空中生菌密度に対するグルタミン酸ソーダー フィルター法の定量能力についての研究

その 2. 環境的空気を使用しての実験

Studies on the Efficiency of Sodium Glutamate Filter Method in Determining Bacterial Density of the Air

II. Experiment with the Environmental Air

大阪大学医学部衛生学教室（主任 梶原三郎教授）

佐 守 信 男・砂 田 毅・東 義 夫・西 岡 潔
Nobuo Samori, Tsuyoshi Sunada, Yoshio Azuma, Kiyoshi Nishioka

Department of Hygiene, Osaka University Medical School
(Director: Prof. S. Kajiwaru)

さきに空中細菌の定量法としてグルタミン酸ソーダーフィルター法¹⁾²⁾を発表し、ついでその定量能力を、既知量の鳥型結核菌浮游空気を流す装置を考案して実験的に検定した結果、本フィルター法により得られた定量値は、その含菌空気の生菌密度をその桁数において正しく表わすものであることを報告²⁾³⁾した。

しかし、調査現場の環境的空気中に浮游している細菌の状態は必ずしも実験室内で現出した含菌空気内の状態と同一ではない。それで本報告では、調査現場の環境的空気中に浮游している細菌の状態を「生菌を含む空中浮游粒子の落下の状態」から窺うとともに、その空気の生菌密度を本フィルター法により定量する能力を、その空気中の生菌を含む浮游粒子の落下の原理から算出した定量値との関係において検討した。

I. 定量能力の検定のために選んだ調査現場について

本定量能力検定の調査現場としては、地理的社会的に特徴ある多くの環境の空気の調査結果⁴⁾を検討して、その空気の生菌密度が比較的均等であり、しかも生菌密度の高い大阪梅田地下道の午前10時前後の空気を選んだ。ここは高さ3m、巾8mの断面をもつ地下道路で、この時刻の行人密度は床面積10m² 当り3名程度⁵⁾であった。梅田地下道の空気のこの時刻の高さによる生菌密度の違いは第1表のごとく大きな差を認めえなかつた。一般に調査現場の空気の生菌密度は均等ではなく床上より

高く離れるにつれて相当小さくなるのが普通⁶⁾である。

第 1 表 梅田地下道の高さの違いを基にした
空気の生菌密度 (per 1 m³ of air)

調査年月日	昭和 29.9.12	昭和 30.3.23
床上 50 cm の高さ	805 × 10 ²	208 × 10 ²
床上 140 cm の高さ	838 × 10 ²	280 × 10 ²
床上 250 cm の高さ	793 × 10 ²	219 × 10 ²

II. 実験方法

さきに報告²⁾³⁾したグルタミン酸ソーダーフィルター法の実験室内での定量能力の検定においては、個々に分散した細菌の浮游空気を使用したのであるが、調査現場における空中浮游細菌は必ずしも単一ではないし、また細菌以外の粉塵とともにあるとも考えられる。それで培養基で1つの菌集落を形成する「生菌を含む空中浮游粒子」の大きさを基にした数の分布をまず調べた。

生菌を含む空中浮游粒子の大きさを、径1μから100μまでのものであるとすれば、それらの落下速度は無風の状態では Stokes の法則に従う。

$$C = \frac{2}{9} r^2 g \frac{S_1 - S_2}{\eta}$$

ここに、C：落下速度 (cm/sec)

r：粒子の半径 (cm)

g：981 (cm/sec²)

S₁：粒子の密度

S_1 : 空気の密度

η : 空気の粘性

気温が $70^\circ\text{F} \approx 21^\circ\text{C}$ の状況では Stokes の式は次のごとくなる。

$$C = 300,460 S_1 d^2$$

ここに, d : 粒子の直径 (cm)

生菌を含む粒子を球形と考え, その密度を 1 と仮定すれば,

$$C = 300,460 d^2$$

となる。

すると, 径 1μ の生菌を含む粒子の落下速度 $C = 0.003\text{ cm/sec}$, 径 2μ の $C = 0.012\text{ cm/sec}$, 径 5μ の $C = 0.075\text{ cm/sec}$, 径 10μ の $C = 0.3\text{ cm/sec}$ となり, それらの粒子が 86 cm の高さから落下するに要する時間は, それぞれ $28,666\text{ 秒}$ (7時間57分46秒), $7,166\text{ 秒}$ (1時間59分26秒), $1,146\text{ 秒}$ (19分6秒), 286 秒 (4分46秒) にかかることになる。高さ 86 cm とは内径 8.6 cm のシャーレ上の普通寒天培地を考え, ここに落ちる生菌を含む粒子の浮游している空気容積を 5 立にせんとした高さであり, それぞれの所要時間は, その空気層の最上層に存するそれぞれの大きさの粒子が培地に達する時間になる。

この Stokes の落下の法則を使って梅田地下道の空気中に浮游している生菌を含む粒子の数並びにその大きさを基にした分布を知るために第 1 図のごとき装置を考案した。梅田地下道に机を置き, その上にガラス板を設置し, そのガラス板上に内径 8.6 cm のシャーレに作製した普通寒天培地を蓋付のまま 4 つ図のごとく並べる。午前 10 時に, それら 4 つの培地の上にその空気を封ずるために高さ 87 cm , 内径 40 cm の木製の筒を設置する。(ガラス面から培地表面までの高さは 1 cm であるので, この培地上から筒の上縁までの高さは 86 cm となる。) そしてその筒の上をガラス板で覆う。このようにして, この筒内に午前 10 時の梅田地下道の机上の高さの空気を封じ入れる。筒の上方をガラス板で覆うこの操作と同時に, 筒の両側に作られた小穴より細い棒を挿入し筒の側面のガラス窓より内部を見ながら可及的内部的空気を乱さないように注意してしかも速やかにシャーレの蓋に作られた把手により 4 枚のシャーレの内の 1 枚の蓋を開ける。そして 7 時間 57 分 46 秒放置して後このシャーレの蓋を閉じるならば, 筒内のその培地上の円筒の空気層 (5 立の容積) に浮游していた径 1μ 以上の粒子はすべて培地上に落下したことになる。この普通寒天培地上の粒子を $37^\circ\text{C} \cdot 48\text{ 時間}$ 培養し, その菌集落数を数えることによって, この環境的空気 5 立中に浮游していた径 1μ 以上

の生菌を含む粒子の普通寒天・ $37^\circ\text{C} \cdot 48\text{ 時間}$ 培養で菌集落を作るものの数がわかる。筒の内壁やシャーレの蓋はすべて 1 度落下した粒子が再び舞い上らないようにワセリンを注意深く塗布しておく。また筒内外の温度差による空気の流れの起るのを避けるために, 筒はあらかじめ二重壁に作っておく。生菌を含む空中浮游粒子の大きさを基にした数の分布状態は, あとの 3 枚のシャーレの蓋をとる時刻によって明らかになる。

第 1 図 生菌を含む空中浮游粒子の調査装置

III. 生菌を含む空中浮游粒子の大きさを基にした数の分布計算式

生菌を含む空中浮游粒子の大きさを基にした数の分布計算式を次のごとく作った。(ただし, それら粒子の培養条件は普通寒天培地・ $37^\circ\text{C} \cdot 48\text{ 時間}$ 培養である。)

現場で第 1 図のごとき筒の中にその環境的空気を閉じこめた瞬間即ち上述のごときその筒の上をガラス板で覆った時を, 本装置を設置し終った時と名付ける。この装置は 7 時間 57 分 46 秒現場にそのままの状態に放置する。装置底部の 4 枚のシャーレのうち 1 枚は, 本装置の設置が終るや, その蓋を前述の遠隔操作により取り除き, 7 時間 57 分 46 秒後即ち実験終了時に蓋をして培養し, その菌集落数が a 個あったとする。この a 個はその筒内のその培地上の空気層 5 立中にあった径 1μ 以上の生菌を含む粒子の数である。次に設置後 4 分 46 秒後に他の 1 枚のシャーレの蓋を取り, 実験終了時に蓋をし, 培養後その菌集落数が b 個あったとする。この b 個は径 10μ 以上の粒子が落下し終つて後の菌集落数である。同様にして設置後 19 分 6 秒後, 1 時間 59 分 26 秒後に他の 2 枚のシャーレのそれぞれの蓋を取り, 実験終了後それぞれの蓋をして培

義し、その菌集落数が、c 個、d 個あつたとすれば、それらは径 5μ 以上の粒子が落ち終つた後、径 2μ 以上の粒子が落ち終つた後の菌集落数である。

いま、(a-b) を考えるならば、これは本装置設置後 4 分 46 秒間に落ちるであろう粒子の菌集落数である。これは径 10μ より大なる生菌を含む粒子の数と、その 4 分 46 秒間に落ちるであろう径 10μ よりも小なる生菌を含む粒子の数となる。いまもし、その空气中に浮游している生菌を含む粒子の大きさの分布が均等であると考えれば、この 4 分 46 秒間 (286 秒間) に落ちるであろう径 10μ よりも小なる生菌を含む粒子の数は $(b-c) \cdot \frac{286}{860}$ である筈である。なぜならば (b-c) は 860 秒 (1146 秒 - 286 秒) 間に落ちるであろう径 10μ より小なる生菌を含む粒子の数であるから。故に径 10μ より大なる生菌を含む空中浮游粒子の数は $(a-b) - (b-c) \cdot \frac{286}{860}$ 、従つて径 10μ より小なる生菌を含む空中浮游粒子の数は $a - [(a-b) - (b-c) \cdot \frac{286}{860}]$ 。全く同様の考え方より、径 5μ 並びに径 2μ より小なる生菌を含む空中浮游粒子の数は、それぞれ $c + (c-d) \cdot \frac{1146}{7166 - 1146}$ 、 $d + d \cdot \frac{7166}{28666 - 7166}$ である。

故に、径 10μ より大なる生菌を含む空中浮游粒子の数は $a - 1.3b + 0.3c$ となり、径 10μ より小で径 5μ より大なる生菌を含む空中浮游粒子の数は $1.3b - 1.5c + 0.2d$ となる。また、径 5μ より小で径 2μ より大並びに径 2μ より小なる生菌を含む空中浮游粒子の数はそれぞれ $1.2c - 1.5d$ 、 $1.3d$ となる。

以上のごとくして、一定量の環境的空气中に浮游している生菌を含む粒子の数を、径 10μ よりも大きなもの、径 $10\mu \sim 5\mu$ 、径 $5\mu \sim 2\mu$ 、径 2μ よりも小さなものの 4 種類の大きさを基にした分布状態に分類できる計算式をたてることができた。

IV. 環境的空气中に浮游する生菌を含む粒子の大きさを基にした数の分布状態

前節でたてた計算式を使つて、梅田地下道の午前 10 時の空气中の生菌を含む浮游粒子の大きさを基にした数の分布状態を調査した成績が第 2 表調査番号 1~4 である。調査番号 5~6 は阪大医学部付属病院薬局前廊下の午前 11 時及び 12 時の空気について行つた調査成績である。

表中、第 4 列の a, b, c, d は前節で述べた各時期に蓋を開いた培地上に生育した菌集落の数である。第 5 列は生育した菌集落の、もとの空气中に浮游していたであ

第 2 表 生菌を含む空中浮游粒子の大きさを基にした数の分布

番号	月日	場所	菌集落数	分布計算値	分布百分比
1	昭和 30 ・ 2 ・ 3	梅 田 地 下 道	a: 161	$\leftarrow 10\mu$ (53.7) 53	(32.9) 33%
			b: 92	$10 \sim 5\mu$ (59.9) 60	(37.2) 37
			c: 41	$5 \sim 2\mu$ (35.7) 36	(22.3) 22
			d: 9	$2\mu \rightarrow$ (11.7) 12	(7.4) 8
				161	100%
2	昭和 30 ・ 2 ・ 10	梅 田 地 下 道	a: 260	$\leftarrow 10\mu$ (149.8) 150	(57.6) 57%
			b: 97	$10 \sim 5\mu$ (47.2) 47	(18.0) 18
			c: 53	$5 \sim 2\mu$ (59.1) 59	(22.6) 23
			d: 3	$2\mu \rightarrow$ (3.9) 4	(1.2) 2
				260	100%
3	昭和 30 ・ 2 ・ 24	梅 田 地 下 道	a: 107	$\leftarrow 10\mu$ (70.7) 70	(65.4) 65%
			b: 30	$10 \sim 5\mu$ (25.9) 26	(24.2) 24
			c: 9	$5 \sim 2\mu$ (7.8) 8	(7.4) 8
			d: 2	$2\mu \rightarrow$ (2.6) 3	(2.8) 3
				107	100%
4	昭和 30 ・ 2 ・ 24	梅 田 地 下 道	a: 62	$\leftarrow 10\mu$ (24.8) 25	(40.3) 40%
			b: 30	$10 \sim 5\mu$ (30.0) 30	(48.3) 48
			c: 6	$5 \sim 2\mu$ (7.2) 7	(11.2) 12
			d: 0	$2\mu \rightarrow$ (0) 0	(0) 0
				62	100%
5	昭和 30 ・ 3 ・ 3	阪 大 薬 局 前	a: 8	$\leftarrow 10\mu$ (0.4) 1	(12.5) 12%
			b: 7	$10 \sim 5\mu$ (1.8) 2	(25.0) 25
			c: 5	$5 \sim 2\mu$ (4.5) 4	(50.0) 50
			d: 1	$2\mu \rightarrow$ (1.3) 1	(12.5) 13
				8	100%
6	昭和 30 ・ 3 ・ 3	阪 大 薬 局 前	a: 15	$\leftarrow 10\mu$ (11.1) 11	(73.3) 73%
			b: 3	$10 \sim 5\mu$ (3.9) 4	(26.6) 27
			c: 0	$5 \sim 2\mu$ (0) 0	(0) 0
			d: 0	$2\mu \rightarrow$ (0) 0	(0) 0
				15	100%

う状態を粒子の大きさを基にして 4 つの範囲に分類したそれぞれの数である。勿論これら 4 つの数を加えると a 個即ち閉じこめられた 5 立中の生菌の総和になる筈であり、調査番号 1 では 161 である。第 6 列は、その空气中のそれら粒子を 4 つの大きさに分類すれば、各々の範囲に属する粒子が幾%ずつあつたかを示すものである。調査番号 1 では、径 10μ 以上の生菌を含む粒子は 33% であり、径 10μ より小で径 5μ より大なるものは 37%

径 5μ より小で径 2μ より大なるものは22%, 径 2μ より小なる生菌を含む粒子は8%あったことを示す。

全成績をみるに、場所の違いにより、また調査時期により、それら大きさによる粒子の分布状態は種々であるが、一般に、これら環境的空气中に浮遊している生菌を含む粒子の大きさは、その半数は径 10μ より小なるものであり、さらに径 2μ より小なる粒子も存在することが想像された。

V. 個々に分散した生菌が環境的空气中に浮遊しているというものの確認

以上の調査成績から、環境的空气中に浮遊している径 2μ 以下と考えられる粒子が、普通寒天培地・ 37°C ・48時間培養で菌集落を形成することがわかった。このことは環境的空气中に、以上の培養条件で証明できる個々に分散された生菌が単独で浮遊していることを想像せしめる。そこで、このように微小な空中浮遊粒子で生命力をもつものが、まことあるものかどうかを確認するために、第2図のごとき装置を使つて実験した。

高さ74cmの肉厚の真空用蓋付ガラス瓶を調査現場へ

第2図 個々に分散した生菌が空中に浮遊することを
確認するための装置

運んだ。その内のりに合つた紙製の底のある円筒を作つて瓶内に入れ、それを現場で取り出すことによって、現場の環境的空気と、もとガラス瓶の中に入っていた空気とを置換した。そしてすり合せの環によつて気密に蓋をす

ることによつて、その環境的空気をこのガラス瓶の中に閉じこめた。

径 2μ の粒子が74 cmを落下するには、Stokesの法則により1時間42分30秒かかるから、その空気を閉じこめたガラス瓶を1時間42分30秒放置することによつて瓶中の径 2μ 以上の粒子をすべて落下させた。その後あらかじめ瓶中に装置したグルタミン酸ソーダーフィルターを通して、 2μ 以下の粒子しか存在しないその空気を30立通過させて、そのフィルターから生菌を認めうるかどうかを実験した。

一度落下した粒子が再び舞い上らないように瓶内壁はワセリンを隈なく塗布し、また瓶外の気温の変動により、瓶中の気流の乱れが生じないように、瓶中に環境的空気を閉じこめるや本真空用ガラス瓶を二重に厚紙で包んだ。なお、グルタミン酸ソーダーフィルターを通じて瓶内の空気が吸引され減量されることによる瓶中の気流の乱れ、さらにその減圧による外からのリークを考慮して、その吸引空気量にほぼ等しい水を底部より瓶中に導入した。ほぼ等しいと記述したのは、瓶中の気圧が絶えず水柱で1 mmの陽圧を保つよう

に水を導入したからである。このようにすることにより、ガラス瓶全容積70立の約 $\frac{1}{10,000}$ 即ち7 cc 多く空気が入っていることになり、瓶外からの環境的空気の侵入を防いだ。

この実験を昭和30年3月7日阪大付属病院薬局前廊下の午前11時の環境的空気を対象として行つた結果、グルタミン酸ソーダーフィルターを通した30立の空気中から12個の菌集落を認めた。この30立の空気中には理論上 2μ 以上の粒子は存在しない筈である。また 2μ 以上の粒子はフィルターを通して瓶中の空気を吸引する以前にも落下している筈であり、さらに30立を吸引するのに68分間要しているのであるから、その時間中にも

落下したと考えねばならない。従つてこの環境的空気30立中に、径 2μ 以下の生菌を含む粒子が12個以上あったことになる。同年3月3日の同場所の環境的空気の第2表の2列の成績から、この空気30立中の生菌数は平均69

個となる。故に69個中の12個以上は 2μ 以下の粒子によるものと推算され、それは17%以上に該当する。

個々に分散された菌が空中に浮遊しているかどうかを検討するために、さらに径 1.5μ 以下の生命力ある粒子が存在するかどうかを調べた。このガラス瓶に閉じこめられた空気の上層に存在した径 1.5μ の粒子が底に落ちるまでの時間は Stokes の法則による落下速度が 0.007 cm/sec であるから2時間56分11秒要する。この実験を同年3月14日梅田地下道の午前10時の空気によって行った。本真空用ガラス瓶にその環境の空気を封入して2時間56分11秒後に、その瓶内の空気30立を前記のごとくグルタミン酸ソーダーフィルターを通じて吸引し、フィルターを培養することによって、その30立中に27個の菌集落を認めた。これは、この梅田地下道の空気30立中に径 1.5μ 以下の生命力ある粒子が27個以上存在したことを意味する。第2表の4列の同場所同時刻の環境の空気30立当りの細菌数は平均885個である。故に径 1.5μ 以下の生命力ある粒子はその3%以上であつたことになる。

これを要するに、径 2μ 以下や径 1.5μ 以下の粒子で生命力あるものが環境の空气中に存在するということは普通寒天培地・ 37°C ・48時間の培養条件下で菌集落を証明されるような個々に分散された菌個体が環境の空气中に浮遊しているということを考えさせる。

VI. グルタミン酸ソーダーフィルターの定量能力の調査現場での検定

第2表の各6列の各場所の装置を設置した時刻並びに可及的同じ位置の環境の空気10立をグルタミン酸ソーダーフィルターを通過させて生菌数を算え²²⁾、それぞれの空気の生菌密度を算出した。単位は一般に行われているものに従い^{6) 7) 8)} 空気 1 m^3 当りの生菌数をとつた。この生菌密度と、第1図の装置により Stokes の落下の法則より推算したその空気の生菌密度の値即ち第2表の第4列 a の値(その空気5立に該当する生菌数)をこれも 1 m^3 当りに換算するために200倍した値とを対比せしめたのが第3表である。

これらの成績は、グルタミン酸ソーダーフィルター法により環境の空気の生菌密度を定量した値が、Stokes の落下速度の法則により定量したその空気の生菌密度の値と概数においてよく一致していることを示している。よつてグルタミン酸ソーダーフィルター法の定量能力は、実験室内の検定²³⁾ においても、またこの調査現場での検定においても、その定量値の桁数において確かであることが証明された。

第3表 グルタミン酸ソーダーフィルター法による定量値と落下の原理による環境的空気生菌密度の値との比較

番号	月日	場 所	グルタミン酸ソーダーフィルターによる生菌密度	落下の原理からの生菌密度
1	昭 30.2.3	梅田地下道	317×10^2	322×10^2
2	昭 30.2.10	梅田地下道	314×10^2	520×10^2
3	昭 30.2.24	梅田地下道	192×10^2	214×10^2
4	昭 30.2.24	梅田地下道	163×10^2	124×10^2
5	昭 30.3.3	阪大薬局前	20×10^2	16×10^2
6	昭 30.3.3	阪大薬局前	36×10^2	30×10^2

註. 数字は空気 1 m^3 当りの生菌数

ただここで注意すべきことは、前節までの生菌を含む空中浮遊粒子の大きさを基にした分布状態の研究結果から、グルタミン酸ソーダーフィルター法により環境の空気の生菌密度を定量し、その空気 1 m^3 当り x 個という細菌数は、一般に環境の空气中に浮遊していた生菌を含む粒子の数に該当するということである。

この生菌を含む浮遊粒子の各々にどれほどの生菌個体が存在したかは不問に付されている。ただいえることは、それら粒子はグルタミン酸ソーダーフィルター法の培養操作中において、生菌単位として数多く分散されるものではないようであるし、またその浮遊粒子の中には菌1個体が1単位である場合もあることが前節において明らかにされている。

VII. 総括並びに結論

グルタミン酸ソーダーフィルター法の空中浮遊細菌に対する定量能力は、さきに作製した含菌空気の流れの中での検定において、その確かさが証せられたが、本報告ではその定量能力を調査現場において検定した。

実験室内での検定においては、個々に分散した細菌の浮遊空気を使用したか、調査現場における空中浮遊細菌は必ずしも単一ではないし、また細菌以外の粉塵とともにあるとも考えられる。それで、培養基で1つの菌集落を形成する「生菌を含む空中浮遊粒子」の大きさを基にした数の分布も調べた。

1) 調査現場として、その空気の生菌密度が大であり、その生菌密度が空間的に比較的均一である梅田地下道並びに阪大医学部付属病院薬局前廊下が選ばれた。

2) それら環境空気の一定量を一定の箱内に封入して、その中に浮遊する含菌粒子の落下する状態を Stokes の法則から検討した。その時粒子を球形と考えその密度

を1と仮定した。その結果それら環境的空气中に浮遊する含菌粒子の大きさは径 10μ 以下のものが約半数占めていることがわかった。

3) 径 2μ あるいは径 1.5μ 以下の含菌粒子の存在も明らかになり、そのことから個々に分散された生菌個体が環境的空气中に浮遊していることも考えられた。

4) Stokes の落下速度の法則より算出した一定量の環境的空气中に浮遊している含菌粒子の数と、その同じ空気生菌密度をグルタミン酸ソーダーフィルター法により定量した値とは、その桁数において一致した。よってグルタミン酸ソーダーフィルター法の定量能力は、調査現場の空气中の生菌数についての検定においても確められた。

5) ただし、ここにいう生菌数とは生菌個体の数を意味するのではなくて、環境的空气中に浮遊する含菌粒子の数に該当する。

擧筆するに当り、御指導と御校閲を賜った梶原三郎教授に深謝する。

本論文の要旨は、昭和30年4月第25回日本衛生学会において発表した。

本研究は文部省科学研究費の補助を受けた。

文 献

- 1) 佐守信男: 空中細菌の一定量の検査法, グルタミン酸ソーダーによる捕菌器について, 大阪大学医学雑誌, 6(1): 33-42, 1953.
- 2) Kajiwara S. and N. Samori: Air-filter made of sodium glutamate. A new method of quantitative determination of bacteria floating in the air. Med. J. Osaka Univ., 5(4): 584-610, 1954.
- 3) 佐守信男: 空中生菌密度に対するグルタミン酸ソーダーフィルター法の定量能力についての研究, その1 作製した含菌空気を使つての実験, 日本衛生学雑誌, 12(3): 199-213, 1957.
- 4) 佐守信男・東義夫: グルタミン酸ソーダーフィルター法による環境的空氣の生菌密度についての研究, その1 社会的並びに自然地理的に特徴ある環境について, 日本衛生学雑誌に発表予定.
- 5) 佐守信男・東義夫: グルタミン酸ソーダーフィルター法による環境的空氣の生菌密度についての研究, その3 社会的に特徴ある環境空氣の生菌密度の季節的並びに時刻的變動について, 日本衛生学雑誌に発表予定.
- 6) 原島進: 環境衛生学, 南江堂(東京): 179-181, 1950.
- 7) 松尾芳郎: 紡績工場内気菌及び気塵の季節的動揺について, 名古屋医学会雑誌, 54: 141-173, 1941.
- 8) 乗木秀雄: 環境衛生における空中細菌, 産業医学, 2(4): 7-20, 1949.

(受付: 1957年3月16日)