

# 地下空間の住環境に関する研究

## —カッパドキアの地下都市デリンクユの事例—

防災安全工学講座 辻本研究室

M06648 久野正博

# 目次

## 第1章 序論

- 1 本研究の目的 ..... 1
- 2 本研究の構成と内容 ..... 1

## 第2章 地下住居

- はじめに ..... 3
- 1 地下住居の事例 ..... 3
- 2 地下住居の成立要因 ..... 10
- 結び ..... 11

## 第3章 カップパドキアとその地下都市

- はじめに ..... 12
- 1 カップパドキア ..... 14
  - 1-1 歴史
  - 1-2 気候
  - 1-3 地形
- 2 カップパドキアの地下都市 ..... 24
  - 2-1 地下都市
  - 2-2 地下都市の実例
- 結び ..... 31

## 第4章 地下都市デリンクユ

- はじめに ..... 32
- 1 空間形態 ..... 34
  - 1-1 実測方法
  - 1-2 全体構成
  - 1-3 各空間
  - 1-4 空間形態の分析
- 2 室内気候 ..... 53
  - 2-1 測定方法
  - 2-2 温湿度
  - 2-3 風向
- 3 居住時の室内気候を考える際の着目点 ..... 61
- 結び ..... 63

<b>第5章 換気シミュレーション</b>	
はじめに	64
1 シミュレーション方法	64
2 地下都市デリンクユの換気モデル	64
3 非定常計算	68
3-1 境界条件	
3-2 計算条件	
4 換気シミュレーションの結果と考察	70
結び	76
<b>第6章 結論</b>	
はじめに	77
1 地下住居の成立の要因	77
2 カップアドキアとその地下都市	77
2-1 カップアドキアの地下都市の成立要因	
2-2 カップアドキアの地下都市	
3 地下都市デリンクユの住環境	78
3-1 空間形態	
3-2 室内気候	
3-3 住環境のまとめ	
4 本研究の意義と今後の課題	79
註	80
参考文献	83

## 図表目次

### 第2章

図2-1	シチリア島・パンタリカの地下住居	6
図2-2	スペイン・アンダルシア地方・アルマンソラの地下住居	6
図2-3	フランス・トゥレーヌ地方・アンドル県南部の地下住居	7
図2-4	エジプト・シワ・オアシスの地下住居	7
図2-5	トルコ・カッパドキア地方・ソアンの洞窟修道院	8
図2-6	中国・黄土高原の窑洞	8
図2-7	下沈式窑洞	9

### 第3章

図3-1	アナトリア	13
図3-2	ゼルベの洞窟修道院	13
図3-3	ウチヒサールの洞窟住居	13
図3-4	カイセリ, 名古屋の月別平年気温	20
図3-5	カイセリ, 名古屋の月別平年相対湿度	20
図3-6	カイセリ, 名古屋のクリモグラフ	21
図3-7	カイセリ, 名古屋の94年度月別日最高・最低気温	21
図3-8	カイセリ, 名古屋の月別平年降水量	22
図3-9	パシヤバの「妖精の煙突」	23
図3-10	ソアンの峡谷	23
図3-11	地下都市のワイン倉	25
図3-12	地下都市オズコナックの「石の扉」	25
図3-13	主な地下都市の位置	25
図3-14	地下都市のイメージ図	26
図3-15	オズコナック村	28
図3-16	地下都市オズコナックのエントランス	29
図3-17	地下都市オズコナックの平面概略図	29
図3-18	地下都市オズコナック・キッチン上部の円蓋天井	29
図3-19	地下都市マズとマズ村	29
図3-20	地下都市マズの鉛直の通路	29
図3-21	地下都市カイマクルの断面模式図	30

図3-22 地下都市カイマクルの内部	30
表3-1 カップドキアの歴史	18
表3-2 カイセリ, 名古屋の気象観測地点	19
表3-3 カイセリ, 名古屋の月別平年気温	20
表3-4 カイセリ, 名古屋の月別平年相対湿度	20
表3-5 カイセリ, 名古屋の94年度月別日最高・最低気温	21
表3-6 カイセリ, 名古屋の月別平年降水量	22

#### 第4章

図4-1 地下都市デリンクユの調査範囲	33
図4-2 地下都市デリンクユ・モデル・正投影図	35
図4-3 地下都市デリンクユ・モデル・平面図	35
図4-4 地下都市デリンクユ・モデル・北側面図	36
図4-5 地下都市デリンクユ・モデル・東側面図	36
図4-6 地下都市デリンクユ・モデル・南側面図	37
図4-7 地下都市デリンクユ・モデル・西側面図	37
図4-8 エントランス	39
図4-9 換気シャフト・地表開口	39
図4-10 地下1階・平面図	40
図4-11 地下1階・内観	40
図4-12 地下1階・家畜小屋天井の竪穴を塞いだ跡	41
図4-13 地下1階から地下2, 4階への通路・平面図	41
図4-14 地下1階から地下2, 4階への通路・内観	41
図4-15 地下1階から地下2, 4階への通路・途中の横穴	41
図4-16 地下2階・平面図	42
図4-17 地下2階・キッチン床の炉の跡	42
図4-18 地下2階・キッチンの壁龕	42
図4-19 地下3階・平面図	43
図4-20 地下3階・内観	43
図4-21 地下3階より見下ろした換気シャフト	43
図4-22 地下4階・平面図	44
図4-23 地下4階・内観	44
図4-24 地下5階・平面図	44

図4-25	地下5階・換気シャフト開口	44
図4-26	地下6階・平面図	45
図4-27	地下6階から地下7階への通路・石の扉	45
図4-28	地下7階, 8階・平面図	46
図4-29	地下7階・矩形の室	46
図4-30	地下7階・十字平面の教会	46
図4-31	平面における通路部分	49
図4-32	平面における換気シャフト, 水平方向の換気シャフト (推定部分), 室と地上を結ぶ堅穴(推定部分)の位置	50
図4-33	平面と天井高	51
図4-34	階段, スロープの勾配	52
図4-35	温湿度, 空気の流れの観測点	54
図4-36	電灯照明の位置	55
図4-37	温湿度測定値・校正のための式	57
図4-38	温度の経時変化	58
図4-39	相対湿度の経時変化	58
図4-40	空気の流れ・観測結果	60
図4-41	居住時の室内環境を考える際の着目点	62
表4-1	階段, スロープの機能寸法	53
表4-2	温湿度測定値	56
表4-3	デジタル温湿度計, アスマン温度計・温度測定値の対応	57
表4-4	温度校正值	57
表4-5	空気の流れ・観測結果	59

## 第5章

図5-1	地下都市デリンクユ・換気モデル	67
図5-2	想定した外気温の日変化	69
図5-3	換気シミュレーション結果・流量-A	72
図5-4	換気シミュレーション結果・流量-B	73
図5-5	換気シミュレーション結果・室温-A	74
図5-6	換気シミュレーション結果・室温-B	75
表5-1	節点・入力データ	65

表 5-2	開口・入力データ	66
表 5-3	各節点における発熱量・入力データ	69
表 5-4	想定した外気温の日変化	69

# 第1章

## 序論



## 1 本研究の目的

現在、都市における人口の過密化、機能の集積により、土地利用が平面的な拡張では間に合わなくなり、縦方向に拡張せざるを得なくなって来ている。都市の高層化がそれであるが、同時に地下空間をより有効に利用しようとする気運が高まってきている。また、最近「ジオフロント」という言葉がよく使われるようになって来ているが、これからも地下空間利用への関心の大きさが伺える。しかしながら、特に住空間として地下を利用しようとする場合、わが国では地下空間利用の経験的蓄積が乏しいことからくる心理面での不安、防災面での設計基準の欠落が地下空間利用の足枷となっている。したがって現状では上下水道や地下鉄といったインフラや物流・貯蔵施設、機械設備のための空間として活用することが望ましいとされている。しかしながら近い将来、地下空間の持つ特質を生かしながら、より安全で快適な地下住空間の実現が期待される。そこでまず、人と地下空間の関りについて、特に地下住居という形態に着目し、海外にその事例を求めることにした。

本研究は地下住空間の歴史的利用の事例として、トルコのカップパドキア地方の地下都市デリンクユをとりあげ、文献調査および現地調査を行い、その成立の要因とそこに蓄積された技術を明らかにすることを目的としている。この地下都市デリンクユはほぼ平坦な土地に地下8層（約40 m）にわたって開発され、垂直方向の経路だけで地表とつながる点、その地下空間に新鮮な空気を送り込むための換気シャフトを有する点、1万人規模で利用されていたとされる点で世界に類を見ない。しかしながら、このデリンクユをはじめとしてカップパドキアの地下都市はトルコにおいて近年、重要な観光資源として注目されているのだが、それについての本格的な調査・研究が行われていないのが現状である。

筆者らは地下都市デリンクユの調査を平成7年9月20日（水）～24日（日）の5日間に行なった。本研究室では平成6年11月半ばに冬期における温度、空気の流れの方向についての観測を行っているが、それに引き続いて今回の調査では夏期における温湿度、空気の流れについてのデータ収集と空間形態の把握を行った。

## 2 本研究の構成と内容

本研究の構成と内容を略述すれば以下の通りである。

第1章 序論

第2章 地下住居

第3章 カップパドキアとその地下都市

#### 第4章 地下都市デリンクユ

#### 第5章 換気シミュレーション

#### 第6章 結論

まず、第1章は序論であり、本研究の目的と背景、構成と各章の内容を述べる。

第2章ではまず、世界各地に現存する地下住居の事例を挙げ、比較・考察しながら地下住居についてその成立の要因を考えていく。

第3章ではまず、カッパドキアの地下空間利用の背景として、気候、地形、歴史について整理する。そしてカッパドキアの地下都市について述べ、いくつかその事例を見ていく。

第4章では、地下都市デリンクユの調査からその空間形態、室内気候を整理し、その考察を行なう。

ついで、第5章では第4章で換気システムに関して着目された点の検証と換気システムの解析を、地下都市デリンクユの換気モデルを検討し、換気シミュレーションを行うことで検証していく。

最後に第6章は結論として以上の考察を整理し、カッパドキアの地下都市デリンクユの住環境について全体を通じての結論をまとめ、本研究の意義と残された問題点等について論じていく。

## 第2章

### 地下住居

はじめに

まだ自らの手で家を建てることを知らない旧石器時代の人々は洞窟や岩かげに住んでいたと考えられており、日本においても旧石器時代の洞窟住居の例はかなり発見されている。

日本においてその後、縄文時代には地表を浅く掘り込んで床面をつくり、その上部を覆う形式の竪穴式住居が広く用いられるようになる。やがてその竪穴式住居も畿内地方では8世紀はじめに消滅し、東日本でも奈良・平安時代にはしだいに消滅していった。以降、日本においては地下住居というものをほとんど見ることはできない。

しかし諸外国に目を移すと様々な地下住居が現存している。本章ではまず、世界各地に現存する地下住居の事例を挙げ、比較・考察をしながら地下住居について述べていく。なお、今回は竪穴式住居のような半地下のもの、崖下の住居<sup>1)</sup>については取り扱わないこととした。またトルコ・カッパドキア地方の「地下都市」については第3章で詳しく述べていくことにする。

## 1 地下住居の事例

世界各地の地下住居の分布について、B. ルドルフスキーは「紀元前二世紀の地質学者アガタルキデス Agartharchides は紅海沿岸地方に限っても五〇ページ以上にわたる洞窟住居者の記録を残している。さらに言えば、パレスチナ、小アジア、エチオピア、そしてヘラクレスの柱<sup>2)</sup>に至るまで地中海沿岸の諸国は天然の洞窟に富んでいる。それは近代の地質学者が洞窟居住族の国々と呼ぶことさえあるほどなのだ。<sup>3)</sup>」という。また、若山滋は大地を掘る建築から日干煉瓦までを一つの構法(一体式)として扱い、その分布地域を北アフリカから西アジアの乾燥気候の地域が中心であるとしている。<sup>4)</sup>以下、具体的に現存する地下住居の事例<sup>5)</sup>をいくつか挙げていく。

南イタリアのマテーラやマサフラには現在も多くの人達が洞窟住居に住んでいる山岳都市がある。凝灰岩の岩場には新石器時代から人が住み、ギリシャ人入植によって海岸を追われた人達が山岳部の洞穴に住み始め、イスラムの侵入などによって本格的な山岳都市が形成されている。マテーラでは16世紀に人口が7,000~12,000に急増するほど栄え、富裕な人達は人達は切石を積んで家を建てるようになり、現在は建造住宅、建造+洞窟、洞窟の3タイプが混在している。

シチリア島には先史時代に隣接地域にあった都市の墓地として崖に掘り込まれた

石室が、中世になって住居に転用された例がある。図2-1に見られる石室は全て内部の通路で連結され、数層をなす住居になっている。シチリア島には同じ様な洞窟住居が至る所に散在している。<sup>6)</sup>

地中海沿岸においては、そのほかに南スペインのアンダルシア地方(図2-4)、ギリシャのティラ島の横穴を掘り込んだ洞窟住居が知られている。

図2-2はフランス・中部のトゥレーヌ地方、アンドル県南部にある洞窟住居で、ワイン貯蔵庫を兼ねている。<sup>7)</sup>

チュニジアの南部、マトマタの乾燥した丘陵地には5、6千人が10村ほどに分かれて住んでいると言われている地下住居がある。直径、あるいは一辺10mほどの中庭が掘り下ろされていて、周壁に洞窟が掘り込まれている。中庭に入るには丘陵地形を利用してほぼ水平に横穴通路がある。またマトマタよりさらに南のゲルネサでは山の頂上に向かって洞窟が何段にも掘られ、石灰岩の層を巧みに利用した城塞のようになっている。

また、エジプトのシワ・オアシスにはチュニジアのマトマタに似た地下中庭をもつ地下住居がある。(図2-3)地表に不規則に並んでいるのが地下中庭で、これは墓から転用されたものである。<sup>8)</sup>

小アジアではトルコのカップドキア地方に数多くの洞窟修道院を見ることが出来る。(図2-3)それらは凝灰岩の崖や岩峰に横穴を掘り込んだもので、規模は大小様々であるのだが、その構成について柳宗玄は「…修道士の中には、小さい洞窟を掘って孤独の生活をした者もいたようだ。しかし多くは共住形式をとったらしい。女子修道院もあったかもしれない。一つの修道院は、聖堂を中心にして、食堂、寝室、集会室、作業室その他幾つもの室を具えているのが原則である。<sup>9)</sup>」としている。そしてこれらの修道院でキリスト教の修道士たちは「…人界から離れ、豊かな土地や財産を棄てて、生きるか死ぬかというギリギリの所で、神の声を求めたのであった。<sup>10)</sup>」

また修道院の中には異民族・異教徒からの迫害から身を守るために見張り台や「石の扉<sup>11)</sup>」が備えられているものもみられる。

中国においては、黄河流域の黄土高原に現存する窑洞とよばれる地下住居が6千年の歴史を持ち、現在でも、約4,000万人が居住している。この黄土高原を形成している堆積黄土層は風成によるものとされていて、掘削が容易で、しかも垂直に削っても

壁面はその形を保持する性質を持つ。また堆積した黄土層は浸食されて垂直に近い角度で崩れ、リアス式海岸のように長い周長をもつ深い溝を形成している。また気候に関しては気温の年較差、日較差が大きく、年間を通して湿度が低いのが特徴になっている。

窑洞はおもに崖面に横穴を掘り込んだカオ山式と、平坦な大地に矩形の竪穴を掘り下げてできた中庭の4面の崖に横穴を掘り込んだ下沈式の2つの形式がある。(図2-5) 横穴は相互につながっている場合もあるが、通常はそれぞれ独立している。下沈式(図2-6)の場合、その矩形の竪穴の底に下りるには斜路が利用され、多くの場合一度トンネルをもぐって中庭に出る。南面した北側の壁には主室が設けられ、日の当たらない南側の壁には、倉庫や家畜小屋、地上からの入口が作られることが多い。

12)

アジアにおいては、そのほかにインド・中国を中心とする石窟寺院の層房という形で地下に居住空間が見られる。



図2-1 シチリア島・パンタリカの地下住居（『建築家なしの建築』）

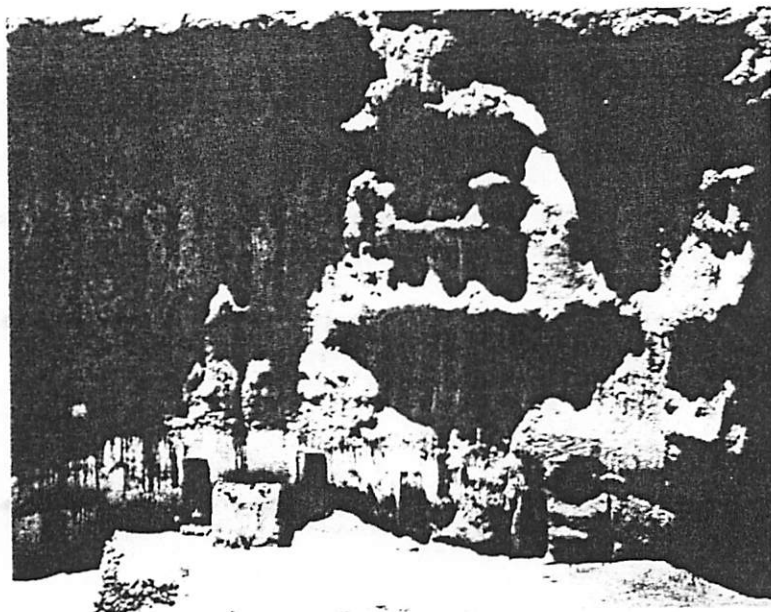


図2-2 スペイン・アンダルシア地方・アルマンソラの地下住居  
（『驚異の工匠たち 知られざる建築の博物誌』）

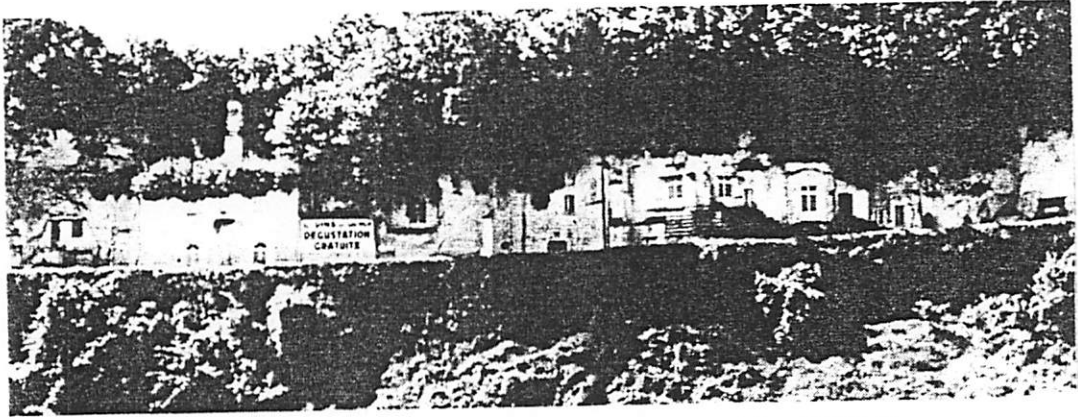


図2-3 フランス・トゥレーヌ地方・アンドル県南部の地下住居  
(『驚異の工匠たち 知られざる建築の博物誌』)

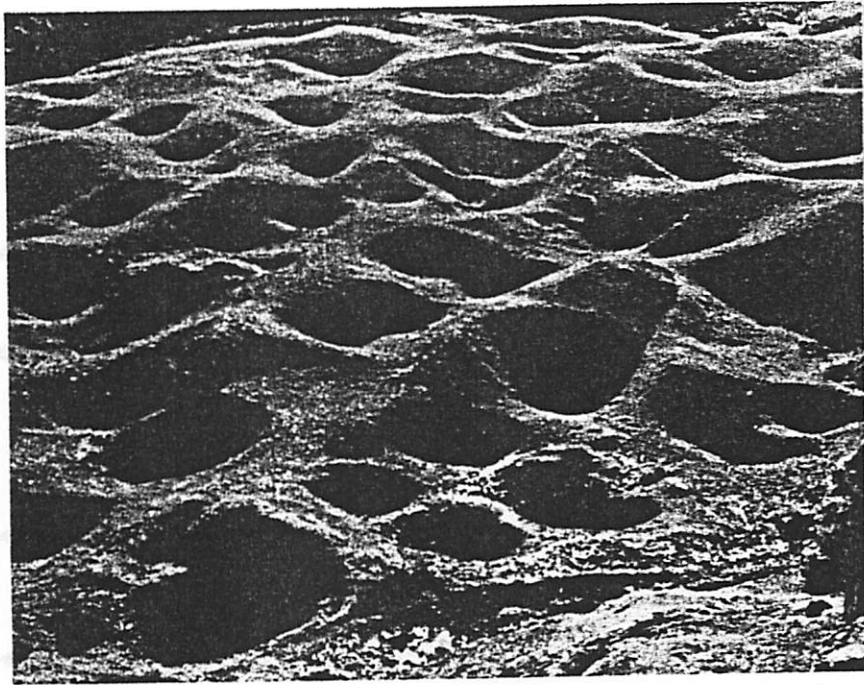


図2-4 エジプト・シワ・オアシスの地下住居 (『建築家なしの建築』)



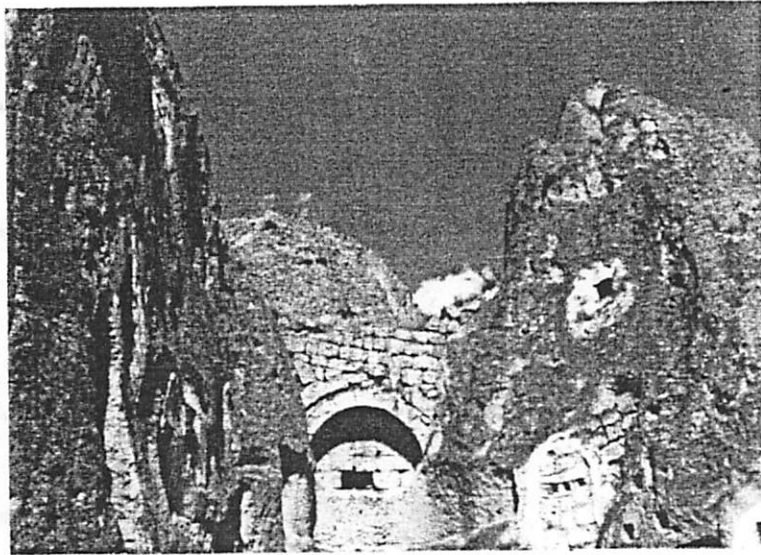


図2-5 トルコ・カッパドキア地方・ソアンルの洞窟修道院

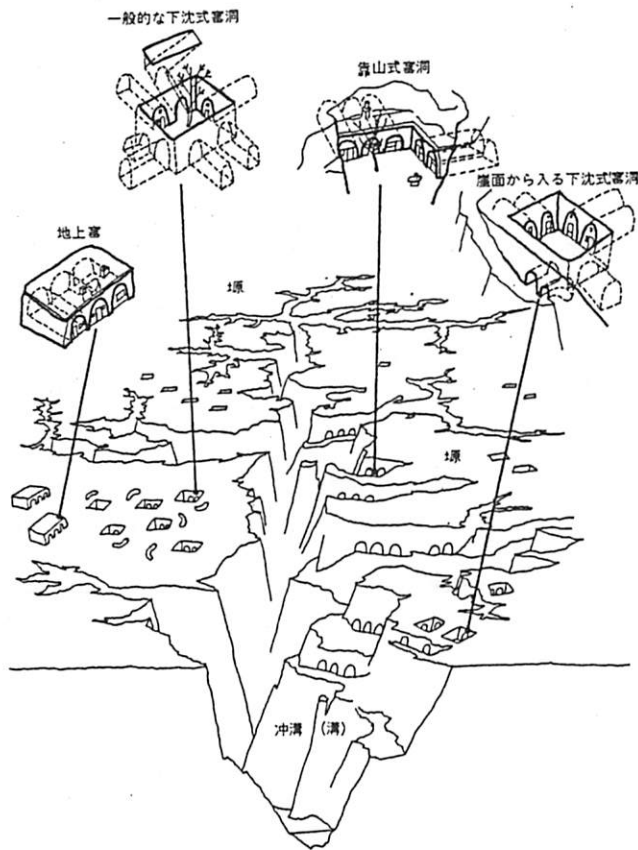


図2-6 中国・黄土高原の窑洞

(『生きている地下住居 中国の黄土高原に暮らす四〇〇〇万人』)



図2-7 下沈式窑洞（『生きている地下住居 中国の黄土高原に暮らす四〇〇〇万人』）

## 2 地下住居の成立要因

世界各地には地下住居が存在していて現在もその姿を見ることができるのだが、地上の住居を考える場合と比べて換気、日照が大きな問題となり、住居形態としては特異なものであると考えられる。ここでは先に示した地下住居の分布、そして現存する地下住居の事例から、地下住居がつくられ、利用された要因を考える。

まず、地下住居の分布地域、すなわち地中海沿岸、北アフリカ、紅海沿岸、西アジア、そして黄土高原の気候について考える。ケッペンの気候分類<sup>1 3)</sup>によると地中海沿岸の大部分は温帯の地中海式気候に属しており、北アフリカ、紅海沿岸、西アジア、そして黄土高原は主に乾燥帯のステップ気候・砂漠気候に属している。

以上の気候の乾湿条件についてみると夏期に乾燥するということが共通して言える。日本のように高温多湿な気候の下では、地下空間の恒温性<sup>1 4)</sup>、そして地下住居には換気に問題があることを考えると、快適でないというだけでなく結露や菌類の繁殖などの問題が起こる。従って夏期に乾燥するという乾湿条件は地下住居が利用されていく上での必要条件の一つであると考えられる。

また温度条件について考えると気温変化、つまり年較差、日較差（乾燥帯、特に砂漠気候においては一般に日較差が大きいと言われている。）の激しい地域においては、安定した地中温度を利用することが地下住居の成立要因の一つであると考えられる。

次に現存する地下住居の事例を比較・考察し、その成立要因を考える。

まず共通して言えるのはその地質が凝灰岩や石灰岩など簡単に掘削できるということである。特に乾燥帯では建材になるような木が乏しく、建材を土に求め、そして何らかの条件により地下住居が成立したと考えられる。したがって掘削しやすいという地質は必要条件の一つであると考えられるが、要因としては希薄であると考えられる。

南イタリアのマテーラやマサフラにおいては民族的な、または宗教的な迫害が地下住居成立の要因となっている。またこの南イタリアの事例は先住民の地下住居の転用から始まっていて、シチリア島の事例、エジプトのシワ・オアシスの事例では墓地として利用されていたものを転用したものである。つまり転用し得る洞穴が存在することが地下住居成立の条件となっている。

カッパドキアの洞窟修道院においては俗性を棄てた修道士が不毛の地で神の声を聞くという条件で、地下空間の隔離性を利用して自然の猛威から身を守るというのが成立の要因となっている。

以上で考察してきたことをまとめると地下住居の成立要因として

- ・ 激しい気温変化に対する安定した地中温度
- ・ 民族的・宗教的な迫害からの防御

また地下住居成立の必要条件として

- ・ 夏期における乾燥
- ・ 掘削に容易な地質

そして、その他の条件として

- ・ 転用し得る洞穴の存在

を挙げることができた。

また、地下住居の事例からそれらの地表との関係について見ていくと、ここで挙げた事例は大きく

- ・ 崖面に横穴を掘りこんだもの
- ・ 中庭を掘り下ろして、その周壁に横穴を掘りこんだもの

の2つのタイプに分類できる。前者は立地条件として崖面の地形を利用する形であり、後者の立地条件は丘陵地や平坦な土地であるのだが、中庭を掘り下ろすことで地下住居に光を採り入れるようにしている。またこのことから、ほぼ平坦な土地に地下8層（約40m）にわたって開発され、垂直方向の経路だけで地表とつながる地下都市デリンクュは特異な事例であると考えられる。

## むすび

本章では世界各地に現存する地下住居の事例を挙げ、地下住居の分布地域の気候についての考察、そして地下住居の事例の比較・考察を行なうことによって地下住居がつくられ、利用された要因を考えた。そして地下住居の成立要因とその条件を幾つか挙げることもできた。また、事例としてあげた地下住居の地表との関係を見ると、本研究の対象である地下都市デリンクュは特異な事例であることが分かった。

第3章ではまず、カッパドキアにデリンクュをはじめとする地下都市がつくられ、利用された背景として歴史、気候、そして地形と地質について整理する。そして地下都市について述べ、いくつかその実例を見ていく。

## 第3章

### カッパドキアとその地下都市

はじめに

ギリシャ人がアナトリア（日出ずるところ）と呼んだ小アジア半島（図3-1）は地中海と黒海に挟まれていて、歴史を通じて西から東、また東から西に多くの移住者が通過した両大陸の懸橋をなしている。しかし、一口にアナトリアといっても、東部、南部、中部がアジア本土と緊密に結び付き、古代東方文明の強い影響下にあったのに対して、西部と北部は、テッサリア、トラキア、エーゲ海世界など、西方から支配的な影響を受けていた。また気候的にも地域による差は大きく、海岸地域と海に面した山腹には十分な降雨があるが、内陸部全域は乾燥した大陸性気候でステップ地帯となっている。

カッパドキアとはアナトリア中部・東部地方の古代地名で、その範囲は時代によって違いがあるが、東はユーフラティス川を境にアルメニア地方と接し、北は黒海に及ぶ。ただし、ローマ時代以降、黒海に臨む北部はポントス地方として通例カッパドキアには含まれていない。現在はアナトリア高原の中心に広がる奇岩地帯をさしている。冬の厳しい寒さと夏の乾燥のため農耕にはあまり適せず、牧畜が主な生業となっている。

このカッパドキアには、本研究の対象である地下都市デリンクユをはじめとする地下都市のほか、崖や岩峰を横穴式にくりぬいた洞窟修道院（図3-2）や洞窟住居（図3-3）が数多く存在している。第3章ではまず、カッパドキアに地下都市がつくられ、利用された背景として、その歴史を地下空間利用に照らし合わせながら概観し、さらに気候、地質と地形について整理する。そしてカッパドキアの地下都市について述べ、いくつかその事例を見ていく。

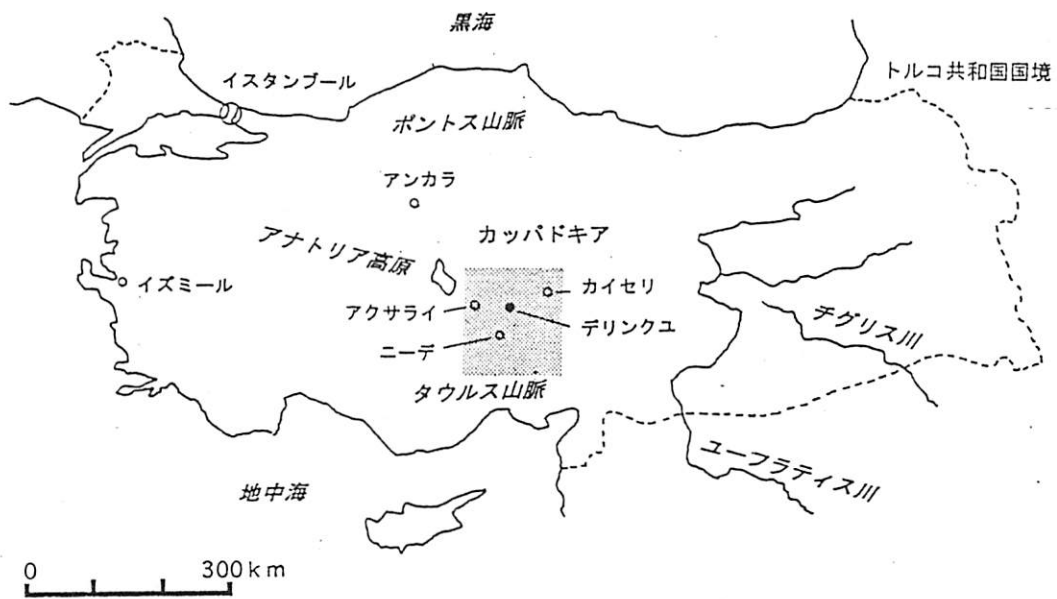


図3-1 アナトリア

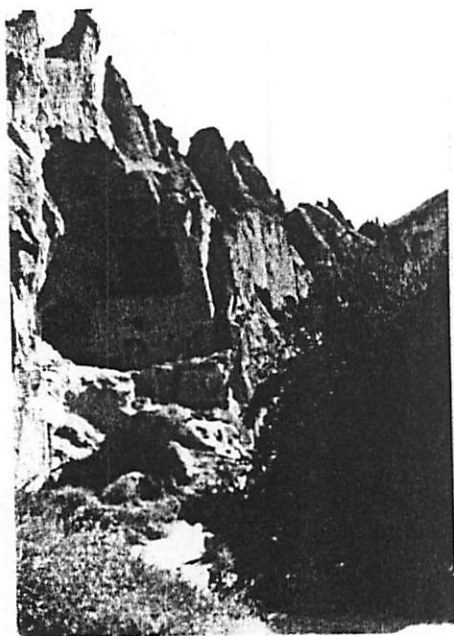


図3-2 ゼルベの洞窟修道院

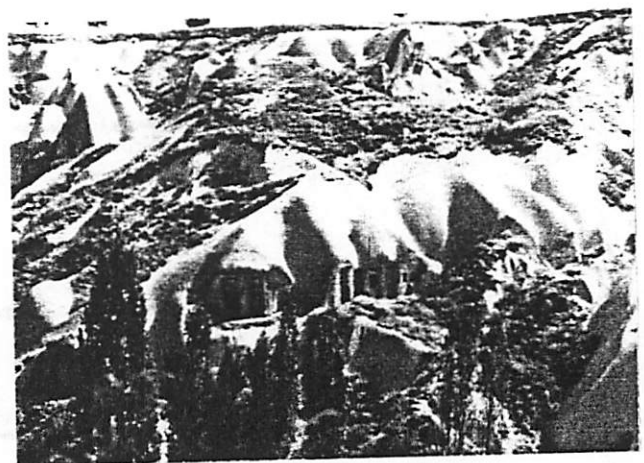


図3-3 ウチヒサールの洞窟住居

## 1 カップドキア

### 1-1 歴史

ここではカップドキアに地下都市がつくられ、利用された背景として、その歴史<sup>15)</sup>をカップドキアの地下空間利用に照らし合わせながら概観していく。

カップドキアはおよそ紀元前 15000 年まで広大な内海であった。この内海が干上がった頃、地中海沿岸のタウルス山脈に住む旧石器狩猟民が内陸部のカップドキアに移動してきた。まだ自らの手で家を建てることを知らない旧石器狩猟民達は、自然の地形を利用したり、人為的に手を加えた洞窟や岩かげに住んでいたと考えられる。

1910年にイギリスのR. キャンベル・トムソンはデリンクユから 28km 離れたソアンル川で旧石器時代の石器や手斧を発見している。この場所にも地下都市が確認されているのだが、考古学的発掘・研究が行われていないので、この地下都市が旧石器時代に属するものかは分かっていない。<sup>16)</sup>

やがて農耕や牧畜が始まるようになると定住生活がされるようになり、集落が形成されるようになる。アナトリアにおいては南部のチャタルヒュック、西部のハジラルが知られており、これらの集落では日乾煉瓦による住宅群が建築されていたことが分かっている。<sup>17)</sup>

アナトリアにはいつの頃からかハッチ人が居住していたのだが、紀元前 2000 年頃、北方からインド＝ヨーロッパ語族のヒッタイト人が侵入し、各地に都市国家<sup>17)</sup>を建設していった。

そしてさらに北部メソポタミアのセム語族のアッシリア人が商業活動に乗り出してアナトリアに到達した。アッシリア商人は織物と錫をもってきて、タウルス山脈に産出する銅と交換した。

タウルス山脈、ポントス山脈は古くから銅を始めとして、銀、鉄鉱石の産地であり、若山滋は地下都市の成立の要因として石を掘る高度な技術が古くからあったことを挙げている。<sup>18)</sup>

ヒッタイト滅亡後、フリギアやリディアが勢力を誇ったが、紀元前 546 年にはペルシャがこの地方を征服し、やがて全アナトリアはペルシャの支配を受けることになった。

ペルシャ時代の地下都市についてクセノフォンの『小アジア遠征記』に見ることが



できる。<sup>19)</sup>

「家々は地下に作られている。入口はまるで井戸のように低く下に向かって広げられている。家畜のためにはトンネルがあり、人間ははしごを使っている。家に中に山羊、羊、牛やにわとりが飼われている。大きな壺には、ワインがなみなみと入っていて、のどがかわいたものはだれでも、そのそばの葦をとってワインを吸うことができる。…

ガイドについて歩くか、矢印にそって注意深く進かしなければ、カイマクルではすぐに道に迷ってしまう。長短さまざま苦しいトンネルが、四方八方に延びたり時には通路を急カーブでえぐって、窪みを利用した部屋があつたりする。ここを訪れた人は、壁を掘った箱型ベッドに気をとられる。通気坑は、数階あるいはすべての階を突き抜けている。その幾つかは地下水まで達して、井戸として水を供給している。

この地域はしばしば侵略されることもあつたらしい。というのは一つの階ごとに、石うすのような大きな丸い石板で閉じられるようになっているからである。石板の直径は1.5m、いざという時、すぐにころがすことのできる場所に置かれていた。」

以上から既に地下都市の原型が完成していたことが分かる。

紀元前 333 年にマケドニアから東に遠征してきたアレキサンダーはアナトリアからペルシャを駆逐した。その後カイセリを首都としてカッパドキア王国が建国されたが、紀元前 1 世紀にはローマの領土となった。

そして、神のあわれみによる罪の許しを説くキリスト教はアナトリア東南部のタルソスに生まれたパウロらによる伝道によってローマ帝国内に広まり、各地に信者の団体が生まれた。かれらは世俗の権力に対しては従順であったが、現世の利益を求めるギリシャ・ローマの伝統的多神教と相容れず、またヘレニズム君主の支配者礼拝の後を継いだ皇帝崇拝を認めようとしなかったので多くの殉教者を出した。

「2 世紀にキリスト教が知られるようになったころ、カッパドキアはさまざまな思想、哲学、東方宗教の入り乱れるつぼだった。初期キリスト教徒はおそらくローマの宗教的迫害から逃れてきた人々だったろうが、キリスト教徒の大部分は、タウロス山脈全域を占領したアラブ人の支配からカッパドキアへ避難してきた人々だった。これらの新しい住人たちは、丘の斜面を掘り岩を刻んで教会をつくり、内部をフレスコ画で飾った。このようにして、まもなくカッパドキアの岩石地帯は修道院や修道士のいおり、教会などの大展示場の様相を呈するようになったのであった。<sup>20)</sup>」

厳しい迫害にもかかわらず、キリスト教徒は増加の一途をたどった。そしてついに

は 313 年、コンスタンチヌス帝はキリスト教を帝国統治の基本精神として利用するため、ミラノ勅令を出してキリスト教を公認とし、さらに 324 年には全帝国の公認宗教とした。しかしそれ以降もカッパドキアのキリスト教徒はササン朝ペルシャ、イスラム教徒の迫害を受けることになった。

1071 年にセルジューク＝トルコはマンズィケルトの戦いでビザンチン帝国を破り、アナトリアを支配するようになった。セルジューク＝トルコは間もなく分裂してアナトリアはルーム＝セルジューク朝に支配され、キリスト教が浸透していたアナトリアをトルコ化し、イスラム化することになった。しかし、属領の支配について「イスラムの信仰に抵触しない限りにおいて、新しい属領と摩擦を起すことはなかった。小アジアを征服した時にも、民衆生活を崩すことをせず、既存の法令や慣習をそのまま温存するようにつとめた。<sup>21)</sup>」とされている。

ルーム＝セルジューク朝はやがてモンゴル軍の侵入をうけ、イル＝ハン国の属州となって 1308 年には消滅した。

その後アナトリアは君侯国が割拠したが、オスマン＝トルコのバヤズィット 1 世 (1389～1403 年) により統一された。

そして第一次世界対戦後、民族開放運動を経て、1923 年にスイスで連合国側とジュネーブ条約を締結した。その際のトルコ・ギリシャの人民交換政策によりアナトリアに住んでいたキリスト教徒の多くはカッパドキアを離れることになった。

現在、地下空間は例外を除いて住居としては利用されておらず、倉庫や鳩の小屋(糞を自然肥料として用いる)、そして地下の断熱性、恒温性、恒湿性といった特性を生かした食物貯蔵庫(主に果実)としてやキノコ栽培に利用されている。<sup>22)</sup>

地下都市については教会などの施設や防御設備が備わっていることから、キリスト教徒が使用していて、異民族や異教徒の侵入に備えた避難場所として使用されていたことは確かであると考えられるが、少なくともペルシャ時代(紀元前 401 年)にはその原型が存在していたということが分かった。キリスト教徒が地下都市を利用した期間については明らかにされていないが、2 世紀にキリスト教がアナトリアに知られるようになって、地下都市は主にローマ帝国、ササン朝、そしてイスラム軍の侵入に備えて使用されたと考えられる。オメル＝デミルによると「カッパドキアの洞窟はイスラム軍からの避難場所となったが、セルジューク時代には信仰が迫害されることはなく、これらの避難場所としての意味も薄れていった。<sup>23)</sup>」としている。

また洞窟修道院についても聖堂に残されている壁画から修道院活動の時期がうかがえるのであるが、洞窟修道院が何時つくられるようになり、何時まで利用されていたのかは明確にはされていない。

表3-1 カップドキアの歴史

西暦	事項	西暦	関連事項
B. C. 15000頃	旧石器狩猟民の定着		
7000頃	新石器時代の集落出現		
?	ハッチ人の居住		
2000頃	ヒッタイト人侵入		
1500頃	ヒッタイト王国, 全盛	B. C. 1450頃	アッシリアの台頭
1200頃	滅亡		
1000頃	フリギア王国おこる	722	アッシリア, オリエントを統一
730頃	リディア王国おこる		
670頃	アッシリアの圧迫を受ける	525	ペルシャ, 全オリエントを統一
546	ペルシャ領となる	401	クテシフォンの『小アジア遠征記』
333	アレキサンドロス帝国領となる		
332	カップドキア王国おこる		
17	ローマ領となる		
		4	キリスト生まれる
		A. D. 45~58	使徒パウロの伝道
A. D. 200頃	キリスト教, カップドキア全体に広がる	64	皇帝ネロのキリスト教迫害
		313	ミラノ勅令 キリスト教の公認
		330	ローマ帝国, コンスタンチノーブルへ遷都
		339	ササン朝, キリスト教徒を迫害
395	ビザンチン帝国領となる		ローマとの抗争を繰り返す
		395	ローマ帝国, 東西に分裂
		409	ササン朝, キリスト教信仰を認める
		610	マホメット啓示を受ける
717	イスラム軍のアナトリア侵攻	726	偶像禁止令
		843	偶像崇拝を認める
1071	セルジューク=トルコ領となる		
1077	ルーム=セルジューク朝おこる		
1243	イル=ハン国に臣属する	1096	十字軍始まる
1308	ルーム=セルジューク朝滅びる		
	オスマン=トルコ, アナトリアを統一	1299	オスマン=トルコおこる
1402	チムールの侵入		
		1402	アンカラの会戦 オスマン王朝, 中絶
1500頃	オスマン=トルコ, アナトリアを再統一	1413	オスマン王朝, 再建
		1453	オスマン=トルコ軍, コンスタンチノーブルを占領 ビザンチン帝国滅びる
1923	トルコ・ギリシャの人民交換政策によりキリスト教徒はギリシャへ	1914	第一次世界対戦おこる
		1923	ローザンヌ条約締結

(主として『西アジアの歴史』, 『トルコの歴史』, ファティヒ・ジモク著 原田武子訳  
『カップドキア』, オメル・デミル 『カップドキア』より作成)

## 1-2 気候

カッパドキアは乾燥した大陸性気候でケッペンの気候分類<sup>24)</sup>によると乾燥帯のステップ気候に属している。冬の厳しい寒さと夏の乾燥、そしてその土壌から農耕にはあまり適せず、牧畜が主な生業となっている。また建材となるような樹木はほとんど見ることができない。ここでは、カッパドキアのカイセリの気象データを名古屋のデータと照らし合わせながらその気候的特色を考えて行く。カイセリと名古屋の気象観測地点を表3-2に示す。

月別平年気温を表3-3、図3-4に、月別平年相対湿度を表3-4、図3-5に示す。平均気温の変化に関しては似たような推移をたどっていることが分かる。

カイセリと名古屋のクリモグラフ(気候図)を図3-6に示す。このグラフは縦軸に気温(°C)、横軸に相対湿度(%RH)をとって年間の温湿度の変動を1か月毎に結んだもので、温湿度の年間の変動の概略を知ることができる。名古屋が日本の太平洋側の地域特有の夏期に高温多湿、冬期には低温低湿であるのに対して、カイセリは組積造建築の発達した地域に共通している夏期の乾燥が見られる。

日最高・最低気温の月毎の推移を表3-5、図3-7に示す。カイセリは夏期に気温が40°C近くまで上昇し、冬期には-15°Cにまで低下することがある。また日最高・最低気温の差を見るとカイセリは名古屋に比べて大きく、日較差が大きいと考えられる。

月別平年降水量を表3-6、そしてそれをグラフにしたものを図3-8に示す。年間降水量は名古屋の1,534.9mmに対して、その約4分の1程度の399.8mmであり、特に夏期における降水が少なくなっている。降水量が比較的多いところはステップ気候特有の春先の一時的な大雨や冬期における降雪によると考えられるが、年間を通して月間降水量が50mmを大きく越えることはない。

表3-2 カイセリ,名古屋の気象観測地点

地点	緯度	経度	海拔
カイセリ	38° 47' N	35° 29' E	1054m
名古屋	35° 10' N	136° 58' E	51m

(「気象庁観測技術資料 第56号」, 『理科年表 1995』より作成)

表3-3 カイセリ, 名古屋の月別平年気温

地点	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年
カイセリ	-2.1	0.3	4.8	10.7	14.9	18.7	22.1	21.6	16.7	10.7	5.2	0.6	10.4
名古屋	3.7	4.3	7.6	13.8	18.4	22.0	25.8	27.1	23.1	17.0	11.5	6.2	15.1

単位 °C

(「気象庁観測技術資料 第56号」, 『理科年表 1995』より作成)

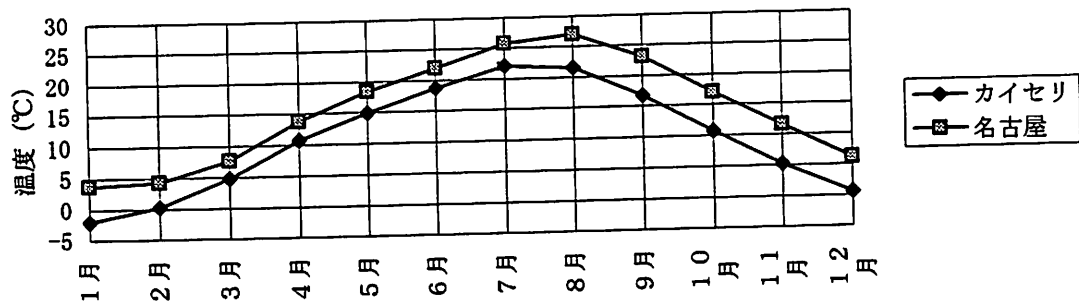


図3-4 カイセリ, 名古屋の月別平年気温 (表3-3より作成)

表3-4 カイセリ, 名古屋の月別平年相対湿度

地点	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年
カイセリ	75	76	59	76	61	66	65	62	45	73	82	82	69
名古屋	65	64	61	65	68	74	78	74	75	70	68	67	69

単位 %RH

(「世界地上気象月集計リスト 1994年度 第56号」, 『理科年表 1995』より作成)

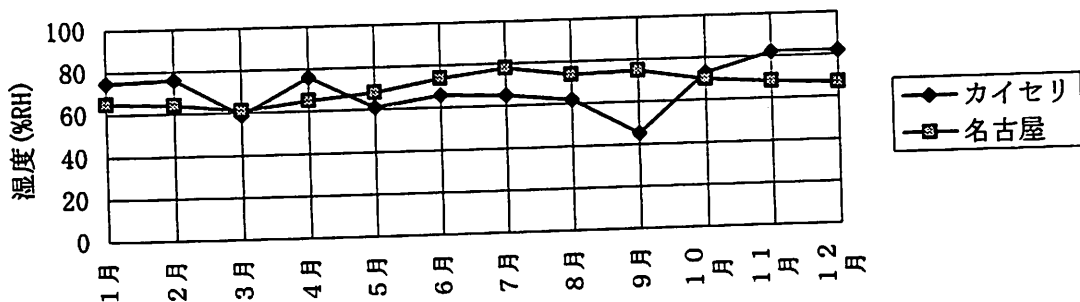


図3-5 カイセリ名古屋の月別平年相対湿度 (表3-4より作成)

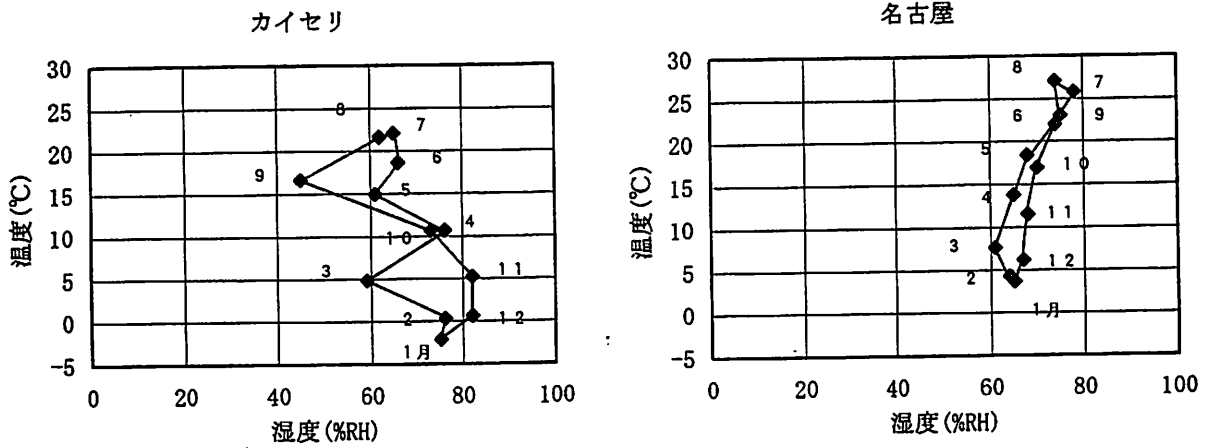


図3-6 カイセリ, 名古屋のクリモグラフ (表3-3, 4より作成)

表3-5 カイセリ, 名古屋の94年度月別日最高・最低気温

地点		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
カイセリ	最高気温	13.2	10.4	22.4	28.2	33.2	34.0	36.0	36.4	36.2	30.2	21.0	10.0
	最低気温	-8.0	-15.0	-7.0	-4.7	-2.0	3.0	7.4	7.0	4.6	0	-11.4	-14.9
名古屋	最高気温	14.3	16.1	19.9	27.5	29.3	33	38.1	39.8	36.3	29	23.1	18.8
	最低気温	-3.1	-2.7	-0.5	4.2	10.2	15.8	23.1	21.5	15.7	11.1	3.2	-1.3

単位 °C

(「太陽光開発利用システムの研究開発利用システムに関する研究」, 名古屋地方気象台の協力により作成)

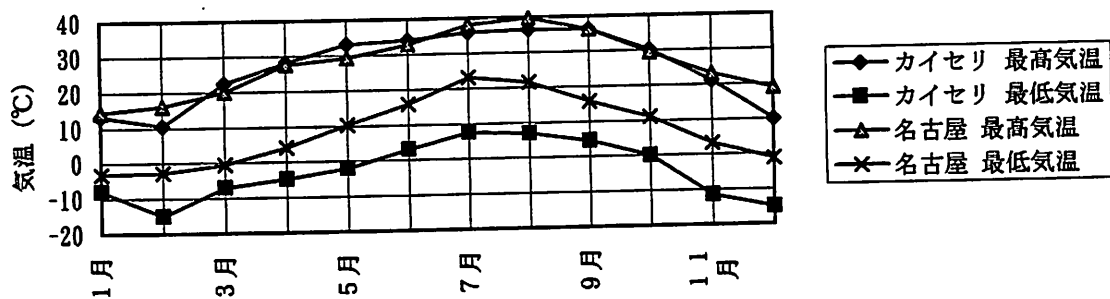


図3-7 カイセリ, 名古屋の94年度月別日最高・最低気温 (表3-5より作成)

表3-6 カイセリ, 名古屋の月別年平均降水量

地点	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年
カイセリ	29.2	31.7	37.3	48.5	51.7	47.6	15.4	4.7	15.2	33.2	38.9	46.4	399.8
名古屋	42.3	63.8	110	151	157	217.9	213	145	211.0	114.1	70.5	40.0	1534.9

単位 mm

(「気象庁観測技術資料 第56号」, 『理科年表 1995』より作成)

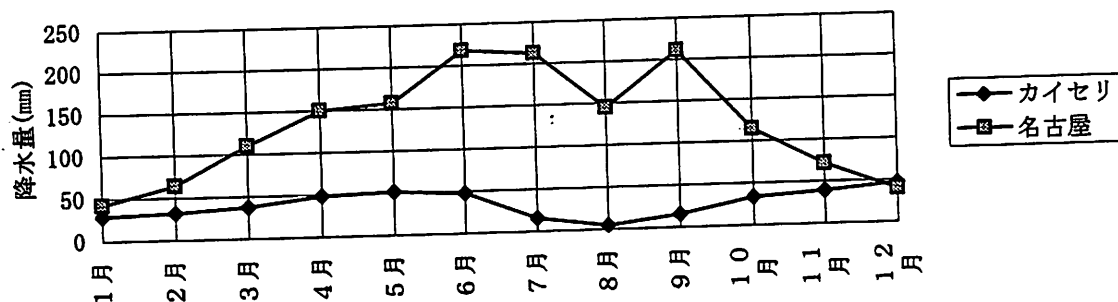


図3-8 カイセリ, 名古屋の月別年平均降水量 (表3-6より作成)



### 1-3 地質と地形

カッパドキアには新生代・第三紀・新第三紀における火山活動、すなわちエルジヤツシュ・ダウ (Erciyes dag 標高 3,916m), ハッサン・ダウ (Hasan dag 標高 3,253m), メレンディズ・ダーラル (Melendiz dag 標高 2,727m) といった火山の噴火によって大量の溶岩や火山灰が広大な地域にわたって堆積して、数 100m に及ぶ凝灰岩の層が形成されている。そしてこの凝灰岩は簡単な道具で掘削できる程、軟質なものである。<sup>25)</sup>

この凝灰岩の性質から、草木の乏しい大地は風雨による浸食作用を受け、岩質の変化によって様々な形を刻み出している。

固い質の岩石が軟らかい質の凝灰岩の上に散在する場合、軟質の部分が浸食を受けて次第の掘り下げられて、固い岩石を頂上に残したまま、円錐形、円柱形、ピラミッドなどの形の岩峰 (カッパドキアで「妖精の煙突」と呼ばれている。) が生まれる。

(図 3-9) そしてある時点で頂上の固い岩石が転落しても、全体の形はそのまま残り、更に浸食作用は続けられていく。また図 3-10 の様な深い峡谷が見られるのだが、これは一時的な大雨や春の雪解けによって川ができ、その長年にわたる侵食作用がこの様な断崖を形成したと考えられる。

これらカッパドキアの岩峰や峡谷といった垂直の岩壁には横穴式にくりぬかれた洞窟住居や洞窟教会が数多く存在している。



図 3-9 パシャバの「妖精の煙突」



図 3-10 ソアナルの峡谷

## 2 カップパドキアの地下都市

### 2-1 地下都市

カップパドキアには大小様々な洞窟修道院や洞窟住居が存在しているのだが、「地下都市」と呼ばれている地下住居は、その規模の大きさ、寝室、キッチン、教会、学校、家畜小屋、ワイン倉（図3-11）などの機能をそなえる点からそう呼ばれているようである。また地下都市には共通して、外敵の侵入に備えて「石の扉」（図3-12）と呼ばれる円形で硬質の石でできた車戸が見られる。

地下都市は少なくともペルシャ時代にはその原型が存在していて、カップパドキアにキリスト教が広まった後にはキリスト教徒が異民族・異教徒による迫害から身を守るために使用したものである。地下都市成立の第一の要因として異民族・異教徒による迫害を挙げることができる。またカップパドキアは気候的には乾燥帯のステップ気候に属しており、建材となるような樹木は周辺にほとんど見られない。さらにその地盤は凝灰岩によるものであり、掘削しやすいという条件のもとで、様々な機能を備える地下都市が成立している。

地下都市は現在36箇所が確認されていて、一般に公開されているのはその一部である。カップパドキアには確認されている出入口の数、600から、全体で400～500の地下都市があったと考えられている。<sup>26)</sup>

主な地下都市の位置は図3-13に示される通りである。今回の調査対象である地下都市デリンクユ（Derinkuyu）はネビシェヒール（Nevsehir）からニーデ（Nigde）に向かって29kmに位置している。多くの洞窟修道院が村から離れた場所に位置しているのに対して、地下都市は村の中（あるいは村の下と言った方が良くかもしれない）につくられていて、民家が地下都市を擬装していたとも考えられる。（図3-14）そして第2章にあるように洞窟修道院が修道士が俗性を捨てて神の声を聞くための修行の場としたのに対して、地下都市は一般の市民が身を隠すものであったと考えられる。

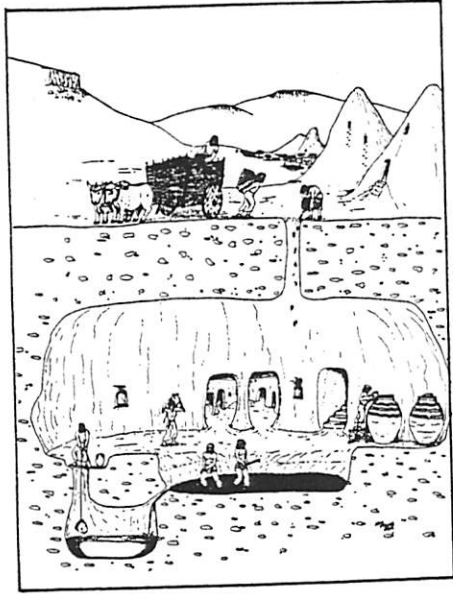


図3-11 地下都市のワイン倉  
 (『UNDERGROUND CITIES OF CAPPADOCIA』)



図3-12 地下都市オズコナックの「石の扉」  
 (『UNDERGROUND CITIES OF CAPPADOCIA』)

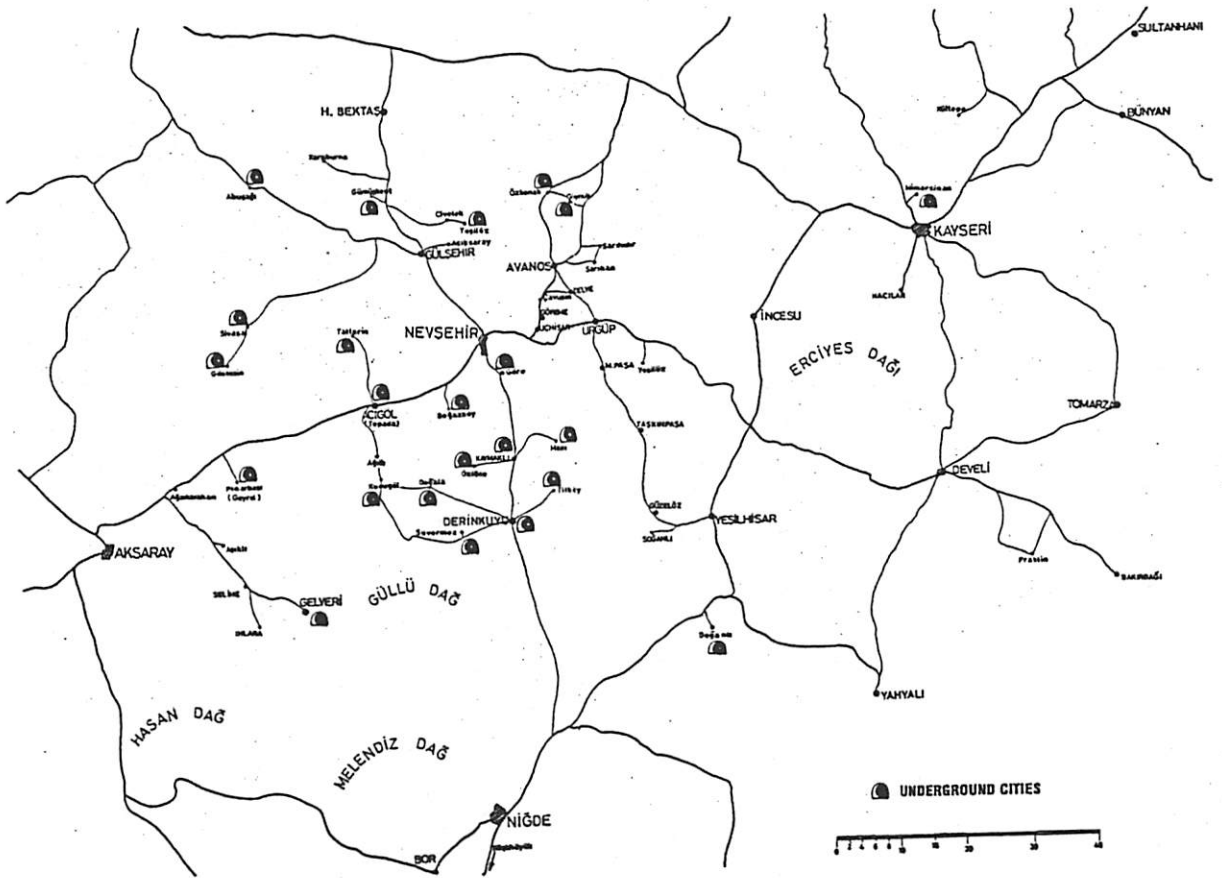


図3-13 主な地下都市の位置  
 (『UNDERGROUND CITIES OF CAPPADOCIA』)

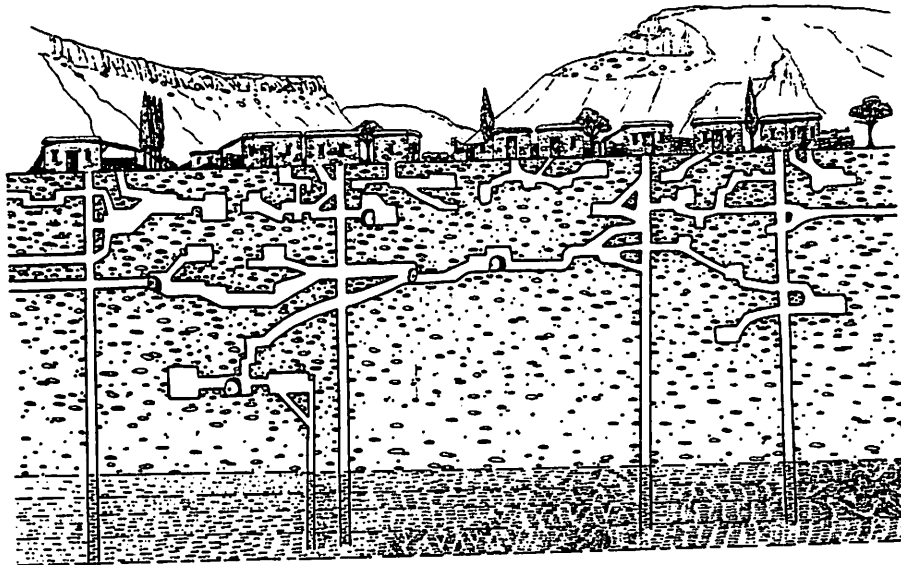


図3-14 地下都市のイメージ図  
(「UNDERGROUND CITIES OF CAPPADOCIA」)

## 2-2 地下都市の事例

筆者らは今回の調査対象である地下都市デリンクユのほかにマズ (Mazi) , オズコナック (Özkonak) , カイマクリ (Kaymakli) といった地下都市を見学している。これらはカッパドキアの地下都市の中でも最も知られているものである。しかしどの地下都市も学術的な調査が進んでおらず、その全体は明らかにされていない。

以下にデリンクユ以外の地下都市の事例としてマズ, オズコナック, カイマクリ の概略と特に着目された点を挙げていく。

地下都市オズコナックはアバノス (Avanos) の北 14km に位置するオズコナック村の中心にある。1972 年に発見された時点では立ち入る余地さえなかったという。<sup>27)</sup> この村には深さ 30m 程の峡谷が 4km 程にわたって見られその崖に横穴がいくつも掘り込まれている。(図 3-15) 地下都市のエントランス付近 (図 3-16) を見ると、このオズコナックは平地に掘り込まれた地下都市のようにも思われたが、かつてはこれらの横穴につながっていたとも十分考えられる。

図 3-17 に地下都市オズコナックの平面の概略図を示すが、これはおおよそその形態のみを示すものである。地下都市に入っていくと、まず 2 つの大きな室が連なっている。最初の室の壁には飼料、もしくは水を受けるのに適した壁龕、そしてそこには家畜をつなぎとめるのに使用されたと考えられる輪が掘り込まれていることから、家畜小屋であったと考えられる。そして次の室に進んでいくと床に炉と思われる跡があり、天井を見上げると換気用の竪穴が地上につながっていた。(図 3-18) このキッチンの部分は電気照明がされていなかったのだが、その天井は円蓋状になっていて照度が分散していて、目が慣れて来ると特に人工照明がなくともある程度の作業が可能であると思われた。

マズ村はユルギップ (Ürgüp) の南 18km, カイマクリの東 10km に位置し、ローマ初期からビザンチンにかけてつくられた石窟墓が多く見られる。村はかつての河床に広がっていて、地下都市マズは村の西側の斜面に掘り込まれている。<sup>28)</sup> (図 3-19) 出入口は 4 箇所発見されているのだが、そのうち 1 箇所を含む一部分が一般に公開されている。

この地下都市で特徴的なのは上下の階を鉛直の動線が結んでいることである。(図 3-20) この動線はおよそ一辺 70~80cm の正方形の断面形状で掘り込まれていて、その側面に足場が掘り込まれている。

ネビシェヒールからニーデへ 20km の所に位置するカイマクリには 1964 年に地下都市が発見されている。<sup>29)</sup> 地下都市カイマクリは図 3-21 にあるように小高い丘

に掘り込まれたものである。丘の頂上に見られるものは石窟墓の跡である。現在公開されているのは地下4階までであるがかつてどれほどの規模であったのかは分かっていない。

ほかの地下都市においては、各室が狭い通路でつながれているのに対して、この地下都市では多くの室が入り組むように掘り込まれていて、薄い壁がそれを隔てている。(図3-22)

現在公開されているこれらの地下都市では、そのほとんどの換気孔が塞がれているが、特に地下都市オズコナックのところで述べたように換気孔が開いている場合簡単な作業を行うのに必要な照度は得られていると感じられた。

また以上の事例はカッパドキアの地下都市の一部分に過ぎないのであるが、これらは崖面の地形を利用していたり、またはそう考えられるものであり、ほぼ平坦な土地につくられ、垂直方向の経路だけで地表とつながる地下都市デリンクユはカッパドキアの地下都市の中でも特異なものであるのかもしれない。



図3-15 オズコナック村  
(オメル・デミル 『カッパドキア』)

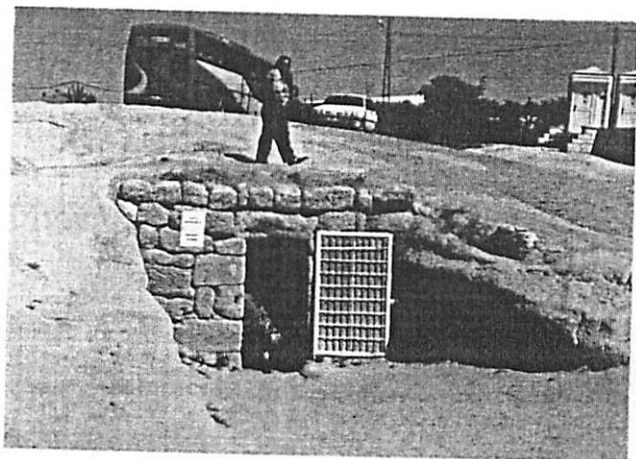


図3-16 地下都市オズコナックの  
エントランス

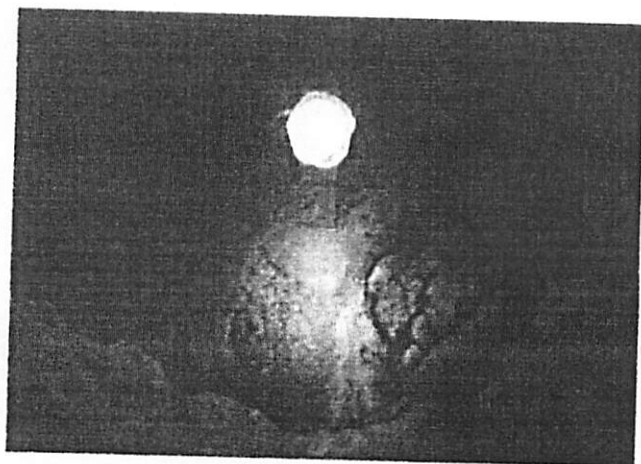


図3-18 地下都市オズコナック・  
キッチン上部の円蓋天井

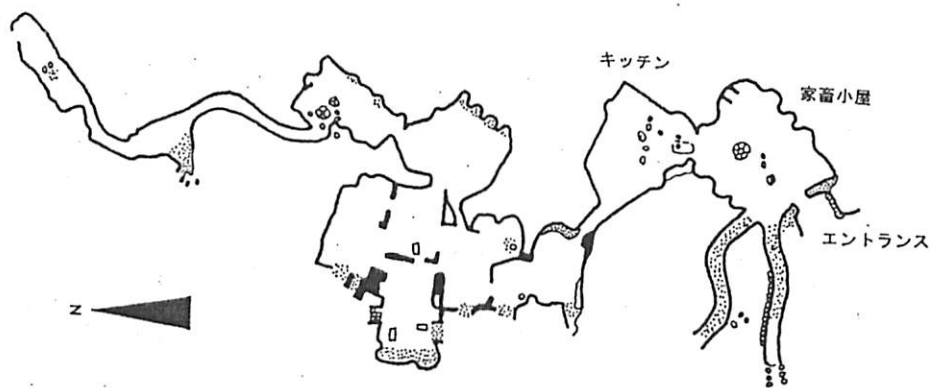


図3-17 地下都市オズコナックの平面概略図  
(『UNDERGROUND CITIES OF CAPPADOCIA』に筆者加筆)

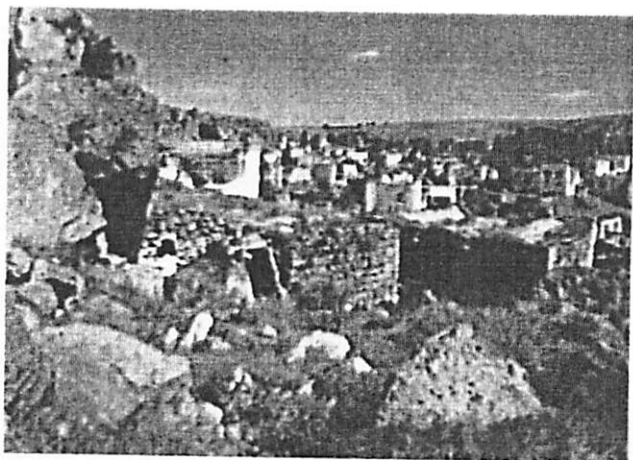


図3-19 地下都市マズとマズ村

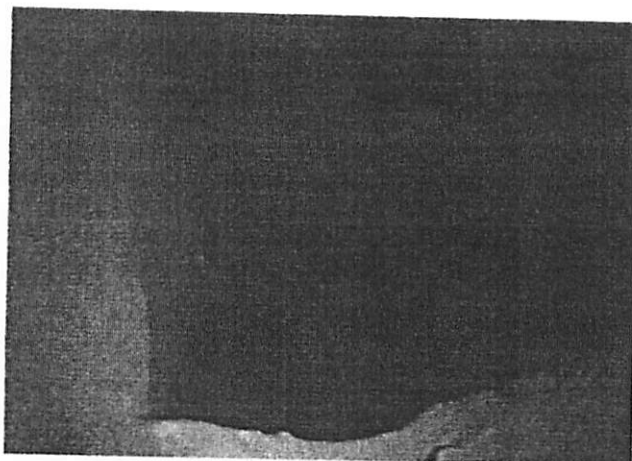


図3-20 地下都市マズの鉛直の通路

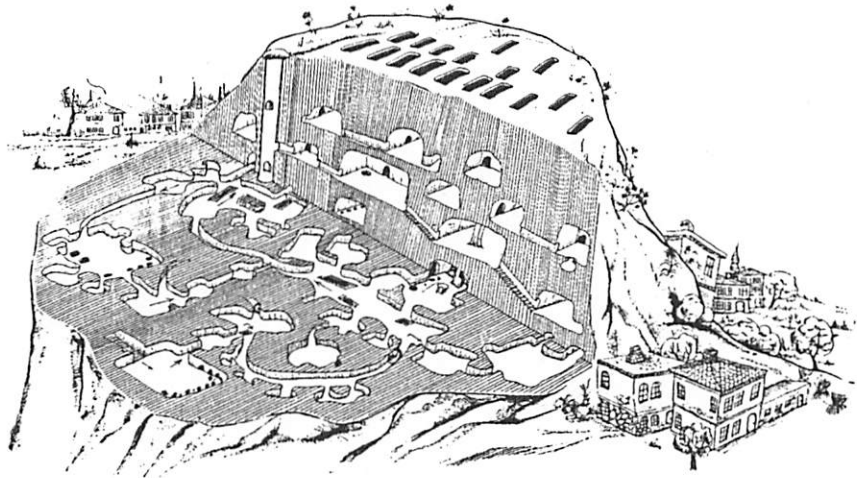


図3-21 地下都市カイマクルの断面模式図  
(オメル・デミル 『カッパドキア』)

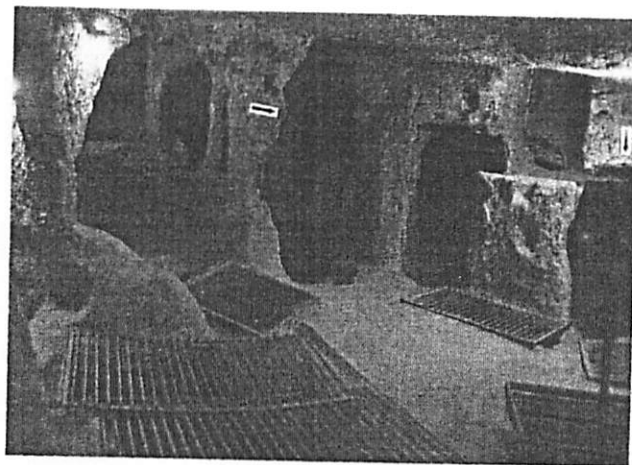


図3-22 地下都市カイマクルの内部  
(Murat E. GÜLYAZ 『CAPPADOCIA』)



## 結び

本章ではまず、地下都市がつくられ利用された背景として、カッパドキアの歴史を地下空間利用に照らし合わせながら概観し、さらに気候、地質と地形について整理した。そして地下都市について述べ、いくつかその事例を見ていった。

カッパドキアの地下都市成立の第一の要因としてイスラム軍など異民族・異教徒による迫害を挙げることができる。またカッパドキアは気候的には乾燥帯のステップ気候に属しており、建材となるような樹木は周辺にほとんど見られない。さらにその地盤は凝灰岩によるものであり、掘削しやすいという条件のもとで、様々な機能を備える地下都市が成立していることが分かった。

そして地下都市の事例については、実際に見学した地下都市の概略と特に着目された点を挙げていった。しかしながら地下都市については本格的な調査・研究がなされていないのが現状である。

次章では筆者らが平成7年9月20日(水)～24日(日)の5日間に行なった現地調査から、その空間形態・室内気候について整理し、考察していく。

## 第4章

### 地下都市デリンクユ

はじめに

筆者らは地下都市デリンクユの調査を平成7年9月20日(水)～24日(日)の5日間に行なった。本研究室では昨年11月半ばに冬期における温度、風向のデータ収集を行っているが、それに引き続いて今回の調査では夏期における温湿度、風向のデータ収集と空間形態の把握を行った。温湿度に関しては22日の9:00～18:00の3時間おきに測定し、さらに発煙管により風向とおおよその風速を観測した。

第3章の中で述べたとおり地下都市については学術的調査がされておらず、地下都市デリンクユもまたその全体を知ることができない。この地下都市は52本の換気シャフトを有し、それらは地下水脈まで達している<sup>21)</sup>とされているが、現在はそのうち1本を含む一部が公開されているのみである。

今回の調査では人員と時間的な制約から照明がなされていない部分、そして空気の流れが認められず換気に大きく関与していないとして一部、調査範囲から除いた。以下では、地下都市デリンクユはこの調査範囲をさすものとする。調査範囲を地下都市デリンクユの平面概略図(この平面概略図はおおよその形態のみを示すものである。)に示したものが図4-1である。またこの図にはエントランスの記号が7箇所見られる。現在は1箇所(図中にエントランスと記入)機能しているのだが、他のものについては、民家とつながっていたり落盤の為、地下都市内部で塞がれており、確認することができなかった。またこの地下都市を8層に分けて考えているが、これは一般にこの地下都市の説明に使用されているもので、それに従った。

本章では、地下都市デリンクユの調査からその空間形態、室内気候を整理し、考察していく。

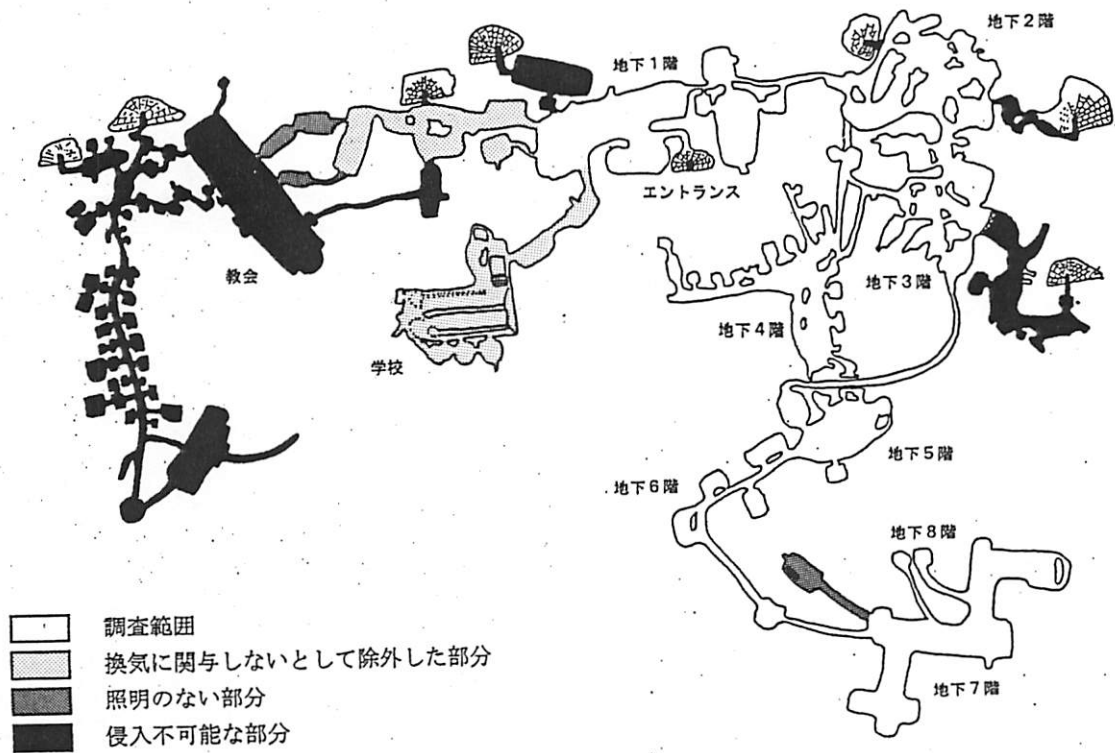


図4-1 地下都市デリンクユの調査範囲  
 (『UNDERGROUND CITIES OF CAPPADOCIA』に筆者加筆)

## 1 空間形態

### 1-1 実測方法

先にも述べたとおり、今回の調査では人員と時間的制約があり、第一に室内気候を考える上で必要な空間形態を把握することを目的とした。測量方法に関して主に「Handbook for Recording Structures with Measured Drawings」(Historic American Buildings Survey, 1992)を参考にした。実測は測点の方位をおさえながら、作業の効率化を図るため、主に簡単な超音波距離測定機(ピッキョリ13, SONIN社)を使用し、それが困難な場面では歩測を利用した。天井高に関してはおよそ各空間の平均であろうと思われた地点の天井高を代表値として測定した。そしてフロアレベルは地表から垂直に掘り下ろされている換気シャフトを利用し、水系を垂らすことで測量した。

### 1-2 全体構成

図4-2～図4-7は地下都市デリンクユの全体構成を示すもので、実測により得た平面を簡略化して、代表値として測定した天井高により柱状体とし、地中にある空間を可視化したものである。

全体の構成は地表面から垂直に掘り下ろされた換気シャフトを中心に、地下1階から地下8階の各階層がそれを取り巻くように配置されていて、その各階層、そして外界とを人が一人どうにか通ることのできる程の通路(階段)が結んでいる。

この換気シャフトは、その地表開口がエントランスのレベルより90cm低い位置にあり、ほぼ、約150cm×70cmの長方形の断面形状で掘り下ろされている。現在は地下42.5mの所で埋まっているが、デリンクユにあった52本の換気シャフトは地下70～85mの地下水脈にまで届いていて、換気シャフトとしての役割のほか、井戸としても利用されていたとされている。<sup>30)</sup>

各階層のレベルを見ると地下1階～6階と地下7階、8階との間のレベル差が大きいことが分かる。各階層については以下で詳しく述べるが、地下1階～6階には家畜小屋、キッチン、ワイン庫、寝室などがあり、7階は教会になっている。

なお延床面積は855.0m<sup>2</sup>、気積はおよそ1,287.0m<sup>3</sup>である。

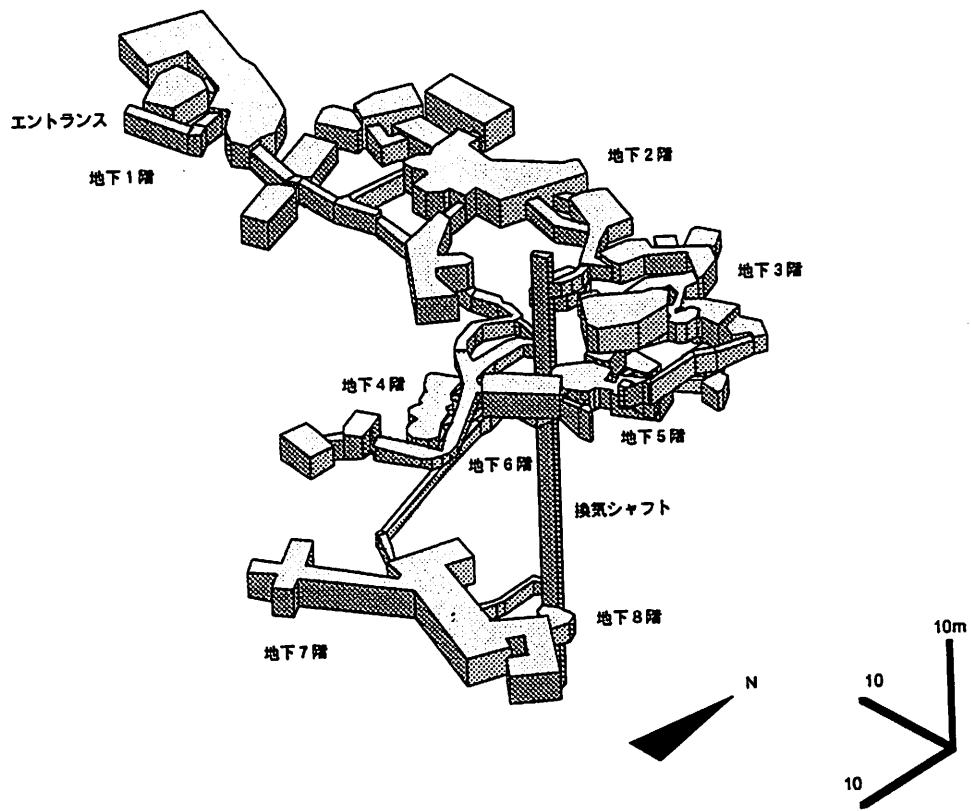


図4-2 地下都市デリンクユ・モデル・正投影図

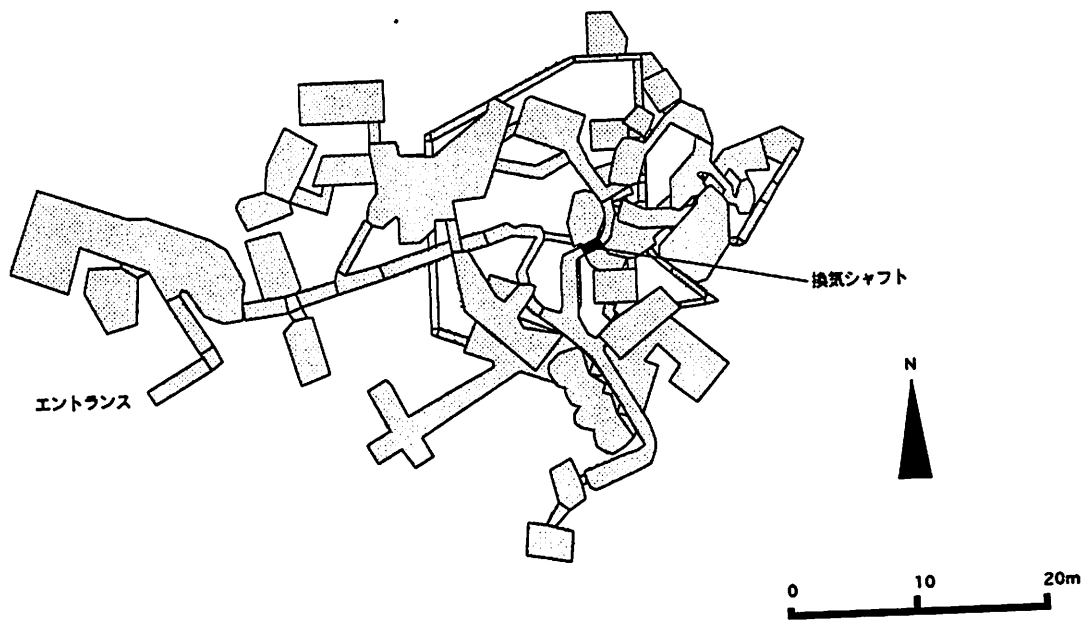


図4-3 地下都市デリンクユ・モデル・平面図

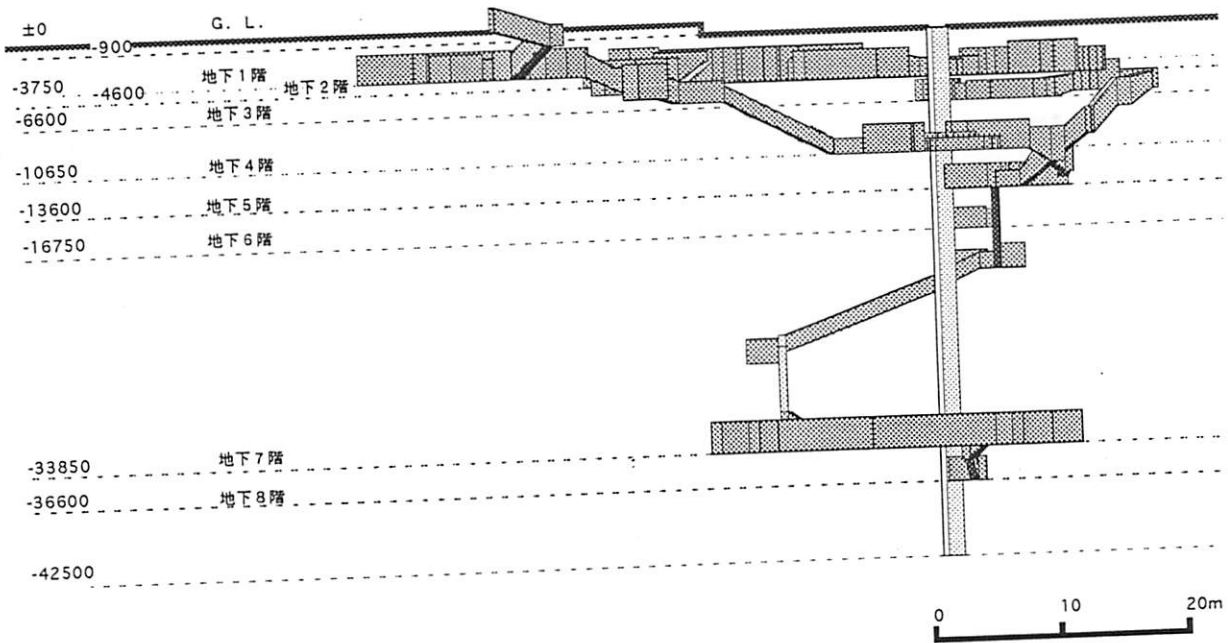


図4-4 地下都市デリンクユ・モデル・北側面図

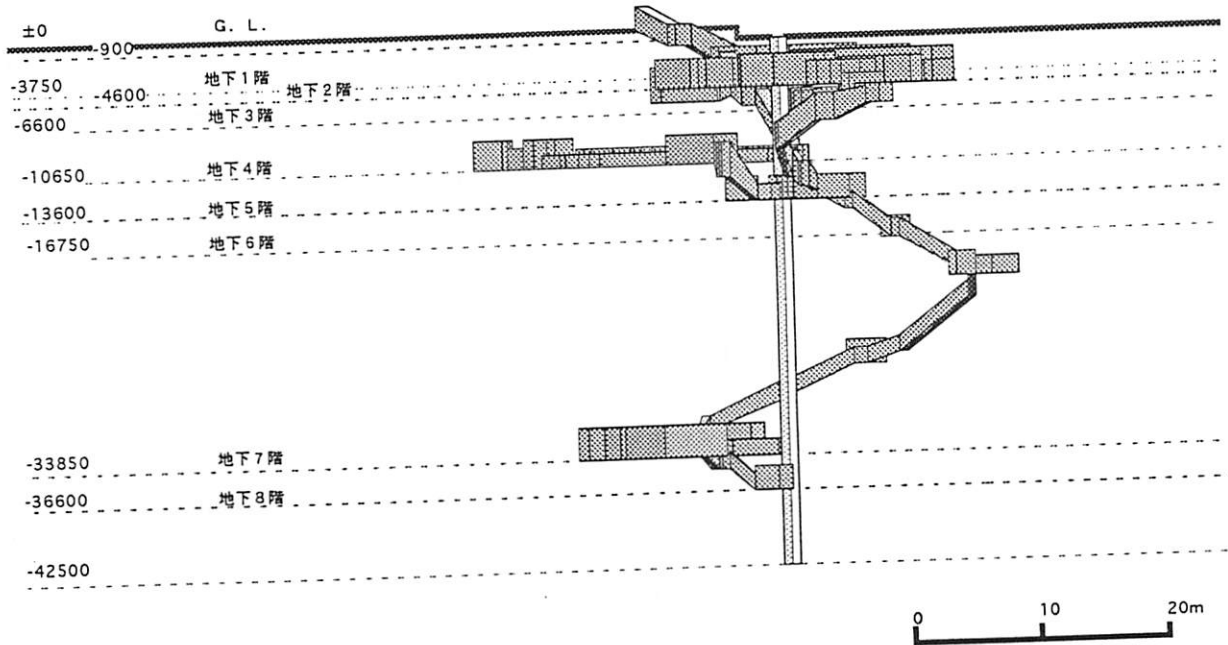


図4-5 地下都市デリンクユ・モデル・東側面図

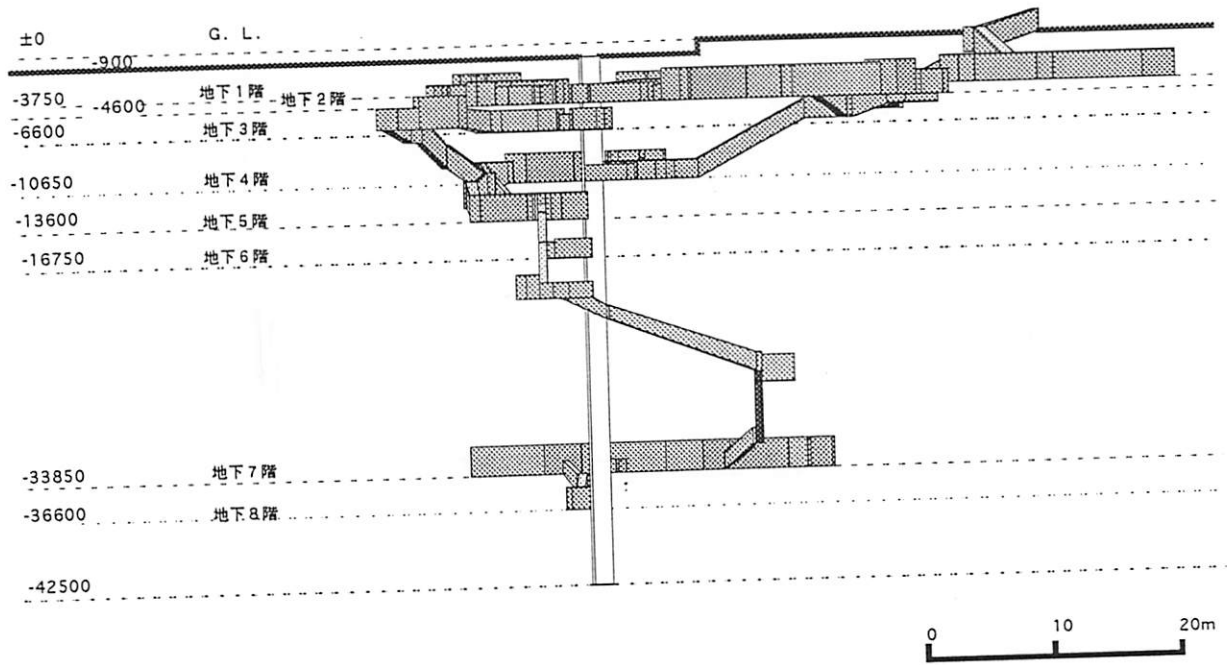


図4-6 地下都市デリンクユ・モデル・南側面図

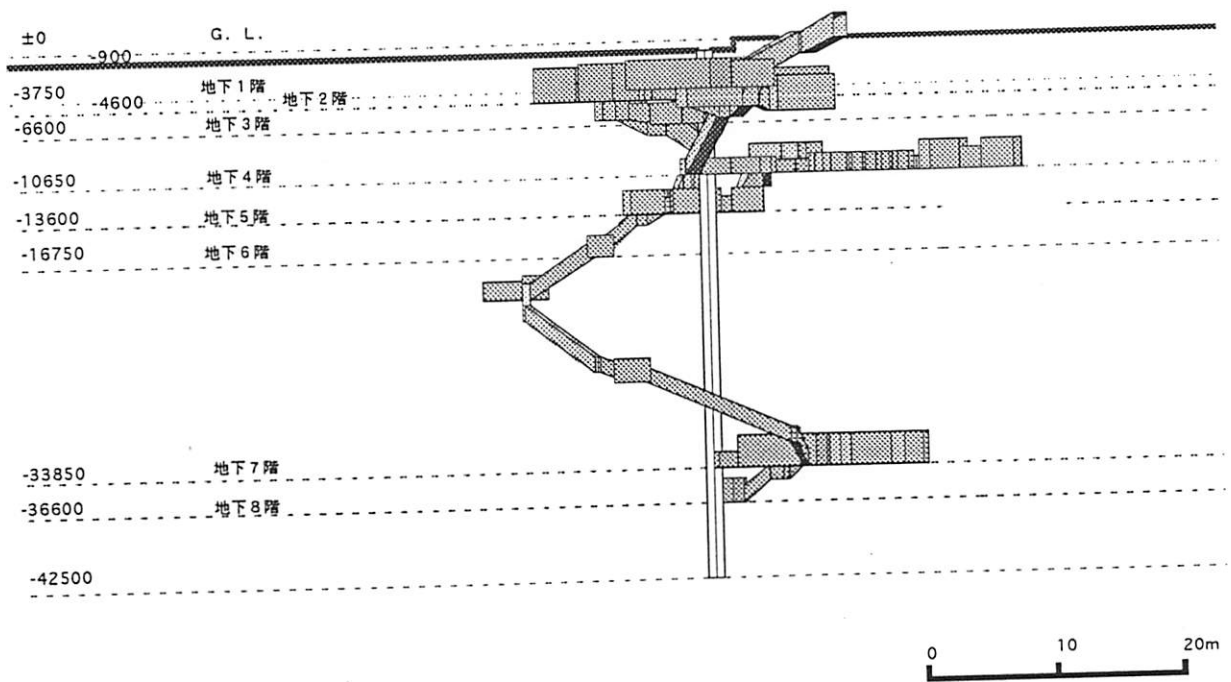


図4-7 地下都市デリンクユ・モデル・西側面図



### 1-3 各空間

地下都市デリンクユの平面を図化する際に便宜的にいくつかの空間に分けて行なった。ここではまず地上の様子を述べ、そして図化する際に分けた地下都市の各空間について述べていく。なお以下で図番号に併記した天井高は写真撮影位置の天井高をさす。

まず、エントランスと換気シャフトの地表開口とをそれぞれ図4-8, 図4-9に示す。図4-9の換気シャフトの地表開口の奥に写っているのが地下都市のエントランス, および管理事務所である。換気シャフトの地表開口はエントランスの床レベルより約90cm低い位置にある。また撮影位置のすぐ背後には民家が立ち並んでいる。

地下1階平面を図4-10に示す。エントランスから地下に入っていくと大きな室があり, 家畜小屋になっている。<sup>31)</sup> その壁には飼料, もしくは水を受けるのに適した形の壁龕(へきがん)が掘りこまれている。(図4-11 天井高2200mm) また天井を見上げると竪穴を塞いだ跡が3箇所見られる。その中で一番大きなものは, およそ長径120cm×短径100cmの楕円形に近い形をしており, おそらく飼料を搬入するのに使用したと考えられる。(図4-12)

地下1階から階段を下っていくと, まず階段の両側に室があり, さらに進むと二手に分かれていて, それぞれ地下2階, 地下4階につながっている。(図4-13) 階段の様子を図4-14(天井高1800mm)に示す。階段を直進して突き当たるところに図4-15(天井高1300mm)のような横穴が見られ, 換気シャフトとの位置関係から換気シャフトにつながると推定される。また, 階段の途中の室の天井に竪穴を塞いだ跡を見ることができる。

地下2階の平面を図4-16に示す。キッチン<sup>31)</sup>には床に炉の跡(図4-17)があり, その上部には竪穴を塞いだ跡がある。これは排煙の為に設けられていたと考えられる。またキッチンの周りの壁には, 物が置きやすいように底が平らな壁龕が掘りこまれている。(図4-18 天井高2600mm) そのほか地下2階にはワイン倉, 家畜小屋, 貯蔵庫がある。家畜小屋には地下1階と同じ様な壁龕が掘り込まれている。しかしエントランスからこの場所までの距離が長いことから, 家畜を移動するのは困難であると考えられる。また壁に数箇所, 補修の跡が見られ, 別に通路があったと推測される。貯蔵庫は床下に貯蔵用の室が設けられたものであるが, 現在はマンホールで閉ざされている。

地下3階の平面は図4-19に示す通りで, 地下2階とは吹き抜け(天井高2400mm)でつながっている。(図4-20) この階には換気シャフトに直接つな

がる室がありそこからシャフトを見下ろすと、このシャフトは幾つか水平方向に枝分かれしていることが推測される。(図4-21)

地下4階の平面を図4-22に示す。通路に付加する形で小さい室があるのだが(図4-23 天井高1200mm)、これらは寝室あるいは貯蔵庫であったと説明されている。<sup>31)</sup>

地下5階の平面を図4-24に示す。換気シャフトに面している室(図4-25 天井高2000mm)は、地下3階、地下4階、地下6階へそれぞれつながる通路の交わる場所であり、そして換気シャフトからのかすかな採光はサインの役割を果たしていたと考えられる。

一般にこの地下都市が説明される際に地下6階は、地下5階から地下7階の通路(階段)に付加された室のうち地下5階のレベルに近い2つの室をさしている。

(図4-26)ここから地下7階へつながる長い通路には石の扉<sup>32)</sup>(図4-27)を備えた室が2箇所ある。

地下7、8階の平面を図4-28に示す。地下7階には3本の柱が立つ矩形の室(図4-29 天井高2500mm)に十字平面の教会(図4-30 天井高2500mm)と告解室(天井高2200mm)<sup>31)</sup>が軸の方位を違って付加されている。そして他の階の天井面が粗削りであるのに対して、精巧とは言えないまでも矩形の室、十字平面の教会、告解室及びこれらをつなぐ空間の天井面はヴォールトに仕上げられている。地下7階には墓地につながる通路、この階から掘り下ろされた井戸、そして換気シャフトにつながると推測される横穴が見られる。地下8階は換気シャフトに面した小さい室になっている。

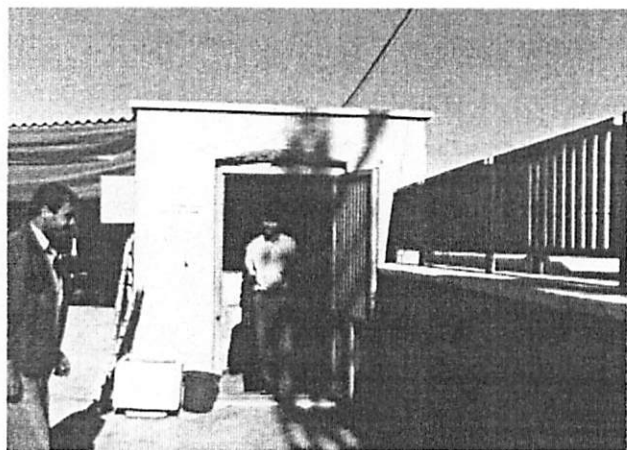


図4-8 エントランス



図4-9 換気シャフト・地表開口

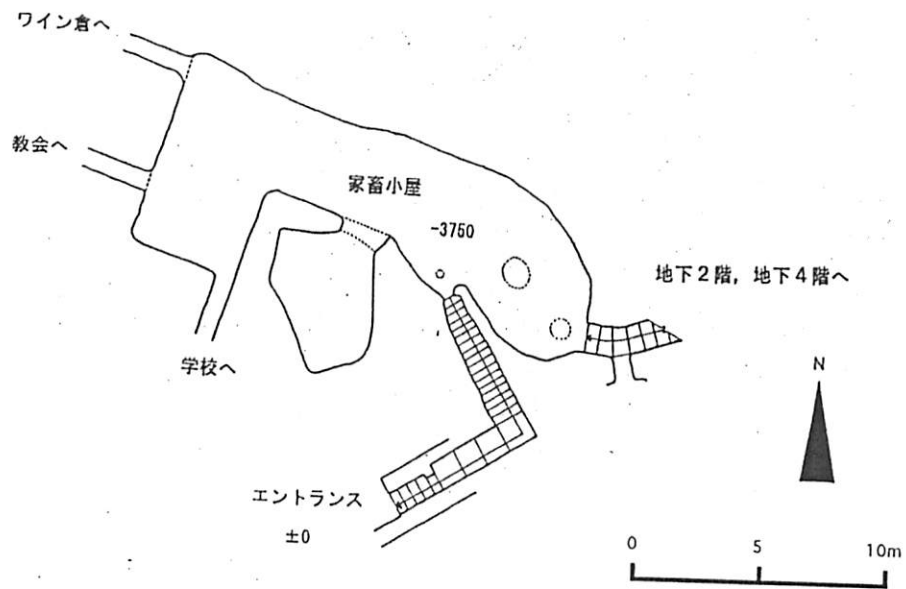


図4-10 地下1階・平面図

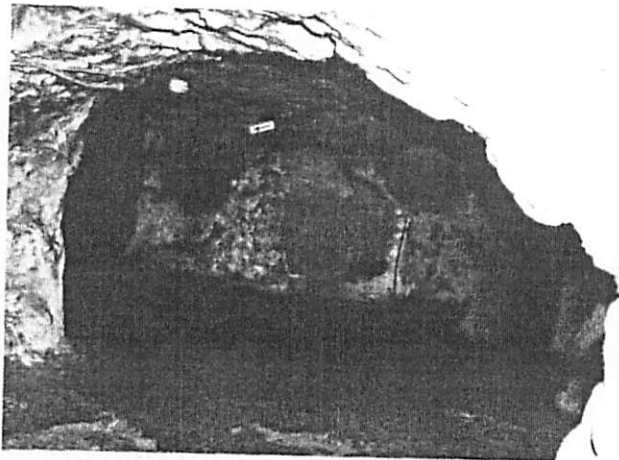


図4-11 地下1階・内観

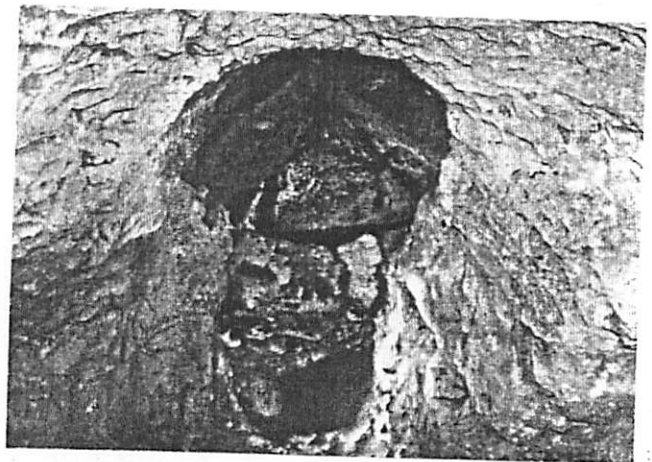


図4-12 地下1階・家畜小屋天井の  
竪穴を塞いだ跡

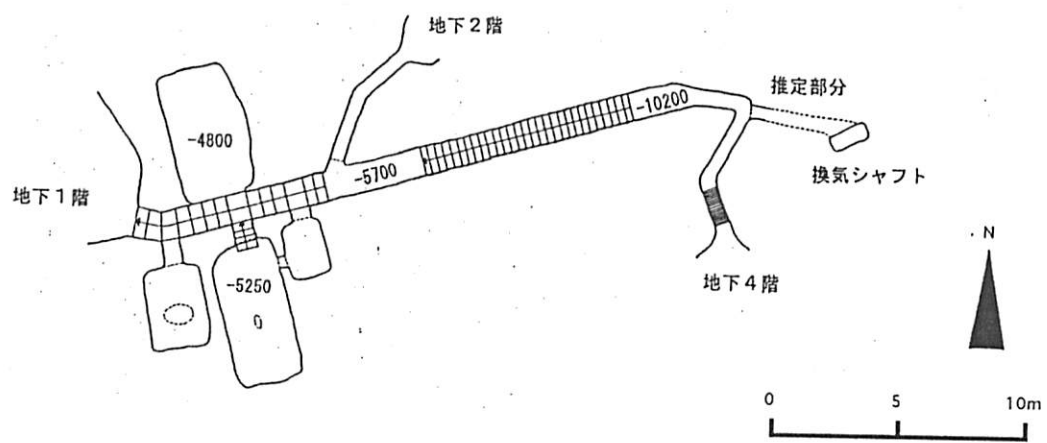


図4-13 地下1階から地下2, 4階への通路・平面図

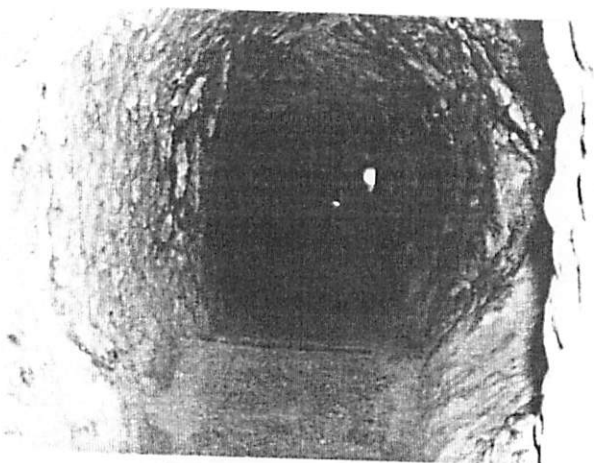


図4-14 地下1階から地下2, 4階への通路・内観

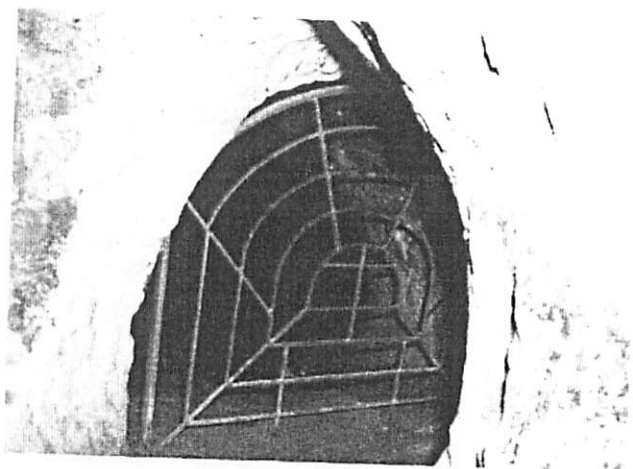


図4-15 地下1階から地下2, 4階への通路・途中の横穴

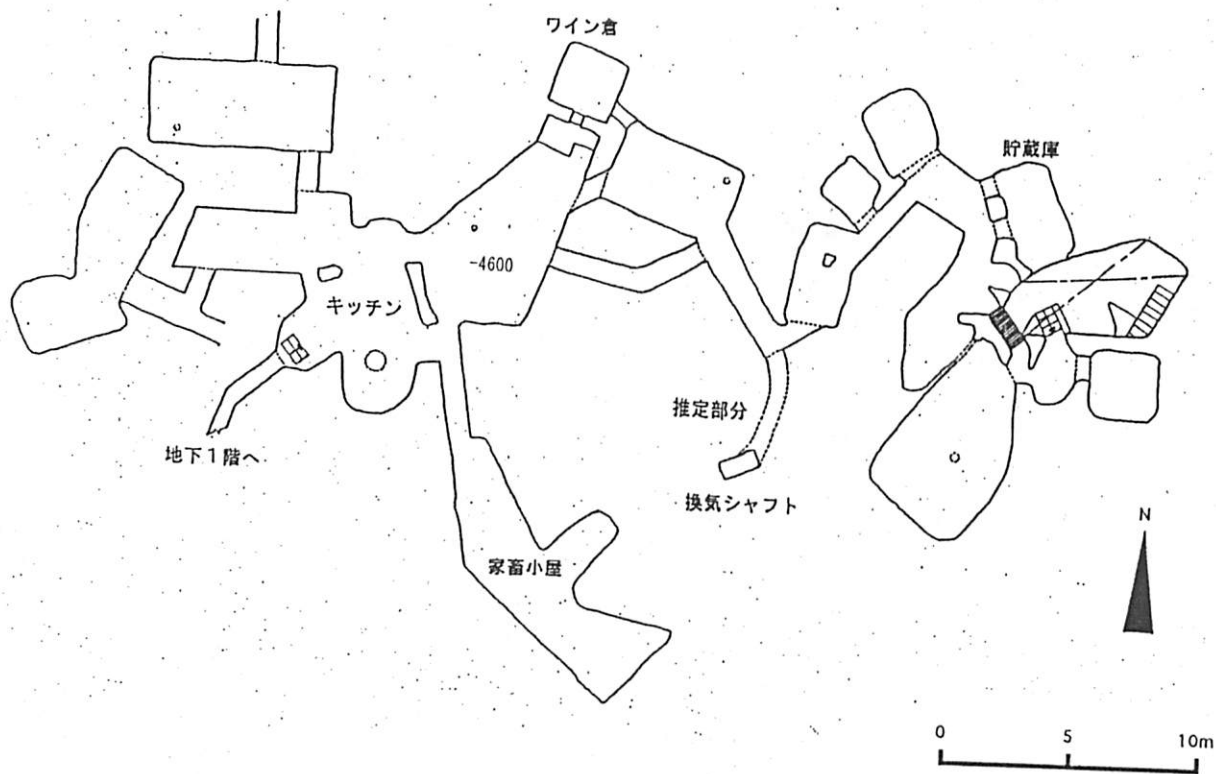


図4-16 地下2階・平面図

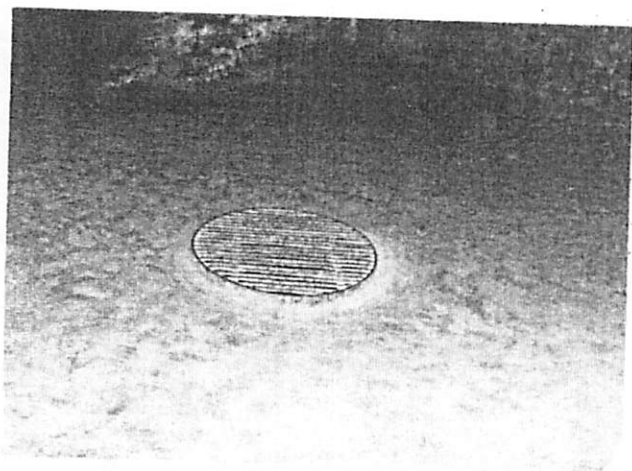


図4-17 地下2階・キッチン床の炉の跡

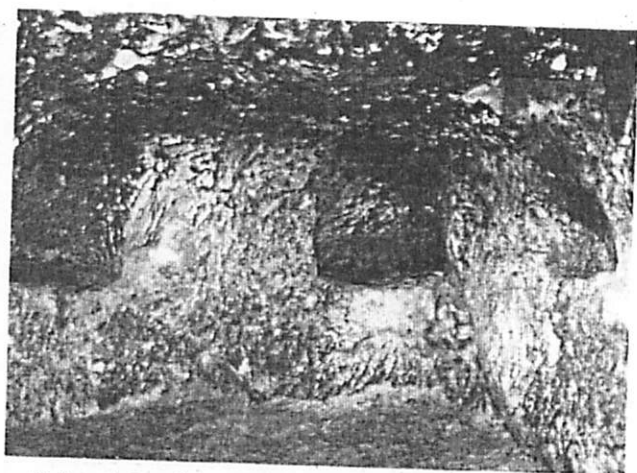


図4-18 地下2階・キッチンの壁龕

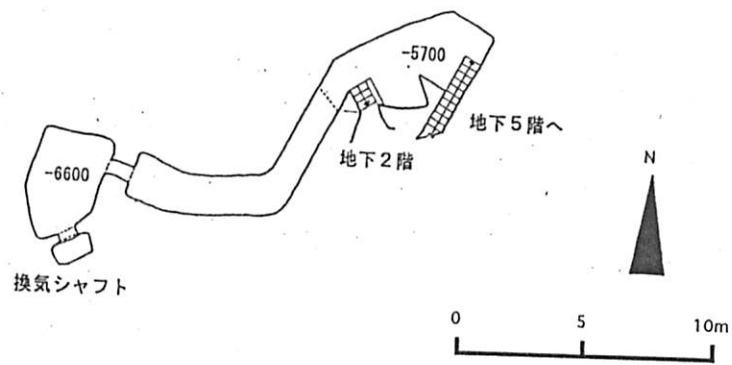


図4-19 地下3階・平面図

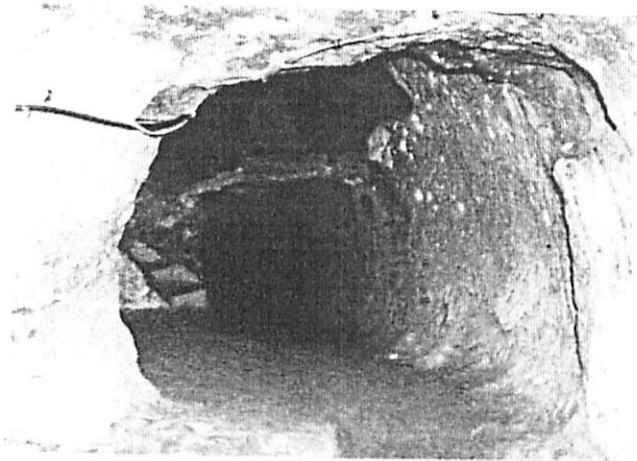


図4-20 地下3階・内観

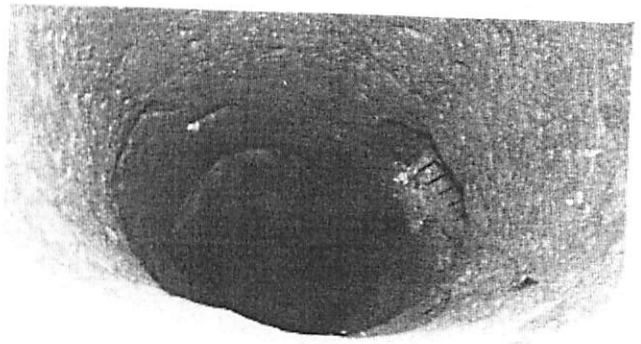


図4-21 地下3階より見下ろした  
換気シャフト

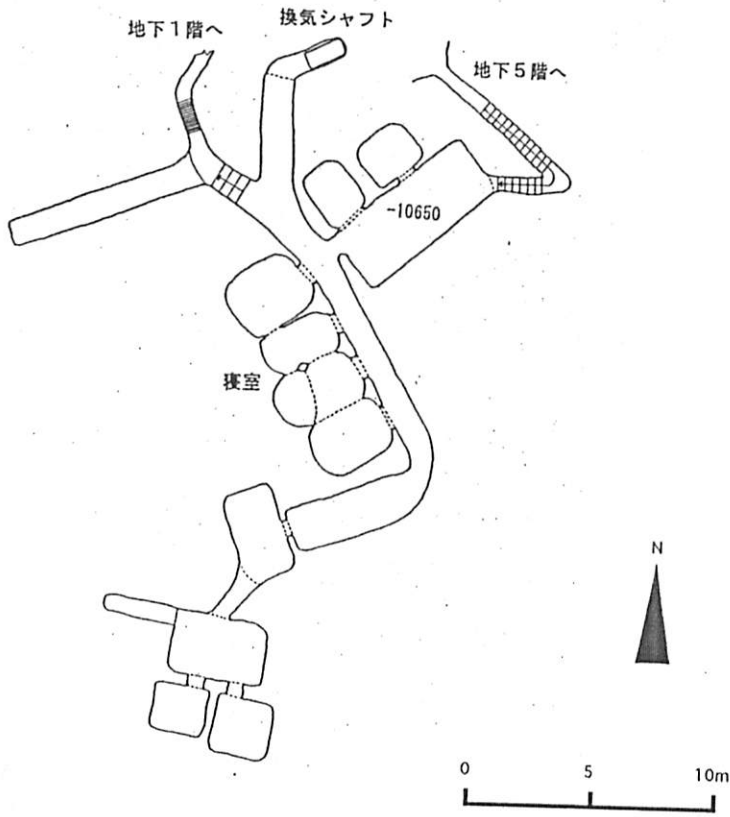


図4-22 地下4階・平面図

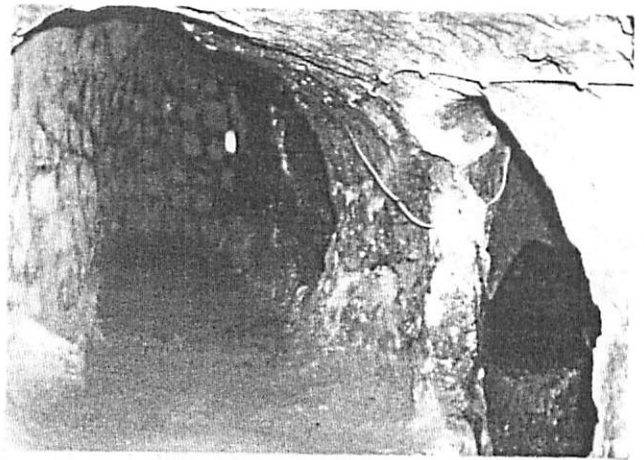


図4-23 地下4階・内観

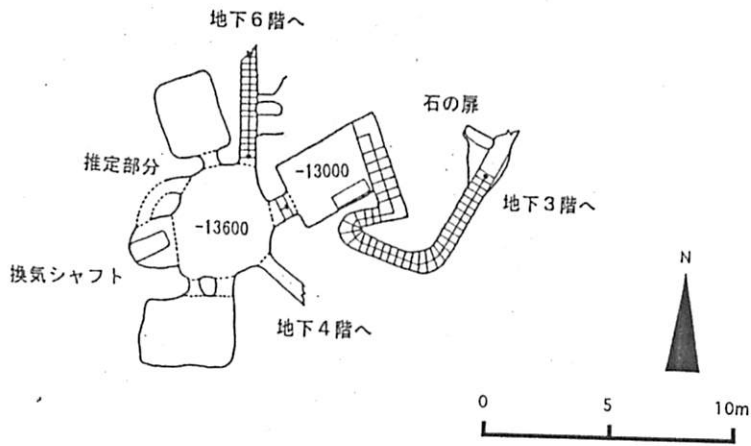


図4-24 地下5階・平面図

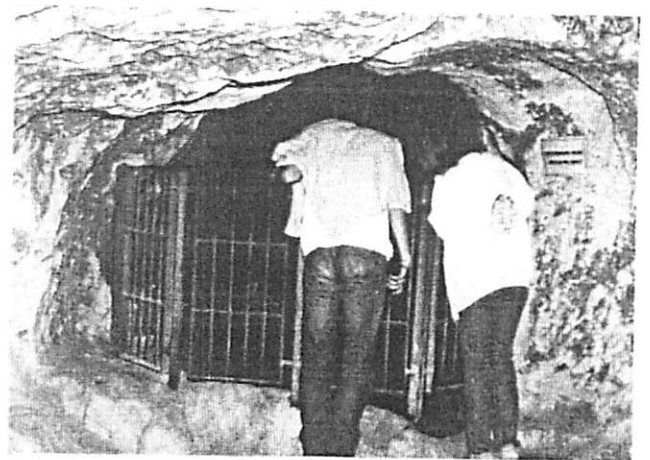


図4-25 地下5階・換気シャフト開口

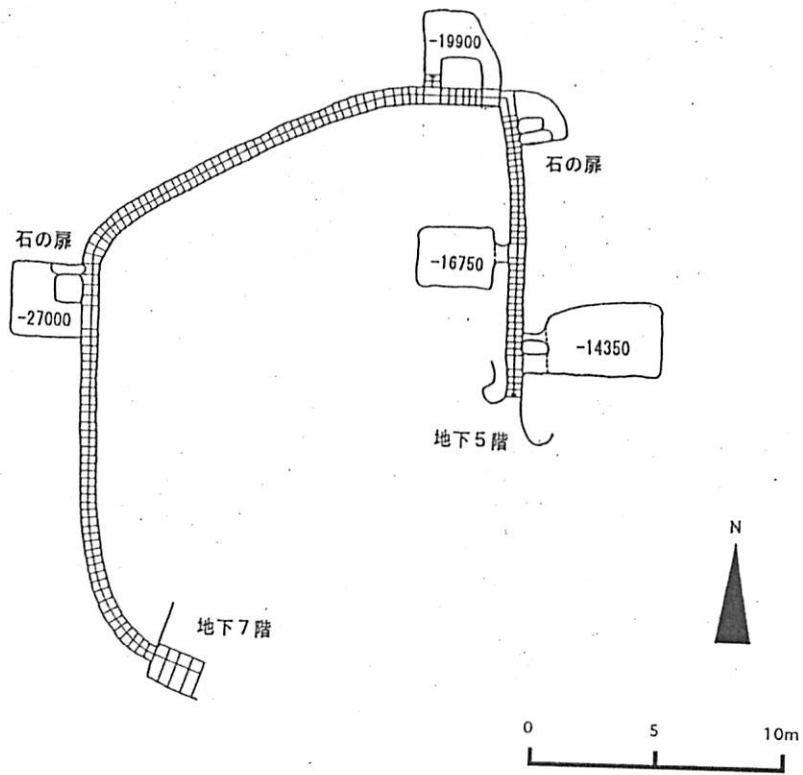


図4-26 地下6階・平面図

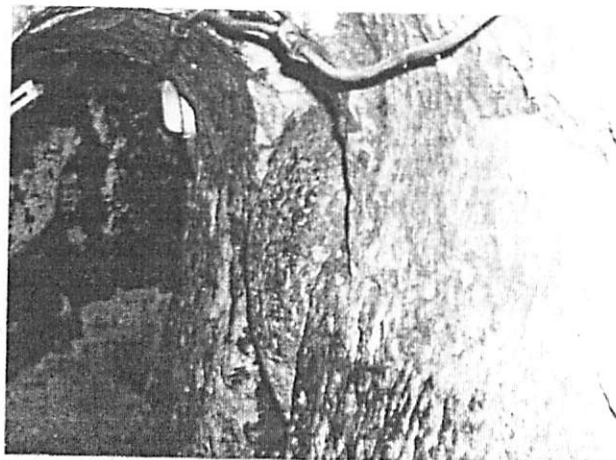


図4-27 地下6階から地下7階への通路・石の扉



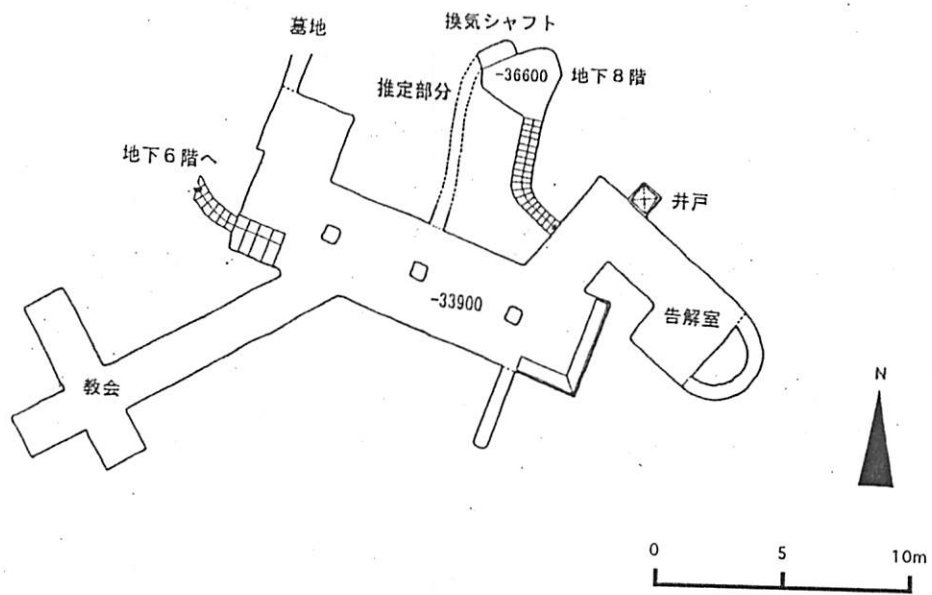


図4-28 地下7階, 8階・平面図

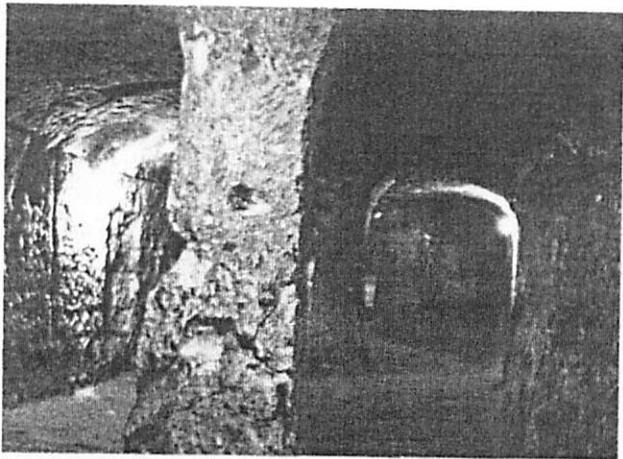


図4-29 地下7階・矩形の室

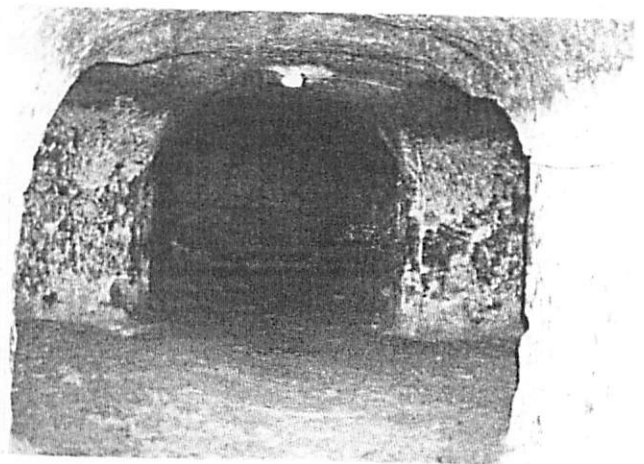


図4-30 地下7階・  
十字平面の教会

#### 1-4 空間の分析

これまで地下都市デリンクユの空間について全体構成、各空間というように見てきたが、ここでは幾つか着目点を挙げて分析していく。

##### (1) 平面における通路部分

平面における通路部分を図4-31に示す。地下1階から階段を下ると二手に別れていて、それぞれ地下2階、地下4階につながっている。地下2階からは地下3階を経て地下5階へ、地下4階からは地下5階へ、というように地下5階で再び合流して、地下7階、8階へとつながる。地下7階への長い通路(階段)には石の扉が2箇所に見られ、地下7階は教会、告解室となっているのだが、同時に最終の避難所となっていたと考えられる。

通路と室についてみると地下1階、地下2階、地下7階には大きな室が見られ、それらを結ぶ通路に小さい室が付加されていることが分かる。

##### (2) 平面における換気シャフトの位置

平面における換気シャフトの位置、そして前節に示した平面図にあるように各空間に見られた横穴と換気シャフトとの位置関係から、換気シャフトにつながると推定される部分を「水平方向の換気シャフト(推定部分)」として図4-32に示す。

ここで注目されるのは、換気シャフトは直接階層につながる場合でも、人々が主に活動したと考えられる場からある程度の距離をとっているということである。この理由として、構造的に換気シャフトのまわりに平面を重ねる事が不利であるということが考えられるが、また、この平面と換気シャフトの位置の関係が、この地下都市の換気システムに関係を持つと考えることができる。つまり、居住時においては人体や家畜、そして松明や炉などによる発熱で暖められた空気が通路を上昇していき、それに引っ張られる形で、外気が垂直方向の換気シャフトを降りていたと推測できる。

換気シャフトと直接つながっているのは地下3階、4階、5階、8階である。前述のとおり換気シャフトは井戸としても利用されていたとされるが、地下空間における外界との一体感の喪失をやわらげる役割があったとも考えられる。

##### (3) 室と地上を結ぶ竪穴

家畜小屋とされていた地下1階に3箇所、地下2階にはキッチンの部分をはじめ5箇所、地下1階から地下2、4階への通路に付加されている2室にそれぞれ

1箇所ずつ、天井に堅穴を塞いだ跡が見られる。これらは地表との距離を考えて過去には地上につながっていたと考えられる。その位置を図4-32に示す。

それぞれの堅穴はその位置と径から用途をうかがい知ることができる。地下1階は飼料を地上から搬入するために、地下2階は調理の際の排煙のために、地下1階から地下2、4階への通路に付加している室は外部にいる人とコミュニケーションを図るために堅穴が掘られていたと考えられる。

また現在塞がれているこれらの堅穴は、居住時には換気や採光など室内環境に影響を及ぼしていたと考えられ、とくに地下1階と地下2階のキッチン部分、そして地下1階に最も近い1室においてはある程度の採光が確保されていたと考えられる。

#### (4) 平面と天井高

天井高に関してはおよそ各空間の平均であろうと思われた地点の天井高を代表値として測定している。天井高が最も低いのは地下4階の通路部分で1200mm、最も高いのは地下3階から地下5階の通路(階段)の1部で3200mmである。室の天井高は1500~2900mmの範囲にある。天井高を(1)1200mm以上1500mm未満(2)1500mm以上1800mm未満(3)1800mm以上2100mm未満(4)2100mm以上3200mm未満に分けて平面に色分けしたものを図4-33に示す。

室に関してみると、用途、空間の知覚のされかた、掘削する労力により最低の天井高を1500mmとして決定されたと考えられる。通路に関しては最低の天井高を1200mmとして掘削する労力、通行の頻度、物品の搬入・搬出の必要、外敵の侵入等を考え合わせて決定されたと考えられる。

#### (5) 階段、スロープ

地下都市内の水平距離5m以上の階段、スロープの機能寸法を表4-1に示す。ここに示した踏み面、蹴上げはおおよその目安のため、それぞれ水平距離、レベル差を階段数で除したものである。階段については地下都市を一般公開する際に再整備された可能性がある。

勾配に関しては図4-34に示すように30°を大きく越えることはない。また20°以下の範囲に見られるとおり地下1階から地下2階へは緩やかな勾配でつながれている。

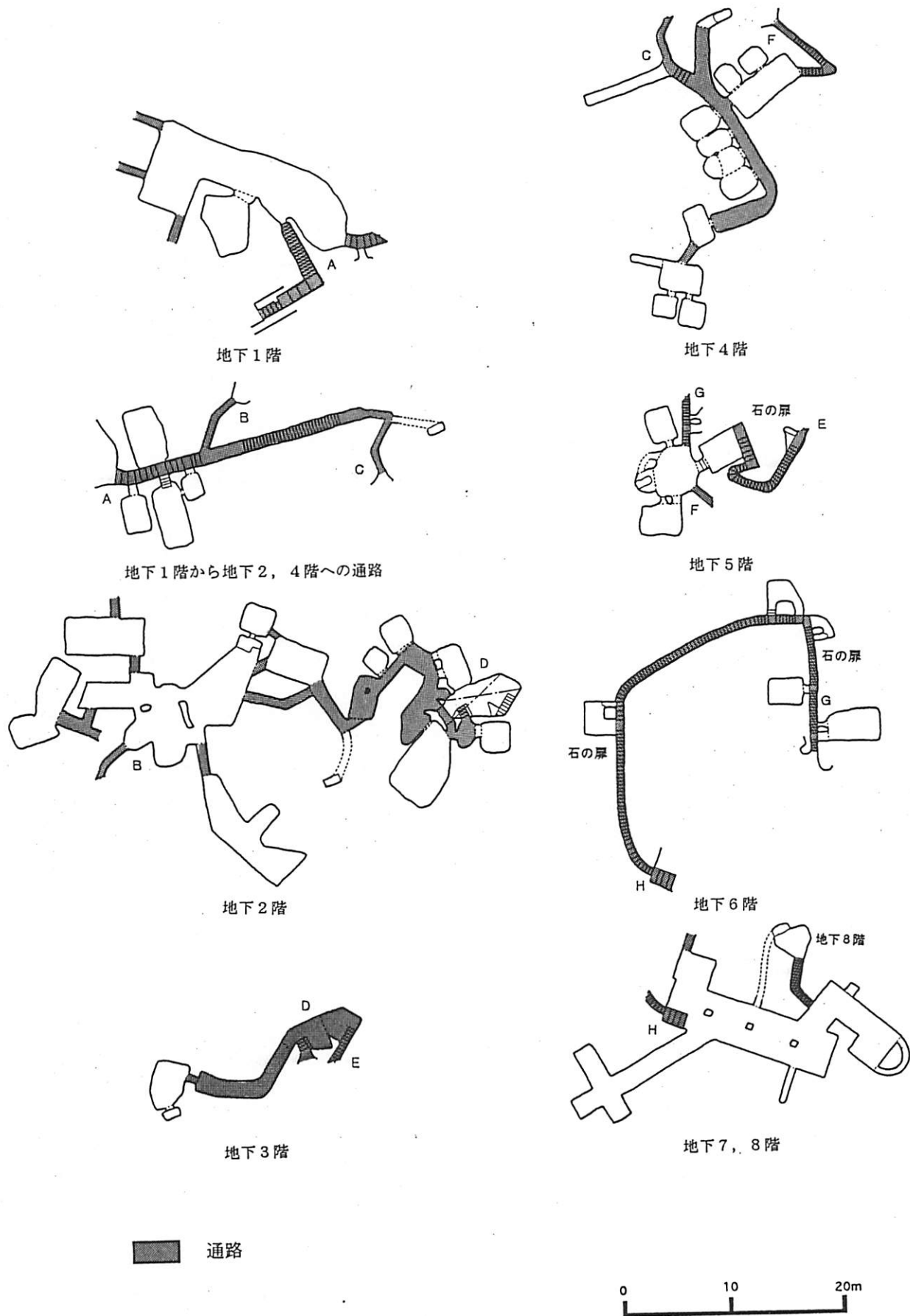


図4-31 平面における通路部分

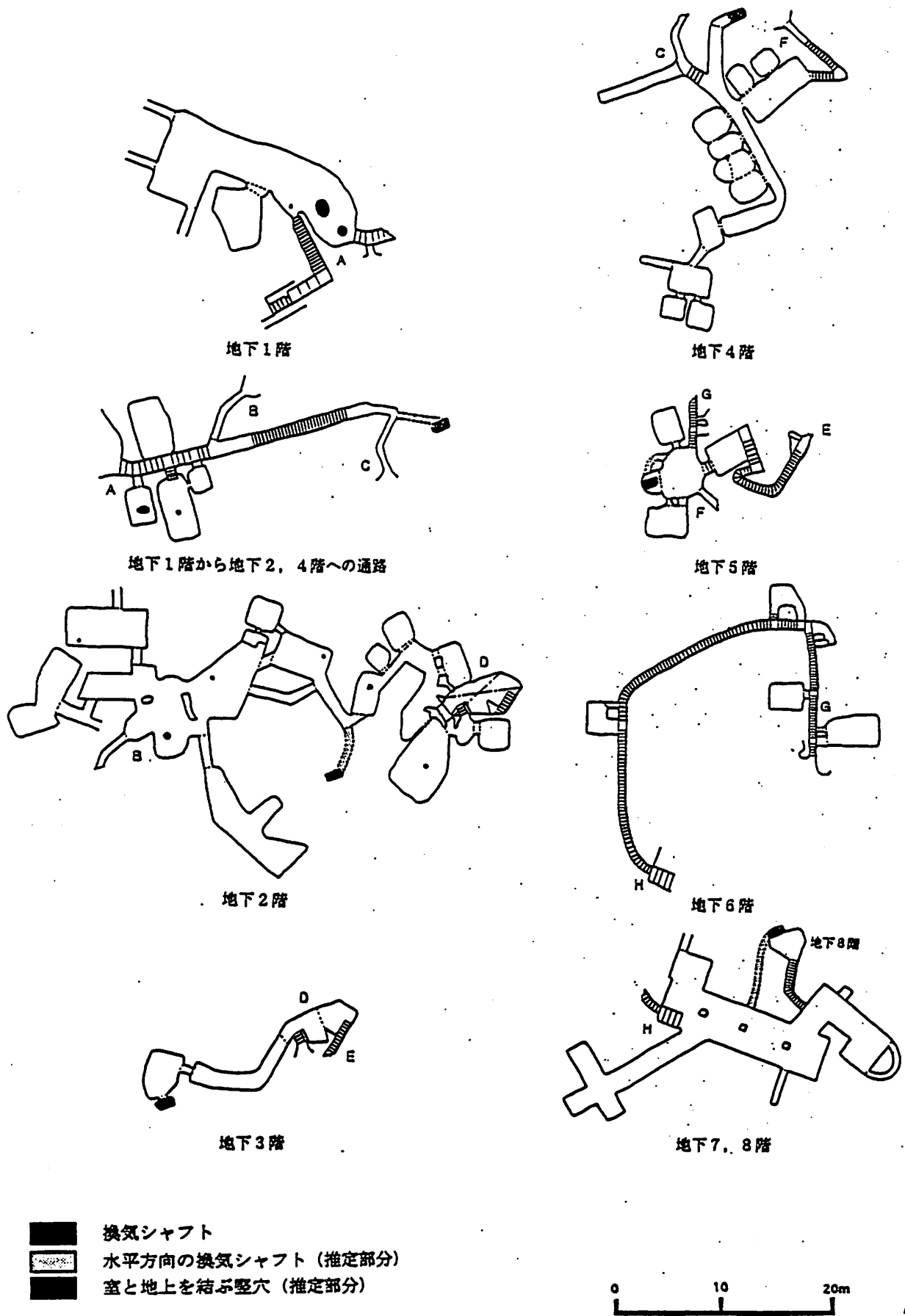


図4-32 換気シャフト、水平方向の換気シャフト(推定部分)  
室と地上を結ぶ竪穴(推定部分)

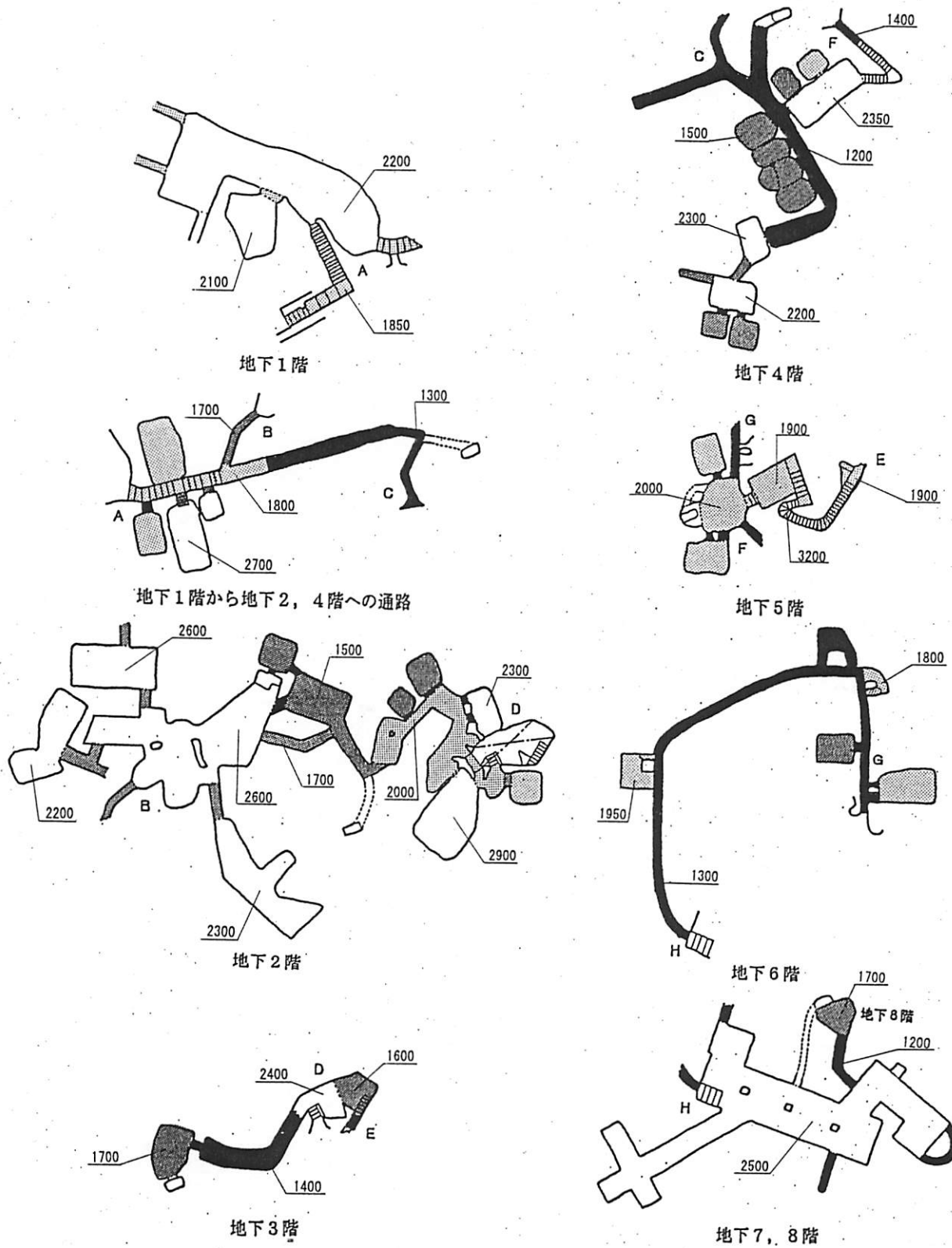


図4-33 平面と天井高

位置	水平距離(mm)	レベル差(mm)	勾配(°)	蹴上げ(mm)	踏み面(mm)	階段数	幅(mm)	天井高(mm)
1) 地上から地下1階	5200	2400	25	133	289	18	1100	1850
2) 地下1階から分岐点	7500	1950	15	130	500	15	1100	180
3) 分岐点から地下2階	7900	1100	8			0	600	1700
4) 分岐点から地下4階	8500	4500	28	150	283	30	1100	1300
5) 地下3階から地下5階	12000	6850	30	167	293	41	700	1400~3200
6) 地下4階から地下5階	5400	2950	29	148	270	20	600	1300~2800
7) 地下5階から地下7階	46000	19300	23	154	388	125	600	1300
8) 地下7階から地下8階	4500	2700	31	150	250	18	700	1200

表 4-1 階段・スロープの機能寸法

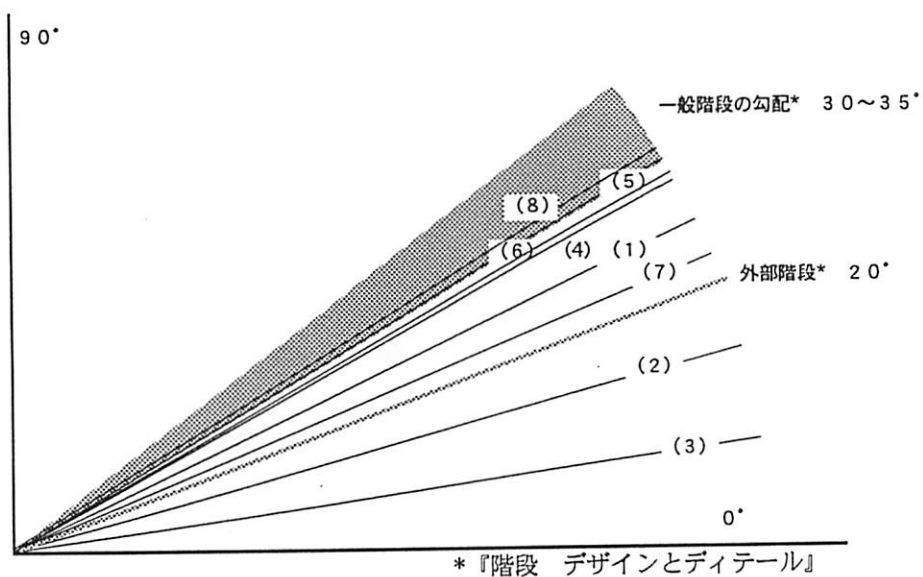


図 4-34 階段, スロープの勾配

## 2 室内気候

### 2-1 測定方法

本研究室では平成6年11月半ばに冬期における温度、空気の流れの方向について観測を行なっているが、今回の調査では室内気候に関して地下都市内の温湿度の測定を22日の9:00~18:00の3時間おきに4回、そして空気の流れの方向とおおよその流速の観測を同日の9:00~15:00の3時間おきに3回行っている。温湿度の測定にはデジタル温湿度計（デジタル温湿度計 TRH-CA, 神栄株式会社）を使用して、地下都市内の20点の温湿度と外気の温湿度を測定した。また地下都市内の空気の流れに関して、発煙管（光明理科工業）を用いて、12点においてその方向とおおよその風速を観測した。観測点を図4-35に示す。

また内部発熱要素として電灯照明の位置を確認した。電灯照明は60Wの白熱電球によるもので117個が図4-36に示す位置に確認された。



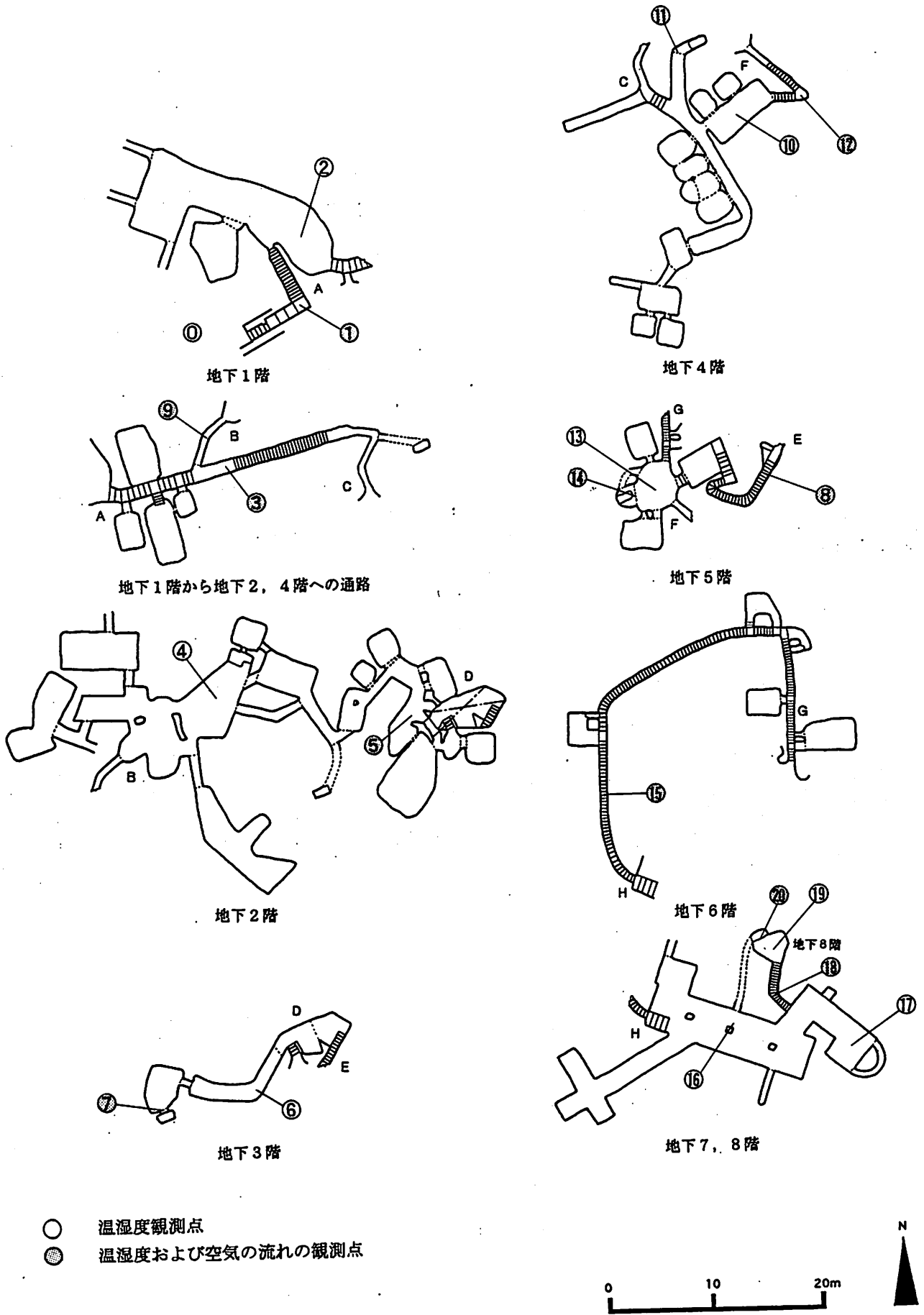


図4-35 温湿度, 空気の流れの観測点

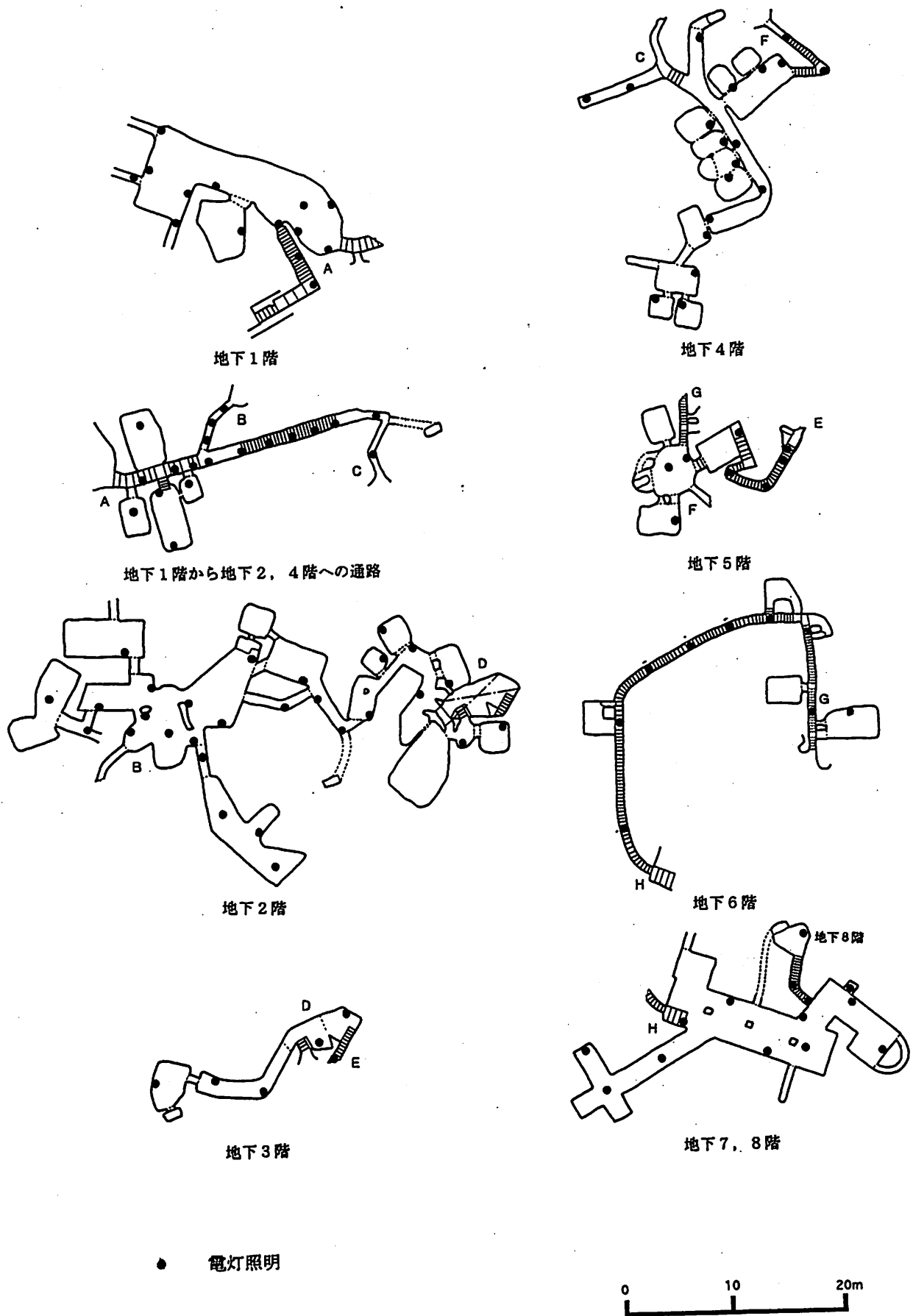


図4-36 電灯照明の位置

## 2-2 温湿度

温湿度の測定は22日の9:00~18:00の3時間おきに4回、デジタル温湿度計により行なっている。(9:00の測定は9:35~10:45, 12:00の測定は11:57~12:58, 15:00の測定は14:54~16:04, 18:00の測定は17:24~17:56の間に行なっている。)

この温湿度の測定値を、平成6年冬期のもの<sup>3)3)</sup>と合わせて表4-2に示す。

また温度測定値については、アスマン温度計により校正を行なった。校正のための式を導くのに使用したデジタル温湿度計、アスマン温度計の測定値を表4-3に、校正のための式を図4-37示す。そして校正した結果を表4-4に示す。

地下都市内の温度、湿度の経時変化を代表8点について、観測点の床レベルに対応させて、それぞれ図4-38, 図4-39に示す。なお温度に関しては平成6年の冬期における測定値を合わせて示す。

夏期の温度の経時変化を見ると地下3階以下では外気温の影響をほとんど受けていないといえる。また冬期の測定値と比較しても地下4階以下では温度が11℃~12℃に安定していることが分かる。

相対湿度について見ると特に地下4階以下では常に90%以上を記録しているのだが、結露は認められなかった。

	9:00		12:00		15:00		18:00		94年度冬期
	気温(℃)	湿度(%RH)	気温(℃)	湿度(%RH)	気温(℃)	湿度(%RH)	気温(℃)	湿度(%RH)	気温(℃)
0	18.6	24.8	22.2	11.7	23.5	21.0	20.7	30.2	6.0
1	16.2	95.0	19.3	33.3	17.4	65.5	15.8	96.3	11.0
2	14.8	97.2	15.4	90.6	17.0	70.0	15.5	96.6	10.5
3	14.2	96.4	15.6	83.4	16.5	81.6	17.0	77.7	10.1
4	16.3	92.4	16.8	91.1	16.9	91.0	17.0	87.0	-
5	15.8	91.8	15.9	92.2	16.3	91.5	16.8	88.6	-
6	14.6	89.0	14.8	90.0	15.4	90.6	15.9	87.0	-
7	13.3	90.2	13.8	89.4	13.3	94.5	14.5	86.0	-
8	13.6	95.0	13.7	95.0	14.0	90.5	14.0	90.6	-
9	13.1	93.3	13.3	96.6	13.4	96.6	13.6	96.6	-
10	-	-	13.0	97.0	12.8	96.0	13.2	96.5	10.4
11	13.0	94.2	12.4	95.8	12.5	97.0	12.9	96.0	-
12	12.5	91.4	12.6	95.7	12.7	95.2	12.7	95.5	10.5
13	13.4	88.3	12.8	94.2	12.5	94.9	12.8	95.0	10.6
14	12.7	89.0	12.7	94.0	12.5	94.6	12.6	95.0	-
15	13.2	88.0	13.0	90.3	12.7	91.6	12.6	94.7	10.3
16	12.7	90.0	12.8	91.5	12.1	95.1	12.1	94.4	10.5
17	12.2	87.0	13.1	92.2	12.5	93.3	12.3	93.5	10.1
18	11.2	87.7	12.4	92.0	12.4	92.2	12.4	92.8	9.8
19	-	-	12.8	85.1	12.3	91.6	12.0	92.5	9.0
20	11.3	88.8	12.8	86.2	12.2	93.0	11.9	92.0	-

表4-2 温湿度測定値

測定日付	測定時間	デジタル温湿度計(°C)	アスマン温度計・乾球温度(°C)
調査前 1995年9月8日	17:04(常温)	26.4	26.7
	17:30(冷房後)	24.6	22.9
調査後 1995年10月20日	17:00(常温)	23.3	21.8
	17:20(冷房後)	20.9	19.3

表4-3 デジタル温湿度計, アスマン温度計・温度測定値の対応

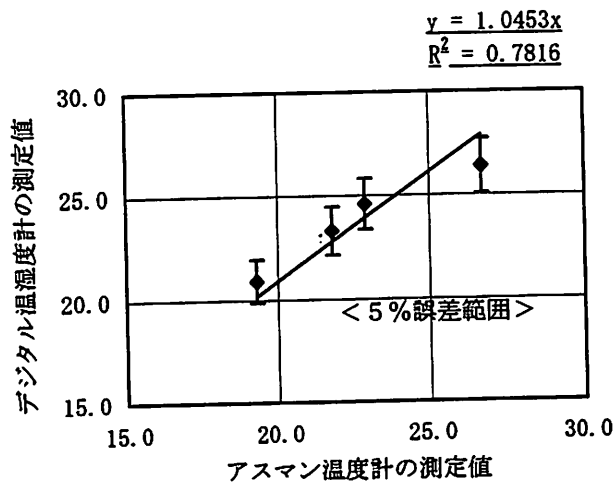


図4-37 温度測定値・校正のための式

	9:00	12:00	15:00	18:00
	校正値(°C)	校正値(°C)	校正値(°C)	校正値(°C)
0	17.8	21.2	22.5	19.8
1	15.5	18.5	16.6	15.1
2	14.2	14.7	16.3	14.8
3	13.6	14.9	15.8	16.3
4	15.6	16.1	16.2	16.3
5	15.1	15.2	15.6	16.1
6	14.0	14.2	14.7	15.2
7	12.7	13.2	12.7	13.9
8	13.0	13.1	13.4	13.4
9	12.5	12.7	12.8	13.0
10	-	12.4	12.2	12.6
11	12.4	11.9	12.0	12.3
12	12.0	12.1	12.1	12.1
13	12.8	12.2	12.0	12.2
14	12.1	12.1	12.0	12.1
15	12.6	12.4	12.1	12.1
16	12.1	12.2	11.6	11.6
17	11.7	12.5	12.0	11.8
18	10.7	11.9	11.9	11.9
19	-	12.2	11.8	11.5
20	10.8	12.2	11.7	11.4

表4-4 温度校正値

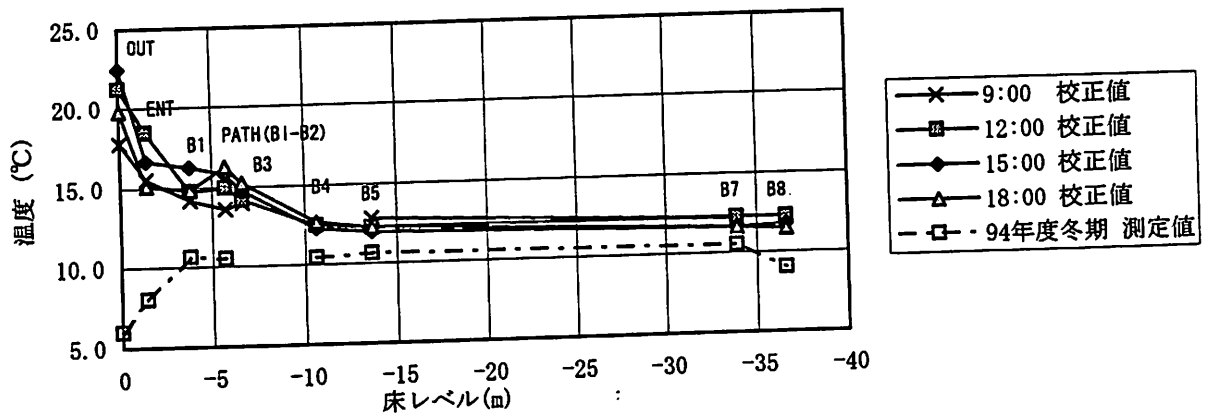


図4-38 温度の経時変化

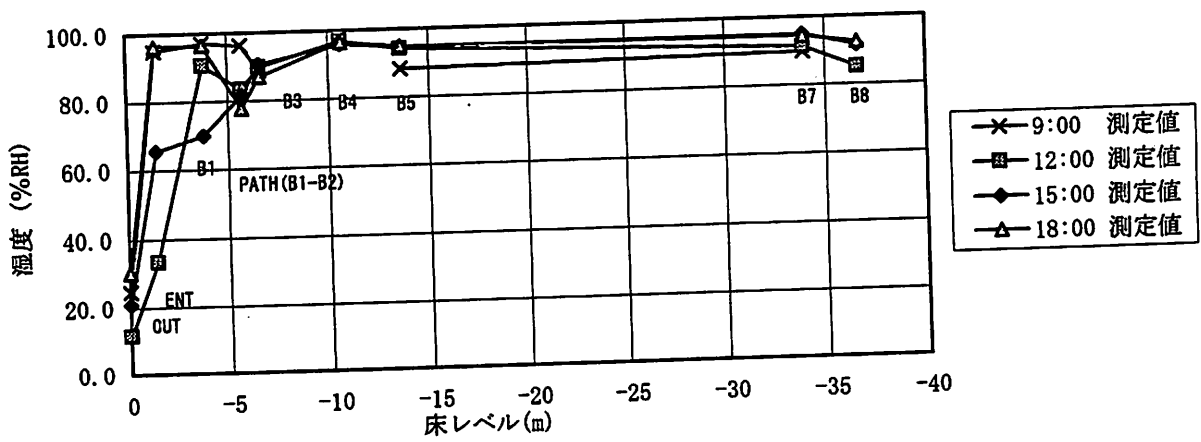


図4-39 相対湿度の経時変化

### 2-3 空気の流れ

空気の流れに関しては発煙管を用いて、その方向とおおよその流速を、温湿度測定と同時に9:00～15:00の間に3回観測している。観測結果を平成6年冬期におけるもの<sup>34)</sup>と合わせてデータを表4-5に示し、図4-40に地下都市の空気の流れを模式的に表わす。

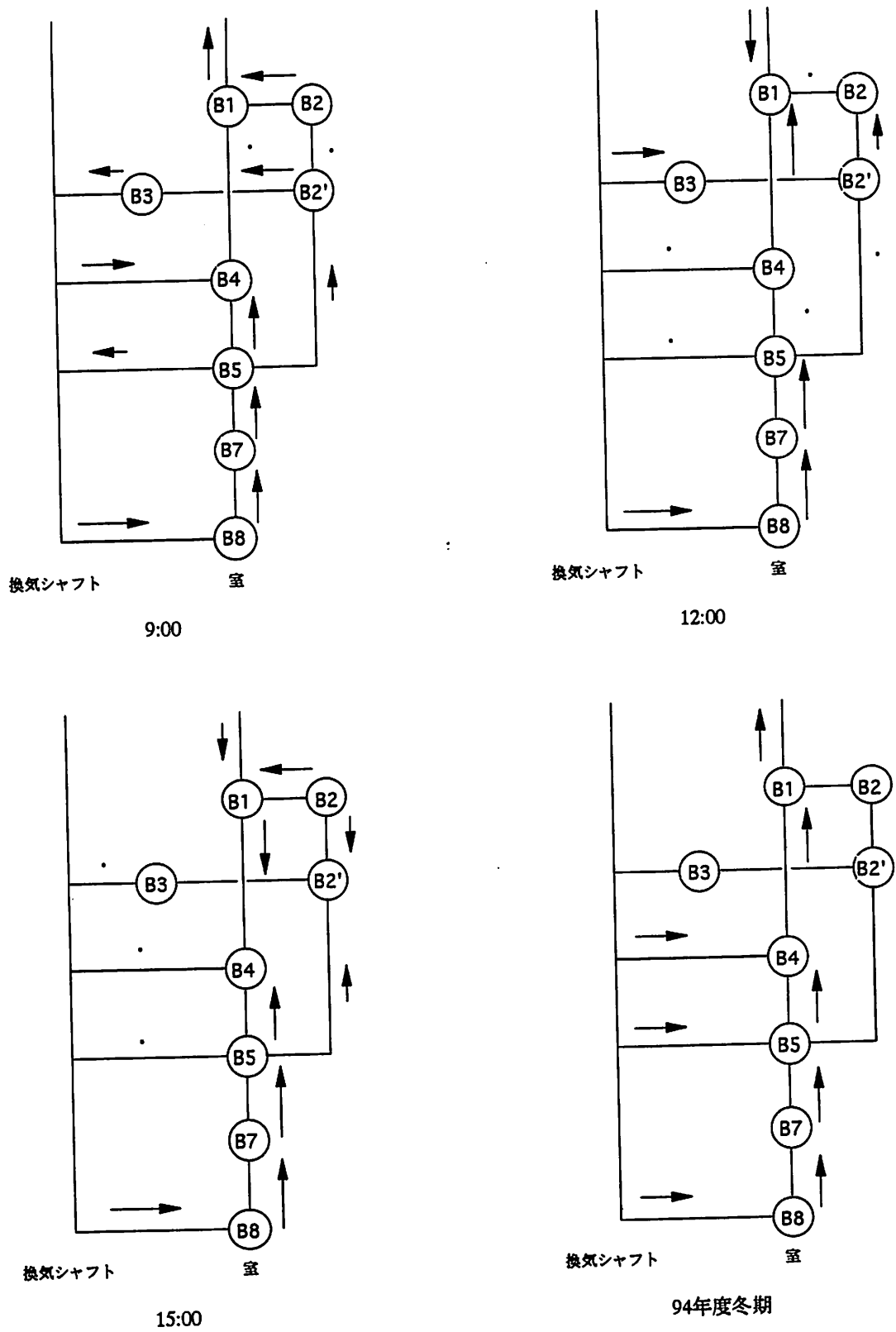
平成6年冬期における観測からは換気シャフトから外気が地下都市内に流入して階段を通過してエントランスより流出するという経路が確認されていたのだが、今回の調査では空気の流れが一定の方向を保ちつづけていたのは地下8階のシャフト開口から地下7階へ、地下7階から地下5階へと階段を上昇する経路だけであった。また今回の調査では特に上層部において来場者の有無が空気の流れに影響をあたえていた。

	9:00		12:00		15:00		94年度冬期
	流速(cm/s)	方向	流速(cm/s)	方向	流速(cm/s)	方向	方向
1	20	→	20	←	5	←	→
3	無		30	→	10	←	→
5	無		渦		微	←	-
7	微	←	20	→	渦		-
8	微	→	渦		微	→	-
9	20	→	無		15	→	-
11	10	→	渦		渦		→
12	10	→	渦		15	→	→
14	微	←	渦		渦		→
15	10	→	40	→	30	→	→
18	20	→	30	→	30	→	→
20	30	→	30	→	40	→	→

「→」は、換気シャフトから室、エントランス方向の流れを示す。

「渦」は開口上部では「→」、下部では「←」方向の流れを示した。

表4-5 空気の流れ・観測結果



→ 流速20~30  
 → 流速10~20  
 → 流速微~5  
 . 流速無, 渦

B2は地下2階と地下3階を結ぶ吹き抜けをさす。  
 94年度冬期は空気の流れの方向のみ示す。  
 94年度冬期には地下2階, 地下3階につながる経路については測定されていない。

図4-40 空気の流れ・観測結果

### 3 居住時の室内環境を考える際の着目点

現地調査から得られた空間形態，室内気候に関する以上のようなことから居住時の室内環境について考える際に着目すべき点として幾つか挙げていく。

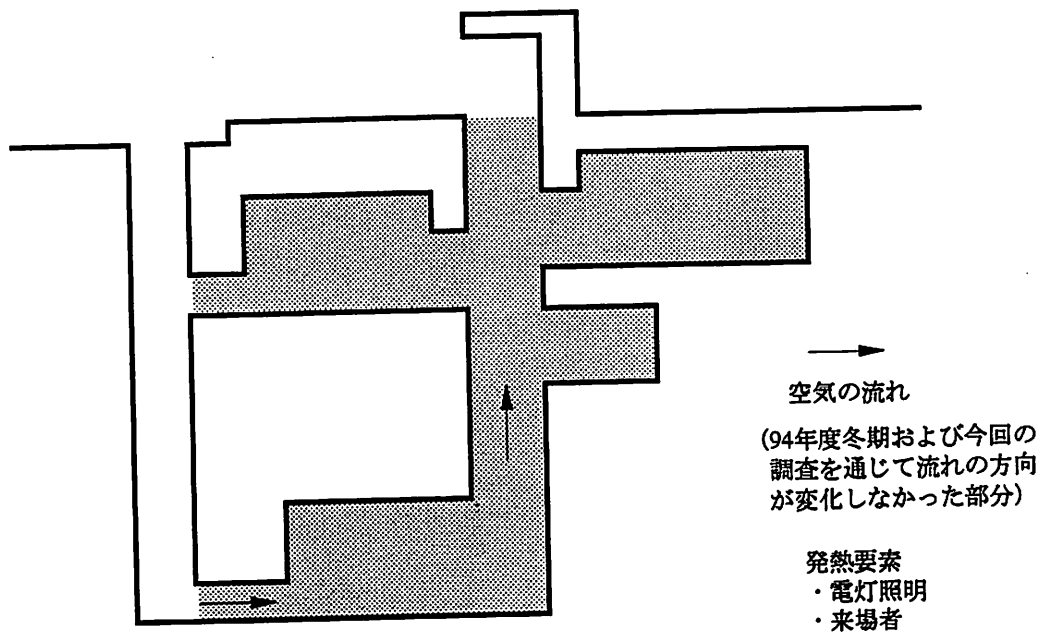
まず内部発熱要素については，現況では電灯照明と来場者であるのだが，居住時においては炉，松明，住人，家畜が考えられる。またその分布について，現況では電灯照明は図4-36に示したとおり，通路部分も含めてほぼ均等に配置されているのだが，居住時においては必要に応じて炉や松明が使用されていたなどを考えて，局所的に大きな発熱があったと推測される。

地下1階や地下2階，そして地下1階から地下2階，4階への通路に付加された室の天井に竪穴を塞いだ跡が見られた。地表との距離を考えて地上につながっていたと考えるとある程度の採光が可能であったということ，また地下都市の換気システムに影響を持っていたということが考えられる。

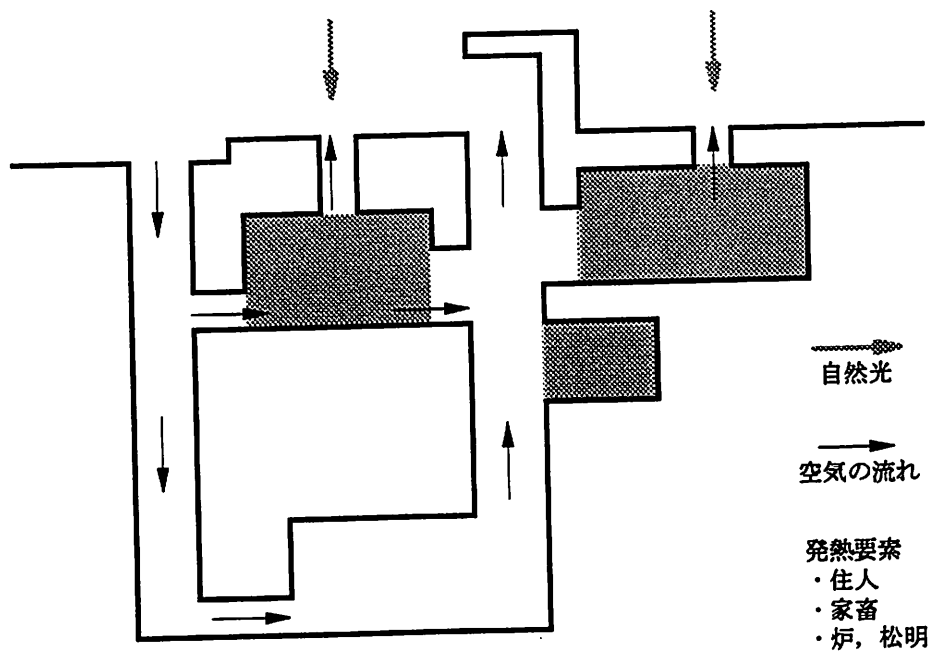
以上の内容をまとめて図4-41に示す。

また，人および家畜が在室すること，火を使用による空気汚染が問題になると考えられる。さらに第3章で述べたとおり凝灰岩は掘削しやすい性質を持つのだが，粉塵が発生しやすいことが考えられる。





現況



居住時

図4-41 居住時の室内環境を考える際の着目点

## 結び

本章では現地調査より得た地下都市デリンクユの空間形態に関するデータ、室内気候に関するデータを整理して考察を行い、さらにそれらをもとに居住時の室内環境を考える際の着目点を幾つか挙げた。

空間形態については全体構成、各空間と見て、さらに（１）平面における通路部分、（２）平面における換気シャフトの位置、（３）室と地上を結ぶ堅穴、（４）平面と天井高、（５）階段とスロープに着目して分析を行った。

空間形態から特に

- ・各室が人が一人どうにか通ることができるほどの通路で結ばれていること
- ・天井高が室については 1500mm、通路については 1200mm が最低の天井高として設定されていたと考えられたこと

等から、地下都市デリンクユは外敵の侵入への対処に都合がよく、また必要最低限、地下で暮らすための空間として計画がされていると考えられる。

そして室内気候に関しては現地調査で測定した温湿度および空気の流れについて平成6年冬期の調査データと照らし合わせながら整理した。そして居住時の室内環境を考える際の着目点については主に換気システムとその必要性（空気汚染の要素）について挙げられた。

第5章では特に換気について、内部発熱の仮定と、室と天井を結ぶ堅穴を考慮に入れて換気シミュレーションを行い、地下都市デリンクユの換気システムを解析していく。

## 第5章

### 換気シミュレーション

## はじめに

本章では地下都市デリンクユの換気システムに関して、第4章で着目された点の検証と換気システムの解析を行なう。

以下ではまず、シミュレーション方法、換気モデル形成の過程、非定常計算の境界条件について説明し、シミュレーションの結果について考察していく。

### 1 シミュレーション方法

換気計算には一層ゾーンモデルの煙流動計算プログラム<sup>35)</sup>を利用した。プログラムには若干の修正を行っているが、この部分は佐々木聡美の卒業論文に負うところが大きい。プログラムの修正により全節点(室)についての発熱量と外気温の設定が可能になった。

シミュレーションは節点温度(室温)を未知数とし、外気温の日変化を想定して周期定常計算を行なう。空間形態について室と天井を結ぶ堅穴<sup>36)</sup>の塞がれている場合(現況)と開いている場合を考え、さらに開いている場合については地下都市の内部発熱の分布を現況(分散)のほかにも上層に集中する場合、下層に集中する場合を考える。

### 2 地下都市デリンクユの換気モデル

換気計算では、建築物を節点と開口の2つの要素で考える。節点とは圧力のある室(全圧=静圧とみなされる空間)および外気を言い、開口とは圧力損失のある流路(速度圧のある空間)である。<sup>37)</sup>地下都市デリンクユの換気モデルをこれにしたがって考えていく。

まず地下都市の構成要素を室、通路、換気シャフト、室と換気シャフトの接合部とに分けて考える。上記の定義に従うと室は節点に、通路、換気シャフト、室と換気シャフトの接合部は開口と考えることができるのだが、換気シャフトについては温度分布を考慮して、室との接合部のある位置(地下3階、4階、5階、8階のレベル)に4節点、そしてエントランスと換気シャフト地表開口部のレベル差(ヘッド差)を考えて、便宜的に換気シャフト地表開口部と外気の間には1節点を設けた。

室については、地下2階はキッチンのある部分と3階につながる吹きぬけの部分との2節点を考え、そのほかの階層の室はそれぞれ1節点とした。そして通路は室と室をつなぐ流路であるが、発熱、壁との熱収支を考えてその通路が結ぶ室(節点)に気

積を割り当てた。

開口については摩擦抵抗, 形状抵抗による圧力損失を考慮して流量係数を算出した。  
 38) なお摩擦抵抗係数についてはコンクリートの値 ( $\lambda=0.03$ )<sup>39)</sup> を代用している。

また空気の流れの方向は, 外気が換気シャフトから流入し各室, 通路を上昇してエントランスより流出する経路を正とした。

地下都市デリンクユの換気モデルを図5-1に, 節点データおよび開口データをそれぞれ表5-1, 表5-2に示す。

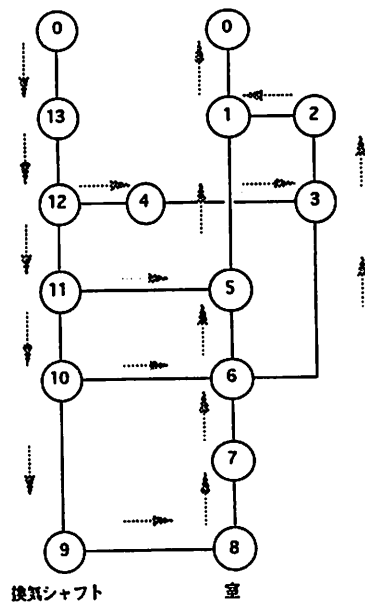
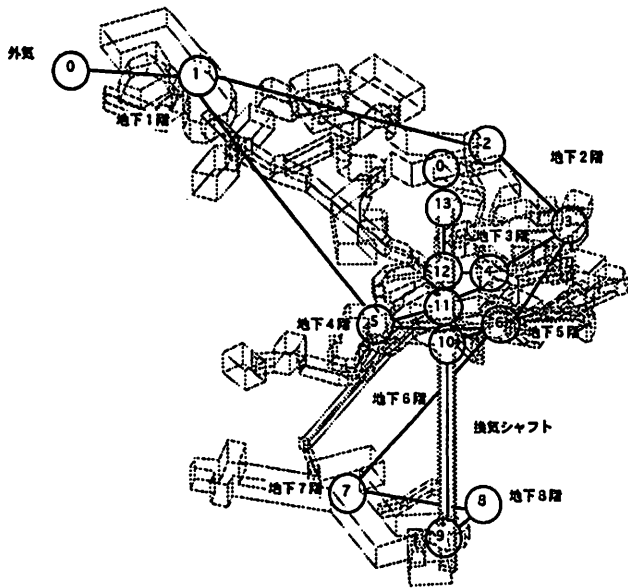
節点		節点入力データ (m)			備考			
NO.	NAME	幅 (m)	奥行 (m)	高さ (m)	床レベル (m)	床面積 (m <sup>2</sup> )	表面積 (m <sup>2</sup> )	気積 (m <sup>3</sup> )
1	1R	10.0	12.6	2.0	-5.70	125.6	340.6	248.8
2	2R	8.0	9.9	2.2	-4.60	79.4	236.2	171.4
3	2'R	8.0	8.3	1.8	-5.70	66.5	191.7	119.7
4	3R	4.0	6.3	1.6	-6.60	25.2	83.7	40.8
5	4R	8.0	10.1	2.0	-10.60	81.1	234.1	160.6
6	5R	8.0	9.8	1.8	-13.60	78.4	220.9	141.1
7	7R	10.0	16.1	2.2	-33.90	160.7	434.0	347.1
8	8R	3.0	3.2	1.6	-36.60	9.5	39.1	15.4
9	8S	1.5	1.4	28.9	-42.50	2.1	171.8	60.7
10	5S	1.5	1.4	3.0	-13.60	2.1	21.6	6.3
11	4S	1.5	1.4	4.0	-10.60	2.1	27.4	8.4
12	3S	1.5	1.4	5.7	-6.60	2.1	37.3	12.0
13	H	20.0	20.0	0.9	-0.90	400.0	872.0	360.0
0	OUT	0.0	0.0	30.0	0.00	0.0	0.0	0.0

表5-1 節点・入力データ

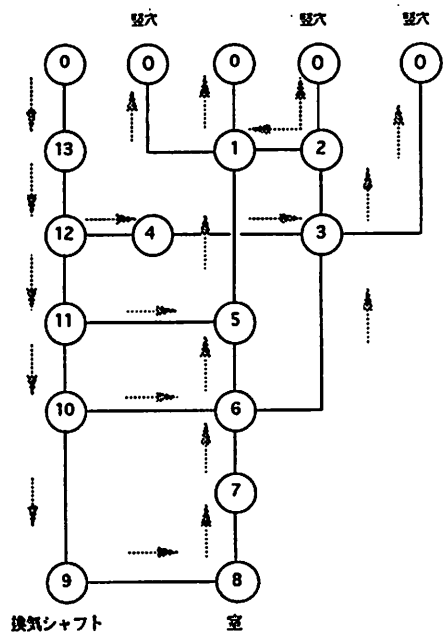
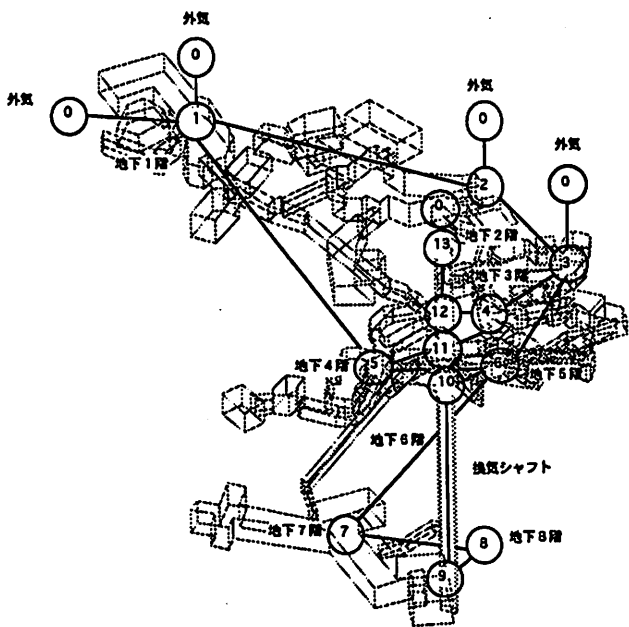
NO.	開口				開口入力データ					
	FROM		TO		ION	流量係数	幅(m)	上端(m)	下端(m)	レベル差(m)
1	1	1R	0	OUT	1	0.61	1.00	1.90	0.00	-5.70
2	5	4R	1	1R	1	0.71	1.10	1.80	0.00	-4.90
3	6	5R	5	4R	1	0.91	0.80	1.60	0.00	-3.00
4	7	7R	6	5R	1	0.50	0.60	1.80	0.00	-20.30
5	8	8R	7	7R	0	0.72	0.60	1.30	0.00	-2.70
6	9	8S	8	8R	0	0.52	1.30	1.50	0.50	-5.90
7	10	5S	9	8S	1	0.77	1.50	1.40	0.00	28.90
8	11	4S	10	5S	1	0.99	1.50	1.40	0.00	3.00
9	12	3S	11	4S	1	0.99	1.50	1.40	0.00	4.00
10	13	H	12	3S	1	0.89	1.50	1.40	0.00	5.70
11	13	H	0	OUT	1	1.00	20.00	20.00	0.00	-0.90
12	2	2R	1	1R	0	0.61	0.60	1.70	0.00	1.10
13	3	2'R	2	2R	0	1.00	1.50	2.00	0.00	-1.10
14	4	3R	3	2'R	0	0.90	1.30	1.40	0.00	-0.90
15	6	5R	3	2'R	1	0.32	0.60	2.30	0.00	-7.90
16	10	5S	6	5R	0	0.71	1.80	1.90	0.20	0.00
17	11	4S	5	4R	0	0.67	1.30	1.30	0.00	0.00
18	10	3S	12	3R	0	0.61	0.60	0.90	0.00	0.00
19	1	1R	0	OUT	1	0.80	1.50	1.20	0.00	-5.70
20	2	2R	0	OUT	1	0.80	0.80	0.80	0.00	-4.60
21	3	2R'	0	OUT	1	0.80	0.30	0.20	0.00	-5.70

IONは開口の向き (0:水平方向の流れの開口 1:垂直方向の流れの開口)を示す。  
 レベル差(m)は開口両端の節点の床レベルの差 (TO-FROM)を示す。  
 開口NO. 19~21は室と地上を結ぶ整穴を示す。

表5-2 開口・入力データ



現況



竪穴を考える場合

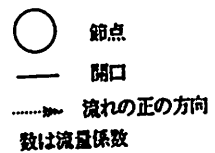


図5-1 地下都市デリンクユ・換気モデル

### 3 非定常計算

#### 3-1 境界条件

非定常計算の境界条件は以下の通りである。なお初期節点温度は全節点において15 (°C) に設定した。

##### (1) 周壁への熱損失

壁体を半無限体近似して熱伝導を計算し、壁体表面温度を計算する。したがって初期壁面温度は、壁体表面温度の計算過程において、半無限深部での壁体温度となる。この地下都市の夏期・冬期における温度測定結果<sup>40)</sup>から室温が最も収束している地下7階の夏期・冬期の温度測定値の平均値11.2 (°C) を初期壁面温度として設定した。また壁体(凝灰岩)の各熱定数のうち熱伝導率は比重量との関係<sup>41)</sup>より、比熱は岩石・コンクリートの値<sup>42)</sup>を参考に推定した。

比重量<sup>43)</sup> : 1480 (kg/m<sup>3</sup>)

熱伝導率 : 1.0 (kcal/m · h · °C)

比熱 : 0.21 (kcal/kg · °C)

温度伝導率は30.4(m<sup>2</sup>/h × 10<sup>4</sup>)になり、花崗岩の値33.3(m<sup>2</sup>/h × 10<sup>4</sup>)<sup>44)</sup>に近い。

##### (2) 内部発熱

第4章で述べたとおり現況における内部発熱は電灯照明(60Wの白熱電球によるもの)と来観者の発熱によるものである。またその分布は通路部分も含めて地下都市内部にほぼ均等である。シミュレーションでは内部発熱について現況に加えて、現況の発熱要素が上層(地下1階, 2階)に集中する場合, 下層(地下7階)に集中する場合について行なう。また60Wの白熱電球の発熱量はそのまま0.06 (kw/個), 人体からの発熱量は0.1 (kw/人)<sup>45)</sup>とした。そして現況における来観者は均等(0.1 (人/m<sup>2</sup>))に分布するものとして計算した。各節点における発熱量の入力データを表5-3に示す。

##### (3) 外気温

外気温はまず14時において最高気温28.2 (°C), 2時において最低気温-4.7 (°C)と想定して、さらにこの2点を通る正弦曲線を日変化と想定した。想定した外気温を表5-4, そして測定値と合わせて図5-2に示す。



NO.	NAME	現況					上層集中					下層集中				
		電灯照明		人体		計	電灯照明		人体		計	電灯照明		人体		計
		(個)	(kw)	(人)	(kw)	(kw)	(個)	(kw)	(人)	(kw)	(kw)	(個)	(kw)	(人)	(kw)	(kw)
1	1R	24	1.44	15	1.80	3.24	48	2.88	35	4.15	7.03	0	0.00	0	0.00	0.00
2	2R	24	1.44	10	1.20	2.64	48	2.88	22	2.62	5.50	0	0.00	0	0.00	0.00
3	2'R	12	0.72	8	0.96	1.68	24	1.44	18	2.19	3.63	0	0.00	0	0.00	0.00
4	3R	3	0.18	3	0.36	0.54	0	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0.00	0.00
5	4R	26	1.56	10	1.17	2.73	0	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0.00	0.00
6	5R	11	0.66	9	1.13	1.79	0	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0.00	0.00
7	7R	18	1.08	19	2.31	3.39	0	0.00	0	0.00	0.00	120	7.20	75	9.00	16.20
8	8R	2	0.12	1	0.14	0.26	0	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0.00	0.00
9	8S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	5S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	4S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	3S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	OUT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計		120	7.20	76	9.07	16.27	120	7.20	75	8.96	16.16	120	7.20	75	9.00	16.20

表5-3 各節点における発熱量・入力データ

時刻(時)	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
気温(°C)	11.8	16.0	20.0	23.4	26.0	27.6	28.2	27.6	26.0	23.4	20.0	16.0
	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7
	11.8	7.5	3.6	0.1	-2.5	-4.1	-4.7	-4.2	-2.5	0.1	3.5	7.4

表5-4 想定した外気温の日変化

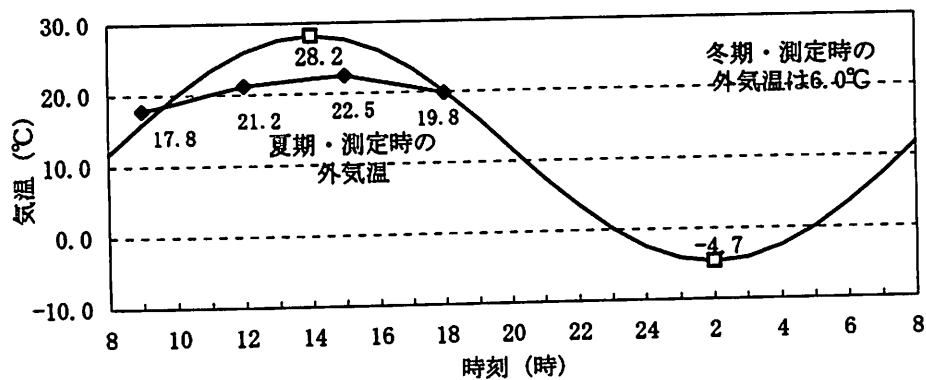


図5-2 想定した外気温の日変化

### 3-2 計算条件

非定常計算の時間の流れ，収束条件は以下の通りである。

時間増分値：	2 (s)
計算結果出力時間：	3600 (s)
計算終了時間：	178000 (s)
室温が定常に到達したと判定する変化量の値：	0.0 (deg)

### 4 換気シミュレーションの結果と考察

以上のようにして行なった換気シミュレーションの結果から流量についてまとめたものを図5-3，図5-4に，各節点の室温についてまとめたものを図5-5，図5-6に示す。

まず流量（図5-3，図5-4）について全体的にみていくと，およそ9時と19時，すなわち外気温がおよそ16（℃）の時点境界として，境界の気温以上においては空気の流れはほとんどなく，その方向も不安定であり，さらに（流量10）を見ると換気シャフトの地表開口からの外気の取り入れがなく，換気システムが機能していないことが分かる。一方，外気温が境界の気温以下のとき，外気温が低下するのにながって，空気の流れは正の方向，つまり図5-1に示した方向に大きくなる。

次に空気の流れの観測結果と現況の地下都市のデータ（室と地上を結ぶ竪穴を考えない場合）を入力した結果との比較を行なう。

夏期における調査では空気の流れの認められない箇所や不安定の箇所が多く，流れが一定の方向を保ちつづけていたのは地下8階のシャフト開口から地下7階へ，地下7階から地下5階へと階段を上昇する経路だけであった。また冬期においては観測がされた全ての箇所において換気モデルの正の方向に空気が流れていた。

まず夏期の調査時の外気温は17.8～22.5（℃）の範囲にあり図5-3，図5-4においては9時～11時，もしくは17時～19時にあたり，換気システムが機能しない領域である。また（流量7）をみると境界以下でも正の方向に流量あり，地下8階のシャフト開口から地下7階へ，地下7階から地下5階へと階段を上昇する経路の空気の流れが一定であったという観測結果に合致する。さらに（流量14，15，16）を見ると地下3階，地下4階，地下5階では室から換気シャフト開口へ空気が流れ込んでいて，地下都市内部で空気が循環していることが分かる。

冬期の調査時の外気温、6.0 (°C) は21時～22時、もしくは6時～7時にあたり、観測された空気の流れは箇所全てにおいて換気モデルの正の方向で、シミュレーション結果に合致する。

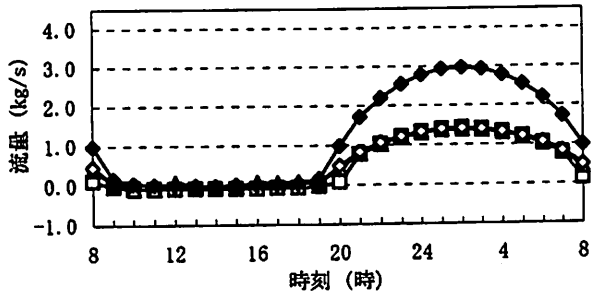
室と地上を結ぶ堅穴の影響について考えていく。(流量2, 3, 4)は堅穴を流れる空気の流量を示しているが、開口面積の最も小さい地下2階・吹き抜け部分のものはほとんど機能していないことが分かる。また(流量10)から堅穴は地下都市全体の換気を促していることが分かるが、(流量7, 11)から地下7階、8階そして地下2階への流量には影響していないことが分かる。

さらに室と地上を結ぶ堅穴があるという条件で、発熱要素の分布が上層(地下1階、2階)に集中する場合と下層(地下7階)に集中する場合のシミュレーションを行っているが、発熱要素の分布が流量に影響しているのは、外気温が16 (°C)以上の換気システムが機能しない領域においてで、機能する領域では、発熱要素を下層に集中させた時の地下7階への流量がわずかに多くなるのみである。この結果から発熱要素の分布は換気システムにあまり影響を与えていないと考えられる。

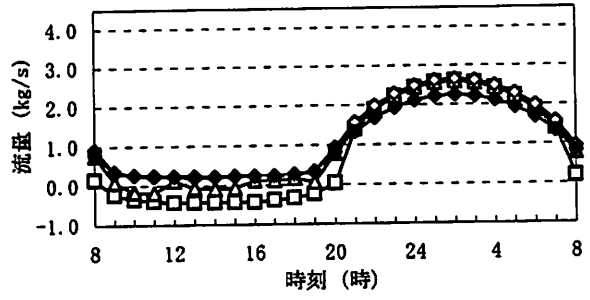
各節点の室温(図5-5, 図5-6)についてみていくと、外気がおよそ16 (°C)以上の換気が行われない範囲では一定しているのだが、換気が行われる範囲においては外気温の影響を大きく受けていることが分かる。夏期と冬期の測定結果からはともに地下4階以下では気温が11 (°C)～12 (°C)に安定していたのだが、地下都市内の気温を考える場合、特に外気温が低い場合、その影響を考える必要があるということが言える。

また、このことから地下1階、地下2階、地下7階に換気シャフトの開口が設けられていないのは、外気温が例えば氷点下以下になるような場合、地中の恒温性が損なわれないようにするためであったと考えることができる。

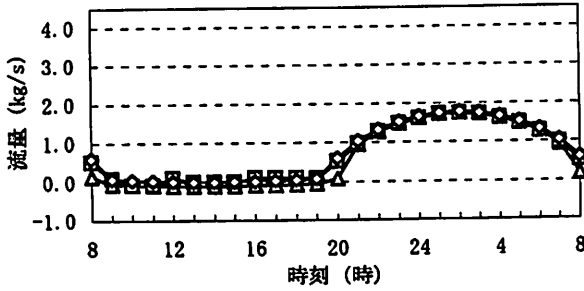
最後に、外気温がおよそ16 (°C)以下であることが換気が行われる条件であることが分かったのだが、第3章に示したカイセリの月別平年気温(表3-3, 図3-4)とカイセリの94年度月別最高・最低気温(表3-5, 図3-7)から夏期においても夜間には外気温が16 (°C)以下になり、換気が年間を通して行われると考えられる。



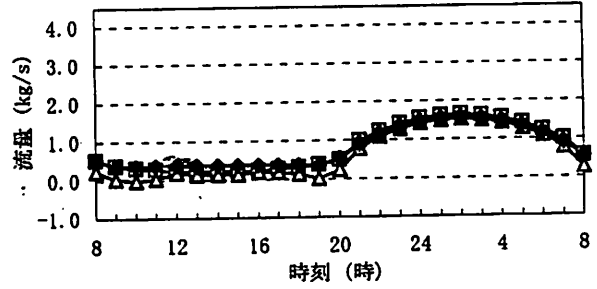
流量 1 1R→OUT



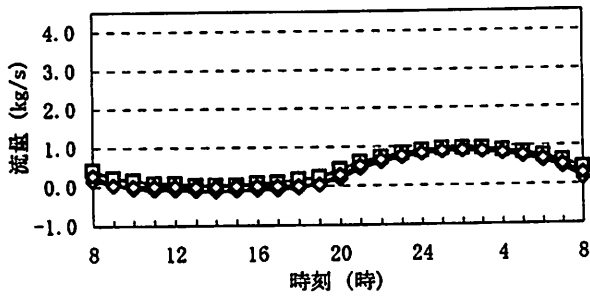
流量 5 4R→1R



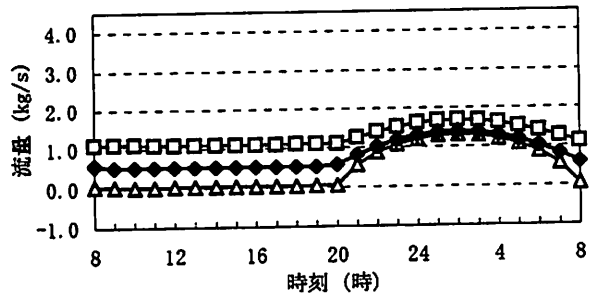
流量 2 1R→OUT(竪穴)



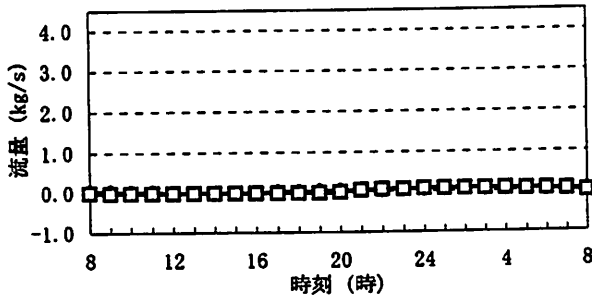
流量 6 5R→4R



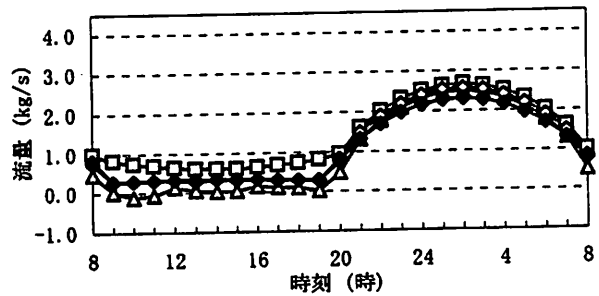
流量 3 2R→OUT(竪穴)



流量 7 5S→8S→8R→7R→5R



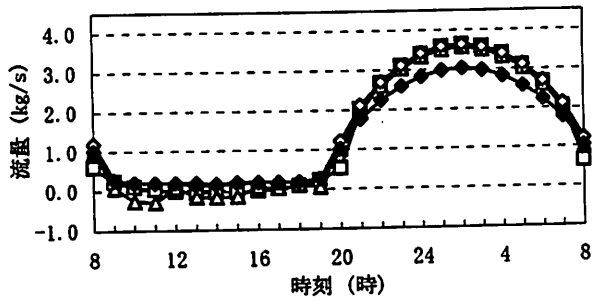
流量 4 2R'→OUT(竪穴)



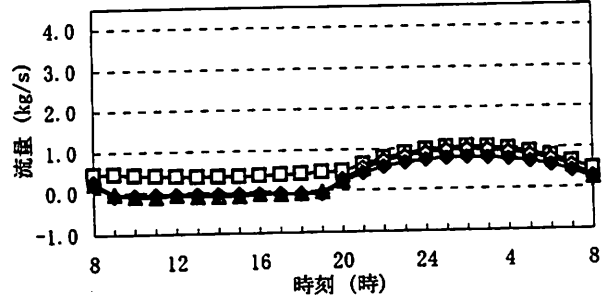
流量 8 4S→5S

◆ 竪穴なし(現況)    ◊ 竪穴あり(現況)  
 □ 竪穴あり(下層)    △ 竪穴あり(上層)  
 ( ) は内部発熱の分布を示す。

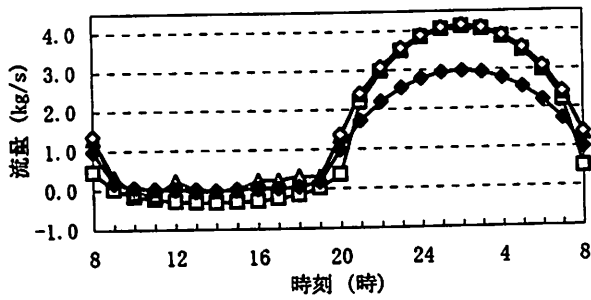
図5-3 換気シミュレーション結果・流量-A



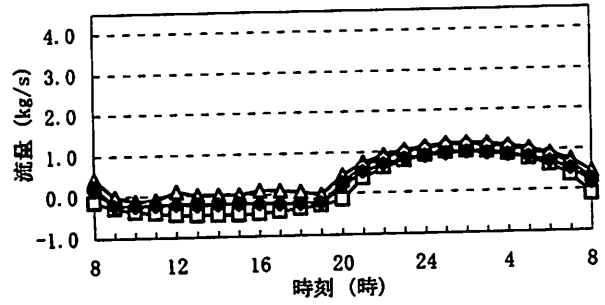
流量 9 3S-4S



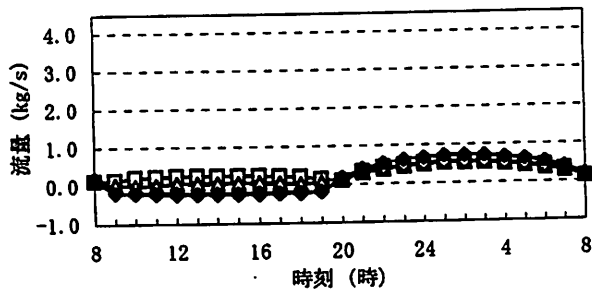
流量 13 5R-2R'



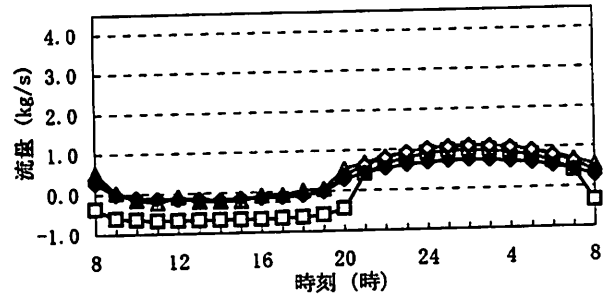
流量 10 OUT-3S



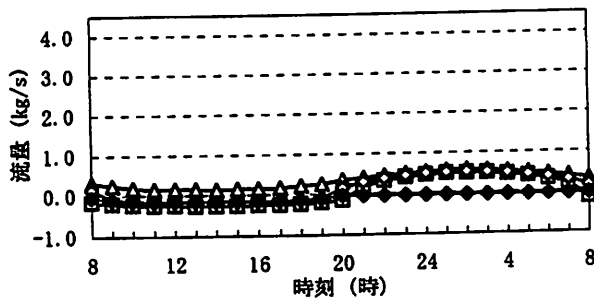
流量 14 5S-5R



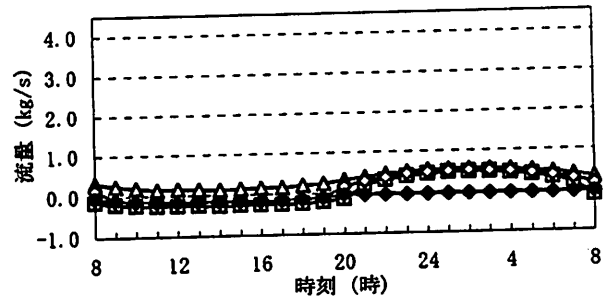
流量 11 2R'-2R-1R



流量 15 4S-4R



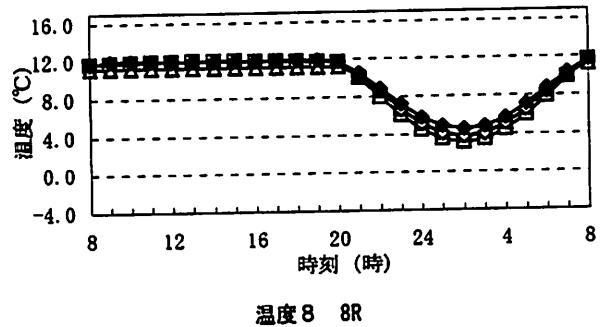
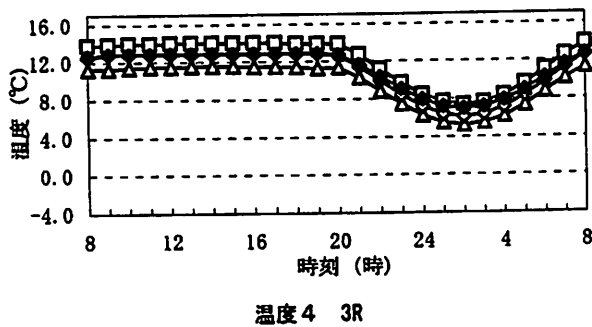
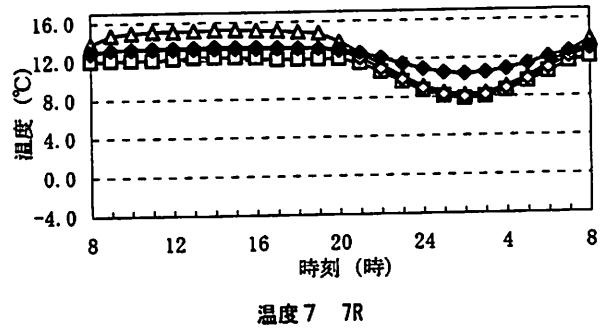
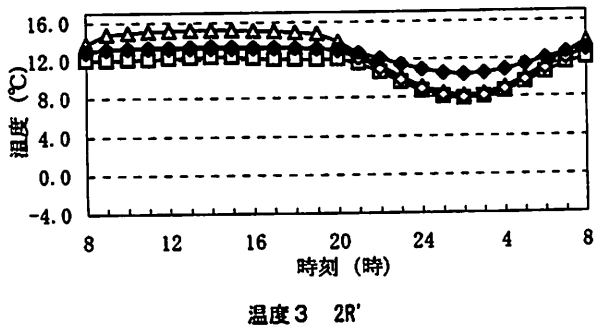
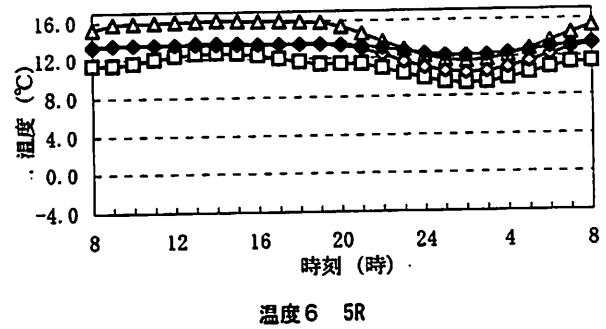
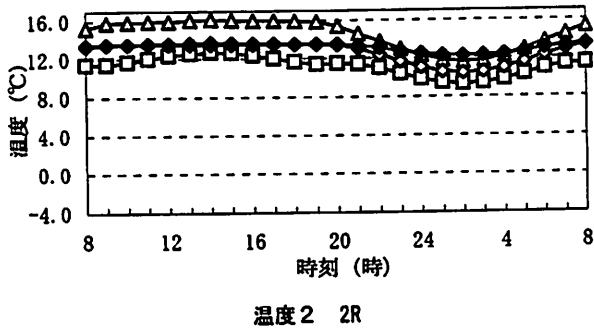
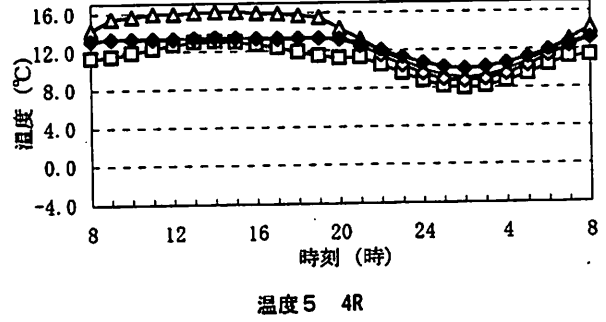
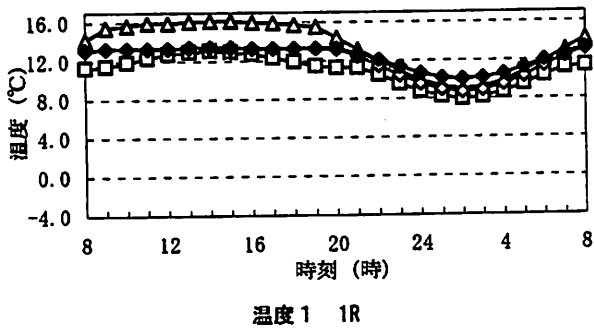
流量 12 3R-2R'



流量 16 3S-3R

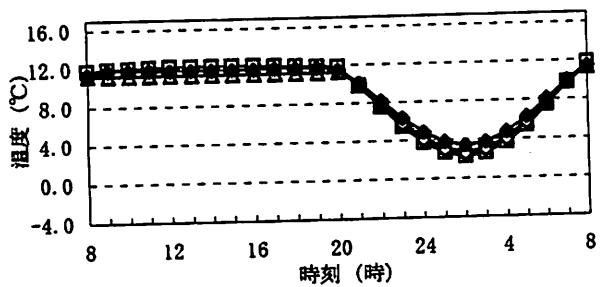
—●— 堅穴なし(現況)    —◇— 堅穴あり(現況)  
 —□— 堅穴あり(下層)    —△— 堅穴あり(上層)  
 ( ) は内部発熱の分布を示す。

図5-4 換気シミュレーション結果・流量-B

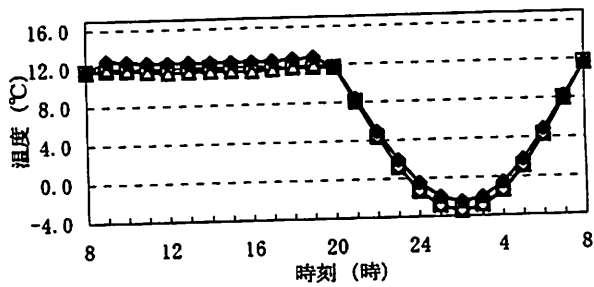


- ◆ 竪穴なし(現況)    ◇ 竪穴あり(現況)
  - 竪穴あり(下層)    ▲ 竪穴あり(上層)
- ( ) は内部発熱の分布を示す。

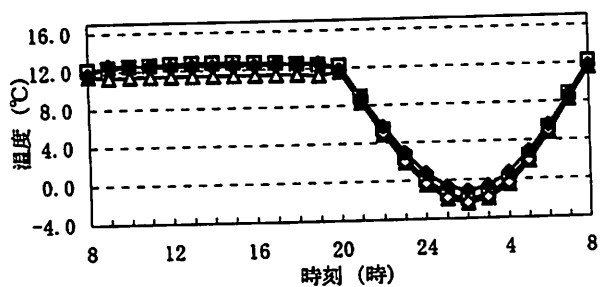
図5-5 換気シミュレーション結果・室温-A



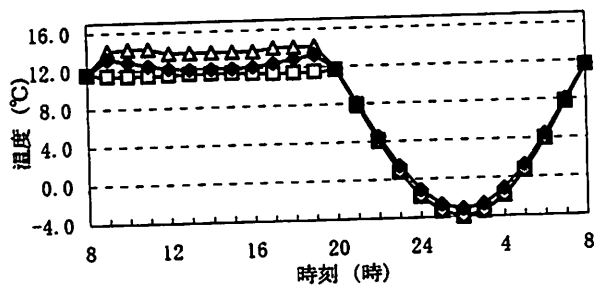
温度9 3S



温度11 5S



温度10 4S



温度12 8S

- ◆ 堅穴なし(現況)    ◇ 堅穴あり(現況)
  - 堅穴あり(下層)    ▲ 堅穴あり(上層)
- ( ) は内部発熱の分布を示す。

図5-6 換気シミュレーション結果・室温-B

## 結び

本章では地下都市デリンクユの換気シミュレーションについて、シミュレーション方法、換気モデル形成の過程、非定常計算の境界条件について説明し、シミュレーション結果について考察を行なった。

地下都市デリンクユの換気システムは、外気温がおよそ 16 (°C) 以下で機能し、夏期においても夜間には換気が行われることが分かった。そして第4章で考えられた室と地上を結ぶ堅穴、発熱要素の分布の換気システムへの影響は、堅穴については換気システムが機能する範囲では換気を促すこと、発熱要素の分布はあまり影響を及ぼさないことが分かった。

またシミュレーションで得られた節点の室温から、地下1階、地下2階、地下7階に換気シャフトの開口が設けられていないのは、外気温が例えば氷点下以下になるような場合、地中の恒温性が損なわれないようにするためであると考えられた。



## 第6章

### 結論

## はじめに

本章では、カッパドキアの地下都市デリンクユを事例とした以上の研究を概観し、結論をまとめ、今後の課題を述べる。第1節は世界各地に現存する地下住居の事例と地下住居の分布地域からその成立の要因についてまとめる。第2節では地下都市デリンクユの社会環境、自然環境についてカッパドキアとその地下都市についてまとめる。第3節は地下都市デリンクユの現地調査、および換気シミュレーションの結果から、地下都市デリンクユの住環境について筆者の考えをまとめる。そして第4節では本研究の意義と残された研究上の課題について述べる。

### 1 地下住居の成立の要因

地下住居を考える場合地上の住居に比べて換気、日照が大きな問題となり、住居形態としては特異なものであると考えられた。

そこで、地下住居の分布地域の気候についての考察および地下住居の事例の比較・考察を行なった。その結果、地下住居の成立要因として

- ・激しい気温変化に対する安定した地中温度
- ・民族的・宗教的な迫害からの防御

また地下住居成立の必要条件として

- ・夏期における乾燥
- ・掘削に容易な地質

そして、その他の条件として

- ・転用し得る洞穴の存在

を挙げることができた。

### 2 カッパドキアとその地下都市

#### 2-1 カッパドキアの地下都市の成立要因

カッパドキアに地下都市がつくられ、利用された背景として、その歴史を地下空間利用に照らし合わせながら概観し、さらに気候、地質と地形について整理した。

その結果、カッパドキアの地下都市成立の第一の要因としてイスラム軍など異民族・異教徒による迫害を挙げることができた。またカッパドキアは気候的には乾燥帯のステップ気候に属しており、建材となるような樹木は周辺にほとんど見られない。さらにその地盤は凝灰岩によるものであり、掘削しやすいという条件のもとで、地下都市が成立していることが分かった。

## 2-2 カップドキアの地下都市

カップドキアには大小様々な洞窟修道院や洞窟住居が存在しているのだが、「地下都市」と呼ばれている地下住居は共通して、寝室、キッチン、教会、学校、家畜小屋、ワイン倉そして外敵の侵入に備えて「石の扉」と呼ばれる円形で硬質の石でできた車戸が見られることが分かった。

また主な地下都市は、多くの洞窟修道院が村から離れた場所に位置しているのに対して、村の中（あるいは村の下と言った方が良いかもしれない）につくられていて、民家が地下都市を擬装していたとも考えられた。そのことから、洞窟修道院は修道士が俗性を捨てて神の声を聞くための修行の場としたのに対して、地下都市は一般の市民が外敵から身を隠すための場であったと考えられた。

## 3 地下都市デリンクユの地下住環境

### 3-1 空間形態

空間形態については全体構成、各空間と整理して、さらに（1）平面における通路部分、（2）平面における換気シャフトの位置、（3）室と地上を結ぶ堅穴、（4）平面と天井高、（5）階段とスロープに着目して分析を行なった。

空間形態から特に

- ・各室が人が一人どうにか通ることができるほどの通路で結ばれていること
- ・天井高が室については 1500mm、通路については 1200mm が最低の天井高として設定されていたと考えられたこと

等から、地下都市デリンクユは外敵の侵入への対処に都合がよく、また必要最低限、地下で暮らすための空間として計画がされていると考えられた。

### 3-2 室内気候

現地調査では室内気候に関して温湿度の測定、空気の流れの観測を行った。

温度については今回の夏期における測定値と 94 年に測定された冬期のものと合わせて地下 4 階以下では気温が 11 (°C) ~12 (°C) に安定していることが分かった。また相対湿度は地下 4 階以下では常に 90%以上を記録したが結露はみられなかった。

空気の流れについては換気シミュレーションを行なった。その結果、地下都市デリンクユの換気システムは、外気温がおよそ 16 (°C) 以下で機能し、夏期においても夜間には換気が行われることが分かった。

また地下都市内の気温を考える場合、特に外気温が低い場合、その影響を考える必要があり、地下 1 階、地下 2 階、地下 7 階に換気シャフトの開口が設けられていない

のは、外気温が例えば氷点下以下になるような場合、地中の恒温性の利点が損なわれないようにするためであったと考えることができた。

### 3-3 住環境のまとめ

換気については夏期においても夜間には行われることが分かり、また激しい外気温の変化に対して安定した地中温度が利用できることが分かったのだが、内部空間は第一に外敵の侵入を考えて、必要最小限、地下に暮らすのに必要な空間として計画されていると考えられた。

筆者は上層階の家畜小屋、ワイン倉、そして宗教的迫害から逃れるために教会が恒常的に使用されていたと考えるが、住居は別に地上にあったと考える。

## 3 本研究の意義と今後の課題

本研究で意図したのは人と地下空間の関りについて、特に地下住居という形態に着目し、地下住居の成立する要因とそこに蓄積された技術を明らかにすることを目的とした。

以上の主題に関連して、特に室内環境に着目した研究蓄積はほとんどなされていない。本研究はカップドキアの地下都市デリンクユを例にとり、人がどのように地下空間と接してきたかという問題に一つの理解を提示したものとする。

本研究の主題に関連して、なお検討されるべき幾つかの問題が残されている。以下にそれを記して今後の課題とし、一層の研究の進展を期すこととしたい。

第一にカップドキアの地下都市、および世界各地の地下住居に関する資料の集積が必要である。本研究においても積極的に資料の収集にあたったが、資料は断片的であったり、学術的なものが少ないというのが現状である。今後も積極的に資料の収集にあたる必要がある。

第二に地下都市デリンクユの住環境に関して換気以外にも採光などの室内環境について、居住されていた当時のことを考えあわせて検討する必要がある。

第三に空間形態については各室の断面形状、詳細の測量がなされていない。居住状態を推測する上で重要であり、測量する必要がある。

## 註

### 第2章

- 1) アメリカ・コロラド州・メーサ・ヴァーデにあるプエブロ・インディアンの住居は、峡谷の壁面の長く浅い洞穴に後退していた。V. スカーリ著 香山寿夫訳 『アメリカの建築とアーバニズム (上)』SD選書 鹿島出版会 1973 pp.29-33
- 2) 引用文の註によると「ジブラルタル海峡の両端の兩岸にそびえ立つ二つの岩は、ヘラクレスが引き起こしたものと伝えられ、この名で呼ばれている。」とある。
- 3) B・ルドルフスキー著 渡辺武信訳 『驚異の工匠たち 知られざる建築の博物誌』鹿島出版会 1981 p.36
- 4) 若山滋・TEM 研究所 『世界の建築術 人はいかに建築してきたか』彰国社 1986 p.10
- 5) 主に次の文献から得た。窰洞考察団 『生きている地下住居 中国の黄土高原に暮らす四〇〇〇万人』彰国社 1988 pp.16-21
- 6) B・ルドルフスキー著 渡辺武信訳 『建築家なしの建築』SD選書 鹿島出版会 1984 pp.40-41
- 7) B・ルドルフスキー著 渡辺武信訳 『驚異の工匠たち 知られざる建築の博物誌』鹿島出版会 1981 pp.42-45
- 8) B・ルドルフスキー著 渡辺武信訳 『建築家なしの建築』SD選書 鹿島出版会 1984 p.42
- 9) 柳宗玄 『カッパドキヤ』鹿島出版会 1967 p.13
- 10) 柳宗玄 前掲書 p.11
- 11) 本文 第3章 p. 参照
- 12) 窰洞考察団 前掲書 pp.26-42, pp.104-107
- 13) 和達清夫監修 『新版 気象の事典』東京堂出版 1977 pp.162-165 による。ケッペンの気候分類とはドイツの気候学者ケッペンが1884年、世界の植物分布に合うように考案した気候分類で、その後これを改良した気候分類(1918)が、今日の最も有名で、一般に広く利用されているものである。
- 14) 地下特有の環境条件については 土木学会 『ニューフロンティア 地下空間』技報堂 1990 pp.49~52 に詳しい。

### 第3章

15) 歴史の流れについては主に次の文献による。

小玉新次郎 『西アジアの歴史』 講談社 1977

三橋富士男 『トルコの歴史』 紀伊国屋書店 1994

ファティヒ・ジモク著 原田武子訳 『カッパドキア』 A Turizm Yayiniari Ltd. 1988  
pp.4~16

16) オメル・デミル 『カッパドキア』 Ajans-Yurk 1988 p.63

17) チャタル・ヒュヌク, ハジラルおよびヒッタイトの古代都市の都市計画についてはポール・ランブル著 北原理雄訳 『古代オリエント都市 都市と計画の原形』 井上書院 1983 pp.94-105 に詳しい。

18) 若山滋・TEM 研究所 前掲書 p.15

19) ファティヒ・ジモク著 原田武子訳 前掲書 p.65

また『小アジア遠征記』については「紀元前401年、アルタクセルクセスはペルシャの王位についた。しかし王位を奪おうとした弟のキュロスはサルディスで、傭兵や志願兵の大軍を集めペルシャへ向かった。アテナイのクセノフォンはギリシャ兵の一人として遠征に加わり、各地の様子を細かく書き残している。」とある。

20) ファティヒ・ジモク著 原田武子訳 前掲書 p.15

21) 三橋富士男 前掲書 p.67

22) A.K.Erguvanli and A.E.Yüzer 「PAST AND PRESENT USE OF UNDERGROUND OPENINGS EXCAVATED IN VOLCANIC TUFFS AT CAPPADOCIAN AREA」 1977  
p.6

23) オメル・デミル 前掲書 p.10

24) 和達清夫監修 前掲書 pp.162-163

25) 地質に関しては次の文献による。A.K.Erguvanli and A.E.Yüzer 「PAST AND PRESENT USE OF UNDERGROUND OPENINGS EXCAVATED IN VOLCANIC TUFFS AT CAPPADOCIAN AREA」 1977

26) オメル・デミル 前掲書 p.68

27) オメル・デミル 前掲書 p.79

28) Murat E. GÜLYAZ 『UNDERGROUND CITIES OF CAPPADOCIA』 Dünya  
出版年不明 p.67

29) Murat E. GÜLYAZ 前掲書 p.51

## 第4章

- 30) オメル・デミル 前掲書 p.68
- 31) Murat E. GÜLYAZ 前掲書 p.63
- 32) 本文第3章 p.24 に説明。
- 33) 和田浩之 「カッパドキアの地下都市の住環境に関する研究」 名古屋大学学  
士論文 1995 p.35
- 34) 和田浩之 前掲書 p.17

## 第5章

- 35) 日本建築センター 『煙流動及び避難性状予測のための実用計算プログラム』  
新洋社 1995 pp.77-186
  - 36) 本文第4章 p.48,p.50,p.61
  - 37) 石原正雄 『建築換気設計』 朝倉書店 1969 p.139
  - 38) 石原正雄 前掲書 p.281
  - 39) 石原正雄 前掲書 p.97
  - 40) 本文第4章 pp.56-58
  - 41) 斎藤平蔵 『建築気候』 共立出版 1991 p.5
  - 42) 小島武男 『現代建築環境計画 新建築学業書』 オーム社 1994 p.122
  - 43) A.K.Erguvanli and A.E.Yüzer 前掲書 p.6
  - 44) 斎藤平蔵 前掲書 p.8
  - 45) 空気調和・衛生工学会 『空気調和設備計画設計の実務の知識』 オーム社  
1995
- p152 軽作業における発熱量を採用した。

## 参考文献

### 第2章

- 稲葉和也 中山繁信 『日本人のすまい 住居と生活の歴史』 彰国社 1983
- 日本建築学会 『日本建築史図集』 彰国社 1992
- 黒岩博之 『未来住居』 清文社 1993
- V. スカーリ著 香山寿夫訳 『アメリカの建築とアーバニズム (上)』 SD選書  
鹿島出版会 1973
- 若山滋・TEM 研究所 『世界の建築術 人はいかに建築してきたか』 彰国社 1986
- B・ルドルフスキー著 渡辺武信訳 『建築家なしの建築』 SD選書 鹿島出版会  
1984
- 密洞考察団 『生きている地下住居 中国の黄土高原に暮らす四〇〇〇万人』  
彰国社 1988
- B・ルドルフスキー著 渡辺武信訳 『驚異の工匠たち 知られざる建築の博物誌』  
鹿島出版会 1981
- 柳宗玄 『カッパドキヤ』 鹿島出版会 1967
- 武澤秀一 『空間の生と死 アジャンタとエローラ』 丸善 1994
- 若山滋 『風土に生きる建築』 SD選書 鹿島出版会 1983
- 『図解 各国別地理の整理 第6版』 三省堂 1995
- 福井英一郎他 『日本・世界の気候図』 東京堂出版 1985
- 和達清夫監修 『新版 気象の事典』 東京堂出版 1977
- 土木学会 『ニューフロンティア 地下空間』 技報堂 1990

### 第3章

- 『図解 各国別地理の整理 第6版』 三省堂 1995
- 小玉新次郎 『西アジアの歴史』 講談社 1977
- 三橋富士男 『トルコの歴史』 紀伊国屋書店 1994
- ファティヒ・ジモク著 原田武子訳 『カッパドキヤ』 A Turizm Yayiniari Ltd. 1988
- オメル・デミル 『カッパドキヤ』 Ajans-Yurk 1988
- Ömer Demir 『Cappadocia: cradle of Civilization』 Ajans-Yurk 1993



- ポール・ランブル著 北原理雄訳 『古代オリエント都市 都市と計画の原形』  
井上書院 1983
- 若山滋・TEM 研究所 『世界の建築術 人はいかに建築してきたか』 彰国社 1986
- A.K.Erguvanli and A.E.Yüzer 「PAST AND PRESENT USE OF UNDERGROUND  
OPENINGS EXCAVATED IN VOLCANIC TUFFS AT CAPPADOCIAN AREA」  
1977
- 和達清夫監修 『新版 気象の事典』 東京堂出版 1977
- 気象庁 「気象庁観測技術資料 第56号」 1994
- 気象庁 「世界地上気象月集計リスト 1994年度」 1994
- 日本気象協会 「太陽光開発利用システムの研究開発利用システムに関する研究」  
1992
- 国立天文台編 『理科年表 1995』 丸善 1995
- Murat E. GÜLYAZ 『UNDERGROUND CITIES OF CAPPADOCIA』 Dünya  
出版年不明
- Murat E. GÜLYAZ 『CAPPADOCIA』 Dünya 出版年不明

#### 第4章

- Historic American Buildings Survey 「Handbook for Recording Structures with Measured  
Drawings」 1992
- オメル・デミル 『カッパドキア』 Ajans-Yurk 1988
- Murat E. GÜLYAZ 『UNDERGROUND CITIES OF CAPPADOCIA』 Dünya  
出版年不明
- ジアンピエロ・アロマ著 内堀繁生 熊野保訳 『階段 デザインとディテール』  
鹿島出版会 1976
- 和田浩之 「カッパドキアの地下都市の住環境に関する研究」 名古屋大学学士論文  
1995

#### 第5章

- 日本建築センター 『煙流動及び避難性状予測のための実用計算プログラム』  
新洋社 1995
- 石原正雄 『建築換気設計』 朝倉書店 1969

斎藤平蔵 『建築気候』 共立出版 1991

小島武男 『現代建築環境計画 新建築学業書』 オーム社 1994

A.K.Erguvanli and A.E.Yützer 「PAST AND PRESENT USE OF UNDERGROUND  
OPENINGS EXCAVATED IN VOLCANIC TUFFS AT CAPPADOCIAN AREA」

1977

空気調和・衛生工学会 『空気調和設備計画設計の実務の知識』 オーム社 1995

山田由紀子 『建築環境工学』 培風館 1991

:

## 謝辞

本論文を作成するにあたり、多くの方々の御協力、御指導を頂きました。この場を借りて感謝の意を申し上げます。

現地調査の準備を始めるにあたって多くの御助言、御協力を頂いた東海大学海洋学部アイダン・オメル先生に心から感謝致します。そしてトルコにて先生に御紹介して頂いたイスタンブール工科大学のエルドアン・ユゼール先生、ムスタファ・エルドアン先生、ハセテプ大学のセイフォ・クラークシス先生、そして政府機関で地質学の研究をされているレシャト・ウルサイ氏、写真家のイルファン・エルメス氏には調査にあたって特別の配慮を頂き、大変心強く思いました。各氏に心から感謝致します。

研究を進めるにあたっては辻本誠先生、奥宮正哉先生、河野守先生に適切な御指導を頂きました。特に辻本先生にはこの2年間を通して研究を進める姿勢から具体的な研究の視点、方法と親身になって御指導頂きました。改めて感謝致します。

最後に貴重な御意見や励ましの声を掛けてくださいました諸先輩、同輩、後輩の皆様、そして調査に同行し、本論文の作成に協力してくれた阿部浩紀君、佐々木聡美さんに感謝致します。