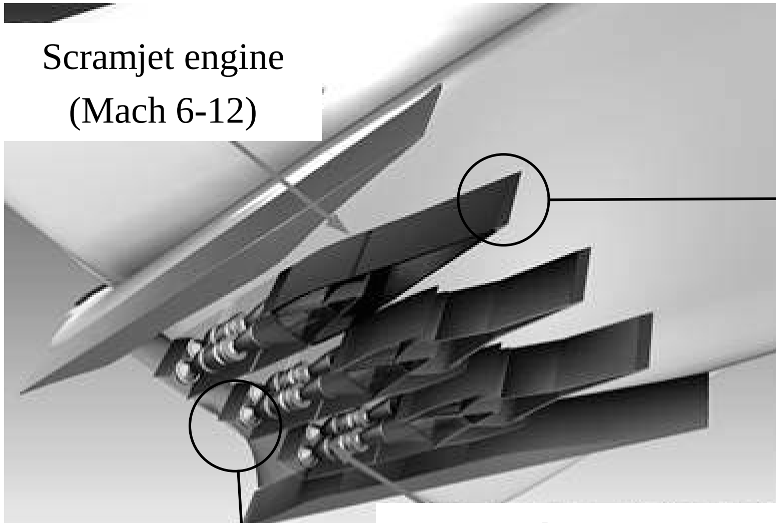
Novel Ceramic Matrix Composites (SiC/SiC) for High Temperature Use up to 1500C and Issues for Practical Application

Tatsuya Hinoki
Kyoto University, Japan

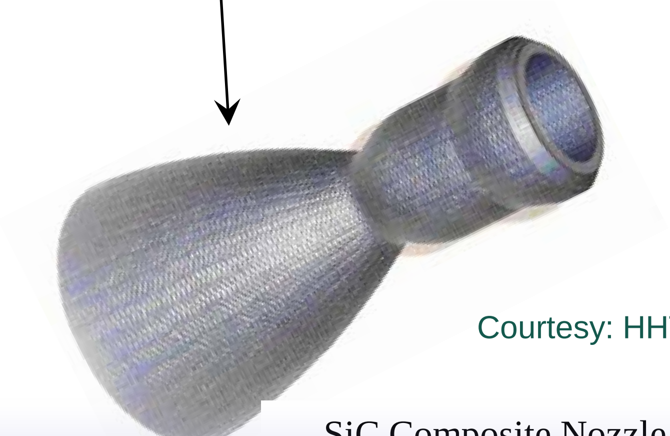
Examples of Envisioned A



Scramjet engine
(Mach 6-12)

Courtesy: JAXA

Turbine engine
or rocket engine (Mach -6)



Courtesy: HHTC

SiC Composite Nozzle

Aviation Wire

ユーザー名

ホーム 機体 エアライン 空港 需要 業績 官公庁 企業 解説・

エアバス, エアライン, 機体 — 2016年7月22日 17:00 JST

A320neo、LEAP機も納入　トルコLCCに

By Yusuke KOHASE

共有する:

エアバスは、CFMインターナショナル製新型エンジン「LEAP-1A」を搭載したA320neo（登録番号TC-NBA）をトルコのLCC、ペガサス航空（PGT/PC）に現地時間7月19日に引き渡した。同エンジン搭載型のA320neoを受領するのは、ペガサス航空が初めて。

LEAP-1Aを搭載したペガサス航空のA320neo＝16年7月 PHOTO: Christian Brinkmann/Airbus

A320neoは、LCCなどに人気の小型機A320の派生型で、燃費を向上した新型エンジンを搭載。LEAP-1Aのほか、米プラット・アンド・ホイットニー（PW）製PW1100G-JMエンジンを選択できる。メーカー標準座席数が1クラス156席のA319neoと、180席のA320neo、236席のA321neoの3機種で構成する。

PW1100Gを搭載したA320neo初号機（登録番号D-AINA）は、今年1月20日にルフトハンザ ドイツ航空（DLH/LH）へ引き渡された。当初はカタール航空（QTR/QR）へ2015年末に納入予定だったが、PW1100Gの性能上の問題により延期され、ルフトハンザが初納入となった。PW1100Gの問題は今秋にも解消する見通し。

A320neoの初飛行は、PW1100G搭載機が2014年9月25日、LEAP-1A搭載機は2015年5月19日。PW1100G搭載機は2015年11月に、LEAP-1A搭載機は2016年5月に、EASA（欧州航空安全局）とFAA（米国連邦航空局）から型式証明を取得している。

ペガサス航空は1990年設立。当初はチャーター便を運航していた。定期便の運航は2005年に開始。イスタンブールのサビハ・ギョクチェン空港を拠点とし、アンカラやイズミール、アンタルヤなどトルコ国内のほか、ロンドンやアムステルダム、バルセロナなど欧州各地、ドバイやテヘラン、バグダッドなど中東各地に乗り入れている。

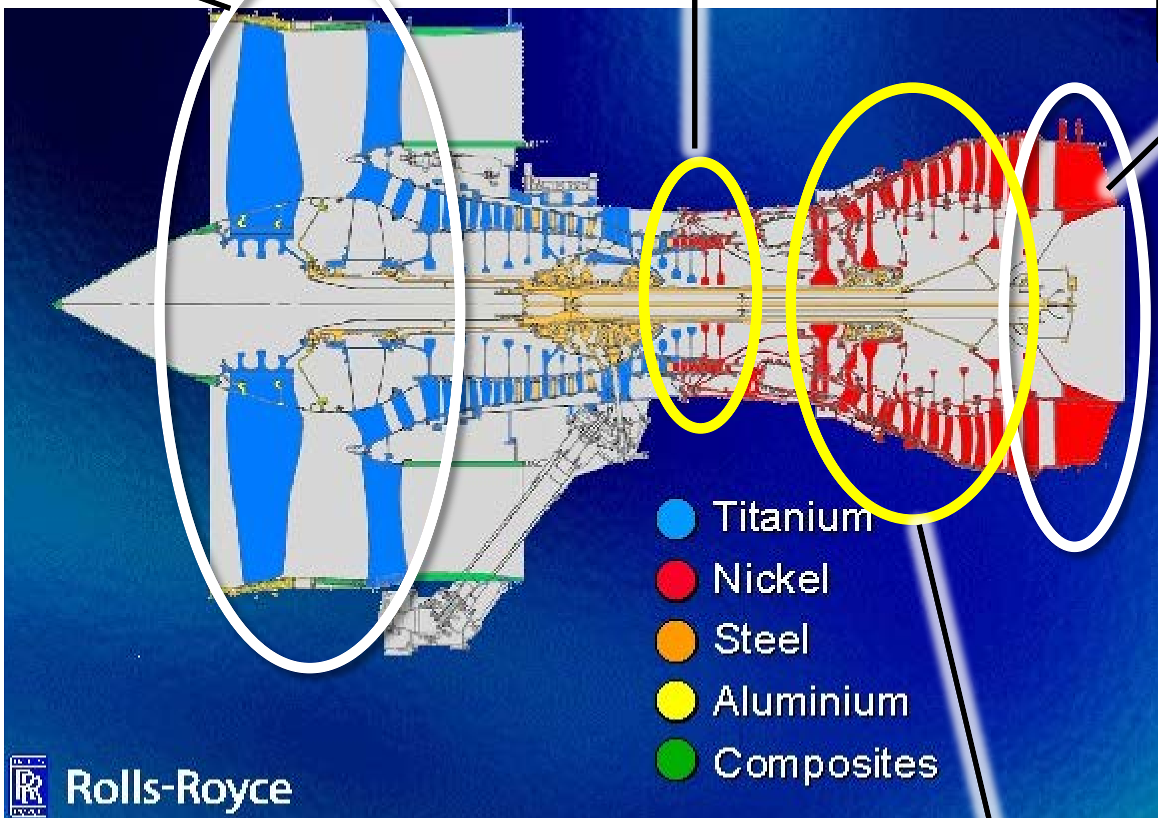
同社は2012年12月、A320neoファミリーを75機確定発注している。内訳はA320neoが58機、A321neoが17機

Direction of Aerospace Material

Ti alloy to CFRP

Ni alloy to Ti alloy、 TiAl、 CMCs

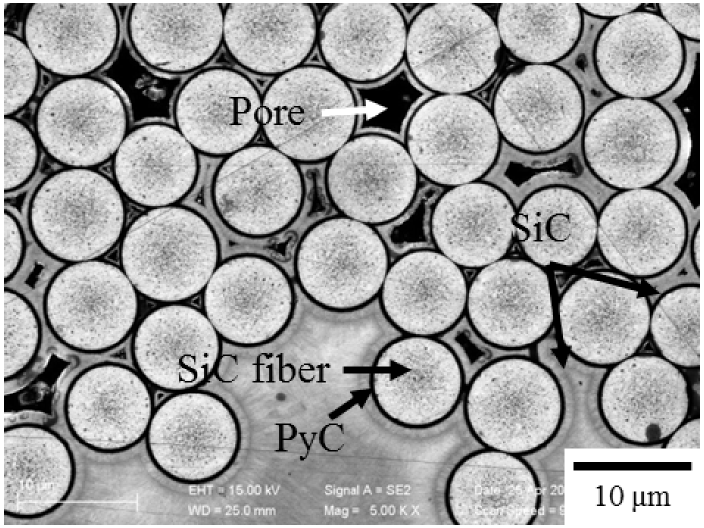
Ni alloy to TiAl



Improve thermal efficiency:
Few % - 20%
CO_2 reduction:
50,000 ton

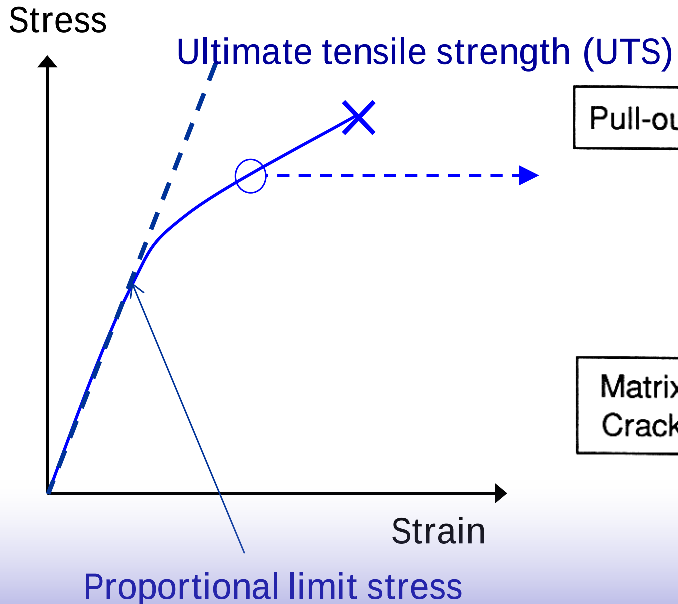
Blade: Ni alloy to TiAl, silicide, CMCs
Disc: Large scale Ni-base superalloy

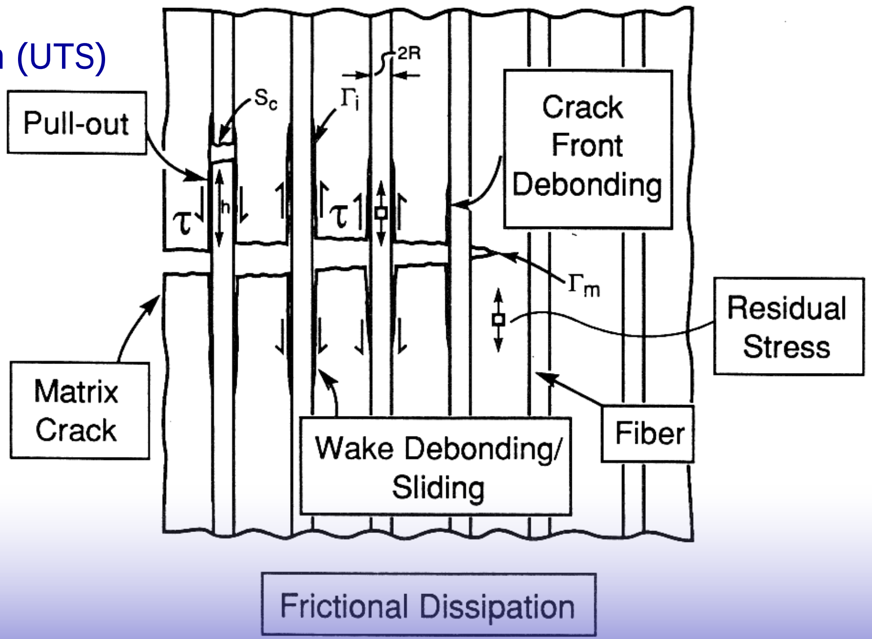
Silicon Carbide Composites



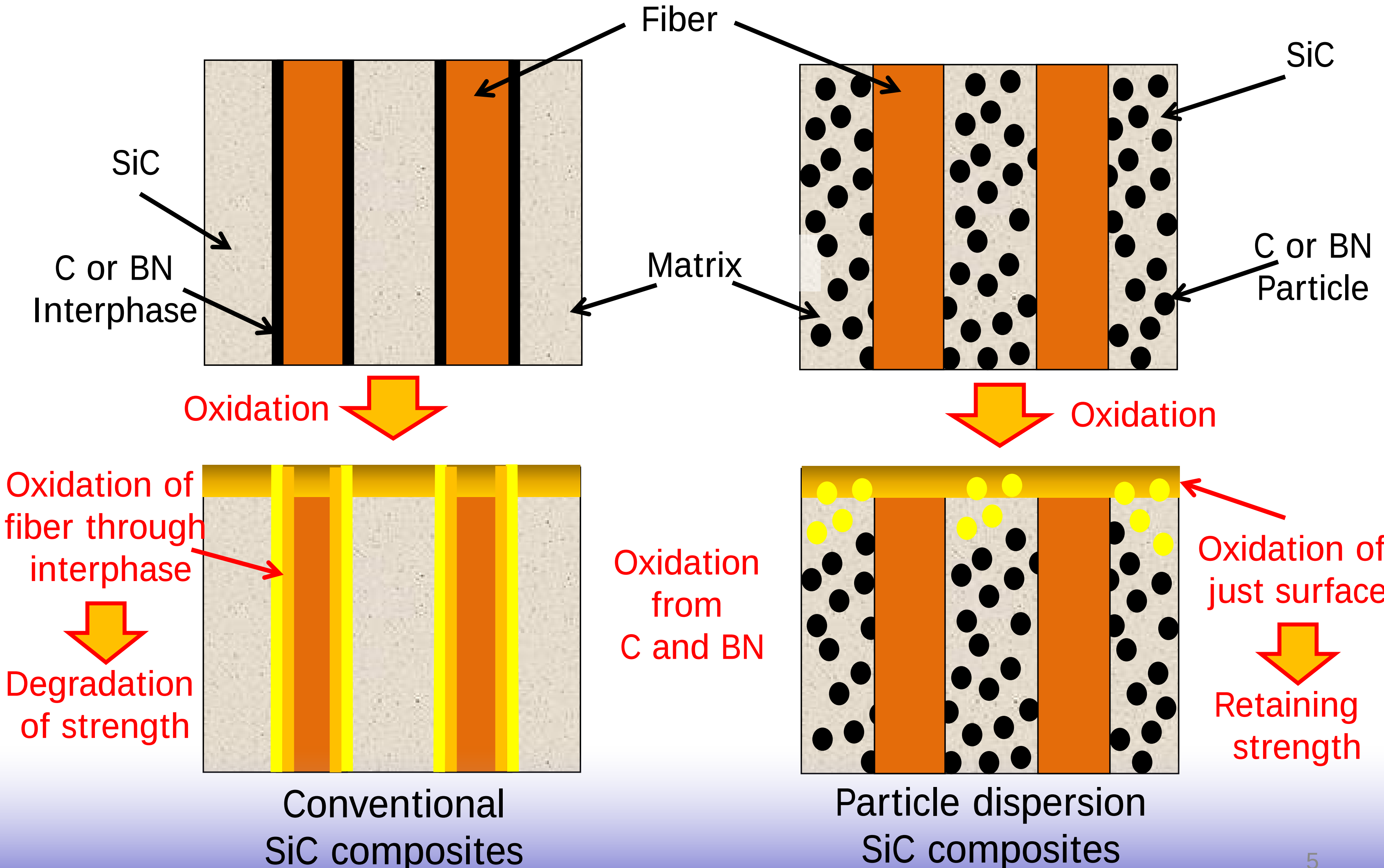
Silicon carbide composites

- Consist with
  - Silicon carbide fiber
  - Silicon carbide matrix
  - Fiber/matrix interphase (typically C or BN)
- Very Low Radio activation
- Very High Temperature Use

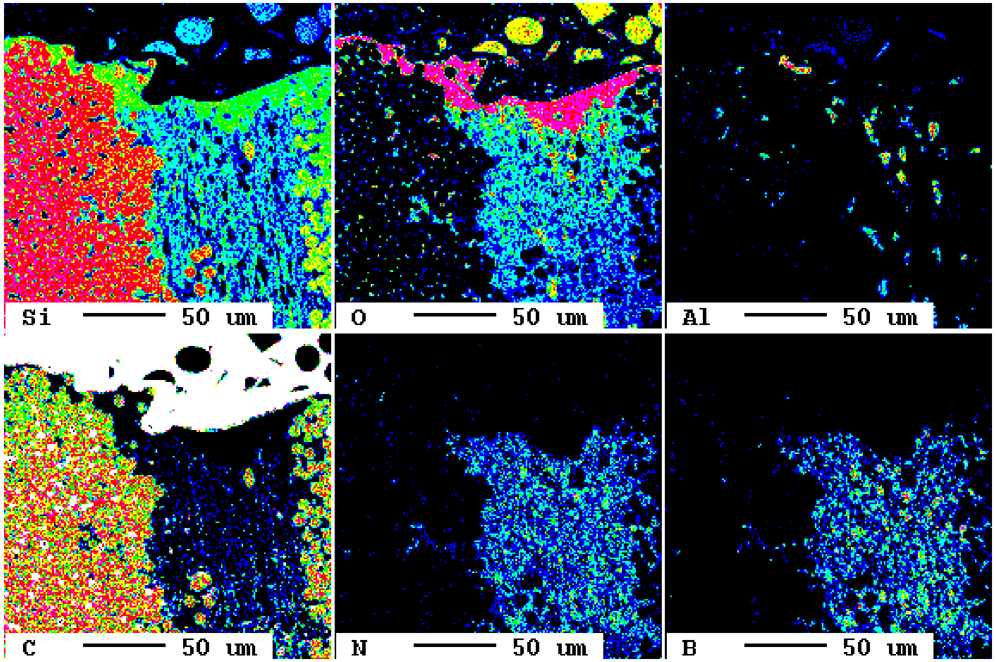


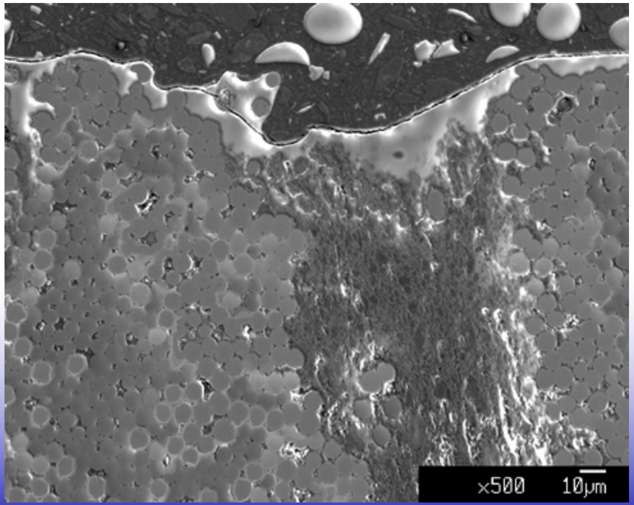


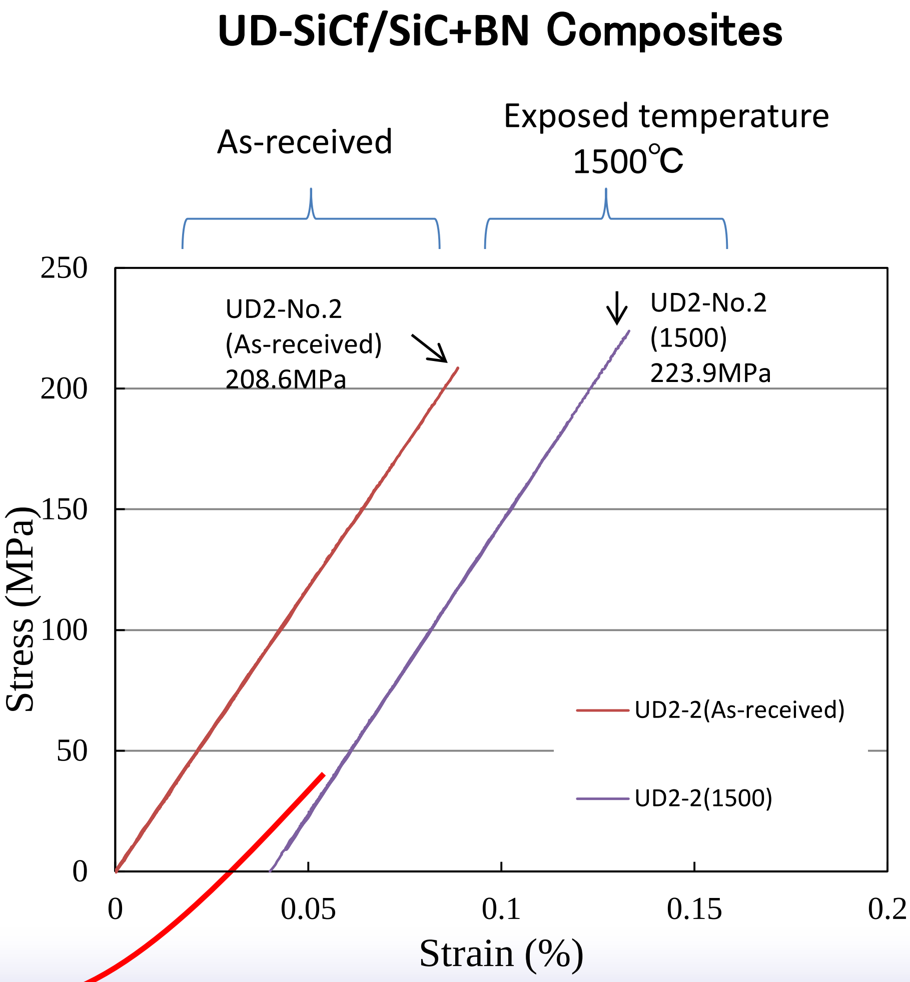
Comparison of Oxidation of Particle Dispersion SiC Composites and Conventional SiC composites



Tensile Properties and Microstructure of BN Particle Dispersion SiC Matrix Composites Exposed at High Temperature Air



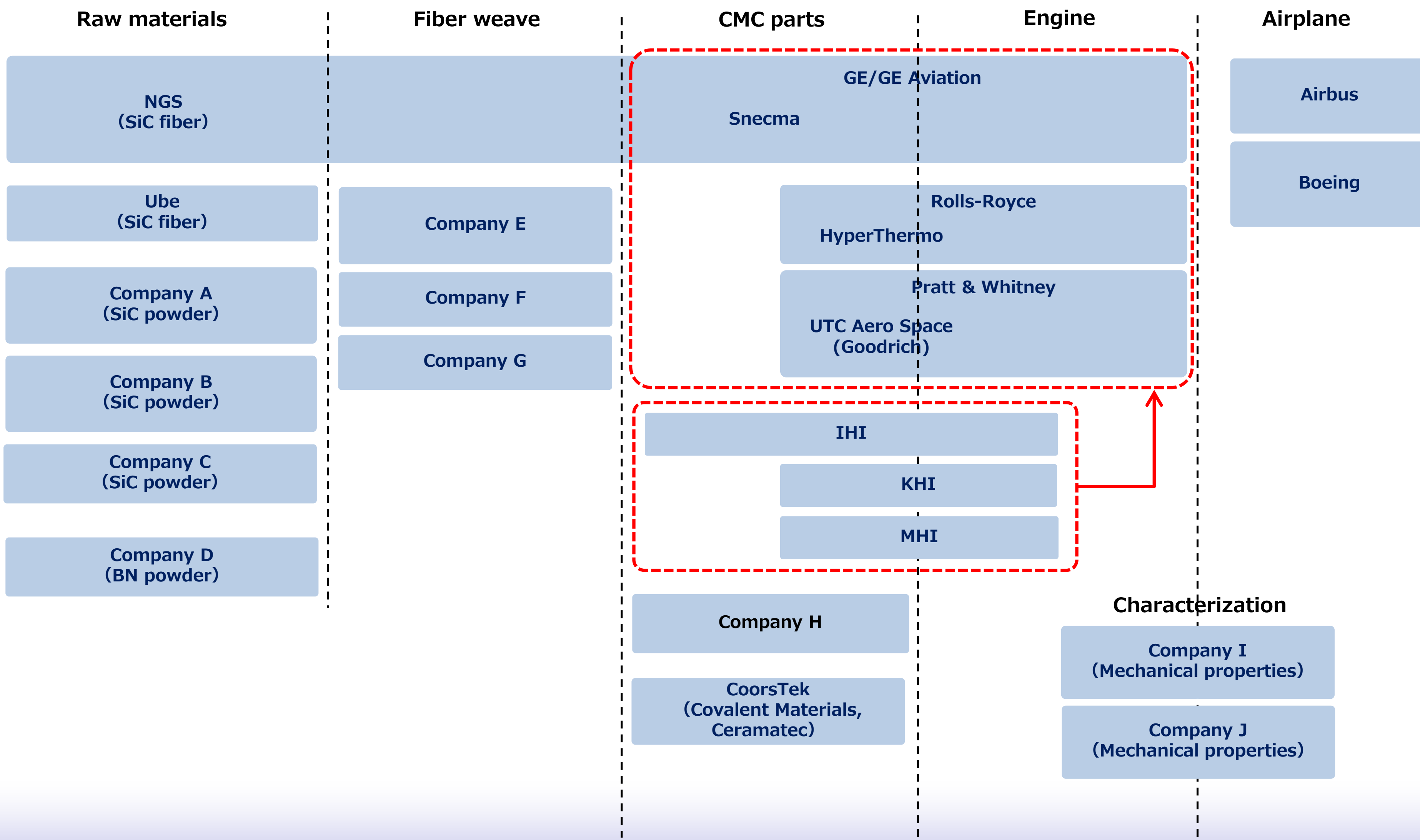




Particle Dispersion SiC Composites
- Comparison with Conventional SiC Composites -

	Method	Strength	Heat resist.	Cost	Development Stage
GE (ref.)	・CVI ・MI Pre-preg	-	1200C Oxidation	-	-
Company A	・CVI+PIP Near net shape	≃GE	≃GE	＞GE	・databasing ・verification
Company B	・CVI+PIP Near net shape	＜GE	≃GE	＞GE	Material development
Kyoto Univ.	・CVI ・LPS Pre-preg	≃GE	＞GE 1500C	＜GE	Material development

CMC Supply Chain



Issues for Practical Application

Promising seeds

- The novel CMCs were developed at Kyoto University. The high temperature strength are excellent and the material cost is low compared with conventional CMCs.

Huge markets but huge efforts required

- The CMCs have excellent potential due to high temperature strength beyond metals.
- However the material cost is much higher than that for metals. Fracture behavior is completely different from metals and ceramics. It requires significant efforts for practical application including designing materials and establishment of supply chain.

Risk

- It’s very difficult for most companies to take a big risk for a big business even for a big company.
- It’s required to decrease the risk.

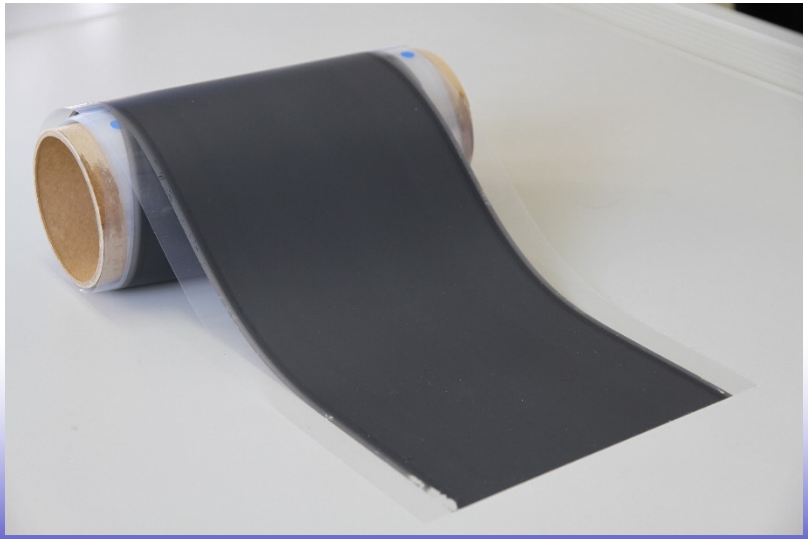
Risk Control for Practical Application

<u>CMC parts maker risk</u>

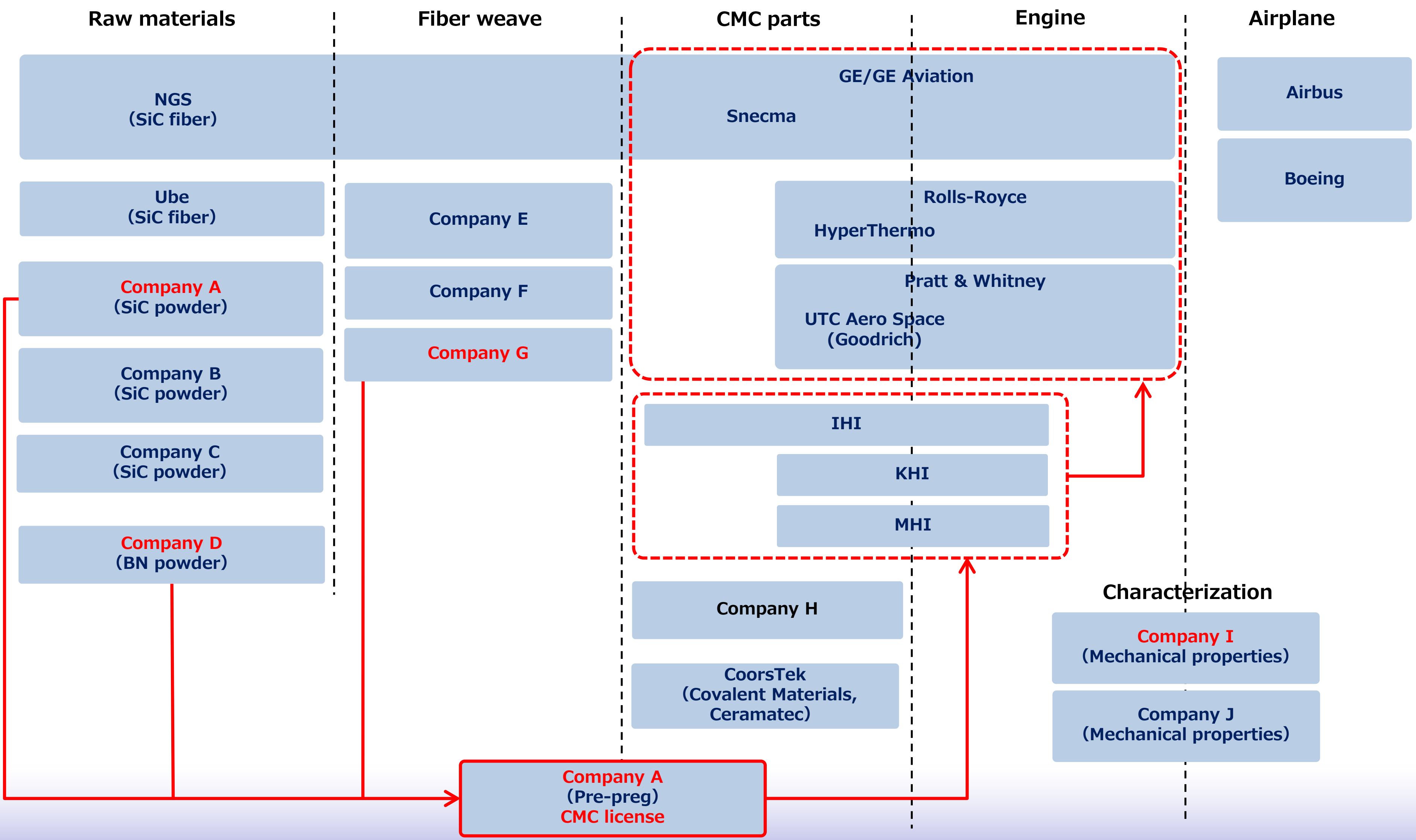
- Large cost for material development
- Long term development
- Limited application due to high material cost at this moment and depending on engine maker

<u>Pre-preg maker (between law material and CMCs)</u>

- The Pre-preg consists with fibers and matrix slurry.
- Kyoto University contracted the CMCs license with the pre-preg maker.
- The pre-preg can be distributed to CMCs parts makers for any CMC parts.



CMC Supply Chain



Concluding Remarks for Practical Application

- R&D at Universities are relatively long term, high risk and high return.
- There is a large gap between seeds at universities and practical application.
- It's required to fill the gap. Otherwise only low risk and low return R&D can be utilized for practical application. It' should not be the R&D motivation for universities in particular for Kyoto University.
- Some organizations and coordinators are required to fill the gap and plan the business model utilizing license. Faculty can play the role.
- Long term vision are expected for industries to create prosperity 10 years later or 100 years later.