

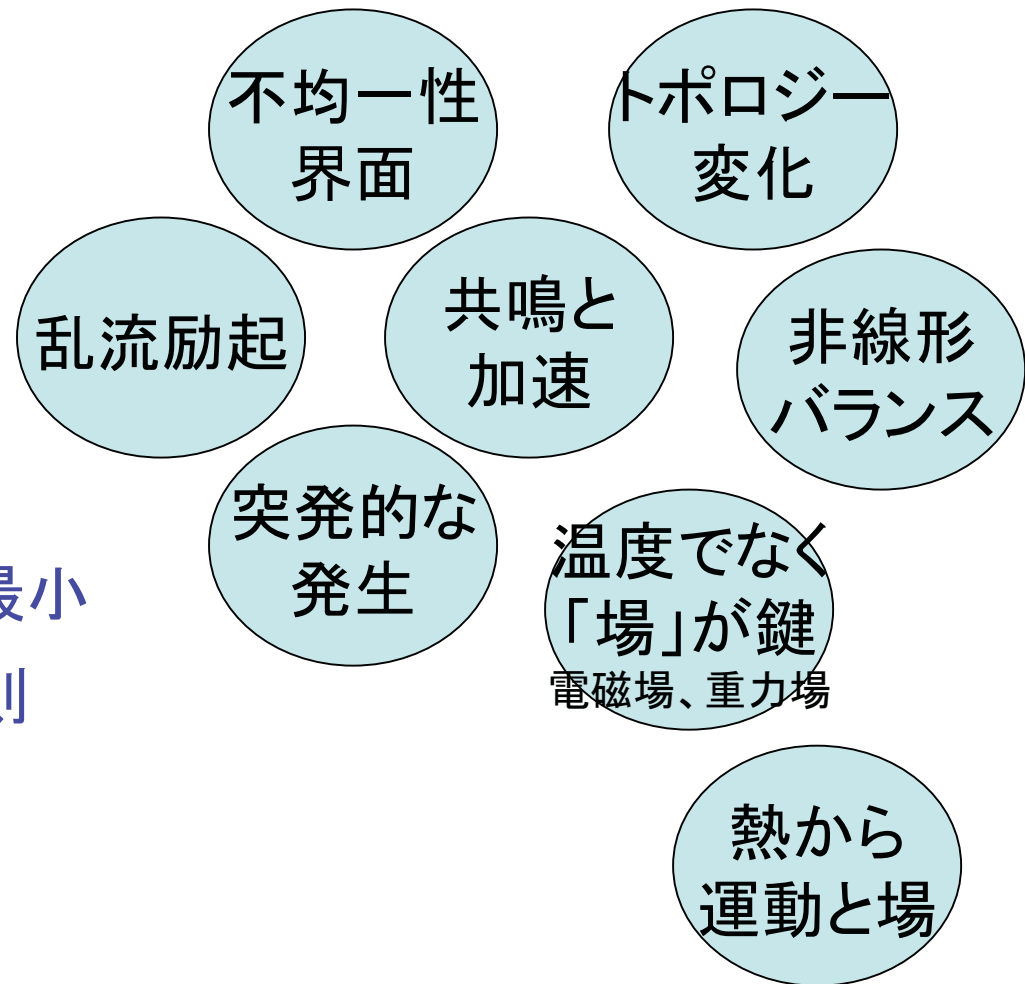
参考資料

0. 法則の抽出
1. プラズマ乱流研究の展開
2. 高エネルギー密度科学の展開
3. プラズマ科学と機能物質創成
4. 電磁波非平衡科学
5. 連携研究ネットワークによるシナジー
6. 国際連携
7. 日本学術会議の提言
8. 国際的連携と人材育成

法則の抽出

	熱平衡系
空間	均一
揺動	熱揺動 T
分配則	等分配 $k_B T$
緩和	分子粘性
選択則	自由エネルギー最小
遷移速度	アレニウスの法則
輸送	キュリーの原理

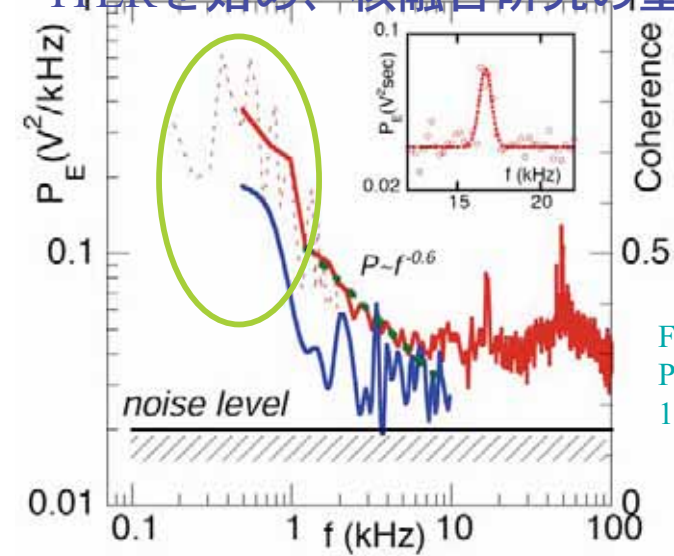
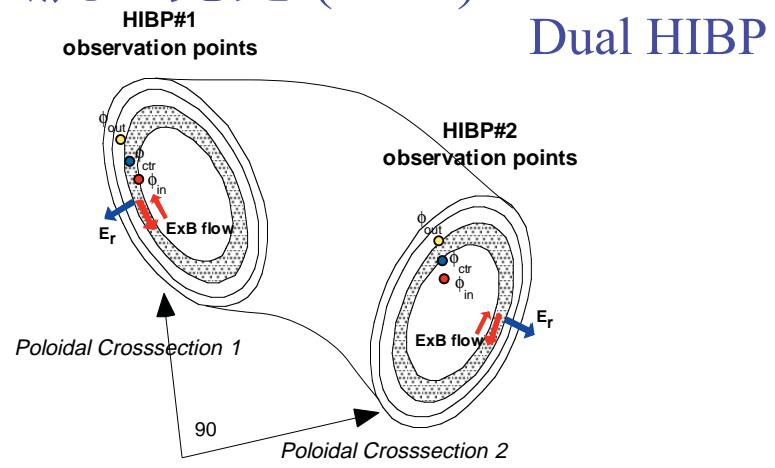
プラズマや非平衡系



1. 理論・シミュレーション実験の統合による プラズマ乱流研究の展開

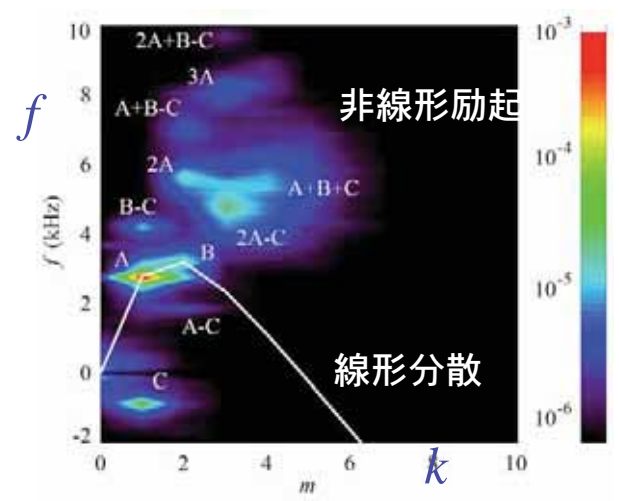
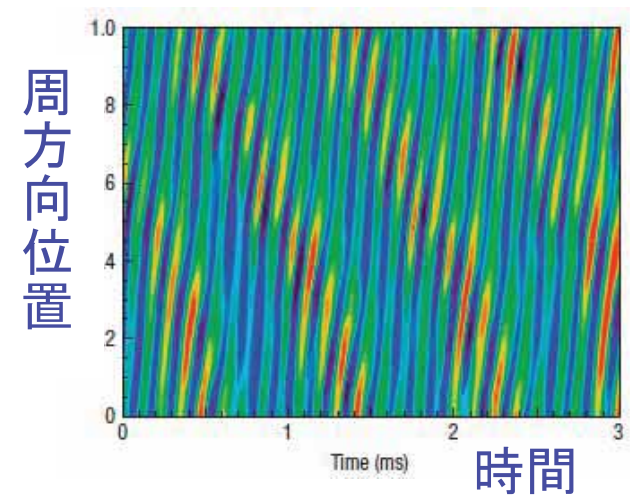
ITERを始め、核融合研究の重要な基盤

帯状流の発見 (CHS)



Fujisawa, et al.,
PRL 98
165002(2004)

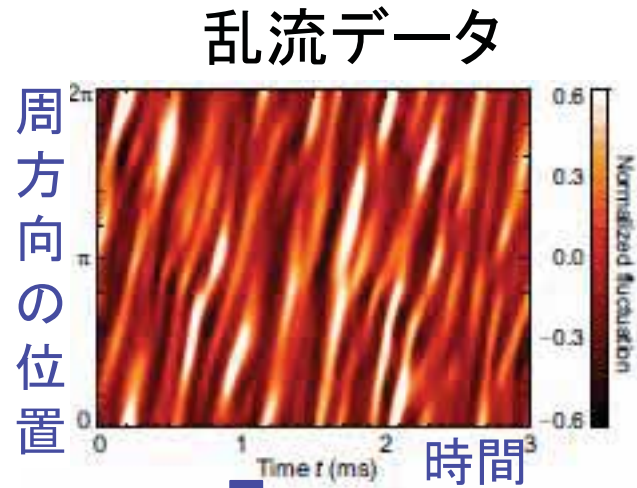
乱流の自己収束 (ストリーマー) の発見(LMD-U)



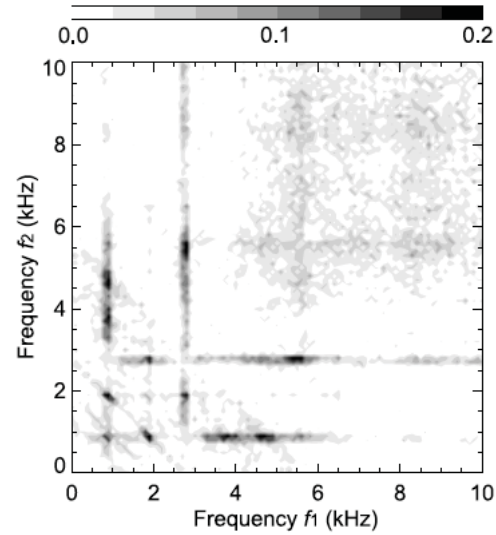
非線形結合状態
を実測

T. Yamada,
S.-I. Itoh, et al.:
Nature Phys. 4
(2008) 721

乱流の解剖 — 非線形結合の全貌計測 参考資料4

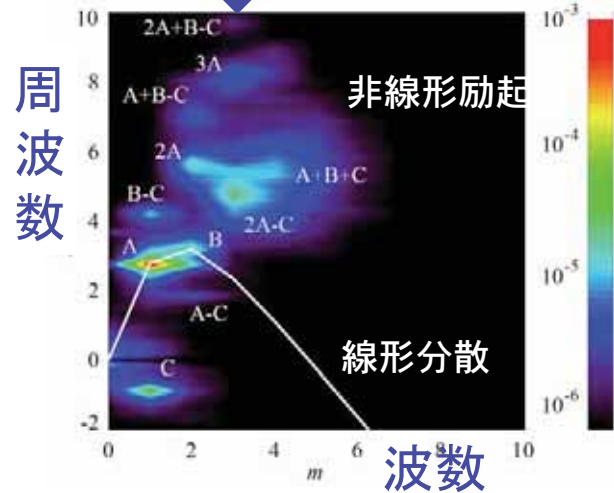


Plasma and Fusion Research 3 (2008) 044

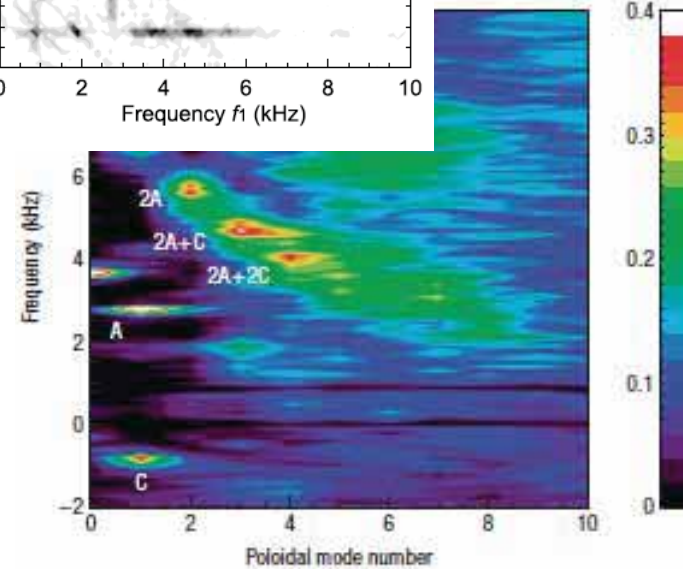


非線形結合
の全貌

分解



T. Yamada, S.-I. Itoh, et al.:
Nature Phys. 4 (2008) 721



本質的な効果の抽出と縮約

理論と選択則

プラズマ
乱流の
非線形方程式

$$\frac{\partial}{\partial t} \tilde{f} + \mathcal{L}^{(0)} \tilde{f} = \mathcal{N}(\tilde{f}) + \tilde{S}_{th}$$

Dressed-test mode Method
森理論 (射影演算子)

線形応答

コヒーレントな
非線形効果

乱流からの非コヒーレント
効果 (揺動力)

Stochastic equation: $\frac{d}{dt} X + \Lambda X = g w(t)$

確率的遷移

$$S(X) = \int^X 4\Lambda(X') g(X')^{-2} X' dX'$$

非線形減衰率 乱流を含む揺動力

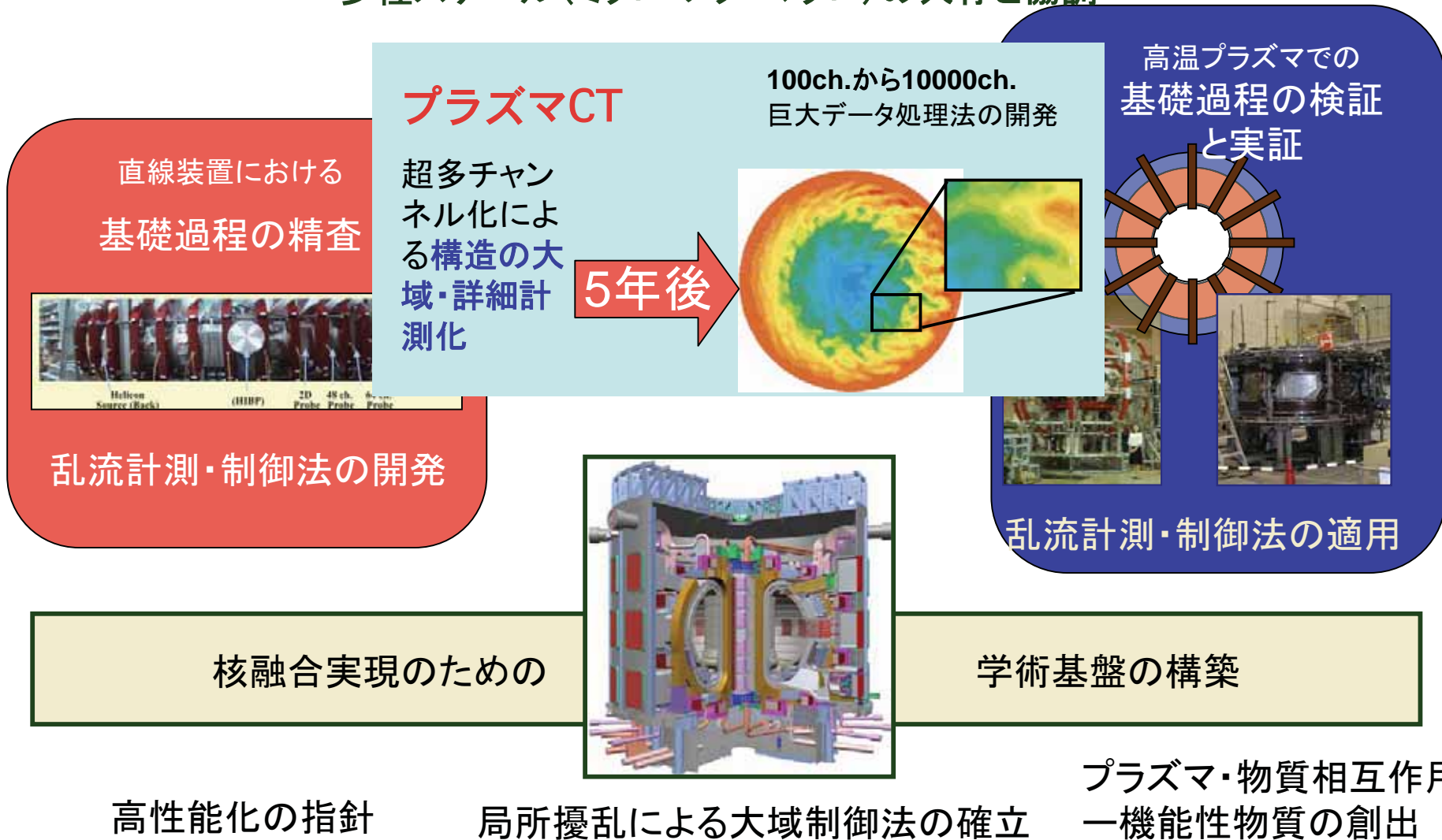
S.-. Itoh, et al.: J. Phys. Soc. Jpn. 74 (2005) 947 ;
75 (2006) 034501

非線形ポテンシャルと
遷移寿命・選択則

	Near thermal equilibrium	Far non-equilibrium turbulence
Selection rule	Minimum entropy production rate	$S(\mathcal{E})$ minimum
Transition rate	$\ln(K) \sim -\Delta Q/T$ Arrhenius law	$K \propto \exp\left(-S(\mathcal{E}_{\text{saddle}})\right)$

プラズマ乱流学

構造と乱れのダイナミクスの探求一大域・詳細構造探求
多種スケール(マイクロ・メゾ・マクロ)の共存と協調



高性能化の指針

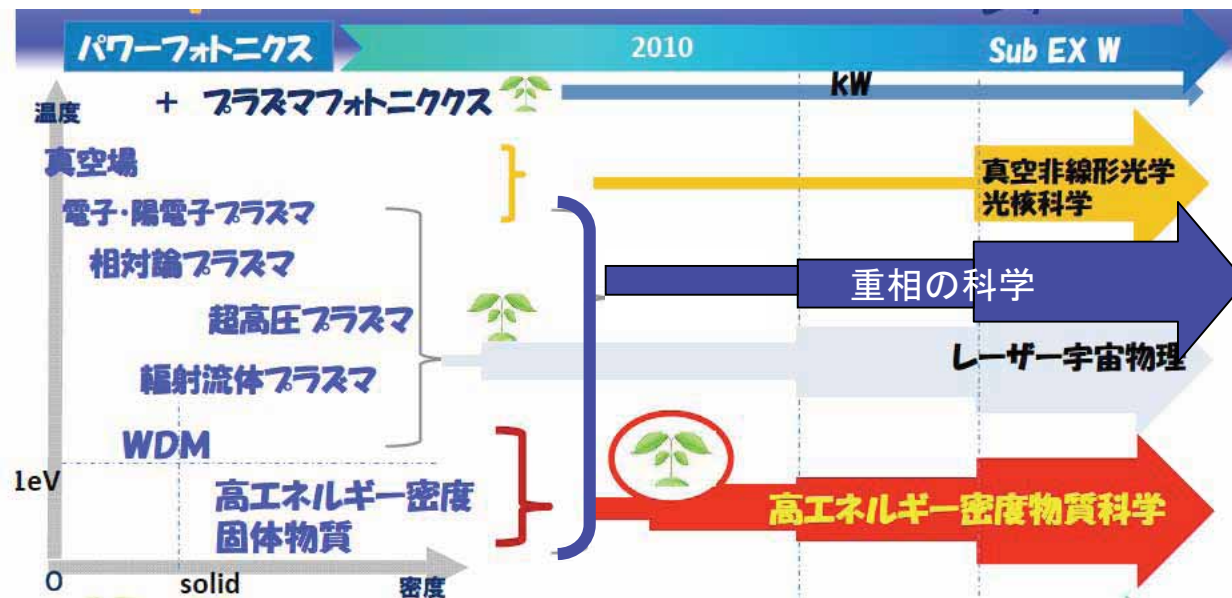
局所擾乱による大域制御法の確立

プラズマ・物質相互作用
一機能性物質の創出

2. 高エネルギー密度科学の展開

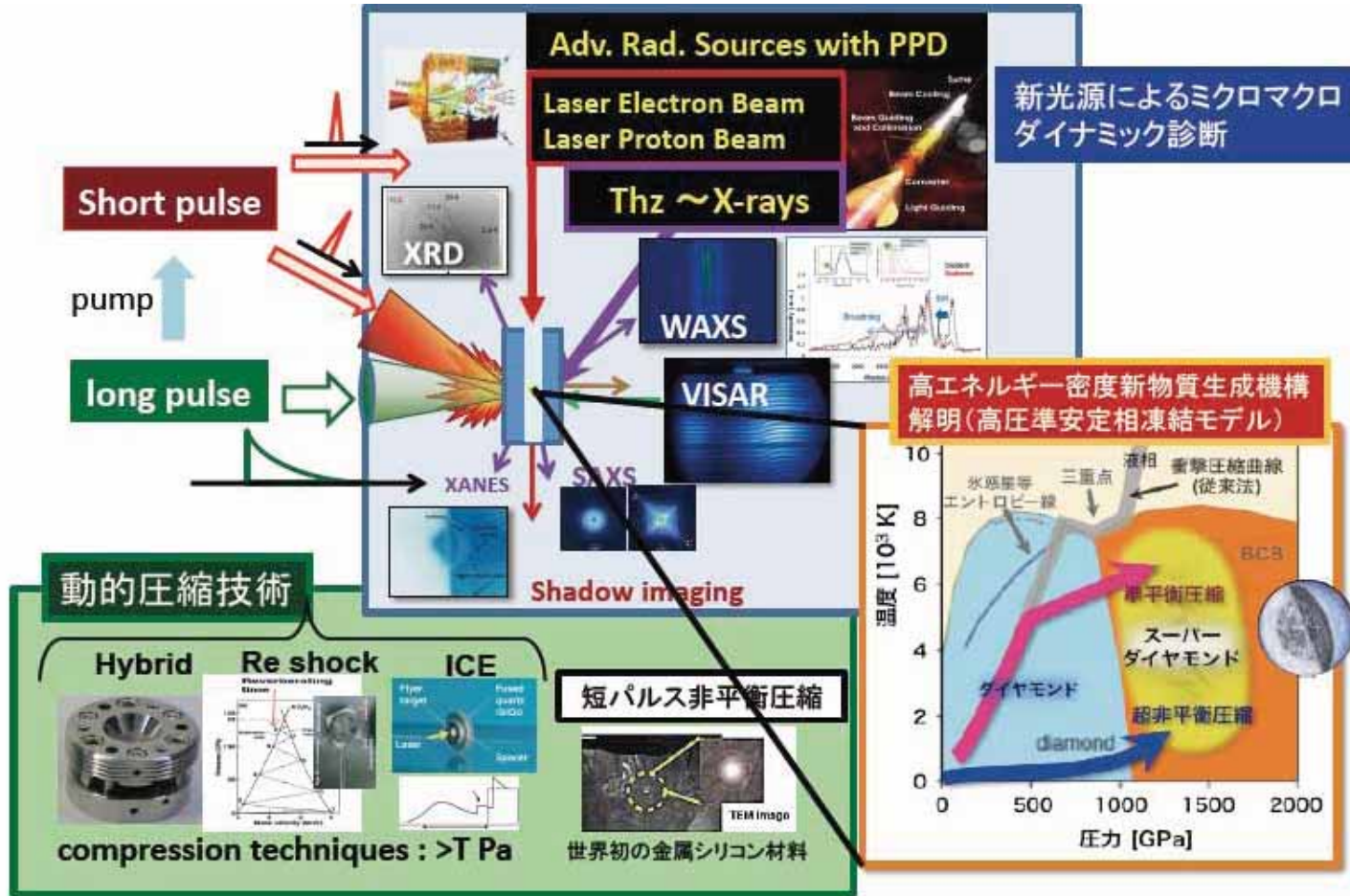
- ★ 強力なレーザー
- ★ 強い光を制御するプラズマフォトンクス
- ★ プラズマ物理

の発展により、高エネルギー密度科学が生まれ展開している。



重相(プラズマ・気体・液体・固体が共存)科学 } の推進
 高エネルギー密度物質科学

高エネルギー密度物質・材料科学の目標

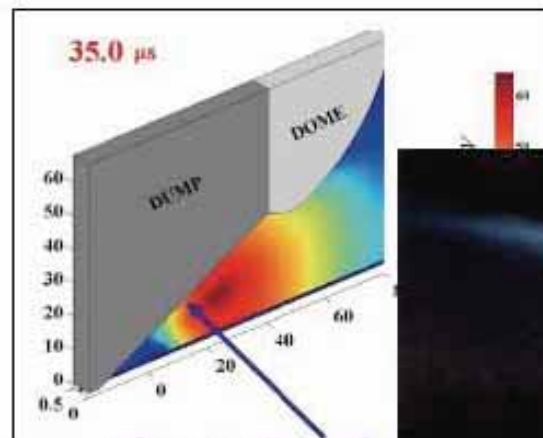
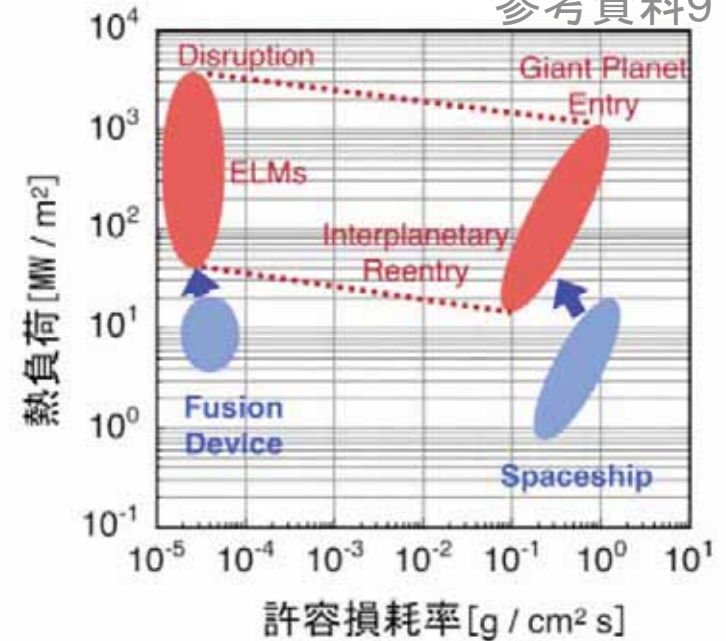


夢の金属：
固体金属水素
室温で超伝導
量子性固体の
原点

Kodama project

重相工学の目標

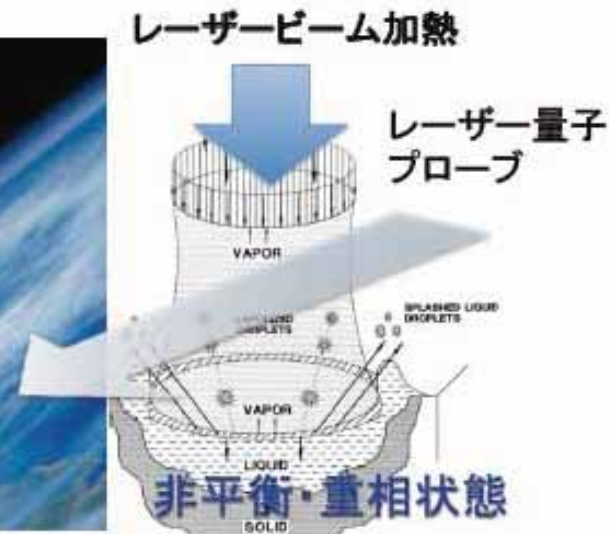
- 核融合炉、宇宙船等では、固体の損傷限界を超える負荷対応が要求される。
- レーザープラズマと高時間分解計測を実現し、極限環境研究のプラットフォームと体系的学術アプローチを構築。
- プラズマ蒸気ドーム等による材料高耐久化。



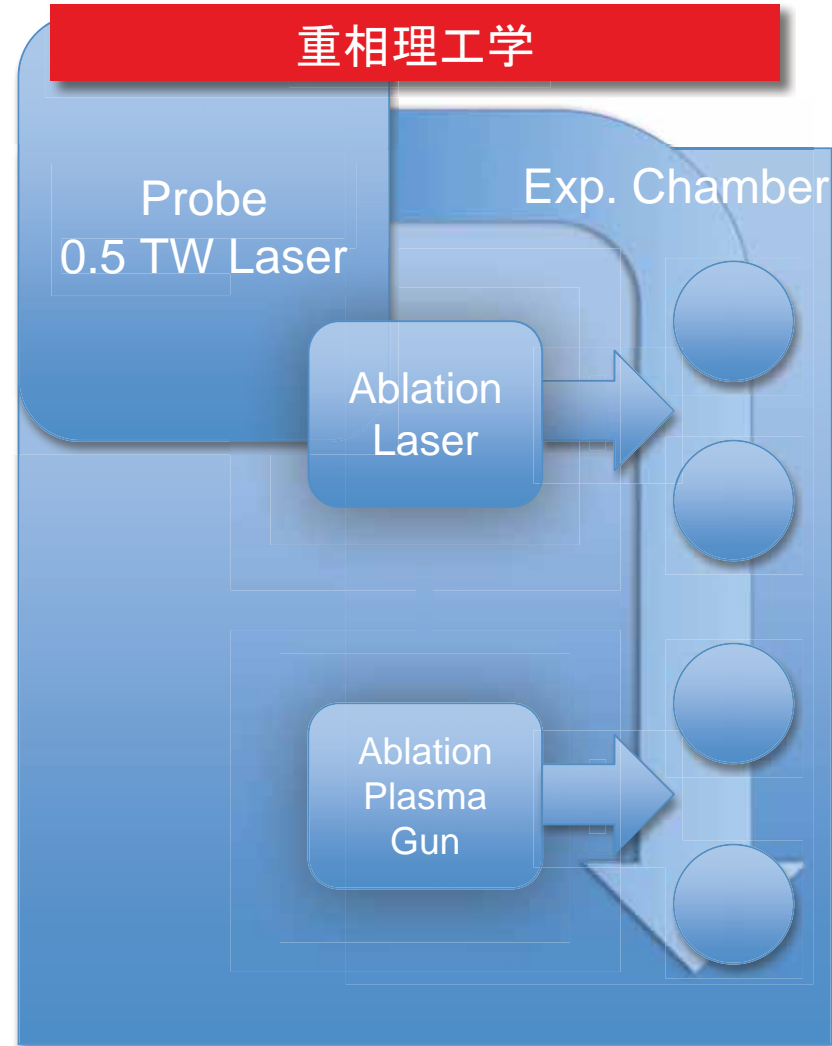
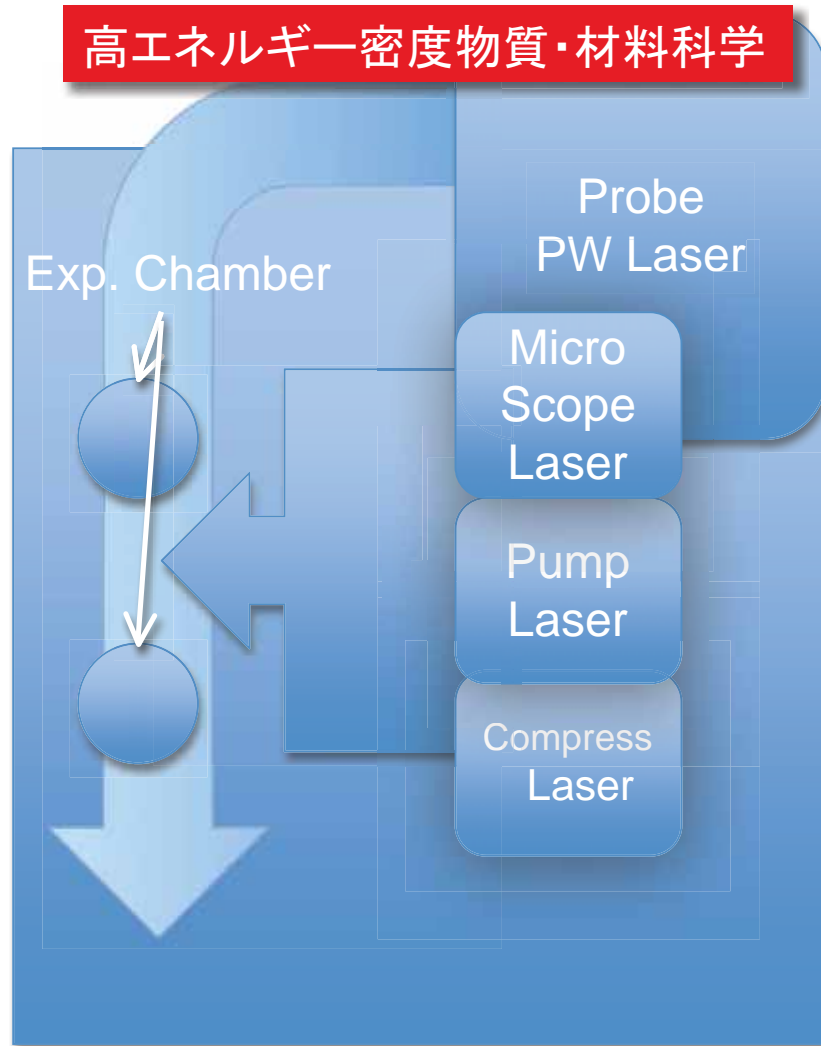
ダイバータ・炉壁環境



非平衡・重相状態



レーザーを使うプラズマ科学：実験装置システム



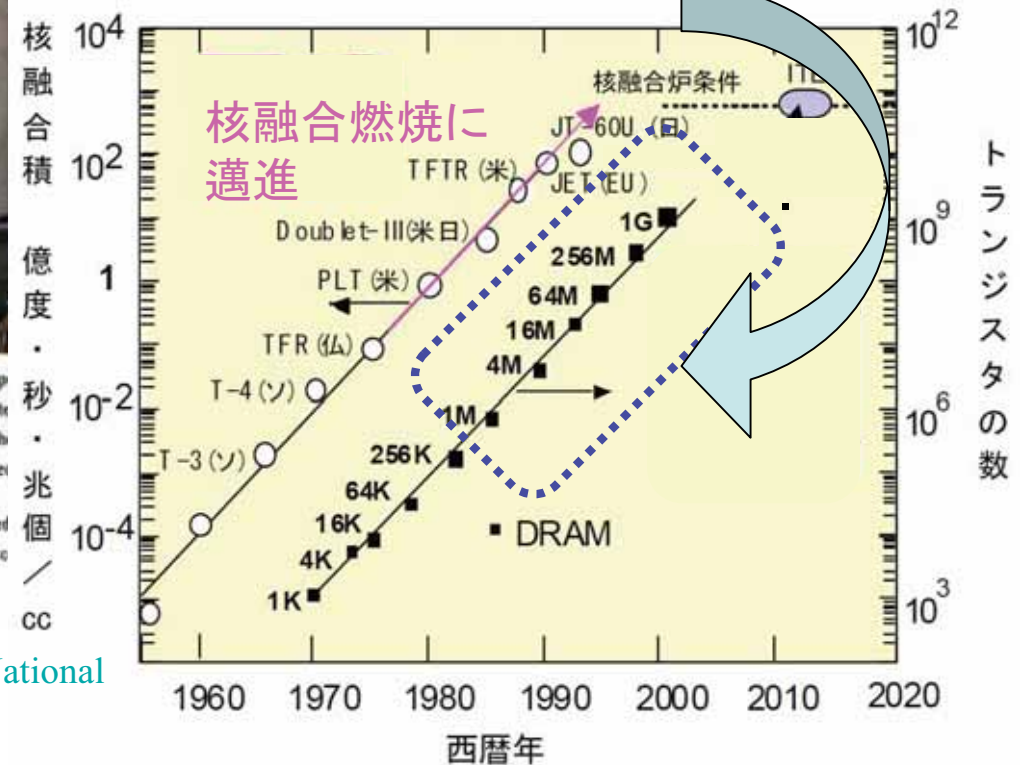
3. プラズマ科学と機能物質創成



プラズマとプラズマ科学に
支えられる生活

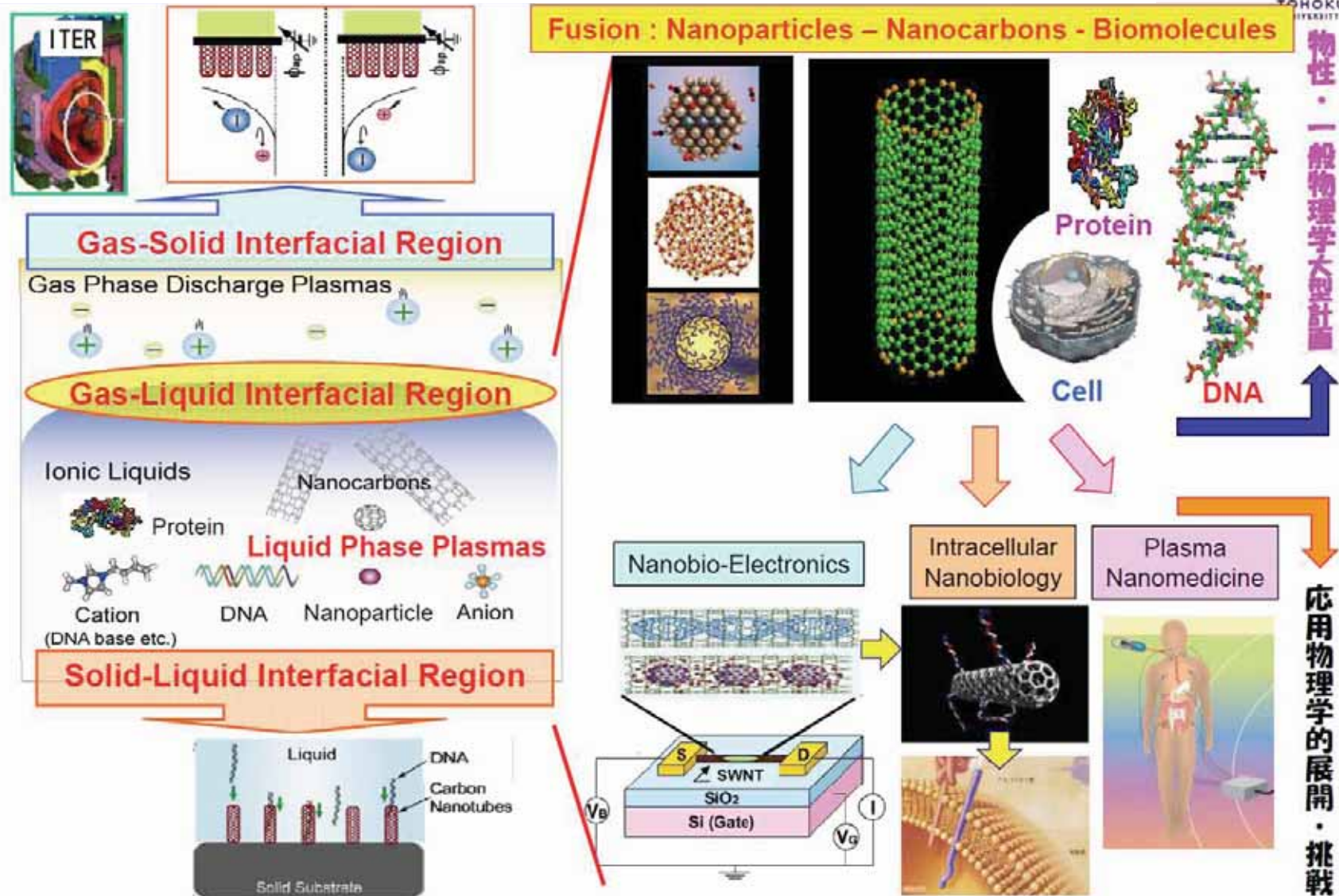
- | | | |
|--|--|------------------------------------|
| 01—Plasma TV | 09—Plasma-aided combustion | 16—Plasma-treated p |
| 02—Plasma-coated jet turbine blades | 10—Plasma muffler | 17—Plasma-treated te |
| 03—Plasma-manufactured LEDs in panel | 11—Plasma ozone water purification | 18—Plasma-treated h |
| 04—Diamondlike plasma CVD eyeglass coating | 12—Plasma-deposited LCD screen | 19—Plasma-deposited for containers |
| 05—Plasma ion-implanted artificial hip | 13—Plasma-deposited silicon for solar cells | 20—Plasma-sputtered |
| 06—Plasma laser-cut cloth | 14—Plasma-processed microelectronics | 21—Compact fluoresc |
| 07—Plasma HID headlamps | 15—Plasma-sterilization in pharmaceutical production | |
| 08—Plasma-produced H ₂ in fuel cell | | |

ITのMoore則を実現しているのはプラズマ技術



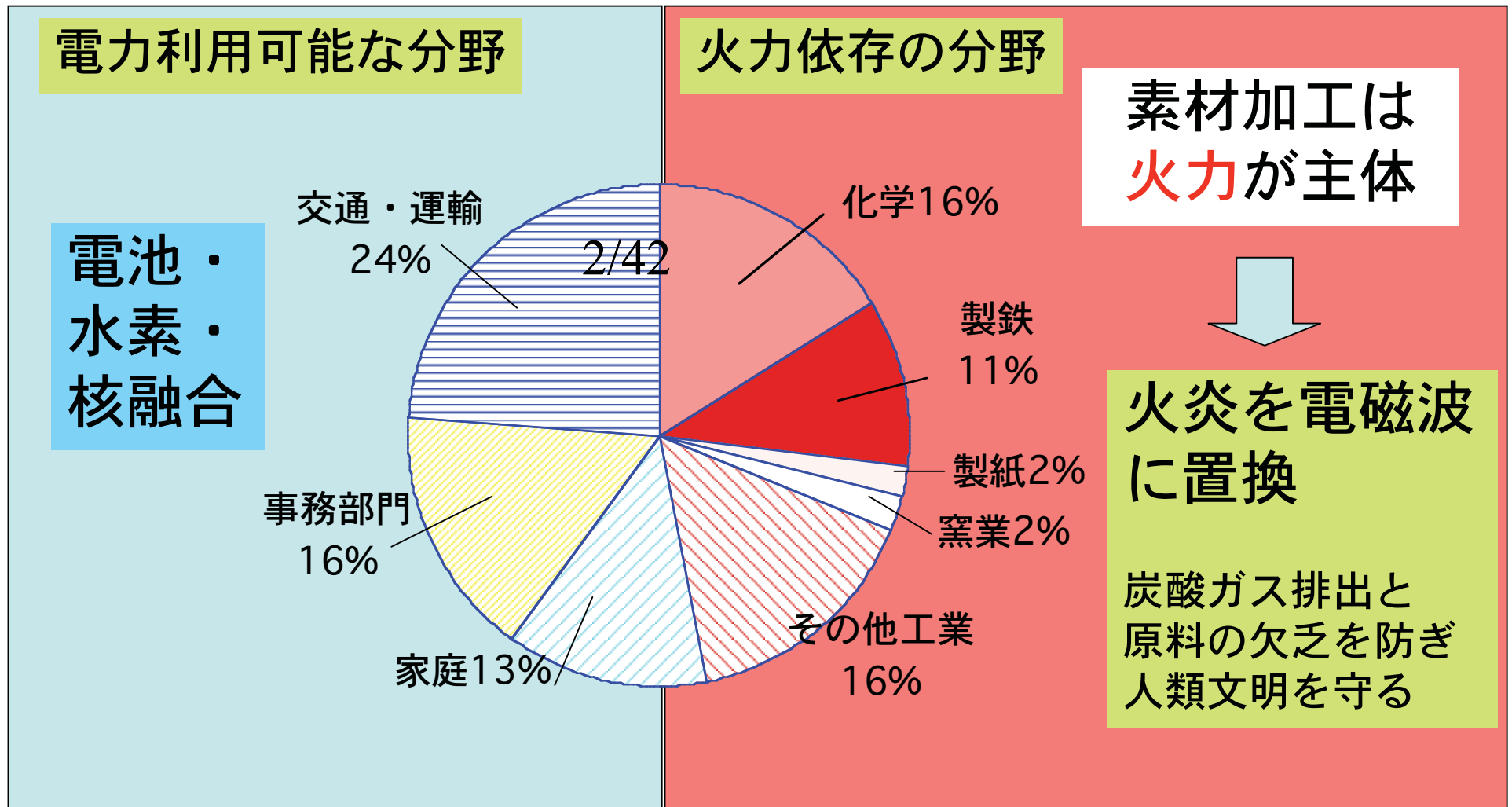
‘Plasma Science: Advancing Knowledge in the National Interest’ (US National Academies of Science, 2007)

気液界面プラズマの制御による ナノ・バイオプラズマ研究展開

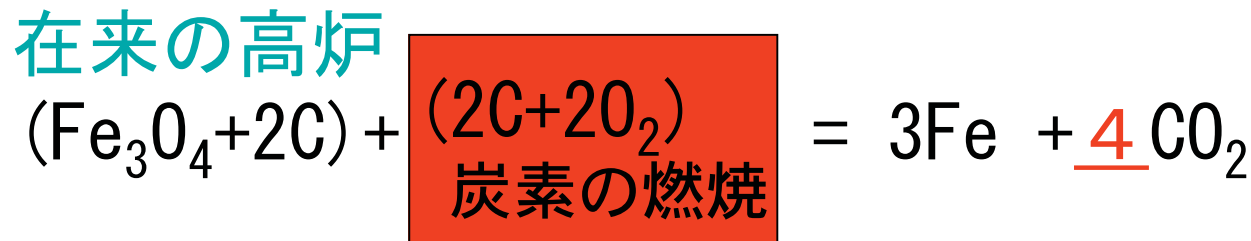


4. 電磁波非平衡科学

核融合・プラズマ関連科学による脱CO₂社会への先導

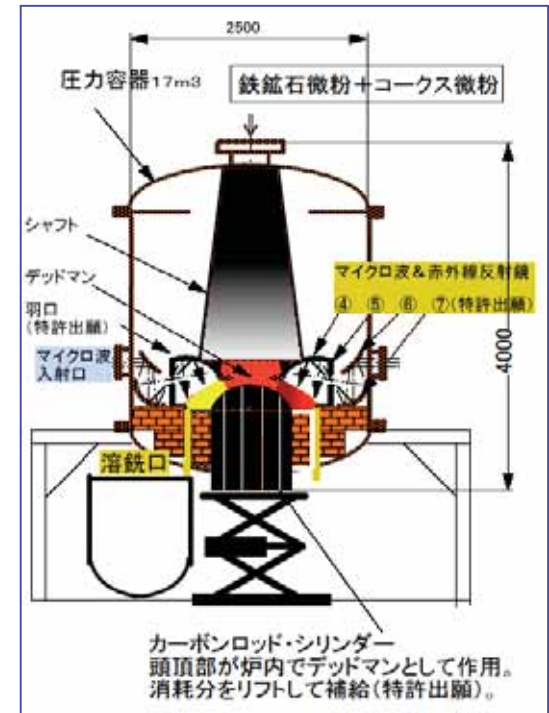


実例：高純度製鉄の炭素量を約1/2



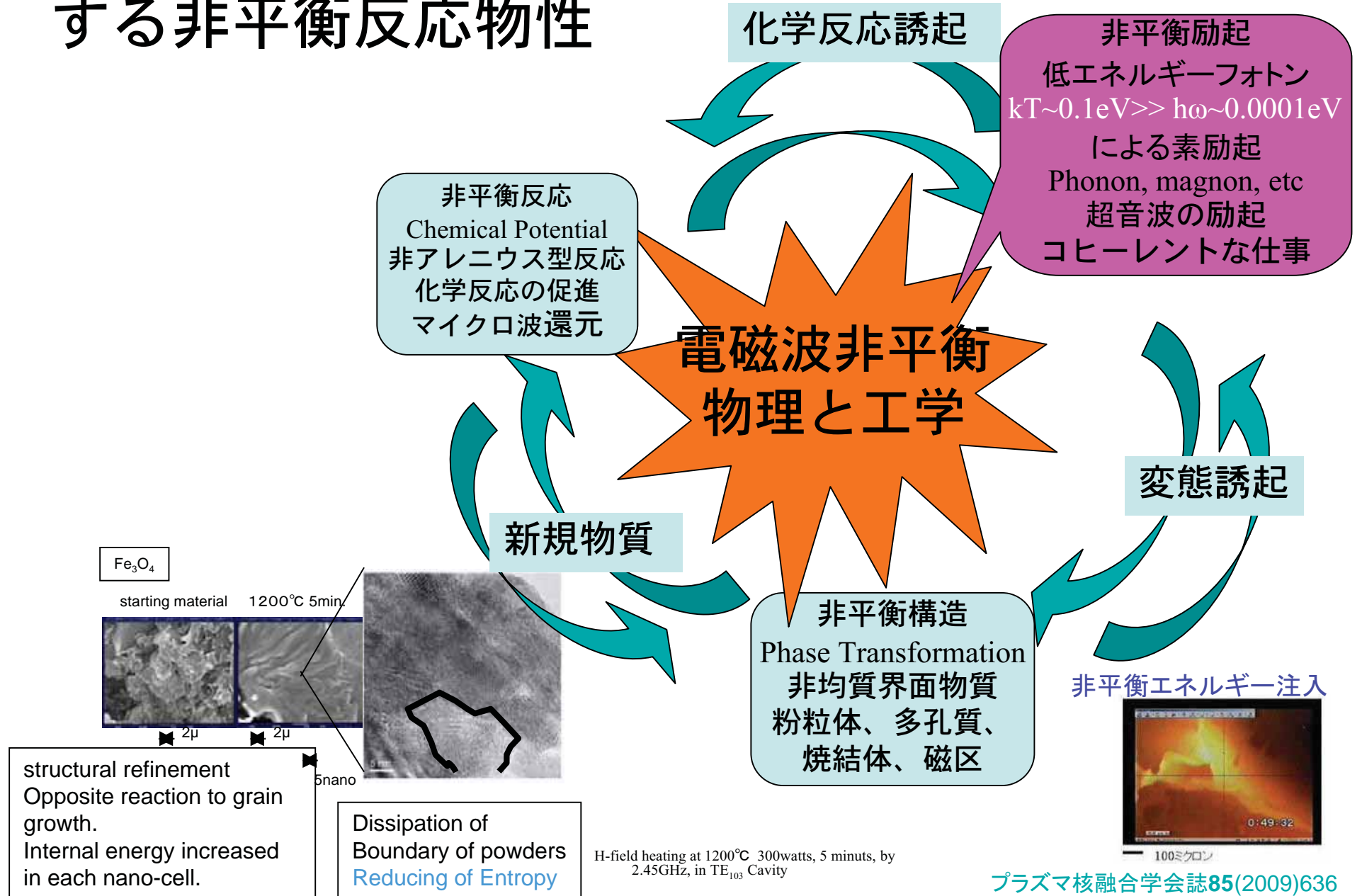
現在 ~ 10t/日
 検証中

マイクロ波高炉
 (100トン/日)設計

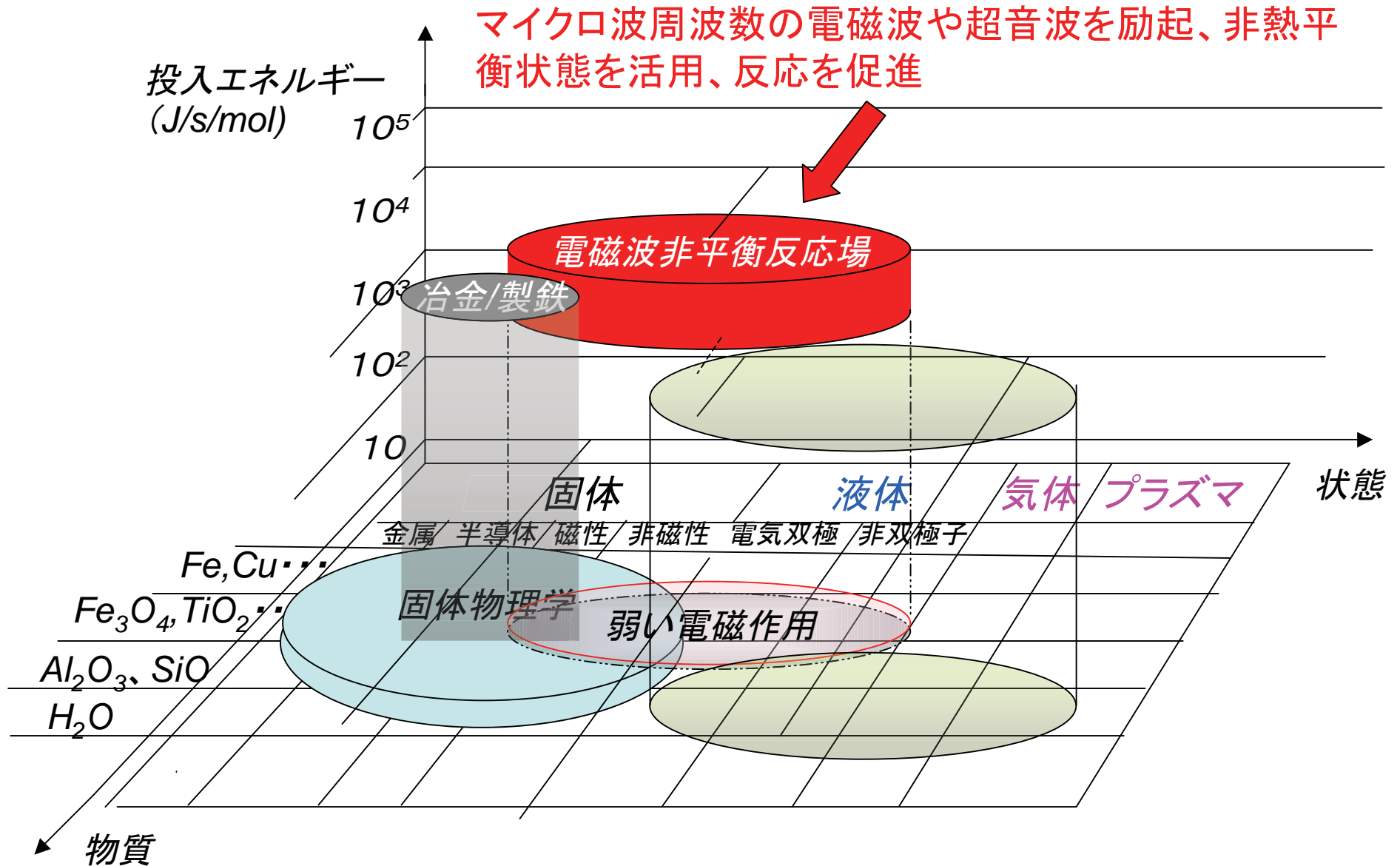


マイクロ波励起・高温非平衡反応場の科学
 文部科学省科学研究費 特定領域研究(H18-22)

電磁波 (GHz~THz)が励起する非平衡反応物性



電磁波非平衡反応の将来展望

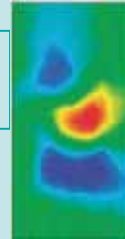


5. 連携研究ネットワークによるシナジー

磁化プラズマ

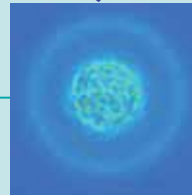
乱流場制御

乱流メソスケール構造



高エネルギー密度プラズマ

高速電子とメソスケール構造



ナノ・バイオプラズマ

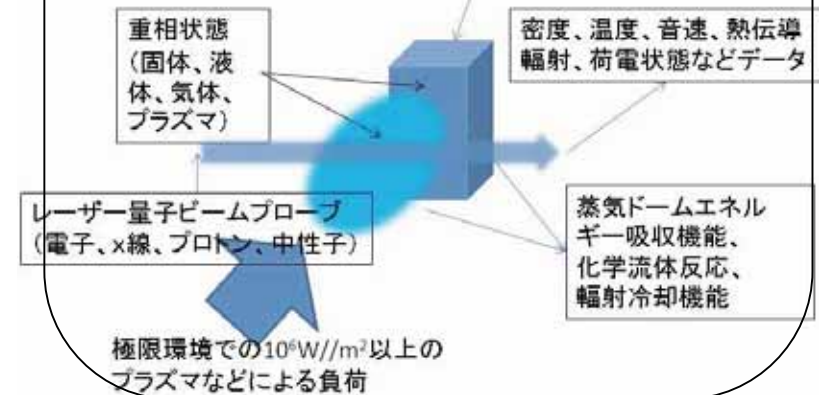
電場と気液界面の安定化
ナノ・バイオプラズマ制御

重相制御

ダイバーター設計
基準と材料の開発

重相概念、プラズマ壁
相互作用の精密研究

磁場核融合ダイバーター板、宇宙船外壁材料



核融合プラズマの実現を加速、先進プラズマ物理学の開拓

機能物質創成におけるシナジー

高エネルギー密度プラズマ

高強度レーザーによる
高エネルギー密度プラズマ



重相のダイナミクス：
動的圧縮

電場と気液界面の安定化
ナノ・バイオプラズマ制御

ナノ・バイオプラズマ

電磁波非平衡科学

電磁場と微粒子群の
非平衡ダイナミクス



新物質創成

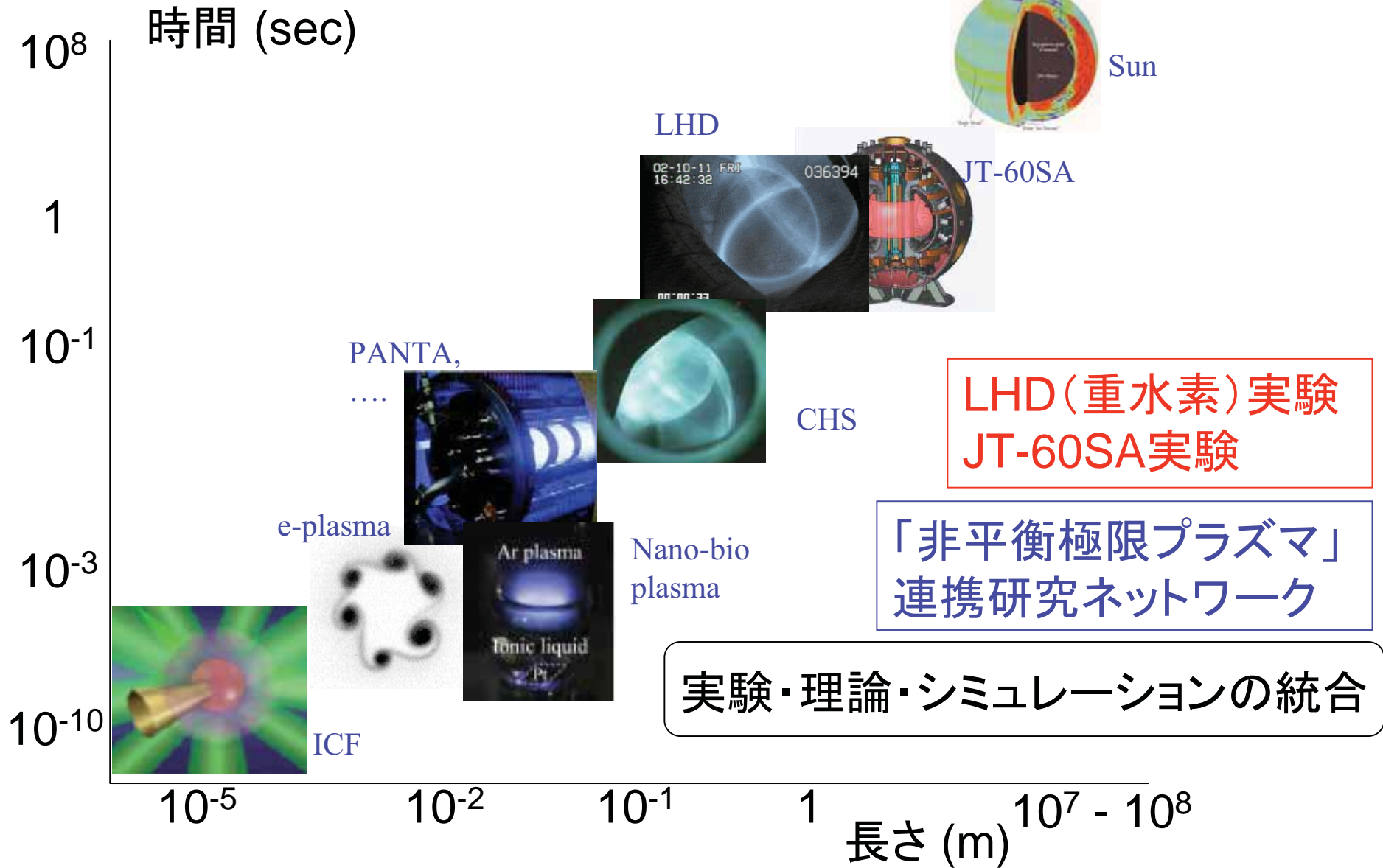
従来の凝縮系の研究
方法が、熱平衡系
近傍の科学に拠って
いた事から発展

阪大、NIFS……



プラズマ乱流研究のシナジー

プラズマの流転法則の総合的研究

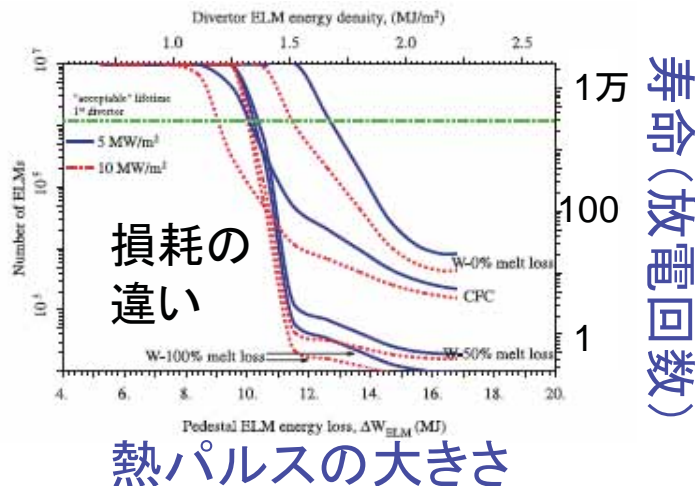


核融合実験炉へのインパクト

国際熱核融合
実験炉ITER

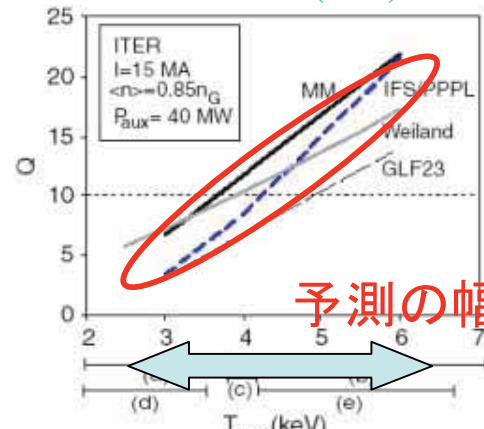


ダイバーターの
寿命評価の幅



Plasma Phys. Contr. Fusion 45 (2003) 1423

Nucl. Fusion 47 (2007) S1



エネルギー増倍率

熱障壁の高さ

予測の幅: 下方になった場合、
全体の実験期間が延び、成果
の遅れとコスト増加を起こす。

本連携研究ネットワークで取り
組む、乱流構造の解明と、固体
へのプラズマ熱衝撃の定量化
は、大型核融合装置の実験を
合理化するのに大きな寄与。

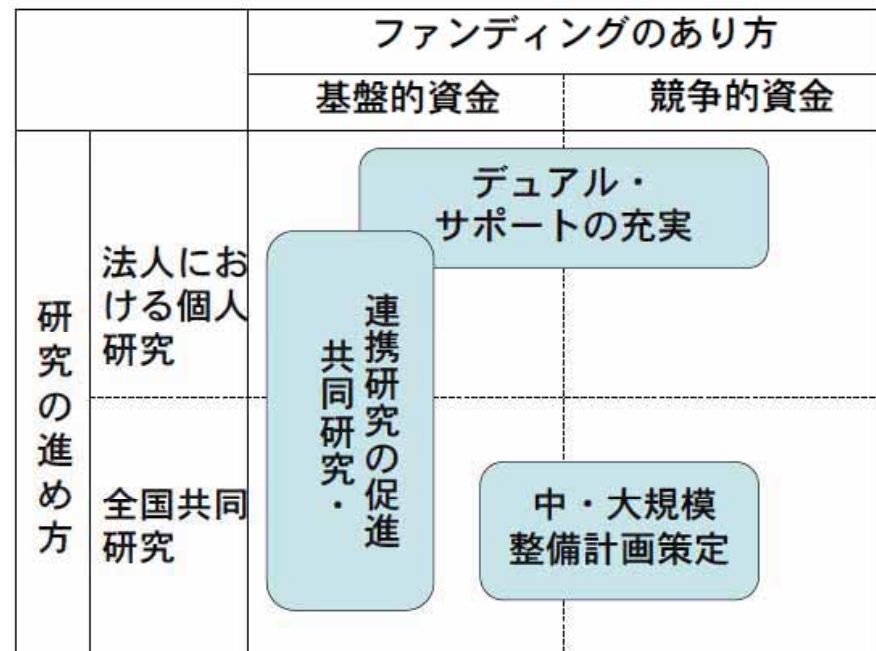
7. 日本学術会議の提言

提言 「物性物理学・一般物理学分野における学術研究の質と量の向上のために」 物・一物分科会（平成20年）

デュアル・サポート（基盤的経費と競争的資金）の充実

共同研究および連携研究を促進する新しい支援制度の構築

中・大規模研究施設の整備計画策定の仕組みの構築



「知の循環」の重要性

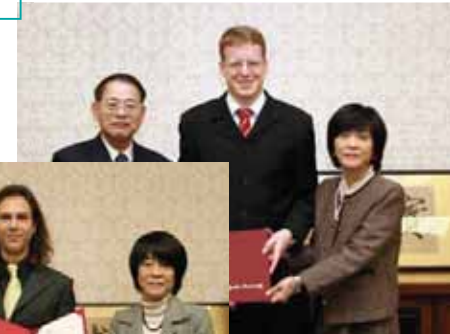
8. 国際的連携と人材育成

国際的なキャリアパス



伊藤賞授与

ヨーロッパ物理学会での
優秀な学生の発表に





国際共同研究の場を利用した若手リーダーの育成 (世界の舞台で実践教育)



IC-HEDS: International Consortium for High Energy Density Science
JSPS: Japan Society for the Promotion of Science

