

インド、祇園精舎に構築していた 土質の蛍光X線分析

沢		勲	<i>Isao SAWA</i>
網	干	教	<i>Yoshinori ABOSHI</i>
村	田	守	<i>Mamoru MURATA</i>

ABSTRACT

Jetavanavihāra is located in Sahet Mahet (or Sravasti) city, Bahraich, Uttar Pradesh State, India. Sahet Mahet (or Sravasti)—A vast collection of ruins in Gonda District, Oudh: situated in lat. $27^{\circ}31'N.$, and long. $82^{\circ}5'E.$, on the south bank of the Rāpti, 10 miles from Balrampur, and 6 from Ikauna.

Major chemical composition of the soil sample from *Jetavanavihāra* is determined by XRF using the fundamental parameter method consisting of fully auto quantitative analysis, semi quantitative analysis (order estimation) and group quantitative analysis.

Major chemical composition is as follows $SiO_2=71.17W_t\%$, $Al_2O_3=14.89W_t\%$, $Fe_2O_3=5.48W_t\%$ and $K_2O=3.40W_t\%$, etc.

網干善教：関西大学文学部教授・文学博士
村田 守：理学電機工業(株)・理学博士

1 はじめに

祇園精舎は、釈尊が初めて正法を説かれた場所である。この祇園精舎は、平家一門の栄華とその没落・滅亡を描き、仏教の因果観・無常観を基調としている軍記物語の代表作である「平家物語」の巻第一の「祇園精舎の鐘の声、諸行無常の響あり、沙羅双樹の花の色、勝者必衰の理を現わす」で名高い。また、源隆国の編著といわれる仏教・世俗の説話集である「今昔物語」や大安寺縁起尊にも「須達 (スダッタ・Sudatta) 長者、造祇園精舎」と書かれており、祇園精舎は日本の仏教の源流地と考えられている。

関西大学創立100周年記念事業として、関西大学とインド国政府(考古調査局)との共同による祇園精舎跡の発掘調査を行った。結果的には1985年の予備調査にはじまり、'86~'87年(第1次)、'87~'88年(第2次)および'88~'89年(第3次)の3年間にわたる発掘調査を行った。

本報は、祇園精舎の遺跡の土壌の化学組成を蛍光X線分析法により求めたものである。従来の蛍光X線分析法では、分析試料と同品種の検量線用標準が多数必要であったが、最近では検量線を作成せず物理定数を用いたファンダメンタル・パラメータ法(FP法)による定量分析が多くなりつつある^{(1)~(4)}。そこで、FP法の分析結果の正確さをBCS(British Chemical Standard)の耐火物標準試料および通商産業省工業技術院地質調査所の岩石標準試料(JG-1)を分析し、化学分析値とよく一致することを確認した。

祇園精舎の土壌を定性分析し、その含有量の半定量分析(オーダー分析)と検量線を用いない高精度分析のグループ定量を行った。その結果を報告する。

2 理論式と実験方法

試料は祇園精舎内の井戸の付近である。その写真をFig. 10に表示した。

祇園精舎の土壌を化学的な前処理を行わずに、直接ボールミルを用い、200メッシュ以下となるように粉碎した。この粉末試料に4ホウ酸リチウム(Li₂B₄O₇)を加え熔融し、ガラスビードを作成した。測定時には、ステンレスマスク^{(5)~(12)}(30mmφ)を用いた。

分析にした装置は、理学電機工業/全自動蛍光X線分析装置 System Device 3270 にファンダメンタル・パラメータ(FP)法のプログラムを組み込んだものを使用した。このFP法のプログラムのうち、オーダー分析とグループ定量分析を行った。

元素が試料中に均一に分布している試料の蛍光X線強度の理論式は、Fig. 1 のモデルのとおりで、次のとおりである。

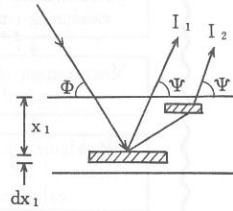


Fig. 1 Model of Primary and Secondary Excitations in Soil Sample

$$I_1 = \frac{1}{\sin \psi} \int_{\lambda_m}^{\lambda_e} \frac{Q_{IP(\lambda)} I_0(\lambda)}{(\mu/\rho)_\lambda / \sin \phi + (\mu/\rho)_{IP} / \sin \psi} \cdot d\lambda \dots\dots\dots(1)$$

$$I_2 = \frac{1}{2 \sin \psi} \sum_{j_g}^{\lambda_e} \frac{Q_{JG(\lambda)} Q_{IF(j_g)} I_0(\lambda)}{(\mu/\rho)_\lambda / \sin \phi + (\mu/\rho)_{IP} / \sin \psi} \times \left\{ \frac{\sin \psi}{(\mu/\rho)_{IP}} \ln \left[1 + \frac{(\mu/\rho)_{IP} / \sin \psi}{(\mu/\rho)_{JG}} \right] + \frac{\sin \phi}{(\mu/\rho)_\lambda} \ln \left[1 + \frac{(\mu/\rho)_\lambda / \sin \phi}{(\mu/\rho)_{JG}} \right] \right\} d\lambda \dots(2)$$

$$Q_{IP} = \left(\frac{\mu_i}{\rho_i} \right)_\lambda \cdot W_i \cdot \left(1 - \frac{1}{J_i} \right) \cdot \omega_i \cdot R_p^i \dots\dots\dots(3)$$

Total intensity:

$$I = I_1 + I_2 \dots\dots\dots(4)$$

I_1 : Contains absorption effect

I_2 : Contains enhancement effect

Table 1 Theoretical Equation of Fluorescent X-Ray Intensity

Chemical composition	Chemical composition of measuring element : W_i
	Chemical composition of coexisting elements : W_j
Physical constants	Mass absorption coefficient : (μ/ρ)
	Fluorescence yield : ω_i
	Jump ratio : J_i
	Transition probability : R_p^i
	Wavelength of fluorescent X-Ray and absorption edge : λ_i, λ_e^i
Instrumental factor	Primary beam distribution : $I_0(\lambda)$
	Incident and take off angles : ϕ, ψ
	Instrumental sensitivity : Crystal reflectivity etc.

インド、祇園精舎に構築していた土質の蛍光X線分析（沢、網干、村田）

式(1)~(4)の理論式と記号の説明は、Table 1 のとおりである。⁽¹⁾

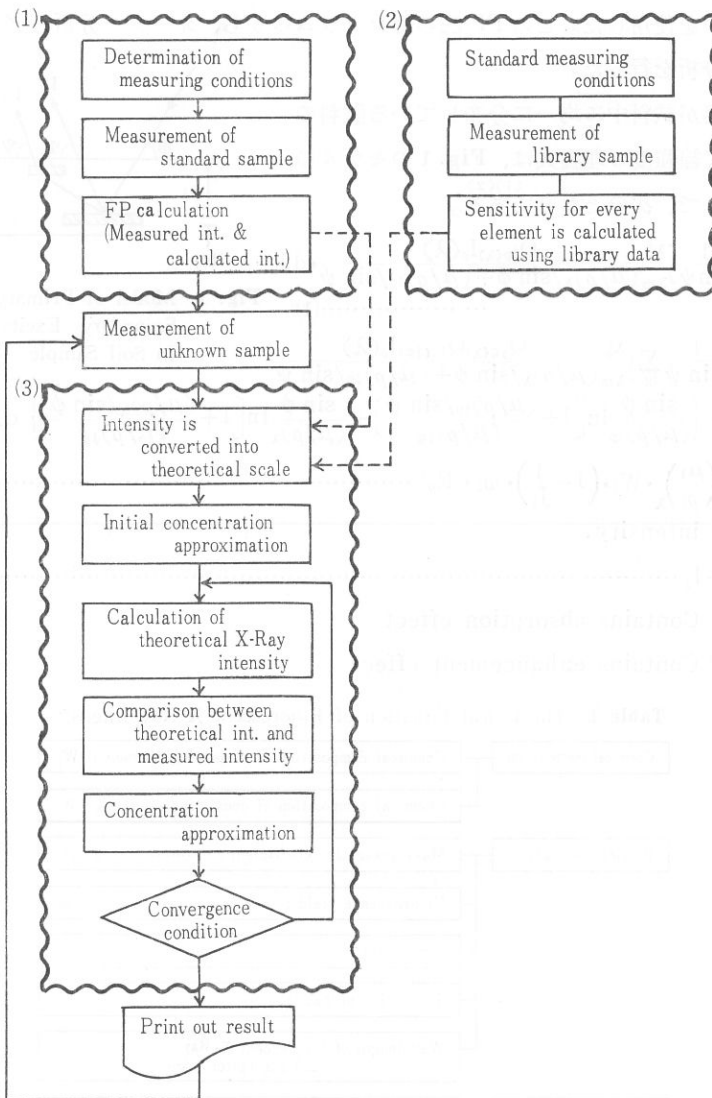


Fig. 2 Outline of Fundamental Parameter Method
(1) Group analysis (2) Free analysis
(3) Unknown sample analysis (calculation)

インド、祇園精舎に構築していた土質の蛍光X線分析（沢、網干、村田）

次に、自動分析プログラムに用いたファンダメンタル・パラメータ法の流れ図は、Fig. 2 のとおりである。⁽¹⁾

各エレメントに対して共通な条件をまとめると、以下のとおり、フィルター (out)、Diaphragm (30 mm)、Attenuator (1/1)、スリット (coarse)、X線管内の印加電圧 (50 kV) と電流 (50 mA) ^{(9)・(11)} である。

3 実験結果

3.1 酸化ナトリウム (Na₂O) の分析

酸化ナトリウムの実験条件として、2の理論式と実験方法の他に、結晶 (TAP) と PHA (LL=100 と UL=300) がある。この実験方法によって得られたスペクトル線は Fig. 3 の上図である。この NaK α 線のスペクトラムの

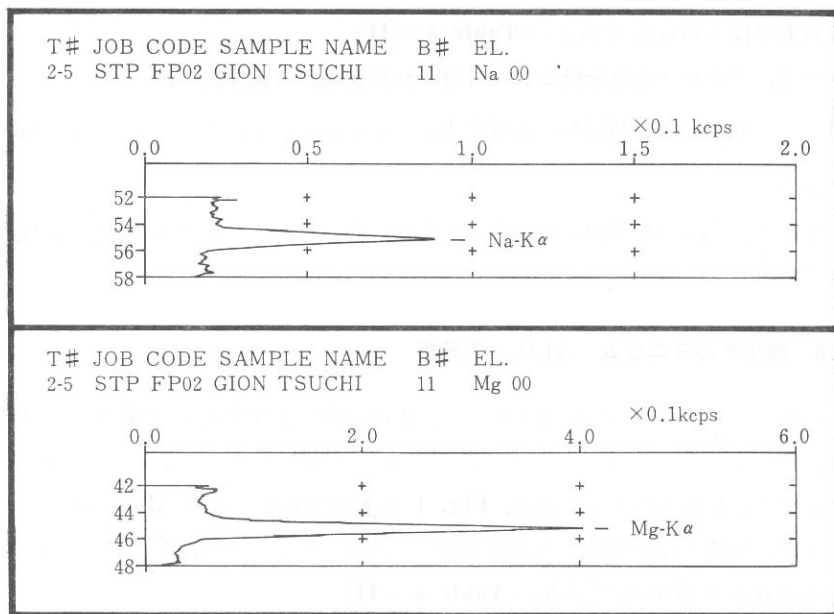


Fig. 3 Chart Recording of NaK α and MgK α X-Ray Fluorescent Lines on Soil Sample from Jetavanavihāra, India

インド、祇園精舎に構築していた土質の蛍光X線分析（沢、網干、村田）

蛍光X線強度は 0.068 kcps である。したがって、酸化ナトリウムの含有率は 0.89Wt% である。この値はオーダー分析の II (8892) である。(Table 3)

一方、グループ定量分析において得られた検量線の条件式は、

$$X_{Na_2O} = -0.064356 + 10.165 I_{Na} \dots\dots\dots(5)$$

である。

ここで、 X_{Na_2O} は Na_2O の含有率であり、 I_{Na} はナトリウムの蛍光X線強度である。

3.2 酸化マグネシウム (MgO) の分析

酸化マグネシウムの実験条件として、2 に記述した理論式と実験方法の他に、結晶 (TAP) と PHA (LL=100 と UL=300) がある。この実験方法によって得られたスペクトル線は、Fig. 3 の下図である。この $MgK\alpha$ 線のスペクトラムの蛍光X線強度は 0.357 kcps である。したがって、酸化マグネシウムの含有率は 1.7Wt% である。(Table 3 の II)

一方、グループ定量分析において得られた検量線の条件式は、

$$X_{MgO} = 0.045154 + 3.3657 I_{Mg} \dots\dots\dots(6)$$

である。

ここで、 X_{MgO} は MgO の含有率であり、 I_{Mg} はマグネシウムの蛍光X線強度である。

3.3 酸化アルミニウム (Al_2O_3) の分析

酸化アルミニウムの実験条件として、2 に記述した理論式と実験方法の他に、結晶 (PET) と PHA (LL=100 と UL=300) がある。この実験方法によって得られたスペクトル線は、Fig. 4 の上図である。この $AlK\alpha$ 線のスペクトラムの蛍光X線強度は 9.638 kcps である。したがって、酸化アルミニウムの含有率は 15Wt% である。(Table 3 の II)

一方、グループ定量分析において得られた検量線の条件式は、

$$X_{Al_2O_3} = 0.73069 + 1.2826 I_{Al} \dots\dots\dots(7)$$

インド、祇園精舎に構築していた土質の蛍光X線分析（沢、網干、村田）

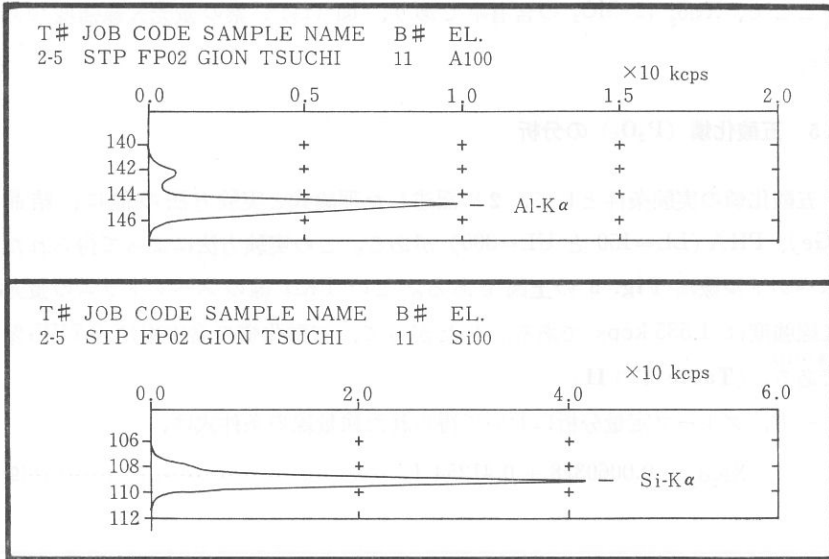


Fig. 4 Chart Recording of AlK α and SiK α X-Ray Fluorescent Lines on Soil Sample from Jetavanavihāra, India

である。

ここで、 $X_{Al_2O_3}$ は Al_2O_3 の含有率であり、 I_{Al} はアルミニウムの蛍光X線強度である。

3.4 けい酸 (SiO_2) の分析

けい酸の実験条件として、2に記述した理論式と実験方法の他に、結晶(PET)とPHA(LL=100とUL=300)がある。この実験方法によって得られたスペクトル線は Fig. 4の下図である。このSiK α 線のスペクトラムの蛍光X線強度は41.347 kcpsである。したがって、けい酸の含有率は70W.%^{(9)・(11)}である。(Table 3のII)

一方、グループ定量分析において得られた検量線の条件式は、

$$X_{SiO_2} = 4.6518 + 1.4527 I_{Si} \dots\dots\dots(8)$$

インド、祇園精舎に構築していた土質の蛍光X線分析（沢、網干、村田）

である。

ここで、 X_{SiO_2} は SiO_2 の含有率であり、 I_{Si} はけい素の蛍光X線強度である。

3.5 五酸化燐 (P_2O_5) の分析

五酸化燐の実験条件として、2に記述した理論式と実験方法の他に、結晶(Ge)、PHA(LL=150とUL=300)がある。この実験方法によって得られたスペクトル線は Fig. 5 の上図である。この $PK\alpha$ 線のスペクトラムの蛍光X線強度は 1.535 kecps である。したがって、五酸化燐の含有率は 0.71Wt%^{(9)・(11)} である。(Table 3 の II)

一方、グループ定量分析において得られた検量線の条件式は、

$$X_{P_2O_5} = 0.0060378 + 0.41254 I_p \dots\dots\dots(9)$$

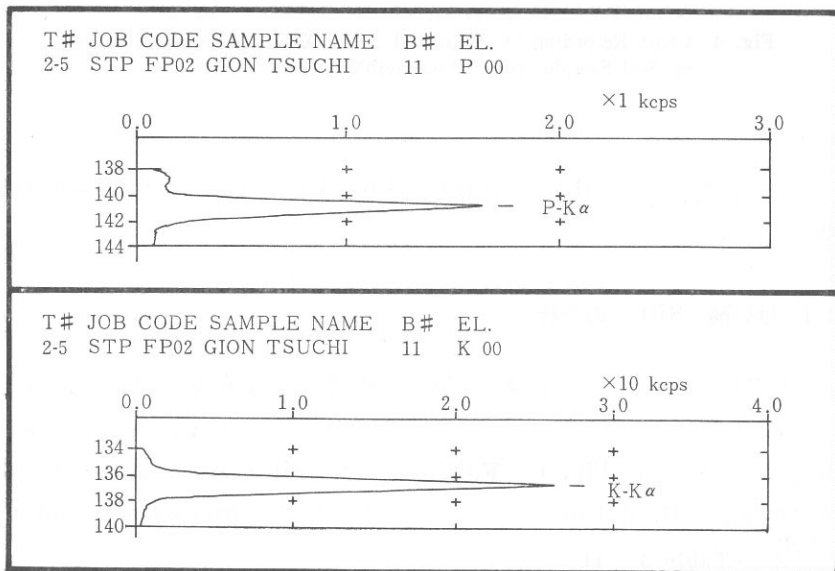


Fig. 5 Chart Recording of $PK\alpha$ and $KK\alpha$ X-Ray Fluorescent Lines on Soil Sample from Jetavanavihāra, India

インド、祇園精舎に構築していた土質の蛍光X線分析（沢、網干、村田）

である。

ここで、 $X_{P_2O_5}$ は P_2O_5 の含有率であり、 I_p は磷の蛍光X線強度である。

3.6 酸化カリウム (K_2O) の分析

酸化カリウムの実験条件として、2に記述した理論式と実験方法の他に、結晶 (Ge)、PHA (LL=150 と UL=300) がある。この実験方法によって得られたスペクトル線は Fig. 5 の下図である。この $KK\alpha$ 線のスペクトラムの蛍光X線強度は 25.750 kcps である。したがって、酸化カリウムの含有率は $3.6Wt\%$ ^{(9)・(11)} である。(Table 3 の II)

一方、グループ定量分析において得られた検量線の条件式は、

$$X_{K_2O} = -0.030930 + 0.40710 I_k \dots\dots\dots(10)$$

である。

ここで、 X_{K_2O} は K_2O の含有率であり、 I_k はカリウムの蛍光X線強度である。

3.7 酸化カルシウム (CaO) の分析

酸化カルシウムの実験条件として、2に記述した理論式と実験方法の他に、結晶 (Ge) と PHA (LL=150 と UL=300) がある。この実験方法によって得られたスペクトル線は Fig. 6 の上図である。この $CaK\alpha$ 線のスペクトラムの蛍光X線強度は 7.313 kcps である。したがって、酸化カルシウムの含有率は $1.2Wt\%$ ^{(9)・(11)} である。(Table 3 の II)

一方、グループ定量分析において得られた検量線の条件式は、

$$X_{CaO} = 0.061604 + 0.27943 I_{Ca} \dots\dots\dots(11)$$

である。

ここで、 X_{CaO} は CaO の含有率であり、 I_{Ca} はカルシウムの蛍光X線強度である。

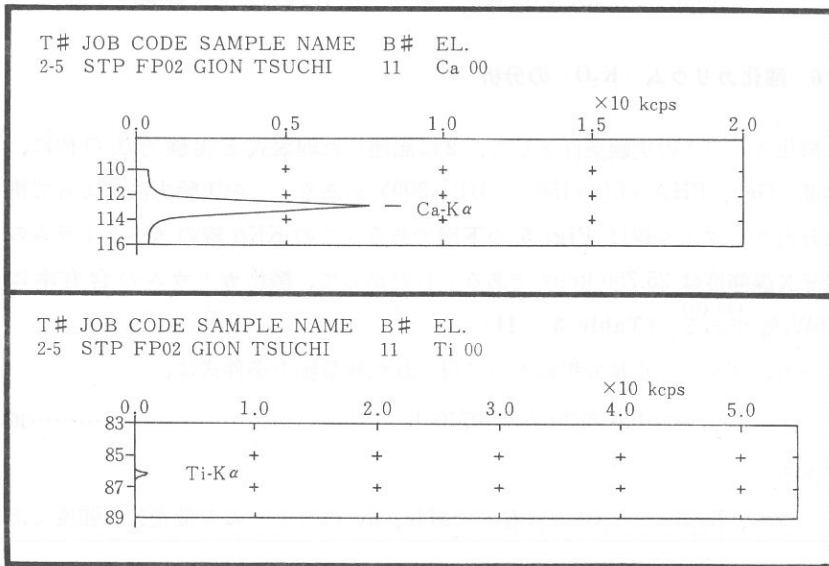


Fig. 6 Chart Recording of CaK α and TiK α X-Ray Fluorescent Lines on Soil Sample from Jetavanavihāra, India

3.8 酸化チタニウム (TiO₂) の分析

酸化チタニウムの実験条件として、2に記述した理論式と実験方法の他に、結晶 (LiF1)、PHA (LL=100 と UL=300) がある。この実験方法によって得られたスペクトル線は Fig. 6 の下図である。この TiK α 線のスペクトラムの蛍光X線強度は 0.705 kcps である。したがって、酸化チタニウムの含有率は $^{(9) \cdot (11)}$ 0.77Wt% である。(Table 3 の II)

一方、グループ定量分析において得られた検量線の条件式は、

$$X_{TiO_2} = 0.0070176 + 0.92146 I_{Ti} \dots\dots\dots(12)$$

である。

ここで、 X_{TiO_2} は TiO₂ の含有率であり、 I_{Ti} はチタンの蛍光X線強度である。

3.9 酸化マンガン (MnO) の分析

酸化マンガンの実験条件として、2に記述した理論式と実験方法の他に、結晶 (LiF1) と PHA (LL=100 と UL=300) がある。この実験方法によって得られたスペクトル線は Fig. 7 の上図である。この MnK α 線のスペクトラムの蛍光X線強度は 0.669 kcps である。したがって、酸化マンガンの含有率は 0.11 Wt% ^{(9)・(11)} である。(Table 3 の II)

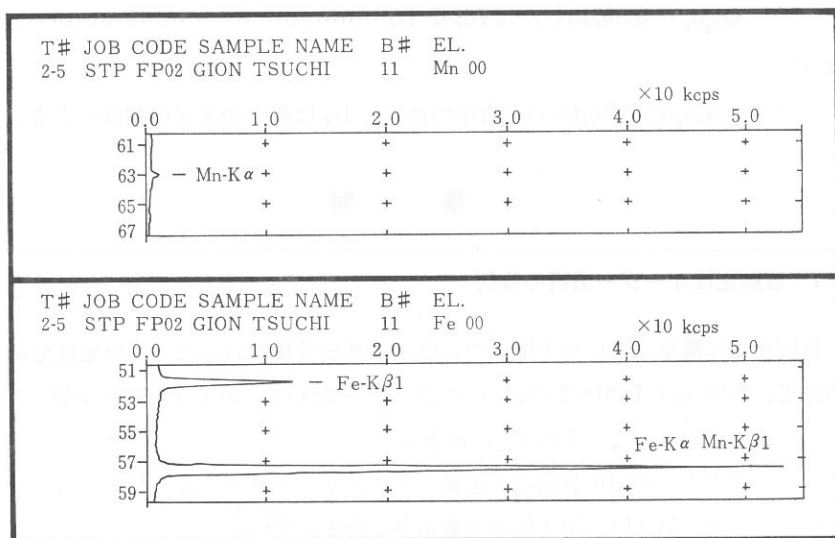


Fig. 7 Chart Recording of MnK α and FeK α X-Ray Fluorescent Lines on Soil Sample from Jetavanavihāra, India

一方、グループ定量分析において得られた検量線の条件式は、

$$X_{MnO} = 0.0072109 + 0.11209 I_{Mn} \dots\dots\dots(13)$$

である。

ここで、 X_{MnO} は MnO の含有率であり、 I_{Mn} はマンガンの蛍光X線強度である。

3.10 酸化第二鉄 (Fe₂O₃) の分析

酸化第二鉄の実験条件として、2に記述した理論式と実験方法の他に、結晶 (LiF1) と PHA (LL=100 と UL=300) がある。この実験方法によって得られたスペクトル線は Fig. 7 の下図である。この FeK α 線のスペクトラムの蛍光X線強度は 55.550 kcps である。したがって、酸化第二鉄の含有率は 5.9 Wt% ^{(9),(11)} である。(Table 3 の II)

一方、グループ定量分析において得られた検量線の条件式は、

$$X_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = 0.067184 + 0.076947 I_{\text{Fe}} \dots \dots \dots (14)$$

である。

ここで、 $X_{\text{Fe}_2\text{O}_3}$ は Fe₂O₃ の含有率であり、 I_{Fe} は鉄の蛍光X線強度である。

4 検 討

4.1 自動定性オーダー分析の検討

祇園精舎に構築していた土壌についてオーダー分析を行った。この定性分析の結果、各元素は Table 2 のとおりである。すなわち、第 I A 族の軽金属（ナトリウムやカリウム）、第 II A 族の軽金属（マグネシウム、カルシウムおよびストロンチウム）や第 IV B 族の重金属（チタンやジルコニウム）などが含まれている。一方、第 3 価と第 4 価の元素が多く含まれている。^{(9)~(12)}

したがって、これらの各成分は 3 の実験結果を表示した (Table 3)。Table 3 の II (8892) と IV (8962) ではケイ酸 (SiO₂) の含有率が最も多く、70 Wt% になっている。そして、次に多い酸化アルミニウム (Al₂O₃) は、15 Wt% も含まれている。この両方 (SiO₂ と Al₂O₃) を合わせると 85 Wt% であり、他の 13 のコンポネント合計すれば、15 Wt% になっている。Table 3 は、それぞれのスペクトラムによって蛍光X線強度の測定を行った結果の含有率を表示した。オーダー分析の中で、I と II はコンピュータの高級言語である FORTRAN および C 言語を用いて、プログラムを作成して、それぞれの条件を変えた。I よりも II の方がより正確であった。この II を 3 の実験結果

Table 2 Periodic Table of Elements in Soil Sample from Jetavanavihāra, India

	IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VIB	VII	IB	IIIB	IIIA	IVA	VA	VI	
1	1 H 1.008														
2														8 O 15.999	
3	11 Na 22.990	12 Mg 24.305									13 Al 26.982	14 Si 28.086	15 P 30.974	16 S 32.064	
4	19 K 39.098	20 Ca 40.080		22 Ti 47.88			25 Mn 54.938	26 Fe 55.847		30 Zn 65.37					
5		38 Sr 87.62		40 Zr 91.22											
6									79 Au 196.97			典型金属元素			
遷移金属元素											(水素包含)				
典型金属元素															

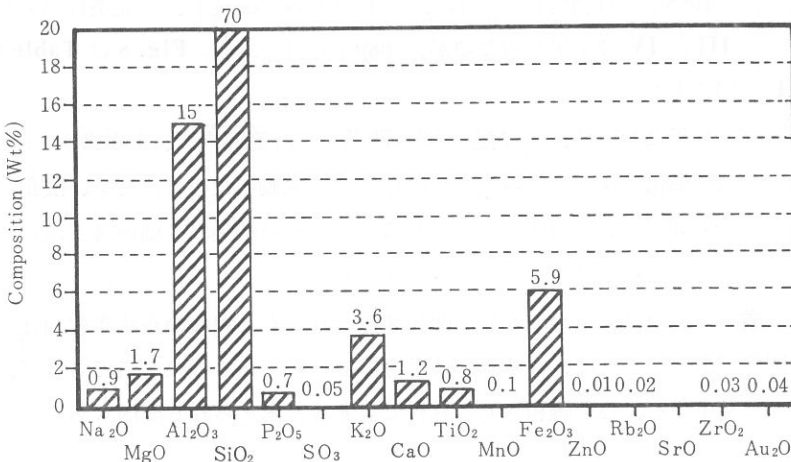


Fig. 8 Relation between X-Ray Fluorescent Composition Data and Chemical Component of Soil Sample from Jetavanavihāra, India [II (8892)]

インド、祇園精舎に構築していた土質の蛍光X線分析（沢、網干、村田）

Table 3 Order Analytical Results by Fundamental Parameter Method on Soil Sample from Jetavanavihāra, India

Component Definition	Spectrum	Order Analysis (Wt%)				Group Analysis (Wt%)	JG-1 (Wt%)
		I (8891)	II (8892)	III (8961)	IV (8962)		
Na ₂ O	NaKα	0.88	0.89	1.00	1.10	0.90	3.41
MgO	MgKα	1.70	1.70	1.60	1.70	1.64	0.74
Al ₂ O ₃	AlKα	15.00	15.00	15.00	15.00	14.89	14.29
SiO ₂	SiKα	69.00	70.00	69.00	70.00	71.17	72.75
P ₂ O ₅	PKα	0.70	0.71	0.84	0.85	0.70	
SO ₃	SKα	0.05	0.05	0.08	0.08		
K ₂ O	KKα	3.50	3.60	3.70	3.80	3.40	3.97
CaO	CaKα	1.20	1.20	1.20	1.20	1.03	2.19
TiO ₂	TiKα	0.76	0.77	0.79	0.80	0.71	
MnO	MnKα	0.11	0.11	0.09	0.09	0.08	0.06
Fe ₂ O ₃	FeKα	6.90	5.90	6.20	5.20	5.48	2.21
ZnO	ZnKα	0.01	0.01	0.02	0.02		
SrO	SrKα	Trace	Trace	Trace	Trace		
ZrO ₂	ZrKα	0.03	0.03	0.03	0.03		
Au ₂ O	Au-Lβ1	0.04	0.04	0.03	0.03		

に用いた（1988年9月測定）。さらに、プログラムを改良し、測定条件の修正によって III と IV の結果を得たのが、1989年6月である。Fig. 8 は Table 3 の II を図示した。

オーダー分析において、ケイ酸は 69~70 Wt% の範囲内で、1 Wt% の差が認められた。酸化アルミニウムは 15 Wt% で全く変動しないけれども、酸化第二鉄は 5.2~6.9 Wt% の範囲内で変動している。その結果、3 価の III A 族のアルミニウムと IV A 族のケイ素がたくさん含まれていることが分かった。

ケイ酸が多いのは、土地の成分に関係するけれども、釈尊の正法布教地としても関係がある。それは、シリコンは半導体の材料であるのは有名であるが、オーラを発生する、心を調和させる材料でもあると考えられる要因もある。

4.2 グループ定量分析の検討

グループ定量分析は、プログラムに設定された各元素のX線強度を測定してファンダメンタル・パラメータ法によって、定量分析の演算を行った。ピークポイントをPeakとし、バックグラウンドの1をBG. 1とし、バックグラウンドの2をBG. 2とした。各エレメントに対する角度 2θ (deg) と時間 FT(sec) を記入すれば、Table 4 のとおりになる。

Table 4 Relation between Peak Point and Back Ground(BG. 1 and BG. 2) on Component Spectrum on Soil Sample from Jetavanavihāra, India

Component	Spectrum	Peak		BG. 1		BG. 2	
		2θ	FT	2θ	FT	2θ	FT
		deg	sec	deg	sec	deg	sec
Na ₂ O	NaK α	55.20	100	53.50	50	56.88	50
MgO	MgK α	45.28	100	43.25	50	47.23	50
Al ₂ O ₃	AlK α	144.78	40	141.00	20	147.00	20
SiO ₂	SiK α	109.10	40	106.50	20	111.10	20
P ₂ O ₅	PK α	141.00	40	139.35	20	142.55	20
K ₂ O	KK α	69.95	100	67.50	50	71.93	50
CaO	CaK α	61.93	60	60.35	30	63.38	30
TiO ₂	TiK α	86.16	100	85.56	50	86.84	50
MnO	MnK α	63.01	40	62.12	20	63.99	20
Fe ₂ O ₃	FeK α	57.55	40	56.68	20	58.41	20

各スペクトルのX線強度に対して、Peak, BG. 1 および BG. 2 の値から正味のX線強度 (Net Intensity) を算出することができる。すなわち、Net のX線強度は次のような式になる。

$$I_N = I_p - [I_{BG,1} \sim I_{BG,2}] \dots\dots\dots(15)$$

- ここで、 I_N : 正味の蛍光X線強度
- I_p : ピークポイントにおける蛍光X線強度
- $I_{BG,1}$: バックグラウンドの1の蛍光X線強度
- $I_{BG,2}$: バックグラウンドの2の蛍光X線強度

Table 5 Group Analytical Results by Fundamental Parameter(thick) Method on Soil Sample from Jetavanavihāra, India

Component	Spectrum	Raw Int. (kcps)			Net-Intensity (kcps)	Unnormalized (W _t %)	Normalized (W _t %)	Results (W _t %)
		Peak	BG. 1	BG. 2				
Na ₂ O	NaKα	0.1252	0.0382	0.0350	0.0886	0.8601	0.8993	0.90
MgO	MgKα	0.5346	0.0879	0.0598	0.4607	1.5709	1.6426	1.64
Al ₂ O ₃	AlKα	10.362	0.0947	0.1055	10.260	14.2440	14.8940	14.89
SiO ₂	SiKα	43.847	0.2106	0.1856	43.650	68.0610	71.1650	71.17
P ₂ O ₅	PKα	1.7031	0.1403	0.1121	1.5773	0.6666	0.6970	0.70
K ₂ O	KKα	8.5607	0.3926	0.3033	8.2175	3.2506	3.3989	3.40
CaO	CaKα	4.1697	0.5887	0.9453	3.3951	0.9812	1.0260	1.03
TiO ₂	TiKα	0.8626	0.1319	0.1181	0.7372	0.6820	0.7131	0.71
MnO	MnKα	1.1141	0.4934	0.4172	0.6570	0.0779	0.0815	0.08
Fe ₂ O ₃	FeKα	60.482	1.0209	0.8794	59.532	5.2439	5.4830	5.48
TOTAL						95.6382	100.0004	100.00

このような条件に従って、グループ定量分析の結果を **Table 5** のように表示することができた。

Table 5 において、各スペクトルに対して Peak、BG. 1 および BG. 1 の蛍光X線強度を Raw Intensity とした。Raw Intensity から求めた式(15)に従って、計算したのが Net Intensity の値である。この Net Intensity によって、Unnormalized Weight Percents を計算した。Unnormalized 含有率は収束条件を満足した最後の値である。一方、Normalized 含有率は全体が100%になるように換算した値である。Results はこのような条件によって処理された結果である。この Results は、化学分析と同様の信頼性を有する処理方法の結果である。この結果を **Fig. 9** のように表示することができる。

Fig. 9 はセミログで表示した。その理由は1 W_t% 以下のものが多いためである。含有率の多いのは、ケイ酸 (71.17 W_t%)、酸化アルミニウム (14.89 W_t%) および酸化第二鉄 (5.48 W_t%) が5 W_t% 以上であり、その他は4 W_t% 以下である。上位の3成分を合わせると91.54 W_t% である。

インド、祇園精舎に構築していた土質の蛍光X線分析（沢、網干、村田）

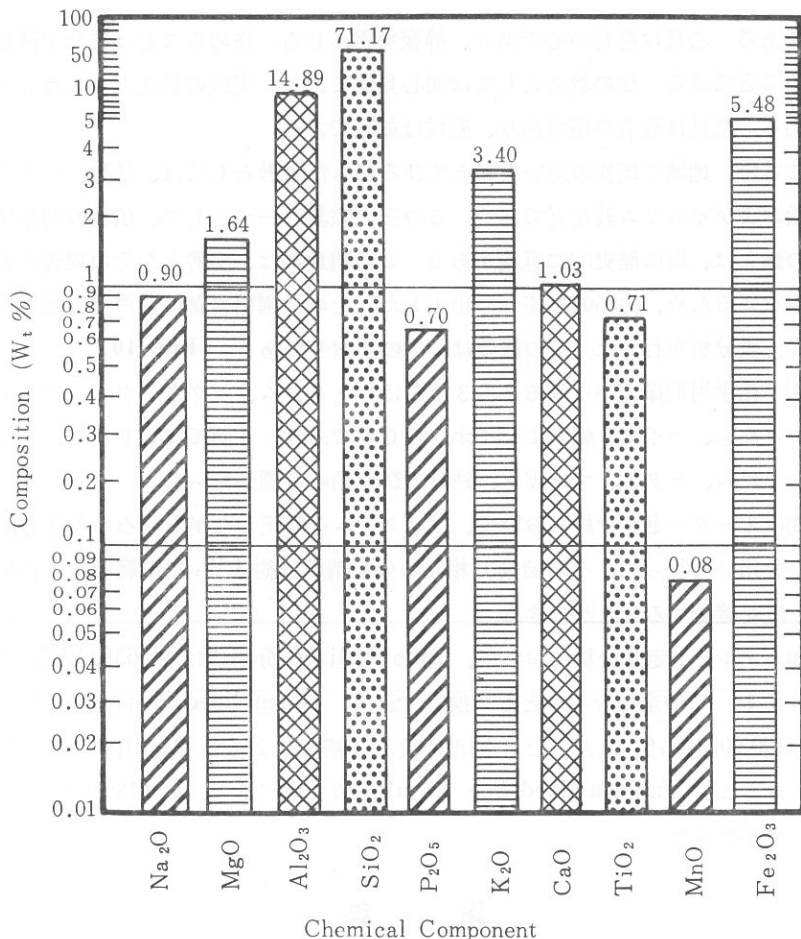


Fig. 9 Relation between X-Ray Fluorescent Composition Data and Chemical Component of Soil Sample from Jetavanavihāra, India

5 おわりに

仏教の開祖である釈迦は、紀元前565年に、インドの小国 Kapilavastu を支配していた釈迦族の王シュッドーダナ (Suddhodana=殺利) とその妃マヤー (Māyā=摩耶) の子として、ルンビニー園で生まれた。その姓はゴータマ (Gatama)、名はシッダールタ (Siddhārtha) である。

釈迦の本性は如来性や菩薩性であり、本心は円明に見ることで、行く所は極

楽である。心種は慈悲の心であり、静寂を重んじる。修めることは雑念を滅亡することである。法の教えとしては明心見性であり、実践の教えとしては五戒である。聖地は般若の塔であり、聖域は如来である。

ここで、地域や民族の違いを超えてひろがった宗教としては、仏教、キリスト教およびイスラム教などである。この三大宗教の一つとして、仏教の初転法輪の地とは、誠に歴史的に意義がある。この聖地には、聖者とかその周辺との関係を知るため、約2500年ぶりに出土した。その祇園精舎跡の井戸発掘現場付近の土質分析を行った。その概要は、次のとおりである。(Fig. 10)

- (1) 化学周期律表からみると、3価ではナトリウム、マグネシウム、アルミニウム、ケイ素、燐およびイオウの6種であり、4価ではカリウム、カルシウム、チタン、マンガン、鉄および亜鉛の6種があった。
- (2) オーダー定性分析において、プログラムを修正しながらいろいろな方法を用いて行った。その結果、相互の分析精度は約1 Wt% の範囲内で正確度を確認することができた。
- (3) グループ定量分析において、Unnormalized 分析値は 95.6382 Wt% である。この全体を 100 として換算すれば、Normalized された値として 100.0004 Wt% になった。補正係数との補正によって Results の値を得た。この Unnormalized 値と Results 値を比べると、4.3618 Wt% の差異があった。

謝 辞

この論文の試料採集に当たり、現地調査に同行した関西大学校友会事業部長・上原洋允団長をはじめ参加団員に、ご協力をいただきました。この報告書の作成に当たり、関西大学工学部教授・片山佐一博士に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- (1) 河野久征、村田 守、片岡由行、新井智也：X線分析の進歩、**19**(1988)、307
- (2) 片岡由行：The Rigaku-Denki Journal, **20**(1989), 28
- (3) J. W. Criss and L. S. Birks : Anal. Chem., **40**(1968), 1080
- (4) K. Ohno, J. Fujiwara, I. Morimoto : X-Ray Spectrometry, **9**(1980), 138

インド、祇園精舎に構築していた土質の蛍光X線分析（沢、網干、村田）

- (5) 金 景勲、片山佐一：分析化学、**20**(1971)、29
- (6) 沢 勲、高文玉、金景植：Cave, **19**(1989)、29
- (7) 沢 勲、洪始煥、村田 守：Cave, **20**(1989)、34
- (8) 沢 勲：大阪経済法科大学論集、**34**(1988)、23
- (9) 沢 勲、村田 守：大阪経済法科大学論集、**35**(1989)、63
- (10) 沢 勲、網干善教、村田 守：大阪経済法科大学論集、**39**(1990)、23
- (11) 沢 勲、網干善教、村田 守：大阪経済法科大学論集、**40**(1990)、25
- (12) 沢 勲、網干善教、村田 守：大阪経済法科大学アジア研究所年報、**1**(1990)、79

付 録



Fig. 10 インド、祇園精舎跡の遺跡地内の発掘現場

