

# ヘリウムのリサイクルシステムの構築

理化学研究所  
仁科加速器科学研究センター  
奥野広樹、段塚知志

## 特性

- 極低温沸点 (−269℃)
- 完全不活性 (安定性・不燃性)
- 原子半径が小さい
- 高熱伝導率
- 密度小 (軽い・高拡散性)

## 用途

高性能な冷却材 超伝導電磁石 (NMR、MRI)  
リークテスト  
ガスクロマトグラフ  
雰囲気ガス (光ファイバー、半導体)  
飛行船・風船

医療、工業、学術研究に幅広く利用  
(特に、半導体、先端的研究開発、医療等では、代替えが利かない不可欠なガス)

- 希少であり、貯蔵が難しい
- 天然ガスの井戸の一部に 0.5～1.0%含有  
(天然ガス田からの副産物が流通。産出国が、米国、カタール、アルジェ、ロシア、等に限られる)
- 日本は100%輸入

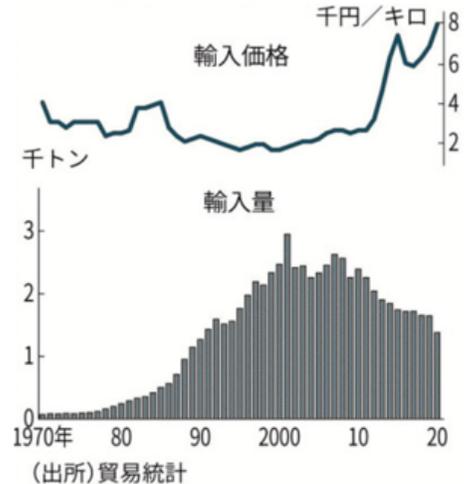
# ヘリウム危機到来 !!

→ 生産,医療,研究活動に支障が生じる!

日本

## ■ヘリウムは歴史的な高値

(日経2021年2月18日)



- ・Heが入手困難に
- ・価格が高騰

## <背景・要因>

### (1) 最大の供給国である**米国**からの供給減

- ・天然ガスからシェールガス田へのシフトで副産物であるHe生産が減少
- ・米国政府が備蓄しているHeの民間への放出を制限

### (2) 中東等の新たな生産プロジェクトが無い、**カタール**での新規プロジェクトが事故で遅れ。

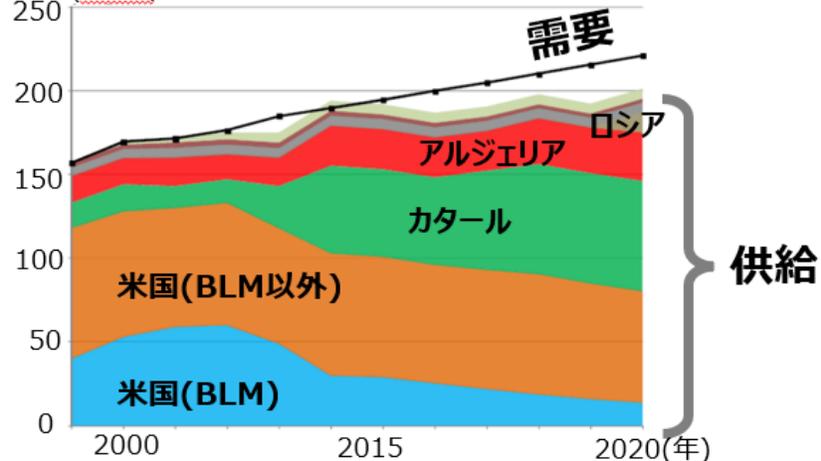
### (3) 4番目の供給国：**ロシア**からの供給が不透明 ウクライナ紛争の長期化

### (4) **中国、インド等アジア**の需要が急増

世界

## ■ヘリウム需給見通し

(MMcm)

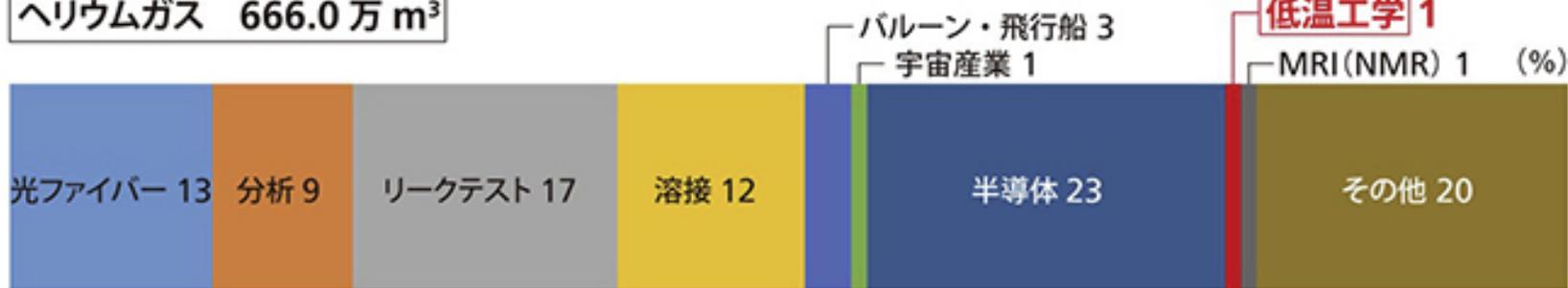


(出典)BLM, "Mineral Commodities Summaries 2015: Helium"

※2009~2013年:実績値、2014年~:推計値(ただし、2013年の需要は推計値)

# 国内ヘリウムの消費状況

ヘリウムガス 666.0 万 m<sup>3</sup>



液体ヘリウム 266.7 万 m<sup>3</sup>



## 日本国内におけるヘリウムの用途（2021年）。

気体は666.0万m<sup>3</sup>、液体は266.7万m<sup>3</sup>、合計932.7万m<sup>3</sup>が消費されている。

低温工学（大学・研究機関）はヘリウムガスと液体ヘリウムを合計しても46.6万m<sup>3</sup>で全体の5%程度しかないが、回収して再液化しているため、実際の使用量はこの8～9倍（約400万m<sup>3</sup>）になり、全体の30%程度を占める。

出典：一般社団法人日本産業・医療ガス協会

※液体ヘリウムの数字は小数点以下切り捨てのため合計が100となっていません。

## <He危機の課題>

- |                             |                  |
|-----------------------------|------------------|
| (1) Heの使用量を減らす              | ・・・各ユーザー         |
| (2) Heの備蓄（緊急用）              | ・・・大量備蓄は国の政策     |
| (3) Heの代替え材料や代替え手段への変更      | ・・・溶接、リークテスト、他   |
| (4) <b>Heの代替えが難しいケースの対応</b> |                  |
| ・半導体、光ファイバー等の工業生産分野         | ・・・大量使用（各ユーザー対応） |
| ・半導体、光ファイバー等の工業生産分野         | ・・・自前では回収設備が持てない |
| ・MRI等の医療分野                  | ・・・大量使用          |
| ・大学等の学術研究用、分析用              | ・・・多拠点、各少量ずつ使用   |

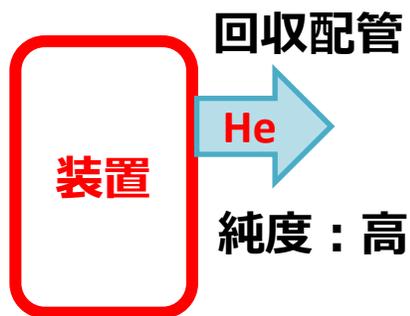
“He弱者”

社会貢献度と  
ヘリウム使用量  
は比例しない

希少な“Heのリサイクル”の推進

## 様々な利用現場

### 1 : 回収配管の接続利用



回収しやすいHe利用

### 2 : 大気開放（溶接、MRI等）



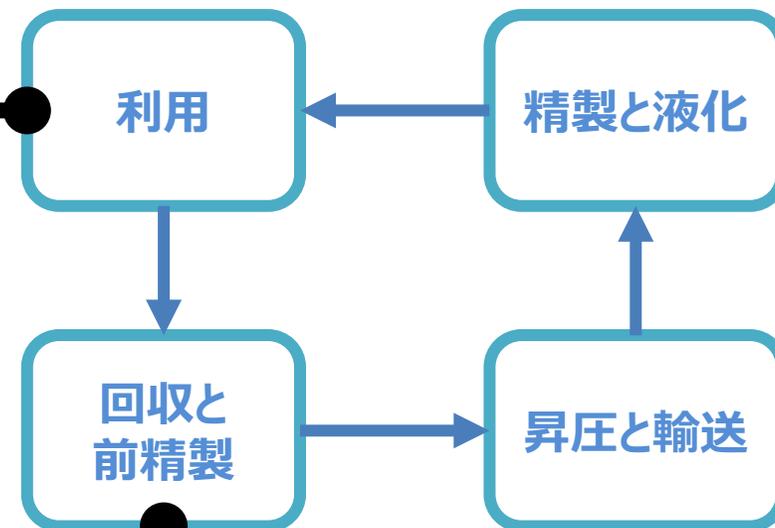
回収しにくいHe利用

### 3 : 除害装置（スクラバー）の利用（半導体等）



回収しにくいHe利用

## リサイクルプロセス



様々な利用形態に応じた回収精製技術が必要  
・低純度Heの回収・精製技術

## A : 推進センター機能の構築

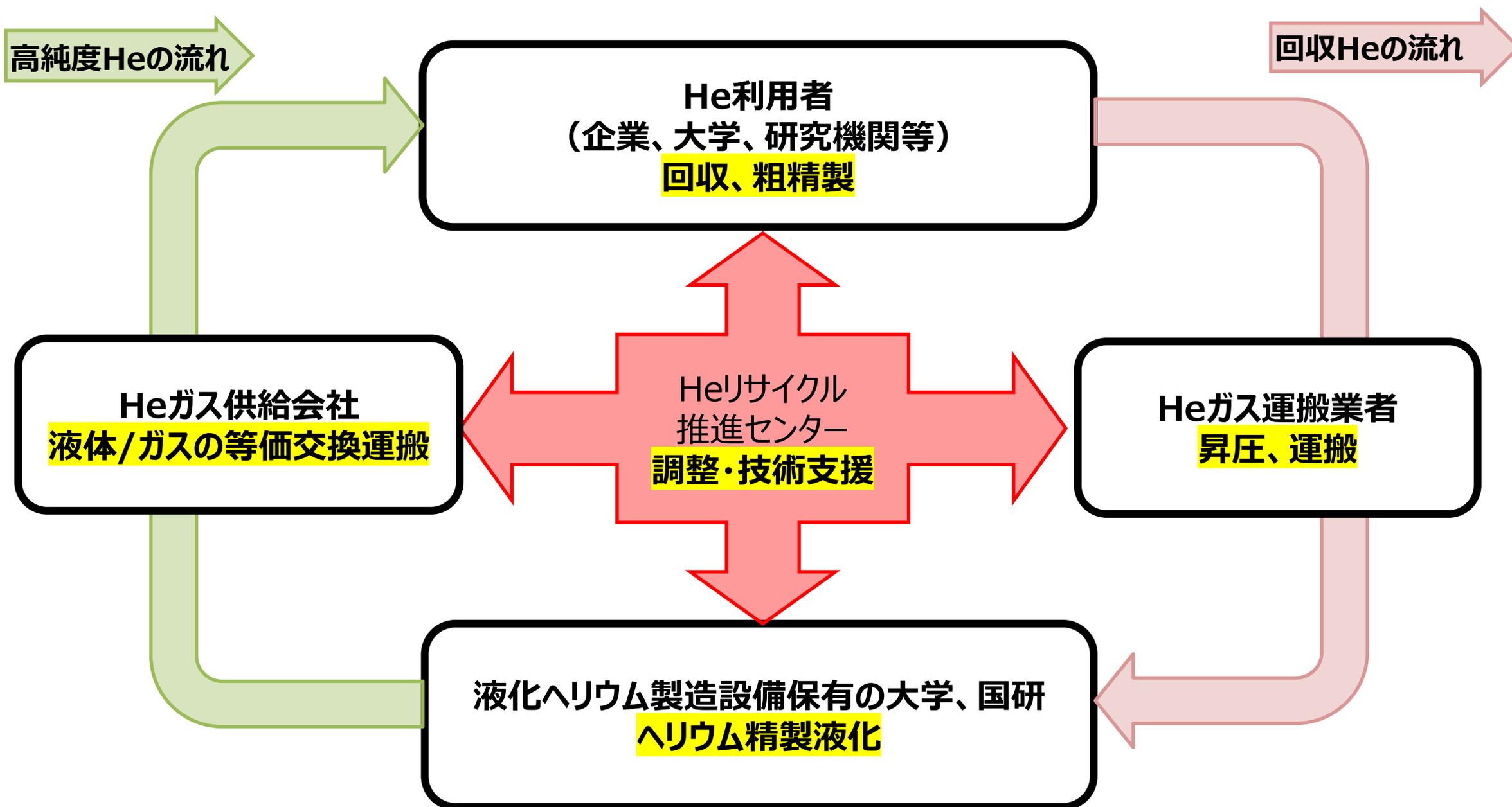
「Heリサイクル推進センター」(コンソーシアム)を設立

## B : 技術開発

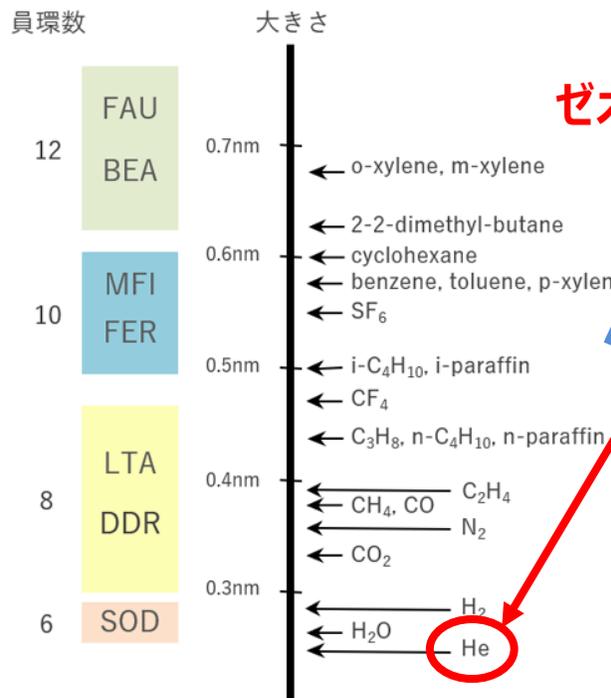
- (1) 低純度ヘリウム回収精製技術の開発
- (2) 回収ヘリウムの移動手段の開発

## C : 事業化

- (1) 国研・大学にある液化設備の活用
- (2) ロードマップ<sup>°</sup> (タイムライン)
- (3) 運営体制
- (4) 資金計画、リサイクルコスト
- (5) マネージメント方針
- (6) 出口戦略

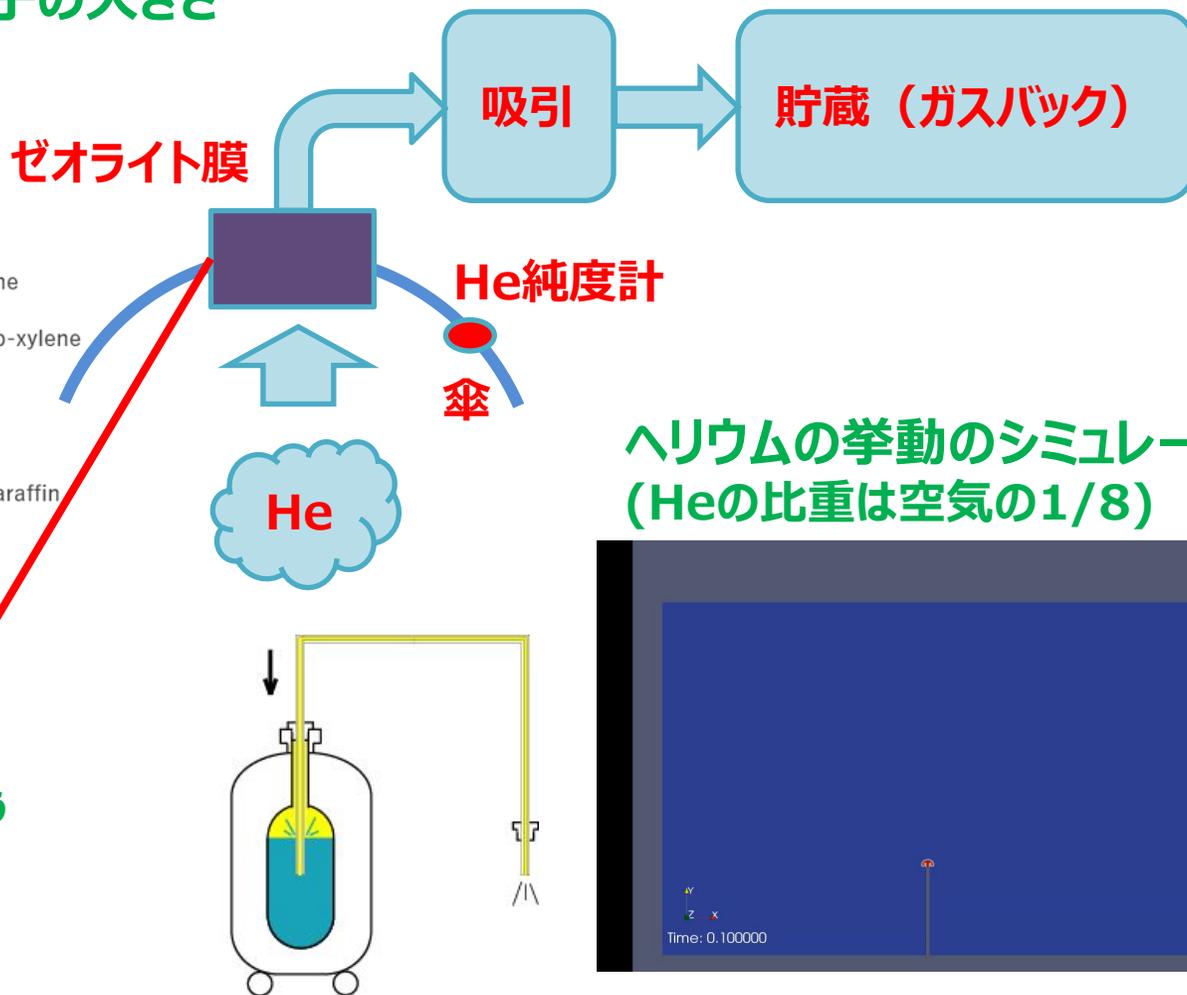


## 分離膜の穴径と分子原子の大きさ



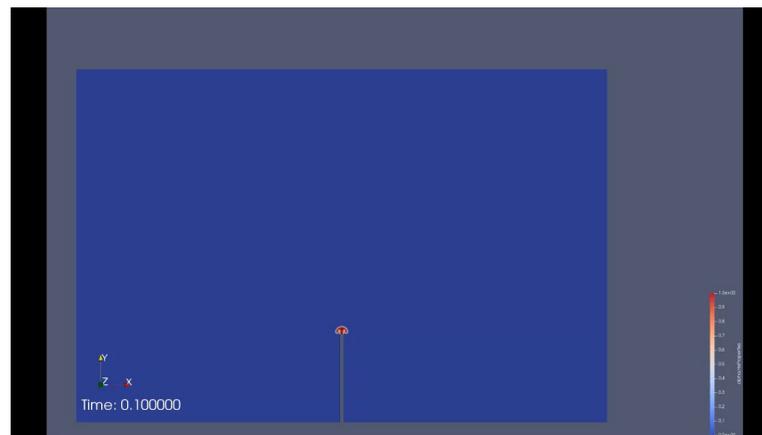
ヘリウムのみを通せる膜を使う

過剰な吸引は不純物を増やすのみ



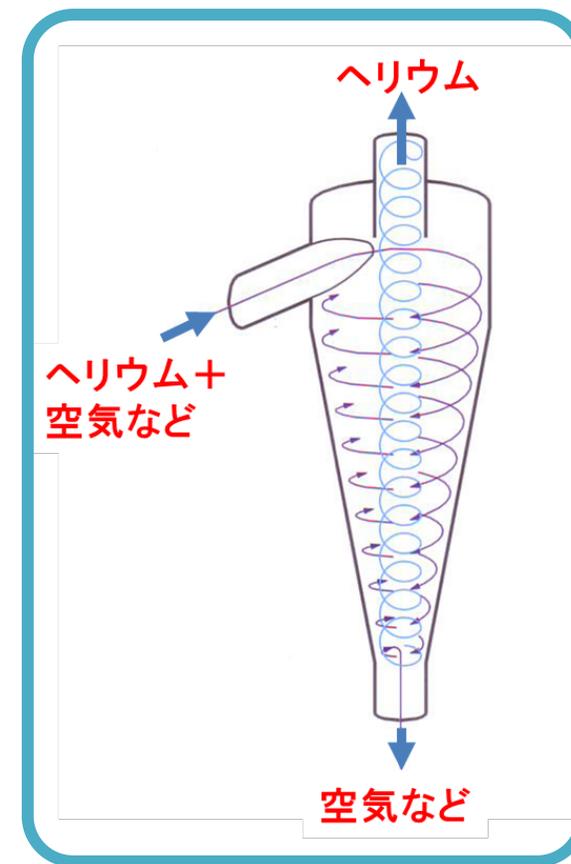
Heの利用

ヘリウムの挙動のシミュレーション  
(Heの比重は空気の1/8)



吹き出し時の空気の巻き込みを抑制するノズル形状を最適化

代替案：遠心分離法



## 従来型輸送手段

移動式高圧ガス製造設備  
回収用ガスカートルと圧縮機  
を積んだトラックで回収



ポンベ圧：200気圧、輸送ガス：300m<sup>3</sup>

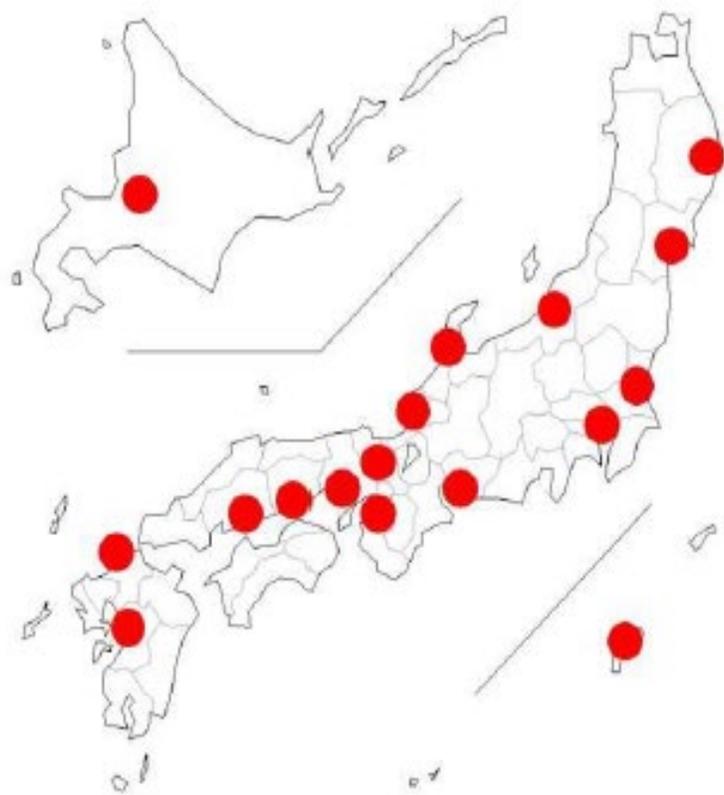
**許認可の壁：**

移動式高圧ガス製造設備という取り扱いになり、  
使用するたびに県庁に申請して許可を得る必要あり。

## 低圧輸送手段（要開発）

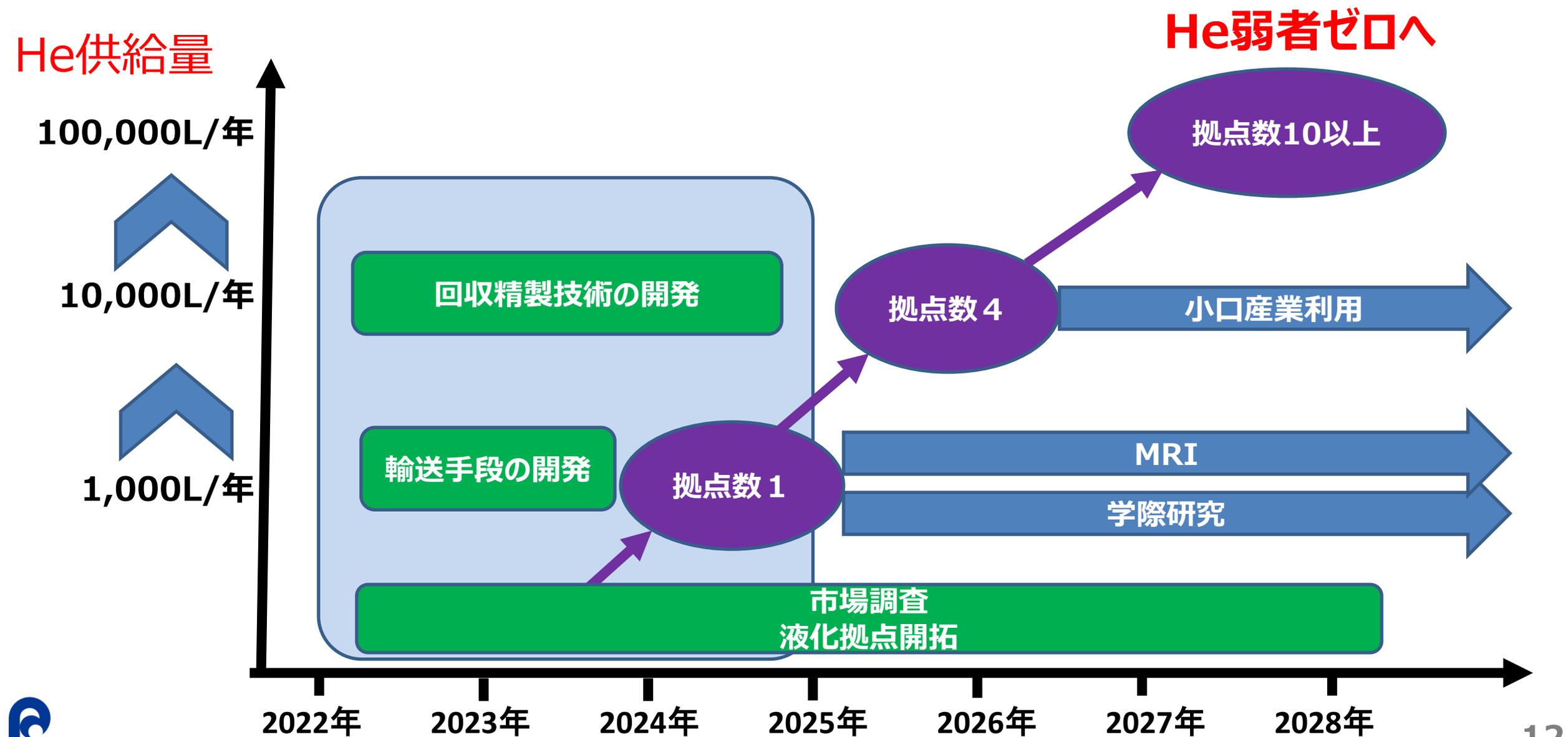


- ・ヘリウムの圧力を10気圧以下とし、高圧ガス設備の対象外とする。
- ・容器はアルミ合金やペット材を使い軽重量かつ気密性の良いものを開発
- ・比重差でHe分離できる可能性（高圧の場合は拡散が勝るため分離は困難）



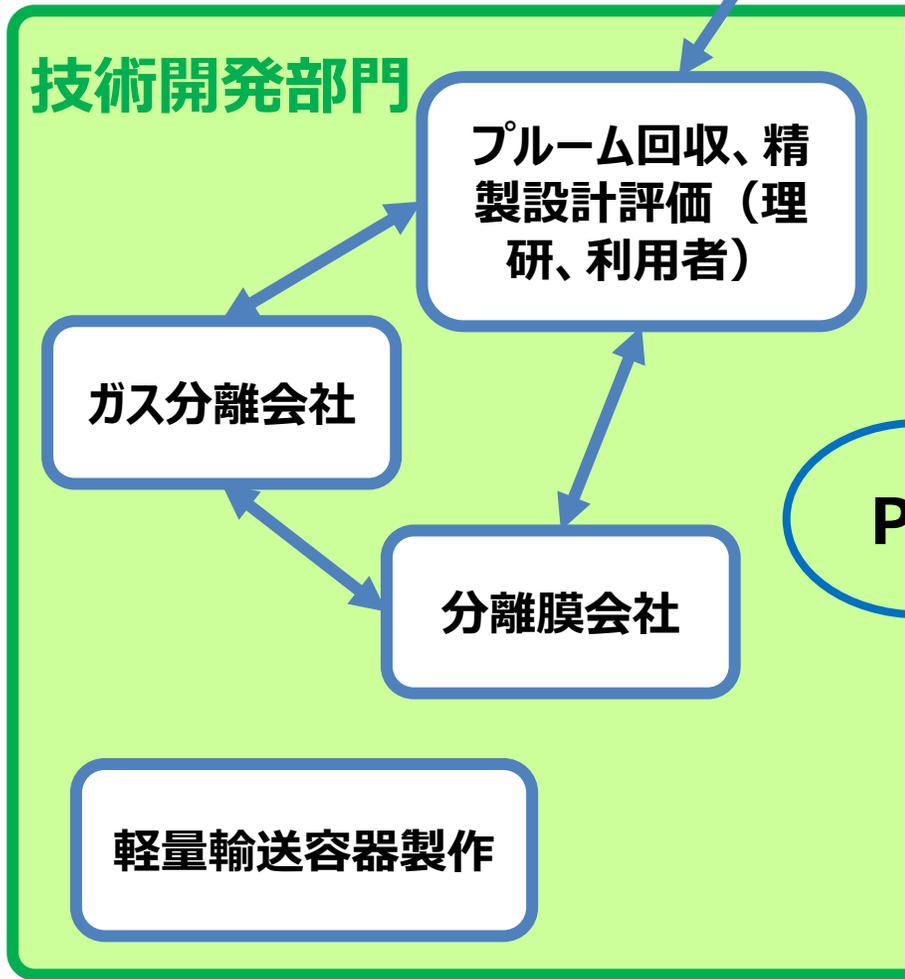
日本国内の液化ヘリウム製造設備のマップ  
(全て網羅はしてはいない)

- 液化ヘリウム製造設備は主に国立の研究所や大学に存在する。
- 液化機の精製・液化によって高純度のヘリウムを得ることができる。
- 全国に存在する液化設備の空いている時間を活用。



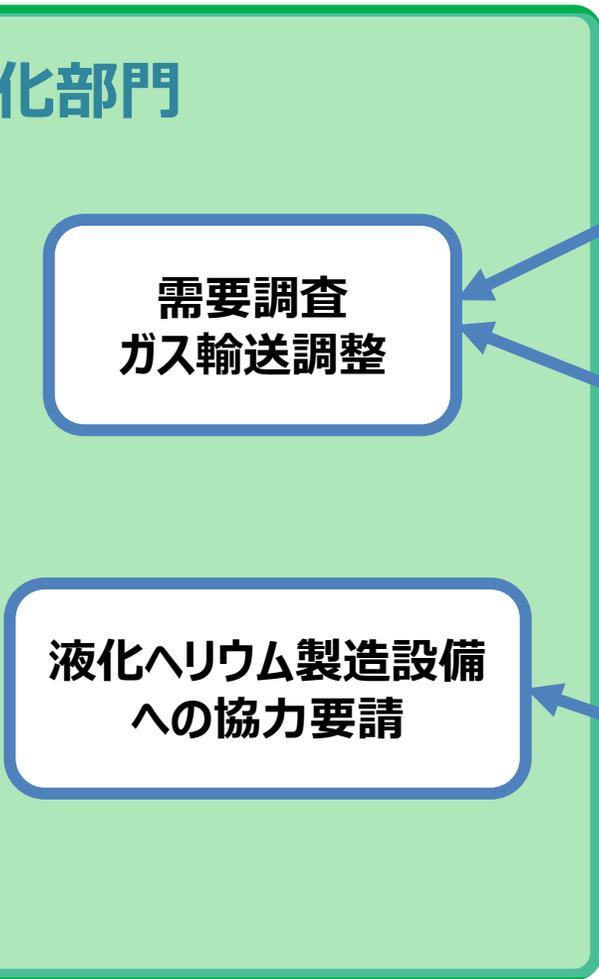
## コンソーシアム

### 技術開発部門



### 事業化部門

PM

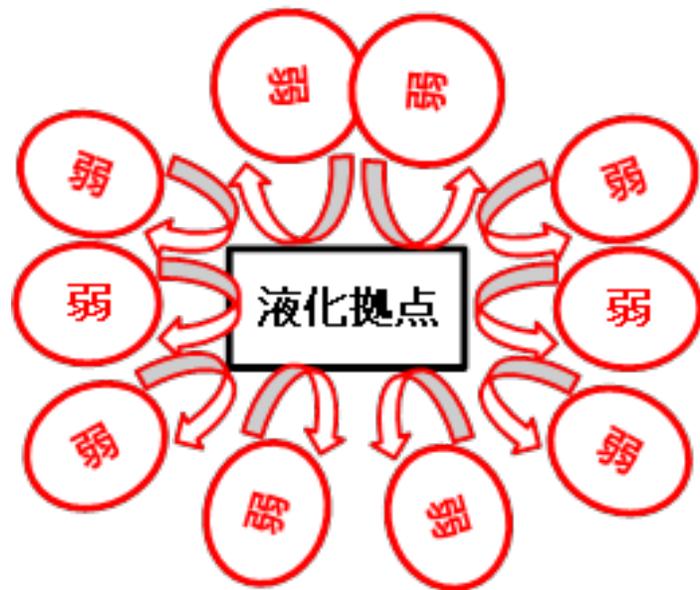


ユーザー  
(MRI, 医療、研究、  
半導体等)

ガス供給会社

液体ヘリウム製造設備  
(理研、各大学)

1つの液化拠点につながる  
ヘリウム利用者（小口）



全国展開



・利用者が回収したヘリウムガスが必ず液体ヘリウム（高純度ヘリウムガス）になって戻ってくるシステム

「ヘリウム弱者」ゼロの社会を実現させ、日本のヘリウムを用いた医療、科学技術のアクティビティを維持する。

# Heの危機



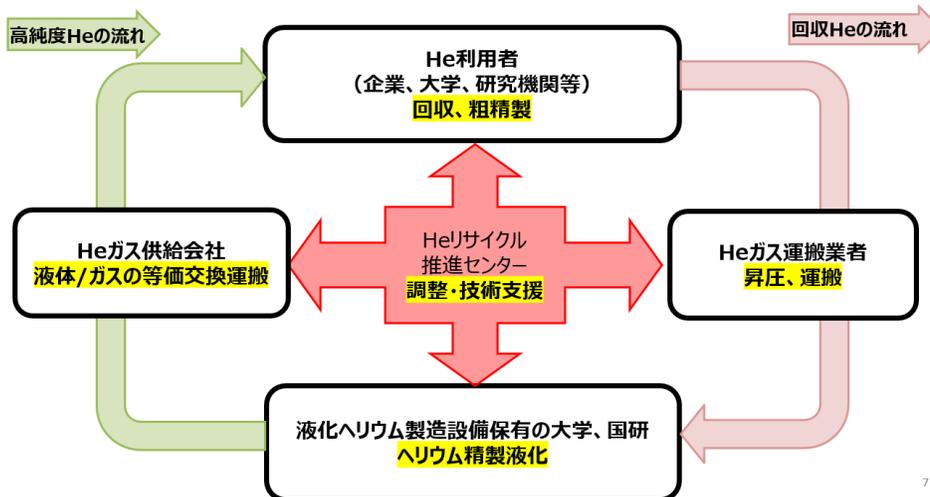
# Heリサイクル推進センターの構築



# He弱者ゼロの社会

- (1) 最大供給国である米国からの供給減
- (2) 中東等の新たな生産プロジェクトが無い。
- (3) アジア諸国の需要の急増
- (4) ロシアからの供給が不透明
- (5) 価格高騰

大口ユーザーであっても、価格が高騰  
小口ユーザーにヘリウムが行っていない (ヘリウム弱者)



- ・半導体等の大企業は自前で回収設備を持っている。
- ・小口ユーザーはリサイクルして、欲しい時にヘリウムが使用できる。

対象は、自前でリサイクル施設を持たない利用者。

自前でできるところは、3R (Reduce, Reuse, Recycle)をしっかりとやる。

**9** 産業と技術革新の基盤をつくろう

**12** つくる責任 つかう責任

## ヘリウム液化設備棟

ヘリウム圧縮機



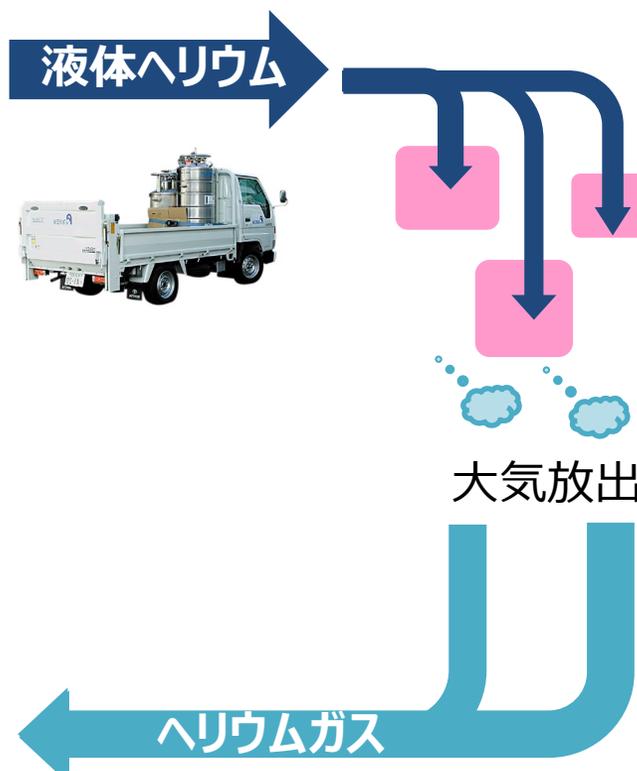
ヘリウム液化機（内部精製器付き）



ヘリウム小分け



理研内の  
ヘリウムユーザー



精製

補充



純ガスカードル

液化窒素  
CEタンク



不純ガスカードル

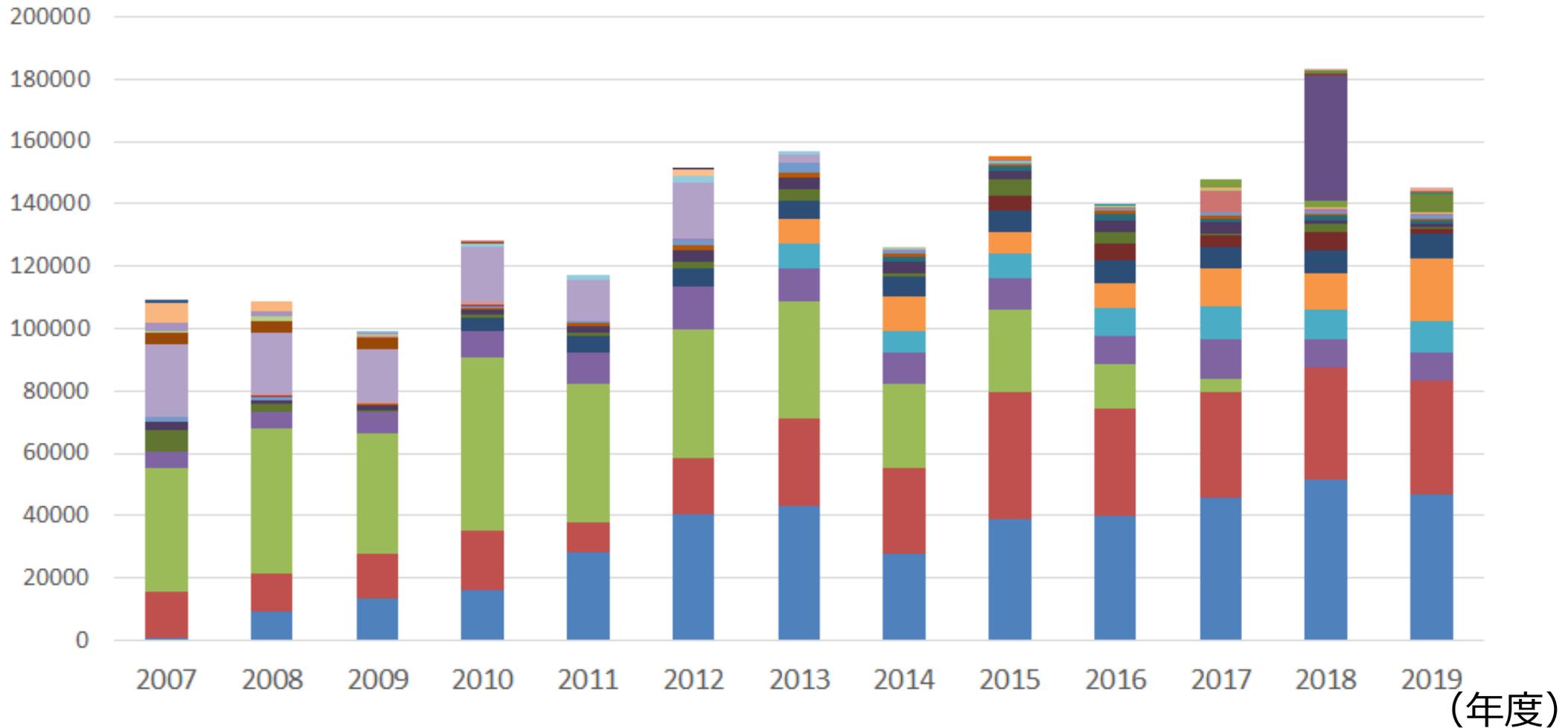


回収圧縮機



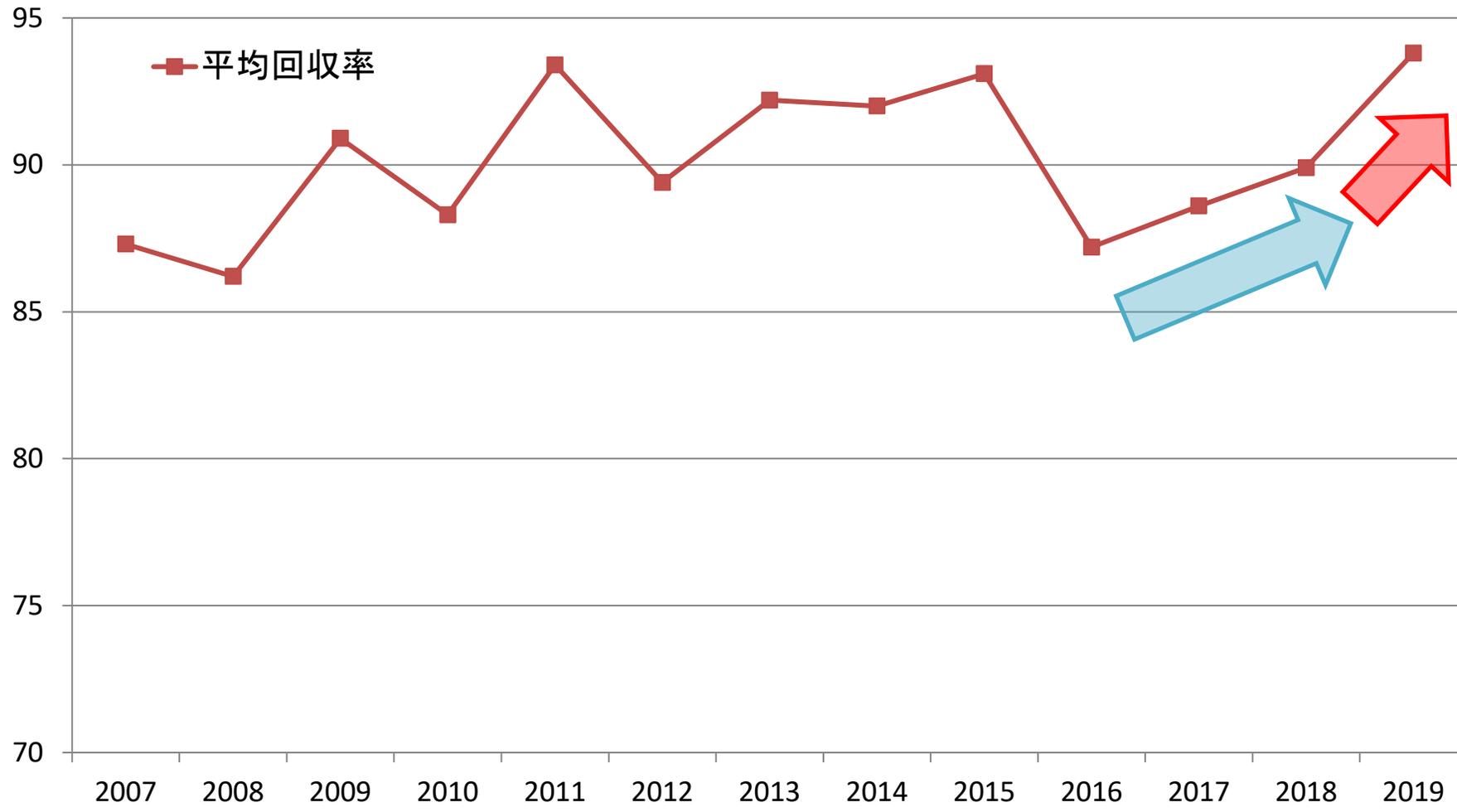
回収ガスバッグ

供給量 (L)



回収率(%)

回収率アップのための試み



(年度)

# 本技術に関する知的財産権

- ・出願番号 特願2024-066577(未公開)
- ・出願人 理化学研究所
- ・発明者 段塚知志、奥野広樹

## お問い合わせ先



**株式会社理研鼎業** (りけんていぎょう)

新技術説明会事務局

Email: [senryaku@innovation-riken.jp](mailto:senryaku@innovation-riken.jp)