

# UNIT提案

## CarnotとFickを越えた熱とトリチウム回収の研究 及び関連する材料研究

(核融合に於けるSDGs 炉工学からの提案)

“10年後の目標を具現する表現であること”

京都大学エネルギー理工学研究所  
興野 文人

2021.0705 NIFS Unitテーマ検討会資料

- [1] National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine 2019. *Final Report of the Committee on a Strategic Plan for U.S. Burning Plasma Research* Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/25331>.  
[2] FESAC Report <https://www.energy.gov/science/fes/fusion-energy-sciences-advisory-committee-fesac>, “*A long-range plan to deliver fusion energy and to advance plasma science*” 2020.

Final Report of the Committee on a Strategic Plan for U.S. Burning Plasma Research

Final Report of the Committee on a Strategic Plan for U.S.  
**BURNING PLASMA  
RESEARCH**

Committee on a Strategic Plan for U.S. Burning Plasma Research

Board on Physics and Astronomy  
Division on Engineering and Physical Sciences

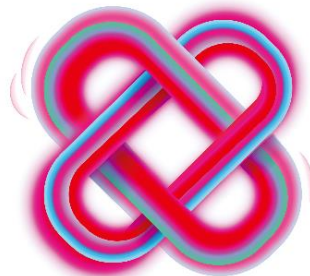
A Consensus Study Report of  
The National Academies of  
SCIENCES • ENGINEERING • MEDICINE

THE NATIONAL ACADEMIES PRESS  
Washington, DC  
[www.nap.edu](http://www.nap.edu)

Copyright National Academy of Sciences. All rights reserved.

ADDITIONAL INFORMATION ON THIS TOPIC

Powering the Future  
Fusion & Plasmas



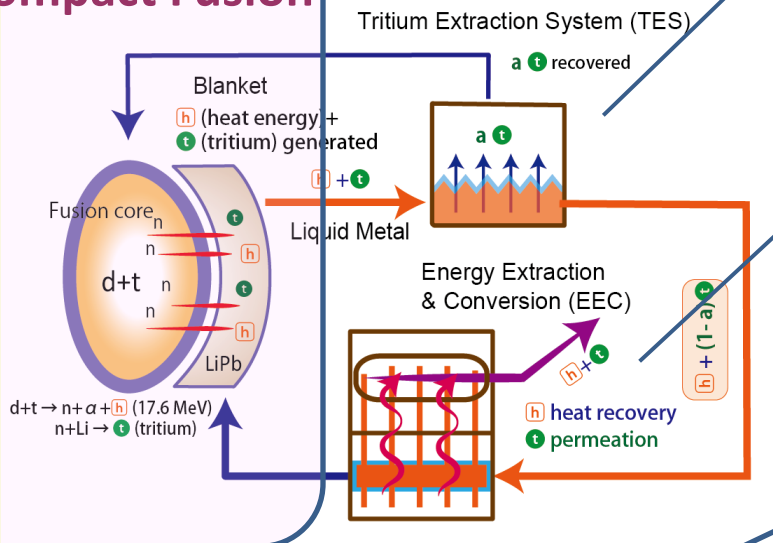
ADDITIONAL INFORMATION ON THIS TOPIC

25/28

# UNIT提案 概要

核融合装置の最終目標  
熱エネルギーと燃料トリチウム  
高能率かつ安全な回収の実現

## #1 テーマ Compact Fusion



各種技術の多角的研究により  
多彩な学術成果を得る

## #2 テーマ

### Energy recovery & conversion

#### トリチウム回収 安全 & 高能率

- 1 Fick' law (拡散)を越えた高能率回収法を研究
- 2 低透過材料 & 低減手法研究
- 3 トリチウム取扱

#### エネルギー回収と変換 脱発電⇒ゼロCO<sub>2</sub> 水素製造

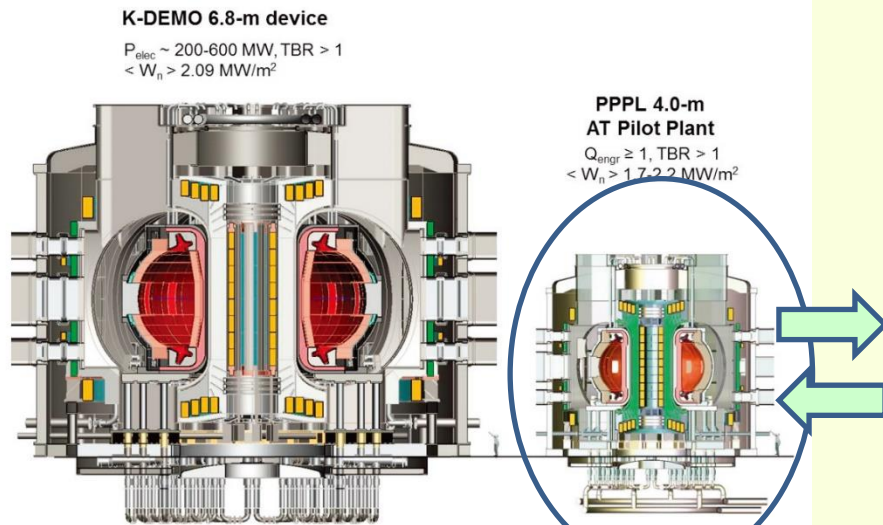
- 1 Carnot cycleを越えたエネルギー回収と利用法を研究
- 2 耐久性材料の研究  
温度、構造強度

注 DCLLは大型炉構想には採用されていないが  
小型炉には適した方式

## Center #2 エネルギー回収と変換

ITER 炉開発優先 エネルギー回収 “不要ではないが不急”  
DOE 小型炉で熱回収発電<sup>[1]</sup> 核融合ベンチャー、Fusion X<sup>[2,3]</sup>が複数設立  
(変異株)小型炉急速な性能向上有り得る⇒ エネルギー回収必要

UNIT提案 小型炉のKeyword SDGsと脱発電  
Carnot cycleとFickの法則、教科書理論を越えた回収と変換方式の研究  
必要となる材料研究 製品の性能はその時の材料性能で決まる



Compact fusion pilot plant  
Full Turn Fusion X (FTFX) に適合する  
エネルギー回収システムの研究  
トリチウム高能率回収(安全)  
CO<sub>2</sub>ゼロ 水素製造(脱発電)  
材料研究  
Fusion X(NIFS内、外)をメンバーとする  
(軍需産業注意)

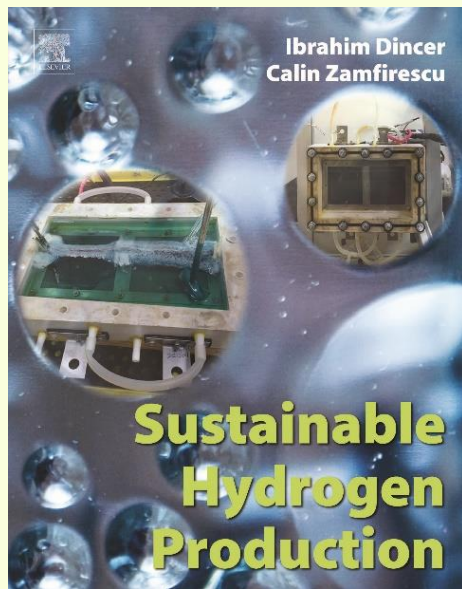
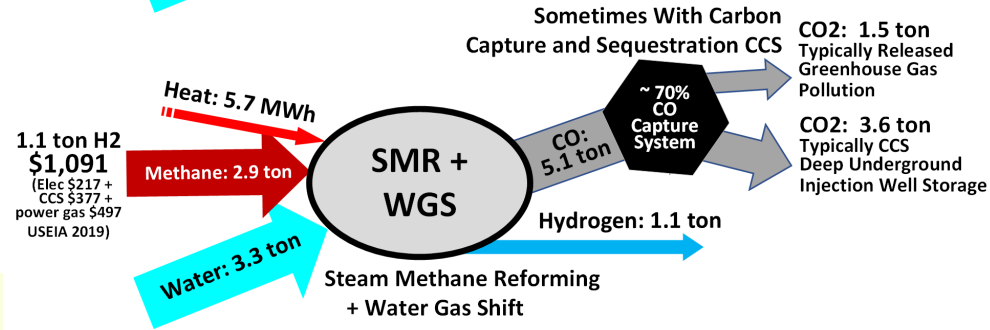
[1] Final Report of the Committee on a Strategic Plan for U.S. Burning Plasma Research (2019) National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine 2019. Washington, DC; The National Academies Press.  
<https://doi.org/10.17226/25331>.

[2] J.E. Menard, L. Bromberg, T. Brown, T. Burgess, D. Dix, L. El-Guebaly, T. Gerrity, et al., 2011, Prospects for pilot plants based on the tokamak, spherical tokamak and stellarator, *Nuclear Fusion* 51:103014.  
[3] R. Umstattd, Deputy Director for Commercialization ARPA-E (Acting), 2017, "Observations on Fusion Power Market Attractiveness," presented to the U.S. Magnetic Fusion Research Community Workshop, Austin, Texas, December 11.

# Fusion熱エネルギーでH<sub>2</sub>Oから水素製造(CO<sub>2</sub>ゼロ)

## 現行 水素製造

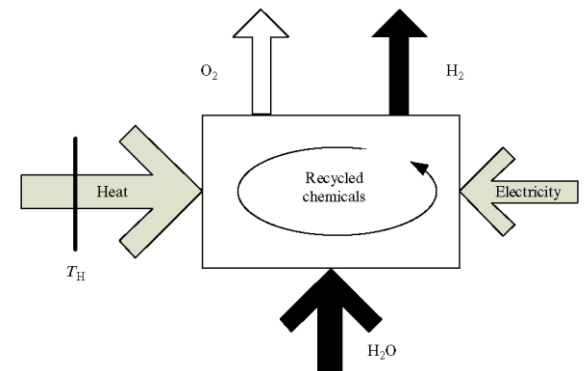
- ① SMR CO<sub>2</sub>排出<sup>[4]</sup>
  - ② 電気分解
- Fusion発電⇒電気分解 NP



## 王道 H<sub>2</sub>O⇒H<sub>2</sub>製造 ゼロCO<sub>2</sub> 「5,6,7」

- ① Sulfur-Iodine cycle (SIC) 実現性高  
850°C Fusionでは難しい
- ② Cupper-Chlorine-Cycle (CCC) 実現性は？  
530°C Fusionに適  
T<sub>out</sub> 630°C?程度必要であり材料も要研究

$$\eta = \frac{\dot{n}_{H_2} \cdot HHV}{\dot{Q}_{in} + \dot{W}_{el}}$$



[4] [https://en.wikipedia.org/wiki/Hydrogen\\_production](https://en.wikipedia.org/wiki/Hydrogen_production)

[5] X. Vitart et al., A general survey of the potential and the main issues associated with the sulfur-iodine thermochemical cycle for hydrogen production using nuclear heat, Progress in Nuclear Energy 50 (2008) 402-410.

[6] M. A. Rosen et al., Nuclear-based hydrogen production with a thermochemical copper-chlorine cycle and supercritical water reactor: equipment scale-up and process simulation, Int. J. Energy Res. 2012; 36:456-465.

[7] I. Dincer and C. Zamfirescu, Sustainable Hydrogen Production, Ch. 4, Elsevier 2016, ISBN: 978-0-12-801563-6.

# Fick's lawを越えた高能率トリチウム回収

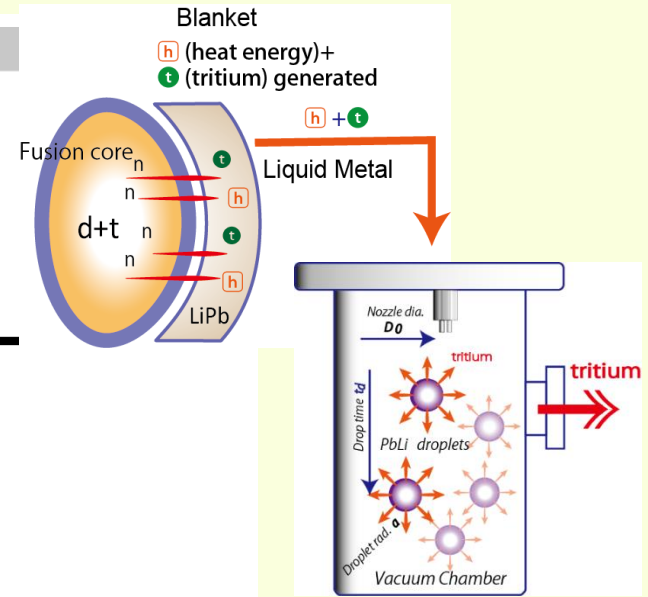
Fusion Engineering and Design xxx (xxxx) xxx-xxx



Contents lists available at ScienceDirect

## Fusion Engineering and Design

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/fusengdes](http://www.elsevier.com/locate/fusengdes)



### Tritium technologies and transport modelling: main outcomes from the European TBM Project

I. Ricapito<sup>a,\*</sup>, A. Aiello<sup>b</sup>, A. Bükki-Deme<sup>c</sup>, J. Galabert<sup>a</sup>, C. Moreno<sup>d</sup>, Y. Poitevin<sup>e</sup>, D. Radloff<sup>c</sup>, A. Rueda<sup>f</sup>, A. Tincani<sup>b</sup>, M. Utili<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Fusion for Energy, Carrer J. Pla 2, 08019, Barcelona, Spain

<sup>b</sup> ENEA, C.R. Brasimone, 40032, Camugnano, BO, Italy

<sup>c</sup> Karlsruhe Institute of Technology

<sup>d</sup> CIEMAT, Avenida Complutense 40

<sup>e</sup> Fusion for Energy, Route de Vinon

<sup>f</sup> Empresarios Agrupados, Calle Mag

Please cite this article as: Ricapito, I., Fusion Engineering and Design (2018), <https://doi.org/10.1016/j.fusengdes.2018.01.023>

and HCLL DEMO breeding blanket. They are:

- packed columns
- permeators against vacuum (PAV)
- vacuum sieve tray (VST)

PAV and VST are the technologies that should achieve high tritium extraction efficiency with a compact equipment and limited energy consumption.

However, it was a choice of the HCLL-TBS European design to select the packed column with He stripping gas doped with a percentage of H<sub>2</sub> (0.1%<sub>vol</sub>) as the reference technology for TEU. With this choice, priority has been given to the higher level of maturity of

- For the more innovative PAV and VST technologies, which show a higher potential for their use in a DEMO breeding blanket, it is needed to plan and execute in the short-medium term comprehensive tests of performance characterization and to progress in the design and manufacturing.

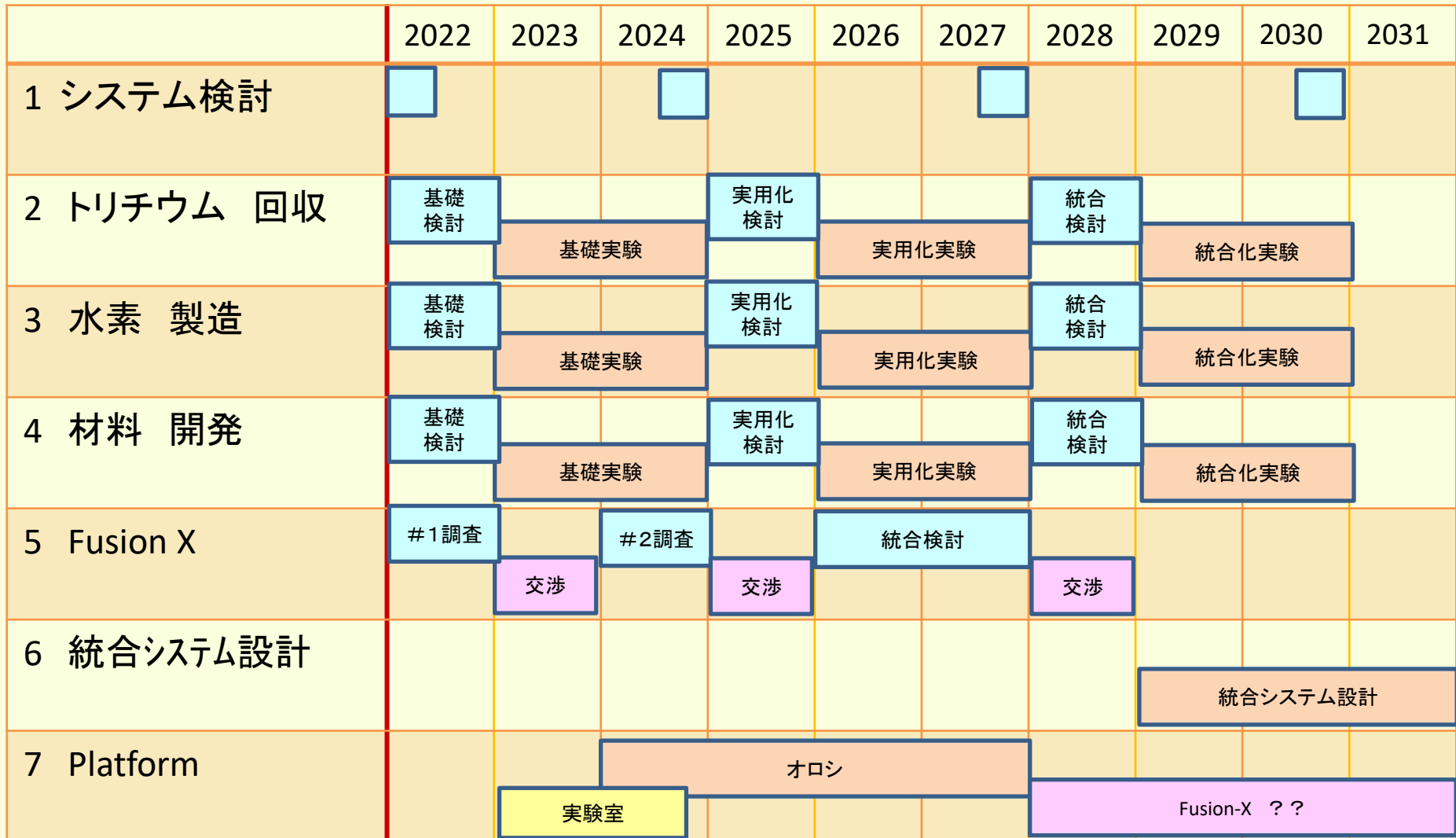
金メダルでないという意味がない 銅メダルではだめ  
オロシを使って金メダル

# UNITメンバー構成

	人員	NIFS	外部組織	その他
システム構成 実験	1~2			
Fusion X	(1~2)	NIFS内部メンバーとのコラボ望ましい		
材料	1~2	工業化学の知識経験を有する内外研究者の御参加、御支援をお願いします		
熱回収、水素製造	1~2			
トリチウム回収	1~2	システムとしてのトリチウム取扱研究は必須		
トリチウム取扱	1~2			

# 全体スケジュールとmile stone

FESAC Report 2040に同期するためには2030までに統合システムを完成させておく必要がある



検討
実験室
実験、測定
交渉

# 核融合ベンチャー企業が欧米で大流行中！

核融合発電の実用化を2030年に、コストはITERの1/20で

Princeton  
SYSTEMS



MITのスピナウト  
ビル・ゲイツが出資



tokamak  
energy

英国原子力公社  
のスピナウト



AGNI



Helion Energy

Googleが出資



CTFusion

COMPACT  
FUSION SYSTEMS

HORNE  
TECHNOLOGIES

tae  
TECHNOLOGIES

first

オックスフォード大学のスピナウト

COMPACT  
FUSION SYSTEMS

LPP FUSION

fuse



PEGASUS  
FUSION STRATEGIES

STRONG  
ATOMICS

ジェフ・ベゾスが出資

generalfusion®

しかし核融合トップ国の一つ  
日本には2019年まで1社も存在せず…

核融合と言えばトカマクとヘリカルぐらいかと思っていたが、びっくりするような自由構想の方式が多数、百花繚乱。  
実際に製作試験するところが偉い、学ぶべき



研究テーマ (10年後の目標を具現する表現であること)  
CarnotとFickを越えた熱とトリチウム回収の研究

核融合装置の最終目標  
熱エネルギーと燃料トリチウムの高能率かつ安定な回収

UNIT提案 SDGsと脱発電 ⇒ 高能率トリチウム回収、  
CO<sub>2</sub>ゼロ 水素製造

Carnot cycleとFickの法則、教科書理論を越えた回収と変換方式の研究  
材料研究 ターゲット明確化と共有化  
様々な技術の多角的研究により多彩な学術的成果を得る

上記研究で必要となる装置・研究環境 platform

第1ステップ NIFS所有のOroshi-2を母体として研究

第2ステップ Fusion X とのFull turn 結合試験 (軍需産業注意)



御清聴ありがとうございました、浅学の為 知識不足、  
間違い多数あることご容赦ください  
御批判、御指摘、御意見をお願いいたします