

食品中のクロロプロパノール類の国際的な安全性評価と規制

平川 忠

Hirakawa Tadashi

日本食品添加物協会

1. はじめに

クロロプロパノール類とは、アルコールの一種であるプロパノール（炭素を3つ持つ直鎖アルコール）に塩素が結合した物質の総称で、食品に含まれる主なクロロプロパノール類は、3-クロロプロパン-1,2-ジオール（3-MCPD）と1,3-ジクロロ-2-プロパノール（1,3-DCP）である（図1）。

1970年代後半に、主に醤油などの調味料の原料として用いられている酸加水分解植物性タンパク（酸-HVP）に3-MCPDが含まれていることが報告され、脱脂加工大豆、小麦グルテン、コーングルテンなどの植物性タンパクに塩酸を加えて

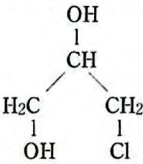
加熱し、タンパク質をアミノ酸に分解して、酸-HVPを製造する工程で副産物として3-MCPDや1,3-DCPが生成することが明らかにされた。

本稿では、食品中のクロロプロパノール類の安全性評価と規制をFAO/WHO合同食品添加物専門家会議（JECFA）及びコーデックス国際規格を中心として述べる。

2. 食品に含まれるクロロプロパノール類

前述したように、3-MCPDを含む食品は、主として酸-HVPを原材料に使用している食品で、混合醸造方式や混合方式で製造された醤油、麺つゆ、たれ、ソース類、漬物の調味液が挙げられる。な

1) 3-クロロプロパン-1,2-ジオール (3-MCPD)



2) 1,3-ジクロロ-2-プロパノール (1,3-DCP)

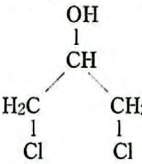


図1 食品中のクロロプロパノール類

表1 醤油中のクロロプロパノール類の濃度

	食品	分析点数 (検出数)	最小値 (mg/kg)	最大値 (mg/kg)	平均値 (mg/kg)
3-MCPD (2004年)	本醸造方式の醤油	104 (11)	0.004未満	0.008	0.003 (注)
	混合醸造方式 又は混合方式 の醤油	120 (119)	0.004	7.8	0.21
1,3-DCP (2005年)	混合醸造方式 又は混合方式 の醤油	40 (7)	0.004未満	0.022	0.003 (注)

(注) 平均値は、検出限界未満の濃度を検出限界 (0.002mg/kg) とし、検出限界以上定量限界未満の濃度を定量限界 (0.004mg/kg) として算出。 (食品安全委員会ホームページより)

お、わが国の醤油生産量の8割以上を占める本醸造方式で製造された醤油は、酸- HVPを原材料に使用していないので本醸造醤油には3-MPCDは含まれていないか、まれに含まれていたとしても極めて微量である（表1）。

食品中の3-MCPD濃度は、2006年のコーデックス委員会食品添加物・汚染物質部会に提出されたEUにおける調査結果等を基にした表で以下に示した（表2）。

この中でも醤油及び醤油製品が高濃度の3-MCPDを含み、酸- HVPを原材料に使用した即席麺や即席麺スープにも3-MCPDが高濃度に検出された。また、チーズ、穀類加工品、肉・魚の加工品等の一般的に酸- HVPを原材料に使用していない食品からも3-MCPDが検出されている。

1, 3-DCPについては、3-MCPDと同様に酸- HVPを含む食品から検出されている。しかし、豪州・ニュージーランドが畜肉製品を対象に実施した調査によると、酸- HVPを含まないと考えられる牛挽肉、ハム、ソーセージ類から1, 3-DCPが検出されたとの報告があり、酸- HVP製造時の副生物としてのクロロプロパノール類以外にも食品中

に3-MCPD等が生成される原因があると考えられている。

3. JECFAによるクロロプロパノール類の安全性評価

1993年の第41回JECFAではじめて、3-MCPD及び1, 3-DCPが安全性評価された。当時の科学的知見を基にした結論は、いずれの物質も酸- HVP製造時に生成される好ましからざる汚染物質として見なされ、可能な限り低減化することが望ましいとされた。

その後に集積した新たな知見を基に、第57回JECFA (2001年)で再評価が行われた。ラットにおける3-MCPDの反復経口投与による主な標的臓器は腎臓で、慢性毒性試験及び発がん性併合試験において腎臓尿管過形成が最低用量（1.1mg/kg体重/日）では有意差は見られなかったが、用量相関的に過形成が増加したことから、最小作用量（LOEL）を1.1mg/kg体重/日とした。また、3-MCPDは*in vitro*の遺伝毒性試験では陽性をしめすものの、*in vivo*の遺伝毒性は認められないことから閾値の設定は可能と結論し、暫定最大一日耐容摂取量（PMTDI）を2μg/kg体重/日とした。

表2 食品中の3-MCPD濃度

	食品	分析点数 (検出数)	最小値 (mg/kg)	最大値 (mg/kg)
一般的に酸- HVPが原材料に使用される食品	即席麺（スープを除く）	157 (52)	0.011	300
	即席麺スープ	185 (143)	0.01	5.3
	スープ	87 (47)	0.002	0.20
	醤油、醤油製品	3,368 (1,169)	0.001	1,779
一般に酸- HVPが使用されない食品	チーズ	123 (12)	0.02	0.1
	パン、ロールパン	957 (533)	0.001	0.57
	クラッカー	169 (115)	0.01	0.26
	焼いた穀類加工品	59 (40)	0.011	0.11
	ドーナツ、スコーン、マフィン	98 (44)	0.01	0.11
	ケーキ、クッキー、パイ	107 (33)	0.003	0.21
	ビスケット	460 (196)	0.01	0.28
	生肉	106 (19)	0.006	1.9
	加工肉	130 (47)	0.003	0.10
	畜肉くん製	34 (30)	0.009	0.13
	サラミ	27 (16)	0.011	29
	挽き肉	176 (72)	0.003	1.8
	栄養補助食品、ベビーフード	33 (14)	0.01	0.41
	コーヒー、茶類	58 (27)	0.01	0.38
	ビール、麦芽飲料	104 (8)	0.003	0.02
	調理食品	134 (57)	0.004	0.11

（農林水産省ホームページより）

また、第67回会議（2006年）における暴露評価では、一般の人々における食品からの3-MCPD摂取量は $0.7\mu\text{g/kg}$ 体重／日、高摂取者では $2.3\mu\text{g/kg}$ 体重／日と推定され、各国の一般の人々の推定暴露量はPMTDIの1～35％に、高摂取者の推定暴露量はPMTDIの3～85％となり、子供の場合は最大で115％になるとされた。醤油の中には3-MCPDを高濃度に含むものがあり、そのような製品を定期的に摂取することによりPMTDIを超える可能性があるとして指摘している。そのため、酸-HVPを含む醤油における3-MCPD濃度の低減を図ることにより、高摂取者の摂取量の低減が可能であると結論している。

一方、1,3-DCPについては、ラットにおいて肝毒性が認められ、発がん性試験では腎臓、肝臓などのさまざまな組織に腫瘍を誘発し、遺伝毒性も認められることから耐容摂取量を設定することは適当でないと結論した。第67回会議での再評価において、発がんの用量反応モデルから各器官に腫瘍発生が対照群と比較して10％増加するベンチマーク用量信頼下限値を計算し、その中で最も小さい値である 3.3mg/kg 体重／日を用いて推定摂取量から暴露マージン（MOE）を算出した。高摂取群における推定摂取量（ $0.136\mu\text{g/kg}$ 体重／日）を基に計算したMOEでも24,000と十分に大きいことから、JECFAでは人の健康への懸念は低いと結論している。

4. コーデックス委員会等による食品中のクロロプロパノール類の規制

英国の統計によると、酸-HVP及び醤油に含まれる3-MCPDの量は1990年、1992年及び1998年と大幅な減少傾向を示している（図2）。

コーデックス委員会は、これまでのJECFAにおける食品中のクロロプロパノール類の安全性評価の検討結果を参照して、2008年の第31回総会で以下の2点について採択した。

- 1) 酸-HVPを含む醤油製品における3-MCPDの最大残留基準値を 0.4mg/kg とする。
- 2) 酸-HVPやそれを原料とする製品の製造過程で3-MCPDを低減するための実施規範を採択した。実施規範によると、3-MCPDを低減するための重要な段階として次の3つ

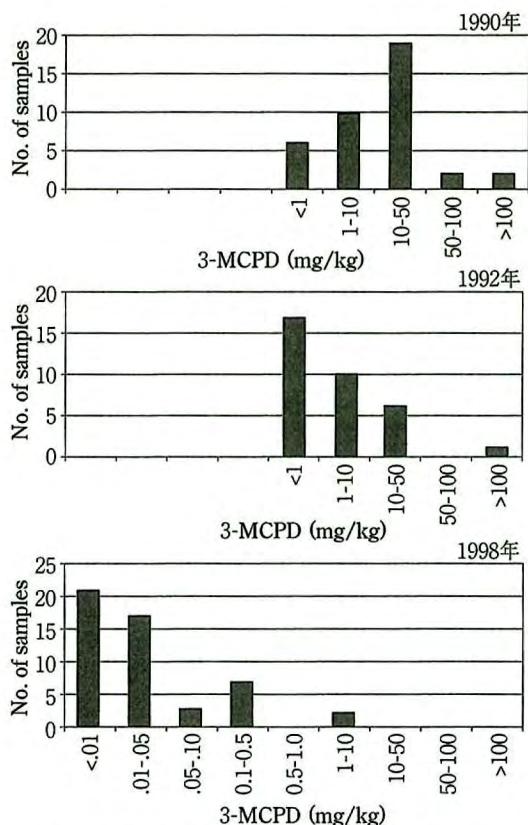


図2 英国における酸-HVP製品中の3-MCPD濃度分布の年代による変遷（JECFAホームページより）

のポイントを挙げている。①植物性タンパクを塩酸で分解するときの温度と時間、②酸加水分解物をアルカリで中和する温度と時間、及び③加水分解に使用する酸を塩酸から硫酸に代替することである。これらのポイントを上手に工夫することにより、酸-HVPの風味を損なうことなく3-MPCDの大きな低減化を図ることができるとされている。

一方、EUは2001年に3-MCPDの安全性評価を独自に行い、酸-HVPと醤油中の3-MCPDの残留値の上限を 0.02mg/kg と設定した。また、諸外国の食品中のクロロプロパノール類の公的な又は自主的な基準値を表3に示した。

5. わが国における対応

わが国のリスク管理機関である農林水産省の実態調査によると、①日本の醤油の約8割をしめる本醸造方式の醤油にはクロロプロパノール類が含まれていないこと、②アミノ酸液（酸-HVP）及

表3 海外における食品中のクロロプロパノール類の公的又は自主的な基準値

	3-MCPDの基準値 (mg/kg)			1, 3-DCPの基準値 (mg/kg)	
	酸- HVP	醤油	その他の食品	酸- HVP	その他の食品
豪州及び ニュージーランド		0.2 (40% 乾物ベース)	0.2 (40% 乾物ベース)		0.005 (40% 乾物ベース)
カナダ (暫定基準)		1.0	1.0		
EU	0.02	0.02			
米国 (業界 自主基準)	1 (乾物ベース)		1 (液体ベース)	0.05	
タイ			1		
台湾		0.4			

(食品安全委員会ホームページより)

びアミノ酸液を含む醤油にはクロロプロパノール類が含まれているが、その大部分は低濃度であること、③アルカリ処理されたアミノ酸液では、アルカリ処理していないものに比較してクロロプロパノール類の濃度が大幅に低い傾向にあることが報告されている。このため、醤油関連業界に対し、アミノ酸液の製造工程へのアルカリ処理の導入、アルカリ処理が施されたアミノ酸液の購入・使用等、クロロプロパノール類の低減対策に取り組むように指導している。

また、厚生労働省では、2008年度（平成20年度）に実施した「輸入食品中の化学物質に関する緊急調査」において、3-MCPDを調査し、その結果を公表している。

一方、食品安全委員会が2007年度（平成19年度）に実施した調査によると、日本人の3-MCPDの摂取量は、平均摂取群では $0.002 \sim 0.006 \mu\text{g}/\text{kg}$ 体重/日、高摂取群では $0.078 \mu\text{g}/\text{kg}$ 体重/日と推定されており、これらの摂取量は、JECFAが設定した3-MCPDのPMTDI $2 \mu\text{g}/\text{kg}$ 体重/日を大きく下回っており、日本人における食品中のクロロプロパノール類による健康への懸念は低いとされている。また、1, 3-DCPについては、高摂取群における摂取量は $0.005 \mu\text{g}/\text{kg}$ 体重/日と推定され、JECFAが評価した際に用いた高摂取群における推定摂取量 $0.136 \mu\text{g}/\text{kg}$ 体重/日と比較して27分の1であり、JECFAの評価を踏まえると日本人における1, 3-DCPの健康への懸念は低いとされている。

6. おわりに

食品中に含まれるクロロプロパノール類につい

ては、コーデックス委員会をはじめとして、海外の多くの国でも安全性評価及び規制が行われている。なかでも、英国及びEUの規制は、コーデックスの規制と比較するとかなり厳しいものであるが、推定摂取量による健康影響評価についてはJECFAの評価とほぼ同等である。

また、コーデックス委員会の「酸- HVPやそれを原料とする製品の製造過程で3-MCPDを低減するための実施規範」を遵守することにより、酸- HVPやそれを原料とする製品中のクロロプロパノール類の含量を大幅に低減化できることが示されており、現段階では、クロロプロパノール類による健康への懸念が増加することはないものと考えられる。

しかし、1993年にJECFAで最初に評価されたときの結論を忘れることなく、食品中に含まれるクロロプロパノール類の量を可能な限り低減化する精神を持続することが重要だと考える。



ひらかわ・ただし

日本食品添加物協会常務理事

1979年 東京大学大学院薬学系研究科
博士課程修了

1979年 米国国立がん研究所ポスドク

1982年 東京都老人総合研究所客員研
究員

1985年 味の素(株) 中央研究所

1995年 経済協力開発機構(OECD) 科学技術産業局

1998年 味の素(株) 品質保証部

2005年 日本食品添加物協会