

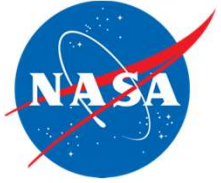
Advancements in Materials Science through Space-Based Research

Insights from NASA's Marshall Space Flight Center

Dr. Joseph Wilde

11/12/2024

Ryukoku University Kyoto Japan



宇宙研究による材料科学の進歩

NASAのマーシャル宇宙飛行センターからの洞察

ジョセフ・ワイルド博士

11/12/2024

龍谷大学 京都

Introduction



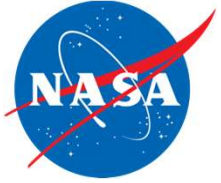
この栄誉を与えてくださった龍谷大学、特に大柳教授と小寺教授に感謝申し上げます

My work at Marshall Space Flight Center focuses on materials characterization specifically dual beam SEM and HR TEM work.

I am the materials lead for the sample cartridge assembly program (SCA).

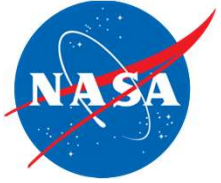
- The SCA program conducts materials processing experiments on the International Space Station (ISS).

紹介



- マーシャル宇宙飛行センターでの私の仕事は、材料の特性評価、特にデュアルビームSEMとHR TEMの研究に焦点を当てています。
- 私はサンプルカートリッジアセンブリプログラム(SCA)の材料リーダーです。
- SCAプログラムは、国際宇宙ステーション(ISS)で材料プロセス実験を行うプログラムです。

History of MSFC



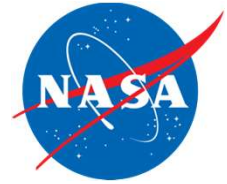
- The Marshall Space Flight Center (MSFC), located in Huntsville, Alabama, has a rich history deeply intertwined with the U.S. space program. Here's a brief overview:

1950s:

1950: The U.S. Army Redstone Arsenal in Huntsville began research into rocket technology, significantly influenced by German rocket scientists like Wernher von Braun who were brought to the U.S. post-World War II under Operation Paperclip.

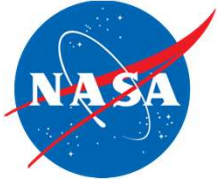
1954: The Redstone Rocket, the first U.S. missile to carry a nuclear warhead, was developed here, setting the foundation for future rocket technology.

MSFCの歴史



- アラバマ州ハンツビルにあるマーシャル宇宙飛行センター(MSFC)には、米国の宇宙計画と深く絡み合った豊かな歴史があります。ここでは、その概要を簡単に説明します。
- 1950年代:
- 1950年:ハンツビルのアメリカ陸軍レッドストーン工廠は、第二次世界大戦後にペーパークリップ作戦でアメリカに連れてこられたヴェルナー・フォン・ブラウンのようなドイツのロケット科学者に大きな影響を受けて、ロケット技術の研究を開始した。
- 1954年:米国で初めて核弾頭を搭載したミサイルであるレッドストーンロケットがここで開発され、将来のロケット技術の基礎が築かれました。

MSFC History continued



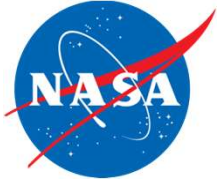
1960s:

1960: NASA established the George C. Marshall Space Flight Center, named after General George C. Marshall, as its southern field center on July 1, 1960. The center was tasked with developing the Saturn rockets for the Apollo program.

1961: The Saturn I rocket was the first in the series to be developed at MSFC, leading to the Saturn V which would eventually take astronauts to the Moon.

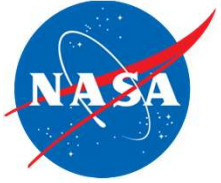
1969: Apollo 11, powered by the Saturn V rocket developed at MSFC, successfully landed humans on the Moon.

MSFCの歴史は続く



- 1960年代:
- 1960年:NASAは、1960年7月1日に南のフィールドセンターとして、ジョージC.マーシャル将軍にちなんで名付けられたジョージC.マーシャル宇宙飛行センターを設立しました。このセンターは、アポロ計画のためのサターンロケットの開発を任されました。
- 1961年:サターンIロケットは、MSFCで開発されたシリーズの最初のものとなり、最終的に宇宙飛行士を月に連れて行くサターンVにつながりました。
- 1969年:アポロ11号は、MSFCで開発されたサターンVロケットを動力源とし、人類の月面着陸に成功しました。

MSFC History continued



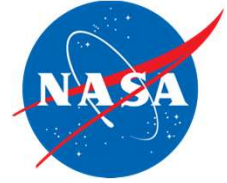
1970s - 1980s:

- MSFC continued to play a key role in the development of the Space Shuttle's main engines (SSME) and other propulsion systems.
- The center also contributed to Skylab, America's first space station.

1990s - 2000s:

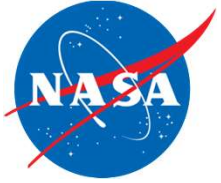
- MSFC was involved in the development of the International Space Station (ISS), particularly with the design of the U.S. Laboratory Module Destiny and various other components.
- Continued involvement in propulsion research, including the development of advanced rocket engines like the RS-25 for the Space Shuttle and later modifications for the Space Launch System (SLS).

MSFCの歴史は続く



- 1970年代 - 1980年代:
- MSFCはスペースシャトルのメインエンジン(SSME)をはじめとする推進システムの開発において引き続き中心的な役割を果たした。
- 同センターはアメリカ初の宇宙ステーションであるスカイラブにも貢献しました。
- 1990年代 - 2000年代:
- - MSFCは国際宇宙ステーション(ISS)の開発に関与し、特に米国の実験棟デスティニーやその他のさまざまなコンポーネントの設計に関与しました。
- - スペースシャトル用のRS-25のような高度なロケットエンジンの開発や、その後のスペースローンチシステム(SLS)の改造など、推進研究に引き続き関与しました。

MSFC History continued



2010s - Present:

- Focus shifted towards deep space exploration with the development of the Space Launch System (SLS), intended for missions beyond Earth's orbit, including the Artemis program aimed at returning humans to the Moon.
- MSFC also engages in advanced technology development, including solar technologies, advanced materials, and propulsion systems for future space missions.

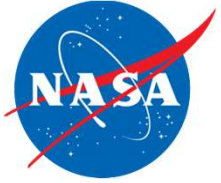
Marshall Space Flight Center remains a pivotal part of NASA's operations, focusing on propulsion, space transportation, and technology development for future exploration missions. The center's contributions have been fundamental in defining the trajectory of space exploration from the Apollo era through to current and future planned missions.

MSFCの歴史は続く



- 2010年代 - 現在:
- - 地球の軌道を越えたミッションを対象としたスペースローンチシステム(SLS)の開発により、深宇宙探査に焦点が移り、人類を月に戻すことを目的としたアルテミス計画も含まれるようになった。
- - また、将来の宇宙ミッションに向けたソーラー技術、先端材料、推進システムなどの先端技術開発にも取り組んでいます。
- マーシャル宇宙飛行センターは、NASAの運用において引き続き重要な役割を担っており、推進力、宇宙輸送、将来の探査ミッションのための技術開発に重点を置いています。センターの貢献は、アポロ時代から現在および将来の計画されたミッションまでの宇宙探査の軌道を定義する上で基本的なものでした。

Overview of the SCA program



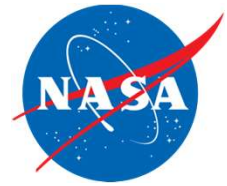
What is SCA?

- Sample Cartridge Assembly Program

Objectives:

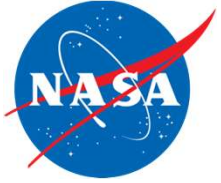
- Utilize microgravity to achieve results not possible on Earth, like uniform sintering and isotropic diffusion.
- Experiment with new alloys, composites, and processing methods where gravity-induced defects are minimized.
- Facilitate Technological Innovations
 - Educational and Collaborative Opportunities
 - Risk Mitigation and Validation
 - Commercialization of Space-Based Research

SCAプログラムの概要



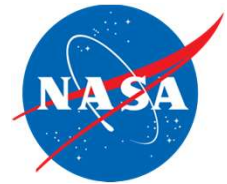
- SCAとは?
- サンプルカートリッジ組立プログラム
- 目標 :
- 微小重力を利用して、均一な焼結や等方性拡散など、地球上では不可能な結果を達成します。
- 重力による欠陥を最小限に抑える新しい合金、複合材料、加工方法を試してみてください。
- 技術革新の促進
 - - 教育とコラボレーションの機会
 - - リスクの軽減と検証
 - - 宇宙研究の事業化

SCA hardware explained



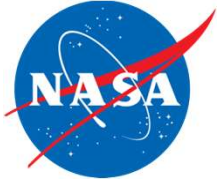
- The SCA hardware is a refractory alloy tube brazed into a stainless steel head unit that contains the electronics needed for control and monitoring.
- The hardware is inserted into a low gradient furnace on the ISS.
- The experiment is ran, time and temperature.
- The SCA assembly is then returned to Earth and the experimental materials
- removed and returned to the researcher.

SCAハードウェアの説明



- SCAハードウェアは、制御と監視に必要な電子機器を含むステンレス鋼のヘッドユニットにろう付けされた耐火合金チューブです。
- ハードウェアは、ISSの低勾配炉に挿入されます。
- 実験は、時間と温度で実行されます。
- その後、SCAアセンブリは地球と実験材料に返還されます
- 削除して研究者に戻しました。

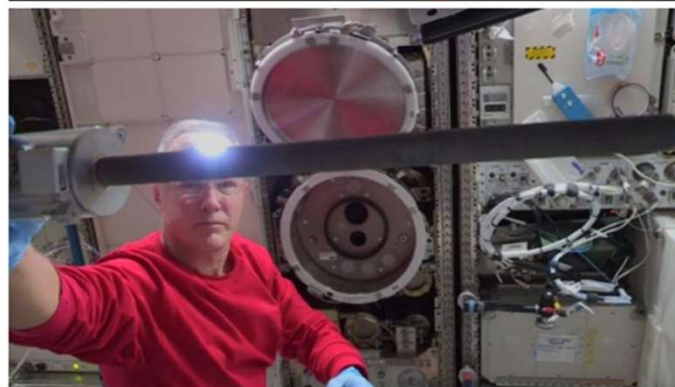
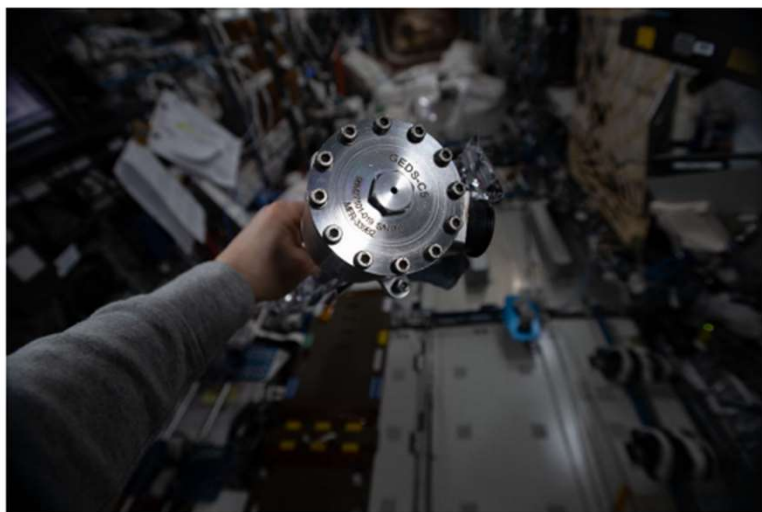
SCA hardware -- SCAハードウェア



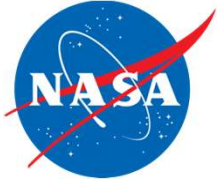


Space Station Crew Involvement

- Pretty much plug and push “start”
- Remove, package, return

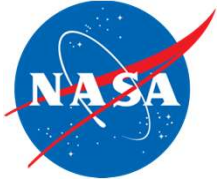


High temperature experiments in space



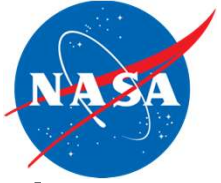
- NASA's top priority is safety.
- As you can imagine performing high temperature work on the ISS is not trivial. (1200-1400C)
- The SCA assembly undergoes a rigorous approval process before it is allowed to fly.
 - Design verifications
 - Compatibility of the researchers proposed experiment with the SCA hardware.
 - Focus on safety, is the experiment going to have any bad effects on the hardware that would cause an unsafe situation.
- A key verification is materials compatibility.

宇宙での高温実験



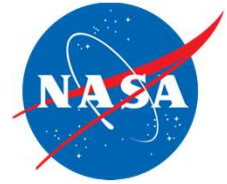
- NASAの最優先事項は安全性です。
- ご想像の通り、ISSで高温作業を行うことは簡単なことではありません。
(1200-1400C)
- SCAアセンブリは、飛行を許可する前に厳格な承認プロセスを経ます。
- 設計検証
- 研究者が提案した実験とSCAハードウェアの互換性。
- 安全性に焦点を当てると、実験はハードウェアに悪影響を及ぼし、危険な状況を引き起こす可能性がありますか。
- 重要な検証は、材料の適合性です。

Materials Compatibility Testing



- A materials compatibility test is performed to assure that under worst cases the experiment will not breach the SCA hardware.
- We run the researchers experiment in the SCA hardware at MSFC but extend the temperature and time.
- We put all the materials that will be used in the experiment together to see what will happen when the experiment is ran.
- We then analyze these materials to determine if the experiment is compatible.

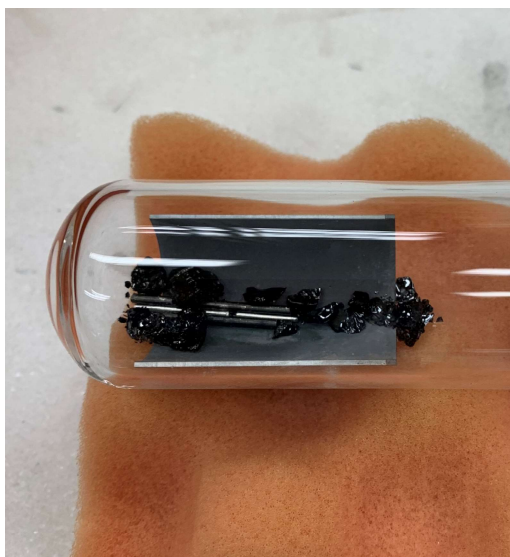
材料適合性試験



- 材料適合性試験は、最悪の場合、実験がSCAハードウェアを破損しないことを保証するために実施されます。
- 研究者の実験はMSFCのSCAハードウェアで実行しますが、温度と時間を延長します。
- 実験で使用するすべての材料をまとめて、実験を実行したときに何が起こるかを確認します。
- 次に、これらの材料を分析して、実験に適合があるかどうかを判断します。

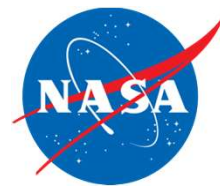


- In a closed quartz tube, we heated up the experimental materials along with a SCA tube coupon, a piece of moly rod, and thermocouples.

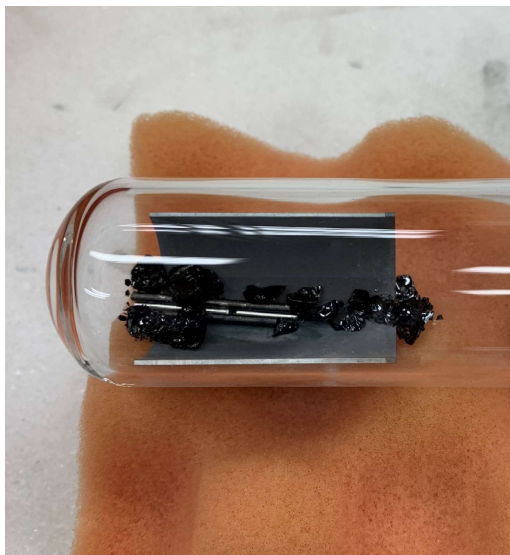


1200°C for 4hrs





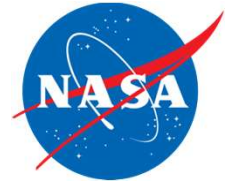
- 閉じた石英管の中で、SCA管のクーポン、モリロッド、熱電対とともに実験材料を加熱しました。



1200°C for 4hrs



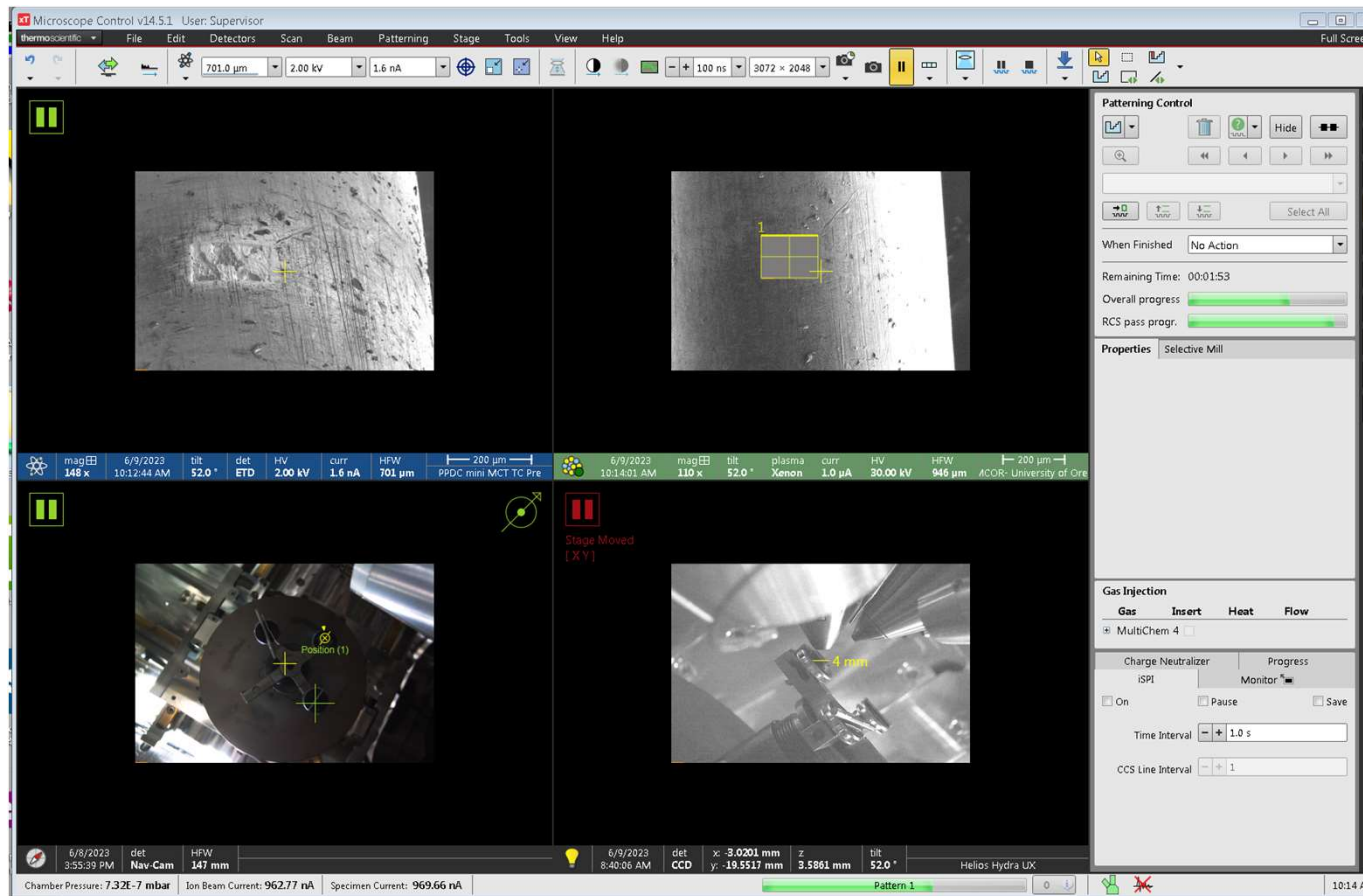
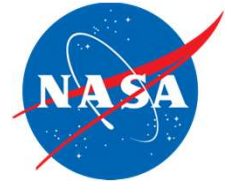
- Normally we would mount, polish then take SEM images of these samples.



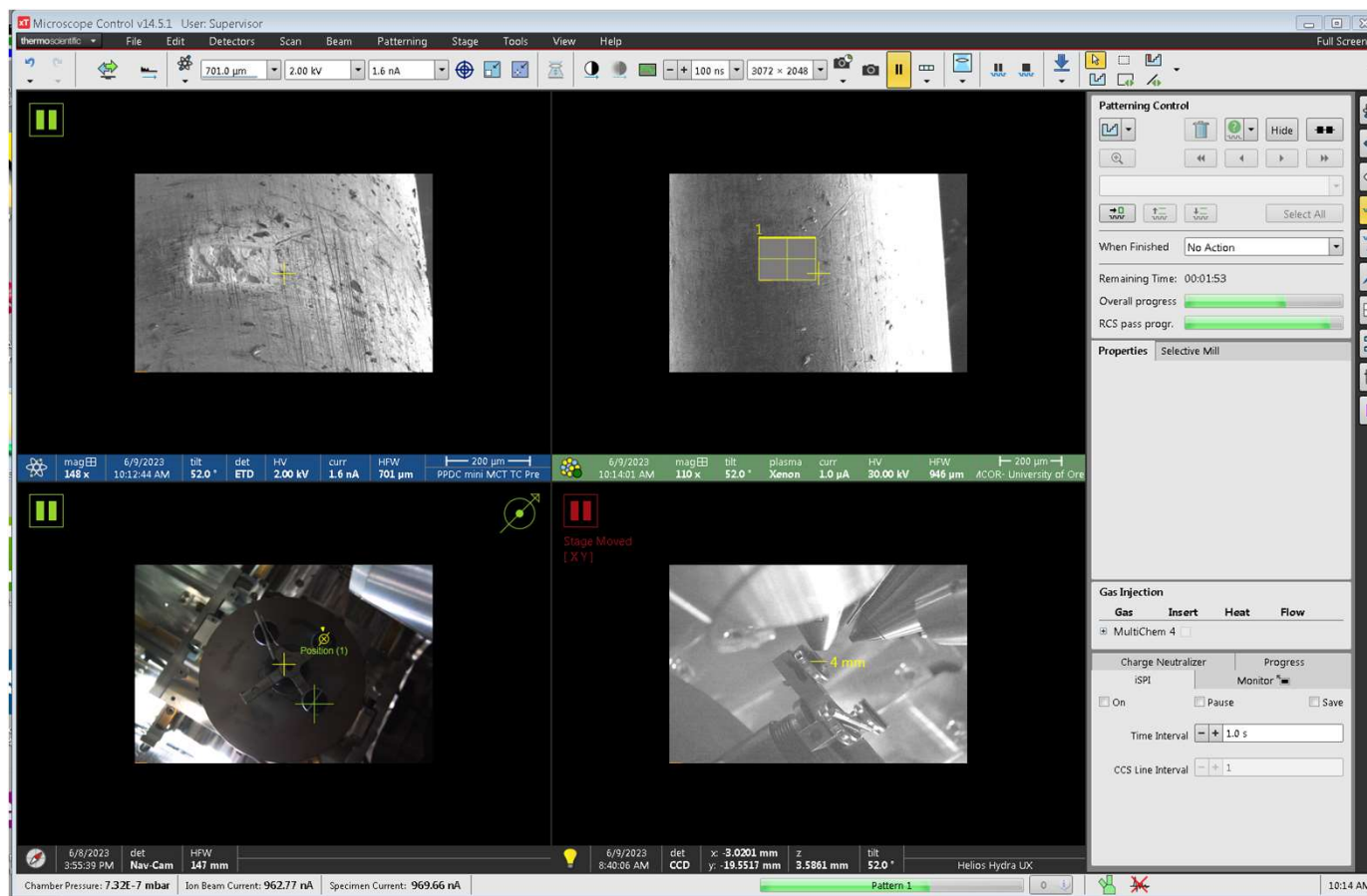
- 通常、これらのサンプルをマウントし、研磨してからSEM画像を撮ります。



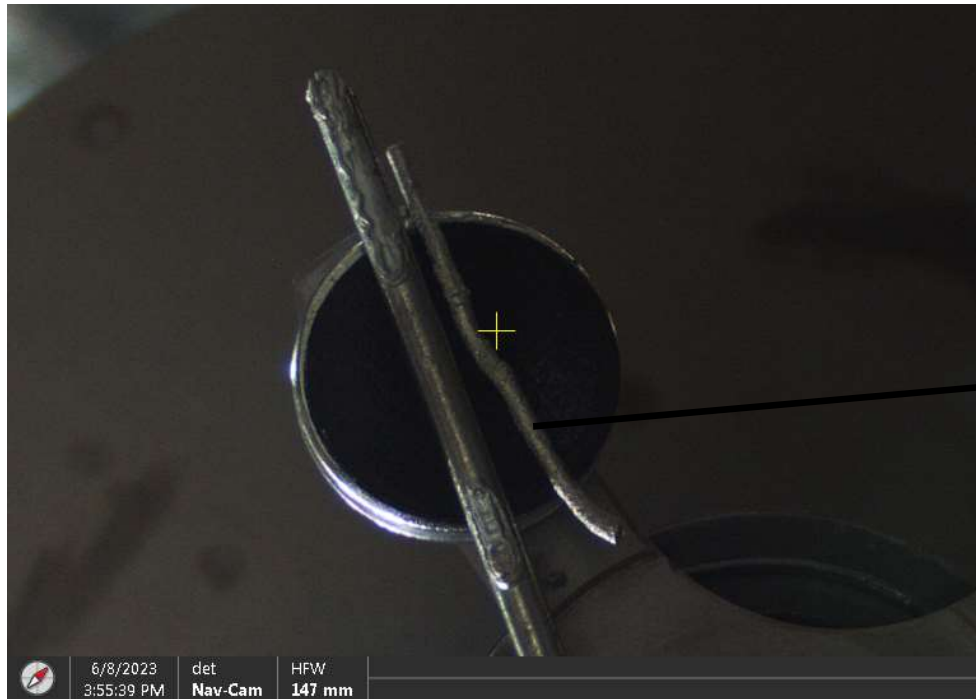
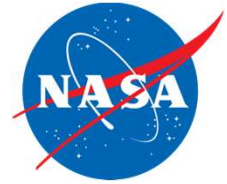
- Instead, we examined all them at the same time using a dualbeam SEM



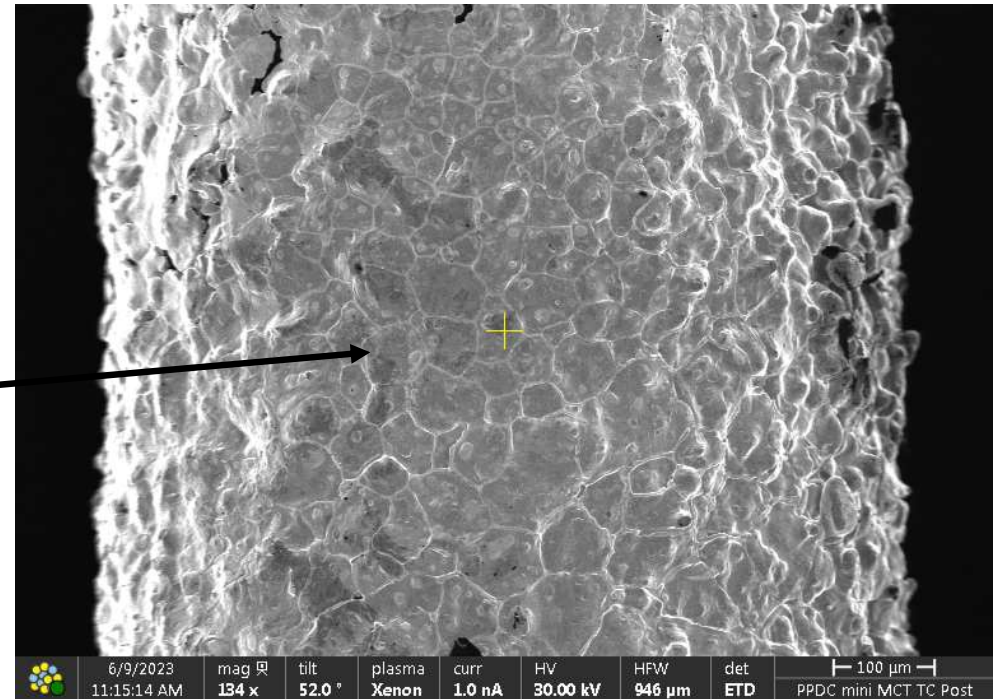
- 代わりに、デュアルビームSEMを使用してそれらすべてを同時に調べました



Moly rod and PtRh thermocouple

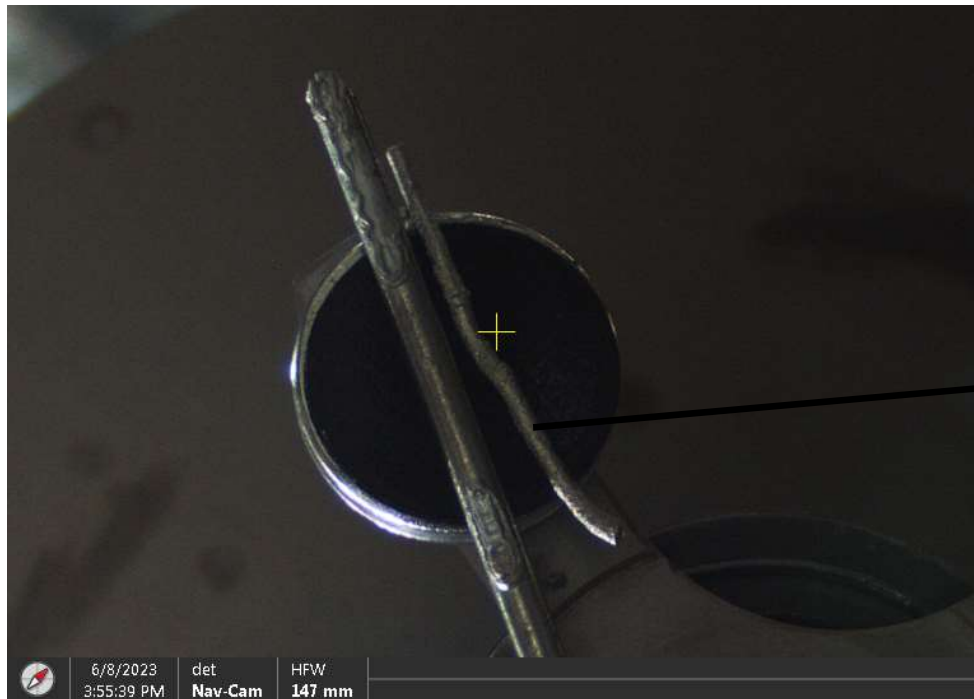
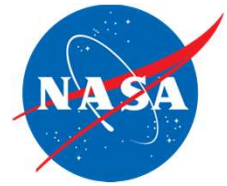


Left – samples on SEM stub

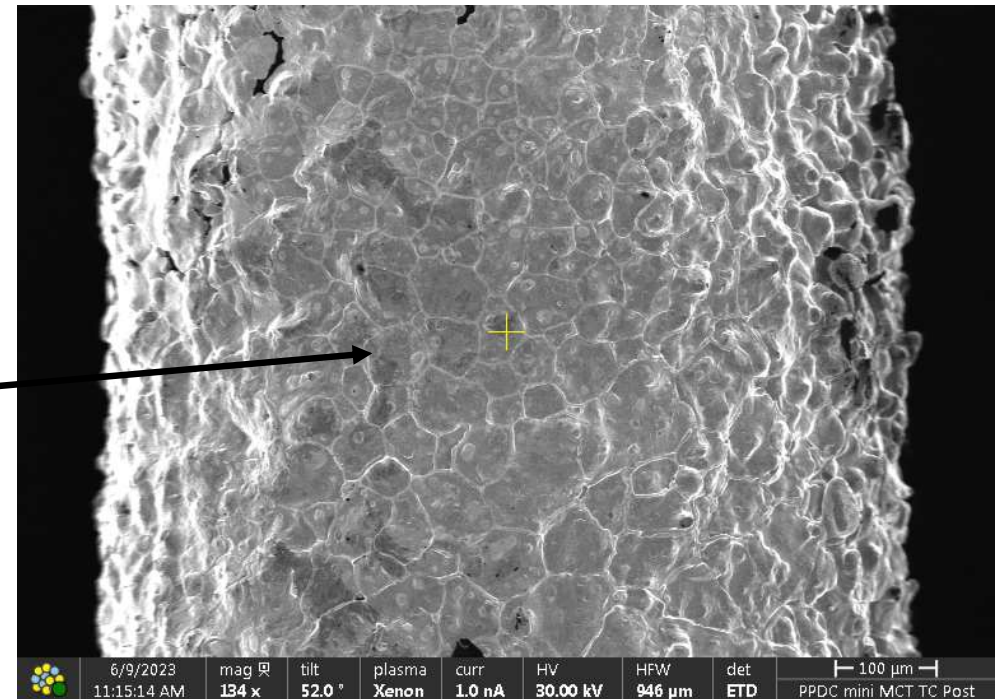


Right – ion image of corroded TC.

モリロッドとPtRh熱電対

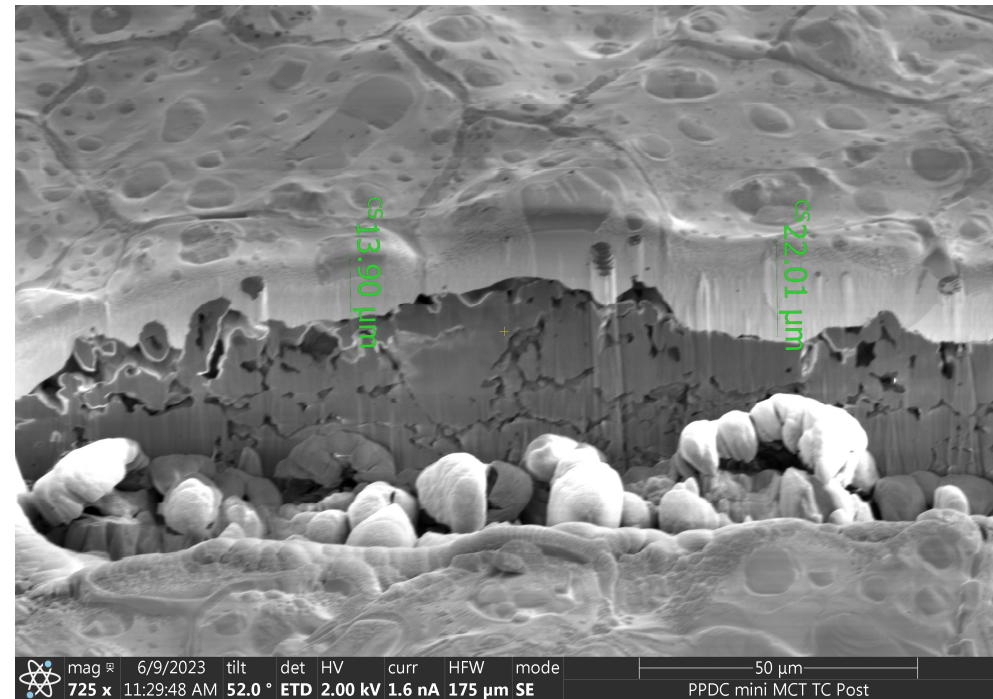
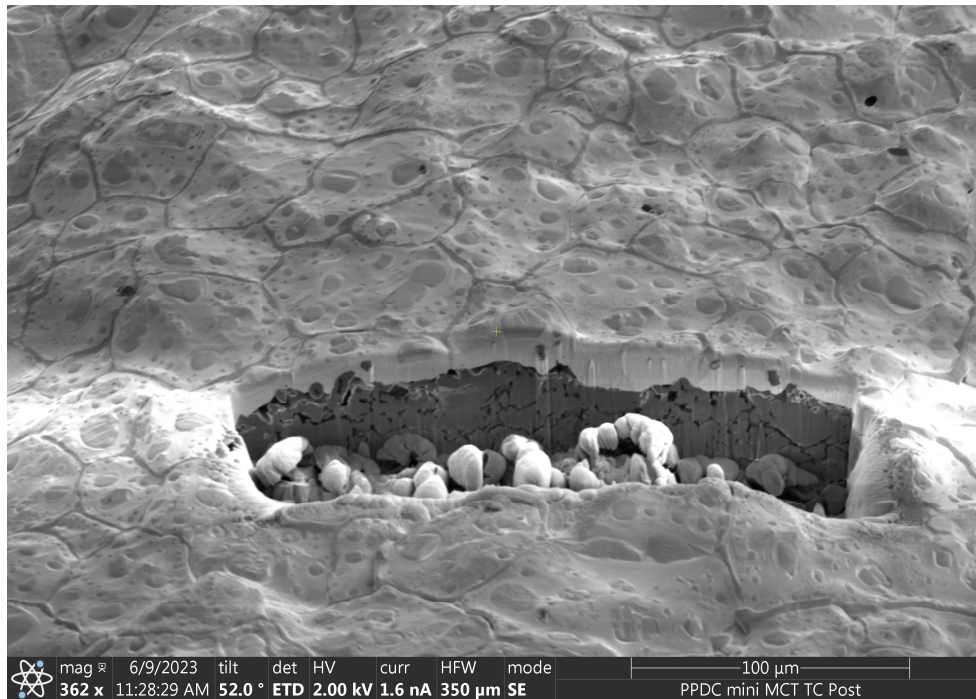
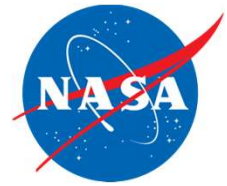


左 – SEMスタブ上のサンプル

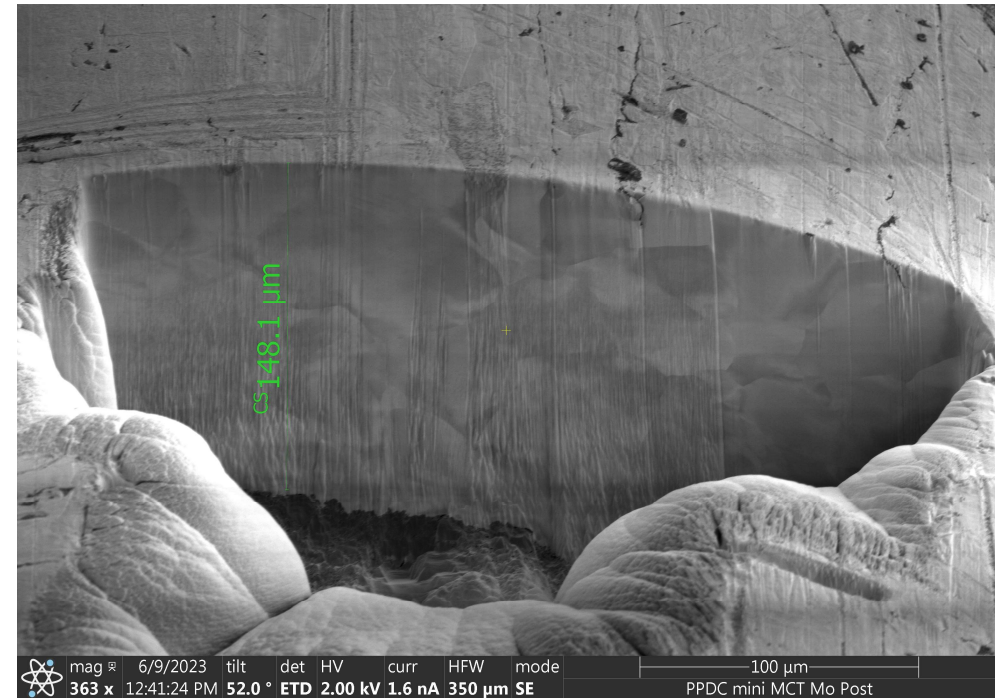
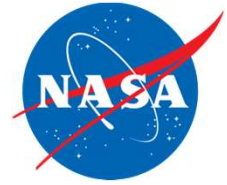


右 – 腐食したTCのイオン画像。

Corroded thermocouple -- 腐食した熱電対

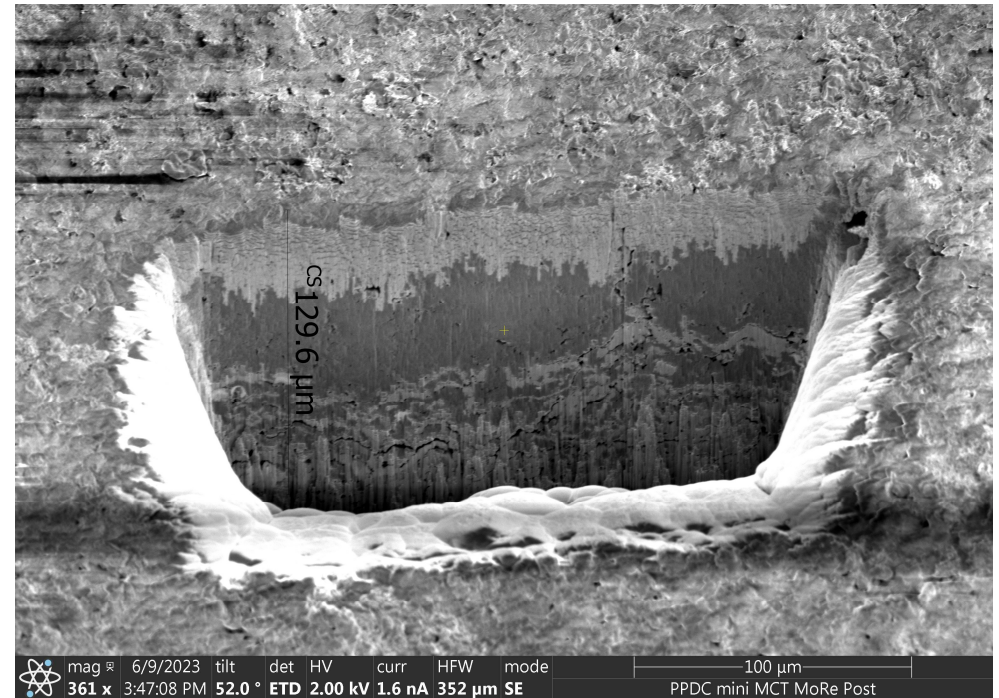
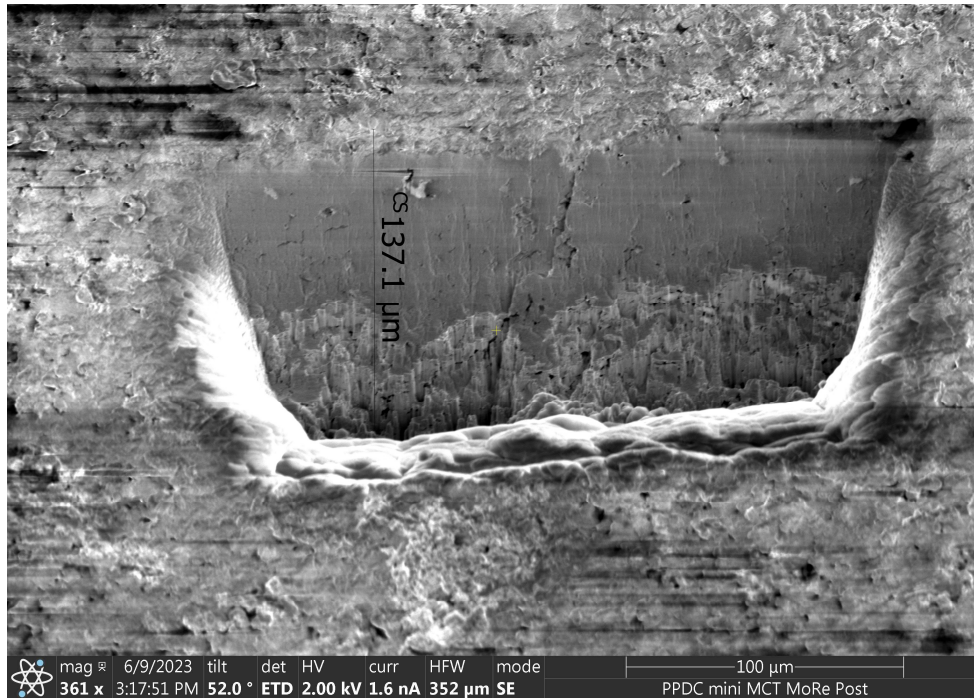
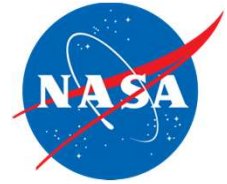


T/C in as received condition -- 受信条件としてT/C入力。



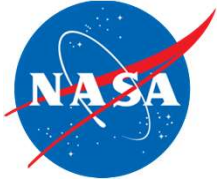
SCA tube cross section post MCT

SCAチューブ断面ポスト MCT



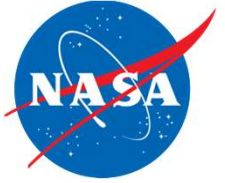
The Microgravity advantage

- **Benefits of Microgravity:**
 - No Sedimentation, Buoyancy, or Convection
 - Uniformity in Material Processing
 - Isotropic Diffusion



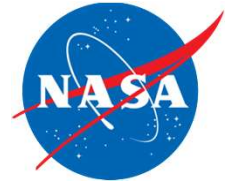
微小重力の利点

- 微小重力の利点:
- 沈降、浮力、対流がない
- 材料加工の均一性
- 等方性拡散

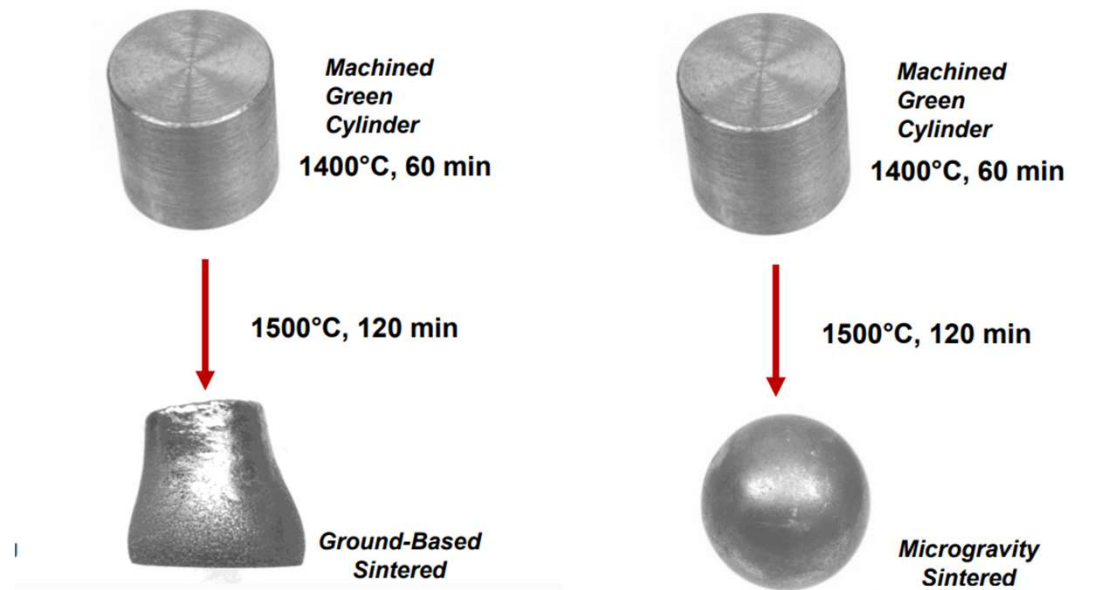


Sintering in Space

- **Advantages:**
 - Uniform Sintering
 - Reduced Defects



W-Ni-Cu-Mn





Thank you.

