

タングステン溶射膜の水素吸蔵放出特性

富山大学 波多野雄治

1. 研究目的
2. QUESTプラズマに曝露された溶射膜からのHの昇温脱離挙動
2015SM 非脱ガス試料
2016AW 脱ガス試料
3. Dプラズマに曝露された溶射膜からのDの昇温脱離挙動
(名古屋大学大野研Co-NAGDIS)
非脱ガス試料
脱ガス試料
4. まとめ

(脱ガス・・・あらかじめ真空中で1000°Cに加熱し不純物Hを除去)

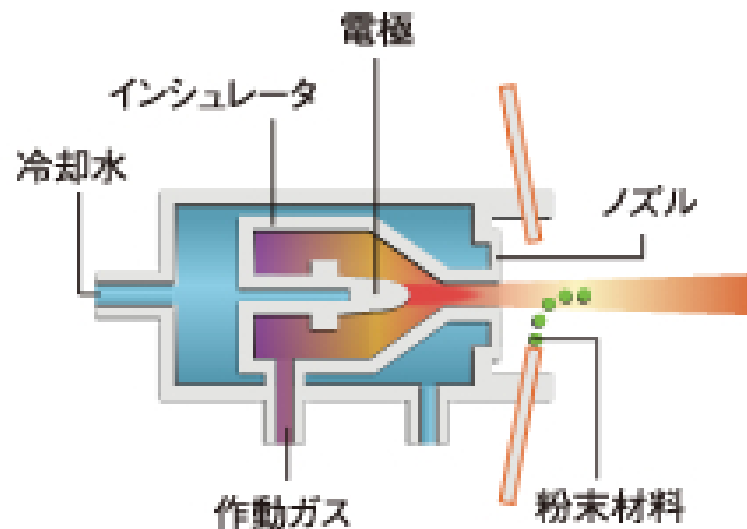
1. 研究目的

溶射法 プラズマジェットに金属粉末を混入させ、熔融金属粉を基材に吹き付け堆積層を形成する手法。

比較的容易かつ安価に厚膜を大面積に施工できる。

大気プラズマ溶射(APS)・・・大気中で施工。簡便で安価だが酸素等の混入が避けられない。

減圧(真空)プラズマ溶射(VPS)・・・減圧Ar雰囲気施工。酸素等の混入が少ない。



溶射の原理

トーカロ株式会社ホームページより

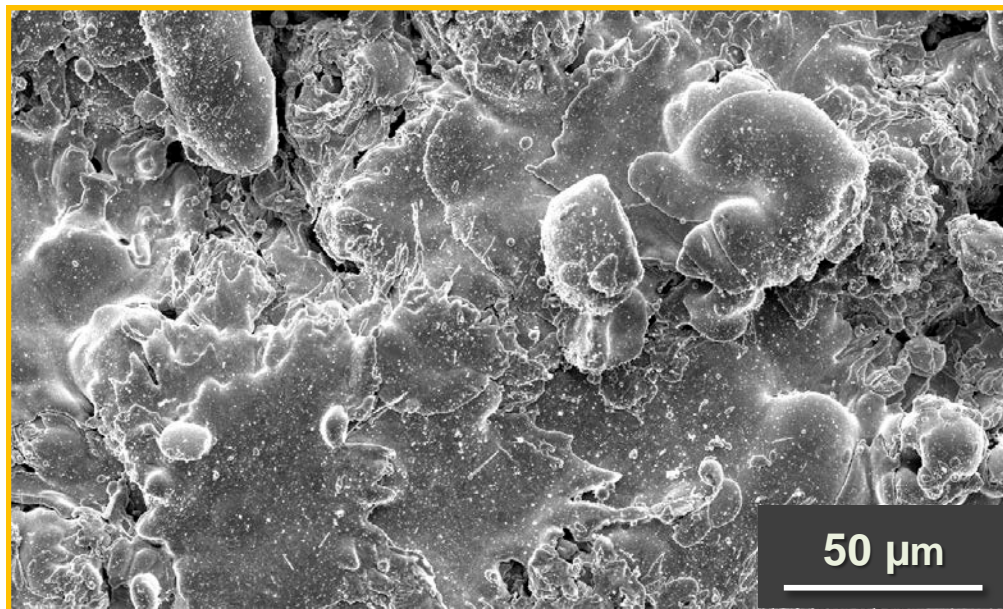
APS・・・QUESTで採用
VPS・・・ASDEX-Uで採用。LHDに用にも研究が進められている。

溶射膜は一般的に空隙や欠陥を多く含み、これらが水素の捕捉サイトとなり得る。

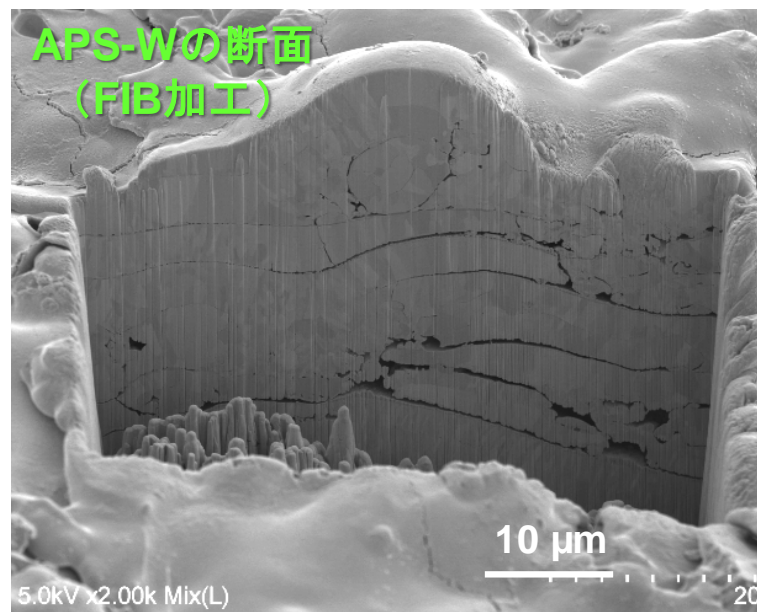
また、溶射はAr-H₂プラズマで行うため、初期不純物として大量のHを含む。

目的

QUEST長時間放電時のHリサイクリングの理解を深めるため、溶射W皮膜からの水素の放出特性を明らかにする。



表面SEM写真(九大 吉田先生)



断面SEM写真(九大 吉田先生)

2. QUESTプラズマに曝露された溶射膜からのHの昇温脱離挙動



設置場所

上部壁

下部壁

2015SM 非脱ガスAPS-W試料(上部壁、下部壁)

APS-W(皮膜厚 0.2 mm)

2016AW 脱ガス試料(上部壁のみ)

APS-W(皮膜厚 0.2 mm)

VPS-W(皮膜厚 1 mm)

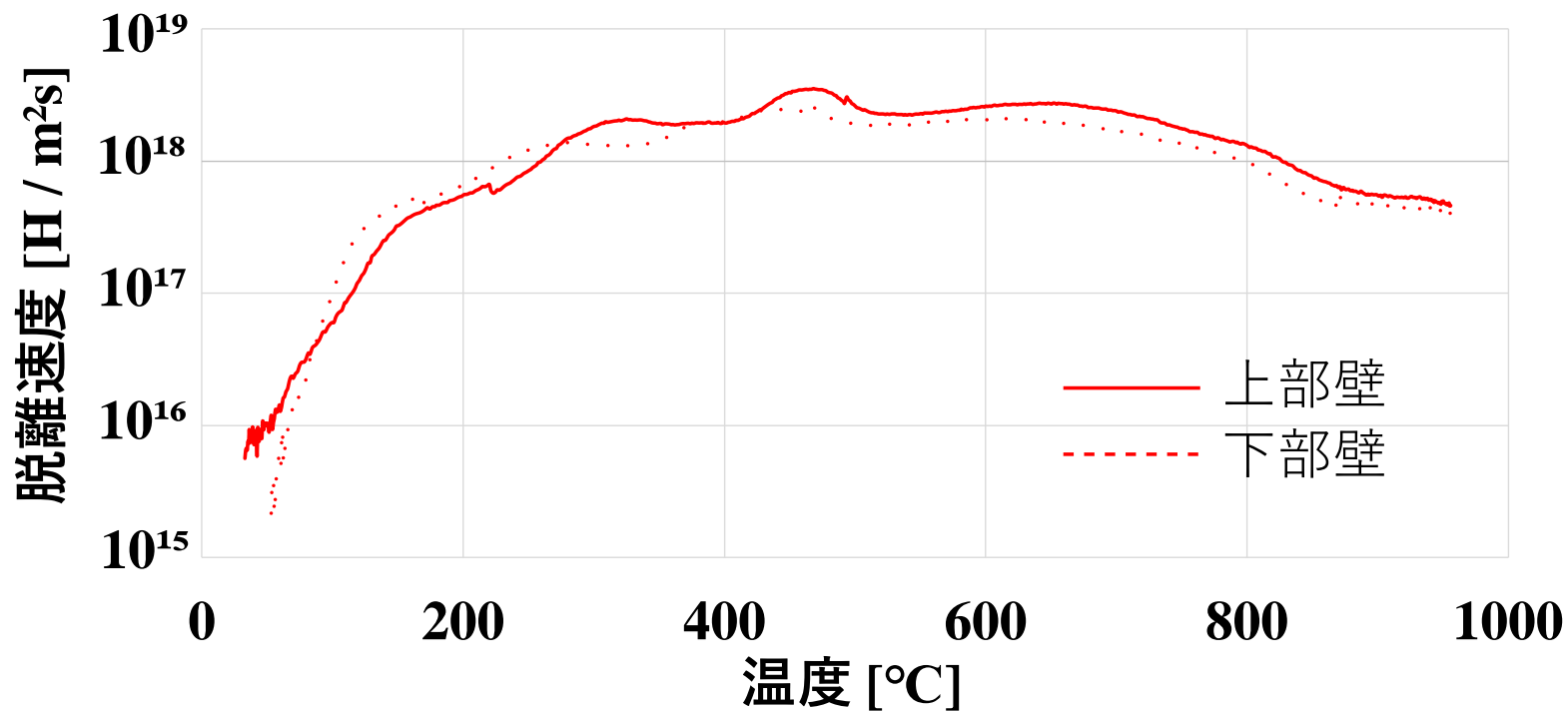
圧延W(厚さ 1 mm)

上部壁 損耗が支配的

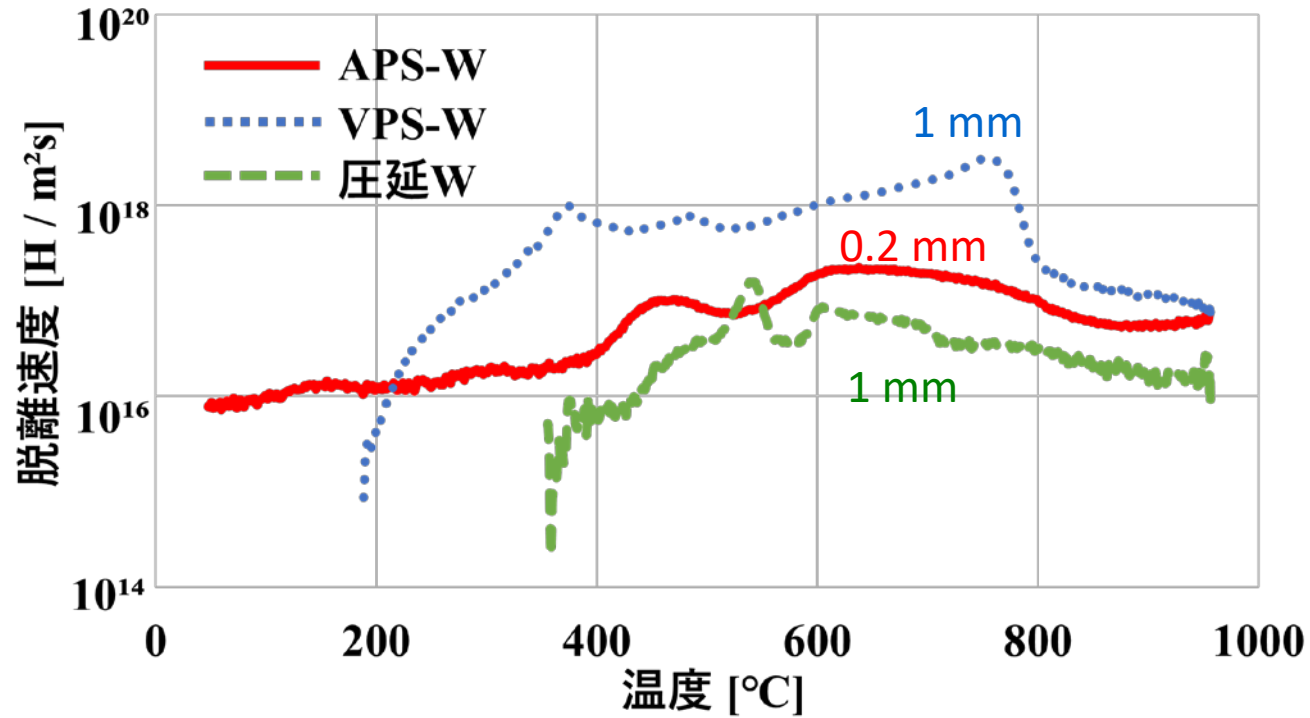
下部壁 堆積が支配的

QUESTでプラズマ曝露後、富山大学のH、D、Tの
分析が可能な昇温脱離実験装置で測定

2015SM 非脱ガスAPS-W試料



APS-W 設置場所	実験後の 試料外観	脱離開始 温度 [°C]	主脱離温度 [°C]	H保持量 [10 ²¹ H/m ²]
上部壁		< 200	140, 330, 470	2.8
下部壁		< 200	130, 280, 450	2.3



	脱離開始温度 [°C]	主脱離温度 [°C]	H保持量 [10 ²⁰ H/m ²]
APS-W	<200	450, 620	1.4
VPS-W	190	380, 500, 760	11
圧延W	350	540, 600	0.5

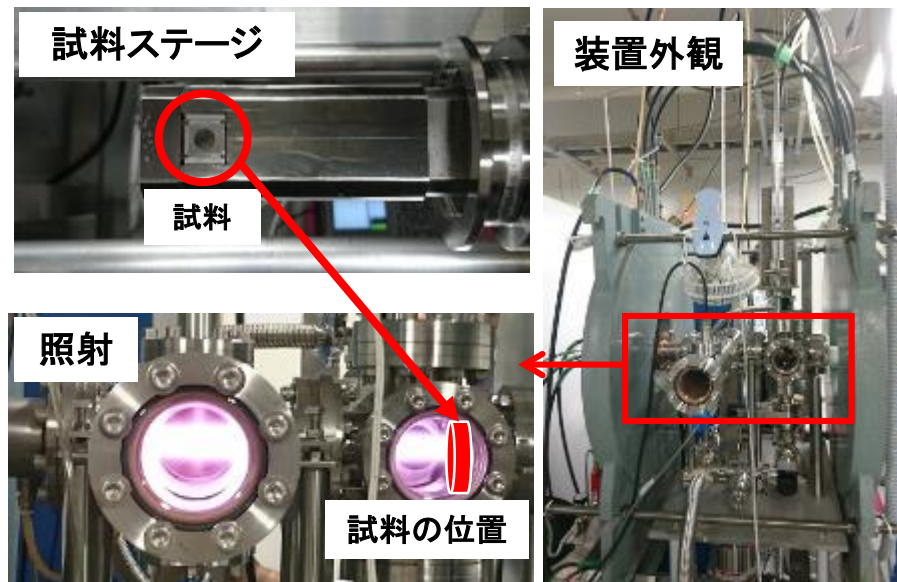
3. Dプラズマに曝露された溶射膜からのDの昇温脱離挙動

実験手順

- ① 真空中でフィラメント加熱、電子を放出
- ② D₂ガス充填後、プラズマ点火
- ③ 磁場強度等を調整して曝露条件を統一
- ④ プラズマ照射

プラズマ曝露条件

	Temp. [°C]	Flux [m ⁻² s ⁻¹]	Fluence [m ⁻²]	Energy [eV]	Duration [s]
VPS-W SPS-W 圧延W	100	5×10^{21}	2×10^{25}	80	3600
SPS-W 圧延W	500	3×10^{22}	1×10^{26}	80	3600

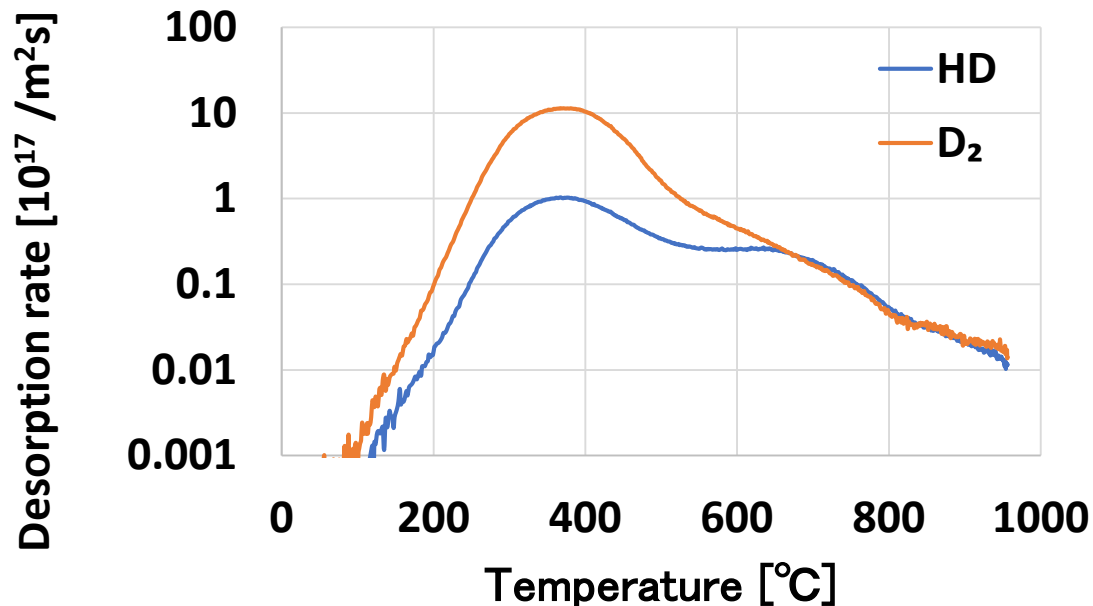


名古屋大学大野研直線型プラズマ装置

脱ガス処理APS-W溶射膜からのDの昇温脱離挙動

D照射温度: 100 °C

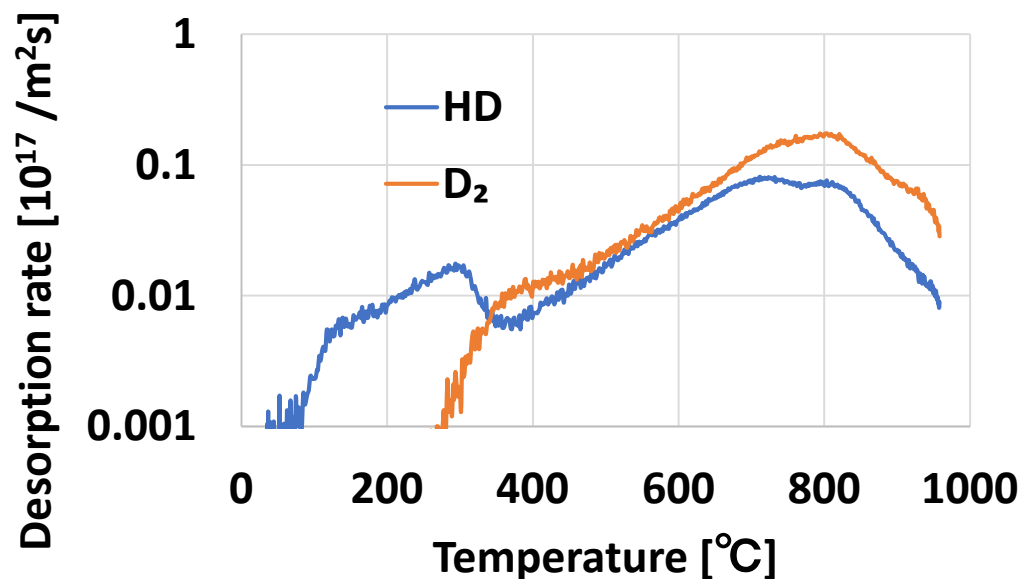
retention [atom/m ²]	
H ₂	9.65E+19
HD	9.01E+19
D ₂	3.42E+20
total H	1.42E+20
total D	3.87E+20



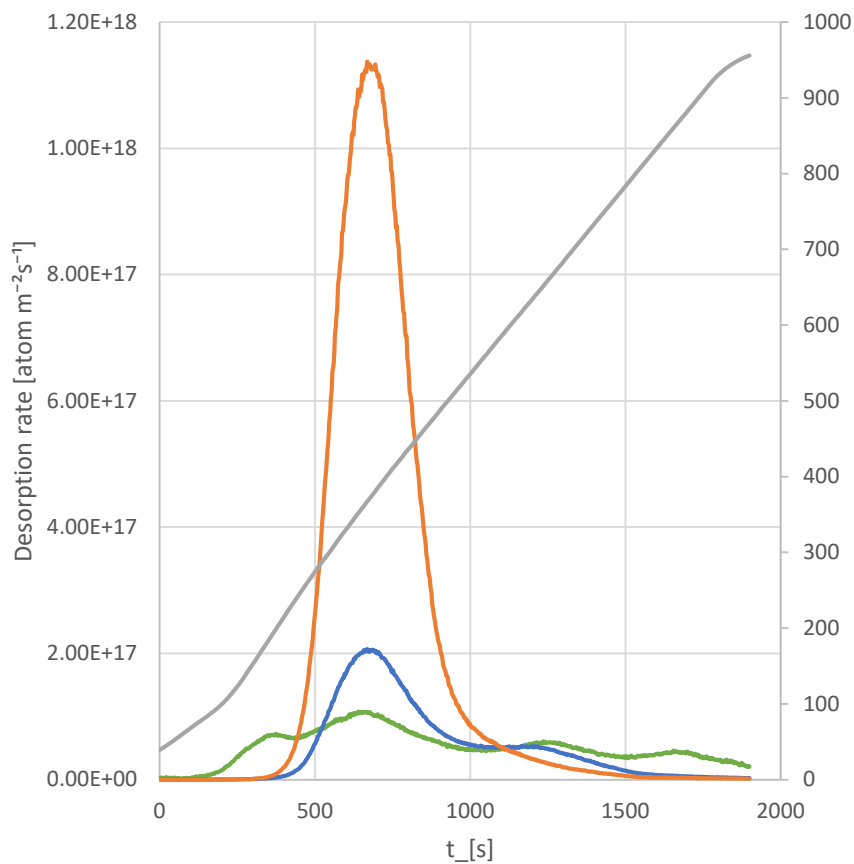
D照射温度: 500 °C

retention [atom/m ²]	
H ₂	6.98E+19
HD	1.03E+19
D ₂	8.96E+18
total H	7.50E+19
total D	1.41E+19

※縦軸の値小さい！



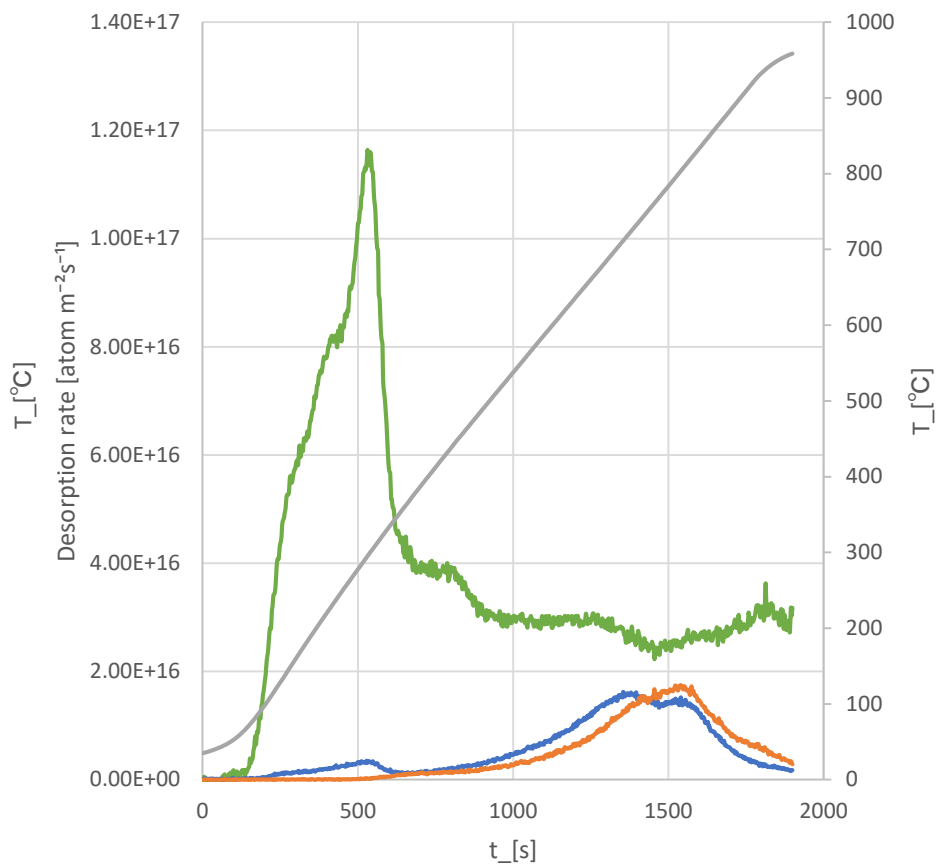
100 °C Dプラズマ曝露



— M=2 — M=3 — M=4 — T

retention [atom/m ²]	
H ₂	9.65E+19
HD	9.01E+19
D ₂	3.42E+20

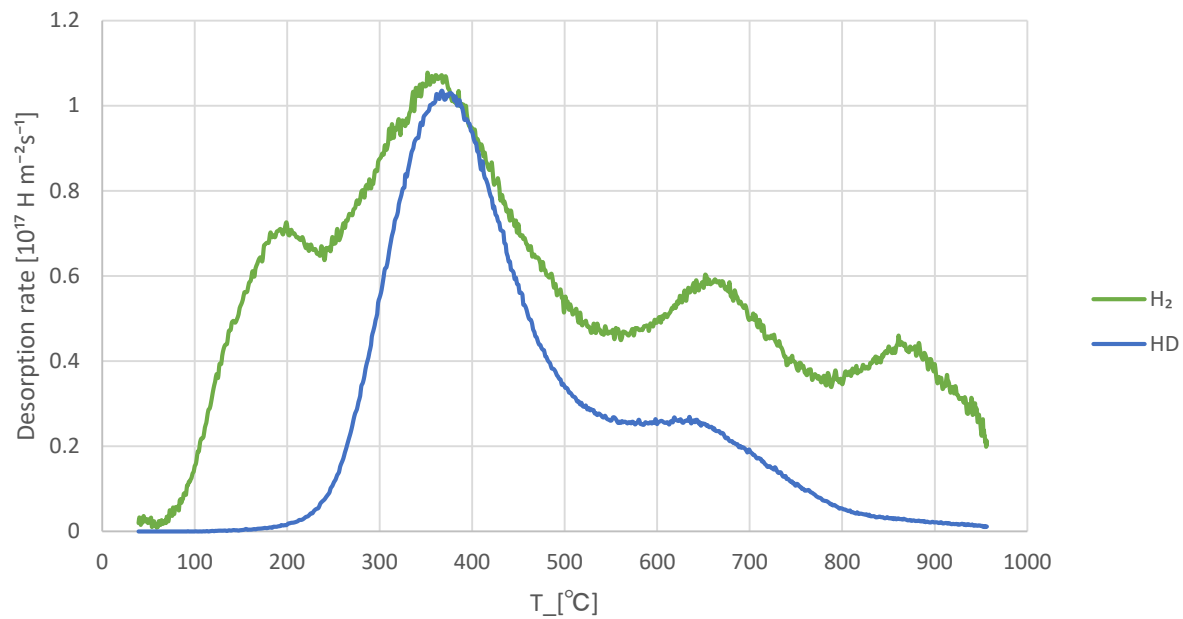
500 °C Dプラズマ曝露



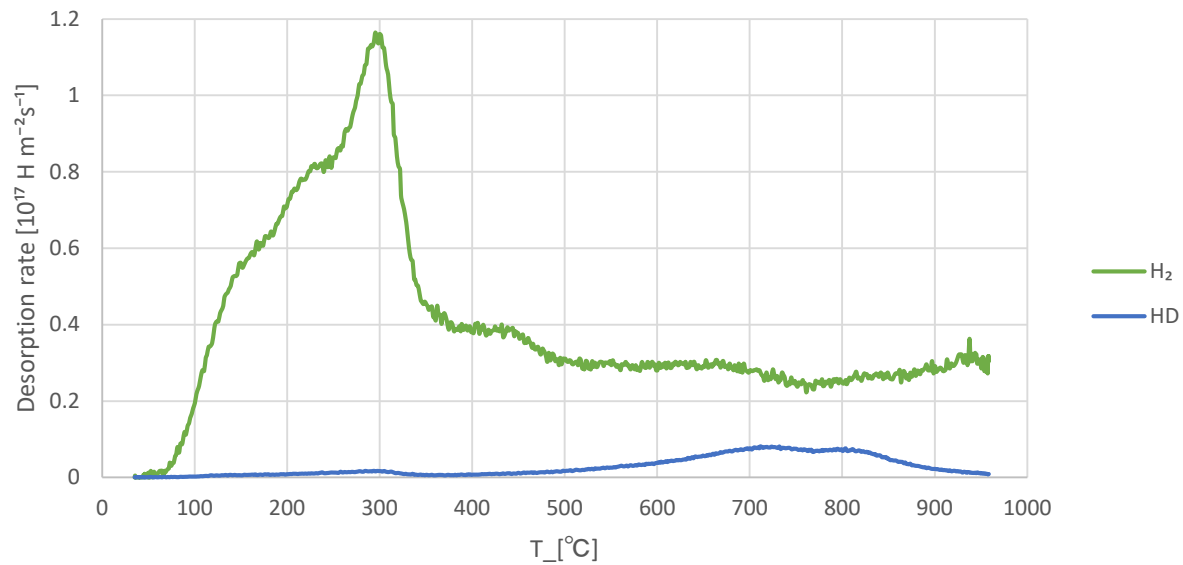
— M=2 — M=3 — M=4 — T

retention [atom/m ²]	
H ₂	6.98E+19
HD	1.03E+19
D ₂	8.96E+18

APS-W
D照射温度: 100 °C



APS-W
D照射温度: 500 °C



4. まとめ

- ✓ QUESTで採用されているAPS-Wは、比較的多くの空隙や欠陥と共に、初期不純物Hを含む。
- ✓ Hは200°C以下の低温でも、すなわちQUESTの壁温程度でも比較的容易に脱離する。QUESTの運転中に壁温度が上昇すれば、壁からのリサイクリングが増大する。
- ✓ APS-Wからの水素の脱離開始温度は、VPS-Wや圧延Wと比べて著しく低い（開気孔が多いため？）。
- ✓ スパッタリングによる損耗や温度制御上水素の問題な特性ば、脱ガスされた薄い圧延Wをプラズマ対向壁として使えばリサイクリングの制御が容易になる可能性がある。

