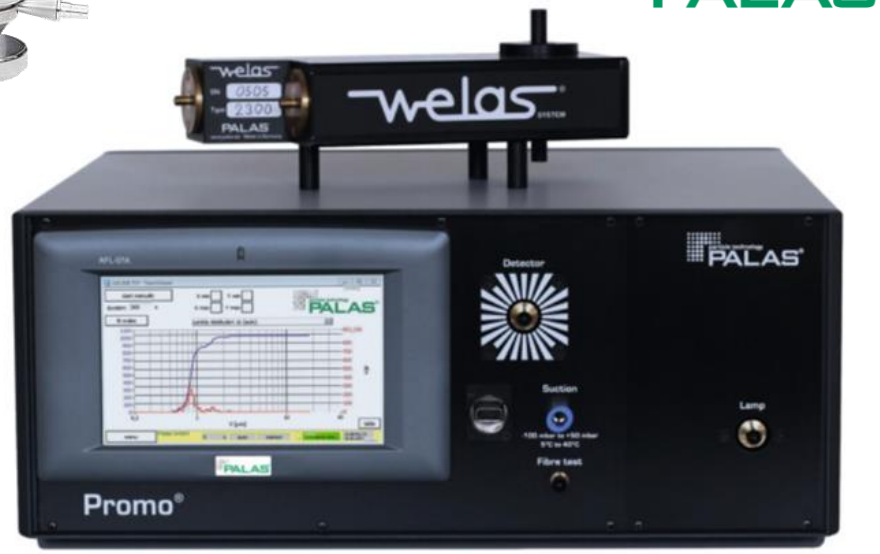
CCS分離回収
プロセスの粒子計測

DEKATI

particle technology PALAS®



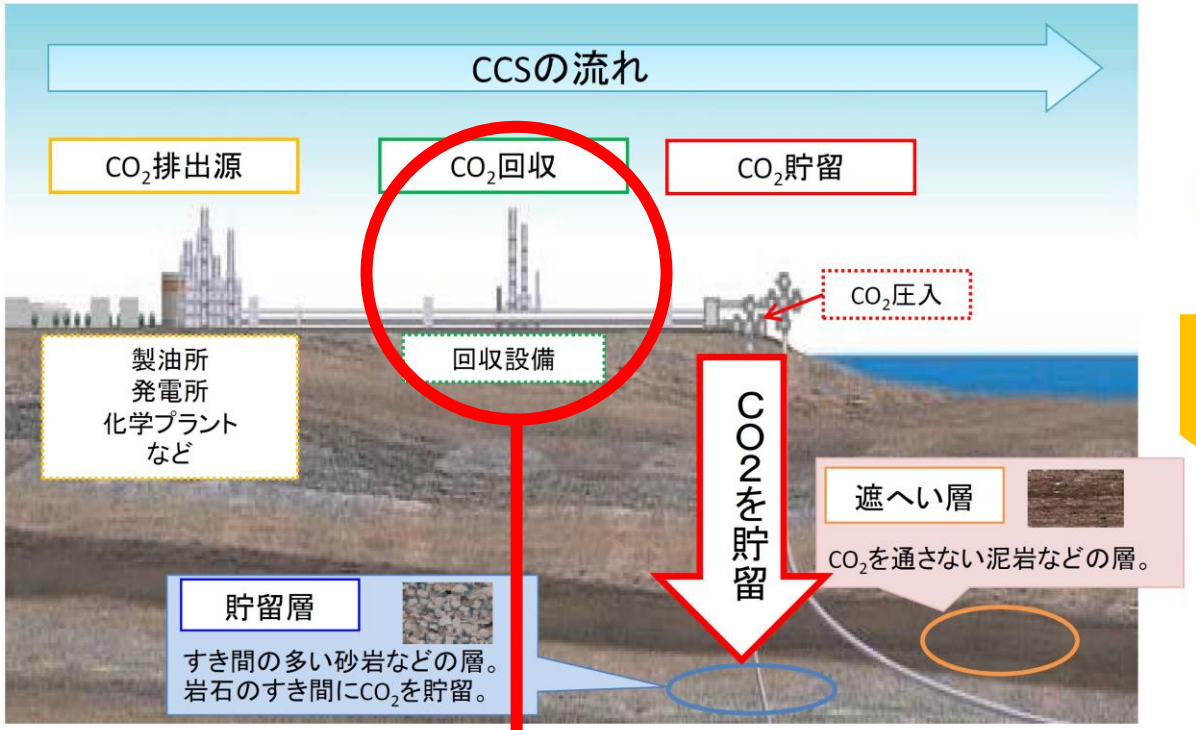
- ワイドレンジ粒子分級捕集
  （ナノ～ミクロンレンジ）
- 高濃度・高温下リアルタイムモニタリング
- 吸収液の粒径分布計測(基礎研究)

Dylec 東京ダイレック株式会社

CCS：Carbon dioxide Capture and Storage

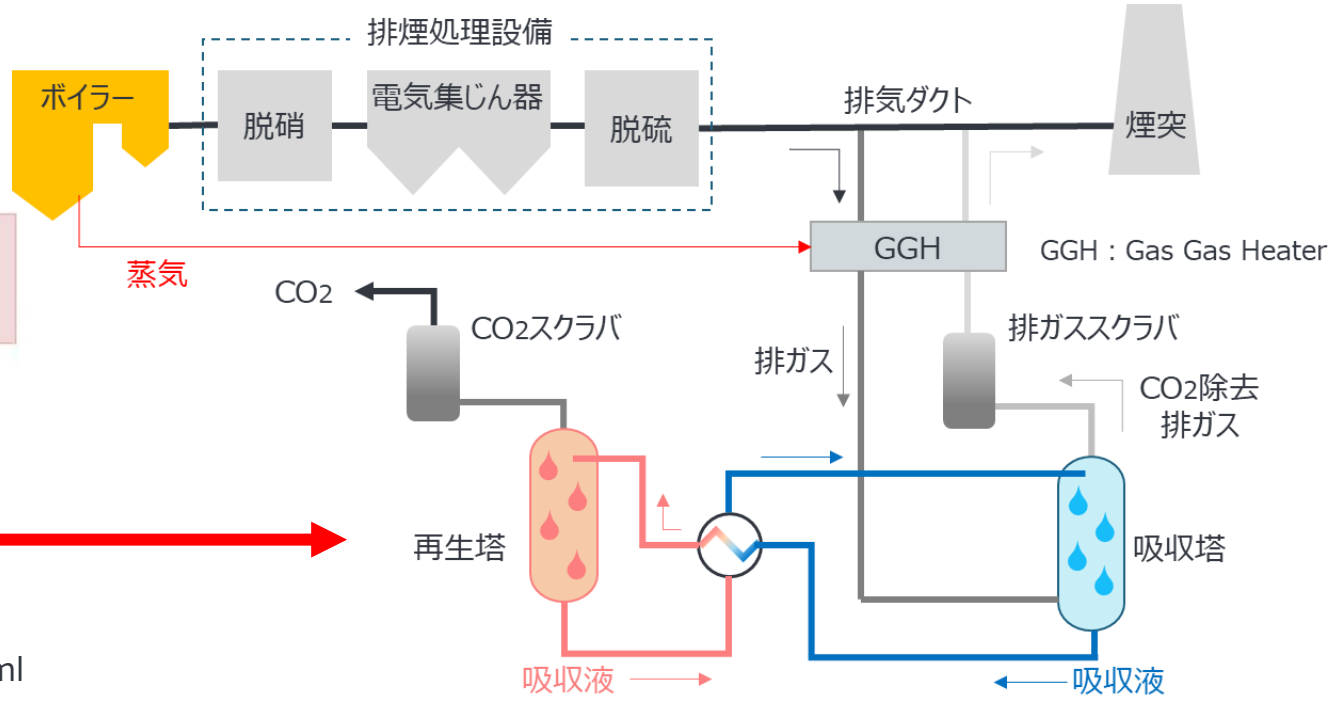
「二酸化炭素回収・貯留」

発電所や化学工場などから排出されたCO2を、ほかの気体から分離して集め、地中深くに貯留・圧入する



化学吸収法を用いたCO2の分離・回収プロセスフロー図

参考：環境省 (1)環境省CCS事業の成果等について①分離回収技術について資料1-1-1
https://www.env.go.jp/earth/ccs/ccus-kaigi/ccus2021.html



出典：経済産業省 資源エネルギー庁
https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/ccus.html

CCS：Carbon dioxide Capture and Storage

化学吸収法によるCO_2の分離・回収プロセスでエアロゾルが及ぼす影響

化学吸収法

…CO_2吸収液の化学反応を利用してCO_2を分離する技術で、炭酸ガスを選択的に大量溶解できる液体と排ガスを接触させ、反応吸収の原理によって液体中にCO_2を取り込む方法。
アルカリ性の吸収液にCO_2を吸収させるアミン法（モノエタノールアミン法：MEA法）の利用が中心。

吸収塔(CO_2分離設備)で、アミン溶媒がエアロゾルに凝集し、ミスト形成を引き起こしてしまう

・吸収塔によるアミンでのCO_2分離・回収における効率の低下
・排ガス中に同伴し、微量なミスト状のアミンが大気へ放出

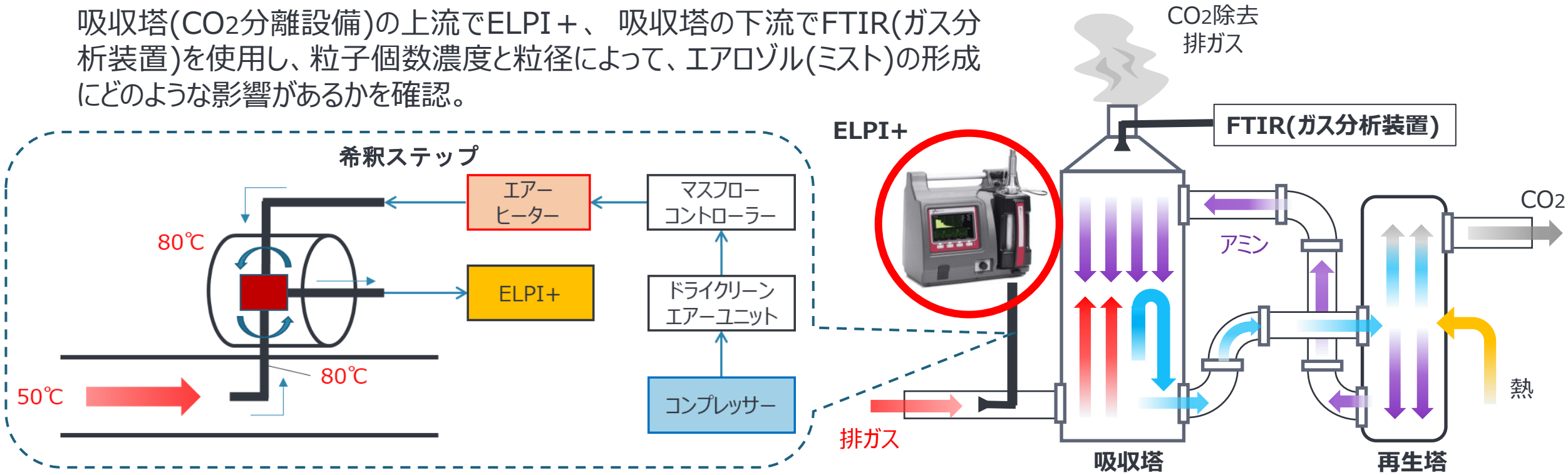
↓

排ガス中の気相評価・リアルタイムモニタリング装置として
電子式低圧インパクター　ELPI+

ELPI＋の使用例

～ エアロゾル個数濃度と粒径に基づくアミンミスト形成の予測 ～

吸収塔(CO_2分離設備)の上流でELPI＋、 吸収塔の下流でFTIR(ガス分析装置)を使用し、粒子個数濃度と粒径によって、エアロゾル(ミスト)の形成にどのような影響があるかを確認。



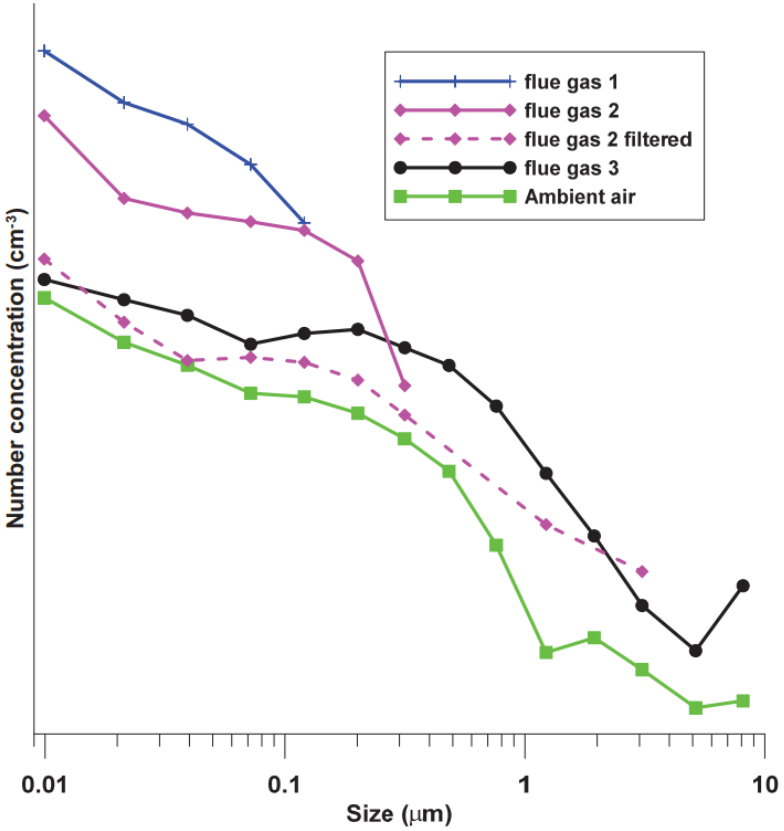
ELPI+のインパクタープレートでの結露は、測定結果の誤差を引き起してしまうため、高湿度の排ガスでELPI+を使用することはできない。 そのため、ELPI+に入る前に排ガスを希釈する必要があり、上左図に示すように、1段階の加熱希釈ステップを使用して排ガスを希釈し、測定を実施。

Jan Mertensa; Leonie Brachertb, Dominique Desaghera, Bernd Schallertc, Purvil Khakhariad, Earl Goetheerd. GHGT-12. Predicting amine mist formation based on aerosol number concentration and size measurements in flue gas. Energy Procedia 63 (*2014*) 893 – 901. より抜粋

ELPI＋の使用例

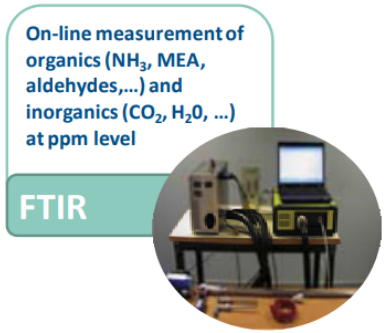
～ エアロゾル個数濃度と粒径に基づくアミンミスト形成の予測 ～

Flue gas 1 および2には多数のPM /エアロゾルが含まれており、アミンミストが形成され、吸収装置の上部から大量のアミンが排出された。PM /エアロゾルが少ないFlue gas 3は、アミンミストの形成が防止され、吸収塔から出るアミン排出量が非常に少ないことが明らかになった。



Type of flue gas	High MEA emission measured
Flue gas 1	Yes
Flue gas 2	Yes
Flue gas 2 filtered	No
Flue gas 3	No

ミスト形成を引き起こすのは、排ガスのエアロゾル以外の影響ではないという事実を確認するため、Flue gas 2 filteredは、Flue gas 2のパラメータを一定に保った状態でろ過を行った。その結果、Flue gas 3と同様であり、少ない数値となった。



この結果より、核（PM /エアロゾル）が多数存在すると、ミストが形成され、アミンの排出量が多くなることを示した。

Jan Mertensa; Leonie Brachertb, Dominique Desaghera, Bernd Schallertc, Purvil Khakhariad, Earl Goetheerd. GHGT-12. Predicting amine mist formation based on aerosol number concentration and size measurements in flue gas. Energy Procedia 63 (2014) 893 – 901. より抜粋

ELPI＋の使用例

～ CO_2分離・回収設備の粒子測定 ～

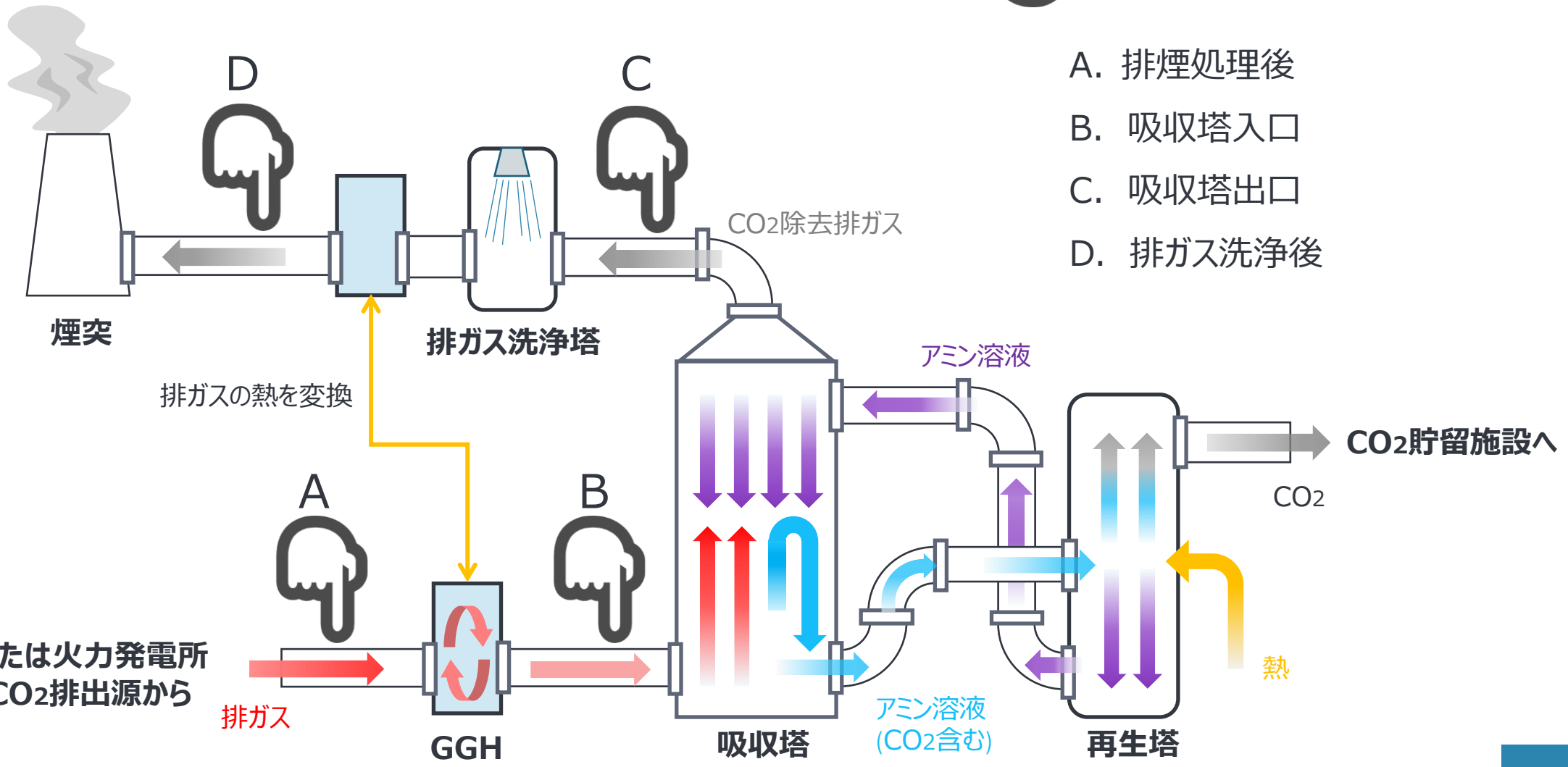
ELPI＋測定ポイント

A. 排煙処理後

B. 吸収塔入口

C. 吸収塔出口

D. 排ガス洗浄後



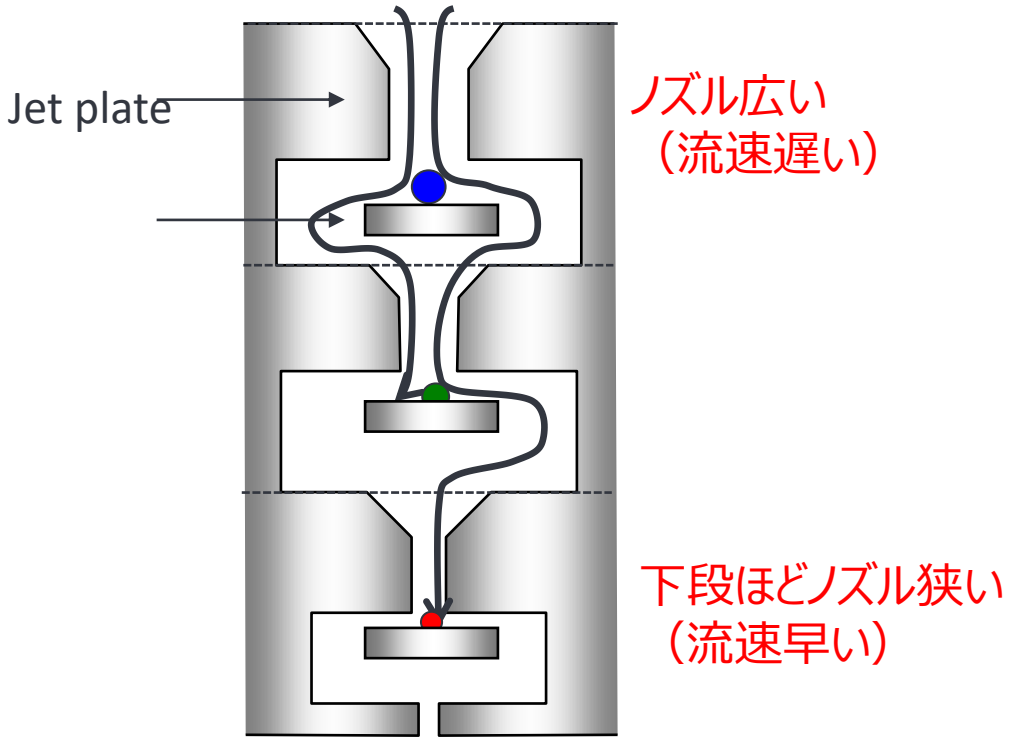
電子式低圧インパクター　ELPI+シリーズ

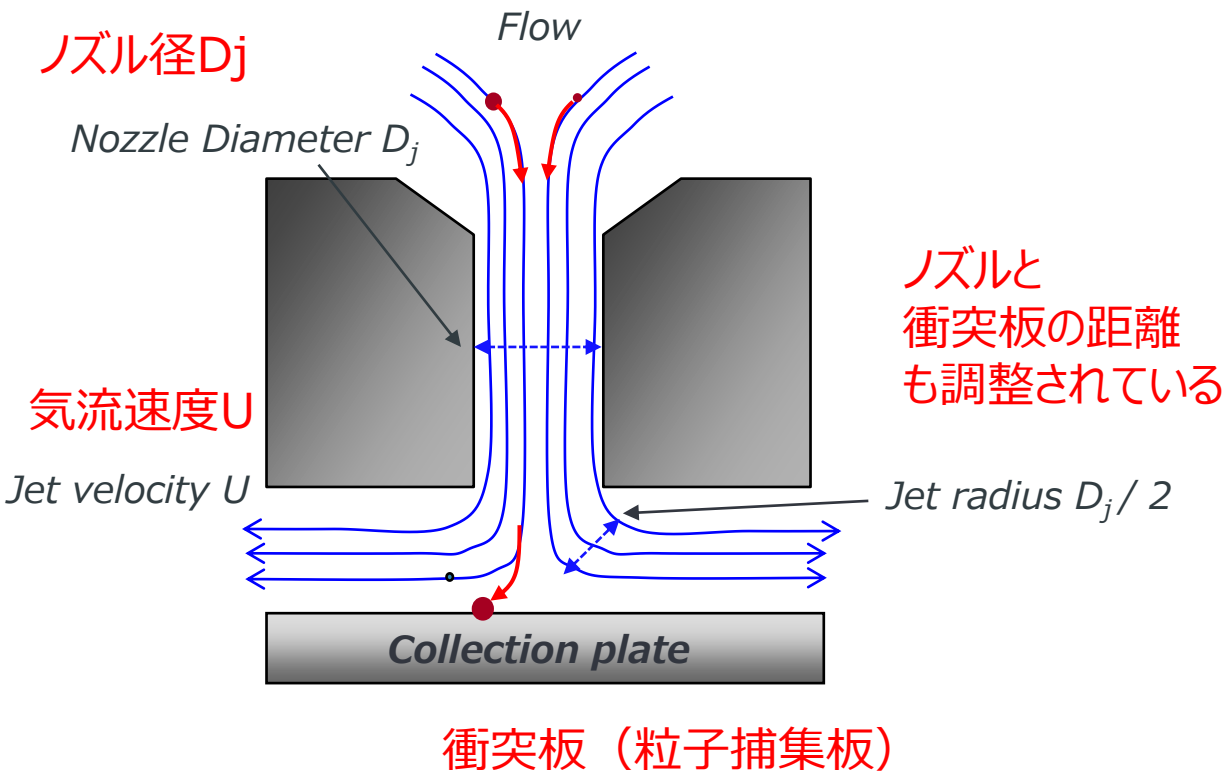
カスケードインパクター

粒子分級による空気動力学径評価が可能

- 6 nm～10 μmを14CHで粒径分布濃度測定が可能
  （HRモデルは100又は500CHで選択可能）
- 最短0.1秒のリアルタイム測定による個数評価・体積/重量評価
- サイズ別のサンプリングが可能

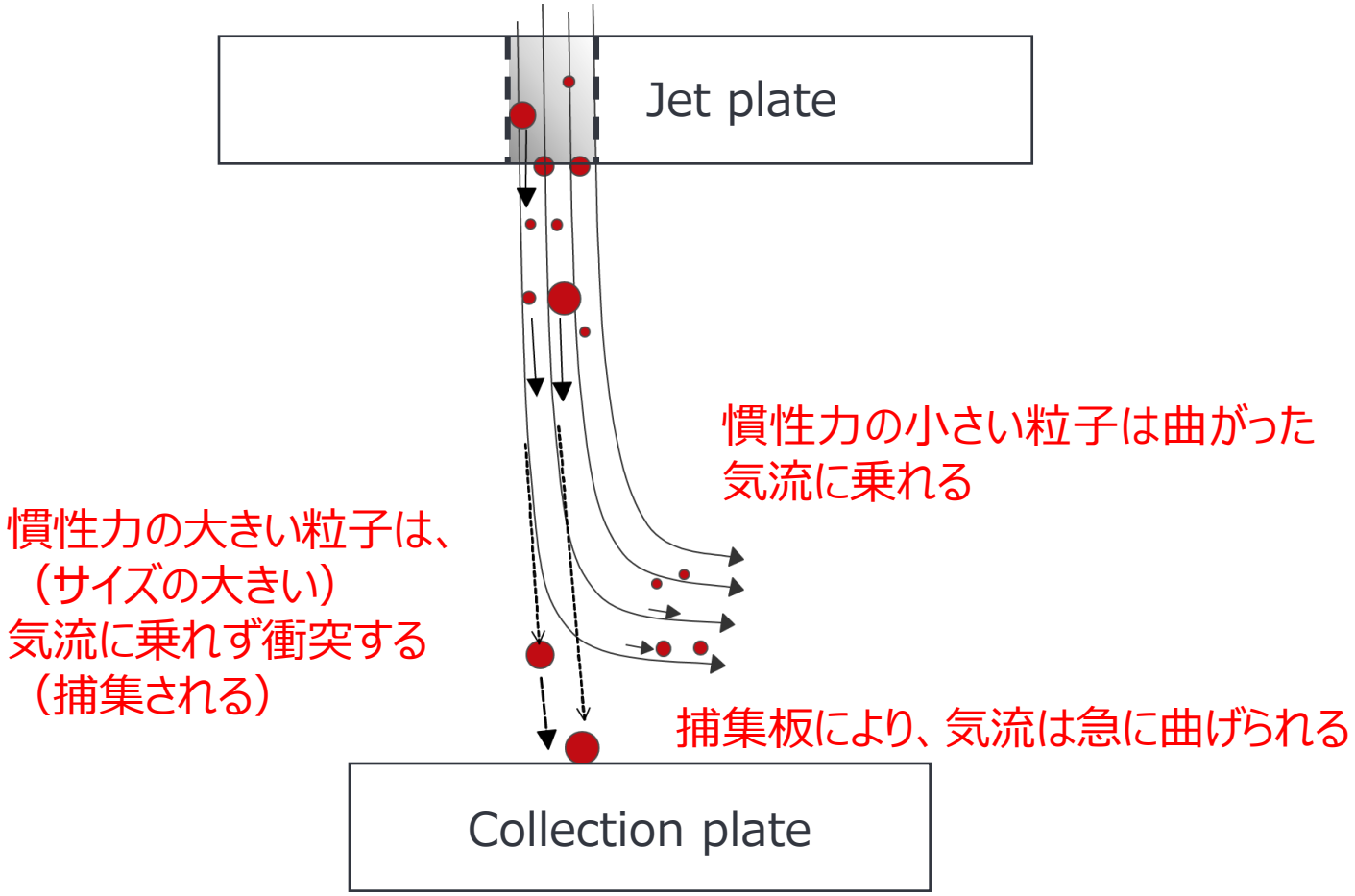
カスケードインパクター原理
～ 空気動力学径 ～





ELPI＋　カスケードインパクター捕集プレート
～ Standard collection plates ～

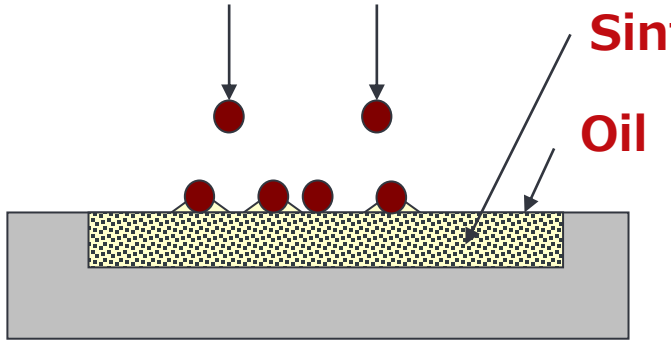
アルミ捕集板 … 測定後にサンプルの秤量や組成分析を希望する場合はこちらのタイプの捕集板を利用。



ELPI＋　カスケードインパクター捕集プレート
～ Sintered collection plates ～

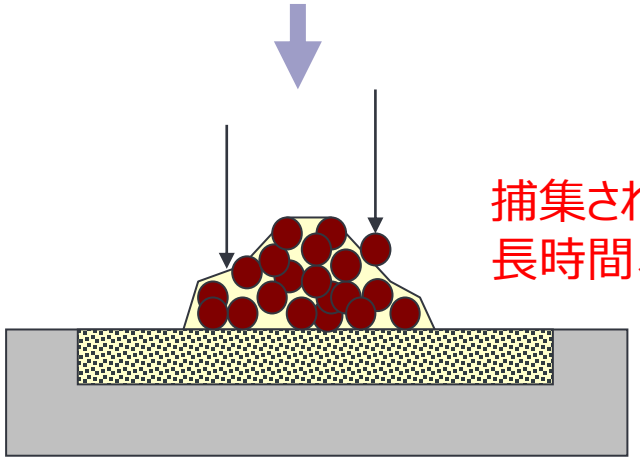
シンタード(多孔質金属)捕集板

… 長時間の測定が可能。測定後のサンプルの秤量や組成分析は不向き。



真空ポンプオイルを染ませてある

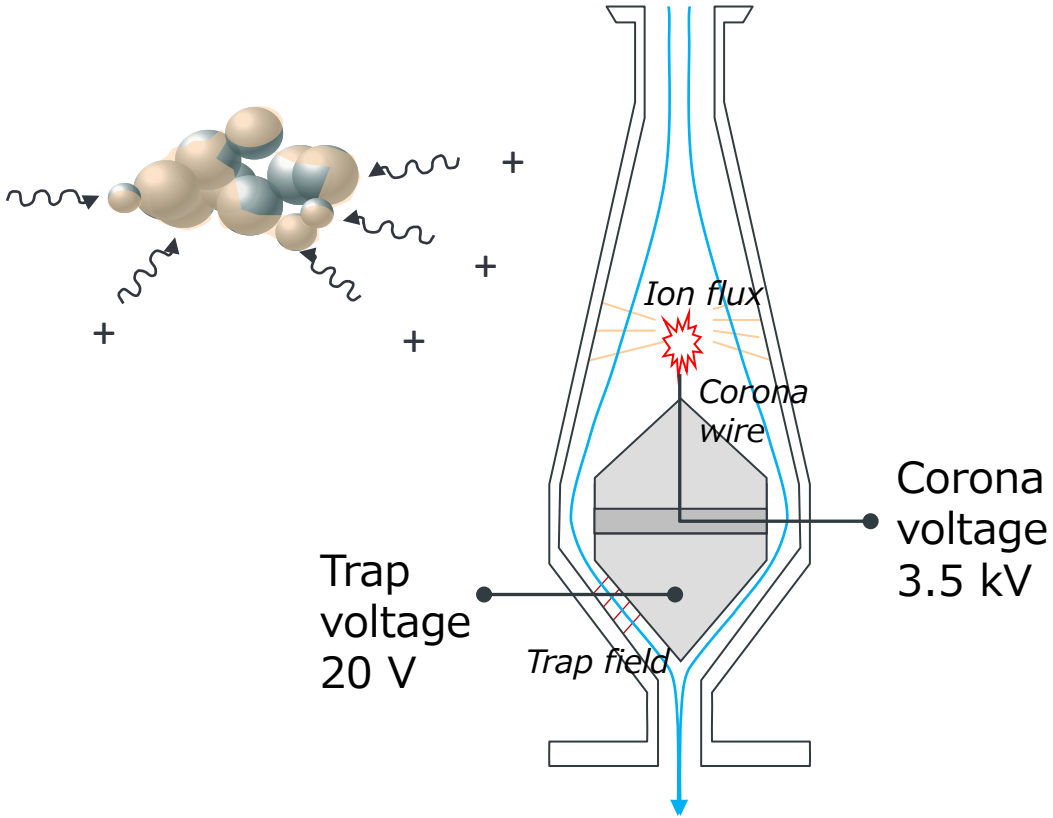
Oil seeps up due to capillary effect

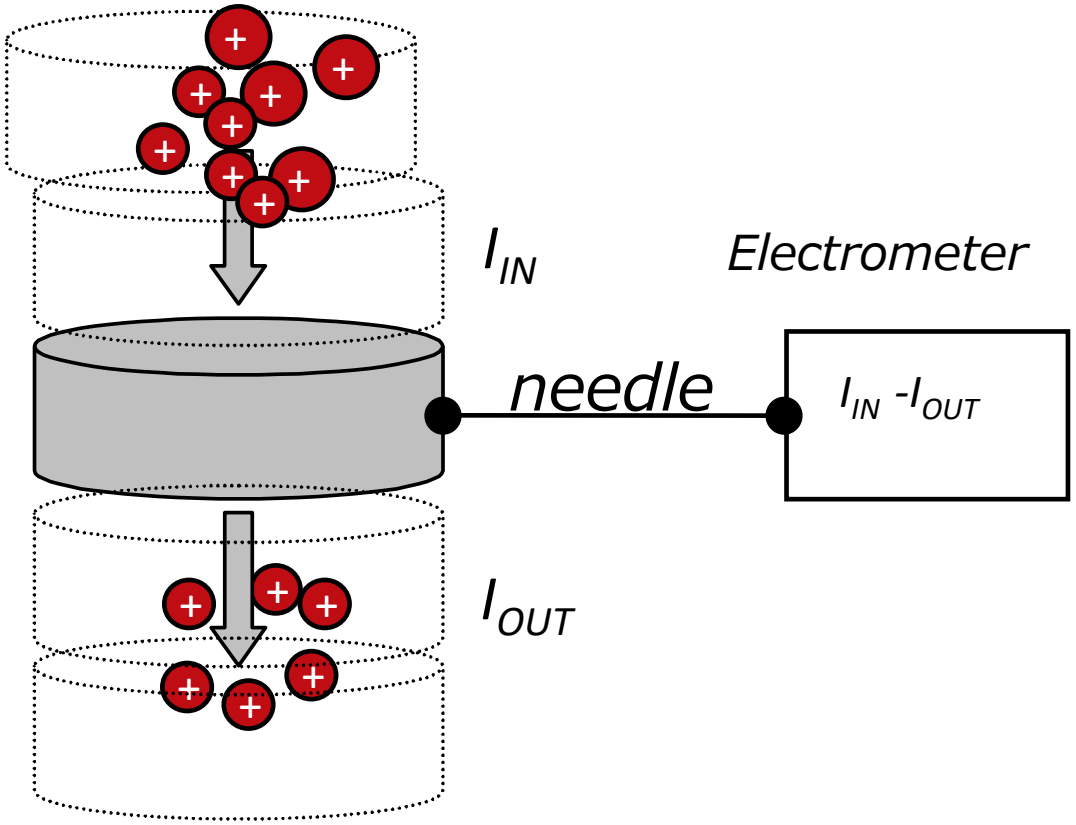


捕集された粒子にオイルが浸透する為、長時間、飛散の心配がない

Sintered collection plate

粒子検出の仕組み
～ コロナチャージ×エレクトロメーター ～



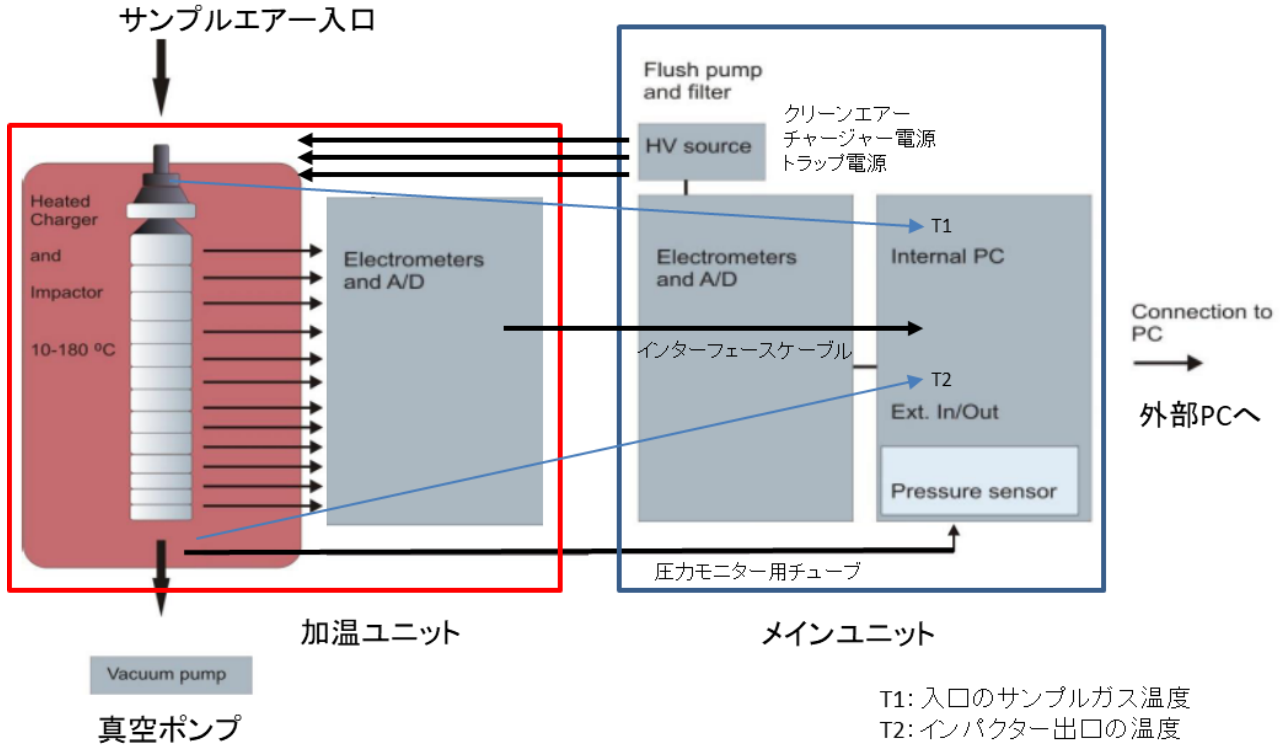


単極(＋)チャージャーにてイオン流を与え続け、粒子は飽和するまで拡散荷電状態となる。
余ったフリーイオンはトラップで回収される。

各ステージ間は完全に絶縁されており、独立したファラデーケージとなっている。
粒子の材質に対する依存性はない。
そこに運ばれた電流が直ちに計測される。

HT-ELPI＋［高温対応電子式低圧インパクター］

（左側：ELPI＋本体、右側：ヒーターユニット）



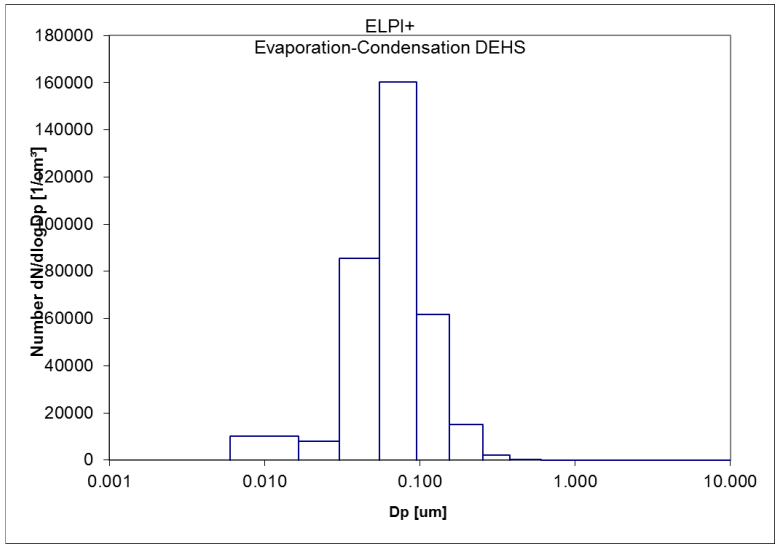
HT-ELPI＋は、チャージャ部およびインパクタ捕集部を最高180℃まで加熱できるので、高温のエアロゾルを冷やすことなくダイレクトに測定することができる。これによりサンプル粒子の水分凝縮等を抑えながら測定を行う。

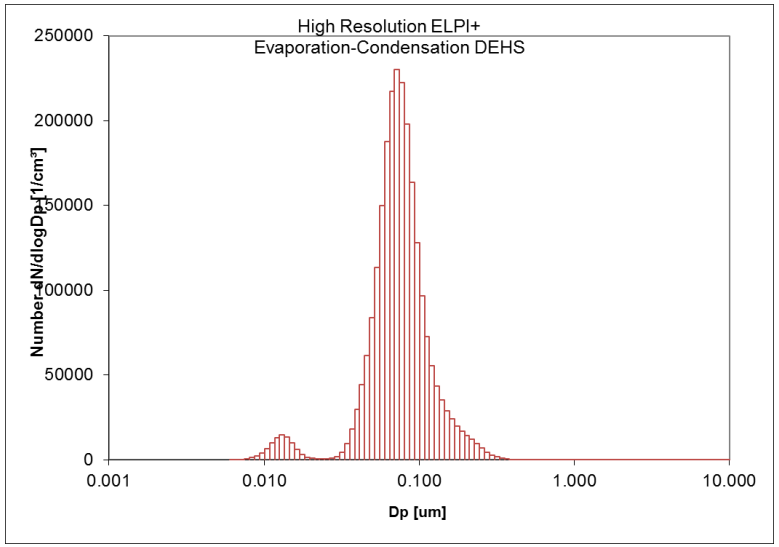
チャージャ部およびインパクタ捕集部はELPI＋本体から分離され、専用のヒータユニットに組込まれる。
HT-ELPI＋はオプションで最高500チャンネルの高分解能を有するHR/HT-ELPI＋にアップグレードすることも可能。

測定データ例（個数濃度粒径評価）

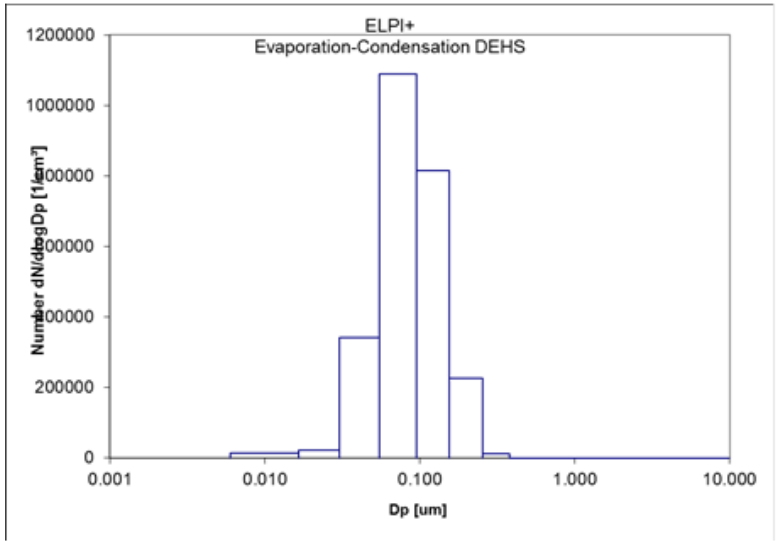
凝縮エアロゾル発生器による セバシン酸ジオクチル（通称 DOS）ミストの測定例 (左：ELPI+、右：HR-ELPI+)

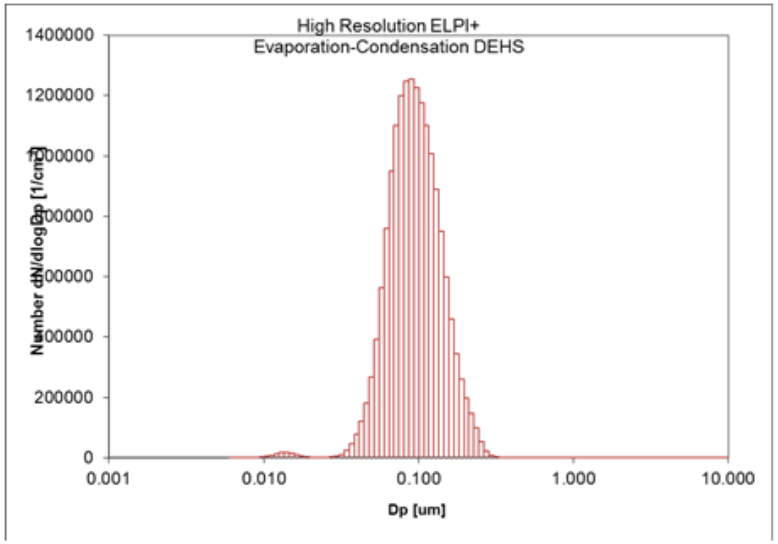
Evaporation-condensation generator DEHS (95 °C)





Evaporation-condensation generator DEHS (temperature 125 °C)





CCS：Carbon dioxide Capture and Storage

その他基礎研究事例(CO_2吸着液イオン液体の粒径分布計測)

イオン液体：

アニオンおよびカチオンのみで構成される液体。揮発性が無い、燃えない、電気を通すなどの性質を持つ。
CO_2吸着能力を有するものもあり、単体利用やアミンと混合させた利用法などの研究が進んでいる。
イオン液体をミスト化し比表面積を向上させることにより、効率的にCO_2を回収することが可能となるため、
ミスト化手法による粒径分布への影響を知るために粒径分布計測が求められる。

<u>計測上の課題</u>

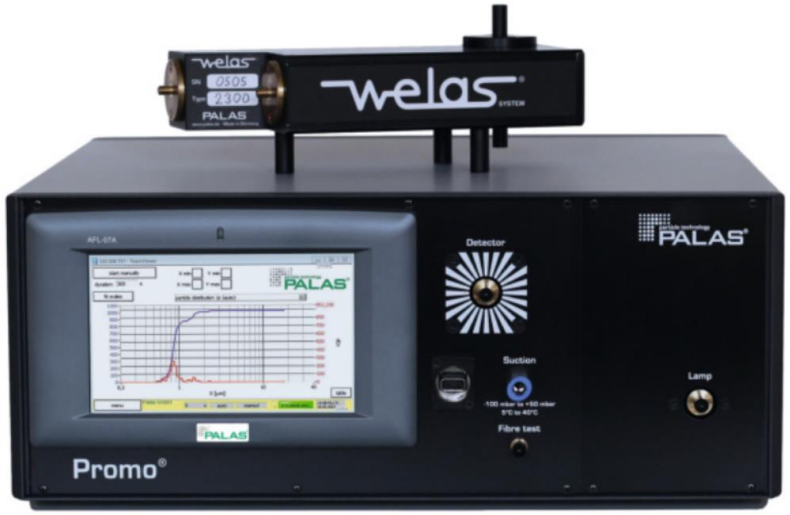
・イオン液体は揮発しないため、計測装置内に残留し、故障の原因となる可能性がある。
・腐食性を有するイオン液体の場合、計測装置内部の耐腐食性が求められる。

イオン液体ミストの粒径分布計測装置として

エアロゾルスペクトロメーター　Promoシリーズ

Promoシリーズ［エアロゾルスペクトロメーター］

（上部：エアロゾルセンサー、下部：コントローラーユニット）

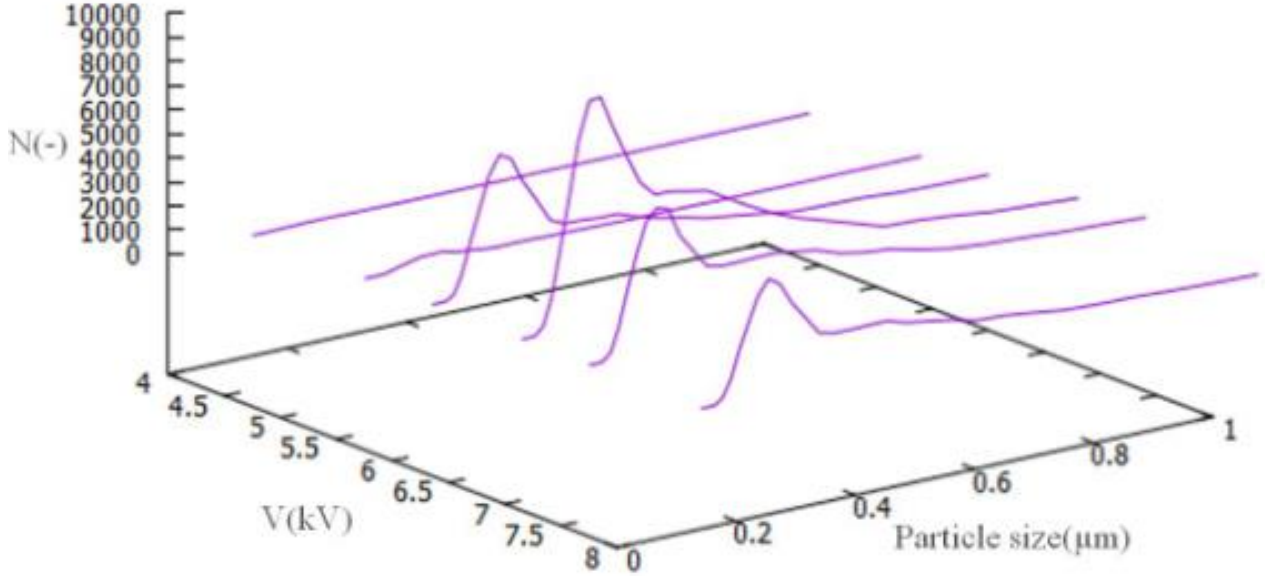


PALAS社Promoシリーズは、0.2~105 μmのエアロゾルの粒径分布計測装置。
256チャンネルの粒径分解能を有する。
最大の特徴は、エアロゾルセンサーと、光源やスペクトロメータを有するコントローラーユニットが切り離された構造を有すること。これにより、エアロゾルセンサー内の清掃をユーザーサイドで簡易に行うことができる。

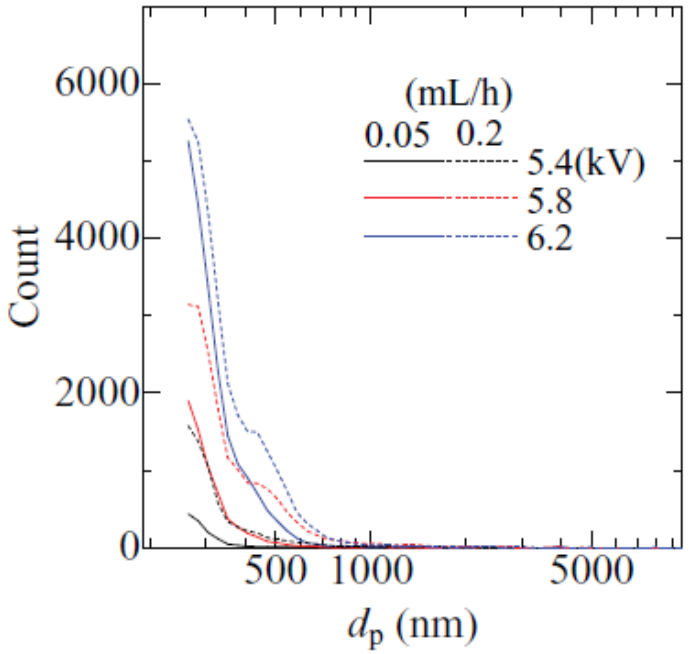
エアロゾルセンサー内部でサンプルエアロゾルと接触するのはステンレス(またはアルミニウム)とガラスのみの為、ミスト状のイオン液体やオイル、腐食性ガス中の微粒子計測を行った場合も、使用後すぐにクリーニング可能。簡易校正もユーザーサイドで実施可能なため、継続的でシームレスな運用が可能。

測定データ例（粒径分布評価）

光散乱法(welas digital※Promoシリーズの同型機)で計測されたエレクトロスプレー法により生成されたイオン液体微粒子の粒径分布
（左：印加電圧別、右：印加電圧と流量別）



出典：高奈秀匡氏ら(2019) 科研費 研究成果報告書より
https://kaken.nii.ac.jp/file/KAKENHI-PROJECT-16H04262/16H04262seika.pdf



出典：Takana, H., Yamamoto, K., Makino, T., & Kanakubo, M. (2020). Improvement of CO_2absorption by ionic liquid electrospray. *EPL*, *131*(3), [34002]. https://doi.org/10.1209/0295-5075/131/34002

粒子計測に関する装置は
東京ダイレック(株)にご相談ください

営業部　TEL：03-5367-0891　FAX：03-5367-0892
Mail：info@tokyo-dylec.co.jp

Dylec 東京ダイレック株式会社