

ITER/BA成果報告会2024
於 イイノホール

フュージョングレード先進タングステン材料の開発 Development of Fusion-Grade Advanced Tungsten Materials

野上 修平 (Shuheï NOGAMI)

(株)アライドマテリアル (A.L.M.T. Corp.)

熱マネジメント事業部・技術部 (Eng. Dept, Thermal Management Div.)

2025年1月30日

1. アライドマテリアルの紹介

Introduction of A.L.M.T. Corp.

2. ITERダイバータ用タングステンモノブロックの量産

Mass Production of Tungsten Monoblocks for ITER Divertor

3. フュージョングレード先進タングステン材料の開発

Development of Fusion-Grade Advanced Tungsten Materials

4. 終わりに

Conclusion

1. アライドマテリアルの紹介

Introduction of A.L.M.T. Corp.

2. ITERダイバータ用タングステンモノブロックの量産

Mass Production of Tungsten Monoblocks for ITER Divertor

3. フュージョングレード先進タングステン材料の開発

Development of Fusion-Grade Advanced Tungsten Materials

4. 終わりに

Conclusion

アライドマテリアルの会社概要

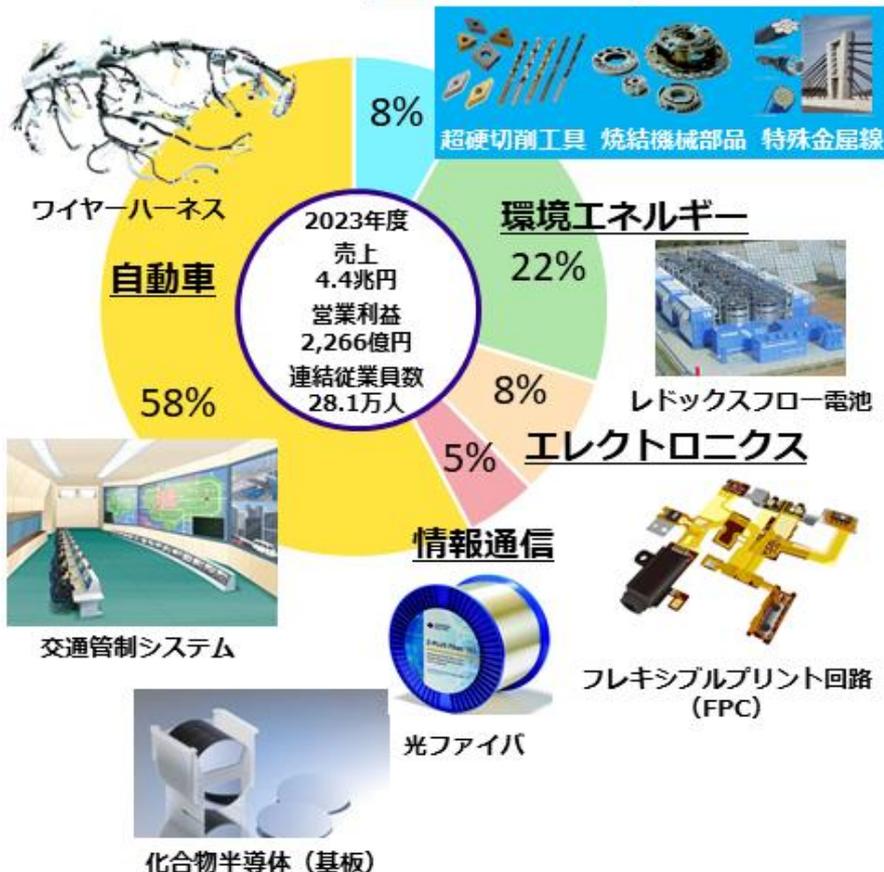
Company Profile of A.L.M.T. Corp.

無断転載禁止
All rights reserved

4

 **住友電工** 創業1897年
Connect with Innovation 資本金997億円

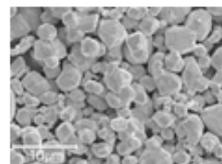
産業素材



株式会社 アライドマテリアル

創業	1939年 8月
設立	2000年10月 (東京タングステン、大阪ダイヤモンド工業合併)
資本金	2,670百万円
事業内容	タングステン、モリブデン、ダイヤモンド製品
本社	東京都中央区銀座8-21-1
社長	山縣 一夫
従業員数	2,600人 (国内:1,504人、海外:1,096人)
製造拠点	国内: 4拠点 海外: 8拠点
営業拠点	国内: 10拠点 海外: 12拠点

(2024年12月末現在)



タングステン粉末・製品



放熱基板



ダイヤモンド工具

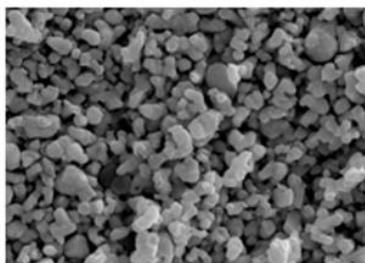
アライドマテリアルのコア材料

Core Materials of A.L.M.T. Corp.

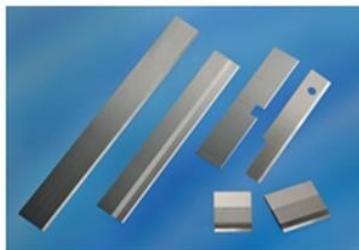
タングステン、モリブデンなどの高融点金属材料製品と、ダイヤモンド精密工具のリーディングカンパニーとして、世界中の様々な産業分野に貢献しています。

タングステン・モリブデン

❖ 高比重 ❖ 耐熱性 ❖ 低熱膨張 ❖



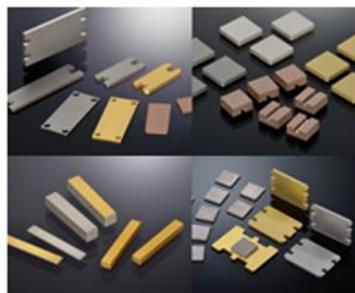
タングステン・モリブデン粉末
タングステンカーバイド粉末



グリーンシート切断用
超硬合金製高精度カタ



放電灯用タングステン電極
モリブデン耐熱部材



合金系放熱基板
ダイヤモンド系放熱基板

ダイヤモンド

❖ 高熱伝導 ❖ 高硬度 ❖



自動車部品、超精密部品加工用
ダイヤモンド切削工具



光学ガラス等硬脆材料、
SiCウェーハ等半導体材料加工用
ダイヤモンド研削ホイール
ダイヤモンドロータリードレッサ



銅線・金線等の伸線用や皮剥用
ダイヤモンドダイス

アライドマテリアルによる成長分野への取組み

無断転載禁止
All rights reserved

Approaches to Growing Fields by A.L.M.T. Corp.

6

半導体

コンデンサ
超硬切断刃
フラッシュメモリ
高純度タングステン
EUV (次世代半導体配線)
タングステン、モリブデン部材

5G・通信

無線
衛星
IoT
光ネットワーク

EVモビリティ

磁石コイル
ダイヤモンドダイス
自動運転
電鉄
半導体用放熱基板
ネオジウム磁石
切断ホイール
研削ホイール
焼成治具
インバータ
モーター
インバータ
バッテリー
半導体用放熱基板
バッテリー
WO₃粉末

医療・美容

超音波プローブ
超硬薄板
ダイヤモンドダイス
カテーテル
タングステン極細線
ダイヤモンドダイス
X線CT
モリブデン薄板
眼内・眼鏡レンズ
ダイヤモンド切削工具
眼科・脱毛
レーザー用放熱基板

脱炭素・再生エネルギー

カーボンニュートラル社会
風力発電
太陽光発電
フュージョンエネルギー
ITER
ダイバータ
タングステンモノブロック
半導体用放熱基板
ロータリードレッサ
タングステン
スクリーンメッシュ

1. アライドマテリアルの紹介

Introduction of A.L.M.T. Corp.

2. ITERダイバータ用タングステンモノブロックの量産

Mass Production of Tungsten Monoblocks for ITER Divertor

3. フュージョングレード先進タングステン材料の開発

Development of Fusion-Grade Advanced Tungsten Materials

4. 終わりに

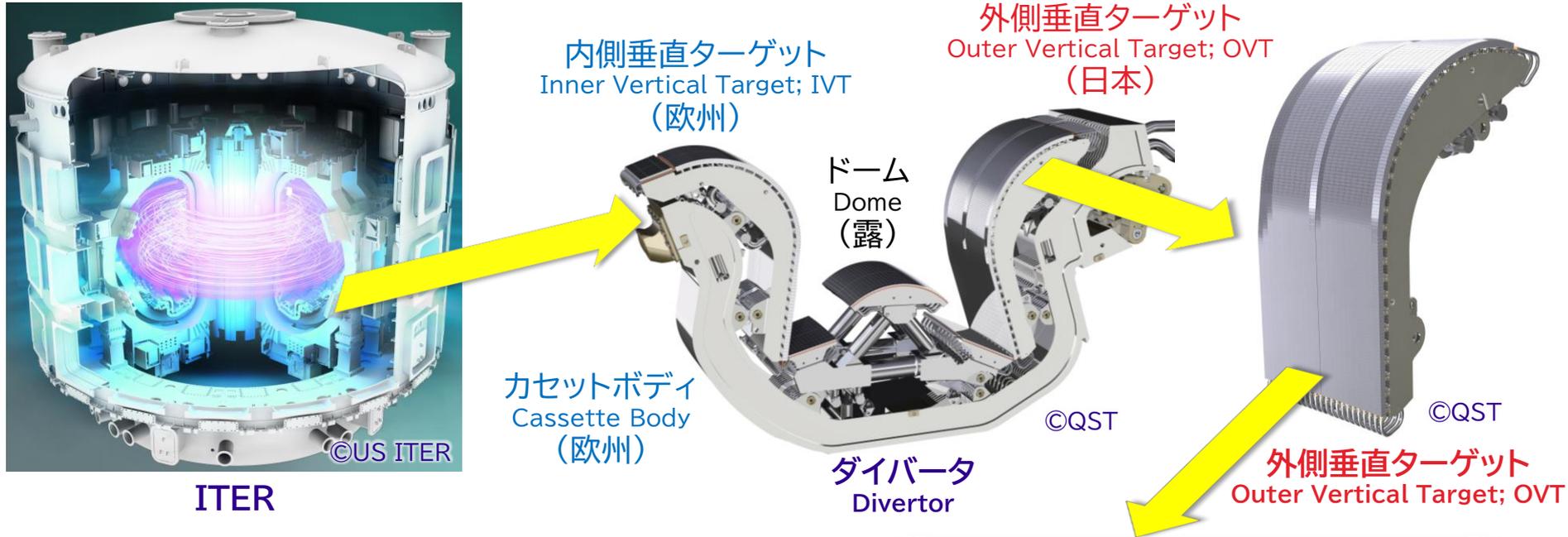
Conclusion

ITERダイバータとタングステンモノブロック

ITER Divertor and Tungsten Monoblocks

無断転載禁止
All rights reserved

8



- ◆ ダイバータは、プラズマから磁力線に沿って流入する粒子を中性化し排出
- ◆ 高熱負荷(最大 $20\text{MW}/\text{m}^2$)から真空容器などを守る受熱機器
- ◆ プラズマからの熱負荷や粒子負荷などにさらされる厳しい環境下で使用されるため、**プラズマ対向材としてタングステンを使用**



タングステンモノブロック
Tungsten Monoblocks

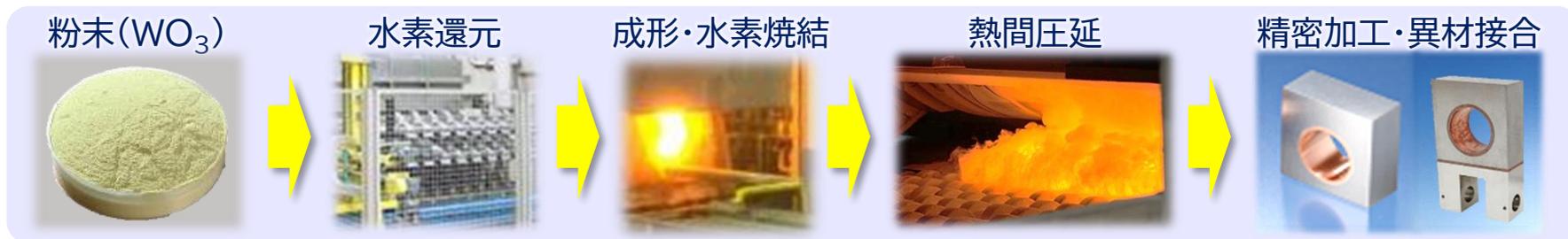
OVT一機あたり3300個
全OVT58機(うち予備4機)で約20万個

タングステンモノブロックの認証と量産

Certification and Mass Production of Our Tungsten Monoblocks

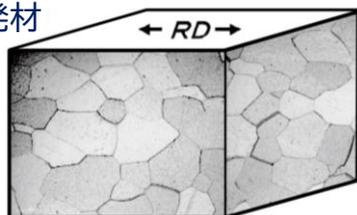
❖ 熱衝撃に耐えるタングステンモノブロック ❖ 国内唯一、原料からの一貫生産 ❖

ITER機構による実機適用判断のための熱負荷試験で優れた耐久性を示し**認証試験合格**
外側垂直ターゲット(OVT)向けタングステンモノブロックの**量産開始**

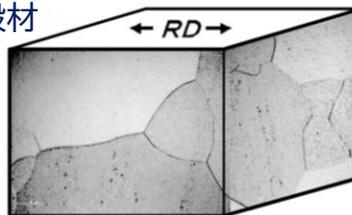


高熱負荷後も微細な結晶粒組織を維持

開発材



一般材



QST殿による小型試験体の熱負荷試験

開発材

一般材



20 MW/m²
x 1000 cycles

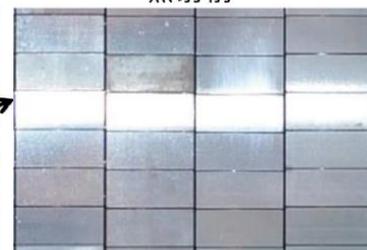
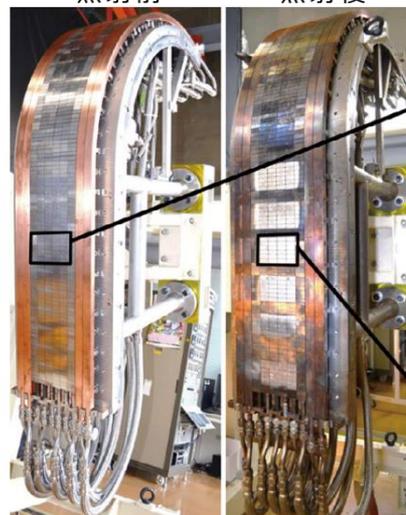
提供：国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構

ITER機構殿による実機大試験体の熱負荷試験

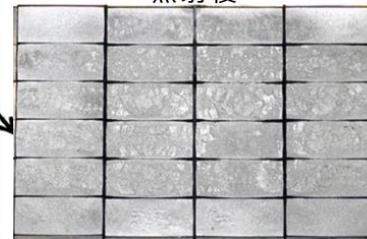
照射前

照射後

照射前



照射後



提供：国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構

10 MW/m² x 5000 cycles
+ 20 MW/m² x 1000 cycles

住友電工テクニカルレビューより引用

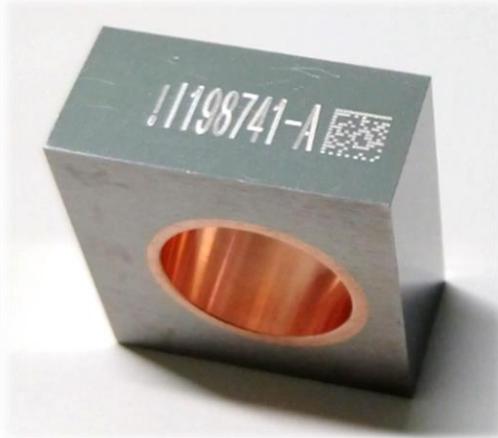
T. Kadokura, T. Iikura, Sumitomo Electric Technical Review, 93 (2021) 38-41.

量産における品質管理とトレーサビリティ

Quality Control and Traceability in Mass Production

無断転載禁止
All rights reserved

10



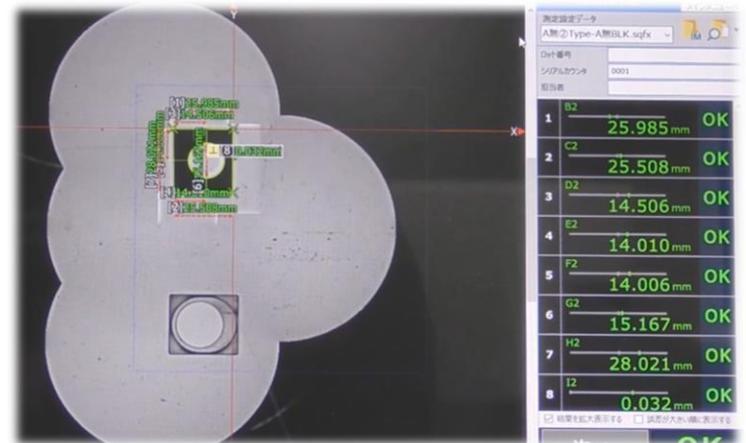
二次元コードによるトレーサビリティ管理



超音波探傷試験: UT (内部欠陥の自動検査)



浸透探傷試験: PT (表面欠陥の自動判定)



2次元寸法検査(複数項目の自動検査)

↓ ↓ ↓ ↓ ↓
種々のデータを紐づけ、IoT活用で品質管理とトレーサビリティを強化

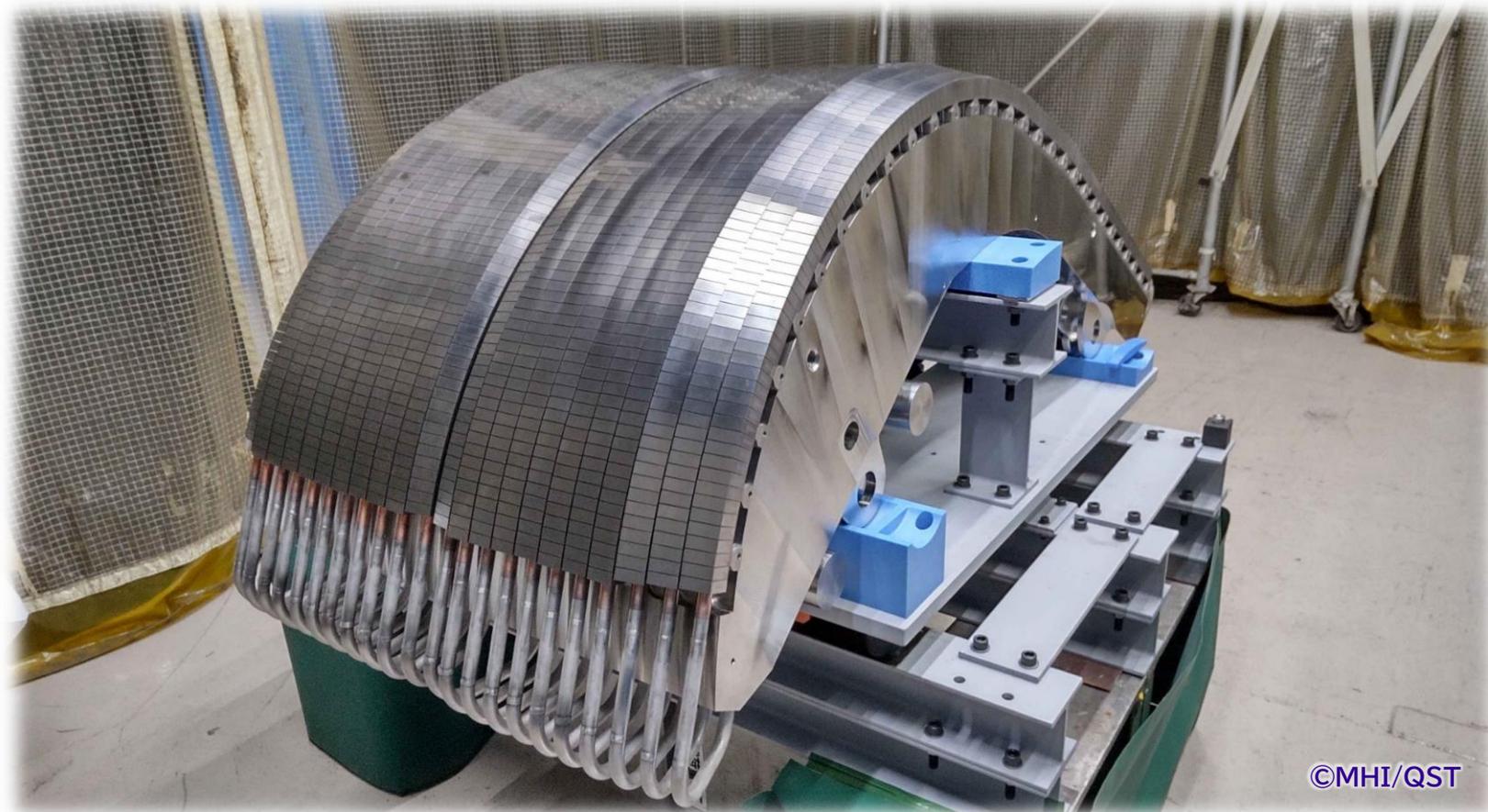
外側垂直ターゲットプロトタイプ製作完了

Completion of Outer Vertical Target Prototype

無断転載禁止
All rights reserved

11

外側垂直ターゲット(OVT)の実機大のモックアップとなるプロトタイプが完成
ITERの重要部品の量産化へ大きな一歩



©MHI/QST

量子科学技術研究開発機構殿ホームページ; 2024年7月31日プレスリリースより引用

<https://www.qst.go.jp/site/press/20240731.html>

欧州調達の内側垂直ターゲットへの取組み

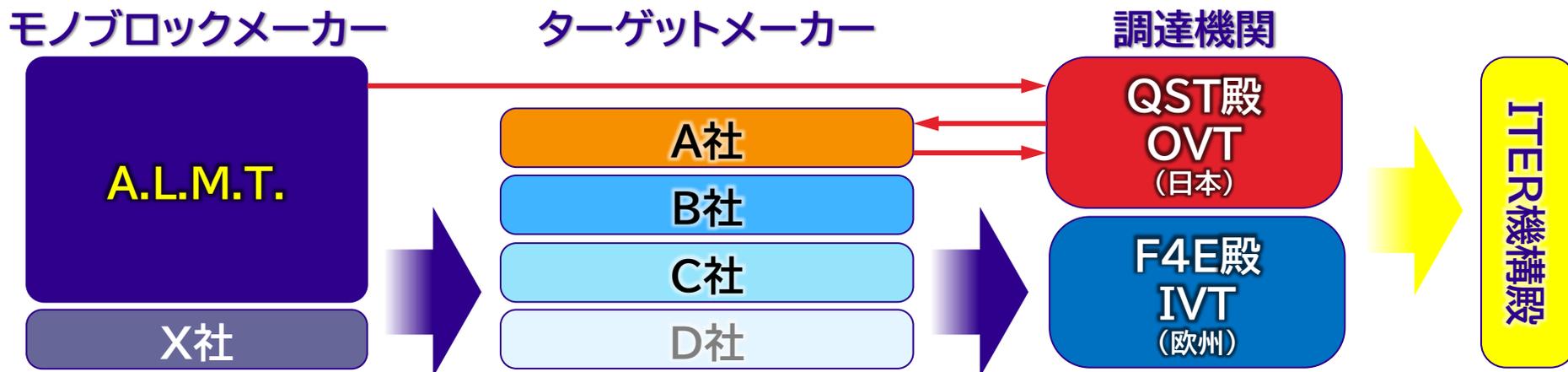
Approaches to Inner Vertical Target by EUDA Procurement

外側垂直ターゲット(OVT)の量産で培った実績を、
欧州調達の内側垂直ターゲット(IVT)に展開、ITERの実現に貢献

- ◆ QST殿が調達するOVT用モノブロックは、2019年の受注以来、量産を継続
- ◆ F4E殿が調達するIVT用モノブロックは、2018年からターゲットメーカー等と本格交渉、2023年に生産開始

内側垂直ターゲット
Inner Vertical Target; IVT
(欧州)

外側垂直ターゲット
Outer Vertical Target; OVT
(日本)



1. アライドマテリアルの紹介

Introduction of A.L.M.T. Corp.

2. ITERダイバータ用タングステンモノブロックの量産

Mass Production of Tungsten Monoblocks for ITER Divertor

3. フュージョングレード先進タングステン材料の開発

Development of Fusion-Grade Advanced Tungsten Materials

4. 終わりに

Conclusion

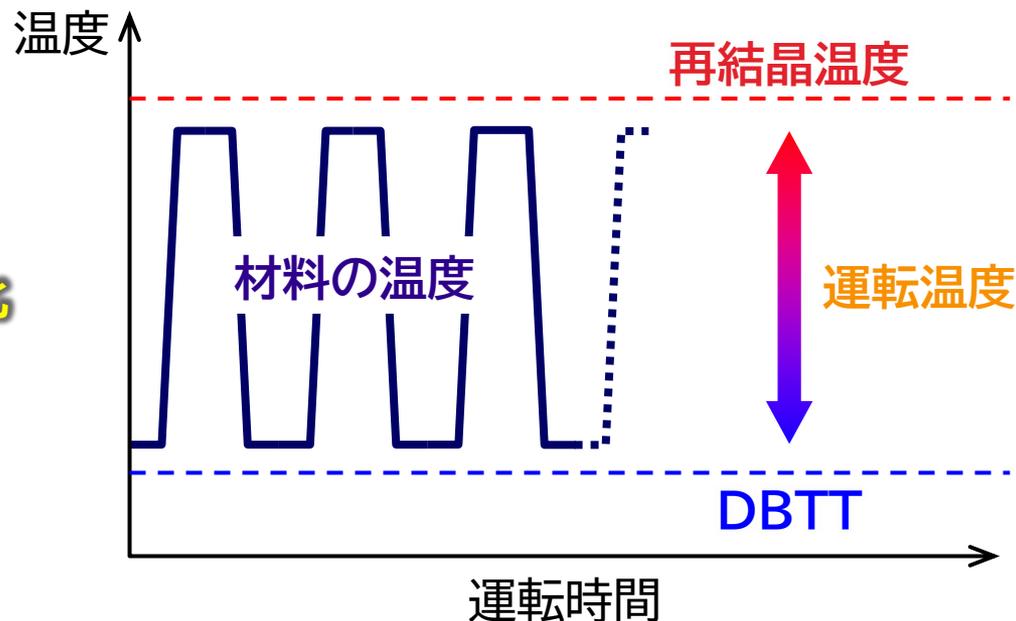
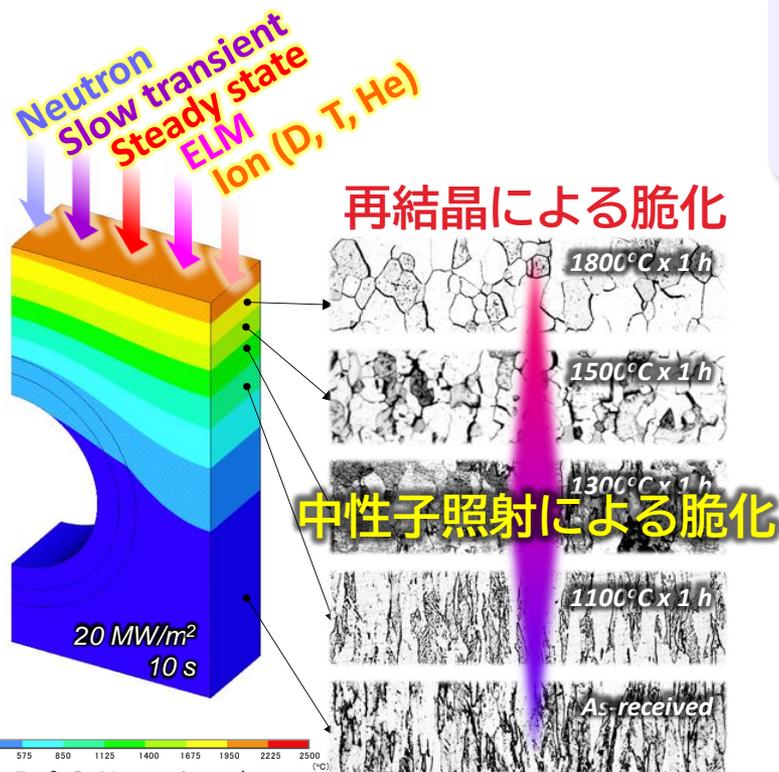
プラズマ対向機器における材料課題

Material Issues in Plasma Facing Components

ITER以降の多くのフュージョンシステムでは中性子照射をともなう長時間運転が想定

↓ ↓ ↓ ↓ ↓
使用環境・条件に応じた材料の特性改善

- ✓ 運転温度は、延性が発現する再結晶温度とDBTTの間の温度域が望ましい。
- ✓ 中性子照射は、この温度域を狭める可能性がある。



Ref. S. Nogami et al.,
J. Nucl. Mater. 543 (2021) 152506.

延性脆性遷移温度(DBTT)以下で材料は脆性

フュージョングレード先進タングステン材料

Fusion-Grade Advanced Tungsten Materials

第二相分散や合金化など長年培った組織制御技術などを駆使し、
長寿命や高靱性を実現したタングステン材料を開発

結晶粒微細化

加工強化

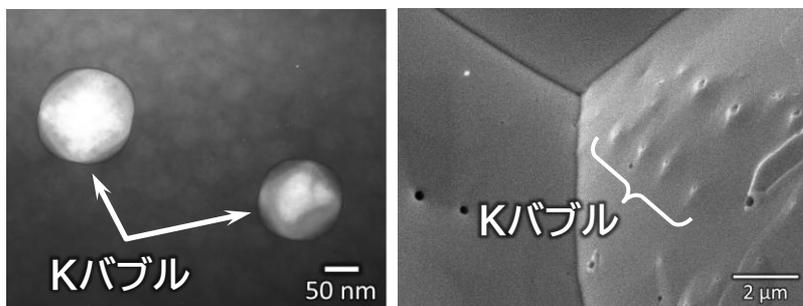
第二相分散

合金化

複合材料化

↓ ↓ ↓ ↓ ↓
フュージョングレード先進タングステン材料

第一弾: カリウムドーピングタングステン(KドーピングW)/Potassium Doped Tungsten



Ref. S. Nogami et al., J. Nucl. Mater. 543 (2021) 152506.

小型試作材により
プラズマ対向材料としての有効性実証

DBTT低下

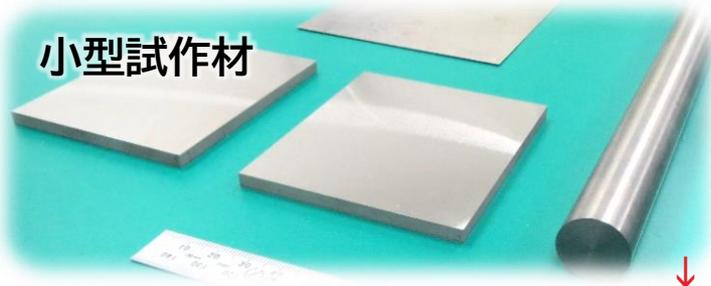
低温脆性改善

再結晶抑制

中性子照射脆化抑制

熱負荷耐性向上

小型試作材



↓ ↓ ↓ ↓ ↓
厚板量産品への展開

カリウムドーピングタングステン厚板の量産

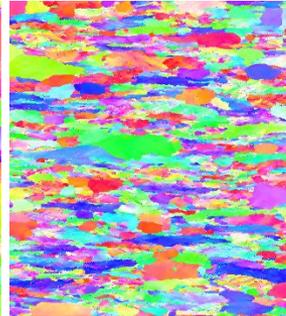
Mass Production of Potassium Doped Tungsten Thick Plates



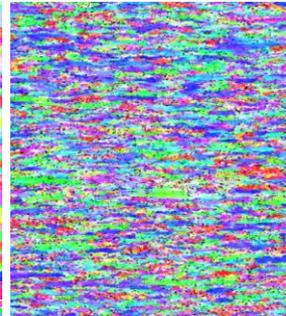
純W
参照材



KドーピングW
(中粒材)



KドーピングW
(細粒材)



均一性の実現

組織の調整による
多様な特性制御

ユーザー毎の
ニーズに応える
ラインナップ

カリウムドーピングタングstenは
熱処理後も微細な結晶粒組織を維持

カリウムドーピングタングstenは
熱処理後も低DBTT・高靱性を維持

製造まま

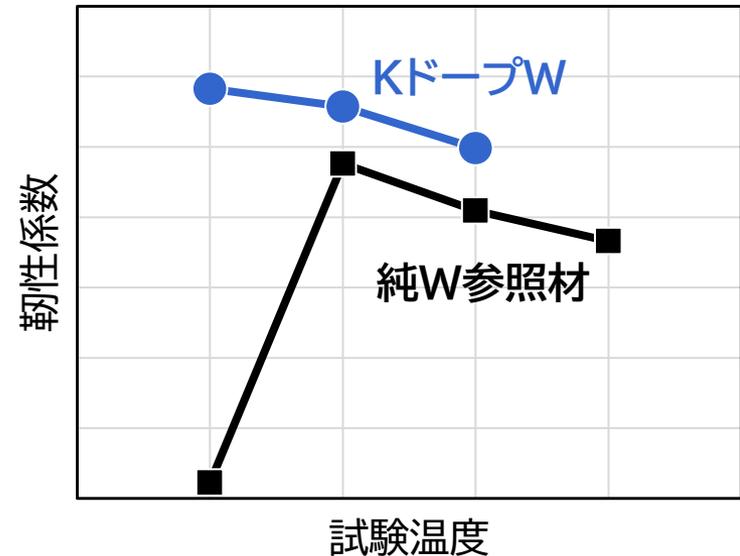
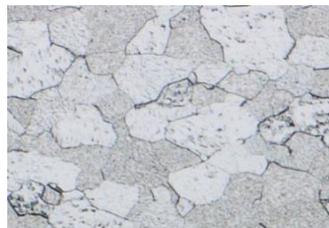
純W参照材



KドーピングW



熱処理後



1. アライドマテリアルの紹介

Introduction of A.L.M.T. Corp.

2. ITERダイバータ用タングステンモノブロックの量産

Mass Production of Tungsten Monoblocks for ITER Divertor

3. フュージョングレード先進タングステン材料の開発

Development of Fusion-Grade Advanced Tungsten Materials

4. 終わりに

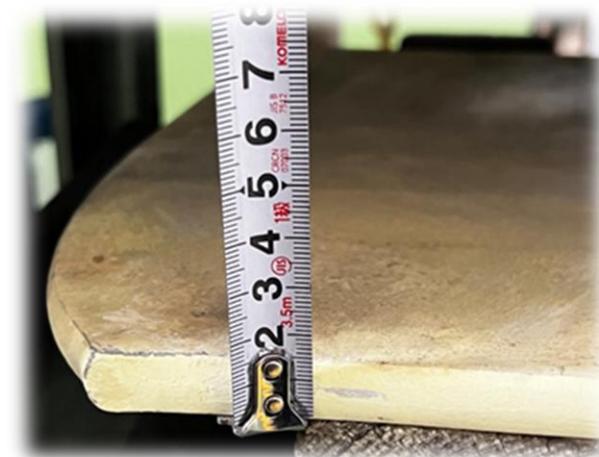
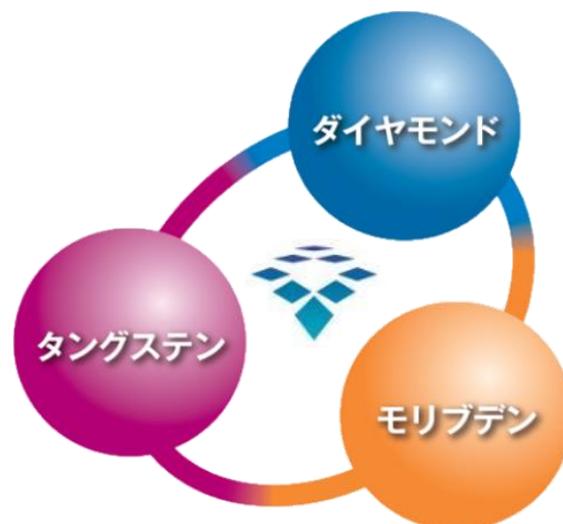
Conclusion

終わりに

Conclusion

アライドマテリアルは、ITERやそれ以降のフュージョンエネルギーシステムの実現に資するソリューションを提供します。

- ITERダイバータ用タングステンモノブロックを量産、国内のみならず、欧州案件にも展開しています。
- ITERやそれ以降のフュージョンエネルギーシステムを見据え、先進材料をはじめとする製品・技術を開発しています。





A.L.M.T. Corp.

<https://www.allied-material.co.jp/en>