

—ノ—ト—

大気汚染物質の植物に対する影響（第6報）

樹葉中の金属元素の含有量レベルの統計処理による考察

太田 洋*・門田正也**

Effects of Air Pollution on Some Trees Growing
in Urban Environment (IV)A Consideration by statistical method to Content
Levels of Metals in Leaves

Hiroshi OHTA, Masaya KADOTA

大気汚染物質によって植物が影響を受けているか、いないか、あるいは他の場所と比較して、より汚染されているかどうかなどに統計処理法の1つである平均値の差の検定法を用いて視感的報告と比較した。その結果、総合的には従来の考察方法の結果と変りないが、細部では見解を異にする所もあった。これは統計処理を行なうことを前提として母集団；採取地点数（試料数）などの選択をすればさらに有用となろう。

環境分析の分野においても統計的手法は、測定値の精度、正確さや、他の方法と比較のみならず、日時、場所、人、装置の1つあるいは全てを異にする場合などの許容差の問題、いわゆるクロスチェックに活用されている。ところが汚染物質によって植物が影響を受けているか、いないかとか、他の場所と比較して、より汚染されているか、いないか、あるいは同一場所内において他の地点と比べて汚染濃度が大きいかどうかなどについて検討は視感的な報告のみで、この統計処理を試みた報告は見当たらない。

そこで前報¹⁾の結果に対して統計処理を試みた結果について報告する。

1. 2つの平均値の差の検定推定および2つの分散の比の検定推定

サンプリングされた値はわれわれに、なんらかの情報をもたらすが、一般に情報としては位置の測度と、バラツキの測度があり、この情報をもとにした平均値に関する予測の方法は、影響の有無、汚染の有無に利用できそうである。

一般には差を検出する場合「差がなかった」という帰無仮説 H_0 をたて、ここで標本値によって総計値を計算して得られた差が大きかった場合は H_0 が成り立たない。

つまり「差が存在しないとは認められない」なる解釈がされる。この解釈を前報¹⁾の測定値に対して「汚染されている」、「影響を何らか受けている」と考えるのである。ここでこの考え方には危険率 α^* で成り立たない確率で述べられることを含んでいるのはもちろんである。又この検定は2組の母集団の分散が等しいという仮説の上に組み立てられているものであるが、上述のように「汚染されている」などに解釈を展開した場合には分散が等しい、等しくないという意味になお疑問の余地がある。

上記の方法はいずれも不偏分散の平方根を用いているので、検定推定に対して計算手数が多い。このため、この計算手数の労力を少なくした方法²⁾として

1). 範囲Rによる方法, 2). 順位による方法, 3). クラスマークによる方法などがあるが、効率のよい方法として1)の範囲による方法を用いることにした。

2. 範囲による2組の分散の比較

大きさがそれぞれ、 n_1, n_2 の2組の分散の一様性については不偏分散比により $F = V_1 / V_2$ が自由度($n_1 - 1, n_2 - 2$)のF分布をすることをを用いて検定するが、2組の範囲の比も当然統計量であることから、その分布を Link³⁾ が求めており、 $F' = R_1 / R_2$ ただし $F' > 1$ となるようにRの大きい方を分子にとり、 F' 表により比

* 環境工学研究所

** 名古屋大学農学部

* ここでは危険率は5%を用いた

表 1 分散の比較および平均値の差の検定 (有意差)

樹葉	場 所	季 節	含 有 率 (ppm-dry)		含 有 量 (Mg/枚)	
			分 散	平 均 値	分 散	平 均 値
ケ	熱 田-白 川 A S _k	春	Pb	Cd ^o Zn ^o Fe ^{*o}	Cu* Ca Fe*	Cu*
		夏	Cd Fe		Cd Cu Zn Ca Mg Fe	
		秋	Ni Zn Mg Mg*		Pb Cd	Ca Fe ^o
ヤ	熱 田-東 山 A H	春	Cd Zn Ca	Mn	Pb Cd Cu Zn Mg Fe	Ca
		夏	Cd Zn	Ni Cu Zn Ca		
		秋	Cd Ca Mg	Mn Ca		
キ	熱 田-青少年 A N	春	Ni	Cd Mn	Cu	Cu ^o Mn Mg
		夏	Zn	Mn	Pb Cd	Pb Cd Ni Mn Ca
		秋	Fe			
キ	白 川 S _k S _L	春	Mg	Ni Fe	Zn	Ni Cu Fe
		夏	Cd Ni	Mn ^o	Cd Ni Cu Ca	
		秋		Mg	Mn	
キ	白 川-東 山 S _k H	春	Pb Zn Ca	Cd Ni Zn ^o Mn Fe	Ni Zn*	Pb Ni Ni* Cu* Fe Fe*
		夏	Pb Ni	Pb ^o Cu Ca	Pb Cd* Ni* Cu* Ca Ca* Fe	Pb Ca
		秋	Pb Zn Ca	Pb ^o Ni Zn Ca	Pb Mn Mn*	Pb ^o Cd ^o Cu ^o Fe ^o Ca ^o
キ	白 川-青少年 S _k N	春		Ni Zn ^o Mn Fe	Cu Cu* Fe Fe*	Ni Mn Fe
		夏	Pb Mn* Fe	Mn Mn*	Pb Cd Cu Ca Mg Fe	Mn
		秋	Ni Pb	Ni Mn	Pb	Ni Mn Ca
キ	東 山-青少年 H N	春		Pb ^o Cd ^o Ni ^o Mn	Cu Fe	Mn
		夏	Mn Fe	Ni Mn	Fe	Pb Cd Ni Mn Ca Mg
		秋	Ni			
クスノキ	熱 田-白 川 A S _N	春	Cd Cu Zn Ca Fe	Zn ^o Mn ^o	Pb Ni Cu Zn Ca Fe	Cd Zn ^o Mn ^o Fe ^o
		夏	Cd Ni Cu Zn Mn Fe	Zn ^o Mn ^o Ca	Pb Cd Ni Zn Mn Fe	Pb Zn ^o Mn ^o Ca ^o
		秋	Cd Ni Zn Mn	Pb ^o Cd ^o Cu ^o Zn ^o Mn ^o Ca ^o Fe ^o	Pb Zn Ca Mg Fe	Cd Zn ^o Mn ^o Ca ^o Fe ^o
イチ	熱 田-白 川 A S _M	春	Ca	Cd Cu Mg Fe	Ca	Cd
		夏		Ca Fe ^o		Ca Fe
		秋				
ウ	熱 田-街路樹 A R	春	Cu Zn Fe	Pb Cd Cu Zn Mn Ca Mg Fe	Cu Zn Ca Fe	Pb Cd Ni Cu Zn Mn Mg Ca Fe
		夏	Cu Fe	Pb Cu Zn Mg	Pb Cu Zn Mn Fe	Pb Cd Ni Cu Zn Ca Fe
		秋	Cu Fe	Pb Zn Ca Mg Fe	Pb Cd Cu Zn Ca Fe	Pb Cd Ni Cu Zn Ca Mg Fe
ウ	白 川-街路樹 S _M R	春		Pb Ni Fe	Zn Fe	Pb Ni Mg Fe
		夏		Pb Cu Zn		Pb Zn
		秋	Mn	Pb Zn	Pb Mn Ca	Pb

* は S_L との比較, 検定のものである。

太字は分散に差のないものである。

○ は左側の場所の方が濃度が高いことを示す。

較する。

3. 範囲による2つの平均値の差の検定推定

真の平均値の差の信頼係数95%の区間および帰無仮説による棄却についてはt分布をすることをを用いて検定するが、前述の分散の比較と同様に、2つの平均値の差の検定推定も範囲Rを用いて効率のよい方法がLord⁴⁾、Moore⁵⁾によって示された。すなわち

$$\frac{|x_1 - x_2|}{R_1 + R_2} > t''(n_1; n_2, 0.05)$$

ならば H_0 は α 5%で棄却され、即ち差があり、また信頼係数95%の区間は

$$|x_1 - x_2| \pm t''(n_1, n_2; 0.05)(R_1 + R_2)$$

で示される。

今回の調査による、それぞれ2ヶ所の測定値群の分散の比較および平均値の差の検定推定の結果を表1に示す。いずれも差のあるものを記載した。

4. 統計処理に対する考察

2つの平均値の差の検定方法より、2つの場所の季節毎における差の有無を検討したが、この方法は分散の間に差が認められないことを前提としている。これは平均値の間に差がなくても分散に差のある場合は必ずしも平均値の間に差がないとは云いきれないことによる。

そこで今回は、2つの場所の間のそれぞれの測定値の分散に差がない場合のなかで、平均値に差があるものについて前報¹⁾と比較して述べる。

1). 全体的についてみると、前報の考察で述べているとおりとなったこのことは、この統計処理について「分散に差は認められない」、「平均値に差は認められる」ものであれば十分に活用できるものと考えたい。むしろ視感的データ処理よりも、このような統計処理の方が望ましいと考えたい。

2). しかし、詳細を比較すると考察で差がみられる、

あるいは多い、少いと記述してあっても、統計処理では差が認められない結果がでたものもある。例えばCaについてみると熱田神宮内の数値が他よりも低い傾向にあるとしているが、統計処理では東山公園とは差が認められるが、他ではそれほどでもない。しかし含有量($\mu\text{g}/\text{枚}$)では秋の値は明らかに低くなっている(差がある)結果を示した。

3). もっとも顕著の元素はイチョウのPbで、これは街路樹帯と熱田神宮、白川公園のPbを比較した場合、春夏秋の季節を問わず、はっきりと差がありと推定し、いずれも街路樹帯の方が高い値である。このことは交通量、風向、距離などの相関関係を検討するのに統計処理により、より確実に考察ができるだろう。

4). 今回の調査では、この統計処理は、ほぼ測定が完了した時期になってから試みたものであるので、各地点の採取点数、距離などの設定など、統計処理を行なう目的で行っていないので、とくに分散の有無の利用をはじめ他の統計処理方法の利用ができなかった。すなわち、このような調査研究にあたって、最も基準的な母集団のおき方とその分散(試料採取数とその位置に関する)をどのように考えるかで、本報の試みた結果より更に検討したい。

終りにのぞみ、諸計算にご協力を載いた応用化学科学生中村善之、夏目隆勝両君に深く謝意を表する。

文 献

- 1) 太田, 門田, 佐野, 鶴泉: 愛工大研報 No.12 215, 231 (1977)
- 2) 中村慶一: 技術者のための統計解析 152 (1970) 山海堂
- 3) Link. R. F: Annals of Mathematical Statistics 21 112 (1950)
- 4) Lord. E: Biometrika 34 41 (1947)
- 5) Moore. B: ibid 44 486 (1957)