

素材製造ラインにおける品質向上 シリンダーヘッド(鋳造)編



野口 智史 【三菱電機(株)】



田中 義二 【アビームシステムズ(株)】

江平 賢仁 【ヤマザキマザック(株)】

小川 洋平 【(株)小松製作所】

吉田 伸広 【トヨタ自動車(株)】

丹下 直紀 【CKD(株)】



中村 直寿 【新東工業(株)】

橋本 修一 【マツダ(株)】

堀井 信克 【マツダ(株)】

荒木 友彦 【ウイングアーク1st(株)】

今尾 全宏 【パナソニック(株)】

内藤 潤 【(株)電通国際情報サービス】

発表者：堀井 信克



対象とする工場

アルミ鋳造 APMCライン

マツダ独自の鋳造技術

(**A**dvanced **P**recision **M**azda **C**asting)



エンジンSKYACTIV

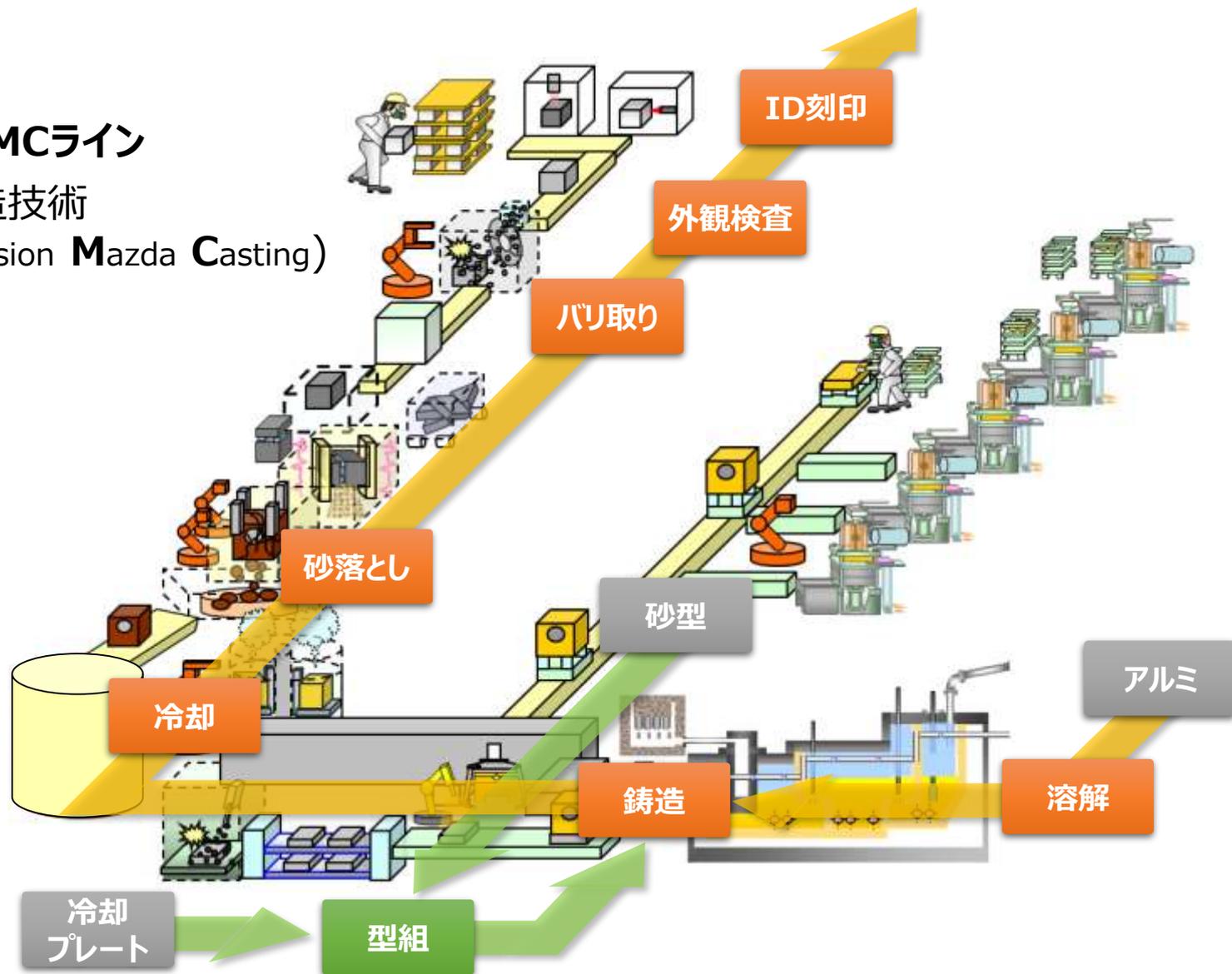
対象製品



シリンダーヘッド

マツダ (株) アルミ鋳造 APMCライン

マツダ独自の鋳造技術
(**A**dvanced **P**recision **M**azda **C**asting)

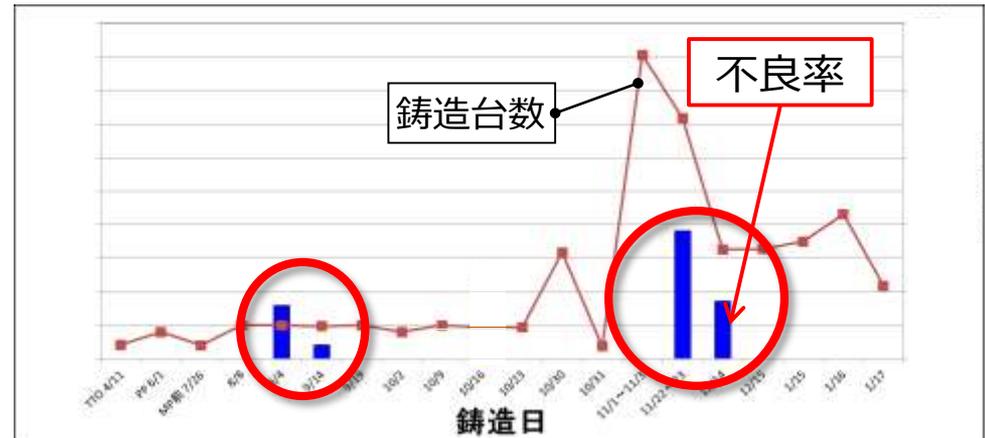
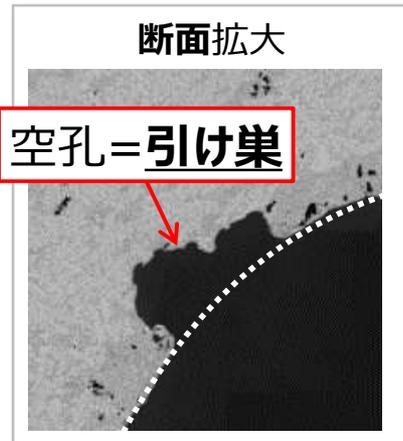


困りごと

引け巣 (=空孔状の品質不良)

★エンジンの強度低下、油漏れ等の商品欠陥に繋がってしまう

シリンダーヘッド

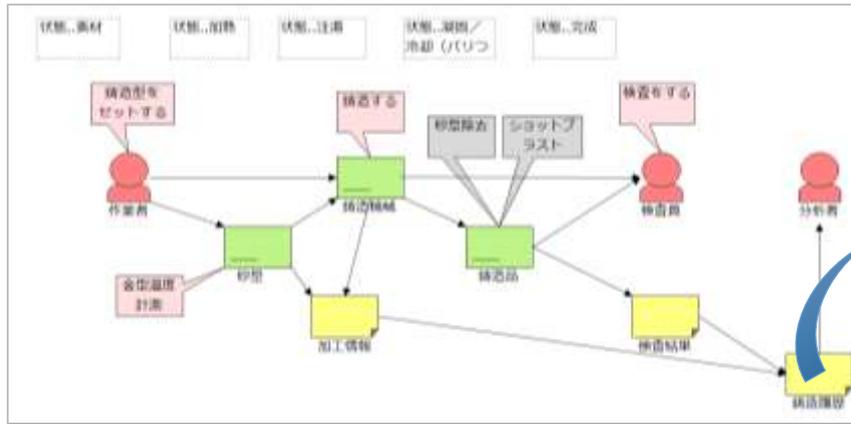


突発的に不良が大量発生、検査工程で大量廃棄
⇒何年も調査しているが真因が掴めない
方案対策で軽減するが、ゼロ化が困難

製造現場での困りごと (AS-IS)



困りごと(AS-IS)



トレサビデータ

シリンダーヘッド1台毎の
製造条件、検査記録

製造履歴 (トレサビ) データを活用
制御因子解明にチャレンジするが、結果に結び付かない
従来の分析方法に限界を感じていた

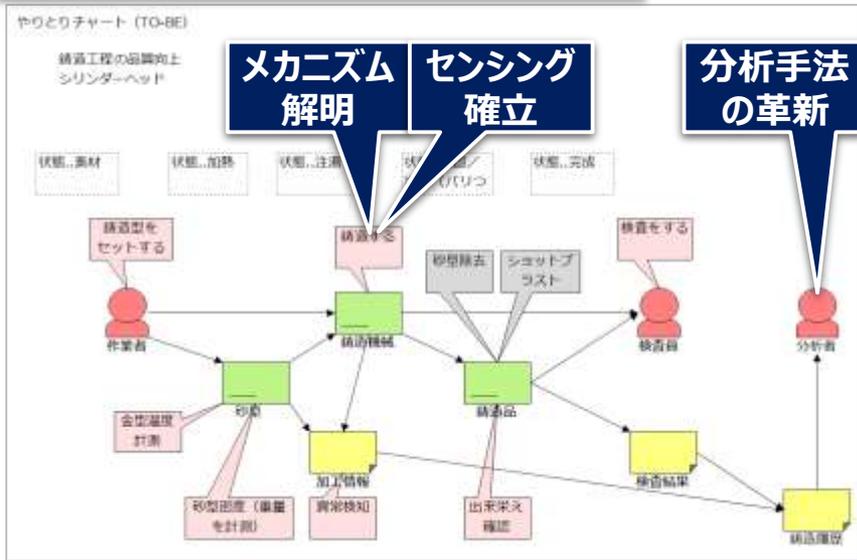
冶金調査では良/不良の差が見えてこない
原因につながる因子をセンシングできていないのでは

外観目視検査の不良品記録は不良モード/発生部位のみ
引け巢サイズの定量評価が必要なのは



引け巢の発生メカニズム解明とゼロ化を目指す！！

やりとりチャート (TO-BE)



アプローチの仕方

データ分析手法の革新

従来と別観点の分析手法を導入

センシング/デジタル評価技術の試行

新たなセンシング活用

新たなデジタル評価・判定システムの導入

因果分析・鑄造技術の有識者による発生要因の原因究明を進める

判別できる仕組み実装し、早期改善

不良発生を撲滅

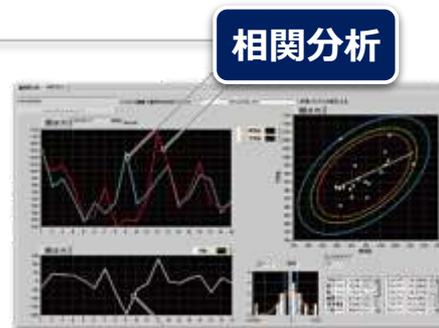


ゴール：引け巣の発生メカニズム解明とゼロ化 に向けて

主な取り組み

① 相関分析

生産履歴、溶湯
⇒冷却プレートと温度影響
⇒硬さの影響



三菱電機
「リアルタイムデータアナライザ」

② 因果分析

成分分析による品質影響因子
(成分含有量) の抽出・特定



電通国際
情報サービス
「CALC」

※CALCはソニー株式会社の登録商標です。
※CALCはソニーコンピュータサイエンス研究所が開発した技術です。

③ 形状欠陥判定自動化

画像センサの撮像データ活用による
デジタル評価 (引け巣サイズ定量評価)



パナソニック
「SV
(画像センサ)」

【引け巣】の品質影響因子を抽出・特定！

成果①：冷却プレートの個体差によって
引け巣の発生率が異なることが判明

成果②：アルミに含まれる特定成分の量を調整することで
引け巣の発生率を下げるのが可能だと判明

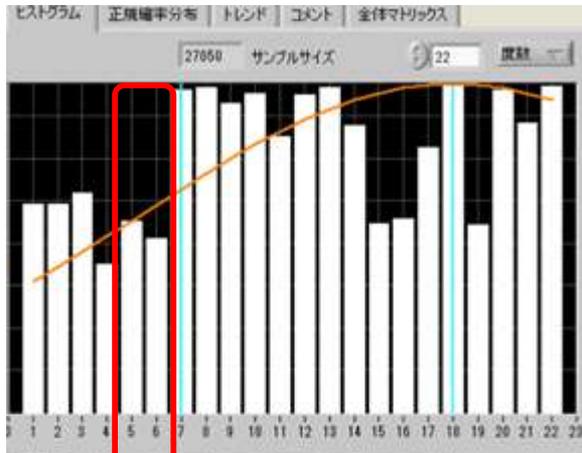
成果③：従来、不良率が低いと考えていた期間でも、
品質に差が生じていたことが判明



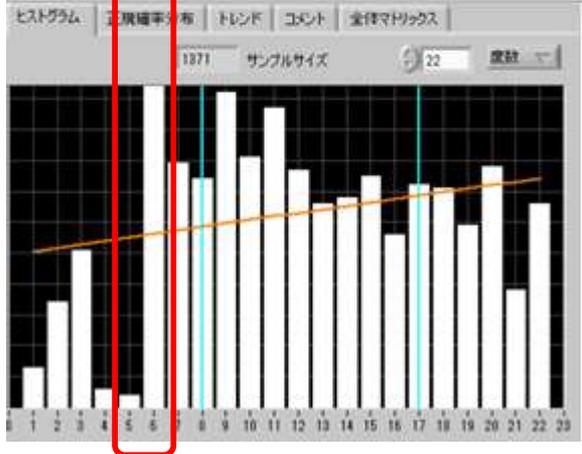
成果①：冷却プレートと引け巣の関係

冷却プレート毎に、引け巣の発生率が異なることを確認！

良品数

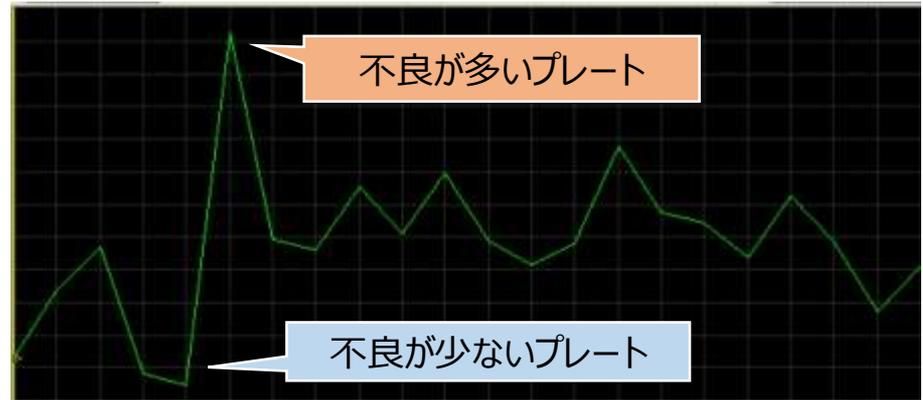


引け巣発生数

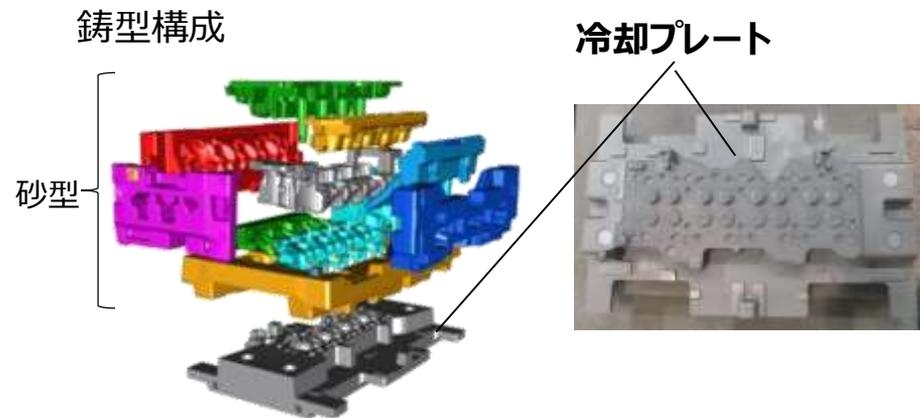


横軸：冷却プレートNo. (1~22)

※三菱電機「リアルタイムデータアナライザ」により分析



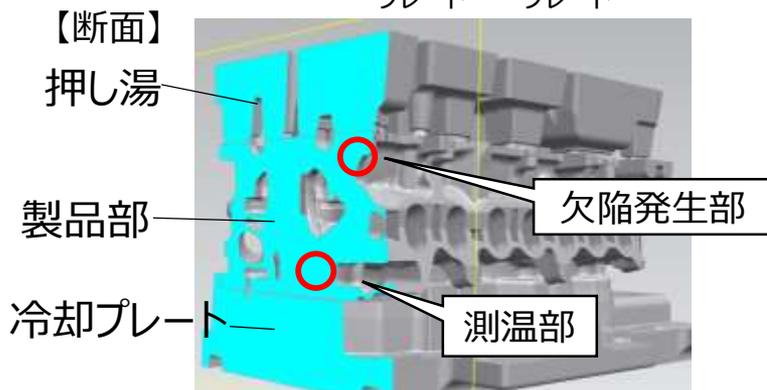
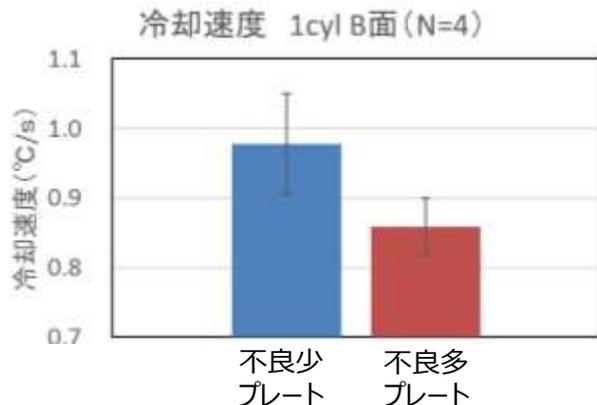
冷却プレートNo.毎の引け巣発生率



成果①：冷却プレートの要因調査結果

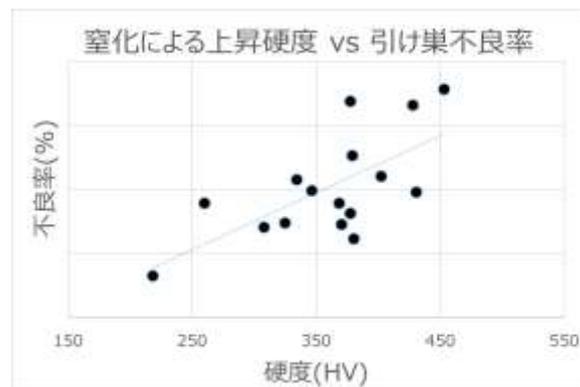
不良多いプレートはあまり冷えない

プレート別_製品冷却速度



不良多いプレートは硬い=窒化層が厚い

冷却プレート表面硬度



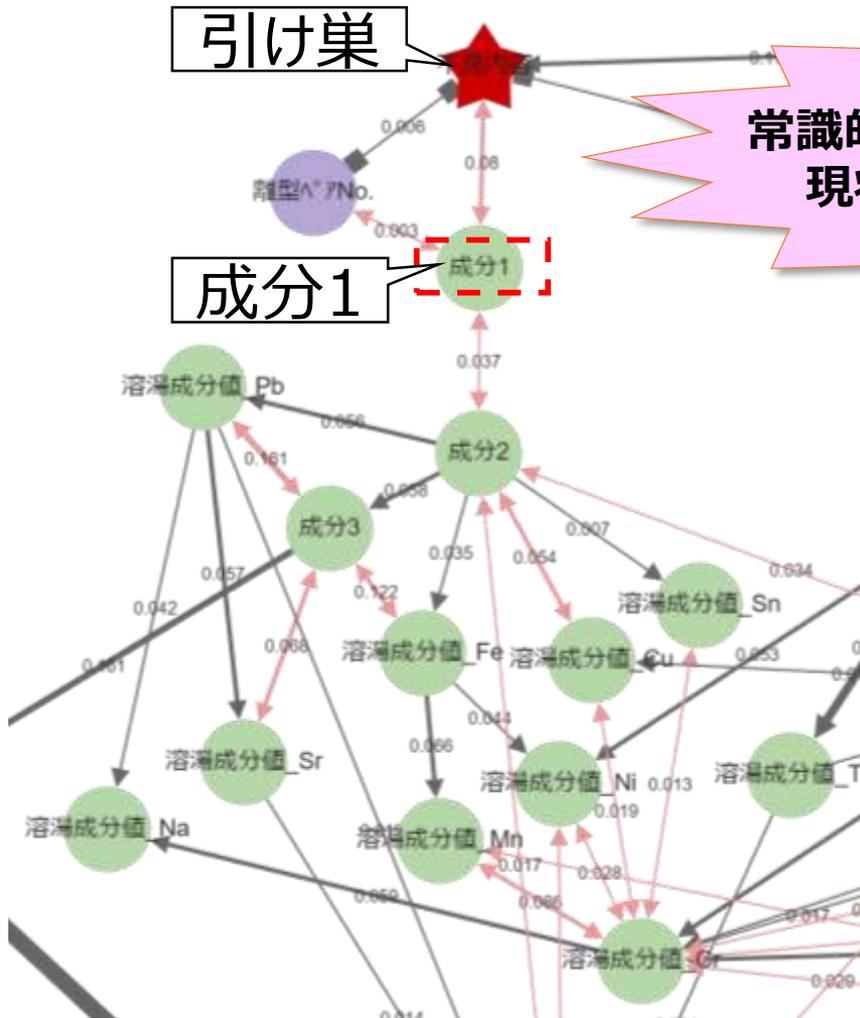
冷却プレート間に個体間差あり
窒化層を制御できれば引け巣低減が見込める

成果②：溶湯成分と引け巣の関係



引け巣

成分1



常識的に成分1は高すぎたら引け巣悪化だが・・・
現状の管理値内では高めの方が改善！？

	成分1	成分量 低	成分量 中1	成分量 中2	成分量 高	計
不良	引け巣	100.0%	43.9%	17.6%	3.2%	968
内容	良品	0.0%	56.1%	82.4%	96.8%	8613

	成分2	成分量 低	成分量 中1	成分量 中2	成分量 高	計
不良	引け巣	0.0%	5.3%	11.2%	62.0%	968
内容	良品	100.0%	94.7%	88.8%	38.0%	8613

	成分3	成分量 低	成分量 中1	成分量 中2	成分量 高	計
不良	引け巣	38.6%	13.6%	1.8%	3.6%	968
内容	良品	61.4%	86.4%	98.2%	96.4%	8613

電通国際情報サービス
「CALC」により分析

※CALCはソニー株式会社の登録商標です。
※CALCはソニーコンピュータサイエンス研究所が開発した技術です。

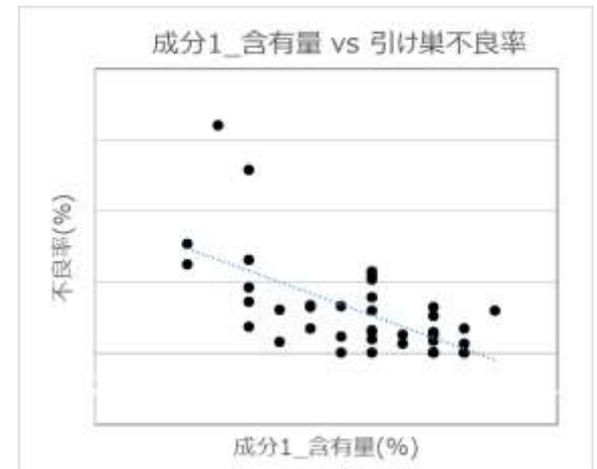
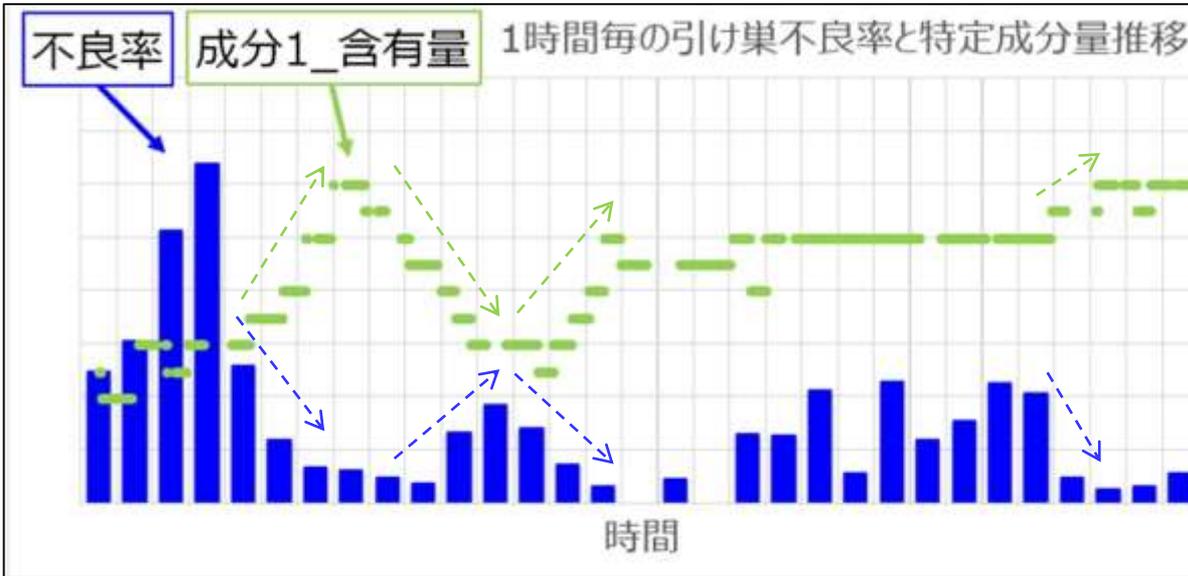
成分1と引け巣率に因果関係がありそう



成果②：溶湯成分テスト結果

工程フロー

成分1の含有量を意図的に変動



溶湯成分1の狙い値の見直しで引け巣が改善することを確認！



成果③：欠陥サイズの定量化

従来：目視検査

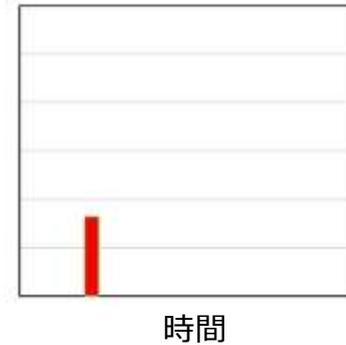


記録はOK、NGのみ

不良



1時間毎の欠陥出現率



欠陥サイズ

■ φ2 mm以上(不良)

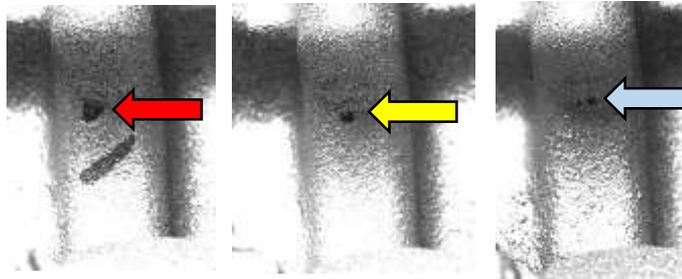
画像センサ設置



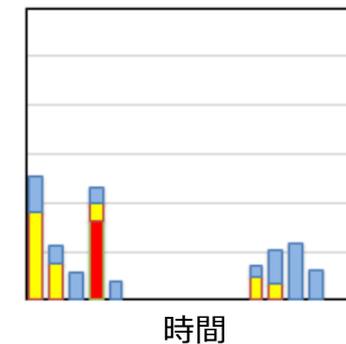
定量化成功！

不良

規格内



1時間毎の欠陥出現率



■ φ2 mm以上(不良)

■ φ1~2 mm

■ φ0.5~1 mm

規格内

引け巣大小をデジタル評価によりサイズ定量判定！
潜在的な欠陥も定量把握でき、分析精度向上につながる。



➤ 良品条件の明確化

本取り組みで改善効果がみられた溶湯成分量コントロールや、冷却プレートの個体差影響の最小化を足掛かりに、他の品質影響因子についても実証実験の取り組みを継続し、引け巣発生ゼロ化に向けた仕組みとして進化させる。

➤ 知見の一般解化

本工法に限れば溶湯成分影響 \leftrightarrow 引け巣 \leftrightarrow 冷却プレートの関係明確化のみで実益が得られそうだが、より細かい物理現象まで掘り下げて調査を進めることで、他の工法へも応用利用できる知見へ展開する。

➤ 製造条件データの拡充

将来的には砂型に関する製造条件も加えることで工法全体を網羅した仕組みに進化させていく。





- 過去の製造 & 品質BIGデータから要因検証し、品質改善の実例として示すことができた。
- 限られた数回のWGで目に見える成果につなげられ、IoTの有効性を生産現場サイドまで強く実感した。