

付表 5.5. 小麦試料の加工調理における各供試試料の生成重量
(ホスファミドン処理)

試験場所 区画	NSW01 Plot 2	NSW01 Plot 3	NSW02 Plot 2	NSW02 Plot 3
試料名	(g)			
玄麦	5230	4523	5309	5326
60%製粉	2949	2617	3058	3044
末粉	570	468	541	554
大ふすま	856	786	1046	1030
小ふすま	540	491	452	446
玄麦	497	484	486	489
60%製粉	280	280	280	280
食パン	478	478	463	462
玄麦	280	280	280	280
食パン(全粒粉)	451	445	442	442
玄麦	355	346	347	350
60%製粉	200	200	200	200
うどん玉	298	298	298	298
玄麦	355	346	347	350
60%製粉	200	200	200	200
中華麺玉	284	283	283	283

付表 5.6. 米試料の加工調理における各供試試料の生成重量

(ジメトエート, メチルパラチオン, フェニトロチオン, カルバリル処理)

試験場所 区画	AR01	AR01	AR01	AR01
	Plot 2 (1X)	Plot 3 (5X)	Plot 4 (1X)	Plot 5 (5X)
試料名	(g or mL [*])			
粳米	1506	1510	1500	1501
玄米	1188	1195	1172	1166
粳	327	298	295	305
玄米	540	540	540	540
白米	485	487	488	482
糠	52.4	51.0	50.3	55.6
玄米	300	300	300	300
水洗玄米	333	331	337	339
玄米とぎ汁	1320 [*]	1320 [*]	1300 [*]	1300 [*]
玄米	162	163	160	159
水洗玄米	180	180	180	180
炊飯玄米	409	401	407	406
白米	300	300	300	300
水洗白米	336	337	335	335
白米とぎ汁	1320 [*]	1300 [*]	1300 [*]	1300 [*]
白米	161	160	161	161
水洗白米	180	180	180	180
炊飯白米	342	340	341	337

付表 5.7. 大豆試料の加工調理における各供試試料の生成重量

(ジメトエート, メチルパラチオン, フェニトロチオン処理)

試験場所 区画	IA01	IA01
	Plot 14 (5X)	Plot 15 (1X)
試料名	(g or mL [*])	
乾燥大豆	200	200
水浸漬大豆	445	455
浸漬水	740 [*]	740 [*]
乾燥大豆	130	127
水浸漬大豆	290	290
おから	269	292
豆乳	860 [*]	830 [*]
乾燥大豆	106	108
水浸漬大豆	236	245
豆乳	700	700
豆腐	236	228
非凝固液	430 [*]	438 [*]

付表 5.8. 小麦試料の加工調理における各供試試料の生成重量
(ジメエート, メチルパラチオン, フェニトロチオン処理)

試験場所 区画	ND01	ND01
	Plot 9 (5X)	Plot 10 (1X)
試料名	(g)	
玄麦	5204	5205
60%製粉	2925	2932
末粉	494	493
大ふすま	968	960
小ふすま	488	502
玄麦	497	497
60%製粉	280	280
食パン	471	470
玄麦	280	280
食パン(全粒粉)	434	433
玄麦	355	355
60%製粉	200	200
うどん玉	300	301
玄麦	355	355
60%製粉	200	200
中華麺玉	286	287

付表 5.9. 米試料の加工調理における各供試試料の生成重量
(ジクワット処理)

試験場所 区画	AR01	AR01
	Plot 2 (1X)	Plot 3 (5X)
試料名	(g or mL*)	
籾米	1500	1500
玄米	1189	1199
粳	290	289
玄米	540	540
白米	483	476
糠	56	62
玄米	300	300
水洗玄米	333	331
玄米とぎ汁	1320 *	1320 *
玄米	162	163
水洗玄米	180	180
炊飯玄米	409	401
白米	300	300
水洗白米	336	337
白米とぎ汁	1320 *	1300 *
白米	161	160
水洗白米	180	180
炊飯白米	342	340

付表 5.10. 大豆試料の加工調理における各供試試料の生成重量
(ジクワット, パラコート処理)

試験場所 区画	IA01	IA01	IA01	IA01	IA01	IA01
	Plot 12 (1X)	Plot 13 (5X)	Plot 20 (1X)	Plot 21 (1X)	Plot 22 (5X)	Plot 23 (5X)
試料名	(g or mL*)					
乾燥大豆	200	200	200	200	200	200
水浸漬大豆	459	460	443	443	441	447
浸漬水	740 *	740 *	750 *	740 *	750 *	740 *
乾燥大豆	126	126	131	131	132	130
水浸漬大豆	290	290	290	290	290	290
おから	246	257	281	286	286	270
豆乳	860 *	850 *	850 *	840 *	850 *	840 *
乾燥大豆	103	104	108	109	108	108
水浸漬大豆	236	239	239	242	239	242
豆乳	700	700	700	700	700	700
豆腐	269	250	241	230	228	262
非凝固液	420 *	435 *	450 *	460 *	460 *	435 *

付表 5.11. 小麦試料の加工調理における各供試試料の生成重量
(ジクワット処理)

試験場所 区画	ND01	ND01
	Plot 7 (1X)	Plot 8 (5X)
試料名	(g)	
玄麦	5211	5211
60%製粉	2967	2971
末粉	578	586
大ふすま	929	910
小ふすま	471	485
玄麦	492	492
60%製粉	280	280
食パン	470	474
玄麦	280	280
食パン(全粒粉)	441	442
玄麦	351	351
60%製粉	200	200
うどん玉	298	298
玄麦	351	351
60%製粉	200	200
中華麺玉	284	284

付表 5.12. 米試料の加工調理における各供試試料の生成重量
(カルボフラン)

試験場所 区画	AR01	AR01	CA01	CA01
	Plot 2 (5X)	Plot 3 (1X)	Plot 5 (5X)	Plot 6 (1X)
試料名	(g or mL*)			
玄米	540	-	540	-
白米	479	-	485	-
糠	61.6	-	53.4	-
玄米	300	-	300	-
水洗玄米	334	-	370	-
玄米とぎ汁	1320 *	- *	1320 *	- *
玄米	162	-	146	-
水洗玄米	180	-	180	-
炊飯玄米	401	-	401	-
白米	300	-	300	-
水洗白米	332	-	314	-
白米とぎ汁	1320 *	- *	1310 *	- *
白米	163	-	172	-
水洗白米	180	-	180	-
炊飯白米	335	-	340	-

付表 5.13. 大豆試料の加工調理における各供試試料の生成重量
(カルボフラン)

試験場所 区画	AR02	AR02	IA01	IA01
	Plot 14 (1X)	Plot 15 (5X)	Plot 17 (1X)	Plot 18 (5X)
試料名	(g or mL*)			
乾燥大豆	200	200	200	200
水浸漬大豆	475	475	429	430
浸漬水	720 *	710 *	780 *	760 *
乾燥大豆	122	122	135	135
水浸漬大豆	290	290	290	290
おから	289	276	310	304
豆乳	840 *	870 *	830 *	830 *
乾燥大豆	102	98	114	114
水浸漬大豆	242	233	245	245
豆乳	700	700	700	700
豆腐	220	214	200	243
非凝固液	460 *	450 *	470 *	440 *

付表 5.14. 小麦試料の加工調理における各供試試料の生成重量
(カルボフラン)

試験場所 区画	ND01	ND01	MO01	MO01
	Plot 8 (5X)	Plot 9 (1X)	Plot 11 (5X)	Plot 12 (1X)
試料名	(g)		(g)	
玄麦	5150	5087	5159	5112
60%製粉	2993	2992	2956	2904
末粉	202	272	309	457
大ふすま	1008	974	1266	1168
小ふすま	785	749	396	311
玄麦	482	476	489	493
60%製粉	280	280	280	280
食パン	470	465	465	463
玄麦	280	280	280	280
食パン(全粒粉)	438	442	444	448
玄麦	344	340	349	352
60%製粉	200	200	200	200
うどん	296	297	289	297
玄麦	344	340	349	352
60%製粉	200	200	200	200
中華麺	282	284	285	284

付表 5.15. 大豆試料の加工調理における各供試試料の生成重量
(クレトジム)

試験場所 区画	AR02	AR02	IA01	IA01
	Plot 14 (1X)	Plot 15 (5X)	Plot 17 (1X)	Plot 18 (5X)
試料名	(g or mL*)			
乾燥大豆	200	200	200	200
水浸漬大豆	466	471	423	428
浸漬水	720 *	720 *	770 *	765 *
乾燥大豆	124	123	137	136
水浸漬大豆	290	290	290	290
おから	275	294	300	300
豆乳	850 *	850 *	845 *	855 *
乾燥大豆	103	101	113	111
水浸漬大豆	239	239	240	237
豆乳	700	700	700	700
豆腐	231	218	221	238
非凝固液	420 *	465 *	480 *	420 *

付表 5.16. 大豆試料の加工調理における各供試試料の生成重量
(エスフェンバレート処理)

試験場所 区画	AR02	AR02	IA01	IA01
	Plot 14 (1X)	Plot 15 (5X)	Plot 17 (1X)	Plot 18 (5X)
試料名	(g or mL [*])			
乾燥大豆	-	200	200	200
水浸漬大豆	-	469	427	426
浸漬水	- *	720 *	760 *	770 *
乾燥大豆	-	124	136	136
水浸漬大豆	-	290	290	290
おから	-	283	304	296
豆乳	- *	855 *	850 *	850 *
乾燥大豆	-	101	112	112
水浸漬大豆	-	237	239	239
豆乳	-	700	700	700
豆腐	-	218	222	259
非凝固液	- *	465 *	465 *	430 *

付表 5.17. 米試料の加工調理における各供試試料の生成重量
(マラチオン処理)

試験場所 区画	AR01	AR01	CA01	CA01
	Plot 2 (5X)	Plot 3 (1X)	Plot 5 (5X)	Plot 6 (1X)
試料名	(g or mL [*])			
玄米	540	540	540	540
白米	483	476	487	474
糠	52.3	61.6	50.8	63.9
玄米	300	300	300	300
水洗玄米	334	334	333	339
玄米とぎ汁	1300 *	1310 *	1300 *	1310 *
玄米	162	162	162	159
水洗玄米	180	180	180	180
炊飯玄米	402	410	416	416
白米	300	300	300	300
水洗白米	332	333	342	346
白米とぎ汁	1310 *	1300 *	1300 *	1300 *
白米	163	162	158	156
水洗白米	180	180	180	180
炊飯白米	337	344	343	330

付表 5.18. 小麦試料の加工調理における各供試試料の生成重量
(マンゼブ)

試験場所 区画	ND01	ND01	MO01	MO01
	Plot 8 (5X)	Plot 9 (1X)	Plot 11 (5X)	Plot 12 (1X)
試料名	(g)	(g)	(g)	(g)
玄麦	5150	5087	5159	5112
60%製粉	2993	2992	2956	2904
末粉	202	272	309	457
大ふすま	1008	974	1266	1168
小ふすま	785	749	396	311
玄麦	482	482	482	482
60%製粉	280	280	280	280
食パン	470	471	467	476
玄麦	280	280	280	280
食パン(全粒粉)	436	442	448	439
玄麦	344	344	344	344
60%製粉	200	200	200	200
うどん玉	298	298	298	299
玄麦	344	344	344	344
60%製粉	200	200	200	200
中華麺玉	287	285	284	284

付表 6. 対象農薬の物性一覧表

農薬名	log Pow	水溶解性 (mg/L)	蒸気圧 (mPa)	融点 (°C)	沸点 (°C)	加水分解性 (days, DT ₅₀)
エスフェンバレート	6.22 (25°C)	0.002 (25°C)	0.0002 (25°C)	59.0~60.2	151~167	Stable (pH5, 7, 9)(25°C).
ペルメトリン	6.1 (20°C)	0.006 (pH7, 20°C)	<i>cis</i> 0.0025, <i>trans</i> 0.0015 (20°C)	<i>cis</i> 63~65, <i>trans</i> 44~47	200/0.1 mmHg, >290/760 mmHg	50 (pH9), stable (pH5, 7, 9)(25°C).
ピペロニブトキシド	4.75	14.3 (25°C)	0.02 (60°C)	—	180/1 mmHg	Essentially stable at pH 5, 7 and 9.
クロルピリホスメチル	4.24	2.6 (20°C)	3 (25°C)	45.5~46.5	—	27 (pH4), 21 (pH7), 13 (pH9)
ジスルホトン	3.95	25 (20°C)	7.2 (20°C), 13 (25°C), 22 (30°C)	<25	128/1 mmHg	133 (pH4), 169 (pH7), 131 (pH9) (22°C)
クロルピリホス	4.7	1.4 (25°C)	2.7 (25°C)	42~43.5	—	Rate of hydrolysis increases with pH
フェニトロチオン	3.43 (20°C)	14 (30°C)	18 (20°C)	0.3	140~145/0.1mmHg	108.8 (pH4), 84.3 (pH7), 75 (pH9) (22°C)
ダイアジノン	3.30	60 (20°C)	12 (25°C)	—	83~84/0.0002 mmHg	11.77 h (pH3.1), 185 (pH7.4), 6 (pH10.1) (20°C)
プロシミドン	3.14 (26°C)	4.5 (25°C)	18 (25°C)	166~166.5	—	Stable under normal storage conditions.
メチルパラチオン	3.0	55 (20°C)	0.2 (20°C), 0.41 (25°C)	35~36	154/136 Pa	68 (pH5), 40 (pH7), 33 (pH9) (25°C)
キヤブタン	2.8 (25°C)	3.3 (25°C)	<1.3 (25°C)	178	—	Hydrolysed slowly at neutral pH, rapidly in alkali.
マラチオン	2.75	145 (25°C)	5.3 (30°C)	2.85	156~157/0.7mmHg	107 (pH5), 6 (pH7), 0.5 (pH9) (25°C)
カルバリル	1.85	120 (20°C)	0.041 (23.5°C)	142	—	12 (pH7), 3.2 h (pH9)
クレトジム	1.60 (pH7)*	Highly dependent on pH.*	<0.01 (20°C)	Not Available.*	—	28 (pH5), 300 (pH7), 310 (pH9)
カルボフラン	1.52 (20°C)	320 (20°C), 351 (25°C)	0.031 (20°C), 0.072 (25°C)	153~154	—	>1 y (pH4), 121 (pH7), 31 h (pH9) (22°C)
ホスファミドン	0.79	Miscible.	2.2 (25°C)	—	162/1.5 mmHg, 94/0.04 mmHg	60 (pH5), 54 (pH7), 12 (pH9) (20°C)
ジメトエート	0.704	23300 (pH5, 7), 25000(pH9)(25°C)	0.25 (25°C)	50.0~51.5	117/0.1mmHg	Relatively stable (pH2~7), 4.4 d (pH9)
オキサジギシル	0.65~0.8	3400 (25°C)	0.0033 (20°C)	104~105	—	Stable under normal storage conditions.
マンゼブ	0.26	6.2 (pH7.5, 25°C)	<0.0133 (20°C)	Decomposes at 172.	—	20 (pH5), 17 h (pH7), 34 h (pH9) (25°C)
グリホサート	<-3.2 (pH2~5, 20°C)	10500 (pH1.9, 20°C)	0.0131 (25°C)	189.5 ± 0.5	Decomposes above 200.	Stable (pH3, 6, 9)(5~35°C).
パラコート**	-4.5 (20°C)	620000 (20°C)	<0.01 (25°C)	Decomposes at 340.	—	Stable (pH2~7), readily hydrolysed in alkaline solutions.
ジクワット***	-4.60 (20°C)	700000 (20°C)	<0.01	Decomposes above 325.	—	Stable (pH2~7), readily hydrolysed in alkaline solutions.

データの出典: The Pesticide Manual (13 th) ver.3.1

* EXTOXNETからの引用データ

** paraquat dichloride *** diquat dibromide

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）

1.2 食品中の残留農薬の摂取量等に関する研究：
畜産・水産食品中残留農薬暴露評価

分担研究者 加藤保博
（財団法人 残留農薬研究所）

厚生労働省科学研究費補助金(食品の安心・安全確保推進研究事業)

分担研究報告書

食品中の残留農薬の摂取量等に関する研究:

畜産・水産食品中残留農薬暴露評価

分担研究者 加藤保博 財団法人 残留農薬研究所 化学部長

研究要旨

畜産食品中の残留農薬の設定と暴露量評価に資するため、畜・水産食品中の残留農薬の国際機関等および主要国における基準値設定に係る試験ガイドラインを収集し、国際基準設定と暴露評価法に係る FAO の手引書については翻訳して抜粋版に纏めた。FAO/JMPR および EU、豪州の畜産品への残留基準設定の方法は米国 EPA の方法を基にしており、FAO/JMPR の方法は EPA のものと同一であった。畜産品に厚生労働省の暫定基準が設定された約 220 農薬について、畜産品からの TMDI とその ADI 比率を算定した。厚生労働省による一日摂取量調査または畜産品中残留農薬調査の結果との乖離が大きく、TMDI が著しい過大評価となっていることが明らかであった。国際機関等での畜産品への残留基準設定手順を基にした評価法、すなわち、GAP 最大残留条件で農薬処理した際の飼料中の中央値に相当する残留農薬を含んだ餌を摂取した際の家畜組織中濃度の平均値を組織中残留濃度として使用し、これに肉中の筋肉と脂肪の割合を加味して推定一日摂取量 (EDI) を算定するという方法を提案するとともに、その有効性を検証した。この方法は JMPR でも採用されている方法であり、同法で評価した EDI は大部分の農薬で TMDI の < 20% となり、有効な方法と考えられた。一部の農薬では TMDI から大きくは減らないものもあったが、それらは LOQ が畜産品の基準値に設定されているものであった。

A. 研究目的

ポジティブリスト制導入に伴い、基準設定の対象が畜産水産食品にも拡大され、国際基準等を参考に残留基準を設定する必要があることから、畜産水産食品中の残留農薬の暴露評価について、国際的および主要国での基準値設定状況等を調査し、暴露量を評価する方法とそのため今後整備等すべき情報等を整理する。

B. 研究方法

畜産・水産食品中の残留農薬の基準値のうち、国際基準については第 35 回残留農薬 Codex 委員会 (2003) 資料 CX/PR04/5, 2003 年 3 月および Codex Alimentarius Commission Alinorm 03/24A (2003 年 7 月) を基にした。FAO, EU, 米国, カナダ, オーストラリア, カナダ, ニュージーランドの基準値, 残留基準値に含まれる残留物種 (残留物定義) ならびに基準設定に係る関連試験ガイドラインはそれぞれの行政機関のホームページ

ジから入手した。EU の残留物定義については関連農薬の残留基準が公布された官報 (Official Journal of the European Communities) から得た。

畜産品からの理論的一日摂取量 (TMDI) は、厚生労働省暫定基準最終案修正版を使用した。ADI は日本で設定されている場合はそれを、無い場合は JMPR の ADI²⁾ を参照した。どちらの ADI も無い場合は米国の慢性参照値³⁾ を参照した。畜産品からの残留農薬の TMDI 方式による一日当たり摂取量 [mg/kg] は、厚生労働省で実施しているのと同様に、次式から算出した。

$$\text{摂取量} = (a \cdot A + b \cdot B + c \cdot C + d \cdot D + e \cdot E) / 1000$$

a~e: それぞれ、筋肉+脂肪、それ以外の内臓肉、乳、鶏の筋肉、脂肪、内臓肉、鶏卵の 1 日当たり摂取量。平成 10~12 年の国民栄養調査の結果に基づき、国民全体ではそれぞれ、56.2, 1.3, 142.7, 20.2, 40.0 g, 小児は 32.4, 0.5, 196.9, 18.5, 28.2 g, 妊婦は、59.7, 0.8, 183.1, 16.2, 37.0 g。

A: 牛, 豚, 馬, 山羊の筋肉と脂肪についての基準値の中で最も高い値 [mg/kg]。

B: 牛, 豚, 馬, 山羊の内臓可食部に関する基準値の中の最も高い値 [mg/kg]。

C: 乳に対する基準値 [mg/kg]

D: 鶏の筋肉, 脂肪, 内臓可食部に関する基準値 [mg/kg]

E: 鶏卵の基準値 [mg/kg]

推定摂取量 (EDI) の算定は結果の項に記載の方法で行った。その前段階の食餌由来負荷量 STMR に基づく畜産品中の残留量の評価は、JMPR で採用されている方式でもあり、

JMPR で評価されている農薬の場合、JMPR の評価書 (FAO Plant Production and Protection Paper, Pesticide Residues in food - Evaluations) に記載の食餌由来家畜負荷量、畜産品中残留レベルの各 STMR を EDI 試算に参照した。後段の人への摂取量の算定では、肉の脂肪含量は、牛では 20%, 豚, 家禽では 10% とし、筋肉よりも脂肪の基準値の方が高い場合は、牛, 豚, 馬, 山羊のすべてで肉中の脂肪含量を 20% として計算した。その逆の場合は脂肪含量を 10% として計算した。

暴露量の対 ADI 比率算定に使用した体重は、平成 10~12 年の国民栄養調査の結果に基づいて、国民全体、幼小児 (1~6 歳)、妊婦でそれぞれ、53.3, 15.8, 55.6 kg とした。

C. 研究結果及び考察

C-1 国際機関および主要国等における残留基準設定状況

JMPR と同様な方法で残留基準値を設定しているとされる EU, 米国, カナダ, オーストラリア, ニュージーランドにおいて農薬の残留基準が設定されている畜産/水産食品は表 1 の通りであった。いずれにおいても、畜産品 (一次産品) については、主に、牛, 豚, 馬, 山羊, 羊, もしくはそれらを一括した陸棲哺乳類と、それらの肉, 脂肪, 肝臓, 腎臓, 内臓可食部, ミルクの組み合わせに対して基準を設定されている。EU はソーセージなど加工品もリストに載せてはいるが、基準値がそれらに設定されている例はなかった。これらの各国および国際機関 (Codex) の畜産・水産食品における農薬の残留基準とそれら残留基準値に含まれる残留物種 (残留物

定義)を整理した。オーストラリアで 211 種、米国で 149 種、EU で 99 種、カナダで 59 種、ニュージーランドで 22 種の農薬について畜産品に基準値が設定されていた(2004 年)。特徴的なことは、EU の基準は、①定量下限を基準値にしているものが大部分である、②定量下限以下の基準値が設定されているものも少なくない。①についてはオーストラリアでも同様であった。また、基準値に含まれる残留物の定義は、各国間で異なる例が少なくなかった。

国際基準は JMPR が提案する基準値案を基にして設定されるが、JMPR での基準値案設定方法をまとめた「食品及び飼料における最大残留量推定のための農薬残留データの提出と評価に関する FAO 手引書(1997 年版)が 2002 年に大幅に改定されたことからこれを翻訳した(平成 15 年度報告書参照)。また、JMPR によるその後の改定内容を含め、畜産水産食品における残留農薬暴露量の評価と基準値設定に関する事項を抜粋版に纏めた(付表 1)。要約すれば、畜産食品における農産飼料に由来する残留農薬の基準を設定するには、果皮等も含む飼料植物部位における主要残留物種と残留レベルを把握するための①植物代謝試験と②作物残留性試験、ならびに家畜・家禽の組織等における主要残留物種を把握するための③家畜・家禽代謝試験、ならびに定常状態下での家畜組織等における残留レベルを把握するための④家畜家禽給餌試験が不可欠。家畜家禽給餌試験における反復投与量は家畜等が飼料を介して実際に摂取する残留農薬の暴露量およびその現実的ワーストケースの両方に対応していることが必要であり、この家畜への暴露量は、家

畜の各種作物飼料摂取量のデータベースと当該作物残留データから評価する。なお、現時点(平成 16 年 3 月)でこの作物飼料摂取量データベースが実用的なレベルでそろっているのは米国のみである。

C. 2. 畜産品由来 TMDI

「食品中に残留する農薬等の暫定基準第 2 次案」で畜産品に暫定基準が設定された 218 農薬について、TMDI を算定し、ADI の判明した 163 農薬については TMDI の ADI 比率を算定した(表 2 および 3)。

摂取量の多い農薬上位 20 種は、ノバルロン、グリホサート、ピペロニルブトキシド、クロフェンセット、フェンクロブホス、スピノサド、エトキシキン、フルアズロン、マラチオン、フィプロニル、カルバリル、DDT、プロクロラズ、ピクロラム、2,4-D、シフルトリン、イプロジオン、BHC、テブチウロン、セトキシジムであった。

ADI の判明した 163 農薬の約 1/2 (54%)は幼小児の TMDI が ADI の 10%未満であったが、約 2 割(18%)の農薬では TMDI(幼小児)が ADI の 50%を超え、10%は ADI を超えた(図 1)。ADI の 50%を超えたのは、ドリン剤(ディルドリン/アルドリン、ヘプタクロール、エンドリン、クロルダン)、フェンチオン、フィプロニル、テルブホス、ハロキシホップ、エチオン、ノバルロン、DDT、ダイアジノン、ジウロン、ルフェニユロン、プロクロラズ、2,4-D、シハロトリン、アミトラズ、スピノサド、ダイスルホトン、リニューロン、マラチオン、ホキシム、カ

ルバリル, BHC, MCPA, オキシデモトンエチル, テブコナゾール, ビテルタノール, シフルトリンの 30 農薬であった。これらは優先して, 詳細な暴露量推定することが必要と考えられる。

これら摂取量が大いかに ADI に占める比率の高い農薬のうち, ドリン剤 (ディルドリン, アルドリン, ヘプタクロル, エンドリン, クロルデン) と, DDT, BHC, フェンチオン, テルブホス, ダイアジノン, ならびにカルバリルは, 平成 13 年度厚生労働省の畜産品(牛肉, 豚肉, 馬肉, 羊肉, その他の陸生哺乳類の肉, 鶏肉, 鶏卵, 家禽の卵; 牛肉, 豚肉, 鶏肉, 鶏卵以外では検査農薬は一部)の食品モニタリング検査⁵⁾で分析されている。DDT が牛肉, 豚肉から最大で 0.02 ppm, 鶏肉から 0.01 ppm, 羊肉で 0.14 ppm, ディルドリンが 0.01 ppm(鶏肉), BHC が 0.02 ppm(牛肉)検出されているが, その他は検出されていない。このモニタリング結果に基づく DDT の暴露量 (国民平均) は, 羊肉からの検出値をすべての陸生哺乳類の肉中の残留値とみなしても 8.15 μ g/日であり, ADI (0.005 mg/kg/d; 日本) の 3% である。また, BHC についても, 豚肉など牛肉以外の陸生哺乳類の肉も牛肉と同様に 0.02 ppm 残留していると仮定しても, ADI (0.0125 mg/kg/d; 日本) の <0.2% であり, ディルドリンも ADI (0.0001 mg/kg/d; 日本) の約 4% である。そのほか, DDT, ルフェニユロン, マラチオン, カルバリル (平成 14 年度) およびシフルトリン (平成 13 年度) が, 平成 13 年度と 14 年度に厚生労働省が行ったマーケ

ットバスケット調査方式による農薬の一日摂取量調査⁶⁾で分析されている。それによれば, 加工品を含む肉類および卵類から DDT は最大で 0.07ppm 検出されたが, その他の 4 農薬は検出されていない。

これらのモニタリング結果からは, 先の TMDI 方式による暴露量算定値は著しい過大評価となっていることが明らかである。

C.2. 推定暴露量算定法

C.2-1 畜産品への残留基準の設定手順

米国 EPA, EU, FAO とも畜産品に関する残留基準 (MRL) の設定方法は, 使用する飼料摂取量のデータベースが FAO と EPA は同一で, EU はそれらと異なっているという違いはあるものの, FAO, 米国, EU の間で基本的に同じであり, 家畜の飼料に利用される作物に残留する場合には残留基準を設定するための試験が要求される。豪州でも同様である。

要約すれば, 畜産食品における残留農薬の基準を設定するには, 果皮等も含む飼料植物部位における主要残留物種と残留レベルを把握するための①植物代謝試験と②作物残留性試験, ならびに家畜・家禽の組織等における主要残留物種を把握するための③家畜・家禽代謝試験, ならびに経口摂取による定常状態下での家畜組織等における残留レベルを把握するための④家畜家禽給餌試験の計 4 種の試験成績が不可欠である。家畜・家禽給餌試験における反復投与量は, 家畜等が飼料を介して実際に摂取する残留農薬の暴露量およびその現実的ワーストケースの両方に対応していることが必要であ

り、家畜の主要各飼料の最大摂取量に関するデータベースと当該作物残留試験のデータから、当該家畜が摂取する飼料のすべてが、GAP 下で認められる当該農薬に由来する最大量の残留農薬を含んでいると仮定して評価される。すなわち、GAP の下で最大残留量となる条件で当該農薬を使用して得た飼料を家畜が反復摂取した場合の家畜への暴露量最大値（理論的食餌由来最大負荷量；餌中濃度で表現）を、主要な各飼料について実施された作物残留性試験で得た GAP 最大残留濃度または MRL（FAO では、家畜・家禽代謝試験で乳または家禽卵中濃度が平衡に達するのが遅く、>14 日を要する農薬の場合には最大残留濃度ではなく、STMR）に家畜が摂取する個別の主要飼料の摂取量を乗じ、次いで各飼料について積算して算定する。この理論的食餌由来最大負荷量とその 3 倍および 10 倍の少なくとも 3 濃度で、28 日間、または乳または卵中濃度が平衡化するまで農薬を反復経口投与し、最終投与後 24 時間以内に屠殺して、筋肉、脂肪、肝臓、（牛腎臓）、乳、卵中濃度を得る。この際、牛については、乳牛で試験し、投与濃度と組織中濃度の比例関係に基づいて肉牛の食餌由来摂取量に換算して組織中残留レベルを評価し、MRL を設定する。当該農薬の代謝が反芻胃動物とラットで異なる場合は、豚でも残留試験を行って、豚組織中 MRL が設定される。

なお、家畜飼料表は米国 EPA のものが最も詳細であり、FAO も同一の表を利用している。EU のものは単品で飼料の全てを占めるなど、餌構成の栄養学的側面

を無視して負荷量を過剰評価する内容となっている。日本では対応する資料は整備されていない。

以下は米国 EPA OPPTS の家畜・家禽給餌試験のガイドライン（OPPTS 860.1480「肉/ミルク/鶏肉/卵類」）の概要である。

飼料品目中に農薬の残留が認められた場合（および家畜に直接農薬が処理される場合）に要求される。本ガイドラインには、飼料品目に残存する残留物の肉、ミルク、家禽、および卵への移行に関するデータを得るための家畜給餌試験の飼育段階および分析段階の両方の実施について、詳細に記述されている。試験条件の概要は次の通り。

- ・動物：家畜（投与群で ≥ 9 頭）、鶏（投与群で ≥ 30 羽）
- ・被験物質：通常は親化合物のみ。
- ・投与量：食餌由来理論最大一日負荷量の 1x, 3x, および 10x
- ・投与方法：経口投与
- ・投与期間：最低 28 日間毎日、または乳または卵中濃度が平衡状態になる迄。
- ・採取試料：最終投与後 24 時間に屠殺し、筋肉、脂肪、肝臓、（および牛の場合は腎臓、家禽の場合は皮膚）を採取。そのほか、生存期間中はミルクと卵を 1 日に 2 回ずつ採取。
- ・分析対象：家畜代謝試験で判明した毒性が懸念される全ての残留成分。
- ・分析定量限界：化合物の毒性にもよるが、一般に 0.01~0.05 ppm。

用量設定に必要な家畜食餌由来負荷量の算出のための手順は(e)に記載されており、各飼料品目の%乾物および各飼

料品目が家畜の食飼中で占める可能な最大比率など、計算に使う重要な数値は OPPTS 860.1000 の表 1(付表 1 に示す FAO マニュアルの表 IX と同じ)にリストされている。次式は反芻動物の場合の食飼由来負荷量計算式であり、乾物換算の飼料を通しての農薬の総暴露量を、ppm (飼料 kg 当りの農薬 mg) で表わす。

$$\left(\text{食餌由来負荷 [DM] } \right) (\text{ppm}) = \sum_i \frac{\% \text{食餌[DM]}_i}{(\% \text{DM})_i} \times (\text{トレランス})_i \left(\frac{\text{mg}}{\text{kg}} \right)$$

(%食餌[DM])_i = 動物の飼に占める飼料品目 i の割合%, i は乾燥物ベースで表す。

(%[DM])_i = 飼料品目 i 中の乾物重量比%

(トレランス)_i = 提案されているか存在しているトレランスで、mg/kg (ppm) 単位

給餌試験の結果から合理的に残留が予想されないと判断されればトレランスは通常設定されない。残留が生じるか、残留が合理的に予想される場合には、動物給餌試験に基づいて畜産物に適切なトレランスが設定される。

C.2-2 暴露量算定精密化

農薬の暴露量評価を精密化するための方法には、少なくとも5つの面から考えることが出来る。第1は、暴露量进行评估の際に採用する畜産品中の残留濃度のうちの濃度(最大残留量/STMR)を選ぶかであり、第2は食品摂取量に関して、

いわゆる肉の中で筋肉と脂肪の割合をどう評価するかである。その他にも、第3として当該農薬によって飼料となる作物が処理されている比率、第4として畜産食品特に、陸生哺乳類の肉摂取量データベースの精密化および、第5として屠畜後消費者に渡るまでの流通期間および加工調理の段階での代謝・分解による質的・量的変化も考えられる。

3番目の当該農薬による処理比率は、米国では暴露量評価に取り入れられており、例えば、フェンチオンの再評価の際の EPA OPPTS によるメモ (1999年)⁵⁾ では4から12%という処理比率が、またフィプロニルの場合には7%という処理比率⁶⁾が採用されている。その他の国および地域については明確でない。輸入状況が一定していない中で特定国の状況を普遍化することは非合理的であり、処理比率は利用できる状況にない。第5の流通および調理加工過程での質的量的変化に関しては、分解等も起こりうると思われるが、報告例は見付からず、これも利用できる状況にはない。

現段階で利用可能なのは最初の2つと第4の陸生哺乳類肉摂取量データベースの精密化であろう。後者に関しては、農薬の場合、動物種が異なっても陸生哺乳動物の同じ種類の肉の間で異なる残留基準を設定することになるのは、ラットと反芻胃動物での代謝が異なる場合に限り、例は多くはない。このため、陸生哺乳類の肉を牛肉、豚肉、羊肉、馬肉などと細分した食品摂取量データを整

備しても残留農薬の暴露量の評価を大きく精密化することにはならない例が多いであろうが、牛肉と豚肉で基準値が大きく異なるような場合には、有益であろう。例えば、フィプロニルの場合、牛肉と豚肉とで国際基準では 50 倍、STMR でも 2.5 倍、スピノサドでは 15 倍と約 8 倍の濃度差がある。平成 14 年度の厚生労働省による食品中残留農薬の 1 日摂取量調査で使われた食品群別摂取量の全国平均値で 1 人 1 日当たりの肉類摂取量は牛肉 22.9 g、豚肉 26.8 g、鯨肉 0.1 g、鶏肉 19.9 g、その他肉(陸生哺乳類および鳥類)0.8 g、ハム・ソーセージ 9.9 g とされている。ハム・ソーセージを豚肉とみなし、牛肉と豚肉で前者の基準値が後者の 8 倍の例で牛肉および豚肉からの暴露量を試算すると、動物種別の摂取量を使った場合には使わない場合の 1/2.2 になる。

1 番目の残留濃度の選択については、前項で述べた畜産品の残留基準が設定される手順から 2 つの方法を考えることが出来る。1 つは、残留性試験(家畜給餌試験)における家畜組織中残留濃度について、最大残留濃度ではなく、中央値または平均値、すなわち、理論的食餌由来最大負荷量を摂取させた際の家畜組織等における残留量の中央値または平均値を暴露量評価に採用することである(方法 A)。第 2 の方法は、理論的食餌由来最大負荷量ではなく、当該農薬を GAP 最大残留条件で処理した餌料中の濃度の中央値(または平均値)に基づく食餌由来負荷量に対応した家畜組織中濃度の平均値(または中央値)を採用することである。

すなわち、3 濃度で実施する家畜給餌試験における飼料中濃度—組織中残留値の相関式から、もしくは単純な比例計算によって、家畜への食餌負荷濃度中央値(または平均値)に外挿して組織中残留濃度を算定する(方法 B)。

方法 B によるカルバリルの例を以下に示す。暫定基準は筋肉(牛, 豚, その他陸生哺乳類) 0.5 mg/kg, 肝臓(同上) 1 mg/kg, 腎臓(同上) 3 mg/kg, 乳 0.05 mg/kg, 鶏その他家禽筋肉 5 mg/kg, 鶏その他家禽脂肪, 肝臓, 腎臓, その他内臓 5 mg/kg, 鶏卵 0.5 mg/kg である。FAO の Pesticide residue in food 2002, Evaluations, Part 1-Residues によると、肉牛, 乳牛, 家禽への食餌由来最大負荷量は、餌中濃度として、それぞれ 208.6 mg/kg, 279.6 mg/kg, 34.3 mg/kg であるのに対して、食餌由来負荷量の中央値(STMR)は、それぞれ、17.3, 17.3, 6.7 mg/kg と、最大負荷量の 1/5~1/16 である。負荷量の高い乳牛に合わせて、114, 342, 1140 mg/kg の 3 濃度の用量で乳牛に 28 日間投与後の、組織中濃度および投与期間中の乳中濃度を測定し、114 と 342 mg/kg 投与群の組織中濃度を比例計算で内挿して、279.6 mg/kg 用量に相当する最大残留量は、筋肉, 脂肪, 肝臓, 腎臓, 乳でそれぞれ、<0.042, 0.062, 0.907, 1.90, 0.034 mg/kg と算定された。一方、負荷量を STMR である 17.3 mg/kg に外挿すると、それぞれ、<0.003, 0.003, 0.085, 0.119, 0.003 mg/kg と算出される。これらはいずれも最大残留量の 1/10~1/20 程度である。

2 番目の肉中の筋肉と脂肪の割合については、動物種別に筋肉、脂肪、肝臓、腎臓、その他の内臓肉に分けての摂取量統計は現在無い。このため、牛、豚、その他陸生哺乳動物について設定されている筋肉および脂肪における残留基準の間で最も高い値を肉中の残留値として選び、これに陸生哺乳類の脂肪+筋肉の摂取量を乗じて、肉からの摂取量を算定している。同様に、肝臓、腎臓、その他内臓肉の間で最も高い値を内臓肉の残留値と算定して内臓肉からの摂取量を算定している。このため、筋肉よりも脂肪に高濃度に残留する脂溶性物質については、多くの場合、肉の大部分を占める筋肉を脂肪とみなして暴露評価する現行の方式では過大評価となる。JMPR は 2002 年に肉中の脂肪含有量（もしくは筋肉と脂肪に由来する残留物摂取量の比）について、暴露量評価の際には、肉中の脂肪と筋肉の割合（もしくは脂肪中濃度の残留物を含む肉の摂取量の割合）を、牛肉では 20%と 80%、豚および家禽肉では 10%と 90%として算定することに決めた⁸⁾。これを適用すると、カルバリルの場合は、筋肉、脂肪の STMR は <0.03 mg/kg と 0.03 mg/kg で、どちらも 0.03 mg/kg として暴露量算定するため、差を生じないが、インドキサカルブのように筋肉と脂肪の基準値に大きな差がある場合（暫定基準：筋肉、牛、豚、その他陸生哺乳類いずれも 0.05 mg/kg；脂肪：いずれの陸生動物種も 1 mg/kg）、陸生哺乳類の筋肉と脂肪（成人摂取量= 56.2 g/日）からの暴露量は、現在の評価方式では 56.2 μ g で

あるのに対して、脂肪含量をすべての陸生動物種の肉に対して 20%とした場合の暴露量算定値は 13.5 μ g と約 1/4 になる。

なお、表 4 と図 3 に示すように、牛肉の脂肪含量 20%は、食品成分表⁸⁾によれば、和牛では低い見積もりになるものの、輸入肉ではやや高めの値であるが、牛肉自給率（農林水産省データ⁹⁾；過去 10 年で 35 から 44%の間で推移）を考慮すると、牛肉全体としての脂肪含量 20%は妥当な値であろう。

以上のように、畜産品からの残留農薬の暴露量算定には、餌中濃度の中央値（または平均値）の残留農薬を含む餌を摂取した際の家畜組織中濃度平均値（または中央値）を組織中残留濃度として使用し、これを肉中の脂肪含量を加味し、さらに牛と豚で基準値に大きな差がある場合には牛と豚別の摂取量データを使って暴露量を算定することで、実態からの極端な乖離は防ぐことができると期待できる。なお、餌中濃度の中央値に基づく負荷量による家畜組織中濃度平均値は、JMPR でも採用されている方式であり、1997 年以降の JMPR 評価書では組織中濃度 STMR として報告されている。

C.3 検証

前項で提案した推定一日摂取量 (EDI) 評価法、すなわち、理論的食餌由来最大負荷量ではなく、当該農薬を GAP 最大残留条件で処理した餌中濃度の中央値に相当する残留農薬を含んだ餌を摂取した際の家畜組織中濃度の平均値を組織中残留濃度として使用し、これに肉中の筋肉と脂肪

の割合（牛では 8:2, 豚, 家禽では 9:1）を加味し, 更に牛と豚で基準値に大きな差がある場合には牛と豚別とした畜産食品摂取量データを使って暴露量を算定する方法の有効性を検証した。

検証の対象にしたのは, 畜産品に基準があり, ADI が判明している約 160 種の農薬のうち, 畜産品からの TMDI が ADI の 13% を超えた次の 68 農薬である (表 3 : ディルドリン/アルドリン, ヘプタクロール, フィプロニル, テルブホス, ハロキシホップ, エチオン, ノバルロン, DDT, ダイアジノン, ディウロン, クロルダン, ルフェニユロン, プロクロラズ, エンドリン, 2, 4-D, シハロトリン, アミトラズ, スピノサド, ジスルホトン, リニユロン, マラチオン, ホキシム, カルバリル, BHC, MCPA, オキシデメトン-メチル, テブコナゾール, ビテルタノール, シフルトリン, オメトエート, ビフェントリン, ジチオカーバメート, ベンダイオカルブ, エトキシキン, クロルフェンビンホス, プロパニル, フェンプロパスリン, イソフェンホス, フェナミホス, フェンヘキサミド, クロルピリホス, メトリブジン, パラコート, フェンチン, クロルフルアズロン, ジクワット, デルタメトリン, トラロメトリン, フェンバレレート, ミクロブタニル, フェノキサプロップエチル, プロパルギット, メチダチオン, メタミドホス, クロルメコート, テトラクロロビンホス, アルジカルブ, アバメクチン, ジコホール, チオベンカルブ, ジクロロボス, エンドスルファン, クレトジム, ノルフルラゾン, ピペロニルブトキシド, グルホシネート,

ホスメット, プロモキシニル。

これらの農薬の内の基準には, Codex 基準も含まれているが, 全体の半分以上の農薬の基準は米国, 豪州などの 1 国の基準または複数国の基準の平均値に基づいている。暴露評価に使用するデータセットは, 基準値設定に使用したのと同様のデータセットを使用すべきであるが, 米国も含め, 海外の関連残留データの入に基づいて暫定基準が設定されている場合であっても, Codex 基準に採択されているか否かに係りなく, FAO に提出され, JMPR の評価を受けて FAO の Pesticide Residue in Food に JMPR の勧告として報告されているデータセットを基に EDI を評価した。JMPR で評価されている農薬の場合, 食餌由来家畜負荷量の STMR に基づく畜産品中残留レベルの平均値が JMPR の評価書 STMR 組織中濃度当として示されており, これを EDI 試算に参照することとし 1989 年から 2005 年版までを検索した。なお, JMPR の評価書 (FAO Plant Production and Protection Paper; Pesticide Residues in Food, Evaluations or Report) でも 1997 年以前のものでは, 家畜への負荷量を算定に必要な情報が含まれておらず, 畜産品由来農薬の EDI 試算はできなかった。これらについては, 既存の飼料品目について作物残留試験成績と給餌試験成績を入手し, 食餌由来暴露量の算定をするなどの作業が必要になる。

最終的に, EDI 試算に必要な情報が入手できた農薬は, ドリン剤や DDT などの POPS 農薬 (7 剤) を除いても, 調査