

■解説■

メチルエチルケトンパーオキサイドの分解・火災事故の推移 およびその原因と事故防止対策

押部 義宏^{*1}, 松末 隆志^{*2}

1. はじめに

有機過酸化物（以下、POと略記する）は、ラジカル重合の開始剤や不飽和ポリエステル（以下、UPと略記する）の硬化剤をはじめとして、ラジカル反応を利用する用途で幅広く用いられる有用な化学物質である。POは熱や還元性物質によって容易に分解して遊離ラジカルを生成するという特性が利用されているが、一方で、その分解のしやすさから、取り扱いには十分な注意が求められる危険な物質でもある。このため、POメーカーをはじめとする様々な立場から、分解、爆発、火災などの事故防止のために注意喚起がなされている。しかしながら、PO事故は必ずしも減少していない。

日本有機過酸化物工業会も、過去にPO事故事例とその防止対策を報告して注意を喚起しているが^{1)～3)}、先の報告より15年以上が経過したことから、今回、消防庁の「危険物に係る事故事例」と他の公開資料を対象として過去約30年間に亘って改めて調査を行った^{4)～11)}。その結果、61件のPO事故事例が確認され、その中でメチルエチルケトンパーオキサイド（以下、MEKPOと略記する）による事故が34件と高い比率を占め、特にMEKPO使用段階の事故が多いことが明らかになった。この結果を受けて、本稿では、MEKPO使用段階における事故防止の一助とするために、MEKPOの分解・火災事故の推移とその原因、事故防止対策について報告する。

2. MEKPOによる分解・火災事故の推移

1986年～2016年におけるMEKPOによる分解・火災事故の推移を表1に示す。事故発生時期を「約10年

毎の3期」に分け、事故発生段階を「製造、輸送、使用」に区分して、各区分における発生件数の推移をまとめている。MEKPO事故34件の内訳は、製造段階：3件、輸送段階：0件、使用段階：31件であり、使用段階の事故が大半を占めていることがわかる。

製造段階では、製造中・作業中に2件、貯蔵・保管中に1件のMEKPO分解・火災事故が発生している。主原因が物的要因である鉄製フランジの腐食によるものが1件、人的要因である管理不十分によるものが2件で、「異物混入・接触」を直接原因とした点で共通している。ただし、製造段階のMEKPO事故は2001年以降発生しておらず、POメーカーの安全対策が向上していることが伺える。

輸送中の事故は、MEKPOでは発生していない。十分な安全管理のもとで輸送され、さらに、MEKPOがPOの中では熱的に比較的安定であることに起因していると考えられる。

一方、使用段階の事故は、各期とも10件前後の発生が続いている。また、作業中の事故件数が最も多いこと、作業後の廃棄時における事故が増加していること、貯蔵・保管中や運搬中にも一定数の事故が発生していることが示される。UP内需動向とFRP成形法のシフトに伴い、国内のMEKPO取扱量は1期から3期にかけて約1/3に減少しており、MEKPOの事故発生確率は上昇しているのが明らかである。MEKPOは用途上の理由から、少量の取り扱いとなる一方で取扱者（ユーザー）が多いことを特徴としているが、使用段階のMEKPO事故がこのような状況にあるのは、MEKPO特性や適正な使用方法が十分には理解されないままに取り扱われている事例があるためと推察される。

*1 日本有機過酸化物工業会 専務理事

*2 日本有機過酸化物工業会 前専務理事

表1 MEKPOによる分解・火災事故の推移

事故発生段階の区分	事故が発生した工程	1期(1986~1995)		2期(1996~2005)		3期(2006~2016)		全期(1986~2016)	
		件数	比率(%)	件数	比率(%)	件数	比率(%)	件数	比率(%)
製造	製造中・作業中	1	100	1	50	0		2	67
	休止中	0	0	0	0			0	0
	貯蔵・保管中	0	0	1	50	0		1	33
	小計	1	100	2	100	0		3	100
輸送	陸上輸送中	0		0		0		0	
	海上輸送中	0		0		0		0	
	小計	0		0		0		0	
使用	作業中	7	70	3	33	5	42	15	48
	作業後	0	0	4	44	0	0	4	13
	作業後(廃棄)	0	0	1	11	6	50	7	23
	貯蔵・保管中	1	10	1	11	1	8	3	10
	運搬中	2	20	0	0	0	0	2	6
	小計	10	100	9	100	12	100	31	100
	合計	11		11		12		34	

3. MEKPO使用段階における分解・火災事故の発生状況と事故原因

今回の調査から最も事故発生件数が多いことが確認されたMEKPO使用段階における分解・火災事故の発生状況と事故原因を、事故が発生した工程別（作業中、作業後、作業後（廃棄）、貯蔵・保管中、輸送中）に区分して表2に示す。

MEKPO分解・発火事故の主原因是、管理不十分、確認不十分、誤操作、不作為など人的要因によるものが工程に関わらず大半を占めている。人的被害の発生は31件中6件にとどまるが、いずれの事故でも火災による物的被害は決して小さくない。

人的要因により誘起された事故の直接原因は、「過熱による分解促進」、「異物混入・接触」、「促進剤混入・接触」、「UP（促進剤含有）混合・接触」の4つである。PO事故全体では「衝撃・摩擦」や「静電気火花」を直接原因とする事故事例が確認されているが、今回の調査対象としたMEKPO事故においては、いずれの参考文献にも両者を直接原因とする記載は見られない。本来は「衝撃・摩擦」による事故が発生していないのは、それらの特性を緩和するために製品形態を約50%濃度まで希釈しているためである。ただし、「静電気火花」は事故の直接原因になり得るもので、見落とされている可能性も否定できない。例えば、表1の事例No.1-7、同

1-8は、参考文献の説明に基づき直接原因を「UP混合・接触」としているが、静電気火花等の着火源が存在してアセトンやスチレンモノマー（以下、Stと略記する）の引火を引き起こしたとも考えられる。

MEKPO事故の直接原因とその原因の工程別件数を表3に示す。「UP混合・接触」による事故件数が最も多く、「促進剤混入・接触」と「異物混入・接触」がこれに続き、「過熱による分解促進」は3件と比較的少ない。工程別に見ると、作業中は「UP混合・接触」が特に多く、作業後は「UP混合・接触」と「異物混入・接触」もしくは「促進剤混入・接触」の件数がほぼ同じ、運搬中に「過熱による分解促進」による事故が発生しているなどが特徴的である。

MEKPOの自己分解反応はPOとしては遅く、POの中では熱的に安定な化合物の部類に属する。ただし、発火点は、約200°Cと低い特性を有する。このため、促進剤や還元性異物が不在であれば、MEKPOの保管温度（貯蔵温度）は30°Cであり、自己促進分解温度（以下、SADTと略記する）も65°Cと比較的高い数値を示す。しかしながら、一旦、促進剤や還元性異物が混入・接触すると、常温でもレドックス反応が速やかに進行する。急激な発熱反応であり、系内温度がMEKPOの発火点以上に上昇して発火に到る危険性が生じる。「過熱による分解促進」を直接原因とする事故は10%にとどまり、一方で、「異物混入・接触」：16%，「促進剤混入・接触」：23%と比較的高い比率で

事故が発生しているのは、これらのMEKPO特性に関連していると理解される。

UP、ビニルエステル（以下、VEと略記する）の常温硬化では、通常ナフテン酸コバルトに代表される促進剤を使用する。促進剤はあらかじめUPやVEに添加されている場合と使用時に添加する場合がある。この促進剤を添加したUPやVEに硬化剤としてMEKPOを混合して（以下、本液を配合液という）常温硬化反応を行う。硬化反応による発熱、および放熱性を低下させる増粘が硬化反応を加速して系内の蓄熱をより一層増幅するため、残配合液には必ず注水して硬化反応熱の上昇を防止している。この対策を疎かにするとMEKPOの発火点以上に上昇して発火に到る危険性が生じる。また、配合液は、ラジカル反応性に富むだけではなく揮発性が高く引火点が低いStを含有する。万が一、何らかの原因で静電気火花が発生した場合には容易に引火して火災を引き起こす可能性がある。

「UP混合・接触」による火災事故例が多いのは、UP、VEの硬化反応における蓄熱挙動が強く関連して

いるものと考えられる。また、表4から、「UP混合・接触」を直接原因とする事故事例では、高温物との接触、高温放置、配合液または塗装滓（かす）中のMEKPO高濃度化、配合液または塗装滓の長期放置をまねくような操作が蓄熱を助長して発火の可能性をより高めていることが示唆される。

4. MEKPO使用段階における事故防止対策

前章で説明した人的要因によって引き起こされる事故の直接原因を回避する手法、直接原因を助長する操作の改善が主たる事故防止対策となる。MEKPO使用段階における事故防止対策とその具体的手法を表5に示す。

「着火源、静電気火花の回避」、「還元性異物の混入・接触回避」、「促進剤の混入・接触回避」には、従来知られている表5に示す手法が有効である。また、「過熱による分解促進の回避」のためには、SADTから導かれる管理温度55°Cが蓄熱を加速させない雰囲気温度の上限目安とされており、直射日光下、夏場

表2 MEKPO使用段階の事故発生状況と原因

事例No.	発生年月	事故が発生した工程、状況		人的被害 ^{a)}	主原因	直接原因	参考文献
1-1	1987年	作業中	MEKPO用タンクに誤ってナフテン酸コバルトを投入してしまい、その後、MEKPOを補給した際にタンクが破裂・発火	1(重)	誤操作 ^{c)}	促進剤混入・接触	5
1-2	1988年11月	作業中	スプレーによる舟艇製造の休憩中に、ノズル先付近に付着していた樹脂から発火	0	調査中 ^{b)}	UP ^{d)} 混合・接触	4
1-3	1991年10月	作業中	吹付け塗装工程の加熱硬化中、開栓状態で放置していたMEKPO入りボリ容器に異物が混入して発熱・発火	0	管理不十分 ^{b)}	異物混入・接触	4
1-4	1993年10月	作業中	FRP板への吹付け塗装において、廃棄せずに床上に放置した塗装滓から発火	0	管理不十分 ^{b)}	UP ^{d)} 混合・接触	4
1-5	1993年10月	作業中	スプレーによる浄化槽製造時、スプレーノズル下に蓄積した塗装滓から発火	1	施工不良 ^{b)}	UP ^{d)} 混合・接触	4
1-6	1994年6月	作業中	吹付け塗装の休憩中に、MEKPO容器をのせた受け皿より発火	0	不明 ^{b)}	異物混入・接触	4
1-7	1995年7月	作業中	塗装終了後、一定の場所にアセトンを吹き出しながらスプレー缶を洗浄中に発火	0	管理不十分 ^{b)}	UP ^{d)} 混合・接触	4
1-8	2003年	作業中	マンホール内で下水道管補修工事の最中、UPとMEKPOを含んだガラスクロスから発火	3(重) 1(軽)	管理不十分 ^{c)}	UP ^{d)} 混合・接触	5
1-9	2004年6月	作業中	成型機受皿に残留していた60°Cを超える高温UPに、供給ホースからMEKPOが垂れ落ちて発火	0	不作為 ^{b)}	UP ^{d)} 混合・接触	4
1-10	2005年8月	作業中	注水冷却が不足して高温になった受け皿上のUPに、スプレー缶内に滞留していたMEKPO含有UPが落下して発火	0	不作為 ^{b)}	Up ^{d)} 混合・接触	4
1-11	2008年7月	作業中	レジンコンクリートマシーンの供給ポンプから漏れ出したMEKPOが、UP付着ウェスを入れたポリバケツに溜まり発火	0	維持管理不十分 ^{b)}	UP ^{d)} 混合・接触	4
1-12	2009年3月	作業中	MEKPOが残っていたアルミ缶を、FRP防水材やウェスと一緒にポリバケツ内に放置して発火	0	管理不十分 ^{c)}	異物混入・接触	9
1-13	2009年4月	作業中	集合住宅の改裝中、MEKPOが入ったPETボトルにナフテン酸コバルトが誤混入して発火	0	管理不十分 ^{c)}	促進剤混入・接触	10
1-14	2009年6月	作業中	住宅浴室の施行で、ポリバケツにUP主剤とMEKPOを繰り返しつぎ足しローラー刷毛で攪拌しながらの作業中に発火	0	管理不十分 ^{c)}	UP ^{d)} 混合・接触	9
1-15	2012年7月	作業中	UP主剤とMEKPOの吹付け塗装作業の休憩中に、吹付機器付近から発火	0	維持管理不十分 ^{b)}	過熱による分解促進	4

表2 MEKPO使用段階の事故発生状況と原因(続き)

事例No.	発生年月	事故が発生した工程、状況	人的被害 ^{a)}	主原因	直接原因	参考文献
2-1	1999年8月	作業後 MEKPO含有UPが入っていた空容器にMEKPOを含んだウェスを投入後、車両に放置して発火	0	管理不十分 ^{b)}	UP ^{d)} 混合・接触	4
2-2	2002年9月	作業後 MEKPOとナフテン酸コバルトの計量後、MEKPO容器下敷の雑巾より発火	0	管理不十分 ^{b)}	促進剤 混入・接触	4
2-3	2003年3月	作業後 塗装ロボットのメンテナンス中、塗装滓が付着した床にホースからMEKPOがこぼれ落ちて発火	0	確認不十分 ^{b)}	UP ^{d)} 混合・接触	4
2-4	2005年8月	作業後 ナフテン酸コバルトを扱ったスポットを洗浄後にMEKPOを扱い、そのままMEKPO容器内に放置し、発火	1(重)	誤操作 ^{b)}	促進剤 混入・接触	4
3-1	2005年12月 (廃棄)	作業後 廃棄経費節減のため、残MEKPO、残UP塗料を一括集約した作業後に、集約物から出火	0	管理不十分 ^{b)}	UP ^{d)} 混合・接触	4
3-2	2006年4月 (廃棄)	作業後 大量の残MEKPOを、エポキシ樹脂用硬化剤(アミン系)等も投入していた廃棄用ドラム缶に移し替える作業中に分解、発火	1	管理不十分 ^{c)}	異物 混入・接触	8
3-3	2007年5月 (廃棄)	作業後 MEKPOと促進剤が含まれていた一斗缶に廃棄UP塗料を詰める作業の終了後に、その一斗缶から出火	0	管理不十分 ^{b)}	促進剤 混入・接触	4
3-4	2012年10月 (廃棄)	作業後 内容物を明記せずに別々に保管していたMEKPOとナフテン酸コバルトを、廃棄のために同一ボリ容器に投入して発火	0	管理不十分 ^{c)}	促進剤 混入・接触	6
3-5	2014年6月 (廃棄)	作業後 残UPとMEKPOが付着した紙・ウェスをひとつビニール袋に入れ廃棄目的でごみ置き場に仮置きしていた最中に出火	0	管理不十分 ^{c)}	UP ^{d)} 混合・接触	6
3-6	2015年6月 (廃棄)	作業後 MEKPO、各種溶剤、ナフテン酸コバルトを拭き取った雑巾を捨てたごみ箱から出火	0	維持管理不十分 ^{b)}	促進剤 混入・接触	4
3-7	2016年3月 (廃棄)	作業後 廃棄目的で金属製ドラムにMEKPOを大量に入れ、さらに残UPを加えて密閉状態で放置し、30分後に爆発火災が発生	0	維持管理不十分 ^{b)}	UP ^{d)} 混合・接触	4
4-1	1992年7月 貯蔵・保管中	余ったMEKPOを容器に戻して倉庫保管中、容器外部に付着したMEKPOが金属錆と接触して発火	0	確認不十分 ^{b)}	異物 混入・接触	4
4-2	1999年5月 貯蔵・保管中	無許可貯蔵していた化学薬品を整理中、同じ場所に置かれたMEKPO入りボリ容器から発火	1(重)	不作為 ^{b)}	原因不明 ・未特定	4
4-3	2015年3月 貯蔵・保管中	使用残のMEKPO配合UP溶液をボリバケツに入れて倉庫に保管中に発火	0	管理不十分 ^{b)}	UP ^{d)} 混合・接触	4
5-1	1994年8月 運搬中	駐車中の車内でMEKPO入りボリ容器が転倒して漏洩、発火	0	管理不十分 ^{b)}	過熱による 分解促進	4
5-2	1994年9月 運搬中	MEKPO入りボリ容器を車両で運搬中、分解して白煙を発生	0	確認不十分 ^{b)}	過熱による 分解促進	4

a) 数値は負傷者数を表す。参考文献にけがの程度が記載される場合、重傷者を(重)、軽傷者を(軽)と表示した。

b) 消防庁「危険物に係る事故事例」に記載される判断。

c) 参考文献の記載内容をもとに日本有機過酸化物工業会で下した判断。

d) UPは促進剤を含有する。

表3 MEKPO使用段階における事故の直接原因とその工程別件数

事故の直接原因	事故が発生した工程					合計	
	作業中	作業後	作業後(廃棄)	貯蔵・保管中	運搬中	件数	比率(%)
原因不明・未特定			1			1	3
過熱による分解促進	1				2	3	10
異物混入・接触	3		1	1		5	16
促進剤混入・接触	2	2	3			7	23
UP混合・接触	9	2	3	1		15	48
合計	15	4	7	3	2	31	100

表4 「UP混合・接触」を直接原因とする事故事例における蓄熱を助長した操作

蓄熱を助長した操作		事故が発生した工程	事例No.
要因なし・不明	(アセトン、Stの引火が疑われる)	作業中	1-7、1-8
高温物との接触 高温放置	高温配合液とMEKPOとの接触 配合液とウェスに付着したMEKPOを一括して高温下に放置	作業中 作業後	1-9、1-10 2-1
配合液、塗装滓中のMEKPO高濃度化	塗装滓にMEKPOが付着 ウェスに付着した配合液とMEKPOの接触 残配合液とウェスに付着したMEKPOの接触 配合液とMEKPOの一括集約	作業後 作業中 作業後(廃棄) 作業後(廃棄)	2-3 1-11 3-5 3-1、3-7
配合液、塗装滓の長期放置	配合液へのMEKPOとUP主剤の継ぎ足し スプレー塗装滓の長期放置	貯蔵・保管中 作業中	4-3 1-14
			1-2、1-4、1-5

表5 MEKPO使用段階における事故防止対策

事故防止対策	根拠となる MEKPO、(St) 特性	具体的手法	教訓となる 事例No.
着火源、静電気 火花の回避	・引火点:50°C (MEKPO) 31°C (St)	・火気厳禁、静電気発生箇所へのアース設置	
過熱による分解 促進の回避	・SADT:65°C ・管理温度:55°C ・保管温度:30°C	・SADTから導かれる管理温度(55°C)以下を保持するため、直射日光下、 夏場高温下、熱源近くにての放置厳禁	1-15 5-1、5-2
還元性異物の 混入・接触回避	・還元性異物との反応性が 非常に高い	・MEKPO容器の開封放置の厳禁 ・使用残MEKPOの元容器への戻しの厳禁 ・酸化還元反応に不活性な器具(ガラス、ステンレス、プラスチック製)の使用 ・鉄、銅合金、鉛、ゴムの使用厳禁、還元性化学物質との混合厳禁	1-3、1-6 1-12 4-1
促進剤の 混入・接触回避	・促進剤との反応性が非常 に高い	・MEKPOと促進剤の直接混合・接触の厳禁 ・MEKPOと促進剤の計量容器、使用器具の併用厳禁 ・UPに促進剤を混合して十分に攪拌後、MEKPOを混合 ・MEKPOと促進剤の混合廃棄の厳禁	1-1、1-13 2-2、2-4
UP混合・接触時 の蓄熱回避	・発火点:200°C ・配合液もしくは塗装滓中のMEKPO濃度が高まるほど 反応性が高くなり、蓄熱は 加速される ・配合液もしくは塗装滓の 容量が大きいほど、蓄熱は 加速される	・MEKPOの過剰配合、残MEKPOと残配合液を混合しての保管・廃棄の厳禁 ・配合液へのMEKPO、UP主剤の継ぎ足し厳禁 ・配合液の保管容量、保管時間の最小化 ・スプレー塗装等により発生する塗装滓の頻度高い除去と除去物の水蓄 ・配合液が付着したウェス等の速やかな水蓄 ・残配合液の確実な水蓄 ・配合液や塗装物が接する基材の常温以下の保持 ・残配合液の適正な廃棄(下段参照)	1-2、1-4 1-5、1-7 1-8、1-9 1-10、1-11 1-14 2-1、2-3 4-3
適正な廃棄	・還元性異物、促進剤、ラジカル重合性化合物との 反応性が非常に高い	(残MEKPOに対して) ・促進剤と必ず分離して廃棄 ・約5倍量の高沸点溶剤で希釈して焼却、あるいは焼却処理業者へ焼却処理依 頼 ¹²⁾ ・金属容器に1/4量の促進剤含有UPを入れ、UPの20wt%以下のMEKPOを混合後 UPと同量以上の水を注ぎこみ、水中で硬化反応を進行させてMEKPOを消失させ る。冷却後、産業廃棄物として処理 ^{12), 13)} (残配合液に対して) ・金属容器中で約2倍量の水に水蓄 ・水蓄した配合液の硬化反応を完了させた後、産業廃棄物として処理 (残MEKPOや配合液が付着したウェスや塗装滓等に対して) ・水蓄物をそのまま焼却	3-1、3-2 3-3、3-4 3-5、3-6 3-7

高温下ならびに熱源近辺にての放置は厳禁である。MEKPOは、保管だけでなく、取扱いも保管温度30℃以下で行うのが望ましい。

「促進剤を含有するUP, VEとMEKPOの混合・接触時の蓄熱回避」には、作業上、塗装滓の発生、配合液やMEKPOが付着したウェス等の発生を避けられないことから、配合液やMEKPOが付着したウェス等の水中への投入（以下、水蓄という）、塗装滓を高頻度で除去しての水蓄が重要な手法となる。水蓄により、蓄熱が大幅に抑制され、仮に蓄熱によりMEKPO発火点以上の温度に到達しても発火を防ぐことができる。また、配合液に過剰なMEKPOを加えること、残MEKPOと残配合液を混合しての保管・廃棄は厳禁である。さらに、配合液保管量と保管時間の最小化、下記に述べるような残配合液の適正な廃棄、配合液や塗装物が接する基材の適正温度（常温以下が好ましい）保持が必要である。

表1に示すとおり、近年、作業後の廃棄時の事故が増加していることから、適正な廃棄は、重要な事故防止対策となる。残MEKPOは、他の廃棄物（特に促進剤）と分離しての廃棄が不可欠である。高沸点溶剤で約5倍量に希釈して焼却するのが確実で好ましい¹²⁾。また、各POメーカーは、焼却設備を保有していない使用者を考慮して、金属容器内で所定量の促進剤含有UPとMEKPOを混合し、水中で硬化反応を行なせてMEKPOを消失させる手法を提案している^{12),13)}。水中にての反応であり、安全性が確保でき、MEKPO使用者が簡便に実施できることから有効な手法となる。硬化物は産業廃棄物として処理することができる。残配合液も、残MEKPOの場合と同様な方法により、水中で硬化反応を完了させて廃棄することが安全性を確保する上で有効である。残MEKPOや配合液の付着物（ウェス等）は、水蓄物をそのまま焼却するのが確実である。

5. おわりに

MEKPO使用段階における事故の発生状況と原因、事故原因が関係するMEKPO特性を3章で説明したが、MEKPO事故は、複雑な状況や反応から引き起こされているわけではない。MEKPO特性を踏まえて、過熱に注意し、還元性異物と接触させずに、UPやVEとの配合後は蓄熱が発生しないように取り扱い、作業終了後は適正に廃棄することにより、分解・火災事故を防ぐことができる。事故防止に向けて、4章で示した対策が着実に実行されることを期待している。

参考文献

- 1) 幅道雄：「有機過酸化物の火災事故例の推移と分析」，安全工学，Vol.41, No.3, p.190-198 (2002)
- 2) 幅道雄：「メチルエチルケトンパーオキサイドの火災事故例の推移と分析」，強化プラスチックス，Vol.48, No.10, p.421-425 (2002)
- 3) 幅道雄：「有機過酸化物の火災事故の調査と対策」，Safety & Tomorrow, No.91, p.55-62 (2003)
- 4) 消防庁：「危険物に係る事故事例」（昭和61年～平成28年）
- 5) 労働安全衛生総合研究所「爆発火災データベース」(https://www.jniosh.go.jp/publication/houkoku/houkoku_2013_03.html)
- 6) 原子力施設情報公開ライブラリー「トラブル情報」(<http://www.nucia.jp/nucia/kn/KnTop.do>)
- 7) 児玉正浩：「有機過酸化物積載貨物船爆発炎上事故」，海上防災，No.119, p.56-61 (2003)
- 8) 川崎市消防局：「屋内貯蔵タンク内面コーティング用硬化剤の火災事例」，Safety & Tomorrow, No.122, p.21-24 (2008)
- 9) 大阪市ホームページ「消防・防災のお知らせ」(<http://www.city.osaka.lg.jp/shobo/page/0000086257.html>)
- 10) 堺市消防局ホームページ (<http://www.city.sakai.lg.jp/kurashi/bosai/shobo/anzen/bosuitoso.html>)
- 11) 畑村創造工学研究所「失敗知識データベース」(<http://www.sozogaku.com/fkd/index.html>)
- 12) 日本有機過酸化物工業会ホームページ (<http://www.j-opa.jp/>)
- 13) 幅道雄, 清水守：「メチルエチルケトンパーオキサイドの廃棄処分方法の検討」，強化プラスチックス，Vol.50, No.10, p.388-391 (2004)