

# 1 消毒薬が環境に及ぼす影響と対策（最終報）～消毒薬の毒性はこう減らす～

倉吉家畜保健衛生所 ○山崎浩一

## 1 はじめに

高病原性鳥インフルエンザ（あるいは低病原性鳥インフルエンザ。以下併せて「鳥インフルエンザ」という。）が発生した地域では、発生農場又は消毒ポイントにおいて、大量の消毒薬が使用されるに伴い消毒薬が飛散、流出することになるため、関係者から消毒薬の安全性に関して質問を受けるケースがしばしば発生する。他府県においても、国に対して、消毒薬の農産物等に対する安全性の検証や水源に対する安全性の検証の実施等について要望が上がっているが、現在のところ具体的な検証に向けての動きはない。

筆者は昨年度までに、鳥インフルエンザウイルスに対して効果を有する各種の消毒薬等が植物、魚類等の生物や、金属に与える影響について調査し、それぞれの特性、影響度についていくつかの考察を行ったところである<sup>1, 2, 3)</sup>。

そこで今回は、特に鳥インフルエンザの予防や防疫対策のためにしばしば利用される逆性石鹼製剤（陽イオン界面活性剤）の一種である塩化ジデシルジメチルアンモニウム（以下「DDAC」という。）製剤（製品名：クリアキル、アストップ、ロンテクト等）が環境に与える影響を最小限に抑えるため、その弱毒化対策について検証を行った。

## 2 試験方法

### (1) 消毒薬の特性

まず、各種の消毒薬等が植物、魚類、金属に与えると考えられる一般的な影響について、既報<sup>4, 5, 6, 11)</sup>や筆者の考察を含めて表1にまとめた。

表1 各消毒薬等が植物、魚類、金属に及ぼす一般的な影響

	植物	魚類	金属(鉄)
逆性石鹼	影響は少ない	致死性あり	影響は少ない
複合塩素剤	影響あり	致死性あり	腐食性あり
次亜塩素酸ソーダ単剤	影響は少ない	致死性あり	腐食性あり
消石灰	土壌pHに注意が必要	影響は少ない	影響は少ない

注)本表に示した各影響は、あくまでも一般的なもので、全ての植物、魚類、金属に対して同様とは限らない。

また、植物中や魚肉中への成分の残留については考慮していない。

表1に示すとおり、逆性石鹼であるDDAC製剤は魚類への影響が懸念されるため、以後、魚類に対する弱毒化を中心に検討した。

### (2) 材料と方法

#### ① 希釈による弱毒化

##### ア 使用した魚類

市販のメダカを試験開始時に各区10～13匹程度となるよう準備し、12ℓの水

槽水中で2～3日飼育後試験に供試した。水温は、15～22℃程度とした。

イ 消毒薬の希釈方法等

10%DDAC製剤（特に説明がない場合はDDAC製剤とは10%製剤をいう。以下同じ。）を水道水で希釈し、それぞれ200倍、400倍、500倍、1,000倍及び2,000倍に希釈したDDAC希釈液を、1日1回120mℓずつアの水槽中に投入し、10日（10回）投入を継続した。最終投入日（試験開始10日目）の翌日まで観察し、飼育メダカが途中で全て死滅した試験区はその時点で試験終了とした。

また、DDACと比較するために、他の逆性石鹼である〔モノ、ビス（塩化トリメチルアンモニウムメチレン）〕・アルキルトルエン製剤と塩化ベンザルコデイン製剤（いずれも10%製剤）のそれぞれ200倍、500倍希釈の希釈液も同様に投入した。

②中和による弱毒化

ア 使用した魚類

上記①と同様である。

イ 中和の方法

(ア)消毒薬と中和剤の混和

陽イオン界面活性剤である逆性石鹼は、一般的に陰イオン界面活性剤である普通洗剤を混合することにより、その効力（殺菌力）を減じるといわれている。

水槽投入前のDDAC製剤の希釈倍率が400倍となるよう、陰イオン界面活性剤であるカリ石鹼を水道水で希釈した液と混合し、水槽に投入するまで30分間静置した。カリ石鹼液の希釈倍率（DDACと混合後の最終希釈倍率）は、80倍、200倍、400倍及び2,000倍とした。

(イ)投入方法

混合静置後、上記①の試験と同様、1日1回各混合液120mℓを水槽水中に投入し、各区のメダカが全て死亡するまで投入を継続した。

③吸着による弱毒化

ア 使用した魚類

上記①と同様である。

イ 吸着の方法

(ア)吸着材

供試した吸着材は、高吸水性ポリマー吸着材（以下「ポリマー吸着材」という。）、粒状ゼオライト、粒状ベントナイトの3種類である（写真1）。

ポリマー吸着材は、内部に高吸水性ポリマーが展着されているパルプ端材とポリマーが展着されていないパルプ端材の2種類を内蔵している。吸水能力が1枚当たり3～4ℓあるが、塩水等の塩分を含んだ液体の吸水能力は半減するという特徴がある。現在鳥取県でも備蓄中の吸着材であり、

標準単価は410円/枚程度である。粒状ゼオライトは、その成分によっていくつか種類があるが、クリノプチロライトを主成分とする島根県産のものを今回使用した。ゼオライトとは天然鉱物の一種であり、吸着能とイオン交換能に優れている。今回使用したゼオライトの標準単価は73円/kg程度である。粒状ベントナイトも天然鉱物の一種であるが、水に接触すると粘土状になり、粘土は陽イオンを吸着するという性質を有している。モンモリロナイトを主成分として、主に土木工事材料として使用されることが多い。標準単価は、粒状のもので180円/kg程度である。

#### (イ) 消毒薬の吸着

ポリマー吸着材(30cm×45cm)の大きさを基準にして、面積当たり150ml/100㎡程度になるよう400倍希釈DDAC製剤を上から振りかけ、各吸着材を通過した液(ろ液)を使用した。すなわち、ポリマー吸着材の場合は、全体的にDDAC希釈液を2ℓを、ゼオライトとベントナイトの場合は、金ザルの上に、それぞれ半径30cm程度、厚さ2cm程度に広げ(重量は概ね1kg程度)、その上からDDAC希釈液1ℓをそれぞれ振りかけた。

ベントナイトは、水に接触することにより直ちに粘土状になり、水を通過させるにくくするため、透過せずに数時間DDAC希釈液と接触した後に落下(オーバーフロー)させた液もろ液としてみなして供試した。

#### (ウ) 投入方法

各吸着材を通過したろ液を集め、ゼオライトとベントナイトは固形分をペーパーフィルターでさらに1回ろ過した後、上記①の試験と同様、それぞれ1日1回各液120mlを水槽水中に投入し、10日(10回)投入を継続した。最終投入日(試験開始10日目)の翌日まで観察したが、ベントナイト区は、ベントナイトの粘土粒子により水槽水の濁りが激しくなったため、試験開始8日目で投入を中止した。

### 【写真1 使用した吸着材】



高吸水性ポリマー吸着材

(県で備蓄中)  
吸水能力 3~4ℓ/枚  
塩分含むと吸水力半減

単価:410円/枚

ゼオライト(天然鉱物):

吸着能とイオン交換能  
有り

単価:73円/kg

ベントナイト(粘土鉱物):

水に接触すると粘土状  
粘土は陽イオンを吸着

単価:180円/kg

#### ウ 吸着材通過後のろ液の分析

##### (ア)液体クロマトグラフ・タンデム型質量分析法 (LC / MS / MS)

日々投入している上記イの(イ)のろ液と同じものをそれぞれ7日分プールし、そのろ液中のDDAC成分の残留濃度を調査した。

液体クロマトグラフ・タンデム型質量分析法による分析は、一般財団法人日本食品分析センターに依頼し、以下の条件により分析が実施された。

○機種：LC部；LC-30AD

MS部；API 4000

○カラム：Mightysil RP-18 GP (φ 2.0 mm × 150 mm)

○イオン化法：ESI (正イオン検出モード)

##### (イ)パックテスト法

上記(ア)と同じろ液を供試し、陽イオン界面活性剤の簡易テスト法であるパックテスト (共立理化学研究所製 型式 WAK-CS 陽イオン界面活性剤用) を用いて、DDAC成分の残留濃度を測定した。測定結果が上限の 50mg / ℓ以上となった場合は、ろ液サンプルを水道水により 10 倍希釈し、パックテストにより再測定した。

#### ④希釈、中和、吸着後のDDAC液の殺菌能力の残存

##### ア 使用したDDAC液と対象細菌

上記①、②及び③の各試験において、希釈、中和あるいは吸着処理されたそれぞれのDDAC液が、細菌を殺菌できる能力を残しているかどうか調査した。

使用した細菌は、豚糞便由来の大腸菌であり、生理食塩水にマクファーランド No. 1 程度に懸濁した菌液を、さらに生理食塩水で 1,000 倍希釈し検査に用いた。

検査対象としたDDAC液は、

○希釈：400 倍希釈、10 万倍希釈、50 万倍希釈、100 万倍希釈、1,000 万羽希釈

○中和：400 倍希釈のDDAC液と最終希釈倍率 400 倍希釈のカリ石鹼を混和

○吸着：400 倍希釈のDDAC液をポリマー吸着材に通過させた液 (上記③の試験と同様)、ゼオライトに通過させた液、ベントナイトに通過させた液、その他、参考として、市販のヤシガラ活性炭、くん炭もみ殻並びに黒土に上記③のイの(イ)の方法と同様に吸着処理した後のろ液を供試

なお、コントロールは生理食塩水とした。

##### イ 殺菌能力の残存確認方法

上記の各液とアで調製した 1,000 倍希釈後の菌液をそれぞれ 9 : 1 の割合に混和し、十分に攪拌した後、37 °C で 30 分間感作した。

感作後の液をそれぞれ 0.1 ml ずつDHL寒天平板培地に塗抹し、37 °C で 24 時間培養後、大腸菌の増殖状況を確認した。

### 3 結果

#### (1) DDACの希釈による魚毒性の弱毒化

DDACの希釈倍率を変えて魚毒性を比較したところ、投入時の濃度が1,000倍希釈以上に希薄になれば、期間を通じて死亡するメダカは観察されなかった(表2)。

参考比較のために実施した[モノ、ビス(塩化トリメチルアンモニウムメチレン)]

・アルキルトルエン製剤や塩化ベンザルコデイン製剤による魚毒性と比較した場合、DDACの方が強い魚毒性を示すことが示唆された。

**表2 DDACの各希釈倍率ごとのメダカに対する毒性試験結果**

消毒薬等	希釈倍率	経過日数ごとの生残匹数											
		開始時	3時間後	1日後	2	3	4	5	6	7	8	9	10
水道水	—	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	11
DDAC10%製剤	×200	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	×400	12	12	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	×500	13	13	13	13	13	10	10	10	10	8	8	6
	×1,000	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
	×2,000	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
逆性石鹼B	×200	10	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	×500	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	10
逆性石鹼C	×200	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	×500	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	10	10

注1)各区の生残メダカがゼロになった場合、その区の投入試験はその時点

注2)逆性石鹼Bとは「モノ、ビス(塩化トリメチルアンモニウムメチレン)アルキルトルエン」製剤、逆性石鹼Cとは「塩化ベンザルコデウム」製剤。いずれも10%製剤。

#### (2) DDACの中和による魚毒性の弱毒化

陽イオン界面活性剤であるDDACに対して陰イオン界面活性剤を混和して魚毒性の中和を試みたが、供試した陰イオン界面活性剤(カリ石鹼)では中和に至らなかった(表3)。

**表3 陰イオン界面活性剤による魚毒性の中和試験結果**

消毒薬等	混和資材	最終希釈倍率	経過日数ごとの生残匹数											
			開始時	3時間後	1日後	2	3	4	5	6	7	8	9	10
コントロール 逆性石鹼C	—	×400	12	12	3	2	0	0	0	0	0	0	0	
コントロール カリ石鹼	—	×200	12	12	12	12	12	11	11	11	11	11	11	
逆性石鹼C ×400	カリ石鹼	×80	12	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		×200	13	13	2	1	0	0	0	0	0	0	0	
		×400	13	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
		×2,000	13	13	3	2	2	0	0	0	0	0	0	

#### (3) DDACの吸着除去による魚毒性の弱毒化

各吸着材を通過させることによりDDACの吸着除去を試みたところ、程度の差はあるが、それぞれの吸着材にDDACの吸着能が認められた(表4)。

ただし、ベントナイト区はろ液中にベントナイト粒子(粘土粒子)が多く認められ、メダカの致死経過にも影響があったものと推察される。

LC / MS / MS法による各ろ液のDDAC残留濃度の測定においても、各吸着材がDDACを吸着している状況が認められ、吸着材を通さないコントロールの濃度324mg/lを100とした場合に、ポリマー吸着材では約42%、ゼオライトでは99.99%、ベントナイトでは約85%のDDACを吸着したものと推察された。パケットテスト法におい

ては、詳細な数値は測定できなかったが、同様の傾向が認められた。

**表4 吸着材によるDDACの毒性の吸着除去試験結果**

消毒薬等	吸着剤	吸着後ろ液の残留濃度 (mg/リットル)		経過日数ごとの生残匹数											
		LC/MS/MS	バックテスト	開始時	3時間後	1日後	2	3	4	5	6	7	8	9	10
DDAC × 400	—	324	500以上	12	12	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	ポリマー吸着材	187	200~500	13	13	13	13	13	13	11	11	11	10	10	10
	ゼオライト	0.03	0	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
	ベントナイト	46	0~5	11	11	6	6	6	6	5	5	4	NT	NT	NT

注1)ベントナイト区は試験開始後7日で中止とした。

#### (4) DDACを希釈、中和、吸着した場合の殺菌能力の残存の比較

DDAC液を希釈、中和あるいは吸着処理した後の大腸菌に対する殺菌能力の残存について比較したところ(表5)、魚毒性はほとんど現れなかった10万倍希釈においても、殺菌能力がわずかに残っているようであった。中和を試みた混合液においては、殺菌力は残存していた。吸着試験に用いた材料のうち、殺菌能力を除去していたのはゼオライトとベントナイトであった。ポリマー吸着材、ヤシガラ活性炭、もみ殻くん炭で吸着処理を試みたものは、殺菌力が除去されていない状況であった。黒土で吸着処理したものは、わずかに大腸菌が発育し、殺菌力が低減していることが示唆された。

**表5 各処理後のDDAC液の殺菌能力の比較**

処理方法	具体的方法	菌の発育	備考
対照	生食	○	
希釈	× 400	×	
	× 10万	△	殺菌力は低減しているが、ゼロではない
	× 50万	○	十分な殺菌力は無い
	× 100万	○	"
	× 1,000万	○	"
中和	× 400カリ石鹼	×	殺菌力は中和されていない
吸着	ポリマー吸着材	×	殺菌力が除去されていない
	ゼオライト	○	殺菌力が除去されている
	ベントナイト	○	殺菌力が除去されている
	ヤシガラ活性炭	×	殺菌力が除去されていない
	もみ殻くん炭	×	"
	黒土	△	わずかに殺菌力が除去されている

## 4 考察

鳥インフルエンザウイルス対策用としてしばしば使用されるDDAC製剤を中心に、環境に及ぼす影響等を低減させるための弱毒化について検討した結果、魚毒性の弱毒化や殺菌能の低減を図るためには、ゼオライト製剤によるDDAC成分の吸着処理が有効であることが示唆された。

消毒薬の毒性という観点で、家畜衛生分野でしばしば体験するのは、逆性石鹼の一種である〔モノ、ビス（塩化トリメチルアンモニウムメチレン）〕・アルキルトルエン製剤（製品名：パコマ、以下「パコマ」という。）の静脈注射による牛や豚の殺処分である。パコマの静脈注射による殺処分は非難も多いところであるが、現実的には家畜衛生の分野では今でもしばしば行われる行為であること

図1 逆性石鹼(陽イオン界面活性剤)の生体への作用



は認めざるを得ない。このパコマという消毒薬により家畜が死に至る機序としては、逆性石鹼製剤が一般的に有している以下の特徴によるものである。すなわち、蛋白変性（凝固）作用、脱脂作用、溶血作用及びクラーレ様作用である（図1）。中でもクラーレ様作用は家畜が死に至る作用として特に重要であり、アセチルコリンに拮抗し、全身の骨格筋を麻痺させ、ひいては呼吸筋を麻痺させることにより呼吸不全で死に至らしめるというものである。この逆性石鹼が有する様々な作用により、ほ乳類だけでなく、魚類にも致死性があることは各逆性石鹼製剤の説明書にも示されているところであり、筆者の既報<sup>1, 2, 3)</sup>にも記したところである。

消毒薬の中でも鳥インフルエンザ対策用としては、最も安全性が高く使用頻度が高い逆性石鹼製剤がポピュラーであり、ヒトに対する安全性という面ではある程度検証されているが<sup>1)</sup>、水系に流入した場合の魚類等の水生動物への影響や、噴霧が飛散した場合の農産物等への影響、また、それらの動植物が成分を吸収した場合の食品としての残留問題、水道水源への流入による水質への影響等、その安全性については未解明な部分が多く残されている。筆者は既報<sup>1, 2, 3)</sup>により、魚類、植物及び金属に対する消毒薬の影響について報告したが、それらは消毒薬の影響のごく一部分であると考えている。

そのような状況ではあるが、消毒薬の安全性に対する疑問や不安を解消するためには、その影響をできるだけ低減させる方策を講じる必要がある。筆者はDDAC製剤の希釈、中和並びに吸着処理による影響低減、弱毒化を検証し、ゼオライトの吸着処理による環境中へのDDAC成分の放出量の低減が、検証した方法の中では最も効果的かつ経済的な方法であると考えた。具体的なゼオライトの使用法としては、土のう袋にゼオライトを詰め込み、消毒薬が流出する恐れのある場所に堰を作り成分を吸着させる方法や、排出された消毒薬の貯留槽中にゼオライトを投入する方法等が考えられる。また、筆者の検証では、DDACは植物を枯死させる程の植物毒性を有しないことが推察されたが、DDACの霧が飛散したほ場からDDAC成分を除去したい場合（筆者は不要と考えるが）にも、ゼオライトの本来の使用目的である土壌改良材として散布すれば、ある程度のDDAC成分の除去が可能であろうと推察される。

なお、ゼオライトやベントナイトのような天然鉱物だけでなく、一般的に土壌は陰イオンを帯びていることから陽イオンを吸着し易く、本試験でも供試している黒土においてわずかではあるが吸着能を認めた。DDACが植物に対して植物毒性を呈しにくい理

由として、栽培土壌によりDDAC成分が吸着され、植物中に吸収されにくいことも一因として考えられるかもしれない。

また、ゼオライトで吸着処理したDDAC液には殺菌能力が残っていなかったことが示されたが、ゼオライトで十分に処理した後であれば、そのまま水源に流入しても、あるいは活性汚泥処理槽の中に流入しても、処理前に比較して安全性は高くなると推察される。鳥インフルエンザが発生した場合に設置予定である鳥取県中部の消毒ポイント候補地の周辺にも、各種水源が数多くあり（図2）<sup>7)</sup>、

図2 鳥取県中部地域の消毒ポイント候補地と水源



水源に対する安全性を図るためにも、DDACの削減処理をした後に放出することを推奨する。

ゼオライトを使用する場合に課題となるのが、使用後の処理方法及びその能力の限界が未知数ということである。ゼオライトに吸着されたDDACは通常は吸着されたままであるので、しばらく使用せずそのまま工事残土と混合・保管しながらDDACの分解を待てば特に問題ないと考えるが、自然界でDDACがどのように分解されていくか検証が必要であろう。また、ゼオライトに吸着されたDDACは、塩水等に浸漬することによりイオン交換が起こり、ナトリウム等の他の陽イオンに置換されてしまい、DDACが放出するものと考えられる。ゼオライトの再使用のためには塩水で洗浄する方法があるが、その際に放出されるDDACの処理に注意が必要である。また、ゼオライトの能力として、どの程度の陽イオン界面活性剤の吸着能力があるのか今後の検証が必要である。その結果によって、使用方法にも工夫が必要になると考える。

消毒薬を吸着する目的で鳥取県が備蓄しているポリマー吸着材については、吸水能力が高く、DDAC液の吸水量も多いと考えられるが、ポリマー吸着材の特徴として、一度吸水してしまうと蒸散乾燥させることが難しいという欠点があり、再利用することは現実的ではないと考える。また、雨天時には雨水ばかり吸水してしまうので使用できない、吸水すると表面の不織布が破れ易いという欠点もある。安価なものではないが、ポリマー吸着材を使用する場合は、交換が頻繁に必要なことから、十分な量を準備する必要がある。

その他の代表的な吸着材として、活性炭やくん炭も今回一部の試験に供したが、DDAC等の陽イオン界面活性剤の吸着にはあまり適さないものと考えられる。アンモニアガスの吸着を例に取れば、活性炭はその微細孔の機能により、アンモニアガス分子を吸着する能力に優れているが、水溶液となったアンモニウムイオンの吸着能はあまり大きくないとされる<sup>9)</sup>。同様のことが水溶液となった陽イオン界面活性剤（第4級アンモニウム化合物）の吸着にも言えるものと推察される。逆にゼオライトやベントナイトは結晶構造中に負の電荷を帯びているため、選択的に陽イオン（界面活性剤）を吸着しやす



く、その特性を活かして広く利用されている<sup>8, 10)</sup>。

残された課題として、消毒薬の環境への影響を評価するための評価基準が定まっていないという点もある。鳥インフルエンザが発生した場合に、消毒薬を大量に使用した場所の下流域の水質検査を実施することになっているが、その水質検査結果をどのように評価するのか判断基準が定まっていない。

例えば、魚類に対するDDACの影響評価として、一般財団法人生物科学安全研究所の報告<sup>5)</sup>によるヒメダカのLC<sub>50</sub> (半数致死濃度) 0.425ppm、予測無影響濃度 0.0043 μg / ℓ (10 % DDAC 製剤で例えれば 250 億倍希釈) といった知見があるが、どの程度まで濃度が低減できれば環境に対して安全であると評価できるのか、また、ポジティブリストの残留基準においては、食肉中 (肉、脂肪、内臓) のDDACの基準値が 0.05ppm という基準はあるが、魚肉や野菜の残留基準はどうか、水道法に基づく水質基準に関する省令において、残留基準が陰イオン界面活性剤では 0.2mg / ℓ、非イオン界面活性剤では 0.02mg / ℓ という数値が定められているが、陽イオン界面活性剤が検出されたときにはどのように評価するのか等、検査の数値を評価する基準が十分とはいえない。DDACのような陽イオン界面活性剤成分が多量に環境中に放出されることを想定していなかったことから評価基準が定まっていないのであるが、今後は知見を重ねて評価基準を定め、環境負荷を大きくしないよう留意する必要がある。

鳥インフルエンザ等家畜伝染病の発生を未然に防止することが最優先ではあるが、万が一発生し、大量に消毒薬を使用する場合においても、環境中へ放出される消毒薬の量を最小限にとどめ、環境影響を低減させる努力が必要であると考ええる。

## (参考文献)

- 1) 山崎浩一：家畜伝染病対策において使用される消毒薬が環境に及ぼす影響(1)，畜産の研究，70(5)，345-350 (2016)
- 2) 山崎浩一：家畜伝染病対策において使用される消毒薬が環境に及ぼす影響(2)，畜産の研究，70(6)，425-430 (2016)
- 3) 山崎浩一：家畜伝染病対策において使用される消毒薬が環境に及ぼす影響(3)，畜産の研究，70(7)，519-525 (2016)
- 4) 横関正直：侵入防止のための消毒3，臨床獣医，28(7)，29-34 (2010)
- 5) 一般財団法人生物科学安全研究所：動物用医薬品の環境に対するリスク (動物用医薬品等環境影響調査)，公開セミナー「家畜と人と環境を守るために」(2010)
- 6) 東京都：合成洗剤 (界面活性剤) の水辺環境に及ぼす影響，東京都環境科学研ニュース，12(1)，(1997)
- 7) 鳥取県：鳥取県の水道の現況(2014)
- 8) 鬼形正伸：ベントナイトの特性とその応用，(online)，  
(<http://www.cssj2.org/seminar1/section23/text.html>) (2012)
- 9) 安部郁夫：炭の吸着のひみつ

- 10) 一般社団法人日本ゼオライト学会, (online),  
(<http://www.jaz-online.org/introduction/quanda.html>)
- 11) Thorup I (2000) .Evaluation of health hazards by exposure to Quaternary ammonium compounds (Cationic surfactants) and estimation of a limit value in air. (online),  
([http://www.maroon.dti.ne.jp/bandaikw/archiv/disinfectant/Denmark\\_quart\\_ammonium.pdf](http://www.maroon.dti.ne.jp/bandaikw/archiv/disinfectant/Denmark_quart_ammonium.pdf)),  
(accessed 2016-03-15)