

畜水産物中の残留有機塩素系農薬実態調査（令和5年度）

平石 勇樹^a, 小林 麻紀^a, 大町 勇貴^a, 森田 有香^a, 田原 正一^a

東京都では有機塩素系農薬による健康危害未然防止のために、東京都内に流通している畜水産物中の残留の実態調査を継続して行っている。令和5年4月から令和6年3月の間に、食肉、生乳、鶏卵、魚介類及びその加工品等、畜水産物12種124食品について食品毎に設定された残留基準値(MRL)を超えていないか調査を実施した。その結果を報告するとともに、既報と比較して残留の変遷について考察した。食肉、鶏卵では有機塩素系農薬を検出しなかった。一方、生乳4食品、サワラ1食品の合計5食品（検出率4%）から1種類の有機塩素系農薬（DDT）を食品衛生法の残留農薬基準値を超えない0.0001-0.0002 ppmの範囲で検出した。DDTとその代謝体についてはこれまでも検出例を報告している。このことから、有機塩素系農薬の使用が禁止され長期間たっても、乳牛の飼育環境中に低濃度の残留が続いていること、また生物濃縮等により海産物中に農薬の残留がみられることが示唆された。

キーワード：残留農薬、畜水産物、有機塩素系農薬、残留基準値

はじめに

有機塩素系農薬は衛生害虫、農業害虫に対して幅広く効果を示し製造も容易かつ安価であることから、かつて世界中で広く用いられていた。我が国においても1950年前後に海外から有機塩素系農薬が輸入され、戦後復興期の農業生産に大きく貢献した¹⁾。しかし、有機塩素系農薬は脂溶性かつ極めて化学的に安定であるという性質から農作物への残留や環境に及ぼす影響が問題視されるようになった。さらに、食物連鎖を介した畜水産物や人体への生態系汚染が判明したため、日本を含む先進国では昭和30（1960）年代以降に使用を規制、禁止した²⁾。平成16（2004）年にはストックホルム条約が発効され³⁾、環境での残留性、生物蓄積性、長距離移動性、毒性の観点から有機塩素系農薬を難分解性有機汚染物質（Persistent Organic Pollutants：POPs）に指定し、国際的な協調のもと製造、使用の原則禁止等の対策を講ずべき対象としている。

農薬登録の失効から50年以上という長期間が経過しているが、有機塩素系農薬は半減期の長さにより世界各地の環境中に低濃度での残留が認められ³⁻⁶⁾、畜水産物への生体

汚染の懸念は続いている。

長期間残留する有機塩素系農薬による都民の健康被害を未然に防ぐためには、継続的な調査の積み重ねによって流通する畜水産物の残留実態を把握することが必要である。

そのため、当センターでは都民の食の安全・安心を守るため、都内に流通する食肉及び魚介類等に残留する有機塩素系農薬の残留実態調査を継続的に実施している⁷⁻¹⁰⁾。

本稿では令和5年度に得られた調査結果をまとめ、それに対し新しい見解や知識を得たので報告する。

実験方法

1. 試料

令和5年4月から令和6年3月までに都内で流通していた畜水産物である食肉、生乳、鶏卵、魚介類及びその加工品、計12種124食品を調査試料とした。これら試料の内訳をTable 1に示した。試料の国産、輸入品の内訳は、食肉では国産25検体輸入品52検体、生乳及び鶏卵では全て国産、魚介類はすべて輸入品であった。

Table 1. List of Investigated Livestock and Fishery Products

Domestic (67)	Livestock Products (67)	Cattle muscle (8), Swine muscle (7), Chicken muscle (10), Raw milk (16), Chicken egg (26)
	Livestock Products (52)	Cattle muscle (8), Swine muscle (19), Chicken muscle (19), duck muscle (3), kangaroo muscle(3)
Imported (57)	Fishery Products (5)	Clams [ASARI] (1),Japanese baking scallop [ITAYAGAI] (1), Sardine[IWASHI] (1), Spanish mackerel [SAWARA] (1),Squid [IKA] (1)
Number of samples appears in parentheses.		

^a 東京都健康安全研究センター食品化学部残留物質研究科
169-0073 東京都新宿区百人町3-24-1

2. 調査対象農薬

有機塩素系農薬類としてBHC (α -BHC, β -BHC, γ -BHC, δ -BHC), DDT (p,p' -DDD, p,p' -DDE, o,p' -DDT, p,p' -DDT), クロルデン ($trans$ -クロルデン, cis -クロルデン, オキシクロルデン), ノナクロル ($trans$ -ノナクロル, cis -ノナクロル), アルドリン, エンドリン, ディルドリン, ヘプタクロル (ヘプタクロルエポキシサイドを含む) 及びヘキサクロロベンゼンの19化合物について調査対象とした。

3. 装置

ガスクロマトグラフタンデム型質量分析計

Waters社製 APGCシステム (GC-MS/MS)

(1) GC部: Agilent社製 8890

カラム: DB-5MS (0.25 mm i.d. $\times$ 30 m, 膜厚0.25 μ m), カラム温度: 80°C (1 min) - (25°C/min) - 150°C (0 min) - (8°C/min) - 270°C (0 min) - (20°C/min) - 320°C (6 min), 注入口温度: 250°C, 注入方法: スプリットレス, キャリヤーガス: 窒素, 注入量: 1 μ L

(2) MS部: Waters社製 Xevo TQ-S micro

イオン化法: APCI, イオン源温度: 150°C, インターフェース温度: 320°C, コリジョンガス: アルゴン

4. 分析法

食肉, 魚介類及びその加工品等畜水産物は既報¹⁰⁾に, 生乳は既報⁷⁾に, 鶏卵は既報⁹⁾に準拠した試験法で試験溶液を調製した。

定量限界は食肉及び魚介類とその加工品では0.001 ppm, 生乳では0.0001 ppm, 鶏卵ではBHC類で0.0005 ppm, その他の化合物は0.0002 ppmとした。

結果及び考察

食肉, 生乳及び鶏卵の結果をTable 2に, 魚介類及びその加工品の結果をTable 3に示した。また, これらの結果を既報⁷⁻¹⁰⁾と比較し, 残留実態の変遷及び今後のモニタリングの必要性を考察した。

1. 食肉

検査した食肉77検体すべてにおいて, 定量限界値0.001 ppm以上の検出は認められなかった。

食肉への有機塩素系農薬の汚染は家畜飼育時に給餌される飼料や自然環境が主な原因である¹⁹⁾。今回の結果は既報¹²⁻¹⁸⁾と同様であり, 飼育環境中の有機塩素系農薬による影響は近年低減傾向が続いていると考えられた。

令和5年度は狩猟によって得られたオーストラリア産カンガルー肉が3件搬入された。野生鳥獣の食肉 (ジビエ) の需要は近年高まっているが, 飼育された家畜と異なり, 生育環境や衛生管理の把握ができないジビエの残留農薬実態については不明瞭な点が多い。既報⁷⁻¹⁸⁾でもジビエから有機塩素系農薬が検出された事例はまだないものの, クロアチアで行われた調査ではジビエからDDTやHCB等の有機塩素系農薬が検出された報告もあり²⁰⁾, 慎重に調査を行う必要がある。多様な食品が輸入される現状にあわせて, 幅広い食品を対象に調査を継続し, 残留傾向を把握していくことが重要である。

2. 生乳

生乳では検査した16検体中4検体 (25%) からDDTの代謝体である p,p' -DDEを0.0001 ppm検出した (残留基準値 (MRL) 0.02 ppm)。検出率及び検出濃度は, 既報^{12-15,17,18)}の結果とほ

Table 2. Pesticide Residues in Livestock Products

Sample	Country	No. of Samples	No. of Positive	Pesticide (ppm)	MRL ¹⁾ (ppm)
Cattle muscle	Australia	5			
	Japan	8			
	Mexico	1			
	USA	2			
Swine muscle	Brazil	1			
	Canada	6			
	Japan	7			
	Mexico	2			
	Spain	8			
	USA	2			
Chicken muscle	Brazil	15			
	Japan	10			
	Thailand	3			
duck muscle	Hungary	1			
	Malaysia	1			
	Thailand	1			
kangaroo muscle	Australia	3			
Raw milk	Japan	16	4	DDT 0.0001, 0.0001, 0.0001, 0.0001 (p,p' -DDE)	0.02
Chicken eggs	Japan	26			

1) The Maximum Residue Limit (MRL)

ば同様であった。農薬の使用禁止後も継続して検出していることから、乳牛の飼育環境中に有機塩素系農薬の残留が現在でも低濃度で続いていることが示唆された。

生乳における有機塩素系農薬の残留は、乳牛へ給餌される飼料や土壌等の生育環境による影響が大きい²¹⁾。乳牛への飼料はTDN (Total Digestible Nutrients) ベースで約50%が粗飼料 (牧草や稲わら、放牧等)、約50%が濃厚飼料 (とうもろこしや米、パンくず等の穀類、大豆油かすや動物性飼料等) で構成されている²²⁾。

このうち粗飼料の国内自給率は平成25年から令和4年度にかけて76~79%の間で安定しているが、農林水産省は令和12年度までに粗飼料の自給率を100%にすることを目標としている²²⁾。

この方針により粗飼料の摂取量が大きい生乳や牛肉は今後の10数年で残留傾向に変化がみられる可能性がある。そのため、今後も継続的に調査データを把握していく必要がある。

3. 鶏卵

検査した鶏卵26検体すべてにおいて、定量限界値以上の検出は認められなかった。平成15年¹²⁾には p,p' -DDEが30検体中23検体 (76.7%) 検出していたが、令和3年度及び令和4年度の結果^{17,18)}と同様に検出されず、有機塩素系農薬の残留は低減傾向にあることが示された。

鶏卵における有機塩素系農薬の残留は、食肉や生乳と同様、給餌される飼料等の生育環境による影響が考えられる。令和4年度の鶏卵の自給率は97%であり国内供給が安定して続いているものの²³⁾、用いられる飼料は輸入の割合が大きい。鶏へ給餌する飼料は乳牛とは異なり100%が濃厚飼料であり、令和4年度の自給率は13%と輸入に大きく依存している²²⁾。飼料の配合割合としては、一般的に配合割合の55~65%前後をとうもろこし、15~25%程度を大豆油かす等のタンパク源飼料が占めていることが多い²⁴⁾。給餌量の半数以上を占めるとうもろこしでは令和4年度にはブラジルから総輸入量の45%、アメリカから44%輸入しているが、令和3年度にはブラジルから16%、アメリカから69%と年度によって輸入先の割合が大きく変わる場合もある²⁵⁾。

飼料作物の安全管理基準は生産国により異なる。アメリカではとうもろこし飼料のポストハーベスト処理に

用いられているスピノサドが国内で流通する鶏卵から検出され、飼料由来の残留である可能性が示唆されている²⁶⁾。他の農薬についても飼料由来での残留が起こる可能性は否定できず、今後も飼料の輸入状況により残留傾向も変化する可能性があるため、引き続きデータを蓄積し、残留状況を注視していきたい。

4. 魚介類及びその加工品

5種5食品中1種1食品 (20%)、中国産のサワラからDDTの代謝体である p,p' -DDEを0.002 ppm検出した。東京都で毎年実施している魚介類中の残留有機塩素系農薬実態調査においても過去5年間で調査試料の中にサワラが含まれる年は4年あり、いずれからも p,p' -DDEは0.004-0.008 ppmの範囲で検出していた²⁷⁾。

p,p' -DDEは非常に安定した代謝物であり生育年数の長い魚種から検出されることが多く、既報^{7-18,25)}でも成熟までに平均7~9年かかるウナギ等からしばしば検出されている²⁸⁾。しかしサワラの場合、日本海、東シナ海でとれるサワラの大半は0歳魚から2歳魚、長くとも3歳魚だとされている^{29,30)}。

短い生育期間でサワラにDDEが蓄積する原因として、サワラの持つ魚食性が考えられる。魚食性を示す魚類の多くは仔魚期に無脊椎動物プランクトンを主食とし、仔魚期の後期もしくは稚魚期以降に魚食性へと移行する^{31,32)}。サワラと同科のサバ科に属するカツオやマグロ類、マサバにおいても、魚食性はより後になってから発現する。しかし、サワラは摂餌開始期から魚類を専食する、完全な魚食性を有する高次捕食者である³³⁾。また、摂餌開始期のサワラの捕食の対象はカタクチイワシ等のニシン目の仔魚であるが、これは自身の体長の50~100%に及ぶ大型の獲物である³⁴⁾。このためサワラは高い成長性を示すとともに、生物濃縮が進行しやすい魚種であると考えられる。

また、サワラやその捕食対象となっているイワシ類は1980年以降日本海・東シナ海においてレジームシフト (海水温の変動等を機に漁獲量が数百万トン単位で変動する海洋生態系の変化) が起きたことでも知られる³⁵⁻³⁷⁾。回遊魚の生息域、回遊経路の変化は海洋の生態系における捕食・被捕食の関係にも変化を及ぼし、生物濃縮による残留の傾向も変化する可能性がある。そのため、今後も経時的に調査を継続し残留状況を把

Table 3. Pesticide Residues in Fishery Products

Sample	Country	No. of Samples	No. of Positive	Fat ¹⁾ (g)	Pesticide (ppm)	MRL ²⁾ (ppm)
Clams	China	1		0.164		
Japanese baking scallop	China	1		0.161		
Sardine	China	1		0.480		
Spanish mackerel	China	1	1	0.392	DDT 0.002 (p,p' -DDE)	3
Squid	Peru	1		0.132		

1) Fat content per 10.0 grams of sample

2) The Maximum Residue Limit (MRL)

握し続けることが重要である。今回の調査ではサワラからのみの検出となったが、既報^{7-18,27)}では世界各地の様々な魚種から有機塩素系農薬を検出しており、幅広い魚種や産地を対象に調査を継続していくことも重要である。

本調査は東京都保健医療局健康安全部食品監視課、当センター広域監視部食品監視第一課及び第二課と協力して行った。

ま と め

令和5年4月から令和6年3月までに東京都内に流通していた畜水産物の食肉、生乳、鶏卵、魚介類及びその加工品等の12種124食品について有機塩素系農薬の残留実態調査を行った。

その結果、生乳4食品、サワラ1食品の合計5食品（検出率4%）から1化合物（DDT）を0.0001-0.002 ppmの食品衛生法のMRLを超えない範囲で検出した。

都民の食の安全・安心を守るため、また有機塩素系農薬の環境からの影響の指標として、今後も継続的に畜水産物の残留農薬実態をモニタリングしていく。

文 献

- 1) 大田博樹：植物防疫，**68**, 497–500, 2014.
- 2) 大田博樹：植物防疫，**68**, 628–632, 2014.
- 3) 外務省：ストックホルム条約（残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約：Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs)）
<https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/kankyo/jyoyaku/pops.html>（2024年10月31日現在．なお本URLは変更または抹消の可能性がある）
- 3) 環境省：POPs 残留性有機汚染物質
<https://www.env.go.jp/content/900410784.pdf>（2024年10月31日現在．なお本URLは変更または抹消の可能性ある）
- 4) Rodriguez-Sierra, C.J., Adelman, D., Vojta, S., *et al.*: *Bull Environ Contam Toxicol.*, **103**, 6, 770–775, 2019.
- 5) Bossi, R., Vorkamp, K., Skov, H., *et al.*: *Environ Pollut.*, **217**, 4–10, 2016.
- 6) Volkamp, K., Riget, F., Glasius, M., *et al.*: *Total Environ.*, **331**, 157–175, 2004.
- 7) 橋本秀樹，橋本常生，笹本剛生，他：東京衛研年報，**51**, 144–149, 2000.
- 8) 橋本常生，橋本秀樹，宮崎奉之：東京衛研年報，**52**, 97–99, 2001.
- 9) 橋本常生，鷺直樹，笹本剛生，他：東京健安研セ年報，**54**, 171–173, 2003.
- 10) 橋本常生，八巻ゆみこ，笹本剛生，他：東京健安研セ年報，**56**, 211–214, 2005.
- 11) 橋本常生：東京健安研セ年報，**64**, 31–37, 2013.
- 12) 小林麻紀，酒井奈穂子，大町勇貴，他：東京健安研セ年報，**69**, 197–202, 2018.
- 13) 森田有香，小林麻紀，酒井奈穂子，他：東京健安研セ年報，**70**, 181–185, 2019.
- 14) 大町勇貴，小林麻紀，酒井奈穂子，他：東京健安研セ年報，**71**, 217–221, 2020.
- 15) 大町勇貴，小林麻紀，酒井奈穂子，他：東京健安研セ年報，**72**, 297–301, 2021.
- 16) 大町勇貴，小林麻紀，酒井奈穂子，他：東京健安研セ年報，**73**, 233–238, 2022.
- 17) 森田有香，小林麻紀，酒井奈穂子，他：東京健安研セ年報，**73**, 239–243, 2022.
- 18) 大町勇貴，小林麻紀，森田有香，他：東京健安研セ年報，**74**, 225–229, 2023.
- 19) 西本孝男，上田雅彦，田植栄：食衛誌，**7**, 152–162, 1966.
- 20) Maja Đokić, Tamara Nekić, Ivana Varenina *et al.*: *Foods*. **13**(4), 2024.
- 21) 武田明治，西河昌昭，田辺弘也，他：食衛誌，**13**, 299–309, 1972.
- 22) 農林水産省：飼料をめぐる情勢（令和6年3月），
https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/l_siryo/attach/pdf/index-1046.pdf（2024年10月31日現在．なお本URLは変更または抹消の可能性ある）
- 23) 農林水産省：食肉鶏卵をめぐる情勢（令和6年3月），
<https://www.maff.go.jp/j/chikusan/shokuniku/lin/attach/pdf/index-188.pdf>（2024年10月31日現在．なお本URLは変更または抹消の可能性ある）
- 24) 島根県養鶏協会：エサの種類，
<http://shimane.egggood.info/product/esa/>（2024年10月31日現在．なお本URLは変更または抹消の可能性ある）
- 25) 農林水産省：濃厚飼料をめぐる情勢（令和6年3月），
https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/l_siryo/attach/pdf/index-1048.pdf（2024年10月31日現在．なお本URLは変更または抹消の可能性ある）
- 26) 八田純人，小田川遥平，仲前聡，他：食衛誌，**60**, 154–158, 2019.
- 27) 大町勇貴，小林麻紀，酒井奈穂子，他：東京健安研セ年報，**73**, 233–238, 2022.
- 28) 環境省：ニホンウナギの生息地保全の考え方，
<https://www.env.go.jp/content/900491527.pdf>（2024年10月31日現在．なお本URLは変更または抹消の可能性ある）
- 29) 濱崎清一：西海区水産研究所研究報告 **71**, 101–110, 1993.
- 30) 井上太郎，和田洋藏，竹野功璽，他：京都府立海洋センター研究報告 **29**, 1–6, 2007.

- 31) Hunter JR: *Marine Fish Larvae*. Univ. Washington Press, 32–77, 1981.
- 32) Keast A: *Environmental Biology of Fishes*, **12**, 119–129, 1985.
- 33) 小路淳：日本水産学会誌, **71**, 515–518, 2005.
- 34) Shoji J, Tanaka M: *Journal of Fish Biology*, **67**, 1107–1118, 2005.
- 35) 上田拓, 的場達人：福岡水海技セ研報, **19**, 69–74, 2009.
- 36) 木所英昭, 戸嶋孝, 奥野充一, 他：京都府農林水産技術センター海洋センター研究報告, **35**, 19–24, 2012.
- 37) 川崎健：地学雑誌 **119**, 482–488, 2010.

Surveillance of Organochlorine Pesticide Residues in Livestock and Fishery Products (April 2023–March 2024)Yuki HIRAISHI^a, Maki KOBAYASHI^a, Yuki OMACHI^a, Yuka MORITA^a, and Shoichi TAHARA^a

The Tokyo Metropolitan Government continues to conduct surveys on organochlorine pesticide residues in livestock and fishery products distributed in Tokyo to prevent health hazards. From April 2023 to March 2024, 124 foods of 12 kinds of livestock and fishery products, including meat, raw milk, eggs, fish, shellfish, and their processed products, were investigated for residues exceeding the maximum residue limit in each food. The survey results are reported, and residue changes are discussed and compared with those of previous reports. No organochlorine pesticides were detected in meat and eggs. Conversely, one organochlorine pesticide (dichloro-diphenyl-trichloroethane [DDT]) was detected in a total of five foods (4% detection rate), including four raw milk samples and one Spanish mackerel sample, ranging from 0.0001 ppm to -0.0002 ppm, which did not exceed the MRL. DDT and its metabolites were detected. These results indicate that even after using organochlorine pesticides that have been banned for an extended period, low concentrations of pesticide residues are continuously detected in the environment where dairy cattle are raised and that pesticide residues are also found in fishery products due to bioaccumulation and other factors.

Keywords: pesticide residue, livestock and fishery product, organochlorine pesticide, maximum residue limit

^a Tokyo Metropolitan Institute of Public Health
3-24-1, Hyakunin-cho, Shinjuku-ku, Tokyo 169-0073, Japan