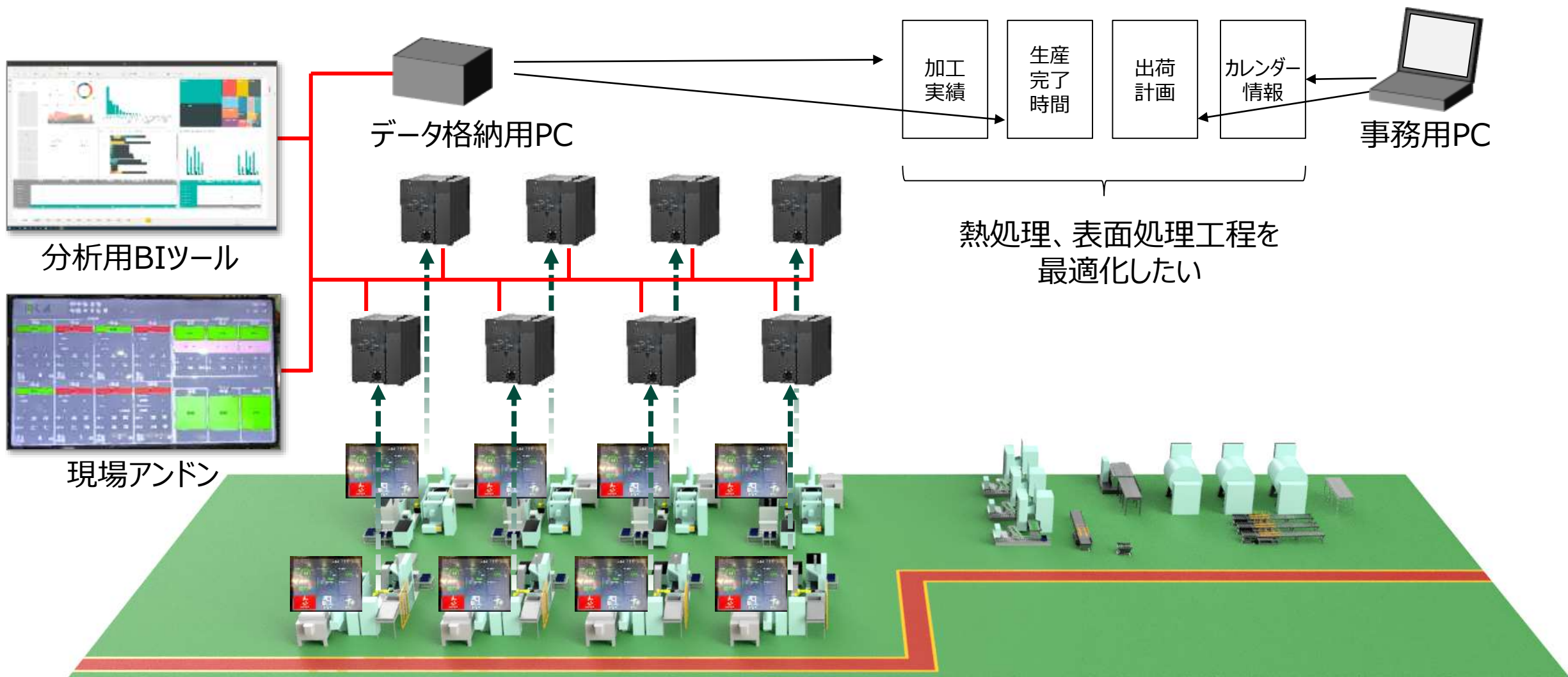
月初に工場全体の生産計画を作るだけでも、難易度が高く属人化した業務。  
 頑張ればガントチャートやスケジューラでも対応可能だが・・・熱処理や表面処理工程も含めた難しい作業



ロットサイズの変更、投入可能時間の変化に対して、日々熱処理炉側での対応が求められている

# 計画通りに生産できないことを許容しよう

後工程の生産計画をシステムで最適化させる



IoTシステムが取得したダイカストマシンの実績数や生産完了時刻などの情報を用いて、熱処理、表面処理工程の生産計画を最適化する



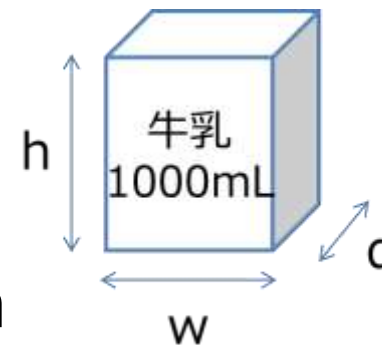
## 生産計画の立案を最適化計算で行う



北陸新幹線 E7系  
溶接条件やノーズ先端形  
状を最適化していた

計算時間の確認のため、  
簡単な最適化問題を解いてみた

Q. 牛乳パックの表面積が  
最小となる3辺の  
組み合わせは？



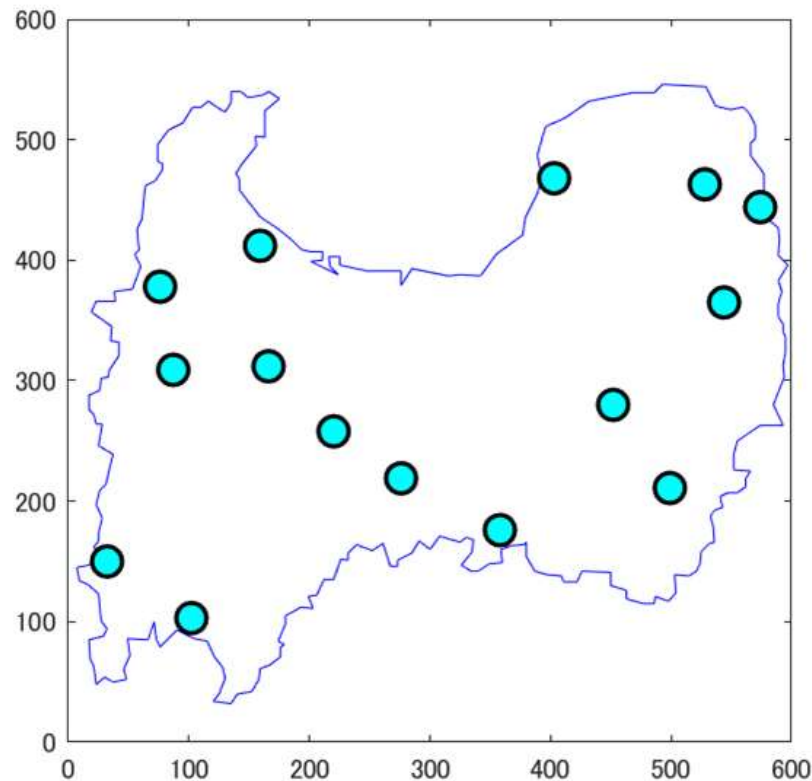
A.  $w=d=h=10\text{cm}$   
計算時間：0.5秒

最適化計算を使えば圧倒的な速さで答えが得られるため、利用しようと考えた

## ■ 最適化計算とは

与えられた**制約条件**の下で、ある**評価関数**を最大または最小にする解を求めること

## 例) 巡回セールスマン問題



富山県の地図上に15か所の巡回先を決め、

**制約条件**：全ての地点を1度通る

**評価関数**：移動距離が短いこと

として、移動距離が最短となる経路を求める

<主な組み合わせ最適化計算>

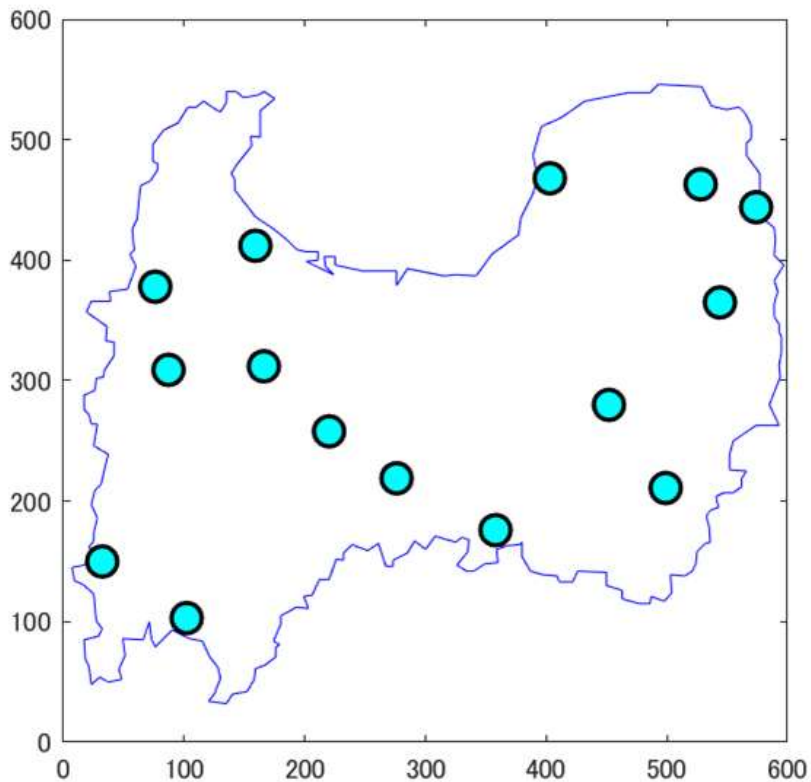
- ・遺伝的アルゴリズム (GA法)
- ・近傍探索法
- ・シミュレーテッドアニーリング (SA)
- ・タブーサーチ (TB)

プロセスを理解しやすい遺伝的アルゴリズム(GA法)を使用することにした



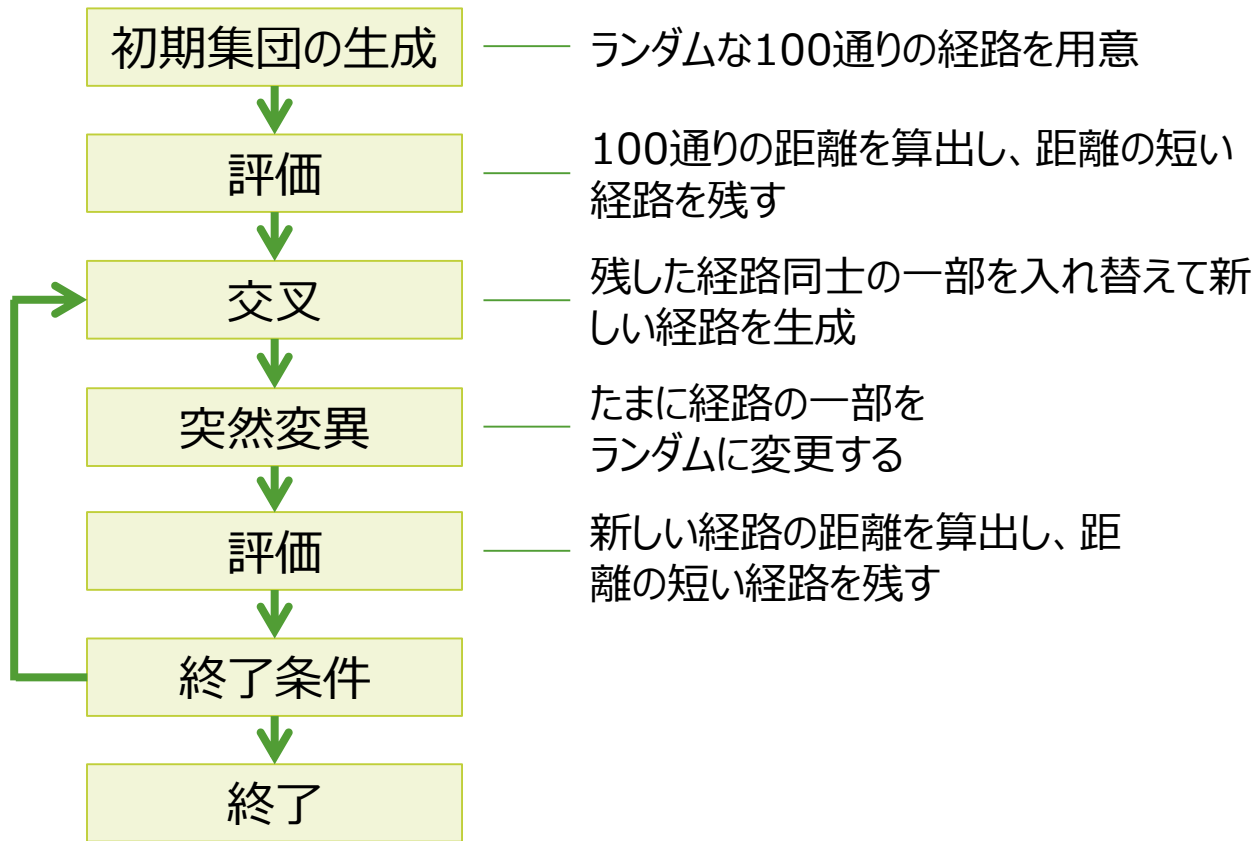
■ 遺伝的アルゴリズム (GA法)

例) 巡回セールスマン問題



GA法プロセス

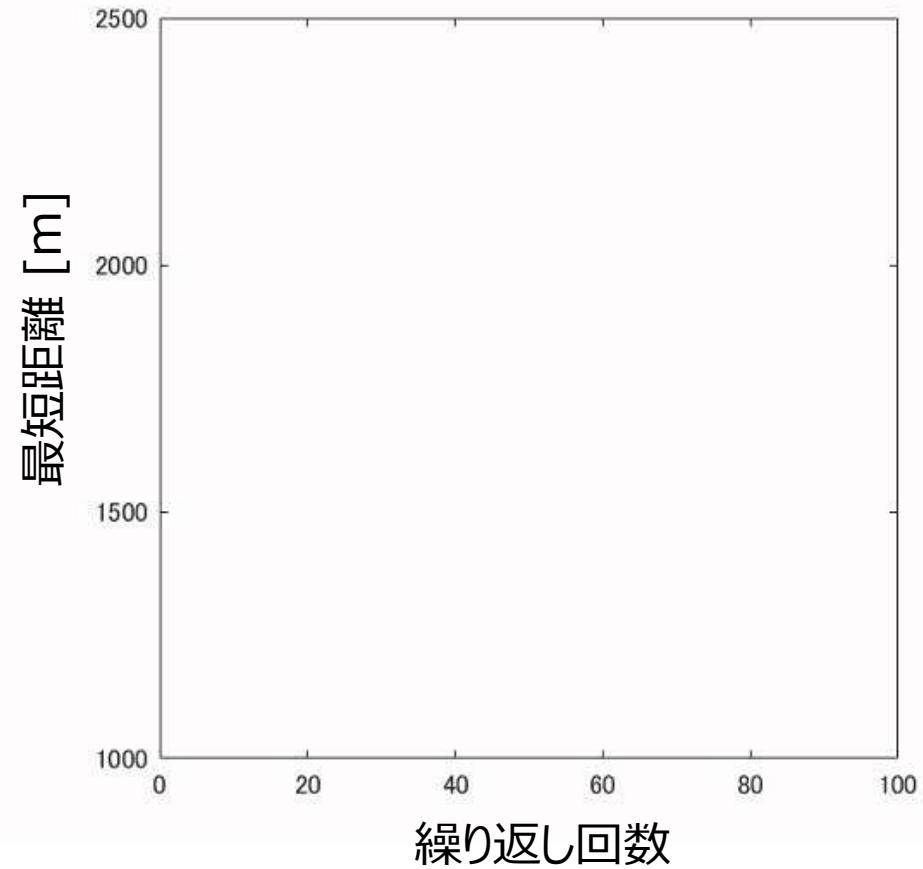
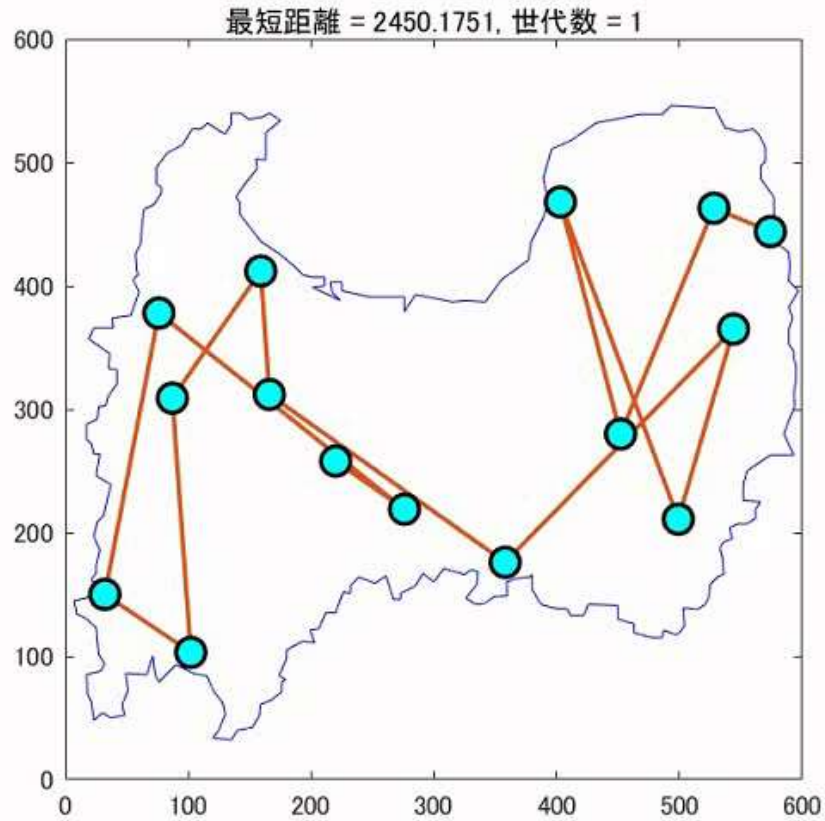
巡回セールスマン問題



生物の進化の仕組みを模倣した最適化計算で、繰り返し計算の中で偶然よくできた解を採用する

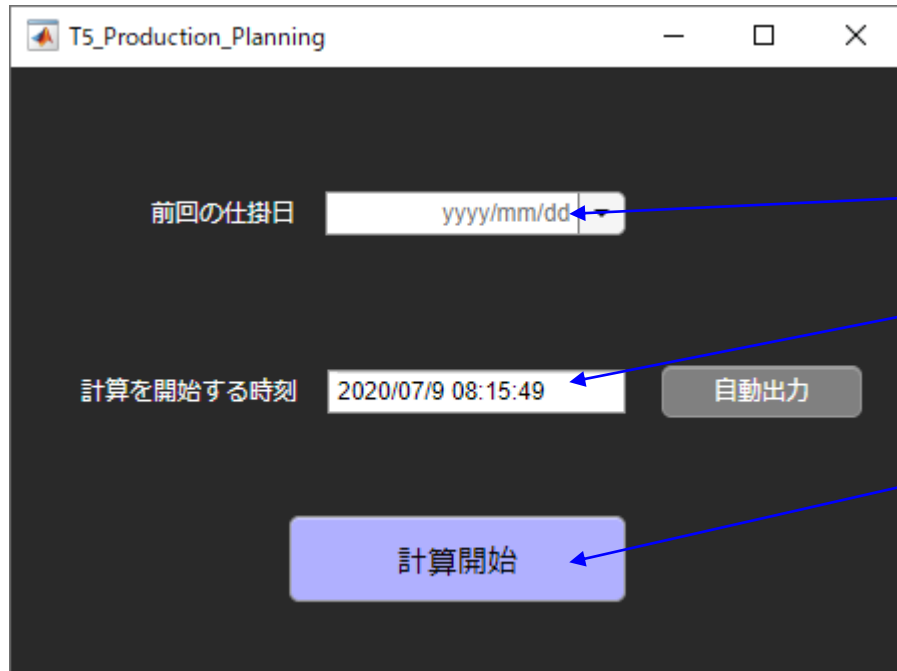
繰り返し計算することで、徐々に最短経路へ近づいていく

■ 遺伝的アルゴリズム (GA法) 計算の様子



繰り返し計算することで、徐々に最適な経路へ近づいていく

## <ソフト画面説明>



「前回の仕掛日」：仕掛日に生産をしていた場合は、その日の年月日を選択

「計算開始する時刻」：計画立案したい日時を記入  
自動出力をクリックすると現在の日時が記入される

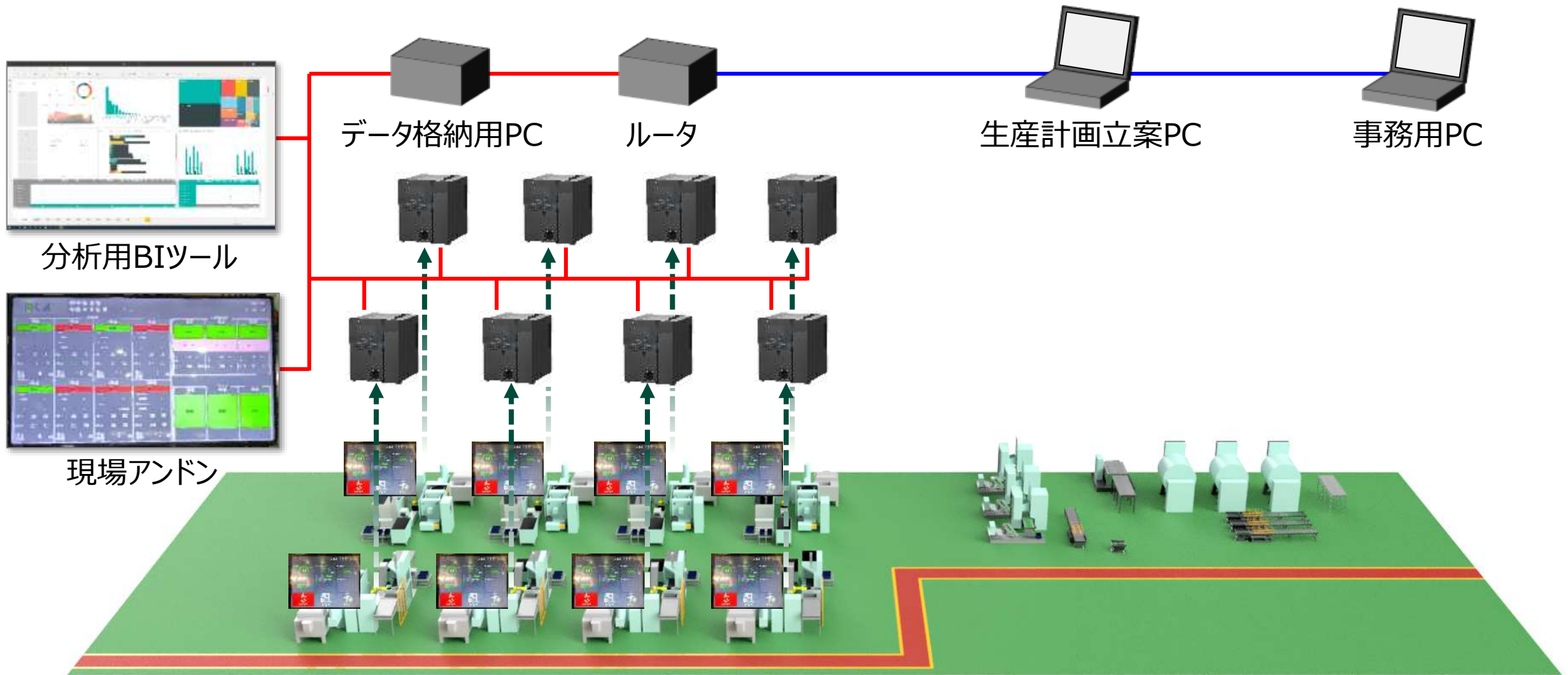
「計算開始」：T5の生産計画の計算が開始される  
30秒程度で終了する。

## <計算結果の出力>

何時に、何号炉で、どの品番を処理すれば良いか、実績を参照しExcelに出力される

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	2020/7/9 8:30	2020/7/9 13:00	2020/7/9 17:30	2020/7/9 22:00	2020/7/10 2:30	2020/7/13 8:40	2020/7/13 13:10	2020/7/13 17:40	2020/7/13 22:10	2020/7/14 2:40
2	5A2-EXH	5K0-P	5K0-S	5K0-MID	RNA-EXH B	計画なし	RNA-P	RNA-EXH A	RNA-SB	59B-1RKR

IoTシステムが収集する日々の実績に合わせて生産計画を日々最適化するソフトウェアを開発



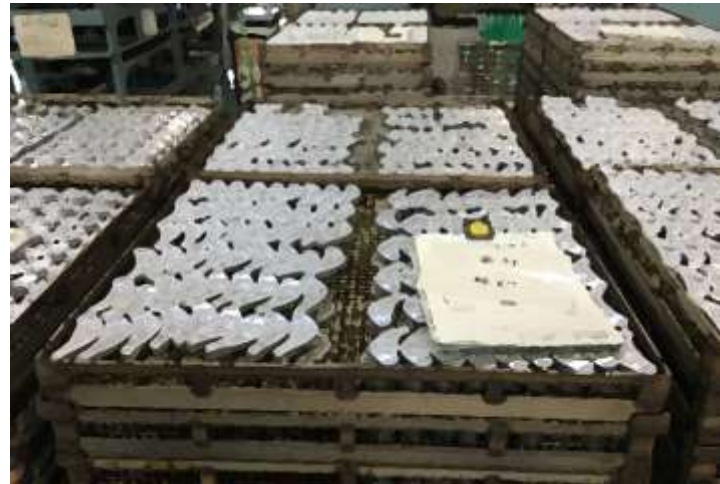
IoTシステムの情報を2次利用して、熱処理、表面処理工程の生産計画の自動最適化により属人化を解消

課題	対応	IoTレベルと手法	IoT手法
アルミダイカスト工程の生産トラブルにより納期遅延が発生	稼働率の向上	IoTレベル 1、2	可視化、分析
加工実績に合わせた生産計画の再立案を行うため試行錯誤と属人化	生産計画立案	IoTレベル 3	AIによる最適化
<b>作業者の繰り返し単純作業が多い</b>	<b>自動制御</b>	<b>IoTレベル 3</b>	<b>設備の自律制御</b>

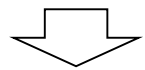
アルミダイカスト  
自動箱詰め



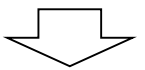
熱処理  
整列作業



表面処理  
材料運搬作業 材料投入作業



ダイカスト完了品  
ガチャ入れ



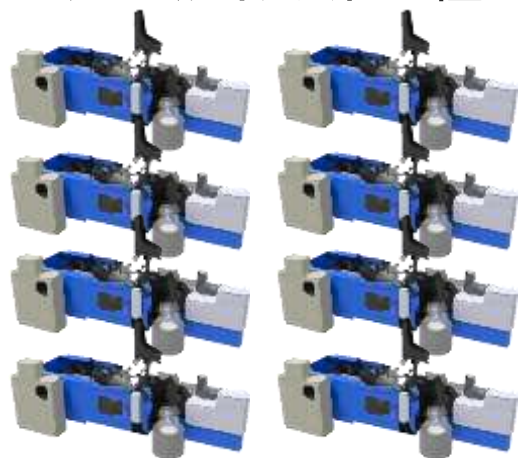
表面処理完了品  
ガチャ入れ

## ダイカスト完了品置場

## 完成品置場



## アルミダイカスト工程



計画通りに作れない

## 熱処理工程



- ・生産計画の決定
- ・整列作業



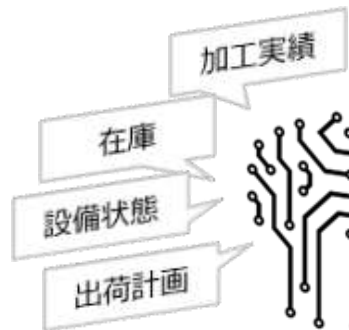
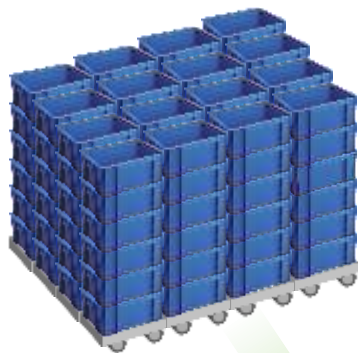
## 表面処理工程



- ・運搬、材料投入
- ・加工条件の変更
- ・熱処理バスケット返却
- ・完成品の運搬



ダイカスト品置場



IoTシステムが取得した情報を使って“今日”の計画を最適化

生産計画

計画確認  
システム入力

完成品置場



アルミダイカスト工程



計画通りに作れない

熱処理工程

計量のみで使える新しい熱処理バスケットを開発



- ・生産計画の決定
- ・整列作業
- ・計量作業

表面処理工程

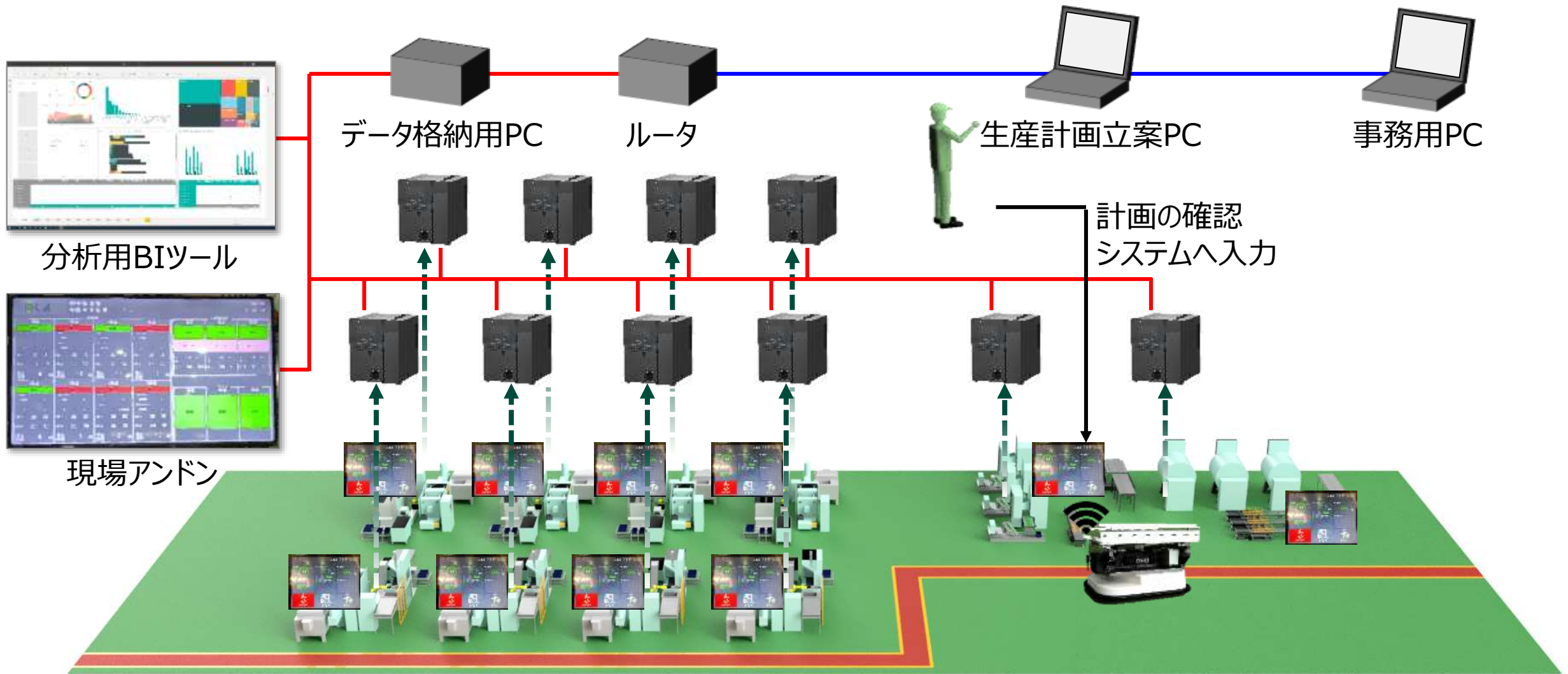


- ・運搬、材料投入
- ・加工条件の変更
- ・熱処理バスケット返却
- ・完成品の運搬

AIが立案した生産計画をもとに、熱処理、表面処理工程が自動制御される仕組みを構築







IoTシステムが収集する現実のデータから、工場をモデル化したシミュレーションを行い計画を最適化し、最適化された計画をもとに設備が自律制御され稼働するIoTレベル3の実装が完了。

## まとめ

要員5名、3年の開発期間、購入部品費約1,500万円を投入し、呉羽工場において、IoTレベル3の実装が完了した。IoTシステムが収集する現実のデータから、工場をモデル化したシミュレーションを行いAIが最適化した生産計画を立案し、設備の自律運用が可能になった。

### ■ IoTによって効果を得るためのポイント

- ・IoTシステムは改善ツール。品質情報、取得情報を項目変更できる運用の柔軟さが肝要。
- ・マネジメントでは改善活動文化の醸成。  
(製造現場の自助努力を含む活動になるため、効果をすぐに求めないことやチェック機能など継続できる体制づくり)

### 呉羽工場におけるIoT導入効果

- |                  |     |        |             |
|------------------|-----|--------|-------------|
| ・監督者の転記/確認作業     | ... | △83.3% | (60→10分/日)  |
| ・監督者のレポート作成時間    | ... | △99.1% | (60→1分/回)   |
| ・改善報告数           | ... | 5倍     | (2~3→12件/月) |
| ・計画最適化工程         | ... | 属人化の解消 |             |
| ・熱処理、表面処理工程の人工作業 | ... | △66%   | (9→3名)      |

ご清聴ありがとうございました

