

環境安心イノベーションプログラム
「有害化学物質リスク削減基盤技術研究開発」
事後評価分科会

プロジェクトの詳細説明(公開)

平成21年11月12日(木)

研究開発項目: エンドオブパイプ技術

- A-(2) 直接加熱式VOC吸着回収装置の研究
開発
- A-(5) 大気圧・空気プラズマを利用した揮発性
有機化合物(VOC)等の無害化装置の開発
- A-(6) デュアルメンブレンシステムによるガソリン
ベーパー回収装置の開発
- A-(7) 含塩素VOC高効率分解固定化装置の
研究開発

環境安心イノベーションプログラム
「有害化学物質リスク削減基盤技術研究開発」
事後評価分科会

プロジェクトの詳細説明(公開)
平成21年11月12日(木)

研究開発項目:エンドオブパイプ技術
A-(2) 直接加熱式VOC吸着回収装置の研究開発

PL:ダイキン工業(株) 常務執行役員 井原清彦

委託先:エンバイロメント・テクノロジー・ベンチャーズ(株)
(独)産業技術総合研究所

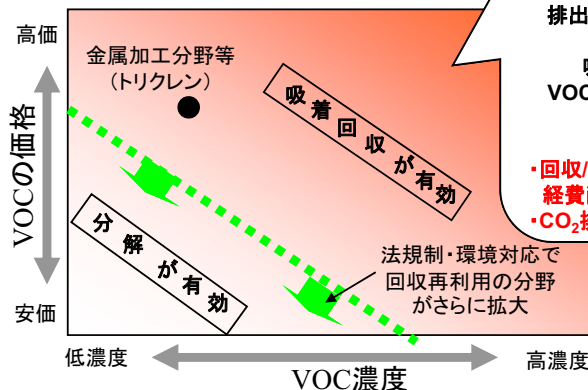
3. 研究開発成果について (1)目標の達成度

公開

【狙い】吸着回収でVOC排出削減

VOC処理技術
(エンドオブパイプ)の
棲み分け

フッ素・塩素系
洗浄剤など



ユーザーニーズ

特に中小企業が多い分野
(金属加工業、グラビア印刷業等)

コストメリットがある
環境対策は?

小型・低価格
高品質な回収溶剤

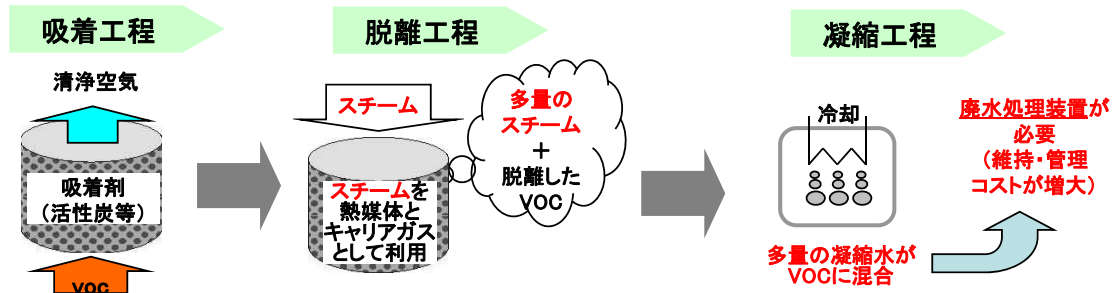
モニタリング機能

付帯設備が不要

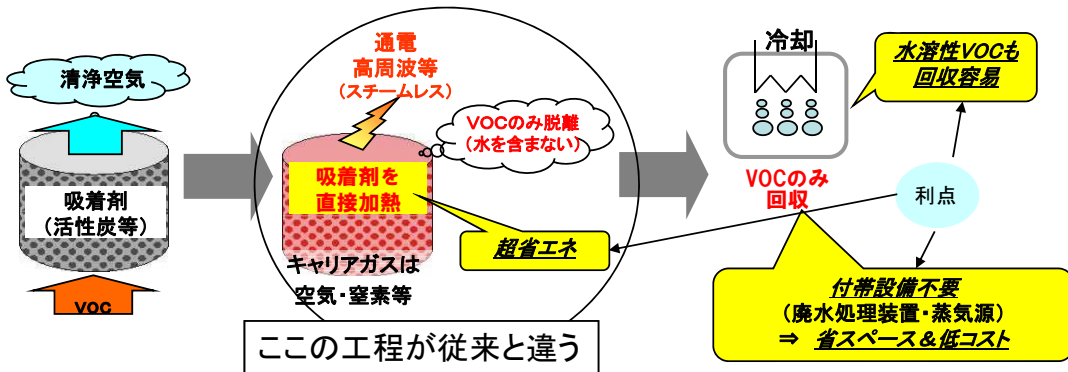
環境管理の
事務処理が煩雑

廃水処理装置の
管理が大変!!

従来の吸着回収装置では『スチーム』が課題



本技術(直接加熱技術)で中小企業にも導入可能な装置を実現



開発の目標

最終目標: 吸着剤を電気的なエネルギーで直接加熱する技術により、全ての種類のVOCを回収再利用可能な吸着回収装置を開発する。

直接加熱方式	繊維状活性炭による通電加熱	システムが簡単なため、低価格・小型装置向き 繊維状活性炭は可燃性であるため、可燃性ガスの回収には適さず不燃性ガス向け
	疎水性ゼオライト+発熱体による高周波加熱	ゼオライトは不燃性であり、可燃性ガス、不燃性ガスとも適用できる。 機構が複雑で、大型化する恐れがある。

この両方を開発する。

- 通電加熱は機構が簡単のため最初から装置開発を進める。
- 通電加熱で加熱方式以外の周辺技術は共通であるから、高周波加熱にも適用する。
- 高周波加熱は吸着剤構造の確定から始める。

プロジェクト期間目標:

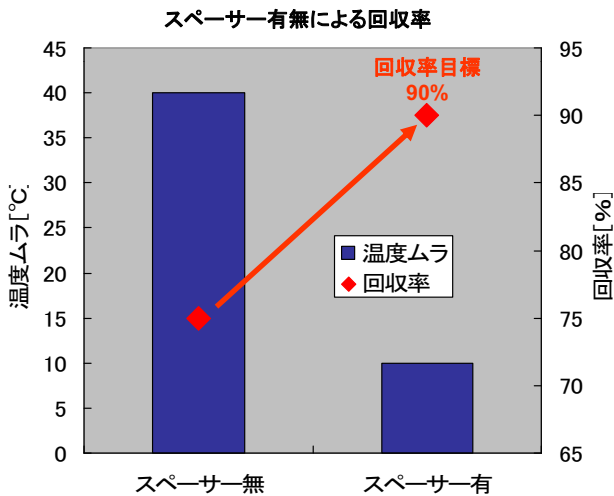
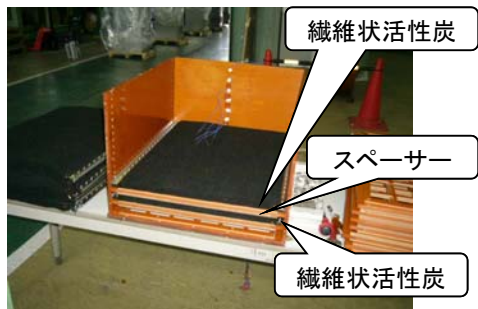
- 通電加熱 (不燃用) 回収装置の実証機試作: 処理風量3~10m³/min
実証機の回収率: 90%
フィールドテストによる実用性の実証
再利用可能な回収溶剤品質の確保
- 高周波加熱 (可燃用) 加熱技術の回収装置への適応検証
試験装置の処理風量: 1m³/min
試験機の回収率: 90%
- 支援ソフト(周辺技術) 統合モニタリング運用システムの確立

[通電加熱式]

回収率90%達成には、均一加熱が重要

繊維状活性炭へのトリクレンの吸着量の違いにより、通電加熱時の昇温速度および到達温度が大きく異なる
(吸着質の気化熱の影響)

平面方向で均一な吸着が必要



繊維状活性炭の間にスペーサーを設けることで吸着ガスの偏流を防ぎ吸着量の平面方向での均一性を向上

均一加熱を実現

[通電加熱式]

回収効率90%を達成するには脱離条件の最適化も重要

キャリアガス 多い

- ・吸着剤再生良好
- ・再吸着量増加 (回収効率低下)

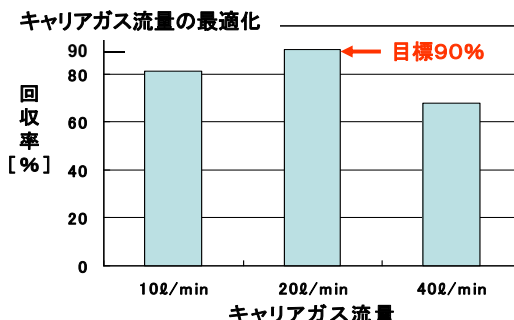
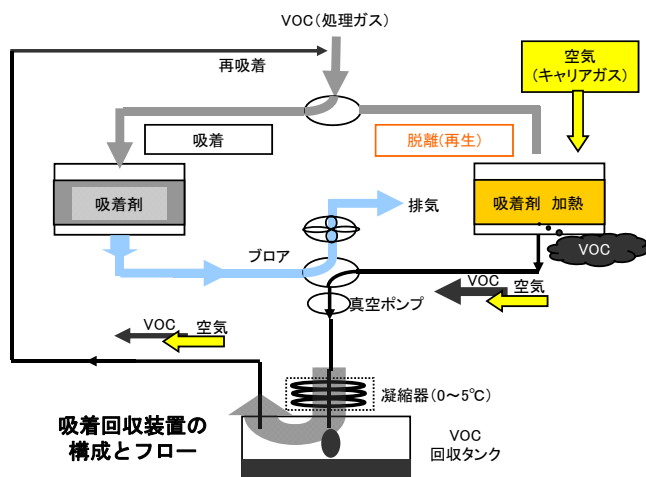
キャリアガス 少ない

- ・吸着剤再生不良
- ・再吸着量小さい

キャリアガス量をはじめ脱離条件の最適化が必要

通電加熱式の試作機の場合
 ・キャリアガス流量: 20ℓ/min
 ・脱離温度: 140℃
 など

回収率 90%達成



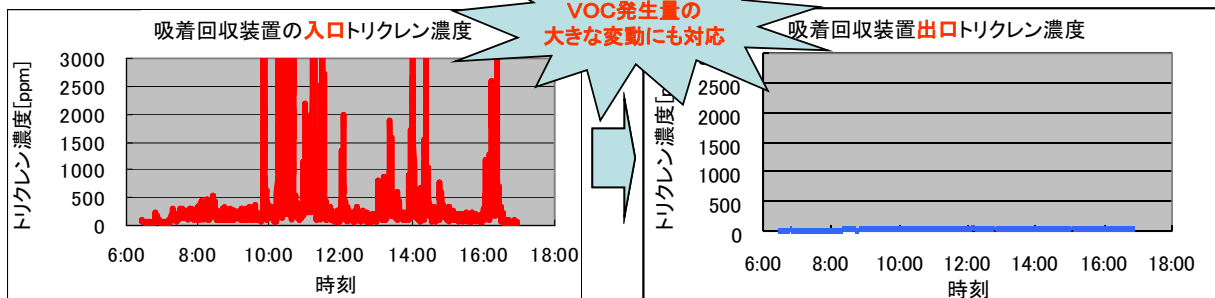
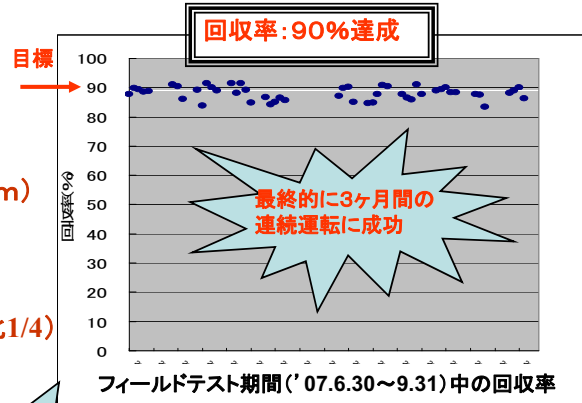
[通電加熱式]

実用性・信頼性を実証

鍍金工場でフィールドテスト中の
トリクロロエチレン吸着回収装置



【処理風量】
3m³/min (平均400ppm)
【回収率】 90%
【消費電力】
約3kW (平均)
(エネルギーコスト従来比1/4)

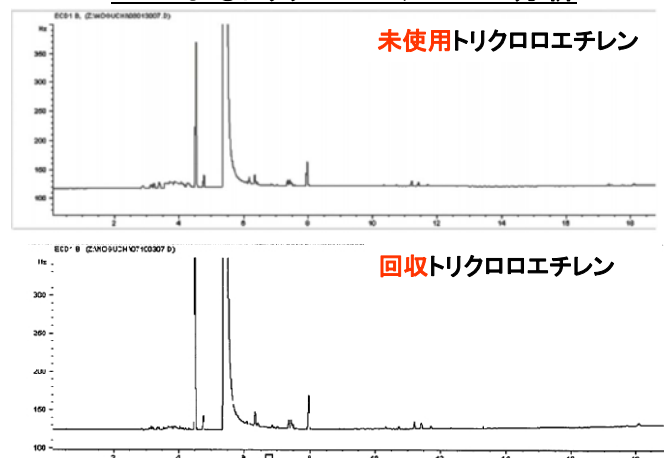


[通電加熱式]

新品同等の高品質な回収溶剤

(局所高温、活性炭の触媒作用等で品質の劣化が心配されることから確認)

GCによるトリクロロエチレンの分析



同等品質

フィールドテストで回収されたトリクレンは
オンサイトでの再利用が十分可能

[通電加熱式]

開発目標と達成度

小型・低価格・スチームレス
吸着回収装置の実用化に目処

開発目標	達成度
回収装置試作(処理風量:3~10m ³ /min)	3m ³ /minの試作機を開発し、設計指針を確立(達成)
試作機の回収率:90%	90%(達成)
試作機のフィールドテストによる実用性実証	鍍金工場で3ヶ月間のテストで安定稼動を確認(達成)
再利用可能な回収溶剤の品質確保	未使用品と同等(達成)

今後の方針と課題

・更なる低価格と小型化

繊維状活性炭は
体積当りの吸着量が小さい
(嵩密度が小さく嵩張る)



吸着量を確保するために
大容積の繊維状活性炭が必要



吸着塔(耐圧容器)が
大型化・コスト高

吸着体が小型・低価格化へのキーポイント
(自主研究にて体積1/4に目処がついた)

[高周波加熱式]

加熱技術の回収装置への適応検証(キュリー点制御)

キュリー点により自動的に温度制御

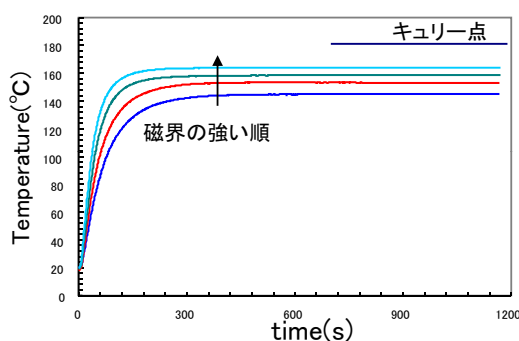
- ・大きなエネルギー入力でも過熱されない ⇒ 高い安全性
- ・VOCを分解・変質させない ⇒ 高品質な回収VOC
- ・均一加熱 ⇒ 回収率の向上

キュリー点とは:

磁性発熱体が、ある温度に達すると磁性が無くなること。物質によって温度が異なる。高周波電力をいくら印加しても、その温度になると吸収しないので、温度制御が確実。また温度が低い部分では吸収し、高い部分では吸収しないので均一に加熱される。

磁界(高周波)の強さによる発熱特性

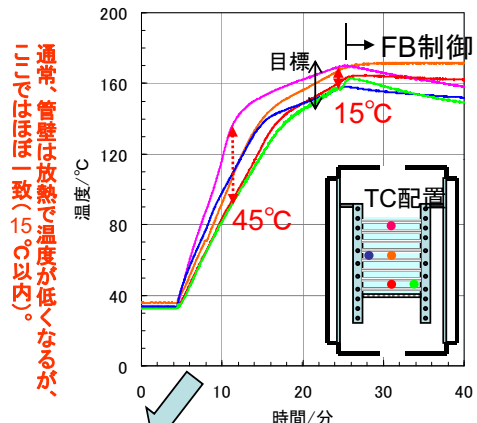
(発熱体: Ni-Co-Fe合金)



大きい磁界をかけると速く設定温度に近づき(水色線)安定する(オーバーシュートしない)。

吸着塔内で均一加熱

(発熱体: Ni系合金)



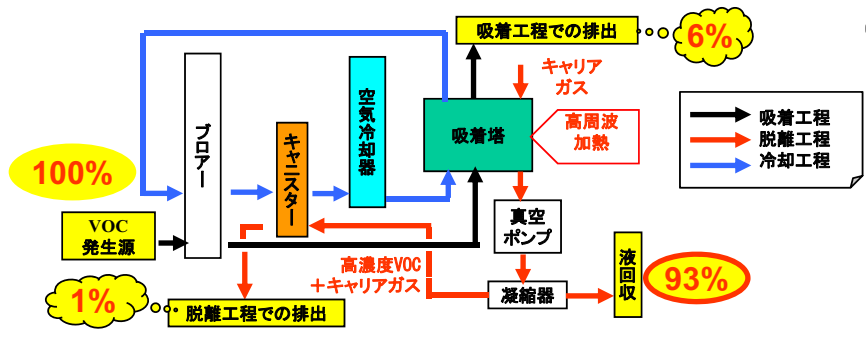
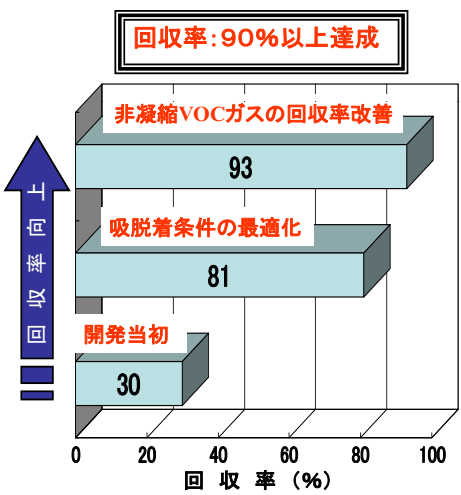
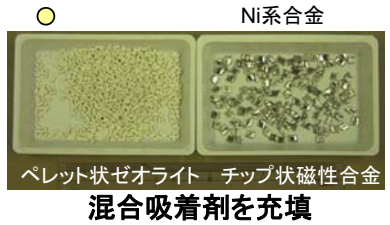
キュリー点制御の確立

[高周波加熱式]

1m³/minの試験機による総合運転



「原理」を「装置」に
(世界初)



開発した高周波加熱式吸着回収装置のフロー図とマテリアルバランス
事業原簿 III.2-39~40

[高周波加熱式]

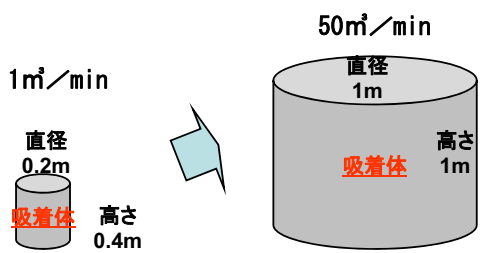
開発目標と達成度

吸着回収用技術として
実用性を実証

開発目標	達成度
加熱技術の回収装置への適応検証	試験機として実現し、キュリー一点制御技術の確立【世界初】(達成)
回収装置の試作 (処理風量: 1m ³ /min)	1m ³ /minの試作機開発し、性能および特性を把握 (達成)
試作機の回収率: 90%	93% (達成)

今後の方針と課題

・実用規模 (50m³/min) への大型化に向けた検証



発熱体の吸着剤への均一な混合が困難
発熱体の形状・構造がキーポイント (自主研究にて実現可能性を検証済)

① 不燃性VOC吸着回収装置

フィールドテストで通電加熱式の実用性・信頼性を実証

これまでVOC排出削減対策が遅れていた(適した回収装置がなかった)
小規模事業所(年間排出量～5トン)への排出削減対策の道が開けた
【削減量(トリクロロエチレン)】 2010年30トン(3m³/min機換算で10台)⇒2015年600トン(同200台)

② 可燃性VOC吸着回収装置

ゼオライトの高周波による加熱技術の確立により
可燃性VOCをスチームレスで安全な回収・再利用への可能性を実証

大きなVOC排出削減の可能性が見えた
(例: グラビア印刷施設全国500箇所でのトルエン年間排出量約6万トン)
【削減量(トルエン)】 2015年1500トン(50m³/min機換算で30台)

③ 支援ソフト

吸着回収装置と環境の維持管理を大幅に省力化させるソフトを完成

中小企業への回収装置の導入と環境の自主管理を促進する

特許:

- ・特願2007-30933、「吸着体及びそれを用いた吸着回収装置」、ETV
 - ・特願2007-170707、「高周波加熱式吸着塔」、産総研・ETV
- 他8件

研究発表・講演:

- ・エコテク/2005「使える産総研発、環境・リサイクル技術」講演会、「中小発生源からのVOCの吸着回収」、2005.10.21、菊川・小林
 - ・日本建築学会2006年度大会(関東)学術講演会、「実測による簡易モニターでのTVOC測定の検討」、2006.9.7、熊谷・野口・柳沢
 - ・JCI講演会、吸着剤直接加熱技術を用いたVOC吸着回収装置の開発」、2007.9.11、亀谷・烏鷹
- 他36件

発表論文等:

- ・「中小発生源に適したVOC吸着回収装置の開発」、筑波石川研究交流会機関誌、第19号、p12(2006)、菊川・小林
 - ・「斜め切開開放終端同軸プローブによる損失媒質の素誘電率測定」、電子情報通信学会論文誌、C, Vol.J89-C, No.12, pp.1082-1084(2006)、道山・田辺・二川
- 他5件

**[通電加熱式]
開発機の競争力**

中小事業所も導入できる
吸着回収装置の実用化がみえた

		通電加熱式 【P/J実証機の価格】	スチーム加熱式 (東京都VOC対策ガイド)	吸着剤交換式 回収装置(レンタル)
イニシャル コスト	本体	500万円	450万円	—不要—
	ボイラー	—不要—	70万円	—不要—
	冷却水	20万円(クーリングタワー)		—不要—
	ダクト工事	50万円	80万円	50~100万円
	【合計】	570万円 販売時目標300万円	620万円	50~100万円
ランニング コスト	スチーム	—不要—	30kg/h(300円/h)	—不要—
	消費電力	4kW(80円/h)	1.7KW(34円/h)	3.7kW(74円/h)
	その他	—	—	レンタル+吸着剤交換費 10万円~/月(500円/h)
	【合計】	80円/h	334円/h	574円/h

- ・ランニングコストは圧倒的に有利
- ・イニシャルコストは現在の実証機で既存商品と同等
- ・大きさ: W2.5×D1×H2.2m(既存商品本体とほぼ同等)
- ・ユーザーの減価償却: 6.5年(試算条件: 装置300万円、2000hr/y稼働、トリクロレチレン¥210/kg)

吸着剤の開発で
低価格化・小型化(体積1/4)
に向けて目処がついた

事業化スケジュール

	プロジェクト期間	継続研究期間	自社開発期間/販売		
	H17 - H19	H20	H21	H22	H23
通電加熱 (不燃性VOC対策)	3 m ³ /min 実証機 運転 ⇒ 成功 目標達成	他溶剤への適応性評価 小型化に向け吸着剤開発(自主研究)	製品化設計	上市予定	
高周波加熱 (可燃性VOC対策)	1 m ³ /min 試作機 運転 ⇒ 成功 目標達成	大型化可能性追求 (自主研究) ⇒ 可能性確認	実用性評価	製品化設計	上市予定

装置の商品化は目前

溶剤の再利用をスムーズにするしかけづくりへ

ビジネスモデル：スムーズな溶剤再利用が市場を拡大する

CASE1: 溶剤リサイクル会社への展開促進

* 溶剤リサイクル会社は自前で回収設備をユーザーのサイトに設置し、回収溶剤の精製、再販でビジネス拡大を目指す

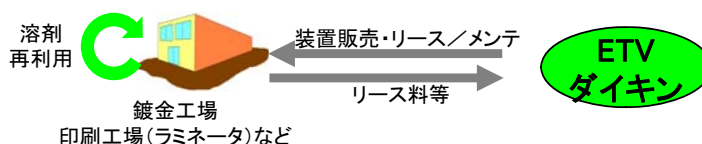
◆ 回収溶剤の溶剤リサイクル業者による精製・再利用（トルエン等の混合溶剤）



CASE2: ユーザーのオンサイトで回収再利用を促進

* 高品質の回収溶剤によりオンサイトで精製再利用が促進され、中小ユーザーの設備投資回収が可能になる
(印刷業への展開ではインクメーカーとの協業も必要)

◆ 回収溶剤のオンサイトでの再利用（トリクロロエチレン、ジクロロメタン、酢酸エチル等）



回収対象物質の拡大

- ・トルエンや塩素系溶剤の代替溶剤として需要が拡大している水溶性溶剤などの回収
(例: 酢酸エチル⇒ラミネーター(全国264台)からの排出量2.6万トン/年)

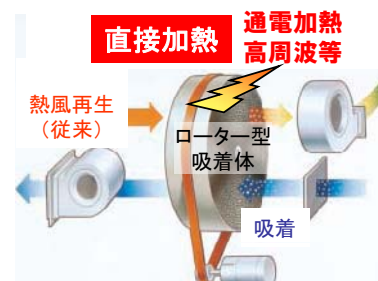
新規な吸着剤加熱技術の応用

- ・空調分野(調湿、脱臭・濃縮換気など)への応用

湿気やニオイを除去する吸着体の再生に
直接加熱技術を適用(従来は熱風再生)



機器の大幅なコンパクト化が期待できる



高周波による均一加熱技術の応用

- ・安全で容易なキュリー点による温度制御と省エネ性などを活かし
産業用途での固体・液体加熱、石油精製分野にも波及

環境安心イノベーションプログラム
「有害化学物質リスク削減基盤技術研究開発」
事後評価分科会

プロジェクトの詳細説明(公開)
平成21年11月12日(木)

研究開発項目: エンドオブパイプ技術
A-(5) 大気圧・空気プラズマを利用した揮発性
有機化合物(VOC)等の無害化装置の開発

PL : (株)島津製作所 前理事 高木誠

委託先: イマジニアリング(株)

1. 背景

国の目標: 2010年度に2000年度(185万トン)の30%削減

産業(発生源)別VOC排出量内訳

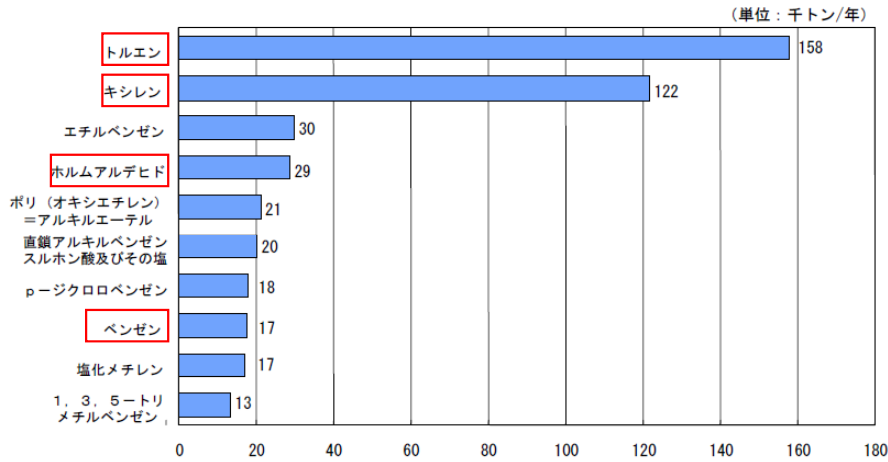
	業種	割合(%)
固定体	塗装	37
	工業用溶剤(印刷用インキ等)	13
	その他の溶剤	6
	溶剤以外	16
移動体	自動車	22
	その他	6
合計		100

出典: 「VOC-揮発性有機化合物による都市大気汚染」環境儀No.5(2002)国立環境研究所より

2. 目的

小型で安価なVOC高速無害化装置を開発し、有害化学物質の削減に貢献する

物質別VOC排出量上位10物質(固定体発生源)



出典: 「NEDO技術戦略マップ2005年」

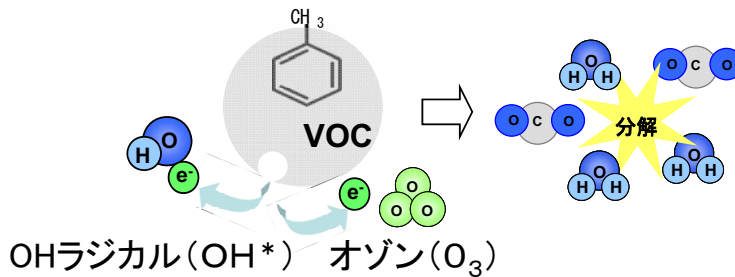
開発ターゲット(適用業種、物質)

業種 : ドラフトチャンバー・印刷・塗装業

物質 : トルエン, キシレン, ホルムアルデヒド, ベンゼン

3. 研究開発成果について (1)目標の達成度

大気圧・空気プラズマ(低温プラズマ)によるVOC無害化(原理)



- ・ 大気圧プラズマでのOHラジカル、O₃の大量発生
- ・ 酸化力大のOHラジカル、O₃ → C=C, C-C, C-H結合を分解 (分解能力が高い)
- ・ 小電力で発生(熱プラズマ:大電力)
- ・ OHラジカル:短寿命(短所)

酸化力の比較

種類	酸化電位 [V]	酸化力
F	3.03	大
OH*	2.80	↑
O	2.42	
O ₃	2.07	
H ₂ O ₂	1.78	
Cl	1.36	

参考)B. Sun et.al.: J. Electrostatics, 39 (1997) pp.189-202

3. 研究開発成果について (1) 目標の達成度

研究開発目標と達成度(まとめ)

目標	達成目標(値)	達成度
安定発生技術の開発	小型・安価・安定な大気圧・空気プラズマ発生技術の開発	◎
分解特性の向上	50~60%@200ppm以下	○
大風量化装置開発	1,500~30,000m ³ /h 適応装置	×

◎ : 目標以上(世界初)
 ○ : 達成
 × : 未達

3. 研究開発成果について (1) 目標の達成度

安定な大気圧・空気プラズマの発生

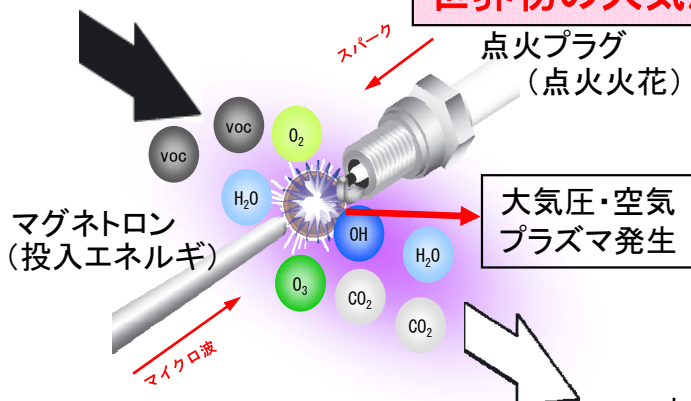
現状のプラズマ発生装置

- ・大掛かりな電気設備
- ・投入エネルギー大

開発技術

- ・小型・安価・安定な大気圧・空気プラズマの発生技術
- ・安価な商用部品の自動車用点火プラグ
- ・家電製品用のマグネトロンを適用

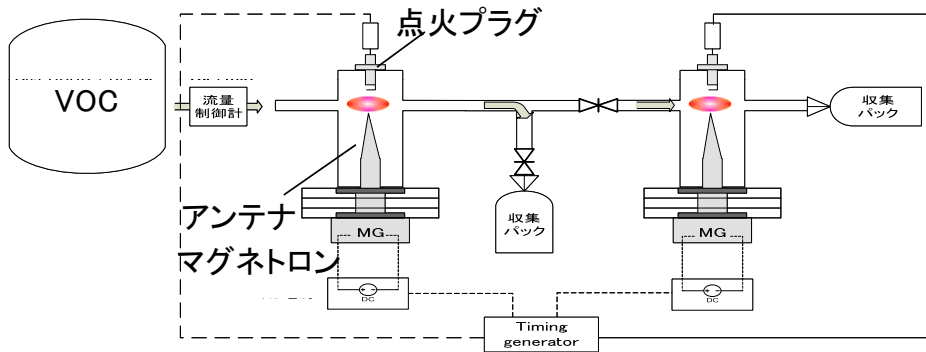
世界初の大気圧・空気プラズマの安定発生



安定発生した大気圧・空気プラズマ (6) 6/15

3. 研究開発成果について (1) 目標の達成度

VOC分解効果の確認



実験装置

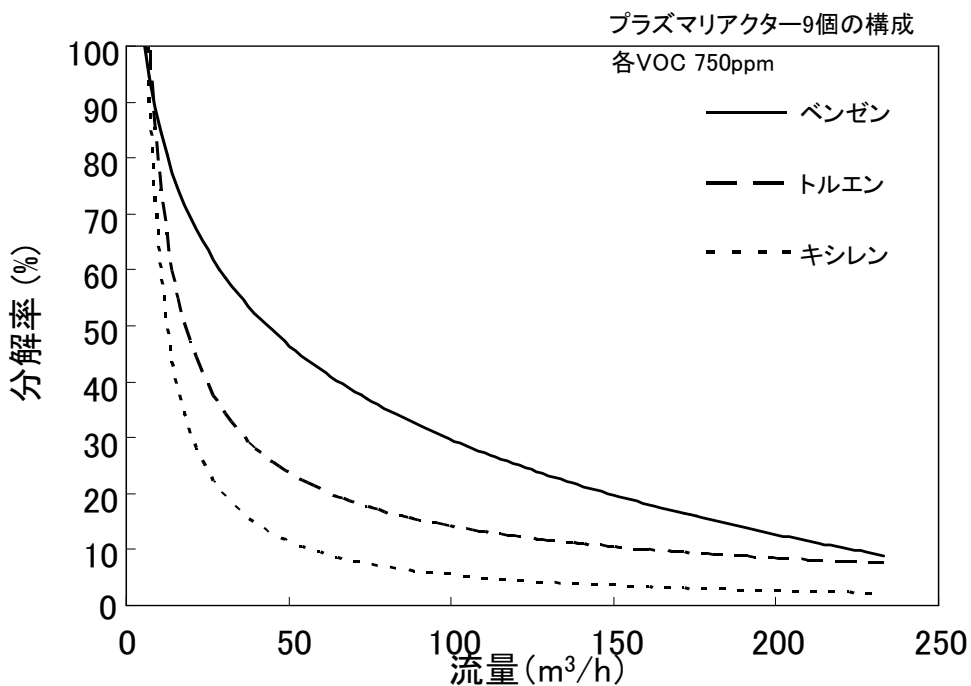
VOC種	流量 (m ³ /h)	濃度 (ppm)	分解率 (%)	分解性能確認
ホルムアルデヒド トルエン ベンゼン	0.3~0.6 m ³ /h	200ppm以下	96~99%	○

大気圧・空気プラズマで、小流量・各種VOC(単体)の分解性能を確認

3. 研究開発成果について (1) 目標の達成度

高い流量では分解率が低下

流量を増やす → 分解率が低下 → 大流量化に問題



3. 研究開発成果について (1)目標の達成度

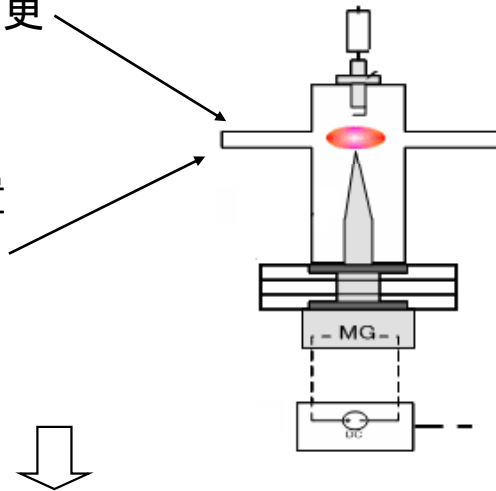
大流量化方策(未達成)

①VOCガス吹込み形状の変更

- ・吹込み角度
- ・吹込み面積、流速
- ・吹込み部材内スリット設置

②吹込み圧力損失の低減

③タンデム・パラレル配置



上記方策では、大流量化に至らず
技術のブレークスルーが必要

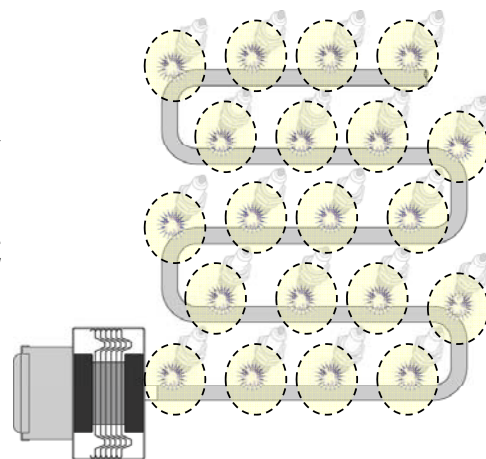
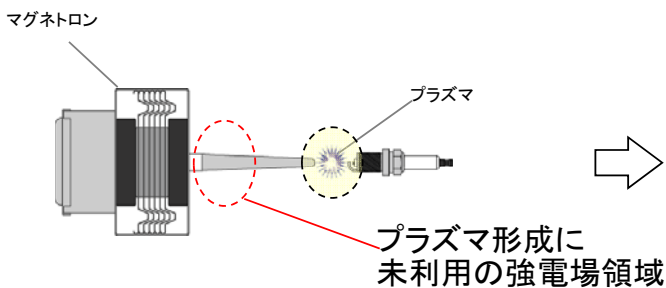
対策: 多点着火によるプラズマ反応領域の拡大と制御

3. 研究開発成果について (1)目標の達成度

プラズマ点数の増加、多点着火技術の開発

単点プラズマ生成
アンテナ先端にプラズマ形成

多点プラズマ生成(面的なアンテナ伸展)
アンテナ屈曲により、面的に多数の
プラズマを形成(処理領域の拡大)



アンテナを屈曲させ、未利用の強電場領域を活用(パルス制御)

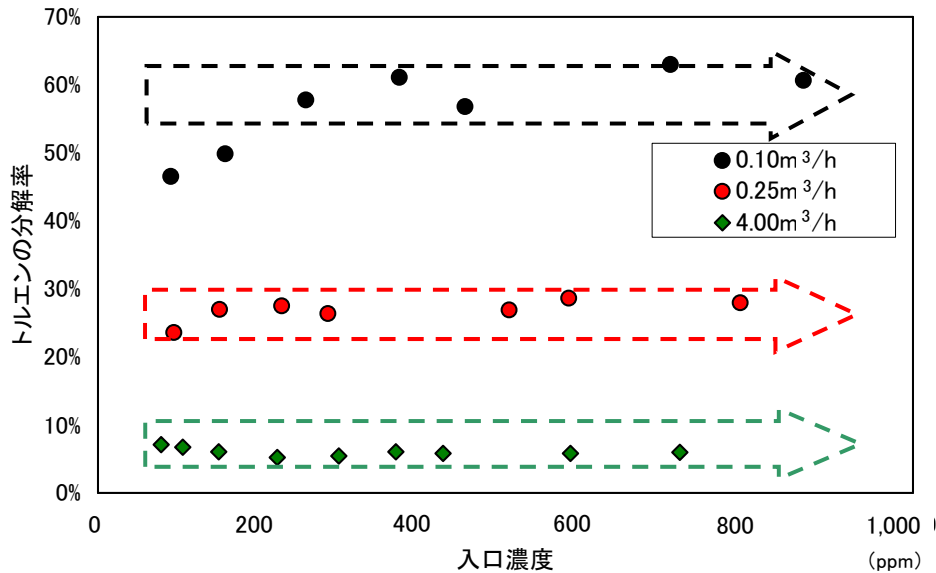
3. 研究開発成果について (1) 目標の達成度

高濃度でも高い分解特性

入口濃度を上げる → ほぼ一定の分解率を保持



小流量・高濃度分解特性に優れる



3. 研究開発成果について (1) 目標の達成度

研究開発目標と達成結果(まとめ)

目標	達成目標(値)	達成結果	達成度
安定発生技術の開発	小型・安価・安定な大気圧・空気プラズマ発生技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> 安定な大気圧・空気プラズマを発生(世界初) 市販のスパークプラグとマグネトロンで装置を構成(小型安価) 	◎
	大気圧・空気プラズマによるVOC分解能力の確認	HCHO 80ppm、0.6m³/h、99% C ₇ H ₈ 72ppm、0.3m³/h、97% C ₆ H ₆ 50ppm、0.3m³/h、96%	◎
分解特性の向上	50~60%@200ppm以下	HCHO 35ppm、100m³/h、96% C ₆ H ₆ 360ppm、16m³/h、70% C ₇ H ₈ 78ppm、60m³/h、80%	○
	(高濃度VOCの分解)	C ₇ H ₈ 850ppm、0.1m³/h、60%強	○
大風量化装置開発	1,500~30,000m³/h 適応装置	達成できず	×

3. 研究開発成果について (2) 成果の意義

研究開発目標と達成結果(まとめ)

①大気圧プラズマの安定発生、難技術に挑戦

→ 世界初の安定した大気圧プラズマ発生技術を開発

②芳香族系VOCを高い分解率で分解

→ 難分解性の芳香族VOCも分解

③流量を増やすと分解率が低下

→ 小流量:70%以上分解 → 大流量:10~20%以下に低下

大流量化には技術のブレークスルーが必要

→ 現在の技術では困難であり、目標を達成できなかった

対策:多点着火によるプラズマ反応領域の拡大と制御

④小風量では高濃度のVOC分解能力確認

→ 0.1m³/hで850ppm(計測器の計測上限)のトルエンを分解

3. 研究開発成果について (3) 知的財産権等の取得 (4) 成果の普及

受賞実績(1件)

受賞日	受賞名	受賞タイトル	受賞者
2008年12月12日	エコジャパンカップ2008、 ビジネス部門環境ビジネス・ ベンチャーオープン GE特別審査員賞	マイクロ波パルスプラズマ技術を用いたVOCガス低減	イマジニアリング(株)

研究発表、講演(3件)

発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者
2007年9月12日	第29回真空展VACUUM2007 技術発表会	プラズマ燃焼システムによる 自動車燃費改善とVOC 処理	池田裕二
2008年2月27日	第3回エコケミカルシンポジウム(NEDO主催)	マイクロ波パルスプラズマ技術を用いたVOCガス低減	池田裕二
2008年10月22日	2008年自動車技術会 秋季学術講演会	マイクロ波プラズマを用いた ホルムアルデヒドの分解	池田裕二、和智良裕、 牧田忍、劉予宇

特許(2件)

出願日	受付番号	出願に係る特許等の標題	出願人	発明者
2009年9月17日	特願2009-216275	排気ガス処理装置	イマジニアリング(株)	池田裕二、 金子仁恵、 川島元樹
2009年9月17日	特願2009-216274	ガス処理装置及びプラズマ燃焼装置	イマジニアリング(株)	池田裕二、 三宅茂夫

4. 実用化、事業化の見通しについて (1)成果の実用化可能性(2)事業化までのシナリオ
(3)波及効果

●本研究で開発したVOC分解装置の特徴

- ・ 低流量での高濃度VOCを分解可能
- ・ 商用構成部品による小型安価な装置構築

(1)成果の実用化可能性 (2)事業化までのシナリオ

①特長を活かした分野への展開

- ・ 小風量・高濃度処理への強み
→再循環・濃縮処理装置との組み合わせ、密閉空間内のVOC処理検討
- ・ デモ機での性能検証 →適用業種での実用化

②ドラフトチャンバーへの適用

- ・ 要求処理風量の約1/10 →現段階での適用困難
- ・ 風量増加 →技術的なブレイクスルーが必要
- ・ 技術開発の継続 →プラズマ点数の増加、多点着火等

(3)波及効果

- ・ 小風量・高濃度処理への強み →適用先市場調査、最適用途の検討
- ・ 粒子の分解も確認 →自動車排ガス処理装置への適用可能性

環境安心イノベーションプログラム
「有害化学物質リスク削減基盤技術研究開発」
事後評価分科会

プロジェクトの詳細説明(公開)
平成21年11月12日(木)

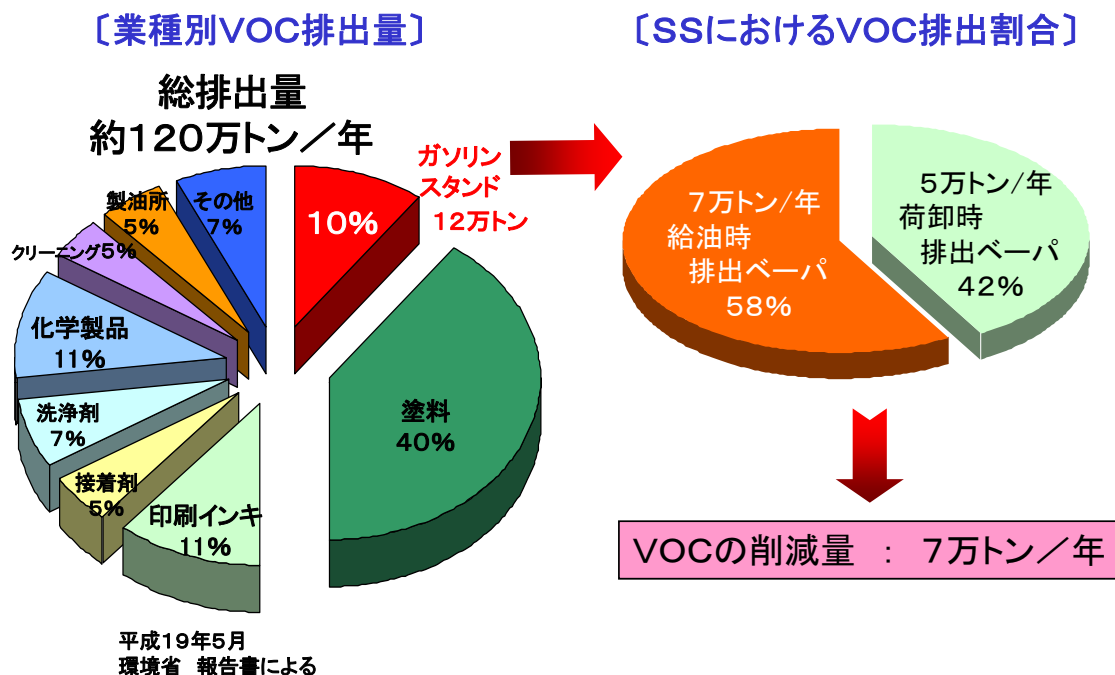
研究開発項目: エンドオブパイプ技術
A-(6) デュアルメンブレンシステムによる
ガソリンベーパー回収装置の開発

PL:(株)タツノ・メカトロニクス 常務取締役 本橋俊明

委託先:(株)タツノ・メカトロニクス
(独)産業技術総合研究所

3. 研究開発成果について (1)目標の達成度

〔日本国内でのVOC排出量〕



3. 研究開発成果について (1)目標の達成度

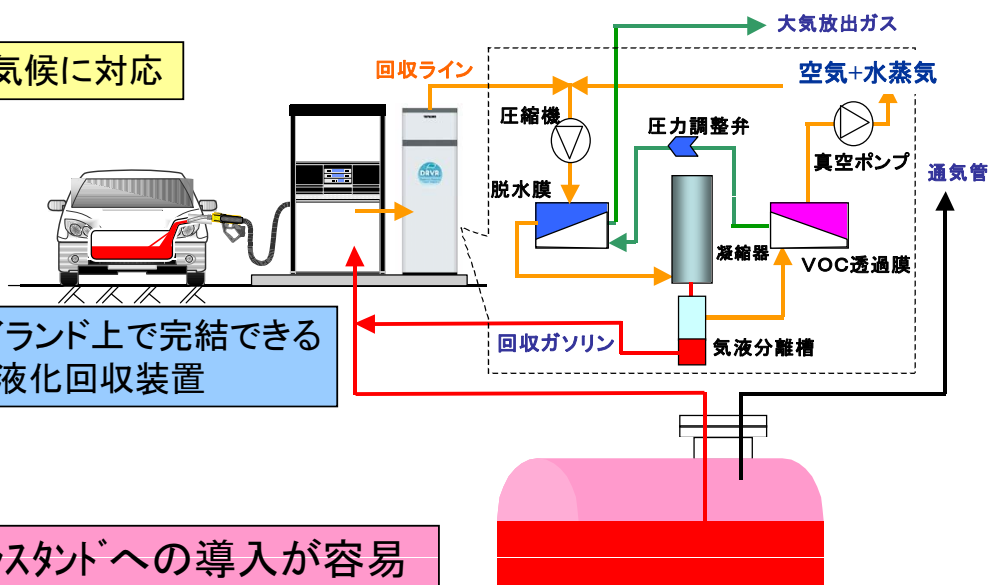
〔開発の目標〕

デュアルメンブレン方式、すなわち脱水膜とVOC透過膜をシリーズでつなぐことにより、**水分フリーのガソリンベーパー**を省エネ的に回収する

高温多湿な気候に対応

世界初、アイランド上で完結できるコンパクトな液化回収装置

既存ガソリンスタンドへの導入が容易



3. 研究開発成果について (1)目標の達成度

〔開発目標〕—全体

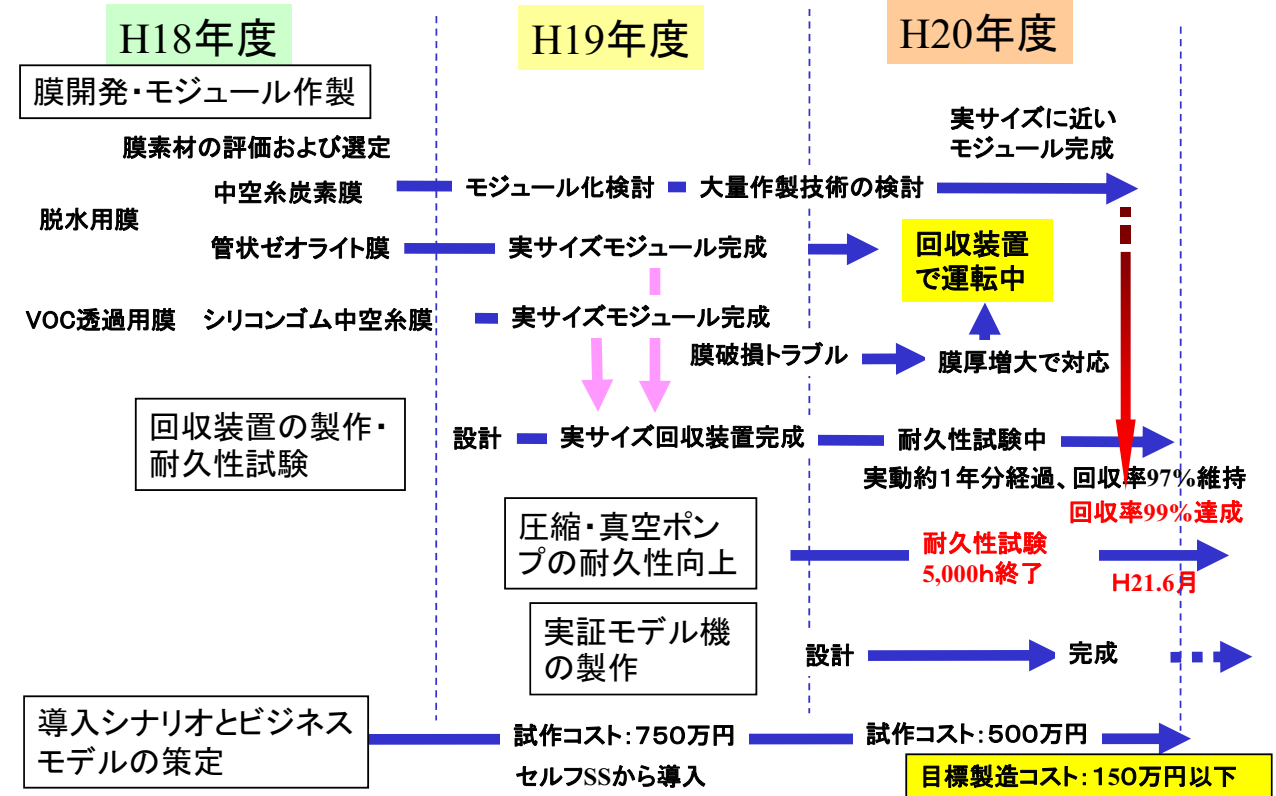
脱水膜、VOC膜の組み合わせによる**水分フリーのガソリンベーパー**回収装置の開発。

〔開発目標と成果〕—項目別

項目	目標	研究開発成果	達成度
1. 脱水膜の開発	◇露点温度: -30℃ ◇ゼオライト膜より高性能な炭素膜の開発	◇ゼオライト⇒露点温度-30℃達成 ◇炭素膜⇒高性能でコスト面で有利な炭素膜を開発⇒大型化進行中	9
2. VOC透過膜の開発	◇VOC回収率: 95%	◇VOC回収率: 99% (シリコンゴム中空糸膜)	9.5
3. 装置全体	◇VOC回収率: 99% ◇許認可モデル機の開発(法的認可を取得)	◇ゼオライト膜での回収率 ⇒ 97% (実ガソリンスタンド1年分の耐久性の確認) ◇炭素膜での回収率 ⇒ 99% ◇法的認可を取得した許認可モデル機を開発 ◇量産時のコスト等の妥当性検証ができた	9.5
			9

◇水分フリーのガソリンベーパー**99%**回収達成 ⇒ **世界初**の装置

3. 研究開発成果について (1) 目標の達成度



3. 研究開発成果について (1) 目標の達成度

〔高性能脱水用中空系炭素膜の開発〕

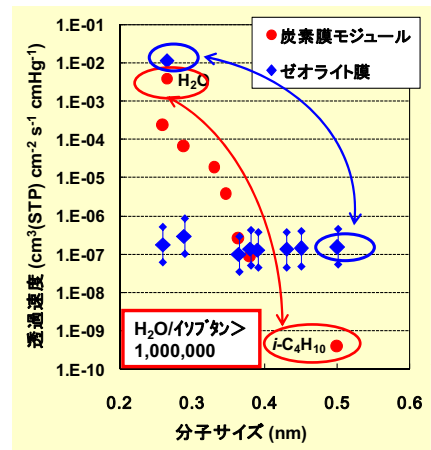
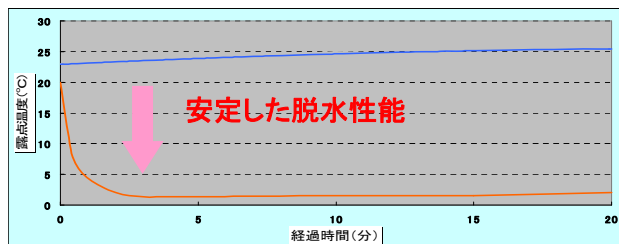
7本膜モジュールの作製
(炭素膜7000本、1.0m²)



水蒸気高透過性炭素膜で実サイズのモジュールを完成

ガソリンベーパー脱水試験の実施

Feed = 20 L/min(24°C Td), ΔP = 205 kPa, 供給ガソリン濃度 = 34 vol. %



- 透過側ベーパー濃度は 0 ppm (リークなし)
- 1ヶ月運転相当の安定性と耐久性を確認
- 処理量は設計値より小さい

外注膜の透過性改善

◇世界最高レベルの脱水性能を保有する炭素膜の開発に成功

3. 研究開発成果について (1) 目標の達成度

〔脱水膜モジュールの開発〕

濃度分極現象の解析結果を考慮してモジュール構造を決定

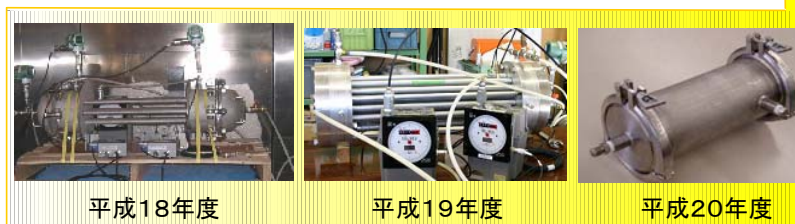
シリコンコーティングによりペーパー漏れ止め

ゼオライト膜

外注による炭素膜量産化の試行

炭素膜

脱水性能: -30°C 達成



平成18年度

平成19年度

平成20年度

仕様

価格

ゼオライト膜
(10本膜モジュール)
◇寸法: $\phi 320 \times 1100$
◇露点温度: -18°C
◇VOC漏率: 10~12%

425万円/㎡

ゼオライト膜
(33本膜モジュール)
◇寸法: $\phi 320 \times 910$
◇露点温度: -30°C
◇VOC漏率: 5~9%

210万円/㎡

炭素膜
(3000本膜モジュール)
◇寸法: $\phi 140 \times 330$
◇露点温度: -25°C
◇VOC漏率: 0%

101万円/㎡

量産時目標

◇寸法: $\phi 200 \times 500$ 以下
◇露点温度: -30°C
◇VOC漏率: 1%以下

モジュール単価
25万円

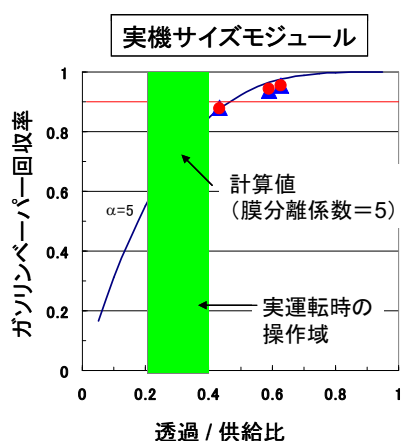
2~3万円/㎡

* H18年度~H20年度のコストは、単位面積あたりの価格

◇世界初、実用型炭素膜モジュールの作製に成功

3. 研究開発成果について (1) 目標の達成度

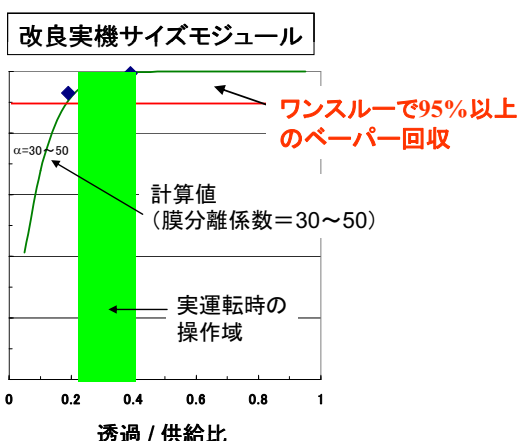
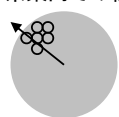
〔高性能VOC透過膜の開発〕



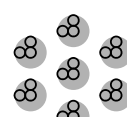
外径0.25ミリの中空糸膜3万本から製作

シリコンゴム中空糸膜モジュールの大型化によりパフォーマンスの低下が起こった。(みかけ理想分離係数が30から5へ低減した。)

大きな糸束内での物質移動抵抗



糸束径を小さくし物質移動抵抗を軽減



糸束径の小さいエレメントに分割したモジュールを設計・製作した結果、分離性能の回復に成功

高分離性VOC透過用シリコンゴム中空糸膜モジュールの大型化に成功

3. 研究開発成果について (1) 目標の達成度

〔VOC透過膜モジュールの開発〕

モジュールの大型化に伴う分離効率の低下
 → 小径系束からなるモジュール化で分離性能を回復

膜破損トラブル → 膜厚みを40から60ミクロンに増大
 安定運転を継続中



仕様	シリコン膜	シリコン膜	シリコン膜
寸法	φ40×400	φ250×480	φ140×400
許容流量	5L/min	50L/min	50L/min
VOC回収率	85~90%	95~99%	95~99%
価格	31.5万円/m ²	6万円/m ²	4.4万円/m ²

量産時目標

- ◇寸法: φ150×500以下
- ◇許容流量: 90L/min
- ◇VOC回収率: 99%以上

モジュール単価
25万円

0.5万円/m²

* H18年度~H20年度のコストは、単位面積あたりの価格

◇ガソリンペーパー回収用シリコンゴム中空糸膜モジュールの開発に成功
 ◇バイオエタノール濃縮も可能な汎用モジュール

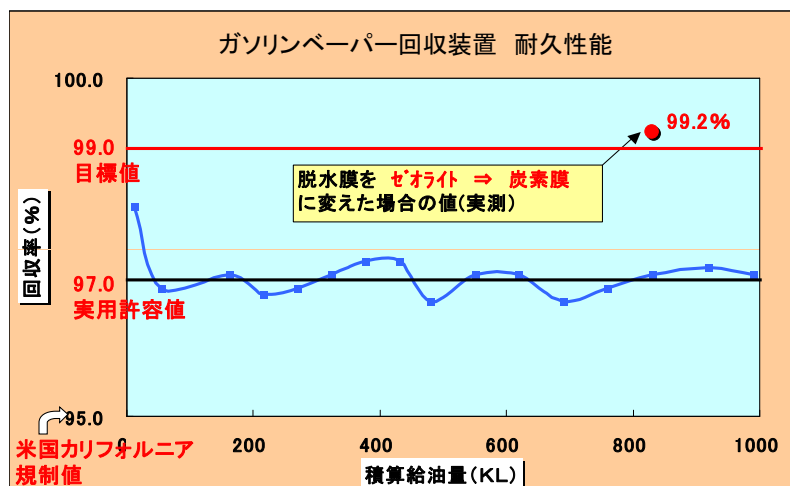
3. 研究開発成果について (1) 目標の達成度

〔回収装置のトータルパフォーマンス〕

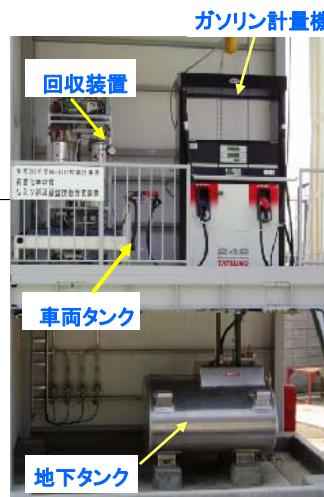
実ガソリンスタンド 約1.2年分の長期試験実施

⇒ 平均回収率: 97%

炭素膜使用時: 99.2%
回収達成



試験装置 写真

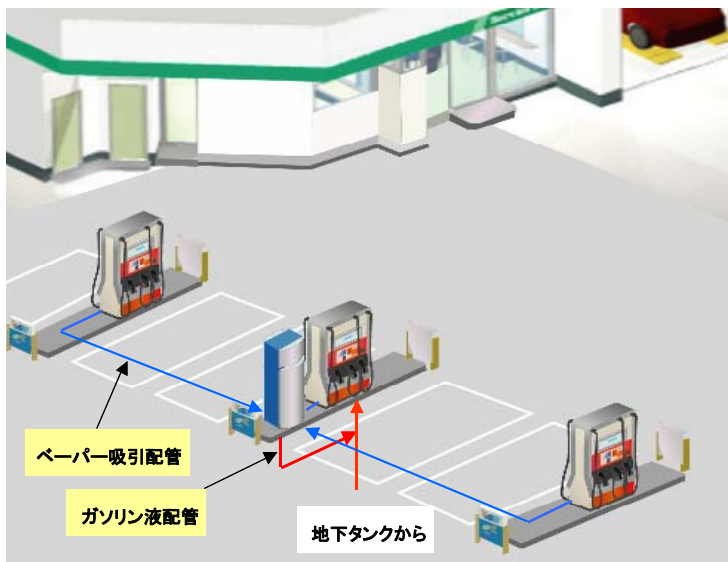


◇世界初、水分フリーのガソリンペーパー回収装置の開発に成功

3. 研究開発成果について (2) 成果の意義

〔実フィールドへの実用化イメージ〕

- ◇ **世界初**、ガソリンスタンドのアイランド周辺で完結できる回収装置
- ◇ **ガソリン臭の無い**ガソリンスタンドの実現 ⇒ 急速な普及が期待できる
- ◇ 法的許認可(KHK)を取得(H21年3月21日付) ⇒ **実フィールドへの設置OK**



計量機と回収装置



3. 研究開発成果について (2) 成果の意義

〔ガソリンペーパー回収液化の実写〕



3. 研究開発成果について (3) 知的財産権等の取得 (4) 成果の普及

〔特許等〕

出願日	出願番号	状態	出願に係る特許等の標題	出願人
2007年1月17日	特願2007-007688	公開	有機蒸気回収システム及び有機蒸気の回収方法	(独)産業技術総合研究所 (株)タツノ・メカトロニクス
2007年8月2日	特願2007-201865	公開	中空系炭素膜とその製造方法	(独)産業技術総合研究所

〔展示会等〕

開催日時	展示媒体	展示タイトル
2009年6月19日	SSビジネス見本市 (全石連主催)	ペーパーリカバリー Stage II DRVRシステム

〔発表論文〕

発表年月日	発表媒体	査読有無	発表タイトル	発表者
2007年12月	JETI, 55(14), 1-4	無	給油所のVOC排出削減技術	原谷賢治、本橋俊明
2008年6月	配管技術, 50(9), 21-24	無	自動車給油時のVOC排出削減技術	本橋俊明、原谷賢治

〔新聞発表等〕

掲載年月日	掲載媒体	掲載題目
2007年2月2日	化学工業日報	「中空系カーボン膜を活用した高効率な新ガス分離法を開発」
2007年8月30日	日経産業新聞	「給油所のVOC削減」
2008年2月13日	Nano tech 2008 国際ナノテクノロジー総合展・技術会議	「気体分子を分離する中空系炭素膜の開発」

事業原簿 成果要約集 その他、研究発表・講演14件

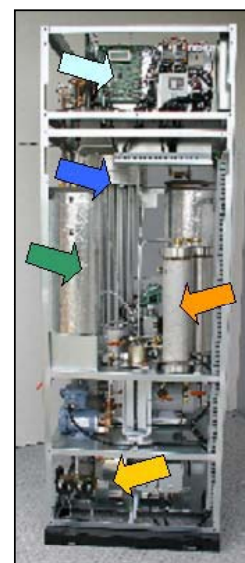
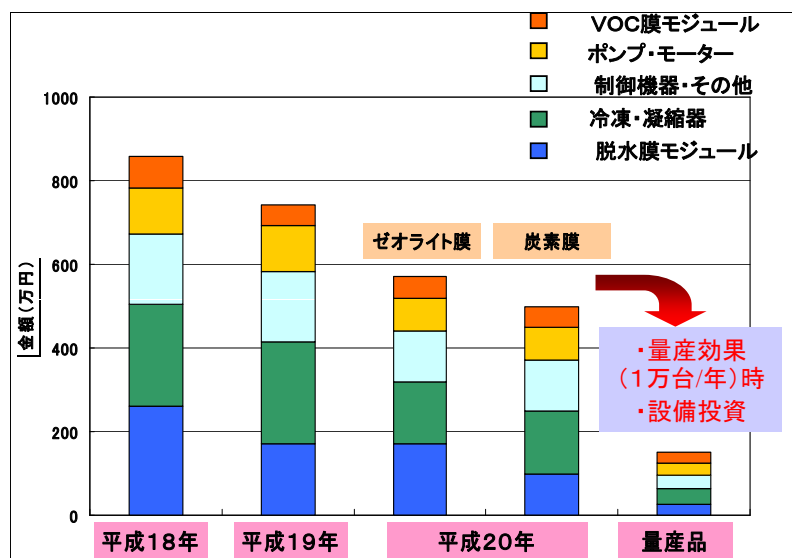
A-(6) 13/15

4. 実用化、事業化の見通しについて (1) 成果の実用化可能性

〔回収装置のコスト検証〕

標準的ガソリンスタンドでの運用コスト

⇒ ランニング＋イニシャルコスト(耐用年数6年)ゼロ



4. 実用化、事業化の見通しについて (2)事業化までのシナリオ (3)波及効果

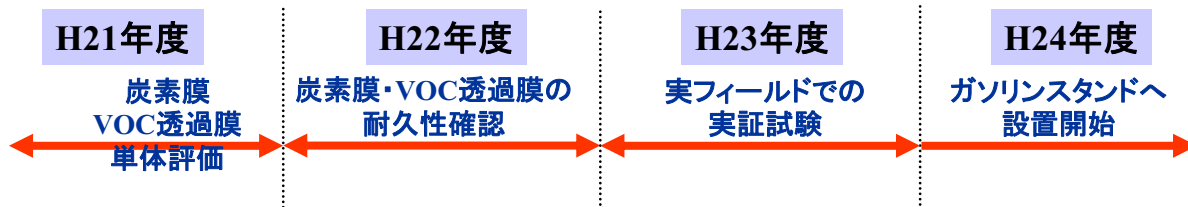
ターゲットとする市場

◇ガソリンスタンド ⇒ H29年度
ガソリンペーパー削減量:5万4千KL

(販売量が多く、効果が現れやすいセルフS/S から導入)

他業種への用途展開

◇印刷・塗装・エアゾール業界関係



	適応分野	目標設置台数	ガソリン販売量	削減物質	ガソリンペーパー削減量
平成24年	セルフS/S	1,000台	210万KL	トルエン、キシレン ベンゼン、エチルベンゼン その他VOC	4,200KL
平成29年	セルフS/S、 アテンダントS/S	20,000台	2,700万KL		54,000KL
平成34年	印刷業・塗装関係 エアゾール業界関係				

環境安心イノベーションプログラム
「有害化学物質リスク削減基盤技術研究開発」
事後評価分科会

プロジェクトの詳細説明(公開)
平成21年11月12日(木)

研究開発項目: エンドオブパイプ技術
A-(7) 含塩素VOC高効率分解固定化
装置の研究開発

PL : JFEソルデック(株) 社長 久松喜彦
委託先: JFEソルデック(株)

3. 研究開発成果について (1)目標の達成度 (2)成果の意義 本研究の目的

公開

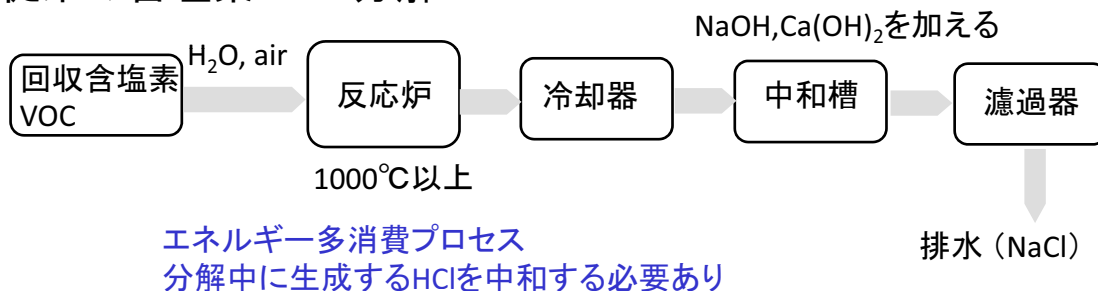
研究対象

- “含塩素”揮発性有機化合物(ジクロロメタン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン他)
- 一定の消費量があり、代替物質がないため、適切な利用が求められる(脱脂洗浄用など)
- 無害化技術に課題がある

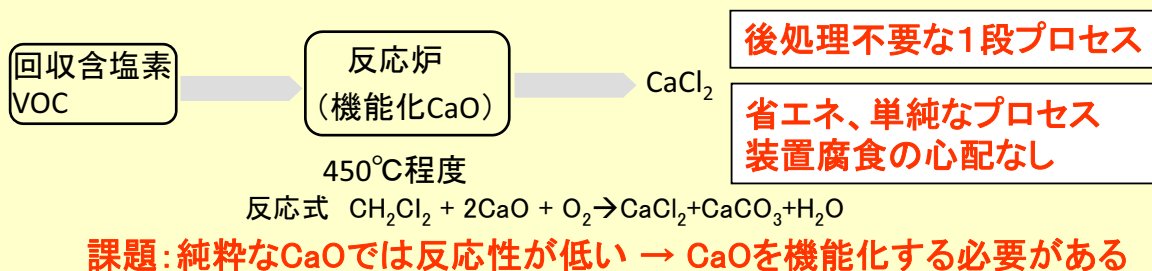
研究目標

- 含塩素VOCを分解し、塩素を固定化する分解固定化剤の開発
- VOC無害化プロセスの開発
- 分解固定化装置の開発

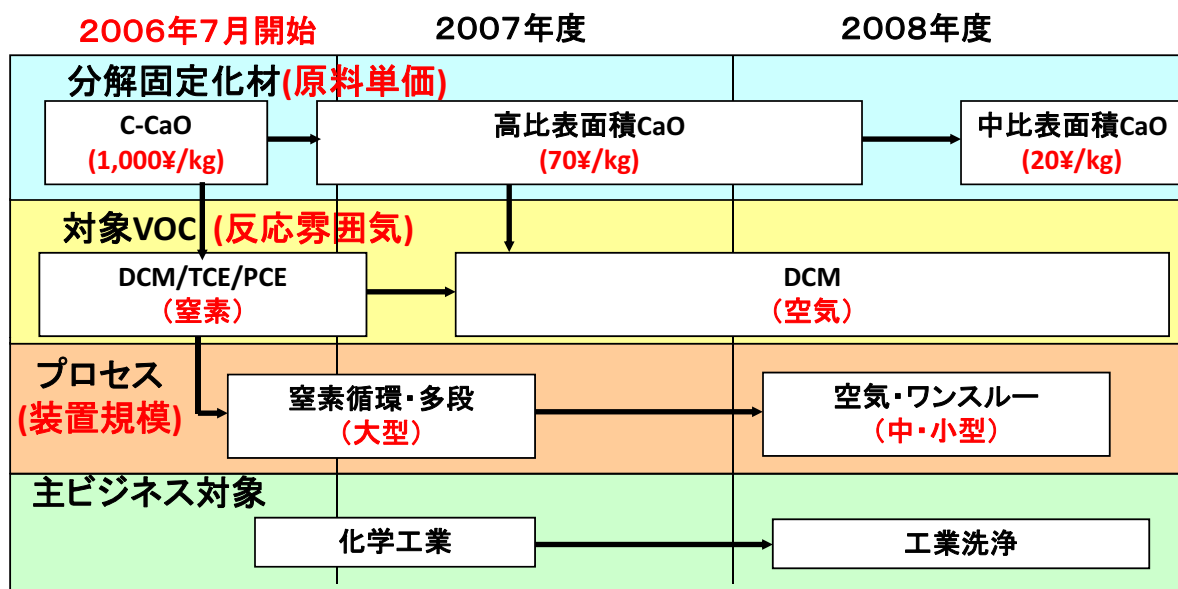
従来の含塩素VOC分解プロセス



今回提案する小型1段含塩素VOC分解プロセス(世界初)



研究室ビーカーテストレベルからの開発



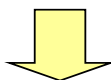
含塩素VOCを分解し、塩素を固定化する分解固定化剤の開発、 VOC無害化プロセスの開発、並びに、分解固定化装置の開発

	開発目標	成果
分解固定化剤の開発	VOC分解率99.9%以上 固定化剤転化率70% 固着無し 安価な分解固定化剤	分解固定化剤として、VOC分解率99.9%以上、転化率70%以上、固着無かつ安価な高比表面積酸化カルシウムを開発した。 【転化率基準反応式】 $\text{CH}_2\text{Cl}_2 + 2\text{CaO} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
プロセス開発、 装置開発	プロセスの検証	脱脂工程排出ガスを用いた実証試験により、ジクロロメタン濃度数百ppmについてジクロロメタンのリーク無しで、目標時間を超える運転を達成した。
	ジクロロメタン分解固定化装置試設計	実用化装置の試設計を行なって、本プロセスの優位性を確認した。
	処理済み固定化剤の利用	使用済み固定化剤の利用先についても目途を付けた。

実施内容

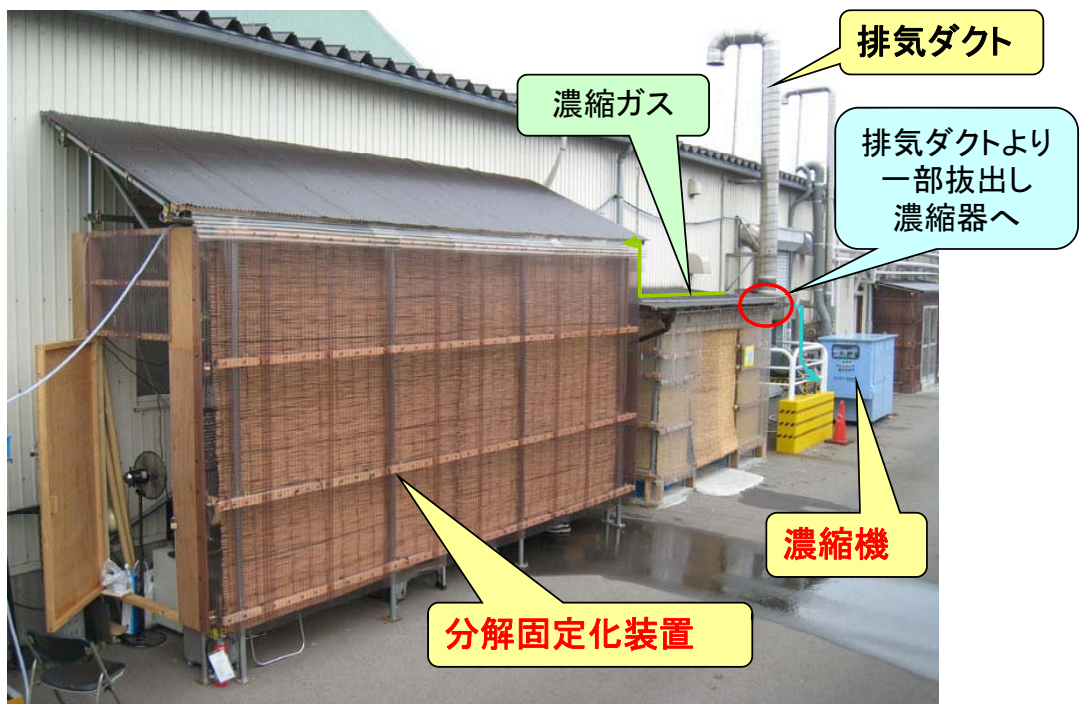
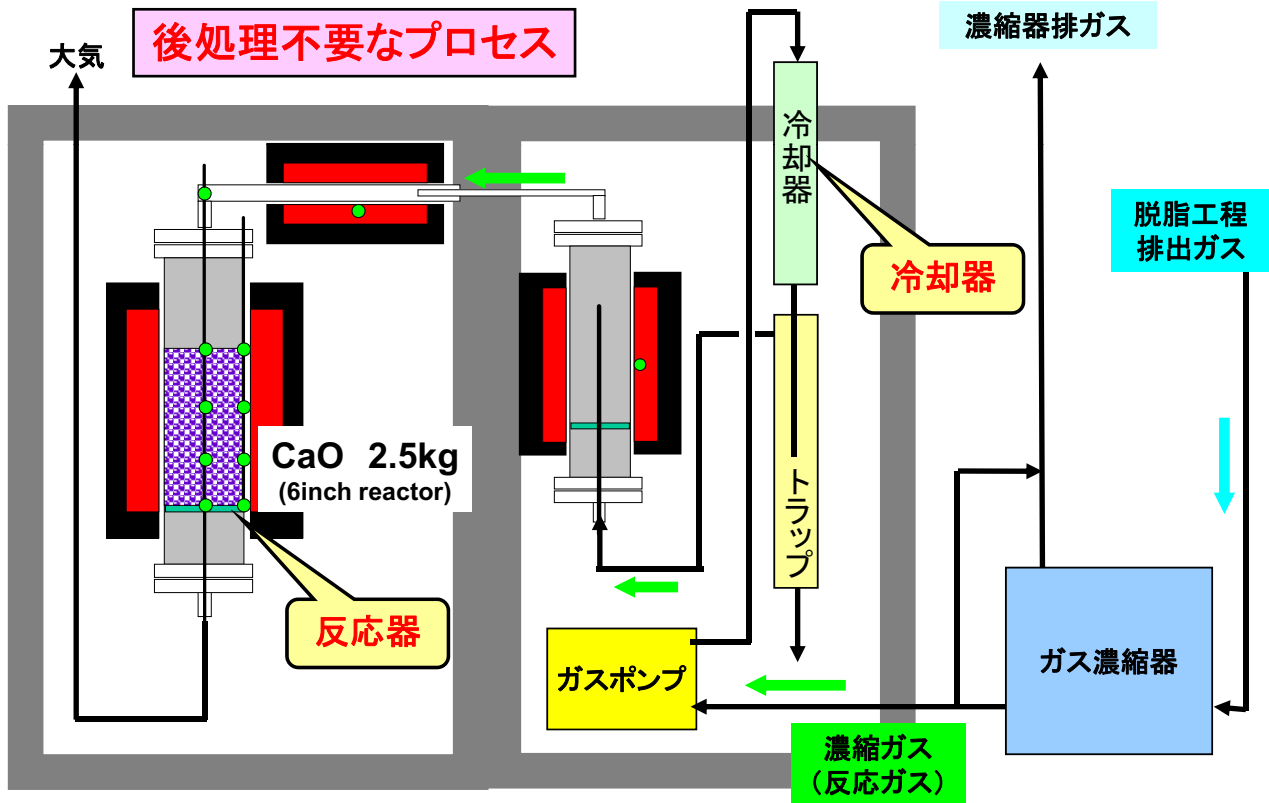
精密機械工場での脱脂工程で排出されるガスを用いて実証試験を実施

ジクロロメタン濃度：数百ppm

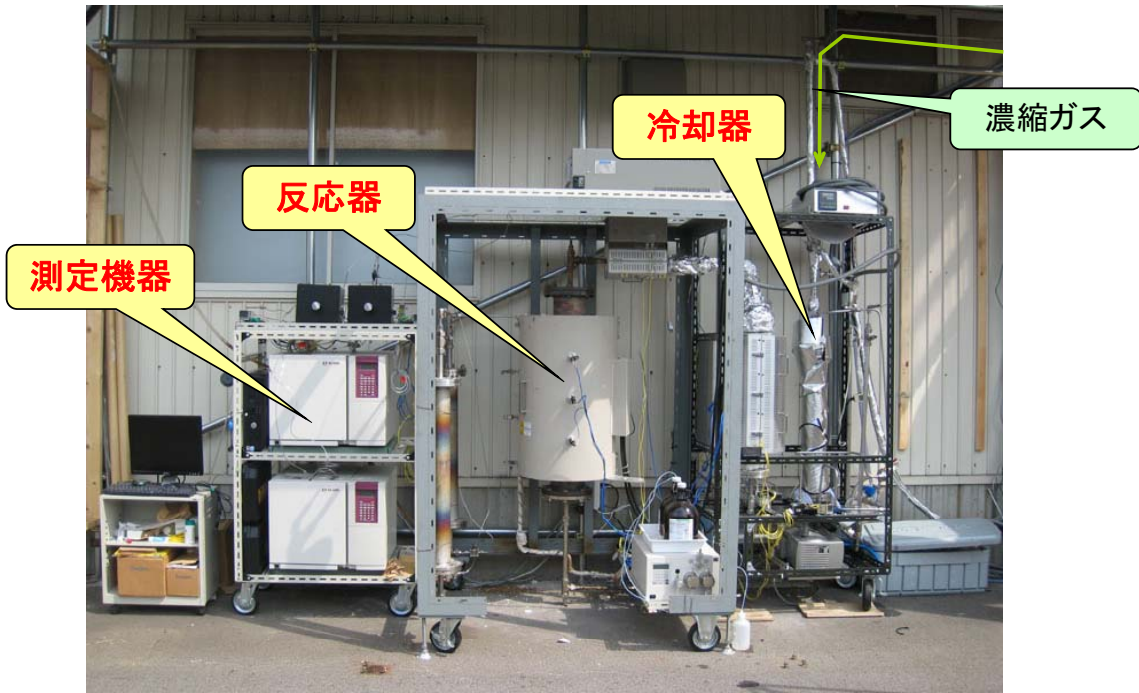


成果

- ・ジクロロメタンのリークなし
- ・固定化剤の固着なし
- ・目標時間(120時間)を越える運転(138時間)を達成

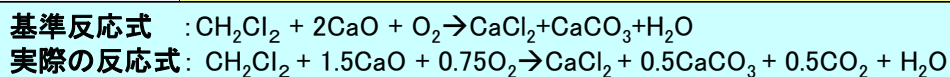
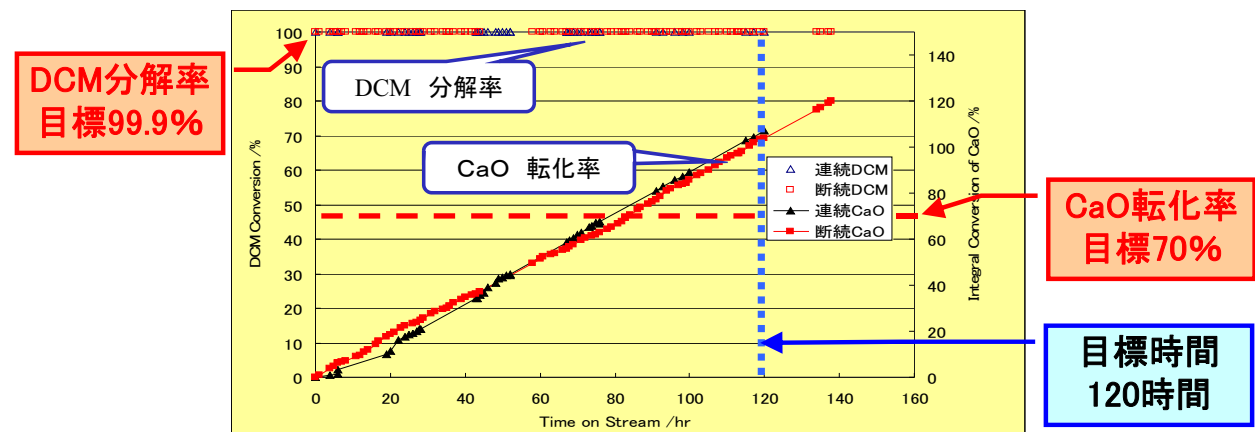


濃縮機: 脱脂工程排出ガスを10倍に濃縮
分解固定化装置: DCMを分解固定化



冷却器: ガス中の水分を冷却脱湿
反応器: 分解固定化剤でDCMを分解固定化

適切な運転条件を実現、目標性能を達成



- 【連続運転】120時間DCM分解率100%、リーク無し
 CaO積算転化率107% (基準反応式ベース、実際の反応式80%)
 固定化剤固着なし
- 【断続運転】21日間、138時間DCM分解率100%、リーク無し
 CaO積算転化率120% (基準反応式ベース、実際の反応式90%)
 固定化剤固着なし

2件出願済み

出願日	受付番号	出願に係る特許等の標題	出願人
2007年2月20日	特願2007-039461	含ハロゲン有機化合物の分解固定化反応器、固定化反応装置及びその方法	JFEソルデック株式会社 他1名
2009年3月19日	特願2009-068619	含塩素揮発性有機化合物の無害化方法	JFEエンジニアリング株式会社

4件発表を実施

発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者
2007.9.17	第100回触媒討論会	炭素含有酸化カルシウムを用いた有機塩素化合物の分解固定化反応	小島 綾一
2008.2.27	第3回エコケミカルシンポジウム	含塩素VOC高効率分解固定化装置の開発	小島 綾一
2008.3.17	化学工学会第73年会	金属担持CaO触媒を用いた有機塩素化合物の分解固定化反応	岡田 正弘
2008.9.24	化学工学会第40回秋季大会	高比表面積水酸化カルシウムを用いたTCE分解固定化反応	浅間 亮太

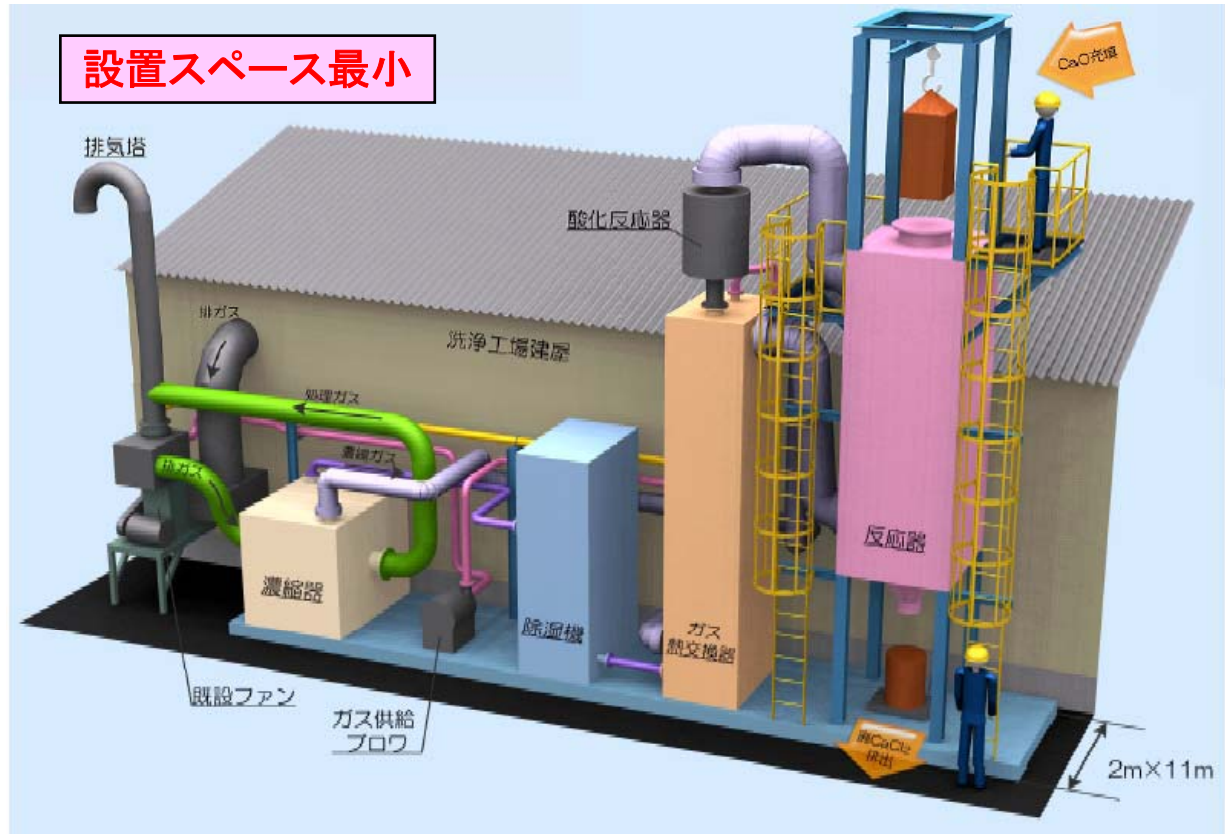
- 排ガス流量 : 85 Nm³/min
(5,100 Nm³/hr)
- 年間DCM排出量 : 19.4 ton
- 排ガス温度 : 25 °C
- 排ガス中の水分 : 2.5 vol. %
- 排ガス中のDCM濃度 : 200ppm (平均)
700ppm (Max.)
- 濃縮機出口温度 : 50 °C
- 濃縮機出口DCM濃度 : 2000ppm (平均)
- 濃縮機出口水分 : 2.5 vol. %

競合技術

処理法	本分解固定化装置	吸着回収(繊維状活性炭)	吸着回収(粒状活性炭)	直接燃焼	
敷地	2m×11m(22m ²)	2.5m×12m(30m ²)	4.5m×15m(68m ²)	5m×20m(100m ²)	
装置高さ	6.5 m	4 m	4 m	8m(排気塔16m)	
特徴	プロセス	600°C分解固定化反応 ／熱回収	常温吸着／連続蒸気脱着 ・冷却凝縮回収	常温吸着／バッチ蒸気脱着 ・冷却凝縮回収	850°C燃焼分解 ／急冷中和
	除去率	・90-95%	・95%	・95%	・90-95%
	エリア	・コンパクト 22m ²	・コンパクト 30m ²	・大エリア要 68m ²	・大エリア要 100m ²
	吸着材	・固定化剤は極めて安価	・繊維状活性炭は高価	・粒状活性炭は安価	—
	補機	・濃縮機 ・除湿機	・ボイラー ・冷却塔 ・チラー	・ボイラー ・冷却塔 ・チラー	・濃縮機 ・HCl除外設備
	運転費用	吸着回収より省エネルギー シンプルなプロセスで安い	・連続吸着脱着より 蒸気、電力を多消費 ・やや高い	・バッチ吸着脱着、連続吸着より低い が運転が複雑	・高温燃焼で燃料、冷却水、 中和薬剤を多消費 最もエネルギー浪費
建設費	・安価	・やや高い	・高い	・最も高価格	
総合評価	◎	○	△	×	

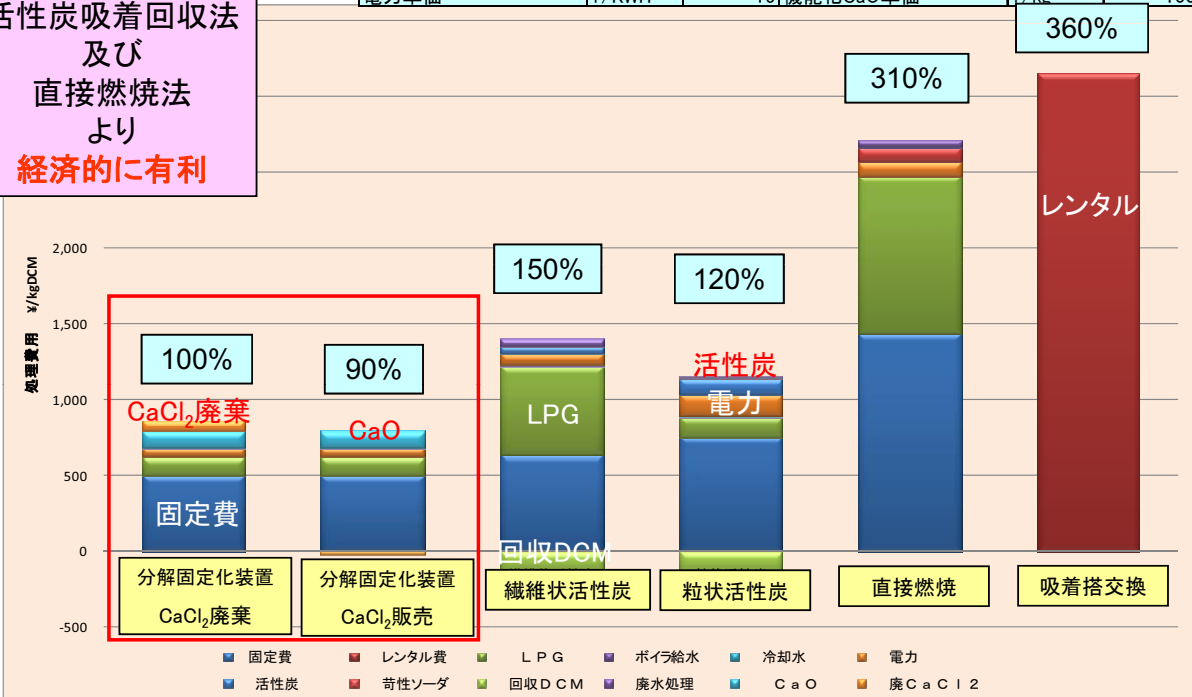
1. プロセスがシンプルのため、設備が安価でコンパクト
2. シンプルで運転操作が容易
3. 省エネルギーで、運転費が安い
4. 使用済み固定化剤は凍結防止剤等に有効利用

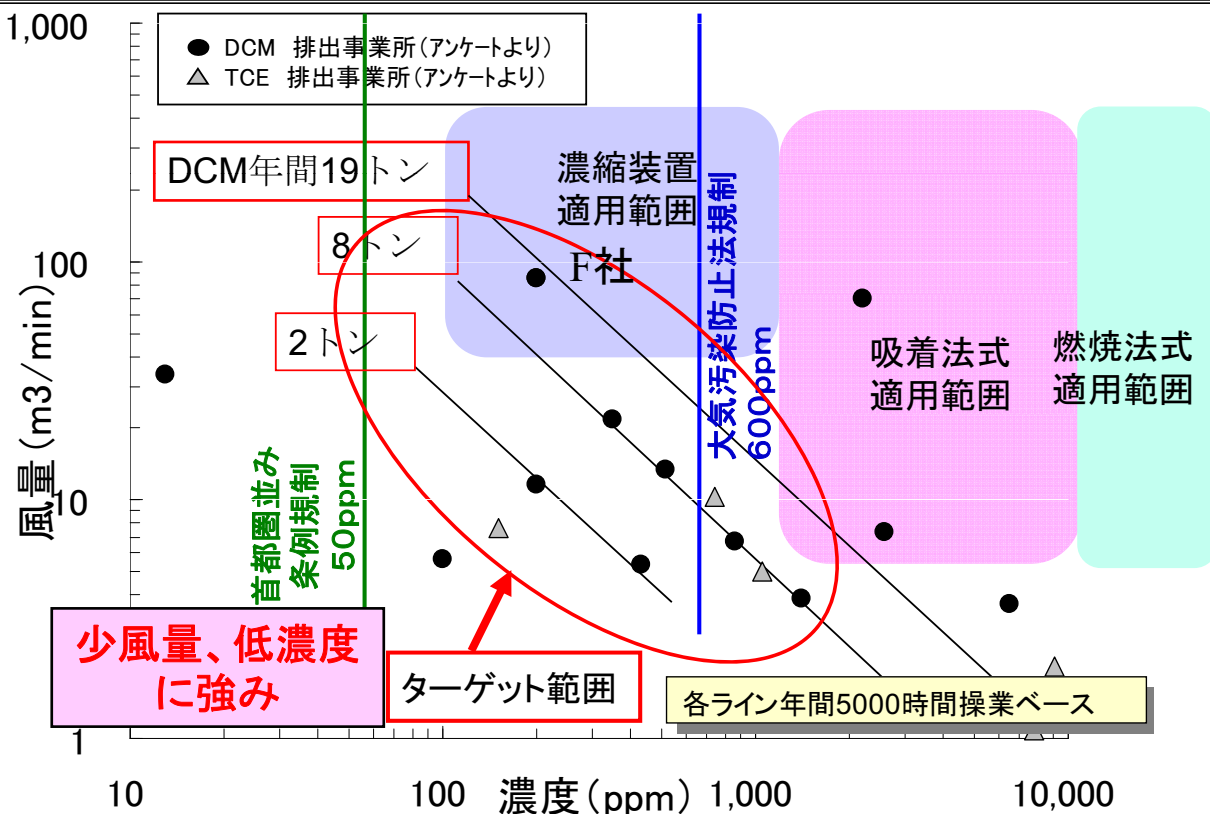
中小企業を対象としたアンケート調査では、
利用可能敷地面積は32m²以下が95%
であった



本分解固定化装置は活性炭吸着回収法及び直接燃焼法より経済的に有利

条件	VOCガス処理量	Nm ³ /min	85	BFW単価	¥/kg	0.2
	DCM 濃度	ppm	200	冷却水単価	¥/kg	0.01
	年間稼働時間	時間	5,000	カセイソーダ(100%)単価	¥/kg	100
	年間DCM処理量	ton	19.35	廃水処理単価	¥/kg	1
	燃料単価	¥/kg	150	償却年数	年	7
	電力単価	¥/KWH	15	機能化CaO単価	¥/kg	100





潜在需要予測

本分解固定化装置によりDCM単独で最大12,000 (t/年) の削減効果が期待できる

DCM排出量	排出量 (t/年)
A. 全体	19,657
B. 大気排出比0.5以上	18,413



アンケート調査項目	割合 (対B)	排出量 (t/年)
a. 工場稼働時間8時間以上	63%	11,680
b. DCMからの代替困難	63%	11,624
c. 本装置ターゲット濃度 (50-1000ppm)	77%	14,130
d. 対策未実施	70%	12,889

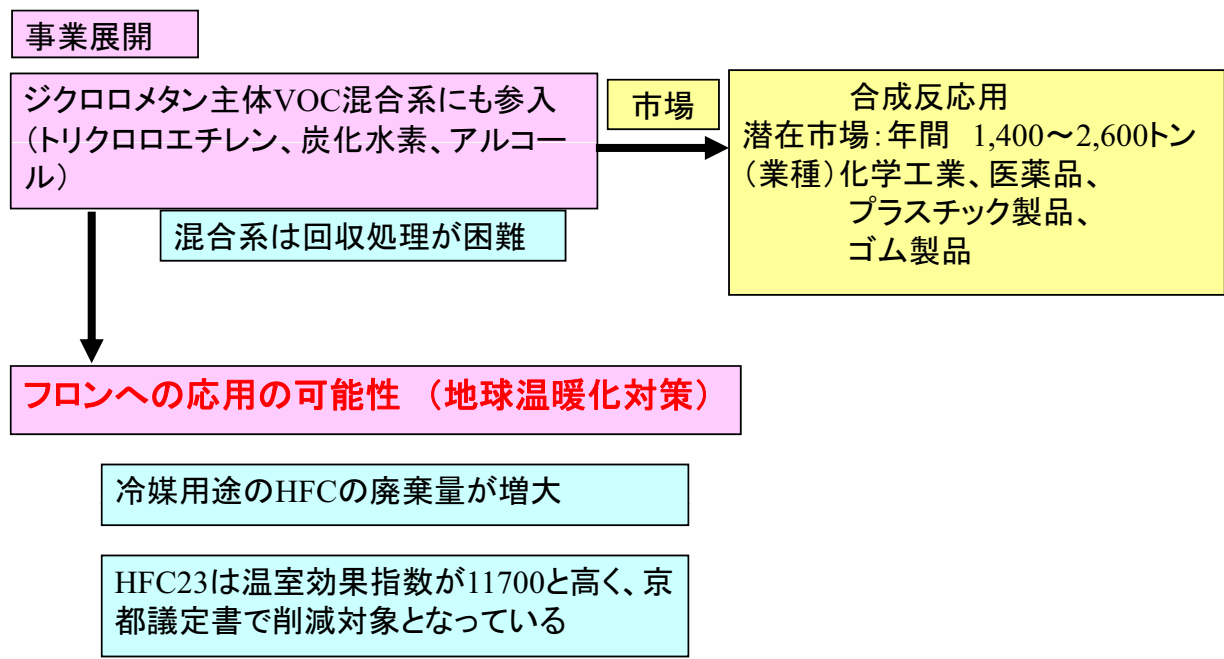
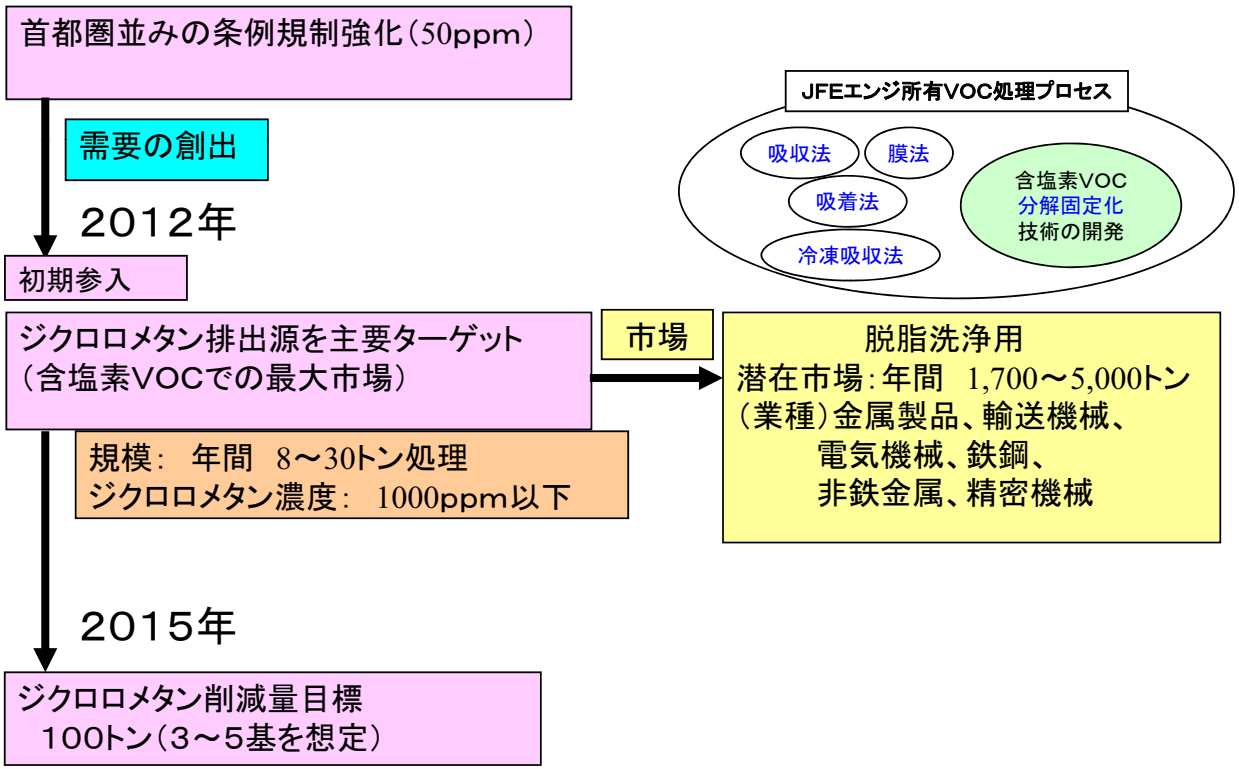



潜在市場規模	排出量 (t/年)
最大市場規模(a,b,c,dの最小値)	11,624
最小市場規模(a×b×c×d割合約20%)	3,694

潜在市場規模

排出量

3,700~11,600 (t/年)





ご静聴 感謝します