

担子菌類（キノコ）等を指標とする  
水銀汚染の評価に関する研究  
（第2報）

——キノコ中水銀の蓄積経路——

田村 良三・平野 譲・福崎 紀夫  
水島 好夫・三屋 彰・大科 達夫

Studies on the estimation of mercury contamination using basidiomycetian mushrooms and other plants as the indicator organisms.

(Part II)

—— The process of mercurial accumulation by mushrooms ——

Ryōzō Tamura, Yuzuru Hirano, Norio Fukuzaki,  
Yoshio Mizushima, Akira Mitsuya and Tatsuo Ōshina.

Summary

Mercury contents of selected species of mushrooms, their substrates (humus ground), leaves of woody plants, air, soil-air and exhaust gas of factory were analysed to learn the mechanism of mercury accumulation by the mushrooms. The samples were obtained from 4 stations in the vicinity of the K-Denko Factory which have still remained ten deposit sites of industrial sludge.

Mercury detected in air and exhaust gas of the factory was not so higher now. But mercury levels in the soil-air of sludge deposit sites were 10 times higher than these of other stations. Neither thin gold wire nor the growing Shiitake, *Lentinus edodes*, left at 4 stations for about a week has trapped and accumulated the mercury from the surrounding air. In addition, mercury contents of leaves of woody plants were also negligible.

Wild mushrooms and their substrates obtained from the vicinity of the factory, especially the sludge deposit sites contained higher level of mercury. There is correlation in mercury content between the mushrooms and their substrates examined in 4 species of them, *Lycoperdon gemmatum*, *Mycena pura*, *Psathyrella velutina* and *Stropharia seruginosa*. However, no relationship is seen in *Coprius spp.*

It is presumed that the mushrooms growing near the factory accumulated the mercury through the mycellium from the humus ground that has been contaminated when the acetoaldehyde plant was operated.

## 1. はじめに

前報で述べたように、キノコ類は、各種重金属類を高濃度に濃縮・蓄積する性質を有する。そこで、キノコ類が水銀汚染評価に指標生物として用い得るかどうかを検討したところ、水銀濃度が種間でも種内でも著しく相違していたが、全体的には過去に水銀を使用していた工場近傍で高い傾向にあることなどがわかった<sup>1)</sup>。

Rauter は、食塩電解工場周辺の野生キノコは、他地域のそれの10倍以上も水銀を含有し、ホコリタケやサクラタケは水銀汚染の生物指標として有効であるという<sup>2)</sup>、そして工場から大気中に放出された水銀は、周辺植物に吸収され、落葉とともに土壌腐植へと移行していることを実験的にも確かめた<sup>3)</sup>。

Enke らは、栽培種のハラタケ(マッシュルーム)を用い、鉛、カドミウム、水銀の培地からの吸収量を調べ、カドミウムと水銀が高濃度に吸収・蓄積されることを報告している<sup>4)</sup>。

また、Minagawa らは、シイタケで、大気中の水銀が直接吸収される可能性のあることを指摘した<sup>5)</sup>。

そこで、これらキノコ類の生物指標としての意義や、水銀の蓄積経路を明らかにすることを目的として、地上性のキノコを対象に調べてみた。

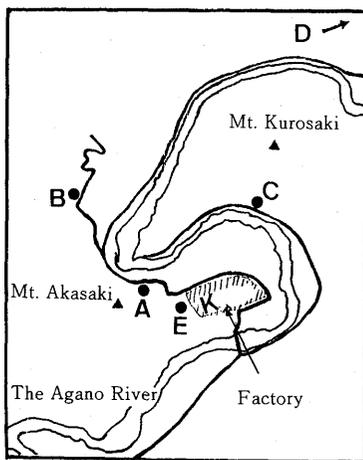


Fig. 1 Map of the stations investigated

## 2. 調査地点

### 2.1 A地点(地獄窪堆積場)

工場の西北西約1kmに位置し、水銀を含むカーバイト滓等が約2万m<sup>3</sup>埋立てられ、その上は粘土質の土壌でおおわれている。地表にはススキやヨモギ等が生え、タニウツギ等の木本性植物も僅かに侵入している。また、堆

積場の斜面は、播種されたオオウシノゲサが繁茂している。

### 2.2 B地点(角神)

工場から北西約2kmのコナラを優選種とする広葉樹林で、ヤマウルシやクロモジ等の灌木が混生している。

### 2.3 C地点(中岩沢)

黒崎山の山裾にあり、阿賀野川をはさんで工場の対岸の北東約1kmの地点にある。林はオニグルミ、トチノキ、アブラチャン等の落葉樹と、ユキツバキ等の常緑広葉樹で構成されているが、その範囲は狭く、両側はスギ林となっている。

### 2.4 D地点(実川上流)

工場から東北東約10kmの谷あい、対照地点として選定し、林はコナラ、ヤマモミジ、アブラチャン等の混生する広葉樹林であり、ブナ等の亜高山性の樹木も生えている。

### 2.5 E地点(西側堆積場)

工場に隣接する斜面につくられた堆積場で、約15万m<sup>3</sup>のスラッジが埋立てられている。この地表は、ススキやクズがおおっている。

## 3. 調査項目および方法

### 3.1 工場排ガスおよび大気中水銀濃度

工場周辺の大気中水銀濃度把握の一資料とするため、現在の工場排ガス中の水銀濃度を測定した。また、工場周辺には水銀を含む廃棄物が埋立てられているが、そこから水銀が蒸発・揮散するか否かを判断するため、廃棄物堆積場を中心に、大気および土壌空気の水銀の測定を行った。

#### 3.1.1 工場排ガスの水銀濃度

0.5% KMnO<sub>4</sub>-5% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 溶液を吸収液とする湿式捕集法により排ガス中水銀を捕集し、常法の還元酸化原子吸光法により水銀を分析した。なお、黒鉛化炉排ガスについては、流速と水分率を求めたが、炭化ケイ素炉は開放炉のため流速等は測定しなかった。

#### 3.1.2 大気中水銀濃度

大気中水銀の測定法として、金線放置法による相対濃度の測定と、エアサンプラーによる絶対濃度の測定を行った。

相対濃度の測定は、地上約1.5mに設置した電力型シェルター内に、金線(1mmφ×10cm)をつるし、捕集された水銀を測定する方法を用いた。1地点に2シェルターとし、金線は4~6日間放置した後、回収密閉して実験室に持ち帰った。水銀の測定は金アマルガム法を用いた。

絶対濃度の測定には、地球化学社製エアサンプラー(1,000A型)を用い、水銀を金アマルガムとして捕集

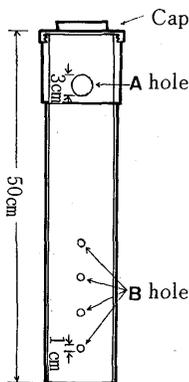


Fig. 2 Schematic diagram of the soil air sampler, made by polyvinylchloride.

し、金線と同様に測定した。サンプリングは、0.5 l/minの吸引速度で、90分間行った。

### 3.1.3 土壌空気の水銀濃度

土壌空気の水銀の測定法として、前章で述べたと同様金線放置法による相対濃度と、エアサンプラーによる絶対濃度の測定を行った。

金線放置法では、Fig. 2 に示した塩ビ製の円筒を用い、図中に A 孔はシリコン栓で閉じ、上端まで土壌中に埋め、内部に金線を 1 本つるした。1 地点に 2 円筒とし、4～6 日間放置した後金線を回収し、水銀量を分析した。

絶対濃度測定は、土壌中に埋めた円筒の A 孔から地球化学社製のエアサンプラーにより土壌空気を採取した。サンプリングは 0.5 l/min の吸引速度で 30 分間行った。

## 3.2 キノコによる大気中水銀の直接吸収に関する検討

キノコへの水銀蓄積経路として、大気からの直接吸収もその一つとされている<sup>9)</sup>ため、原木に生育しているシイタケを各調査地点に配置し、その水銀濃度の推移を見た。

シイタケ (品種 W<sub>4</sub>) は子実体が出そろった時点 (10 月 22 日) で、各地点に原木 3 本ずつを配置した。配置日数はシイタケの生育期間を考慮して 6 日間とした。

分析試料は、各原木から配置前には 1 本、配置後は 2 本ずつ、生育の良好な子実体を選び採取した。水銀の分析は、前報<sup>1)</sup>のキノコの分析法に従った。

## 3.3 土壌 (腐植土) 中の水銀の吸収・蓄積に関する調査

### 3.3.1 土壌の水銀濃度

山林土壌から、水銀濃度の代表値を求めることは非常に難しい。そこで、各地点とも 10 m 四方の範囲内で 5 カ

所を選び、地表から 10 cm 間隔で 50 cm までの間をコアサンプリングした。そして、水銀濃度は表層 (0～10 cm) と下層 (40～50 cm) の 2 層を調べ、各層とも 5 カ所の平均値を求めて代表値とした。なお、試料の前処理および水銀の分析法は、前報に準じた。

### 3.3.2 植物葉の水銀濃度

各地点とも林を形成している樹木の葉中水銀を調べ、葉を介するキノコへの水銀の蓄積経路<sup>3)</sup>の可能性を検討した。

調査対象植物は、各地点に共通に生育する木本性の落葉樹とした。葉の採取は 10 月に行い、葉柄を除いて十分水洗いした後乾燥させ、粉碎 (32 メッシュ) のうえ分析試料とした。水銀の分析は、金アマルガム原子吸光法により行った。

### 3.3.3 キノコおよび生育基物の水銀濃度

地上性のキノコは、主に地上の腐植を栄養源とし、そこに含まれている金属類を菌糸を通して吸収・濃縮するものと考えられている<sup>2)4)6)7)</sup>。そこで地上性のキノコを採取するとともに、そのキノコを形成した菌糸が生育している腐植土 (生育基物) をも採取し、両者を対比してみた。

調査対象にするキノコは、全調査地点に共通に生育している種が望ましいが、各地点ごとに林内植物相が異なり、共通種のみ採取は不可能であった。そこで、各地点ごとにできるだけ多くの地上性キノコを採取し、それらの中で分布も広く、比較的多数得られたホコリタケ、サクラタケ、ムジナタケ、モエギタケを選んだ。

また、A 地点の堆積場内で多くとれたヒトヨタケ属のキノコについても同様に調べた。

生育基物は、主に植物葉等の混成する腐植土であったが、室内で風乾後、粉碎し、1 mm のふるいを通して分析試料とした。

## 4. 結果および考察

### 4.1 工場排ガスおよび大気中水銀濃度

#### 4.1.1 工場排ガスの水銀濃度

得られた結果は Table 1 に示した。黒鉛化炉では濃度のばらつきがやや大きい、平均して  $0.075 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ；炭化硅素炉では  $0.028 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であった。これらの値は既知の都市環境大気中の水銀濃度<sup>8)</sup>程度であり、発生源の資料としては低値を考えられた。黒鉛化炉から排出される水銀量は、水分 2% として  $2.86 \times 10^{-3} \text{ g/day}$  となり、1 年では約 10 g である。炭化ケイ素炉ではこのような計算はできないが、得られた濃度からでは水銀の大きな発生源になっているとは思われない。このように、当該工場は、現在では周辺環境に影響を及ぼすほどの水銀の発生源にはなっていないと考えられた。

Table 1 Mercury concentration of exhaust gas of K-Denko Factory.

Kind of plants	Mercury concentration of exhaust gas ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		Gas conditions
	range	average	
Graphite furnace	0.033 ~ 0.13	0.075	gas temp. 20°C water content 1.4~2.6% current speed 11.7m/sec volume 16,200m <sup>3</sup> /h
Silicon-carbide furnace	0.012 ~ 0.042	0.028	not measurement

Table 2 Relative mercury concentration in the air trapped by thin gold wire.

St.	Relative mercury concentration in the air (ng/cm <sup>3</sup> ·day)		
	8/28~9/1	10/22~10/28	average
A	0.041	0.059	0.050
B	0.055	0.043	0.049
C	0.076	0.036	0.056
D	0.044	0.044	0.044

Table 3 Absolute mercury concentration in the air.

St.	Absolute mercury concentration in the air ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			
	8/29	10/1, 2	10/22, 28	average
A	0.006	0.002	0.003	0.004
B	0.004	0.003	0.002	0.003
C	—	0.004	0.002	0.003
D	—	0.003	0.002	0.003
E	—	—	0.004*	—

\* 11/13, used automatic-mercury-analyzer

Table 4 Relative mercury concentration in the soil-air trapped by thin gold wire.

St.	Relative mercury concentration in the soil-air (ng/cm <sup>3</sup> ·day)		
	8/28~9/1	10/22~10/28	average
A	3.30	2.200	2.800
B	0.26	0.180	0.220
C	0.25	0.083	0.170
D	0.14	0.032	0.086

Table 5 Absolute mercury concentration in the soil-air.

St.	Absolute mercury concentration in the soil-air ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )					
	8/29	9/1	10/1	10/28	11/13	average
A	0.150	0.300	0.016	0.018 0.026	—	0.102
B	0.063	0.034	0.008	0.007	—	0.028
C	—	—	0.007	0.006	—	0.007
D	—	—	0.006	—	—	(0.006)
E	—	—	—	—	0.24* 0.15 0.23	0.207

\*Used automatic-mercury-analyzer

## 4.1.2 大気中水銀濃度

相対濃度の測定結果を Table 2 に、絶対濃度の測定結果を Table 3 に示した。

大気中水銀の相対濃度は、対照地点の実川上流においては 2 回とも 0.044ng/cm<sup>3</sup>·day であった。他地点では、やや差が見られ、平均値では中岩沢の 0.056ng/cm<sup>3</sup>·day が最高であった。しかし、この値も対照地点と大差はなく、いずれも低いと目された。

絶対濃度は、8月29日に A 地点の堆積場内で 0.006

$\mu\text{g}/\text{m}^3$  と、他の測定値と比較した場合やや高い値が得られたが、それ以外は 0.002~0.004  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  であり、いずれもバックグラウンドの値程度<sup>9)</sup>であった。

#### 4.1.3 土壤空気の水銀濃度

金線放置法による相対濃度測定では、平均値でA地点の堆積場が、他より10倍以上、対照地点との比較では33倍と、高濃度の水銀を含んでいることがわかった。また2回の測定結果から季節的変動すなわち地温による違いがあるらしいことが考えられた。

絶対濃度は、全般に大気中濃度より高く、特に堆積場では0.15~0.30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と高値であった。相対濃度と同じく10月の測定では低値となったが、西側堆積場では11月でも高値(0.15~0.24  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )を示した(1回のみ測定)。対照地点では0.006  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と大気のバックグラウンド値よりやや高い値であり、土壤空気の水銀濃度のバックグラウンド値もこの程度のもので推定された。

以上の結果から判断すると、現在工場から排出されている水銀はごくわずかな量であり、周辺環境に影響を与えるほどの発生源となっているとは考えられない。堆積場の土壤空気からは、他に比してかなり高い水銀濃度が検出され、夏期の地温上昇に伴って高くなるらしいことが推測された。一方、大気中の水銀のほとんどがバックグラウンド値と同程度であったので、スラッジや土壤空气中に含まれる水銀が大気中に揮散することはほとんどないと考えられた。ただ堆積場において、夏期にやや高い値が得られており、土壤空気同様に、今後四季を通して気温・地温との関係を調べる必要がある。

#### 4.2 シイタケ配置法による大気中水銀のキノコへの直接吸収に関する調査

配置前のシイタケの水銀濃度は、乾重量当り<0.06~0.19  $\mu\text{g}/\text{g}$ の範囲で、配置後も<0.07~0.20  $\mu\text{g}/\text{g}$ と低く、水銀の増加や地点間の差も認められなかった。また、A地点の堆積場では、土壤空気の水銀が高い傾向がみられたが、堆積場内の地表近くに置いたシイタケでも水銀の増加は認められず、水銀揮発による影響はないものと判断された。したがって、当地区の野生キノコも、大気から水銀を直接吸収することは、ほとんどないものと推察された。

#### 4.3 土壤(腐植土)中水銀の吸収・蓄積に関する調査

##### 4.3.1 土壤中の水銀濃度

A地点は、かつてのK工場のアセトアルデヒド製造工程から廃棄されたカーバイト滓等の堆積場であり、表層は粘土質の客土でおおわれている。表層の水銀濃度は、1カ所で0.35  $\mu\text{g}/\text{g}$ が検出されたほかは低く、平均0.116  $\mu\text{g}/\text{g}$ であった。下層はほとんどが黒灰色の廃棄物であり、平均で5.69  $\mu\text{g}/\text{g}$ と高かった。

B地点は黄褐色の粘土質からなり、下層は0.04~0.07  $\mu\text{g}/\text{g}$ と低値であった。また、表層は0.03~0.47  $\mu\text{g}/\text{g}$ と幅広く変動していたが、後述するキノコの生育基物(腐植土)の水銀濃度が高かったことから推して、腐

Table 6 Accumulation of gaseous mercury by the growing Shiitake (*Lentinus edodes*) left at 4 stations for 6 days.

St.	Pre - exposure			Post - exposure		
	n	Water cont. (%)	Mercury content of the Shiitake ( $\mu\text{g}/\text{g}\cdot\text{dry}$ )	n	Water cont. (%)	Mercury content of the Shiitake ( $\mu\text{g}/\text{g}\cdot\text{dry}$ )
A	3	89.0~90.4	< 0.06~0.19	6	86.1~90.2	< 0.07~0.20
B	3	82.1~86.9	< 0.06~0.07	6	87.8~91.0	< 0.07
C	3	87.2~89.9	0.08~0.19	6	89.2~92.3	0.09~0.13
D	3	83.4~89.6	0.06~0.19	6	89.7~92.4	< 0.07~0.13

Table 7 Mercury content in the solis.

St.	Upper layer				Lower layer			
	Appearance	T-Hg ( $\mu\text{g}/\text{g}\cdot\text{dry}$ ) Range	Ave.	n	Appearance	T-Hg ( $\mu\text{g}/\text{g}\cdot\text{dry}$ ) Range	Ave.	n
A	Brown clay	0.05 - 0.35	0.116	5	Carbite sludge	2.16 - 11.7	5.69	5
B	Dark brown clay	0.03 - 0.37	0.190	5	Yellow clay	0.04 - 0.07	0.058	5
C	Dark brown humus	0.36 - 1.16	0.582	5	Brown sand	0.04 - 0.25	0.204	5
D	Dark brown humus	0.09 - 0.16	0.110	5	Brown humus	0.06 - 0.48	0.212	5
E	Brown clay		0.05	1	Carbite sludge		8.67	1

Table 8 Mercury content in the leaves of woody plants.

Species	St.	T-Hg ( $\mu\text{g/g}\cdot\text{dry}$ )				
		A	B	C	D	E
<i>Weigela hortensis</i>		0.02	< 0.01	0.02	0.02	0.02
<i>Viburnum dilatatum</i>		0.02	0.01	0.03	0.07	0.03
<i>Benzoin umbellatum</i>		0.08	0.03	0.03	0.03	0.06
<i>Parabenzoin praececox</i>		0.01	—	0.05	0.03	—
<i>Magnolia obovata</i>		0.06	0.01	—	0.04	0.04
<i>Quercus serrata</i>		—	0.03	0.02	0.02	0.03
<i>Acer palmatum</i>		0.03	0.04	0.04	0.02	—
<i>Wistaria floribunda</i>		0.12	0.02	0.03	0.02	—
<i>Quercus crispula</i>		0.09	—	—	—	—
<i>Juglans mandshurica</i>		0.05	—	—	—	—
<i>Prunus grayana</i>		0.15	—	—	—	—
<i>Mallotus japonicus</i>		0.03	—	—	—	—
<i>Morus bombycis</i>		0.08	—	—	—	—
<i>Acer japonicum</i>		—	—	—	—	0.06

植土の混入が水銀値を高めた一因であるらしい。

C地点の土壌は、表層が黒褐色の腐植質、下層が茶～黒褐色の砂礫質であった。この水銀濃度は、下層が平均0.204  $\mu\text{g/g}$ である一方、表層は0.582  $\mu\text{g/g}$ と比較的高く、下層のその2.8倍を示した。

D地点の表層は黒褐色の腐植土で、下層は腐植質を含む茶～黒褐色の砂礫質からなる。水銀濃度は、表層が0.110  $\mu\text{g/g}$ 、下層が0.212  $\mu\text{g/g}$ であった。この値は山林原野の一般的な水銀値 (0.18  $\mu\text{g/g}$ )<sup>10)</sup>として知られているものと同程度であり、対照地点として適切であると思われた。

#### 4.3.2 植物葉の水銀濃度

A地点周辺に生えているフジ (0.12  $\mu\text{g/g}$ ) とウワミズザクラ (0.15  $\mu\text{g/g}$ ) が若干高めであった他はいずれも低く、各地点間における相違を明らかにすることはできなかった。したがって、植物葉中の水銀が、現在発生しているキノコの水銀濃度に影響を与えることは、まずないと判断された。

#### 4.3.3 キノコおよび生育基物の水銀濃度

##### ①ホコリタケ [*Lycoperdon gemmatum* Fr.]

(腹菌類, ホコリタケ目)

本種の子実体は洋梨形で、はじめは白く中実であるが、成熟すると外皮が灰褐色に、肉も淡緑褐色の屑綿状のものとなり、頂端に小孔を開けて胞子を放出する。したがって、水分率は46～92%と差があり、特に胞子形成後の水分の減少が目立った。

子実体の水銀濃度は、A地点で20.3～59.1  $\mu\text{g/g}$  (平

均30.9  $\mu\text{g/g}$ )、B地点で0.80～18.4  $\mu\text{g/g}$  (5.03  $\mu\text{g/g}$ )、C地点で10.9～40.0  $\mu\text{g/g}$  (21.9  $\mu\text{g/g}$ )、D地点で0.50～1.87  $\mu\text{g/g}$  (0.879  $\mu\text{g/g}$ )を示し、AとC地点で高濃度であった。平均値によって対照のD地点と比べると、A地点は35倍、B地点は5.7倍、C地点は25倍となる。

ホコリタケの生育基物の水銀濃度は、A地点で1.89～10.3  $\mu\text{g/g}$  (5.13  $\mu\text{g/g}$ )、B地点で0.03～0.17  $\mu\text{g/g}$  (0.116  $\mu\text{g/g}$ )、C地点で0.32～1.00  $\mu\text{g/g}$  (0.645  $\mu\text{g/g}$ )、D地点で0.03～0.15  $\mu\text{g/g}$  (0.092  $\mu\text{g/g}$ )を示し、子実体同様に各地点間で相違していた。D地点と比較すると、A地点は55倍、B地点は1.3倍、C地点は7.0倍である。

Fig. 3 に子実体と生育基物との水銀濃度における関係を表してみた。両者の水銀濃度には、正の相関が認められ、子実体は生育基物 (腐植土) 中の水銀を高率に吸収し、蓄積していくものと推定された。その濃縮率は、4.1～83.6倍となり、特にBとC地点で高率であった。

##### ②サクラタケ [*Mycna pura* (Fr.) Quél.]

(シメジ科, クスギタケ属)

子実体の水銀濃度は、A地点で12.4～57.2  $\mu\text{g/g}$  (32.0  $\mu\text{g/g}$ )、B地点で4.87～13.4  $\mu\text{g/g}$  (8.45  $\mu\text{g/g}$ )、C地点で2.97と3.08  $\mu\text{g/g}$  (3.03  $\mu\text{g/g}$ )であり、A地点で高かった。

生育基物の水銀量は、A地点で1.73～15.0  $\mu\text{g/g}$  (10.2  $\mu\text{g/g}$ )、B地点で0.21～0.90  $\mu\text{g/g}$  (0.393  $\mu\text{g/g}$ )、C地点で0.17と0.72  $\mu\text{g/g}$  (0.445  $\mu\text{g/g}$ )であり、やはりA地点で高かった。なお、B地点では生育基物の水銀

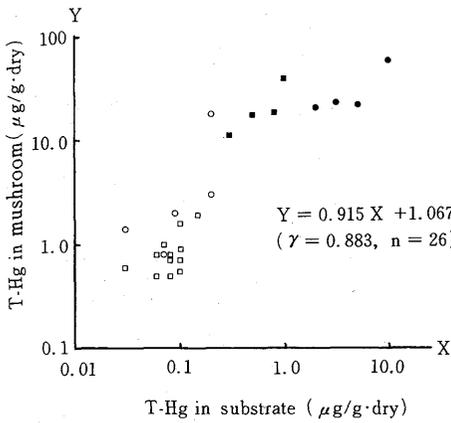


Fig. 3 Relationship of mercury content between the mushroom, *Lycoperdon gemmatum*, and its substrate.

(●... St.A, ○... St.B, ■... St.C and □... St.D)

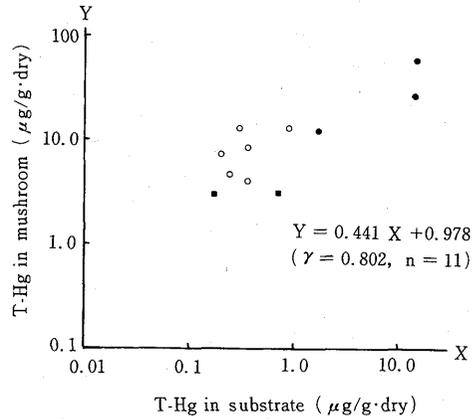


Fig. 4 Relationship of mercury content between mushroom, *Mycena pura*, and its substrate.

(●... St.A, ○... St.B, ■... St.C)

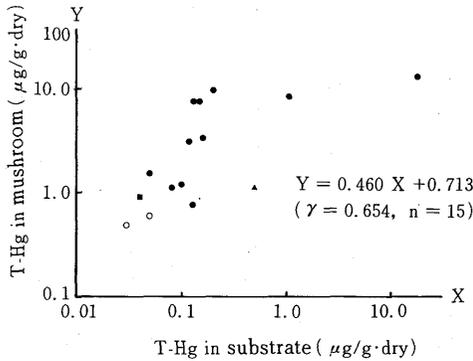


Fig. 5 Relationship of mercury content between the mushroom, *Psathyrella velutina*, and its substrate.

(●... St.A, ○... St.B, ■... St.C and ▲... St.E)

濃度に比べ、子実体の水銀が高く、濃縮率は11.4~46.2倍と高率であった。

③ムジナタケ [*Psathyrella velutina* (Fr.) Sing.]  
(ヒトヨタケ科, ナヨタケ属)

A地点の子実体の水銀濃度は、0.78~12.7 μg/g (5.17 μg/g)、生育基物の水銀濃度は0.05~18.5 μg/g (1.89 μg/g)と、ホコリタケやサクラタケに比べて低い値が得られた。その理由の一つとして、ムジナタケが堆積場内のヨモギ等の生えている比較的腐植土の少ない場所に

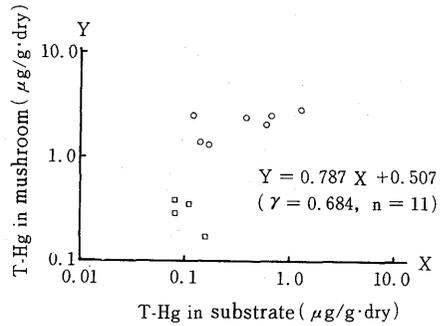


Fig. 6 Relationship of mercury content between the mushroom, *Stropharia seruginasa*, and its substrate.

(○... St.B and □... St.D)

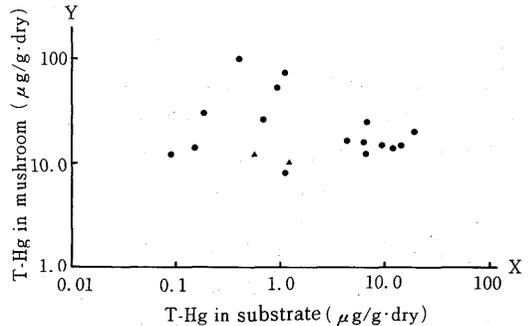


Fig. 7 Relationship of mercury content between the mushroom, *Coprinus spp.*, and its substrate.

(●... St.A and ▲... St.E)

生育することが考えられた。

④モエギタケ〔*Stropharia seruginasa* (Fr.) Qnel.〕

(モエギタケ科, モエギタケ属)

子実体の水銀濃度は, B地点で $1.32\sim 2.84\ \mu\text{g/g}$  ( $2.16\ \mu\text{g/g}$ ), D地点で $0.17\sim 0.39\ \mu\text{g/g}$  ( $0.275\ \mu\text{g/g}$ )を示し, Bの方がD地点の約7.8倍であった。生育基物の水銀濃度は, B地点で $0.12\sim 1.29\ \mu\text{g/g}$  ( $0.480\ \mu\text{g/g}$ ), D地点で $0.08\sim 0.16\ \mu\text{g/g}$  ( $0.108\ \mu\text{g/g}$ )を示し, Bの方がD地点の約4.4倍であった。子実体への水銀の濃縮率は,  $1.1\sim 21.2$ 倍と算出され, 他種と比べると低率であった。

⑤ヒトヨタケ属〔*Coprinus* spp.〕

(ヒトヨタケ科)

A地点で多く採取されたヒトヨタケ属の子実体の水銀濃度は,  $8.02\sim 102\ \mu\text{g/g}$  ( $26.5\ \mu\text{g/g}$ ), 生育基物は,  $0.06\sim 42.8\ \mu\text{g/g}$  ( $7.39\ \mu\text{g/g}$ )と高濃度であり, ホコリタケやサクラタケと同レベルを示したが, 他種とは異なり, 子実体と生育基物との水銀濃度の間に, 正の相関が認められなかった。その理由として, ヒトヨタケ属は同定困難で多種類を一緒に分析したことと, 子実体は孢子形成後に, 水銀を最も高濃度に濃縮・蓄積しているヒダ<sup>12)</sup>の部分から液化脱落する性質があるため, 真の子実体の水銀濃度が得られなかったらしいことが挙げられる。さらに, 子実体は地表下 $2\sim 3\text{cm}$ の比較的深い所から形成されるので, あるいは生育基物を適切に採取できなかったことも理由として考えられた。

地上性キノコの生育基物をなす腐植土の水銀濃度は, 対照のD地点以外はいずれも各地点の土壌の水銀濃度より高く, 特に工場から $1\text{km}$ 程離れたAとC地点において顕著であった。しかし, 周辺に生育している植物葉の水銀濃度は低く, 各地点間の差も認められず, 現在これらの植物葉が腐植土の水銀量に与える影響はほとんどないと思われる。したがって, 現在腐植土中に存在する水銀は, 過去にK工場がアセトアルデヒド製造工程で触媒として使用していた水銀などが, 大気中に放出拡散され, 周辺の植物が吸収・固定したものに由来すると推測される。

キノコ類の水銀濃度は,  $A > C > B > D$ 地点の順となり, 生育基物の水銀濃度もほぼ同傾向にあった。生育基物から子実体への水銀濃縮率は, ホコリタケで $4.1\sim 83.6$ 倍, サクラタケで $1.9\sim 46.2$ 倍, ムジナタケで $0.7\sim 49.6$ 倍, モエギタケで $1.1\sim 21.2$ 倍, ヒトヨタケ属のもので $0.4\sim 222$ 倍と算出され, モエギタケが若干低率のほかは, いずれも高率で水銀を蓄積するものと思われる。

なお, ヒトヨタケ属のキノコは, その性質上今回のような指標を目的とした調査には不適の種と判断され, 適切な種を選定してからかかる必要がある。

## 5. ま と め

キノコの水銀の取りこみ経路と, その蓄積は, まず大気からの直接吸収が考えられる。しかし, 現在K工場の出す排ガス中の水銀は少なく, 周辺大気の水銀濃度もバックグラウンド程度の値で微量であった。また, シイタケ配置法によって検索したところ, 現在では水銀を直接吸収することはほとんどないと考えられた。

しかし, K工場に近いAやC地点の腐植土からは高濃度の水銀が検出され, そこに生育するキノコも高濃度の水銀を含有していた。これらのことは, かつてK工場がアセトアルデヒド製造工程などで使用していた水銀が大気中に放出され, これを周辺植物が吸収・固定し, これらの植物が現在の腐植土を形成したためと推察された。

なお, A地点堆積場の土壌空気からは, 他地点より約10倍も高い水銀が検出した。今後季節的変動など詳細に追求する必要がある。

今回の調査から, キノコは生育基物をなす腐植土中から高濃度に水銀を濃縮・蓄積する性質を有することが判明した。したがって, 水銀による大気汚染や土壌汚染などの有無を判断するための指標試料になり得るものである。

しかし, 果して生物指標として適切であるかどうかという問題点も多い。すなわち, ①地上性のキノコの多くは, 高等植物の根と菌根を形成し共存するなど, その生態はいまだ不明点が多い。②キノコの分類や同定は非常にむずかしい。③生育する時期や期間が限られ, またヒトヨタケのように速かに形態を変える種がある。④生育場所も, 該所に生育している植物群に著しく左右されるため, 同一種のみを用いての広域調査はほとんど不可能である。⑤キノコの体各部位<sup>11)12)</sup>や, 老若<sup>11)</sup>によっても水銀濃度に差があるなどである。

以上述べたように, キノコは水銀を高濃度に吸収し, 蓄積する性質はある。しかし, 指標生物として使用する際には, 各種の性質を良く検討し, 調査目的に適した種を選定する必要がある。

## 謝 辞

キノコ類を採取・同定していただいた新潟第一高等学校の松田一郎先生, ならびに試料採取に協力いただいた津川保健所と鹿瀬町役場の各位に感謝の意を表す。

## 参 考 文 献

- 1) 水島好夫, 田村良三, 平野譲, 南忠員, 三屋彰 : 新潟公害研報告, 6, 7, (1981).

- 2) Rauter, W. : Z. Lebensm. Unters. Forsch, 159, 149, (1975).
- 3) Rauter, W. : Z. Lebensm. Unters. Forsch, 162, 1, (1976).
- 4) Enke, M. and Roschig, M. : Nahrung, 23, 731, (1979).
- 5) Minagawa, K., Sasaki, T. and Takizawa Y. : Bull. Environ. Contam. Toxicol., 25, 382, (1980).
- 6) Seeger, R. : Z. Lebensm. Unters. Forsch, 160, 303, (1976).
- 7) Stijve, T., and Besson, R., : Chemosphere, 5, 151 (1976).
- 8) 藤井正美 : 日本公衆衛生誌, 9, 501, (1976).
- 9) 日本環境衛生センター : 日本における大気中水銀の分布について, 昭和50年度環境庁委託調査報告書, p.24 (1976)
- 10) 藤井正美 : 水銀, p.112, (1976), (講談社).
- 11) Seeger, R. : Dtsch. Lebensm. Rundsch, 73, 160, (1977).
- 12) Seeger, R. : Z. Lebensm. Unters. Forsch, 161, 115, (1976).