

## 床清掃における 効果測定と評価法

— その2 —

# ATPの 指標性について

村松 學

### はじめに

今回は床清掃のメンテナンス評価法の指標性については、マイティチェッカー（MC）によるダニアレルゲン量（その1）について述べた。

今回は、ビル現場等で短時間に汚染レベルを数値化できるATP（アデノシン5'-三リン酸 Adenosine Triphosphate）とMCとを併用したメンテナンス効果を判断する実用的な方法と基準を紹介する。床清潔度は室内空気汚染とも関係するビルメンテナンス上の重要点である。しかし清掃の評価は、その1で述べたように光沢度法や微生物培養法などが用いられる場合もあるが、判断基準としては煩雑性と曖昧性が指摘されている<sup>1)2)</sup>。

この検査ではビルの床、硬質の塩化ビニール類、繊維状のカーペット類（CT）や洗面所（トイレ）などの清潔度に焦点をあて、ATP法、スタンプ（培地）法と一部MC法を用いて表面汚染だけでなく、内部汚染まで調査を行った。

### 1. 「健康のための清掃」 報告書から

全国ビルメンテナンス協会が加盟する世界ビルサービス連盟（WFBSC）は、J.H.シモンズによる報告書「健康

のための清掃」（2011.2、参照：月刊ビルメンテナンス誌 2012.6～8月号）を今後の主要な優先事項にすることを決定し、清掃業界が公衆衛生を促進するうえでの役割を明確にしたことは、前回でも述べた。

このなかで、ステファニー・ダンサー博士は環境衛生の信頼できる指標細菌としてコアグラージェ陽性ブドウ球菌を推奨し「特定の表面にある細菌の総菌数を定量的に計測し、定量的評価値を細菌数の許容値基準に照らし合わせる事が可能となる。環境表面のサンプル採取は、微生物法または化学的方法（ATP）による発光法によって行うことができる」としている。また、「特定の清掃手順をこの基準を使って計測することも可能である。もし菌数がこの基準のレベルを超えていた場合、清掃と殺菌の手順と頻度を見直すことで、サービスを向上させることができる。清掃手順が改善された後で、2回目のサンプルを採取し、改善清掃法の効果を測定することもできる」とその方法の有効性を紹介している。

この報告書のなかで、病院の表面汚染を計測、数値化する方法として、食品業界が調理食品の表面を監視するために用いる、危害分析重要管理点方式（ハセップ HACCP: Hazard Analysis and Critical Control Point）と同様のアプローチを病院が用いるべきだと提唱している。

この報告書の「環境表面の細菌汚染除去のガイドライン」でカーペットについて次のように述べている：

①カーペットは堅い床より多くの病原菌を温存しているが、

床表面のふき取り法、②捕集する掃除機のノズルに検体捕集袋を取り付け床内部のゴミを採取する方法によった。その後、②の検体は汚染を抽出するため抽出液につけ、CTの内部汚染量を検査した。このことによって、堆積した潜在的汚染を確認するだけでなく、清掃効果の確認にも使用が可能である。使用した検査キット、ルミノメーター（H社System SURE Plus）とK社製PD-10の相関についても現場測定し比較した<sup>9)</sup>。その結果、測定値の換算値についてルミノメーターとPD-10が約2/3（66%）で、その比は約1.5倍で、相互の相関は（ $R^2=0.989$ ）非常に高かった（図1）。この結果から使い勝手の良い湿式綿棒Ultrasnap（H社製）でもPD-10の検査に問題がないことを確認した。また、検査キットによっては特に重要な測定時のバックグラウンド（BG）値が高い場合があり、表示される数値のばらつきが問題となり、高清掃度域での数値が信頼性に影響を及ぼす場合がある。そのため、①装置要因のデジタルノイズとダークノイズの計測、②ATPの検出限界の判定、③検出限界のBGの影響、④RLU値の連続安定性の評価を行った。その結果このH社製検査キットは、BGの影響が少なく、連続安定性も良く高清掃域でもノイズや変動の影響もなく安定した数値であった。

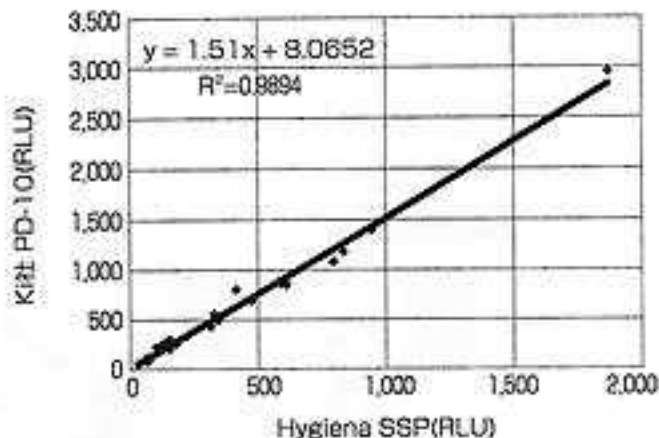


図1 SSPvsPD-10相関結果 with Ultrasnap



発売元 リオンテック株式会社

図2 ATPとマイティチェッカーセット

#### 4. ATPとダニ検査キット

このサンプリングは次の方法による（図2）。

- ①ふき取り法
- ②掃除機による採取法

##### 1)ATP ふき取り検査の方法

検査法としては床のふき取りを10×10cm（100 cm<sup>2</sup>）程度、表面を一体型試薬の綿棒でふき取る。図3-1のような手順で操作し、ATP 検査キットでその汚染度を計測する。

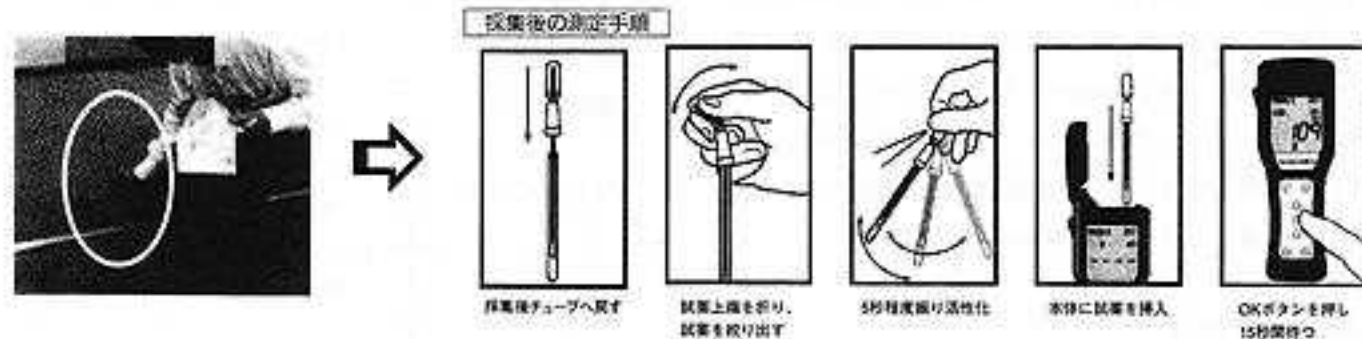


図3-1 ATP検査手順

両者の感染率の違いを報告している研究はない。

②カーペット、特に教室、オフィス、会議室、店の床、高齢者施設の共有部にある接触の多いカーペットは、毎日の掃除機がけと半年ごとの大掃除、あるいは何かをこぼしたらその都度の掃除を行わなくてはならない。

③汚れたカーペットが湿気や水分を帯びたままだと、グラム陰性のバクテリアや菌類が拡散、繁殖する理想的な温床となる。

④カーペットの汚れは直ちに清掃して落とさなくてはならない。もし有機物が付着していた場合、洗剤を使って有機物を機械的に取り除いた後に、その部分を殺菌しなくてはならない。

⑤72時間にわたって湿り続けたカーペットは取り除かなくてはならない。

⑥アスペルギルスなどの菌類を除去するのは、乾式清掃より耐水性の掃除機による水を使った掃除機がけがより有効である。

筆者注：グラム陰性菌（例：大腸菌*E. coli*、緑膿菌、レジオネラ菌、インフルエンザ菌など）

## 2.

### 室内の汚染

室内の空気汚染度として、建築物衛生法では浮遊粉じん量が0.15mg/㎡以下と定められている。この基準値の定着化により、現在のビル室内での禁煙に多大の貢献があった。しかし、床などの堆積じんや細菌汚染などは、床面の清潔度や室内空気汚染にも影響していると考えられ、CTは塩ビ類の床より病原菌が温存し易いが報告例はない。

法的には清掃業の「清掃作業及び清掃用機械器具の維持管理の方法等に係る基準」（建築物衛生法施行規則）に床面清掃の規定があり、吉沢らの「カーペットに起因する室内空気汚染の制御に関する研究」（日本建築学会報告）、また、正田らの「建材汚染の除去効果に関する調査研究」（本誌2012.5月号）がある。

一般ビルの塩化ビニール材等の床面は、水に不浸透性で、清掃方法は定期的に水分を含んだモップや掃除機により、また乾式モップ、スプレー式などの方法で行われている。

## 3.

### ATP検査法

ATPふき取り検査測定とは、細菌、真菌、酵母や動物、植物などの生物の細胞中に含まれるエネルギー物質を蛍光の発光原量RLU（Relative Light Unit）を利用して、短時間でその程度を数値化する検査である。原理的には生体内でATP⇌ADP⇌AMPのリン酸が関与する作用である。衛生管理の重要度の高い医療分野でも操作方法が簡便で、衛生検査ツールとして食品、医薬品、化粧品、病院、清掃、ビルメンテナンス分野などの幅広い現場で活用が可能である。この検査は、主として生物由来の有機物の汚染量に対して有効である。このため衛生管理のスクリーニング検査に利用され、ビル内の環境では、CTの床材の清掃前後の表面や内部汚染検査用としても使用した。

このATP検査はプレテストとして判定基準を超えるようであれば、より精密な検査に移行することが望ましい。一般には日常生活では手を媒介して汚染が広がる「クロスコンタミネーション」が指摘されるのでこの確認にも使用できる。特に病院や高齢者施設では、院内感染予防や交差汚染リスク低減の一環として、清潔管理や特殊清掃や通常清掃後の効果判定が容易である。

今まで殺菌剤や消毒剤による殺菌効果判定には細菌培地による煩雑な作業で、結果を出すには数日かかっていたが、ATP量を用いたふき取り検査の清浄度の評価では、ビル現場で結果を出すのに数分間で行うことができる。また、生物汚染源として、その1で述べたELISA法によるマイティチェック法（MC）を併用することにより同時に床アレルギー試験も行うことも可能である。

なお、この種のATP検査法は内外数社から市販されていて、それぞれ特徴がある。

今回使用したATPふき取り検査測定用の一体型試薬Ultrasnap（Hygiene社製）は国際的に多く使用されており、数値の比較がし易い。また、湿式の綿棒は検査の度に湿らせる必要がなく、水の無い場所でも、その場ですぐにふき取り作業が行える利点がある。

このCTの潜在的バイオ汚染の程度を確認するため、①



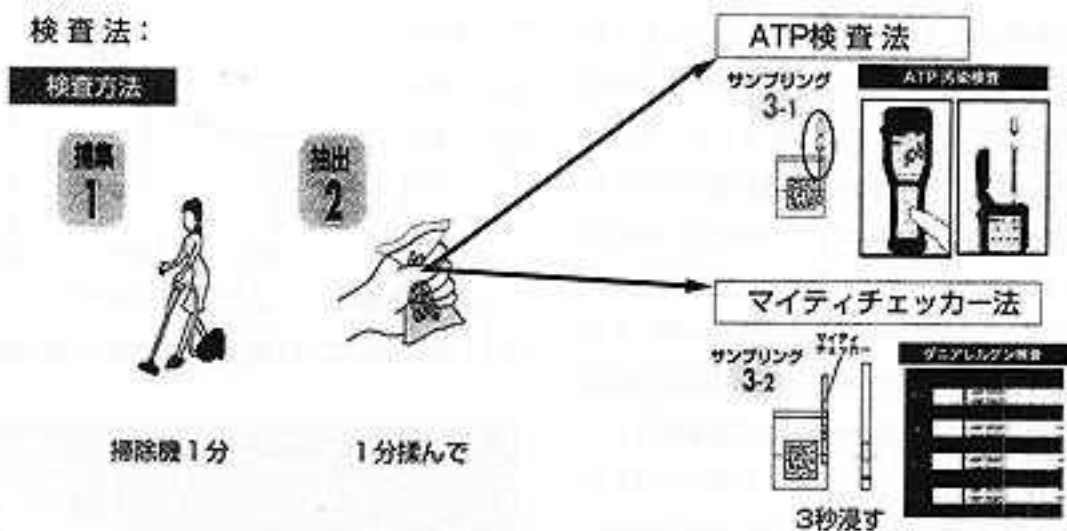


図3-2 掃除機による検体検査手順

図3-1のように10×10cm角でのサンプルをふき取る。その後、矢印後の「採集後の測定手順」のように

- 1、2 綿棒をチューブに戻し、ATPを活性化させるため、試薬を立てて、プラスチック製のふき取り棒 (Ultrasnap) の上端部にあるバルブを折り試薬を絞り出す
- 3 器具を左右に静かに振り、活性化させる
- 4 ATP検出器 (ルミノメーター) の上部を開き、活性化済みのUltrasnapをチャンバに挿入する
- 5 [OK]を押し、測定を開始する。RLU値の結果は15秒後に画面に表示される

## 2)掃除機による検体採取と検査の手順 (図3-2)

その手順は、カーペットタイル4枚 (約1m×1m) の部分を、ゴミ捕集用フィルタを取り付けた掃除機で、1分間吸引、捕集されたゴミをフィルタごと抽出液 (10mL) に浸して1分間揉み、汚染物を液に十分抽出させる。同時に、ダニ検査キット (酵素免疫法ELISA法、MC) で平行検査を行う場合は浸出液に3秒程度つけ、10分後の変化を比色法で確認する。

## 3)ATP 検査結果

ATP法の「ふき取り法」と「ダニ浸出液」の2つの方法によったが、ATP法は本来ふき取り法によるが、MC法と同時に行う場合のダニ浸出液からの検出も検討した。その結果を表1-1、表1-2に示す。Tビル、Hビル

の採取場所は各フロアのCT床で、Tビルは単一会社で事務室中央部メイン、複合機前、役員室前、女子更衣室などである。Hビルは貸しビルでそれぞれの事務室のメイン部分、通路部のメインとサイド部分で行った (2010.9.6調査)。

ATP値 (RLU) のふき取り法とダニ浸出液の差は、Tビルでは121.6と523.5でその比は4.3、Hビルでは6.5とな

表1-1 TビルATP結果 (1)

採取場所	ふき取り	浸出液
事務室メイン①	161	1136
メイン複合機前②	214	661
事務室サイド①	115	311
役員室前サイド②	83	582
エントランス中央メイン③	90	514
女子更衣室メイン④	62	306
役員室前メイン②	241	578
エントランス隣サイド④	7	90
平均	121.6	523.5

表1-2 HビルATP結果(2)

採取場所	ふき取り	浸出液
事務室メイン	79	724
事務室サイド	8	132
事務室メイン②	25	246
サイド②	9	133
事務室メイン③	92	359
サイド③	12	366
事務室メイン④	62	358
サイド④	100	184
平均	48.4	315.3

った。また、検査時は平常時と、その後検査時に清掃を、①と②回に掃除機によるサンプリングを行った。その総括を、表2に示した。

この結果から平常時から清掃後1回、2回とATP値は減少している。

表2をグラフ化した図4に示したようにCT(カーペット)における汚染が表面ではなく、如何に内部に堆積しているかが分かる。

ふき取り法とダニ抽出液法との差はサンプリング対象面積がそれぞれ100cm<sup>2</sup>、1m<sup>2</sup>と100倍の差があるものの、ダニ抽出法では10mLに抽出した液から、綿棒に得られるサンプル量が30μL程度しかないため、計算上では30cm<sup>2</sup>当たりの汚染で得られた数値といえる。

## 5.

### 一般生菌検査

一般生菌検査(スタンプ法)床表面に接触(10cm<sup>2</sup>)させた一般生菌数用のスタンプ培地(エルメックス社製)を定法により培養後にコロニー数(CFU)を確認し、平常時と清掃①の後の検査で80.3%の減少を示した(図5)。

また、ATPと一般生菌数の関係(平均値+SD)は、図

表2 ATP値総括

	平常時	清掃①	清掃②
Tふき取り法	121.6	45.9	17.1
ダニ浸出液	523.5	335.8	121.9
比	*4.3	*7.3	*7.1
Hふき取り法	48.4	28.8	12.5
ダニ浸出液	315.3	223.5	134.8
比	*6.5	*7.8	*10.8

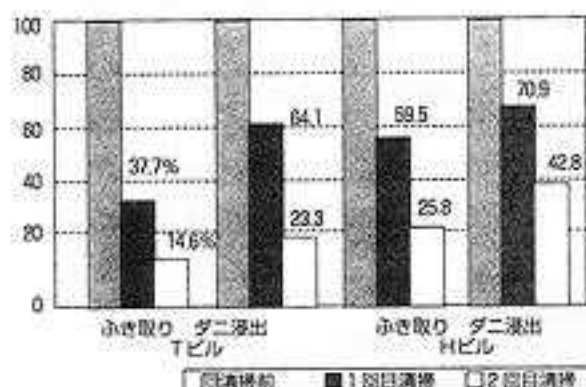


図4 ATP値の清掃による減少率%

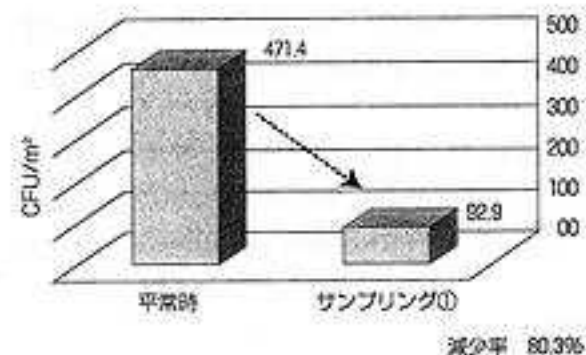


図5 一般生菌数 平均CFU

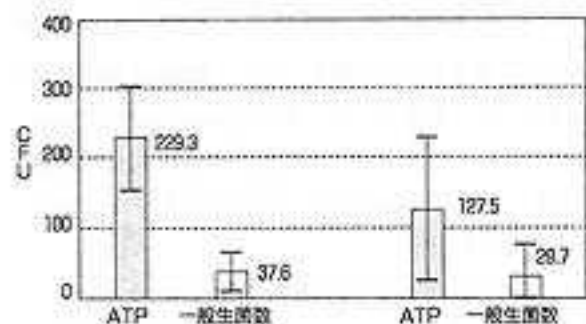


図6 Tビル Hビル ATP vs 一般生菌数

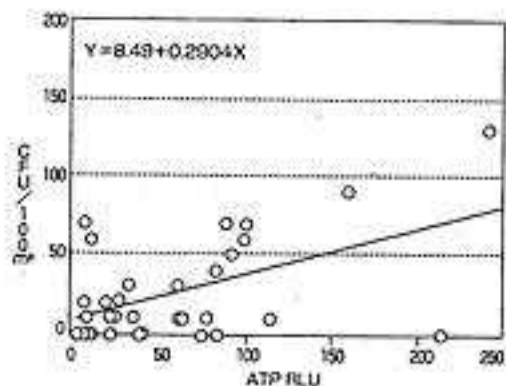


図7 Tビル Hビル ATP vs CFU

6のようにATPの数値が4~6倍高いという結果であった。また、図7のように両者間には弱い相関性は認められた。

## 6. 洗面所系の汚染度

洗面所やトイレ便座などの細菌汚染度についてATPや一般生菌のふき取り検査を行った結果を、図8に示す。

汚染度は一定でなく、洗面所入り口の床や流しの内側などの濃度が高く、その他の濃度はさまざまであった。また、ATPと一般生菌数との相関係数は $\approx 0.50$ を示した。

## 7. 病院の調査例

病院内の参考調査例を図9に示す。英国の13病院では階段の手すり、診察室の椅子などの $n=300$ 検体でその濃度が高く、清掃後の濃度は低下している。例えば、診察室の椅子は $594 \rightarrow 195$ RLU、階段の手すりは $2050 \rightarrow 189$ RLUと減少した。

なお、外国の例は、例えばCDC（米疾病センター）で「掃除中のガイドライン」が示され、英国ではNHS（National Services Scotland）で「清潔をモニターするためのツールとしてのATPの使用」（2011.3）などがあり標準化が進められている。

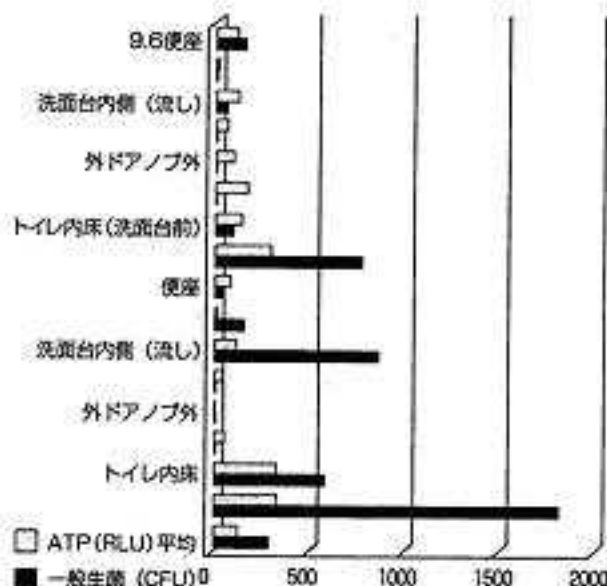


図8 Hビル 洗面所系の汚染度

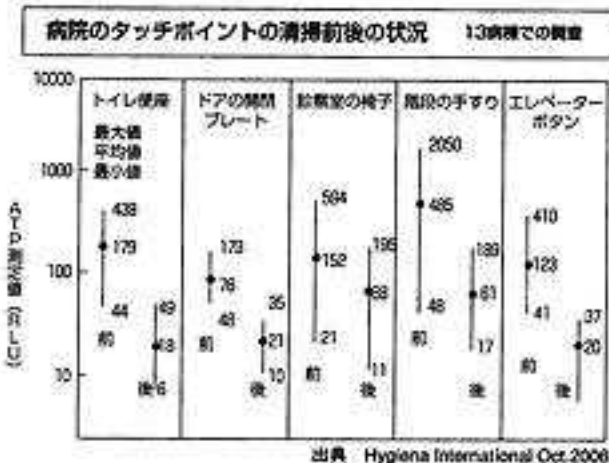


図9 病院の調査13例(抜粋)  $n=300$

## 8. ATP基準値

カーペットタイル (CT) の清掃では清潔度に重点をおき、内部汚染の堆積に対しても考慮したメンテナンス計画と、その数値からの判断が重要と考える。

また、今回の結果から清掃直後の良否の判断基準として、CTの場合は表面 $90$ RLU以下、内部は $240$ RLU以下を保つように表4を推奨し、清掃効果の確認ツールとして、ATP数値とELISA法 (MC) によるチェック方法を提案する。

表4 フロアカーベットのATP数値 (RLU)

CT内部汚染度 1m <sup>2</sup> あたり (1分吸引)	ATP (RLU)		ダニ (MC)
	H社(SSP) + Ultraspap	PD-10 + Ultraspap	
清 浄	~90	~135	-
普 通 (注意)	~240	~380	±
やや汚い (清掃の目安)	~600	~900	+
汚 い	601~	901~	++

表5 表面の違いによるATP数値 (RLU)

床表面汚染度 100cm <sup>2</sup> あたり	ATP (RLU)	
	H社(SSP) + Ultraspap	PD-10 + Ultraspap
清 浄	~90	~45
普 通	~80	~120
やや汚い	~200	~300
汚 い	201~	301~
(参考) 手 指	~60	90~

また、器具等の判断基準値として、表5の数値以下が妥当である。なお、病院の管理推奨値を表6に示した。

## まとめ

ビルフロアの清掃の効果測定と評価法について検討した。近年多用されているCT類の汚染は内部まで浸透する場合があります。浸出液から内部のサンプリングを行い評価する必要があります。その理由として定期的な掃除機がけと大掃除の遵守、床面の湿気や水分による病原菌の繁殖、有機物の付着の除去など感染症対策が必要となる。

ATP法のふき取り検査はビルの床表面などの清潔度を評価するのに細菌検査より感度が高くプレテストとして有効な方法である。さらに人の接触性が高い事務機器や、特にトイレ・洗面所、浴室でも使用が可能である。また、ATP法とともにMC法を併用することにより有機物や生物学的なグニアレルゲン量の汚染を定量的に把握し、ビル清掃手順の有効性を確認することができる。

今回のATP測定器は低濃度領域でもBG値の影響が少なく、かつRLU発光量の変動幅が少なく国際的に使用されているHygiene社製を利用し、表面のふき取り法とMC

表6 病院のATP推奨値

項 目	一般的な推奨値 (RLU)	
	合 格	不 合 格
病院一般エリア	100~	~200
手術用器材 (鋼製小物)	10~	~20
ウォッシャー消毒器	5~	~10
内視鏡	5~	~10
食品調理器具と配膳食器	10~	~30

法のダニ浸出液法による内部汚染の有効性を確認した。また各用途の管理基準値を表4、5、6のように定めた。外国では病院関係での調査例も多く、衛生部局での目的別の基準化と実用化が進められている。ATPやアレルギー量が提案の基準値のレベルを超えた場合、清掃の方法や頻度と消毒や殺菌方法を見直し、改善をはかる必要がある。このことによってメンテナンス効果を評価し、ビルサービスの一層の向上が期待できる。

なお、この調査にあたっては庭田 茂氏、リオンテック株式会社とニック株式会社の協力を得た。

(むらまつ さとる/室内環境学会名誉会員、医学博士、  
技術士 (衛生工学部門))

## 【参考】

- 1) 庭田 茂、河野通泰、坂下祥一、高橋太郎、山野裕美ら  
「カーベットの潜在的バイオ汚染と清掃効果の検証」  
一居室環境検査へのATP手法の実用化—  
室内環境学会学術大会 (横浜、2010)
- 2) 庭田 茂、高橋太郎、河野通泰、村松 學ら「居室環境検査  
へのATP手法の実用化 (その1)」日本環境管理学会大会  
2011.5
- 3) 高橋太郎 ATP検査値のバックグラウンドとばらつきの影響  
ジャパンフードサイエンス Vol.49 No.4 2010 pp33  
~36