



*shaping your dreams*

# 炭素繊維複合材加工用 ダイヤモンドコーティング工具 への取り組み

2015年11月6日

オーエスジー株式会社 開発グループ Aerospaceチーム

辻村 桂司

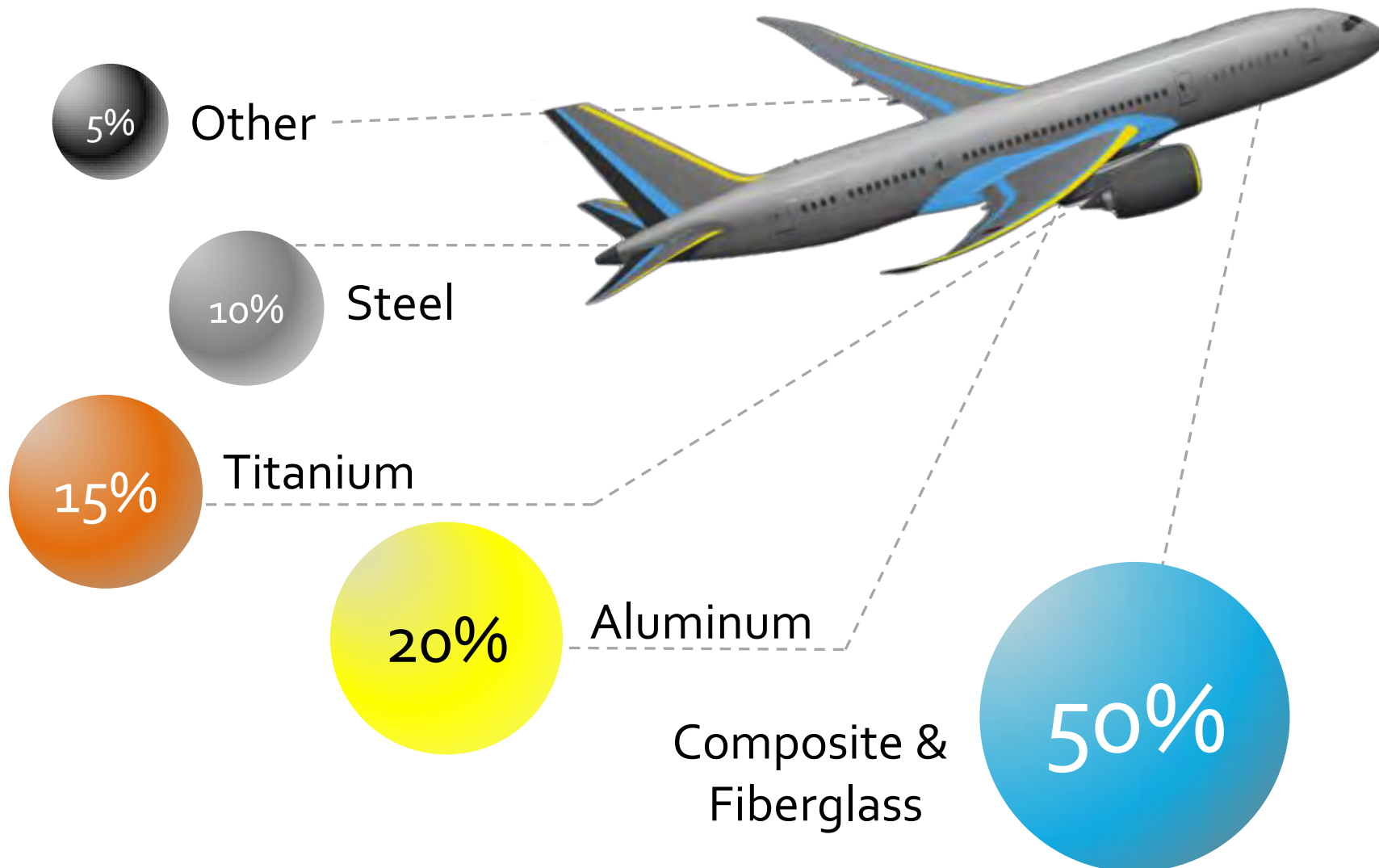
1. 航空機材料の変化
2. CFRPの難削性
3. ダイヤモンドコーティングの最適化
4. 工具形状の最適化



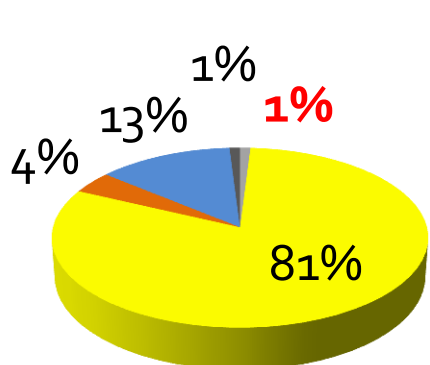
*shaping your dreams*

# 1. 航空機材料の変化

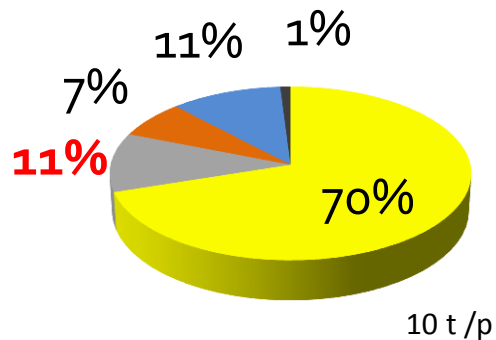
# CFRP活用の象徴的出来事 B787



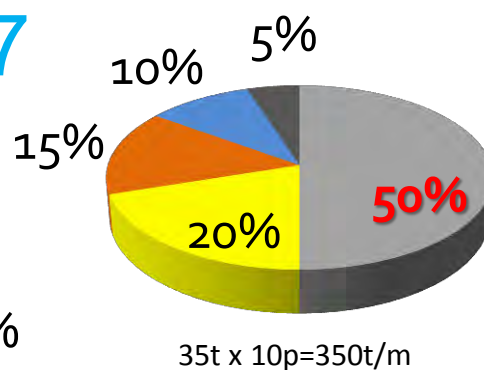
**Boeing 747** FF 1994  
First flight 1969



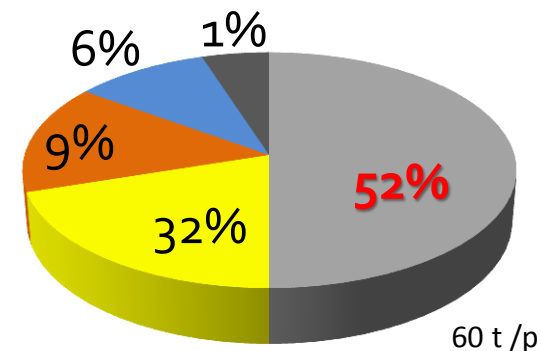
**Boeing 777** FF 2009



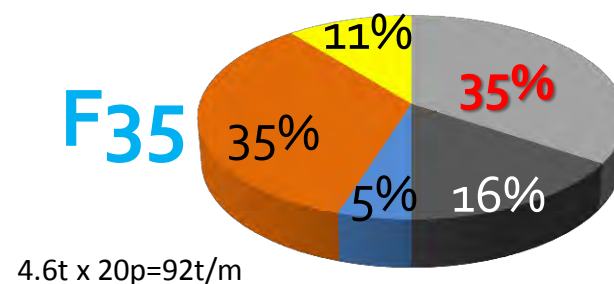
**Boeing 787** FF 2009



**Airbus 350** FF 2013



**F35**



Carbon Laminate Composite
  Aluminum
  Titanium
  Steel

- 燃費改善要求
- 1次構造部材がアルミ→CFRPへ
- CFRPの使用量が急増！



*shaping your dreams*

## 2. CFRPの難削性

## 2種以上の異なる材料を一体的に組み合わせて その特性を強化した材料

### 繊維強化プラスチック→FRP (Fiber Reinforced Plastic)

#### － ファイバー(強化材)

- 炭素繊維 (CFRP)
- ガラス繊維 (GFRP)
- アラミド繊維 (AFRP)

#### － レジン(マトリクス)

- 熱硬化性樹脂 (Thermoset plastic)
- 熱可塑性樹脂 (Thermo Plastic)



- 炭素繊維は鉄の約10倍の高強度
  - 激しい工具摩耗

- 表層・層間剥離（De-lamination）
- 盛りり（Rolling）
- むしれ（Fiber break out）
- バリ
- 毛羽立ち
- 穴拡大
- 熱損傷
- 焼け

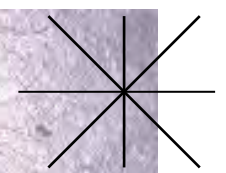
これらが無いこと！



# 不具合例①



-45° 0° 45°



盛り上り



むしれ

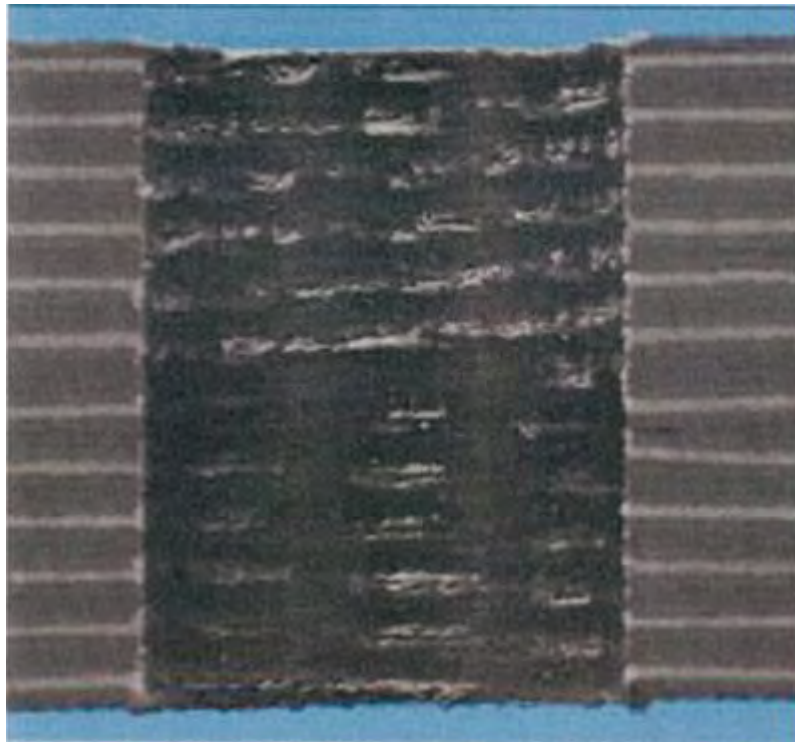


アンカットファイバー

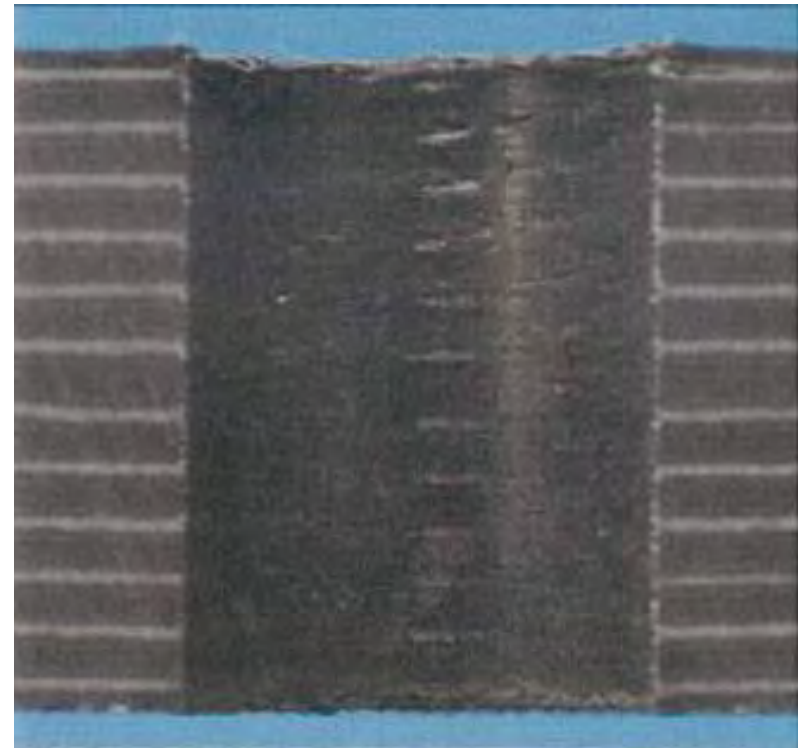


アンカットファイバー



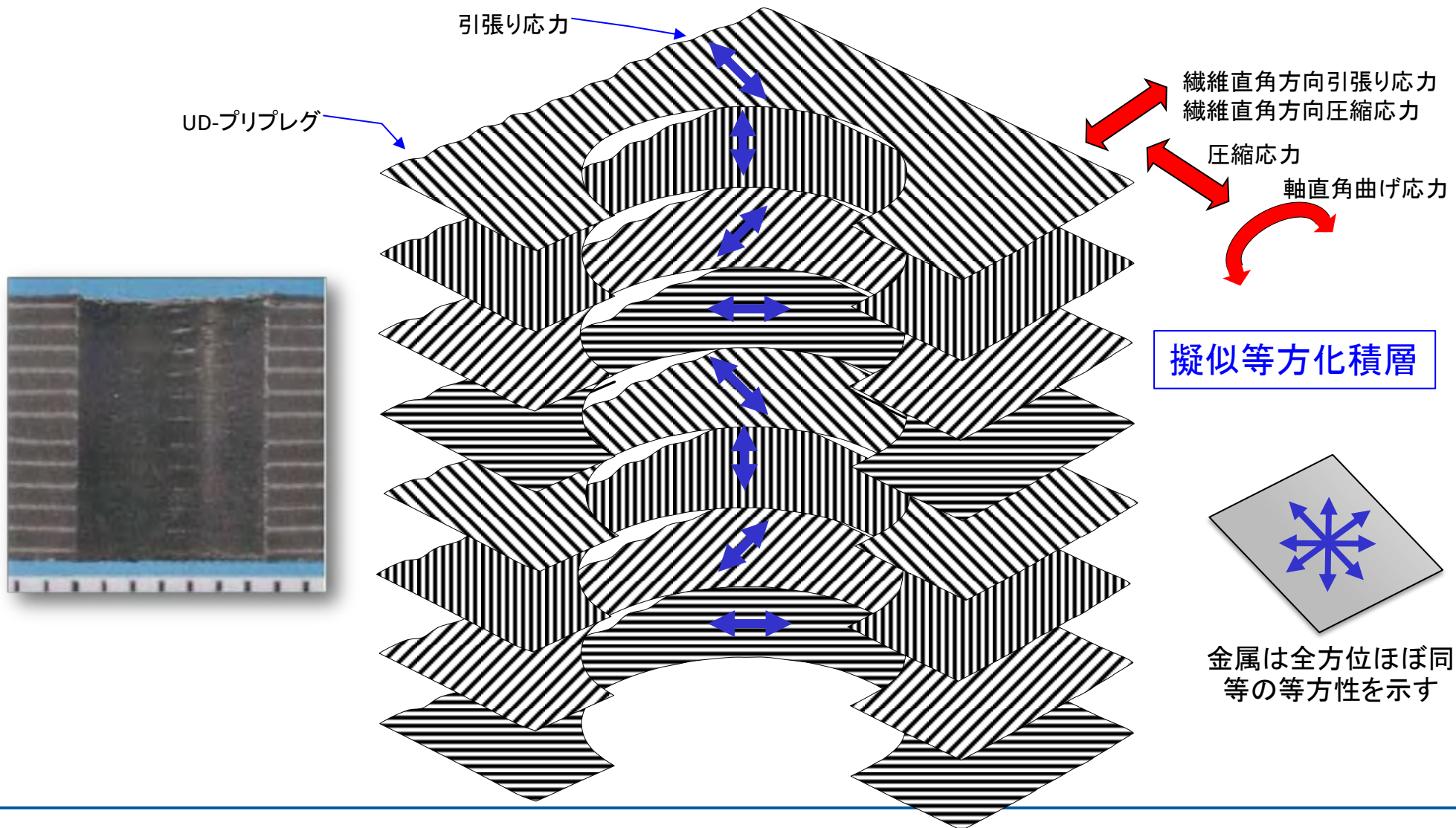


CFRPの引きちぎりでえぐれが発生した穴

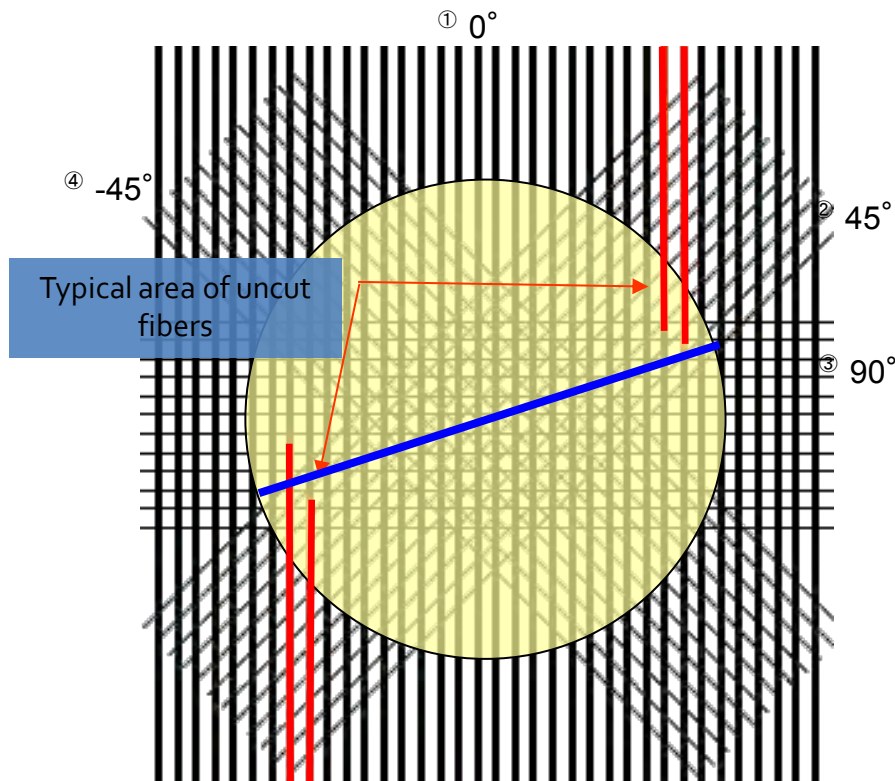


穴品位の良好な穴

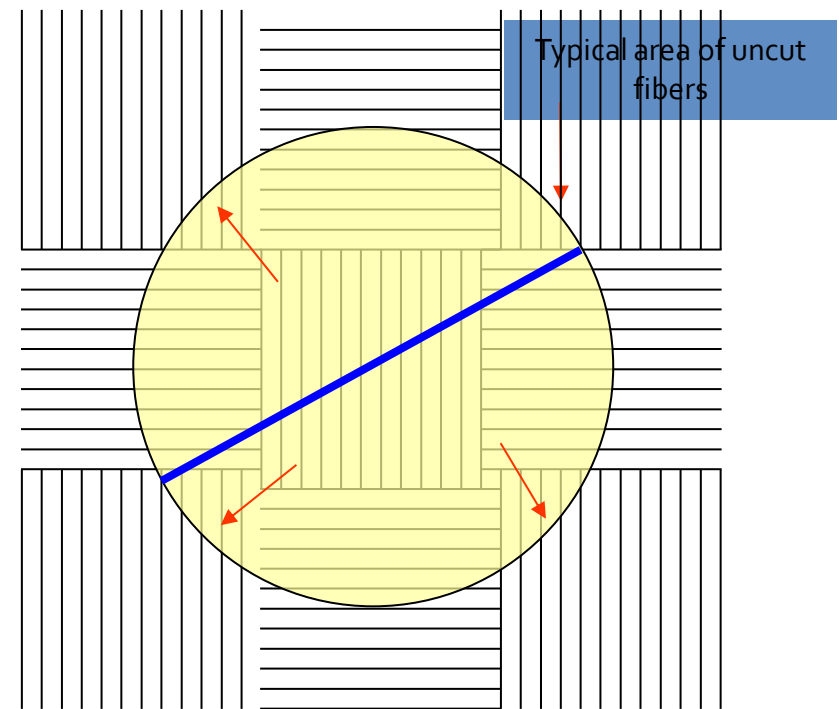
# UD材のレイアップ構造



## 穴出口から見た場合



Unidirectional Fibers



Woven Fibers

- 炭素繊維が細くてしなやか
- レジンの繊維層間保持力が低い
  - 剥離、むしれの発生



激しい工具摩耗



耐摩耗性の付加

剥離、むしれの発生



工具形状の最適化

この両方を満たすことが  
CFRP加工用工具における  
必須条件となる



*shaping your dreams*

# 3. ダイヤモンドコーティングの 最適化

グラファイト

アルミ合金

セラミックス成形体

超硬仮焼体

FRP等の強化型樹脂

非鉄金属材料

これらの被削材で、超硬ノンコート工具の  
約10～50倍もの耐久が得られる

# 例：MMC加工におけるダイヤモンドコーティングの効果

被削材：**MMC (SiC20%含有 アルミ複合材料)**

工具：R5ボールエンドミル

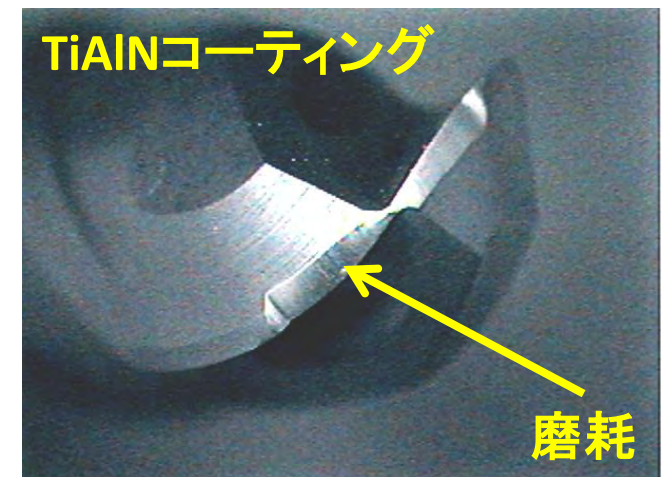
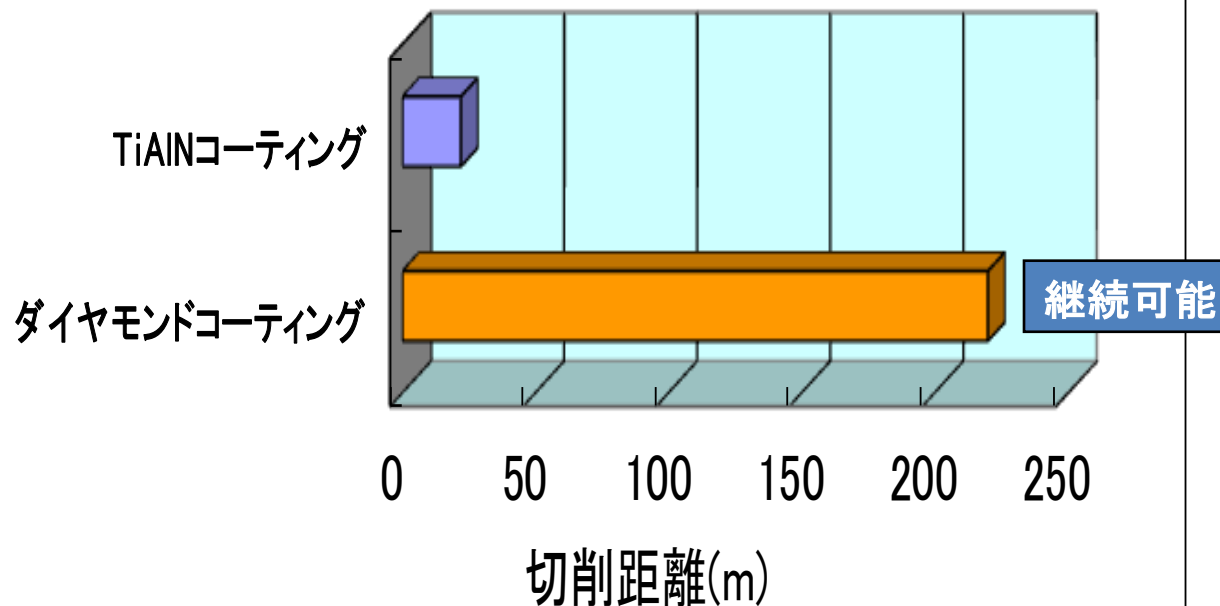
切削油：ドライ

回転数：8,000min-1

送り速度：2,000mm/min

切り込み： $a_p=1\text{mm}$ 、 $P_f=0.5\text{mm}$

## MMC切削性能比較



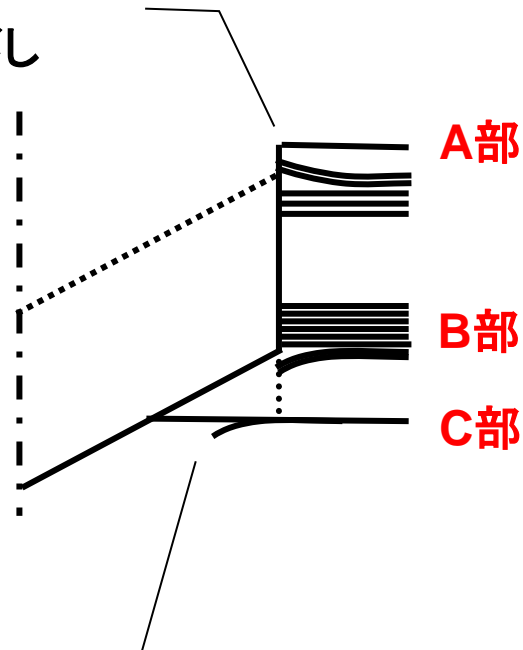


*shaping your dreams*

## 4. 工具形状の最適化

- シヤープな切れ刃
  - 低抵抗
  - 抵抗分散形状
- 耐チップング性
- 切り屑排出性

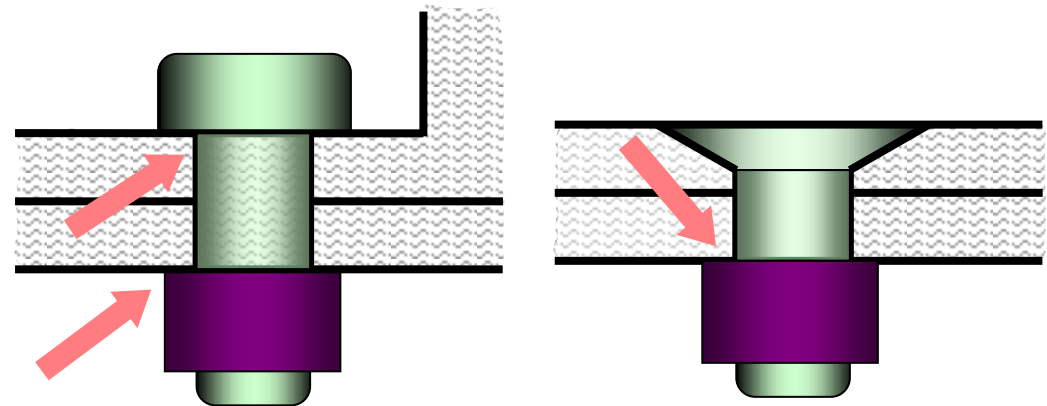
切れ刃入口での  
すくい剥がし



切れ刃の抜け際

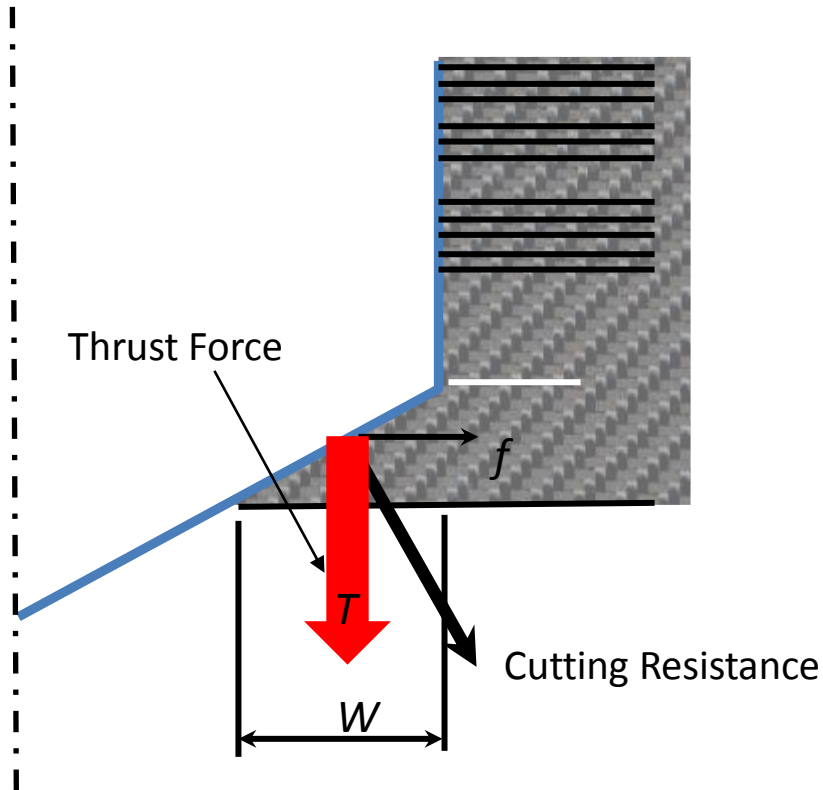
## • A部(入り口)

- 締結方法によっては、穴入口の品位も重要

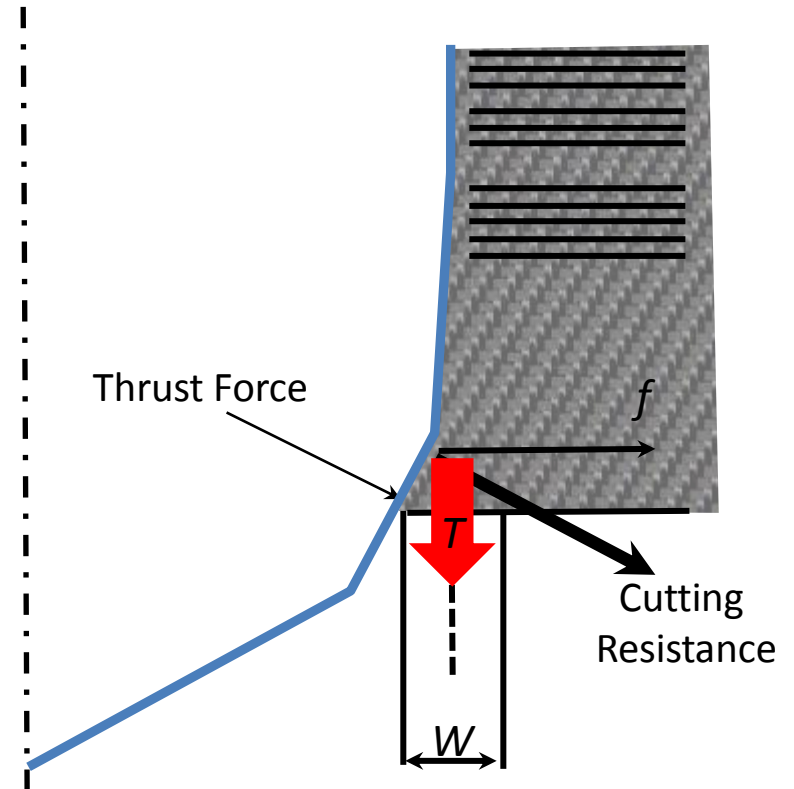


## • C部(抜け際)

- 不具合(剥離等)多発箇所
- 貫通間際の切削抵抗を下げる
- 発生してしまう抵抗を壁側に分散させる
- 切り取り量を小さくする

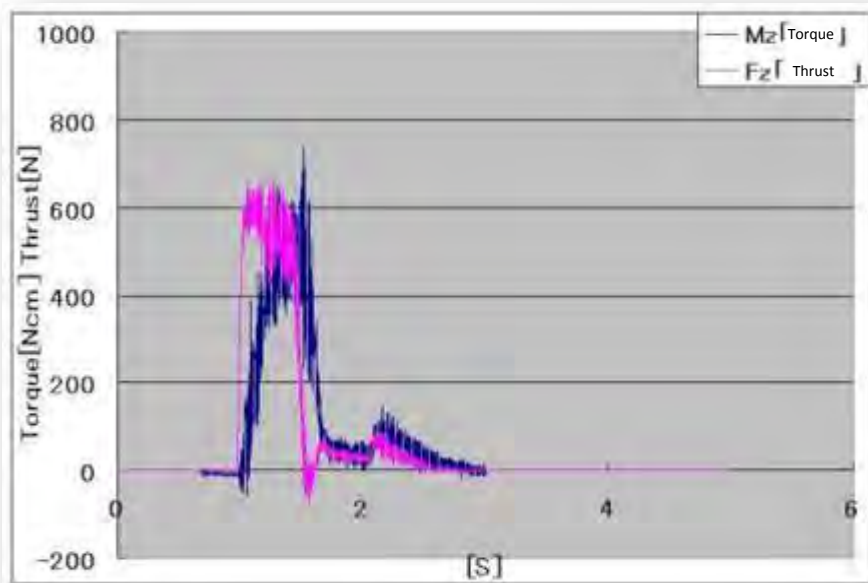


120°先端角の標準ドリル

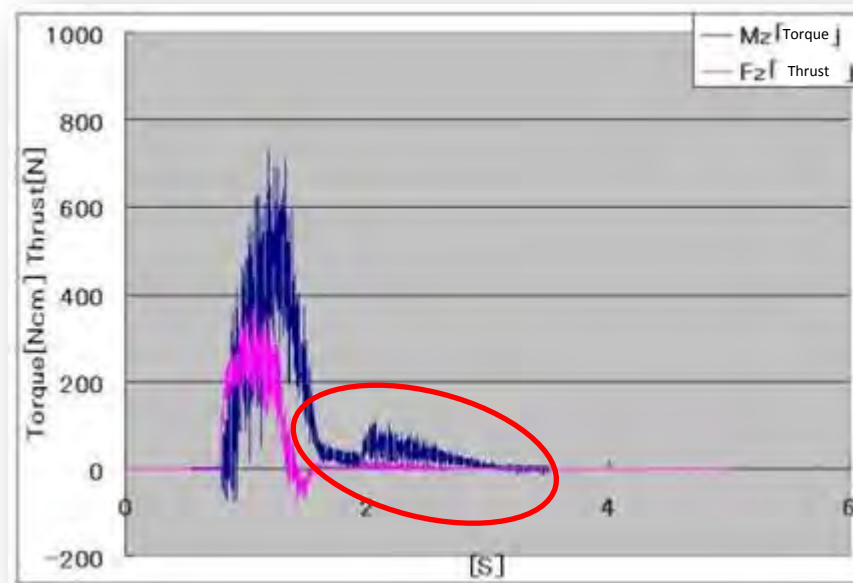


肩部に小さな先端角を持つ  
ダブルアングル、トリプルアングルドリル





120° 先端角の標準的ドリル



120° x 30° ダブルアングルドリル

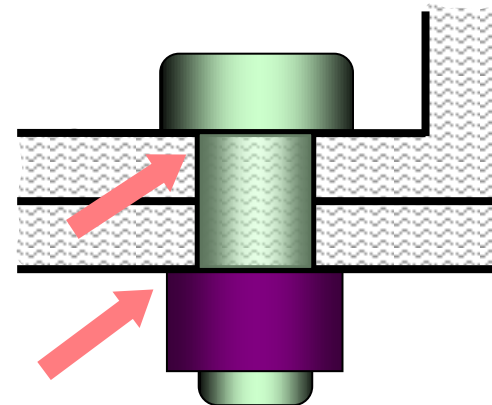
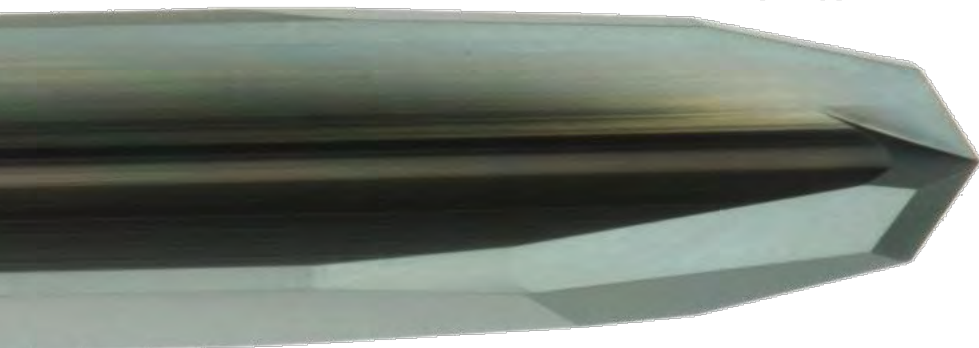
Drill Size: .5730"  
Coolant: Water Soluble

Material: CFRP  
Thickness: 11mm

Cutting Speed: 125 m/min  
Cutting Feed: 0.10 mm/rev

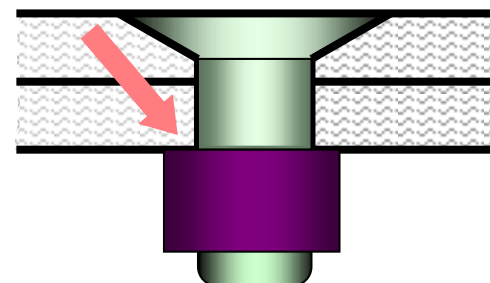
## D-STAD

直溝トリプルアングルドリル























## D-DAD

強ネジレダブルアングルドリル



# D-STADとPCDドリルの穿孔性能

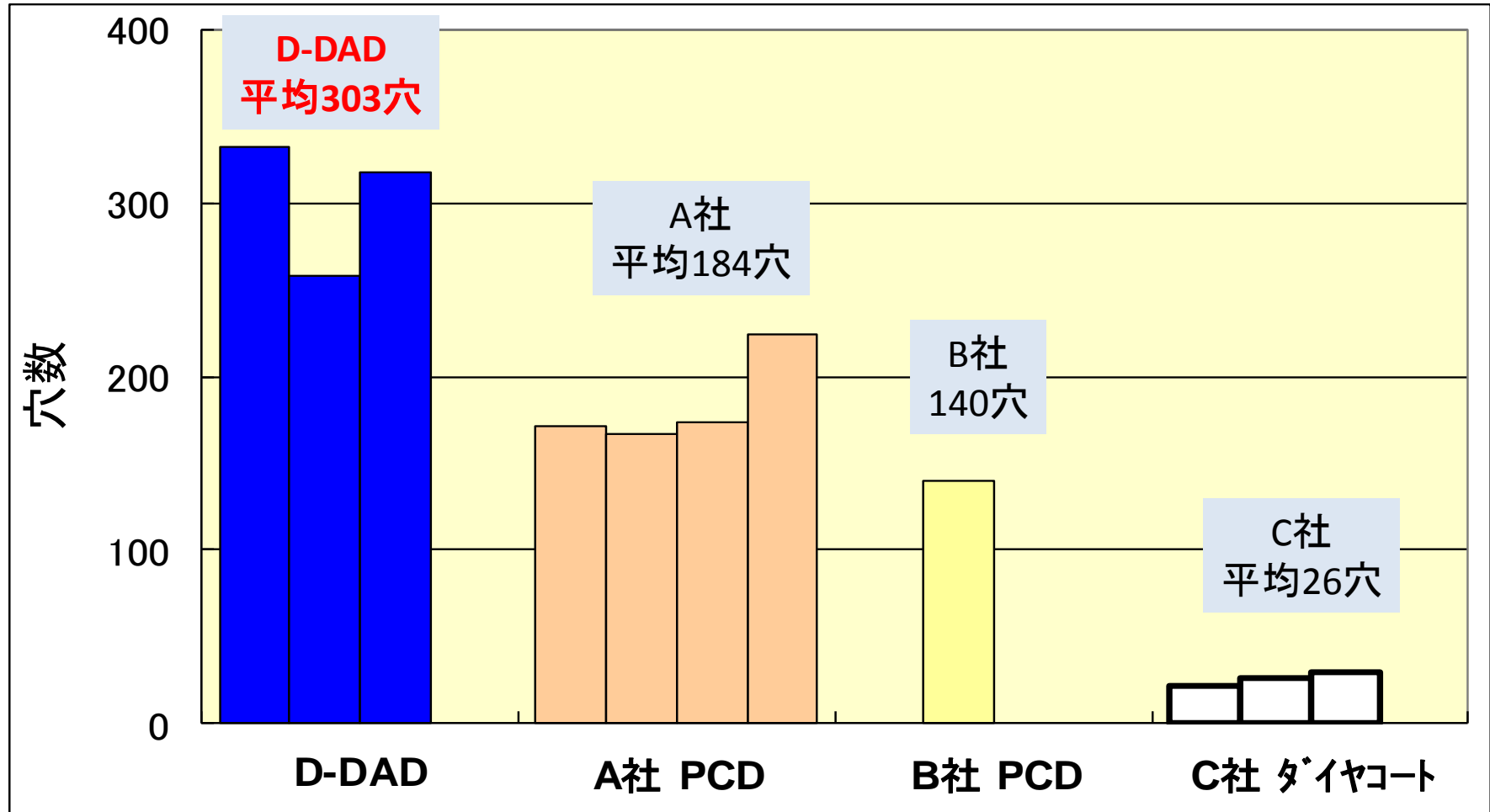
		1穴目	200穴目	400穴目	600穴目	800穴目
入口	PCD					
	D-STAD					
出口	PCD					
	D-STAD					

ドリル直径: 0.251"  
 切削油剤: 水溶性

被削材: UD-CFRP+入口Woven  
 厚さ: 19mm

切削速度 : 100 m/min  
 送り量 : 0.06 mm/rev

# D-DADの穿孔性能



被削材: CFRP 厚み17.1mm  
加工穴:  $\phi 6.375$  貫通

回転数: 3,000 min<sup>-1</sup>  
切削速度: 60 m/min

送り速度: 228 mm/min  
切削油: ドライ

激しい工具磨耗

**解決！**

耐摩耗性の付加

剥離・ちりおの発生

**解決！**

工具形状の最適化

この両方を満たすことが  
CFRP加工用工具における  
必須条件となる



*shaping your dreams*

ご清聴ありがとうございました

オーエスジー株式会社