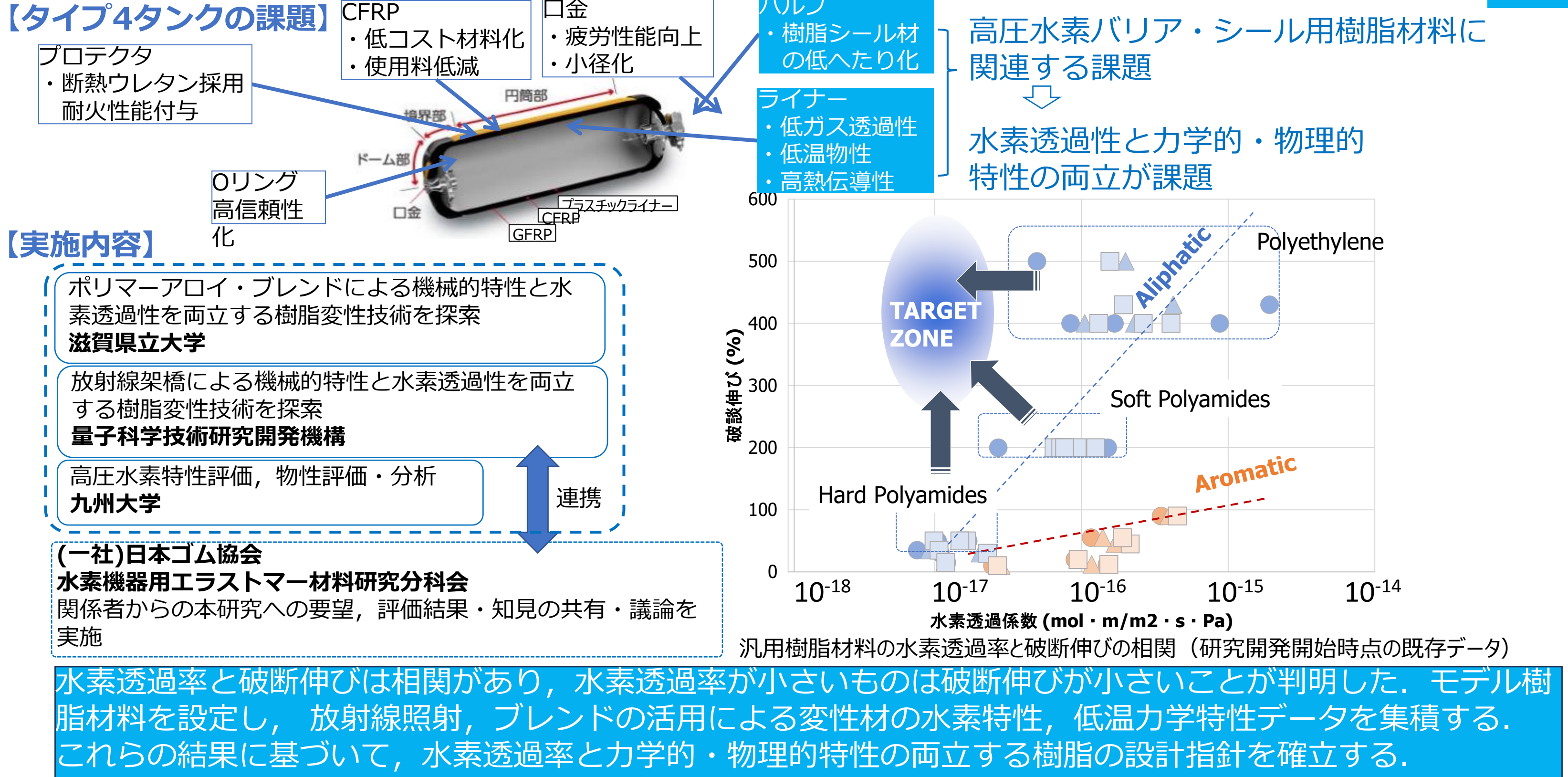


1. 事業の位置付け・必要性・研究体制



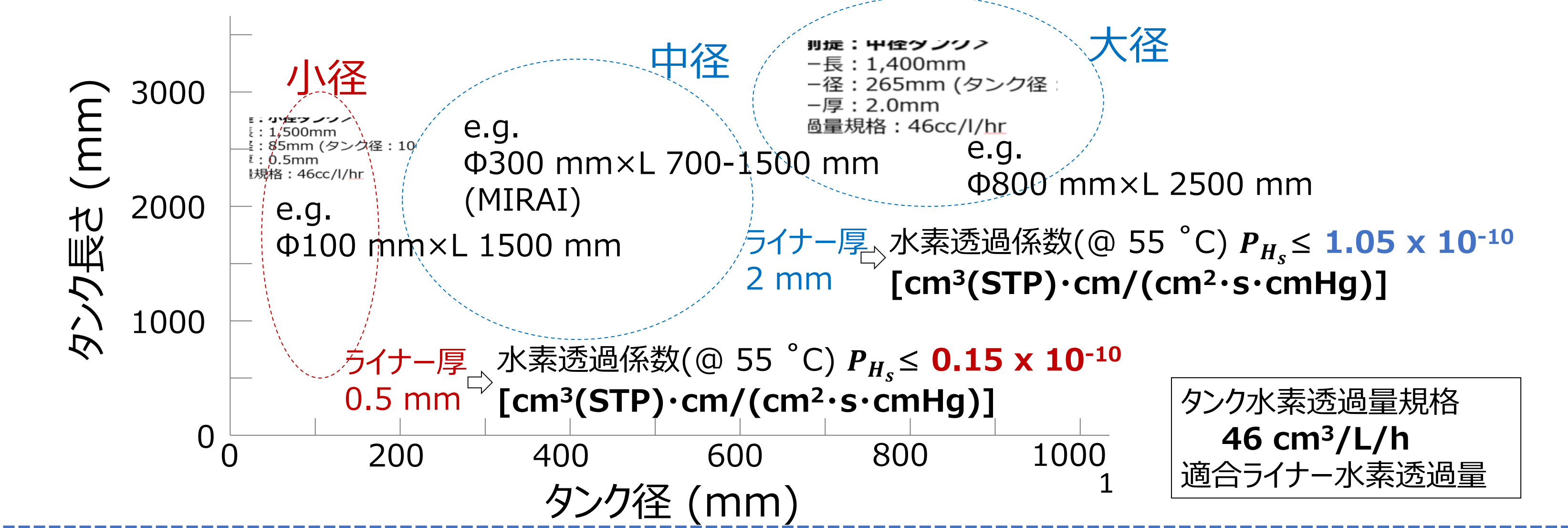
車載用高圧水素適合性高分子材料検討WG

国立大学法人九州大学 研究実施場所：水素材料先端科学研究センター 研究項目： ・水素樹脂物性の選定および樹脂物性データベースの作成（水素特性、各種物性評価およびデータベース取りまとめを担当） ・ポリマーアロイ・ブレンド技術、架橋技術の位置付け評価（水素特性評価、各種物性評価を担当）
公立大学法人滋賀県立大学 研究実施場所：工学部材料科学科 研究項目： ・水素樹脂物性の選定および樹脂物性データベースの作成（データベース収載ポリマーアロイ・ブレンド試験片の調整、構造解析を担当） ・ポリマーアロイ・ブレンド技術、架橋技術の位置付け評価（ポリマーアロイ・ブレンド技術の評価を担当）
国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 研究実施場所：高崎量子技術基盤研究所 研究項目： ・水素樹脂物性の選定および樹脂物性データベースの作成（データベース収載放射線架橋試験片の調整、構造解析を担当） ・ポリマーアロイ・ブレンド技術、架橋技術の位置付け評価（放射線架橋技術の評価を担当）

協力機関		
No	機関名	協力事項
1	トヨタ自動車株式会社	・製品への活用することの是非検討 ・研究への助言 ・必要に応じてサンプル提供、評価
2	株式会社本田技術研究所	
3	内山工業株式会社	
4	八千代工業株式会社	
5	株式会社デンソー	
6	三菱ケミカル株式会社	
7	アルケマ株式会社	
8	AGC株式会社	
9	株式会社クラレ	
10	宇部興産株式会社	
11	タイセル・エボニック株式会社	
12	タイセル株式会社	
13	FTS株式会社	
14	タイキン工業株式会社	
15	（一財）化学物質評価研究機構	
16	三菱ガス化学株式会社	
17	株式会社プラコー	
18	ビックケミー・ジャパン株式会社	
19	株式会社クレハ	

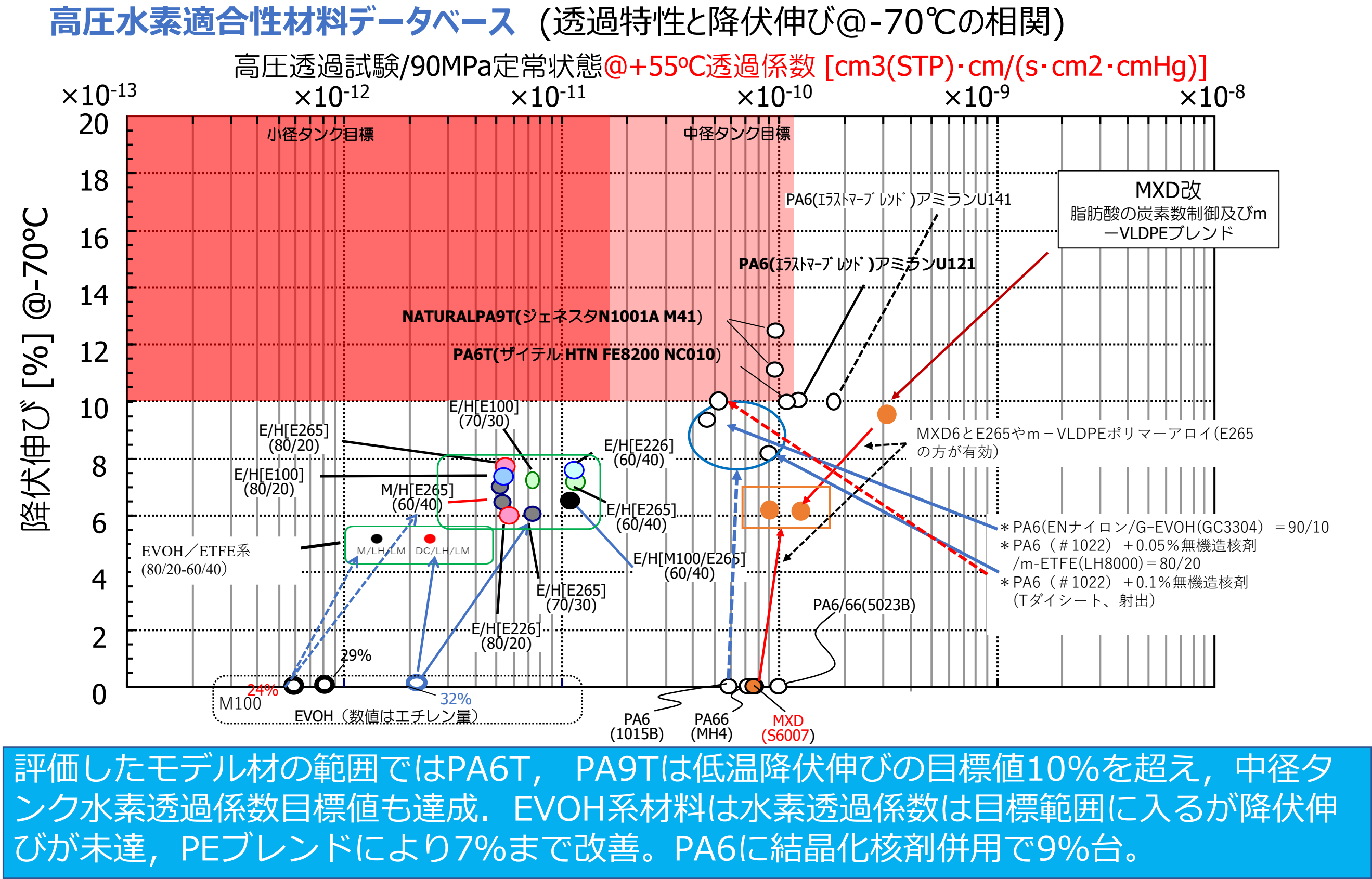
2. 研究開発の目標・スケジュール

車載用タイプ4タンクライナー材について、多様な用途・製品への展開を目的として、自動車OEMより多様なタンクサイズに対応する目標値が提示された。
⇒ データベースに降伏伸び@-60℃、水素透過係数@55℃のOEMより示された目標値に対応した材料・変性材計測データを拡充しライナー材開発の方向性を示す。
ライナー最低降伏伸び＝水素充填時に発生する-60℃ライナー主応力／ライナーヤング率より算出されるライナー材伸びを設定
降伏伸び ε_y @60℃ > 10%



項目	2020				2021				2022				2023				2024			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
（九州大学） ・既存データによる高圧水素透過特性と機械特性の相関検討 ・供試材料の水素侵入量・拡散係数評価 ・供試材料の構造解析 ・（一社）日本ゴム協会水素機器用エラストマー材料研究分科会における議論 ・ポリマーブレンド材の水素透過特性および低温力学特性に対する放射線照射の効果検証	高圧水素透過特性と機械特性の相関検討				高圧水素透過特性評価				ベース材料系絞り込み				変性仕様検討材高圧水素特性評価				最適変性仕様の決定			
（滋賀県立大学） ・熱可塑性樹脂材料の放射線架橋に関する基礎研究 ・量産化に対応した放射線照射による架橋技術の検討	放射線架橋による水素特性・機械的物性改善効果検討				供試材料の作成				放射線照射による水素特性・機械的物性改善効果検討				放射線照射による水素特性・機械的物性改善効果検討				放射線照射による水素特性・機械的物性改善効果検討			
（九州大学） ・ポリマーブレンド材に関する基礎研究 ・ポリマーブレンド材成形法の水素特性に対する影響検討	ポリマーブレンドによる水素特性・機械的物性改善効果検討				供試材料の作成				ポリマーブレンドによる水素特性・機械的物性改善効果検討				ポリマーブレンドによる水素特性・機械的物性改善効果検討				ポリマーブレンドによる水素特性・機械的物性改善効果検討			
（材料メーカー等：外部協力） ・供試材料の提供	汎用樹脂供試材料の提供				汎用樹脂供試材料の提供				変性樹脂材料の検討				変性樹脂材料の検討				変性樹脂材料の検討			

3. 研究開発成果

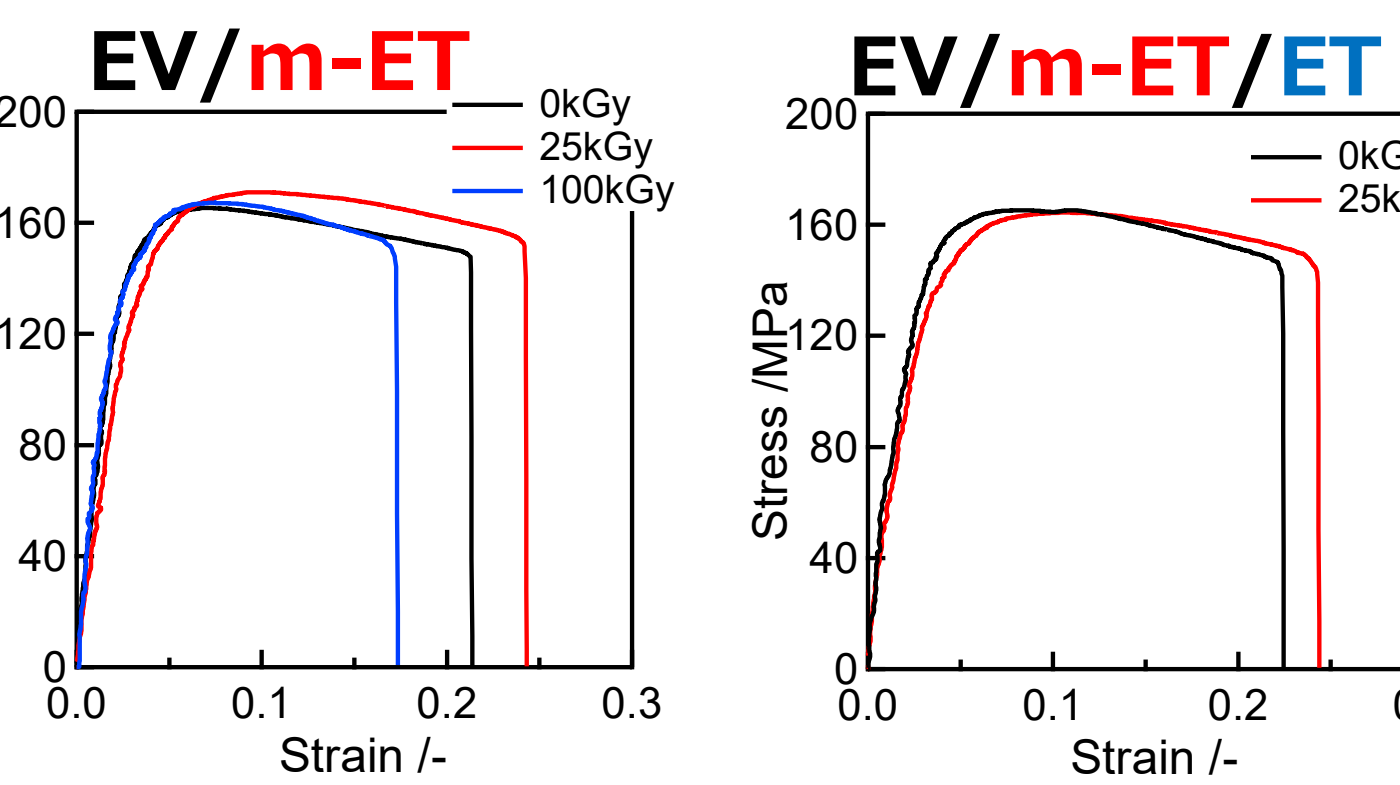


EVOH/ETFE/相容化剤 ブレンドに対するγ線照射効果

EVOH：エチレンビニルアルコール共重合体（エチレン32 mol%）
ETFE：エチレンテトラフルオロエチレン共重合体
m-ETFE：酸無水物変性エチレンテトラフルオロエチレン共重合体
タフマーMH5020：無水マレイン酸変性エチレン1ブテンコポリマー（相容化剤）

ブレンド比率(wt%) + 相容化剤 5 phr
EVOH/m-ETFE = 80/20 ⇒ EV/m-ET
EVOH/m-ETFE/ETFE = 80/10/10 ⇒ EV/m-ET/ET

▼応力-ひずみ曲線

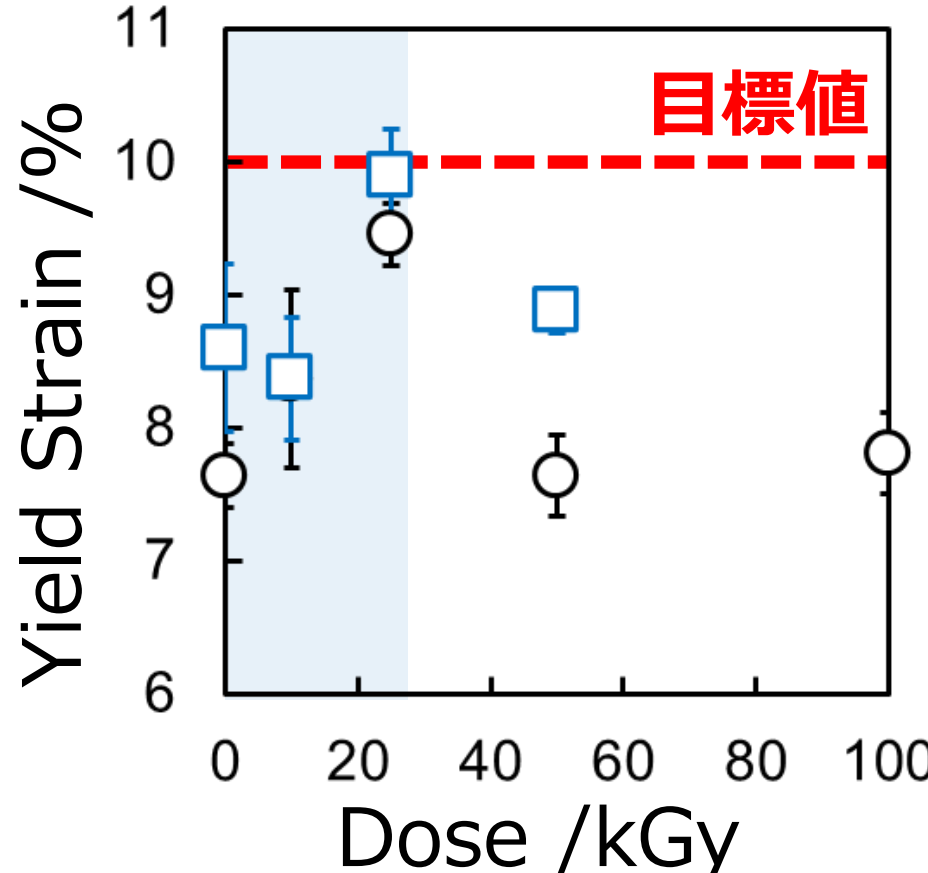


✓ 25 kGyの線量で延性化を確認

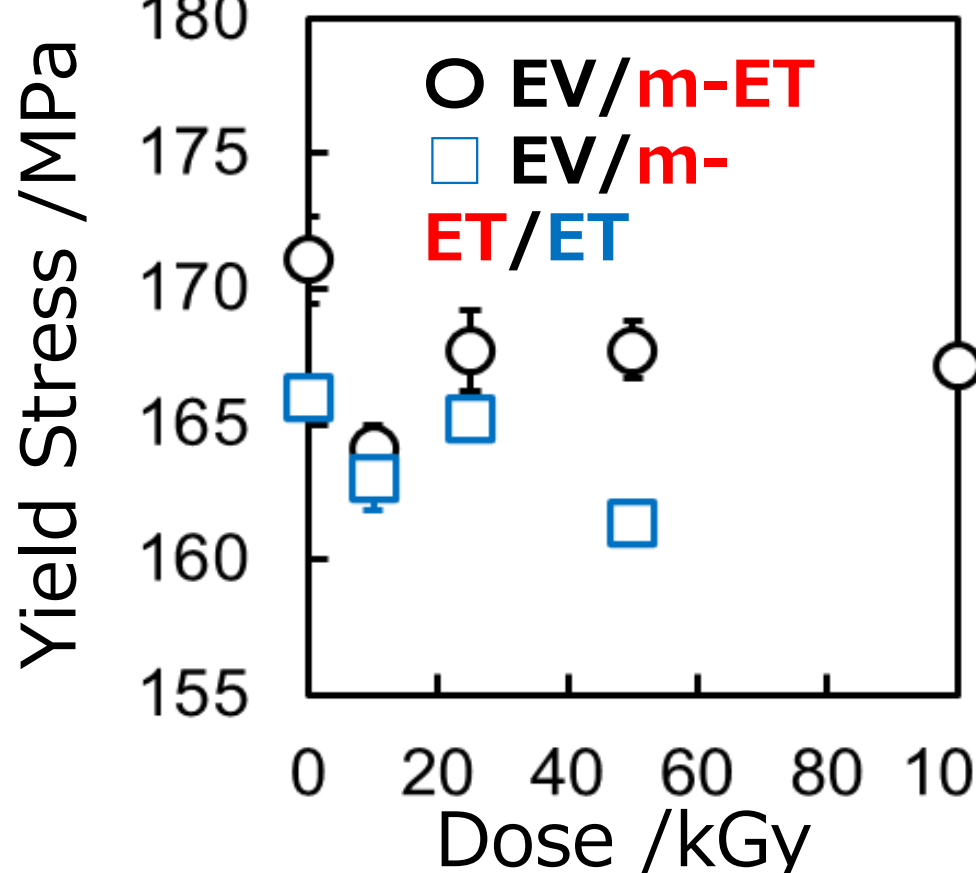
EVOH/ETFE/相容化剤 ブレンドへの低線量γ線照射（～25 kGy）で降伏ひずみ10%まで増加

γ線照射
・線源：Co⁶⁰
・雰囲気：真空・室温
・クエンチ条件：80℃、24時間

▼降伏ひずみの変化



▼降伏応力の変化



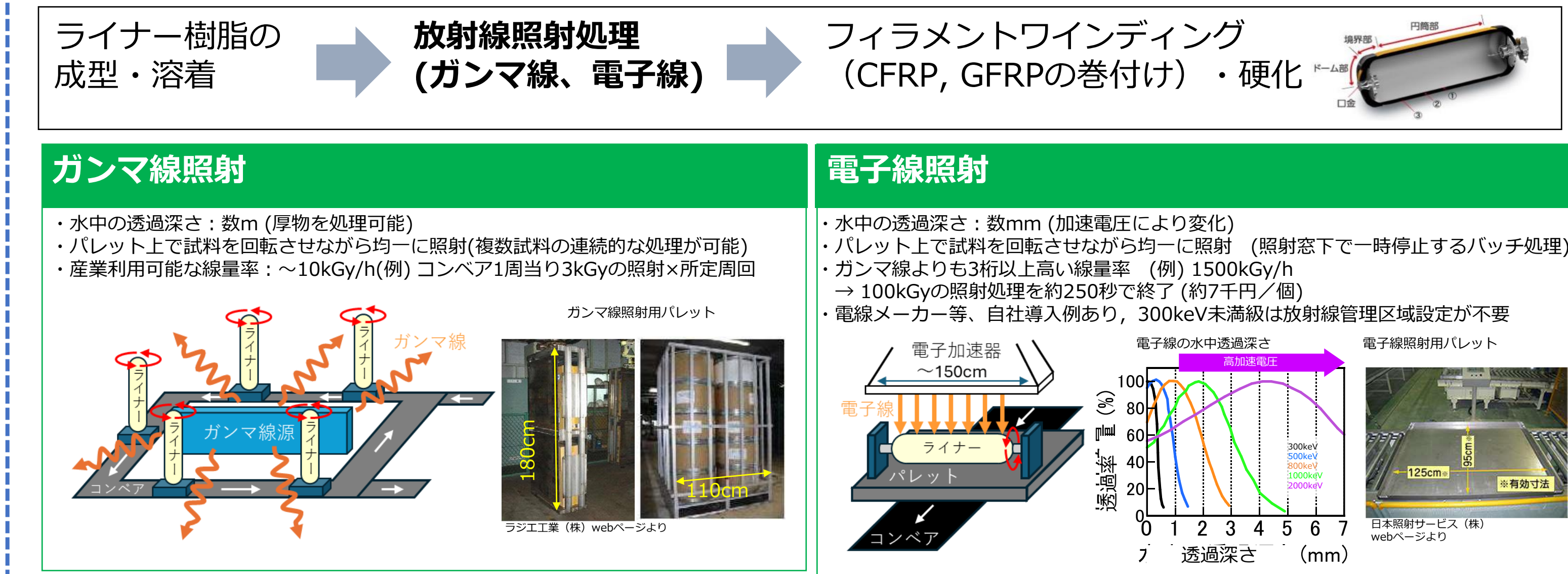
γ線照射の影響

架橋と分解を雰囲気・溶媒・温度・線量率などの各種パラメータで制御：

モデル材料・ブレンド材料へのγ線照射効果まとめ

PE系	・数十～100kGyのガンマ線照射によって十分な架橋が可能。 ・特にHDPEにおいて耐高圧水素特性の改善が顕著。水素拡散係数20～40%低減。
PA系	・一部品番で数百kGyのガンマ線照射によって十分な架橋が可能。 ・良好な耐高圧水素特性を維持しながら水素侵入量が約10%、拡散係数が約15%低減 ・-70℃降伏伸びに対するガンマ線照射の影響は小さい。
エンブラ系(PEEK)	・5MGy以上の電子線照射で架橋が可能。優れた水素特性を電子線照射後も維持。
BVOH, EVOH系	・BVOH系は2.5MGyのガンマ線照射によってゲル分率20%。 ・EVOH系は、エチレン含有量が多い場合（48mol%）、数百～1000kGyの照射でゲル分率が増加。水中照射では300kGy以上でゲル分率が増加。
POK系・SEBS系	・200kGy以上のガンマ線照射によって架橋が可能。
フッ素系	・PVDF, ETFEはいずれも架橋反応よりも分解反応が優勢。
PA/PEブレンド系	・相容化剤がPA/PEの分散性を向上し、接触面積の増加に伴いガンマ線照射による架橋促進。 ・相容化剤の添加量5phr以上の場合、10kGy照射で耐高圧水素特性が改善。
EVOH/変性PEブレンド系	・200kGyまでの範囲で-70℃降伏伸びに及ぼす影響は小さい。 ・ガンマ線照射後も良好な水素透過特性を維持。
EVOH/変性ETFEブレンド系	・相容化剤添加系ではガンマ線照射により-70℃降伏伸びが改善。 ・EVOH / m-ETFE / ETFE / 相容化剤ブレンド材において、25 kGy照射で約10%の降伏伸びを達成。ガンマ線照射後も小径タンク向け水素透過特性の基準をクリア。

高圧水素タンクライナー製造への放射線照射プロセス検討



まとめ

候補材料系

- 小径タンク：
- ・EVOH/m-HDPEブレンド系
 - ・EVOH/m-ETFEブレンド系
 - ・EVOH/脂肪族ポリアミド/m-ETFE/ETFEブレンド系
 - ・EVOH/m-ETFE/ETFE/相容化剤ブレンド系＋低線量γ線照射
- 中／大径タンク：
- ・半芳香族ポリアミド系（PA6T, PA9T）
 - ・PA6エラストマーブレンド（アミランU121）
 - ・脂肪族ポリアミド＋（EVOH及び又は、無機結晶化核剤）