

感染対策と微生物検査4

環境調査の感染対策への活用

Role of environmental sampling for infection control

た し ろ ま さ と い ず み か わ こ う い ち
田 代 将 人* : 泉 川 公 一**
Masato TASHIRO Koich IZUMIKAWA

はじめに

外因性に病原体がヒトに侵入して起こる感染症の場合は、その分布や侵入経路を把握しておくことで、発症を事前に予防することが理論的に可能である¹⁾。例として、耐性菌保有患者が使用していた入院部屋に新しい患者が入室した場合、その患者が耐性菌を保有するリスクが増加することが知られており、退院時にターミナルクリーニングを徹底することで次の入院患者の耐性菌保有リスクを減少させることができる(表1)^{2~5)}。病院内は医療の専門家が管理している環境であり、院内の環境を由来とした感染症の発症は可能な限り予防する姿勢が必要である。環境調査は環境における病原体の分布を直接証明する唯一の方法のため、環境調査の結果は感染対策の方針を決める上で重要な情報となる。

一方で、様々な環境の表面を無菌的に維持することは理論的にありえず、無計画な環境調査や環境の消毒は現場の仕事量の増大や費用対効果の観点から

表1 各種の耐性菌保有患者が使用していた入院部屋に、次に入室した患者が同様の耐性菌を保有するリスク

病原体	増加リスク
MRSA	1.5 倍
VRE	2.25 倍
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1.75 倍
<i>Clostridium difficile</i>	2.5 倍
<i>Acinetobacter baumannii</i>	3.5 倍

これらは病室の環境を介した伝播といえる。

文献2~5を元に作成

MRSA: Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*

VRE: Vancomycin-resistant enterococci

も避けなければならない¹⁾。また、環境調査の結果は限定的なものにもかかわらず、環境調査の実施により「未検出」=「病原体はいない」と誤った解釈をして、標準予防策を疎かにするスタッフが出てきては本末転倒である。

本稿では、環境調査の感染対策への活用を考える上で必要な基礎的情報と、われわれが経験したカルバペネム耐性腸内細菌科細菌(CRE)アウトブレイク事例における環境調査について概説する。

I. どのような院内環境で検出されやすいか

言うまでもなく、患者周囲の環境表面には種々の病原体が存在していることが明らかとされている^{1,6)}。その中でも、環境調査での病原体の検出しやすさには様々な要素が関与している³⁾。すなわち、病原体の培養しやすさ、患者からの病原体の環境伝播のしやすさ、適切なサンプリング方法、病原体の生存に適した環境かどうか、アウトブレイク中かどうかなどである³⁾。また、より患者に物理的に近い環境や、感染症を発症している患者、下痢を呈している患者周囲の環境では検出されやすいことが報告されている^{7~10)}。

II. 環境における病原体の生存期間

各文献を元に、院内伝播が問題となる主要な病原体の乾燥した環境表面における生存期間を表2にまとめた^{4,11~14)}。いずれも生存期間のデータに大きな幅がある点に注意が必要だが、非常に長い期間生

長崎大学大学院医歯薬学総合研究科 臨床感染症学分野

*助教 **教授

〒852-8501 長崎県長崎市坂本1-7-1

Department of Infectious Diseases

Nagasaki University Graduate School of Biomedical Sciences

(1-7-1 Sakamoto Nagasaki)

表2 乾燥した環境表面における各病原体の生存期間

病原体	生存期間
<i>Staphylococcus aureus</i> (MRSA 含む)	7日～12ヶ月以上
<i>Enterococcus</i> spp. (VRE 含む)	5日から46ヶ月以上
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	6時間から16ヶ月以上
<i>Clostridium difficile</i> (芽胞の場合)	5ヶ月以上
<i>Acinetobacter baumannii</i> (MDRA 含む)	3日から11ヶ月
Enterobacteriaceae (CRE 含む)	19日
ノロウイルス	8時間から2週間以上

幅が大きいのは、バイオフィルムの形成など種々の条件により異なってくるためと思われる。

文献4、11～14を元に作成

MRSA: Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*

VRE: Vancomycin-resistant enterococci

MDRA: Multiple drug-resistant *Acinetobacter*

CRE: Carbapenem-resistant enterobacteriaceae

存したデータもあることが目を引く。バンコマイシン耐性腸球菌 (VRE) では4年も乾燥した環境表面で生存したとの報告もある¹¹⁾。一般的には、メチシリン耐性黄色ブドウ球菌 (MRSA) などは乾燥に強く、緑膿菌や腸内細菌科細菌などは湿潤環境を好むとされる。おそらくバイオフィルムを形成した場合など、種々の条件が重なった場合は乾燥した環境表面でも長期間生存できるのであろう³⁾。

一方、湿潤した環境においては様々な病原体の長期間生存が可能となる。洗面台やシンク、トイレが代表的な湿潤環境であり、*Stenotrophomonas maltophilia* などは日常的に検出される。*S. maltophilia* はカルバペネム自然耐性のブドウ糖非発酵グラム陰性桿菌であり、カルバペネム系抗菌薬が長期使用された重症患者で時に感染症の原因菌となる。トイレでは、本邦で汎用されている温水洗浄便座のノズルに腸内細菌科細菌や緑膿菌が付着することが報告されている^{15, 16)}。ただし、これらの湿潤環境の調査では、いつから存在しているのか明らかにできないため、分離細菌が原因なのか結果なのか解釈が困難なことがしばしばあり、培養結果が院内伝播の証明とはならない場合が多い。よって研究目的を除き、感染対策を目的とした湿潤環境の微生物調査の必要性については慎重に判断する必要がある。

Ⅲ. 環境から医療スタッフへの病原体の伝播

耐性菌保有患者だけでなく、その患者周囲の環境から医療スタッフへ病原体が伝播し、その医療スタッフを介して他の患者に病原体が伝播していく¹⁾。この事実を前提とし、標準予防策における手指衛生

のタイミングは、患者接触前、清潔操作前、体液接触時、患者接触後、環境接触後の5場面となっている⁶⁾。ここで重要な点は、患者に触れずとも環境接触後は手指衛生の実施タイミングとなっていることである。前述のごとく、患者周囲の環境は常に病原体に汚染されているため、患者周囲の環境接触後は手指衛生を実施する必要がある。実際に、患者には接触せずに環境のみに接触した医療スタッフの手指を調査すると、VRE 保有患者の環境接触後は52%のスタッフに、MRSA 保有患者の環境接触後は40%のスタッフに、*Clostridium difficile* 保有患者の環境接触後は50%のスタッフに、それぞれの病原体の付着が証明されたと報告されている^{7, 17～19)}。これらの割合は、耐性菌保有患者に直接接触した場合と同レベルであった。

しかし、患者接触後と比較し、患者周囲の環境接触後の手指衛生に対する意識は低いのが現状である。われわれの多施設共同調査でも、前述の5場面それぞれで常に手指衛生をしていると回答したスタッフの割合は、患者接触前67%、清潔操作前76%、体液接触時87%、患者接触後63%、環境接触後36%と、環境接触後は極端に手指衛生の意識が低いことが明らかとなっている(図1)²⁰⁾。

これらの事実は、環境調査を実施した場合に菌が検出されなければ、「環境中には菌はいないから手指衛生の必要はない」と誤った解釈をされる危険性があり、さらに標準予防策が疎かにされる可能性があることを示している。環境調査を実施後は、このようリスクに対してもフォローが必要である。

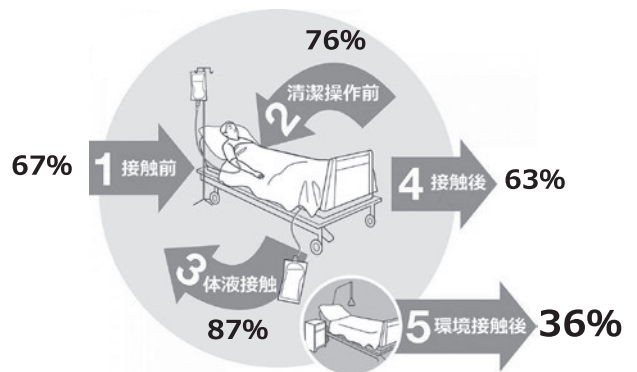


図1 WHOが提唱する手指消毒の5つのタイミングに対し、新人の医療者が手指衛生を「いつもしている」と回答した割合

WHO guidelines on hand hygiene in health careより引用改変

また、そもそも患者周囲の環境には患者が保有する菌が存在することが前提のため、環境調査を計画する際には、手間と費用をかける環境調査の意義についても慎重な検討が必要である。

IV. 定期的な環境調査は必要か？

1970年までは米国の病院で空気中や床やテーブルなどの環境調査が定期的に実施されていた²¹⁾。しかしその後、定期的な環境調査の結果は院内感染と関連しないことが明らかとされ、1970年以降はCDCやAmerican Hospital Associationは定期的な環境調査を中止するよう勧告を出した¹⁾。

上述のごとく、医療施設における環境感染管理のためのCDCガイドライン（以下、CDCガイドライン）では、定期的な環境調査は推奨されていない¹⁾。例外として、環境調査の結果が感染対策の方針に重大な影響を与える場合や、血液透析における水質調査の場合が挙げられている。その他には、HEPAフィルターを使用した空調の性能確認のためにエアサンプリングを行う場合がある。また、本邦では建築物における衛生的環境の確保に関する法律（ビル衛生管理法、建築物衛生法）にて、冷却塔や循環式給湯設備などでは定期的にレジオネラ属菌の検査を行うこととされている。

筆者らも基本的に同様の方針であり、環境調査の費用対効果や現場に誤ったメッセージを伝える危険性のため、盲目的な環境調査は定期的に行われるべきではないと考える。感染対策を目的として限られた医療資源を有効活用するには、標準予防策の徹底が最も重要であり、環境調査に労力を割くことでそれらが疎かになることは避けるべきである。

V. 環境調査の適応

CDCガイドラインでも述べられているが、環境調査はコストがかかり、検体採取から微生物検査の実施、そして結果の解析まで時間と労力がかかるものである¹⁾。よって環境調査を実施する際には、その目的と意義を明確にしたうえで実施しなければならない。環境調査の適応としては、以下の4つのパターンが考えられる。

1. アウトブレイク時

1つ目はアウトブレイク時の伝播経路の特定および遮断を目的とした場合である²²⁾。ただし無計画に環境調査を行ってはならず、それまでに得られている疫学的情報を元に環境調査のターゲットを絞り、結果によりどのような対応を行うか事前に計画を立てておく¹⁾。そして環境調査で得られた分離株と臨床分離株の関連性を検討するためには、可能な限り遺伝子学的解析を行う。

具体的には、伝播の影響が大きく、かつ乾燥した環境表面に長期間生存しうるような多剤耐性アシネトバクター（MDRA）やVREが同一病棟で2名以上検出された場合や、環境中から感染するようなレジオネラ肺炎の院内発生があった場合は、環境調査を積極的に計画すべきと思われる。多剤耐性緑膿菌（MDRP）やCREの同一病棟内複数発生時も環境調査の適応を検討することがあるが、これら水周りでのみ長期生存しうる微生物の場合は、水周りから検出された対象微生物が伝播の「原因」なのか「結果」なのか判断が困難な場合も多く、結果が出た場合にどのような解釈・介入を行うことになるのか、事前に検討しておきたい。

2. 研究目的

2つ目は研究目的の場合である。院内感染を減少させるためには、感染制御領域の研究の発展が欠かせない。これらの研究には環境中における病原体の解析が重要である。

3. 潜在的にリスクの高い環境の調査目的

3つ目は潜在的にリスクが高い環境のモニタリング調査である。この場合のリスクとは、細菌による汚染のリスクが高い場合と、汚染を受けた場合の周囲への影響が大きい場合が該当する。例としては、冷却塔におけるレジオネラ属菌の定期的な調査や、水道法による水道水の微生物検査などが含まれる。

その他VREに関しては、患者や医療スタッフの高頻度接触面の清掃が確実に行われているか確認する目的で環境調査が行われる場合もある。その場合の高頻度接触面とは、ベッドの手すり、ドアノブ、ベッドのリネン、ガウン、オーバーテーブル、血圧計のカフ、電子カルテ周囲、ベッドサイドのテーブ

ル、患者周囲の医療機器が挙げられる^{9, 10, 23 ~ 25)}。

4. インфекションコントロール過程の 品質保証目的

4つ目は品質保証の証明を目的としたものである。ここで述べているインフェクションコントロール過程とは、医療機材の滅菌工程や HEPA フィルターを用いた空気中の微生物排除、血液透析時に用いる水の清浄化などである。

品質を証明するための一般的な考え方としては、過程前後で共通した環境調査のプロトコルにしておく必要があり、また交絡因子排除のために何らかの陽性および陰性コントロールを置くことが望ましい。過程後の単一の環境調査の結果では評価は不十分である。

具体例としては、滅菌工程が適正であることを証明するために、菌を人工的に接種した器材を滅菌工程後の培養検査を行う場合や、血液透析に用いる水の定期的な培養検査が挙げられる¹⁾。

VI. 環境表面の調査方法

繰り返し述べているように、費用対効果を考慮すると環境表面の調査をルーチンで行う必要はない。よって、実施する際には表 3 に示した項目を参考に事前に慎重な検討が行われ、微生物検査室も含めた多職種での実施承認が望ましい¹⁾。

アウトブレイク時の調査や研究目的に実施される際は、対象の環境が病原体のリザーバーとなりうるか、環境表面上で実際に病原体が生存しているか、対象の環境が周囲の環境汚染の源となっていないかなどの視点が重要である。

表 3 環境表面の調査を行う前に検討しておくべきこと

項目
実施前に得られている疫学的情報と文献的調査のまとめ・解析
サンプリングを行う箇所の選定
サンプリング方法と必要な物品の確保
サンプリング回数の決定
コントロールの選定
サンプルの検査方法の確認、定性的か定量的かなど
どれほどの菌量の汚染量まで容認するのか
結果が得られた後のインフェクションコントロール介入プラン
環境調査は労力とコストがかかるため、事前にこれらを検討しておくことが重要である。
文献1より引用・改変

環境調査で適切な結果を得るためには、目的に応じた適切な採取方法や培養方法が必要である。菌を定量したい場合は種々の寒天培地を、定性的な評価で構わない場合は種々の液体培地を用いることもできる。特定の耐性菌を狙う場合は、目的菌に応じた選択培地を用いると手間も少なく、検査のエラーを減少させることができる。

環境表面の検体採取には、スワブ、スポンジ、ワイプ（拭き取り繊維）などが用いられ、寒天培地の表面を直接環境表面に接触させる方法もある。環境が乾燥している場合は、事前に生理食塩水などでスワブを湿らせておくが良い。

VII. 水の調査方法

水の調査は、水回りにいる臨床的に重要な病原体を確認するためや、水道水など処理後の水の品質を確認するために行われる。環境表面の場合と同様に定期的に行われるものではないが、アウトブレイク時の調査として行われることがある。

水そのものを検体として扱う場合、採取から実際の培養を開始するまでの時間経過で検体内の病原体の状態が変化する点に注意が必要である。よって、培養まで時間がある場合は検体を 4℃ で冷蔵保管とし、原則 24 時間以内に培養を開始する¹⁾。

水道水など塩素を含む水を検体とする場合は、チオ硫酸ナトリウムなどで中和してから培養検査を実施する。もし検体が重金属を多く含む場合は、キレート処理が必要である。検体は無菌的な容器に入れ、100ml ほどをサンプルとする場合が多い¹⁾。

塩素処理後の水道水など、何らかの処理を受けた後の水検体は、通常は微生物の生存に適しておらず、検体内部に病原体が生存していたとしてもダメージを受けていることが多い。よって、そのまま培養検査を実施しても偽陰性となることがある。このような場合は上記のように適切な中和処理やキレート処理が必須であり、培養温度も 37℃ よりも室内温度に近い温度が望ましい。用いる培地も栄養価が高い培地よりも栄養価を抑えた培地が適しているとされている¹⁾。

アウトブレイク時など、対象検体内の菌濃度が高いことが予想される時は、少量の検体を直接平板培地に塗布しカウントする。逆に対象検体内の菌濃度

が低いことが予想される時は、100ml以上の検体を採取し、膜フィルターを通した後、膜そのものを寒天培地に設置する方法もある。

水を調査する上で、重要な対象微生物にレジオネラ属菌が含まれる。環境の水からレジオネラ属菌を検出する場合は、可能であれば1Lを無菌容器に採取する。なお、環境中のレジオネラ属菌はアメーバなどに寄生しており、水中環境表面のバイオフィルムが形成された部分に多く生息しているため、水だけでなく、「ぬめり」を滅菌スワブで採取し検査することも重要である。スワブで採取した検体は同時に採取した同環境の水に入れておく。レジオネラ属菌は25℃～42.2℃で発育するため、検体を冷蔵で保管はしない。水は遠心などで濃縮したものを、スワブは直接BCYE培地に塗布する。培養は検体採取から可能な限り早く、少なくとも24時間以内に開始する^{1, 27)}。なお、LAMP法をはじめとした遺伝子学的検出方法の環境調査における意義は確立していない。

VIII. 空気の調査方法

空気中ではエアロゾル・飛沫の内部に、細菌、真菌、ウイルスといった種々の病原体が含まれる。5分間の会話あるいは咳嗽は3000個の飛沫を生み出し、くしゃみは40000個の飛沫を生み出すといわれている¹⁾。「飛沫」は1μm未満から50μm以上まで様々な大きさの粒子となって生まれるが、その後水分は蒸発し、0.5μmから12μm程度の「飛沫核」となって空気中を漂う。5μmを超える粒子は上気道でトラップされ、気管支線毛上皮により排出される。5μm以下の粒子になると下気道に到達し、1-2μmになると最も効率よく肺胞に到達する。飛沫に含まれるものは埃などと一緒に菌塊や真菌の胞子などがあるが、それらと比較すると栄養型細菌やウイルスは少ないといわれている¹⁾。飛沫内部での病原体の生存には、飛沫そのものの栄養分、温度、湿度、酸素感受性、紫外線や電磁放射線への曝露などが関与する²⁸⁾。多くの場合、栄養型細菌は空気中で長期間生存出来ない¹⁾。一方、*Staphylococcus* 属、*Streptococcus* 属、真菌の胞子など乾燥に強い病原体は空気中で長期間生存し、環境表面に一旦付着した後も、掃除やベッドメイキングなどで埃とともに巻

き上がり、再度空気中を漂うことが知られている¹⁾。

エアサンプリングは、空気中の微生物の種類や菌数を調査するために行われる。しかし、採取されたサンプルの品質管理 (quality control) を保証する方法が確立されていないため、エアサンプリングで得られた培養結果の解釈が難しいという問題がある。例えば、糸状真菌の *Aspergillus* 属の胞子は空気中を漂っており、それらを吸い込むことで好中球減少患者が致死的な侵襲性肺アスペルギルス症を発症することが知られているが、空気中にどれほどの胞子が存在すればアウトブレイクが起こりうるのか明らかにされていない。また、ある室内の空気をエアサンプリングして評価すると、室内の人や物の移動、施設内への訪問人数、温度、時間や季節、湿度、対象微生物の空気中の元々の存在量、エアサンプリング機器の性能など多数の因子に影響を受けることが予想される。よって、エアサンプリングの結果は条件を変えた環境下 (場所や時など) での結果と比較検討することが求められる。

エアサンプリングの方法には様々なものがある。主なものに、①空気を液体培地中に通過させる方法 (Impingement in liquids)、②空気を吸引し、寒天培地上に吹き付ける方法 (Impaction on solid)、③空気中に寒天培地を静置し、落下菌を検出する方法 (sedimentation)、④空気を吸入しフィルターでトラップする方法 (filtration)、⑤空気を遠心して集菌する方法 (centrifugation)、⑥電気集塵 (electrostatic precipitation)、⑦高温から低温へ微粒子が移動する原理を用いた方法 (thermal precipitation) が CDC ガイドラインでは紹介されている¹⁾。感染対策としては、簡便さから、これらの中で①～③が用いられていることが多い。

IX. 長崎大学病院における CRE アウトブレイクの経験

1. 概要

2014年9月以降、当院のNICU (Neonatal Intensive Care Unit: 新生児集中治療室) とGCU (Growing Care Unit: 発育支援治療室) に入室した複数の患児よりIMP型のカルバペネマーゼを産生するCREが検出され、おもに *Enterobacter cloacae* complex が分

離された。分子生物学的な解析より、検出菌はいずれも同一菌であり院内伝播が証明された。

接触予防策と積極的監視培養を開始するとともに、患者に関する疫学調査、業務手順や環境を確認し感染源、経路の同定に努めた。環境培養は約 200 カ所行ったが、培養が陽性となった箇所は手洗いシンクの排水口のみでアウトブレイクの原因とは考えがたかった。環境のリザーバー、水平伝播の原因は同定できなかったが、患児は保育器から自分で移動することはできないため、医療従事者、医療器具、哺乳（使用後の哺乳瓶の洗浄・消毒と調乳が同じシンクで行われていた）、便の処理などを介した伝播が最も疑われた。

約 3 ヶ月にわたり、調乳方法や乳瓶の管理を改善し、おむつの処理や手順の見直し、手指衛生の励行をはじめとした様々な対策を行った。しかし、新規伝播をくい止める事ができず、2015 年 2 月中旬にいったん新規患児の受け入れを中止せざるをえなかった。

原因究明、感染拡大を阻止するために、国公立大学附属病院感染対策協議会、ならびに国立感染症研究所 Field Epidemiology Training Program (FETP) による外部支援を要請した。外部支援により様々な問題点を指摘されたが、主な点としては、下記の 3 点が挙げられた。すなわち、日常の診療・看護上の感染対策の基本である、①アルコール手指衛生の励行、②ゾーニングの見直し、③環境の整備であった。指摘された事項については、細かい点にいたるまで、現場スタッフと Infection control team (ICT) メンバーとが綿密に相談をしながら現実的な改善対策を打ち立て実行した。また、調乳業務については、業務の分別と業務委託（材料部へ洗浄消毒を、調乳を栄養管理部へ）を行い、看護業務の合間に行われていたクベースやコットの洗浄・消毒を廃止し、材料部・ベッドセンターへ委託することとした。関係者の勉強会を繰り返し開催し、様々な業務手順についても改めて見直しを行い、さらにはその手順について、スタッフ全員が同じレベルでできるように相互確認も行った。手指衛生については、アウトブレイクが発生するまでは、流水石鹸の使用が主流であったが、介入後、アルコール手指衛生が大幅に増加した。2017 年 5 月現在、長崎大学病院の NICU と GCU において CRE の検出はなく、順調に運用でき

ている。

2. 本事例における環境調査の役割

われわれは今回の CRE アウトブレイク事例において、保育器の様々な箇所、モニターなどの高頻度接触面、手洗い場、肛門体温計など種々の小型の道具、聴診器などの診察器具、汚物処理室の環境表面、オムツ秤、母乳、哺乳瓶、冷蔵庫の取手表面、電子カルテのキーボード、ポータブル気管支鏡、エコープローブ、エコー用ゼリーなど多くの環境表面や、経管栄養など患児の腸管内に直接注入されるものの CRE スクリーニング調査を行った（図 2）。

環境表面は生理食塩水で湿らせた滅菌スワブで擦過することで検体を採取し、クロモアガー KPC/ESBL 分画培地（関東化学）に塗布することで選択的に培養を行った。菌が陽性となった場合は、生化学的な同定および薬剤感受性試験にて CRE の判定を行い、Modified Hodge Test (MHT) によるカルバペネマーゼ産生の確認、SMA 法によるメタロβラクタマーゼ産生の判定を行った。その結果、培養で CRE 陽性となった箇所は上述のごとく手洗いシンクの排水口のみであり、これは CRE が付着した手を流水・石鹸で手洗ったことによって洗い流された CRE を検出したものと思われた。

一方、環境表面の検体から直接 IMP 型メタロβラクタマーゼ遺伝子を検出する方法も試みた。こちらは確立した方法ではないため参考所見であるが、培養が陰性であった箇所であっても、保育器やモニターの高頻度接触面、オムツ秤など、患児に近い場所の環境表面から遺伝子が検出された。患児は自分で移動することができないことを考えると、これらの事実により医療従事者に CRE が付着し、周囲の環境にも付着させていた可能性が示唆された。ただし、培養で検出できなかったことから、これらの環境に付着した CRE は乾燥環境で長期間の生存は難しいことが推測された。

腸内細菌科細菌は乾燥した環境表面での長期生存が難しいことを考えると、CRE アウトブレイク事例における環境表面の調査の意義は限定的と思われる。また、プラスミドによる耐性遺伝子の伝播もあるため、異なる菌種の CRE が検出された場合の解釈も難しい。しかし、われわれの経験から、乾燥した環境表面であっても一時的に菌が付着していた可



図2 長崎大学病院NICUにおけるCRE環境調査の例

CREが培養で陽性になった部分は左上のシンク排水口のみであった。左下のモニター、右上のCRE陽性患児の保育器、右下のオムツ秤はいずれも遺伝子は陽性となったが、培養では検出されなかった。

能性が示された。環境表面から検体採取するタイミングを厳密に検討することにより、環境に付着した菌が死滅する前に検体採取ができる可能性はあり、伝播ルートの解明ができるかもしれない。

おわりに

本稿では、感染対策に役立てることを前提とした環境調査の概略および基本的な考え方を述べた。また、CREアウトブレイクにおける環境調査の役割について、われわれの経験を紹介した。環境調査は目に見えない菌の存在を明らかとし、感染対策における貴重な情報を提供することができる。しかしながら、微生物検査のできる検査室や研究施設の協力が必要不可欠であり、時間、コスト、労力がかかるものである。実施するには意義のある結果を出すためにも、事前に綿密な計画を立てておきたい。

文 献

- 1) CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities 2003.
- 2) Chemaly RF, Simmons S, Dale C, Jr., et al. The role of the healthcare environment in the spread of multidrug-resistant organisms: update on current best practices for containment. *Ther Adv Infect Dis*. 2014 ; 2(3-4) : 79-90.
- 3) Otter JA, Yezli S, Salkeld JA, et al. Evidence that contaminated surfaces contribute to the transmission of hospital pathogens and an overview of strategies to address contaminated surfaces in hospital settings. *Am J Infect Control*. 2013 ; 41(5 Suppl) : S6-11.
- 4) Kramer A, Schwebke I, Kampf G. How long do nosocomial pathogens persist on inanimate surfaces? A systematic review. *BMC Infect Dis*. 2006 ; 6 : 130.
- 5) Havill NL, Boyce JM, Otter JA. Extended survival of carbapenem-resistant Enterobacteriaceae on dry surfaces. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2014 ; 35(4) : 445-447.
- 6) World Health Organization. WHO guidelines on hand hygiene in health care 2009.
- 7) Hayden MK, Blom DW, Lyle EA, et al. Risk of hand or

- glove contamination after contact with patients colonized with vancomycin-resistant enterococcus or the colonized patients' environment. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2008 ; **29**(2) : 149-154.
- 8) Huslage K, Rutala WA, Sickbert-Bennett E, et al. A quantitative approach to defining "high-touch" surfaces in hospitals. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2010 ; **31**(8) : 850-853.
 - 9) Boyce JM, Potter-Bynoe G, Chenevert C, et al. Environmental contamination due to methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*: possible infection control implications. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 1997 ; **18**(9) : 622-627.
 - 10) Boyce JM, Opal SM, Chow JW, et al. Outbreak of multidrug-resistant *Enterococcus faecium* with transferable vanB class vancomycin resistance. *J Clin Microbiol.* 1994 ; **32**(5) : 1148-1153.
 - 11) Wagenvoort JH, De Brauwier EI, Penders RJ, et al. Environmental survival of vancomycin-resistant *Enterococcus faecium*. *J Hosp Infect.* 2011 ; **77**(3) : 282-283.
 - 12) Wagenvoort JH, Joosten EJ. An outbreak *Acinetobacter baumannii* that mimics MRSA in its environmental longevity. *J Hosp Infect.* 2002 ; **52**(3) : 226-227.
 - 13) Wagenvoort JH, Sluijsmans W, Penders RJ. Better environmental survival of outbreak vs. sporadic MRSA isolates. *J Hosp Infect.* 2000 ; **45**(3) : 231-234.
 - 14) Doultree JC, Druce JD, Birch CJ, et al. Inactivation of feline calicivirus, a Norwalk virus surrogate. *J Hosp Infect.* 1999 ; **41**(1) : 51-57.
 - 15) 田代将人, 塚本千絵, 志岐直美, et al. ESBL産生菌をターゲットとした温水洗浄便座ノズルの経時的スクリーニング調査. *日本環境感染学会誌.* 2015 ; **30**(Suppl.) : 204.
 - 16) 林三千雄, 中井依砂子, 藤原広子, et al. 温水洗浄便座汚染が伝播の一因と考えられた metallo- β -lactamase産生緑膿菌集団感染事例の検討. *日本環境感染学会誌.* 2015 ; **30**(5) : 317-324.
 - 17) Randle J, Arthur A, Vaughan N. Twenty-four-hour observational study of hospital hand hygiene compliance. *J Hosp Infect.* 2010 ; **76**(3) : 252-255.
 - 18) Guerrero DM, Nerandzic MM, Jury LA, et al. Acquisition of spores on gloved hands after contact with the skin of patients with *Clostridium difficile* infection and with environmental surfaces in their rooms. *Am J Infect Control.* 2012 ; **40**(6) : 556-558.
 - 19) Stiefel U, Cadnum JL, Eckstein BC, et al. Contamination of hands with methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* after contact with environmental surfaces and after contact with the skin of colonized patients. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2011 ; **32**(2) : 185-187.
 - 20) 田代将人, 志岐直美, 寺坂陽子, et al. 新入職者における手指衛生の意識・知識調査. *日本環境感染学会誌.* 2016 ; **31**(Suppl.) : 350.
 - 21) Litsky BY. Results of bacteriological surveys of food service areas. *Hosp Manage.* 1966 ; **102**(1) : 77-87.
 - 22) McDonald LC, Walker M, Carson L, et al. Outbreak of *Acinetobacter* spp. bloodstream infections in a nursery associated with contaminated aerosols and air conditioners. *Pediatr Infect Dis J.* 1998 ; **17**(8) : 716-722.
 - 23) Noskin GA, Stosor V, Cooper I, et al. Recovery of vancomycin-resistant enterococci on fingertips and environmental surfaces. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 1995 ; **16**(10) : 577-581.
 - 24) Morris JG, Jr., Shay DK, Hebden JN, et al. Enterococci resistant to multiple antimicrobial agents, including vancomycin. Establishment of endemicity in a university medical center. *Ann Intern Med.* 1995 ; **123**(4) : 250-259.
 - 25) Edmond MB, Ober JF, Weinbaum DL, et al. Vancomycin-resistant *Enterococcus faecium* bacteremia: risk factors for infection. *Clin Infect Dis.* 1995 ; **20**(5) : 1126-1133.
 - 26) Rutala WA. APIC guideline for selection and use of disinfectants. 1994, 1995, and 1996 APIC Guidelines Committee. Association for Professionals in Infection Control and Epidemiology, Inc. *Am J Infect Control.* 1996 ; **24**(4) : 313-342.
 - 27) Barbaree JM, Gorman GW, Martin WT, et al. Protocol for sampling environmental sites for legionellae. *Appl Environ Microbiol.* 1987 ; **53**(7) : 1454-1458.
 - 28) Cole EC, Cook CE. Characterization of infectious aerosols in health care facilities: an aid to effective engineering controls and preventive strategies. *Am J Infect Control.* 1998 ; **26**(4) : 453-464.