

プラズマ弾丸が 撃ち抜けば 多孔質体は親水化

大阪市立大学
大学院工学研究科 電子情報系専攻
教授 白藤 立

3 すべての人に
健康と福祉を



9 産業と技術革新の
基盤をつくろう



令和2年11月10日

背景 1 : 「大気圧プラズマジェット」

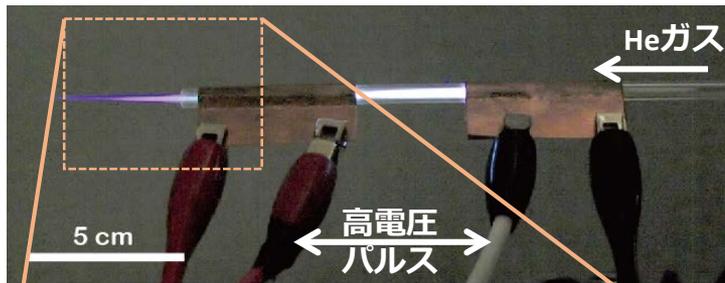
実は単純な物質輸送形のジェットではない。
高純度ヘリウムで満たされた空間を電離現象が伝播する。

M. Teschke et al, IEEE Trans. Plasma Sci., Vol. 33, 310 (2005).

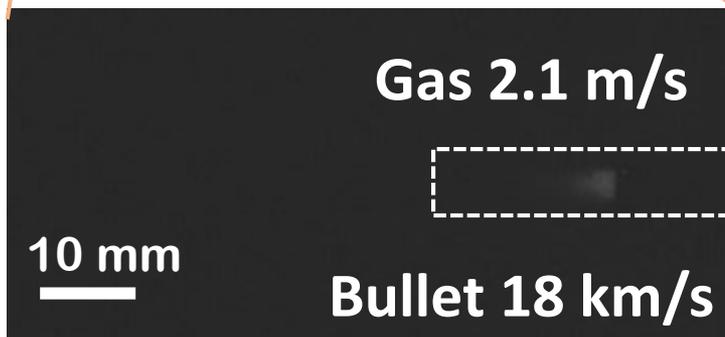
G. V. Naidis, Appl. Phys. Lett., Vol. 98, 141501 (2011).



目で見ると、こう見えるが



高速カメラでは、こう見える



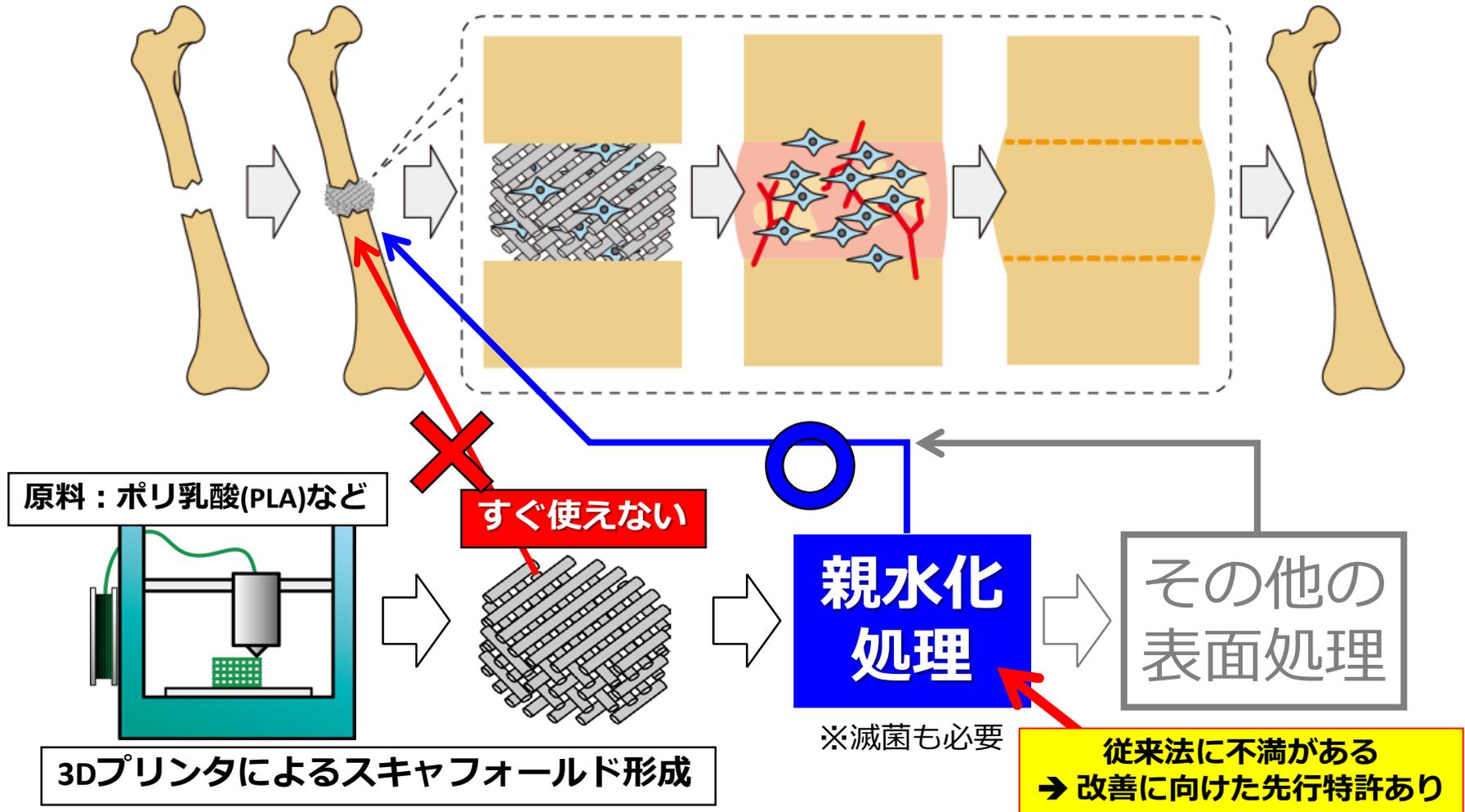
「プラズマ弾丸の伝播」

ただし、
弾丸を伝搬させたい空間は、
純度99%以上のヘリウムで
満たされている必要がある。
(98.7~99.6%が閾値)

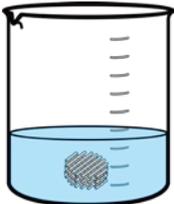
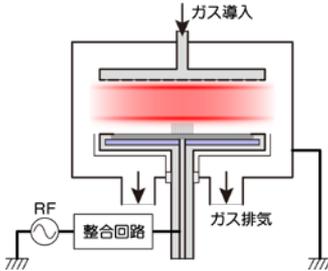
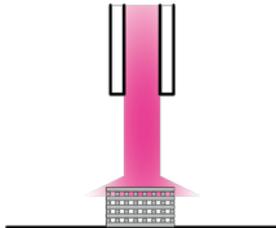
M. Pinchuk et al, J. Phys. Conf. Ser., Vol. 830, 012060 (2017).

背景 2 : 「骨再生スキャフォールド」

「骨再生スキャフォールド」 = 「多孔体」



親水化処理のための既存技術

	ウェットプロセス	ドライプロセス	
方式	<p>NaOH水溶液 への浸漬</p> 	<p>減圧プラズマ 処理</p> 	<p>大気圧プラズマ ジェット</p> 
長所 	<p>簡便</p>	<p>短時間 = 数十分 含：真空排気時間</p>	<p>簡便 減圧プラズマと比較して 短時間 = 数秒～数分</p>
短所 	<p>長時間 30分～数時間 水リンス12時間 機械的強度の劣化</p>	<p>真空装置 が高価</p>	<p>高速処理されるのは 表面近傍のみ</p>
文献	<p>Front. Pharmacol., Vol. 11, 471 (2020).</p>	<p>PCT Pat. WO 2012/036286</p>	<p>PCT Pat. WO 2012/036286</p>

大気圧プラズマジェットの短所を再考

プラズマ弾丸が伝搬しているのならこうなるはず

大気圧プラズマ
ジェット

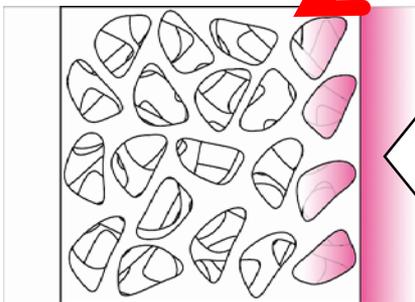


簡便

減圧プラズマと比較して
短時間 = 数秒～数分



高速処理されるのは
表面近傍のみ



思い描いている
イメージ

プラズマ弾丸がスキャフォールド内の連続空孔内を伝搬し内部をくまなく親水化する, というイメージ

なぜ
こうなって
くれない?

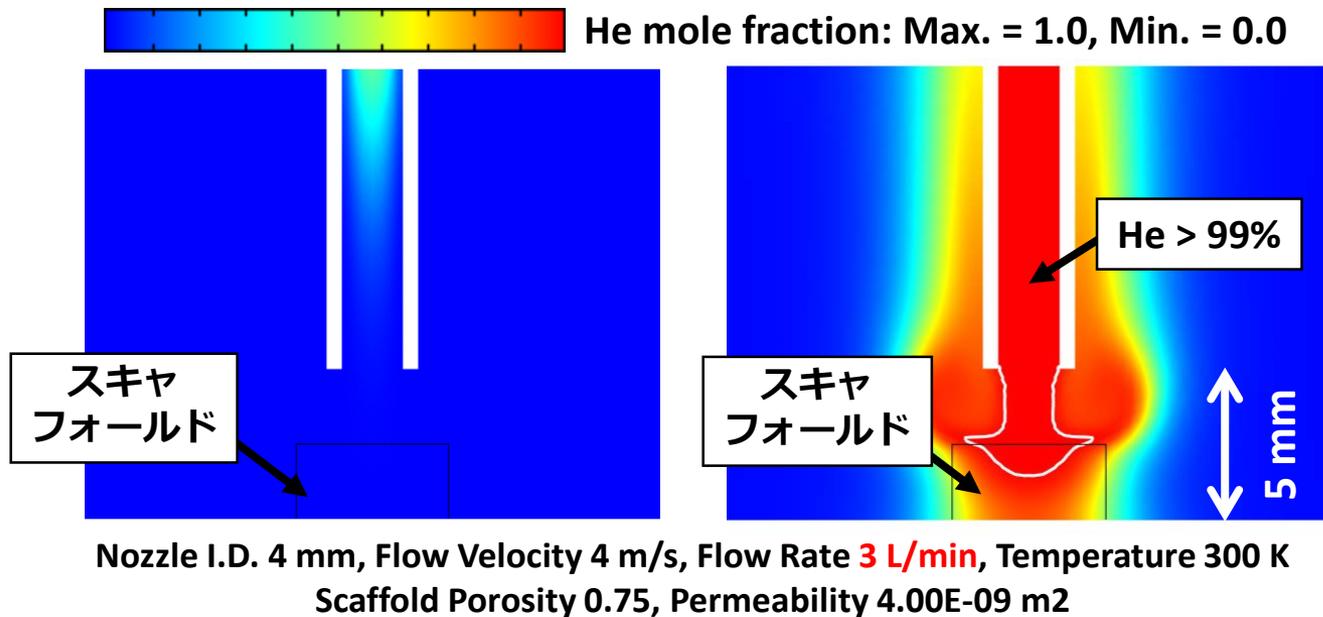
何が問題?

「表面近傍のみ」
の欠点を解決
できれば
「簡便&短時間」
なプロセス
となるのだが...

従来技術の問題点

プラズマ弾丸伝播の必要条件が多孔体全体に広がっていない

「必要な条件」 = 「純度99%以上のヘリウム満たされていること」



問題の原因：

- ①弾丸射出
- ②多孔体へのHe充満
大気圧プラズマジェットが①と②の両方を担当している。

ジェットに②まで担当させることに無理がある。

→ 役割分担しましょう。

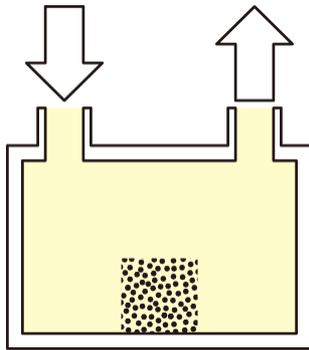
- ①大気圧プラズマジェットは、弾丸射出だけを担う。
- ②多孔体へのヘリウム充満は、他の方法で実現する。

短絡的に考えると次のスライドのようになる。

短絡的な問題点解決法

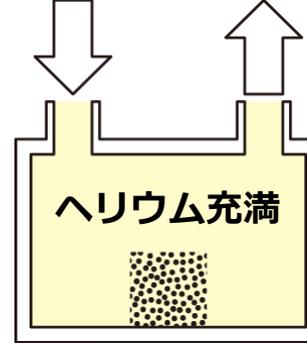
多孔体へのヘリウム充填
を担保する一つの方法

Heガス



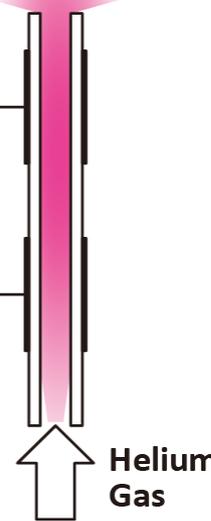
こうすること
になるが.....

Heガス



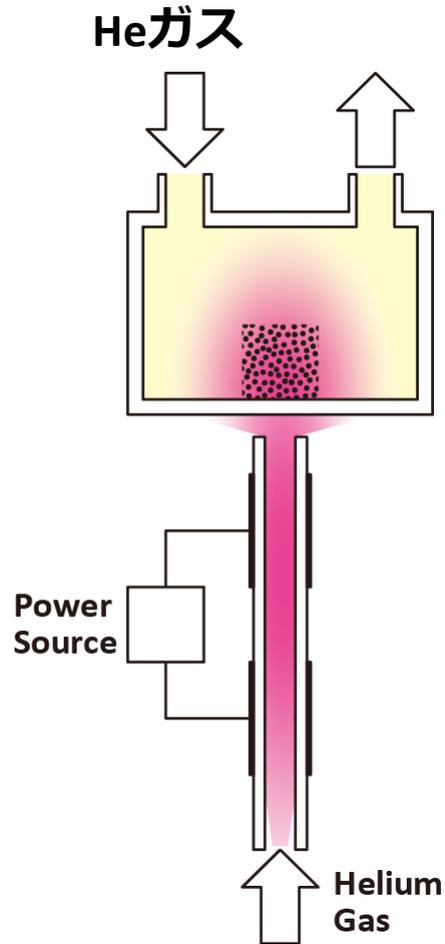
Power
Source

そうする
と....



こうしなければ
ならない...

「こんな風になって欲しい」のだが...

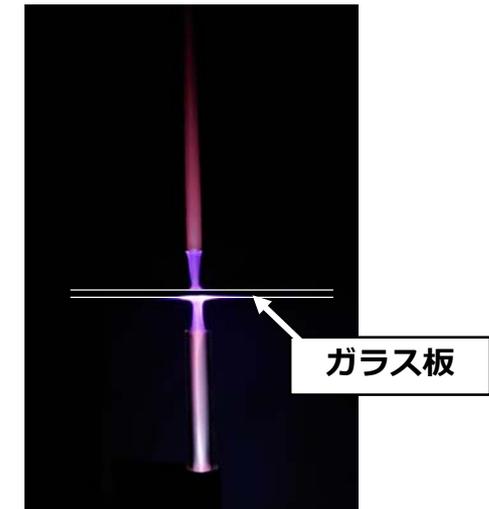
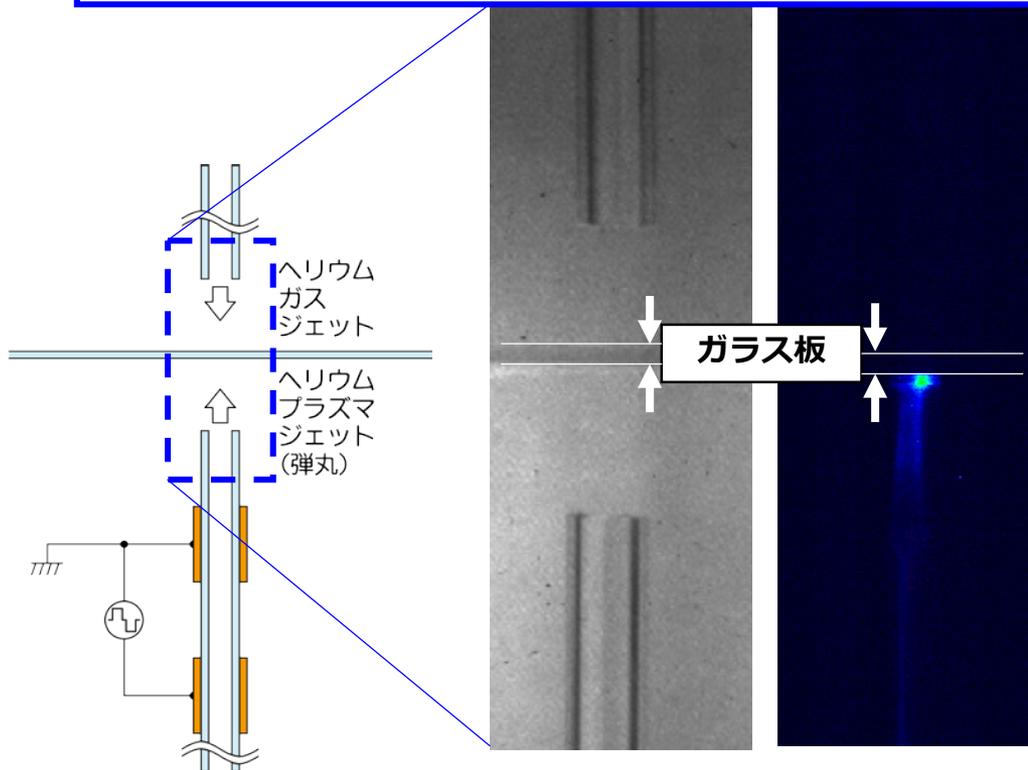


板で仕切られているのに
プラズマは通過するの？

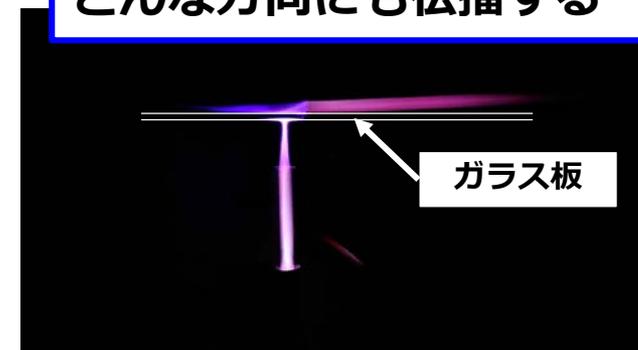
実は「できます」

プラズマ弾丸は、ガラスをトンネリングする

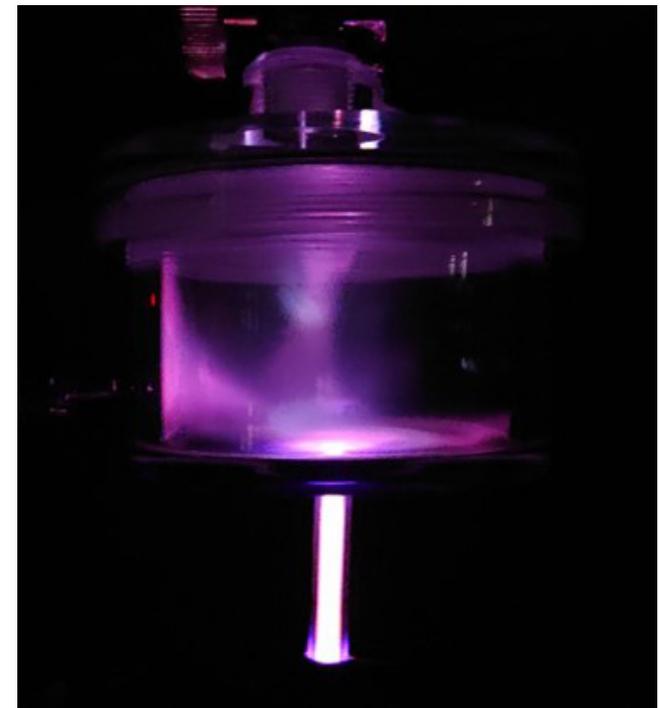
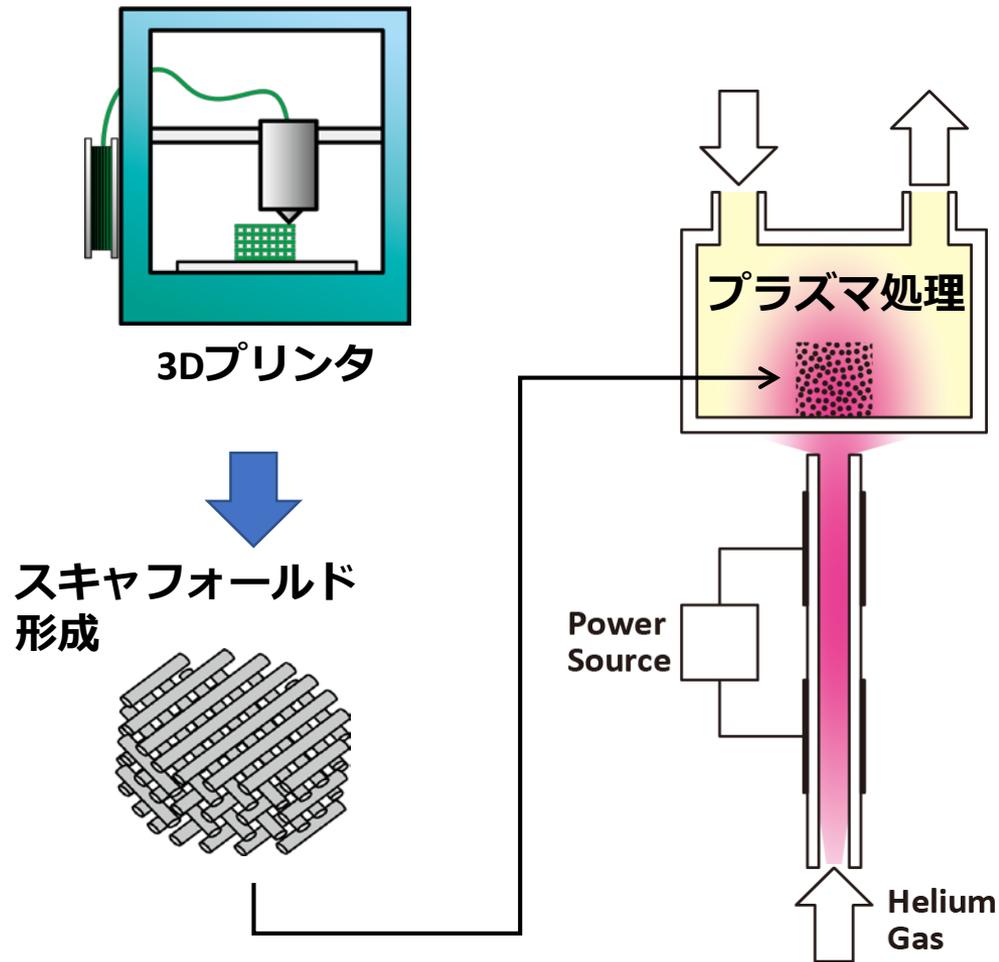
ガラス板の向こう側にちゃんと99%以上のヘリウムガスがあれば、そこを弾丸が伝播する。



そこにヘリウムがあれば、
どんな方向にも伝播する



実施例

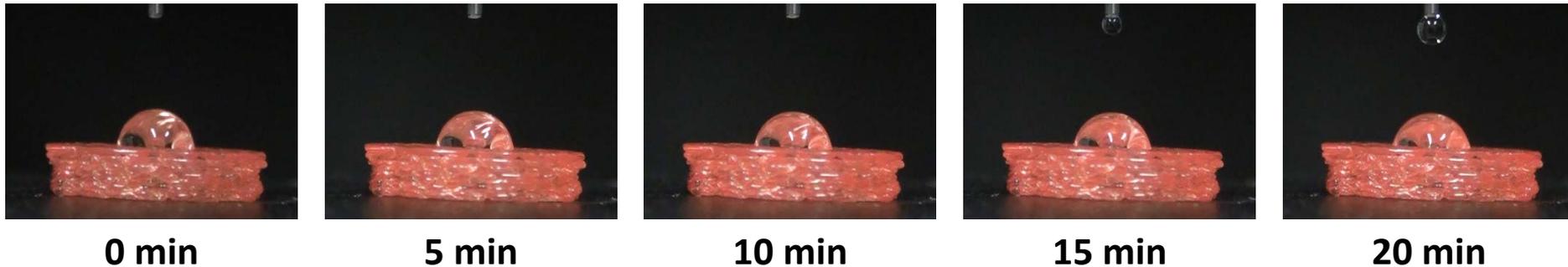


プラズマ処理の様子

実施結果

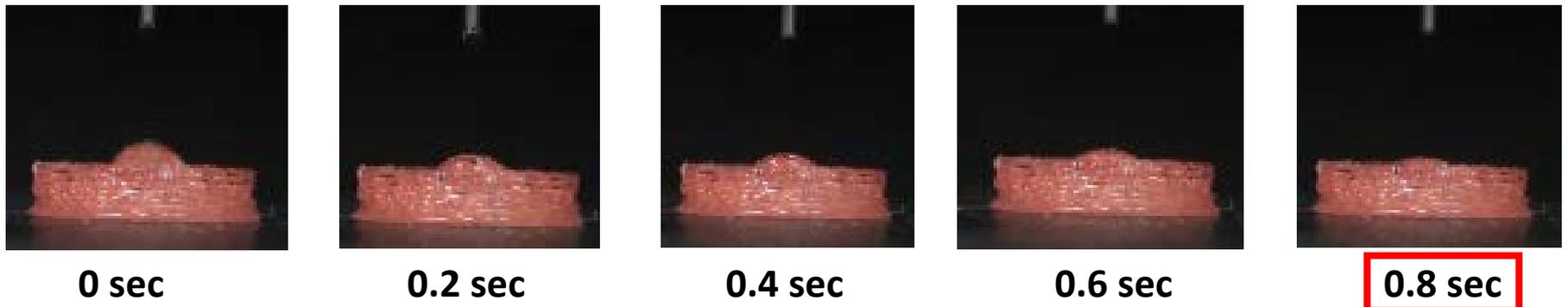
3Dプリントした直後のスキャフォールドの透水性

まったく透水しない



5分間のプラズマ弾丸処理後の透水性

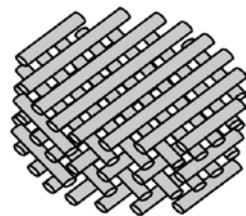
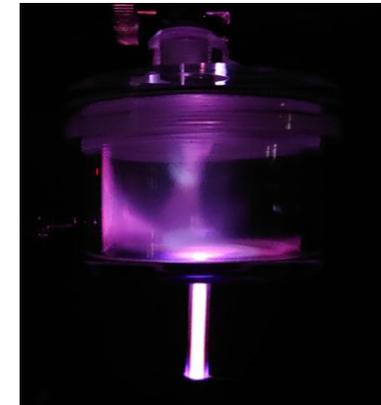
瞬時に透水する



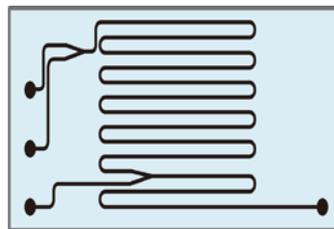
想定される用途

対象：**連続多孔体**（空孔径はサブミリ程度）であり
骨組みが**絶縁物**であれば何でもOK

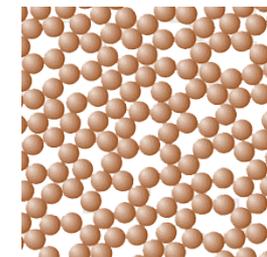
- ① 高分子の3Dプリントによって製造された骨再生スキャフォールド内壁の高速親水化
- ② 高分子で製造されるマイクロリアクター内壁の高速親水化
- ③ 顆粒状物質の高速親水化



骨再生スキャフォールド



マイクロリアクター



顆粒状物質

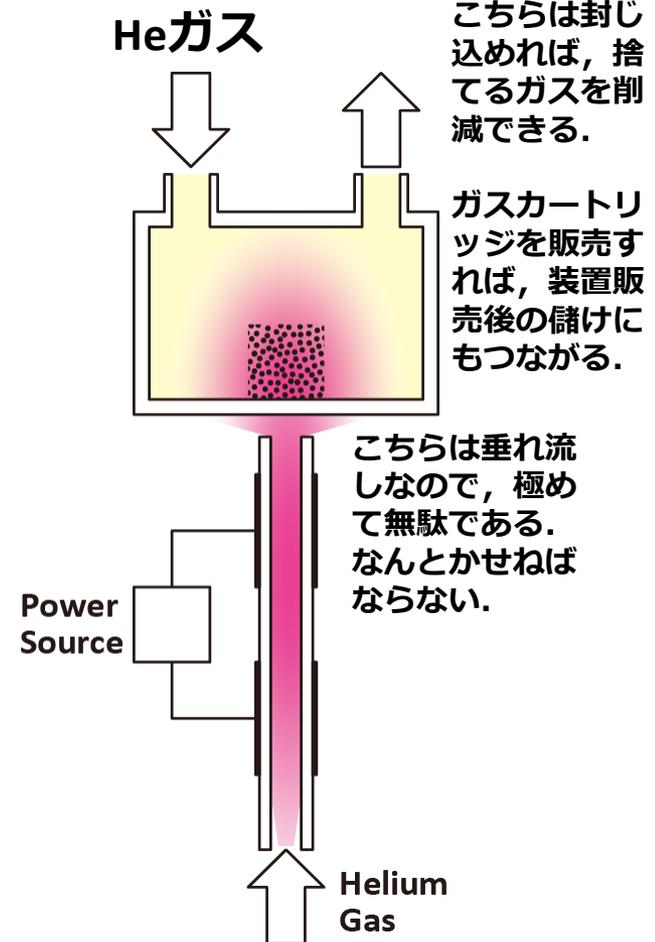
実用化に向けた課題

課題： 高価なヘリウムガスの垂れ流しプロセスである
(ランニングコストが高い)

解決法： 放電ガスを安価なガス（例えばアルゴン）にする。
他にも解決法を検討中。

既 知： 安価なアルゴンガスでも弾丸は伝播する

未検証： 問題なく本技術に適用できるかのチェック（研究実施中）



企業への期待

- **装置メーカーとの連携**
応用先で実用可能な装置に仕上げるための
共同研究を希望。
※装置メーカー側による市場調査結果に
応える装置にする。
- **応用先の企業との連携**
プロトタイプ装置を用いた試験的な共同
研究を希望。
※提供して頂いた処理対象物を試験的に
処理し、応用の可否を判定する。

本技術に関する知的財産権

- ・ 発明の名称： 多孔質体の改質方法および改質装置
- ・ 出願番号： 特願2019-155512
- ・ 出願人： 公立大学法人大阪
- ・ 発明者： 白藤 立, 吳 準席

産学連携の経歴

- 1991年～ 京都工芸繊維大学工芸学部助手として
3社と共同研究
- 2001年～ 京都大学国際融合創造センター助教授として
自身の共同研究実施だけではなく、他の研究者の共同研究
のアレンジにも従事
- 2007年～ 京都大学産官学連携センター（国際融合創造センターから
名称変更）准教授として、
同上の活動を継続し、7社と共同研究
- 2009年～ 名古屋大学大学院工学研究科特任教授として、
知的クラスター関連にて、14社と共同研究を実施
- 2010年～ 大阪市立大学大学院工学研究科教授として、
6社と共同研究を実施

お問い合わせ先

大阪市立大学 URAセンター

URA 山崎 基治

TEL : 06-6605-3550

FAX : 06-6605-2058

EMAIL : ura@ado.osaka-cu.ac.jp