

# 自己吸着流路壁を利用した 3D 紙流路デバイス

東京薬科大学 薬学部 医療薬物薬学科  
助教 森岡 和大

2023年 8月 29日

# ポイントオブケア検査分野の現状 (Point-of-care testing: POCT)

## POCT

患者身辺で実施する検査

- 結果の早期取得
- 治療方針の迅速な決定

→患者の QOL 向上に貢献



ベッドサイド・診察室

- 検体
- 患者



- 中央検査室
- 検査センター

小型機器を用いて“その場”で検査を実施



## 国内 POCT 市場規模推移

出典：矢野経済研究所。“No.3072 POCT市場に関する調査を実施(2022年)”，2022/09/07, [https://www.yano.co.jp/press-release/show/press\\_id/3072](https://www.yano.co.jp/press-release/show/press_id/3072), 参照 2023-08-02.



中小規模の医療施設



居宅



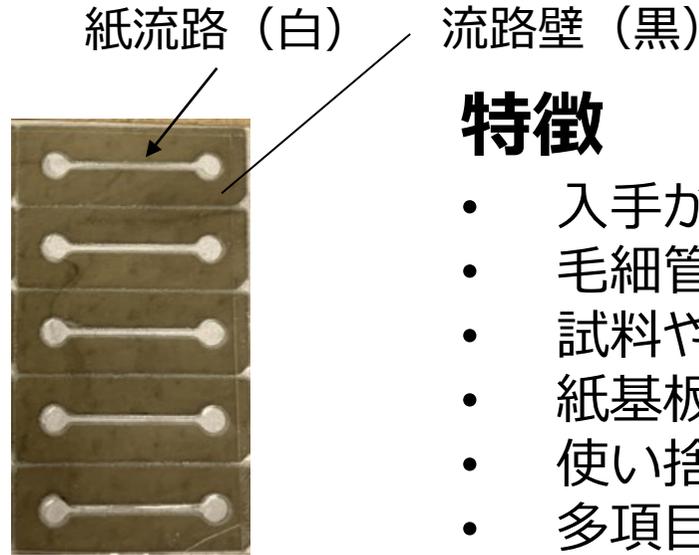
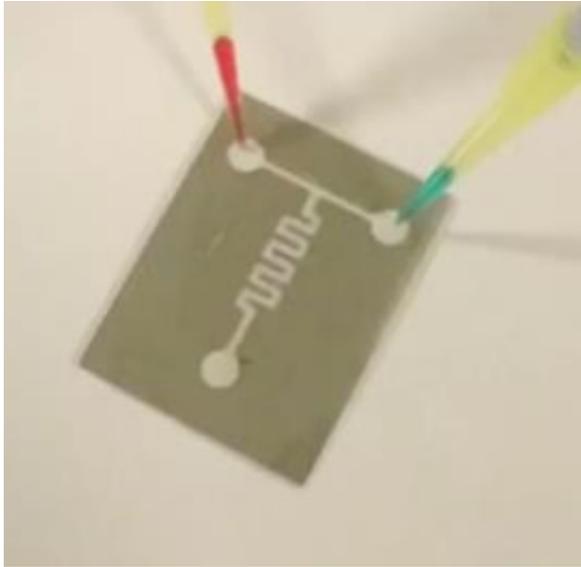
災害発生時 (避難所)

より簡便かつ迅速に診断可能な  
新たな医療検査ツールの開発が望まれる

# 紙流路デバイス

(Microfluidic Paper-based Analytical Device:  $\mu$ PAD)

紙製の流路を利用して分析を行うデバイス



## 特徴

- 入手が容易で低コストに製造可能
- 毛細管現象を利用したポンプレス送液
- 試料や試薬の消費量の削減
- 紙基板への試薬の乾燥塗布
- 使い捨て使用可能, 廃棄も容易
- 多項目検査に利用できる

## 応用



### 医療検査

バイオマーカー計測



### 環境分析

環境汚染物質の測定



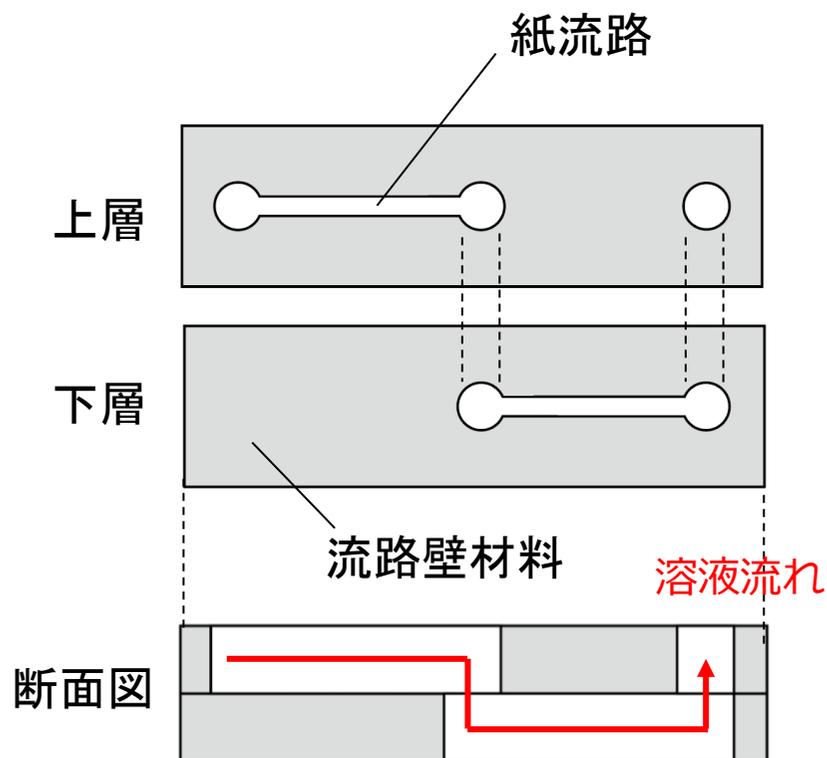
### 食品分析

品質管理, アレルゲン検査

幅広い分野での利用が期待されている

# 3D 紙流路デバイス

2008 年に Whitesides らによって報告



3D 紙流路デバイスの例  
(2 層構造)

平面状の紙流路を積層して作製  
→鉛直方向への送液が可能

## 特徴

- 2D $\mu$ PAD の利点
- 多段の操作を要する分析を一枚の紙基板で達成
- 小さなフットプリントで多項目検査を実施可能
- 混合や反応の効率化による分析性能の向上

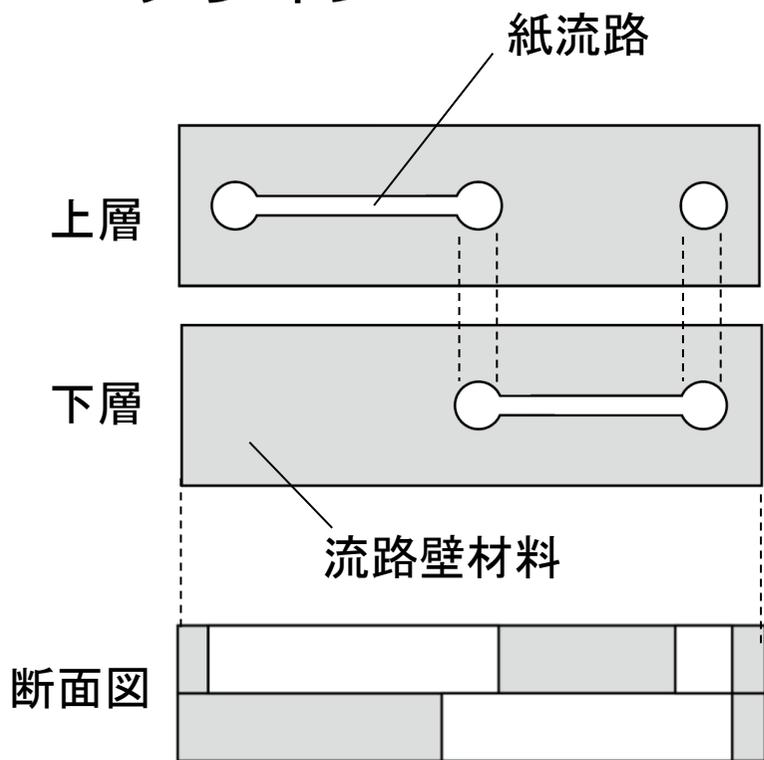
次世代の医療診断ツールに発展する可能性を秘めている

実用化への課題： 作製方法が確立されていない

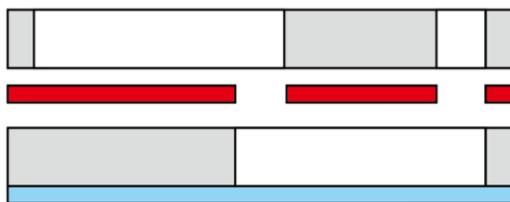
# 従来技術とその問題点

## 従来の 3D 紙流路デバイス作製法

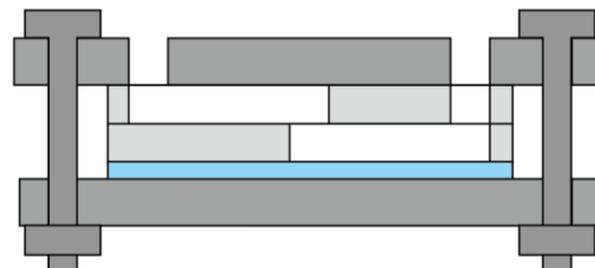
例) 3D 紙流路デバイスの  
デザイン



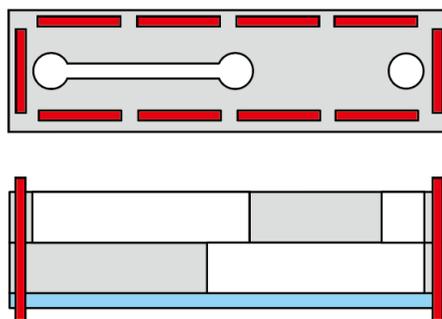
① 両面テープで接着



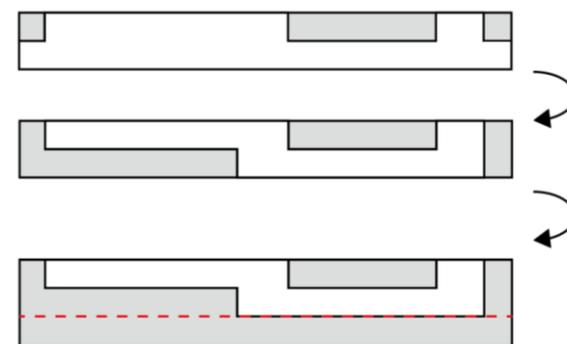
② クランプで圧着



③ ステープルで固定



④ 一枚の紙に両面印刷

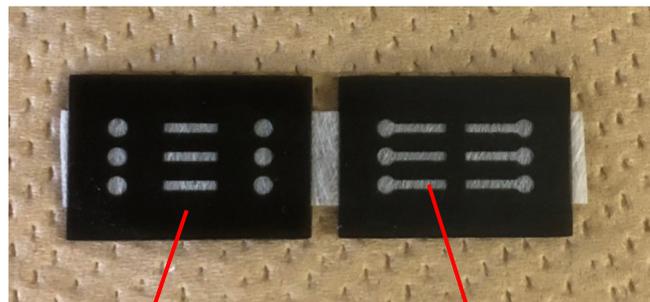


問題：工程の複雑化，熟練の技術が必要，部材や機器の使用，  
溶液リークの発生，積層数の制限など

# 3D 紙流路デバイス(本発明)

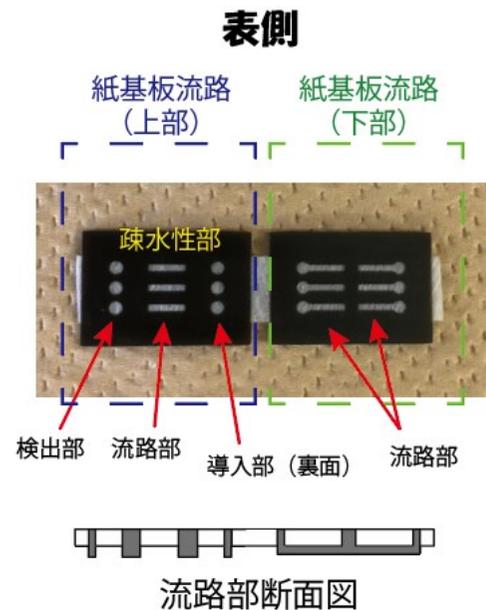
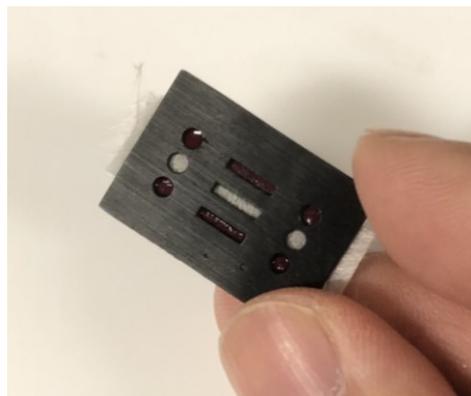
## 特徴

- 自己吸着性を有する疎水性材料を流路壁として利用
- **紙基板同士を貼り合わせる**のみで 3D 紙流路デバイスを作製



紙流路

自己吸着性を有する  
疎水性部

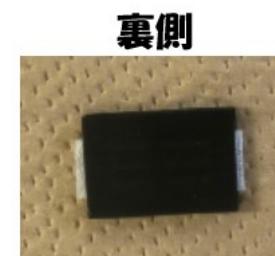
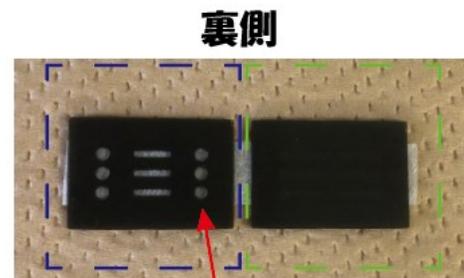


表側を谷折りして  
折り畳み  
(自己吸着力で接合)

表側  
紙基板流路 (上部) 裏側が上面



3D  $\mu$ PAD



3D プリンターを用いる単純な工程で製造可能

## 【新技術の特徴】

疎水性材料でできた流路壁の自己接着性を利用して  
3D 紙流路デバイスを作製できる

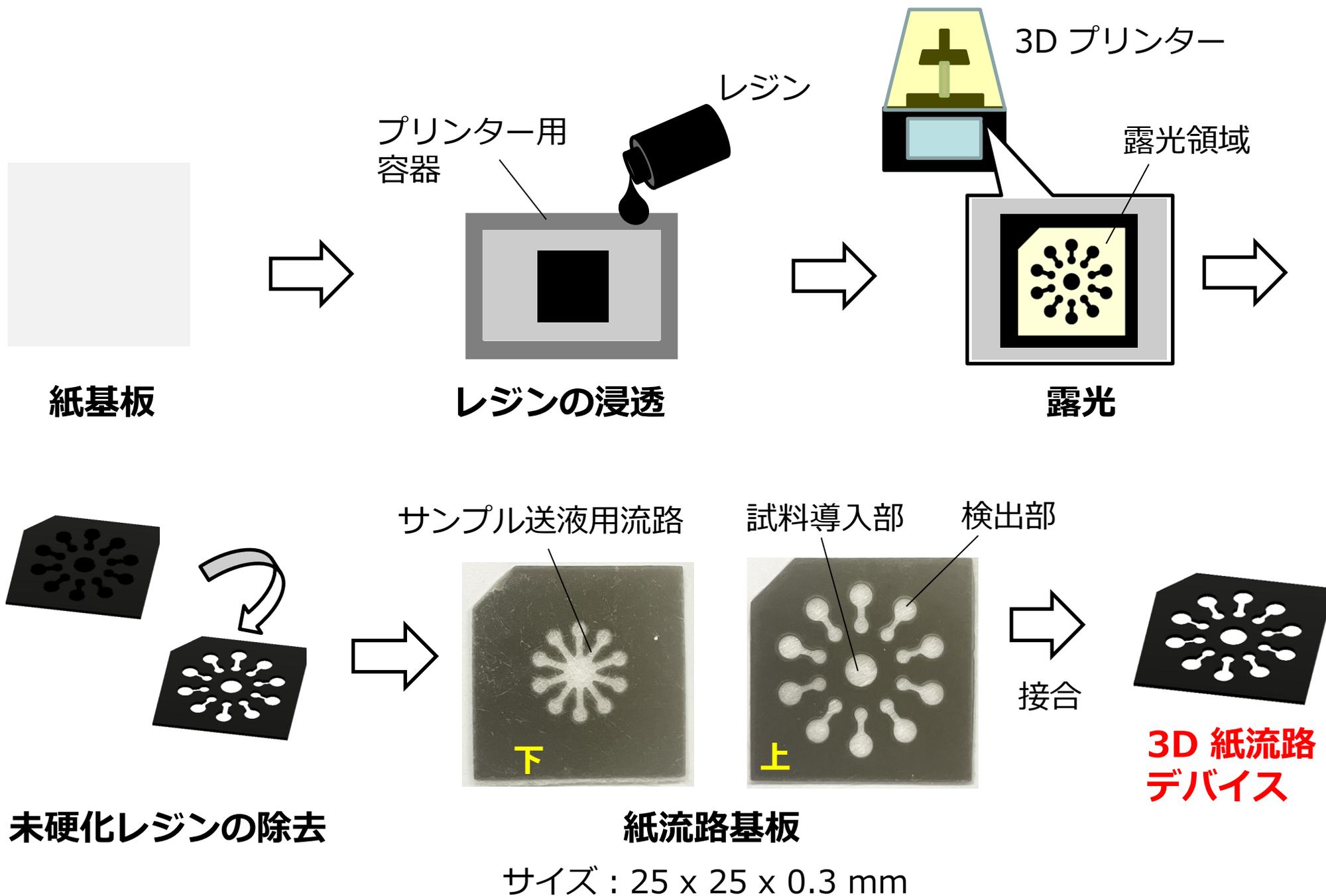
## 【従来技術との比較】

紙流路の製造から 3D 流路化までのプロセスを単純化  
できるため、製造工程を単純化できる

従来の 3D 紙流路デバイス作製技術で必要であった、  
「煩雑な工程」「熟練した技術」「部材や機器の使用」  
を克服できる

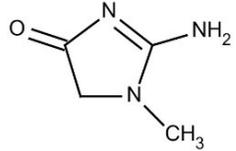
流路壁同士がくっつくため、溶液のリークも解消できる

# 応用例: クレアチニンの測定



# 応用例: クレアチニンの測定

## クレアチニン



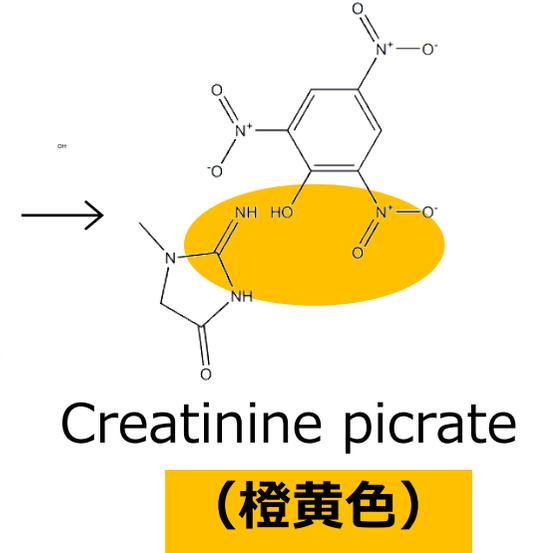
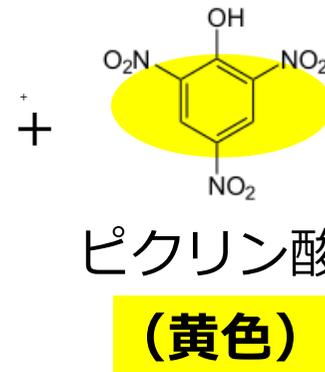
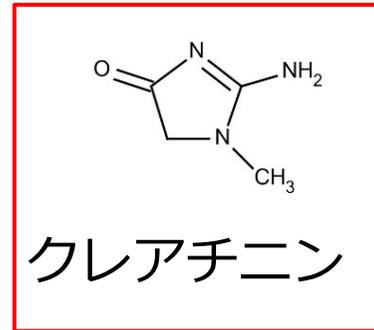
腎機能マーカー

### 血清中

- ・ 基準値 : 1.2 mg/dL 以下 (男性)
- ・ 基準値 : 1.0 mg/dL 以下 (女性)

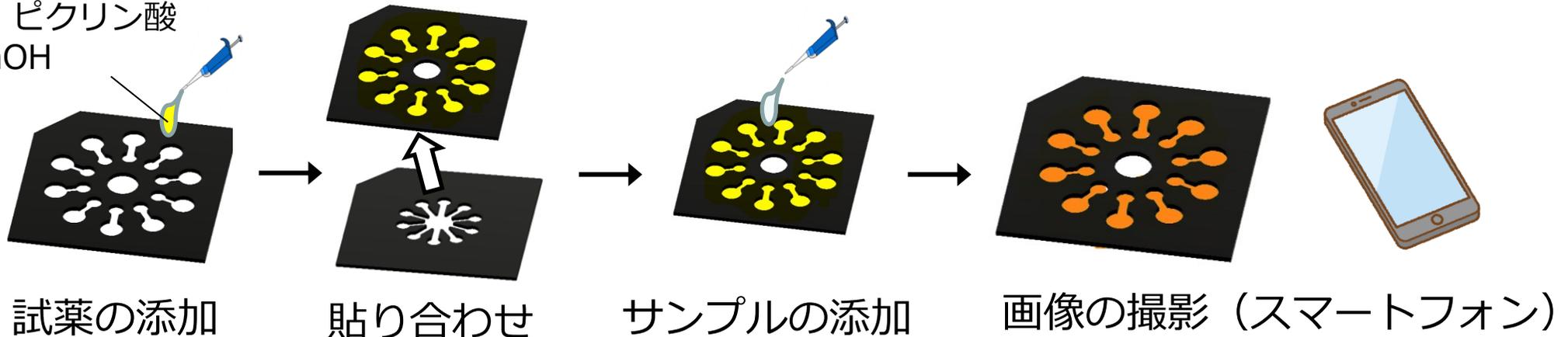
高値 : 腎臓の機能の低下  
(透析導入 : 8.0 mg/dL 以上)

## 測定原理 (Jaffe 法)



## 測定手順

25 mM ピクリン酸  
2 M NaOH

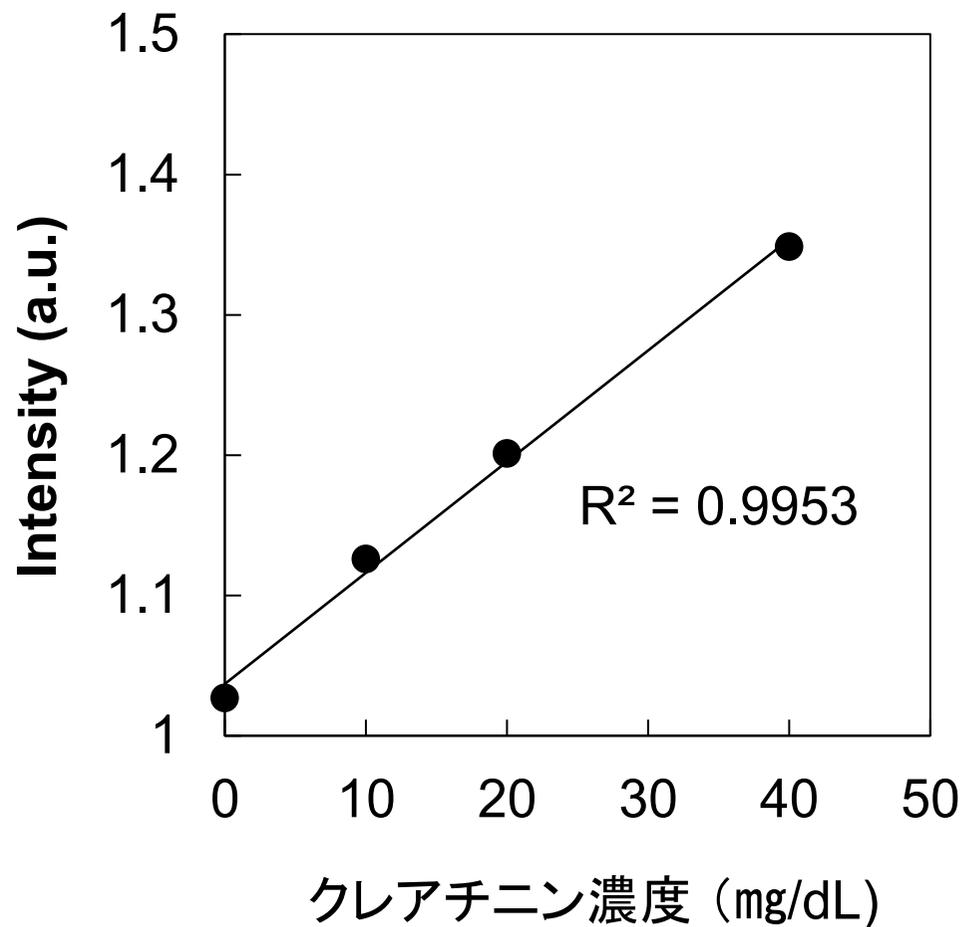
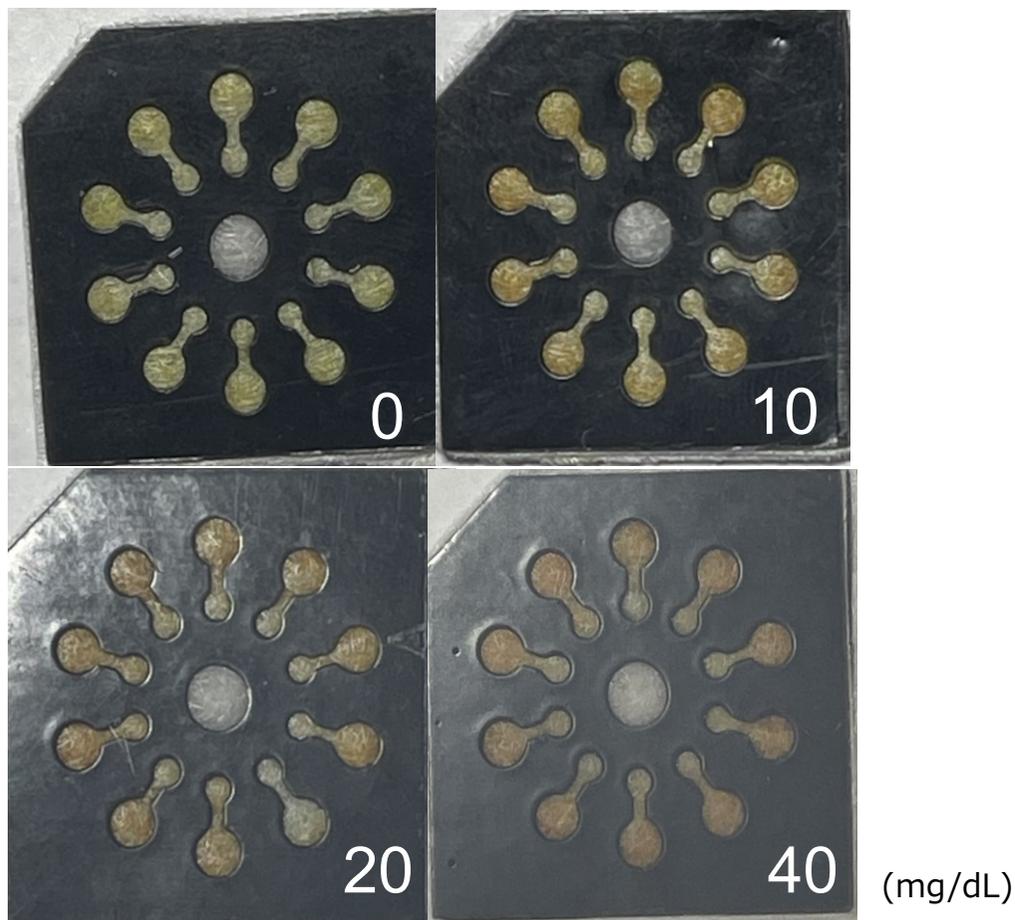


# 応用例: クレアチニンの測定

## 濃度依存性

試料: 0-40 mg/dL クレアチニン溶液

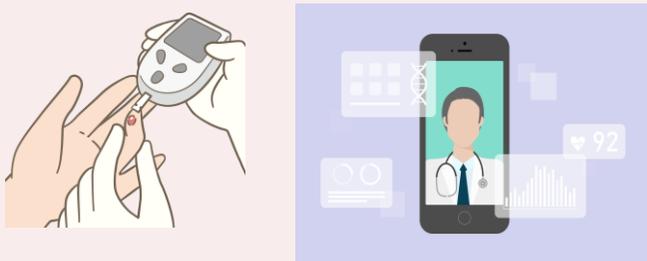
反応時間: 15分



クレアチニンの測定に成功

# 本発明の用途

## 医療



- POCT用簡易分析デバイス
- 治療アプリ支援ツール
- ウェアラブルデバイス

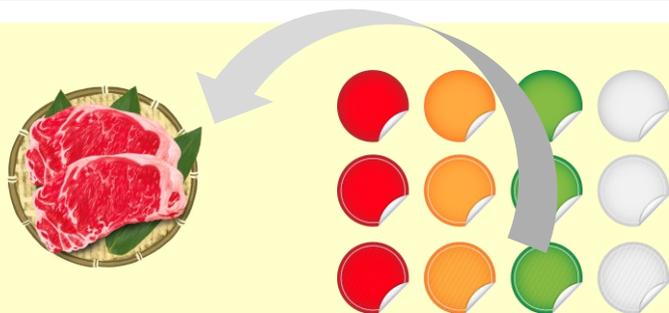


## 環境



- 水質検査
- 土壌検査
- 環境水検査

## 食品



- 貼付型鮮度センサー
- 食中毒, アレルゲン検査
- 品質管理



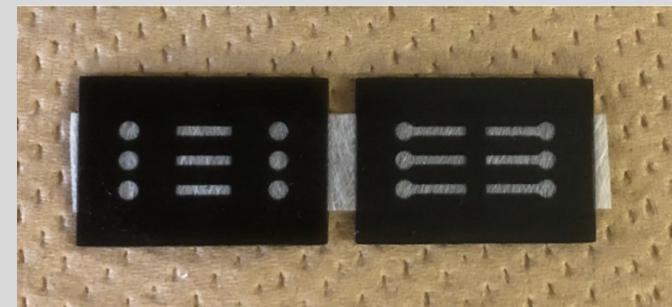
## 農林水産



- 土壌センサー
- 農薬分析
- 産地判別



# 実用化に向けた課題



作製法の開発, 原理検証

開発済み  
(現在)



ニーズ調査, ターゲット物質の選択  
デバイス改良 (紙材や流路壁用レジン)

企業と連携  
(共同研究)



試作, 評価



用途に適した材料の選択



実証試験, 実用化

<応用>

医療, 環境, 食品, 農林水産

# 企業への期待

## ◆ 製紙メーカー

様々な種類や面白い特性（機能）を持つ紙の開発を行っている企業

## ◆ 樹脂製造メーカー

3D プリンターの樹脂，フォトレジスト剤の開発を行っている企業

## ◆ 試薬メーカー

電極用インク，酵素，基質などの作製技術を持っている企業

## ◆ 食品メーカー

食品の簡易分析技術の開発に興味のある企業

## ◆ 分析機器メーカー

その場分析や，紙流路分析の実用化に興味のある企業

上記の他にも，今後**分析化学分野への展開を考えている企業**との共同研究も希望します

## 本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 分析デバイス及びその製造方法
- 出願番号 : 特願2022-206349
- 出願人 : 東京薬科大学
- 発明者 : 森岡 和大, 東海林 敦, 柳田 顕郎,  
中村 好花

# お問い合わせ先

東京薬科大学

イノベーション推進センター 林・稲場

T E L 042-676-5349

F A X 042-676-4714

e-mail [sangaku-ml@toyaku.ac.jp](mailto:sangaku-ml@toyaku.ac.jp)