

中国、山東省の孔子廟にある煉瓦のX線分析

沢 勲
河野久征

*Analysis by X-Ray Diffraction Method of the Brick Sample
from Confucian Temple in Shandong, China*

Isao SAWA
Hisayuki KOHNO

ABSTRACT

Confucian temple is located in Gufu city, Gufu prefecture, Shandong province in China. Gufu city is located southwest of Shandong province ; situated in lat. 35°36'N., and long. 117°02'E.,. Confucian temple remained one of the principal seats of learning.

It can be suggested that these facts are related to the chemical composition formation, the crystal structure and lattice constants of brick sample in Confucian temple by analysis of X-ray diffraction method. The lattice constants ($a=4.8775\text{\AA}$ and $c=5.4123\text{\AA}$) were obtained by the method of least squares from the reflection patterns of the diffractometer.

1 はじめに

孔子廟は、中国山東省曲阜県曲阜市内にある。この曲阜は、山東省西南部の県で、済寧地区にある北緯 $35^{\circ}36'$ と東経 $117^{\circ}02'$ の地点にある。曲阜は周代に魯国の都で、周公を始祖と仰ぎ、周文化の伝統を古くから維持した特色のある文化都市である。この曲阜市は、儒教の教祖である孔子の出生地として有名であり、孔子廟、孔府(衍聖公府)、孔林(至聖林)・顔回廟(復聖廟)および周公廟(元聖廟)等の名所古跡がある。孔子〔父(叔梁紇)と母(不明)]は、3歳の時に父を亡くし、苦難の道を歩み15歳時に独学で学に志した。その後、魯に仕えて司空となり、大司寇から国政に参加して、魯を治めた。のち、魯を去り、衛から鄭に行き、そして陳に行きながら諸国を14年間めぐり、69歳で魯国に帰り、弟子の教育と著述を行った。その弟子は3,000名以上である。孔子(前552—前479年)の教育と著述は孔子廟で行った。⁽¹⁾

この孔子廟の煉瓦は、奥の建造物横を約 150 cm 掘った材料である。この煉瓦は、インドの祇園精舎とマヘート遺跡のパーキッククッティーのレンガとの比較・検討も行った。その結果、孔子廟の煉瓦の結晶構造は祇園精舎と同じであり、格子定数は測定誤差の範囲内に一致することが認められた。^(2~4) すなわち、結晶構造は六方晶系であり、格子定数は a 軸 (4.8775 \AA) と c 軸 (5.4123 \AA) である。この軸比 (c/a) は 1.1096 である。

2 実験方法と実験結果

2.1 ピーク・サーチの定性分析

試料は、中国山東省の西南地方にある孔子廟の煉瓦である。この煉瓦をボールミルで 200 メッシュ以下に粉碎した。測定装置は、理学電機製の X線回折装置 RINT-1500 (モノクロメータ使用) である。ピーク・サーチの定性分析の測定条件は、次のとおりである。

①管球 (Cu) ②管電圧 (50kV) ③管電流 (200mA) ④ゴニオメータ (広角ゴニオメータ) ⑤サンプリング幅 (0.020°) ⑥走査速度 ($3,000^{\circ}/\text{min}$)

⑦発散スリット (1°) ⑧散乱スリット (1°) ⑨受光スリット (0.30mm) ⑩
 アタッチメント (標準試料ホルダー) であり、データ処理の波長は 1.54056Å
 である。

このデータ処理に用いたコンピュータのプログラム言語は、FORTRAN⁽⁵⁾ お
 よびC言語である。このプログラムに従ってデータの処理を行った平滑化点数
 は9である。その結果、この定性分析のチャートは Fig. 1 のとおりである。

回折角度は、CuKα 線の 2θ を (3.000~80.000) deg の範囲で行った。Fig.
 1 の定性分析を行うため、ピーク・サーチを行ったものが Table 1 である。

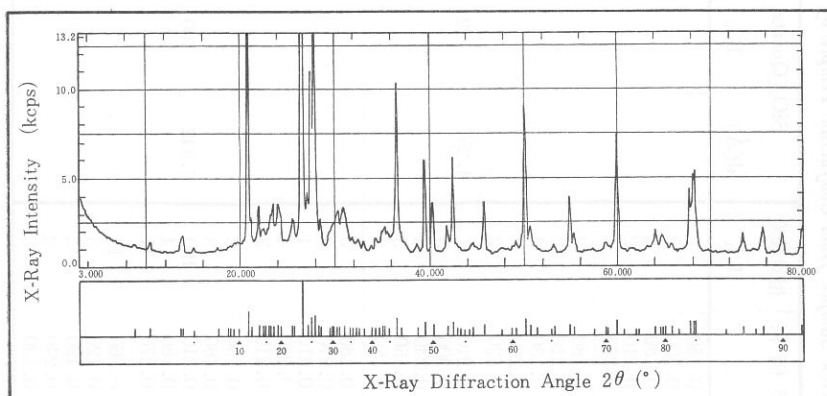


Fig. 1 X-Ray Diffraction Chart of Peak Search System of the Brick
 Sample from Confucian Temple in Shandong, China

Table 1 における定性分析のピーク・サーチの番号を1から91までの範囲
 内でカウントを行った。この時、回折角度 (2θ) は、(8.760~79.820) deg の
 範囲である。面間隔 d(Å) は、ブラッグの反射条件式として、

$$n\lambda = 2d \sin \theta \dots\dots\dots(1)$$

ここで、λ : 波長 (Å)

d : 面間隔 (Å)

θ : 回折角度 (deg)

が求められる。

Table 1 X-Ray Diffractograms of the Brick Sample from Confucian Temple by Qualitative Analysis of Peak Search

ピーク番号	回折角度 $2\theta(^{\circ})$	面間隔 $d(\text{Å})$	強度値 $I(\text{cps})$	半価幅 Δ	相対強度 I/I_0	SiO ₂ (Quartz, Low)			祇園精舎		マハート レンガ
						$d(\text{Å})$	I/I_0	h k l	土質	レンガ	
1	8.760	10.08604	1292	0.150	2						
2	10.360	8.53167	1447	0.330	2						
3	13.620	6.49603	1642	0.180	2						
4	13.800	6.41170	1749	0.210	2						
5	14.940	5.92492	1043	0.270	1						
6	17.620	5.02931	1106	0.180	2						
7	18.700	4.74121	1160	0.210	2						
8	18.900	4.69149	1204	0.150	2						
9	19.320	4.59044	1392	0.210	2						
10	19.800	4.48023	1458	0.120	2						
11	20.820	4.26298	21871	0.210	21	4.257	22	1 0 0	○	○	○
12	21.140	4.19917	2849	0.300	3						
13	21.980	4.04055	3485	0.240	4						
14	22.420	3.96224	2195	0.150	3						
15	22.620	3.92765	2181	0.180	3						
16	22.960	3.87026	2220	0.180	3						
17	23.180	3.83402	2857	0.210	3						
18	23.540	3.77619	3557	0.210	4						
19	24.000	3.70485	3527	0.240	4						
20	24.260	3.66573	3093	0.210	3						
21	25.480	3.49291	2749	0.150	3						
22	25.680	3.46616	2635	0.180	3						
23	26.600	3.34832	105799	0.210	100	3.342	100	1 0 1	○	○	○
24	27.160	3.28054	4211	0.180	4						
25	27.480	3.24307	11052	0.270	11						
26	27.880	3.19744	13204	0.360	13						
27	28.260	3.15530	2843	0.120	3						
28	28.480	3.13143	2732	0.180	3						
29	29.420	3.03348	2030	0.240	2						
30	29.700	3.00551	2319	0.120	3						

中国、山東省の孔子廟にある煉瓦のX線分析(沢、河野)

ピーク番号	回折角度 $2\theta(^{\circ})$	面間隔 $d(\text{Å})$	強度値 $I(\text{cps})$	半価幅 Δ	相対強度 I/I_0	SiO ₂ (Quartz, Low)			坩 堝 精 舎		マヘート レンガ
						$d(\text{Å})$	I/I_0	h k l	土 質	レンガ	
31	29.800	2.99565	2418	0.120	3						
32	30.160	2.96071	2862	0.150	3						
33	30.420	2.93600	3157	0.210	3						
34	30.920	2.88965	3286	0.330	4						
35	31.560	2.83249	1625	0.240	2						
36	31.860	2.80650	1694	0.270	2						
37	32.260	2.77261	1435	0.210	2						
38	32.520	2.75104	1589	0.210	2						
39	33.040	2.70892	1481	0.270	2						
40	33.840	2.64668	1215	0.270	2						
41	34.240	2.61668	1572	0.240	2						
42	34.580	2.59172	1496	0.120	2						
43	34.980	2.56300	2119	0.270	3						
44	35.200	2.54748	2284	0.150	3						
45	35.680	2.51430	1965	0.180	2						
46	36.520	2.45837	10333	0.270	10	2.457	8	1 1 0	○	○	○
47	36.940	2.43138	1968	0.120	2						
48	38.620	2.32939	1244	0.270	2						
49	39.420	2.28394	5995	0.270	6	2.282	8	1 0 2	○	○	○
50	40.240	2.23927	3597	0.270	4	2.237	4	1 1 1	○	○	○
51	41.800	2.15923	2267	0.330	3						
52	42.400	2.13006	6058	0.270	6	2.127	6	2 0 0	○	○	○
53	42.840	2.10919	1263	0.210	2						
54	43.180	2.09337	1058	0.210	2						
55	43.660	2.07146	912	0.150	1						
56	44.140	2.05004	1039	0.210	1						
57	44.520	2.03342	1305	2						
58	45.740	1.98198	3539	0.270	4	1.9792	4	2 0 1	○	○	○
59	47.560	1.91030	1035	1						
60	48.680	1.86893	1115	0.180	2						

中国、山東省の孔子廟にある煉瓦のX線分析 (沢、河野)

ピーク番号	回折角度 $2\theta(^{\circ})$	面間隔 $d(\text{\AA})$	強度値 $I(\text{cps})$	半価幅 Δ	相対強度 I/I_0	$\text{SiO}_2(\text{Quartz, Low})$				祇園精舎		マハート レンガ
						$d(\text{\AA})$	I/I_0	h	k	l	土質	
61	49.060	1.85534	1437	0.420	2	1.8179	14	1	1	2	〇	〇
62	50.080	1.81992	9938	0.180	10	1.8021	<1	0	0	3	〇	〇
63	50.600	1.80243	2204	0.390	3							
64	51.280	1.78011	1164	0.150	2							
65	52.880	1.72996	998	0.150	1							
66	53.160	1.72150	1191	0.120	2	1.6719	4	2	0	2	〇	〇
67	54.840	1.67267	3915	0.210	4	1.6591	2	1	0	3	〇	〇
68	55.280	1.66039	1848	0.180	2	1.6082	<1	2	1	0	〇	〇
69	57.460	1.60247	1001	0.150	1							
70	58.780	1.56959	1346	2							
71	58.960	1.56523	1302	0.150	2	1.5418	9	2	1	1	〇	〇
72	59.900	1.54289	7421	0.180	8							
73	60.720	1.52401	1032	0.180	1							
74	62.020	1.49515	976	0.150	1							
75	62.240	1.49039	906	0.180	1							
76	63.980	1.45399	2075	0.210	2	1.4536	1	1	1	3	〇	〇
77	64.580	1.44192	1569	0.150	2							
78	64.740	1.43874	1739	0.150	2							
79	64.880	1.43598	1668	0.150	2							
80	65.080	1.43205	1446	0.240	2							
81	65.740	1.41926	1242	0.120	2	1.4189	<1	3	0	0	〇	〇
82	66.480	1.40524	1008	0.150	1	1.3820	6	2	1	2	〇	〇
83	67.700	1.38286	4414	0.240	5	1.3752	7	2	0	3	〇	〇
84	68.100	1.37571	5161	0.150	5	1.3718	8	3	0	1	〇	〇
85	68.280	1.37252	5374	0.150	6							
86	71.520	1.31809	862	1							
87	73.420	1.28860	1743	0.180	2	1.2880	2	1	0	4	〇	〇
88	74.760	1.26879	957	0.150	1							
89	75.600	1.25677	2102	0.300	2	1.2558	2	3	0	2	〇	〇
90	77.620	1.22903	1851	0.270	2	1.2285	1	2	2	0	〇	〇
91	79.820	1.20059	2133	0.300	3	1.1999	2	2	1	3	〇	〇

この回折角度と波長によって計算した面間隔の範囲は、Table 1 のとおりで、(8.760~79.820) Å である。Table 1 における相対強度が 10 以上になっているピーク番号は、No. 11 (21871cps=相対強度 21%)、No. 23 (105799cps=相対強度 100%)、No. 25 (11052cps=相対強度 11%)、No. 26 (13204cps=相対強度 13%)、No. 46 (10333cps=相対強度 10%) および No. 62 (9938cps=相対強度 10%) である。

一方、半価幅の最も大きいのは No. 61 の 0.420 であり、2 番目には No. 63 の 0.390 で、3 番目には No. 26 の 0.360 である。4~6 番目は共に No. 2、No. 34 および No. 51 が同じく 0.330 である。その他は 0.300 以下の半価幅である。

2.2 一次検索の定性分析

一次検索の定性分析は、ピーク・サーチの定性分析と異なって、次のような測定条件を設定した。

- ①管球 (Cu) ②管電圧 (50kV) ③管電流 (200mA) ④モノクロメーター

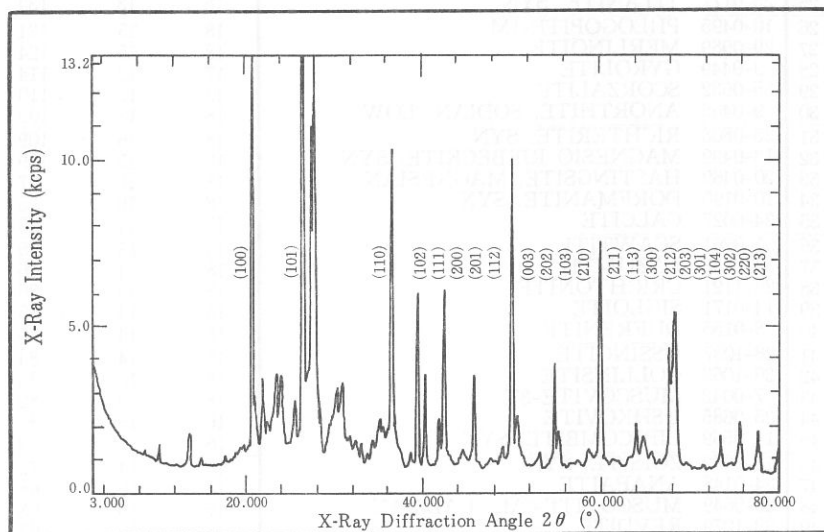


Fig. 2 X-Ray Diffractograms of the Brick Sample from Confucian Temple by Qualitative Analysis of 1st Search-Match

Table 2 Qualitative Analysis of 1st Search-Match for the Brick Sample from Confucian Temple in Shandong, China

No	カードNo	化 学 式	元素 標準 本	標 本 数	一致 本数	信頼 係 数
1	33-1161	QUARTZ, LOW	16	16	16	927
2	18-1202	ANORTHITE, SODIAN, INTER	18	18	18	480
3	20-0452	GISMONDINE	18	15	15	397
4	19-1184	ALBITE, LOW	18	17	17	363
5	20-0528	ANORTHITE, SODIAN, LOW	18	18	18	333
6	34-0192	HERCYNITE, SYN	11	10	10	303
7	9-0427	ALMANDINE	15	13	13	292
8	19-0926	MICROCLINE, MAX	18	18	18	258
9	9-0457	ALBITE, CALCIAN, LOW	18	18	18	249
10	22-0687	MICROCLINE, MAX	18	18	18	239
11	26-0911	ILLITE-2M1	18	17	17	234
12	37-0415	WADSLLEYITE	12	11	11	229
13	23-1406	PARGASITE	18	14	14	206
14	9-0478	ALBITE, POTASSIAN, HIGH, HEATED	18	17	17	189
15	10-0357	SANDINE, HIGH, SYN	17	13	13	189
16	25-0843	MAJORITE	15	13	13	179
17	10-0360	ANORTHITE, SODIAN, HIGH, SYN	18	18	18	166
18	11-0313	KALIOPHILITE	18	15	15	160
19	31-0966	ORTHOCLASE	18	17	17	152
20	22-0675	MICROCLINE, INTER	18	17	17	150
21	11-0330	WARDITE	18	12	12	147
22	33-1202	WARDITE	18	14	14	140
23	19-0932	MICROCLINE, INTER	18	18	18	137
24	19-1227	SANDINE	18	16	16	135
25	25-0177	TITANITE, SYN	18	13	13	134
26	10-0495	PHLOGOPITE-1M	18	15	15	131
27	29-0989	MERLINOITE	18	15	15	124
28	9-0449	GYROLITE	17	12	12	114
29	35-0632	SCORZALITE	18	12	12	110
30	9-0465	ANORTHITE, SODIAN, LOW	18	18	18	109
31	25-0808	RICHTERITE, SYN	18	16	16	109
32	13-0499	MAGNESIO-RIEBECKITE, SYN	18	15	15	109
33	20-0469	HASTINGSITE, MAGNESIAN	18	13	13	97
34	10-0190	DORFMANITE, SYN	18	16	16	95
35	24-0027	CALCITE	15	11	11	95
36	31-0261	SCAWTITE	18	13	13	95
37	34-0136	LAZULITE	18	14	14	86
38	22-1121	CRICHTONITE	18	15	15	86
39	14-0171	SIGLOITE	18	14	14	85
40	8-0155	DUFRENITE	18	14	14	85
41	28-1037	USSINGITE	18	14	14	84
42	26-1063	COLLINSITE	18	15	15	83
43	7-0042	MUSCOVITE-3T	18	15	15	82
44	35-0685	USHKOVITE	16	13	13	81
45	14-0569	LIPSCOMBITE, SYN	18	14	14	72
46	13-0562	ZOISITE, SYN	18	14	14	72
47	34-0148	ANAPAITE	18	16	16	68
48	25-0649	MUSCOVITE-2M2, CALCIAN	17	16	16	68
49	33-1279	REVDITE	18	16	16	65
50	18-0276	MARGARITE-2M1	18	12	12	64

（使用）⑤受光スリット（0.60mm）⑥ゴニオメータ（広角ゴニオメータ）⑦サンプリング幅（0.020°）⑧走査速度（3,000°/min）⑨発散スリット（1°）⑩散乱スリット（1°）および⑪アタッチメントは標準試料ホルダーである。一方、データ処理に関しては、波長（1.54066Å）および平滑化点数は9として行った。

検索条件としては、次のとおりである。①検索ファイル（鉱物ファイル）②検索方法（ファイル1だけ検索する）③元素指定方法（指定元素のみから成るもの）④主成分（Al、Si および Fe）⑤微成分（Mg、Na、Ca、K、Ti および P）⑥不確定成分（H、O および C）⑦最低一致本数（8）⑧最低一致率（10%）⑨一致判定許容幅（3）および⑩信頼性係数閾値（50）である。

一次検索の定性分析を行うため、回折角度（ $2\theta=3.000\sim 80.000$ ）の範囲を示したのが **Fig. 2** である。

Fig. 2 におけるX線強度値として、10.00kcps 以上になっている回折角度（ 2θ ）は、No. 11 の 20.820Å、No. 23 の 26.600Å および No. 46 の 36.520Å である。

測定条件および検索条件の設定した後に、**Table 2** において一次検索として50個の化学式を引き出すことができた。**Table 2** における化学式の中で、元素標準ピーク本数は11~18の範囲であり、一致本数は11~18の範囲であり、そして信頼性係数は64~927の広範囲にわたっている。この信頼性係数が100個以上のものは、32個の化学式が含まれている。信頼性の大きいのが927である。すなわち、カード No. が33-1161で、化学式がQUARTZ, LOWである。QUARTZ, LOWの元素標準ピーク本数や一致本数が、共に16である。その結果、祇園精舎の主成分は、QUARTZ（石英）の鉱物名であることが判明できた。

2.3 二次検索の定性分析

二次検索の定性分析を行うため、測定条件とデータの処理方法は、2.2と同様である。孔子廟の煉瓦により近い同類型の化学式を **Fig. 3** のようにプロットした。

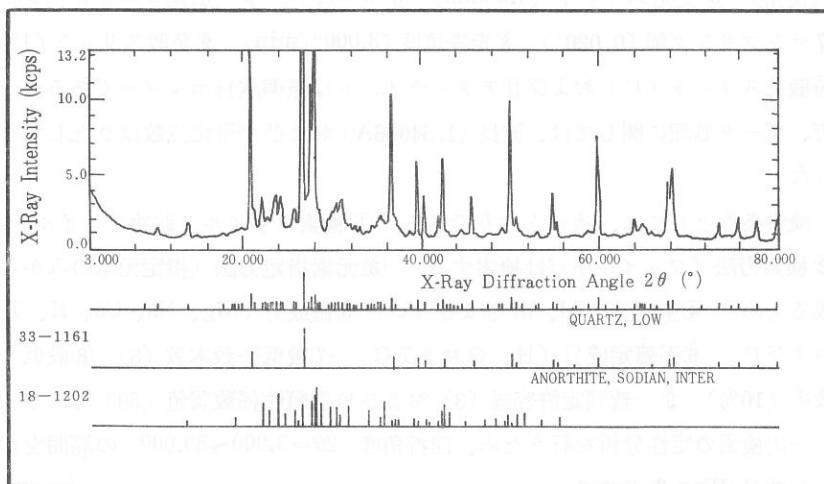


Fig. 3 Qualitative Analysis of 2nd Search-Match of the Brick Sample from Confucian Temple in Shandong, China

Fig. 3 において、煉瓦に近い波形は、**Table 2** における信頼性係数の大きい化学式である。この信頼性係数の大きい化学式の No. 1 (カード No. 33-1161) と、No. 2 (カード No. 18-1202) をプロットしたのが **Fig. 3** である。この **Table 2** と **Fig. 3** によって、孔子廟の煉瓦は No. 1 (カード No. 33-1161) の QUARTZ, LOW と同型の構造と理解できた。

3 検 討

3.1 結晶構造の決め方

孔子廟の煉瓦の鉱物名は、**2.2** の一次検索の定性分析によって理解できた (**Table 2** および **Fig. 3**)。この **Table 2** の最大信頼性係数が 927 であり、**Fig. 3** のピークの類似性からより明白に確認できた。したがって、カード No. 33-1161 の化学式 QUARTZ, LOW (石英) と同型と認めた。

以上の事柄から石英 (QUARTZ, LOW) が六方晶系であるため、孔子廟の煉瓦も六方晶系の結晶構造であることが決定できた。

3.2 六方晶系の格子定数の決め方

六方晶系の格子定数は、面間隔（ d ）と面指数（ hkl ）によって求められる。これらの関係式は、次のとおりである。

$$d(hkl) = \frac{a}{\sqrt{\frac{4}{3}(h^2+k^2+hk) + \frac{a^2}{c^2}l^2}} \dots\dots\dots(2)$$

面間隔（ d ）は、ブラッグの反射条件式によって、波長が与えられると求められる。面指数（ hkl ）は、結晶構造によって異なるため、面間隔に対応して決定できる。面間隔（ d ）と面指数（ hkl ）から最小2乗法によって、格子定数の a 軸と c 軸が求められた。 a 軸と c 軸の値は、コンピュータの FORTRAN 言語⁽⁵⁾を用いて、次のとおりに情報処理の演算を行った。

コンピュータ処理の手順は、次のとおりに処理を行った。

式(2)を書き換えると、次のようになる。

$$\frac{1}{d^2} = \frac{4}{3a^2}(h+k+hk) + \frac{l^2}{c^2} \dots\dots\dots(3)$$

この式(3)において、第1項と第2項をまとめると、

$$X = \frac{4}{3a^2} \dots\dots\dots(4)$$

あるいは

$$Y = \frac{1}{c^2} \dots\dots\dots(5)$$

となる。この式(4)と(5)を式(3)に代入すると、

$$\frac{1}{d^2} = X(h+k+hk) + Yl^2 \dots\dots\dots(6)$$

のようになる。ここで、 $(1/d) = m$ 、 $h+k+hk = \alpha$ および $l^2 = \beta$ をおきかえた。Table 3 のようにデータ処理を行った。Table 3 では、面間隔（ d ）と面指数（ hkl ）よりデータシートを表示した。データシートの値を次の行列式に用いた。

Table 3 The Lattice Constants Calculated Lattice Distance in the Reflection Patterns

面間隔	相対強度	面指数	$\frac{1}{d^2} = m$	$\alpha = h^2 + k^2 + hk$	$\beta = l^2$	$\alpha\beta$	α^2	β^2	αm	βm
d(Å)	I/I ₀	h k l								
4.2630	21	1 0 0	0.055	1	0	0	1	0	0.055	0.055
3.3483	100	1 0 1	0.089	1	1	1	1	1	0.089	0.089
2.4584	10	1 1 0	0.165	3	0	0	9	0	0.495	0.000
2.2839	6	1 0 2	0.192	1	4	4	1	16	0.192	0.768
2.2393	4	1 1 1	0.199	3	1	3	9	1	0.597	0.199
2.1301	6	2 0 0	0.220	4	0	0	16	0	0.880	0.000
1.9820	4	2 0 1	0.255	4	1	4	16	1	1.020	0.255
1.8199	10	1 1 2	0.302	3	4	12	9	16	0.906	1.208
1.8024	3	0 0 3	0.308	0	9	0	0	81	0.000	2.772
1.6727	4	2 0 2	0.357	4	4	16	16	16	1.428	1.428
1.6604	2	1 0 3	0.363	1	9	9	1	81	0.363	3.267
1.6025	1	2 1 0	0.385	7	0	0	49	0	2.695	0.000
1.5429	8	2 1 1	0.420	7	1	7	49	1	2.940	0.420
1.4540	2	1 1 3	0.473	3	9	27	9	81	1.419	4.257
1.4193	2	3 0 0	0.496	9	0	0	81	0	4.464	0.000
1.3829	5	2 1 2	0.523	7	4	28	49	16	3.661	2.092
1.3757	5	2 0 3	0.528	4	9	36	16	81	2.112	4.752
1.3725	6	3 0 1	0.531	9	1	9	81	1	4.779	0.531
1.2886	2	1 0 4	0.602	1	16	16	1	256	0.602	9.632
1.2568	2	3 0 2	0.633	9	2	18	81	4	5.697	1.266
1.2290	2	2 2 0	0.662	12	0	0	144	0	7.944	0.000
1.2006	3	2 1 3	0.694	7	9	63	49	81	4.858	6.246
T O T A L						253	688	734	47.196	39.237

$$\Delta = \begin{vmatrix} \sum \alpha^2 & \sum \alpha\beta \\ \sum \beta\alpha & \sum \beta^2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 688 & 253 \\ 253 & 734 \end{vmatrix}$$

$$= \sum \alpha^2 \times \sum \beta^2 - (\sum \alpha\beta)^2 = 440983 \dots\dots\dots(7)$$

$$X = \frac{1}{\Delta} \begin{vmatrix} \sum \alpha m & \sum \alpha\beta \\ \sum \beta m & \sum \beta^2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 47.196 & 253 \\ 39.237 & 734 \end{vmatrix}$$

$$= \frac{1}{\Delta} (\sum \alpha m \times \sum \beta^2 - \sum \beta m \times \sum \alpha\beta) = 0.056 \ 045 \ 024 \dots\dots(8)$$

式(4)より書き換え、格子定数 a 軸の値を計算する。

$$a^2 = \frac{4}{3\bar{X}} = \frac{4}{0.168\ 135\ 073}$$

すなわち、格子定数は $a=4.8775\text{\AA}$ である。

次に、格子定数 c 軸の値を計算する。

$$Y = \frac{1}{4} \left| \begin{array}{cc} \sum \alpha^2 & \sum \alpha m \\ \sum \beta \alpha & \sum \beta m \end{array} \right| = \left| \begin{array}{cc} 688 & 47.196 \\ 253 & 39.237 \end{array} \right|$$

$$= \frac{1}{4} (\sum \alpha^2 \times \sum \beta m - \sum \beta \alpha \times \sum \alpha m) = 0.034\ 138\ 432 \dots \dots (9)$$

式(5)を書き換え、格子定数 c 軸の値を計算するならば、次のとおりである。

$$c = \sqrt{\frac{1}{Y}} = 5.4123\text{\AA}$$

この行列式の値を、式(4)と(5)に代入することによって求められる格子定数の a 軸の値は、 $a=4.8775\text{\AA}$ であり、 c 軸の値は、 $c=5.4123\text{\AA}$ である。この両軸の軸比は、すなわち (c/a) は 1.1096 である。

インドの祇園精舎と中国の孔子廟をX線回折図形によって多重記録を行った。

すなわち、測定条件は次のとおりである。①管電圧は50kV、②管電流は200 mA、③ゴニオメータは広角ゴニオメータ、④サンプリング幅は 0.020° 、⑤走査速度は $3,000^\circ/\text{min}$ 、⑥発散スリットは 1° 、⑦散乱スリットは 1° 、⑧受光スリットは 0.30mm などである。この測定条件によって得られた図形が **Fig. 4** である。**Fig. 4** において、上から①マヘート遺跡のレンガ、②祇園精舎の土質、③祇園精舎のレンガ、④孔子廟の土質および⑤孔子廟のレンガの図形である。回折角度 ($2\theta=26^\circ$) 付近では相対強度が大きく、100% とし、面指数が(101)面である。次に、相対強度の大きい順は(100)面、(110)面および(112)面などが10%以上である。このように遠く離れた場所にも拘らずよく似ている図形であることがわかった。

この **Fig. 4** からよく似た図形であることから、それぞれの格子定数と軸比を比較したのが **Table 4** である。このレンガに近い成分は、 SiO_2 であ

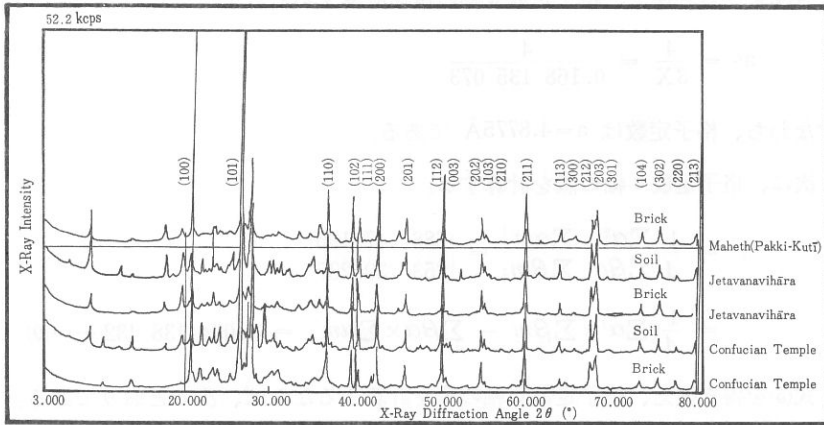


Fig. 4 X-Ray Diffractograms of the Brick and Soil Sample in Jetavanavihāra (India) and Confucian Temple (China)

Table 4 The Lattice Constants and Lattice Ratio of the Brick Sample in Jetavanavihāra (India) and Confucian Temple (China)

Sample \ Lattice Constant		Lattice Constants				Lattice Ratio		Remarks
		a(Å)	Ratio	c(Å)	Ratio	c/a	Ratio	
Confucian Temple	Brick	4.8775	100.00	5.4123	100.00	1.1096	100.00	本論文
Jetavanavihāra	Brick	4.9047	100.56	5.3829	99.46	1.0975	98.91	経法論集39
Maheth (Pakki-Kuti)	Brick	4.8764	99.98	5.4109	99.97	1.1096	100.00	アジ研年報3
ASTM	SiO ₂	4.9133	100.73	5.4053	99.87	1.1001	99.14	
General	SiO ₂	4.9030	100.52	5.3930	99.64	1.0999	99.13	
Jetavanavihāra	Soil	4.9312	101.10	5.3512	98.87	1.0859	97.80	アジ研年報1

る。SiO₂ は ASTM と一般の文献より調査を行った。その結果、 α -石英 (SiO₂) の格子定数は、一定な範囲内にあることがわかった。すなわち、格子定数の a 軸は 4.903~4.913Å であり、c 軸は 5.393~5.403Å の範囲である。一般の SiO₂ と孔子廟のレンガについて比較を行った。孔子廟にある煉瓦の格子定数 a 軸は、一般の SiO₂ よりも短くなり、c 軸の方は長く、そして、軸比は大きい値である。祇園精舎のレンガおよび土質について比較を行った。その結果、一般のケイ酸と同様な格子定数の長さであることがわかった。以上のことをま

とめると、マヘート遺跡を除いた一般のケイ酸と祇園精舎（レンガと土質）の格子定数（a軸）は、孔子廟のレンガよりも長く、c軸は短い値である。一方、軸比については、孔子廟の方が大きいことが認められた。

4 おわりに

中国山東省の西南地方にある孔子廟の煉瓦は、X線回折図形とコンピュータの情報処理によって、化合物の格子定数を決定することができた。その結果は、次のとおりである。^(2~3)

4.1 ピーク・サーチの定性分析

回折角度の 2θ (8.760~79.82) Å の範囲において、それぞれ91個のピークをサーチし、これに対応した面間隔（d）、X線強度値（I）、半価幅および相対強度（ I/I_0 ）を求めることができた。

4.2 一次検索の定性分析

孔子廟にある煉瓦成分に近い化学式を決定することができた。その決定に対して、元素標準ピーク本数、一致本数および信頼性係数から確認することができた。この煉瓦に近い化学式は50個がある。その中では、No. 1 のカード No. 33-1161 の化学式（QUARTZ, LOW）が最も近いことがわかった。それは信頼性係数が927であるからである。石英（QUARTZ, SiO_2 ）はこの煉瓦の中で70 wt.% も含まれていることを蛍光X線分析によって確認できたからである。^(6~8)

4.3 結晶構造と格子定数

孔子廟の煉瓦は、石英と同質であることが、^(6~8) 蛍光X線分析の含有率とX線分析によって認められた。ゆえに、結晶構造は六方晶系であることを判定することができた。この六方晶系の格子定数は、回折角度より求めた面間隔と面指数を用いて、コンピュータ処理を行った。その結果、 $a=4.8775\text{Å}$ と $c=5.4123\text{Å}$ で、軸比（ c/a ）は1.1096である。

謝 辞

本論文の材料採集に当っては、現地調査に同行した北京の民族出版社の金永氏に対して、特に、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の片山佐一博士に、また各種の資料調査に対しては、関西大学図書館閲覧参考課長の藤井収先生、中国東北林業大学の安光烈講師および本学アジア研究所の崔京氏に感謝の意を表します。

最後になりましたが、この研究の論文は1992年度の本学研究補助金による成果である。

参 考 文 献

- (1) 渋谷栄一『孔子一人間、どこまで大きくなれるか』三笠書房（1992）
- (2) 沢勲、網干善教、村田守「インド、祇園精舎に構築していたレンガのX線回折分析」大阪経済法科大学論集 39 p. 23～34（1990）
- (3) 沢勲、網干善教、村田守「インド、祇園精舎に構築していた土質のX線回折分析」大阪経済法科大学アジア研究所年報 1 p. 79～88（1990）
- (4) 沢勲、網干善教、河野久征「インド、カピラ城に構築していたレンガのX線回折分析」大阪経済法科大学アジア研究所年報 3 p. 25～36（1992）
- (5) 沢勲「THE FORTRAN」弘文社（1987）
- (6) 沢勲、網干善教、村田守「インド、祇園精舎に構築していたレンガの蛍光X線分析」大阪経済法科大学論集 40 p. 25～44（1990）
- (7) 沢勲、網干善教、村田守「インド、祇園精舎に構築していた土質の蛍光X線分析」大阪経済法科大学論集 41 p. 1～19（1990）
- (8) 沢勲、網干善教、河野久征「インド、Kapilavastu に構築していたレンガの蛍光X線分析」大阪経済法科大学論集 48 p. 23～48（1992）