

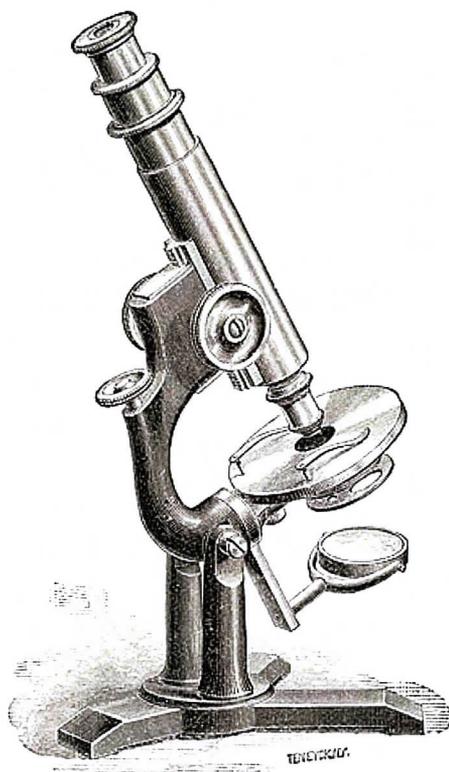
Vol. 30 (2018)

ISSN 0917-2548

日仏獣医学会誌

Bulletin de la Société Franco-Japonaise
des Sciences Vétérinaires

2019年3月発行 第30巻1・2合併号 Mars 2019 Tome 30 No 1-2



(Cut one-third of actual size.)

MODEL MICROSCOPE.



日仏獣医学会

Société Franco-Japonaise
des Sciences Vétérinaires

原著 重炭酸化合物による植物保健薬 (ソフト農薬) 効果 について

Effects of carbonate as 'soft' agricultural chemicals

小野寺節、古崎孝一、播谷亮、作道章一

Takashi Onodera¹, Koichi Furusaki², Makoto Haritani¹, Akikazu Sakudo³

¹Research Center for Food Safety, Graduate School of Agricultural and Life sciences,
University of Tokyo

²Mineral Activation Technical Research Institute

³School of Medicine, University of Ryukyus

はじめに

農薬は農業生産性を上げることを目的に、農作物を害する病害虫や雑草の駆除のために用いられる。現在使用される農薬は、一般にヒトや有益生物に対して低毒性であるが、決して無毒なわけではない。したがってその毒性や環境への影響について配慮する必要がある。

農薬は殺虫剤、殺菌剤、除草剤、殺鼠剤、植物成長調整剤など、用途別に分類される。化学合成農薬の毒性は、普遍的な化学的特性により非特異的毒性と、それぞれの化学物質の薬理学的作用に起因する特異的毒性が有る。一般に農薬は植物や害虫の体内に浸透して効果を発現するため、多くは脂溶性の高い化学物質である。このため、非特異的毒性として肝細胞肥大や肝細胞障害が生じることが多い(1, 2)。

一方、植物成長調整剤は世界各国で認可されており、成長や肥大の促進、発色の改善など多様な用途に使用されている。現在でもダミノジッド (商品名: ビーナイン) は、生花等への使用が認められているため、市場に流通している。この物質は散布後、花類の伸長を抑え、短くする。その結果着花の増大、落下防止や耐干、耐寒性の向上や濃緑化等の好影響が見られる。花類には開花の時期、花や葉の大きさ、結実などに対する影響はなく、節間の伸長だけを抑制する。しかしながら、これはジベレリンの生合成の後期に関わる 2 オキソグルタル酸要求酸素添加酵素を阻害する薬剤である。マウスを用いた動物実験では発がん性 (細網肉腫) があることが疑われている (2)。したがって食品中に検出されると違反とされるが、これらが間違って使用されたり、同様の問題が再発している。

ソフト農薬とは

世界的な園芸生産の流れとして、環境保全型農業の推進が挙げられている。農薬の使用は環境保全型農業とは逆の流れであり、特に殺虫剤における有機リン剤、カーバメート剤、有機塩素剤はその残留性

¹ 〒113-8657、東京都文京区弥生 1-1-1、東京大学農学部食の安全研究センター
FEL/FAX, 03-5841-8182 e-mail: takashi.onodera@riken.jp

や人体への影響を含めて使用を抑制する方向である。日本は、現在農薬使用量の世界第一位であり、二位のヨーロッパの製品重量換算で5倍の使用量が日本でなされている。園芸大国といわれるオランダやデンマークでは、温室周りに防虫網を張り巡らしたりしている。天敵利用、フェロモン（誘引剤や攪乱剤）の利用など農薬に頼らない園芸生産を目指しており、日本での多量の農薬の使用は国際的に批判を浴びつつある。

一般に人体、宿主動物や環境に影響がない農薬としては次の2つが必要条件といえる。

- 1) 動物細胞になく、防除対象とする昆虫、微生物、植物に特有な酵素系だけを阻害すること。
- 2) 太陽光線や微生物などにより分解されやすく、大量使用しても環境を汚染しないこと(3)。

現在、ポジティブリストにより登録されている農薬は、すべて厳しい安全評価試験に合格しており、正しい使用法が守られている限り安全である事はもちろんである。しかしながら、かつての農薬の様に防御効果を第一とし、対照とする病害虫や雑草への適用範囲が広い農薬をハード農薬とすれば、速分解性で環境汚染がなく、選択制の高い農薬をソフト農薬と考えることが可能である(3)。最近のソフト農薬の実例を述べてみたい。

1) 炭酸水素ナトリウム (重曹)

玉川大学の本間保男教授は1977年に重曹が柑橘類に黒点病や緑かび病に有効なことを明らかにした(4)。効力のもと、重曹が水に溶けた時に示すアルカリ性(pH 8.3)であった。緑かび病は、成熟した果実のもつクエン酸濃度が有る値に達すると発症する。一方、重曹はこのpH条件を、黒点病菌の発育上不適当な方向(pH 4以上)にずらすことにより、発症を抑制する。

しかし、ただ重曹水溶液を用いるだけでは、その防除効果にばらつきが有ることが明らかにされた。具体的には、重曹水は植物体上で水滴となって存在するため、乾燥するとそこに重曹の結晶が析出する。これが、ばらつきを生むと同時に、局所的な高濃度による葉害の発生をも生じさせる。この問題を解決するためには、重曹水の表面張力を下げる必要がある。そのために、各種の界面活性剤が用いられる。

重曹は農作物や人畜及び水産動植物に害を及ぼす恐れが無いことが明らかなものとして、安全性が認められた**特定防除資材**である。有機栽培においてウドンコ病(カボチャ、キュウリ、スイカ、メロン、ピーマン、イチゴ、トマト、バラ)、灰色かび病(イチゴ、トマト、バラ)を防除するためにも使用される。また除草、抑草効果もある。

2) 炭酸水素カリウム

重曹の農薬としての登録申請の際には、重曹80%水和剤の200~400倍で試験がなされた。対象はキュウリ、イチゴ、ナス、ピーマン、メロンであったが、濃度が高くなると乾燥後に重曹の結晶により、析出部位に褐変を生じるので、約80倍希釈(重曹濃度10,000ppm)前後が葉害発生の限界濃度となった。したがってこの問題を解決するために炭酸水素カリウム(重カリ)が用いられた。重曹製剤開発で蓄積したノウハウを用いて開発を行い、使用濃度を800~1000倍まで希釈することが可能となった。対象はキュウリ、イチゴ、タバコうどん粉病であったが、重曹剤を上回る200倍の効果があつた(5)。

重カリ剤の最終形態には、マイクロカプセル技術が用いられている。重カリは水溶性なので、均一な散布はできるが、重曹同様、乾燥すると結晶化し濃度が不均一となってしまう。したがって、マイクロ

カプセルに封じ込めて溶液の濃度均一性を達成した。このマイクロカプセルにより、疎水性病原菌（通常風媒感染症菌の表面は疎水性）の表面への接触が可能となり、効果が高まった。

重カリ剤の作用機構は以下の様に説明させる(5)。

1. マイクロカプセル入りの重カリがうどん粉病菌に付着すると、高濃度のカリウムイオンが菌体内に移動し、イオンバランスを崩した菌は死滅する。
2. カリウムイオンは植物体内にも侵入し、肥料成分として機能し、抗病性を高める。

3) 炭酸水素カルシウム

炭酸カルシウム（石灰）を土壌に加えた際に pH の上昇が見られる。その際土壌内で3段階の反応が考えられている。まず第1段階として、炭酸カルシウム (CaCO_3) が雨水や土壌水のような二酸化炭素 (CO_2) を含んだ水に溶解し、炭酸水素カルシウム $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ を生成する。次に第2段階として、生成した炭酸水素カルシウムは石灰 (Ca^{2+}) と重炭酸イオン (HCO_3^-) とに解離する。第3段階は、石灰により土壌溶液中に交換浸出されてきた水素イオン (H^+)、あるいはもともと土壌溶液中に存在していた水素イオンが、重炭酸イオンと反応して溶存二酸化炭素、さらに水と二酸化炭素（気体）へ変化する過程である。この反応から、酸性の原因である水素イオンが消費されるため、pH の上昇（酸性矯正）が見られる。

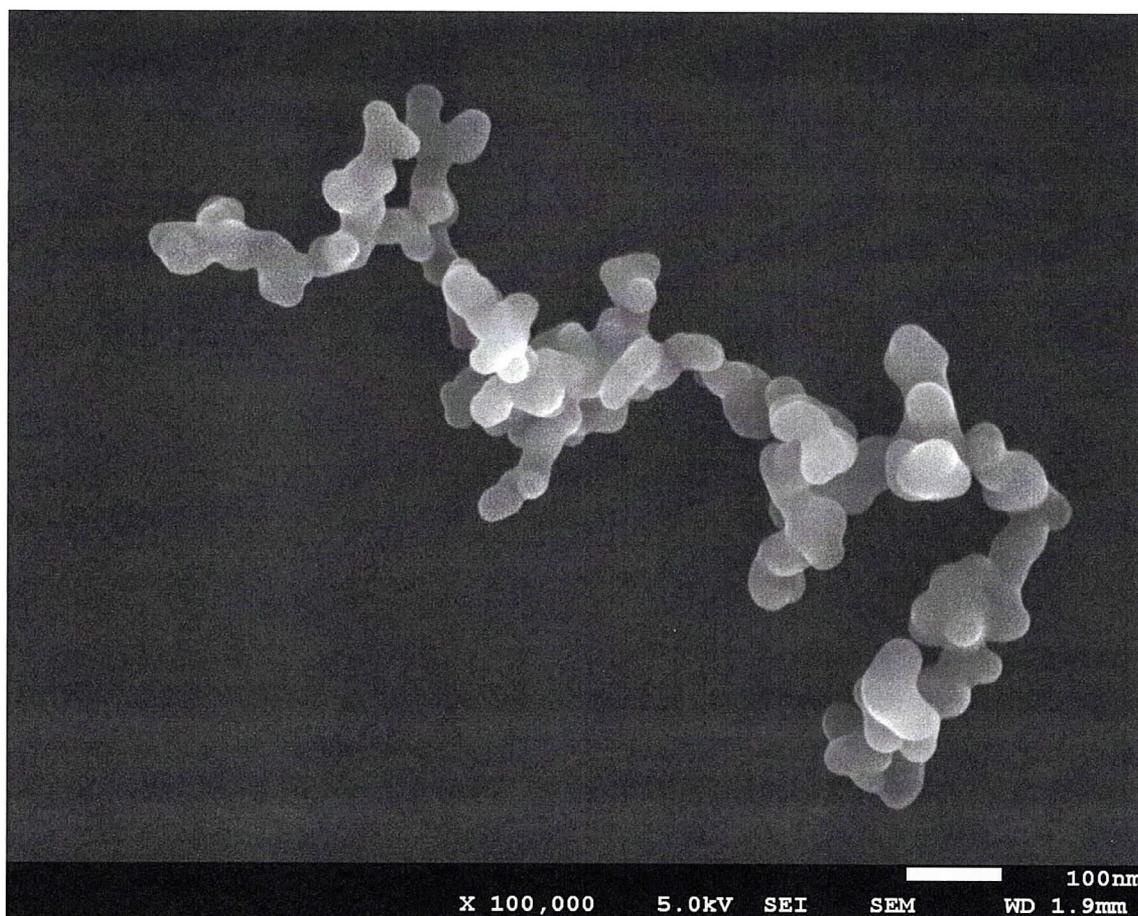


図1 炭酸水素カルシウム水溶液に高電圧を処理した際に産生するメゾスコピック構造のCAC-717。下線のバーは100 nmを示す。



図2 鹿児島県知覧町における茶畑における CAC-717 の噴霧例。左は CAC-717 を噴霧しない年、右は CAC-717 を噴霧した 2017 年の写真。

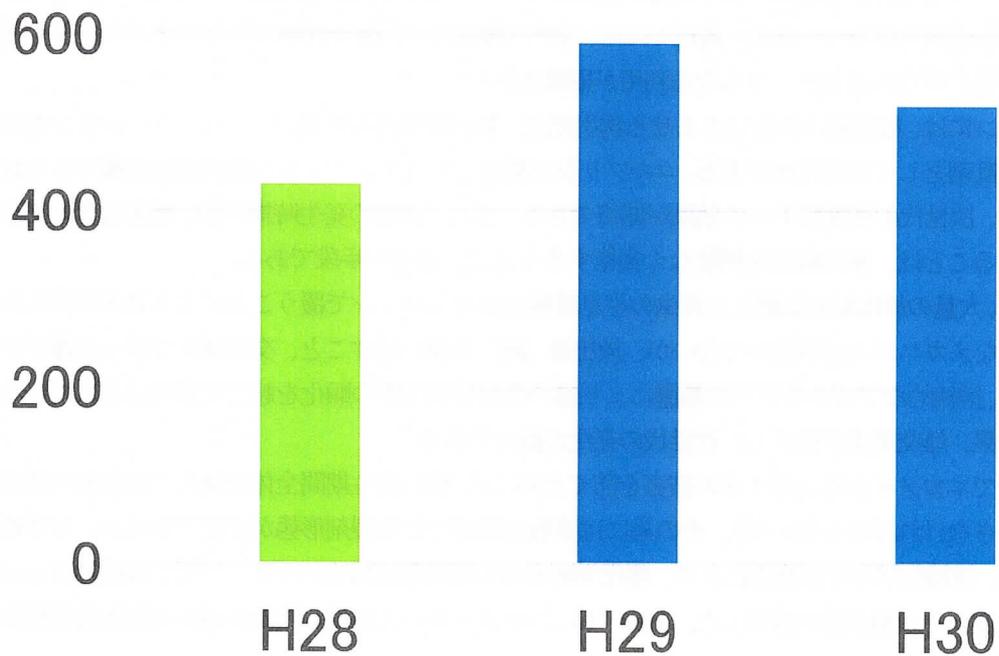


図3 知覧町茶畑における収穫量。H28 (2016 年)、H29 (2017 年)、H30 (2018 年) の同じ畑の産生量で、10a あたりの Kg で示されている。

最近我々は炭酸水素カルシウム溶液に高電圧 (2×10^4 ボルト、48 時間) を作用させ、特殊構造 (ナノスコピック構造) を持つ結晶化に成功した (図 1) (6)。この結晶は重炭酸イオンを結晶周囲に半永久的に放出させ、周囲の微細環境を高 pH にする。しかしながら、周囲に大量の脂質が存在すると、重炭酸イオン (HCO_3^-) および炭酸ガス (CO_2) が放出された後の産物である水酸イオン (OH^-) は、その加水分解に消費され pH 8.84 に低下する (6)。また、半永久的な重炭酸イオン (HCO_3^-) の結晶からの放出は、結晶内部の電場の存在による、一種の電気分解と考えている (6, 7)。

我々は、この特殊結晶化した炭酸水素カルシウム (1, 120ppm) を含むミネラル機能水 (CAC-717) が動物病原体 (インフルエンザウイルス、ノロウイルス等) に殺菌作用を有する事を利用して、植物病原体に対してもその効果を検証した (8)。その結果、キャベツ等に感染する黒腐病菌に対して殺菌効果のあることを明らかにした。従来の重曹、重カリの結果からして様々な植物病原体に対して CAC-717 は効力を有すると考えられる。実の所、詳細を研究段階であるが、お茶において 30% 程度の増収が鹿児島県知覧茶で得られている (図 2、3) (9)。さらに酪農学園の桐澤力雄教授は 15 種類の家畜病原ウイルスに対し CAC-717 が殺菌効果を有するという (10)。従って、CAC-717 はその投与方法、持続性が検証されれば将来の植物保健薬として十分に有効と考えられる。

炭酸水素カルシウム製剤が分解してできる消石灰は、土壤改良剤として働き、環境毒性を起こす心配は無い。したがって将来代表的なソフト農薬となりうる。

4) 性フェロモン

フェロモンはソフト農薬の代表的なものである。フェロモンという科学情報により、特定の種の行動をコントロールできる。雄成虫に対して誘引、交尾行動を引き起こす雌性フェロモンは、鱗翅目・甲虫目を中心とした主要害虫において化学構造の解析が進み、大量合成法や製剤技術の進展に伴い、実際の害虫防除での応用も進みつつある。最近では、室内で繁殖し、防除が困難なチャバネゴキブリの性フェロモン構造が明らかになり、さらなる利用が期待される。

性フェロモンには、放出源に虫をひきよせる誘引剤と、生息環境を広く覆いコミュニケーションを妨害する交信攪乱剤としての利用法が有る。ゴキブリなど集合フェロモンのような雌成虫を捕獲できる誘引剤の利用は、次世代の密度低下への効果が期待できる。また、害虫の発生時期や数、場所などの発生状況を把握することは、薬剤散布を無駄なく実施するうえで、有効な手段である。

交信攪乱は、大量の放出源を配置して害虫の生息環境を性フェロモンで覆うことにより効果が得られる。その正確なメカニズムは明らかでないが、放出源 (雌) を覆い隠すこと、交信攪乱で誤って雌を見失わせること、継続的なフェロモンへの暴露により雄の受容体の反応の順化を起こす事が示されている。交信攪乱の結果、雌交尾率が低下し、次世代の発生が抑えられる。

交信攪乱法でニカメイガによるイネの被害を防ぐためには、蛾の発生期間全体を通して化合物の蒸気を水田に漂わさなければならない (3)。その為には蒸散を制御できる製剤形態が必要であるが、日本電工、日産化学、信越化学などの協力により、理化学研究所の里見朝正博士のグループは、合成性フェロモンの大量製造とその製剤化に成功した。1981 年にニカメイガが大発生した岡山県の大規模な圃場試験で、好成績を得たという (3)。

引用文献

- 1) 浅井史敏、農薬の種類と有害作用、獣医毒性学、近代出版、p55-57 (2013)
- 2) 内閣府食品安全委員会事務局・平成 24 年度食品安全確保総合調査、No.9 ダミノジット、ポジティブリスト制度施行に伴う暫定基準の設定された農薬、動物用医薬品及び飼料添加物に係る食品健康影響評価に関する調査、調査報告書 (東レリサーチセンター)、(2013)
- 3) 里見朝正、科学的総合防除の展開とソフト農薬の開発、化学と生物、20:543-548, (1982)
- 4) Homma, Y., Takahashi, H., Mizuno, H., Misato, T. Effect of soybean lecithin on cucumber powdery mildew, *Sphaerotheca fuliginea*, at various growth stages. *J. Pestic. Sci.* 2:33-40 (1977).
- 5) 本間保男、植物保健薬入門一人と植物の健康を考える、化学工業日報社(1996)
- 6) Nakashima, R., Kawamoto, M., Miyazaki, S., Onishi, R., Furusaki, K., Sakudo, A., and Onodera, T.: Evaluation of calcium hydrogen carbonate mesoscopic crystals as a disinfectant for influenza A viruses. *J. Vet. Med. Sci.* 79: 939-942 (2017)
- 7) Shimakura, H., Gen-Nagata, F., Haritani, M., Furusaki, K., Kato, Y., Yamashita-Kawanishi, N., Le,D.T., Tsuzuki, M., Tohya, Y., Kyuwa, S., Saito, H., Horimoto, T., Onodera, T., Haga, T.: Inactivation of noroviruses by calcium hydrogen carbonate mesoscopic crystals. *Food. Environm. Virol.* (2018) (投稿中).
- 8) 作道章一、山城梨沙、津波古菜々恵、小野寺節、植物・土壌ミネラル由来機能水を用いた汚染種子の殺菌効果、農業環境工学関連学会 2018 年合同学会・講演要旨集、樽味、愛媛、9 月 10-14 日 (2018)
- 9) Onodera, T., Furusaki, K., Haritani, M., Sakudo, A. Soil amendment with CAC-717 solution also acts as a prion disinfectant. *Prion2018* May 22-25, Santiago de Compostela, Spain, (2018)
- 10) 加藤里佳、古崎孝一、小野寺節、太西るみ子、桐澤力雄、植物ミネラル機能水 (テラヘルツ水) 加工セラミックの抗ウイルス効果、第 161 回日本獣医学会学術集会・講演要旨集 DVO-109、9 月 13 日、つくば、(2018)