

食用油加熱時における低級アルデヒドの排出係数算出

岡田めぐみ・櫛島智恵子

【要 約】調理排気が大気環境に与える影響について、家庭の調理空間を再現し、市販食用油を加熱した際に発生する低級アルデヒドの排出実態を調査した。その結果、食用油の種類や使用量または加熱条件によって排出係数が異なり、180℃、10 分間加熱時の食用油単位使用量当たりのアセトアルデヒドの排出係数[$\mu\text{g/g}_{\text{oil}}$]は、A(菜種油)が 0.59~1.70、B(菜種油)が 0.68~2.50、C(こめ油)が 0.28~1.45 であることが分かった。

【キーワード】調理排気、アセトアルデヒド、揮発性有機化合物 (VOC)

【目 的】東京都における大気環境中の揮発性有機化合物 (VOC) 広域調査において、都内大気環境では低級アルデヒドの一種であるホルムアルデヒド、アセトアルデヒドのオゾン生成能が高く、光化学オキシダント生成に寄与することが示唆されている¹⁾。これらのアルデヒドは、加熱調理に伴い発生する調理排気に含まれる成分であり、国内の既往研究では市販食用油の加熱によって炭素数 1~5 個の低級アルデヒドが生成する報告²⁾があるが、調理排気が大気環境に与える影響は評価されていない。また、環境省による民生部門からの VOC 排出量推計調査においても食品から排出される VOC は対象外³⁾であり、調理時に生じる VOC 量は未把握である。そこで、本研究では捕集チャンバー内で家庭の調理空間を再現し、市販食用油を加熱した際に発生する低級アルデヒドの排出実態を調査し、単位使用量当たりの排出係数を算出することを目的とした。

【方 法】調査試料は消費期限内の市販の食用油 (菜種 (キャノーラ) 油 2 品、こめ油 2 品) を対象とした (表 1)。簡易ドラフトを用いた捕集チャンバー⁴⁾内で、フライ用鍋 (直径 16cm) に計量 (100g, 500g, 800g) した食用油を IH ヒーターにて一定温度 (120℃, 140℃, 160℃, 180℃) で 10 分間加熱した。発生したアルデヒド類は、排気流量 880L/min. のラインからミニポンプを用いて 0.5L/min. の流量でオゾンスクラバー一体型の BPE-DNPH カートリッジに捕集した (図 1)。捕集したアルデヒド類は、アセトニトリルで抽出後 LC-MS で定量した。

【結果の概要】食用油の調理排気から定量可能な低級アルデヒドは、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、アクロレイン、プロパナール、ペンタナールの 5 種であることが分かった。図 2 に揚げ物調理の高温条件である 180℃加熱時の食用油使用量に対する各アルデヒド排出量の関係を示した。これより、A, B の菜種油は C, D のこめ油に比べてアセトアルデヒド、プロパナールが多く排出される傾向がみられた。アクロレイン、ペンタナールは排出量が少なく、食用油ごとの明確な違いはみられなかった。

A(菜種油)について、使用量に対する各アルデヒド排出量の関係を加熱温度別に調べた結果、160℃または 180℃加熱時に、使用量の増加に従ってホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、プロパナールの排出量が増加し、近似曲線 $R^2 > 0.80$ の一次式を得ることができた (図 3, 図 4, 図 5)。同様の方法で、 $R^2 > 0.80$ の一次式を得られた条件について、各食用油単位使用量当たりの排出係数[$\mu\text{g/g}_{\text{oil}}$]を加熱温度別に算出した (表 2, 表 3, 表 4)。

以上の結果より、食用油の調理排気中に 5 種の低級アルデヒドが存在し、これらのアルデヒドの排出係数は食用油の種類や使用量または加熱温度によって異なり、1 試験で使用する食用油の重量が少なく加熱温度が高い条件では単位使用量当たりの排出係数が高くなる傾向がみられた。特に、都内大気環境で光化学オキシダント生成に寄与することが示唆されているアセトアルデヒドの排出係数[$\mu\text{g/g}_{\text{oil}}$]は、揚げ物調理の高温 (180℃) 加熱時に、A(菜種油)が 0.59~1.70、B(菜種油)が 0.68~2.50、C(こめ油)が 0.28~1.45 であることが分かった。なお、実際の調理では、①食用油の使用回数、②食材の種類や使用量、③調理器具の素材や大きさ、④排気流量、等によって排出係数が変動する可能性があることを考慮する必要がある。

【参考文献】1) 櫛島ら, 東京都環境科学研究所年報, 28-29 (2022)、2) Yasuhara, *et al.*, Journal of Chromatography A, Vol. 547, 291-298 (1991)、3) [拡張] 揮発性有機化合物 (VOC) 排出インベントリについて, 令和 7 年 3 月, 環境省、4) 田中ら, 分析化学, Vol. 61, No. 2, 77-86 (2012)

表 1. 調査対象

	菜種(キャノーラ)油		こめ油	
調査試料	A(菜種油)	B(菜種油)	C(こめ油)	D(こめ油)
容量(g)	900	1,000	800	1,350
消費期限	2026.4	2025.10	2026.3	2025.9

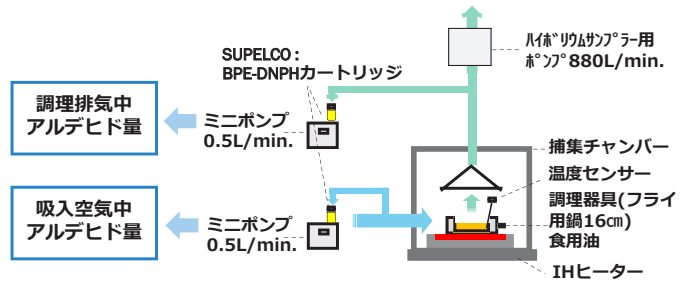
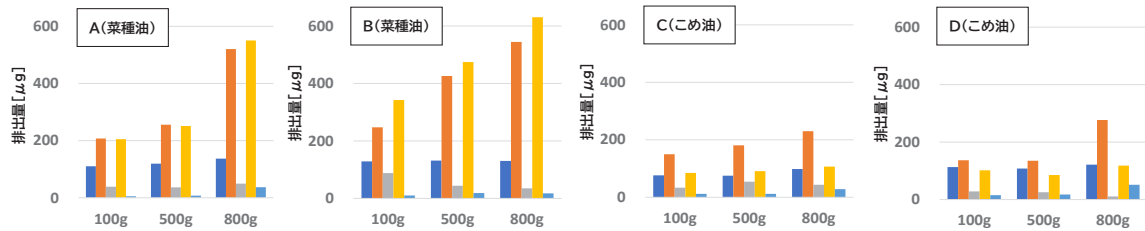


図 1. 食用油加熱時のアルデヒド類サンプリング方法



■ホルムアルデヒド ■アセトアルデヒド ■アクロレイン ■プロパナール ■ペンタナール

横軸:1試験当たりの食用油使用量[g] 縦軸:1試験当たりの各アルデヒド排出量[μg]

図 2. 食用油使用量に対する各アルデヒド排出量の関係(180℃, 10 分間加熱)

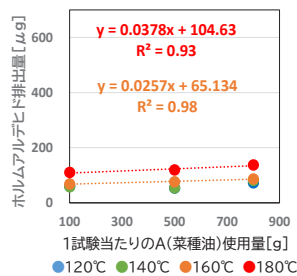


図 3. A(菜種油)使用量に対する加熱温度別ホルムアルデヒド排出量の関係

表 2. ホルムアルデヒド排出係数 [μg/g_{oil}]

	菜種(キャノーラ)油						こめ油					
調査試料	A(菜種油)			B(菜種油)			C(こめ油)			D(こめ油)		
油量[g _{oil}]	100	500	800	100	500	800	100	500	800	100	500	800
180℃	1.08	0.25	0.17									
160℃	0.68	0.16	0.11				0.57	0.15	0.11			
140℃										0.51	0.13	0.10
120℃												

表 3. アセトアルデヒド排出係数 [μg/g_{oil}]

	菜種(キャノーラ)油						こめ油					
調査試料	A(菜種油)			B(菜種油)			C(こめ油)			D(こめ油)		
油量[g _{oil}]	100	500	800	100	500	800	100	500	800	100	500	800
180℃	1.70	0.68	0.59	2.50	0.84	0.68	1.45	0.38	0.28			
160℃	0.32	0.25	0.25	0.96	0.36	0.31	0.49	0.18	0.15			
140℃				0.08	0.13	0.13	0.13	0.07	0.06		0.04	0.05
120℃					0.06	0.07						

表 4. プロパナール排出係数 [μg/g_{oil}]

	菜種(キャノーラ)油						こめ油					
調査試料	A(菜種油)			B(菜種油)			C(こめ油)			D(こめ油)		
油量[g _{oil}]	100	500	800	100	500	800	100	500	800	100	500	800
180℃				3.33	0.99	0.77	0.83	0.19	0.13			
160℃	0.85	0.38	0.33				0.37	0.12	0.10			
140℃										0.03	0.06	0.06
120℃				0.04	0.14	0.15						

表2,3,4:単位量当たりの排出係数は、近似曲線 $R^2 > 0.80$ の一次式が得られた項目のみ算出した。一次式が $R^2 \leq 0.80$ であり食用油使用量とアルデヒド排出量の間に関連性が見られない、またはアルデヒドが検出されない場合は灰色マス表記とした。

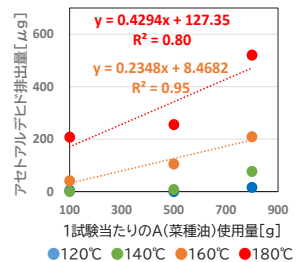


図 4. A(菜種油)使用量に対する加熱温度別アセトアルデヒド排出量の関係

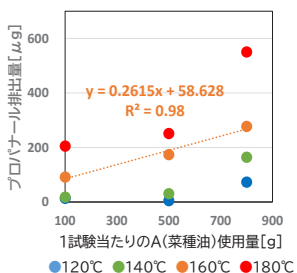


図 5. A(菜種油)使用量に対する加熱温度別プロパナール排出量の関係