



国立大学法人

東京農工大学

Tokyo University of Agriculture and Technology

新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!

ppbの有機分子を検出可能にする 小型高感度センサ

大学院工学研究院

先端物理工学部門

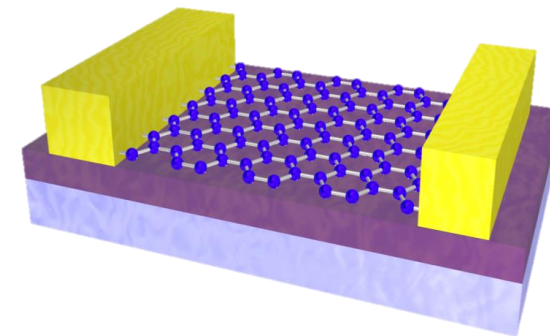
助教 生田 昂

特定の官能基を有した有機分子を ppb領域の微量濃度で検出可能なセンサ

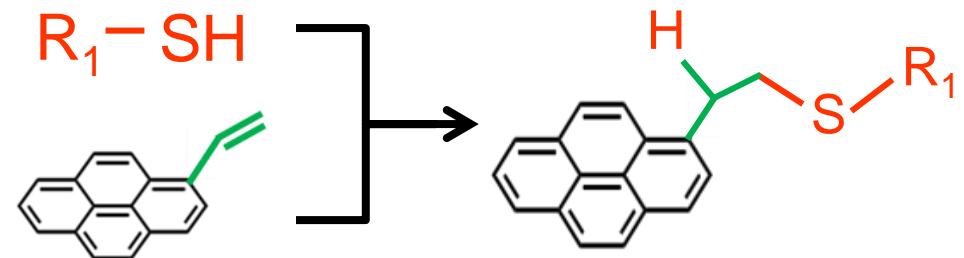
1 ppb = 0.0000001 %

- 従来の小型デバイスでは困難であったppb領域での有機分子検出が可能
- 分子中の特定の官能基に対して選択性を付与することが可能
- 気体中での検出だけでなく溶液中においても検出可能

グラフェンFET

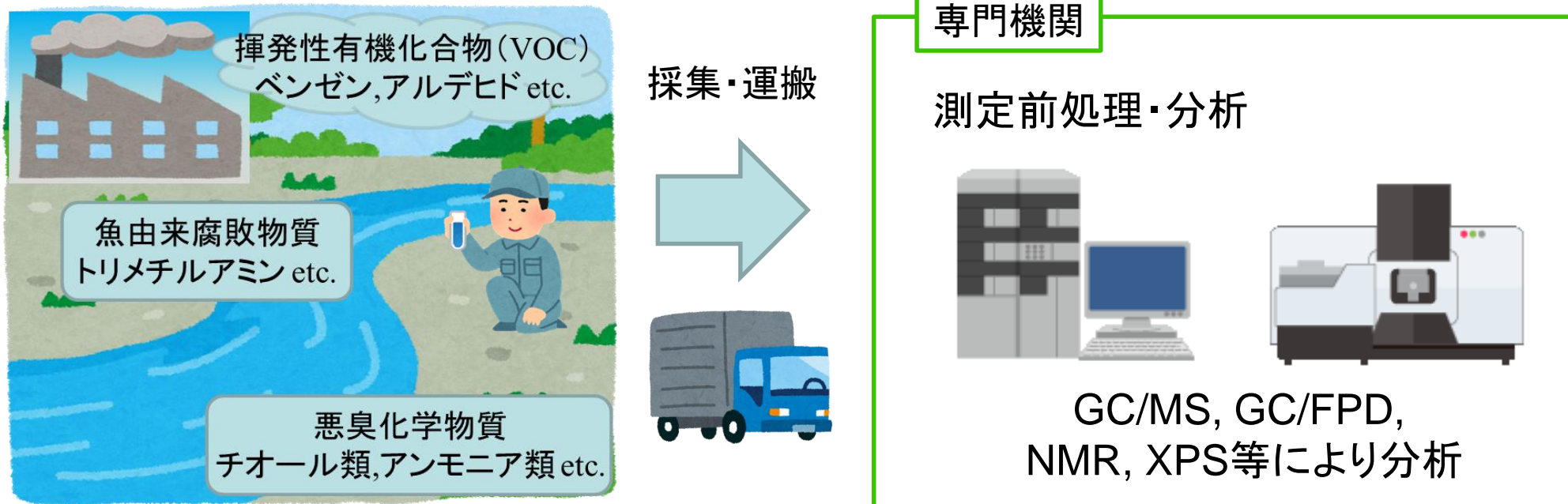


化学反応



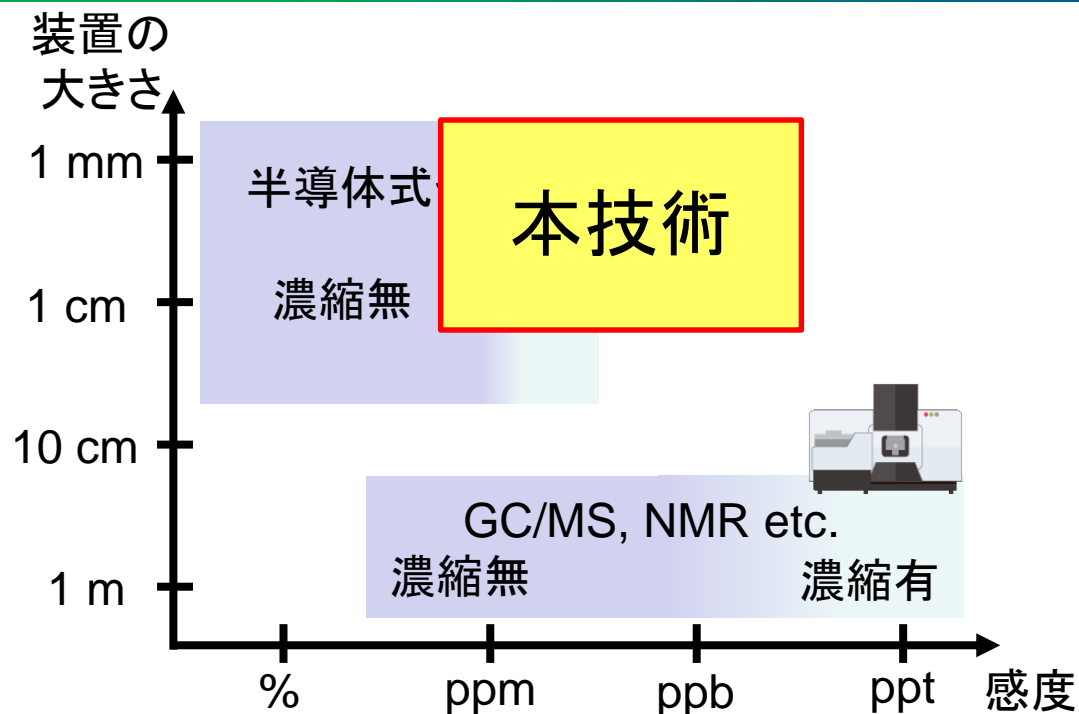
従来の環境計測における課題

環境中の微量物質の計測手順



- 大型・高価な専門機器による分析
- 濃縮や分離などの専門的な処理
- 分析の長期化や高コスト化

従来の環境計測技術との比較

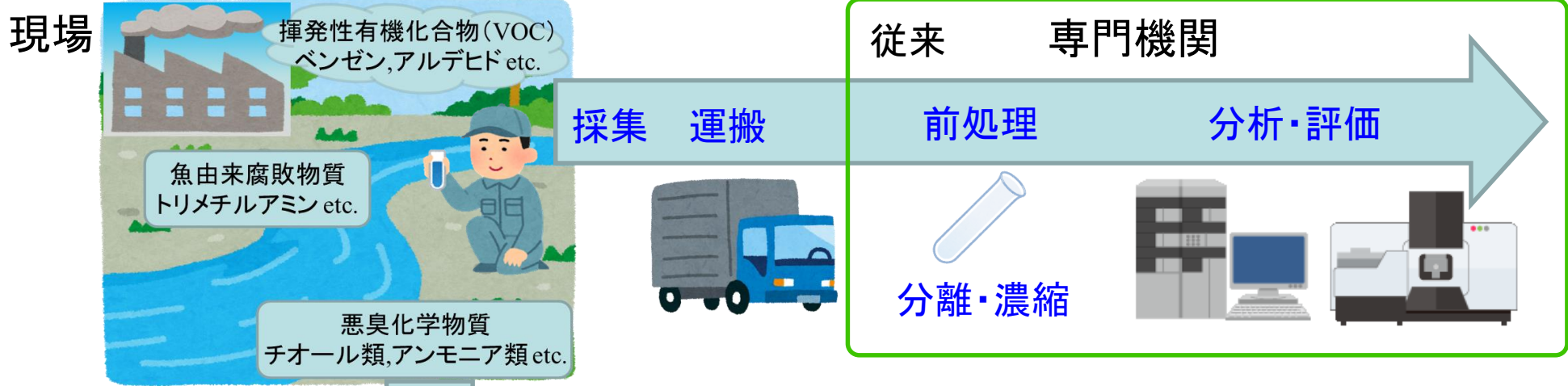


本技術の特徴

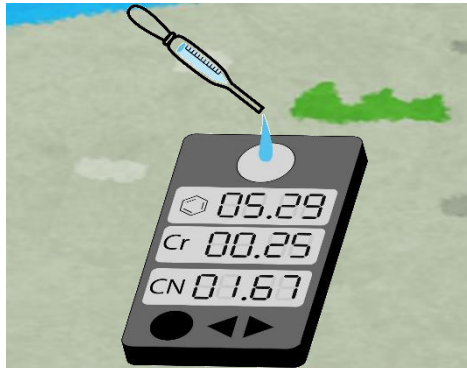
- 大きさと測定感度のトレードオフの打開が可能
- 化学反応に基づく官能基特異的な検出が可能

	検出方法	測定下限	前処理	選択性	大きさ	測定対象
大型装置	GC/MS	~ppb	有り	○	>1 m	分子量
	NMR	ppm~%	有り	○	~1 m	官能基
小型検出器	半導体センサ	~ppm	無し	△	~1 mm	還元性ガス
	本技術	ppb	無し	○	~1 mm	官能基

本技術の目標



本技術



現場にて
採集・分析・評価

- ・ オンサイト測定可能
- ・ 専門知識によらず計測可能
- ・ 小型で低消費電力
- ・ 高感度計測

- ・ 企業・家庭等への普及
- ・ 離島・災害現場・国外における迅速な環境計測

有害物質のポータブル
センサの開発に繋がる

可搬型センサ

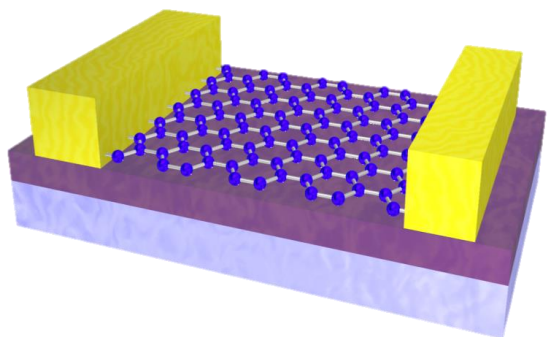


<http://www.horiba.com>

基幹技術体系

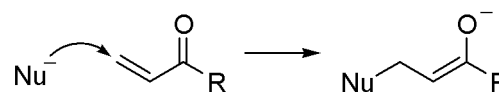
化学反応の電気的変化をグラフェンFETで取り出すセンサの開発

グラフェンFET

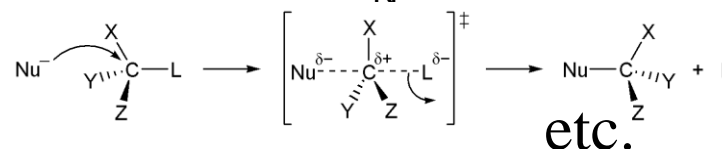


化学反応

マイケル付加



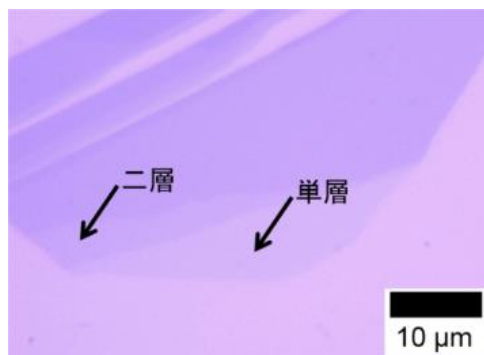
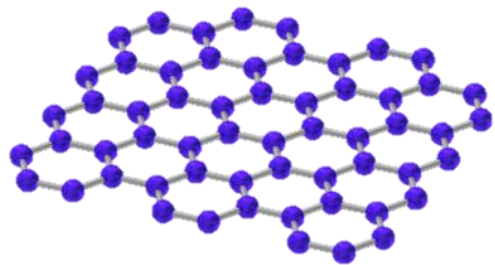
求核置換反応: S_N2反応



様々な化学反応を利用した対象物質の特異的検出を
可能にするセンサ群の構築が可能となる技術

グラフェンについて

炭素原子からなるハニカム構造を有した二次元物質(2010年ノーベル賞)



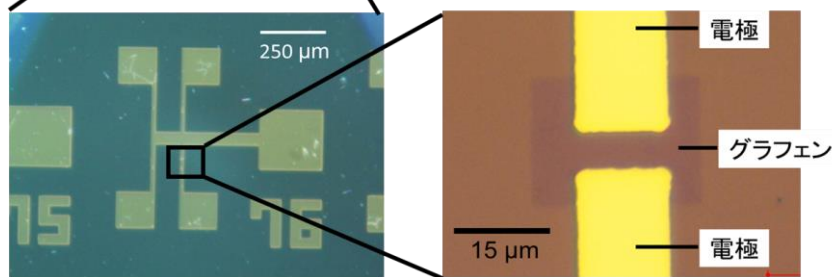
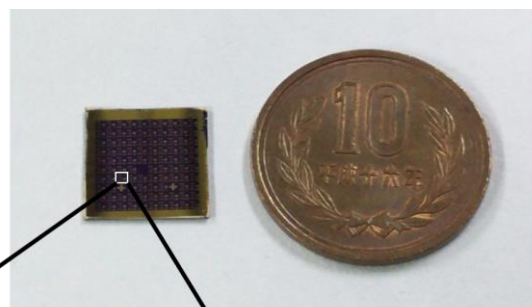
特徴

- ・表面状態に敏感
→低濃度検出に対する利点
- ・化学的に安定
→化学反応による検出を妨げない

電子デバイス化

グラフェンFETの特徴

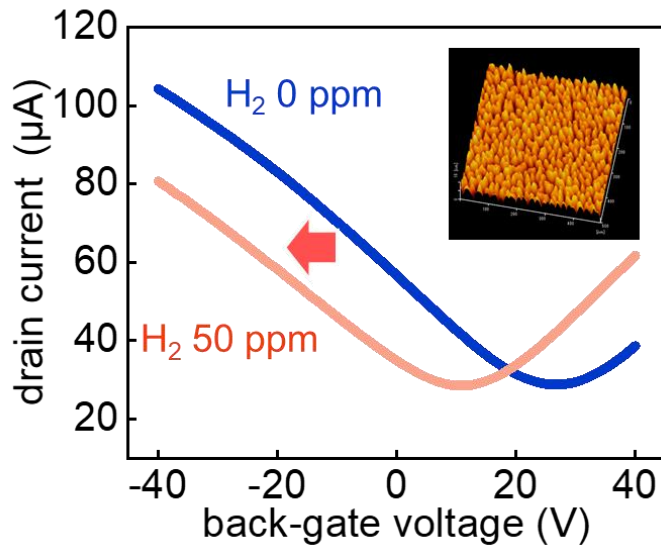
- ・表面状態変化を電流変化で検出
- ・半導体微細化技術により集積化可能
- ・高感度リアルタイム検出が可能



グラフェンセンサの現状

グラフェン上へ機能性材料を修飾し様々センサが実現

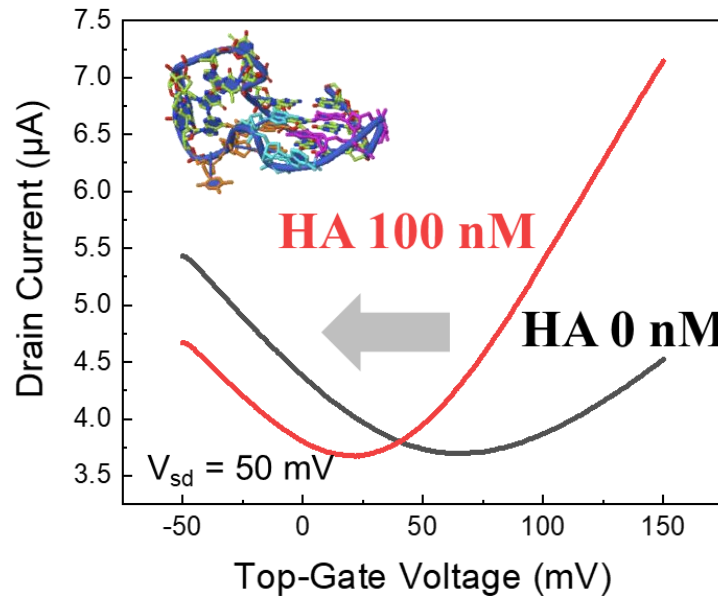
Pdナノ粒子



水素検出

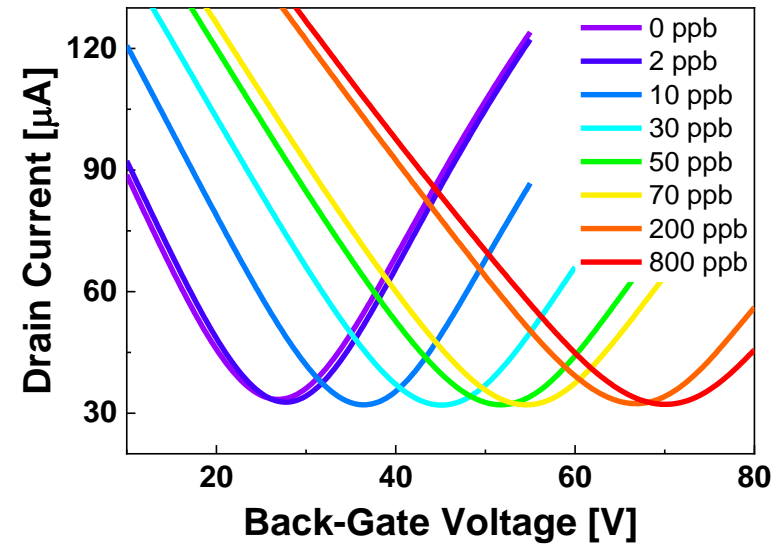
Jpn. J. Appl. Phys.,
2018, **57**, 04FP05

DNAアプタマー



ウイルス由来
タンパク質検出

超分子



二酸化窒素検出

Nanoscale Adv., 2021, **3**, 5793

有機分子中の官能基検出可能なデバイスは未実現

官能基選択な化学反応

官能基: 分子の物性や反応性を特徴付ける部位
→ 官能基に対して特異的に起こる化学反応に注目

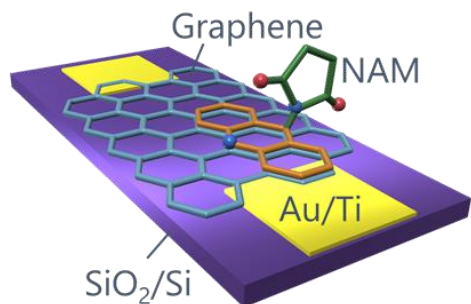
官能基	代表的な分子	症例等	反応例
ヒドロキシル基 $-OH$	エタノール フェノール	アルコール中毒 有害物質	エステル化反応
ニトロ基 $-NO_2$	ニトロトルエン	爆薬	ニトロアルドール反応
チオール基 $-SH$	メタンチオール	悪臭・腐敗臭	チオール-エン反応
アミン基 $\begin{matrix} R_1-N-R_2 \\ \\ R_3 \end{matrix}$	トリメチルアミン	悪臭・腐敗臭	S_N2 反応

グラフェン上で化学反応を利用することにより官能基検出を行う

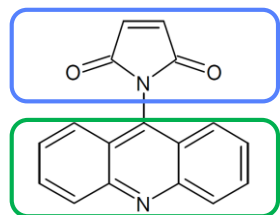
本技術を用いたメタンチオール検出

反応性分子
N-(9-アクリジニル)マレイミド

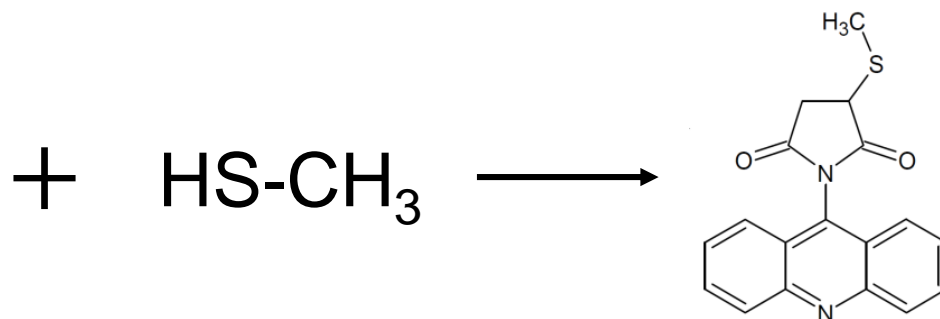
ターゲット分子
メタンチオール



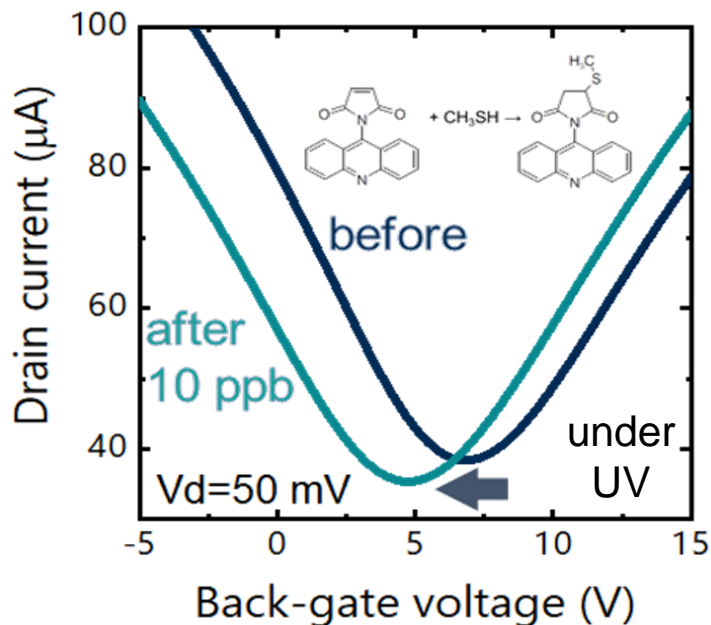
SHとの反応部位



グラフェンとの
結合部位



検出結果



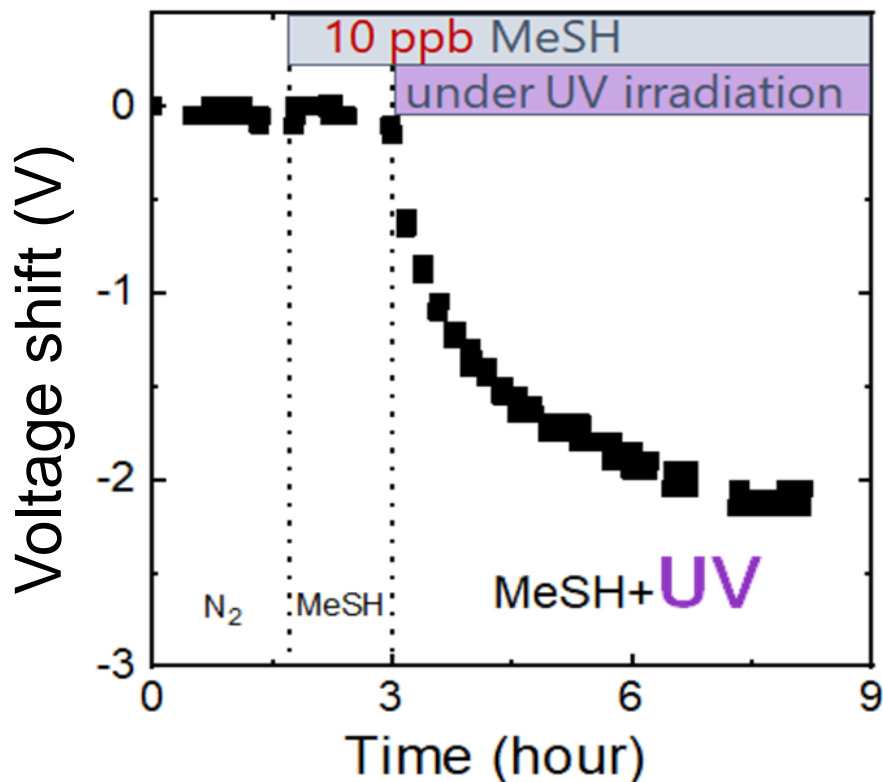
反応性分子とグラフェンFETを利用し
10 ppbのメタンチオールの検出が可能

* 半導体式センサと比較し
3桁以上低濃度で検出

ACS Appl. Mater. Interfaces 2021, 13, 37, 45001

本技術を用いたメタンチオール検出

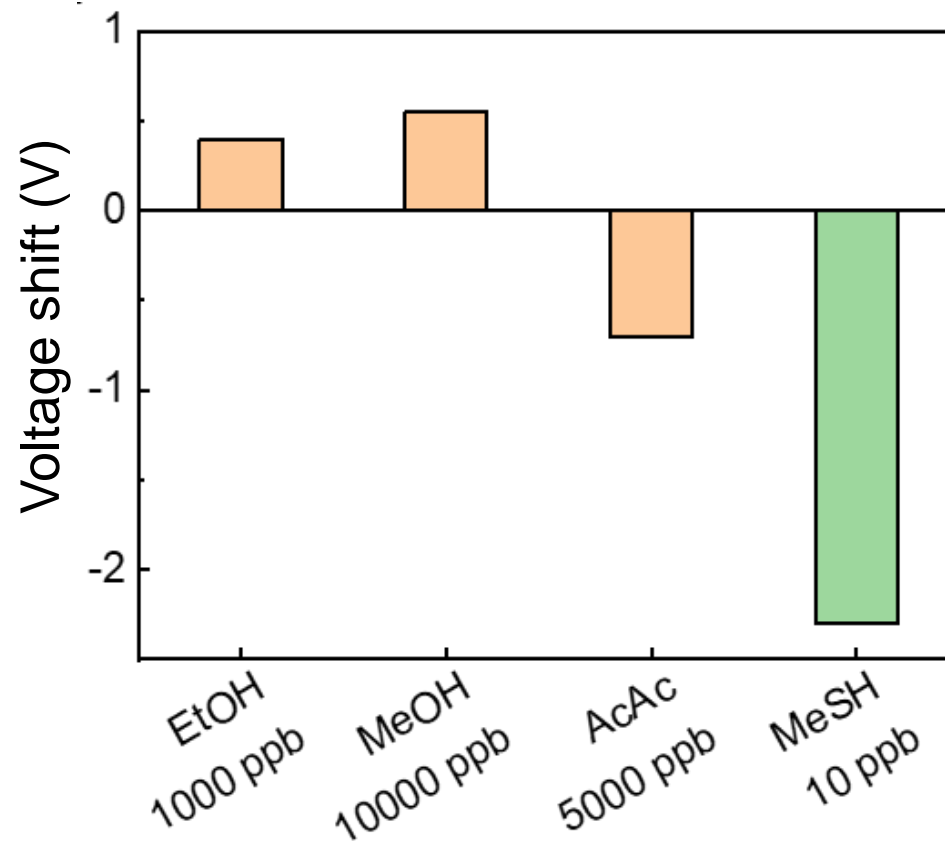
メタンチオールに対する応答性



UV照射により電圧のシフトが発生

* UVにより検出タイミングを
コントロール可能

メタンチオールに対する選択性

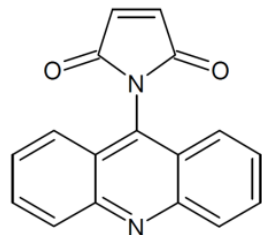


メタンチオールに対して
高い選択性を実現

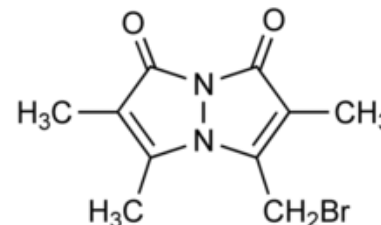
ACS Appl. Mater. Interfaces 2021, 13, 37, 45001

本技術を用いたメタンチオール検出

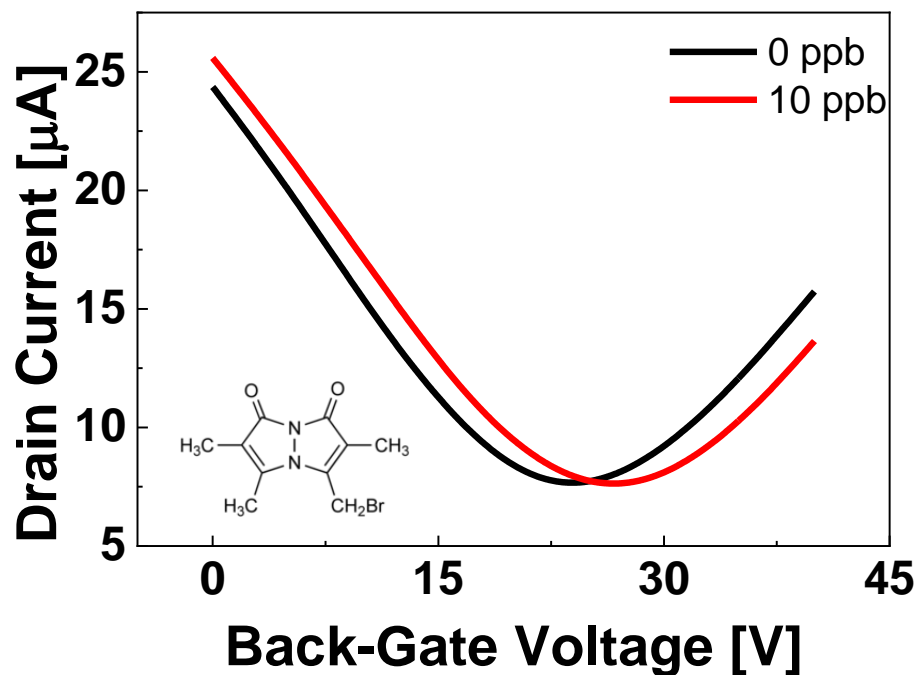
異なる反応性分子を利用



N-(9-アクリジニル)マレイミド



ブロモビマン

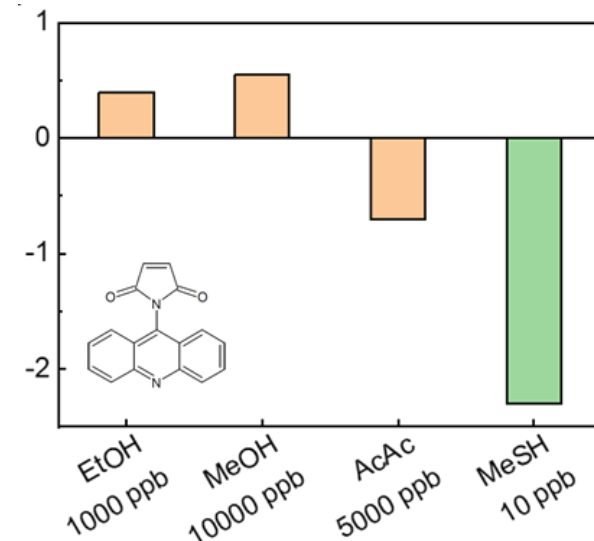
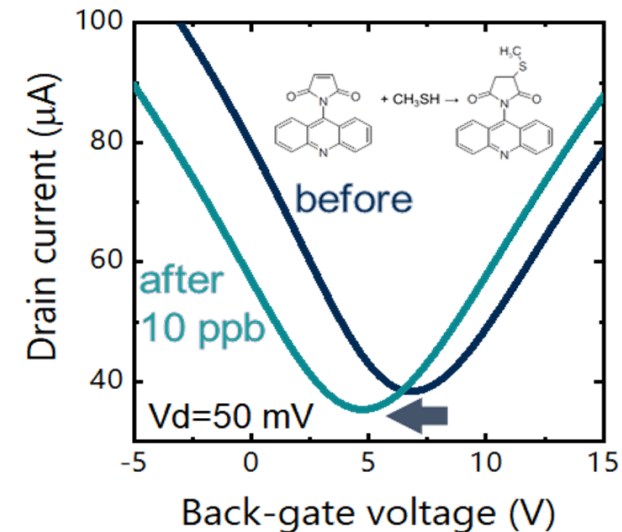


反応性分子を変更した場合でも
メタンチオールに対して応答

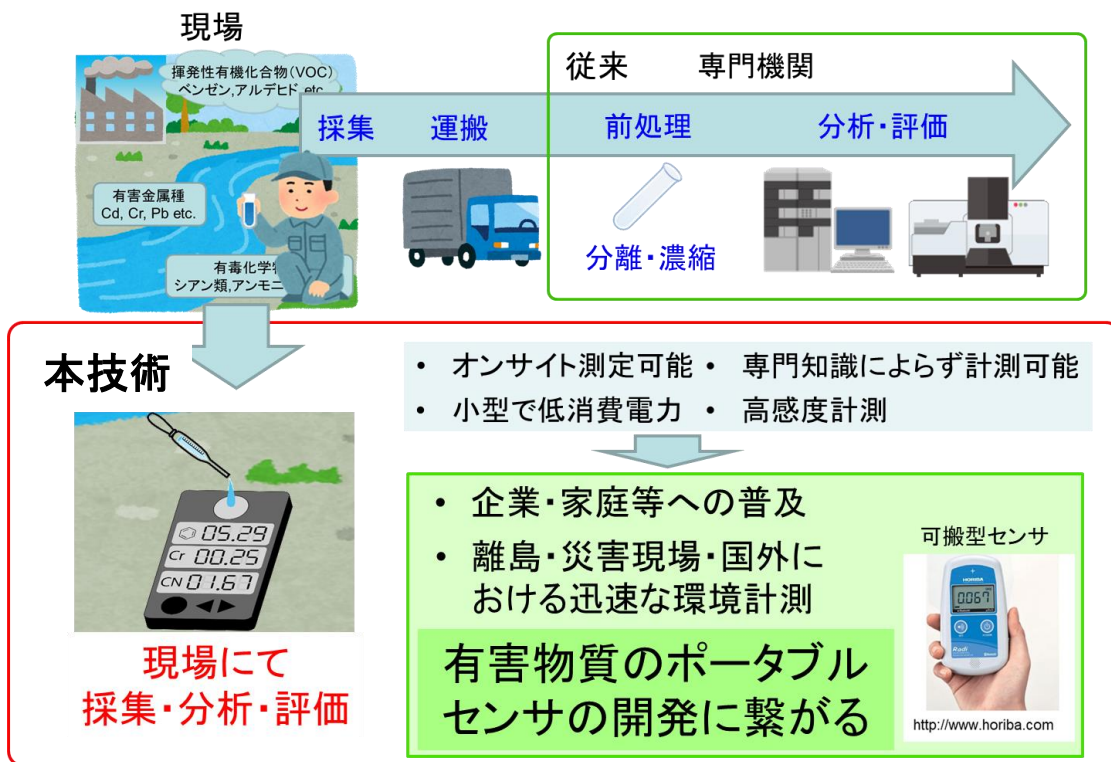
グラフェン上で様々な
分子群の利用が可能

本技術のまとめ

- 従来的小型デバイスでは困難であったppb領域での有機分子検出が可能
- 分子中の特定の官能基に対して選択的に検出可能



本技術がひらく高感度環境計測



- 専門機関における高価・高度な分析装置が不要
- 専門家によらない環境計測の実現
- 有害物質の迅速な検出
- センサ普及による有害物質の監視網の構築

従来技術では困難であったきめ細かな有害物質モニタリングの実現へ

SUSTAINABLE
DEVELOPMENT
GOALS



SDGsの目標実現に対しても高い貢献度になると期待

実用化に向けた課題

- 大気下や夾雑環境下での実証試験は未実施
 - 窒素下での対象物質の検出は実証済み
- 大気下での検出可能性について実験・データの取得
 - 実環境に近い系での実験を通じて分子の最適化
- デバイスの作製精度の向上
 - デバイス特性のバラつきを抑制できる技術の確立・最適化
- デバイスの再利用性の検証
 - 反応後の反応性分子の剥離溶媒の最適化

- 希望している共同研究先
 - 機能性分子の合成技術や、電子デバイスの実装技術を持つ企業様
 - グラフェンの応用展開を考えている企業様
- 本技術の導入が有効と思われる協業先
 - 微量分析分野への展開を考えている企業様

本技術に関する知的財産権

- ・ 発明の名称 : 官能基含有有機分子検出
センサ、検出方法、有機分子検出アレイ
及び有機分子スクリーニング方法
- ・ 出願番号 : 特願2019-112141
- ・ 公開番号 : 特開2020-204522
- ・ 出願人 : 国立大学法人東京農工大学
- ・ 発明者 : 生田 昂、前橋 兼三、
坂本 優莉

東京農工大学 先端産学連携研究推進センター

T E L 042-388-7550

F A X 042-388-7553

e-mail suishin@ml.tuat.ac.jp



MORE
SENSE

Tokyo University of
Agriculture and Technology

