

2.(3) コーンカロリメーターによる燃焼生成ガス測定

装置の概要

コーンカロリメーターは、円錐型の電熱ヒーターによって試料を加熱し、スパークにより着火、燃焼させ、試料の発熱量、発煙量、重量および燃焼生成ガスの経時変化を測定する試験装置である。今回購入した装置は ISO 5660、ASTM E1354 および NFPA 264A に準拠しており、その概略図を図 2.(3) - 1 に、また実際の装置を図 2.(3) - 2 に示す。

燃焼生成ガスについてはCO、CO₂、SO₂およびNO_xの測定が可能である。

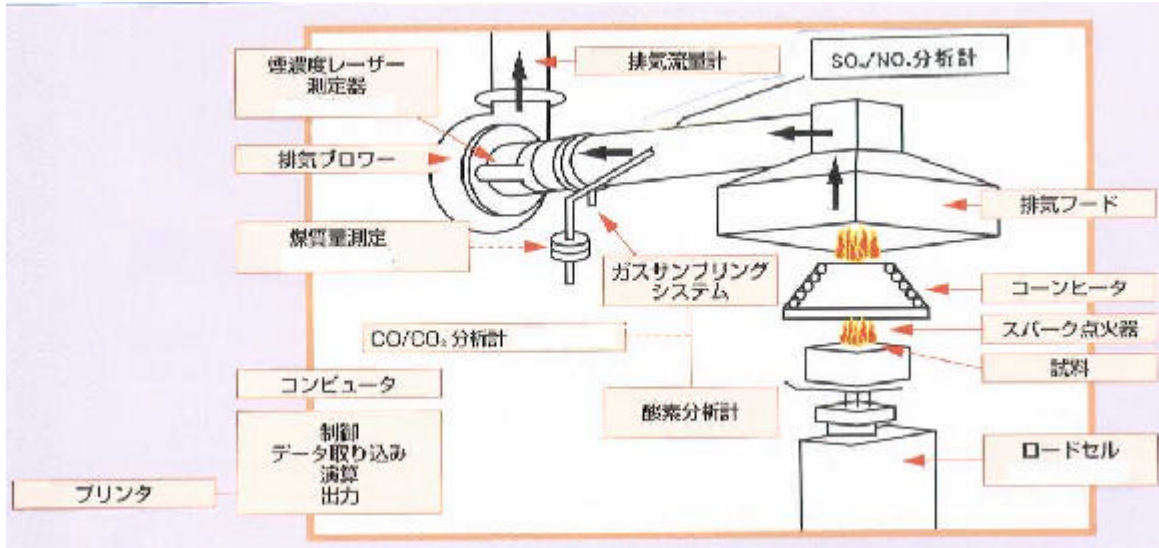


図 2.(3) - 1 . コーンカロリメーター概略図

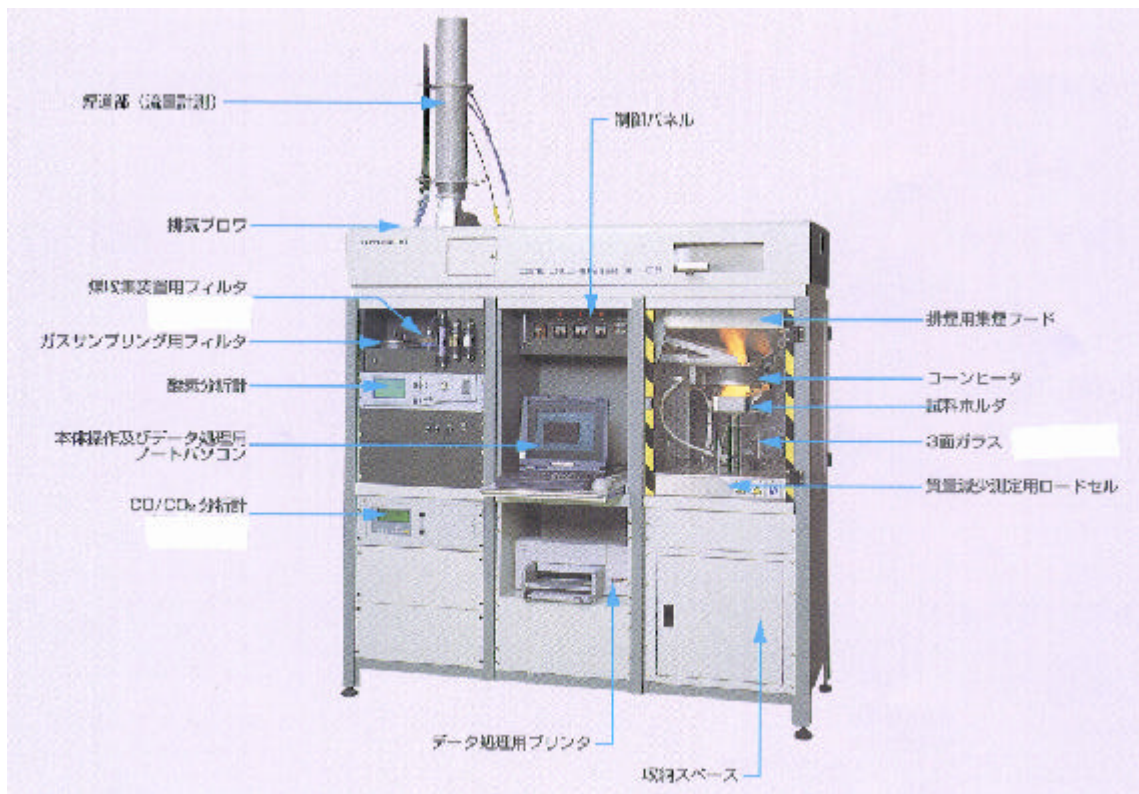


図 2.(3) - 2 . コーンカロリメーター

試料

通常は 10cm × 10cm のシート状に成型した試料について測定するが、本研究ではケーブルを約 10cm に切断し、それらを約 10cm 幅に隙間なく並べたものを試料として測定した。ケーブル本数は外径に応じて表 2.(3) - 1 に示す本数を使用した。

表 2.(3) - 1 供試試料

| 品名 | 線心数 × サイズ | 本数 | 表面積 (m ²) |
|------------------------|----------------------|----------|-----------------------|
| 600VCVT | 3 × 8mm ² | 11 (注 1) | 約 0.0094 |
| 600VEM-CET | 3 × 8mm ² | 11 (注 1) | 約 0.0091 |
| CVV | 4 × 2mm ² | 8 | 約 0.0092 |
| EM-CEE | 4 × 2mm ² | 8 | 約 0.0092 |
| SM 防水型 光ファイバーケーブル | 40 心 | 10 | 約 0.0096 |
| SM 防水型 難燃光ファイバーケーブル | 40 心 | 9 | 約 0.0097 |

注 1) トリプレックスは撚りを戻した単心ケーブルを試料とした。

測定条件

輻射熱量 : 50kW/m² および 75kW/m²

試料の火炎が消えるまで測定

測定項目

発熱量

煙濃度 (減光係数、SEA)

CO₂ ガス発生量

CO ガス発生量

SO₂ ガス発生量

NO_x ガス発生量

試験結果

表 2.(3) - 2 および 3 に示す。

また、輻射熱量 50kW/m² での経時変化のグラフを図 2.(3) - 3 ~ 20 に示す。

表2.(3)-2 各種ケーブルのコーンカロリーメーターによる燃焼特性(輻射熱量50kW/m²)

| パラメーター | 単位) | ケーブル | | | | | |
|--------|--|----------|----------|----------|----------|----------|------------|
| | | CVT | EM-CET | CVV | EM-CEE | 防水型光ケーブル | 防水型難燃光ケーブル |
| 試料 | ケーブル外径 (mm) | 約8 | 約8 | 約11 | 約11 | 約9 | 約11 |
| | ケーブル本数 (本) | 11 | 11 | 8 | 8 | 10 | 9 |
| | ケーブル長 (cm) | 約10 | 約10 | 約10 | 約10 | 約10 | 約10 |
| | 試験面積 (m ²) | 約0.0094 | 約0.0091 | 約0.0092 | 約0.0092 | 約0.0096 | 約0.0097 |
| | 総ケーブル長 (cm) | 約110 | 約110 | 約80 | 約80 | 約100 | 約90 |
| | 平均発熱速度(HRR) (kW/m ²) | 142.6 | 122.3 | 154.2 | 132.8 | 300.6 | 47.5 |
| | 発熱量(THR) (MJ/m ²) | 115.6 | 168.9 | 126.7 | 249 | 234 | 188.3 |
| | 平均比減光面積(SEA) (m ² /kg) | 924.49 | 508.22 | 1105.03 | 543.1 | 630.1 | 718.82 |
| | 初期ケーブル質量 (g) | 145.59 | 132.13 | 149.79 | 132.89 | 84.72 | 114.11 |
| | 最終ケーブル質量 (g) | 95.16 | 89.72 | 80.08 | 70.19 | 27.14 | 53.33 |
| | ケーブル質量減少 (g) | 50.43 | 42.41 | 69.71 | 62.7 | 57.58 | 60.78 |
| | 着火時間 (sec) | 15.6 | 44.2 | 14.2 | 35 | 39.5 | 51.4 |
| | 平均CO ₂ 収率 ^{*1} (kg/kg) | 1.5109 | 2.8423 | 1.1418 | 2.7635 | 3.2558 | 5.8256 |
| | 平均CO収率 ^{*1} (kg/kg) | 0.0781 | 0.0275 | 0.0699 | 0.0187 | 0.0318 | 0.1649 |
| | 平均SO ₂ 収率 ^{*1} (kg/kg) | 0.002086 | 0.000127 | 0.001220 | 0.000030 | 0.000597 | 0.014209 |
| | 平均NOx収率 ^{*1} (kg/kg) | 0.000039 | 0.000093 | 0.000102 | 0.000098 | 0.003812 | 0.000168 |
| | すす収率 (kg/kg) | 0.1067 | 0.0635 | 0.1323 | 0.0373 | 0.0513 | 0.0777 |
| | 燃焼時間(試験時間) (sec) | 824.4 | 1416.8 | 834.3 | 1908.8 | 816.2 | 4012.3 |
| | ケーブル1km当たりの推定発生CO ₂ 量 ^{*2} (kg/km) | 207.80 | 328.75 | 99.50 | 216.59 | 187.47 | 393.42 |
| | ケーブル1km当たりの推定発生CO量 ^{*2} (kg/km) | 10.74 | 3.18 | 6.09 | 1.46 | 1.83 | 11.13 |
| | ケーブル1km当たりの推定発生SO ₂ 量 ^{*2} (kg/km) | 0.2869 | 0.0147 | 0.1063 | 0.0024 | 0.0344 | 0.9596 |
| | ケーブル1km当たりの推定発生NOx量 ^{*2} (kg/km) | 0.0054 | 0.0108 | 0.0089 | 0.0077 | 0.2195 | 0.0113 |
| | ケーブル1km当たりの推定煤発生量 ^{*2} (kg/km) | 14.68 | 7.34 | 11.53 | 2.92 | 2.95 | 5.25 |

*1 平均(CO,CO₂,SO₂,NO)収率は質量損失%が10%から90%間の値。

*2 CVTとEM-CETはトリプレックスとして1km当たりの発生量。

表2.(3)-3 各種ケーブルのコーンカロリーメーターによる燃焼特性(輻射熱量75kW/m²)

| パラメーター | 単位) | ケーブル | | | | | |
|--------|--|----------|----------|----------|----------|----------|------------|
| | | CVT | EM-CET | CVV | EM-CEE | 防水型光ケーブル | 防水型難燃光ケーブル |
| 試料 | ケーブル外径 (mm) | 約8 | 約8 | 約11 | 約11 | 約9 | 約11 |
| | ケーブル本数 (本) | 11 | 11 | 8 | 8 | 10 | 9 |
| | ケーブル長 (cm) | 約10 | 約10 | 約10 | 約10 | 約10 | 約10 |
| | 試験面積 (m ²) | 約0.0094 | 約0.0091 | 約0.0092 | 約0.0092 | 約0.0096 | 約0.0097 |
| | 総ケーブル長 (cm) | 約110 | 約110 | 約80 | 約80 | 約100 | 約90 |
| | 平均発熱速度(HRR) (kW/m ²) | 202.4 | 146.2 | 157 | 128.5 | 381.2 | 58.7 |
| | 発熱量(THR) (MJ/m ²) | 107.3 | 150.9 | 117.5 | 192.3 | 225 | 150 |
| | 平均比減光面積(SEA) (m ² /kg) | 1118.56 | 273.64 | 1024.1 | 255.19 | 494.39 | 143.96 |
| | 初期ケーブル質量 (g) | 145.6 | 131.14 | 149.31 | 133.34 | 84.67 | 113.73 |
| | 最終ケーブル質量 (g) | 94.04 | 89.99 | 79.24 | 72.46 | 26.96 | 51.61 |
| | ケーブル質量減少 (g) | 51.56 | 41.15 | 70.07 | 60.88 | 57.71 | 62.12 |
| | 着火時間 (sec) | 6.2 | 19.7 | 8.5 | 17.3 | 17 | 22.6 |
| | 平均CO ₂ 収率 ^{*1} (kg/kg) | 1.2366 | 2.3327 | 1.0430 | 2.3676 | 2.5802 | 1.9471 |
| | 平均CO収率 ^{*1} (kg/kg) | 0.0804 | 0.0103 | 0.0732 | 0.0206 | 0.0249 | 0.0318 |
| | 平均SO ₂ 収率 ^{*1} (kg/kg) | 0.001730 | 0.001440 | 0.002556 | 0.001055 | 0.000015 | 0.001296 |
| | 平均NOx収率 ^{*1} (kg/kg) | 0.000279 | 0.000345 | 0.000714 | 0.000306 | 0.003679 | 0.000405 |
| | すす収率 (kg/kg) | 0.1296 | 0.0639 | 0.1350 | 0.0668 | 0.0597 | 0.0960 |
| | 燃焼時間(試験時間) (sec) | 534.5 | 1050.5 | 756.3 | 1512.6 | 606.1 | 2578.3 |
| | ケーブル1km当たりの推定発生CO ₂ 量 ^{*2} (kg/km) | 173.89 | 261.79 | 91.35 | 180.17 | 148.90 | 134.39 |
| | ケーブル1km当たりの推定発生CO量 ^{*2} (kg/km) | 11.30 | 1.15 | 6.41 | 1.57 | 1.43 | 2.20 |
| | ケーブル1km当たりの推定発生SO ₂ 量 ^{*2} (kg/km) | 0.2433 | 0.1616 | 0.2239 | 0.0803 | 0.0009 | 0.0895 |
| | ケーブル1km当たりの推定発生NOx量 ^{*2} (kg/km) | 0.0392 | 0.0387 | 0.0625 | 0.0233 | 0.2123 | 0.0280 |
| | ケーブル1km当たりの推定煤発生量 ^{*2} (kg/km) | 18.22 | 7.17 | 11.82 | 5.08 | 3.45 | 6.63 |

*1 平均(CO,CO₂,SO₂,NO)収率は質量損失%が10%から90%間の値。

*2 CVTとEM-CETはトリプレックスとして1km当たりの発生量。

まとめ

軟質ポリ塩化ビニルシースを使用した従来品（CVT、CVV）とエコ電線（EM-CET、EM-CEE）を比べると、

- * 発熱量はエコ電線のほうが大きい。
- * 発煙量、すす発生量、CO ガス発生量および SO₂ガス発生量は従来品のほうが多い。
- * CO₂ガス発生量はエコ電線のほうが多い。
- * NO_x ガス発生量は若干従来品の方が多い。

また、SM 防水型光ファイバーケーブルと SM 防水型難燃光ファイバーケーブルを比べると、

- * 発熱量、NO_x ガス発生量は防水型光ファイバーケーブルが多い。
- * 発煙量、すす発生量は防水型難燃光ファイバーケーブルのほうが少し多い。但し、SEA で見ると発煙量は防水型光ファイバーケーブルの方が多くなる。
- * CO₂、CO および SO₂ガス発生量は 50kW/m² では SM 防水型難燃光ファイバーケーブルの方がはるかに多い。75kW/m² では、CO₂ガス発生量は SM 防水型光ファイバーケーブルが多く、CO とSO₂ガス発生量は SM 防水型難燃光ファイバーケーブルが多い。
- * NO_x は他の 5 種類のケーブルに比べ、SM 防水型光ファイバーケーブルでの発生量が非常に多い。

一方、輻射熱量が 50kW/m² から 75kW/m² になると、

- * 発熱量は大きな差は見られない。
- * 発煙量は CVT を除き減少する傾向が見られる。
- * CO₂ガス発生量は減少する傾向が見られ、特に SM 防水型難燃光ファイバーケーブルが大きく減少する。CO ガス発生量は SM 防水型難燃光ファイバーケーブルが大きく減少することを除き、何れも大差ない。
- * SO₂ガス発生量は CVT と特に SM 防水型難燃光ファイバーケーブルが減少するのに対し、他のケーブルでは増加する。NO_x ガス発生量は SM 防水型光ファイバーケーブルについては大差ないが、他のケーブルはすべて増加する。
- * すす発生量はほぼ変化ないか、もしくは若干増加する傾向にある。