



# 内燃機関研究の成果を 実用化へつなげる役割について

---

平成28年7月20日

内閣府 SIP「革新的燃焼技術」事務局

1 . 欧州産学連携調査結果

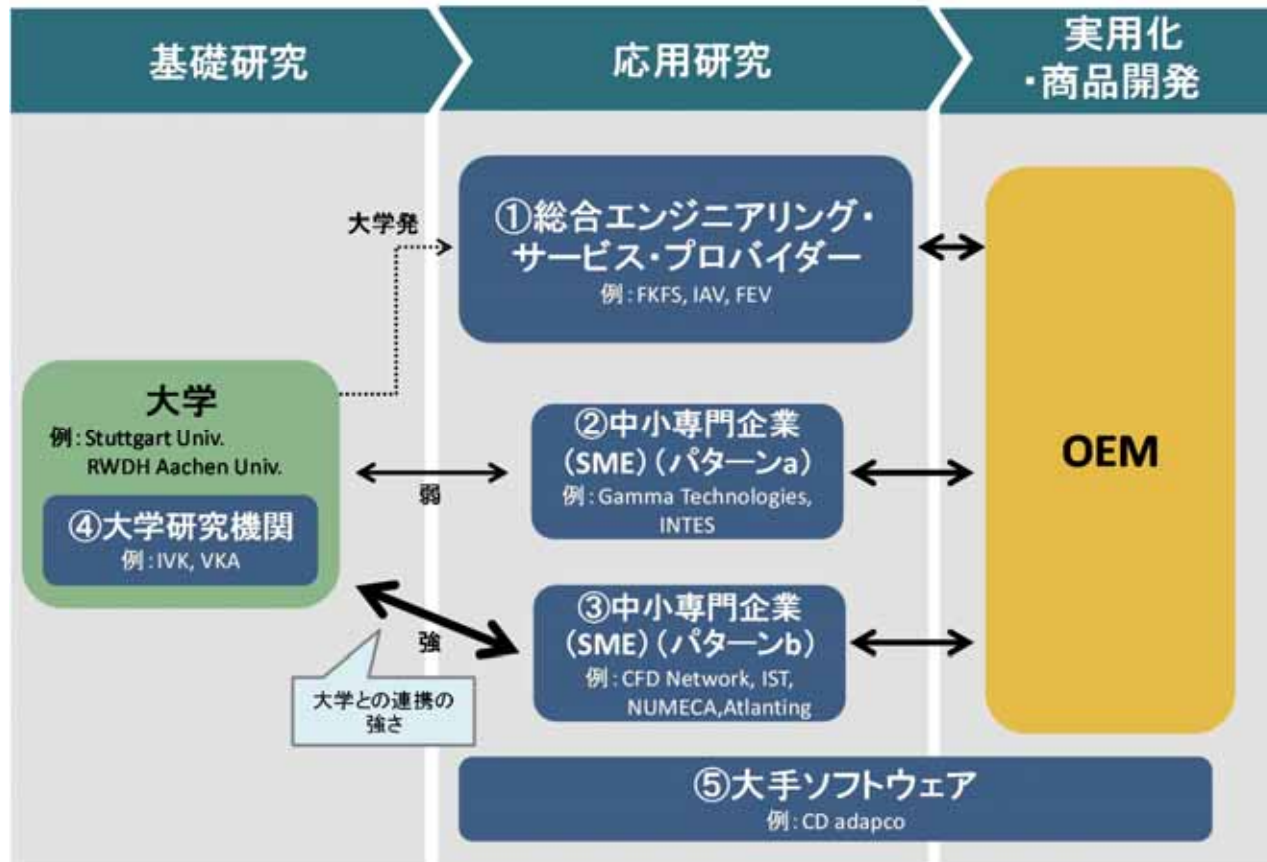
2 . 日本における産学連携の現状と今後の課題

3 . SIPの今後の活動・展望

# 1 . 欧州産学連携調査結果

# 1-1 . 欧州における自動車用内燃機関の産学橋渡しの全体像

- 大学との関係性と商品化までの段階別により、欧州の自動車用内燃機関の産学橋渡し役を以下の通り ~ で類型化。
- 必ずしも産学連携が必須条件ではないが、大学研究機関 ( ) と連携した総合エンジニアリング・サービス・プロバイダー ( ) が事業を発展させている。



## 1-2 . 産学橋渡し類型別組織

類型	組織名	規模	概要
① 総合エンジニアリングサービス	FKFS	売上：2500万€ 社員数：IVK と合わせて約250名	シュトゥットガルト大発エンジニアリングサービスプロバイダー
	IAV	売上：6億6300万€ 社員数：約6300名	ベルリン大発エンジニアリングサービスプロバイダー
	(FEV) 訪問はVKAのみ	社員数：4,000名	アーヘン大発エンジニアリングサービスプロバイダー
② 中小専門企業 (SME) 創業時の大学研究成果活用度小	GAMMA Technologies	社員数：約100名	GT-SUITEの開発とライセンス業務を行うシステムシミュレーションソフトウェアの開発では業界をリード
	INTES	社員数：約10名	有限要素解析ソフトウェアPERMASのサプライヤー
③ 中小専門企業 (SME) 創業時の大学研究成果活用度大	CFD Network	資本金：25,000€ 社員数：約20名	CFD解析に関する開発パートナー、サプライヤー及びコンサルタント会社としての事業を展開
	IST	資本金：52,000€ 社員数：約20名	トライボロジに関するソフトウェアツールの販売とエンジニアリングサービス
	NUMECA	社員数：10名	CFDを主体とした各種サービスの実施
	Atlanting	社員数 6名	市販ソフトの統合、詳細ニーズ対応サービス
④ 大学研究機関リサーチパートナー (FVVからの研究を受託)	IVK	人員数：FKFSと合わせて約250名	シュトゥットガルト大の内燃機関研究室
	VKA	人員数：Scientific Employees 80名 Non-Scientific Employees 108名	アーヘン大の内燃機関研究室
⑤ 大手ソフトウェア	CD adapco	社員数：約700名	各種シミュレーションソフトウェアを販売、サービスの実施

### 1-3. 産学連携コンソーシアムの概要 (FVVとは)

- FVV (Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen e. V.) とは、ドイツ産業研究会連合 (AiF) が有する研究コンソーシアムである。
  - FVVの会員約170団体のうち、サプライヤーが約80%
  - 研究資金はFVV内の資金(民)と外部資金(官)により調達
  - 研究テーマは非競争領域が対象(知己財産権は有さない)
  - 参加のメリットは人脈の形成や産業界の最新動向の把握

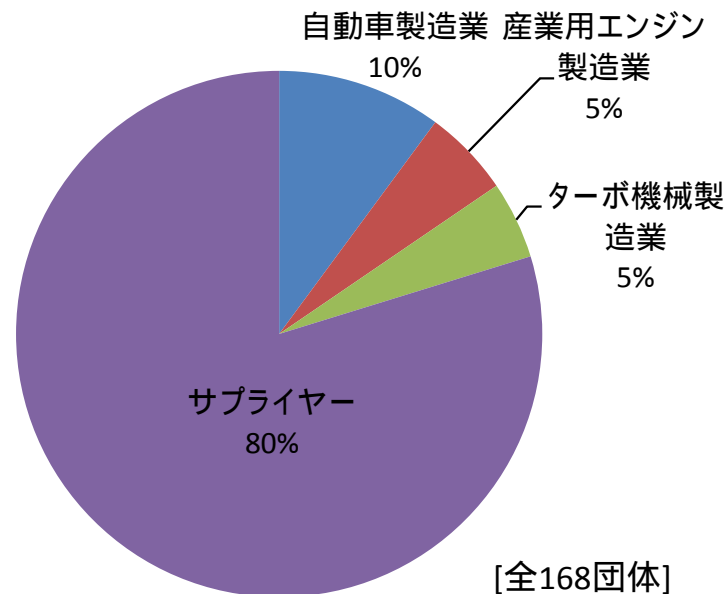
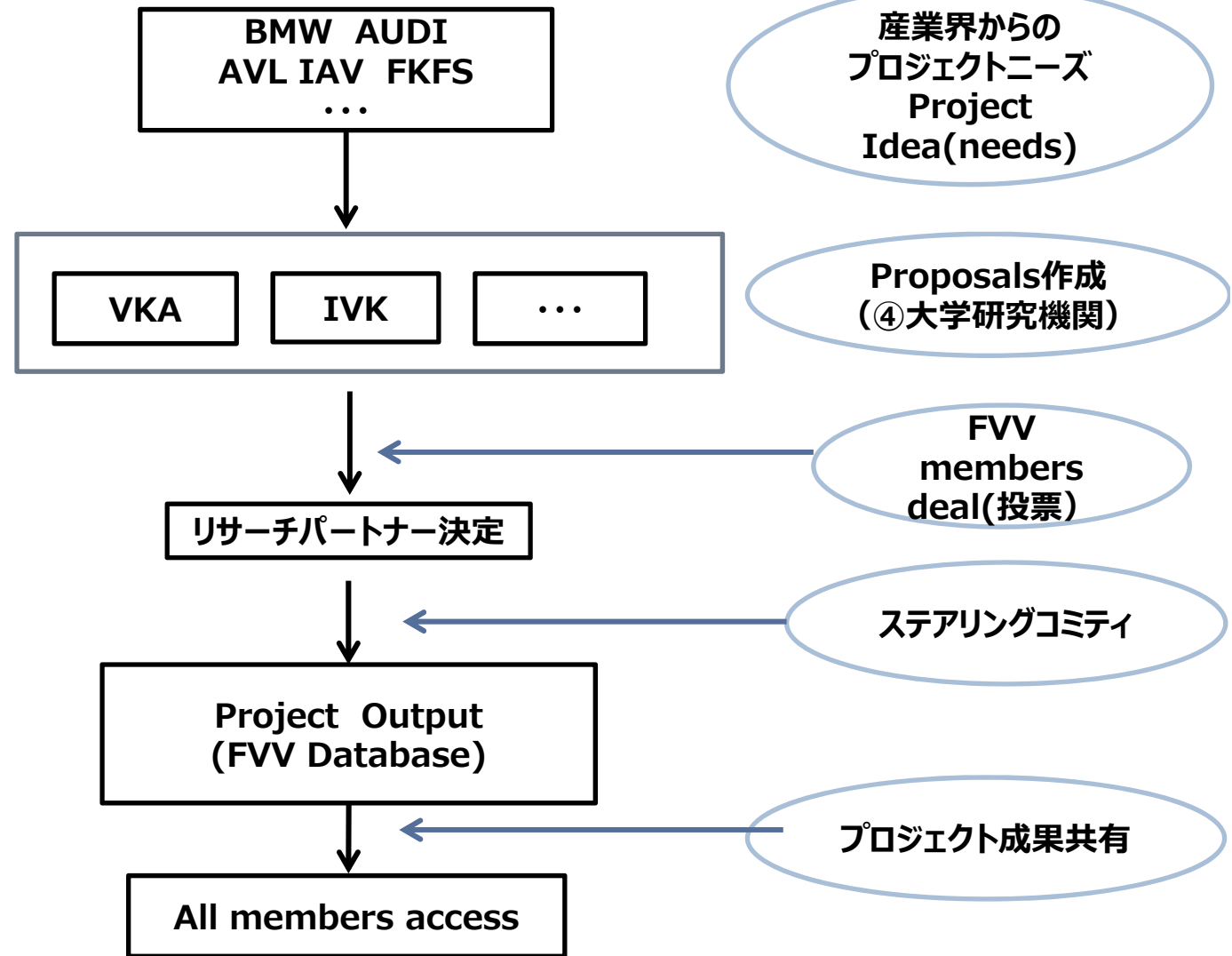


図 FVV加盟団体の構成  
出所) FVVウェブサイト

# 1-4 . 産学連携コンソーシアムの概要 (FVVプロジェクト)

- ✓ 2-3ページの簡単な提案草案をFVVメンバーが作成
- ✓ それを年2回の会合で紹介、適切なリサーチパートナーが40ページ程度の提案書を作成
- ✓ 提案書内容を別の会合で発表
- ✓ FVV内の評価者が提案書を評価 (この過程で提案書の質を上げる)
- ✓ 最終的には外部の評価者鑑定に送られ、点数システムをもとに評価
- ✓ 十分な点数をもらえたら100%FVV資金でまかなえる



## 1-5 . FVVとFEV/VKAの実態

### (FEV※<sup>1</sup>とVKA ※<sup>2</sup>の関係)

- ✓ VKAは、アーヘン大所有の内燃機関研究所であり、FEV VKA 共にピッシンガー教授がトップマネジメントを行っている。
- ✓ そのため、FEVで産業側のニーズを吸い上げ、VKAと連携し研究開発するシステムが確立している。産業サイドも、機密保持等の関係からFEVとの契約とし、研究についてはVKAと連携することを望んでる。

### (FVVのとVKAの関係)

- ✓ FVV出資のプロジェクトに関わるVKA所属の学生が、FEVに就職したとして、VKA時代と同じ研究部門に配属される可能性は70%位。さらに、同じ研究部門に配属されたとしても、FVVプロジェクトの続きを行うことになる可能性はその更に10%程度。
- ✓ これはFVVは長期的視点からの人材育成、基礎技術開発を目的としているため
- ✓ 仮にVKAが過去にFVVプロジェクトで、Pre-ignition behaviorについて様々な知見とノウハウを手に入れたとすると、FEVへ発注したくなるだろう。

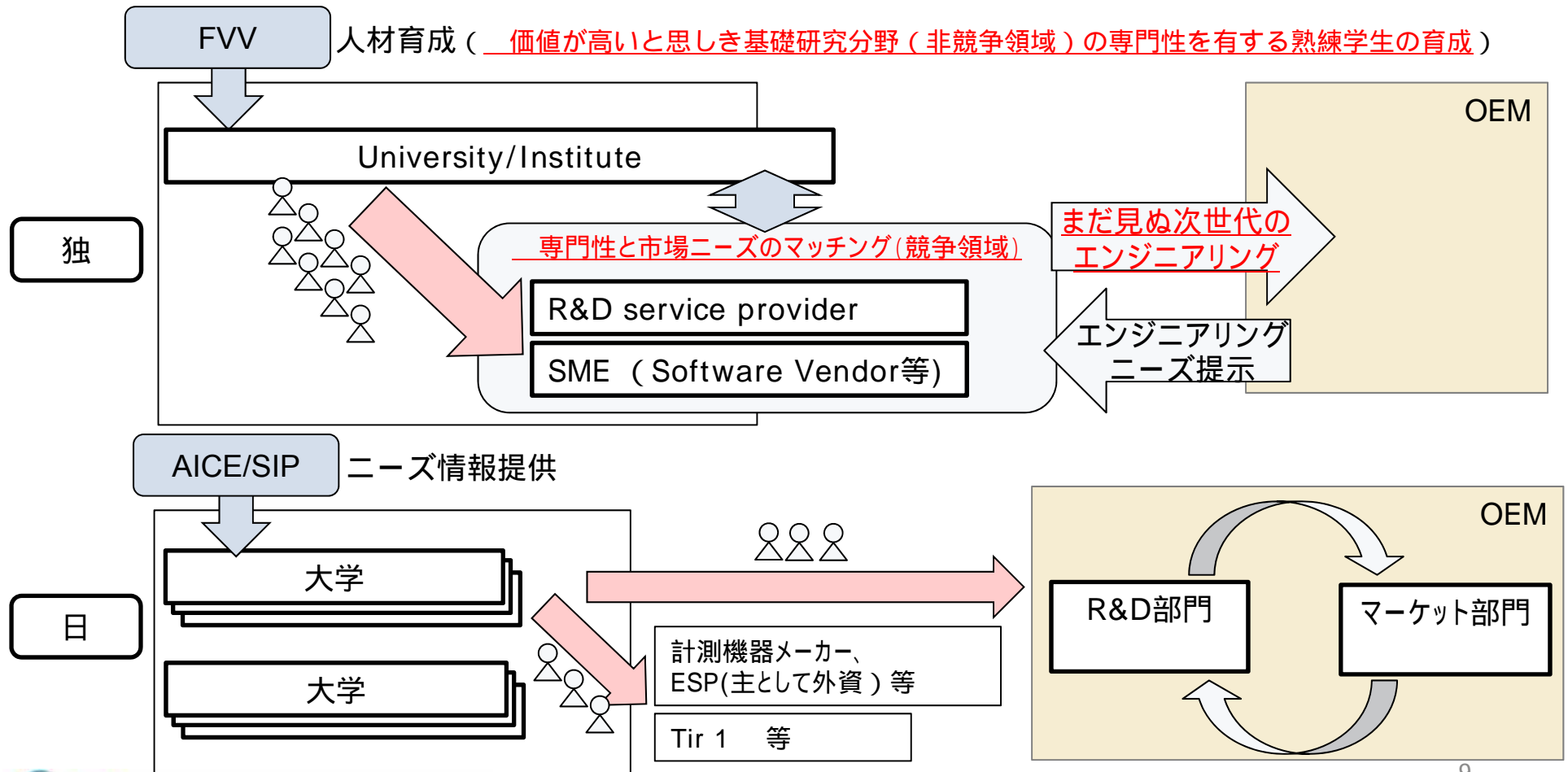
- ドイツでは、トップマネジメントが大学とエンジニアリングSPで共通している。  
→市場ニーズと基礎研究成果の両者に目配せが行っている。
- 一方、VKAがFVVの下で取り組むテーマがFEVのビジネスに直接繋がっているわけではない。FVVで醸成された専門性が市場のニーズとマッチして、新規のビジネスを生み出す場はFEVである。



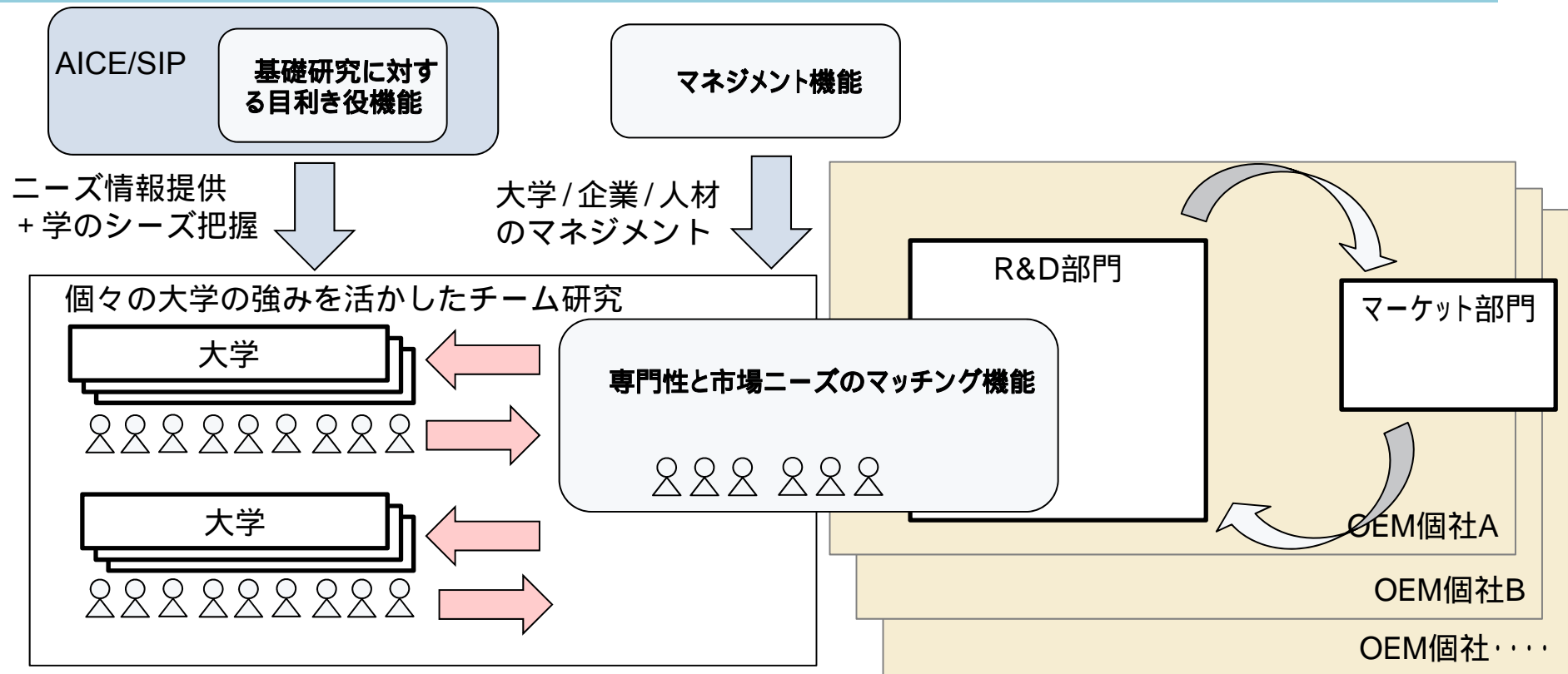
## 2 . 日本における産学連携の現状と今後の課題

## 2-1 . 日・独における人材の流れと産学連携体制の比較

- ✓ FVVは、①**基礎研究分野（非競争領域）**の人材育成に主眼が置かれており、②**就職後の組織において付加価値の高いサービスが提供されている。**
- ✓ 日本ではSIP/AICEにより培われた**基礎研究分野（非競争領域）**の専門性を、**市場のニーズとマッチング**させて、**次世代のエンジニアリングサービスに仕立てる場が整っていないのではないか。**



## 2-2.日本版 大学～エンジニアリング体制 (当面の)強化策



- ✓ ①「基礎研究に対する目利き役」の参加促進
- ✓ ②たとえばSIPによる育成された人材とOEMエンジニアが共存する、高度な専門性と市場のマッチングの場（組織）を、大学側に展開。（例えば卓越研究員制度を活用。）
- ✓ ③産業界のニーズと複数大学を束ねるマネジメント機能の強化、リーダーの設置。（特に、人材マネジメントに関して）

### 3 . SIP後の活動・展望 (短期的展望)

## 3-1 . 想定されるSIP発エンジニアリングサービス

- SIP革新的燃焼技術では、チーム別に形成されたエンジンラボ等の実験装置や、JAXA発のコードを元にしたガソリンエンジン用サブモデル等のCFDモデルを基盤として、燃焼効率50%達成に向けた要素技術のコンセプトの追求が行われている。

	燃焼効率50%達成に向けた要素技術コンセプト	主な研究基盤
ガソリンチーム	<ul style="list-style-type: none"> <li>超希薄・高流動・高EGR条件下で着火可能な点火システム</li> <li>同条件下における乱流最適化による火炎伝播の促進</li> <li>壁面熱伝達による冷却損失の低減</li> <li>化学反応論的によるノッキング制御</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>慶応大 + 小野測器エンジンラボ</li> <li>JAXA発CFDに基づく各種サブモデル</li> </ul>
ディーゼルチーム	<ul style="list-style-type: none"> <li>噴射における混合気生成</li> <li>壁面熱伝達による冷却損失低減のための噴霧制御</li> <li>後燃え期間の減少・すす生成の低減方法</li> <li>超高圧噴射 + 放射音制御</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>京大 + 堀場製作所エンジンラボ</li> <li>ディーゼル噴霧形成モデル</li> </ul>
制御チーム	<ul style="list-style-type: none"> <li>ディーゼルエンジン噴霧のモデルベース制御 (MBC) システム</li> <li>直噴ガソリンエンジンPM排出の現象解明</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>東大共有エンジンラボ</li> <li>ガソリンエンジン用JAXA発CFD</li> <li>ディーゼル噴霧MBCデータ収集機構</li> </ul>
損失低減チーム	<ul style="list-style-type: none"> <li>高効率ターボ過給システムの開発</li> <li>燃料改質 + ハイブリッド燃焼</li> <li>機械摩擦損失</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>早大タービン試験装置</li> <li>東京都市大熱流束計測ラボ</li> </ul>
その他革新的技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>プラズマ着火</li> <li>トライボマテリアル</li> <li>高耐久型熱電変換デバイス</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>大規模数値計算モデル</li> </ul>

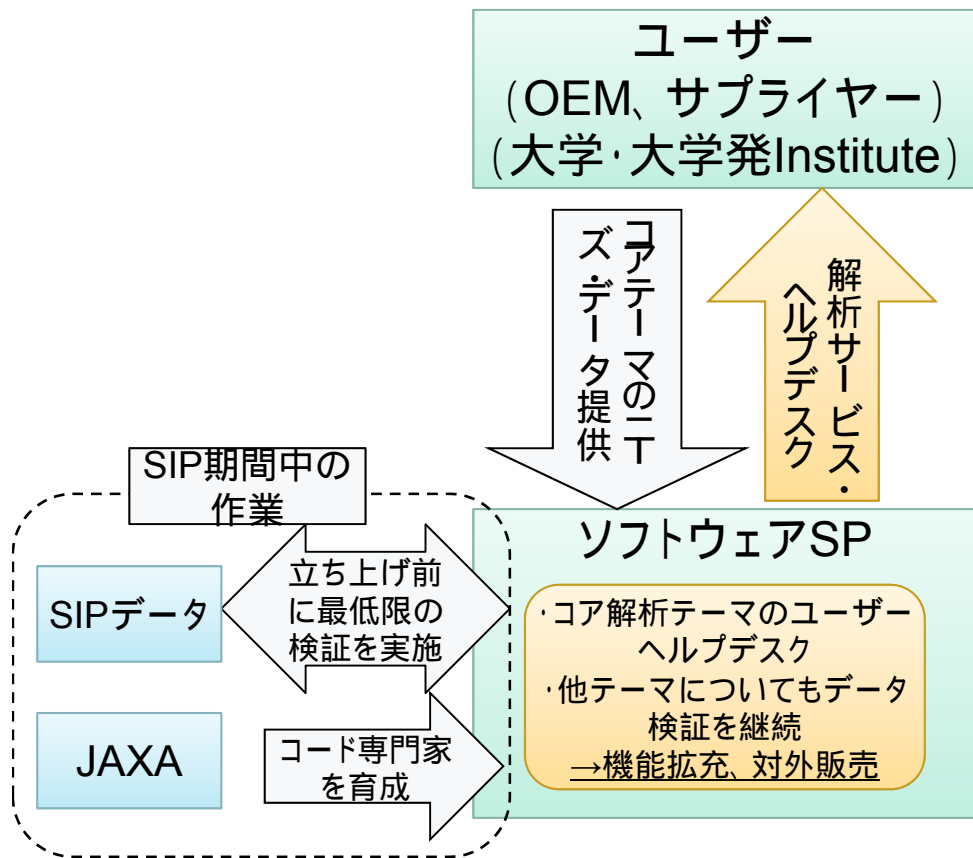
## 3-2 . 想定されるSIP発エンジニアリングサービス

- 前項のSIP革新的燃焼技術の主たる成果と研究基盤を念頭に置くと、SIP終了後は以下に示すようなエンジニアリングサービスが実施されることが考えられる。
- この後では、各サービスに想定されるビジネスモデルを想定し、欧州におけるソフトウェアベンダーや大学発企業の事業経緯を参考とした課題について考察する。

SIP発のエンジニアリングサービス	概要	関係プレイヤー	スキーム
ソフトウェアサービスプロバイダー	SIPで開発中のモデルに関するソフトウェアの販売、維持メンテナンス等の事業化展開	<ul style="list-style-type: none"> <li>・JAXA</li> <li>・サブモデル構築参加大学</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ソフトウェアベンダー参加による維持メンテナンス機能強化</li> </ul>
個別エンジニアリングサービス	( a. 計測請負 ) SIPで実施している各種データ計測等を事業化展開	<ul style="list-style-type: none"> <li>・慶応大学+小野測器</li> <li>・京都大学+堀場製作所</li> <li>・東京大学</li> <li>・早稲田大学</li> <li>・千葉大学</li> <li>・東京都市大学 ( 熱流束 )</li> <li>...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・OEMからの委託研究、共同研究</li> </ul>
	( b. 熱効率50%コンセプト実装 ) 各チームで取り組まれる燃焼効率向上技術 ( 冷却損失低減、摩擦低減、排熱利用等 ) の実装を支援。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・一部大学を窓口SIP参加チームが連携して実施</li> </ul>	
	( C. 非競争領域委託研究 ) 引き続きAICEのニーズに従って基礎・実用化研究を実施	<ul style="list-style-type: none"> <li>・SIP参加チームが連携して実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・業界あるいは国からの委託研究</li> </ul>

## 3-2- . ソフトウェアサービスプロバイダー

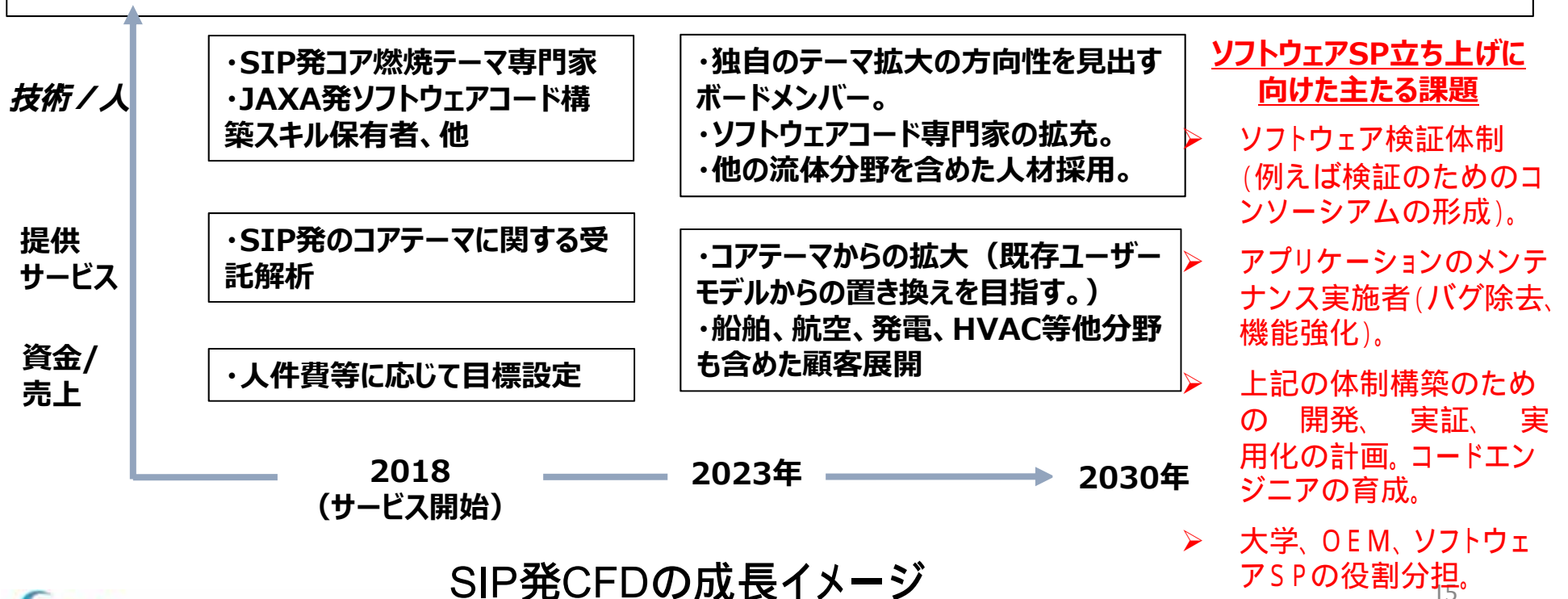
- SIP発のエンジニアリングサービスの一つ目として、ソフトウェアサービスプロバイダーが想定される。
- 欧州事例を参考とすると、SIPで取り組むテーマのうち特に有望なテーマを「コア解析テーマ」として特定し、SIP終了後直ちに独立した組織として運営することが望ましいと考えられる。
- サービスを開始後、将来的に徐々に既存モデルから置き換わることが期待される。



SIP終了直後のソフトウェアサービスプロバイダーイメージ	
コンセプト	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ SIP期間中に特定された「コア解析テーマ」向けソフトウェアに関して、ユーザーヘルプデスク、データ検証作業の継続、機能拡充を担う。</li> <li>□ SIP期間中に最低限のデータ検証を実施し、設立後直ちにサービスを開始する。</li> </ul>
主要業務	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ コア解析テーマに関する解析受託。</li> <li>□ ユーザーヘルプデスク。</li> <li>□ データ検証作業、バージョンアップ。</li> </ul>
初期人材イメージ	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ コア解析テーマに関するユーザー専門家。</li> <li>□ JAXA発ソフトウェアコード作成スキル保有者。</li> </ul>
初期収入イメージ	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ OEM他からのデータ解析委託費</li> <li>□ ユーザーヘルプデスクサービス料</li> </ul>
将来像	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ OEM・大学の委託解析も実施しながら、徐々にソフトウェアとして確立。</li> <li>□ 将来的にはライセンスフィー＋ソフトウェア・サポート要員派遣によるビジネス展開も視野に。</li> </ul>

## 3-2- ソフトウェアSPに関する欧州調査からの示唆

- ✓ FVV参加のソフトウェアSPいずれの企業も、企業立ち上げ時には、一定の分野に特化したツールとして完成されている。
- ✓ ISTの過去の経験からすると、SIPプロジェクトにおいてソフトウェアのアルゴリズムの構築は可能だが、直感的なインターフェース構築やサポートは、ビジネスとして責任を持つ独立した組織が必要と思量される。
- ✓ GT-Powerに見られる通り、既存ソフトウェアの置き換えを徐々に目指し、解析テーマを拡充していくことが望まれる。一定の規模に成長が見られた場合には、既存ソフトウェアハウスビジネスへの組み込みと、顧客の横展開も期待される。

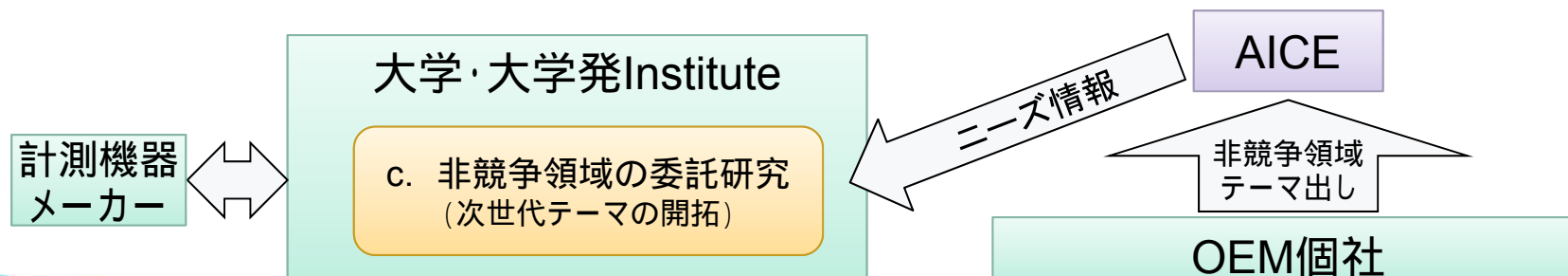
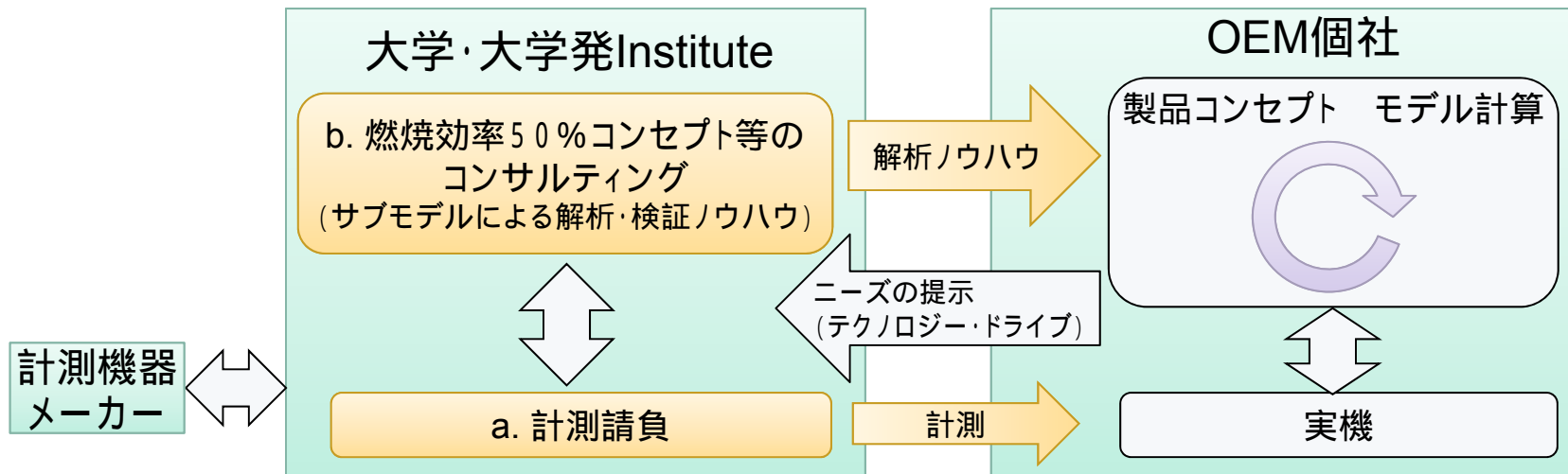


### SIP発CFDの成長イメージ



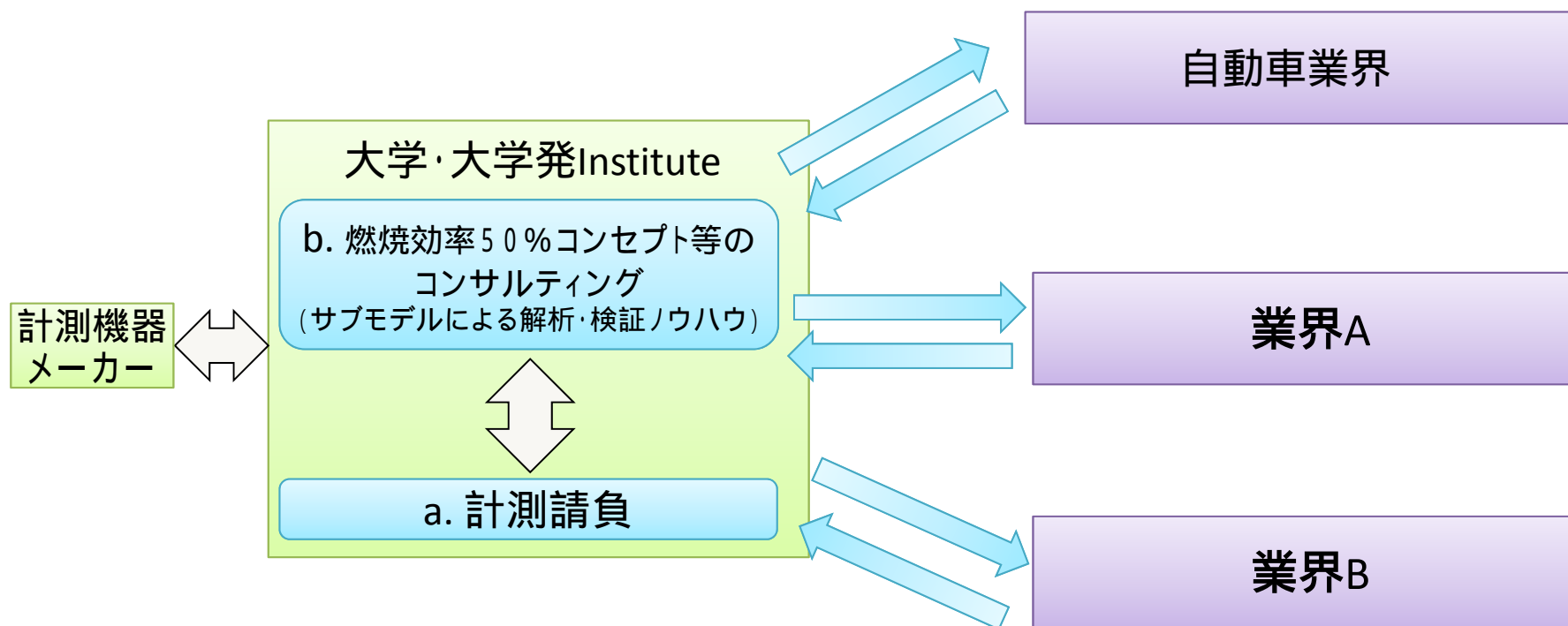
### 3-2- . 個別エンジニアリングサービス（測定請負+コンサルティング）

- 個別エンジニアリングサービスのイメージは、以下の通り。大学が引き受け手となる研究委託の形式にて実施されることが想定される。
  - a.はこれまでも委託研究等で実施されている計測。
  - b.はSIPの50%燃焼効率コンセプトの成果を活かしたコンサルティング。
  - c.はAICEを通じた非競争領域の委託研究。（ポストSIP次世代の基礎研究テーマ）




### 3-2- . (参考) 個別エンジニアリングサービスの波及効果

- ✓ 波及効果として、自動車用内燃機関以外の分野（発電、船舶、航空機など）への応用可能性も考えられる
- ✓ SIP終了後の姿として、他業界とのタイアップも視野に入れて検討を進めることが、自律運営のための鍵となると考えられる。



### 3-2- . 個別エンジニアリングSPに関する欧州調査等からの示唆

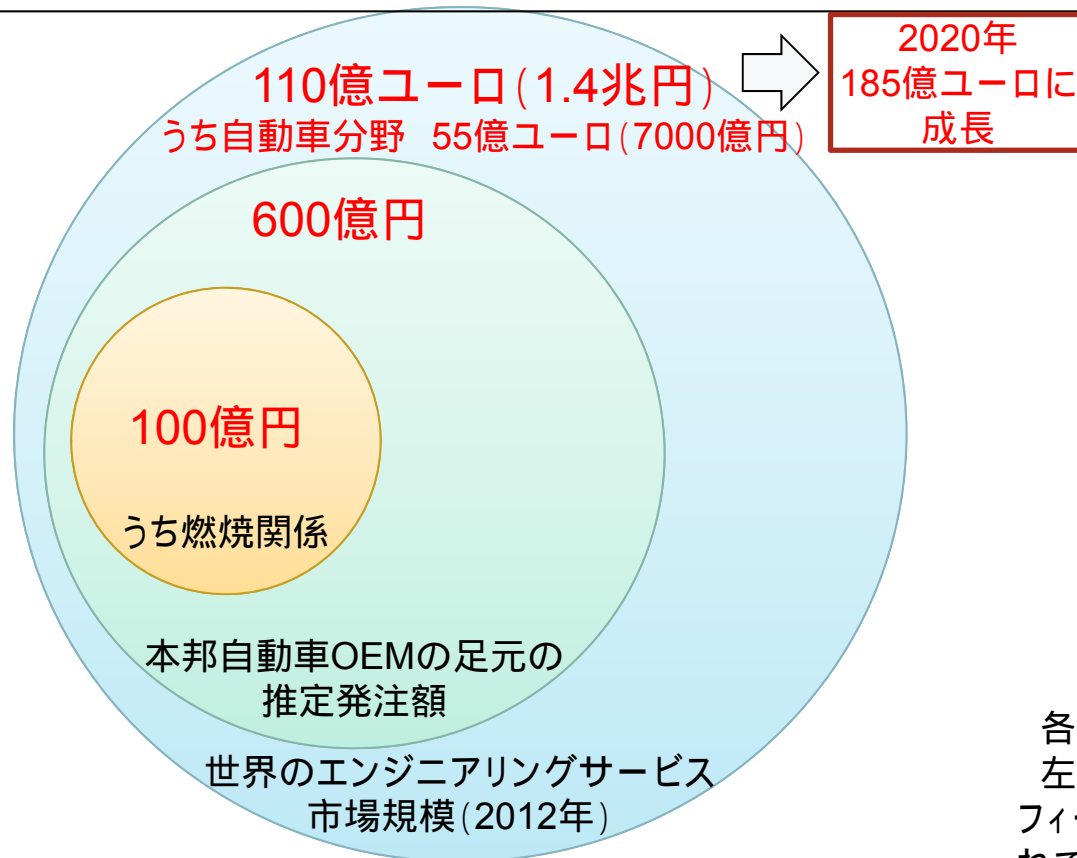
- ✓ OEMから各大学に委託研究を実施するケースはSIP開始以前からも存在し、SIP成果を活用した個別エンジニアリングサービスを実施することは、これまでの産学連携の延長線上で実施可能と見られる。
- ✓ 具体的なSIP発のエンジニアリングのテーマとしては、例えば以下が考えられる。
  - ① ガソリン/ディーゼルの燃焼計測機器、薄膜圧力センサー等、独自開発の計測システム等を独自技術で高付加価値化し OEMに提供
  - ② 熱効率50%のコンセプトとサブモデル解析の知見を持つ研究者をOEMに派遣
- ✓ 一方、ドイツの産学連携メカニズムに見られるような自律的・継続的な人材育成と、市場価値のある次世代のエンジニアリングテーマを追求する姿を求めるとするならば、何らかの体制強化が必要。

- 
- SIP発の個別エンジニアリングサービスを実施する上で、橋渡しのための新たな組織を設置することは必ずしも必要ない。
  - 一方、ドイツの産学連携体制を横目に、我が国独自の産学連携体制像の検討が必要ではないか。

(参考) SIP後の活動・展望  
(長期的展望)

# 今後の総合エンジニアリング・サービス市場

- ✓ SIPによる成果については総合エンジニアリング・サービス市場の獲得も見据えた説明が期待されている
- ✓ SIPに直接関係するのは100億円程度の燃焼分野に限られるが、技術課題を統合的に解決する必要が生じているというトレンドから、パワートレイン全体、さらには車体全体への拡張や、自動走行等のIoTの進展に合わせた統合的なエンジニアリングサービスの担い手の姿を描くことも、仮説としては考えられる



各種データより試算  
左記とは別に、内燃機関向けCAEライセンス  
フィーの推定国内市場規模は、約30億円と見ら  
れている。ユーザーサポートを含めるとその数倍  
以上の規模がある模様である。

図 世界のエンジニアリング市場規模の推計

## 我が国におけるエンジニアリング・サービスプロバイダー構築にあたっての要件

### 我が国のOEMがドイツと異なる面

#### 基礎研究部門の競争力

→我が国のOEMは基礎研究部門が充実している。国プロジェクトもこれまで多くなく、自前の研究開発予算で取り組んできた。

#### マーケット部門と開発部門を有することでの強み

→マーケット部門と開発部門が同一の会社にあることのメリットもある(例えば、次世代自動車の開発はこの面が大きいとされる)。これを失しないことも必要。

#### 人材のキャリアパス

→OEMの社員は企業の総合職として、様々な現場を担当する。総合職のキャリアパスによるメリット・デメリットの理解も必要。

- **本邦OEMの強みを維持することができる、日本版オープンイノベーションの最終形を見出す必要がある。(その先に、研究開発のアウトソースがあるかもしれない)**

# 総合エンジニアリングサービス・プロバイダー構築に向けた 諸課題と将来シナリオ

