

社(ENTURPERU)が経営するツーリスト・ホテル(Hotel de Turistas de Machu-Picchu)があり、宿泊の便が図られているが、収容人数が少ないため、クスコからの日帰りツアーで遺跡を見学する観光客が圧倒的に多い。マチュピチュ橋駅のひとつ手前の駅であるアグアス・カリエンテス(Aguas Calientes)にも宿泊施設があるが、きわめて貧弱である。

遺跡の概要

マチュピチュ遺跡が発見されたのは1911年のことで、発見者はアメリカ合衆国イェール大学の歴史学者ヒラム・ビングム(Hiram Bingham)であった。ビングムは、南アメリカ諸国独立の英雄シモン・ボリーバル(Simón Bolívar)の足跡を研究しており、1908年12月、チリのサンティアゴで開かれた「第一回全アメリカ学術会議」に出席した帰途、リマからクスコへ至り、インカの遺跡を初めて目にする事となった。インカは、スペイン人に征服されて後、1536年にクスコ北西方の低地に逃れて、1572年までビトコス(Vitcos)、ビルカバンバ(Vilcabamba)に宮廷を営んだが、ビングムはこれらの遺跡を捜すため、1911年、地理学者、博物学者、医者などからなる総勢7人の調査団を組織して、ウルバンバ地方を探検し、1911年7月24日、マチュピチュ遺跡を発見することになったのである。

ビングム以前にも、すでに19世紀に、この地方は、コンドウ・サルティージュ(Conde Sartiges)、アントニオ・ライモンディ(Antonio Raimondi)、シャルル・ウィーネル(Charles Wiener)らの探検家・旅行者によって探査されている。少なくともウィーネルは、マチュピチュ遺跡に関する情報を掴んでいたが、学術的な意味での発見と踏査は、ビングムまで待たなければならなかった。

マチュピチュ遺跡は、ビングム以来、ルイス・バルカルセル(Luis Valcarcel)、エルマン・ブーセ(Hermann Buse)、ルイス・A・パルド(Luis A. Pardo)、ビクトル・アンヘル・バルガス(Victor Angel Vargas)、フェルナンド・カビエセス(Fernando Cabieses)などをはじめ、多数の学者によって研究され、記述されてきており、遺跡内の地域区分、遺構の名称には様々なものが用いられている。ビングムをはじめとする諸研究者が考案した名称は、決して遺跡・遺構本来の機能を表してはいないが、以下、ビングム以来伝統的に用いられてきた名称を用いて、遺跡主要部の概略を記述することとする(主として、フェデリコ・カウフマン・ドイグ[Federico Kauffmann Doig]が記述する名称を見出しとして用いた。図1参照。本文中の番号は図1の番号を示している)。

1. 入口(Entrada). 本来の入口は1aにあり、ここへは、マチュピチュ南東の遺跡、チョケスイスイ(Choquesuysuy)、ウィニャイワイナ(Wiñaywayna)から発し、インティプンクを通過してマチュピチュ遺跡へといたるインカ道が通じている。現在の入口(1b)は、観光のために恣意的に作られたものに過ぎない。

2. 農業地区の建物(Edificios en el Sector Agrícola). 2aは農業地区の管

理のために建てられた建造物群だと言われる。2bは段畑の頂上部にある建築群で、10の入口をもつ細長い建物「カヤンカ (Kallanka)、宿泊施設だという推定がある」、「監視小屋」(Casa de Vigías)と呼ばれる建物、「葬儀の岩」(Roca Funeraria)と命名された大石などが分布している。

3. 農業地区 (Sector Agrícola). 石造の擁壁を巡らして作られた段畑 (アンデネス、andenes)の続く地区。この北西側に南西 (山側) から北東 (谷側) へ続く空濠 (Foso Seco)が作られ、居住区との境界になっている。

ハナン・サヤ (上の地区)

4. 太陽の神殿 (Templo del Sol) [大塔 (Torreón)]. 直角に組まれた二つの壁の一方の端から、内側に向かって半円形の壁を巡らした建物である。クスコの太陽の神殿コリカンチャ (Coricancha)の外壁も湾曲してるので、外観の類似から「太陽の神殿」と呼ばれる。あるいは、軍事施設と見て「大塔」とも呼ばれる。塔の南東にある矩形の二階建ての建物は、「皇女の部屋」(Aposento de Nusta)と名付けられている。

5. 陵墓 (Mausoleo Monumental) [王墓 (Tumba Real)]. 大塔の下に自然の岩盤を利用しながら、これに切り石を組んだ壁を組み合わせて作った部屋。室内後方には後述する「インティワタナ」に類似した石が置かれおり、「犠牲の石」(Piedra de los Sacrificios)と呼ばれている。この部屋を墓と考えるべき根拠はない。

6. インカの宮殿 (El Palacio del Inca). 大塔及び陵墓の区域と、階段と水路・水場を挟んで隔てられ、その北西にある区域。小さな部屋、通路、及び中庭から構成されている。

7. 三つの窓の神殿 (El Templo de Las Tres Ventanas). 三方に壁をもった建物で、中央の壁に台形の三つの窓が開けられているので、この名がある。しかし、建築当初は五つの窓が作られ、両端の二つの窓は建築後石で埋められて現在の形になったようだ。開かれた側 (北西側)は、「聖なる広場」(La Plaza Sagrada)と呼ばれる小広場に面している。この神殿のすぐ前には「犠牲の石」と言われる巨石が置かれている。

8. 主神殿 (El Templo Principal) [聖なる大神殿 (El Gran Templo sagrado)]. 「聖なる広場」に面した側が開かれ、他の三方に壁をもった建物。すべての壁に壁龕が設けられ、中央の壁の前面には「祭壇」(Altar)状の大きな切り石が据えられている。神殿の左後方には、壁を接して別の建物 (「祭服の部屋」(La Cámara de los Ornamentos)と呼ばれる)が作られている。

9. 神官の館 (La Mansión Sacerdotal). 「聖なる広場」の南東にあり、「主神殿」と向き合って立つ建物で、広場側に2つの入口をもつ。
10. インティワタナ (Intihuatana). 擁壁を巡らした丘の上に建てられた建築群を総称してこう呼ぶ。聖なる広場の北西にあり、広場から78段の階段が通じている。インティワタナとは「太陽を縛る所」の意味であり、具体的には頂上部中央にある、柱状の突起をもち不定形に作られた巨石を指している。季節を計る日時計の役を果たしたといわれるが、実際は、インカの諸センターによく見られる祭祀場、ウスヌ (Usunu)の一種であったと思われる。
11. 大広場 (Plaza General). この広場をはさんで、遺跡は南西部の高い地域 (後述の11-17) と北東部の低い地域 (前述の4-7) に分けられる。斜面に位置するクスコ市は、インカ時代に「上クスコ」 (Janan Cusco) と「下クスコ」 (Hurin Cusco) に2区分されていたが、カビエセスは、マチュピチュも上下に2分されていたと考え、南西部を「ハナン・サヤ」 (Hanan Saya、上の地区)、北東部を「ウリン・サヤ」 (Hurin Saya、下の地区) と呼んでいる。

ウリン・サヤ (下の地区)

12. 牢獄のグループ (Grupo de Las Cárceles). 本来の入口 (1a) から続く石段を下って行った先にある区域で、ここには、コンドルを模したと言われる自然岩の露頭の彫刻、その後方に立つ神殿様の建築 (「コンドルの神殿」 [Templo del Condor]) を始め、多くの建物がある。「コンドルの神殿」の周囲に大型の壁龕があり、ここに罪人が繋がれたと想像して牢獄地区と呼ばれるが、その根拠は弱い。

この区域は、さらに以下のように細分することができる。

- 12a. コンドルの神殿の区域 (神殿を中心とする建築群)
- 12b. 住居地区 (コンドルの神殿の区域の東南、一段低い基壇上に建てられた建築群)。

13. 石臼地区 (Sector de Los Morteros). よく研磨して作られた2個の石臼状の彫刻を床面にもっている建物があることから、この名がある。「工芸地区」 (Sector Industrial) とも「アマウタ (教師) 地区」 (Sector de Los Amautas) とも呼ばれる。ここには、中央に間仕切り壁をもった、特異な建物もある。

14. 市民地区 (Sector Civil). 「石臼地区」の北西に続く区域で、遺跡中央の広場から67段の石段が通じている。マチュピチュ遺跡中、最も大きな地区

であり、建造物が集中しているなのでこの名がある。この地域北西部にある建築複合に入口が三つあることから、「三つの玄関のグループ」(Grupo de Las Tres Portadas)とも呼ばれる。王族の館跡と推測されることもあるが根拠はない。また、「三つの玄関」の建築複合のさらに北西にある小区域は、「北のバリオ」(Barrio Septentorional)ないし、「高台のグループ」(Grupo Alto)と呼ばれる。

15. 岩の祭祀場 (Adoratorio de rocas). 自然岩の露頭を中心に囲いが作られた地域。

16. 階段と水路 (Escalinatas y Acueducto).

17. 墓地 (Cementerio).

18. 聖なる岩 (Roca Sagrada). 遺跡主要部の北西端にある屏風状の巨石がこう名付けられている。この岩を北面として矩形の囲い(カンチャkancha)が作られ、西と東の面には、三方に壁をもち中央の小広場に向かって開いた建物が建てられている。この形式の建物をワイラナ(Wayrana)と呼ぶ。

19. ワイナビチュ (Waynapicchu). マチュピチュ遺跡主要部から細いインカ道が頂上へ続いている。インカ道の一部は石段になっている。頂上部一帯に擁壁として作られたアンデネスが巡らされており、その上に建物や石壁の跡が残っている。

20. 月の神殿 (Templo de la Luna). ワイナビチュの北西斜面部にあり、マチュピチュ主要部から約2 Kmの所にある。ワイナビチュ山頂にいたる道から別のインカ道が分岐しており、この遺跡に通じる。インカ道沿いには別の遺構も見られる。「月の神殿」は、岩陰を利用して作った建造物で、岩陰内部に壁龕のある壁が作られ、外側にも周壁様の石壁がある。

マチュピチュ遺跡は孤立して存在しているわけではなく、周囲に、類似した特徴をもつたくさんの遺跡が存在している。現在これらの遺跡群は、「マチュピチュ遺跡国立公園」(Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu)、あるいは「マチュピチュ祭祀史跡」(Santuario Histórico de Machupicchu)という名で知られる。周囲 90,400m、総面積32,592haの区域としてまとめられ、調査研究と保全、及び観光事業振興の対象になっている。構成遺跡を以下に列挙する(図2参照)。

1. ケンテ遺跡群

タンカルパタ (T'ankarpata)、キスワルパタ (Kiswarpata)、ウィルカラカイ (Willkaraqay)、クシチャカ (Kusichaka)、リャクタパタ (Llajtapata) アシエンダ村落地区 (Sector del caserío de la hda.)、タラパタ (Tarapata)、マチュ・ケンテ (Machu Q'ente)、ワイナ・ケンテ (Wayna Q'ente)。

2. トロントイ遺跡群

サラブंक (Salapunku)、カナパンバ (Qhanapampa)、ワイラブंक (Wayrajpunku)、ピンチャ・ウヌユック (Pincha Unuyuj)、コリワイラチーナ (Qoriwayrachina)、レタマユック (Retamayuj)、トロントイ (Torontoy)。

3. ウルバンバ川左岸の遺跡群

段畑 (Andenes)、チュチュバンバ (Chuchupampa)、チョケスイスイ (Choquesuysuy)、インティワタナ (Intiwatana)。

4. 山腹・山頂部の遺跡群

トゥナスモコ (Tunasmoco)、ワイリャバンバ (Wayllabamba) [またはパタワシ (Patawasi)]、パウカルカンチャ (Pauqarkancha) とインカラカイ (Inkaraqay)、インカサマナ (Inkasamana) とコルバ (Qollpa)、リュリュチャパンバ (Llulluch'apampa)、ワルミワニユスカ (Warmiwañusqa) [またはハトゥン・ウィルーロ (Hatun Wayruro)]、ルンクラカイ (Runkuraqay)、ルンクラカイ峠 (Abra de Runkuraqay) とヤナコチャ (Yanaqocha)、サヤックマルカ (Sayajmarka)、プユパタマルカ (Phuyupatamarca)、ウィニャイワイナ (Wiñaywayna)、インティパタ (Intipata)、キリャパタ (Killapata)。

5. マチュピチュ遺跡群

マチュピチュ (Machupicchu)、インティブंक (Intipucu)、ワイナピチュ (Waynapicchu)、月の神殿 (Templo de la Luna)、インカ橋 (Puente Inca)。

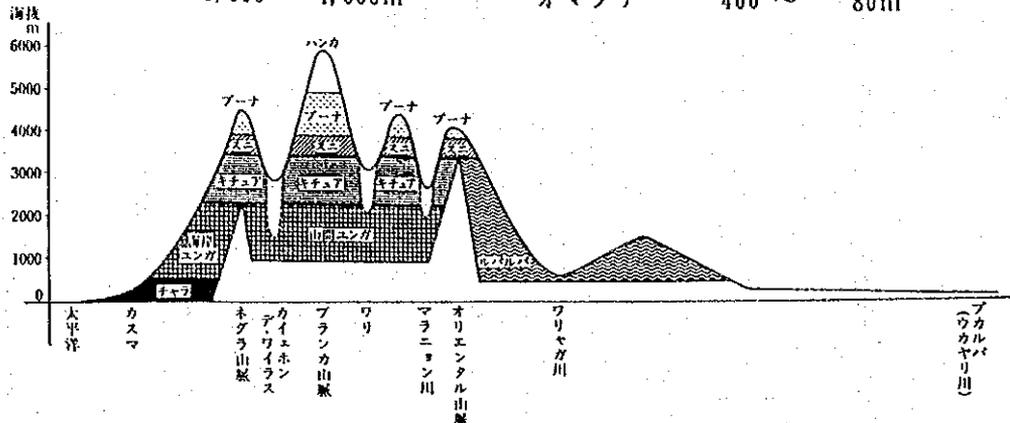
今回の調査においては、実地調査は5のマチュピチュ遺跡群しか行わなかったが、諸他の遺跡については、文化庁クスコ支所の人類学者で、実際に各遺跡の調査にあたったフェルナンド・アステテ・ビクトリア (Fernando Astete Victoria) 氏よりスライドを見せて戴き、討議を行った。

2. 1. 2 風土と気候

(1) 風土

ペルーの国土は一般に、コスタ（海岸）、シュラ（山地）、セルバ（森林）から成ると言われるが、これではいささか大まかすぎるので、ペルーの地理学者ハビエル・ブルガル・ビダルの提唱する次のような8区分法がある。（数字は海拔高度）

チャラ	0 ~ 500m	プーナ	4,000 ~ 4,800m
ユンガ	500 ~ 2,300m	ハンカ	4,800m ~
キチュア	2,300 ~ 3,500m	ルバルバ	1,000 ~ 400m
スニ	3,500 ~ 4,000m	オマグア	400 ~ 80m



マチュピチュの遺跡は、アンデスの山中の谷間の山間ユンガと呼ばれるところにある。

山間ユンガは、狭い谷間で両側が急斜面であるから、人の利用できる場所は谷底など限られている。雨季に多少の雨がふるが、乾燥が強いため、一般に水不足である。灌がいすれば何でもよく採れるが、暑いこと、虫が多いこと、風土病があることなどのため、あまり多くの人はいない。

(2) 気候

クスコの年平均気温は13~14度、年間雨量は約800mm程度である。

今回の調査で収集した気象データのうち、ウルバンバ川沿いでクスコとマチュピチュの間にあるウルバンバの町の1987年の月別平均気温は、表2.1.2.1のとおりである。これによれば、月別の平均気温は季節変動があまりなく、年較差も小さい。

マチュピチュの遺跡での気象データについては、遺跡へ至るピンガム道路の終り近くに百葉箱があったが、数年前から観測機材が故障して、現在観測は行っていないとのことであり、表2.1.2.2にある風向きと風速が得られたのみであった。そこで、携行した最高最低温度計を遺跡内に置いて、現地スタッフに計測してもらったデータを表2.1.2.3に示す。

表2.1.2.3 現地調査中の気温の観測値

1990.3.4 時刻	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	14:30	15:00	15:30
気温	14.0°	13.0°	13.0°	13.0°	13.0°	12.5°	13.0°	14.0°	17.0°	16.5°	19.5°
1990.3.6 時刻	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	15:00	16:00				
気温	15.0°	16.0°	18.5°	18.5°	20.0°	22.0°	22.0°				

天候により、気温の変化の様子も高さもことなり、日によって時刻によって変動の大きいこと（日較差の大きいこと）を示している。

マチュピチュ遺跡が急傾斜の尾根上にあるという特殊性を考慮すると、クスコやウルバンバの気象データのみで頼ることなく、マチュピチュ現地での継続観測が必要である。

(URUBAMBA)

SENAM)
(Servicio Nacional
en Urubamba)

CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL

evaporación de agua (E_{pot}) de la superficie de tierra (E_p)

M E S	TEMPERATURA	°C	°F	RR	MM/MES	H/MES	H/DIA	N	H/MES	MM	ETP
JULIO	12.73	54.90	11.74	363.90	256.40	11.40	333.40	112.20			
AGOSTO	13.47	56.30	13.01	403.30	229.10	11.67	361.80	117.10			
SEPTIEMBRE	14.40	57.90	14.57	437.10	195.00	12.00	360.00	122.80			
OCTUBRE	15.46	59.80	15.80	489.80	198.00	12.43	385.30	138.50			
NOVIEMBRE	15.54	60.00	16.47	494.10	180.30	12.73	381.70	134.20			
DICIEMBRE	15.24	59.40	16.57	513.70	155.40	12.90	399.90	125.40			
ENERO	15.17	59.30	16.67	516.80	135.90	12.80	396.80	118.20			
FEBRERO	14.96	58.90	16.37	458.40	127.90	12.53	350.80	107.50			
MARZO	15.00	59.00	15.34	475.50	156.40	12.17	377.30	119.10			
ABRIL	14.60	58.30	13.01	414.30	198.60	11.80	354.00	119.20			
MAYO	13.68	56.60	12.24	379.40	234.50	11.47	355.60	115.00			
JUNIO	13.87	57.00	11.34	340.20	241.70	11.30	339.00	107.90			
TOTAL	14.51	58.12		5,276.50	2,309.20		4,415.80	1,437.10			

mm.

表 2.1.2.1 ウルバンバ町の月別平均気温 (1987)

LAT : 13°09' DISTRICTO MACHUPICCHU SO-SIN REGISTRO
 LONG : 72°31' PROVINCIA URUBAMBA FECHA : 16-06-87
 ALT : 2000 DEPARTAMENTO CUSCO
 VELOCIDAD MEDIA A 19 HRS. (M/SEG)

ITEM	AGD	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	TOTAL	MEDIA	MAXIMA	
1	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.00	1.00	2.00	2.00			
2	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00			
3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			
4	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	44.00	3.67	4.00
5	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	57.00	4.75	6.00
6	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00			
7	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	31.00	2.59	4.00
8	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	27.00	2.25	4.00
9	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	24.00	2.00	2.00
10	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	23.00	1.92	2.00
11	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00			
12	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00			
13	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			
14	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			
15	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	6.00	6.00	6.00
16	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	22.50	2.72	3.67
17	DESV-ST	1.52	1.16	1.07	1.44	1.17	1.82	1.33	1.17	1.08	1.20	1.05	1.22	14.11	1.16	1.51	
18	CV	49	47	45	49	44	53	44	41	30	43	36	47	5.16	43	41	
19	MIN	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.50	2.00	
20	MAX	6.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	4.72	6.00	

smh.

表 2.1.2.2 マチュピチュでの風向と風速 (1964~1978)

2. 2 遺跡についての各分野からの総括

2. 2. 1 遺跡の調査・修復の歴史と考古学的評価

調査と修復の歴史

マチュピチュ遺跡は、1911年の発見時、樹木や蔓性の植物に覆われており、簡単な清掃作業が行われた後、団員のハーマン・タッカー(Herman Tucker)によって最初の地図が作成された。その後ピンガムは、イェール大学と米国国立地理学会(National Geographic Society)の援助を受けて、1912年と1914-1915年に調査を行った。計三回にわたる調査で、約12,000枚の写真が撮影されたという。ピンガムが行った主な作業は遺跡の清掃であったが、同時に主神殿内部、遺跡の南西及び東部にある墓地などを発掘し、多くの遺物を収集した。また、「太陽の神殿」付近の建物を少なくとも2つは修復していると言われる。マチュピチュ遺跡に関するその後の研究・著述については、すでに[2. 1. 1 マチュピチュ遺跡の概要と位置および交通]で記述した通りである。

マチュピチュ遺跡公園内の他遺跡については、フーリオ・セサル・テーヨ(Julio César Tello)が1942年に行ったウニヤイワイナ遺跡調査、ポール・フェイジョーズ(Paul Feijos)が1943年に行ったサヤックマルカ遺跡やプユバタマルカ遺跡の調査が先駆的なものとして挙げられる。1970年代後半には、クシチャカ遺跡の調査が、アン・ケンドル(Ann Kendall)によって行われている。

遺跡の修復についても、ピンガムの調査団がその先駆けとなったわけだが、その後、クスコ県考古学振興財団(Patronato Departamental de Arqueología del Cuzco)が設立されると、クスコ大学や文化庁クスコ支所がこれに協力し、1939年には、ルイス・A・バルドの指揮下にインティワタナの通廊部一帯が大規模に修復・復元された。クスコ県考古学振興財団は、1943年から1949年にかけてインティワタナ北部の復元と東側のアンデネス(階段状の擁壁)の修復にあたったが、この時中心となったのは、ルイス・A・バルドとマヌエル・ブリセーニョ・バスケス(Manuel Briceño Vásquez)だった。

1956年になるとクスコ県考古学振興財団にマチュピチュ遺跡の保全と修復にあたる専門委員会(Comisión Técnica)が設けられ、オスカル・ラドロ・デ・ゲバラ・アビレス(Oscar Ladrón de Guevarra Avilés)が委員長に就任し、クスコ復元開発公社(CRIFC: Corporación de Reconstrucción y Fomento del Cuzco)との協力のもとに復元作業が再開された。復元の指揮は、ラドロ・デ・ゲバラと、CRIFC側の作業責任者であるエウロヒオ・カバダ(Eulogio Cabada)がとった。インティワタナのアンデネスの修復、1955年にクスコ県考古学振興財団が着手していた「石臼の部屋」(Sala de los Morteros)の復元、その近辺の建物の修復・復元が行われ、1958年までに、農業地区上部の「10の入口のある建物」や「監視小屋」、インカ道からマチュピチュへ入る「大手門」(La Gran Portada)も修復された。

クスコ県考古学振興財団は、1966年から1974年まで、マヌエル・チャベス・バ

イヨン (Manuel Chávez Ballón) を責任者として、「牢獄のグループ」や農業地区の建造物の修復にあたった。1968年にアルフレッド・バレンシア・サガラ (Alfredo Valencia Zagarra) が行った「聖なる岩」地区のワイラナの復元も、その一環として行われている。

ユネスコの勧告を受けて、COPESCO (ペルー=ユネスコ観光文化計画調整監査特別委員会 Comisión Especial para coordinar y supervigilar el Plan Turístico y Cultural Perú-Unesco) が発足し、クスコ県考古学振興財団が文化財調査修復南部地域センター (Centro Regional Sur de Investigación y Restauración de Bienes Monumentales) となって文化庁の傘下に入るとともに、修復・復元事業も新しい局面を迎える。1973年から上記諸機関の協力の下に、遺跡の復元と評価の計画が進められ、チャベス・バヨンを顧問として、1975年からマチュピチュの復元が新たに始められた。1974年からは、COPESCO と文化庁の協約の下に専門実行団 (Unidad Especial Ejecutora) が結成され、調査・修復作業にあっている。1983年に専門実行団が提出した報告書が、われわれが入手した最新の記録であるが、これによると、地質学調査、地震学調査を行なうとともに「ハナン・サヤ」の祭祀区域、「ウリン・サヤ」の諸建造物の発掘調査と修復が、1981年までに行われている。

現在、修復と復元の作業は、特に「市民区域」を中心に続けられている。この作業は、石壁の基部が一、二段しか残っていない建造物を、かなりの高さまで復元するもので、非常に大胆な試みと感じられた。「牢獄のグループ」中、「農業地域」に近い部分は復元せずに現状のまま保存する計画だというが、「ウリン・サヤ」一帯では崩落した石が集められ、特に建物の切妻部分の復元が各所で準備されている。このほか、アンデネスの除草作業や遺構の清掃作業も行われている。

考古学的評価

マチュピチュ遺跡については、これまで史料調査が行われてきたにも拘らず、インカ側の証言や記録にも、またスペイン人征服者や記録者の文書にも、マチュピチュらしい遺跡は登場しないとされている。また、1911年ビンガムによって発見された時、ここには二人の不法入植者がいただけであり、それ以前はマチュピチュ地域は長く無住地であったと考えられる。このため、マチュピチュ遺跡の性格や機能については確定的なことが言いえない。

ビンガムは、発見当初、マチュピチュが植民地時代初期のインカの宮廷ビルカバンバではないかと考えたが、現在ビルカバンバ遺跡は別の場所で発見されているので、この見解は否定されている。ビンガムは、「三つの窓の神殿」が存在することから、マチュピチュがインカの神話に登場する、初代皇帝マンコ・カバックの出生の地、タンブ・トコ (Tampu Toco) ではないかとも考えた。この第二の見解については否定する材料も肯定する材料も微弱である。

ホセ・ガブリエル・コシオ (José Gabriel Cosío) は、インカの人々もスペイン人も知らなかったのだから、インカ以前の遺跡だと主張したが、マチュピチュの遺構と遺物は、地方色はあるとはいえ、明らかにインカ様式であり、その可能

性はない。一方、バルカルセルは、マチュピチュは当初インカと同盟関係にあり、のち服属したタンブ (Tampu) 族の首都ではなかったかと推測した。バルカルセルの見解は形を変えてピクトル・アンヘル・バルガスにも受け継がれている。アンヘル・バルガスは、マチュピチュはインカの一支部の居住地であり、当初クスコと覇を競ったが敗れたと考えた。戦争とこれに続く疫病の流行のため無住地帯となり、第11代皇帝ワイナ・カパック帝の治世にはすでに忘れ去られていたと推測している。

このほか、例えばジョン・H・ロウ (John H. Rowe) などが主張してきたように、マチュピチュがクスコ・インカの森林開発の基地であり、また、アマゾン方面に対する前哨基地であったと考える説もある。最近、マチュピチュ遺跡が異なった名前ですペイン人の記録に登場しているという指摘があるので (ロッヘル・ラビーネス氏 Rogger Ravines の示唆による)、マチュピチュがクスコ・インカと直接関係をもっていた可能性は高い。

マチュピチュ遺跡の各地域について後述するように、今回、各遺構を実見した限りでは、マチュピチュの多くの建造物、特に「主神殿」、「三つの窓の神殿」、「月の神殿」、およびワイナピチュの遺構など重要な建造物の多くは、未完成のまま放棄されているように思われる。内戦によるものであるか、スペイン人の征服によるものであるかは不明だが、マチュピチュ遺跡の終焉はかなり唐突に訪れ、遺跡全体が一斉に放棄されたのではないかという印象を受けた。

いずれにせよ、マチュピチュ遺跡は、1) 主要建造物に見られるような、極めて薄い目地を用いた精巧な石組、2) 中央部を僅かにふくらませた石のブロック、3) 台形の窓、入口、壁龕、4) 窓、入口、壁龕に見られる二重傍柱など、インカ建築の特性を非常によく伝えている。また、つとにバルカルセルが指摘しているように、1) 壁から突き出した円筒形のほぞ、2) 窓などの開口部の多さ、3) 階段やテラスの多さ、4) 二階建ての建築などの点で、地方的な特性を見ることができると言える。まとめて言えば、この遺跡がクスコとどのような関係をもっていたにせよ、インカ時代の資料としては第一級のものであることは疑いえない。1983年に UNESCO が世界の文化遺産に指定したのは、まさに当を得た処置であったと言える。

以上述べたように、マチュピチュ遺跡には、クスコとの関係を含めてその性格を明らかにしなければならないという問題が残っており、またこれと関連して、遺跡の構造や建築技法の特徴が十分調査されなければならない。修復作業の歴史をたどってみると、現在の遺構の形姿は、おおよそ1960年代までの修復作業によって決定されたもののように思われる。建物の上部の石組、特に切妻部分の多くは、復元されたもののように見受けられた。しかし、修復を急ぐ余り、学問的に厳密な調査が十分なされていないという印象も受ける。文化庁クスコ支所にあっても、調査資料や修復記録の集積は実に不十分である。マチュピチュ遺跡の価値は、第一にインカ時代のアンデス文化の研究資料たることにあり、観光資源としての位置付けは、その後に来るべきものである。調査研究を不完全な状態にしたまま、いたずらに修復・復元を急ぐべきではないだろう。

修復・復元は往時の建築技術を理解して初めて出来るものである。特に「ウリン・サヤ」の建造物に目立つのだが、復元状況を見ると拙劣なものが多い。本来のものに比べて明らかに目地が厚く、石の積み方も乱雑である。復元箇所が分かりやすいという利点はあるが、インカ建築に対する誤解を生じさせることにもなりかねない。現段階では保存と清掃に、すなわち崩壊を防ぐ方向にのみ作業を限定し、同時に、発掘を含む調査活動を活発化させ、建造物の基礎構造や建築技法の解明に力を尽くすべきであろう。

主な参考文献

Bingham, Hiram

- 1975 Lost City of the Incas: The Story of Machu Picchu and Its Builders. (renewed edition by Alfred Bingham). Lima.

Buse Hermann

- 1978 Machu Picchu. 3a. edicion. Lima.

Cabieles, Fernando

- 1983 Machu Picchu. Una Ciudad Sagrada. Lima.

Cosio, José Gabriel

- 1912 Una excursión a Machpicchu, ciudad antigua. Revista Universitaria 2:2-22. Universida de Cuzco

Kauffmann Doig, Federico

- 1978 Manual de Arqueología Peruana. Lima.

Pardo, Luis A.

- 1957 Historia y Arqueología del Cuzco. I. Cuzoco.

Rowe, John H.

- 1946 Inca Culture at the time of the Sapanish Conquest. Handbook of South American Indians 2:183-330. Washington.

San Roman Luna, Wilbert

- 1983 Informe Final: Obra de Restauración. Conjunto Arqueológico de Machupicchu. I. Cuzco.

Valcarcel, Luis E.

- 1961 Sinopsis de Machupicchu. Revista del Museo e Instituto Arqueológico 19:122-135.

2. 2. 2 地形および地質の状況について

[地形]

マチュピチュ遺跡地区（以下「遺跡地区」という）は、南緯 $13^{\circ} 09'$ 、西経 $72^{\circ} 32.5'$ に位置し、クスコの西北方、直線距離で約75kmのところにある。アンデスの東山脈（Cordillera Oriental）を西流するウルバンバ川（Rio Urubamba）本流は、遺跡地区の付近で著しい穿入蛇行を示す。遺跡地区は、この蛇行した河谷によって東、北、西の三方向を囲まれ、北々西方向に大きく突き出した尾根、すなわち南のマチュピチュ峰（海拔3,060m）と北端のワイナピチュ峰（同2,600m強）とを結ぶ、およそ $N15^{\circ} W$ 方向の尾根の鞍部に建設されている。遺跡地区の標高は、南部の農業地区で2,400~2,550m、北部の市街地区は2,400~2,450mであり、ウルバンバ河谷との高度差は450~600mである。両側斜面は、比較的穏やかなハイラム・ビンガム道路のある斜面でも平均約 35° あり、その北側の市街地区の東斜面では平均約 40° 、西側斜面では平均約 45° 、部分的には 60° 以上と、いちじるしく急傾斜である（図2.2.2-1, 2.2.2-2参照）。さらに、ワイナピチュ峰の南東側および南西側、マチュピチュ峰の西側（Puente Inkaのある斜面）、マチュピチュ峰から北東へのびる尾根の北西側、遺跡地区から北東の対岸にある Putukusi峰（海拔2,587m）の東西両側等、至るところで比高数百mの絶壁が発達している（以上の経緯度、標高、傾斜等は2.5万分の1および1万分の1の地形図から読み取ったものである）。

遺跡地区の内部には、侵食によって生じた微地形が発達している。とくに北半の市街地区は、尾根の長軸方向の中央部に窪地が延び、その両側に比高10~30mほどの小ピークが並ぶ二重山稜様の地形を呈している。遺跡はこれらの微少地形を巧みに利用して構築されており、大きな地形改変一切り取りや盛り土—は行っていないと考えられる（以上、写真1, 2, 3参照）。

[地質および岩石]

遺跡地区のある Vilcanota 地方は、東山脈の他地域と同様、変形・変成した古生代の堆積岩・火山岩類と、これを貫く深成岩類とからなる。これらの変形・変成作用は、古生代末期の Hercynian 造山運動によるものである。遺跡周辺地域は、二疊紀後期（2.3~2.5億年前）に貫入した花こう岩類（granitoides）の巨大な岩体の中にある。遺跡の付近には、中粒の花こう岩のほか、細粒の石英モンゾニ岩や花こう閃緑岩などの貫入岩体（表2.2.2-3, 2.2.2-4, 2.2.2-5）も見ることができ、遺跡地区の内部は自然石と建築石材とを問わず、ほぼ一様の白雲母含有黒雲母花こう岩（muscovite-bearing biotite granite）からなる（表2.2.2-1, 2.2.2-2）。

本岩は、中粒の完晶質等粒組織（horocrystalline equigranular texture）を示し、主成分鉱物は石英（quartz） \geq カリ長石（potash feldspar） $>$ 斜長石（plagioclase） $>$ 黒雲母（biotite） $>$ 白雲母（muscovite）からなる。副成分鉱物として zircon, apatite, 鉄鉱（iron ores）が含まれる。また弱い熱水変質作用により、微量の二次鉱物として chlorite, epidote, sericite 等が見られる。

遺跡地区内、とくに市街地区には、上記花こう岩からなる巨大な自然石が露出し、建物の一部は直接その上に建てられたり、これを取り巻いていた、あるいは壁や石垣の一部として利用されている。「聖石」と称せられるものは、自然石そのもの、または一部加工したものである。これら自然石の多くは転石（残留 boulder）であるが、基盤（bed rock）の露頭と見られるものも少なくない。

[地質構造]

遺跡付近の地質調査報告書 (Kalafatovich, 1961) によれば、マチュピチュ峰～ワイナピチュ峰間の尾根から東斜面にかけて、およそNE方向で垂直傾斜の多くの断層が平行して走り、その一部は遺跡地区を横断して西側斜面に及んでいるとされている。市街地区と農業地区の境界をなす POCO Seco と呼ばれる空堀は、断層破砕帯に沿って構築されたと考えられている。

今回の調査では、ワイナピチュ峰への登山道路の崖面で断層露頭を観察できたが、断層面は約60度傾斜し、30cm程度の断層グーシ (粘土様物質) を認めたものの、グーシおよび両側の母岩は固く固結しており、新しい破砕帯は認められなかった。また、ビンガム道路を横断して示されている断層付近では、花こう岩類の岩相が「断層」をはさんで連続的に変化していることから、少なくともその位置には変位の大きな断層は存在しないと考えられる。

しかしながら、遺跡周辺にみられる絶壁の方向性などからみて、本地域にはNE方向で垂直の節理系が卓越し、その一部が破砕帯化していることは十分考えられる。Poco Secoも、直線状でかつ両側の斜面方向が急変していることから、その下には破砕帯の存在する可能性は大きい (写真2)。

一方、遺跡地区内の自然石のうち露頭とみられる巨石中には、前述のNE方向の節理は極めて少なく、これと直交または高角で斜交するNW走向でNEもしくはSW方向に傾斜する節理面が卓越している (図2.2.2-3)。NE方向の主節理は、その間隔が大きくかつ破砕が進んだため、かえって露頭には見えないのかもしれない。

遺跡地区内の花こう岩は、これらの節理面に沿って進行する風化・侵食作用によって次第に岩塊化していったと考えられる。風化・侵食作用は現在も進んでおり、特に岩塊の基部に節理が存在する場合には、侵食の進行とともに岩塊自体が著しく不安定になるおそれがある。

[表層堆積物]

前述のように、遺跡付近の地形はきわめて急峻であり、そのため表土が全く認められず、花こう岩類が直接露出しているところが多い。花こう岩類は新鮮で、深層風化 (わが国の花こう岩地帯では普通に見られる) は全く見られない。

一方、尾根およびそれに近い緩傾斜部の表面には、厚さ数10cm～2m程度の風化残留土が認められる。黄褐色を呈し、淘汰の悪い砂質土 (真砂土) からなる。その土質については、2.2.3項を参照されたい。

比較的緩傾斜のビンガム道路のある斜面では、表層堆積物の断面を観察することができる。そこでは、基盤の上を厚さ1～3m程度の崩積土 (colluvial soil) が被覆している。堆積物は大小の岩塊とその間を充填する風化残留土 (真砂土) からなる。温暖地方に特有の赤色土化は見られず、激しい侵食のため、表層堆積物の形成時期がきわめて新しいことを示唆している。

[斜面崩壊]

1) ビンガム道路およびホテル周辺の崩壊

この地区には、表層堆積物に覆われた自然斜面が残されている。

ビンガム道路ではところどころに、幅数m～10m程度にわたり、崩積土の崩壊が見られる。これらは道路開発に伴う切土斜面への水の流出が原因であろう。そのほか、入場管理所の上の斜面にも小規模な崩壊が認められる (写真4)。これに隣接する売店の上部も小崩壊のおそれがあり、対策を講ずべきである。

1980年、ホテル増築のために掘削した土砂を路肩部分に堆積しておいたところ、管理不十分のためにそれがビンガム道路のある斜面に崩落し、その影響で自然の表層堆積物もかなり広範に崩壊した。全崩壊土量は2,000m³と見積もられている (Soto et al., 1980 による)。これが遺跡地区で近年発生した最大の崩壊である。

2) 遺跡地区外周部の崩壊あと(図2.2.2-4.1および2.2.2-4.2のA, B, C, D)(写真4)

遺跡地区の周縁斜面は、階段状の擁壁(Andenes)によって保護されているが、そのなかで円弧状を呈する部分が見られる(図のA, B, C)。これらは、遺跡構築以前の崩壊あとと考えられる。現在、これらの擁壁に異常は認められない。また、農業地区南端にある住居跡南西の自然斜面には、比較的近年発生したと思われる表層の崩壊が認められる(図のD)。

3) 遺跡地区内部の崩壊(図2.2.2-4.1および2.2.2-4.2の①、②、③、④、⑤)(写真5, 6)

以下では便宜上、石造建造物を「地表から立ち上がっているもの」と「地表に張り付いているもの」に2大別する。前者は家屋・塀・門・囲いなど用途は異なるが、ここではすべて「石壁」と称する。後者も段々畠の石垣や市街地の擁壁などに分けられるが、すべて「石垣」と呼ぶ(ただし、階段や溝を除く)。

①農業地区の北端の東斜面、Foco Secoに接する部分が幅5~20m、下から12段にわたるAndenesが崩壊または変形している。これは、遺跡地区内部における最大の崩壊である。Andenesを構成する石垣は上部では幅2~5mにわたり崩落し、かつFoco Seco側の石垣が1mほど(最大1.4m)相対的に前方へずれている。下部では崩落部は少なくなり、最下部3段ほどの石垣は連続性を保ちつつ、1mほどFoco Seco側が前進する形でたわみ曲がっている。これに伴い、本来水平であった畠の面も最高80cmほどの陥没(上部)ないしは沈降(下部)を示している。

②①の最上部からさらに上方へ、観光客の通路となっている段までの間にわたって、小規模な石垣の変形(みかけ上右ずれ、最大約1.2m)が認められる。

以上のことから、これら①②の一連の崩壊-変形は、Andenes構築後その下になった土壌が地下水によって洗い出され(piping現象)、空洞状態となったために生じたものと考えられる。ただし、Foco Seco側のAndenesが、その相対位置を保ったまま、崩壊することなく、前方へせり出している原因はよくわからない。あるいはこの部分に限り、緩慢な地滑り運動があったのかもしれない。

この崩壊-変形は、遺跡発見当初から存在した古いものであるといわれている。

現在は地下水流の存在を示唆する現象(石垣からの浸み出し、土壌の湿潤化など)は何ら見いだされず、完全に安定化していると考えられる。

③農業地区北東下部のAndenesの石垣が幅2mほど、ごく小規模に崩壊している。古いものと思われる。

④市街地の南東の下部、遺跡地区の外壁をなす石壁の一部約8mの間が、その下の堆積物ごと崩壊している。外観からみて近年のものと思われる。崩落した石垣の直上の斜面には大小の岩塊が堆積しているが、これら岩塊の崩落は④以前の古い時代のものである。

⑤「墓地地区」東北の下部、きわめて急勾配の斜面を保護している石垣が、上下2ヶ所で幅2~3mの小崩壊を生じている。この崩壊部は2)Cの古い崩壊地の端部にあたる突出した地形をなしており、もともと不安定な斜面であったと思われる。

4) 遺跡地区における地山の安定性について

1911年、ハイラム・ピンガムが発見した当時、遺跡の建物の多くは大幅に崩壊しており、その状態は復元作業の行われていない市街地区の南東端 Foco Secoに接する「住居地区」で観察することができる。しかし今回調査した限り、崩壊は地表から立ち上がった「石壁」の上部に限られており、地表に張り付いた「石垣」や建物の基礎ごと崩壊した所は、前記①~⑤の小規模なもの以外は見当たらなかった。唯一、「主神殿」の東側の石壁が基礎ごと沈下しているが、これは2.3.1で述べるように建設当時またはその直後に生じた可能性が大きい。

本遺跡が著しい急傾斜地に存在していることを考慮すると、自然状態では生じたかも知れない落石や表層の崩壊が石垣によって保護され、安定を保っていると考えられる。

もっとも、詳細にみると、石垣のなかにも亀裂、積石の脱落、膨みだし、斜面に平行な方向の隙間などがところどころに見られるが、これらも最近生じたり、著しく進行した形跡は認められない。したがって、特別な地震や豪雨がない限り、以下に記す例外的な箇所を除けば、近い将来に遺跡が「基礎から」崩壊する可能性は少ないと考えられる。

ただし、遺跡発見当時「インティワタナ」地区東斜面の石垣は大幅に崩落しており、1960年頃までの数次にわたる復元によって現在の姿になったという。他の箇所についても若干の崩落はあったかもしれないが、古い記録がないため、組積の状況等から判断せざるを得なかった。

5) 若干の要注意地点について(図2.2.2-4.2の⑥、⑦、⑧、⑨)(写真7, 8)

以下には建物(石壁)の上部構造は扱わず、基盤の不安定性に起因する要注意地点について述べる。

- ⑥「インティワタナ」のある独立丘の東側急斜面を保護している石垣の一部に隙間が生じている。頂上部から右下方に向い、高低差約10m間にわたって幅数cmの隙間が断続的に生じているほか、その近辺の石垣に若干のゆるみも見られる。前述のようにこの石垣は1960年頃までに大幅に修復されたようであるが、それ以後この隙間がいつから生じていたかは、古い写真がなく不明であった。異常の原因が基盤(おそらく花こう岩の露頭)にまで及んでいるか否かは不明であるが、隙間のある石垣直下の花こう岩露頭や、「インティワタナ」西側の石垣には何ら異常がないことから、基盤には異常がなく、単に石垣の壁面が基盤から剥離したためとも考えられる。いずれにしても、放置すれば石垣の脱落のおそれもあるため、早急にその原因を調べ、対策を講ずる必要がある。
- ⑦市街地区南東部の、頂上部が「聖石」となっている巨大な自然石。露頭と思われるが、その東側の下部が節理によって削落しているため、重心が高く不安定な状態にある。
- ⑧「石臼地区」の東側、Andenesとの境界部にある巨大な自然石。その上に建物が築かれている。下部は大きな節理面によって屋根裏様の空間になっており不安定である。その荷重の一部を支えていると思われる転石に最近生じたと考えられる亀裂が生じ、支持力が低下しているおそれがある。
- ⑨「コンドルの神殿」の南側に、自然石の節理によって生じた洞穴があるが、節理の一部が地下水によってゆるみを生じているため、自然石の一部が不安定な状態にある。なお、「コンドルの神殿」の自然石にも亀裂が認められるが、古い亀裂で自然石自体は安定していると思われる。これら⑦⑧⑨の自然石は、放置すれば、転倒はしないまでも、傾動して周囲の構造物に影響を与える可能性があるため、詳細調査のうえ対策を講ずる必要があろう。

地形・地質に関する参考文献、地図

Karafatovich, C., 1961, Geologia de la Ciudadela Incaica de Machupicchu y sus alrededores. Revista Universitaria, U.N.S.A.A., Cusco, p.217-228.

Marocco, R., 1978, Estudio geologico de la cordillera de Vilcabamba, Ser.D, No.4, I.G.M. Peru, 157p.

Soto, M.T., Cordova, E. y Cano, C., 1980, Mecanica de deslizamientos en de complejo arqueologico de Machupicchu. 掲載誌不明, I.N.C.-D.C. y U.N.S.A.A. Cusco.

Zeil W., 1979, The Andes : a geological review. Gebrueder Borntraeger, Berlin, 260p.

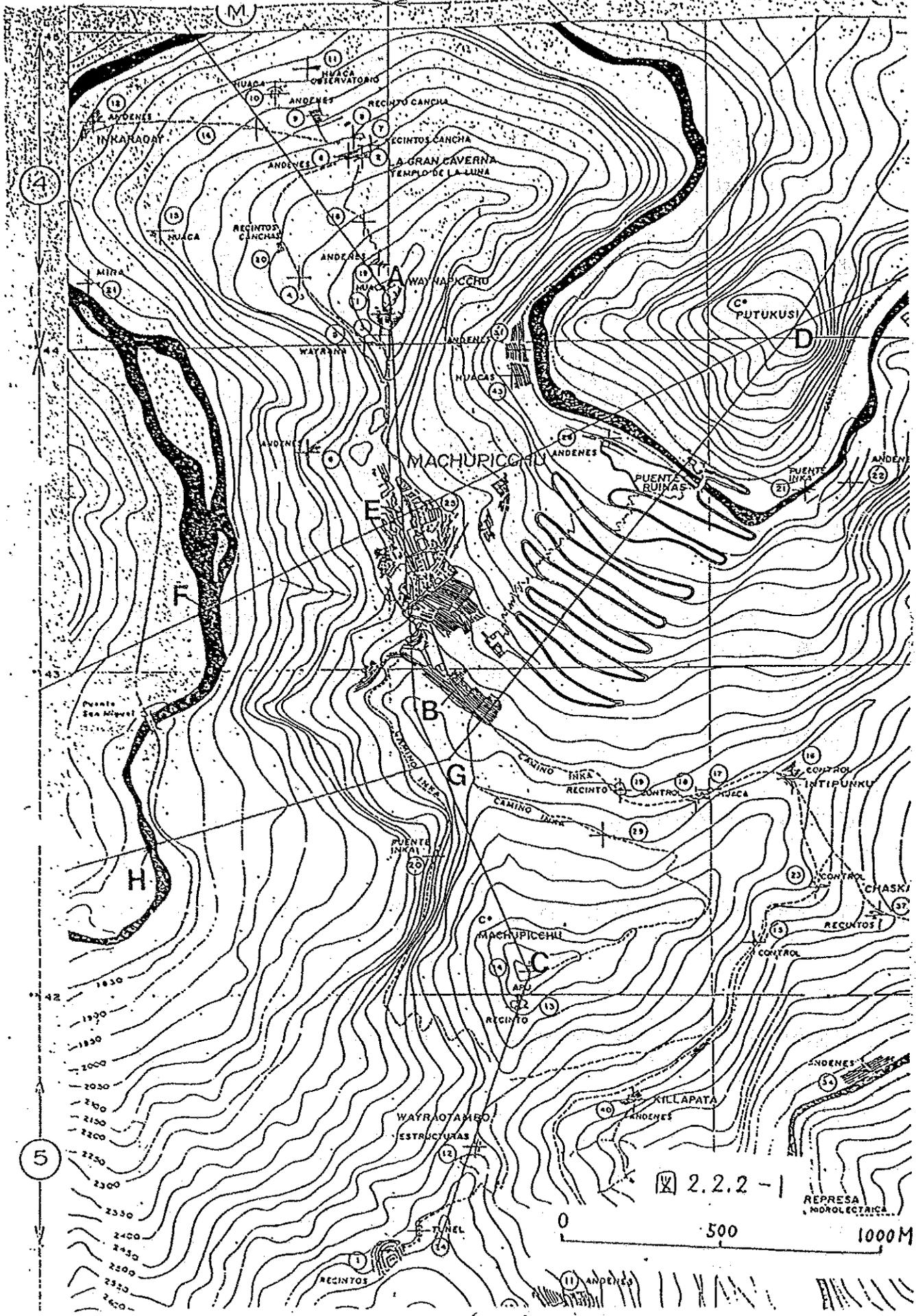
(1:25,000 地形図) Machupicchu, 1975, Cuzco Hoja 27q-1-SE, Ministerio de Agricultura, Oficia General de Catastro Rural.

(1:25,000 地形図) Huyro, 1975, Cuzco Hoja 27q-1-NE, 同上

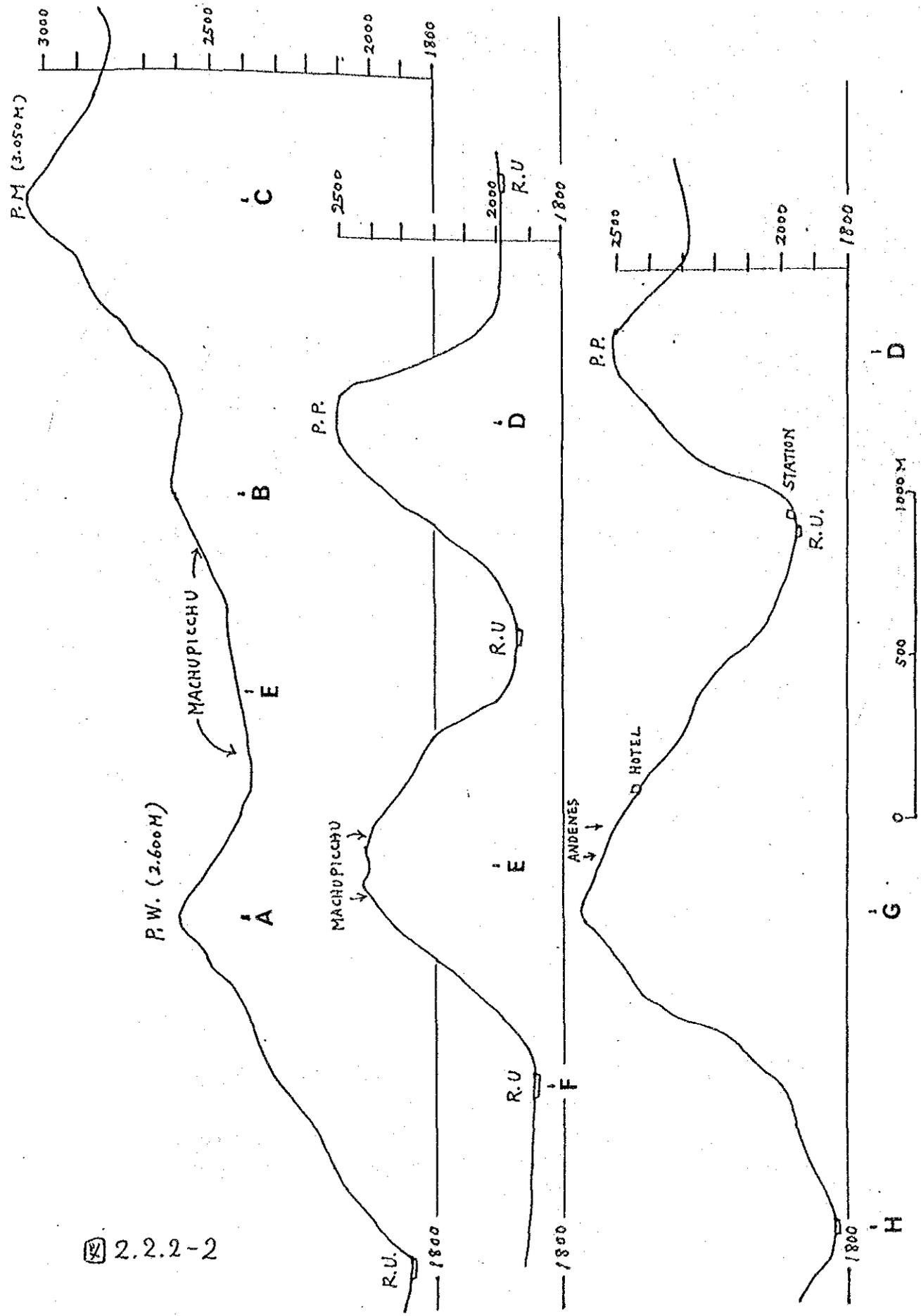
(1:25,000 地形図) Chamana, 1975, Cuzco Hoja 27r-1V-S0, 同上

(1:10,000 地形図) Catastro del Valle del Vilcanota (Machupicchu), 1986, CA-60, I.N.C-D.C.

(1:5,000 地形図) Conjunto Arqueologico de Machupicchu, 1987, CA-72, I.N.C-D.C. y FOPTUR.



2.2.2-2



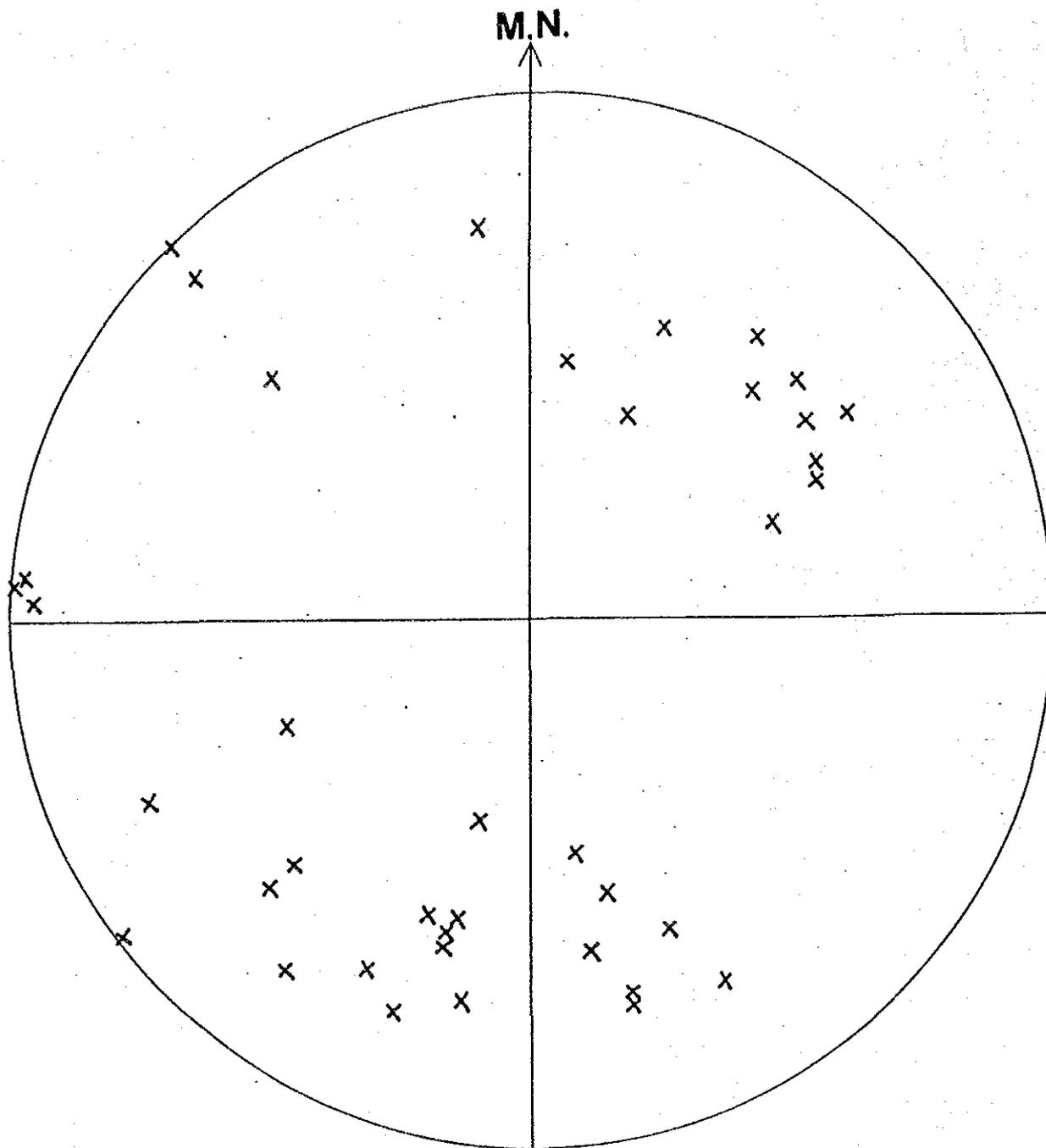


図2. 2。2-3 : マチュピチュ遺跡「市街地区」の花こう岩露頭に
 みられる節理面の投影図。
 (シュミット網上半球投影。節理面の測定は統計
 的に行っていないので、おおよその傾向を示すに
 すぎない)

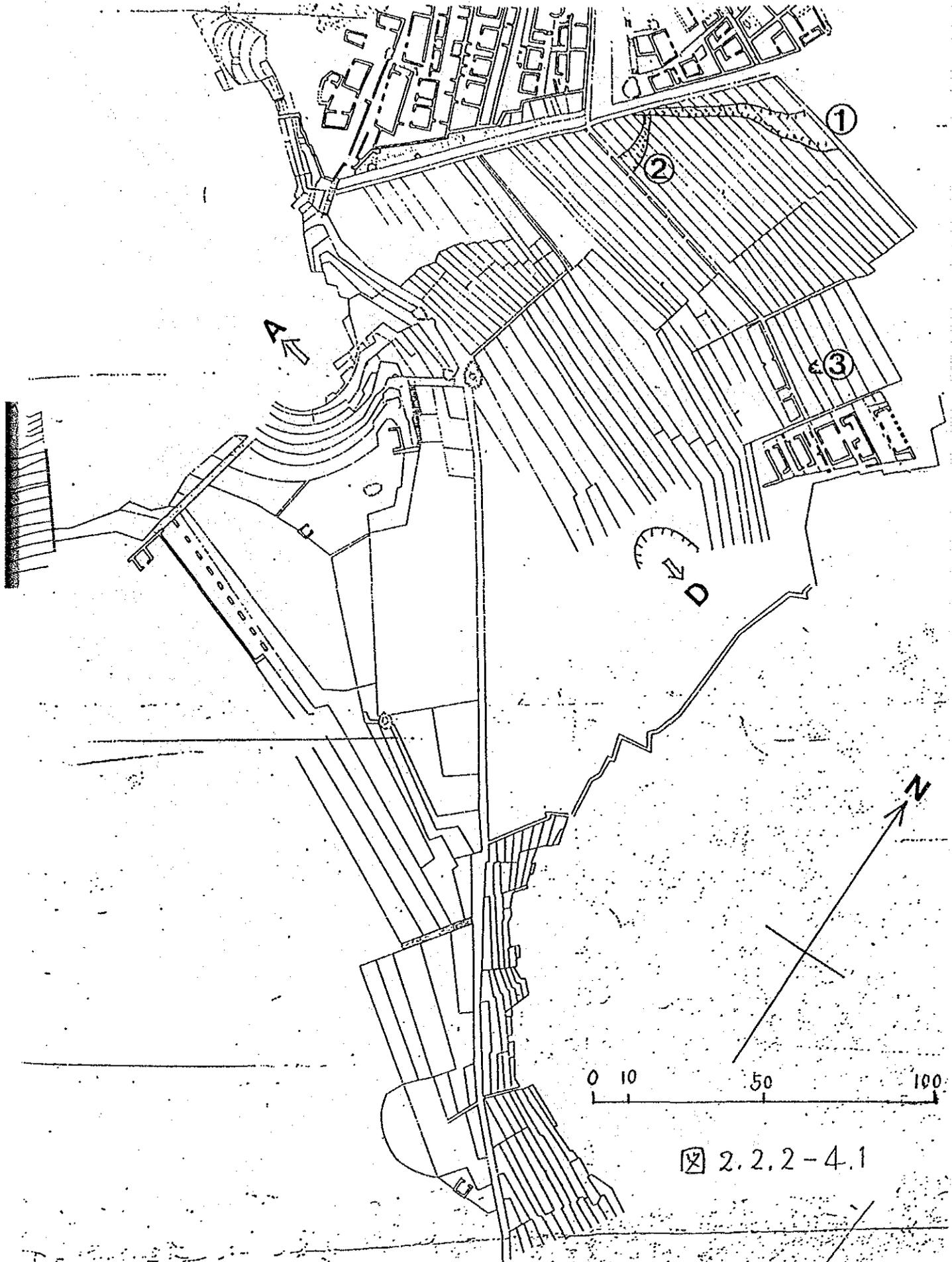


图 2.2.2-4.1

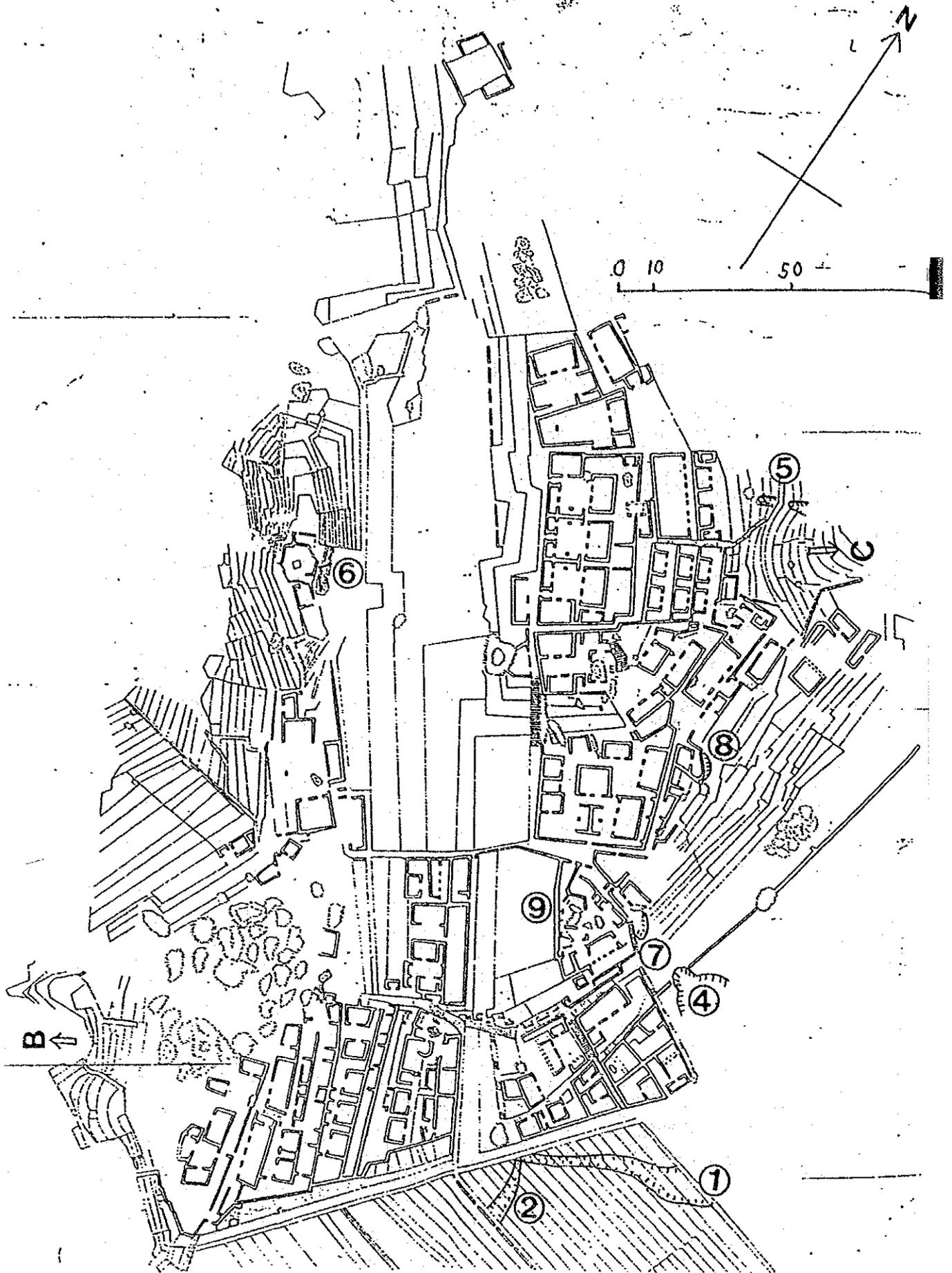


图 2.2.2-4.2

白雲母、黒雲母花こう岩

組織： 中粒の完晶質等粒状組織 (Holocrystalline equigranular texture) を示す。

主成分鉱物

斜長石—少量存在し、大きさ0.05-1.8mm、半自形、柱状でカルルスバット式双晶、集片双晶を示し曹長石質である。微粒の絹雲母、緑簾石に交代され汚染されている。

カリ長石—中量存在し、大きさ0.02-5.0mm、半自形—他形粒状で、パーサイト、マイクロパーサイト組織をよく示す。

石英—中量存在し、大きさ0.03-3.0mm、他形、不規則粒状で、斜長石破片を含有し、強い波状消光を示す。

黒雲母—少量存在し、大きさ0.015-1.8mm、他形、板状で、淡黄色—褐色を示し、ジルコンを時に伴い、緑簾石に交代されている。

白雲母—少量存在し、大きさ0.06-0.7mm、他形、板状、繊維状で湾曲するものがあり、無色を呈する。

副成分鉱物

ジルコン—微量存在し、大きさ0.2mm以下、半自形、柱状で淡褐色を呈し、黒雲母に伴うものが多い。

アバタイト—微量存在し、大きさ0.8mm以下、自形、針状で無色を呈する。

不透明鉱物—微量存在し、大きさ0.1mm以下、半自形—他形、粒状、柱状で黒色磁鉄鉱、チタン鉄鉱様外形を示す。

二次鉱物

緑泥石—微量存在し、大きさ0.15mm以下他形、板状で黒雲母を交代し仮晶を作る緑色を呈する。

緑簾積—微量存在し、大きさ0.4mm以下、半自形、他形、柱状、粒状で淡黄色を示し、斜長石、黒雲母を交代し、微粒状集合をする。

絹雲母—少量存在し、大きさ0.2mm以下、他形、鱗片状で斜長石を交代している。

特徴

カリ長石、石英の多い花こう岩で、緑泥石、緑簾石、絹雲母による弱い変質作用を受けている。

表2. 2. 2-1 : 「インカの採石場」内の転石

含白雲母、黒雲母花こう岩

組織： 中粒な完晶質等粒状組織 (Holocrystalline equigranular texture) を示す。

主成分鉱物

斜長石—少量存在し、大きさ0.10-3.9mm、半自形—他形、柱状、粒状で葉片双晶、累帯組織を示し、曹長石質でソーシユル石化作用を受けている。

カリ長石—中量存在し、大きさ0.05-5.3mm、他形、粒状でパーサイト、マイクロパーサイト組織を示し、微粒状の汚染を受けている。

石英—中量存在し、大きさ0.02-3.6mm、他形、粒状で縫合状集合をする。不規則な割れ目を伴う。

黒雲母—少量存在し、大きさ0.04-2.1mm、他形、板状、片状で淡褐色—褐色を呈し、白雲母、ジルコン、不透明鉱物を伴う。

白雲母—微量存在し、大きさ0.03-0.5mm、他形、板状、繊維状を示し、無色を呈する。

副成分鉱物

ジルコン—微量存在し、大きさ0.15mm以下、自形、柱状で淡黄色—淡黄褐色を示す。

アパタイト—微量存在し、大きさ0.11mm以下、半自形、柱状、無色を示す。

不透明鉱物—微量存在し、大きさ0.31mm以下、他形、板状、黒色でチタン鉄鉱様外形を示す。

二次鉱物

緑礫石—微量存在し、大きさ0.37mm以下、半自形、粒状、柱状で、淡褐色—黄色を示す。

絹雲母—少量存在し、大きさ0.22mm、他形、鱗片状、繊維状を示し、斜長石を交代する。

特徴

中粒でカリ長石、石英の多い完晶質岩だが、斜長石はソーシユライト化の変質作用を受け汚染されている。

表2.2.2-2 : 「市街地区」東部大露頭付近の転石

角閃石、黒雲母花こう閃緑岩 (アダメライト質)

細粒質

組織：(完晶質等粒状組織 (Holocrystalline equigranular texture) を示す。

主成分鉱物

斜長石—少量存在し、大きさ0.11-1.15mm、半自形-他形、粒状で、小型の物は長柱状で集片双晶が多く、全体に曹長石質でソーシユル石化している。

カリ長石—少量存在し、大きさ0.17-0.95mm、他形、粒状で、斜長石、石英粒間を埋め、パーサイト、マイクロパーサイト組織を示す。

石英—少-中量存在し、大きさ0.06-1.9mm、他形、粒状で斜長石粒間を不規則に埋めている。

黒雲母—少量存在し、大きさ0.03-0.45mm、半自形-他形、板状で淡褐色-褐色で微量のスフェンを伴う。

ホルンブレンド—微-少量存在し、大きさ0.01-0.8mm、半自形-他形、粒状、柱状で淡黄褐色-緑色-オリーブグリーンを示す。

副成分鉱物

スフェン—微量存在し、大きさ、0.5mm以下、半自形、粒状、柱状で淡褐色を示す。

アバタイト—微量存在し、大きさ0.05mm以下、自形、針状、柱状で無色を示す。

不透明鉱物—微量存在し、大きさ0.06mm以下、半自形、粒状黒色で、磁鉄鉱物様外形を示す。

二次鉱物

緑泥石—微量存在し、大きさ0.47mm以下、他形、角閃石を交代して仮晶を作り、淡黄色-緑色を示す。

緑簾石—少量存在し、大きさ0.03-0.3mm、半自形-他形、柱状、粒状で斜長石角閃石を交代して、絹雲母、緑泥石と共生する。

絹雲母—少量存在し、大きさ0.1mm以下、他形、鱗片状で、しばしば緑簾石と共生し、斜長石を交代している。

ソーシユライト帯—約4mmの帯状を示し、この帯中の斜長石は著しい微粒の絹雲母、緑簾石に交代されている。

特徴

曹長石、カリ長石のやや多い花こう岩質の岩石で、変質作用を受け、緑泥石、緑簾石、絹雲母の形成や、緑簾石細脈形成の変質作用を伴っている。

表2. 2. 2-3 : ワイナピチュ登山路の鞍部 (貫入岩体)

石英モンゾニ岩

組織： 細粒な完晶質等粒状組織 (Holocrystalline equigranular texture) をしめす。

主成分鉱物

斜長石—中量存在し、大きさ0.08-1.95mm、半自形、自形、柱状、粒状で集片双晶を示し、曹長石質でソーシユル石化作用を受けている。

カリ長石—少量存在し、大きさ0.05-2.2mm、他形、粒状でパーサイト、マイクロパーサイト組織を示す。

石英—少量存在し、大きさ0.04-3.2mm、他形、粒状で縫合状集合をする。強い波状消光を示す。

黒雲母—少量存在し、大きさ0.04-0.8mm、他形、板状、片状で淡黄—褐色—オリーブグリーンを呈する。

白雲母—微—少量存在し、大きさ0.015-0.7mm、他形、板状、繊維状を示し、無色を呈する。

副成分鉱物

ジルコン—微量存在し、大きさ0.05mm以下、自形、針状で淡褐色を示す。

アバタイト—微量存在し、大きさ0.2mm以下、半自形、六角柱状、無色を示す。

不透明鉱物—微量存在し、大きさ0.35mm以下、半自形—他形、六角板状で赤鉄鉱様外形を示す。

二次鉱物

緑簾石—微量存在し、大きさ0.2mm以下、自形—他形、粒状、短柱状で、短黄褐色を示す。

絹雲母—少量存在し、大きさ0.15mm、他形、鱗片状、針状、繊維状を示し、無色を呈する。

緑簾石細脈—幅0.25mm、微粒緑簾石集合の細脈を作り、微量の石英を伴う。

特徴

斜長石のやや多い完晶質岩で、緑簾石、絹雲母の形成や、緑簾石細脈形成の変質作用を伴っている。

表2. 2. 2-4 : ビンガム道路 (貫入岩体)

白雲母、黒雲母花こう岩 (アダメライト質)

組織： 中粒な完晶質等粒状組織 (Holocrystalline equigranular texture) を示す。

主成分鉱物

斜長石—中量存在し、大きさ0.15-2.35mm; 自形—半自形、柱状で集片双晶を示し、曹長石質でソーシユル石化作用を受けている。

カリ長石—少量存在し、大きさ0.06-4.35mm、半自形、粒状でパーサイト、マイクロパーサイト組織を示す。

石英—中量存在し、大きさ0.02-3.0mm、他形、粒状で縫合状集合をする。

黒雲母—少量存在し、大きさ0.02-1.8mm、他形、板状で淡褐色—褐色—緑褐色を呈する。

白雲母—微量存在し、大きさ0.06-1.01mm、他形、板状で、無色を呈する。

副成分鉱物

ジルコン—微量存在し、大きさ0.1mm以下、半自形、粒状、短柱状で淡褐色を示す。

アバタイト—微量存在し、大きさ0.1mm以下、半自形で、粒状、無色を示す。

不透明鉱物—微量存在し、大きさ0.1mm以下、半自形、粒状で黒色を示す。

二次鉱物

緑泥石—微量存在し、大きさ0.65mm以下、黒雲母を交代し、仮晶を作り、緑色を示す。

緑簾石—微量存在し、大きさ0.2mm以下、半自形、柱状で、淡黄色—淡褐色を示す。

絹雲母—少量存在し、大きさ0.15mm、他形、鱗片状で、緑簾石などと共に斜長石を交代する。

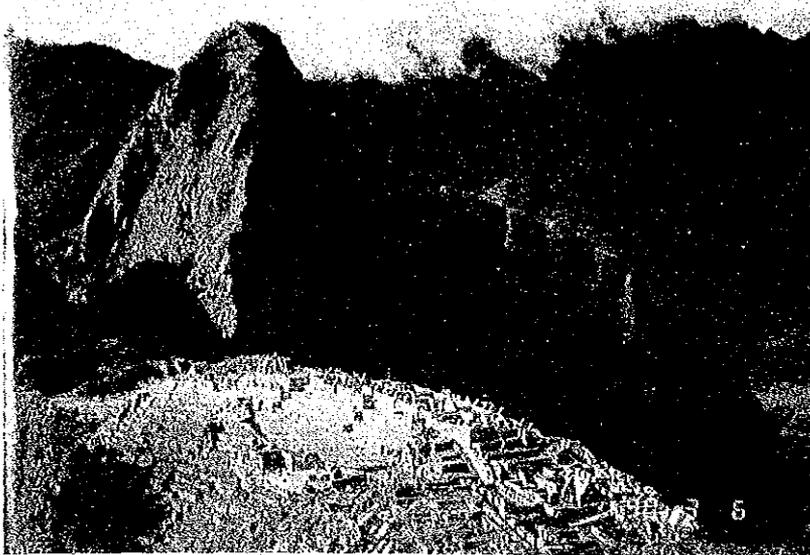
緑簾石細脈—微量存在し、幅0.4mm以下の細脈で、細粒緑簾石集合で構成される。

特徴

カリ長石のやや少ない完晶質岩石で、黒雲母の緑泥石、緑簾石化、斜長石の緑簾石化、絹雲母化作用や、緑簾石細脈を伴っている。

表2. 2. 2-5 : ビンガム道路 (貫入岩体)

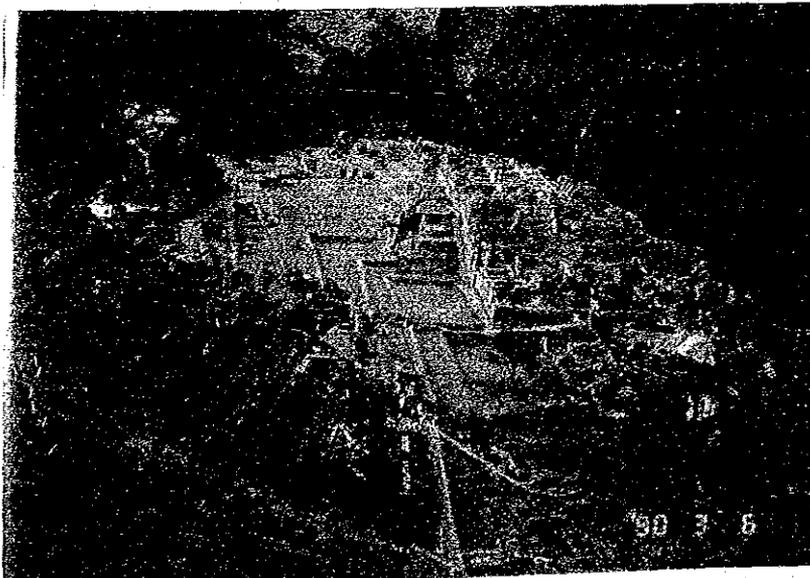
1. 遺跡地区の地形



1) ワイナピチュウ峯(2,600m)

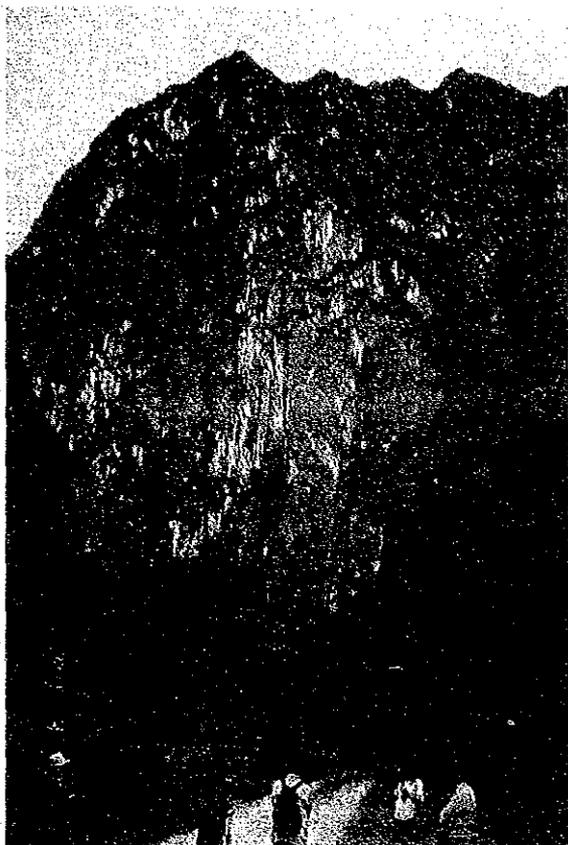


2) マチュピチュウ峯(3,060m)

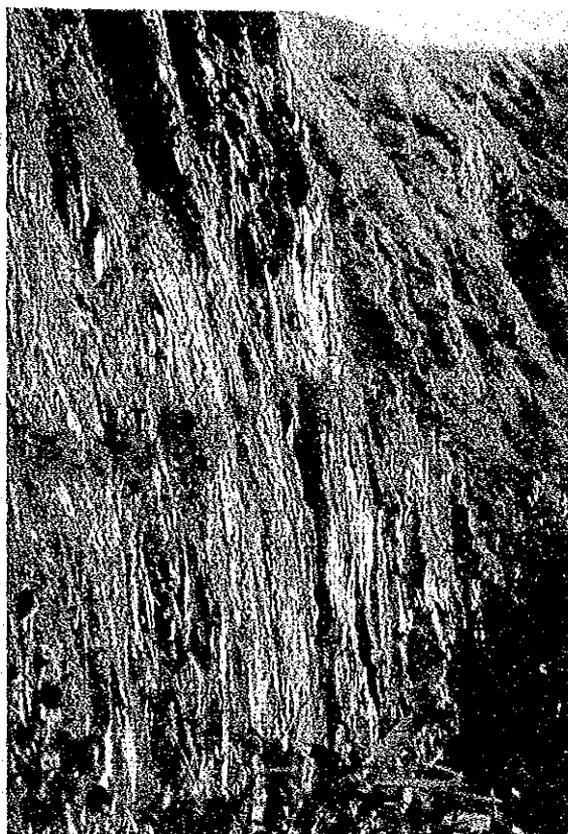


3) 「市街地区」の微地形
二重山稜様の尾根に注意

2. 遺跡地区周辺の地形と断層



1) 「遺跡橋」 駅東方の絶壁



2) マチュピチュ峰西斜面, 「インカ橋」
付近の絶壁

断層

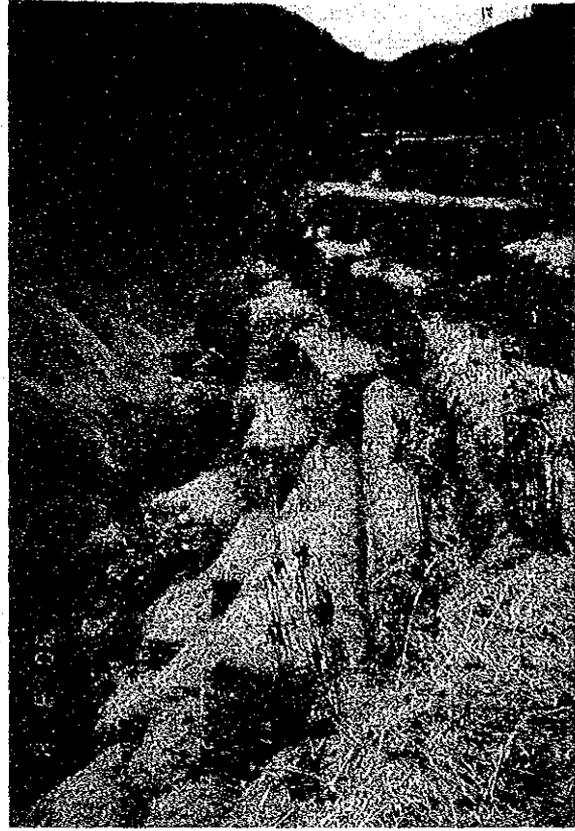


3) 断層破砕帯が推定されているPoso Seco (「市街地区」
と「農業地区」を分ける空堀

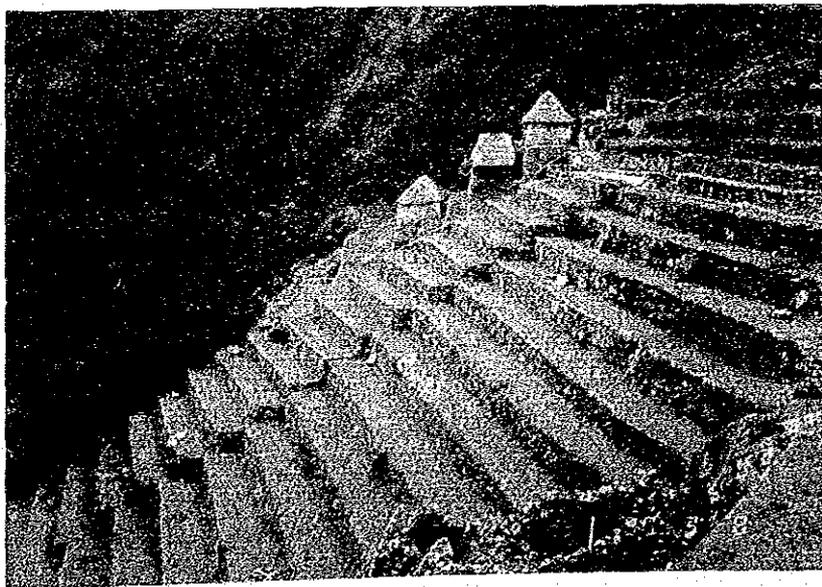
3. 遺跡地区の地形



1) 急峻な「市街地区」西側斜面
を保護するアンデネス

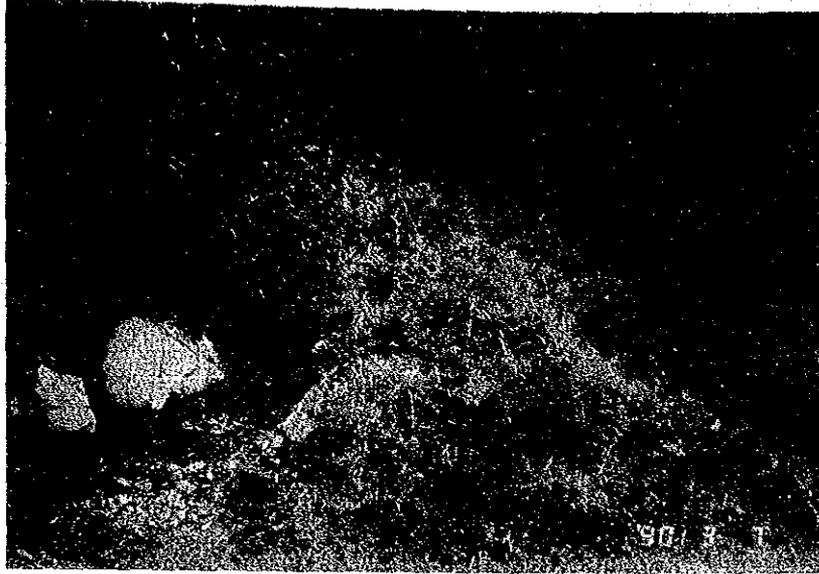


2) 同左

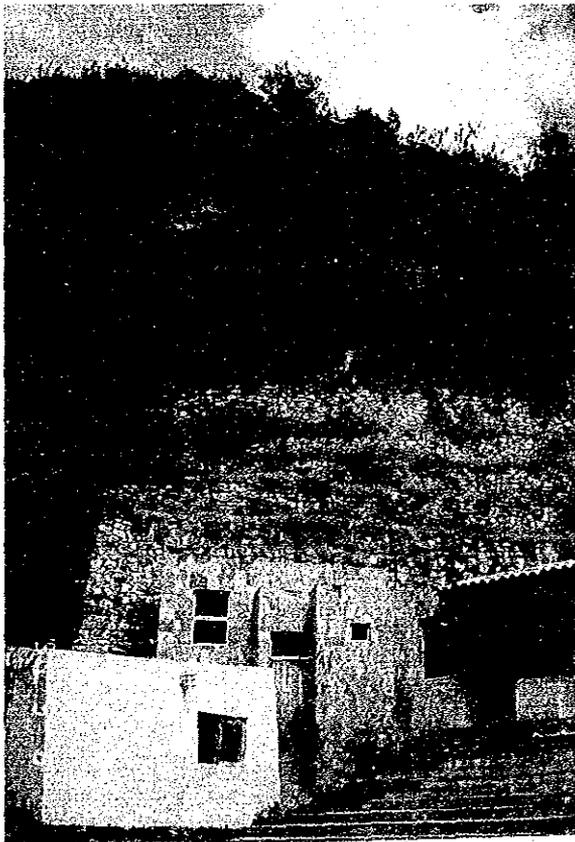


3) 比較的緩傾斜をなす「農業地区」の東側斜面

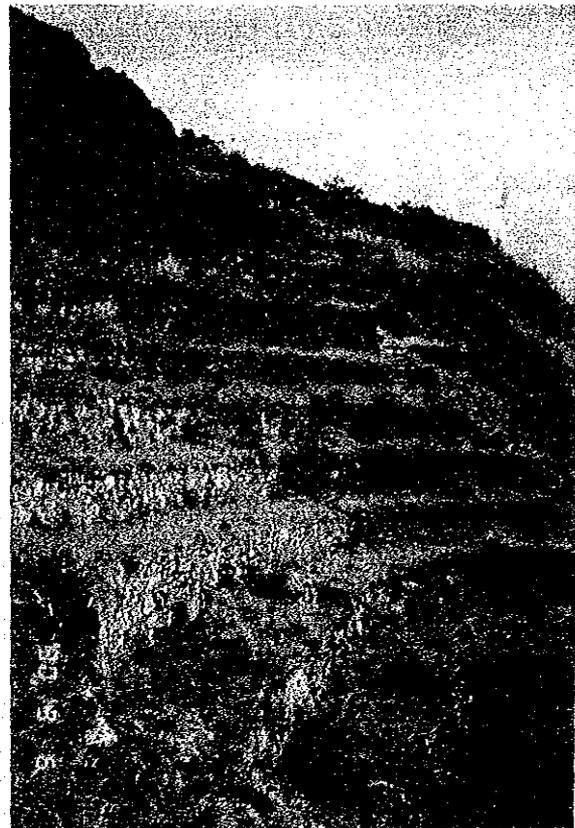
4. 斜面崩壊の例



1) ビンガム道路にみられる小規模な斜面崩壊



2) 入場管理所上方の斜面崩壊

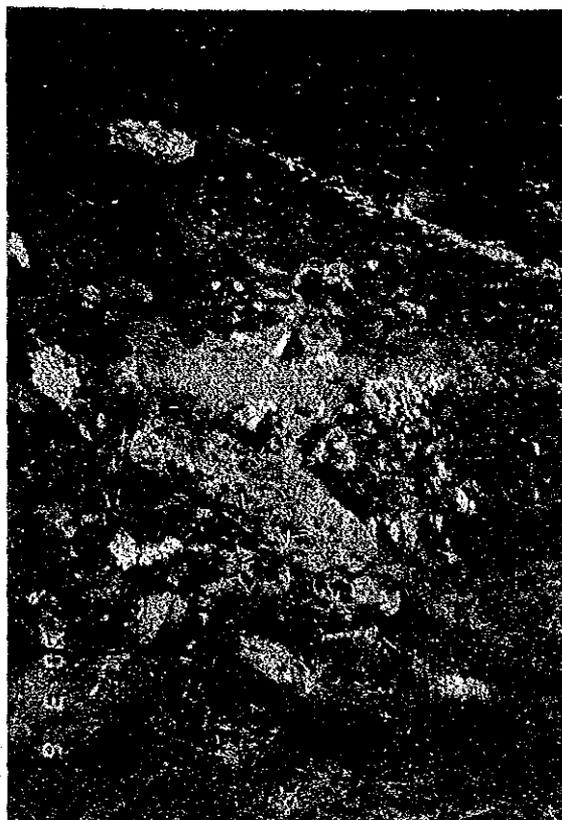


3) 古い地すべり跡に築いたと考えられる弧状のアンデネス。図4-A 地点

5. アンデネスの崩壊・沈下・たわみ



1) 図4-①地点下部のアンデネスのたわみと手前側の沈下



2) 同地点中央部のアンデネスの崩壊
右上はPoso Secoの石垣

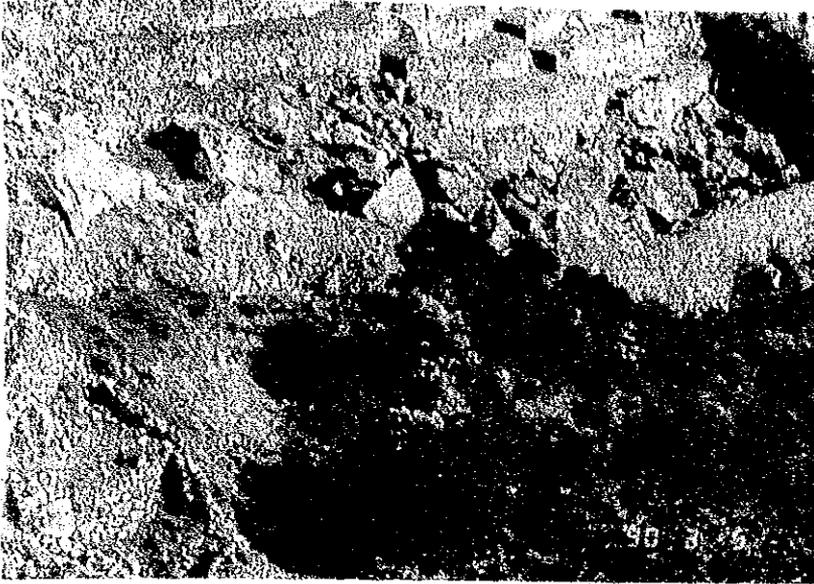


3) 図4-②地点の最上部の石垣のたわみ



4) 図4-①地点上部のアンデネスの崩壊。右端はPoso Secoの石垣

6. アンデネスと周辺斜面の崩壊



1) 図4-④地点の斜面崩壊とその上の石垣の小崩壊

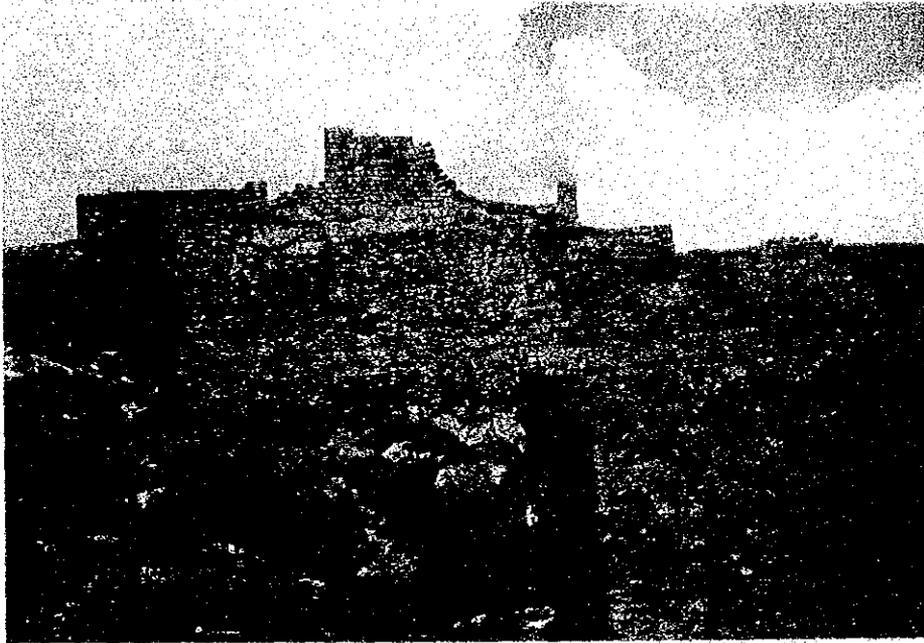


2) 図4-⑤地点下部の石垣の小崩壊



3) 図4-⑥地点上部の石垣の崩壊

7. 石垣の亀裂



1) 図4-⑥地点。「インテイワタナ」東斜面の石垣



2) 同上の一部。頂上から斜め右下に向う断続的な亀裂（石垣のゆるみ）に注意



8. 自然石の不安定



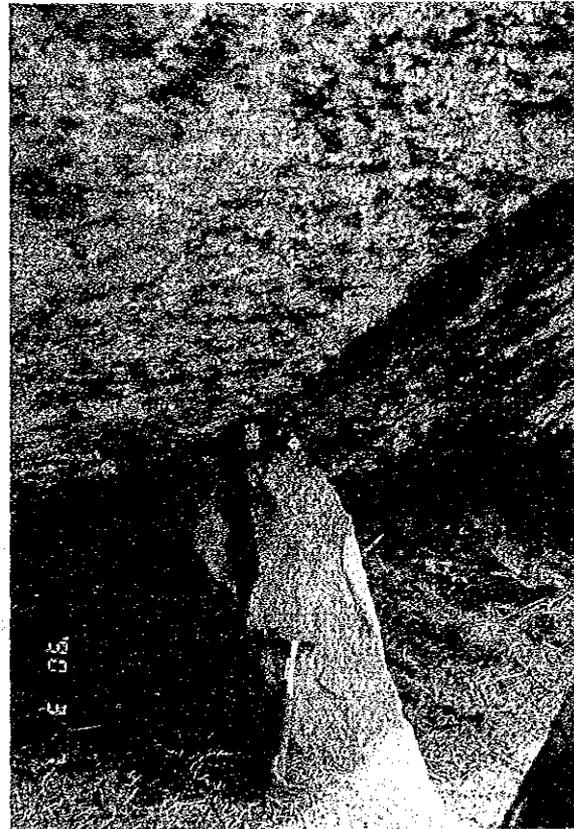
1) 図4-⑨地点。「コンドルの神殿」南側の自然石。基底部の節理がゆるみ不安定



2) 図4-⑦地点。巨大な自然石の基部にみられる節理のゆるみ



3) 図4-⑧地点。自然石下部の空間



4) 同左。自然石の下底を支える転石に生じた圧裂性の割れ目

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities. It emphasizes that proper record-keeping is essential for transparency and accountability, particularly in financial reporting and auditing. The text notes that incomplete or inaccurate records can lead to significant errors and potential legal consequences.

2. The second part of the document outlines the various methods and tools used for data collection and analysis. It mentions the use of spreadsheets, databases, and specialized software to manage large volumes of information. The text also discusses the importance of data security and privacy, highlighting the need for robust protocols to protect sensitive information from unauthorized access and breaches.

3. The third part of the document focuses on the process of data validation and quality control. It describes the steps involved in verifying the accuracy and reliability of the collected data, including cross-checking entries, identifying outliers, and ensuring consistency across different sources. The text stresses that high-quality data is crucial for making informed decisions and drawing valid conclusions.

4. The fourth part of the document addresses the challenges and limitations of data analysis. It acknowledges that while data provides valuable insights, it is not infallible. Factors such as incomplete data, bias, and changing conditions can affect the results. The text suggests ways to mitigate these risks, such as using multiple data sources and applying statistical techniques to account for uncertainty.

5. The fifth and final part of the document concludes by summarizing the key points and offering recommendations for best practices. It reiterates the importance of a systematic and disciplined approach to data management and analysis. The text encourages ongoing learning and adaptation to new technologies and methodologies to stay current in the field.

2. 2. 3 土質的な性質について

マチュピチュの地表面を覆っている表土は、主として花崗岩の風化した『真砂土』(砂)によって構成されていて、遺跡の一部ではこの真砂土を材料とする盛り土が成されている。主神殿部の基礎部2か所に於いて試掘を実施したところ、基礎石の周辺部の土砂は全てこの真砂土によって構成されていることが判明した。この真砂土中には石を加工仕上げする際発生したであろう削屑がかなり含まれているものと推定されるが、現在ではその判断は難しい。現代の復旧作業においても、この真砂土は石積みの目地材として用いられている。

なお、小発掘2カ所より各々1試料の真砂土を採取し室内土質試験を実施したところ、次の結果が得られた。

表-2.2.3-1 土の室内土質試験結果

試 験 項 目	試 掘 N o . 1	試 掘 N o . 2
自然含水比 w (%)	22.2	19.6
土粒子の比重 G _s	2.64	2.62
粒度配合		
礫分 (%)	14.1	18.1
砂分 (%)	56.7	58.1
シルト分 (%)	29.2	23.1
粘土分 (%)		
土質分類 (ASTM)	S M	S M
液性限界 L.L (%)	34	29
塑性限界 L.P (%)	N P	N P
塑性指数 I.P (%)	N P	N P

以上の試験結果、マチュピチュの土質は一口に言って砂であるが、細粒子分(0.075mm以下)を23.1~29.2%程度含有していて、この土に対して液性限界試験を試みたところ、L.L=29~34%が得られ、比較的低い含水比で液性限界に達する。

粒度試験の結果のその粒度配合状態は良く盛り土材料として遜色のない土であるが、砂状のため雨水によって浸食されやすい傾向にある。

また、砂分の含有量が多く低含水比で間隙比が小さいため、構造物の支持地盤とした場合、上載荷重によって圧密沈下の恐れが少ない土である。遺跡全体を観察した結果、基礎地盤の圧密沈下の原因で不等沈下が発生したと思われる部分は認められない。

この材料(真砂土)で盛土斜面を作る場合は、十分締め固めを行いながら施工するならば問題ないと判断され、たとえすべり破壊が発生したとしても、長期的なクリープ変形ではなく短期的な変形で収まるものと考えられる。遺跡内東南部段々畑(農業地区)の最下部にすべり現象の形跡が認められるが、このすべり破壊はインカ時代造成直後に発生したものと推定され、現在は安定している。周辺の地盤状況から判断して、将来この箇所ですべり破壊が発生することはないものと考えられる。(前述2.2.2節参照)

なお、この真砂土は透水性の良い土なので、雨季に土中に浸透した水は地下水となり、現在の地形の基盤を成している花崗岩の上面を流下し、遺跡東西の斜面をウルバンパ川に向かって流れているものと推定される。特に太陽の神殿の地下室の壁はこの水道上に作られているため、壁面に地下水の浸出が認められる。

土質試験結果一覧表 (基礎地盤用)

報告用紙

調査名・調査地点 マチュピチュ 整理担当者

試料番号		1	2				
深 さ m		~	~	~	~	~	
粒 度 特 性	礫分 (2000 μ m以上) %	14.1	18.8				
	砂分 (75~2000 μ m) %	56.7	58.1				
	シルト分 (5~75 μ m) %	29.2	23.1				
	粘土分 (5 μ m以下) %						
	最大粒径 mm						
	均等係数 U_c						
	曲率係数 C_u						
コンシステンシー特性	液性限界 w_L %	34	29				
	塑性限界 w_p %	NP	NP				
	塑性指数 I_p						
分類	日本統一土質分類	SM	SM				
土粒子の比重 G_s		2.64	2.62				
自然状態	含水比 w_n %	22.2	19.6				
	湿潤密度 ρ_w g/cm ³						
	間隙比 e						
	飽和度 S_r %						
力 学 特 性	一軸圧縮試験	一軸圧縮強さ q_u kgf/cm ²					
	一面せん断試験	試験の条件 ^{注1)}					
		粘着力 c kgf/cm ²					
		せん断抵抗角 ϕ 度					
	三軸圧縮試験	試験の条件 ^{注1)}					
		粘着力 c kgf/cm ²					
		せん断抵抗角 ϕ 度					
	圧密試験	圧密降伏応力 p_c kgf/cm ²					
		圧縮指数 C_c					

備考

注) 非圧密非排水試験: UU
 圧密非排水試験: CU
 圧密非排水試験 (間隙水圧を測定した場合): CU
 圧密排水試験: CD

調査名・調査地点

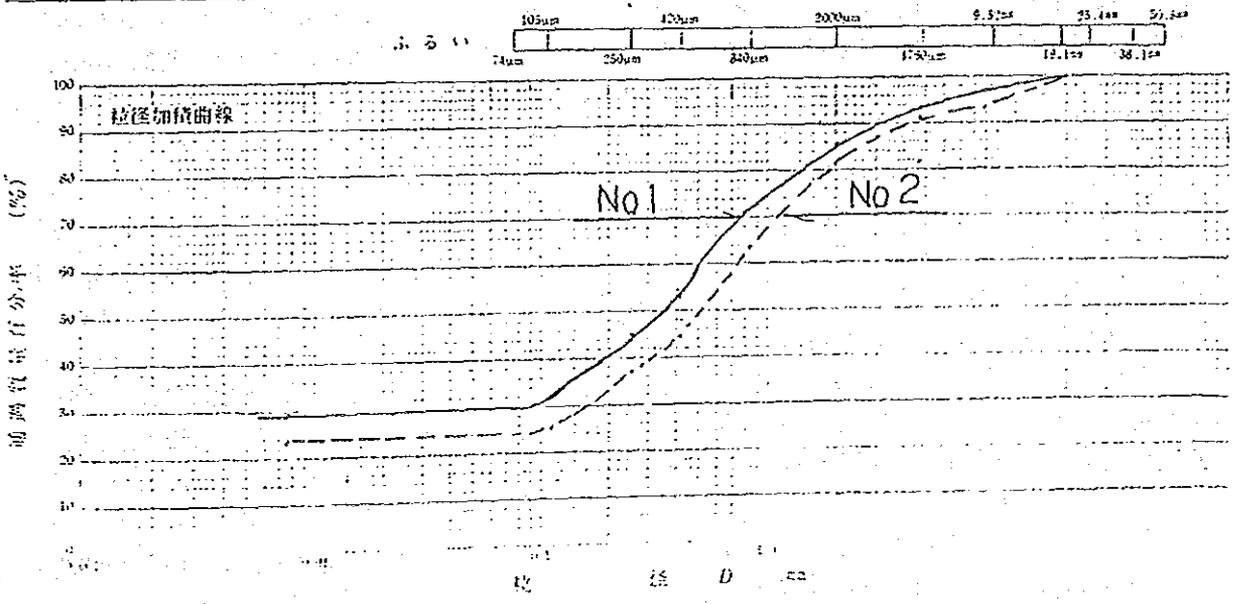
マチュピチュ

試験年月日 1990年 3月 21日

試験者

試料番号 深さ	No. 1 (m - m)		No. 2 (m - m)	
	粒径 mm	質量百分率 %	粒径 mm	質量百分率 %
ふるい分け	50.8		50.8	
	38.1		38.1	
	25.4		25.4	
	19.1	100.0	19.1	100.0
	9.52	97.2	9.52	93.0
	4.76	93.8	4.76	91.1
	2.00	85.9	2.00	81.2
	0.84	70.2	0.84	63.1
	0.42	52.6	0.42	44.5
	0.25	45.0	0.25	37.3
比重	0.105	31.7	0.105	25.4
	0.074	29.2	0.074	23.1

試料番号 深さ	No. 1 (m - m)	No. 2 (m - m)
4.76mm以上の粒子 %	62	89
細砂分 (4.76 ~ 2mm) %	79	99
粗砂分 (2 ~ 0.42mm) %	333	367
細砂分 (0.42 ~ 0.074mm) %	234	214
シルト分 (0.074 ~ 0.005mm) %	292	231
粘土分 (0.005mm以下) %		
コロイド分 (0.001mm以下) %		
200μmより通過質量百分率 %		
150μmより通過質量百分率 %		
75μmより通過質量百分率 %		
最大粒径 mm		
60% 粒径 mm	0.5	0.75
30% 粒径 mm	0.09	0.16
10% 粒径 mm		
均等係数 U_c		
曲率係数 U_c		
土粒子の比重 G_s		
使用した分散剤		



結	土	シ	ル	ト	分	粗	砂	分	細	砂	分	分	分	分	分
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

備考

注、コロイド分を含む

2. 2. 4 地震学的考察

2. 2. 4. 1 地震活動と想定される地震動

(1) 最近の地震活動

マチュピチュに被害を及ぼす可能性のある地震は、二つのグループに分類できる。

第一のグループは南方100kmのアレキッパ下に広く分布する地表下100~200kmの地震活動である。この活動はほぼ間断なく、マグニチュードが6を超える地震も10年に1回程度の頻度で発生する。またクスコの南東150kmのチチカカ湖北方は、世界有数の巨大深発地震の密集地である。(例えば1963年8月、11月のマグニチュード7.5の地震、図2.2.4.1参照)

これらの地震による震源での破壊様式(発震機構)は多くの研究によってわかっている。震源が深所であるので、マチュピチュに対してはほぼ真下から突き上げるように入射するP波、大きく東西方向に振動するS波をもたらず、表面波は励起されないで周期の長い(振動のゆっくりした)振動はほとんど無いと想定される。地震の発生場所が特定されているので、マチュピチュ・サイトでの想定入力地震動を計算によって求めることは可能である。

第二のグループは、マチュピチュ近辺を走る多くの活断層の活性化によると思われる地震群である。それらは非常に稀であるので、ISC(国際地震センター)が発行する地震カタログに基づいて作成された活動分布図では顕著に認められない(表2.2.4.1)。しかし、マチュピチュでの被害予測にとって最も重要な要因であるので、次節(2)で詳述する。

この意味で1986年4月5日20時(世界標準時:ペルー時間15時)にクスコを襲ったマグニチュード5.3(ISCによれば、震央は南緯13.42度、西経71.81度とされている)の地震の詳しい調査は今後の地震動予測にとって有用となろう。クスコでの修正メルカリ震度はV-VIとされ、死者16名以上、負傷者170名、倒壊家屋2000戸の大きな被害があった。

この地震については、ペルー地球物理研究所(IGP)のE. Deza博士の詳細な調査・研究、ペルー文化庁クスコ支所による周辺遺跡被害調査がある(文献参照)。にもかかわらず、この地震の素性は定かでない。第一点は、震源の深さである。ISCによれば地表下55±8km(IGPは57km)とあり、Deza博士の推定するようにクスコの北を東西に走るタンボマチャイ断層と関係づけるのはやや無理がある。IGPによれば、多くの余震の深さは、10km程度に決められているのも不思議である。最近(Cabrera他、1989)、この地震に際してタンボマチャイ断層よりさらに北側にあるチンチェロクォリコチャ断層が地表変位を現したことが明らかにされた(後述(2)参照)。従って本震の深さも浅くなければ不合理であり、再検討の必要がある。

米国ハーバード大学の地震研究者グループは、デジタル地震観測網(GDSNと略称されている)による地震波記録を解析している。それによれば、震源の深さは36±27km、規模 7.7×10^{23} dyne·cm ($M_w=5.2$)とある。発震機構解は図2.2.4.2のようにほぼ純粋の南北引っ張り型の正断層である(走向121° 傾角32° 滑角-65°)。これは地質学的考察等がタンボマチャイ断層やチンチェロクォリコチャ断層に想定するタイプと調和している。

地震動入力の推定では地震記録(図2.2.4.3はリマに近いニャーニャ観測所での地震記録で、震央からはほぼ真西に570km)と共に、想定地震の特性を知ることが不可欠である。そうした特性を得るために、定常的地震観測が必要である。

(2) 地震地体構造

近年ペルーにおける活構造(active tectonics)およびこれと地震との関係を論じた地震地体構造(seismotectonics)の研究が盛んとなり、クスコ地方に言及した論文も多数にのぼっている(Sebrier et al., 1985, 1988; Cabrera, 1987; Cabrera et al 1987, 1988, 1989; Deza, 1986等)。これらの論文によれば、チチカカ湖の北岸から北西方向へクスコを経て西方のアヤクチャに至るEastern CordilleraとHigh Plateauの境界地帯は、活断層を始めとして第四紀の地殻活動が活発であり(図2.2.4.4参照)、またこの地帯に沿って多数の被害地震が記録されている。

このうちマチュピチュ遺跡に比較的近いクスコ活断層系は、クスコを中心に東西方向に約120kmにわたって断続的に分布する活断層からなり西方からZurite断層、Tamboray断層、Chincheros-Qoricocha断層、Tambomachay断層、Pachatusan断層、Urcos断層等と呼ばれる。南北方向のTamboray断層を除き、いずれも東西方向南側落ちの正断層である。1986年4月、クスコ地方に被害を与えた mb (短周期実体波マグニチュード) = 5.3の地震 (前節でふれた) の際、クスコ北方約11kmのところにある延長約10kmのChincheros-Qoricocha断層の一部が約3km以上にわたり、地表に1~10cmの南落ち、正断層変位を現した。この断層は1986年以前の一万年間にMw (モーメント・マグニチュード) 5.5~6.6の地震を少なくとも3回発生させていることが明らかにされた (Cabrera et al., 1989)。

クスコ活断層系のうちマチュピチュ遺跡に最も近いのは西端にあるZurite断層で、その西半部から遺跡までの直線距離は約35kmである。本断層は総延長が約50kmもあり、クスコ活断層系のなかで最も長い。少なくとも東半部では数条の断層セグメントが雁行状に配列していることが知られている。南側落ちの正断層で垂直変位は第四紀更新統中部層で、300m、同上部層で100m以下、最新の段丘で最大20mであるという (Cabrera et al., 1987)。西半部もいくつかのセグメントに分割されると思われるが、詳しい報告はなされていない。

図2.2.2.4によれば、Zurite断層以西には活断層はほとんど示されていないが、他の文献のなか (例えばSabrier et al., 1985) には複数の長い断層が推定されているものもあり、まだ詳しい調査がなされていないらしい。

I G P のE. Deza博士のご教示によれば、ペルー内陸部の被害地震のマグニチュードは5~6クラスのものが多く、活断層も分割放出型と考えられるので、クスコ周辺の限界マグニチュードは6.5程度と考えられるという。Cabrera et al. (1989) は、Zurite断層のうち20kmが活動するとして、Mw = 6.6~7.2 (mb換算6.1~6.5) の地震を想定している。

以上のことから、マチュピチュ遺跡付近には被害地震は知られていないが、将来の地震評価として同地区南方35km付近にマグニチュード6.5クラスの地震を予想するのが妥当であろう。

なお、衛星写真の映像ではマチュピチュ遺跡付近にも多くのリニアメントが認められるが、活断層とは推定されていない。今回の調査では、遺跡周辺数kmの地域の2万分の1空中写真約120枚を入手し、リニアメントの抽出・判読を行っているが、これまでのところ断層変位地形 (活断層) と考えられるものは見いだされなかった。従って、遺跡の直下に浅い地震を予想する必要はないと考えられる。

マチュピチュ遺跡に与える地震動評価のためには、今後の課題として①前期Zurite断層西半部からAbancayにかけての活断層の実態を詳しく調査すること、および②遺跡周辺約35km間の空中写真判読によるリニアメント解析を行うことが必要であろう。

(3) 歴史地震

19世紀以前の歴史地震によるマチュピチュの被害を知る手がかりは無いと思われるので、それをクスコでの被害から推定することになる。I G P 及びA. Giesecke博士 (南米地震地域センター長: Ceresis) 等の努力で、クスコの被害の歴史は相当明らかになっている。精密な地震カタログについての宮村撰三元東京大学教授による研究もある。個々の地震による被害の調査・研究、周辺活断層との関連づけの努力等が、おのおのの地震の特性をある程度明らかにすると思われる。例えば植民地時代以降で最大と思われる1650年の地震については、新資料の発掘努力によってより深い解明がなされる可能性がある。

地震地体構造 (seismotectonics)に関する参考文献

- Cabrera, J., 1987, Estudios Neotectonicos en la region de Cuzco : la falla activa de Qoricocha y su reactivacion durante el sismo del 5-4-1986. Informe I.G.P., 27.
- Cabrera, J., Sebrier, M. and Mercier, J.L., 1987, Active normal faulting in High Plateaus of Central Andes : the Cuzco Region (Peru) . *Annales Tectonicae*, vol.1, 116-138.
- Cabrera, J., Sebrier, M., Deza, E. and Huaman, D., 1989, An active and seismic normal fault sector in High Andes : the active Chincheros-Qoricocha fault sector and its reactivation during the April 5, 1986 shallow earthquake (Cuzco Region-Peru). 掲載誌不明, 109-132.
- Deza, E., 1986, La zona sismicamente activa del area de Cuzco con ocasion del temblor del 5 de Abril 1986. Informe I.G.P., 13
- Sebrier, M., Mercier, J.L., Megard, F., Laubacher, G. and Carey-Gailhardis, E., 1985, Quaternary normal and reverse faulting and the state of stress in the Central Andes of South Peru. *Tectonics*, vol.4, 739-780.
- Sebrier, M., Mercier, J.L., Machare, J., Bannot, D., Cabrera, J. and Blanc, J.L., 1988, The state of stress in an overriding plate situated above a flat slab : the Andes of Central Peru. *Tectonics*, vol.7, 895-928.

2. 2. 4 節関連資料・文献

— “書名(論文名)”、編集者(著者)、発行年—

“CATALOGO SISMICO DEL PERU, 1500-1982”. Instituto Geofisico del Peru,
1986

“CUSCO SISMO 86. Evaluacion de Inmuebles del Centro Historico”,
Instituto Nacional de Cultura del Peru, 1986

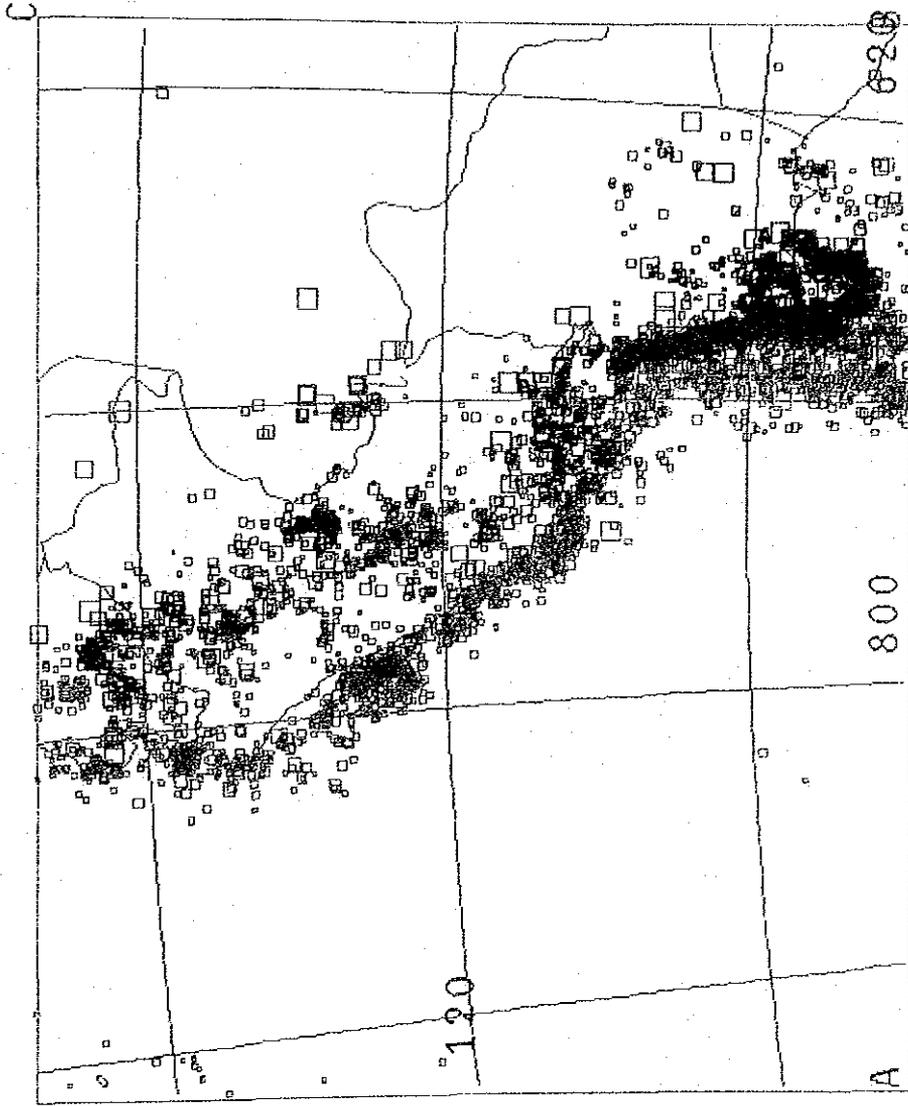
“El Sismo Del Cuzco del 5 de abril 1986”, Ernesto Deza, 1986

(クスコ地震の総合報告のプレ・プリント: “Estudio Sisimologico
Instrumental”, “estudio de Intesidades Locales y Regionales”,
“Estudio Neotectonico”の3章から成る)

文献リスト (Seismology)

title	author	journal	vol	page	year
Spatial Distribution of earthquakes and subduction of the Nazca plate beneath South America	M.Barazangi B.I.Isacks	Geology	4	686-692	1976
Seismicity, Fault plane solutions, Depth of Faulting, and Active tectonics of the Andes of Peru, Ecuador, and Southern Colombia	G.Suarez P.Molnar B.Burchfiel	JGR	88	10403-10428	1983
ANDES SCIENCE 2 (IN Japanese)	M.Kohno Y.Fukao				1983
ANDES SCIENCE 3 (IN Japanese)	M.Kohno Y.Fukao				1986
Seismological and geological aspects of the Mantaro landslide in Peru	J.Beroocal A.Espinosa J.Galdos	Nature	275	533-536	1978
Prediction of Huge Peruvian Quakes Quashed	R.Kerr	Science	211	808-809	1981
Earthquake Prediction Retracted	R.Kerr	Science	213	527	1981
Tectonic movement and agrarian collapse in prehispanic Peru	D.Brownman	Nature	302	568-569	1983
High resolution Determination of the Benioff zone geometry beneath southern Peru	T.Boyd J.Snoke I.Sacks	BSSA	74	559-568	1984
Subduction of the Nazca plate under Peru as evidenced by focal mechanisms and by Seismicity	W.Stauder	JGR	80	1053-1064	1975
High-frequency seismic wave propagation in western South America along the continental margin, in the Nazca plate and across the Altiplano	D.Chinn B.Isacks M.Barazangi	Geophys.JRAS	60	209-224	1980
Crustal shortening, root spreading, isostasy, and the growth of orogenic belt: a dimensional analysis	J.Gratton	JGR	94	15627-15634	1989
Great earthquakes and subduction along the trench	S.Beck L.Ruff	PEPI	57	199-224	1989
Accurate source depths and focal mechanisms of shallow earthquakes in western south America and in the New Hebrides island arc	D.Chinn B.Isacks	Tectonics	2	529-563	1983
Subduction of the Eastern Panama Basin and Seismotectonics of Northwestern South America	W.Pennington	JGR	86	10753-10770	1981

1985:JAN: 1->85:DEC:31,N= 4489:PERU



DEPT
 7 50
 6 100
 5 200
 4 400
 3 800

Fig. 2.2.4.1a

ペルー国周辺の地震活動(1900-1985).ISCが計り地震(MB>4.0,n>10)をプロットしたもの.左の記号はマグニチュード、色は震源の深さ(KM)を表す

1000 KM

1900:JAN: 1=>85:DEC:31,N= 1117:CUZCO

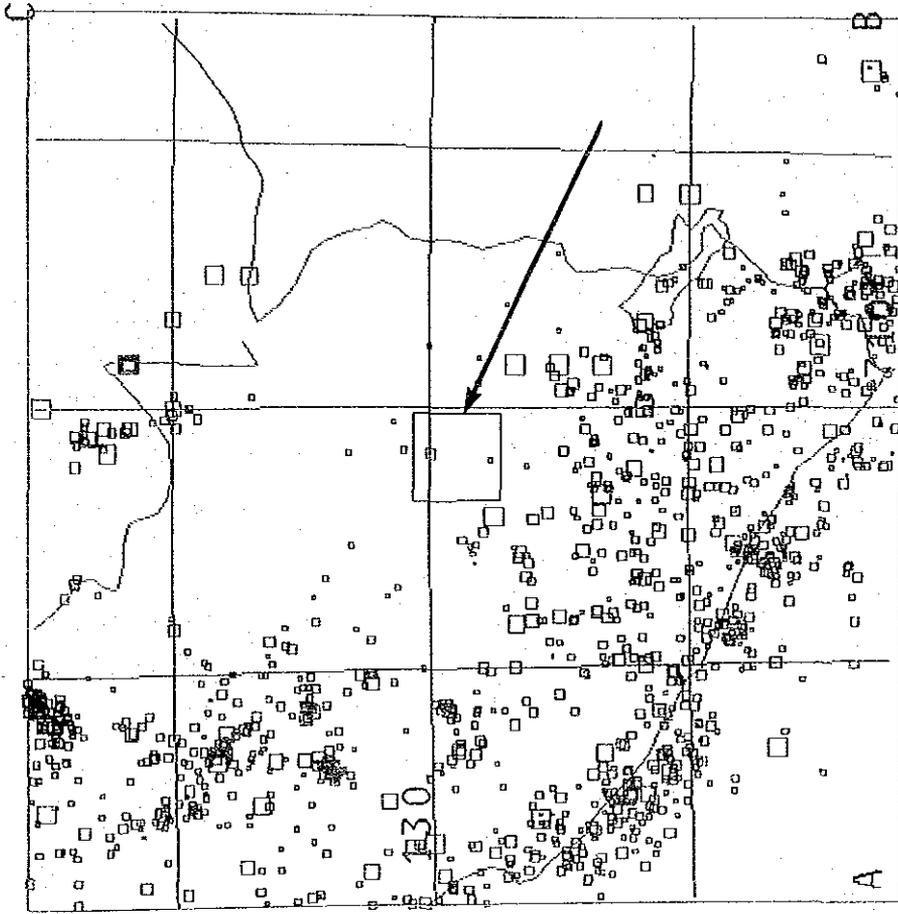


Fig.2.2.4.2b

クスコ周辺の地震活動。中央の矢印で示された四角形はクスコを中心にした50KMx50KMの領域。記号などはFig.2.2.4.1aと同じ。

クスコ地震の発震機構解(Dziewonski, et al. 1987)と、地表断層(Deza et al. 1986: 資料参照)

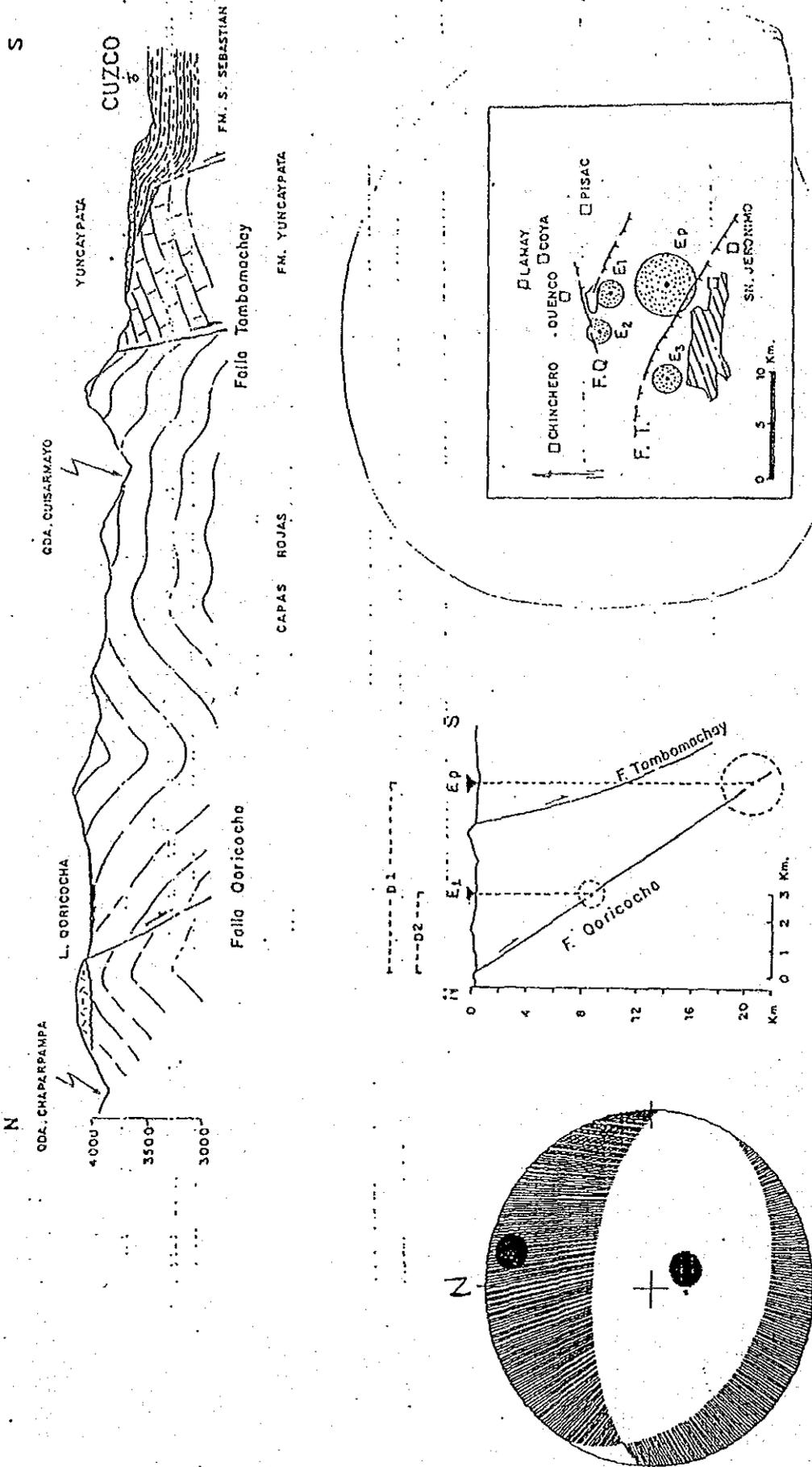
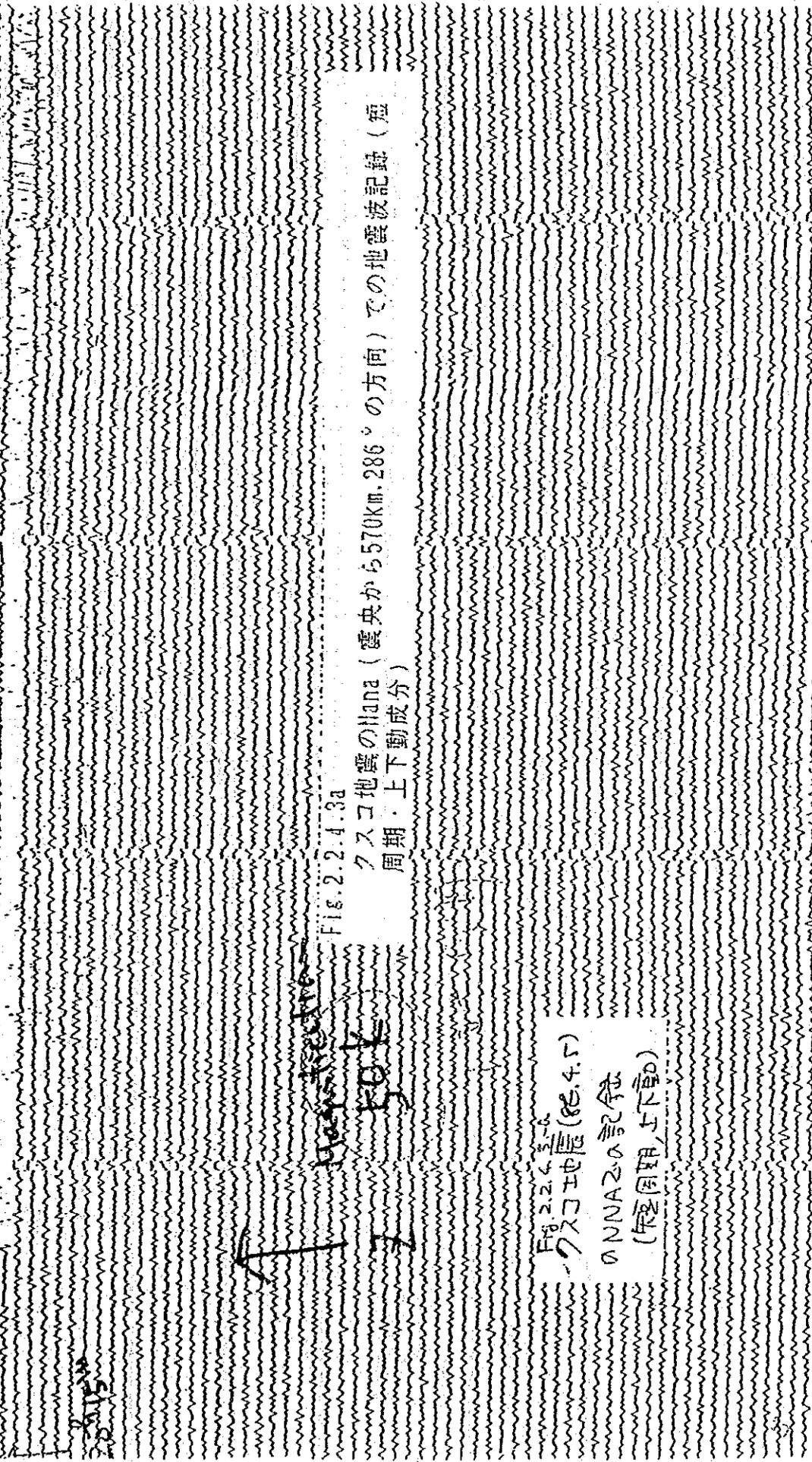


Fig. 11 Esquemas estructural (a) y sismotectónico (b, c) del sismo del Cuzco

a: Corte estructural N-S entre la laguna Qoricocha y la ciudad del Cuzco.

b: Profundidad de las dislocaciones.

c: Localización de los epicentros sísmicos y de las fallas Tambomachay y Qoricocha-Huanacauri.



Waves recorded

1000

Fig. 2.2.4.3a

クスコ地震のHana (震央から570km, 286°の方向) での地震波記録 (短
周期・上下動成分)

Fig. 2.2.4.3a
クスコ地震 (28.4.5)

のNNA2.0記録
(短周期, 上下動)

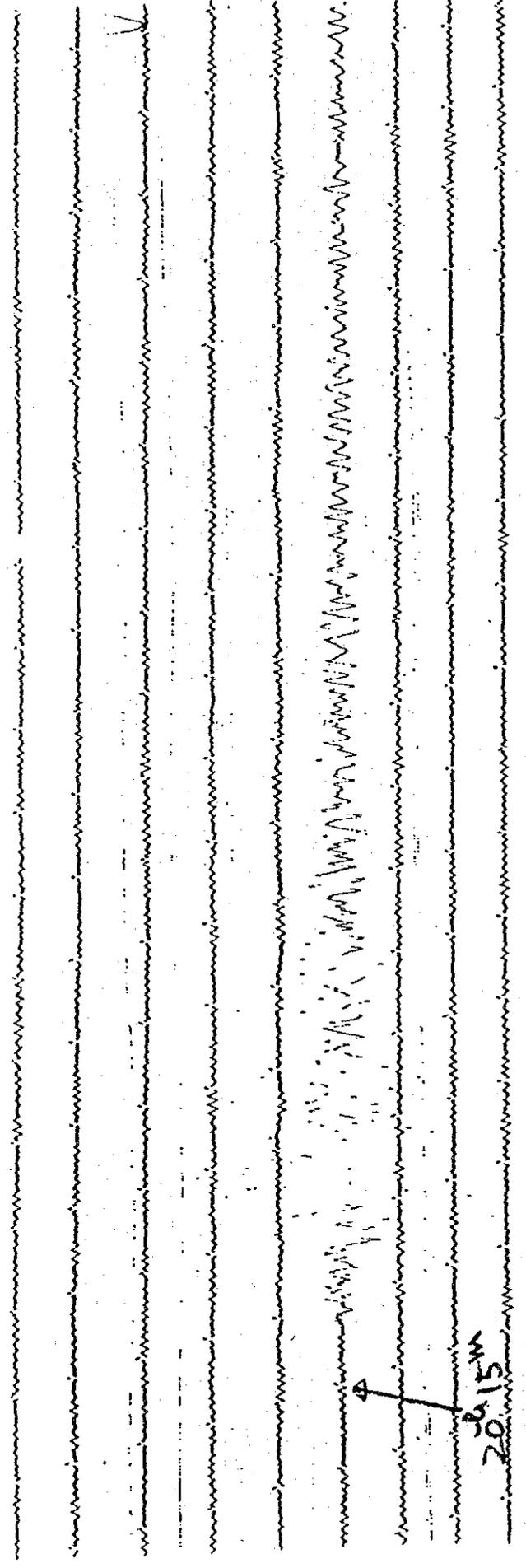


Fig. 2.2.4.3b
クスコ地震のNanaでの地震波記録(長周期・上下動成分)

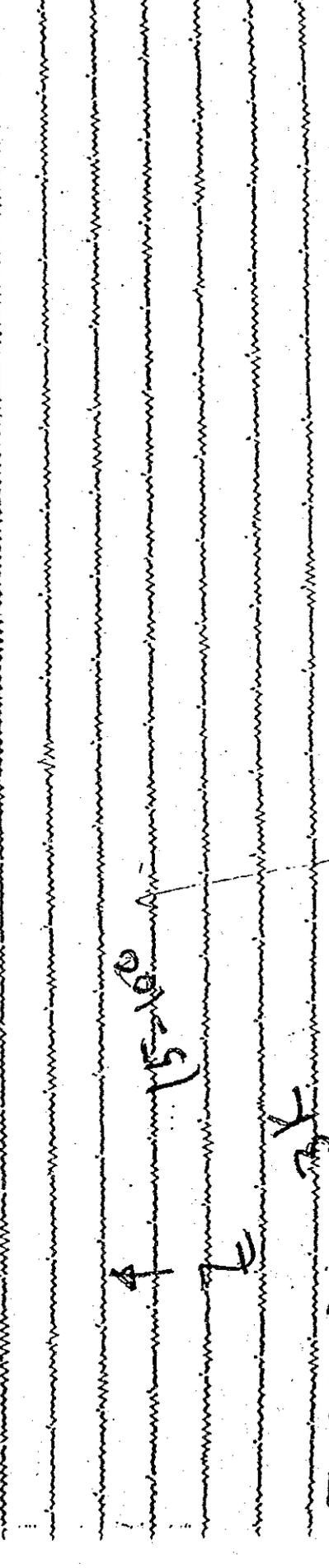


Fig. 2.2.4.3. b

クスコ地震(80.4.5)

長周期上下動

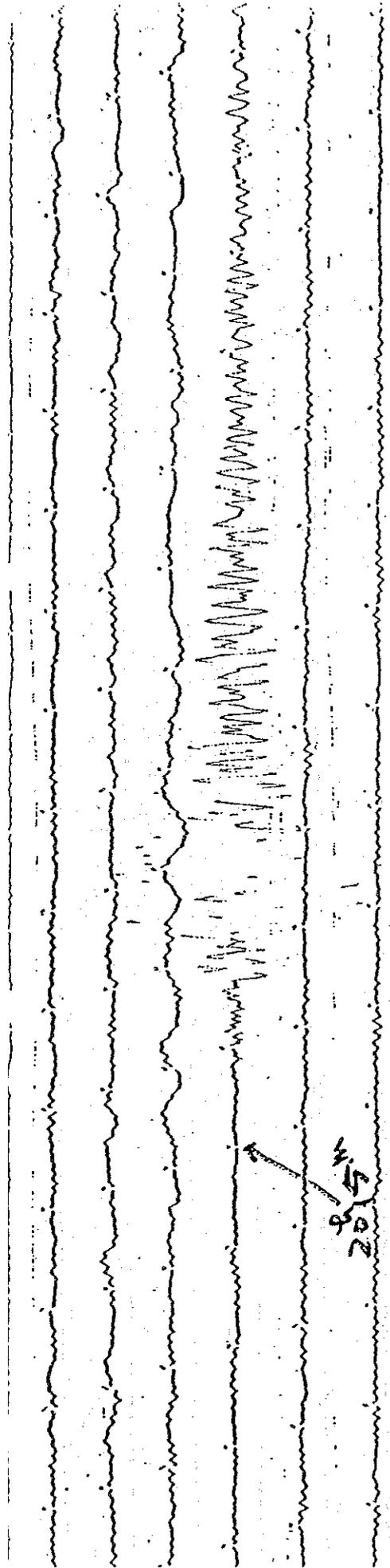


Fig. 2.2.4.3C
 クスコ地震のNanaでの地震波記録 (長周期・南北動成分)

N ↑

Fig. 2.2.4.3.C

クスコ地震(86.4.5)

長周期NS成分

NS

NS

at NNA

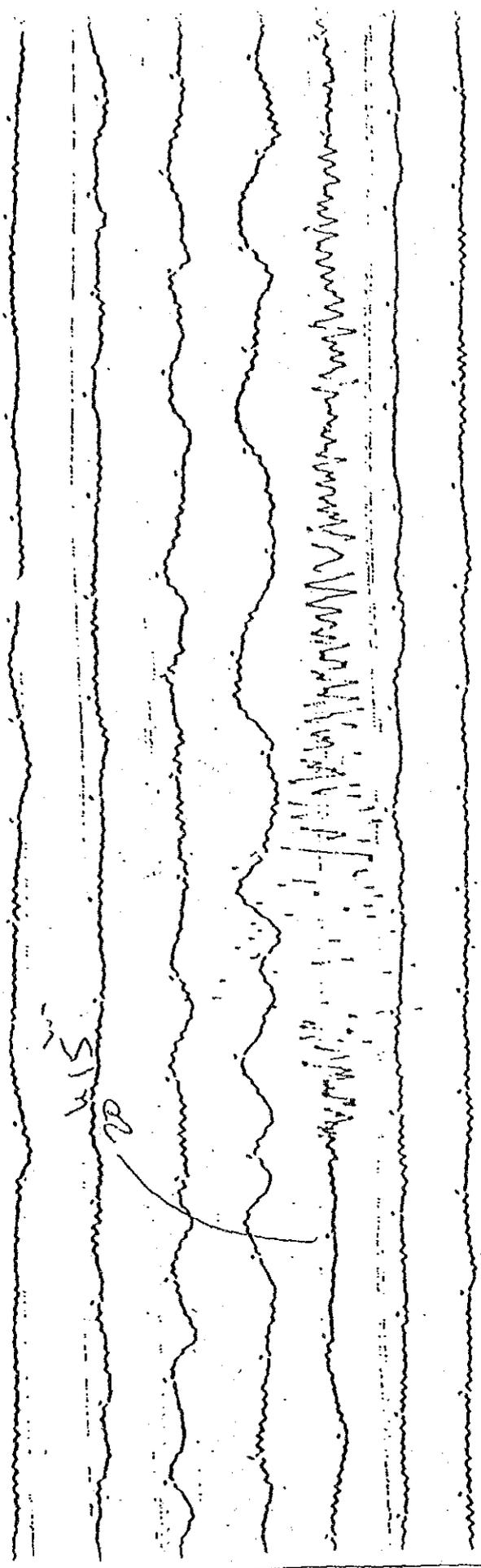


Fig. 2.2.4.3d
 クスコ地震のNanaでの地震波記録 (長周期・東西動成分)

E ↑

Fig. 2.2.4.3d

クスコ地震 (89.4.5)

長周期 E-W 成分

at NNA

20 15-10

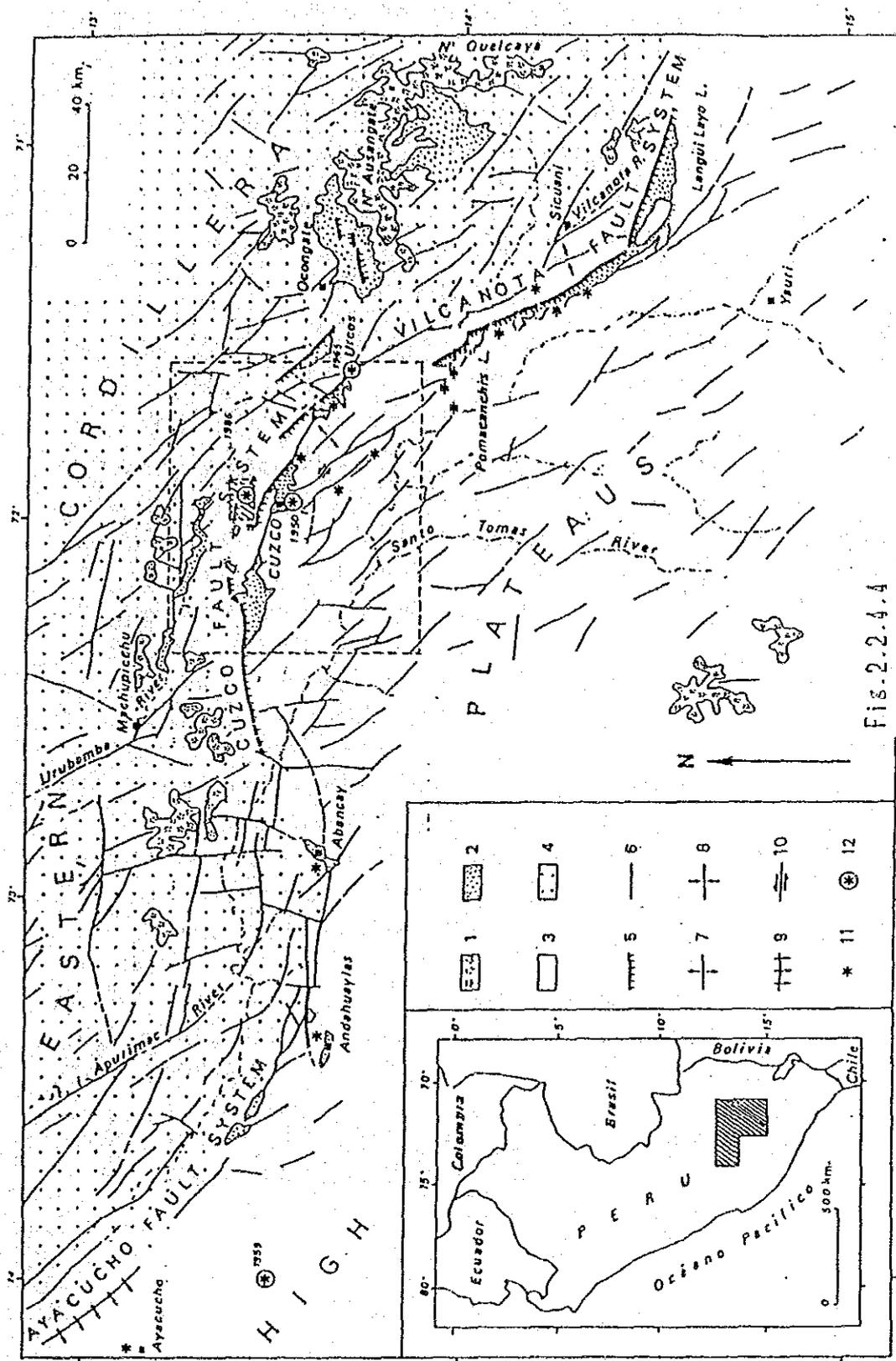


Fig. 2.2.4.4
マチュピチュ遺跡周辺の活断層系

Fig. 1. Structural sketch, drawn from satellite imagery and field observations, showing situation of the studied Cincleros-Orticocha fault sector. 1, Ice caps; 2, Quaternary basins; 3, Mesozoic and Cenozoic formations of the High Plateaus; 4, Paleozoic rocks of the Eastern Cordillera; 5, Quaternary normal faults (hatched on the side of the downthrown block); 6, Pre-Quaternary faults; 7, anticlines; 8, synclines; 9, flexures; 10, sinistral strike-slip faults; 11, villages destroyed by historical shallow earthquakes; 12, Epicenter, from USGS catalog and IGP data, of the May 21, 1950 (M=6.0), May 8, 1965 (M=4.3), April 5, 1986 (mb=5.3) earthquakes.

2. 2. 4. 2 遺跡基盤の振動的性質

地震動予測と呼ばれる研究分野は、理論・手法共々近年急速に進展した。地震動は、①地震源の特性（地下岩盤の地震時の破壊様式）、②建造物の置かれている場所の地形、及び③その場所直下の地下の物理的性質（地下構造）で律せられている。

地下構造を知るために、日本・ペルー地震防災センター（CISMID）に備えられている観測計器を用いて、基盤斜面上の3地点（図2.2.4.5）で、常時微動を測定した。測定はいずれも、史跡としてとりわけ貴重と思われる建造物内の露出した花こう岩上で行われた。表2.2.4.2に各観測での仕様を示す。

表2.2.4.2 常時微動測定点の仕様。（ ）は測定結果に問題があることを示す。

サイト	高度	測定日	時刻	時間(分)	天候	成分
①コンドルの広場	低	90/3/5	16:00	10	晴れ・無風	EW.(NS)
②太陽の神殿	中	90/3/3	17:10	15	曇り・無風	EW, UD.
③インティ・ワタナ	高	90/3/5	08:30	10	晴れ・無風	EW, UD.(NS)

測定記録を図2.2.4.6 a~dに示す。おのおの上から東西成分、上下成分、南北成分である（慣例ではNS, EW, UDの順で表示するところであるが、用いた増幅器の部分的障害でこの順になっている）。南北成分の測定に用いた感知器は運搬途中に障害を起こしたと思われるので、三地点でのいずれの記録も、その信頼性（特にその振幅）に問題があるかもしれない。例えばサイト1またサイト3での南北動成分が、図2.2.4.6 a, c 中の最下に示されている。その振幅は東西成分の5倍強（サイト1では一部振り切れている）に達している。増幅器または地動感知器の何らかの障害に因ると思われる。従って、観測サイトが東西・南北どちらの方向に振動しやすいかを知る事はできなかった。また、サイト1での上下動成分は計器間の接続に障害が発生し、記録を得ることができなかった。

微動記録の奇妙な振るまいが、図2.2.4.6b（図2.2.4.6d）に見られる。この図はサイト「太陽の神殿」（サイト2）での測定である。東西成分に顕著な長周期振動（周期5秒程度）が現れている。上表に見るように無風下での測定であり、今のところ原因は不明である。風以外の特殊な振動源等の存在に因るのか、当該サイト固有の振動特性に因るのかを特定するために、複数サイトでの同時計測を行うことが望ましい。それによって、上記の長周期振動のみならず、精度の高いマチュピチュサイト全体の地震動応答が得られる。

測定記録の周波数分析を図2.2.4.7に示す（周波数分析にあたっては、東京ソイル・リサーチ社の援助を頂いた。ここに記して謝意を表します）。サイト1と3では、振動性状は概ね似ており、0.4秒（2.5Hz）前後に固有周期を持つ。一方サイト2は、ここでも特異の振る舞いをしている。すなわち、その固有周期は0.25秒（4Hz）に存在している。当該サイトでの貫入花こう岩体の固有振動解析が必要である。サイト2が他のサイトと異なる点として①遺跡を上から下に貫く破碎帯に近い、②花こう岩がくり抜かれているという2点が挙げられる。このサイト上の建造物の補強に際しては、この違いを考慮する事が必要である。

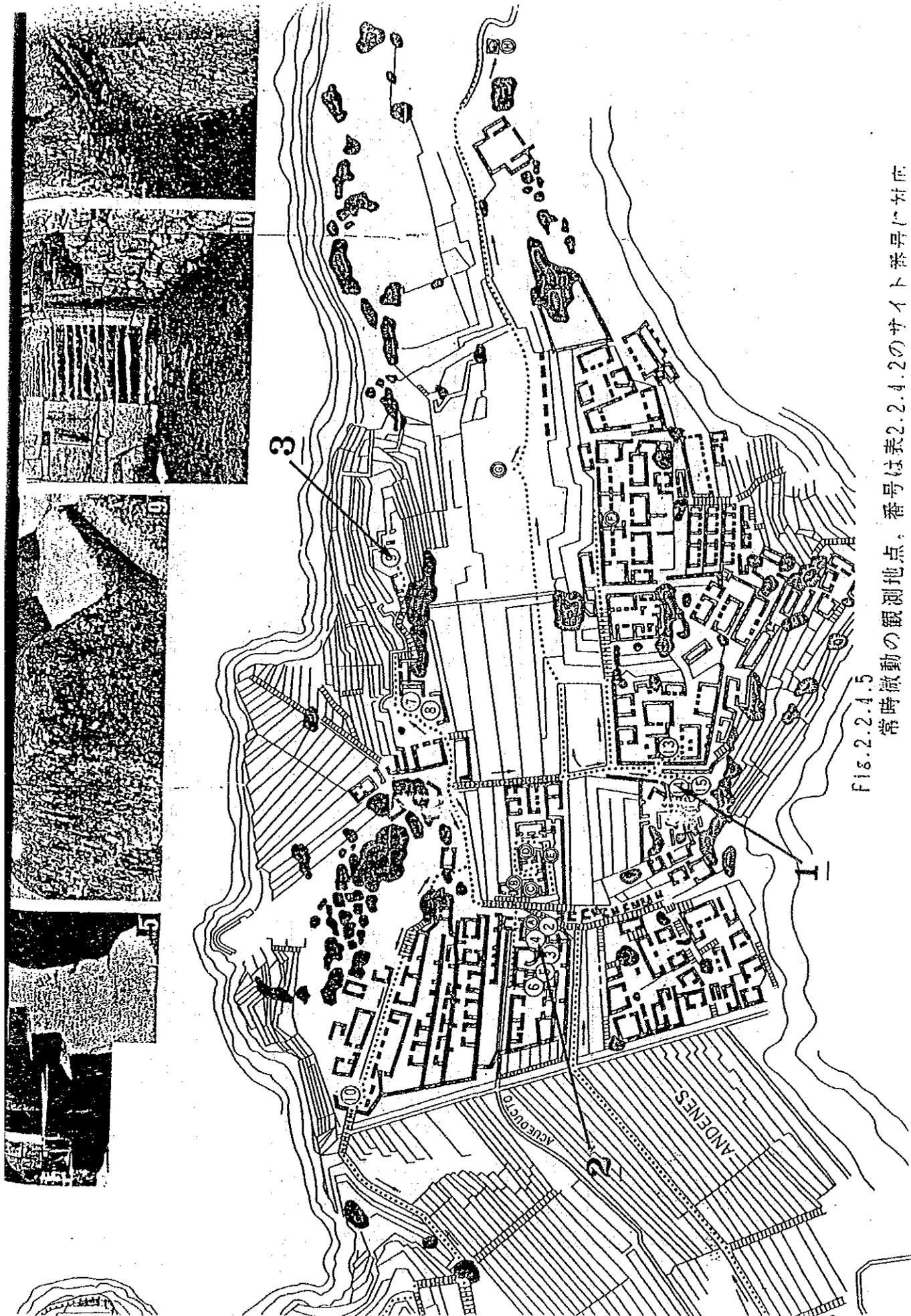


Fig.2.2.4.5
 常時微動の観測地点、番号は表2.2.4.2のサイト番号に对应

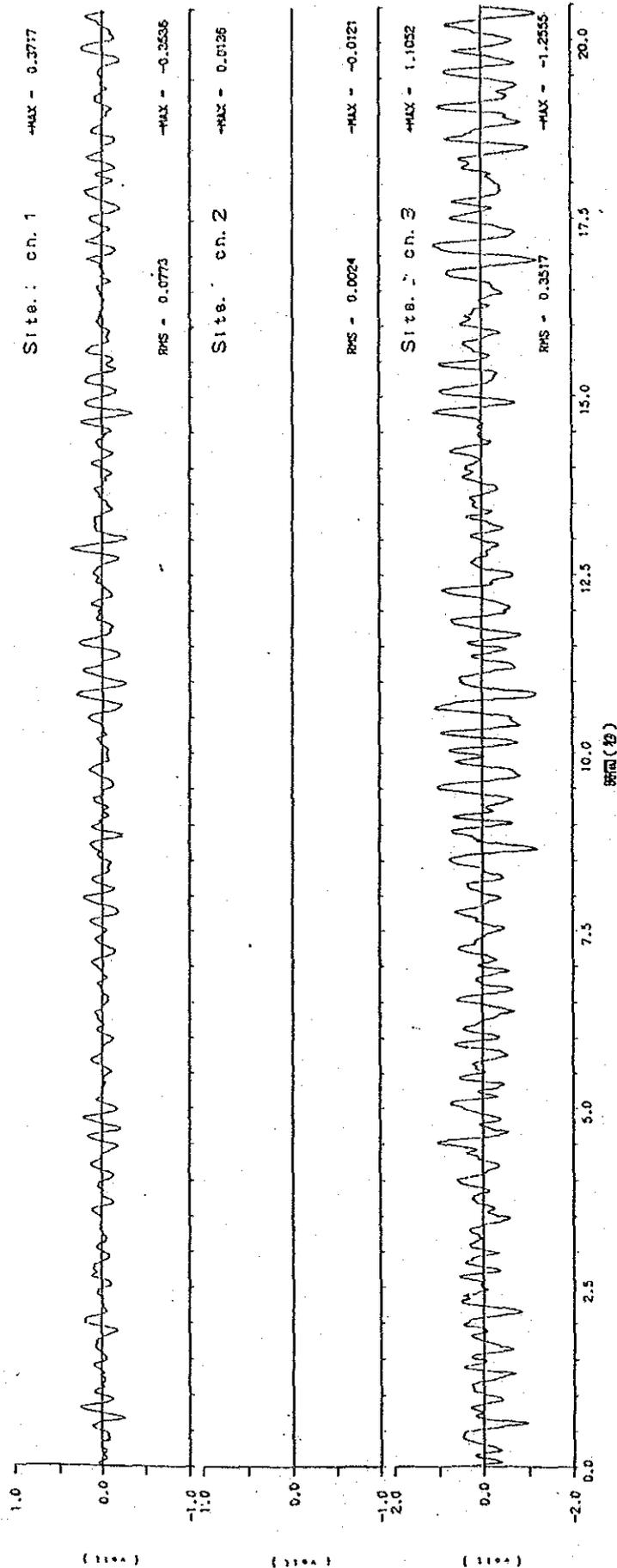


Fig.2.2.4.6a
サイト番号1における常時微動記録（上から東西動成分、上下動、南北動で夫々約20秒間の記録）

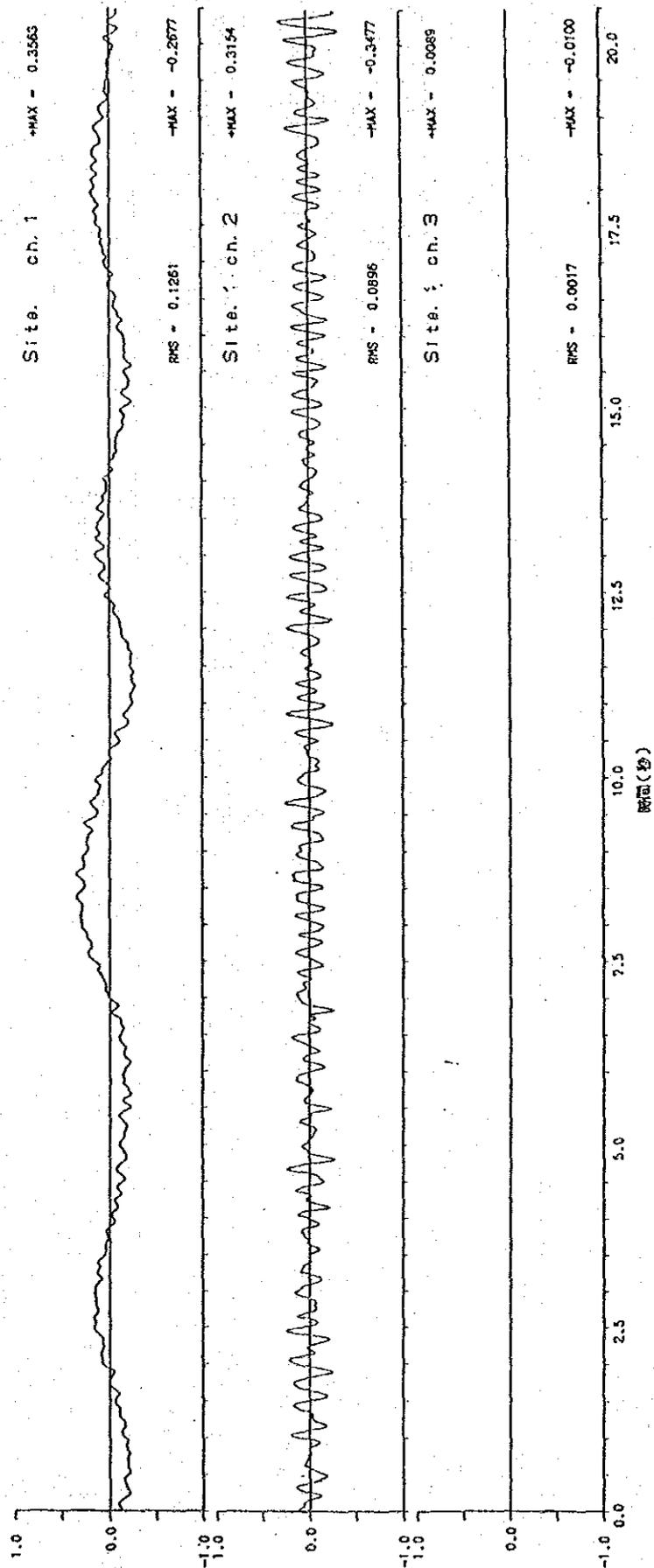


Fig.2.2.4.6b
 サイト番号 2 における常時微動記録 (成分はFig.2.4.6aと同じ)

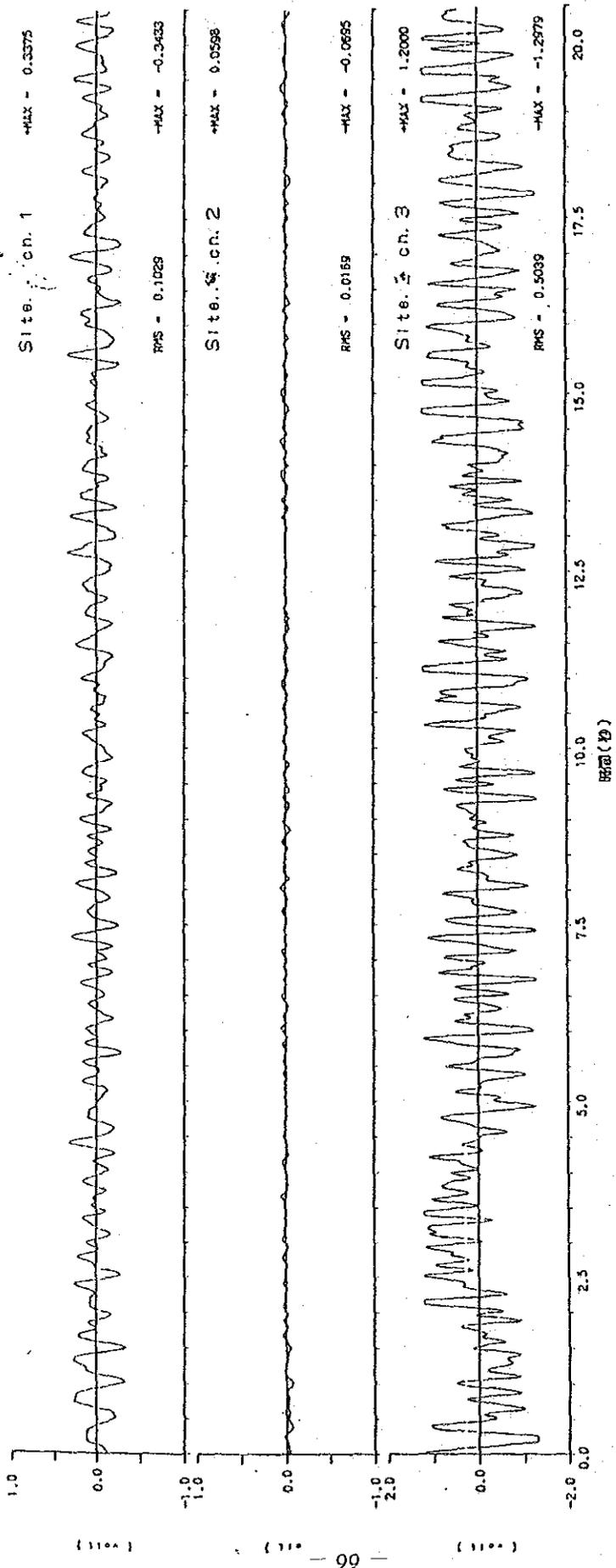


Fig.2.2.4.6C
 サイト番号3における常時微動記録（成分はFig-aに同じ）

図1

常時微動記録波形

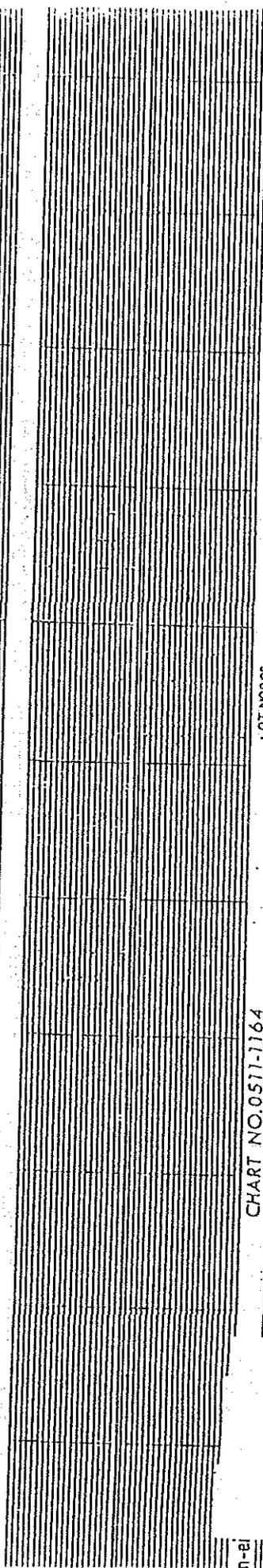
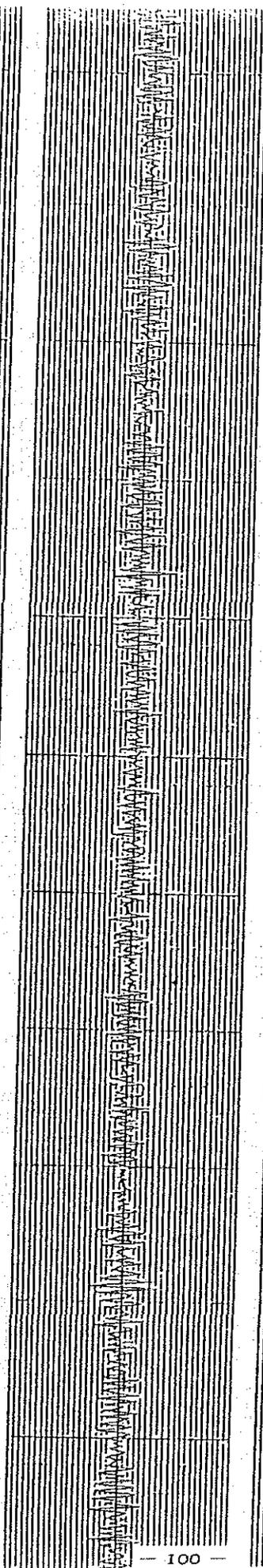
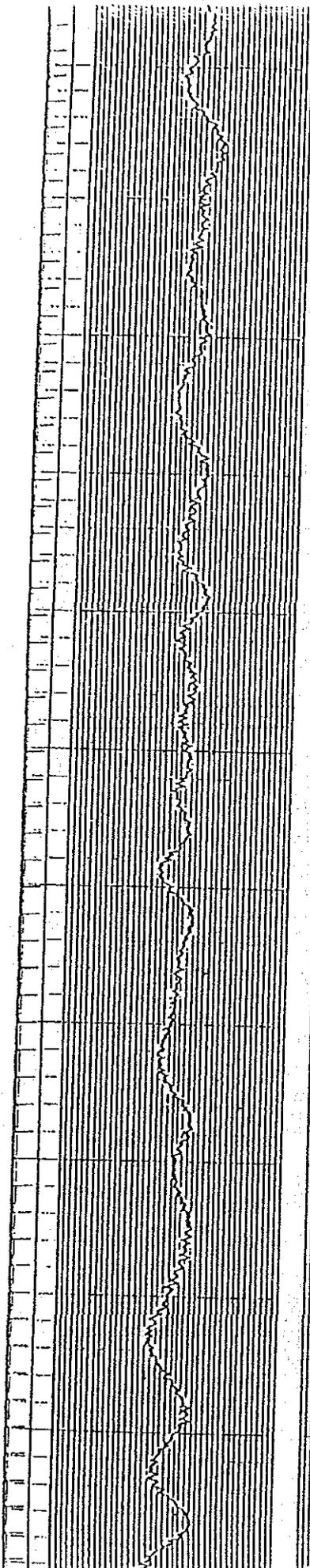


CHART NO.0571-1764

LOT.N0B03

Fig.2.2.4.6d

サイト番号2における60秒間の常時微動記録（時間以外はFig.-bに同じ）。

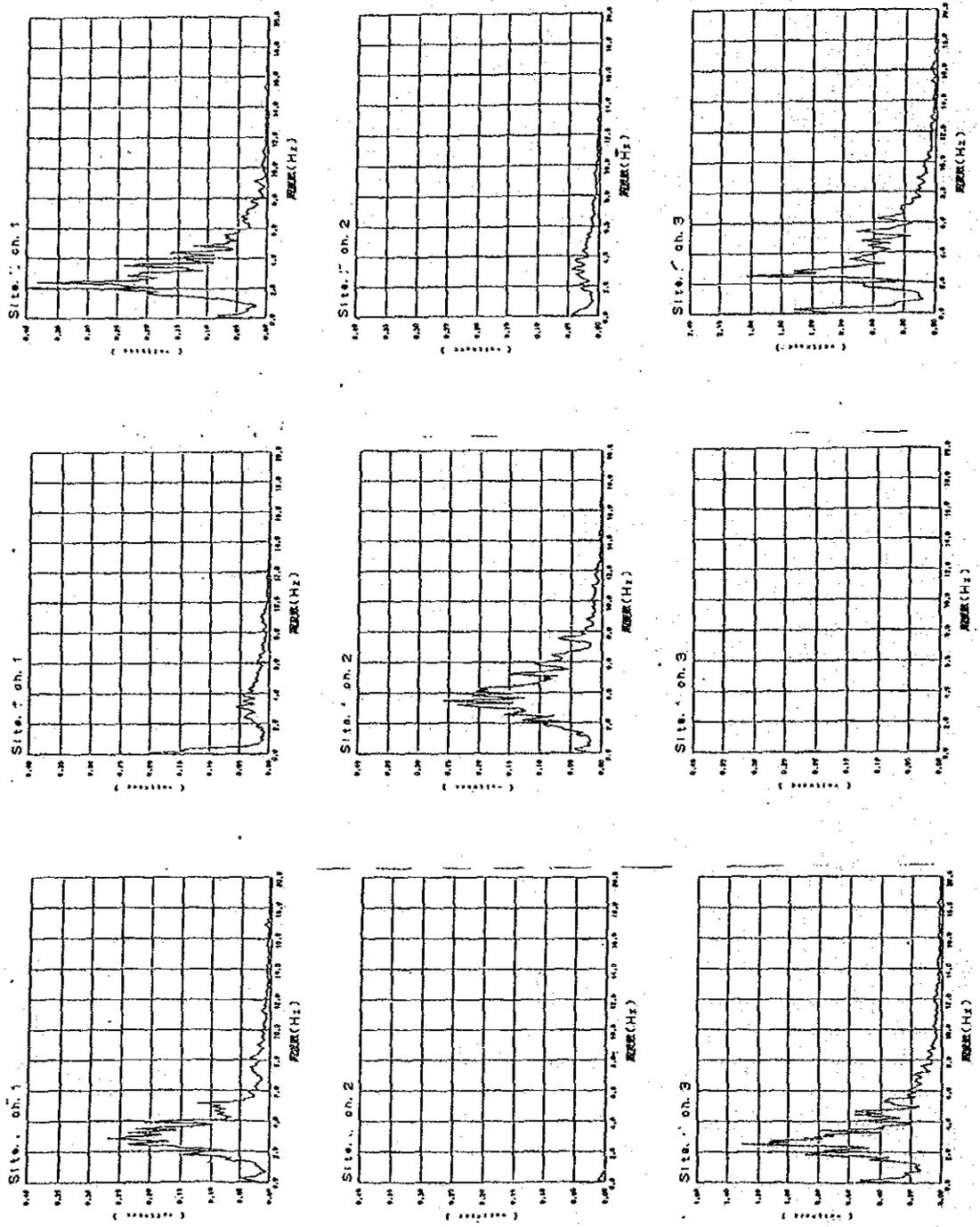


Fig. 2.2.4.7
 常時微動記録の7-リ・J・ス・ク・ワ・ム（東京リトル・リッパチ社による）。左から711.2、511.2、311.2
 3。上からそれぞれ東西、上下、南北動成分。