

作物保護産業の現状と展望

廣岡 卓 (ひろおか・たかし)



JCPA 農薬工業会 事務局長

はじめに

世界を見れば、人口は増加を続けると同時に豊かな食生活を求めて農産物への需要が増大している。現在の世界人口は70億人台であり、経済的に豊かな暮らしをするレベル4から極度の貧困に暮らしているレベル1の4段階に分けられ、レベル1には約10億人がいるとされている¹⁾。経済的に安定していない人々は、気候変動、病害虫の被害や感染症まん延などの影響により食料供給に不安を持ち、2020年段階で約8億人が飢餓に直面している²⁾。地球上の「誰一人取り残さない」ことを誓って国連で採択されたSDGsの達成が必要となっている。

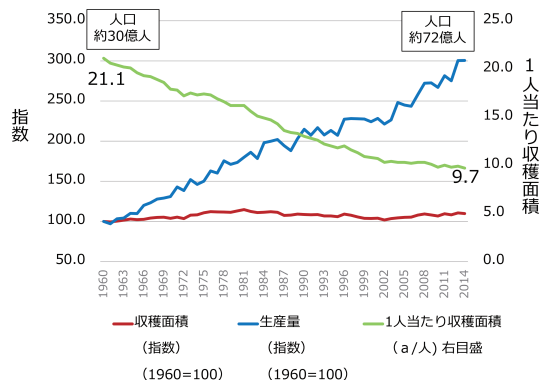
2020年から始まったCOVID-19パンデミック、さらに2022年のウクライナ情勢は、気候変動や病害虫などの既存の危機と相まって複合的な脅威となりフードシステムを逼迫させている。食料や各種原材料の需給構造の変化や物流の混乱により、食料や農業資材、エネルギーの価格高騰や供給不安も生じている。

日本も含めて世界の食料生産を取り巻く状況、その中にある作物保護産業の現状と展望について、データに基づいて紹介する。

1. 食料生産を取り巻く状況

1.1 世界

1960年以降、農耕地面積は約10%しか増加しておらず、約30億人から約70億人超への人口増加に対して単位面積当たりの収量を約300%伸ばすことに



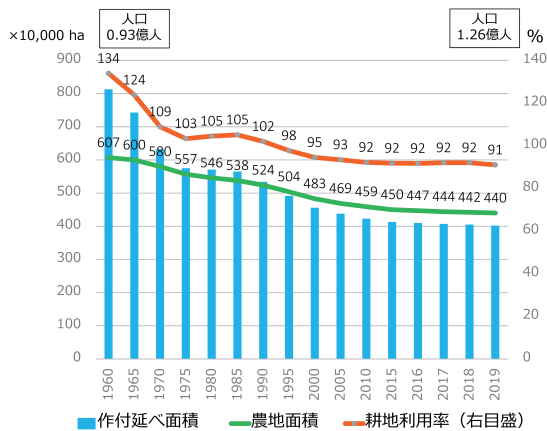
出典：農林水産省

図1 世界の穀物の収穫面積、生産量等の推移

より需要を支え、一定量の食料を生産するのに必要な1人当たり収穫面積は、21.1 a/haから9.7 a/haへと半分以下に減った(図1)³⁾。単位面積当たりの収量増は、機械化、新品種、肥料・農薬の開発等のイノベーションによるものである。農業生産力が向上したことで、人口増加にもかかわらず、世界から飢餓人口が減少し、世界経済は成長を続けてきている。2050年に向けて、世界人口は約100億人に達すると推定されている。今後も、飢餓人口を減らし安定的に食料を供給していくためには、更なる農業生産力の向上が必要となる。

1.2 日本

日本の状況は世界とは少し異なる。1960年以降、農地面積は約25%減少し、耕地利用率も約30%減少している(図2)⁴⁾。人口は、1960年0.9億人から増



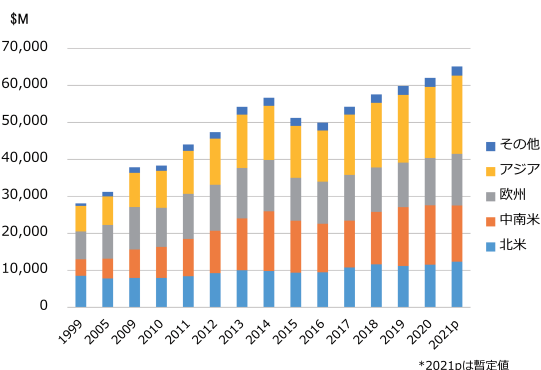
出典：農林水産省

図2 日本の農地面積等の推移

加し2010年1.28億人をピークに減少傾向にある。カロリーベースの食料自給率は、1965年の73%から37%と低下している。高齢化の進行とともに食料の国内需要は減少が進んでいる。国内農業の持続的発展に向けては、国内需要だけを念頭においた農業生産から、世界需要も視野に入れた農業生産への移行が鍵といわれている⁵⁾。

2. 作物保護市場

作物は、害虫、病害、雑草から保護しないと収量は約30～40%減少する⁶⁾。そのため、食料生産を支えるために、1960年以降、作物保護のイノベーションが続けられてきている。拡大する世界人口に必要な食料の効率的な生産は、病害虫や雑草から作物を守る農薬である作物保護製品の需要を喚起し、短期的な増減はあるものの、過去20年間に約2倍に成長した(図3)^{7, 8)}。地域的に見ると、中南米とアジア

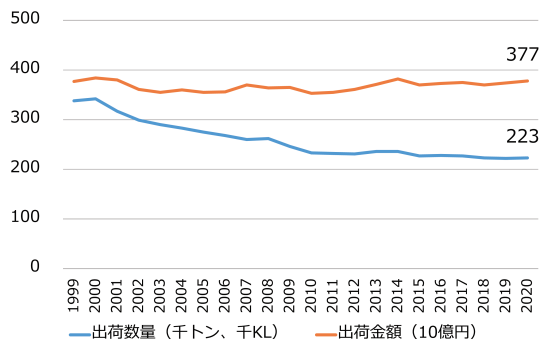


出典：Phillips McDougall, IHS Markit

図3 世界の作物保護市場の推移

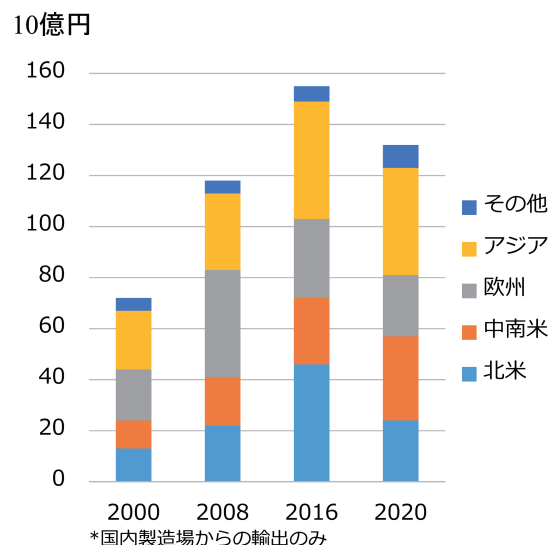
が大きく成長している。直近を見ると、2020年2.7%増という上昇傾向を維持し、2021年は前年比5%とさらなる上昇が見込まれている。アジア9.9%増、欧州9.2%増、北米7.1%増がけん引しており、中国の米市場での増加、インドにおける労働力移動制限による除草剤の需要増、欧州での穀類・菜種、北米でのトウモロコシ・大豆の作付面積増などが要因と推測されている⁸⁾。

日本は、温暖多湿のアジアモンスーン地帯に位置している。この気候は、多様な農作物の栽培が可能であるとともに、病害虫や雑草の発生にも適しており、安定した食料生産のためには病害虫や雑草の被害から作物をいかに守るかが大きな課題となる。国内市場は、農家の高齢化、農業の担い手不足、輸入農産物の増加などに起因する農業環境の変化もあり、



出典：日本植物防疫協会 農薬要覧

図4 日本の作物保護市場の推移



出典：日本植物防疫協会 農薬要覧

図5 農薬輸出額の推移

2000年以降横ばい傾向を続け、2020農年度時点で3,778億円となっている(図4)⁹⁾。一方、世界市場の成長にそって、農薬の輸出金額は、2000年から倍増してきている。北南米、アジア向けの伸びが牽引している(図5)⁹⁾。図5は日本企業が海外の製造場から直接輸出するケースを含まない。そのため、日本企業の海外市場におけるアクティビティは、この数字以上と推察される。

3. 作物保護産業の研究開発動向

作物保護産業を支える研究開発型企業は、1950年前後から農薬(殺菌剤、殺虫剤、除草剤)の創出を開始した。その後の変化と統合を経て、1990年以降に大きな再編が行われ、欧米では作物保護・種子事業に特化した5社に集約された。一方、日本では、専業企業、総合化学企業、外資系企業が作物保護産業を支えている¹⁰⁾。

農薬の創薬確率は十数万化合物に一剤と言われ、高額の研究開発費と、10年以上の時間を投資しなければならない。グローバルに研究開発コストは上昇し、研究開発期間も長期化の傾向にある¹¹⁾。そのような状況において、過去30年間の主要企業による新規剤の上市品に、日本企業のものが約1/3を占めている¹⁰⁾。

新しい化合物クラス(First-in-Class, 以下FICと記す)に属する有効成分の数を測定するという手法により、イノベーションの推移が解析されている。それによれば、1940-2020年までに創出された全有効成分中のFIC比率は24%であり、1981-2010年の30年間は約20%で推移し、2011-2020年は約30%と上昇してきている。除草剤、殺虫剤、殺菌剤別にFIC推移を見ると、1940-2000年まではいずれも同じ傾向を示していたが、直近20年間のFIC推移は、除草剤が大きく低下し、殺虫剤と殺菌剤が増加するという傾向の下で、新しい有効成分の創出は続けられている¹²⁾。

新しい有効成分の創出は、欧州、米国、日本の企業に担われてきているが、過去30年間の新しい有効成分創出の最前線は、欧米から日本にシフトし、今後とも日本企業の貢献が続くと予想されている¹³⁾。

4. 新農業政策

温室効果ガス排出の低減に向けて、米国では「農業イノベーションアジェンダ」¹⁴⁾、EUでは「Farm to Fork(以下、F2Fと記す)」¹⁵⁾、日本では「みどりの食料システム戦略(以下、みどり戦略と記す)」¹⁶⁾が策定された。

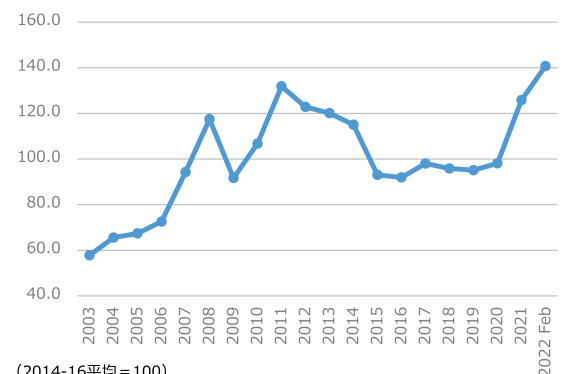
F2Fの戦略的目標は、食料の安全保障、生物多様性の保持などであり、これらを達成するため、作物保護分野について、2030年までに化学農薬・化学肥料の使用の削減と有機農業面積の引き上げという目標に向けて立法化が計画されている。みどり戦略においても、2050年までに類似の目標が掲げられたが、イノベーション創出が前提とされている。

米国農務省ERSは、F2Fにある化学製品投入の削減を実施した場合の影響を評価した¹⁷⁾。F2Fを全世界に適用した場合の影響予測として、農業生産量が11%減少し、食料価格が89%上昇し、食料不足人口が1.85億人増加するとしている。

オランダのワーゲニンゲン大学は、F2Fの経済的影響について、EUの25農場で10作物を対象に調査した¹⁸⁾。F2Fにある化学製品投入の削減は、作物によっては、平均収量の低下や品質の低下により食料価格の上昇を招くこと、EUからの農産物輸出の減少、輸入の増加により、EU外での農業生産量の増加と農地拡大が必要になるとしている。

既に、世界の食料価格指数は、COVID-19、気候変動やウクライナ情勢の影響により急上昇してきている(図6)¹⁹⁾。2011年の食料価格指数の上昇は、アラブの春といわれる動乱の一要因になったとされている。F2Fの実施により一層の食料価格の上昇が起これば、世界の貧困層の困窮から大きな政治不安への影響が懸念されることになる。

2021年9月に開催された国連フードシステムサミットにおいて、EU委員会は、F2F目標として化学農薬使用の半減等を示した。一方、米国は、食料保障、気候変動軽減、食料システムにおける公平性の向上を、ブラジルは、農業にOne size fits allはないとした。日本は、①生産性の向上と持続可能性の



(2014-16平均=100)

出典：国際連合食糧農業機関

図6 世界の食料価格指数の推移

両立に向けたイノベーションやデジタル化の推進、②自由で公正な貿易の維持・強化、③各国・地域の気候風土、食文化を踏まえたアプローチの重要性について提唱するとともに、「みどり戦略」に基づき、持続可能な食料システムの構築を進めていくとしている²⁰⁾。

5. みどり戦略へのJCPA 農薬工業会の取組み

みどり戦略は、将来にわたって食料の安定供給を図るために、環境に配慮しながら、食料・農林水産業の生産力向上と持続性の両立をイノベーションで実現しようというものである。作物保護産業がこれまで取組んできた活動方針、すなわちより高性能でより安全な農薬を創出していくという姿勢に合致する。本戦略は中長期的な取組みが必要と考え、当会の取組みについて公表している²¹⁾。

国内の2000年から2019年の20年間を見ても、耕地面積が9%、農作物の延べ作付面積が11%減少する中、当会試算では、農薬の有効成分出荷数量は29%低減してきている。有効成分出荷数量の減少が延べ作付面積の減少を上回っているのは、単位面積当たりの有効成分投下量が少ない新規農薬への置き換わりが進んでいることと推察している²²⁾。

当会としては、より高性能な新規農薬により、使用される有効成分量の低減、薬剤施用方法のイノベーション、さらには総合的病害虫管理(IPM)に使用できる生物農薬や作物保護資材の開発を支援していく。

日本では、有機農業の全耕作地に占める比率は0.5%²³⁾にすぎないが、これから成長する分野と捉えられている。日本の気候は病害虫・雑草の発生に好適であり、さらにここ数年、ツマジロクサヨトウやトビイロウンカなどの越境性害虫が問題となってきた^{24,25)}。農薬を使用する慣行農業による耕作地が99.5%を占めるため、病害虫からの圧力は低く抑えられていると考えられる。みどり戦略に示された有機農業を農地の25%に増やすということは、それらの農地を病害虫の圧力から守り、農業生産力を維持できる技術を必要とすることになる。また、麦の赤かび病はかび毒の原因となるため、小麦粉等へのかび毒混入を防ぐために現在は主に農薬により防除されている²⁶⁾。食の安全という観点から、かび毒の混入をどう防止するのが、有機農業に課せられた課題と考えられる。有機農業で使える農薬は限られているため、病害虫に有効な生物農薬の開発、病害抵

抗性品種の育種といった技術イノベーションが望まれている。

6. 農薬のリスク管理

日本で登録され使用される個々の農薬については、農薬取締法に基づいて国が厳格な安全性の審査を実施している²⁷⁾。2003年に内閣府に設置された食品安全委員会が農薬の安全を確保するために大きな役割を果たしている²⁸⁾。

農薬の適正使用について、農林水産省は、安全な農産物の生産に資すること等を目的として、農家における農薬の使用状況及び生産段階における農産物での農薬の残留状況について調査を実施し、結果が報告されている²⁹⁾。

食品の残留農薬等の監視については、輸入農産物も国産農産物も都道府県などの公的検査と、輸入者や生産者・流通などによる民間検査がされて消費者に届けられる(図7)。都道府県の保健所等による国内流通品の検査や厚生労働省の検疫所による輸入食品の検査が監視指導計画等に基づき行われている。厚生労働省が公表した「食品中の残留農薬等検査結果」では、毎年100万件以上の検査を行い、基準値超過の割合はいずれも低く、国内で流通している食品における農薬等の残留レベルは十分に低いものと考えられている³⁰⁾。また、スーパーマーケット等で市販された食品を購入して調査するマーケットバスケット方式で検出された残留農薬は許容一日摂取量(ADI)の数パーセントであると報告されている³¹⁾。水経路での残留農薬摂取について水道水質調査結果(浄水)が毎年公表されており、水質管理目標対象農薬数114の超過数はほぼ0%であった³²⁾。

使用者の健康については、農林水産省により調査

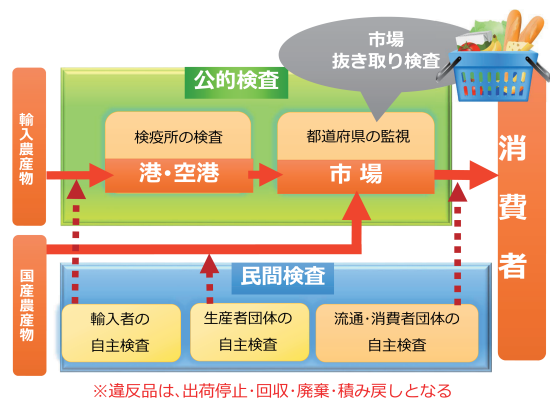


図7 農産物中の残留農薬の監視

されており、2019年は農薬による死亡が0人、中毒21人で農業就業人口186万人の0.0012%であった³³⁾。

また、生活環境に対するリスク（魚類、甲殻類、ユスリカ幼虫、藻類、ユキウキクサなど）、水域の生活環境動植物の被害防止に係る農薬登録基準順守状況は環境省が調査しており、2018年度の超過率は0%であった³⁴⁾。花粉媒介昆虫として重要な蜜蜂について、農林水産省は、農薬使用者と養蜂家の間の情報共有、巣箱の設置場所の工夫や退避、農薬の使用法の工夫という指導を行い、農薬が原因の可能性がある蜜蜂被害事例を調査し報告している³⁵⁾。2020年は29件であり、蜜蜂飼育戸数の1%未満であった。

このように、農薬は、登録に当たってのリスク評価と適正な使用と相まって国民の健康や生活環境動植物へのリスクは管理されている状況にある。さらに、全ての農薬について、2018年の農薬取締法の一部改正により、再評価において、「公表文献の収集、選択等のためのガイドライン」³⁶⁾に基づき収集及び選択をされた人、環境等に対する影響に関する公表文献を含む最新の科学的知見に基づき審査を行うこととなった。

7. 環境保護運動と化学物質恐怖症

欧米では、社会的関心の高い課題として、生物多様性、蜜蜂、有機農業、除草剤裁判が取り上げられ、農薬をターゲットとした環境保護運動キャンペーンが行われることが多い。環境保護運動のルーツは1962年に出版された「沈黙の春」であり、DDTの危険性を指摘し、世界中で環境保護運動が始まった。その結果、1970年前後で国際的にDDTは使用禁止となり、多くの国で国際的な化学物質規制や安全基準が適用されることとなった。しかし、環境保護運動にも副作用があり、まるでパラノイアにでもなったかのように化学物質汚染を怖がるようになった。そのような恐怖症は化学物質恐怖症（chemophobia）³⁷⁾と呼ばれている。ワクチン、放射線被ばく、DDTなどの化学物質について、事実に基づいた理解を広めるのはとても困難な状況になっている¹⁾。

その後、DDTによる悪影響の調査が行われ、2002年に米国疾病予防管理センター（CDC）が調査³⁸⁾を公開し、2006年に世界保健機構（WHO）がDDTに関する調査を検証し終え、両者はDDTを人体にとってやや有害だと位置づけ、多くの場面でDDTのメリットはデメリットを上回ると指摘している¹⁾。その他の著書でもDDTほど人命を救った物質はな

いとされている^{39, 40)}。

私たちには、科学的に根拠のある公正で正確なデータに基づく情報リテラシーを身に着けることが求められる。必要以上に化学物質を恐れるのではなく、その有益な点やリスク管理の状況を知ることでもある。農薬に関連することで誤解されやすい3点について述べておく。

(1)「自然は安全、人工は信用ならない」について
「用量が毒をつくる、すべてのものはあるレベルの量で毒となる」³⁷⁾のが事実であり、天然由来の化学物質も合成化学物質も量について考えることが大切である。食品リスク研究者は、食品安全について、自然発生する発がん物質がもたらす潜在的な危険を最小限に抑える最良の方法は、バラエティ豊かな食品を食べることとしている^{39, 41)}。

(2)「残留農薬は微量であっても排除しなければならない」について

登録となっている農薬は、先に述べたように適正な使用と相まって国民や環境へのリスクは管理されている。ゼロリスクを求めるのではなく、あるレベル以下にリスクを管理することが大切になる⁴¹⁾。

(3)「農業革命は自然を破壊した」について

実際には、その逆であることを示す有力な証拠がある。食料生産のイノベーションのおかげで、農地の生産性が上がったことで、多くの土地や森が耕起や放牧や伐採をまぬがれている。この「土地温存」は、生物多様性にとって良いことは明らかだ。1960年から2010年のあいだに、一定量の食料を生産するのに必要な土地の面積は半分以下に減った（図1）。さらに最近の研究では、一定の食料産出量に対して、集約農業のほうが有機農業や粗放農業より、使用する土地が少ないだけでなく、出す汚染物質が少なく、引き起こす土壌流出も少なく、消費する水も少ないと結論されている^{42, 43)}。

おわりに

心配すべきグローバルリスクとして、感染症の世界的な流行、金融恐慌、世界大戦、地球温暖化、極度の貧困があげられている¹⁾。これらのリスクのなかで、地球温暖化と極度の貧困に関連して安定的な食料生産・供給のための作物保護の重要性が増していくと考える。持続可能な日本及び世界の農業のために、作物保護の重要性と役割を周知するという当会のビジョン活動⁴⁴⁾を通じて、社会への貢献に努めていきたい。

参考文献

- 1) ハンス・ロスリングら：FACTFULNESS (ファクトフルネス), 日経 BP (2019年)
- 2) 国際連合食糧農業機関：https://www.fao.org/japan/portal-sites/foodsecurity/en/
- 3) 農林水産省：https://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h26/h26_h/trend/part1/chap1/c1_1_01_2.html
- 4) 農林水産省：https://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/r2/pdf/1-2-04.pdf
- 5) 農林水産省：令和2年度 食料・農業・農村白書(2021年5月25日) https://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/r2/pdf/1-1-04.pdf
- 6) E.-C. Oerke：Crop losses to pests, Journal of Agricultural Science, 144, 31-43 (2006)
- 7) Phillips McDougall: AgriScervice 2000-2020
- 8) IHS Markit: Featured Insight 273 (2021)
- 9) 日本植物防疫協会：農薬要覧
- 10) 廣岡卓：JETI, Vol. 68, No.5, 13-18 (2020)
- 11) JCPA 農薬工業会：https://www.jcpa.or.jp/qa/a4_16.html
- 12) T.C Sparks and R.J Bryant：Pest Management Science, 77, 3608-3616 (2021)
- 13) T.C Sparks and R.J Bryant：Pest Management Science, 77, 4211-4223 (2021)
- 14) 米国農務省：https://www.usda.gov/sites/default/files/documents/agriculture-innovation-agenda-vision-statement.pdf
- 15) 欧州委員会：https://ec.europa.eu/food/farm2fork_en
- 16) 農林水産省：https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/midori/#sakutei
- 17) 米 国 農 務 省 https://www.ers.usda.gov/amber-waves/2021/march/farm-to-fork-initiative-to-restrict-european-union-agricultural-inputs-may-increase-food-prices-further-global-food-insecurity/
- 18) ワーゲニンゲン大：https://www.wur.nl/en/Research-Results/Research-Institutes/Economic-Research/show-wecr/Green-Deal-probably-leads-to-lower-agricultural-yields.htm
- 19) 国際連合食糧農業機関：https://www.fao.org/worldfoodsituation/foodpricesindex/en/
- 20) 国際連合：https://www.un.org/en/food-systems-summit/documentation
- 21) JCPA 農薬工業会：https://www.jcpa.or.jp/news/20210730.html
- 22) 本田卓：植物防疫 75, 645 (2021)
- 23) 農林水産省：https://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/youki/attach/pdf/meguji-full.pdf
- 24) 農林水産省：https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/keneki/k_kokunai/tumajiro.html
- 25) 農林水産省：https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/gaicyu/attach/pdf/index-13.pdf
- 26) 農林水産省：https://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/risk_analysis/priority/kabidoku/index.html
- 27) JCPA 農薬工業会：https://www.jcpa.or.jp/news/20201030.html#area01
- 28) 食品安全委員会：https://www.fsc.go.jp/foodsafetyinfo_map/nouyaku_anken.html
- 29) 農林水産省：https://www.maff.go.jp/j/nouyaku/n_monitor.html
- 30) 厚生労働省：https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_13044.html
- 31) 厚生労働省：https://www.mhlw.go.jp/content/000831252.pdf
- 32) 日本水道協会：http://www.jwwa.or.jp/mizu/cle_up.html
- 33) 農林水産省：https://www.maff.go.jp/j/nouyaku/n_tekisei/accident.html
- 34) 環境省：http://www.env.go.jp/water/dojo/nouyaku/zanryutaisaku.html
- 35) 農林水産省：https://www.maff.go.jp/j/nouyaku/n_mitubati/report.html
- 36) 農林水産省：https://www.maff.go.jp/j/council/sizai/nouyaku/attach/pdf/29-5.pdf
- 37) G.W. Gribble：Food chemistry and chemophobia, Food Security, Springer Online (2013)
- 38) 米国疾病対策予防センター (CDC) https://www.cdc.gov/TSP/ToxProfiles/ToxProfiles.aspx?id=81&tid=20
- 39) エリザベス・M・フェラン：創られた恐怖－発ガン性の検証, 昭和堂 (1996年)
- 40) 左巻建男：世界史は化学でできている, 東京ダイモンド社 (2021年)
- 41) 畝山知香子：ほんとうの「食の安全」を考える, DOJIN 選書, (2009年)
- 42) マット・リドレー：人類とイノベーション, NewsPicks パブリッシング (2021年)
- 43) A. Balmford et. al.：NATURE SUSTAINABILITY Vol 1, 477-485 (2018)
- 44) JCPA 農薬工業会：https://www.jcpa.or.jp/about/vision.html