

石油温風暖房機事故の原因究明等 に関する調査報告書

平成18年 5月

独立行政法人製品評価技術基盤機構

目 次

経緯	1
事故調査の目的・方法	
1 基本的な考え方	1
2 検討委員会の体制	3
事故現場の調査結果	4
原因究明テスト	
1 テスト方法	7
2 テスト結果	11
3 テスト結果のまとめ	27
4 事故の発生メカニズムについて	29
5 事故原因について	32
同様他社製品に関する安全性評価	
1 安全性評価方法	34
2 調査結果 - 1 (構造・安全対策)	34
3 調査結果 - 2 (エアホースの劣化に対する取り組み)	34
4 調査結果 - 3 (エアホースの接続方法)	35
5 安全性評価のまとめ	36
再発防止のための提言	
1 既に販売された F F 式石油温風暖房機 の安全対策について	37
2 今後販売する F F 式石油温風暖房機 の安全対策について	37
3 石油暖房機の点検の必要性及び 情報提供のあり方等について	37

石油温風暖房機事故の原因究明等に関する報告書

平成 18 年 5 月 31 日
独立行政法人製品評価技術基盤機構

経緯

平成 17 年 1 月 5 日、福島県のペンションで、石油温風暖房機（OK-3527HA）から漏れた一酸化炭素（以下「CO」という。）により、1 名死亡、1 名重体の事故が発生した。その後、同年 2 月、4 月、11 月の計 4 件の事故が発生し、計 2 名死亡、7 名が重軽傷を負ったことから、経済産業省は平成 17 年 11 月 29 日に消費生活用製品安全法に基づく緊急命令により回収又は点検及び改修、危険性の周知等必要な措置をとるよう指示を行った^(注1)。事業者報告等によれば、事故原因は石油温風暖房機の 2 次エアホース^(注2)にクラックがあったこと等とされているが事故原因は完全に解明されていない。

このため独立行政法人製品評価技術基盤機構（以下「NITE」という。）として、本石油温風暖房機の事故原因について早急に解明を行うとともに、同様他社製品に関する安全性評価等を行うこととした^(注3)。

（注 1）4 件の事故の概要については資料 1 に示す。12 月 2 日、緊急命令発動以前に松下電器産業株式会社が 4 月以降行っていた自主改修作業により既に部品交換を済ませていた製品によって 5 件目の事故も発生している。

（注 2）温風暖房機の燃焼室に給気する目的で外気を取り入れるためのエアホース。

（注 3）平成 17 年 12 月 27 日付で NITE に対して経済産業省から事故の原因究明等の依頼が行われた。

事故調査の目的・方法

1 基本的な考え方

CO が発生する可能性を持つ屋内用の石油暖房機は、表 1 に示すとおり給排気方式の違いによって開放式、半密閉式、密閉式の機器に分類される。今回の 4 件の事故がいずれも松下電器産業株式会社（以下「松下電産」という。）の密閉式強制給排気式の石油温風暖房機で発生していることから、事故調査の対象は、燃焼排ガスを外気に接する壁などを貫通した給排気筒を通して強制的に給排気を行うことによって室内の空気を汚染しない密閉式強制給排気式[forced flue type(FF式)]の石油温風暖房機とし、1.1～1.3 に示す事項について調査を行うこととした。また、原因究明を行うにあたっては、松下電産から資材及び事故発生状況に関する情報について提供を受けるとともに、可能なかぎり 4 件の事故現場に出向き事故の発生状況等について調査を行うこととした。

表 1 給排気方式による機器の区分（屋内用）

区分		区分の内容
方式	種類	
開放式	自然通気形	自然通気力によって、燃焼に必要な空気を室内から供給し、燃焼排ガスをそのまま室内へ排出する方式。
	強制通気形	送風機などの通気力によって、燃焼に必要な空気を強制的に室内から供給し、燃焼排ガスをそのまま室内へ排出する方式。
半密閉式	自然通気形	排気筒の自然通気力によって、燃焼に必要な空気を室内から供給し、燃焼排ガスを排気筒を通して屋外へ排出する方式。
	強制通気形	送風機と排気筒の通気力によって、燃焼に必要な空気を強制的に室内から供給し、燃焼排ガスを排気筒を通して屋外へ排出する方式。
	強制排気形	送風機によって、燃焼に必要な空気を強制的に室内から供給し、燃焼排ガスを排気筒を通して強制的に屋外へ排出する方式。
密閉式	強制給排気形（FF式）	給排気筒を外気に接する壁などを貫通して屋外に出し、送風機によって、給排気筒を通して強制的に給排気を行う方式。

（JIS S 3030石油燃焼機器の構造通則より）

1.1 松下電産製の石油温風暖房機の事故に関する原因究明

松下電産製の石油温風暖房機による4件の事故を～に示す。

事故概要については資料1を参照。

本調査に際しては、事故同等製品が既に販売されていないことから、事故調査は松下電産が回収した5台の事故同等製品を利用して事故原因を究明し、必要に応じ、同様製品についても調査の対象とする。

平成17年 1月 5日 福島県南会津郡伊南村ペンションにおける事故（事故1）

平成17年 2月23日 長野県茅野市個人宅における事故（事故2）

平成17年 4月13日 長野県長野市美容室における事故（事故3）

平成17年 11月21日 長野県上田市個人宅における事故（事故4）

1.2 同様他社製品に関する安全性評価

1.1「松下電産製の石油温風暖房機の事故に関する原因究明」に基づき、業界が実施する同様他社製品に関する安全性について評価結果の再評価を行う。

1.3 再発防止のための提言

1.1「松下電産製の石油温風暖房機の事故に関する原因究明」、1.2「同様他社製品に関する安全性評価」に基づき、再発防止のための提言を行う。

2 検討委員会の体制

N I T E 内に設置されている事故動向等解析専門委員会に、消費者団体、学識経験者等から構成される石油温風暖房機事故検討小委員会を設置（以下「小委員会」という。）。さらに小委員会の下に「検討グループ」を設置し、検証・検討内容案の精査やデータの解析等を行った。小委員と検討グループの委員名簿を以下に示す。

石油温風暖房機事故検討小委員会委員名簿

(委員長)	升田 純	中央大学法科大学院 教授
	大武 義人	財団法人化学物質評価研究機構 東京事業所 高分子技術センター所長
	岸田 孝弥	高崎経済大学大学院 経済・経営研究科 教授
	櫻橋 晴雄	社団法人日本ガス石油機器工業会 専務理事
	佐藤 政博	財団法人電気安全環境研究所 技術規格部長
	清水 鳩子	主婦連合会 参与
	首藤 祐二	財団法人日本ガス機器検査協会 理事
	西舘 信一	財団法人日本燃焼機器検査協会 理事
	堀 守雄	拓殖大学 工学部 教授
	(順不同)	

石油温風暖房機事故検討グループ委員名簿

(主 査)	堀 守雄	拓殖大学 工学部 教授
	足立 義彦	社団法人日本ガス石油機器工業会 石油技術委員長
	植田 新二	財団法人化学物質評価研究機構 東京事業所 高分子技術部次長
	勝又 勇	ガス石油機器 P L センター 所長
	藤倉 秀美	財団法人電気安全環境研究所 技術規格部技術調整グループマネージャー
	山本 穰嗣	財団法人日本燃焼機器検査協会 計画・渉外グループマネージャー
	(順不同)	

事故現場の調査結果

松下電産から事故発生状況について関連する情報提供を受けるとともに、事故現場等に出向き、事故の発生状況等の調査を行った結果の概要を以下に示す。

- クラック、孔等の用語の意味については以下による。
- ・微小クラック：エアホースの外側や内側に発生した貫通しない切れ目
 - ・クラック：エアホースの外側と内側に発生した切れ目が貫通したもの。
 - ・孔：クラックが拡大し、さらに大きくなったもの。

(1) 平成17年1月5日、福島県南会津郡伊南村^{いなむら}のペンションにおける事故(事故1)

事故が発生した石油温風暖房機の2次エアホースの状態は、図1に示すとおり送風機側先端より約20mmの箇所にホースの円周に添って、幅が約1mm×長さ約10mmのクラックが、また、送風機側湾曲部に約8mmの開口部を持つ長さ約30mmの孔があった。

なお、燃烧室側先端より約20mmの箇所には、幅が約1mm×長さ約10mmのV字型のクラックがあった。

また、熱交換器にすすが付着し、給排気筒が防虫用の金網に覆われていた。

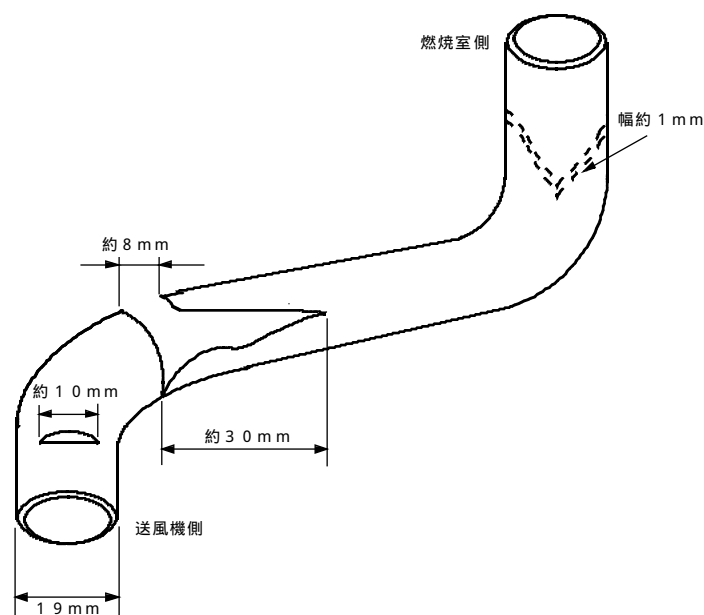


図1 福島県南会津郡伊南村 2次エアホース

(2) 平成17年2月23日、長野県茅野市の個人宅における事故(事故2)

事故が発生した石油温風暖房機の2次エアホースの状態は、図2に示すとおり送風機側湾曲部の外側に約5mmの開口部を持つV字型の深さ約13mmの孔があった。

また、給排気筒が変形、送風用モーター軸の腐食、設置不良があった。

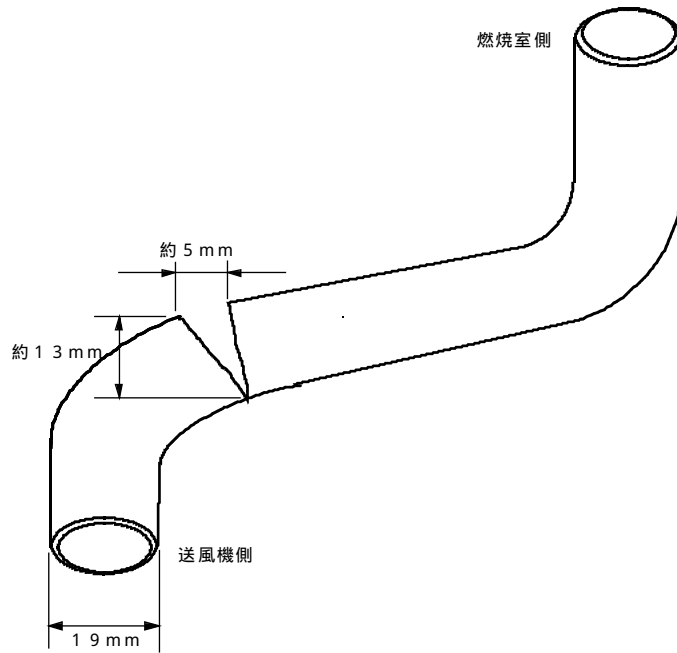


図2 長野県茅野市 2次エアホース

(3) 平成17年4月13日、長野県長野市の美容室における事故（事故3）

事故が発生した石油温風暖房機の2次エアホースの状態は、図3に示すとおり送風機側湾曲部の外側に約10mmの開口部を持つV字型の深さ約10mmの孔があった。さらに、燃焼室側先端より約20mmの箇所には、縦方向に幅が約1mm×長さ約15mmのクラックが2カ所あった。

また、熱交換器にすすが付着し、給気温度サーミスターが断線していた。

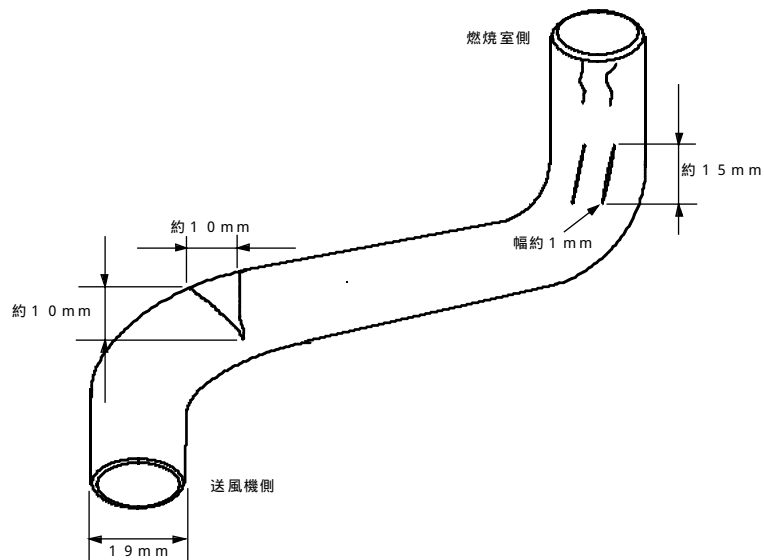


図3 長野県長野市 2次エアホース

(4) 平成17年11月21日、長野県上田市の個人宅における事故（事故4）

事故が発生した石油温風暖房機の2次エアホースの状態は、図4に示すとおり送風機側湾曲部の外側に約1.2mmの開口部を持つV字型の深さ約1.3mmの孔があった。

なお、この開口部の状態は送風機湾曲部の一部でかろうじてつながっている状態であった。さらに、この孔より燃焼室側方向に幅約2mm×長さ約2.5mmのクラックがあった。

また、熱交換器にすすが付着し、給排気筒が変形しており、給排気筒の接続部内に蜂（アメリカジガバチ）の巣があった。

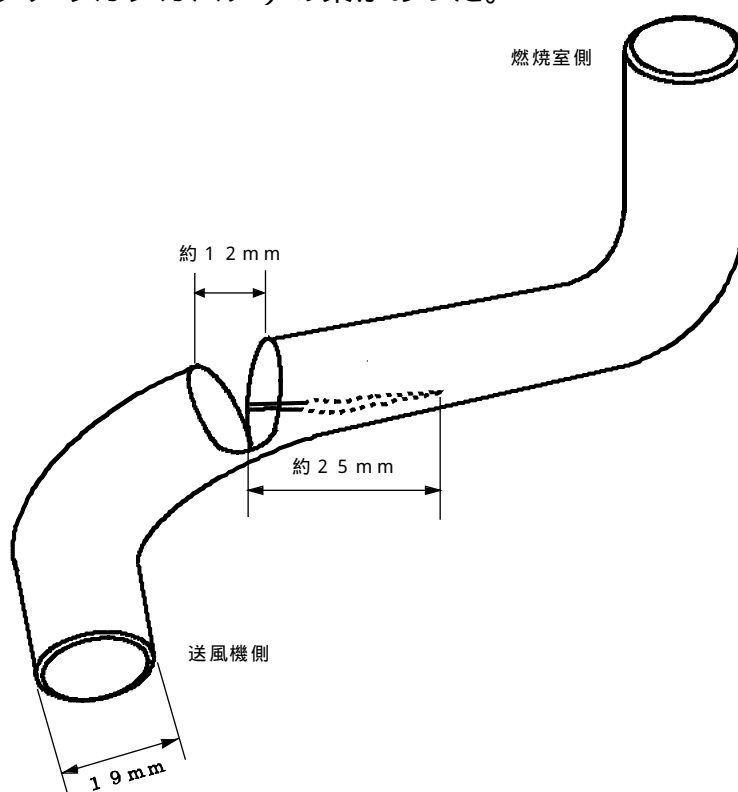


図4 長野県上田市 2次エアホース

以上4件の調査結果には、いずれの事故にも共通した次の事象が認められた。

- (1) 石油温風暖房機の2次エアホースに開口部が最大幅約5mm～約30mmの孔が存在すること。
- (2) 事故が発生した石油温風暖房機には(1)の事象に加え、給排気筒、送風機、熱交換器に異状が認められた。

原因究明テスト

1 テスト方法

松下電産製の石油温風暖房機の事故に関するテスト方法の概要を以下に示す。

品質性能テストと異状付与テストのフローを図5に示す。

異状付与テストの詳細なテスト方法、2次エアホースの劣化要因分析の詳細なテスト方法についてはそれぞれ資料2、資料3を参照。

また、4件の事故事案に係った3つの型式「OK-3527HA（事故1）、OK-3527（事故2）、OK-3527（事故3）、OK-3537（事故4）」のうち、事故が多発したOK-3527を原因究明テストに使用することとした。

OK-3527の仕様を表2に示す。

OK-3527とOK-3527HAの石油温風暖房機本体の構造は同じもの。OK-3537の油タンクの容量は5リットルであるが、OK-3527及びOK-3527HAは別設の油タンクに接続する仕様である。

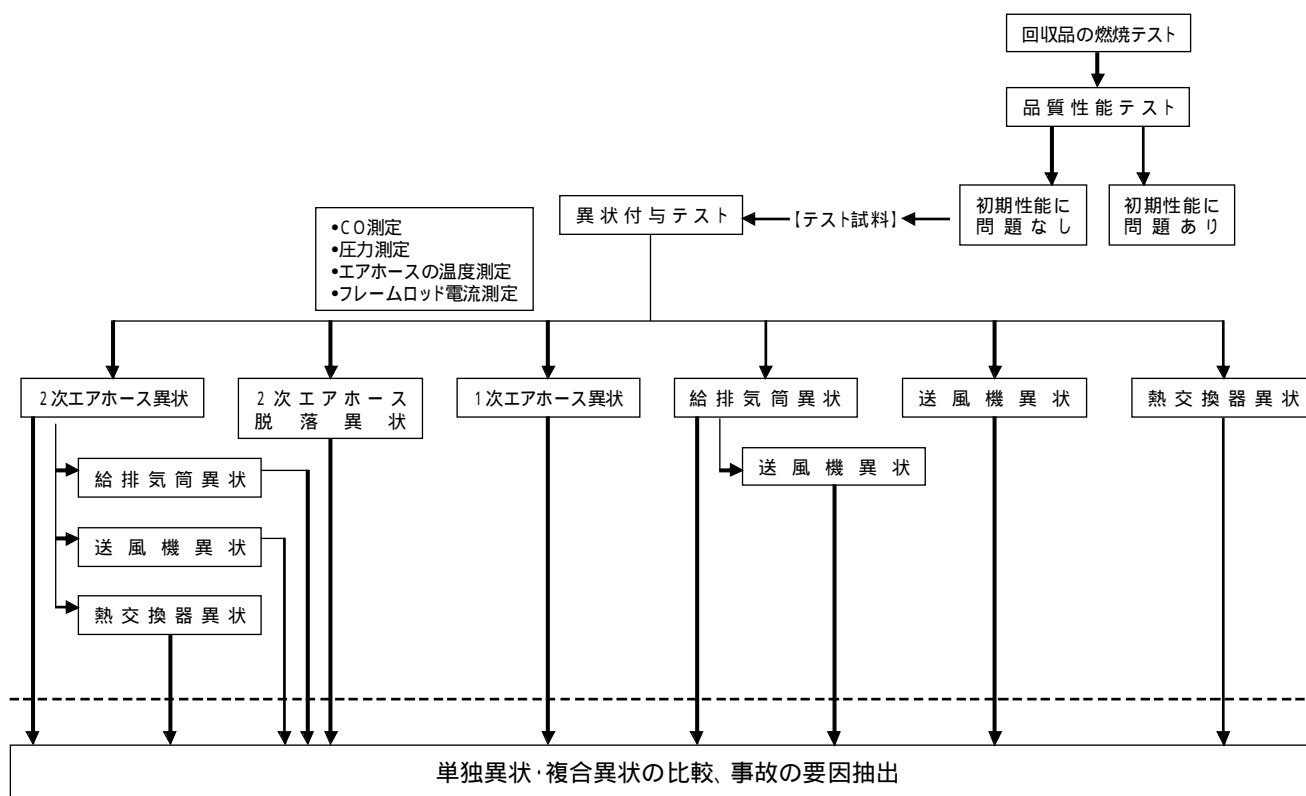


図5 品質性能テストと異状付与テストのフロー

表2 OK - 3527の仕様

種類・形式	—	密閉式石油ストーブ・気化式強制対流形
点火方式	—	高圧放電自動点火
使用燃料	—	灯油 (JIS 1号灯油)
発熱量(入力)	kcal/h	「強」3,460、「弱」2,100
	kJ/h	「強」14,484、「弱」8,791
暖房出力	kcal/h	「強」3,220、「弱」1,950
	kJ/h	「強」13,480、「弱」8,163
熱効率	%	93
燃料消費量	L/h	「強」0.420、「弱」0.255
油タンク容量	L	40L別売タンク
燃焼持続時間	h	「強」95.2、「弱」156.9
暖房の 目やす	温暖地	木造16.5(10)、コンクリート21.5(13)
	寒冷地	木造16.5(10)、コンクリート26.5(16)
外形寸法(設置台含む)	mm	高さ641、幅510、奥行312
製品重量	kg	18
電源電圧及び周波数	—	AC100V 50/60Hz
消費電力 (50/60Hz)	最大(点火時)	530/530
	燃焼時	「強」42/46、「弱」32/36
運転騒音(50/60Hz)	dB(A)	「強」38/38、「弱」33/33
タイマー	—	おはようタイマー24時間、おやすみタイマー1時間
対流用	モーター	—
送風機	ファン	プロペラファン 260
燃焼用	モーター	—
送風機	ファン	ターボファン 140×2
安全装置	—	耐震自動消火装置、停電安全装置 点火安全装置、炎監視装置 過熱防止スイッチ 130 温度制限スイッチ 90 バーナー過熱防止スイッチ 130
その他の安全装置	—	排気管外れ検知装置
付属品	—	送油ホースセット(2.5m)
	—	標準給排気筒セット、置台、背面カバーセット

なお、1.1「品質性能テスト」、1.2「異状付与テスト」及び1.3「複合異状テスト」については財団法人日本燃焼機器検査協会、1.4「2次エアホースの劣化要因分析」については財団法人化学物質評価研究機構高分子技術センターの協力によりそれぞれテストを実施した。

1.1 品質性能テスト

松下電産が回収した石油温風暖房機(OK-3527)5台を用いて、オーバーホール前^(注4)、オーバーホール後^(注5)についてJIS S 2031(密閉式石油ストーブ)及びJIS S 3031(石油燃焼機器の試験方法通則)に基づく8項目「燃焼性能試験(5項目) 気密性試験(1項目) 耐風速性試験(1項目) 耐風圧性試験(1項目)」のテストを行い、5台の性能を比較し、異状付与テストを行うための試料を決定した。

(注4) 回収後に試料の部品交換を行わない状態。

(注5) オーバーホールを行い、可能な限り未使用に近づけた状態。

1.2 異状付与テスト

(1) エアホース異状テスト

2次エアホースの送風機側及び燃焼室側湾曲部に孔を開けた状態、2次エアホースを燃焼筒側接続部から脱落させた状態、1次エアホースの湾曲部に孔を開けた状態の3つの状態で燃焼排ガスの状態を確認するため、JIS S 2031（密閉式石油ストーブ）及びJIS S 3031（石油燃焼機器の試験方法通則）を準用し、5項目（圧力測定、CO測定、温度測定、フレイムロッド電流測定、燃焼状態の目視観察）のテストを実施した。

(2) 給排気筒異状テスト

給排気筒排気部をアルミテープにより閉塞し、排気筒中央部の給気部に位置する排気筒に孔を開け、燃焼排ガスの再給気を促した状態で燃焼排ガス状態を確認するため、JIS S 2031（密閉式石油ストーブ）及びJIS S 3031（石油燃焼機器の試験方法通則）を準用し、4項目（圧力測定、CO測定、温度測定、フレイムロッド電流測定）のテストを実施した。

また、給排気筒に防虫網を取り付けた状態で、燃焼排ガス状態を確認するため、同様の4項目のテストを実施した。

(3) 送風機異状テスト

送風機の回転数を0 rpm及び1,000、2,000、2,100 rpmの状態での燃焼排ガス状態を確認するため、JIS S 2031（密閉式石油ストーブ）及びJIS S 3031（石油燃焼機器の試験方法通則）を準用し、4項目（圧力測定、CO測定、温度測定、フレイムロッド電流測定）のテストを実施した。

(4) 熱交換器異状テスト

熱交換器全16本のうち、8本を閉塞させた状態で、燃焼排ガス状態を確認するため、JIS S 2031（密閉式石油ストーブ）及びJIS S 3031（石油燃焼機器の試験方法通則）を準用し、4項目（圧力測定、CO測定、温度測定、フレイムロッド電流測定）のテストを実施した。

1.3 複合異状テスト

異状付与テストのうち2つの異状を複合させた状態で、燃焼排ガス状態を確認するため、JIS S 2031（密閉式石油ストーブ）及びJIS S 3031（石油燃焼機器の試験方法通則）を準用し、4項目（圧力測定、CO測定、温度測定、フレイムロッド電流測定）のテストを実施した。

1.4 2次エアホースの劣化要因分析

松下電産が回収した石油温風暖房機のうち製造年が1985年から1992年の機体から取り出した2次エアホースと未使用品（1992年当時の製造方法で新たに製造したもの）の2次エアホースを用いて4項目（外観観察、組成分析、劣化による分子結合状態の変化の測定、劣化による物性の変化の測定）のテストを行い、劣化要因等を総合的に判断した。

2 テスト結果

松下電産製の石油温風暖房機の事故に関するテスト結果の概要を以下に示す。

2.1 品質性能テスト

松下電産が回収した石油温風暖房機（OK - 3527）5台の性能を比較した結果の概要を表3に示す。

詳細なテスト結果については資料4を参照。

品質性能テストの結果、全試料についてJISの規格値を満足していたが、1、5の温度測定値が他の試料に比べて高くなる傾向にあり、1、3の気密性も他の試料に比べて高くなる傾向にあった。

以上のことから、異状付与テストの試料として、温風吹出口のCO濃度測定、温度測定、フレームロッド電流測定を4、温風吹出口以外のCO濃度測定、圧力測定を5とした。

なお、2は予備試料とした。

表3 品質性能テスト結果の概要

品質性能テスト結果で 差があった項目		1 80902	2 90323	3 90626-00- 94	4 906260- 904	5 906280 -904
温度 測定	1次エアホース ()	53.2 70.0	55.8 48.0	52.3 58.4	57.9 54.1	61.4 57.3
	1次エアホース ()	55.9 70.5	60.7 49.7	55.3 57.8	59.1 56.0	65.0 60.7
	1次エアホース接合部 ()	55.0 71.3	63.3 54.6	56.0 59.5	64.4 56.6	66.0 59.7
	2次ノズルサポート ()	64.2 92.2	81.7 69.0	91.0 88.8	89.2 75.5	108.5 88.2
気密性	入力4.2MJ/h当たり (m ³ /h)	0.036 0.335	0.042 0.049	0.074 0.103	0.063 0.054	0.049 0.073

上段：オーバーホール前のデータ

下段：オーバーホール後のデータ

2.2 異状付与テスト

(1) 2次エアホース異状テスト

2次エアホースの送風機側及び燃焼室側湾曲部に図6のように孔を開け、表4の条件のとおりのもので組み合わせ、燃焼排ガスを確認した結果を以下に示す。

表4 異状条件の組合わせ (mm)

送風機側孔直径 燃烧室側孔直径	0	5	10	20
0	air1	air2	air3	air10
10	air4	air5	air6	—
20	air7	air8	air9	

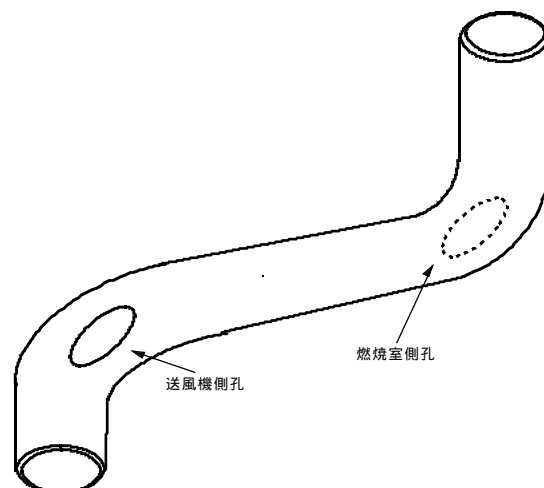


図6 2次エアホースの状態

CO濃度及び圧力

CO濃度については、図7に示すとおりair2～air6までは2次エアホースに異状を付与しない場合（air1）と同程度の濃度で推移し、air7から急激にCO濃度が増加し、2次エアホース内では9,510ppm以上（測定器の検出上限以上）であった。

圧力については、air1～air6までは2次エアホース内の圧力が燃烧室内の圧力を上回った状態を保っているが、CO濃度が増加していくair7～air9では燃烧室内と2次エアホース内の圧力が等しくなり、air8では燃烧室内の圧力が2次エアホース内の圧力を上回った。

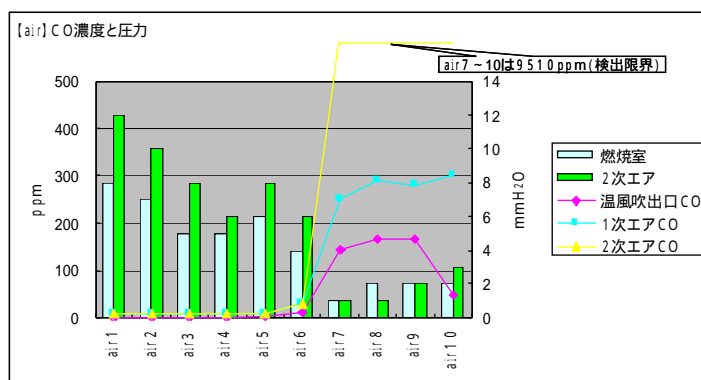


図7 2次エアホース異状時のCO濃度と圧力

温度測定

温度については、図8に示すとおり1次エアホースではair1～air10へ変化するにつれて徐々に上昇した。

2次エアホースでは、図9に示すとおりair2～air10の条件では、～（温度の測定部位の番については、資料2の写真3及び写真4参照）は、2次エアホースに異状を付与しない場合（air1）と同程度の温度で推移した。一方、air7～air10の条件の及びの温度は、他の部位に比較して急激に上昇し、air8の条件においてはの温度は266.3であった。

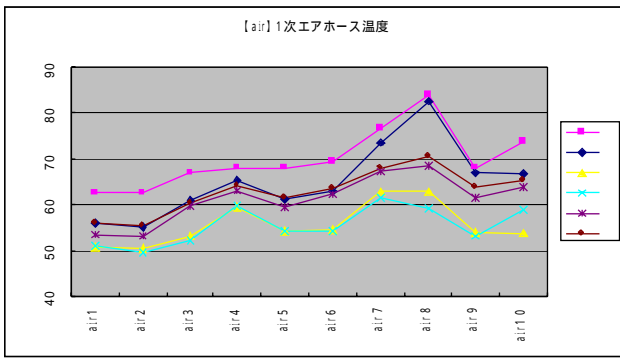


図 8 2次エアホース異状時の温度 (1次エアホース)

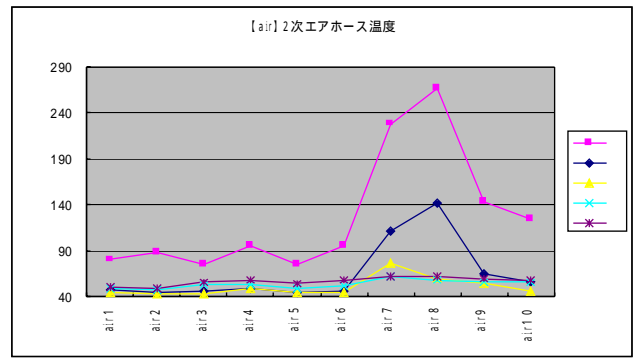
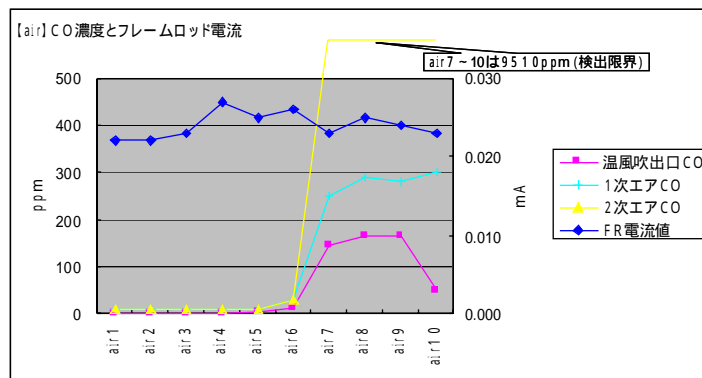


図 9 2次エアホース異状時の温度 (2次エアホース)

フレームロッド電流

フレームロッド電流値については、図 10 に示すとおり 2 次エアホースに異状を付与しない場合 (a i r 1) と同程度の電流値で推移し、CO 濃度が低かった a i r 1 ~ a i r 6 と CO 濃度が高かった a i r 7 以降では大きな変化はなく、燃焼状態が正常であることを示した。



注) 図中、FRとは「フレームロッド」の略。

図 10 2次エアホース異状時のCO濃度とフレームロッド電流

燃焼状態の目視観察

目視観察試験機を用いて a i r 1 の場合と a i r 9 の場合を比較したところ、a i r 1 では燃焼筒内の 2 次エア吹出口で青白い火炎が立ち上がるのが確認できたが、a i r 9 では火炎が立ち上がらず、燃焼筒に火炎が直接あたるため燃焼筒が赤熱し、2 次火炎全体が輪郭を形成しないオレンジ色の陽炎のような燃焼状態であった。

(2) 給排気筒異状テスト

給排気筒の燃焼排ガスと新鮮空気の流れは、図 11 のとおりである。

給排気筒の閉塞と燃焼排ガスの再給気については、排気部及び給気部を図 12 のとおりに加工した状態で、表 5 に示す組み合わせと、図 13 のとおり給排気筒全体を防虫網で覆った状態の燃焼排ガスを確認した結果を以下に示す。

表5 給排気筒異状の組合せ (%)

再給気孔面積率 排気筒閉塞率	0	10	30	40
0	gas1	gas2	gas3	gas4
10	gas5	gas6	gas7	gas8
30	gas9	gas10	gas11	gas12
50	gas13	gas14	gas15	gas16
金網カバー	防虫網	—		

(注) 再給気孔閉塞は、排気筒断面積に対する割合。排気筒閉塞は、給排気筒先端部の排気の総面積に対する割合。

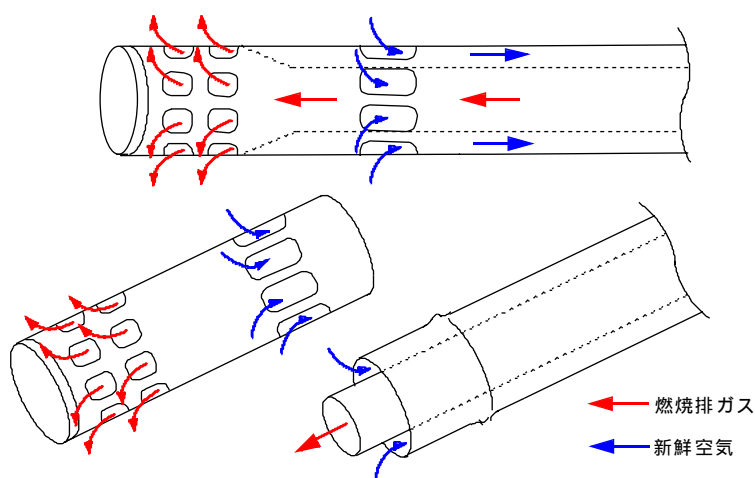


図11 給排気筒の燃焼排ガスと新鮮空気の流れ

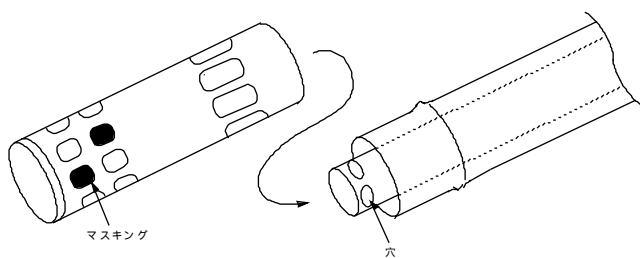


図12 給排気筒の状態

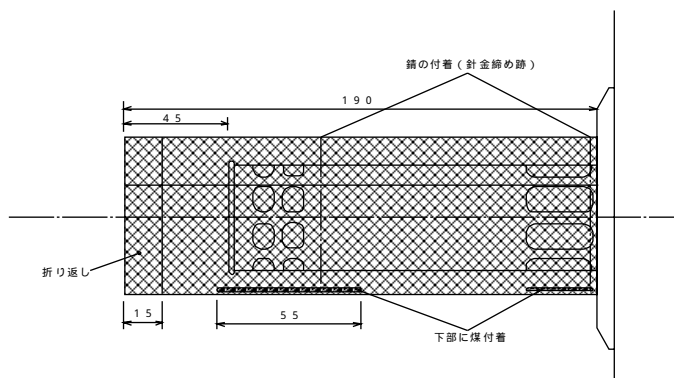


図13 給排気筒の防虫網

CO濃度及び圧力

CO濃度については、図14に示すとおり給排気筒に異状を付与しない場合（gas1）と比較して同程度の濃度で推移した。

圧力については、給排気筒に異状を付与しない場合（gas1）と同程度であり、2次エアホース内の圧力が燃焼室内の圧力を常に上回った。

また、事故時の現場状況を再現した給排気筒に防虫網を装着したテストでは、CO濃度及び圧力とも給排気筒に異状を付与しない場合（gas1）と同じであった。

なお、排気筒の閉塞率を70%にすると燃焼が継続しなかった。

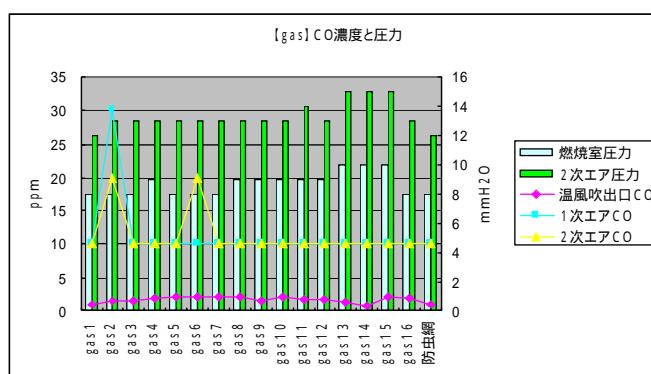


図14 給排気筒異状時のCO濃度と圧力

温度測定

温度については、図15及び16に示すとおり給排気筒に異状を付与しない場合（gas1）と同程度の温度で推移した。

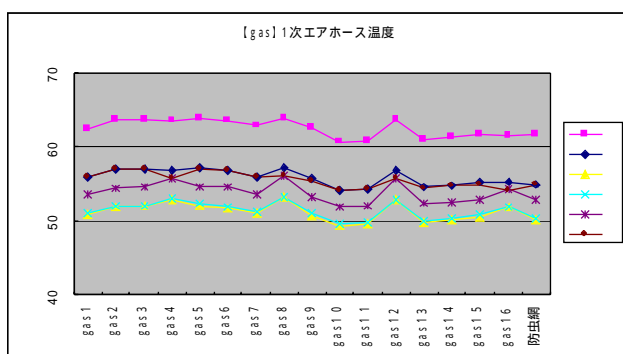


図15 給排気筒異状時の温度（1次エアホース）

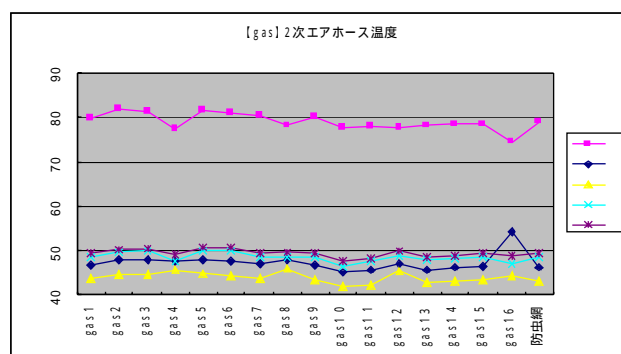


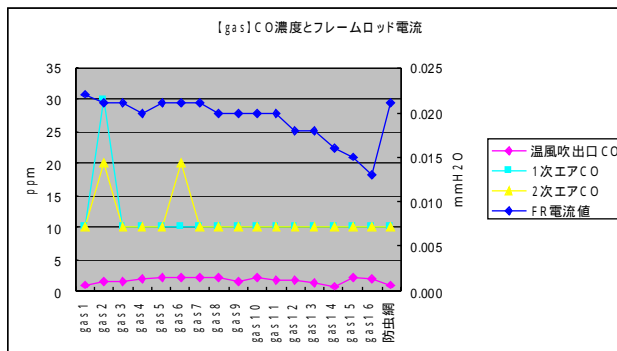
図16 給排気筒異状時の温度（2次エアホース）

フレームロッド電流

フレームロッド電流値については、2次エアホース異状時のフレームロッド電流値は、は図10に示すとおりCO濃度が増加するにもかかわらず正常燃焼を示す結果となったが、給排気筒異常時のフレームロッド電流値は、図17に

示すとおりCO濃度が一定で推移するにもかかわらず、燃焼状態がしだいに悪くなる傾向を示した。

なお、防虫網の条件の場合もフレームロッド電流値は異常を付与しない場合（gas1）と同じであった。



注) 図中、FRとは「フレームロッド」の略。

図17 給排気筒異常時のCO濃度とフレームロッド電流

(3) 送風機異常テスト

送風機の回転数を表6の条件のとおりに変化させた状態で、燃焼排ガスの状態を確認した結果を以下に示す。

表6 送風機異常 (rpm)

回転数	自動 (最高回転数: 2,350)	0	1,000	2,000	2,100
記号	win1	win2	win3	win4	win5

CO濃度及び圧力

CO濃度については、表7に示すとおり温風吹出口、1次エアホース内、2次エアホース内では、送風機に異常を付与しない場合（win1）と比較して同様の濃度であったが、燃焼室のCO濃度は220ppmと増加した。

なお、win2、win3、win4では継続燃焼しなかった。

圧力については、2次エアホース内の圧力が燃焼室内の圧力をそれぞれ4mmH₂O上回っていたが、送風機に異常を付与しない場合（win1）と比較して3mmH₂O低下した。

なお、給気サーミスターを断線させた状態では、回転数が1,880rpmであり、着火後数分で消火した。

表7 送風機異状時のCO濃度と圧力

	CO濃度(ppm)				圧力(mmH ₂ O)	
	温風吹出口	燃焼室	1次エア	2次エア	燃焼室	2次エア
w i n 1	1 . 0	3 0	1 0	1 0	8	1 2
w i n 5	0 . 6	2 2 0	1 0	1 0	5	9

温度測定

温度については、表8に示すとおり送風機に異状を付与しない場合(w i n 1)と比較してエアホース全体の平均で約4 上昇した。

表8 送風機異状時の温度 ()

ホース 測定場所	1次エアホース						2次エアホース					
w i n 1	62.4	55.9	50.8	51.1	53.5	55.9	79.9	46.8	43.6	48.4	49.4	
w i n 5	69.3	60.1	52.2	54.9	58.3	60.6	81.5	49.0	46.3	52.2	53.3	

フレームロッド電流

フレームロッド電流値については、送風機に異状を付与しない場合(w i n 1)と同様の0 . 0 2 2 mAであった。

(4) 熱交換器異状テスト

熱交換器を表9の条件のとおりに変化させた状態で、燃焼排ガス状態を確認した結果を以下に示す。

表9 熱交換器異状テストの条件 (%)

閉塞率	0	50
記号	exc1	exc2

CO濃度及び圧力

CO濃度については表10に示すとおり、熱交換器に異状を付与しない場合(exc1)と比較して同様であった。

圧力については、燃焼室の圧力及び2次エアホース内の圧力とも異状を付与しない場合(exc1)と比較してそれぞれ、8 mmH₂O、7 mmH₂O上昇した。

表 1 0 熱交換器異状時のCO濃度と圧力

	CO濃度(ppm)				圧力(mmH ₂ O)	
	温風吹出口	燃焼室	1次エア	2次エア	燃焼室	2次エア
e x c 1	1 . 0	3 0	1 0	1 0	8	1 2
e x c 2	1 . 9	3 0	1 0	1 0	1 6	1 9

温度測定

温度については、表 1 1 に示すとおり熱交換器に異状を付与しない場合 (e x c 1) と比較してエアホース全体の平均で約 3 上昇した。

表 1 1 熱交換器異状時の温度 ()

ホース	1次エアホース						2次エアホース				
測定場所											
e x c 1	62.4	55.9	50.8	51.1	53.5	55.9	79.9	46.8	43.6	48.4	49.4
e x c 2	65.0	57.5	52.8	53.0	56.3	57.2	84.4	46.3	43.7	46.7	51.3

フレームロッド電流

フレームロッド電流値については、熱交換器に異状を付与しない場合 (e x c 1) の 0 . 0 2 2 mA と比較して 0 . 0 1 5 mA であり、燃焼状態が悪いことを示した。

(5) 2次エアホース脱落異状

CO濃度については、表 1 2 に示すとおり2次エアホースが脱落した場合 (a i r 0) と、2次エアホースに異状を付与しない場合 (a i r 1) を比較すると、2次エアホースが脱落した場合は、CO濃度が著しく増加した。

圧力については、2次エアホースに異状を付与しない場合と比較して、燃焼室内の圧力及び2次エアホース内の圧力が著しく低下した。

なお、温度測定とフレームロッド電流の測定は実施しなかった。

表 1 2 2次エアホース脱落異状時のCO濃度と圧力

		温風吹出口	JIS採取位置	燃焼室	1次エア	2次エア
CO (ppm)	air0	275.0	9510以上	9510以上	280	9510以上
	air1	1.0	20	30	10	10
圧力 (mmH ₂ O)	air0	—	0	1	34	0
	air1	—	1	8	32	12

注) J I S 採取位置とは、J I S S 3 0 3 1 に規定する排気温度測定箇所である (資料 2、写真 2 参照)

(6) 1次エアホース異状

CO濃度については、表13に示すとおり1次エアホースの湾曲部に直径10mmの孔を開けた場合(mair1)では1次エアホース、2次エアホースともに異状を付与しない場合と同様のCO濃度であったが、1次エアホースの湾曲部に直径20mmの孔を開けた場合(mair2)では温風吹出口のCO濃度が増加した。

圧力については、1次エアホース、2次エアホースともに異状を付与しない場合と同様の圧力であった。

表13 mair1のCO濃度と圧力

		温風吹出口	JIS採取位置	燃焼室	1次エア	2次エア
CO (ppm)	mair1	1.7	6	21	1	1
	mair2	109.7	測定不能 ^(注6)			
圧力 (mmH ₂ O)	mair1	—	1	7	29	10
	mair2	測定不能				

(注6) 着火後、赤火混じりの燃焼状態で約5.1秒後リセットランプが点灯し、エラーを表示して消火したため、温風吹出口のCO濃度と温度のみ測定した。

注) JIS採取位置とは、JIS S3031に規定する排気温度測定箇所である(資料2、写真2参照)。

2.3 複合異状テスト

(1) 2次エアホース異状と給排気筒異状の複合

異状付与テストのうち、2次エアホース異状と給排気筒異状を複合させた状態で燃焼排ガスの状態を確認した結果を以下に示す。

CO濃度及び圧力

CO濃度については、図18に示すとおり給排気筒異状と比較すると2次エアホース異状がair1~air6、給排気筒異状がgas1~gas16へ変化するにしたがってCO濃度が増加し、特に2次エアホース異状で顕著な変化がみられなかったair4~air6ではCO濃度が著しく増加した。

また、air6では防虫網についても給排気筒に異状を付与しない場合(gas1)と比較してCO濃度が増加した。

圧力については、図19及び図20に示すとおりgas1~gas16に変化させても圧力に顕著な変化はみられないが、2次エアホース異状の変化に応じて燃焼室内の圧力と2次エアホース内の圧力は低下する傾向を示した。

なお、2次エアホース異状のair7~air10と給排気筒異状の組み合わせについては、2次エアホース異状を遙かに上回るCO濃度となったことから試験実施者の安全を考慮して実施しなかった。

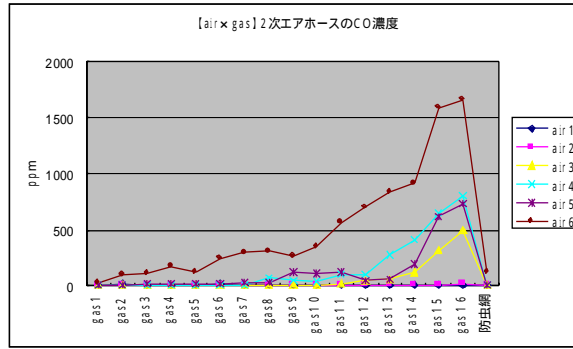


図 18 air x gas のCO濃度

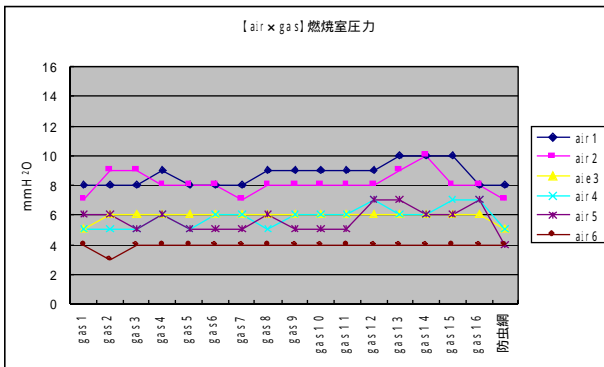


図 19 air x gas の圧力 (燃焼室内)

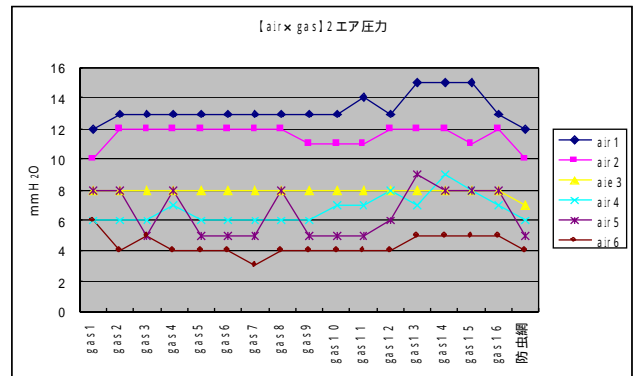


図 20 air x gas の圧力 (2次エアホース内)

温度測定

温度については、2次エアホース異状における各給排気筒異状ごとの各部の温度を平均した図 21 に示すとおり gas 1 から gas 16 に変化させても温度に顕著な変化はみられないが、2次エアホース異状の変化に応じて温度が上昇した。

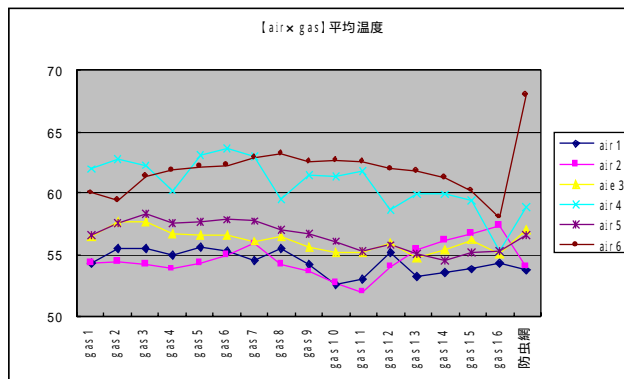


図 21 air x gas の温度

フレームロッド電流

フレームロッド電流値については、図 2 2 に示すとおり給排気筒異状の変化にしたがってしだいに低下していき、air 1 x gas 1 6 の組み合わせで最低の 0 . 0 1 3 mA となった。

なお、各 2 次エアホース異状と防虫網の組み合わせでは、給排気筒異状がない場合 (gas 1) と比較して差はなかった。

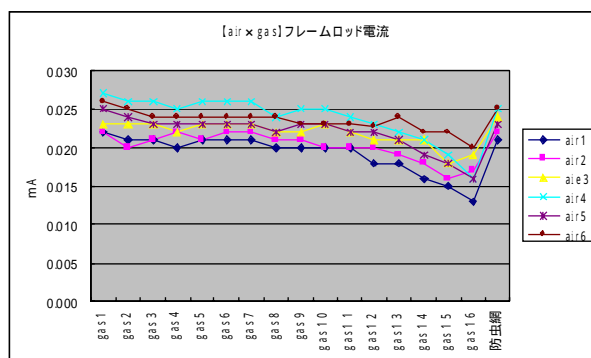


図 2 2 a i r x g a s のフレームロッドの電流

(2) エアホース異状と送風機異状の複合

異状付与テストのうち、2 次エアホース異状と送風機異状を複合させた状態で燃焼排ガスの状態を確認した結果を以下に示す。

CO 濃度及び圧力

CO 濃度については、2 次エアホース異状 (図 7) と比較すると図 2 3 に示すとおり a i r 1 ~ a i r 6 までは同様の傾向であったが、a i r 7 以降の温風吹出口の CO 濃度は 2 次エアホース異状より約 1 0 0 ppm 増加した。

圧力については、燃焼室内の圧力と 2 次エアホース内の圧力が a i r 1 ~ a i r 6 までは 2 次エアホース内の圧力が燃焼室内の圧力を上回った状態を保っているのは 2 次エアホース異状 (図 7) と同様であるが、CO 濃度が増加していく a i r 7 ~ a i r 1 0 では燃焼室内の圧力と 2 次エアホース内の圧力が 1 mmH₂O で等しくなった。

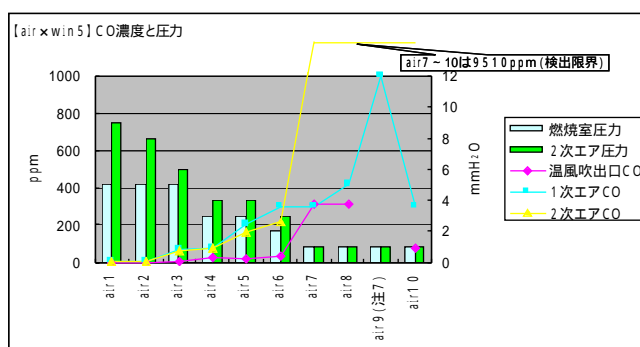


図 2 3 a i r x w i n 5 の CO 濃度と圧力

(注 7) フレームロッドにダミー電流を検知させて意図的に燃焼させていたため、燃焼できない状態でも燃料ポンプが作動し続け灯油が漏れだし、余熱によって発火し機器が焼損したことから温風吹出口の CO 濃度及び温度の測定ができなかったもの。

温度測定

温度については、図24及び図25に示すとおり2次エアホース異状（図8及び図9）と比較すると、同様の傾向であったが、エアホース全体の平均で約3～4 高かった。

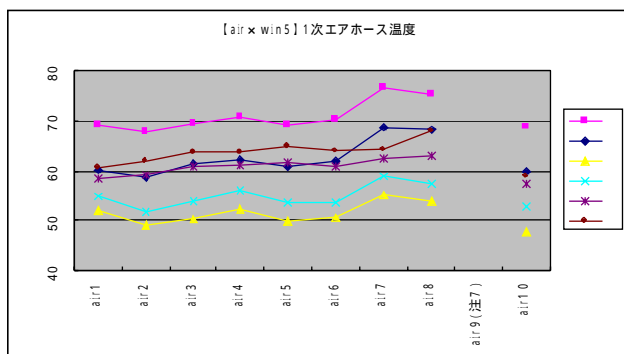


図24 air x win 5の温度
(1次エアホース)

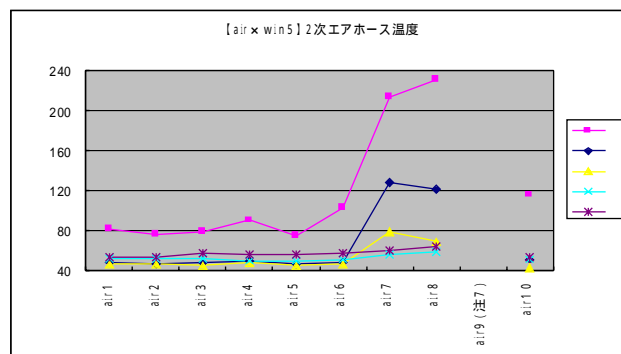


図25 air x win 5の温度
(2次エアホース)

フレームロッド電流

フレームロッド電流値については、送風機に異状を付与していない2次エアホース異状の場合と比較すると（win 1）送風機の回転数の低下が加わることでフレームロッド電流値は低下し、燃焼状態が悪いことを示した。

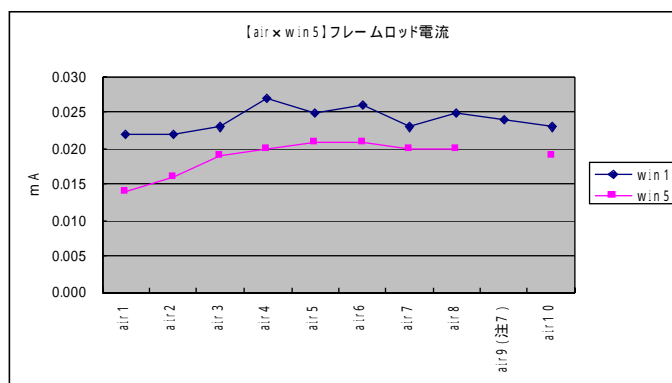


図26 air x win 5のフレームロッド電流

(3) 複合異状テスト（2次エアホース異状と熱交換器異状の複合）

異状付与テストのうち、2次エアホース異状と熱交換器異状を複合させた状態で燃焼排ガスの状態を確認した結果を以下に示す。

CO濃度及び圧力

CO濃度については、図27及び図28に示すとおり熱交換器に異状を付与しない場合（exc1）と比較するとCO濃度が増加した。

なお、2次エアホース異状に熱交換器異状が加わると2次エアホース異状を遙かに上回るCO濃度となったことから試験実施者の安全を考慮してair1～air3×exc2を実施してテストを打ち切った。

圧力については、図27及び図28に示すとおり2次エアホース異状が変化すると圧力は低下する傾向であったが、燃焼室の圧力で最大6mmH₂O、2次エアホース内の圧力で最大7mmH₂O上昇した。

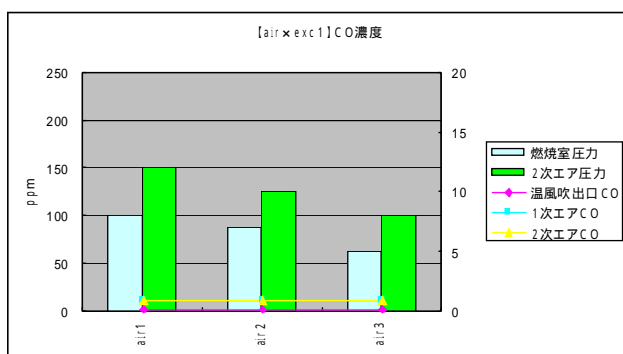


図27 air x exc 1のCO濃度

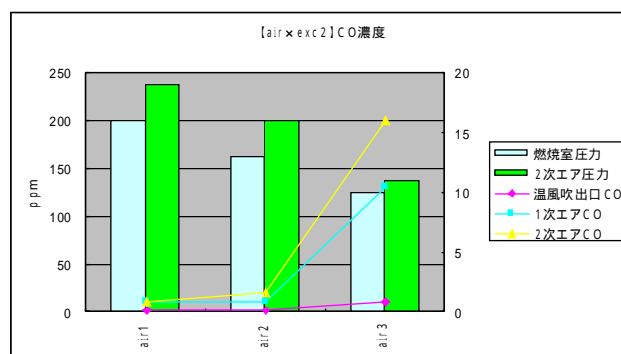


図28 air x exc 2のCO濃度

温度

温度については、～の各部の温度を平均した温度が熱交換器に異状を付与しない2次エアホース異状のみの場合（exc1）と比較して、最大で約5温度が上昇した（表14）。

フレームロッド電流

フレームロッド電流については、熱交換器に異状を付与しない2次エアホース異状のみの場合と比較して低下しており、燃焼状態が悪いことを示した（図29）。

表14 air x excの平均温度

	air 1	air2	air3
exc1	54.3	54.3	56.5
exc2	55.8	57.8	61.2

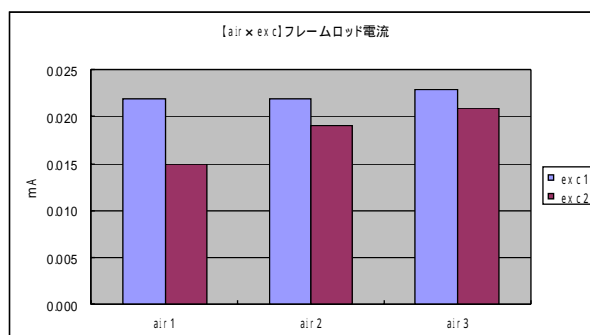


図29 air x excのフレームロッド電流

(4) 複合異状テスト（給排気筒異状と送風機異状の複合）

異状付与テストのうち、給排気筒異状と送風機異状を複合させた状態で燃焼排ガス状態を確認した結果を以下に示す。

CO濃度及び圧力

CO濃度については、図30に示すとおり、給排気筒異状の場合（図14）と同様の濃度で推移し、送風機異状の付加による変化はみられなかった。

圧力については、送風機異状がない場合（図14）と比較して、送風機の回転数が低下したことに伴い（win5の場合）、gas1～gas9では燃焼室の圧力が5mmH₂O、2次エアホース内の圧力が6mmH₂O低下する結果となった。

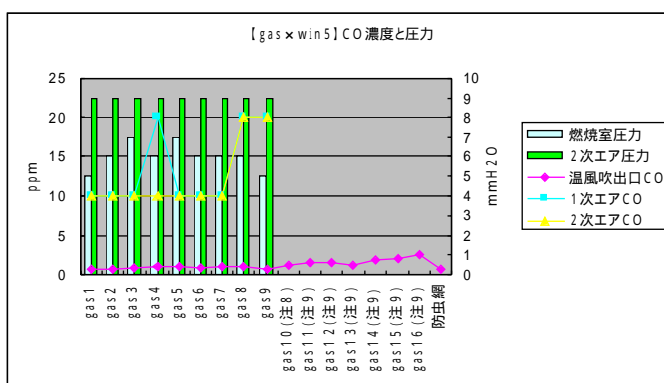


図30 gas x win5のCO濃度と圧力

(注8) 着火後、赤火混じりの燃焼状態で約20分後に消火したため、温風吹出口のCO濃度と温度上昇のみ測定できたもの。

(注9) 着火後、赤火混じりの燃焼状態で約10分後に消火したため、温風吹出口のCO濃度と温度上昇のみ測定できたもの。

温度

温度については、送風機異状別に各給排気筒異状ごとの各部の温度を平均した図31に示すとおり給排気筒異状が変化しても各部の温度に大きな変化はなかったが、送風機に異状を付与しない場合と比較して、平均で約6℃上昇した。

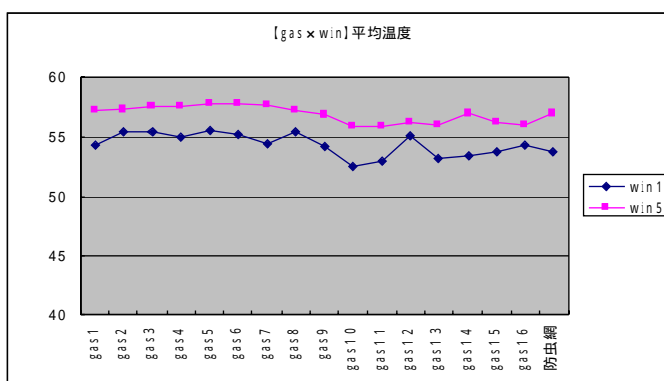


図31 gas x winの平均温度

フレームロッド電流

フレームロッド電流については、給排気筒異状のみでは、その条件が厳しくなるに従ってフレームロッド電流値も低下する傾向にあったが、さらに送風機異状が付加された場合（win 2）は、それぞれの給排気筒異状条件ごとの値が送風機異状がない場合（win 1）に比べても電流値が低下し、燃烧状態が悪いことを示した。

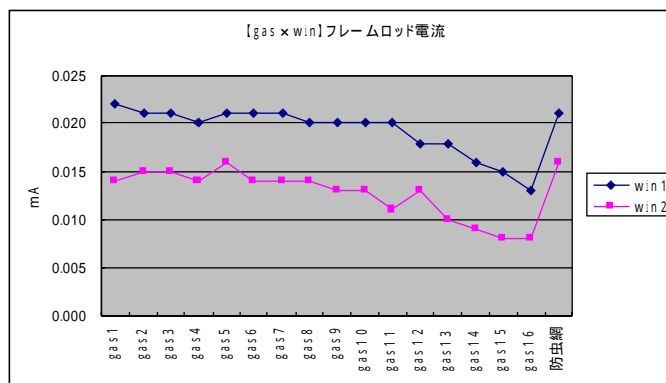


図 3 2 gas x win のフレームロッド電流

2.4 2 次エアホースの劣化要因分析

松下電産が回収した石油温風暖房機から取り出した生産年次の異なる N B R（アクリロニトリル・ブタジエンゴム）製 2 次エアホースと未使用品の 2 次エアホースによる劣化要因分析結果の概要については以下に示すとおりである。（詳細な分析結果については資料 5 を参照。）

(1) 表面及び断面観察（マイクロスコープ及び走査型電子顕微鏡）

微小クラック等の発生部位は、送風機側と燃烧室側の両接合部（金属管に接合し、留め具で締め付けられている部分）を除くと、2 次エアホースに 2 カ所ある湾曲部に集中している。

また、2 つの湾曲部を結ぶ直線部分には微小クラック等表面的異状はない。

送風機側に近い方の湾曲部は、燃烧室側に近い湾曲部よりも劣化が進んでいる傾向にある。

断面観察で、湾曲部の外側及び内側の両表面に、長さ方向に対して垂直に多数の微小クラック等が認められる。

(2) 硬度測定（マイクロゴム硬度計）

表面（外側及び内側）の方が、内部よりも、硬化している傾向にある。

同じ表面でも、外側の方が、内側よりも、硬化している傾向にある。

(3) ブタジエン量の減少（熱分解ガスクロマトグラフ）

表面（外側及び内側）は、内部よりもブタジエン量が少ない傾向にある。

未使用品と比べブタジエン量が少ない。

- (4) 老化防止剤の定性・定量（FID付きガスクロマトグラフ）
アミン系老化防止剤（アルキル化ジフェニルアミン）が検出された。
（この添加剤は、酸化を防ぐもので、酸化を受けるとその量が減少する。）
外側表面は、内部より、量が少ない傾向にある。
内部、表面（外側及び内側）のどの部分も、未使用品と比べ、添加剤量が少ない傾向にある。
- (5) 顕微鏡FT-IR（フーリエ変換赤外分光光度計）
ブタジエンの二重結合が酸素（オゾン等）の作用を受けた際に、分子鎖が切断され、その部分にOH基ができ、OH基が増加する。
OH基の吸光域である 3400 cm^{-1} 付近で、未使用品よりも強い吸収を示している。これは分子鎖が切断されてOH基が増加していること。すなわち、ゴムが劣化していることを示しているものと考えられる。
- (6) ガラス転移温度（示差走査熱量測定）
未使用品に比べ、ガラス転移温度が高い傾向にある。
疲労劣化の場合、ゴムの架橋（加硫）部分が切断され、ガラス転移温度が低くなる。
- (7) 年次別にみたテスト結果の傾向
各テスト結果において、エアホースの製造年次別の傾向は認められなかった。
機体の製造年月日によりエアホースを分類したが、使用履歴が様々であること等がその要因の1つと考えられる。
- (8) （財）化学物質評価研究機構の文献等より
NBR（アクリロニトリル・ブタジエンゴム）は、ブタジエンの二重結合の部分でオゾン等の酸化物質による酸化を受けやすく、オゾン等の酸化に対する耐性は良くない。
また、オゾン等の酸化物質による酸化は、温度が高いほど、及び負荷がかかっている状態（分子鎖が伸びた状態）ほど、促進される。
オゾン等空気中の酸化物質による劣化の場合は、表層部分が劣化する。

3 テスト結果のまとめ

異状付与テスト及び2次エアホースの劣化要因分析のテスト結果から次のことが推定できる。

3.1 単独の異状付与テスト結果のまとめ

- (1) 2次エアホース異状では孔の大きさが一定以上の場合に事故を予測するに十分なCO濃度の増加とエアホースの劣化を促進させる温度上昇が確認できた。
- (2) 2次エアホース脱落異状では顕著なCO濃度の増加が確認できた。
- (3) 1次エアホース異状では孔の大きさが一定以上の場合に燃焼が継続せず機器が停止することが確認できた。
- (4) 給排気筒異状では閉塞率や燃焼排ガスの再給気による顕著なCO濃度の増加と温度上昇は確認できなかった。特に事故現場の調査で明らかになった給排気筒への防虫網の装着の影響は確認できなかった。
- (5) 送風機異状では送風機が2,000rpm以下の場合には燃焼が継続せず機器が停止することが確認でき、燃焼が継続する最小回転数である2,100rpmの場合も顕著なCO濃度の増加と温度上昇は確認できなかった。特に事故現場の調査で明らかになった、給気温度サーミスターの断線の影響については、送風機の回転数が1,880rpmとなり燃焼が継続せず機器が停止することが確認できた。
- (6) 熱交換器異状では顕著なCO濃度の増加と温度上昇は確認できなかったが、燃焼室内の圧力と2次エアホース内の圧力の上昇が確認できた。

3.2 複合の異状付与テスト結果のまとめ

- (1) 2次エアホース異状と給排気筒異状の複合では、2次エアホース異状単独の場合にはair7～air10の条件ではCO濃度が増加したが、給排気筒異状を複合させた場合は、air4からCO濃度の増加が確認できたことから、給排気筒異状はCO濃度の増加を促進させるものと推定される。
- (2) 2次エアホース異状と送風機異状の複合では、2次エアホース異状単独の場合と同様の傾向であったが、air7の条件から燃焼室内の圧力と2次エアホース内の圧力が1mmH₂Oで平衡状態となったことから、送風機異状はCO濃度の増加に加えて燃焼排ガスの逆流を促進させるものと推定される。
- (3) 2次エアホース異状と熱交換器異状の複合では、2次エアホース異状単独の場合にはair7の条件からCO濃度が増加したが、給排気筒異状を複合させた場合は、air3からCO濃度の増加が確認できたことから、熱交換器異状はCO濃度の増加を促進させるものと推定される。
- (4) 給排気筒異状と送風機異状の複合では、顕著なCO濃度や圧力の変化は確認できなかったが、gas10の条件から燃焼が継続せず機器が停止することから燃焼状態が悪化するものと推定される。

以上のことから、CO濃度の増加や燃焼排ガスの逆流は、2次エアホースの孔に起因するものと推定され、給排気筒、送風機、熱交換器の異状はCO濃度の増加や燃焼排ガスの逆流を促進させるものと推定される。

3.3 2次エアホースの劣化要因分析結果のまとめ

(1) 2次エアホースの劣化は、劣化が表層で起こっていること、使用品はIR測定で、未使用品に比べOH基による吸収が強くてしている(OH基が増加している)こと等から、長期の使用により主にオゾン等の空気中の酸化物質による劣化であると考えられる。

また、熱による影響もオゾン等の酸化物質による酸化を促進させる等、相乗的に働いているものと推定される。

(2) 微小クラック等が発生している部位は、2次エアホースの湾曲部であり、2つの湾曲部を結ぶ直線部分には表面的異状は認められない。

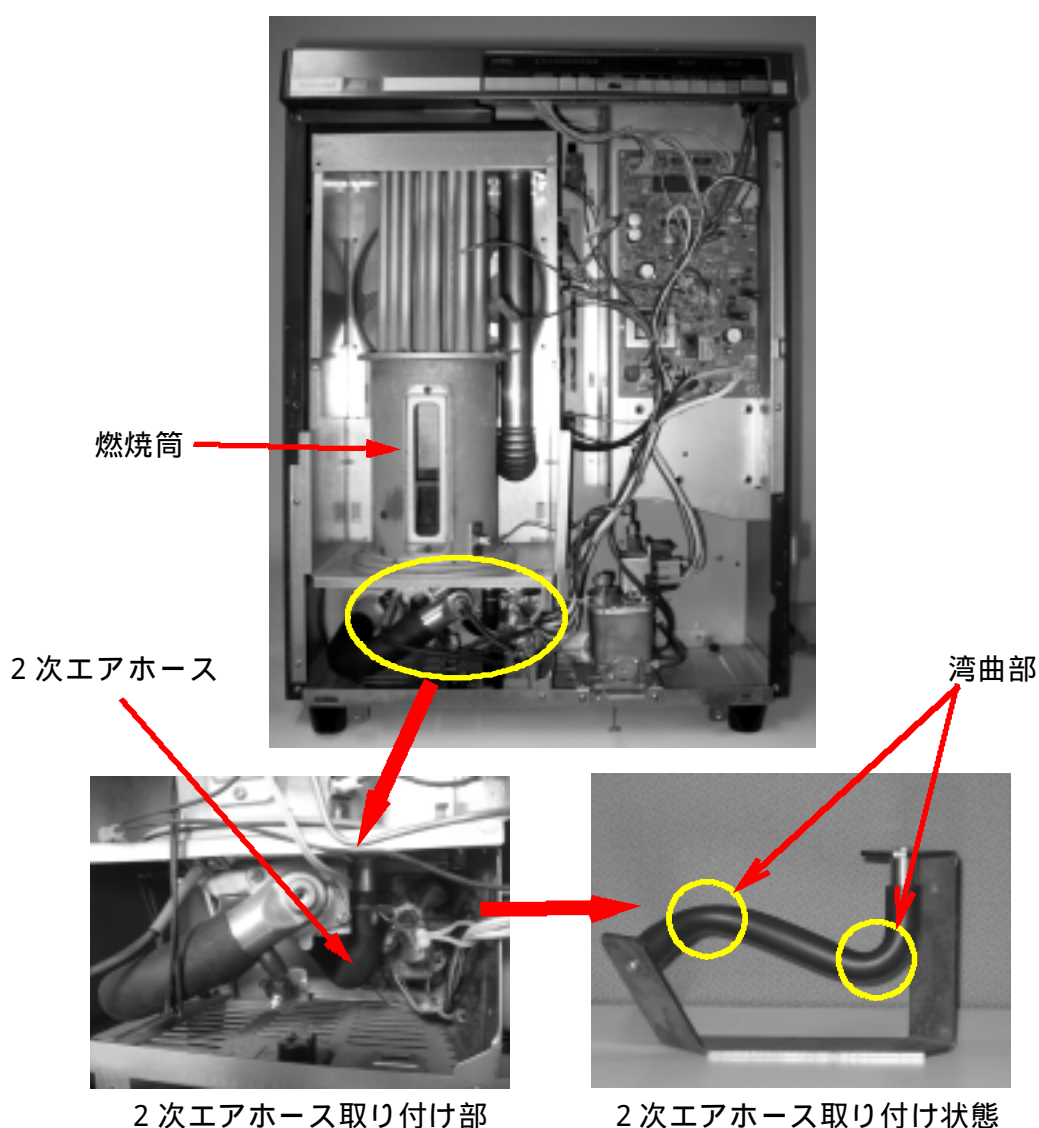
2次エアホースの形状上、取り付け時に負荷が残留しやすい部分に微小クラック等が発生していると考えられる。

4 事故の発生メカニズムについて

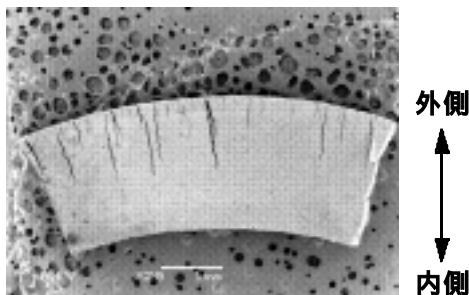
事故現場調査の結果及びテスト結果から考えられる事故の発生メカニズムは以下のとおり。

(1) 石油温風暖房機の2次エアホースは、1次エアホースと燃焼室の間をつなぐためS形の形状をしている。これを取り付ける時には、ねじれた状態になる可能性もあり、その際には、湾曲部のホース表面にストレスが残留する状態となっていることが考えられる。

また、2次エアホースは、燃焼筒下部に位置していることから燃焼により発生する熱の影響を受ける状態となっている。

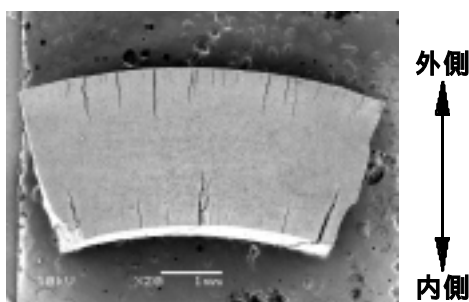


- (2) 2次エアホースに使用されているNBR（アクリロニトリル・ブタジエンゴム）は、時間の経過とともに、ストレスが加わった湾曲部の表層に大気雰囲気中に存在するオゾン等の酸化物質が作用するとともに、燃焼室により発生する熱の影響によって酸化が促進され微小クラックを生じる。



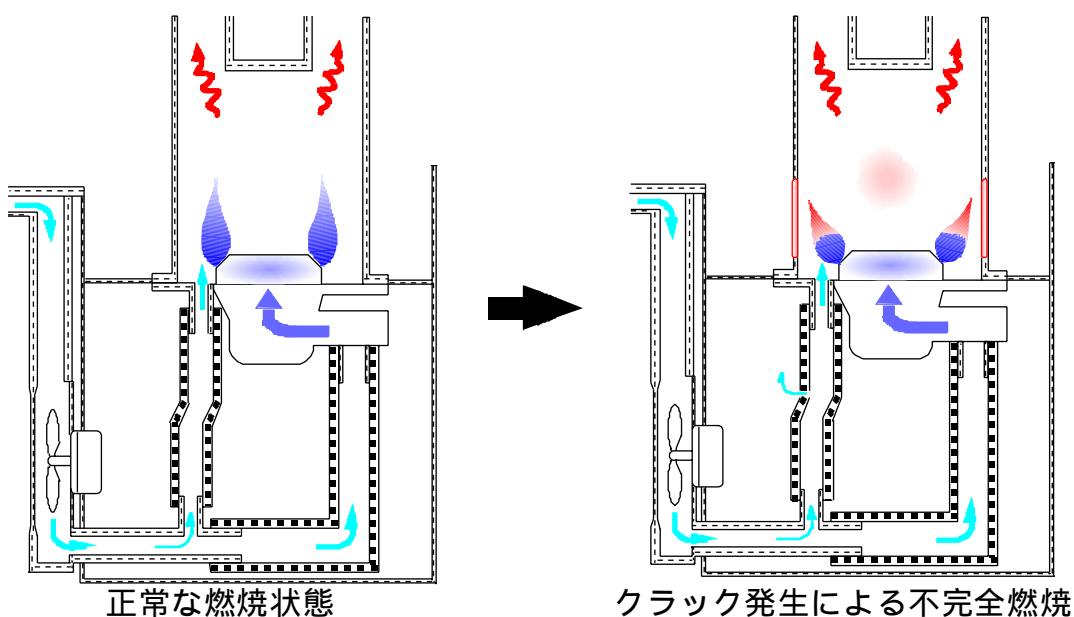
2次エアホース断面写真(1)

- (3) 微小クラックは時間の経過とともに、2次エアホースの内側からも発生し、表面の微小クラックと貫通することによってクラックが生じる。

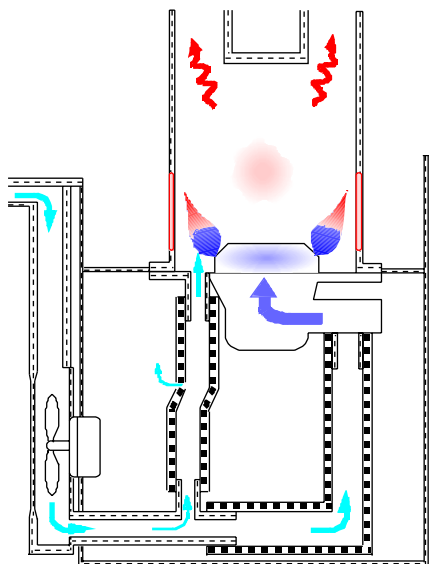


2次エアホース断面写真(2)

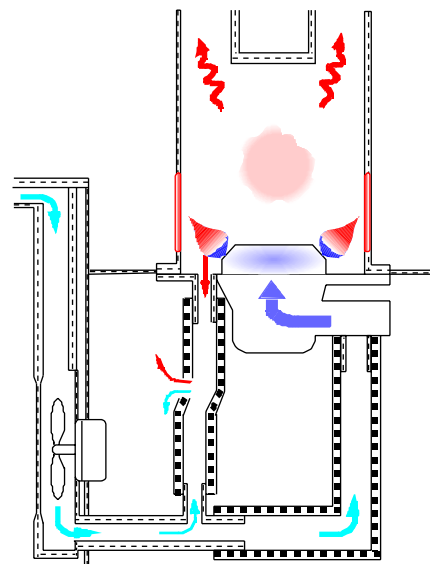
- (4) 2次エアホースにクラックが生じると、燃焼室に送られる2次空気が減少し、不完全燃焼によりCO濃度が徐々に上昇する。



(5) 時間の経過とともに、劣化が徐々に広がりクラックが孔に成長する。孔が一定の大きさになった時点で2次空気の減少により、燃焼室内でCOが発生し、2次エアホース内の送風圧力の低下から燃焼室から完全燃焼していない燃焼排ガスが2次エアホースに逆流して漏洩が発生する。それに加え、給排気筒異状、送風機異状、熱交換器異状のうち1つ以上の異状が組み合わされた場合、燃焼排ガス中のCO濃度がさらに増加する。



クラック発生による不完全燃焼



孔に成長したことによる燃焼ガスの逆流

5 事故原因について

事故状況と異状付与テストの関係を表15に示し、事故現場調査の結果とテスト結果から考えられる4件の事故原因を以下に示す。

表15 事故状況と異状付与テストの関係

	事故状況で確認できた異状	異状付与テスト項目	CO濃度(ppm)
事故1	・2次エアホースの亀裂	・air2～air6 ・air7～air10	10～30 9,510以上
	・給排気筒に金網	・防虫網 ・air6×防虫網	10 120
	・熱交換器にすすの付着	・air3×exc2 ・防虫網×exc2	200 10 ^(注10)
事故2	・2次エアホースの亀裂	・air2～air6 ・air7～air10	10～30 9,510以上
	・給排気筒の変形	・air3×gas15 ・air4×gas13	320 280
	・送風用モーターの腐食	・air6×win5 ・gas9×win5	220 20
	・熱交換器にすすの付着	・air3×exc2	200
事故3	・2次エアホースの亀裂	・air2～air6 ・air7～air10	10～30 9,510以上
	・給気温度サーミスターの断線	・air6×win5	220
	・熱交換器にすすの付着	・air3×exc2 ・win5×exc2	200 3.7 ^(注11)
事故4	・2次エアホースの亀裂	・air2～air6 ・air7～air10	10～30 9,510以上
	・給排気筒の変形	・air3×gas15 ・air4×gas13	320 280
	・熱交換器にすすの付着	・air3×exc2	200

表中のCO濃度は2次エアホースのCO濃度

(注10) 測定器の検出下限を示す。

(注11) 2次エアホースのCO濃度が測定できなかったため温風吹出口のCO濃度を示す。

4件の事故の原因は、以下のように推定される。

石油温風暖房機の長期使用によって、取り付け時にストレスが残留した2次エアホースの湾曲部の表層に、大気雰囲気中に存在するオゾン等の酸化物質が作用し、クラックが発生。さらに熱が酸化反応を促進したことにより、クラックが成長し、孔を生じた。この孔が生じたことにより2次エアの供給が不足することになり、燃焼室内において不完全燃焼が起こり高濃度のCOが発生した。こうした状況に加えて、不完全

燃焼によるすすの発生、それに伴う燃焼室内圧力の上昇等の異常が発生し、燃焼室内のCOを含んだ燃焼排ガスが2次エアホース側に逆流・漏洩した。(注：孔の径が大きいものは孔の発生のみによって、不完全燃焼、さらに逆流・漏洩に至ると考えられるが、個別の事故が、孔の発生のみによって起きたか否かは実際の事故機の孔の形状等にも依存すると考えられ、断定は困難。)

また、それぞれの事故ごとに加わった他の異状(例 給排気筒の変形等)が、燃焼排ガス中のCO濃度の増加、燃焼室内と2次エアホース内の圧力の平衡状態をもたらす、孔の存在が既にあり、COが逆流・漏洩していた場合はその加速を、孔の存在単独では逆流・漏洩が発生していなかった場合でもCOを含んだ燃焼排ガスの2次エアホースへの逆流とその孔からの漏洩を発生させた。

4件の事故における2次エアホースの孔の状態及び加わった他の異状を以下の(1)から(4)に示す。

- (1) 平成17年1月5日、福島県南会津郡伊南村^{いなむら}のペンションにおける事故
[孔の状態] 送風機側湾曲部に約8mmの開口部を持つ長さ約30mmの孔。
[加わった異状] 給排気筒に防虫網、不完全燃焼により発生したすすによる熱交換器の一部閉塞。
- (2) 平成17年2月23日、長野県茅野市の個人宅における事故
[孔の状態] 送風機側湾曲部に約5mmの開口部を持つV字型の深さ約13mmの孔。
[加わった異状] 給排気筒異状、燃焼用送風機異状による送風量低下、不完全燃焼により発生したすすによる熱交換器の一部閉塞。
- (3) 平成17年4月13日、長野県長野市の美容室における事故
[孔の状態] 送風機側湾曲部に約10mmの開口部を持つV字型の深さ約10mmの孔。
[加わった異状] 不完全燃焼により発生したすすによる熱交換器の一部閉塞、ファン回転数を制御するサミスターの半断線状態による不安定燃焼。
- (4) 平成17年11月21日、長野県上田市の個人宅における事故
[孔の状態] 送風機側湾曲部に約12mmの開口部を持つ、V字型の深さ約13mmの孔。さらに、この孔より燃焼室側方向に幅約2mm×長さ約25mmのクラック。
[加わった異状] 不完全燃焼により発生したすすによる熱交換器の一部閉塞、給排気筒異状(給排気筒の接続部に発生した蜂の巣、給排気筒の潰れ)。

同様他社製品に関する安全性評価

1 安全性評価方法

現在、市場では松下電産製の石油温風暖房機と同様の構造である石油温風暖房機が数多く販売され、使用されている。すなわち、同様事故の発生が他社製品においても危惧されることから、松下電産製の石油温風暖房機事故に関する原因究明調査にて判明した推定原因を基に、N I T E が松下電産と同様の他社製石油温風暖房機について型式・製造年・燃焼方式の他、次の項目にかかる安全対策について調査し検討することとした。

給気経路の構造・材質

給排気筒の変形が燃焼に与える影響

燃焼用送風機の回転数低下及び異状が燃焼に与える影響

熱交換器のすす等による閉塞が燃焼に与える影響

なお、調査対象とした事業者は（社）日本ガス石油機器工業会に依頼し行った事業者14社、N I T E が直接調査した2社の合計16社である。

事業者名については資料6を参照。

2 調査結果 - 1（構造・安全対策）

（社）日本ガス石油機器工業会の調査結果及びN I T E の調査結果の概要を以下に示す。

詳細については資料7を参照。

(1) 給気経路の構造・材質については、松下電産製と同様の構造である、給気を1次、2次に分岐し、さらに給気ホースの材質にN B R（アクリロニトリル・ブタジエンゴム）を使用したものは他社製品には見られなかったが、給気経路が同様の構造でエアホースを耐オゾン性N B R等の耐老化性を考慮した材料であるE P T・E P D M（エチレンプロピレンゴム）を用いた事業者が数社あった。

(2) 給排気筒、燃焼用送風機、熱交換器の異状については、多くの事業者がフレームロッド、C d S等の炎検知装置や温度サーモ、バーナーサーミスター、風圧スイッチ等で異状を検知し対応している。

3 調査結果 - 2（エアホースの劣化に対する取り組み）

松下電産製の石油温風暖房機の事故に関する原因究明調査の進展にともない、2次エアホースの劣化が極めて重要な要因であることが判明したため、調査対象事業者に対しエアホースの劣化に対する各事業者の取り組み等の追加調査を行った。

調査結果の概要を以下に示す。

詳細については資料8（1984年以前の製品）及び資料9（1985年以降の製品）を参照。

2次エアホースを有する松下電産製の石油温風暖房機と同構造の製品を製造する事業者が5社、構造は異なるものの給気経路にNBRあるいは耐オゾン性能がNBRに類似したCR（クロロブレンゴム）製のエアホースを用いた事業者が3社、1次2次の分岐ゴムジョイントにNBRを使用している事業者が1社（合計9社）あったが、いずれの事業者もエアホースの取り付けに際してはねじれ等のストレスが生じないこと、あるいは素材の耐老化性を理由にクラックは発生しないとの見解を示した。

4 調査結果 - 3（エアホースの接続方法）

2次エアホースの劣化要因分析結果から、エアホースのクラック・孔の発生原因がオゾン等の影響及び取り付けによるエアホースに対する負荷、さらに温度の影響が極めて重要な要因であることが判明したことを受け、給気経路の構造あるいはエアホース素材に疑義がある9事業者に対し、次の項目について追加調査を行った。

調査結果の概要を以下に示す。

詳細については資料10を参照。

エアホース及びゴムジョイントに使用した材料の成分配合情報

エアホース及びゴムジョイントに使用した材料の耐熱性能関係情報

エアホース及びゴムジョイントの寸法規格・品質規格等の社内材料規格

エアホース及びゴムジョイントの取付け負荷状態が判断できる、図面・写真等

- (1) E社はNBR製ゴムジョイントで送風機とステンレス給気管をねじれ等のストレスが生じない形態で接続するものであった。
- (2) G社、K社、J社は1次エアホースにNBRあるいはCRを使用しており、K社及びJ社のものは形状がL型で取り付けにねじれ等のストレスが生じない形状であるが、G社のエアホースは三次元形状であるが取り付け状況等についての情報提供はなかった。
- (3) B社、D社は給気経路を1次と2次に分岐しているが、耐オゾン性の素材を使用し、形状もL型であり三次元形状のものとは異なり、取り付け時にねじれ等のストレスが生じない形状であった。
- (4) A社、C社、N社は、いずれの事業者も2次エアホースに耐オゾン性のゴム類を使用しているが、その形状が三次元形状であるため、取り付けの際に2次エアホースにねじれ等のストレスが残存すると思われる。なお、N社はホースの脱落又はストレスによりエアホースにクラックが発生し、燃焼排ガスの逆流が発生した際に生じるホース部分の温度上昇を監視するため、燃焼筒下部のホースとの接続部に温度センサーを設置している。

5 安全性評価のまとめ

松下電産製の石油温風暖房機と同様の石油温風暖房機を、過去を含め現在までに製造・販売した事業者は16社存在する。しかし、事故機と同じ給気経路方式である1次、2次に給気経路を分岐したものと及び同じ素材であるNBRをエアホースに使用した事業者は存在しない。

石油温風暖房機使用時に給排気筒の変形、送風機の回転数低下及び異状、熱交換器のすす等による閉塞等の異状が生じた場合、多くの事業者においては、フレームロッド、CdS等の炎検知装置や温度サーモ、バーナーサーミスター、風圧スイッチ等で異状を検知し燃焼を停止させ対応している。

また、事故調査及び松下電産が回収した事故同等品において、1次エアホースの湾曲部にクラック・孔が発生していたものはなく、また、原因究明テストの際に行った1次エアホース湾曲部に20mmの孔を開けた異状付与テストの結果、燃焼が停止することを確認したことから、2次エアホースの異状に着目し、給気経路を1次、2次にエアホースで分岐した構造の製品について詳細な調査を実施した。

調査結果の概要を以下に示す。

- (1) 2次エアホースを有する製品を扱っている事業者は5社存在し、いずれの事業者もその材質を耐オゾン性能を含め耐老化性を考慮し決定している。また、5社の内2社は2次エアホースの形状をL型とし、機器に取り付けた状態でもエアホースにねじれ等ストレスが掛からない構造としていたが、A社、C社、N社の3社は、2次エアホースの形状が三次元形状であるため機器に取り付けた状態では、2次エアホースにねじれ等のストレスの発生が考えられる形状であった。

しかし、すでに事業者は実機等を保有していないことから、サンプル等の提示がなく検証は行っていない。

なお、事業者より当該2次エアホースのクラック等の不具合に係る事故報告及び苦情の申し出はないとの報告があった。

- (2) N社は2次エアホースと燃焼筒との接続部に温度センサーを設置し、ホースの脱落・クラックの発生等の異状を検知した際には燃焼を停止させる構造である。

一方、A社、C社は特に2次エアホースのクラック等の異状を検知する機構は有していないが、エアホースが耐オゾン性・耐老化性を有していること及び現在までに2次エアホースのクラック等の不具合が発生していないことから、長期使用が可能と判断している。

再発防止のための提言

F F 式石油温風暖房機 4 件の C O 中毒事故の原因は、事故現場の調査結果及びテスト結果から、以下の ~ に掲げた共通の問題点によって発生したものと推定される。

F F 式石油温風暖房機の 2 次エアホースに、オゾン等の酸化物質の影響により劣化しやすい N B R (アクリロニトリル・ブタジエンゴム) が使用されていたこと。

2 次エアホースの設置位置の関係から取り付け時にストレスが残留したこと。

長期の使用中に 2 次エアホースに生じた孔と給排気筒異状、送風機異状、熱交換器異状という複数の異状を併発していたこと。

以上の結果を踏まえ、今後、F F 式石油温風暖房機およびその他の石油暖房機に関して、C O 中毒事故の再発防止の観点から次の事項について提言する。

- 1 既に販売された F F 式石油温風暖房機の安全対策について
既に販売されている F F 式石油温風暖房機による C O 中毒事故を防止するため、関係機関、関係者の協力を得つつ、既に存在する石油暖房機の点検制度を参考として、F F 式石油温風暖房機に使用されているエアホース、安全装置を点検できるよう検討することが必要である。
- 2 今後販売する F F 式石油温風暖房機の安全対策について
製造事業者においては以下の点に配慮することが必要であり、その取り組みのためには基準の制定・改正や消費者の啓発について、関係業界や行政が対応を図るべきである。
 - (1) 2 次エアホースを有する F F 式石油温風暖房機であって、2 次エアホースにクラック等の異状が生じ、燃焼ガスが漏洩するおそれが想定される機器については、燃焼ガスが漏洩した際に機器が停止する安全装置を設ける。
 - (2) エアホースを有する F F 式石油温風暖房機については、エアホースの劣化が事故につながるおそれが想定される場合には、オゾン等の酸化物質による経年劣化が生じにくい材料をエアホースに用いると共に、エアホース取付け時に捻り等のストレスが残留しない構造にする。
- 3 石油暖房機の点検の必要性及び情報提供のあり方等について
 - (1) 使用者は石油暖房機はその適切な使用を心懸けるとともに、定期的な点検・整備の必要性を認識し、これを実施することが重要である。
 - (2) そのためにも、製造事業者、販売事業者は適切な点検時期等に係る必要な情報の提供を表示等により行う必要がある。
 - (3) さらに、石油暖房機の設置作業・移設作業は、その機器の特性によって必要な場合に専門技術者（財団法人日本石油燃焼機器保守協会の技術講習会修了者等）により行うことが望まれる。

さらに、小委員会において次の留意すべき事項が指摘された。

- (1) F F 式石油温風暖房機だけでなく一般の消費生活用製品に共通した事項として、製造事業者、販売事業者は製品の不具合等に関する情報提供については、使用者がその内容をより一層理解しやすいものとするように努力することが望まれる。また、公的機関による原因究明や事故情報提供についても、一層の強化及び迅速化を図るとともに、よりわかりやすい情報提供に努めるべきである。
- (2) 今回の事故は、オゾン等の酸化物質の影響により劣化しやすい材料である NBR を、ストレスが残存した状況で使用していたことが大きな要因と考えられる。したがって、同様な性質の材料をストレスが残存した状況で使用している製品がある場合には、材料劣化が相当程度促進される可能性が高いことから各事業者がその製品の安全性を確認することが望まれる。