

「エネルギー機器の安全・信頼性・効率向上」技術ロードマップ

1. エネルギー機器の定義

超高温・超高压・環境劣化 などの条件で使用される機器

2. ニーズ側(産業界)視点とシーズ側(大学)視点のスコープ全体像が見える化

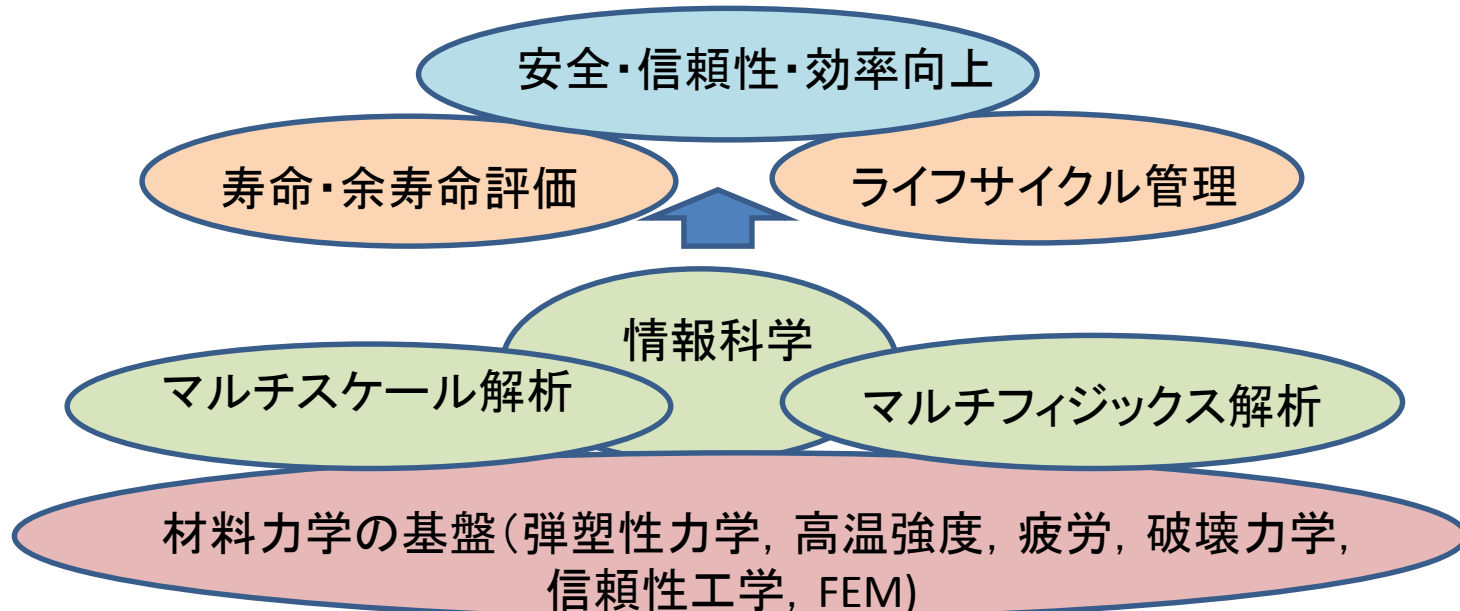
3. 産業界のニーズ エネルギー機器の安全・信頼性・効率向上(高温・高压化)・低環境負荷

4. 材料力学研究のシーズ

(1) サイズ・スケールの視点---材料科学(ミクロ), 機器・構造(マクロ)

(2) 手法の視点-----実験, 微視観察, 計測, シミュレーション

(3) アプローチの視点-----ハード・ソフト(情報科学など)



ニーズとシーズの関係

研究アプローチ 機器 & ニーズ		マルチスケール (観察・シミュレーション)	マルチフィジックス (連成)	情報科学 (データベース)	寿命・余寿命評価 (損傷・モニタリング・非破壊検査)	ライフサイクル管理 (リスク評価・損傷許容・確率)
火力 (汽力)	安全	○材料劣化機構	◎地震	◎シミュレーションと保守DBの統合	○材料劣化予測・使用限界	○損傷予測・許容限界
	信頼性	◎材料劣化予測	◎材料劣化機構	◎監視・検査DBの活用	◎長時間予測 ◎状態監視技術	◎損傷予測・損傷許容 ◎確率論的評価 ◎リスク評価
	性能		◎連成解析(熱, 流体, 構造)	◎耐熱材料開発 ◎耐熱設計		
火力 (ガスタービン)	安全	○材料劣化機構	◎地震	◎シミュレーションと保守DBの統合	○材料劣化予測・使用限界	○損傷予測・許容限界
	信頼性	◎材料劣化予測	◎材料劣化機構	◎監視・検査DBの活用	◎長時間予測 ◎状態監視技術	◎損傷予測・損傷許容 ◎確率論的評価 ◎リスク評価
	性能		◎連成解析(熱, 流体, 構造)	◎耐熱材料開発 ◎耐熱設計		
原子力 (安全・限界荷重)	安全	◎材料劣化機構	◎地震・限界荷重 ◎連成解析(熱, 流体, 構造)	◎損傷事例DB ◎シミュレーション・モニタリング・大規模データ解析の組み合わせ		
	信頼性	◎材料劣化予測	◎破壊駆動力 ◎LRFD法・破損確率 ○荷重・強度一貫評価	◎損傷事例DB ◎トータルマネジメントシステム(人・組織を含むシステム)	◎モニタリング検査と解析評価の連携	◎リスクベース手法
	性能					
燃料電池(SOFC)	安全	◎材料劣化機構			○材料劣化予測・使用限界	
	信頼性	◎材料劣化予測	◎寿命予測			
	性能		◎連成解析(電気-熱-反応) ◎焼結解析			
エンジン (ロケットエンジンなど)	安全		◎極限荷重評価			
	信頼性	◎材料劣化機構	◎超高温極低温			
	性能		◎連成解析(熱, 流体, 材料)			

ニーズとシーズの具体例

ニーズ 研究アプローチ	火力 (蒸気)	火力 (ガス)	原子力 (安全・限界荷重)	燃料電池 (SOFC)	エンジン (ロケットエンジン など)
マルチスケール 観察技術 結晶塑性 転位動力学 分子動力学	<ul style="list-style-type: none"> 材料劣化メカニズム解明(クリープ) 余寿命予測技術(クリープ損傷) 	<ul style="list-style-type: none"> 材料劣化メカニズム解明(単結晶・一方向凝固合金、コーティング) 余寿命予測技術(クリープ・疲労) 	<ul style="list-style-type: none"> 中性子照射脆化メカニズム解明 熱脆化メカニズム解明 SCC発生メカニズム解明 環境疲労劣化メカニズム解明 	<ul style="list-style-type: none"> 材料劣化メカニズム解明(組織変化) 余寿命予測技術(発電能力) 	
マルチフィジックス 連成(流体・伝熱・振動) 荷重(自然現象など) 製造プロセス	<ul style="list-style-type: none"> 熱-流体-構造の連成解析 限界状態評価 損傷許容限界評価 	<ul style="list-style-type: none"> 熱-流体-構造の連成解析 限界状態評価 許容限界評価 	<ul style="list-style-type: none"> 熱-流体-構造連成解析(熱疲労劣化予測, 減肉予測) 地盤-建屋-機器構造連成解析(地震限界荷重・耐震強度予測) 事故時の強度評価技術 SCC、疲労劣化低減(製造・表面改質) 	<ul style="list-style-type: none"> 焼結解析(製造) 材料劣化(組織変化)解析 電気-構造-反応解析 	<ul style="list-style-type: none"> 極限荷重評価技術(超高温、極低温等) 熱-流体-構造連成解析
情報科学 データベース	<ul style="list-style-type: none"> 材料データベースと保守管理データベースの融合 統合最適設計 	<ul style="list-style-type: none"> 材料データベースと保守管理データベースの融合 統合最適設計 	<ul style="list-style-type: none"> 材料データベースの構築 損傷事例データベースの活用 保全データベースの活用 情報共有化 		
寿命・余寿命評価 損傷予測 モニタリング 非破壊検査	<ul style="list-style-type: none"> 材料劣化メカニズム解明(クリープ) 余寿命予測技術(クリープ損傷) 状態監視技術 保守管理DB活用による損傷予測 	<ul style="list-style-type: none"> 材料劣化メカニズム解明(クリープ・疲労) 余寿命予測技術(クリープ・疲労) 状態監視技術 保守管理DB活用による損傷予測 	<ul style="list-style-type: none"> 中性子照射脆化予測、熱脆化予測 SCC・疲労き裂発生・進展予測 疲労モニタリング プラント状態監視技術(状態監視保全) 非破壊検査技術の高度化 	<ul style="list-style-type: none"> 材料劣化メカニズム解明・使用限界(組織変化、発電能力) 	
ライフサイクル管理 リスクベース 損傷許容 確率(損傷・稼働率)	<ul style="list-style-type: none"> 限界状態評価 確率論的評価 リスク評価 	<ul style="list-style-type: none"> 限界状態評価 確率論的評価 リスク評価 	<ul style="list-style-type: none"> 廃炉関連技術 保全最適化技術 維持規格高度化 欠陥許容基準 リスク評価技術の活用 		



汽力発電プラントのロードマップ

高効率化, 低環境負荷

熱効率(%)

+10

+5

ベース

THERMIEプロジェクト(1998~2014, 欧州): 350~400bar, 700~720°Cを目指したプロジェクト, Ni合金を採用

700°C級
A-USC

650°C級

P:25MPa
T:600/610°C
C:1050MW

P:31MPa
T:566/566/566°C
C:700MW

P:24.1MPa
T:593/593°C
C:700MW

P:24.1MPa
T:566/593°C
C:600MW

P:24.1MPa
T:538/566°C
C:1000MW

P:16.6MPa
T:566/538°C
C:375MW

P:12.5MPa
T:538/538°C

安全・信頼性評価技術

ライフサイクル管理

寿命・余寿命評価

マルチスケール解析技術

マルチフィジックス解析技術

情報科学

センシング技術・ICT

耐熱材料開発

- ・フェライト系高Cr鋼改良材
- ・オーステナイト系鋼
- ・耐熱合金

設計

- ・耐熱設計
- ・耐クリープ・熱疲労設計
- ・機能・信頼性総合最適化

寿命評価・保守管理

- ・劣化・損傷機構解明
- ・寿命予測・寿命延伸
- ・リスク評価, LC評価
- ・モニタリング・運転支援

1970年 1980年 1990年 2000年 2010年 2020年 2030年

高効率CC発電プラントのロードマップ

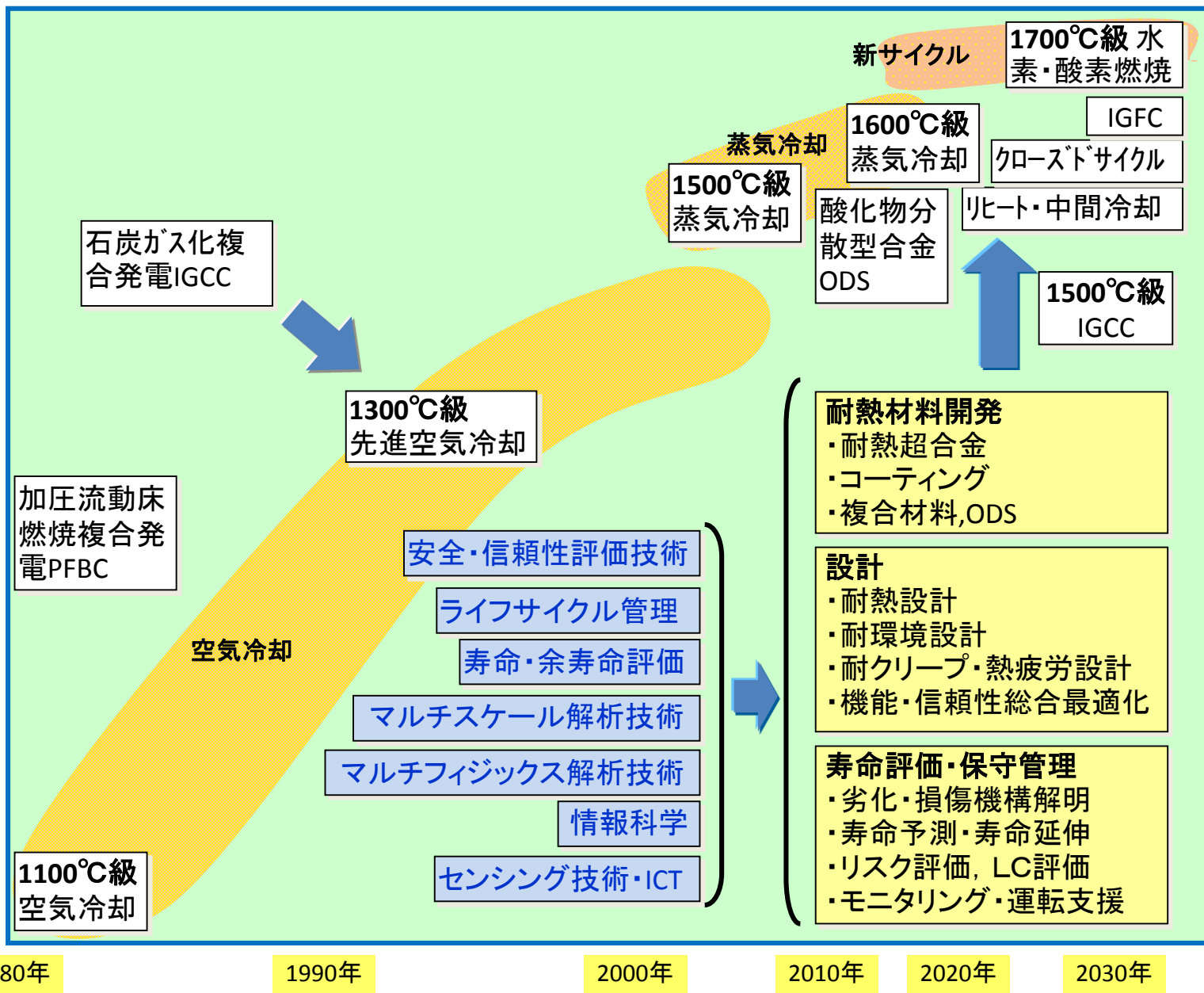
高効率化, 低環境負荷

熱効率(%)

+10

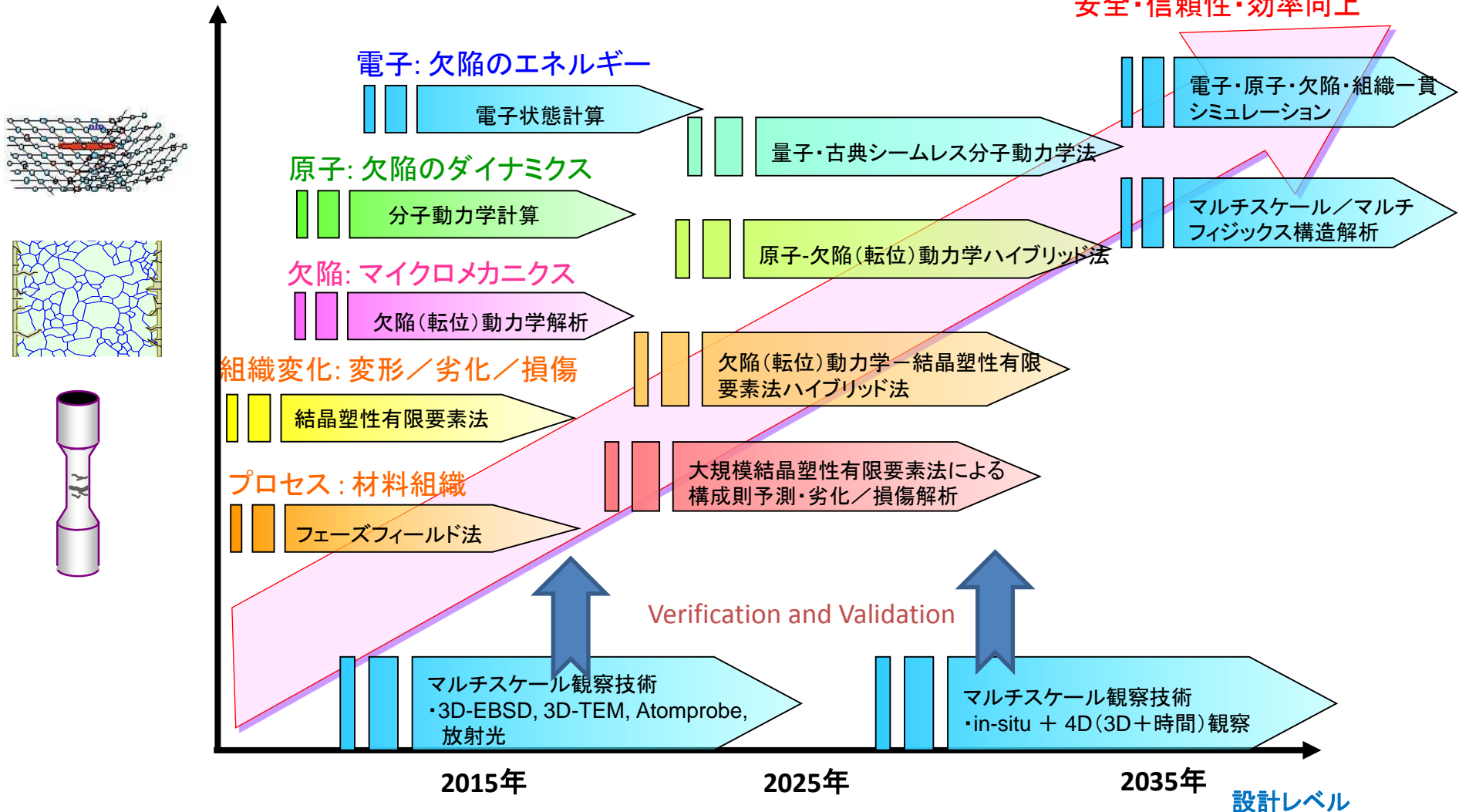
+5

ベース



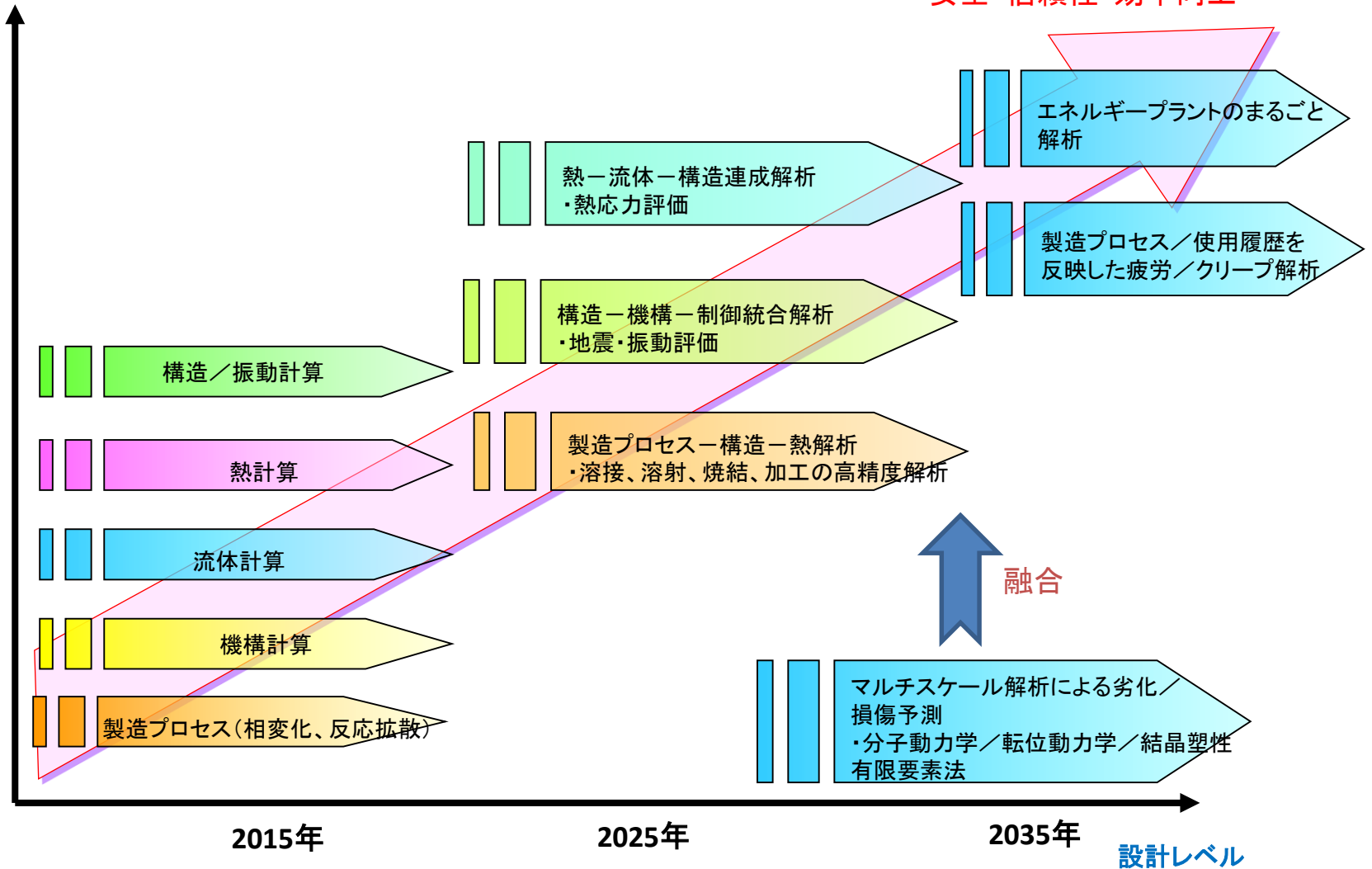
マルチスケール解析のロードマップ

エネルギー機器の
安全・信頼性・効率向上



マルチフィジックス解析のロードマップ

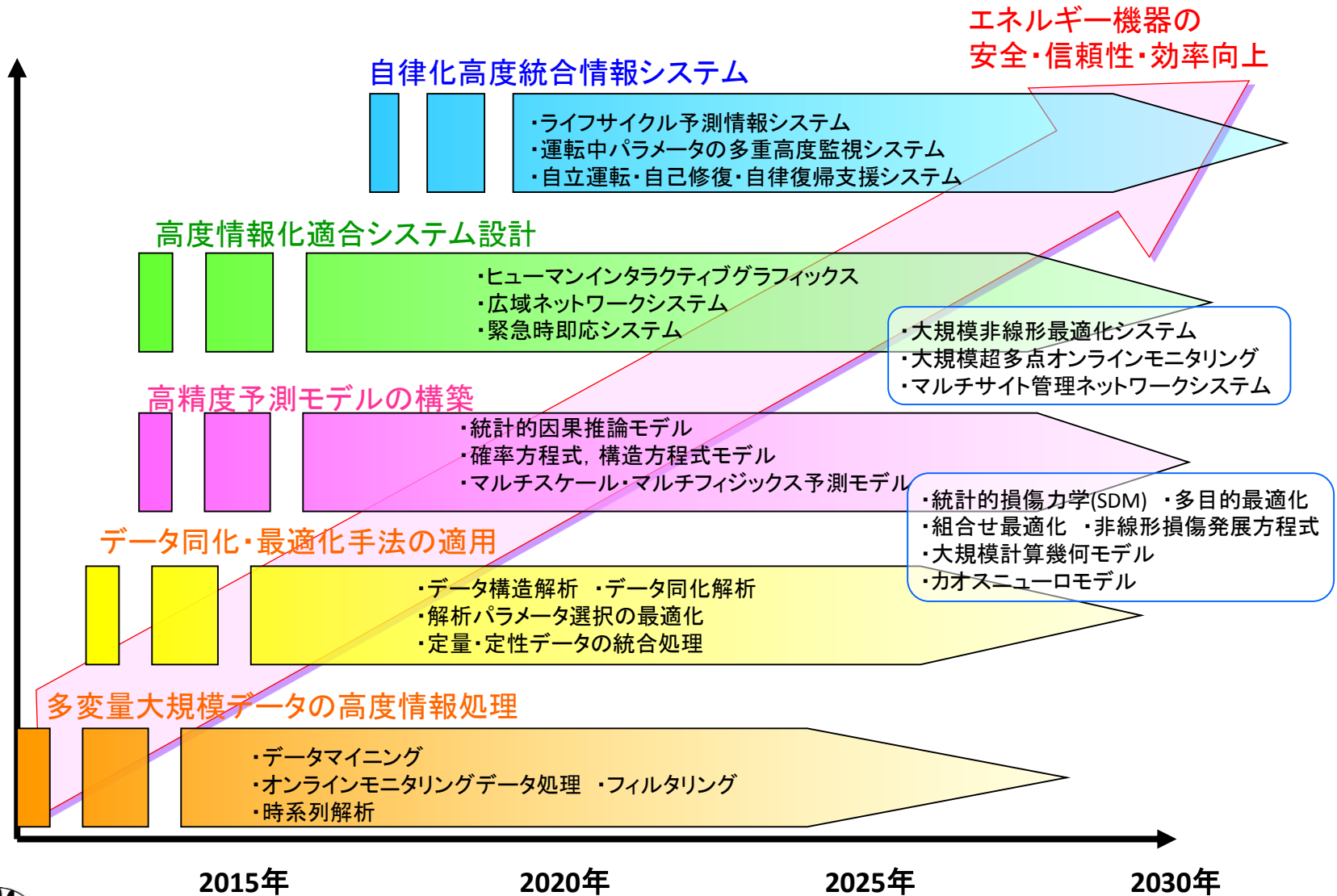
エネルギー機器の
安全・信頼性・効率向上



研究開発レベル

日本機械学会に許可無く転載することを禁ずる

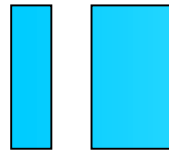
情報学応用材料強度技術のロードマップ



寿命・余寿命評価のロードマップ

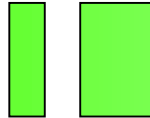
エネルギー機器の
安全・信頼性・性能向上

材料力学と材料科学の融合



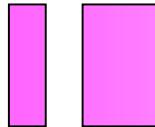
- ・材料劣化メカニズムの解明とシミュレーションの複合による高性能材料の開発
- ・シミュレーション、監視・検査データ、材料開発データベースの統合
- ・開発材料の適用による信頼性向上
- ・総合最適設計へのステップアップ

情報科学技術の応用



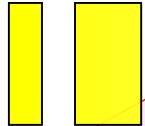
- ・材料特性データベースと保守管理データベース融合による損傷予測
- ・ICTの活用によるデータベースとオンラインモニタリングの併用

予測技術



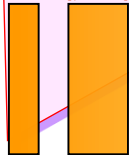
- ・マルチスケールシミュレーションによる寿命推定
- ・マルチフィジックスシミュレーションによる熱、流体、材料の連成解析
- ・大規模データを活用したトレンド予測

先進的な評価技術の適用



- ・限界状態評価による安全性、信頼性の向上
- ・確率論的健全性評価によるばらつきを考慮した評価
- ・リスクベースメンテナンスによる合理的な保守

監視・検査技術、設備管理の高度化



- ・センシング技術の向上による損傷検知技術の高度化
- ・ヘルスマニタリングによる状態監視保全の拡大
- ・非破壊検査における検出確率、精度の向上
- ・総合的な設備マネジメントシステム

2015年

2020年

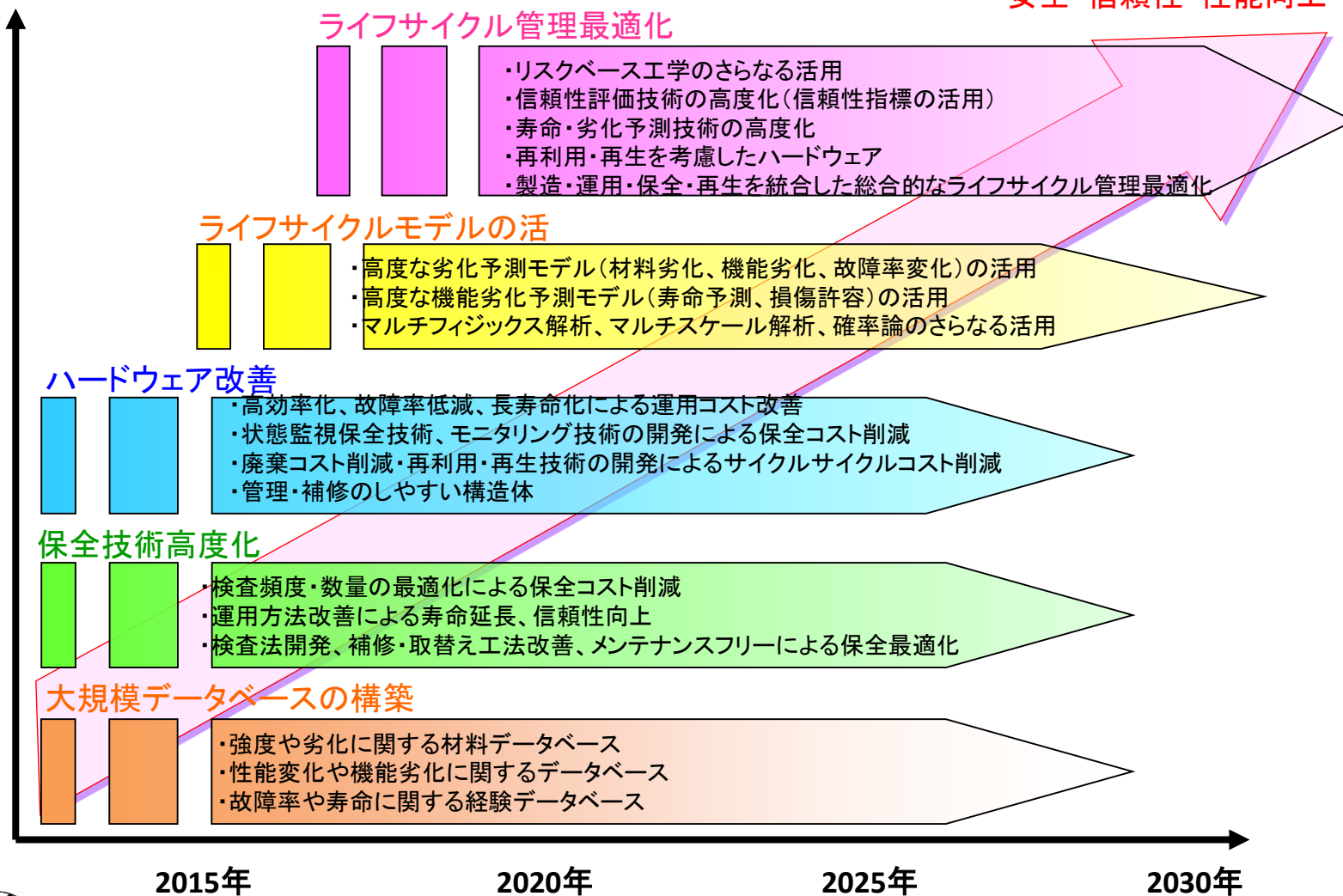
2025年

2030年



ライフサイクル管理のロードマップ

エネルギー機器の
安全・信頼性・性能向上



原子力(安全・信頼性)のロードマップ

エネルギー機器の
安全・信頼性・性能向上

