

イメージング法による高速ボス加工 したMg合金の内部欠陥観察

茨城県工業技術センター

早乙女 秀丸

目次

1. 茨城県工業技術センター紹介
2. マグネシウムについて
3. 高速ボス加工について
4. SPring8を使用した内部観察について

1. 茨城県工業技術センター 紹介

1. 1 茨城県工業技術センター 概要

茨城県工業技術センター
職員66名(内研究職:54名)



1

本所

42名

機械／金属／電気／化学／食品／木工・デザイン
所在地：茨城町

2

繊維工業指導所

12名

紬織物／繊維／プラスチック 所在地：結城市

3

窯業指導所（匠工房・笠間）9名

焼物／セラミック／石材 所在地：笠間市

4

いばらきサロン

2名

研究機関等との連携 所在地：つくば市

5

茨城デザインセンター 1名

デザイン開発支援 所在地：ひたちなか市

1. 2 紹介

繊維指導所



○結城紬

- ・後継者育成研修
- ・デザインや製品の開発支援
(ユネスコ無形文化遺産)

○プラスチック業界

- ・射出成形の技能検定
- ・新素材の開発

窯業指導所



○笠間焼

- ・後継者育成研修
- ・デザインや製品の開発支援
- ・新釉薬開発

○石材

- ・石材コップ・スラッジの有効
利用を目的とした研究

1. 3 紹介

食品



- ・県内農産物を活用した加工品や菓子の開発
- ・納豆菌の開発
- ・清酒製造技術に関する試験研究及び指導

1.4 紹介

金属



- ・マグネシウム合金を中心とした加工技術の開発
- ・集束イオンビームを利用した微細加工

機械



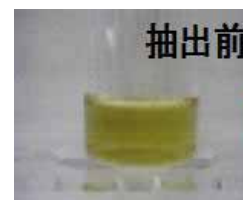
- ・化学プラント外面腐食診断ロボットの開発
- ・高効率・高出力コアレスモータの開発

電気



- ・簡易画像処理装置の開発
- ・アナログセンサのノイズ耐性向上技術

化学



- ・レアメタルの回収技術の開発
- ・ナノバブルを使用した洗浄技術の開発

2. マグネシウムについて

2. 1 マグネシウムの茨城

茨城マグネシウム工業会

民間34社による，自主運営の
マグネシウム研究会

- ・新製品の開発
- ・技術交流
- ・国際マグネシウム展の運営

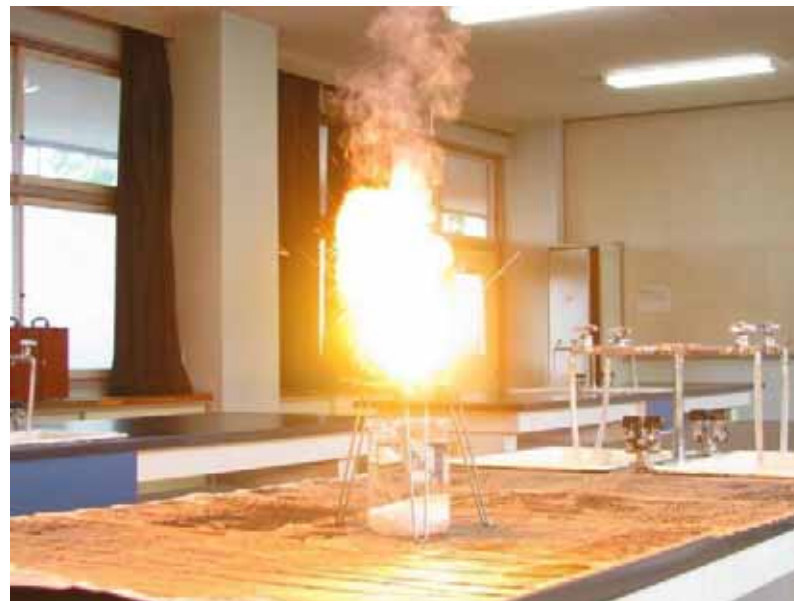


「マグネシウムの茨城」のブランド構築を目指している

2. 2イメージ



フラッシュの発光体



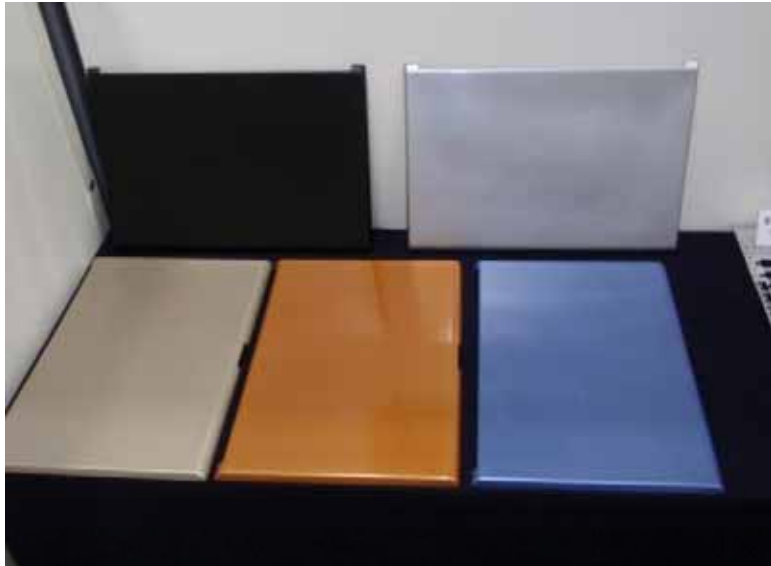
理科の燃焼実験

激しく燃えるイメージを持つ人が多い



ある程度の大きさになれば燃えることはない

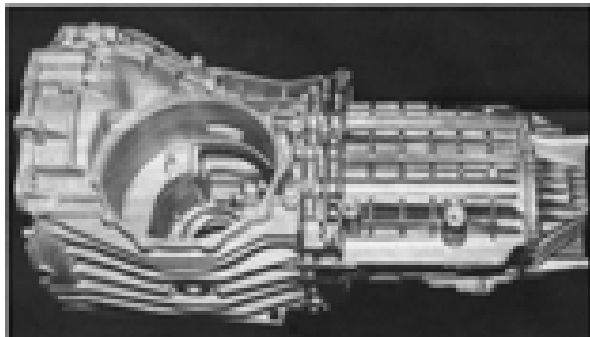
2. 3身近な製品



モバイル製品のケース



携帯端末部品



トランスミッションケース



ハンドルの芯がね



自動車用ホイール

2.4 物性

	比重 (g/cm ³)	融点 ()	引張強度 (MPa)	熱伝導率 (W/mk)
Mg合金 (AZ91)	1.82	598	250	54
AL合金 (A5052)	2.68	607	230	137
炭素鋼	7.86	1520	517	42
樹脂 (ABS)	1.03	—	96	0.9

マグネシウムは実用金属中で1番軽い
(アルミニウムの2/3, 鉄の1/7)

2. 5長所

軽量以外の特徴

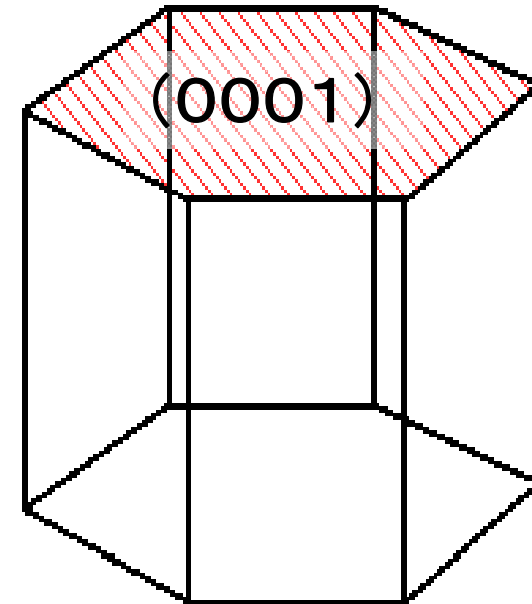
- 地球上で6番目に多い元素
- 振動吸収性が良い
- 電磁波シールドが良い
- 切削性が良い
- 耐くぼみ性が良い



振動吸収性を利用した製品
(刃物の振動を押さえるスリーブ)

2.6 短所

- 耐腐食性が劣る
マグネシウムは非常に活性な金属で、腐食しやすい。
- 塑性加工が難しい
結晶構造上すべり面が決まっておき、常温でのプレスや鍛造が難しい。



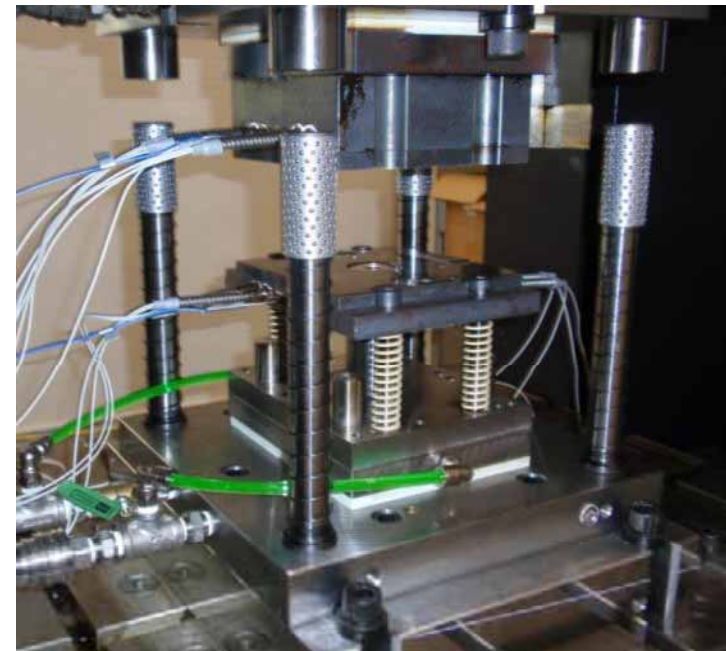
Mgの結晶構造

2.7 マグネシウムのプレス加工

マグネシウムのプレス加工は、250 ~350 の温度をかけ、温間プレスで行う。

○問題点

- ・金型の消耗が早い
- ・潤滑剤の選定が難しい
- ・プレス速度が非常に遅い
- ・ボスを後付けしなくてはならない




温間金型

3. 高速ボス加工について

3. 1 研究目的

マグネシウム合金向けの新しい3次元加工技術
を確立し、順送プレス板鍛造技術によるニアネット
ト成形技術を開発する。



新3次元加工技術＝高速ボス成形技術

『生産性向上』『行程数削減』『部品点数削減』
の改善を目指す

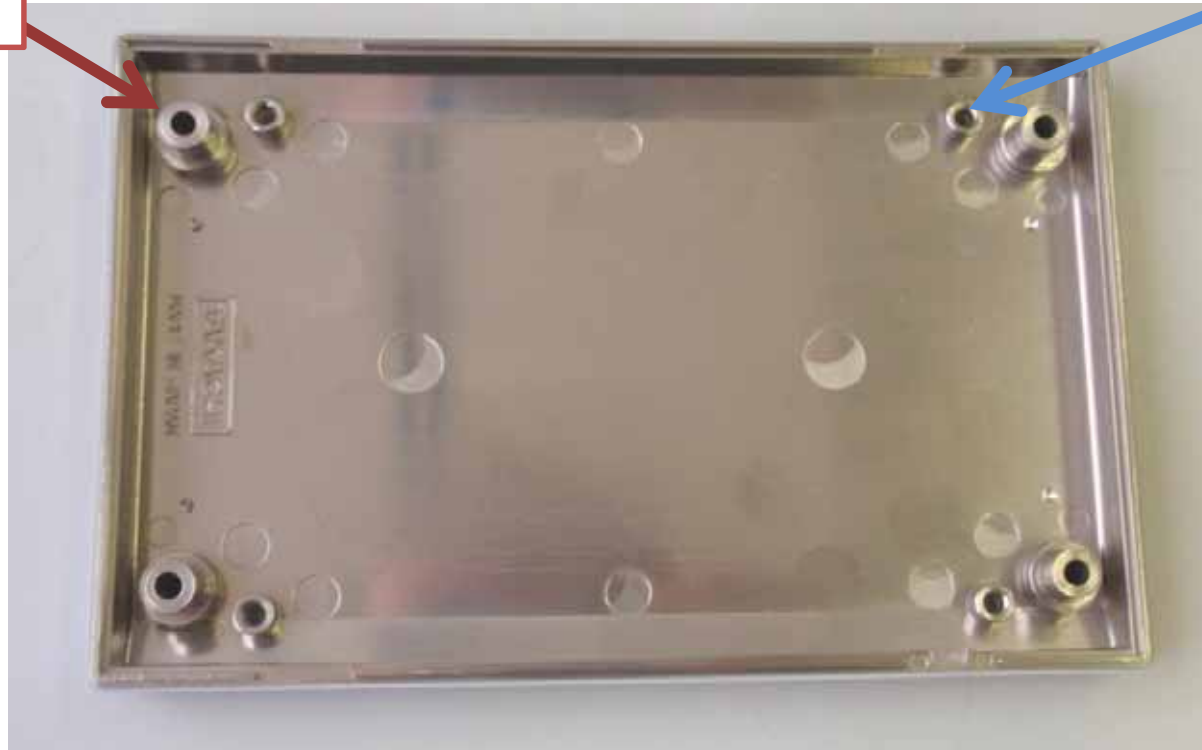
経産省『戦略的基盤技術高度化支援事業』を活用し、
山野井精機株式会社と共同研究

3. 2 ボスとは

ボスは成形品の組合せや他部品を締結するのに使用される突起。

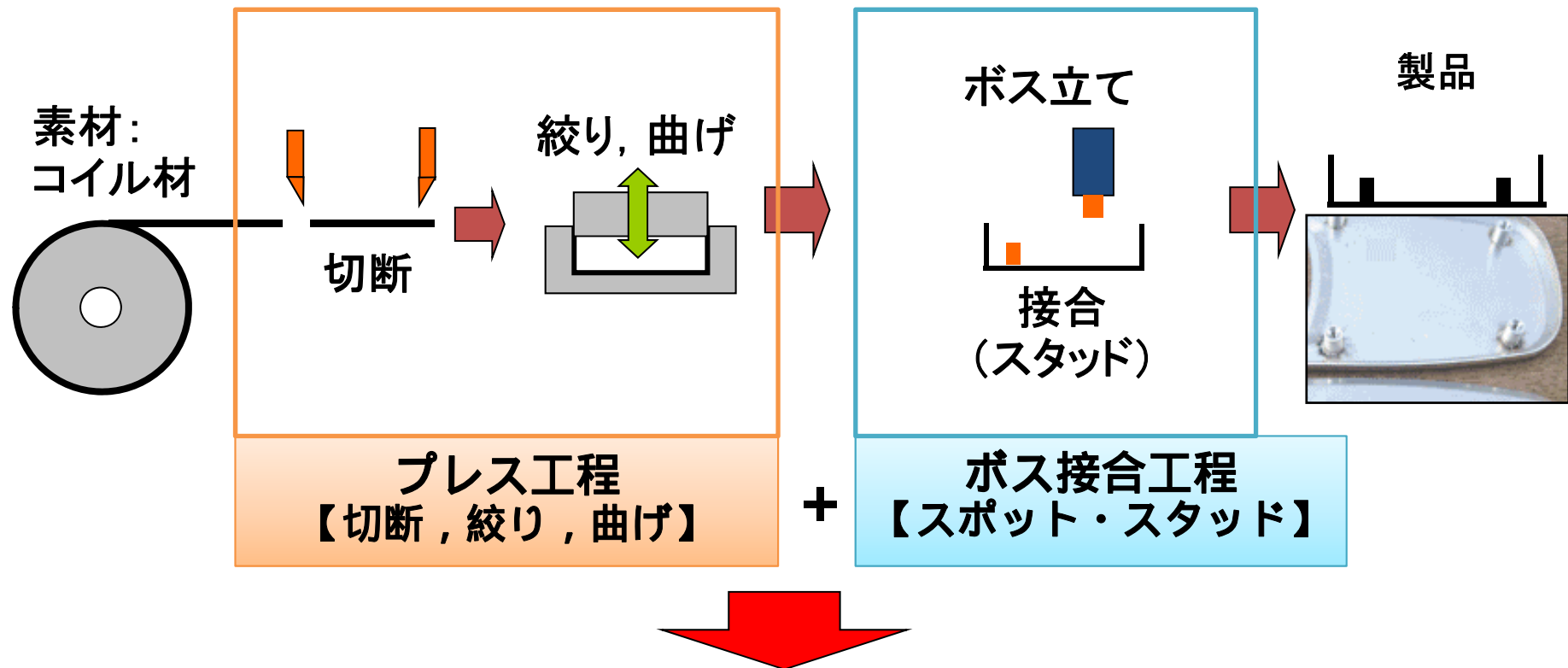
組合せ用
ボス

締結用
ボス



3.3 従来生産方法

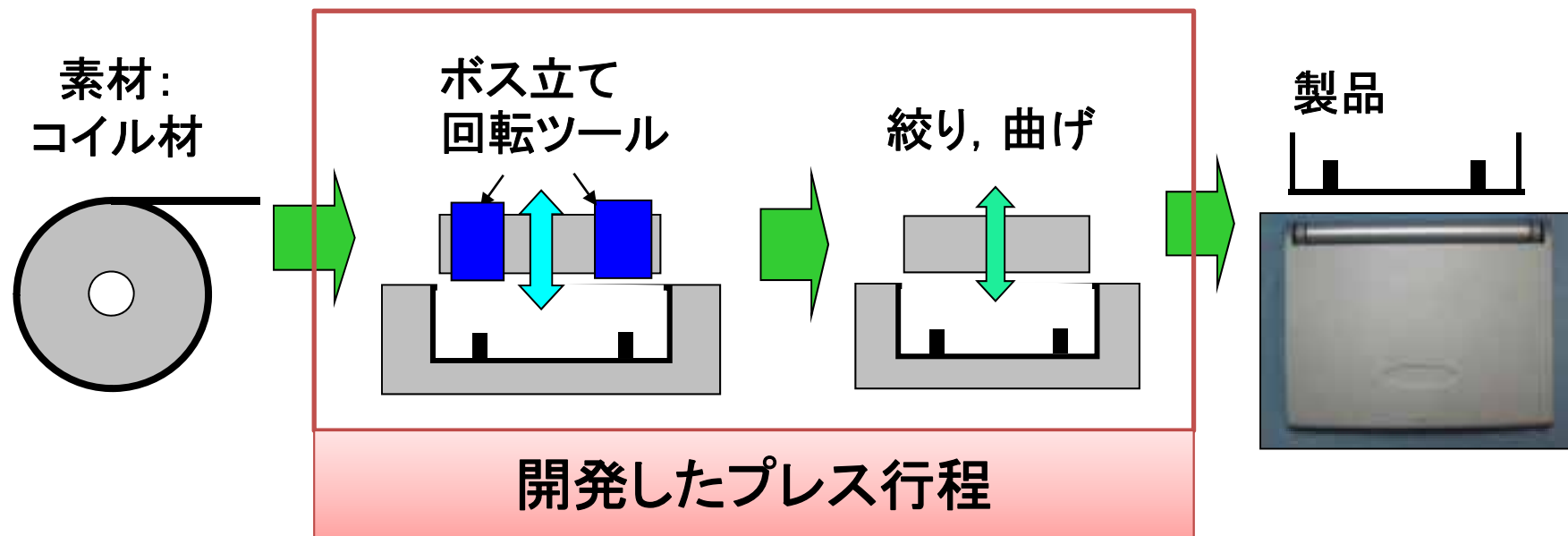
プレスとボス接合の行程が分かれており、連続的に加工が行えないため生産性が悪い



生産性向上のためには、プレスと一体化できる
新しいボス成型技術が必要

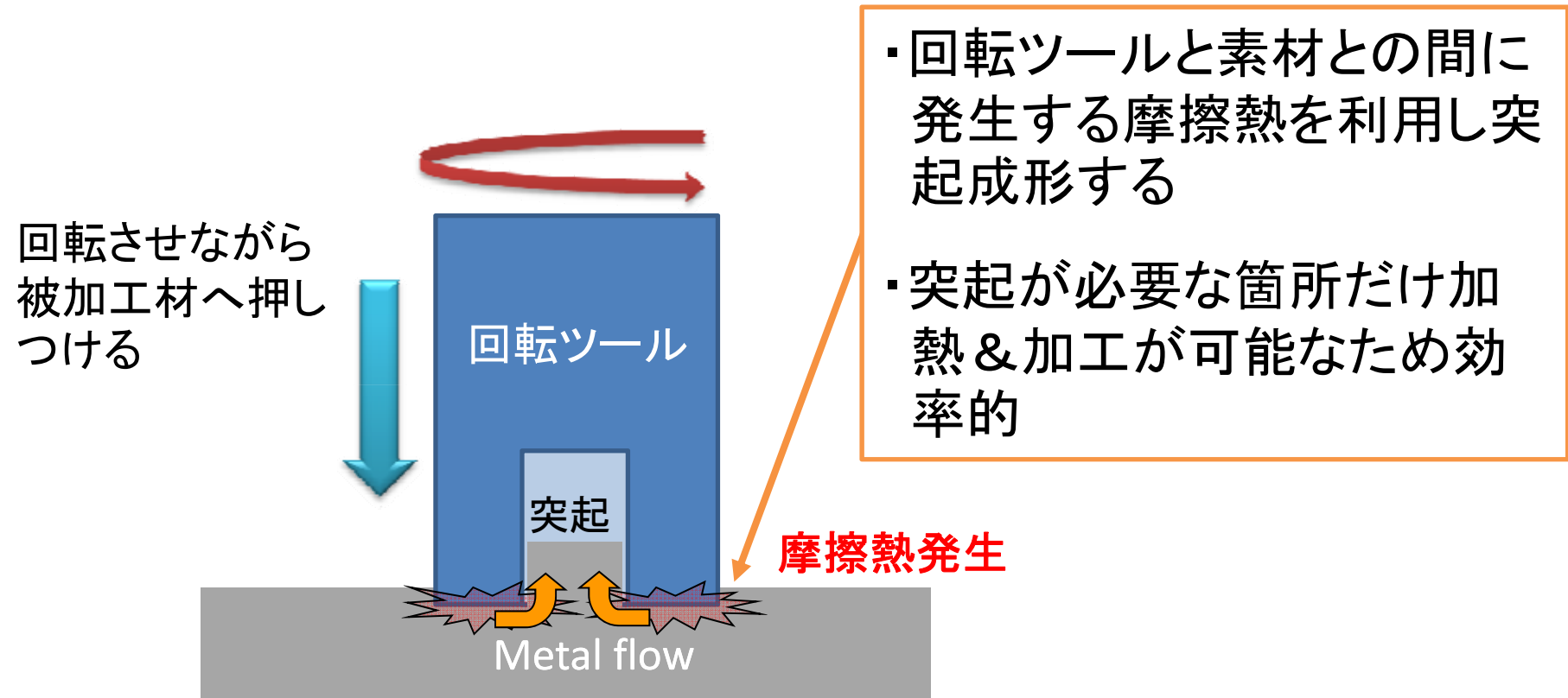
3. 4 新生産方法

摩擦攪拌を利用したボス成形加工を組み込むことで、連続加工が可能となり生産性が見込める



プレス行程に組み込むため、ボスは短時間で成形できることが求められる

3. 5 摩擦攪拌を利用した高速ボス成形



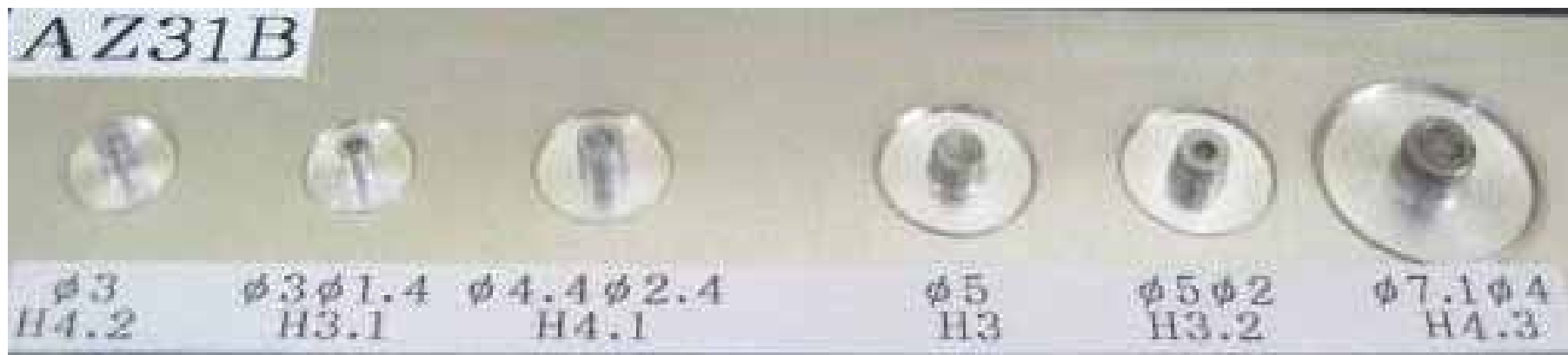
成形時間 : 1秒以内 (φ5mm以下)
加工温度環境 : 室温

3. 6高速ボス成形技術の成果

- ・ボス成形速度: 速い
(ボス形状: $\Phi 5$, 高さ: 5以上 \rightarrow 1秒以下)
- ・強度低下なし(母材と同等)
- ・各種素材に適応可能(特に, Mgに有効)
- ・常温で成形可能
- ・各サイズのボス成形可能
(直径: $\Phi 2 \sim \Phi 10$, 高さ: 1~10mm)
- ・無潤滑で成形可能

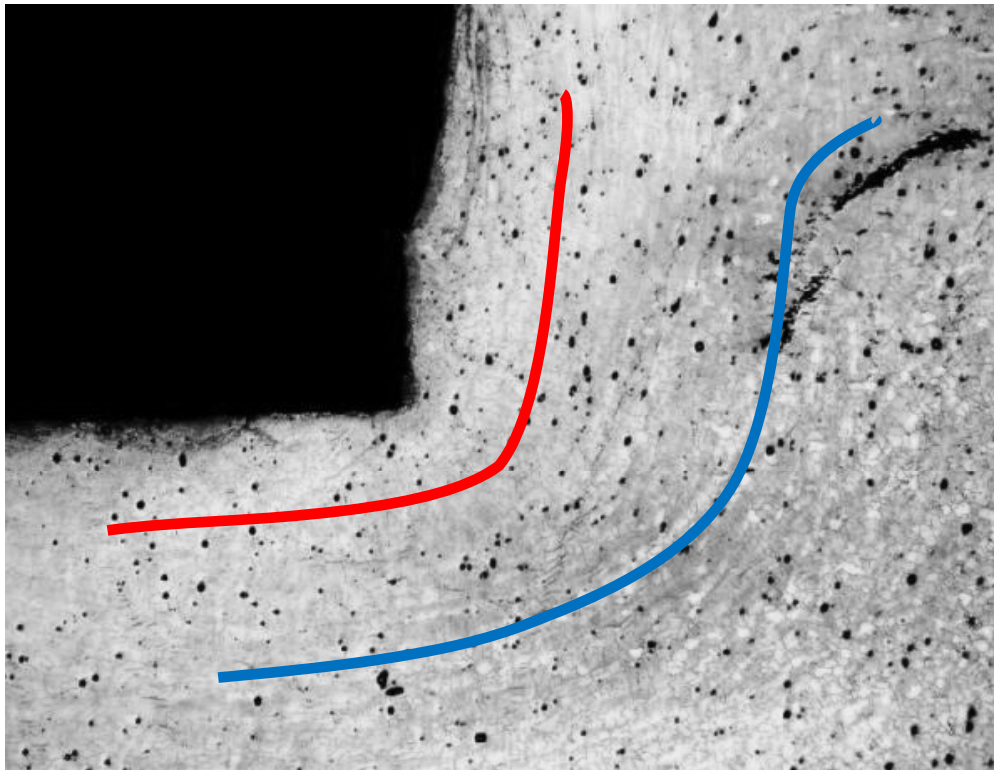


円筒状ボス



3.7 内部欠陥

金属顕微鏡で断面観察すると、小さな欠陥が確認できる



- ・内部欠陥は強度の低下を招くため、確認が必要
- ・組織の流れと欠陥の分布が似ており、全体の欠陥を3次元的に観察することで、全体の組織の流れが分かる可能性がある。

4. SPring8を使用した内部観察

4. 1 SPring-8に至るまで経緯

- 汎用X線CT

マグネシウムは透過性が高く、また測定サンプルが小さいため、欠陥を判断できる良好な像を得ることができなかった。

- 中性子の検討

対象物が小さく、測定不可であった。



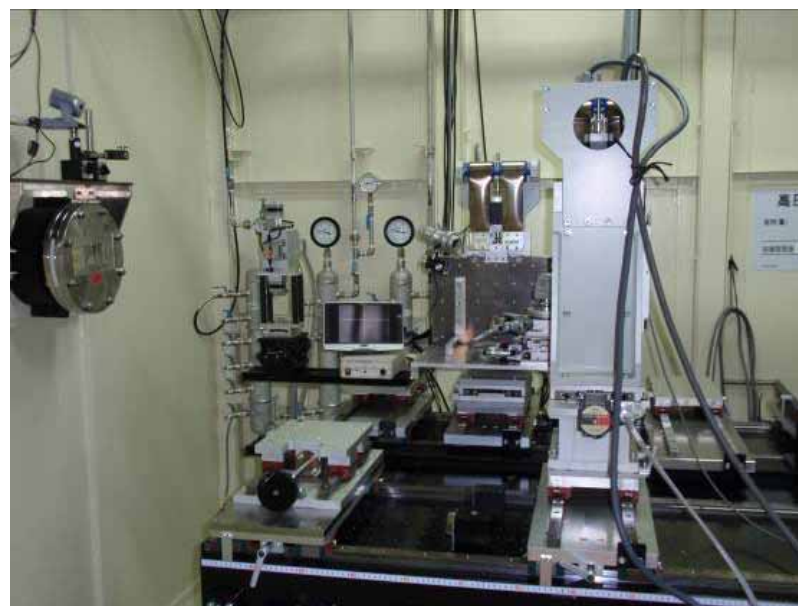
J-PARCのコーディネータ ¹にSPring8を紹介頂き、
実際に類似実験 ²を見学した上で、測定に至った。

1 J-PARCコーディネータ 森井様

2 株式会社東芝 佐野様の実験

4. 2 使用機器

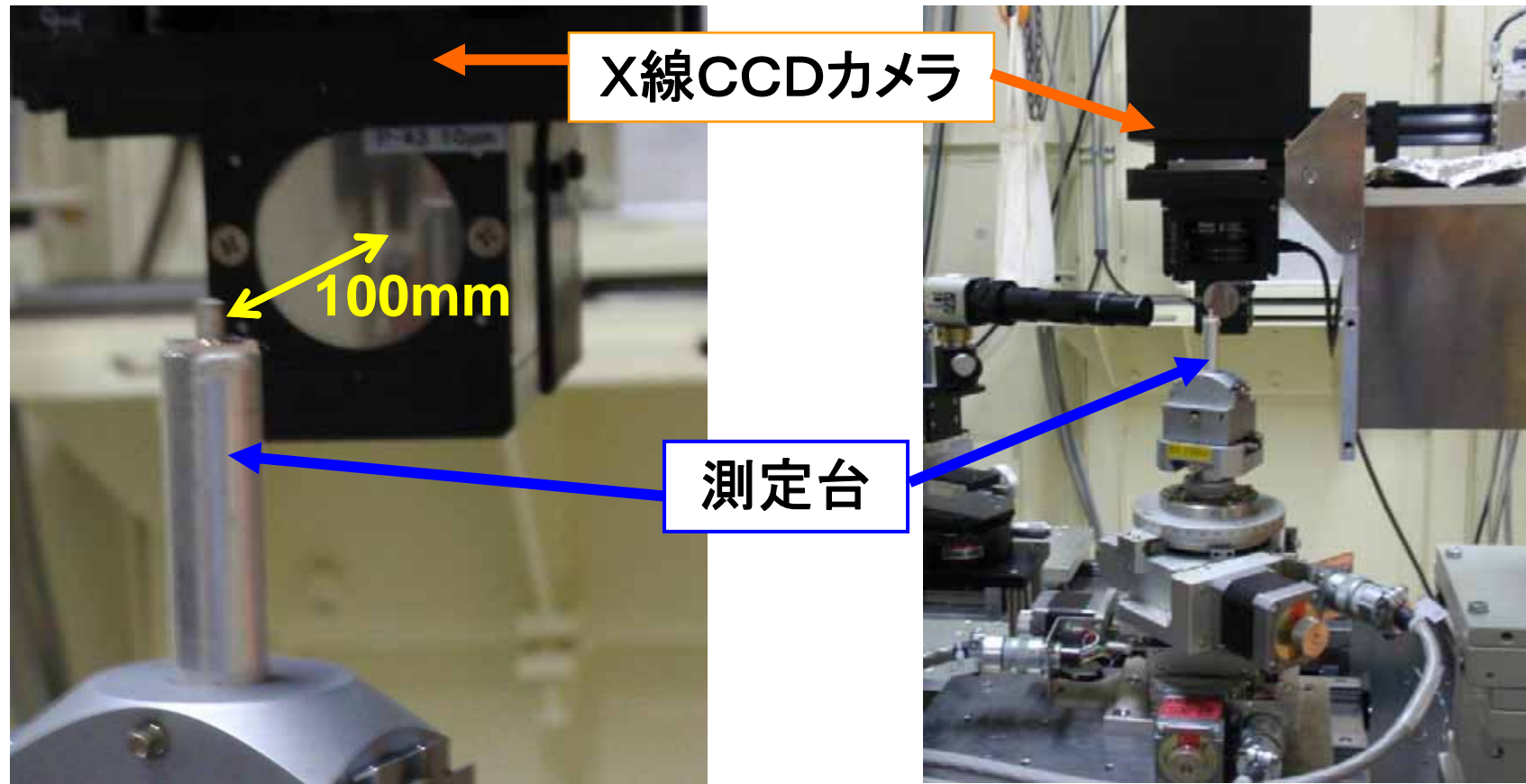
- ビームライン:
産業利用 (BL19B2)
- X線CCDカメラ:
浜松ホトニクス製
C4880-41S
- ビームモニタ:
浜松ホトニクス製BM2



BL19B2実験ハッチ

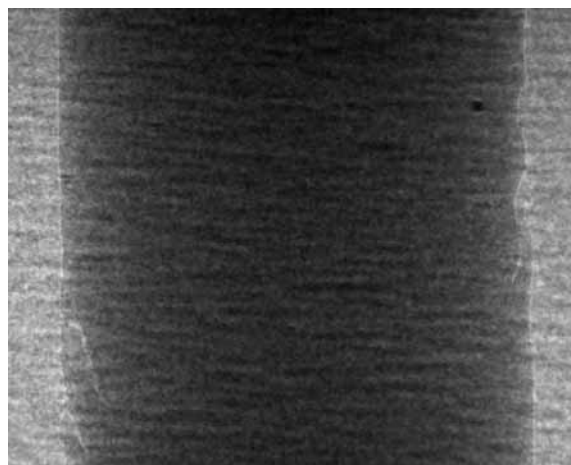
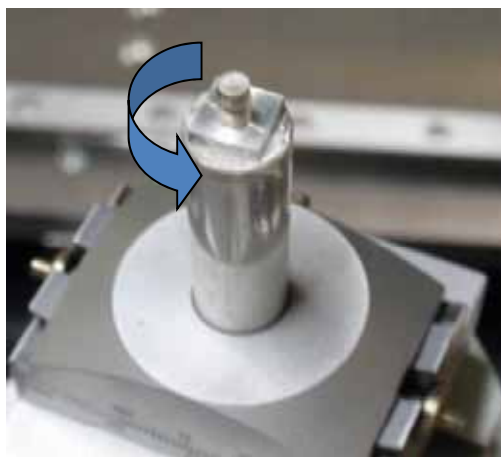
4. 3 測定環境

- X線エネルギー: 25keV
- 試験片とX線CCDカメラ蛍光面の距離: 100mm

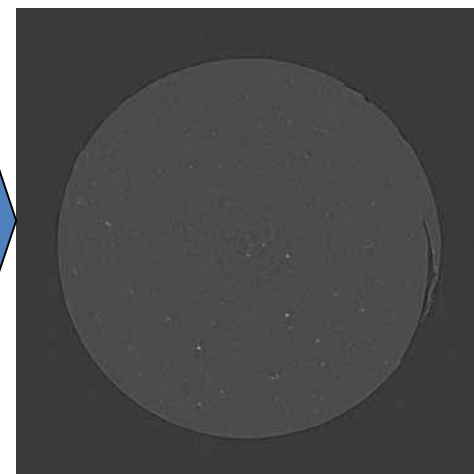
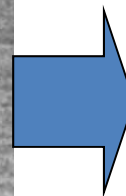


4.4 撮影条件

- ・X線露光時間 : 8秒
- ・ステップ数 : 0.5° ($0 \sim 180^\circ$ まで)
- ・校正データ : 5枚に1枚ブランクを取得
- ・取得画像数 : 434枚
- ・所要時間 : 約90分
- ・画像再構成 : Filtered Back Projection法を利用したコンパイルで再構成。3DモデルはImage-Jで作成



透過像

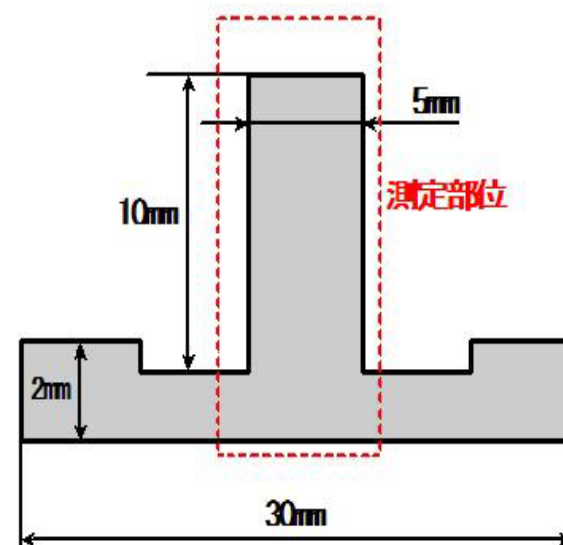


断層像

4.5 測定試料

- ・材質: マグネシウム合金圧延材
AZ31 (Al: 3%, Zn: 1%)
- ・形状: 板厚1.0mm, ボス部形状は $\phi 5\text{mm}$,
高さ約10mm
- ・成形条件: 押し込み速度 (L・S・H)
ツール回転速度 (100~
3000rpm)

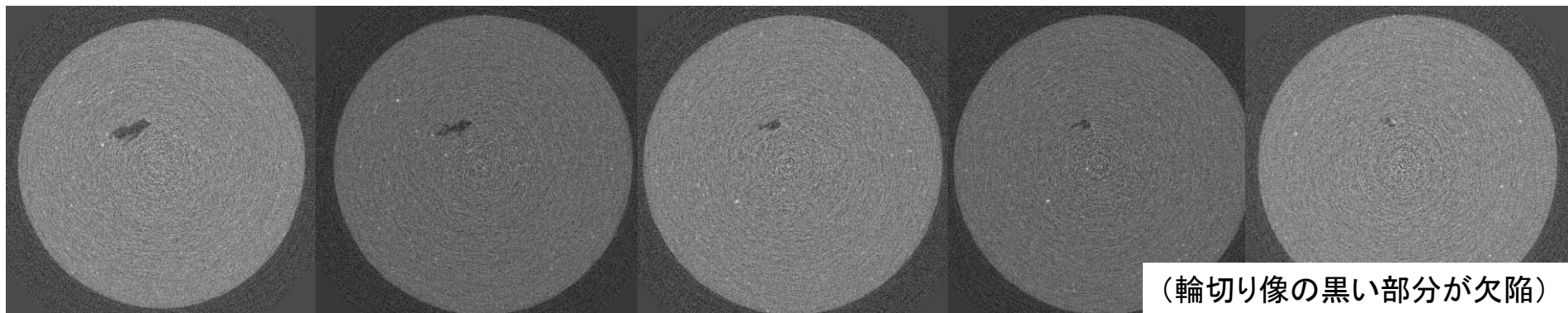
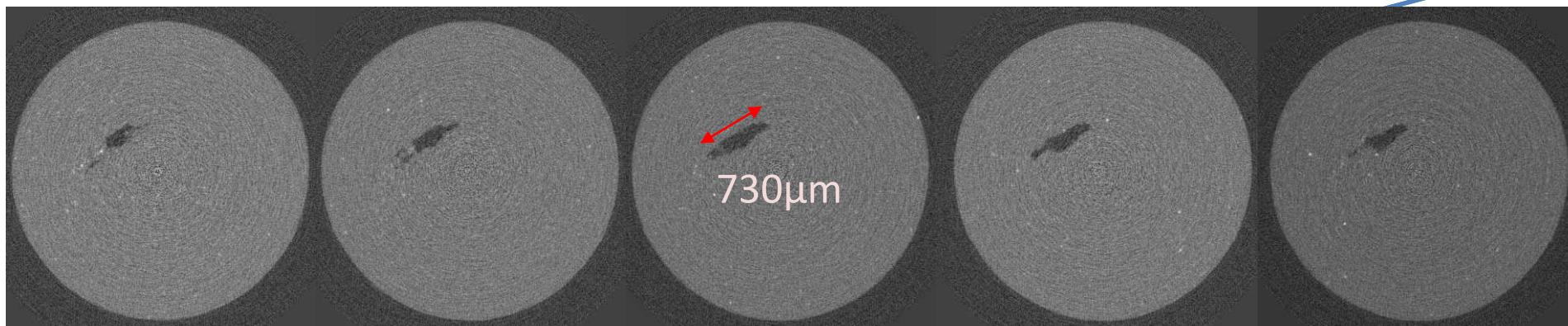
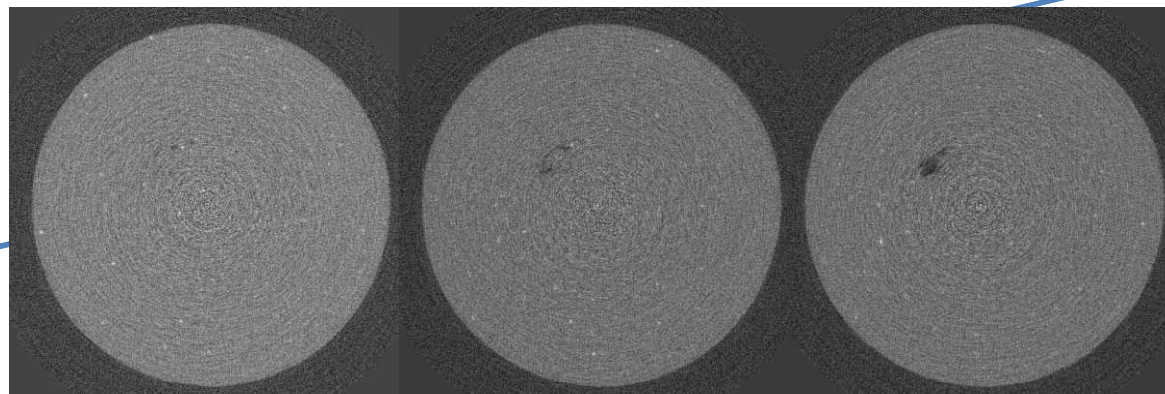
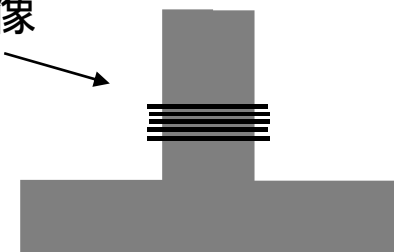
押し込み速度: L(通常速度の半分)・S(通常速度)
H(通常速度の2倍)



ボス外観形状

4. 6 欠陥を縦方向に100ミクロンずつ追ったもの

この部分の輪切りの像



(輪切り像の黒い部分が欠陥)

4.7 欠陥部を3D処理した像

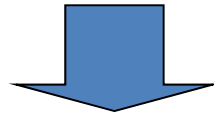
前ページ欠陥を抜き出し、3Dモデルを作成した。



3D画像

4.8 結果

マイクロCTによる断層撮影を行うことで、ボス部内部欠陥を非破壊で観察することに成功した。



- ・特定のツール速度でボス成形を行った場合、中心部に大きな内部欠陥が発生することが確認できた。
- ・欠陥形状は、層状の薄い欠陥がボス中心軸を中心にねじれるように観察された。
- ・欠陥はボス底部から約5mm付近に集中している。

4.9 今後展開

高速ボス成形技術の品質及び生産性向上のために、
今後は下記のような測定を行っていきたい

- 残留応力解析
- 結晶方位解析
- 成形しながらの内部欠陥測定

謝辞

- 梶原様(財団法人高輝度光科学研究センター), 佐野様(株式会社東芝), 森井様(茨城県BL産業利用コーディネーター), 研究にご協力いただきありがとうございました。
- 本研究は経産省『戦略的基盤技術高度化支援事業』の成果の1つです。