

平成 2 5 年 0 3 月 1 8 日

平成 2 4 年度レギュラトリーサイエンス新技術開発事業  
研究実績報告書

課題番号：2 3 0 1

「 食品の加工・調理がフラン濃度に及ぼす影響の把握 」

研 究 期 間：平成 2 3 年度～平成 2 4 年度（2 年間）

研究総括者名：伊佐川 聡

試験研究機関名：財団法人 日本食品分析センター

## I. 試験研究の全体計画

### 1. 研究目的

食品中のフランについては、2004年に米国FDAが瓶詰や缶詰食品に高濃度に含まれることを発表し、その後、食品中の含有実態や毒性に関する調査が国際的に進められている。2010年2月に開催された第72回FAO/WHO合同食品添加物専門家会議(JECFA)は、フランの代謝物に遺伝毒性発がん性があり、暴露マージンが小さいことからヒトの健康への悪影響の可能性が無視できないと評価した。これを受けて、コーデックス委員会食品汚染物質部会は低減のための実施規範の策定について議論し、実施規範策定のためには実用的な低減技術についての情報が必要であると報告している。

農林水産省が実施したトータルダイエットスタディ及び市販品のサーベイランス(予備調査)では、コーヒー、みそ、しょうゆ、缶詰・瓶詰・レトルトパウチ食品でフラン濃度が高く、かつ、摂取寄与が大きいこと、乳幼児ではベビーフード(レトルトパウチ食品、瓶詰)からの摂取が無視できないことが示唆されている。しかし、食品中のフランの生成要因は複数あると考えられており、個々の食品中の主たる生成機序は特定されていないため、現時点では食品製造時における低減技術が確立されていない。また、食品を加工・調理し、消費する過程において、揮発しやすい性質を持つフランの濃度がどのように変化するかもわかっていない。これまでの諸外国の報告では、一部の食品では、加熱や攪拌によってフラン濃度を低減できる可能性が示唆されている。

本研究では、

1. 食品中のフランの挙動を把握するための加工・調理条件のモデル化
2. 加工・調理から消費段階におけるフランの濃度変化の把握
3. 加工・調理から消費段階におけるフラン低減方法の検証

により、まずは、フランを比較的高濃度に含有する食品において、その濃度が加工・調理から消費の段階でどのように変化するかを把握することを目標とする。

その結果、食品中のフラン低減のため、家庭内での加工、調理時に留意すべき事項の検討、消費段階でのフラン濃度の予測検討及び製造時の留意事項の参考データとなる。

### 2. 研究内容

#### 1. 食品中のフランの挙動を把握するための加工・調理条件のモデル化

これまでの報告でフラン濃度が高いとされる以下の食品について、種々の条件で加熱、放置等した場合のフランの挙動を調査した。当初は23年度に終了する予定であったが、24年度にも追加試験を実施した。

##### (1) 大豆、魚類及び調理食品の缶詰並びにレトルトパウチ食品

###### ① 大豆缶詰

23年度は、開缶後の解放系での室温放置及び加水加熱によるフラン濃度への影響を調べた。

24年度は、大豆缶詰を加水加熱沸騰し、沸騰前後でのフラン濃度を調べた。

###### ② 魚類缶詰

23年度はいわし蒲焼缶詰を用いて、身とたれ各々のフラン濃度を測定し、フランの局在性を調べた。また、開缶後の室温放置及び電子レンジ加熱によるフラン濃度の変化を調べた。

24年度は、さんま缶詰(味付け、みそ煮、蒲焼き)及び焼き鳥缶詰について、開缶後電子レンジで加熱した場合の加熱時間とフラン濃度の関係を調べた。更に、さんまの形状(ブロックのまま及びほぐし身)の違いによりフラン濃度の挙動に差

があるかを比較するため、室温放置及び電子レンジ加熱した時のフラン濃度を調べた。

③ 調理缶詰(シチュー又はコーンクリームスープ)

調理缶詰について、鍋等に移して加熱した際の加熱時間、攪拌の有無等の加熱条件とフラン濃度との関係を調べることを予定していたが、他の試験点数が増えたため実施しなかった。

④ レトルトパウチ食品(カレー)

23年度は、開封せずに電子レンジで加熱した時の加温時間とフラン濃度の関係を調べた。また、開封後ビーカーに移した後、湯煎加熱した時の加熱時間とフラン濃度との関係を調べた。

24年度は、23年度に用いた製品とは異なる製品を用いて、電子レンジ加熱及び開封後の湯煎加熱時間によるフラン濃度への影響を検証した。

(2) しょうゆ及びみそ

① しょうゆ

23年度は、解放系での室温放置時、水やみりん等との混合加熱時及び製品の開封後保存時のフラン濃度変化を調べた。

24年度は、23年度に実施した試験結果を検証するため、しょうゆの量(濃度)、保存・加温温度や時間等の条件を増やしてフラン濃度との関係を調べた。

② みそ

23年度は、みそ水溶液調製時の加熱・放置及び開封後の保存によるフラン濃度への影響を調べた。

24年度は、みそ水溶液調製時の攪拌、開封後の保存方法の変更、解放系での室温放置、直火加熱及び副材料との混合加熱によるフラン濃度への影響を調べた。

(3) コーヒー類

① 缶コーヒー

23年度は砂糖、ミルクの添加の有無、加温・開封後放置時の温度及び時間とフラン濃度との関係を調査した。

24年度は、未開封のまま保存した時の保存温度によるフラン濃度への影響を調査した。

② インスタントコーヒー

23年度は、製品種類(スプレードライ、フリーズドライ)、コーヒー調製時のコーヒー量、ブラック・クリーム入りの違いとフラン濃度との関係を調べた。

③ レギュラーコーヒー

23年度は、コーヒー豆の挽き方及びその非密封保存による粉そのもののフラン濃度への影響や、コーヒーを淹れる際の豆の挽き方、コーヒー量、湯温及び調製後の保存についての影響を調べた。

24年度は、製品保存時の容器、豆と粉の違い、保存期間・温度によるフラン濃度への影響を調べた。また、コーヒーを淹れる際の器具(ハンドドリップと機械式)によるフラン濃度の違いも調べた。

当初はコーヒーを淹れる他の器具の違いも想定したが、モデル化試験であることから、豆の挽き方、豆の量、湯温、抽出時間及び抽出液保存によるフラン濃度変化を確認する試験系とした。また、豆の保存試験も実施することとした。

#### (4)ベビーフード

23年度は、数種類のベビーフードについて、開封直後と室温放置及び攪拌によるフラン濃度の変化を調べる。また、電子レンジや湯煎による加熱時間、加熱後の放冷・攪拌の有無とフラン濃度との関係を調べた。

24年度は、製品別及び加温方法別の加熱後の冷却(放冷・攪拌)によるフラン濃度への影響を検証した。

中課題2及び3で予定された調理試験は、中課題1と比べて、原材料が多いなどより複雑な系であり、フラン濃度の変化の要因を明らかにすることが困難と考えられた。

そのため、運営チームと協議の上、24年度には研究計画を変更し、中課題2及び3を中止とし、中課題1について23年度のモデル化試験の検証・追加試験を実施することとした。これにより、更なる基礎的なデータの更なる収集を行い、有意なフラン濃度の変化が観察されたモデル系について、再現性やモデル条件を変更した際のフラン濃度の変化についての確認を行うこととした。

2. 中課題2：加工・調理から消費段階におけるフランの濃度変化の把握  
実施せず。

3. 中課題3. 加工・調理から消費段階におけるフラン低減方法の検証  
実施せず。

なお、食品中のフラン濃度の分析法として、Yoshida et al; Rapid and improved determination of furan in baby foods and infant formulas by headspace GC/MS、J. Food Hyg. Soc. Japan.、48、83-89 (2007) に記載の方法を用いた。

### 3. 達成目標及び期待される成果

フランについては、日本を含む諸外国で缶詰・瓶詰食品やレトルト食品に含まれることが報告されている。消費者が実際に食用に供する段階では、加温等によりフラン濃度が減少(場合によっては生成により増加)すると考えられる。その実態を可能な限り明らかにし、家庭内や食事サービス施設における加工、調理の現場において留意すべき事項を検討する際の基礎的な科学的データを作成する。

また、加工食品中のフラン濃度から消費者の摂取量を推定する場合、実際に消費される段階でのフラン濃度と購入時の濃度との関係がある程度予測できれば、摂取量推定の精度が高まると考えられ、そのための検討用データの提供を考慮する。

さらに、加工食品中のフラン濃度は食品の製造・加工が決定要因となる。本調査によって得られたフラン濃度の変化データが製造時における留意事項の参考になれば、さらに調査の有効性が付加される。

#### 4. 年次計画

研究項目	2011年度	2012年度
1. 食品中のフランの挙動を把握するための加工・調理条件のモデル化		
(1)缶詰食品・レトルトパウチ食品	モデル化試験 ←→	追加モデル化試験 ←→
(2)しょうゆ・みそ	モデル化試験 ←→	追加モデル化試験 ←→
(3)コーヒー類	モデル化試験 ←→	追加モデル化試験 ←→
(4)ベビーフード	モデル化試験 ←→	追加モデル化試験 ←→
所要経費（合計）	10,000千円	10,000千円

## Ⅱ．実施体制

項目	担当研究機関	研究担当者	エフォート (%)
研究総括者	(財)日本食品分析センター	◎伊佐川 聡	
1. 食品中のフランの挙動を把握するための加工・調理条件のモデル化 (1)缶詰食品・レトルトパウチ食品		○ 伊佐川 聡  △ 小木曾 基樹 (2012.4～) △ 福家 朋子 △ 中村 歩 △ 庄司 章人 △ 伊藤 朱美 (～2011.8) △ 浦田 有佳子 △ 石井 夕華 (2012.4～)	20  10 10 30 40 20 40 30
(2)しょうゆ・みそ		△ 同上	前出
(3)コーヒー類		△ 同上	前出
(4)ベビーフード		△ 同上	前出

(注)研究総括者には◎、中課題担当者には○、小課題担当者には△を付すこと。

### Ⅲ. 主要な成果

#### 1. 成果の内容

- 1) 食品の加熱、保存、攪拌等の操作によるフ란のへの影響(増減)についての科学的な基礎データの収集

大豆缶詰に水を加えて沸騰後更に加熱を継続すると、フ란濃度が大きく減少することが分かった(p10、11)。

魚缶詰の製品によっては、過度な加熱によってフ란濃度が大きく減少するものがあることが分かった(p20、21)。

レトルトカレーは、開封後容器を移し電子レンジでの加熱時間を長めにすることで、フ란濃度が大きく減少することが分かった(p26、27)。

しょうゆは、開封後平たい容器(皿など)に移して放置すると、フ란濃度は指数関数的に経時減少し、10分でも半減することが分かった(p41、42)。また、生しょうゆを未開封で長期保存(～18週)する際、室温や32.5℃条件では、火入れしょうゆよりもフ란の二次的な生成割合が大きく、生しょうゆも最終的にはフ란濃度の高い火入れしょうゆのフ란濃度に近づくことが分かった(p42～45)。

みそは、沸騰水に溶解する際の攪拌時間を長く(～180秒)することで、フ란濃度が有意に減少することが分かった(p48、49)。一方、みそを長期保存する際には、袋入り及びカップ入りの製品とも、フ란が二次的に生成している可能性が示唆されたが、カップ入りの場合は開封後、フ란の揮発と拮抗してフ란濃度が増加しない事が分かった(p49、50)。また、みそ中のフ란濃度は、短時間の加熱により大きく減少することが分かった(p52、53)。

レギュラーコーヒー粉は、開封後に容器を移して保管することで、保存温度帯の違いに応じ、フ란濃度が減少することが分かった(p75～76)。

ベビーフードは、一度加熱後攪拌しながら喫食可能な温度まで冷ますことで、フ란濃度が減少することが分かった(p88、89)。

#### 2. 成果の活用

- 1) 家庭で想定される様々な調理、保存等を行った時のフ란濃度の変化に関する基礎データは、今後ホームページ等で消費者向けの情報提供をする場合に活用可能である。また、食品製造事業者等が加工工程での低減措置等を検討するにあたって、参考データとして活用できる可能性がある。
- 2) しょうゆの長期保存時の冷蔵保存等、家庭での加工・調理・保存や、流通保管時にフ란を低減させうる条件として活用の可能性があると考えられる。しかしながら、それらのうち多くの条件は、実際に食品を喫食する際の風味の損失、過度な加熱後の適温への冷却操作等、現実には実施が難しい条件であることから、その活用には注意が必要である。

### Ⅳ. 研究実績報告

#### 1. 中課題名「食品中のフ란の挙動を把握するための加工・調理条件のモデル化」

これまでの報告でフ란濃度が高いとされる以下の食品について、種々の条件で加温、放置等によるフ란の挙動を調べるための基礎データを収集した。

以下、各モデル試験で複数アイテム(包装)を使用する場合、小売店で購入又は食品事業者から直接入手することにより、同一ロットの製品を必要点数確保した。「試料」の欄に記載したフ란の初期濃度は、入手した試料から抜き取った3点を用い、加熱等を加え

ない開封直後の状態で繰り返し測定（試料の粉碎・抽出等前処理段階から繰り返して合計3回測定）した平均値を記載した。

試験で使用している器具の型番等は以下のとおり。

なお、ガラス器具等については一例として記載した。

#### <ガラス器具>

シャーレ：ガラス製、池本理化工業株式会社 直径 154 mm×高さ 210mm

ビーカー：ガラス製（IWAKI）PIREX 100ml, 200ml, 300ml, 500ml, 1000ml

時計皿：直径 15cm

フラン瓶：株式会社 三商一般フラン瓶、ガラスロート型、容量 100ml

#### <その他>

ガスコンロ：サンウエーブ工業株式会社 RXG63BB1L4K

電子レンジ：株式会社 東芝 オープンレンジ ER-D6

オーブントースター：株式会社 東芝 HTR-G3

コーヒーミル：株式会社 カリタ C-150

ハンドミキサー：ESGE AG(Ltd) bamix Gastro 200

水浴：アズワン株式会社 TR-2A

防水型デジタル温度計：株式会社 佐藤計量器製作所 SK-250WP II-K

天秤：株式会社 島津製作所 EB-3200H、UX-4200H、メトラー・トレド株式会社 XS204

恒温器：三洋電機株式会社 MIR-253

冷蔵庫：福島工業株式会社 EXN-30

冷凍庫：ホシザキ電機株式会社 HF-90Z-ML

ラップ：旭化成ホームプロダクツ株式会社

水：日本ミリポア株式会社 純水調製装置 MILLIPORE ElixUV5 により調製

結果欄では、分散が等しくないと仮定した2標本t検定、一元配置分散分析又は多元配置分散分析を行い  $p < 0.05$  の場合に有意差ありと記述している。

また、各図中のエラーバーは、3回繰り返した分析値に関し、縦軸をフラン濃度 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) とした図では標準偏差の範囲を、縦軸をフランの濃度増減 (%) とした図では相対標準偏差の範囲を表している。

(1)小課題名「大豆、魚類缶詰及びレトルトパウチ食品」

1)平成23年度までの研究実績概要

大豆缶詰(ドライパック)を用いたモデル化試験

① 室温放置モデル試験

大豆を室温で放置し、フラン濃度を測定した。

試料

市販の大豆ドライパック缶詰 1 種類(フラン濃度の平均値 41 ppb)

試験法

シャーレに大豆を重ならないように広げて配置し、放置した。

測定水準

開封直後(0 分)、室温放置 10 分、20 分、60 分後に分析。

繰り返し 3 回

結果

大豆を室温で放置すると、フランは放置開始 10 分後に初期濃度から有意に減少(10 分で 26%減少)したが、10 分後から 60 分後まではフラン濃度にほとんど変化がなく、有意な差は認められなかった。

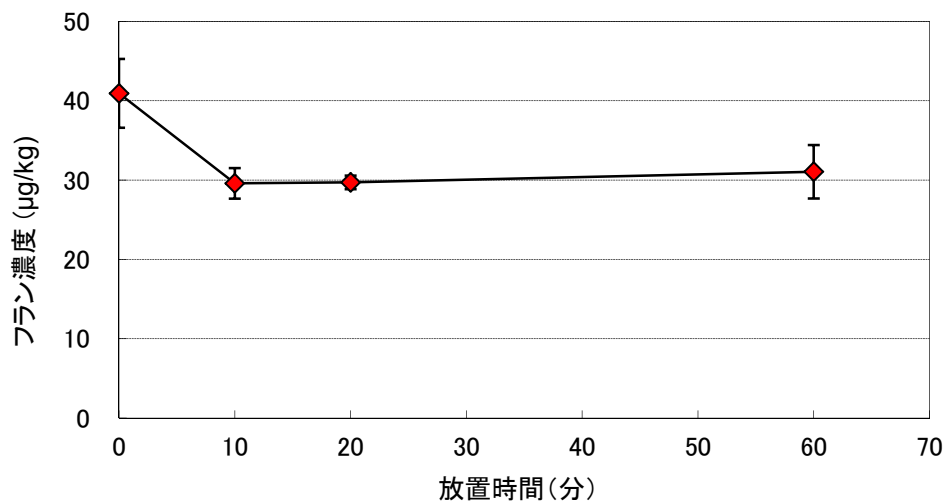


図 1 大豆缶詰 室温放置モデル試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

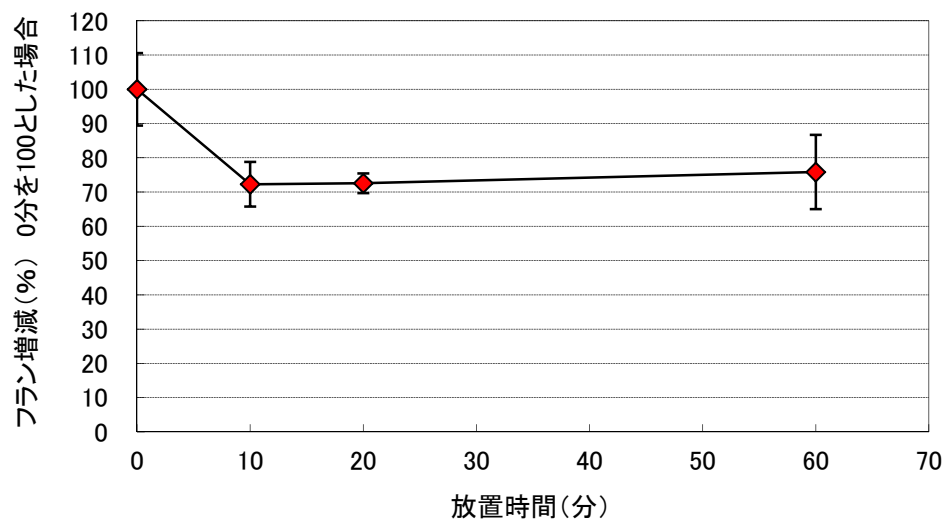


図 2 大豆缶詰 室温放置モデル試験結果  
(縦軸:フラン増減%)

## ② 加水・加熱モデル試験

スープ等の調理を想定し、大豆と水の混合試料について加熱前後のフラン濃度を測定した。

### 試料

市販の大豆ドライパック缶詰 1 種類(フラン濃度の平均値 41 ppb)

### 試験法

500ml ビーカーに大豆：水=1：2(120 g：240 g)の割合で加え、時計皿でふたをしてガスコンロにて沸騰まで強火、沸騰後弱火で加熱した。

### 測定水準

開封直後(0 分)、沸騰直後、沸騰 10 分後、20 分後、60 分後及び沸騰 60 分後 10 分放置で分析。

繰り返し 3 回

### 結果

開缶後、大豆(120 g)に 2 倍量(240 g)の水を加えて加熱沸騰したモデル試験では、加熱時間と共にフラン濃度(※大豆と水を混合した試料全体を分析)が有意に減少し、沸騰後 60 分後には沸騰直後から 60 %減少した。一方、大豆そのもののフラン濃度は 41 ppb であり、加水沸騰後の試料全体のフラン濃度は 20 ppb であり、それぞれの重量から含有量を計算したところ理論値に合致しない数値(加熱沸騰後は、加水による希釈を考慮した理論値よりも高いフラン濃度が観察)であったことから、加熱によりフランが二次生成している可能性が考えられた。

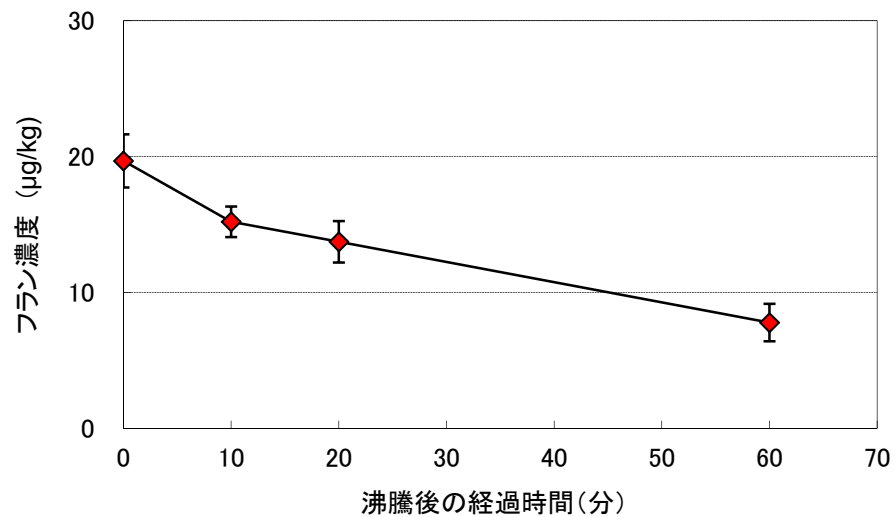


図 3 大豆缶詰 加水・加熱モデル試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

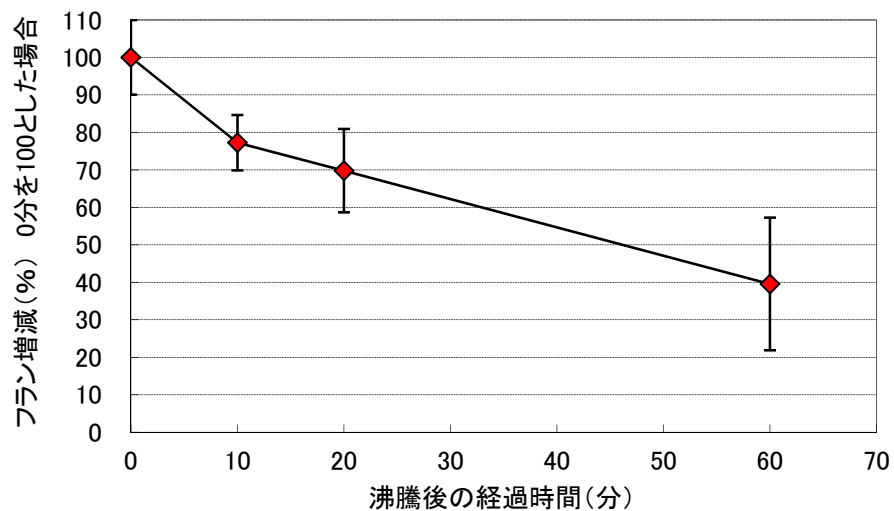


図 4 大豆缶詰 加水・加熱モデル試験結果  
(縦軸：フラン増減%)

#### 魚類缶詰を用いたモデル試験

##### ① 身とたれの測定

身とたれのどちらにフランが多く局在しているかを確認するため、身とたれのフラン濃度を測定した。

##### 試料

いわし蒲焼缶詰 1 種類(フラン濃度の平均値 120 ppb)

##### 試験法

いわし蒲焼缶詰を開封後、すぐに身から手でタレをそぎ落とすことにより、身とタレをシャーレ上に取り分けた。

##### 測定水準

身とたれについてそれぞれを分析。

繰り返し 3 回

#### 結果

魚類缶詰を「身」と「たれ」に分けて、それぞれのフラン濃度を測定したところ、「たれ」(平均値：54 ppb)より「身」(平均値：100 ppb)のフラン濃度が有意に高く、「身」への偏在が示唆された。しかしながら、試料全体のフラン濃度(120 ppb)を考慮すると整合性がない結果となった。「身」と「たれ」を分ける際に、フランが揮発する影響する可能性があり、これ以上の検証は難しいと考えられた。

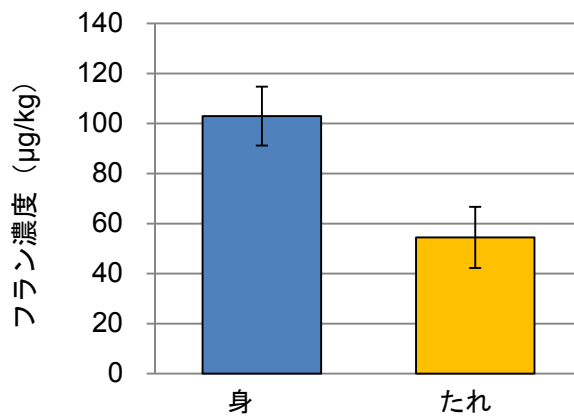


図 5 魚類缶詰を用いたモデル試験 魚缶詰の身とたれ

#### ② 室温放置モデル試験

缶詰内容物を室温で放置し、フラン濃度を測定した。

##### 試料

いわし蒲焼 1 種類(フラン濃度の平均値 120 ppb)

##### 試験法

いわし蒲焼缶詰の内容全体(身とタレ)をシャーレに移し、室温で放置した。

##### 測定水準

開封直後(0 分)、室温放置 10 分後、30 分後について試料全体を分析。

繰り返し 3 回

#### 結果

開封直後の試料と比較して、室温放置 30 分後の試料ではフラン濃度が有意に減少していた。減少率は 15%であり、大豆缶詰と比較すると小さかった。大豆缶詰の場合とは異なり、試料の表面積、脂質含有量の違いなどがフラン濃度の挙動に影響している可能性が考えられた。

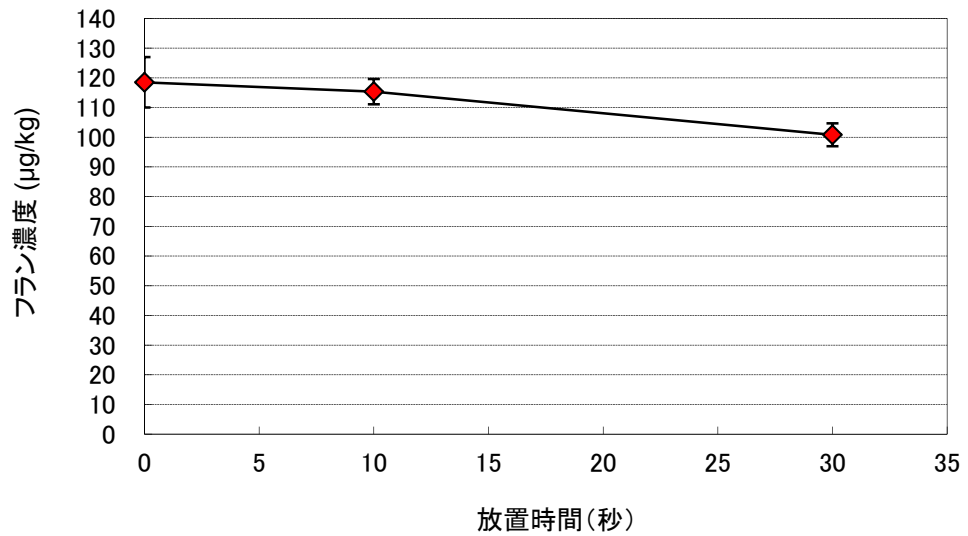


図 6 魚類缶詰 室温放置モデル試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

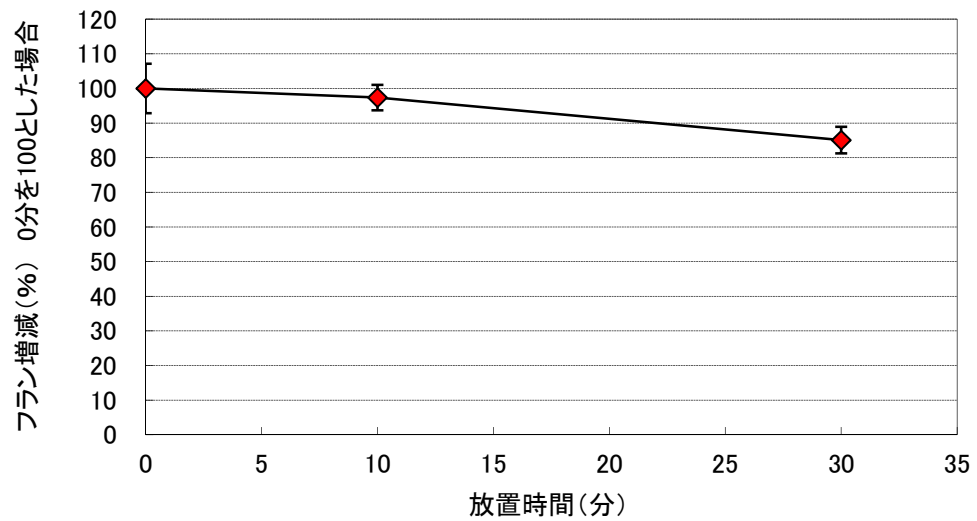


図 7 魚類缶詰 室温放置モデル試験結果  
(縦軸：フラン増減%)

### ③ 電子レンジ加熱モデル試験

缶詰内容物を電子レンジで加熱し、フラン濃度を測定した。

試料

いわし蒲焼缶詰 1 種類(フラン濃度の平均値 120 ppb)

試験法

いわし蒲焼缶詰の内容全体(身とタレ)をシャーレに開け、ラップをして電子レンジ(500W)で加熱した。加熱 2 分後のものについては、シャーレにあけ、室温で 10 分放置したものも合わせて実施した。

#### 測定水準

加熱前(0分)、加熱 90 秒、加熱 120 秒、加熱 150 秒後及び加熱 120 秒後 10 分放置したものについて混合試料全体を分析。

繰り返し 3 回

#### 結果

魚類缶詰を開缶後、電子レンジでの加熱モデル試験では、150 秒の加熱(試料の中心温度 $>90^{\circ}\text{C}$ )ではフラン濃度は初期濃度より 40%減少と有意に低減した。一方、それよりも短い加熱時間(90 秒、120 秒の加熱)では、初期濃度と比較して有意差が認められなかった。しかしながら、加熱時間(試料温度)の違いによるフラン濃度変化への影響の可能性は残っていると考える。

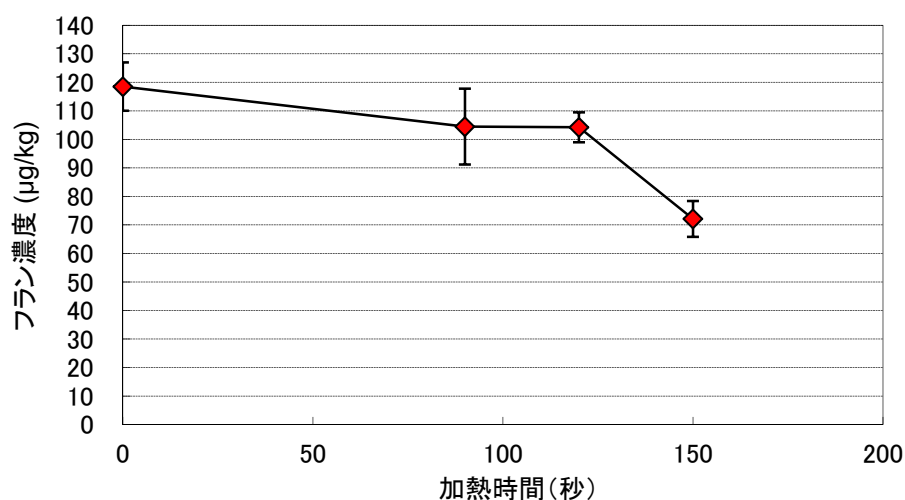


図 8 魚類缶詰 電子レンジ加熱モデル試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

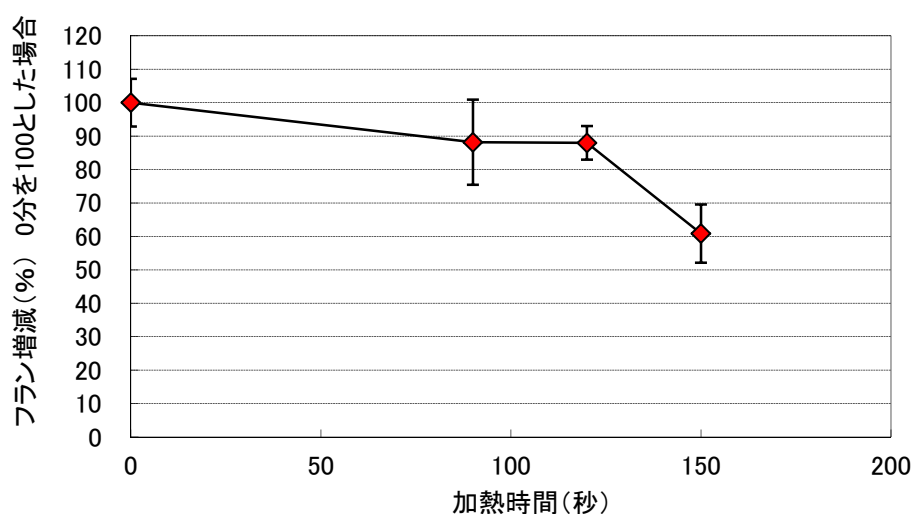


図 9 魚類缶詰 電子レンジ加熱モデル試験結果  
(縦軸：フラン増減%)

レトルトカレーを用いたモデル試験

① 電子レンジ加熱モデル試験

レトルトカレーを電子レンジで加熱し、フラン濃度を測定した。

試料

市販のレトルトカレー1 種類(フラン濃度の平均値 58 ppb) 加熱時間が電子レンジで 500W, 2 分間と表示されているもの。

試験法

市販レトルトカレーの内容全体をビーカーに移し、ラップをして電子レンジ(500W) で加熱した。加熱 2 分後のものはシャーレにあげ、室温で 10 分放置したものも合わせて実施した。

測定水準

加熱前(0 分)、加熱 1 分、加熱 2 分、加熱 3 分、加熱 2 分後 10 分放置したものについて混合試料全体を分析。容器包装に表示されている加熱時間を「標準加熱時間」とした。

繰り返し 3 回

結果

標準加熱時間(2 分間)で加熱した試料は、未加熱のものと比較してフラン濃度に有意な差は認められなかった。一方、標準加熱時間よりも長時間(3 分間)加熱すると、フラン濃度が有意に減少(約 30%減少)した。2 分加熱直後と、それを 10 分間放置したものではフラン濃度に有意な差がなく、加熱後の放置によるフラン濃度への影響は少ないことが示唆された。

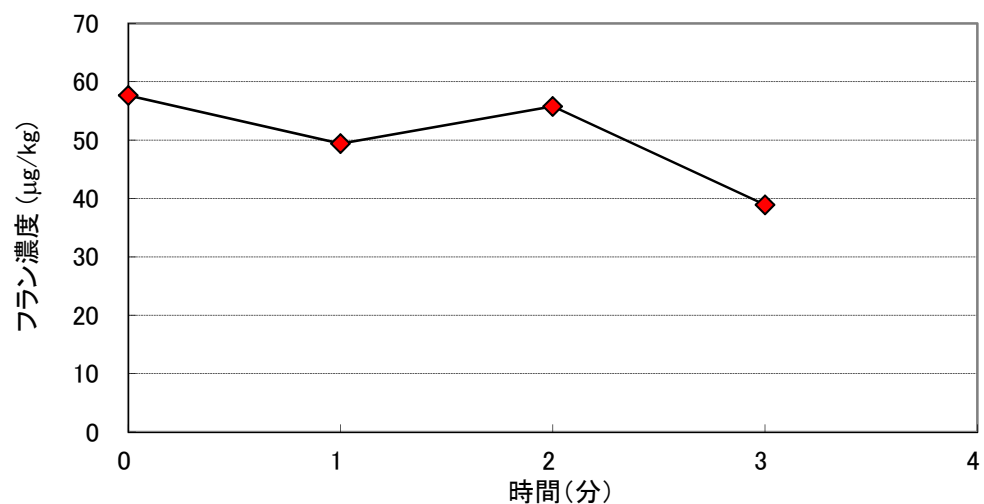


図 10 レトルトカレー 電子レンジ加熱モデル試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

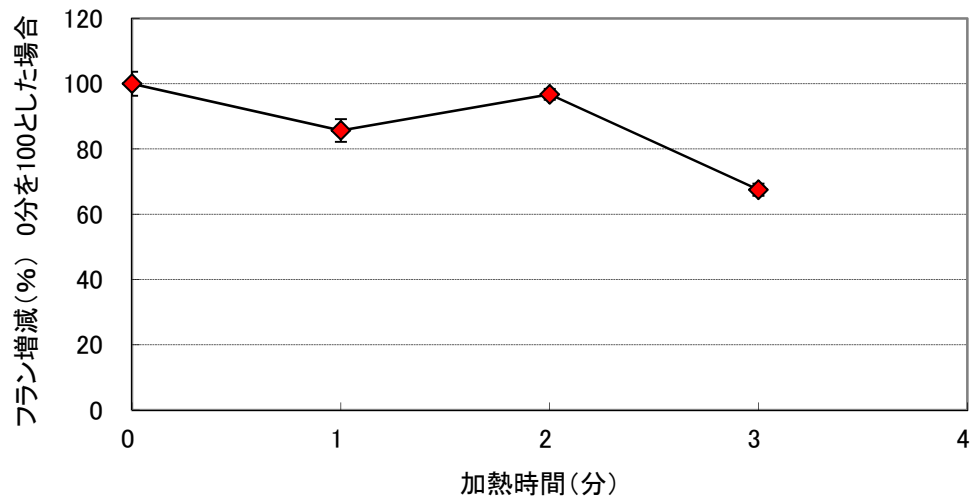


図 11 レトルトカレー 電子レンジ加熱モデル試験結果  
(縦軸：フラン増減%)

## ② 湯煎加熱モデル試験

レトルトカレーを湯煎加熱し、フランを測定した。

### 試料

市販のレトルトカレー1種類(フラン濃度の平均値 58 ppb)。加熱時間が湯煎で 3-5 分と表示されているもの。

### 試験法

ビーカーに 900ml の水を入れて沸騰させたものに、未開封（パウチ）のレトルトカレーを浸漬し、加熱した。

### 測定水準

加熱前(0 分)、加熱 2 分、加熱 3 分、加熱 5 分、加熱 6 分後、3 分加熱後中身をシャーレに移し室温で 10 分放置したもの、及び 5 分加熱後に 10 分放置したものについて混合試料全体を分析。

5 分間加熱後未開封のまま室温まで放冷し、更に 5 分間加熱後未開封のまま室温まで放冷したものについて混合試料全体を分析。

容器包装に表示されている加熱時間を「標準加熱時間」とした。繰り返し 3 回

### 結果

未開封のまま湯煎加熱した試験では、標準加熱の上限時間(5 分)で加熱した試料は、未加熱の試料と比較してフラン濃度が有意に減少し、減少率は 23%であった。しかしながら、その後さらに長く加熱してもフランはそれ以上有意に減少しなかった。一方、標準加熱の下限時間(3 分)以下の時間で加熱した試料は、未加熱のものと比較してフラン濃度に有意な差は認められなかった。加熱後に開封し、シャーレに移して放置してもフラン濃度に有意な差は認められなかった。

カレーは試料中の脂質含有濃度が高く、フランが脂溶性物質であることから、放置によるフランの揮発は小さいのではないかと推察された。なお、レトルトパウチカレーは、混ぜずに喫食する機会が多いと考えられることから、攪拌試

験は行わなかった。

未開封のまま湯煎加熱した場合、繰り返し加熱をしても標準加熱時間加熱したものと比較して、フラン濃度に有意な差は認められなかった。

これらのことから、湯煎加熱では標準加熱時間の範囲内でできるだけ長く加熱することでフランを有意に低減できる可能性があるが、標準加熱時間よりも長く加熱してもフランは低減しないことが示唆された。

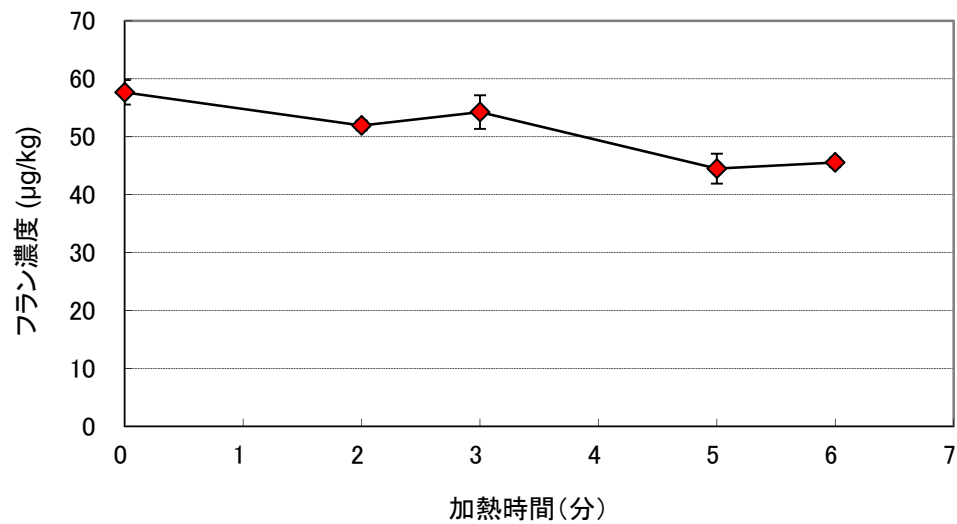


図 12 レトルトカレー 湯煎加熱モデル試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

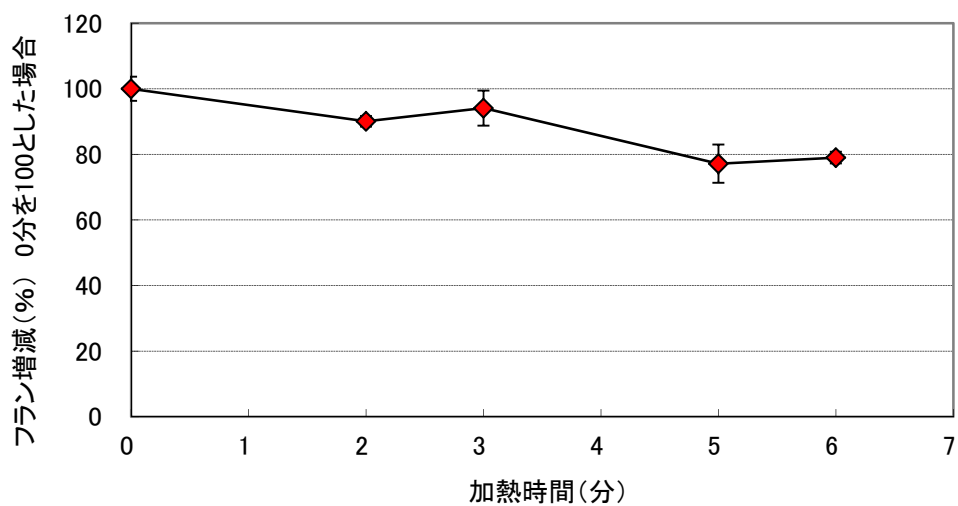


図 13 レトルトカレー 湯煎加熱モデル試験結果  
(縦軸：フラン増減%)

## 2)平成24年度における研究実績概要

### 大豆缶詰(ドライパック)を用いたモデル化試験

#### ① 焼成モデル試験

大豆ハンバーグ調理を想定し、粉砕した大豆を成型後焼くモデル系での試験を試みたが、粉砕した大豆の成型が難しいためこのモデルの試験は中止した。大豆の調製によるフランの揮散も想定されるため追加の試験は実施しなかった。

#### ② 加水・加熱モデル試験

平成23年度に実施したスープ等の調理を想定した加水沸騰加熱モデル試験では、加熱後にフランが二次生成している可能性が示唆された。

そこで、二次生成の有無を確認するため、大豆と水の混合試料について、加熱前後のフラン濃度を測定した。また、沸騰状態よりも低い温度で加温した場合のフラン濃度の変化についても追加試験を行った。

#### 試料

市販の大豆ドライパック缶詰 1種類(フラン濃度の平均値 40 ppb)

#### 試験法

ビーカーに大豆：水＝1：2(120 g：240 g)の割合で加え、時計皿でふたをしてガスコンロにて沸騰まで強火した。沸騰後後 10 分放置試料については室温で放置した。

#### 測定水準

加熱前、沸騰前(80℃)、沸騰直後、沸騰後 10 分放置後に混合試料全体を分析繰り返し 3 回

沸騰前 80℃は、温度計で湯温を確認した。

沸騰直後は、目視で沸騰し始めた地点とした。

#### 結果

本試験では、加熱前後で混合試料中のフラン濃度に有意な差は認められなかった。ただし、加熱によりフランが二次生成すると同時に揮発して、見かけ上フラン濃度に変化がなかった可能性も考えられる。

また、23 年度に実施した沸騰後に加熱を続けるモデル試験と比較すると、沸騰後に過熱を止めた本試験ではフラン濃度の大幅な減少は見られず、この加熱モデルにおいては、沸騰後に加熱を止めた場合には、よりフラン濃度の減少率は少なくなることが分かった。

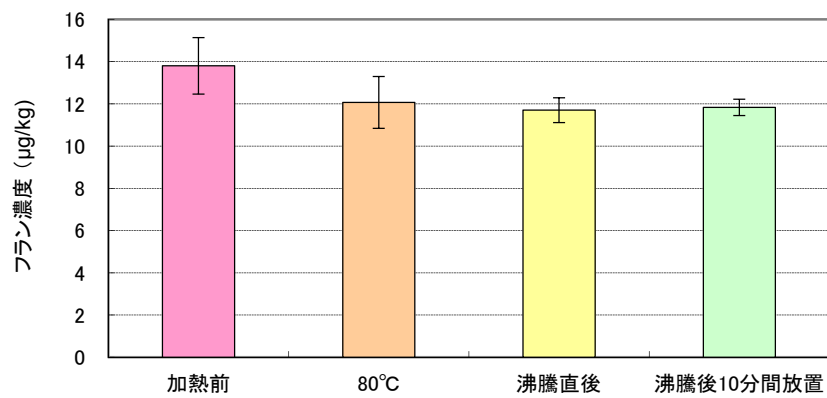


図 14 大豆缶詰 加水・加熱モデル試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

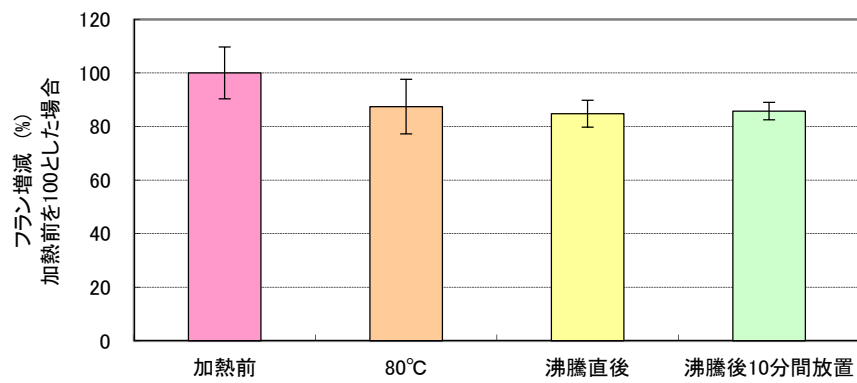


図 15 大豆缶詰 加水・加熱モデル試験結果  
(縦軸：フラン増減%)

## 魚類缶詰を用いたモデル試験

### ① ① 製品別加熱試験

23 年度に実施した加熱試験の結果から、加熱によりフラン濃度を低減できる可能性が残された。そのため、いわし以外の魚類缶詰と、参考として魚類以外の調理食品缶詰(焼き鳥缶詰)を用いて検証試験を実施した。

#### 試料

市販のさんま缶詰 3 種類

(フラン濃度の平均値 : A 味付け 63 ppb、B みそ煮 110 ppb、C 蒲焼 110 ppb)

市販の焼き鳥缶詰(フラン濃度の平均値 68 ppb)

#### 試験法

缶詰の内容全体(身とタレ)をシャーレ等に移し、ラップをして電子レンジ(500W)で加熱した。

#### 測定水準

加熱前、90 秒、120 秒及び 150 秒加熱後に試料全体を分析

繰り返し 3 回

試料は予備分析でフラン濃度が高いものを選定した。

加熱前の試料も一度シャーレに移したものをを用いた。

焼き鳥缶詰については、150 秒の加熱では過加熱となり身が破裂したため、加熱時間を 60 秒、90 秒、120 秒に変更した。

#### 結果

さんま缶詰については 150 秒の加熱により、加熱前と比べフラン濃度が約 50% 減少した製品(蒲焼)と約 20%減少した製品(味付け、みそ煮)があり、加熱前と比べ有意な減少が認められた。

焼き鳥缶詰については、120 秒の加熱で、フラン濃度が 46%減少し、加熱前と比べ有意な差が認められた。

これらの結果から、魚類缶詰及び焼き鳥缶詰の製品によっては、電子レンジを用いた加熱によりフラン濃度を減少できる可能性が示唆された。製品によるフラン濃度の減少度合いの違いは、開き身の蒲焼等表面積の違いによることも一因ではないかと考えられた。

なお、魚類缶詰について 150 秒の加熱直後は、中心温度が約 90℃以上になるため、そのままの状態での喫食には向かないと考えられた。

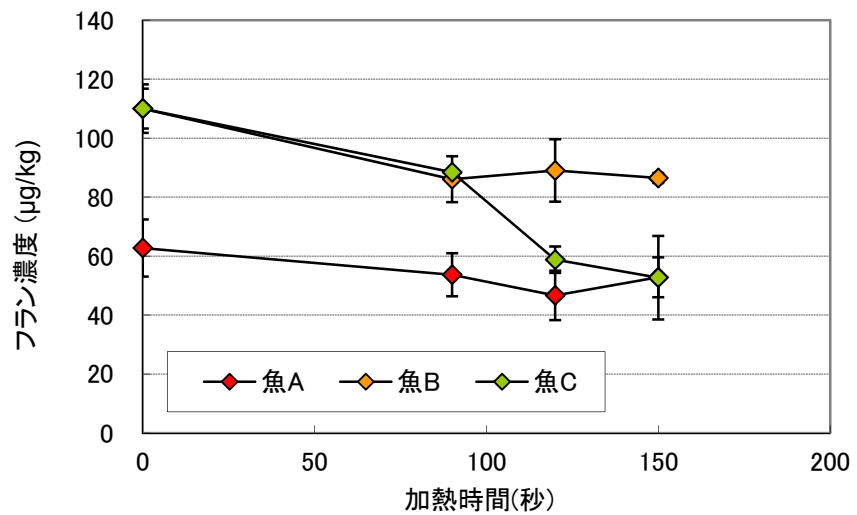


図 16 魚類缶詰 製品別加熱試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

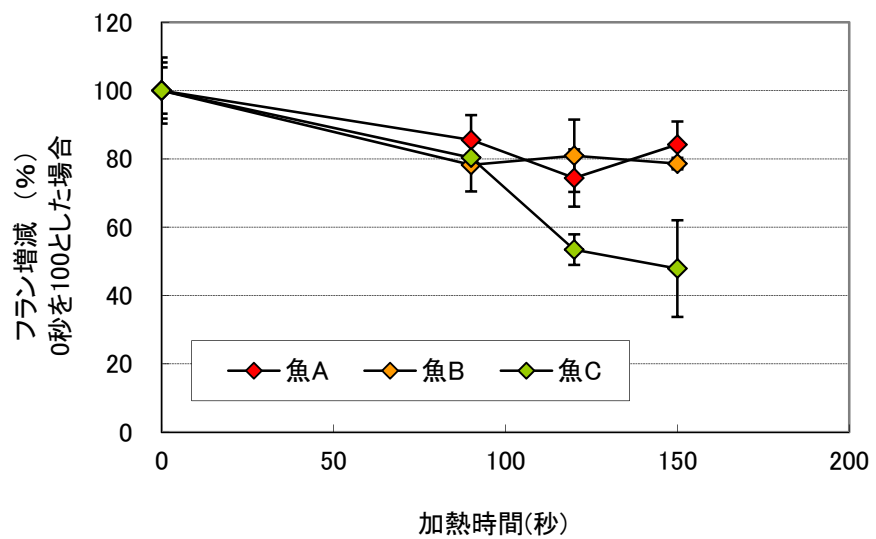


図 17 魚類缶詰 製品別加熱試験結果  
(縦軸：フラン増減%)

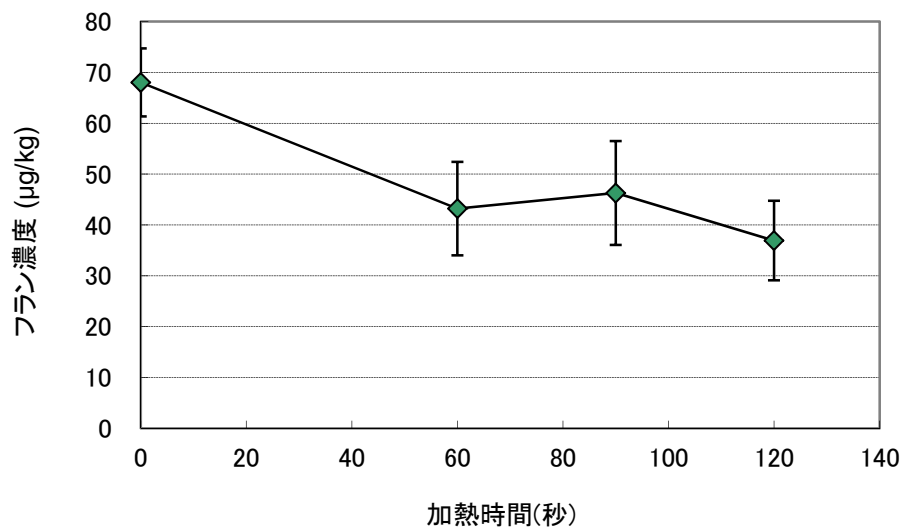


図 18 焼き鳥缶詰 加熱試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

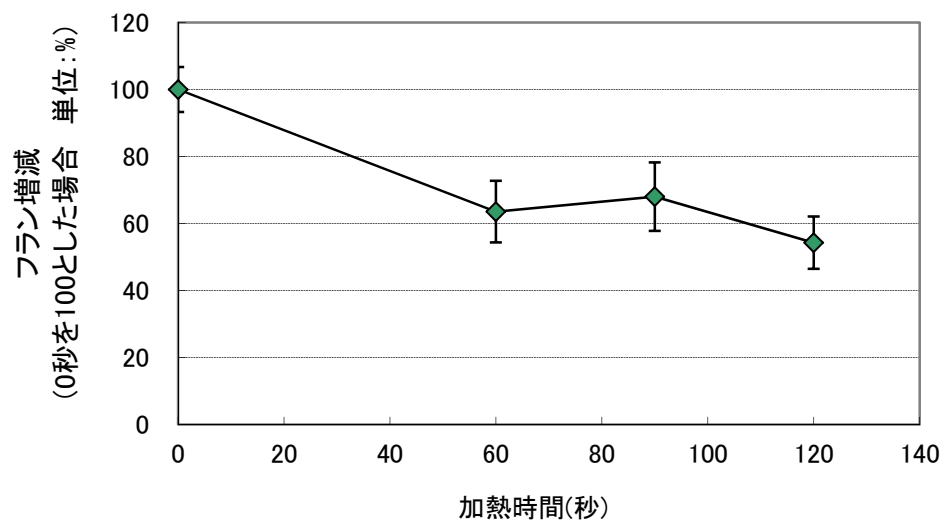


図 19 焼き鳥缶詰 加熱試験結果  
(縦軸フラン増減)

### ③ 試料形状別室温放置試験

23 年度に実施した大豆缶詰と魚類缶詰での室温放置試験の結果の違い（開缶後の室温放置試験で、大豆缶詰では室温放置 10 分で 26%減少したのに比べ、魚類缶詰では室温放置 30 分で 16%減少と、フラン濃度の減少率が少なかった）から、表面積の違いがフラン濃度の変動に影響した可能性が示唆されたため、同一の魚類缶詰を試料として、開封後、身をほぐして放置した場合とブロック状のまま放置した場合の、フラン濃度への影響について追加試験を行った。

試料

市販のさんま缶詰 1 種類 (味付け フラン濃度 63 ppb)

## 試験法

缶詰の内容全体(身とタレ)をシャーレに移したものの(ブロック状)と、缶詰の内容全体(身とタレ)をシャーレに移しスプーンで速やかに(1.5 分間)身をほぐしたものの(フレーク状)について、室温で一定時間放置し、フラン濃度を定量した。



写真-1 魚類缶詰試料 ブロック状(左) フレーク状(右)

## 測定水準

室温放置 0 分、10 分、30 分後に試料全体を分析

繰り返し 3 回

試料は予備分析でフラン濃度が高いものを選定した。

室温放置 0 分の試料も一度シャーレに移したものをを用いた。

## 結果

本試験の結果、試料の形態及び放置時間によるフラン濃度への有意差は認められなかった。魚類缶詰について、身をほぐして室温放置しても、フラン低減の効果がないと考えられた。

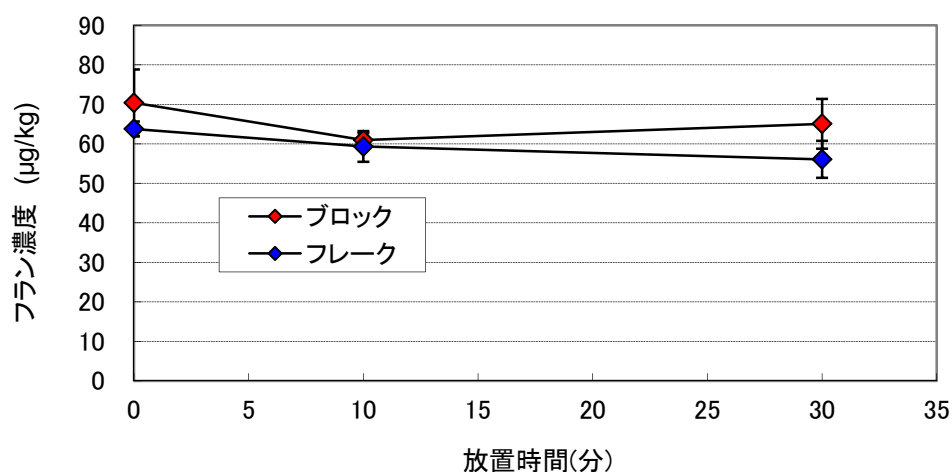


図 20 魚類缶詰 試料形状別室温放置試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

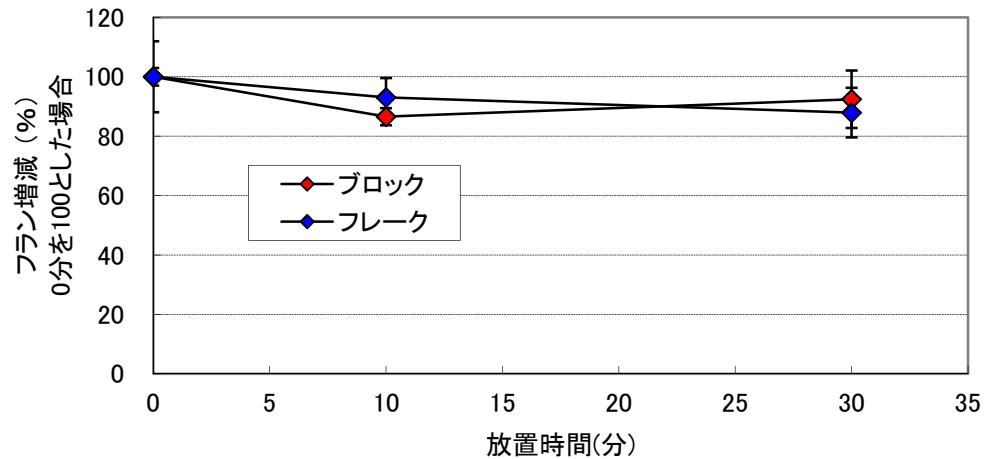


図 21 魚類缶詰 試料形状別室温放置試験結果  
(縦軸：フラン増減%)

### ③ 試料形状別加熱試験

②と同様に開封後、身をほぐした場合とブロック状のままの状態、加熱を行った場合のフラン濃度への影響について試験を実施した。

#### 試料

市販のさんま缶詰 1 種類(味付け フラン濃度 63 ppb)

#### 試験法

缶詰の内容全体(身とタレ)をそのままシャーレ等に移したものの(ブロック状)と、缶詰の内容全体(身とタレ)をシャーレに移しスプーンで速やかに身をほぐしたものの(フレーク状)について、ラップをして電子レンジ (500W) で加熱した。

#### 測定水準

加熱前、90 秒、120 秒、150 秒加熱後に試料全体を分析

繰り返し 3 回

試料は予備分析でフラン濃度が高いものを選定した。

加熱前の試料も一度シャーレに移したものをを用いた。

#### 結果

本試験の結果、試料形態の違いによるフラン濃度の有意な差は認められなかったが、加熱時間による差は有意であった。ブロック状、フレーク状どちらの試料形態でも、150 秒の加熱では、加熱前試料に比べフラン濃度が 16~38%減少した。

以上の結果から、魚類缶詰について、電子レンジ加熱によりフラン濃度が減少するが、試料形態(ブロック状、フレーク状)の違いによる影響は小さいことが示唆された。②の結果と合わせて考えれば、フランは脂溶性であるため、魚缶試料の油脂部分に多く存在しており、試料の表面積を多くすることでは加熱や放置によって油脂からフランが揮発する程度には影響を与えないのではないかと推察された。

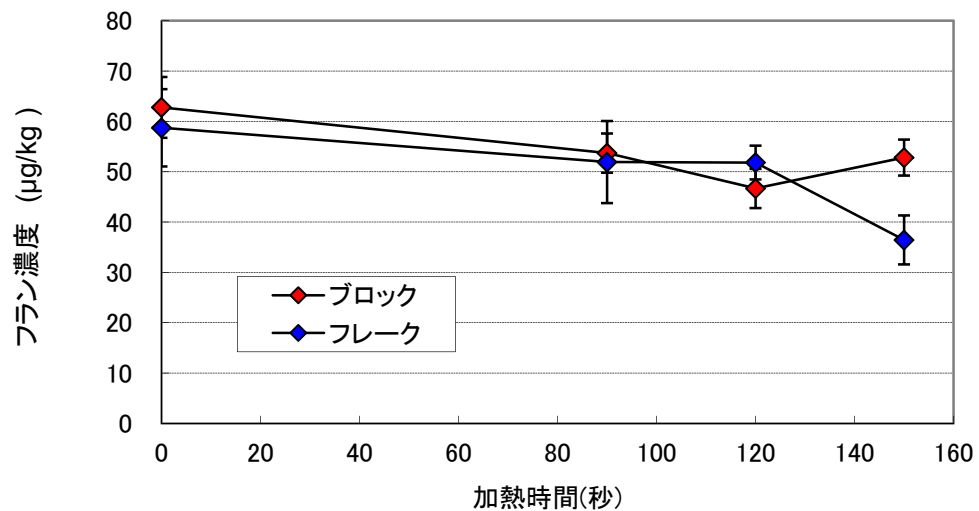


図 22 魚類缶詰 試料形状別加熱試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

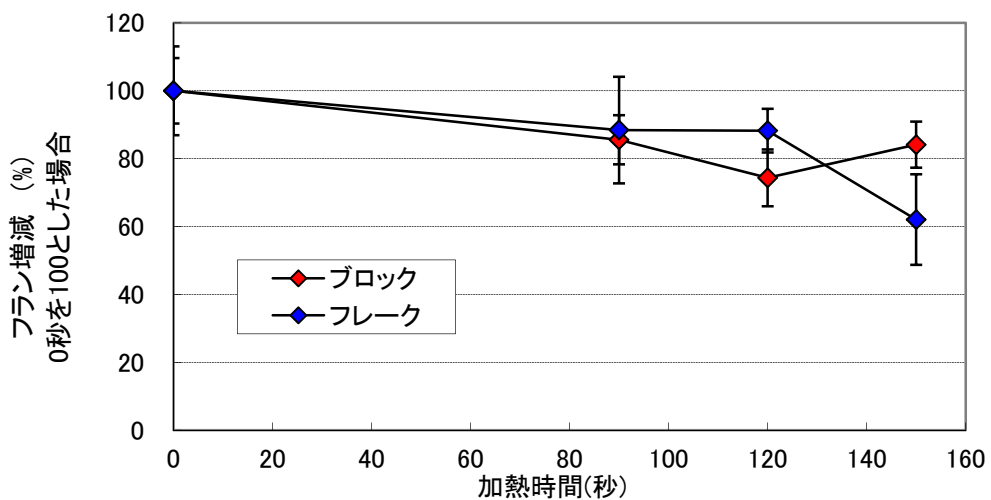


図 23 魚類缶詰 試料形状別加熱試験結果  
(縦軸：フラン増減%)

## レトルトカレーを用いたモデル試験

### ① 製品別電子レンジ加熱試験

23年度の試験結果から、電子レンジ加熱では、標準加熱時間よりも長く加熱した場合に、フラン濃度を低減できる可能性が示唆された。そこで、標準加熱時間よりも長めに加熱することでフランを低減できるかどうか、23年度の試験で用いた製品とは異なる製品を試料として検証を行った。

#### 試料

市販のレトルトパウチカレー 3種類

(電子レンジ加熱の場合の標準加熱時間が500Wで2分間のもの)

#### 試験法

500ml ビーカーにレトルパウチカレーの内容全体を移し、ラップをして電子レンジ(500W)で加熱した。

#### 測定水準

加熱前、2分及び4分加熱後に試料全体を分析

繰り返し3回

加熱前の試料も一度ビーカーに移したものをを用いた。

#### 結果

本試験の結果、加熱時間の違いによってフラン濃度に有意な差を認めたが、製品間での有意な差は認められなかった。どの製品でも標準加熱時間より2分長く加熱すると、フラン濃度は加熱前より58%~71%と大きく減少した。また標準加熱時間である2分間加熱した試料についても、いずれの製品でも加熱前の試料と比較してフラン濃度が16%~22%減少した。

以上の結果から、電子レンジによる加熱について、標準加熱時間より2分長く加熱した場合、加熱前及び標準加熱時間での加熱時に比べ、フラン濃度を大きく低減できることが分かった。

しかしながら、4分間の加熱時間では加熱直後の中心温度が約90℃以上になっており、そのままの状態での喫食には向かないこと、やけどの危険性、過加熱による製品の風味・味の低下等について留意する必要があると考えられた。

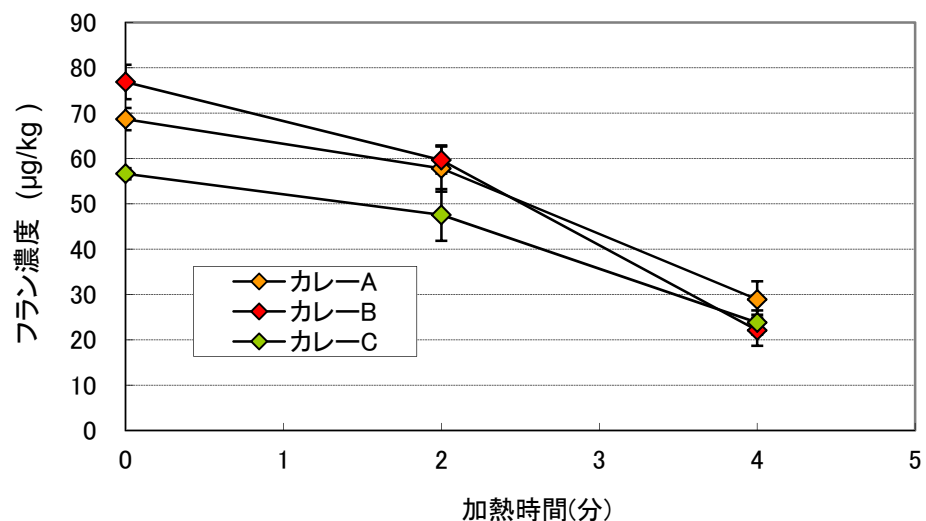


図 24 レトルトカレー 製品別電子レンジ加熱試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

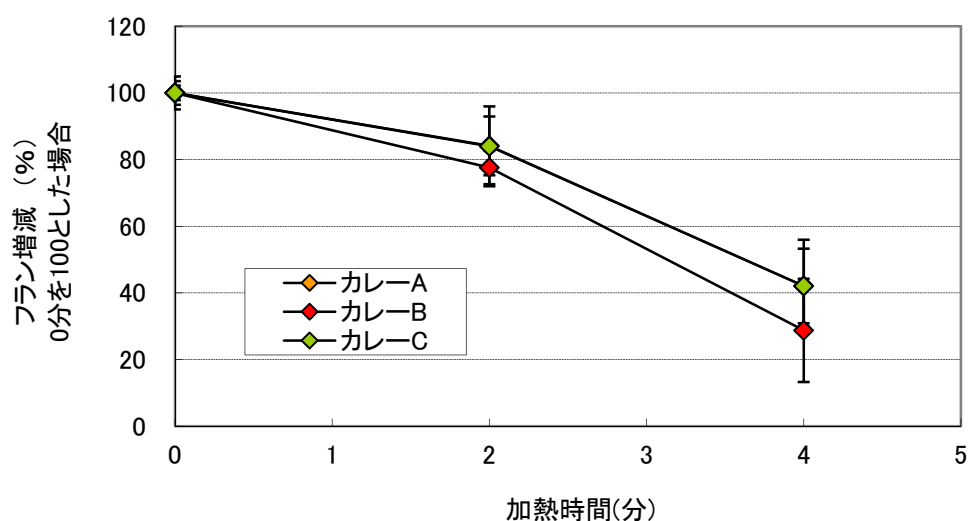


図 25 レトルトカレー 製品別電子レンジ加熱試験結果  
(縦軸：フラン増減%)

#### ① 製品別湯煎加熱試験

23 年度に実施した湯煎加熱モデル試験の結果から、標準加熱時間の上限まで加熱した場合にフラン濃度を有意に低減できることが示唆された。そこで、昨年度のモデル試験で使用した製品以外の複数製品を試料として、追加で検証試験を実施した。

##### 試料

市販のレトルトパウチカレー 3 種類  
(湯煎での標準加熱時間が 3～5 分間のもの)

##### 試験法

1 L ビーカーに 900ml の水を入れて沸騰させ、レトルトカレーをそのまま入れて継続加熱した。

##### 測定水準

加熱前、3 分及び 5 分加熱後に試料全体を分析  
繰り返し 3 回

##### 結果

本試験では、湯煎加熱時間及び製品間によるフラン濃度への有意な差が認められた。標準加熱時間の上限まで加熱した場合に、製品によってはフラン濃度が加熱前より 26%減少したものがあつた。これは、電子レンジにより標準加熱時間まで加熱した場合の減少と同程度であつた。

しかしながら試料の中心温度が湯煎では 74～77℃、電子レンジでは 57～63℃ということ を考慮すると、電子レンジの加熱は一旦中身を容器へ開けていわゆる開放系で加熱するため、フランの揮散効果が大きいのではないかと考えられた。

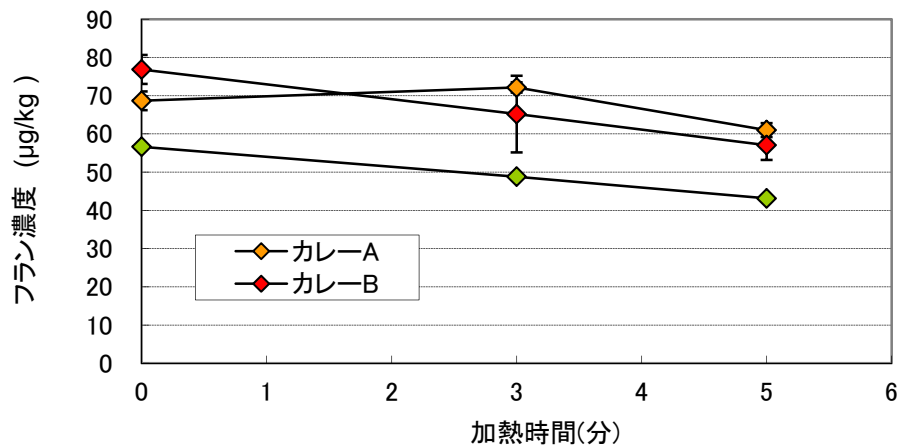


図 26 レトルトカレー 製品別 湯煎加熱試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

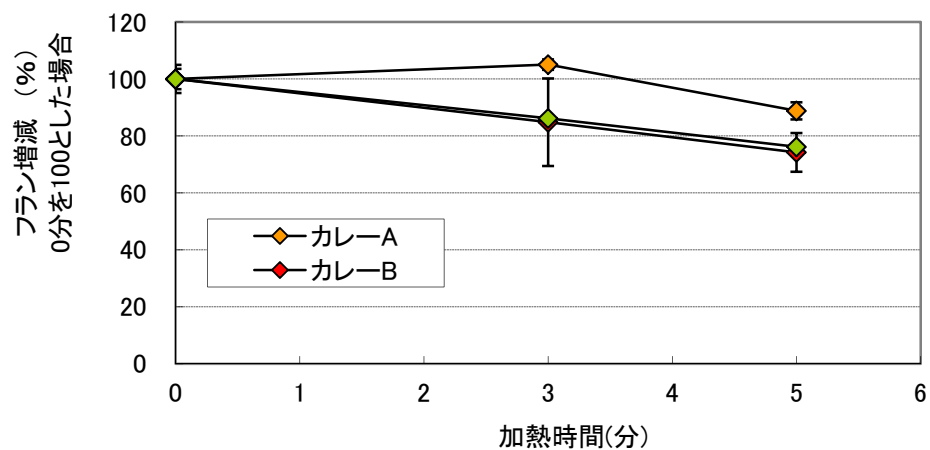


図 27 レトルトカレー 製品別 湯煎加熱試験結果  
(縦軸：フラン増減%)

### 3) 成果の内容

1. 大豆缶詰では、加水した後に加熱し、沸騰後も継続して 60 分加熱した場合に、フラン濃度が大きく減少することが確認できた。
2. 魚類缶詰では、缶詰の種類によって減少の程度は異なるが、500W、150 秒の電子レンジ加熱によりフラン濃度が減少することが確認できた。
3. レトルトカレーでは、標準加熱時間の上限まで加熱することで、フラン濃度が大きく減少することが確認できた。(特に電子レンジによる開放系加熱)

(2)小課題名「しょうゆ及びみそ」

1)平成23年度までの研究実績概要

しょうゆを用いたモデル化試験

① 室温放置試験

しょうゆをシャーレに移して室温で一定時間放置した時のフラン濃度を定量した。

試料

市販の PET ボトル容器入り本醸造しょうゆ(こいくち) 1 種類

試験法

しょうゆをシャーレに 50ml 注ぎ、室温で放置した。

測定水準

室温放置 0 分、10 分、20 分及び 30 分後に分析

室温放置 0 分後は、試料を一度シャーレに注ぎすぐに分析に供した。

繰り返し 3 回

結果

室温放置試験では、約 10 分でフラン濃度が半減し、放置時間と共に指数関数的に減少した。23 年度に実施した他の食品に比べ、室温での放置による試料中のフランの低減割合が特に大きく、しょうゆそのものはフランが揮発しやすい食品であることが示唆された。

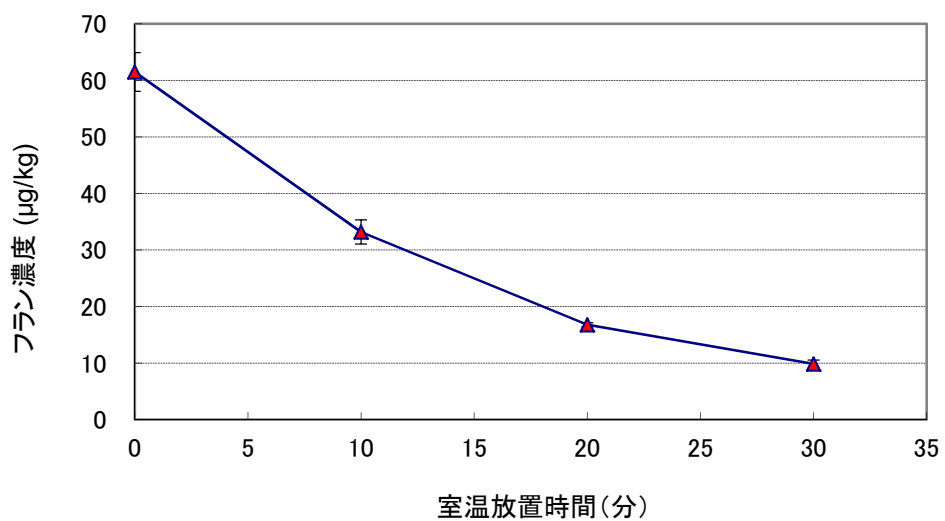


図 28 しょうゆ 室温放置試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

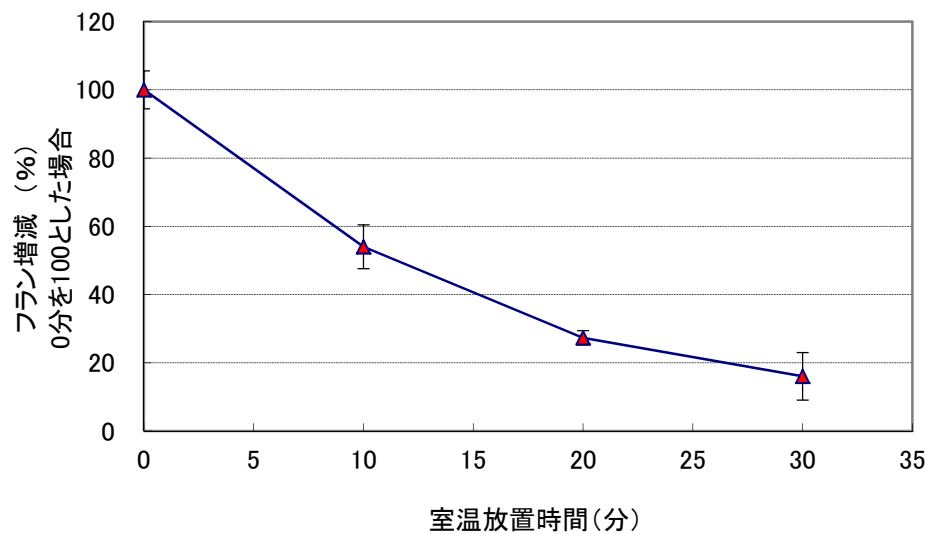


図 29 しょうゆ 室温放置試験結果  
(縦軸：フラン増減%)

## ② 混合試料別加熱試験

調理の場面を想定し、しょうゆと水又はみりん、砂糖を混合し、沸騰加熱したものを、シャーレに移して一定時間放置した時のフラン濃度を測定した。

### 試料

市販の PET ボトル容器入り本醸造しょうゆ(こいくち)1 種類

市販の本みりん

市販の砂糖

### 試験法

500ml ビーカーに、(ア) しょうゆ：水=1：1(各 200 g)、(イ) しょうゆ：みりん=1：1(各 200 g)、(ウ) しょうゆ：みりん：砂糖=5：4：1(200 g：160 g：40 g)の割合で加え混合したものを調製した。(ア) から(ウ) のそれぞれについて、時計皿でビーカーにふたをしてガスコンロにて沸騰まで強火、沸騰後は弱火で加熱した。なお、沸騰後は試料をスパーテルで 2 分毎に約 3 回転攪拌した。

### 測定水準

沸騰直後、沸騰後 10 分、20 分及び 30 分後に分析

繰り返し 3 回

### 結果

(ア) のしょうゆに水を加えて加熱した試験では、沸騰後 10 分間弱火で加熱した場合、沸騰直後からフラン濃度が 72%減少した。家庭で想定される加熱条件下では、フランの二次生成は無視できる程度と推察された。

また、(イ) のしょうゆにみりんを添加した加熱モデル、(ウ) のしょうゆに砂糖とみりんを添加した加熱モデル試験においても、沸騰後 10 分間でフラン濃度は、(イ) で 80%減少、(ウ) で 71%減少し、副原材料としてのみりん及び砂糖の混在によるフラン濃度への影響は無視できる程度であった。上記 (ア)

～（ウ）のモデル間でフラン濃度の減少率に有意な差は無かった。

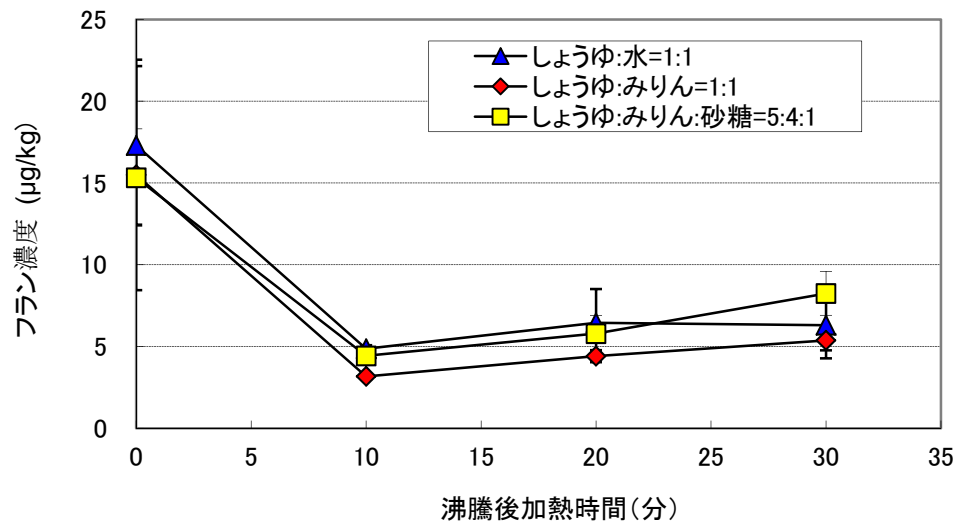


図 30 しょうゆ 混合試料加熱試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

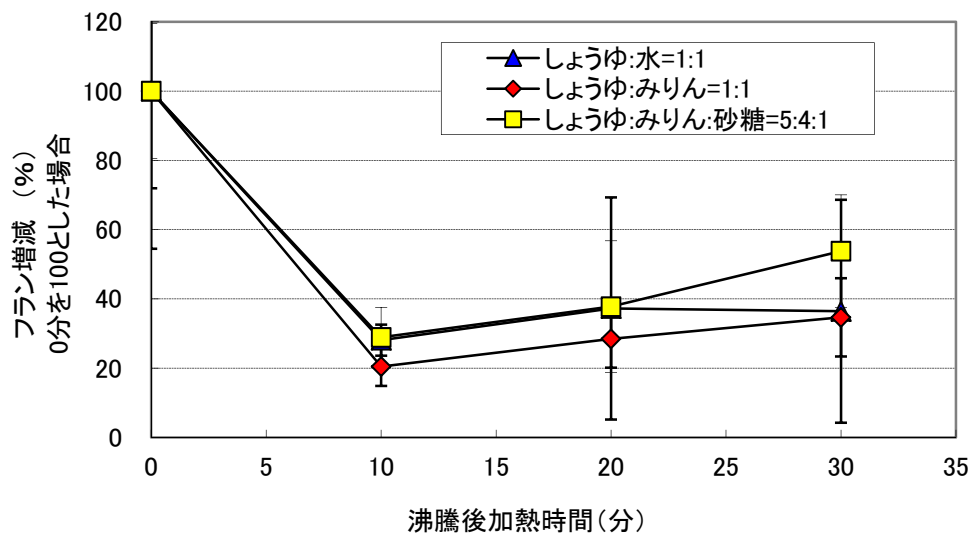


図 31 しょうゆ 混合試料加熱試験結果  
(縦軸：フラン増減%)

### ③ 開封後保存モデル試験

フラン濃度に対する保管環境及び容器の影響を調べるため、保存開始時に開封し、以降各保存条件でしょうゆを保存した。

#### 試料

市販の PET ボトル容器入りしょうゆ(容量 1 L、本醸造、こいくち)1 種類  
市販の密封性の容器入り生しょうゆ (容量 500ml、本醸造) 1 種類

## 試験法

PET ボトル容器入りしょうゆは冷蔵(冷蔵庫)と室温明所(室内灯下、夜間消灯)の2条件で、密封性の容器入りしょうゆは室温明所(室内灯下、夜間消灯)で保存した。

## 測定水準

PET ボトル容器入りしょうゆ及び密封性の容器入りしょうゆ共に、保存開始後0、4、8、12週目に分析。

なお、実際の家庭内での使用状況を模して、PET ボトル容器入りしょうゆは1、2、3、5、6、7、9、10、11週目に50ml、0、4、8、12週目(試験日)に100ml抜き取った。また、密封性の容器入りしょうゆは1、2、3、5、6、7、9、10、11週目に30ml、0、4、8、12週目(試験日)に50ml抜き取った。

繰り返し3回

## 結果

開封後のしょうゆを室温保存した試験では、PET ボトル容器入りのしょうゆでは開封直後と長期保存後でフラン濃度に有意な差はなかった。一方、密封性の容器入りのしょうゆは、8-12週間貯蔵によりフラン濃度に有意な増加(25%増)が認められたが、PET ボトル容器入りしょうゆを室温で同期間保存したものに比べてフラン濃度は低かった。

PET ボトル容器入りのしょうゆと、密封性の容器入りのしょうゆでは、容器の材質・形態だけでなく、中身の種類(しょうゆそのもの)も異なる(密封性の容器入り製品は生しょうゆ)ため、容器形態の違いを要因と断定できないが、密封性の容器ではヘッドスペースがない構造のためフランの揮発は少なく、二次生成したフランが揮発することなくしょうゆ内に蓄積した可能性が示唆された。また、PET ボトル容器ではしょうゆ中のフランが容器内のヘッドスペースへの揮発等により減少している一方で、保存中に二次生成も同時に生じているため、見かけ上はフラン濃度に有意な変化が現れなかったのではないかと推察された。

PET ボトル容器入りしょうゆを開封後に冷蔵保存した場合は、常温保存した場合と異なりフラン濃度が減少(46%減)した。このことから、冷蔵と室温ではしょうゆ中のフランの挙動が異なると示唆される。冷蔵庫内では、フランの沸点よりも低い温度での貯蔵にも関わらずフラン濃度が有意に減少しており、低温でもフランは保存中に揮発や分解等が起こり減少したと推察される。このことから、冷蔵下ではしょうゆ中のフランの二次生成は少なく、揮発等によるフランの減少が優位な状況にあることが示唆された。

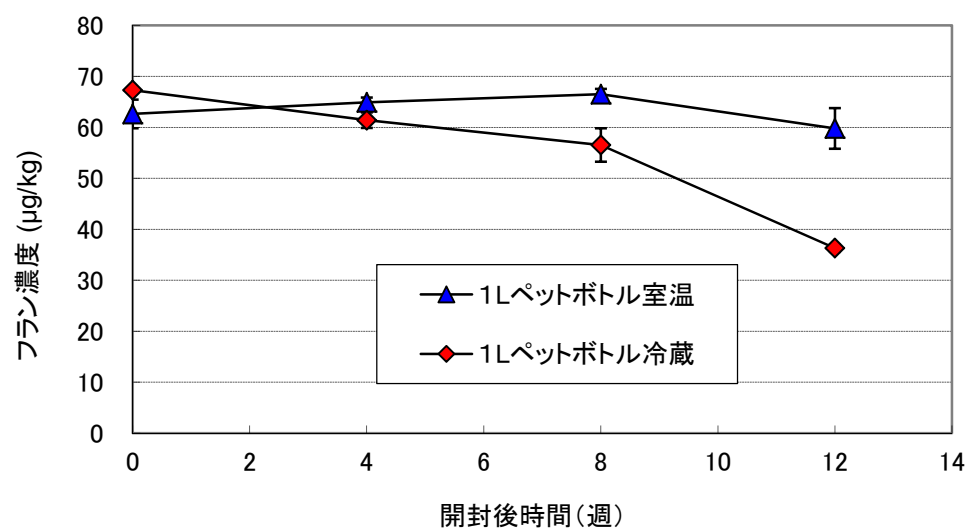


図 32 PET ボトル容器入りしょうゆ 開封後保存モデル試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

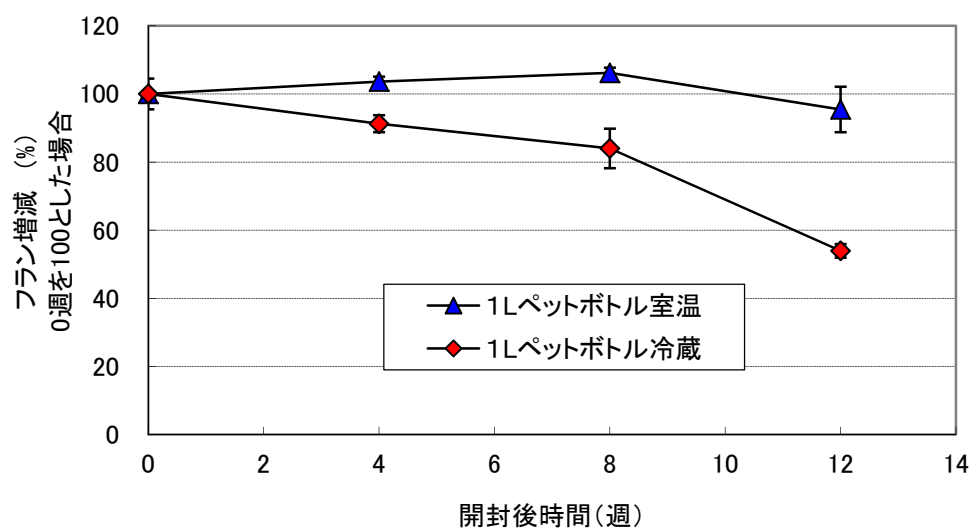


図 33 PET ボトル容器入りしょうゆ 開封後保存モデル試験結果  
(縦軸：フラン増減%)

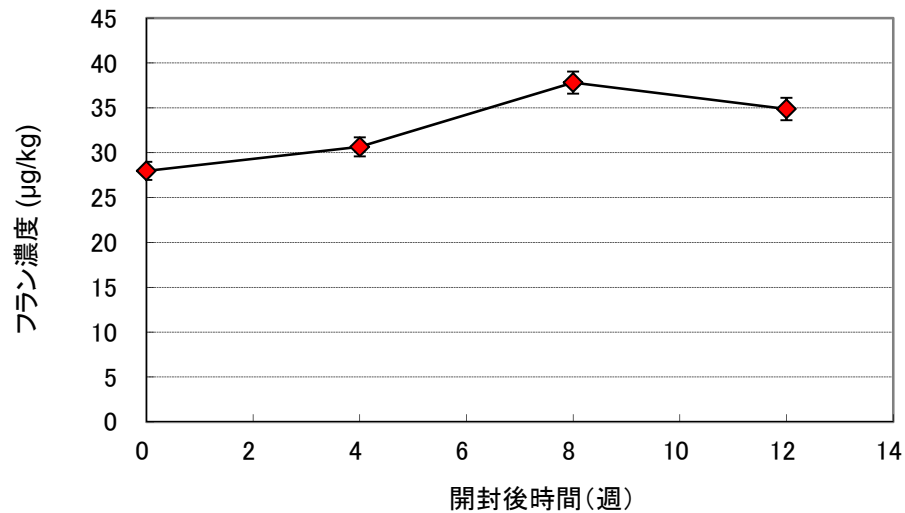


図 34 密封性の容器入りしょうゆ 開封後室温保存試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

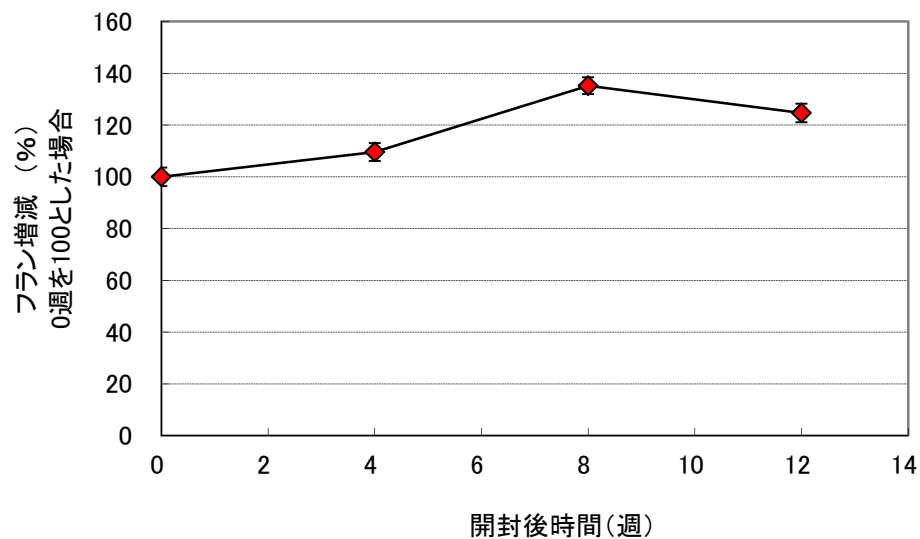


図 35 密封性の容器入りしょうゆ 開封後室温保存試験結果  
(縦軸：フラン増減%)

#### みそを用いたモデル化試験

##### ① 製品別沸騰水中加熱・放置試験

家庭でのみそ汁調理を想定して、沸騰水を用いてみそ 10W/V%水溶液を調製し、7つの条件で加熱・放置を行った場合のフラン濃度変化を調べた。

##### 試料

食品事業者から購入した米みそ(酒精あり) 1 種類

食品事業者から購入した調合みそ 1 種類

##### 試験法

500ml ビーカーに、300ml の沸騰水を量り入れ、さらに試料 30g を量り入れ、薬

さじで攪拌して溶解した。

なお、加熱開始以降は時計皿でビーカーにふたをした。

#### 測定水準

以下の7つの条件で測定した。

- 1) みそを溶解した直後のもの(水が沸騰した段階で加熱を止め、みそを溶解した直後に試料採取)
- 2) みそを溶解した後に5分間再び加熱したもの
- 3) みそを溶解した後に10分間再び加熱したもの
- 4) みそを溶解した後に火を止めて5分間放置したもの
- 5) みそを溶解した後に火を止めて10分間放置したもの
- 6) みそ溶解した後に火を止めて120分間(室温に下がるまで)放置したもの
- 7) 室温まで放置したもの(6))を電子レンジで80～85℃になるように再加熱したもの

繰り返し3回

#### 結果

みそ汁調理を想定したみそ10W/V%水溶液の調製・加熱試験では、米みそ及び調合みそともに、沸騰水にみそを溶解後に火を止めて10分間放置してもフラン濃度が有意に減少しなかった。一方、溶解直後のみそ溶液のフラン濃度は、使用したみそ中(溶解前)のフラン濃度から算出される調製水溶液中のフラン濃度に対し、約2～3割程度低い傾向にあることから、溶解時の攪拌により、みそ中のフランが揮発などで減少した可能性がある。

また、みそを沸騰水に溶解後加熱した場合、みその種類によりフランの挙動に差があった。(米みそ：10分後有意にフラン濃度が低下[59%減]、調合みそ(豆みそ、米みそ、だし等)：フランは有意に減少せず。)

沸騰水にみそを溶解した溶液を室温まで放冷した試験では、溶解後120分後には有意にフラン濃度が低下した。一方で、放冷後の溶液を電子レンジで再加熱しても、フラン濃度に有意な変化は認められなかった。

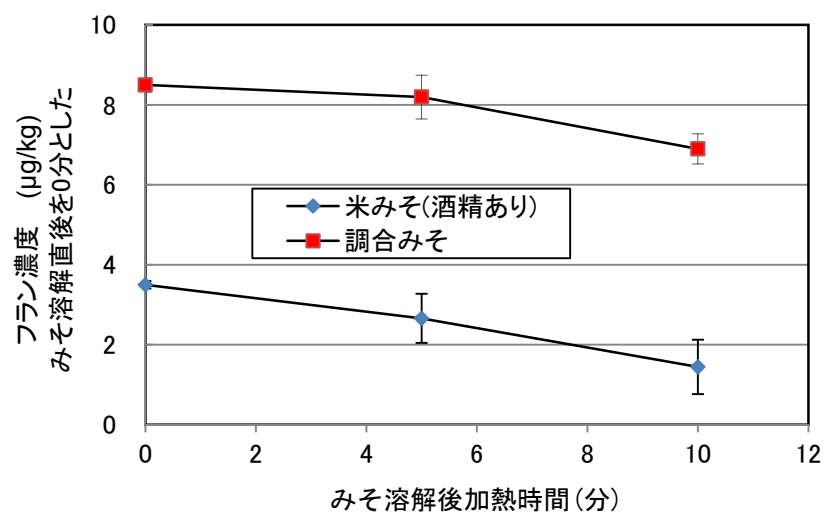


図 36 みそ 製品別沸騰水中加熱試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

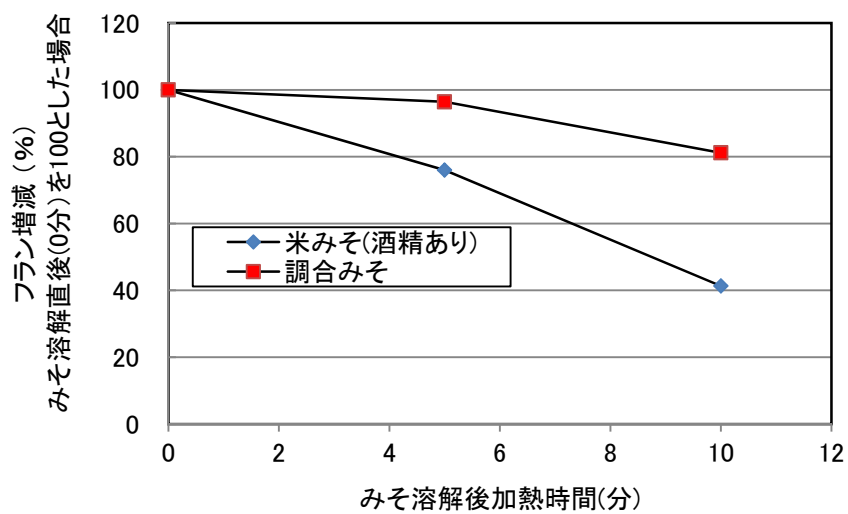


図 37 みそ 製品別沸騰水中加熱試験結果  
(縦軸：フラン増減%)

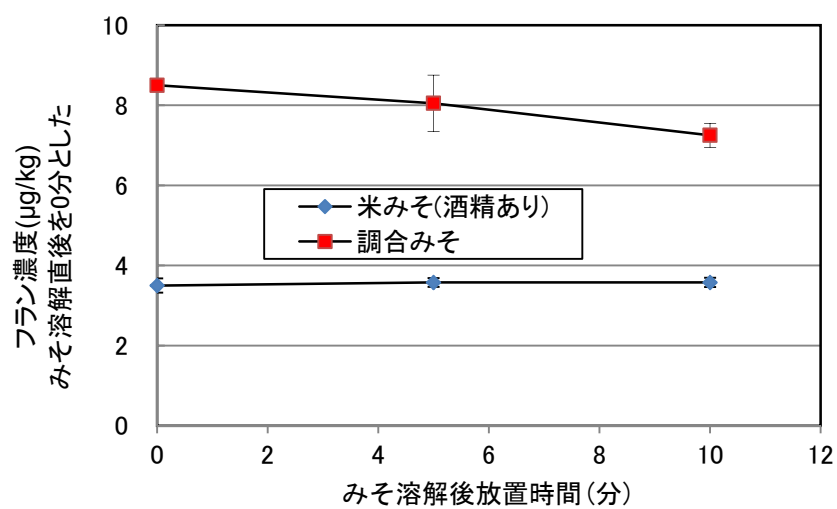


図 38 みそ 製品別沸騰水中放置試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

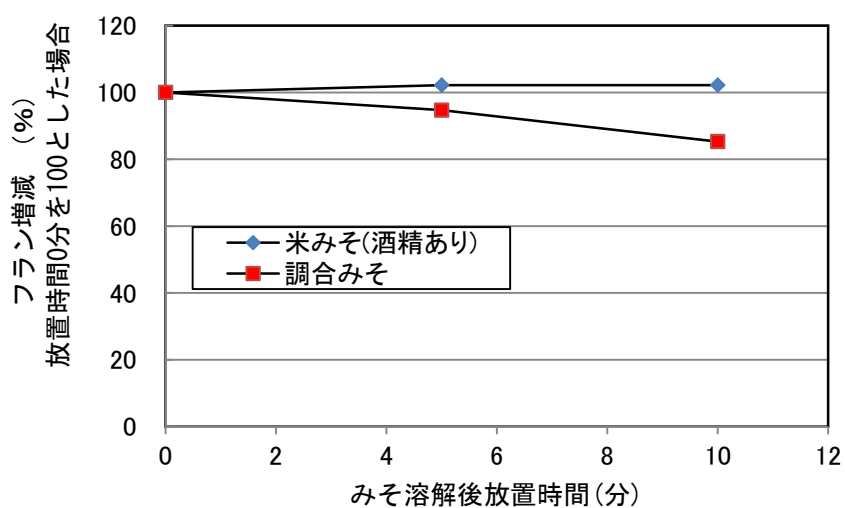


図 39 みそ 製品別沸騰水中放置試験結果  
(縦軸：フラン増減)

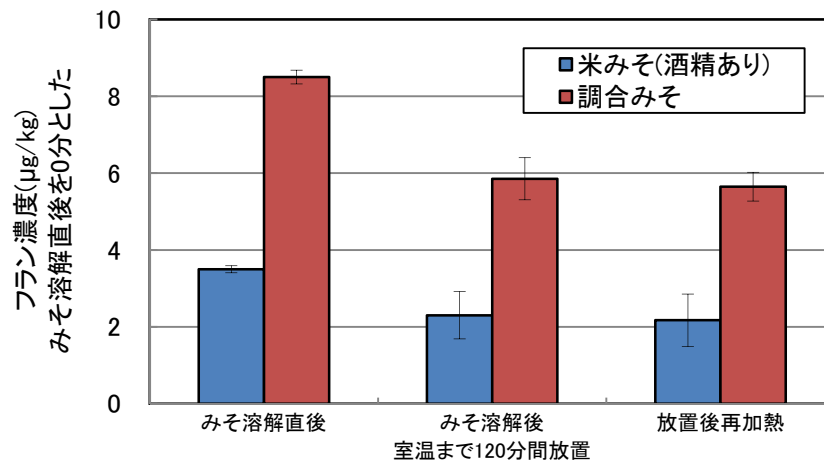


図 40 みそ 製品別沸騰水中放置・加熱試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

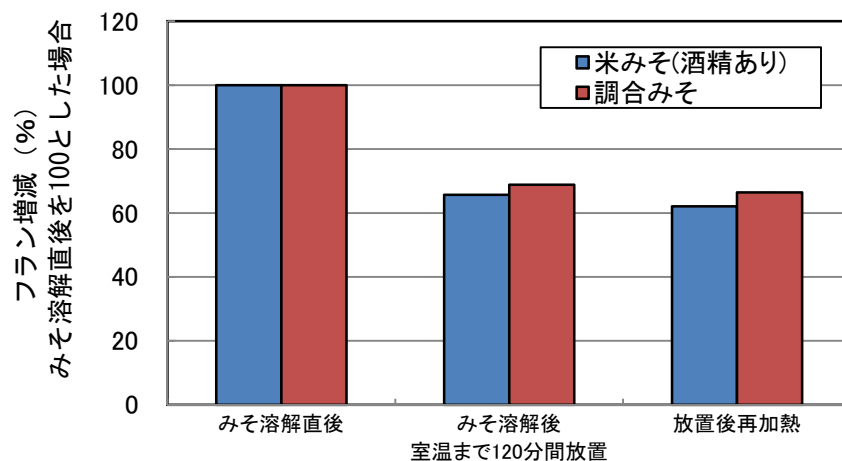


図 41 みそ 製品別沸騰水中放置・加熱試験結果  
(縦軸：フラン増減%)

## ② 製品別温度別開封保存試験

一般的な保管環境を想定し、保存開始時にみそを開封して保存し、フラン濃度に対する保管環境の影響を調べた。

### 試料

食品事業者から購入した米みそ 2 種類(酒精あり、なし各 1 種類)

酒精あり：カップ容器入り、325 g

酒精なし：カップ容器入り、375 g

食品事業者から購入した調合みそ 1 種類

カップ容器入り、500 g

### 試験法

開封後は中ぶた(白紙)を剥がし、外蓋をして室温暗所と冷蔵暗所に保管した。

### 測定水準

開封後(0ヶ月)及び2、4、6ヶ月間保存後に分析。

繰り返し3回

### 結果

カップ容器入りみその中ぶた(白紙)を外し外ぶたをした状態での保存試験では、米みそ、調合みそ及び冷蔵、室温ともに、4ヶ月後までにはフラン濃度に有意な差が認められ、保存開始時に比べて75~89%減少した。

一方参考に実施した未開封のままの保存試験では、少なくとも6ヶ月後ではフラン濃度の減少は見られなかった。保存中のフランの揮発による減少を示唆するものと考えられた。

なお、本モデル試験での、中ぶた(白紙)を外した状態では、保存中にみその表面が乾燥して固まり、家庭での通常の保存状態とは異なる状況であった。

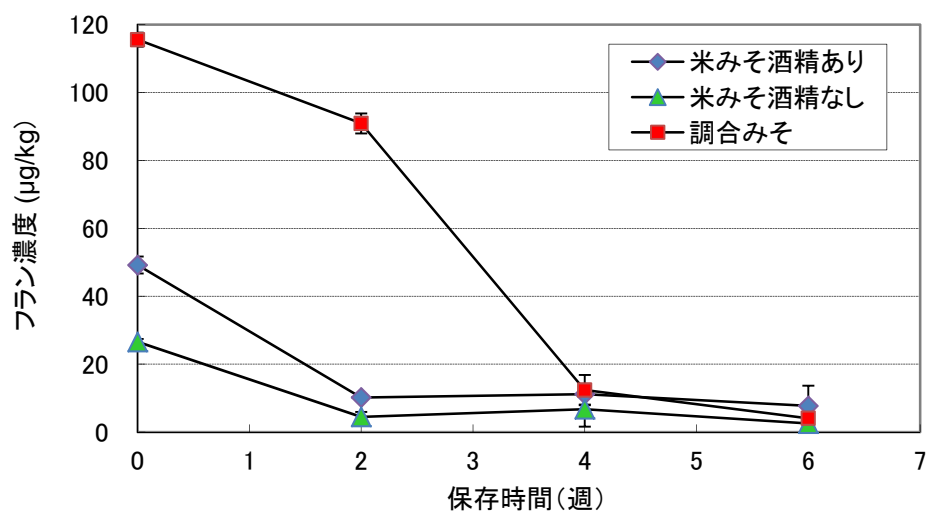


図 42 みそ 開封後 室温保存試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

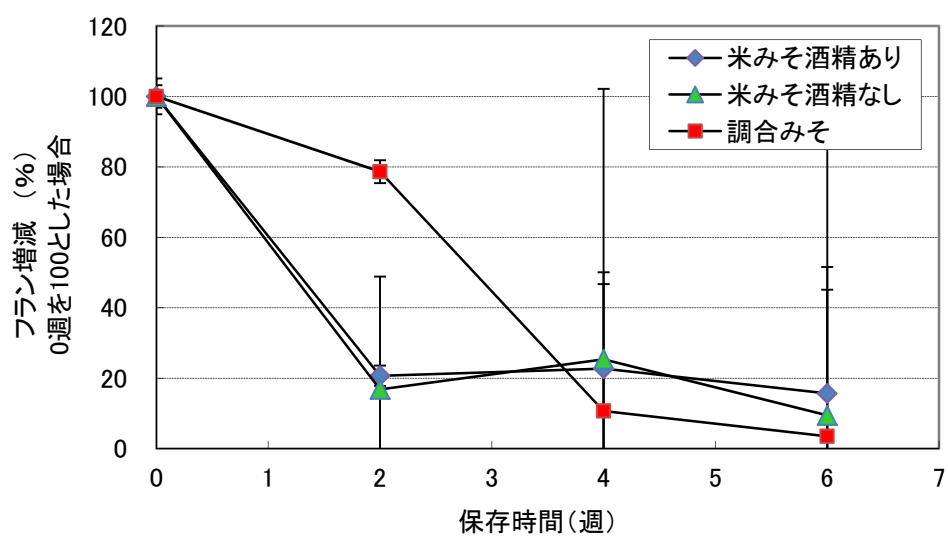


図 43 みそ 開封後 室温保存試験結果  
(縦軸：フラン増減%)

## 2)平成24年度における研究実績概要

### しょうゆを用いたモデル化試験

#### ① 製品別室温放置試験

23年度の試験では、室温放置中にしょうゆ中のフランが大きくかつ速やかに減少したことから、23年度に実施した製品とは異なる複数の製品を試料として同様の試験を追加で行った。

#### 試料

市販の本醸造しょうゆ(こいくち)5種類

フランの100 ng/ml 水溶液(対照)

#### 試験法

シャーレに試料50mlを移し室温で放置した。

#### 測定水準

室温放置0、5、10、20及び30分後に分析

繰り返し1回

0分後は試料を一度シャーレに移してすぐに分析に供した。

#### 結果

23年度の結果と同様、いずれの製品でも、放置時間が長くなるにつれてフラン濃度は指数関数的に減少した(10分放置で約40～50%減)。また、製品間のフラン濃度に有意差があった。

しょうゆでは、フランの揮発による減少効果が大きいと考えられた。

また、同時に試験したフラン水溶液中のフラン濃度は、しょうゆ中のフラン濃度とほぼ同じ挙動を示しており、しょうゆ中の塩分によるフラン揮発に対する塩析効果はないと考えられた。

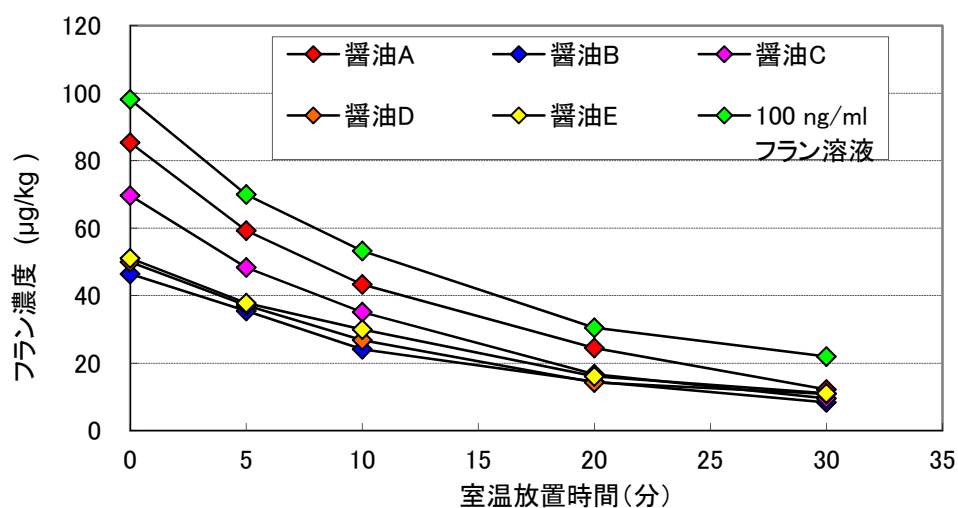


図 44 しょうゆ 製品別室温放置試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

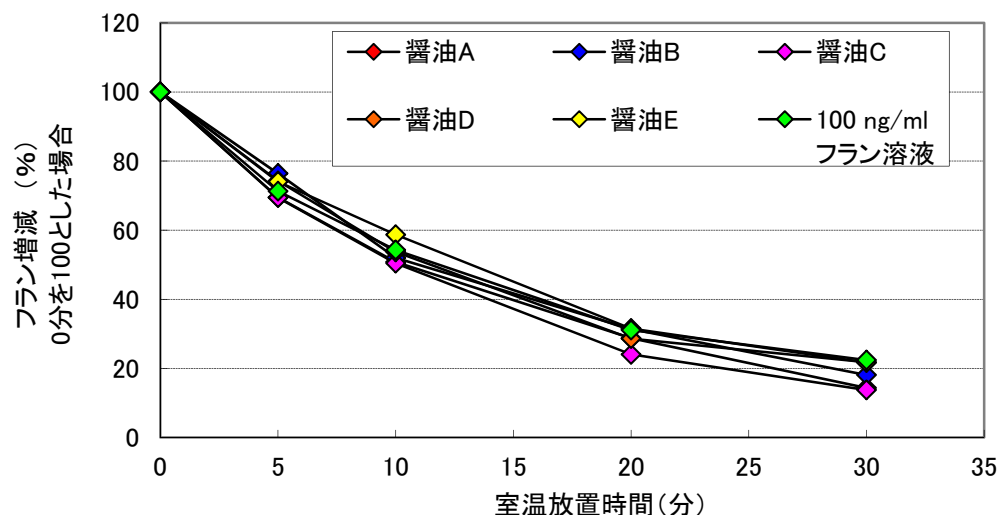


図 45 しょうゆ 製品別室温放置試験結果  
(縦軸：フラン増減)

## ② 製品別未開封保存試験

23年度はPETボトル容器入り及び密封性の容器入りの試料を用いて開封後の保存試験を実施した。そこで本年度は、未開封による家庭内貯蔵(買い置きも想定)でのフラン濃度の変化を把握するため、温度、明暗の条件を変えて追加保存試験を実施した。

### 試料

市販のPETボトル容器入りしょうゆ(容量1L、本醸造、こいくち)1種類

市販の密封性の容器入り生しょうゆ(容量500ml、本醸造)1種類

### 試験法

試料を未開封の状態で、室温暗所、室温明所(室内灯下、夜間消灯)、32.5℃暗所で保存した。

### 測定水準

保存開始後0、4、6、8、12及び18週後に試料を開封して分析

繰り返し1回

### 結果

本試験では試料の種類及び保存期間が、フラン濃度に対し有意な差を与える傾向にあり、保存条件はフラン濃度へ有意な影響を与えた。PETボトル容器入りしょうゆでは室温保存中にフラン濃度の大きな増加は認められなかったが、他の条件ではフラン濃度が保存中に増加する傾向にあった。

密封性の容器入りしょうゆの32.5℃暗所条件下では、保存開始からフラン濃度の増大が経時的に大きくなり、18週保存後では開始時の2倍程度(34 ppb→69 ppb)のフラン濃度となった。ただし、密封性の容器入りしょうゆのフラン濃度(32.5℃暗所条件で18週保存後69 ppb)は、PETボトル容器入りしょうゆのフラン濃度(32.5℃暗所条件で18週保存後のフラン濃度100 ppb)と比べて低かった。

本試験からは、密封性の容器入りしょうゆでのフラン濃度の増加要因が容器に由来するものか、中身に由来するものかは不明であるが、PETボトル容器入り

しょうゆでも32.5℃暗所条件下での保存中にフラン濃度が18週目までに約20%増加していることから、少なくとも2種類のしょうゆについては、32.5℃での保存中にフランが二次生成していると考えられた。

また、室温暗所と明所の条件の違いでフラン増減に有意な差がなかったことから、保存中の明暗の条件の違いによるフラン濃度への影響は少ないと考えられた。

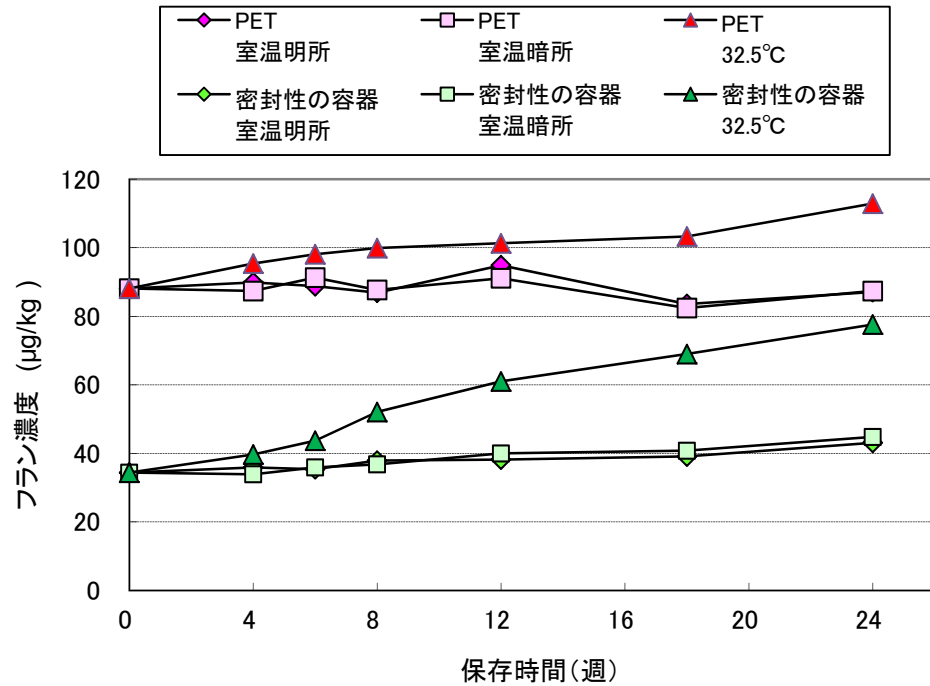


図 46 しょうゆ製品別未開封保存試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

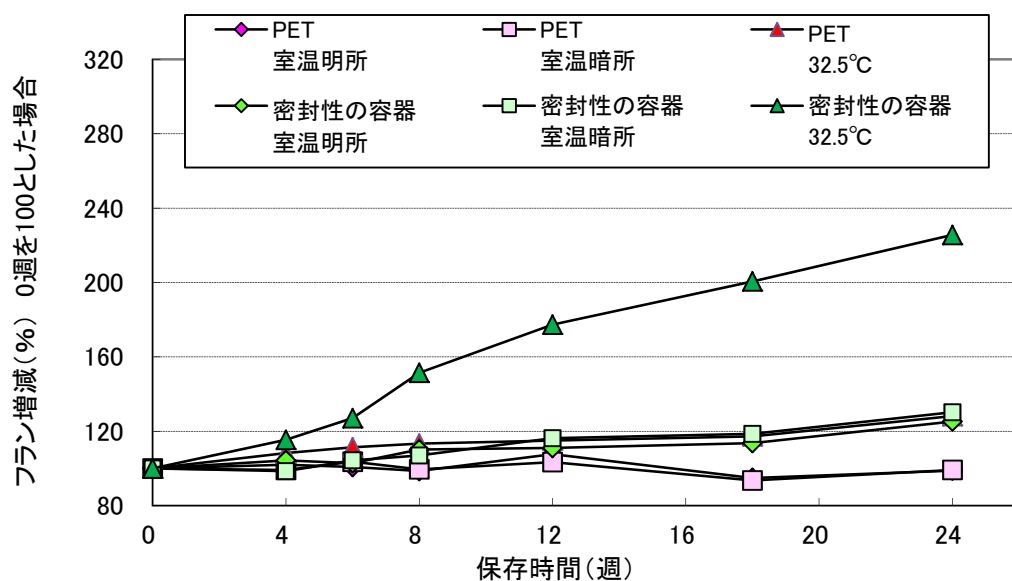


図 47 しょうゆ製品別未開封保存試験結果  
(縦軸：フラン増減%)

### ③ 製品別密封系保存試験

23 年度の開封保存モデル試験の結果、冷蔵及び室温保存でフラン濃度に有意な差があり、室温保存中にフランが二次生成している可能性が示唆された。そこで、製品の容器ではなくしょうゆの種類による二次生成の有無を厳密に評価するため、試料をフラン瓶に移して、ヘッドスペースの無い状態を作り、温度、明暗の条件を変えて追加の保存試験を実施した。

#### 試料

市販の本醸造しょうゆ(こいくち) 1 種類

市販の生しょうゆ 1 種類

#### 試験法

試料をフラン瓶に移してヘッドスペースの無い状態で、冷蔵暗所(4℃)、室温暗所、夜間消灯)、32.5℃暗所で保存した。

#### 測定水準

保存開始後 0、4、6、8、12 及び 18 週後に分析

繰り返し 1 回

#### 結果

本試験の結果、試料の種類及び保存条件がフラン濃度に有意な差を与えた。本醸造しょうゆの冷蔵及び室温保存、生しょうゆの冷蔵保存では、フラン濃度はあまり変化がなかった。一方、本醸造しょうゆの 32.5℃保存及び生しょうゆの室温及び 32.5℃保存中にフラン濃度が有意に増加した。特に生しょうゆでは保存前に比べ 18 週までに室温では 52%増、32.5℃では 193%増とフラン濃度が大幅に増加した。

以上のことから、フランは製品の容器ではなくしょうゆの種類(火入れタイプと生しょうゆ)によって初期濃度からの増加割合が異なり、生しょうゆはフランの二次生成率が大きいことが分かった。

しかしながら、保存前のフラン初期濃度は、火入れしょうゆ(86 ppb)と生しょうゆ(30 ppb)で異なっており、32.5℃保存での 18 週後の各々のフラン濃度(火入れしょうゆ 110 ppb、生しょうゆ 88 ppb)を考慮すれば、生しょうゆ中には火入れしょうゆには残っていないフランの生成に関与するマトリックスが残存し、温度の高い保存中にそれらの分解又は化学反応によってフランが新しく生成したのではないかと推察された。

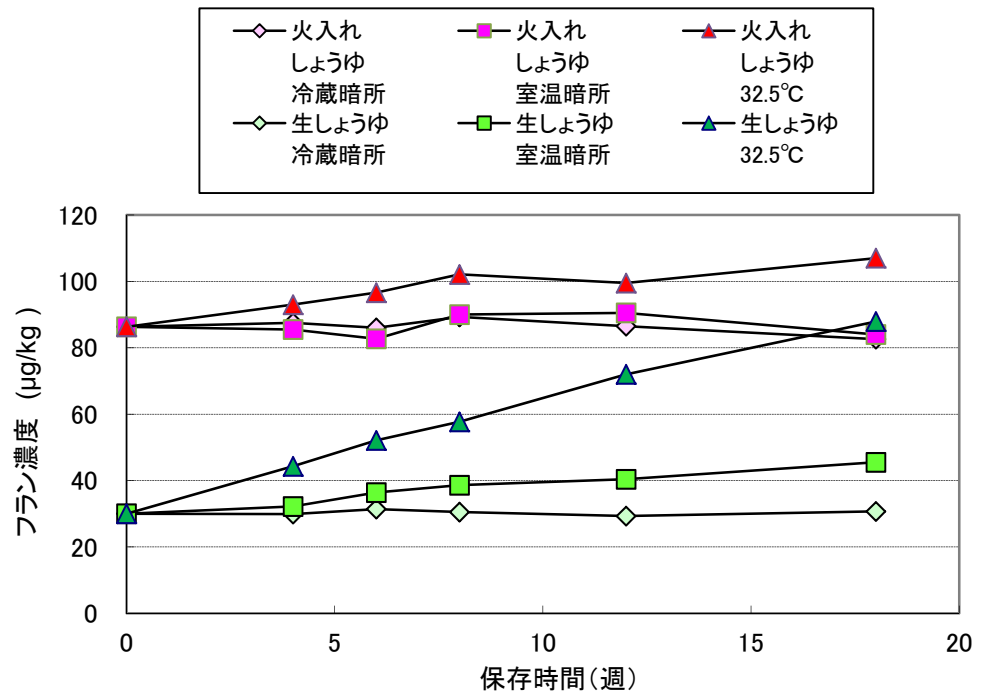


図 48 しょうゆ製品別密封系保存試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

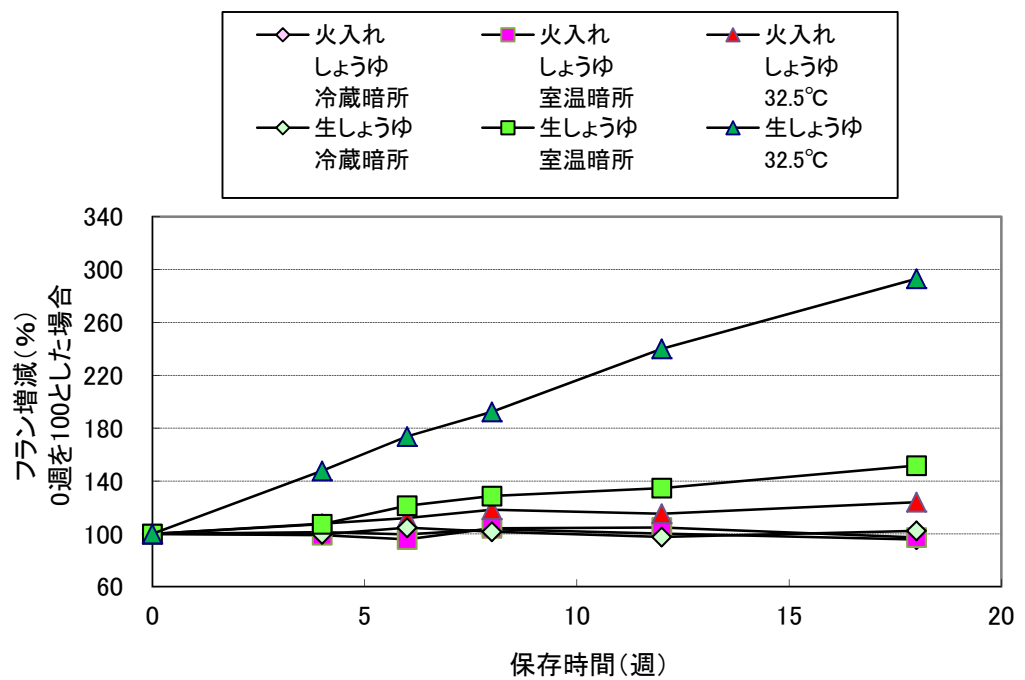


図 49 しょうゆ製品別密封系保存試験結果  
(縦軸：フラン増減%)

#### ④ 混合試料別加熱後攪拌室温放置試験

23 年度に実施した混合試料別加熱試験では、加熱時に攪拌を同時に行っており、沸騰後の攪拌放置のみでもフラン濃度低減の可能性があるかと推察された。そこで沸騰加熱後の攪拌放置によるフラン濃度への影響を確認するため、しょうゆと水又はみりんを混合した試料について、沸騰後攪拌しながらの常温放置試験を実施した。

##### 試料

しょうゆと水を 1 : 1 (200 g : 200 g) の割合で混合したもの

しょうゆとみりんを 1 : 1 (200 g : 200 g) の割合で混合したもの

しょうゆは市販の PET ボトル容器入り本醸造しょうゆ(こいくち)1 種類を使用した。

みりんは市販品を使用し、予めフランが検出されないことを確認した。

##### 試験法

500ml ビーカーに試料を移し、時計皿でふたをして沸騰するまで加熱した。沸騰後に加熱を止め、室温で放冷した。放冷中は試料を葉さじで 2 分毎に 5 回転攪拌した。

##### 測定水準

沸騰直後、沸騰後放置 10、20 及び 30 分後に試料全体を分析  
繰り返し 1 回

##### 結果

加熱後攪拌しながらの室温放置では、しょうゆとみりんを混合した試料としょうゆと水を混合した試料とでフラン濃度が増加、減少と分かれたものの、その差は有意なものではなかった。また、攪拌放置時間によるフラン濃度への有意な差も認められなかった。

従って、しょうゆと水又はみりんの混合試料において、沸騰後の攪拌及び室温放置によるフラン濃度変化への影響は大きくないと考えられた。

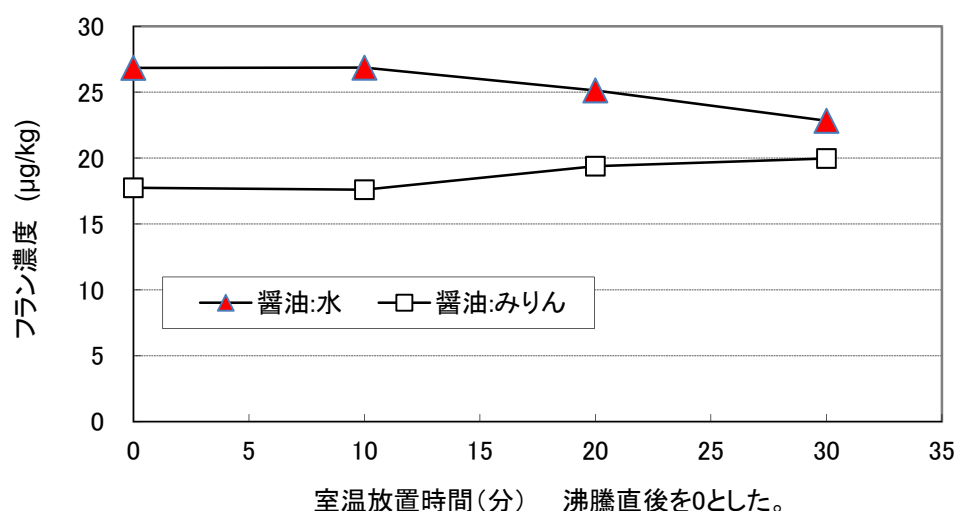


図 50 しょうゆ 混合試料別加熱後攪拌室温放置試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

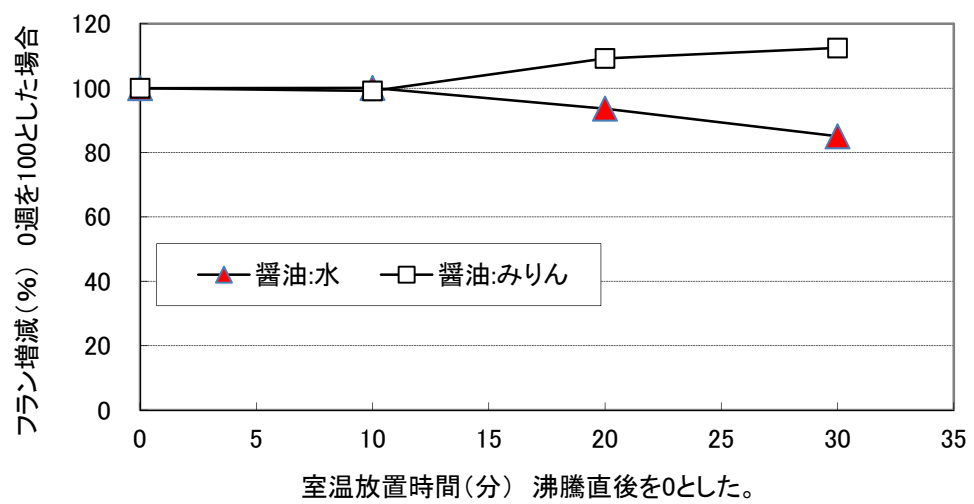


図 51 しょうゆ 混合試料別加熱後攪拌室温放置試験結果  
(縦軸：フラン増減%)

## みそを用いたモデル化試験

### ① 製品別沸騰水中攪拌試験

23年度の試験では、沸騰水にみそを溶解後、室温放置によるフラン濃度の減少は小さかったが、みそを溶解する際の攪拌でフラン濃度が減少する可能性が残った。そこで、沸騰水にみそを溶かす際の攪拌によるフラン濃度への影響について追加試験で検証を行った。

#### 試料

食品事業者から購入した米みそ 1種類

食品事業者から購入した調合みそ 1種類

#### 試験法

200ml ビーカーに、沸騰水 100ml を量り入れ、さらに試料 20 g を量り入れ、一定時間薬さじで攪拌して溶解した。

#### 測定水準

試料と沸騰水を混合後 30、60、120 及び 180 秒攪拌したもの。

繰り返し 3 回

試料の混合直後(攪拌なし)は、みそが沸騰水に溶解しないため分析せず。

#### 結果

米みそ、調合みそ共に攪拌時間が長くなるにつれてフラン濃度の有意な減少が認められ、180秒攪拌することで30秒攪拌した場合に比べフラン濃度が30～40%低減した。

攪拌によって、溶液中のフランが揮発しやすくなったと考えられた。

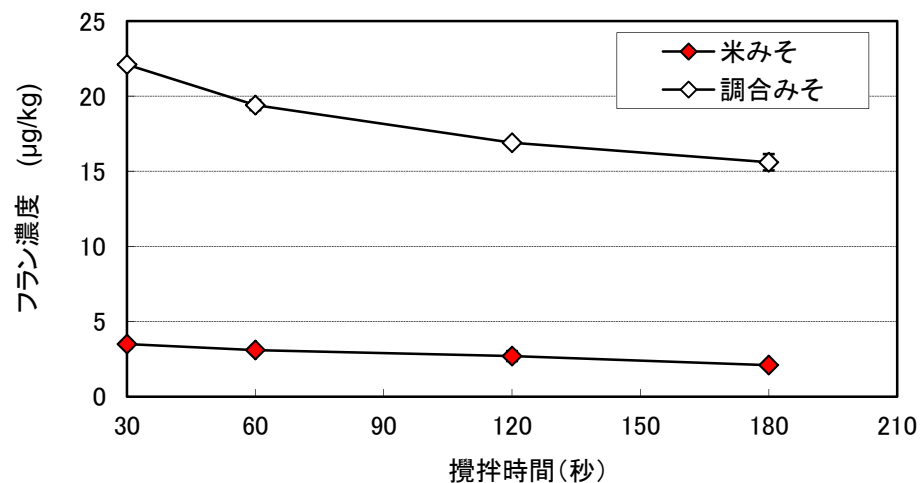


図 52 みそ 製品別沸騰水中攪拌試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

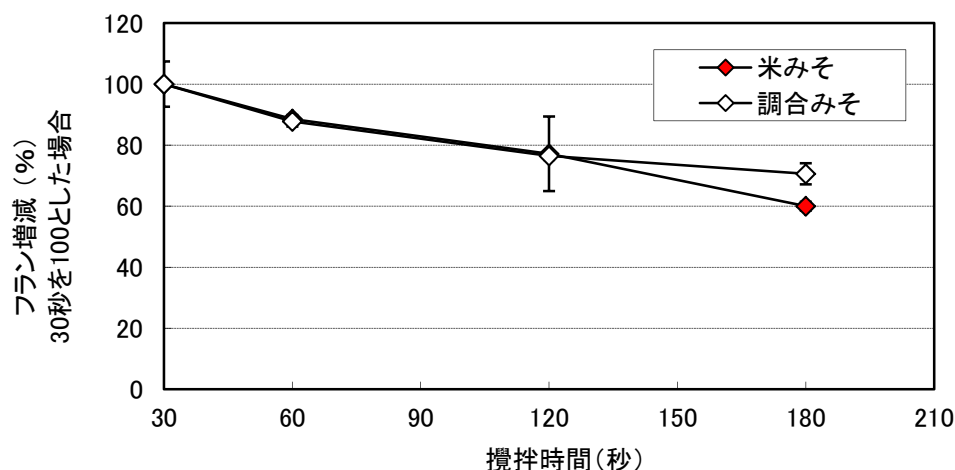


図 53 みそ 製品別沸騰水中撈拌試験結果  
(縦軸：フラン増減%)

## ② 製品別開封保存試験

23 年度に実施したみその開封保存試験では、概ね 2 ヶ月後までにフラン濃度が有意に低下したが、中ぶた(白紙)を取り除いたことによる影響の可能性がある。この条件では、保存中にみその表面が乾燥して固まっており、家庭での保存状態とは異なる状況であった。また、食品事業者の推奨が白紙を捨てずにみそに密着させる保存法であることから、24 年度はカップタイプのみそを開封後、白紙をしたままの保存方法で同様の試験を実施し、フラン濃度の変化を追加検証した。さらに、みそには小袋タイプがあり出荷量シェアではカップタイプを上回っていたことから、小袋タイプの開封貯蔵試験も行った。

### 試料

食品事業者から購入した袋入り米みそ (500g) 1 種類

食品事業者から購入したカップ容器入り米みそ (750g) 1 種類

### 試験法

カップ容器入り試料は、開封後中ぶた(白紙)を戻し、外ぶたを装着して保存した。

袋入り試料は、袋の角を 2 cm 程度切って開封し、中身の空気を極力抜いて切り口を折り返してゼムクリップで封をして保存した。

保存条件は室温・暗所とし、開封後の試料から試験時に経時的にみそを採取した。

### 測定水準

開封後 0、1、2、3、4、5 及び 6 ヶ月保存後

(参考：未開封試料の 4 ヶ月間保存後)

繰り返し 3 回

## 結果

本試験の結果、試料の種類及び保存時間とも、フ란の濃度に有意な差を与えた。袋入りみそでは保存3ヶ月目まで保存期間が長くなるにつれてフ란濃度が大きく増加(3ヶ月目：131%増)したが、カップ入りみそでは袋入りより大きなフ란濃度の変化はなく(4ヶ月目：14%減)、製品間でフ란濃度の変化に有意差が出た。参考として分析した未開封4ヶ月後の袋入り試料及びカップ入り試料の結果では、フ란濃度がそれぞれ保存開始時の75%増及び85%増となった。

これらのことから、袋入りみそでは保存中にフ란が二次生成しており、密封性が高いため揮発するフ란が少ないためにフ란の増加割合が顕著となったと推察された。また、23年度に実施した中ぶたを外したカップ入りみその保存試験ではフ란濃度は有意に減少したことを考慮すれば、カップ入りのみそでもフ란は保存中に二次生成しているが、中ぶたを戻した影響でフ란の揮発が抑えられ生成量と揮発量が拮抗する形となり、見かけ上フ란の濃度変化が少なくなったことが示唆された。

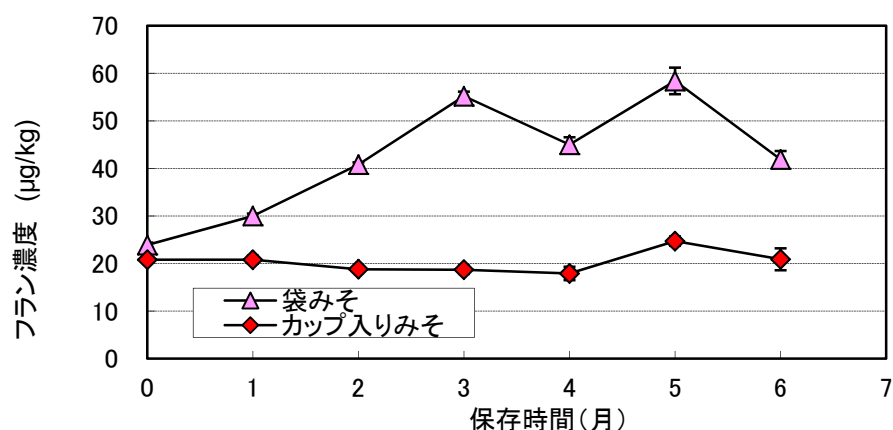


図 54 みそ 製品別開封保存試験結果  
(縦軸：フ란濃度)

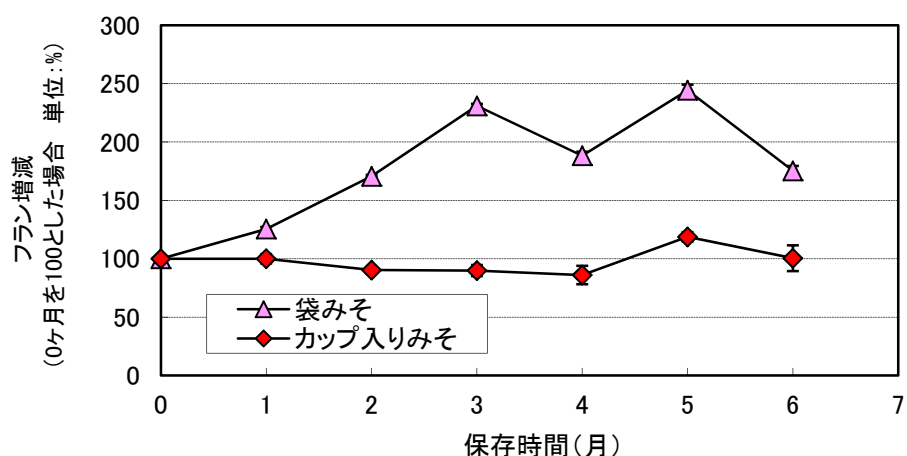


図 55 みそ 製品別開封保存試験結果  
(縦軸：フ란増減%)

### ③ 製品別室温放置試験

23 年度の開封保存試験の結果から、概ね 2 ヶ月後までに有意にフラン濃度が低下しており、しょうゆの場合と同様に短時間(分単位)でフランが揮発している可能性が示唆された。そこでみそについても、しょうゆの室温放置試験と同様の試験を追加して、フラン濃度の変化を検証することとした。

#### 試料

食品事業者から購入した米みそ 1 種類

食品事業者から購入した調合みそ 1 種類

#### 試験法

試料をシャーレに 50 g 取り、薄く広げて室温で放置した。

#### 測定水準

室温放置 0、10、20 及び 30 分後に分析

繰り返し 3 回

0 分後は試料を一度シャーレに移して広げたものとした。

#### 結果

本試験では、みその種類及び放置時間とも、フランの濃度に有意な差を与えた。どちらの試料でも放置時間が長くなるにつれてフラン濃度が徐々に減少したが、30 分間の放置でも初期濃度に比べ減少率は 12%(米みそ)及び 25%(調合みそ)と、しょうゆのように指数関数的な大幅な減少は認められなかった。これは、液体と固体によるフランの揮発程度の違いによるものと推察された。

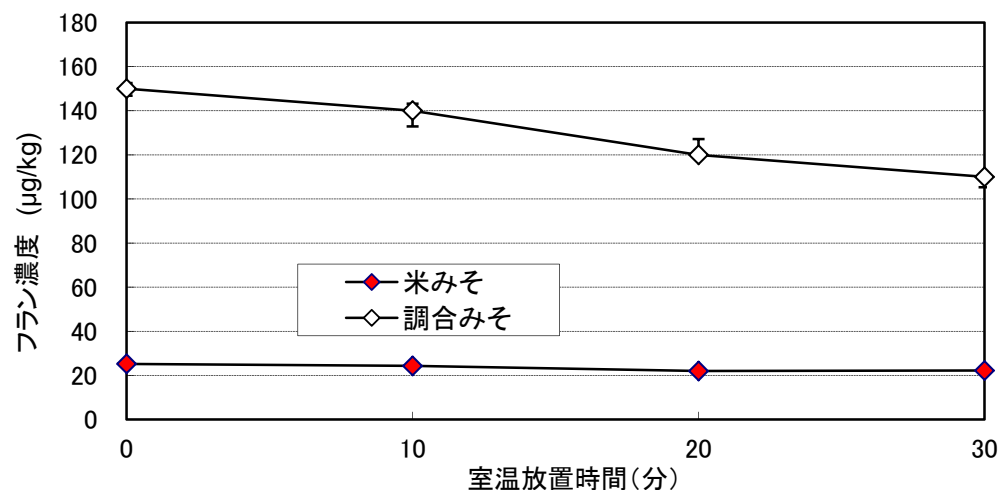


図 56 みそ 製品別室温放置試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

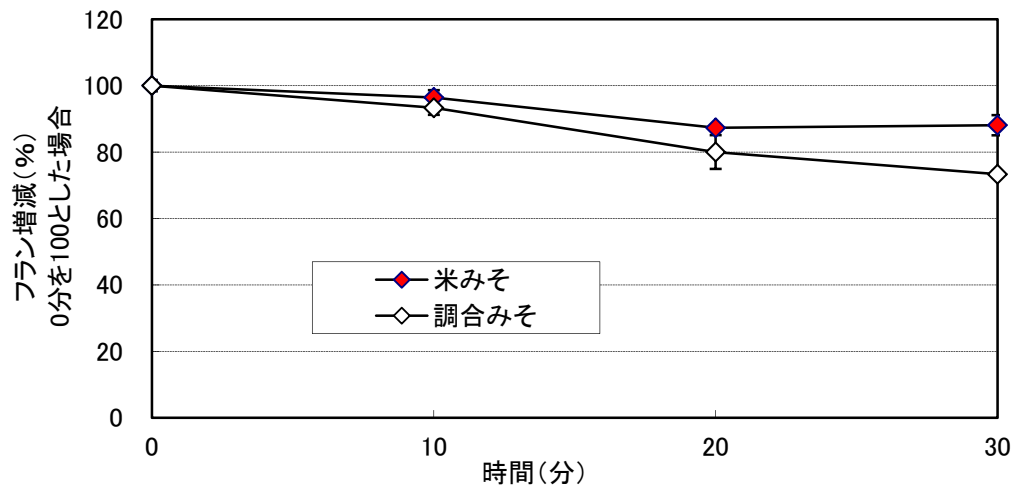


図 57 みそ 製品別室温放置試験結果  
(縦軸：フラン増減%)

#### ④ 加熱試験

みそは、調味原材料として焦げ目が付くまで加熱されることも多い(焼き味噌、田楽、焼きおにぎり、朴葉焼き、肉や魚の味噌漬けなど)ことから、直火加熱調理を想定した追加試験を行い、フラン濃度への影響を検証した。

##### 試料

食品事業者から購入した調合みそ 1 種類

##### 試験法

試料をシャーレに 50 g 取り、薄く広げてオーブントースター(1000 W)で表面に焦げ目がつくまで(3 分)加熱(焼成)した。オーブントースターは予熱無しで用いた。

##### 測定水準

加熱前、1、2 及び 3 分加熱後に分析

繰り返し 3 回

0 分後は試料を一度シャーレに移して広げたものとした。

##### 結果

トースターによる加熱では、加熱時間がフラン濃度に有意な差を与えた。短時間(1 分)の加熱でもフランは加熱前に比べ 30%以上減少し、試料に焦げ目の付く 3 分の加熱ではフランは 80%以上と著しく減少した。これは、加熱によりフランが揮発したためと考えられた。しかしなら、焦げ目の付く状態の試料は、ほぼ水分が抜けた状態であり、実際の喫食を考えると、最大でも 1 分程度の加熱が現実的であった。

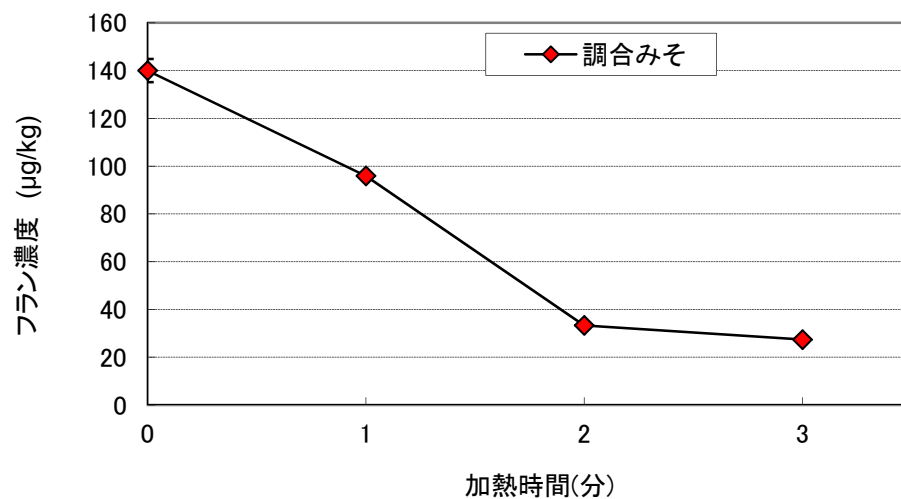


図 58 みそ 加熱試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

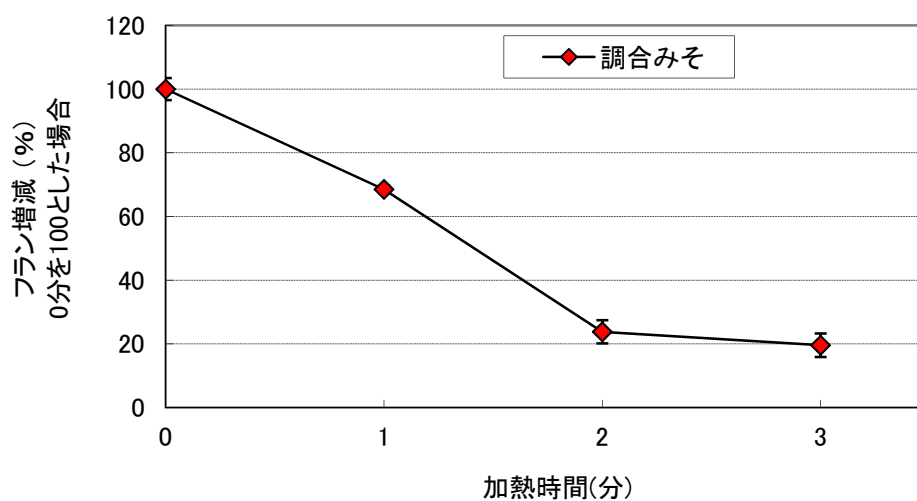


図 59 みそ 加熱試験結果  
(縦軸：フラン増減%)

#### ⑤ 混合試料別加熱試験

23 年度には、みその加熱調理モデルとして、その他の調味原材料との加熱試験を行っていなかった。そこで、今年度はしょうゆの場合と同様に副材料との混合加熱試験を実施した。特に、豆みそは、味噌煮込み、土手煮などと呼ばれる料理において、砂糖、みりんと合わせて強く加熱されることから、調合みそ、砂糖、みりん、水を混合したものを試料として試験を実施した。また、土手煮はもつ等を煮込む料理のため、油脂の有無による影響も検証した。

##### 試料

調合みそ、砂糖、みりん及び水を 4 : 2 : 3 : 12 (40 g : 20 g : 30 g : 120 g) の割合で混合したもの

調合みそ、砂糖、みりん、水及びラードを 4 : 2 : 3 : 12 : 0.6 (40 g : 20 g : 30 g : 120 g : 6 g) の割合で混合したもの

調合みそは食品事業者から購入した調合みそ 1 種類を使用した。

みりん、砂糖、ラードは市販品を使用し、予めフランが検出されないことを確認した。また、ラードは一旦湯煎して液状化したものを使用した。

副材料の混合比率は土手鍋のレシピを参照した。

##### 試験法

調合みそと副材料を 1 L ビーカー中で混合した後、試料が入った状態のビーカーをガスコンロ上で強火加熱し、沸騰後中火で加熱を継続した。

##### 測定水準

加熱前混合直後、沸騰直後、沸騰後 10 及び 30 分加熱後に試料全体を分析繰り返し 3 回

##### 結果

試験の結果、加熱時間はフランの濃度に有意な差を与えた。混合後の試料を加熱沸騰させるとフラン濃度は 3 割程度減少したが、加熱を続けるとフランは増加傾向にあり、沸騰後 30 分ではほぼ混合直後のフラン濃度に戻った。

また、油脂の有無はフラン濃度への有意な差を与えず、影響は認められなかった。

(油脂無しのフラン 混合後 24 ppb→沸騰直後 15 ppb→沸騰後 30 分加熱 24 ppb)

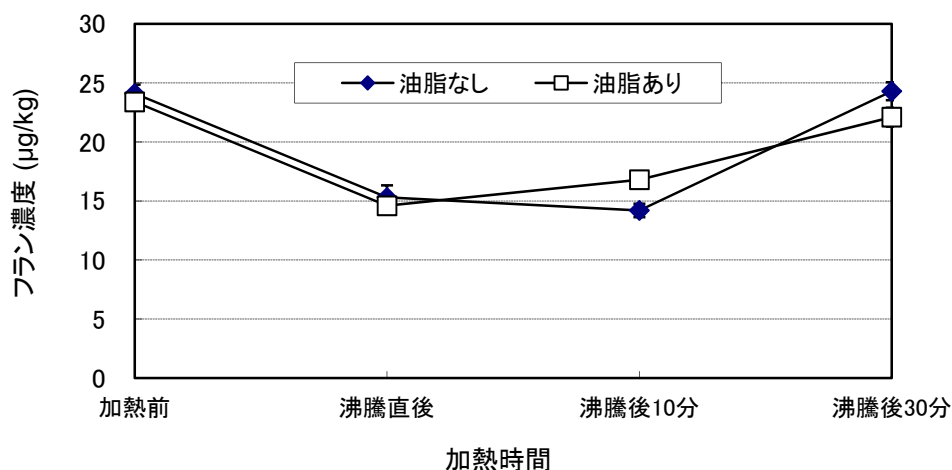


図 60 みそ 混合試料別加熱試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

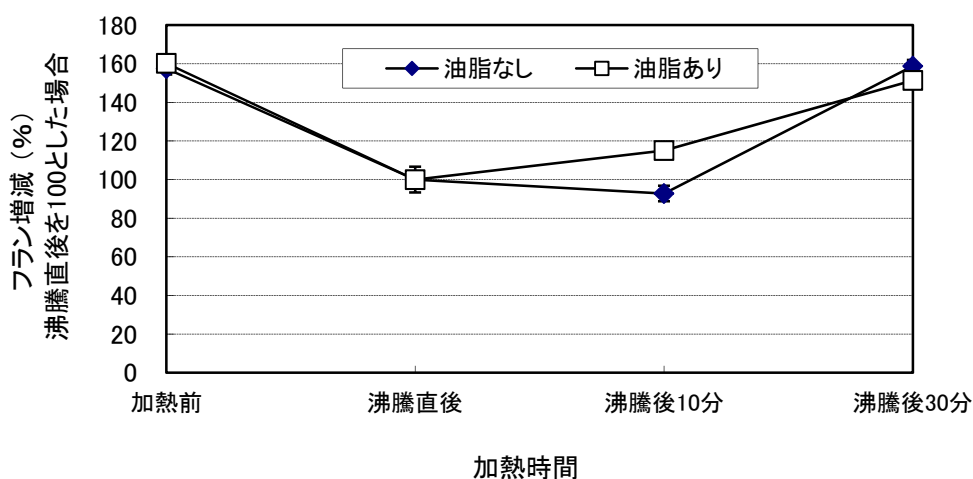


図 61 みそ 混合試料別加熱試験結果  
(縦軸：フラン増減%)

### 3) 成果の内容

1. しょうゆでは、別の容器に移した開放系で室温放置すると、短時間(10 分単位)でもフランが指数関数的に減少することが確認できた。
2. 生しょうゆは火入れしょうゆに比べ、保存中(特に 32.5℃)に二次生成によるフラン濃度の増加割合が高いことが確認できた。  
(フランの濃度自体は生しょうゆ<火入れしょうゆ)
3. みそを沸騰水に溶解する際、攪拌時間を長く(180 秒)することで、フラン濃度が大きく減ることが確認できた。
4. みそでは、袋タイプの製品は保存中にフランが二次生成し、また揮発量が少ないことから、保存中のフラン濃度の増加割合が高いことが確認できた。
5. みそを直火で焼成すると、短時間(1 分)でもフランが揮発し、加熱前より 30%以上減少することが確認できた。
6. みそに砂糖、みりん及び水を加えて加熱すると、沸騰後はフラン濃度が増加しており、フランが二次生成していることが確認できた。

### (3)小課題名「コーヒー類」

#### 1)平成23年度の研究実績概要

##### 缶コーヒーを用いたモデル化試験

##### ① 加温保存試験

冬季に缶コーヒーを加温する場面を想定し、加温保存によるフラン濃度への影響を調べた。

##### 試料

市販の缶コーヒー、ブラック(加温可能タイプ) 1種類

市販の缶コーヒー、原材料に糖類及び乳製品入り加温可能タイプ) 1種類

上記の2種類は、缶の内容量(185 g)及び形状が同じもの(プルタブ型)を用いた。

##### 試験法

試料を55℃の恒温器で保存した。

##### 測定水準

保存1、7、14日間に分析

繰り返し3回

##### 結果

ブラックタイプの缶コーヒーを55℃に加温した試験では、加温前の試料と加温1日経過後の試料では、フラン濃度に有意な差があり、1日間55℃で加温した試料ではフラン濃度が加温前の試料と比較して1~2割程度減った。しかし、1、7及び14日間加温した試料の間には、フラン濃度に有意差は認められなかった。このことから、缶コーヒー中のフランは、55℃加温によって1~2割程度、分解や開缶時の揮発等により減少することが示唆された。1日目以降、フラン濃度の低下が認められなかった要因としては、容器内でフランが気液平衡に達し、コーヒーからフランが気相に移らなくなったためと推察された。また、加温を2週間継続しても、加温1日目からフラン濃度に有意な変化が認められないことから、缶コーヒー(コーヒー浸出液)中にはフランの前駆体は少なく、加温によるフランの二次生成はほとんど生じていないと推察された。

すなわち、缶コーヒー中のフランはコーヒー豆由来であり、加熱の工程で生じたものではないと推察された。レギュラーコーヒーの試験結果(後述)と比較して、缶コーヒーのフラン濃度はむしろ低いことから、加熱の工程でフランが低減された可能性も否定できない。

糖類及び乳製品が添加された製品では、加温前の初期濃度測定を実施しなかったため、55℃の加温による初期濃度からのフラン濃度変化を確認できなかった。ただし、加温後はフラン濃度に有意な変化が認められないことから、缶コーヒーに一般に添加される糖類や乳製品が加温によってフランに変化する可能性(二次生成)は低いと推察された。

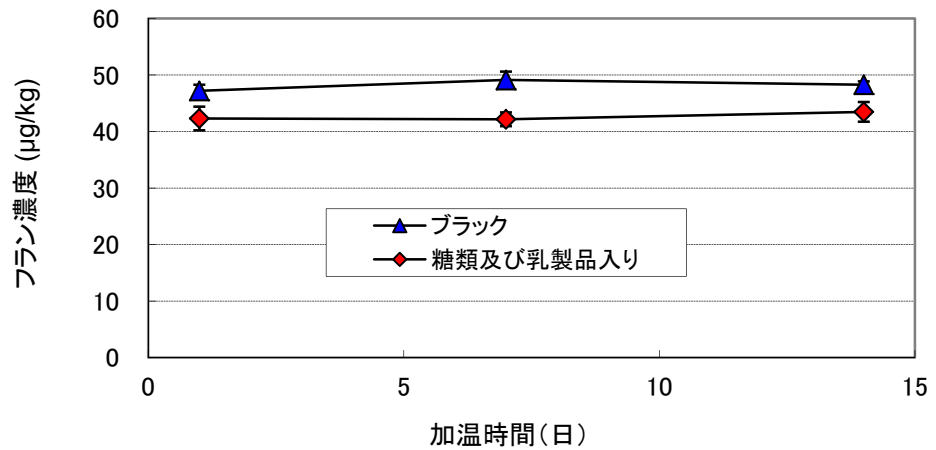


図 62 缶コーヒー加熱保存試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

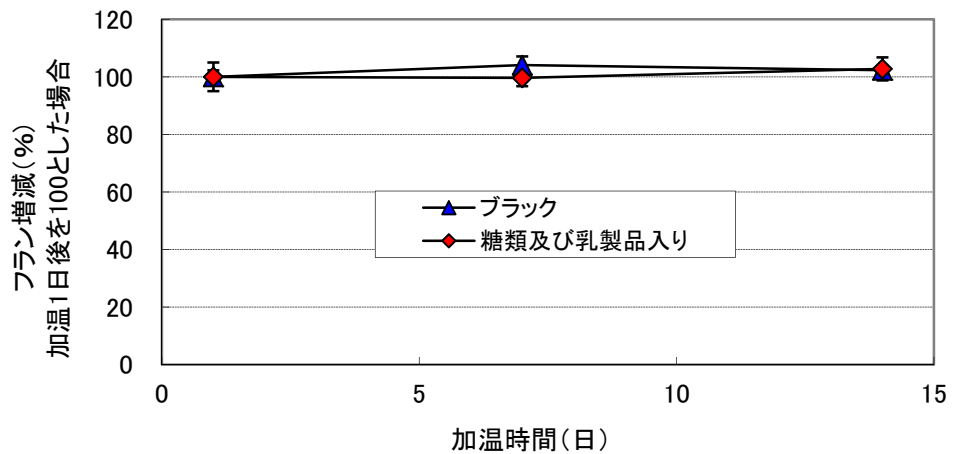


図 63 缶コーヒー加熱保存試験結果  
(縦軸：フラン増減%)

## ② 開封後放置試験

缶コーヒーの 2 種類の容器について、口の空いた状態でのフランの減衰を調べる。

### 試料

市販のプルタブ型缶コーヒー、ブラック(加熱可能タイプ) 1 種類

市販のねじ口型缶コーヒー、糖類及び乳製品添加(加熱可能タイプ) 1 種類

### 試験法

冷蔵庫(4℃設定)、室温、55℃の恒温器で保存した。

冷蔵庫、恒温器には保存開始 24 時間前に試料を入れ、予備冷蔵・加熱した。

### 測定水準

開封直後(0 分)、10、20、60 分後に分析。

繰り返し 3 回

## 結果

缶コーヒーの口の形状及び大きさ(プルタブとねじ口)によって、開封後のフラン揮発の傾向に顕著な差はみられなかった。

室温で保存した缶コーヒーを試料とした場合、開封により低減するフランは、60 分後でも開封直後の濃度と比較して、20%未満であった。また、通常缶コーヒーを飲みきると想定される 10 分間の開封保管ではフランの減少率は 10%程度であり、開封直後と比較して有意にフラン濃度は低下するものの、開封による低減の程度は小さいことが示唆された。

上記の開封試験を、予め冷蔵庫(4℃設定)で保存しておいた試料について実施した結果、開封後経過時間とともにフラン濃度の低減傾向はあるものの、10 分程度では開封直後と有意差は認められず、冷蔵した缶コーヒーでは開封によるフランの低減はほとんど期待できないと考えられた。なお、1 日冷蔵した試料のフラン濃度が室温保存試料と比較して有意に低かったが、試料のロット内のばらつきによるものか、冷蔵によってフラン濃度が変化したかは不明であった。上記の開封試験を加温試料について実施した結果、開封後経過時間とともにフラン濃度は低下傾向にあるものの、室温試料と比較して、フランの低減率に有意な差は認められなかった。

缶コーヒーについては、消費者が喫食する段階でのフラン低減はほとんど期待できず、缶コーヒー中に含まれるフラン含有量と実際のフランの摂取量はほぼ等しいと考えられた。

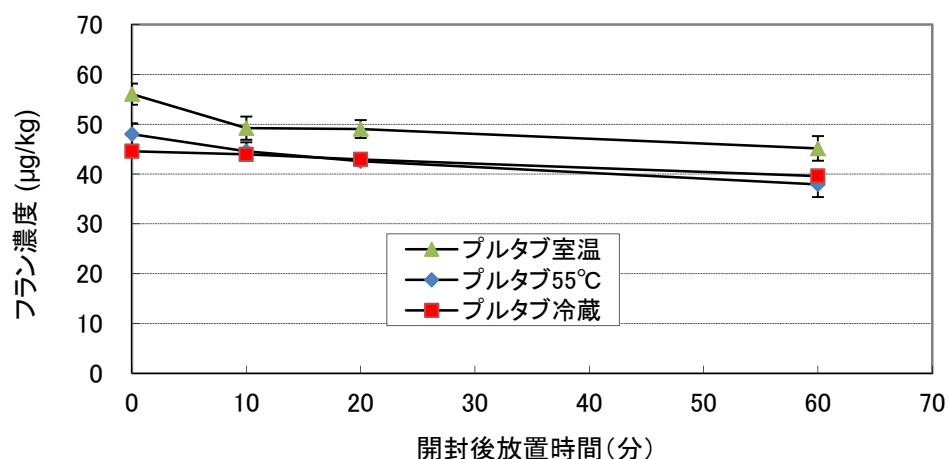


図 64 缶コーヒー 開封後放置試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

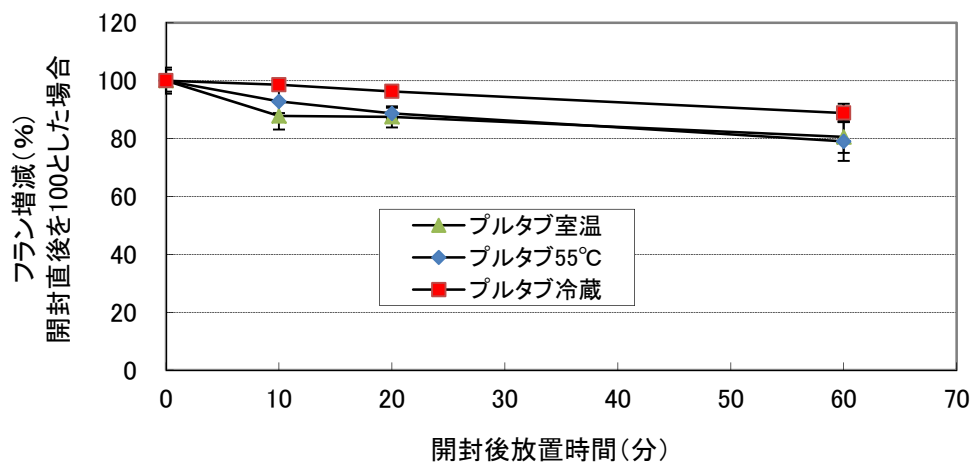


図 65 缶コーヒー 開封後放置試験結果  
(縦軸：フラン増減%)

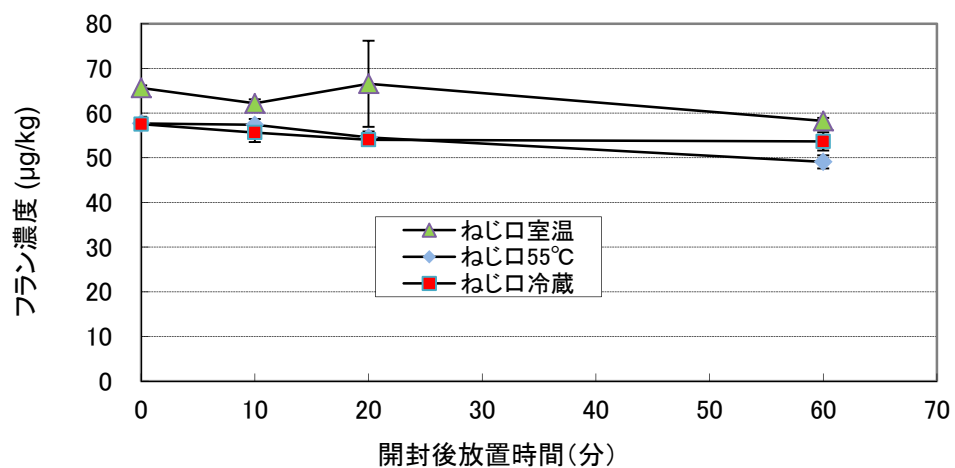


図 66 缶コーヒー 開封後放置試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

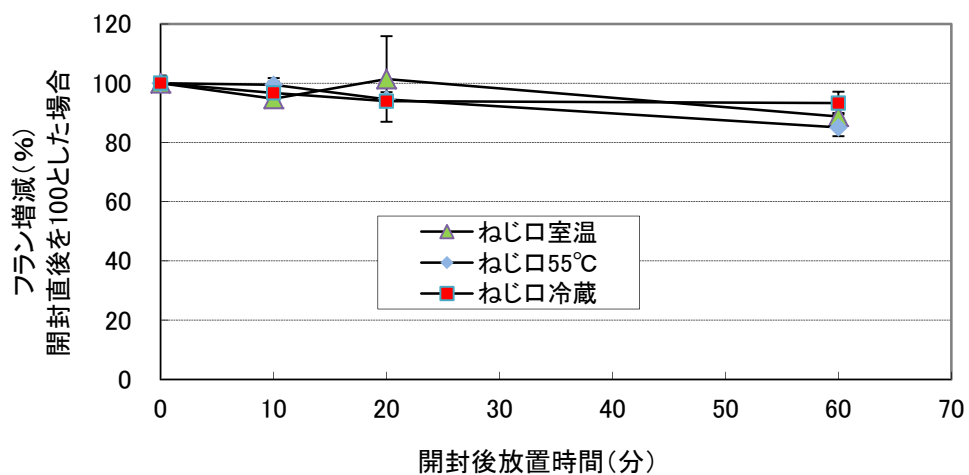


図 67 缶コーヒー 開封後放置試験結果  
(縦軸：フラン増減%)

## インスタントコーヒーを用いたモデル化試験

### ① 温度別調製試験

スプレードライタイプ及びフリーズドライタイプの2種類のインスタントコーヒー粉末について、コーヒー調製時の湯温によってフラン濃度に影響があるか試験を行った。

#### 試料

インスタントコーヒー（フリーズドライタイプ） 1種類

インスタントコーヒー（スプレードライタイプ） 1種類

#### 試験法

各試料 2g を沸騰水又は温度の異なる湯 140ml で溶解したものを調製した。スプレードライタイプについては水で溶解したもの（水温 25℃）も調製した。なお、溶解時には攪拌を5回行った。

#### 測定水準

試料を沸騰水（100℃）、90、80、70℃の湯及び水（25℃、スプレードライタイプのみ）各 140ml に溶解したものを分析

繰り返し3回

#### 結果

25℃、70℃、80℃、90℃、100℃の5水準で試験したところ、フラン濃度に有意な差は認められず、インスタントコーヒーの調製時の湯温はフラン濃度に影響しないことが示唆された。

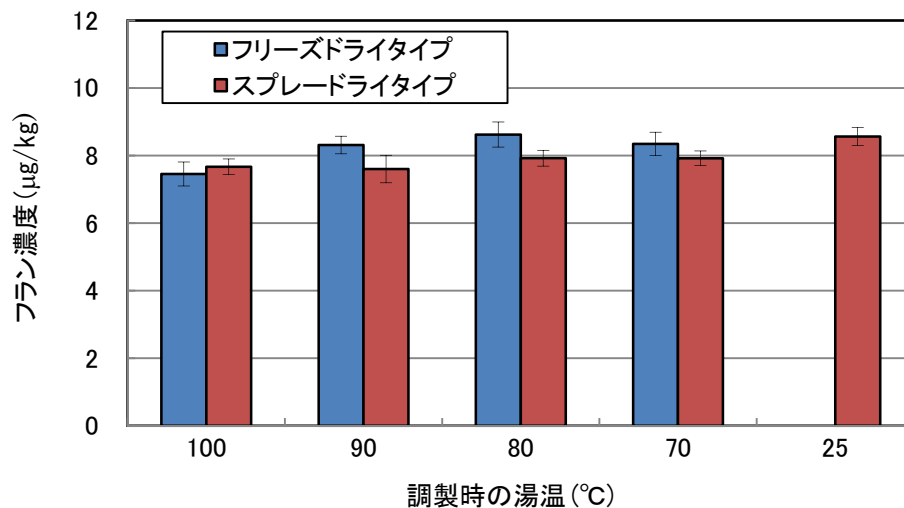


図 68 インスタントコーヒー 温度別調製試験結果

### ② コーヒー量別調製試験

インスタントコーヒー粉末と湯の比率を変えてコーヒーを調製し、フラン濃度に影響があるか試験を行った。

#### 試料

インスタントコーヒー（スプレードライタイプ） 1種類

#### 試験法

試料 1～4g をそれぞれ沸騰水 140ml で溶解したものを調製した。

なお、溶解時には攪拌を 5 回行った。

#### 測定水準

試料 1、2 及び 4g（容器包装に表示されている使用量の 0.5 倍、1 倍、2 倍）を用いて調製したもの。

繰り返し 3 回

#### 結果

使用する粉の量に比例してフラン濃度が高くなる（相関係数 0.992）ことが確認できた。このことから、インスタントコーヒーについては、粉末の使用量に比例してフランの摂取量が大きくなることが示唆された。

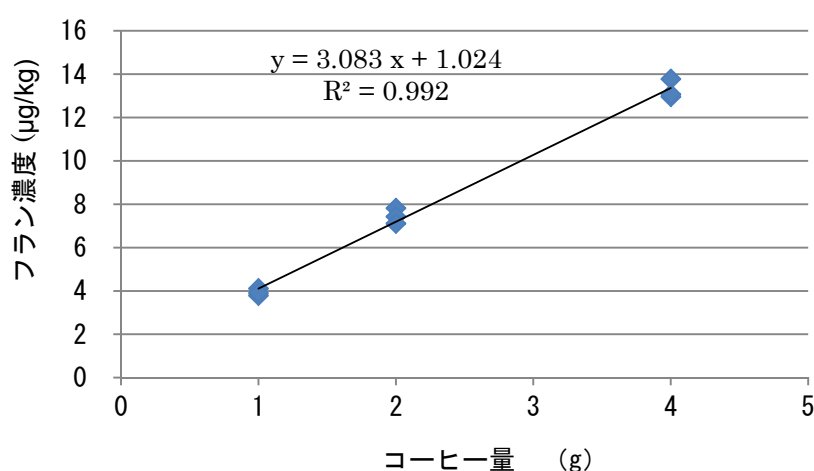


図 69 コーヒー量別調製試験結果

#### ③ ミルクの影響試験

インスタントコーヒーに、コーヒーフレッシュ、クリーミングパウダー又は牛乳を加えてコーヒーを調製し、フランの濃度変化に影響を及ぼすか試験を実施した。

#### 試料

インスタントコーヒー（スプレードライタイプ） 1 種類

植物性コーヒーフレッシュ

植物性クリーミングパウダー

牛乳

なお、植物性コーヒーフレッシュ及び植物性クリーミングパウダーについて、フランが検出されないことを予め確認した。また、牛乳に関し、電子レンジ 600W で 40 秒加熱し 71℃に加温した牛乳 70ml とお湯 70ml とを混合したもの（以下の測定水準欄の 4）に対応）で、フランが検出されないことを予め確認した。

#### 試験法

インスタントコーヒー2g を沸騰水で溶解したものと、これにコーヒーフレッシュ、クリーミングパウダー又は牛乳を加えたものを調製した。

## 測定水準

以下の4種のコーヒーを調製した。

なお、調製後室温下で10分間放置したものについてフラン濃度を分析した。

1) インスタントコーヒー2gを沸騰水140mlに溶解したもの

2) コーヒー2gを沸騰水137mlに溶解し、コーヒーフレッシュ3mlを加えたもの

3) コーヒー2gを沸騰水137mlに溶解し、クリーミングパウダー3gを加えたもの

4) コーヒーを沸騰水70mlに溶解したものに、600Wで40秒加熱した牛乳(温度71℃)70mlを加えたもの

2)～4)はいずれもコーヒーフレッシュ等を加える際に軽く攪拌し、均一にした。

繰り返し3回

## 結果

コーヒーフレッシュ等を加えることによる有意な影響は認められなかった。ただし、インスタントコーヒーから調製したコーヒー中のフランの初期濃度がレギュラーコーヒーと比較すると相当低いことから、影響を検出できなかった可能性はあった。

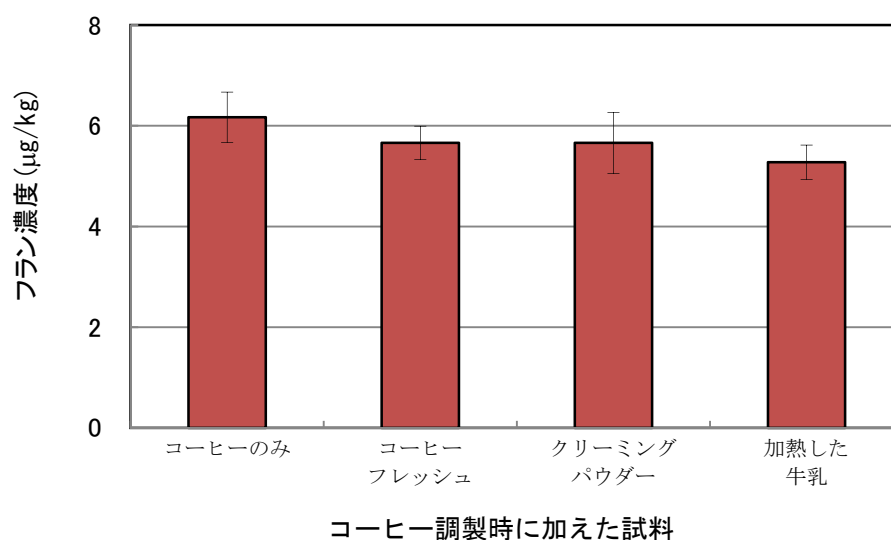


図 70 インスタントコーヒー ミルクの影響試験結果

## レギュラーコーヒーを用いたモデル化試験

### ① 豆の挽き方(粉)別試験

豆の挽き方(粉)によるフラン濃度への影響を確認するため、同一の豆を粗挽き、中挽き、中細挽き及び細挽きにした粉のフラン濃度を測定した。

試料

市販コーヒー生豆(コロンビア産 サンチュアリオ)を販売店で焙煎（ミディアムロースト）したもの 1 種類試験法

コーヒーミルを用いて、コーヒー豆を粗挽き、中挽き、中細挽き、細挽きの 4 種類に挽いた（メッシュ調節ダイヤルで 4 段階に調節）。

測定水準

粗挽き、中挽き、中細挽き及び細挽きした粉そのものを分析

繰り返し 3 回

結果

粉中のフラン濃度は細挽きが最も低い濃度になり、豆の挽き方でフラン濃度に有意差があることが示唆された。これは粉砕及び表面積の増加により、コーヒー中のフランが揮発したためと考えられる。一方、粗挽きと中挽きの比較では有意差はなかったが、粉の粒径の他、粉砕に要する時間等も影響した可能性が示唆された。

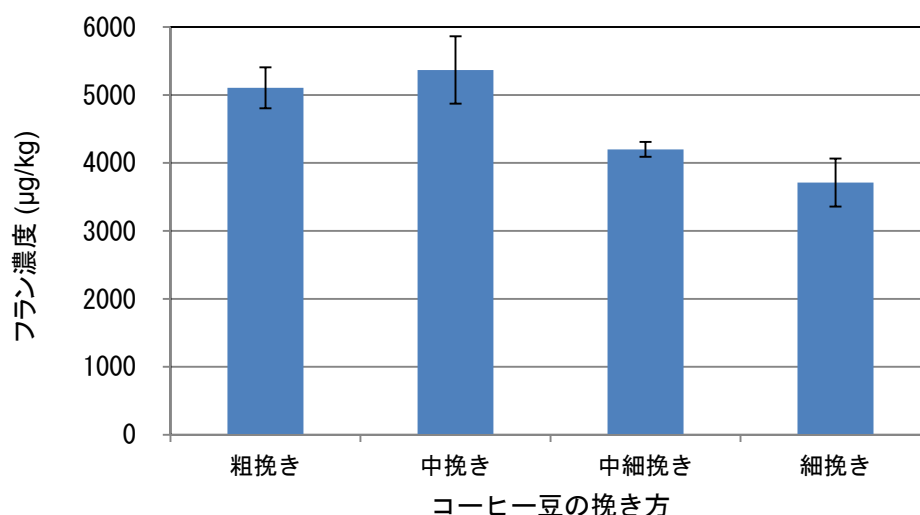


図 71 豆の挽き方とコーヒー粉のフラン濃度

## ② 豆の挽き方(抽出液)別試験

豆の挽き方による浸出液中のフラン濃度への影響を確認するため、①と同一の豆を粗挽き、中挽き、中細挽き及び細挽きにした粉を用いて、コーヒー粉からのフラン浸出試験を実施した。

試料

市販コーヒー生豆(コロンビア産 サンチュアリオ)を販売店で焙煎（ミディアムロースト）したもの 1 種類試験法

コーヒーミルを用いてコーヒー豆を粗挽き、中挽き、中細挽き、細挽きの 4 種類に挽いた（メッシュ調節ダイヤルで 4 段階に調節）。各コーヒー粉 25 g をそれぞれ 500ml ビーカー中で 250 ml の沸騰水に 3 分間浸漬した後、コーヒー用ペーパーフィルター（メリタジャパン株式会社 エコフィルターペーパー、2～4 杯用）でろ過し、浸出液を得た。

測定水準

粗挽き、中挽き、中細挽き及び細挽き粉を用いて調製したコーヒー浸出液。

繰り返し 3 回

#### 結果

粉の挽き方が浸出液のフラン濃度に有意に影響する可能性が示された。粉から浸出液へのフランの浸出率(浸出液中フラン量/レギュラーコーヒー粉中フラン量)を試算すると、細挽きが最も浸出率が高かった。粉、浸出液ともに中挽きのフラン濃度がもっとも高く、細挽きのフラン濃度が最も低かったが、粉中のフラン濃度の差と比較して、浸出液の濃度差は小さかった。試験の際、粉の大きさにより、粗挽きはろ過速度が早く、細挽きは遅いといったろ過に要した時間(浸出条件)が異なった可能性があり、その際の揮発の影響等の可能性も考慮する必要がある。

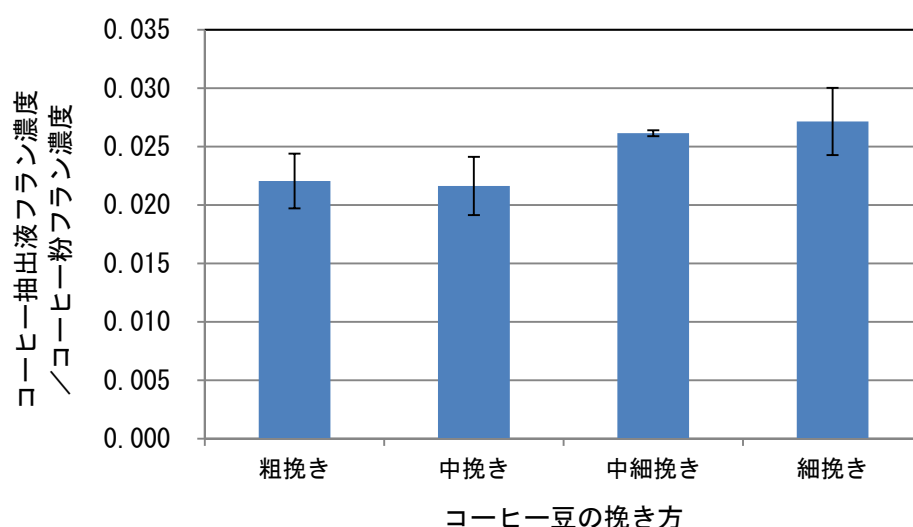


図 72 コーヒー粉中濃度と抽出液中濃度の比

#### ③ 粉の量別試験

浸出に使用する粉の量を変えた場合の浸出液中のフラン濃度を、中挽き粉を用いて比較した。

#### 試料

市販コーヒー生豆(コロンビア産 サンチュアリオ)を販売店で焙煎(ミディアムロースト)したもの 1 種類試験法

コーヒーミルを用いて中挽きに挽いたコーヒー粉 12.5 g~50 g を、それぞれ 500ml ビーカー中で 250 ml の沸騰水に 3 分間浸漬した後、コーヒー用ペーパーフィルター(メリタジャパン株式会社 エコフィルターペーパー、2~4 杯用)でろ過し、浸出液を得た。

#### 測定水準

コーヒー粉 12.5 g、25 g、37.5 g 及び 50 g を用いて浸出した液を分析。

繰り返し 3 回

#### 結果

同じ浸出時間の場合、使用する粉の量によってフラン濃度は有意に異なり、粉の量が多いほどフラン濃度が高くなった。但し、粉の量と浸出液の濃度は比例

せず、使用する粉の量が増えると浸出率が落ちることが示唆された。この場合でも、粉の量により、ろ過に要した時間が異なる可能性があり、その際の揮発の影響等の可能性も考慮する必要がある。

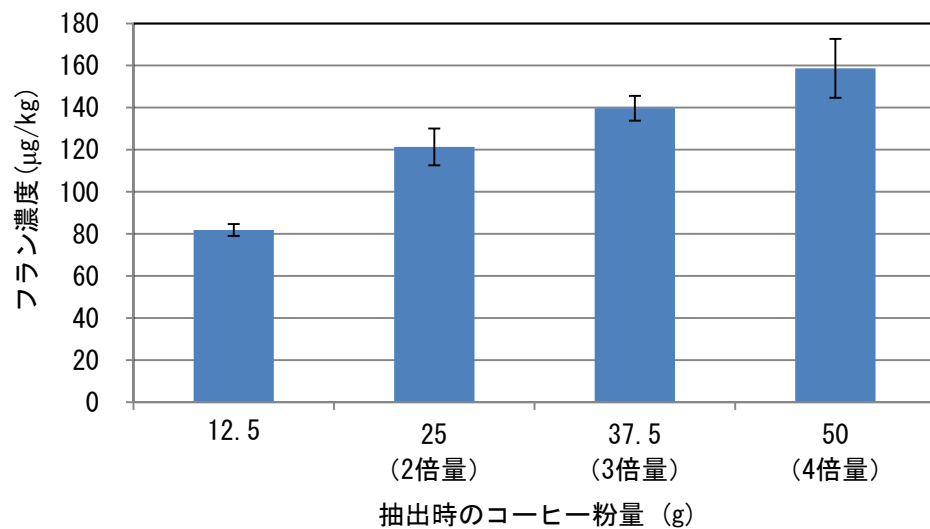


図 73 粉の量別試験結果

#### ④ 湯温別試験

湯温による浸出液中のフラン濃度への影響を確認するため、湯温 100℃、90℃、80℃、70℃のお湯で、同じ量のコーヒー粉を用いて調製した浸出液のフラン濃度を比較した。

##### 試料

市販のレギュラーコーヒー豆 1 種類

##### 試験法

コーヒーミルを用いて中挽きに挽いたコーヒー粉 25g を沸騰水又は 90℃、80℃、70℃のお湯 250ml で 3 分間浸漬した後、コーヒー用ペーパーフィルター（メリタジャパン株式会社 エコフィルターペーパー、2～4 杯用）でろ過し、浸出液を得た。

##### 測定水準

沸騰水、90℃、80℃及び 70℃のお湯で調製した浸出液を分析。

繰り返し 3 回

##### 結果

湯温がフラン濃度に有意な影響を与えることが示唆され、湯温が低いほどフラン濃度は高い値(70℃浸出では 90℃浸出時の約 40%増)となった。湯温によって粉に含有される成分の浸出率が異なるのに加えて、温度によって浸出時のフランの揮発の程度も異なると推察される。

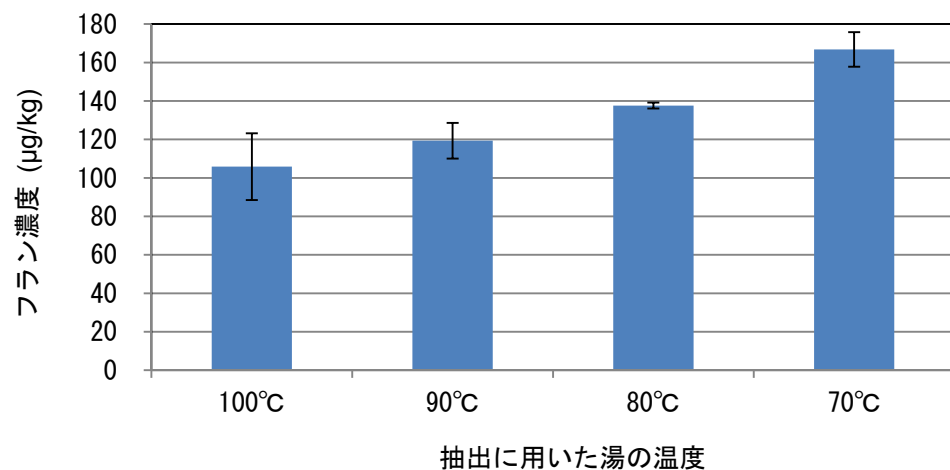


図 74 湯温別試験結果

#### ⑤ 浸出時間別試験

粉の浸出時間を 1 分から 5 分まで変えた場合の、浸出液中のフラン濃度の比較を行った。

##### 試料

市販コーヒー生豆(コロンビア産 サンチュアリオ)を販売店で焙煎(ミディアムロースト)したもの 1 種類

##### 試験法

コーヒーミルを用いて中挽きに挽いたコーヒー粉 25g を沸騰水 250ml に 1 分、2 分、3 分、4 分又は 5 分間浸漬した後、コーヒー用ペーパーフィルター（メリタジャパン株式会社 エコフィルターペーパー、2～4 杯用）でろ過し、浸出液を得た。

##### 測定水準

浸漬時間を 1 分、2 分、3 分、4 分及び 5 分とした浸出液を分析。

繰り返し 3 回

##### 結果

抽出時間が浸出液のフラン濃度に有意な差を与える可能性が示唆されたが、浸出時間との関係は明確ではなかった。これはフランがコーヒー粉から湯へ浸出する一方で、浸出液からの揮発も同時に生じているためと推察された。

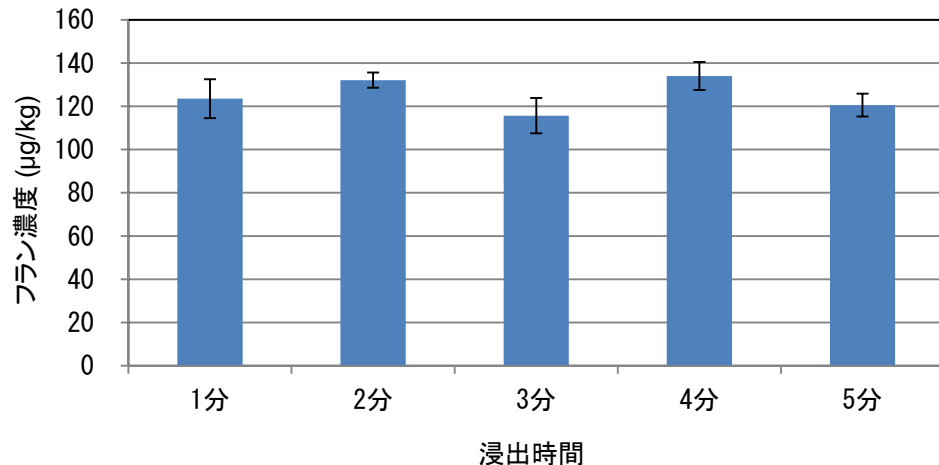


図 75 浸出時間別試験結果

#### ⑥ コーヒー(豆、粉)保存試験

豆及び粉の貯蔵(保存)によるフラン濃度の変化を確認するため、コーヒー豆又は粉を室温で保管した場合のフラン濃度の比較を行った。

##### 試料

市販コーヒー生豆(コロンビア産 サンチュアリオ)を販売店で焙煎(ミディアムロースト)したもの 1 種類

##### 試験法

コーヒー豆及びコーヒーミルを用いて中挽きに挽いたコーヒー粉を、PP 及び PE フィルム製の袋に一定量を充填し、袋の端をテープで止め(ヒートシールはしていない)、室温で保管した。

##### 測定水準

豆、粉各々焙煎当日、1 週間、2 週間、3 週間、4 週間、8 週間及び 12 週間保存したものを分析。

なお、豆はドライアイスと一緒にミル(大阪ケミカル株式会社 フォースミル FM-1)で粉砕した粉を分析。

繰り返し 3 回

##### 結果

豆では、焙煎当日から貯蔵 4 週目までは、貯蔵期間によりフラン濃度に有意な影響は認められなかった。しかし、8 週目ではフラン濃度が初期値よりも有意に低下しており、8 週目と 12 週目では有意差は認められなかった。

一方、粉では 4 週目までに貯蔵期間によりフラン濃度に有意な差が認められ、粉の状態では豆よりも貯蔵中のフランの減少が大きいことが示唆された。(粉の場合は、粉砕によりフランの初期濃度が豆と比較して小さく、豆の状態を初期値とした場合の減少率はさらに大きくなる。)

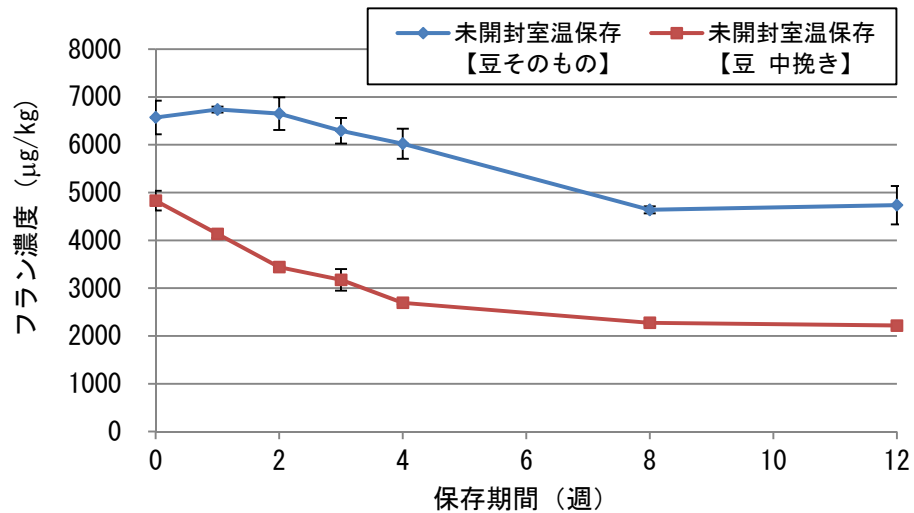


図 76 コーヒー(豆、粉)保存試験結果

#### ⑦ コーヒー浸出液保存試験

コーヒーを淹れてから喫食するまでを想定し、コーヒー浸出液を室温及び加温保管した際のフラン濃度の変化を測定した。

##### 試料

市販コーヒー生豆(コロンビア産 サンチュアリオ)を販売店で焙煎 (ミディアムロースト) したもの 1 種類試験法

コーヒーミルを用いて中挽きに挽いたコーヒー粉 25g を、500ml ビーカー中で沸騰水 250ml に 3 分間浸漬した後、コーヒー用ペーパーフィルター (メリタジャパン株式会社 エコフィルターペーパー、2~4 杯用) でろ過し、500mL ビーカーに受けた。この液について、室温又は 80℃に設定した恒温器内でビーカーの蓋をせず保管した。

##### 測定水準

室温保存開始時(0 分)、10、30、60 分後に分析。

80℃加温保存開始時(0 分)、10、30、60、120 分後に分析。

繰り返し 3 回

##### 結果

室温で放置した場合、フラン濃度は指数関数的に減少(10 分で約 10%減少)したが、その減衰率はしょうゆの放置試験で観察された減衰率(10 分でおおよそ半減)よりも小さかった。しょうゆとコーヒーでは、放置時の条件(特にビーカーとシャーレによる空気と触れる面積)が異なるため単純に比較できないが、コーヒーとしょうゆでは、フランの揮発の程度が異なる可能性もある。また、80℃保温で放置した場合は、同じ放置時間では、室温放置と比較してフラン濃度が有意に低く、10 分で約 20%の減少が観察された。

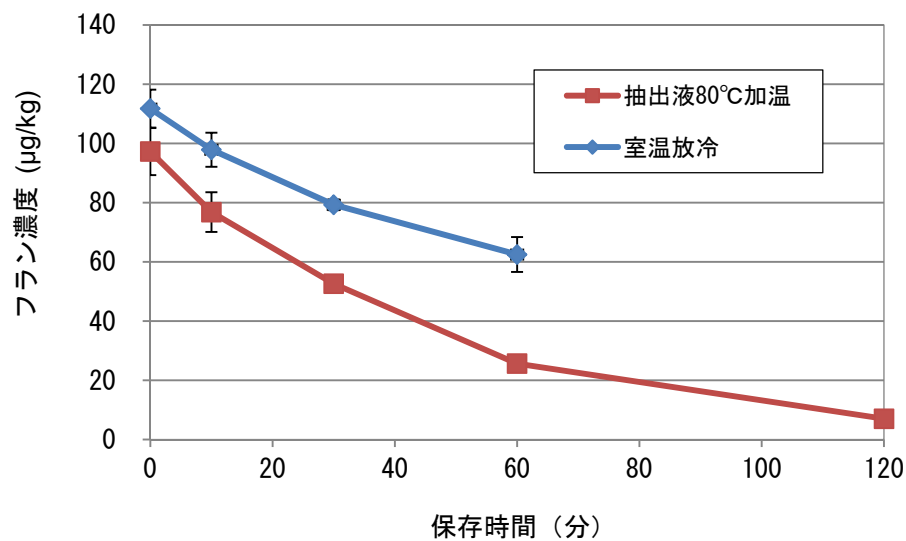


図 77 コーヒー浸出液保存試験結果

## 2) 平成24年度における研究実績概要

### 缶コーヒーを用いたモデル化試験

#### ① 製品・温度別保存試験

23年度に実施した加温保存試験では、加温から1日経過した後さらに保存日数を重ねてもフラン濃度の増加は認められなかったが、ブラックタイプの缶コーヒーで、室温状態（加温前）と加温状態で1日経過後を比較すると、有意にフラン濃度が低下した。加温によって、缶内のヘッドスペースにフランが揮発したことで、コーヒー中のフラン濃度が低下した可能性がある。また、冷蔵後の開封試験においても、冷蔵試料の初期濃度が室温試料と比較して低くなったことから、温度の影響について未開封の保存試験を追加して検証した。

#### 試料

市販の缶コーヒー（ブラック、加温可能タイプ）3種類

#### 試験法

試料を未開封のまま温度を変えて保存した。

#### 測定水準

55℃24時間、冷蔵庫内(4℃設定)24時間、室温24時間保存後の試料  
繰り返し1回

#### 結果

3種類の製品とも、保存温度帯が異なる試料中のフラン濃度の変化に有意な差は認められず、また保存温度帯の違いによる相対的な濃度変化について、製品による差も認められなかった。

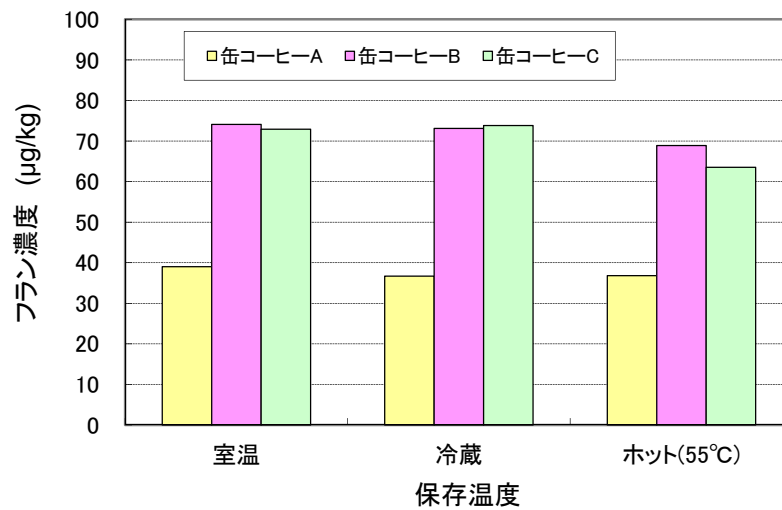


図 78 缶コーヒー製品・温度別保存試験結果

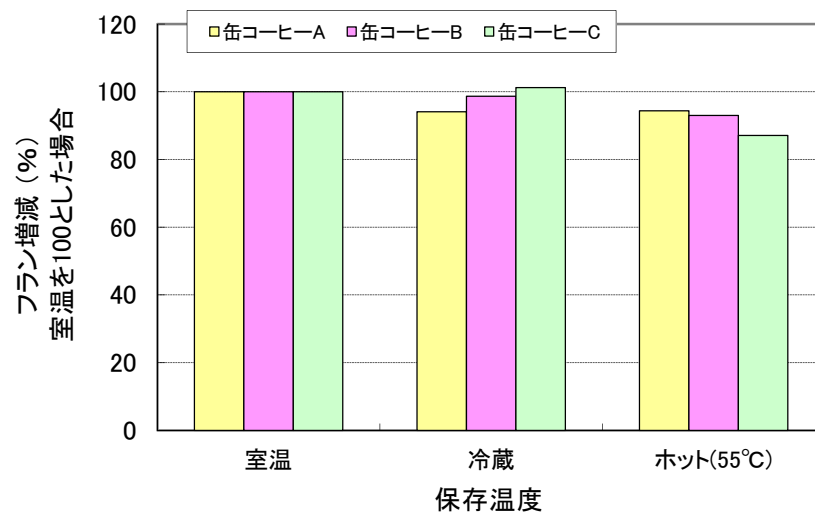


図 79 缶コーヒー製品・温度別保存試験結果

## レギュラーコーヒーを用いたモデル化試験

### ① 包装形態別未開封室温保存試験

23 年度に実施した豆及び粉の貯蔵試験では、完全密封ではない容器(袋)を用いて実施したため、今年度は密封系でも同様の結果となるかどうか追加試験を実施した。

その際には、容器(袋)の材質及びバルブの有無等に着目し、いくつかの包装形態の試料を用いた。

#### 試料

市販のレギュラーコーヒー粉(中細挽き) 4 種類

バルブ付袋(内容量 400g)、窒素置換袋(内容量 8 グラム×10 袋)、真空袋(内容量 200g)、缶(内容量 180g)

なお、窒素置換袋はドリップバッグタイプの試料を用いた。

#### 試験法

試料を未開封のまま室温暗所で保存した。

#### 測定水準

保存開始後 0、2、4、6、8 及び 12 週後に分析

繰り返し 3 回

#### 結果

試料の種類及び保存期間ともにフラン濃度に有意な差を与えた。しかしながら、経時的にフラン濃度が減少した試料もあったが、12 週間の保存期間経過後でも初期濃度の最大 10% 程度の減少に留まった。包装形態(製品)によって有意な差があったが、大きな相対濃度変化の差はなく、また、真空形態の製品のフラン濃度は保存中殆ど変化がなかった(最大でも 3% 以内の減少)。23 年度の保存試験結果を考慮すると、コーヒー粉の保存は袋が開封されていることでフランの揮発が進み、減少の程度が大きくなると考えられた。しかしながら、23 年度の保存試験に使用したコーヒー粉の初期濃度(6600 ppb)と本年度に使用した製品の初期濃度(2000~2700 ppb)の差による可能性もあるため、留意が必要と考えられた。

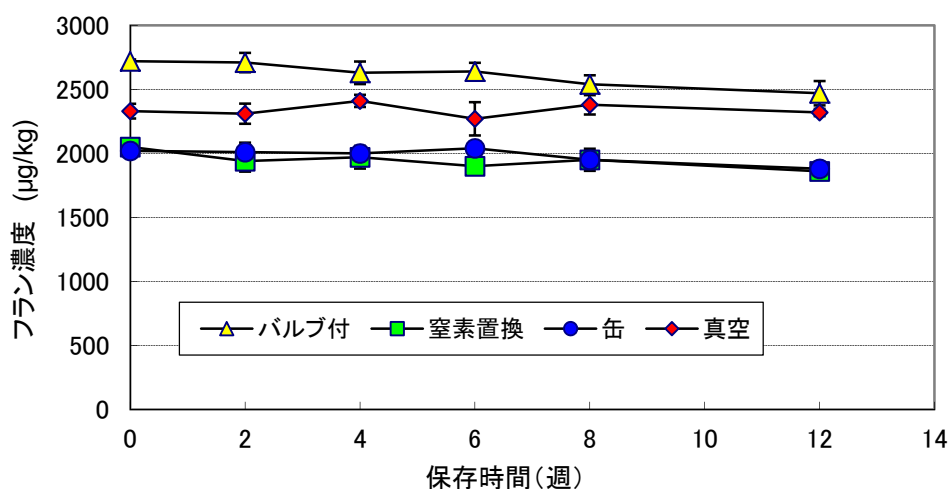


図 80 レギュラーコーヒー 包装形態別未開封室温保存試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

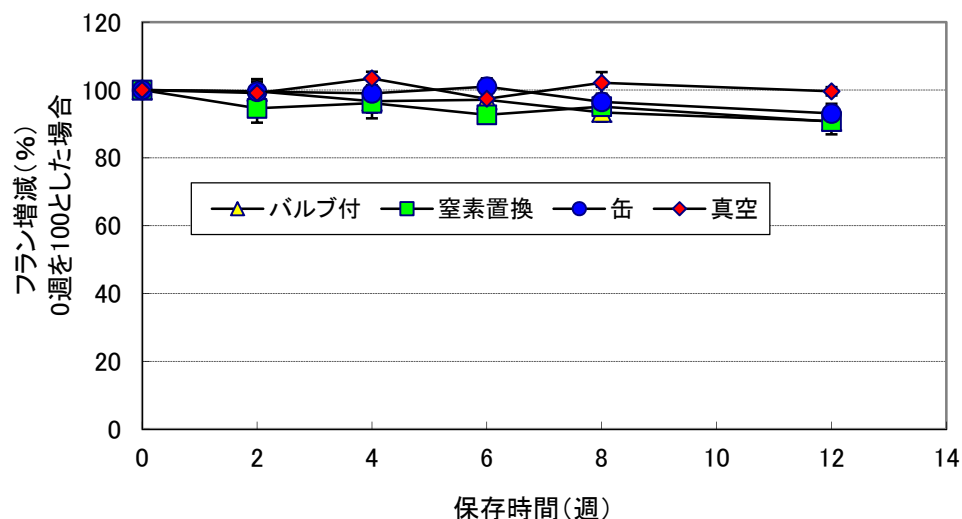


図 81 レギュラーコーヒー 包装形態別未開封室温保存試験結果  
(縦軸：フラン増減%)

## ② 試料形態別未開封室温保存試験

密封系の包装形態で、試料の形状の違い（コーヒー豆と粉の違い）による保存中のフラン濃度への影響を検証するため、追加保存試験を実施した。

### 試料

市販のレギュラーコーヒー粉(中細挽き、内容量 400g) 1 種類

食品事業者から購入したレギュラーコーヒー豆（内容量 360g） 1 種類

※バルブ付袋入り同一ブランド・商品名であるが、コーヒーの形態（豆か粉か）が異なるものを使用した。

### 試験法

試料を未開封のまま室温暗所で保存した。

### 測定水準

保存開始後 0、2、4、6、8 及び 12 週後に分析

繰り返し 3 回

### 結果

試料の種類及び保存期間ともにフラン濃度に有意な差を与えた。経時的にフラン濃度は減少し、豆と粉による有意差もあったが、12 週の保存でも豆で 16%、粉で 10%と減少率は大きくはなかった。しかしながら、23 年度に実施した開封状態での保存試験の結果は、24 年度の試験結果と反対に粉の方がフランの減少率が大きかった(豆 29%減、粉 54%減)。これは、密封系でのフランの揮発量が、袋を密封していない場合に比べて少なく、表面積の大きい粉のフランの揮発優位性が現れなかった可能性が考えられた。

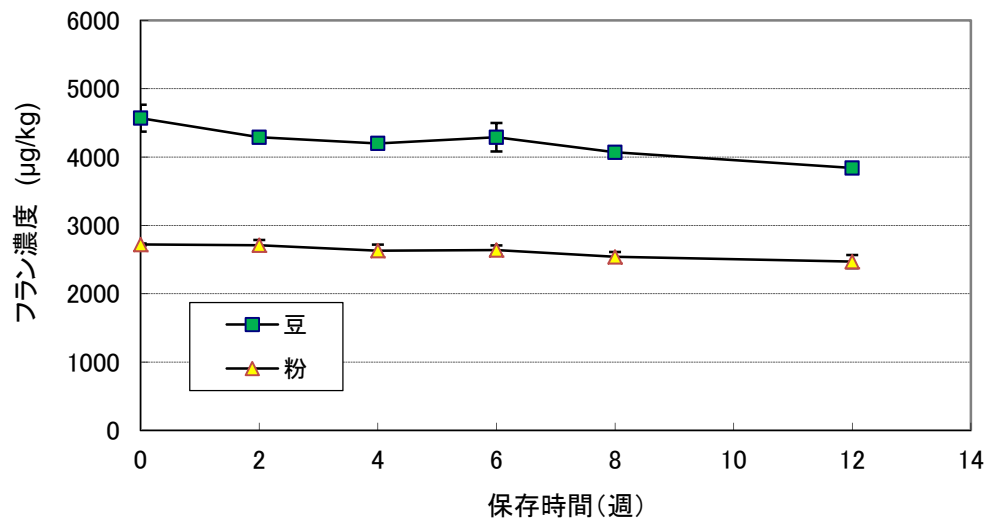


図 82 レギュラーコーヒー 試料形態別未開封室温保存試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

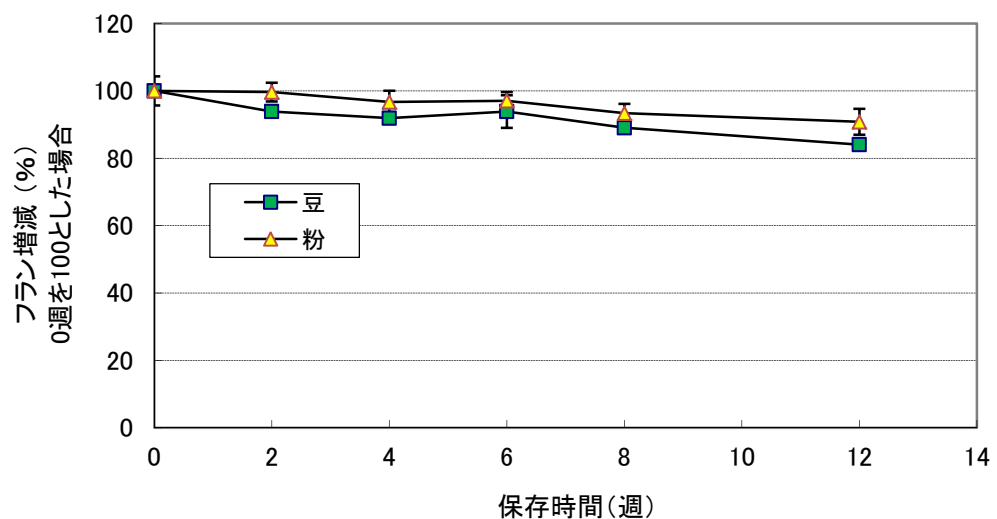


図 83 レギュラーコーヒー 試料形態別未開封室温保存試験結果  
(縦軸：フラン増減%)

### ③ 温度別未開封保存試験

密封系の包装形態で、保存温度の違いによるフラン濃度への影響を検証するため、追加保存試験を実施した。

#### 試料

市販のレギュラーコーヒー粉(中細挽き、内容量 400g) 1 種類  
バルブ付袋形態

#### 試験法

試料を未開封のまま冷蔵庫内(4℃設定)及び室温暗所で保存した。

#### 測定水準

保存開始後 0、2、4、6、8 及び 12 週後に分析  
繰り返す 3 回

# 結果

保存温度及び保存期間ともにフラン濃度に有意な差を与えた。しかしながら、フラン濃度の減少率は、12 週間の保存でも冷蔵で 2%減、室温で 9%減と、どちらの保存条件でも保存開始時に比べフラン濃度の減少率は僅かであった。コーヒー粉の密封系内での保存中のフラン揮発量については、保存温度、期間による大きな影響は無いと推察された。

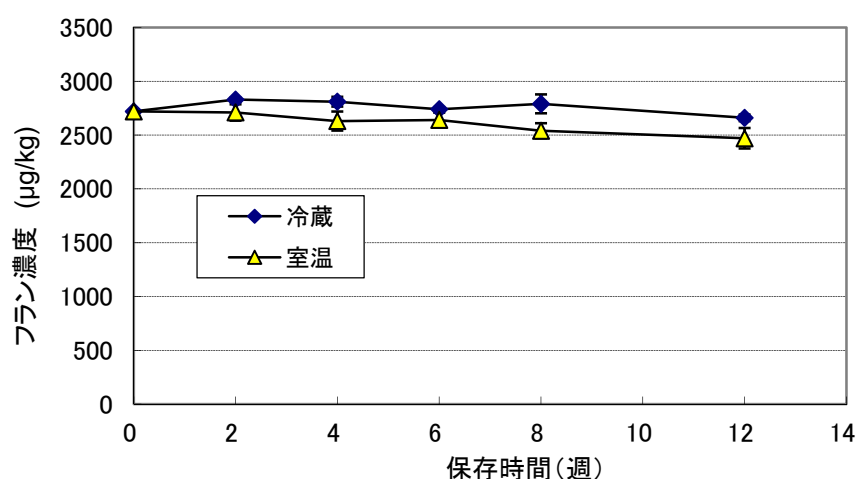


図 84 レギュラーコーヒー 温度別未開封保存試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

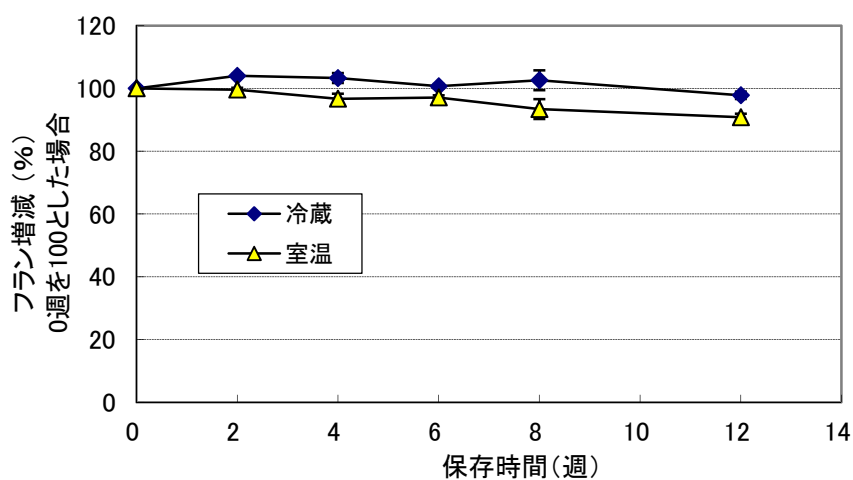


図 85 レギュラーコーヒー 温度別未開封保存試験結果  
(縦軸：フラン増減%)

#### ④ 保存容器・温度別保存試験

家庭における製品開封後のコーヒー粉の貯蔵を想定し、保存条件がフラン濃度に及ぼす影響について確認するため追加試験を実施した。保存容器は家庭での使用の可能性と、容器のガス透過性、遮光性を考慮して選定した。

##### 試料

市販のレギュラーコーヒー粉(中細挽き、内容量 400g) 1 種類  
バルブ付袋形態

##### 試験法

試料の中身(250 g)を、チャック付ポリ袋(旭化成ホームプロダクツ株式会社 ジップロック イージージッパー 大 縦 279 mm×横 268 mm/厚さ 0.07 mm)、保存瓶(ハリオグラス株式会社 珈琲キャニスターM MCN-200B、材質;耐熱ガラス、ABS 樹脂、シリコーンゴム、ステンレス 直径 99 mm×高さ 142 mm)及び保存缶(横浜元町珈琲、パッキン(材質不明)付キャニスター 直径 95 mm×高さ 138 mm)に移し、冷蔵庫内(4℃設定)、冷凍庫内(-20℃設定)及び室温暗所で保存した。

##### 測定水準

保存開始後 0、2、4、6、8 及び 12 週後に分析  
繰り返し 1 回

##### 結果

保存容器、期間及び温度ともにフラン濃度に有意な差を与えた。

全ての容器で、保存中にフラン濃度は概ね経時的に減少した。12 週間後では保存開始時に比べ 18~41%フラン濃度が減少した。また、それぞれの保存温度において、容器の違いがフラン濃度に有意に影響するが、その差は大きなものではなかった。一方で、保存温度によるフラン濃度への影響はどの容器でも認められ、フラン濃度の減少率は室温>冷蔵>冷凍の順で大きかった。一度コーヒー粉製品を開封して保存容器に移した場合、仮に保存中にコーヒーのフランが二次生成したとしても、容器中に生じたヘッドスペースへのフランの揮発量が大きいため、フラン濃度が減少していくと考えられた。

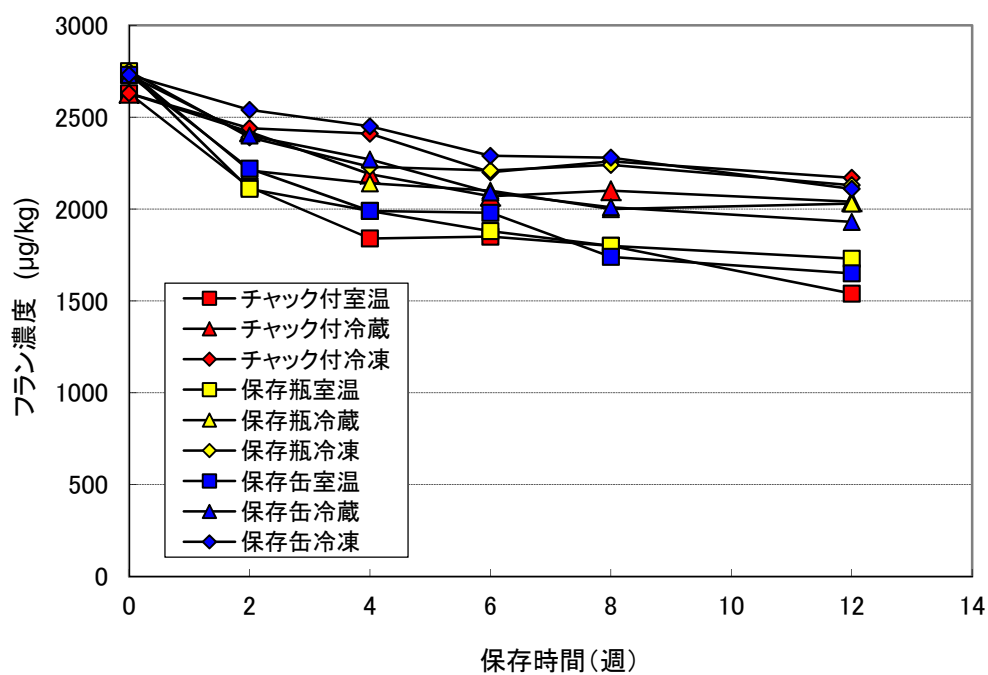


図 86 レギュラーコーヒー 保存容器・温度別保存試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

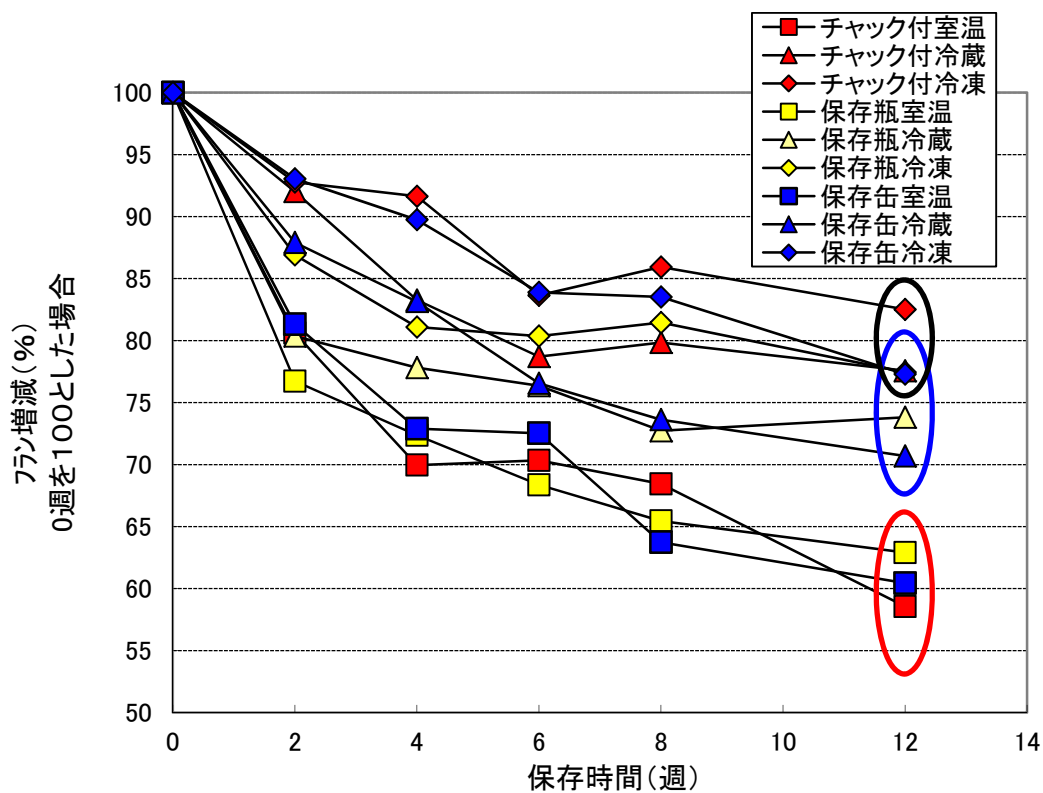


図 87 レギュラーコーヒー 保存容器・温度別保存試験結果  
(縦軸：フラン増減%) ○：冷凍 ○：冷蔵 ○：室温

#### ⑤ 淹れ方・濃さ別浸出液調製試験

ハンドドリップと機械式ドリップ(いずれもペーパードリップ)で、同一分量のコーヒー(浸出液)を調製した場合に、フラン濃度に差があるか試験を行った。更に、ハンドドリップについては、23年度の試験の結果、コーヒー浸出に用いる湯温によって浸出液中のフラン濃度に顕著な違いがあったことから、実際の調理条件でも同様の差があるかの検証試験を実施した。

また、粉の分量を変えた場合の浸出液のフラン濃度に関して、ハンドドリップと機械式ドリップの両方式で追加試験を行った。その際、コーヒーの濃さの指標として固形分も測定した。

#### 試料

市販のレギュラーコーヒー粉(中細挽き) 1種類  
バルブ付袋形態

#### 試験法

試料 20 g 又は 40g に対し 300 ml の湯を用いて、ハンドドリップでコーヒーを調製した。なお、湯温度は 70℃及び 90℃のものを使用した。

試料 20 g 又は 40g に対し 300 ml の湯を用いて、機械式ドリップ(象印株式会社 EC-GA40) コーヒーを調製した。

なお、コーヒーの濃さは日本標準食品成分表記載のコーヒー豆 10 g に対し、150 ml の湯量の比率を参照した。

#### 測定水準

コーヒー豆 20 g、湯温 70℃、ハンドドリップ調製品  
コーヒー豆 40 g、湯温 70℃、ハンドドリップ調製品  
コーヒー豆 20 g、湯温 90℃、ハンドドリップ調製品  
コーヒー豆 40 g、湯温 90℃、ハンドドリップ調製品  
コーヒー豆 20 g、機械式ドリップ調製品  
コーヒー豆 40 g、機械式ドリップ調製品  
繰り返し 3 回

#### 結果

試験の結果、コーヒーの淹れ方はフラン濃度に有意な差を与えなかった。

ハンドドリップでコーヒーを調製した際、湯温によるフラン濃度への影響は認められなかったが、機械式ではハンドドリップに比べ約 1~2 割程度フランの濃度が低くなった。これは、前者の方がコーヒー調製に要した時間が約 1 分 30 秒程度長く、その間にフランがより多く揮発したためではないかと考えられた。また、コーヒー粉量を 2 倍にしてコーヒーを淹れても、全ての淹れ方において、粉の量あたりのフラン濃度に有意差はなく、粉量の違いの影響は認められなかった。

今回調製したコーヒーの浸出液中の固形分を測定すると、コーヒー量が 2 倍になると固形分は 2 倍以上となったが、フラン濃度は 2 倍未満であった。これは、コーヒー量を増やした場合は調製(抽出時間)が長くなり、粉から抽出される固形分は理論計算値より高くなるが、上述の結果と同様にフランが揮発したためフラン濃度はコーヒーの固形分に相応して増加しなかったのではないかと推測された。

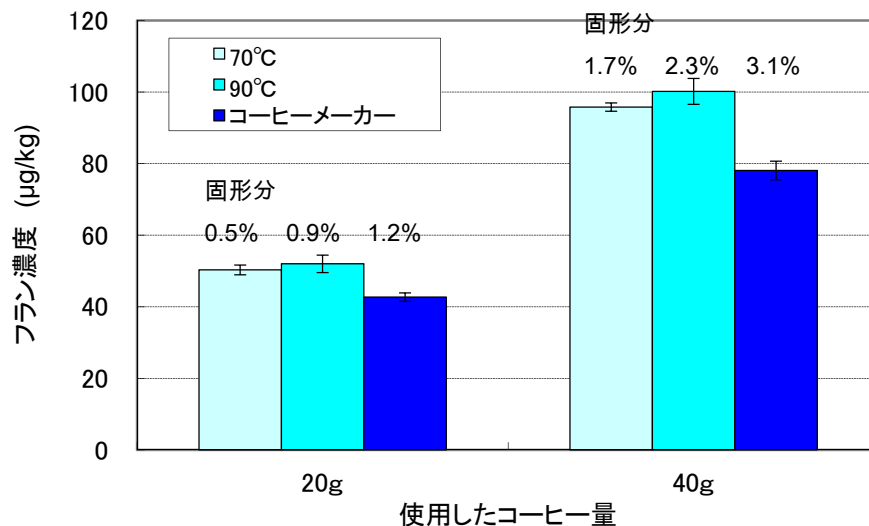


図 88 レギュラーコーヒー 淹れ方・濃さ別浸出液調製試験  
(縦軸：フラン濃度)

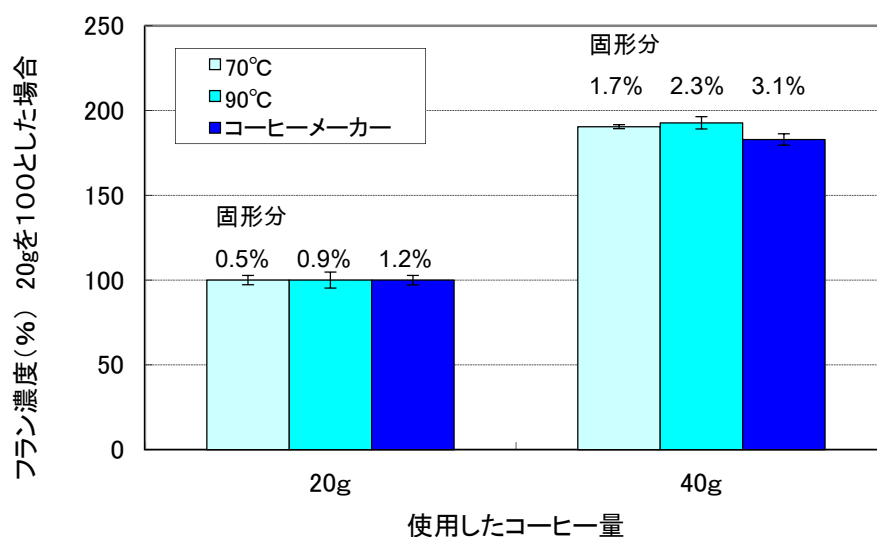


図 89 レギュラーコーヒー 淹れ方・濃さ別浸出液調製試験  
(縦軸：フラン増減%)

### 3) 成果の内容

1. 缶コーヒーでは、加温・冷却、保存期間の長短及び開封による大幅なフラン濃度への影響は確認できなかった。
2. インスタントコーヒーでは、製品形状(スプレードライ、フリーズドライ)及び調製時の湯温による大幅なフラン濃度への影響は確認できなかった。
3. レギュラーコーヒーでは、袋を開封した場合の長期間(～12 週)保存で豆、粉共にフラン濃度は大きく減少することが分かった。
4. レギュラーコーヒー粉を開封し、別容器に移して長期間(～12 週)保存するとフラン濃度は大きく減少し、減少率は概ね室温、冷蔵、冷凍の順で高いことが確認でき

た。

5. レギュラーコーヒー浸出時の湯温は、浸出液中のフランの濃度に大きく影響し、高温の湯で浸出すると、フラン濃度が低下することが確認された。

#### 4)小課題名「ベビーフード」

##### 1)平成23年度までの研究実績概要

ベビーフードを用いたモデル化試験

##### ①開封後室温放置及び攪拌試験

ベビーフードの開封後放置及び攪拌によるフラン濃度への影響を調べた。

試料

市販のベビーフード3種類（瓶詰、レトルトパウチ、カップ容器）

試験法

各試料を開封後室温で攪拌等を行わずに、そのまま20分間放置した。

さらに、レトルトパウチを開封後ビーカー(300ml)に移して、1分間スパーテルで攪拌したもの及び、瓶詰を開封後その瓶に入った状態で1分間スパーテルで攪拌したものを調製した。

測定水準

瓶詰、レトルトパウチ及びカップ容器を開封後20分間放置して分析。

瓶詰、レトルトパウチを開封後1分間攪拌して分析。

繰り返し3回

結果

開封後20分間放置及び1分間攪拌ともにフラン濃度が有意に減少したが、放置(フラン濃度9～33%減)より1分間の攪拌(フラン濃度17～48%減)の方が低減割合は高かった。

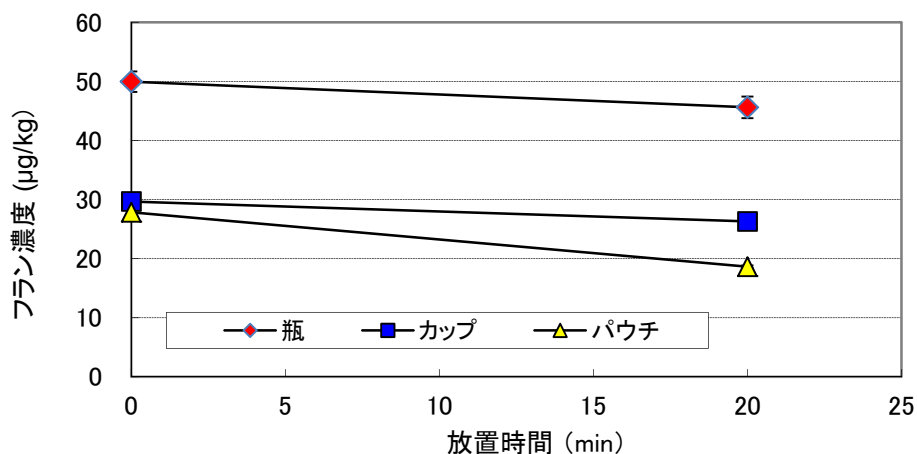


図 90 ベビーフード 開封後室温放置試験  
(縦軸：フラン濃度)

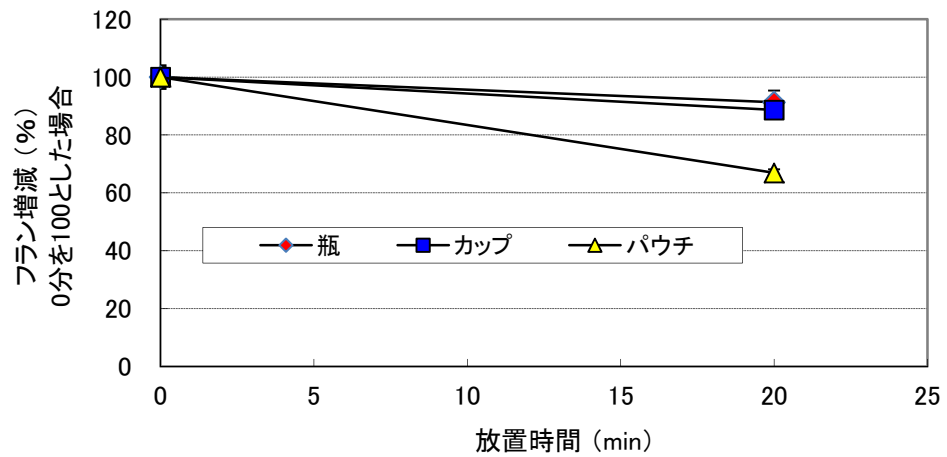


図 91 ベビーフード 開封後室温放置試験  
(縦軸：フラン増減%)

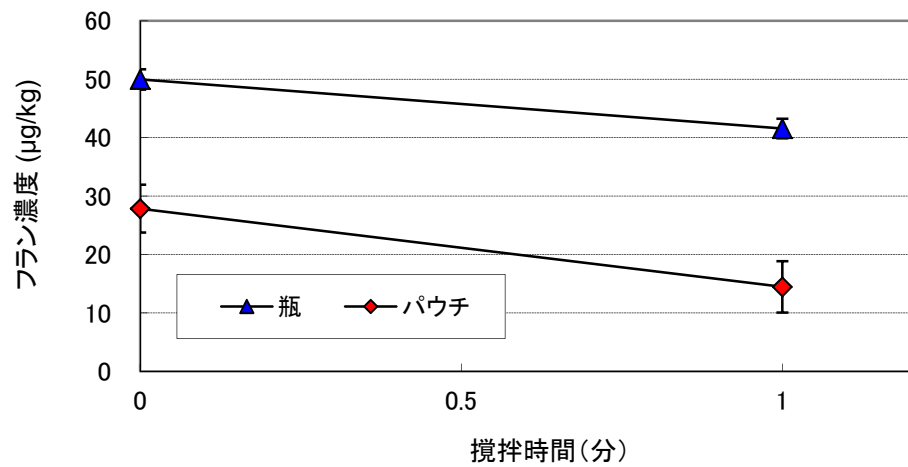


図 92 ベビーフード 開封後撹拌試験  
(縦軸：フラン濃度)

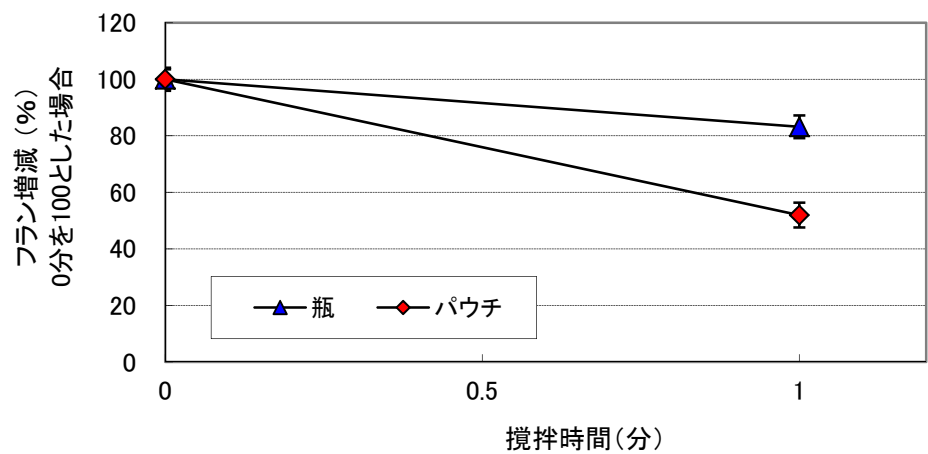


図 93 ベビーフード 開封後撹拌試験  
(縦軸：フラン増減%)

## ②加熱試験

ベビーフードを温めて喫食する場面を想定し、電子レンジ及び湯煎での加熱及び加熱後の攪拌によってフラン濃度に影響するかを調査した。

### 試料

市販のベビーフード3種類（瓶詰、レトルトパウチ、カップ容器）

### 試験法

試料を300ml ビーカーに移し、ラップをして電子レンジ（500W）で15秒、30秒及び45秒加熱した。また、ラップをして電子レンジ（500W）で45秒加熱した後に、中心温度が30秒（標準加熱時間）加熱したのと同じ温度に下がるまで室温で15～19分放置したものも調製した。

さらに、パウチタイプについては、ラップをして電子レンジ（500W）で30秒加熱後葉さじを用いて1分攪拌したもの、沸騰させた水で1.5分（標準加熱時間1～2分）湯煎したもの（攪拌なし）及び湯煎後に300ml ビーカーにパウチの中身を移し葉さじを用いて1分攪拌したものも調製した。

### 測定水準

電子レンジで15秒、30秒（標準加熱時間）加熱、45秒加熱後放冷した各試料を分析。

さらに、パウチタイプについて、1.5分湯煎した試料（攪拌なし）、電子レンジで30秒加熱後又は1.5分湯煎した後それぞれ1分攪拌した試料を分析。

繰り返し3回

### 結果

各製品を電子レンジ加熱した試験では、30秒までの加熱時間によるフラン濃度への有意な影響は確認できなかった。ベビーフードは、通常、高温にならないように加熱するため、試料の中心部の温度は40℃前後であり、フラン濃度に与える影響が小さいと推察される。

レトルトパウチ製品では、標準加熱時間の湯煎加熱により、フラン濃度は未加熱時と比較して有意に低下した。これは中心部温度が67℃と電子レンジ加熱と比較して高かったことに起因すると推察された。

レトルトパウチ製品では、加熱後の攪拌により、加熱直後の試料と比較して、フラン濃度が有意に減少した（40～51%減）。また、未加熱の状態で攪拌した場合と比較しても、フラン濃度は有意に低かった。湯煎加熱後に攪拌した試料で9ppbと最もフラン濃度が低くなったが、1分30秒の攪拌後も試料温度は60℃を超えており、乳幼児の喫食には適さない条件であり、実際には適温まで攪拌又は放冷等を繰り返し、冷却する必要がある。そのため、湯煎加熱した試料に含まれるフラン濃度は、乳幼児の実際の喫食時にはさらに低濃度になると推察された。

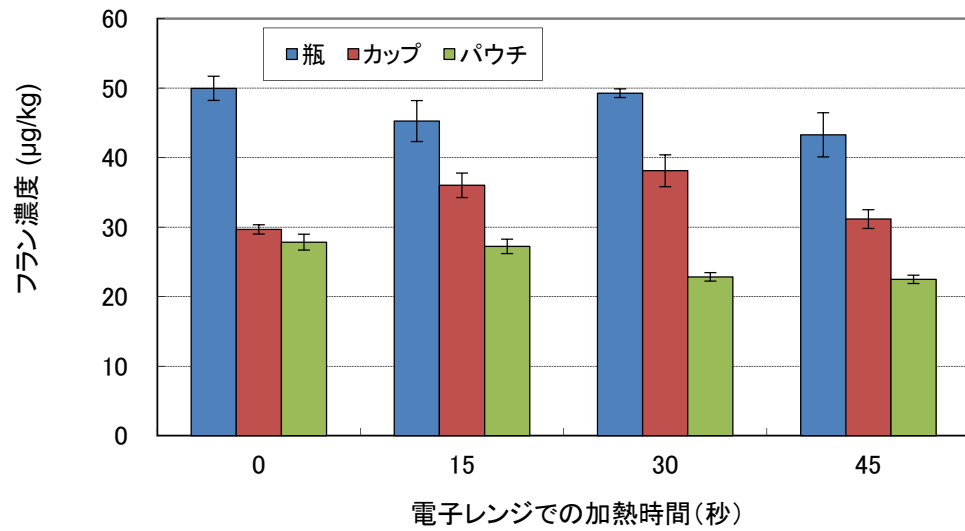


図 94 ベビーフード 加熱試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

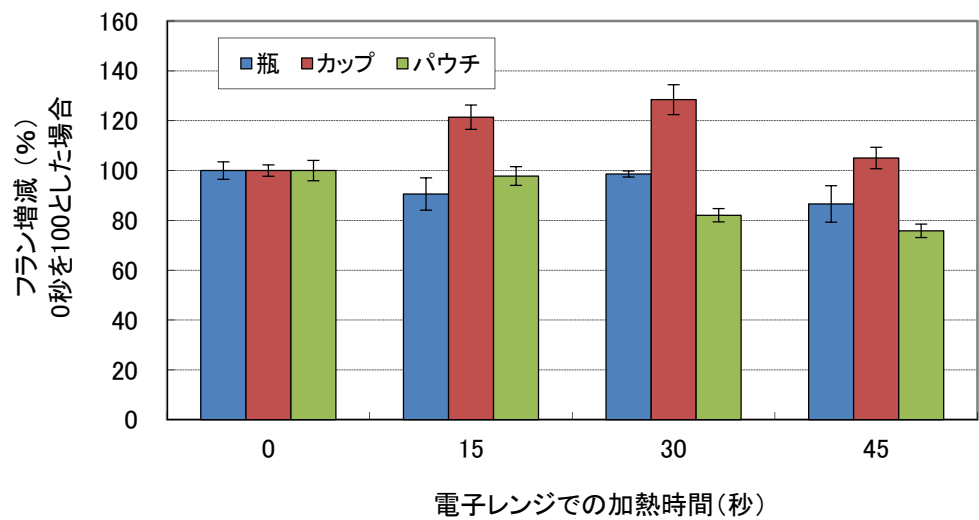


図 95 ベビーフード 加熱試験結果  
(縦軸：フラン増減%)

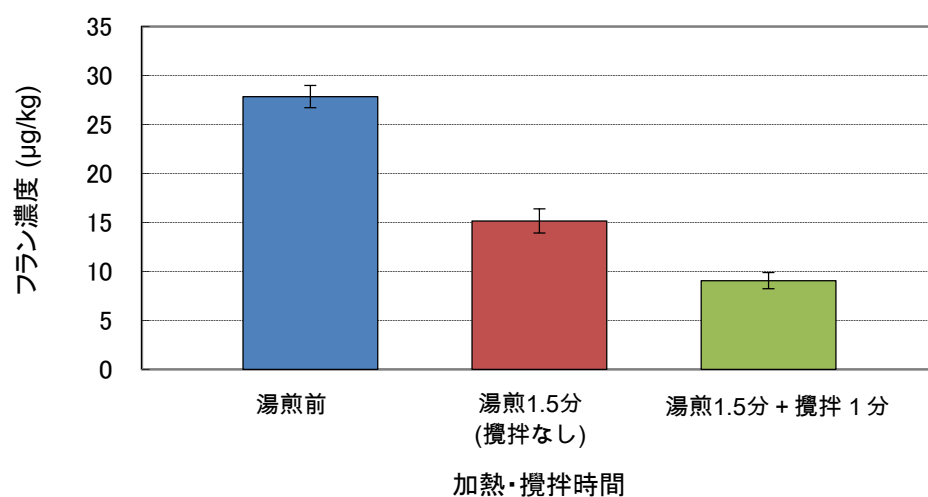


図 96 ベビーフード 加熱試験結果～パウチタイプ～湯煎  
(縦軸：フラン濃度)

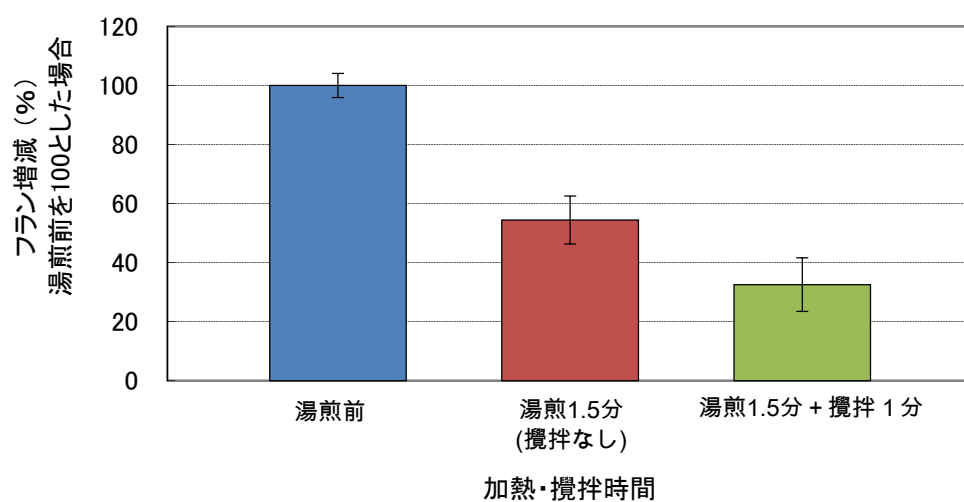


図 97 ベビーフード 加熱試験結果～パウチタイプ～湯煎  
(縦軸：フラン増減%)

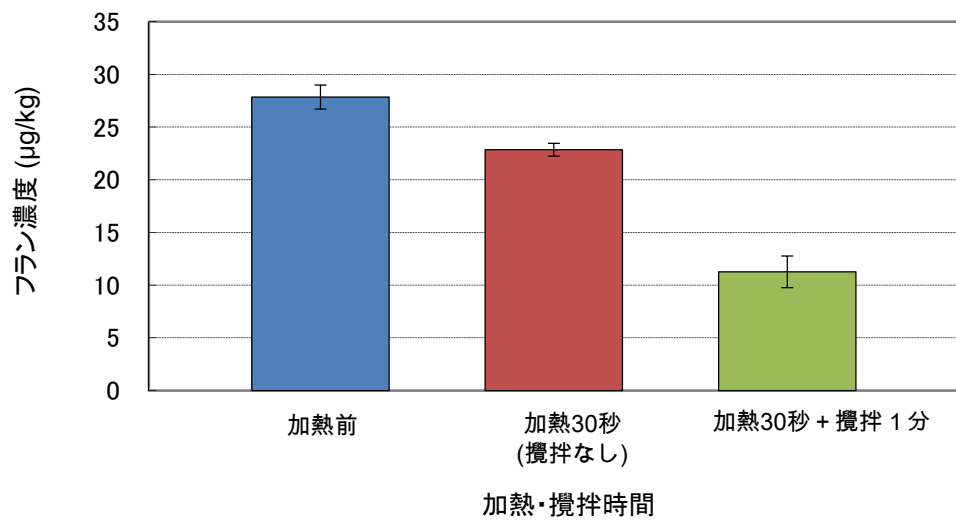


図 98 ベビーフード 加熱試験結果～パウチタイプ～電子レンジ  
(縦軸：フラン濃度)

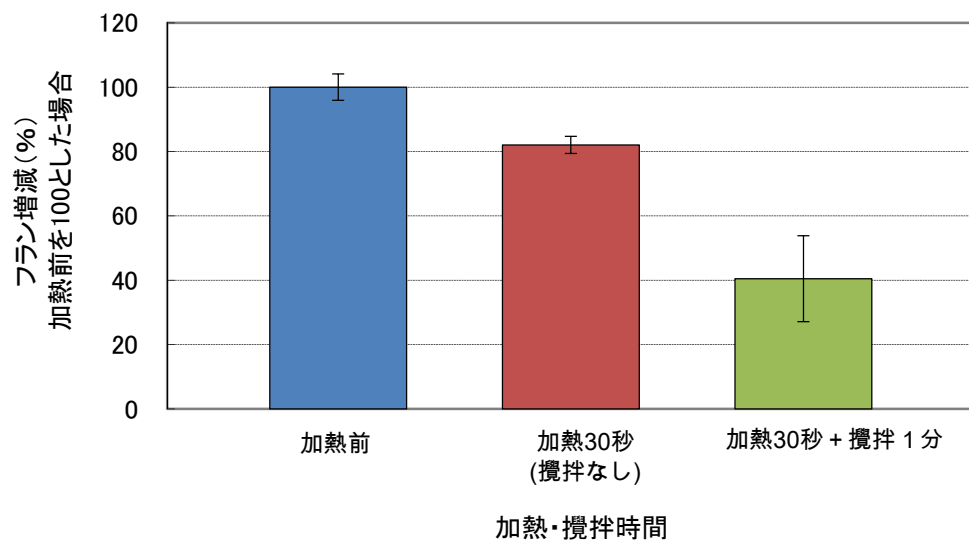


図 99 ベビーフード 加熱試験～パウチタイプ～電子レンジ  
(縦軸：フラン増減%)

## 2)平成24年度における研究実績概要

### ベビーフードを用いたモデル化試験

#### ① 製品形態別加熱攪拌冷却試験

23年度のレトルトパウチのモデル試験の結果、ベビーフードを加熱した後1分間攪拌した場合（ただしこの状態では喫食するには高い温度）に、フラン濃度が低下する可能性が示唆された。そこで本年度はベビーフードについて、製品のインストラクション（加熱後はかきまぜ、温度を確認してからあげる）に従い、加熱後約40℃以下（喫食可能と考えられる温度）になるまで攪拌・冷却した場合に、フラン濃度が減少する程度を複数の形態の製品を用いて電子レンジ加熱後攪拌冷却試験を行い検証した。

#### 試料

市販のベビーフード3種類（瓶詰、レトルトパウチ、カップ容器）

#### 試験法

試料の中身を300mlビーカーに移し、電子レンジ（500W）で標準加温時間（30秒）加熱した後、氷冷下で試料の中心温度が約35℃になるまで冷却した。攪拌せずそのまま放冷したものと、葉さじで攪拌しながら冷却したものを調製して試験した。

なお、放冷による冷却では試料の中心温度が約35℃まで低下するのに20分以上の時間を要したため、氷を用いて冷却した（氷冷した場合では、攪拌ありで約1分、攪拌なしで約2分半で、中心温度が約35℃まで低下）。

#### 測定水準

攪拌を行って冷却した試料、攪拌せずに冷却した試料  
繰り返し3回

#### 結果

本試験では、攪拌の有無及び試料の種類ともにフラン濃度に有意な差を与えた。

攪拌を行った場合、攪拌しなかった場合に比べて全ての製品でフラン濃度が低かった（23～39%）。また、加熱前の試料に比べ、攪拌なしの冷却でも16%フラン濃度が減少する製品があった（レトルトパウチ製品）。更に、製品の種類によるフラン濃度の減少率の有意差については、中身を別容器に移した試験であるため、製品の形態よりむしろ製品中身の種類（原材料や製造法）によるものと考えられた。

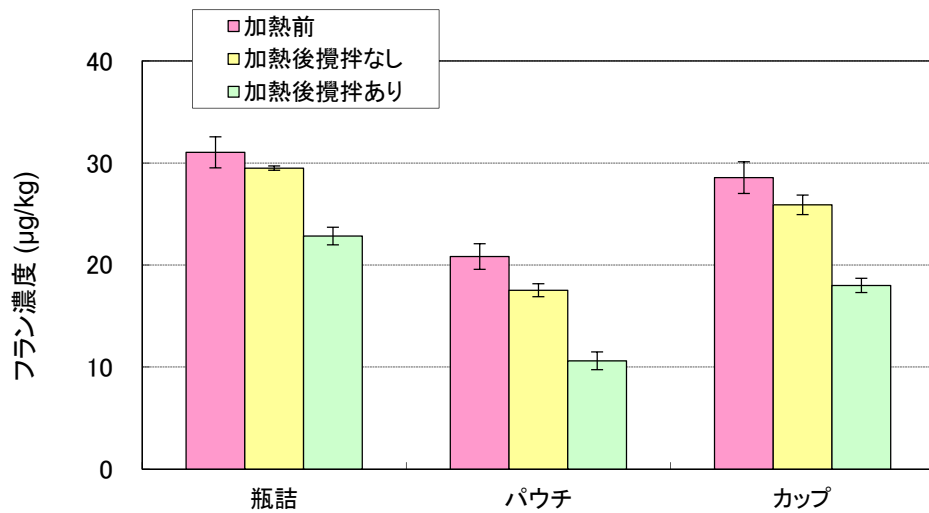


図 100 ベビーフード 製品形態別加熱攪拌冷却試験結果  
(縦軸：フラン濃度)

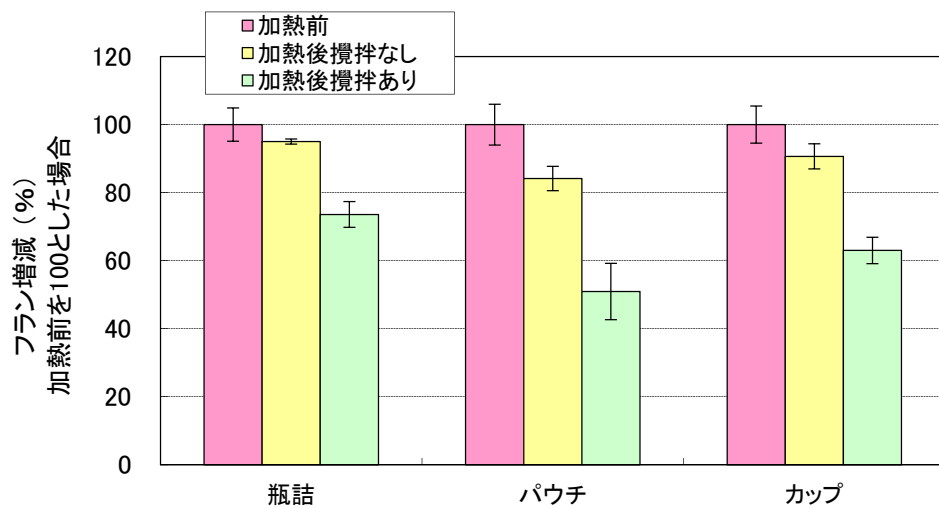


図 101 ベビーフード 製品形態別加熱攪拌冷却試験結果  
(縦軸：フラン増減%)

## ② 加熱方法別加熱攪拌冷却試験

23年度のレトルトパウチのモデル試験の結果、ベビーフードを加熱した後1分間攪拌した場合（ただしこの状態では喫食するには高い温度）に、フラン濃度が低下する可能性が示唆された。そこで24年度はベビーフードについて、製品のインストラクション（加熱後はかきまぜ、温度を確認してからあげる）に従って加熱後約40℃以下（喫食可能と考えられる温度）になるまで攪拌・冷却した場合に、フラン濃度がどれくらい減少するかを2つの加熱方法（電子レンジ、湯煎）を用いて試験を行い検証した。

### 試料

市販のベビーフード1種類（レトルトパウチ）

### 試験法

試料の中身を300ml ビーカーに移し、電子レンジで標準加熱時間（30秒）加熱した後、氷冷下で試料の中心温度が約35℃になるまで冷却した。冷却時には、攪拌せず放置したものと、薬さじで攪拌したものを調製した。

同様に未開封試料を、沸騰水を用いて湯煎で1分間加熱し、300ml ビーカーに移し氷冷により35℃まで冷却した。

なお放冷による冷却では20分以上の時間を要したため、氷冷手段を選択した。

### 測定水準

攪拌を行って冷却した試料、攪拌せずに冷却した試料

繰り返し3回

### 結果

本試験の結果、攪拌の有無及び加熱方法ともにフラン濃度に有意な差を与えた。

攪拌を行った場合、攪拌しなかった場合に比べて、電子レンジ加熱及び湯煎加熱ともフラン濃度が低かった（31～39%）。①及び②の結果を考慮すると、ベビーフードは、温めた後攪拌しながら冷ましてから食することで、フラン濃度を有意に減らすことが出来ると考えられた。

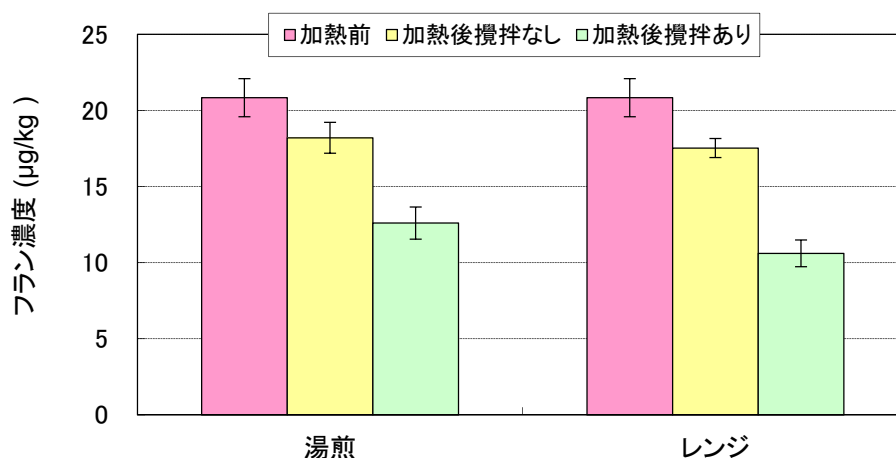


図 102 ベビーフード 加熱方法別加熱攪拌冷却試験  
(縦軸：フラン濃度)

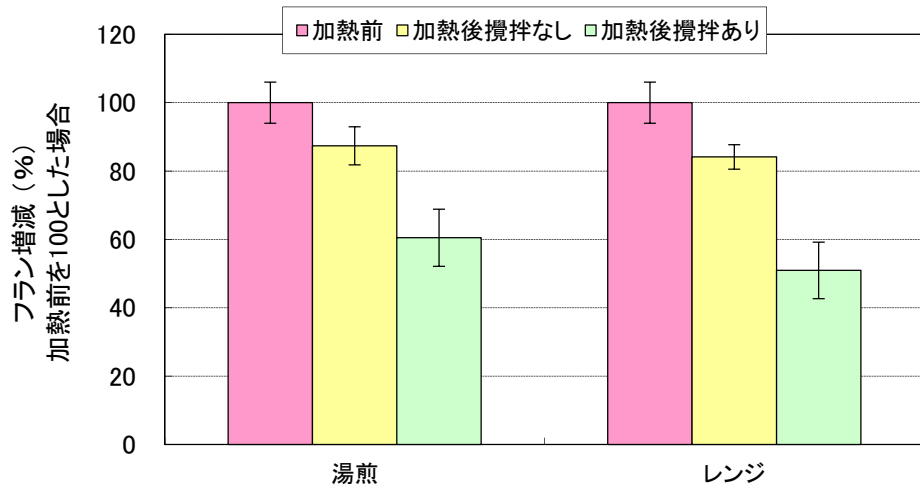


図 103 ベビーフード 加熱方法別加熱攪拌冷却試験  
(縦軸：フラン増減%)

### 3) 成果の内容

ベビーフードでは、今回使用した製品では、製品の形態・中身を問わず、加熱後に攪拌すると、フラン濃度が大きく減少することが確認された。なお、この効果は加熱後に乳児の喫食に適した温度（約 35℃）まで攪拌・冷却した場合でも確認された。

## V. 論文、特許等の実績及び推進会議開催状況等 別添のとおり。

別添

## これまでの論文、特許等の実績等

試験研究課題名	食品の加工・調理がフラン濃度に及ぼす影響の把握
---------	-------------------------

### 学術論文

タイトル、著者名、学会誌名、巻、ページ、発行年月	機関名
無	

### 口頭発表

タイトル、発表者名、学会等名、発表年月	機関名
無	

### 出版図書

区分:①出版著書、②雑誌、③年報、④広報誌、⑤その他

区分	著書名、(タイトル)、著者名、出版社名、発行年月	機関名
	無	

国内特許権等

特許権等の名称	発明者	権利者 (出願人等)	特許権等の種類	番号	出願年月日	取得年月日	機関名
無							

国際特許権等

特許権等の名称	発明者	権利者 (出願人等)	特許権等の種類	番号	出願年月日	取得年月日	機関名
無							