

3. 作製した供試体に対する各種加熱試験の結果

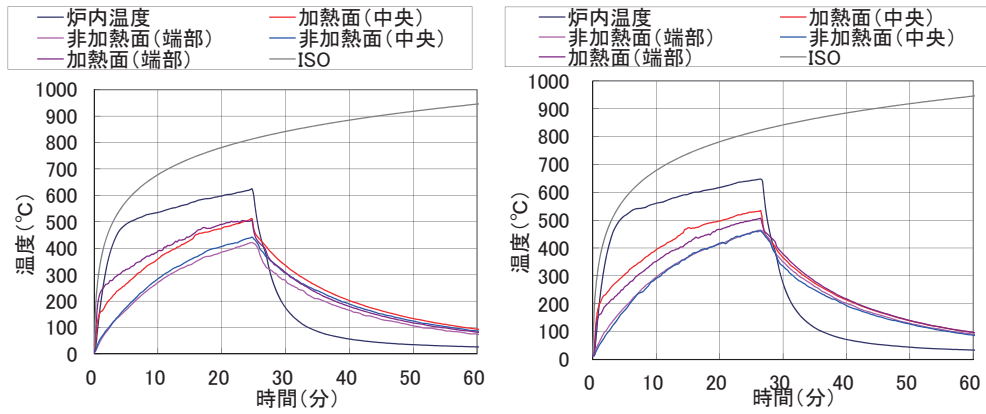
3. 1 開放型ガス炉加熱試験結果（時間をパラメータとした試験）

（1）実験の状況

C-5 塗装系の基準温度 500℃において、基準温度に到達後、保持時間を 1 分、5 分、15 分、30 分及び 60 分とした場合の加熱曲線を図 3.1.1 に示す。なお、基準温度到達時間とその際の各測定温度を表 3.1.1 に、加熱試験中の供試体の塗膜状況を図 3.1.2 及び図 3.1.3 に示す。

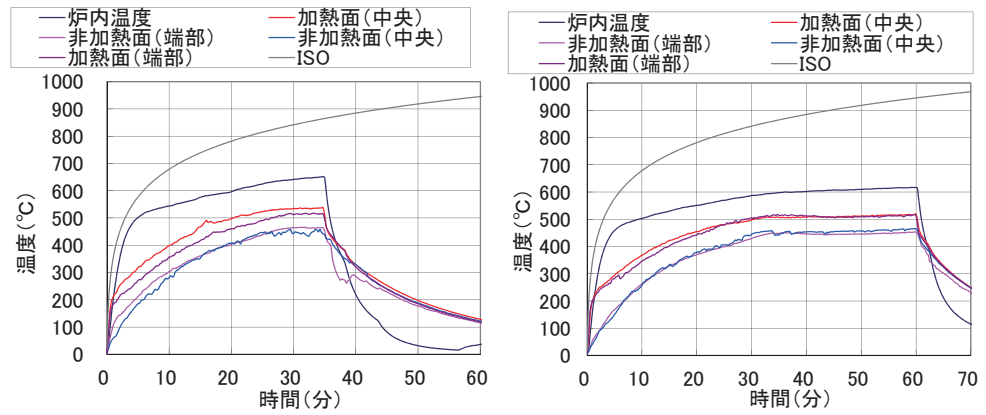
表 3.1.1 基準温度到達時間と到達時の温度

	基準温度 到達時間 (min)	基準温度到達時の各測線温度 (°C)			
		加熱面 (中央)	加熱面 (端部)	非加熱面 (中央)	非加熱面 (端部)
C5-1	24	501.4	503.7	432.8	411.9
C5-5	21	500.5	470.4	420.5	417.9
C5-15	21	501.2	461.2	404.2	408.3
C5-30	31	500.2	506.2	449.2	433.6
C5-60	25	501	472.1	428.3	429.5



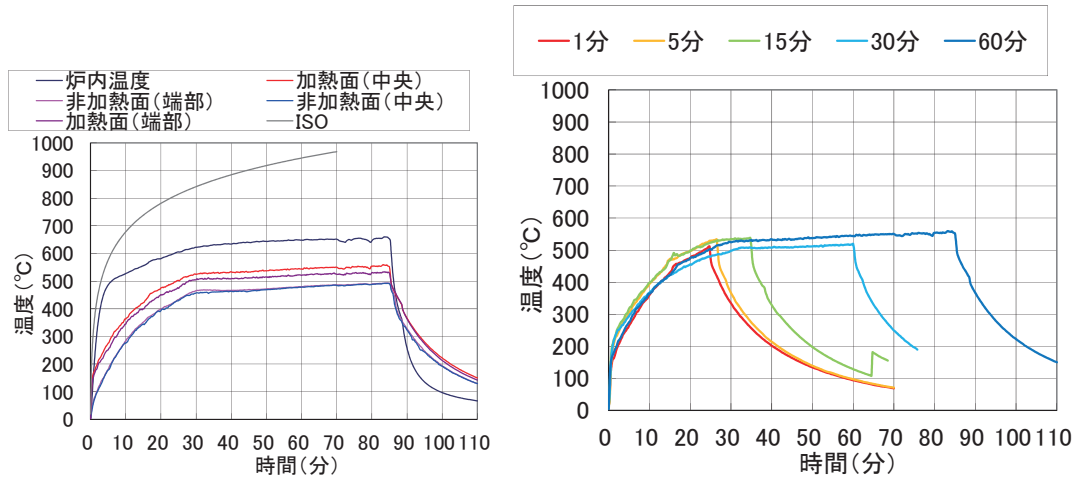
(a) 1分

(b) 5分



(c) 15分

(d) 30分



(e) 60分

(f) 加熱面(中央)の温度

図 3.1.1 加熱曲線 (C-5 塗装系)



(a) 200°C (b)500°C到達 (c)500°C+5分 (d) 500°C+15分(e) 500°C+30分(f)500°C+60分

図 3.1.2 加熱試験中の供試体塗膜状況 (C-5 塗装系 加熱面)



(a) 200°C

(b)500°C

(c)500°C+5分



(d) 500°C+15分

(e) 500°C+30分

(f)500°C+60分

図 3.1.3 加熱試験中の供試体塗膜状況 (C-5 塗装系 非加熱面)

(2) 試験後の塗膜状況

開放型ガス炉加熱試験の加熱保持時間に対する塗膜損傷状況及び燃焼状況に対する所見を表 3.1.2 に示す。同表における所見欄には、「われ」、「ふくれ」、「剥がれ」、「変色」等の塗膜の変状を記入した。また、加熱に伴う塗膜の変状としては、主に表 3.1.2 に示す 6 段階の変状で一般化した。

表 3.1.2 塗膜の変状の評価

変状の段階	評価項目
①	上塗りの変色（「ふくれ」を伴う場合もある。）
②	上塗りの「われ」や「はがれ」（灰化・炭化している場合を含む。）
③	中間層（中塗り、下塗り(3)）の変色
④	最下層（下塗り(1)(2)）が露出している。
⑤	最下層（下塗り(1)(2)）の変色
⑥	素地の露出

保持時間と一般化した塗膜の変状との関係を図 3.1.2 に示す。加熱面の中央部が 500℃に到達した直後は、上塗りは炭化した状態で全体的に黒みを帯びた状態である。その後、上塗りの灰化の進行とともに、上塗りがはく離し、中塗りの付着部もはく離するような進行がみられる。

また、15 分までは顕著な差異がみられたものの、15 分以降は大きな変化は見られなかった。

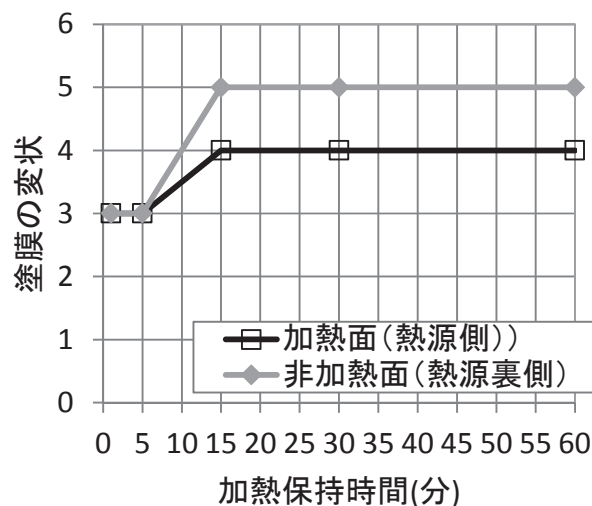


図 3.1.2 加熱保持時間と一般化した塗膜の変状との関係

表 3.1.2(1) 保持時間をパラメータとした試験の結果(C-5 塗装系 500℃ 加熱面(熱源側))

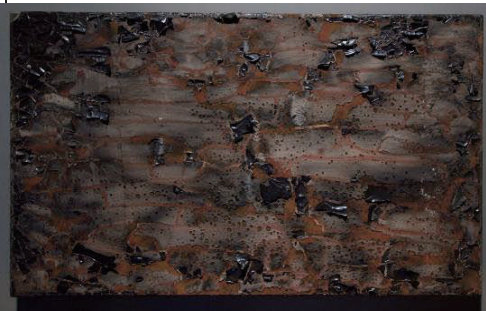






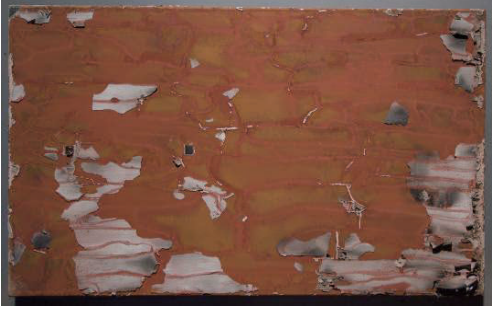
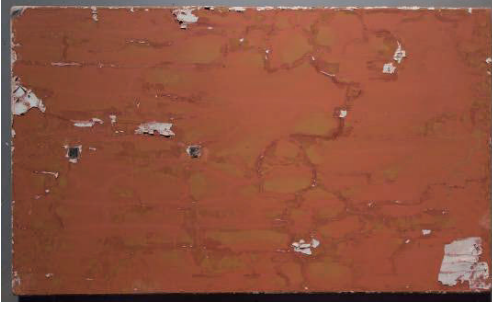
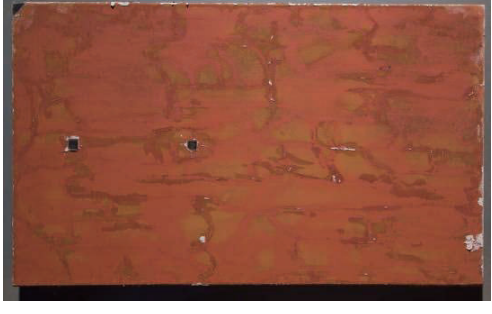
保持時間	塗膜損傷状況	所見	変状段階
1分		<ul style="list-style-type: none"> ・ 上塗りは灰化まで至っておらず、炭化した状態で付着。 ・ 中塗りが下塗り付着している部分も濃い灰色であり、全体的に黒みを帯びた状態。 	③
5分		<ul style="list-style-type: none"> ・ 上塗りの灰化が進行して「はがれ」が生じており、基準温度到達1分後よりも白みを帯びた状態。 ・ 中塗りとの付着部も灰色から灰白色へ変化。 ・ ただし、黒みを帯びた濃い灰色の部分が残っている箇所もみられる。 	③
15分		<ul style="list-style-type: none"> ・ 上塗りのほとんどが、はがれている。 ・ 中塗りも全体的に白色に変化している。 ・ また、中塗りが下塗りに付着していた箇所がはく離して、下塗りが露出している箇所もみられる。 	④
30分		<ul style="list-style-type: none"> ・ 中塗りの色調は、15分の場合と同様である。 ・ 中塗りがはがれている面積が、15分の場合と比べて大きくなっている。 ・ ただし、1分～15分までの変化と比較すると大きな変化ではない。 	④
60分		<ul style="list-style-type: none"> ・ 30分の場合とほぼ同様であり、大きな変化はみられない。 	④

表 3.1.2(2) 保持時間をパラメータとした試験の結果(C-5 塗装系 500℃非加熱面(熱源裏側))

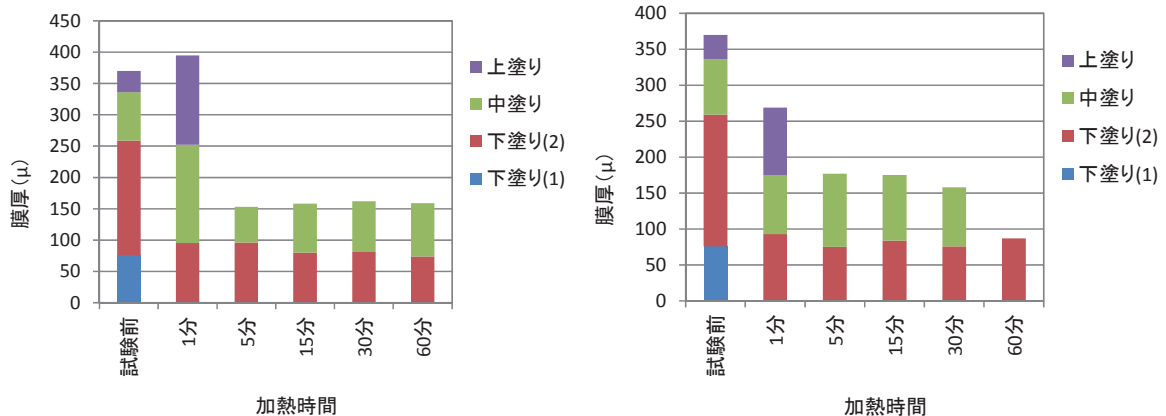
保持時間	塗膜損傷状況	所見	変状段階
1分		<ul style="list-style-type: none"> ・加熱面と同様に、上塗りが灰化するに至っておらず、炭化した状態で付着。 ・中塗りは、灰化が進行しておらず、濃い灰色の状態の箇所が多い。 	③
5分		<ul style="list-style-type: none"> ・上塗りは、灰化して、全面的にはがれている。 ・中塗りは、1分の場合と比較して白みを帯びた灰色へと変色。 	③
15分		<ul style="list-style-type: none"> ・中塗りのほとんどがはがれている。なお、中塗りが残存している箇所もみられる。 ・中塗りはく離箇所では、下塗りがやや緑がかかった色へと変色している。 	⑤
30分		<ul style="list-style-type: none"> ・15分の場合と比較して、中塗りはほとんどはがれている。 ・下塗りの色調は、15分から大きな変化はみられない。 	⑤
60分		<ul style="list-style-type: none"> ・中塗りが全体的にはがれているが、30分の場合から大きな変化はみられない。 	⑤

(3) 試験後の膜厚測定結果

試験後、供試体に残存している塗装の膜厚を測定した結果の一覧を表 3.1.3 及び図 3.1.2 に示す。また、各供試体の膜厚測定位置および測定結果を表 3.1.4 に示す。

表 3.1.3 試験後の膜厚測定結果一覧

開放型ガス炉 加熱試験 (時間パラメータ)		加熱面		非加熱面		
		塗装	膜厚 (μm)	塗装	膜厚 (μm)	
試験後	1分	上塗り	395	上塗り	269	
		中塗り付着部	252	中塗り付着部	175	
		下塗り(2)	95	下塗り(2)	93	
		合計	742	合計	537	
	5分	中塗り付着部	153	中塗り付着部	177	
		下塗り(2)	96	下塗り(2)	75	
		合計	249	合計	252	
	15分	中塗り付着部	158	中塗り付着部	175	
		下塗り(2)	80	下塗り(2)	84	
		合計	238	合計	259	
	30分	中塗り付着部	162	中塗り付着部	158	
		下塗り(2)	81	下塗り(2)	76	
		合計	243	合計	234	
	60分	中塗り付着部	159	下塗り(2)	87	
		下塗り(2)	74			
		合計	233	合計	87	
	試験前		<ul style="list-style-type: none"> ・下塗り(1) 無機ジソクリッチペイント: 76 μm ・下塗り(2) 厚膜形エポキシ樹脂: 259 μm ・中塗り ふっ素樹脂: 336 μm ・上塗り ふっ素樹脂: 370 μm 			



(a) 加熱面

(b) 非加熱面

図 3.1.2 加熱時間ごとの膜厚測定結果

表 3.1.4 試験後の膜厚測定結果 (1)




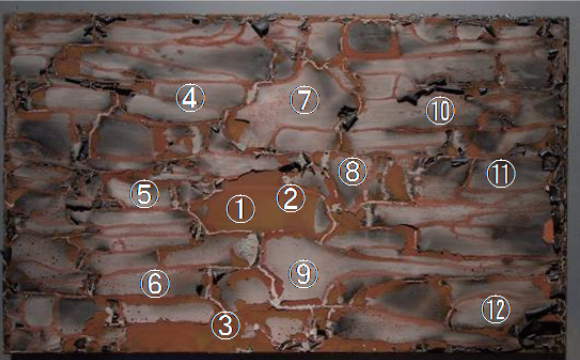
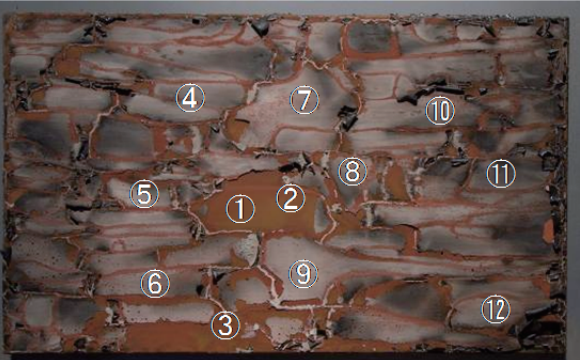
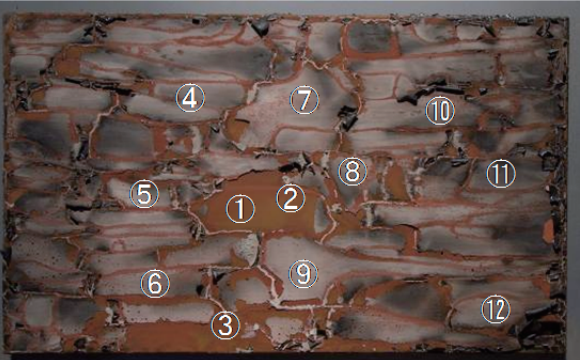
1分			
加熱面(熱源側)		非加熱面(熱源裏側)	
			
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)
1	366	7	252
2	413	8	239
3	405	9	234
4	95	10	241
5	90	11	292
6	101	12	252
平均膜厚	上塗り	395 μm	
	中塗り付着部	252 μm	
	下塗り(2)	95 μm	
			
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)
1	91	7	135
2	103	8	158
3	93	9	150
4	151	10	149
5	157	11	154
6	164	12	155
平均膜厚	中塗り付着部	153 μm	
	下塗り(2)	96 μm	
			
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)
1	74	7	164
2	74	8	166
3	76	9	163
4	175	10	169
5	159	11	195
6	182	12	217
平均膜厚	中塗り付着部	177 μm	
	下塗り(2)	75 μm	

表 3.1.4 試験後の膜厚測定結果 (2)

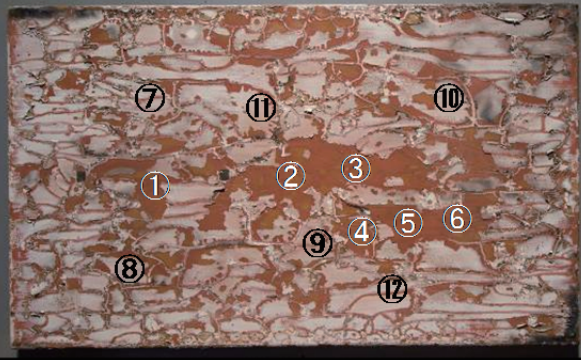



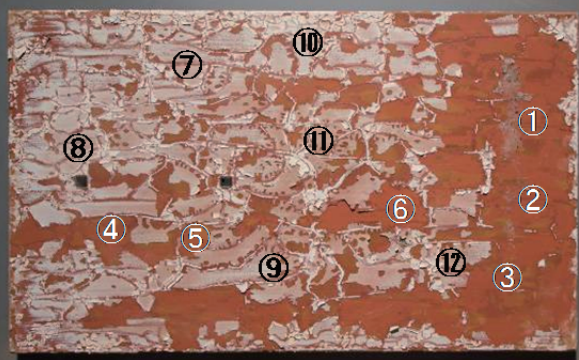

15分			
加熱面(熱源側)		非加熱面(熱源裏側)	
			
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)
1	80	7	143
2	86	8	167
3	73	9	151
4	83	10	178
5	86	11	177
6	76	12	131
平均膜厚 中塗り付着部 158 μm		平均膜厚 中塗り付着部 175 μm	
下塗り(2) 80 μm		下塗り(2) 84 μm	
30分			
加熱面(熱源側)		非加熱面(熱源裏側)	
			
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)
1	86	7	185
2	81	8	165
3	74	9	156
4	79	10	169
5	77	11	175
6	92	12	119
平均膜厚 中塗り付着部 162 μm		平均膜厚 中塗り付着部 158 μm	
下塗り(2) 81 μm		下塗り(2) 76 μm	

表 3.1.4 試験後の膜厚測定結果 (3)

60分			
加熱面(熱源側)		非加熱面(熱源裏側)	
			
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)
1	81	7	160
2	74	8	171
3	82	9	150
4	69	10	167
5	68	11	163
6	72	12	144
平均膜厚 中塗り付着部 159 μm 下塗り(2) 74 μm		平均膜厚 下塗り(2) 87 μm	

(4) まとめ

開放型ガス炉加熱試験の基準温度の保持時間の違いによる塗膜の損傷状況を図 3.1.6 に示す。前述したとおり、加熱面の中央部 500℃に到達した後 15 分までは顕著な差異がみられたものの、15 分以降は大きな変化はなかった。

このことから、30 分以上の保持時間では塗膜の変状に大きな差異が認められないこと、さらに、橋梁下で火災が生じた場合、火災発生から消防車が到着して鎮火するまでに少なくとも 30 分程度を要すると考えられることから、以降の試験についての加熱保持時間は 30 分とした。

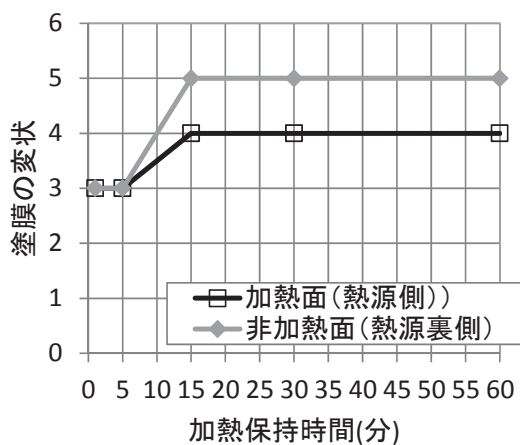


図 3.1.2 加熱保持時間と一般化した塗膜の変状との関係

3. 2 開放型ガス炉加熱試験結果（温度をパラメータとした試験）

(1) 加熱曲線

試験温度の再現性について確認するため、塗装系ごとの火災曲線を図 3. 2. 1 に示す。

基準温度 500°C の場合、C1 塗装系で到達する時間が最大の 52 分かかっており、C5 塗装系と比較して 33 分の差があった。また、700°C の場合、基準温度に達してから温度を制御することが非常に難しく、A1 塗装系のケースで最大温度 774°C となっており、最も持続温度が小さかった C5 塗装系における 741°C と比較して、最大温度に 33°C 程度の差があった。

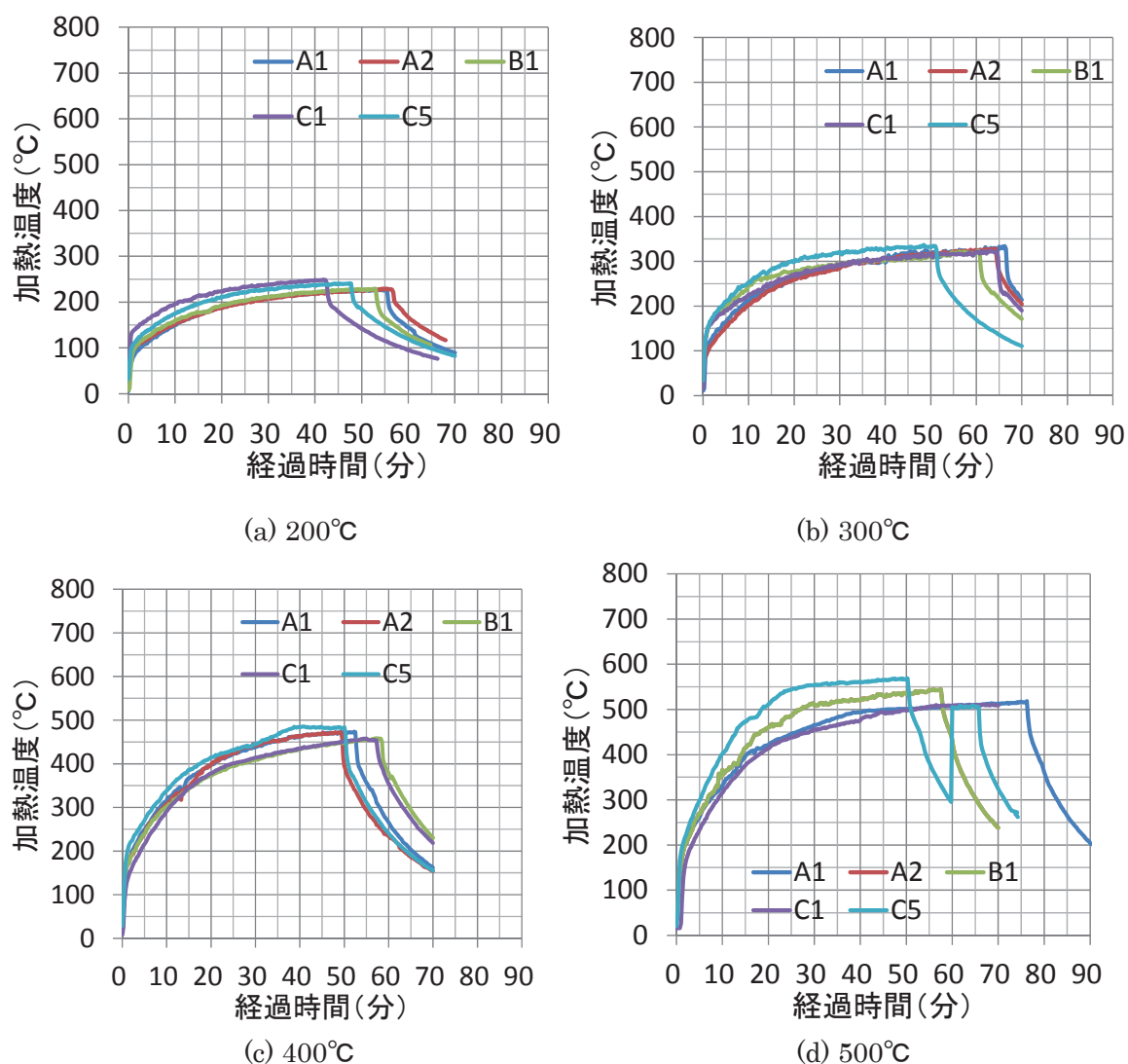
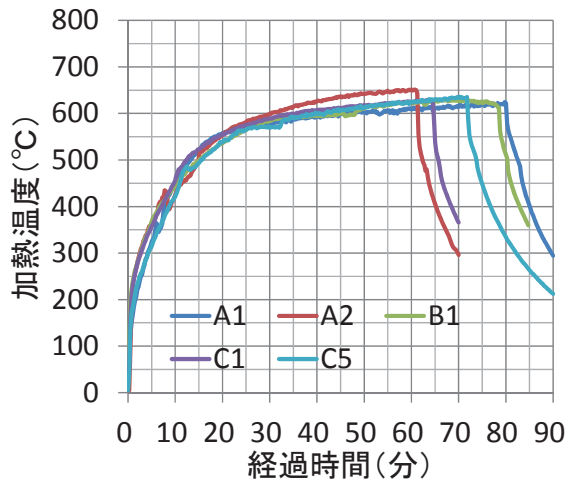
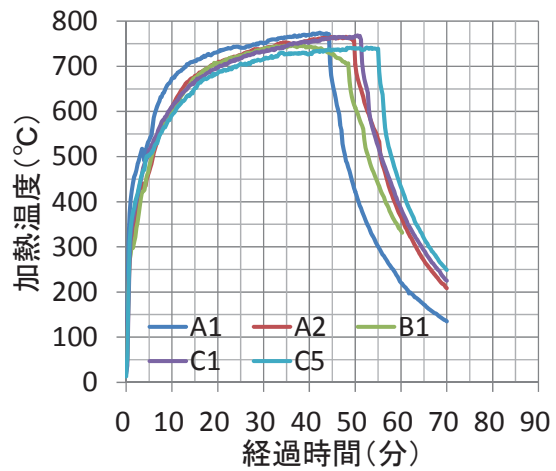


図 3. 2. 1 加熱曲線の比較(1/2)



(e) 600°C



(f) 700°C

図 3.2.1 加熱曲線の比較(2/2)

表 3.2.1 到達時間と基準温度到達時の各測点温度

ケース	基準温度 到達時間 (min)	基準温度到達時の各測点温度(°C)			
		加熱面 (中央)	加熱面 (端部)	非加熱面 (中央)	非加熱面 (端部)
A1-200	24	200	179.3	158.8	145.1
A2-200	26	200.8	169.6	164.9	150
B1-200	23	200.1	159.5	158.6	138.9
C1-200	11	200.2	167.6	142.8	136.1
C5-200	16	200	166.1	162.7	146.6
A1-300	36	300.3	239.7	250.3	224.6
A2-300	39	300.6	264.9	249.5	239
B1-300	35	300.60	251.40	257.10	245.30
C1-300	35	301.1	235.5	233.2	211.7
C5-300	20	303.4	249.3	242.9	222.1
A1-400	21	400.5	359.5	341.5	334.9
A2-400	20	400	366.3	331.1	318.1
B1-400	27	400.1	386.5	360.5	363
C1-400	25	400.2	398.2	350.3	371.8
C5-400	18	400	391	339.3	340.7
A1-500	46	500.3	467.1	452.7	430.7
A2-500	27	500.3	482.1	452.5	427.7
B1-500	27	500.3	482.1	452.5	427.7
C1-500	52	500.1	493.7	454.6	453.1
C5-500	19	502.9	483	388.9	432.4
A1-600	47	601	568.7	515.5	513
A2-600	31	601.8	578	514.4	487
B1-600	48	603.6	582	538.4	500.5
C1-600	36	601.2	554.9	504.6	484.3
C5-600	40	601.6	529.8	510.3	480.2
A1-700	13	704.6	710.6	587.1	583.1
A2-700	19	701.4	695.8	616.8	599.7
B1-700	19	700.4	665	603.7	590.1
C1-700	21	701.3	705.2	615.8	649.4
C5-700	24	700	655.7	575.2	577.9

(2) 試験後の塗膜状況一覧

開放型ガス炉加熱試験後の各塗装系に対する塗膜損傷状況および燃焼状況に対する所見を表 3.2.2(1)～(10)に示す。同表における所見欄には、「変色」、「ふくれ」、「われ」、「はがれ」等の塗膜の変状を記入した。また、加熱に伴う塗膜の変状としては、表 3.1.3 に示した 6 段階の変状で一般化した。

なお、各供試体の試験後の損傷状況は、写真 3.2.1 に示すように、試験後の供試体とともに、塗装系、基準温度、撮影面および加熱方法を記したラベルと、各塗装系の下塗りから上塗りまでの色彩確認用サンプル、およびカラーチェッカーをまとめて撮影した。また、写真撮影後は、カラーチェッカーによる色彩の調整を行うとともに、カメラのレンズ収差による歪みも補正した。



写真 3.2.1 試験後の撮影写真

表 3.2.2(1) 開放型ガス炉加熱試験結果 (A-1 塗装系 加熱面 (熱源側))


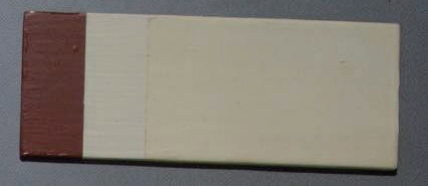
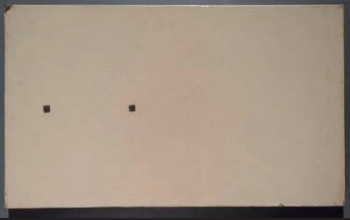



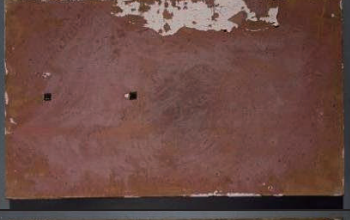

基準温度	塗膜損傷状況	所見	段階の一般化
加熱前		各層の塗膜サンプル 	
200℃		<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>上塗りの黒色化</u>がみられる。 	①
300℃		<ul style="list-style-type: none"> ・ 端部付近では、200℃よりも黒く変色した状態となっており、小さな<u>ふくれ</u>もみられる。 ・ 中央部では、<u>上塗りの炭化</u>に伴って<u>はがれ</u>が生じている。 ・ 下塗りはほとんど変色していない。 	②
400℃		<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>上塗りの灰化</u>後、<u>はがれて</u>炉内に落下した。 ・ 下塗りの変色は淡い色であった。 ・ 端部には、上塗りの炭化部 (黒色部) がわずかに残っている。 	⑤
500℃		<ul style="list-style-type: none"> ・ 400℃の燃焼状況とほとんど変わらないものの、400℃よりもやや<u>白色化</u>している。 	⑤
600℃		<ul style="list-style-type: none"> ・ 500℃の下塗りの変色状況から、さらに白みを帯びた変色となっている。 ・ 上塗りの灰化部が端部に付着している。 	⑤
700℃		<ul style="list-style-type: none"> ・ 下塗りが<u>緑がかった色</u>に変色している。 ・ 400~600℃よりも明らかな変色である。 	⑤

表 3.2.2(2) 開放型ガス炉加熱試験結果 (A-1 塗装系 非加熱面 (熱源裏側))



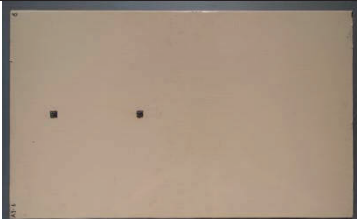




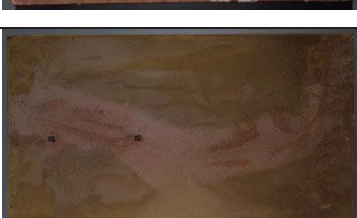
基準温度	塗膜損傷状況	所見	段階の一般化
加熱前		各層の塗膜サンプル 	
200℃		<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>上塗りの黒色化</u>がみられる。 	①
300℃		<ul style="list-style-type: none"> ・ 中央部で塗膜の「ふくれ」が生じ、「ふくれ」の範囲が大きくなって、「われ」に至った。 ・ 端部では、200℃よりも黒変が進行した状態であり、小さな「ふくれ」もみられる。 ・ 下塗りはほとんど変色していない。 	②
400℃		<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>上塗りは炭化</u>した後、灰となった塗膜片が上面に残存した状態であった。 ・ <u>下塗りは濃い赤褐色から、淡い色に変色</u>している。 	⑤
500℃		<ul style="list-style-type: none"> ・ 400℃の燃焼状況とほとんど変わらない。 ・ <u>下塗りが緑がかった変色</u>をしている箇所もみられる。 	⑤
600℃		<ul style="list-style-type: none"> ・ 500℃の<u>下塗りの変色状況</u>から緑がかった変色をしている箇所が多くなっている。 ・ 灰化した塗膜片が残存している箇所、この緑がかった変色が生じている。 ・ 変色の状況は、加熱面と異なる色調である。 	⑤
700℃		<ul style="list-style-type: none"> ・ 600℃の変色状況より、下塗りがさらに<u>緑がかった色</u>に変色している。 ・ 変色の状況は、加熱面と類似している。 	⑤

表 3.2.2(3) 開放型ガス炉加熱試験結果 (A-2 塗装系 加熱面 (熱源側))



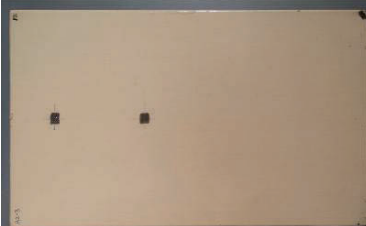





基準温度	塗膜損傷状況	所見	段階の一般化
加熱前		各層の塗膜サンプル 	
200℃		<ul style="list-style-type: none"> 上塗りの黒色化がみられる. 	①
300℃		<ul style="list-style-type: none"> 上塗りは、「われ」が生じた後、はがれている。MIO 塗料の大部分は、上塗りとともに剥離している。なお、下塗りに付着している箇所もある。 熱源直上の下塗りは、黒く変色している。 	⑤
400℃		<ul style="list-style-type: none"> 下塗りの広範囲で MIO 塗料が付着している。 下塗りが淡い色に変色している。 	⑤
500℃		<ul style="list-style-type: none"> 400℃の場合と比較して、MIO 塗料の付着部分の色が薄くなっている。 全体的な変色状況は A-1 塗装系の場合と同様である。 	⑤
600℃		<ul style="list-style-type: none"> 500℃の状態から大きな変化はみられない。 全体的な変色状況は A-1 塗装系の場合と同様である。 	⑤
700℃		<ul style="list-style-type: none"> A-1 塗装系の場合と同様、下塗りが緑がかった色に変色している。 MIO 塗料が付着して銀色であった箇所がなくなっている。 	⑤

表 3.2.2(4) 開放型ガス炉加熱試験結果 (A-2 塗装系 非加熱面 (熱源裏側))









基準温度	塗膜損傷状況	所見	段階の一般化
加熱前		各層の塗膜サンプル 	
200℃		<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>上塗りの黒色化</u>がみられる。 ・ 加熱面の変色状況と同様である。 	①
300℃		<ul style="list-style-type: none"> ・ われが生じた箇所の<u>上塗りがはく離</u>している。MIO 塗料の大部分は、上塗りとともにはく離しているものの、<u>下塗りに付着</u>している箇所もある。 ・ 加熱面の塗膜損傷状況と同様である。 	④
400℃		<ul style="list-style-type: none"> ・ 下塗りの広範囲で MIO 塗料が付着している。 ・ 黒くなっている箇所は、試験中、<u>炭化した上塗り</u>が灰化せず残っていた箇所である。 	④
500℃		<ul style="list-style-type: none"> ・ 400℃の場合と比較して、黒色部がなくなっている。 ・ 変色状況としては、MIO 塗料が付着して銀色となっている箇所と、塗りの赤みが残っている箇所、そして、<u>下塗りが緑がかった色</u>へと変色している箇所がある。 	⑤
600℃		<ul style="list-style-type: none"> ・ 500℃の状態から下塗りの赤みが残っていた箇所がなくなっている。 ・ 熱源側の状況と比較して、MIO 塗料が多く付着している。 	⑤
700℃		<ul style="list-style-type: none"> ・ A-1 塗装系の場合と同様、<u>下塗りが緑がかった色に変色</u>している。 ・ MIO 塗料が付着して銀色であった箇所がなくなっている。 ・ <u>上塗りが灰化</u>して灰白色となった部分が付着している箇所もある。 	⑤

表 3. 2. 2(5) 開放型ガス炉加熱試験結果 (B-1 塗装系 加熱面 (熱源側))



基準温度	塗膜損傷状況	所見	段階の一般化
加熱前		各層の塗膜サンプル 	
200℃		<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>上塗りの黒色化</u>とともに、小さな「<u>われ</u>」が無数に生じている。 ・ <u>はがれ箇所</u>から露出している MIO 塗料に変状はみられない。 ・ A 塗装系とは明らかに異なる塗膜損傷状況である。 	②
300℃		<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>上塗りが完全に炭化</u>して黒くなっており、小さな「<u>われ</u>」が無数に生じている。 	②
400℃		<ul style="list-style-type: none"> ・ 300℃の状況から<u>上塗りの灰化</u>が進行して、灰白色に変色している。 ・ A 塗装系と異なり、上塗りは灰化しても<u>下塗りに付着</u>している。 	②
500℃		<ul style="list-style-type: none"> ・ 上塗りが灰化して白色になっており、灰化のほとんどが下塗りに付着している。 ・ 上塗りがはがれた箇所では MIO 塗料の銀色部が多くみられる。 	③
600℃		<ul style="list-style-type: none"> ・ 500℃の状況とほぼ同様である。ただし、上塗りがはがれている面積が500℃の場合よりも大きい。 ・ 上塗りのはく離箇所は、500℃と比較して MIO 塗料の銀色部が少ない。 	③
700℃		<ul style="list-style-type: none"> ・ 白色化した上塗りはほとんどはがれている。 ・ 上塗りがはがれた箇所には、焦げ付いたような跡がみられる。 ・ A 塗装系と同様に、下塗りが緑がかった色に変色している。 	⑤

表 3. 2. 2(6) 開放型ガス炉加熱試験結果 (B-1 塗装系 非加熱面 (熱源裏側))









基準温度	塗膜損傷状況	所見	段階の一般化
加熱前		各層の塗膜サンプル 	
200℃		<ul style="list-style-type: none"> 上塗りが黒く変色して、小さな割れが生じ、<u>上・中塗りが MIO 塗料からめくれるようにはがれている</u>。 はがれ箇所から露出している MIO 塗料に変状はみられない。 加熱面よりわれの生じている範囲は小さい。 	④
300℃		<ul style="list-style-type: none"> <u>上塗りが完全に炭化</u>して黒くなっており、小さな「われ」が無数に生じている。 塗膜の損傷状況は、加熱面の状況と同様である。 	④
400℃		<ul style="list-style-type: none"> 300℃の状況から<u>上塗りの灰化</u>が進行して、灰色に変色している。 	④
500℃		<ul style="list-style-type: none"> 上塗りが灰化して白色になっており、灰化のほとんどが下塗りに付着している。 加熱面に比べて、上塗りがはがれている面積が大きい。 上塗りがはがれた箇所では MIO 塗料の銀色部が多くみられる。 	④
600℃		<ul style="list-style-type: none"> 加熱面に比べて、上塗りがはがれている面積が大きい。 上塗りがはがれた箇所では、MIO 塗料が付着している箇所が 500℃の場合より少ない。 	④
700℃		<ul style="list-style-type: none"> 上塗りの付着状況は、600℃の場合と変わらないが、下塗りの色が A 塗装系の場合と同様に緑がかった色に変色している。 	⑤

表 3.2.2(7) 開放型ガス炉加熱試験結果 (C-1 塗装系 加熱面 (熱源側))









基準温度	塗膜損傷状況	所見	段階の一般化
加熱前		各層の塗膜サンプル 	
200℃		<ul style="list-style-type: none"> 上塗りの変色状況は加熱前と変わらない。 	
300℃		<ul style="list-style-type: none"> 上塗りが濃い色に変色している。 	①
400℃		<ul style="list-style-type: none"> 上塗りが炭化して黒く変色している。 炭化した上塗りのほとんどははがれ落ちており、上塗りがはがれた箇所では、MIO 塗料が付着している。 上塗りがはがれずに残っている箇所では、小さな膨れが数多く存在している。 	④
500℃		<ul style="list-style-type: none"> 上塗りが灰化し、ほとんどがはがれ落ちている。なお、わずかに供試体に付着している箇所もある。 上塗りははく離箇所の大部分には、MIO 塗料が付着しており、全体的に灰色になっている。 	④
600℃		<ul style="list-style-type: none"> MIO 塗料のほとんどがはく離し、下塗りのエポキシ樹脂塗料が残った状態となっている。 エポキシ樹脂塗料は、加熱前よりも淡い色に変色している。 	⑤
700℃		<ul style="list-style-type: none"> 上塗り灰化部が付着している箇所、MIO 塗料が付着している箇所および MIO 塗料が付着してエポキシ樹脂塗料のみとなっている箇所が混在している。 	⑤

表 3.2.2(8) 開放型ガス炉加熱試験結果 (C-1 塗装系 非加熱面 (熱源裏側))




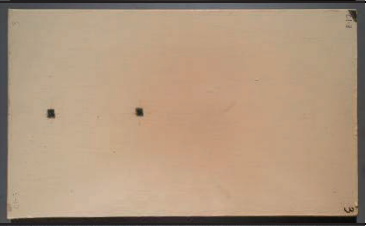




基準温度	塗膜損傷状況	所見	段階の一般化
加熱前		各層の塗膜サンプル 	
200℃		<ul style="list-style-type: none"> 上塗りの変色状況は加熱前と変わらない。 	①
300℃		<ul style="list-style-type: none"> 熱源直上部で加熱前よりも上塗りが濃い色に変色している。 	①
400℃		<ul style="list-style-type: none"> 上塗りが完全に炭化して黒く変色している。 上塗りがはがれずに残っている箇所では、小さな膨れが数多く存在している。 	②
500℃		<ul style="list-style-type: none"> 上塗りが灰化し、ほとんどがはがれている。なお、わずかに供試体に付着している箇所もある。 上塗りのはく離箇所の大部分には、MIO 塗料が付着しており、全体的に灰色になっている。 	④
600℃		<ul style="list-style-type: none"> MIO 塗料のほとんどがはく離し、下塗りのエポキシ樹脂塗料が残っている。 エポキシ樹脂塗料は、加熱前よりも淡い色に変色している。 	⑤
700℃		<ul style="list-style-type: none"> 上塗りの灰化部が供試体に広く付着している。 	⑤

表 3.2.2(9) 開放型ガス炉加熱試験結果 (C-5 塗装系 加熱面 (熱源側))


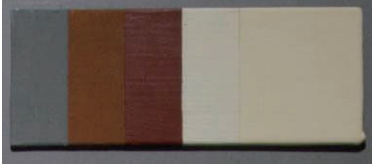







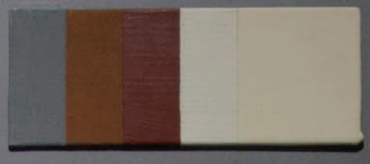






基準温度	塗膜損傷状況	所見	段階の一般化
加熱前		各層の塗膜サンプル 	
200℃		<ul style="list-style-type: none"> 上塗りの変色はみられない。 	
300℃		<ul style="list-style-type: none"> 熱源直上の<u>上塗り</u>が黒く変色している。 	①
400℃		<ul style="list-style-type: none"> 上塗りが灰化し、ほとんどがはがれている。 <u>中塗りが下塗りに付着</u>しており、全体的に白い変色状況となっている。 上塗りがはがれた箇所における<u>エポキシ樹脂塗料</u>は淡い色に変色している。 	②
500℃		<ul style="list-style-type: none"> 上塗りはほぼはがれた状態であり、大部分で下塗りが露出している。 <u>下塗りは赤みを帯びた色から緑がかった色に変色</u>している箇所もある。 	⑤
600℃		<ul style="list-style-type: none"> 上塗りはほぼはがれた状態であり、大部分で下塗りが露出している。 <u>下塗りは赤みを帯びた色から緑がかった色に変色</u>している箇所もある。 500℃からの大きな変化はみられない。 	⑤
700℃		<ul style="list-style-type: none"> <u>下塗りは赤みを帯びた色から緑がかった色に変色</u>している。 熱源直上ではさらに変色が進行している。 	⑤

表 3.2.2(10) 開放型ガス炉加熱試験結果 (C-5 塗装系 非加熱面 (熱源裏側))

基準温度	塗膜損傷状況	所見	段階の一般化
加熱前		各層の塗膜サンプル 	
200℃		<ul style="list-style-type: none"> 上塗りの変色はみられない。 	
300℃		<ul style="list-style-type: none"> 熱源直上の上塗りが黒く変色している。 	①
400℃		<ul style="list-style-type: none"> 上塗りが灰化して、ほとんどがはく離し、下塗りが露出している。 端部では、完全に灰化していない上塗り (灰色) が残存している。 下塗りのエポキシ樹脂塗料は赤みのある色に変色している。 	⑤
500℃		<ul style="list-style-type: none"> 上塗りはほぼはがれた状態であり、大部分で下塗りが露出している。 下塗りは赤みを帯びた色から緑がかった色に変色している箇所もある。 塗膜の損傷状況は、加熱面と同様である。 	⑤
600℃		<ul style="list-style-type: none"> 上塗りと下塗りとの付着部が残っている。 下塗りは赤みを帯びた色となっている。 	⑤
700℃		<ul style="list-style-type: none"> 下塗りが緑がかった色に変色しており、400～600℃までの変色状況から明らかな変化がみられる。 	⑤

(3) 試験後の膜厚測定結果

試験後、供試体に残存している塗膜を膜厚計にて測定した平均膜厚結果の一覧を表 3.2.3 及び図 3.2.2 に示す。また、各供試体の膜厚測定位置および測定結果を表 3.2.4、表 3.2.5 に示す。

膜厚測定位置は、④～⑨は鋼板中央部を測定し、①～③及び⑩～⑫は鋼板端部を測定することとした。なお、上塗りが剥離している場合は下塗りも計測可能である。一方、上塗りが剥離していない場合は、総膜厚である。

表 3.2.3(1) 試験後の膜厚測定結果一覧 (加熱面 (熱源側))

開放型ガス炉 加熱試験 (非加熱面)		A-1		A-2		B-1		C-1		C-5	
		塗装	膜厚 (μm)	塗装	膜厚 (μm)	塗装	膜厚 (μm)	塗装	膜厚 (μm)	塗装	膜厚 (μm)
試験前	平均膜厚	下塗り	96	下塗り(1)	90	下塗り(1)	88	下塗り(1)	75	下塗り(1)	76
		中塗り	140	下塗り(2)	186	下塗り(2)	176	下塗り(2)	194	下塗り(2)	259
		上塗り	199	中塗り	225	中塗り	219	下塗り(3)	261	中塗り	336
				上塗り	276	上塗り	282	中塗り	326	上塗り	370
								上塗り	374		
試験後	200℃	上塗り	183	上塗り	259	上塗り	263	上塗り	358	上塗り	351
						下塗り(2)	118				
	300℃	上塗り	158	上塗り	234	上塗り	388	上塗り	304	上塗り	336
		下塗り	59	下塗り(2)	122	下塗り(2)	115				
	400℃			下塗り(1)	67						
		下塗り	82	下塗り(2)	99	上塗り	338	上塗り	288	上塗り	324
				下塗り(1)	48	下塗り(1)	54	下塗り(2)	70	中塗り付着部	229
	500℃									下塗り(2)	87
		下塗り	73	下塗り(2)	88	上塗り	287	上塗り付着部	239	下塗り(2)	77
				下塗り(1)	47	下塗り(2)	125	下塗り(3)	155		
	600℃					下塗り(1)	104	下塗り(2)	87		
		下塗り	74	下塗り(2)	94	上塗り	286	下塗り(2)	109	上塗り	244
				下塗り(1)	39	下塗り(2)	130			中塗り付着部	180
	700℃					下塗り(1)	96			下塗り(2)	70
		下塗り	97	上塗り付着部	228	上塗り	297	上塗り付着部	257	中塗り付着部	229
				下塗り(2)	99	下塗り(2)	149	下塗り(3)	176	下塗り(2)	94
			下塗り(1)	35	下塗り(1)	70	下塗り(2)	88			
	塗料	<ul style="list-style-type: none"> 下塗り シアナミド鉛さび止め 中・上塗り 長油性フタル酸樹脂 		<ul style="list-style-type: none"> 下塗り(1) シアナミド鉛さび止め 下塗り(2) フェノール樹脂MIO 中・上塗り 長油性フタル酸樹脂 		<ul style="list-style-type: none"> 下塗り(1) シアナミド鉛さび止め 下塗り(2) フェノール樹脂MIO 中・上塗り 塩化ゴム系 		<ul style="list-style-type: none"> 下塗り(1) 無機ジンクリッチペイント 下塗り(2) エポキシ樹脂塗料 下塗り(3) エポキシ樹脂MIO 中・上塗り ポリウレタン樹脂 		<ul style="list-style-type: none"> 下塗り(1) 無機ジンクリッチペイント 下塗り(2) 厚膜形エポキシ樹脂 中・上塗り ふっ素樹脂 	

表 3.2.2(2) 試験後の膜厚測定結果一覧（非加熱面（熱源裏側））

開放型ガス炉 加熱試験 (加熱面)		A-1		A-2		B-1		C-1		C-5	
		塗装	膜厚 (μm)	塗装	膜厚 (μm)	塗装	膜厚 (μm)	塗装	膜厚 (μm)	塗装	膜厚 (μm)
試験前	平均膜厚	下塗り	96	下塗り(1)	90	下塗り(1)	88	下塗り(1)	75	下塗り(1)	76
		中塗り	140	下塗り(2)	186	下塗り(2)	176	下塗り(2)	194	下塗り(2)	259
		上塗り	199	中塗り	225	中塗り	219	下塗り(3)	261	中塗り	336
				上塗り	276	上塗り	282	中塗り	326	上塗り	370
試験後	200℃	上塗り	188	上塗り	258	上塗り	247	上塗り	307	上塗り	310
						下塗り(2)	123				
	300℃	上塗り	150	上塗り	250	上塗り	350	上塗り	326	上塗り	278
		下塗り	62	下塗り(2)	145	下塗り(2)	81				
	400℃			下塗り(1)	53						
		下塗り	67	下塗り(2)	88	上塗り	317	上塗り	262	上塗り	230
				下塗り(1)	59	下塗り(1)	54	下塗り(3)	162	中塗り付着部	165
	500℃							下塗り(2)	66	下塗り(2)	83
		下塗り	67	下塗り(2)	95	上塗り	307	上塗り付着部	222	中塗り付着部	219
				下塗り(1)	38	下塗り(2)	110	下塗り(3)	163	下塗り(2)	87
	600℃					下塗り(1)	83				
		上塗り付着部	184	下塗り(2)	107	上塗り	313	下塗り(3)	188	下塗り(2)	90
		下塗り	72	下塗り(1)	38	下塗り(2)	143	下塗り(2)	94		
	700℃					下塗り(1)	88				
		下塗り	73	下塗り(1)	77	上塗り	264	上塗り付着部	249	中塗り付着部	238
						下塗り(1)	79	下塗り(3)	167	下塗り(2)	96
							下塗り(2)	118			
塗料		<ul style="list-style-type: none"> 下塗り シアナミド鉛さび止め 中・上塗り 長油性フタル酸樹脂 		<ul style="list-style-type: none"> 下塗り(1) シアナミド鉛さび止め 下塗り(2) フェノール樹脂MIO 中・上塗り 長油性フタル酸樹脂 		<ul style="list-style-type: none"> 下塗り(1) シアナミド鉛さび止め 下塗り(2) フェノール樹脂MIO 中・上塗り 塩化ゴム系 		<ul style="list-style-type: none"> 下塗り(1) 無機ジンクリッチペイント 下塗り(2) エポキシ樹脂塗料 下塗り(3) エポキシ樹脂MIO 中・上塗り ポリウレタン樹脂 		<ul style="list-style-type: none"> 下塗り(1) 無機ジンクリッチペイント 下塗り(2) 厚膜形エポキシ樹脂 中・上塗り ふっ素樹脂 	

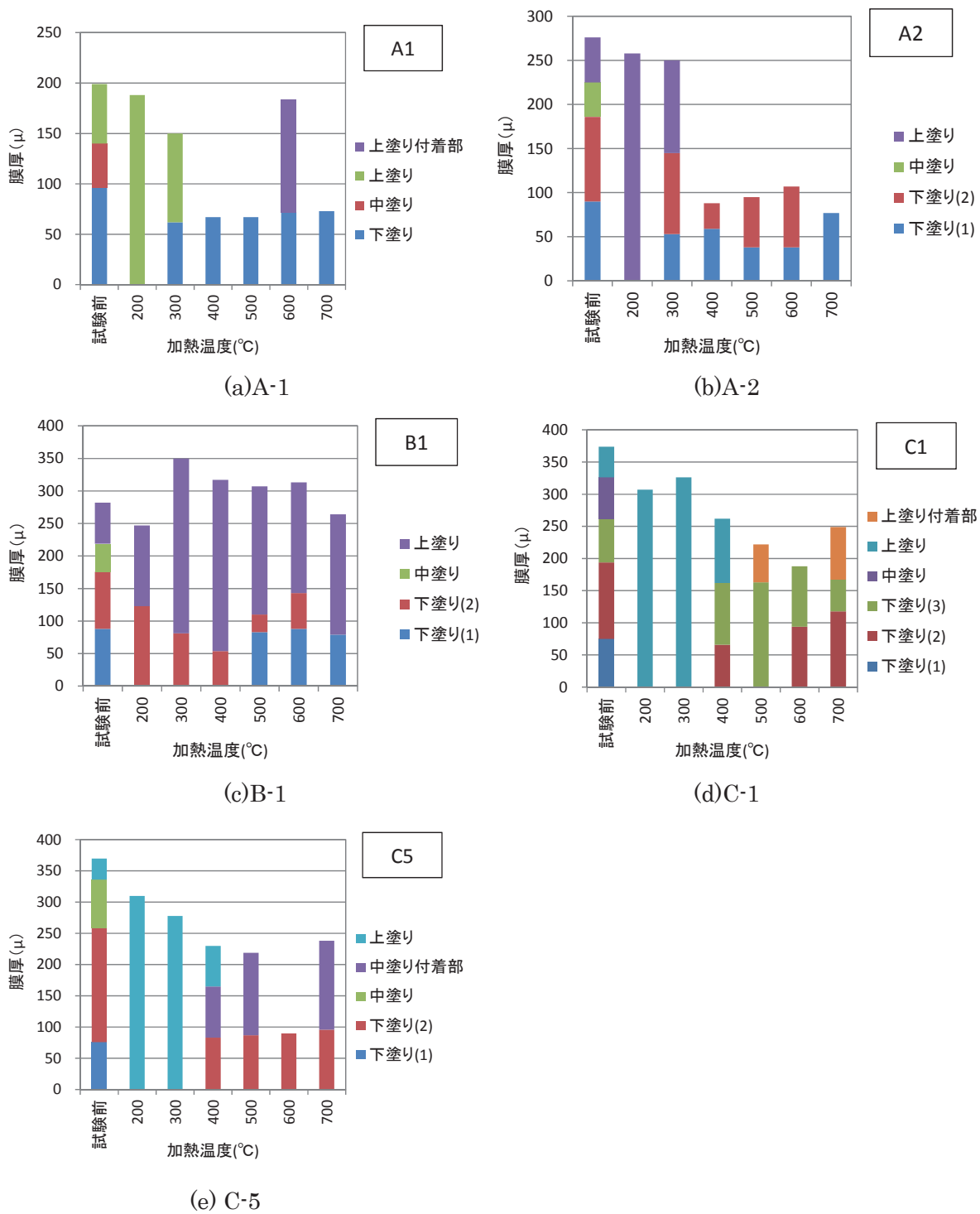
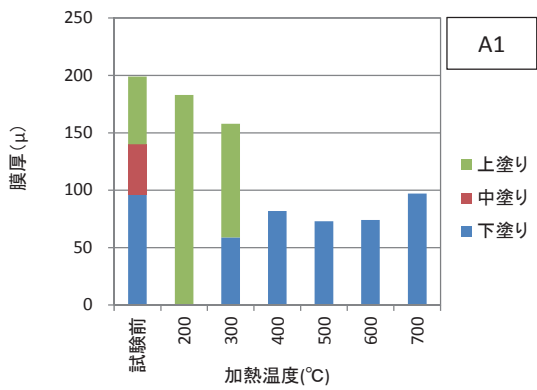
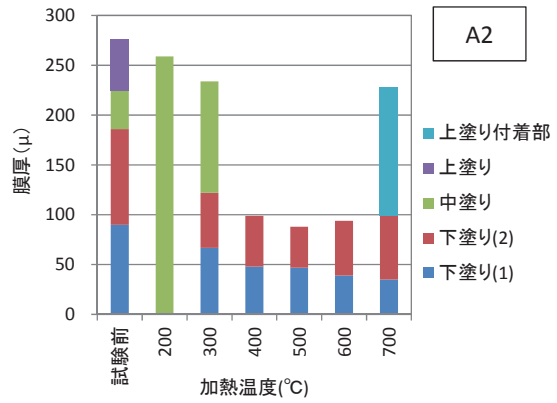


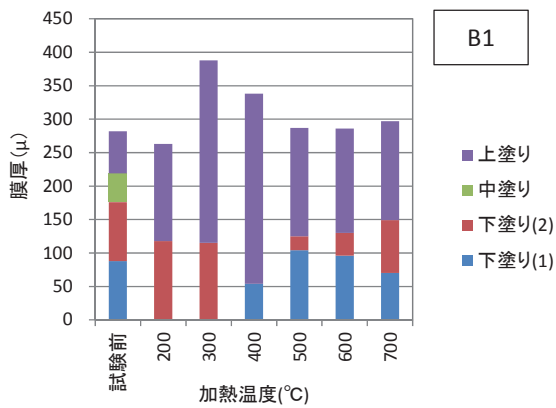
図 3.2.2(1) 試験後の膜厚測定結果 (加熱面 (熱源側))



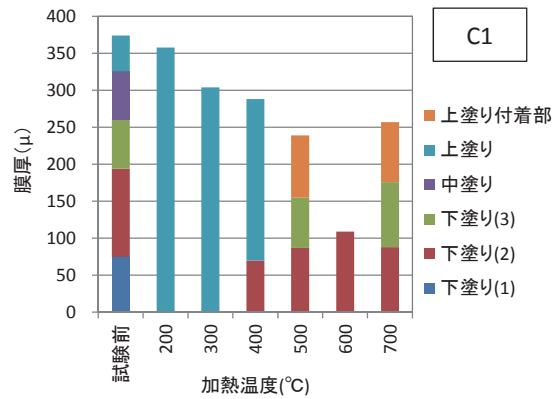
(f)A-1



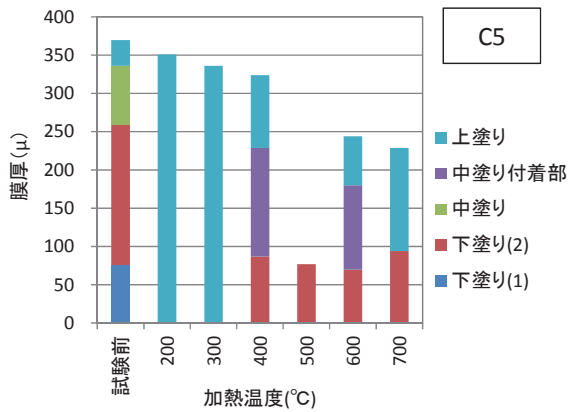
(g)A-2



(h)B-1



(i)C-1



(j) C-5

図 3. 2. 2(2) 試験後の膜厚測定結果 (非加熱面 (熱源裏側))

表 3.2.4 試験後の膜厚測定結果 (A-1)

200°C				400°C			
非加熱面(熱源裏側)		加熱面(熱源側)		非加熱面(熱源裏側)		加熱面(熱源側)	
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)
1	180	7	181	1	64	7	83
2	197	8	195	2	94	8	70
3	175	9	186	3	85	9	98
4	186	10	187	4	91	10	67
5	185	11	185	5	105	11	78
6	172	12	170	6	72	12	80
平均膜厚 上塗り 183 μm		平均膜厚 上塗り 188 μm		平均膜厚 下塗り 82 μm		平均膜厚 下塗り 67 μm	
300°C				500°C			
非加熱面(熱源裏側)		加熱面(熱源側)		非加熱面(熱源裏側)		加熱面(熱源側)	
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)
1	155	7	62	1	77	7	62
2	163	8	64	2	65	8	87
3	177	9	67	3	69	9	81
4	49	10	131	4	63	10	62
5	58	11	169	5	66	11	71
6	57	12	153	6	84	12	88
平均膜厚 上塗り 158 μm 下塗り 59 μm		平均膜厚 上塗り 150 μm 下塗り 62 μm		平均膜厚 下塗り 73 μm		平均膜厚 下塗り 67 μm	
600°C							
非加熱面(熱源裏側)		加熱面(熱源側)					
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)
1	82	7	77	1	38	7	44
2	82	8	72	2	83	8	84
3	61	9	70	3	86	9	101
4	81	10	73	4	61	10	55
5	78	11	76	5	92	11	45
6	88	12	48	6	101	12	69
平均膜厚 下塗り 74 μm		平均膜厚 上塗り付着部 184 μm 下塗り 72 μm					
700°C							
非加熱面(熱源裏側)		加熱面(熱源側)					
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)
1	104	7	90	1	69	7	45
2	112	8	119	2	82	8	83
3	104	9	106	3	103	9	43
4	89	10	80	4	61	10	60
5	95	11	77	5	50	11	89
6	120	12	63	6	76	12	113
平均膜厚 下塗り 97 μm		平均膜厚 下塗り 73 μm					

表 3.2.4 試験後の膜厚測定結果 (A-2)

200°C				400°C			
非加熱面(熱源裏側)		加熱面(熱源側)		非加熱面(熱源裏側)		加熱面(熱源側)	
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)
1	250	7	268	1	111	7	92
2	254	8	278	2	103	8	112
3	237	9	261	3	92	9	81
4	259	10	270	4	104	10	38
5	238	11	285	5	95	11	56
6	237	12	271	6	104	12	49
平均膜厚		上塗り	259 μm	平均膜厚		下塗り(2)	99 μm
						下塗り(1)	48 μm
300°C				500°C			
非加熱面(熱源裏側)		加熱面(熱源側)		非加熱面(熱源裏側)		加熱面(熱源側)	
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)
1	221	7	65	1	80	7	71
2	232	8	89	2	93	8	105
3	223	9	58	3	96	9	84
4	68	10	246	4	32	10	51
5	78	11	260	5	46	11	62
6	45	12	222	6	44	12	51
平均膜厚		上塗り	234 μm	平均膜厚		下塗り(2)	88 μm
		下塗り(2)	122 μm			下塗り(1)	47 μm
		下塗り(1)	67 μm				
600°C							
非加熱面(熱源裏側)		加熱面(熱源側)					
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)
1	33	7	33	1	38	7	94
2	36	8	55	2	25	8	100
3	39	9	41	3	44	9	114
4	107	10	96	4	121	10	43
5	99	11	87	5	109	11	54
6	86	12	91	6	107	12	24
平均膜厚		下塗り(2)	94 μm	平均膜厚		下塗り(2)	107 μm
		下塗り(1)	39 μm			下塗り(1)	38 μm
700°C							
非加熱面(熱源裏側)		加熱面(熱源側)					
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)
1	227	7	48	1	61	7	110
2	225	8	31	2	117	8	43
3	99	9	27	3	59	9	87
4	90	10	231	4	98	10	85
5	62	11	107	5	36	11	92
6	111	12	123	6	42	12	89
平均膜厚		上塗り付着部	228 μm	平均膜厚		下塗り(1)	77 μm
		下塗り(2)	99 μm				
		下塗り(1)	35 μm				

表 3.2.4 試験後の膜厚測定結果 (B-1)

200℃				400℃			
非加熱面(熱源裏側)		加熱面(熱源側)		非加熱面(熱源裏側)		加熱面(熱源側)	
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)
1	257	7	252	1	348	7	367
2	252	8	263	2	373	8	312
3	286	9	267	3	308	9	374
4	119	10	104	4	248	10	39
5	125	11	120	5	379	11	55
6	111	12	122	6	330	12	67
平均膜厚	上塗り	263 μm	平均膜厚	上塗り	247 μm	平均膜厚	上塗り
	下塗り(2)	118 μm		下塗り(2)	123 μm		下塗り(1)
					54 μm		317 μm
							54 μm
300℃				500℃			
非加熱面(熱源裏側)		加熱面(熱源側)		非加熱面(熱源裏側)		加熱面(熱源側)	
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)
1	366	7	109	1	348	7	262
2	442	8	118	2	250	8	109
3	386	9	119	3	286	9	102
4	398	10	288	4	123	10	139
5	327	11	546	5	130	11	109
6	339	12	397	6	113	12	93
平均膜厚	上塗り	388 μm	平均膜厚	上塗り	350 μm	平均膜厚	上塗り
	下塗り(2)	115 μm		下塗り(2)	81 μm		下塗り(2)
							125 μm
							104 μm
							307 μm
							110 μm
							83 μm
600℃							
非加熱面(熱源裏側)		加熱面(熱源側)					
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)				
1	162	7	165				
2	129	8	377				
3	102	9	94				
4	125	10	101				
5	280	11	83				
6	321	12	107				
平均膜厚	上塗り	286 μm	平均膜厚	上塗り	313 μm		
	下塗り(2)	130 μm		下塗り(2)	143 μm		
	下塗り(1)	96 μm		下塗り(1)	88 μm		
700℃							
非加熱面(熱源裏側)		加熱面(熱源側)					
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)				
1	392	7	195				
2	262	8	142				
3	246	9	60				
4	289	10	106				
5	96	11	63				
6	161	12	53				
平均膜厚	上塗り	297 μm	平均膜厚	上塗り付着部	264 μm		
	下塗り(2)	149 μm		下塗り(1)	79 μm		
	下塗り(1)	70 μm					

表 3.2.4 試験後の膜厚測定結果 (C-1)

200°C				400°C			
非加熱面(熱源裏側)		加熱面(熱源側)		非加熱面(熱源裏側)		加熱面(熱源側)	
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)
1	357	7	369	1	391	7	278
2	351	8	362	2	71	8	264
3	340	9	366	3	65	9	316
4	358	10	364	4	305	10	233
5	354	11	347	5	291	11	252
6	359	12	366	6	74	12	263
平均膜厚 上塗り 358 μm		平均膜厚 上塗り 307 μm		平均膜厚 上塗り 288 μm		平均膜厚 上塗り 262 μm	
				下塗り(2) 70 μm		下塗り(3) 162 μm	
						下塗り(2) 66 μm	
300°C				500°C			
非加熱面(熱源裏側)		加熱面(熱源側)		非加熱面(熱源裏側)		加熱面(熱源側)	
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)
1	329	7	297	1	184	7	73
2	301	8	295	2	131	8	70
3	322	9	300	3	129	9	225
4	304	10	312	4	177	10	285
5	297	11	316	5	73	11	222
6	283	12	291	6	131	12	223
平均膜厚 上塗り 304 μm		平均膜厚 上塗り 326 μm		平均膜厚 上塗り付着部 239 μm		平均膜厚 上塗り付着部 222 μm	
				下塗り(3) 155 μm		下塗り(3) 163 μm	
				下塗り(2) 87 μm			
600°C							
非加熱面(熱源裏側)		加熱面(熱源側)					
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)
1	120	7	125	1	91	7	85
2	107	8	114	2	101	8	79
3	89	9	101	3	104	9	118
4	127	10	109	4	90	10	198
5	110	11	110	5	90	11	178
6	102	12	93	6	92	12	187
平均膜厚 下塗り(2) 109 μm		平均膜厚 下塗り(3) 188 μm		平均膜厚 下塗り(2) 94 μm			
700°C							
非加熱面(熱源裏側)		加熱面(熱源側)					
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)
1	190	7	88	1	231	7	173
2	175	8	93	2	255	8	188
3	180	9	257	3	243	9	116
4	160	10	285	4	268	10	121
5	90	11	225	5	149	11	133
6	82	12	261	6	159	12	103
平均膜厚 上塗り付着部 257 μm		平均膜厚 上塗り付着部 249 μm		平均膜厚 下塗り(3) 176 μm		平均膜厚 下塗り(3) 167 μm	
下塗り(3) 176 μm		下塗り(2) 88 μm		下塗り(2) 118 μm			

表 3.2.4 試験後の膜厚測定結果 (C-5)

200°C				400°C			
非加熱面(熱源裏側)		加熱面(熱源側)		非加熱面(熱源裏側)		加熱面(熱源側)	
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)
1	346	7	337	1	83	7	248
2	369	8	344	2	97	8	220
3	371	9	344	3	87	9	355
4	334	10	355	4	83	10	315
5	372	11	360	5	224	11	286
6	351	12	334	6	223	12	338
平均膜厚	上塗り	351 μm		平均膜厚	上塗り	324 μm	
					中塗り付着部	229 μm	
					下塗り(2)	87 μm	
					上塗り	230 μm	
					中塗り付着部	165 μm	
					下塗り(2)	83 μm	
300°C				500°C			
非加熱面(熱源裏側)		加熱面(熱源側)		非加熱面(熱源裏側)		加熱面(熱源側)	
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)
1	335	7	352	1	77	7	79
2	313	8	323	2	73	8	71
3	343	9	338	3	102	9	82
4	333	10	360	4	71	10	70
5	344	11	340	5	77	11	66
6	324	12	321	6	77	12	81
平均膜厚	上塗り	336 μm		平均膜厚	下塗り(2)	77 μm	
					中塗り付着部	219 μm	
					下塗り(2)	87 μm	

600°C				700°C			
非加熱面(熱源裏側)		加熱面(熱源側)		非加熱面(熱源裏側)		加熱面(熱源側)	
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)
1	67	7	73	1	232	7	236
2	263	8	253	2	87	8	96
3	184	9	181	3	99	9	100
4	68	10	72	4	247	10	91
5	238	11	222	5	101	11	108
6	177	12	176	6	85	12	100
平均膜厚	上塗り	244 μm		平均膜厚	中塗り付着部	238 μm	
					下塗り(2)	96 μm	
					下塗り(2)	94 μm	

表 3.2.5 加熱温度と残存膜厚の関係

塗装系	試験前平均膜厚	鋼板中央部	鋼板端部
A1	199		
A2	276		
B1	282		
C1	373		
C5	418		

(4) 加熱後の付着性試験結果

開放型ガス炉試験後、200℃で実施した塗膜のように外観上大きな変化がみられない供試体に対して、付着性能の低下の有無を確認するため、試験前と同様にクロスカット法による付着性試験を実施した。試験を実施した供試体は、試験後の状況から A-1、A-2 および B-1 塗装系が 200℃、C-1、C-5 塗装系が 200℃および 300℃とした。開放型ガス炉試験後の付着性試験の結果を表 3.2.6、表 3.2.7 に示す。

表 3.2.6 付着性試験結果一覧 (評価点)

加熱面	A1	A2	B1	C1	C5	非加熱面	A1	A2	B1	C1	C5
加熱試験前	0	0	0	0	0	加熱試験前	0	0	0	0	0
200℃	0	0	1	0	0	200℃	0	0	0	0	0
300℃	-	-	-	0	1	300℃	-	-	-	0	0
400℃	-	-	-	-	-	400℃	-	-	-	-	-
500℃	-	-	-	-	-	500℃	-	-	-	-	-
600℃	-	-	-	-	-	600℃	-	-	-	-	-
700℃	-	-	-	-	-	700℃	-	-	-	-	-

表 3.2.7 加熱試験前における鋼板供試体の付着性試験結果 (A-1)

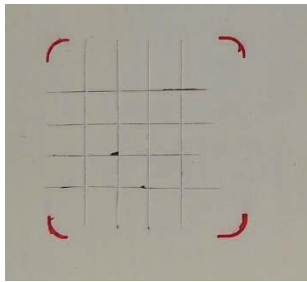
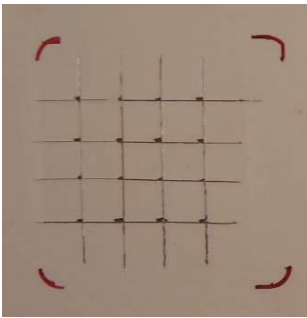
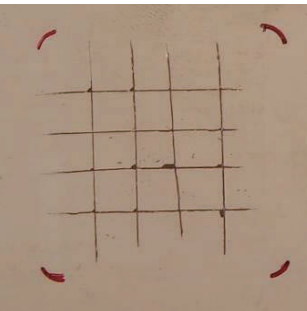
		付着試験結果	はく離状況	評価点
加熱試験前			中塗りと下塗りの間でわずかに はく離した箇所が認められ る。	0
200℃	加熱面 (熱源側)		試験前と比較して、はく離面積 が若干大きくなっているもの の、付着力の低下と評価できる ほどの大きさではない。	0
	非加熱面 (熱源裏側)		一部で中塗りと下塗りがはく 離した箇所がみられるものの、 はく離面積は加熱試験前と同 等であり、付着力の低下はみら れない。	0

表 3.2.7 加熱試験前における鋼板供試体の付着性試験結果 (A-2)

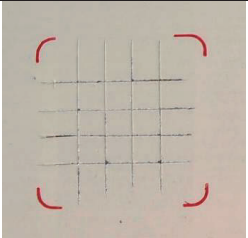
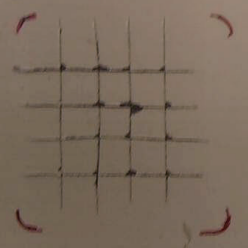
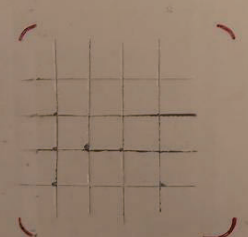
		付着試験結果	はく離状況	評価点
加熱試験前			各塗膜層間ではく離は生じていない	0
200°C	加熱面 (熱源側)		中塗りと MIO 塗料との間ではく離している箇所がみられる。なお、剥離面積は小さい。加熱試験前と比較すると若干の付着力の低下が認められるものの、付着性の評価としては健全なレベルである。	0
	非加熱面 (熱源裏側)		はく離はほとんどみられず、付着力は低下していない。	0

表 3.2.7 加熱試験前における鋼板供試体の付着性試験結果 (B-1)

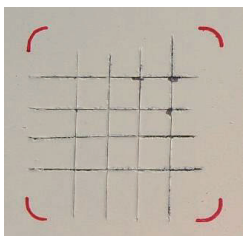

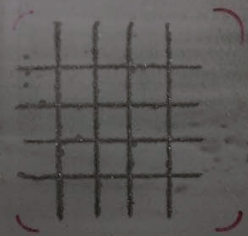
		付着試験結果	はく離状況	評価点
加熱試験前			中塗りと M I O 塗料との間でわずかにはく離した箇所が認められる。	0
200°C	加熱面 (熱源側)		カット線上で中塗りと MIO 塗料との間で剥離がみられる。また、一部で下塗りと MIO 塗料との間での剥離も生じている。 付着力は、試験前から低下しているといえる。	1
	非加熱面 (熱源裏側)		カット線上で中塗りと MIO 塗料との間ではく離がみられる。 付着性の評価としては健全なレベルであるが、付着性は試験前より低下しているといえる。	0

表 3.2.7 加熱試験前における鋼板供試体の付着性試験結果 (C-1)

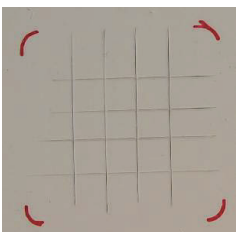
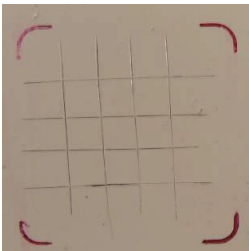
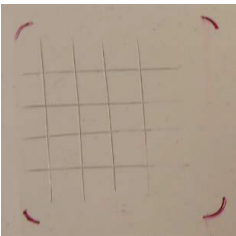
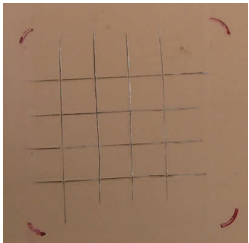
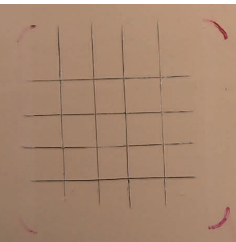
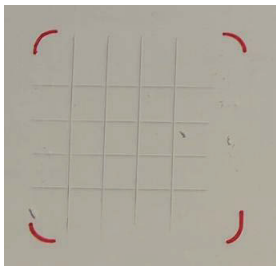
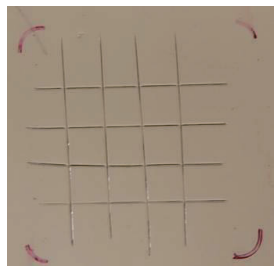
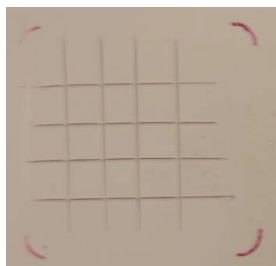
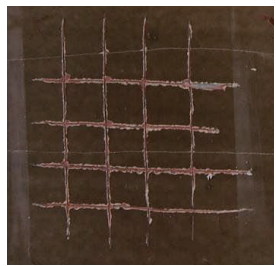
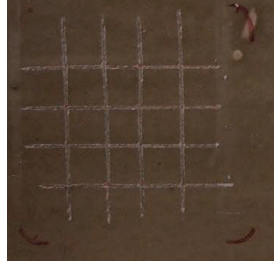
		付着試験結果	はく離状況	評価点
加熱試験前			各塗膜層間ではく離は生じていない。	0
200℃	加熱面 (熱源側)		各塗膜層間ではく離は生じておらず、加熱による付着力の低下はみられない。	0
	非加熱面 (熱源裏側)		各塗膜層間ではく離は生じておらず、加熱による付着力の低下はみられない。	0
300℃	加熱面 (熱源側)		各塗膜層間ではく離は生じておらず、加熱による付着力の低下はみられない。	0
	非加熱面 (熱源裏側)		各塗膜層間ではく離は生じておらず、加熱による付着力の低下はみられない。	0

表 3.2.7 加熱試験前における鋼板供試体の付着性試験結果 (C-5)

		付着試験結果	はく離状況	評価点
加熱試験前			各塗膜層間ではく離は生じていない。	0
200℃	加熱面 (熱源側)		各塗膜層間ではく離は生じておらず、加熱による付着力の低下はみられない。	0
	非加熱面 (熱源裏側)		各塗膜層間ではく離は生じておらず、加熱による付着力の低下はみられない。	0
300℃	加熱面 (熱源側)		カット線上で中塗りと下塗りとの間ではく離がみられる。 付着性は加熱試験前より低下しているといえる。	1
	非加熱面 (熱源裏側)		カット線上で中塗りと下塗りとの間ではく離がみられる。 付着性の評価としては健全なレベルである。なお、付着性は加熱試験前より若干低下しているといえる。	0

(5) まとめ

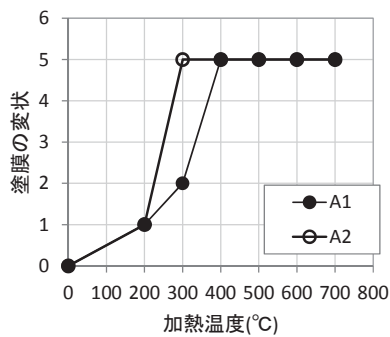
開放型ガス炉加熱試験の塗膜の損傷は、いずれの塗装系においても、上塗りが炭化して灰化する過程で剥がれ、さらに高温になると下塗りが変色し、最終的に緑がかった色に変色する結果であった。塗膜の6段階の変状について、各塗装系と加熱温度で整理した結果を図3.2.3及び表3.2.8に示す。また、加熱後の膜厚測定結果を図3.2.4に示す。

各塗装系の塗膜の損傷状況をまとめると少なくとも次のことがいえる。

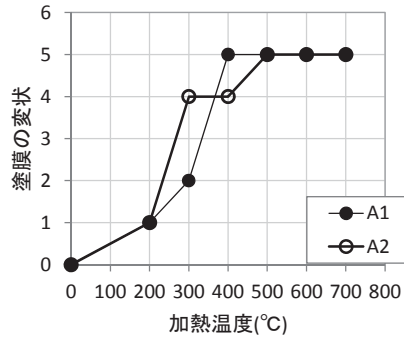
A1, A2 塗装系：最下層の下塗り（シアナド鉛さび止めペイント、赤さび色）が変色している場合、400℃以上の熱影響を受けている。

B1 塗装系：最下層の下塗り（シアナド鉛さび止めペイント、赤さび色）が変色している場合、700℃以上の熱影響を受けている。

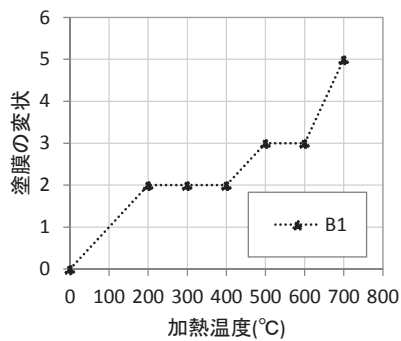
C1, C5 塗装系：最下層（下塗り(2)、赤さび色）が露出している場合、600℃以上の熱影響を受けている。



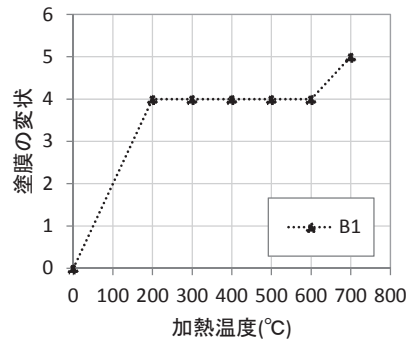
(a) A系加熱面 (熱源側)



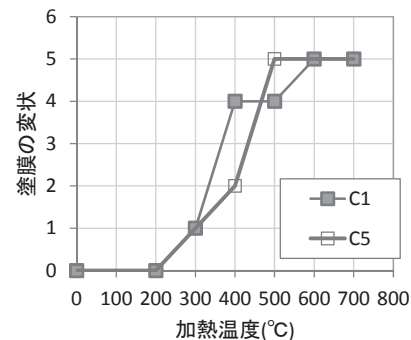
(b) A系非加熱面 (熱源裏側)



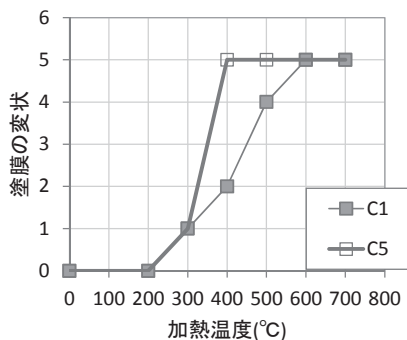
(c) B系加熱面 (熱源側)



(d) B系非加熱面 (熱源裏側)












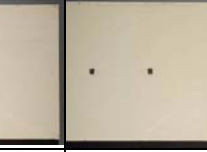
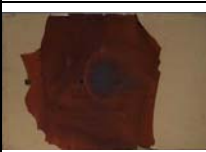


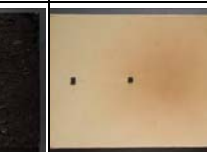






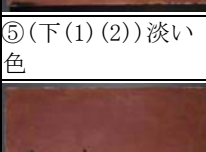
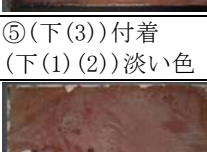

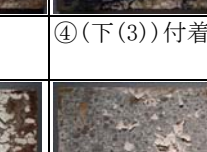

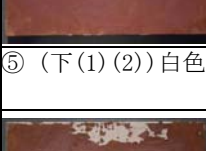

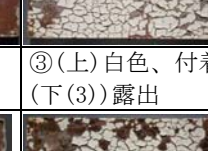
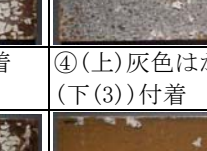
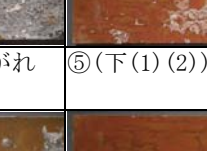

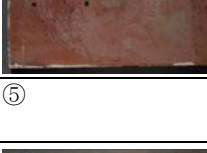

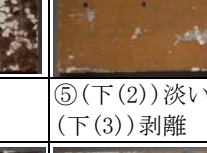

(e) C系加熱面 (熱源側)



(f) C系非加熱面 (熱源裏側)






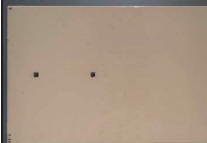


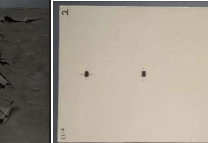
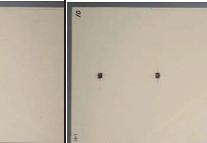
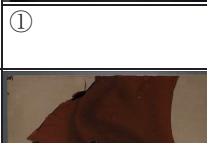
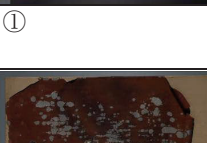
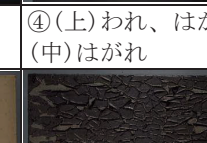
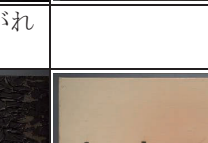
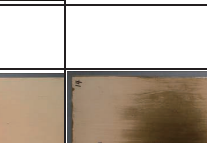

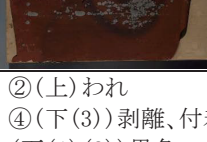
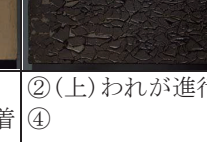
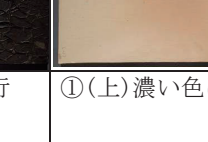
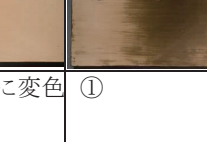
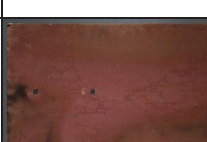
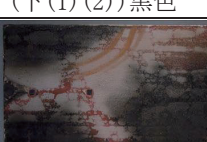



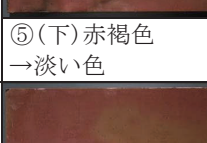
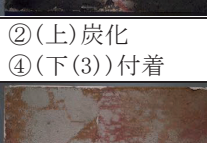
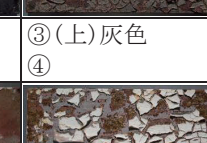
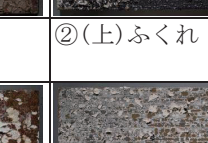
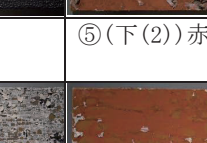
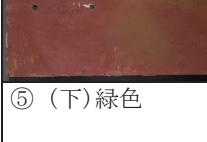
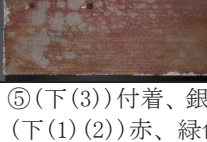

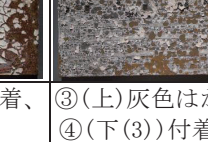
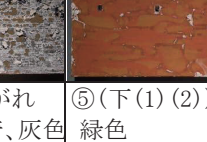
図 3. 2. 3 塗膜の変状と加熱温度の関係

表 3.2.8(1) 塗膜の変状 (加熱面)

	A-1	A-2	B-1	C-1	C-5
加熱前					
200℃					
	①	①	②われ		
300℃					
	②ふくれ. はがれ	⑤(下(3))剥離、付着 (下(1)(2))黒色	②われが進行	①濃い色に変色	①
400℃					
	⑤(下(1)(2))淡い色	⑤(下(3))付着 (下(1)(2))淡い色	②付着	④(下(3))付着	②(中)付着 (下(2))淡い色
500℃					
	⑤(下(1)(2))白色	⑤	③(上)白色、付着 (下(3))露出	④(上)灰色はがれ (下(3))付着	⑤(下(1)(2))緑色
600℃					
	⑤	⑤	③	⑤(下(2))淡い色 (下(3))剥離	⑤
700℃					
	⑤(下(1)(2))緑色	⑤(下(1)(2))緑色	⑤(下(1)(2))緑色	⑤(下(1)(2))緑色	⑤

ここで、(上)上塗り、(中)中塗り、(下(i)) 下塗り i 層目

表 3.2.8(2) 塗膜の変状 (非加熱面)

	A-1	A-2	B-1	C-1	C-5
加熱前					
200℃					
	①	①	④(上)われ、はがれ (中)はがれ		
300℃					
	②(上)ふくれわれ	②(上)われ ④(下(3))剥離、付着 (下(1)(2))黒色	②(上)われが進行 ④	①(上)濃い色に変色	①
400℃					
	⑤(下)赤褐色 →淡い色	②(上)炭化 ④(下(3))付着	③(上)灰色 ④	②(上)ふくれ	⑤(下(2))赤み
500℃					
	⑤(下)緑色	⑤(下(3))付着、銀色 (下(1)(2))赤、緑色	④(上)白色、付着、 (下(3))露出	③(上)灰色はがれ ④(下(3))付着、灰色	⑤(下(1)(2)) 緑色
600℃					
	⑤	⑤	④(下(3))付着	⑤(下(2))淡い色	⑤
700℃					
	⑤	④(上)付着 ⑤(下(1)(2))緑色	⑤(下(1)(2))緑色	⑤	⑤

ここで、(上)上塗り、(中)中塗り、(下(i)) 下塗り i 層目

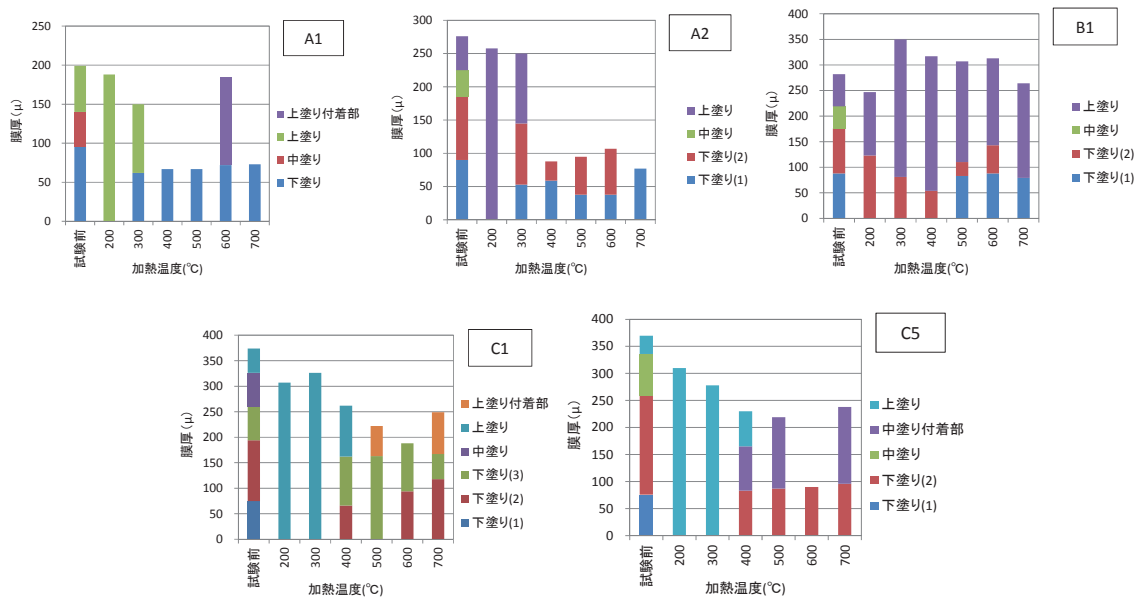


図 3.2.4(1) 加熱試験後の膜厚測定結果 (加熱面 (熱源側))

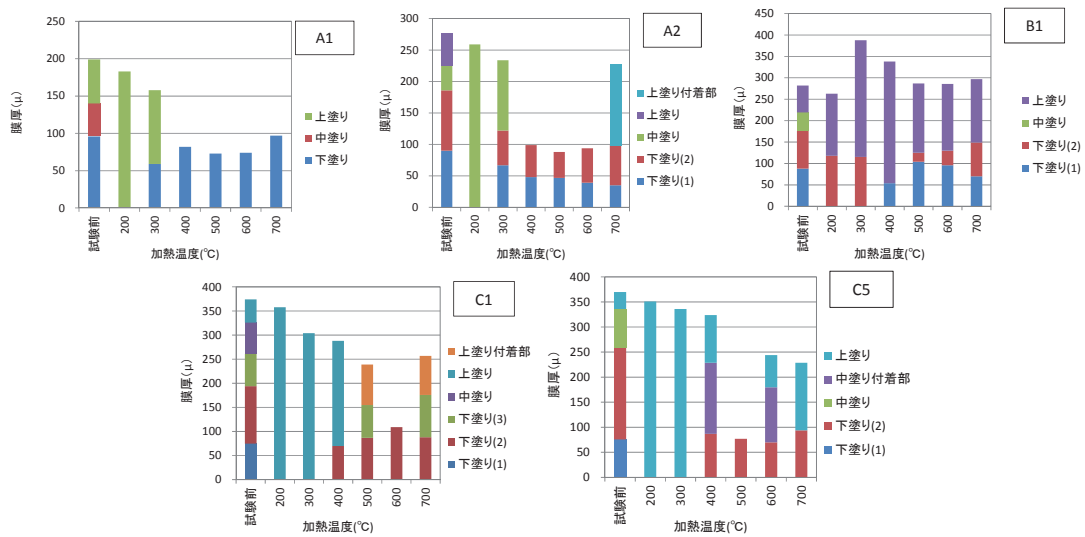


図 3.2.4(2) 加熱試験後の膜厚測定結果 (非加熱面 (熱源裏側))

3. 3 開放型ガス炉接炎試験結果

(1) 加熱曲線

接炎試験時の加熱曲線を図 3.3.1 に示す。

C1 塗装系で基準温度 700℃に到達する時間及び最高温度とも近い値となった。

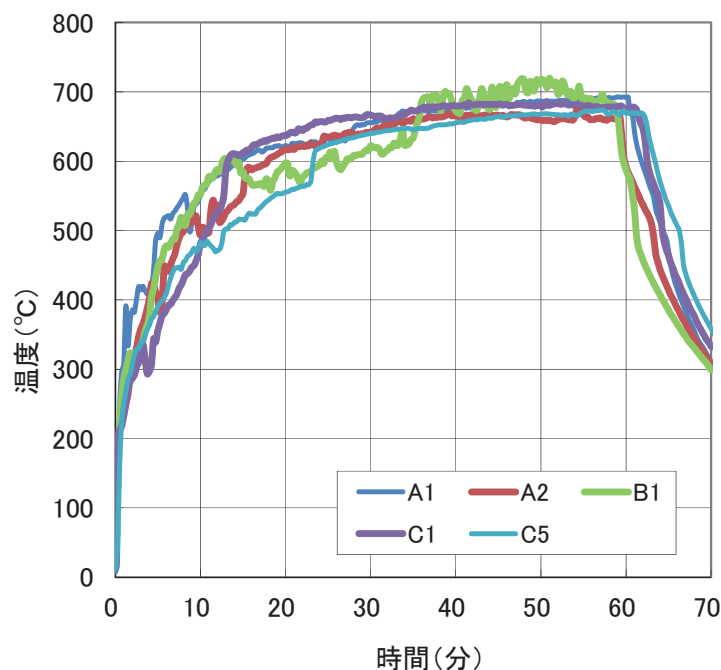


図 3.3.1 加熱曲線

(2) 試験後の塗膜状況一覧

開放型ガス炉接炎試験後の各塗装系に対する塗膜損傷状況を、表 3.3.1(1), (2)に示す。なお、同表には、比較として、前節における基準温度 700℃の場合の状況を併せて示す。

開放型ガス炉接炎試験は、開放型ガス炉加熱試験と同様の装置を使用して、ガスバーナーからの炎を直接供試体に接炎させた場合の試験である。

本試験の場合、ガスバーナー火口から供試体との距離が非常に近いため、炉内温度は制御していない。試験開始から 60 分後の各供試体の加熱面中央温度は、ほとんどが 660～680℃程度であった。試験後の塗膜の変状は、各供試体ともに開放型ガス炉加熱試験の 600℃または 700℃の場合と同様の変状であった。ただし、試験中、C-1 および C-5 塗装系では、非加熱面側が引火して炎上する現象がみられた。

表 3.3.1(1) 開放型ガス炉接炎試験結果 (加熱面 (熱源側))

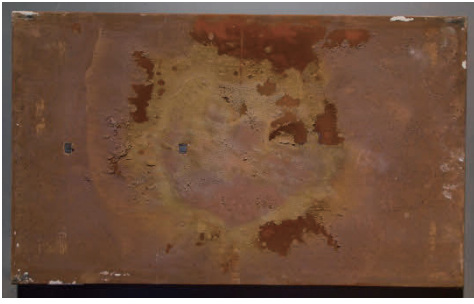

















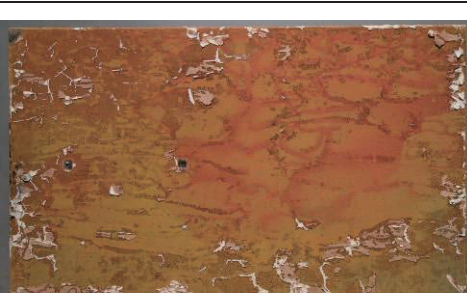

塗装系	接炎試験結果	加熱試験結果 (700℃)
A-1		
A-2		
B-1		
C-1		
C-5		

表 3.3.1(2) 開放型ガス炉接炎試験結果（非加熱面（熱源裏側））

塗装系	接炎試験結果	加熱試験結果（700℃）
A-1		
A-2		
B-1		
C-1		
C-5		

(3) 試験後の膜厚測定結果

開放型ガス炉接炎試験後、供試体に残存している塗装の膜厚を測定した結果の一覧を表 3.3.2 及び図 3.3.2 に示す。各供試体の膜厚測定位置および測定結果を表 3.3.3 に示す。また、各層ごとに開放型ガス炉接炎試験と開放型ガス炉加熱試験の膜厚を計測した結果を図 3.3.3 に示す。

表 3.3.2 及び図 3.3.2 より、B-1 塗装系を除く全ての塗装において加熱後の総膜厚が小さくなっている。B-1 塗装系については、上塗りがはがれた後付着してしまうため、試験前よりも厚くなってしまふことが考えられる。また、A-2 系塗装及び C-5 系塗装については、加熱面よりも非加熱面の方が、上塗りが多く残りやすいため膜厚も厚くなる傾向がある。これらのことから、加熱温度と試験後の膜厚を関連づける傾向はみられなかった。

表 3.3.2 試験後の膜厚測定結果一覧

開放型ガス炉 接炎試験		A-1		A-2		B-1		C-1		C-5	
		塗装	膜厚 (μm)	塗装	膜厚 (μm)	塗装	膜厚 (μm)	塗装	膜厚 (μm)	塗装	膜厚 (μm)
試験前	平均膜厚	下塗り	96	下塗り(1)	90	下塗り(1)	88	下塗り(1)	75	下塗り(1)	76
		中塗り	140	下塗り(2)	186	下塗り(2)	176	下塗り(2)	194	下塗り(2)	259
		上塗り	199	中塗り	225	中塗り	219	下塗り(3)	261	中塗り	336
				上塗り	276	上塗り	282	中塗り	326	上塗り	370
試験後	加熱面 (熱源側)	下塗り	83	下塗り(2)	77	上塗り付着部	253	上塗り付着部	270	上塗り付着部	194
		下塗りはく離部	33	下塗り(1)	27	下塗り(1)	62	下塗り(1)	81	下塗り(1)	76
	非加熱面 (熱源裏側)	下塗り	104	上塗り付着部	265	上塗り付着部	290	上塗り付着部	284	上塗り付着部	279
				下塗り(1)	80	下塗り(2)	127	下塗り(1)	108	下塗り(1)	89
						下塗り(1)	33				
塗料		<ul style="list-style-type: none"> 下塗り シアナミド鉛さび止め 中・上塗り 長油性フタル酸樹脂 		<ul style="list-style-type: none"> 下塗り(1) シアナミド鉛さび止め 下塗り(2) フェノール樹脂MIO 中・上塗り 長油性フタル酸樹脂 		<ul style="list-style-type: none"> 下塗り(1) シアナミド鉛さび止め 下塗り(2) フェノール樹脂MIO 中・上塗り 塩化ゴム系 		<ul style="list-style-type: none"> 下塗り(1) 無機ジンクリッチペイント 下塗り(2) エポキシ樹脂塗料 下塗り(3) エポキシ樹脂MIO 中・上塗り ポリウレタン樹脂 		<ul style="list-style-type: none"> 下塗り(1) 無機ジンクリッチペイント 下塗り(2) 厚膜形エポキシ樹脂 下塗り(2) エポキシ樹脂MIO 中・上塗り ふっ素樹脂 	

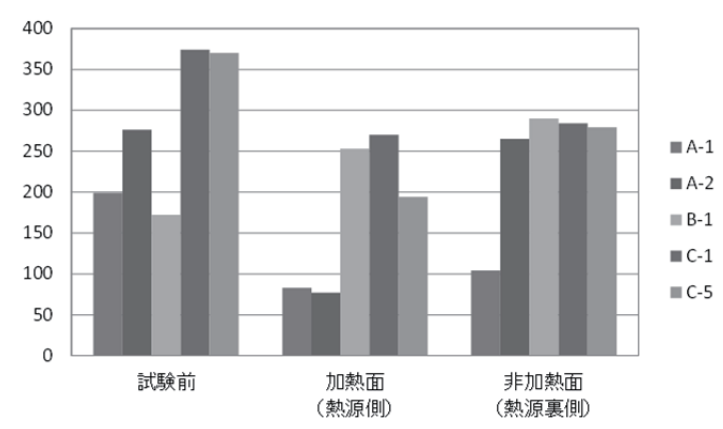
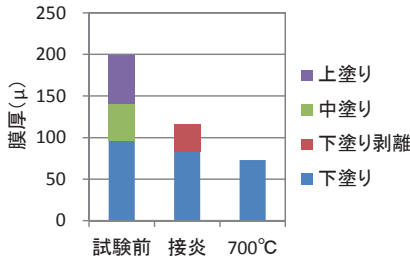
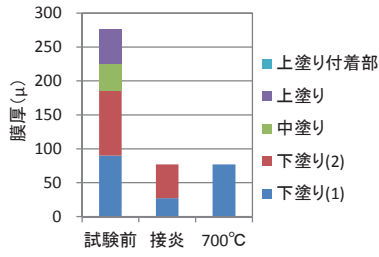


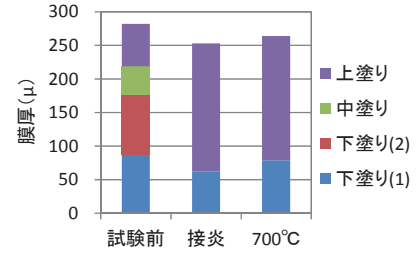
図 3.3.2 試験前後の膜厚測定結果



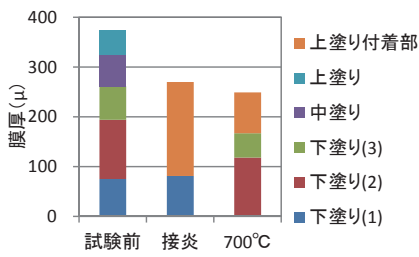
(a) A-1



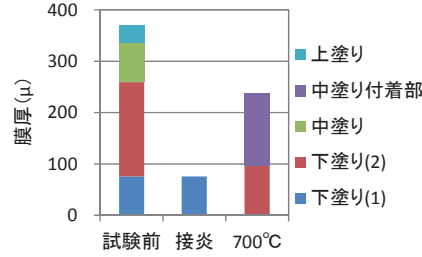
(b) A-2



(c) B-1

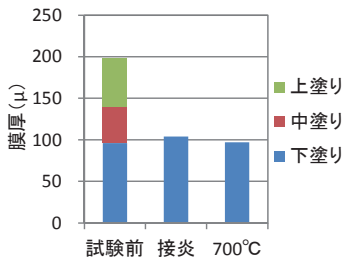


(d) C-1

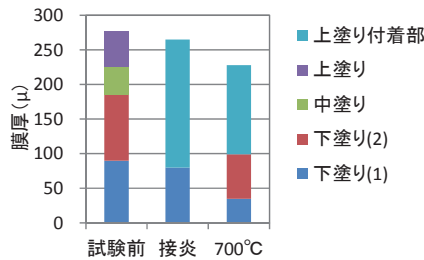


(e) C-5

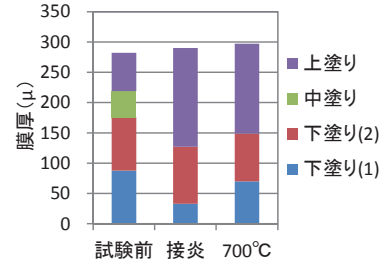
図 3.3.3(2) 開放型ガス炉接炎試験と開放型ガス炉加熱試験(700°C)の比較(加熱面)



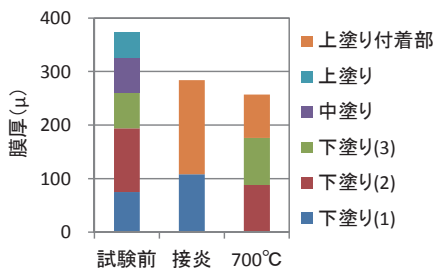
(a) A-1



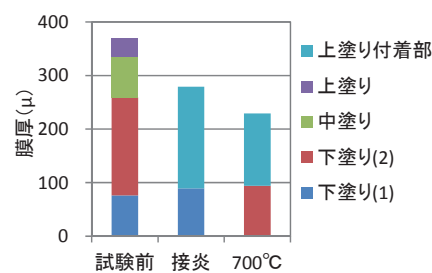
(b) A-2



(c) B-1



(d) C-1



(e) C-5

図 3.3.3(2) 開放型ガス炉接炎試験と開放型ガス炉加熱試験(700°C)の比較(非加熱面)

表 3.3.3 試験後の膜厚測定結果 (1/3)


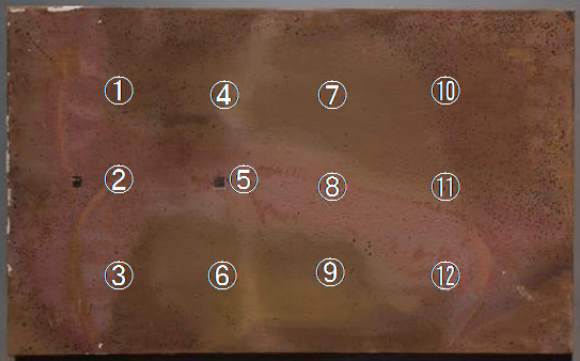


A-1			
加熱面(熱源側)		非加熱面(熱源裏側)	
			
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)
1	29	7	60
2	29	8	84
3	40	9	80
4	102	10	99
5	57	11	90
6	111	12	62
平均膜厚		平均膜厚	
下塗り 83 μm 下塗りはく離部 33 μm		下塗り 104 μm	
A-2			
加熱面(熱源側)		非加熱面(熱源裏側)	
			
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)
1	25	7	67
2	20	8	112
3	35	9	111
4	55	10	61
5	58	11	68
6	62	12	100
平均膜厚		平均膜厚	
下塗り(2) 77 μm 下塗り(1) 27 μm		上塗り付着部 265 μm 下塗り(1) 80 μm	

表 3.3.3 試験後の膜厚測定結果 (2/3)







B-1			
加熱面(熱源側)		非加熱面(熱源裏側)	
			
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)
1	233	7	85
2	263	8	64
3	262	9	66
4	74	10	44
5	49	11	59
6	56	12	63
平均膜厚 上塗り付着部 253 μm		平均膜厚 上塗り付着部 290 μm	
下塗り(1) 62 μm		下塗り(2) 127 μm	
		下塗り(1) 33 μm	
C-1			
加熱面(熱源側)		非加熱面(熱源裏側)	
			
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)
1	94	7	250
2	74	8	277
3	89	9	294
4	70	10	287
5	80	11	243
6	78	12	269
平均膜厚 上塗り付着部 270 μm		平均膜厚 上塗り付着部 284 μm	
下塗り(2) 81 μm		下塗り(2) 108 μm	

表 3.3.3 試験後の膜厚測定結果 (3/3)

C-5			
加熱面(熱源側)		非加熱面(熱源裏側)	
			
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)
1	189	7	80
2	187	8	83
3	205	9	74
4	81	10	89
5	69	11	80
6	68	12	59
平均膜厚 上塗り付着部		194 μm	
下塗り(1)		76 μm	
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)
1	233	7	105
2	310	8	115
3	294	9	104
4	84	10	99
5	85	11	97
6	99	12	115
平均膜厚 上塗り付着部		279 μm	
下塗り(1)		89 μm	

3. 4 電気炉加熱試験（時間をパラメータとした試験）

保持時間の違いによる燃焼状況の変化を確認するために、予備の塗装供試体（A-1 塗装系）を使用して、基準温度が 300℃および 600℃に到達してから、それぞれ 5 分、15 分、30 分、60 分間保持した場合の燃焼状況の比較を行った。比較結果の一覧を表 3. 4. 1 に示す。

表 3. 4. 1 保持時間の違いによる塗膜燃焼状況




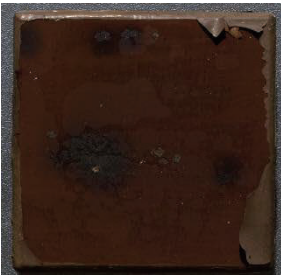





	300℃の場合	600℃の場合
加熱前		
5 分後		
15 分後		
30 分後		
60 分後		

表 3.4.1 より、上塗りの変色が生じる 300℃については、保持時間による上塗りの変色の程度が異なることがわかる。特に、5 分後では、15 分～60 分の場合と状況が異なっている。一方、600℃の場合、保持時間による塗膜の燃焼状況に大きな差異は認められない。

したがって、試験時において保持時間を 15 分間とすると目標温度に到達せずに試験片を取り出すという状況も考えられることから、炉内温度の保持時間は 30 分間とすることとした。

3. 5 電気炉加熱試験（温度をパラメータとした試験）

（1）実験の状況

電気炉加熱試験における、火災曲線を図 3. 5. 1 及び 3. 5. 2 に示す。図 3. 5. 2 は供試体設置後の炉内温度を切り取ったものである。

電気炉は、基準温度に達するまでに 30～60 分間程度を要する、緩やかな上昇となり、基準温度に達した後、全塗装系の供試体を一括で設置する際に、扉を開けることから温度が下がる。また、供試体を炉内の中心付近に設置させていることで、供試体受熱温度のばらつきはほとんど生じないものと考えられる。

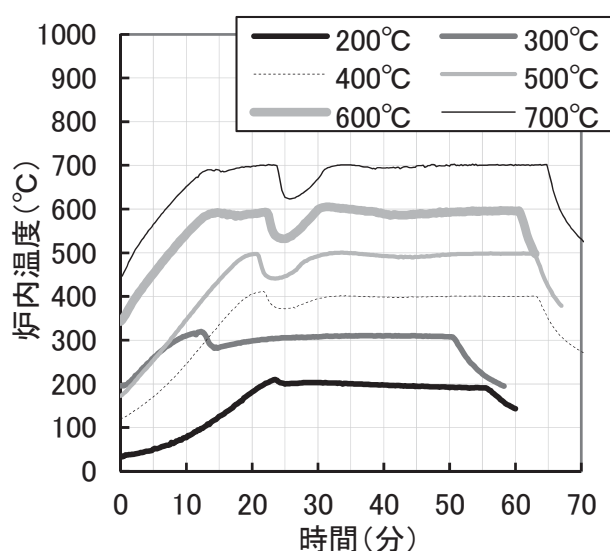


図 3. 5. 1 炉内温度

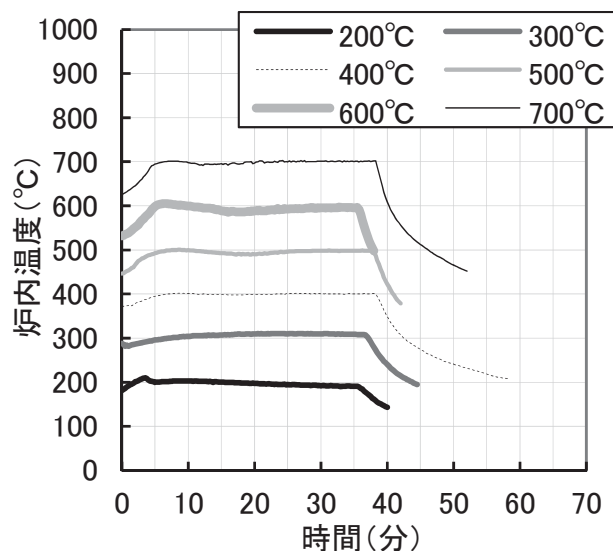


図 3. 5. 2 供試体を設置してからの炉内温度

（2）試験後の塗膜状況一覧

開放型ガス炉加熱試験後の各塗装系に対する塗膜損傷状況および燃焼状況に対する所見を表 3. 5. 1(1)～(5)に示す。同表における所見欄には、「われ」、「ふくれ」、「はがれ」、「変色」等の塗膜の変状を記入した。また、開放型ガス炉加熱試験と同様、加熱に伴う塗膜の変状としては、表 3. 1. 3 に示す指標で一般化した。

なお、各供試体の試験後の損傷状況は、試験後の供試体とともに、塗装系、基準温度、撮影面および加熱方法を記したラベルと、各塗装系の下塗りから上塗りまでの色彩確認用サンプル、およびカラーチェッカーの画像に収めるものである。また、写真撮影後は、カラーチェッカーによる色彩の調整を行うとともに、カメラのレンズ収差による歪みも補正した。

表 3.5.1(1) 電気炉加熱試験結果 (A-1 塗装系)












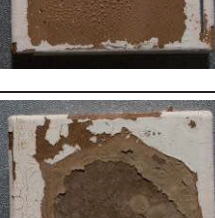

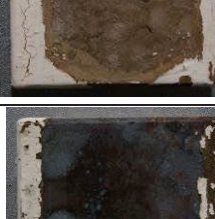
基準 温度	上面			下面		
	塗膜損傷状況	所見	段階の 一般化	塗膜損傷状況	所見	段階の 一般化
加熱 試験 前						
200℃		<ul style="list-style-type: none"> 上塗りがやや黒く変色。 	①		<ul style="list-style-type: none"> 上塗りがやや黒みを帯びた色に変色。 上面と同様の変色状況。 	①
300℃		<ul style="list-style-type: none"> 上塗りが炭化して、供試体端部から「われ」が生じ、全体にわたってはがれている。 下塗りが黒みを帯びている。 	⑤		<ul style="list-style-type: none"> 上塗りが炭化して、供試体端部から割れが生じ、全体にわたって「はがれ」。 下塗りが黒みを帯びている。 	⑤
400℃		<ul style="list-style-type: none"> 300℃と同様 上塗りが炭化し、端部から割れが生じている。全体的に「はがれ」が生じている。 下塗り(1)(2)が黒く変色している。 	⑤		<ul style="list-style-type: none"> 300℃と同様 全体にわたってはく離している。 下塗り(1)(2)が黒く変色している。 	⑤
500℃		<ul style="list-style-type: none"> 上塗りが灰化して端部周辺に付着している。 下塗り(1)(2)が淡い茶色に変色している。 	⑤		<ul style="list-style-type: none"> 上塗りが灰化して端部周辺に付着。 下塗り(1)(2)が淡い茶色に変色している。 上塗りの付着範囲が上面より少ない。 	⑤
600℃		<ul style="list-style-type: none"> 500℃の場合と同様。 	⑤		<ul style="list-style-type: none"> 上塗りが灰化して端部周辺に付着している。 下塗り(2)がはく離し、下塗り(1)に「ふくれ」が生じている。 	⑤
700℃		<ul style="list-style-type: none"> 下塗り(1)がはく離して素地が露出している。 	⑥		<ul style="list-style-type: none"> 下塗り(1)がはく離して素地が露出している。 	⑥

表 3.5.1(2) 電気炉加熱試験結果 (A-2 塗装系)





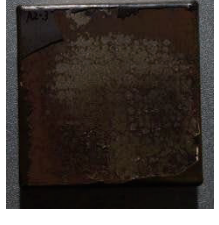
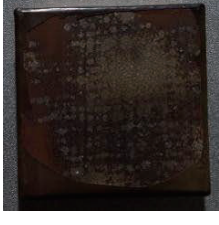

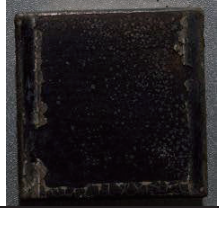






基準 温度	上面			下面		
	塗膜損傷状況	所見	段階の 一般化	塗膜損傷状況	所見	段階の 一般化
加熱 試験 前						
200 ℃		<ul style="list-style-type: none"> ・上塗りがやや黒みを帯びた色に変色している。 	①		<ul style="list-style-type: none"> ・上塗りがやや黒みを帯びた色に変色している。 	①
300 ℃		<ul style="list-style-type: none"> ・上塗りが炭化して、供試体端部から「われ」を生じ、全体にわたってはがれている。 ・下塗り(1)(2)が黒みを帯びた色になり、下塗り(3)が付着している。 	⑤		<ul style="list-style-type: none"> ・上塗りが炭化して、端部から「われ」が生じている。 ・下塗り(1)(2)が黒みを帯びた色になり、下塗り(3)が付着している。 	⑤
400 ℃		<ul style="list-style-type: none"> ・上塗りが全体にわたってはがれている。 ・下塗りが黒く変色している。 	⑤		<ul style="list-style-type: none"> ・上塗りが全体にわたってはがれている。 ・下塗りが黒く変色している。 	⑤
500 ℃		<ul style="list-style-type: none"> ・上塗りが灰化して端部周辺に付着している。 ・下塗り(1)(2)が淡い茶色に変色しており、下塗り(3)付着部に小さな凹凸が生じている。 	⑤		<ul style="list-style-type: none"> ・上塗りが灰化して端部周辺に付着している。 ・下塗り(1)(2)が淡い茶色に変色しており、下塗り(3)付着部に小さな凹凸が生じている。 	⑤
600 ℃		<ul style="list-style-type: none"> ・上塗りが灰化して端部周辺に付着している。 ・下塗り(1)(2)が淡い茶色に変色しており、下塗り(3)付着部に小さな凹凸が生じている。 	⑤		<ul style="list-style-type: none"> ・上塗りが灰化して端部周辺に付着している。 ・下塗り(1)(2)が淡い茶色に変色しており、下塗り(3)付着部に小さな凹凸が生じている。 	⑤
700 ℃		<ul style="list-style-type: none"> ・下塗り(1)がはがれて素地が露出している。 	⑥		<ul style="list-style-type: none"> ・下塗り(1)がはがれて素地が露出している。 	⑥

表 3.5.1(3) 電気炉加熱試験結果 (B-1 塗装系)














基準温度	上面			下面		
	塗膜損傷状況	所見	段階の一般化	塗膜損傷状況	所見	段階の一般化
加熱試験前						
200℃		<ul style="list-style-type: none"> 上塗りが一部で黒みを帯びた色に変色している。 	①		<ul style="list-style-type: none"> ほとんど変色していない。 	
300℃		<ul style="list-style-type: none"> 上塗りが炭化して黒く変色し、小さな「われ」及び「ふくれ」が全面的に生じている。 下塗り(3)が露出している箇所がある。 	②		<ul style="list-style-type: none"> 上塗りが炭化して黒く変色し、小さな「われ」及び「ふくれ」が全面的に生じている。 	②
400℃		<ul style="list-style-type: none"> 上塗りが完全に炭化して黒く変色し、小さな「われ」及び「ふくれ」が全面的に生じている。 	②		<ul style="list-style-type: none"> 上塗りが完全に炭化して黒く変色し、小さな「われ」及び「ふくれ」が全面的に生じている。 	②
500℃		<ul style="list-style-type: none"> 上塗りがほとんどはがれ、端部に灰化して付着している。 下塗り(1)(2)が濃い茶色に変色している。 	⑤		<ul style="list-style-type: none"> 灰化した上塗りが端部に付着している。 下塗り(1)(2)が濃い茶色に変色している。 	⑤
600℃		<ul style="list-style-type: none"> 上塗りが全面的にはがれている。(端部にわずかに付着している。) 下塗り(1)(2)が緑がかかった色に変色している。 	⑤		<ul style="list-style-type: none"> 上塗りがほとんどはがれている。 下塗り(1)(2)が緑がかかった色に変色し、「ふくれ」を生じている。 	⑤
700℃		<ul style="list-style-type: none"> 下塗り(1)がはがれて素地が露出している。 	⑥		<ul style="list-style-type: none"> 下塗り(1)がはがれて素地が露出している。 	⑥

表 3.5.1(4) 電気炉加熱試験結果 (C-1 塗装系)









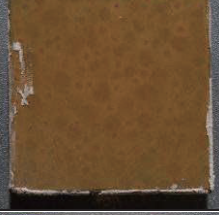



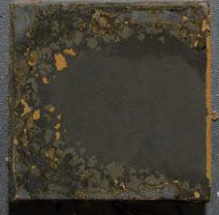



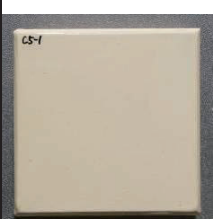
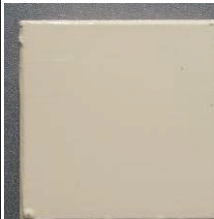

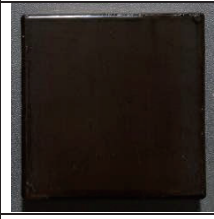








基準 温度	上面			下面		
	塗膜損傷状況	所見	段階の 一般化	塗膜損傷状況	所見	段階の 一般化
加熱 試験 前						
200 ℃		・ほとんど変色して いない。			・ほとんど変色し ていない。	
300 ℃		・上塗りが黒みを帯 びた色に変色し ている。	①		・上塗りが黒みを 帯びた色に変 色している。	①
400 ℃		・上塗りが炭化し て黒く変色し、 「われ」や「ふく れ」を生じてい る。	②		・上塗りがほと んどはがれて おり、下塗り (3)が露出し ている。	②
500 ℃		・上・中塗りおよ び下塗り(3)が はがれている。 ・下塗り(1)(2) が、 <u>薄い茶色</u> に変色してい る。	⑤		・上・中塗りが ほとんどはが れている。 ・下塗り(3)が はがれずに付 着している。	⑤
600 ℃		・下塗り(1)(2) がより <u>薄い色</u> に変色してい る。	⑤		・上・中塗り及 び下塗り(3) がはがれてい る。 ・下塗り(1)(2) が、薄い茶色 に変色してい る。	⑤
700 ℃		・下塗り(2)が はがれ、 <u>下塗り(1)</u> が露出し、 <u>濃い 灰色</u> に変色し ている。	⑤		・下塗り(1)が はがれて素地 に付着してい る箇所と残っ ている箇所が 混在している。	⑥

表 3.5.1(5) 電気炉加熱試験結果 (C-5 塗装系)

基準 温度	上面			下面		
	塗膜損傷状況	所見	段階の 一般化	塗膜損傷状況	所見	段階の 一般化
加熱 試験 前						
200 ℃		・ほとんど変色していない。			・ほとんど変色していない。	
300 ℃		・上塗りが黒みを帯びた色に変色している。	①		・上塗りが黒みを帯びた色に変色している。	①
400 ℃		・上塗りがはがれ、中塗りが下塗りに付着している。 ・中塗りが濃い灰色に変色している。	④		・上塗りがはがれている。 ・中塗りが下塗りに付着しており、濃い灰色に変色している。	④
500 ℃		・上・中塗りがほとんどはがれている ・下塗り(2)が赤みを帯びた色又は緑がかった茶色に変色している。	⑤		・上・中塗りがほとんどはがれている ・下塗り(2)が赤みを帯びた色又は緑がかった茶色に変色している。	⑤
600 ℃		・下塗り(2)がより淡い色に変色し、「ふくれ」が生じている箇所もみられる。 ・一部で下塗り(3)が露出している。	⑤		・下塗り(2)に付着した中塗りが茶色がかった色に変色している。 ・下塗り(2)が、やや緑がかった茶色に変色している。	⑤
700 ℃		・下塗り(2)がはがれ、下塗り(3)が露出している。 ・下塗り(3)が、濃い灰色に変色している。	⑤		・下塗り(3)がはがれて素地が出ている箇所と残っている箇所が混在している。	⑥

(3) 試験後の膜厚測定結果

試験後、供試体に残存している塗装の膜厚を測定した結果の一覧を表 3.5.2(1), (2)に示す。また、各供試体の膜厚測定位置および測定結果を表 3.5.3(1)～(5)及び図 3.5.3に示す。

多くの塗装系において、加熱後の総膜厚が小さくなる傾向にあるものの、上塗りが剥がれたあと付着してしまうなどの理由から、試験前よりも厚くなることもある。これらのことから、加熱温度と試験後の膜厚を関連づける傾向はみられなかった。

表 3.5.2(1) 試験後の膜厚測定結果一覧 (上面)

電気炉 加熱試験 (上面)		A-1		A-2		B-1		C-1		C-5	
		塗装	膜厚 (μm)	塗装	膜厚 (μm)	塗装	膜厚 (μm)	塗装	膜厚 (μm)	塗装	膜厚 (μm)
試験前	平均膜厚	下塗り	89	下塗り(1)	82	下塗り(1)	77	下塗り(1)	82	下塗り(1)	85
		中塗り	136	下塗り(2)	196	下塗り(2)	184	下塗り(2)	208	下塗り(2)	314
		上塗り	192	中塗り	206	中塗り	218	下塗り(3)	293	中塗り	387
				上塗り	252	上塗り	270	中塗り	363	上塗り	418
試験後	200℃	上塗り	190	上塗り	247	上塗り	273	上塗り	358	上塗り	389
	300℃	下塗り	80	上塗り	200	上塗り	333	上塗り	347	上塗り	350
				下塗り(2)	130	下塗り(2)	168				
	400℃	上塗り付着部	221	下塗り(1)	98	上塗り	342	上塗り	402	中塗り付着部	299
		下塗り	109							下塗り(2)	120
	500℃	上塗り付着部	219	上塗り付着部	201	上塗り付着部	256	下塗り(2)	98	下塗り(2)	95
		下塗り	52	下塗り(1)	73	下塗り(1)	131				
	600℃	上塗り付着部	251	上塗り付着部	220	下塗り(1)	155	下塗り(2)	117	下塗り(2)	134
		下塗り	105	下塗り(2)	111						
	700℃			下塗り(1)	66						
		下塗り	はく離	下塗り(1)	はく離	下塗り(1)	はく離	下塗り(1)	47	下塗り(1)	50
塗料		<ul style="list-style-type: none"> 下塗り シアナミド鉛さび止め 中・上塗り 長油性フタル酸樹脂 		<ul style="list-style-type: none"> 下塗り(1) シアナミド鉛さび止め 下塗り(2) フェノール樹脂MIO 中・上塗り 長油性フタル酸樹脂 		<ul style="list-style-type: none"> 下塗り(1) シアナミド鉛さび止め 下塗り(2) フェノール樹脂MIO 中・上塗り 塩化ゴム系 		<ul style="list-style-type: none"> 下塗り(1) 無機ジクロリッチペイント 下塗り(2) エポキシ樹脂塗料 下塗り(3) エポキシ樹脂MIO 中・上塗り ポリウレタン樹脂 		<ul style="list-style-type: none"> 下塗り(1) 無機ジクロリッチペイント 下塗り(2) 厚膜形エポキシ樹脂 中・上塗り ふっ素樹脂 	

表 3.5.2(2) 試験後の膜厚測定結果一覧 (下面)

電気炉 加熱試験 (下面)		A-1		A-2		B-1		C-1		C-5	
		塗装	膜厚 (μm)	塗装	膜厚 (μm)	塗装	膜厚 (μm)	塗装	膜厚 (μm)	塗装	膜厚 (μm)
試験前	平均膜厚	下塗り	89	下塗り(1)	82	下塗り(1)	77	下塗り(1)	82	下塗り(1)	85
		中塗り	136	下塗り(2)	196	下塗り(2)	184	下塗り(2)	208	下塗り(2)	314
		上塗り	192	中塗り	206	中塗り	218	下塗り(3)	293	中塗り	387
				上塗り	252	上塗り	270	中塗り	363	上塗り	418
試験後	200℃	上塗り	179	上塗り	211	上塗り	248	上塗り	321	上塗り	280
	300℃	下塗り	59	下塗り(2)	151	上塗り	350	上塗り	304	上塗り	246
				下塗り(1)	58						
	400℃	下塗り	77	下塗り(1)	107	上塗り	348	下塗り(3)	234	中塗り付着部	177
						下塗り(2)	127			下塗り(2)	102
	500℃	下塗り	69	上塗り付着部	236	上塗り付着部	285	上塗り付着部	285	中塗り付着部	179
				下塗り(1)	67	下塗り(1)	104	下塗り(3)	227	下塗り(2)	103
	600℃	上塗り付着部	203	上塗り付着部	216	下塗り(1)	113	下塗り(2)	95	中塗り付着部	226
		下塗り	133	下塗り(2)	123					下塗り(2)	112
	700℃			下塗り(1)	99						
		下塗り	はく離	下塗り(1)	はく離	下塗り(1)	はく離	下塗り(1)	30	下塗り(1)	27
	塗料		<ul style="list-style-type: none"> 下塗り シアナミド鉛さび止め 中・上塗り 長油性フタル酸樹脂 		<ul style="list-style-type: none"> 下塗り(1) シアナミド鉛さび止め 下塗り(2) フェノール樹脂MIO 中・上塗り 長油性フタル酸樹脂 		<ul style="list-style-type: none"> 下塗り(1) シアナミド鉛さび止め 下塗り(2) フェノール樹脂MIO 中・上塗り 塩化ゴム系 		<ul style="list-style-type: none"> 下塗り(1) 無機ジンクリッチペイント 下塗り(2) エポキシ樹脂塗料 下塗り(3) エポキシ樹脂MIO 中・上塗り ポリウレタン樹脂 		<ul style="list-style-type: none"> 下塗り(1) 無機ジンクリッチペイント 下塗り(2) 厚膜形エポキシ樹脂 中・上塗り ふっ素樹脂

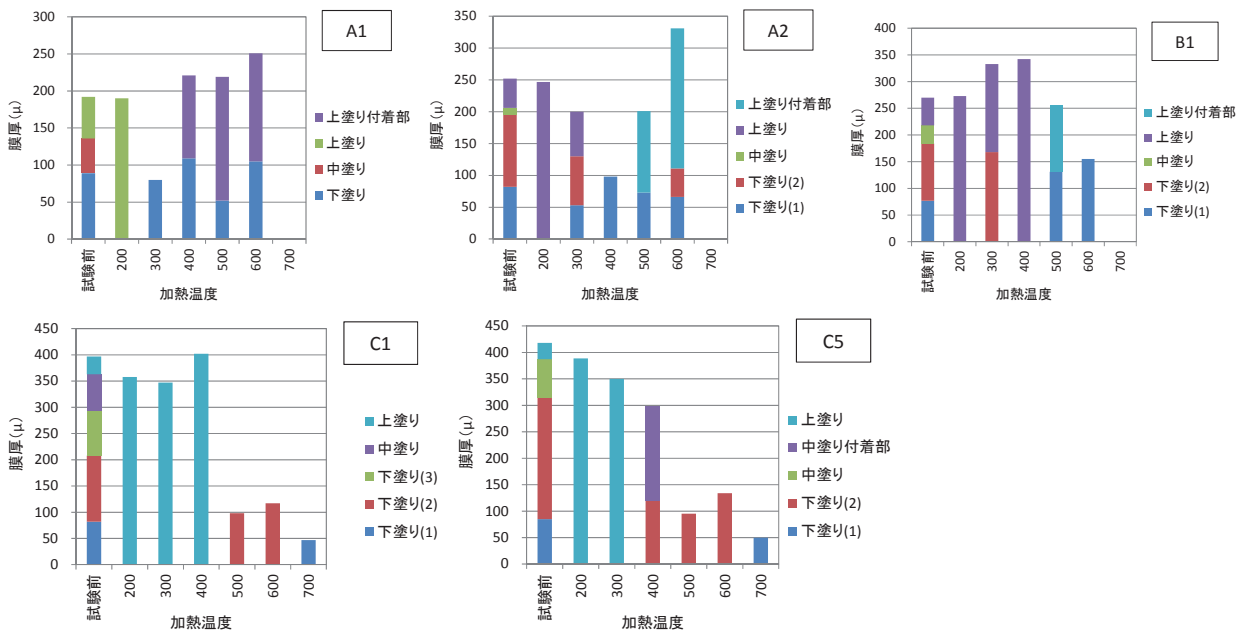


図 3.5.3(1) 試験後の膜厚測定結果 (上面)

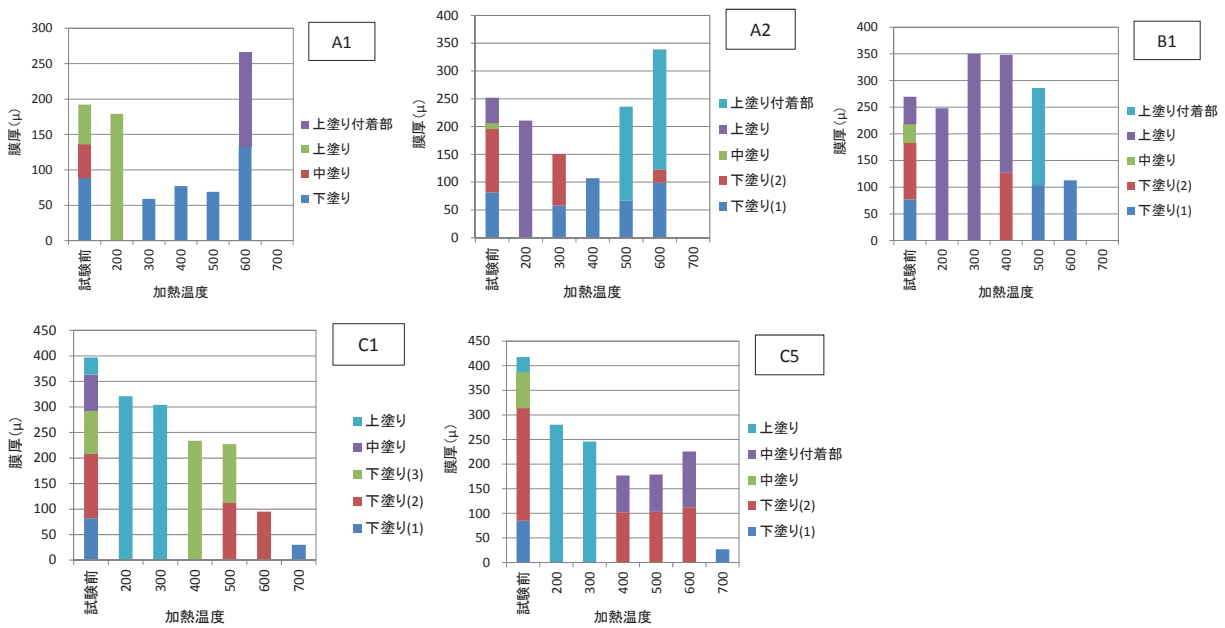


図 3.5.3(2) 試験後の膜厚測定結果 (下面)

表 3.5.3(1) 試験後の膜厚測定結果 (A-1) (1/3)

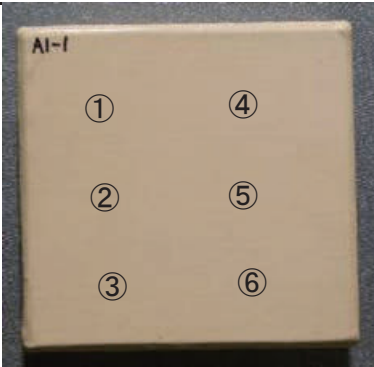
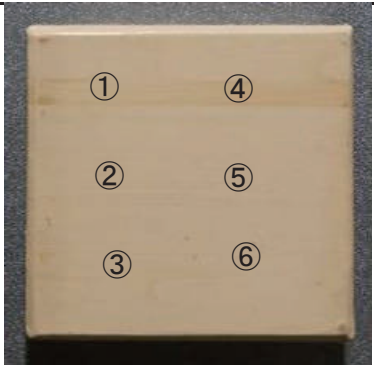


200°C																															
上面		下面																													
																															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>測点</th> <th>膜厚(μ m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>199</td></tr> <tr><td>2</td><td>186</td></tr> <tr><td>3</td><td>173</td></tr> <tr><td>4</td><td>185</td></tr> <tr><td>5</td><td>200</td></tr> <tr><td>6</td><td>196</td></tr> </tbody> </table>	測点	膜厚(μ m)	1	199	2	186	3	173	4	185	5	200	6	196		<table border="1"> <thead> <tr> <th>測点</th> <th>膜厚(μ m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>186</td></tr> <tr><td>2</td><td>178</td></tr> <tr><td>3</td><td>168</td></tr> <tr><td>4</td><td>183</td></tr> <tr><td>5</td><td>191</td></tr> <tr><td>6</td><td>165</td></tr> </tbody> </table>	測点	膜厚(μ m)	1	186	2	178	3	168	4	183	5	191	6	165
測点	膜厚(μ m)																														
1	199																														
2	186																														
3	173																														
4	185																														
5	200																														
6	196																														
測点	膜厚(μ m)																														
1	186																														
2	178																														
3	168																														
4	183																														
5	191																														
6	165																														
平均膜厚	上塗り	190 μ m	平均膜厚	上塗り	179 μ m																										
300°C																															
上面		下面																													
																															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>測点</th> <th>膜厚(μ m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>46</td></tr> <tr><td>2</td><td>89</td></tr> <tr><td>3</td><td>86</td></tr> <tr><td>4</td><td>89</td></tr> <tr><td>5</td><td>103</td></tr> <tr><td>6</td><td>70</td></tr> </tbody> </table>	測点	膜厚(μ m)	1	46	2	89	3	86	4	89	5	103	6	70		<table border="1"> <thead> <tr> <th>測点</th> <th>膜厚(μ m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>56</td></tr> <tr><td>2</td><td>60</td></tr> <tr><td>3</td><td>47</td></tr> <tr><td>4</td><td>52</td></tr> <tr><td>5</td><td>68</td></tr> <tr><td>6</td><td>73</td></tr> </tbody> </table>	測点	膜厚(μ m)	1	56	2	60	3	47	4	52	5	68	6	73
測点	膜厚(μ m)																														
1	46																														
2	89																														
3	86																														
4	89																														
5	103																														
6	70																														
測点	膜厚(μ m)																														
1	56																														
2	60																														
3	47																														
4	52																														
5	68																														
6	73																														
平均膜厚	下塗り	80 μ m	平均膜厚	下塗り	59 μ m																										

表 3.5.3(1) 試験後の膜厚測定結果 (A-1) (2/3)

400°C			
上面		下面	
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)
1	112	7	220
2	102	8	232
3	114	9	211
4	115		
5	108		
6	103		
平均膜厚	上塗り付着部	221	μm
	下塗り	109	μm
		測点	膜厚(μm)
		1	79
		2	42
		3	108
		4	88
		5	64
		6	82
		平均膜厚	下塗り
			77 μm
500°C			
上面		下面	
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)
1	71	1	71
2	42	2	61
3	43	3	85
4	256	4	75
5	201	5	56
6	201	6	65
平均膜厚	上塗り付着部	219	μm
	下塗り	52	μm
		測点	膜厚(μm)
		1	71
		2	61
		3	85
		4	75
		5	56
		6	65
		平均膜厚	下塗り
			69 μm

表 3.5.3(1) 試験後の膜厚測定結果 (A-1) (3/3)





600°C					
上面		下面			
					
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)		
1	93	7	129		
2	115	8	144		
3	107	9	99		
4	273	4	126		
5	230	5	145		
6	249	6	157		
平均膜厚	上塗り付着部	251 μm	平均膜厚	上塗り付着部	203 μm
	下塗り	105 μm		下塗り	133 μm
700°C					
上面		下面			
					
下塗りはく離		下塗りはく離			

表 3.5.3(2) 試験後の膜厚測定結果 (A-2) (1/3)

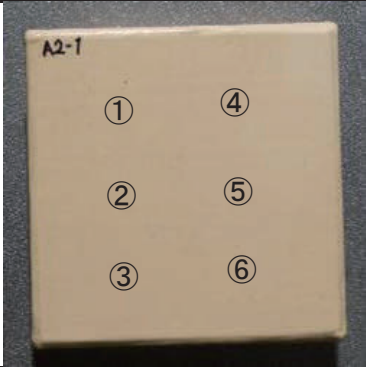
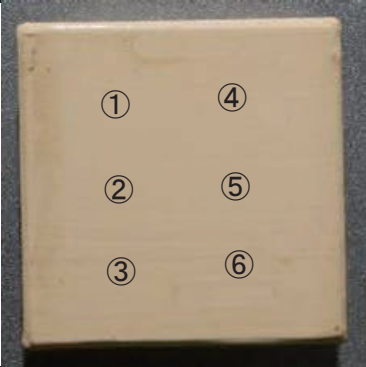


200°C					
上面		下面			
					
測点	膜厚(μ m)	測点	膜厚(μ m)		
1	232	1	191		
2	236	2	217		
3	274	3	232		
4	239	4	187		
5	247	5	231		
6	252	6	209		
平均膜厚	上塗り	247 μ m	平均膜厚	上塗り	211 μ m
300°C					
上面		下面			
					
測点	膜厚(μ m)	測点	膜厚(μ m)		
1	136	7	200		
2	139	8	184		
3	116	9	217		
4	54				
5	44				
6	61				
平均膜厚	上塗り	200 μ m	平均膜厚	下塗り(2)	151 μ m
	下塗り(2)	130 μ m		下塗り(1)	58 μ m
	下塗り(1)	53 μ m			

表 3.5.3(2) 試験後の膜厚測定結果 (A-2) (2/3)

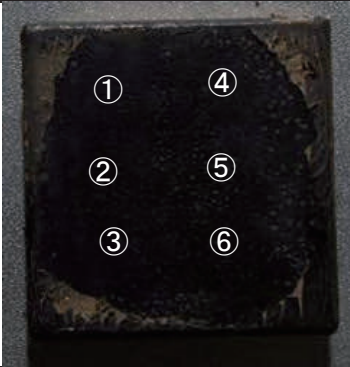
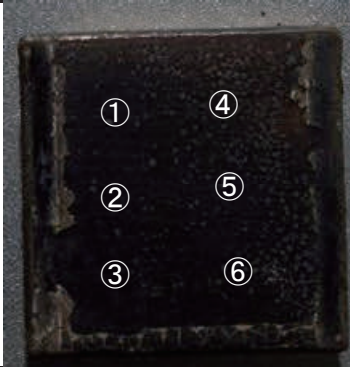

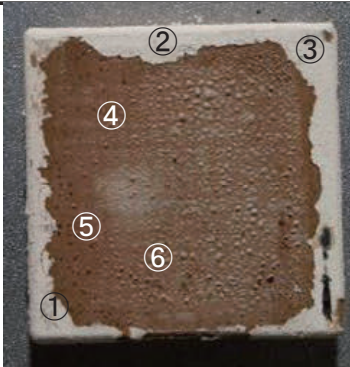
400°C			
上面		下面	
			
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)
1	91	1	107
2	109	2	119
3	73	3	110
4	103	4	95
5	98	5	104
6	113	6	106
平均膜厚	下塗り(1) 98 μm	平均膜厚	下塗り(1) 107 μm
500°C			
上面		下面	
			
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)
1	166	1	263
2	207	2	223
3	230	3	223
4	72	4	69
5	75	5	67
6	72	6	65
平均膜厚	上塗り付着部 201 μm 下塗り(1) 73 μm	平均膜厚	上塗り付着部 236 μm 下塗り(1) 67 μm

表 3.5.3(2) 試験後の膜厚測定結果 (A-2) (3/3)

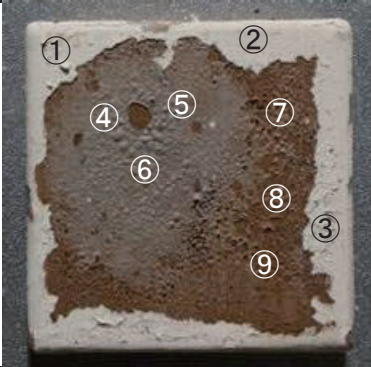
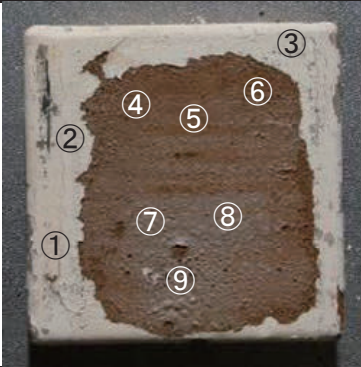


600°C			
上面		下面	
			
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)
1	203	7	52
2	251	8	68
3	205	9	79
4	103		
5	113		
6	116		
平均膜厚	上塗り付着部	220	μm
	下塗り(2)	111	μm
	下塗り(1)	66	μm
		平均膜厚	上塗り付着部
			216 μm
			下塗り(2)
			123 μm
			下塗り(1)
			99 μm
700°C			
上面		下面	
			
下塗りはく離		下塗りはく離	

表 3.5.3(3) 試験後の膜厚測定結果 (B-1) (1/3)



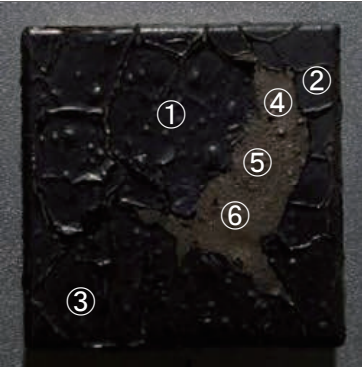

200°C																															
上面		下面																													
																															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>測点</th> <th>膜厚(μ m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>267</td></tr> <tr><td>2</td><td>263</td></tr> <tr><td>3</td><td>285</td></tr> <tr><td>4</td><td>248</td></tr> <tr><td>5</td><td>291</td></tr> <tr><td>6</td><td>282</td></tr> </tbody> </table>	測点	膜厚(μ m)	1	267	2	263	3	285	4	248	5	291	6	282		<table border="1"> <thead> <tr> <th>測点</th> <th>膜厚(μ m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>228</td></tr> <tr><td>2</td><td>269</td></tr> <tr><td>3</td><td>258</td></tr> <tr><td>4</td><td>240</td></tr> <tr><td>5</td><td>250</td></tr> <tr><td>6</td><td>243</td></tr> </tbody> </table>	測点	膜厚(μ m)	1	228	2	269	3	258	4	240	5	250	6	243
測点	膜厚(μ m)																														
1	267																														
2	263																														
3	285																														
4	248																														
5	291																														
6	282																														
測点	膜厚(μ m)																														
1	228																														
2	269																														
3	258																														
4	240																														
5	250																														
6	243																														
平均膜厚	上塗り	273 μ m	平均膜厚	上塗り	248 μ m																										
300°C																															
上面		下面																													
																															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>測点</th> <th>膜厚(μ m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>351</td></tr> <tr><td>2</td><td>331</td></tr> <tr><td>3</td><td>318</td></tr> <tr><td>4</td><td>171</td></tr> <tr><td>5</td><td>178</td></tr> <tr><td>6</td><td>156</td></tr> </tbody> </table>	測点	膜厚(μ m)	1	351	2	331	3	318	4	171	5	178	6	156		<table border="1"> <thead> <tr> <th>測点</th> <th>膜厚(μ m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>340</td></tr> <tr><td>2</td><td>342</td></tr> <tr><td>3</td><td>324</td></tr> <tr><td>4</td><td>373</td></tr> <tr><td>5</td><td>419</td></tr> <tr><td>6</td><td>302</td></tr> </tbody> </table>	測点	膜厚(μ m)	1	340	2	342	3	324	4	373	5	419	6	302
測点	膜厚(μ m)																														
1	351																														
2	331																														
3	318																														
4	171																														
5	178																														
6	156																														
測点	膜厚(μ m)																														
1	340																														
2	342																														
3	324																														
4	373																														
5	419																														
6	302																														
平均膜厚	上塗り	333 μ m	平均膜厚	上塗り	350 μ m																										
	下塗り(2)	168 μ m																													

表 3.5.3(3) 試験後の膜厚測定結果 (B-1) (2/3)



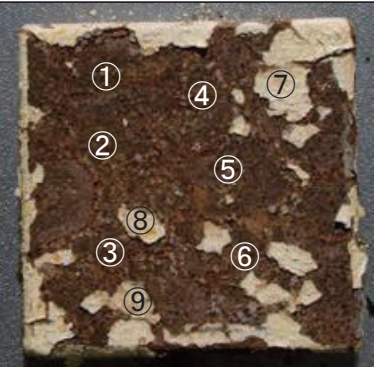

400°C			
上面		下面	
			
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)
1	321	7	126
2	317	8	120
3	362	9	135
4	318		
5	419		
6	316		
平均膜厚	上塗り	342 μm	平均膜厚
			上塗り
			348 μm
			下塗り(2)
			127 μm
500°C			
上面		下面	
			
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)
1	107	7	242
2	113	8	230
3	108	9	297
4	141		
5	150		
6	164		
平均膜厚	上塗り付着部	256 μm	平均膜厚
	下塗り(1)	131 μm	上塗り付着部
			285 μm
			下塗り(1)
			104 μm

表 3.5.3(3) 試験後の膜厚測定結果 (B-1) (3/3)

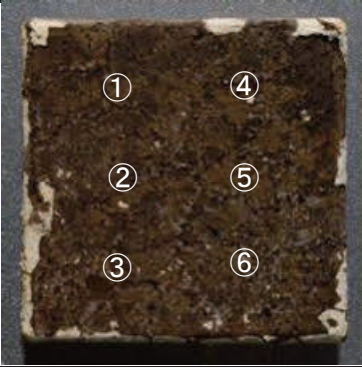
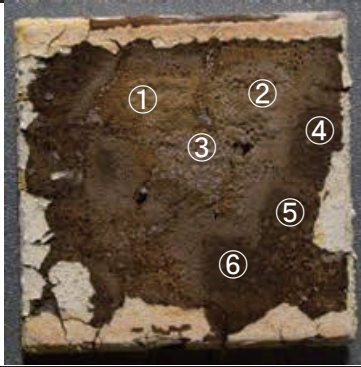
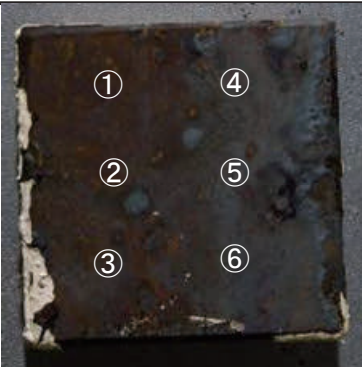
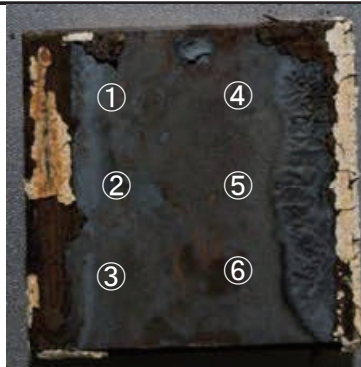
600°C																															
上面		下面																													
																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>測点</th> <th>膜厚(μm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>200</td></tr> <tr><td>2</td><td>196</td></tr> <tr><td>3</td><td>127</td></tr> <tr><td>4</td><td>190</td></tr> <tr><td>5</td><td>106</td></tr> <tr><td>6</td><td>109</td></tr> </tbody> </table>		測点	膜厚(μm)	1	200	2	196	3	127	4	190	5	106	6	109	<table border="1"> <thead> <tr> <th>測点</th> <th>膜厚(μm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>135</td></tr> <tr><td>2</td><td>76</td></tr> <tr><td>3</td><td>158</td></tr> <tr><td>4</td><td>127</td></tr> <tr><td>5</td><td>94</td></tr> <tr><td>6</td><td>90</td></tr> </tbody> </table>		測点	膜厚(μm)	1	135	2	76	3	158	4	127	5	94	6	90
測点	膜厚(μm)																														
1	200																														
2	196																														
3	127																														
4	190																														
5	106																														
6	109																														
測点	膜厚(μm)																														
1	135																														
2	76																														
3	158																														
4	127																														
5	94																														
6	90																														
平均膜厚 下塗り(1) 155 μm		平均膜厚 下塗り(1) 113 μm																													
700°C																															
上面		下面																													
																															
下塗りはく離		下塗りはく離																													

表 3.5.3(4) 試験後の膜厚測定結果 (C-1) (1/3)





200°C																															
上面		下面																													
																															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>測点</th> <th>膜厚(μm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>361</td></tr> <tr><td>2</td><td>368</td></tr> <tr><td>3</td><td>348</td></tr> <tr><td>4</td><td>361</td></tr> <tr><td>5</td><td>350</td></tr> <tr><td>6</td><td>357</td></tr> </tbody> </table>	測点	膜厚(μm)	1	361	2	368	3	348	4	361	5	350	6	357		<table border="1"> <thead> <tr> <th>測点</th> <th>膜厚(μm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>316</td></tr> <tr><td>2</td><td>312</td></tr> <tr><td>3</td><td>306</td></tr> <tr><td>4</td><td>331</td></tr> <tr><td>5</td><td>321</td></tr> <tr><td>6</td><td>338</td></tr> </tbody> </table>	測点	膜厚(μm)	1	316	2	312	3	306	4	331	5	321	6	338
測点	膜厚(μm)																														
1	361																														
2	368																														
3	348																														
4	361																														
5	350																														
6	357																														
測点	膜厚(μm)																														
1	316																														
2	312																														
3	306																														
4	331																														
5	321																														
6	338																														
平均膜厚	上塗り	358 μm	平均膜厚	上塗り	321 μm																										
300°C																															
上面		下面																													
																															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>測点</th> <th>膜厚(μm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>334</td></tr> <tr><td>2</td><td>347</td></tr> <tr><td>3</td><td>352</td></tr> <tr><td>4</td><td>334</td></tr> <tr><td>5</td><td>353</td></tr> <tr><td>6</td><td>360</td></tr> </tbody> </table>	測点	膜厚(μm)	1	334	2	347	3	352	4	334	5	353	6	360		<table border="1"> <thead> <tr> <th>測点</th> <th>膜厚(μm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>318</td></tr> <tr><td>2</td><td>303</td></tr> <tr><td>3</td><td>286</td></tr> <tr><td>4</td><td>310</td></tr> <tr><td>5</td><td>307</td></tr> <tr><td>6</td><td>300</td></tr> </tbody> </table>	測点	膜厚(μm)	1	318	2	303	3	286	4	310	5	307	6	300
測点	膜厚(μm)																														
1	334																														
2	347																														
3	352																														
4	334																														
5	353																														
6	360																														
測点	膜厚(μm)																														
1	318																														
2	303																														
3	286																														
4	310																														
5	307																														
6	300																														
平均膜厚	上塗り	347 μm	平均膜厚	上塗り	304 μm																										

表 3.5.3(4) 試験後の膜厚測定結果 (C-1) (2/3)

400°C					
上面		下面			
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)		
1	377	1	211		
2	481	2	270		
3	410	3	262		
4	367	4	221		
5	403	5	227		
6	372	6	215		
平均膜厚	上塗り	402 μm	平均膜厚	下塗り(3)	234 μm
500°C					
上面		下面			
測点	膜厚(μm)	測点	膜厚(μm)		
1	106	7	287		
2	97	8	301		
3	94	9	267		
4	96	10	115		
5	97	11	120		
6	100	12	101		
平均膜厚	下塗り(2)	98 μm	平均膜厚	上塗り付着部	285 μm
			下塗り(3)	227 μm	
			下塗り(2)	112 μm	

表 3.5.3(4) 試験後の膜厚測定結果 (C-1) (3/3)

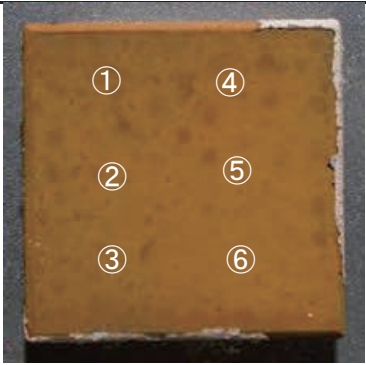
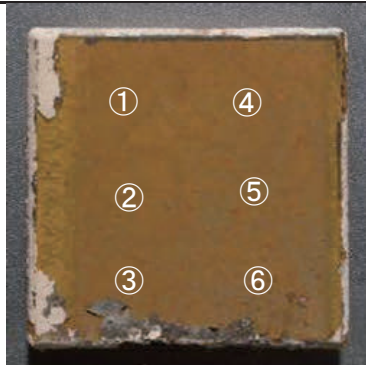
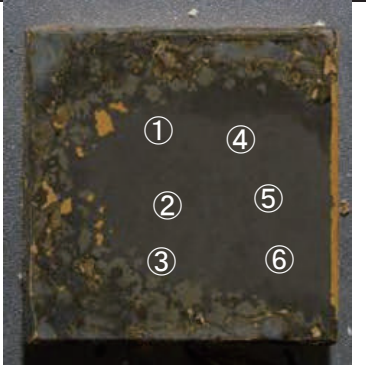
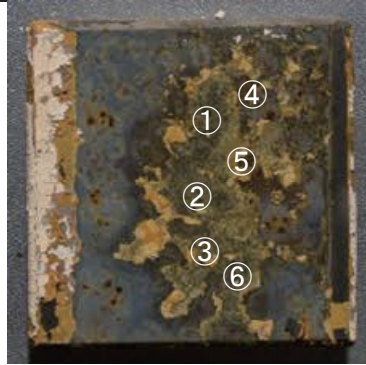
600°C																													
上面	下面																												
																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>測点</th> <th>膜厚(μ m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>118</td></tr> <tr><td>2</td><td>111</td></tr> <tr><td>3</td><td>114</td></tr> <tr><td>4</td><td>120</td></tr> <tr><td>5</td><td>110</td></tr> <tr><td>6</td><td>126</td></tr> </tbody> </table>	測点	膜厚(μ m)	1	118	2	111	3	114	4	120	5	110	6	126	<table border="1"> <thead> <tr> <th>測点</th> <th>膜厚(μ m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>100</td></tr> <tr><td>2</td><td>106</td></tr> <tr><td>3</td><td>102</td></tr> <tr><td>4</td><td>88</td></tr> <tr><td>5</td><td>93</td></tr> <tr><td>6</td><td>82</td></tr> </tbody> </table>	測点	膜厚(μ m)	1	100	2	106	3	102	4	88	5	93	6	82
測点	膜厚(μ m)																												
1	118																												
2	111																												
3	114																												
4	120																												
5	110																												
6	126																												
測点	膜厚(μ m)																												
1	100																												
2	106																												
3	102																												
4	88																												
5	93																												
6	82																												
平均膜厚 下塗り(2) 117 μ m	平均膜厚 下塗り(2) 95 μ m																												
700°C																													
上面	下面																												
																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>測点</th> <th>膜厚(μ m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>49</td></tr> <tr><td>2</td><td>44</td></tr> <tr><td>3</td><td>40</td></tr> <tr><td>4</td><td>45</td></tr> <tr><td>5</td><td>45</td></tr> <tr><td>6</td><td>59</td></tr> </tbody> </table>	測点	膜厚(μ m)	1	49	2	44	3	40	4	45	5	45	6	59	<table border="1"> <thead> <tr> <th>測点</th> <th>膜厚(μ m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>28</td></tr> <tr><td>2</td><td>36</td></tr> <tr><td>3</td><td>45</td></tr> <tr><td>4</td><td>29</td></tr> <tr><td>5</td><td>25</td></tr> <tr><td>6</td><td>20</td></tr> </tbody> </table>	測点	膜厚(μ m)	1	28	2	36	3	45	4	29	5	25	6	20
測点	膜厚(μ m)																												
1	49																												
2	44																												
3	40																												
4	45																												
5	45																												
6	59																												
測点	膜厚(μ m)																												
1	28																												
2	36																												
3	45																												
4	29																												
5	25																												
6	20																												
平均膜厚 下塗り(1) 47 μ m	平均膜厚 下塗り(1) 30 μ m																												

表 3.5.3(5) 試験後の膜厚測定結果 (C-5) (1/3)


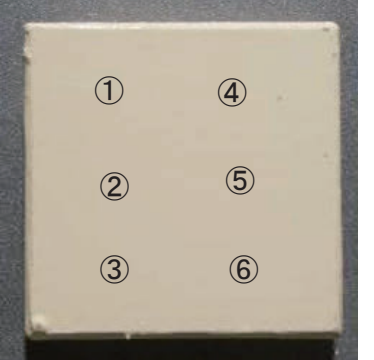


200°C																															
上面		下面																													
																															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>測点</th> <th>膜厚(μm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>388</td></tr> <tr><td>2</td><td>394</td></tr> <tr><td>3</td><td>393</td></tr> <tr><td>4</td><td>387</td></tr> <tr><td>5</td><td>391</td></tr> <tr><td>6</td><td>383</td></tr> </tbody> </table>	測点	膜厚(μm)	1	388	2	394	3	393	4	387	5	391	6	383		<table border="1"> <thead> <tr> <th>測点</th> <th>膜厚(μm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>285</td></tr> <tr><td>2</td><td>296</td></tr> <tr><td>3</td><td>291</td></tr> <tr><td>4</td><td>266</td></tr> <tr><td>5</td><td>269</td></tr> <tr><td>6</td><td>271</td></tr> </tbody> </table>	測点	膜厚(μm)	1	285	2	296	3	291	4	266	5	269	6	271
測点	膜厚(μm)																														
1	388																														
2	394																														
3	393																														
4	387																														
5	391																														
6	383																														
測点	膜厚(μm)																														
1	285																														
2	296																														
3	291																														
4	266																														
5	269																														
6	271																														
平均膜厚	上塗り	389 μm	平均膜厚	上塗り	280 μm																										
300°C																															
上面		下面																													
																															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>測点</th> <th>膜厚(μm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>343</td></tr> <tr><td>2</td><td>365</td></tr> <tr><td>3</td><td>367</td></tr> <tr><td>4</td><td>354</td></tr> <tr><td>5</td><td>336</td></tr> <tr><td>6</td><td>333</td></tr> </tbody> </table>	測点	膜厚(μm)	1	343	2	365	3	367	4	354	5	336	6	333		<table border="1"> <thead> <tr> <th>測点</th> <th>膜厚(μm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>240</td></tr> <tr><td>2</td><td>251</td></tr> <tr><td>3</td><td>240</td></tr> <tr><td>4</td><td>254</td></tr> <tr><td>5</td><td>247</td></tr> <tr><td>6</td><td>241</td></tr> </tbody> </table>	測点	膜厚(μm)	1	240	2	251	3	240	4	254	5	247	6	241
測点	膜厚(μm)																														
1	343																														
2	365																														
3	367																														
4	354																														
5	336																														
6	333																														
測点	膜厚(μm)																														
1	240																														
2	251																														
3	240																														
4	254																														
5	247																														
6	241																														
平均膜厚	上塗り	350 μm	平均膜厚	上塗り	246 μm																										

表 3.5.3(5) 試験後の膜厚測定結果 (C-5) (2/3)


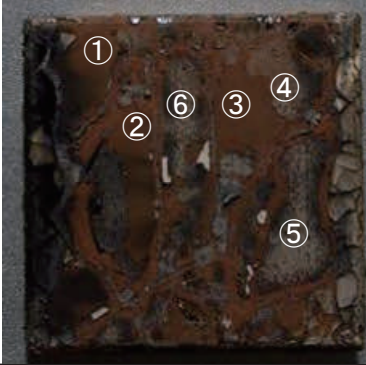
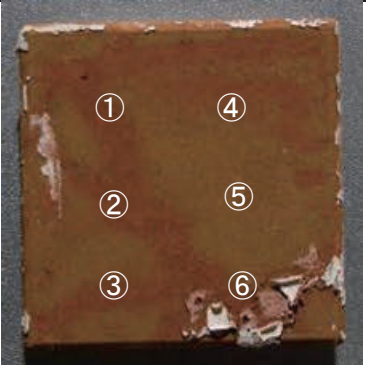
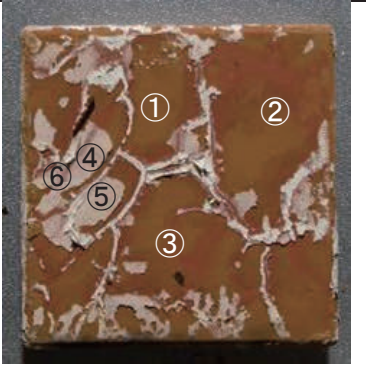

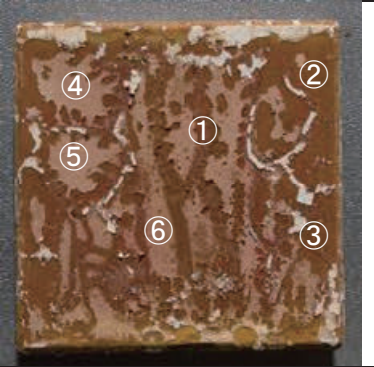


400°C																															
上面		下面																													
																															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>測点</th> <th>膜厚(μ m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>117</td></tr> <tr><td>2</td><td>129</td></tr> <tr><td>3</td><td>114</td></tr> <tr><td>4</td><td>291</td></tr> <tr><td>5</td><td>307</td></tr> <tr><td>6</td><td>299</td></tr> </tbody> </table>	測点	膜厚(μ m)	1	117	2	129	3	114	4	291	5	307	6	299		<table border="1"> <thead> <tr> <th>測点</th> <th>膜厚(μ m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>105</td></tr> <tr><td>2</td><td>102</td></tr> <tr><td>3</td><td>99</td></tr> <tr><td>4</td><td>168</td></tr> <tr><td>5</td><td>172</td></tr> <tr><td>6</td><td>192</td></tr> </tbody> </table>	測点	膜厚(μ m)	1	105	2	102	3	99	4	168	5	172	6	192
測点	膜厚(μ m)																														
1	117																														
2	129																														
3	114																														
4	291																														
5	307																														
6	299																														
測点	膜厚(μ m)																														
1	105																														
2	102																														
3	99																														
4	168																														
5	172																														
6	192																														
平均膜厚	<table border="1"> <tr> <td>中塗り付着部</td> <td>299 μ m</td> </tr> <tr> <td>下塗り(2)</td> <td>120 μ m</td> </tr> </table>	中塗り付着部	299 μ m	下塗り(2)	120 μ m	平均膜厚	<table border="1"> <tr> <td>中塗り付着部</td> <td>177 μ m</td> </tr> <tr> <td>下塗り(2)</td> <td>102 μ m</td> </tr> </table>	中塗り付着部	177 μ m	下塗り(2)	102 μ m																				
中塗り付着部	299 μ m																														
下塗り(2)	120 μ m																														
中塗り付着部	177 μ m																														
下塗り(2)	102 μ m																														
500°C																															
上面		下面																													
																															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>測点</th> <th>膜厚(μ m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>96</td></tr> <tr><td>2</td><td>104</td></tr> <tr><td>3</td><td>103</td></tr> <tr><td>4</td><td>95</td></tr> <tr><td>5</td><td>79</td></tr> <tr><td>6</td><td>92</td></tr> </tbody> </table>	測点	膜厚(μ m)	1	96	2	104	3	103	4	95	5	79	6	92		<table border="1"> <thead> <tr> <th>測点</th> <th>膜厚(μ m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>108</td></tr> <tr><td>2</td><td>96</td></tr> <tr><td>3</td><td>104</td></tr> <tr><td>4</td><td>184</td></tr> <tr><td>5</td><td>182</td></tr> <tr><td>6</td><td>170</td></tr> </tbody> </table>	測点	膜厚(μ m)	1	108	2	96	3	104	4	184	5	182	6	170
測点	膜厚(μ m)																														
1	96																														
2	104																														
3	103																														
4	95																														
5	79																														
6	92																														
測点	膜厚(μ m)																														
1	108																														
2	96																														
3	104																														
4	184																														
5	182																														
6	170																														
平均膜厚	<table border="1"> <tr> <td>下塗り(2)</td> <td>95 μ m</td> </tr> </table>	下塗り(2)	95 μ m	平均膜厚	<table border="1"> <tr> <td>中塗り付着部</td> <td>179 μ m</td> </tr> <tr> <td>下塗り(2)</td> <td>103 μ m</td> </tr> </table>	中塗り付着部	179 μ m	下塗り(2)	103 μ m																						
下塗り(2)	95 μ m																														
中塗り付着部	179 μ m																														
下塗り(2)	103 μ m																														

表 3.5.3(5) 試験後の膜厚測定結果 (C-5) (3/3)

600°C																															
上面		下面																													
																															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>測点</th> <th>膜厚(μm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>129</td></tr> <tr><td>2</td><td>126</td></tr> <tr><td>3</td><td>155</td></tr> <tr><td>4</td><td>108</td></tr> <tr><td>5</td><td>142</td></tr> <tr><td>6</td><td>143</td></tr> </tbody> </table>	測点	膜厚(μm)	1	129	2	126	3	155	4	108	5	142	6	143		<table border="1"> <thead> <tr> <th>測点</th> <th>膜厚(μm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>103</td></tr> <tr><td>2</td><td>111</td></tr> <tr><td>3</td><td>121</td></tr> <tr><td>4</td><td>213</td></tr> <tr><td>5</td><td>230</td></tr> <tr><td>6</td><td>235</td></tr> </tbody> </table>	測点	膜厚(μm)	1	103	2	111	3	121	4	213	5	230	6	235
測点	膜厚(μm)																														
1	129																														
2	126																														
3	155																														
4	108																														
5	142																														
6	143																														
測点	膜厚(μm)																														
1	103																														
2	111																														
3	121																														
4	213																														
5	230																														
6	235																														
平均膜厚	下塗り(2) 134 μm	平均膜厚	中塗り付着部 226 μm 下塗り 112 μm																												
700°C																															
上面		下面																													
																															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>測点</th> <th>膜厚(μm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>46</td></tr> <tr><td>2</td><td>46</td></tr> <tr><td>3</td><td>48</td></tr> <tr><td>4</td><td>50</td></tr> <tr><td>5</td><td>56</td></tr> <tr><td>6</td><td>55</td></tr> </tbody> </table>	測点	膜厚(μm)	1	46	2	46	3	48	4	50	5	56	6	55		<table border="1"> <thead> <tr> <th>測点</th> <th>膜厚(μm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>16</td></tr> <tr><td>2</td><td>20</td></tr> <tr><td>3</td><td>45</td></tr> <tr><td>4</td><td>19</td></tr> <tr><td>5</td><td>28</td></tr> <tr><td>6</td><td>36</td></tr> </tbody> </table>	測点	膜厚(μm)	1	16	2	20	3	45	4	19	5	28	6	36
測点	膜厚(μm)																														
1	46																														
2	46																														
3	48																														
4	50																														
5	56																														
6	55																														
測点	膜厚(μm)																														
1	16																														
2	20																														
3	45																														
4	19																														
5	28																														
6	36																														
平均膜厚	下塗り(1) 50 μm	平均膜厚	下塗り(1) 27 μm																												

(4) まとめ

電気炉加熱試験の塗膜損傷は、いずれの塗膜系においても、上塗りが炭化して黒く変色し、さらに高温になると下塗りが変色する。塗膜の変状を一般化した6段階の指標を用いて、各塗装系と加熱温度で整理した結果を図3.5.4に、塗装状態と加熱温度の関係を表3.5.4(1), (2)に示す。

上塗りの剥がれと下塗りの変色が生じる温度に着目して、各塗装系の損傷状況をまとめると次のとおりである。

- ・ A1, A2, B1 塗装系が 200°C、続いて C1, C5 塗装系が 300°C で上塗りが剥がれている。
 - ・ A1, A2 塗装系が 300°C、B1, C1, C5 塗装系が 500°C で下塗りに変色が生じている。
- いずれの供試体についても 300°C 以上では上塗りが剥がれ、500°C に達すると下塗りが変色している。

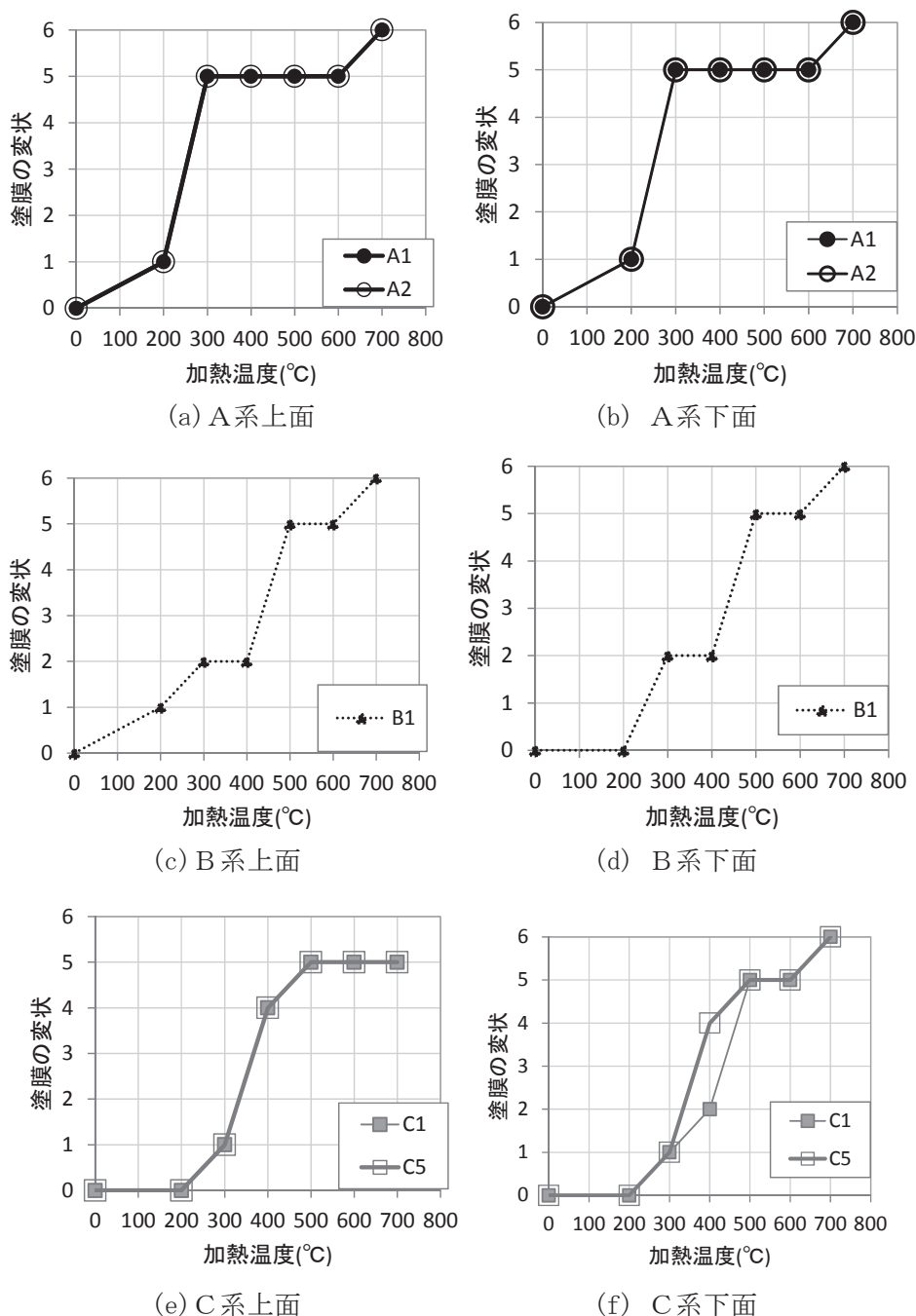


図 3.5.4 塗膜の変状を一般化した指標と加熱温度の関係 (電気炉加熱試験)

表 3.5.4(1) 塗膜の変状 (上面)



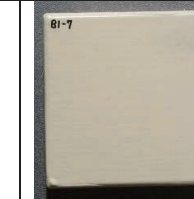
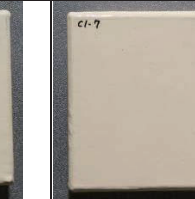
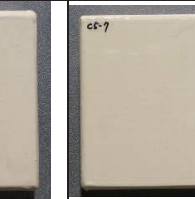
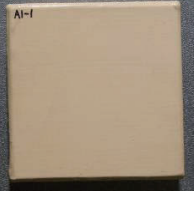
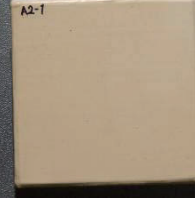
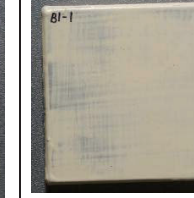
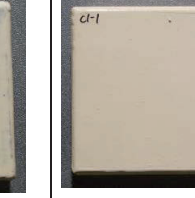









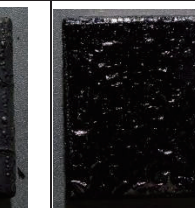




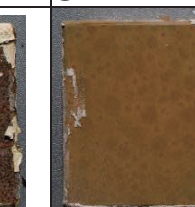
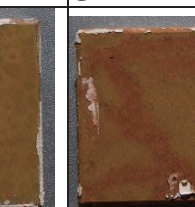



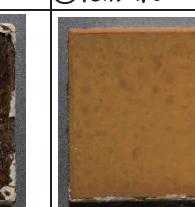
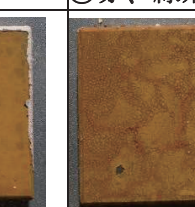
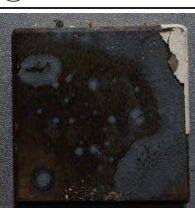


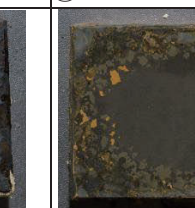
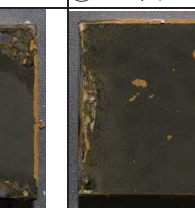




























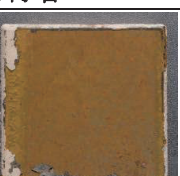




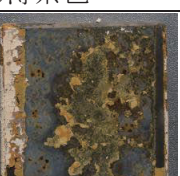
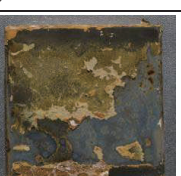
	A-1	A-2	B-1	C-1	C-5
加熱前					
200°C					
	①	①	①		
300°C					
	⑤黒色	⑤黒色	②われ、ふくれ	①	①
400°C					
	⑤	⑤	②	②われふくれ	②はがれ
500°C					
	⑤茶色	⑤薄い茶色	⑤濃い茶色	⑤はがれ	⑤赤、緑茶
600°C					
	⑤	⑤	⑤緑色	⑤	⑤ふくれ
700°C					
	⑥	⑥	⑥	⑤濃灰色	⑤濃灰色

表 3.5.4(2) 塗膜の変状 (下面)

	A-1	A-2	B-1	C-1	C-5
加熱前					
200°C					
	①	①			
300°C					
	⑤黒色	⑤黒色	②われ、ふくれ	①	①
400°C					
	⑤	⑤	②	②	④
500°C					
	⑤淡い茶色	⑤淡い茶色	⑤濃い茶色	⑤付着	⑥緑がかった茶
600°C					
	⑤	⑤	⑤緑色	⑤薄茶色	⑤
700°C					
	⑤	⑥	⑥	⑥	⑥

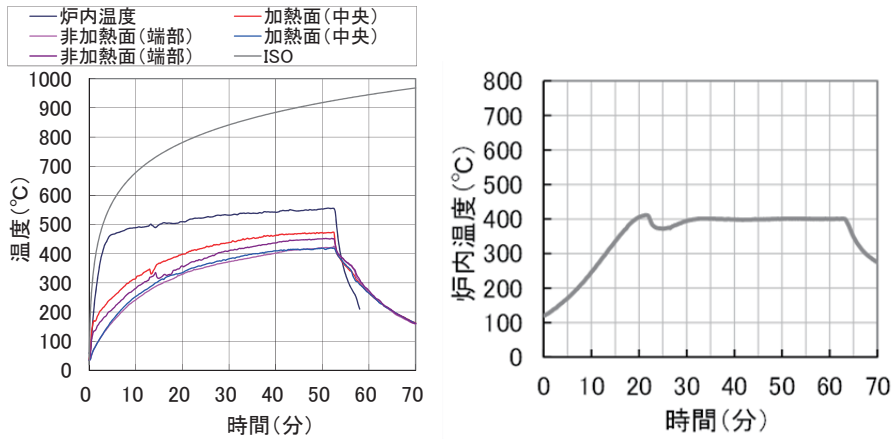
3. 6 開放型ガス炉加熱試験と電気炉加熱試験との比較

開放型ガス炉加熱試験と電気炉加熱試験の違いについて比較した。

(1) 加熱曲線の比較

図 3.6.1 に基準温度 400°C の場合の B1 塗装系の加熱曲線の例を示す。開放型ガス炉加熱試験のうち加熱面（中央）の温度と、電気炉加熱試験の炉内温度を比較した結果を図 3.6.2 に示す。電気炉加熱試験は、電気炉を基準温度まで加熱後に供試体を設置していることから、供試体設置後の加熱曲線のみを比較することとした。

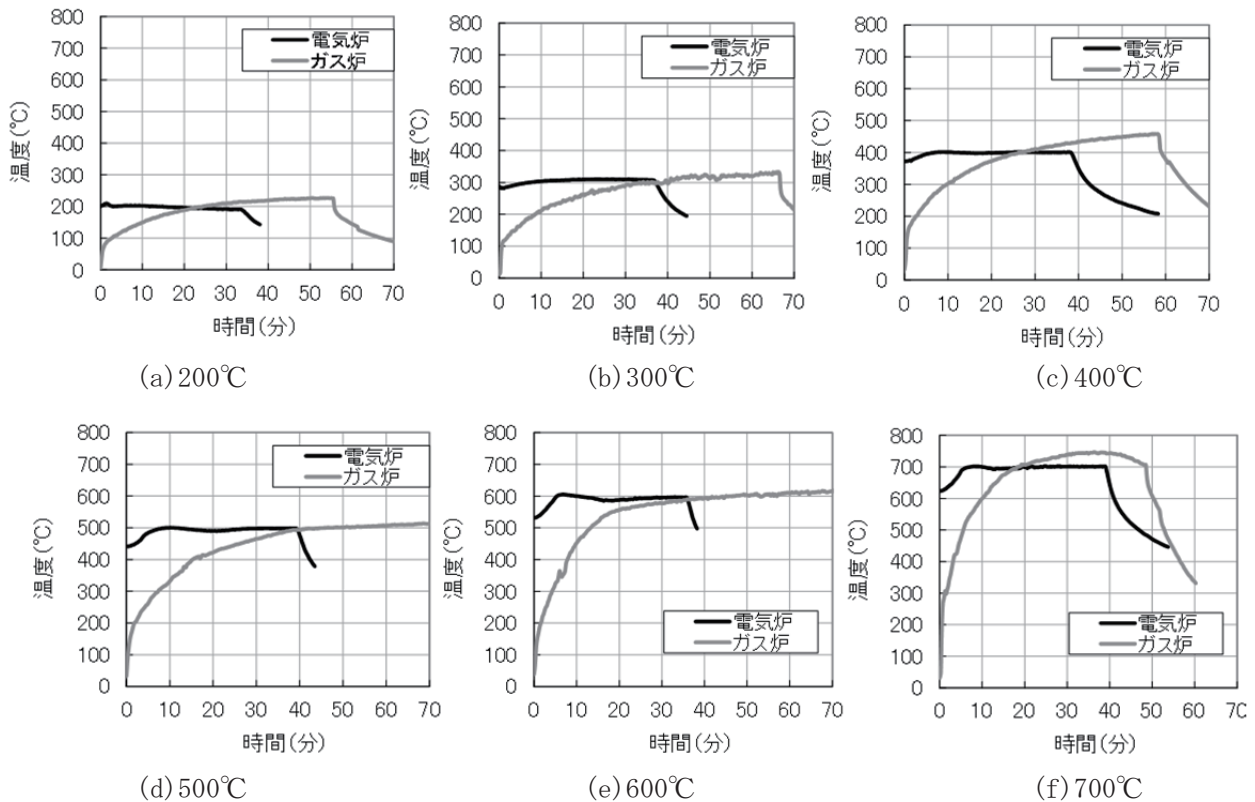
開放型ガス炉加熱試験及び電気炉加熱試験ともに、保持時間は 30 分としている。



(a) 開放型ガス炉加熱試験

(b) 電気炉加熱試験

図 3.6.1 基準温度 400°C の加熱曲線の例 (B1 塗装系)



(a) 200°C

(b) 300°C

(c) 400°C

(d) 500°C

(e) 600°C

(f) 700°C

図 3.6.1 加熱曲線の例 (B1 塗装系)

(2) 塗膜の変状を一般化した指標と加熱温度の関係

塗膜の変状を一般化した指標と加熱温度の関係を図 3.6.1 に、開放型ガス炉加熱試験の加熱面（熱源側）と、電気炉加熱試験の上下面の塗膜状況を各塗装系の変状状況と各基準温度で比較した結果を表 3.6.1 に示す。

- ・ A系は、開放型ガス炉、電気炉ともに 200℃で上塗りが変色し、400℃で下塗りが変色した。電気炉加熱試験では、鋼材の露出にまで至っている。
- ・ C系は、開放型ガス炉、電気炉ともに 300℃で上塗りが変色し、600℃で下塗りが変色した。
- ・ B系は、開放型ガス炉の方が電気炉よりも早く下塗りがはがれるが、その後の変状については電気炉の塗膜の方が急激に変化し、700℃ではどちらの試験方法でも下塗りに変色または剥がれが生じている。

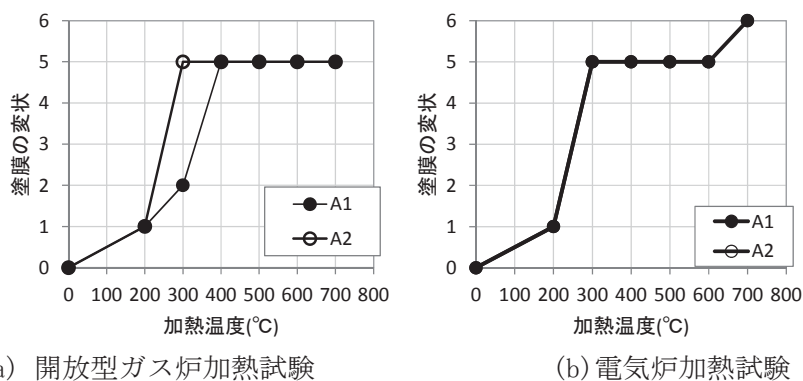


図 3.6.1 塗膜の変状を一般化した指標と加熱温度の関係 (A系・加熱側)

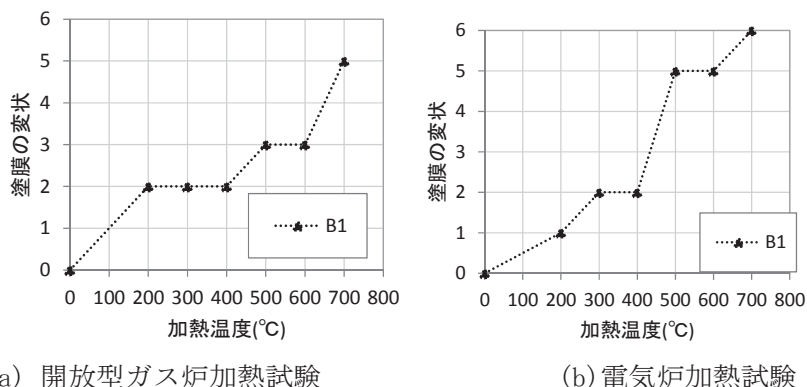


図 3.6.1 塗膜の変状を一般化した指標と加熱温度の関係 (B系加熱側)

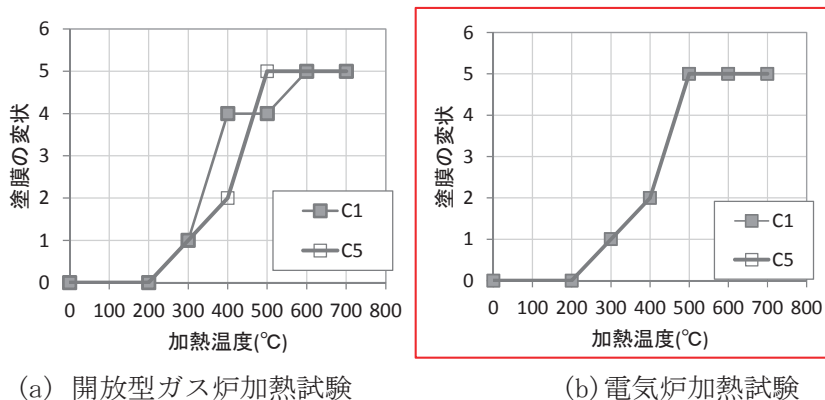
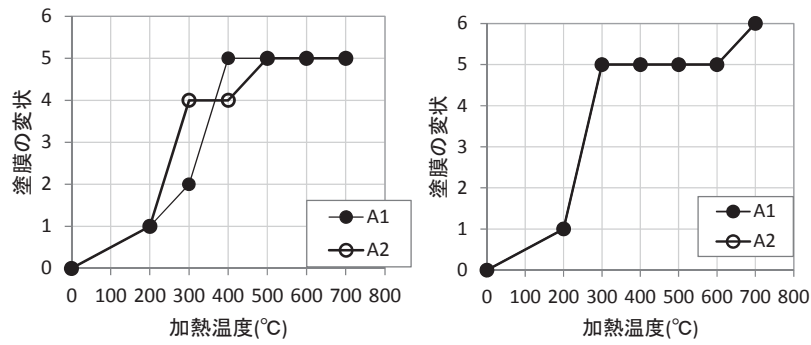


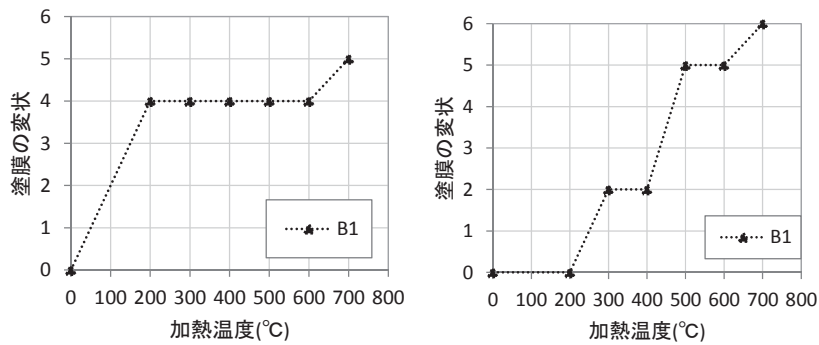
図 3.6.1 塗膜の変状を一般化した指標と加熱温度の関係 (C系・加熱側)



(a) 開放型ガス炉加熱試験

(b) 電気炉加熱試験

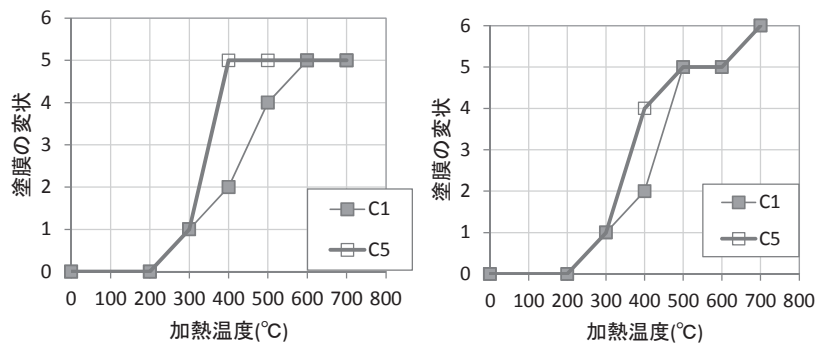
図 3.6.1 塗膜の変状を一般化した指標と加熱温度の関係 (A系・熱源裏側)



(a) 開放型ガス炉加熱試験

(b) 電気炉加熱試験

図 3.6.1 塗膜の変状を一般化した指標と加熱温度の関係 (B系・熱源裏側)



(a) 開放型ガス炉加熱試験

(b) 電気炉加熱試験

図 3.6.1 塗膜の変状を一般化した指標と加熱温度の関係 (C系・熱源裏側)

(3) 塗膜の変状状況と加熱温度の関係

表 3.6.1(1)～(5)に示す全塗装系において、300°Cの場合と700°Cの場合で、特に大きな違いがみられた。このような違いが生じた原因としては、開放型ガス炉加熱試験が片面からの加熱であるのに対し、電気炉加熱試験は両面からの加熱であり、開放型ガス炉による試験よりも電気炉加熱試験の方が、供試体に与えられる熱量が大きかったこと、電気炉加熱試験は炉内温度が基準温度に到達してから供試体を設置する方法としており、700°C加熱の場合には、開放型ガス炉より速い速度で供試体の温度が上昇していること、電気炉は密閉された空間での加熱であるため、炉内に空気が十分には供給されず不完全燃焼が生じやすい条件下であることが考えられる。しかしながら、本研究においては個々の要因との対応が検証できるまでは行えていない。

表 3.6.1(1) 開放型ガス炉加熱試験と電気炉加熱試験との比較 (A-1 塗装系)

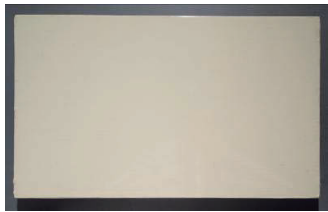



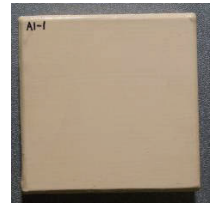







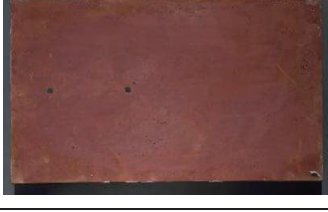








基準温度	開放型ガス炉加熱試験 (加熱面)	電気炉加熱試験	
		(上面)	(下面)
加熱前			
200°C			
300°C			
400°C			
500°C			
600°C			
700°C			

表 3.6.1(2) 開放型ガス炉加熱試験と電気炉加熱試験との比較 (A-2 塗装系)









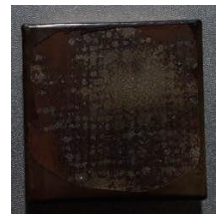

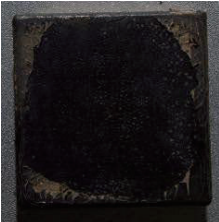
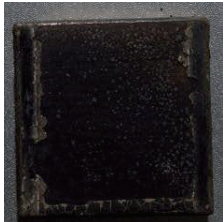
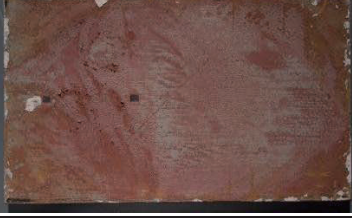

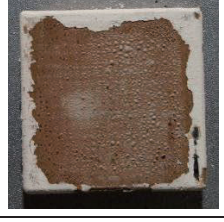






基準温度	開放型ガス炉加熱試験 (加熱面)	電気炉加熱試験	
		(上面)	(下面)
加熱前			
200°C			
300°C			
400°C			
500°C			
600°C			
700°C			

表 3.6.1(3) 開放型ガス炉加熱試験と電気炉加熱試験との比較 (B-1 塗装系)






















基準温度	開放型ガス炉加熱試験 (加熱面)	電気炉加熱試験	
		(上面)	(下面)
加熱前			
200°C			
300°C			
400°C			
500°C			
600°C			
700°C			

表 3.6.1(4) 開放型ガス炉加熱試験と電気炉加熱試験との比較 (C-1 塗装系)



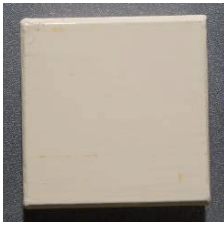







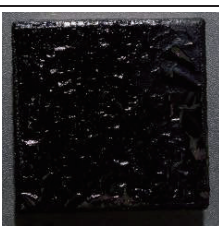


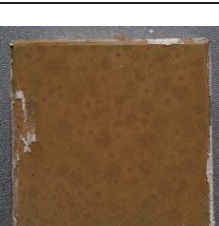


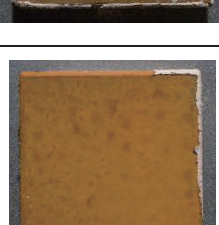
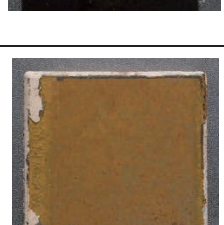
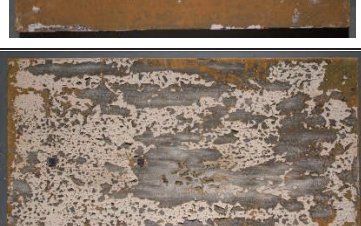
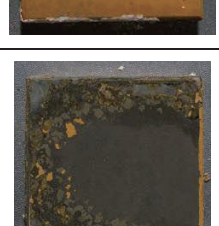













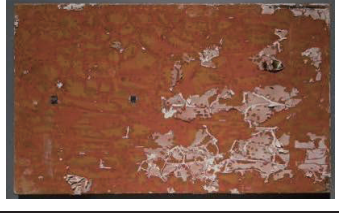



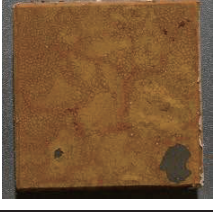

基準温度	開放型ガス炉加熱試験 (加熱面)	電気炉加熱試験	
		(上面)	(下面)
加熱前			
200°C			
300°C			
400°C			
500°C			
600°C			
700°C			

表 3.6.1(5) 開放型ガス炉加熱試験と電気炉加熱試験との比較 (C-5 塗装系)

基準温度	開放型ガス炉加熱試験 (加熱面)	電気炉加熱試験	
		(上面)	(下面)
加熱前			
200°C			
300°C			
400°C			
500°C			
600°C			
700°C	