

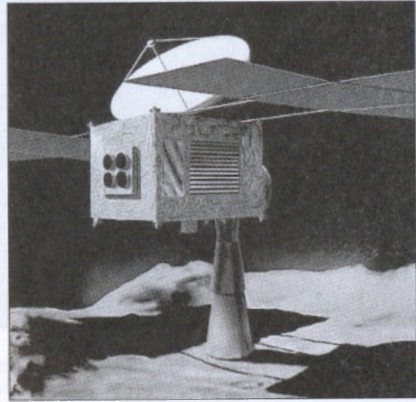
Új eredmények az Itokawa kisbolygóról

A japán Hayabusa-szonda (jelentése: Súlyom) sikeres kutatómunkát végzett az Itokawa kisbolygónál. Bár a felmerült műszaki problémák végül meghiúsítottak néhány mérést, ám így is sok újdonsággal szolgált a küldetés. Ezekből adunk rövid áttekintést az alábbiakban.

A Hayabusa AMICA detektorával több mint 1500 felvételt készített, a sarkvidékek kivételével lefedte a felszín nagyobb részét. A leszállások alkalmával 80 és 63 m magasságból ONC-T detektorával maximálisan 6 mm felbontású képeket is rögzített; infravörös spektrométerével több mint 80 ezer, a röntgen spektrométer pedig több, mint 6 ezer szinképet vett fel. A LIDAR magasságmérő 4 107 104 kibocsátott lézerpulzusból 1 665 548 visszaverődését rögzítette, amiből az adott felszínrészek távolságát 1–50 m közötti pontossággal határozta meg.

A mérésekkel a kisbolygó következő paramétereit sikerült megállapítani: a 25143 Itokawa (korábban 1998 SF36) Apollo típusú, földközeli aszteroida, szinképe alapján S(IV) vagy Q típusú, azaz primitív kondritos összetételű, tehát a kisbolygóöv belső részén gyakori csoportba tartozik. Retrográd irányú tengelyforgásának periódusa 12,1324 óra, a forgástengely pólusa $RA = 128,5^\circ$ $D = -89,66$ felé mutat $3,9$ -os hibahatáron belül. A kisbolygó felszíne $0,393 \text{ km}^2$, tömege $3,51 \pm 0,18 \cdot 10^{10} \text{ kg}$, térfogata $0,01838 \pm 0,0009 \text{ km}^3$ (azaz kb. tizede a Balaton térfogatának), átlagsűrűsége $1,95 \pm 0,14 \text{ g/cm}^3$.

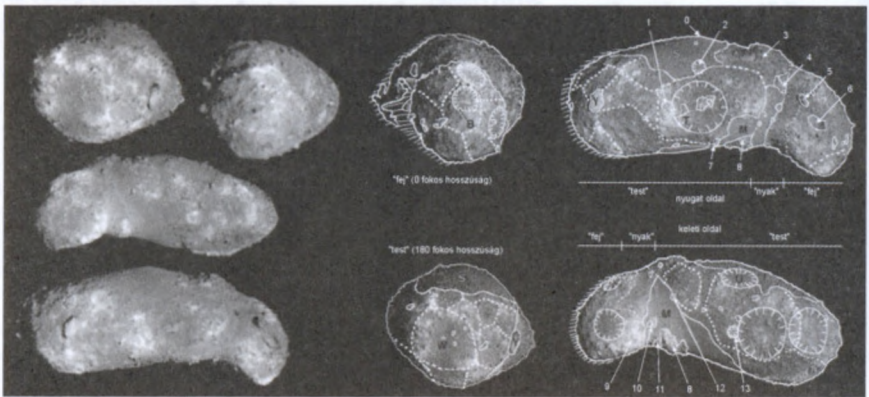
Az Itokawa $535 \times 298 \times 244$ méteresnek bizonyult, alakja elnyúlt, durva közelítéssel két nagyobb, eltérő méretű részre osztható („test” és „fej”), amelyek között enyhén behorpadt, nyak jellegű rész van. A két nagyobb rész, illetve az azokat elválasztó nyak véletlenül is kialakulhatott a becsapódásoktól, de két test összetapa-



Fantáziarajz a leszállásról: a mintagyűjtő épp a felszínhez ér

dásával is létrejöhetnek. Akár egy nagyobb ősi objektum szétdarabolódó töredékeiből a hasonló irányban kirepült fragmentumokból is összeállhattak. Hasonlót az Ida nevű kisbolygó „derékkal” elválasztott két nagyobb részénél is feltételeznek.

A spektrumok alapján összetétele az LL típusú kondrit meteoritokéhoz hasonlít. Az utóbbi anyag sűrűsége nulla porozitást feltételezve $3,19 \text{ g/cm}^3$, míg más S típusú kisbolygónál (az egyébként jelenlévő porozitás miatt) $2,6 \text{ g/cm}^3$ körüli érték lehet jellemző. Mindezeket összevetve az Itokawa belsejének kb. 40%-a „üres”. Ez az első közvetlen megfigyelés egy 1 km-nél kisebb, bizonyíthatóan porózus belső szerkezetű kisbolygóról. A korábbi információk alapján az S típusú kisbolygónál 20% (az Erosnál például kicsit több, 30%), az M típusúaknál 70%, a C típusúaknál 28% körül lehet a jellemző legmagasabb porozitás érték. Az Itokawa esetében tehát ennél lényegesen több „üreg” mutatkozik.

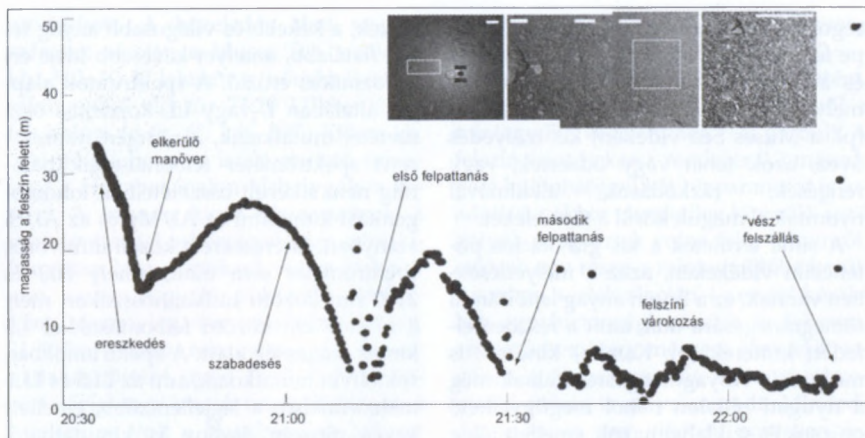


Balra: a felszíni albedó-különbségek. Jobbra: morfológiai térkép az Itokawáról. A folyamos vonalak a sima és érdes felület határát vagy nagyobb kiálló sziklákat, a szaggatott vonalak a kisbolygó felszínén húzódó éles törésvonalakat, az eséstüskéket is mutató kerek alakzatok kráterperemeket jelölnek. A kisbolygó peremen túli, vonalkázott részei árnyékban voltak a felvétel idején. A számok és a fekete betűk az alábbi felszínformákat jelzik: (B) Fekete-szikla, (Y) Yoshinodai-szikla, (T) Tsukuba-régió, (M) Muses Sea, (S) Sagamihara Planitia, (W) Little Woomera-régió, (U) Uchinoura-régió, (1) Kakuta-szikla, (2) Fuchinobeszikla, (3) Sanriku-gerinc, (4) Kokubunji-szikla, (5) Pencil-szikla, (6) M–V szikla, (7) Hilo-szikla, (8) Yatsugatake-gerinc, (9) Shirakami-lejtő, (10) Mountainview-sziklák, (11) Noshirosíkság, (12) Usuda-szikla, (13) Komaba-kráter

Azt egyelőre nem tudni, hogy ennek mekkora része mikroporozitás (szabad szemmel alig látható hajszálrepedések együttese, amelyek ritkán kapcsolódnak össze egymással) és mekkora makroporozitás (nagyobb hasadékok, amelyek a méteres hosszút is meghaladhatják). Különböző földi analógiák alapján a mikroporozitás a kőzetek többségében nem nagyobb 30%-nál. Itt tehát nagyobb rések, hézagok is vannak a kisbolygóban, az Itokawa ezért töredékekből felépülő, ún. kozmikus kőrákás szerkezetű lehet. Utóbbit támasztja alá az egész kisbolygó szabálytalan, mégis éles sarkok nélküli alakja, emellett az, hogy nincs az egész objektumon vagy annak legalább nagy részén végighaladó összefüggő lineáris szerkezet, továbbá a temérdek töredék, amely a felszínét borítja. Az eddigi modellek alapján a kb. 150 és 1000 m közötti

átmérőjű kisbolygók átmenetet jelenthetnek a monolitikus (egyetlen testből álló) és a kozmikus kőrákás szerkezetű, azaz „darabos” aszteroidák között – ebbe a méretkategóriába tartozik az Itokawa is.

A kisbolygó felszínén tektonikus szerkezetek – eltérően pl. az Idától, vagy az Erostól – egyáltalán nem látszanak, ha csak nem számítjuk ide egyes sziklák szögletes alakját, amit töréses folyamatok is létrehozhattak. A bizonytalan megjelenésű, kerekded formákat is figyelembe véve (pl. a lepusztult kinézetű Little Woomera mélyedést), összesen kevesebb mint 100 kráter mutatkozik rajta. Ez elég kevés, és a képek részletesebb vizsgálatával sem fog jelentősen nőni. Eszerint vagy a kisbolygó rendkívül fiatal, vagy a krátereit születésük után szeizmikus ráz-



Lent: a szonda helyzete 2005. november 19-én a leszálláskor (fekete pontok). Fent: sorozatfelvétel az ereszkedés során. Balra: a szonda árnyéka és a fehér céljelölő gömb 32 m magasból. Középen: három nagyobb felbontású, összefűzött kép 80, 68 és 63 m magasból. A bekeretezett rész az utolsó felvételen tanulmányozható. A vonalas aránymérték balra 5 métert, a következő négy szakasz 1–1 métert jelöl

kódás és üledékes feltöltés révén eltűnnek.

Az Itoqawa felszíne alapvetően kétféle területre osztható. A felszín közel 80%-át sziklákkal borított vidék teszi ki. Sziklái 50 m-nél kisebbek, legnagyobb közülük a Yoshinodai, amely 50x30x20 méteres, egymagában kb. 1/20-a az Itoqawa méretének. Néhány szikla (pl. a Pencil névre keresztelt) meglepően kiáll a felszínből. Jellegzetes szikla még a sötét Black Boulder, amely a kezdő meridiánt jelöli. Az 5 m-nél nagyobb sziklákból több mint 500 látható az Itoqawán. Eloszlásukban szabályosság nem mutatkozik, bár a 10 méternél nagyobbakból kicsit több látható a nyugati féltéken. Az átlagos kráterek és a belőlük kirepülő sziklák maximális mérete között összefüggés mutatható ki a legtöbb égitestre. Eszerint az Itoqawa legnagyobb sziklái (pl. Yoshinodai) messze nagyobb átmérőjű kráterből származhatnak, mint amekkora a most megfigyelhető legnagyobb becsapódásnyom. A deciméteres és méteres

sziklák is nehezen magyarázhatók egyszerű becsapódással, sokkal inkább belső széttöréssel keletkezhetnek a kisbolygóban, vagy annak ősében. Emellett sok szikla mutat kissé kerekded sarkokat és sima lapokat, néha pedig csoportos eloszlást. Mindezek alapján a sziklák többsége feltehetőleg nem a becsapódásoktól repült ki, hanem korábban keletkezett töredék, amelyek közreműködnek a „kozmosz kőrákás” üreges belső szerkezet kialakításában.

A másik felszíntípust a sima területek képviselik, ezek az egész Itoqawának kb. 20%-át borítják. Két helyen sűrűsödnek: az északi sarki területen és egy nagyobb vidéken, amely magába foglalja a déli pólust és a Muses Sea-t. Sima területeik szikláiban szegények, homogén az albedójuk, legalább centiméteres méretskáláig simának mutatkoznak. A leszállásokkor készített felvételek alapján a Muses Sea-nél megfigyelt milliméteres és centiméteres szemcsék nagyobbak, mint az Eros legfinomabb, szubmilliméteres

regolitja. A Muses Sea peremétől a közepe felé csökkenni látszik a szemcseméret és a nagyobb sziklák sűrűsége is. Némely sima területen található sziklákat (pl. a Muses Sea vidékén) kis mélyedés övez, azok tehát vagy odaestek, vagy rengések, rázkódások alkalmával nyomták el maguk körül a törmelékét.

A sima területek a kis gravitációs potenciálú vidékeken, azaz a mélyedésekben vannak, ez a finom anyag lejtőirányú tömegmozgására utal, amit a részben elfedett kráterek (pl. Kamba) kinézete is megerősít. Anyagmozgásra utalnak még a nyugati oldalon néhol megfigyelhető csúcsok és sziklahalmazok, emellett főleg a nyak környékén vannak még omlásos jellegű szerkezetek. A gravitációs potenciáltérképek alapján a sima anyag közel vízszintesnek vehető. Keletkezése nem egyértelmű, a becsapódásokkor képződő törmelék jelentős része ugyanis 10–20 cm/s-os sebességet elérve eltávozik – regolit mégis mutatkozik a kisbolygón. Elméletileg a töredezett belső blokkok elmozdulása is termelhet finom port, de itt egyelőre feltételezésekre kell hagyatkoznunk. Az Itokawán feltehetőleg ma is zajlik a felszín alakulása. Az anyag mozgásának lehetséges okai: elektrosztatikus porvándorlás, árapály eredetű mozgások, erős hőingadozás, becsapódások közvetlen hatása és közvetett rengései – de valószínűleg nem kizárólag egyszerű becsapódásoktól kirepült, majd visszahullott törmelék lerakódásával van dolgunk.

Az Itokawa felszíne nem azonos színű, és feltehetőleg ezzel kapcsolatban az összetétele is változik. A szín és az albedó között kapcsolat mutatkozik: a fényesebb területek kékebbek, a sötétebbek pedig vöröses árnyalatúak. A fényes vidékek főleg meredek lejtőkön, kiemelkedéseken, kráterperemeken fordulnak elő (pl. a Kamba-kráter körüli világos gyűrű) – eszerint területükön csuszamlások le-

hettek, a kékebb és világosabb anyag tehát fiatalabb, amelyet kevesebb ideje éri a kozmikus erózió. A spektrumok alapján általában L vagy LL kondritos összetétel mutatkozik, a röntgen fluoreszcens spektrométer felbontásának határáig nem sikerült összetételbeli inhomogenitást kimutatni az Al/Mg és az Al/Si arányban. Eltérésekre a közeli infravörös spektrométer sem utalt, amely 800 és 2100 nm közötti hullámhosszakon mért 8 m és 7 cm közötti felbontásokkal 4,5 km-es magasság alatt. A spektrumokban sok olivin mutatkozik, ami az LL5 és LL6 meteoritokban a legjellemzőbb, emellett kevés piroxén ásvány is kimutatható. Mindent összevetve az Itokawa anyagát tekintve differenciálatlan, primitív objektum.

A Hayabusa-program legfontosabb eseményei

A Hayabusa 2005. szeptember 12-én érkezett meg a kisbolygóhoz, majd 20 km-es távolságban várakozni kezdett. 2005. szeptember 30-án 7 km-es magasságra érkezett, majd 2005. október 8. és 28. között változtatta a helyzetét 7 és 20 km közötti távolságban. Kijelölték a két leszállóhelyet: a legnagyobb sima területen a Muses Sea és a Little Woomera térségben. Mindkettő a nappali oldalon mutatkozott, amikor a szonda a kisbolygó Föld felé néző oldala felett volt, ami magas napállást biztosított a napelemeknek. Emellett mindkettő sima vidék. A leszállás két főpróbájára november 4-én és 12-én került sor, november 9-én pedig egy további navigációs tesztet végeztek. A közelrepülések alatt kiderült, hogy a Little Woomera vidék nem elég sima, ezért mindkét landolást a Muses Sea-re tervezték.

Az első leszállásra 2005. november 19-én került sor. Ereszkedés közben terepi akadályt észlelt a rendszer, ezért pályát

módosított. A közeledés alatt végzett mérések alapján a Muses Sea területén kb. 310 ± 10 K lehetett a hőmérséklet. A mintagyűjtő először 21:20 UT-kor ért a felszínhez (d.sz. 6° , k.h. 39°). Ekkor kb. $0,06$ m/s lehetett a lefelé mutató sebessége a Hayabusának a kisbolygóhoz képest. A szonda kicsit visszapattant, a visszapattanási sebesség alapján nem kifejezetten laza portakaró volt a kisbolygón, hanem nagyobb kohéziójú, feltehetőleg viszonylag durvaszemcsés anyag. 21:30-kor újabb felszintérés és visszapattanás történt, majd 21:41 és 22:15 között végig vagy kisebb megszakításokkal a felszínen volt a Hayabusa. A helyzet érdekes, a szűkös információk alapján ugyanis nem lehet pontosan megállapítani, hogy ebben az időintervallumban mikor volt a szonda a kisbolygó felszínén, és mikor nem – a gyenge gravitációs térben a kisebb, esetleg csak néhány mm magas lassú felpattanásokat nehéz megkülönböztetni a folyamatos felszíni jelenléttől. Nem kizárt, hogy néhány apró szemcse fellökődött a felszínről és a mintagyűjtőben landolt – vagy végleg el-

repült a kisbolygóról, a szökési sebesség ugyanis csak 20 cm/s körül lehet.

A második leszállás 22:07-kor történt, amikor a jelek alapján az ütközéstől a mintagyűjtő vége enyhén el is görbült. A felszín érintések a rendszer $0,2$ másodperc különbséggel két tűzparancsot is kiadott. Az ekkor elméletileg kirepülő apró golyók port vertek volna fel a felszínről, aminek egy része a mintagyűjtőbe került. Azonban a jelek alapján 4 perccel korábban egy biztonsági utasítás is érkezett, amiért lehet, hogy mégsem lőtte ki lövedékeit a Hayabusa, sőt, talán a mintagyűjtő fedele is zárva maradt. Mindedig azonban nem sikerült pontosan rekonstruálni az eseményeket.

A mintavételek sikerességével kapcsolatos kérdésekre a végső választ a Földre hozott mintagyűjtő adhat – a szonda hazajuttatása azonban a felmerült problémák miatt elég bizonytalan. Jelenleg a földi irányítók hősi küzdelmet folytatnak azért, hogy a Hayabusa 2010 júniusában hazatérhessen.

KERESZTURI ÁKOS

Egy év – egy kép: a Meteor 1953-ban

Meteor címmel először 1952–53 folyamán jelent meg csillagászati periodika hazánkban. A rossz minőségű papírra nyomtatott (stencilezett) lapot a Társadalom és Természettudományi Társulat Csillagászati és Matematikai Szakosztálya adta ki. Számos elméleti és módszertani közlemény jelent meg az „első” Meteorban, melynek cikkírói elsősorban a szovjet csillagászat eredményeire támaszkodtak. A lap fejlécén a Meteor felirat fölött egy planetárium rajzát láthatjuk, fölötte üstökös „suhan”. Az első Meteor megszárgult lap-számái ma már gyűjtők féltve őrzött kincseinek számítanak. (Mzs)

