

### 3. 東北タイ産ラテライトの化学組成

#### —X線マイクロアナライザによる化学分析—

塚脇真二<sup>1</sup>・大河原正文<sup>2</sup>

1: 金沢大学教養部地学教室

2: 岩手大学工学部建設環境工学科

#### 1. はじめに

熱帯地域に広く分布するラテライトは、主として鉄・アルミの水酸化物からなる土壌であり (Bridges, 1978), 瘤塊化したものはカンボジア国内や東北タイに分布するクメール建造物の主要建材として用いられている (石澤, 1989)。

ラテライトに関する研究は土壌学・地理学・農学・鉱床学など多くの分野においてさまざまな角度から行われ、とくにタイに分布するラテライトについては、その成因や化学組成について幅広い研究がなされている (Thiramongkor, 1983; Pramojanee *et al.*, 1984; Sriphog *et al.*, 1984; Mitsuchi *et al.*, 1989; Tamura, 1992)。しかし、アンコール遺跡に建材として用いられたものを含め、カンボジアのラテライトについては盛合 (1993) の報告がある程度で、詳細な研究例はない。しかし、今後の実際的な遺跡の保存・修復にあたり、これまでにタイなどで蓄積された研究資料は大いに活用すべきものであり、そのためにはカンボジアのラテライトについての詳細な調査・研究が必要となる。

本研究では、東北タイに分布するラテライトについて、X線マイクロアナライザ (EPMA) による定量分析を行った。EPMAによる化学分析は他の分析法 (湿式法や蛍光X線法) に比べ、短時間で多数の試料についての結果が得られる反面、ラテライトに関しては分析試料の調整や分析精度に難点があった。しかし、新しい試料調整法の開発や、それによる分析精度の向上で上記の問題も克服されたと考えられ、その活用によってカンボジアのラテライトの化学組成について今後豊富な資料の提供が期待される。

本研究を行うにあたり、東北大学地理学教室田村俊和教授にはラテライトの成因についてご意見をいただき、多数の文献類をご紹介いただいた。北海道大学理学部田中亮吏氏には研究内容についてご討論いただくとともに参考資料をご紹介いただいた。岩手大学工学部小綿利憲氏にはEPMAの使用にあたりご助力いただいた。以上の方々に深く感謝の意を表する。

#### 2. 分析試料ならびに分析方法

分析用の試料としたラテライトは1993年8月に東北タイのDoh Toom村にあるラテライト採掘地で採集した。この採掘地は周囲の水田地帯より5 mほど高い台地上に位置し、赤褐色を呈するラテライト層の厚さは2 m以上ある。上位の粗粒部と下位の細粒部との境界は不規則で、粗粒部には平均径約2 cmのチャートを主体とする円礫が散在し、水抜け痕と考えられる直径1 cm程度の空洞が観察される(塚脇, 印刷中)。

分析にあたってはプレス形成法(野呂ほか, 1981)にほぼ従った。まず試料の基質部をメノウ乳鉢で粉碎し粉末試料を作成した。次にこの粉末試料0.03gを特殊鋼(大河原, 未公表資料)のプレス形成器により10t/cm<sup>2</sup>の圧力のもとで30秒間一軸圧縮して分析用ペレットを作成した。このペレットに炭素蒸着後、波長分散型EPMA(岩手大学工学部所有: JEOL JXA-8621)で精密分析した。分析条件は電流1.2×10<sup>9</sup>A, 電圧15.0kV, 分析時間100秒である。

### 3. 分析結果

表1に分析結果を示す。この表で示されるように、この試料はおもにSiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>およびFeOから構成される。

### 4. 考察

アンコール地域のクメール建造物に使用されたラテライトは、これらの建造物からさほど離れていないところ、すなわち現在のアンコール地域周辺で採掘されたとされる(たとえば石澤, 1989)。これらのラテライト石材(カンボジア産ラテライト)の5試料について盛合(1993)は蛍光X線法により化学分析し、それらの組成が今回分析した東北タイ産ラテライトと同様に、おもにSiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>およびFeO(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)からなることを示した。

図1に東北タイ産ラテライト、およびカンボジア産ラテライト(盛合, 1993)のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>ならびにFeOの含有量を示す。この図から明らかなようにカンボジア産ではFeO含有量は20~50%と大きくばらつくが、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含有量はいずれも10~20%の範囲内に入る。これに対し、東北タイ産ラテライトではFeO含有量がカンボジア産のものの平均的な値を示す一方、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含有量は約26%と明らかに高い値を示す。

Sriphog *et al.* (1984)はタイの22地域に分布するラテライト土壌について化学分析し、東北タイのNakhon RatchasimaならびにLoeiに分布するラテライトのAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含有量が高く、それぞれ29~34%ならびに約33%であることを示した。今回の分析結果は彼らの結果と調和的である。以上の事実から、ラテライトのAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含有量が東北タイとカンボジアとで異なることはほぼ確かであるといえよう。

これは言い換えれば，ラテライトの $Al_2O_3$ 含有量にもとづき，それが東北タイ産かカンボジア産かを識別することが可能であるといえる。

東北タイのラテライトとカンボジアのラテライトとで $Al_2O_3$ 含有量に違いが生じる原因として考えられるのは，ラテライト産地の周辺地質（ラテライトの母岩）の違いであろう。東北タイではコラート高原を中心として白亜紀の河川性堆積岩類（コラート層群）が広く分布し（Iwai *et al.*, 1966; Kobayashi, 1984），これらの堆積岩類には $Al_2O_3$ を含む長石が豊富に含まれる（塚脇，印刷中）。これに対しカンボジアのアンコール地域周辺には新生代（おそらく中期：塚脇ほか，印刷中）の浅海性堆積岩類が分布し，これらの堆積岩類には石英が多く含まれる（塚脇・盛合，1993）。すなわち，東北タイのラテライトが示す高い $Al_2O_3$ 含有量は，母岩の主構成鉱物である長石に起因する可能性が高い。これは Sripkog *et al.* (1984) の分析結果で，東北タイ以外に分布するタイ産ラテライトの $Al_2O_3$ 含有量が一般に低いことから裏付けられる。さらに，このような両地域の地質の違いに加え，ラテライトの地質学的形成時期の違いや，形成当時の気候の違いに起因することも考えられる。

## 5. 今後の課題

本研究により，EPMAを使うことでラテライトの化学分析が迅速に行えること，ならびに東北タイ産ラテライトの化学組成が $SiO_2$ ， $Al_2O_3$ および $FeO$ から構成され，さらにカンボジア産ラテライトの化学組成との比較から， $Al_2O_3$ 含有量でラテライトの産地が東北タイかカンボジアかを区別できる可能性が示された。しかし，今回分析したのは東北タイ産ラテライトの1試料のみである。そこで，この結果を確実なものとするためには，東北タイならびにカンボジアの両地域において数多くの試料を分析・検討する必要がある。これにはEPMAによる迅速的な化学分析がうってつけであろう。

## 参考文献

- Bridges, E.M., 1978, *World Soils*. 2nd ed. 永塚鎮男・漆原和子訳, 1990, 世界の土壌. 古今書院, 東京, 200p.
- 石澤良昭, 1989, アンコール・ワット. 日本テレビ, 東京, 186p.
- Iwai, J., Asama, K., Veeraburas, M. and Hongnusunthi, A., 1966, Stratigraphy of the so-called Khorat Series and a note on the fossil plant-bearing Palaeozoic strata in Thailand. *Geol. Palaeontl. Southeast Asia*, vol.2, p.179-196.
- Kobayashi, T., 1984, On the Geological History of Thailand and West

- Malaysia. *Geol. Palaeontl. Southeast Asia*, vol.25, p.3-42.
- Mitsuchi, M., Wichaidit, P. and Jeungnijirund, S., 1989, Soils of the northeast plateau, Thailand. *Tech. Bull. Trop. Agricul. Center*, no.25, p.1-55.
- 盛合禮夫, 1993, アンコール遺跡の地質学的研究. 東北工業大学紀要 I : 理工学編, no.13, p.87-93.
- 野呂春文・山田賢一・鈴木和博, 1981, 粘土試料のEPMA分析. 鉱物学雑誌, vol.15特別号, p.42-54.
- Pramojanee, P., Hastings, P.J., Liengsakul, M. and Engakul, V., 1984, The laterite in Sakon Nakhon Basin: with reference to its landscape relationships and the agricultural potential of its occupying soil. *Conf. Appli. Geol. National Dev., Chulalongkorn Univ., Bangkok*, p.303-314.
- Sriphog, N., Iyamcitqakusol, C. and Thipprasan, S., 1984, Industrial products from lateritic soils. *Conf. Appli. Geol. National Dev., Chulalongkorn Univ., Bangkok*, p.357-358.
- Tamura, T., 1992. Landform development and related environmental changes in the Chi River Basin, Northeast Thailand. *Sci. Rep. Tohoku Univ., 7th ser. (Geogr.)*, vol.42, p.107-127.
- Thiramongkor, N., 1983, Geomorphology of the lower central plain, Thailand. *3rd Meet. Working Group on Geomorphology of River and Coastal Plains*, p.13-25.
- 塚脇真二, 印刷中, 東北タイに分布するクメール遺跡視察報告 - 地質学の視点から -. カンボジアの文化復興 (10) 第10次アンコール遺跡および伝統文化復興の研究・調査, 上智大学アジア文化研究所.
- 塚脇真二・盛合禮夫, 1993, アンコール遺跡群における地盤ならびに地下水 - とくにアンコール・トム バイヨンについて -. カンボジアの文化復興 (8) 第8次アンコール遺跡および伝統文化復興の研究・調査, 上智大学アジア文化研究所, p.95-114.
- 塚脇真二・亀丸文秀・西 弘嗣, 印刷中, カンボジアにおける浮遊性有孔虫化石の発見, ならびにその意義. カンボジアの文化復興 (11) 第11次アンコール遺跡および伝統文化復興の研究・調査, 上智大学アジア文化研究所.

図表の説明

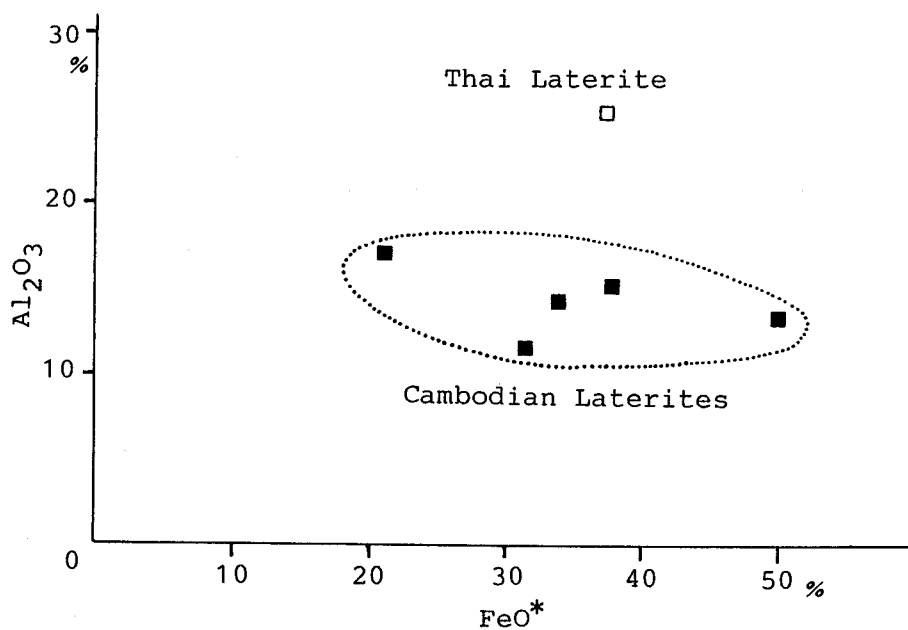


図1 東北タイ産ラテライト（白角）ならびにカンボジア産ラテライト（黒角：盛合（1993）より作図）のFeO（total iron as FeO）およびAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含有量（いずれも重量％）。

Elements	Wt.(%)
SiO <sub>2</sub>	32.97
TiO <sub>2</sub>	0.90
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26.09
FeO*	34.64
MnO	0.07
MgO	0.17
CaO	0.06
Na <sub>2</sub> O	0.11
K <sub>2</sub> O	0.00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.56
<b>Total</b>	<b>96.56</b>

表1 東北タイ産ラテライトの化学組成。