

振とうせずに回すだけ、イオン液体は抽出を変える！

甲南大学 理工学部 機能分子化学科
教授 茶山 健二

2024年2月29日

溶媒抽出法（従来技術）とは？

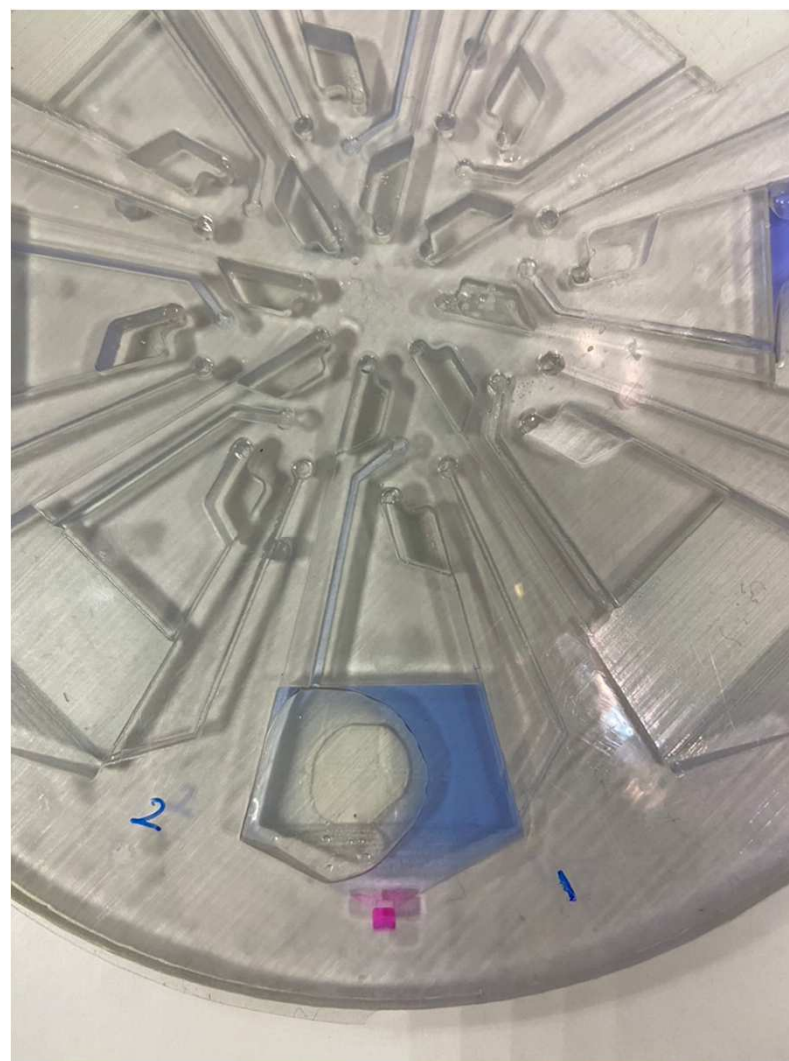
溶媒抽出法は、**古典的な分離手法**である。
水と混じり合わない油を用いて、水の中の成分を油の中に抽出する方法である。
現在でも、**研究室レベル、プラントレベル**の抽出は多くの産業で多用されている。
これが現在の溶媒抽出のスタンダードである。

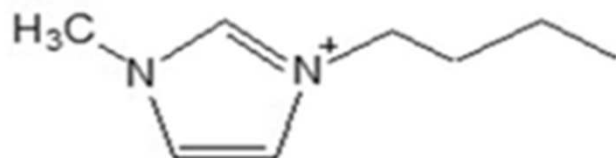


古典的抽出の問題点

- ベンゼン、クロロホルム等の有機溶媒を使用するため、
 1. 人体に有害な揮発性化合物が多く使用される
 2. 2相を混合するため振とうの必要がある(振とう時間要)
 3. ガラスの耐圧製容器を使用する(プラスチック不可)
 4. 微小容量に対応できない(新規デバイス創製の必要性)

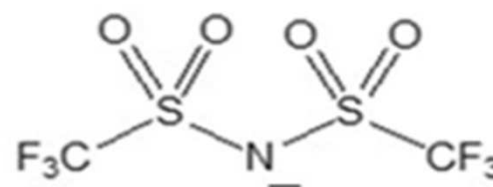
古典的分液ロートからの革新的進化！





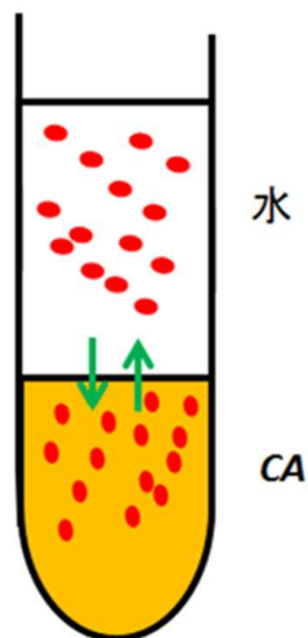
C = 1-ブチル-3-メチルイミダゾリウムイオン

+



A = ビス(トリフルオロメタンスルホニル)イミド

従来法



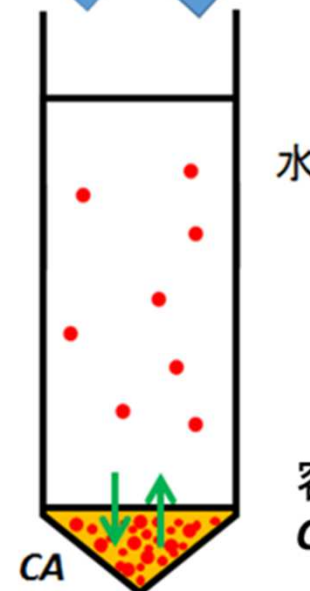
Aqueous phase

Ionic Liquid phase

本法

1M, CCl 1ml

1M, LiA 1ml



容器内で少量の
CAを生成する

沈殿平衡とイオン液体生成平衡の類似点

異相形成平衡



難溶性塩の溶解平衡

沈殿平衡 (無機固体生成)
イオン液体生成平衡 (有機イオン液体生成)

結晶成長が不均一、平衡に達する時間は遅い
イオン液体は均一、平衡に達する時間は速い

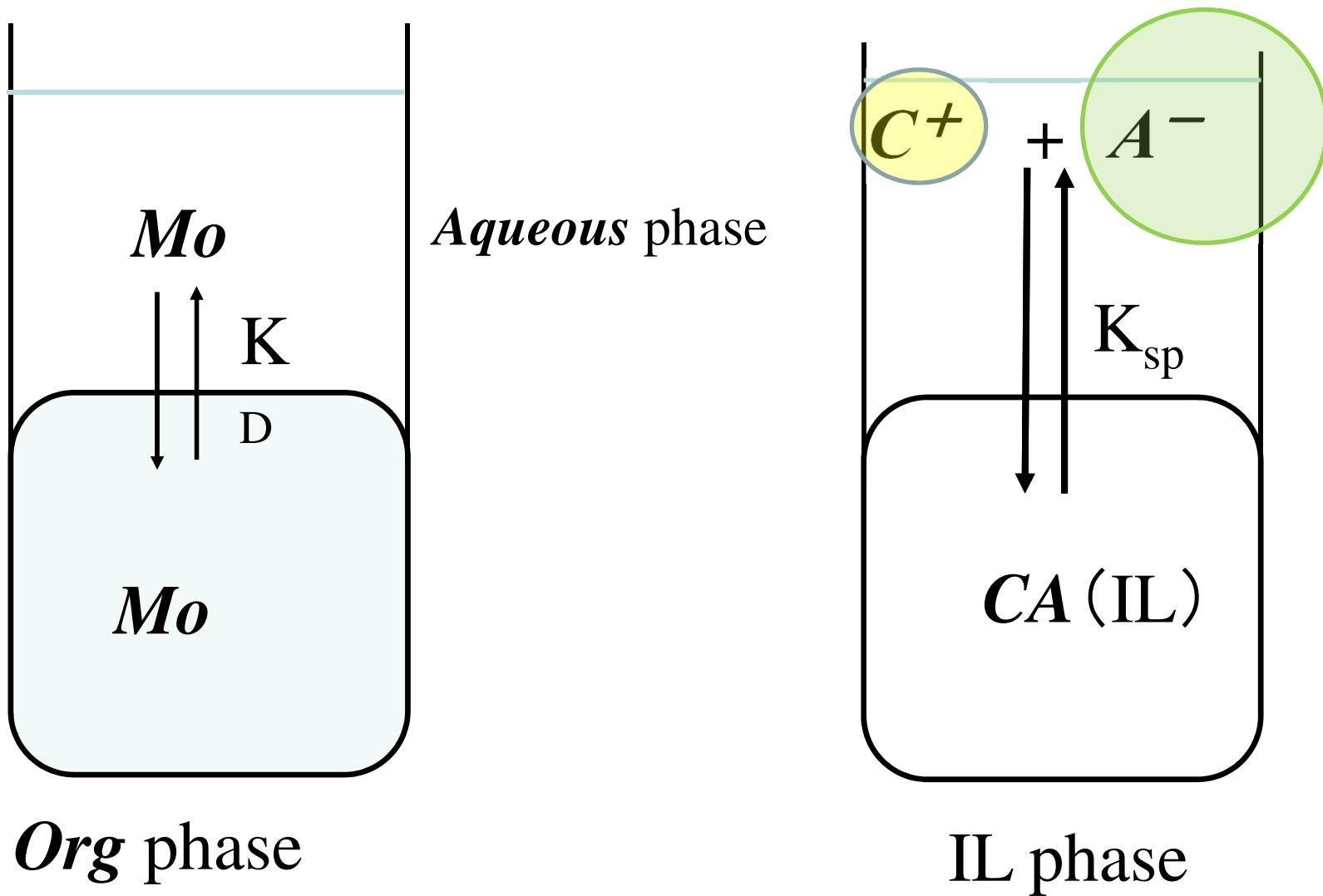
K_{sp}

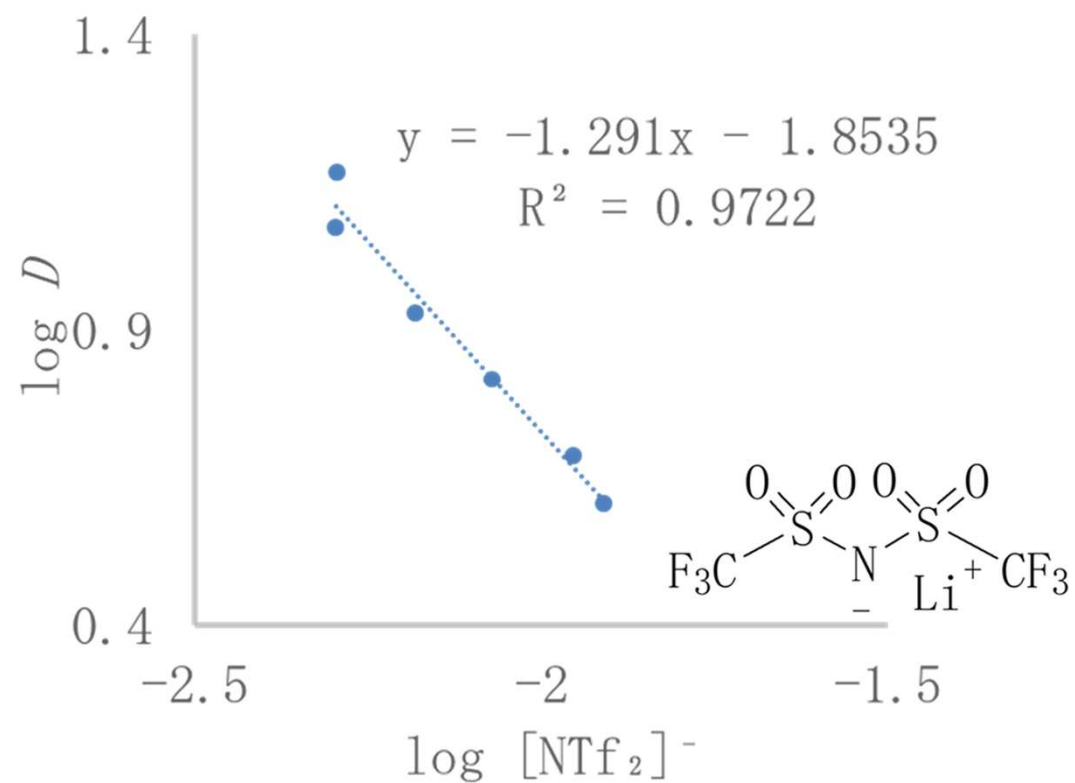
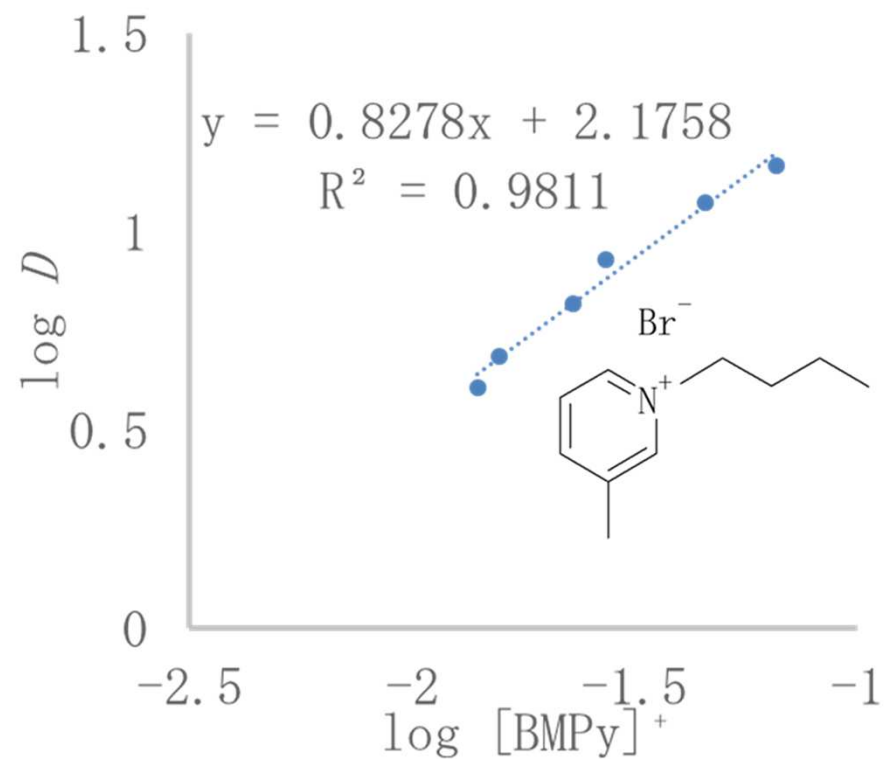
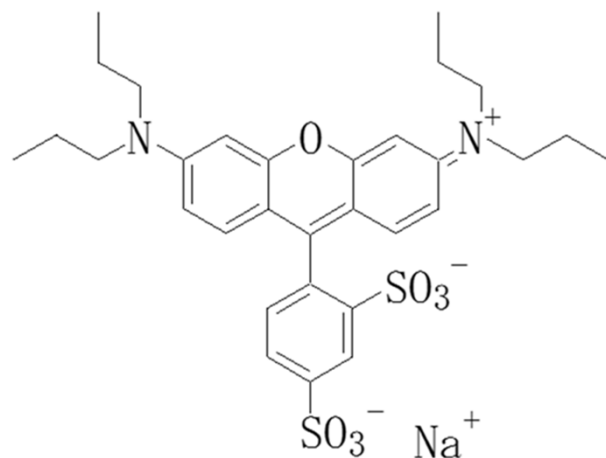
共通イオン効果

共同沈殿、(吸着、イオン吸蔵)
共抽出 (中性錯体、イオン交換)

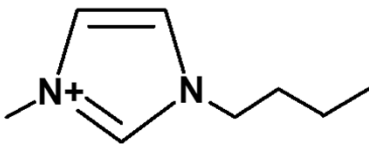
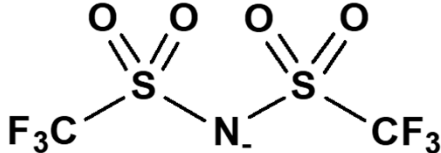
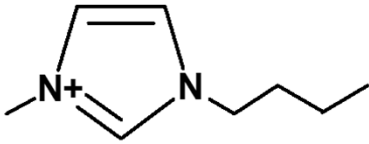
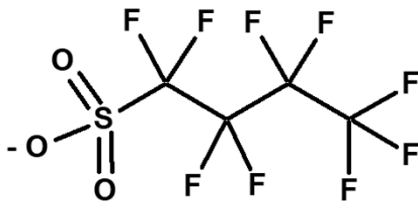
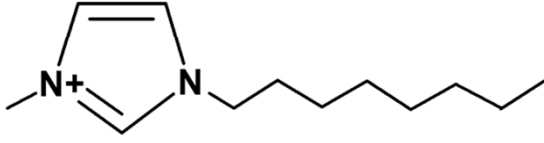
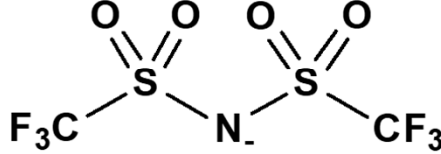
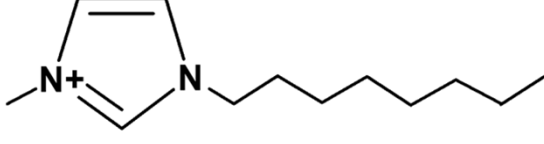
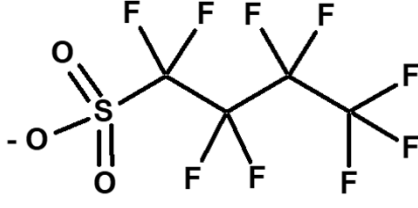
固溶体生成
異なる組成のイオン液体
ex) $C_x C_y A$ or $C A_p A_q$







鉄-ビピリジン錯体をイオン液体で抽出する

Name	Cation structure	Anion structure
[BMIm][NTf ₂]		
[BMIm][NFBS]		
[OMIm][NTf ₂]		
[OMIm][NFBS]		

共抽出の方が迅速に抽出された、振とう時間0の場合も

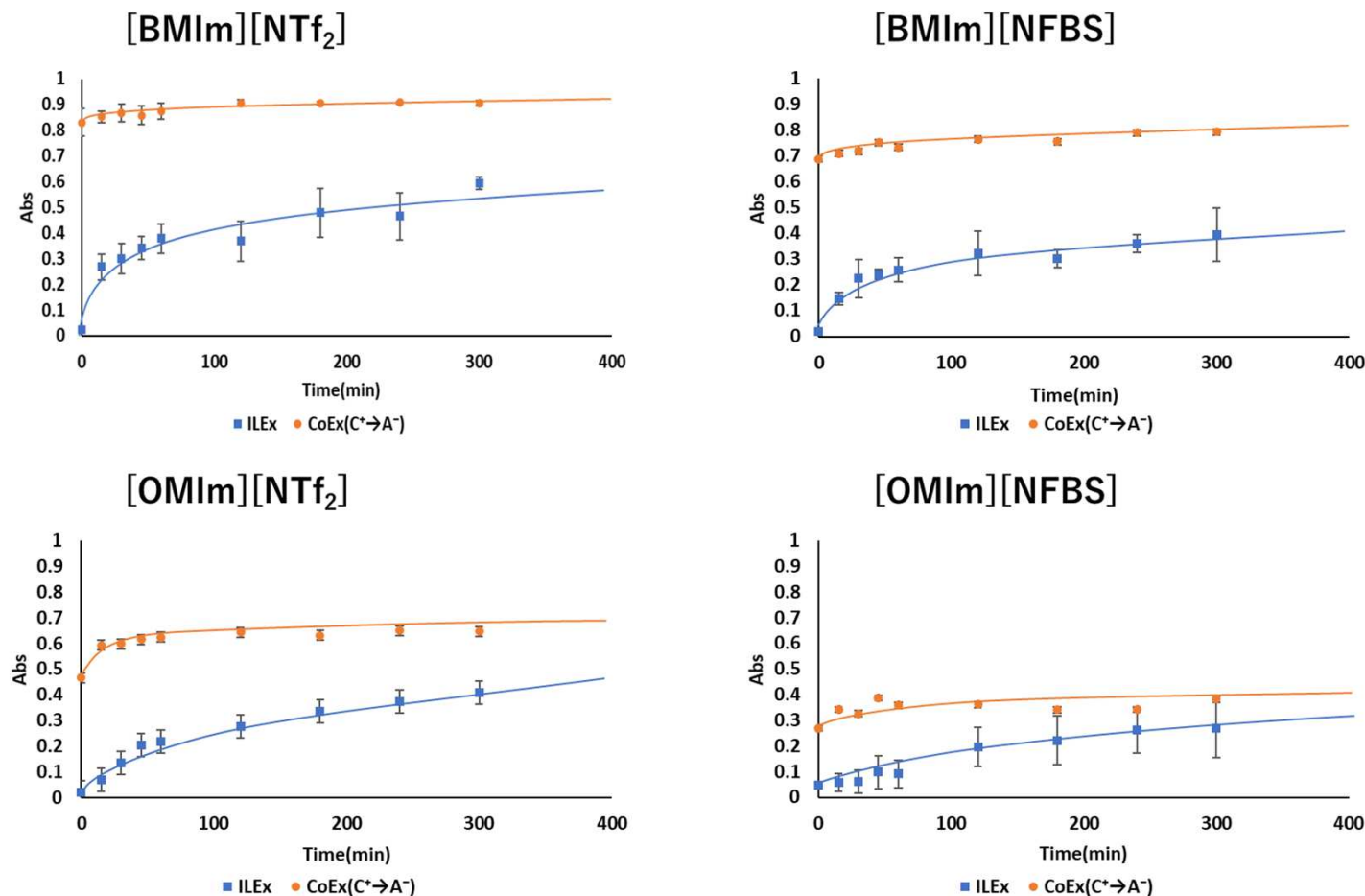


図1 従来の抽出方法と共抽出法の比較

〈鉄ビピリジン錯体の抽出における振とう時間の影響〉

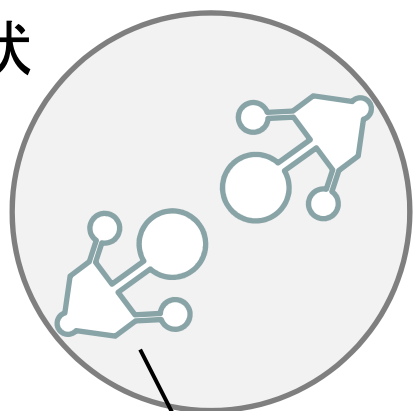
イオン液体（IL）生成共抽出法にすれば！

- 1. ILは揮発性がほとんどない！
- 2. プラスチック製容器が使用可！
- 3. 共抽出法なら振とう時間不要！

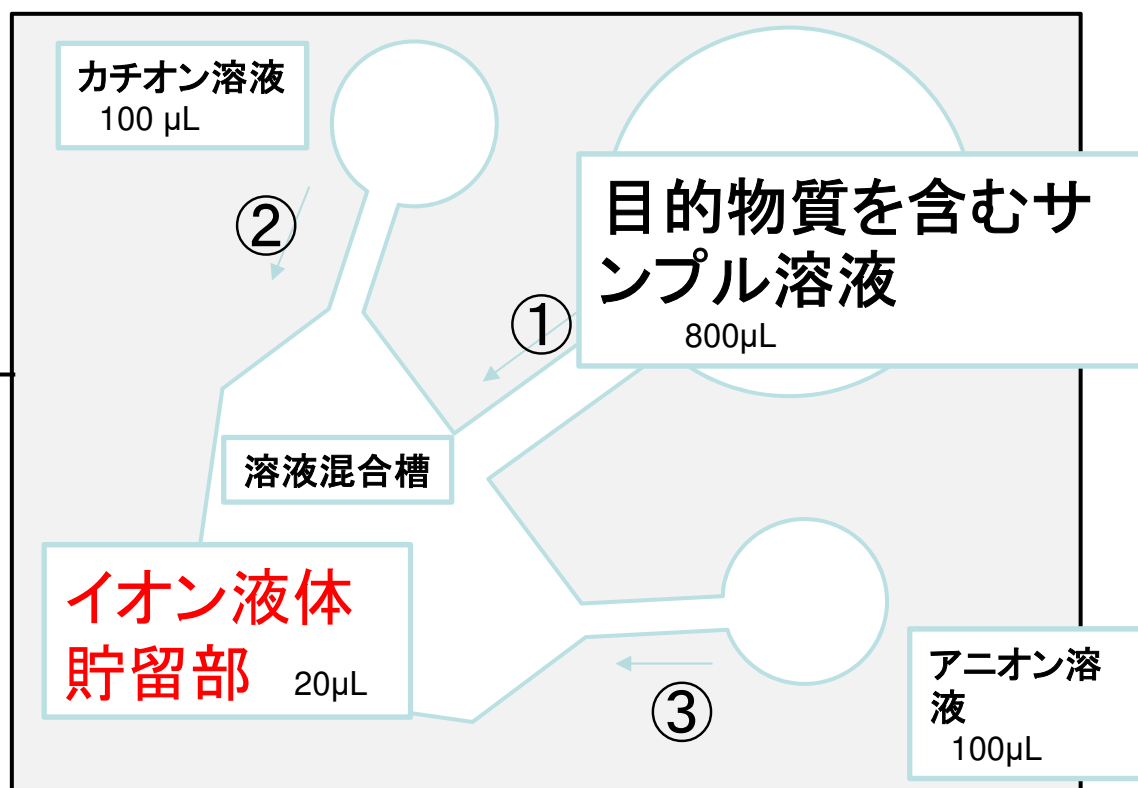
次世代の抽出デバイスの概念

基本概念

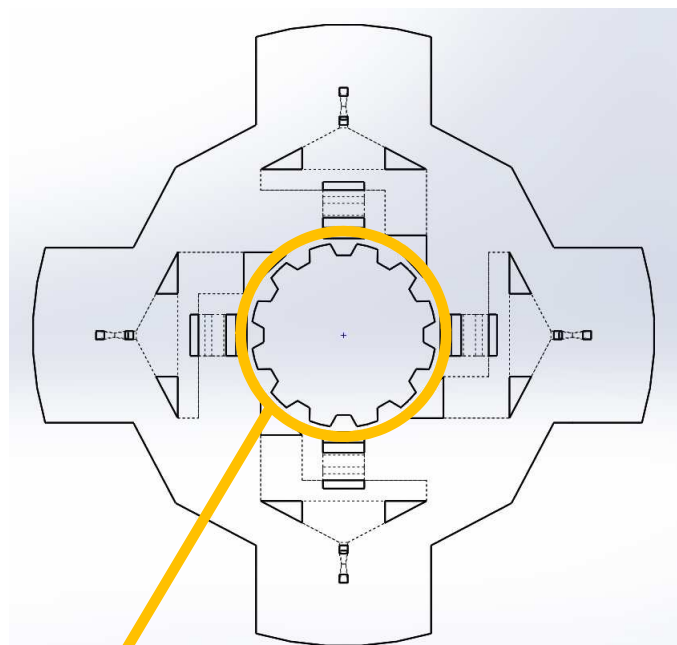
円盤状



流路の差によって
流れる量を制限
→順に流れるようにする



ラボディスクでの抽出

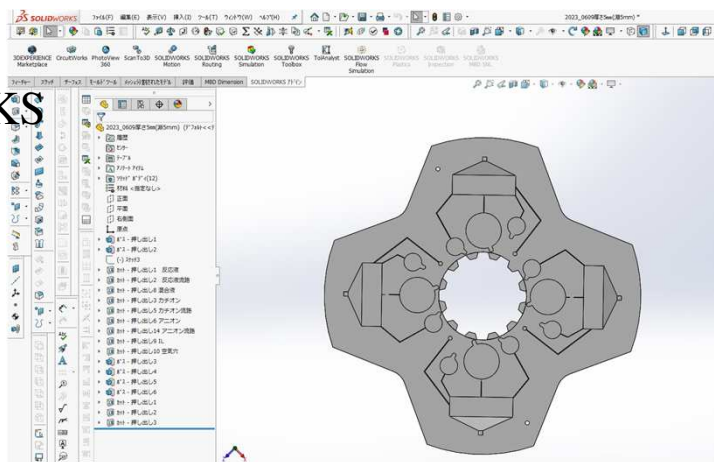


遠心機の回転軸に
合わせた設計



遠心機の内部

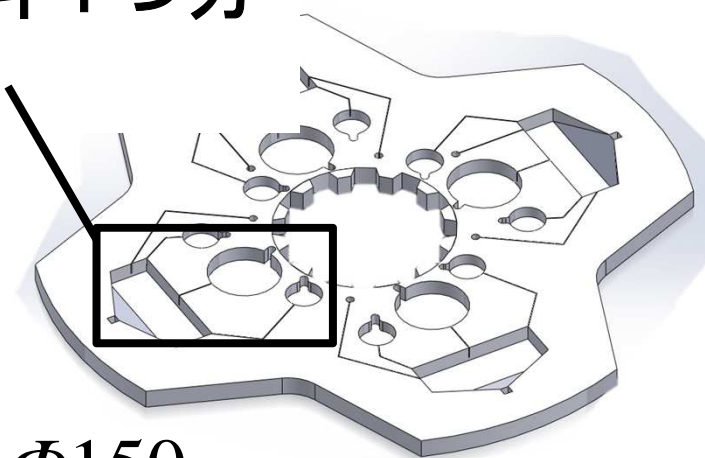
設計ソフト SOLID WORKS



3Dプリンタ Stratasys Objet260 Connex3



分液漏斗1つ分
に相当



$\Phi 150$
 $t=5$

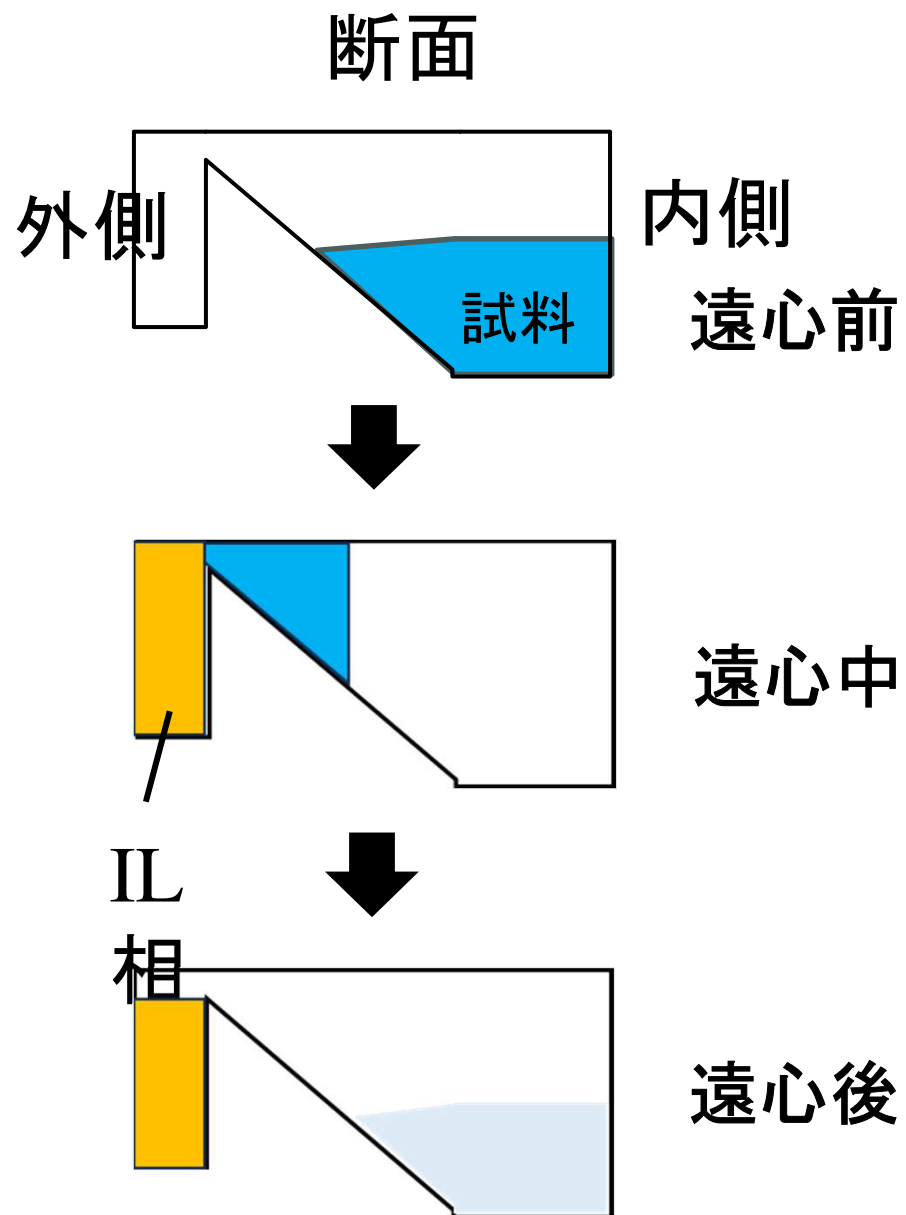
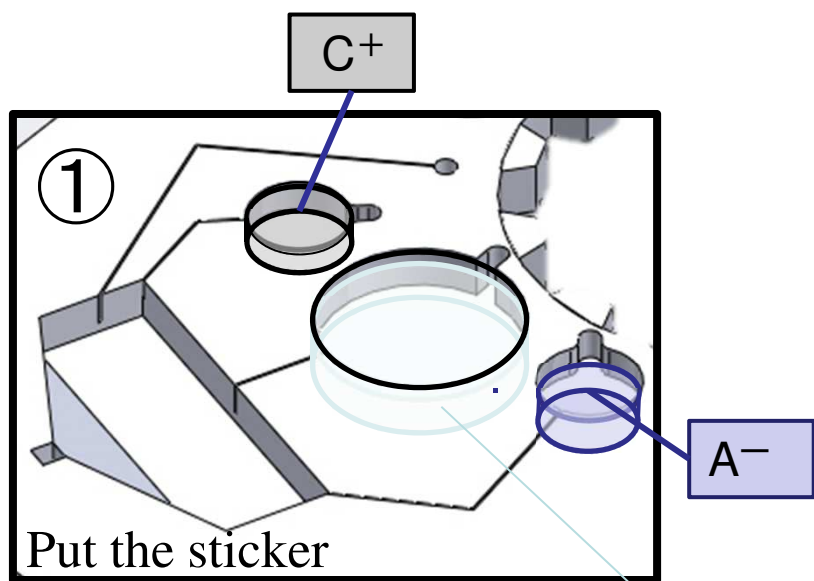
溶液の混合
(流路差によって制限)

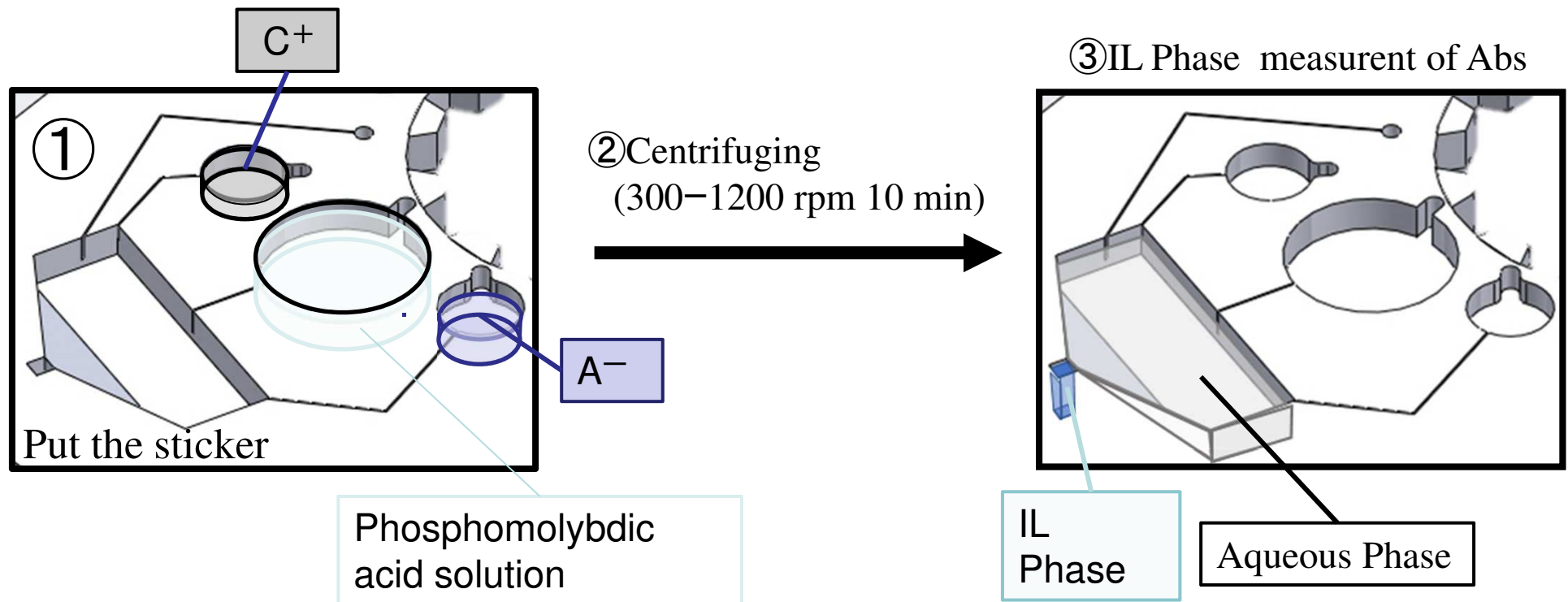


遠心分離

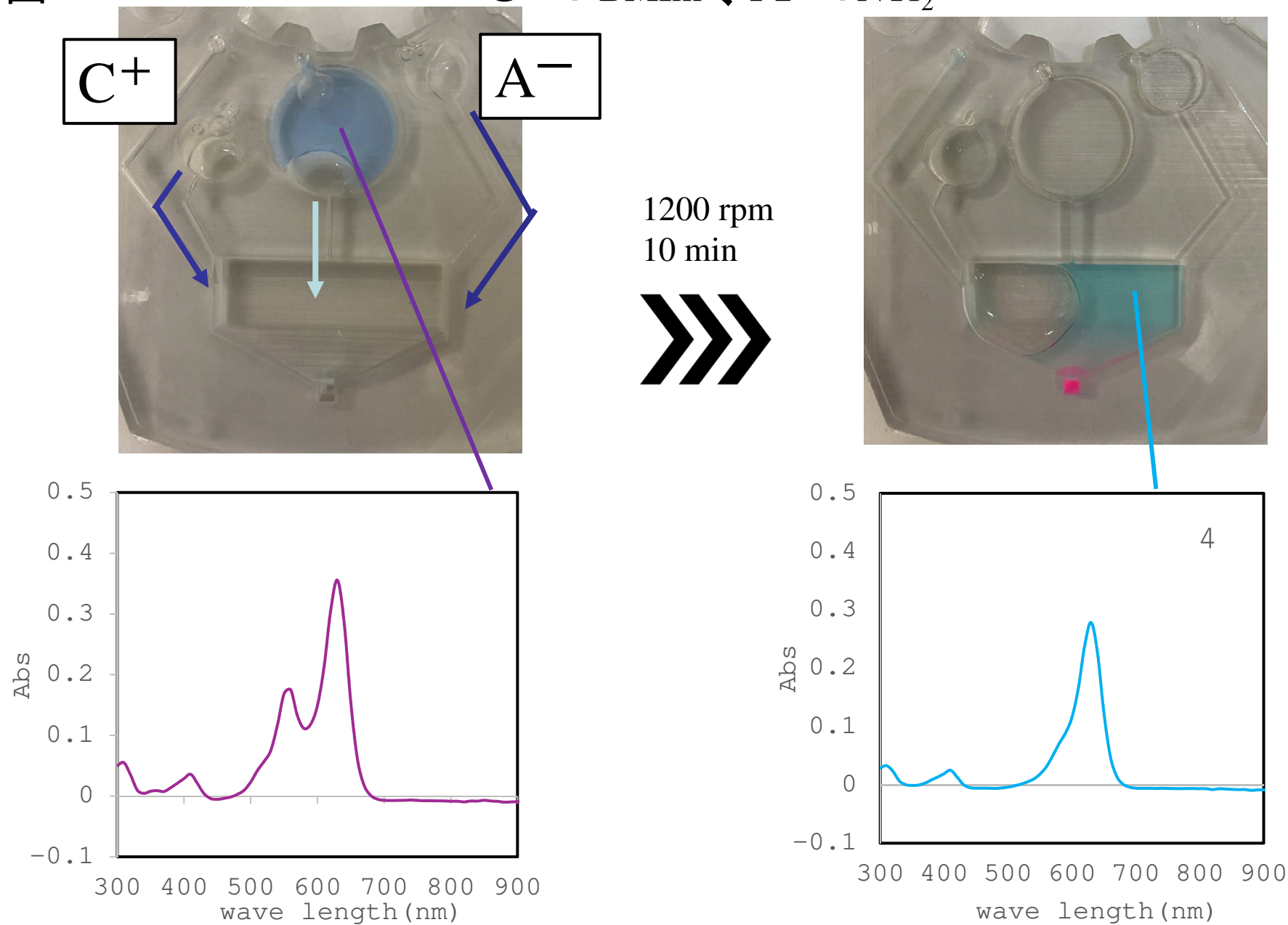


IL生成



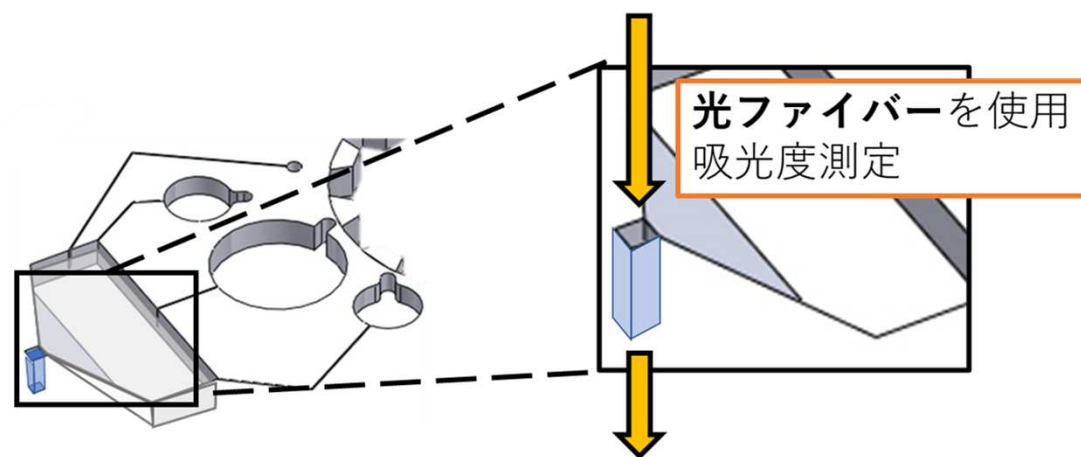


ローダミンB($2.0 \times 10^{-5} \text{M}$):ブリリアントブルー($2.0 \times 10^{-5} \text{M}$)=1:2のIL
共抽出
 C^+ : BMIm、 A^- : NTf₂





分離と同時に吸光光度法で定量



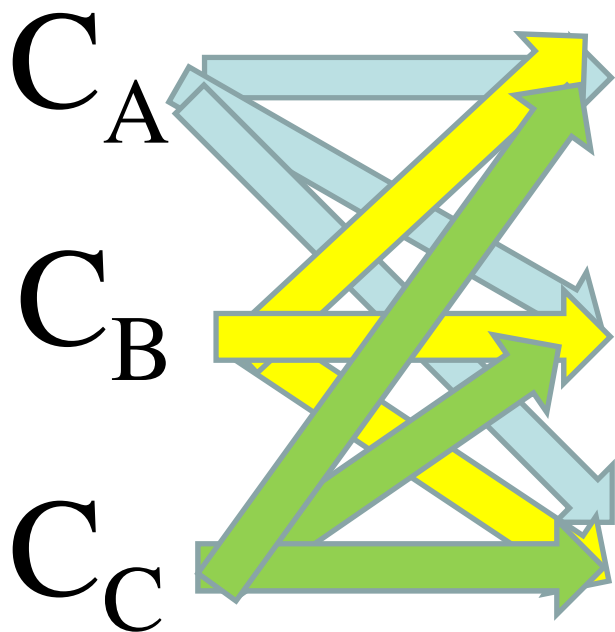
イオン液体抽出のメリット(従来技術との比較)

- ・イオン液体にはプラスチックあるいは樹脂製の容器が使用できる。
- ・イオン液体は蒸気圧が低いため、人体への吸収毒性をほぼ0にできる。

共抽出法のメリット

- ・共抽出では、振とうしなくても分配が完了している。(抽出を迅速に行える)
- ・共抽出法ではカチオンの種類 × アニオンの種類の数のILを試験できる

陽イオン、陰イオンが最適のイオン液体を探索したい



A_p

Combination of 3 cations and 3 anions produce 9 systems.

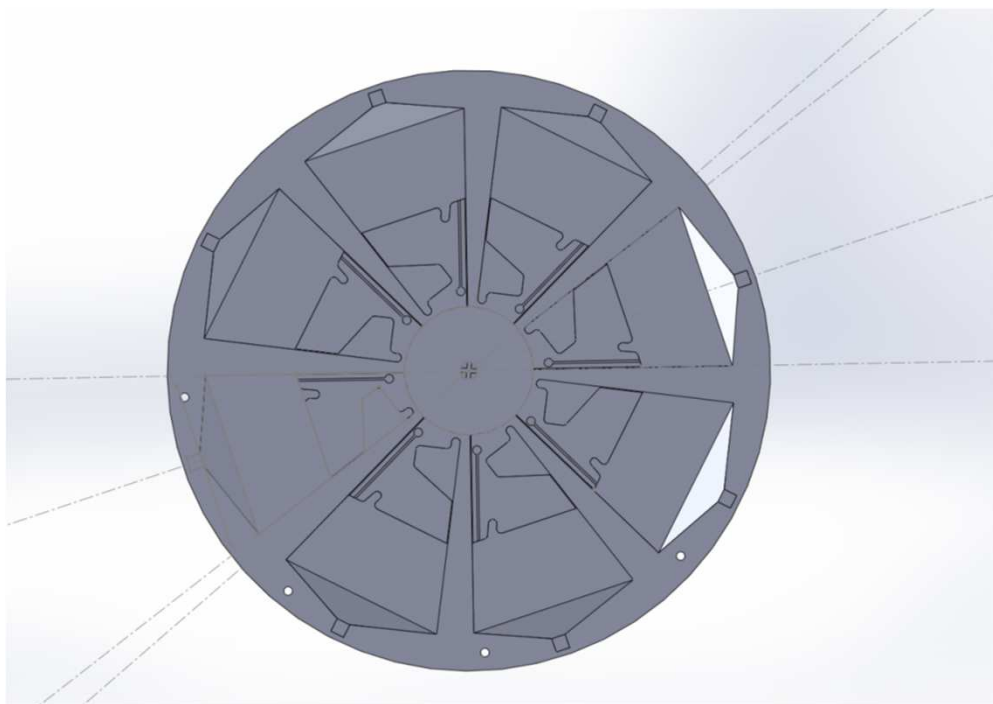
A_q

How about the costs and time to synthesize 9 ILs?

A_r

Combination of mixtures of more than 2 cations and 2 anions

抽出デバイス作成のメリット



8ポートディスク(スピナー用)

- ・1枚のディスクを操作することで**複数の抽出**が可能になる。

(抽出ユニット1つが分液漏斗1個に相当する。)

- ・**最適イオン液体探索**を短時間で行う。

- ・この抽出操作を行いながら、**吸光光度定量、蛍光定量**が可能になる。

- ・濃縮分離後のILサンプルを**分取**し、他の分析手段に供することが出来る。

中央に共通のアニオンリザーバー

多サンプル抽出のためのディスク作成



多数のサンプルを同時に処理するためには**多く**の**抽出ユニット**を装置内に持つ必要がある。

今後の目標(想定される用途)

- 現代の分離・濃縮のトレンドは固相抽出である。
- IL生成を用いる液-液抽出は固相抽出を凌駕できる
- リン酸イオンのような環境試料、DNA等生体試料の抽出
大麻等違法薬物、ドーピング検査、超微量分析
- 吸光光度法、蛍光光度法を可能とする装置開発

想定される3つのビジネスと課題

- 用途に適したデバイスの販売・普及
- 樹脂製デバイスの大量生産が必須（金型メーカー）
- デバイスを駆動する装置の開発
- 分光分析装置メーカーと遠心機メーカーの協業が必要
- 用途に適したイオン液体を生成する水溶液の販売
- 試薬メーカー、リサイクル企業との協業が必要

本技術に関する知的財産権

- ▶ 発明の名称 : 物質の抽出装置
- ▶ 出願番号 : 特願2023-047120
- ▶ 出願人 : 甲南大学
- ▶ 発明者 : 茶山健二、高津貴正

お問い合わせ先

**甲南大学
フロンティア研究推進機構**

TEL 078-441-4547

FAX 078-435-2324

e-mail sangaku@ml.konan-u.ac.jp