

7. アンコール遺跡群における地盤および地下水

—とくにアンコール・トム バイヨンについて—

塚脇真二¹・盛合禧夫²

1：東北大学理学部地圏環境科学科

2：東北工業大学工学部土木工学科

I. はじめに

歴史的石造建造物では、一般に地盤自体の強度のみで膨大な重量を支えており、長期間にわたる地盤変状が遺跡の劣化・崩壊を引き起こすことが多い。アンコール遺跡でもそれは例外ではなく、硬い石灰岩上に建設されたエジプトのピラミッドなどとは異なり、ほとんどの建造物が代表的軟弱地盤である沖積層の上に建設されているため、地下水位変動などに起因する地盤変状が建造物の劣化に大きな影響を与えている可能性が高い。そこで、本格的な修復・保存作業に入る前に十分な地盤精査を行い、地盤改良などで十分な強度を持たせることが必要と考えられるが、それに先立ってその概要を把握することが急務である。

アンコール遺跡群の地盤および地下水に関してはこれまで盛合によって研究がなされ、バンテアイ・クデイおよびプリア・カーンについてはその概要がほぼ明らかにされた（盛合，1991，1992）。また、アンコール・トムについても予察的な報告がある（盛合，1992）。しかし、これまでの調査はおもに乾期である3月に行われたものであり、いずれの遺跡に関しても雨期における地下水位の問題は依然として残されたままであった。そこで、今回の調査では予察的な検討がなされただけのアンコール・トム、バイヨンの地盤構成を把握するためその周囲で多数の試錐を行った。バンテアイ・クデイおよびプリア・カーンでは盛合の研究成果をふまえ、それぞれ1本のオーガー試錐を行い8月における地下水位について調べた。さらに、入手したプノンペン市内のボーリングコア試料について今後の研究資料とすべく記載した。

本研究を行うにあたり、上智大学第8次調査団の石澤良昭上智大学教授を初め団員諸氏には種々のご援助をいただいた。とくに財団法人機械電子検査検定協会ラオ・キム・リャン博士にはボーリング試料の入手にご尽力いただいた。プノンペン政府情報文化省およびアンコール遺跡保存事務所の諸氏には実際の調査にあたり便宜を計っていただくとともに暖かいもてなしをうけた。プノンペン芸術大学考古学教室クム・ソリス (Koum Sorith),

セン・ソス (Seng Soth) 両氏には現地調査にご協力いただいた。ここに記して感謝の意を表す。

II. 研究方法

試錐に用いた器材は盛合 (1991) に同じである。実際の試錐にあたっては掘削限界の約 6 m まで行うよう努めたが、軟弱地盤に達したためそれ以深の掘進が困難な場合、および硬い埋没物の存在で掘進不可能となった場合にはその深度で掘削を中止した。試錐のさいには 10~30cm 掘進するごとに試料を採集し、その粒度・構成鉱物・含有物・色彩・pH 値を調べた。試料の色彩は Goddard et al (1951) に基き記載した (Table 1)。試料の pH 値の測定にあたっては、湿重量約 1 g の試料を 5 cc の純水に溶かしたものについて、堀場製 D-13 型 pH 測定器を用いて行った。バイヨン北側で行った試錐では、8 試料について X 線粉末回折分析を行い構成鉱物を検討した。

5Y6/1	light olive grey
5Y8/1	yellowish grey
5Y6/2	pale olive
5YR3/4	moderate brown
5YR4/4	moderate brown
5YR6/4	light brown
5YR7/2	greyish orange pink
10R3/4	dark reddish brown
10R4/6	moderate red
10YR2/2	dusky yellowish brown
10YR3/2	dark yellowish brown
10YR4/2	dark yellowish brown
10YR5/2	pale yellowish brown
10YR6/2	pale yellowish brown
10YR7/2	very pale orange
10YR5/4	light brown
10YR6/4	light brown
10YR7/4	greyish orange

Table 1 Goddard et al. (1951) の色彩記号 (抜粋)

III. オーガー試錐結果

1. アンコール・トム バイヨン

アンコール・トムの中心寺院であるバイヨンの南南西方約 2 km にはアンコール 3 聖山

のひとつプノン・バケンがあり、バイヨンの地下深部に固い基盤岩の存在が推定される。また、バイヨンの西方には貯水池である西バライが位置し、東方にはシェリムアップ川が流れ、アンコール・トムをめぐる環壕の存在とあいまって地下水が十分に存在しうる環境にあるといえる。

アンコール・トムでは、盛合（1992）により2本のオーガー試錐が行われている。今回はこの中でバイヨン南側の1地点を再調査し、さらにバイヨン周辺で8本の新しい試錐を行った。バイヨン周辺での試錐地点を Fig. 1 に、試錐結果を Fig. 2 および Table 2～7 に示す。

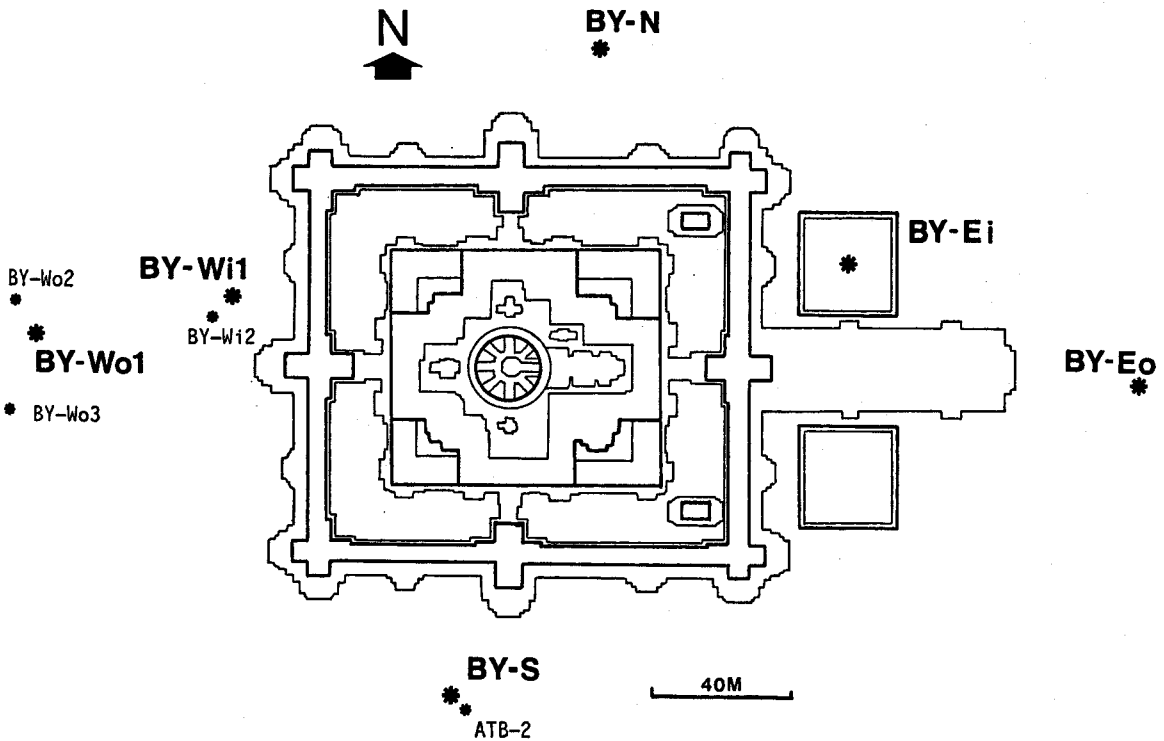


Fig. 1 アンコール・トム、バイヨン周辺におけるオーガー試錐地点
 (石澤, 1989を簡略化したものに加筆。ATB-1 : 盛合, 1992)。

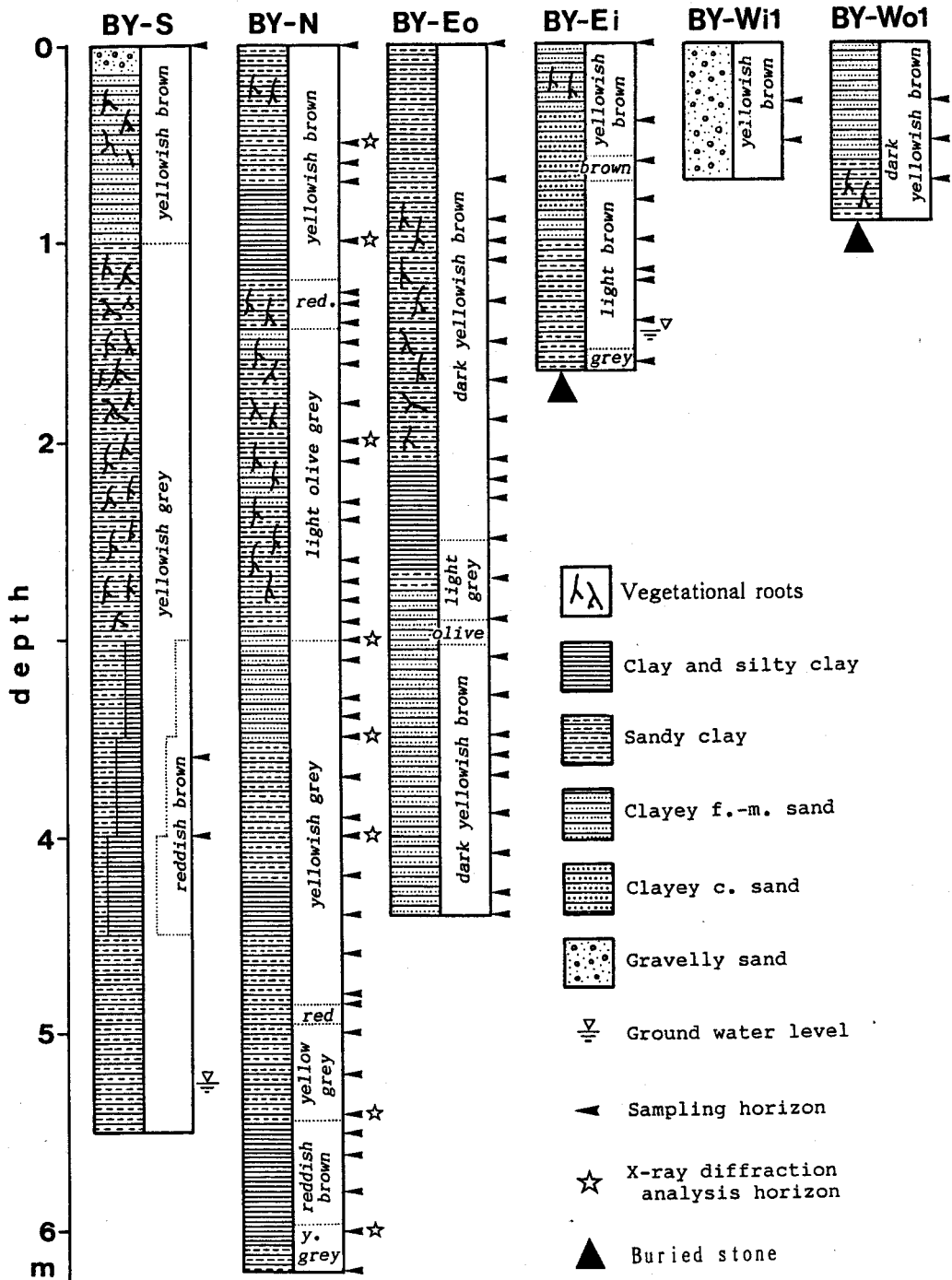


Fig. 2 アンコール・トム, バイヨン周辺における土質柱状図

(1) バイヨン南側 (BY-S)

バイヨンの南側で行った1本 (BY-S) は、盛合 (1992) の乾期における試錐結果を雨期において再確認する目的で行ったもので、第1回廊の約40m南方にある試錐孔 ATB-No.2の約4m北東方で新たな掘削を行った。試錐結果をTable 2に示す。掘削は深度550cmまで行い、深度525cmで地下水位を検出した。表層土は濃黄褐色を呈し細礫を伴う細粒砂から構成されるが、それ以深では徐々に粘土分に富み深度100cmでは茶色がかかった灰色を呈する粘土質砂となる。深度100~300cmは黄灰白色の砂質粘土であり、それ以深では赤褐色粘土がしばしば混在するようになるが、深度450cm以深ではふたたび均一な黄灰白色砂質粘土となる。植物の細根は深度50cm付近および100~250cmで比較的多く、250cm以深ではまれである。再掘削であるために試料の採集は4点にとどめた。表層土のpH値は6.2であるが、深度360cmおよび400cmでのpH値はそれぞれ7.3および7.7とほぼ中性で、深度500cmでは5.4と比較的低い値を示した。この試錐孔から得られた地下水のpH値は6.1である。なお、試錐地点から約50m南方にあって標高が約1m高い位置にある井戸での地下水位は地表面から610cmであり、井戸水のpH値は5.7であった。

BY-S (Angkor Thom, Bayon: 18/8/1992)			
Depth	Colour	pH	Grain size
0cm	10YR4/2	6.2	gravelly f.sand
360	5Y8/1	7.3	sandy clay
400	10R3/4	7.7	sandy clay
500	5Y8/1	5.4	sandy clay
ground water		6.1	

Table 2 バイヨン南側における試料の深度・色彩・pH値および粒度

(2) バイヨン北側 (BY-N)

バイヨンの北側では第1回廊から約30m北方で1本の試錐を行った。掘削は620cmまで行ったが、地下水位面は検出できなかった。試錐結果およびX線粉末回折分析結果をTable 3に示す。この地点の地盤は粘土・シルト質粘土・砂質粘土および粘土質

BY-N (Angkor Thom, Bayon: 19/8/1992)				
Depth	Colour	pH	Grain size	Mineral Composition (%)
0cm	10YR4/2	5.4	sandy clay	
50	10YR4/2	6.2	sandy clay	quartz, kaoline, feldspars
60	5YR4/4	6.2	sandy clay	(70-80) (5-10) (5-10)
70	10R4/6	6.5	sandy clay	
100	10YR5/4	6.2	silty clay	quartz, kaoline
125	10R4/6	6.5	silty clay	(80-90) (5-10)
130	10R4/6	6.0	sandy clay	
140	5Y8/1	6.4	sandy clay	
150	5Y6/1	6.4	clayey f.sand	
160	5Y6/1	6.3	sandy clay	
180	5Y6/1	6.6	sandy clay	
200	5Y6/1	6.8	sandy clay	quartz, kaoline
210	5Y6/1	6.7	clayey f.sand	(80-90) (5-10)
230	5Y6/1	6.9	clayey m.sand	
240	5Y6/1	6.4	sandy clay	
260	5Y6/1	6.5	sandy clay	
270	5Y6/1	6.7	sandy clay	
280	5Y6/1	6.8	sandy clay	
290	5Y6/1	6.4	sandy clay	
300	5Y8/1	6.6	clayey f.sand	quartz, kaoline
310	5Y8/1	6.3	clayey f.sand	(70-80) (10-15)
330	5Y8/1	6.4	clayey f.sand	
340	5Y8/1	6.3	clayey f.sand	
350	5Y8/1	6.2	clayey f.sand	quartz, kaoline, goethite
370	5Y8/1	6.1	sandy clay	(70-80) (5-10) (5-10)
390	5Y8/1	5.6	sandy clay	
400	5Y8/1	5.4	sandy clay	quartz, kaoline
420	5Y8/1	5.6	sandy clay	(70-80) (10-15)
440	5Y8/1	5.3	clay	
460	5Y8/1	5.5	sandy clay	
480	5Y8/1	5.2	sandy clay	
485	10YR5/4	5.4	sandy clay	
500	5Y8/1	5.4	sandy clay	
520	5Y8/1	5.6	sandy clay	
540	5Y8/1	5.5	sandy clay	
550	10R3/4	5.0	clay	quartz, kaoline, goethite
560	10R3/4	5.5	clay	(50-60) (10-20) (10+)
580	10R3/4	5.4	clay	
600	5Y8/1	5.7	clay	quartz, kaoline
620	5Y8/1	5.6	sandy clay	(60-70) (10-20)

Table 3 バイヨン北側における試料の深度・色彩・pH値・粒度および構成鉱物

砂から構成される。粘土は深度440cm付近に黄灰色の比較的薄いもの、および深度550~600cmに顕著な濃赤褐色を呈するものが挟在する。シルト質粘土は深度100~120cmに挟在し、上部では淡褐色、下部では赤褐色を呈する。砂質粘土および粘土質砂はこの試掘孔の大部分を構成し、上部約100cmが黄褐色を呈するのに対し、赤褐色を示す砂質粘土が挟在する深度130cm以下では色彩が淡緑灰色から黄褐色へと漸移的に変化する。試料に含まれる砂はおもに石英およびラテライト片から構成される。X線粉末回折分析の結果、いずれの試料でも石英が80%前後と卓越し、少量のカオリン鉱物が含まれており、最上部の試料には長石が10%以下、また深度350および550cmの試料には針鉄鉱が5~10%含まれる。とくに赤褐色を呈する層準(深度550cm)には約10%と比較的多量の針鉄鉱が含まれる。植物の細根は表層から深度50cmまでおよび100~300cmで比較的多く、300cm以深ではまれである。試料のpH値は表層から深度280cmまでは5.3~6.8へと徐々に高くなる傾向にあり、それ以深では徐々に低下し深度390cm以下では5.5前後へと急激に低下する。とくに赤褐色粘土層の最上部ではpH値が約5ときわめて低い値を示す。

(3) バイヨン東側 (BY-Ei, BY-Eo)

バイヨンの東側では2地点において試錐を試みた。この中でバイヨン東正面に位置するふたつの聖池のうち北側で行った1本 (BY-Ei: Table 4) は、深度165cmで硬い

BY-Ei (Angkor Thom, Bayon: 21/8/1992)			
Depth	Colour	pH	Grain size
0cm	10YR2/2	5.3	clayey f.sand
40	10YR4/2	6.1	clayey m.sand
60	5YR3/4	6.2	clayey m.sand
80	10YR2/2	6.1	clayey f.sand
100	10YR4/2	6.1	sandy clay
115	10YR3/2	6.4	sandy clay
120	10YR3/2	5.8	sandy clay
140	10YR2/2	5.2	sandy clay
160	10YR5/2	5.1	sandy clay
ground water		5.2	

Table 4 バイヨン東側聖池内における試料の深度・色彩・pH値および粒度

埋没物に当たり掘進不可能となったが、145cmの深度で水の存在が確認できた。死者の門への通路脇（バイヨン東正面入口から約50m東方）で行った1本（BY-Eo：Table 5）は深度440cmまで掘削したが地下水の存在は確認できなかった。

BY-Eo (Angkor Thom, Bayon: 22/8/1992)			
Depth	Colour	pH	Grain size
0cm	10YR2/2	7.2	sandy clay
70	10YR3/2	5.8	sandy clay
90	10YR3/2	6.1	sandy clay
100	10YR4/2	5.6	sandy clay
110	10YR3/2	5.9	sandy clay
130	10YR4/2	5.9	sandy clay
150	10YR4/2	5.9	sandy clay
170	10YR4/2	6.0	sandy clay
190	10YR4/2	6.1	sandy clay
210	10YR4/2	6.0	sandy clay
220	10YR4/2	6.2	clay
230	10YR6/2	6.1	clay
250	5Y6/1	6.1	clay
270	5Y6/1	5.9	sandy clay
290	5Y6/1	5.9	clayey f.sand
310	10YR7/2	5.7	clayey f.sand
330	10YR5/4	5.7	clayey m.sand
350	10YR5/4	5.5	clayey f.sand
360	10YR5/4	5.7	clayey m.sand
370	10YR5/4	5.7	clayey m.sand
390	10YR6/2	5.6	clayey m.sand
410	10YR5/4	5.6	clayey m.sand
430	10YR6/2	5.9	clayey m.sand
440	10YR7/2	5.9	clayey m.sand

Table 5 バイヨン東側における試料の深度・色彩・pH値および粒度

聖池内の試錐試料は上部の約100cmが粘土質砂、それ以深が砂質粘土から構成され、おもに濃黄褐色ないし褐色を呈し、最深部のみは淡黄褐色を示す。砂はおもに石英およびラテライト片である。植物の細根は表層付近にのみ見出される。pH値は表層から深度115cmまでは徐々に高くなり、それ以深では徐々に低下する傾向にある。深度145cmで得られた水のpH値は5.2であった。

外側の試錐孔は、表層から深度210cmまでは濃黄褐色の砂質粘土、深度290cm以深はおもに淡褐色ないし淡黄褐色の粘土質砂で、粘土質砂層の最上部20cmは淡黄色ないし淡緑色を呈する。両者のあいだに挟在する厚さ約80cmの粘土層は上半部が黄褐色、下

半部が淡緑色とその色彩が変化する。植物の細根は上位の砂質粘土中に多く見出される。試料のpH値は、上位の砂質粘土層および粘土層では一般に5.9~6.1と安定して比較的高い値を示す。一方、下位の粘土質砂層では5.6~5.9と低い値となる。

(4) バイヨン西側 (BY-Wi1~2, BY-Wo1~3)

バイヨン西側での試錐は、周回道路の内側および外側の西大門への通路脇でそれぞれ2本および3本行った。代表的な試錐結果をTable 6および7に示す。道路内側の試掘はスコールの直後であったために地盤が軟弱で掘進困難となり約50cmで掘進を中止した。外側ではいずれの試錐孔でも深度1mに達しないうちに硬い埋没物に当たってしまい掘進不可能となった。

BY-Wi1 (Angkor Thom, Bayon: 22/8/1992)			
Depth	Colour	pH	Grain size
30cm	10YR3/2	4.6	gravelly m.sand
50	10YR4/2	5.3	gravelly m.sand

Table 6 バイヨン西側 (内側) における試料の深度・色彩・pH値および粒度

BY-Wo1 (Angkor Thom, Bayon: 22/8/1992)			
Depth	Colour	pH	Grain size
30cm	10YR3/2	5.9	clayey f.sand
50	10YR3/2	5.5	clayey f.sand
70	10YR4/2	5.4	sandy clay
90	10YR4/2	5.1	sandy clay
ground water		5.3	

Table 7 バイヨン西側 (外側) における試料の深度・色彩・pH値および粒度

内側での試錐試料は濃黄褐色を呈し、細礫を伴う細粒砂から構成される。礫は比較的良好に円磨された砂岩や変成岩を主体とし、砂は石英およびラテライトの破片からなる。植物の細根は表層部のみに見出される。深度30および50cmの土壌は、それぞれ

4.6および5.3とかなり低いpH値を示した。外側では一般に濃黄褐色を呈し、表層から深度50cmまでは粘土質細粒砂、それ以深は砂質粘土からなる。砂は石英およびラテライトの破片からなる。植物の細根は表層部のみに見出される。土壌のpH値は表層での5.9から深度90cmでの5.1まで徐々に低下する。

2. バンテアイ・クディ

バンテアイ・クディでは1991年3月に7本のオーガー試錐が行われている（盛合，1991）。今回の調査では前柱殿の北東に位置する第3号孔を再掘削した（Fig.3）。試錐結果をFig.4 およびTable 8に示す。この地点では深度480cmまで掘削を行い、深度455cm

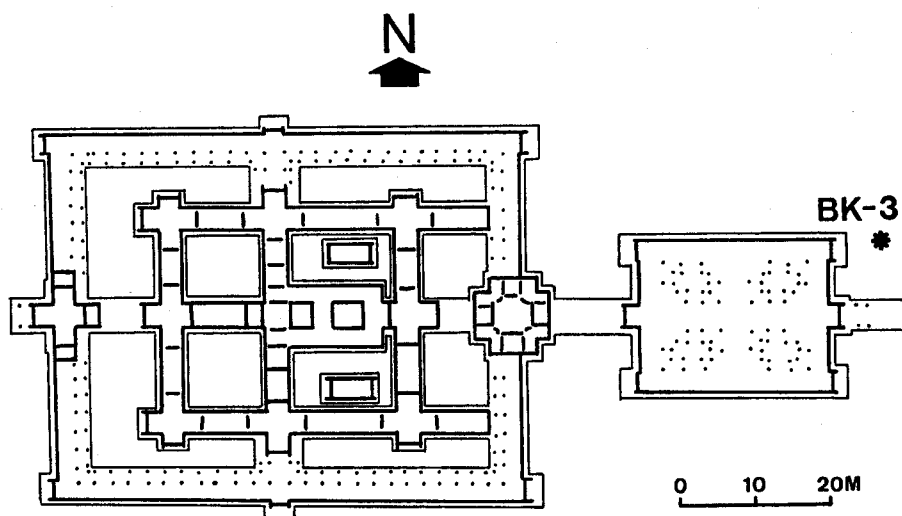


Fig. 3 バンテアイ・クディにおけるオーガー試錐地点
(Delvert, 1967を簡略化したものに加筆)。

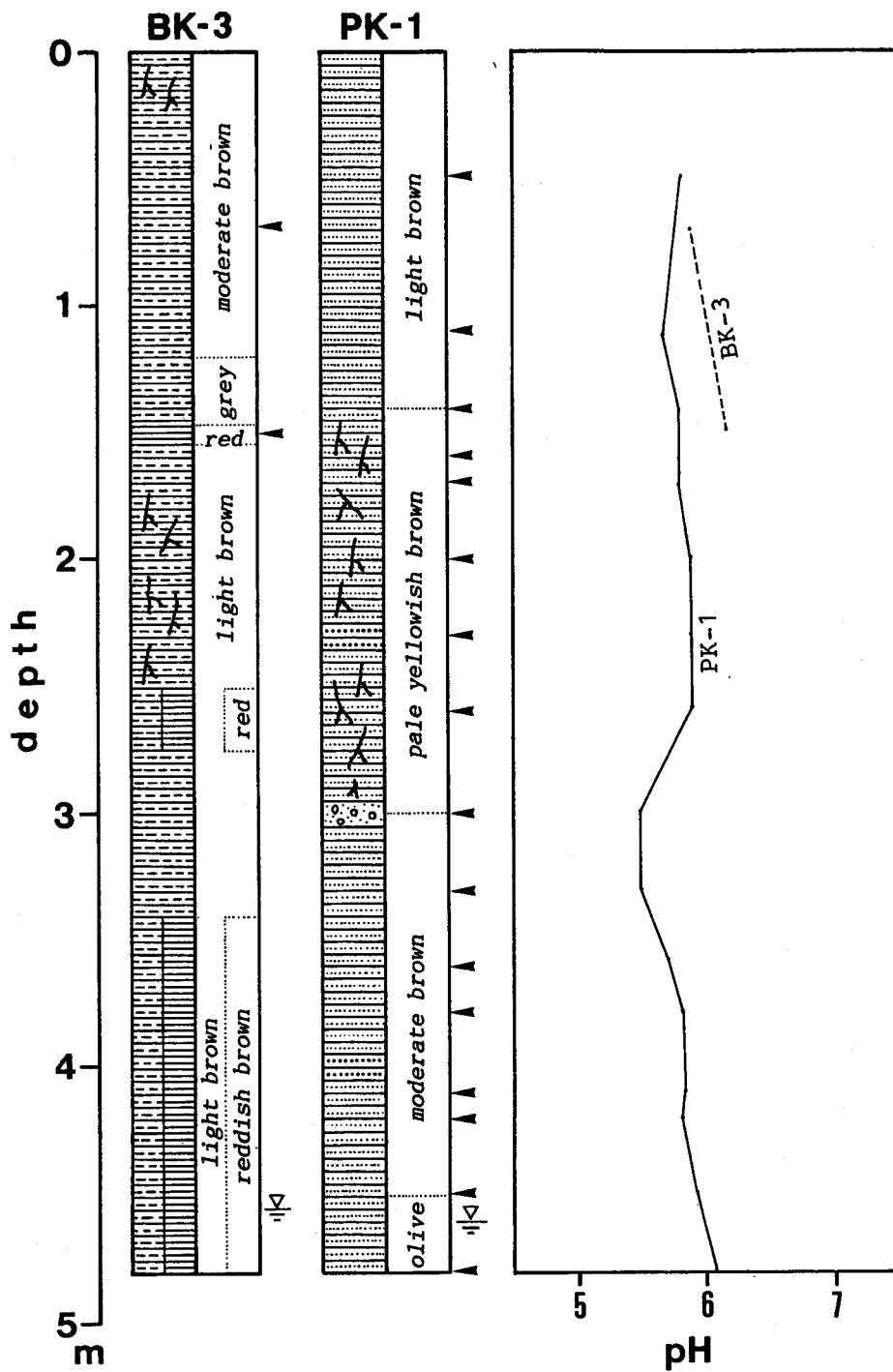


Fig. 4 バンテアイ・クディ第3号孔およびプリヤ・カーン第1号孔における土質柱状図、およびpH値の垂直分布。(凡例はFig.2に同じ)

BK-3 (Banteay Kdei: 17/8/1992)			
Depth	Colour	pH	Grain size
70cm	10YR5/4	5.8	gravelly f.sand
150	10YR5/4	6.2	clayey f.sand
ground water		5.9	

Table 8 バンテアイ・クディ第3号孔における試料の深度・色彩・pH値および粒度

で地下水位に達した。地盤はおもに砂質粘土および粘土質砂から構成され、表層から深度120cmまでは赤褐色砂質粘土、120～250cmは灰白色砂質粘土で深度150cmの層準付近には赤褐色粘土層が挟在する。深度250～270cmでは黄灰白色砂質粘土中に徐々に赤褐色粘土が混在し、それ以深の地盤は灰白色を呈するが、340cm以深ではふたたび赤褐色粘土混じりとなる。再掘削であるために試料の採集は2点にとどめた。いずれの試料も淡褐色を呈する粘土質砂で少量の細礫を伴う。試料のpH値は6前後であり、地下水が示す値(5.9)との差は認められない。

3. プリヤ・カーン

プリヤ・カーンでは1991年3月および1992年3月に3本のオーガー試験が行われている(盛合, 1991, 1992)。今回の調査では西側入口付近にある第1号孔の約2m西方で新たな掘削を行った(Fig.5)。掘削は深度460cmで地下水位に達し、それ以深が軟弱地盤となったために深度480cmで中止した。その結果をFig.4およびTable 9に示す。地盤はおもに粘土分に富む細粒砂から構成され、深度230cmおよび400cm付近ではやや粗い砂を伴い、深度300cm付近では細～小礫を含む。砂はおもに石英より構成され少量のラテライト片を伴う。色彩は表層から深度140cmまでは淡褐色で、上部約50cmはやや赤みがかっている。深度140cmから300cmまでは淡黄褐色、450cmまでは褐色、それ以深では淡緑灰色を呈する。試料のpH値はほぼ5.8前後と一定し、深度300cm付近で5.5とやや低い値を示すが、いずれも地下水が示すpH値5.1よりは高い値である。

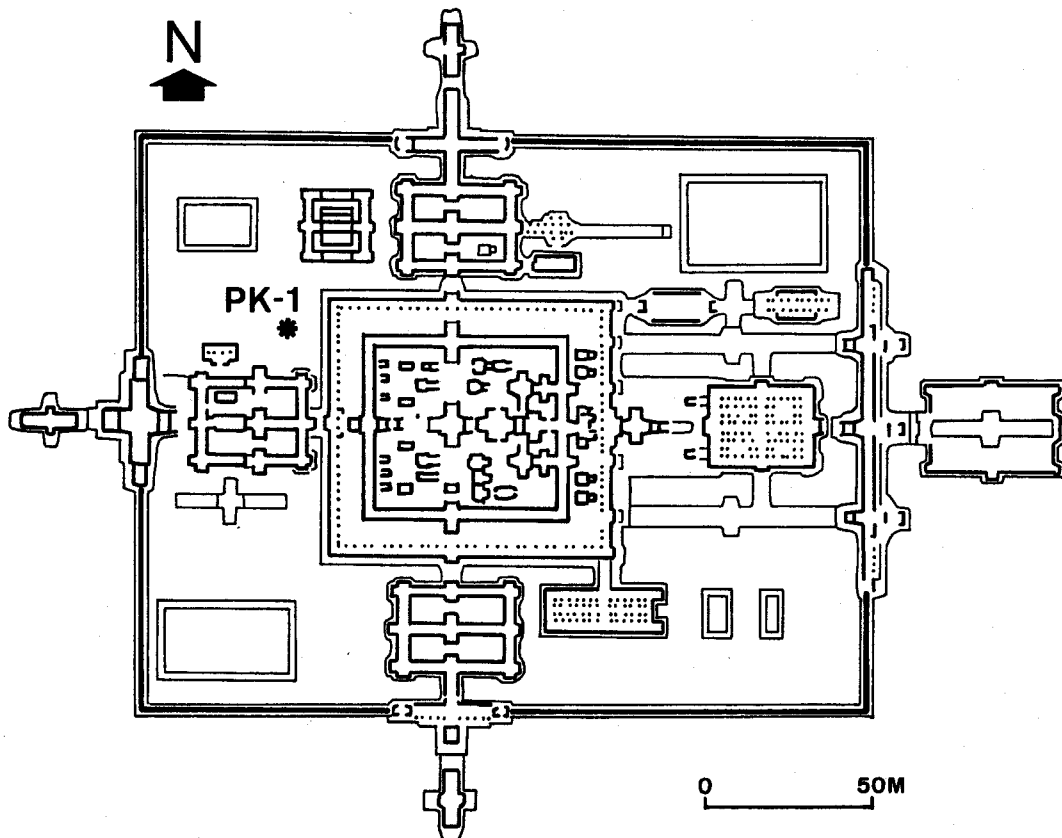


Fig. 5 プリヤ・カーンにおけるオーガー試錐地点 (千原, 1982を簡略化したものに加筆)

PK-1 (Prah Khan: 21/8/1992)			
Depth	Colour	pH	Grain size
50cm	10YR5/4	5.8	clayey f.sand
110	10YR7/4	5.7	sandy clay
140	10YR6/4	5.8	clayey f.sand
160	10YR6/4	5.8	clayey f.sand
170	10YR6/2	5.8	clayey f.sand
200	10YR6/2	5.9	clayey f.sand
230	10YR6/2	5.9	clayey m.sand
260	10YR6/2	5.9	clayey f.sand
300	10YR6/2	5.5	clayey f.sand
330	5YR4/4	5.5	clayey f.sand
360	10YR7/2	5.7	clayey f.sand
380	5YR4/4	5.8	clayey m.sand
410	5YR4/4	5.8	clayey c.sand
420	10YR5/4	5.8	clayey f.sand
450	5Y6/2	5.9	clayey f.sand
480	5Y6/2	6.1	clayey f.sand
ground water		5.1	

Table 9 プリヤ・カン第1号孔における試料の深度・色彩・pH値および粒度

IV. 考 察

1. 雨期における地下水位

バンテアイ・クディ第3号孔、プリア・カーン第1号孔およびアンコール・トムのバイヨン南側で行った試錐ではいずれも地下水位に達することができた。乾期である1991年3月でのバンテアイ・クディおよびプリア・カーンでの地下水位はそれぞれ地表からの深さが360cmおよび410cmであり(盛合, 1991), これを今回の結果と比較すると雨期である8月のほうが50~100cmも地下水位が低い結果となった。一方, バイヨン南側の試錐では地表からの深度525cmで地下水位を検出することができ, これは試錐地点付近にある井戸で測定した地下水位620cmと標高差を考えればほぼ同じである。盛合(1992)は1992年3月の試錐および同じ井戸の観察からこの地点の地下水位を地表下430cmと推定しており, ここでも前記の2遺跡と同様に8月のほうが地下水位が低いという結果となった。このように雨期の地下水位が乾期よりも低い原因としては, 試錐を行ったのが雨期の初めであること, および1992年雨期の雨量が比較的少なかったこと(プノンペン芸術大学クム・ソリス氏。談話)によると推定され, おそらくこれらの地域における地下水位は雨期の末から乾期の初めにかけて最高位に達したあと, 次の雨期の初めまで徐々に低下するものと考えられる。さらにカンボジアを含む東南アジア一帯では8月に小乾期に入ることが知られており(Delvert, 1967), これもひとつの原因になっている可能性がある。

土質の垂直変化, とくに色彩の変化はバンテアイ・クディおよびプリア・カーンで約1年半前, バイヨンで約半年前にそれぞれ行われた調査結果(盛合, 1991, 1992)との大きな違いは認められず, 地盤については季節的变化ならびにこの程度の期間をおいての経年変化はないものと思われる。

2. バイヨン周辺における地盤

(1) 地盤構成

バイヨン周辺では西側を除く3地点でいずれも4m以上の試錐を行うことができた。これらの中で南側および北側は比較的似た土相を呈する。両地点とも表層から深度1m前後までの土質はおもに黄褐色粘土質砂および砂質粘土から構成される。これ以深はおもに黄灰色ないし淡緑灰色の砂質粘土および粘土質砂からなり, 厚さ数10cmの赤褐色粘土層が挟在もしくは混在する。東側の地盤はこれらとは異なり, 表層から深度

約2 mまでは濃黄褐色砂質粘土、深度3 m以深は濃黄褐色粘土質砂から構成され、両者のあいだに黄褐色ないし灰白色粘土層が挟在する。バイヨンの南北と東とでこのような違いが生じた原因として、南北の試錐地点は周囲の地表面より約1 m低い地点であってバイヨン建設時に本来の地表面を掘り込んだところと思われ、黄褐色を呈する表層部の約1 mはのちにこれを埋積した堆積物である可能性がある。これに対し、東の試錐地点では本来の地表面が残っている可能性が高い。さらに、いずれの試錐地点でも地盤の上半部には植物の細根が多く認められるが、南北の試錐地点では周囲に小灌木が茂るのみであるのに対し、西では10 m内外のところに榕樹（ガジュマル）の大木があり、植生の違いが地盤構成に影響を与えている可能性がある。

(2) 地盤の風化および地下水面の深度

バイヨン北側の試錐で得られた8試料をX線粉末回折分析し、鉱物組成の垂直変化から地盤の風化および地下水の深度について検討した。深度350 cmおよび550 cmの試料を除けばいずれの層準でも石英が70~90%と卓越し、カオリン鉱物を5~20%含む。深度50 cmの試料のみは長石を10%程度含む。石英は機械的ならびに化学的風化作用にきわめて強い鉱物であり、カオリン鉱物はアルミノ珪酸塩鉱物とくに長石の風化や熱水変質による分解鉱物である。今回の試錐程度の深度では熱水変質の可能性は考えられず、検出されたカオリン鉱物はおもに長石が地下水の影響で風化したものであると思われる。全体に石英が卓越すること、カオリン鉱物の含有量が下位の層準ほど多くなること、および深度50 cmの試料中にのみ風化に脆い長石が含まれることもこれを支持する。深度550 cmの試料は赤褐色粘土層から得られたもので、この試料のみは石英が50~60%と比較的少なく、カオリン鉱物が10~20%、針鉄鉱が10%程度含まれる。針鉄鉱は黄褐色ないし赤色を呈する鉱物で、この層準が赤褐色を呈するのは針鉄鉱の存在による。針鉄鉱はおもに鉄鉱物の風化による酸化作用で生成され塩酸に可溶である（須藤、1977）。すなわち針鉄鉱に富む層は酸性地下水に溶けた鉄が水の動きによってある限られた層準に濃縮することで形成され、この赤褐色粘土層は地下水の一時停滞面（最低下面）を示すものと思われる。深度350 cmの試料は比較的砂に富み黄褐色を呈するが、これにも針鉄鉱が5~10%含まれており、この層準も地下水の一時停滞面（最上昇面）を示す可能性が高い。

バイヨンの南側では地表下525cmで地下水を検出することができた。同地点における盛合（1992）の乾期での試錐結果や近在井戸での観察結果，およびバイヨン北側で地下水の一時停滞面を示す赤褐色粘土が地表下600cmに存在することを考えると，この水位が地下水の最低下面をほぼ示すものと考えられる。一方，この試錐では深度300～450cmで黄褐色砂質粘土中に赤褐色粘土が混入しているのが見出されており，これより上位の土質がほぼ均質であることから最上界面が深度300cm付近に存在する可能性が高い。

東側の試錐では地下水の停滞面を示す赤褐色粘土層は認められないが，深度220～270cmに灰白色を呈する粘土層が挟在し，この粘土層が地下水位の停滞面のひとつを示す可能性がある。

(3) pH

バイヨン周辺の試錐で得られた試料pH値の垂直分布をFig. 6に示す。pH値は全層準を通じて低く典型的な鉄アルミナ質土壌（Bridges, 1978）といえる。比較的長い試錐を行うことができたバイヨンの北および西において，pH値は表層から深度250cm付近まで徐々に高くなり，逆に深度300cm以下では徐々に低くなる傾向を示す。南側の試錐および近在の井戸で測定した地下水のpH値はそれぞれ6.1および5.7で試錐深部の試料に近い値を示

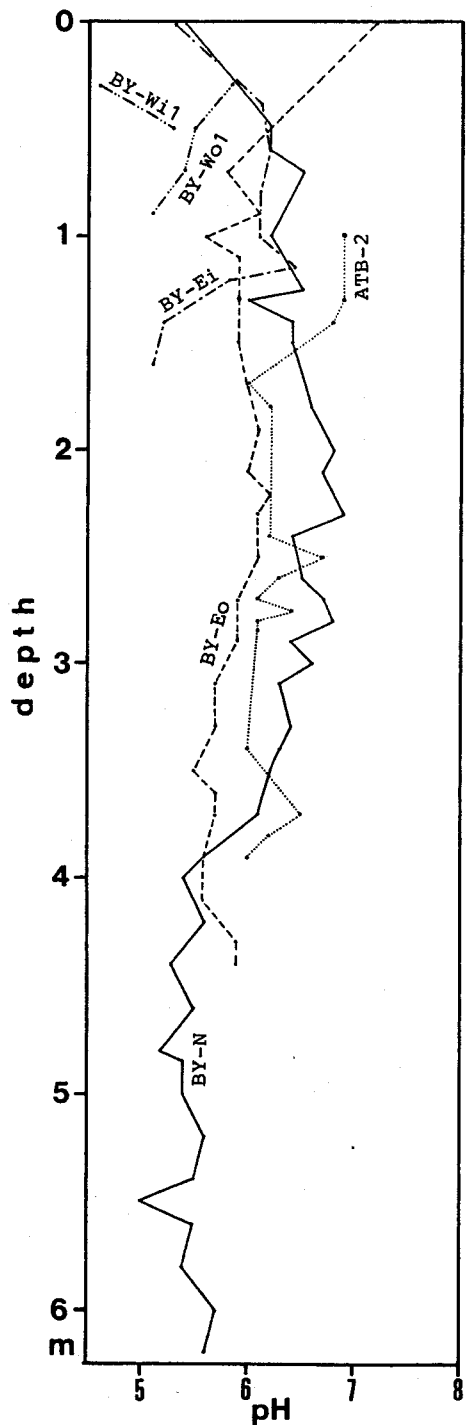


Fig. 6 アンコール・トム，バイヨン周辺におけるpH値の垂直変化 (ATB-1：盛合，1992より作図)

すことから、地下水の直接の影響が地盤に及んでいるのは深度250~300cmであるといえる。表層土のpH値は一般に低く、この原因は試錐を行った地点付近に植生が少なく落葉などから供給される塩基に乏しいためと推定される。これに対し、バイヨン東の外側でのみ表層土のpH値が7.3とほぼ中性になっているが、これは付近に榕樹の大木があってそこから塩基が十分に供給されるため、および直前に降った雨水の影響と考えられる。

3. バイヨン周辺における埋没遺構の可能性

バイヨン正面の聖池の中で行った試錐では、地表からの深度165cmで硬い埋没物のため掘進不可能となった。オーガーの刃先が埋没物を削る音は比較的小さく、ハンドルの抵抗も小さかったことから、この埋没物の表面が平坦であることが推定される。さらに、この深度が人の身長とほぼ同じであること、最深部に水が存在しこの水位がバイヨンの南側で測定された地下水位面より明らかに高いこと、および沐浴のための聖池として有名なスラ・スランでは池底にラテライトが敷設してあること（石澤，1989）を考え合せると、聖池の底にスラ・スラン同様敷石の存在が予想される。

バイヨン西側では外側の3地点で試錐を行ったが、いずれの地点でも70~90cmの深度で硬い埋没物のために掘進不可能となった。これらの試錐地点はお互いに約10m程度離れており、掘進不可能となった深度が比較的そろっていることを考えると、この付近の地下にはなんらかの遺構が埋没している可能性がある。

V. 今後の課題

1. バンテアイ・クディ、プリア・カーンおよびバイヨン南側での試錐から、1992年の雨期（8月）における地下水位が乾期（3月）よりも低いという予想とは逆の結果がでた。地下水の季節的な昇降は細粒物質の洗脱などで地盤の強度低下に大きな影響を与えるものであり、遺跡の修復および長期的保存にあたり早急に解明すべきものである。そこで、これらの3遺跡において定期的な地下水位測定を行い、降雨量の定期的測定と合せて地下水位の年変化および降雨量との関係を把握する必要がある。
2. バイヨン周辺での試錐結果から遺跡周辺における地盤構成の概略をつかむことができ、風化による粘土鉱物の多量の生成が判明した。しかし、遺跡の基礎となる地盤構成の詳細を知り、地盤沈下などの重要な諸問題を解決するためには試錐の数および掘削深

度ともに不足している。今後は手動式オーガーに加えて機械ボーリングなどを多数試み、さらに電気探査・常時微動探査などの地球物理学的手法を併用することでこの問題を解決すべきである。

3. バイヨン聖池およびバイヨン西方において地下埋没物の存在が推定された。これを確かなものとするために、今後の考古学的発掘調査が望まれる。

VI. ま と め

1. バンテアイ・クディ、プリヤ・カーンおよびアンコール・トム（バイヨン）での1992年8月の地下水位を測定した。
2. バイヨン周辺における地盤構成の概要を明らかにした。
3. バイヨン正面北側の聖池底に敷石存在の可能性を示した。
4. バイヨン西方に埋積遺構の存在を推定した。

VII. 付 記

プノンペン市内で1992年7月に行われたボーリング試料の一部を入手することができた。試錐地点は不明であるが、試料が得られた深度は明らかにされている。これまでにプノンペン市内での沖積層の厚さについてはWorkman (1975) がわずかに触れているのみであるので、今後の研究資料としてその内容を記す。

入手した試料は4地点から得られた8点である。試料の採集深度および色彩・pH値・岩相をTable 10に示す。試料はいずれも粘土質中粒砂であり、砂はおもに円磨度の低い石英

PHNOM PHEN				
St.	Depth	Colour	pH	Grain size
CKB-1	14.0m	10YR7/2	5.1	clayey m.sand
CKB-3	4.0	5YR7/2	5.4	clayey m.sand
	7.5	5YR7/2	5.0	clayey m.sand
	13.5	5YR7/2	5.2	clayey m.sand
CKB-4	1.5	5YR6/4	4.9	clayey m.sand
	13.5	10YR7/2	5.4	clayey m.sand
CKB-8	16.5	10YR7/2	5.1	clayey m.sand
	14.0	10YR7/2	5.2	clayey m.sand

Table 10 プノンペン市内におけるボーリング試料の地点・深度・色彩・pH値および粒度

から構成される。試料が示す色彩は淡黄色や灰白色で、試錐番号 CKB-3 および CKB-4 での試料をみると、垂直方向での大きな変化は認められない。試料の pH 値はいずれも 4.9~5.4 と比較的低い。

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.
- 千原大五郎, 1982, 東南アジアのヒンドゥー・仏教建築。鹿島出版会, 東京。
- Delvert, J., 1967, *Geographie de L'Asie du sud-est*. 菊池一雅訳, 1969, 東南アジアの地理。クセジュ文庫, 白水社, 東京, 156p.
- Goddard, E. N., Trask, P. D., de Ford, R. K., Rove, O. N., Singewald, J. T., Jr. and Overbeck, R. M., 1951, *Rock-Color Chart*. Geol. Soc. America.
- 石澤良昭, 1989, アンコール・ワット。日本テレビ, 東京, 186p.
- 盛合禧夫, 1991, バンテアイ・クデイおよびプリア・カーンの地盤と地下水。カンボジアの文化復興(5) 第5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.40-60。
- 盛合禧夫, 1992, アンコール遺跡の地質学的研究。カンボジアの文化復興(7)第7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. .
- 森本信男・砂川一郎・都城秋穂, 1975, 鉱物学。岩波書店, 東京, 640p.
- 須藤俊男, 1977, 針鉄鉱。「地学事典第4版」, 平凡社, 東京, p.528。
- U. S. Geological Survey, 1971, *Geological map of Cambodia showing location of lithologic sections, scale 1 : 1,000,000*. United State Department of the Interior, Geological Survey.
- Workman, D. R., 1975, *Geological structure of the Indochina Peninsula*. Regeonal Conf. Geol. Mineral Res. Southeast Asia, Jakarka. 佐藤正訳, 1979, インドシナ半島の地質構造。都城秋穂編: 岩波講座「地球科学16」, 岩波書店, 東京, p385-398。

図表類の説明

Fig. 1 アンコール・トム, バイヨン周辺におけるオーガー試錐地点(石澤, 1989を簡略化したものに加筆。ATB-1 : 盛合, 1992)。

Fig. 2 アンコール・トム, バイヨン周辺における土質柱状図。

Fig. 3 バンテアイ・クディにおけるオーガー試錐地点 (Delvert, 1967を簡略化したものに加筆)。

Fig. 4 バンテアイ・クディ第3号孔およびプリア・カン第1号孔における土質柱状図, およびpH値の垂直分布。(凡例はFig. 2に同じ)

Fig. 5 プリア・カンにおけるオーガー試錐地点 (千原, 1982を簡略化したものに加筆)。

Fig. 6 アンコール・トム, バイヨン周辺におけるpH値の垂直変化 (ATB-1: 盛合, 1992より作図)。

Table 1 Goddard et al. (1951) の色彩記号 (抜粋)。

Table 2 バイヨン南側における試料の深度・色彩・pH値および粒度。

Table 3 バイヨン北側における試料の深度・色彩・pH値・粒度および構成鉱物。

Table 4 バイヨン東側聖池内における試料の深度・色彩・pH値および粒度。

Table 5 バイヨン東側における試料の深度・色彩・pH値および粒度。

Table 6 バイヨン西側 (内側) における試料の深度・色彩・pH値および粒度。

Table 7 バイヨン西側 (外側) における試料の深度・色彩・pH値および粒度。

Table 8 バンテアイ・クディ第3号孔における試料の深度・色彩・pH値および粒度。

Table 9 プリア・カン第1号孔における試料の深度・色彩・pH値および粒度。

Table 10 プノンペン市内におけるボーリング試料の地点・深度・色彩・pH値および粒度。