

労働環境を革新する軽量CFRP治具の構造化技術

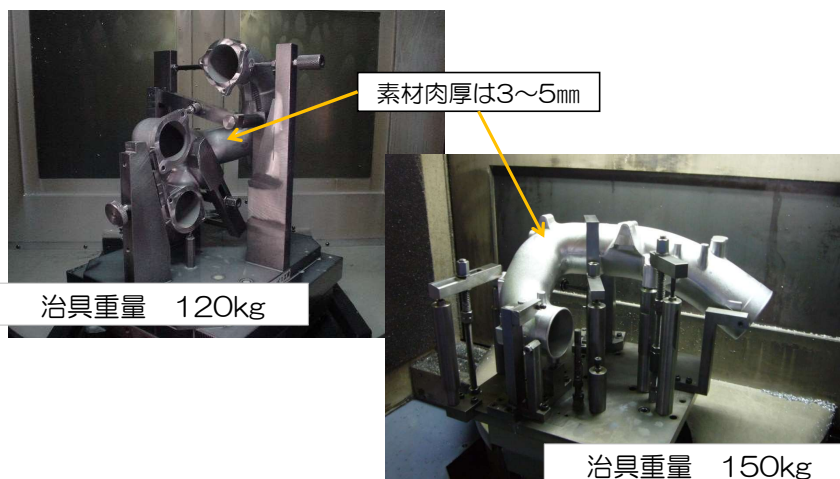
相澤 龍彦 (表面機能デザイン研究所)

宮田 智弘 (丸隆工業株式会社)

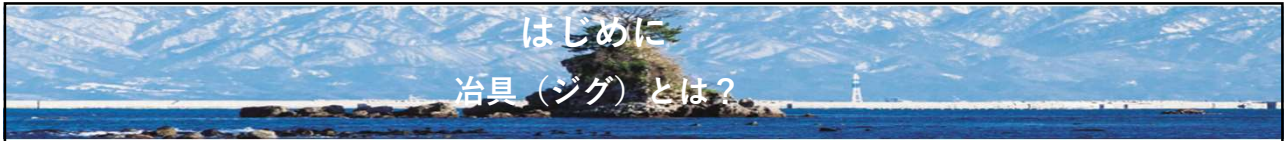
1. はじめに
 - 治具 (ジグ) とは? - 軽量化・機能化に向けて
2. CFRPの特徴
 - 基本的な特性 - 軽量化 + α
3. 脱オートクレーブプロセスによるCFRP部材創成
 - 制御プレス + 電気炉による部材作製
4. 各種ジグの創成事例
 - 金属ジグの代替 - 軽量化 + α の追求
5. 今後の展開
 - 機械要素から金型まで

1

はじめに
治具 (ジグ) とは?



2



はじめに
治具（ジグ）とは？



エンジン部品・空圧検査用ジグ

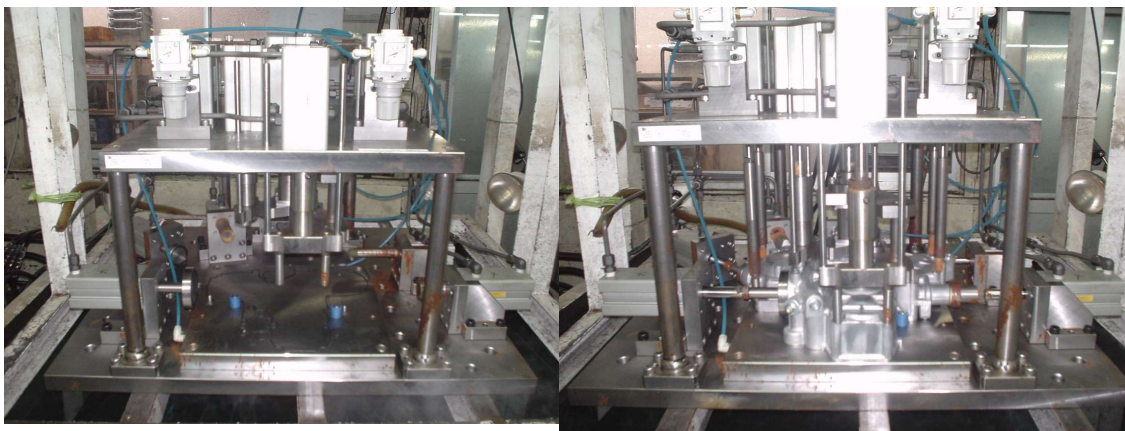


3



はじめに
軽量化・機能化に向けて

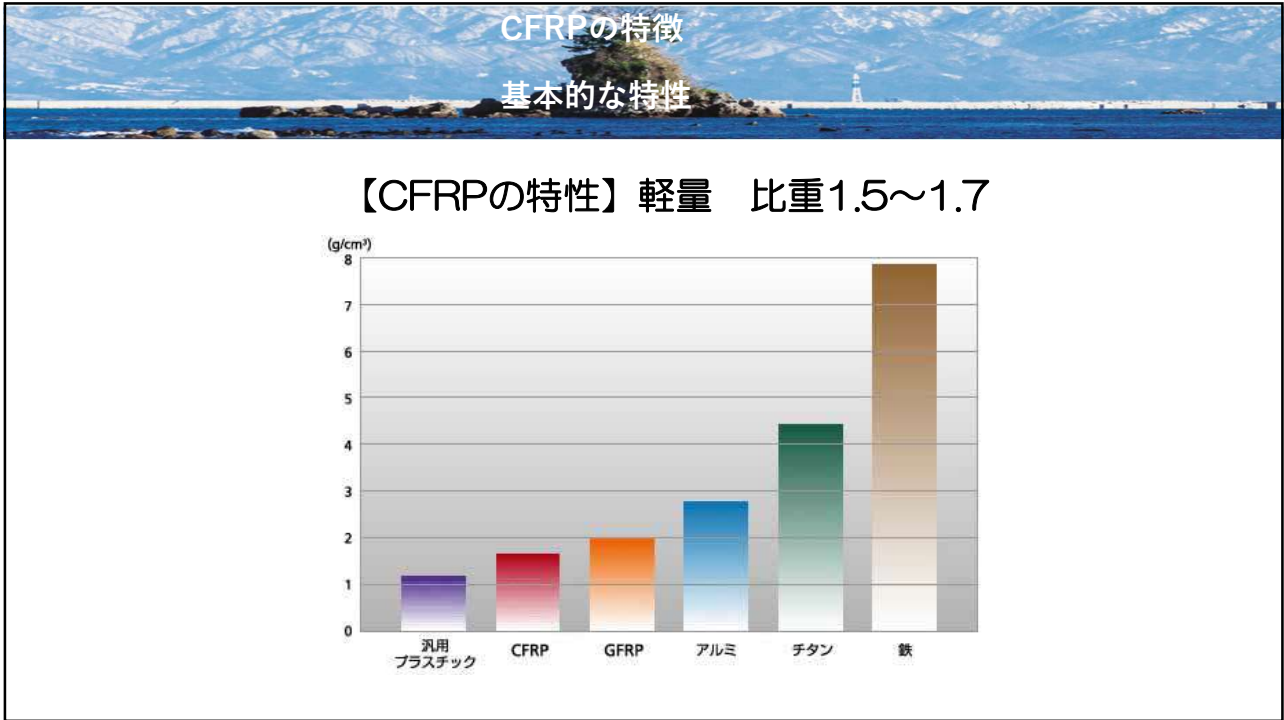
エンジン用ギアケース圧検治具



ワークなし

ワークあり

4



5

- CFRPの特徴
基本的な特性
- 【CFRPの特性①】 いろいろな利点がある**
- 寸法安定性が高い
 - 振動減衰性が高い
 - X線透過性が高い (アルミニウムの約8倍)
 - 摩擦係数が小さい
 - 耐摩耗性が高い
 - 電気・熱の伝導性が高い
 - 非磁性
 - 耐蝕性が高い
(耐候性、耐酸性・アルカリ性、紫外線透過性が高い)

6

CFRPの特徴
基本的な特性

【CFRPの特性②】 いろいろな弱点もある

- 溶剤には弱い
- 溶接できない
- 修理が難しい
- 耐熱温度が構成している樹脂の性能に影響される
(汎用エポキシは130℃)
- 圧縮には弱い
- 量産効果を出しにくい (値段が高い?)

7

CFRPの特徴
基本的な特性

疲労強度

材料	疲労強度 (%)
炭素繊維/エポキシ	90
炭素繊維/エポキシ	80
スチール	50
アルミニウム	45
アルミニウム	30
チタン	45
チタン	35
炭素繊維/エポキシ	40
炭素繊維/エポキシ	30

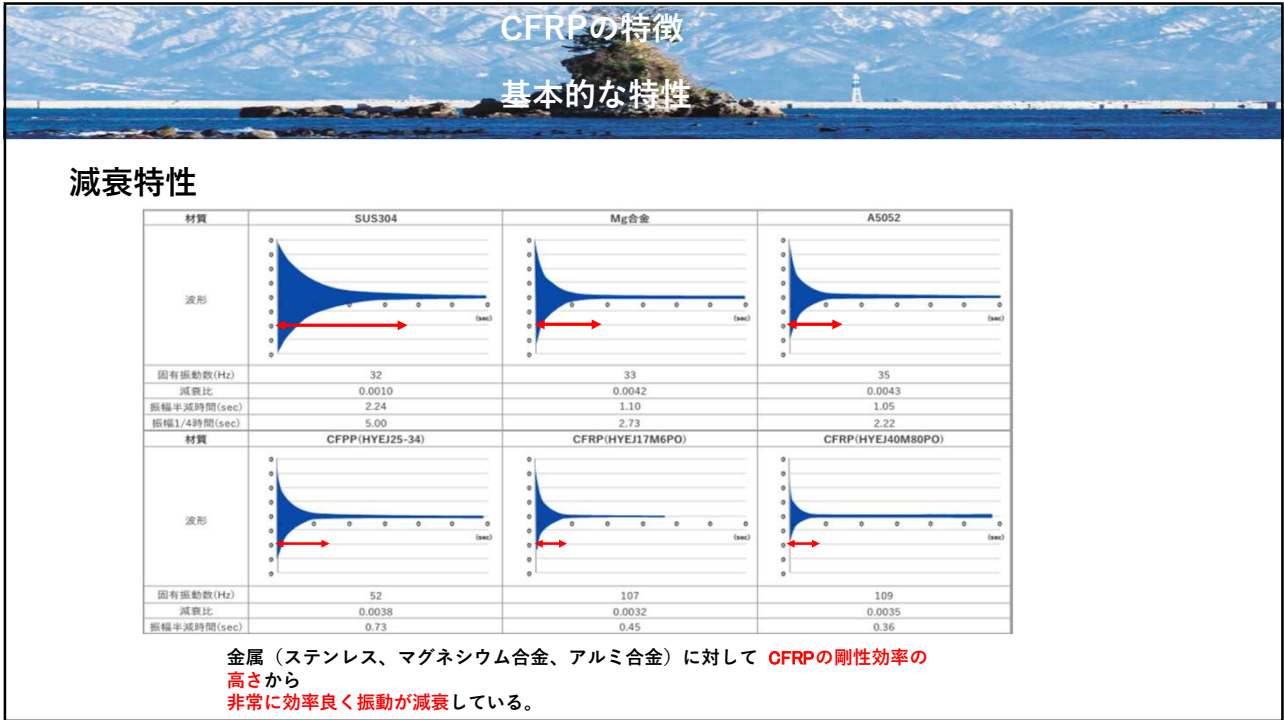
比強度・比弾性率

8

CFRPの特徴 基本的な特性

	比重 (g/ml)	ヤング率 (GPa)	ヤング率/比重
ステンレス (SUS304)	7.90	199.14	25.20
炭素鋼 (S45C)	7.86	205.80	26.20
鉄 (SS400)	7.87	192.08	24.40
FC200	7.20	100.90	14.00
アルミ合金 (A2017)	2.70	69.09	25.60
マグネシウム合金	1.80	44.10	24.50
CFRP	1.53	225.40	147.30

9



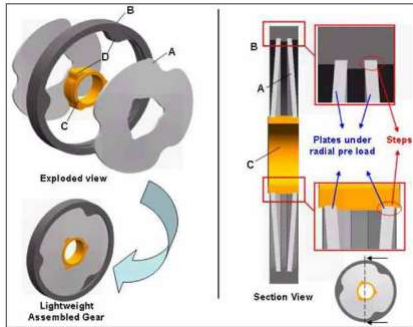
10

CFRPの特徴

軽量化 + α

Light-Weight Structuring toward Green Tooling

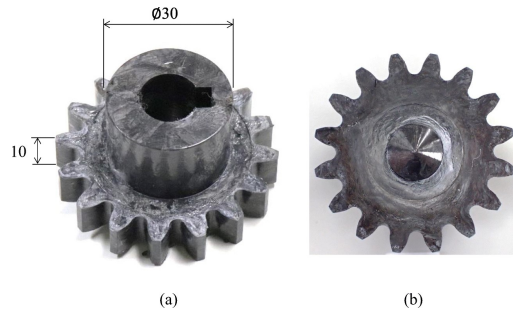
Kaizen-Innovative Idea



M. M. de Souza, et al., Geartech. (2013)

Innovative Change of Materials

CFRTP-Gears by gear-forging



D. Tatsuno, Et al. Int. J. Material Forming (2021).

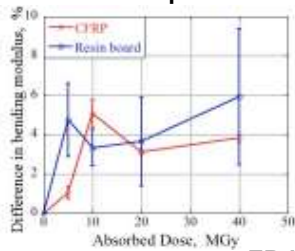
11

CFRPの特徴

軽量化 + α

Light-Weight + Environmental Strength & Toughness

Radiation in Space



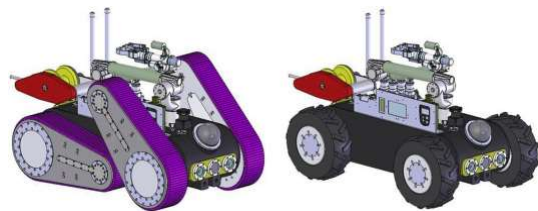
EB-irradiation

Table 1 Bending modulus change of CFRP exposed for 3years in space environment

Sample	Difference in bending modulus (%)
JAXA epoxy CFRP	0.0012
JAXA cyanate CFRP	0.00049

Decommissioning Nuclear Reactors

Moving parts or gears are expected to have anti-radiation property with sufficient reliability




12

CFRPの特徴
軽量化 + α

Light-Weight + Environmental Strength & Toughness + Cost-competitiveness

Autoclave Processing

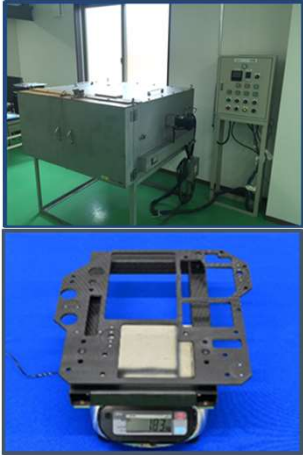


○Precise shaping by pressurizing
X Low productivity and high cost

Hot stamping

CFRP plates and parts are yielded by stamping in the heating unit.

CFRP-jig for inspection is fabricated with finishing via machining.




13

CFRPの特徴
軽量化 + α

Light-Weight + Environmental Strength & Toughness + Cost-competitiveness + Functionality by CFREP (Carbon fiber Reinforced Engineering Plastics)


Injection Molding

X High processing temperature (> 400 °C)
X High viscosity
X Wear in die

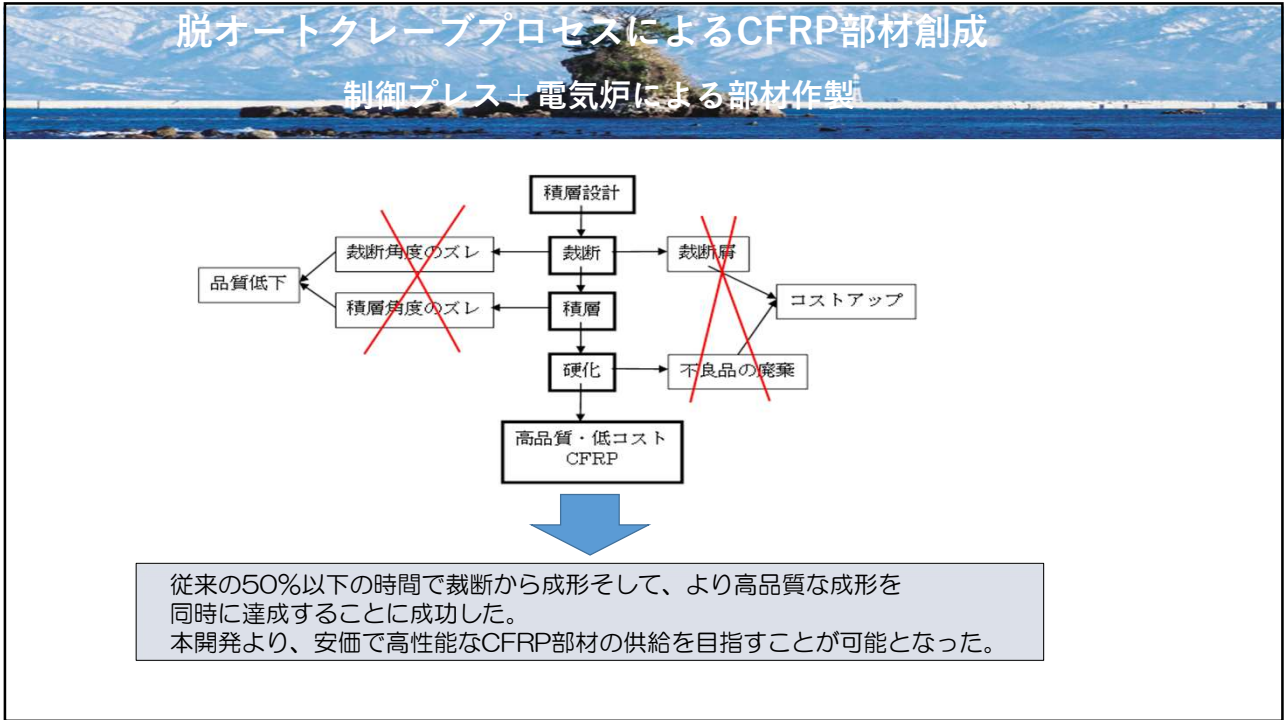


Powder Metallurgy (PM)

○Gear is shaped by stamping and sintering,
○High density is attained by viscous forming of powders and particles,
○Composite gears are easily fabricated by inserting.



14



15

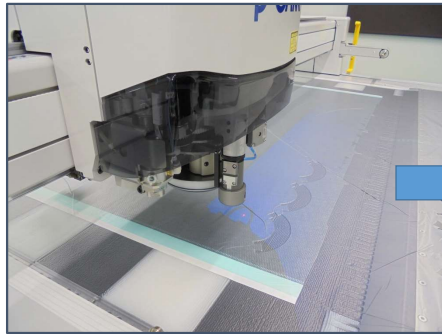


16

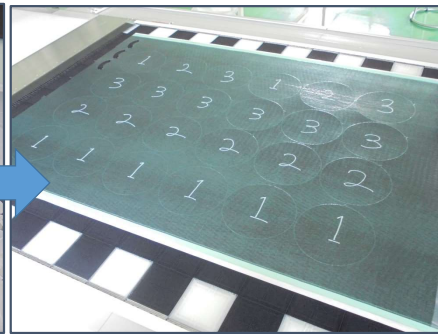
脱オートクレーブプロセスによるCFRP部材創成

制御プレス+電気炉による部材作製

1枚のプリプレグから3種類のCFRPシートへ自動裁断



①自動裁断機による裁断



②同時に24枚、
3種類の角度の裁断を実施

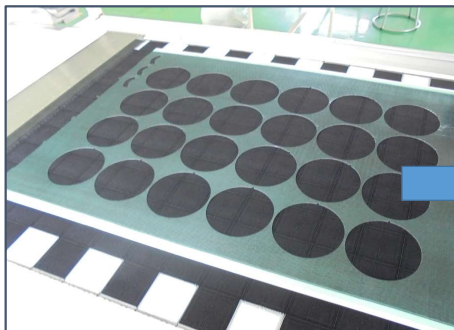
17

脱オートクレーブプロセスによるCFRP部材創成

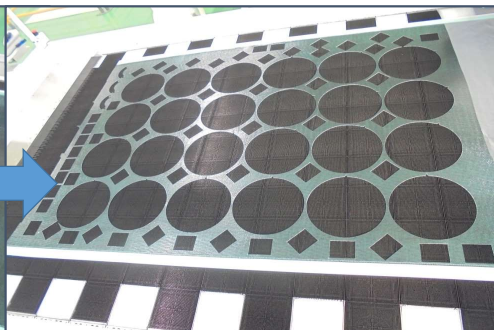
制御プレス+電気炉による部材作製

最適レイアウトによる廃棄最少化

工場内廃棄：CFRPリサイクル（ゼロ・エミッション化）



③裁断後、部材を確保



④部材の使用効率を向上させる
ために隙間も無駄なく最大限
に活用する

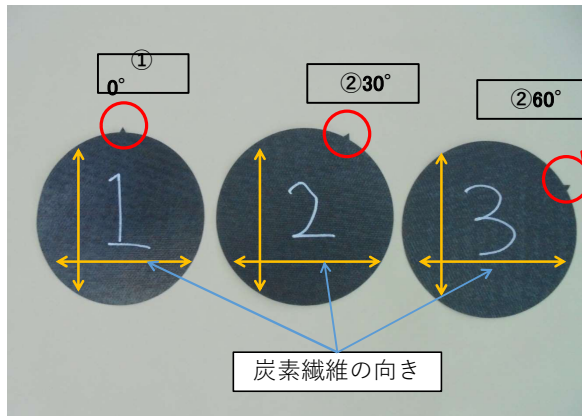
18

脱オートクレーブプロセスによるCFRP部材創成

制御プレス+電気炉による部材作製

弾性異方性の制御

CFRPテストサンプルの製作と確認



○部の角を基準に30°毎に繊維の角度を管理した積層が可能となる。

0°と90°の繊維に対して

①0° ⇒ ②30° ⇒ ③60° ⇒ ④90° (0°)

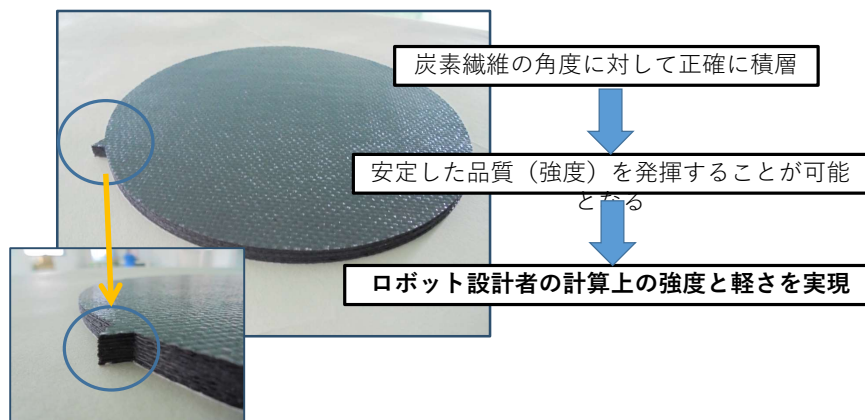
繰り返し積層することで全方向に対して均一な強度を実現

19

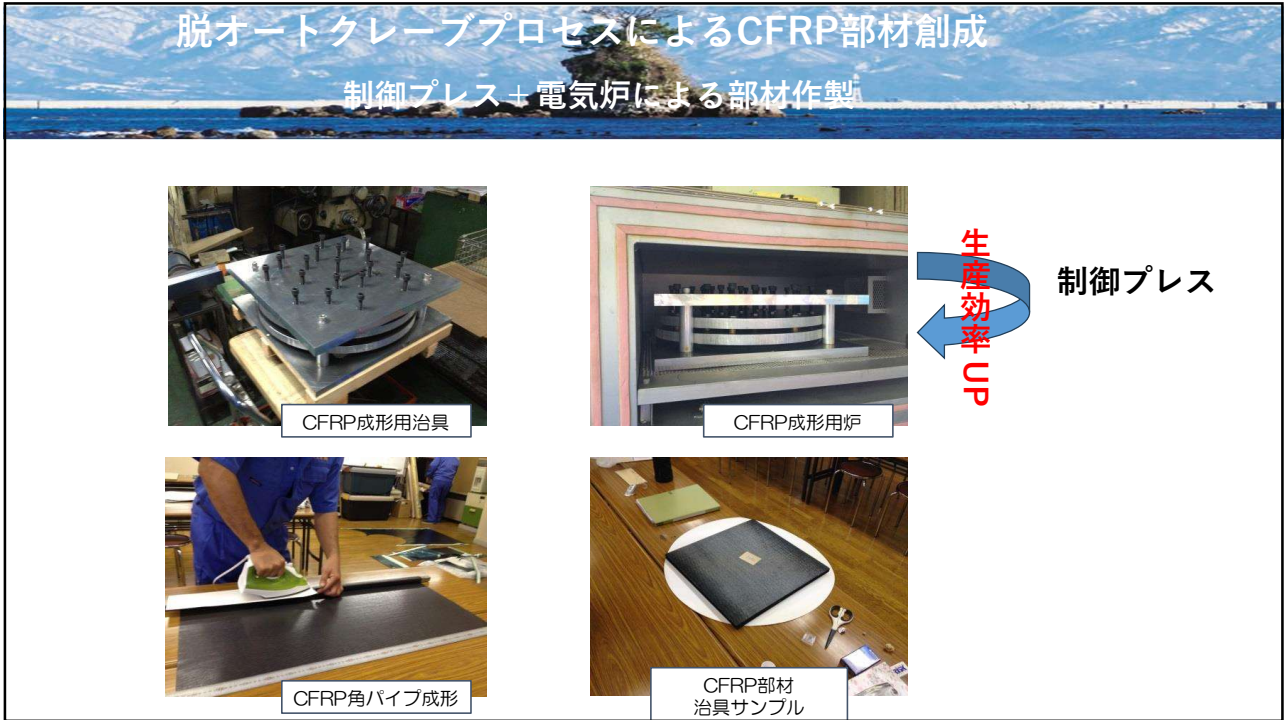
脱オートクレーブプロセスによるCFRP部材創成

制御プレス+電気炉による部材作製

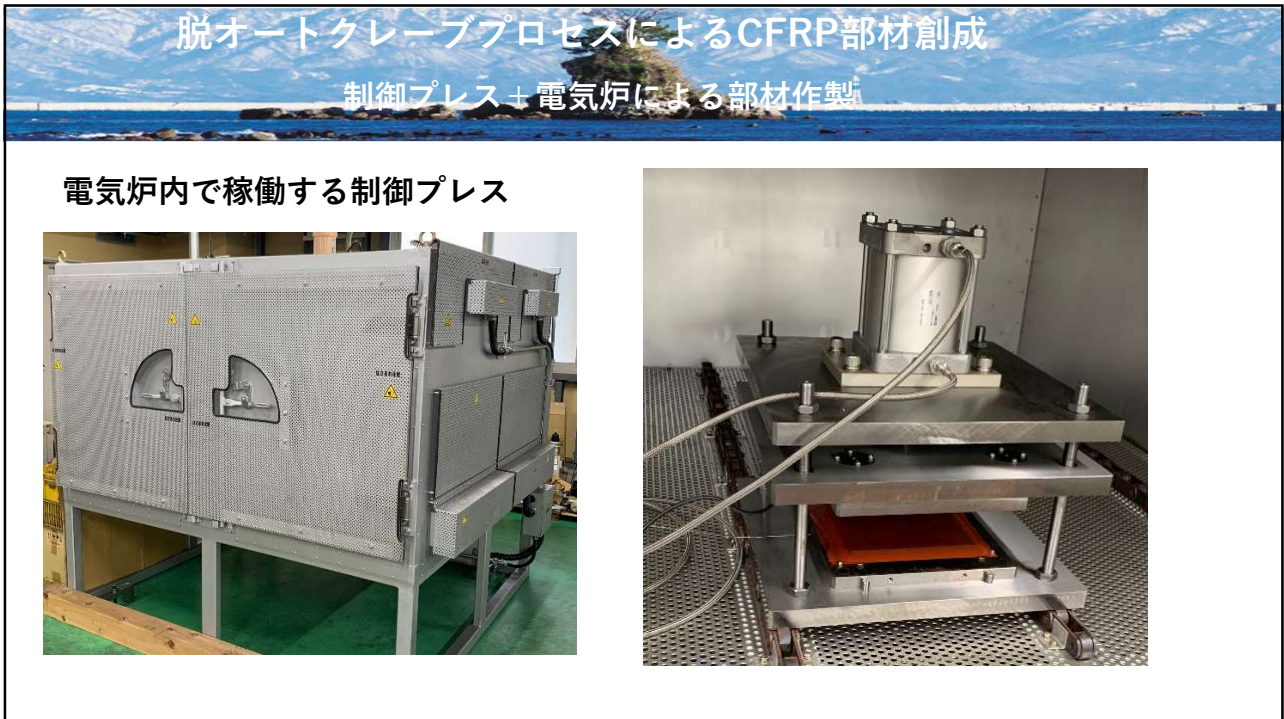
自動積層+高品位



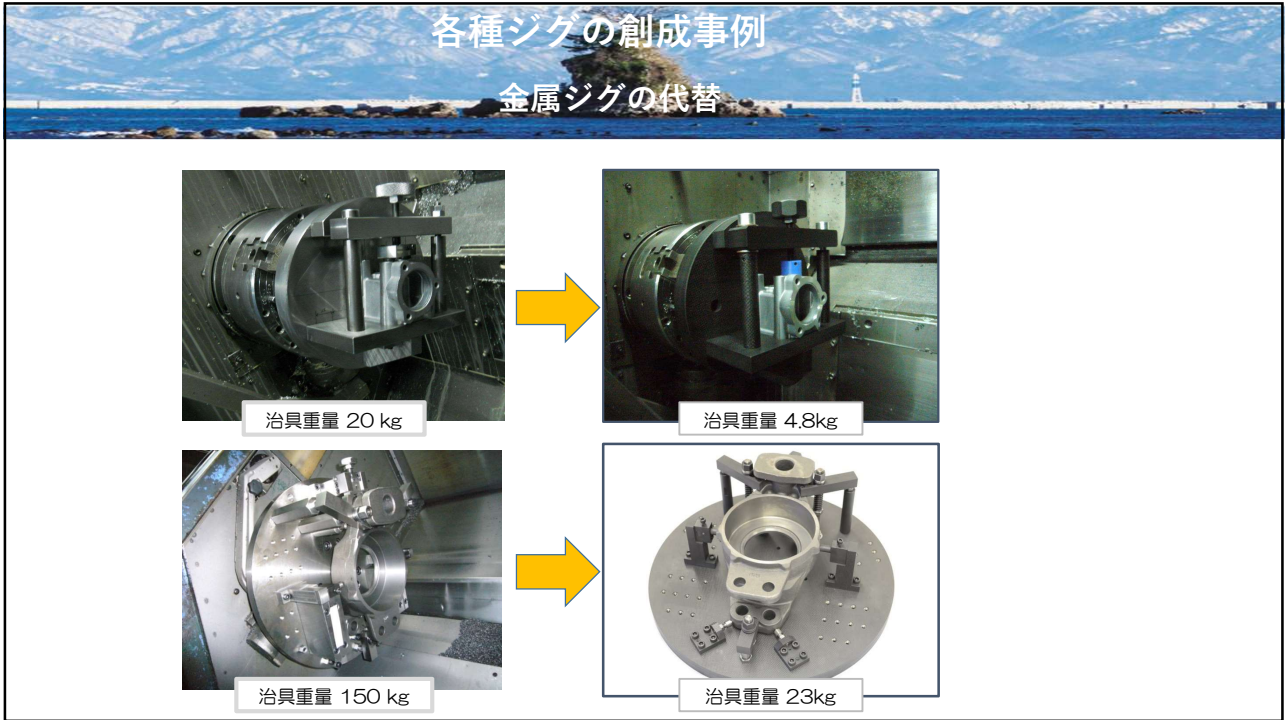
20



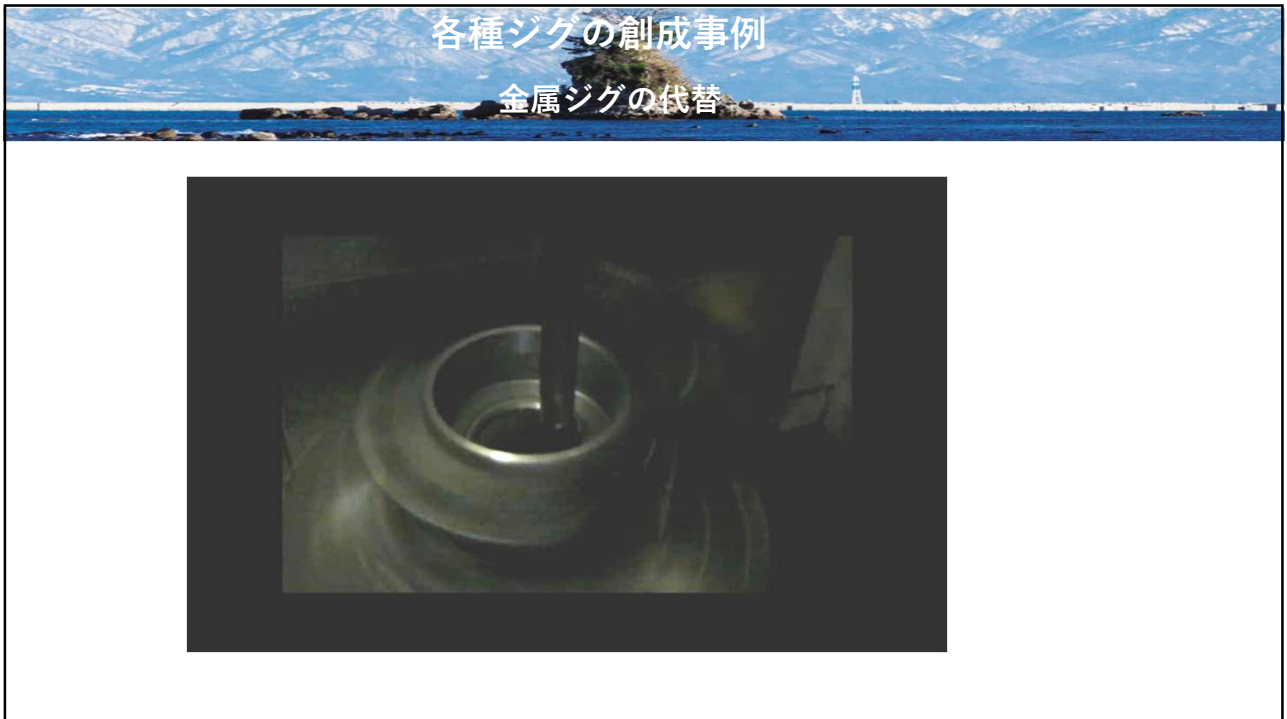
21



22



23



24



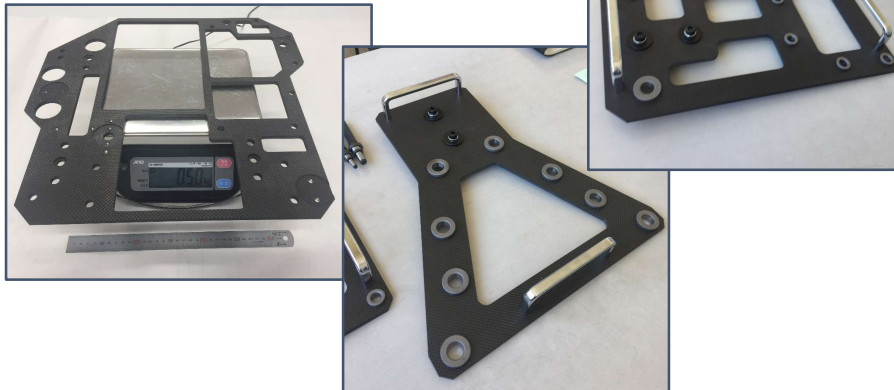
25



26

各種ジグの創成事例
金属ジグの代替

取引先への売込み例（軽量と使い勝手）



27

各種ジグの創成事例
金属ジグの代替

女性社員でもハンドリングできる



28

各種ジグの創成事例
金属ジグの代替

手で移動できる！



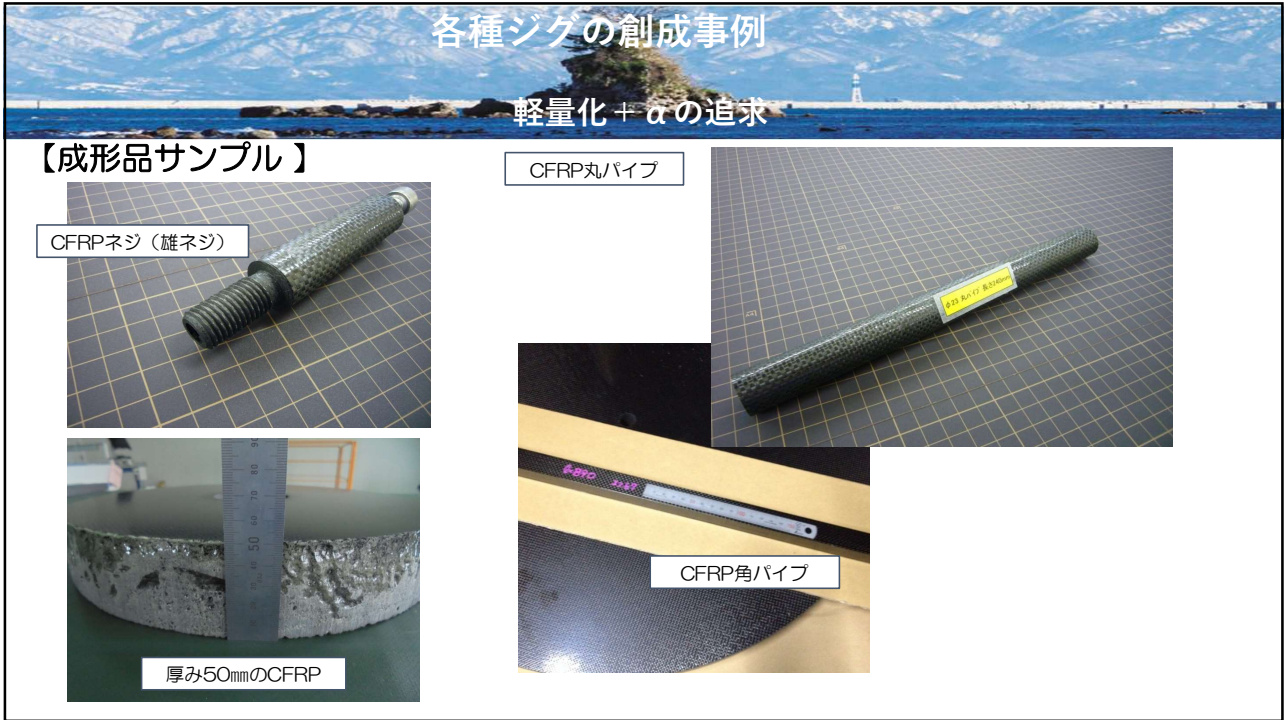
29

各種ジグの創成事例
金属ジグの代替

コンパクト！
特別な置き場所不要！！
腐食しない！！！！



30



31



32



各種ジグの創成事例

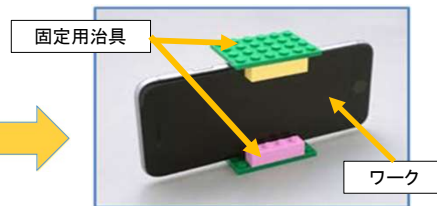
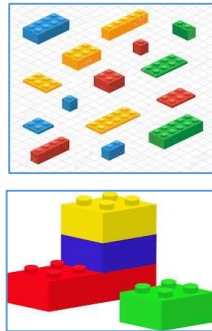
軽量化+αの追求

レゴ・ブロック方式

しなやかなCFRPジグ構成

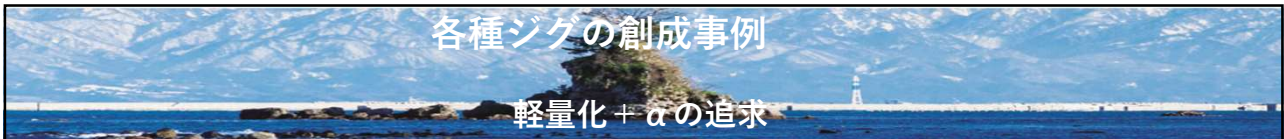
CFRPの低コスト成形から治具部材への展開

⇒レゴブロックのように「部材を共通化」させることでCFRP成型・加工コスト低減を目指す。



共通のCFRP部材を作成し、(レゴブロック化)
個々の組み合わせから治具を組み立てる。

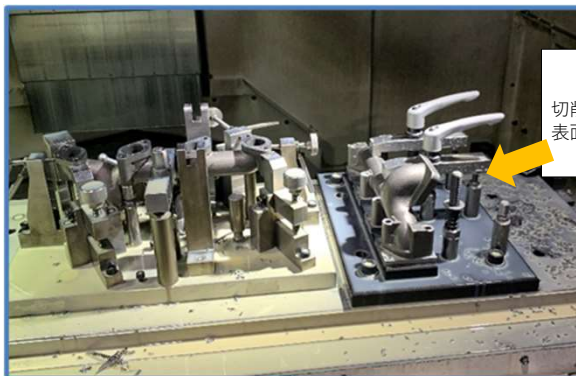
33



各種ジグの創成事例

軽量化+αの追求

CFRP部材の振動減衰特性を活用した切削速度向上を目指す。



切削送りを20%上げた場合、切削加工面の表面粗さが向上している結果が出た。

34

今後の展開
機械要素から金型まで

モジュール1.0の炭素繊維強化ポリイミドギヤ



1.54 g
Cold-compaction
By 4 kN




Hot/sinter-forged at 673 K
for 180 s by 1 kN

35

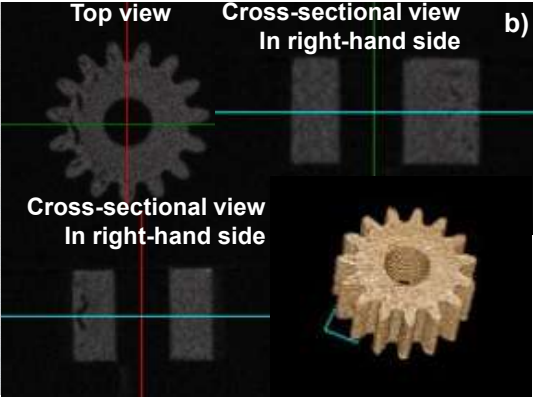
今後の展開
機械要素から金型まで

刃先にかけての炭素繊維配向制御

CFRP 3% Sinter

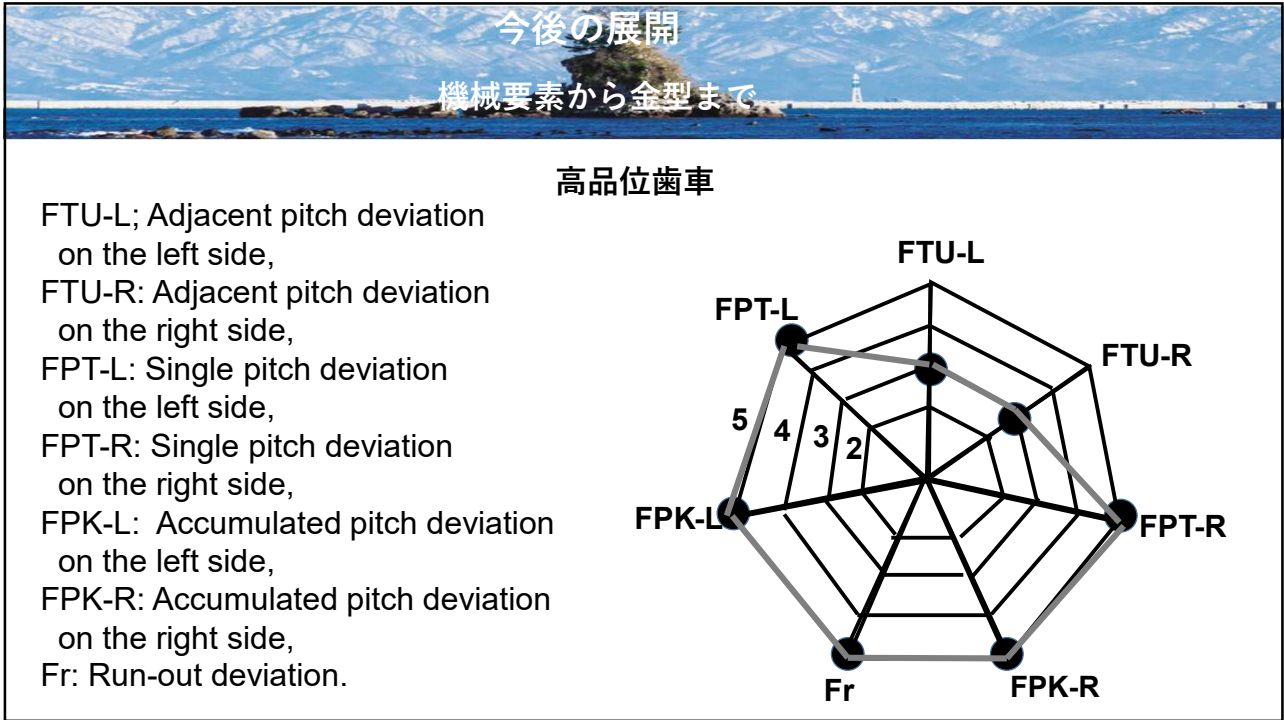


a) Top view Cross-sectional view
In right-hand side b)

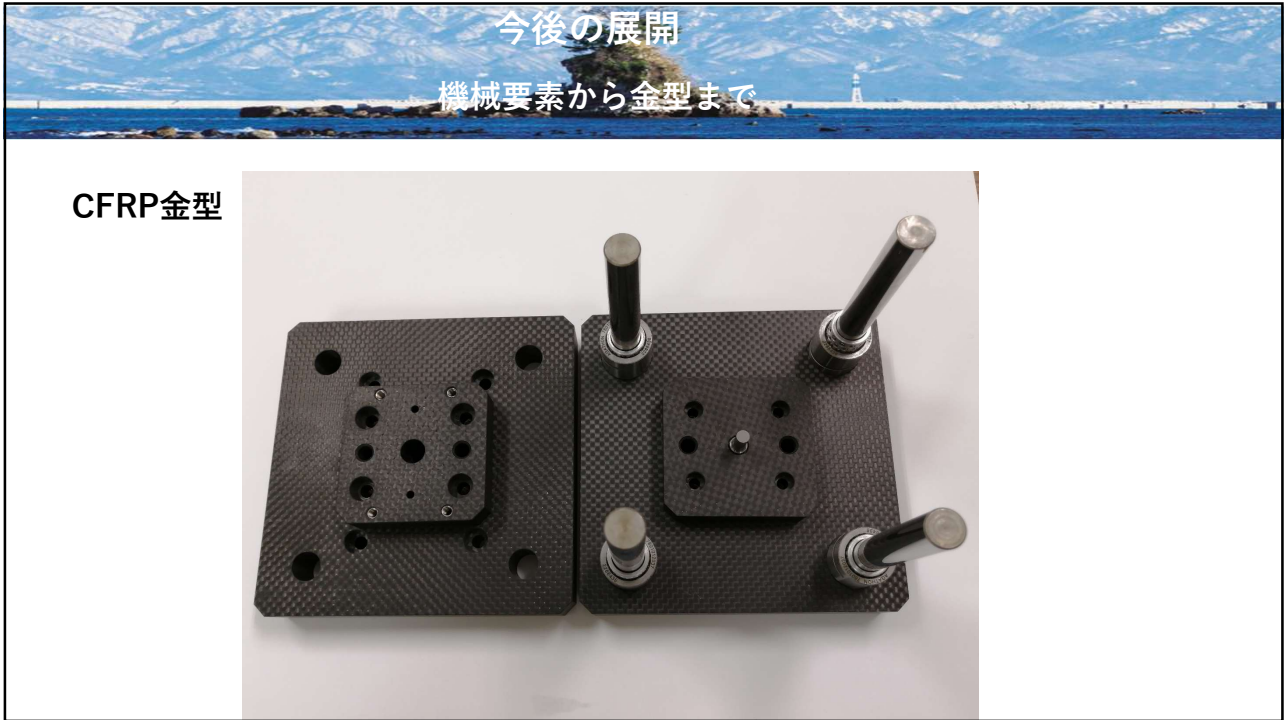


Cross-sectional view
In right-hand side

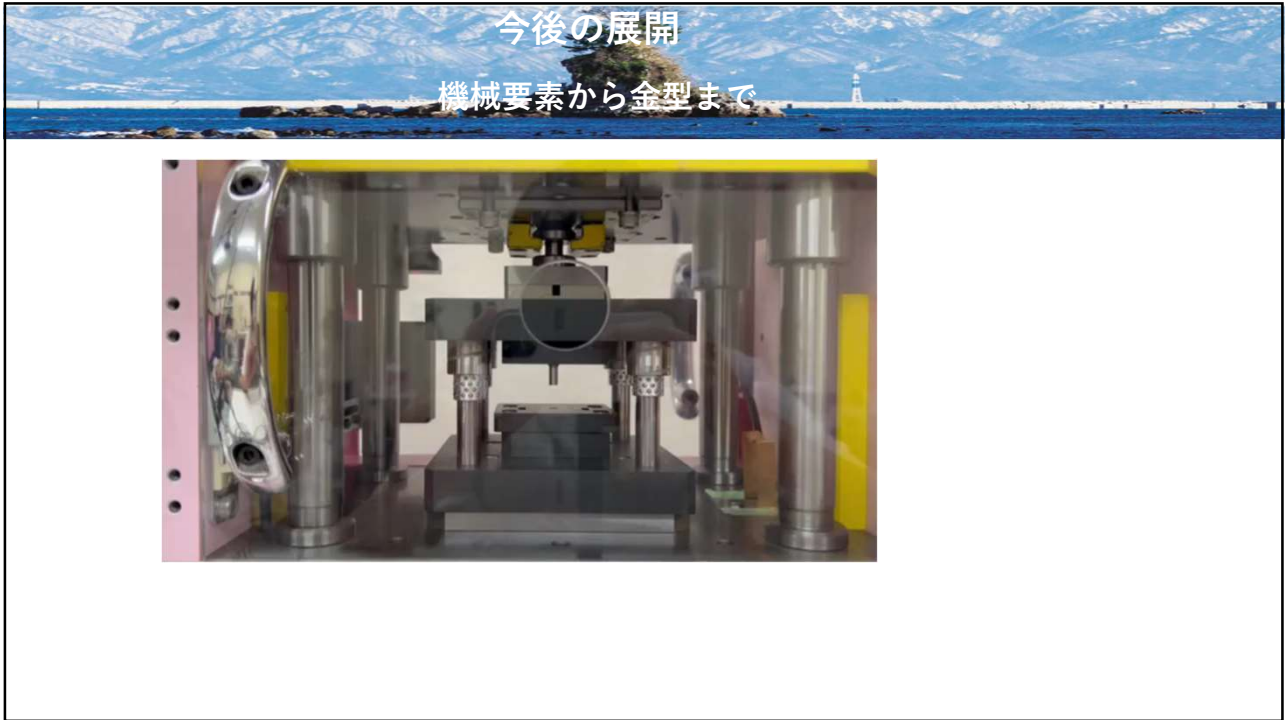
36



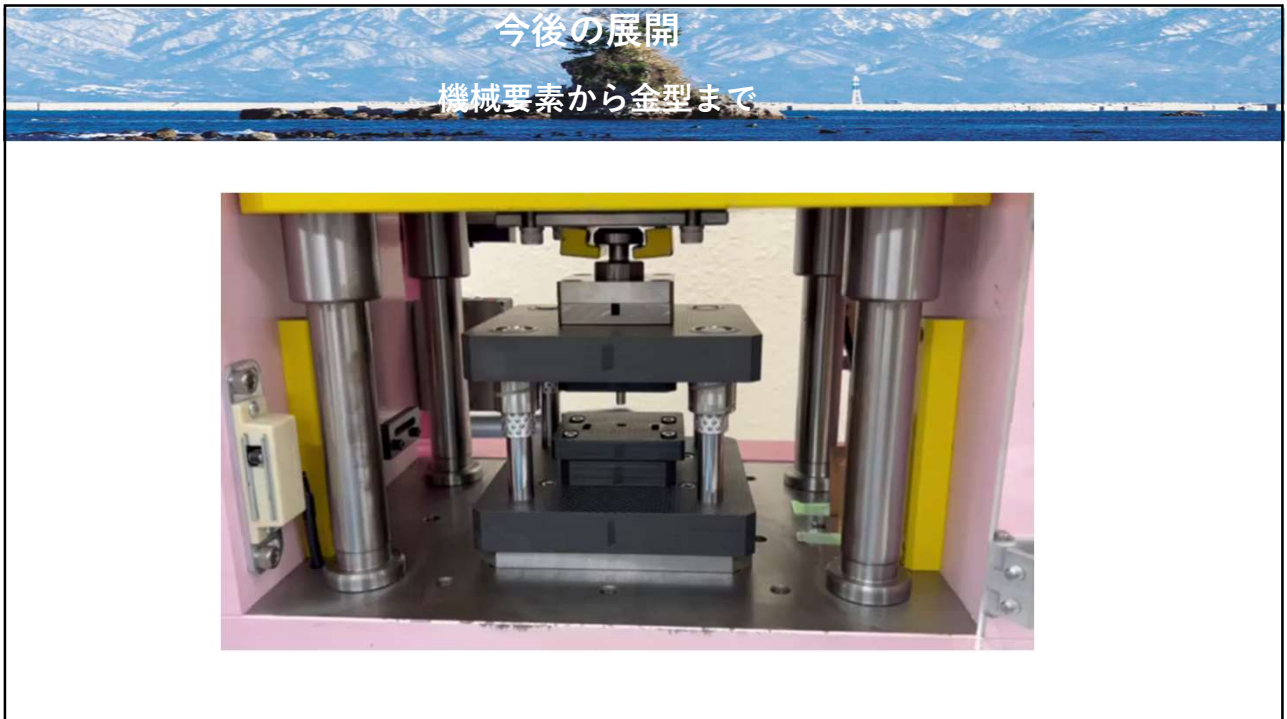
37



38



39



40

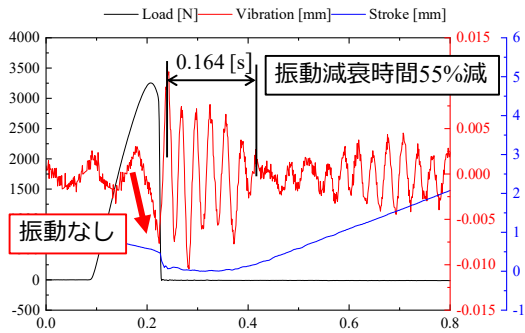
今後の展開 機械要素から金型まで

結言

CFRP製の金型を製作し、金型振動と切り口面性状を調査して以下の知見を得た。

- ・CFRP金型によりせん断進行時のダイプレートの振動特性は変化する
また振動特性の変化は切り口面形成に影響を与える要素となる
- ・CFRPの採用は破断後に生じる振動減衰時間を55%短くする効果がある

CFRP金型での振動測定結果



CFRP金型による切り口面

