

水素先端科学基礎研究事業

2006年度～2012年度(7年間)

プロジェクトの概要(公開) 暫定版

- I. 事業の位置づけ・必要性
- II. 研究開発マネジメント
- III. 研究開発成果
- IV. 実用化, 事業化の見通し

NEDO 新エネルギー部

2010年9月8日(水)

NEDO水素先端科学基礎研究事業

研究開発責任者: 村上敬宜
サブリーダー: 松岡三郎

九州大学
水素エネルギー国際研究センター
センター長: 佐々木一成

産業技術総合研究所
水素材料先端科学研究センター
センター長: 村上敬宜

水素材料強度特性研究チーム

チーム長: 松岡三郎

水素トライボロジー研究チーム

チーム長: 杉村丈一

水素物性研究チーム

チーム長: 高田保之

水素高分子材料研究チーム

チーム長: 西村伸

水素シミュレーション研究チーム

チーム長: 村上敬宜

長崎大学
佐賀大学

上智大学
物質・材料研究機構
福岡大学

NOK(株)

長崎大学

京都大学

→ H22年4月より, NEDO直接委託へ

<他機関との連携>

- 燃料電池実用化推進協議会
- (財)エンジニアリング振興協会
- (財)日本自動車研究所

<産業界との連携> <人材育成>

- (社)日本自動車工業会
- 福岡水素エネルギー戦略会議
- 産業界

<国際活動>

国際活動

Ⅲ. 研究開発成果(研究開発の中間目標と達成度)

プロジェクト全体の中間目標(～平成21年度)

水素高圧状態下における水素の物性や水素機器材料中の水素挙動等基礎的メカニズム解明等に関し、具体的な試験、分析、解析、評価等を重ね、理論的考察を進めるとともに、科学的裏付けとなる検証データを取得・蓄積し、自ら導出した仮説・提案・指針等内容を精査・強化する。

研究開発項目	研究チーム	中間目標	達成度
① 高圧水素物性の基礎研究	水素物性研究チーム	① PVTデータ、粘性係数、物質に対する水素の溶解度等水素物性(20年度から熱伝導率を追加)について、具体的な試験、解析、評価を重ね、その有効性について、理論的考察を進めるとともに、測定精度や信頼性向上に向けた検討に基づき、校正技術を確立する。	◎
② 高圧/液化による金属材料等の水素脆化の基本原理の解明及び対策検討	水素材料強度特性研究チーム	② 高圧または液化水素環境下における金属材料等に発生する水素脆化メカニズムや水素疲労メカニズムを解明するために、具体的な材料に対する各種試験、分析、解析、評価等を重ねるとともに、水素脆化の基本原理に関する考察を深める。また、発生した現象を科学的に裏付ける検証データを取得・蓄積し、自ら導出した仮説・提案・利用のための管理指針等の内容を精査・強化する。	◎
③ 液化・高圧化状態における長期使用及び加工(成形・溶接・表面修飾)、温度などの影響による材料強度特性研究(金属材料)		③ 液化・高圧化状態に曝される材料、部品等の加工(溶接等)プロセスや同プロセスにおける温度等の影響について、上記②における科学的知見も鑑み、例えば、溶接材の疲労強度に及ぼす水素の影響について明らかにするとともに、炭素鋼のような低コスト材料における水素の影響評価手法について検討・導出する。	◎
④ 液化・高圧化状態における長期使用及び加工(成形・溶接・表面修飾)、温度などの影響による材料強度特性研究(高分子材料)	水素高分子研究チーム	④ 液化・高圧化状態に曝される材料、部品等の加工(溶接等)プロセスや同プロセスにおける温度等の影響について、上記②における科学的知見も鑑み、例えば、溶接材の疲労強度に及ぼす水素の影響について明らかにするとともに、炭素鋼のような低コスト材料における水素の影響評価手法について検討・導出する。	◎
⑤ 高圧水素トライボロジーの解明	水素トライボロジー研究チーム	⑤ 高圧水素環境下における軸受け、バルブ摺動材料、締結部材料、シール材料等について、具体的な材料を用い、滑り摩擦試験、フレッティング摩擦試験、摺動試験等の試験、分析、解析、評価を重ね、理論的考察を進めるとともに、発生した現象を科学的に裏付ける検証データを取得・蓄積し、自ら導出した仮説・提案・材料利用のための設計指針等の内容を精査・強化する。	◎
⑥ 材料等内の水素拡散、漏洩などの水素挙動シミュレーション研究	水素シミュレーション研究チーム	⑥ 例えば、機械システム全体も考慮した流体及び機械構造内の水素拡散挙動(有限要素法によるき裂先端応力場と水素拡散の連成現象等)を考慮した水素漏洩評価に関するシミュレータに関する基本設計拡張を行い、解析ツールを整備するとともに、繰り返し実験結果との照合を行い、基礎的考察やシミュレーション技術開発の有効性を評価する。	○

①「高圧水素物性の基礎研究」

水素物性研究チーム

チーム長: 高田保之(九州大学工学研究院 教授)



共同研究機関: 長崎大学, 佐賀大学

研究実施項目

- (1) PVTデータの測定装置の開発・状態方程式の作成
- (2) 粘性係数の測定
- (3) 熱伝導率の測定
- (4) 水素ガスの種々の物質に対する溶解度の測定
- (5) 水素物性データベースの研究開発
- (6) 水素雰囲気における高沸点ガスの露点の測定
- (7) 比熱の測定

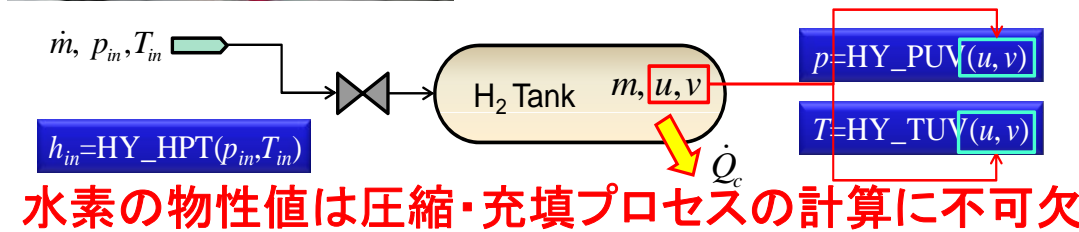
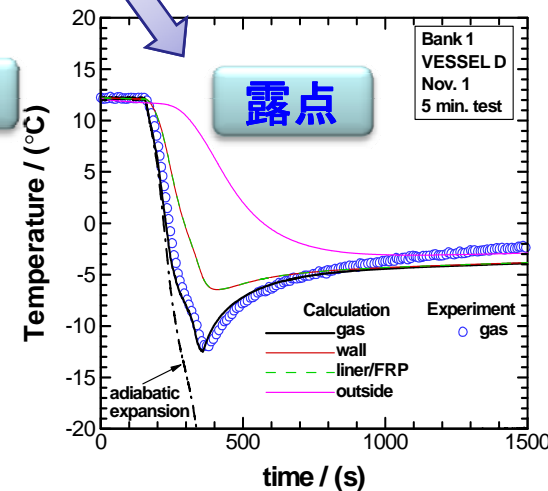
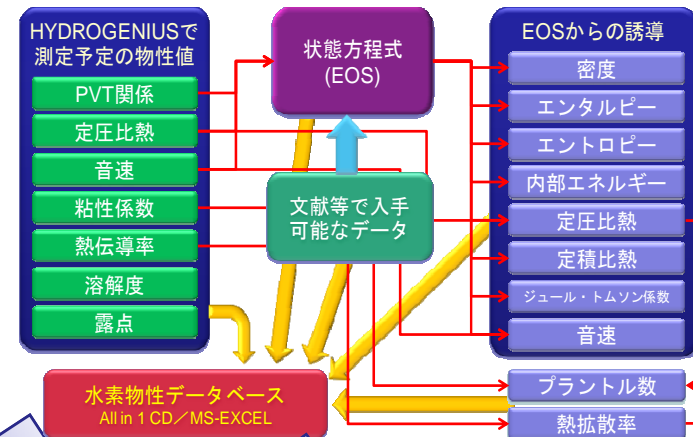
Ⅲ. 研究開発成果(研究開発の中間目標と達成度) 水素物性研究チーム

公開

研究実施項目	① 高圧水素物性の基礎研究	
研究チーム	水素物性研究チーム	
中間目標 (21年度末)	PVTデータ, 粘性係数, 物質に対する水素の溶解度等水素物性(20年度から熱伝導率を追加)について, 具体的な試験, 解析, 評価を重ね, その有効性について, 理論的考察を進めるとともに, 測定精度や信頼性向上に向けた検討に基づき, 校正技術を確立する.	
研究開発成果	<ul style="list-style-type: none"> 高温・高圧力条件下で, 水素のPVT性質, 粘度および熱伝導率を測定するための装置を開発した. それぞれ, 高圧対応型バーネット法装置, 細管法粘度測定装置および非定常短細線法熱伝導率測定装置である. 種々の物質に対する水素の溶解度, 物質内拡散係数を測定するためのNMR装置を導入し, 測定法を確立した. さらに, 水素雰囲気中の高沸点ガスの露点の計測システムを完成した. 100MPa, 200°C(473K)までの条件下で水素のPVT性質を始めて測定することに成功した. 熱伝導率に関して, 非定常短細線法を高温高圧条件下の水素に初めて適用した. また, 熱伝導率のパラ水素濃度依存性を定量的に高精度で測定した. なお本方法は熱伝導率と熱拡散率の同時測定が可能である. 100MPa, 200°C(473K)までの条件下のPVT性質, 粘性係数, 熱伝導率を測定し, 実測データをもとにしたPVT性質の状態方程式および粘性係数と熱伝導率のそれぞれについて高精度の推算式を作成した. 全く新しいコンセプトに基づいた物性推算機能付きデータベースシステム(All in 1 CD)の骨格を完成し, 本プロジェクトで収集されたデータに基づいてデータベースの拡充を行った. また, プロセス設計に使える熱物性値推算ツールとしてのMS-EXCEL版水素物性ライブラリを完成した. 完成したMS-Excel用水素物性推算アドインライブラリには, 水素物性値計算用の既存の推算式と本実測を基にして得られたビリアル状態方程式および粘性係数と熱伝導率のそれぞれの推算式が関数として組み込まれている. 	
達成度	◎	<p><達成状況 評価基準> 年度末における研究成果が</p> <p>◎ : 中間目標を超過達成していると予想される. ○ : 中間目標達成可能と予想される. △ : 中間目標未達となることが懸念されるが, 来年度早期での挽回が可能. × : 中間目標未達となることが懸念され, 来年度早期での挽回も困難.</p>
最終目標達成に向けた, 今後の課題 事業原簿 Ⅲ1-2, Ⅲ2.1-29	<ul style="list-style-type: none"> PVT性質に関し, 100MPa, 500°C(773K)までの定容積法測定装置の開発およびデータを取得し, 異なる測定法によるデータをクロスチェックすることによりデータの信頼性を確認する. 実測データおよび音速の実測値を用いてヘルムホルツ関数型状態方程式を作成し, 誘導した熱力学性質の精度を検討する. 粘性係数の測定範囲を500°C(773K)まで拡充するため現有の測定装置を改造し, データを取得する. 熱伝導率および熱拡散率のデータを取得する. さらに熱拡散率, 熱伝導率および密度を用いて比熱のデータを取得する. 100MPa, 500°C(773K)までの水素のPVT性質, 粘性係数, 熱伝導率および比熱のデータを評価し, 状態方程式および各推算式を更新してデータベースに組み込み, データベースシステムを完成する. 水素関連のプロセス・システム設計, 計測装置開発等関係業界への普及. 	

- ・水素の物性値データは水素エネルギー技術を支える基盤情報
- ・**世界初**となる高温高压水素物性データベースの体系的な整備を実施

- ・水素の物性値は、水素関連機器の設計の基盤情報であり、高精度かつ高信頼性の機器設計には、高精度の物性値が必要不可欠である。
- ・エンジニアが機器を設計する際に必要となる物性値について、その使用範囲や精度を分かりやすい形で提供するとともに手軽に入手できる環境を整備する必要がある。
 - **水素物性データベース(All in 1 CD)**
- ・圧力、温度に対する物性値を与えるだけでなく、プロセス設計に使えるツールとして提供することが重要である。
 - **MS-EXCEL版水素物性ライブラリ**



供給側タンク内の水素温度低下の例
(供給側 P = 35 MPa, 車載タンク P₀ = 0.1 MPa)

- ②「高圧／液化による金属材料等の水素脆化の基本原理の解明及び対策検討」
- ③「高圧／液化状態における長期使用及び加工(成形・溶接・表面修飾), 温度などの影響による材料強度特性研究(金属材料)」

水素材料強度研究チーム

チーム長: 松岡三郎 (九州大学工学研究院 教授)



共同研究機関: 上智大学, NIMS, 福岡大学

研究実施項目

「高圧／液化による金属材料等の水素脆化の基本原理の解明及び対策検討」

- (1) ナノ・メゾレベルにおける強度・変形過程の解明
- (2) 高圧ガス水素下における疲労き裂発生と伝ば機構の解明
- (3) 疲労き裂先端における塑性変形(すべり変形)と水素の相互作用の解明
- (4) 高圧ガス水素下及び液体水素下における疲労き裂発生・進展メカニズムの解明

「高圧／液化状態における長期使用及び加工(成形・溶接・表面修飾), 温度などの影響による材料強度特性研究(金属材料)」

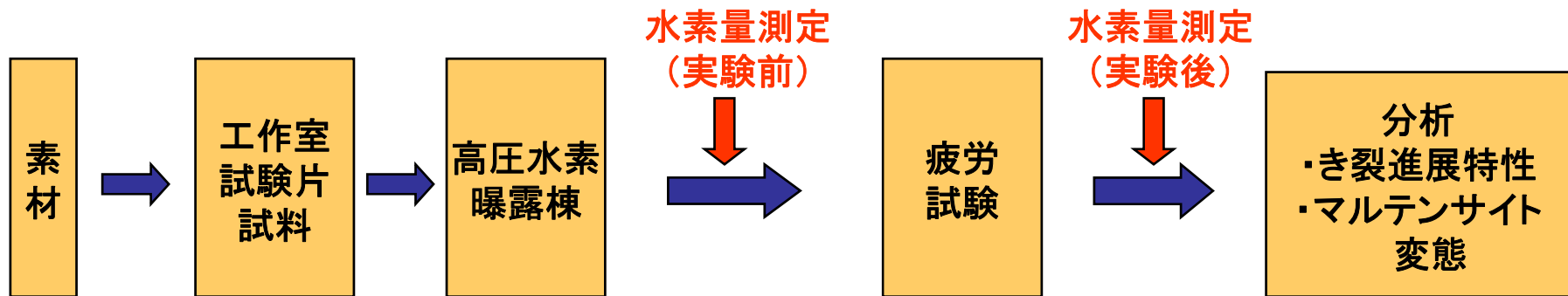
- (1) 水素機器に使用される金属材料の強度評価
- (2) 水素機器の設計・製造における部品・接合部材の強度評価
- (3) 材料中の侵入水素の存在状態解析
- (4) 材料中の結晶粒内・粒界におけるすべり変形に及ぼす水素の影響調査
- (5) 材料中の疲労き裂先端の水素状態の調査研究
- (6) 水素ステーションに使用された金属材料の健全性及び強度評価

Ⅲ. 研究開発成果(研究開発の中間目標と達成度) 水素材料強度特性研究チーム

公開

研究実施項目	② 高圧/液化による金属材料等の水素脆化の基本原理の解明及び対策検討 ③ 液化・高圧化状態における長期使用及び加工(成形・溶接・表面修飾), 温度などの影響による材料強度特性研究(金属材料)	
研究チーム	水素材料強度特性研究チーム	
中間目標 (21年度末)	② 高圧または液化水素環境下における金属材料等に発生する水素脆化メカニズムや水素疲労メカニズムを解明するために, 具体的な材料に対する各種試験, 分析, 解析, 評価等を重ねるとともに, 水素脆化の基本原理に関する考察を深める. また, 発生した現象を科学的に裏付ける検証データを取得・蓄積し, 自ら導出した仮説・提案・利用のための管理指針等の内容を精査・強化する. ③ 液化・高圧化状態に曝される材料, 部品等の加工(溶接等)プロセスや同プロセスにおける温度等の影響について, 上記②における科学的知見も鑑み, 例えば, 溶接材の疲労強度に及ぼす水素の影響について明らかにするとともに, 炭素鋼のような低コスト材料における水素の影響評価手法について検討・導出する.	
研究開発成果	<ul style="list-style-type: none"> ・ 疲労破壊, 引張破壊における水素脆化は, 格子脆化による脆性破壊でなく, 水素で局在化したすべりによるマイクロ延性破壊であるという基本原理を確立し, FCV, インフラ関係者に水素エネルギー機器の設計思想を提示した. ・ オーステナイト系ステンレス鋼の疲労き裂進展特性において, 荷重負荷速度の重要性, 製造に侵入した2~3 mass ppmの微量水素の影響, 過飽和水素による水素脆化とは逆の水素の影響に関する特異な現象を発見した. ・ 微細組織の制御により耐水素疲労炭素鋼の創製の可能性を見出した. ・ 120MPa高圧水素ガス中疲労試験機を世界で初めて稼働させた. ・ オーステナイト系ステンレス鋼溶接部の疲労強度は, 0.6MPa水素ガスにより低下しないことを明らかにし, 水素機器での溶接の適用可能性を見出した. ・ オーステナイト系ステンレス鋼, 低合金鋼, 炭素鋼, アルミ合金に関するHYDROGENIUS水素構造材料データベースを構築している. ・ 外部の関係機関と協力し, 実証試験が終了した蓄圧器の調査や水素漏れを起こした水素ガス圧力センサーの破損解析を行い, それらの水素エネルギー機器の高性能化に関する指針を提供した. 	
達成度	◎	<達成状況 評価基準> 年度末における研究成果が ◎ : 中間目標を超過達成していると予想される. ○ : 中間目標達成可能と予想される. △ : 中間目標未達となることが懸念されるが, 来年度早期での挽回が可能. × : 中間目標未達となることが懸念され, 来年度早期での挽回も困難.
最終目標達成に向けた, 今後の課題 事業原簿Ⅲ.1-5, Ⅲ.1-6, Ⅲ.2.3-32	<ul style="list-style-type: none"> ・ 本年度(平成22年度)より自動車, インフラ, 材料, 規制などの関係者で構成される材料評価計画検討委員会(仮称)を立ち上げ, データベース構築をオールジャパンの取り組みとして強化し, 水素構造材料データベースを公開する. ・ 霞ヶ関, 鶴見, 大黒ステーションに続き, 実証試験が終了した有明水素ステーションの蓄圧器, バルブ, 圧力計, パイプなどの調査を開始する. これらの調査や破損解析もとに水素エネルギー機器の材料劣化判断・事故解析法を確立し, 提供する. ・ 120MPa高圧水素ガス中での疲労試験法, 引張試験法, 破壊靱性試験法の高度化を図り, 高圧水素ガス中での試験法を提供する. ・ 水素量(過飽和水素量を含む)が疲労き裂進展速度に及ぼす影響のみならず, 硬さや電気抵抗などの物理的性質に及ぼす影響を明らかにし, 水素構造材料データベース構築に加え, 高圧水素ガス中で使用できる機能材料・センサーの探索に役立つデータベース構築を検討する. ・ 微細組織制御による耐水素疲労材料の創製指針とメカニズム解明を行い, 最適水素材料探索指針を提供する. ・ 高圧水素ガス中での疲労き裂進展加速の上限値の存在, さらに低試験周波数における疲労き裂進展加速の低下を調べ, 長時間疲労き裂進展予測手法を提供する. ・ 水素ガス中から材料中に侵入する水素(外部水素)と電解チャージなどで予め材料中に存在する水素(内部水素)が引張特性や疲労特性に及ぼす影響を解明し, 強度・組織変化予測手法, 疲労き裂進展挙動予測法, フレッシング疲労強度予測法を提供する. 	

集中研(世界で唯一)として得られるのHYDROGENIUSの研究成果



工作室(EN40棟)



曝露棟(HY21棟)



昇温脱離分析装置



低速度疲労試験機



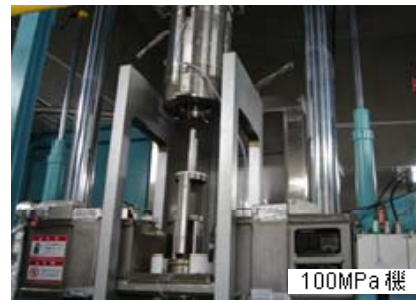
EBSDカメラを装備した電界放出型走査型電子顕微鏡



試験片



曝露容器



100MPa機



120MPa機(2台)

世界に類がない高圧水素ガス疲労試験機

安全性と経済性を考慮した設計・製造への指針

- ・長年謎とされてきた水素脆化の基本メカニズムを解明
- ・基礎研究成果を水素ステーションや燃料電池自動車の実用化に直結
- ・産業界のニーズに応じた水素機器の健全性評価や調査・解析を実施
- ・研究成果を水素構造材料データベースとして整備

水素脆化に関する重要発見

- ①金属疲労破壊などの基本メカニズムはミクロな延性破壊
- ②疲労き裂進展における著しい繰返し速度効果
- ③オーステナイト系ステンレス鋼に製造時から含まれる微量水素の影響
- ④水素による著しい疲労強度向上効果

- ④「高圧／液化状態における長期使用及び加工(成形・溶接・表面修飾), 温度などの影響による材料強度特性研究(高分子材料)」

水素高分子材料研究チーム

チーム長: 西村伸 (九州大学工学研究院 教授)



共同研究機関: NOK(株)

研究実施項目

- (1) 水素機器に使用される非金属材料(ゴム・樹脂)の強度評価
- (2) 水素機器に使用される非金属材料(ゴム・樹脂)の化学構造評価
- (3) 水素雰囲気下におけるゴム材料研究

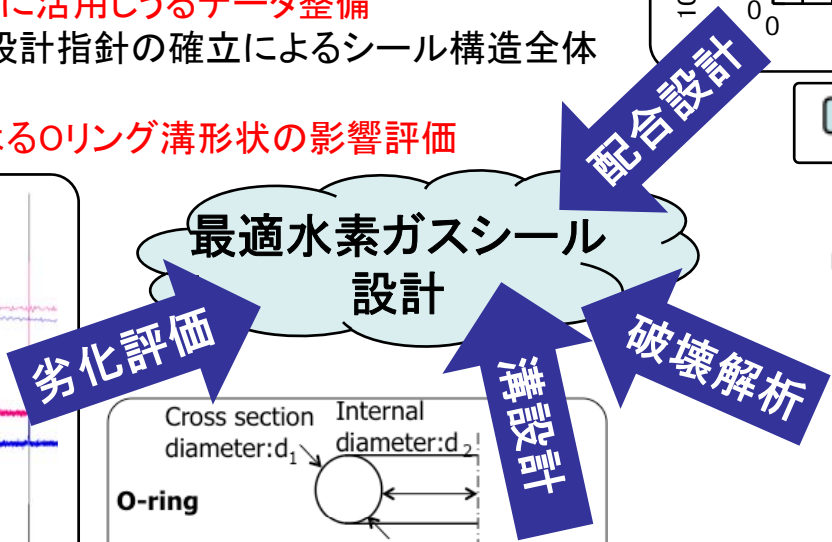
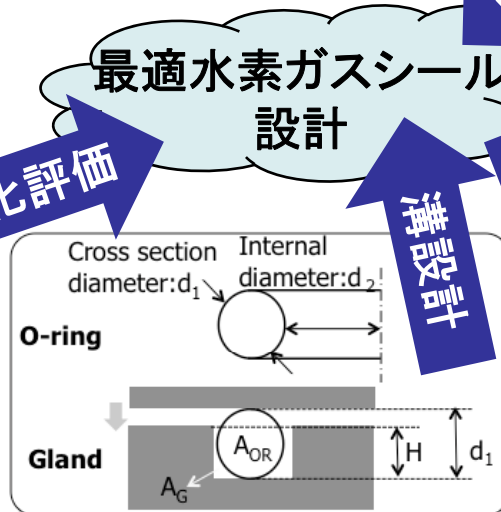
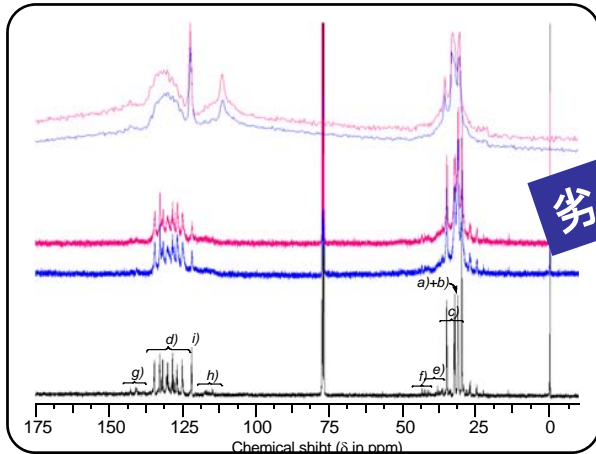
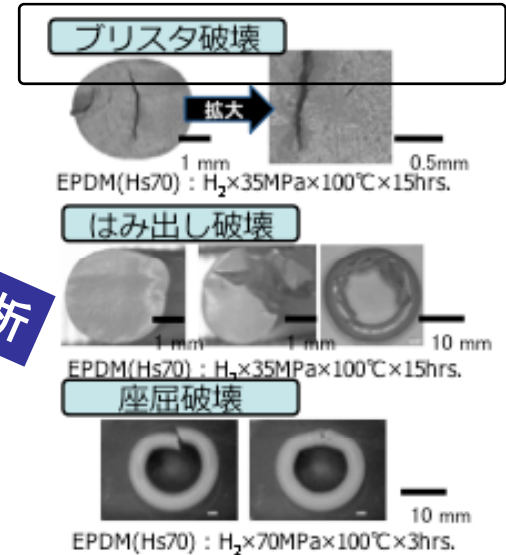
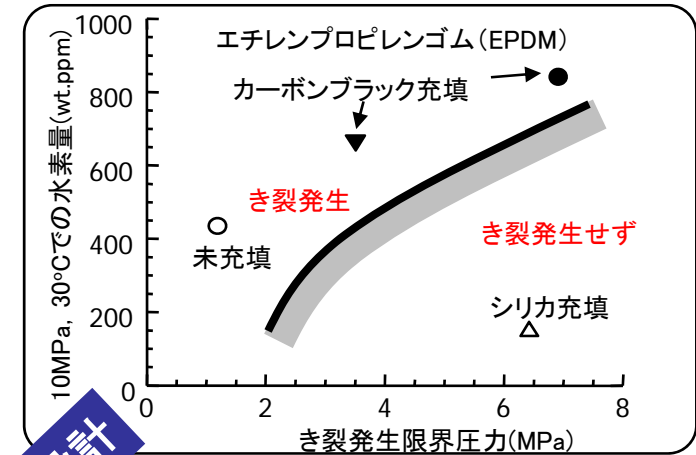
Ⅲ. 研究開発成果(研究開発の中間目標と達成度) 水素高分子材料研究チーム

公開

研究実施項目	④ 液化・高圧化状態における長期使用及び加工(成形・溶接・表面修飾), 温度などの影響による材料強度特性研究(高分子材料)	
研究チーム	水素高分子材料研究チーム	
中間目標 (21年度末)	液化・高圧化状態に曝される材料, 部品等の加工(溶接等)プロセスや同プロセスにおける温度等の影響について, 上記②における科学的知見も鑑み, 例えば, 溶接材の疲労強度に及ぼす水素の影響について明らかにするとともに, 炭素鋼のような低コスト材料における水素の影響評価手法について検討・導出する。	
研究開発成果	<ul style="list-style-type: none"> 高圧水素曝露によるゴム材料のブリスタ発生メカニズムを明確にし, ブリスタへの耐性に優れたゴム材料の設計指針として, 高いブリスタ発生内圧を示し, かつ水素溶解量が小さいゴム材料が望ましいことがわかった。 ゴム材料の水素曝露前後のIR, ラマン, NMRスペクトルを比較した結果, いずれもスペクトルに変化はなく, ゴム素材の化学的な構造変化は生じていないことがわかった。 水素曝露直後のゴム材料の固体¹H-NMRを測定した結果, 分子運動性の異なる2種類の水素分子が検出され, ピーク面積比から水素溶解量を算出した結果, 昇温脱離ガス分析法により測定した水素溶解量と良く一致した。 Oリングの評価のため, 高圧水素耐久試験機を開発し, 高圧水素シール用Oリングについて, 産業界のユーザー側の使用条件を勘案した制御因子を選定しL18直交実験を実施した結果, Oリングの破断強度低下に対して, 材料, 温度, 充填率, 減圧時間の影響が大きいことが判明した。 Oリングの破壊モードとして, ブリスタ破壊の他, はみ出しおよび座屈による破壊が発生していることが判明した。はみ出し, 座屈による破壊の原因は水素溶解によるゴム材料の膨潤に伴う体積増加であることが示唆された。 	
達成度	◎	<p><達成状況 評価基準> 年度末における研究成果が</p> <p>◎ : 中間目標を超過達成していると予想される。 ○ : 中間目標達成可能と予想される。 △ : 中間目標未達となることが懸念されるが, 来年度早期での挽回が可能。 × : 中間目標未達となることが懸念され, 来年度早期での挽回も困難。</p>
最終目標達成に向けた, 今後の課題	<ul style="list-style-type: none"> 高圧水素ガスシール用ゴム材料に使用可能なゴム原料および配合試薬について, 系統的に水素影響を明らかにし, ゴム材料の配合設計指針を産業界に提示する。 高圧水素ガスシールとして使用可能な樹脂材料について, 物性への水素影響に関するデータを取りまとめ, 産業界に提示する。 高圧水素環境下における材料劣化を化学構造変化の観点から解明し, 化学劣化に関する評価法, 加速試験法を確立する。 ゴム, 樹脂の化学構造と水素溶解量の相関を把握し, 水素溶解量が低いゴム, 樹脂材料の分子設計指針を確立する。 高圧水素シール用Oリングは水素によるブリスタ破壊の発生および膨潤や熱膨張による寸法変化による破壊が発生することが判明した。ブリスタ破壊に対する耐性が高く, かつ, 膨潤や温度変化による寸法変化が小さいゴム配合指針および高圧水素シール用Oリングの溝設計指針を確立する。 	

- ・高圧水素ガスシール用ゴム・樹脂材料は水素機器を支えるキーマテリアル
- ・ゴム・樹脂材料の高圧水素による物性への影響の体系的なデータを整備
- ・産業界における水素機器, 耐水素材料開発の指針, 基礎データとして活用

- 水素機器には高圧水素ガスシール用ゴム, 樹脂材料が使用されているが, これらの材料の高圧水素曝露による破壊挙動や劣化挙動が不明確.
 - 破壊挙動のモデル化, 化学構造変化の把握に基づく
水素による破壊・劣化メカニズムの解明
- ゴム, 樹脂材料は多種多様な種類があり, さらに充てん材など配合試薬や資材などの組み合わせにより評価対象は膨大な数になる. また, メーカーは独自の配合による材料を使用.
 - 明確な配合の試験片による体系的な評価
産業界における材料開発に活用しうるデータ整備
- 高圧水素シール用Oリングの溝設計指針の確立によるシール構造全体の最適化が必要.
 - 高圧水素耐久試験機によるOリング溝形状の影響評価



⑤「高圧水素トライボロジーの解明」

水素トライボロジー研究チーム

チーム長: 杉村丈一(九州大学工学研究院 教授)



共同研究機関: 長崎大学

研究実施項目

- (1) 軸受・バルブ摺動材料の水素トライボロジー特性の調査研究
- (2) シール材料の水素トライボロジー特性の調査研究
- (3) 耐水素表面改質のトライボロジー特性(耐水素表面改質)の調査
- (4) トライボシステム中の気体分子の挙動解析
- (5) 耐水素トライボロジー信頼性評価

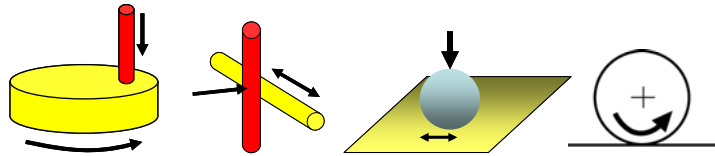
Ⅲ. 研究開発成果(研究開発の中間目標と達成度) 水素トライボロジー研究チーム

公開

研究実施項目	⑤ 高圧水素トライボロジーの解明	
研究チーム	水素トライボロジー研究チーム	
中間目標 (21年度末)	高圧水素環境下における軸受け, バルブ摺動材料, 締結部材料, シール材料等について, 具体的な材料を用い, 滑り摩擦試験, フレッシング摩擦試験, 摺動試験等の試験, 分析, 解析, 評価等を重ね, 理論的考察を進めるとともに, 発生した現象を科学的に裏付ける検証データを取得・蓄積し, 自ら導出した仮説・提案・材料利用のための設計指針等の内容を精査・強化する.	
研究開発成果	<ul style="list-style-type: none"> ・常圧水素中での摩擦試験におけるガス中の水分量の設定を可能にし, 軸受・バルブ・シール材料の基礎トライボロジー特性データを蓄積した. また産業界と連携して実用材料のデータを蓄積した. ・金属の摩擦試験により, 固体表面への水素の吸着, 水素化物形成, 微量水分, 酸素による酸化反応が摩擦摩耗に影響していることを明らかにした. ・高圧水素に曝露された鋼材表面の分析により, 酸化膜の減少, 表面硬度の上昇, 炭素の析出などの知見を得た. ・転がり疲れ寿命に及ぼす雰囲気としゅう動条件の影響とそれらの水素侵入への影響を明らかにした. ・PTFEの摩耗について, 相手面粗さの影響, 転移膜形成の影響, 相手面の高圧水素への曝露の影響を明らかにした. ・高圧水素中(40MPa, 373Kまで)摩擦試験技術を確立し, 軸受鋼やPTFEの高圧中の摩擦摩耗特性を明らかにした. ・DLC, TiN, TiC, TiAlNなどの硬質薄膜, シルコニウムやニオブなどの高融点金属薄膜が水素バリア性が高いことを明らかにした. 	
達成度	◎	<p><達成状況 評価基準> 年度末における研究成果が</p> <p>◎ : 中間目標を超過達成していると予想される. ○ : 中間目標達成可能と予想される. △ : 中間目標未達となることが懸念されるが, 来年度早期での挽回が可能. × : 中間目標未達となることが懸念され, 来年度早期での挽回も困難.</p>
今後の課題	<ul style="list-style-type: none"> ・製品レベルでの実用化の問題点を民間企業と連携して分析すること ・高圧水素曝露試験片による常圧試験と高圧中試験を継続し結果を総合的に理解すること ・高圧中試験の効率化と, 高圧水素曝露試験片による評価方法の確立をはかること ・高圧中摩擦試験における雰囲気ガス中の不純物の把握と制御と可能にすること ・長時間作動の影響, 例えば高圧ないし高温中の摩擦摩耗抑制効果の持続時間を明確にすること ・0.1ppm以下の水分量, 酸素量での試験を可能とする実験技術を確立すること ・転がり接触における水素侵入機構と防止策を明確にすること ・シール材と相手面材料の組合せによる効果を明確にすること ・トライボ特性と密封特性との関係にもとづく評価法を検討すること ・ユーザ向けトライボアトラスを構築し, 民間企業の協力のもとに改善し, 活用法を検討すること ・信頼性向上と低価格をめざした耐水素トライボ設計指針を検討すること 	

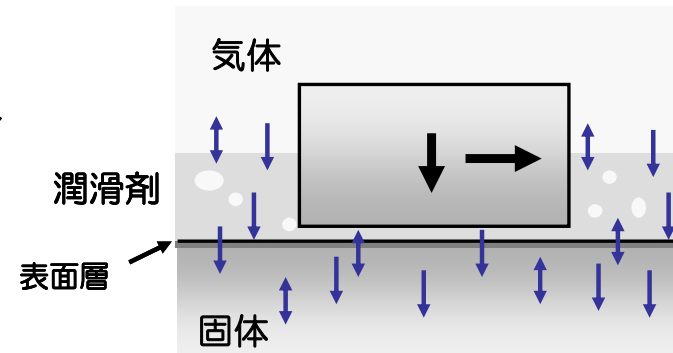
水素機器設計の基盤となる高圧水素トライボロジーデータベースを世界に先駆けて整備

水素中での各種摩擦試験



トライボ界面で生じる諸過程のメカニズム解明

表面分析など

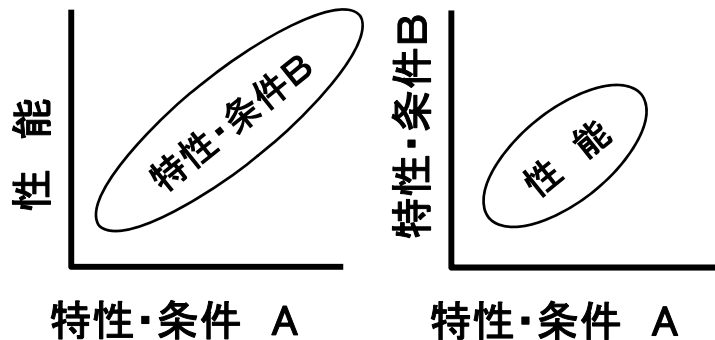


さまざまな接触形態での水素と微量不純物の発生, 溶解, 吸着, 反応, 浸入, 拡散

表面層の機械的特性・化学的特性の変化

基本メカニズムの理解

TriboAtlas (摩擦摩耗のデータベース)



※「性能」とは
摩耗量, 摩擦係数など

高圧水素トライボロジー基礎特性データ整備
耐水素トライボ設計指針提案

⑥「材料等内の水素拡散, 漏洩などの水素挙動シミュレーション研究」

水素シミュレーション研究チーム

チーム長:(併任)村上敬宜(九州大学理事・副学長)



共同研究機関: 京都大学

研究実施項目

- (1) 破壊評価機能を持つ弾塑性解析シミュレーション
- (2) 材料内の水素拡散シミュレーション
- (3) 材料強度解析用の大規模分子動力学シミュレータの開発及び解析
- (4) 分子動力学法に用いる原子間ポテンシャルの調査及び分子動力学解析シミュレータによる解析
- (5) 第一原理計算結果に基づいた原子間ポテンシャルの開発
- (6) 転位と水素の干渉効果の推定
- (7) き裂先端応力場と水素拡散の連成現象に関する解析
- (8) 水素デバイス等の安全設計シミュレーション
- (9) 原子シミュレーションによる欠陥と水素の相互作用に関する解析
- (10) 原子シミュレーションによるHELPモデルの検証

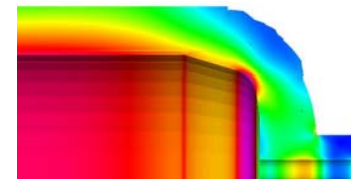
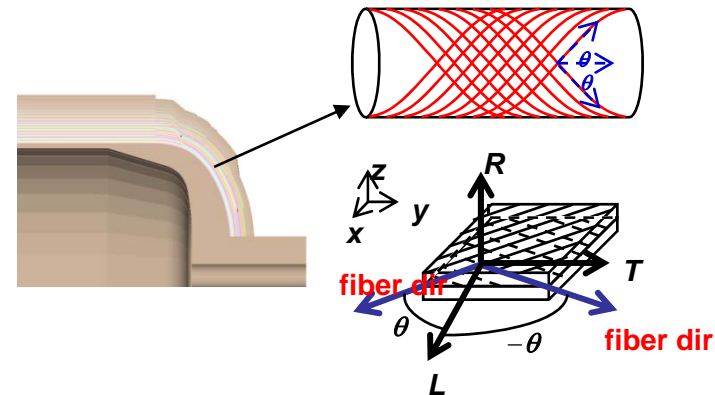
Ⅲ. 研究開発成果(研究開発の中間目標と達成度) 水素シミュレーション研究チーム

公開

研究実施項目	⑥ 材料等内の水素拡散, 漏洩などの水素挙動シミュレーション研究	
研究チーム	水素シミュレーション研究チーム	
中間目標 (21年度末)	例えば, 機械システム全体も考慮した流体及び機械構造内の水素拡散挙動(有限要素法によるき裂先端応力場と水素拡散の連成現象等)を考慮した水素漏洩評価に関するシミュレータに関する基本設計拡張を行い, 解析ツールを整備するとともに, 繰り返し実験結果との照合を行い, 基礎的考察やシミュレーション技術開発の有効性を評価する.	
研究開発成果	<ul style="list-style-type: none"> ・Wenらのポテンシャルを用いて, 単調負荷を受けるα鉄のき裂進展解析を分子動力学法を用いて行い, 水素によるき裂進展促進効果があるという成果を得た. ・水素脆化が問題になるような低水素濃度環境下で生じる転位の易動度の増加は, 転位の運動障壁の減少によることを明らかにした. ・一方向強化/等角斜交積層板としてFRPをモデル化し, FRP層ごとに異なる繊維巻き付け手法の設定, 自緊処理の考慮, 数千万自由度規模の有限要素解析が可能となり, 材料チームへの研究協力を通して産業界への貢献が可能になった. ・EBSDで測定された情報を用いて結晶構造が異なるマルテンサイトとオーステナイトが混在する平板モデルの水素拡散解析を行った結果, 当初は初期段階のみであった拡散現象の再現性が, 時間が経過した後の各相の飽和状況まで再現できるように改善された. 	
達成度	○	<p style="text-align: center;">＜達成状況 評価基準＞</p> <p style="text-align: center;">◎ : 中間目標を超過達成していると予想される. ○ : 中間目標達成可能と予想される. △ : 中間目標未達となることが懸念されるが, 来年度早期での挽回が可能. × : 中間目標未達となることが懸念され, 来年度早期での挽回も困難.</p>
最終目標達成に向けた, 今後の課題	<ul style="list-style-type: none"> ・水素環境下でのき裂進展特性を模擬できるシミュレータを実装し, 疲労寿命予測システムを構築することにより, 他チームへの研究貢献の増大をはかる. さらに公開可能シミュレーションシステムを整備し, 産業界に提供する. ・欠陥(原子空孔, 積層欠陥, 転位, 結晶粒界, 自由表面, 等)と水素の相互作用に関するデータベースを整理して, 他チームへの研究貢献の増大をはかり, 産業界へ公開する. ・第一原理計算結果をベースとして水素の影響を考慮して作成した原子間ポテンシャルを実装した大規模分子動力学解析プログラムを開発し広く産業界に公開する. 	

安全性と経済性を考慮した設計・製造への指針提供をシミュレーション研究を通じて支援

- 水素脆化に関するシミュレーションからの貢献
- 水素と転移の干渉効果の解明
 - 繰返し負荷時におけるトラップされた水素濃度の周波数依存性を再現
 - 高圧タンクの解析



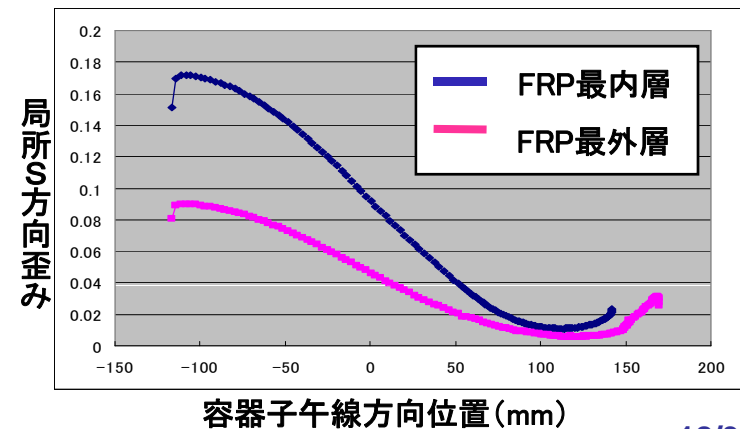
高圧タンク等の応力解析の機能拡張

有明ステーション評価・AEによる非破壊検査で活用中

高圧水素用構造材料特性データベースの構築支援



車載水素高圧容器



	H18FY	H19FY	H20FY	H21FY	計
特許出願	国内1	国内4 国外8	国内2 海外24	国内2 海外3	国内9 海外35

発明の名称

水素物性

- ・「水素充填システムの水素用熱交換器」

材料強度特性

- ・「オーステナイト系ステンレス鋼, 及びその水素除去方法」
- ・「高圧水素タンクの損傷検知方法, 及びそのための装置」
- ・「水素ガス中疲労試験方法」
- ・「オーステナイト系ステンレス鋼, 及びその水素除去方法」
- ・「オーステナイト系ステンレス鋼, 及びその水素添加方法」

水素高分子

- ・「ゴム製品の検査方法及びゴム製品の検査装置」

水素トライボロジー

- ・「金属表面に四フッ化エチレン樹脂転移膜を形成する方法, 及びそれを用いた摺動部材」

Ⅲ. 研究開発成果(標準化の取り組み)

- ◆ 世界的研究拠点を形成するだけでなく、国際規格作成に有力な研究者との連携を密に行い、国際標準化を戦略的に推進
- ◆ 日本自動車業界とSAEとの標準化協議にデータを提供し、日本案での合意に貢献



Ⅲ. 研究開発成果(成果の普及)

公開

- ◆ 毎年、「水素先端世界フォーラム」を福岡市で開催。年々活況を呈しており、前回は23カ国から過去最高の延べ800名が参加。産業界を初めとした世界の水素関係者の重要な意見交換の場に発展。
- ◆ 毎年、「水素エネルギー先端技術展」を北九州市で開催。地場中小企業に対する成果の報告、専門技術セミナーを開催。
- ◆ 平成21年6月、福岡水素エネルギー戦略会議とともに、福岡県麻生知事とともに、第8回産学官連携推進会議、日本経済団体連合会会長賞を受賞
- ◆ 平成22年5月、水素経済のための国際パートナーシップ(IPHE)優秀リーダーシップ賞の福岡水素エネルギー戦略会議受賞に貢献。
- ◆ 広報誌「HYDROGENIUS NEWS」(年4回)、広報用DVDを製作し配布。
- ◆ これまで、国内外の産学官1,000名以上がセンターを視察。

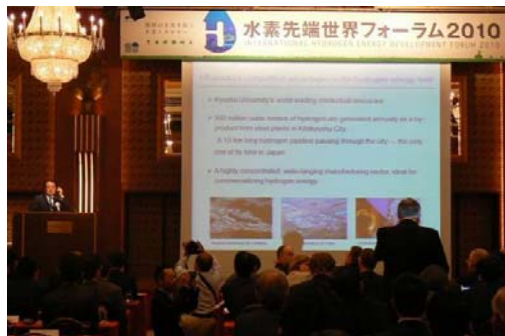
	H18FY	H19FY	H20FY	H21FY	計
文献	2	9	31	77	119
口頭発表・講演	14	86	136	147	383
受賞実績	0	7	6	4	17
シンポジウム等の開催	1	3	2	4	10
展示会等への出展	0	2	4	4	10

Ⅲ. 研究開発成果(成果の普及)

水素先端世界フォーラム2010 2010. 2. 3~5 グランドハイアット福岡, 伊都キャンパス
回数を重ねるごとに, 成果の普及のみならず産業界の「重要な交流の場」に発展



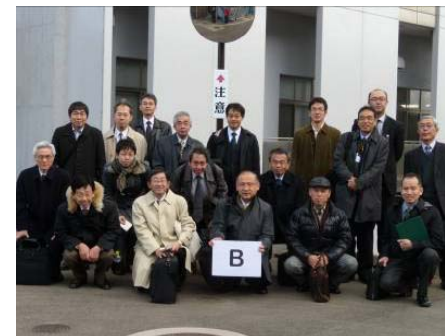
3日間のべ約800名の参加
初日のフォーラムには450名(海外22カ国61名)
2日目のシンポジウム・ポスター・見学会に350名
3日目の会議に20名



初日のフォーラム, 麻生知事が基調講演



2日目の研究シンポジウム



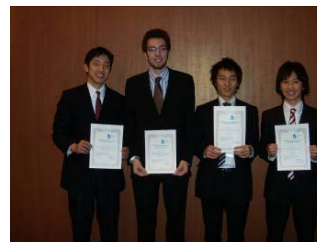
2日目 伊都キャンパス見学ツアー



日米欧の水素社会への取り組みを講演
事業原簿 Ⅲ.1-14, 付-52



2日目 ホスターセッション



ポスター賞 受賞



3日目 非公開の SAEとの標準化会議

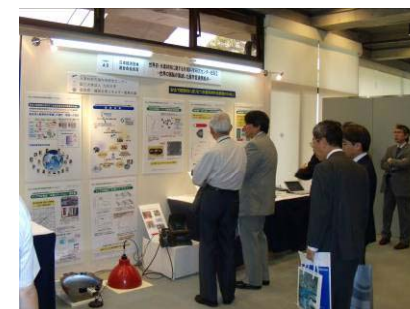
第8回産学官連携推進会議 日本経済団体連合会会長賞

「世界初・水素材料に関する先端科学研究センターを設立ー世界の頭脳が集結した産学官連携拠点ー」

村上敬宜 産業技術総合研究所 水素材料先端科学研究センター長,
九州大学 理事・副学長
麻生 渡 福岡県 知事

受賞理由

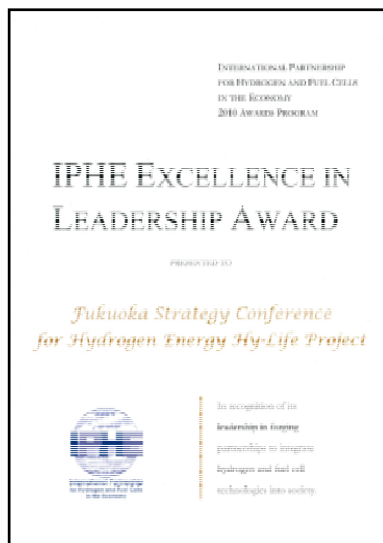
水素材料先端科学研究センターは、産総研の高圧水素材料技術の蓄積と、九州大学の水素利用技術の先進性を融合させた、水素材料に関する**世界初**の研究拠点である。同センターと水素関連企業は水素蓄圧器の健全性評価を行い、**安全利用に向けた技術指針を提供**した。また(社)日本自動車工業会と協力し、燃料電池車に必要な高圧水素と材料に関する**技術情報を発信**している。福岡県が主導する福岡水素エネルギー戦略会議は、500社以上の企業が参加し、継続的な人材育成や同センターの知見を活用した水素関連技術の開発等を行っている。福岡県に立地する研究拠点、水素関連企業の能力を結集した様々な取り組みは、**水素利用社会の実現に大きく貢献**している。



Ⅲ. 研究開発成果(成果の普及)

◆ 福岡水素エネルギー戦略会議の「水素経済のための国際パートナーシップ(IPHE)」 優秀リーダーシップ賞受賞に貢献

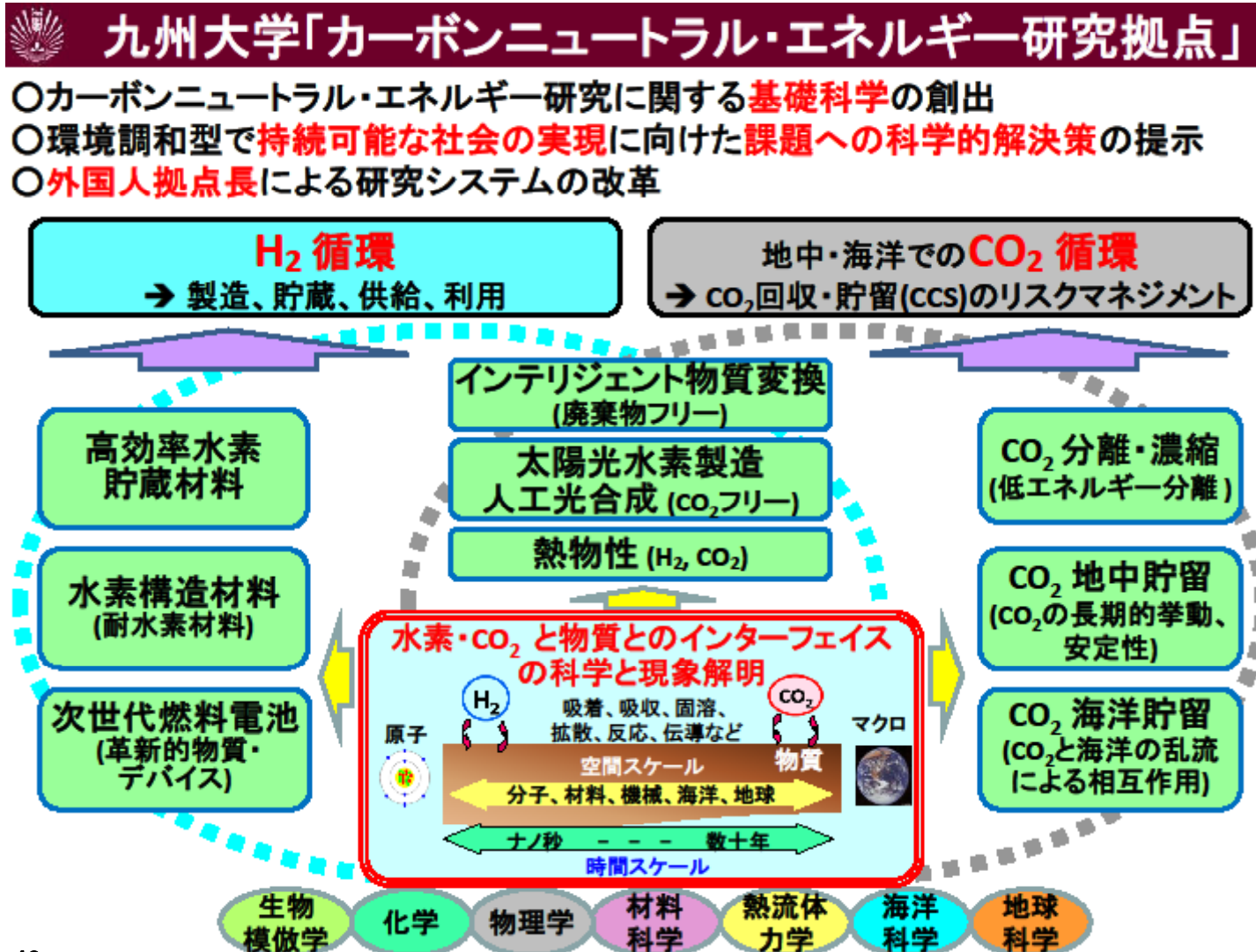
- 同賞は、世界の水素経済の推進に著しい貢献のあった個人、団体等を表彰するもの。
- 水素エネルギー社会の実現を目指し、世界最先端の取り組みを総合的に進める「福岡水素戦略」の取り組みが高く評価
- 同賞では我が国初の受賞であり、団体としての受賞は世界初



Ⅲ. 研究開発成果(成果の普及)

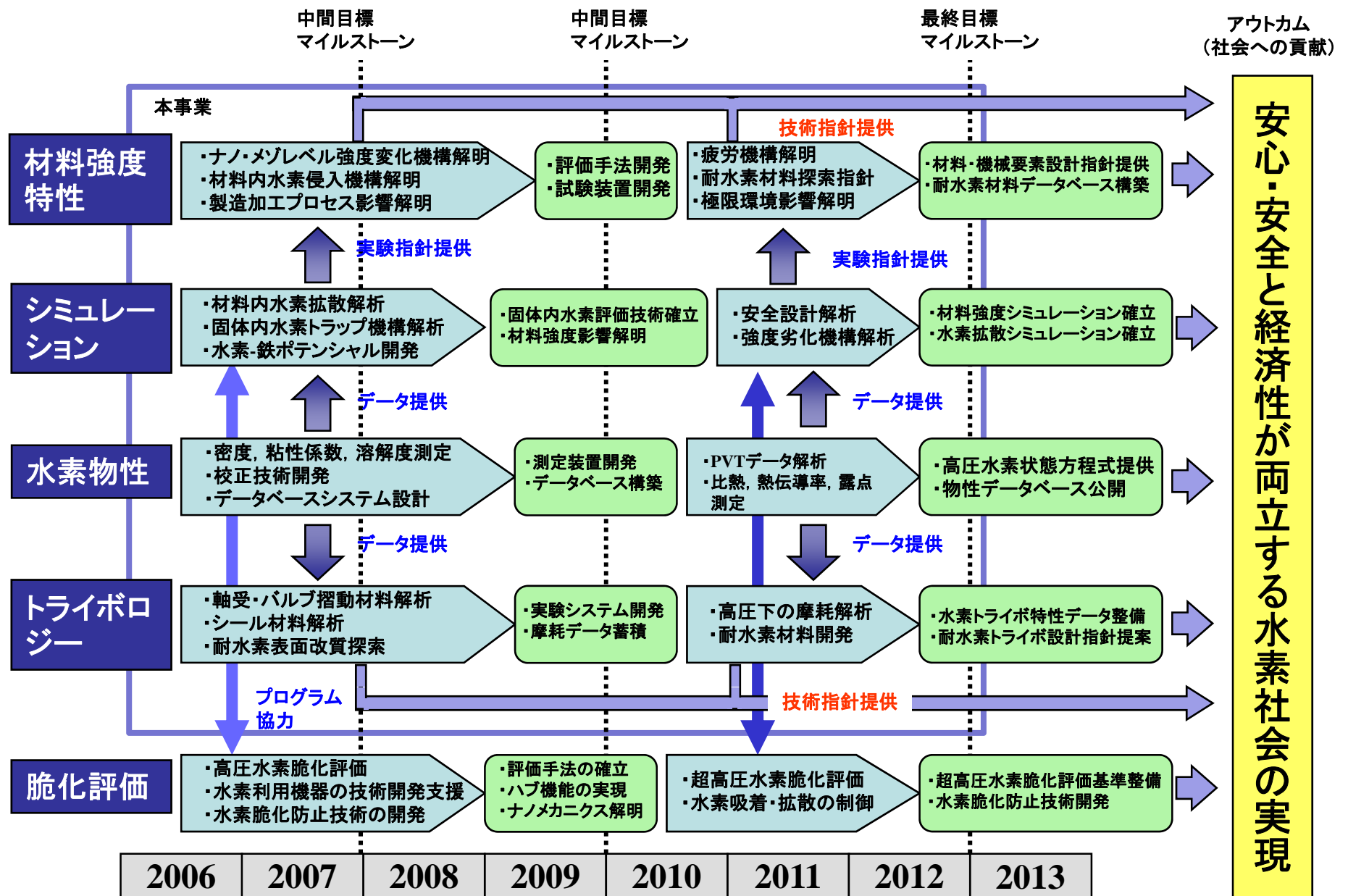
文科省「世界トップレベル研究拠点プログラム(WPI)」に採択

拠点長: Petros Sofronis (イリノイ大学教授), 拠点構成員: 総数200名以上 (うち外国人約70名)
米国, カナダ, 英国, スイス, 中国など世界各国の大学, 研究機関と連携.



Ⅲ. 実用化の見通し(成果の実用化可能性)

公開

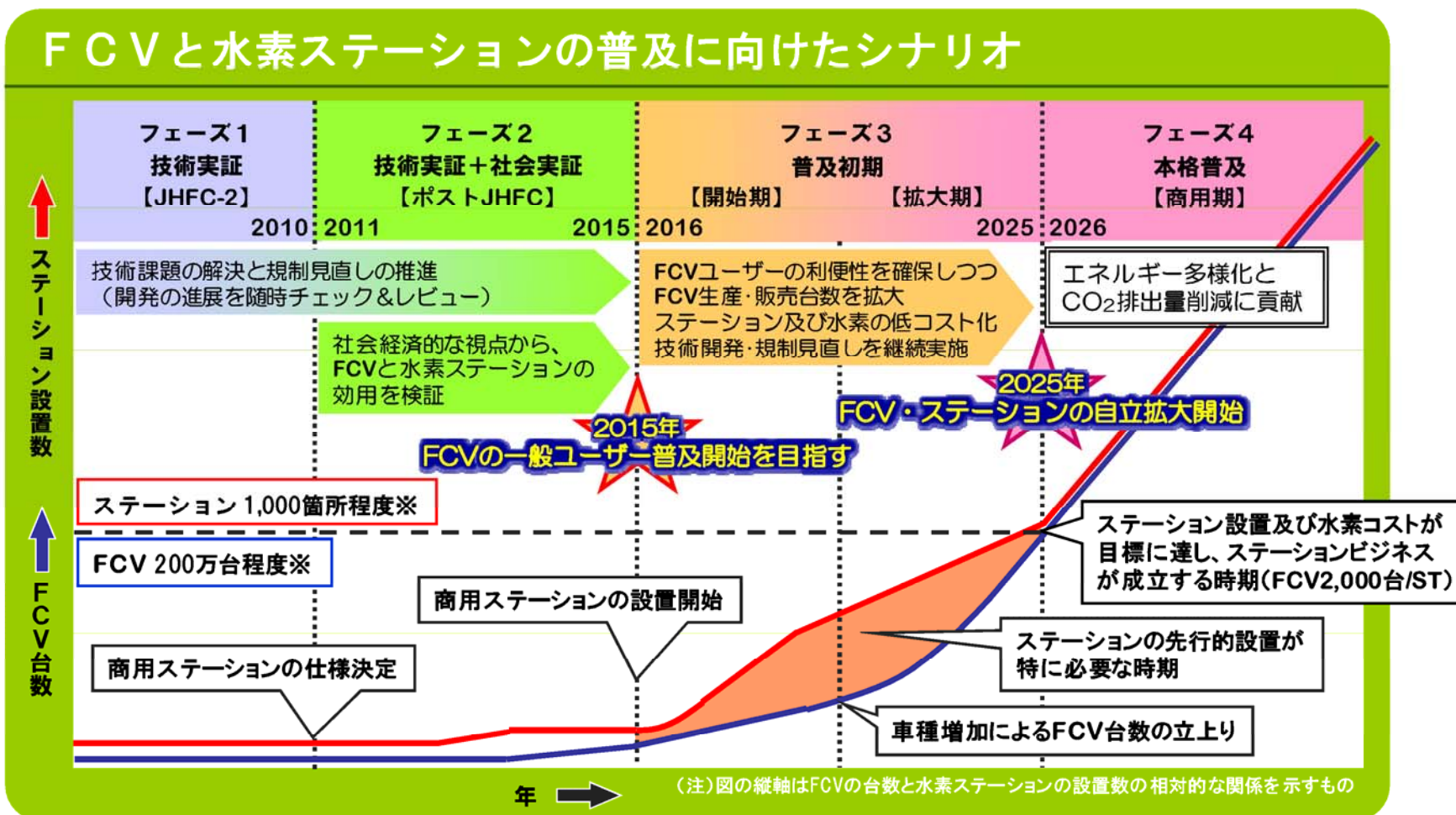


Ⅲ. 実用化の見通し(成果の実用化可能性)

安心・安全と経済性が両立する水素社会の実現への貢献

FCCJが描く, FCVと水素ステーションの普及に向けたシナリオ

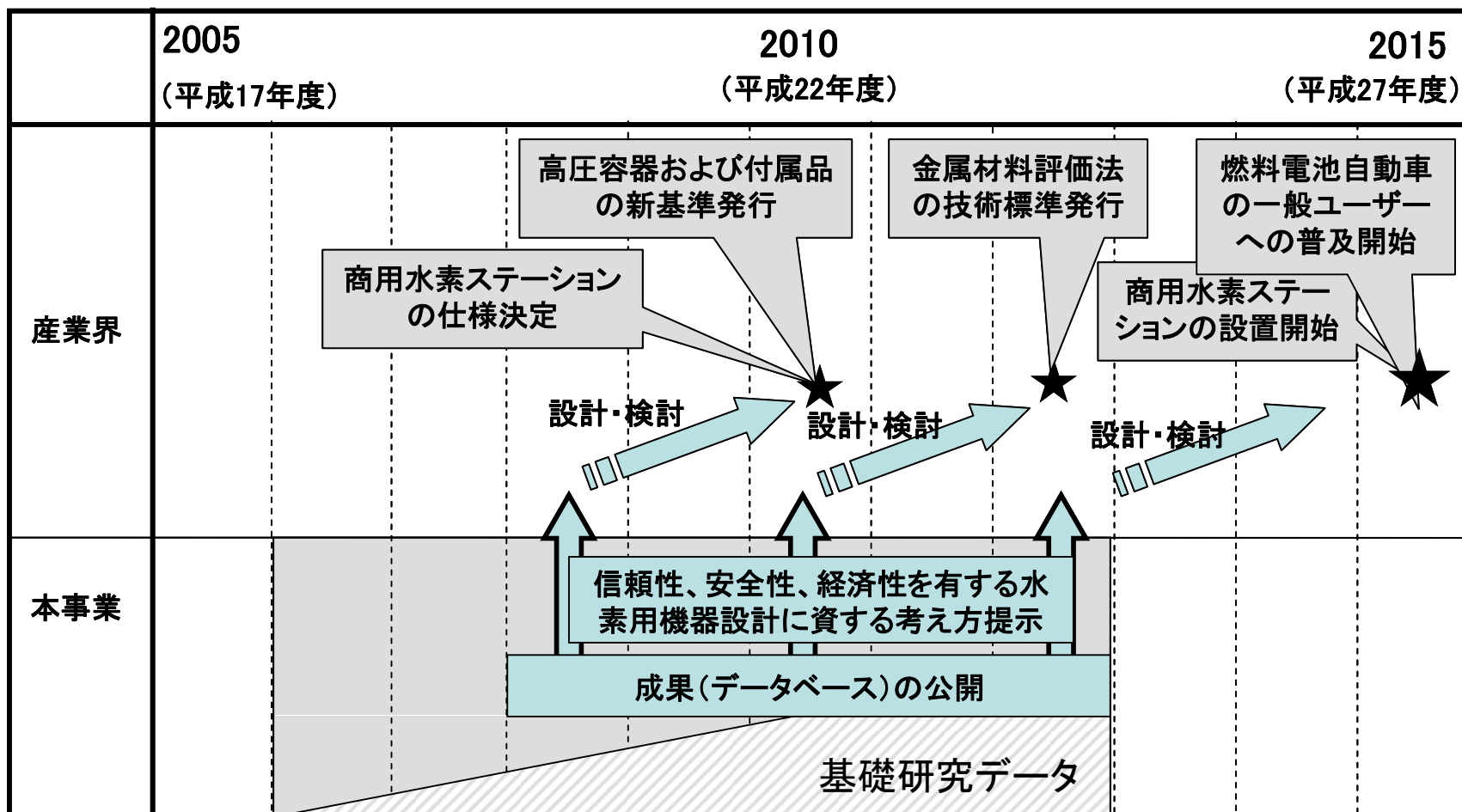
- 「燃料電池自動車を2015年に一般ユーザーに普及開始」
- 「商用水素ステーションの設置開始」



Ⅲ. 実用化の見通し(成果の実用化可能性)

シナリオ実現に向け、産業界と連携を取りながら必要なデータ, 考え方を提示

- 水素材料強度, 水素基礎物性等の各種データベースを構築し, これらを産業界に公開し利用普及を進める
- 燃料電池車, 水素ステーションの高圧水素容器開発指針, 水素輸送技術開発指針を関連業界に提案し, 評価設計手法および実証実験手法を確立
- 水素関連機器の開発促進・安全性向上に寄与するため, 水素と高分子材料の関係や水素とトライボロジーの関係を解明



産業界への連携強化のため、今年度より当事業への参画企業を公募

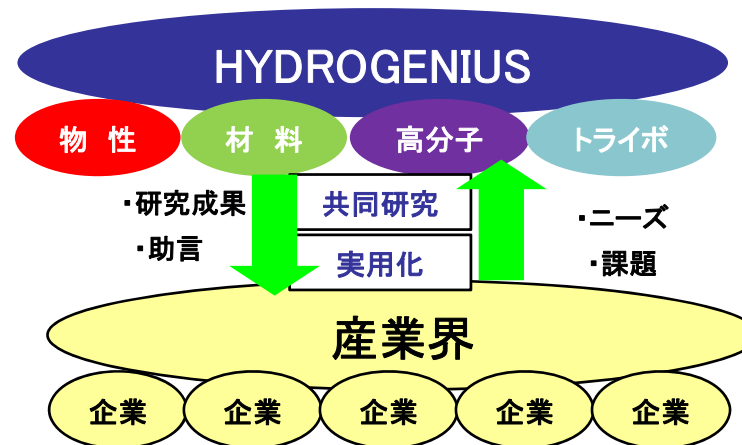


	物性	材料	高分子	トライボ	計
提案数	1	7	5.5	1.5	15
採択数	0	2	1	0	3

当事業の成果を活用した、産業界の技術開発の実用化に貢献

採択企業

- (株)共和電業「高圧水素ガス用ひずみゲージの開発とひずみゲージ箔材の電気抵抗に及ぼす水素の影響の解明」
- 岩谷産業(株)「高圧水素用新規ステンレス配管の特性評価」
- 日本合成化学工業(株)「水素に対して耐性に優れた適用材料の研究開発」



Ⅲ. 実用化の見通し(波及効果)

- ◆研究初期から世界の有力研究者と連携し、国際標準などで日本にとって技術的に有利となる産業展開が可能
- ◆若手研究者等を対象としたセミナー等の開催し、我が国を先導する水素技術者を育成
- ◆地域の水素拠点化の中核機関としての役割を果たし、新産業の育成、地域活性化に貢献

福岡水素エネルギー戦略会議

- ・設立:平成16年8月3日
- ・会長:黒木啓介(新日本製鐵株式会社 代表取締役副社長)
- ・会員数:600(企業459, 大学109, 行政, 研究・支援機関32)
- ※平成22年8月5日現在



水素エネルギー製品研究試験センター

水素エネルギー新産業の育成・集積

研究開発



伊都キャンパスを中心とした水素・燃料電池研究拠点



HYDROGENIUS

社会実証(実証活動)

水素生成から利用までの実証活動



水素タウン(糸島市)



水素ハイウェイ

- ①地球温暖化対策の促進
- ②新エネルギーの普及促進
- ③地域イノベーションの創出

世界最先端の水素情報拠点の構築



事業原簿 IV-1 水素先端世界フォーラム



福岡水素エネルギー人材育成センター



- 【経営者コース】
- 【技術者育成コース】
- 【高度人材育成コース】

水素人材育成