

# 生体ガス計測と高感度ガスセンシング

Volatile Biomarker Analysis and Advanced Gas-sensing Instruments

監修／三林浩二（東京医科歯科大学 生体材料工学研究所 教授）

- ★苦痛を伴わず非侵襲にその場で評価できることから注目される生体ガスでの疾病スクリーニング！
- ★皮膚ガスの有酸素運動での脂質代謝・糖代謝の評価が次世代の医療・ヘルスケア機器として注目！
- ★国内第1線の研究者が現在の研究内容と将来展望を解説！

■発行／2017年8月  
 ■定価／本体76,000円＋税  
 ■体裁／B5判・260頁  
 ISBN978-4-7813-1250-7 C3045

## シーエムシー出版

### 刊行のねらい

本書では、生体ガスによる医療診断・ヘルスケア応用を見据え、第I編では「呼吸ならびに皮膚ガスによる疾病・代謝診断」に関して、生体ガスによる疾病診断及びスクリーニングと今後の可能性、現在の呼吸・皮膚ガスによる疾病・代謝診断について、また第II編では「生体ガス計測のための高感度ガスセンシング技術」に関して、その計測技術の研究開発の状況、そして実際に製品化を目指したメーカー各社による研究開発の動向について、本領域の第一線で活躍されている研究者に、現在の研究内容とその将来展開をご紹介いただいている。本書が科学技術を通して、人の健康や将来の医療を考える方々へ有益な情報として提供できれば幸いである。

三林浩二（本書「刊行にあたって」より抜粋）

### 執筆者一覧

|  |  |                                      |  |  |   |   |  |
|--|--|--------------------------------------|--|--|---|---|--|
| 三林浩二<br>奥村直也<br>下内章人<br>近藤孝晴<br>財津 崇<br>川口陽子<br>宮下正夫 | 東京医科歯科大学<br>中部大学<br>中部大学<br>中部大学<br>東京医科歯科大学<br>東京医科歯科大学<br>日本医科大学千葉<br>北総病院<br>日本医科大学千葉<br>北総病院 | 魚住隆行<br>広津崇亮<br>梶山美明<br>三浦芳樹<br>樋田豊明 | （株）HIROTSUバイオサイ<br>イエンズ<br>九州大学<br>順天堂大学<br>順天堂大学<br>愛知県がんセンタ<br>ー中央病院<br>大塚製薬（株）<br>東京医科歯科大学<br>三重病院<br>東京医科歯科大学<br>東京医科歯科大学<br>名古屋工業大学 | 光野秀文<br>櫻井健志<br>神崎亮平<br>都甲 潔<br>野崎裕二<br>中本高道<br>今村 岳<br>柴 弘太<br>吉川元起<br>林 健司<br>菅原 徹<br>菅沼克昭<br>鈴木健吾 | 東京大学<br>東京大学<br>東京大学<br>九州大学<br>九州大学<br>東京工業大学<br>東京工業大学<br>物質・材料研究機構<br>物質・材料研究機構<br>物質・材料研究機構<br>九州大学<br>大阪大学<br>大阪大学<br>新コスモス電機（株） | 山田祐樹<br>檜山 聡<br>李 丞祐<br>花井陽介<br>沖 明男<br>下野 健<br>岡 弘章<br>壺井 修<br>西澤美幸<br>佐野あゆみ<br>佐藤 等<br>池田四郎<br>石井 均 | （株）NTTドコモ<br>（株）NTTドコモ<br>北九州市立大学<br>パナソニック（株）<br>パナソニック（株）<br>パナソニック（株）<br>パナソニック（株）<br>（株）富士通研究所<br>（株）タニタ<br>（株）タニタ<br>（株）タニタ<br>（株）ガステック<br>（有）アルコシステム |
|--|--|--------------------------------------|--|--|---|---|--|

### キーワード

生体ガス／呼吸／皮膚ガス／口臭／がん探知犬／糖尿病アラート犬／線虫／ピロリ菌／アセトンガス／においセンサ／探嗅カメラ／ガスセンサ／においの可視化

### 関連図書

|  |          |       |
|--|----------|-------|
| IoTを指向するバイオセンシング・デバイス技術                        | 2016年11月 | T1030 |
| ヘルスケアを支えるバイオ計測                                 | 2016年3月  | T0999 |
| 非侵襲的検体検査の最前線—唾液検査・呼吸検査を中心に—<br>スマート・ヒューマンセンシング | 2015年1月  | T0959 |
| ～健康ビッグデータ時代のためのセンサ・情報・エネルギー技術～                 | 2014年3月  | T0932 |
| ヘルスケアとバイオ医療のための先端デバイス機器                        | 2009年5月  | T0685 |

今すぐお申し込みはFAXで！

●FAX 03(3293)2069

株式会社シーエムシー出版

東京本社  
〒101-0054 東京都千代田区神田錦町 1-17-1  
電話 03(3293)2061(宣伝部)

大阪支店  
〒540-0037 大阪市中央区内平野町1-3-12  
電話 06(4794)8234(代)

<http://www.cmcbooks.co.jp/>

※本書の関連図書はホームページでご覧になれます。  
CMCのトップページが表示されたら、「フリーワード検索」に入力してお探し下さい。  
・なお、HPよりご注文も承っております。  
・クレジットカードでの決済も承っております。

DM がご不要の方は封筒宛名面をコピーし、「DM 中止」とご記入のうえ FAX でご連絡ください。

## 注文書 HP

|        |                   |     |             |
|--------|-------------------|-----|-------------|
| 貴社名    | フリガナ              |     |             |
| 部課名    |                   |     |             |
| お名前    | フリガナ              | TEL |             |
|        |                   | FAX |             |
| E-MAIL |                   |     |             |
| 住所     | 〒□□□□-□□□□        |     |             |
| 品名     | 生体ガス計測と高感度ガスセンシング | 部数  |             |
| コード    | T1049             | 定価  | 本体76,000円＋税 |

※弊社ホームページ会員にご登録いただくと会員価格で購入できます。  
 ※上記のご記入事項は新刊又は既刊のお知らせのために利用する場合がございます。  
 ※ご注文確認後、商品及び納品書・請求書・郵便振替用紙を送付させていただきます。  
 ※なるべくお早めのお振込をお願い致します。

【第I編 呼吸ならびに皮膚ガスによる疾病・代謝診断】

第1章 生体ガスによる疾病診断及びスクリーニングと今後の可能性

1 疾病・代謝由来ガスの酵素触媒機能に基づく高感度計測

1.2 薬物代謝酵素を用いた生化学式ガスセンサ(バイオスニファ)

1.2.1 魚臭症候群(遺伝疾患)の発症関連酵素を用いたトリメチルアミン用バイオスニファ

1.2.2 口臭成分メチルメルカプタン用の光ファイバー型バイオスニファ

1.3 脂質代謝・糖尿病のためのバイオスニファ

1.3.1 酵素の逆反応を用いたアセトンガス用バイオスニファ

1.3.2 インプロパノール用バイオスニファ

1.4 アルコール代謝の呼吸計測による評価

1.4.1 エタノールガス用バイオスニファ

1.4.2 アセトアルデヒドガス用バイオスニファ

1.4.3 飲酒後の呼吸中エタノール&アセトアルデヒド計測

1.5 酵素触媒機能を用いた多様な生化学式ガスセンサ

1.5.1 加齢臭ノネナールのバイオセンシング

1.5.2 酵素阻害のメカニズムを利用したニコチンセンサ

1.5.3 酵素によるガス計測の特徴を生かした「デジタル無臭透かし」

2 呼吸分析の臨床的背景, 呼吸診断法の現状と課題

2.2 呼吸診断の歴史

2.3 呼吸成分の由来

2.4 腸内発酵に伴う呼吸水素

2.5 アセトンと脂質代謝

2.6 呼吸アセトンと心不全

2.7 呼吸採取法と保管法

2.8 随時呼吸採取による呼吸低分子化合物の検討

3 口臭・呼吸診断による口臭治療

3.2 口臭の主な原因物質とその生成機序

3.3 口臭測定法

3.3.1 口臭測定条件

3.3.2 口臭と呼吸の官能検査

3.3.3 測定機器による口臭検査

3.4 口臭症の国際分類

3.4.1 真性口臭症

3.4.2 仮性口臭症

3.4.3 口臭恐怖症

3.5 診断と治療のガイドライン

3.5.1 真性口臭症の診断と治療

3.5.2 仮性口臭症の診断と治療

3.5.3 口臭恐怖症の診断と治療

4 がん探知犬

4.2 がん探知犬に関する報告

4.3 研究方法と成果

4.4 がんが発するにおい物質

4.5 がん探知犬研究の将来

5 糖尿病アラート犬

5.1 糖尿病アラート犬とは

5.3 糖尿病アラート犬の現状と問題点

5.4 糖尿病アラート犬の低血糖探知能力に関する検証

5.5 低血糖探知の科学的裏付け

5.6 CGMとの比較

5.7 CGMの時代における糖尿病アラート犬の意義

5.8 日本における糖尿病アラート犬の育成

5.9 揮発性有機化合物の低血糖モニタリングへの応用

6 線虫嗅覚を利用したがん検査

6.2 がん検査の現状

6.3 がんには特有の匂いがある

6.4 嗅覚の優れた線虫

6.5 線虫はがんの匂いを識別する

6.6 線虫嗅覚を利用したがん検査 N-NOSE

6.7 N-NOSEの精度

6.8 生物診断N-NOSEの特徴

第2章 呼吸・皮膚ガスによる疾病・代謝診断

1 食道がん患者の呼吸に含まれる特定物質

1.2 研究の目的

1.3 研究の方法

1.3.1 呼吸の収集と吸着

1.3.2 ガスクロマトグラフィー・マススペクトロメトリー(GC/MS)

2 呼吸肺がん検査

2.2 呼吸検査について

2.2.1 健康者の呼吸

2.2.2 肺がん患者と健康者での呼吸の違い

2.2.3 肺がんの呼吸分析

2.2.4 呼吸成分解析システムによる肺がん検出の試み

2.2.5 呼吸からの遺伝子異常推定の試み

2.2.6 呼吸凝縮液を用いた肺がんの遺伝子異常の検出

3 ピロリ菌の測定:尿素呼吸試験法

3.2 *H. pylori*の特徴

3.3 診断と治療

3.4 <sup>13</sup>C 尿素呼吸試験法

3.5 測定原理

3.6 POconeの動作原理

3.7 測定原理

3.8 POcone®の現状

4 呼吸中アセトンガスの計測意義

4.2 呼吸中にアセトンガスが生じるしくみ

4.3 病気ではなく、生活上の原因

4.3.1 過度なダイエット, 糖質制限, 飢餓状態

4.3.2 激しい運動

4.4 病気および代謝異常による原因

4.4.1 糖尿病

4.4.2 糖尿病性ケトアシドーシス

4.4.3 高脂質血症, 肝機能障害・肝硬変, 高ケトン血症をきたす疾患・症状など

4.4.4 子供の周期性嘔吐症・自家中毒・アセトン血性嘔吐症

4.5 呼吸中アセトンガスの計測意義と測定について

5 呼吸診断による喘息管理

5.2 喘息の病態と呼吸診断

5.3 一酸化窒素: NO

5.3.1 NO産生のメカニズム

5.3.2 呼吸NOの測定方法

5.3.3 喘息の診断における呼吸NO測定

5.3.4 喘息治療管理における呼吸NO測定

5.4 硫化水素: H<sub>2</sub>S

5.5 一酸化炭素: CO

6 呼吸アセトン用バイオスニファ(ガスセンサ)による脂質代謝評価

6.2 アセトンガス用の光ファイバ型バイオスニファ

6.2.1 光ファイバ型バイオスニファの作製

6.2.2 アセトンガス用バイオスニファの特性評価

6.3 運動負荷における呼吸中アセトン濃度の計測

6.3.1 バイオスニファを用いた運動負荷における呼吸中アセトン濃度の計測方法

6.3.2 運動負荷に伴う呼吸中アセトン濃度の経時変化

7 皮膚一酸化窒素の計測

7.2 一酸化窒素(NO)の生理的機能

7.2.1 血管拡張のメカニズム

7.3 NO測定方法

7.3.1 皮膚ガスの特徴

7.4 ヒトの皮膚ガス採取方法

7.5 ラットの皮膚ガス採取方法

7.6 糖尿病・肥満と皮膚ガスNO濃度

7.7 運動・低酸素環境と皮膚ガスNO濃度

【第II編 生体ガス計測のための高感度ガスセンシング技術】

第1章 計測技術の開発

1 昆虫の嗅覚受容体を活用した高感度匂いセンシング技術

1.2 昆虫の嗅覚受容体の特徴

1.3 「匂いセンサ細胞」によるセンシング技術

1.3.1 性フェロモン受容体を用いた「匂いセンサ細胞」の原理検証

1.3.2 一般臭検出素子の開発

1.3.3 細胞パターンニングによる匂い識別技術

1.4 「匂いセンサ昆虫」によるセンシング技術

2 抗原抗体反応やAIを用いたガスセンシング

2.2 超高感度匂いセンサ

2.3 AIを用いた匂いセンサ

3 呼吸・皮膚ガスのための可視化計測システム(探嗅カメラ)

3.2 酵素を利用した生体ガスの高感度センシング

3.3 生体ガス中エタノール用の可視化計測システム「探嗅カメラ」

3.3.1 エタノールガス用探嗅カメラ

3.3.2 呼吸・皮膚ガス中エタノールの可視化計測とアルコール代謝能の評価応用

4 機械学習を用いた匂い印象の予測

4.2 匂いの印象予測の原理

4.3 計算機実験の準備

4.4 深層ニューラルネットワークによる匂い印象予測

4.5 オートエンコーダによる次元圧縮

4.6 予測モデルの訓練

4.7 次元圧縮手法の比較

4.8 ニューラルネットワークの印象予測精度

5 超小型・高感度センサ素子MSSを用いた嗅覚センサシステムの総合的研究開発

5.2 膜型表面応力センサ(MSS)

5.3 MSSを用いた呼吸診断

5.4 感応膜の開発

5.5 ニオイの評価法

6 匂いの可視化システム

6.2 匂いの可視化センシング

6.2.1 匂いの質の可視化:匂いコードセンサと匂いクラスタマップ

6.2.2 生体由来の匂いと匂い型に基づく人の識別

6.3 匂いの可視化とイメージセンシング

6.3.1 匂いイメージセンサ

6.3.2 匂い可視化例

6.4 匂いセンサのハイパー化

7 ヘルスケアを目的とした揮発性有機化合物(VOC)を検出するナノ構造のガスセンサ素子

7.2 酸化モリブデンとナノ構造の基板成長

7.3 ガスセンサ素子の作製とセンサ特性

8 口臭測定器 プレストロンII-高感度VSCセンサによる呼吸中VSC検出機構と活用事例

8.2 口臭測定器に要求される性能

8.3 プレストロンIIの検出メカニズム

8.4 高感度VSCセンサの構造と検出原理

8.5 高感度VSCセンサの感度特性

8.6 プレストロンIIを用いた性能評価(測定条件の影響)

8.7 ガスクロによる計測結果との相関

8.8 使用上の注意点

8.9 プレストロンの活用事例

9 生体ガス計測におけるドコモの取り組み

9.2 呼吸計測装置の開発とセルフ健康検査への応用

9.3 皮膚ガス計測装置の開発と健康管理への応用

10 呼吸中アンモニアの即時検知を旨とした水晶振動子ガスセンサシステムの開発

10.2 水晶発振子の原理および検知膜の製膜過程の追跡

10.3 湿度およびアンモニアに対する応答特性の評価

10.4 呼吸中のアンモニアガス検知

第2章 メーカーによる研究開発の動向

1 肺がん診断装置の開発

1.2 肺がんバイオマーカーとその測定技術

1.2.1 肺がんバイオマーカー

1.2.2 揮発性肺がんバイオマーカー

1.2.3 揮発性肺がんマーカーの測定技術

1.3 呼吸肺がん診断システムの開発

1.3.1 呼吸濃縮技術の開発

1.3.2 呼吸診断センサチップの開発

1.3.3 呼吸診断センサチップ測定装置の開発

2 アンモニア成分の測定技術と携帯型呼吸センサの開発

2.2 呼吸分析に高まる期待

2.3 新しいアンモニア検知材料 CuBr

2.4 高感度・高選択性センサデバイス

2.5 手軽で迅速な呼吸センサシステム

2.6 呼吸中アンモニア濃度のサンプリング測定

2.7 ガス選択性と呼吸分析の新たな応用

3 脂肪燃焼評価装置

3.2 直接熱量測定による消費エネルギー評価

3.3 これまで研究されてきた「脂肪燃焼評価法」

3.4 呼吸アセトン濃度分析による脂肪燃焼評価法

3.5 脂肪燃焼評価における今後の展望

4 見えない疲労の見える化〜パッシブインジケータ法を用いた皮膚ガス測定〜

4.1 働き方と疲労

4.2 パッシブインジケータの開発

4.2.1 パッシブインジケータ

4.2.2 皮膚ガスとは

4.2.3 皮膚アンモニア

4.2.4 皮膚アンモニアの測定法

4.3 パッシブインジケータの仕組み

4.3.1 構造

4.3.2 比色認識の原理

4.3.3 使い方

4.4 アプリケーション例

4.4.1 製造業における現場作業者とデスクワーカー(日内変動)

4.4.2 介護施設における介護職従業員(週内変動)

4.4.3 公立中学校における教員(週内変動)

5 生体ガス分析用質量分析装置

5.2 生体ガス分析用質量分析装置

5.2.1 装置の概要と原理

5.2.2 生体ガス濃度分析における質量分析計の利点

5.3 ガス気量(換気量)の計測

5.4 生体ガス分析におけるガス濃度の意味と留意点

5.5 生体ガス気量(換気量)の表示法

5.6 酸素消費量や二酸化炭素排出量などのガス出納量の算出法

5.7 ガス分析と気量計測とのラグタイム補正

5.8 ガスサンプリングの手法

5.8.1 マルチサンプリング

5.8.2 膜透過サンプリング

5.9 生体ガス分析の応用例

5.9.1 人の呼吸ガス分析

5.9.2 微生物・細胞培養排ガス分析

5.9.3 動物の呼吸ガス分析

5.9.4 <sup>13</sup>CO<sub>2</sub>/<sup>12</sup>CO<sub>2</sub>安定同位体ガス分析