

低濃度可燃性ガス検知器を用いたエチレン及びペンタンの換算グラフの作成及びこれらガスの検知管の変色応答調査

梅津 隆弘*¹

Production of Response Charts Using the Low Concentration Combustible Gas Indicator and Investigation of Discoloration of the Colorimetric Detector Tubes for Ethylene and Pentane.

Takahiro Umetsu

Abstract

It is necessary to identify gases and to measure their concentrations in the case of accidents caused by hazardous and noxious substances. Low concentration combustible gas indicators are generally used. It is known that these indicators have calibration errors. In order to determine actual concentrations of flammable gases, conversion factors and response curves were made. Investigations for making reference colors of ethylene and pentane were systematically conducted in this study. Results showed that there are differences from fixed manuals which were published.

Key Words: response curves, ethylene, pentane

1 はじめに

海上での危険・有害物質(HNS)事故現場において、海上保安庁の有害液体物質防除マニュアルでは、HNSガス濃度の値は、管理区域及び立入禁止区域を定めるための指標として使用することとなっているため、これを測定することが必要不可欠である。ペンタンなどのようにこのHNSガスが可燃性である場合には、低濃度可燃性ガス検知器を使用することにより濃度を決定することが可能である。一般に、可燃性ガス検知器には接触燃焼式センサーが使用されており、これらの検知器は校正に使用された可燃性ガスに対しては正確な読み取り値を表示する。しかしながら、これら以外の可燃性ガスに対しては燃焼熱と濃度との関係が校正時とは異なるために正確な値を表示しない¹⁾。従って、得られた読み取り値から正しい濃度値に変換するための換算グラフ又は換算因子を使用することが必要になる。この換算グラフはメーカーによりアセトン、メタノール及びヘキサンなどを含む幾つかのガスについては提供されていることもあるが、その数は21種のみであり充分とはいえない。このため、規定濃度で調製されたエチレン及びペンタンの標準ガス及びこれらを希釈したものを用いて換算グラフを作成すること目的として本実験を行なった。

また、未知の気体を特定するために使用される定性用の検知管も市販されている。しかし、その変色が検

知管付属の使用説明書どおりにならず、他の色に変色したり又は変色しないはずにもかかわらず変色したりする場合があります。気体の特定に至らぬことがある場合が過去の本校での実習において判明した。このため、定性用の検知管のこれらのガスに対する反応について実験を行った。本報では、これらの結果を報告する。

2 実験

2.1 実験機材及び操作

- (1) 低濃度可燃性ガス検知器 MA-0510 (株)ガステック製

MA-0510は、イソブタンで校正される。この可燃性ガス測定範囲については0-500 ppmレンジと0-1000 ppmレンジとがあり、接触燃焼式の低濃度可燃性ガス検知器である。イソブタン以外の可燃性ガス濃度を読み取り値から求めるためにメーカーから21種類の可燃性蒸気に対する換算グラフが製品に添付されている。

- (2) エチレン用検知管 108SA 及びヘキサン用検知管 113SB (株)光明理化学製北川式検知管

108SA 及び 113SB は、JIS K0804 の測長形検知管であり、シリンダー形真空方式ガス採取器 AP-20 に接続し、ガスの濃度を直読方式にて読み取るものである。ヘキサン用検知管 113SB は換算目盛りを使用することによりペンタンの濃度も測定可能となっている。108SA 及び 113SB は、標準の1回吸

Received November 3, 2009

*1 海上保安大学校 海上安全学講座

引の試料採取量 100 mL の条件ではそれぞれ 20-1200 ppm 及び 50-1000 ppm の範囲の濃度を測定できる。低濃度の場合、試料採取回数を n 回に増やし、得られた読み取り値を試料採取回数 n で除すことにより概略の濃度を得ることができる。また、高濃度の場合、吸引量を 50 mL とすることにより、得られた読み取り値を 2 倍にすることによって測定範囲上限の 2 倍までの濃度を得ることができる。

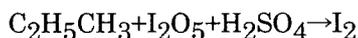
(3) 定性有機ガス用検知管 186B (株)光明理化学製北川式検知管

186B は、有機ガスの定性に使用される検知管であり、A、B、C 及び D の 4 つの反応帯を有している。1 本目の検知管において、A 側から試料を通気させる A 側通気を 1 本目の検知管で行った後、もう 1 本の検知管において、反対の D 側から試料を通気させる D 側通気を行い、この 2 本の検知管の 4 つの反応帯の変色を検知管付属の使用説明書の定性表等と比較することにより 40 数種類の有機ガスの定性を行うことができる。KITAGAWA AMERICA Co. Ltd. の Web page²⁾にはこれらの反応帯は次の反応を利用していると掲載されている：

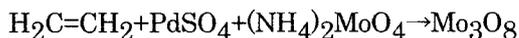
・ A 酸化クロムの還元



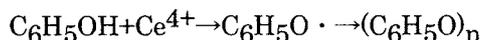
・ B 五酸化ヨウ素の還元



・ C モリブデン酸塩の還元及びモリブデンブルーの生成



・ D フェノールの酸化及び重合



(4) 可燃性ガス検知器 GX-111 (株)理研計器

GX-111 は標的ガスの専用機器とされているが、当庁を含め消防関係で広く使用されている接触燃焼式の可燃性ガス検知部を有する 4 種ガス検知器であり、本校所有のものはメタンで校正される。測定可能なガスは酸素、可燃性ガス、一酸化炭素及び硫化水素である。可燃性ガス濃度は 1%LEL 単位でデジタル表示される。一酸化炭素濃度は 0~250 ppm の範囲で 1 ppm 単位でデジタル表示される。硫化水素濃度は 0~29.5 ppm の範囲では 0.5 ppm 単位で、30~250 ppm の範囲では 1 ppm 単位でデジタル表示される。可燃性ガス検知器の使用目的は、火災・爆発の危険の有無を判断することである。数 vol% オーダーの可燃性の標的ガスの爆発下限界濃度に対する百分率が表示される。標的ガス以外の測定や百万分の一程度で与えられ

ていることが多い毒性を有する可燃性ガスの毒性の評価には用いられない。しかしながら、種々の可燃性ガスが存在することがある輸送事故に対応する当庁では多種の可燃性ガス専用の可燃性ガス検知器を所持していないため、標的ガス以外の可燃性ガスの濃度測定にも使用される場合もある。このような場合、標的ガス以外の可燃性ガスに対する換算グラフ又は換算因子が必要となるが、GX-111 にはこれらが使用説明書には記載されていない。

今回は、低濃度の標準ガス及びその希釈物に対するそれらの応答を確認することとした。

(5) 標準ガス

低濃度可燃性ガス検知器 MA-0510 及び可燃性ガス検知器 GX-111 の校正ガスとして以下のものを使用した。

イソブタン 1000 ppm (エアバランス) (株)高千穂化学工業

メタン 49.2%LEL(エアバランス) (株)理研計器

標準ガスとして次に掲げるものを調製するよう依頼し、使用した。

エチレン 1000 ppm (エアバランス) (株)高千穂化学工業

ペンタン 1020 ppm (エアバランス) (株)高千穂化学工業

(6) 社団法人日本塗料工業会製 2007 年 D 版塗料用標準色(ポケット版)

定性有機ガス用検知管の変色状況を説明することは、色彩を説明することになる。しかし、色彩の名称は多種多様であり、色彩感覚は個人差が大きい。また、カラー写真などでは色があせることから、これらの影響を受けにくいものとして今回は塗料用標準色の色票番号を用いることとした。

2.2 実験方法

まず、低濃度ガス検知器 MA-0510 及び可燃性ガス検知器 GX-111 を校正ガスにより校正した。

標準ガスが充填された高圧ガス容器からシリンジに標準ガスを採取し、容量 10 L のテドラバックにまず標準ガスを封入し、続いて空気を封入して標準ガスを希釈して、2 L の試料ガスを調製した。エチレンは 1000 ppm の標準ガス及びこれを空気で希釈して 100 ppm、200 ppm、300 ppm、400 ppm、500 ppm、600 ppm、700 ppm、800 ppm、900 ppm 及び 1000 ppm の 10 種類を調製した。ペンタンは 1020 ppm の標準ガス及びこれを空気で希釈して 102 ppm、204 ppm、306 ppm、408

ppm、510 ppm、612 ppm、714 ppm、816 ppm、918 ppm 及び 1020 ppm の 10 種類を調製した。

試料ガスを封入したテドラーバックのcock付口に低濃度可燃性ガス検知器 MA-0510 及び可燃性ガス検知器 GX-111 の吸引端を接続した後、cockを解放し、試料ガスを吸引した。このような測定を1試料につき一回行なった。検知管についても同様に行なった。

可燃性ガス検知器については、携帯形可燃性ガス検知器に関するJIS規格JIS M7635の指示精度試験に準じて指示値が安定した後の最終指示値を示度として記録した。濃度測定用の試験管については所定の測定時間が経過した後の変色の長さを示度として記録した。

定性用の検知管については変色の色彩を記録するため記述と共に社団法人日本塗料工業会製2007年D版塗料用標準色(ポケット版)と比色し、最も近い色の色票番号を記録した。

3 実験結果

3.1 低濃度ガス検知器MA-0510

(1) エチレン

エチレンの測定結果は次のようになった。試料ガスと示度との間には40~200の差が認められた。

試料ガス濃度[ppm]	示度[ppm]
100	140
200	260
300	390
400	530
500	650
600	720
700	900
800	>1000

この結果から図1に示すエチレンに対する換算グラフが得られた。

図中の点は今回の実験で得られた各濃度の試料ガスに対するMA-0510の示度であり、実線は縦軸の切片を0としたときの各点の直線近似線であり、各点はほぼこの近似線上にあり、MA-0510は試料ガス濃度に比例する示度を示していることがわかる。この直線近似線が換算グラフとなり、これより求めた換算因子は1.27となった。

エチレンについては換算グラフが装置に添付さ

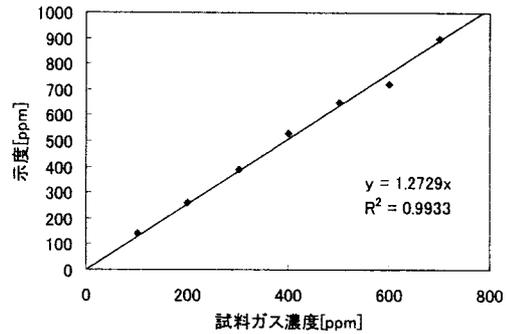


図1 エチレンの換算グラフ及び各濃度に対する示度

れている。それによれば、換算因子は約0.94であり、実際のエチレン濃度が、例えば1000 ppmのとき、 100×0.94 の937 ppmの示度が得られることになっている。しかし、今回行った実験ではそれとは異なる換算因子が得られた。

実験前に清浄な空気中での0点調整及び500 ppmのイソブタンによるスパン校正を実施し、濃度に比例した示度を出力しており、実験終了後に500 ppmのイソブタンにより示度の有効性を確認していることから、装置の誤作動とは考えられにくい。また、標準ガスの濃度が間違っていたということも考えられにくい。高濃度側の示度が得られた原因は、メーカーが換算グラフを作成したときよりも、エチレンが高温で燃焼したことによることは明らかではあるが、高温燃焼した理由については今のところ不明である。

(2) ペンタン

低濃度ガス検知器 MA-0510 での測定結果は次のようになった。試料ガスと示度との間には38~286の差が認められた。

試料ガス濃度[ppm]	示度[ppm]
102	140
204	280
306	430
408	570
510	720
612	860
714	>1000

この結果から図2に示すペンタンに対する換算グラフが得られた。

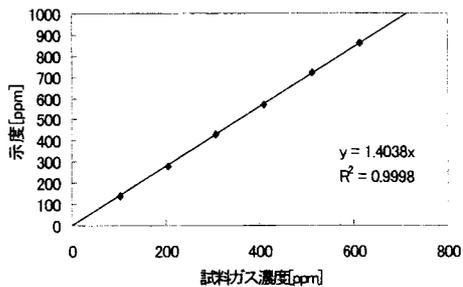


図2 ペンタンの換算グラフ及び各濃度に対する示度

図中の点は今回の実験で得られた各濃度の試料ガスに対するMA-0510の示度であり、実線は縦軸の切片を0としたときの各点の直線近似線であり、各点はほぼこの近似線上にあり、MA-0510は試料ガス濃度に比例する示度を示していることがわかる。この直線近似線が換算グラフとなり、これより求めた換算因子は1.40となった。

しかし、この検知器には個体差があることが示されていること⁵⁾から、それぞれの個体について換算グラフを作成することが望ましい。

3.2 定量用検知管

(1) エチレン用検知管108SAによるエチレンの定量

エチレン用検知管 108SA での測定結果は次のようになった。試料ガスと示度との間には0~100の差が認められた。なお、700 ppm 以降の示度については検知管の示度目盛りの間隔が不規則であるため読み取りが困難であったため、約としている。

試料ガス濃度[ppm]	示度[ppm]
100	120
200	200
300	300
400	400
500	500
600	550
700	ca.700
800	ca.700
900	ca.750
1000	ca.900

この結果を図3のグラフに示す。エチレン用検知管 108SA は、100-700 ppm の範囲では正確な示度となったが、これを超える濃度では低めの示度となった。図中の実線は、実際の濃度からの示度のずれを明確にするためのものであり、示度にずれがない場合示度の点はこの線上に乗ることに

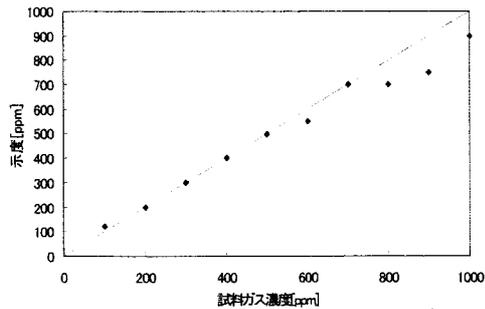


図3 108SAのエチレンに対する示度

なる。

(2) ヘキサン用検知管113SBによるペンタンの定量

ヘキサン用検知管 113SB での測定結果は次のようになった。試料ガスと示度との間には6~132の差が認められた。

試料ガス濃度[ppm]	示度[ppm] 換算後の示度[ppm]
102	230 170
204	350 210
306	500 350
408	550 400
510	750 550
612	900 730
714	1000 820
816	1100 900
918	1250 1050
1020	600(1/2 回吸引) 460

この結果を図4のグラフに示す。ヘキサン用検知管 113SB は、102-1020 ppm の範囲では、408 ppm 及び 1/2 回引きした 1020 ppm の場合を除き、やや高めの示度となった。図中の実線は、図3の場合と同様、実際の濃度からの示度のずれを明確にするためのものである。

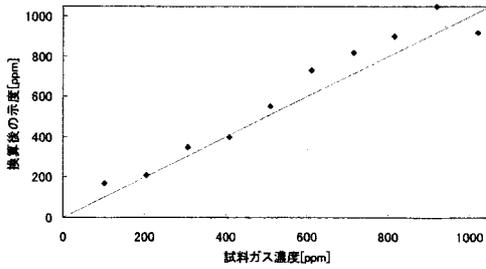


図4 113SBのペンタンに対する示度

3.3 定性有機ガス用検知管186B

(1) エチレン

エチレンの場合、10 ppm以上の濃度ではA側通気によりAが茶褐色になり、D側通気によりCだけが黄橙色に変色することになっている³⁾。また、KITAGAWA AMERICA Co. Ltd.のWeb pageには詳細な186Bの変色に関する説明がある。これによれば、低濃度(10-50 ppm)ではA側通気によりAがDark brown(Ⅲ)になり、D側通気によってはCのみがPale blue(Ⅱ)に変色することになっており、中濃度(100-500 ppm)ではA側通気によりAがDark brown(Ⅰ)になり、D側通気によってはAがDark brown(Ⅱ)及びCがDeep blue(Ⅱ)に変色することになっており、高濃度(1000-5000 ppm)ではA側通気によりAがDark brown(Ⅰ)になり、D側通気によってはAがDark brown(Ⅰ)及びCがDeep blue(Ⅱ)に変色することになっている(ローマ数字値は変色の程度を表し、Ⅰは全層の変色、Ⅱは半層の変色、Ⅲは層の約0.2-2.0 mmの変色を示す²⁾)。

しかしながら、エチレンに対する説明書及びWeb pageでの変色表並びに測定結果を掲げた別表1のように網掛けで示した部分で上の記述とは異なる変色を示した。

(2)ペンタン

ペンタンの場合、10 ppm以上の濃度ではA側通気によりAが茶褐色になり、D側通気によりAだけが茶褐色に変色することになっている³⁾。また、KITAGAWA AMERICA Co. Ltd.のWeb pageには詳細な186Bの変色に関する説明があり、それによれば、低濃度(10-50 ppm)ではA側通気によりAがDark brown(Ⅲ)になり、D側通気によってはAのみがDark brown(Ⅲ)に変色することになっており、中濃度(100-500 ppm)ではA側通気によりAがDark brown(Ⅰ)になり、D側通気によってはAのみがDark brown(Ⅰ)に変色することになっており、高濃度(1000-5000 ppm)ではA側通気によりAがGreenish brown(Ⅰ)になり、D

側通気によってはAのみがGreenish brown(Ⅰ)に変色することになっている(ローマ数字値は変色の程度を表し、Ⅰは全層の変色、Ⅱは半層の変色、Ⅲは層の約0.2-2.0 mmの変色を示す²⁾)。

しかしながら、ペンタンに対する説明書及びWeb pageでの変色表並びに測定結果を掲げた別表2のように網掛けで示した部分で上の記述とは異なる変色を示した。

定性有機ガス用検知管186Bの使用想定として、HNS事故現場において未知の有機ガスを吸引させ、その変色状況によって幾つかの集団に分類させた後、その集団に属するガスの一つにのみ反応する検知管によりさらに絞込み、ガスを特定することが挙げられる。実際に、この目的のためのフロー・チャートを作成した。

しかしながら、今回のエチレン及びペンタンの場合のように、説明とは異なる変色を呈するガスが存在するため、現在のところ前述のガス特定のためのフロー・チャートは実用には適さないものとなった。

定性有機ガス用検知管186B そのものに問題があるのではなく、変色の説明に誤りがあると考え

3.4 可燃性ガス検知器GX-111

2.1(4)で述べたように、可燃性ガス検知器GX-111の通常の使用濃度から外れているが、今回既知濃度の可燃性ガスであるエチレン及びペンタンの試料ガスが入手できたことから、GX-111を用いてこれらのガスに対する検出の可能性を探った。

(1) エチレン

可燃性ガス検知器GX-111での測定結果は次のようになった。()内は、GX-111で同時測定・表示した硫化水素濃度及び一酸化炭素の誤った濃度示度である。エチレンの爆発下限濃度は2.7vol%であるので、270 ppmが1%LELに相当する。試料ガスと示度との間には1~3の差が認められた。

試料ガス濃度[ppm]	示度[%LEL]
100	0
200	0
300	0
400	0
500	0
600	0 (H ₂ S : 2.5 ppm CO: 68 ppm)
700	1

700	(H ₂ S : 3.5 ppm CO : 61 ppm)
800	3 (H ₂ S : 4.0 ppm CO : 71 ppm)
900	3 (H ₂ S : 4.5 ppm CO : 90 ppm)
1000	4 (H ₂ S : 6.0 ppm CO : 66 ppm)

(2) ペンタン

可燃性ガス検知器GX-111での測定結果は次のようになった。ペンタンの爆発下限界濃度は1.5vol%であるので、150 ppmが1%LELに相当する。試料ガスと示度との間には1~3の差が認められた。また、エチレンの場合のように、硫化水素及び一酸化炭素の濃度示度が得られるようなことはなかった。

試料ガス濃度[ppm]	示度[%LEL]
102	0
204	0
306	0
408	0
510	0-1
612	1
714	2
816	3
918	3-4
1020	4

エチレンについては700 ppmの濃度で、ペンタンについては510 ppmの濃度で、それぞれ1%LELの示度が得られた。また、それぞれの試料ガスの1000 ppm及び1020 ppmの濃度では、ともに4%LELの示度が得られた。エチレン及びペンタンの爆発下限界はそれぞれ2.7vol%及び1.5vol%である⁴⁾、よってエチレン700 ppmは2.6%LEL及び1000 ppmは3.7%LELに、ペンタン510 ppmは3.4%LEL及び1020 ppmは6.8%LELに相当することになる。GX-111のエチレン及びペンタンに対する最小検知濃度はそれぞれ700 ppm程度及び510 ppm程度である。メタンガスで校正されたGX-111ではペンタンに対して低めの示度を与える可能性があると考えられる。

接触燃焼式的气体検知器は校正ガスよりも燃焼熱が低いガスに対しては実際の濃度より低い示度を示すことが知られている。また、燃焼熱が高いガスに対しては実際の濃度より高い示度を表示す

るとされている¹⁾。しかし、MA-0510ではいずれの試料ガスに対しても実際の濃度より高い示度を示していることから、GX-111の固有のものである可能性がある。作業雰囲気中の可燃性ガスについて、実際の濃度より高めの示度を表示する場合は、安全側であり、その逆の場合は、危険側であると考えられる。GX-111を使用した場合、高濃度のこれらのガスに対する示度も実際の濃度よりも低いものとなることが予測される。よって、高濃度領域の試料ガスを用いて測定を行い、これらのガスに対する換算グラフの作成が必要であると考えられる。

また、GX-111のエチレンに対する応答において、硫化水素及び一酸化炭素の濃度示度が表示されたことから、エチレンがこれら2つのセンサーに対し、誤った肯定応答をもたらす干渉物質であることが示唆された。

4 まとめ

危険物事故対応現場におけるガスの濃度測定及び定性に使用される検知器及び検知管を用いて、エチレン及びペンタンの1000 ppm程度の標準ガス及びその希釈物数種を測定し、次の5つの結論を得た。

- (1) 本校所有の(株)ガステック製低濃度可燃性ガス検知器MA-0510(イソブタン校正)のエチレン及びペンタンに関する換算グラフを作成し、これからエチレンに関する1.27の換算因子並びにペンタンに関する1.40の換算因子を得た。
- (2) (株)光明理化学製北川式検知管、エチレン用の108SAの濃度示度は100-700 ppmの範囲では正確な示度となったが、これを超える濃度では低めの示度となる。
- (3) (株)光明理化学製北川式検知管、ヘキサン用の113SBの濃度示度は、一般的に測定範囲内では高めの示度となる。
- (4) (株)光明理化学製北川式検知管、定性有機ガス用の186Bの変色表は、本研究によりエチレン及びペンタンに対する変色について修正された。
- (5) (株)理研計器製GX-111(メタン校正)のエチレン及びペンタンに対する検出濃度限界は、それぞれ700 ppm及び510 ppm程度である。ペンタンに対する示度は低めに表示される。火災・爆発の危険を判断する際にも実際より低い示度を表示することが予想される。よって、爆発下限界濃度までの高濃度領域の換算グラフを作成しておくことが必要である。また、エチレンはGX-111の硫化水素S及び一酸化炭素のセンサーに干渉する。

謝辞

本稿作成にあたり、実験等に協力していただいた熊澤健氏に深く感謝する。

参考文献

- 1) Carol J. Maslansky and Steven P. Maslansky, *Air Monitoring Instrumentation*, JOHN WILEY & SONS, INC, New York (1993)
- 2) KITAGAWA AMERICA HP, Qualitative Organic gas,
<http://www.kitagawa-america.com/admin/efiles/PR10898.pdf>
- 3) 光明理化学㈱、「有毒ガス測定ハンドブック 第4版」、光明理化学(2003)
- 4) Richard J. Lewis, Sr, *Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials 10th Edition*, JOHN WILEY & SONS, INC, New York (2000)
- 5) 梅津隆弘、大塚久、標準ガスを用いた低濃度ガス検知器のガス換算グラフの作成並びに定性用検知管の反応調査(その1ーベンゼン及び塩化ビニル)、海上保安大学校研究報告理工学系、第52巻、第1・2号 合併号(2009)、31-43.

別表1 エチレンに対する定性有機ガス用検知管186Bの変色一覧及び実験結果の対比

エチレン濃度	186B の変色				
	通気方向	A	B	C	D
説明書による変色	A 側通気	茶褐色	変色なし	変色なし	変色なし
	D 側通気	変色なし	変色なし	薄青色	変色なし
Web page での 10-50 ppm 濃度での変色	A 側通気	Dark brown	変色なし	変色なし	変色なし
	D 側通気	Dark brown	変色なし	Deep blue	変色なし
Web page での 100-500 ppm 濃度での変色	A 側通気	Dark brown	変色なし	変色なし	変色なし
	D 側通気	Dark brown	変色なし	Deep blue	変色なし
Web page での 1000-5000 ppm 濃度での変色	A 側通気	Dark brown	変色なし	変色なし	変色なし
	D 側通気	Dark brown	変色なし	Deep blue	変色なし
本研究での 186B の変色状況					
100 ppm	A 側通気	茶色 (D15-30F)	変色なし	変色なし	変色なし
	D 側通気	茶色 (D12-50H)	変色なし	青色 (D75-30H)	変色なし
200 ppm	A 側通気	茶色 (D15-30B)	変色なし	変色なし	変色なし
	D 側通気	茶色 (D15-30F)	変色なし	濃青色 (D75-20L)	変色なし
300 ppm	A 側通気	濃茶色 (D19-30B)	変色なし	変色なし	変色なし
	D 側通気	濃茶色 (D09-20B)	変色なし	濃青色 (D75-20L)	変色なし
400 ppm	A 側通気	濃茶色 (D19-30B)	変色なし	変色なし	変色なし
	D 側通気	濃茶色 (D09-20B)	変色なし	濃青色 (D75-20L)	変色なし
500 ppm	A 側通気	濃茶色 (D19-30B)	変色なし	変色なし	変色なし
	D 側通気	濃茶色 (D09-20B)	変色なし	濃青色 (D76-20L)	変色なし
600 ppm	A 側通気	濃茶色 (D19-20B)	変色なし	変色なし	変色なし
	D 側通気	濃茶色 (D09-20B)	変色なし	濃青色 (D76-20L)	変色なし
700 ppm	A 側通気	濃茶色 (D19-20B)	変色なし	変色なし	変色なし
	D 側通気	濃茶色 (D09-20B)	薄桃色 (D05-92B)	濃青色 (D76-20L)	変色なし
800 ppm	A 側通気	濃茶色 (D19-20B)	変色なし	変色なし	変色なし
	D 側通気	濃茶色 (D09-20B)	変色なし	濃青色(D 側から 2/3 の長さ) (D76-20L)	変色なし
900 ppm	A 側通気	濃茶色 (D19-30B)	変色なし	変色なし	変色なし
	D 側通気	濃茶色 (D09-20B)	薄桃色 (D05-92B)	濃青色(D 側から 9/10 の長さ) (D77-20L)	変色なし
1000 ppm	A 側通気	濃茶色 (D19-30B)	変色なし	変色なし	変色なし
	D 側通気	濃茶色 (D09-20B)	変色なし	濃青色(D 側から 9/10 の長さ) (D77-20L)	変色なし

薄い網掛け部が説明書と異なる部分、濃い網掛けは Web page の説明とも異なる部分、A、B、C、D 欄の ()内は社団法人日本塗料工業会製 2007 年 D 版塗料用標準色(ポケット版)による色票番号

別表2 ペンタンに対する定性有機ガス用検知管186Bの変色一覧及び実験結果の対比

ペンタン濃度	186B の変色状況				
	通気方向	A	B	C	D
説明書による変色	A 側通気	茶褐色	変色なし	変色なし	変色なし
	D 側通気	茶褐色	変色なし	変色なし	変色なし
Web page での 10-50 ppm 濃度での変色	A 側通気	Dark brown	変色なし	変色なし	変色なし
	D 側通気	Dark brown	変色なし	変色なし	変色なし
Web page での 100-500 ppm 濃度での変色	A 側通気	Dark brown	変色なし	変色なし	変色なし
	D 側通気	Dark brown	変色なし	変色なし	変色なし
Web page での 1000-5000 ppm 濃度での変色	A 側通気	Greenish brown	変色なし	変色なし	変色なし
	D 側通気	Greenish brown	変色なし	変色なし	変色なし
本研究での 186B の変色状況					
102 ppm	A 側通気	茶色 (D09-20B)	変色なし	変色なし	変色なし
	D 側通気	茶色 (D09-20B)	変色なし	薄黄色 (D25-80H)	変色なし
204 ppm	A 側通気	茶色 (D09-30B)	変色なし	変色なし	変色なし
	D 側通気	茶色 (D09-30B)	変色なし	薄黄色 (D25-90H)	変色なし
306 ppm	A 側通気	茶色 (D09-20B)	変色なし	変色なし	変色なし
	D 側通気	茶色 (D09-20B)	変色なし	薄黄色 (D 側から 1/3 変色) (D27-85H)	変色なし
408 ppm	A 側通気	茶色 (D09-20B)	変色なし	変色なし	変色なし
	D 側通気	茶色 (D09-20B)	変色なし	薄黄色 (D 側から 1/2 変色) (D27-85H)	変色なし
510 ppm	A 側通気	茶色 (D09-20B)	変色なし	変色なし	変色なし
	D 側通気	茶色 (D09-20B)	変色なし	薄黄色 (D 側から 1/2 変色) (D27-85H)	変色なし
612 ppm	A 側通気	茶色 (D15-20B)	変色なし	変色なし	変色なし
	D 側通気	茶色 (D09-20B)	変色なし	薄黄色 (D 側から 1/2 変色) (D27-85H)	変色なし
714 ppm	A 側通気	茶色 (D15-20B)	変色なし	変色なし	変色なし
	D 側通気	茶色 (D09-20B)	変色なし	薄黄色 (D 側から 1/3 変色) (D27-90F)	変色なし
816 ppm	A 側通気	茶色 (D15-20B)	変色なし	変色なし	変色なし
	D 側通気	茶色 (D09-20B)	変色なし	薄黄色 (D 側から 1/2 変色) (D27-90F)	変色なし
918 ppm	A 側通気	茶色 (D15-20B)	変色なし	変色なし	変色なし
	D 側通気	茶色 (D09-20B)	変色なし	薄黄色 (D 側から 1/2 変色) (D27-90F)	変色なし
1000 ppm	A 側通気	濃茶色 (D19-30B)	変色なし	変色なし	変色なし
	D 側通気	濃茶色 (D09-20B)	変色なし	濃青色 (D 側から 9/10) (D77-20L)	変色なし

網掛け部が説明書及び Web page の説明と異なる部分、A、B、C、D 欄の () 内は社団法人日本塗料工業会製 2007 年 D 版塗料用標準色(ポケット版)による色票番号