

カッパドキア（トルコ）地方における過去と現在の地下空間利用

PAST AND PRESENT UTILIZATION OF UNDERGROUND SPACE IN CAPPADOCIA, TURKEY

アイダグ・オメル*, 清木隆文**, 西 淳二***, 辻本 誠****
Ömer AYDAN, Takafumi SEIKI, Junji NISHI and Makoto TSUJIMOTO

The utilization of underground space in big cities is becoming an important alternative space in installing transport facilities, storage houses, shelters and infra structures. The humankind has been using the underground space as shelters in the very early phase of their civilisation. The utilization of underground space in Cappadocia region of Turkey is the most extensive and complex as compared with those in other regions of the world. The utilization of underground space is quite similar to that of present time. The forms of utilization are underground cities, dwellings, storage houses and shelters. The authors describe several forms of past and present utilization of underground space in Cappadocia region of Turkey and discuss some of their implications.

1. はじめに

現在、都市における人口の過密化、機能の集積により、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た。国内に目を向けると、住空間として地下を利用してきた経験の蓄積が乏しいことから、心理面における不安、防災面での設計基準の欠如が利用促進の足枷の一つとなっている。一方、トルコのカッパドキア地方では、1,500年以上前から現在まで地下空間が盛んに利用されている。本論文では、まずこの地方の地理・気象・地質について簡単に紹介する。そして、過去における地下空間利用事例として半地下住居、地下都市を取り上げ、地下空間利用の動機およびその歴史について述べる。つづいて、現代の地下空間利用事例として貯蔵施設（果物、野菜、ワイン）、地下工場、半地下ホテルやレストラン、半地下住居、地下野菜栽培施設を紹介する。最後にカッパドキア地方の地下空間利用について今後の研究課題について論じる。

2. 地理・地質・気象

トルコ共和国は、ちょうどアジア大陸とヨーロッパ大陸の間に位置し、二つの大陸の掛け橋となっていて、マルマラ海を挟んでアジア側のアナトリア地方とヨーロッパ側の東トラキア地方に分けられる。カッパドキアとは、アナトリア中央部・東部地方の古代地名で、その範囲は時代によって異なるが、東はユーフラテス川を境にアルメニア地方に接し、北は黒海に及ぶ。しかし、ローマ時代以降、黒海に臨む北部はポントス地方と呼ばれ、カッパドキア地方に含まれていない。現在のカッパドキア地方はトルコの中央アナトリア、Kayseri-Aksaray-Niğde で囲まれた三角形、約 5000 km² 以上の土地を示す(図-1)。この領域は高い高原であり、周囲の地層は Erçiyas Melendiz 及び Hasandağ 火山からの酸性の石灰と溶岩により約 800 m の厚さの層で構成されている。この地域は、カッパドキア火山地域と呼ばれ、火山活動が活発であった地域であり、地質的には火山性の地層で、現在の地下都市及び地下住居が掘削された層はこの火山活動に伴って形成された凝灰岩内に存在している。火山活動は第三

キーワード：トルコ、カッパドキア、地下空間利用、地下都市、半地下住居

* 正会員 東海大学海洋学部
** 正会員 名古屋大学大学院工学研究科
*** フェロー 名古屋大学大学院工学研究科
**** 建設省建築研究所

期から第四期の間に発生したと言われている。この地域の基盤岩は、トルコの地殻を形成しているオフィヨライトと呼ばれるものである(図-1、図-2)。

その地層の上には火山活動にともなって堆積した凝灰岩が存在する。下から上に向かって Yeşilhisar (イエシルヒサル)と呼ばれる層があり、その上に Ürgüp (ユルギュップ)層がある、一番上には第四期の堆積物が存在する。Yeşilhisar 層群と呼ばれる層には主に赤い泥岩、れき岩であり、その上にユルギュップ層がある。この層はまた、いくつか異なる時代に形成された層に構成されている。これらの層は古い層から新しい層に向かって、下から順番にチュウケイック、カワック、ゼルウェ、サルマーデン、ダムザー、ジェミニックウェー、タハル、ギョウデレス、ソフラアル、トプザー、クズルカヤ、クシャダーと名づけられている。これらの層中でカワック層群が地下都市に関係している。この層はかなり厚い層で、最も薄いところでも 80 m、最大厚さは約 300 m である。

カッパドキア地方は乾燥した大陸性気候でケッペンの気候分類によると乾燥帯のステップ気候に属している。この気候は冬非常に寒く、夏暑く乾燥するので、この地方の痩せた土壌に相俟って、農耕にはあまり適さず、年間を通して不毛の地である。このために牧畜が主な産業となっている。また建材となるような樹木は周辺にほとんど見ることができない。

年間降水量は 399.8 mm であり、夏期における降水量が少ない傾向がある。降水量はステップ気候特有の春先の大雨や、冬期における降雪により、一時的に多くなるが、年間を通して月間降水量が 50 mm を大きく越えることはない。Nevşehir (ネブシェヒル)については、1970～1990 年の過去 20 年間の平均をとった気温を図-3 に、降水量と湿度をを図-4 に示す¹⁾。最高気温と最低気温の差が約 40℃近くあり、気温の差がかなり激しい地域だと考えられる。Nevşehir の降水量と湿度を見ると、7～8 月の夏期の降水量が著しく少ない事が分かる。

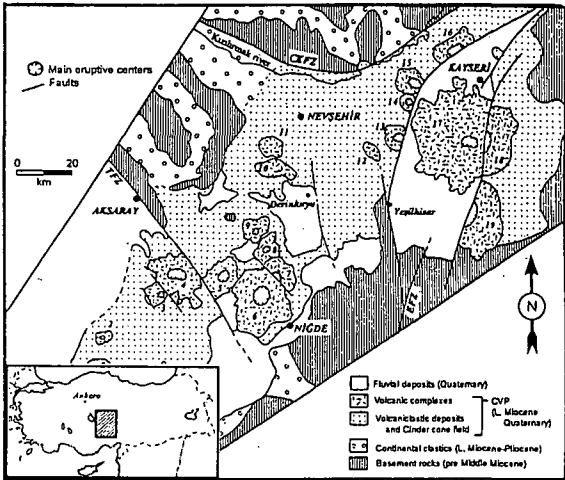


図-1 カッパドキア地域の位置と地質

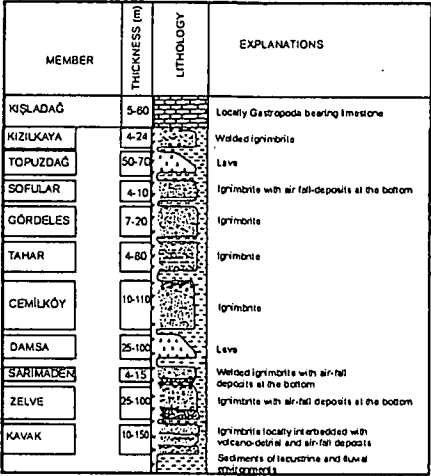


図-2 岩層柱状図

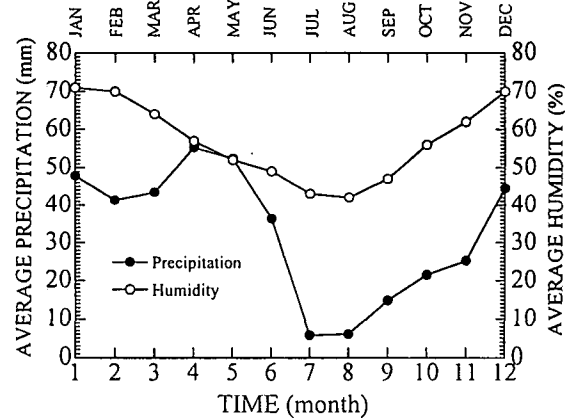


図-3 年次気温の変化

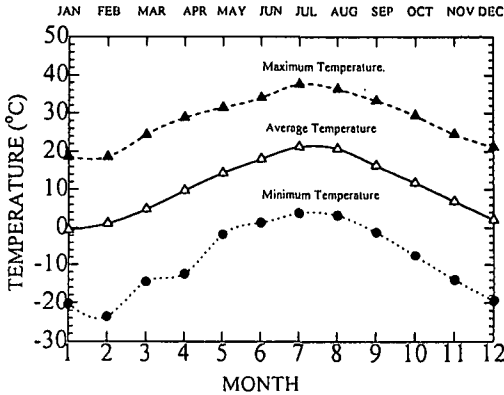


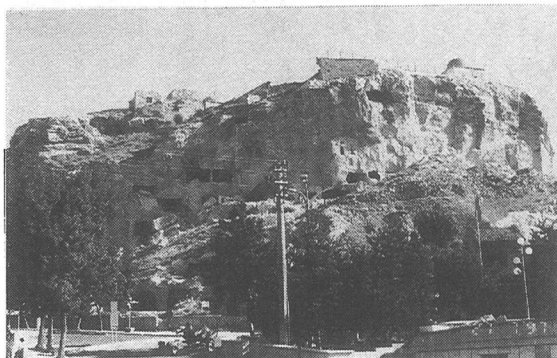
図-4 年次雨量と湿度の変化

3. 過去における地下空間利用

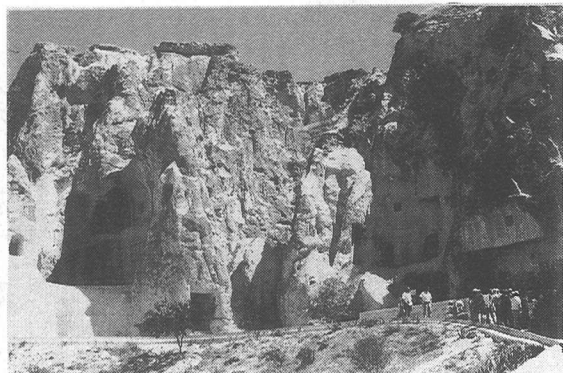
カッパドキアは、古代にはアルガウス山と呼ばれた火山地帯で、そこには何千という塔状の岩窟住居群が存在している。これは、石灰華と呼ばれる円錐状の地形を掘り抜いて造ったもので、まさに自然の力と人間の力との共同によって生まれた住居であるといえる。かつては僧侶と尼僧の集落だったといわれるが、現在はほとんど空き家の状態である。何層もの穴が空けられ一つのアパートになっていて、内部には、暖炉、テーブル、ベッドなど多孔質で刻みやすい石でできた家具が備わっている。また、この岩窟群の中には、大規模でかつ壮麗な、ビザンチン美術の壁画が見出される。事実、カッパドキア地方には、何百もの地下住居や洞窟墓地、岩窟教会が掘られている²⁾。ここでは半地下住居と地下都市の二つに分けてその事例を紹介する。その後、カッパドキア地方の地下都市を作った動機について述べる。

3.1 半地下住居

まず半地下住居と言うのは主に傾斜がかなり急な谷に沿ってあるか、あるいは丘に沿って作られた半地下型の地下住居のことであり、トルコでは数多く見られる。これらは主に丘の上に建造物がありその周辺に半地下型の住居が作られているものが多い。またこの地域は約 1,500 年前にキリスト教徒にとっての大事な宗教施設になっており、特に Göreme (ギョレメ) 谷にある半地下住居はそのキリスト教徒の修行のために使われていたと言われている。カッパドキアには全部で 1,000 以上の教会があり、そのうち約 150 の教会には壁画や彫刻の装飾が見られる。この半地下住居のほとんどは地下六階になるように作られたようである。同じようなものが Aksaray (アクサライ) の近くの Ihlara (エファアラ) と言う谷にも存在している、この谷においては 4,535 個の空洞、105 個の教会があると言われ、谷の深さは約 70 m もありかなり急傾斜の谷になっている。古くからカッパドキア地方の半地下住居の多くは、岩塊を丸ごと掘って作られているが、これは安全の為に同時に、他から隔離していたがためでもある。見つけにくい小さな穴を除き、外観から半地下住居がそこにあるとわかる目印はない。実際この小穴は入り口、窓、明かり採りの役割を果たしていた。



図—5 Ürgüp の風景



図—6 Göreme 谷の光景

(1) Ürgüp (ユルギュップ)

この町は奇岩に囲まれていて、かつて人々はこの岩山に多くの住居を掘って生活を営んできた。カイセリからカッパドキア地方を訪れる場合は、Ürgüp が玄関口となる。近年、近代的なホテルが多くなり、第 2 の中心都市として多くの観光客が宿を取っている。しかし、まだ十分カッパドキアらしいのどかな趣が残っている。町は奇岩に囲まれていて、現在は岩山の下の方だけを小屋として利用し、洞窟は地元の人が倉庫などに利用している(図—5)。10 世紀の記録によると、中世 Ürgüp には、司教館が置かれていたということである。

(2) Göreme (ギョレメ)

ギョレメには、洞窟教会が数多く残る谷がある、ここには 4 世紀頃からキリスト教徒が移り住み始め、修道院、教会などが数多く作られた(図—6)。その数は今でもすべて把握しきれてないと言う。聖者達の蛇退治の壁画が残る蛇の教会 Yılanlı Kilise (ユランルキリセ)、内部が薄暗いため、最後の晩餐等のフレスコ画が美しく保たれている闇夜の教会 Karanlık Kilise (カランルクキリセ)、その他サンデルの教会 Çarıklı Kilise (チャルクルキリセ)、リンゴの教会 Elmalı Kilise (エルメルキリセ)、またカッパドキアで最大の岩窟教会の一つで、フレスコ画の状態が最も良いとされる Tokalı Kilise (トカルキリセ)等、さまざまな名前の付けられた教会がみられる。どの教会も、外観の粗野な岩窟のイメージとは対照的に、内部は朱や青の美しいフレスコ画で飾られ、地上の教会と同じように

ビザンティン様式で作られている。隠れ住みながらも、硬い岩盤の天井をドーム型に掘り、全面を壁画で埋め尽くしていることから、当時の信仰の深さが感じられる。Göreme (ギョレメ) の谷の曲がりくねった斜面は、修道士達が好きなように教会を作るために便利であったので、この谷には 30 以上の教会がある。

(3) Ortahisar (オルタヒサル)

町の中心にまるで蜂の巣のような無数の穴の空いた岩山がそびえている。岩山のまわりに家が集まっている小さな村で、かつてはこの穴にそれぞれ人が住んでいたと思われるが、今日では納屋などに利用されている。岩山は、かつて住居として、また倉庫や要塞としても使われていたと言われている。近くには教会の跡がいくつか残っている。

(4) Çavuşin (チャウシン)

Çavuşin はかつての村の跡である。岩山が崩れてから新しい村が作られた。古い村は半ば埋もれているが、そこに洗礼者ヨハネの教会が残っている。この地方で一番古く、8 世紀に作られた教会の内部には丸天井の身廊と三つの後陣が備わっている。ほかにも、内部がフレスコ画に飾られた 10 世紀頃の洞窟教会も残っている。

(5) Zelve (ゼルヴェ)

Zelve はユニークな岩群の先の谷にある。カッパドキアの中でも、ゼルヴェはかなり風変わりな所で、切り立った岩山の間に入り込んだ細い峡谷の斜面に聖堂や大小の住居が蜂の巣のように集まり、かつてここがこの地域でも最大級の生活共同体があった事が推測できる(図-7)。人々はここに隠れ住み、教会や修道院を中心に宗教共同体的生活をしていっらしい。少なくとも 50 年前までここに人が住んでいたらしいが、岩がもろくなって危険になったため、1952 年に人々は Yeni Zelve (新ゼルヴェ) の村に移住した。現在、侵食の進みが激しくギョレメほど保存状態が良くないが、二つに分かれた谷に教会や住居跡、貯蔵庫跡などが多く残っている。

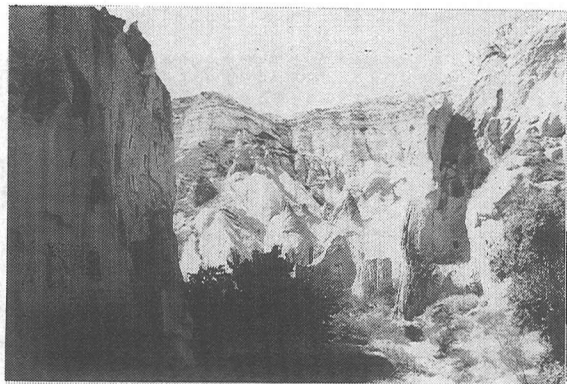


図-7 Zelve の風景

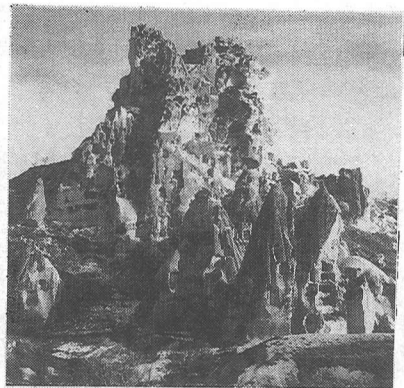


図-8 Uçhisar の鳩の家

(6) Uçhisar (ウチヒサル)

鳩の穴、または鳩の家はカッパドキア特有のものである。昔からのものもあれば、つい最近作られた物もある(図-8)。この家は栄養に富んだ鳩の糞を集めるのが目的とする。カッパドキアは水と栄養があれば緑豊かな土地なのである。たくさんの鳩小屋が Uçhisar 近郊の谷に集中しており、それにちなんで谷の名前が付けられた。ほとんどが個人所有の建物であり、鳩を寄せ付けるために色鮮やかに飾り付けているものもある。この谷においては、鳩の家は岩窟教会の正面を印象的に見せるための建築上の特色ともなっている。

(7) Soğanlı (ソーアナル)

ユルギュッパから南へ下った所にあるこの村は、テーブル状の山が続く谷間にありその土手一帯に数多くの教会や修道院が掘られている、どの教会にも美しいフレスコ画がある。また岩盤には鳩の目を引くために白く塗られた窓が無数にあり、独特の光景を作り出している。

(8) Ihlara (ウフララ) 溪谷

Melendiz (メレンディス) 断層によってできた谷間の谷底を Melendiz 川が流れている。約 16 km に渡る溪谷で、曲がりくねりながらずっと続いている。切立った断崖には 100 ヶ所以上のビザンチン教会、修道院が掘られており、かつてここに隠れ住んでいた修行僧達の生活が偲ばれる。フレスコ画も他の地方とは違った手法のものがあ、歴史的遺産の宝庫としても注目を集めている。

3.2 地下都市

地下都市は現在 36 箇所が確認されている。その中で一般に公開されているのは、その一部である。かつて、カッパドキア地方には確認されている出入口の数から、全体で 400～500 の地下都市があったと考えられている。地下都市の大半はエファラまたはギョレメのように、深い谷がない場所、すなわち平地の地下に都市を掘って築いた形態をとっている。これらは、地下 3 階まで不計画的な配置で造られ、それより深のものはおよそ計画的に配置されている。不規則に掘られた部屋は時代的には古く、規則的に掘られている所は主にキリスト教徒が造ったものと考えられている。成立の時期はおよそ 1,500 年前かそれ以前であると思われる。

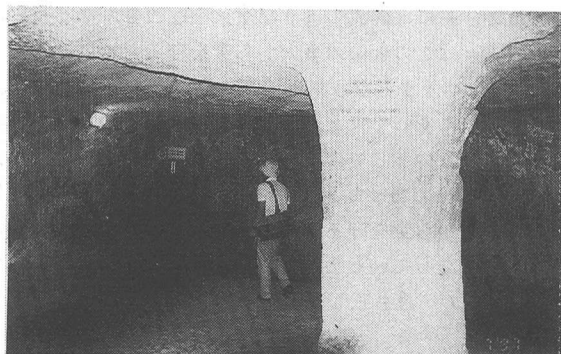
ここではカッパドキアに存在する地下都市の事例をいくつか挙げていくが、カッパドキアには岩に掘られたもののほかに、地下に作られた都市もたくさん残っている。どの地下都市も未だ学術的な調査が進んでおらず、まだその全容は明かではない。未だに土に埋もれたままのものも数多いと言われている。一般的にはヒッタイト人によって作られ後にキリスト教徒が迫害から身を守るために住み着いたとされている。簡単ではあるが、カッパドキア地方に存在する地下都市を以下に紹介する。

(1) Özkonak (オズコナック)

地下都市 Özkonak は Avanos (アバノス) の北 14 km に位置するオズコナック村の中心にあり、1972 年に発見された。この村には深さ 30 m 程の峡谷が約 4 km にわたって見られ、その崖に横穴がいくつも掘られている。地下都市に入っていくと、まず 2 つの大きな部屋が連なっている。最初の部屋の壁には飼料、もしくは水を受けるのに適した壁龕、および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。そして次の部屋に進んでいくと床に炉に使われたと思われる跡があり、天井を見上げると換気用の竅が地上につながっていた (図—10)。このキッチンの部分は電気照明がなされていないが、天井が円蓋状になっているのである程度の外光が取りこまれる構造となっている。このため目が慣れると特に人工的な照明がなくともある程度の作業が可能である。

(2) Kaymaklı (カイマックル)

Kaymaklı は Nevşehir から南へ約 20 km のところにある地下都市のひとつで、地下 8 階からなる大都市である。実際に中に入るとその巧みな設計技術に驚かされる (図—11)。換気口はかなりの深さまで掘られ、緊急の場合に備えて、巨大な石臼のような回転扉で通りを遮断する仕掛けもある。上層部には貯蔵庫や食堂、台所、中層部は教会や集会場などがあった。各層は異なる年代の居住者によって拡張され、まるで蜂の巣のように掘られている。



図—10 Özkonak 地下都市内部



図—11 Kaymaklı 地下都市内部

(3) Derinkuyu (デリンクユ)

Kaymaklı から南へ 10 km ほどのところにこの地下都市がある。デリンクユ地下都市はローマ、ビザンチン時代をはじめ様々な時代を通して存在している。古くはヒッタイト人住んでいたと考えられる。これは、地この下都市から、ヒッタイト期の作品と思われる大理石の彫刻「頂の鷲」。(現在アンカラのアナトリア考古学博物館に貯蔵)が見つかったことから明らかになった。現在地下 8 階まで発掘調査が進んでいる。深さは約 55 m、面積は 2,500m² にまで広がっているが、この地域にはこのような地下都市がまだ 30 箇所以上残っていると考えられている。デリンクユとは深い井戸を意味し、どの階からも水がくめるように井戸が掘られている。この都市には多いときで約 1 万人が住んでいたと言われている。地下 1 階は寝室、食堂、台所、ワイン貯蔵庫と馬屋、地下 2 階に

は祭壇のある教会、3、4 階は台所、避難所、学校、聖品置き場で洗礼場もあった(図-12)。空気口は 52 箇所あり、85 m の深さまで達している。以上の事例はカッパドキア地方の地下都市の一部分を紹介したに過ぎないが、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った。特に地下都市デリンクュは、ほぼ平坦な土地の地下に造られたもので、垂直方向の経路だけで地表とつながる形態は、カッパドキア地方の地下都市の中でも特異な存在である。

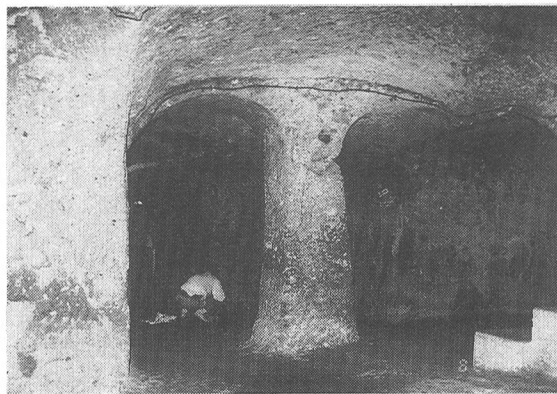


図-12 デリンクュ地下都市内部

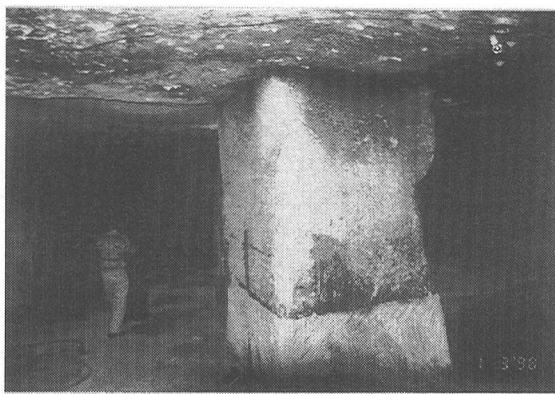


図-13 Ortahisar 地下貯蔵施設

3.3 地下空間利用の動機

カッパドキア地方に地下都市を建設した動機は幾つか考えられる。地下都市は少なくともペルシャ時代(2,600 年前)にはその原型が存在していて、カッ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。

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たと考えられる。よってカッパドキア地方に住むの人々は厳しい気象条件から身を守るために地下空間を利用したと思われる。

この地域は大きな三つの火山 Erçiyas、Melendiz 及び Hasandağ に囲まれている、これらの火山は基本的に流紋岩系の噴火を起こしており、また流紋岩系の噴火だとすると、主に火砕流のような噴火を起こしかなり遠い所まで噴出物が到達した事が伺える。したがって、この周辺の人々はこの火山の噴火から身を守るために地下都市を建設したのではないかと推測することができる。チャタルヒュックと言う集落の家の壁に 8,500~9,000 年前のハサンダーの火山活動を描いている壁画がある。またこの地域にやって来たペルシア人の歴史家の記録によると、この三つの山を聖なる山と呼んでいる。昔のペルシア人は火を神として崇拝し、この三つの火山を聖なる山としていることから、この火山の噴火活動は 2,000 年前までは活発であったと思われる。したがって、この地域において長期にわたって火山活動が行われていたとすれば、災害から身を守るために地下で生活する事を余儀なくされたと考えられる、それが最終的には地下に住む事が習慣になっていったと思われる。最終的な結論としてはどの説が正しいかと言う事より、全ての説を総合して考えたものが最も正しい説ではないかと考えられる。

4. 現代における地下空間利用

この章では、カッパドキア地方のいくつかの場所では、現在使われている地下空間の利用事例について述べる。

4.1 地下貯蔵施設

主に果物および野菜を貯蔵するため、Ortahisar、Mazıköy (マズキョツク)、Ürgüp、Avanos で、新たに地下空洞が建設されている。これらの地下空洞の掘削は、主に人力あるいは機械掘削によって行われている(図-13、図-14)。人力による掘削後の壁面の模様は地下都市で見られるものとほぼ同様であるため、その掘削法は古来のものとさほど変わっていないと思われる。空洞の幅は 12 m、高さは 5 m、奥行きは 25 m 程度である。空洞は無支保で、長いスパンは 2 m×2 m の岩柱で支えられている。果物として、地中海地方産のミカン・オレンジ・レモン、カッパドキア地方産のリンゴ・スイカ・メロンが貯蔵されている。野菜として、ポテト・玉ねぎ・ピマ

ン・トマト等が貯蔵されている。新たに地下空間が作られている地方周辺は近年ポテトの栽培が盛んなため、その貯蔵をする必要が増加した。そのためにロード・ヘッダーにより掘削した横穴式貯蔵空洞が増加している。これらの空洞も無支保で、幅は5 m、高さは5 m、空洞の奥行き長さは50~60 m程度にもなる。



図-14 Mazıköy 地下貯蔵施設

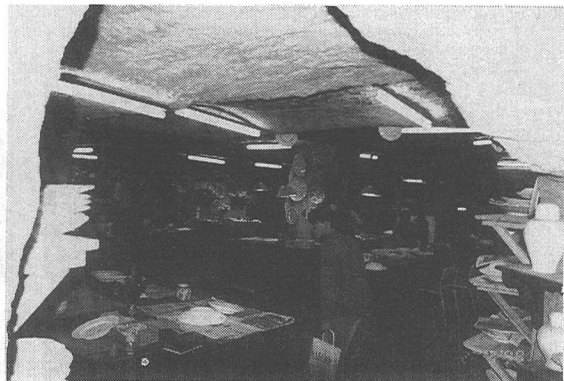


図-15 陶器工場

4.2 地下工場

カッパドキア地方は世界で初めてワインを生産した地として知られており、この地域特有の葡萄を利用してワイン生産は今も小規模の地下工場が続いている。ワインを成熟させる過程で貯蔵する環境として、適当な温度・湿度を維持することが重要である。ここでは、温度・湿度が年間を通してほぼ一定である地下洞で、その特性を生かし、ワインを樽で成熟させている。また、Avanos で200年にわたって陶器を製造する地下工場ある（図-15）ここでは工場全体が地下にあるが、地下が湿度一定であることを生かして、成形後の陶器をゆっくりと乾燥させている。

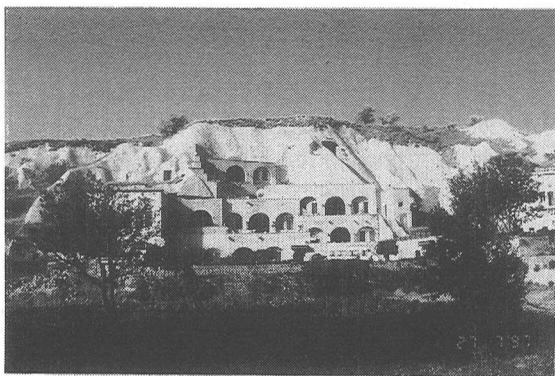


図-16 Alfina ホテル

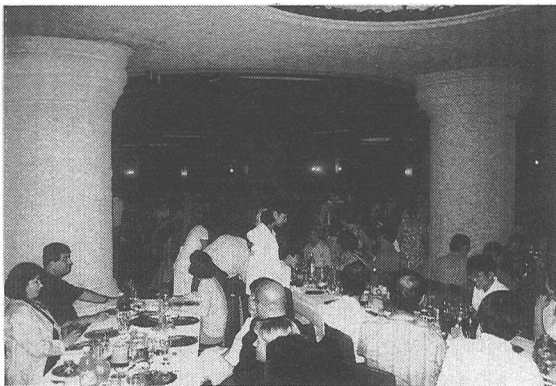


図-17 Karakuş レストラン

4.3 半地下ホテル・レストラン・ディスコ

近年、観光地になってきたカッパドキア地域で過去の地下空間利用を合わせて、Ürgüp、Ortahisar および Uçhisar で既存の地下空洞を利用して半地下ホテル・レストラン・ディスコなどが再開発されている。その代表的な例は奇岩ホテルで名高い Alfina ホテルである（図-16）。このホテル5階建ての半地下型で、4月から11月まで営業し、寒さの厳しい冬季には訪れる観光客も少ないために閉鎖される。このホテルは既存の地下空洞を再開発して建設されたものである。これより小規模のホテルは Uçhisar や Mustafapaşa でも営業している。また、既存の地下空洞を再開発して、現地にレストラン・ディスコが建設されている。その中には2,500 m²の床面積を持つ Karakuş レストランもあり、現在改築されている（図-17）。

4.4 半地下住居

Ürgüp、Uçhisar、Mustafapaşa、Mazıköy 等で半地下住居が数多く存在し、今も利用されている。これらの住居は一般の住居と同様に売買されているが、改築する際にトルコ政府文化省から特別な許可が必要となる。また、専門家による居住するための安全性の検討が必要とされる。これらの住居はほぼ2~3階建てであり、1階は家畜、

2、3 階は居住するため利用されていることが多い(図-17)。これらの住居は夏涼しく、冬暖かい。夏は冷房がほとんど必要ない³⁾。冬は、僅かな暖房によって暖めることが可能であり、かなり経済的である。岩盤の浸透係数が小さいため、地下水の浸透速度がかなり遅く、壁面付近の水分はすぐに蒸発するので快適な湿度環境が得られている。



図-17 Atilla Dinçer の半地下住居

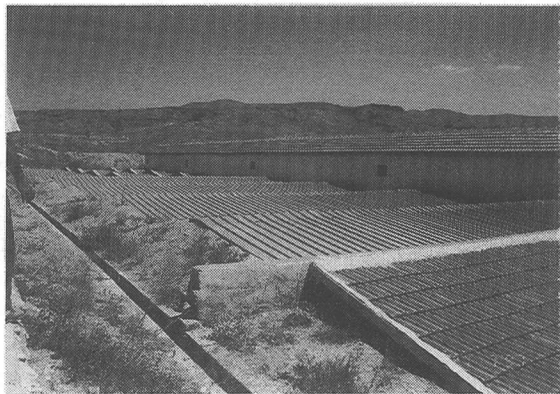


図-18 半地下キノコ栽培施設

4.5 地下野菜栽培施設

Ürgüp および Avanos 近辺にキノコ栽培のために半地下施設が建設されている。Ürgüp 近郊でキノコ栽培のため掘削された空洞があり、図-24 は Avanos 近辺で半地下キノコ栽培施設を示す。

5 結論と今後の研究課題

本論文は、トルコのカップパドキア地方で過去から現在までの地下空間利用事例を取り上げその経緯および問題点を考察することを目的とした。はじめに、カップパドキア地方の地理・気象・地質について簡単に説明した。そして、過去における地下空間利用として半地下住居、地下都市、地下空間利用の動機およびその歴史について述べ、カップパドキア地域の地下空間利用は 1,500 年前よりも古いことを紹介した。さらに現代における地下空間利用事例として貯蔵施設(果物、野菜、ワイン)、地下工場、半地下ホテルやレストラン、半地下住居、地下野菜栽培施設を紹介し、そのメリットを論じた。カップパドキア地方は有史以来、地下空間利用に関して世界にほとんど例のない歴史を重ねてきた。本論文は、この地方にある無数の地下空間の利用事例の中からほんの一部を紹介したに過ぎない。カップパドキア地方における地下空間の利用状況および住環境と周辺岩盤の長期挙動をさらに明らかにするためには、さらなる研究をすすめる必要がある。

謝辞

本研究をすすめるにあたり、共同研究者である İstanbul 工科大学 E.Yüzer 教授、M. Erdoğan 助教授、Hacettepe 大学 R.Ulusay 助教授、Pamukkale 大学 H.Kumsar 助教授の現地調査における協力および助言に、ならびに Nevşehir 博物館と Derinkuyu 地下博物館関係者の協力に感謝する。本研究は文部省科学研究費補助金(国際学術共同研究—研究代表者: アイダン・オメル; 課題番号: 09044154)により行われたことを付記する。

参考文献

- 1) Aydan, Ö., Ulusay, R., Yüzer, E., Erdoğan, M. (1998): Man-made rock structures in Cappadocia, Turkey and their implications in Rock Mechanics and Rock Engineering. ISRM News Journal.
- 2) Erguvanli, K., Yüzer, E. (1977). Past and present use of underground openings excavated in volcanic tuffs at Cappadoica area. Rock Storage, Oslo, 15-20.
- 3) 清木隆文、アイダン・オメル、西淳二、市川康明(1998):地下空間における温・湿度特性に関する一考察—トルコ共和国・カップパドキア地方の地下施設について。第4回地下空間シンポジウム論文報告集(投稿中)