

Mintavétel egy kisbolygón

Az eredetileg MUSES-C néven futó, később Hayabusa (Hajabusza, magyarul sólyom) névre keresztelt japán szonda az amerikai űrprogramoknál tapasztalható hírveréshez képest szinte teljes titokban hajlja végre nagyívú, és eddig sikeres programját. A szonda nem csak új technológiákat próbál ki, hanem első alkalommal tervez anyagmintát hozni egy kisbolygó felszínéről. Nem száll le rá, csak sólyomként követi, majd a kb. 1 grammnyi zsákmányát is leszállás nélkül, a felszint csak érintve gyűjti be.

A Japán Űrügynökség 100 millió dolláros szondája üzemanyaggal feltöltve 510 kg tömegű, átmérője alig másfél méter. Az űreszköz 2003. május 9-én egy M-5 jelű hordozórakétával startolt Japánból, a Kagosima Űrközpontból. A küldetés során tesztelték az ionhajtóművet, amely a 12 m² felületű napelemtáblával nyert energia segítségével repíti ki összesen 65 kg xenon gáz üzemanyagát, maximálisan 8 mN tolóerőt kifejtve hajtóművenként. Ugyanakkor 50 kg-nyi hagyományos kémiai hajtóanyagot is visz magával. Szintén a technológiai kísérlet része X hullámsávú rádiója. Másfél méteres parabolaantennája ezen a frekvencián kommunikál a Földdel. Mindezek felül – mint a modern űreszközöknél szokás – autonóm irányítási rendszerrel, ideális esetben földi beavatkozás nélkül navigál.

Tudományos programja keretében a földközeli objektumok közé tartozó, kb. 490x180 m-es (25143) Itokawa kisbolygót vizsgálja. Az égitestet a LINEAR program fedezte fel 1998. szeptember 26-án. Az először 1998 SF36 ideiglenes jelölést kapott égitest keringési ideje 1,52 év, naptávolsága pedig 0,953 Cs.E. és 1,695 Cs.E. között változik. Ideális célponttá kicsi, 1,62 fokos pályahajlása teszi, bár korábban a jobban ismert (4660) Nereus

kisbolygó volt a Hayabusa célpontja. A földi megfigyelések 12,132 órás forgási periódust mutattak, a fényváltozás amplitúdója 0,8 magnitúdó volt. Sorszámát 2001 tavaszán kapta, majd 2003-ban a japán rakétatechnika terén úttörő tevékenységéről ismert Hideo Itokawa után nevezték el.

Tudományos műszerei között legfontosabbak a kamerái: optikai navigációs kamerája és távcsöve (Optical Navigation Camera/Telescope, ONCT) a pályaváltoztatáshoz ad információt. Multi-spektrális kisbolygó kamerája (Asteroid Multi-band Imaging Camera, AMICA) hét keskenyebb és egy szélesebb sávú szűrő segítségével gyűjt színeképi adatokat, amelyekből a felszíni összetételre lehet következtetni. Ennek felbontása 20 km távolságból 5,8 méter. Röntgen fluoreszcens spektrométerével (X-ray Fluorescence Spectrometer, XRS) a kémiai összetételt vizsgálja, elsősorban a vas, a nátrium, az alumínium és a szilícium gyakoriságát tanulmányozza. Utóbbi detektorral 2004. május 17-én a Hold oldaláról érkező röntgensugárzást rögzítette. Lidar (Light Detection and Ranging) műszere a radarhoz hasonló elven alapul, de lézerrel működő távolságmérő eszköz. Közeli infravörös spektrométere (Near Infrared Spectrometer, NIRS) 20 km-es távolságból 10 m felbontóképességgel tanulmányozza a felszín ásványtani összetételét a 0,85 és 2,1 mikrométer közötti tartományban. Emellett a szondán egy speciális, ugráló le szállóegység, ún. hopper is helyet kapott.

A Hayabusa felbocsátása után, 2003 végén történt nagy napkitörés károsította napelemeit, és csökkentette az általuk szolgáltatott energiát. A start után egy évvel visszatért a Földhöz, amikor 3725 km-re repült el bolygónk mellett. A hirtelen a jobban ismert (4660) Nereus

lálkozóhoz, emellett kipróbálta AMICA kameráját, és megörökítette a Földet és a Holdat. Útja során csak kisebb problémák léptek fel, ám a közelítés alatt három giroszkópja közül kettő is felmondta a szolgálatot.



Az Itokawa kisbolygó két irányból

A szonda nyáron ért célpontjához, amelyet igen lassan közelített meg, mivel Nap körüli pályája majdnem pontosan megegyezett a kisbolygóéval. Az aszteroidához viszonyított relatív sebességét többször is módosították, majd szeptember 12-én, magyar idő szerint hajnali 3 órakor, kémiai hajtóművével fékezést hajtott végre. Ettől kezdve 20 km távolságra várakozott az Itokawától. Ebben a távolságban az Itokawára vonatkoztatott szökési sebesség néhány cm/s. A Hayabusa az Itokawáéval majdnem megegyező, Nap körüli pályáról vizsgálja a kisbolygót.

A tudományos programot három hónap időtartamra tervezik. A kamera képein jól látszik, hogy az Itokawa felszíne két típusra osztható: világosabb, egyenetlen vidékekre és a sötétebb, sima részekre. Bár kialakulásuk magyarázata

még nem ismert, a világosabb vidékek feltehetőleg fiatalabb kiemelkedések. Ezek területéről a felszíni regolittakaró lepusztult, míg a sötétebb és simább részeken idősebb, a kozmikus erózió által besötétített törmelék halmozódik. A globális térképezés első fázisa körülbelül egy hétig tartott, a kisbolygó látszó mérete 20–25 fokos volt a kamerákkal. A második szakaszban, október 4-én hét kilométerre közelítette meg a Hayabusa az Itokawát, ami már nagyobb felbontású felvételek készítését tette lehetővé.

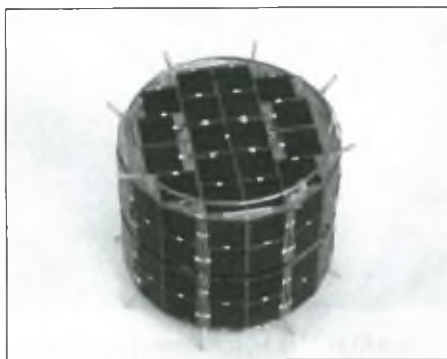
A kutatók az eredeti tervek szerint három alkalommal próbálkoztak volna a mintavétellel. Ezt leszállás nélkül, a szonda alján lévő, 1 m hosszú, 20 cm átmérőjű anyaggyűjtő tölcser segítségével oldanák meg. A porgyűjtést egy 200–300 m/s sebességgel a felszínbe lőtt, 10 grammos fémgolyó által felvert por teszi lehetővé. A manőverezés során a felszíntől mért pontos távolság kiszámítását egy céltárgy segítené. A felszín felett kb. 100 méterrel ledobott eszköz egy 10 cm-es labda, felületén erős fényvisszaverő lapokkal. A szonda a gyűjtés után visszaemelkedik kb. 100 méteres magasságba, majd mindezt még kétszer végrehajtja. A mintavételek során összesen 1 gramm por összegyűjtése a terv. Az első ereszkedés során a MINERVA (Micro Nano Experimental Robot Vehicle for Asteroid) nevű „rovert” is a felszínre kívánták ejteni. A henger alakú, 10 cm átmérőjű, 591 grammos Minervát sok helyütt inkább „hoppernek” nevezik, mivel ide-oda tud ugrálni a kisbolygó felszínén. Fedélzetén 3 kis színes CCD-kamera kapott helyet, melyek felbontása 10 cm távolságból 1 mm-nél is jobb, de képek készítése mellett a felszín hőmérsékletét is mérte volna. Antennája 20 km távolságig megbízható, az energiaellátást nap-elemek biztosítják. (Nem ez az első ugráló egység az űrtechnikában, hiszen a szovjet Fobosz-szondák is hasonló egy-

ségeket juttattak volna a Mars holdjának felszínére.)

A mintavételre és az ugráló egység ledobására eredetileg november 4-én került volna sor, ám 700 méter távolságban a Hayabusa jeleiben anomáliát észleltek, ezért a szondát – az autonóm irányítási rendszert a Földről felülbíráva – visszafordították. A manőver a két giroszkóp kiesése is kockázatos, a szondát a kémiai hajtóművel próbálják stabilizálni.

Az ellenőrzések során kiderült, a hiba a képfeldolgozó rendszerben volt, november 9-én az Itokawát 70 méteres távolságra közelítették, s nem merült fel semmi probléma: november 12-ét jelölték ki a MINERVA felszínre juttatására. November 12-én a Hayabusa újra megközelítette tehát az Itokawát, 55 méter magasságból pedig leoldotta a Minervát. A sátválás előtt a hopper fedélzeti kamerája segítségével lefényképezte az anyaszonda napelemszárnyát. Az ereszkedés során a kapcsolatot végig tartották egymással, a Hayabusa bőven a rádióadó 20 km-es körzetén belül tartózkodott. Ám sajnos a MINERVA elszárguldott a kisbolygó mellett, annak gravitációja ugyanis nem volt elegendő ahhoz, hogy befogja a leszállóegységet (a helyi szökési sebesség mindössze 20 cm/s). A Hayabusa megörökítette az Itokawa mellett elszárguldó egységet.

A két további mintavételi kísérlet közül az elsőt, november 19-én a Hayabusa 40 méterre közelítette meg a kisbolygót, amikor kioldotta a pontos távolság meghatározása végett használandó kis céltárgyat. Utóbbinak akkor kellett elérnie a felszínt, amikor a Hayabusa már csak 17 méterre volt a kijelölt célterülettől. Ekkor a kapcsolat megszakadt, a szonda automata vezérlésre kapcsolott. A Hayabusa 3 órával a kapcsolat megszakadása után adott magáról életjelet, a gyűjtött információkat ezután vissza-



A Minerva, az ugráló egység

küldte a földi irányításnak. Az adatok elemzése először arra mutatott, a Hayabusa nem szállt le a kisbolygóra, hanem kicsivel előtte visszafordult. A részletes analízis megmutatta, a Hayabusa mégis leszállt a felszínre, mintegy 39 percet tartózkodott ott anélkül, hogy a mintagyűjtésre sor került volna. A november 25-i kísérletről lapzártáig nem érkezett hír, a japán mérnökök az űrszonda állapota miatt bizonytalanok egy újabb leszállás kimenetelét illetően. Sikeres mintavétel esetén a Hayabusa decemberben elindul a Föld felé.

Az eddig napvilágot látott számos értékes tudományos eredmény közül a legnagyobb szenzációnak a kisbolygó furcsa megjelenése számít. Kiderült, hogy az Itokawa felszíne tele van sziklával. Sokkal sűrűbben helyezkednek el rajta a kőtömbök, mint az Eroson és sok a szögletes alakú, amit talán a becsapódások okoznak. Emellett finom por által feltöltött vidékek is mutatkoznak, hasonlóakat szintén az Eros kisbolygón láttunk már. Az egyes sziklák képében a regolitakaró alatti „üde”, tehát a kozmikus erózió által kevésbé érintett anyagot látjuk.



Kiálló sziklák hosszú árnyékkal (balra), az egyik tervezett leszállóhely a Muses-tenger területén (középen) és a Hayabusa saját árnyéka, amelyet az első közelítéskor örökített meg (jobbra)

Már most kijelenthetjük, hogy az űreszköz sikeresen vizsgázott. A Hayabusa műszerei közül az AMICA képrögzítő berendezés eddig mintegy 1500 felvételt készített többféle színszűrővel. Az NIRS spektrométer, a közeli infravörös tartományban több mint 75 ezer mérést végzett, a LIDAR lézeres távolságmérő pedig a kisbolygó felszínén 1,4 millió pont helyzetét, távolságát állapította meg. Az XRS nevű röntgenspektrométer összességében 700 órán keresztül rögzített színeképi adatokat, amelyekből eddig az olivin és a piroxén ásványokat sikerült azonosítani. A Hayabusa mozgásának elemzése alapján az Itokawa közepes sűrűségét is sikerült megállapítani, amely $2,3 \text{ g/cm}^3$ -nek adódott, $0,3 \text{ g/cm}^3$ pontossággal. Ez lényegesen alacsonyabb, mint amit egy ilyen, S típusú kisbolygónál vártak a kőzetanyag alapján. Az ionhajtómű eddig összesen 26 ezer órán keresztül üzemelt, és sikeresen tesztelték a módszert, amivel felváltva használták az új meghajtást és a hagyományos kémiai rakétahajtóművet. Elképzelhető, hogy a jövő űrszondáit is többféle meghajtási elven működő hajtóművel látják el, s ezeket a szükségletek szerint váltogatják.

A program csúcását az anyagmintát tartalmazó 40 cm-es kapszula visszajuttatása jelentené. Sikeres mintavétel ese-

tén a Hayabusa elindul a Föld felé; a tartály 2007 júniusában, bolygónktól 300–400 ezer km-re válna le a szondáról. Nem sokkal később 12 km/s sebességgel belép a Föld légkörébe, miközben 25 g lassulás hat rá, majd ejtőernyővel fékezve zuhanását, az ausztráliai Woomera terület közelében landolna. Sajnos a küldetés sikerét a hajtóanyag vártnál jóval gyorsabb fogyása jelentős mértékben veszélyezteti.

Az űrszonda megépítése 1,2 milliárd jenbe (100 millió dollárba) került. A program előkészítése során a NASA lemondta a szonda fedélzetén szállítani tervezett 1 kg-os SSV (Small Science Vehicle) rover megépítését. A Holdnál távolabbról eddig még egyetlen országnak sem sikerült mintával visszajutnia a Földre (az amerikai GENESIS kétes sikert ért el becsapódásával).

**HORVAI FERENC, KERESZTURI ÁKOS,
SÁRNECZY KRISZTIÁN**

Internet ajánlat

Japán űrkutatósi hivatal: www.jaxa.jp
 Űrvilág hírportál: www.urvilag.hu