

# LHDプロジェクトの2021年度研究成果 及び2022年度研究計画

大型ヘリカル装置計画・研究総主幹

居田克巳

# 国際協力の研究成果

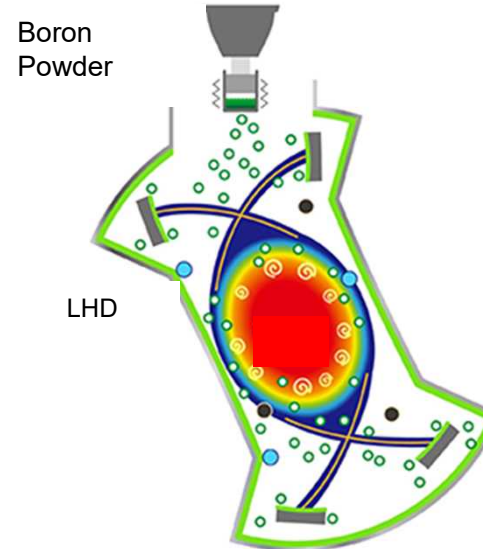
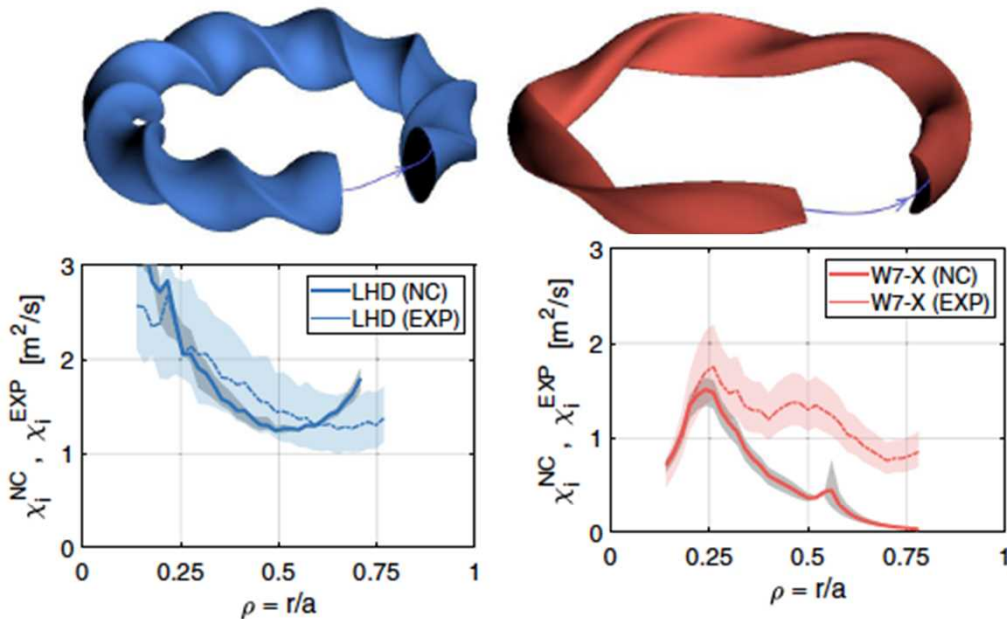


## LHD とヴェンデルシュタイン7-X との比較 研究

### IPPとの国際協力

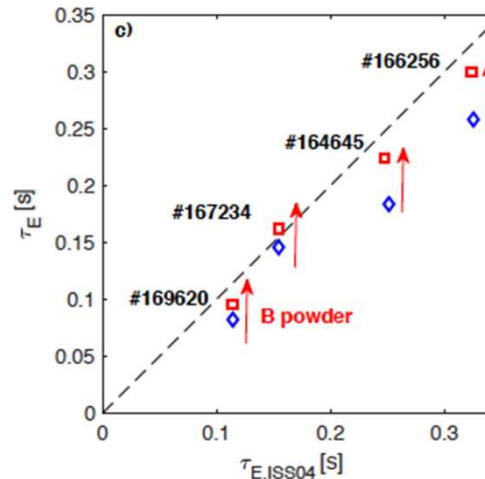
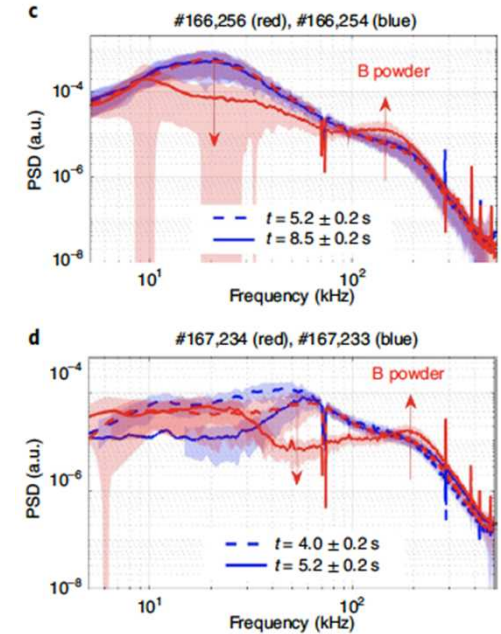
Large Helical Device (LHD)

Wendelstein 7-X (W7-X)



## ボロン粉末添加実験

### PPPLとの国際協力



新古典輸送の大きさ

LHD > W 7-X

乱流輸送 (ITG) の大きさ

LHD < W 7-X

トータル (実験値)

LHD ~ W 7-X

ボロン粉末を加えることで、乱流の低減と閉じ込めの改善が観測された

F Nespoli, et al, Nature Physics (2022).

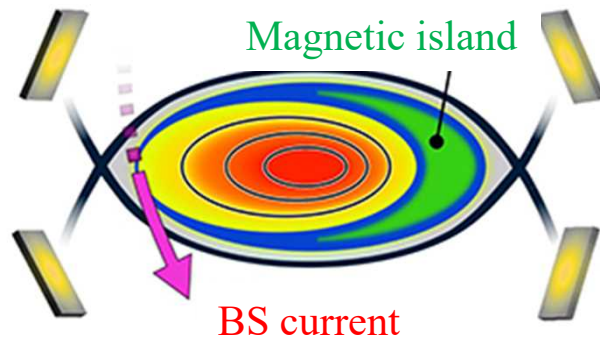
doi.org/10.1038/s41567-021-01460-4

F. Warmer et. al., PRL 127 (2021) 225001

# ダイバーター熱流束の制御

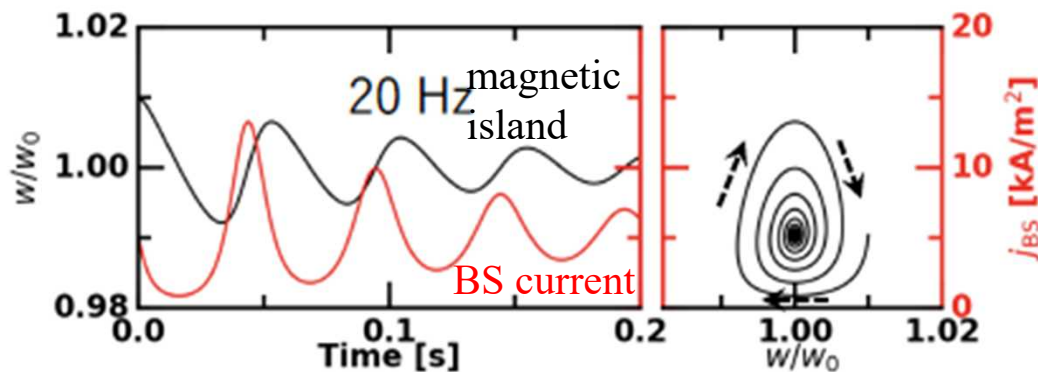


## 磁気島のダイナミクス



磁気島とブーツ  
ストラップ電流の  
振動が観測され  
た

この振動に伴い  
ダイバーターの  
熱負荷も振動

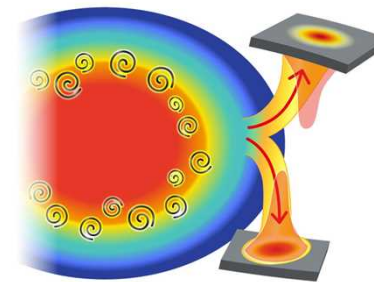


この振動はロトカ・ヴォルテラの方程式で記述できることがわかった

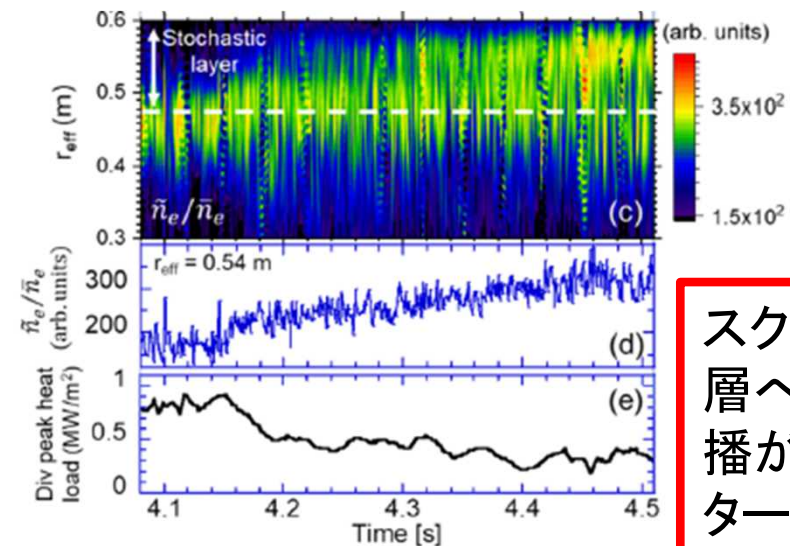
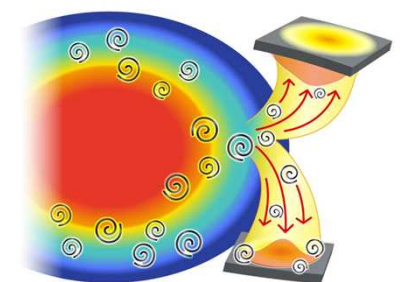
T.Kobayashi et. al., published in PRL

## 乱流伝播

乱流伝播なし



乱流伝播あり



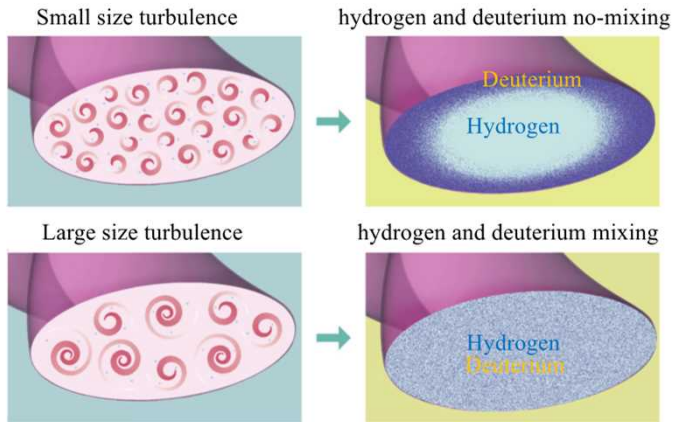
スクレイプオフ  
層への乱流伝  
播がダイバー  
ター熱流束の  
ピークを低減

M.Kobayashi et. al., accepted in PRL

# 同位体効果



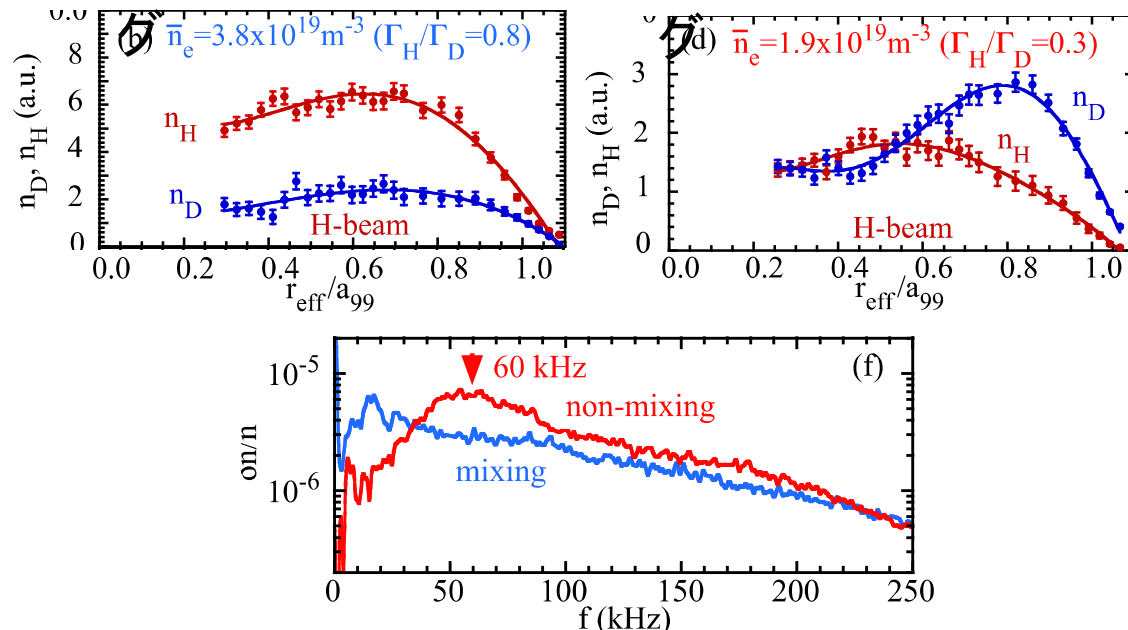
## 同位体ミキシング



乱流のタイプ  
により同位体  
ミキシング・  
非ミキシング  
が決定される

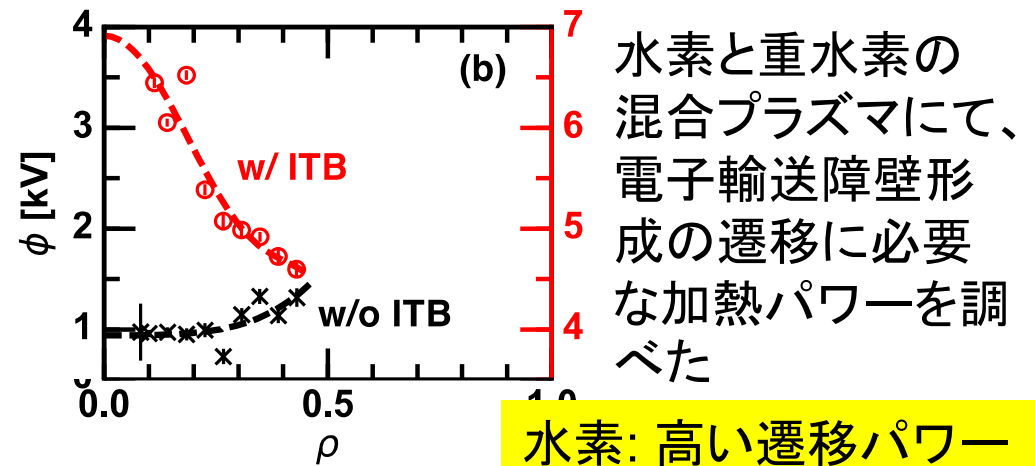
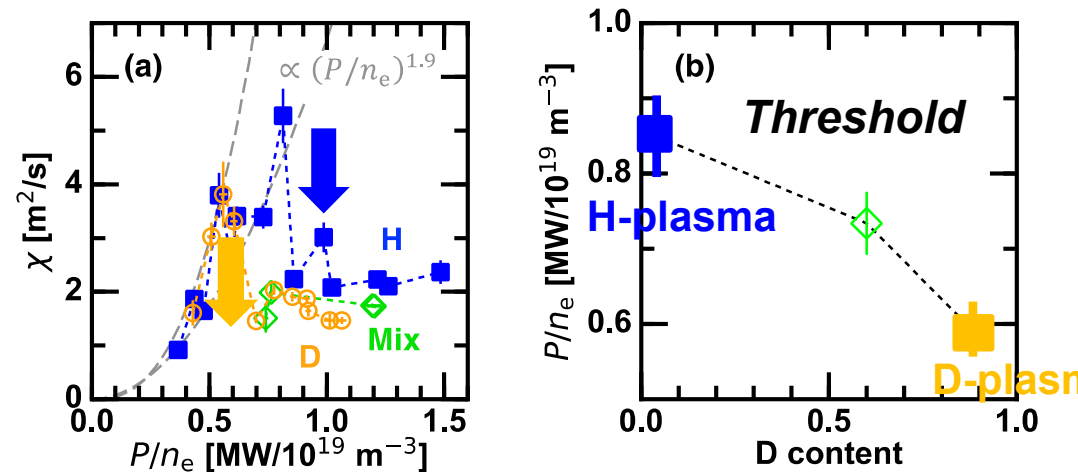
ITG → ミキシン

TEM → 非ミキシン



K. Ida et. al., Phys Rev Lett. 124 (2020) 025002 and Nucl. Fusion 61 (2021) 016012

## 電子輸送障壁における同位体効果



水素と重水素の  
混合プラズマにて、  
電子輸送障壁形  
成の遷移に必要な  
加熱パワーを調  
べた

水素: 高い遷移パワー  
重水素: 低い遷移パワー

T. Kobayashi et. al., submitted  
to Sci. Rep. (2021)

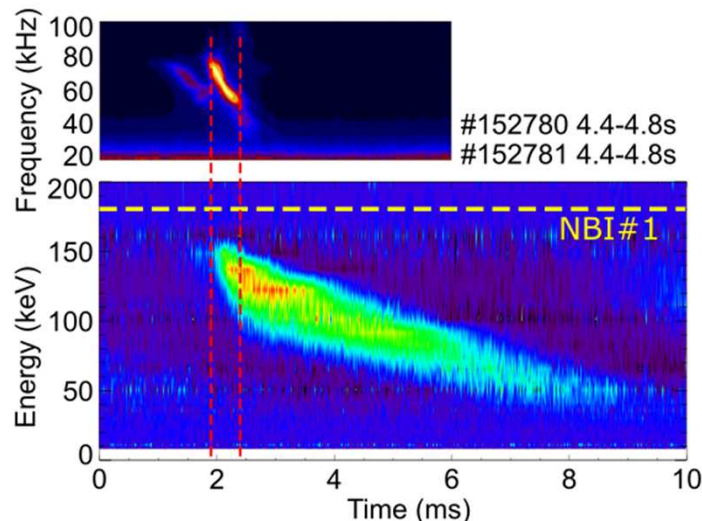
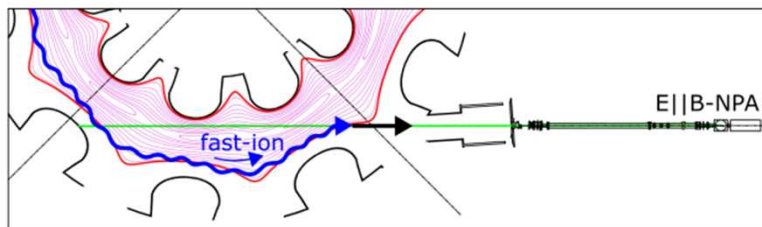


# 突発型不安定性発生時の波と粒子の相互作用



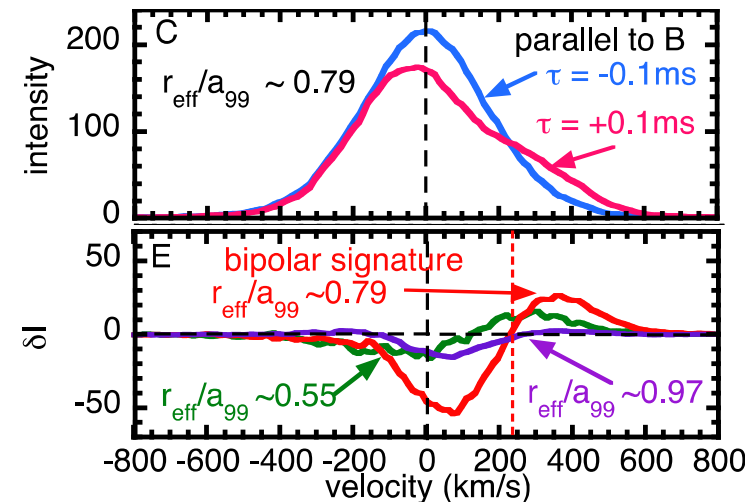
## アルフベン波と共鳴粒子の損失

アルフベン固有モードのバースト発生時の伴う、モード周波数と損失粒子のエネルギーを同時計測



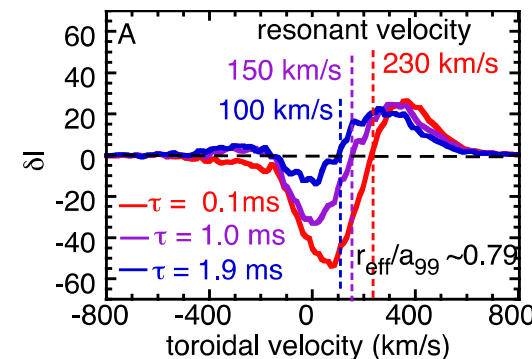
アルフベン固有モードのバースト発生時に共鳴損失粒子のエネルギー低下(チャージングダウン)が観測された。  
→ 分布関数の変化を示唆している。

## ランダウ減衰の検証

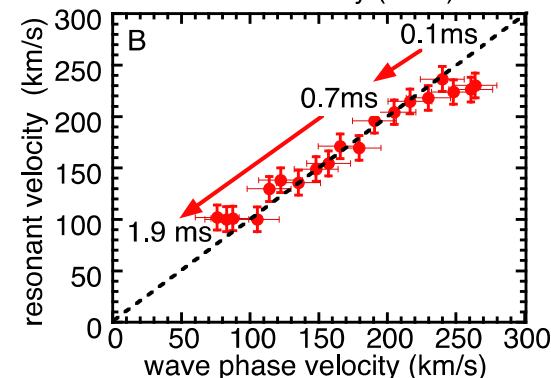


イオンの速度分布関数を10kHzで計測

マックスウェル・ボルツマン分布からのズレを検出



ランダウ減衰の特徴である双極性構造を観測



波の位相速度と粒子の共鳴速度が一致

東北大学との共同研究

## 主な学会・国際会議等における招待講演等 (LHDプロジェクト関係)

### 国際学会

- ・ IAEA-FEC : 長壁正樹、居田克巳、小川国大、小林政弘、佐藤雅彦、高橋裕己、津守克嘉
- ・ EPS : 小林政弘
- ・ AAPPs-DPP : 永岡賢一、居田克巳、鈕持直樹、後藤基、小林政弘、鈴木康浩、田村直樹、横山達也
- ・ APS-DPP : 小林政弘
- ・ 国際土岐コンファレンス : 居田克巳、鈕持直樹、小林達哉、小林政弘、高橋裕己、田中謙治、辻村亨、森下侑哉

### 国内学会

- ・ プラズマ・核融合学会 : 増崎貴、安原亮
- ・ 日本物理学会 (秋季): 鈴木千尋
- ・ 日本物理学会 (年会)、予定 : 小林達哉

## プレスリリース (LHDプロジェクト関係)

### 2021年

- ・ 4月15日「重水素実験新たなフェーズへ -水素同位体混合プラズマの乱流と突発型不安定性の研究が大幅に進展-」
- ・ 11月5日「核融合プラズマの乱流抑制に新たな可能性 -日欧の国際共同研究により革新的核融合炉への新展開-」  
(田中謙治 教授ら)

### 2022年

- ・ 1月17日「ホウ素粉末のふりかけでプラズマの温度が上昇 -リアルタイムで不純物と乱流を抑制-」(増崎貴 教授ら)
- ・ 2月18日「プラズマ中の「食べる食べられる」の関係 -生態学発の数理モデルで磁気島の脈動機構を解明-  
(小林達哉 助教ら)」
- ・ 3月17日「核融合プラズマ中の乱流と装置壁の熱負荷制御に新たな発見 (仮)」(小林政弘 准教授ら、予定)

# 2022年度のLHDプラズマ実験スケジュール(予定)

月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
管理区域設定	放射線発生装置使用のための管理区域(通年)											
メンテナンス期間	メンテナンス											
装置の 運転状態						LHD真空排気						
						コイル冷却準備	励磁試験					
						←コイル冷却					コイル昇温	
							プラズマ実験					

- メンテナンス：2月中旬～9月上旬
- LHD真空容器真空引き：8月中旬～3月中旬
- コイル冷却：9月上旬～3月上旬
- プラズマ実験：10月上旬～2月上旬
  - 重水素ガスを用いた実験(重水素実験)：10月上旬～1月上旬
  - 軽水素ガスを用いた実験(軽水素実験)：
    - ✓最後の1ヶ月程度は軽水素ガスを用いた実験を実施して、壁に付着したトリチウムを軽水素に置換。