

200837033A

平成20年度厚生労働科学研究費補助金

食品の安心・安全確保推進研究事業

食品用器具・容器包装、
乳幼児用玩具及び洗淨剤の
安全性確保に関する研究

総括・分担研究報告書

平成21(2009)年4月

研究代表者	河村 葉子	国立医薬品食品衛生研究所
研究分担者	六鹿 元雄	国立医薬品食品衛生研究所
研究分担者	中里 光男	東京都健康安全研究センター
研究分担者	津田 博	(社)日本玩具協会
研究分担者	石井 茂雄	日本石鹼洗剤工業会

平成20年度厚生労働科学研究費補助金

食品の安心・安全確保推進研究事業

食品用器具・容器包装、 乳幼児用玩具及び洗剤の 安全性確保に関する研究

総括・分担研究報告書

平成21(2009)年4月

研究代表者	河村 葉子	国立医薬品食品衛生研究所
研究分担者	六鹿 元雄	国立医薬品食品衛生研究所
研究分担者	中里 光男	東京都健康安全研究センター
研究分担者	津田 博	(社)日本玩具協会
研究分担者	石井 茂雄	日本石鹼洗剤工業会

目 次

I. 総括研究報告書	
食品用器具・容器包装、乳幼児用玩具及び洗浄剤の安全性確保 に関する研究	1
河村 葉子	
II. 分担研究報告書	
1. 合成樹脂製器具・容器包装の規格基準に関する研究	9
河村 葉子、古橋 裕之、出口 自治夫	
2. ゴム製器具・容器包装の規格基準に関する研究	39
河村 葉子、六鹿 元雄	
3. 器具・容器包装に残存する化学物質に関する研究	61
河村 葉子、中里 光男	
<その1>ポリ乳酸製器具・容器包装の安全性に関する研究	63
尾崎 麻子、大嶋 智子、大垣 寿美子	
<その2>ゴム製ほ乳用乳首及びおしゃぶり中のN-ニトロソアミン類分析法	73
河村 葉子、六鹿 元雄	
4. 玩具におけるフタル酸エステル類の規制について	89
河村 葉子、津田 博	
5. 洗浄剤の規格基準に関する研究	103
河村 葉子、石井 茂雄	
III. 研究成果の刊行に関する一覧表	128

食品用器具・容器包装、乳幼児用玩具及び洗浄剤の安全性確保に関する研究

研究代表者 河村 葉子 国立医薬品食品衛生研究所

研究要旨

食品用器具・容器包装、乳幼児用玩具及び食品用洗浄剤は、食品衛生法の食品、添加物等の規格基準によりその安全性が担保されている。しかし、制定されてから長い年月が経過し様々な課題がみられる。そこで、合成樹脂及びゴム製器具・容器包装、玩具、洗浄剤等について各種検討を行い、それらをもとにそれぞれの規格基準の見直しと改正原案の作成を行うとともに、規格基準が制定されていない化学物質についても調査を行いその安全性の検討を行うことを目的とした。

合成樹脂製器具・容器包装の規格基準に関する研究では、溶出試験法のより適格な試験条件を確立するため、油脂及び脂肪性食品（以下、油性食品）における食品擬似溶媒と代替溶媒の溶出試験を実施した。その結果、これまで油性食品の擬似溶媒として用いられてきたヘプタンに、イソオクタン、95%エタノールを追加することで、一部の樹脂を除きほぼ全ての樹脂に対して補正係数（ファクター）を付加することなく、代替できることが示された。また、オリーブ油による移行試験において、従来のオリーブ油抽出法よりも簡便かつ高精度の試験法を開発した。

ゴム製器具・容器包装の規格基準に関する研究では、我が国で使用されるゴム製品について、ゴムの種類毎にそれらの用途、使用対象となる食品の種類、使用温度、食品との接触時間、成形時に使用される添加剤及びその配合量について調査を行った。また、ほ乳用乳首及びおしゃぶりのN-ニトロソアミン類について文献調査を行うとともに、市販品についてN-ニトロソアミン類及びN-ニトロソ化可能物質の溶出試験を実施し、我が国の実態を明らかにした。さらに、ラテックスアレルギーについての調査では、ゴム製器具を通じて引き起こされるアレルギーを低減化するため、タンパク溶出質量の少ない製品の使用が望まれるとともに、表示についても検討する必要があると考えられる。

食品と接触して使用される各種器具・容器包装に残存または溶出する物質について検討を行った。ポリ乳酸製品の規格試験、残存する金属の検索とその溶出、溶出液中のGC/MSによる溶出物の検索及び変異原性試験を行った。また、ゴム製ほ乳用乳首及びおしゃぶりのN-ニトロソアミン類について、GC/MSを用いた試験法を確立するとともに、その前駆体である第二級アミン類のLC/MSによる試験法を検討した。

ポリ塩化ビニル製の玩具で使用されてきたフタル酸エステル類については、我が国では2002年からフタル酸ビス(2-エチルヘキシル)とフタル酸ジイソノニルが規制されているが、欧州では6種類が規制対象となっており、2008年には米国も規制を決めた。そこで、これまでの経緯や各国の規制状況等をまとめるとともに、ポリ塩化ビニル製玩具におけるこれら6種類のフタル酸エステルの使用実態の現状を調査した。

飲食器、野菜、果物用洗浄剤の規格基準に関する研究として、現在流通している洗浄剤について、使用されている界面活性剤及びその他の成分の種類を明らかにし、その安全性を調査した。また、市販洗浄剤について重金属等の含有量を分析したところ、いずれも定量限界以下であった。さらに、消費者の使用法の変化等についても調査を行い、規格基準制定当時と比べて大きく変化していることが明らかとなった。一方、生分解度試験については、食品衛生法で設定する必然性はないと結論された。

研究分担者

六鹿 元雄 国立医薬品食品衛生研究所
中里 光男 東京都健康安全研究センター
津田 博 (社)日本玩具協会
石井 茂雄 日本石鹼洗剤工業会

A. 研究目的

食品用器具・容器包装、乳幼児用玩具及び食品用洗浄剤は、食品衛生法の食品、添加物等の規格基準によりその安全性が担保されている。しかし、合成樹脂及びゴム製器具・容器包装、乳幼児用玩具、野菜・果実・食器用洗浄剤の規格基準については、これらが設定されてから長い期間が経過しており、様々な課題が生じている。また、器具・容器包装に残存する化学物質についてはその実態が明らかでないものも多い。

そこで、合成樹脂及びゴム製器具・容器包装、乳幼児用玩具、野菜・果実・食器用洗浄剤の規格基準については、現行の規格基準設定の経緯、海外の規制状況や国内の工業規格や自主規格などを調査し、国内に流通する製

品実態や残存物質等の調査を行い、それらをもとに各規格基準の見直しと改正原案の作成を行うことを目的とした。また、器具・容器包装に残存する規格基準が設定されていない化学物質について調査を行いその安全性の検討を行うこととした。

B. 研究方法

合成樹脂製器具・容器包装の規格基準では、オリーブ油、ヘプタン、イソオクタン、95%及び50%エタノールを用い、各種合成樹脂の溶出試験を実施し、その結果を比較検討した。

ゴム製器具・容器包装の規格基準では、ゴム製品の材質、用途、添加剤等のアンケート調査、ほ乳用乳首及びおしゃぶり中のN-ニトロソアミン類の文献及び試験による調査、ラテックスアレルギーについての文献調査を行った。

残存化学物質の研究では、ポリ乳酸製品の残存金属、溶出物のGC/MSによる検索、変異原性試験などを行った。また、ゴム製品中のニトロソアミン及び第二級アミン類の試験法を検討した。

乳幼児用玩具の規格基準については、フタ

ル酸エステル類に関するこれまでの経緯や各国の規制状況をまとめるとともに、ポリ塩化ビニル製玩具におけるこれら6種類のフタル酸エステルの含有について試験した。

食品用洗剤の規格基準では、現在流通している洗剤の使用成分とその安全性、重金属含有量、消費者の使用法の変化等について調査及び検討を行った。

C. 研究結果及び考察

1. 合成樹脂製器具・容器包装の規格基準に関する研究

食品衛生法で定める合成樹脂製器具・容器包装の規格基準の見直しに向けて、本年度は油脂及び脂肪性食品（以下、油性食品）における食品擬似溶媒と代替溶媒の溶出試験を実施し、適切な溶出試験条件を検討した。

まず欧米で食品擬似溶媒として広く用いられるオリーブ油及び合成トリグリセライドと日本で多く消費されているナタネ油を選定し、各々の溶出力を比較したところ、3種ともに同じような溶出傾向を示し、いずれの油脂でも食品擬似溶媒として同様に使用できることが明らかとなった。

次に、オリーブ油への総移行量と代替溶媒であるヘプタン、イソオクタン、95%エタノール及び50%エタノールへの溶出量を各種試験条件において測定した。それらの溶出量をもとに、各種合成樹脂毎にオリーブ油と対応する各代替溶媒の試験条件を比較検討した。

その結果、これまで油性食品の擬似溶媒として我が国で用いられてきたヘプタンに、イソオクタン、95%エタノールを追加することで、一部の樹脂を除きほぼ全ての樹脂に対して補正係数（ファクター）を付加することなく、代替できることが示された。また、オリーブ油による移行試験において、従来のオリーブ油抽出法よりも簡便かつ高精度の試験法

を開発した。今後更に検討を加えることにより、標準試験法として採用することも可能と考えられた。

2. ゴム製器具・容器包装の規格基準に関する研究

ゴムは食品と接触する各種器具・容器包装において、製品そのものまたは部品の一部として広く使用される。

原料ゴムには天然ゴムのほか各種合成ゴムが存在することから、ゴムの種類毎にそれらの用途、使用対象となる食品の種類、使用温度、食品との接触時間、成形時に使用される添加剤及びその配合量について、製造業者にアンケート調査を行った。

シリコーンゴムはほ乳用乳首、各種パッキン、菓子型などの一般家庭用製品に広く使用されており、その使用条件も様々である。食品用機械のチューブ、配管、ガスケットなどは油性食品には用いられず、使用温度は100℃以下であった。一方、天然ゴム及びシリコーンゴム以外の合成ゴムは主に食品用機械のガスケット、ダイヤフラム、Oリング、並びに手袋などに使用されていた。使用温度が高い場合や油性食品に接触する用途では耐熱性や耐油性を有するものが使用されるなど、使用条件により様々な材質が使用されていた。

また、シリコーンゴムでは充てん剤、可塑剤、加工助剤、架橋剤、硬化剤及び触媒、シリコーンゴム以外の合成ゴム及び天然ゴムでは加硫剤、加硫促進剤、加硫助剤、老化防止剤、安定剤、分散剤、可塑剤、滑剤、着色剤、補強剤といったより多くの添加剤が使用されていた。

ゴム製品には製造時に添加される加硫促進剤に由来する第二級アミン類やその反応物であるN-ニトロソアミン類が残存することがある。N-ニトロソアミン類の中には発がん

性を有するものがあるため、ほ乳用乳首及びおしゃぶりに対しては多くの国や地域で規制が行われているが、我が国の食品衛生法では*N*-ニトロソアミン類の規格は定められていない。そこで我が国のほ乳用乳首における*N*-ニトロソアミン類の残存について文献調査を行うとともに、市販のほ乳用乳首及びおしゃぶり中の*N*-ニトロソアミン類、*N*-ニトロソ化可能物質類の分析を行った。

N-ニトロソアミン類については天然ゴム及びイソプレンゴム製品で7検体中5検体から*N*-ニトロソジベンジルアミンのみが検出された。*N*-ニトロソ化可能物質類については*N*-ニトロソジベンジル可能物質が4検体から検出されたほかに、*N*-ニトロソジメチル、*N*-ニトロソジエチル及び*N*-ニトロソジブチル化可能性物質が1検体から検出された。いずれもEUの基準より低かった。

一方、シリコーンゴム製品からはいずれも検出されなかった。

天然ゴム製品では最終製品に残留するアレルギー誘発性タンパク質（ラテックスアレルギー）によりラテックスアレルギーを引き起こすことが知られており、重篤な場合にはアナフィラキシーショックで死に至るケースもあり得る。しかし、食品用ゴム製器具・容器包装におけるラテックスアレルギーの規制は、国内、海外ともに行われていない。

天然ゴム製品が食品と接触した場合、ラテックスアレルギーが食品に移行し、その食品を摂取して発症したケースもある。そのため、食品に接触する用途では溶出タンパク質量の少ない天然ゴム製品やラテックスフリーの製品を使用することが望ましい。また、天然ゴム製品についてはアレルギーを引き起こす可能性についての表示など対応を検討する必要がある。

3. 器具・容器包装に残存する化学物質に関する研究

1) ポリ乳酸製品の調査

代表的なバイオマスプラスチックであるポリ乳酸製品7試料について、食品衛生法における規格試験を実施するとともに、その他の含有化学物質等の調査を行い安全性を評価した。その結果、全ての試料が食品衛生法における規格基準を満たしており、金属の溶出もほとんど見られなかった。また、溶出液についてGC/MSによるピーク検索及び2種類の変異原性試験を実施したところ、GC/MSにおいて大きなピークは見られず、2種の変異原性試験においても全ての試料が陰性を示した。しかしながら、充填剤を多く配合し、さらにポリウレタン塗装を施すことによって耐熱性を改善した製品については、塗装が剥げたりひびが入った場合に金属等の溶出量が急増したり、内部のポリ乳酸の分解が急速に進む恐れが認められた。

2) ゴム製ほ乳用乳首及びおしゃぶりの*N*-ニトロソアミン類試験法の検討

ゴム製ほ乳用乳首及びおしゃぶりの*N*-ニトロソアミン類及び*N*-ニトロソ化可能物質類の試験法を検討した。*N*-ニトロソアミン類の測定には化学発光窒素検出器または熱エネルギー分析計が用いられているが、これらを所有する試験機関は少なく、国内で試験を行うことが難しいため、汎用性が高いGC/MSによる方法を検討した。試験溶液の調製法としては世界的に汎用されている欧州規格EN 12868に準拠することにより、10種類の*N*-ニトロソアミン類を対象とした分析法を作成した。本法の定量限界は*N*-ニトロソアミン類で1.0~1.5 mg/kg、*N*-ニトロソ化可能物質類で4~6 mg/kgであり、欧州指令93/11/EECの規制値の1/5及び1/15以下まで定量可能であ

った。また、検出器の選択性も実用上問題はなかった。添加回収率はN-ニトロソアミン類で58~109%、N-ニトロソ化可能物質類で59~102%とほぼ良好であった。さらに煮沸液または溶出液中の第二級アミン類をLC/MSで測定することによりスクリーニングや確認を行うことができた。

4. 乳幼児用玩具の規格基準に関する研究

ポリ塩化ビニル製玩具では、樹脂に柔軟性を与えるため可塑剤がしばしば使用される。可塑剤の中でも最も汎用されるフタル酸エステル類に安全性の懸念が生じたことから、世界各国で規制が講じられている。

我が国では、2002年（平成14年）に、ポリ塩化ビニル製のすべての指定玩具に対してフタル酸ビス(2-エチルヘキシル) (DEHP) の使用が、また、ポリ塩化ビニル製の「口に接触することをその本質とする玩具」に対してフタル酸ジイソノニル (DINP) の使用が禁止された。

一方、欧州連合(EU)は、1999年に、3歳以下の子供の口に入れることを意図された玩具・育児用品について、上記2種類のほかに、フタル酸ジブチル (DBP)、フタル酸ブチルベンジル (BBP)、フタル酸ジイソデシル (DIDP)、フタル酸ジ-n-オクタチル(DNOP)を加えた6種類のフタル酸エステルの使用を暫定的に禁止した。2005年には、正式な規制として玩具・育児用品へのDEHP、DBP、BBPの使用を禁止、そのうち子供が口にするものについてはDINP、DIDP、DNOPの使用も禁止し、2007年から実施された。

また、米国では、2008年8月に、玩具・育児用品へのDEHP、DBP、BBPの使用を禁止、そのうち子供が口にするものについてはDINP、DIDP、DNOPの暫定的な使用禁止が決められた。

こうした欧米での規制拡大を受けて、厚生

労働省は6種類のフタル酸エステルの玩具への使用について見直しを行うこととし、薬事・食品衛生審議会等で検討が始められた。

欧州の規制については、1999年12月の「欧州委員会決定」(Commission Decision 1999/815/EEC) による暫定規制、2005年12月の「特定の危険物質・調合品の販売の制限に関する規制の整合化のための指令」(Council Directive 76/769/EEC) の第22次改定指令(Directive 2005/84/EC)。いわゆる「フタル酸指令」) による恒久規制について調査した。なお、この規制は、遅くとも2010年1月16日までに再評価が行われることになっている。

米国の規制については、2009年1月1日施行のカリフォルニア州のフタル酸エステル規制法、2008年8月14日公布・施行（実施は2009年2月10日）の消費者用製品安全改善法(Consumer Product Safety Improvement Act: CP SIA) の規制について調査した。なお、CPSIAによる「子供が口に作る玩具」についてのDINP、DIDP、DNOPの規制は暫定禁止であり、「慢性毒性諮問会議(Chronic Hazard Advisory Panel)」で、これら物質の毒性を最長3年以内に調査することになっている。

日本の規制については、食品衛生法の玩具規制(指定おもちゃ、規格基準)の内容とともに、業界((社)日本玩具協会)の自主的な玩具安全対策であるSTマーク制度における自主安全規格(ST基準)でのフタル酸エステル規制についてまとめた。なお、海外の動きを踏まえ、日本玩具協会は2009年9月からST基準・STマーク制度において6種のフタル酸エステルの規制を行うことを決定している。

さらに、玩具におけるフタル酸エステル類等の使用実態について調査した。2008年7月~12月にST申請のために検査機関に持ち込まれたポリ塩化ビニル製玩具及び玩具の一部75検体並びに百円ショップで購入した13検体に

ついて、フタル酸エステル類6種類（DBP、BBP、DEHP、DNOP、DINP、DIDP）の使用の有無及びそれらのおよその含有量を調査した。

結果は、検出頻度の高いものから、DNOP 19検体（検出率21.6%）、DEHP 9検体（10%）、DINP 7検体（8%）であった。DIDPは5検体（5.7%）から検出されたが含有量は少なく、補助的な可塑剤として使用されたと推測される。また、6種類のフタル酸エステル類以外の代替可塑剤についても調査した。

2008年（平成20年）11月より、6種類のフタル酸エステル類の玩具への使用について薬事・食品衛生審議会器具・容器包装部会で検討が開始され（第1回会合 平成20年11月5日、第2回会合 平成21年2月13日、第3回会合 平成21年4月10日）、海外での規制状況、安全性、リスク評価などが審議されており、食品衛生法のおもちゃの規格基準におけるこれらの化合物の規制強化が予定されている。

5. 洗浄剤の規格基準に関する研究

飲食器、野菜、果物用洗浄剤の規格基準の見直しを行い、その改正に資することを目的として、本年度は現在流通している洗浄剤の使用成分とその安全性、重金属含有量、消費者の使用法の変化等について調査及び検討を行った。

家庭で用いられる洗浄剤は規格基準設定当時に比べ、コンパクトタイプや自動食器洗浄機用洗浄剤の普及等、機能、形態が変化した。

現在流通する家庭用洗浄剤の成分調査を行ったところ、台所用洗浄剤（24品）では家庭用品品質表示法に基づく成分、液性、用途の表示から界面活性剤は12種、その他成分は5種が使用されており、液性は中性18品、弱アルカリ性5品等、用途は野菜・果物・食器・調理用具用16品、食器・調理用具用8品

と成分、液性、用途とも多様化している。1990年代に出現した自動食器洗浄機用洗浄剤（7品）は、液性表示からみてほとんど（6品）が弱アルカリ性であった。台所用石けん（4品）や業務用洗浄剤についても成分調査を行った。

家庭用、業務用洗浄剤に現在、汎用されている界面活性剤6種について、急性毒性、反復投与毒性、生殖・発生毒性、変異原性・発癌性のデータを調査した。その結果、いずれの界面活性剤も問題となる毒性影響は認められなかった。また、界面活性剤以外の成分で食品添加物等に使用されていない汎用成分についても安全性情報を調査した結果、問題となる毒性影響は認められなかった。

洗浄剤に含まれる重金属等について市販洗浄剤18品の分析調査を行ったところ、全ての製品において有害性元素である鉛、カドミウム、ヒ素、水銀、クロムのいずれも定量限界以下であった。

台所用洗浄剤の1975年と2006年の使用実態調査を比較すると、野菜・果物の洗浄については台所用洗浄剤を「全く使用しない」が野菜で68.4%、果物で74.0%であったのが、野菜・果物で88.4%と大きく増加し、野菜・果物の洗浄に台所用洗浄剤を使用することは少なくなってきた。

一方、食器の洗浄については「スポンジ等に原液をつけて使う」「洗うものにそのままかける」が合わせて49.5%であったのが、2006年には93.8%とほとんどの人が原液をスポンジなどにつけて使用しており、使用基準の「界面活性剤濃度が0.1%以下」は飲食器の洗浄ではほとんど守られていなかった。

食品衛生法の規格基準では、生分解度はアニオン界面活性剤に関して85%以上と定

められているが試験法は定められていない。

そこで、洗浄剤（界面活性剤）の生分解度試験法と国内外の規格基準を調査した。生分解度試験法は、JIS K 3363（合成洗剤の生分解度試験法）が国内で一般に用いられているが、食品衛生の他の試験とはなじまないものであった。

また、生分解度の規格は、中国国家基準、韓国公衆衛生法第Ⅰ種（野菜・果物用洗浄剤）、タイTISに設けられているが、台湾CNSや米国には無い。欧州と豪州では野菜、果物、飲食用の洗浄剤に特化した規制はない。また、国内では台所用合成洗剤のJIS K 3370に90%以上という規格が設けられている。

生分解度は環境残留性のための規格であり、JISに規格が設けられていることには意味があるが、飲食に起因する人への安全性確保を目的とする食品衛生法で設定する必然性はないと結論された。

来年度は、洗浄剤成分の食器への残留性の検討とこれまでの調査、検討を踏まえ、35年前に設定された現状の規格基準を見直し、規格基準改正原案の提案を行う。

D. 結論

今年度は、合成樹脂製及びゴム製器具・容器包装並びに洗浄剤について、市場に流通する製品の実態や残存または溶出する物質の調査や試験、試験法に関する検討等を行った。また、乳幼児用玩具におけるフタル酸エステル問題の経緯や現状を調査するとともに、流通品について試験を行った。

来年度は合成樹脂製及びゴム製器具・容器包装、玩具及び洗浄剤について、現行規格基準の見直しを行い、各規格基準の改正原案を作成する予定である。これらの研究成果は、いずれも器具・容器包装、乳幼児用玩具及び

洗浄剤の安全性確保に有用であると考えられる。

F. 健康危害情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

- 1) 六鹿元雄, 河村葉子, 棚元憲一: 瓶詰食品キャップシーリング中のセミカルバジドの分析, 日本食品化学学会誌, 15, 23-27 (2008)
 - 2) 六鹿元雄, 山口未来, 河村葉子, 棚元憲一: 瓶詰食品中のセミカルバジドの分析, 日本食品化学学会誌, 15, 67-72 (2008)
 - 3) 河村葉子, 六鹿元雄, 山内朋子, 植田新二, 棚元憲一: 玩具塗膜からのカドミウムおよび鉛溶出試験, 食品衛生学雑誌, 50, 93-96 (2009)
 - 4) Ohmori, K., Kawamura, Y.: Cell transformation activities of abietic acid and dehydroabietic acid: safety assessment of possible contaminants in paper and paperboard for food contact use, Food Additives and Contaminants Part A, 26, 568-573 (2009)
 - 5) 六鹿元雄, 李 演揆, 河村葉子, 棚元憲一: 紙製品中の芳香族第一級アミン類の分析, 食品衛生学雑誌, 50, 印刷中
 - 6) 大野浩之, 鈴木昌子, 六鹿元雄, 河村葉子: 合成樹脂製器具・容器包装および玩具における過マンガン酸カリウム消費量および全有機炭素の検討, 食品衛生学雑誌, 投稿中
- ##### 2. 学会発表
- 1) 河村葉子, 山口未来, 六鹿元雄, 棚元憲一, 和田岳成, 古川由佳子: 合成樹脂製

器具・容器包装の蒸発残留物試験における食品擬似溶媒溶媒の検討、日本食品衛生学会第96回学術講演会(2008.9)

- 2) 大野浩之, 六鹿元雄, 河村葉子: ポリメタクリル酸メチル製食品用器具および容器中の揮発性物質の分析, 日本食品衛生学会第96回学術講演会(2008.9)
- 3) 河村葉子, 六鹿元雄, 棚元憲一: 玩具塗膜からのカドミウム及び鉛溶出試験法の検討, 第45回全国衛生化学技術協議会年会(2008.11)
- 4) 六鹿元雄, 山口未来, 河村葉子, 棚元憲一: ポリウレタン製品中のイソシアネートの分析, 第45回全国衛生化学技術協議

会年会(2008.11)

- 5) Ohmori, K., Kawamura, Y.: Cell Transformation Activities of Abietic Acid and Dehydroabietic Acid: Safety Assessment of Possible Contaminants in Paper and Paperboard for Food Contact Use, 4th International Symposium on Food Packaging: Scientific Developments supporting Safety and Quality (2008.11)

H. 知的財産権の出願・登録状況

- 1) 特許出願中: ポリオレフィン等衛生協議会、(株)三菱化学アナリテック共同出願

合成樹脂製器具・容器包装の規格基準に関する研究

研究代表者	河村 葉子	国立医薬品食品衛生研究所
研究協力者	古橋 裕之	ポリオレフィン等衛生協議会
研究協力者	出口 自治夫	ポリオレフィン等衛生協議会

研究要旨

食品衛生法で定める合成樹脂製器具・容器包装の規格基準の見直しを目的として、本年度は油脂及び脂肪性食品（以下、油性食品）における食品擬似溶媒と代替溶媒の溶出試験を実施し、適切な溶出試験条件を検討した。まず欧米で食品擬似溶媒として広く用いられるオリーブ油及び合成トリグリセライドと日本で多く消費されているナタネ油を選定し、各々の溶出力を比較したところ、3種ともに同じような溶出傾向を示し、いずれの油脂でも食品擬似溶媒として同様に使用できることが明らかとなった。次に、オリーブ油への総移行量と代替溶媒であるヘプタン、イソオクタン、95%エタノール及び50%エタノールへの溶出量を各種試験条件において測定した。それらの溶出量をもとに、各種合成樹脂毎にオリーブ油と対応する各代替溶媒の試験条件を比較検討した。その結果、これまで油性食品の擬似溶媒として我が国で用いられてきたヘプタンに、イソオクタン、95%エタノールを追加することで、一部の樹脂を除きほぼ全ての樹脂に対して補正係数（ファクター）を付加することなく、代替できることが示された。また、オリーブ油による移行試験において、従来のオリーブ油抽出法よりも簡便かつ高精度の試験法を開発した。今後更に検討を加えることにより、標準試験法として採用することも可能と考えられた。来年度は、本年度の検討結果をもとに食品衛生法における溶出試験の使用温度区分と試験条件を見直し、新たな規格案を提案する予定である。

研究協力者

稲垣まどか、松田修成、中込浩樹、長崎静夫、梶原健世、田中 治、松野一郎、野田治郎、幸 久良、市村晃司、西 秀樹、伊藤恒夫、中込 隆、佐多永行、森 泰治、代本 直、鈴木正司、中島寿男、長嶋謙介、小川公博、飯室靖之、田抜義照、山元一郎、石渡 皓、宮崎孝志、篠 清志、田中弘治
：ポリオレフィン等衛生協議会
丹羽国博、太田伸一、石動正和
：塩ビ食品衛生協議会

山本正孝、刈谷俊満
：塩化ビニリデン衛生協議会
水嶋 昇、古沢 敏：合成樹脂工業協会
下村康夫、宮崎久弘
：日本プラスチック日用品工業組合
下山田正博、長谷川浩、中川善博
：軟包装衛生協議会
六鹿元雄、阿部 裕
：国立医薬品食品衛生研究所

A. 研究目的

本研究では、食品衛生法の合成樹脂製器具・容器包装の規格基準について見直しを行い、改正原案を作成することを目的としている。中でもその根幹となる溶出試験の試験条件については、実際の使用実態と比較しても、また欧米とのハーモナイゼーションの観点からも種々の問題があることが、厚生労働科学研究も含めてこれまで再三指摘されてきた。

そこで、平成19年度は、溶出試験条件のうち使用温度区分等の見直しのため、一般用飲食物、給食用食器、使い捨て食器、食品機械部品などの器具類、並びに無菌充填、加熱充填、熱水殺菌、加圧加熱殺菌、低温流通、冷凍流通などで食品の包装に使用される容器包装類について、それらの使用対象、洗浄乾燥工程、殺菌工程、使用温度、接触時間、材質樹脂の種類や加工法等を調査し、合成樹脂製器具・容器包装の使用実態をまとめた。

本年度は、溶出試験の見直しにおいて最も問題が多いとされる油脂及び脂肪性食品(以下、油性食品)の食品擬似溶媒とその代替溶媒について、各種合成樹脂毎に種々の試験条件下で溶出試験を実施し溶出挙動を検討した。また、現行法のヘプタンを用いた溶出試験における規格値の補正係数(ファクター)についても検討を行った。

更に、油性食品の擬似溶媒として最も適切ではあるが、試験法が煩雑となるオリーブ油溶出試験について、試験法の簡便化と精度向上のため改良法を検討した。

B. 研究方法

1. 試料

各種合成樹脂シート、フィルムなど：主に製造業者に試作を依頼し、一部は市販フィルムや容器を使用した。今回の検討に使用した試料の一覧を表1に示す。

これらの試料は、溶出量比較のためできるだけ溶出量が高くなるようなものを選定した。そのため、必ずしも食品用として使用されていないものも含まれる。すなわち、本検討によって得られた溶出量は、その樹脂が一般に食品接触用途として用いられるものよりも高い値となっている。

2. 溶出試験

溶出試験は、(財)日本食品分析センター、(財)食品環境検査協会及び(株)三菱化学アナリティックにおいて実施した。

1) 食用油類による溶出試験

(1) 試薬

オリーブ油：日本薬局方試薬

ナタネ油：食用として市販される標準的な組成の製品

合成トリグリセライド：試薬特級

(2) 試験操作

ポリオレフィン等衛生協議会の定めるポリオレフィン等合成樹脂製食品容器包装等に関する自主基準 第3部衛生試験法 3-4 解説 3.オリーブ油溶出試験法 に従い実施した。試験法の詳細はC.研究結果及び考察の項で記載する。

2) 代替溶媒による溶出試験

(1) 試薬

ヘプタン：試薬特級

イソオクタン：試薬特級

95%エタノール：試薬特級

50%エタノール：95%エタノール(試薬特級)を水で希釈し調製した。

(2) 試験操作

現行規格基準の蒸発残留物試験法の操作法に準拠し、溶媒容量に対する試料の表面積は $1\text{cm}^2/2\text{ml}$ とした。ただし、試験温度及び試験時間は本文に記載する各種条件を用い、溶出は主に浸漬(両面)溶出法を用いた。

表1. 溶出検討に使用した試料の一覧

樹脂名		形態	厚み (mm)	試料名	試料提供者	分析機関
ポリエチレン	高密度ポリエチレン	シート	0.6	HDPE	合成樹脂製造者	日本食品分析センター
	低密度ポリエチレン	シート	0.6	LDPE	合成樹脂製造者	日本食品分析センター
	直鎖状低密度ポリエチレン①	シート	0.6	LLDPE①	合成樹脂製造者	日本食品分析センター
	エチレン・酢酸ビニル共重合体	シート	0.6	EVA	合成樹脂製造者	日本食品分析センター
	直鎖状低密度ポリエチレン②	フィルム	0.1	LLDPE②	フィルム成型加工者	食品環境検査協会
ポリプロピレン	ランダムコポリマー①	シート	0.6	RCP①	合成樹脂製造者	日本食品分析センター
	ランダムコポリマー②	フィルム	0.1	RCP②	フィルム成型加工者	食品環境検査協会
	ブロックコポリマー①	フィルム	0.1	BCP①	フィルム成型加工者	食品環境検査協会
	ブロックコポリマー②	フィルム	0.08	BCP②	フィルム成型加工者	食品環境検査協会
ポリスチレン	汎用ポリスチレン	容器	0.1	GPPS	市販品	日本食品分析センター
	耐衝撃性ポリスチレン	シート	3	HIPS	合成樹脂製造者	日本食品分析センター
ポリメチルペンテン	フィルム	0.025	PMP	市販品	日本食品分析センター	
ポリ塩化ビニル	フィルム	0.01	PVC	合成樹脂製造者	日本食品分析センター	
ポリエチレンテレフタレート	シート	0.6	PET	合成樹脂製造者	日本食品分析センター	
ポリメタクリル酸メチル	シート	0.6	PMMA	合成樹脂製造者	日本食品分析センター	
ナイロン (ポリアミド)	シート	0.025	PA	合成樹脂製造者	日本食品分析センター	
ポリカーボネート	シート	0.6	PC	合成樹脂製造者	日本食品分析センター	
ポリ塩化ビニリデン	フィルム	0.019	PVDC	合成樹脂製造者	日本食品分析センター	
ポリビニルアルコール	シート	0.6	PVA	合成樹脂製造者	三菱化学アナリティック	
ポリ乳酸	シート	0.6	PLA	合成樹脂製造者	日本食品分析センター	
メラミン樹脂	食器	—	MF	合成樹脂製造者	日本食品分析センター	
ポリエチレンナフタレート	シート	0.6	PEN	合成樹脂製造者	日本食品分析センター	
ポリシクロヘキシレンジメチレンテレフタレート	シート	0.6	PCT	合成樹脂製造者	三菱化学アナリティック	

C. 研究結果及び考察

1. 油性食品の擬似溶媒

油性食品の擬似溶媒としてオリーブ油等の食用油を用いることは、それらが油性食品そのものであり、しかも、その中で最も強い溶出力を持つと考えられることから、最も適切であるといえる。しかし、食用油を用いた総溶出量試験では、油を蒸発乾固することができないので、溶出量を残留物量として重量で測定することができない。そのため、試料重量の変化と試料に残存する擬似溶媒の量から溶出量を求めるという非常に煩雑な操作が必要となる。また、この試験はばらつき等が大きく試験精度も十分でなく、ある程度の精度を出すためには熟練が必要である。

そのため、我が国では試験の容易なヘプタンを浸出用液として用い、ヘプタンとオリーブ油の溶出力の差異については、必要に応じて樹脂毎に規格値に補正係数(ファクター)を掛けることで対応してきた。

これに対して、平成13～15年度厚生労働科学研究「食品用器具・容器包装等の安全性確保に関する研究」等において、ヘプタン溶出におけるファクターの妥当性検証の必要性や、ヘプタン以外の代替溶媒の可能性が指摘されてきた。

米国ではオリーブ油などの食用油や合成トリグリセライドなど、欧州連合(EU)ではオリーブ油が油性食品の擬似溶媒として使用されてきた。しかし、これらの油脂を用いた試験は煩雑であることから、イソオクタン、95%エタノール、50%エタノールなどが代替溶媒として採用されている。ただし、米国とEUで代替溶媒の種類や試験条件が異なっており、どちらの方法がより妥当であるのか比較も行われていない。

我が国においても、油性食品の擬似溶媒としてオリーブ油を念頭におき、それと同等かそれ以上の溶出力を持つ溶媒としてヘプタンを設定し、ファクターで補正を行うことによ

り、各合成樹脂の規格値を設定してきた。しかし、現行の規格が定められた後、様々な特性(結晶化度、耐熱性、分岐度等)の樹脂が開発され、溶出試験においてヘプタンに設けられた規格値の補正処置が必ずしも適切ではなくなってきた可能性がある。

そこで、今回は油性食品に対する溶出試験において、食品擬似溶媒の基本として考えるべき食用油とは何か明らかにするとともに、我が国で代替溶媒として用いているヘプタンとともに、欧米で採用されているイソオクタン、95%エタノール、50%エタノールについても各種試験条件における溶出量を測定し、食品擬似溶媒と各種代替溶媒の溶出挙動の対比を検討した。

2. 油性食品の擬似溶媒であるオリーブ油、ナタネ油及び合成グリセライドの比較

油性食品の擬似溶媒として欧米ではオリーブ油が代表的に使用される。オリーブ油は欧米における一般的な食用油であるとともに、試薬として均一なグレードの製品が入手しやすいこともその理由である。

一方、我が国では表2に示すようにオリーブ油の消費量はわずかであり、主にナタネ油の消費が多い。日本の実状に合わせるならばナタネ油を用いる方が適切といえるかもしれない。

また、米国では試薬としてより純度が高く均一性が保証される合成トリグリセライドも、油性食品の擬似溶媒として認めている。そこで、ポリプロピレン及びポリエチレン製シート3種類を用いて、オリーブ油、ナタネ油及び合成トリグリセライドによる溶出量を測定し、これらの溶出力を比較検討した。

これらの結果を表3に示す。すなわち、オリーブ油、ナタネ油及び合成トリグリセライドによる溶出量は、いずれの樹脂においても同程度の値を示し、これらの食品擬似溶媒の溶出力はほぼ同程度であることが確認された。

なお、表4に各種油脂類の組成を示したが、オリーブ油とナタネ油は類似の脂肪酸組成分布を有している。また、それ以外の植物性食用油も類似した組成であり、これらを用いてもほぼ同程度の溶出量が得られることが推測される。

今回の検討から、3種のいずれも同程度の溶出量を示したことから、日本の市場で多く使用されているナタネ油でも、欧州で標準的

なオリーブ油でも、米国で採用されている合成トリグリセライドでも、食品擬似溶媒として同様に使用できることが明らかとなった。また、米国で採用しているように、それ以外の食用油も使用可能と考えられる。

今回の研究では、以後はオリーブ油を油性食品の擬似溶媒として使用し、各種代替溶媒との比較検討を行うこととした。

表2. 油脂類供給・消費実績(2002年)

	素材別 油脂名称	供給・消費量(トン/年)					
		輸入原料			国産 原料	合計	比率 (%)
		国内産	輸入	小計			
植 物 油 脂	大豆油	757,751	3,541	761,292	76	761,368	25.3
	ナタネ油	870,040	16,967	887,007		887,232	29.5
	綿実油	6,423	5,986	12,409		12,409	0.4
	紅花油	6,778	19,156	25,934		25,934	0.9
	ゴマ油	43,586	2,331	45,917		45,917	1.5
	トウモロコシ油	100,403	1,571	101,974		101,974	3.4
	ひまわり油	0	25,932	25,932		25,932	0.9
	コメ油	0	13,972	13,972	59,340	73,312	2.4
	ヤシ油	8,049	43,653	51,702		51,702	1.7
	パーム核油	0	50,206	50,206		50,206	1.7
	亜麻仁油	15,213	3,979	19,192		19,192	0.6
	ひまし油	0	22,083	22,083		22,083	0.7
	パーム油	0	415,302	415,302		415,302	13.8
	オリーブ油	0	32,463	32,463		32,463	1.1
その他植物油	295	32,702	32,997	509	33,506	1.1	
動 物 油 脂	牛脂	0	63,430	63,430	75,855	139,285	4.6
	豚脂	0	0	0	145,649	145,649	4.8
	魚脂	0	58,556	58,556	62,766	121,322	4.0
	その他動物油	0	6,862	6,862	37,422	44,284	1.5
合計		1,808,538	818,692	2,627,230	381,842	3,009,072	100

出典：財)油脂工業会館統計。なお、食用は油脂消費量の約85%である。

表3. 油性食品における各種擬似溶媒の溶出量測定結果

サンプル			溶出量 (μg/mL)		
樹脂	試料名	厚み(mm)	オリーブ油	ナタネ油	合成トリグリセリド*
PP	BCP①	0.1	21	14	13
PP	RCP②	0.1	49	49	67
PE	LLDPE②	0.1	140	160	169

検討条件: 溶出温度 121°C, 溶出時間 30 min

BCP: フロクコホリマータイプ, RCP: ランタムコホリマータイプ, LLDPE: 直鎖状低密度ポリエチレン

表4. 油脂類の脂肪酸組成

素材別 油脂名称	組成 (%)																その他				
	カプリル酸	カプリン酸	ラウリン酸	ミリスチン酸	パルミトリン酸	パルミチン酸	マルガリン酸	リノレン酸	リノール酸	オレイン酸	ステアリン酸	リシノール酸	ノナデカン酸	アラキドン酸	ガドレイン酸	エイコサジエン酸		アラキジン酸	ベヘン酸	リグノセリン酸	
炭素数	8	10	12	14	16	16	17	18	18	18	18	18	19	20	20	20	20	22	24		
植物 油 脂	大豆油					11		8	53	23	4									1	
	ナタネ油					4		9	19	64	2			1						1	
	綿実油								25		53	18	2							2	
	紅花油								7		78	13	2								
	ゴマ油								10		43	41	5							1	
	トウモロコシ油								12		57	28	2							1	
	ひまわり油								7		66	19	5							3	
	コメ油								16		1	34	44	2						3	
	ヤシ油	8	6	49	18		8				2	7	2								
	パーム核油	4	4	50	16		8				2	14	2								
	亜麻仁油								27	13	21									9	
	ひまし油						1			5	3	1	89							1	
	パーム油				1		45			10	39	5									
	オリーブ油					1	14			10	71	3								1	
その他植物油																					
動物 油 脂	牛脂				3	3	26	2		2	39	22								3	
	豚脂				2	3	25			10	45	12			1					2	
	魚脂					8	19		6	3	14	3		4	14	5	2	2	17	2	1
	その他動物油																				

出典: (財)油脂工業会館統計

3. 各種合成樹脂における油性食品の擬似溶媒と代替溶媒の溶出挙動の比較検討

3. 1. 個別規格でファクターが設定された樹脂

現行の食品衛生法の合成樹脂の規格基準の蒸発残留物試験では、油性食品と接触して使用される合成樹脂は使用温度や時間にかかわらず全てヘプタン 25℃/60 分の溶出試験条件が適用される。

また、ポリエチレン(PE)、ポリプロピレン(PP)、ポリメチルペンテン(PMP)、ポリスチレン(PS)、ポリ塩化ビニル(PVC)の5樹脂については、オリーブ油とヘプタンの溶出力の差を考慮するとして補正係数(ファクター)による規格値の補正が導入されている。

しかし、これらの現行規制の妥当性を示す根拠は必ずしも明確ではなかった。そこで、これら5樹脂について、オリーブ油と各種代替溶媒を使用した溶出試験における溶出量を測定し、オリーブ油における溶出量を基として、ヘプタンでのファクターの妥当性を検証するとともに各種代替溶媒の溶出挙動を比較検討した。

オリーブ油を用いた溶出試験では、使用温度が100℃を超える場合は121℃/30分、使用温度が100℃以下の場合は95℃/30分及び60℃/30分の2水準を試験条件として設定した。

また、代替溶媒としては、現行規格基準に使用されているヘプタンに加え、欧米で採用されているイソオクタン、95%エタノール及び50%エタノールを選択し、温度及び時間を様々に変化させて溶出量を測定した。これらの試験結果を各種合成樹脂毎に以下に記述する。

なお、当該樹脂の実際の使用温度より高温の場合や試料に変形や溶解などが見られた場合には測定を行わないこととした。また、当該試験条件よりも厳しい試験条件で定量限界以下であった場合には、試験を行わず定量限界以下と推定した。

1) ポリエチレン

ポリエチレンは、その分子構造や共重合により多くの種類があるが、中でも食品用途に汎用されるものとして高密度ポリエチレン(HDPE)、低密度ポリエチレン(LDPE)、直鎖状低密度ポリエチレン(LLDPE)、エチレン・酢酸ビニル共重合体(EVA)がある。そこで、これら4種のポリエチレンの溶出挙動を検討した。オリーブ油とヘプタン、イソオクタン、95%及び50%エタノールの溶出量を表5に示す。

① 現行の試験条件及びヘプタン溶出

現行の食品衛生法の規格基準の試験条件であるヘプタン 25℃/60分について検証を行った。この条件における溶出量をオリーブ油を用いた3段階の試験条件(121℃/30分、95℃/30分、60℃/30分)の溶出量と比較すると、オリーブ油 60℃/30分の溶出量よりは高かった。しかし、オリーブ油 95℃/30分や121℃/30分の溶出量よりも大幅に低かった。

現行規格では、ポリエチレンは100℃以下の条件において、オリーブ油とヘプタンの溶出力の差を補正する係数としてファクター5を設定し、規格値を150µg/mlとしている。しかし、オリーブ油と接触して60℃/30分使用する場合の溶出力は、EVAを除いては規格の条件と大差があるとは言えず、ファクター5の補正は必要ないと判断された。ただし、EVAについては両者の溶出力に差がみられることから、他のポリエチレンとは別に考える必要がある。

さらに、オリーブ油 95℃/30分または121℃/30分における溶出量は、ヘプタン 25℃/60分の溶出量よりもかなり高い値を示した。すなわち、使用条件が100℃に近い場合、または100℃を超える121℃(加圧加熱滅菌など)の場合には、現行のヘプタン 25℃/60分よりも厳しい試験条件の設定が必要であることが示された。

オリーブ油 95℃/30分とほぼ同等の溶出量を示すヘプタンの条件は、LDPE、LLDPEでは

表5. ポリエチレンのオリーブ油及び各種代替溶媒への溶出量比較

溶出試験条件		溶出量(μg/mL)			
溶媒	温度/時間	HDPE (0.6mm)	LDPE (0.6mm)	LLDPE① (0.6mm)	EVA (0.6mm)
オリーブ油	121°C/30分	310	溶	溶	溶
	95°C/30分	24	77	110	溶
	60°C/30分	<15	<15	<15	<15
ヘプタン	60°C/60分	22	180	300	—
	60°C/30分	17	140	200	—
	50°C/30分	<5	65	84	—
	40°C/30分	<5*	24	45	150
	25°C/60分	<5*	14	20	45
	25°C/30分	<5*	6	13	32
イソオクタン	80°C/30分	40	—	—	—
	60°C/90分	13	—	—	—
	60°C/60分	—	110	190	—
	60°C/30分	7	84	100	—
	40°C/30分	<5	16	19	87
	25°C/30分	<5*	<5	<5	12
95%エタノール	121°C/30分	84	—	—	—
	95°C/30分	20	15	28	—
	60°C/210分	<5	—	—	—
	60°C/120分	<5*	8	10	26
	60°C/30分	<5*	<5	6	13
50%エタノール	121°C/30分	6	—	—	—
	95°C/30分	<5	—	—	<5
	60°C/30分	<5*	<5	<5	<5*
	40°C/30分	<5*	<5*	<5*	<5*
	25°C/30分	<5*	<5*	<5*	<5*

HDPE:高密度ポリエチレン, LDPE:低密度ポリエチレン, LLDPE:直鎖状低密度ポリエチレン,

EVA:エチレン-酢酸ビニル共重合体, (): 試料の厚み, —: 試験せず, *: 推定

50°C/30分であったが、HDPEでは60°C/60分程度の条件が必要であった。また、オリーブ油121°C/30分では、今回使用したLDPEやLLDPEの試料は融点を超えて測定できなかったが、HDPEではヘプタン60°C/60分よりも10倍以上の高い溶出量を示し、更に厳しい条件が必要であることが示唆された。

オリーブ油の121°C/30分の試験では、HDPE以外の3検体は耐熱温度以上のため溶解し、溶出試験を行うことができなかった。そこで、LLDPEの中でも耐熱性が高い試料(LLDPE②)を用いて、オリーブ油とヘプタンの溶出試験を行った(表6)。

表6. 直鎖状低密度ポリエチレンを用いた追加試験

溶出試験条件		溶出量 ($\mu\text{g/mL}$)
オリーブ油	121°C/30分	140
	110°C/30分	36
	95°C/30分	<15
ヘプタン	60°C/60分	12
	60°C/30分	11
	40°C/30分	6
	25°C/60分	5

LLDPE:直鎖状低密度ポリエチレン, (): 試料の厚み

その結果、オリーブ油 121°C/30分における溶出量は、ヘプタン 60°C/60分よりも10倍以上高く、前述のHDPEと同様の結果が得られた。

ポリエチレンの場合、融点(130°C程度)に近い121°Cで使用されることは殆どなく、使用実態の上限温度は通常110°C程である。そこで、オリーブ油 110°C/30分の溶出量を確認したところ、溶出量は121°C/30分と比べ顕著に減少したが、ヘプタン 60°C/30分、60分と比較すると依然として高い溶出量を示した。

以上のことから、ポリエチレンの100°C以上の使用条件が110°C/30分と想定しても、ヘプタンで同等の溶出量を得るためには60°C/60分より厳しい条件が必要であった。

② イソオクタン溶出

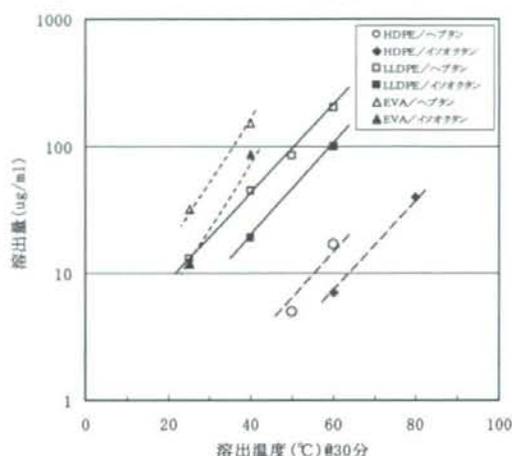
溶媒としてイソオクタンを使用した場合の溶出量は、表5に示すように、オリーブ油 60°C/30分とは25°C/30分、オリーブ油 95°C/30分とは60°C/30分とほぼ合致した。ただし、オリーブ油 120°C/30分のHDPEは80°C/30分でも大幅に低かった。

イソオクタンの溶出傾向はヘプタンと類似しているが、溶出力は弱い。従って、イソオクタンを代替溶媒に使用する場合には、ヘプタンより高温或いは長時間での溶出が必要と

なる。

図1に各種ポリエチレンのヘプタンとイソオクタンの溶出量の温度依存性を比較した。

図1. ヘプタンとイソオクタンでの溶出量の温度依存性



この図より、ポリエチレンではイソオクタンの溶出温度をヘプタンより10°C程度高くすることにより、ヘプタンとほぼ同じ溶出量を得ることができると推定される。

また、EUでは温度を60°Cとし、時間を長くすることで、オリーブ油の高温試験に対応することとしている。そこで、表7にイソオクタン 60°Cで試験時間を変えた場合及びヘプタン 60°C/30分の溶出量を表5から抜粋して示した。

時間を長くすると溶出量は増加し、LDPEやLLDPEではイソオクタン 60°C/60分でヘプタン 60°C/30分と同程度の溶出量を得られた。

表7. ポリエチレンにおける試験時間の影響

溶媒	イソオクタン				ヘプタン
	60°C 30分	60°C 60分	60°C 90分	80°C 30分	60°C 30分
HDPE	7		13	40	17
LDPE	84	110	—	—	140
LLDPE①	100	190	—	—	200

単位: $\mu\text{g/mL}$