

NEDO 燃料電池・水素技術開発ロードマップ報告会

# NEDO 燃料電池・水素技術開発ロードマップ (水電解技術開発ロードマップ策定に向けた課題整理)

プレゼンター: 仮屋夏樹(みずほリサーチ&テクノロジーズ)

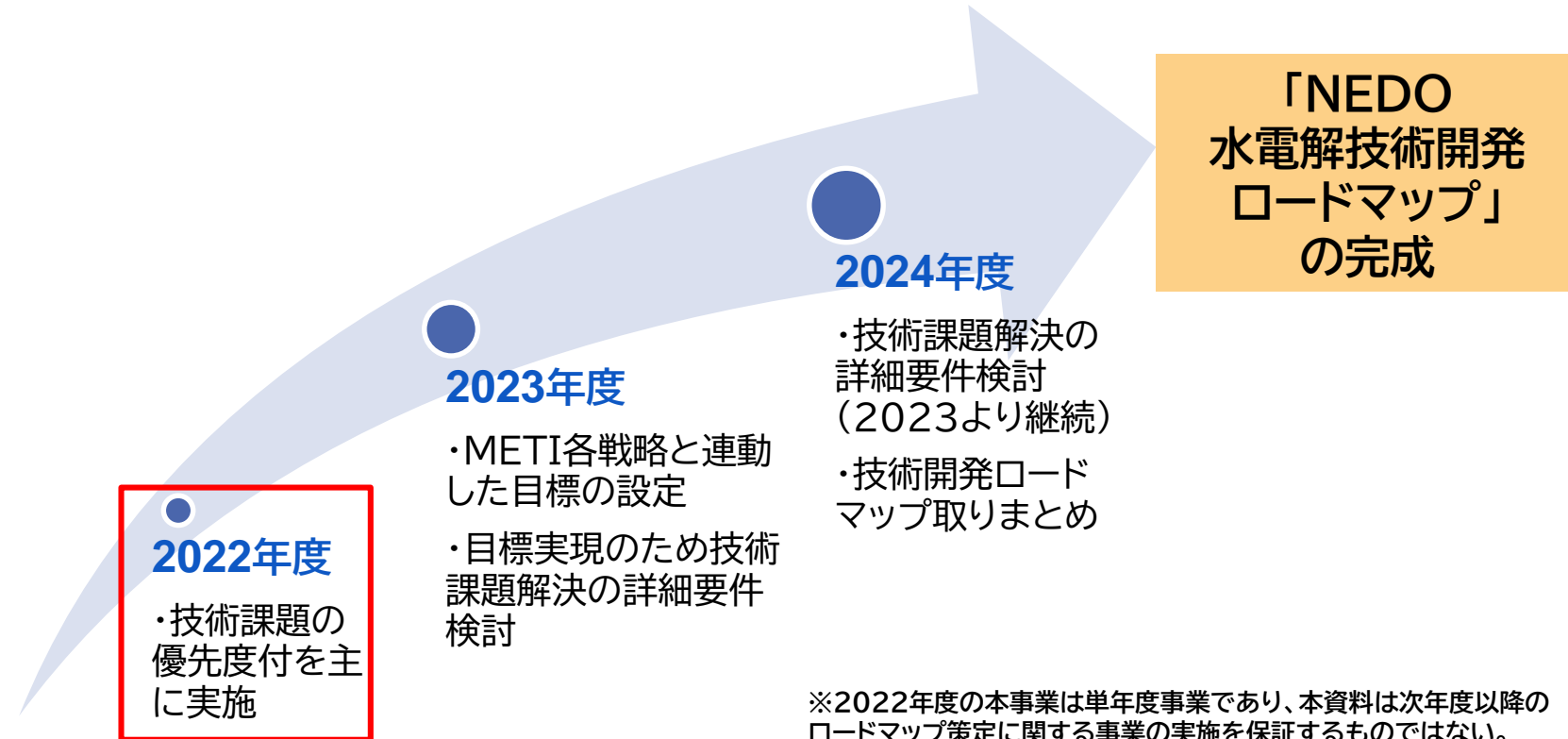
NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 燃料電池・水素室  
(委託先)みずほリサーチ&テクノロジーズ

- (1) 普及シナリオ・技術開発方向性 15:50～16:00(10分)
- (2) アルカリ水電解 16:00～16:10(10分)
- (3) プロトン交換膜(PEM)水電解 16:10～16:20(10分)
- (4) アニオン交換膜(AEM)水電解 16:20～16:30(10分)
- (5) 固体酸化物電解(SOEC) 16:30～16:40(10分)
- (6) システム制御・付帯設備 16:40～16:50(10分)
- 質疑応答 16:50～17:00(10分)

- 水素製造技術として今後の飛躍的な普及拡大が期待される水電解装置は、再生可能エネルギーを利用して水素を製造し、Power to X という形での活用を可能にする、再エネ最大限導入の促進に向けたキーデバイス。
- しかしながら、水電解での水素製造コストは依然として高く、更なる低コスト化には、一段の装置コスト削減や、耐久性や効率などの性能向上に向けた取り組みが必要不可欠である。
- 一方、「NEDO燃料電池・水素技術開発ロードマップ」は前回の改定(2017年)から5年が経過。その後、パリ協定やアフターコロナの経済成長戦略を経て、近年欧米をはじめ諸外国で水素関連施策が強力に推進されており、世界中で水素関連の技術開発が急激に加速。
- このような背景の下、本調査では「水電解技術開発ロードマップの策定」に向けて、水電解に関する最新の政策・技術動向を調査すると共に、今後解決が必要となる技術開発課題を整理した。

- NEDOとして、水電解技術開発ロードマップ策定は3カ年での実施を計画中。
- 本年度は次年度以降のR&Dプロジェクト実施に向けた課題の優先度付に注力。
- 目標設定とその実現に向けた詳細要件の検討は、次年度以降METI各戦略と連動して実施。

## <水電解技術開発ロードマップの策定の流れ>

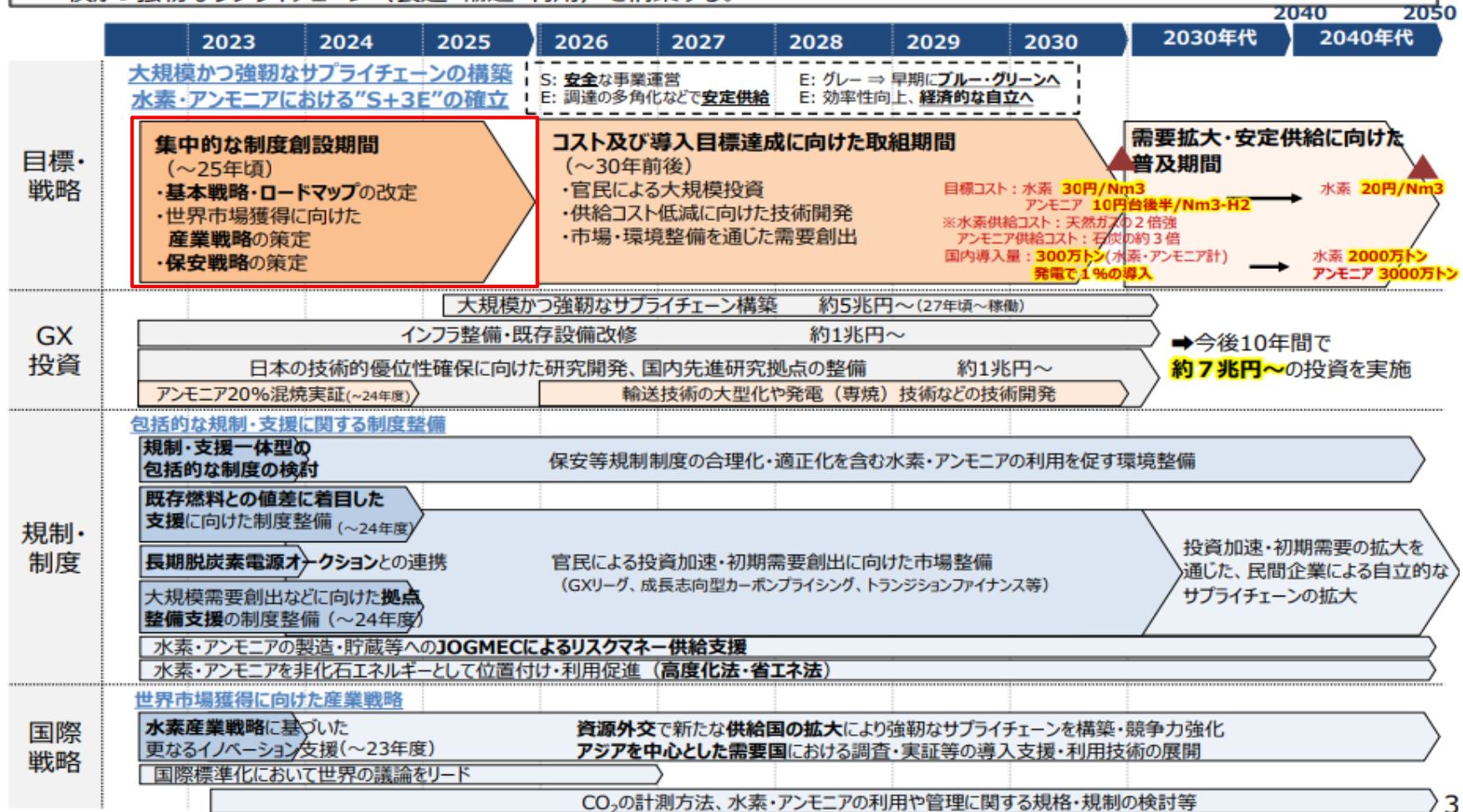


※2022年度の本事業は単年度事業であり、本資料は次年度以降のロードマップ策定に関する事業の実施を保証するものではない。また、次年度以降の実施内容は次年度の委託事業の実施計画にしたがうため、内容についても変更の可能性はある。

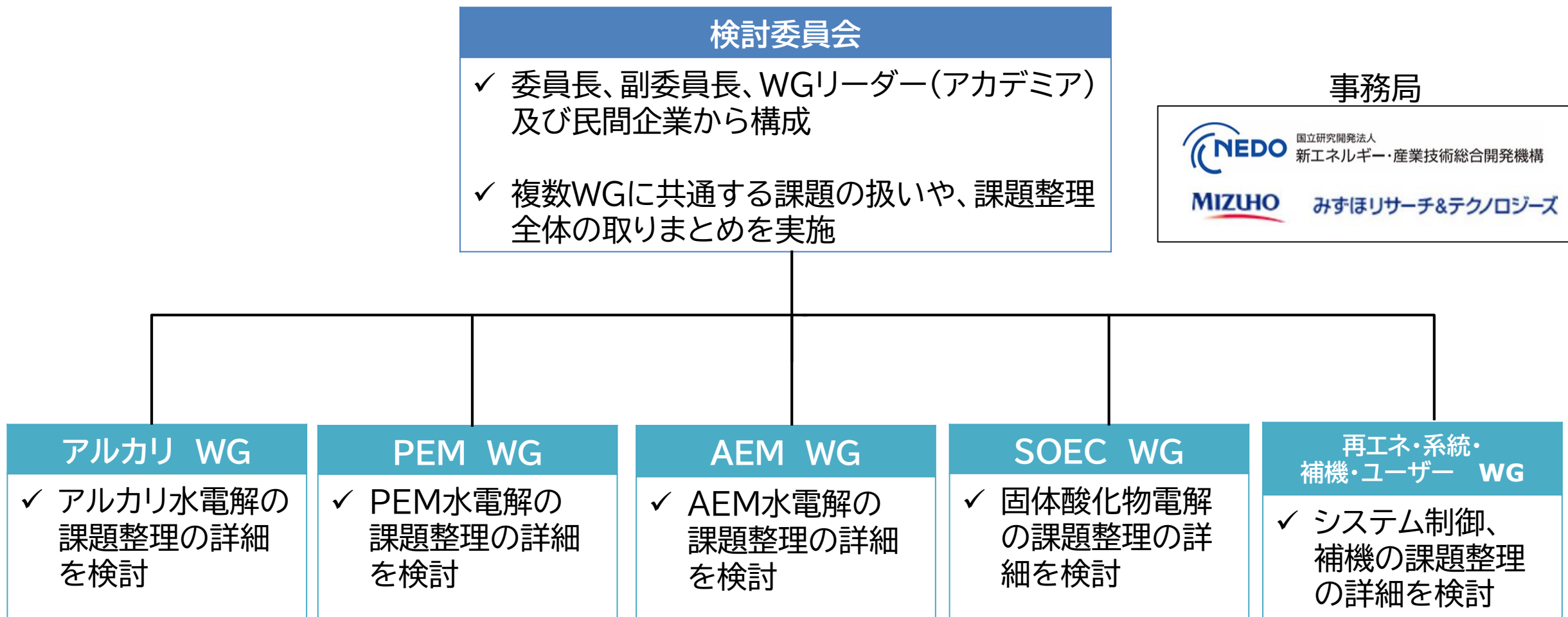
■ 今後(～25年頃)、集中的な制度創設期間での、基本戦略・ロードマップの改定や産業戦略の策定が計画されている。

## 【今後の道行き】 事例1：水素・アンモニア

■ 水素・アンモニアの国内導入量2030年水素300万トン・アンモニア300万トン（アンモニア換算）、2050年水素2000万トン・アンモニア3000万トン（アンモニア換算）に向け、今後10年でサプライチェーン構築支援制度や拠点整備支援制度を通じて、大規模かつ強靱なサプライチェーン（製造・輸送・利用）を構築する。



- 「課題整理」の全体をまとめる「検討委員会」、及び詳細な議論を行うための5つの「WG」を設置し、議論を重ねてきた。



委員会3回・各WG2回の開催と、メンバーへのアンケート・ヒアリングを通じ、「課題整理」の集中的な検討を実施

## ■世界的には今後水電解の導入量の急拡大が期待されている。

- 2030年には発表済みの計画の合計で134GWを上回る水電解が導入される見通し(IEA調べ)
- 2050年には「IEA Net Zeroシナリオ」では水電解導入量は3TW

## ■日本国内での水電解導入量の目標値は現状ないが、今後クリーン水素の供給量は大きく拡大する計画。

- 2030年には水素供給量最大300万トン、うちクリーン水素42万トン(グリーン成長戦略)
- 2050年には水素供給量2000万トン程度

## ■クリーン水素供給量拡大に向けて、海外製造、国内製造双方を普及シナリオとして考慮、区別して記載。

- 海外:再エネ適地での水素製造を起点とした国際サプライチェーンの構築、需要拡大に伴うサプライチェーンの規模拡大
- 国内:未利用電力利用や出力変動吸収による系統への貢献を通じた再エネ導入量の拡大、需要家オンサイトでの水素製造等

## ■その他、水電解水素製造の普及拡大には制度設計はじめ「外部環境」が大きな影響を及ぼすことから、普及シナリオには「外部環境」とそれを受けた「水電解の活用イメージ」を併記することとした。



凡例 外部環境 外部環境を受けた水電解活用イメージ

意義		変動再エネの大量導入加速を通じた2050年CN実現・エネルギー自給率の向上、国内水素産業の競争強化				
普及シナリオ		現在	2030年頃	2040年頃	2050年	
区分	期待効果	導入状況(例)	主な政策目標(水素)		CNの実現	
国内製造・ 国外製造・ 国内へ輸入	発電部門・ 産業部門・ 等の脱炭素化	<p>&lt;国外製造&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>水素海上輸送技術実証完了</li> <li>国外適地の安価な再エネへの世界的な注目</li> <li>20年代後半～30年頃のグリーン水素輸入計画複数発表(日豪等)</li> </ul>	<p>海外輸入水素の商用化開始 (水素供給コスト 30円/Nm<sup>3</sup>)</p> <p>海外再エネ適地での集中製造で早期に安価な水素製造が期待</p>	<p>需要増加に伴う国際サプライチェーン拡大と技術進展に伴う水素コストダウン</p>	<p>主な政策目標(水素)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>水素供給コスト 20円/Nm<sup>3</sup></li> <li>水素供給ポテンシャル2000万トン ※グリーン水素に限らない</li> </ul>	
		<p>&lt;国内製造&gt;</p> <p>【系統連系】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>福島でFH2R(10 MW級 AWE)を活用したDR実証</li> <li>山梨で1.5 MWのPEMWEを開発、調整力提供の実証</li> <li>北海道で1 MW系統用水電解導入</li> </ul> <p>【オフグリッド】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>工場脱炭素等の地域実証での地産地消P2G検討</li> </ul>				<p>再エネ拡大に伴う出力制御増加</p>
国内製造	国内再エネの効率的活用・導入拡大	<p>工場等の脱炭素化加速に向けた再エネ調達・自家消費の拡大と、熱の脱炭素化への注目</p>	<p>グリーン水素導入 (&gt;42万トン供給) ※グリーン水素に限らない</p>	<p>産業部門等でのグリーン水素需要拡大を受けた製造規模拡大</p>	<p>~数 TW (IEA NetZero:3 TW IRENA:1-5 TW)</p>	
参考:水電解のグローバル導入規模見通し例		<p>工場等熱需要地・近傍での分散型P2G実証</p>	<p>利用イメージ</p> <p>&lt;国外製造&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>輸入水素等の大規模な水素供給を発電や産業部門を含むコンビナートで集中的に利活用</li> </ul> <p>&lt;国内製造&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>出力制御等による安価な国内再エネを活用した国内分散形製造</li> </ul>	<p>グリーン水素製造規模の拡大、国内サプライチェーン構築</p>		
		<p>工場等熱需要地・近傍での分散型P2G実証</p>	<p>&gt;134 GW (IEA調べ、公開済計画の積算)</p>	<p>余剰電力の発生量・時間の増加</p>		
		<p>系統混雑緩和への寄与</p>		<p>水電解の系統連系での活用拡大</p>		
		<p>需要地近傍での分散型P2G実証</p>		<p>分散エネルギーシステムの普及拡大</p>		
		<p>&gt;1 GW (IEA調べ、導入済設備容量)</p>		<p>分散型P2G拡大</p>		



## ■問題意識

- 急拡大が期待される水電解市場とそれに向けた開発競争激化の中で、日本がどのように勝ち残っていくか？
- このために、「日本の強みの発揮」と「技術開発のシナジー発揮」を念頭に、産学連携で取り組むべき「協調領域」の抽出を行う。

## ■日本の強み

- 高効率なアルカリ水電解、PEM水電解装置メーカーが複数存在、触媒、膜はじめ優れた素材技術を保有
- 燃料電池(水電解の逆反応)で世界屈指の技術競争力を保有

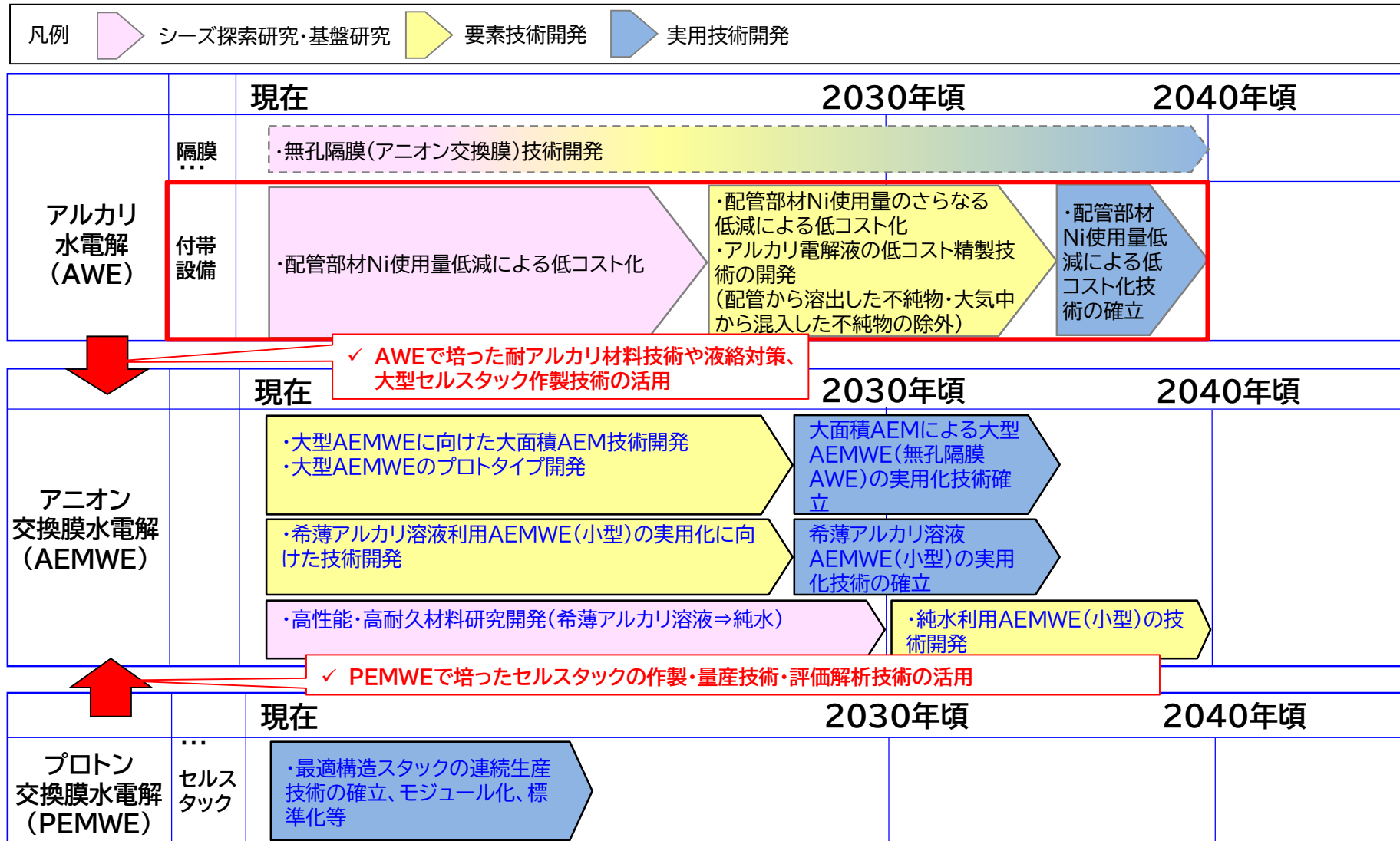
## ■協調領域の抽出から技術競争力へ

- 評価・解析基盤技術開発・プロトコルの構築⇒将来の国際標準化へ
- 各電解技術に共通した付帯設備における共通課題の抽出・課題解決への取り組み

## 技術開発の方向性

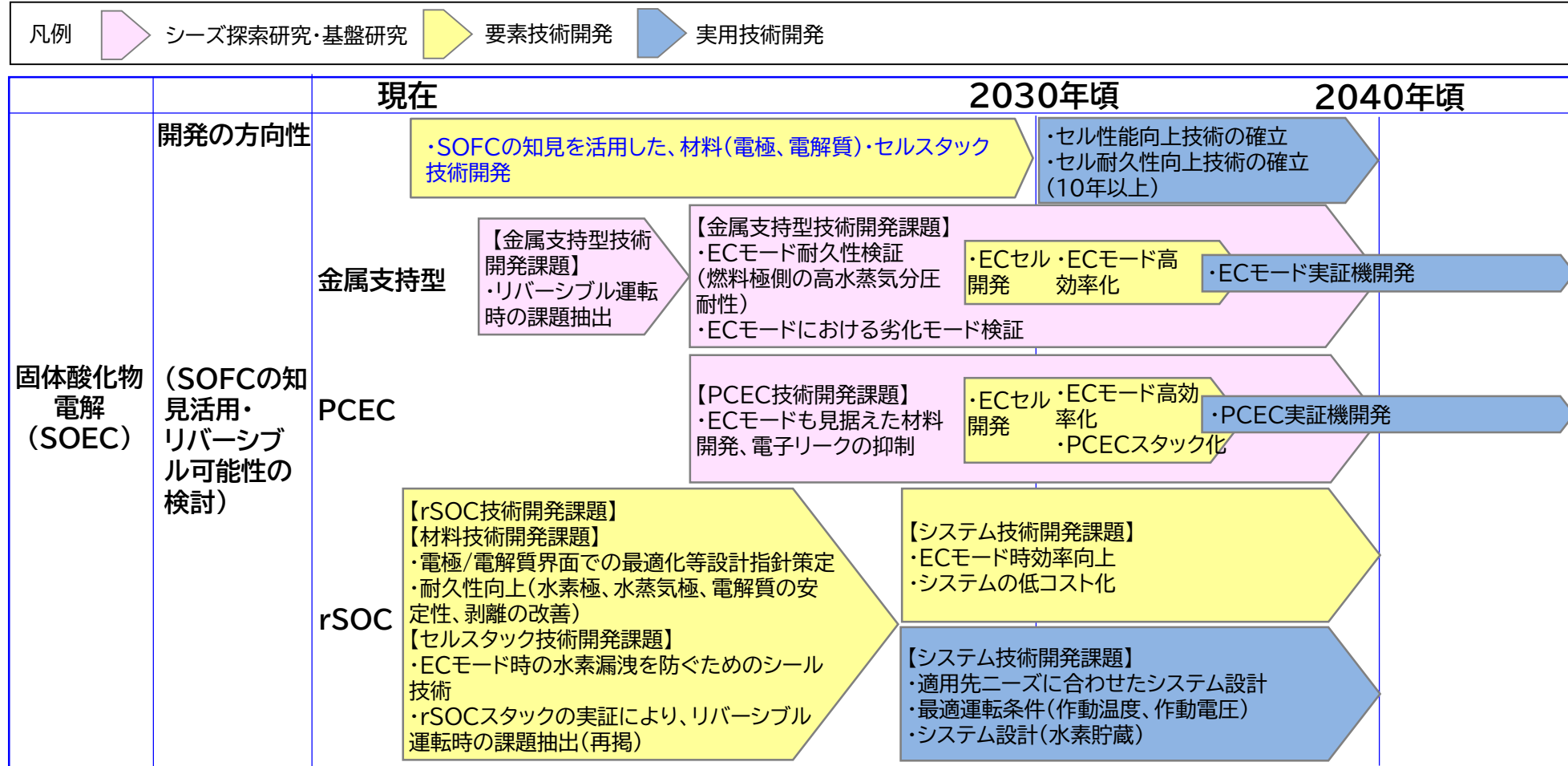
- アルカリ水電解、PEM水電解の技術を、先進技術(AEM水電解等)に展開・競争力の獲得
- 燃料電池(PEFC、SOFC)の技術を積極活用(材料技術、生産技術等)、シナジー発揮で水電解の開発を加速
- 評価解析基盤構築、材料評価プロトコルや試験ガイドラインの検討⇒将来の国際標準化も視野に
- 各電解技術に共通した付帯設備における共通課題の抽出⇒協調領域としての課題解決へ

- 現在まで培ってきたAWE・PEMWE技術・知見の活用⇒先進技術(AEMWE等)への展開による競争力の獲得、のイメージを以下に示す。
- アルカリ・PEMの長所を併せ持つ技術になりうるAEMの開発においては、過去の蓄積の積極的活用での加速が期待される。



- 日本が強みを持つ燃料電池(SOFC)技術の積極活用(材料技術、生産技術など)⇒シナジー発揮での開発加速、のイメージを以下に示す。
- SOFCの材料技術やセルスタックに関する技術開発の知見が電解技術の開発でも大いに活用可能。
- 金属支持型やPCEC、リバーシブル運転といった、SOFCでも今後開発が期待される内容については「定置用燃料電池ロードマップ」と整合的な記述を行った。

高温電解への燃料電池技術・知見活用イメージ



## ■再エネ大量導入時代に求められる水電解装置

- 変動電力に対応し、インバランス解消にも貢献できる柔軟性が必要。安価な電気の利用は水素の低コスト化にも重要。
- そのために、起動停止や負荷変動、高電流密度運転などにも対応できる、高い耐久性が電解槽には今後求められる。
- また、電解システムとして系統に貢献していくためには、系統にも悪影響を与えないことが求められる。
- 今後の水素需要拡大や系統への貢献を見込んで、装置の規模としては数MW～十MW級を念頭に技術課題を抽出。

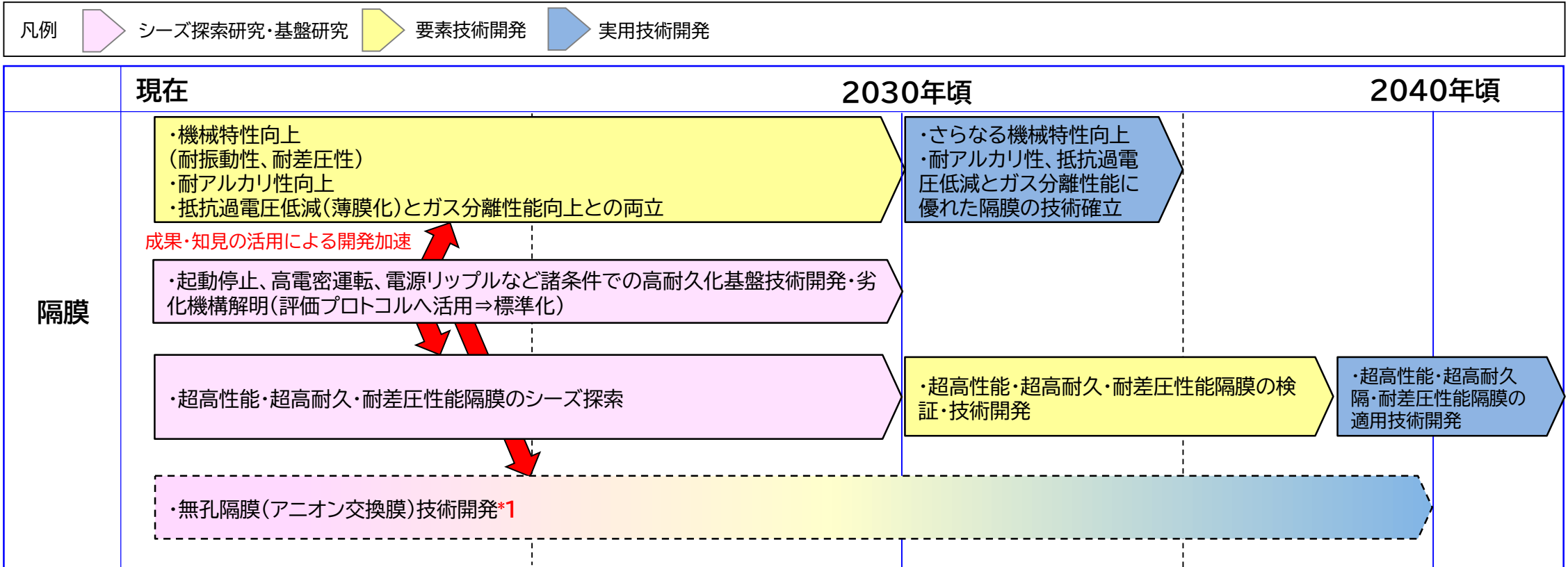
## ■材料開発の加速の必要性

- 材料・部材の開発を加速するには、耐久評価の効率化のため劣化現象を短時間で再現できる評価プロトコル構築が重要。「課題共有フォーラム」でも要望のあった通り、産業界からアカデミアへの要望も強い。

上記を念頭に、委員会・各WGで「課題整理」の詳細検討を実施、「行程表」の形式でまとめた

以降で、「アルカリ」、「PEM」、「AEM」、「SOEC」、「システム制御・付帯設備」の課題整理結果をご報告

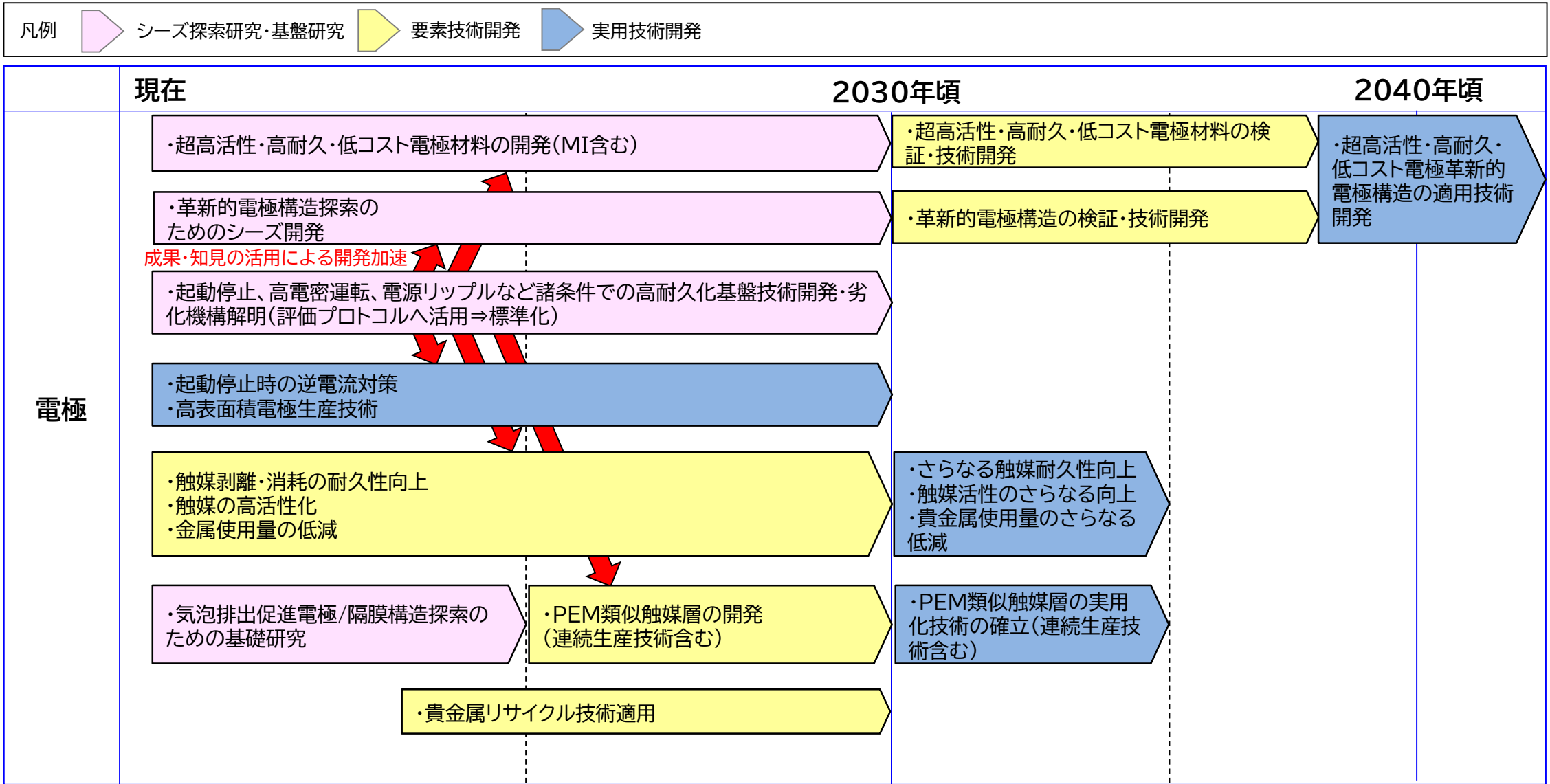
# アルカリ水電解(AWE)



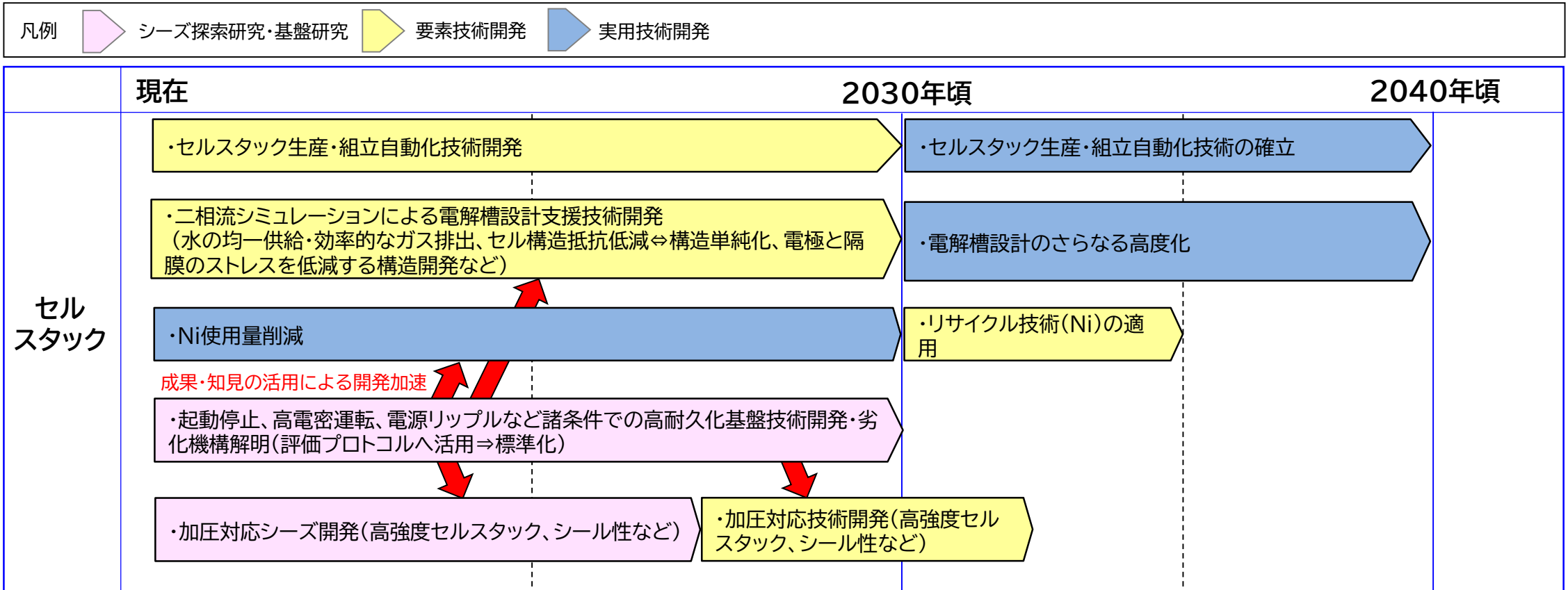
\*1 無孔隔膜についてはAEMWEを参照

機械特性、耐アルカリ性の向上に加え、ガス分離性能と抵抗分極低減を両立できる隔膜が必要。  
AWEの進化系として、無孔隔膜(アニオン交換膜)の活用にも期待。

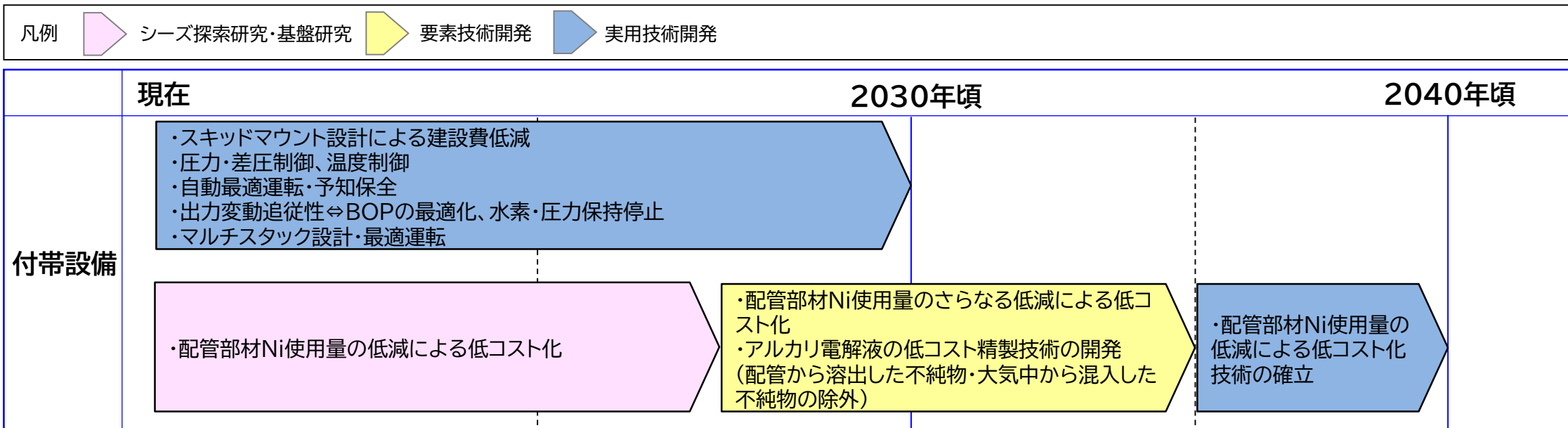




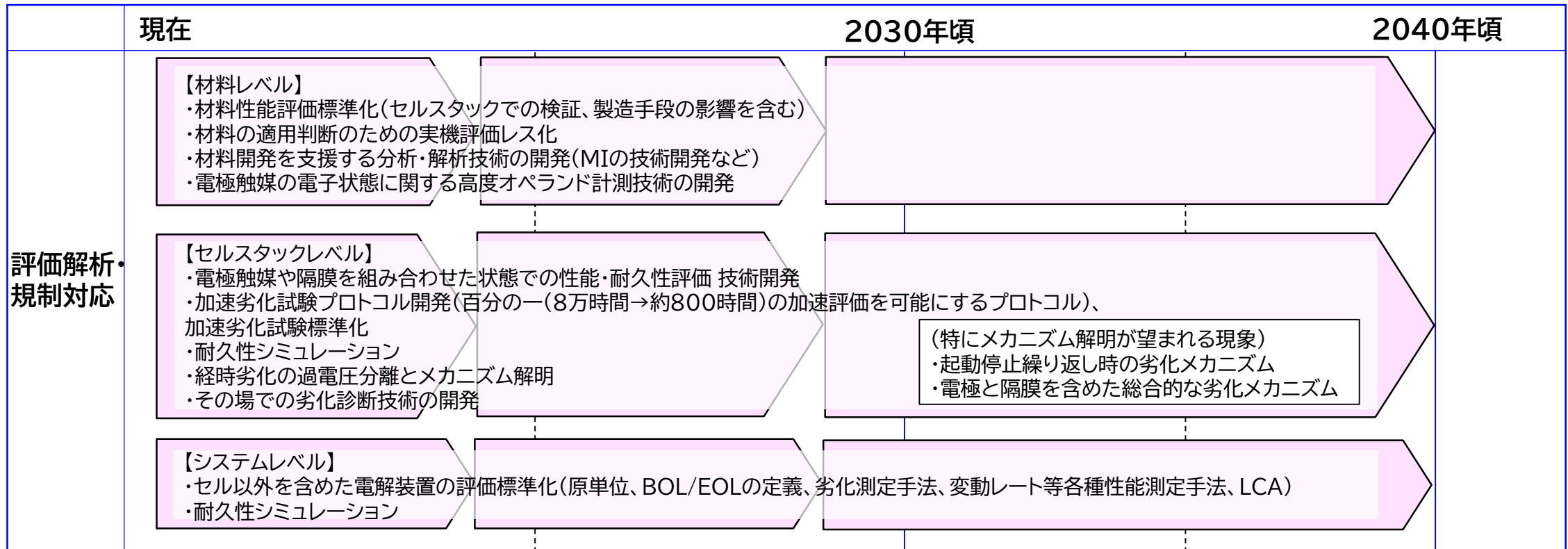
現状の電極材料の高活性、高耐久、低コスト化に向けた開発の他、革新材料探索も必要。  
AWEの進化系として、PEM水電解に類似した触媒層開発にも期待。



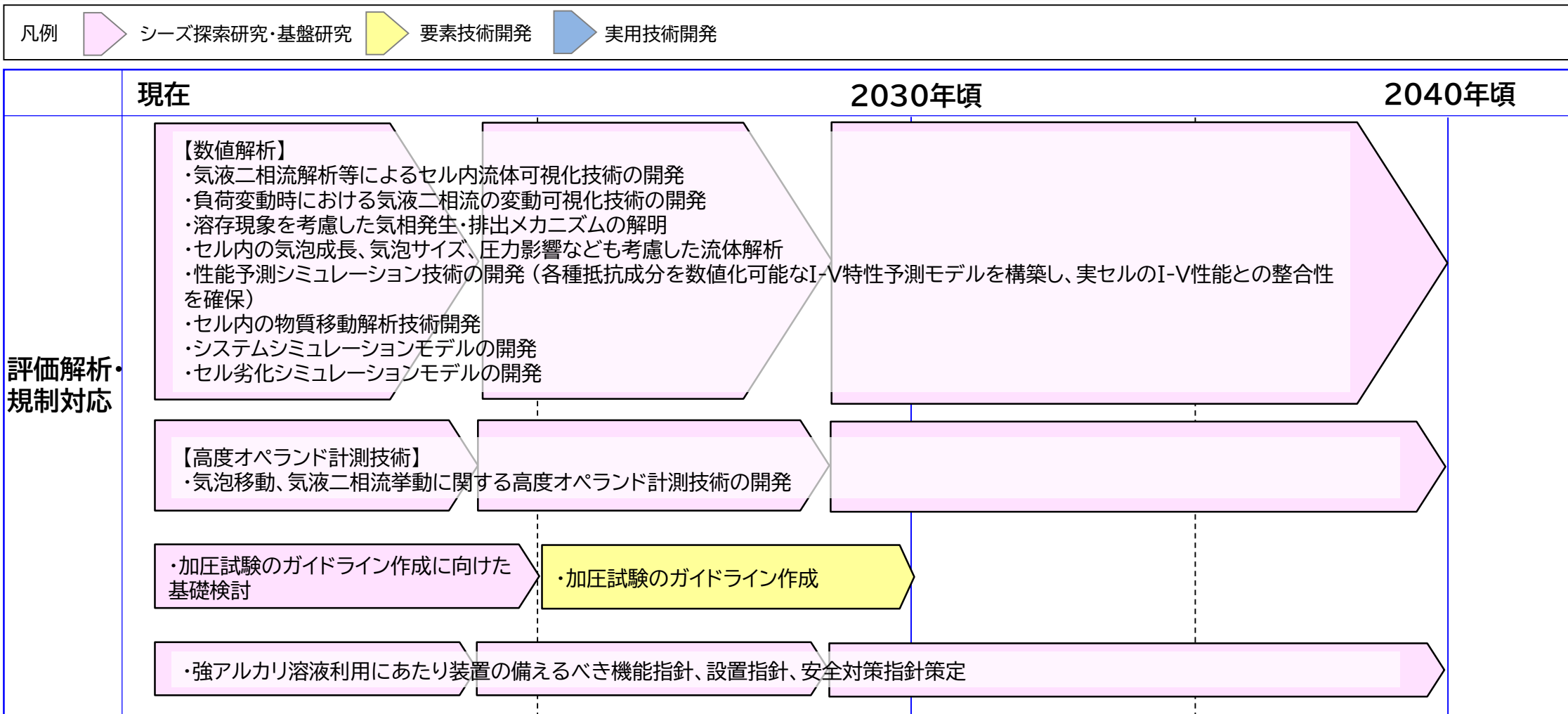
電解槽設計の支援のためのシミュレーション技術開発が必要。  
加圧運転対応を可能にするセルスタック設計やシール技術開発も必要。



近年価格上昇傾向にあるNiの使用量低減に向けた技術開発、アルカリ電解液の低コスト精製技術の開発が必要。



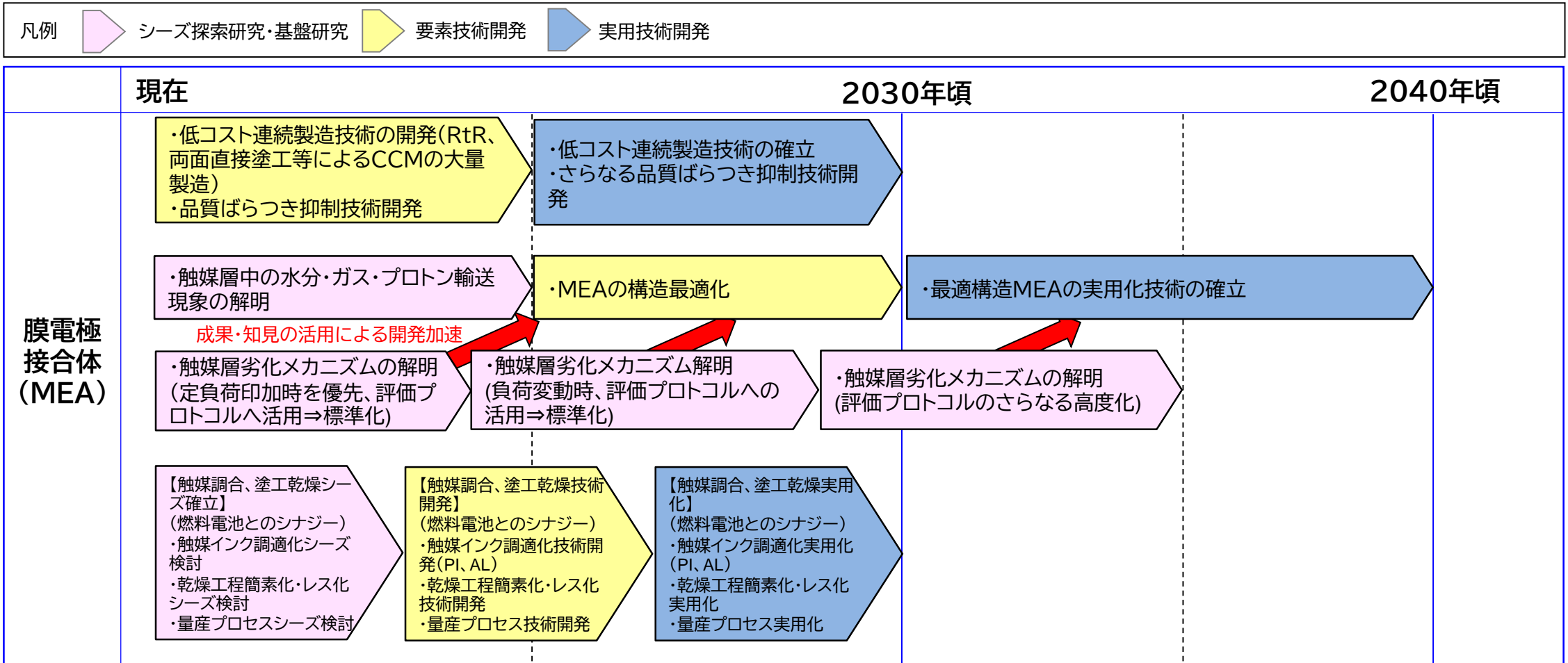
**実機評価レス化や加速劣化(所要時間1/100程度)を実現するための評価解析技術の開発等、技術開発の加速に向けた評価解析技術の高度化が必要。**



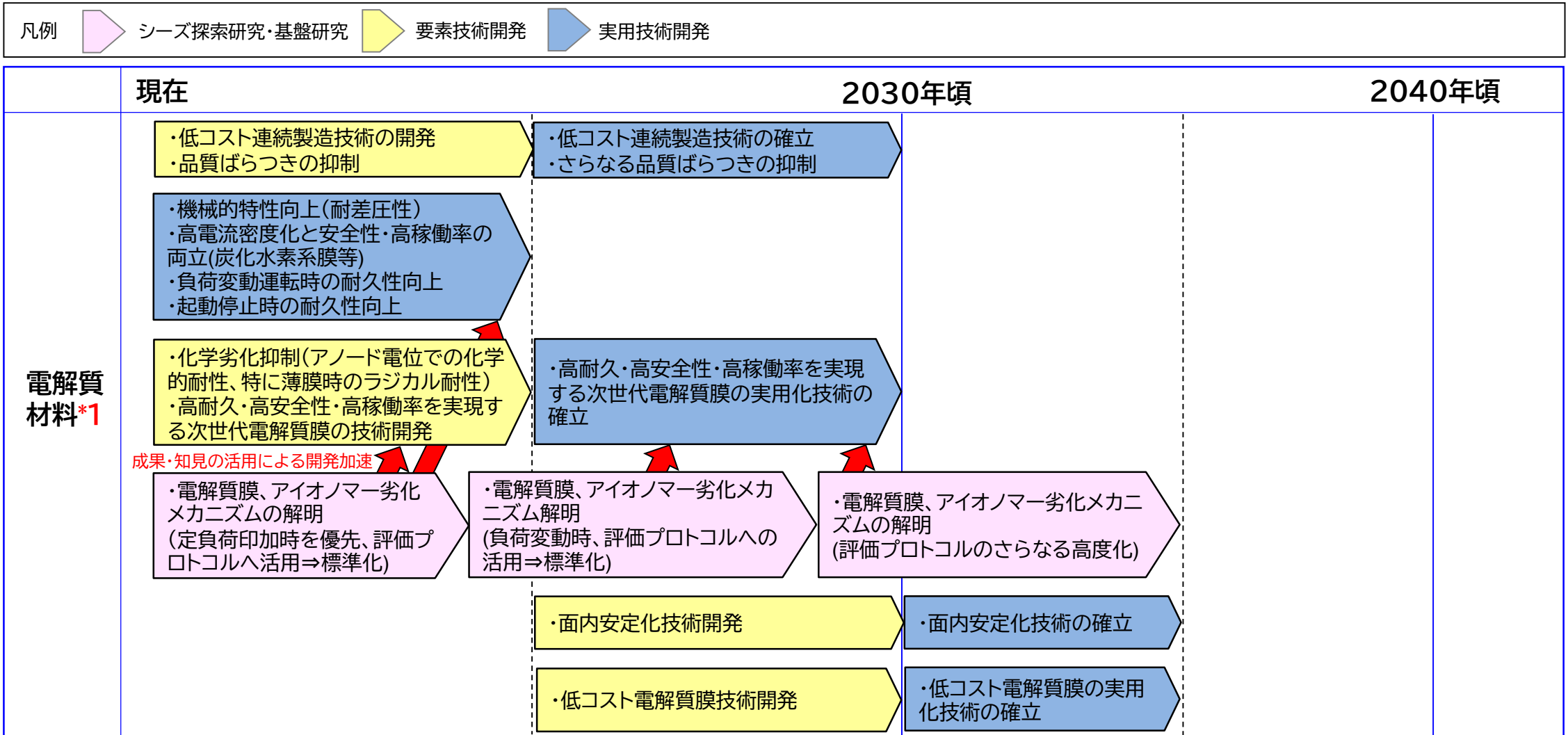
電解槽の設計支援に向けた数値解析技術の開発、国内装置の海外展開のため、海外と互換性を意識した、加圧試験実施ガイドラインの整備が必要。

# プロトン交換膜水電解(PEMWE)



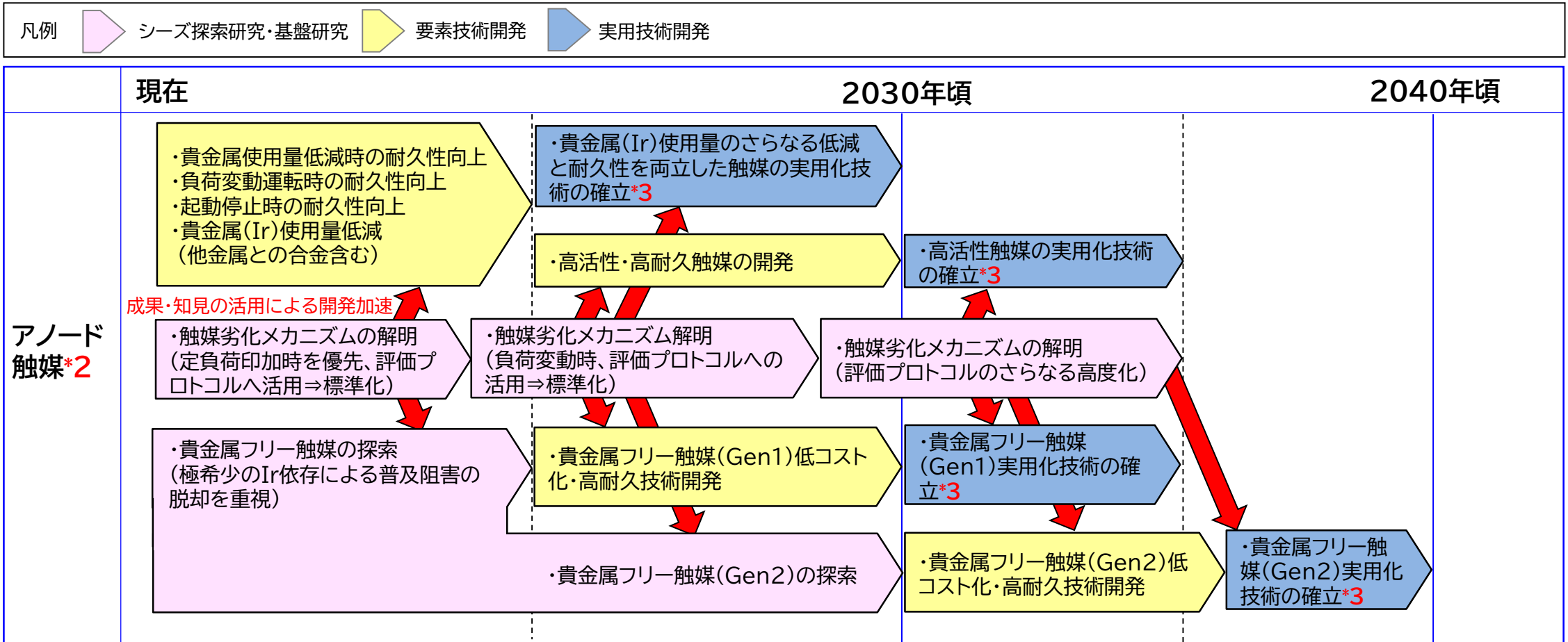


触媒層内での電子、プロトン、気相、液相の輸送メカニズムに基づく触媒層・MEAの構造最適化、燃料電池技術を活かした生産技術の開発が必要。



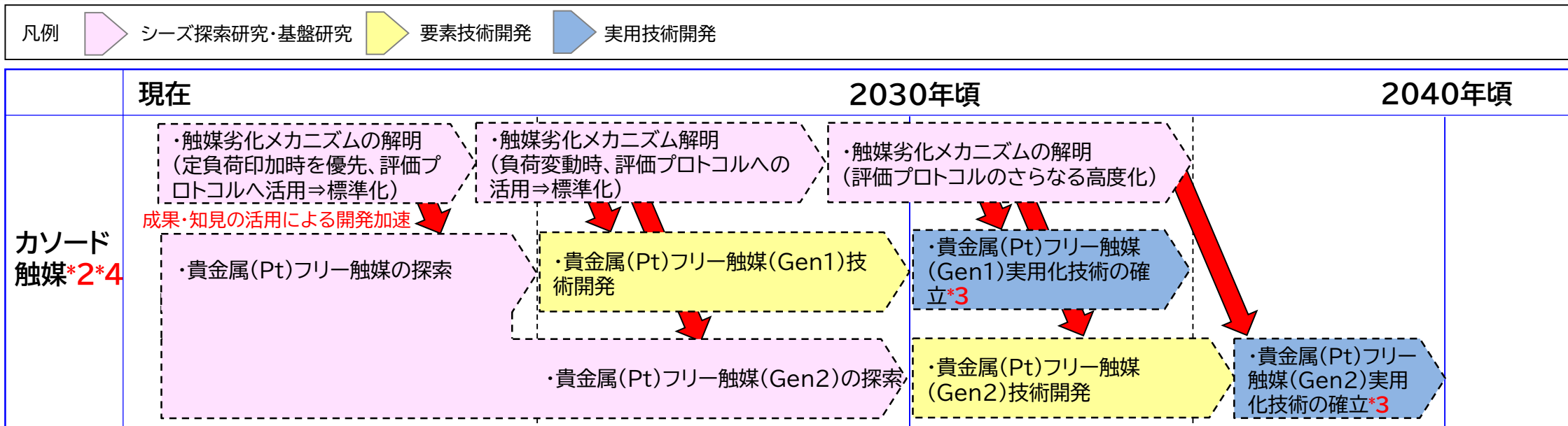
\*1 抵抗・ガス分離性能・機械特性は相関関係にあり、何か一つを改善する際は、他の2つを、現状並みに維持することが要件。(例えば、抵抗を下げた場合、ガス分離性能・機械特性は現状並みを維持)

現状の電解質膜の機械特性向上、高電流密度運転と高安全性・高稼働率両立の実現の他、次世代電解質膜の開発も必要。



\*2 耐久性・貴金属使用量・活性はすべて相関関係にあり、何か一つを改善する際は、他の2つを、現状並みに維持することが要件。(例えば、貴金属使用量の低減を図る際は過電圧および耐久性維持が必要)  
 \*3 「MEA」に記載されている生産技術も含む。

アノード触媒のIr使用量を圧倒的に低減する技術が必須。  
 Ir使用量低減と性能や耐久性を両立した触媒開発のため、耐久性評価プロトコルの整備が急務。

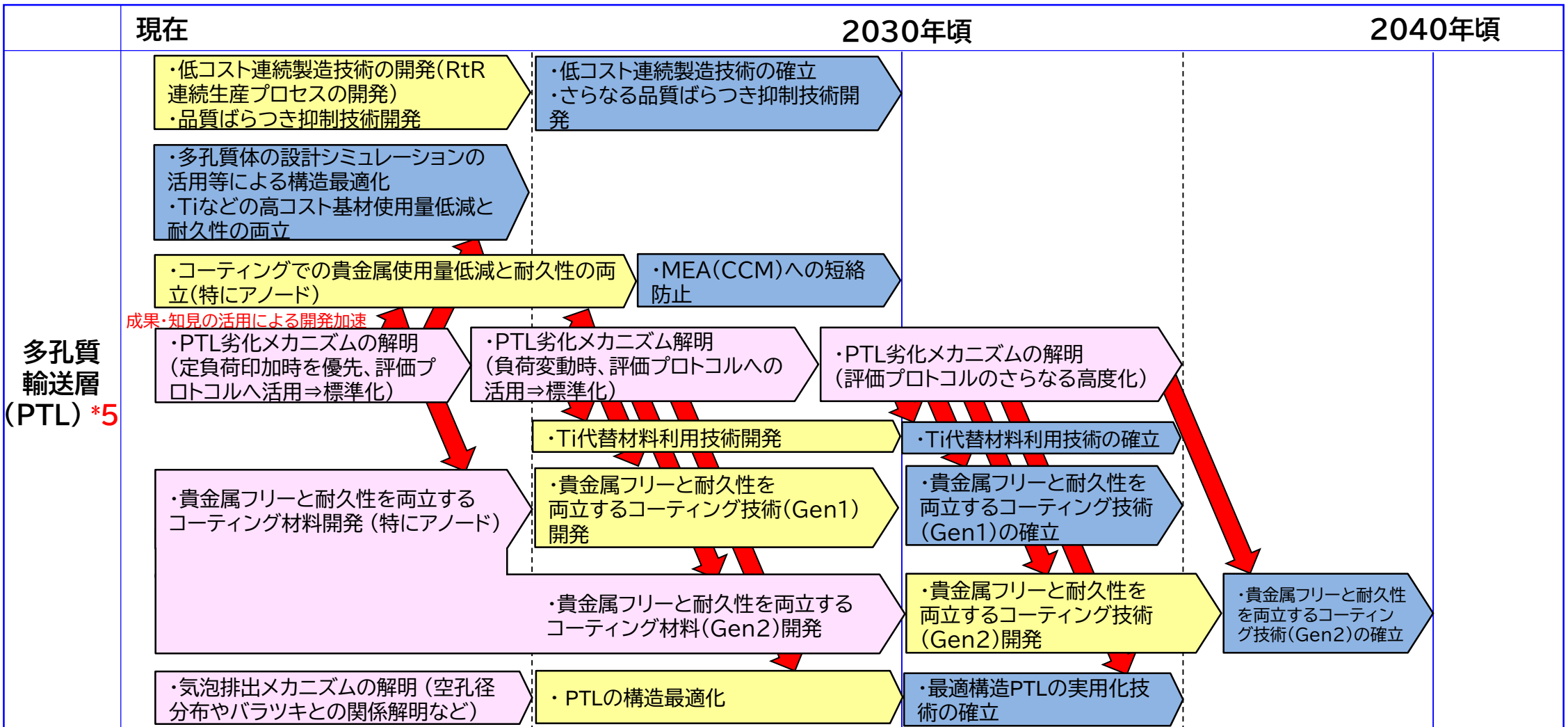


\*2 耐久性・貴金属使用量・活性はすべて相関関係にあり、何か一つを改善する際は、他の2つを、現状並みに維持することが要件。(例えば、貴金属使用量の低減を図る際は過電圧および耐久性維持が必要)

\*3 「MEA」に記載されている生産技術も含む。

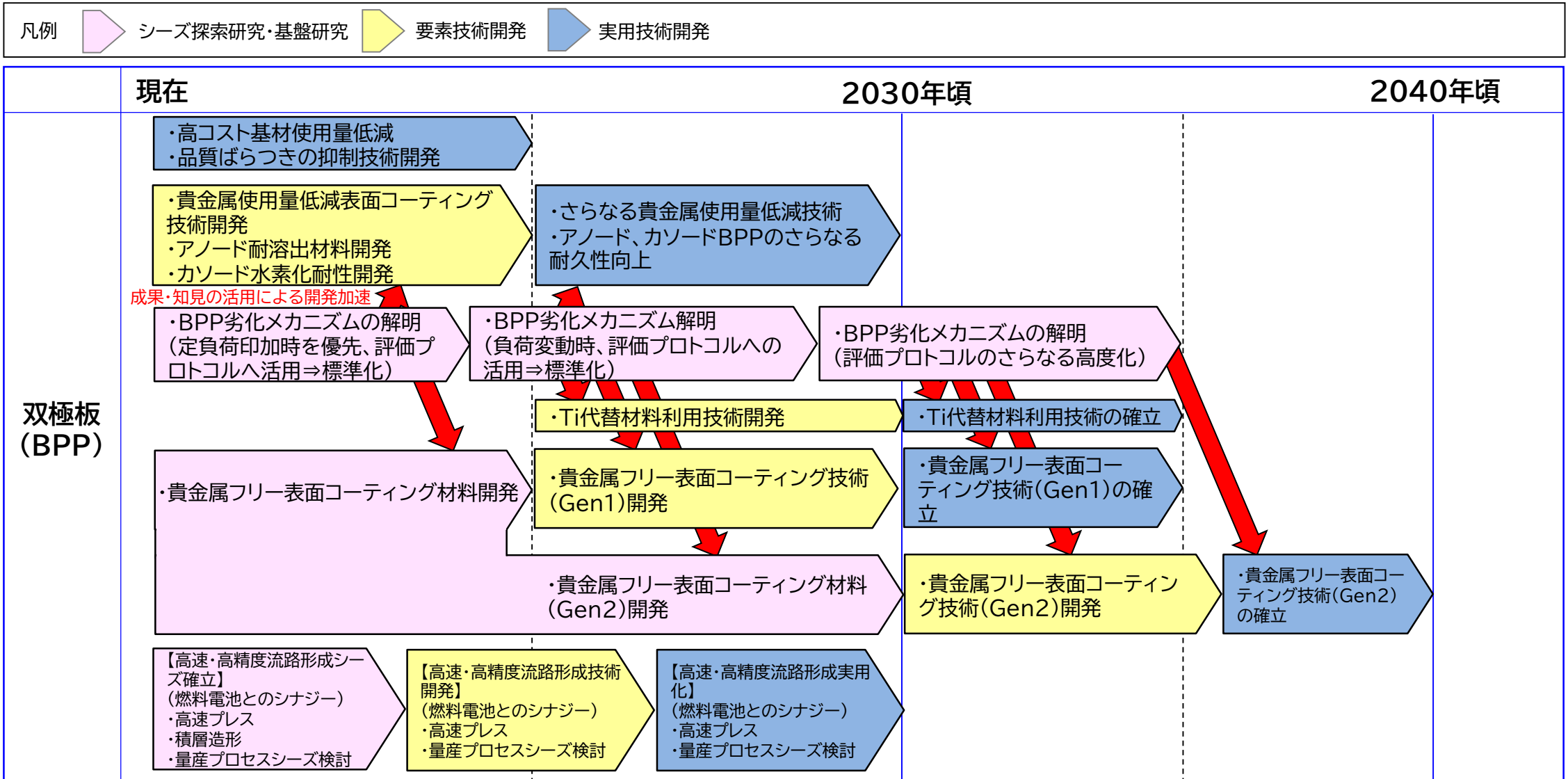
\*4 点線枠の領域は、既に燃料電池開発においてPt使用量を抑制した技術が開発されてきており、その活用が期待されることからアノード側に比べると喫緊の課題ではないことを表す。

カソード触媒には、燃料電池で培われた貴金属(Pt)の低減・フリー化技術を転用することが可能。



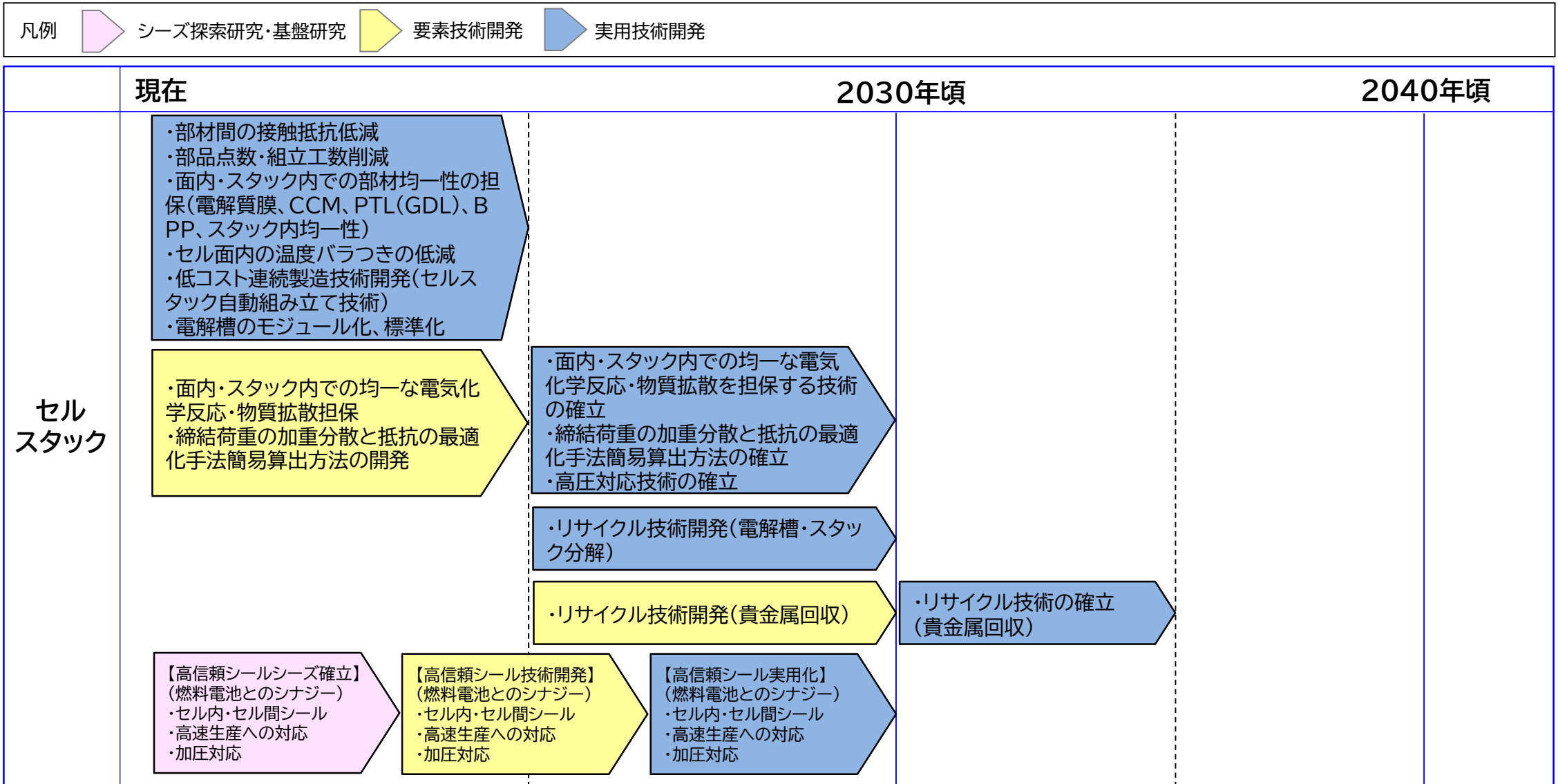
\*5 GDL、MPL を含む。カーボン材料も含む。

**貴金属使用量低減と耐久性を両立するコーティング技術、Ti代替材料利用技術の開発が必要。  
 気泡排出メカニズムの解明に基づく、構造最適化も必要。**

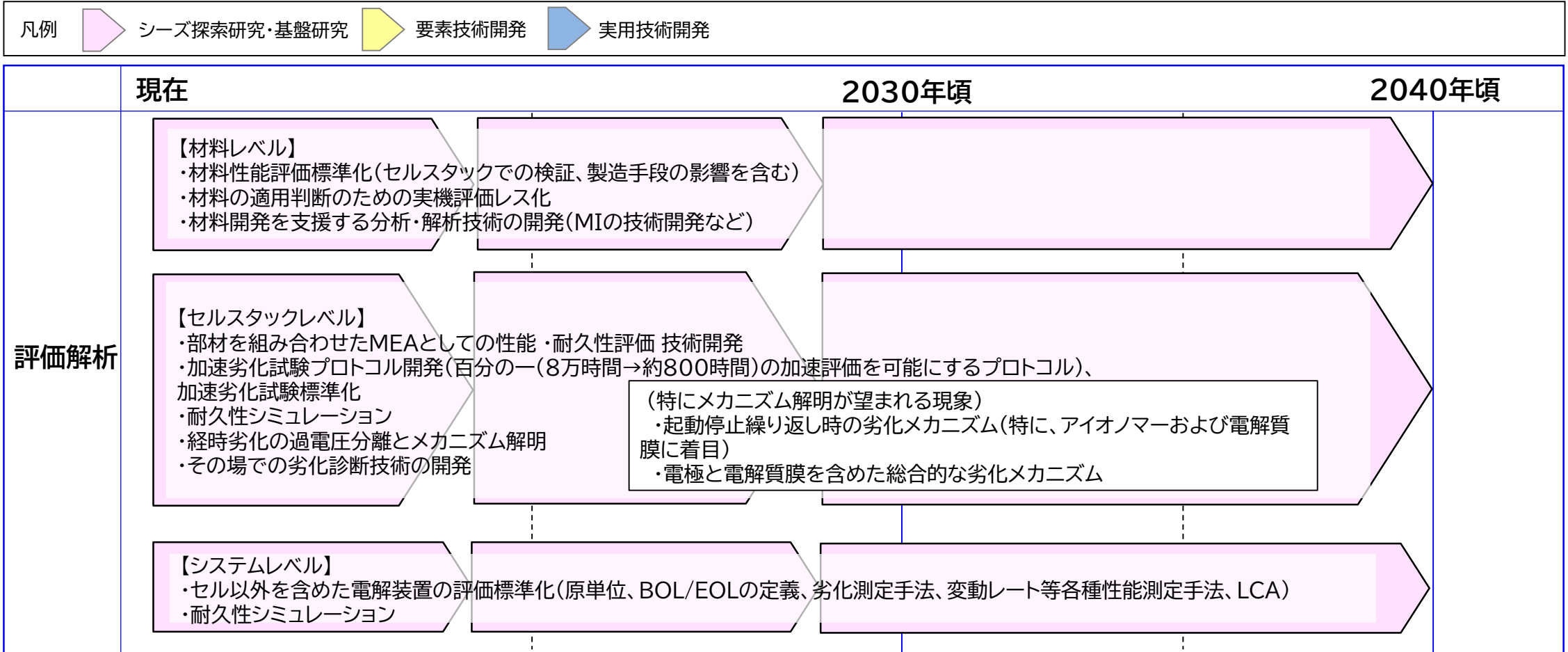


貴金属使用量低減と耐久性を両立するコーティング技術、Ti代替材料利用技術の開発が必要。

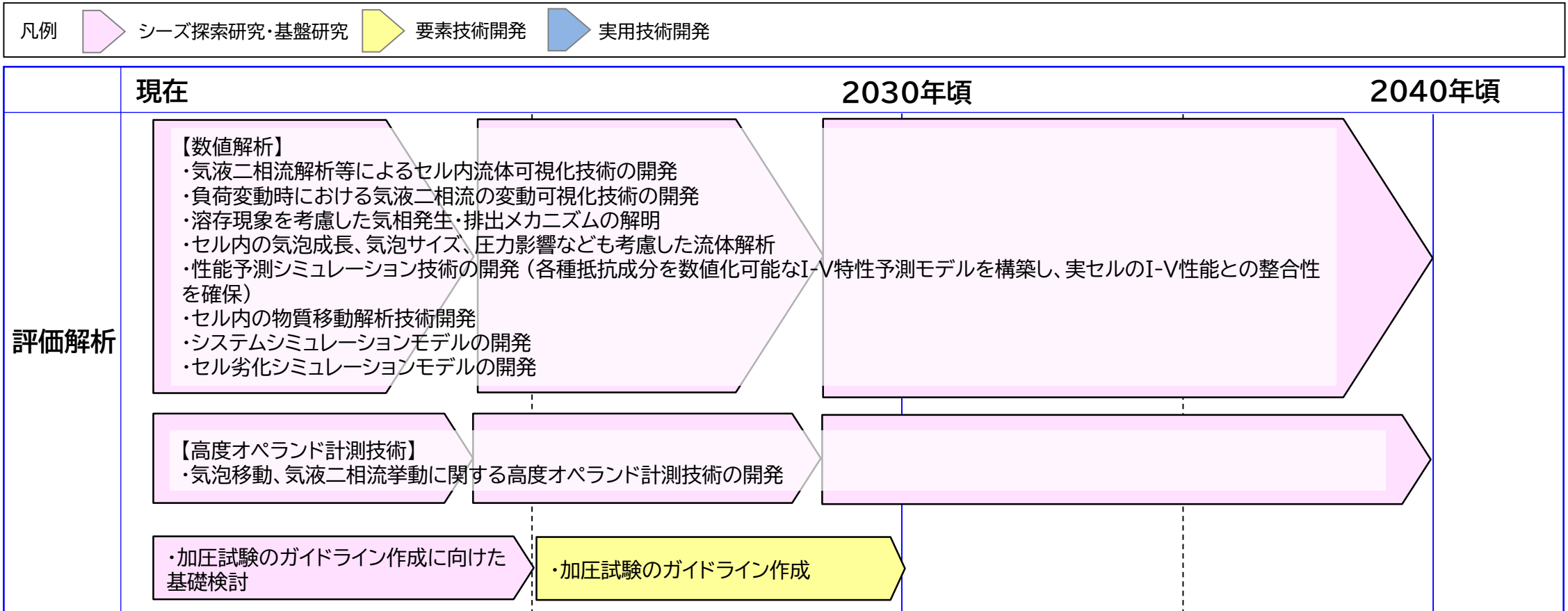




加圧運転対応を可能にするシール技術や、リサイクル技術の開発も必要。

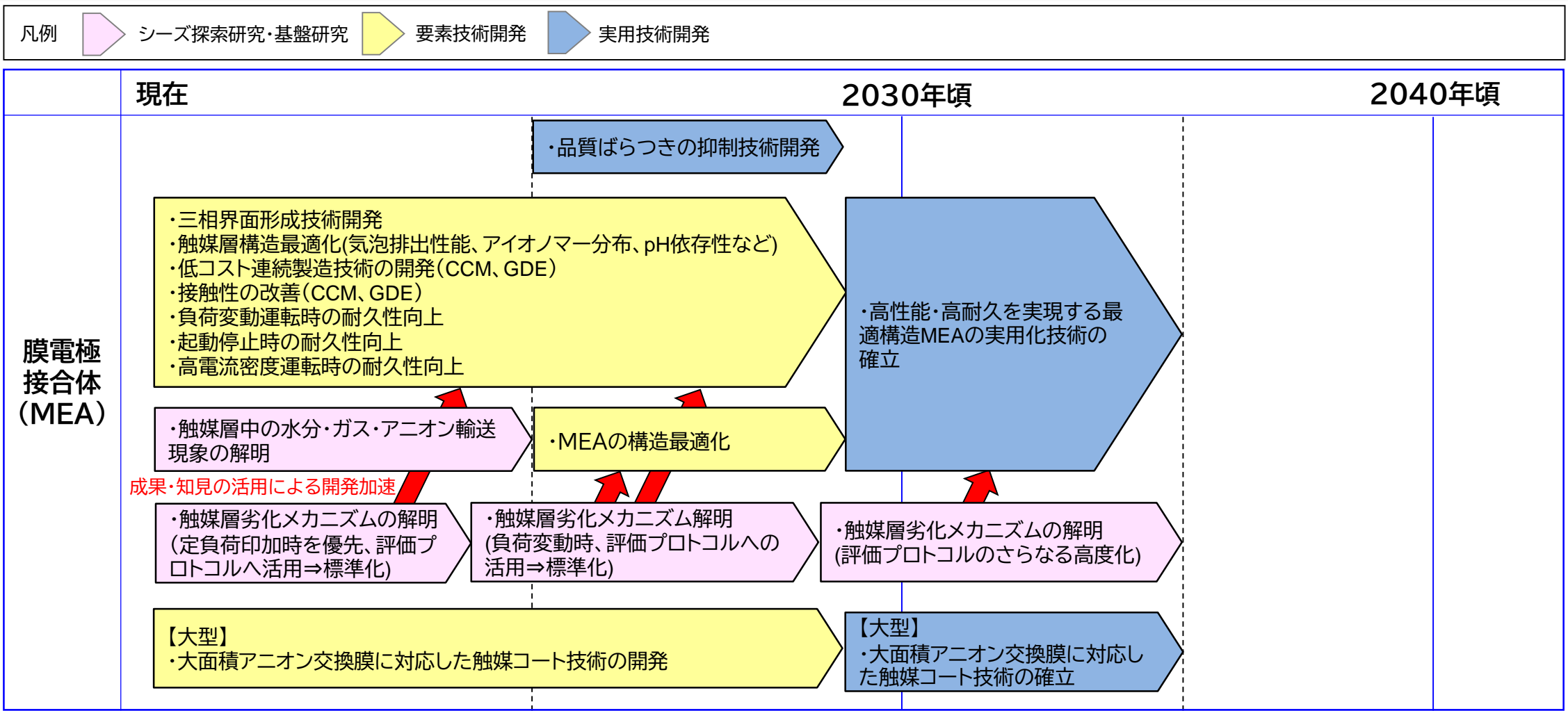


実機評価レス化や加速劣化(所要時間1/100程度)を実現するための評価解析技術の開発等、技術開発の加速に向けた評価解析技術の高度化が必要。

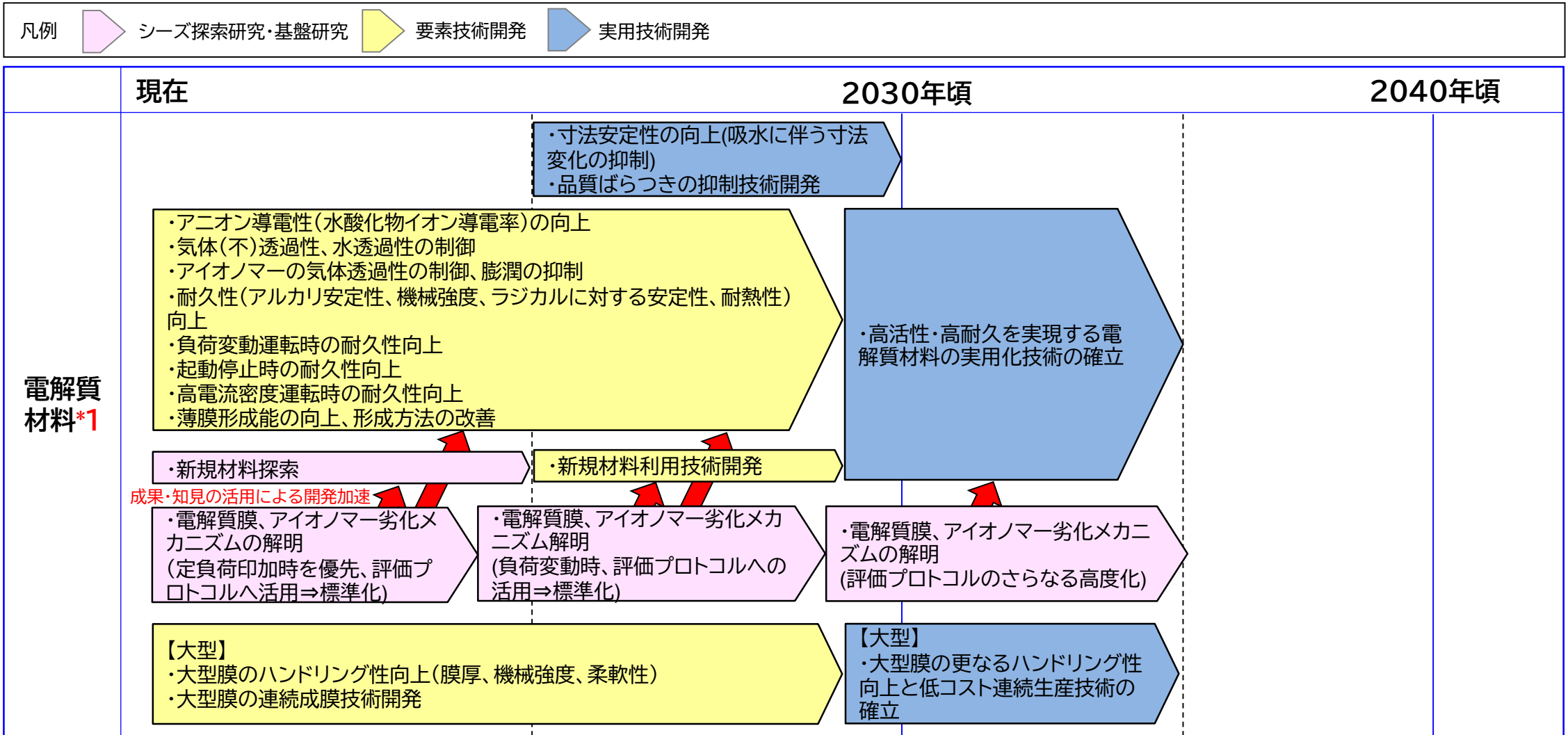


電解槽の設計支援に向けた数値解析技術の開発、国内装置の海外展開のため、海外と互換性を意識した、加圧試験実施ガイドラインの整備が必要。

# アニオン交換膜水電解(AEMWE)

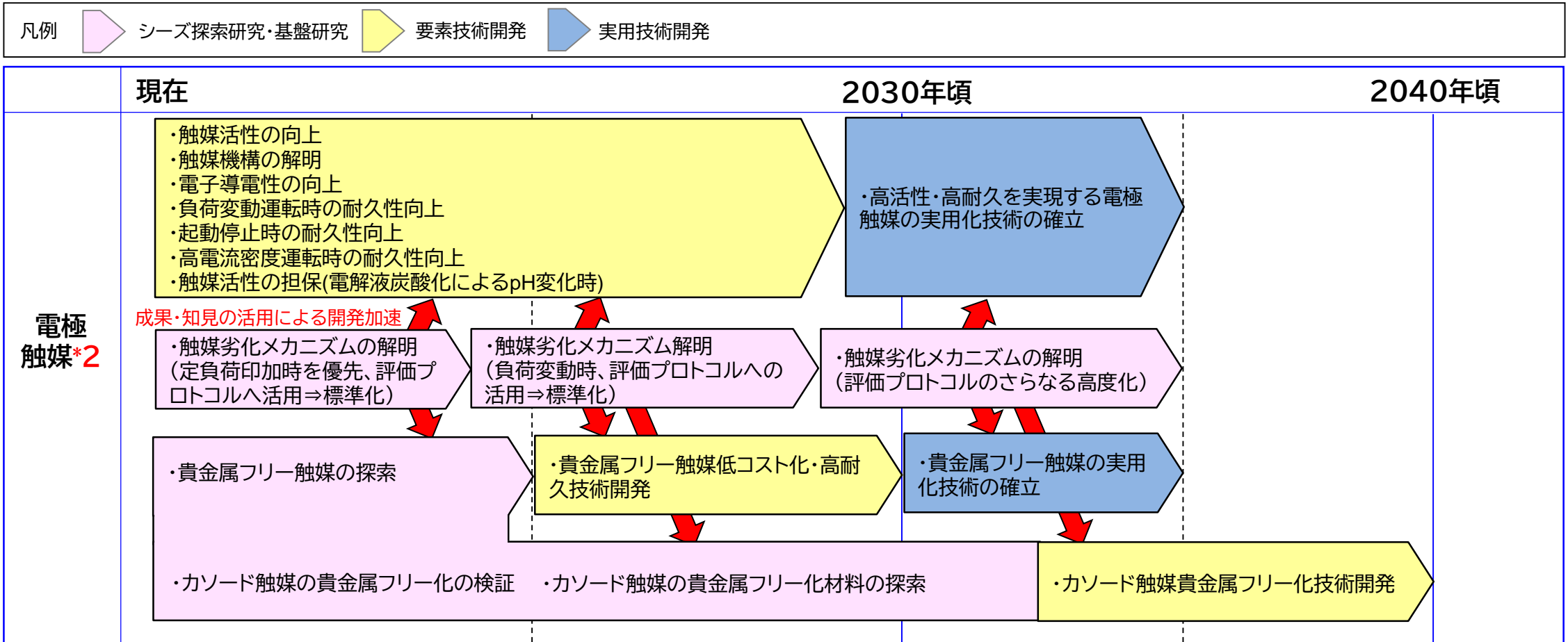


高電流密度運転に向けた、適切な三相界面形成技術の開発やMEAの構造最適化が必要。  
 大型装置の開発に向けて、大面積AEM対応技術の開発も必要。



\*1 抵抗・ガス分離性能・機械特性は相関関係にあり、何か一つを改善する際は、他の2つを、現状並みに維持することが要件。(例えば、抵抗を下げた場合、ガス分離性能・機械特性は現状並みを維持)

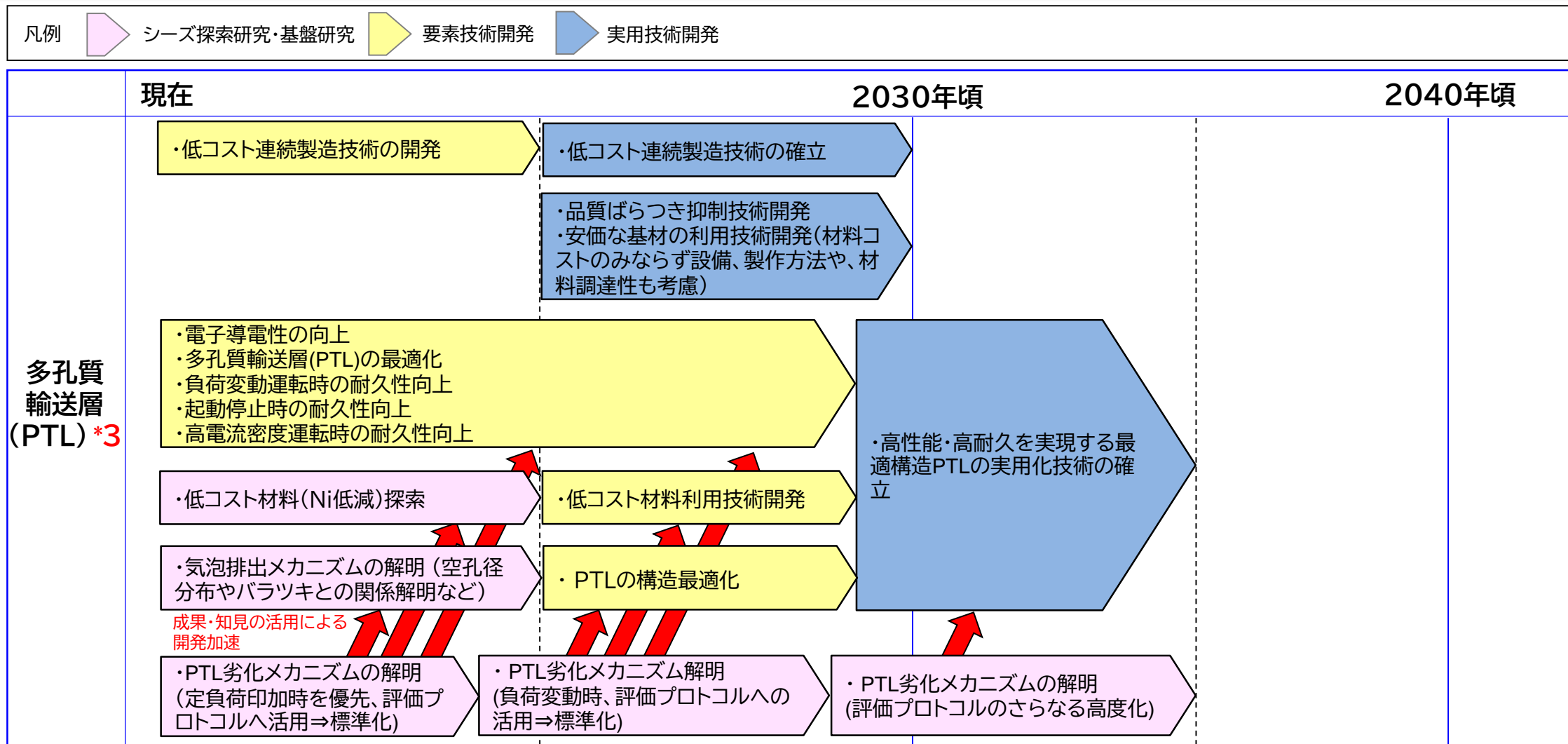
吸水時の寸法変化の抑制、化学劣化抑制、耐熱性向上に向けた技術開発が必要。  
耐アルカリ性向上や水透過性の制御技術開発も必要。(特にカソードドライ運転時)



\*2 耐久性・貴金属使用量・活性はすべて相関関係にあり、何か一つを改善する際は、他の2つを、現状並みに維持することが要件。(例えば、貴金属使用量の低減を図る際は過電圧および耐久性維持が必要)

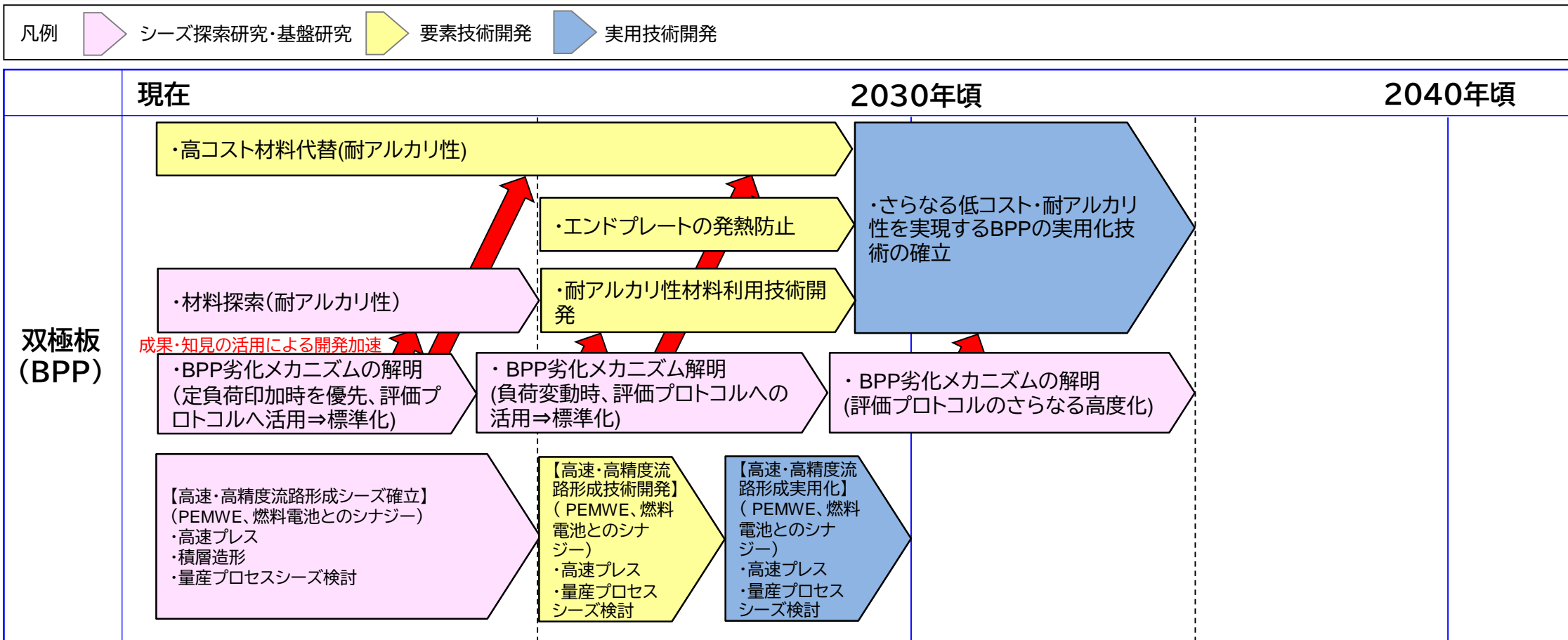
CO<sub>2</sub>混入による電解液pH変化時の触媒活性担保、貴金属フリー触媒技術の開発が必要。  
 カソード触媒の貴金属フリー化は、アノードと比較して難易度が高く、  
 貴金属フリー化の検証も含めた中長期的な検討が必要。



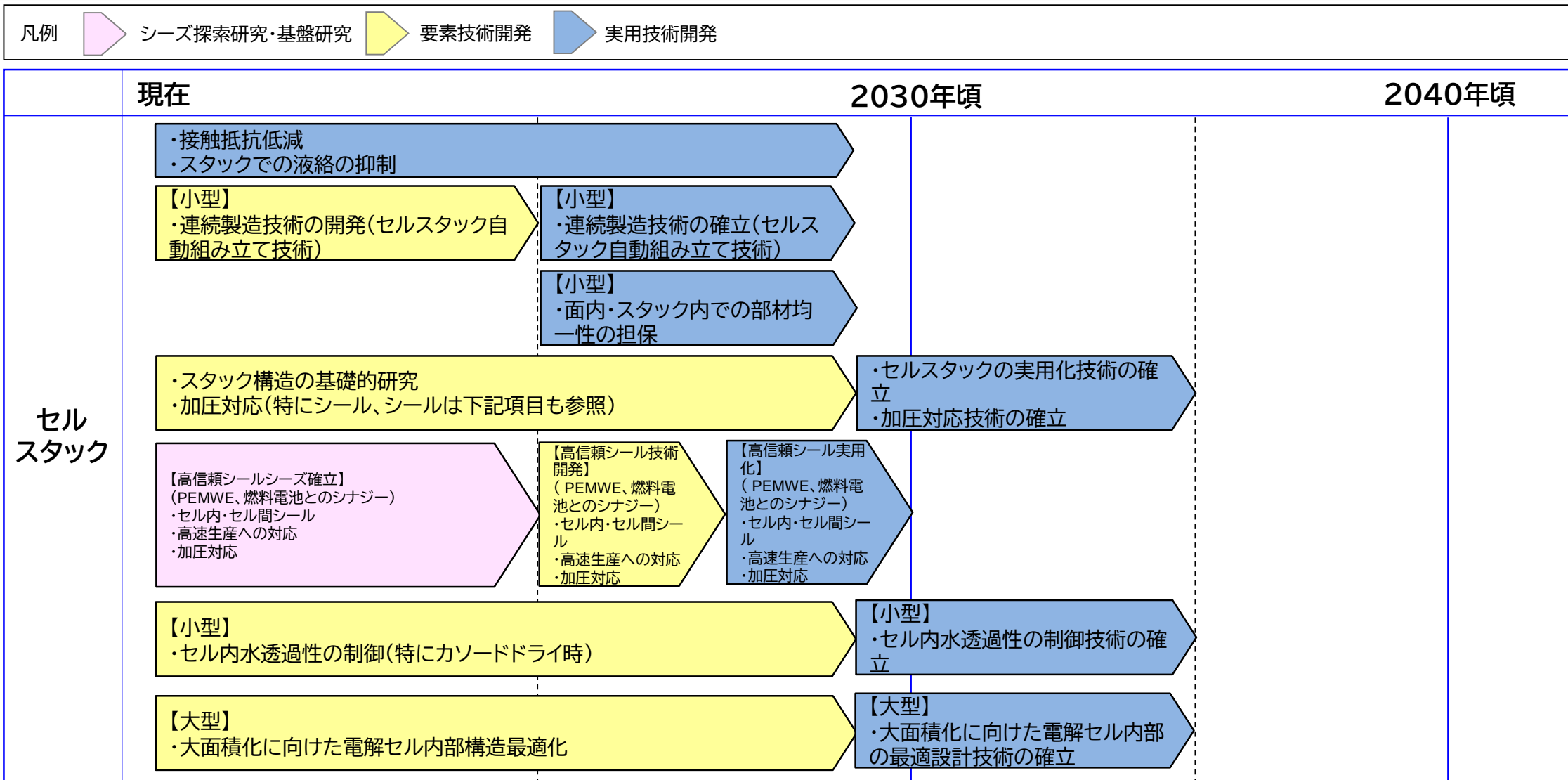


\*3 GDL、MPLを含む。

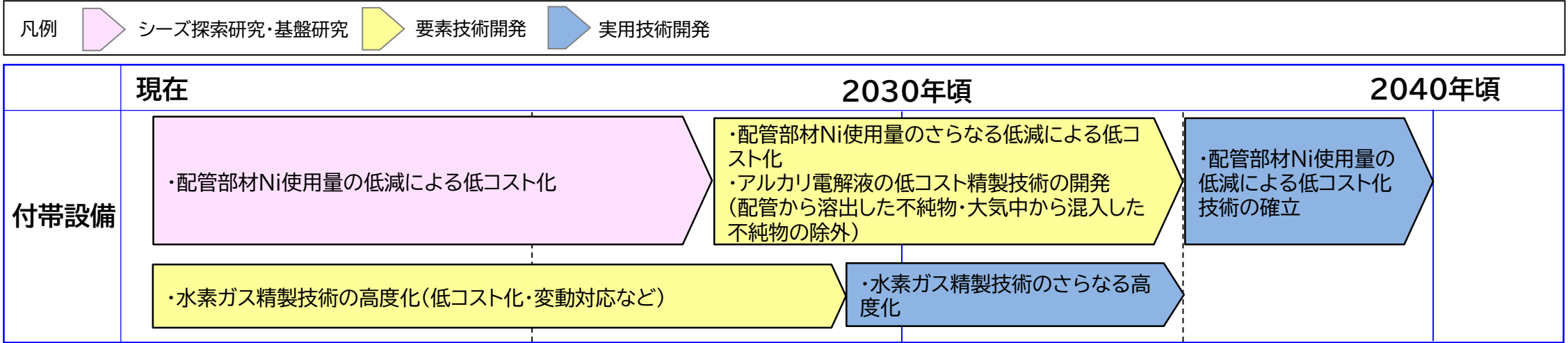
耐アルカリ性を備えた安価なNi代替材料の探索や、安価な材料へのコーティング技術開発など、性能や耐久性向上を実現しつつコストを低減可能な材料の探索が必要。



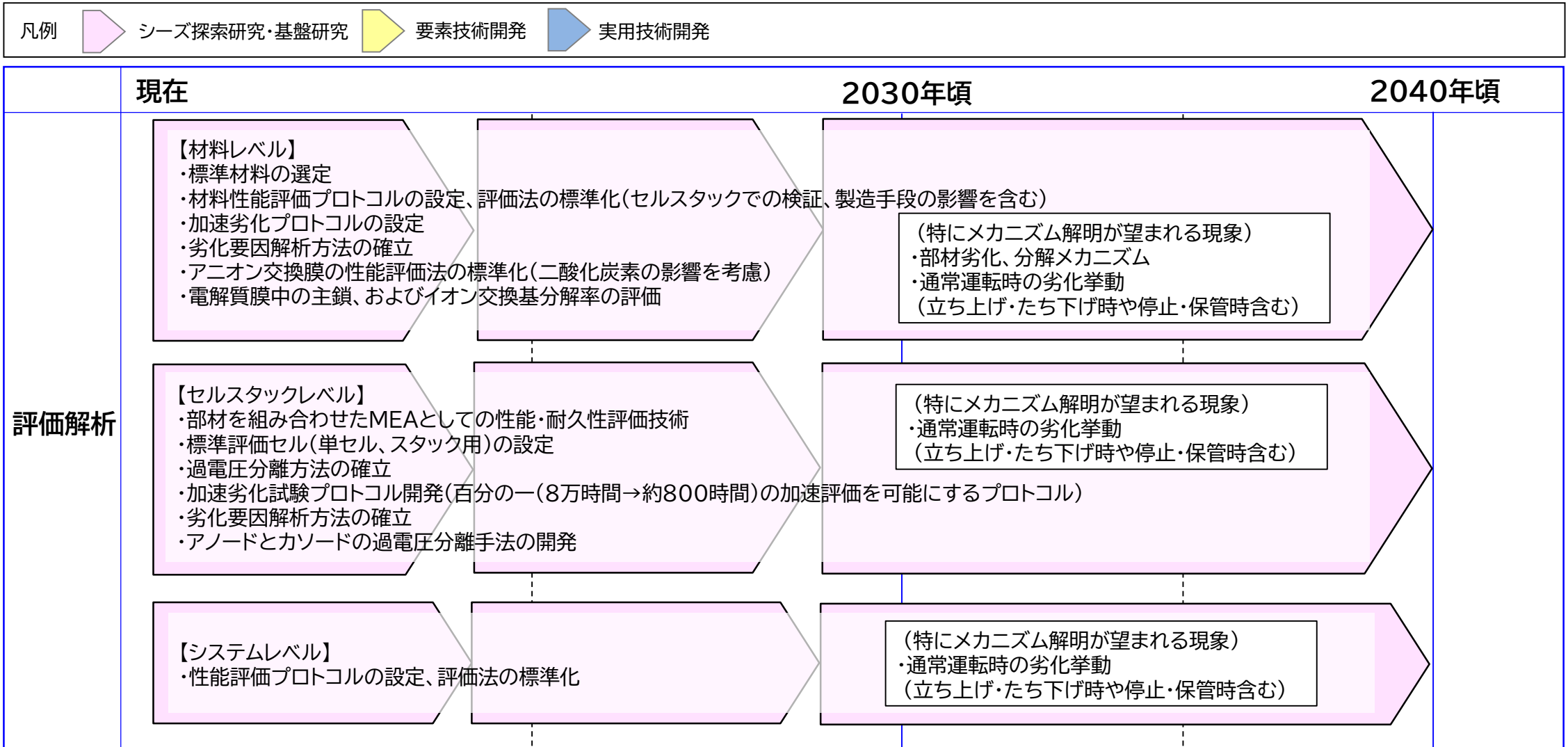
耐アルカリ性を備えた安価なNi代替材料の探索や、安価な材料へのコーティング技術開発が必要。



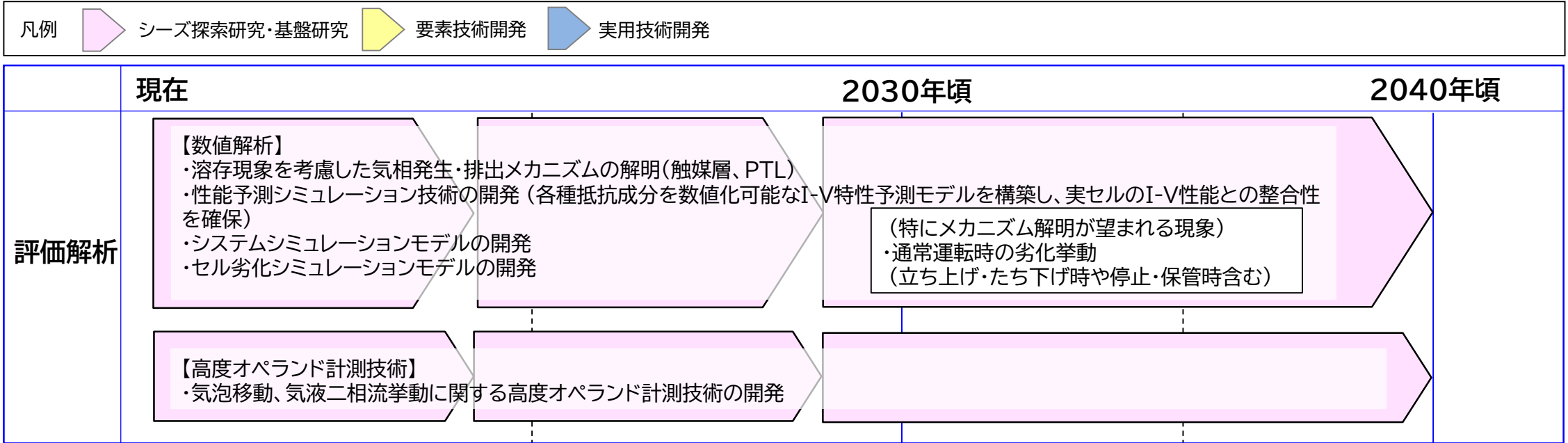
スタック構造の基礎研究や、水透過性の制御技術(特にカソードドライ運転時)の開発が必要。  
アルカリ性環境下での加圧運転に適用可能なシール技術開発も必要。



近年価格上昇傾向にあるNiの使用量低減に向けた技術開発、アルカリ電解液の低コスト精製技術の開発が必要。



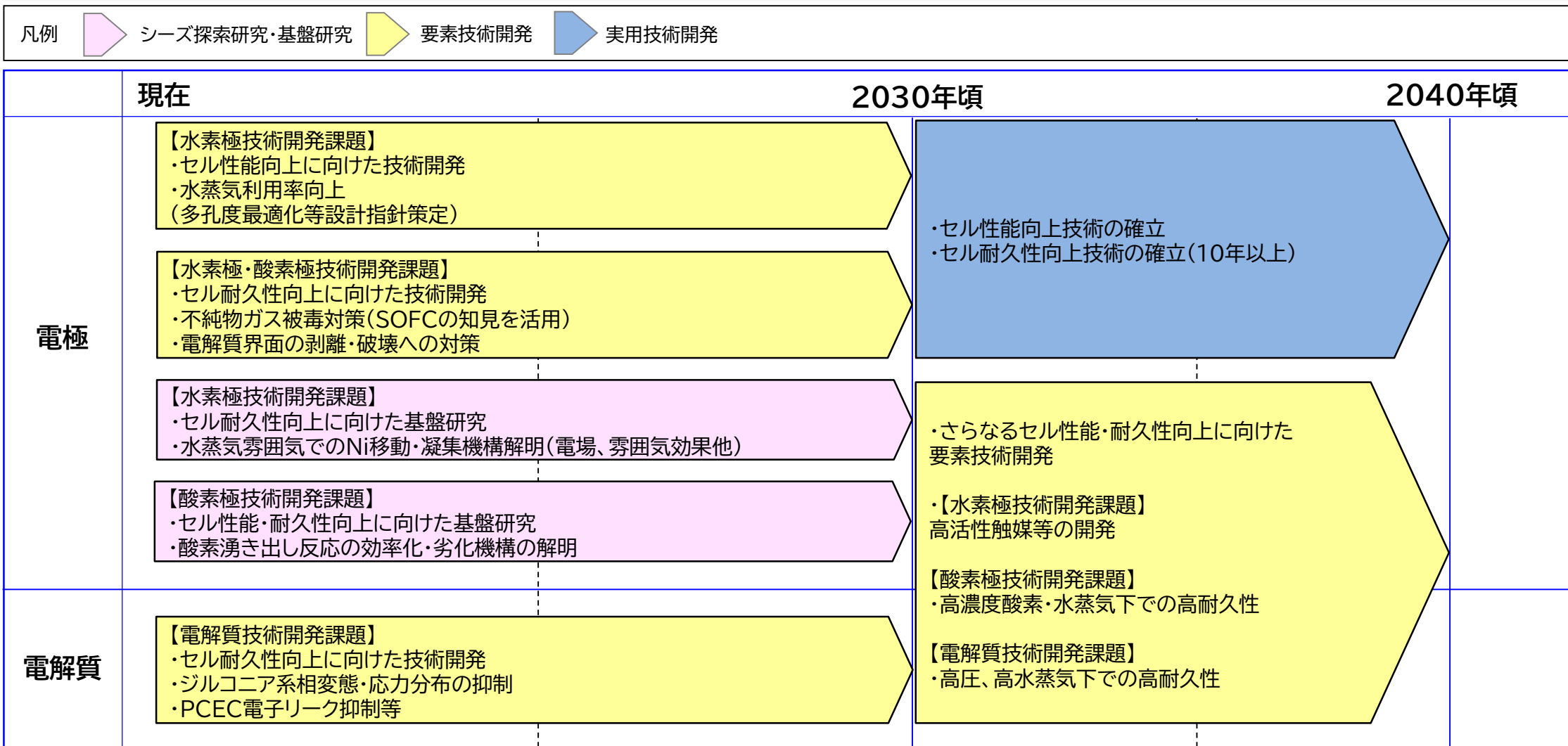
実機評価レス化や加速劣化(所要時間1/100程度)を実現するための評価解析技術の開発等、技術開発の加速に向けた評価解析技術の高度化が必要。



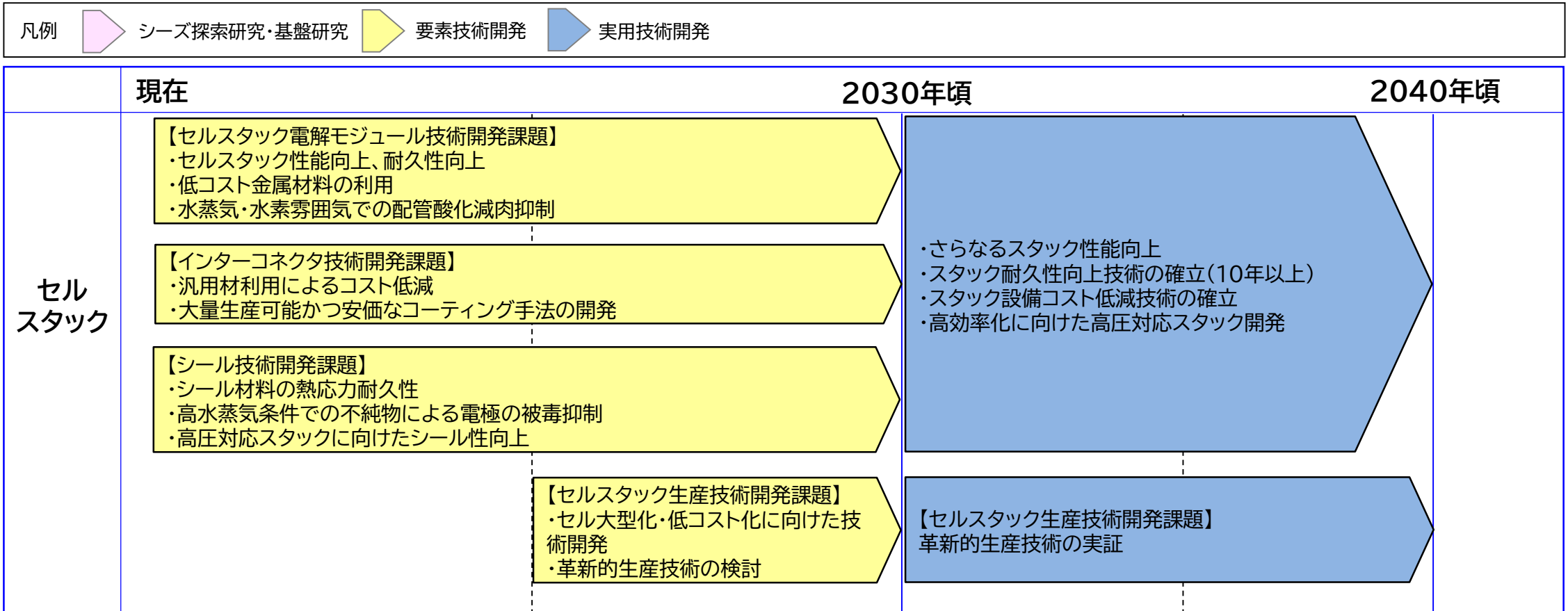
数値解析による気泡発生・成長メカニズム解明技術開発や、セル、システムシミュレーションモデルの整備が必要。

# 固体酸化物電解(SOEC)

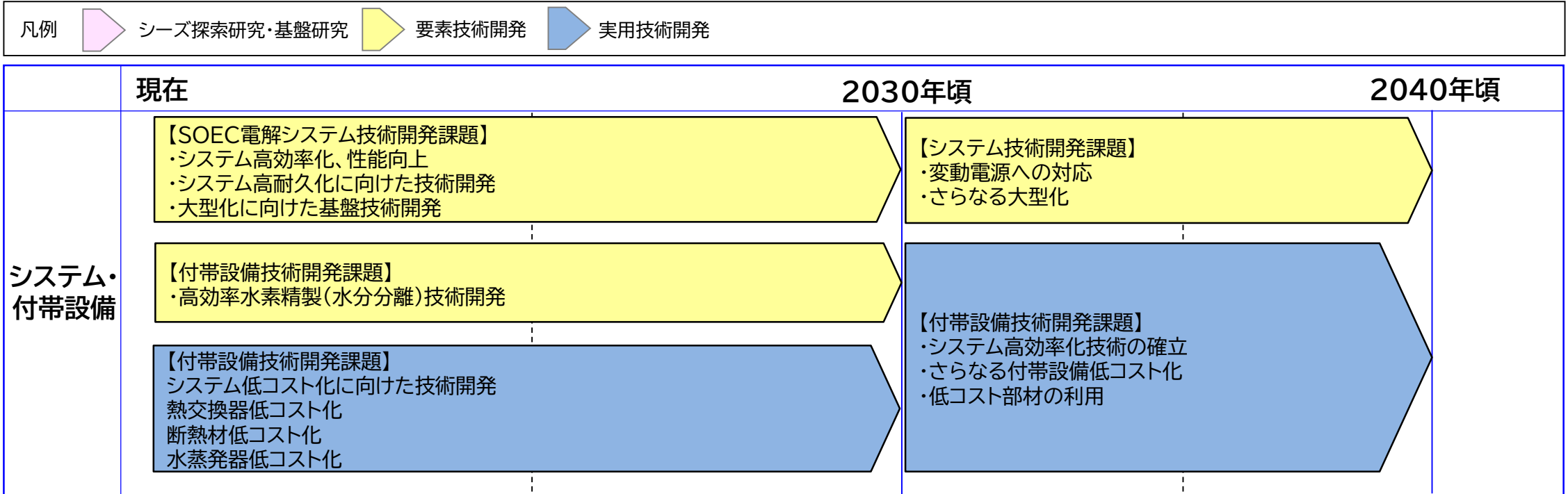




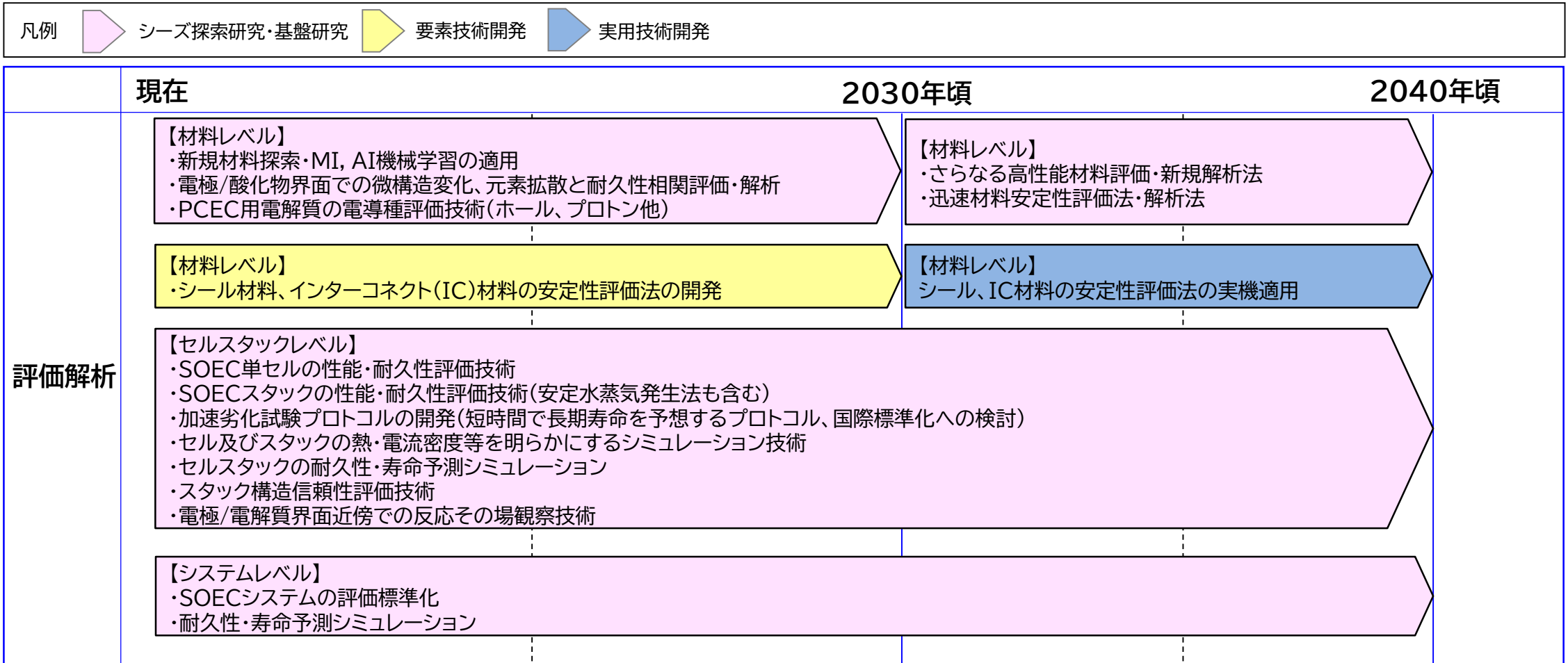
電極においては、特にセル性能向上と耐久性向上に向けた技術開発が必要。  
 電解質膜においては、特に耐久性向上に向けてZrO<sub>2</sub>系の相変態や応力分布の抑制が必要。



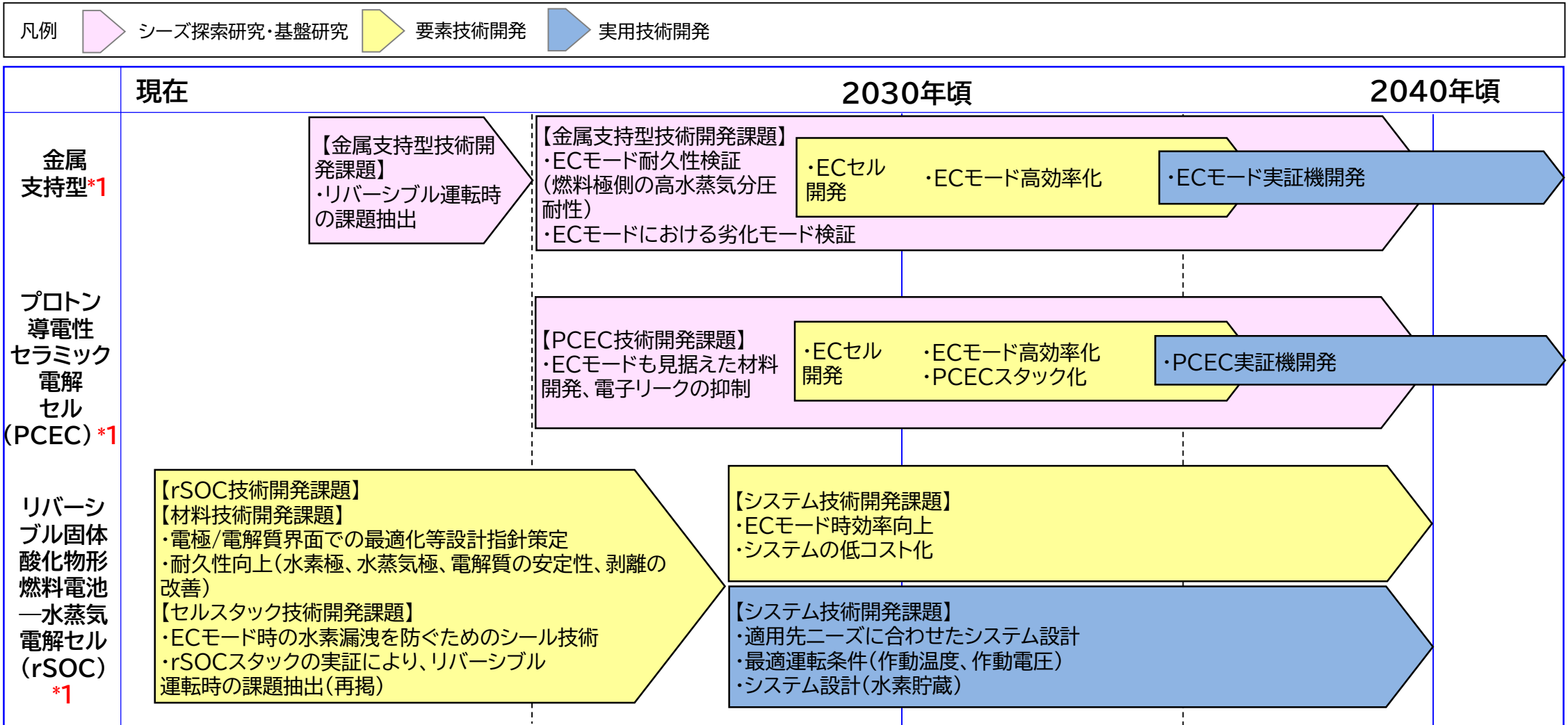
インターコネクタでは安価なコーティング技術と汎用材利用によるコスト低減、シールでは高温でリークのない材料開発が必要。高効率化に向けた加圧スタックにおいては、シール技術開発も必要。



将来の産業用途での利用などを見据え、大型化に向けた基盤技術開発がシステムでは重要。付帯設備では、製造した水素ガスに含まれる水蒸気量が他の電解と比較して多いSOECでは、高効率水素精製(水分分離)技術開発が特有の技術課題。



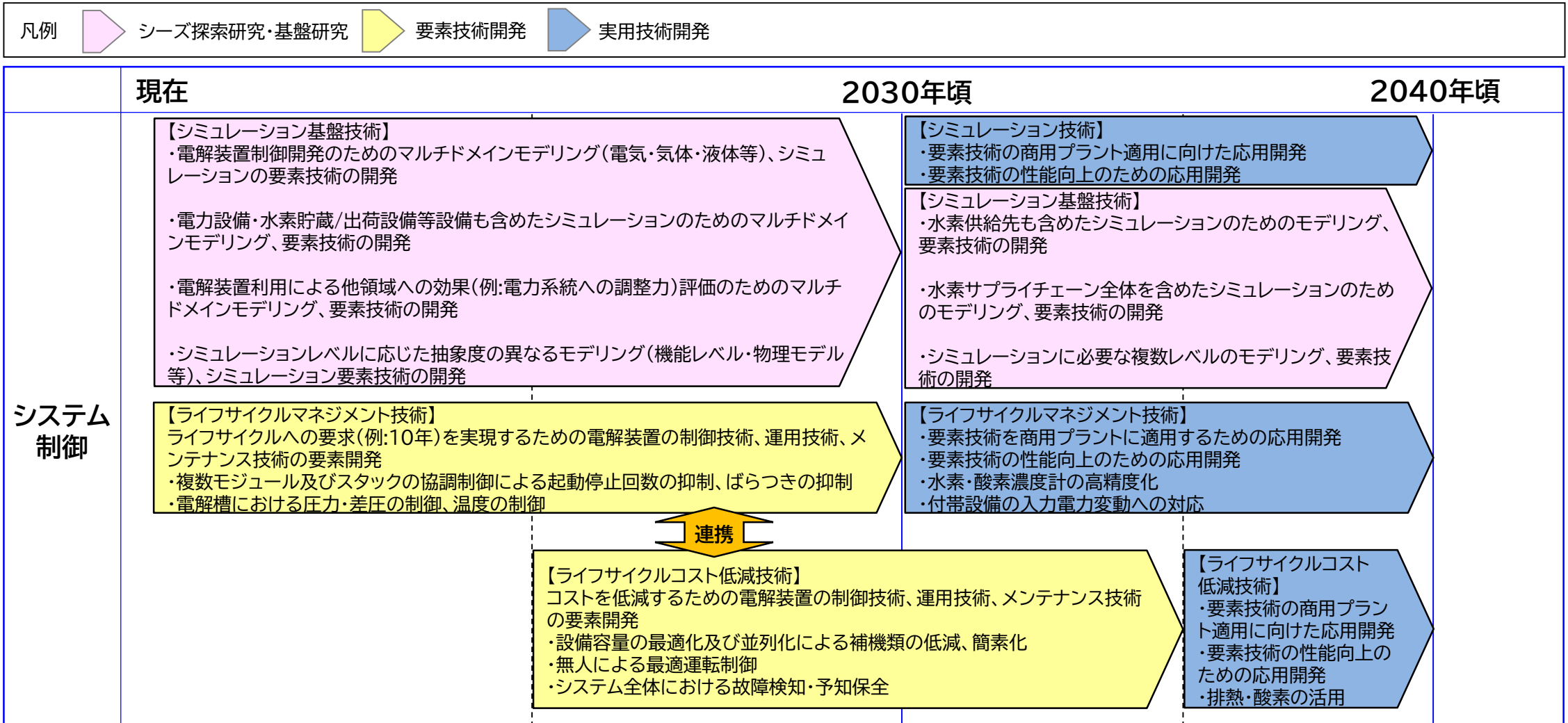
技術開発の加速に向けて、材料レベル、セルスタックレベル、システムレベルそれぞれでの評価解析技術の高度化が必要。



\*1 定置用燃料電池と共通。

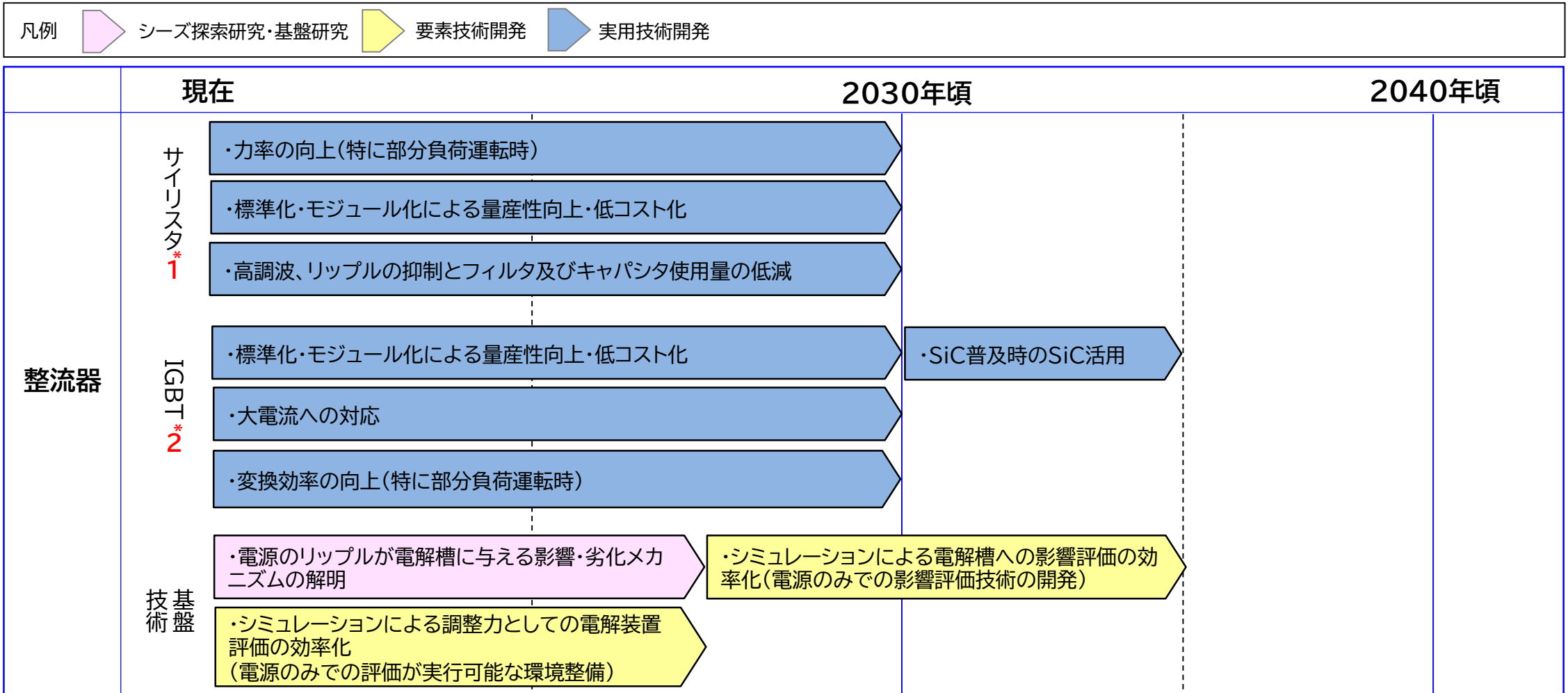
金属支持型、PCEC、リバーシブルセルは定置用燃料電池での技術開発と共通部分も多いことから、  
 統合的な記述とした。

# システム制御・付帯設備



システム制御に向けて、構成要素から水素サプライチェーンまでの各階層を記述可能なモデリングやシミュレーションの基盤技術開発が必要。





\*1 大電流への対応及び簡易に電力制御が可能であるが、品質に課題。

\*2 高品質な電力を供給できるが、電力制御が複雑となる。

整流器からのリップル電流による電解槽劣化について、メカニズム解明に基づく電解槽劣化抑制と整流器の低コスト化の両立に期待。また、開発効率化のため、系統影響シミュレーション技術の開発や評価環境の整備が必要。

凡例			
	シーズ探索研究・基盤研究		
	要素技術開発		
	実用技術開発		
	現在	2030年頃	2040年頃
水素 圧縮機	<ul style="list-style-type: none"> <li>・入力電力の変動への対応</li> <li>・圧縮効率の向上</li> <li>・水素シール性の向上</li> <li>・大流量への対応</li> <li>・標準化・モジュール化による量産性向上・低コスト化</li> </ul>		
純水 製造	<ul style="list-style-type: none"> <li>・イオン交換樹脂の長寿命化、高比表面積化</li> <li>・機器の大型化への対応</li> </ul>		
水素 精製	<ul style="list-style-type: none"> <li>・低コスト水素精製技術の開発(吸着材等)</li> <li>・入力電力の変動への対応</li> </ul>		
計装 機器	<ul style="list-style-type: none"> <li>・酸素濃度計、水素濃度計、流量計、調整弁等の低コスト化</li> <li>・水素中の酸素濃度測定技術の開発</li> </ul>		
安全 対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・アノード水素濃度に関する安全技術の開発</li> <li>・アノード酸素圧力に関する安全技術の開発</li> <li>・高電圧に対する絶縁設計技術の開発</li> <li>・故障時における系統バックアップ技術の開発</li> </ul>		

今後の水電解装置の利用形態を踏まえた、  
付帯設備の低コスト化、入力電源の変動への対応、安全対策等が必要。

ご清聴ありがとうございました