

ナノセラミック分離膜で  
急成長するエネルギー・化学分野に革新

オールジャパン型産学連携による  
ナノセラミック分離膜技術の事業化と産業変革

イーセップ株式会社 (eSep Inc.)  
代表取締役社長兼CTO 澤村健一

Email: [sawamura@esep-membrane.com](mailto:sawamura@esep-membrane.com)



*smile by  
easy, eco, and efficient  
separation*



## 1. 事業・技術背景(1): 社会的ニーズ

# 化学プロセスにイノベーションを起こす



# 1. 事業・技術背景(2): 目指している方向性

## 小型化 省エネ化

＜化学産業の分離・精製プロセス＞

現行: 蒸留や吸収システム  
\* 加熱・冷却の繰り返しによる  
プロセス



現在

(参考) コンピューターの場合



膜システム



smile by  
easy, eco-efficient  
Separation

モバイル化学プラント



未来

高分子膜



\* 耐久性に課題

ナノセラミック分離膜



1. 事業・技術背景(3): 分離プロセス比較(膜プロセスに注目)

## 分離プロセス比較



方式	長所(○)と短所(×)	優劣	備考
蒸留	○実績が多い。 ○連続処理 ×大量にエネルギーを消費する ×共沸点を有する物質同士は分離が不可能 ×熱に弱い物質は分離が困難	×	完成された技術だが、エネルギー消費が大
吸着	○低含水まで脱水可能 ○蒸留より省エネルギー ×バッチ処理 ×吸着材が脱水量に比例して増大	△	バッチ処理の為、連続プロセスに導入するには複数ユニットが必要
膜	○連続処理 ○最も省エネルギー ○膜の透過性能が高ければ装置がコンパクト ×膜コストが高い	○	連続プロセスへの組み込みが可能で省エネルギー効果大



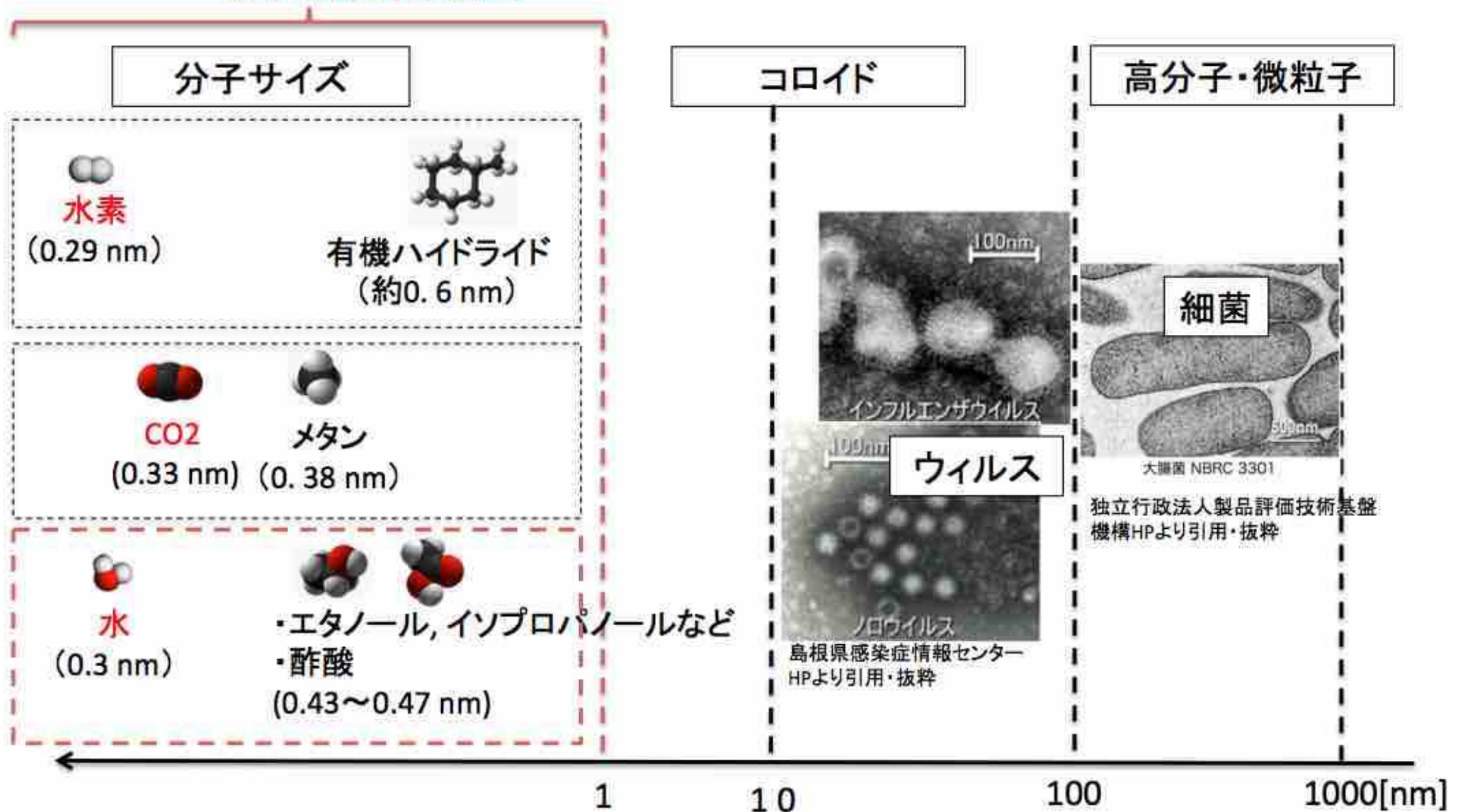
膜透過性向上により弊社にて大幅改善

NEDO公開資料抜粋

『規則性ナノ多孔体精密分離膜部材基盤技術の開発(事後評価)分科会(2014.12.事1)業原簿P』

# 1. 事業・技術背景(4) : 要求される技術

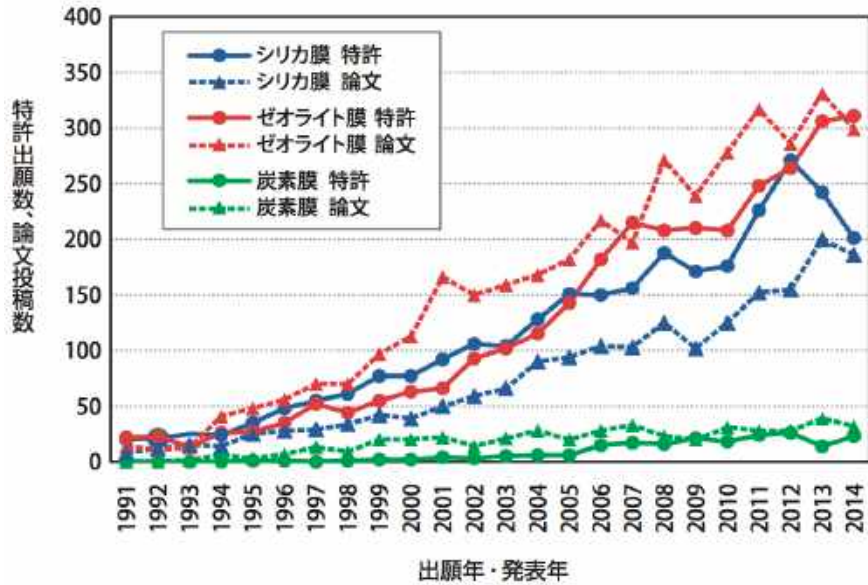
技術ニーズに応えるためには細孔径1nm以下の超精密制御が必要



分離対象サイズ比較

# 1. 事業・技術背景(5): 研究開発動向①

## ナノ多孔性分離膜の開発動向(特許・論文数推移)



\*ゼオライト膜・シリカ膜特許・論文数が多い一方で、特にシリカ系分離膜については事業化できていない(製造技術の高度化が不十分である)状況だった【@弊社創業時期】

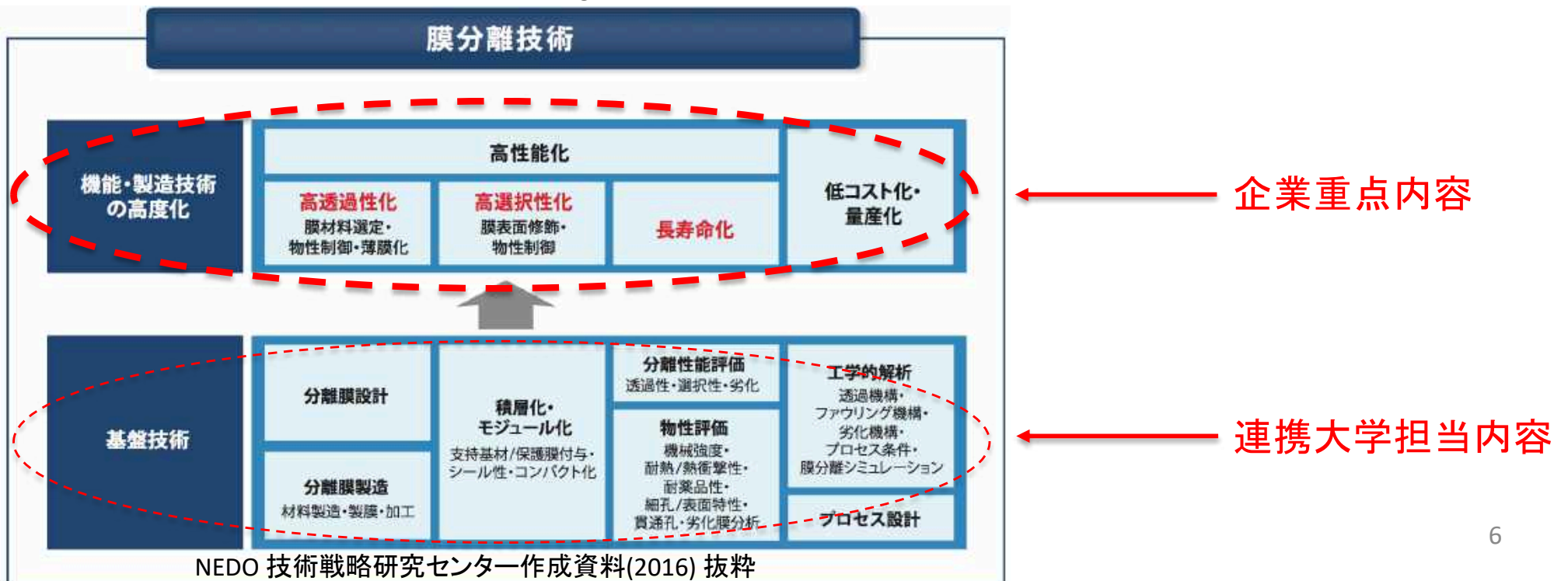
↓ eSepはシリカ系分離膜事業化に注力

無機分離膜(ナノ多孔性分離膜)メーカー

膜の種類	製造メーカー
ゼオライト膜	三井造船マシナリー(日)、日立造船(日)、三菱化学(日)、日本ガイシ(日)、日本特殊陶業(日)、明電舎(日)、SEPINO(日)、Inocermic GmbH(独)、Hyflux(シンガポール)、南京工業大学(中国)
シリカ膜	ノリタケ(日)、日本ガイシ(日)、 <u>eSep(日)</u> 、PERVATECH(蘭)
炭素膜	日本ガイシ(日)、NOK(日)

出所: NEDO 技術戦略研究センター作成(2016)

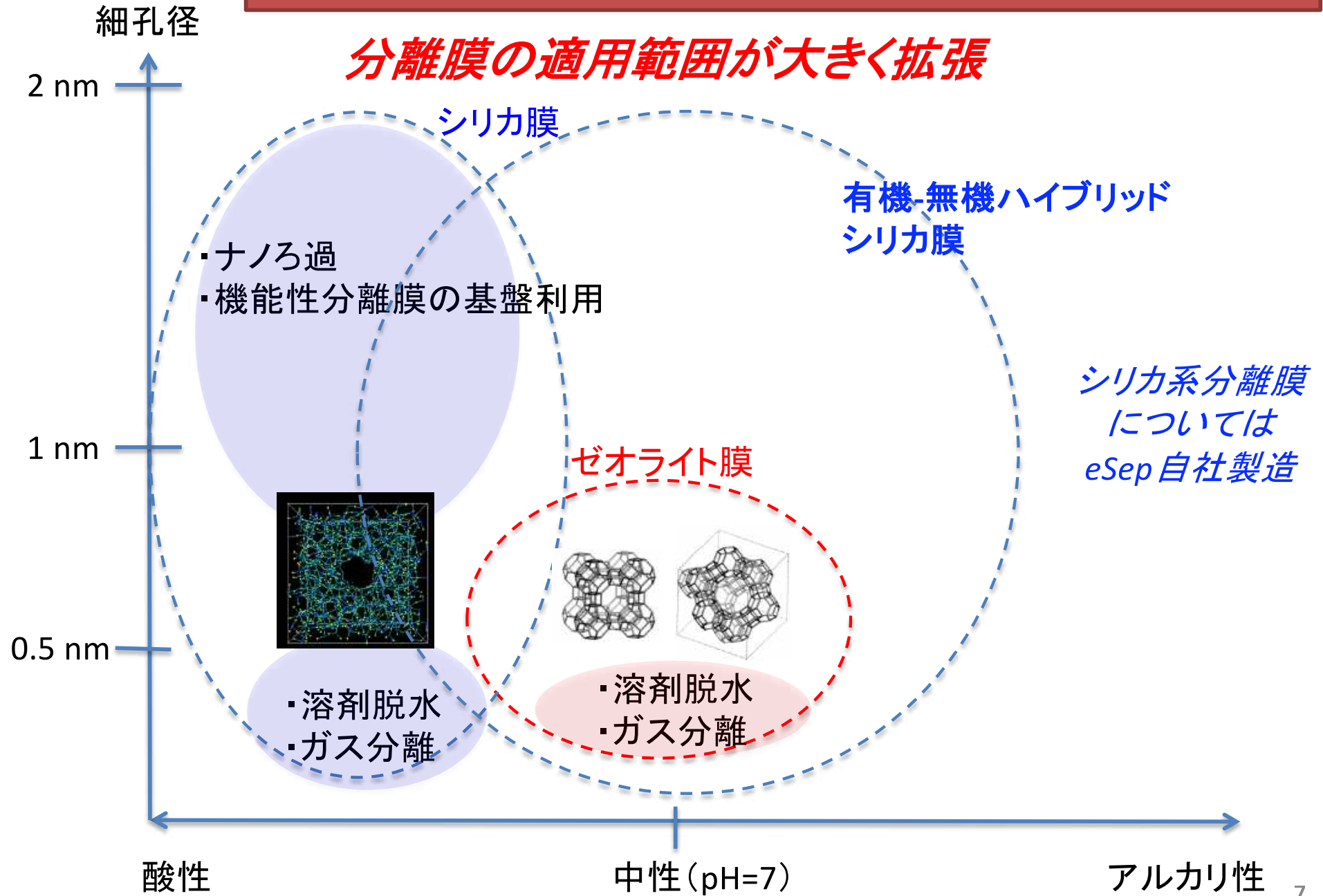
NEDO技術戦略研究センター作成資料(TSC Foresight vol.14, 2016年12月)抜粋



NEDO 技術戦略研究センター作成資料(2016) 抜粋

# 1. 事業・技術背景(6): 研究開発動向②

ゼオライト膜では対応困難だった分離を中心にシリカ系分離膜で展開



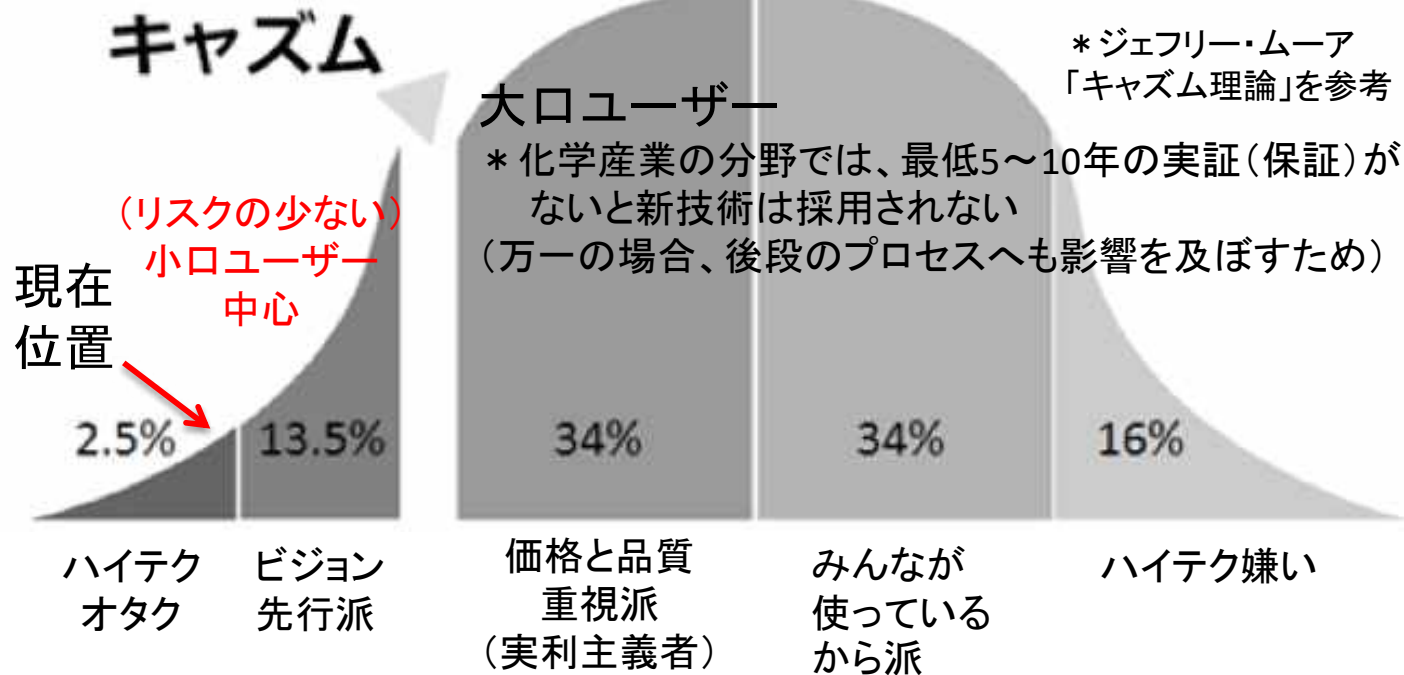
# 1. 事業・技術背景(7):市場動向①

## ナノセラミック分離膜の開発とエネルギー・化学産業への展開

(落とし穴)

化学産業の場合は効率よりも安全・実績重視

→新技術を既存化学プロセスに組込む場合、一般に最低5~10年の実証・保証が必要



序盤の市場

中盤の市場

終盤の市場



小型溶剤再生装置 (脱水機)



\*上記写真はガス分離膜の場合(化学産業でも同様の成長を辿ると予測)

→ 大規模化



# 1. 事業・技術背景(8):市場動向②

## 水素社会到来によるビジネスチャンス拡大



水素燃料関連の国内市場: 出典:富士経済

<調査対象>

	水素燃料	燃料電池車用、水素発電用
水素燃料関連	水素ステーションおよび関連機器	水素ステーション、水素ステーション関連機器【水素製造装置（オンサイト）、脱水素化装置（オンサイト）、蓄圧器、水素コンプレッサ、液水ポンプ、水素ディスプレイ、水素バルブ、水素センサ（水素ガス検知器）】
	水素輸送用機器	輸送用容器、大規模水素輸送（水素輸送船）
	車載機器関連	車載用高圧容器、車載用水素センサ
	注目部品・技術	水素発電、再生可能エネルギー由来水素製造装置（R水素製造装置）、簡易型水素ステーション、 <u>水素分離膜モジュール（オンサイト）</u>
	産業用水素関連	圧縮水素、液体水素

## 2. イーセップ (eSep) 紹介①: 概要

### 【イーセップ株式会社】

ミッション: 簡易、エコ、高効率な分離で顧客ニッコリ

事業内容: 膜分離システムの設計、開発、販売

(注力内容) ナノ多孔性セラミック分離膜の活用と次世代型化学プロセスの開発

smile by

easy, eco, and efficient

separation



### 【会社情報(2020年11月現在)】

創業: 2013年10月

社内メンバー19名+ 連携メンバー

資本金: 7,050万円

活動拠点:

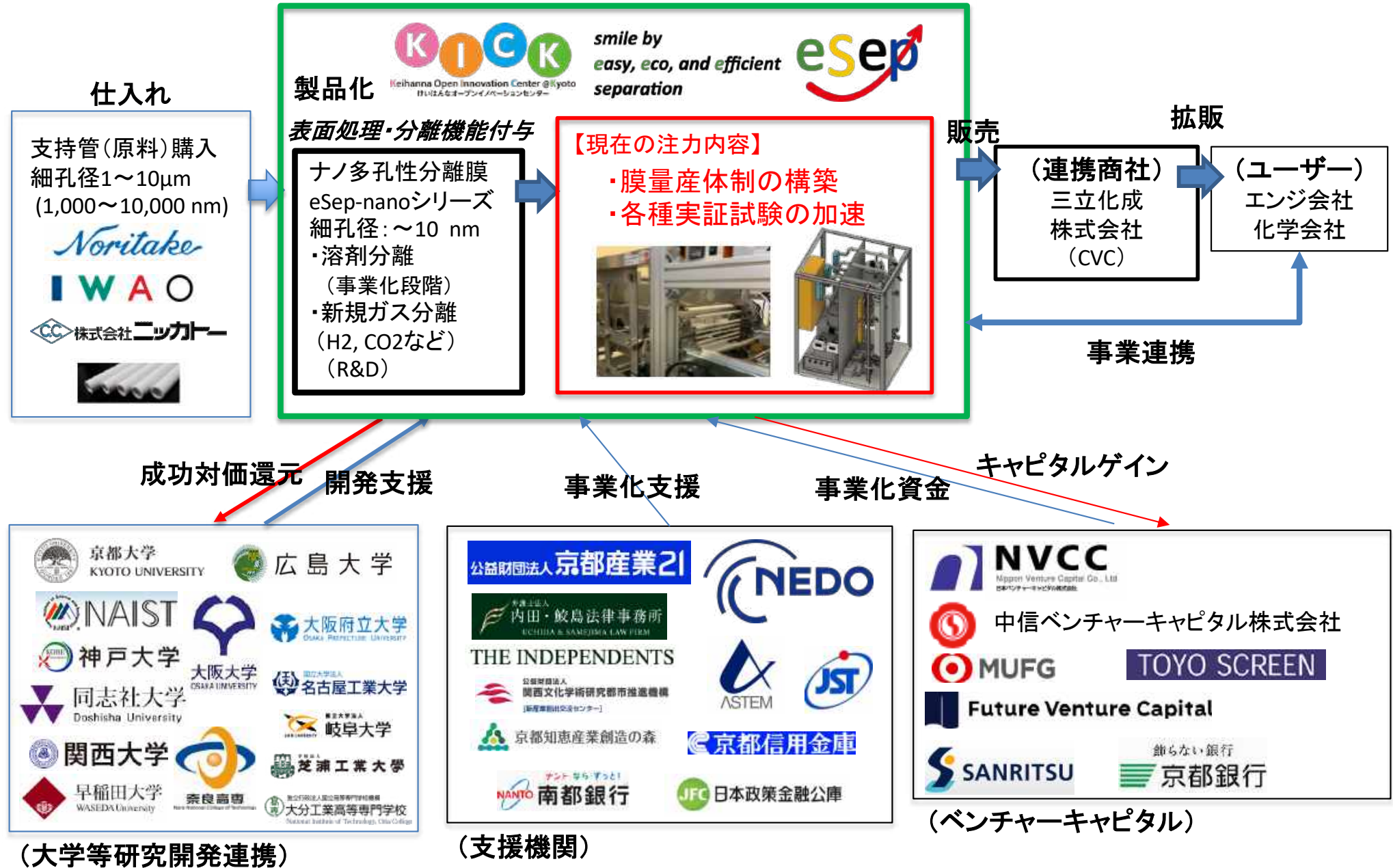
- ・けいはんなオープンイノベーションセンター (KICK) 106・107・108・109・別棟
- ・京都市成長産業創造センター 302・502室
- ・産学連携拠点 (京都大学桂ベンチャープラザ内、広島大学産学連携センター内)

### <出資者例>

- ・日本ベンチャーキャピタル(株)
- ・中信ベンチャーキャピタル(株)
- ・三菱UFJキャピタル(株)
- ・フューチャーベンチャーキャピタル(株)




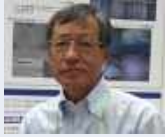



## 2. イーセップ (eSep) 紹介 (2) : 事業体制



**\* 基本スタンス: 産学連携のオープンイノベーションにより分離膜事業を推進**

## 2. イーセップ(eSep)紹介(3):社内メンバー(抜粋) \* 現在合計19人

役職	氏名	略歴
CEO兼CTO	澤村 健一 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・早稲田大学大学院理工学研究科応用化学専攻 博士後期課程修了</li> <li>・早稲田大学先進理工学部応用化学科 助手</li> <li>・日立造船株式会社</li> <li>・イーセップ株式会社創業・設立</li> <li>* 博士(工学)</li> </ul>
CFO	熊木 実 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・東京大学農学部卒</li> <li>・あずさ監査法人シニアマネジャー</li> <li>・熊木公認会計士事務所(現職兼務)</li> <li>* 公認会計士</li> </ul>
COO	五ノ井 浩二 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・東北大学大学院工学研究科土木工学専攻修士課程修了</li> <li>・株式会社明電舎</li> <li>・MEIDEN AMERICA, INC.</li> </ul>
技術開発センター長 (産学連携責任者)	戸所 義博 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・京都大学大学院電気工学研究科修士課程修了</li> <li>・松下電器産業株式会社</li> <li>・奈良先端科学技術大学院大学産官学連携本部 特任教授</li> <li>・大阪大学産業科学研究所 特任教授</li> <li>* 工学博士</li> </ul>
知的財産管理責任者	岡本 茂 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・東京工業大学大学院理工学研究科物理学専攻博士後期課程修了</li> <li>・松下電器産業株式会社</li> <li>・奈良先端科学技術大学院大学産学連携推進本部</li> <li>・大阪大学大学院工学研究科高度人材育成センター</li> <li>* 理学博士</li> <li>* 一級知財管理技能士(特許専門業務)</li> </ul>

上記他、技術開発:7名、製造:3名、管理:4名  
 <内、博士6名、外国人2名>

### 3. eSep事業進捗(1): ナノ多孔性セラミック分離膜(素材開発)シーズ技術例①

膜細孔径制御技術(脱水・溶剤分離用途)は大学との共同開発により事業化段階

## シリカネットワーク制御技術

### 異種金属ドーピング法

純シリカ

シラノール基の生成によるネットワークの緻密化  
→ 透過率, 選択性の低下

金属ドーピングシリカ

**高温水蒸気雰囲気において 安定なネットワーク構造!**

● Metal

広島大学  
HIROSHIMA UNIVERSITY

### スペーサー法

BTESE:  $(EtO)_3Si-CH_2-CH_2-Si(OEt)_3$   
 $-CH_2-CH_2-$ : spacer → 疎なシリカ構造

TEOS

BTESE

Kanezashi et al., J. Am. Chem. Soc. 131 (2009) 414.

### 橋かけ型アルコキシド

Bis(triethoxysilyl)methane (BTESM)

Bis(triethoxysilyl)ethane (BTESE)

Bis(triethoxysilyl)octane (BTESO)

Tetraethoxydimethyl disiloxane (TEDMDS)

Hexaethoxy disiloxane (HEDS)

**Si原子間の有機官能基により ネットワークサイズを制御可能!**

#### 【eSepへの独占ライセンス例】

出願・申請番号	名称	出願人	登録番号
特願2015-090801	分離膜及びその製造方法	国立大学法人広島大学	特許6548215
特願2014-220030	分離フィルタの製造方法	国立大学法人広島大学	特許6474583
特願2012-112239	逆浸透膜フィルタ	国立大学法人広島大学	特許5900959

### 3. eSep事業進捗(2): ナノ多孔性セラミック分離膜(素材開発)シーズ技術例②

将来必要とされる新規ガス(水素)分離膜は大学と共同で開発中

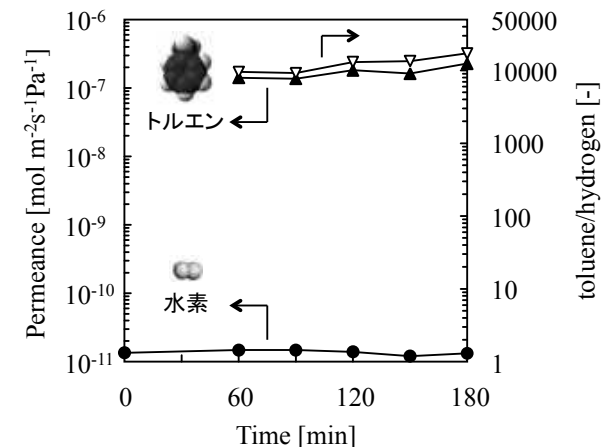
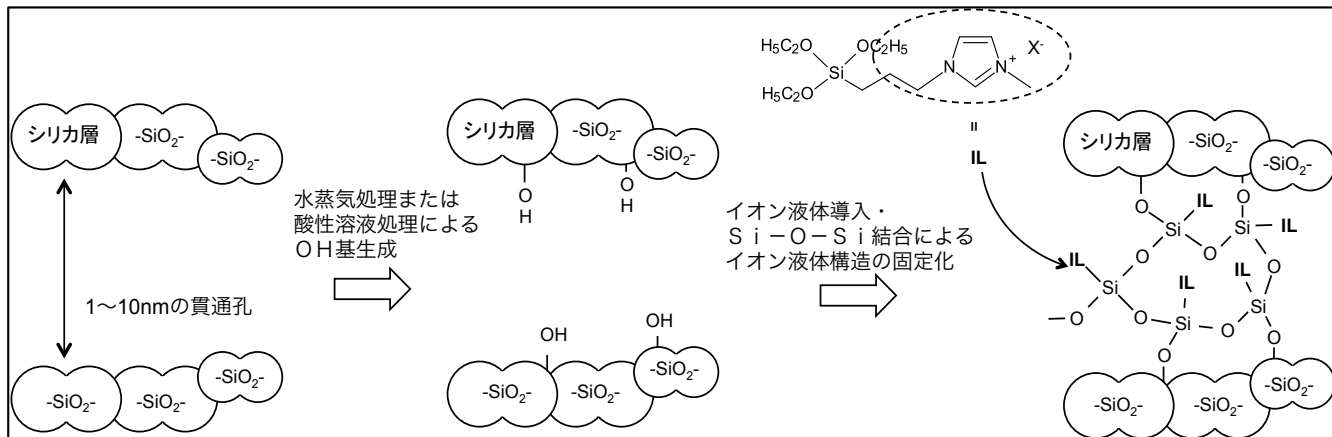
smile by  
easy, eco, and efficient  
separation



ナノ多孔質分離膜技術

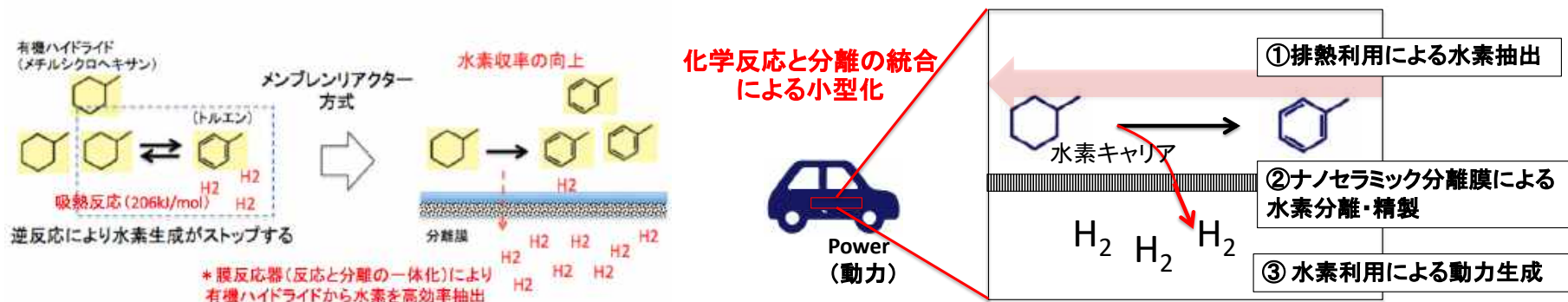
融合

機能性分子・金属  
(Pd, Ag, Coなど)複合化

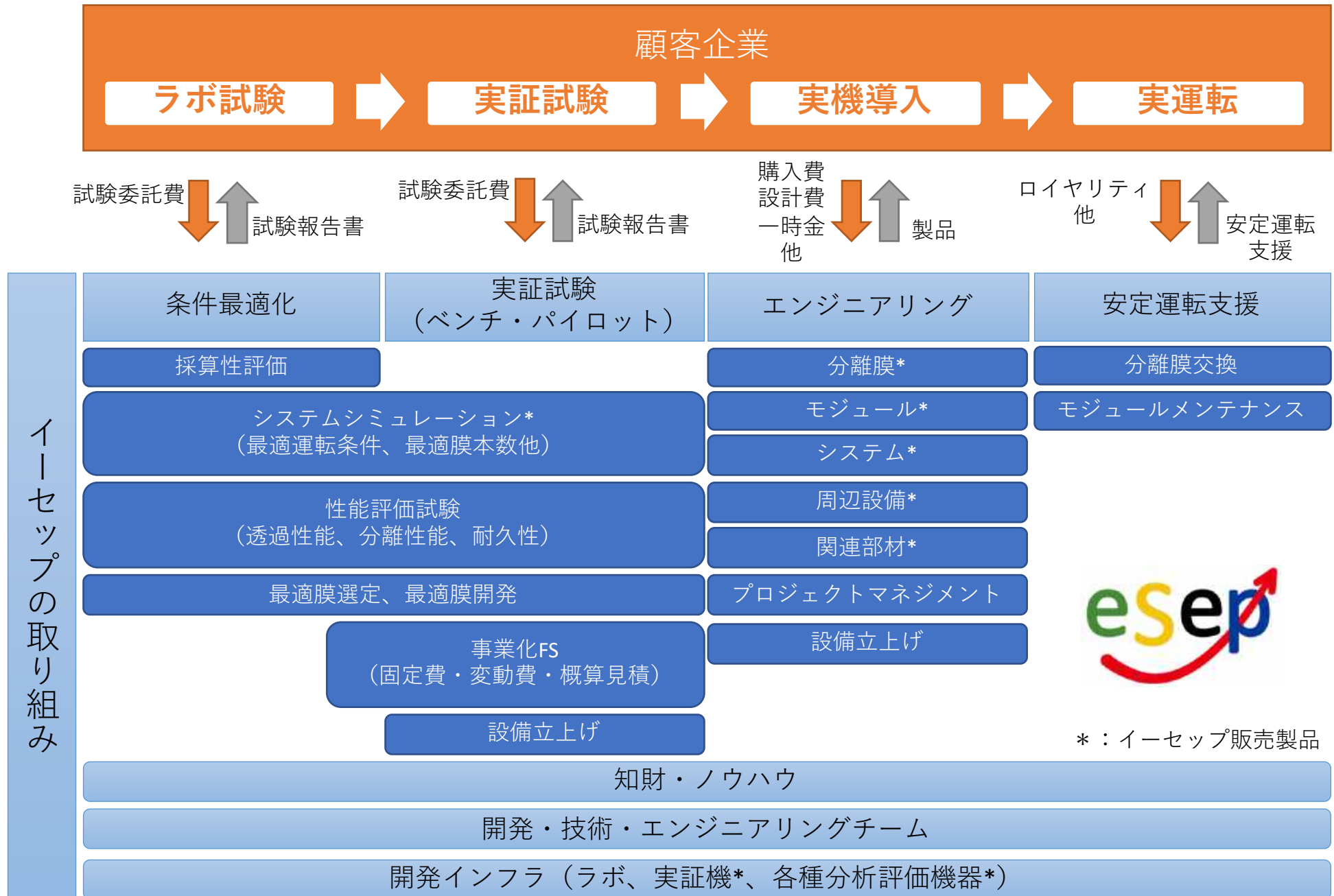


出願番号	出願日	発明の名称	出願人
特願2018-102413	平成30年5月29日	CO2膜分離方法	イーセップ株式会社
特願2018-99964	平成30年5月24日	ナノ多孔性膜の細孔径分布測定方法および装置	イーセップ株式会社
特願2017-91463	平成29年4月12日	炭酸ガス吸収材料およびその製造方法	イーセップ株式会社
特願2017-43280	平成29年2月17日	複合シリカ膜およびその製造方法	国立大学法人大阪大学、イーセップ株式会社

膜反応器(メンブレンリアクター)の概念図



### 3. eSep事業進捗(4): 膜エンジニアリング(事業化)



### 3. eSep事業進捗(5): ナノ多孔性セラミック分離膜(膜量産化)

外径12mm  
長さ400mm

更に拡大

機能膜/中間層(合計で厚み500nm程度)

支持体(下地層)

支持体(多孔質基材)

物質

膜細孔径を0.3~0.4 nmに制御した場合

<有機分子>  
酢酸など  
(0.43 nm以上)

水(0.3 nm)

分子サイズの小さい  
水を高選択的に透過分離

分離膜量産製造ライン

ナノセラミック分離膜

...機能膜(分離層)  
シリカ等(粒径2nm未満)  
※孔径 0.3-1 nm

...中間層  
シリカ等(粒径2-40nm)  
※孔径1-10nm

...支持体(下地層)  
アルミナ等(粒径200-3,000)  
※孔径20-200 nm  
※基材メーカー品を特殊加工

大学との  
共同研究成果

イーセップの  
独自ノウハウ  
(高透過性に寄与)

【2013-2015年】

【2015-2018年】

【2019-2021年】

【2021~】

基礎開発  
完了



膜長さ  
3-10cm

製品化  
サンプル出荷



膜長さ40cm(標準品)  
製造能力(手動式)  
: Max200本/月

保証範囲検討  
膜モジュール化



\* 短期実証(3ヶ月程度)  
の完了したのから  
段階的に販売

長期実証  
膜量産化



【量産用製膜装置】

製造能力(自動化)  
: 2,000本以上/月構築中  
【現段階】

本格販売・  
事業拡大



\* 上記装置イメージは  
三菱ケミカル様HPより引用