



日本中央競馬会
特別振興資金助成事業



畜産分野の消毒ハンドブック



平成 31 年 2 月

公益社団法人 中央畜産会

発刊にあたって

我が国周辺諸国において、家畜の伝染性疾病がまん延しており、口蹄疫は中国、韓国、モンゴル、ロシアで継発し、アフリカ豚コレラは中国ほぼ全土のみならずモンゴルまでまん延が拡大するなど緊迫の度を増しており、これら悪性家畜伝染病の我が国への侵入の恐れは大幅に増大しています。

国内においても、平成4年以来26年ぶりに豚コレラが発生し、野生のいのししからも豚コレラの陽性事例が確認され、近県へのまん延が懸念されています。また、豚流行性下痢の発生も引き続き報告されており、さらに、高病原性鳥インフルエンザの発生も懸念されます。

これらを受けて、平成30年12月19日に農林水産省豚コレラ等家畜伝染病防疫対策会議が開催され、同日「家畜伝染病の発生予防・まん延防止に係る大臣指示」が発出されました。これによれば「1. 豚コレラ、アフリカ豚コレラ、鳥インフルエンザ等家畜伝染病の発生予防・まん延防止の前提となる飼養衛生管理基準やその他衛生管理に必要な項目について、全都道府県の畜産農家に対して、以下の項目を重点的に点検し、指導を強化すること。①適切な衛生管理区域の設定と衛生管理区域専用の衣服及び靴の設置及び使用、②畜舎等及び器具の定期的な清掃又は消毒等、③他の畜産関係施設等に立ち入った者の衛生管理区域への立入の制限、④野生動物等からの病原体の侵入防止、⑤食品廃棄物等を原材料とする飼料を給与する場合の加熱処理、⑥毎日の健康観察、早期発見・早期通報の徹底、⑦家畜の異状、死亡、飼料給与等に関する記録の保管」とされています。

なかでも、消毒は農場におけるバイオセキュリティの基本であり、産業動物獣医師は最新の知見を基に農場の指導等に当たる必要があります。

この度、全国競馬・畜産振興会助成事業の臨床獣医師感染症等対策強化推進事業の一環として、農場において日常的に実施する器具機材、車両、長靴や作業着などの消毒、及び石灰帯の設置をより実効あるものにするための解説を示した「畜産分野の消毒ハンドブック」を発刊することといたしました。

執筆の労を取ってくださった東京農工大学農学部獣医学科獣医衛生学研究室竹原一明教授に心から感謝する次第です。

この冊子が皆様の消毒に対する正しい理解と農場指導のための一助となれば幸いです。

平成31年2月

公益社団法人 中央畜産会
会長 森山 裕

「畜産分野の消毒ハンドブック」

= 消毒の常識・非常識 =

興味を持ちましたら、関連するページをご覧ください。

1. 消石灰、粉のままでは強アルカリではない

消石灰を撒いて、その上を歩く・タイヤを転がすだけで病原体が瞬時に死ぬことはなく、水を加えて始めてアルカリになる。瞬時に殺滅できるというのは、実験方法の違いによる。消石灰を撒くことは待ち受け消毒としては、効果的である。ただし、不活化には対象に含まれる水分含量が作用時間を左右し、糞便であればだいたい6時間以上で効果を発揮する。(参照ページ:P27～29)

2. 逆性石鹼は低温で消毒効果が著しく減弱

逆性石鹼は、冬期間、病原体を不活化する効果が激減する。使用濃度を濃くしても、効果は芳しくない。しかし、次に述べるアルカリ化で相乗的に不活化効果が高くなる。(P18)

3. アルカリ処理（水酸化カルシウム添加）で相乗効果

逆性石鹼や次亜塩素酸ナトリウムに水酸化カルシウムなどアルカリ剤を添加すると、不活化効果が高くなり、逆性石鹼では低温下でも、次亜塩素酸ナトリウムでは多少の有機物存在下でも、本来の能力あるいはそれ以上の能力を発揮できるようになる。(P20, 24)

4. 付着病原体の消毒には時間がかかる

物質に付着している病原体は、液体中に浮遊している場合と異なり、不活化に要する時間や消毒薬の濃度がより必要となる。特に皮や肉に付着している場合、不活化は非常に困難。皮や肉からはがれた病原体を不活化できたと間違って解釈している場合も多く、肉にはまだ病原体が生きたまま張り付いている。(P13～14, 16)

5. 長靴交換は効果的

踏込消毒槽では、病原体の不活化には長靴の浸漬が3分以上必要であることから、長靴を置き換えた方が、衛生的である。実際に、子牛の牛舎において、長靴交換で良い成績となった例がある。(P29～30, 34～35)

6. 農場の作業着の洗濯方法

農場のつなぎ作業着等を、洗濯をする際、家庭用の洗濯洗剤では病原体は不活化されない。洗濯前の消毒薬への浸漬が効果的。(P36)

7. 敷料のリセット

有機物存在下でも、水酸化カルシウムやバイオセラミックで時間を掛ければアルカリ資材で不活化できる。(P38)

8. 輸送カゴやトラックの消毒は重要

農場間の病原体の伝播の防止には、動物を輸送するトラックの荷台や輸送カゴ・卵トレイなどの消毒の徹底が重要。(P36～38)

目 次

発刊にあたって

「畜産分野の消毒ハンドブック」

はじめに	4
I. 死体又は物品の焼却	7
II. 死体又は物品の埋却	9
III. 消 毒	9
1 消毒の目的	9
2 消毒の種類とその方法等	10
3 消毒薬の使用に当たっての技術的な助言	10
4 おわりに	40

はじめに

2018年4月2日、農林水産省から、家畜伝染病予防法施行規則の一部を改正する省令（平成30年農林水産省令第24号）が公布・施行され、家畜伝染病予防法施行規則（昭和26年農林省令第35号。以下「規則」という。）の一部が67年ぶりに改正された。改正では、規則第30条に定める焼却、埋却及び消毒の基準並びに規則第33条の4に定める消毒の方法について、技術の進歩や現在の畜産の実態を踏まえるとともに、消毒等の実施者への健康や環境への配慮等に関する事項について新たに記載されており、これら基準に基づく対応の詳細について、技術的助言として「**家畜伝染病予防法に基づく焼却、埋却及び消毒の方法に関する留意事項（家畜伝染病予防法施行規則第30条及び第33条の4関係）（平成30年4月2日付け29消安第6824号農林水産省消費・安全局長通知）**」（以下、局長通知）が定められた。そこで、本書ではその「局長通知」について、現場での応用がより確実に行えるように、図や表を用いて、解説する。

一部の消毒薬や資材については、当研究室独自にそれらの効果や複数の消毒薬を組み合わせた際の効果・利用法等についても、解説する。なお、全ての消毒薬や資材を対象としたわけではないことを、最初にお断りしておく。

また、日本オーストリッチ事業協同組合（Japan Ostrich Industry Network：JOIN）が取りまとめた「**ダチョウ農場防疫マニュアル**」には、畜産農場での消毒法が具体的に述べられているので、本書でも参考にした。同マニュアルは、2018年3月に作成され、全国の家畜保健衛生所等に配布されているが、さらに、日本オーストリッチ協議会（Japan Ostrich Council：JOC）のホームページからダウンロードできる（<http://japan-ostrich.org/material/view/7395034277>）。

家畜伝染病予防法第十二条の三に、「農林水産大臣は、政令で定める家畜について、その飼養規模の区分に応じ、農林水産省令で、当該家畜の飼養に係る衛生管理（第二十一条第一項の規定による焼却又は埋却が必要となる場合に備えた土地の確保その他の措置を含む。以下同じ。）の方法に関し家畜の所有者が遵守すべき基準（以下「**飼養衛生管理基準**」という。）を定めなければならない。」と記されている。飼養衛生管理基準には、それぞれの家畜に対して、具体的な衛生管理手法が述べられており、農場は、遵守しなければならず、違反した場合には罰則も定められている。**農場 HACCP**（畜産農場における危害要因分析・必須管理点管理（Hazard Analysis Critical Control Point：HACCP）の考え方

を取り入れた飼養衛生管理) や JGAP 家畜・畜産物 (畜産における農業生産工程管理: Good Agricultural Practice) は、法令ではなく、認証取得は任意であるが、それらの基本は飼養衛生管理の徹底であり、飼養衛生管理基準と共に、バイオセキュリティの強化が重要である (図1)。

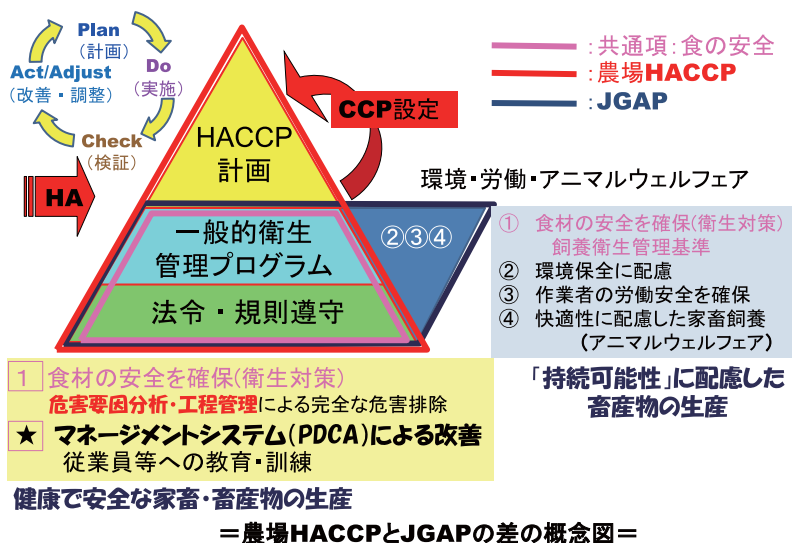


図1. 飼養衛生管理基準、農場 HACCP、JGAP 家畜・畜産物基準の関係

農林水産省のホームページに「飼養衛生管理基準の遵守状況のチェック表」(www.maff.go.jp/j/syouan/douei/csf/attach/xls/index-1.xlsx) が出ている。「飼養衛生管理基準」は、家畜伝染病予防法第十二条の三で定められているが、その法律で定められた基準の遵守状況を具体的に家畜保健衛生所が立入検査する際の様式を示したものである。これまでの「飼養衛生管理基準の遵守状況(チェックシート)」(畜種別)よりも、より具体的に記入するようになっている。衛生管理区域の設定の仕方、車両消毒(装置、消毒薬名、希釈倍数、消毒の頻度など)、踏込消毒槽(消毒薬の種類、濃度、交換頻度、消毒前の有機物除去方法)、管理区域専用の衣服・靴など。特に消毒に関しては、それぞれの利用場所における消毒薬名、希釈倍数、交換頻度など、具体的に記入するようになっている。これを用いれば、家畜保健衛生所としても、農場に対して、具体的な消毒法まで、踏み込んだ指導ができるようになる。チェック表を参考に、農場側も、どのような消毒薬をどのような場面で使用すればよいか、単に、これまでの方法を踏襲するのではなく、効果的な使い方をきちんと考える必要がある。

バイオセキュリティとは、農場に感染症を発生させないための管理（マネジメント）全般のことであり、①農場内への新しい病原体の侵入を防ぐ、②農場内の病原体を少なくなるよう工夫する、③いったん農場に病原体が侵入した場合には蔓延を防止して直ちに清浄化を図るなど、全体的な防疫対策を指す。

すなわち、防疫対策の基本は、以下のとおりである。

1. 外部からの家畜（精液を含む）の導入、訪問者・車・物品に対して、適切な管理・消毒と野生動物・昆虫などの防除による病原体の侵入防止
2. 鶏舎・豚舎・牛舎の適切な洗浄・消毒による内部の病原体の蔓延防止

局長通知の解説（局長通知からそのまま用いた文章についてはゴシック体とした）

I 死体又は物品の焼却

口蹄疫（FMD）や高病原性鳥インフルエンザ（HPAI）の場合、特に病原体散逸リスクに注意を要するため、原則として発生農場内又は農場の近接地に埋却することになっており、それにあたり移動式焼却炉（図2・3）若しくは移動式レンダリング処理装置（図4）の活用も可能である。

移動式焼却炉は、農林水産省動物検疫所の中部空港支所名古屋出張所野跡検疫場と門司支所新門司検疫場に配備されている。主に家きんの死体及び汚染物品を焼却する。

組立型移動式焼却炉の大きさは、横幅8.1m、奥行き2.5m、高さ2.4mで、6400羽／日の焼却能力がある。

移動式レンダリング処理装置は、中部空港支所名古屋出張所野跡検疫場に配備されている。主に殺処分した家畜の死体（以下「患畜等」という。）を破碎・加熱処理するために用いるものとする。

農水省の資料では、24時間連続稼働した場合、牛で180頭、豚で2000頭の処理が可能とされている。

農水省は、これら大型防疫資材紹介用のDVDを作成し、各県に配布している。あらかじめ入手し、見ておくの良い（図5）。



図2. 非組立型移動式焼却炉（農水省提供）



図3. 組立型移動式焼却炉（農水省提供）



図4. 移動式レンダリング装置（農水省提供）

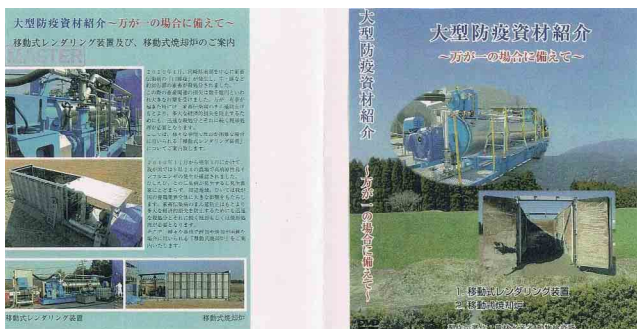


図5. 大型防疫資材紹介 DVD（農水省提供）

やむを得ない場合についてのみ、死体又は物品を防疫バッグ、医療用ペール缶等を用いて嚴重に被包するなど、病原体散逸防止措置を徹底した上で焼却施設へ輸送し、焼却する。

Ⅱ 死体又は物品の埋却

埋却を行う場所は、原則として、あらかじめ農場ごとに確保している埋却予定地で行う。埋却予定地の選定に当たっては、「局長通知」を遵守すること。同通知に、参考として例が示されている。底幅4m、深さ4m、長さ10mの埋却溝で目安となる埋却頭数は、成牛（死体の平均で500～600kgを想定）：約20頭、肥育豚（死体の平均で75kg程度を想定）：約140頭、鶏（成鶏を想定）：約8,000羽である。

Ⅲ 消毒

1 消毒の目的

すべての微生物を死滅させる滅菌とは異なり、“消毒（disinfection）”は、対象物に存在する“対象とする病原微生物”について、**感染症を惹起させない程度にまで殺滅または減少させること**である。対象としない病原体の殺滅は考慮しない。それぞれの病原体に対して、効果的な手法を用いて、対象とする病原微生物を殺滅あるいは減少させることが重要である。

FMDが懸念される場合にはFMDウイルス（ピコルナウイルス科：エンベロープなし。一般的にエンベロープが無いウイルスの場合、逆性石けんは効果的でない。）に、HPAIや豚流行性下痢（PED）が流行している際にはHPAIウイルス（オルソミクソウイルス科：エンベロープあり、逆性石けん等で不活化されやすい。）やPEDウイルス（コロナウイルス科：エンベロープあり、逆性石けん等で不活化されやすい。）に効果的な消毒薬を選択する必要がある。

伝染病発生時は、対象とする病原体を完全に除去し、家畜での発生を防ぐことを目的とするので、より徹底した消毒方法が必要となる。平常時であれば、1種類の消毒薬を用いることで、FMD、HPAIやPEDのみならず、大腸菌やサルモネラ等をも消毒できる**広域スペクトルの消毒薬**が望まれる。また、消毒薬

を組合せることで殺微生物効果が相乗的に高まり、低温下でも効果が維持されたり広域性スペクトルになったりすることが報告されている [9, 16]。

2 消毒の種類とその方法等

(1) 火炎消毒

火炎により加熱することによる。消毒対象は、芽胞菌に汚染された土壌や巣脾（養蜂でのみつばちの巣）等。

(2) 蒸気消毒

消毒器内に格納し、蒸気を用いて対象物を1時間以上、100℃以上の湿熱に触れさせる。消毒対象は、被服、毛布、器具、布製の飼料袋等。芽胞菌には無効。

(3) 煮沸消毒

沸騰水中で加熱することによる。消毒対象は、被服、毛布、毛、器具、布製の飼料袋、肉、骨、角、蹄、飼料等。芽胞菌には無効。

(4) 薬物消毒

消毒薬を用いて消毒する方法。詳細は後述するが、消毒の目的や対象とする病原体の性質等を踏まえ、消毒薬を選択し、適切な方法により実施する。

(5) 発酵消毒

糞尿など排せつ物をたい肥化する過程で、発酵によって生じる熱により消毒する方法。口蹄疫を対象とする場合は、60℃で21日から2か月程度を目安とする。鳥インフルエンザに汚染した鶏糞等を封じ込めによって処理する場合にあっては、表面に消石灰粉を十分に散布し、最低4℃以上で42日間以上静置する。

3 消毒薬の使用に当たっての技術的な助言

(1) 消毒薬の使用に当たって考慮すべき一般的事項

消毒薬の選択に当たっては、対象とする病原体の性質、消毒対象物の性状、消毒実施現場の環境等を勘案し、当該措置の目的を十分に達成できる方法により行う必要がある。

① 消毒薬の分類

消毒薬は、有効な病原微生物の範囲により以下の表のとおり分類できる。なお、本分類は、必ずしも消毒薬の強さを示すものではない。

表：消毒薬の効力による分類（プリオン及び原虫（オーシスト）を除く。）

分類	有効な病原性微生物の範囲
高水準消毒薬	すべての微生物を死滅させる（一部の芽胞、芽胞が多数存在する場合を除く）。
中水準消毒薬	一般細菌、結核菌、ほとんどの真菌、ほとんどのウイルスを殺滅するが、必ずしも芽胞を殺滅しない。
低水準消毒薬	ほとんどの一般細菌、ある種のウイルス、一部の真菌を殺滅する。

（局長通知から）

② 病原体の種類及び量

消毒薬の種類によって、目的とする病原体に対する効果が異なるため、使用に当たっては、適切な消毒薬を用いる必要がある。一般的に最も消毒薬に耐性がある病原体は芽胞菌であり、次いで抗酸菌、ウイルスが抵抗性を示す。また、消毒対象物中に、病原体が多ければ、より多くの消毒薬又は消毒時間を要する。

③ 有機物等の消毒を阻害する物質

一般的に、有機物の存在は、消毒薬の効果を低下させる。農場等の畜産の現場では、排せつ物、飼料等の有機物が多量に存在するため、消毒を実施する前に消毒対象物から有機物を除去する等の処置が重要である。また、踏込消毒では、長靴等の事前の洗浄の徹底、消毒薬の頻繁な交換を行う必要がある。

なお、除去される有機物中に消毒対象の病原微生物が含まれている可能性がある場合には、除去された有機物を介して病原微生物が拡散しないように、水洗の代わりに消毒薬による洗浄、除去した有機物の消毒等の措置を行う必要がある。

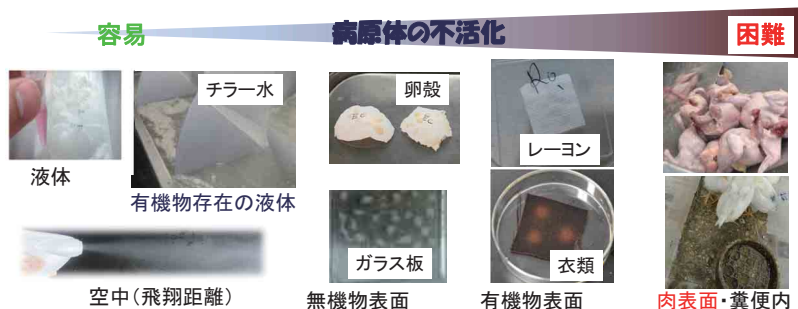


図6. 病原体の存在様式と不活化の易・難

一般に知られている、消毒薬の効果の指標となるフェノール係数（石炭酸係数）や最小発育阻止濃度（minimum inhibitory concentration：MIC）は、消毒薬を水で希釈し、その効果を調べるものである。しかしながら、実際の現場での消毒薬の効果は、これらの試験の評価結果とは乖離してしまう。畜産の現場においては、病原体は、液体に浮遊しているものだけでなく、床面、壁面、作業着、長靴などの物質あるいは家畜、家禽の皮膚や肉表面に付着しており、糞便中や敷料中など有機物の内部に存在していることもある（図6）。

液体中の病原体は、比較的容易に不活化できる。それに対し、同じ液体でも、有機物混入の状態では、消毒薬の効果は、著しく阻害される。特に塩素系消毒薬では、次亜塩素酸分子（HOCl）が対象とする微生物に到達する前に、混入している有機物と反応し、病原体に到達する前に不活性化してしまう [5]。

例えば、食鳥処理場で、鶏と体を冷却するためのチラー水^(注)には、と体由来の有機物が0.2%程度存在する。これら少量の有機物が混入することで、一般に用いられている塩素濃度200ppmの次亜塩素酸ナトリウム（NaOCl）溶液（200ppm NaOCl）は、殺菌効果が著しく抑制される。実験では、200ppm NaOClは、液体中のサルモネラや大腸菌を5秒以内に不活化（10万分の1以下まで）できるが、NaOClに0.5%の牛胎児血清（FBS）を添加すると、30秒後でも10分の1まで不活化できず、不活化能は著しく減弱した（表1）[16]。なお、0.2% FBS存在下において、200ppm NaOClは、細菌汚染の肉から非汚染の肉への交差汚染を抑制することはできず、対照として水を用いた結果と同様の菌数が非汚染肉に付着しており、汚染肉からの細菌の除去はできなかった[16]。

しかしながら、200ppm NaOClに0.17%になるように食品添加物規格水酸化カルシウム（FdCa(OH)₂）を添加した際は、200ppm NaOCl単独に比べ、交差汚染が抑制された（表2）[16]。

（注）チラー水：食品に限らず、工場等の製造過程で製品の温度管理（主に低温）をするために製品を浸漬する水の総称。食鳥処理場では、通常、鶏と体間の交差汚染防止を目的に低温水に次亜塩素酸ナトリウムを添加したチラー水内で鶏と体を管理している。

表 1. FdCa(OH)₂と次亜塩素酸ナトリウムの混合によるサルモネラ・インファンティスと大腸菌に対する殺菌効果

Tested solution	Bacteria	FBS (%)	Control ^{b)}	Number of bacteria (log ₁₀ CFU/ml) ^{a)}	
				5 ^{c)} sec	30 sec
0.17% FdCa(OH) ₂		0.5		7.29	7.03
200 ppm NaOCl	<i>Salmonella Infantis</i>	0	8.01	< 2.60	< 2.60
Mixture		0.5		7.21	6.87
		0		< 2.60	< 2.60
		0.5		6.70	< 2.60
		1.0		7.41	6.97
0.17% FdCa(OH) ₂		0.5		7.64	6.94
200 ppm NaOCl	<i>Escherichia coli</i>	0	8.13	< 2.60	< 2.60
Mixture		0.5		7.77	7.66
		0		3.17	< 2.60
		0.5		7.45	< 2.60
		1.0		7.81	6.84

a) 細菌数 (log₁₀CFU/ml)、b) 未処理対照細菌数 (log₁₀CFU/ml)、c) 感作時間。

注：200 ppm NaOClは、0%牛胎児血清 (FBS) では5秒間で検出限界未満 (< 2.6 log₁₀CFU/ml) にまで殺菌できるが、0.5%FBSでは30秒後でも10分の1程度にしか殺菌できなかつた。混合液は、0.5%FBSでも30秒後には検出限界未満にまで殺菌できた。表には示していないが、0.17% FdCa(OH)₂は、5%FBS存在下でも、3分間で検出限界未満にまで殺菌できた。

表 2. 細菌の交差汚染抑制試験

Tested solution with 0.2 % FBS		200 ppm NaOCl	0.17 % FdCa(OH) ₂	Mixture	dW ₂
<i>Salmonella Infantis</i> ^{a)}	Homogenate	4.74 ± 0.15 ^{c)}	3.51 ± 0.58	1.76 ± 0.07	4.74 ± 0.07
	RF ^{b)}	0.00 ± 0.07	1.24 ± 0.52	2.98 ± 0.07	—
<i>E. coli-Rif</i> ^{a)}	Homogenate	5.20 ± 0.18	2.90 ± 0.21	2.51 ± 0.40	5.21 ± 0.01
	RF ^{b)}	0.01 ± 0.08	2.32 ± 0.20	2.71 ± 0.30	—

a) サルモネラ・インファンティスの菌数は、8.62 ± 0.07 log₁₀CFU/ml、大腸菌は8.80 ± 0.04 log₁₀CFU/ml、b) 減衰因子 (RF) = log₁₀対照菌数/ml - log₁₀処理菌数/ml、c) 数値は、平均±標準誤差。

注：鶏肉片に細菌を滴下し汚染鶏肉を作製した。非汚染鶏肉と共に40mlの処理液 (0.2%FBSを含む) に浸漬し、ゆっくりとゆすりながら5分間感作した。非汚染鶏肉を取り出し、再蒸留水 (dW₂) で2回リンスし、20mlのPBSを入れたストマッカーバッグで乳剤としたのち、細菌数を測定した。チラー水を想定し、有機物汚染として0.2%FBSを処理液に含ませた。200 ppm NaOClでは、RFは0だったが、混合液ではRFが2.71~2.98を示し、交差汚染がかなりの程度抑制された。

④ 消毒対象の性質

ア 表面の形状

消毒薬が病原体に接触しやすいかどうか消毒の効果に影響する。消毒対象の表面が粗面又は小孔があるような場合は、消毒薬が十分に病原体に接触しない可能性が高くなるため、十分な効果が得られない可能性がある。

図7や8に示すように、同じ消毒薬を用いても、病原体が物質上に存在する場合には液体に浮遊している病原体を不活化するのに比べ時間がかかる。液体中では30秒以内に不活化されていたサルモネラが、ゴムやプラスチック片上では、3分間を要した（表3～5）[2]。

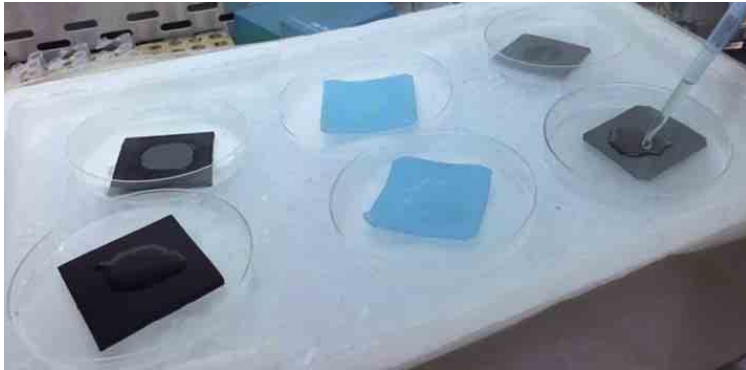


図7. ゴム、プラスチック、スチール片上の病原体の不活化

表3. FdCa(OH)₂ と逆性石けん、混合液の液体中のサルモネラ・インファンティスに対する殺菌効果.

Solution	Temp. (°C)	FBS (%)	Number of bacteria (log ₁₀ CFU/ml) at different contact times.							
			Control	0 sec	5 sec	30 sec	1min	3 min	20 min	30 min
FdCa(OH) ₂ ^a	25	0	8.88 ^d	8.6	NT ^e	5.97	4.39*	≤2.60	NT	NT
QACx500 ^b				8.62	3.04*	≤2.60	NT	NT	NT	NT
Mix500 ^c				8.76	3.26*	≤2.60	NT	NT	NT	NT
FdCa(OH) ₂				8.63	NT	6.53	5.13*	3.83*	NT	NT
QACx500				8.58	NT	3.44*	≤2.60	NT	NT	NT
Mix500				8.71	NT	3.10*	≤2.60	NT	NT	NT
FdCa(OH) ₂		5	8.80	8.65	NT	6.30	5.28*	4.30*	NT	NT
QACx500				8.58	NT	3.44*	≤2.60	NT	NT	NT
Mix500				8.71	NT	3.10*	≤2.60	NT	NT	NT
FdCa(OH) ₂				8.65	NT	6.30	5.28*	4.30*	NT	NT
QACx500				8.58	NT	3.44*	≤2.60	NT	NT	NT
Mix500				8.71	NT	3.10*	≤2.60	NT	NT	NT
FdCa(OH) ₂	2	8.87	8.65	NT	6.30	5.28*	4.30*	NT	NT	
QACx500			8.69	7.30	6.01	4.31*	NT	NT	NT	
Mix500			8.82	5.94	4.16*	≤2.60	NT	NT	NT	
FdCa(OH) ₂			8.63	NT	6.93	5.71	4.58*	NT	NT	
QACx500			8.80	NT	NT	NT	NT	6.12	4.73*	
Mix500			8.79	NT	6.20	4.71*	≤2.60	NT	NT	

a) 0.17% FdCa(OH)₂, b) 逆性石けん (500倍希釈), c) FdCa(OH)₂ と逆性石けんの混合液 (0.17%, 500倍希釈), d) 細菌数(log₁₀CFU/ml), e) NT 試験せず, * 1000分の1以下に殺菌, ≤2.60 検出限界未満。

注: 室温 (25°C) では、5%FBS存在下でQACx500はサルモネラを1分以内に検出限界未満にまで不活化できたが、低温 (2°C) では30分後でも検出限界にまでは殺菌できなかった。混合液は、低温下でも3分以内に殺菌できた。

表4. FdCa(OH)₂ と逆性石けん、混合液の物質上のサルモネラ・インファンティスに対する殺菌効果 (25℃での試験).

Solution	Type of carrier	dW ₂ Control log ₁₀ CFU/ml 3 min	Number of bacteria (log ₁₀ CFU/ml) at different contact times.				
			30 sec	1 min	3 min	5 min	
FdCa(OH) ₂ ^a	Rubber	7.54 ^d	NT ^e	4.78	3.43 *	3.10*	
QACx500 ^b			5.30	4.64	3.05*	≤2.60	
Mix500 ^c			4.60	3.10*	≤2.60	NT	
FdCa(OH) ₂	Steel	7.62	5.14	4.16*	3.25*	≤2.60	
QACx500			4.96	3.39*	≤2.60	NT	
Mix500			3.45*	≤2.60	NT	NT	
FdCa(OH) ₂	Plastic	7.17	5.38	4.29	3.38*	2.76*	
QACx500			4.68	3.21*	2.82 *	≤2.60	
Mix500			3.49*	≤2.60	NT	NT	

a) 0.17% FdCa(OH)₂, b) 逆性石けん (500 倍希釈), c) FdCa(OH)₂ と逆性石けんの混合液 (0.17%, 500 倍希釈), d) 細菌数(log₁₀ CFU/ml), e) NT 試験せず, * 1000 分の 1 以下に殺菌, ≤2.60 検出限界未満。

注: 液体中 (表3) では1分以内に検出限界未満まで不活化されていたが、物質上 (表4) では3分間あるいは5分間を要する。

表5. FdCa(OH)₂ と逆性石けん、混合液の物質上のサルモネラ・インファンティスに対する殺菌効果 (2℃での試験).

Solution	Type of carrier	dW ₂ Control log ₁₀ CFU/ml 3 min	Number of bacteria (log ₁₀ CFU/ml) at different contact times.				
			30 sec	1 min	3 min	5 min	
FdCa(OH) ₂ ^a	Rubber	7.21 ^d	NT ^e	5.96	4.73	3.78*	
QACx500 ^b			5.53	4.92	4.27*	3.37*	
Mix500 ^c			4.89	3.71*	≤2.60	NT	
FdCa(OH) ₂	Steel	7.05	NT	5.11	3.92*	3.05*	
QACx500			NT	4.67	3.43*	2.99*	
Mix500			4.46	3.38*	≤2.60	NT	
FdCa(OH) ₂	Plastic	7.36	NT	5.59	4.44	2.93*	
QACx500			NT	5.07	4.16*	2.88*	
Mix500			4.82	3.80*	≤2.60	NT	

a) 0.17% FdCa(OH)₂, b) 逆性石けん (500 倍希釈), c) FdCa(OH)₂ と逆性石けんの混合液 (0.17%, 500 倍希釈), d) 細菌数(log₁₀ CFU/ml), e) NT 試験せず, * 1000 分の 1 以下に殺菌, ≤2.60 検出限界未満。

注: 室温 (表4) では逆性石けん単独で、5分以内に検出限界未満にまで不活化できたが、低温 (2℃) では、5分以上でも検出限界未満にまで不活化できない。

イ 消毒対象の性状

消毒後に消毒対象を利用する場合は、消毒薬による変性、薬剤の残留等が許容される範囲かを考慮する必要がある。

また、消毒対象が有機物である場合等では、消毒対象自体が消毒薬の作用を低下させる可能性がある。

一般に、肉表面に付着した細菌を消毒薬で殺菌することは困難である。肉表面の汚染除去の評価法として、スワブ法（綿棒で肉の表面をぬぐい、付着した菌数を測定する方法）、リンス法（肉片をPBS等に浸し、軽くこすって細菌を液体に回収する方法）、乳剤法（肉を乳剤にして、細菌を回収する方法）があるが、最も感度が高いのは乳剤法である。

なお、評価の際に注意する点として、消毒薬の効果を止めた後で細菌を回収しないと、肉の表面では不活化されていない細菌が、液体に回収された際、残留した消毒薬が細菌を不活化し、あたかも肉表面の細菌が殺菌されたように評価してしまうことである。肉片に細菌を添加し、その後、消毒薬を一定時間感作し、リンス法を用いてPBSで細菌を回収し、そのあとで消毒薬を不活化する方法で評価した場合、回収した細菌浮遊液の中に微量に存在した消毒薬で、殺菌されてしまう恐れがある(図8)。正しくは、消毒薬での処理後、肉からの細菌の回収前に十分消毒薬を除去するか消毒薬の効果を止める処置をしてから、細菌を回収する必要がある[16]。



1. 消毒薬に浸漬 2. 消毒薬の除去あるいは消毒薬の効果の停止処置 3. スワブ・リンス・乳剤法による細菌の回収

消毒薬が残っていると、肉から離れた浮遊細菌は容易に殺菌される

図8. 汚染肉上の微生物の正しい殺菌評価法

チラー水での汚染鶏肉から非汚染鶏肉への交差汚染を防止するためには、汚染鶏肉から剥がれ落ちた細菌を直ちに（秒単位で）殺菌する必要がある。新たな非汚染鶏肉に付着する前に殺菌するためには、チラー水の殺菌効果を高める必要があるが、有機物存在下でも殺菌力が落ちない消毒薬が望ましい。あるいは、食鳥処理工程で、消毒薬を常時噴霧し、腸管からの糞便が鶏肉に付着しない工夫が必要である。

ウ 生体

生体へ消毒薬を適用する場合は、消毒効果とともに、生体に与える毒性及び畜産物等の動物由来製品への残留を考慮する必要がある。このため、生体を消毒する場合は、原則として生体への使用が承認されている動物用医薬品（医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律（昭和 35 年 8 月 10 日法律第 145 号。以下「医薬品医療機器等法」という。）第 83 条により読み替えて適用される同法第 14 条第 1 項により承認されたもの。）を使用し、動物用医薬品の使用の規制に関する省令（平成 25 年 5 月 30 日農林水産省令第 44 号）第 2 条において規定されている使用禁止期間、又は、動物用医薬品等取締規則（平成 16 年 12 月 24 日農林水産省令第 107 号）に基づく承認事項として休業期間が定められている場合は、これを遵守する必要がある。

使用する消毒薬に、**使用禁止期間**や**休業期間**が定められている場合、家畜の消毒後は、生産物や家畜を一定期間出荷できない。ただし、**飼料添加物**や**食品添加物**の場合、特にそれらの制限が無いので、泌乳中の乳牛や産卵中の採卵鶏、出荷直前の肥育豚やブロイラーに対しても、用いることは可能である。具体的な例として、鶏糞を還元焼結処理して得られた**バイオセラミック（BCX）**（家畜の餌として登録：家保衛飼 538 号）[11-13]や**食品添加物規格の水酸化カルシウム**（Food additive grade calcium hydroxide：FdCa(OH)₂）[3, 7, 8]などがある。

⑤ 消毒薬の濃度

濃度については、対象とする消毒対象の性状、病原体の性質等を踏まえ、家畜伝染病予防法施行規則（昭和 26 年 5 月 31 日農林省令第 35 号。以下「施行規則」という。）別表第 3 及び第 4、家畜伝染病予防法（昭和 26 年法律第 166 号。以下「法」という。）第 3 条の 2 に基づく特定家畜伝染病防疫指針、本留意事項等を参考とし、適切な濃度のもを用いる。なお、動物用医薬品を用いる場合は、動物用医薬品等取締規則（平成 16 年 12 月 24 日農林水産省令第 107 号）に基づき当該医薬品ごとに定められている用法・用量（以下「用法・用量」という。）に基づき使用する。

また、水に希釈して使用する消毒薬の場合、一見して混合しているようでも、濃度差が生じている可能性があることから、均一な濃度となるように十分にかく拌してから使用する。

⑥ 作用時間

十分な消毒効果を得るためには、十分な作用時間が必要である。作用時間を確保するために、例えば壁面の消毒では発泡消毒又は塗布膜を形成するものを用いたり、燻蒸を行う場合にあっては十分な時間、密閉状態を保つなどにより、消毒薬と消毒対象が十分な時間接触するようにする。

また、一般的に靴底等に固着した細菌性の病原体などに対しては、消毒薬の効果が低下するため、消毒に要する時間が長くなる。したがって、踏込消毒等においては消毒の目的についても考慮し、適確に消毒が実施されるように、消毒薬の選択、頻回交換、十分な洗浄及び消毒薬の作用時間の確保について留意する必要がある。

物質表面上の細菌の不活化には、時間がかかる。ゴム長靴に付着した細菌の殺菌を想定したゴム片上のサルモネラや大腸菌の検出限界までの不活化には、500 倍に希釈した逆性石けん（QACx500）を用いた場合、室温で3～5分間を要した（表4）[1, 2]。

⑦ 作用温度

薬物消毒は、通常、低温下では消毒薬の効果が低下することから、20℃内外の環境において行うべきものであるが、環境の温度がこれに満たない場合でも、薬物濃度を濃くする（通常 2 倍以内）又は消毒薬の変質を生じない程度において消毒薬を加温して用いることも差し支えない。

低温の環境下であって、消毒薬が凍結する可能性がある場合については、本留意事項第3の3の(3)を参考に、消毒薬液に不凍液等を添加するなど不凍処理を行う。

消毒薬にもよるが、逆性石けんは、低温下で用いた場合、その殺微生物効果は著しく損なわれる。逆性石けんを500倍希釈して用いた場合（QACx500）、室温（25℃）では低病原性鳥インフルエンザウイルス（AIV）は30秒間で1000分の1以下まで不活化されたが、2℃の条件では1時間を要した（表6）[1, 9]。同様に、液体中のサルモネラに対して、QACx500は、室温では5秒以内に1000分の1以下まで不活化できたが、2℃環境下では1分間を要した（表5）[2]。病原体により、時間は異なるが、低温では、病原体の不活化に時間がかかることは同様であった。

表 6. 異なる温度条件・有機物存在下での低病原性鳥インフルエンザウイルスに対する不活化効果

Solution	Temp. (°C)	FBS (%)	Titer of the virus (TCID ₅₀ /ml)						
			0 sec	5 sec	30 sec	3 min	30 min	1 hr	2 hr
QAC×500 ^a	25	0%	8.25 ^d	6.50	3.83	NT	NT	NT	NT
FdCa(OH) ₂ ^b			8.25	NT	NT	7.58	5.50	5.25	3.92
Mix500 ^c			8.00	5.38	3.44	NT	NT	NT	NT
Mix500		1%	7.92	NT	7.33	3.92	NT	NT	NT
QAC×500			8.19	NT	NT	NT	NT	6.17	5.17
FdCa(OH) ₂			8.19	NT	NT	NT	7.00	6.08	6.50
Mix500	5%	8.00	NT	7.67	6.67	3.50	NT	NT	
QAC×500		8.25	NT	NT	NT	6.50	4.17	NT	
FdCa(OH) ₂		7.92	NT	NT	NT	NT	7.67	7.75	
Mix500	2	0%	8.33	7.92	6.00	4.75	NT	NT	NT
QAC×500			7.50	NT	NT	NT	6.50	5.38	5.25
Mix500			8.25	NT	NT	NT	6.58	6.08	5.50
QAC×500		5%	8.25	NT	NT	NT	NT	8.00	8.25
Mix500			8.00	NT	NT	NT	NT	7.08	7.00

a) 逆性石けん (500 倍希釈), b) 0.17% FdCa(OH)₂, c) 逆性石けんと FdCa(OH)₂ の混合液 (500 倍希釈, 0.17%), d) ウイルス力価 (TCID₅₀/ml)。

注: 逆性石けんは、室温では 30 秒間で 1000 分の 1 以下に不活化できたが、2°C では 1 時間を要した。混合液は 3 分間で 1000 分の 1 以下にまで不活化できたが、有機物存在下ではできなかった。



写真 9. 消毒用ポンプ (農水省から)



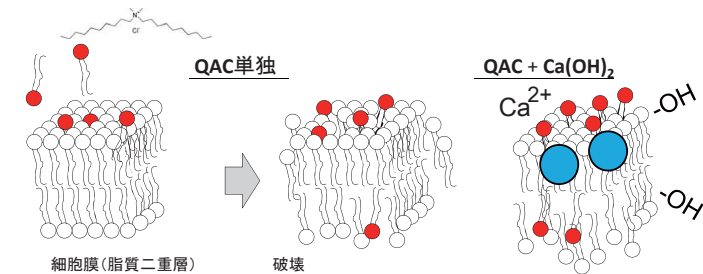
図 10. 自動車消毒用ゲート

特に、HPAI が流行するのは、冬季であり、外気温は極度に低い。そのような環境下でも効果的な噴霧消毒薬が必要である（図9・10）。HPAI 等の発生時には、消毒ポイントを設け、畜産関係者のみならず一般車を含む消毒を行う場合もある。低温時でも短時間で効果のある消毒薬・消毒方法でなければならない。

局長通知の留意事項第3の3の(3)には、逆性石けん液が有効な病原体の場合は、低温下における消毒薬の効果の維持及び増強を目的として、逆性石けん液に消石灰等のアルカリ成分を添加する方法が有効であるとする報告がある。と記されている。

例えば、上記の QACx500 に $\text{FdCa}(\text{OH})_2$ を飽和液になるように 0.17-0.2% 添加して pH を 12.4 以上にする（Mix500）で、殺微生物効果が相乗的に高まった（表5・6）[1, 2, 9]。

一般に、低温下では、石けんの泡立ちが悪く、温かいお湯の方が、汚れが良く落ちることが知られている。逆性石けんの殺菌・殺ウイルスメカニズムの詳細は不明だが、図11の左側の説明のように考えられている。細菌やウイルスの細胞膜（脂質二重層）は、低温下で硬くなると、逆性石けんはその細胞膜に入り込みにくくなる。その結果、逆性石けんによる膜の物性変化や膜タンパク質の変性、膜の破壊が起こりにくくなる。右の図に示すように、アルカリ（水酸基： OH^- ）とカルシウムイオン（ Ca^{2+} ）は、細胞膜に穴を開け、逆性石けんを細胞膜に作用させやすくし、その結果、相乗効果として、低温下での殺菌・殺ウイルス効果の増強が認められると考えられる（図11）。この相乗効果メカニズムについては、Avian Diseases の論文に記載した [1]。



QACの殺菌メカニズムの詳細は不明だが、以下のように考えられている

1. 膜への吸着・取り込み
2. 膜の物性変化・膜タンパク質の変性
3. 膜の破壊
4. 低温下では、脂質二重層が硬くなり逆性石けんは入り込めない

アルカリ化 (OH^-) と Ca^{2+} による細胞膜の変性がQACの作用を増強し、低温下でもQACが作用できる

図11. 逆性石けん (QAC) の作用メカニズムと $\text{Ca}(\text{OH})_2$ による相乗効果

なお、逆性石けんは、エンベロープの無いウイルスに対しては効果が無いことが知られているが、QACx500 単独では不活化できなかった伝染性ファブリキウス囊病ウイルス (IBDV) に対し、Mix500 は、低温下・5%FBS 存在下でも IBDV を 5 秒間で検出限界まで不活化することができた。このことは、逆性石けんにアルカリ剤を添加することで、殺微生物効果を広域スペクトルとすることができることを示している (表 7) [9]。

表 7. ニューカッスル病ウイルスと伝染性ファブリキウス囊病ウイルスに対する殺ウイルス能 (2℃)

Viruses	Solution	FBS (%)	Titer of the viruses					
			0 sec	5 sec	30 sec	3 min	30 min	1 hr
NDV	QACx500 ^a	0	6.75 ^d	4.38	3.38	NT	NT	NT
	FdCa(OH) ₂ ^b		7.00	NT	NT	5.58	4.00	NT
	Mix500 ^c		6.42	2.92	2.83	NT	NT	NT
	Mix500	5	7.17	NT	5.33	3.92	NT	NT
IBDV	QACx500	0	4.54 ^e	NT	NT	3.23	3.27	3.20
	FdCa(OH) ₂		5.19	1.70	1.40	1.40	NT	NT
	Mix500		4.48	1.40	1.56	NT	NT	NT
	Mix500	5	4.33	1.40	1.40	NT	NT	NT

a) 逆性石けん (500 倍希釈), b) 0.17% FdCa(OH)₂, c) 逆性石けん と FdCa(OH)₂ の混合液 (500 倍希釈, 0.17%), d) ウイルス力価 (TCID₅₀/ml), e) ウイルス力価 (PFU/ml)。

注: 逆性石けんは IBDV を不活化できなかったが、0.17% FdCa(OH)₂ 単独あるいは混合液は、5%FBS 存在下でも 30 秒以内に不活化できた。

⑧ pH

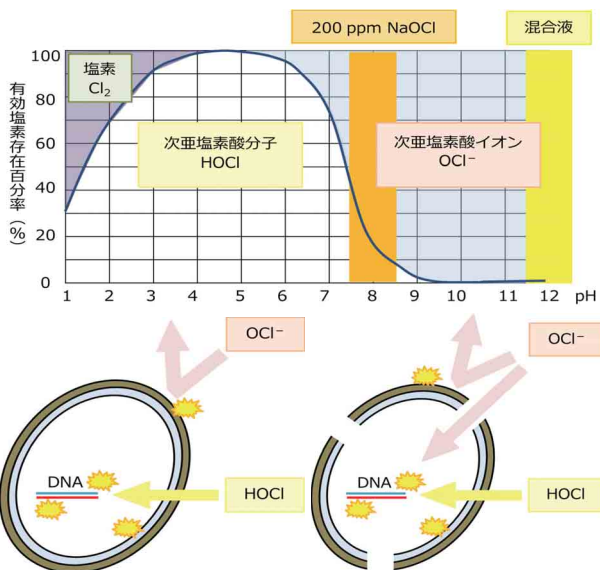
消毒薬ごとに適切な pH 域があるため、他の消毒薬の混入等により pH が変化した場合、十分な効果が得られない可能性がある。また、クエン酸などによる酸又は消石灰などによるアルカリによって消毒する場合、病原体の pH 感受性に違いがあることに留意する必要がある。

次亜塩素酸ナトリウム (NaOCl) は、アルカリ性で、塩素濃度 200ppm くらいでは pH は 8.5 ~ 9.5 を示す。その場合、次亜塩素酸分子 (HOCl) は 10% 程度 (約 20ppm) であり、残りは次亜塩素酸イオン (OCl⁻) となる。分子は脂質二重層からなる細胞膜を通過できるが、イオンは通過できない。

次亜塩素酸水を微酸性 (pH が 6.0 程度) にした場合、有効塩素濃度が同じだとすれば分子としての有効塩素濃度が約 10 倍となり、殺菌効果は 8 ~ 10 倍高くなる。

しかし、NaOCl に 0.17% FdCa(OH)₂ を添加し、pH を 12 以上にすると、すべてが次亜塩素酸イオン (OCl⁻) になるが、カルシウムとアルカリが細胞膜に穴をあけることによりイオン (OCl⁻) が細胞内に入り込むことが可能とな

り、相乗効果として、殺菌能が高まる結果が得られている（表1、図12）[16]。



参考: 福崎智司「次亜塩素酸ナトリウムを用いた洗淨・殺菌操作の理論と実際」を元に作図

図 12. 次亜塩素酸ナトリウムと水酸化カルシウムによる殺菌に対する推定相乗効果メカニズム

⑨ 安全・環境

一般的に、消毒薬は生体に対して毒性を有する。したがって、消毒薬の使用に際しては、消毒実施者等の安全を確保するために、使用する消毒薬、関係する労働安全衛生規制等に応じて適切な防護措置をとる必要がある。

また、環境汚染が生じないように、消毒薬の使用量、濃度及び使用場所について留意が必要である。排出基準のある薬剤(オルソ剤、クレゾール等:フェノール類として5ppm)については、特に注意を要する。くわえて、発泡性を有する消毒薬を使用する場合にあっては泡沫の飛散、消石灰粉の使用にあっては風による消石灰粉の飛散についても注意が必要である。

(消毒ポイント等における消毒薬の野外での取扱について)

⑬ その他

法第3条の2に基づき定められている牛疫、牛肺疫、口蹄疫、豚コレラ、アフリカ豚コレラ、高病原性鳥インフルエンザ、低病原性鳥インフルエンザ

及び牛海綿状脳症については、特に厳格・厳重な対応が必要であることから、薬物消毒を実施する場合は、疾病ごとに定められた特定家畜伝染病防疫指針、防疫マニュアル等で定めた防疫方法を参照し、確実な消毒を実施する。

(2) 消毒薬の種類ごとに考慮すべき事項

消毒薬の選択に当たっては、以下の①から⑰までの消毒薬の種類ごとの技術的情報を考慮し選択する。

① アルコール類 中水準消毒薬。芽胞、エンベロープのないウイルスを除く、ほぼすべての微生物に有効であるとされている。作用は速効的である。作用機序は、たん白質の変性、代謝障害及び溶菌作用によるものとされている。消毒対象は、手指、器具、車両内等。

② 塩酸食塩水その他酸 高水準消毒薬。極めて金属腐食性が強い。(ア) 塩酸食塩水と(イ) クエン酸水(口蹄疫ウイルスを対象として使用する場合)がある。消毒対象は、塩酸食塩水は、皮、ケーシング等、クエン酸は、手足、死体、畜体、畜舎、さく、器具、機械等。

③ オルソ剤(オルトジクロロベンゼンを主成分とするもの) 中水準消毒薬。唯一コクシジウムに作用を有する。オルソ剤を含むフェノール系の消毒薬の作用機序は、病原体に浸透し細胞壁を破壊し、細胞質内のたん白質を溶解又は沈殿させることによると考えられている。

④ 過酢酸 高水準消毒薬。過酢酸は酢酸に変化する過程で酸素ラジカルを放出するが、酸素ラジカルは極めて強い酸化力を有し、これが病原体に殺菌的に作用すると考えられている。濃度が高い場合、グルタルアルデヒドよりも短時間で芽胞を減少させるとの報告もある。消毒効果に有機物の影響を受けにくいとされる。殺菌力はpHに依存し、低pHで殺菌力を発揮する。

強い臭気・刺激性を有する。また、強い金属腐食性があることから、消毒対象の材質に注意が必要である。

芽胞菌のうち病原性が強い炭疽菌対策に有効な消毒薬としてOIEコードに記載されている。なお、有機物による消毒力の低下が比較的少ないとされているが、OIEコードでは消毒対象に血液が存在している場合は使用に適さないとしている。消毒対象は、器具、畜舎等。

⑤ 逆性石けん及び両性石けん 低水準消毒薬。逆性石けんは、たん白質等の陰性荷電した高分子と電気的に吸着しやすいことによる病原体のたん白質の変性又は切断、界面活性により膜透過能へ影響し溶菌すること等により消毒効果を示すと考えられている。

両性石けんは、一分子中に陽イオン及び陰イオンの両方を含み、逆性石けんと同様の機序による殺菌作用に加え、陰イオンの洗浄作用も有する。低水準消毒薬に分類されるが、高濃度では抗酸菌にも殺菌的に作用を示すとされている。

エンベロープの無いウイルスには効果がないとされている。消毒対象は、手指、靴、死体、畜体（生体）、畜舎、器具、機械等。

筆者らは、逆性石けんに食品添加物規格水酸化カルシウム（ $\text{FdCa}(\text{OH})_2$ ）を添加することで、有機物存在下、低温環境下で、相乗的に殺微生物効果が高まることを見出した [1, 3, 9]。上にも記述したが、低水準消毒薬である逆性石けんにアルカリ剤を添加することで、相乗的に殺微生物効果を高め、また、強アルカリであることで、エンベロープを有さないウイルスに対しても効果を示し、広域スペクトルの消毒薬となると考えられた（表7）[9]。

⑥ グルタルアルデヒド 芽胞を含むすべての微生物に有効な高水準消毒薬。作用機序は、微生物の生体高分子のアルキル化によるものとされ、核酸、たん白質合成に影響を与えることによると考えられている。

金属、ゴム及びプラスチックに対して腐食性がなく有機物による効力低下が比較的小さいとされているが、たん白質凝固作用があるため、他の消毒薬と同様、血液、汚物等については事前に十分な洗浄・除去が必要である。また、取扱者の薬液への接触あるいは蒸気吸入による毒性の問題があり、使用時には注意が必要である。消毒対象は、器具、機械、畜舎、設備、種卵等。グルタルアルデヒドの廃棄処理にあたっては、亜硫酸水素ナトリウム又は市販の中和剤が利用できる。

⑦ 酸化エチレンに炭酸ガスを加えた混合ガス 高水準消毒薬。極めて毒性が強く、常温常压下で気体であることから、取扱には最大限の注意を要する。酸化エチレン単独では、強い引火性及び爆発性を有しているため、安定化のため炭酸ガスを混合したものが利用されている。密閉された消毒器又は滅菌施設に消毒対象を収納し、ガスを加圧・注入する。消毒対象は、機械、器具、被服、皮具類、骨、角、蹄等。極めて毒性が強い。

⑧ 次亜塩素酸カルシウム（さらし粉） 中水準消毒薬。作用機序は、水に溶解した際に生じる、極めて強い酸化力を有する次亜塩素酸が、細胞内たん白質を変性等させることによるものと考えられている。

次亜塩素酸カルシウムは次亜塩素酸ナトリウム液と異なり固体で用いられる。速効的な殺菌力を発揮し、細菌、真菌及びウイルスに有効であるが、芽胞への効果は確実ではないとされる。有効塩素濃度として 1,000ppm (0.1w/v%) 以上の高濃度であれば結核菌も殺菌可能であるとされるが、抗酸菌の中でも消毒薬耐性の強いヨーネ菌ではより高濃度で使用する必要があると考えられる。消毒対象は、畜舎の床、尿だめ、汚水だめその他アンモニアの発生著しいもの、井戸水、畜舎の隔壁、隔木、さく、土地等。

⑨ 水酸化ナトリウム水（苛性ソーダ） その他アルカリ水剤 高水準消毒薬。作用機序は強力なアルカリ性によるたん白質等の変性作用によるものと考えられる。危険性が極めて高く取扱に注意が必要である。

(ア) 水酸化ナトリウム水 医療分野で用いられている医薬品、試薬、食品添加物等を水を用いて 2w/v% から 5w/v% の濃度に溶解・希釈する（動物用医薬品として承認されている製品はない。）。

(注) 劇物に分類され、鍵をかけて保管し、使用記録を付ける必要がある。

(イ) 炭酸ナトリウム（炭酸ソーダ）水 医療分野で用いられている医薬品、資材、食品添加物等を水を用いて 4w/v% の溶解・希釈する（動物用医薬品として承認されている製品はない。）

局長通知に掲載されていないが、その他アルカリ水剤として、**水酸化カルシウム水**が挙げられる。Ca(OH)₂ の飽和は 0.17% であるが、Ca(OH)₂ 粉末の粒子径が小さい（平均 10 μm）場合、水に溶けないが浮遊する 1 μm 以下の粒子が過飽和状態として液体に存在し、飽和液よりも過飽和（3% 溶液）の水溶液の方が、殺微生物効果が高まる（図 13）。平均粒子径が 500nm の酸化カルシウム（CaO-Nano）2% 溶液は、エンベロップを有する AIV やニューカッスル病ウイルス（NDV）を 5 秒以内に 10000 分の 1 以下に不活化しただけでなく、エンベロップを持たず、小さな粒子径で比較的消毒薬に対して抵抗性を示すガチョウパルボウイルス（GPV）も、1 分以内に不活化した [14]。

食品添加物規格水酸化カルシウム（FdCa(OH)₂）は単独でも殺微生物効果を示し、サルモネラや大腸菌を 3 分以内に検出限界未満にまで不活化し、AIV を 1 時間以内、NDV を 30 分以内、IBDV を 5 秒以内に不活化した [1, 2, 9, 16]。

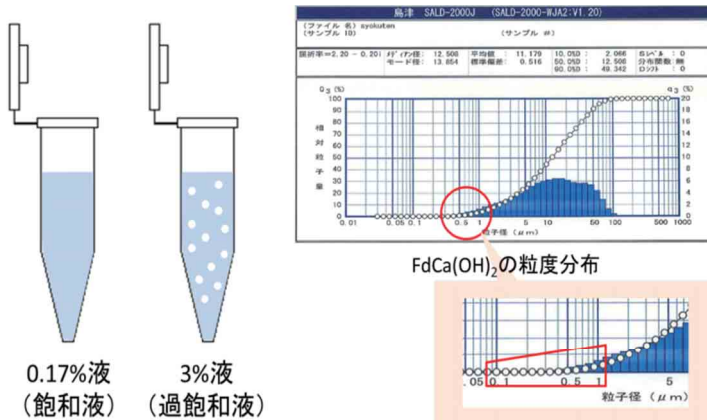


図 13. 水酸化カルシウムの過飽和液による殺微生物効果の原理

⑩ 消石灰粉又は石灰乳 中水準消毒薬。家畜衛生分野において広範に用いられている消毒薬である。粉体での散布など、取扱がしやすい。作用機序は高 pH による病原体のたん白質等の変性によると考えられる。消毒の作用は、水酸イオンによるものであることから、水分がない状況では作用しない。しかしながら、我が国の畜産現場においては、完全な乾燥状態はないと考えられるため、十分な効果が期待される。

(ア) 消石灰粉 利用できる製品としては、試薬、工業製品、建築用資材等として市販されている粉状の消石灰（水酸化マグネシウムを含む消石灰（ドロマイト石灰）を含む。以下同じ。）がある（動物用医薬品として承認されている製品はない。）。a 日常の消毒では、土壌又は床面が白くなるように十分に散布し、それを維持する。b 伝染病発生時には、1m²あたり 1kg を目安に均一に散布する。c 消毒対象に、混合して用いる場合は、十分にかく拌する。

(イ) 石灰乳 生石灰又は消石灰を 10w/v%以上の割合で水と混合し乳液状としたものを使用する。石灰乳の調製では、かく拌機等を用いて十分に混和する。なお、砂利等の不純物が多いと噴霧器の故障の原因となる（特に、消石灰を使用する場合は、一部を抜き取り、希塩酸等を用いて夾雑物がないかを事前に確認しておくこと）。散布・塗布では、塗布膜が厚くなりすぎないように注意する。塗布膜の形成がよく、水に溶解する際に発熱がないことから、石灰乳の材料として生石灰でなく、建設用資材等として用いられているドロマイト石灰（水酸化カルシウムと水酸化マグネシウムの混合物）が用いられる場合がある。

消毒対象は、畜舎周辺の土壌、舗装表面、畜舎の床、ふん尿、きゅう肥、ふん尿だめ、汚水溝等。

生石灰（“きせっかい”あるいは“なませっかい”と読む）は、石灰岩を焼成処理し、二酸化炭素を飛ばすことで生成される。生石灰は、焼成酸化カルシウム（CaO）で、水と反応すると高温になり、危険である。火災も起こしかねない。500kg以上を保管する場合には、消防署に届け出る必要がある。

生石灰に水を加えることで、消石灰（水酸化カルシウム：Ca(OH)₂）が得られる。消石灰は、酸化カルシウム換算で70%以上のもので、不純物も多く含まれている。家畜伝染病予防法に記載のある消石灰は、上記のように基本的に粉体で使用し、病原体の封じ込めとして用いる。水に10%以上の割合で混合し乳液状としたものが“石灰乳”である。

消石灰のCa(OH)₂の純度を高めたものが食品添加物規格（水酸化カルシウム95%以上を含む）となる。

実際、水酸化カルシウムの飽和水溶液（0.17%）を作製する場合、消石灰では不純物が多いため、多めに溶かさないと飽和とならない。食品添加物規格の水酸化カルシウムの場合、秤量したものでほぼ飽和水溶液となる。

⑩の説明文に「我が国の畜産現場においては、完全な乾燥状態はないと考えられるため、十分な効果が期待される。」とあるが、粉体利用の場合、殺微生物効果を発揮するためには、長時間が必要となることを理解しておく必要がある。待ち受け消毒には適する。つまり、病原体を含んだ糞などがアルカリ資材の上に落ちた場合、数時間かけて、中に含まれた病原体が不活化されるからである。図14のように、消石灰を農場周辺に散布して、病原体の不活化を行うことは問題ない。なお、消石灰（Ca(OH)₂）は雨に濡れたり、長期間野外放置したりすると、炭酸ガスを吸収して炭酸カルシウム（CaCO₃）となり、アルカリでなくなるので、頻繁に撒きなおす必要がある。消石灰は、



図14. 農場敷地内の石灰帯（農水省から）

野外では短期間で効果がなくなるとの報告もあるが、水に浸し乾燥させる操作を数回繰り返しても、殺菌・殺ウイルス効果の維持は認められた [10, 15]。

石灰帯を車が通過することによるタイヤの消毒や長靴で歩くことによる靴底の消毒は期待できない。消石灰は、粉の場合アルカリではない。

海外の多くの文献でも、誤った評価法を用い、粉と病原体とを混合し、短時間で病原体を不活化できたと報告している。例えば、アルカリ粉末と病原体（液体）を混合し、死滅したかどうかを調べる方法である（図 15 右）。病原体を液体で粉に混ぜれば、病原体を含む液体で粉が溶け、病原体周辺が強アルカリになり、高 pH に弱い病原体は死滅する。また、病原体を含む糞便と消石灰とを混合後、病原体の生死を確認するために、培地やリン酸緩衝生理食塩水（PBS）を粉に加えて、病原体を回収すると、回収液を入れた時点で強アルカリになり、その液体中で病原体が死滅する（図 15 左）。多くの文献では、このような誤った評価法を用いて、病原体が瞬時に死滅したような報告している。しかし、糞便など、比較的水分が少ない状態で粉と混ぜると、病原体の死滅には数時間を要する。上にも書いたが、肉の表面の細菌の殺菌を評価する際、消毒薬の効果を無効にしてから、細菌を肉からはがす回収操作をせねばならないのと似ている。アルカリ資材の場合も、正しくは、pH を中和できるように 1M Tris-HCl や 1M HEPES buffer などを用いて、液体を入れた際に強アルカリにならないような環境にして、病原体を回収、生死を調べる必要がある。実際に、このように中和して病原体の死滅を調べると、糞便中の病原体を死滅させるのには 3 時間から 6 時間を要した（表 8） [8]。実際に、汚染敷料にアルカリ資材粉体を混合して、IBDV を不活化するには 6 時間を要した [12]。液体では 5 秒間で不活化できる IBDV だが、粉ではそれだけの時間を要した。

表 8. 糞便中の細菌の不活化

FdCa(OH) ₂ 濃度 (%)	Bacteria	Number of bacteria (log ₁₀ CFU/ml) ^{a)}		
		0 min ^{b)}	3 hr	6 hr
5	<i>E. coli</i>	7.13	4.32	< 2.6
	<i>S. Infantis</i>	7.33	4.45	< 2.6
10	<i>E. coli</i>	7.13	< 2.6	< 2.6
	<i>S. Infantis</i>	7.33	< 2.6	< 2.6

a) 細菌数(log₁₀ CFU/ml), b) 感作時間 (0min は、感作させる前に中和)。

注：糞便中に細菌を接種し、そこに食品添加物規格水酸化カルシウム粉末 (FdCa(OH)₂) を混和。細菌の回収の際には、1 M Tris-HCl を添加し、pH を中和してから回収。水や PBS で回収した際には、1 分以内で細菌は検出限界未満に不活化されたが、中和してから回収すると、糞便に 5% の割合で粉末を添加した場合、3 時間後でもいずれの菌も生存していた。

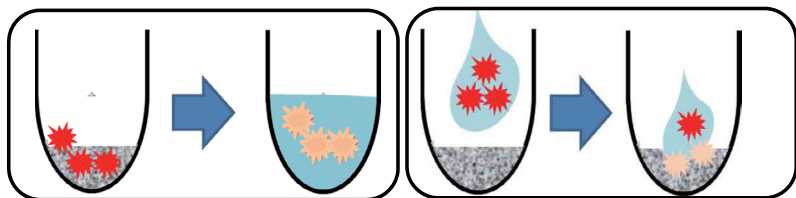


図 15. 粉体での誤った不活化評価法

左：乾燥した病原体と粉体を混合後、病原体の死滅を調べるために PBS で回収すると、回収時点で強アルカリになり、病原体が死滅する。

右：粉体に病原体を液体として滴下。滴下した液体が粉を溶かし、病原体周辺が強アルカリとなって病原体が死滅する。

凍結防止のため、消石灰の粉を踏込消毒槽に使っている農場も多いと思うが、短時間での効果はないので、液体（石灰乳や逆性石けんとアルカリの混合など）を用いる必要がある。

踏込消毒槽よりも、長靴交換の方が効果がある。ある肉牛農場で、4 週齢未満の子牛を飼養している牛舎に入る際、長靴交換と踏み込み消毒の徹底を実施したところ、それまで多く認められていたロタウイルス、コロナウイルス、エンテロウイルスが激減した。農場側からの話でも、死亡子牛が減り、下痢の治療も減ったとのことだった。導入当初は、長靴交換は面倒くさいと従業員の反応だったが、実際に病気や死亡が減ったことから、今では、従業員が率先して、長靴交換と踏み込み消毒を徹底しているとのことだった。これは、どの農場でも同じであろう。長靴の交換と踏み込み消毒槽の併用は効果的である。



図 16. 踏込消毒槽（粉を使っていた頃）

飼養衛生管理基準では、養鶏場では、鶏舎ごとに専用の長靴と衣類が必要だが、牛等の場合特にそのようには記されていない。しかし、長靴表面に付着した病原体を踏込消毒槽で消毒するには、3分以上漬けこんでおく必要

がある [2]。その時間を待つのであれば、中専用の長靴に履き替えた方が早い。中で使用した長靴を踏込消毒槽に漬けておけば、次回使用するまでに、殺菌されている (表 4・5、図 17)。

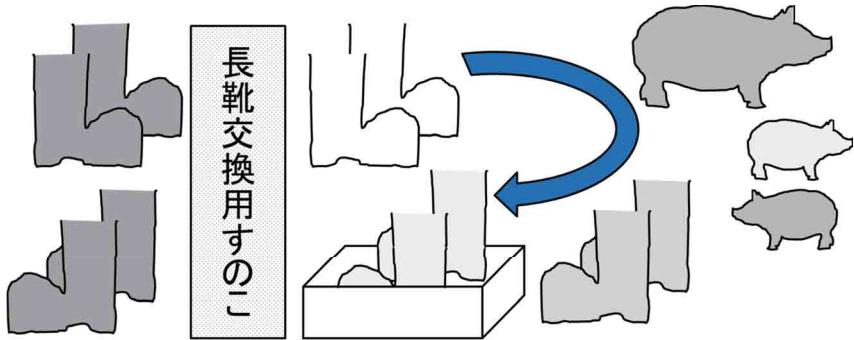


図 17. 長靴交換と踏込消毒槽

⑪ ハロゲン塩製剤 (次亜塩素酸ナトリウム製剤) 中水準消毒薬。作用機序等は、次亜塩素酸カルシウム (さらし粉) と同様に次亜塩素酸の酸化力による (図 18)。次亜塩素酸カルシウム (さらし粉) と異なり、液体である。消毒対象は、手足、死体、畜体、畜舎、さく、器具、ケーシング等。

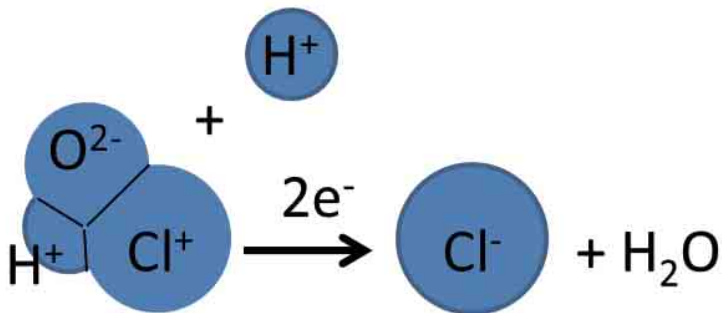


図 18. 次亜塩素酸分子 (HOCl) の酸化メカニズム
塩素 (Cl⁺) が還元 (Cl⁻) される過程で対象物を酸化する。

⑫ ハロゲン化物（ヨード系消毒薬） 中水準消毒薬。作用機序は、ヨウ素複合体（ヨードホール）が水に溶解されることで生じる遊離ヨウ素の酸化作用による病原体たん白質の変性等によると考えられている。消毒対象は、手足、死体、畜体、畜舎、さく、器具、機械、皮具等。有機物によって、効果が大きく低下するとされていることから、事前に消毒対象から有機物を洗浄・除去しておく必要がある。

⑬ ビグアナイド系消毒薬 低水準消毒薬。作用機序は病原体のタンパク質の変性等によるとされている。消毒対象は、手足、器具等。

クロルヘキシジンは、ビグアナイド系消毒薬で、グルコン酸塩として用いられる。

⑭ フェノール系消毒薬 中水準消毒薬。フェノール系消毒薬の作用機序は、病原体に浸透し細胞壁を破壊し、細胞質内のたん白質を溶解又は沈殿することによるとされている。フェノール系消毒薬は有機物による不活性化が比較的少ないとされている。クレゾールは、フェノール（石炭酸）より毒性が低く、また消毒作用が強いとされている。

⑮ 複合塩素系消毒薬及びジクロロイソシアヌル酸ナトリウム消毒薬 中水準消毒薬。複合塩素系消毒薬は、水に希釈すると主成分のペルオキシ-硫酸水素カリウムによって、配合成分の塩化ナトリウムが酸化され、次亜塩素酸が生成される。ジクロロイソシアヌル酸ナトリウム消毒薬では、水で希釈すると一定濃度の次亜塩素酸が遊離する。このように、両薬剤とも水に希釈することで次亜塩素酸が生じ、消毒の作用機序は、生じた次亜塩素酸の酸化による。

これら消毒薬では、次亜塩素酸の遊離が安定しているため、次亜塩素酸カルシウム（さらし粉）又は次亜塩素酸ナトリウム水と比較し、持続的な効果及び有機物に対する抵抗性があるとされている。消毒対象は、手足、死体、畜体、畜舎、さく、器具、機械等。

実際に、複合塩素系消毒薬を用い、有機物として5%FBSを添加してみたが、殺微生物効果は低温下でも発揮された。ただし、希釈は説明書の通りに行う必要がある。踏込消毒槽での使用は100倍希釈と記載されている。希釈しすぎると、効果は認められなかった。

⑬ ホルマリン 高水準消毒薬。ホルマリンはホルムアルデヒド水溶液(35.0～38.0w/v%)であり、一般にパラホルムアルデヒドの生成防止を目的として、メタノールが添加されている。作用機序は、たん白質のアルキル化によるとされている。ホルマリンは常温下で極めて強い刺激性のガス(ホルムアルデヒドガス)を発生し、結膜炎、皮膚炎、喘息、肺炎などを誘発し、さらに発癌性と催奇形性も報告されているなど強い毒性を有している。散布又は塗布による(燻蒸する場合は、17.のホルムアルデヒドを参照)。消毒対象は、畜舎、畜体、死体、器具、機械、骨、毛、角、蹄、皮具類等。

⑭ ホルムアルデヒド 高水準消毒薬。ホルマリンを燻蒸させることによる(加温又は過マンガン酸カリウム処理)。消毒対象は、室内、被服、毛布、畜舎、骨、肉、角、蹄、皮具類、器具機械、内容の汚染していない飼料袋等。

下記の表は、通知の28ページにある「消毒薬の種類と対象となる微生物への有効性」をそのまま示したものである。

なお、局長通知には、参考資料として、「国際獣疫事務局(OIE)陸生衛生規約第4.13章「消毒及び殺虫に関する一般勧告」から炭疽菌に関する消毒部分の抜粋(仮訳)」が付いている。炭疽菌は、芽胞を有し、通常の消毒

消毒薬の種類と対象となる微生物への有効性

消毒薬の種類	アルコール類		アルデヒド		ピグアナイド		酸化剤		酸		アルカリ		フェノール系		逆性石けん		両性石けん		
	エタノール	イソプロパノール	ホルムアルデヒド	ホルムアルデヒド	グルコン酸	グルコニック酸	過酸化水素	過硫酸	塩酸	リン酸	次亜塩素酸	石炭酸	フェノール	オルソクレゾール	逆性石けん	逆性石けん	両性石けん	両性石けん	
病原体の分類																			
マイコプラズマ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
グラム+菌	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
グラム-菌	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
シャドキナス(緑膿菌等)	◎	◎	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
リケッチア	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
ウイルス(エンペローブ有)	○	◎	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
クラミジア	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ウイルス(エンペローブ無)	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
真菌	△	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
ウイルス(エンペローブ無;口蹄疫)	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
ウイルス(エンペローブ無;サコ、バルボ等)	×	△	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
抗酸菌(結核菌)*	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
非抗酸菌(芽胞)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
コクシジウム	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
BSEプリオン	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

注:◎:有効・有用とされる ○:有効とされる △:長時間・高濃度での作用が必要又は病原体の種類によっては無効とする報告がある ×:無効・有用でない -:情報なし・保留
 *:抗酸菌のうち、消毒薬耐性の強いコクシジウムについては、無効又は濃度を高くする必要がある場合がある。
 †:石灰乳は、施設の壁面等に吹きつけ・散布することで凝固させ物理的に封じ込めが期待できる。

では不活化できず、グルタルアルデヒド、ホルムアルデヒド等の高水準消毒薬を用いながら、堆肥化又は燻蒸を実施する。これらの高水準消毒薬の使用に当たっては、人体保護機器を使用し、当該化学品の取り扱いに関する安全訓練も実施しておく必要がある。

前ページの表「消毒薬の種類と対象となる微生物への有効性」は、表の下に行けばいくほど、病原体の抵抗性が高くなり、消毒が難しくなる。この表では、それぞれ、単独の薬で用いた場合の結果が示されている。ただ、それぞれの病原体を不活化できるまでに、どのくらいの時間を必要とするのか、この表からはわからない。それぞれの用途に応じて、求められる効果を示す時間がある。例えば、踏込消毒槽では30秒間も立ってはいないだろう。カーゲートによる車両の噴霧消毒も20～30秒間くらいだろう。

噴霧消毒（車両消毒など）30秒間～5分間

本文中にも書いたが、実際に物質表面上に病原体を有機物と共に付着させ、乾燥後に消毒薬で不活化を試みた。洗い流す方法ではなく、表面に消毒薬を乗せる方法で効果を調べたが、温度（低温）や有機物の混入は、消毒効果を著しく低下させた。洗浄・消毒と言われるように、表面の有機物をなるべく除去してから、消毒液を行う必要がある。噴霧消毒で、ある程度表面を流しながら、消毒液を作用させることで、多少の有機物の付着があっても、病原体まで消毒薬がたどりつければ、消毒効果は高くなるだろう。

逆性石けん（500倍希釈：QACx500）に0.17%飽和になるように水酸化カルシウムを添加した混合液（Mix500）を用いてスチール片に着けた細菌を処理した際、室温では30秒間で1000分の1にまで細菌を減少させることができたが、2℃では1分間を要した[2]。ウイルスについては、AIVやNDVは室温の場合3分以内で、2℃では5分間で、1000分の1以下になった[1]。

アルカリ水を配管に流すと、それまで蓄積されていたヘドロが洗い流され、ノズルに詰まる問題が生じる。逆性石けんにアルカリを加えた場合、しばらくはノズルをはずし、ヘドロを流し切ってからつけ直すことをお勧めする。

移動制限時の消毒ポイントや畜舎洗浄で用いられている高圧洗浄機は、かなりの威力である。ウッドデッキの苔をデッキブラシの代わりに高圧洗浄機を用いて洗ったところ、苔のみならず、張付いていた汚れも完全に除去できた（図19）。このくらいの圧力であれば、小さな穴に糞便と共に入り込んだ病原体や車体や畜舎・家きん舎に張付いている病原体をはがし取りながら、洗浄が可能だろう。図9の消毒用ポンプでは、付着汚染物をはがし取るのは難しいだろう。

なお、噴霧消毒の際、用いる消毒液によっては、長距離を噴霧（例えば30cm以上）すると、消毒薬の活性がなくなってしまうことがある。微酸性次亜塩素酸水では、50ppmを用いた場合、30cmの噴霧で殺菌効果が失われてしまった[4]。ただ、微酸性次亜塩素酸水は瞬時に病原体を不活化する能力があり、塩素濃度100ppmの噴霧では、空中のNDVを不活化できた[6]。



図19. 高圧洗浄機

踏み込み消毒槽 1～5分間

Mix500で試験した際、2℃では1000分の1にまで細菌を減らすには1分間、検出限界未満にまで減らすには3分間を要した。

図20は、農水省のホームページにある踏込消毒槽の写真だが、よく見ると長靴の上にブーツカバーを履いている。ドイツの養鶏場を見学に行った際、踏み込み消毒槽の代わりにブーツカバーを支給された。基本は長靴交換である。日本の農場でも、実践している牛の農場がある（図21）。その農場にサンプリングに行く際は、長靴交換あるいはブーツカバーを利用する（図22）。



図20. 踏込消毒槽とブーツカバー（農水省から）



図 21. 牛舎での長靴交換



図 22. 牛舎でのブーツカバー

踏み込み消毒槽の消毒液をどのくらいの頻度で交換すれば良いか。よく聞かれる質問である。従業員が少ない場合、Mix500を踏み込み消毒槽にセットし、毎日液体を回収し、細菌やウイルスに対しての不活化能を調べたところ、細菌では7日後に回収した液体でも効果が認められたが、AIVに対しては、2日後まで、NDVに対しては3日後までだった。なお、pHは、7日後でも12以上を示しており、単にpHを消毒液の効果の目安にはできないと考えられた。

衣類の洗濯

重要なのだが、意外と注意されていないのが、衣類やタオル類の洗濯である。ツナギ等の衣類は、頻繁に交換・洗濯する必要がある。大きい農場では、ツナギなどをまとめて洗濯する部門がある。通常の洗濯石けんで洗浄しても、病原体は除去されない。70°C 程度のお湯で洗わないと、細菌の不活化は難しく、通常の家産の洗濯機は60°C までなので、その温度では細菌の不活化は困難である。

なお、市販の除菌用の洗濯洗剤を用いる場合、推奨濃度よりも10倍濃い濃度くらいで30分間ほど漬け置きしないと十分な除菌効果はない。

農場で実施が容易な方法として、水酸化カルシウム飽和液 (pH12.7) に3分間程度浸漬することで殺菌・殺ウイルスができる (未発表データ)。そのあと、通常の洗濯洗剤で洗濯する。大きな農場で、異なる畜舎・家きん舎のツナギ等をまとめて洗濯する際には、洗濯前の水酸化カルシウム飽和液での漬け置きによる消毒は、農場全体への病原体の蔓延防止にもなる。

鶏の輸送かごや卵トレイの洗浄

養鶏場に蔓延している細菌は、疫学的に、野生動物が保有する遺伝子型よりも、洗浄後の輸送かごや卵トレイから分離される遺伝子型に類似しているとの報告が多数ある。これらプラスチック容器は、糞便や羽毛がこびりついていると、完全な除去が困難で、それら有機物が付着したままだと、消毒薬の効果が著しく低下することから、洗浄・消毒後も、拭き取り検査で細菌が分離されることが多々ある。図23は、卵トレイを水槽に入れて、洗浄後、次亜塩素酸ナトリウムを噴霧する消毒器を通していった。図24は、食鳥処理場のプロイラー用の輸送カゴで、洗浄・消毒した後にも糞便が付着していることを示した写真である。この状態では、消毒薬の噴霧をしても、内部の病原体の不活化は難しい。輸送かごは鶏を取り出した後、直ちに自動洗浄機で洗浄され、消毒されていたが、高圧洗浄後によっても死角となる部分の糞便は除去できないことがある。

これに対し、逆性石けんとアルカリ剤あるいは次亜塩素酸ナトリウムとアルカリ剤を混合することで、殺菌・殺ウイルス効果が相乗的に高められることが知られている [1, 2, 9, 16] ので、噴霧洗浄後に、水槽などに輸送カゴを丸ごと浸漬し、3分間程度の消毒を実施することをお勧めする。



図 23. 卵トレイの洗浄



図 24. 鶏の輸送カゴ



洗浄後でも糞便の付着



図 25. トラックの荷台の洗浄 高圧洗浄機による水洗

輸送カゴは、洗浄消毒後、搬入してきたトラックに乗せられ、各養鶏場に搬入される。輸送カゴを載せる前に、トラックの荷台は高圧洗浄機で水洗される（図 25）。

卵の洗浄

殻付卵の洗浄には、塩素濃度 150ppm の次亜塩素酸ナトリウム (NaOCl) が用いられている（図 26）。有機物の濃度が高くなると、150ppm NaOCl の卵殻表面の細菌の殺菌効果は著しく減少したが、0.2%FdCa(OH)₂ は 30 秒以内に 1000 分の 1 以下に低下できた [3]。

米国では、42℃で 4 時間ごとに NaOCl を交換することになっているが、42℃で保温したのちの 150ppm NaOCl には殺菌能は認められず、0.2%FdCa(OH)₂ は 1 分後には 1000 分の 1 以下に殺菌できた [3]。



図 26. 卵の洗浄

アルカリ資材による敷料のリセット

農場の衛生を保つためには、基本的には、オールイン・オールアウトだが、小規模の農場では、頻繁な敷料交換をしていない農場もある。病原体に汚染された敷料に、BCX を 50%あるいは FdCa(OH)₂ を 20%の割合で添加することで、病原体を不活化できた [7, 12]。IBDV 汚染した糞便を含む敷料に BCX を添加し、6 時間後に感受性の SPF 鶏ひなを導入し、8 日後に解剖してファブリキウス嚢中のウイルスを RT-PCR 法で検出したところ、BCX 処理群ではウイルスは検出されず、未処理対照ではすべてにウイルスが検出された（図 27） [12]。

なお、これらの敷料は、ひなを導入して 2 日間は殺菌能力があった（表 9） [7]。これらの結果は、アルカリ資材を敷料に添加・攪拌することで、敷料中にある病原体を不活化し、新たな導入家畜・家きんを病原体から守れること

を示している。殺菌効果の持続性は、2日くらいが限度のようである。例えば、下痢発生後に、そのカーフハッチや豚房に散布することで、病原体の拡散を防ぐことができる可能性がある。実際に、IBDV の水平感染は抑制することができた [12]。

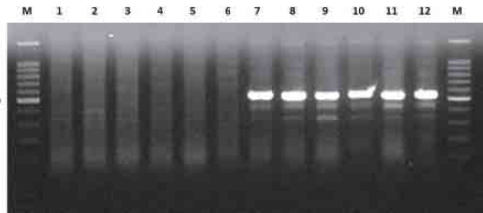


図 27. IBDV 汚染糞便敷料

RT-PCR

表 9. 敷料中の BCX と FdCa(OH)₂ の殺菌効果の持続

Disinfectant	Bacteria	Days post-exposure					
		0	1	2	3	4	5
BCX (50%)	<i>E. coli</i>	< 2.6 ^{a)}	< 2.6	< 2.6	3.57*	6.02	NT ^{b)}
	<i>S. Infantis</i>	< 2.6	< 2.6	3.19*	4.08	4.76	NT
FdCa(OH) ₂ (20%)	<i>E. coli</i>	< 2.6	< 2.6	< 2.6	< 2.6	5.41	5.90
	<i>S. Infantis</i>	< 2.6	< 2.6	2.90*	4.75	4.04	5.84

a) Number of bacteria (log₁₀ CFU/ml), b) Not tested, *) 1000 分の 1 以下の殺菌。

注：BCX あるいは FdCa(OH)₂ をおがくずと混合し、敷料として 200g ずつラット用ケージに入れた。そこに初生ひなをケージあたり 6 羽導入し、5 日間飼養した。1 日に 3g ずつ敷料を採取し、0.5g の敷料にリファンピシン耐性の*E. coli*あるいはサルモネラを 100 μl ずつ接種し、室温 6 時間後、5ml の 1M Tris-HCl (pH 7.2) を加えて中和してから、細菌を回収し、生存菌数を測定した。対照として、消毒資材を加えていない敷料に同様に細菌を接種・回収したところ、*E. coli*で 10^{6.65}CFU/ml、サルモネラで 10^{7.07}CFU/ml だった。

BCX は、*E. coli* に対しては、ひな導入 3 日後までは 1000 分の 1 以下にまで殺菌でき、サルモネラに対しては、2 日後まで有効だった。FdCa(OH)₂ は、*E. coli* に対して 3 日後まで、サルモネラに対しては 2 日後まで殺菌能を有していた。

4 おわりに

2004年のHPAIの79年ぶりの発生までは、畜産関連の消毒薬は、すでに研究し尽くされ、それぞれの農場で適切に利用できているとばかり思っていた。しかし、感染症の防御は困難である。消毒に関して、実験室での結果と実際の現場での効果との間では乖離が認められ、その穴埋めを当研究室では行ってきた。

農水省は、HPAIの流行する季節にバイオセキュリティの強化を指導し、飼養衛生管理基準においても徹底した衛生管理を求めている。しかし、具体的な消毒薬の利用法に関しては、個々の農場の置かれている環境が異なることから、国としては細かい指導までは手が回っていなかった。今回、消毒に関して、67年ぶりに家畜伝染病予防法施行規則が改正され、個々の消毒薬の利用における留意点が局長通知として定められた。

このハンドブックでは、この改正を受けて、家畜保健衛生所の先生方や農場の従業員の理解促進の一助として、図を多用し、消毒薬の正しい評価法や使用方法を書いたつもりである。すべての消毒薬を網羅して評価することができたわけではない。なるべく、汎用性が高く低価格の“**低水準消毒薬**”を工夫することで“**中水準消毒薬**”程度までに効果を高め、実際のHPAI流行時期の**冬季でも利用できる**ようにしたつもりである。

これまで、多数の研究を行ってきた本学獣医衛生学研究室の学生並びに研究室運営を支えてくれた秘書の村上治美氏に深謝したい。

参考文献

1. Alam, M. S., Takahashi, S., Ito, M., Komura, M., Suzuki, M., Ono, M., Daio, C., Sangsriratanakul, N., Shoham, D., Alam, J. and Takehara, K. 2018. Virucidal efficacy of a quaternary ammonium compound with food additive-grade calcium hydroxide toward avian influenza virus and Newcastle disease virus on abiotic carriers. *Avian Dis.* 62: in press.
2. Alam, M. S., Takahashi, S., Ito, M., Komura, M., Suzuki, M., Sangsriratanakul, N., Shoham, D. and Takehara, K. 2018. Bactericidal efficacy of a quaternary ammonium compound with food additive grade calcium hydroxide toward *Salmonella Infantis* and *Escherichia coli* on abiotic carriers. *J. Vet. Med. Sci.* 10.
3. Alam, M. S., Takahashi, S., Ito, M., Suzuki, M., Komura, M., Sangsriratanakul, N., Shoham, D. and Takehara, K. 2018. Bactericidal efficacy of food additive grade calcium hydroxide against *Salmonella Infantis* on eggshells. *Avian Dis.* 62: 177-183.
4. Hakim, H., Thammakarn, C., Suguro, A., Ishida, Y., Kawamura, A., Tamura, M., Satoh, K., Tsujimura, M., Hasegawa, T. and Takehara, K. 2015. Evaluation of sprayed hypochlorous acid solutions for their virucidal activity against avian influenza virus through in vitro experiments. *J. Vet. Med. Sci.* 77: 211-215.
5. Hakim, H., Alam, M. S., Sangsriratanakul, N., Nakajima, K., Kitazawa, M., Ota, M., Toyofuku, C., Yamada, M., Thammakarn, C., Shoham, D. and Takehara, K. 2016. Inactivation of bacteria on surfaces by sprayed slightly acidic hypochlorous acid water: in vitro experiments. *J. Vet. Med. Sci.* 78: 1123-1128.
6. Hakim, H., Thammakarn, C., Suguro, A., Ishida, Y., Nakajima, K., Kitazawa, M. and Takehara, K. 2015. Aerosol disinfection capacity of slightly acidic hypochlorous acid water towards Newcastle disease virus in the air: an in vivo experiment. *Avian Dis.* 59: 486-91.
7. Hakim, H., Toyofuku, C., Ota, M., Suzuki, M., Komura, M., Yamada, M., Alam, M. S., Sangsriratanakul, N., Shoham, D. and Takehara, K. 2017. Durability of alkaline agents' bactericidal efficacies in litter under field conditions. *J. Vet. Med. Sci.* 79: 815-817.

8. Hakim, H., Toyofuku, C., Ota, M., Suzuki, M., Komura, M., Yamada, M., Alam, M. S., Sangsriratanakul, N., Shoham, D. and Takehara, K. 2017. Accuracy of the evaluation method for alkaline agents' bactericidal efficacies in solid, and the required time of bacterial inactivation. *J. Vet. Med. Sci.* 79: 3-5.
9. Ito, M., Alam, M. S., Suzuki, M., Takahashi, S., Komura, M., Sangsriratanakul, N., Shoham, D. and Takehara, K. 2018. Virucidal activity of a quaternary ammonium compound associated with calcium hydroxide on avian influenza virus, Newcastle disease virus and infectious bursal disease virus. *J. Vet. Med. Sci.* 80: 574-577.
10. Ota, M., Toyofuku, C., Thammakarn, C., Sangsriratanakul, N., Yamada, M., Nakajima, K., Kitazawa, M., Hakim, H., Alam, M. S., Shoham, D. and Takehara, K. 2016. Calcinated egg shell as a candidate of biosecurity enhancement material. *J. Vet. Med. Sci.* 78: 831-836.
11. Takehara, K., Chinen, O., Jahangir, A., Miyoshi, Y., Ueno, Y., Ueda, S., Takada, Y., Ruenphet, S., Mutoh, K., Okamura, M. and Nakamura, M. 2009. Ceramic powder made from chicken feces: anti-viral effects against avian influenza viruses. *Avian Dis.* 53: 34-8.
12. Thammakarn, C., Ishida, Y., Suguro, A., Hakim, H., Nakajima, K., Kitazawa, M. and Takehara, K. 2015. Inhibition of infectious bursal disease virus transmission using bioceramic derived from chicken feces. *Virus Res.* 204: 6-12.
13. Thammakarn, C., Sangsriratanakul, N., Ishida, Y., Suguro, A., Toyofuku, C., Nakajima, K., Kitazawa, M., Ota, M., Hakim, H., Alam, S., Shoham, D. and Takehara, K. 2016. Virucidal properties of bioceramic derived from chicken feces pH 13 and its stability in harsh environments. *Avian Dis.* 60: 613-617.
14. Thammakarn, C., Satoh, K., Suguro, A., Hakim, H., Ruenphet, S. and Takehara, K. 2014. Inactivation of avian influenza virus, Newcastle disease virus and goose parvovirus using solution of nano-sized scallop shell powder. *J. Vet. Med. Sci.* 76: 1277-1280.

15. Thammakarn, C., Tsujimura, M., Satoh, K., Hasegawa, T., Tamura, M., Kawamura, A., Ishida, Y., Suguro, A., Hakim, H., Ruenphet, S. and Takehara, K. 2015. Efficacy of scallop shell powders and slaked lime for inactivating avian influenza virus under harsh conditions. *Arch. Virol.* 160: 2577-2581.
16. Toyofuku, C., Alam, M. S., Yamada, M., Komura, M., Suzuki, M., Hakim, H., Sangsriratanakul, N., Shoham, D. and Takehara, K. 2017. Enhancement of bactericidal effects of sodium hypochlorite in chiller water with food additive grade calcium hydroxide. *J. Vet. Med. Sci.* 79: 1019-1023.

執筆 者

竹原 一明

東京農工大学農学部獣医学科獣医衛生学研究室 教授



公益社団法人 中央畜産会

〒101-0021 東京都千代田区外神田2-16-2
第2ディーアイシービル9F
TEL. 03-6206-0835