

BRAUN TIBOR\*  
DETRE CSABA\*\*  
OSAWA, EIJI\*\*\*

## Bevezetés

A késő Perm-korszakban (P/Tr) tekintik az élővilág történetének leghosszabb és legszörnyűbb katasztrófáját. Számos hipotézist állítottak fel az ezen időszak alatt bekövetkezett tömeges kihalásokra [1]. Legújabban *Becker* [2] és munkatársai új feltételezést közöltek, mely egy kozmikus ütközési eseményen alapul, hasonlóan ahhoz a ma már jól dokumentált hatású a Föld és egy 10 km-es aszteroida ütközéséhez, mely a K/T határán következett be. Ezt *Becker*ék [1] a fulleréneknek Japán, Kína és Magyarország néhány P/Tr stratigráfiai helyén való mintavétele bizonyítja. Feltételezik, hogy a mintában talált fullerének kozmikus eredetűek, mivel ezekben endohedrálisan olyan arányban találtak héliumizotópokat, melyek űrbeli eredetre utalnak (1. ábra). Feltételezik, hogy ezeket a fullerénket a földdel a P/Tr idején ütköző, kb. 10 km átmérőjű aszteroida szállította oda, és ez okozta a 258 millió évvel ezelőtt bekövetkezett, jól ismert kihalási katasztrófát. Habár *Becker* [1] és munkatársainak hipotézise eléggé tetszetősen hangzik, az fullerénkémiái szempontból mégis kételyeket kelt, és alternatív magyarázatokra késztet. Ebben a közleményben néhány ilyen alternatívát ismertetünk.

## A fullerének és a P/Tr katasztrófa

Kezdjük a *Becker* [1] és munkatársai által említett helyeken talált fullerénekkel, és tegyük fel, hogy ezek aránya és összetétele megfelel az általuk közöltekkel, habár ezeket az eredményeket független mérések azóta sem erősítették meg. Először, *Chijiwa* [3] és munkatársai a Közép-Japán Inuyama területén, a P/Tr határ metszéspontján talált mélytengeri agyagkövekben csak ppt mennyiségű  $C_{60}$ -at találtak, szemben a *Becker* [1] és munkatársai által említett ppb mennyiséggel. Másodszor, megemlítendő a fullerénminták mérése közben bekövetkezett esetleges szennyeződés [4], melyet egy szóval sem említenek meg *Becker*ék [1], de amelyet *Chijiwa* [3] és munkatársai nagyon akkurátusan vesznek számításba. Eltekintve



Földi  $^3\text{He}/^4\text{He}$  arány:  $1,4 \times 10^{-6} - 1 \times 10^{-7}$

Extraterresztriális  $^3\text{He}/^4\text{He}$  arány:  $1 \times 10^{-4} - 3,2 \times 10^{-6}$

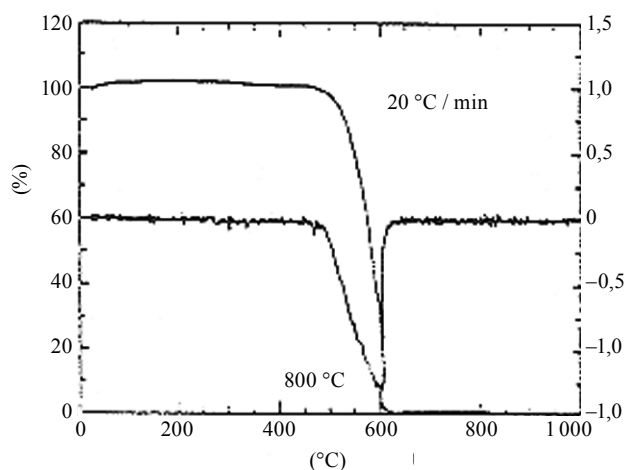
1. ábra. A földi és az űrbeli héliumizotópok aránya a  $C_{60}$ -molekulákban

\* ELTE, Kémiai Intézet, Budapest

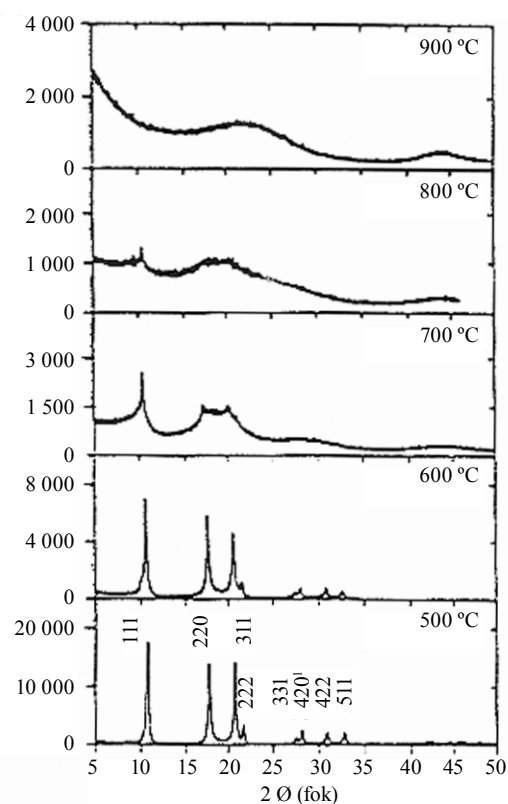
\*\* Magyar Földtani Intézet, Budapest

\*\*\* NanoCarbon Research Institute Ltd., 1080 Yabutsuka, Chosei-mura, Chosei-gun, Chiba, 299-4395, Japán

a vívőgázokkal transzportált fullerénekkel vagy mikroporózus és rétegzett szén nanorészecskékkal kapcsolatos jelenlegi ellentmondásoktól, melyeket *Harris* [5] és munkatársai vetettek fel, mi értetlenül állunk a sok  $C_{2n}$  ( $n=30$ -tól  $80$ -ig) csúcslánc előtt, melyek *Becker* [1] és munkatársai (2001) cikkében, az 1B. és 1C. ábrákon bemutatott P/Tr rétegek LDMS-eiben láthatók. Ezeknek a csúcsoknak a nagyon egyenletes eloszlása egy egyensúlyban nem lévő elegyet jelent. Azonban egy meteoritban, vagy akár milyen más földön kívüli eredetű objektumban lévő szénklaszterek feltételezhetően már elérték a termodinamikai egyensúlyt, amikor magas hőmérséklet hatásának voltak kitéve az atmoszférán való átrepülésükkor és az azt követő földbe ütközésükkor. A koromban lévő magasabb értékű fullerének ( $C_{100}$ -ig) eloszlása, melyről feltételezhető, hogy már termodinamikai egyensúlyban vannak [6], feltűnően egyenetlen [7]. Erre a következtetésre magyarázat lehetne az, ha feltételezzük, hogy a magas forráspontú extraháló oldószerek (tetrametil-benzol, triklór-benzol), melyek a maradékban visszamaradnak, helyben képeznek fullerénket a lézeres deszorpciós folyamat közben. Hasonlóan, az Allende- és Murchison-féle meteoritok magas forráspontú extraktumaiban található, többszörös fullerénecsúcsok is műtermékek lehetnek [8,9,10]. Nem kerülheti el a figyelmet az sem, hogy egy mintegy 10 km átmérőjű aszteroidának a Földdel való feltételezett ütközése során felszabaduló ütközési energia megközelítően  $4,6 \times 10^{19}$  Joule lenne, ez 11 000 MT TNT-vel lenne egyenértékű. Ez az ütközés a környezetében legalább  $2\,000 - 5\,000\text{ °C}$  hőmérsékletet hoz létre [11]. Egy üstökösaszteroidnak az atmoszférával való találkozásakor az ütközéssel és a szerves anyag így létrejövő pirolízisével együtt jelentkező kölcsönhatások együttes vizsgálata azt mutatja, hogy a szerves anyagok nem élik túl az ütközéseket és a 10 km/mp-nél gyorsabb sebességet. Azonban a feltételezhetően sűrű (10 bar  $\text{CO}_2$ ) korai atmoszféra  $4,5 \times 10^9$  évvel ezelőtt ezzel ellentétben ép szerves anyaggal gazdagodott. Azon körülmények között, melyek a Földön a P/Tr határán uralkodtak, az atmoszférában kb. 35%-os szuperoxia létezett. Bár, mint az ismeretes [12], a fullerének hűlő plazmahőmérsékleten keletkeznek. A  $C_{60}$ -val végzett termogravimetriás mérések azt mutatták, hogy ezeknek a molekuláknak a hővel szembeni ellenállása legfeljebb  $900 - 1\,000\text{ °C}$ -ig tart (2., 3. ábra). Feltételezzük, hogy a *Becker* és munkatársai [1] által Kínában, Japánban és Magyarországon talált néhány  $C_{60}$ -molekula, amennyiben ezek a Földön keletkeztek, valószínűleg úgy szintetizálódtak, ahogy ezt *Chijiwa* és munkatársai (1999) említették [11], vagyis a Pangea szubkontinensen, lokális anoxidációs zónákban, nagyon sok oxigént fogyasztó erdőtüzekben. Az argon és hélium endohedrálisan a fullerénekbe záródott



2. ábra. Átkristályosított  $C_{60}$ -minta termogravimetriás görbéje.  
Felfűtés: 20 °C/perc



3. ábra. Különböző hőmérsékleteken kezelt  $C_{60}$  röntgendiffrakciós felvételei

kisebb mennyisége (1. ábra) interplanetáris porrészecskékből (IDP) és kozmikus maradványokból álló zápor alakjában érhetett el a Földet, ami egy közeli szupernóva-robbanás esetleges bekövetkeztének eredménye lehetett.

Ennek a robbanásnak lehetséges földi hatását a P/Tr biológiai környezetében először *Schindendorf* [13] tekintette át. Az erdőtüzek mellett a P/Tr-kihalás legfontosabb egyidejű földönkívüli oka közeli szupernóva-robbanás lehetett. Ezt támasztja alá elsősorban a kihalás természete [14]. Azonban ebben a távolságban a szupernóva-robbanásnak nem lehetett semmilyen termikus hatása a földi bioszférára és litoszférára. A *Chijiwa* [3] és munkatársai által feltételezett erdőtüzek lokálisak vagy regionálisak lehet-

tek, melyek nem járhattak komoly következményekkel a hatalmas és hosszan tartó P/Tr-tömegkihalásokra nézve, azonban fulleréneket képezhettek a Földön az említett erdőtüzek következményeként. A kihalás a planktonikus élet teljes megszűnésével kezdődött, melyet a szupernóva-robbanás hatalmas gammasugárzása okozott, valamint azzal a lényeges változással, melyet a felső atmoszféra szenvedett el, amikor áthatolhatóvá vált az UV-sugárzás számára. Ez az esemény elég volt ahhoz, hogy a tengeri biotóp és biotömeg fajainak több mint 90%-át kiirtsa, mivel a plankton volt az élelmezési lánc legfőbb alapja. Ezenkívül a gammasugárzás mértéke nagyon alkalmas volt arra, hogy a sekély vízi növény- és állatvilágot és néhány szárazföldi növényfajtát megsemmisítsen. A kihalási arány a növény- és állatvilágban 70-75%-os volt, az élő növényekre számítva 70%-os. Ezekre a növényekre a nagyon megnőtt UV-sugárzás is romboló hatású volt [10,15]. A növény- és állatvilág, valamint a mobilis szárazföldi állatok között a kihalás nem volt jelentős [16].

### A P/Tr és K/T események lényegesen különböznek egymástól

Kizárhatónak tartjuk tehát egy aszteroid hatalmas pusztító ütközésének lehetőségét, mint a K/T határán bekövetkezett esemény analógiáját már csak azért is, mivel a P/Tr idején a kihalás, mint ismeretes, nem hirtelen következett be. Ez egy sokkal hosszabb ideig tartó folyamat volt, a krízis legalább 10-15 millió éven át tartott. Sokkal meggyőzőbb az a tény, hogy a P/Tr-átmenet idején a tipikus geológiai ütközőanyagok, az esetleges ütközésből származó mikrotektitek, teljesen hiányoznak. Azt is feltételezzük, hogy *Becker* [1] és munkatársainak paleontológiai következtetései nem állják ki a próbát, mivel nem veszik figyelembe az utóbbi száz év felgyülemlett ismereteit. Amint említettük, az élővilág késő Perm-korszakbeli krízise nem volt gyors folyamat, szemben a K/T-határán ütközés által történt kihalással. Ezt már *Erwin* [16] is kimutatta, aki részletesen leírta a késő Perm-korszakbeli tömeges kihalást, három növényfajtát azonosítva egy hosszabb időperiódus alatt. *Detre* és munkatársai munkája [15] a Magyarországon talált K/T és P/Tr korból származó kozmikus mikroszferulák összehasonlításán alapul. Arra a következtetésre jutottak, hogy a geokronológiai, a mikroszferulák stratigráfiai és a paleontológiai bizonyítékok egyaránt azt mutatják, hogy 65 millió évvel ezelőtt a K/T-határán bekövetkezett hatás egy rövid ideig ható esemény volt, éles ellentétben azzal a hosszan tartó krízissel, mely a késő Perm-korszak biológiai környezetét érte.

### IRODALOM

- [1] *Hallam, A. – Wignall, P. B.*: Mass Extinctions and Their Aftermath. Oxford University Press, pp 1-VIII, 1–320. 1997.
- [2] *Becker, L. – Poreda, R. J. – Hunt, A. G. – Bunch, T. E. – Rampino, M.*: Impact event at the Permian Triassic Boundary: evidence from extraterrestrial noble gases and fullerenes. *Science*, 291, 1530 (2001)
- [3] *Chijiwa, T. – Arai, T. – Sugai, T. – Shinohara, H. – Kumazawa, M. – Takao, M.*: Fullerenes found in the Permo-Triassic mass extinction period. *Geophys. Res. Lett.* 26, 767 (1999)

- [4] Taylor, R. – Abdul Sada, A. K.: There are no fullerenes at the K-T boundary layer. *Full. Sci. Techn.* 8, 47 (2000)
- [5] Harris, P. J. F. – Vis, R. D. – Heymann, D.: Fullerene-like carbon nanostructures in the Allende meteorite. *Earth Planetary Sci. Lett.*, 183, 355 (2000)
- [6] Jinno, K. (ed.): Separation of fullerenes by Liquid Chromatography, (Jinno, K., ed.): The Royal Society of Chemistry, Cambridge, p. 161. 1999
- [7] Slanina, Z. – Zhao, X. – Deota, P. – Osawa, E.: In Fullerenes: Chemistry, Physics and Technology (Kadish, K. M., Ruoff, R. S., eds), John Wiley and Sons, Inc.: Chichester, Chapt. 6. 2000
- [8] Becker, L. – Bunch, T. E. – Allamandola, L. J.: Higher fullerenes in the Allende meteorite. *Nature*, 400, 227 (1999)
- [9] Becker, L. – Poreda, R. J. – Bunch, T. E.: Fullerenes: an extraterrestrial carbon carrier phase for gases. *Proc. Natl. Sci. USA*, 97, 2979 (2000)
- [10] French, B. M.: Traces of a Catastrophe. In *A Handbook of Shock-Metamorphic Effects in Terrestrial Samples. Meteorite Impact Structures*. Lunar and Planetary Institute, Houston, LPI Contribution. No. 954.
- [11] Chyba, Chr. F. – Thomas, P. J. – Brockshaw, L. – Sagan, C.: Cometary delivery of organic molecules to early Earth. *Science*, 249, 366 (1990)
- [12] Kraetschmer, W. – Lamb, L. D. – Fostiropoulos, K. – Huffman, D.: Solid C<sub>60</sub>: a new form of carbon. *Nature*, 347, 354 (1990)
- [13] Schindewolf, O. H.: Neokatastrophismus? *Z. der Deutsch Geologischen Gesellschaft*, 114, 430 (1963)
- [14] Detre Cs. H. – Tóth, I. – Bérczi, Sz. – Don, Gy. – Dosztály, L. – Siegl-Farkas, Á. – Solt, P.: *LPI*, 28, 297 (1997)
- [15] Detre Cs. H. – Tóth, I. – Gucsik, A. – Kiss, Á. – Uzonyi, I. – Bérczi, Sz.: What took place at the Permo-Triassic boundary? Cosmic spherule as messengers of a nearby supernova Explosion. *LPI*, 29, 1030 (1998)
- [16] Erwin, D. H.: The Permo-Triassic extinction. *Nature*, 367, 231 (1994)

## ÖSSZEFOGLALÁS

Braun Tibor – Detre Csaba – Osawa, Eiji: **A fullerének és a földtörténeti Perm-korszakbeli katasztrófa**

A közleménynek célja, hogy geológiai, paleontológiai és fullerén stratigráfiai alapon leírja és ismertesse a késő Perm-korszakbeli tömeges kihalás okait, ahogy ez az Euráziában talált geológiai mintákból megállapítható volt. Ezenkívül a fullerén-kémia legújabb eredményei alapján és a különböző földi katasztrófákat jellemző szempontból a közlemény tárgyalja a fullerének viselkedését.

[Magy. Kém. Lapja, 63, 186 (2008)]

## RAJZPÁLYÁZATI KIÍRÁS

A Magyar Kémikusok Egyesülete Intézőbizottsága rajzpályázatot hirdet 2008-ban az alábbi címen az iskolai 10-16 éves korosztály számára:

**„Hol találkoztam a kémiával és miért vonzó számomra?”**

### A pályázat célja

A kémia iránti érdeklődés felkeltése, a kémia és a vegyipar hasznosságának felismertetése az általános és középiskolai korosztály körében. Egy ilyen játékosan vizuális forma is segíthet a fiatalok, hosszabb távon az emberek kémiával kapcsolatos társadalmi képének pozitív irányú formálásában.

### Pályamű és pályázó

Rajzolt, festett A4 méretű képi alkotás a rajzpályázat címében megjelölt témakörben. Pályázni a 10-16 éves iskolai korosztályból lehet. Egy pályázó több, legfeljebb 3 alkotással pályázhat.

### A pályázatok beküldése

A pályamunkák elkészíthetők és beküldhetők papíron, Magyar Kémikusok Egyesülete címre (1027 Budapest, Fő utca 68), vagy e-mail csatolt fájlként a [mail@mke.org.hu](mailto:mail@mke.org.hu) címre.

**Beküldési határidő: 2008. október 31.**

### A pályázatok elbírálása

- A beérkező pályaműveket öttagú, oktatási-vegyipari-tanulói körből összeállított zsűri értékeli, de lehetőség lesz közönségsvotum alapján is a díjazottak közé kerülni.
- A pályaművek 2008. november 5–25. között láthatók lesznek az MKE honlapján [www.mke.org.hu](http://www.mke.org.hu), és ezen időszak alatt lehet a közönségsvotumokat leadni.
- A legjobb 12 pályaművet díjazzuk, 10 pályaművet a zsűri döntése és további 2 pályaművet a közönségsvotumok alapján.
- Elbírálási határidő: 2008. november 30.

### Díjazás

- A díjazott pályaművek 5 000 Ft értékű könyvvutalványban részesülnek.
- A díjazott pályaművek megjelennek a Magyar Kémikusok Lapjában és/vagy a KÖKÉL-ben.

**Magyar Kémikusok Egyesülete**