

LÁVAÜREGEK KELETKEZÉSE, TÍPUSAI ÉS FORMAKINCSE

DR. BALÁZS DÉNES

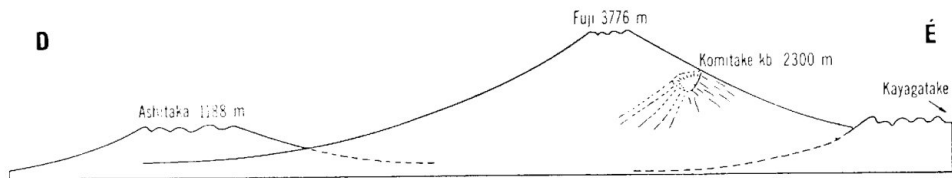
A bazaltláva-folyások sajátos képződményei a különféle üregek és a fejlődésileg hozzájuk kapcsolódó felszíni formák. Hazánkban ilyen képződményeknek legfeljebb a nyomaira bukkanhatunk, mivel ezeket a gyorsan pusztuló jelenségeket az utolsó kiömlések óta eltelt időben a denudáció megsemmisítette.

Kiváló lehetőség nyílik e közetminőséghez kötött formák tanulmányozására a Japán-szigeteken, különösen a legmagasabb, jelenleg szunnyadó állapotban levő Fuji-vulkán lejtőin. Az itt előforduló — általában tízezer évnél fiatalabb — láva-folyamok a recens vulkáni képződmények igen változatos gyűjteményét tárják eléink. Tanulmányunkhoz a példákat innen vettük.

A Fuji-vulkán¹ kialakulása

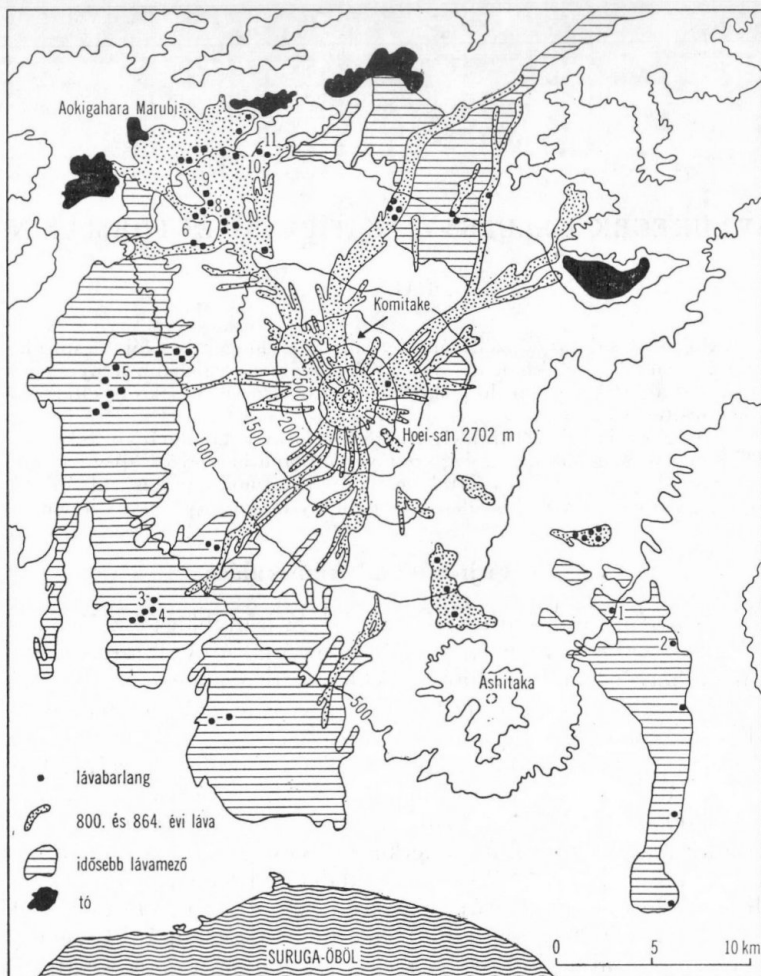
A Fuji-san¹ a Honshu-szigetet ÉÉNy—DDK irányban átszelő hatalmas szerkezeti törés, Fossa Magna mentén alakult ki, az ún. Fuji vulkanikus övezet közepe táján. Ennek helyén a neogénban — különösen a miocénban — mély tengeri árok húzódott, amelyben több mint 10 000 m vastagságú tengeri üledék és tenger alatti vulkanikus kiömlési anyagok halmozódtak fel.

A japán geológusok, élükön HIROMICHI TSUYA professzorral, a Fuji fejlődéstörténetében három szakaszt különítenek el. Az első szakaszban, a pleisztocén közepén (500 000—600 000 év között) a Komitake nevű vulkán kezdett működni. Ez a kúp a már korábban keletkezett Kayagatake és Ashitaka tűzhányók vonalában, a mai Fuji-krátertől É-ra növekedett fel 2300 m magasságba (1. ábra). A második fejlődési időszak az újpleisztocénban, 50—60 000 évvel ezelőtt kezdődött, amikor a Komitake már kialakult vulkán volt. A vulkáni tevékenység a mai kráter DNy-i része alatt indult meg és kialakult az ún. Ko-Fuji (Öreg Fuji). Kb. 20 000 évvel ezelőtt a Ko-Fuji tevékenysége is befejeződött. A harmadik



1. ábra. A Fuji szabályos kúpja a korábbi Ashitaka-, Komitake- és Kayagatake-vulkánok törési vonalán alakult ki

¹ Nálunk gyakran Fudzsjáma (Fuzsijáma, angolosan Fujiyama) néven emlegetik. A japánok ezt a kifejezést nem használják, hanem a vulkánt *Fuji-san*-nak nevezik. A „yama” és a „san” írásjegye a japánban ugyanaz, a kimagasló vulkáni kúpokra azonban a *san* — magyarul: szán — szó használatos.



2. ábra. Fuji-vulkán felszínén levő fiatalabb lávaárai, valamint az ezekben kialakult és feltárult, harminc méternél hosszabb lávafolyások. Az utóbbiak közül a szerző a térképen számokkal jelzett következő üregekben végzett megfigyeléseket: 1. Óno-fuketsu, 2. Komakado-kaza-ana, 3. Mado-ana, 4. Kobo-ana, 5. Mitsuike-ana, 6. Motosu-daini-füketsu, 7. Motosu-hyoketsu, 8. Motosu-daiichi-füketsu, 9. Fuji-füketsu, 10. Shoiko-daini-füketsu, 11. Shoiko-daiichi-füketsu

fejlődési szakaszban már a jelenkor kezdetén, 10 000 évvel ezelőtt újra erős vulkáni működés kezdődött a korábbi két kúp között és ez hozta létre a jelenlegi csaknem szabályos kúpformát, a Shin-Fujit (Új-Fuji). A Shin-Fuji kitöréseinek termékei teljesen elfedték a korábbi Ko-Fujit és részben elborították a valamivel távolabb fekvő Komitake lejtőit is.

Az elmúlt 1200 évben a korabeli feljegyzések szerint 13 alkalommal lépett működésbe a Fuji. A leghevesebb kitöréseket a 800., a 864. és az 1707. években figyelték meg. Az első alkalommal 35 napon át erős lávaömlést észleltek a központi kráterben, amelynek anyaga minden irányban utat tört a hegy lejtőin.

A 864. évi kitörés idején a vulkán ÉNy-i oldalán egy parazita kráter bocsátott ki tetemes mennyiségű (kb. egyharmad km^3) bazaltlávát. A harmadik és egyben a legutolsó nagy kitörés 1707-ben következett be a vulkán DK-i lejtőin. Ez már nem lávát szolgáltatott, hanem az igen erős gázrobbanás nagy mennyiségű salakanyagot halmozott fel a kialakult hármaskráter, a Hoei-san peremén és a tőle K-re eső lejtőkön (2. ábra).

A Fujit napjainkban „alvó” vulkánnak tekintik. A keleti kráterperem mentén 1935-ben még 77—85 $^{\circ}\text{C}$ -ú fumarolákat észleltek. A vulkán lejtőire telepített szeizmográfok jelenleg is igen sok, kis amplitúdójú elmozdulást jeleznek a hegy testében. A japán vulkanológusok nem tartják kizártnak, hogy a Fuji valamikor ismét működésbe kezd.

A Fuji-san kráterperemének legmagasabb pontja 3776 méterre emelkedik a tengerszint fölé. A vulkáni palást átmérője az alapszinten 50 km, kerülete 153 km. Az eruptívumaival befedett terület nagysága 900 km^2 , a kőzet tömege pedig 1400 km^3 . A kúp tetején elhelyezkedő központi kráter 500 m átmérőjű és 250 m mély. A vulkán oldalain 60 nagyobb parazitakúp emelkedik. A kecsesen homorító lejtők szöge a főkráter közelében 32° , az oldalakon fokozatosan süllyed 25— 17° között, majd a talprészen közel vízszintesbe megy át. A kráter peremén meteorológiai állomás működik, amelynek adatai szerint az évi középhőmérséklet a tetőn —6,8 $^{\circ}\text{C}$. A téli hótakaróból a nyár végére már csak foszlányok maradnak meg az árnyékos szakadékokban.

A lávaüregek genetikai típusai

A Fuji-san láblejtőin 1972 közepén összesen 79 nagyobb lávaüreget ismertek a kutatók, a felfedezett és leírt barlangok száma azonban évről évre növekszik. Az üregek többsége a 800. és 864. évi effúziók lávaáiraiban található, de az idősebb lávafolyamokban is előfordulnak hozzáférhető üregrendszerek. A legtöbb láva-barlangot a 30 km^2 kiterjedésű Aokigahara Marubi lávamezőn figyelték meg, amely 864. évi kitörés eredményeképpen viszonylag magas gáztartalmú olivin-bazaltból áll (2. ábra).

A Fuji-san barlangjait már ősidők óta ismeri a környéken élő nép. Az első részletesebb írásbeli emlék a XI. századból származik és arról tudósít, hogy egy Minamoto nevű sogun utasítására hat tagú expedíció kutatta át a Hito-ana föld alatti járatait. (Az *ana*, valamint más elnevezésekben a *do*, *ketsu* és *fuketsu* szavak barlangot jelentenek.) Hamar ismertté váltak azok az üregek is, amelyek a „szent hegyre” igyekvő zarándokok útvonalába estek. Ezeket a nép „tainai”-nak nevezi. A barlangok egy részét vallási célokra rendezték be, jelenleg is több tágas üregben sintó vagy buddhista vallási szentély található. A barlangok tudományos kutatása az első világháború után indult meg (ISHIWARA 1929) és különösen az utolsó két évtizedben teljesedett ki.

A lávaárakban keletkezett barlangok általában szingenetikus üregek, azaz a kiömlő magma megszilárdulásával, közetté válásával egy időben képződtek. A karsztbarlangok viszont (néhány sajátos esettől eltekintve) ún. posztgenetikus, később keletkezett üregek (JAKUCS 1962). Természetesen a vulkanikus kőzetekben is kialakulhatnak posztgenetikus üregek a kéregmozgások, a víz eróziója stb. hatására (ezekkel most nem foglalkozunk).

A Fuji-san példái nyomán a szingenetikus bazaltüregeknek négy fő genetikai típusát különböztethetjük meg:

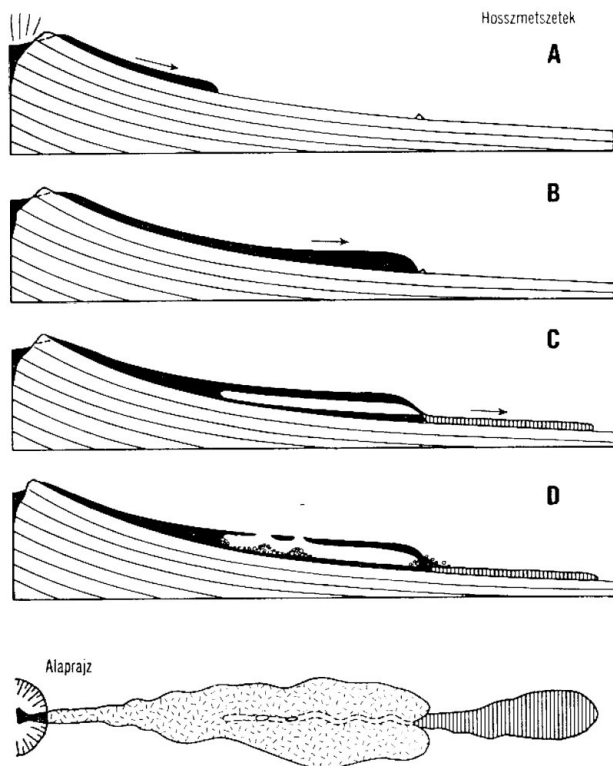
1. lávafolyosó,
2. lávzsomboly,
3. gázhólyagüreg és
4. falenyomatüreg.

Természetesen előfordulhat, hogy valamely üregrendszer kialakításában nem egy, hanem több genetikai hatás is érvényesült.

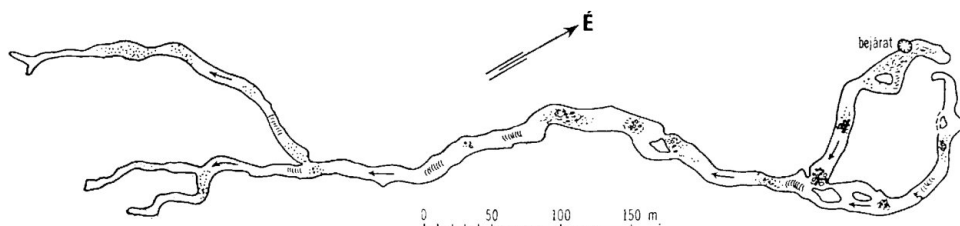
1. Lávafolyosó

A bazaltlávaárak legjellegzetesebb és leggyakoribb képződményei a kéreg alatt meghúzódó *lávafolyosók* („lava tunnel”, „lava tube”). Keletkezésük általános sémáját a 3. ábra szemlélteti.

A vulkáni működés során a felszínre érkező magmaanyag hőfoka 1000—1500 C°. A lejtőn lefelé áramló híg láva felszíne a levegővel érintkezve fokozatosan lehűl és megszilárduló salakos lávarögök, kisebb táblák keletkeznek rajta. A folyamat hasonló a folyóvíz befagyásához, amikor is a felszín előbb zajló jégtáblák lepik el. Az egyre kisebb esésű lejtőkre érkező lávaár mozgása lelassul, olykor már csak 10—15 métert tesz meg napjában. A felszín borító salakos kéreg tovább vastagodik, a lávatáblák egymáshoz tapadva „összefagnak”, míg



3. ábra. A lávafolyosó keletkezése. A = A kráterből megindul a lávaömlés. B = A lejtőn lefelé mozgó láva akadályba ütközve megtorlódik, átmenetileg stagnál. C = A növekvő belső nyomás hatására a híg láva áttöri a megszilárdult kérget és kifolyik alóla. D = Az erózió hatására az üreg boltozata beomlik és a lávafolyosó hozzáférhetővé válik

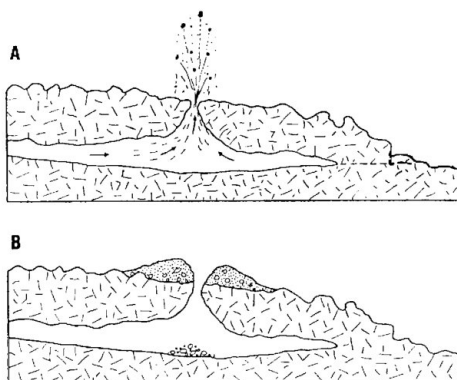


4. ábra. A Fuji jelenleg ismert leghosszabb lávafolyosója, a Mitsuike-ana (Három tavacska barlangja). Összekapcsolódó, majd újra szétágazó lávafolyások alakították ki a barlang 1300 m hosszú folyosórendszerét. A térképen nyíl jelzi a lávafolyások irányát. (TAKANORI OGAWA térképe alapján)

alattuk egyre növekvő nyomás alatt híg lávaanyag húzódik meg. Ha a lávaár nyelve felszíni akadályba ütközik, vagy mély árokvölgyet ér el, a merev lávakéreg felszakad és kiáramlik belőle a folyékony láva. A domborzati akadály nem feltétlen kelléke a lávafolyó megcsapolódásának, a lávaárban kialakuló túlnyomás, a gázok feszítő ereje is szétvetheti a kevésbé ellenálló kéregrészt.

A folyékony lávaanyag kitüremlésével a lávafolyosó részben kiürül, a szilárd kéreg alatt hosszan elnyúló, gázzal telt tér alakul ki. A kiömlési nyílást — miként a befolyás helyét — az utólagos lávaömlések („terminal lava”) rendszerint eltörölszölik, befagyasztják. A lávafolyosók többsége ismeretlenül húzódik meg a lávaárak mélységében és csak akkor szerezhethetünk róla tudomást, ha az erózió megbontja a csatorna 3–10 m vastagságú mennyezetét és az felszakad. Több lávafolyosó útépítés során tárt fel.

A lávafolyosók hossza pár tíz m-től több km-ig terjedhet. A Fuji-san ismert leghosszabb barlangja a Mitsuike-ana 1300 m kiterjedésű (4. ábra). A lávafolyosó alaprajzi formája kevésbé kanyargós, mint a karsztbarlangoké, ahol az egymásra merőleges törésvonalak jelölik ki a karsztvizek útját. A lávafolyosók többsége egyetlen ágból áll, de a Fuji-san lávaáraiban szép számmal fordulnak elő szétágazó, illetve összetalálkozó lávafolyosók is. Az ilyen összetett barlangok eredetének, fejlődésének megmagyarázása sokkal nehezebb feladat, mint a karsztbarlangok esetében, ahol az üregképződésnek közvetlen szemtanúi lehetünk. A lávafolyosók esésszöge viszonylag kicsi, leginkább 1–10° között változik,



5. ábra. A lávazomboly kialakulása gázkitöréssel. A = A lávafolyosó üregterében forró gázok préselődnek össze és felszakítják a kéreg legkevésbé ellenálló részét. B = A gázrobbanás utáni állapot

de ritkán előfordulnak hirtelen esések, ott, ahol a láva hajdanában zuhatagszerűen ömlött le.

A lávafolyosók kereszttszelvénye igen változatos. Eredeti formájukban általában kerek vagy ovális alakúak voltak, de a tömbösen megszilárdult kéreg beszakadozása folytán a primér formák hamar átalakulnak. A lávafolyosók felső és középső szakaszán a magasságok általában meghaladják a szélességet. Ezekben a szakaszokban érvényesült elsősorban a még viszonylag magas hőfokú láva olvasztó és ezáltal medermélyítő hatása. A lávafolyosók felső szakaszaiban különösen jól megfigyelhetők a falakon a lávaszint fokozatos süllyedését jelző „lávateraszok”. A lávafolyosók alsó szakaszaira általában a fekvő elliptikus szelvény jellemző, amelynek aljzatán vízszintes síkot alkot a megszilárdult lávafolyó s ez hovatovább teljesen elszűkíti, mennyezetig kitölti a járatot.

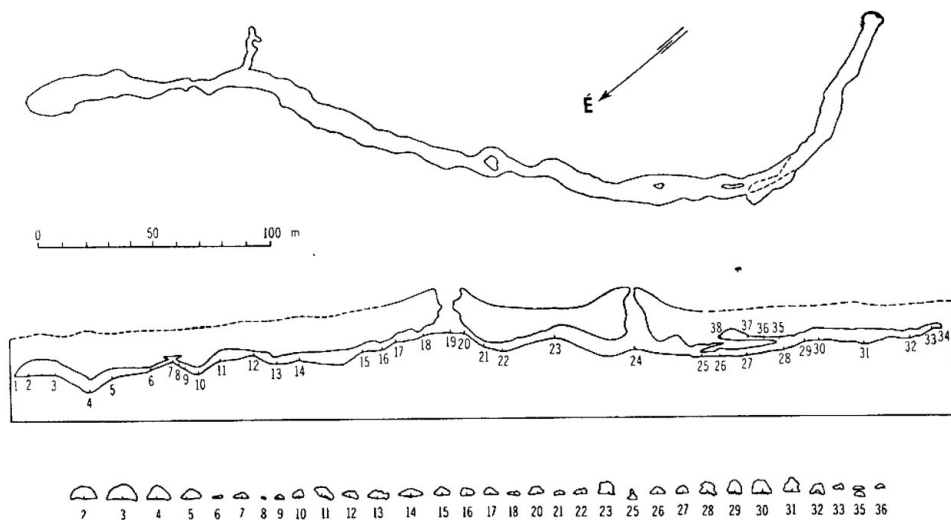
2. Lávazsomboly

Fiatal lávamezőket járva, gyakran aknaszerű, függőleges üregekre bukkanhatunk. Viszonylag nem mélyek (5—15 m), aljukat a beomlott törmelék fedi, melyen keresztül — olykor csak bontással — elérhető mindkét irányban a lávafolyosó folytatása. Az aknák egy része a mélyben megbúvó valamelyik lávafolyosó mennyezetének fokozatos felfelé harapódzásával jött létre, tehát eredete hasonlít a karsztvidékek szakadéktöbreihez.

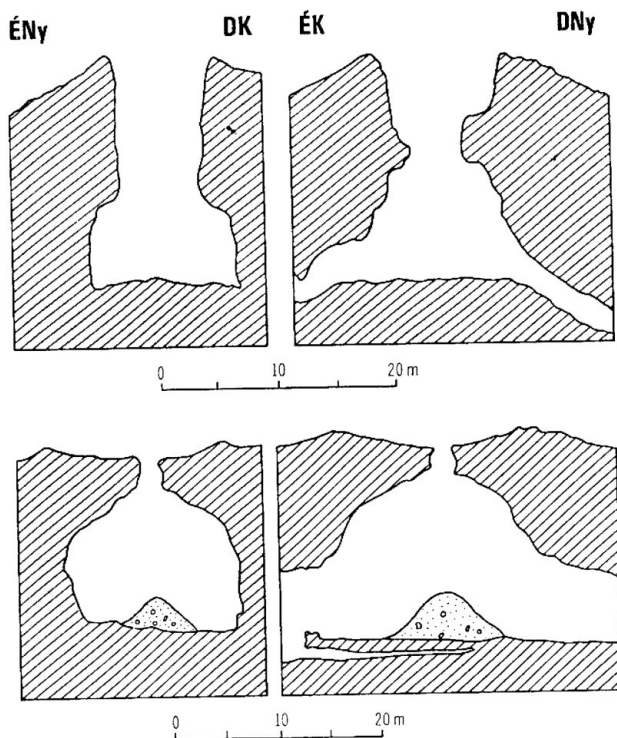
A Fuji-san lávaárai, különösen a 864. évi Aokigahara Marubi szép példákat szolgáltat egy egészen más módon keletkezett barlangakna, a gázkifúvásos lávazsomboly megismerésére. Az ilyen képződmény („gas blow-hole”) kialakulásának is előfeltétele egy tekintélyes üregtérfogatú, zárt lávafolyosó, amelyben a még folyékony, ill. pépes állapotban levő gázdús lávából nagyobb mennyiségű forró gáztömeg halmozódhat fel. Ha az üregben a gázok nyomása oly magasra emelkedik, hogy a folyosó mennyezete már nem képes annak ellenállni, a nagy energiájú gáztömeg áttöri a szilárd kérget és a keletkező nyíláson (diatréma) át a szabadba tódul. A kirobbanó gázok több-kevesebb szilárd lávaanyagot sodornak magukkal, amelyek visszahullva a kitörési kürtő körül a lávamező felszínén valóságos salakkrátert hoznak létre (ál-parazitakúp) (5. ábra). A diatréma oldalain és a lávafolyosó közel eső falain (főleg a mennyezeten) jól megfigyelhetők a nagy sebességgel kiáramló forró gázok által létrehozott „korróziós” formák. Ilyenek a falakon látható oldásos vájak, a kifúvás irányába elferdített (korábban keletkezett) lávasztalaktitok stb.

Elméletileg egy lávafolyosóhoz — egy kifúvásos kürtő (lávazsomboly) tartozhat, hiszen a kürtő megnyílásával a gázok a továbbiakban már szabadon eltávozhattak. Ennek ellenére például a Motosu-daiichi-fűketsu-ban (Motosu II. barlang) egymástól alig 80 méter távolságban két hatalmas gázkitörési kürtőt is találhatunk. Fel kell tételeznünk, hogy a két kürtő közötti lávafolyosó időlegesen elzáródott, így két különálló magas nyomású gáztér alakult ki, amelyek külön-külön kirobbantak (6. ábra).

A gázkifúvásos eredetű lávazsombolyok viszonylag rövid életű jelenségek. A diatrémák falait a gázrobbanás összeroposztja és azok rohamosan beomladoznak. Viszonylag ép állapotban találtam a Banba-ana (Öreg asszonyok barlangja) nevű, 18 m mély lávaaknát, amely pontosan 1108 évvel látogatásom előtt keletkezett és összeszűkülő szájnyílása mindössze 1,8×1,5 méter. (E barlangakna eltömődését a múltban különös emberi tevékenység is siettette: a japánok a tehertélt jelentő idős asszonyokat ide dobálták le, majd omladékat zúdítottak le rájuk) (7. ábra).



6. ábra. A Motosu-daiichi-fûketsu (Motosu II. barlang) lávafolyosójából két gázrobbanásos kürtő (lávazomboly) nyílik a felszínre. A felső rajz a lávafolyosó alapterületét ábrázolja, a középső a hosszmetézetét, alul pedig a mérési pontoknál felvett keresztmetsvényeket láthatjuk. (Készült TAKANORI OGAWA térképe alapján)



7. ábra. A Motosu-daini-fûketsu (fent) és a Banba-ana (lent) gázkifúvások kürtőinek szelvényei a lávafolyosóra merőlegesen és annak hosszirányában. (H. TSUYA nyomán)

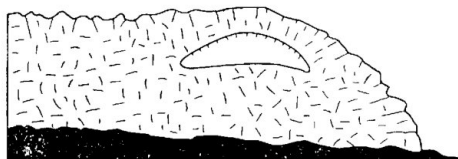
3. Gázhólyagüreg

A gázdús lávában gyakoriak a megszilárdult kéreg alatt létrejövő gázüregek (gázhólyagok, gázbuborékok), amelyek 5—10 m átmérőjű barlangokká is bővíülhetnek. Keletkezésük a Fuji-san példái nyomán gyakran összekapcsolódhat a lávaár útjába kerülő fatönkök kiégésével. Az ismert gázhólyagüregek száma viszonylag kevés, mivel ritkán szakadoznak fel természetes úton (8. ábra).

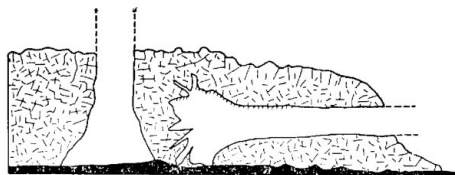
4. Falenyomatüreg

Az előző üregformáktól genetikailag teljesen eltérő az ún. „tree-mold” vagy falenyomatüreg képződése. A Fuji-san lejtőin a kedvező talajviszonyok és a bőséges csapadék hatására a múltban óriási fákból álló erdőségek alakultak ki. A vulkáni működések lávaárai benyomultak az erdőségekbe, elhamvasztották a vékonyabb fákat és magukba zárták a vastagabb törzseket. Ezek teljes elhamvadása csak az esetben következett be, ha az égéshez a szükséges levegő eljuthatott. A lávával teljesen körülzárt, kidőlt fatörzsek a tökéletlen égés következtében csupán elszenesedtek és így épültek be a megszilárduló lávamezőbe. Később a mélybe jutó vizek elmállasztották a kitöltéseket, vagy pedig az emberek bányászták ki belőlük a faszenet, s így szabaddá váltak az elpusztult fák negatív formái (9. ábra).

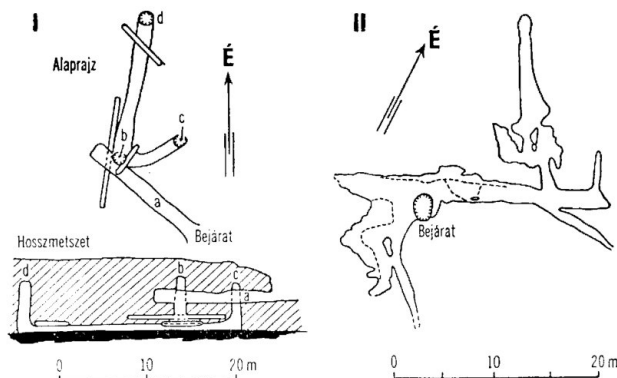
A falenyomatüregek alakja igen változatos. Találunk például 4—5 m-es függőleges aknákat, amiket a japánok fudoiwa típusnak neveznek. Ezek talpon álló fák kiégése útján keletkeztek és különösen gyorsan pusztuló, eltömődő jelenségek. Gyakoribbak a vízszintes tree-moldok, amelyek ledőlt faóriások lenyomatai. Egyik-másik ilyen üreg valóságos labirintust alkot a kiformalódásukban szerepet játszott, egymásra dőlt fatörzsek miatt (10. ábra). A feltárult leghosszabb falenyomatrendszer kiterjedése meghaladja az ötven m-t, az üregek körszelvényű átmérője pedig általában 1—2 m, de találtak 3,2 m átmérőjű csőfolyosót is. A japán barlangkutatók eddig 11 nagyobb egyágú és 6 többágú falenyomatüreget írtak le. A tree-moldokból előkerült faszénmaradványok biztos alapot nyújtanak az egyes lávaárak korának abszolút meghatározásához.



8. ábra. Gázhólyagüreg a Sierra Negra-vulkán déli lejtőjén (Isabela-sziget, Galápagos, Ecuador). A barlang mennyezet beszakadása útján volt ismertté



9. ábra. A falenyomatüregek képződése. Az álló fák lenyomataként kialakult függőleges aknákat fudoiwa típus üregeknek nevezik



10. ábra. Álló és fekvő fák lávaelöntése útján keletkezett összetett falenyomatüregek („tree-mold”). Bal oldalon Yoshida-tainai, jobb oldalon: Juriki-hyoketsu (jeges falenyomatbarlang). (H. TSUYA nyomán)

A lávaüregek képződményei

A különböző típusú lávaüregek képződményei, kitöltő anyagai genetikai szempontból két csoportba sorolhatók:

A) magából a barlangüreget bezáró kőzetből helyben létrejött alakzatok (autochton formák), amelyek egyben szingenetikus, tehát az üreggel egy időben keletkezett képződmények,

B) a külső környezetből különböző módon a barlang üregterébe jutott kitöltő anyagok és képződmények (allochton formák).

A) Autochton képződmények

A lávaár anyagából képződött üregkitöltő formakincs elhelyezkedésük szerint három részletben tárgyalhatjuk: az aljzat, az oldalak és a mennyezet képződményei.

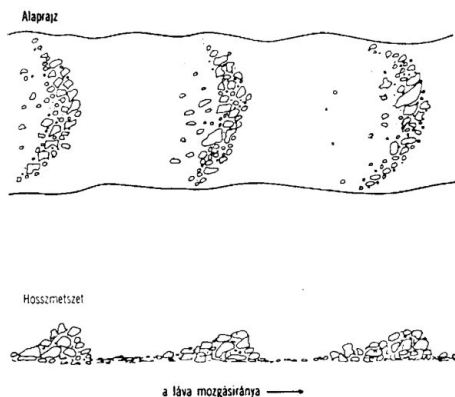
A lávaüregek aljzatának képződményei:

a) *Fonatos aljzat* („ropy floor”). A gázban szegény láva a lávafolyosó alján — miként a felszínen is — sima kérgezésű fodrokban, kötélfonathoz hasonló alakban szilárdul meg. Az üregfalakkal párhuzamos kötegformák jól jelzik a lassan mozgó láva voncsolódását, míg a stagnáló, összetorlódó láva fonatai az üregfalakra merőlegesen helyezkednek el.

b) *Rögös aljzat* („block lava-floor”). Ha a felszín alatti lávafolyó anyaga gázban dús, akkor a lávaár felszínén lávarögök szilárdulnak meg, amelyek olyanná teszik az üreg aljzatát, mint a frissen szántott száraz tarló. Rögös aljzat jöhet létre a lassan kihűlő fonatos lávából is, ha annak szakaszos mozgása a lávadarabokat ívelt turzásokba tömöríti („ropy block-lava floor”) (11. ábra).

Mind a fonatos, mind a rögös láva hirtelen esésű küszöbökön átbukva *lávazuhatagokat* alkot. A megdermedt lávafolyók felszínén gyakori akadályokat képeznek a mennyezet lehulló omladékai, a kisebb-nagyobb lávatömbök.

c) *Lávahidak*. Ha a lávafolyosó megcsapolása szakaszos, a stagnáló lávafolyam felszíne bekérgeződik. Az újabb lávamozgás során a megszilárdult kéreg alól kitüremlik a láva, míg a visszamaradó álmennyezet („álfenék”) az üregfolyosót hosszanti irányban két szintre bontja. Az újabb lávaömlések, gázrobbanások,



11. ábra. Sajátos képződmény a Fuji lávafolyosóiban: a szakaszosan mozgó fonatos láva összetörédezett felszíne ívelt turzásokat alkot. (H. TSUYA nyomán)

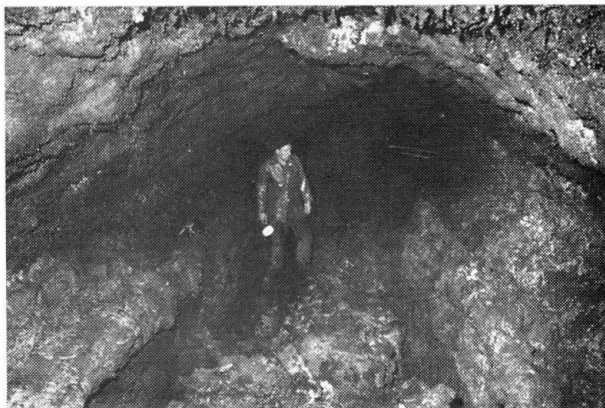
földrengések stb. hatására az álmennyezet leszakadozhat, de az ellenállóbb részen gyakran megmaradnak az ún. *lávahidak*, a félig beszakadt részek pedig az oldalfalhoz kötődő *lávaerkélyek*.

d) *Lávasztalagmit*. A cseppkőbarlangok jellegzetes képződményei az állócseppkövek vagy sztalagmitok. A lávafolyosókban a mennyezetről leszakadozó bazaltolvadékból ritkán alakulnak ki *lávasztalagmitok*, mivel az aljzat ezen időben még mozgásban levő, folyékony vagy pépes halmazállapotú anyag. A néha mégis fellelhető lávasztalagmitok formája egészen különleges: a mennyezetről lehulló lávacseppek ugyanis már esés közben megdermednek és az aljazaton cseppformáikat megtartva kúpszerűen halmozódnak fel. Gyakoribb eset, hogy nem cseppformák, hanem 5–10 cm hosszúságú, ceruza vastagságú *lávagiliszták* szakadoznak le a boltozatról, amelyek az aljazaton egymás hegyén-hátán tekergőző fonatos kúpalakzatban szilárdulnak meg („*fonatos sztalagmit*”). A lávasztalagmit viszonylag gyakori jelenség a jól kiégett falenyomatüregekben.

A lávaüregek *oldalfalainak* változatos képződményei közül csak a legszembetűnőbbeket emeljük ki:

a) *Lávapárkány*. A lávafolyosók gyakori jelenségei az oldalfalakon látható párhuzamos kérgeződések, polcok vagy párkányok („*shelve*”). Keletkezésüket a lávaár szintjében bekövetkező változásokkal magyarázzuk. A kiemelkedő párkánysíkok általában a stagnáló vagy nagyon lassan mozgó lávafolyamok „*parti*” lerakódásai, az alacsonyabb hőmérsékletű lávafalak ugyanis megdermesztik és magukhoz „*fagyasztják*” a lávaár peremi részecskéit. Ennek a folyamatnak az ellentéte is előfordul, amikor nagyobb hőfokú intenzív utánömlés következik be, amely *láva-szintlőt* olvaszt a megszilárdult falba. Az ilyen lávautánömlés a lávafolyosó aljzatát is felolvasztja és a lávafolyó általános süllyedése következik be, ami újabb lávapárkányok, vagy látateraszok kialakulását eredményezi, különösen a lávafolyó felső és középső szakaszán. E ritmikus lávamozgásnak megfelelően a lávafolyosók szelvénye igen változatos lávapárkány-profil mutat. A negatív és pozitív formák rendszerint szimmetrikusan, a lávafolyosó mindkét falán egyenlő magasságban helyezkednek el. Egy sajátos formájú, belül üreges lávapárkány keletkezését a 12. ábrán mutatjuk be.

b) *Lávaborda*. A legfelső párkánysík felett a lávafolyosó falait általában üveg-



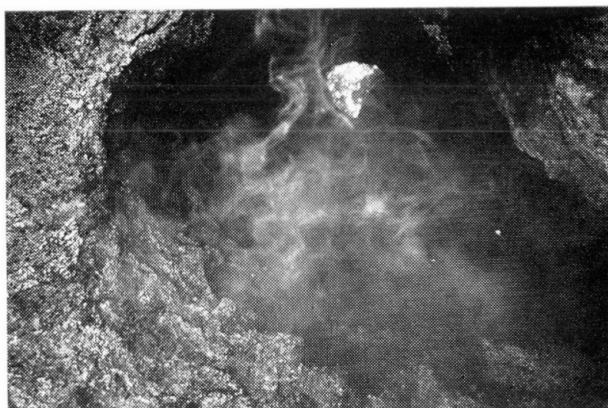
1. kép. A Shoiko-daini-füketsu lávafolyosója. A kép bal oldalán jól kifejlődött lávapárhány látható, az aljazat rögös láva



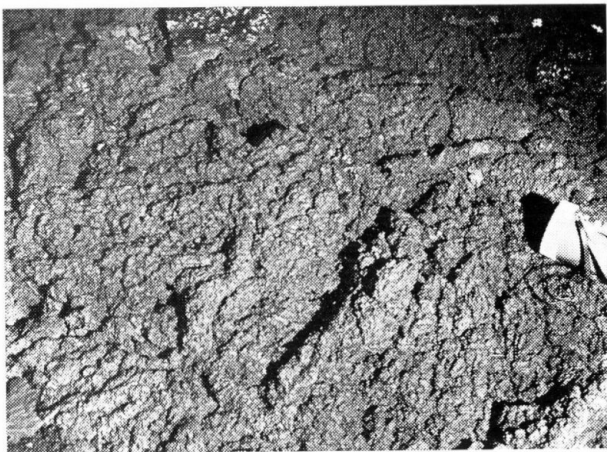
2. kép. Gyorsan elvonuló lávaár színölje a Mitsuike-ana lávafolyosójának a falán



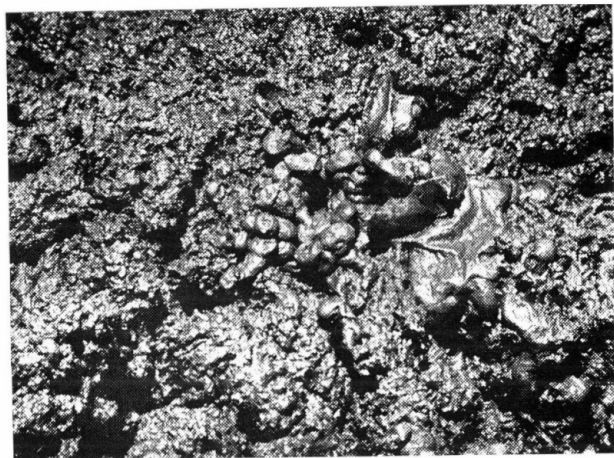
3. kép. A Motosu-daini-füketsu gázkítöréses krátere (ál-parazitakúp). A lombok között nyílik a mintegy 1100 évvel ezelőtt keletkezett lávaakna (lávazsomboly)



4. kép. A Motosu-daiichi-füketsu egyik gázkítörési kürtője a lávazsomboly aljáról felfelé tekintve. A barlangüreg levegőjében kőfoszlányok gomolyognak



5. kép. Gázban szegény lávából keletkezett fonatos aljzat a Mitsuike-ana lávafolyosójában



6. kép. Ritka képződmény: lávasztagmitok a gyorsan megszilárdult, stagnáló lávafolyam tetején



7. kép. Különös formájú, deformálódott, kb. 12 cm hosszú lávasztalaktit a Mitsuike-ana falán



8. kép. Gázbuborék kitörési helye („gázhólyagheg” képződmény) az egyik lávafolyosó oldalfalában. (Mérete 10×20 cm)

szerű bevonat borítja, amelyen sok helyen függőleges ráncokat, néhány cm-re kiemelkedő fodrokat, finom *lávabordákat* alkot a mennyezet felől lassan lefelé ereszkedett és eközben megszilárdult lávaanyag. A lávabordázat különösen a falenyomatüregek homorú falain gyakori jelenség.

c) Gázhólyagheg

A gázdús láva sajátos képződményei az üregek falaiban látható gázhólyag-kitörési helyek. A még pépes halmazállapotú lávaanyagból a lávafolyosó üregterébe igyekvő, magasabb nyomás alatt álló gázbuborékok átszakítják az üreg falát és berobbanásuk helyén sajátságos „sebhely” keletkezik (lásd a közölt fényképen !). Ha a lávafolyosó fala még szintén viszonylag lágy állapotú, a kiszakított anyag egy része lefelé nyúló, rojtokat alkotó csúszási felületet mutat. A gázhólyagheg nagysága néhány cm átmérőtől egy-két m² felületű is lehet.

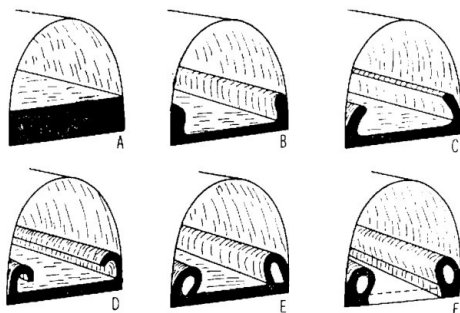
A lávabarlangok *mennyezetének* leggyakoribb saját anyagú képződményei a lavasztalaktitok és a lávakorallok.

a) *Lavasztalaktit*. A lávából kialakult sztalaktitok a cseppkőcsapoktól eltérően tömör képződmények. Formájuk igen sokféle, a kerek, tömzsi, bütyökszerű jelenségektől a kalcitsztalaktitokra emlékeztető, csőszzerű, nyúlánk függőkig minden változat előfordul. Méreteik azonban korlátozottak, a 10–15 cm-es hosszúságot általában nem haladják meg, mivel az ennél nagyobbak még képlékeny állapotban leszakadoznak. Igen gyakoriak a girbe-gurba csavarodott formák, ezek valószínűleg a gázlökések következtében ferdültek el.

b) *Lávakorall*. Egyes félreeső, védett helyzetű lávaboltozatok rendkívül érdekes jelenségei a szőlőfürtökhöz vagy még inkább a tengeri koralltelepekhez hasonló lávaformák. Igen törekeny képződmények, a kéz érintésére leszakadoznak a mennyezetről. Közelebről megvizsgálva kitűnt, hogy a lávakorall valójában egymáshoz tapadt, vékonyfalú lávabuborékok halmaza. A kialakulás körülményei még nem egészen tisztázottak. A Fuji-san barlangjai közül a Mitsuike-ana egyik emeleti folyosója különösen gazdag ezekben a képződményekben.

B) *Allochton képződmények*

A lávafolyosón kívüli helyekről származó üregkitöltő anyagok és képződmények eredet szempontjából szintén két csoportot alkotnak: kémiai kiválások termékei és fizikai úton létrejött kitöltések. Valamennyi posztvulkanikus eredetű, azaz a lávaüregek kialakulásától napjainkig eltelt időszakban denudációs hatásokra képződtek.



12. ábra. Az üreges lávapárkány keletkezése. A mélyülő lávafolyosó kevésbé meleg falairól leválik a megdermedő kéregződés és befelé hajolva üres hengerformát alakít ki. (H. TSUYA nyomán)

Kémiai hatásokra kialakult képződmények:

a) *Kalcit*. A lávabarlangokba beszivárgó csapadékvíz oldott állapotban kalciumkarbonátot tartalmazhat. GALE R. (1959) szerint a kalciumkarbonát valószínűleg a plagiokláz földpátok és a piroxének lepusztulásából származik. A lávabarlangokba beszivárgó vízből a kalciumkarbonát ugyanolyan körülmények között csapódik ki, mint a mészkőbarlangokban. A kalcit fehér bevonatként rakódik le a lávafolyosó mennyezetére és falaira, vékony gömbhéjas kérget alkot a lávasztalaktitok csúcsain.

b) *Kova*. A kalcitnál sokkal gyakoribb színező elem a Fuji lávabarlangjaiban a szilíciumdioxid. Szabad szemmel a kovabevonatokat nehéz megkülönböztetni a kalcitkéregtől, mivel mindkettő fehér vagy szürkés, néha világos sárgásbarna színű. Ritkán szabályos (belül csöves szerkezetű) kovaasztalaktitok is képződnek, de leginkább csak a már kialakult lávacsapokra és a lávabordák éleire telepedik rá. Különösen szép képződmények a kovahártyával bevont lávakorallók; szinte olyan látszatot keltenek, mintha valódi élő tengeri korallók lennének. A SiO_2 és a CaCO_3 a lávaképződmények felületén sokszor együttesen fordul elő.

A kalciumkarbonáton és szilíciumdioxidon kívül a lávabarlangokba szivárgó vizekből egyéb kicsapódások is lehetségesek (gipsz, kalcedon, limonit stb.).

A *fizikai (mechanikai)* úton létrejött barlangi kitöltések közül fontosabbak:

a) *A víz és a vízi lerakódások*. A fiatal vulkanikus felszínek hidrográfiája sokban hasonlít a karsztvidékekéhez. A felszíni vízfolyások teljesen hiányzanak, a csapadékvíz pillanatok alatt eltűnik a laza kőzetanyagban és a lávafolyamok hasadékrendszerében. A felszín alatt tekintélyes vízfolyások alakulnak ki, amelyek a vulkán lábainál fakadó nagy forrásokban látnak napvilágot. A lávafolyosók gyakran a föld alatti patakok medreivé válnak, a nagyobb üregekben tavak is képződhetnek. Az eltűnő vizek a felszínről sok piroklasztikumot (vulkáni homokot, lapillit stb.) és ezek mállástermékeit szállítják a lávafolyosókba. Minél idősebb a lávafolyam és minél előrehaladottabb a felszínen a talajképződés, annál nagyobb mértékű az üregek eltömődése, a bemosott agyagos-homokos üledékek felhalmozódása.

b) *Jég*. Megfelelő mikroklimatikus viszonyok között a lávaüregekben is felhalmozódhat a jég. A Fuji-san jeges lávabarlangjai általában egy bejáratú, mély üregek, amelyek alján a téli időszakból származó, nehezebb hideg levegő „elraktározódik”. Különösen kedvező a helyzet a jég felhalmozódására az olyan lávafolyosókban, amelyeknek a bejárata a folyosó felső szakaszába nyílik. Ilyen például a Fuji-fuketsu, amely 218 m hosszú és mélysége a lávaszakadék peremétől a folyosó alsó végéig 64 méter. A lávafolyosó alját a 12.-től a 162. m-ig 1–3 m vastagságú jégréteg borítja. Júliusban a bejáratnál a felszíni levegő középhőmérséklete 18 °C, a barlangban viszont csak –0.1 °C. A másik ismert jégbarlang a Motosu-hyoketsu (hyo = jég).

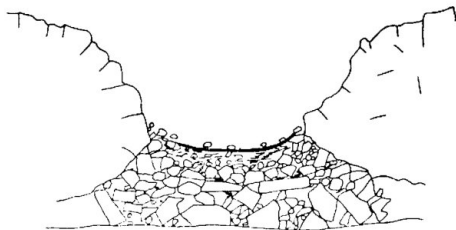
Lávaüregekkel összefüggő felszíni formák

A lávaüregek *keletkezésével* kapcsolatos felszíni kiemelkedési formák a gázkitörési salakgúpok és kráterek. A Fuji-san fiatal lávaárain ezek magassága 10–30 m között mozog. Laza felépítésük miatt igen gyorsan pusztuló jelenségek.

A lávaüregek *pusztulásával* összefüggő felszíni alakzatok sokkal gyakoribbak. Ilyenek:

a) *Lávatöbör*. Általában 5—15 m mély, szabálytalan alakú mélyedések, amelyek lávafolyosók, gázhólyagbarlangok berogyásából, a lávaszombolyok (gázkifúvási kúrtók) lepusztulásából keletkeznek (13. ábra).

b) *Lávaszakadék*. Ha a lávafolyosók mennyezete hosszabb szakaszon felszakad, annak helyén zárt szakadékvölgy alakul ki. Alját a leszakadt boltozat éles lávátömbjei borítják, és a mélyedés oldalain itt-ott előbukkan az eredeti lávafolyosó fala, ami bizonyítja a szakadék barlangi eredetét. Ahol a fedőkéreg ellenállóbb volt, a lávaszakadékot *természetes lávahidak* ívelik át. A lávaszakadékoknak



13. ábra. A lávafolyosó beszakadt részének továbbpusztulása lávatöbörre

kezdetben nincs felszíni lefolyásuk, de később időszakosan vizet szállító eróziós szakadékvölgyekké (barranco) alakulhatnak át. Megfigyeléseim szerint általában ezek a kifejlődő völgyelések határozzák meg a késői lávaárak mozgási irányait és újabb lávafolyosók kialakulását segítik elő.

*

A fiatal lávafolyások igen érdekes formakincssel színezik a felszínt. A lávüregek és a velük összefüggő felszíni alakzatok kutatása a geomorfológia egy speciális, nálunk alig ismert részterülete. A formaegyüttes bemutatását nehezíti, hogy szaknyelvünkől még hiányoznak e jelenségekre vonatkozó, általánosan ismert és elfogadott szakkifejezések. E rövid tanulmány a benne használt fogalmi meghatározásokkal egyben szerény adalékot nyújt a magyar vulkánmorfológiai nevezéktan kialakításához.

Végezetül köszönet illeti azokat a japán szakembereket, akik szakmai tanácsaikkal és a terepbejáráshoz nyújtott gyakorlati támogatásukkal elősegítették tanulmányaim lefolytatását. Közülük különösen dr. HIROMICHI TSUYA, a Tokiói Egyetem ny. geológus professzora, dr. SHUN-ICHI UENO zoológus, a Japán Szpeleológiai Egyesület főtitkára, TAKANORI OGAWA, a Fuji-san Kutató Szövetség titkára, továbbá ATSUYOSHI NUMATA és AKIRA UCHIYAMA önzetlen segítségért vagyok nagyon hálás.

IRODALOM

- ANDERSON, CH. A. (1930): Opal Stalactites and Stalagmites from Lava Tube in Northern California. — Am. Journal of Sci., XX./115. p. 22—26. New Haven.
- BERTALAN K. (1958): Magyarország nem karsztos eredetű barlangjai. — Karszt és Barlangkutatási Tájékoztató. 1958. júl.—dec. p. 13—21.
- DZAVRISVILI, K. V. (1968): De la genèse des grottes de lave. — Proc. of the 4th Internat. Congress of Spel., Ljubljana. Tom. III. pp. 71—73.

- GALE, R. T. (1959): Geology of Lava Beds National Monument. — In: The Land of Burnt Out Fires. NSS Bulletin, Vol. 21. Part. 2. July, 1959.
- HALLIDAY, W. R. (1965): Some features of vulcanospeleogenesis. — Bull. of the Nat. Spel. Soc., Vol. 2. No. 2.
- ISHIWARA, H. (1929): Natural monuments — Yamanashi-ken. Kofu, Pref. Office of Yamanashi-ken.
- JAKUCS L.—KESSLER H. (1962): A barlangok világa. — Budapest.
- OGAWA, T. and YAMAMOTO S. (1970): Mt. Fuji. — The Japan Times Photo Book. Tokyo.
- OLLIER, C. D.—BROWN, M. C. (1965): Lava Caves of Victoria. — Bull. Volcan. Tome 28. p. 1—15.
- OLLIER, C. D.—HARROP, J. F. (?): The Caves of Mount Elgon. — Uganda Journal. V. 22. p. 158—163.
- OZORAY GY. (1961): A californiai „Lava Beds National Monument” lávabarlangjai. — Karszt- és Barlangkutatás, 1961. I. félév. p. 43—45.
- OZORAY, GY. (1962): The Genesis of Non-Karstic Natural Cavities as Elucidated by Hungarian Examples. — Karszt- és Barlangkutatás. Vol. II. p. 127—136.
- SWARTZLOW, C. R.—KELLER, W. D. (1937): Coralloidal Opal. — The Journal of Geology. XLV./1. p. 101—108. Chicago.
- TSUYA, H. (1974): Topography and Geology of Volcano Mt. Fuji. — (In: Fuji-san.) p. 132—149. Tokyo.
- UÉNO, S. I. (1974): The Fauna of the Lava Caves around Mt. Fuji-san. — Bull. Nat. Sci. Museum, Vol. 14., No. 2. p. 201—216. Tokyo.

FORMS, TYPES AND FORMATION OF LAVA CAVES

Balázs, D.

Summary

In the course of his field-trip of 1972, author studied the lava caves of Fuji-san, with the assistance of Japanese speleologists. These formations represent variegated morphogenetic types and their scientific research showed considerable progress in the past decades.

As to the examples of the Fuji-san four genetic types of lava caves can be distinguished, i.e.: 1. lava tunnel, or lava tube; 2. gas blow-hole; 3. gas bubble hole and 4. tree-mold. The most frequent cave formation of the basalt lava flows is the *lava tube*, 79 of them were known for Japanese researchers. On the lava slopes of the Fuji several examples are found for *lava tubes combined with gas blow-holes* which are rarities on a world-scale. The *tree-molds* of the Fuji are typical instances of this curious cave formation. In the paper the phases of formation and denudation of the caves of different types are demonstrated by figures.

A separate chapter deals with the internal forms, formations and fillings of lava caves. From their genetic point of view the forms of lava caves can be divided into two groups: autochthonous and allochthonous ones. The syngenetic formations, belong to the first one: e.g. floors of different types (ropy floor, block lava-floor, ropy block-lava floor), lava bridges, lava galleries, lava ribs, lava stalactites- and stalagmites, as well as the lava corals. Among the filling substances getting the lava tunnel from outside, i.e. among the allochthonous substances the siliceous precipitations are predominant situating on the walls and formations of the lava caves, further other chemical precipitations (e.g. rarely calcite, too). Among the allochthonous substances generated by physical influences the water and its alluvium play considerable role. In several lava caves eternal ice has accumulated. Finally the surficial depression forms, the lava dolines and lava gullies accompanying the devastation of lava caves are demonstrated.