ノート

石油系溶剤回収静止乾燥機における安全性の調査研究

内藤　隆之[*]　笠原　勝次[*]　木嶋　祐太[*]　馬場　大輔[**]
桂澤　豊[*]　吉田　正樹[*]　阿部　淑人[*]　佐藤　清治[*]

A safety analysis report of a wear drying machine equipped with a petroleum solvent recovery unit

NAITO Takayuki[*], KASAHARA Katsuji[*], KIJIMA Yuuta[*], BABA Daisuke[**],
KATSURAZAWA Yutaka[*], YOSHIDA Masaki[*], ABE Yoshito[*]and SATO Seiji[*]

1.　緒　　言

対象装置は業務用のドライクリーニング乾燥機である。従来の乾燥機は回転ドラム方式であり乾燥工程で発生する溶剤ガスを大気へ排出してきた。この排出される溶剤ガスは大気汚染防止法では「揮発性有機化合物(VOC)」に該当し，ドライクリーニング乾燥機は法規制の対象施設（施行令第2条の2）には該当しないものの VOC 削減のため事業者の自主的な取り組み（法第 2 条の 6）が求められている施設のひとつである。昨今の国内における VOC 規制に関しては東京都，埼玉県および大阪府でドライクリーニング施設を規制対象の施設としており，今後他の県でも規制されてくるものと考えられる。

対象装置は VOC 対策および溶剤のリサイクルを目的に新規開発されたものである。具体的には石油系溶剤で洗浄した衣類を脱液後，本装置で乾燥と同時に揮発させた溶剤ガスを回収している。ただし，蒸発させる際に揮発する石油系溶剤のガス濃度と乾燥熱風温度の値により引火、爆発、火災の危険性がある。そこで，安全かつ迅速に衣類乾燥をするための安全運転領域等の確認を行った。

また，対象装置は静止方式であり回転ドラム方式と比べて乾燥中に受ける衣類のダメージ（揉み，叩き，擦れ等）が少ないことを特徴としている。

*　　下越技術支援センター
**　　上越技術支援センター

2.　実施方法

2.1　乾燥機内温度分布の測定

乾燥機内の 5 箇所に温度センサーを取り付け，乾燥機運転中の温度変化を測定し，温度分布の経時変化を調べた。運転条件を表 1 に示す。

図1に乾燥機の概略および計測場所を示す。乾燥

表 1　乾燥機の運転条件

設定温度（℃）	保持時間（分）
55	5
60	5
65	12.5
OFF（冷風）	2.5

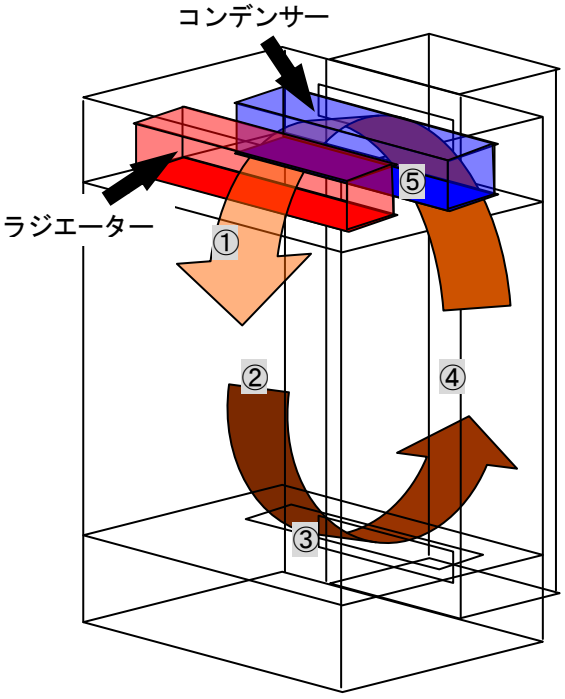


図 1　乾燥機概略

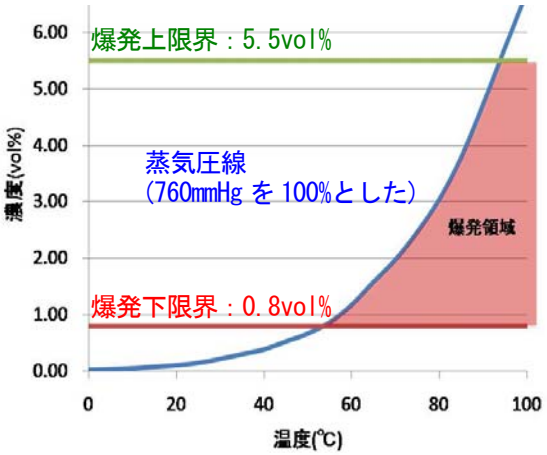


図 2　試験用溶剤の爆発領域

機の運転方法は背面のシロッコファンにより内部の空気を循環させ，同時に乾燥機上部に設置したラジエーターとコンデンサーにより空気の加熱と冷却を行った。ワークはラジエーターを通過した温風で乾燥させ，同時に蒸発した溶剤ガスはコンデンサーで回収した。試験に用いたワークは紳士冬物ジャケットとし，一度に10着を乾燥した。

2.2　乾燥機内溶剤蒸気濃度分布の測定

乾燥機内に設けた測定ポイントへ検知管を挿入して，表 1 に示す運転条件における溶剤蒸気の濃度変化を測定し，溶剤蒸気濃度の経時変化を調べた。試験に用いた溶剤の爆発領域を図 2 に示す。

ガス濃度測定は試験開始直後，3，6，9，12，15，18，21 分経過後に行った。検知器の吸引量は 100ml（1 回），吸引時間は 1 分 30 秒とし，測定回数は各測定場所でそれぞれ 3 回行った。溶剤ガス濃度は図 2 に示す①および④の場所付近の側壁に設けた開口部に検知管を挿入して測定した。同時にワークの脱液率および溶剤の回収率も計測した。

3.　結果および考察

3.1　乾燥機内温度分布の測定

乾燥機内の温度計測結果を図3に示す。計測場所①では運転開始から1分で温度が100℃まで急上昇し，その後22.5分まで90±10℃であった。計測場所②では運転開始から1分で温度が70℃まで急上昇し，1分から8分まで65±5℃，8分から22.5分まで70±5

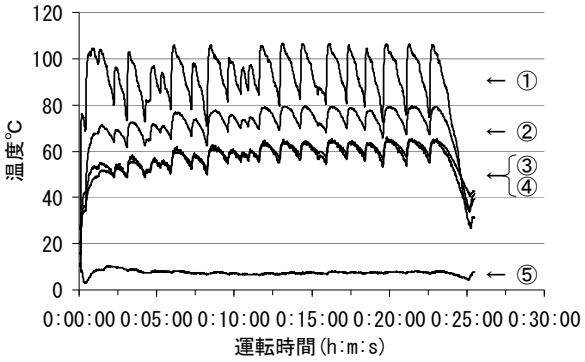


図 3　乾燥機内の温度計測結果

℃であった。計測場所③と④では運転開始から1分で温度が50℃まで急上昇し，1分から6分まで55±3℃，6分から10分まで57±3℃，10分から22.5分まで60±5℃であった。計測場所⑤では運転開始から1分で温度が3℃まで急降下し，その後22.5分まで9±1℃であった。

以上のことから，55℃と60℃の設定変更に温度変化が追従できておらず，60℃以下の温度制御について課題のあることがわかった。また，計測場所①の測定値は計測場所④と比べて約40℃高く，変動も±10℃と大きく，計測場所②の測定値も計測場所④と比べて約20℃高く，変動は同じだった。図2より爆発下限界温度が57℃付近であり，爆発領域内で操業することを十分に考慮する必要がある。乾燥機内の溶剤ガス濃度が爆発下限界濃度(0.8vol%)を十分に下回るように，コンデンサーの溶剤回収について注力することが重要である。

3.2　乾燥機内溶剤蒸気濃度分布の測定

乾燥機の運転時間とガス濃度の関係を図 4 に示す。また，ガス濃度および溶剤の脱液率，残液量，回収率の結果を表 2 に示す。計測場所①では運転開始直後で約 1400ppm，3 分後にピークを迎え約 2400ppm，その後漸減した。計測場所④のシロッコファン直上でも同様な結果となったが，理由は不明なものの全般的に①より測定値は高くなり，3 分後では約 4000ppm(0.4%)であった。しかし爆発下限界である 0.8%の半分であり，この運転条件において危険性は極めて低いと考えられる。ただし測定値（読み値）は吸引量 100ml および吸引時間

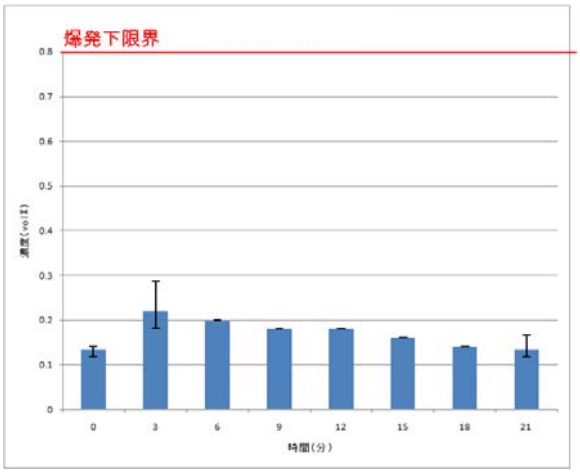
1 分 30 秒での積算値である。つまり乾燥機を 25 分間運転させたときの途中経過として任意の 1 分 30 秒間における平均値とみることができる。瞬間で 0.8%を超えていた場合は確認できていないことになる。ガス濃度は運転開始からおよそ 5 分間で急激に高くなることがわかったので注意したい。

また，今回の実験はワーク 10 着分の脱液率が約 90%（残液率で約 10%：残液量として約 0.74kg = 約 1000ml）で，乾燥中のガス濃度は最高 0.4%程度であったが，仮に脱液率 80%（ワーク 10 着分で残液量が約 2000ml）となった場合においてガス濃度は最高 0.8%近くになることが予想でき，爆発下限界に達してしまう危険性がある。

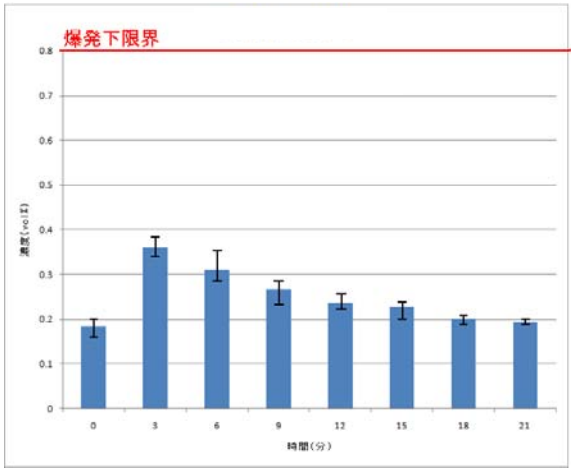
4. 結　　言

脱液率 90%のとき測定値が最大で約 0.4%となり，爆発下限界 0.8%の半分であった。しかし今回の測定結果に安堵することなく，乾燥機の操作中における危険性を強く認識したい。

クリーニング業界では従来機種（大気放出タイプ）の使用にあたり乾燥前の脱液率として 80%以上を目安にしているとのこと。本機（密閉循環タイプ）の使用者に対しては脱液率を含めた注意喚起が重要である。



(a) 測定場所①



(b) 測定場所④

図 4　乾燥機の運転時間とガス濃度の関係

表 2　ガス濃度および溶剤の脱液率，残液量，回収率

場所 / 時間	1 回目 (ppm)		2 回目 (ppm)		3 回目 (ppm)	
	①	④	①	④	①	④
スタート	1400 (700)	2000 (1000)	1400 (700)	1900 (950)	1200 (600)	1600 (800)
3 分経過	2800 (1400)	3600 (1800)	1800 (900)	3400 (1700)	2000 (1000)	3800 (1900)
6 分経過	2000 (1000)	2800 (1400)	2000 (1000)	3000 (1500)	2000 (1000)	3500 (1750)
9 分経過	1800 (900)	2400 (1200)	1800 (900)	2800 (1400)	1800 (900)	2800 (1400)
12分経過	1800 (900)	2200 (1100)	1800 (900)	2400 (1200)	1800 (900)	2400 (1200)
15分経過	1600 (800)	2000 (1000)	1600 (800)	2400 (1200)	1600 (800)	2400 (1200)
18分経過	1400 (700)	1900 (950)	1400 (700)	2100 (1050)	1400 (700)	2000 (1000)
21分経過	1200 (600)	1900 (950)	1200 (600)	2000 (1000)	1600 (800)	1900 (950)
脱 液 率	90.1 %		90.6 %		90.1 %	
残 液 量	0.74 kg		0.70 kg		0.74 kg	
回 収 率	86.5 %		82.9 %		86.5 %	

かっこ内の数値は検知管の読み値