

# 有害電磁波並びに食品中の有害物の検出センサー機器の活用とその携帯化技術に関する調査研究

(NPO) 安心技術振興機構 中山 満茂

## 1. 望ましい安心と安全

### (1) 住生活環境における安心と安全

光は紫外線、可視光、赤外線に分類される。それぞれの光は人体に対してさまざまな影響を与える。紫外線から赤外線まで様々な波長の光の成分を含む太陽光や、それ以外の人工的な光が、どのような性質を持ち、人体に対してどのような影響を与えるかを、正確に認識して、適切な対応を取ることが、安心して安全な生活を送るために必要なことと考えられる。特に、紫外線は日焼けや皮膚癌、白内障を引き起こす原因となる場合があり、紫外線対策の仕様となるUVインデックスと呼ばれる量を説明した。また、紫外線・赤外線光源やレーザー光源の安全基準についても触れた。可視光に関しては主に生活における適切な照度についての基準について言及した。

放射線については、厳しい法規制や行政指導などもあって、人々の安全を確保するための最大限の努力が払われているといっても過言ではなかろう。しかしながら、このことが人々の安心に直結しているとは言いがたい。安心のためには放射線センサ技術もさることながら放射線に関する偏見のない知識も必要であろうとの観点から、本節では、放射線の種類や性質、自然放射線を含む身近な放射線発生源、放射線被ばくの人体への影響のメカニズム、国際放射線防護委員会(ICRP)の勧告に基づく放射線防護に関する諸量、ならびに日常生活における被ばくの実態(自然放射線などによる)について簡単にまとめた上で、国内外の放射線に関する法規制の概要についてまとめた。また、医療行為に伴う患者の被ばく(治療による利益が被ばくによる不利益を上回るとの考えから規制の対象となっていない)に関するガイドラインについても言及した。

電磁波は周波数によって性質が大きく異なり、人体への影響も異なる。電磁波のうち、一般に周波数が30kHz~30GHzで電気通信として使用されているものを電波といい、これより周波数が高いものが、赤外線や、紫外線、エックス線であり、さらに高周波の電磁波がX線やγ線である。これに対し、50Hzや60Hzなどの低周波電磁界では電界と磁界が独立して影響を及ぼすので、別個に測定しなければならず、安全に関する基準も異なる。このような点を明確にし、安全を守るための規制の現状についてまとめた。

### (2) 食生活環境における安心・安全

#### ① 安心・安全が必要とされる背景

人々が食物に求めることは、自身の健康と活動の維持の糧としての役割である。その一方では、飲食物の安全性を損ねる事件がつぎつぎと発生しており、複合汚染といわれるまでになっている。また急速な技術発展の結果として、食料の栽培、生産、製造、さらには流通の面にも人工的介入の要因が増大している。一方、このことが技術発展のマイナス面として人為的な危害の混入機会を増やすこととなり、消費者に不安感を来す結果となっている。

このように、危害をもたらす食関係のさまざまな事件、あるいは遺伝子組み換え技術などの新規技術など不安感の源となる要因は多様であり、いずれも健康に関連する事柄である。

#### ② 安心・安全の保持(規制)の現状と動向

これについて、行政でも有害物質の規格・基準の設定、あるいはADI(1日摂取許容量)などにより、安全性の基盤整理を進めつつある。さらに表示制度を充実させることで消費者への周知を通じて、信頼感の修復に資する期待がある。一方、飲食物品供給業者は行政の指導を受けて、各種の品物や品質の表示を消費

者のニーズに合わせて詳細化し、これにより安全線を強調するとともに信頼性を回復するようアピールしている。

これらの努力に対し消費者からみれば、行政あるいは業者の示す安全値なるものは、単なる意味不明の数値の羅列に過ぎないと見ている気味がある。従って消費者の安心感を得るには、これらの安全性の証拠を消費者の言葉でアピールしていく必要がある。

## 2. 住生活環境からの安心技術と課題

### (1) 光分野に利用されるセンサ技術と課題

オゾン層破壊に伴う太陽紫外線の問題がとりだたされている中で、携帯型紫外線センサの開発が進んでいることがわかる。特に、UVインデックスを表示するものや過度の紫外線に対して警報を与える機能を有しているものなどが発売されている。可視光センサ、赤外線センサに関しても携帯型のセンサが販売されているが、これらについては人体への影響に対して注意を与えるような警報を発したり、警戒を与える機能を有したものは見受けられない。いずれのセンサも今後携帯化がさらに進むものと考えられるが、さまざまな波長域を選択して測定することができるものや、温度や湿度なども測定できる多機能のセンサが今後開発されてくるものと考えられる。

### (2) 放射線分野に利用されるセンサ技術と課題

日本各地のモニタリングポストにおいて、万が一の放射線関連施設の事故などに備えているが、ここではむしろ携帯型の機器に着目して放射線センサ技術を概観した。代表的な放射線センサとして電離箱・比例計数管、GM計数管、半導体検出器ならびにシンチレーション検出器を取り上げ、それらの原理や特徴を簡単にまとめた上で、 $\gamma$ 線・X線用を中心に市販の携帯型放射線センサを紹介している。高感度のセンサや腕時計型などの超小型センサもあって携帯化は技術的にはおおむね達成されているが、人々の安心の観点にたてば、放射線センサが必ずしも安価ではないこと、センサの存在が一般には必ずしも知られていないこと、仮に被ばく線量が測定できてその人体に及ぼす影響の程度が一般人には判断しやすくする点などが課題であろう。

### (3) 電磁波分野に利用されるセンサ技術と課題

電磁波測定センサの特徴についてまとめた。電磁波では、その周波数範囲が広いため、測定対象とする周波数によっても使用するセンサが異なり、測定対象とする周波数、電磁界により適切な測定器を選ぶことが必要である。加えて、注意が必要なのは、センサが測定可能な周波数成分以外の電磁波が存在したとき、指示値が大きく変わることがある点である。携帯型電磁界センサの多くは広帯域型である、それだけに注意を要する。

このような電磁波自身の特性とその影響を及ぼす範囲を十分に考慮した測定方法が簡単に指示され、また、その測定値を適正に校正、評価できるようにすることが必要であろうと思われる。

## 3. 食生活環境分野からの安心技術と課題

### (1) 飲料品に利用されるセンサ

安心、安全を担保すべく、世の中が動き出した様子を歴史的にみると、約20年前の農水省による「食品産業オンラインセンサ技術研究組合」の設立や最近の農水省(食品中の有害物質の検索)、総務省(ICタグによる食品履歴の情報提供)などの動きが活発になってきた。また、予測される食品危害を、食品中に既に存在する危害(食事性アレルギーを引き起こす物質、食品添加物、残留農薬、ダイオキシン、重金属、発ガン物質)、微生物危害及びその他(BSE、DNA組み換え食品と実質的同等性など)の3つに分類し、これら有害物質の検査法と共に、生鮮物の品

質劣化は単に成分を計測するのではなく、多角的に捉えなければならないことが必要である。現在、魚介類の刺身で食べられる残存日数が瞬時に目視でわかるようなバイオサーモメータの実用化が提案されている。最後に、新規物質に対しては、代謝実験、慢性毒性試験、繁殖試験、変異原性試験、急性毒性試験等による事前評価が推進されている。

## (2) 生菌数並びにアミン類に利用されるセンサ

一般生菌数の測定には2～3日間、食中毒細菌など特定細菌の検出には4～5日間必要であった。しかしここでは、短時間で生菌数計測を可能とする生物発光法、酸素電極法、蛍光染色法が有望である。

アミン類は、初期腐敗物質あるいはアレルギー性食中毒物質として着目されている。日本ではまだ法的な規制値はないが、欧米では規制値等を設けている。ここでは、簡便に計測できる酵素を用いたセンサ法が有望である。

## (3) 核酸指数計並びに複合指数計

わが国では魚介類を「生」で食する習慣があるため「鮮度（生きの良さ）」という特有の概念がある。生鮮魚介類の科学的な鮮度判定法として、核酸関連化合物の成分比、K値が広く使われている。ここでは、経験的な鮮度を簡便に判定する鮮度計測用センサについて市販されている機器、開発中のハンディ型ディスプレイ型センサが有望である。

複合指数計は、生鮮食品中の複数成分を同時に計測して、食品の現段階での劣化状況を正確に表現するとともに、今後の劣化の進行度合いを予測するセンサ法が考案されている。さらに、ヒスタミン中毒や初期鮮度から腐敗までを判定するセンサが考案されている。

## (4) その他の計測器類

ここではこれまで考案された種々の計器のうち現在実用されているもののみならず、将来可能性のあるものもとりあげる。

電気的方法にはトリーメータが知られている。本器は小型でしかも測定操作がきわめて容易であるところから、各種の魚類や鶏肉の鮮度測定に使われてきた実績をもつが、魚類では種によって鮮度の低下をかならずしも反映しない場合がある、解凍品には適用できないなどの欠点がある。近年、においセンサや味覚センサなどの電気化学的方法に属するものが開発され、有害な臭気、危害作用をあたえる物質の検出だけでなく、特定の食品のにおいや味を識別する目的で活用されている。しかし、これらの計器が当該食品に含まれる臭い物質や味物質にかならずしも正確に応答しない場合があり、さらなる検討が必要とされている。

# 4. 期待される安心技術への提言

## (1) 住生活環境分野で必要とする携帯型センサ

光分野では例えば紫外線センサで見られるように皮膚などに直接的にしかも短時間でダメージを与える場合があるような紫外線に関しては、センサの携帯が有効であると考えられるが光に関する正確な知識のもとで、安心して快適な住生活を送るために必要となる光センサとは何かを十分に考えた上で、今後各種センサの携帯化や高性能化が進められるべきであると思われる。

放射線分野では放射線センサが必ずしも安価ではないことである。また、このようなセンサの存在が一般には必ずしも知られていないことも問題であろう。さらに、仮にこのようなセンサの利用によって被ばく線量が測定できたとしても、それが人体に及ぼす影響の程度が一般人には推定・判断しづらい点が、安心の面から考えて最

も大きな課題であろう。

電磁波分野では、測定周波数の帯域以外のノイズが存在するかどうか、また存在した場合、そのノイズがセンサの指示値に影響するかどうかも確認しておく必要がある。携帯型電磁界センサの多くは広帯域型である。それだけに注意を要する。

前述したように、このような電磁波自身の特性とその影響を及ぼす範囲を十分に考慮した測定方法が利用者が理解できるように測定手順が指示され、また、その測定値を適正に校正、評価できるようなシステムにすることが必要であろうと思われる。

## (2) 食生活環境分野の安心(計測)技術

調査研究の結果、安心技術の具現化に向けての方向は、大きく2つに分けて考えられる。特にいずれの場合においても家庭用の設計仕様にあつては、簡便携帯化、取り扱いが容易、表示判定が明確、衛生的仕様、価値の低廉が満たすべき必須要件である。

秤量手段を持たない、あるいは手間を避けるため、計測値は指数を採用する必要がある。さらに費用の負担が消費者にかかる場合、何らかの付帯的な利益の付加も不可欠である。最近の消費者嗜好には著しい健康志向がみられ、現に家庭用血糖計や簡易体脂肪計などが市販されている。機器やタグには何らかの形でマイクロコンピュータが組み込まれてあるので、例えば食事累積カロリーのアプリケーションをセットしておくということも不可能ではない。そのようなことが、当該機器への信頼性を高める方向に働くことであろう。

飲食品の計測の現状は、前処理により抽出・分離された目的物質を、特定センサ計測でその量を確定している。この前処理が必要なことは、畢竟センサの量的把握を正確にするためである。センサ自体が物質の発する信号の分別機能を持てば、前処理は不必要となる。

現在、そのような方向への試みがバイオセンサにみられる。結局のところ、例えば食べ物という複数の化合物を食しながら、その個別の味、あるいは総合した味を知覚できるといった人間の能力機作を有するセンサが、飲食品計測用センサの最終目的とされるのである。

## (3) 先端技術に期待するセンサの開発動向

「ナノテクノロジー」プロジェクトが第2期科学基本法に組み込まれ、電子工学・計測工学をはじめとし医学・機械・材料・化学・農学・理学等あらゆる分野で目覚ましい成果を挙げている。半導体生産分野から始まったナノスケール描画技術とMEMS(Micro Electro Mechanical Systems)により、機要素部品、センサ、アクチュエータ、記憶メモリ、電子回路などを一つのシリコン基板上に集積化したデバイスが従来の半田付けを基本とする製品にとり代わり数mmサイズのシステムになって来ている。

MEMSを利用して実用化が達成されている物理的センサとしては圧力センサ、加速度センサ、ジャイロ스코ープ、傾斜センサ、無重力センサなどがすでに商品に搭載されている。

「バイオエレクトロニクス」分野でもバイオセンサ、バイオメトリックセンサと呼ばれるセンサの開発が進み、生物材料(微生物、酵素、抗体、細胞など)の分子認識能を利用し、生物材料を分子識別素子として応用した酵素センサ、微生物センサ、免疫センサなどが注目される。

今後のセンサは単一機能機器ではなく進展が目ざましいICタグなどとのハイブリッド型に急速に移行すると思われる。これにより誰もが簡単に測定値の信頼性を簡単にチェックできる校正装置が組み込まれた多機能型各種測定機器が数年以内に製品化されると予想される。現在の手のひらサイズの計測計が数年のうちにはペンシルサイズにあるいはカードサイズになるであろう。

しかし一般的に携帯用センサとしての実用化は、光・電磁波分野のセンサが最も容易であり、次いで放射線センサである。食生活に直接関係している鮮度センサ、ニオイセンサの携帯化については今後前述の新しいアイデア技術として開発が期待されている。