

JAPÁN KARSZTVIDÉKEI

A Japán-szigetek földtani viszonyai nem kedveznek a nagyobb kiterjedésű karsztvidékek kialakulásához. A mészkő ugyan száz és száz helyen a felszínre bukkan, de legtöbbször csak sásbércet, elszigetelt rögöket, vagy hosszan elnyúló, keskeny hegytaréjakat alkot. A plató-jellegű karsztok csak elvétve fordulnak elő és nem nagy kiterjedésűek.

Japán négy fő szigete (Honshu, Hokkaido, Kiushu, Shikoku) és a kisebbek (beleértve a Ryukyu-sziget-ívet is) földtörténetileg fiatal képződmények. Bár a nagy szigeteket felépítő kőzeteknek több mint egyharmada paleozóikumi eredetű, a szigetek mai alakjának és felszínének kiformalódása a harmadkor időszakára esik. A gyakori földrengések és az erdős vulkanizmus napjainkban is a földkéreg nyugtalan-ságát, a hegycépző erők aktív tevékenységét jelzi.

A karsztosodó kőzetek zöme perm-ből és karbon-ból származó kristályos mészkő, amely erősen gyűrődött, helyenként hőhatásra metamorfizálódott s a mezozóikumban többszörösen összetöre-dezett. A harmadkor erőteljes kéregmozgásai ezt az összetett szerkezetet még bonyolultabbá tették, így a japán karsztvidékekre — a Maláj-szigetvilág karsztjaival éles ellentétben — a tektonizmus nyomja rá bélyegét.

Jelentősebb karsztvidékek

A karsztok földrajzi elhelyezkedése a geológiai adottságok függvénye. A jobbra vulkanikus felépítésű Hokkaido-szigeten csak kis foltokban bukkan elő a mészkő, és sehol sem alkot említésre méltó karszterületeket. Honshu-sziget északkeleti partvidéke, a Kitakami-hegység már gazdagabb karsztos vonulatokban, de a legjelentősebb karszt-vidékeket a kifli alakú fő sziget déli felében, továbbá Kiushu és Shikoku derekán találjuk (1. ábra).

A Japán-szigetek karsztvidékei (a Ryukyu-ív déli szigeteitől eltekintve) a mérsékelt égövbe esnek. Az éves csapadékatlag 1500–2500 mm, az évi középhőmérséklet 10–15 °C között ingadozik. Az éghajlati feltételek tehát — az óceáni hatásokat nem számítva — hasonlóak a közép-európai és a mediterrán vidékekéhez, ami arra engedne következtetni, hogy a karsztok formakincsében is rokon vonásokat lehet felfedezni. A karsztosodás azonban igen összetett, sok tényező által meghatározott folyamat: hasonló éghajlati feltételek mellett is igen eltérő formaegyüttesek jöhetnek létre.

Jó példát szolgáltatnak erre a japán karsztvidé-kek, amelyeknek három vezértípusát írták le a japán geográfusok (H. Sato, 1956, és mások). Tanulmányutam során 1972 áprilisában és májusá-ban mindhárom karsztvidéket sikerült bejárnom, és adatokat gyűjtöttem más karszterületekről is. Tapasztalataimról az alábbiakban számolok be.

1. Akiyoshi-karszt

Az egyik legnagyobb és legrészletesebben tanulmányozott japán karsztvidék, az Akiyoshi-dai

Honshu-sziget DNy-i csücskében, Yamaguchi pre-fektúrában található. (A „dai” szócska karsztfenn-síkot jelent. A karsztra vonatkozó további japán szakkifejezésekről tájékoztatást nyújt a cikk végén közölt szójegyzék.) A karsztos felszín kiterjedése kb. 80 km². A mészkőtöngőt a Koto-folyó hasítja ketté. A szurdokvölgytől keletre eső platódarab a tulajdonképpeni Akiyoshi-dai, míg a nyugati részt Amagoi-dai-nak nevezik. Az Akiyoshi-dai természeti látványosságokban gazdagabb terület, nagy részét nemzeti parkká nyilvánították és megnyitották a turizmus számára. Az Amagoi-dai nehezebben járható, kevésbé feltárt terület, tágasabb mélyedései-ben falvak helyezkednek el, kőzetét pedig igen intenzíven bányásszák. A karsztvidék északi kö-zépső előterében polje formájú hegközi síkság helyezkedik el karsztos szigetheggyekkel (2. ábra).

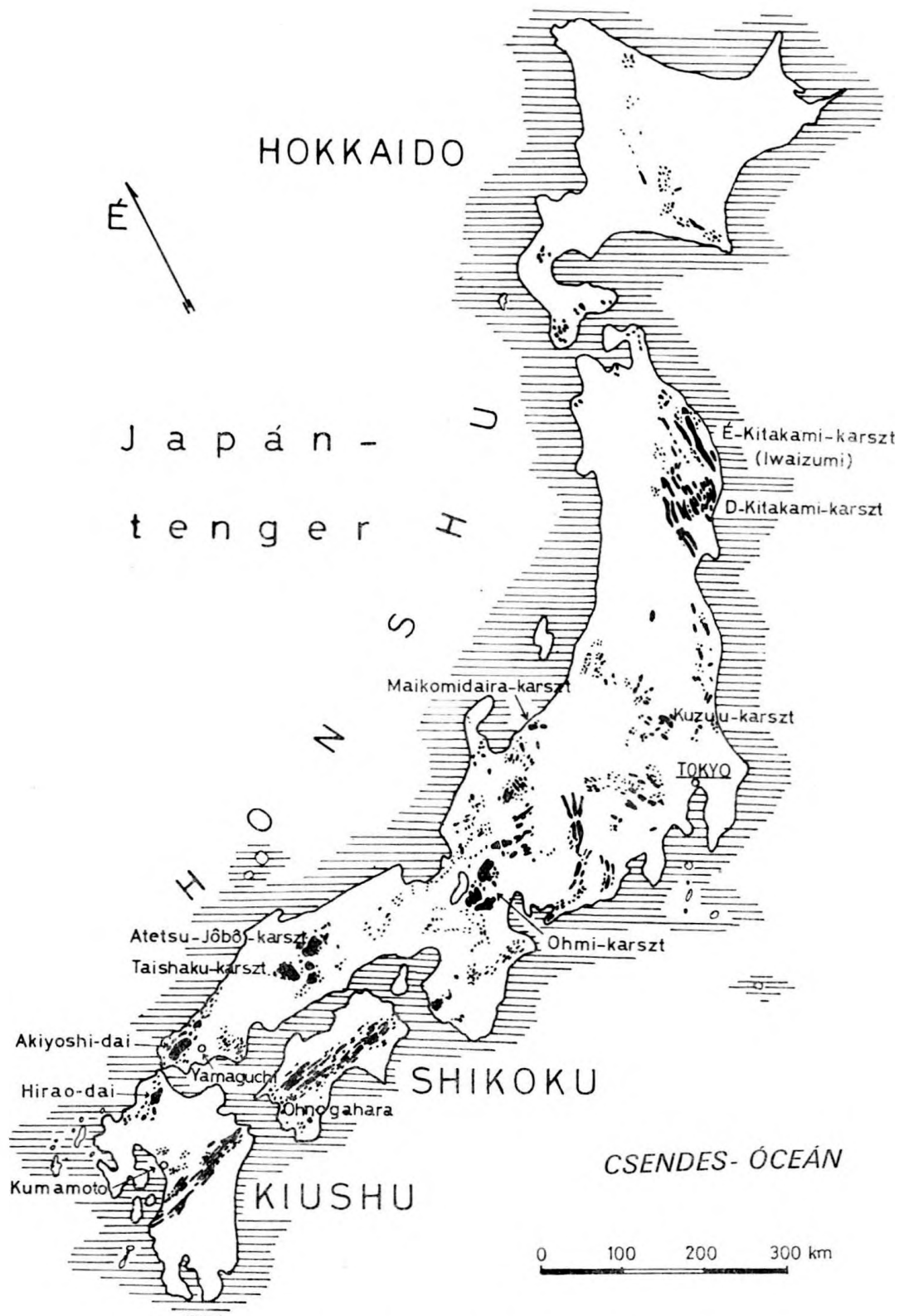
Az Akiyoshi-karsztvidéket perm-karbon mészkövek építik fel. Más hasonló korú kőzetekhez képest az Akiyoshi-karszt építőanyagai viszonylag sok kőületet őriztek meg, így a japán geológusok (R. Toriyama, 1953; M. Murata, 1961; Y. Hase-gawa, 1963, és legújabbán M. Ōta, 1971) az akiyoshi mészkőösszetételnek 18 faciéstípusát tudták elkülö-níteni. A hegységszerkezet megismerését nagyon megnehezítik az összetört kőzettömegek áttolódásai.

Néhány jellemző adat a karszterület éghajlatára: évi középhőmérséklet 15 °C, a legmelegebb hónap augusztus (25,7 °C), a leghűvösebb február (5 °C), a hőmérsékleti abszolút minimum 1971-ben –7,4 °C, abszolút maximum 34,2 °C. A légnedvesség átlaga a 9 órai leolvasások alapján 75%, 15 órakor 65%. Az évi csapadékmennyiség 1900–2000 mm; elosz-lása szeszélyes: a nyári időszakban havonta 300–500 mm, télen havonta 50–100 mm hull.

A karsztvidéket eredetileg erdőség borította, de azt már évezredekkel ezelőtt letarolták, és csak egészen kis foltok maradtak meg. A lakosság a töbrök alját művelésbe vette, s az itt folyó mező-gazdasági termelés csak akkor szűnt meg, amikor az Akiyoshi-fennsík egy részét nemzeti park cél-jára az állam megvásárolta. A karsztvidék nyugati darabjának felszínét jelenleg is erdőség borítja.

Az Akiyoshi-karsztvidék jól fejlett mélységi hid-rográfiai rendszerét az elmúlt években részletesen tanulmányozták a japán kutatók (Wakisaka és munkatársai). A keleti fennsíkon a mélybe jutó csapadékvíznek kb. kétharmadát a vaucluse típusú Akiyoshi-karsztforrás hozza felszínre, a fennmaradó vízgyűjtő területen pedig több peremi forrás osz-tozkodik. A nyugati fennsík vízrendszere széttagol-tabb és még kevésbé ismert.

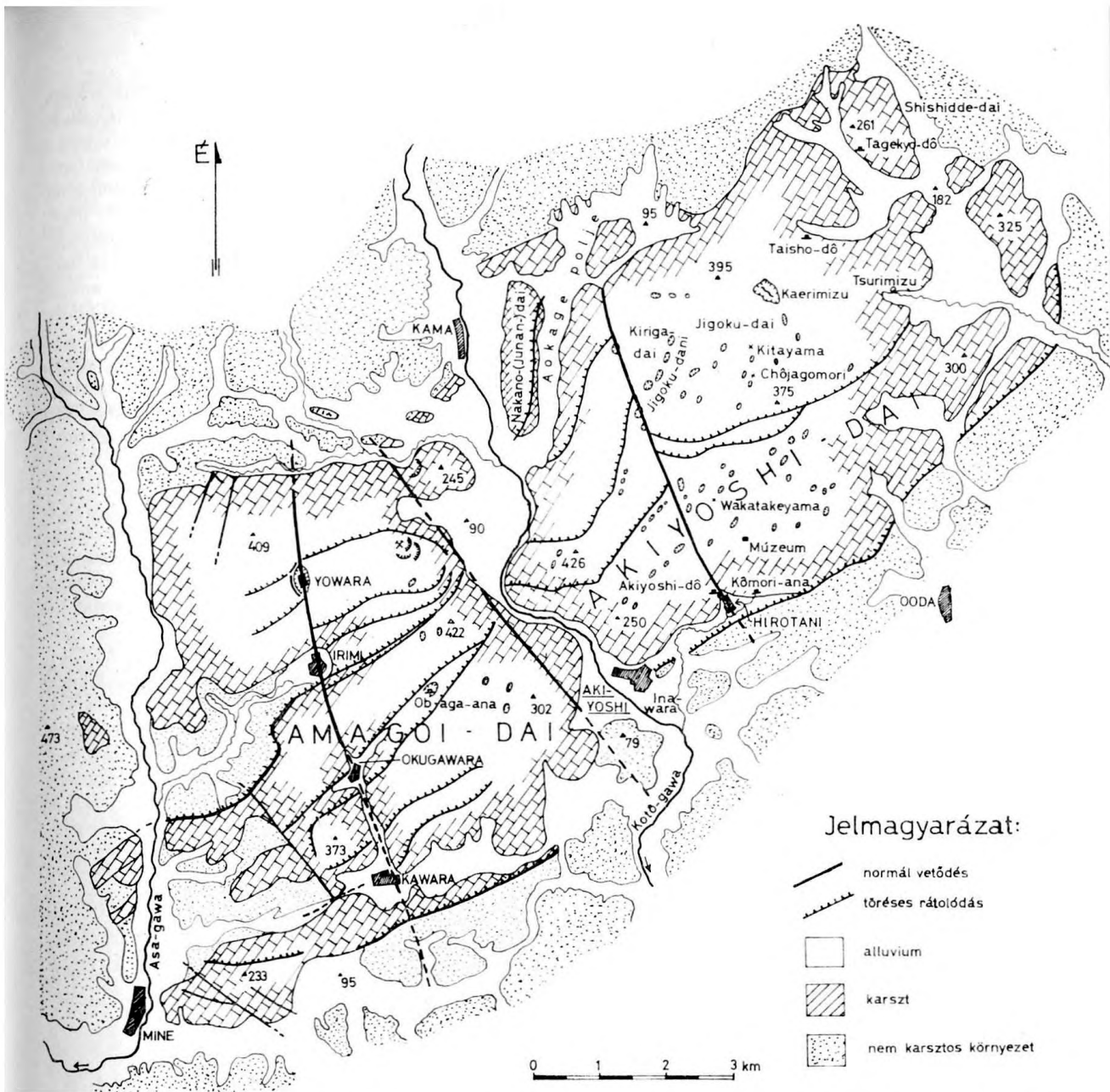
Az Akiyoshi-karsztvidék felszíni formakincse igen változatos. Csaknem valamennyi karsztos nagy-forma megtalálható rajta: töbrök, uvalák, karszt-szakadékok, vakvölgyek, sőt kisebb méretű tekto-



1. ábra. A Japán-szigetek karsztvidékei

nikus poljék is. A töbrök viszonylag kicsik, átmérőjük 20–50 m és 5–10 m mélyek. A töbrök egy részének aljazata domború, ami antropogén eredetű (3. ábra). Sokfelé láthatók a felszínen fiatal be-

szakadások, ezek 3–4 m mélyek és szélességük 5–8 m. Előfordulnak egészen nagy méretű szakadéktöbrök is, mint például a közel 100 m mély Kaerimizu, melynek alján rövid szakaszon nap-



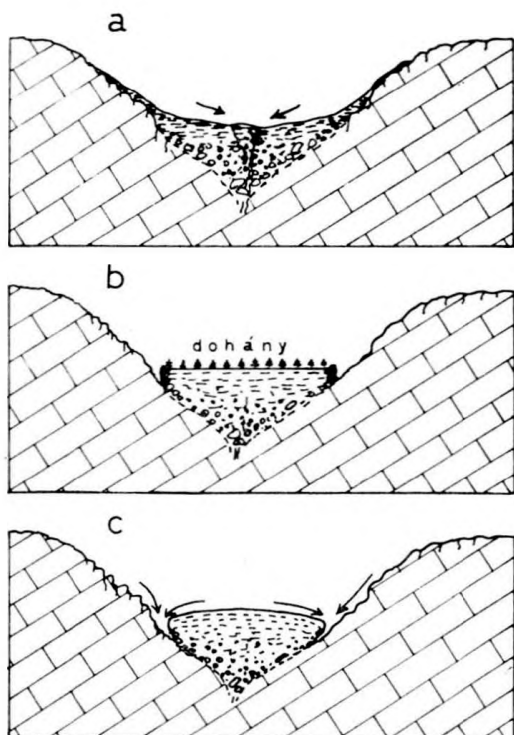
2. ábra. Az Akiyoshi-karsztvidék szerkezeti vázlatja. (Készült M. Óta és R. Toriyama geológiai térképe, valamint 1 : 50 000-es topográfiai térképek felhasználásával)

világra kerül a földalatti patak is. Különösen a keleti fennsíkön látványos formákat alkotnak a jól fejlett karrmezők (Jigoku-dai).

2. Hirao-dai

Az Akiyoshi-karsztvidéktől mindössze 80 km-rel délebbre, de már nem Honshu, hanem Kiushu-sziget északi csücskében, Fukuoka prefektúra területén helyezkedik el a Japán-szigetek másik nevezetes karsztterülete, a Hirao-dai. Hisasi Sato professzor úgy említi ezt a karsztönköt, mint a

sajátos japán karsztvidékek „középmagas” vezértípusát. Míg az Akiyoshi-fennsíkok általában 150–250 m-rel magasodnak a karsztperemi alluviális völgszintek fölé és a legmagasabb kiemelkedés is csak 426 m a tengerszint felett, addig a Hirao-dai 300–500 m-rel emelkedik ki a nem karsztos környezetből, s abszolút magassága 681 m. A karsztplató geomorfológiai helyzete sokban hasonlít a Bükk-hegység két karsztfennsíkjához. A Hirao-dai karsztos felszínének kiterjedése kb 12 km².



3. ábra. Az Akiyoshi-dai domború aljazatú töbreinek kialakulása. a = eredeti természetes állapot: terrarosszával kitöltött korróziós töbör, a legmélyebb ponton víznyelőlyukkal, b = megművelik a töbör alját, a talajt oldalról középre rakják és elegyengetik, c = a művelés felhagyása után a töbörbe hulló csapadékvíz körben az oldalfalak mentén talál lefolyást

Bár a bükki fennsíkok és a Hirao-dai topográfiai fekvése hasonló, alapvető különbségek mutatkoznak a felépítő kőzetek rétegtani viszonyaiban és szerkezetében. A Hirao-dait perm és karbon kristályos mészkövek építik fel, melyekbe még a paleozoikumiban gránit apofizisek (ún. dájkok, Bulla B. írásmódja szerint dejkek) ékelődtek bele. A dájkok 20 cm-től 2 m vastagságúak, egymástól általában 20–50 m-es távolságban helyezkednek el, amint azt a csupasz felszínen, valamint a kőbányák falai-ban jól meg lehet figyelni.

A mészkő réteglapjai közé nyomult, jelenleg közel függőleges helyzetű apofizisek alapvetően meghatározzák a karszt mélységi hidrográfiai rendszerét, mivel a vastagabb gránitdájkok vízrekesztő sorompókat képeznek. A dájkok hatással vannak a felszíni formák kialakulására is. A fennsíkot borító töbrösorok elhelyezkedését is részben a DDK-ÉÉNy irányú dájkvonalak szabják meg, mivel ezek mentén a csapadékvíz könnyebben szivároghatott le a mélybe. (4. ábra). A töbrök többsége fiatalos formákat mutat, viszonylag kis méretűek (átmérőjük 10–30 m), tölcsérhez hasonlóak, és némelyik alján szabadon tátonganak a mélybe vezető kürtök.

A felszínen sajátos formájú, legömbölyített karrak alakultak ki. A Hirao-dait felépítő mészkő szövete ugyanis 2–5 mm átmérőjű kristályokból áll, ennek megfelelően lepusztulása nagyon hasonlít a gránitéhoz vagy a durva szemcséjű homokkőhöz. A korrózió nem képes élesre csipkézni a karrbordákat, mivel a víz hatására könnyen málló kőzet morzsalékosan, gömbhéjas, leveles rétegekben pusztul le.



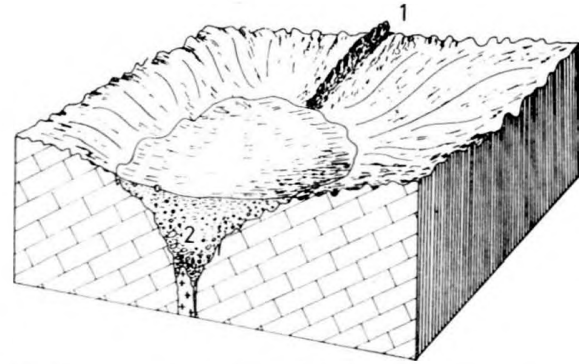
A Hirao-dai karszfennsík töbrös felszíne

A karsztplató térbeli helyzete megszabja a felszín alatti karsztformákat is. Az itt található barlangok többsége függőleges aknákból áll. A karszttönköt vízzáró kristályos palák és gránit öleli körül, ezek felső peremei mentén, 200–300 m tszf. magasságban fakadnak a karsztot megcsapoló források. A forrasszajakon át több helyen közel vízszintes fekvésű barlangba lehet bejutni. A jelenleg ismert 42 barlang közül eddig négyet a turisták számára is hozzáférhetővé tettek.

3. Ohnogahara-karszt

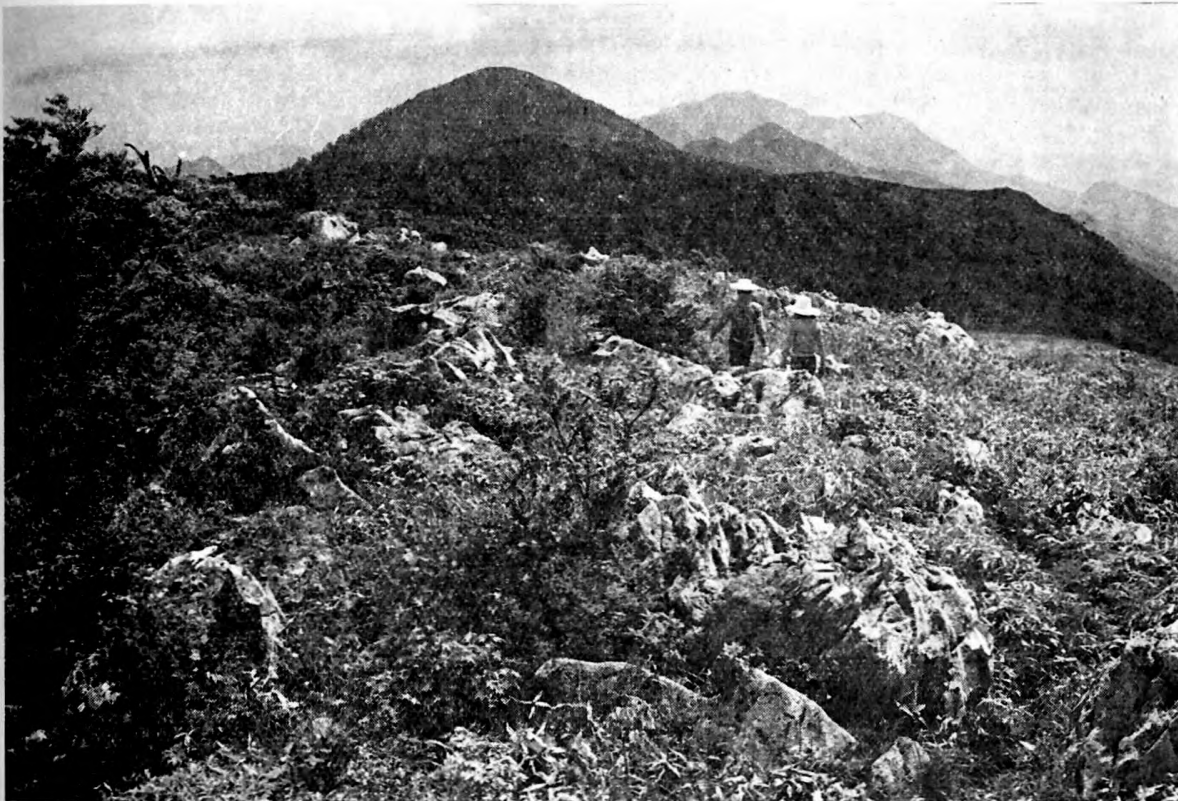
Az elnevezés magyar jelentése: „nagy füves mező a pusztaságban”. Ez a karszterület — H. Sato professzor szerint — a japán karsztok harmadik morfologenetikai vezértípusa. Shikoku-sziget délnyugati harmadában helyezkedik el, közigazgatásilag Ehime prefektúrához tartozik. Az Ohnogaharát magashegységi karsztnak is nevezhetjük, noha csak 1 100–1 200 m tszf. magasságba emelkedik (a mészköves gerincevonulat csúcsmagassága 1 300–1 450 m), de a zegzugos, meredek völgyfalak vad hegyvidék látszatát keltik. A jelenleg is gyorsan emelkedő hegységben igen erősen dolgozik az erózió, amit az évi 3 000–4 000 m-es csapadék nagy mértékben elősegít.

A karsztos felszínnek DNy–ÉK csapásirányban hosszan elnyúló gerincevonulat alkotnak, melynek kialakulásában a szelektív denudáció is közrejátszott.



4. ábra. Dájkvonal mentén keletkezett dolina a Hirao-fennsíkon. 1 = a felszínen látható gránitdák, 2 = lepusztult dák a töbör alján, fölötte mészkőtörmelék és gránitmurva terrarosszába ágyazva

A magasba emelt kőzetösszetételből az erózió kevesebb ellenálló kőzetek gyorsabban lepusztultak, így a mészkőrétegek kireparálódtak. A Mezura-daira, Godan-jō, Tengu-kōgen stb. karsztos vonulat alig 1–2 km széles, de nyugati részsein, az 1 403 m magas Genjigadaba-gerinctől északra kissé kiszélesedik. Ez a tulajdonképpeni Ohnogahara-fennsík, melynek felszínén mintegy 50 töbröt,



Az Ohnogahara mészköves gerince

víznyelő lyukakat és zombolyokat találunk. Az Ohnogahara-fennsíkot télen januártól márciusig méteres vastagságú hótakaró fedi, míg a már ismertetett Akiyoshi-dai és Hirao-dai vidékén a hó télen is ritkaságnak számít és legfeljebb egy-két napig marad meg.

Az Ohnogahara karsztvonulatának felszínét füves növényzet, vagy sűrű, cserjés bozót fedi. A karmezők itt nem formálódtak ki olyan megkapóan, mint az előbbi két karszt típusnál. A kisméretű töbrök alakja bombatölcsérekre vagy vulkanikus salakkráterekre emlékeztet. Sok a sziklás víznyelő. A közeli Kochi és Matsuyama város egyetemének barlangkutatói ezeket rendszeresen kutatják, és az egyik ilyen aknában már 175 m mélységbe ereszkedtek le. Ezt a zombolyt Ryu-ô-dô-nak nevezik. Genetikai érdekessége, hogy három jól fejlett denudációs szintje van. Bár a magaskarsztokra az aknabarlangok jellemzők, majdnem vízszintes helyzetűek is szép számban akadnak (pl. Rakan-ana, Hiura-dô stb.). Cseppkőképződményekben szegény, nehezen járható agyagos üregrendszerek. A legismertebb kiépített barlang Shikoku-szigeten a Kochi melletti Ryugado-barlang. Hossza 2,2 km, de ennek nagyobb része alacsony, szűk folyosókból áll.

4. Kumamoto vidéki karsztok

Az egyes karsztvidékek annyira sajátos, összetett fejlődés eredményei, hogy legtöbbjükét igen nehéz meghatározott típus keretei közé beilleszteni. Azok a karsztosodó mészkővidékek például, amelyeket Kiushu-sziget középső vidékein, Kumamoto városától délre kerestem fel, az eddig ismertetett három japán fő karszt típus egyikével sem azonosíthatók.

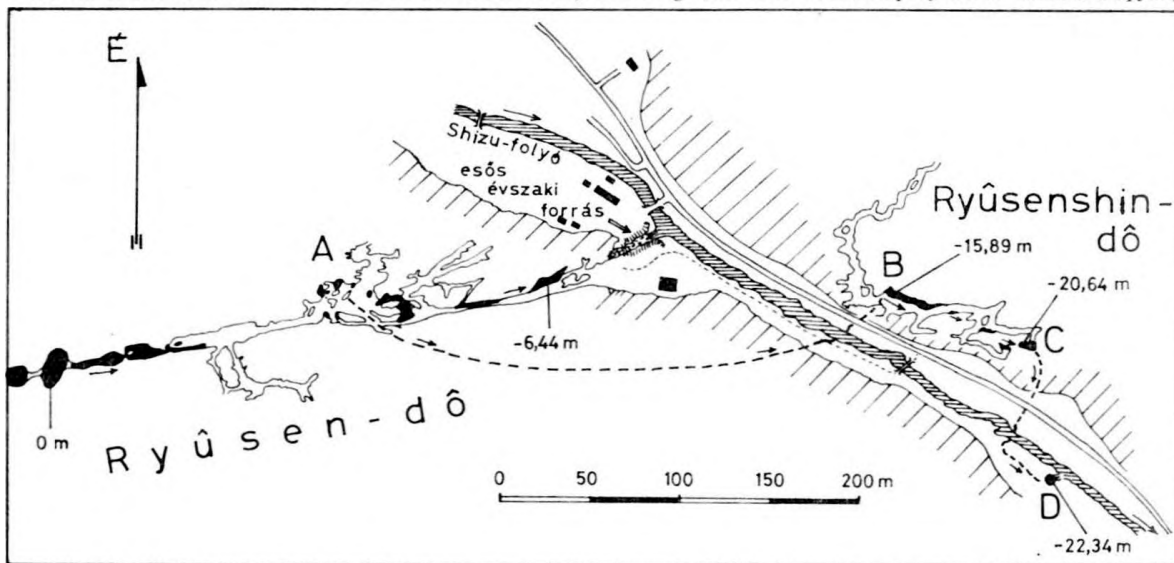
Szerkezetileg a kiushui karsztok az Ohnogaharával mutatnak rokonságot, hiszen a shikokui hegy-

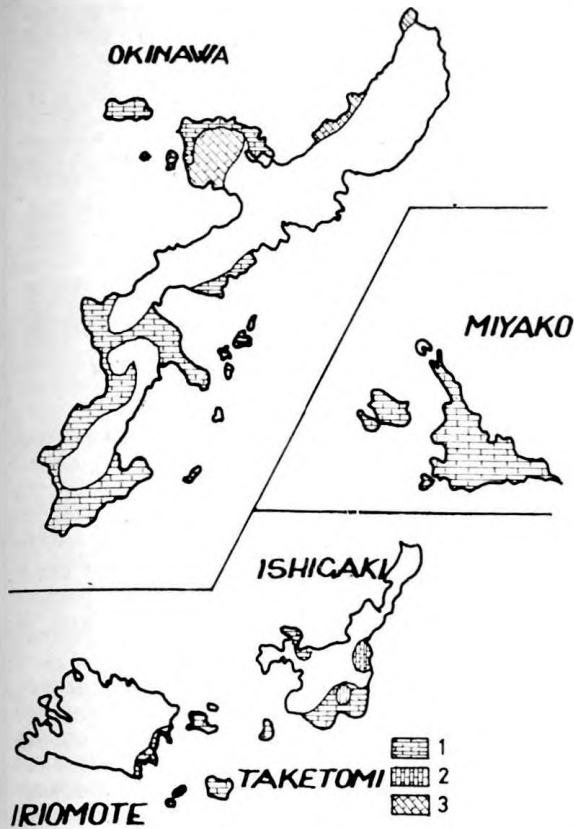
láncok folytatását jelentik. A hegyek formái nem árulják el, hogy karsztosodásra alkalmas mészkőből állnak. Az erdővel benőtt, V keresztmetszetű völgyek alján sebes vízü folyók és patakok mélyítik medrüket. Jól megfigyelhető, hogy a karsztvidék korróziós-eróziós munkája nem tud lépést tartani a gyors hegységképződéssel: a források nem a a völgytalpaknál találhatók, hanem a völgy oldal-falaiból zuhognak alá. A Fushin-dô-barlangban szinte szemtanúja lehettem egy folyó, a Tsutsukawa „lefejezésének”. A folyó eddig nagy kanyart leírva megkerült egy mészkővonulatot, de vízének egy része a kialakulóban levő Fushin-dô-barlangon keresztül – a felszíni kanyart levágva – rövidebb úton ér vissza medrébe.

5. Iwaizumi-karsztvidék

Honshu-sziget É-i részén, a Csendes-óceán felé tekintő Kitakami-hegységben alkalmas nyílt az Iwaizumi város mellett húzódó karsztos hegyek tanulmányozására is. A 600–700 m magasságba emelkedő, paleozói kristályos mészkőből álló vonulatok szélessége sehol sem haladja meg a 3 km-t, sőt általában csak kb. 1 km átmérőjűek. Ilyen fel-tételek mellett mindössze egy-két völgyi töbrő fordul elő, uralkodó karsztjelenségek a barlangok. Közülük megtekintettem a 8 km hosszúságú Akkadô-barlangot, és a helybeli barlangkutatókkal együttműködve expedíciót szerveztünk a Shigatawari-barlangba. Ez utóbbi aktív vízjáratokból álló, vízeséssel és tavakkal bővelkedő, igazi vadózus barlang. A nagyközönség részére már korábban megnyitották a Ryûsen-dô-barlangját. Ennek nevezetessége, hogy befelé haladva egyre mélyebb tavak következnek. A legbelső barlangtermetket mesterséges tárokkal kötötték össze és a vízmélység itt már eléri a 120 m-t.

5. ábra. A Ryûsen-dô és a Ryûsenshin-dô hidrográfiai összefüggése. A vízjelzés konyhasóval az A pontnál történt és a sós víz egy óra múltán a B pontnál jelent meg. Ugyanebbe a folyóba a C pontnál fluoresceint helyeztek és három órával később a zöld színű víz a D forrásban jelent meg. (Hiroshi Yamauti professzor vázlatja alapján)





6. ábra. A Ryukyu-szigetek karsztvidékei. 1 = pliocén-pleisztocén liukiu mészkő, 2 = eocén miyara mészkő, 3 = paleozói mészkővek

Iwaizumi kísérőm, Hiroshi Yamauti professzor felhívta a figyelmet egy nem mindennapi karszt-hidrográfiai jelenségre. Vizjelzési kísérlettel bebizonyították, hogy a Ryūsen-dō patakjának vize — föld alatt keresztezve a felszínen mozgó Shizu-folyó vizét — a szemközti hegyoldalban található Ryūsen-shin-dō-barlangban jelenik meg, majd valamivel lejjebb ismét visszatér az előző oldalra. Magam is végeztem vízkémiai vizsgálatokat mindkét barlangban, s eredményeim nem zárták ki ennek a különös jelenségnek a valódiságát. A Shizu-folyó bevágódása még annyira fiatal, hogy nem jött létre kapcsolat a mélyben korábban már kialakult barlangi vízvezető járatokkal. (5. ábra).

6. Egyéb karsztterületek

A Fuji-san pompás kúpjától nyugatra elterülő Japán Alpokban sokfelé előbukkan kis rögök vagy keskeny pászták formájában a mészkő, de említésre méltó karsztos domborzat sehol sem alakult ki.

Az Akiyoshi karsztfennsíkhoz hasonló, de jobban összetört és még kevésbé tanulmányozott karsztos tönkők helyezkednek el Hiroshimától É-ra a félsziget közepén. A két nagyobb mészkővidéken, az Atetsu-Jōbō- és a Taishaku-karszton sok töbör,

víznyelő és számos nagy barlang található, tudományos feldolgozásuk még a jövő feladata.

A Tokió-tól É-ra 80 km távolságban fekvő Kuzuu-karsztvidék már nem kerülhet feldolgozásra, mert kőzetanyagának nagy részét kibányászták. Hasonló sors vár a legtöbb karsztvidékre. Japán gyors ipari fejlődése, a vasbeton építkezési mód rohamos elterjedése óriás mértékben megnövelte a mészkő bányászatát. A hatalmas cementművek valószínűleg felfalják a viszonylag kis kiterjedésű karsztvidékeket. A japán természetvédelmi szerveknek csak néhány karsztterületet és barlangot sikerült védetté nyilvánítani (Akiyoshi-dai keleti része, Hirao-dai középső része stb.), de a terjeszkedő tökéletes mammutvállalatok már ezeket is veszélyeztetik.

7. A Ryukyu-szigetek karsztvidékei

Egészen más típusú karsztformák alakultak ki a Japánhoz tartozó Ryukyu-szigeteken. A szigetek felszínének nagy részét harmadkori, sőt pleisztocén (ún. „naha”) mészkő alkotja (6. ábra). Az évi középhőmérséklet 20 °C körüli, igen bőséges a csapadék, így a felszíni formák a nedves trópusok karsztjaihoz hasonlítanak. A szigetek több száz barlang is található, köztük legnagyobb az Okinawa déli részén fekvő, háromszintes, 2,4 km hosszú Gyokusen-barlang, amelyet a Yuhi-folyó alakított ki pleisztocén (!) mészkőben (Kashima, 1971.).

A Hedo-Misaki karsztos partja Okinawa-szigeten



Karsztbarlangok

Jól fejlett felszíni karsztjelenségek (töbrök, karrmezők stb.) csupán néhány plató-típusú karsztvidéken fordulnak elő, a vékony sávokban előbukkanó mészkőrétegekben azonban sokféle található kisebb-nagyobb barlangok. Eddig mintegy 1200 jelentősebb karsztüreget dolgoztak fel a japán kutatók. Ebben a számban nem szerepelnek a sziklás tengerpartokon igen gyakori abráziós barlangok, valamint a közel másfélszáz lávabarlang sem.

Az ország legrészletesebben tanulmányozott karsztbarlangja az Akiyoshi-dó, amely a hasonló nevű karsztfennsík DNy-i lábánál nyílik. A barlangot Shûhō-dó néven is említik. (Ez az elnevezés a császártól származik, aki szintén meglátogatta a barlangot. A látottak annyira megragadták a költői lelkületű Tennót, hogy a shûhō — magyarul: szép ősz — nevet adta a barlangnak.)

A barlang 80–85 m tszf. magasságban nyílik, szádájából zuhatagot alkotva tör elő az üregeket kialakító földalatti folyó. A barlang ismert hossza 1,2 km, fő ága 20–40 m szélességű folyosókból és 40 m magasságot is meghaladó omladékos termekből áll. A barlang belső — turisták által nem látogatott — részében a levegő hőmérséklete 14–17 °C.

A japán speleológusok a barlangban hat szintet (teraszt) figyeltek meg (350–400, 280–320, 230–280, 190–210, 160–180 és 80–120 m tszf. magasságban). Ezek a szintek többé-kevésbé egybevágóak a felszíni planációs szintekkel és folyóteraszokkal. A barlang felső három szintje valószínűleg a korai pleisztocénban keletkezett, a következő kettő a középső pleisztocénban, míg a jelenlegi alsó szint a



Az Akiyoshi-dó bejárata előtti üzletsor barlangi árvíz idején

késői pleisztocén és a holocén szülötte. Négy korróziós-eróziós és két akkumulációs szint található a barlangban, közülük a 115 m tszf. magasságban kifejlődött I. korróziós-eróziós szint a legmarkánsabb.

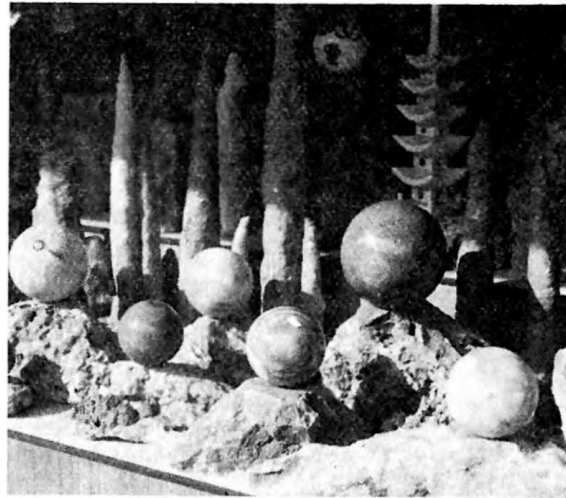
A barlangi folyó vízhozama nagyon ingadozó, a csapadékviszonyoktól függően 1 m³/mp-től 20 m³/mp-ig változhat. Zivatarok után heves árhullám szokott levonulni, a víztömeg ilyenkor elárasztja a barlang elé települt Hirotani „barlangfalú” (Shûhō-dó Cave village) főutcáját és házainak földszintjét. A barlangi folyó vizének hőmérsékleté 13–17 °C közt ingadozik, a pH 8,0–8,3.



A világ egyik legnagyobb és legszebb tavas mésztufaképződménye az Akiyoshi-barlangban

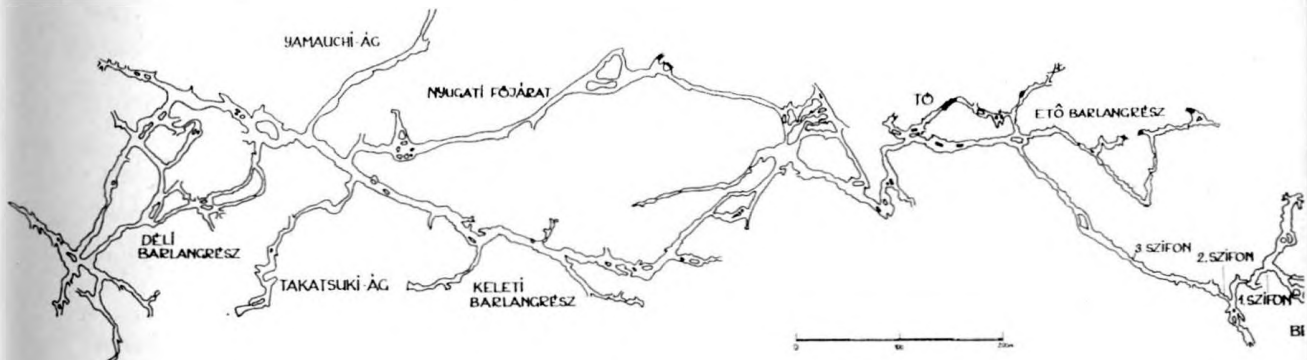
A barlang ismerete igen régi történelmi múltba nyúlik vissza. A barlang bejáratánál egy ülő buddhista alakot ábrázoló bronzszobor áll, s mellette egy márványtábla a következő eseményről tudósít: „Gomurakami császár uralkodásának 9. évében (azaz 1354-ben) Japánt súlyos szárazság érte és ezen a vidéken is tönkretette a termést. A szörnyű éhínségtől való megszabadítás érdekében Daito Juen Zenji, a Sötét iskola buddhista papja és faluja Jijju templomának alapítója, elhatározta, hogy imával fordul az istenhez. Május 1-én behúzódott a barlangba és 21 napon át ott imádkozott az esőért. Ígéretet tett istennek, hogy ha kérése teljesül, cserébe életét áldozza fel. A 21. nap hajnalán megereedt az eső, megtört az aszály. Juen Zenji állta fogadalmát, belevetette magát a Ryu-ga-fuchi-ba („fuchi” a folyó legmélyebb része). A falusiak — hogy örökké emlékezzenek a nemes önfeláldozásra — az akkori idők leghíresebb szobrászával emlékművet készítettek, és a szobrot a barlang bejáratánál helyezték el.”

Jelenleg az Akiyoshi-dó Japán egyik leghíresebb idegenforgalmi látványossága. Évente több mint két millió látogatója van a barlangnak, a nyári hétvégi napokon tízezrek keresik fel. Ilyenkor sűrű tömött sorokban áramlik a nép a barlangban, s időnként megállva hallgatja a csinos, egyenruhás barlangvezető lányok tájékoztatását. A barlangi sétaút végén gyors liftek szállítják fel a látogatókat a karsztplató felszínére, ahol megtekinthetik a karsztmúzeum kiállítási termeit, valamint szakszerű vezetés mellett megismerkedhetnek a felszíni karsztjelenségekkel is. A fennsíkon és a barlang bejárata előtt modern szállodák tucatjaiban sok ezer vendég kaphat szállást. A „barlangkombinátot” üzletek hosszú sora egészíti ki, ahol borsos áron különféle cseppkőképződményeket és belőlük készült csiszolt dísz tárgyakat is árulnak. (A cseppkövek egy része valószínűleg importból származik.)



Cseppköveket és belőlük készült dísz tárgyakat árusító üzlet kirakata

Az Akiyoshi-dön kívül még vagy kétszáz barlang található ebben a térségben. Az előbbtől alig 1 km-re DK felé a plató lábánál nyílik a Kómori-ana nevű patakos barlang, amelyet csak kutatók látogathatnak, ugyanis biológiai laboratóriumot rendeztek be a belsejében. A turisták részére azonban további két másik barlangot nyitottak meg, a Taisho-dó és a Kagekiyo-dó barlangokat. A fennsík szélein sok ún. lábbarlang nyílik, közülük magam is bejártam a Hato-ana és Ohkubo-no-kómori-ana barlangokat. A fennsíkon nyíló zombolyok közül legmélyebb a Nishiyama-no-ana (–145 m).



7. ábra. Az Akka-dó, Japán leghosszabb barlangja. (A Japan Caving Ass. részletes térképe nyomán)

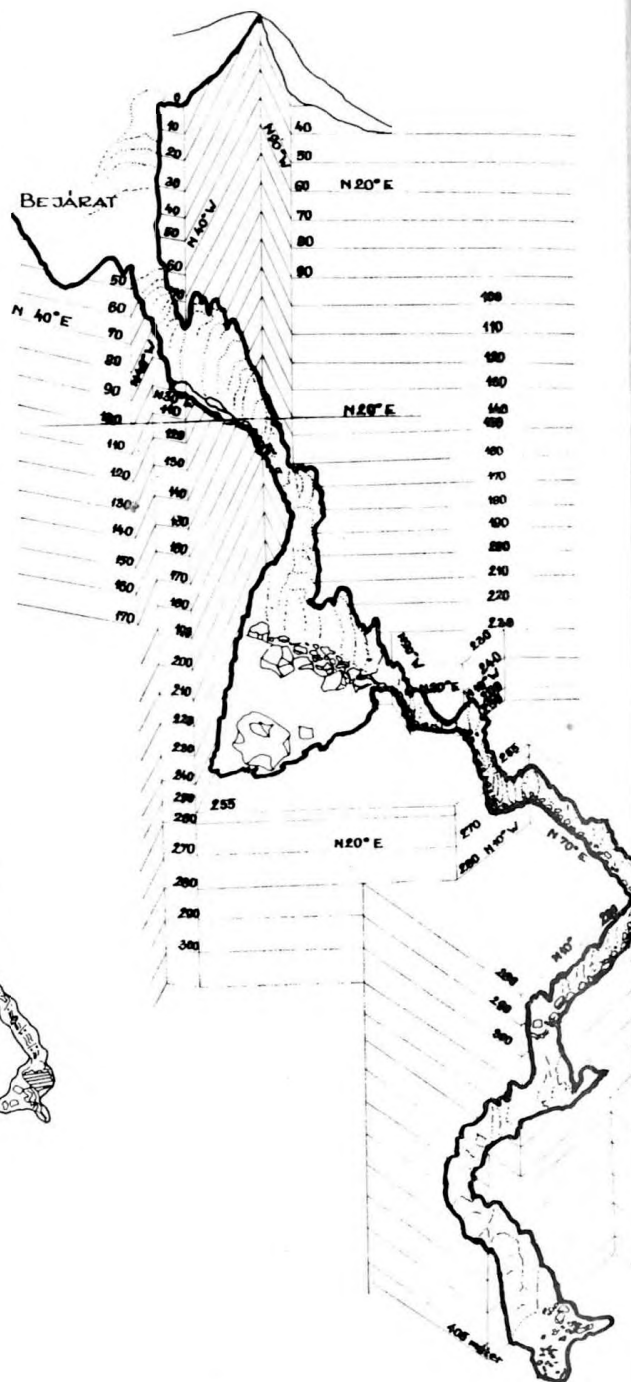
Japán jelenleg ismert leghosszabb barlangja a már említett Akka-dó, amely Honshu-sziget északi részén, Iwate prefektúrában található. Bonyolult járatrendszerének teljes hossza 8 km. (7. ábra.) Az ország legmélyebre nyúló aknabarlangja Honshu középső nyugati partjai közelében, a Maikomidaira-karsztvidéken nyílik. Itt az Ōmi-senri-dó-ban a Kansai Egyetem barlangkutatói 405 m mélységig jutottak el (8. és 9. ábra).

A korróziós lepusztulás mértéke

A tanulmányozott karsztvidékeken rendszeresen vizsgáltam a karsztvizek karbonát-ion tartalmát. A terepi analíziseken kívül számos vízmintát hazajuttattam, és itthon laboratóriumi feltételek között kontroll-elemzéseket végeztünk. A vizsgált minták között karsztforrások, barlangi folyó- és állóvizek, valamint szivárgó-csepegő vizek szerepeltek. A vizsgálati eredményekből az alábbi összeállítást készítettem:



8. ábra. Japán legmélyebb barlangja, az Ōmi-senri-dó. A barlang alaprajzát mutatjuk be



9. ábra. Az Ōmi-senri-dó függőleges metszete a japán barlangkutatók által használt vetítési módon. (Készült a Kansai Egyetem barlangkutatóinak térképe alapján)

Vízminták	Tszf. magasság m	Víz-hőfok °C	Ca CO ₃ mg/l
<i>Akiyoshi-dai, Yamaguchi prefektúra, Honshu-sziget</i>			
Nukumizu-forrás	80	14,9	137
Sowa-no-izumi-forrás	80	14,5	142
Tsurimizu-forrás	175	13,3	139
Taishō-dō-barlangi tó (a mennyezetről erősen csurgó vízből keletkezett)	170	12,2	102
Akiyoshi-dō-barlang (földalatti folyó vize)	90	15,0	138
Kōmori-ana földalatti folyó	80	14,3	139
<i>Észak-Honshu, Iwate prefektúra, Honshu-sziget</i>			
Ryūsen-dō-barlangfolyó egyik ága	200	11,0	102
Ryūsen-dō-barlang főforrása	180	12,0	86
Ryūsen-shin-dō-barlangfolyó	180	12,0	92
Shittaka-forrás (Akka-dō vize?)	280	11,0	82
Shigawatari-forrás	300	11,0	31
Akka-dō-barlangból felszivattyúzott víz	300	11,0	133
Honden-forrás	310	11,0	53
Ryūsen-dō-barlang (mésztufamedence vize)	200	12,0	174
Ryūsen-shin-dō-barlang (mésztufamedence vize)	190	12,0	151
Shigawatari-barlang (csepegő víz)	330	11,0	133
Akka-dō-barlangban csepegő vízből keletkezett tavacska	300	11,0	118
<i>Hirao-dai, Fukuoka prefektúra, Kiushu-sziget</i>			
Ideurano-barlangforrás			
Uemori-ana-forrás	160	13,8	104
Sembutsu-dō-barlang földalatti patakja	270	13,8	126
	320	13,7	142
<i>Közép-Kiushu, Kumamoto prefektúra, Kiushu-sziget</i>			
Konose-dō-barlang földalatti patakja	60	15,0	99
Ōse-dō-barlang földalatti patakja	90	15,0	102
<i>Ohnogahara, Ehime prefektúra, Shikoku-sziget</i>			
Ishifune-forrás	800	10,5	104
Nakakubo-forrás	600	12,3	102
Nakakubo-karsztpatak	600	15,0	51
Rakan-ana-barlangban csepegő vizekből keletkezett tavacska	1080	8,8	133

A magyarországi karsztforrások adataival összehasonlítva nyomban szembetűnik, hogy a japán karsztvizek lényegesen lágyabbak. A hazai karsztforrásokban az oldott karbonát-ionok mennyisége (kalciumkarbonátban kifejezve) literenként általában 200–300 mg/l közt ingadozik (11–20 nk°), ezzel szemben a japán vízminőség vizsgálata 80–140 mg/l (5–8 nk°) értéket eredményezett. Ehhez magyarázatképpen meg kell említenem, hogy a japán karsztok bonyolult szerkezetűek és korlátozott kiterjedésük miatt a mészkőből fakadó források is előzetesen több-kevesebb exogén (nem karszt területéről származó) vízzel keverednek.

A vízminőség viszonylag csekély száma és eredetük körüli bizonytalanságuk ellenére tájékozódó számításokat végeztem a japán karsztokon érvényesülő korróziós lepusztulás meghatározására. Az alkalmazott képlet a corbeli-formulából kialakított

$$D_c = \frac{4 \cdot P \cdot R \cdot T}{100}$$

E képletben a D_c a korróziós denudációt (oldásos lepusztulást) jelenti 1000 évenként mm-ben kifejezve, P az éves csapadékátlag dm-ben, R a lefolyási koeficiens, T pedig az oldott kalcium- és magnézium karbonát mennyisége mg-ban l-enként.

Az oldásos lepusztulás mértéke a vizsgált karszterületeken:

Ohnogahara (magaskarszt)	30–40 mm/1000 év
Akiyoshi-dai	25–35 mm/1000 év
Hirao-dai	25–35 mm/1000 év
Iwaizumi	10–15 mm/1000 év

A magyarországi karsztok átlagos kőzetvesztése oldás útján a jelenlegi éghajlati feltételek mellett bk. 20 mm/1000 év. Ehhez képest tehát — az alacsonyabb fajlagos oldás ellenére — a japán karsztok többsége gyorsabban pusztul, ami a bőségesebb csapadék következménye. Kivétel Iwaizumi karsztvidéke, ahol az évi csapadékátlag nem sokkal több a magyarországinál.

A karszt- és barlangkutatás szervezetei

Japánban a karsztvidékek és barlangok kutatásának nincs összefogó szerve. Általában eléggé elkülönül a tudományos barlangkutatás az amatőr „caving club”-ok tevékenységétől.

A karsztok szakmai kutatását különböző egyetemek, valamint tudományos intézetek munkatársai végzik. E téren kiemelkedik eredményeivel a Tokiói Egyetem földrajzi tanszéke (H. Sato és munkatársai), a Yamaguchi Egyetem geológusai és geográfusai (Miura és Kawano professzorok, a nyugdíjas S. Hamada professzor), az Ehime Egyetemen N. Kashima professzor. A barlangok morfológiai kutatását megelőzte azok élővilágának tanulmányozása (Hajime Torii és mások). A tokiói National Science Museum munkatársai

— Shun-Ichi Uénoval az élen — csaknem valamennyi ismert japán barlangot átkutattak, és rengeteg barlanglakó állatfajt írtak le. Az ősrégészeti és paleontológiai barlangi ásatások is gazdag eredményeket hoztak. A tudományos karszt- és barlangkutatással foglalkozó szakemberek egy része az inkább csak névlegesen működő Japán Szpeleológiai Szövetségbe tömörül, melynek elnöke Masuzo Uéno professzor, főtítkára pedig fia, Shun-Ichi Uéno.

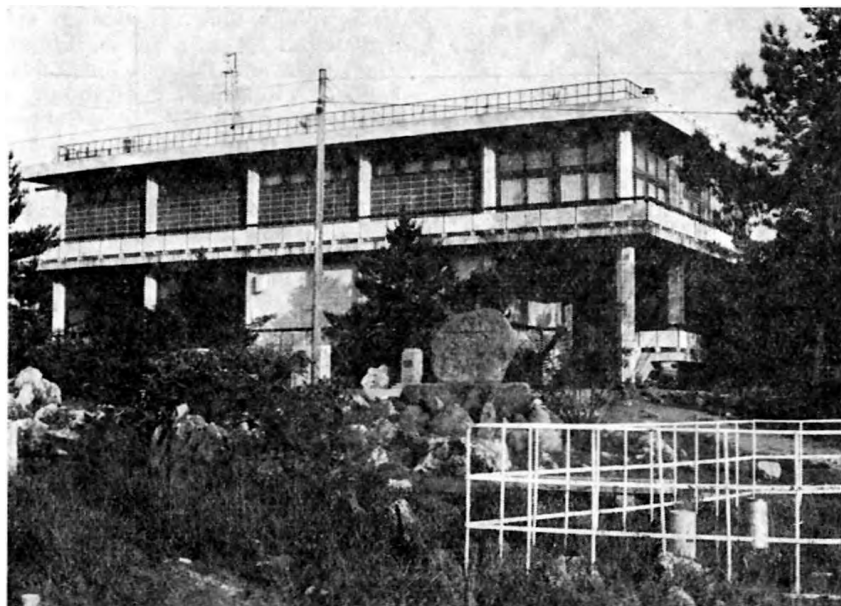
A tudományos karszt- és barlangkutatás önálló bázisa az Akiyoshi-karsztfennsíkron létesített Akiyoshi Tudományos Múzeum, mely szervezetileg Akiyoshi városához tartozik. Az intézet igazgatója Takashi Suenaga, városi hivatalnok, nem karszt-szakember, a tudományos főkurátor pedig dr. Masamichi Ōta, geológus. Az intézet geológiai és biológiai kutató részlegből áll. A geológus csoport vezetője M. Ōta, munkatársai Akihiro Sugimura és Takehiko Haikawa geológusok. A biológiai részleg vezetője dr. Tadashi Kuramoto, munkatársa Hisashi Nakamura biológus.

A karsztmúzeum geológusai elsősorban az Akiyoshi-karszt rétegtani problémáival foglalkoznak és a rendkívül bonyolult hegyszerkezetet tanulmányozzák. A karszthidrológiai vizsgálatokra Japánban eddig nem sok figyelmet fordítottak, az Akiyoshi-dai területén is csupán néhány vízjelzésre és elemzésre került eddig sor. Az intézet biológusai ekológiai tanulmányokat folytatnak, a denevérek migrációját figyelik (évekkel ezelőtt 10 000 denevért gyűrűztek meg), továbbá a múzeumhoz tartozó Kōmori-anabarlangi laboratóriumban különféle kísérleteket végeznek. Ebben a laboratóriumban nyáron külön-

böző egyetemek végzős hallgatói is folytatnak kísérleteket disszertációs témáikhoz.

Az amatőr barlangkutató csoportok közül ki kell emelnünk az egyetemeken működő „caving club”-okat, melyek tagjai nem csak turisztikai célból keresik fel a barlangokat, hanem ott tudományos adatgyűjtést is végeznek (Yamaguchi Caving Club, Ube Junior College C. C., Gakushuin University C. C., Kitakyushu C. C., Morioka Guano C. C. stb). Az amatőr barlangkutató csoportoknak összlétszáma meghaladja az ezer főt. Az elmúlt években több nagyobb expedíciót is szerveztek Délkelet-Ázsia elmaradottabb vidékeire.

A japán barlangkutatás eredményeinek megismerését hátrányosan befolyásolja az a körülmény, hogy a karsztológiai és szpeleológiai kiadványok többsége japán nyelven, a külföldiek számára olvashatatlan írással jelenik meg. Tudományos szempontból legrangosabb kiadványok a tokiói National Science Museum publikációi (részben japán és angol nyelvű bioszpeleológiai tanulmányok), valamint az Akiyoshi Science Museum által folyamatosan kiadásra kerülő „Bulletin”-ek (geológiai és biológiai cikkek japán nyelven, angol összefoglalókkal). A különböző japán egyetemek kiadványaiban is számos karszt- és barlangkutatási témájú dolgozat jelenik meg évente főként japán nyelven. Az Akiyoshi Science Museum és a Yamaguchi Caving Club közös kiadásában látnak napvilágot a Cave Study c. sorozat füzetei (újabbban angol nyelvű tartalmi kivonatokkal). A japán barlangkutató egyesületek központi közlönye fedőlapján ugyan a „Japan Caving” címet viseli, de egyetlen sor latin betűs írás sincs benne.



A japán karsztkutatás tudományos központja, az Akiyoshi Tudományos Múzeum

A rideg karsztkövekről szóló beszámoló után befejezésül őszinte elismeréssel kell megemlékezni magáról az emberről is, a japán karszt- és barlangkutatókról. Valamennyien igen lelkes, áldozatosok nem kímélő vallatói hazájuk mészkővidékeinek és barlangjainak. Baráti segítőkészségük szinte határtalan. Hathatós erkölcsi és anyagi támogatásuk tette lehetővé, hogy ismeretekben jócskán gyarapodva vehettem búcsút ettől a szép szigetországtól.

I R O D A L O M

- BALÁZS D.** (1972): Beszámoló a Japánban folytatott geomorfológiai tanulmányokról. — Földrajzi Értesítő, XXI. évf. 4. füzet, p. 475—476.
- FUJII, ATSUSHI, AKIHIRO SUGIMURA** and **SATOSHI NOJIMA** (1973): Origin and development of the Akiyoshi-dō (cave). — Cave Study. Yamaguchi Caving Club: Akiyoshi-dai Sci. Mus. No. 5. p. 1—23. (Japán nyelven, angol tartalmi kivonattal.)
- HAMADA, SEIKICHI** (1952): Karst topography of Hirao Plateau, Northern Kyushu, Japan. — Saitama Univ. Studies, No. 3. p. 1—11. (Japán nyelven.)
- HAMADA, SEIKICHI** (1957): Karst topography of Akiyoshi Plateau. (Bull. ?) p. 83—103. (Japán nyelven, sok illusztrációval.)
- KASHIMA, NARUHIKO** (1965): So called anthodite from Miyama limestone cave, Ehime prefecture, Shikoku, Japan. — Mem. Ehime Univ., Sect. II (Sci.), Ser. D. (Earth Sci.) Vol. V, No. 2. p. 43—50. (Japán nyelven, angol tartalmi kivonattal.)
- KASHIMA, NARUHIKO** (1969): Some pisolites from limestone caves in Japan. — Mem. Ehime Univ., Sci., Ser. D (Earth Sci.), Vol. VI., No. 2. p. 21—28. (Japán nyelven, angol tartalmi kivonattal.)
- KASHIMA, NARUHIKO** (1970): Some notes on the meandered limestone caves in Japan. — Mem. Ehime Univ., Sci., Ser. D (Earth Sci.), Vol. VI., No. 3. p. 1—10. (Japán nyelven, angol tartalmi kivonattal.)
- KASHIMA, NARUHIKO** (...): Structure and speleothemes of the Ryūsэндő and the Ryūsэндő in Iwate Prefecture, Japan. — Ann. Ehime Univ., Matsuyama. p. 1—8. (Japán nyelven.)
- KASHIMA, NARUHIKO** and **HEIZABURO YAMAUCHI** (1971): The Yuhi subterranean river caves in Okinawa-jima. — Mem. Ehime Univ., Sci., Ser. D (Earth Sci.), Vol. VI, No. 4. p. 13—20. (Japán nyelven, angol tartalmi kivonattal.)
- MORINAGA, YOICHIRO** and **MASAMICHI OTA** (1971): Subsurface geology of the Akiyoshi Limestone Group in the Maki and Kyoei Area, Shuho Town, Southwest Japan. — Bull. Akiyoshi-dai Sci. Mus. No. 7. p. 25—56.
- OTA, MASAMICHI** (1968): The Akiyoshi Limestone Group: A geosynclinal organic reef complex. — Bull. Akiyoshi-dai Sci. Mus. No. 5. p. 1—44.
- OTA, MASAMICHI** (1973): Geography geology and ground water system of the Okinoerabu Island and Anami Oshima Islands, Kagoshima Prefecture, Japan. p. 57. (Japán nyelven.)
- OTA, MASAMICHI, AKIHIRO SUGIMURA** and **TOKIHIRO MAEDA** (1970): On the relation of the precipitation and ground water of the Akiyoshi-dai Karst. — Bull. Akiyoshi Sci. Mus. No. 7. p. 93—97. (Japán nyelven, angol tartalmi kivonattal.)
- Research report on limestone caves in Akka, Iwate Prefecture, Japan* (1971). Iwaizumi-chō. p. 52.
- Scientific value of Akiyoshi Karst.* (1956) — Kiadta: The Japanese Association for the Protection of Nature. Tokyo. p. 20. A füzet a következő tanulmányokat tartalmazza angol nyelven: Protection of Akiyoshi Plateau (*Tsuyoshi Tamura*), The geomorphological value of Akiyoshi Plateau (*Hisashi Sato*), The value of Akiyoshi Plateau from the geographical standpoint (*Seikichi Hamada*), The geological significance of Akiyoshi Plateau (*Eitaro Takahasi*).
- SHIOMI, TAKAYUKI** (1969): Vegetation map of the grassland on Akiyoshi-dai Plateau, Yamaguchi Prefecture, Southern Japan. — Bull. Akiyoshi-dai Sci. Mus. No. 6. p. 35—46. (Japán nyelven, angol tartalmi kivonattal.)

- TORII, HAJIME** (1955): Höhlen in Yamaguchi Präfektur und ihre Faunen. — Bull. Biogeogr. Soc. Japan. Vols. 16—19. p. 418—426. (Német nyelven.)
- TORII, HAJIME** (1957): Sette leggende su grotte esisenti in Giappone e nell'Isola di Okinawa. — Rass. Speleol. Italiana. Como. Anno IX, Fasc. 2—3. p. 78—82. (Olasz nyelven.)
- WAKISAKA, NOBUHISA** and **TADASHI KURAMOTO** (1963): Karst topography in the Ryukyu Islands. — Ann. Rep. Jun. Coll. Ube, No. 3. p. 153—163. (Japán nyelven.)
- WAKISAKA, NOBUHISA, TADASHI KURAMOTO** and **TAKAO MORIE** (1963): Hydrologic studies on the subterranean waters in Shühödō Cave. I. On the hydrogen ion concentration and the hardness. — Bull. Akiyoshi-dai Sci. Mus. No. 2. p. 7—16. (Japán nyelven, angol tartalmi kivonattal.)
- YAMAUCHI, HIROSI** and **NARUHIKO KASHIMA** (1966): Helictites in Japan. — Mem. Ehime Univ., Sect. II. (Sci.), Ser. D (Earth Sci.) Vol. V, No. 3. p. 17—32. (Japán nyelven, angol tartalmi kivonattal.)
- YAMAUCHI, HIROSHI** and **NARUHIKO KASHIMA** (1967): Spherical speleothem from Okinawa-jima, Ryukyu Islands. — Mem. Ehime Univ., Sect. II (Sci.), Ser. D (Earth Sci.), Vol. V. No. 4., p. 1—12. (Japán nyelven, angol tartalmi kivonattal.)

A karsztra vonatkozó japán szakkifejezések (angol írásmóddal)

ana	barlang
dai	karsztos fennsík (pl. Akiyoshi-dai, Hirao-dai). Dél-japáni népnyelvi kifejezés, Észak-Japánban nem használják.
dō	barlang
dō-kutsu-gaku	szpeleológia, barlangtan
gawa	folyó (karsztptatak is)
hara	nagy füves puszta
hira	síkság, lapos hely
izumi	forrás, karsztforrás
karusto vagy karusuto	karszt
karusto-chikei	karsztos táj, karsztvidék
karusto-gaku	karsztmorfológia
karusto-hei-bon	uvala (csak tudományos munkákban használt kifejezés)
karusto-hei-gen	polje (csak tudományos munkákban használt kifejezés)
ketsu	barlang (Fuji vidékén használják)
kōmori	denevér
kubo	töbör, mélyedés (néha barlang is, ha az pl. egy töbör aljából nyílik). Népi kifejezés
mizu	víz (karsztvíz is)
no	füves puszta
ōchi	töbrökkel borított felszín, karsztos terület, töbör (népi kifejezés)
sekkai-gan	mészkő (sekkai = mész, gan = kő, szikla)
sekkai-ganchu	karr (tudományos munkákban; chu = oszlop, kiemelkedés)

KARSTGEBIETE IN JAPAN

Man kann mehrere morphogenetische Typen der japanischen Karstgebiete unterscheiden. Am bekanntesten ist der Akiyoshi-Typ, der ein flachliegendes, in der gemässigten Zone gelegenes Karstplateau mit Dolinen-Karren und besonders mit horizontal verlaufenden Höhlen ist. Der Hirodai-Typ ist ein höher aufragendes Karstplateau mit ähnlichen Oberflächenformen, aber mit mehreren vertikalen Höhlen. Am häufigsten sind in Japan die Karste bergländischen Typs, die sich in langen, 1 bis 3 km breiten Streifen in einer Seehöhe von 500—1500 m dahinziehen. Auf diesen Karsten sind die oberflächlichen Karstformen selten, vorwiegend sind die Höhlen vorherrschend. In diese Gruppe können eingereiht werden u. a. der Ohnogahara-Karst (Shikoku-Insel), die Karstgebiete der Insel Kiushu, sowie auf der Insel Hondo die Karsten der Iwaizumi-Gegend. Schliesslich findet man feucht-tropische Karsttypen auf den südlichen Ryukyu-Inseln. Nach den Berechnungen des Verfassers beträgt die korrosive Denudation der japanischen Karsten im allgemeinen 30—500 mm/1000 Jahre. In Ungarn ist die Korrosionsabtragung 20 mm/1000 Jahre.

Die bekannteste Höhle des Landes ist die Akiyoshi-dō, die jährlich zwei Millionen Besucher hat. Die längste Höhle ist die Akka-dō (8 km), die tiefste die Ōmi-senri-dō (—405 m). Die Karste und Höhlen Japans werden von über tausend wissenschaftlichen Fachleuten und Amateuren erforscht.

KARСТОВЫЕ РАЙОНЫ ЯПОНИИ

Можно выделить несколько морфогенетических типов карстовых районов Японии. Больше всего известен тип Акийоши, представляющий собою невысокое плато с карстовыми воронками и каррами в пределах зоны умеренного климата. Тип Хираодай представляет собой высоко приподнятое карстовое плато с аналогичными формами рельефа, но с большим количеством вертикальных пещер. В Японии наиболее частой встречаемостью характеризуются карстовые проявления горного типа, которые прослеживаются длинными полосами диаметром 1—3 км на высоте 500—1500 м. В этих карстовых районах поверхностных карстовых форм рельефа мало,

зато преобладают пещеры. К этой группе можно отнести, в частности, карстовые районы Охнагахара (остров Шикоку), острова Киушу и Иваизумы (остров Хондо). Наконец, некоторые типы тропического карста влажного климата известны на южных островах Риоку. По результатам вычислений автора, скорость коррозионной денудации японских карстов составляет, как правило, 30—50 мм в 1000 лет. На территории Венгрии средняя интенсивность коррозии — 20 мм в 1000 лет.

Наиболее широко известной пещерой страны является Акийоши-до, которую ежегодно посещает два миллиона туристов. Наиболее длинная пещера — Акка-до (8 км), наиболее глубокая — Оми-сенри-до (—405 м). Карстовые проявления и пещеры на территории Японии изучают более тысячи ученых спелеологов и любителей пещероведения.

KARSTREGIONOJ EN JAPANIO

Kelkaj morfogenetikaj tipoj de la japanaj karst-regionoj estas distingeblaj. La plej konata estas la tipo Akiyoshi, kiu estas malalte situanta, mezvarmazona, dolino-karrorica karsta plataĵo, ĉefe kun horizontalaj grotoj. La tipo Hiraodai estas mezalta karsta plataĵo, kun similaj karstaj elformaĵoj, sed ĝi enhavas kelkajn vertikalajn grotojn (gufrojn). En Japanio la plej oftaj estas la montara-tipaj karst-regionoj, kiuj situas laŭ 1—3 km larĝaj strioj en 500—1500 m alteco. En tiuj regionoj la surfacaj karstaj elformaĵoj estas maloftaj, ilin ĉefe la grotoj karakterizas. En tiun grupon estas enklasigeblaj inter aliaj la karsto Ohnogahara, la karstregionoj de la insulo Kiushu, kaj la Iwaizumi-regionaj karstoj en la insulo Hondo. Fine troviĝas malseka-tropikaj karsttipoj en la sudaj Ryukyu insuloj. Laŭ la kalkulo de la aŭtoro la koroda denudacio de la japanaj karstoj ĝenerale nombras 30—50 mm-ojn en 1000 jaroj. En Hungario la meza koroda denudacio nombras po 20 mm-ojn por 1000 jaroj.

La plej konata groto de la lando estas Akiyoshi-do, kiun vizitas 2 milionoj personoj en jaro. La plej longa groto estas Akka-dō (8 km), la plej profunda Ōmi-senri-dō (—405 m). La japanajn karstojn kaj grotojn esploras pli ol 1000 scienculoj kaj amatoroj.