

微小重力を利用した 新たな材料や高品質な結晶の獲得 ～ソフトマターの応用～

独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 (JAXA)

こんなご希望ありませんか？

- 分子を規則的に配列させたいが**規則的に並ばない**。
- 複数の物質を混ぜて反応をおこしたいが**混ざらない**。
(例：水と油)
- 通常混ざらないものを混ぜて**新しい物質を作りたい**。

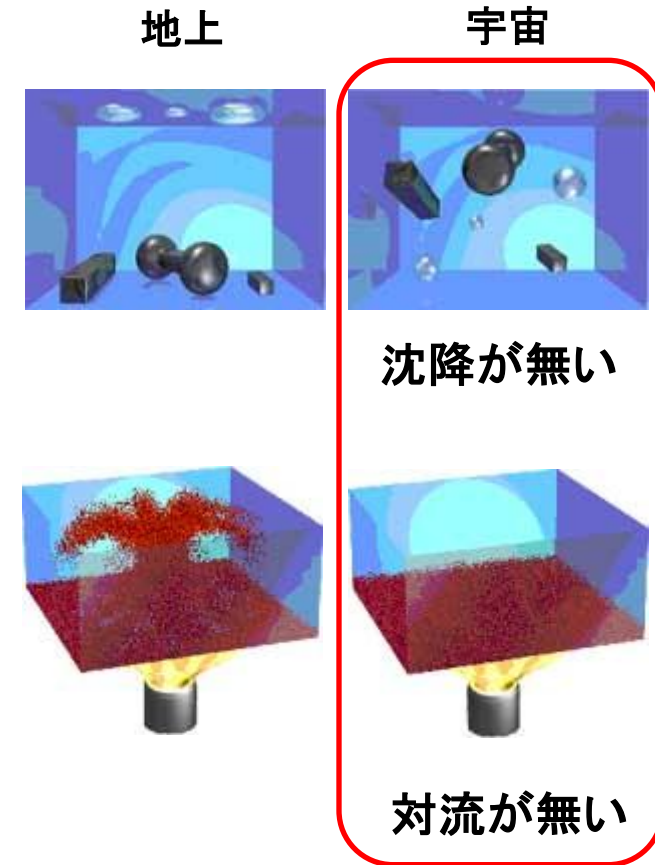
JAXAが開発したミキシングバックを使えば・・・

- 対流がない（濃度勾配が保たれた）状態で、原料分子がゆっくりと取り込まれていくため、**分子が規則的に配列**します。
- 沈降による**不純物の影響を低減**できます。
- **比重の異なる液体を混ぜる**ことができます。
- 大掛かりな特別な実験装置がいらず、**短期間で簡単に**試せます。

半導体、食品、化学物質、石油、化粧品、薬品、液晶デバイス、プラスチック産業など、様々な分野で、これまでにない新素材創成や物質の特性把握での利用が期待できます。

微小重力環境（ $10^{-6}G$ ）の特徴

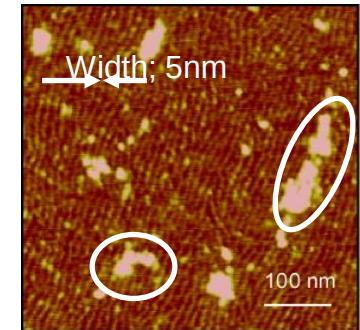
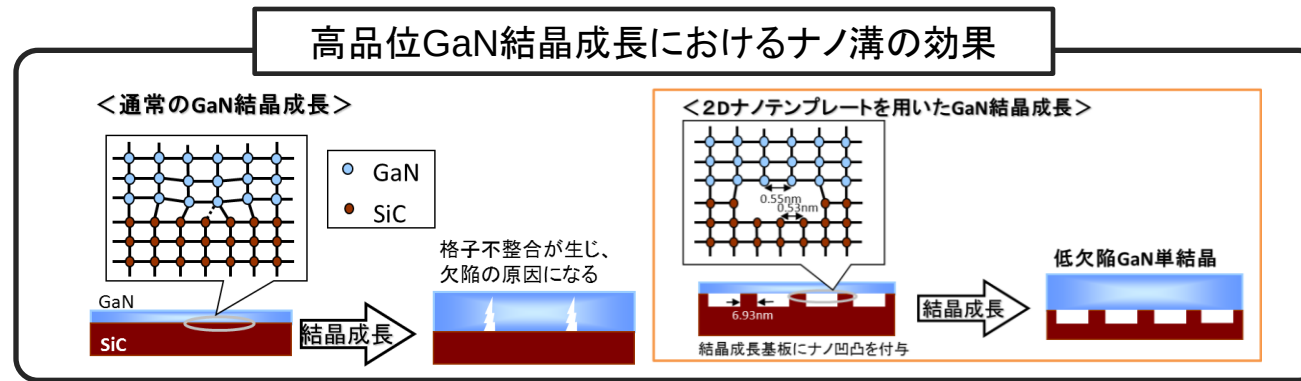
- 沈降や対流がない。
 - 弱い相互間力による自己組織化プロセスが阻害されない。
 - 濃度差による対流が生じない。
 ⇒規則性の高い配列。
 対流の無い静かな環境で、完全性の高い素材や結晶ができる。
- 比重の異なる液体が混ざった状態を維持できる。
 ⇒地上では得られない新しい物質。



これまでの成果例①「2次元ナノテンプレート実験」

■実験の概要

- 宇宙環境特有の、不純物が沈降しないという効果を活かして、より大きな面積の2次元ナノテンプレート(※)を形成した。
※2次元ナノテンプレート: プレートの上に、自己組織化によりペプチドを規則的に並べてナノレベル(10億分の1メートルレベル)の凹凸(溝構造)を形成したもの。簡便な凹凸作成手法で特許を取得。
- 2次元ナノテンプレートは、半導体(GaN)デバイス製造などの産業応用を検討中。2013年には名古屋工業大学に本技術を基盤の一つとした「窒化物半導体マルチビジネス創成センター」が設立された。



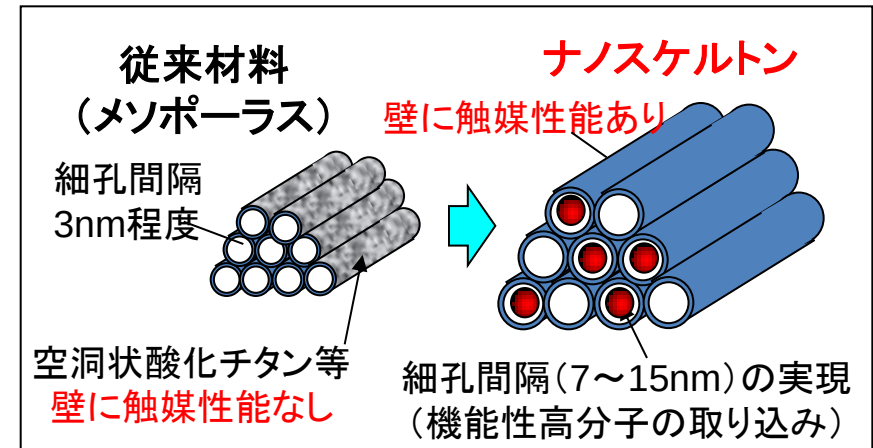
地上でSiC基板に形成されたペプチド配列(白枠内が不純物)

■宇宙実験成果

実験結果	産業応用上の成果	有効に働いた宇宙実験特有の効果
基板表面の不純物が減少	より大きい面積でナノ溝を獲得	沈降が無いことによる不純物の低減効果

■実験の概要

- 宇宙環境特有の、油を分散させ続けることが出来る特徴を利用して、自己組織化によるナノスケルトン®の細孔の大口径化を実現し、大きな機能性分子の取り込みを可能とした。
- ナノスケルトンは大きな表面積と、骨格の高い性能から、「触媒」としての活躍が期待されている。その第一歩として、「チタニア光触媒」「色素増感太陽電池」を対象として製品化に向けた研究開発を実施中。
- 水中の有害物質除去剤としての用途で特許を出願中。



ナノスケルトン: ナノレベルの多孔質で、骨格(孔壁)が高い機能性を有する素材

■宇宙実験成果

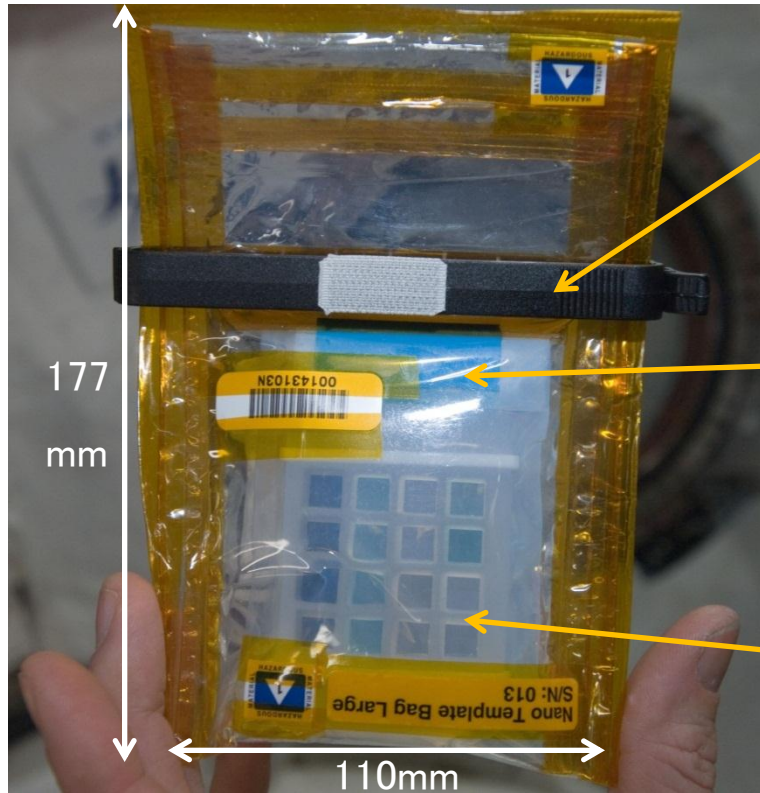
実験結果	産業応用上の成果	有効に働いた宇宙実験特有の効果
油剤と混ぜた状態で作製することにより、細孔間隔（細孔径）が拡大	より大きな機能性高分子の取り込みを可能とする成果。	比重の異なる物質を長時間混ぜた状態に保つ
細孔の向きが揃った（配向性向上）	地上ではいまだ再現できていない、貴重な特性データを取得。	物質をより規則的に配列させる

既存のミキシングバッグ

種類	供試体外観	材質	大きさ	使用温度帯 (実績)	特徴・使用実績
ナノテンプレート ミキシング バッグ		FEP	177mm ×110mm	2℃ ～室温	- アルカリ性溶液 (水酸化ナトリウム水溶液) - 透析膜 (溶質拡散速度を制御(抑制)) - 基板封入 - 軌道上で冷蔵・冷凍庫に保管
ナノスケルトン ミキシング バッグ		PET	165mm ×106mm	-80℃ ～40℃	- 冷凍打上 - 酸性溶液 (硫酸) - 攪拌子 - 軌道上で宇宙飛行士による攪拌 - 軌道上でインキュベータに保管

※材質や形状の変更についてもオプションでの対応が可能です。

ナノテンプレート ミキシングバッグ



クリップ:

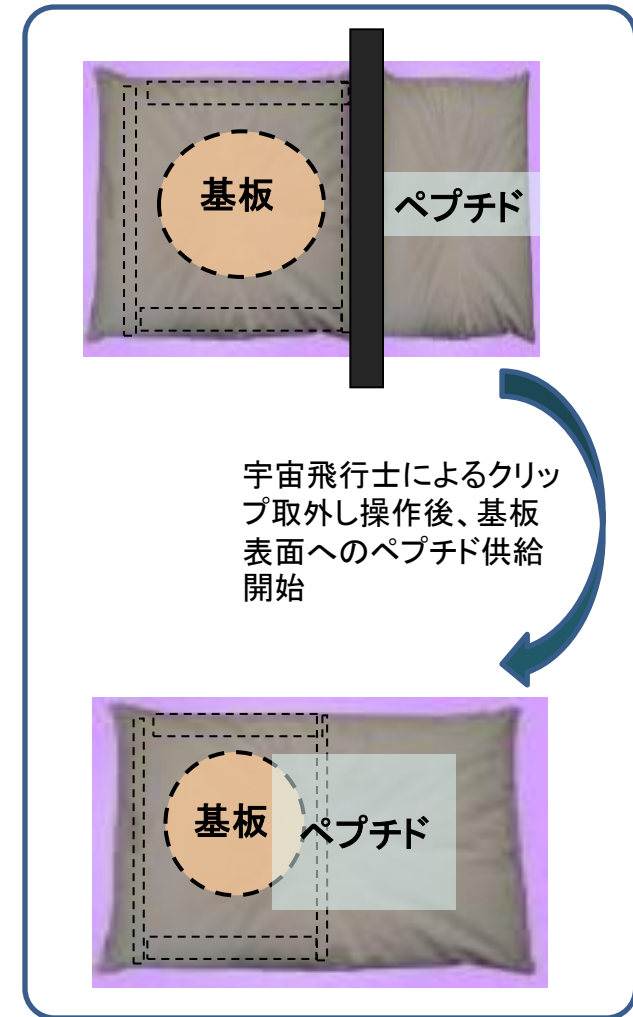
宇宙実験開始までに確実に溶液を隔離し、化学反応を生じさせないようにする。

透析膜:

基板へのペプチド供給速度を制御する。

SiC基板:

ペプチドを表面に並べるための基板。裏表に計32枚の小分割基板を用い、32条件の実験を一度に実施した。



使用実績

- ・アルカリ性溶液(水酸化ナトリウム水溶液)の封入
- ・固体(SiC基板等)を含んだ条件での打上・回収

ナノスケルトン ミキシングバッグ



アルミナボール:

宇宙実験時に宇宙飛行士が手振りで攪拌する際に攪拌効果を高める。

攪拌子:

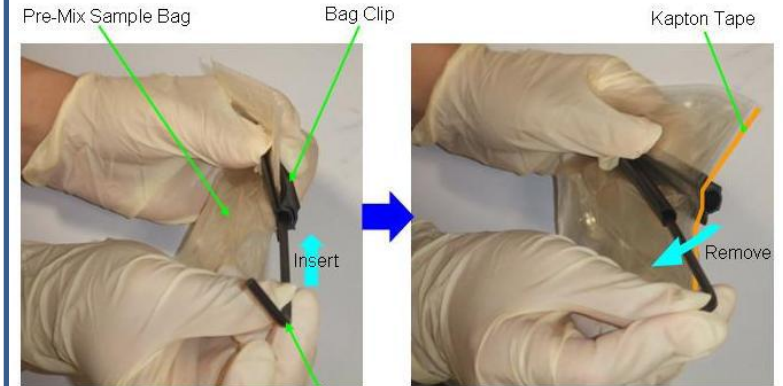
宇宙実験打上準備時に地上でスターラーによる攪拌を行う。

クリップ:

宇宙実験開始までに確実に溶液を隔離し、化学反応を生じさせないようにする。

使用実績

- ・酸性溶液(硫酸)の封入
- ・攪拌子等を含んだ条件での打上・回収



5/32\" L-Wrench

レンチを用いてバッグクリップを取り外す



実験開始時に、
宇宙飛行士による手振り攪拌を行う

打ち上げ準備から帰還までの流れ

打上準備

宇宙実験(「きぼう」日本実験棟)

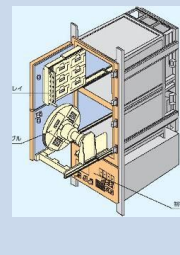
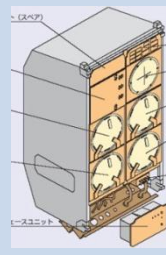
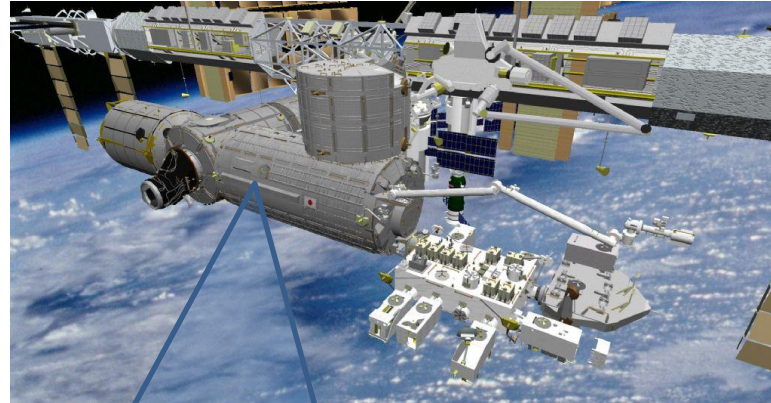
帰還後作業

溶液と容器
の適合性
確認試験
(6か月)

(適合性データ取得済みで
あればデータ確認で代えら
れる場合もあります)



打上



- ・宇宙飛行士による操作
- ・冷蔵・冷凍庫、インキュベータによる保管
(対応温度-80 ~ 40℃)

宇宙実験期間(任意)

地上解析



帰還

打上準備
(6カ月の適合性試験等)

引渡し

3~6ヶ月間程度
(打上ロケットにより異なる)

打上

1ヶ月
程度

実験開始

1か月~1年など
実験に応じて設定

実験終了

1ヶ月
程度

地上に帰還

1~2ヶ月程度

地上解析

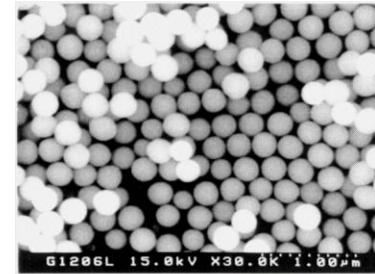
引渡し

※帰還から解析までの期間などはオプションによって変更できます。

微粒子の自己組織化による結晶化

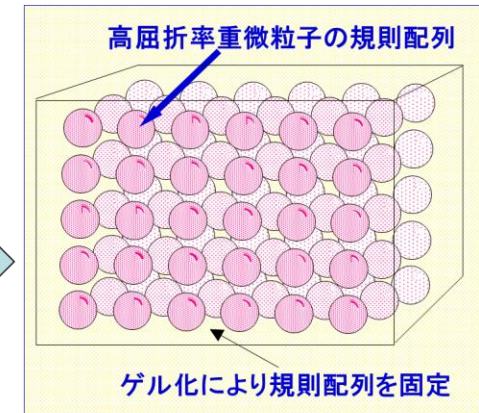
■ 実験の概要

- 宇宙環境特有の沈降が発生しないというを利用して、次世代デバイスとして期待される、光の伝搬特性を制御することが可能な3次元フォトニック結晶(3DPC)の高品質化、大型化技術を開発。
- 本技術により生成された結晶を用いて、高出力パルスレーザ加工装置の中心部品となるパルス遅延・圧縮素子などへの応用を研究中。
- 本実験で得られた3DPCは、光の閉じ込め、光信号の振り分けなど、IT産業、レーザ産業、エネルギー産業などの分野への技術イノベーションの鍵となりうる素材です。



100 nm(ナノメートル)サイズの粒揃い微粒子
(富士化学(株)製)

微粒子同士の電氣的反発力を利用した自己組織化による規則配列(結晶)が、微小重力下で静置することにより高品質、大型化。結晶が熟成した後、紫外線LEDの照射によりゲル化剤を反応させゲル固定。



■ 宇宙実験成果

実験結果	産業応用上の成果	有効に働いた宇宙実験特有の効果
地上実験の結晶と比べ <u>格子間隔の均一性が向上</u>	シリカ微粒子で、 <u>格子間隔の均一性に優れたmm角サイズの多結晶</u> を初めて取得	沈降がないことにより、 <u>完全性の高い大型の結晶生成</u>

半導体、食品、化学物質、石油、化粧品、薬品、液晶デバイス、プラスチック産業など、様々な分野でこれまでにない新素材創成や物質の特性把握での利用が期待できます。

まずはご相談ください

■ 問い合わせ先 ■

独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 (JAXA)
きぼう利用プロモーション室 (Z-KIBO-PROMOTION@jaxa.jp)
〒305-8505 茨城県つくば市千現2-1-1 筑波宇宙センター