

新しいイオン化フィールド形成装置による、GC/MSの感度上昇

京都工芸繊維大学 分子化学系 布施泰朗

サマリー

社会課題

レアガス（ヘリウム）の枯渇問題

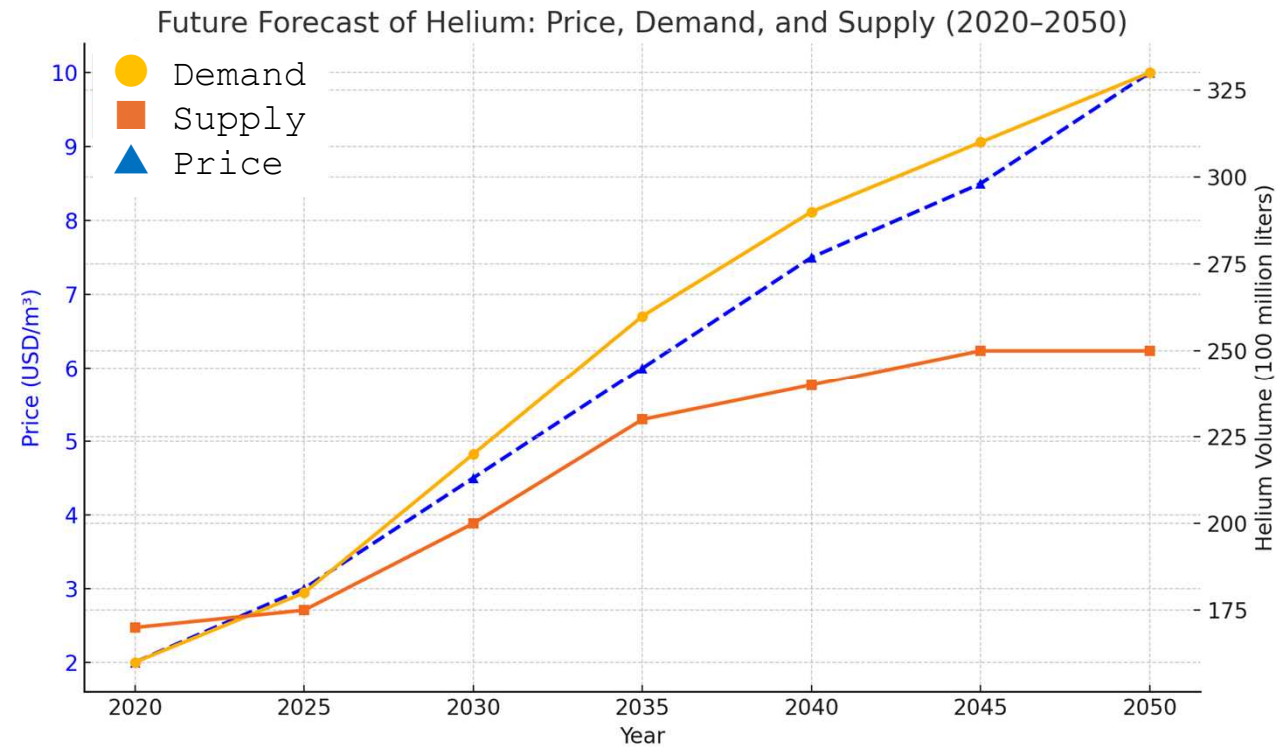
解決方法の提案

ヘリウムガスを使わず、高効率にイオン化する技術の紹介

今後の展開

研究開発計画、ビジネス展開のご提案

ヘリウム枯渇シナリオ



IDTechEx Report (2023)

Grand View Research (2024)

米国地質調査所 (USGS) Mineral Commodity Summaries 2023

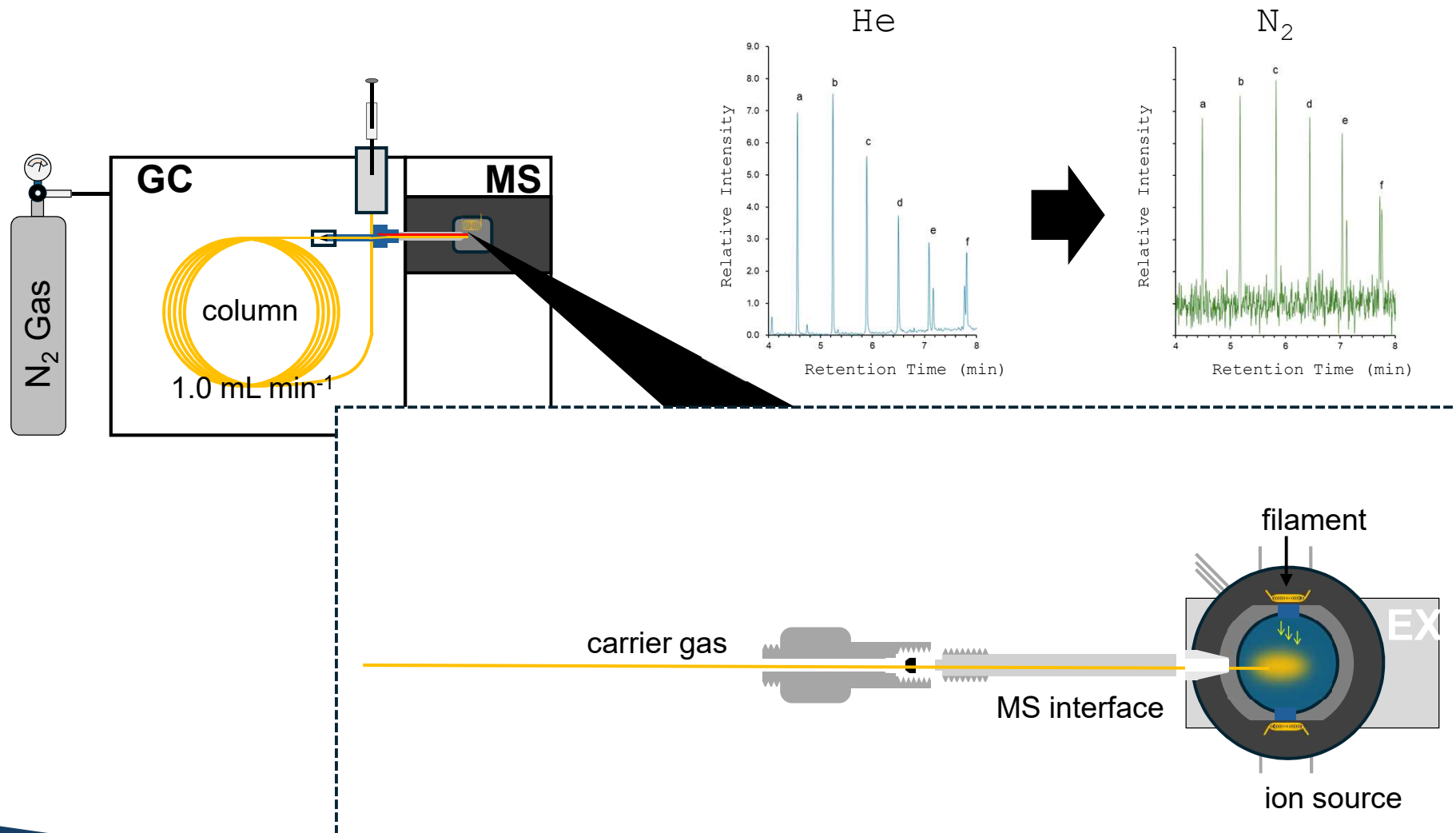
TechSci Research (2023)

ヘリウム枯渇シナリオ

■ 半導体産業	高（年5-10%）	最大の需要増加要因、リサイクル困難
■ 医療（MRI）	中	安定需要、地域拡大中
■ 宇宙開発	高	打上げ数の爆発的増加
■ 科学・研究	中	少量だが高純度必須
■ 工業・光ファイバー	中～高	技術と市場拡大による底上げ

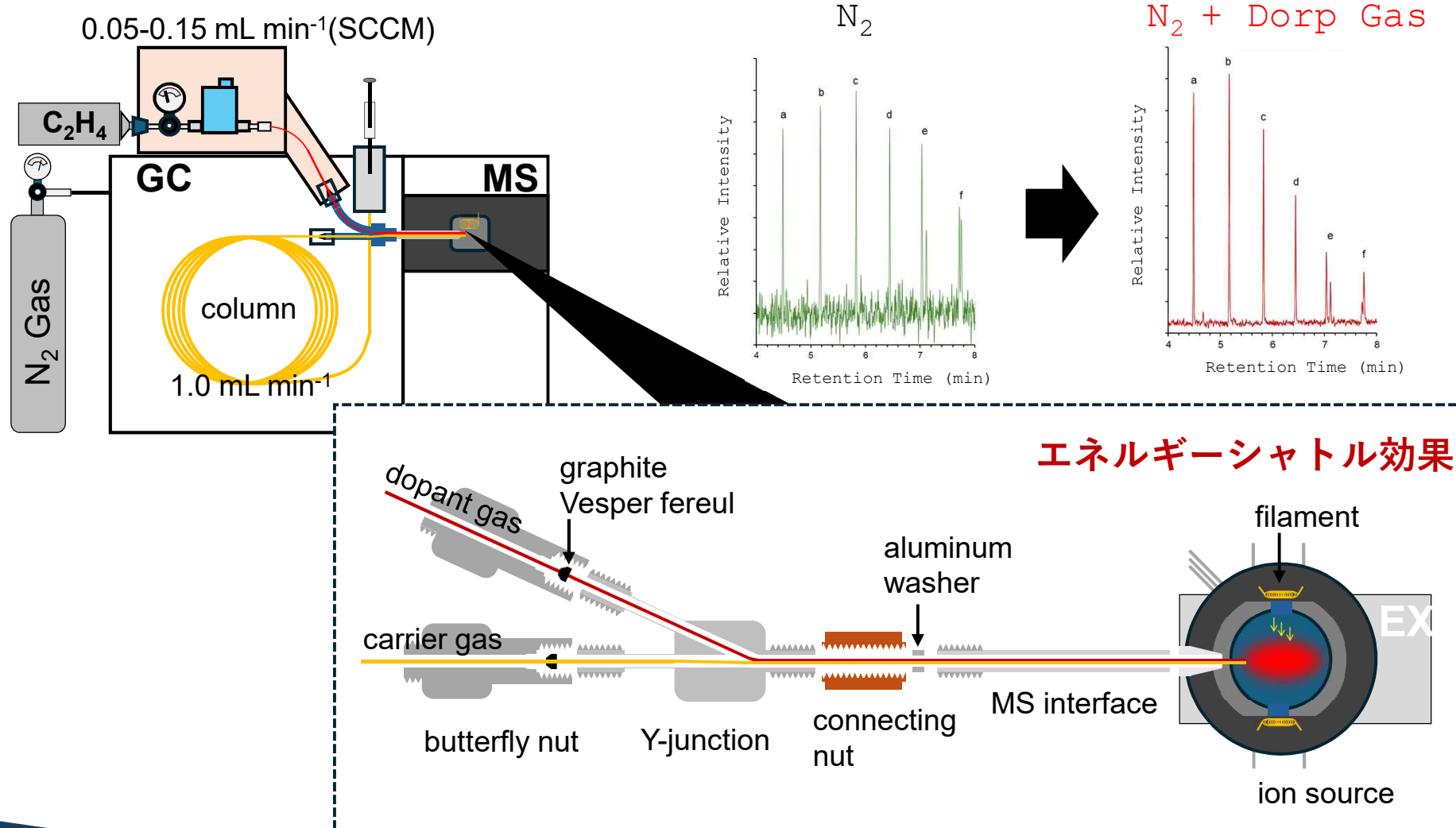
窒素キャリア

GCMS法におけるイオン化効率



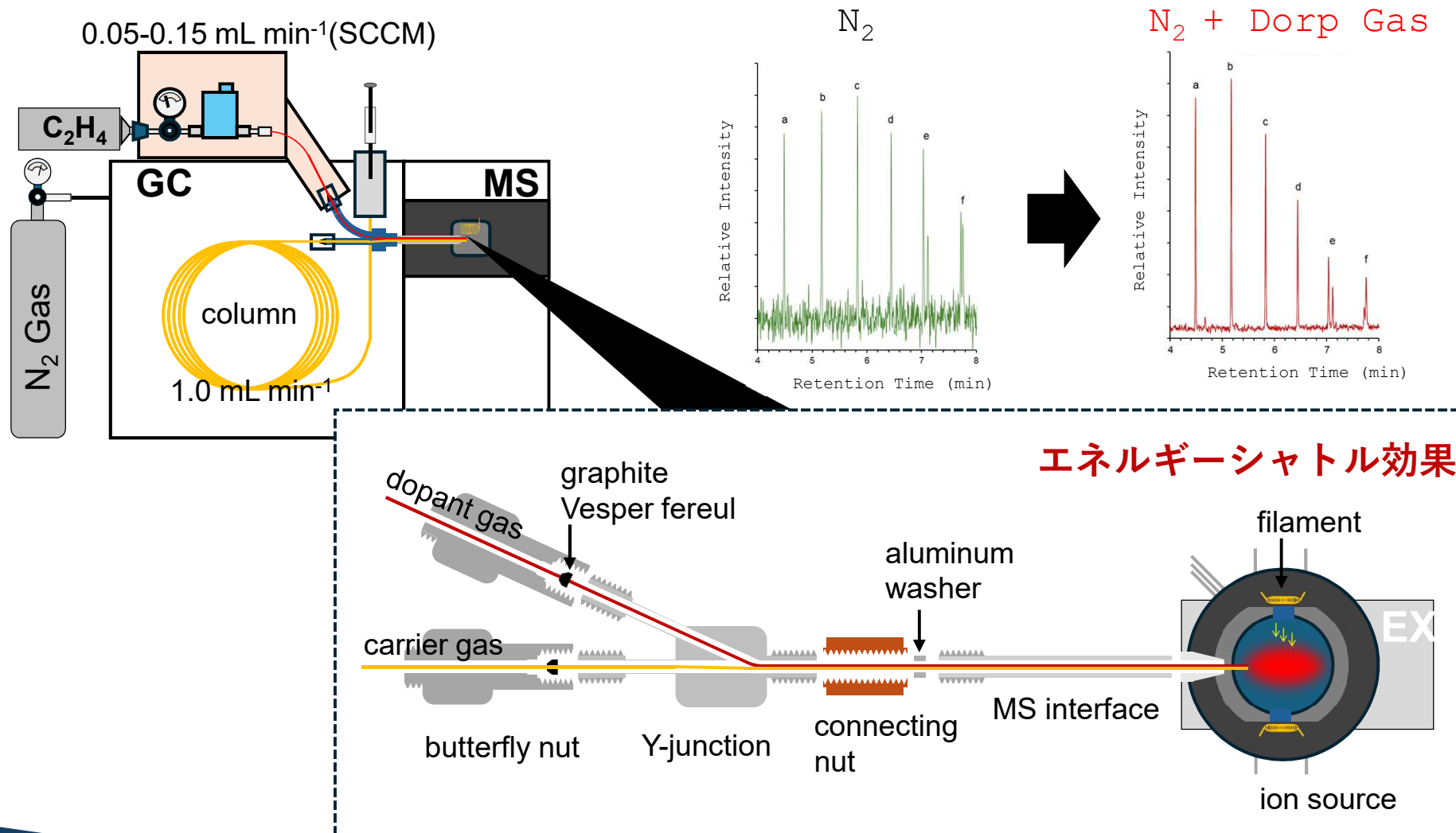
窒素キャリア

GCMS法におけるイオン化効率



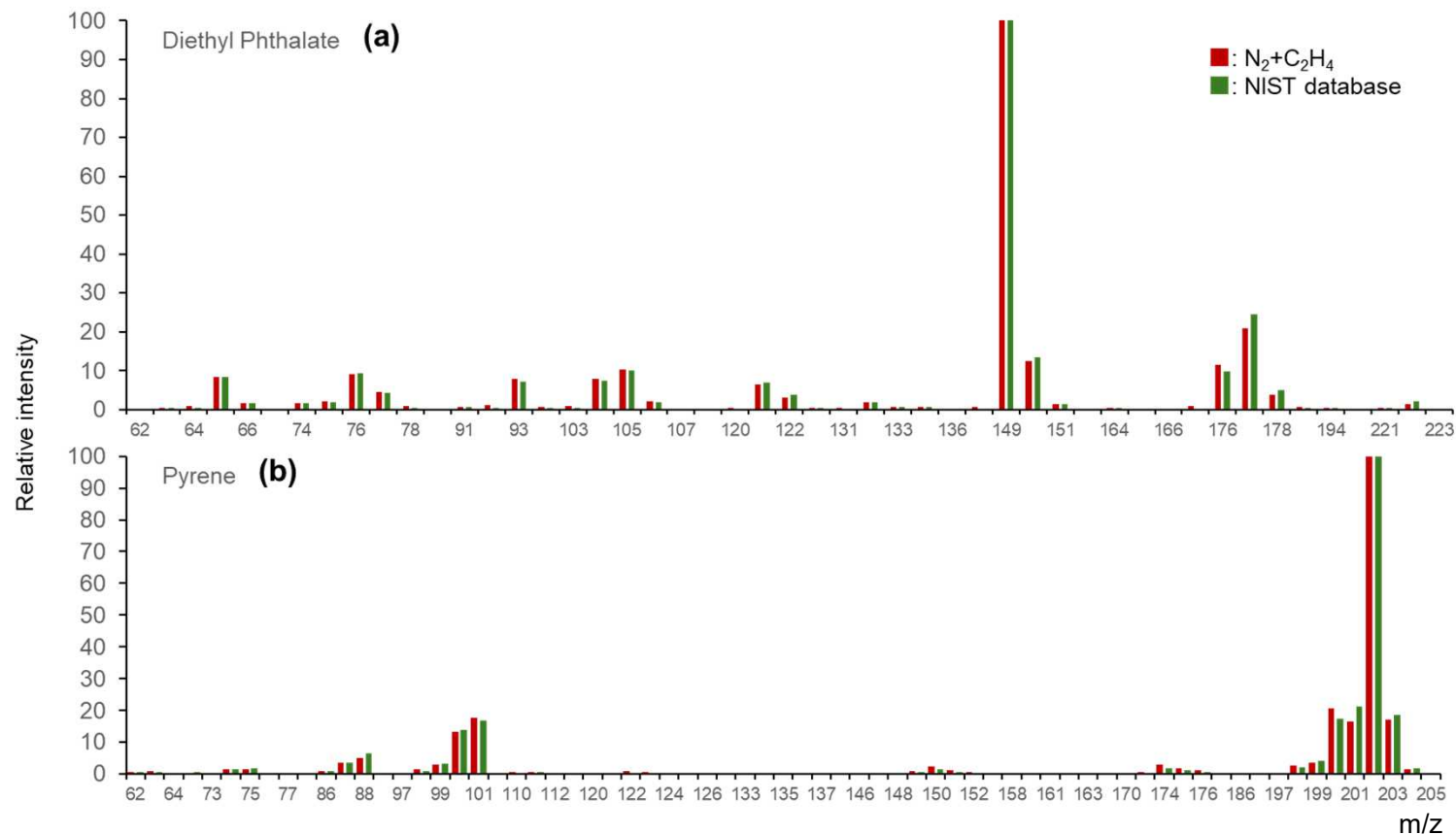
窒素キャリア

GCMS法におけるイオン化効率



窒素キャリア

GCMS法におけるイオン化効率



新しいイオン化フィールドの応用範囲

時空間のエネルギー密度の制御技術 – 新規物理理論の創出

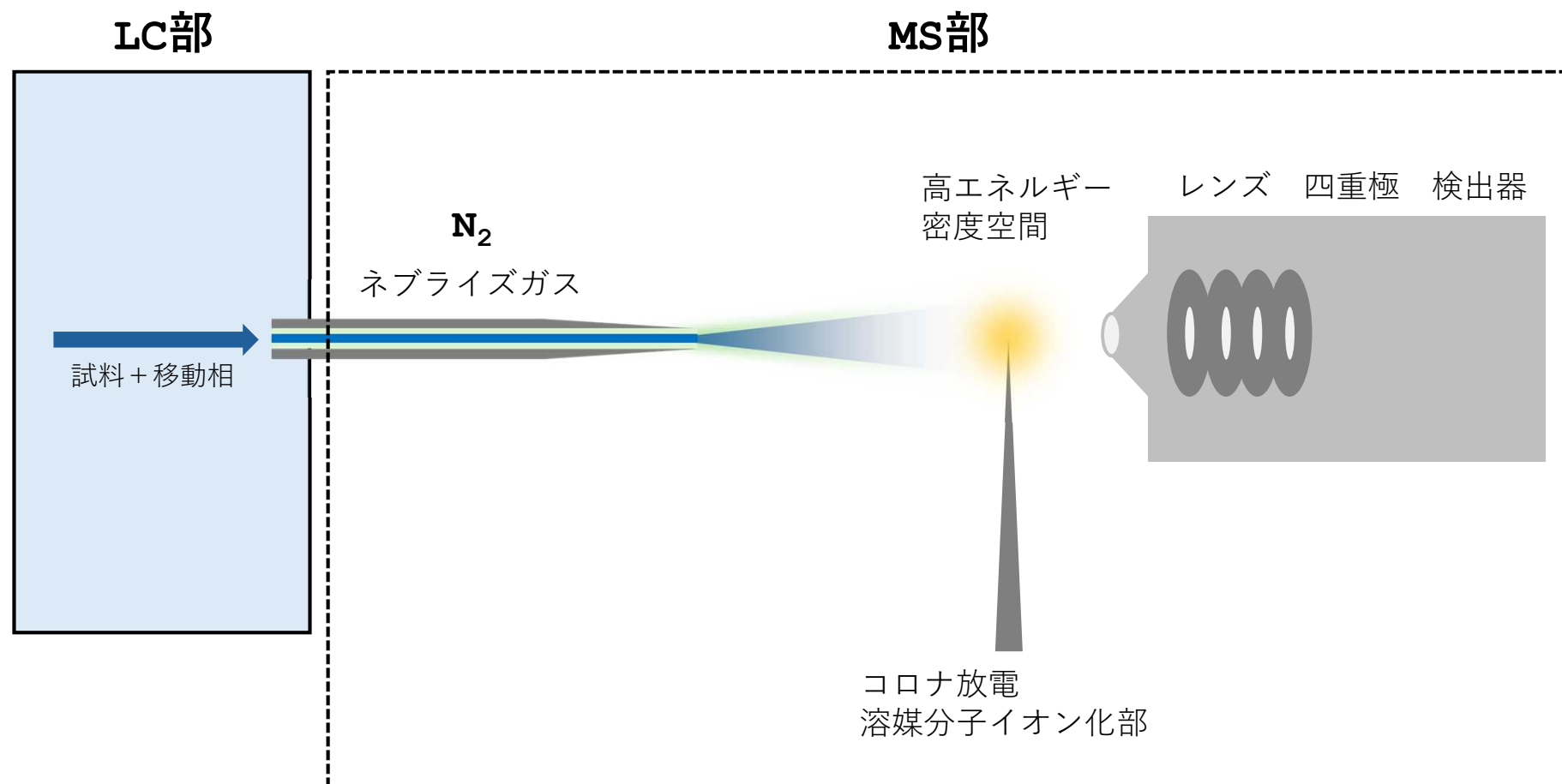
特許申請準備中につき詳細は不記載

質量分析分野

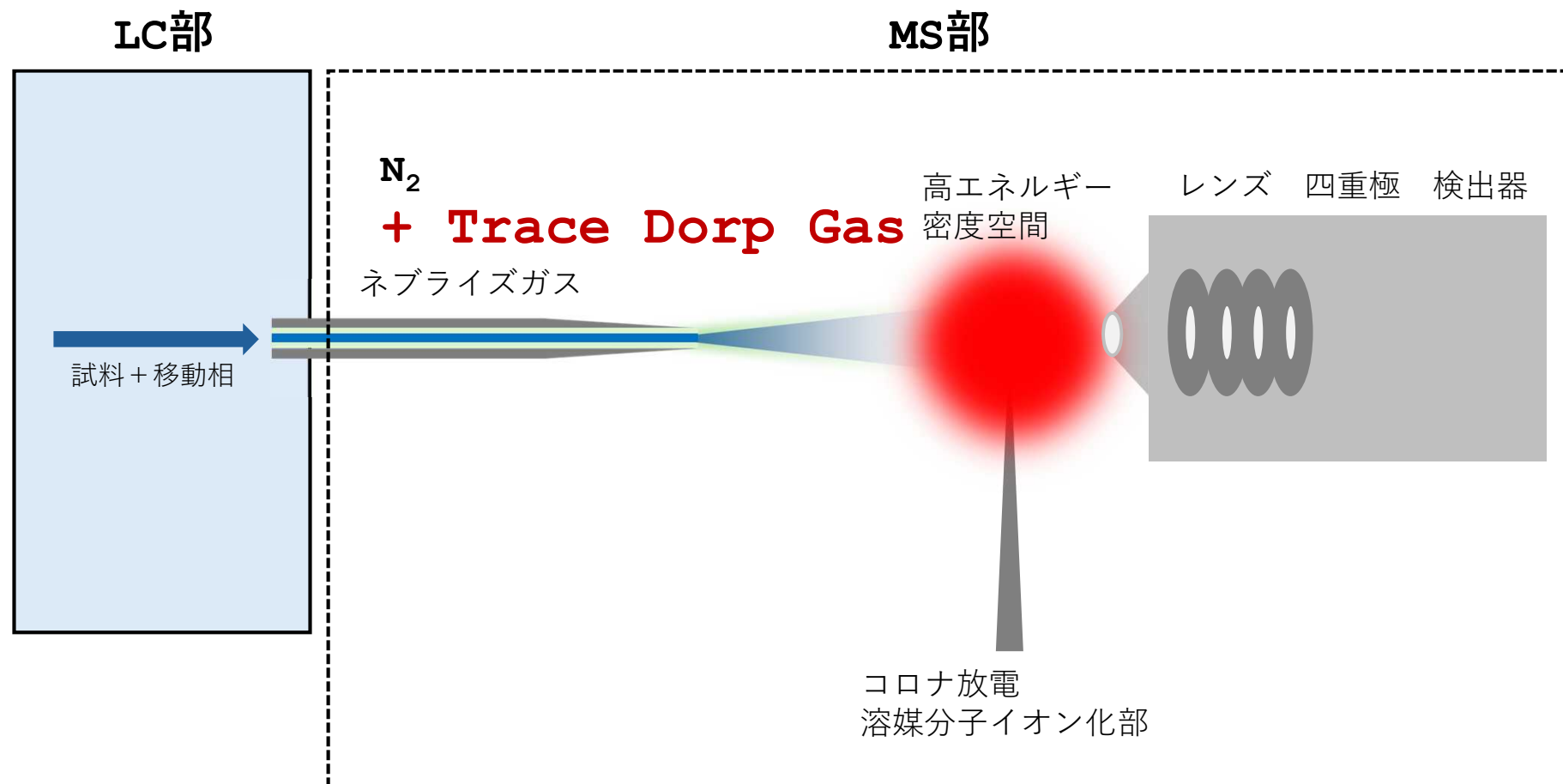
CVD / プラズマプロセス

プラズマ化学・エネルギー変換

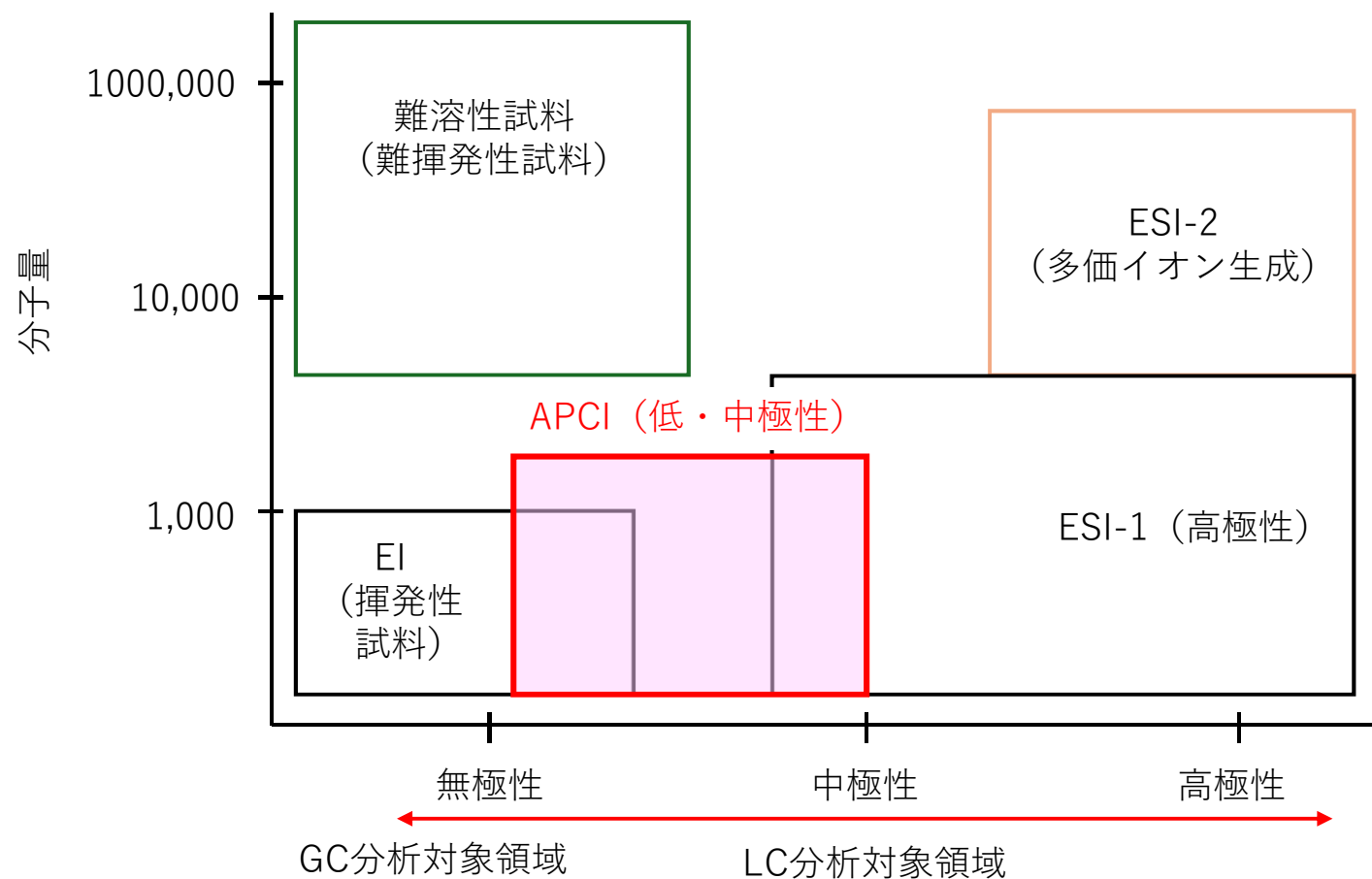
LCMS APCI法におけるイオン化効率



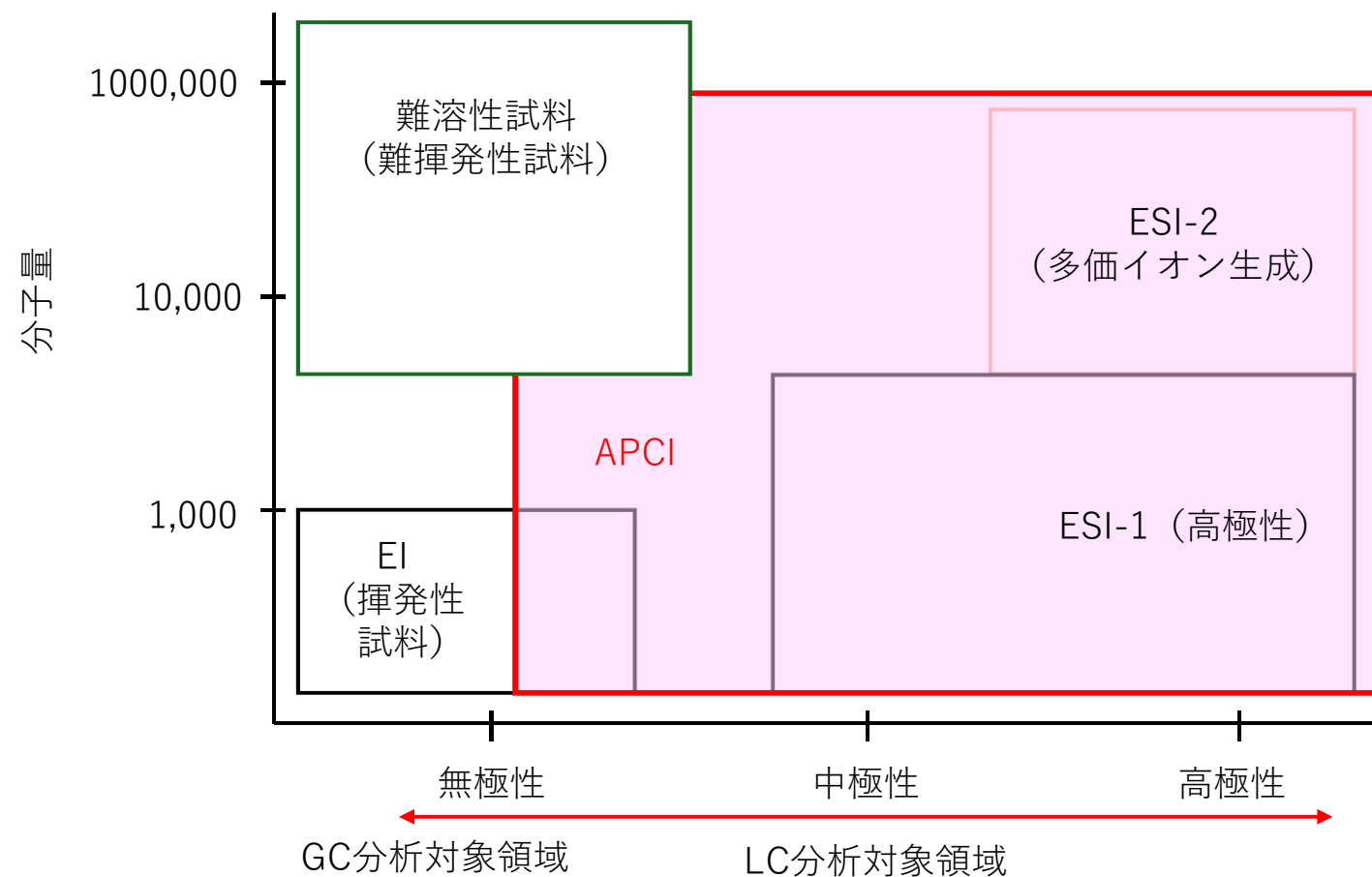
LCMS APCI法におけるイオン化効率



LCMS APCI法におけるイオン化効率



LCMS APCI法におけるイオン化効率



LCMS APCI法におけるイオン化効率

エネルギーシャトル理論
時空間エネルギー密度制御

イオン化エネルギー
ドーパントガス濃度

感度・断片化の調整

分子断片化反応

GCMSと同様の定性分析への道

CVD成膜におけるエネルギーシャトル理論

■ 従来モデルの限界

- マクロ輸送（流体・熱伝導）＋表面反応（経験式）で予測精度に限界
- プラズマ中の「中間励起種・イオン」の寄与が定量化できない

■ 新しい視点：エネルギーリレー効果

- 電子衝突 → 中間分子 (Ar^* , He^* , N_2^* , C_2H_4^+ など) へエネルギー移譲
- 中間種は有限寿命・拡散距離を持ち、表面近傍までエネルギーを運搬
- 表面直上で結合解離・吸着・成膜反応を促進

■ 数理モデルの骨格

- 中間種生成・拡散寿命方程式・エネルギーリレー効率・有効反応速度
特許申請準備中につき記載していません。

■ 技術的意義

- 入力電力・ガス組成・中間イオン寿命から膜成長速度を予測可能
- He/ N_2 添加など「**緩衝ガス操作**」の最適化を設計段階で評価
- 強いエネルギーを「**ソフト化**」し、膜厚均一性・欠陥低減を実現

核融合におけるエネルギーシャトル理論の可能性

課題

- 中心部へのエネルギー閉じ込め効率が低い
- α 粒子（灰）のエネルギー散逸 → 加熱効率低下

理論の視点

- 高エネルギー粒子 → 中間励起状態へエネルギー移譲
- 中間種が寿命・拡散を持ち、中心部へ連鎖的にリレー

計算的枠組み

- 衝突断面積・寿命・拡散長を組み込んだ輸送方程式
- 「リレー効率 η_{relay} 」を定義し数値計算可能

期待効果

- α 灰のエネルギーを再利用 → 加熱効率向上
- 中心部への効率的供給 → 点火条件緩和
- 不均一加熱の抑制 → 安定持続放電に貢献

エネルギーシャトル理論共同研究ロードマップ

■ 拡大展開：

▶ GC/LC/ICP-MSなど全ラインへ波及

▶ 宇宙探査・先端研究領域へ拡張

ISO/ASTM規格化 → **世界標準技術**へ

収益をCVD・核融合研究に再投資 → 知財基盤の多分野展開

■ 市場展開：

▶ 量産機へ正式搭載 → 規制・医療分析分野で普及

▶ 高分解能装置へ導入 → 製薬・バイオマーカー解析に展開
年間ロイヤリティ収益化（数十M USD規模）

■ 開発・検証：

▶ GC-MS β機を環境・食品分野ラボで実証

▶ FT-ICR, MALDI-TOFで高分解能応用検討

応用分野の学术论文・ホワイトペーパー共同発表

ライセンスモデル設計

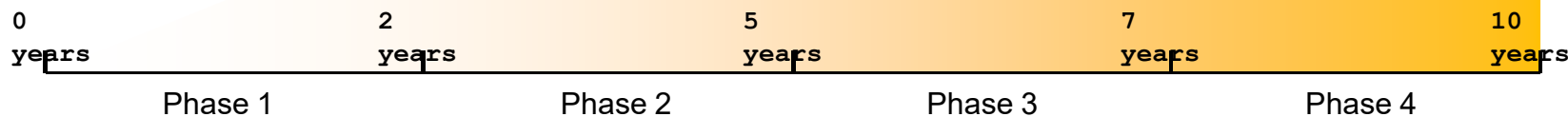
■ 立ち上げ：

MSベンダー様と**共同研究契約締結**

GC-MS, LC-MS 用プロトタイプ設計・試作

中核特許群の出願

基礎分野の学术论文投稿



本技術に関する知的財産権

発明の名称：ガスクロマトグラフ質量分析方法および
ガスクロマトグラフ質量分析装置

出願番号：特願2024-173057

出願人：京都工芸繊維大学

発明者：布施 泰朗、初 雪

お問い合わせ先

京都工芸繊維大学
産学公連携推進センター 知的財産戦略室
(研究推進・産学連携課 知的財産係)

Tel 075-724-7039

Mail chizai@kit.ac.jp

Web <https://www.liaison.kit.ac.jp/index.php>