

理研センサ 技術概論



ガスセンサの使用分野

“人々が安心して働ける環境づくり”のために

弊社は、“人々が安心して働ける環境づくり”を永久のテーマとし、半導体・液晶工場、石油コンビナート、製鉄所、各種タンカー、石油備蓄基地、地下ガス施設、火山等々、ガスを消費・製造・貯蔵する現場、およびガスが発生する現場等で、作業の安全や設備の保全を日夜監視し続ける産業用のガス検知器、および、各種ガスセンサを独自に開発生産しております。

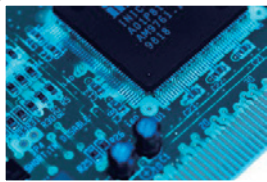
本冊子は、ガス検知器に使用しているガスセンサの原理と、その他弊社で扱っている製商品、ならびに、過去に扱ったことのあるその他のセンサについての概要をまとめた資料です。

可燃性ガス
(火災・爆発)

毒性ガス
(中毒・環境汚染)

フロン
(温暖化、
環境破壊)

酸素
(酸欠)



エレクトロニクス産業



石油精製／石油化学産業



鉄鋼産業



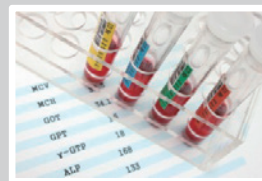
建設産業



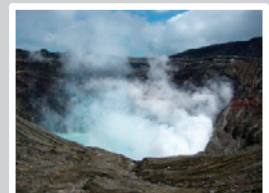
海運／造船産業



消防／レスキュー



研究所/大学



火山／温泉



航空／宇宙産業



電力産業



食品産業



医療／製薬



農業

目次

ガスセンサの使用分野 “人々が安心して働ける環境づくり”のために 1

序章 3～4

ガスのセンサ原理と検知濃度範囲
ガスセンサ以外の代表的な測定原理

ガスセンサ 5～25

固体センサ 5～9

接触燃焼式センサ 【HW】	ニューセラミック式センサ 【NC】
半導体式センサ 【SG】	熱線型半導体式センサ 【SH】
熱伝導式センサ 【TE】	

電気化学センサ 10～13

定電位電解式センサ 【ES】	隔膜分離型定電位電解式センサ 【ES-K】
隔膜ガルバニ電池式センサ 【OS】	ジルコニア固体電解質式センサ
隔膜電極式センサ*	

光学センサ 14～19

非分散型赤外線式センサ 【DE】	光波干渉式センサ 【FI】
検知テープ式センサ 【FP】	非分散型赤外線式センサ(ガスフィルター相関法)
差分吸収分光法(DOAS)	アーク紫外分光式センサ*

その他の方式のセンサ 20～25

光イオン化式センサ(PID)	熱粒子化式センサ 【SS】
水素炎イオン化式センサ*	化学発光法(ケミルミネッセンス法)
干渉増幅反射法*	熱イオン化式センサ*
触媒酸化式センサ*	

その他の各種測定法 26～33

回折・蛍光X線分析装置 【DF】	低エネルギー電子計数方式センサ 【LE】
ババンドギャップ測定器	炎検知器(赤外線3波長式・紫外線式・紫外赤外併用式)
イオン電極式センサ*	イオン化傾向電極式センサ*
光弾性式応力検出センサ*	GM計数管式センサ*
電離箱式センサ*	応力検出式センサ*
試験紙光電光度式(黒煙用)センサ*	オパシメータ(光透過式スモークメータ)*

付録 34～36

可燃性ガス、毒性ガスについて
特殊高圧ガス、酸素、硫化水素について
可燃性、毒性ガスの危険性リスト

(注釈) 【】内のアルファベットは、センサの型式を示しています。
※のセンサは、現在弊社では扱っていないセンサ原理です。

ガスセンサの原理と検知濃度範囲

検知対象ガス（可燃性ガス）

掲載頁	センサ区分	センサ原理	型式*
5	固体	接触燃焼式	HW
6		ニューセラミック式	NC
7		半導体式	SG
8		熱線型半導体式	SH
9		熱伝導式	TE
14	光学	非分散型赤外線式	DE
15		光波干渉式	FI
17		非分散型赤外線式（ガスフィルター相関法）	—
18		差分吸収分光法（DOAS）	—
22	其他方式	水素炎イオン化式	—
24		干渉増幅反射法（IER法）	—

検知対象ガス（毒性ガス）

掲載頁	センサ区分	センサ原理	型式*
7	固体	半導体式	SG
8		熱線型半導体式	SH
10	電気化学	定電位電解式	ES
11		隔膜分離型定電位電解式	ES-K
13		隔膜電極式	—
14	光学	非分散型赤外線式	DE
16		検知テープ式	FP
17		非分散型赤外線式（ガスフィルター相関法）	—
19		アーク紫外分光式	—
20	其他方式	光イオン化式（PID）	—
21		熱粒子化式	SS
23		化学発光法（ケミルミネッセンス法）	—
24		干渉増幅反射法（IER法）	—
25		熱イオン化式	—
		触媒酸化式	—

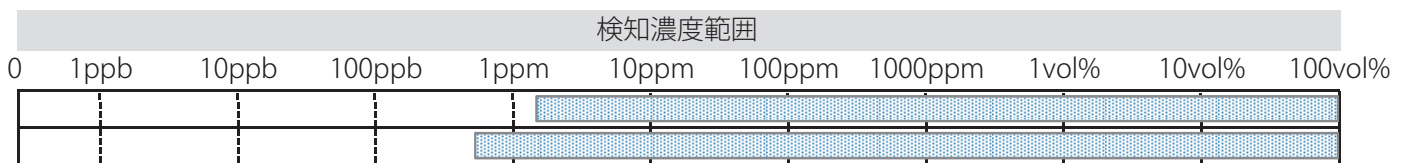
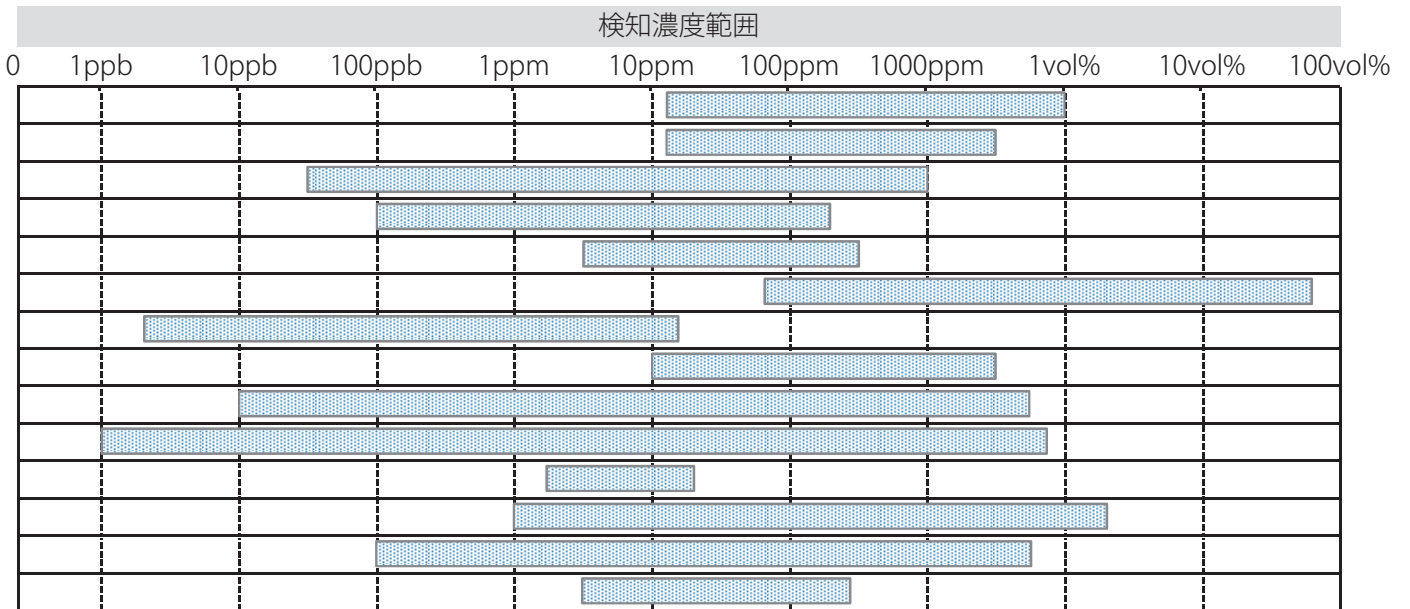
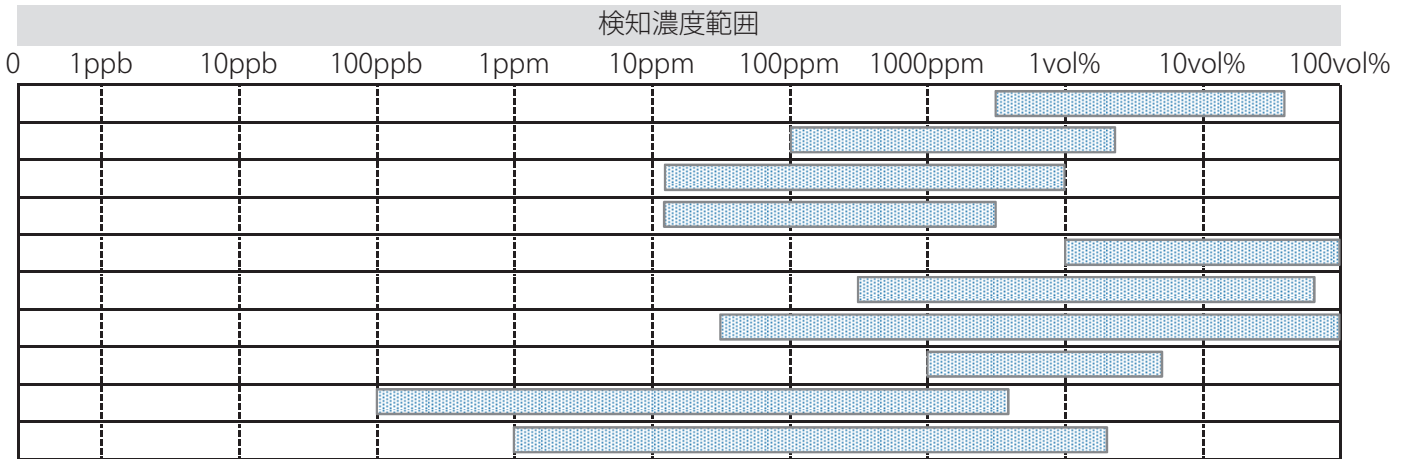
検知対象ガス（酸素）

掲載頁	センサ区分	センサ原理	型式*
12	電気化学	隔膜ガルバニ電池式	OS
13		ジルコニア固体電解質式	—

※ 型式に「—」が記載されているセンサ原理は、センサとして型式を設定していない、又は弊社でセンサの製造を行っていないセンサです。

ガスセンサ以外の測定原理

掲載頁	センサ区分	センサ原理
26	回折・蛍光X線分析装置	[回折X線・蛍光X線の測定]文化財、金属合金等の腐食化合物
27	低エネルギー電子計数方式	[物質表面の分析]仕事関数・表面汚れ、膜厚など
28	バンドギャップ測定器	[反射スペクトルによるバンドギャップ]粉体、薄膜
29	炎検知器（赤外線3波長式・紫外線式・紫外赤外併用式）	[炎検出]各種工場など
30	イオン電極式	[水溶液中の塩分濃度測定]生コンクリート
	イオン化傾向電極式	[油水面の検出]原油タンカーなど



掲載頁	センサ原理	検知対象物
31	光弾性式応力検出	[透明性モデルの内部応力の解析] 機械・土木建築などの設計
	GM計数管式	[β線、γ線、X線の測定] 放射線による表面汚染の測定など
32	電離箱式	[γ線、X線の測定] 病院、研究所などでの被曝測定
	応力検出式	[ホイールのアンバランス検出] 自動車、オートバイなど
33	試験紙光電光度式(黒煙用)	[ディーゼルエンジンの黒煙濃度測定] ディーゼルエンジン車など
	オパシメータ(光透過式スモークメータ)	[排出ガス汚染度測定] 自動車排ガスなど

接触燃焼式センサ:HW

Catalytic Combustion Method

定置用センサ
(例)HW-6239



1. センサの概要

酸化触媒上で可燃性ガスが燃焼する際の発熱量を利用したセンサで、世界で最も広く普及している可燃性ガス専用のガス検知センサです。

センサ区分	検知対象ガス
固体	可燃性

2. センサの構造・原理

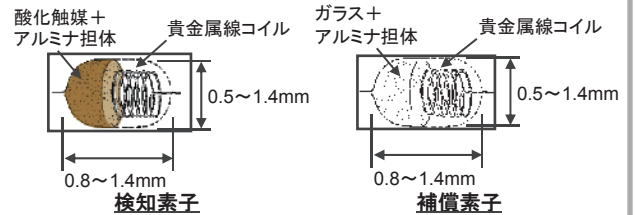
【構造】

接触燃焼式センサは、検知素子と補償素子から構成されています。検知素子は貴金属線コイル(白金など)の上に、可燃性ガスに活性な酸化触媒をアルミナ担体と共に焼結したもので構成され、検知対象ガスにより燃焼反応します。補償素子は貴金属線コイルの上に、可燃性ガスに不活性なガラスとアルミナ担体の混合物を焼結したもので、雰囲気の影響を補正します。

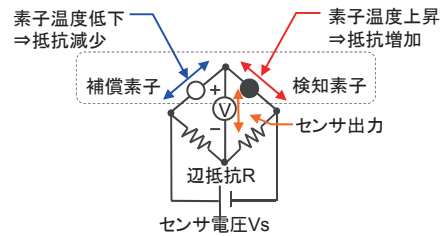
【原理】

貴金属線コイルによって300~450℃に加熱された検知素子の表面で可燃性ガスが燃焼すると、素子の温度が上昇します。温度変化に伴い素子を構成する貴金属線コイルの抵抗値も変化します。抵抗値変化はガスの濃度にほぼ比例します。右図に示したブリッジ回路により、抵抗値の変化量を電圧として取り出し、ガス濃度を求めることが出来ます。

【センサ素子のイメージ図】



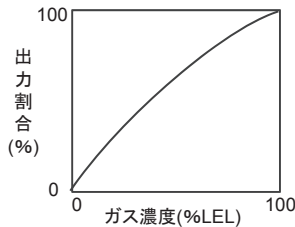
【ブリッジ回路】



3. センサの特徴 (HW-6239センサによる一例)

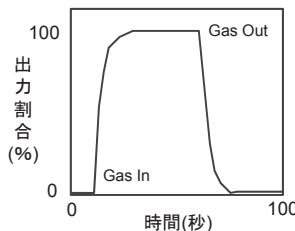
○出力特性

ヒータ源である、貴金属線コイルは温度抵抗係数がリニアに変化します。爆発下限界(LEL)濃度域では、燃焼反応とガス濃度は比例関係にあります。LEL濃度域でセンサからの出力はガス濃度に対して緩やかな曲線を示します。



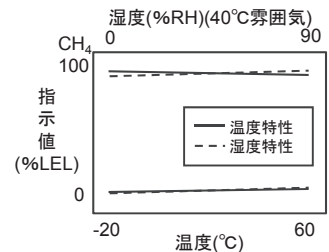
○応答性

検知素子表面で生じた燃焼熱は貴金属線コイルへ伝わり、ブリッジ回路内の抵抗値を変化させ、信号へと変換されます。反応速度が速く、応答性に優れ、精度、再現性に優れています。



○温湿度特性

素子に使用される材料は、電気抵抗が高く、使用環境の温度・湿度による影響が小さいため、指示値の変動もほとんどありません。



○触媒開発

検知素子には燃焼反応を促進させる触媒を使用しています。自社で開発した触媒は、ガスセンサ用としての独自のノウハウを活かし、長期安定性に優れています。

4. 検知対象ガス、分子式、センサ型式、検知範囲(一例)

検知対象ガス	分子式	センサ型式	検知範囲
一般可燃性ガス	—	HW-6211	0~100%LEL
メタン	CH ₄	HW-6239	
塩化ビニル	C ₂ H ₃ Cl	HW-6214	
高沸点溶剤ガス	—	HW-6228	

5. 該当製品(一例)

○定置式製品

…GD-A80、GD-A80D、SD-1 (TYPE GP)、SD-D58・DC (TYPE GP)、SD-2500

○ポータブル式製品

…GP-1000

SD-1 (TYPE GP)



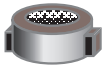
ニューセラミック式センサ:NC

New Ceramic Catalytic Method

定置用センサ
(例) NC-6239



ポータブル用センサ
(例) NCR-6309



1. センサの概要

超微粒化した酸化触媒(ニューセラミック)を用いて、低濃度(ppm)から爆発下限界(LEL)まで幅広い領域を検知します。弊社が独自に開発した画期的な可燃性ガス専用のガス検知センサです。

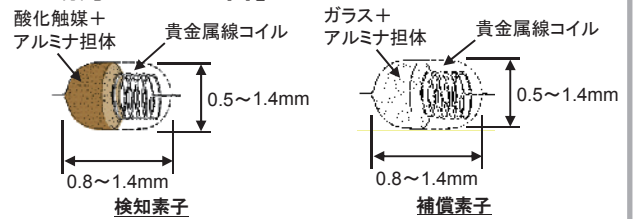
センサ区分	検知対象ガス
固体	可燃性

2. センサの構造・原理

【構造】

ニューセラミック式センサは、検知素子と補償素子から構成されています(一部、補償素子のないセンサもあります)。検知素子は、貴金属線コイルの上に、可燃性ガスに活性な超微粒化した酸化触媒(ニューセラミック)をアルミナ担体と共に焼結したもので構成され、検知対象ガスにより燃焼反応します。補償素子は、貴金属線コイルの上に、可燃性ガスに不活性なガラスとアルミナ担体の混合物を焼結したもので、雰囲気の影響を補正します。

【センサ素子のイメージ図】

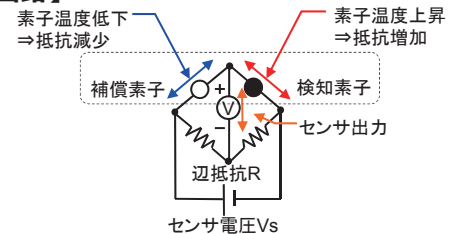


【原理】

貴金属線コイルによって300~450°Cに加熱された検知素子の表面で可燃性ガスが燃焼すると、素子の温度が上昇します。この温度変化に伴い、素子を構成する貴金属線コイルの抵抗値も変化します。抵抗値変化はガスの濃度にほぼ比例します。

ブリッジ回路によってこの抵抗値の変化量を電圧として取り出し、ガス濃度を求めることができます。

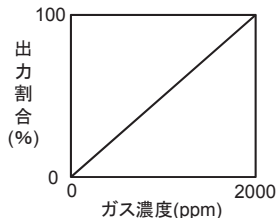
【ブリッジ回路】



3. センサの特徴 (NC-6239センサによる一例)

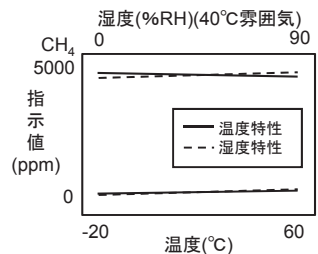
○出力特性

検知素子に使用される触媒により燃焼反応を向上させています。それにより燃焼熱が効率よく生じるため、従来接触燃焼式では不可能であった低濃度域(ppm)のガス検知が可能です。



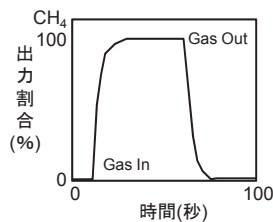
○温湿度特性

素子に使用される材料は、電気抵抗が高く、使用環境の温度・湿度による影響が小さいため、指示値の変動もほとんどありません。



○応答性

検知素子表面で生じた燃焼熱は貴金属線コイルへ伝わり、ブリッジ回路内の抵抗値を変化させ、信号へと変換されます。反応速度が速く、応答性に優れ、精度、再現性に優れています。



○測定濃度

低濃度域(ppm)から%LELまで、幅広い濃度範囲を検知できます。

4. 検知対象ガス、分子式、センサ型式、検知範囲(一例)

検知対象ガス	分子式	センサ型式	検知範囲
一般可燃性ガス	—	NC-6211	ppm~100%LEL
メタン	CH ₄	NC-6239	
塩化ビニル	C ₂ H ₃ Cl	NC-6214	

5. 該当製品(一例)

○定置式製品

- … GD-A80、GD-A80D、SD-1 (TYPE NC)、SD-D58・DC (TYPE NC)

○ポータブル式製品

- … GP-03、GX-2009、NC-1000、GX-2012、GX-8000、GX-3R、GX-3R Pro

GX-3R Pro



半導体式センサ:SG

Semi-Conductor Method

定置用センサ
(例) SG-8581



1. センサの概要

金属酸化物半導体が検知対象ガスと接触したときに生じる抵抗値の変化を、ガス濃度として検知します。毒性ガスから可燃性ガスまであらゆるガスを検知する汎用型のガス検知センサです。

センサ区分	検知対象ガス
固体	可燃性
	毒性

2. センサの構造・原理

【構造】

ヒーターコイルとアルミナチューブ上に形成された金属酸化物半導体(SnO₂)で構成されています。アルミナチューブの両端には半導体の抵抗を測るための2つの金電極があります。

【原理】

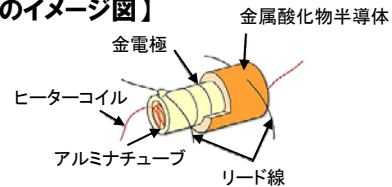
ヒーターコイルによって350~400℃に加熱された金属酸化物の半導体表面には、大気中の酸素がO⁻やO²⁻の形で吸着しており、半導体は一定の抵抗値を保っています。

この表面上にメタンガス等が接触、化学吸着すると、吸着していたO²⁻イオンにより酸化され離脱します。このときセンサ表面では次のような反応が起こります。

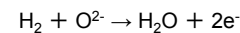
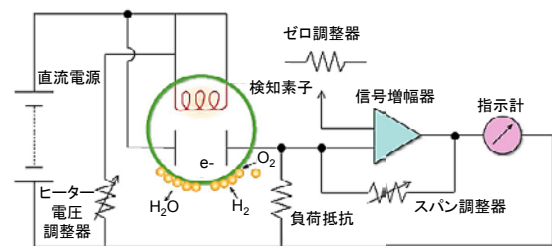


つまり、メタンガスがセンサ表面に吸着して吸着酸素を奪い、センサ内部の自由電子が増加することで抵抗値は低下します。この抵抗値変化を測定することによって、ガス濃度を求めることができます。

【センサ素子のイメージ図】



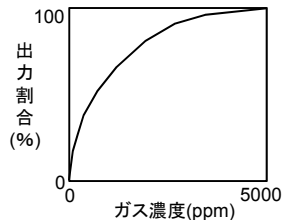
【駆動回路】



3. センサの特徴 (SG-8521センサによる一例)

○出力特性

半導体の抵抗値変化を検知するため、ニューセラミック式センサでは検知できない低濃度域(ppm)でも、変化を検知できます。低濃度でのセンサ出力が大きく、高感度です。



○毒性ガス検知

原理的に電子の増減及び電子の移動度により抵抗値が変化するため、可燃性ガスだけでなく、燃焼熱が小さい毒性ガス等の様々なガスの検知が可能です。

○経時特性

長期安定性に優れ、長寿命です。接触燃焼式センサと比較して、被毒性や過酷雰囲気に対する耐久性に優れています。

○ガス選択性

半導体材料に不純物を添加することで、干渉影響が変化します。この特性を利用することで、ガスによっては選択性を持つことができます。

4. 検知対象ガス、分子式、センサ型式、検知範囲(一例)

検知対象ガス	分子式	センサ型式	検知範囲
溶剤 一般可燃性ガス	—	SG-8511	0~5000ppm
		SG-8521	
水素	H ₂	SG-8541	0~200ppm
メタン	CH ₄	SG-8581	

5. 該当製品(一例)

○定置式製品

… GD-A80V、GD-A80DV、
GD-70D、SD-1GH、
SD-D58・DC・GH

GD-70D



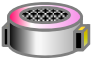
熱線型半導体式センサ:SH

Hot Wire Type Semi-Conductor Method

定置用センサ
(例) SH-8616



ポータブル用センサ
(例) SH-8641



1. センサの概要

金属酸化物半導体が検知対象ガスと接触したときに生じる抵抗値の変化をガス濃度として検知します。高感度の低濃度用ガス検知センサです。

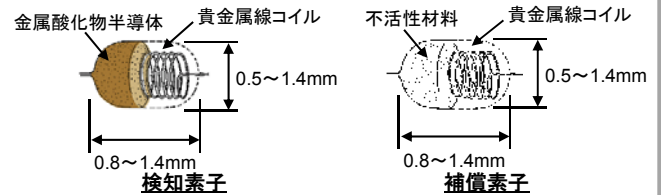
センサ区分	検知対象ガス
固体	可燃性 毒性

2. センサの構造・原理

【構造】

貴金属線コイル(白金など)上の周囲に金属酸化物半導体を焼結した検知素子と、検知対象ガスに不活性な材料を焼結した補償素子から構成されています。

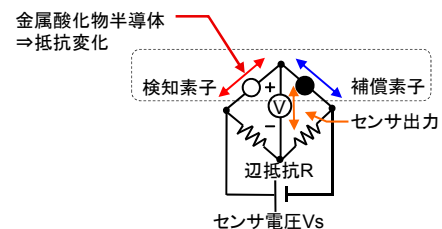
【センサ素子のイメージ図】



【原理】

検知素子の抵抗値(R)は半導体の抵抗値(RS)と貴金属線コイルの抵抗値(RH)の合成抵抗となります。貴金属線コイルによって300~400°Cに加熱された検知素子は、ある一定の抵抗値を保っています。検知素子にメタンガス等が接触すると、金属酸化物の半導体表面に吸着していた酸素を離脱します。半導体内部を自由に移動できる電子の数が増加し、半導体の抵抗値は減少します。その結果、検知素子全体の抵抗値も減少します。抵抗値の変化量をブリッジ回路によって電圧として取り出すことにより、ガス濃度を求めることができます。

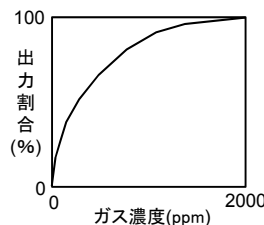
【ブリッジ回路】



3. センサの特徴 (SH-8616センサによる一例)

○出力特性

半導体の抵抗値変化を検知するため、ニューセラミック式センサでは検知できない低濃度域(ppm)でも、変化を検知できます。低濃度でのセンサ出力が大きく、高感度です。



○小型省電力化

ヒーター用の貴金属線コイルの小型化を図り、センサの消費電力が少なく、製品サイズの小型化が可能です。

○経時特性

長期安定性に優れ、長寿命です。接触燃焼式センサと比較して、被毒性や過酷雰囲気に対する耐久性に優れています。

○ガス選択性

金属酸化物半導体に不純物を添加することで、干渉影響が変化します。この特性を利用することで、ガスによっては選択性を持つことができます。

4. 検知対象ガス、分子式、センサ型式、検知範囲(一例)

検知対象ガス	分子式	センサ型式	検知範囲
水素	H ₂	SH-8612	0~2000ppm
都市ガス	—	SH-8616	
一般可燃性ガス	—	SH-8639	
		SH-8640	
		SH-8641	

5. 該当製品(一例)

○定置式製品

… GD-A80S、GD-A80DS

○ポータブル式製品

… SP-220、GX-2012GT

GX-2012GT



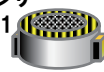
熱伝導式センサ:TE

Thermal Conductivity Method

定置用センサ
(例) TE-7559



ポータブル用センサ
(例) TE-7561



ポータブル用センサ
(例) TE-7515



1. センサの概要

検知対象ガスによる熱伝導率の変化をガス濃度として検知します。高濃度ガスの検知に適した実績のある可燃性ガス検知センサです。

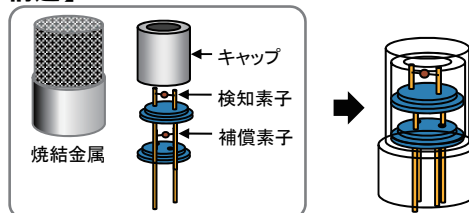
センサ区分	検知対象ガス
固体	可燃性

2. センサの構造・原理

【構造】

熱伝導式センサは、検知素子と補償素子から構成されています。検知素子と補償素子は、白金線コイル等の上に、検知対象ガスに不活性なガラスとアルミナ担体の混合物を焼結したタイプと、不活性金属等をコーティングしたタイプの2種類あります。検知素子は、検知対象ガスが接触する構造となっています。補償素子は、検知対象ガスに接触しないような密閉構造となっています。

【センサ構造】



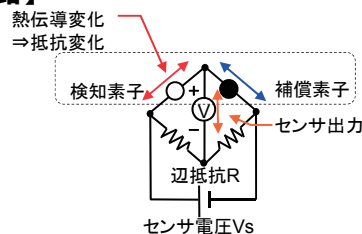
【原理】

白金線コイルによって200~500℃に加熱された検知素子に検知対象ガスが触れると、ガス固有の熱伝導率により熱放散の状態が変わり、検知素子の温度が変化します。

この温度変化に伴い素子を構成する白金線コイルの抵抗値も変化します。抵抗値変化はガスの濃度にほぼ比例します。

抵抗値の変化量をブリッジ回路によって電圧として取り出し、ガス濃度を求めることができます。

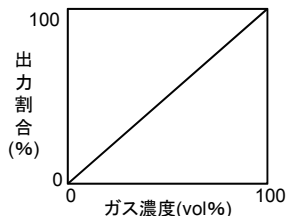
【ブリッジ回路】



3. センサの特徴 (TE-7559センサによる一例)

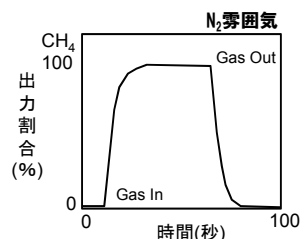
○出力特性

白金線コイルの抵抗変化を検知するため、100vol%ガス濃度まで出力は濃度にほぼ比例します。高濃度ガス検知に適しています。



○無酸素検知

気体の熱伝導率の変化を検知するため、酸素の無い雰囲気中でも検知できます。ベースガスとの熱伝導率に差が少ないガスについては検知できません。



○経時特性

気体の熱伝導率の変化を物理的に検知しており、燃焼反応等の化学反応を伴わないため、触媒の劣化や被毒が無く、長期に安定して使用できます。

○不燃性ガス検知

ガス固有の熱伝導率を利用しているため、空気中の高濃度アルゴン、窒素、二酸化炭素などの熱伝導率の差が大きい不燃性ガスについても、検知可能です。

4. 検知対象ガス、センサ型式、検知範囲(一例)

検知対象ガス	センサ型式	検知範囲
一般可燃性ガス	TE-7515	0~100vol%
	TE-7559	
	TE-7560	
	TE-7561	

5. 該当製品(一例)

○定置式製品

… GD-A80N、GD-A80DN

○ポータブル式製品

… GX-2012、GX-8000

GX-8000



定電位電解式センサ:ES

Potentiostatic Electrolysis Method

定置用センサ
(例) ES-23シリーズ



ポータブル用センサ
(例) ESR-A1シリーズ



1. センサの概要

一定の電位に保たれた電極上で検知対象ガスを電気分解し、その時に発生する電流をガス濃度として検知します。毒性ガスの検知に最も有効なガス検知センサです。設定電位を選ぶことで選択的にガスを検知できます。

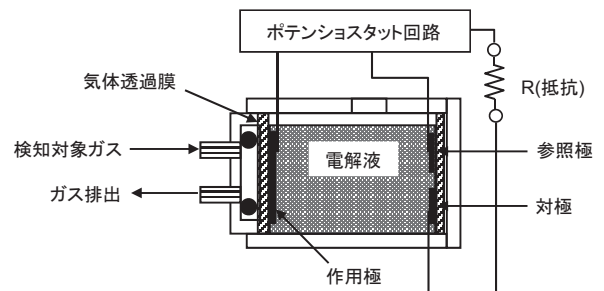
センサ区分	検知対象ガス
電気化学	毒性

2. センサの構造・原理

【構造】

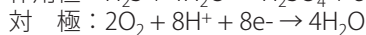
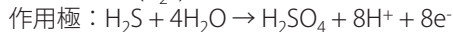
気体透過膜上に触媒(金や白金など)を重ね合わせた電極(作用極)と、参照極、対極を配置し、この電極をプラスチック容器に組み込み、その内部を電解液で満たした構造です。

【構造図】



【原理】

作用極と参照極間をポテンシostat回路を用いて一定の電位に保ちます。検知対象ガスは作用電極で直接電気分解されます。例えば硫化水素(H₂S)の場合には次の反応が起こります。

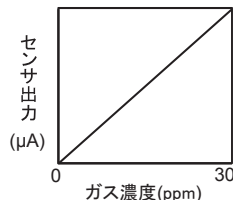


このときに発生する電流はガス濃度に比例するため、作用極と対極の間に流れる電流を測定することによってガス濃度を知ることができます。

3. センサの特徴 (ES-237iF (H₂Sセンサ) による一例)

○出力特性

ガス濃度と電流値は、比例関係にあります。本センサの電流値は、そのままの値がセンサ出力となるため、ガス濃度とセンサ出力も比例します。

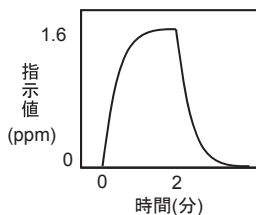


○経時特性

経時特性は約2年間で、初期値に対して80%程度の感度を維持します。湿度影響で若干の感度変化があるため、季節によって指示値が変動することがあります。

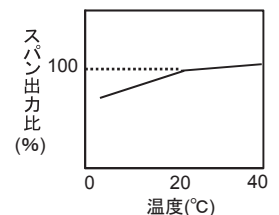
○応答性

応答曲線は右図の通りです。触媒反応によりガスを反応させ電流を取り出します。H₂Sによって電極触媒は変質しないため、精度・再現性に優れています。



○温度特性

高温側での指示値の変動はほとんどなく、低温側で感度が低下する傾向です。0℃でも感度は80%以上を維持しており、温度補正を行うことで検知器では指示値の変動を抑えています。



4. 検知対象ガス、分子式、センサ型式、検知範囲(一例)

検知対象ガス	分子式	センサ型式	検知範囲
一酸化炭素	CO	ES-23	0~75/150/300 ppm
		ES-2031	0~150ppm
硫化水素	H ₂ S	ES-237iF	0~1/3/30ppm
		ES-1827iF	0~3ppm
ホスフィン	PH ₃	ES-23DF	0~1ppm

5. 該当製品(一例)

○定置式製品

… EC-600、GD-70D、SD-1EC

○ポータブル式製品

… CO-04、CX-04、CO-FL1、GX-2009、GX-2012、GX-8000、HS-04、SC-01、GX-3R、GX-3R Pro



隔膜分離型定電位電解式センサ:ES-K

Membrane-Separated Electrode Method

定置用センサ
(例) ES-K2シリーズ



1. センサの概要

定電位電解式の原理に属し、気体透過膜(隔膜)と作用極を完全に分離した構造になっています。選択性に優れた毒性ガス検知センサです。

センサ区分	検知対象ガス
電気化学	毒性

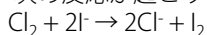
2. センサの構造・原理

【構造】

電解液を満したプラスチック容器に、気体透過膜を金属電極に重ね合わせた作用極と、参照極、対極にて構成されています。作用極と気体透過膜の間には、非常に薄い電解液の層が存在します。

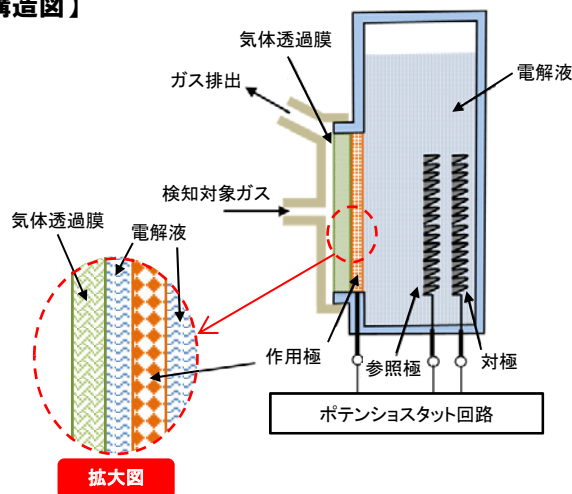
【原理】

気体透過膜を通過した検知対象ガスと電解液中のイオンが反応することで、ハロゲンが生成します。例えば、検知対象ガスが塩素(Cl_2)の場合、次の反応が起こります。



この反応で生成したヨウ素(I_2)が作用極で還元され、回路に電流が流れます。この電流はガス濃度に比例するため、電流を測定することでガス濃度を求めることができます。検知対象ガスは作用極で反応する前に電解液中で反応するため、電解液に反応しないガスに対する干渉が無く、選択性に優れています。

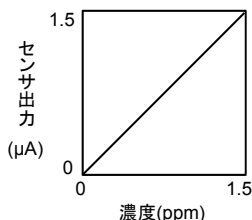
【構造図】



3. センサの特徴 (ES-K233 (Cl_2 センサ) による一例)

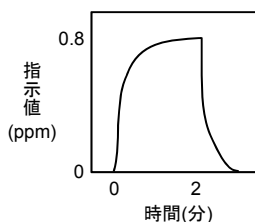
○出力特性

ガス濃度と電流値は、比例関係にあります。本センサの電流値は、そのままの値がセンサ出力となるため、ガス濃度とセンサ出力も比例します。



○応答性

応答が速く、 Cl_2 による電極・電解液への腐食影響はほとんどないため、精度・再現性に優れています。

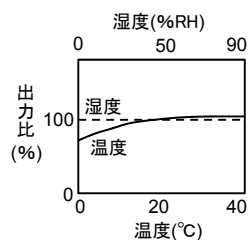


○経時特性

センサの性能として、経時的な出力変化はほとんどありません。しかし、異物の付着などにより、気体透過膜の気体透過性が悪くなると出力が低下することがあります。

○温湿度特性

温度による出力への影響は、高温側ではほとんどなく低温側では低下する傾向です。0℃でも感度は80%以上を維持します。温度補正を行うことで、検知器では指示の変動を抑えています。湿度による出力への影響はありません。



4. 検知対象ガス、分子式、センサ型式、検知範囲(一例)

検知対象ガス	分子式	センサ型式	検知範囲
塩素	Cl_2	ES-K233	0~1.5ppm
フッ化水素	HF		0~9ppm
フッ素	F_2		0~3ppm
三フッ化塩素	ClF_3	ESK-233C	0~1ppm
オゾン	O_3	ES-K239C	

5. 該当製品(一例)

○定置式製品

… GD-70D

○ポータブル式製品

… SC-8000、TP-70D

SC-8000



隔膜ガルバニ電池式センサ:OS

Membrane Type Galvanic Cell Method

定置用センサ
(例) OS-B11



ポータブル用センサ
(例) OS-BM2



1. センサの概要

隔膜ガルバニ電池式酸素センサは、電池の原理を応用したシンプル、かつ歴史の古いセンサです。センサの動作に外部の電源を必要とせず、長期安定性に優れています。

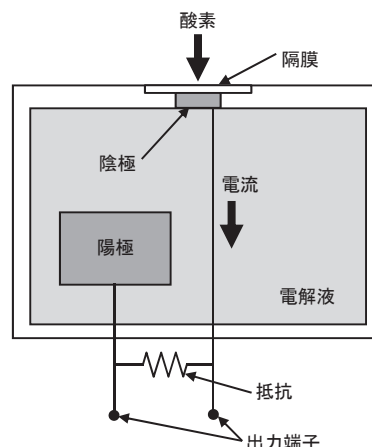
センサ区分	検知対象ガス
電気化学	酸素

2. センサの構造・原理

【構造】

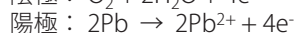
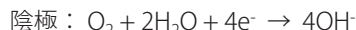
陰極(貴金属)と陽極(鉛)を電解液の中に置き、陰極の外側に隔膜を密着させた構造です。陰極と陽極を固定抵抗でつなぎ電圧として出力しています。

【構造図】



【原理】

隔膜を透過した酸素は陰極で還元され、それと同時に陽極で鉛の電解液への溶解(酸化)が起こります。各電極での反応は次の通りです。



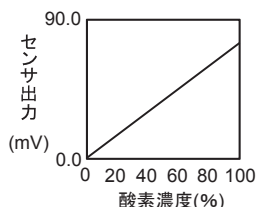
還元反応によって流れる電流は固定抵抗により電圧に変換され、出力端子から取り出されます。

センサ出力は酸素濃度(分圧)に比例します。

3. センサの特徴 (OS-B11センサによる一例)

○出力特性

酸素濃度と電流値は、比例関係にあります。本センサの電流値は、電圧に変換されセンサ出力となるため、酸素濃度とセンサ出力も0~100%の範囲で比例します。

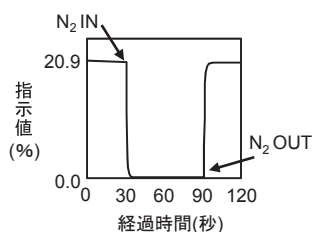


○経時特性

センサの寿命は長く、使用実績値で2~3年となっています。

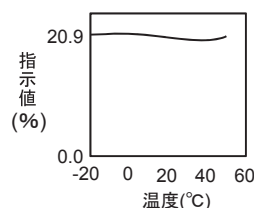
○応答性

応答速度が速く、精度、再現性にも優れています。



○温湿度特性

センサ内部に取り付けたサーミスタにより、温度補償を行っているため、指示値の温度依存性はほとんどありません。



4. 検知対象ガス、分子式、センサ型式、検知範囲(一例)

検知対象ガス	分子式	センサ型式	検知範囲
酸素	O ₂	OS-B11	0~25%
		OS-BM1	
		OS-BM2	

5. 該当製品(一例)

○定置式製品

… GD-70D、GD-F3A-A、GD-F4A-A、OX-600、SD-10X

○ポータブル式製品

… GX-2009、GX-2012、GX-8000 (TYPE O₂L/N)、OX-04G、OX-08、GW-3 (O₂)



ジルコニア固体電解質式センサ

Zirconia Method

センサ区分	検知対象ガス
電気化学	酸素

1.センサの概要

高温でイオンが流れる安定化したジルコニアを、固体電解質として使用した酸素検知センサです。不活性ガス中の微量な酸素濃度(ppm)の検知が可能です。

2.センサの構造・原理

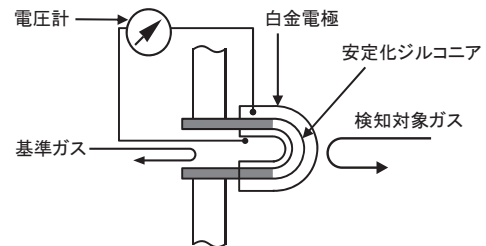
【構造】

安定化ジルコニア(ジルコニアに酸化物である酸化カルシウム(CaO)、酸化イットリウム(Y₂O₃)などを添加し、立方晶を低温まで安定化させたもの)の両面に多孔質の白金電極を付けた電池部と、この電池部を一定の高温に加熱する電気炉で構成されています。

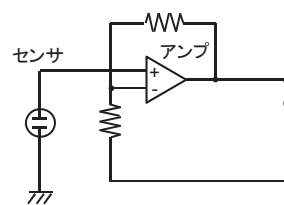
【原理】

一定の高温に加熱され、イオンが動きやすくなっている固体電解質の安定化ジルコニアは、一定の温度に加熱されることで酸素イオン電導性が高まります。この安定化ジルコニアに白金電極を付けた内側と外側に酸素濃度差が生じると、2つの電極間に起電力が生じ、酸素濃度電池の役割を果たします。センサの電圧は酸素濃度の対数に比例するため、センサの電圧を測ることによって酸素濃度を求めることができます。

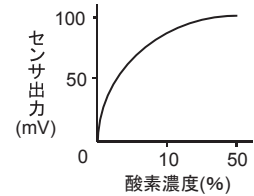
【構造図】



【基本回路】



【出力特性】



隔膜電極式センサ

Membrane-Covered Electrode Method

センサ区分	検知対象ガス
電気化学	毒性

1.センサの概要

気体透過膜(隔膜)とイオン選択性電極(ガラス電極)で構成されています。pHを測定するガラス電極を使用してアンモニアやアミン系ガスが測定可能なセンサです。

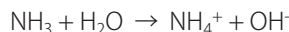
2.センサの構造・原理

【構造】

pH電極などのイオン選択性電極と基準電極が内部液の中に置かれています。イオン選択性電極に気体透過膜(プラスチック膜)が密着しています。

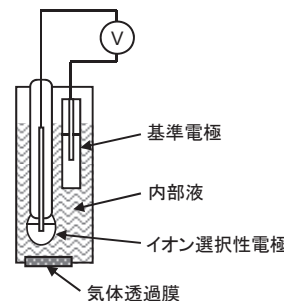
【原理】

検知対象ガスが気体透過膜を通して内部液に溶け込みます。例えば、アンモニア用センサでは内部液にアンモニアガスが溶け込みOH⁻(水酸イオン)を生じます。

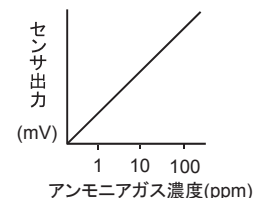


内部液はアルカリ性となるのでpHが変化します。この内部液のpH変化をイオン選択性電極で検知します。イオン選択性電極と基準電極間にはアンモニアガス濃度の対数に比例した起電力(電圧)が発生します。この起電力を測定することでガス濃度を求めることができます。

【構造図】



【基本回路】



非分散型赤外線式センサ:DE

Non-Dispersive Infrared Method

定置用センサ
(例) DE-3315-1



ポータブル用センサ
(例) DE-3123-1

1. センサの概要

多くのガスが赤外線を吸収することを利用し、測定セルに赤外線を照射し、検知対象ガスの吸収による赤外線の変化量を検出するガス検知センサです。赤外線を波長ごとに分けずに(分散せずに)、特定の波長範囲に入る赤外線を全て連続で検出します。

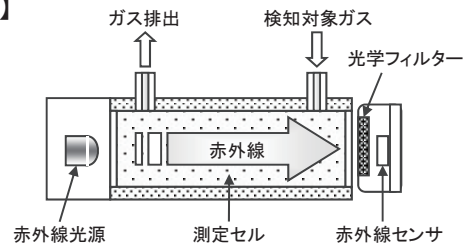
センサ区分	検知対象ガス
光学	可燃性 毒性

2. センサの構造・原理

【構造】

赤外線光源と赤外線センサの間に、測定セルと光学フィルターを配置します。赤外線光源から放射される赤外線は、測定セル内部と光学フィルターを通して、赤外線センサで検出されます。光学フィルターは、検知対象ガスが吸収する赤外線の波長域を、選択的に透過します。

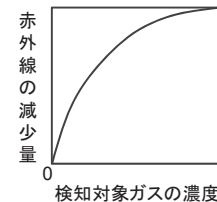
【構造図】



【原理】

測定セル内部に検知対象ガスが導入されると、検知対象ガスにより赤外線が吸収され、赤外線センサで検出される赤外線の量が減少します。既知の濃度の検知対象ガスを数点導入して、赤外線の減少量と検知対象ガスの濃度との関係(検量線)を求めます。未知の濃度の検知対象ガスが導入されたとき、得られた赤外線の減少量から検量線を使って、ガス濃度を求めます。

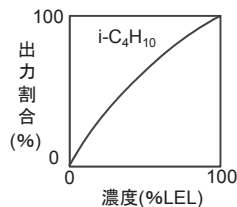
【検量線(一例)】



3. センサの特徴 (DE-3313-5センサによる一例)

○出力特性

ガス濃度とガスセンサの出力との関係は正比例ではなく、右図のような曲線になります。
(i-C₄H₁₀:イソブタン)

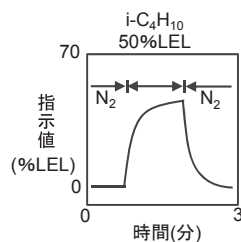


○経時特性

大きな温度変化がない場合、指示値の経時変化は小さく安定しています。設置環境により、経時変化が大きい場合には、半年に1度程度のガス校正により、変化を小さく抑えることが出来ます。

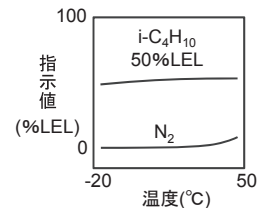
○応答性

ガスセンサに供給されるガスの流速が一定な場合、応答の再現性は良好です。



○温度特性

温度補正を実施することで、仕様温度の範囲内では、指示値の温度依存性を小さく抑えることが可能です。ガスセル内部が結露していない場合、湿度の影響もほとんどありません。



4. 検知対象ガス、分子式、センサ型式、検知範囲(一例)

検知対象ガス	分子式	センサ型式	検知範囲
HFC-134a	C ₂ H ₂ F ₄	DE-2113-35	0~5000ppm
四フッ化メタン	CF ₄	DE-2113-42	0~500ppm
六フッ化硫黄	SF ₆	DE-2113-43	
一般可燃性ガス	—	DE-3315-1	0~100%LEL
		DE-3123-1	0~100%LEL 0~100vol%
二酸化炭素	CO ₂	DES-3311-5	0~2000ppm
			0~5000ppm
			0~10000ppm

5. 該当製品(一例)

○定置式製品

… RI-257、SD-1RI、SDWL-1RI
RI-600、GD-70D

○ポータブル式製品

… RX-8000、RX-8500、
RX-8700、RI-557、
GX-3R Pro

RX-8000



光波干渉式センサ:FI

Interferometer Method

定置用センサ
(例) IFM-23



1. センサの概要

気体の屈折率の変化を捉える弊社で最も歴史のあるガス検知センサです。高い精度と長期安定性に優れています。古くは炭鉱内でメタン濃度を測定するために利用され、近年は溶剤濃度測定や、天然ガスなどに代表される燃料ガスの熱量を測定するセンサとして広く活躍しています。

センサ区分	検知対象ガス
光学	可燃性

2. センサの構造・原理

【構造】

光源から出た光は、平行平面鏡でA、B二つの光に分けられ、プリズムで反射し、Aの光は検知対象ガスが流れるガスチャンバ内Dを、Bの光はリファレンスガスが流れるガスチャンバ内Eを、それぞれ一往復します。

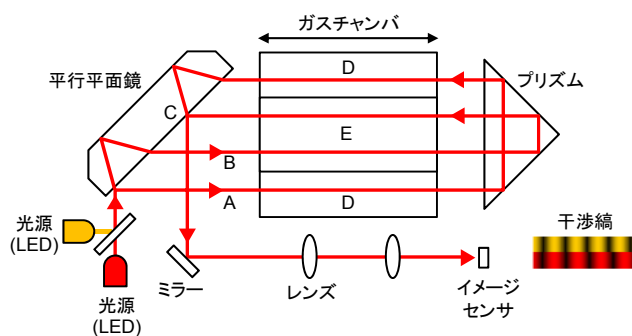
A、B二つ光は、平行平面鏡のCのポイントで再び重なり、ミラー、レンズを介してイメージセンサ上に干渉縞を形成します。

【原理】

干渉縞は、検知対象ガスとリファレンスガスの「屈折率の差」に比例して移動する性質をもちます。

光波干渉式センサは、この「干渉縞」の移動量を読み取ることによって、検知対象ガスの屈折率を求め、その結果からガス濃度や熱量に換算するものです。

【センサ素子のイメージ図】



3. センサの特徴

本センサで読み取る干渉縞の移動量 $\Delta\theta$ は、下式で表すことが出来ます。

$$\Delta\theta = \frac{2\pi L(n_{GAS} - n_{REF})}{\lambda} \times \frac{273.15}{T} \times \frac{P}{101.325}$$

- L : ガスチャンバ長
- n_{GAS} : 検知対象ガス屈折率
- n_{REF} : リファレンスガス屈折率
- λ : 光源波長
- T : 温度
- P : 圧力

○出力特性

屈折率の変化は、ガス濃度変化と比例関係にあるため、極めて高いリニアリティが得られます。

○応答性

容積0.5~5mLのガスチャンバ内を置換後、測定は終了します。90%応答で5~10秒を実現しているものもあります。

○経時特性

本センサの最大の特徴は、感度劣化が無いことです。センサ感度はガスチャンバ長 L と光源波長 λ にのみ依存し、どちらも不変的なパラメーターであるため、長期に渡って安定した感度が得られます。

光学素子に汚れが発生しても、干渉縞の移動量には影響がないため、縞を読み取れる限り感度劣化は発生しません。

○気圧温度特性

気体の屈折率は、温度 T や圧力 P によっても変化しますが、温度、圧力を測定して補正をしているため、影響を受けません。

4. 測定の種類、検知対象ガス、分子式、検知範囲(一例)

測定の種類	検知対象ガス	分子式	検知範囲
純度測定	水素	H ₂	0~100vol%
	六フッ化硫黄	SF ₆	
	二酸化炭素	CO ₂	99.50~100.00vol%
溶剤濃度測定	トルエン	C ₇ H ₈	0~100%LEL
	塩化ビニル	C ₂ H ₃ Cl	
	メチルエチルケトン	C ₄ H ₈ O	
熱量測定	天然ガス	—	25~55MJ/m ³
	プロパンエア	—	0~75MJ/m ³
	ブタンエア	—	0~70MJ/m ³

5. 該当製品(一例)

○定置式製品

… FI-800、FI-815A

○ポータブル式製品

… FI-8000

FI-800



検知テープ式センサ:FP

Chemical Tape Method

定置用テープ
(例) FCL-002E



1. センサの概要

発色剤を含浸させたセルローステープに、検知対象ガスを透過または拡散で導入します。発色剤と検知対象ガスの反応により形成されるテープ上の発色から反射光を電氣的に測定し、極低濃度の毒性ガスを定量的に検知するテープです。

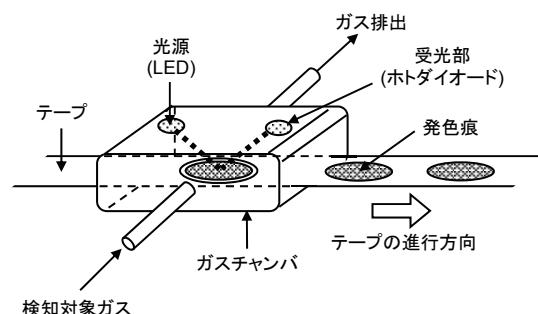
センサ区分	検知対象ガス
光学	毒性

2. センサの構造・原理

【構造】

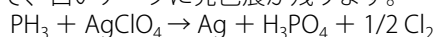
検知対象ガスをテープに導入するガスチャンバは遮光容器からなり、内部に光源と受光部がテープの発色部を検出できるように配置収納されています。このガスチャンバと測定ごとにテープを巻き取るリール機構等から構成されています。

【構造図】



【原理】

発色剤を含浸させたテープに検知対象ガスを導入すると、化学反応によってテープが発色します。例えばホスフィン (PH₃) がテープに接触すると、次式のように銀のコロイドが生成するので、白いテープに発色痕が残ります。

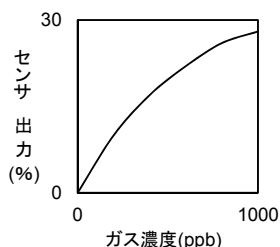


テープ上に発色したスポット部に光を当て、検知対象ガスの導入前後での反射光強度の変化を求めれば、ガス濃度を精度よく定量することができます。

3. センサの特徴 (FP-300、FCL-002Eテープ (PH₃) による一例)

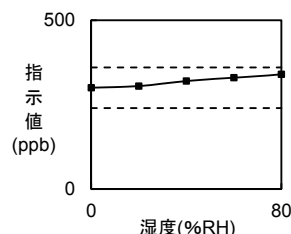
○出力特性

検知対象ガスが検知部に導入されると、テープが発色し出力が徐々に高くなります。色の変化をとらえているため、出力は曲線になります。



○温湿度特性

FP-300、FCL-002Eテープを用いたPH₃の場合、温度依存性はありません。湿度依存性も小さく、使用温湿度範囲で指示精度を満たします。



○経時特性

連続運転試験を実施した結果、ガス感度の低下がなく、安定した測定が可能です。

○テープ式の特長

- ・極めて高感度で、選択性に優れています。
- ・カセットテープ方式なのでテープ交換が簡単です。
- ・テープは測定毎に送り出されるので履歴現象が起りません。
- ・検知対象ガスによる発色はテープ上で蓄積するため、極めて低濃度の測定が可能です。

4. 検知対象ガス、分子式、テープ型式、検知範囲(一例※)

検知対象ガス	分子式	テープ型式	検知範囲
アルシン	AsH ₃	FCL-001	0~15/150ppb
セレン化水素	H ₂ Se		0~200ppb
ホルムアルデヒド	HCHO	FCL-018	0~0.5/1/5ppm
ホスフィン	PH ₃	FCL-002E	0~900ppb
ジボラン	B ₂ H ₆		0~300ppb
シラン	SiH ₄		0~15ppm
ジシラン	Si ₂ H ₆		0~10ppm

※ FP-300のテープの一例

5. 該当製品(一例)

○定置式製品

… FP-300/301

FP-300



非分散型赤外線式センサ(ガスフィルター相関法)

Non-Dispersive Infrared Method(Gas Filter Correlation Method)

1.センサの概要

赤外線光源から赤外線センサに至る光学系構造の中に、検知対象ガスと検知波長に吸収のないガスを封入した相関セルを有することを特徴とする、高性能な赤外線式のガス検知センサです。

センサ区分	検知対象ガス
光学	可燃性 毒性

2.センサの構造・原理

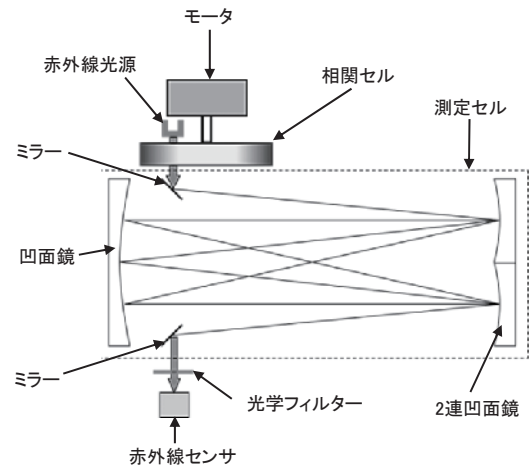
【構造】

赤外線光源から放射される赤外線は、相関セルから測定セルを通して、赤外線センサで検出されます。測定セルには、測定セル内で光を複数回反射させる多重反射セル(ホワイトセルなど)が用いられます。相関セルは2室に区切られ、一方の室には高濃度の検知対象ガス、他方の室には検知波長に吸収のないガス(窒素などのガス)がそれぞれ封入されます。

【原理】

相関セルが回転することにより、赤外線センサには、相関セルの検知対象ガス封入室を透過した赤外線と、窒素封入室を透過した赤外線が交互に入射します。この交互に入射した光の差(又は比)からガス濃度を求めます。

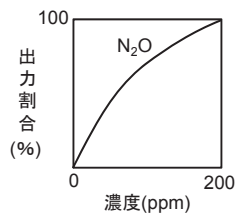
【構造図】



3.センサの特徴 (DE-4416-2Aセンサによる一例)

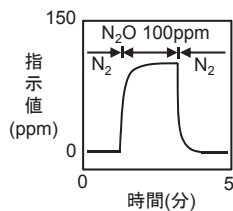
○出力特性

ガス濃度とガスセンサの出力との関係は正比例ではなく、グラフで示すと右図のような曲線になります。
(N₂O：一酸化二窒素)



○応答性

ガスセンサに供給されるガスの流速が一定であれば、応答の再現性は良好です。

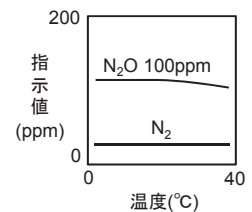


○経時特性

大きな温度変化がなければ、指示値の経時変化は小さく安定しています。このガスセンサを搭載する検知器の標準機能であるオートゼロ機能により、さらに変化を小さく抑えています。

○温湿度特性

ガスセンサを一定の温度に加熱しているため、仕様温度の範囲内では、指示値の温度依存性を少なく抑えています。センサ部を一定温度で保温することで、結露しにくく、湿度の影響もほとんどありません。



差分吸収分光法(DOAS)

Differential Optical Absorption Spectroscopy

1. センサの概要

差分吸収分光法(Differential Optical Absorption Spectroscopy : DOAS)は、ガスの種類ごとに決まった波長の光が吸収されることを利用してガス濃度を測定する測定法です。オープンパス式ガス検知器に利用されています。

センサ区分	検知対象ガス
光学	可燃性

2. センサの構造・原理

【構造】

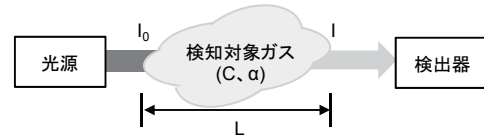
装置は、光源と検出器から構成されていて、その間に存在するガスを検知します。検出器内には特定の波長のみを透過する光学フィルターや分光器等があり、決まった種類のガスのみの計測ができます。

【原理】

光源からの光は、検出器に届くまでの間にガスの種類によって決まった特定の波長の光が吸収されます。ガスがある場合とない場合に検出された光の差を測定することによって、濃度を算出します。ガスによって吸収される前後の光の強度の間には、ランベルト・ベールの式が成り立ちます。

$$I = I_0 \exp(-\alpha CL) \quad (1)$$

I_0 : ガス透過前の赤外線強度
 I : ガス透過後の赤外線強度
 α : ガス固有の吸収係数
 C : ガス濃度
 L : ヒューム状ガスの長さ



よって、ガス種が明確な場合は、ガス透過前後の赤外線強度を測定することでガスの検知を行うことができます。

3. センサの特徴

差分吸収分光法を使ったオープンパス式ガス検知器は、式(1)より、

$$CL = (1/\alpha) \ln(I_0/I) \quad (2)$$

となり、ヒューム状ガスの長さとガス濃度の積という出力でガスの検知を行います。

検出器出力(LEL.m) = ヒューム状ガスの長さ(m) × ガス濃度(%LEL)

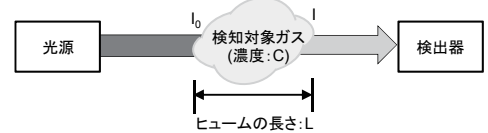
○ガス濃度特性

ヒューム状ガスの長さが同じ場合、ガス濃度が高いほど検出器の出力は大きくなります。右図(1)の場合に比べて、ヒュームの長さが同じでも、ガス濃度が2倍である(2)の場合は、出力が2倍になります。

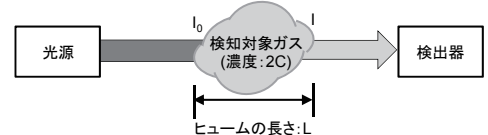
○ガス範囲特性

ガス濃度が同じである場合、ヒューム状ガスの長さが長いほど検出器の出力は大きくなります。右図(1)の場合に比べて、濃度が同じでもヒュームの長さが2倍である(3)の場合は、出力が2倍になります。

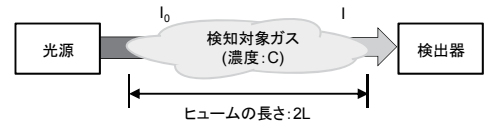
(1) ガス濃度: C、ヒュームの長さ: Lの場合、出力: CL



(2) ガス濃度: 2C、ヒュームの長さ: Lの場合、出力: 2CL



(3) ガス濃度: C、ヒュームの長さ: 2Lの場合、出力: 2CL



4. 検知対象ガス、検知範囲(一例※)

検知対象ガス	検知範囲
一般可燃性ガス (C1~C8)	0~5LEL・m (メタン、プロパン)

※ SafEye Quaserのセンサの一例

5. 該当製品(一例)

○定置式製品

... SafEye Quaser 900

SafEye Quaser 900



アーク紫外分光式センサ

Arc Ultraviolet Photo-electric Photometry Method

センサ区分	検知対象ガス
光学	毒性

1. センサの概要

アーク放電による紫外線発光を利用してハロゲン化合物(フロン類、トリクロロエチレン、パークロロエチレン、四塩化炭素、塩化メチル、塩化メチレンなど)を検知するガス検知センサです。

2. センサの構造・原理

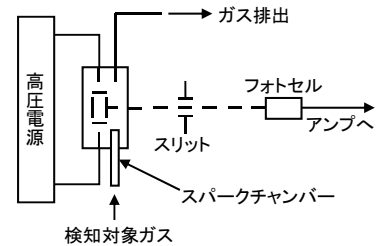
【構造】

ハロゲン化合物が入ると紫外線発光強度を増大させるスパークチャンバー、スパークチャンバーの電圧を調節する高圧電源、紫外線強度の変化を検知するフォトセルから構成されます。

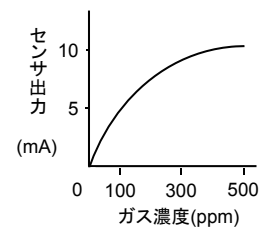
【原理】

高圧電源で電圧を調整しているスパークチャンバーは、大気中でアーク放電をしており、アーク放電により二酸化窒素(NO_2)、オゾン(O_3)より紫外線が発生します。スパークチャンバーにハロゲン化合物が入ってくると、 NO_2 、 O_3 の紫外線発光の強度が、増大します。この増加量をフォトセルで検知し、ガス濃度を測定します。

【構造図】



【出力特性】



光イオン化式センサ (PID)

Photo-Ionization Detector

1. センサの概要

検知対象ガスに紫外線を照射してイオン化し、このとき発生するイオン電流からガス濃度を検知するガス検知センサです。有機・無機を問わず広範囲のガスを検知できます。一般的にppbからppmレベルの揮発性有機化合物(VOC)の測定に使用されます。

センサ区分	検知対象ガス
其他方式	毒性

2. センサの構造・原理

【構造】

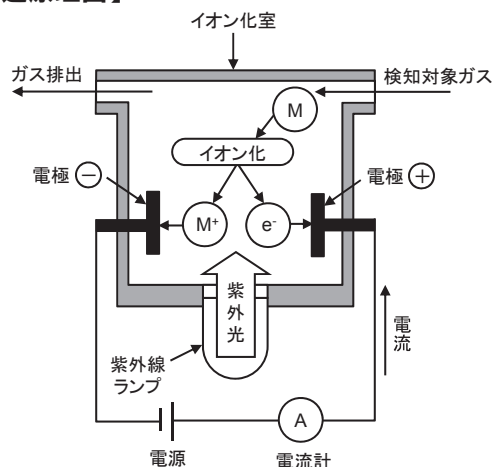
検知対象ガスが導入されるイオン化室、光源である紫外線ランプ、イオン電流を検出する正負の2つの電極から構成されています。

【原理】

検知対象ガスがイオン化室に入ると光源(紫外線ランプ)から照射された紫外光により、検知対象ガスから電子が放出され、陽イオンが生成されます。生成された陽イオンと電子は正負各電極に引き寄せられ、電流が発生します。この電流はガス濃度に比例しているため、検知対象ガスの濃度を測定することができます。

検知対象ガスをイオン化するには、各ガス固有のイオン化エネルギーよりも大きな光子エネルギーを照射する必要があります。光子エネルギーの単位はエレクトロンボルト(eV)で表されます。本センサには、10.6eV、11.7eVなどの光子エネルギーを持つランプが使われます。光子エネルギーが大きいほど、多くの検知対象ガスをイオン化することができます。

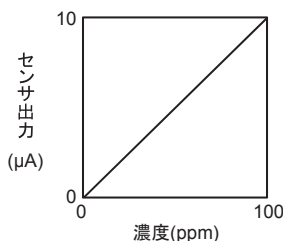
【構造原理図】



3. センサの特徴

○出力特性

数百ppmの低濃度ガスの場合には、センサ出力は濃度にほぼ比例し、ガス濃度に対する出力は、直線を示します。



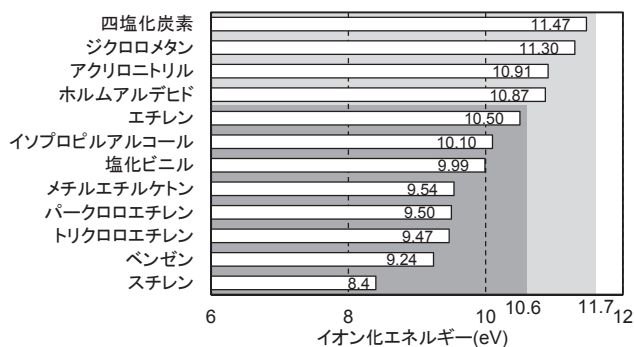
○紫外線ランプ

紫外線ランプの光子エネルギー(eV)は、ランプに封入されているガスとランプの窓材の組み合わせによって決まります。

封入ガス	窓材	光子エネルギー(eV)
キセノン	サファイア	8.4
クリプトン	フッ化マグネシウム	10.6
アルゴン	フッ化リチウム	11.7

○代表的な物質のイオン化エネルギー

各ガスのイオン化エネルギー以上の光子エネルギーを照射するとガスがイオン化され、ガス濃度を測定することが可能です。通常は、10.6eVや11.7eVのランプを使用します。



4. 検知対象ガス、分子式(一例)

検知対象ガス (10.6eVランプ使用時)	分子式	検知対象ガス (11.7eVランプ使用時)	分子式
エチレン	C ₂ H ₄	四塩化炭素	CCl ₄
イソプロピルアルコール	C ₃ H ₈ O	ジクロロメタン	CH ₂ Cl ₂
塩化ビニル	C ₂ H ₃ Cl	アクリロニトリル	C ₃ H ₃ N
メチルエチルケトン	C ₄ H ₈ O	ホルムアルデヒド	HCHO
パークロロエチレン	C ₂ Cl ₄	アセチレン	C ₂ H ₂
トリクロロエチレン	C ₂ HCl ₃	クロロホルム	CHCl ₃
ベンゼン	C ₆ H ₆	硫化カルボニル	COS
スチレン	C ₈ H ₈	塩素	Cl ₂

5. 該当製品(一例)

○定置式製品

… TVOC

○ポータブル式製品

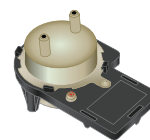
… TIGER、TIGER SELECT、GX-6000



熱粒子化式センサ:SS

Pyrolysis-Particle Detection Method

定置用センサ
(例) SS-1923



1. センサの概要

検知対象ガスを加熱し、発生した酸化物の粒子を粒子センサで測定するガス検知センサです。長期安定性、干渉性、及び応答性に優れています。粒子センサは放射線を用いたイオン化式の煙センサと同じ原理です。

センサ区分	検知対象ガス
其他方式	毒性

2. センサの構造・原理

【構造】

通常、熱分解器と粒子センサを組み合わせて構成されています。熱分解器の中心には発熱体が巻かれた石英管があり、その外側に断熱材が設けられています。

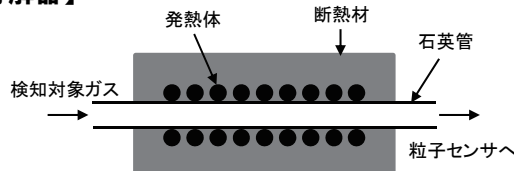
粒子センサはα線によって常時イオン電流を発生する測定室と補償室が一体化しています。検知対象ガスは測定室にのみ導入され、補償室は大気開放されています。

【原理】

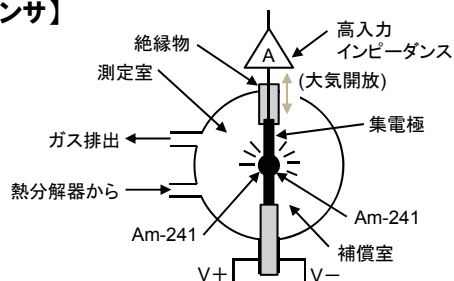
TEOS等の有機金属ガスの多くは加熱されると粒子状の酸化物を生成します。熱分解器を通過して酸化物になった検知対象ガスは粒子センサに導入されます。

粒子センサの測定室では内部のα線源[アメリカシウム241 (Am-241)]によって空気がイオン化され、イオン電流が流れています。測定室に粒子が入ると、イオンが粒子に吸着されるため、イオン電流が減少し、センサ出力が低下します。センサ出力の低下率からガス濃度を算出します。補償室は温度、湿度、気圧によるセンサ出力の変動を補償します。

【熱分解器】



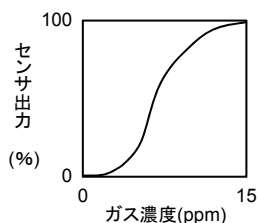
【粒子センサ】



3. センサの特徴 (PLU+GD-70DのSSU-1925 (TEOSセンサ) による一例)

○出力特性

センサ出力は熱分解によって生成した粒子の濃度に依存します。検量線を用いることにより、ガス濃度と検知器の指示値は直線的になります。

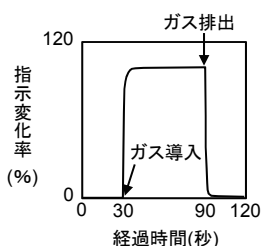


○経時特性

放射線源として使用しているAm-241の半減期は約400年と非常に長いため、センサの経時劣化はほとんどありません。

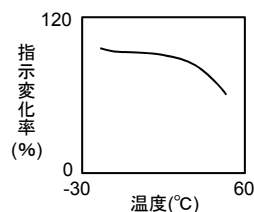
○応答性

検知部に導入されたガスは、熱分解器によってただちに酸化されるため、応答速度、再現性に優れています。



○温度特性

センサの補償室で温度補償を行うため、センサの温度特性は小さく、優れています。



4. 検知対象ガス、分子式、センサ型式、検知範囲(一例)

検知対象ガス	分子式	センサ型式	検知範囲
テトラエトキシシラン (TEOS)	C ₈ H ₂₀ O ₄ Si	SS-1923	0~15ppm
		SSU-1925	

5. 該当製品(一例)

○定置式製品

… GD-70D+PLU-70

GD-70D + PLU-70



水素炎イオン化式センサ

Flame ionization Detector

センサ区分	検知対象ガス
其他方式	可燃性

1. センサの概要

炭化水素等の気体分子を水素炎中でイオン化して炭化水素の量を検知するガス検知センサです。

2. センサの構造・原理

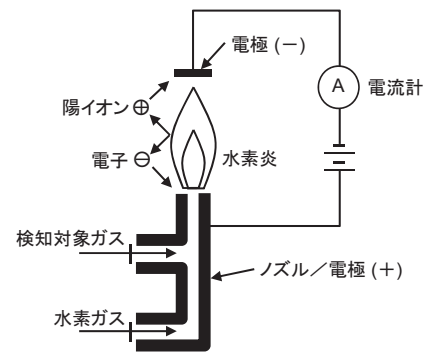
【構造】

水素炎を発生させるノズル、イオン電流を検出する電極から構成されています。

【原理】

メタンやアルコール等の炭化水素が水素ガスと共にノズルに運ばれ、高温の炎の中で炭素と水素に熱分解します。さらに炭素は高温によって陽イオンと電子になります。陽イオンと電子は高い電圧をかけた電極に引き寄せられて電流が発生します。電流は陽イオンの量、つまり炭化水素のガス濃度に比例するので、電流によってガス濃度を知ることができます。出力は検知対象ガスの炭素原子数にほぼ比例し(例：ヘキサン(C₆H₁₄)はメタン(CH₄)の6倍の感度を示す)、炭化水素全般に対し高い感度を持つため、総揮発性有機化合物(TVOC)の測定に用いることができます。FIDの検知原理は揮発性有機化合物(VOC)測定の公定法(JISB7989)としても取り上げられています。

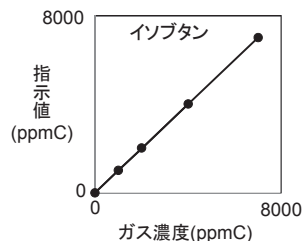
【構造図】



3. センサの特徴

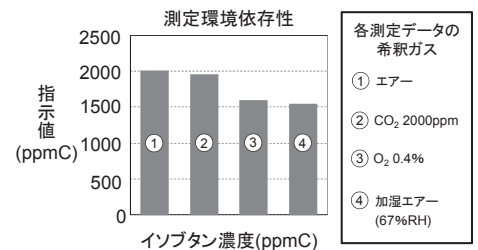
○出力特性

センサからの出力は検知対象ガスの炭素数濃度に比例し、炭素数濃度「ppmC」で表記されます。出力は測定濃度範囲で高い直線性を示します。



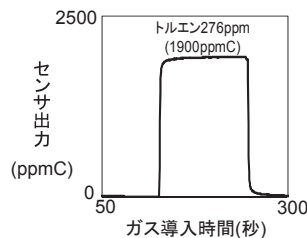
○干渉性

低酸素、高湿度環境下での測定では20%程度の出力低下がみられますが、二酸化炭素の影響はありません。



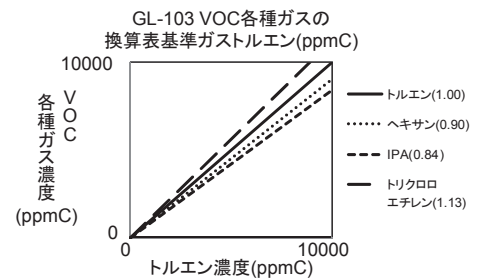
○応答性

応答時間は数秒と短く、再現性に優れています。



○相対感度

炭化水素では出力が炭素数に比例して増加します。含酸素化合物では直鎖飽和炭化水素と比較して感度が20%程度低く、含ハロゲン化合物では20%程度高くなります。



化学発光法 (ケミルミネッセンス法)

Chemiluminescence Method

1. センサの概要

検知対象ガス(一酸化窒素、アルシンなど)とオゾンとの混合によって化学発光(化学反応により励起された分子が基底状態に戻る際、エネルギーを光として放出する現象)を起こす際の発光を利用したガス検知センサです。

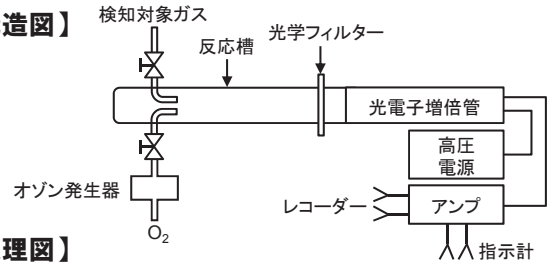
センサ区分	検知対象ガス
其他方式	毒性

2. センサの構造・原理

【構造】

検知対象ガスとオゾンを反応させる反応槽、検知対象ガスとオゾンの反応時に発生する光の発光量を測定する光電子増倍管、オゾンを発生するオゾン発生器などから構成されます。

【構造図】



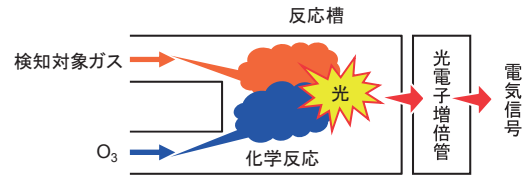
【原理】

検知対象ガスとオゾン発生器で発生させたオゾン(O₃)は、反応槽内で化学反応を起こします。一酸化窒素(NO)による化学反応の例を次に示します。



この化学反応では、オゾンにより検知対象ガスが励起され、安定な状態に戻る過程で光を放射します。光の発光量は、検知対象ガス濃度に比例します。その発光量を光電子増倍管で検出し、ガス濃度として測定します。

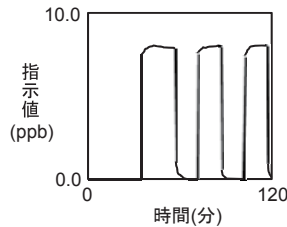
【原理図】



3. センサの特徴 (CL-400のアルシンセンサによる一例)

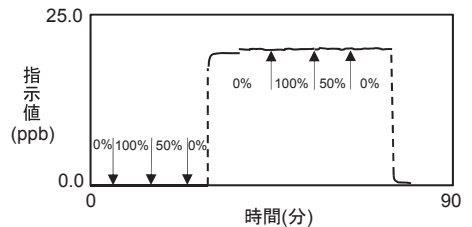
○再現性

検知対象ガス(アルシン)とオゾンの反応時に発生する発光量を光電子増倍管で読み取った際の再現性は、良好です。



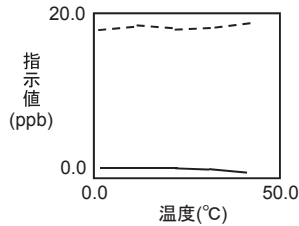
○湿度特性

使用環境の湿度変化における指示値への影響を、ほとんど受けません。



○温度特性

使用環境の温度変化における指示値への影響を、ほとんど受けません。



○干渉影響

検知対象ガスとオゾンの化学反応により発生する光は、光学フィルターによる選択されるため、他ガスによる干渉影響が少なく、安定した測定が可能です。

4. 検知対象ガス、分子式、検知範囲(一例)

検知対象ガス	分子式	検知範囲
アルシン	AsH ₃	0~15ppb
一酸化窒素	NO	0~5/5000ppm
二酸化窒素	NO ₂	
窒素酸化物	NO _x	

5. 該当製品(一例)

○定置式製品
… T200H



干渉増幅反射法 (IER法)

Interference Enhanced Reflection Method

1. センサの概要

膨潤による高分子薄膜の膜厚の変化を、高分子薄膜に照射した光からの反射光の強度の変化として検出し、濃度へ換算したガス検知センサです。数 ppm から数十 ppm の検出下限濃度で揮発性有機化合物 (VOC) が測定できます。

センサ区分	検知対象ガス
其他方式	可燃性 毒性

2. センサの構造・原理

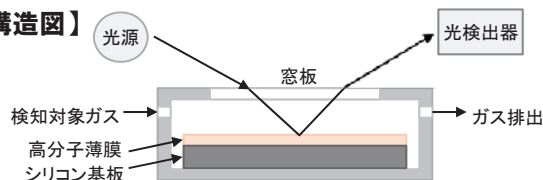
【構造】

吸引した揮発性有機化合物を吸収することで膨張するシリコン (Si) 基板上の高分子薄膜、レーザー光の光源、反射光を測定する光検出器などで構成されます。

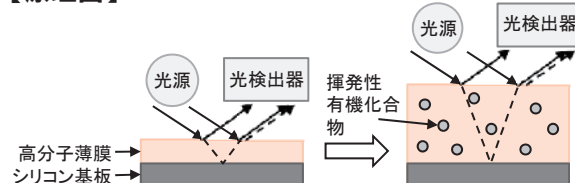
【原理】

揮発性有機化合物がシリコン基板上の高分子薄膜に接すると膨潤 (高分子薄膜に揮発性有機化合物が入り、膜厚が増加すること) します。この膨潤による膜厚の変化は、接した物質の濃度に比例します。高分子薄膜に光源 (レーザー光) を照射すると、高分子薄膜上部と高分子薄膜下部で反射した光 (反射光) が重なり合います。高分子薄膜の膨潤により変化した膜厚と、屈折率の変化によって、重なり合った反射光が強めあったり弱めあったりする光の干渉現象が起きます。高分子薄膜の膜厚を制御することで、膜厚の増加に比例して、反射光の強度が増加します。この反射光の強度を光検出器で検知し、揮発性有機化合物の濃度に換算することでガス濃度を測定しています。

【構造図】



【原理図】

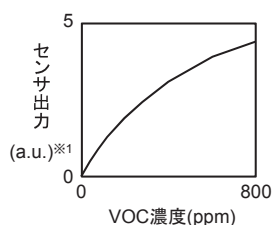


高分子薄膜に揮発性有機化合物が膨潤すると薄膜が厚くなります。薄膜の厚みと屈折率の変化が生じることで、反射光の強度が増します。この反射光の強度を光検出器で濃度として検知し、測定しています。

3. センサの特徴 (VOC-121Hのセンサによる一例)

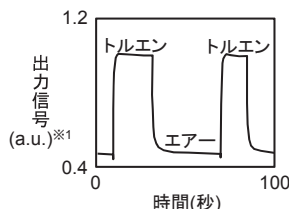
○出力特性

空気とトルエンパーの出力信号例です。センサ出力は揮発性有機化合物に対して緩やかな曲線を示します。



○応答性

トルエンなどの揮発性有機化合物に対する応答例です。トルエンなどがセンサと接触により、数秒で平衡状態に達して信号が安定することが分かります。



※1 a.u. : 任意単位 (arbitrary unit)

○測定値

本センサ構造の一つの高分子薄膜は揮発性有機化合物を区別せずに吸収し、膨潤します。本センサはその膜厚の変化量を濃度に換算しているため、揮発性有機化合物の総量を測定することができます。

○検知範囲

気化しやすい化合物の同定・定量に用いられるガスクロマトグラフィーとの相関性が高く、低濃度 (数 ppm ~ 数十 ppm) から高濃度 (数千 ppm ~ 数十万 ppm) までの測定が可能です。

熱イオン化式センサ

Thermal Ionization Detector Method

センサ区分	検知対象ガス
其他方式	毒性

1. センサの概要

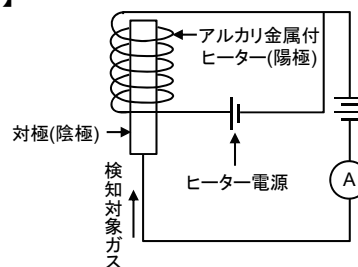
高温に加熱されたアルカリ金属付きのヒーターで、ハロゲン化合物などが熱分解するとイオン化します。そのとき発生するイオン電流をガス濃度として検知するガス検知センサです。フロンガス全般、ハロゲン化炭化水素溶剤蒸気などを検知できます。

2. センサの構造・原理

【構造】

アルカリ金属を付けたヒーター(陽極)、対極(陰極)のイオン電流を検出する回路から構成されます。

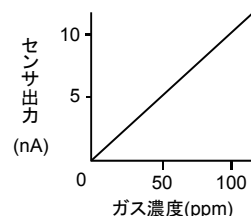
【構造図】



【原理】

フロンなどのハロゲン化合物のガスが、加熱されたアルカリ金属付きのヒーターに接触すると、ガスが分解され、イオン化します(ヒーターについているアルカリ金属により、陽イオンの放出を促進し、陽イオンと陰イオンの量が増加します)。発生したイオンは、陽極と陰極に引き寄せられます。このとき流れるイオン電流はガス濃度に比例しているため、ガス濃度を測定することができます。

【出力特性】



触媒酸化式センサ

Catalytic Oxidation Method

センサ区分	検知対象ガス
其他方式	毒性

1. センサの概要

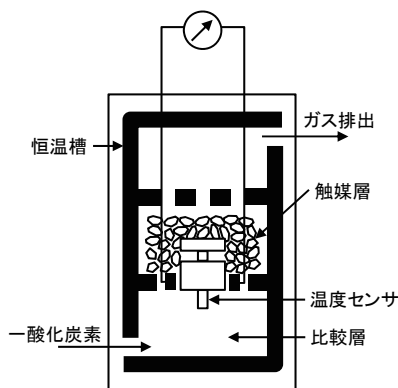
一酸化炭素が触媒上で酸化される際に生じる反応熱を利用することにより、一酸化炭素の濃度を測定します。

2. センサの構造・原理

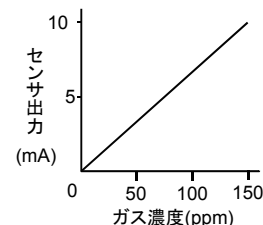
【構造】

一酸化炭素を酸化するための触媒槽、比較槽、温度センサなどが恒温槽の中に置かれています。

【構造図】

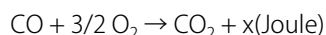


【出力特性】



【原理】

恒温槽内に入った一酸化炭素は、酸化触媒上で酸化されます。この酸化の過程で反応熱を生じます。



この温度変化を温度センサで測ります。

一酸化炭素濃度と温度変化は相関があるため、温度変化を測定することによって一酸化炭素濃度を知ることができます。

回折・蛍光X線分析装置:DF

X-ray diffractometer equipped with an X-ray fluorescence spectrometer

(例) DF-01の
ヘッド部



1.装置の概要

エネルギー分散型蛍光X線分析装置用のSi-PIN半導体検出器に角度駆動機構(ゴニオメータ)を設け、一つの装置で回折X線、蛍光X線分析の2種類の分析が可能な装置です。早稲田大学との共同研究で開発した装置を弊社が商品化しました。

検知対象物

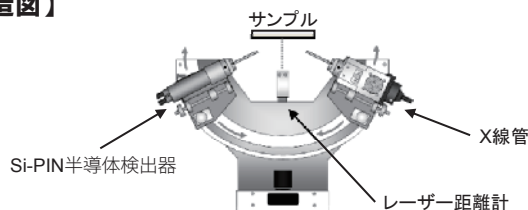
【回折X線・蛍光X線の測定】
文化財、金属合金等の腐食化合物

2.装置の構造・原理

【構造】

角度駆動を可能とするゴニオメータ上にX線管とSi-PIN半導体検出器が配置され、装置からサンプルまでの距離はレーザー距離計により調節できる機構となります。

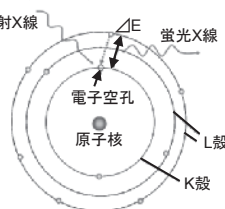
【構造図】



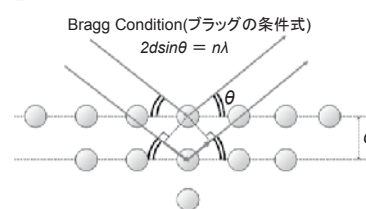
【原理】

エネルギー分散型の蛍光X線分析法では、Si-PIN半導体検出器が高いエネルギー分解能を持っているため、多元素同時測定が可能です。本装置ではこの高いエネルギー分解能を利用し、X線管とSi-PIN半導体検出器を角度駆動させながら、入射X線の特性X線成分(CrK α 線)に相当するエネルギー(波長)のみを選択的に取り出すことで、回折図形を得ることを可能としました。

【XRF(蛍光)X線分析法】



【XRD(回折)X線分析法】

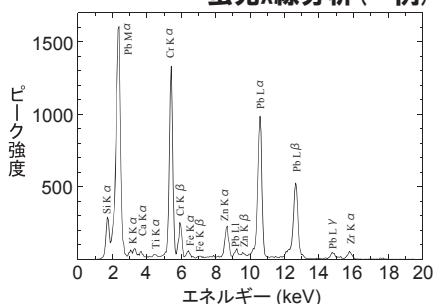


3.装置の特徴

回折X線分析、蛍光X線分析の2種類の分析を同一ポイントで行うことができるので、二つの異なる測定法から、より確度の高い情報を得ることができます。また、小型のX線管、Si-PIN半導体検出器を用いることで、可搬型分析装置としてオンサイトで分析することを可能としました。回折X線分析、蛍光X線分析は非破壊、非接触の分析法となるため、大型、異形試料の測定や移動、搬出の制限されている遺物や文化財などの測定も可能です。

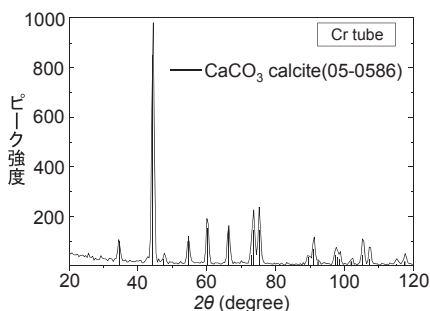
○上絵の具(有田錦赤茶)の

蛍光X線分析(一例)



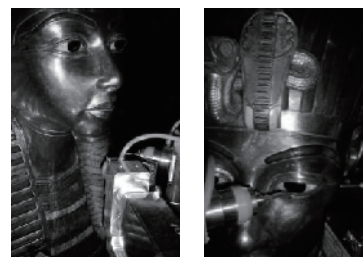
各ピークのエネルギー値(横軸)からサンプルに含まれる元素の種類が分かり、ピーク強度値(縦軸)から元素量を見積もることができます。

○白色顔料の回折X線分析(一例)



解析はデータベース上から符合するレファレンスデータを検索して行いますが、同一ポイントの蛍光X線分析結果による元素情報により絞り込みを行うことで、確度の高い解析結果が迅速に得られます。

○ツタンカーメンの黄金のマスク



早稲田大学宇田応之名誉教授ご提供

エジプトカイロ博物館で測定した際の写真です。写真に示されたような異型部分についてもピンポイントでオンサイト分析を行うことができます。

4.用途(一例)

可搬型回折・蛍光X線分析

- ・ツタンカーメンの黄金のマスクなど、考古学資料の分析
- ・文化財解析、金属、合金等の腐食化合物の同定、結晶子径、配向度、膜厚の見積もり
- ・あらゆる未知物質の同定における初動調査

5.該当製品(一例)

○可搬型製品

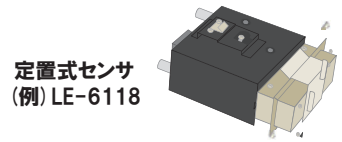
・・・DF-01

DF-01



低エネルギー電子計数方式センサ:LE

Open Counter for Low Energy Electron Counting



定置式センサ
(例) LE-6118

1. センサの概要

空气中に放出された低速電子を計数できる世界で唯一の表面分析用センサです。理化学研究所で発明された初期型、また早稲田大学で発明された改良型を弊社が商品化しました。

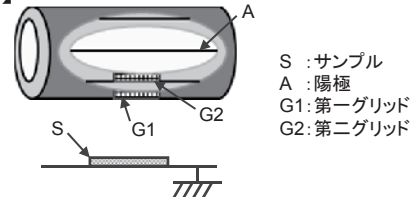
検知対象物
【物質表面の分析】 仕事関数・表面汚れ、膜厚など

2. センサの構造・原理

【構造】

グリッドと呼ばれる2枚の金属の網(G1、G2)と、極細の針金でできた陽極(A)によりセンサが構成されています。

【構造図】



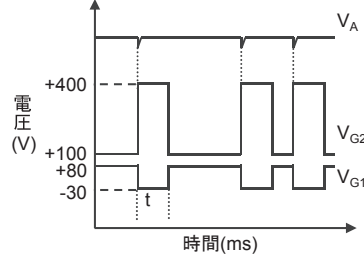
S : サンプル
A : 陽極
G1: 第一グリッド
G2: 第二グリッド

【原理】

サンプルから放出された低速電子はグリッドよりセンサ内に取り込まれます。この電子によって、陽極近傍で放電が起こり、放電パルスとして計数されます。放電が持続していると、二つ目の電子を取り込んでも二つ目として計数できないため、パルスの計数と同時にG1とG2の電圧 V_{G1} と V_{G2} を変化させます。

これにより、放電を停止させ、放電時に発生した陽イオンを中和すると共にその間は次の電子の侵入を阻止します。一定時間経過後、G1とG2の電圧を元に戻し、次のパルスを計数します。このような動作を繰り返し、電子を一つ一つ計数します。

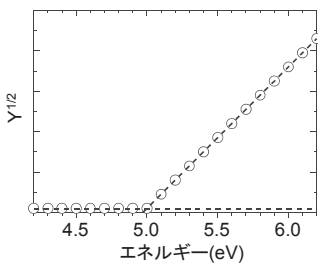
【電圧変動イメージ図】



3. センサの特徴

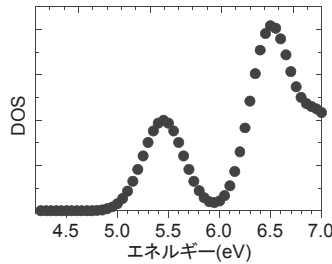
紫外光学系と組み合わせることによって、大気中において光電子収量分光法による表面分析ができます。一般の光電子分光法はサンプル表面の情報を得る非常に有効な手段ですが、電子の計測に真空を必要とするので測定が難しく、装置も高価です。しかし、本センサでは従来真空中でのみ行われていた仕事関数の測定やオングストロームオーダーの膜厚測定などが、大気中において簡便に実施できるようになりました。

○光電子放出特性



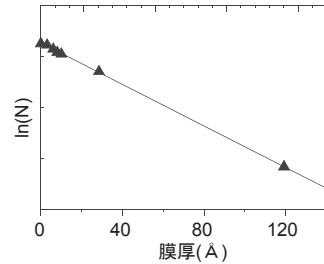
光電子収量分光による測定で、図のようなプロットが得られます。縦軸は光電子収量(Y)のn乗で、nには1/2や1/3がよく用いられます。直線部分の回帰直線とバックグラウンドとの交点が、光電子放出のしきい値となります。

○状態密度



光電子収量を照射光のエネルギーで微分したものは、状態密度(DOS)を反映することになります。本測定で得られるのは価電子帯上端近傍の電子状態で、種々の物性を決める重要な部分となります。

○膜厚と計数率



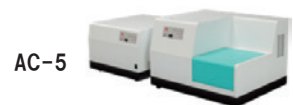
計数率Nに関して、表面が別の層で覆われている場合、 $\ln(N)$ と膜厚Tのプロットは直線になります。この関係を利用し、金属や半導体表面に形成された極薄皮膜(酸化膜や潤滑油膜など)の膜厚を見積もることができます。

4. 用途(一例)

- 大気中光電子収量分光
 - 種々の材料の電子状態解析
 - 固体表面の極薄膜の膜厚測定、汚染測定

5. 該当製品(一例)

- 定置式製品
 - … AC-3、AC-5



バンドギャップ測定器

Band gap analyzer

1. 測定器の概要

薄膜や粉体等のサンプルに紫外～可視光を照射して測定した反射率より、バンドギャップを算出します。弊社ACシリーズ(AC-3、AC-5)で測定したHOMO値から本装置で測定したバンドギャップ値を差し引くことにより、LUMO値を導出して、サンプルのバンドダイアグラムを作成することができます。

検知対象物

[反射スペクトルによるバンドギャップ]
粉体、薄膜

2. 測定器の構造・原理

【構造】

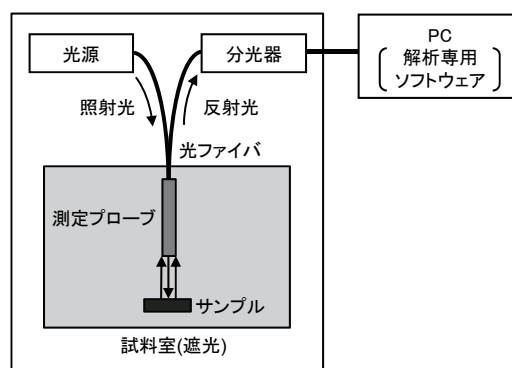
光源、測定プローブ、分光器で構成されています。測定プローブを介して、光源からの光をサンプルに照射し、反射光を分光器へ取り込みます。サンプルに光を照射する試料室は、光源以外の光の影響を防ぐために遮光してあります。検出したシグナルからバンドギャップを算出する解析専用ソフトウェアがあります。

【原理】

紫外～可視光をサンプルに照射して、反射した光を分光、検出して反射率を測定します。測定した反射率から、粉末や薄膜等のサンプル形状により、異なる専用の解析法を用いて、バンドギャップを算出します。

粉末サンプルの場合は、測定した反射率を用いて拡散反射を仮定した計算を行い、バンドギャップを算出します。薄膜サンプルの場合は、測定した反射率に合うようにシミュレーションを行い、膜厚、光学定数等の計算を行って、バンドギャップを算出します。

【バンドギャップ測定器の模式図】



3. 測定器の特徴

○反射測定

本装置はサンプルに紫外～可視光を照射して反射光を測定するため、光を透過しない粉体等のサンプルも測定ができます。

○サンプル形状

サンプルはサンプル台に平置するので、ACシリーズでHOMO値を測定したサンプルをそのまま測定することができます。粉体サンプルも液体に溶かすことなく、粉体のままで測定することが可能です。

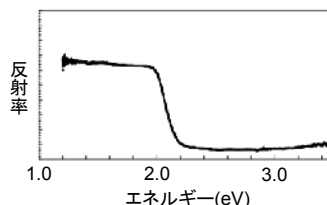
サンプル台に光を反射しない無反射処理を施していますので、薄膜等の光を透過するサンプルでも測定することができます。また、薄膜自体や基板の材質によらずバンドギャップを算出することができます。

○測定時間

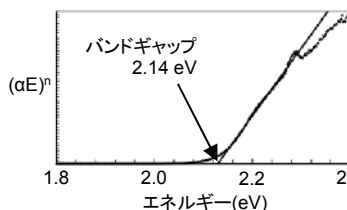
光源に紫外～可視領域の白色光を使用して、分光器によって測定した波長領域にわたって同時検出するので、測定時間が短く、数十秒～1分程度で測定を終了することができます。

測定結果例

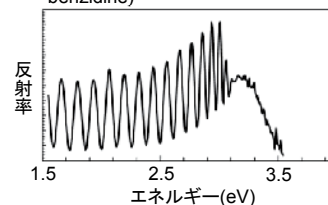
粉体: Rubrene
(5,6,1,2-Tetraphenylanthracene)



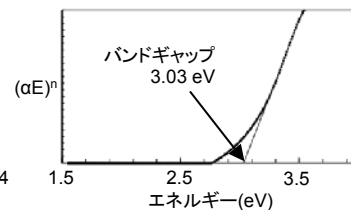
↓ 粉体用解析プログラム



薄膜: TPD
(N,N,N',N'-Tetrakis(4-methylphenyl)benzidine)



↓ 薄膜用解析プログラム



4. 測定対象物、測定エネルギー範囲(一例※)

測定対象物	測定エネルギー範囲
粉体、薄膜などの 反射スペクトル	1.2eV～3.5eV(波長: 350～1000nm)

※ バンドギャップ測定器による一例

5. 該当製品(一例)

○定置式製品
…LAC-1

LAC-1



炎検知器(赤外線3波長式・紫外線式・紫外赤外併用式)

Flame Detector (Triple Infrared · Ultraviolet · Ultraviolet and Infrared combined)

1. センサの概要

炎検知器（赤外線3波長式、紫外線式、紫外赤外併用式）は、炎を検知する機器で利用される原理です。物質が燃焼する際に発生するガスから放射される紫外線や赤外線の強い光を検知し、炎の存在を検知します。ガス検知器同様、燃焼物質や用途に応じて検知方式を選択します。

検知対象物
【炎検出】 各種工場など

2. センサの原理

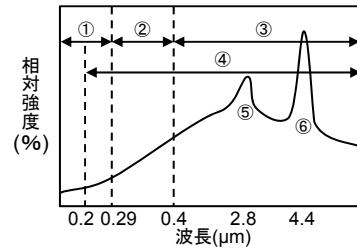
物質が燃焼すると、独特な組み合わせのガスが発生します。この時発生するH₂OやCO₂は、個々に特有な波長の光を放射します。炎はこれらの波長を含む赤外線領域、可視光領域全体で光を放射し、特に紫外線領域で強い光を放射します。炎検知器はこの光を利用して炎を検知します。

放射される光は、炭化水素炎と非炭化水素炎で異なります。炭化水素炎の場合にはH₂OとCO₂から放射される光のピークが見られ、非炭化水素炎の場合にはH₂Oから放射される光のピークが見られます。CO₂から放射される光のピークを監視する場合、ピークが炭化水素炎でのみ見られるため、炭化水素炎のみを検知することができます。H₂Oの光のピークを監視する場合にはピークが炭化水素炎及び非炭化水素炎で見られるため、両方の炎を検知することが可能です。

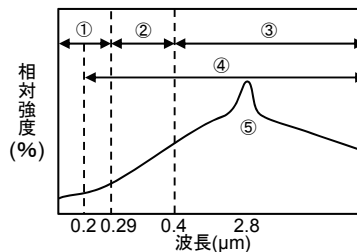
また、炎から放射される光のうち紫外線領域で見られる光も炭化水素炎、及び非炭化水素炎で見られるため、両方の炎を検知することができます。

【図の凡例】 ①: 紫外線 ②: 可視線 ③: 赤外線
④: 地表に届く太陽光線 ⑤: H₂Oピーク ⑥: CO₂ピーク

炭化水素炎の場合



非炭化水素炎の場合



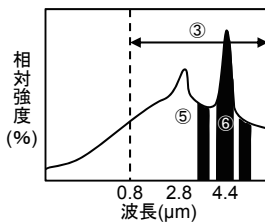
3. センサの特徴

【図の凡例】 ①: 紫外線 ②: 可視線 ③: 赤外線 ④: 地表に届く太陽光線 ⑤: H₂Oピーク ⑥: CO₂ピーク

○赤外線3波長式

CO₂から放射される光のピークを中心に、前後2つの波長帯を監視します。3つの波長帯を監視することで、誤検知を抑えます。

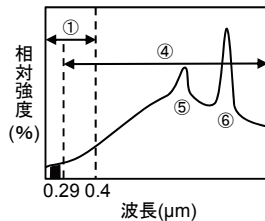
強い光を検知するため、感度が良く、検知距離が長いという特徴があります。



○紫外線式

放射強度が小さい紫外線領域を監視します。太陽光が大気中で吸収されて地表に届かない波長帯を監視するため、太陽光による誤警報を抑えます。

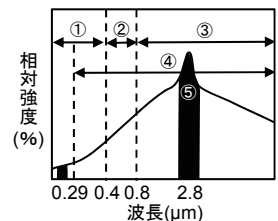
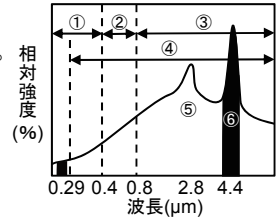
検知速度が早く、感度が非常に敏感という特徴があります。



○紫外赤外併用式

赤外線領域における強い光と併せて紫外線領域を監視します。これにより太陽光やその他の炎以外の要因による誤警報を抑えます。右図のように赤外・紫外線領域の波長帯を各1つ見る2波長式や、赤外線領域で2つと紫外線領域で1つの波長帯を見る3波長式などがあります。

赤外線領域において監視する波長帯がCO₂のピークを含む場合(右図上)と含まない場合(右図下)で検知対象炎が異なります。



4. 原理、検知対象炎(一例)

原理	検知対象炎
赤外線3波長式	炭化水素炎
紫外線式	炭化水素炎、非炭化水素炎 (溶接スパーク・火花を含む)
紫外赤外併用式 紫外+赤外 (H ₂ Oのピーク)	炭化水素炎、非炭化水素炎* * 水素炎、シラン炎、アンモニア炎
紫外赤外併用式 紫外+赤外 (CO ₂ のピーク)	炭化水素炎

5. 該当製品(一例)

○定置式製品

- …赤外線3波長式 : 40/40 I
- …紫外線式 : BFL-3WW、FL-3W、FL-3B
- …紫外赤外併用式 : 40/40 LB、40/40 L4B、40/40 UFL

40/40シリーズ



イオン電極式センサ

Ion-Selective Electrode Method

検知対象物
[水溶液中の塩分濃度測定] 生コンクリート

1.センサの概要

水溶液中のイオンを選択的に検出する塩化物イオン検知極を使用し、生コンクリート、水溶液、溶解液などに溶解している塩分の濃度を測定するセンサです。

2.センサの構造・原理

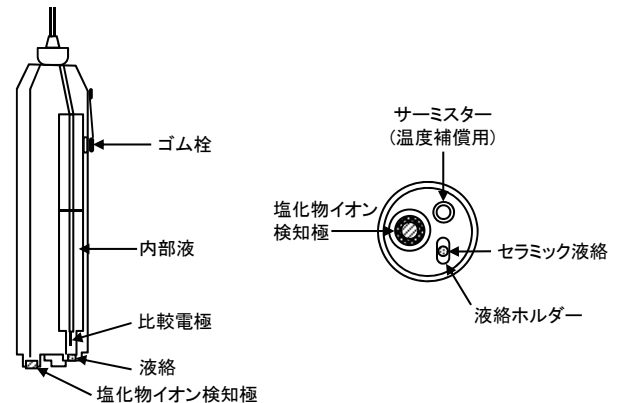
【構造】

塩化物イオン検知極、比較電極、液絡、内部液、サーミスター(温度補償用)などから構成されています。

【原理】

塩化物イオン検知極は水溶液中のイオンの濃度に依存して、起電力が発生します。例えば、塩化物イオン検知極では、水溶液の中の塩化物イオンの濃度に対応した起電力が比較電極と塩化物イオン検知極に発生します。発生する電圧を測定することによって塩化物イオンの濃度が分かります。

【構造図】



イオン化傾向電極式センサ

Ionization Tendency Electrode Method

検知対象物
[油水海面の検出] 原油タンカーなど

1.センサの概要

2種類のイオン化傾向の異なる金属を電極として利用した油水境界面検出センサです。原油タンカーのタンク内において海水と油の境界面を検出する検出装置として用いられています。

2.センサの構造・原理

【構造】

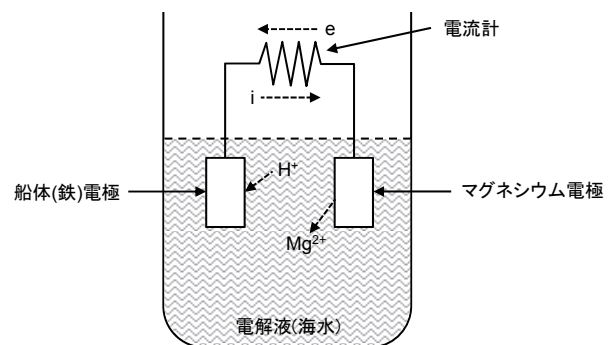
マグネシウム電極と船体(鉄)電極を結ぐ導線、電流計などから構成されます。

【原理】

2種類の異なる金属【マグネシウム(Mg)、鉄(Fe)】を電解液(海水)に浸します。イオン化傾向の大きい金属(マグネシウム)はイオンとして溶けだし、電子を放出します。この電子は、導線を伝わりイオン化傾向の小さな金属(鉄)に流れます。

この電子の流れは電解液の種類で異なります。このため、海水(電解質)と油(非電解質)の境界面を判別することができます。

【構造図】



光弾性式応力検出センサ

Photo Elasticity Method

検知対象物
[透明性モデルの内部応力の解析] 機械・土木建築などの設計

1. センサの概要

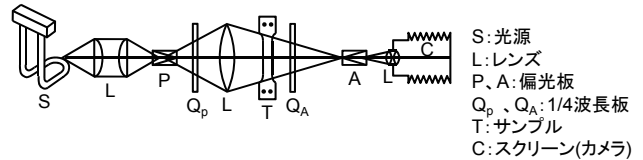
光を通す透明な物体に外部から力を加えることで、その物体の屈折率が変化する性質を光弾性と言います。光弾性を利用して物体に働く力(応力)の向きや大きさを縞模様として検出し、解析することで、構造物の応力分布を知ることができる応力検出センサです。

2. センサの構造・原理

【構造】

透明な材料でできたサンプルとそれを挟む2枚の1/4波長板、2枚の偏光板で構成されます。光学系の前後には光を送り出す光源と出てくる光を受けるスクリーン(カメラ)が置かれています。

【構造図】



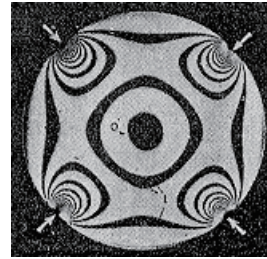
【原理】

透明なサンプルに外部から力を加えると、サンプルに平面偏光として入射した光が主応力の方向に振動する位相の異なった2つの平面偏光に分かれます。この2つの偏光の位相差は主応力の差に比例し、スクリーン上に明暗の縞(偏光縞)として現れます。

偏光縞の消光次数Nと主応力差 $p-q$ (kg/mm²)の関係は以下のように表せます。この偏光縞を検出し、解析することで、応力分布を知ることができます。

$$N = ad(p-q) \quad \begin{matrix} a: \text{光弾性感度(kg/mm}^2\text{)} \\ d: \text{試験体の厚さ(mm)} \end{matrix}$$

【偏光縞】



GM計数管式センサ

Geiger・Muller Counter

検知対象物
[β線、γ線、X線の測定] 放射線による表面汚染の測定など

1. センサの概要

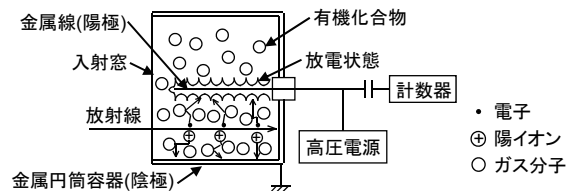
GM計数管式センサに入射した放射線(β線、γ線、X線など)を放電パルスとして検出します。主に空間線量率の高感度測定に用いられる放射線検知センサです。

2. センサの構造・原理

【構造】

中心に金属線(陽極)が張られた金属円筒容器(陰極)に、有機系又はハロゲン系のガスが封入されています。β線測定用のGM計数管には円筒容器の一部にマイカなどの材質を用いたβ線用入射窓が設けられています。

【構造図】

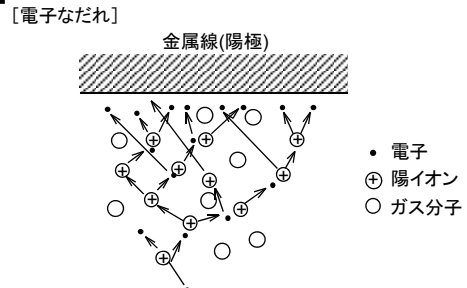


【原理】

GM計数管に放射線が入射すると、管内のガスが電離され陽イオンと電子が生成されます。

GM計数管では陰、陽の電極間に高電圧が印加され、管内の電界は高い状態に保たれています。放射線によって生成した電子は電界中で移動を始めますが、電界強度が強いため加速されてエネルギーが高くなり、更に電離を誘発し、この現象が次々に生じて電子なだれ現象を起こします。電子なだれによって電極間に放電が生じ、GM計数管から放電パルスが得られます。この放電パルスを測定することで入射した放射線の量を知ることができます。

【原理図】



電離箱式センサ

Ionization Method

検知対象物
[γ線、X線の測定] 病院、研究所などでの被曝測定

1. センサの概要

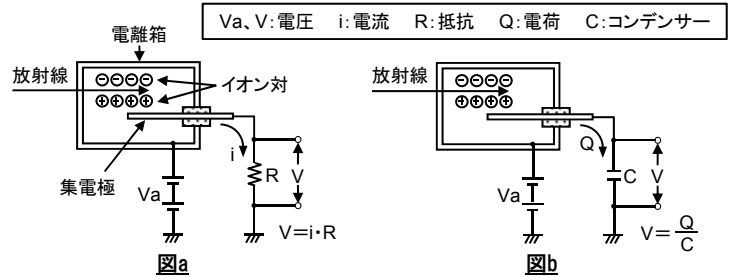
放射線の電離作用によって作られた一次イオン対を集め、電離箱に入射した放射線の量に応じた電流、電荷又はパルスの形で放射線を測定するセンサです。

2. センサの構造・原理

【構造】

樹脂や金属で作られた電離箱の中心に棒状の集電極が設けられ、電離箱内には空気又はアルゴンなどの不活性ガスが封入されています。電離箱内壁と集電極は導電性材料で作られ、両極間には電離箱領域の電位が印加されています。電離箱の一部にα線やβ線を測定するための入射窓を設けた構造を持つものもあります。

【構造・原理図】

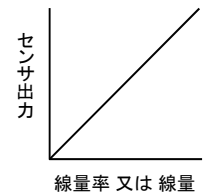


【原理】

放射線が電離箱に入射すると、電離箱内の気体が電離されてイオン対(電子と正イオン)が作られます。電離箱内は両極間に電位が印加されて電場が形成されており、この電場によってイオンが電極方向に移動し、電流が得られます(図a)。この方式の電離箱は一般に線量率の測定に使用されます。

一方、図bの方式の電離箱は、電離箱内に作られたイオンをコンデンサーに蓄電する電荷蓄積型の電離箱で、線量の測定に使用されます。この方式の電離箱には、コンデンサーに蓄積した電荷を水晶系の反発力で示し、水晶系の位置を内蔵の顕微鏡で読む直読型の携帯型線量計があります。

【出力特性】



応力検出式センサ

Stress Detection Method

検知対象物
[ホイールのアンバランス検出] 自動車、オートバイなど

1. センサの概要

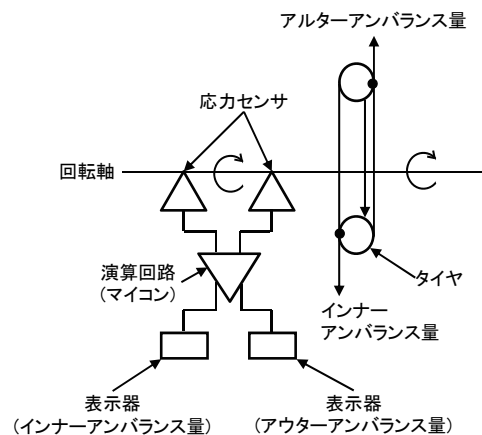
特殊な結晶体が圧縮又は伸延することによって帯電するという現象、即ち応力を電気信号に変換する応力検出センサです。自動車タイヤの重量アンバランスの測定を行うことができます。

2. センサの構造・原理

【構造】

回転軸、応力センサ(2ヶ)、モーター、演算回路(マイコン)、表示器などから構成されます。

【構造図】



【原理】

自動車用車軸は軸を中心として周辺に多少重量のアンバランスがある状態で、そのまま走行すると振動、ハンドル振れの原因となります。車軸を軸に取り付け回転させ、重量のアンバランスによって軸に及ぼす応力を圧電素子でとらえ、電気信号に変換してアンバランスの位置、大きさを測定します。

試験紙光電光度式(黒煙用)センサ

Test Paper Type Photo-Electric Photometry Method

検知対象物
[ディーゼルエンジンの黒煙濃度測定] ディーゼルエンジン車など

1. センサの概要

黒煙を捕集するろ紙と、黒煙の量を測るための光電光度法を組み合わせ、黒煙濃度を測定します。ディーゼルエンジン車の排気中の黒煙、焼却炉排ガス中の汚染度などが測定できます。

2. センサの構造・原理

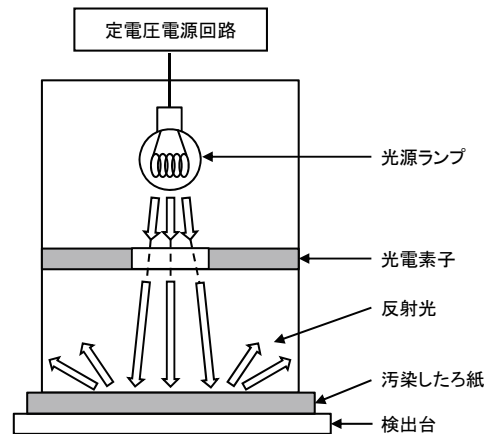
【構造】

排気中の黒煙に含まれる固体粒子などを吸着させるろ紙、ろ紙を設置する検出台、光源ランプ、ろ紙上の反射光を検知する光電素子などで構成されています。

【原理】

ディーゼルエンジンの排気量を一定量、一定時間吸引し、吸引過程で汚染したろ紙を検出台上に乗せ、光源ランプの光を照射します。光はろ紙上で反射しますが、汚染量により光が吸収され、反射する光の量が減少します。減少量を光電素子で検出することにより、黒煙による汚染度(%)が測定できます。

【構造図】



オパシメータ(光透過式スモークメータ)

Opacimeter

検知対象物
[排出ガス汚染度測定] 自動車排ガスなど

1. センサの概要

自動車排気ガス中に光を透過させた際の透過率の変動から、粒子状物質(PM)による排出ガスの汚染度(光吸収計数 0.01m^{-1})を測定できるセンサです。

2. センサの構造・原理

【構造】

光源部、光源部の光を平行光線にするレンズ、排気ガスが流入する測定チャンバー、光源部からの平行光線を検知する受光部などから構成されます。

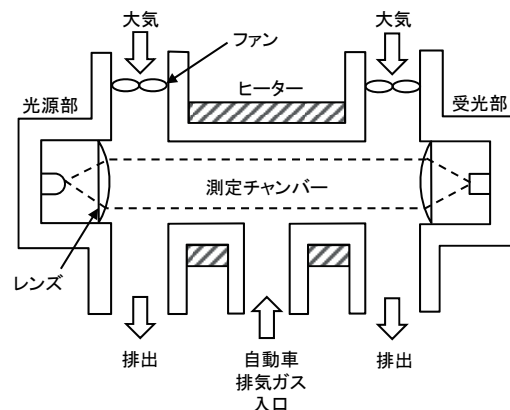
【原理】

自動車排気管より採取した排気ガスは、測定チャンバー内に流入すると、排気ガスの煙により、透過した光の光量が減衰します。減衰した光量を受光部で検知することにより、排気ガスの光吸収計数(m^{-1})が測定できます。光吸収計数は以下の式にて示されます。

$$k = \frac{-1}{L_A} \times \ln\left(\frac{\tau}{100}\right)$$

k : 光吸収計数(m^{-1})
 L_A : 有効光路長(m)
 τ : 排気ガスに対する透過率(%)

【構造図】



可燃性ガス、毒性ガスについて

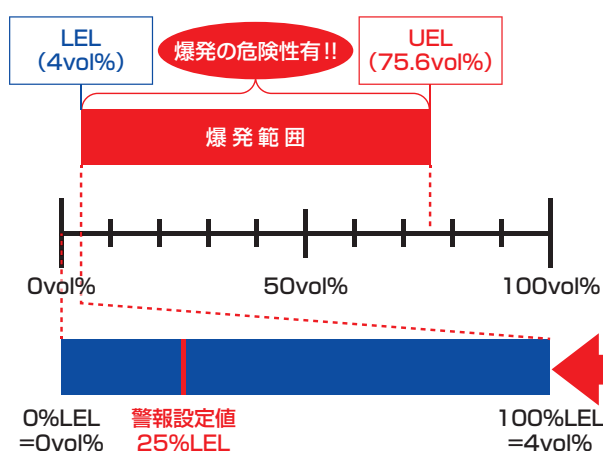
可燃性ガス

一般高圧ガス保安規則より、可燃性ガスとは、

- ・爆発限界（空気と混合した場合の爆発限界をいう。以下同じ。）の下限が十パーセント以下のもの
- ・爆発限界の上限と下限の差が二十パーセント以上のもの

可燃性ガスは、燃焼を起こす可能性のあるガスの総称です。可燃性ガスは、酸素（空気）の混合気体の割合が一定の濃度範囲内かつ着火源が存在した場合に、爆発を起こす可能性があります。この濃度範囲を爆発範囲といい、**爆発範囲の中でも最低の濃度を爆発下限界（LEL：Lower Explosive Limit）、最高の濃度を爆発上限界（UEL：Upper Explosive Limit）**といいます。

水素（H₂）による爆発下限界（LEL）、爆発上限界（UEL）の一例



可燃性ガスの警報設定値について

可燃性ガス濃度が爆発下限界（LEL）に達してから危険を知らせても遅い!!



爆発下限界に到達する前に、可燃性ガスの存在を知らせるための濃度管理が必要

爆発下限界未満の濃度管理として、一般高圧ガス保安規則関係例示基準では、可燃性ガスの警報設定値を次のように定めている。

- ・爆発下限界の1/4以下の値

毒性ガス

一般高圧ガス保安規則より、毒性ガスとは、

- ・アクリロニトリル、アクロレイン、亜硫酸ガス、アルシン、アンモニア、一酸化炭素、塩素、クロルメチル、クロロブレン、五フッ化ヒ素、五フッ化リン、酸化エチレン、三フッ化窒素、三フッ化ホウ素、三フッ化リン、シアン化水素、ジエチルアミン、ジシラン、四フッ化硫黄、四フッ化ケイ素、ジボラン、セレン化水素、トリメチルアミン、二硫化炭炭、ふつ素、ブロムメチル、ベンゼン、ホスゲン、ホスフィン、モノゲルマン、モノシラン、モノメチルアミン、硫化水素及びその他のガスであつて毒物及び劇物取締法（昭和二十五年法律第三百三号）第二条第一項に規定する毒物

また、一般高圧ガス保安規則例示基準より、毒性ガスの警報設定値は、

- ・許容濃度値（試験用標準ガスの調整が困難なものにあっては、許容濃度値の2倍の値）以下の値

●許容濃度の定義

労働現場で労働者が有害物質に暴露されても、空気中の有害物質濃度がこの数値以下であれば、**ほとんどすべての労働者に健康上の悪影響がみられないと判断される濃度**です。

許容濃度は、ACGIH(米国産業衛生専門家会議：American Conference of Governmental Industrial Hygienists)と日本産業衛生学会にて勧告されていますが、**当社はACGIHの許容濃度を使用**しています。

●許容濃度の種類

- ・TWA (Time Weighted Average)： 1日8時間、週40時間の平常作業で繰り返し曝露されても健康障害を招くことのない時間加重平均値
- ・STEL (Short Term Exposure Limit)： 15分以内の曝露で、1時間以上の間隔をあげ、1日4回以下であれば健康障害を招くことのない短時間曝露限界値
- ・C (Ceiling value)： この値を超えてはならない上限値

特殊高压ガス、酸素、硫化水素について

特殊高压ガス

特殊高压ガスとは、特別の注意を要するガスとして一般高压ガス保安規則第二条三項にて定義された、次に記載の7種類のガスです。

特殊高压ガス7種

特殊高压ガス	アルシン	ジシラン	ジボラン	セレン化水素	ホスフィン	モノゲルマン	モノシラン
分子式	AsH ₃	Si ₂ H ₆	B ₂ H ₆	H ₂ Se	PH ₃	GeH ₄	SiH ₄





酸素と硫化水素

酸素欠乏症等防止規則より、次のように酸素欠乏症と硫化水素中毒を定めています。



- ・酸素欠乏症 … 空気中の酸素の濃度が十八%未満である状態の空気を吸入することにより生ずる症状が認められる状態。
- ・硫化水素中毒 … 硫化水素の濃度が百万分の十 (10ppm) を超える空気を吸入することにより生ずる症状が認められる状態。

酸素欠乏症等防止規則に合わせて、通常の警報設定値を18%に設定しています。

酸素欠乏症の症状

酸素濃度 (%)	症状
20.93	大気中の酸素濃度
18	安全下限界だが、作業環境内の連続換気・酸素濃度測定・安全带など、呼吸用保護具の用意が必要 
16～12	脈拍・呼吸数増加、精神集中力低下、単純計算間違い、精密筋作業拙劣化、筋力低下、頭痛、耳鳴、悪心、吐気が現れる 
14～9	判断力低下、発揚状態、不安定な精神状態、ため息頻発、異常な疲労感、酩酊状態、頭痛、吐気、嘔吐、当時の記憶なし、傷の痛み感じない、全身脱力、体温上昇、チアノーゼ、意識もうろう、階段・梯子から墜落死・溺死の危険性 
10～6	吐気、嘔吐、行動の自由を失う、危険を感じても動けず叫べず、虚脱、幻覚、チアノーゼ、意識喪失、昏倒、中枢神経障害、全身けいれん、死の危機 
6以下	数回の喘ぎ呼吸で失神・昏倒、呼吸緩徐・停止、けいれん、心臓停止、死

硫化水素中毒の症状

硫化水素濃度 (ppm)	症状
0.025	嗅覚の限界
0.2	誰でも臭気を感じできる
3～5	不快に感じる中程度の強さの臭気
10	目の粘膜刺激下限界
20～30	臭気の慣れで、それ以上の濃度に、その強さを感じなくなる肺を刺激する最低限界
100～300	2～15分で嗅覚神経麻痺でかえって不快臭は減少したと感ずるようになる 隔膜炎(ガス眼)、目のかゆみ、痛み、砂が目に入った感じ、まぶしい、充血と腫脹、隔膜の混濁、角膜破壊と剥離、視野のゆがみとかすみ、光による痛みの増強 8～48時間連続ばく露で気管支炎、肺炎、肺水腫による窒息死。気道粘膜の灼熱的な痛み。 1時間以内のばく露ならば、重篤な症状に至らない限界 
350～600	30分～1時間のばく露で生命の危険
700～1000	短時間隔の呼吸出現後直ちに呼吸麻痺、意識喪失、昏倒、呼吸停止、死亡
5,000	即死 

参照先：新酸素欠乏危険作業主任者テキスト(平成19年10月26日 第3刷発行)

可燃性、毒性ガスの危険性リスト

ガス	化学式	引火点 ^{※1} (°C)	発火温度 ^{※1} (°C)	爆発限界 ^{※1} (vol%)		ガス比重 ^{※1}	ACGIH勧告値 許容濃度 (TLV) ^{※2}			日本産業衛生学会 勧告値 ^{※3}
				下限	上限		TWA	STEL	C	
アルシン	AsH ₃	—	—	4.5	78	2.7	5ppb	—	—	0.01ppm
ホスフィン	PH ₃	—	38	1.8	—	1.2	0.05ppm	—	0.15ppm	0.3ppm(最大許容濃度)
ジボラン	B ₂ H ₆	gas	40~50	0.8	88	0.95	0.1ppm	—	—	0.01ppm
シラン	SiH ₄	—	—	1.37	100	1.1	5ppm	—	—	100ppm(最大許容濃度)
ジシラン	Si ₂ H ₆	—	—	1.0	100	2.3	5ppm(シラン 許容濃度)	—	—	100ppm(最大許容濃度)
ゲルマン	GeH ₄	gas	173	2.8	98	2.6	0.2ppm	—	—	—
セレン化水素	H ₂ Se	gas	—	—	—	2.1	0.05ppm	—	—	0.05ppm
三フッ化窒素	NF ₃	—	—	—	—	2.5(20°C)	10ppm	—	—	—
三臭化ホウ素	BBr ₃	—	—	—	—	2.7	—	—	0.7ppm	—
三塩化リン	PCl ₃	—	—	—	—	1.6	0.2ppm	0.5ppm	—	0.2ppm
五塩化リン	PCl ₅	—	—	—	—	2.1	0.1ppm	—	—	0.1ppm
オキシ塩化リン	POCl ₃	—	—	—	—	1.7(20°C)	0.1ppm	—	—	—
三フッ化ホウ素	BF ₃	—	—	—	—	2.4	—	—	0.7ppm	0.3ppm
四フッ化硫黄	SF ₄	—	—	—	—	3.8	—	—	0.1ppm	—
塩化水素	HCl	—	—	—	—	1.3	—	—	2ppm	2ppm(最大許容濃度)
フッ化水素	HF	—	—	—	—	1.0	0.5ppm	—	2ppm	3ppm(最大許容濃度)
臭化水素	HBr	—	—	—	—	3.6	—	—	2ppm	—
塩素	Cl ₂	—	—	—	—	2.5	0.1ppm	0.4ppm	—	0.5ppm(最大許容濃度)
フッ素	F ₂	—	—	—	—	1.3	0.1ppm	—	0.5ppm	—
臭素	Br ₂	—	—	—	—	3.1	0.1ppm	0.2ppm	—	0.1ppm
三フッ化塩素	ClF ₃	—	—	—	—	3.2	—	—	0.1ppm	—
オゾン	O ₃	—	—	—	—	1.6	0.10ppm	—	—	0.1ppm
一酸化窒素	NO	—	—	—	—	1.04	25ppm	—	—	—
二酸化窒素	NO ₂	—	—	—	—	1.45(液体)	0.2ppm	—	—	検討中
二酸化硫黄	SO ₂	—	—	—	—	2.3	—	0.25ppm	—	検討中
硫化水素	H ₂ S	gas	260	4.0	44.0	1.2	1ppm	5ppm	—	5ppm
一酸化炭素	CO	gas	609	12.5	74	1.0	25ppm	—	—	50ppm
アンモニア	NH ₃	gas	651	16	25	0.6	25ppm	35ppm	—	25ppm
モノメチルアミン	CH ₃ N	gas	430	4.2	20.7	1.0	5ppm	15ppm	—	10ppm
ジメチルアミン	C ₂ H ₇ N	gas	400	2.8	14.4	1.6	5ppm	15ppm	—	2ppm
トリメチルアミン	C ₃ H ₉ N	gas	190	2.0	12.0	2.0	5ppm	15ppm	—	—
ジエチルアミン	C ₄ H ₁₁ N	-23	312	1.7	10.1	2.5	5ppm	15ppm	—	10ppm
シアン化水素	HCN	<-20	538	5.4	46	0.9	—	—	4.7ppm	5ppm
過酸化水素	H ₂ O ₂	—	—	—	—	1.13(濃度 35%の比重)	1ppm	—	—	—
ホスゲン	COCl ₂	—	—	—	—	1.4	0.1ppm	—	—	0.1ppm
アセチレン	C ₂ H ₂	gas	305	2.3	100	0.9	—	—	—	—
アセトン	C ₃ H ₆ O	-20	539	2.5	14.3 (100°C)	2.0	250ppm	500ppm	—	200ppm
イソブタン	C ₄ H ₁₀	gas	460	1.3	9.8	2.0	—	1000ppm	—	—
エタノール	C ₂ H ₅ O	12	400	3.1	19	1.6	—	1000ppm	—	—
エタン	C ₂ H ₆	gas	515	2.4	15.5	1.0	—	—	—	—
エチレン	C ₂ H ₄	gas	440	2.3	36.0	1.0	200ppm	—	—	—
キシレン	C ₈ H ₁₀	25	465	1.0	7.0	3.7	100ppm	150ppm	—	50ppm
酢酸エチル	C ₄ H ₈ O ₂	-4.0	470	2.0	12.8	3.0	400ppm	—	—	200ppm
シクロヘキサン	C ₆ H ₁₂	-17	245	1.3	8.3	2.9	100ppm	—	—	150ppm
シクロペンタン	C ₅ H ₁₀	-37	320	1.4	8.7	2.4	600ppm	—	—	—
ジメチルエーテル	C ₂ H ₆ O	gas	240	2.7	32	1.6	—	—	—	—
水素	H ₂	gas	560	4.0	75	0.1	—	—	—	—
スチレン	C ₆ H ₆	30	490	1.0	8.0	3.6	20ppm	40ppm	—	20ppm
テトラヒドロフラン	C ₄ H ₈ O	-14	230	1.5	12.4	2.5	50ppm	100ppm	—	50ppm
トルエン	C ₇ H ₈	4	530	1.0	7.8	3.1	20ppm	—	—	50ppm
1,3-ブタジエン	C ₄ H ₆	gas	420	1.4	16.3	1.9	2ppm	—	—	—
プロパン	C ₃ H ₈	gas	450	1.7	10.9	1.6	—	—	—	—
プロピレン	C ₃ H ₆	gas	455	2.0	11.1	1.5	500ppm	—	—	—
n-ヘキサン	C ₆ H ₁₄	-22	223	1.1	7.5	3.0	50ppm	—	—	40ppm
n-ヘプタン	C ₇ H ₁₆	-7	204	1.1	6.7	3.5	400ppm	500ppm	—	200ppm
ベンゼン	C ₆ H ₆	-11	498	1.2	8.6	2.7	0.5ppm	2.5ppm	—	1ppm(過剰発がん障害リス クレベル10 ⁻³)
メタクリル酸メチル	C ₅ H ₈ O ₂	10	430	1.7	12.5	3.6	50ppm	100ppm	—	2ppm
メタノール	CH ₃ O	9	440	6.0	36	1.1	200ppm	250ppm	—	200ppm
メタン	CH ₄	gas	600	5.0	15.0	0.6	—	—	—	—
メチルイソブチルケトン	C ₆ H ₁₂ O	16	475	1.2(90°C)	8.0(90°C)	3.5	20ppm	75ppm	—	50ppm
ジクロロシラン	SiH ₂ Cl ₂	-28	58±5	4.1	99	3.5	—	—	—	—

※1 引火点からガス比重の項目は、【労働安全衛生総合研究所技術指針 JNOSH-TR-No.44(2012) ユーザーのための工場防爆設備ガイド(以降ガイドと記載)】、

【化学物質の危険・有害便覧(以降便覧と記載)】又は【国際化学物質安全性カード(以降カードと記載)】、【中央労働災害防止協会 安全衛生情報センター
製品安全データシート】を参照しました。

※2 ACGIH勧告値 許容濃度(TLV)の項目は、【2019 TLVs R and BEIs R】を参照しました。

※3 日本産業衛生学会 勧告値の項目は、【産業衛生学雑誌 Journal of Occupational Health 第59巻 第5号 2017年5月】を参照しました。

Memo

理研計器株式会社

本社 〒174-8744 東京都板橋区小豆沢2-7-6

☎(03)3966-1111(代) FAX(03)3558-0043

ホームページ <http://www.rikenkeiki.co.jp/>

[営業所・出張所]

札幌	〒060-0806	北海道札幌市北区北六条西1-4-2 ファーストプラザビル3階	☎(011)757-7505(代)	FAX(011)757-7506
岩手	〒024-0084	岩手県北上市さくら通り1-1-31	☎(0197)65-1112(代)	FAX(0197)61-4117
仙台	〒980-0811	宮城県仙台市青葉区一番町二丁目7-17 朝日生命仙台一番町ビル2階	☎(022)722-7835(代)	FAX(022)261-5818
水戸	〒310-0912	茨城県水戸市見川四丁目668-3	☎(029)306-9321(代)	FAX(029)241-3757
埼玉	〒365-0075	埼玉県鴻巣市宮地4-3-5	☎(048)598-5090(代)	FAX(048)543-2010
千葉	〒260-0825	千葉県千葉市中央区村田町668-20	☎(043)497-6303(代)	FAX(043)264-1487
神奈川	〒222-0033	神奈川県横浜市港北区新横浜2-8-12 Attend on Tower 5階	☎(045)476-7581(代)	FAX(045)476-7601
浜松	〒433-8112	静岡県浜松市北区初生町1159-4	☎(053)437-9421(代)	FAX(053)437-9424
名古屋	〒457-0077	愛知県名古屋市南区立脇町2-15	☎(052)822-1031(代)	FAX(052)822-1030
四日市	〒510-0812	三重県四日市市西阿倉川1415-10	☎(059)333-7226(代)	FAX(059)333-7627
金沢	〒921-8062	石川県金沢市新保本4-65-17	☎(076)240-7060(代)	FAX(076)240-7061
大阪	〒532-0002	大阪府大阪市淀川区東三国1-10-7	☎(06)6350-5871(代)	FAX(06)6350-5877
神戸	〒651-0095	兵庫県神戸市中央区旭通2-1-9	☎(078)261-3031(代)	FAX(078)261-0610
水島	〒712-8025	岡山県倉敷市水島南春日町3-8	☎(086)446-2702(代)	FAX(086)446-5855
四国	〒792-0021	愛媛県新居浜市泉宮町2-26	☎(0897)37-3775(代)	FAX(0897)37-3742
広島	〒731-0138	広島県広島市安佐南区祇園2-17-39	☎(082)875-4151(代)	FAX(082)875-5030
福岡	〒813-0042	福岡県福岡市東区舞松原1-10-13	☎(092)692-1161(代)	FAX(092)671-8197
熊本	〒862-0972	熊本県熊本市中央区新大江2-20-9	☎(096)373-1230(代)	FAX(096)375-5735
大分	〒870-0108	大分県大分市三佐1-1-34	☎(097)523-3811(代)	FAX(097)523-3823

※本冊子の記載事項は、性能向上のため、お断りなしに変更する事があります。