

自主研究

「電線被覆材料の経年劣化と難燃特性に関する調査」

(研究期間：平成29年4月～平成30年3月)

報 告 書

平成30年3月



一般社団法人 電線総合技術センター

目 次

はじめに.....	1
1. 調査の概要.....	2
1.1 背景と目的	
1.2 調査方法	
1.2.1 MCCとは	
2. 試料と評価方法.....	3
2.1 試料	
2.2 評価項目及び方法	
2.2.1 酸素指数測定試験	
2.2.2 FTIR を用いた毒性ガス試験	
2.2.3 発煙性試験	
2.2.4 MCC 測定	
2.2.5 熱重量測定 (TG)	
2.2.6 引張試験	
2.2.7 熱酸化劣化前後の重量測定	
3. 評価結果.....	5
3.1 引張試験、外観及び重量測定	
3.2 酸素指数	
3.3 毒性ガス試験、発煙性試験	
3.3.1 毒性ガス試験	
3.3.2 発煙性試験	
3.4 MCC 測定	
3.4.1 MCC 測定結果	
3.4.2 PVC コンパウンドの発熱速度 (HRR) のピーク	
3.5 熱重量測定 (TG)	

4. 評価結果まとめ	21
4.1 難燃特性	
4.1.1 酸素指数及び MCC 測定結果と熱酸化劣化時間の相関	
4.1.2 可塑剤残存量推定	
4.2 MCC による配合剤測定結果の積算と PVC コンパウンドの関係	
5. 経年劣化と難燃特性の課題と今後について	24
おわりに	25
参考文献	26

はじめに

社会的に地球温暖化など環境問題への関心が高まり、企業においても環境負荷低減に対する取り組みが積極的になされる中、欧州を中心に資源効率の向上とそれを実現する新たな経済モデルに関する議論が活発化している。消費された資源を再生・再利用し続ける循環型の経済モデル“サーキュラーエコノミー (Circular Economy : CE)”である。日本でも、CE が企業にどのような影響与えるかについて予測したり、その考え方を環境ビジョンに取り入れる企業が出始めている。また、CE では、ビジネスモデルとしてリユースをフォーカスしている。自動車、電気電子機器等でもリマニュファクチャリング、リファービッシュなどリユースは更に進み、それらに使用される電線・ケーブルについても、これまで以上に信頼性向上や長寿命化、再利用化が要求されると予想される。

本調査研究では、電線・ケーブルの信頼性の点において、被覆材料への重要な要求特性である難燃特性が劣化によってどのように変化するかを調査する。新しい評価方法である、少量でプラスチック材料の燃焼特性を測定できるマイクロスケールコンバッションカロリメーター (Microscale Combustion Calorimeter : MCC) も利用して、劣化させた試料の難燃特性を評価する。

本調査研究が、電線業界の将来に貢献する一助となれば幸いである。

1. 調査の概要

1.1 背景と目的

日本の企業においても、無視できない欧州の政策として、打ち出されているサーキュラーエコノミー（CE）では、リサイクルより一段進んだリマニュファクチャリング、リファービッシュなどリユースをフォーカスしており、製品設計時には長寿命化、高信頼性など要求している。電線・ケーブルも、例外ではなく長寿命化、高信頼性などが要求されると予想される。そのような状況の中、本調査研究では、電線・ケーブルの信頼性の点において、被覆材料への重要な要求特性である難燃特性が劣化によってどのように変化するかを調査する。

1.2 調査方法

本調査研究では、熱劣化に着目し熱酸化劣化させた試料の難燃特性を評価する。新しい評価方法である、少量でプラスチック材料の燃焼特性を測定できるマイクロスケールコンバッションカロリメーター（以下、MCC とする）も利用して、調査する。

1.2.1 MCC とは

MCC とは、プラスチックなどの可燃性材料の燃焼特性を、消費する酸素 1g 当り約 13kJ の熱が発生するという現象を用いて熱分析する手法である。図 1 に MCC 装置の概要を示す。MCC 装置の構造は、試料を一定の割合にて昇温させる熱分解炉(Pyrolyzer)とそこで発生したガスを導入し燃焼させる燃焼炉(Combustor)からなり、その過程で消費される酸素量を測定できるものである。消費された酸素量から発熱速度（HRR : Heat Release Rate[W/g]）などを求め、分析する。

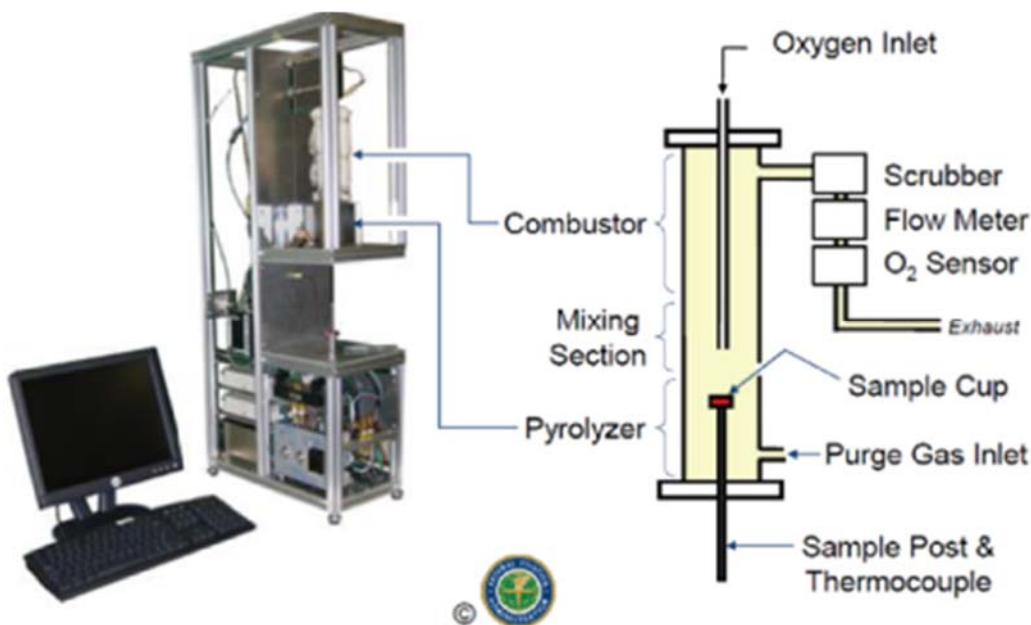


図 1. MCC 装置概要¹⁾

2. 試料と評価方法

2.1 試料

試料は、表 1 の標準的な配合の PVC コンパウンドを用いた。そのコンパウンドを各評価に合せた形状にし、温度 120°C のギヤオープンに入れ、120、180 及び 240 時間の 3 条件にて加熱し、熱酸化劣化とした。また、初期試料として、各評価に合せた形状にて、常温常湿にて保管した。以下、特にことわりがない「劣化」の記載は、熱酸化劣化とする。

表 1. PVC コンパウンドの配合

材 料	部 数
塩化ビニルポリマー	100
可塑剤 (DINP)	50
炭酸カルシウム	30
Ca-Zn 系安定剤	5

2.2 評価項目及び方法

評価は、酸素指数、毒性ガス発生量、発煙量、MCC、熱重量(TG)、引張強さ、伸び及び劣化前後の重量の測定にて実施した。なお、MCC、熱重量(TG)測定では、配合剤の測定も実施した。

2.2.1 酸素指数測定試験

以下の準拠規格、試験条件にて測定した。

- ・ 準拠規格 : JIS K 7201-2:2007
- ・ 試料形状 : 100 × 6.5 × 3mm
- ・ 試料 n 数 : 初期試料、劣化試料 (3 条件) の各 n=1

2.2.2 FTIR を用いた毒性ガス試験

以下の準拠規格、試験条件にて測定した。

- ・ 準拠規格 : ISO/DIS 19021
- ・ 試料形状 : 75 × 75 × 1mm
- ・ 試料 n 数 : 初期試料、劣化試料 (3 条件) の各 n=3

2.2.3 発煙性試験

以下の準拠規格、試験条件にて測定した。

- ・ 準拠規格：ISO 5659-2
- ・ 試料形状：75×75×1mm
- ・ 試料n数：初期試料、劣化試料（3条件）の各n=3

なお、本試験は、2.2.2項 FTIR を用いた毒性ガス試験の実施と同時に測定した。

2.2.4 MCC 測定

以下の準拠規格、試験条件にて測定した。

- ・ 準拠規格：ASTM D7309-13 Method A と B
- ・ 試料形状：JIS K 6251 ダンベル状 3号形（ただし、厚さは約 1mm）にて劣化後
おおよそ中央部より数 mg 採取
- ・ 試料n数：初期試料、劣化試料（3条件）の各n=3
なお、表1に示す各配合剤についても初期状態にて各n=3にて実施した。
- ・ 熱分解炉のパージガス：N₂ (Method A) または Dry Air/O₂は約 20%(Method B)
- ・ 熱分解炉の温度範囲：100～800℃
- ・ 熱分解炉の昇温速度：1℃/秒

2.2.5 熱重量測定 (TG)

以下の試験条件にて測定した。

- ・ 装置：理学電機株式会社 TG8120
- ・ 加熱炉のパージガス：N₂
- ・ 試料形状：JIS K 6251 ダンベル状 3号形（ただし、厚さは約 1mm）にて劣化後
おおよそ中央部より数 mg 採取
- ・ 試料n数：初期試料、劣化試料（3条件）の各n=3
なお、表1に示す各配合剤についても初期状態にて各n=3にて実施した。
- ・ 加熱炉の温度範囲：100～800℃
- ・ 加熱炉の昇温速度：10℃/分

2.2.6 引張試験

以下の準拠規格、試験条件にて測定した。

- ・ 準拠規格：JIS K 6251:2017
- ・ 試料形状：ダンベル状 3号形（ただし、厚さは約 1mm）
- ・ 試料n数：初期試料、劣化試料（3条件）の各n=4



図 2. 電子天秤

2.2.7 熱酸化劣化前後の重量測定

以下の試験条件にて測定した。

- ・ 試料形状：100×6.5×3mm（酸素指数）75×75×1mm（毒性ガス）
ダンベル状3号形（ただし、厚さは約1mm）の3形状
- ・ 試料n数：初期試料、劣化試料（3条件）の
各n=3、4もしくは15

3. 評価結果

3.1 引張試験、外観及び重量測定

初期及び劣化後試料の引張試験結果を表2、図3に示す。

表 2. 初期及び劣化後の引張試験結果

試料劣化時間	平均/測定値	応力 (MPa)	伸び (%)
初期 (0 時間)	平均値	21.8	305
	測定値	21.6	311
		21.8	313
		22.3	296
		21.6	299
120 時間	平均値	22.0	210
	測定値	21.1	217
		21.8	207
		23.3	215
		21.9	201
180 時間	平均値	26.1	50
	測定値	25.5	59
		26.2	41
		26.8	44
		26.0	57
240 時間	平均値	38.7	13
	測定値	35.3	20
		39.0	11
		39.8	8
		40.6	11

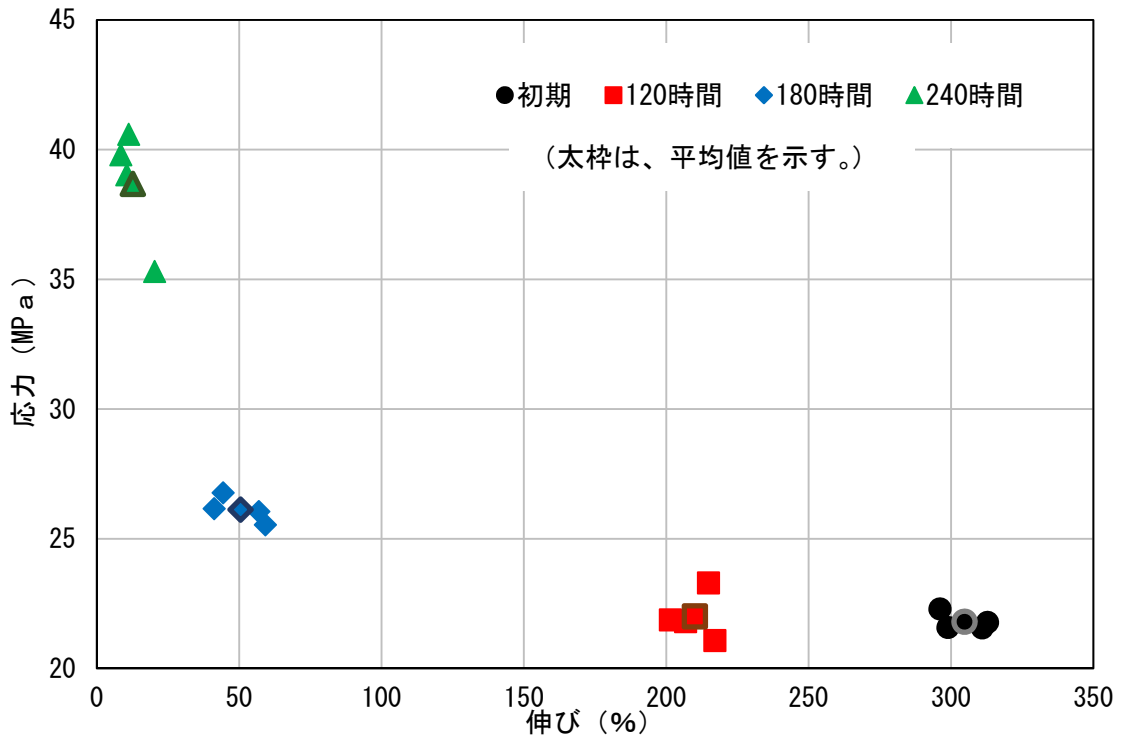


図 3. 初期及び劣化後の引張試験結果

初期及び劣化後試料の外観写真を表 3 に示す。

表 3. 初期及び劣化後試料の外観写真

試料劣化時間	初期 (0 時間)	120 時間	180 時間	240 時間
外観写真				

初期及び劣化後の形状別重量変化を表 4 に、重量変化率を図 4 に示す。

なお、差分 (g)、重量変化率 (%) は以下とする。

$$\text{差 分} = \text{初期重量} - \text{老化後重量}$$

$$\text{重量変化率} = \text{差分} / \text{初期重量} \times 100$$

表 4. 初期及び劣化後の形状別重量変化

形状	試料劣化時間	形状別平均値			
		初期重量 (g)	劣化後重量 (g)	差分 (g)	重量変化率 (%)
引張試験他用 3号ダンベル	初期 (0 時間)	2.25	-	-	-
	120 時間	2.34	2.22	0.13	5.63
	180 時間	2.36	2.12	0.22	9.55
	240 時間	2.37	2.04	0.32	14.28
酸素指数用 試料 (100×6.5×3mm)	初期 (0 時間)	2.72	-	-	-
	120 時間	2.72	2.57	0.15	5.32
	180 時間	2.74	2.56	0.17	6.38
	240 時間	2.64	2.38	0.26	9.76
毒性ガス他用 試料 (75×75×1mm)	初期 (0 時間)	8.30	-	-	-
	120 時間	8.13	7.72	0.40	4.96
	180 時間	8.12	7.53	0.60	7.34
	240 時間	8.02	7.15	0.87	10.85

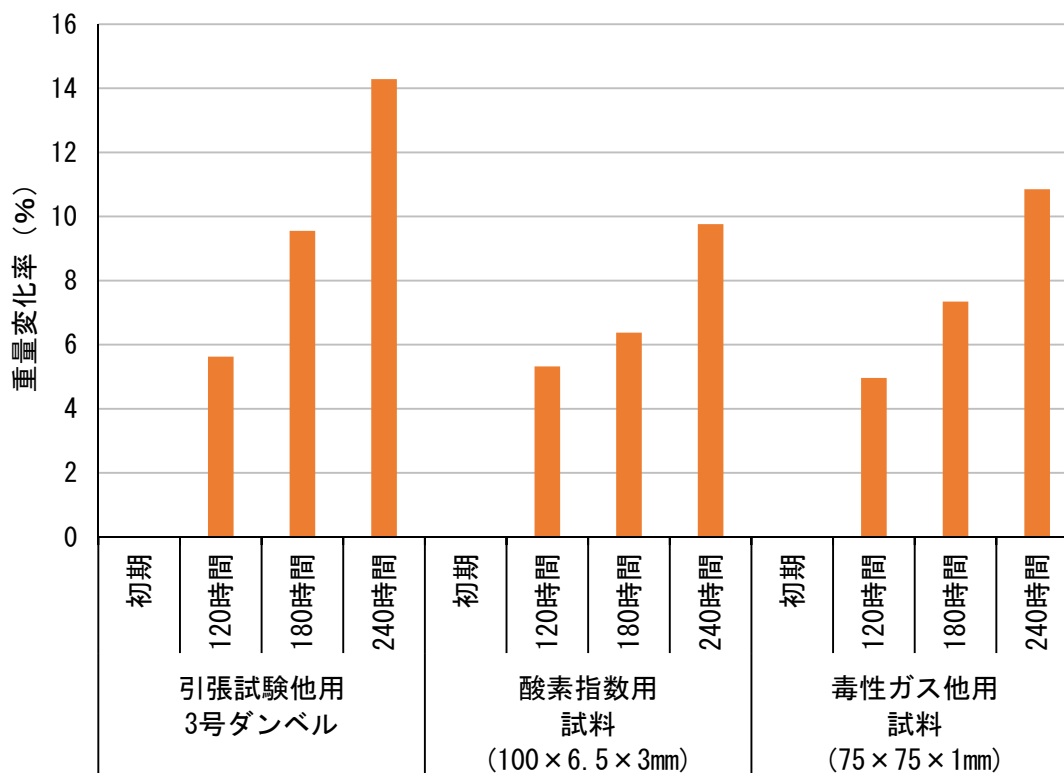


図 4. 重量変化率

3.2 酸素指数

初期及び劣化後試料の酸素指数測定結果を表 5 に示す。

表 5. 初期及び劣化後の酸素指数測定結果

試料劣化時間	初期 (0 時間)	120 時間	180 時間	240 時間
酸素指数	24.3	27.1	29.1	31.1

酸素指数と試料劣化時間についてを図 5 に示す。

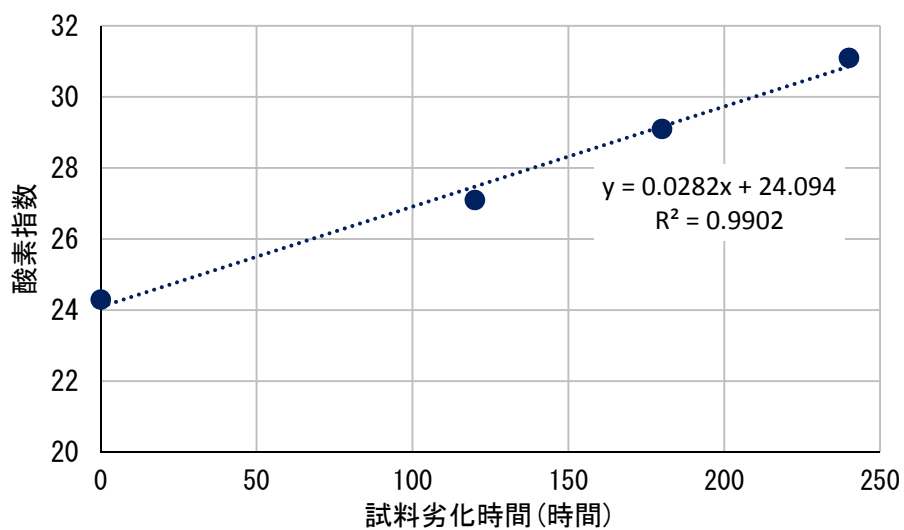


図 5. 酸素指数と試料劣化時間

酸素指数は、試料劣化時間とともに増加しており、相関係数は 0.99 となり、酸素指数と試料劣化時間には正の相関がみられた。

3.3 毒性ガス試験、発煙性試験

3.3.1 毒性ガス試験

初期及び劣化後試料の毒性ガス試験結果を図 6-1~3 に示す。

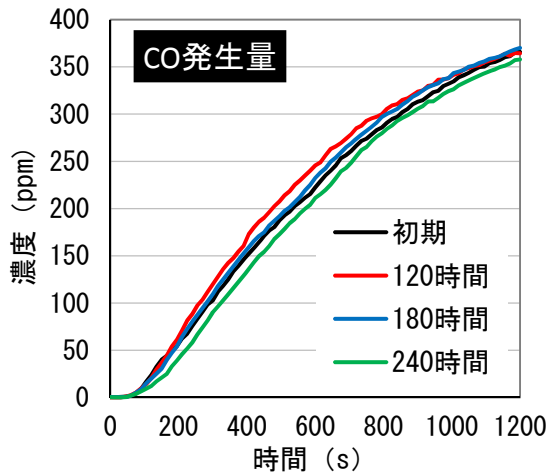


図 6-1 CO 発生量

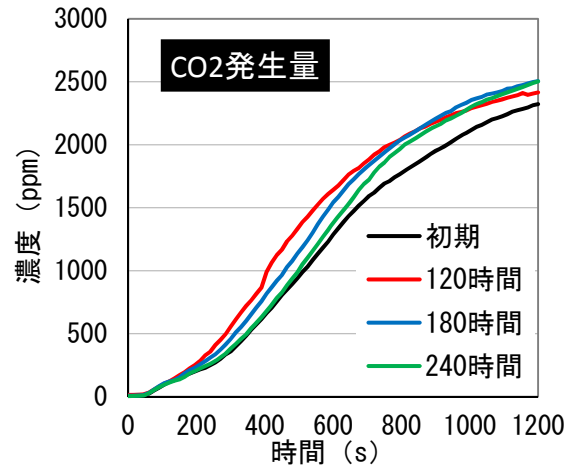


図 6-2 CO₂ 発生量

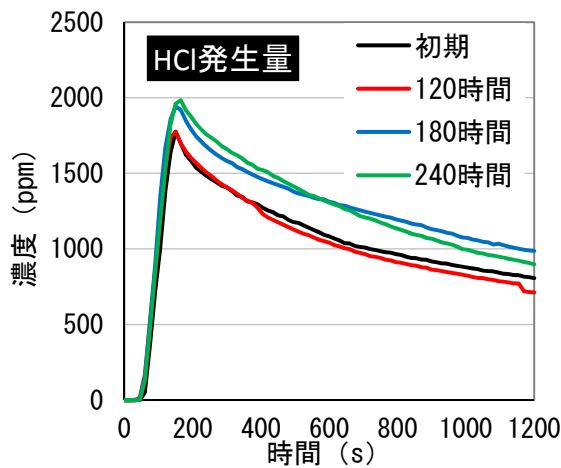


図 6-3 HCl 発生量

劣化条件毎の n 数は 3 にて測定した。
ただし、初期は n=2 となった。
各図の劣化条件毎の結果は、各々の平均
値を示す。

各毒性ガスの最大発生量を表 6 に示す。

表 6. 毒性ガス最大発生量(単位 : ppm)

発生ガス		CO	CO ₂	HCl	試験前試料の重量 (g)
試料 劣化 時間	初期 (0 時間)	366	2323	1776	8.33
	120 時間	365	2415	1774	7.75
	180 時間	370	2505	1942	7.54
	240 時間	358	2502	1984	7.18
劣化時間との相関係数		0.158	0.932	0.756	-

毒性ガス CO、HCl の最大発生量 (ppm) と試料劣化時間の相関がみられなかったため、毒性ガス発生量について、MGC と同様に、試験前試料の重量当りにて検討した。試験前試料の重量当りに換算した結果を表 7 に示す。試験前試料の重量当りの毒性ガス最大発生量 (ppm/g) と試料劣化時間について、図 7-1~3 に示す。

表 7. 試験前試料の重量当りの毒性ガス最大発生量 (単位 : ppm/g)

発生ガス		CO	CO ₂	HCl
試料劣化時間	初期 (0 時間)	43.9	278.8	213.2
	120 時間	47.0	311.6	229.0
	180 時間	49.1	332.3	257.6
	240 時間	49.8	348.5	276.4
劣化時間との相関係数		0.984	0.998	0.929

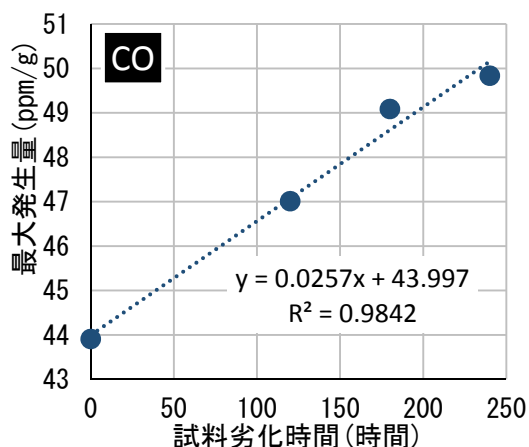


図 7-1 CO 最大発生量

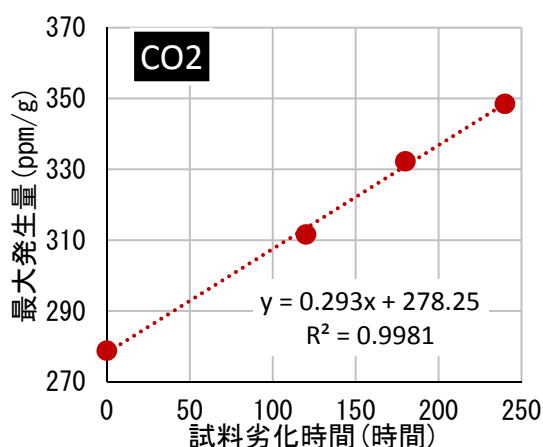


図 7-2 CO₂ 最大発生量

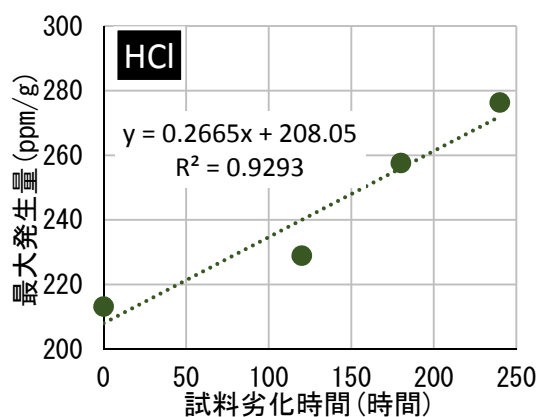


図 7-3 HCl 最大発生量

試験前試料の重量当りの各毒性ガス最大発生量 (ppm/g) は試料劣化時間とともに増加しており、各相関係数は、0.9 以上となり、正の相関がみられた。

3.3.2 発煙性試験

初期及び劣化後の発煙濃度 (Ds) を図 8、発煙性試験結果を表 8 に示す。

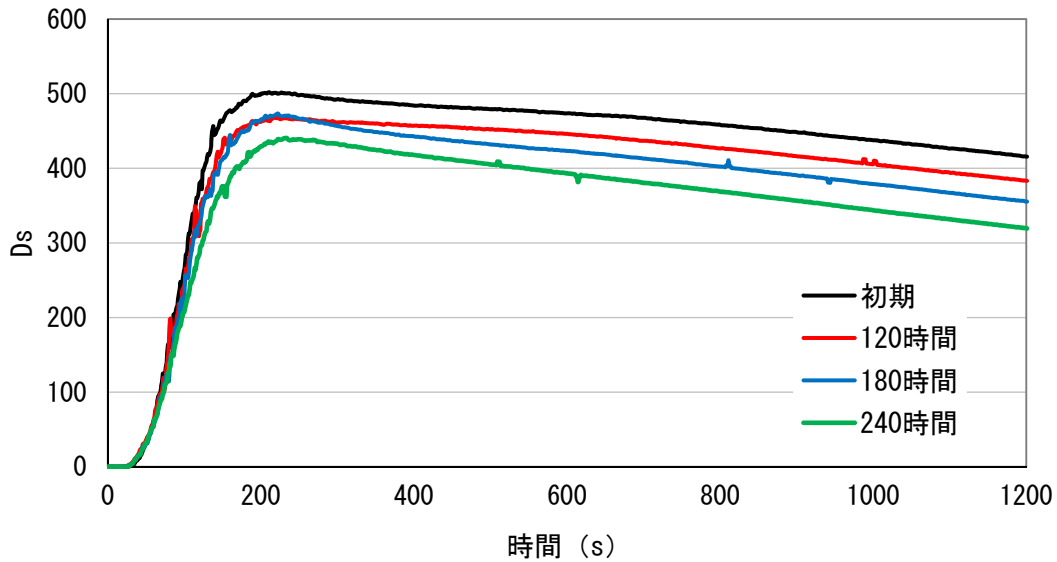


図 8. 初期及び劣化後の発煙濃度 (Ds)

表 8. 初期及び劣化後の発煙性試験結果

劣化時間	初期(0 時間)	120 時間	180 時間	240 時間
Dsmax in 10min	505	473	474	442
Dsmax の時間 (s)	213	282	217	240
Ds4 (注)	500	466	468	438
VOF4 (注)	1181	1099	1067	968

(注)Ds4 : 4 分経過時の Ds

VOF4 : 発煙初期を重視した発煙量の指数の一つ

算出式 $Ds(1)+Ds(2)+Ds(3)+Ds(4)/2$

Ds(X) : X 分経過時の Ds 値

表 8 の初期及び劣化後の発煙性試験結果と試料劣化時間について、図 9-1、2 に示す。

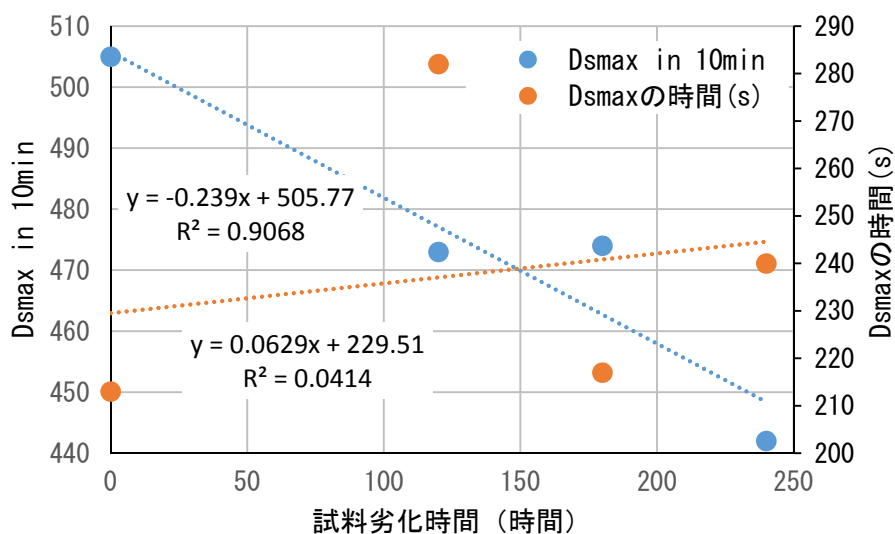


図 9-1. Dsmax in 10min 及び時間

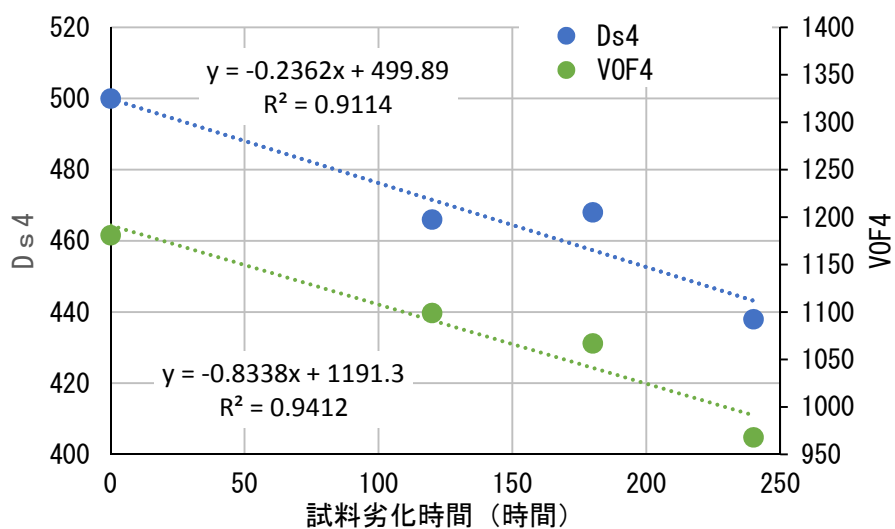


図 9-2. Ds4 及び VOF4

Dsmax (に達するまで)の時間を除き試料劣化時間と負の相関がみられた。

なお、試験前試料の重量当りで換算した結果と試料劣化時間の相関係数を表 9 に示す。

表 9. 発煙性試験結果と試料劣化時間の相関係数

相関係数の算出に用いた数値	測定値	試験前重量当りの換算値
Dsmax in 10min	0.91	0.41
Dsmax の時間 (s)	0.04	0.30
Ds4	0.91	0.49
VOF4	0.94	0.44

Dsmax (に達するまで)の時間を除く発煙性試験結果は、測定値と試料劣化時間に負の相関がみられ、試験前試料の重量当りの換算値では、相関がみられず、発煙性については、成分比率よりも試験前(試験に供する)試料の重量に影響を受けると推定される。

3.4 MCC 測定

3.4.1 MCC 測定結果

MCC 測定結果を表 10-1、2 に、発熱速度 (HRR:Heat release rate) を図 10-1、2 に示す。なお、試験方法は、A : ASTM D7309 Method-A (熱分解炉パージガス : N₂)
B : ASTM D7309 Method-B (熱分解炉パージガス : Dry Air) とする。

表 10-1. MCC 測定結果 (PVC コンパウンド)

試験方法	サンプル名	PVC コンパウンド			
	試料劣化時間	初期 (0 時間)	120 時間	180 時間	240 時間
A	最大発熱速度 (W/g)	255.5	170.5	146.9	96.4
	最大発熱速度の温度 (°C)	312.5	311.1	309.6	307.6
	総発熱量 (kJ/g)	13.4	11.3	10.5	9.4
	燃焼残渣率 (g/g)	0.22	0.24	0.26	0.27
B	最大発熱速度 (W/g)	265.0	172.8	137.2	82.0
	最大発熱速度の温度 (°C)	307.4	302.8	301.2	303.3
	総発熱量 (kJ/g)	15.4	13.0	12.3	10.6
	燃焼残渣率 (g/g)	0.14	0.15	0.18	0.17

表 10-2. MCC 測定結果 (配合剤)

試験方法	サンプル名	塩ビ ポリマー	可塑剤	炭酸 カルシウム	安定剤
A	最大発熱速度 (W/g)	116.5	384.7	-	46.1
	最大発熱速度の温度 (°C)	485.4	371.1	-	400.0
	総発熱量 (kJ/g)	13.0	27.3	-	6.5
	燃焼残渣率 (g/g)	0.054	0.00039	0.58	0.50
B	最大発熱速度 (W/g)	94.8	541.8	-	85.8
	最大発熱速度の温度 (°C)	444.5	342.2	-	361.5
	総発熱量 (kJ/g)	15.6	25.5	-	7.0
	燃焼残渣率 (g/g)	0.0012	0.00012	0.61	0.50

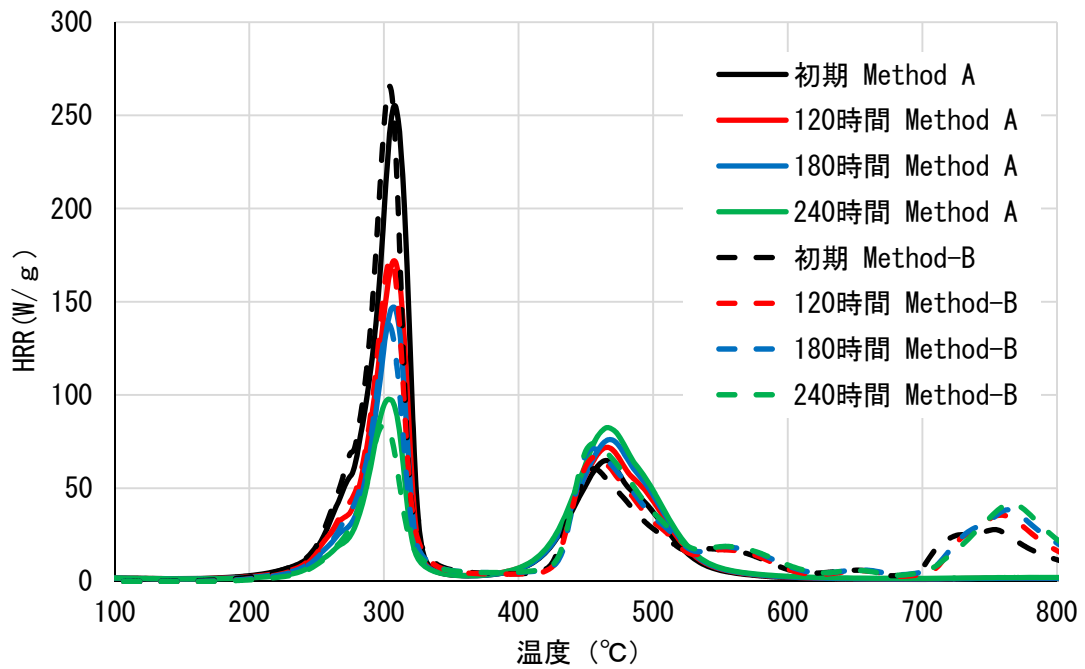


図 10-1 MCC 測定結果/HRR (PVC コンパウンド)

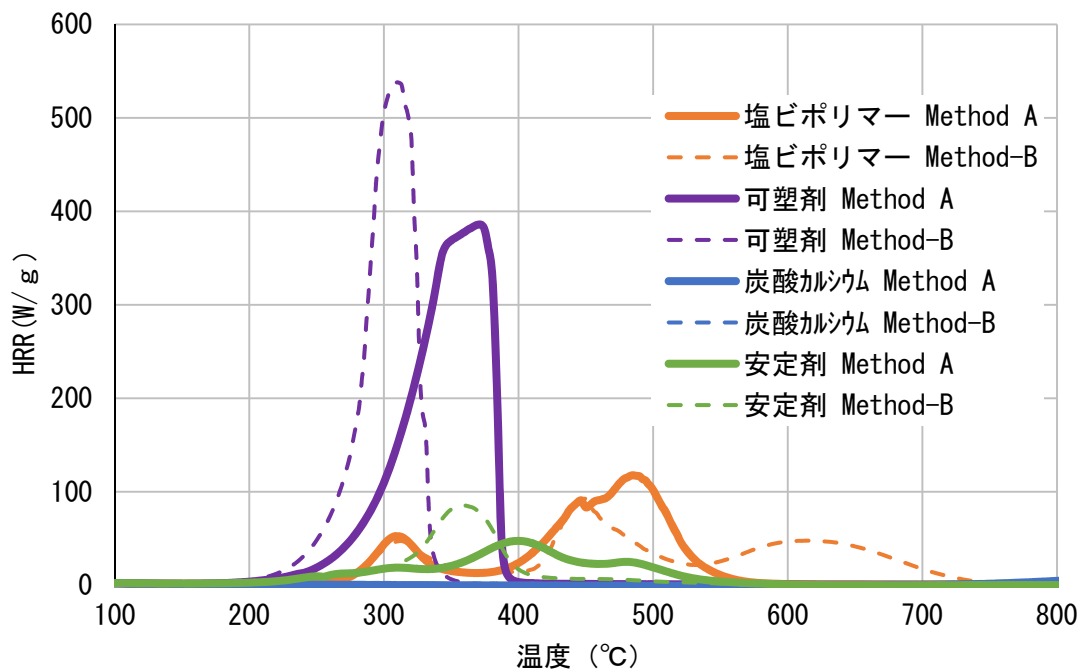


図 10-2 MCC 測定結果/HRR (配合剤)

PVC コンパウンドの発熱速度 (HRR) ピークは、試験方法 A (Method A) の場合、加熱温度が 300°C、450°C 近傍の 2 箇所に見られ (図 11-1)、試験方法 B (Method B) の場合では、300°C、450°C 及び 750°C 近傍の 3 箇所に見られ (図 11-2)、それらのピーク値を表 11 に示す。

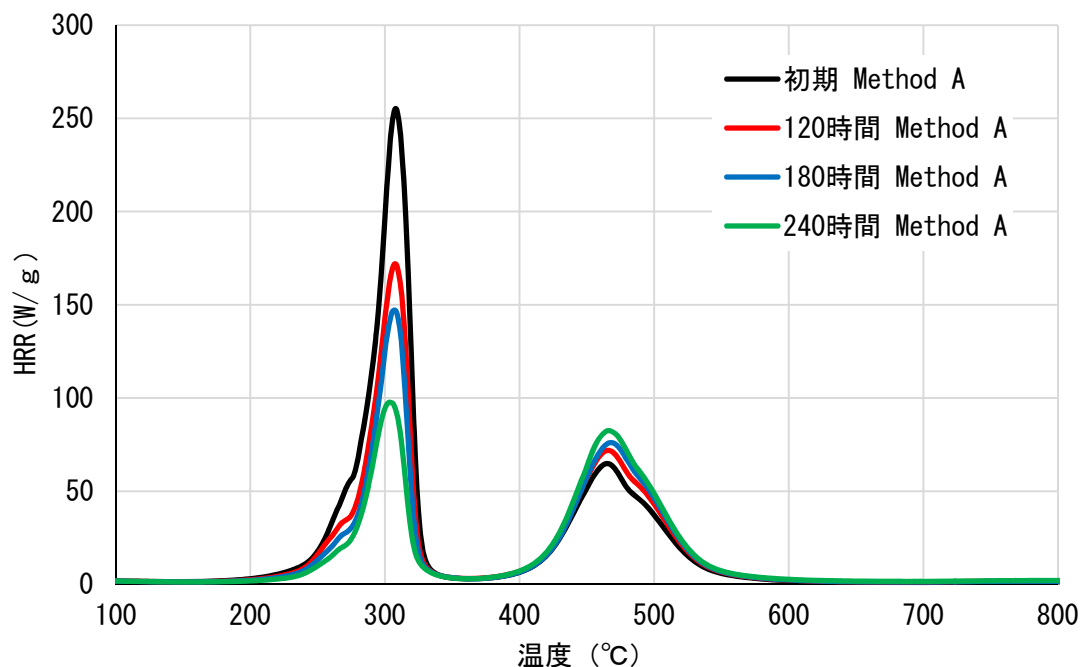


図 11-1 MCC 測定結果/HRR (PVC コンパウンド) 試験方法 A

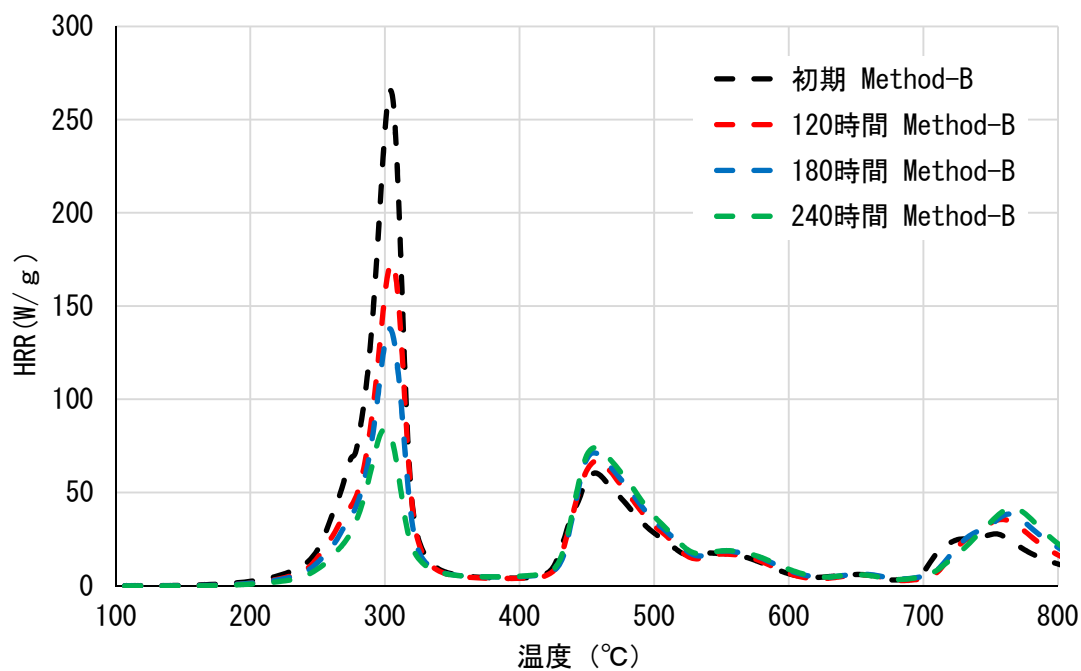


図 11-2 MCC 測定結果/HRR (PVC コンパウンド) 試験方法 B

表 11. 発熱速度 (HRR) ピーク値

単位:W/g

試験方法		A		B		
加熱温度範囲		100-400℃	400-600℃	100-400℃	400-600℃	600-800℃
試料劣化時間	初期 (0 時間)	255.2	64.8	265.6	60.5	27.9
	120 時間	172.0	71.9	172.9	67.8	35.6
	180 時間	147.1	76.1	137.8	71.3	38.5
	240 時間	97.7	82.5	84.1	74.2	41.6

図 12-1~3 に各加熱温度範囲の発熱速度 (HRR) ピーク値と試料劣化時間について示す。いずれの加熱温度範囲でも、HRR ピーク値と試料劣化時間とは、相関がみられた。加熱温度範囲 100~400℃では、劣化時間とともに HRR ピーク値は、減少し、加熱温度範囲 400~600℃、600~800℃では、増加する。

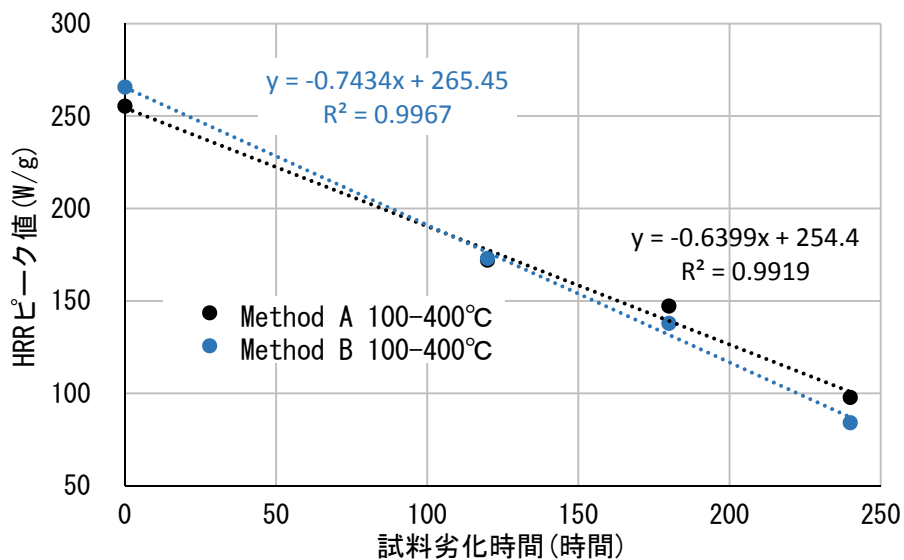


図 12-1 HRR ピーク値 (加熱温度範囲 : 100-400℃)

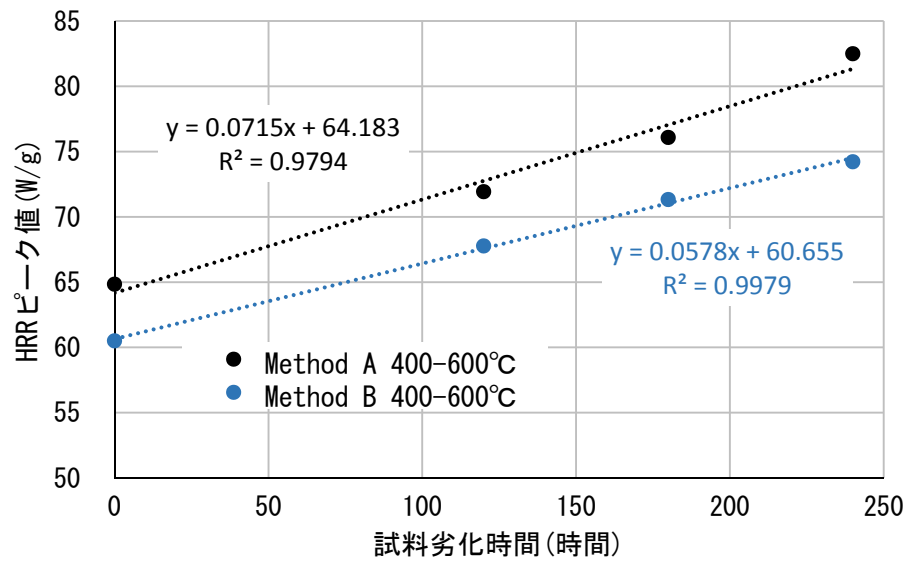


図 12-2 HRR ピーク値 (加熱温度範囲 : 400-600°C)

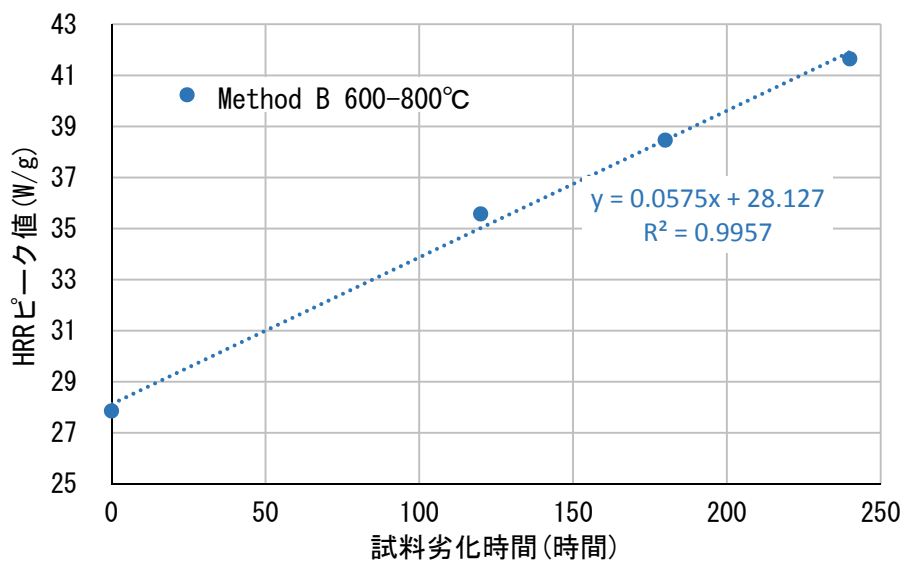


図 12-3 HRR ピーク値 (加熱温度範囲 : 600-800°C)

表 10-1 に示す総発熱量及び燃焼残渣率と試料劣化時間について、図 13 及び図 14 に示す。総発熱量は、試料劣化時間とともに、減少し、燃焼残渣率は、増加し、試料劣化時間と相関がみられた。

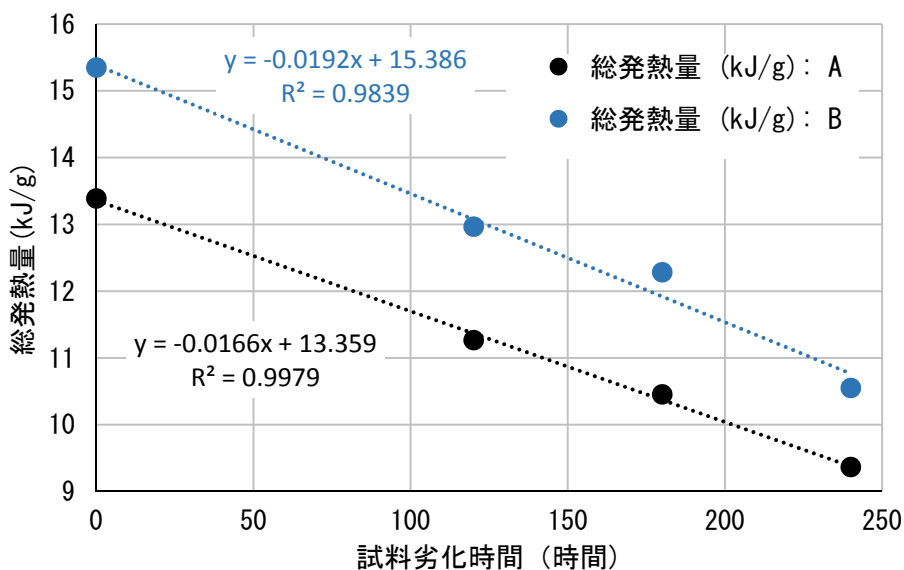


図 13. 総発熱量

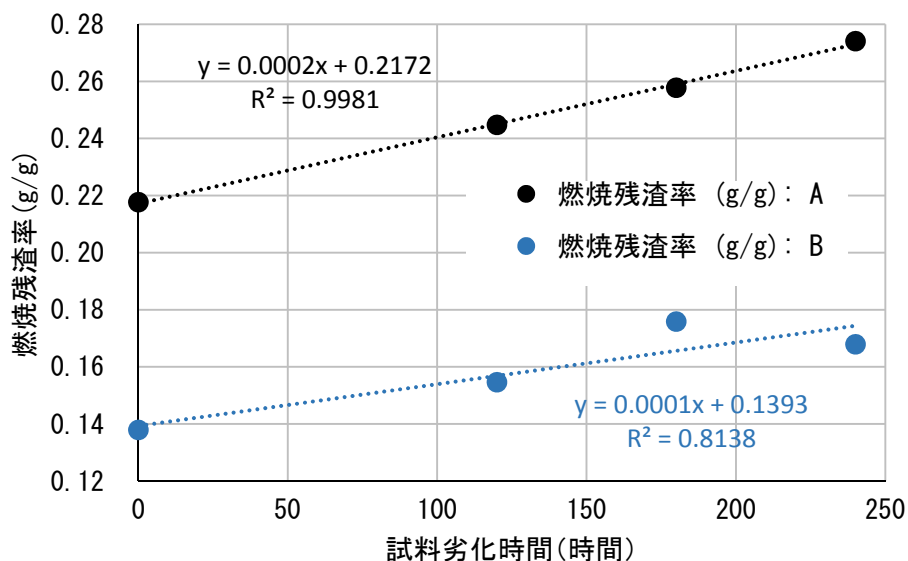




図 14. 燃焼残渣率

3.4.2 PVC コンパウンドの発熱速度(HRR)のピーク

PVC コンパウンドの発熱速度 (HRR) の 300°C 近傍のピークは、図 10-2 に示す各配合剤の HRR から、300°C 近傍で最大となっている可塑剤 DINP による発熱と考えられる。450°C 近傍のピークは、同様に塩ビポリマーによる発熱と考えられる。750°C 近傍にみられるピークは、試料が有酸素状態で加熱される Method B のみでみられ、Method A では炭化までであったものが酸素により灰化までしたと推定される。表 12 に MCC 測定 of 試料の残渣の写真を示す。また、燃焼残渣率も表 10-1 に示すように Method B の値が A より少なくなっている。

表 12. MGC 測定を試料の残渣 (写真)

試験方法	残渣外観写真
Method A	
Method B	

2.5 熱重量測定 (TG)

従来の熱分析の一つである熱重量 (TG) について測定し、その結果を図 15 に示す。

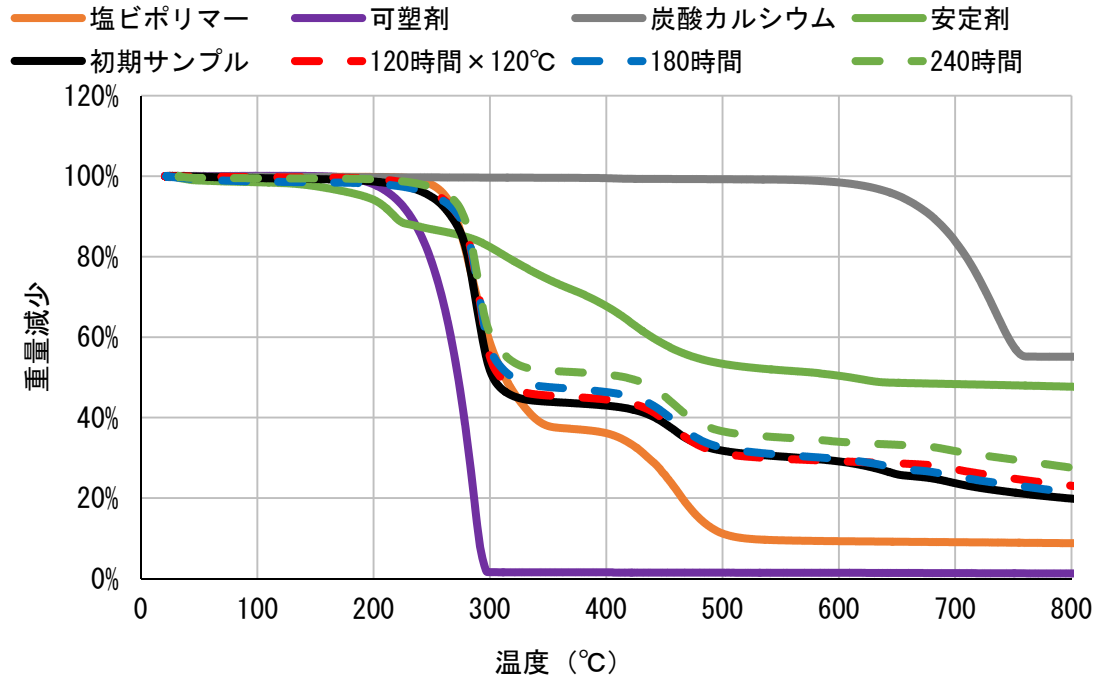


図 15 熱重量測定 (TG) 結果

4. 評価結果まとめ

4.1 難燃特性

4.1.1 酸素指数及び MCC 測定結果と熱酸化劣化時間の相関

酸素指数は、試料劣化時間とともに増加しており、相関係数は 0.99 となり、正の相関がみられた。また、MCC にて測定した総発熱量 (kJ/g) についても、試料劣化時間とともに減少しており、相関係数はほぼ 0.99 となり、負の相関がみられた。本試料の難燃特性を酸素指数及び総発熱量でとらえた場合、難燃特性が、熱酸化劣化によって低下する現象はみられなかった。

4.1.2 可塑剤残存量推定

今回の試料では、可塑剤として DINP を使用した。この可塑剤は、一般に揮発性が高く、また、表 10-2. MCC 測定結果 (配合剤) に示す総発熱量 (kJ/g) が、他配合剤よりも大きなものとなっている。これらから PVC コンパウンドの酸素指数 (総発熱量) が試料劣化時間ともに増加 (減少) するのは、可塑剤の消失により、塩ビポリマー単体の難燃特性に近づいたと推測される。そこで、FTIR を用い DINP と炭酸カルシウムの吸光度比による DINP 残存量の評価²⁾ を実施し、その結果を表 13 に示す。

表 13. DINP と炭酸カルシウムの吸光度比による DINP 残存量の評価結果

波数 (cm ⁻¹)	化合物	試料劣化時間			
		初期 (0 時間)	120 時間	180 時間	240 時間
1423-1425	炭酸カルシウム	0.1888	0.1961	0.2439	0.2944
1720-1722	DINP	0.1133	0.0997	0.0842	0.0617
DINP と炭酸カルシウムの吸光度比		0.6003	0.5084	0.3453	0.2097

表 13 の DINP と炭酸カルシウムの吸光度比より、試料劣化時間とともに、DINP 残存量は、減少していることがわかった。また、初期の DINP 残存率を 100% とし試料劣化時間毎に算出した残存率を、吸光度比と残存量が一次線形の関係にあると想定した場合と、表 4. 初期及び劣化後の形状別の重量変化に記載した値を用い、減少した重量全てが DINP の消失によると想定し算出した残存率を表 14 および図 16 に示す。

表 14. 推定 DINP 残存率

推定方法	試料劣化時間			
	初期 (0 時間)	120 時間	180 時間	240 時間
吸光度比	100	84.7	57.5	34.9
重量変化	100	81.7	64.4	48.4

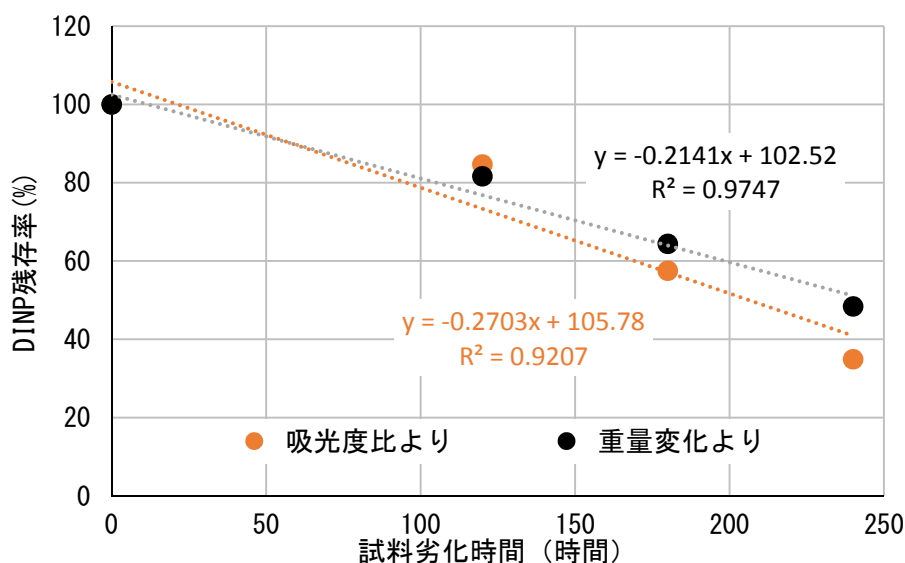


図 16. 推定 DINP 残存率

これらの結果より、今回の試料では、試料劣化時間と DINP 残存量に負の相関がみられた。試料劣化時間と正の相関がみられた酸素指数も同様に DINP 残存量と負の相関にあると考えられる。また、試料劣化時間と負の相関がみられた PVC コンパウンドの総発熱量も同様に DINP 残存量と正の相関にあると考えられる。

PVC コンパウンドの 300°C 近傍の発熱速度のピークは、試料劣化時間が経過するとともに減少している。DINP の残存量で言い換えると、DINP の残存量が減少するとともに減少している。配合剤単体で測定した DINP の発熱速度の結果より、PVC コンパウンドの 300°C 近傍の発熱速度は、DINP の発熱が主要因と考えられる。ただし、DINP の発熱速度のピーク時の加熱温度は、試験方法 A と B にて異なっている。熱分解炉のパージガスに酸素を含む Dry Air を用いている試験方法 B では、熱分解炉にあるサンプルに直接、炎があがり、早い時期（低い温度）にピークを迎えたと想定される。また、配合剤単体の発熱速度より DINP は 400°C までに全量焼失もしくはガス化されており、400°C 以降の PVC コンパウンドでは、DINP は消失していることが想定される。PVC コンパウンドの試験方法 A 及び B の 450°C 近傍及び試験方法 B の 700°C 近傍の発熱速度について、1 g 当りの塩ビポリマー量が増加するとともに増加していると推測される。

4.2 MGC による配合剤測定結果の積算と PVC コンパウンドの関係

図 10-2 に示す各配合剤の発熱速度 (HRR) について、PVC コンパウンドの配合比率にて積算した結果を図 17-1、2 に示す。

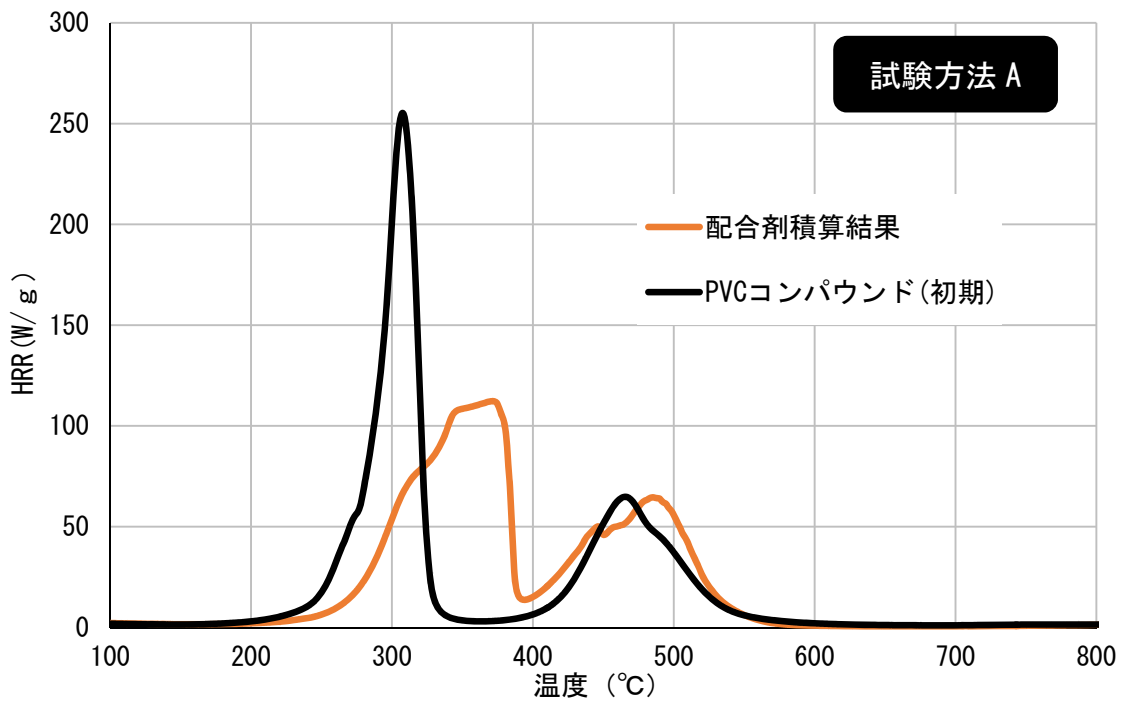


図 17-1. 配合剤を重量比率にて積算した HRR (Method A)

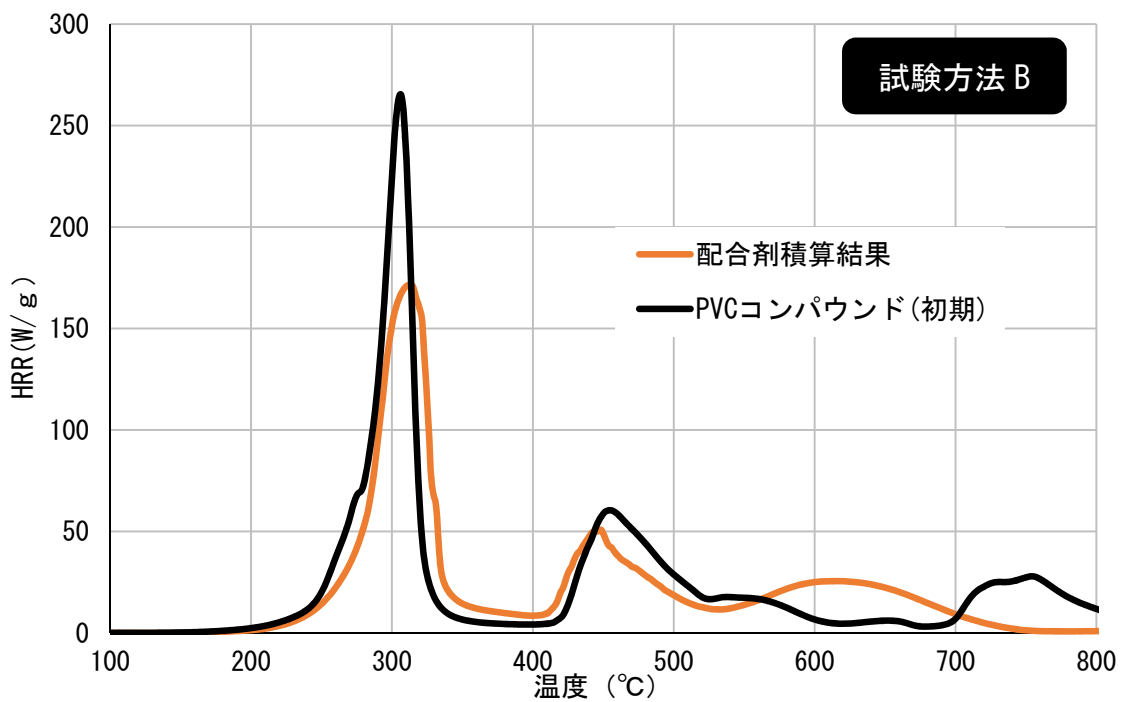


図 17-2. 配合剤を重量比率にて積算した HRR (Method B)

これらの結果より、試験方法 A では 100~400°C の範囲でピークの温度にずれが生じている。試験方法 B では配合積算結果と PVC コンパウンドの結果は、100~500°C の範囲でよく一致

していることがわかる。

配合剤の MCC (Method B) の HRR から、PVC コンパウンドの発熱量の大半を占める温度範囲にて、HRR が推定されることがわかり、今後の配合検討に用いることの可能性が確認できた。

5. 経年劣化と難燃特性の課題と今後について

今回の試料では、揮発性が高く、また、発熱量が大きい可塑剤及び難燃特性が高い塩ビポリマーを用いた PVC コンパウンドであったため、熱酸化劣化とともに難燃特性の低下はみられなかったが、今後の課題として、配合剤を揮発性の低い耐熱可塑剤 (TOTM など)、塩ビポリマーとは異なるベースポリマー、また難燃処方を施したポリオレフィン系コンパウンドなどでの検討があると考え。経年劣化については、検討するベースポリマーなどに応じて熱酸化劣化ではなく屋外暴露などにより劣化させる検討も考えられる。これらの評価においても、今回新たな評価手法として用いた MCC は、形状を問わず、少量で評価できることから非常に有効な評価であると考え。

おわりに

平成 29 年度の自主研究として実施してきた本調査・研究は、電線業界へも影響があると考えられる欧州の経済モデル“サーキュラーエコノミー（CE）”を実現するためのエコデザインの一つの検討方法として可能性がみいださせたと考える。

当センターでは、今後も電線業界にとって、有益な調査・研究を実施していきたい。

参考文献

- 1) 株式会社 DJK : 技術資料

- 2) 社団法人電線総合技術センター : 可塑剤および充填剤を含有する合成樹脂成形品の非破壊的劣化診断方法 : 特開平 6-273326 : 1994 年 9 月 30 日

禁無断転載

自主研究

「電線被覆材料の経年劣化と難燃特性に関する調査」

(研究期間: 平成 29 年 4 月～平成 30 年 3 月)

報 告 書

平成 30 年 3 月

一般社団法人 電線総合技術センター

〒431-2103

静岡県浜松市北区新都田一丁目 4 番 4 号

TEL:053-489-4250

(免責事項)

記載している情報もしくは内容に関連して直接・間接的に生じた
いかなる損失に関し、当センターは一切責任を負いません。