

Balla Márta

Kormeghatározási módszerek

Vitathatatlan, hogy a régészet interpretatív tudomány. Az emberiség fejlődésének megértéséhez csak az egykori közösségek, társadalmak anyagi kultúrájának csekély maradványát tudja felhasználni, töredékes leletanyagból kell rekonstruálnia a régmúltat, az élettelen maradványok mögötti eseményeket. Ahogy Bánffy Eszter sorozatindító írásában olvashattuk, ma már általánosan elfogadott nézet, a régésszel szemben támasztott gyakorlati és morális követelmény, hogy a hagyományos régészet klasszikus módszereit kiegészítse természettudományos vizsgálati eljárások nyújtotta lehetőségekkel, hogy a megfigyelés egy másik oldaláról kiindulva objektív, mérhető adatokkal bővíthesse ismereteit.

A sorozat első cikkében a kormeghatározási módszerek rövid összefoglalóját adjuk, nem térvén ki sem az egyes technikák részletes ismertetésére, sem konkrét régészeti alkalmazásokra, ezt majd az adott területek szakértőitől olvashatják.

Egy objektív kronológiai keret minden régész számára alapvető fontosságú. Talán ezért van az, hogy a természettudományos vizsgálati módszerek közül a kormeghatározási módszerek alkalmazása váltotta ki a legkevesebb ellenérzést és vitát, rövid idő alatt általános elfogadottságot nyert. Egy lelőhely, jelenség, vagy lelet, tárgy kora független az értelmezéstől, filozófiai és ideológiai irányzatok szeszélyei sem változtatnak rajta.

A múlt eseményeinek időbeliségét kétféle típusú keltezéssel közelíthetjük: években megadható abszolút, vagy direkt dátummal, illetve relatív, indirekt dátummal, amely valamilyen más eseményhez képest adja meg a kort. A régész elsődleges kronológiai eszköze kétségkívül a sztratigráfia, amelynek lényege az, hogy az egymásra következő kultúrretekben a tárgyak, jelenségek sorrendisége meghatározható. Hacsak a rétegsort nem zavarta meg valamilyen természetes folyamat (pl. erózió, üledékképződés) vagy mesterséges beavatkozás (későbbi beásás), akkor a fiatalabb rétegek mindig az idősebbek fölött helyezkednek el, a rétegsorban a legalul lévő szint a legidősebb. Az egyes lelőhelyekre, területekre vonatkozó relatív idők persze bizonyos esetekben közvetlenül abszolút időkké alakíthatók – olyan területeken, ahol akár természeti jelenségekre (pl. vulkánkitörés), akár történeti eseményekre vonatkozó dátumok állnak rendelkezésre. Tulajdonképpen már a sztratigráfiát is a természettudományokból, nevezetesen a geológiából kölcsönözte a régészet, ott is az ún. települési törvényt használják az egymást követő geológiai rétegek egymáshoz viszonyított korának meghatározására.

Az években meghatározható „abszolút” korok megállapítására természettudományos mérési eljárások egész tárháza áll rendelkezésre. Ezek a különböző anyagok valamely fizikai, kémiai, szerkezeti jellemzője időfüggő változásának mérésén alapuló módszerek. Az időfüggő paraméterek vagy egy ún. „nukleáris óra”, vagy pedig egy „csillagászati óra” szerint, szabályszerű ütemben változnak, a radioaktív bomlás, illetve a Naprendszer változásainak törvényszerűségeit követve.

A régészet rendkívül nagy időtartamot fog át, hiszen az emberi történelem több mint 4 millió évre tekint vissza. Nem létezik egyetlen olyan általános fizikai vagy kémiai módszer, amely ezt a tartományt át tudná fogni, amellyel megfelelő pontossággal keltezni lehetne néhány száz és néhány millió éves leleteket is. Egymást átfedő időintervallumok meghatározására alkalmas, különböző teljesítőképességű és használhatóságú módszerek vannak azonban, s ezek együttes alkalmazásával meghatározhatók pontos és objektív koradatok.

Nehézséget jelent az is, hogy a régész „adott” anyaggal kénytelen dolgozni. Ebben az anyagban kell, hogy rögzítve legyen a múlt valamely emléke, ennek felismerhető formában kell maradnia az idők során, és relevánsnak kell lennie az adott régészeti probléma megoldásához.

Tekintsük át röviden a kronometriai család egyes tagjait, melyek jó családtaghoz méltóan támogatják egymást, erősítik egymás eredményeit.

A családfő, kétséget kizáróan, az ősrégészetben forradalmi változást okozó ^{14}C , a radiokarbon keltezés. A módszer kidolgozása W. F. Libby nevéhez fűződik, aki az 1940-es évek végén a chicagói egyetemen a kozmikus sugárzásnak a Föld légkörére kifejtett hatását tanulmányozta. A módszer lényege a következő: ha a kozmikus sugárzás hatására létrejövő neutronok a földi atmoszférán áthaladva beleütköznek a nitrogén atommagjába, akkor a nitrogénatom 14-es tömegszámú szénizotóppá alakul át. Ez a szénatom instabil, radioaktív: béta-bomlással, 5730 éves felezési idővel bomlik. A tápláléklánccal a szén az élő szervezetbe bejut, s az élő szervezetek szénizotóp-tartalma állandó értékű. A stabilis ^{12}C izotóp aránya a radioaktív ^{14}C izotóphoz viszonyítva $10^{12}:1$. A halál beállta után a szervezet már nem vesz fel több szenet, ezért a ^{14}C részaránya állandóan csökken. A két szénizotóp arányának radiometrikus meghatározása adja meg a vizsgált anyag korát.



2009 nyarán, útjavítás közben, tömegsírt tártak fel Dél-Angliában. A kerámialeletek alapján eleinte úgy gondolták, hogy a koponyák a vaskorszakból vagy a kora római korból származnak, a radiokarbon kormeghatározás szerint azonban X. századiak (forrás: Oxford Archaeology)

A légkörben a $^{12}\text{C}/^{14}\text{C}$ arány nem mindig állandó, a kozmikus sugárzás intenzitásának ingadozása, a fosszilis tüzelőanyagok elégetése, illetve nukleáris fegyverkísérletek következtében. A koncentráció ingadozásai miatt az egész Földre kiterjedően szisztematikus eltérés mutatkozik a radiokarbon kor és a valóságos naptári korok között, ezért dolgozták ki a borostásfenyő évgűrűszámolásait segítségül hívó kalibrációt. A ^{14}C -módszerrel mérhető maximális kor 50–70 ezer év, a hibahatár általában ± 100 év, az analitikai módszerek és kalibrálások pontosításával egyre kisebb. Elvileg minden biológiai eredetű szén tartalmazó anyag kora mérhető ezzel a módszerrel.

A radioaktív bomlás során egy kémiai elemből (anyaelem) egy új elem (leányelem) jön létre. Ha ez is radioaktív, további bomlással újabb elem keletkezik. A Földön előforduló természetes radioaktív izotópok három radioaktív bomlási sort alkotnak, melyek hosszú felezési idejű kiindulási izotópjai az U-238, az U-235 és a Th-232. A sorok egyes tagjainak bomlása is meghatározott sebességgel, bomlási állandójuknak megfelelően, vagyis a nukleáris óra alapján megy végbe. Az urán-sorra épülő kormeghatározás a bomlási sor tagjai koncentrációarányának mérésén alapul (pl. $^{234}\text{U}/^{230}\text{Th}$). Barlangi üledékek, cseppkövek, csontok datálására használják, 300 000 év a maximális méréshatár.

A nukleáris óra az alapja a hasadási nyomok számlálásán nyugvó keltezésnek is. Az uránt tartalmazó ásványokban a kristályrács sérülését okozzák az ^{238}U spontán hasadásából származó visszalökődő atommagtöredékek. Ezek a rácshibák megfelelő módszerekkel láthatóvá tehetőek és mikroszkóppal megszámlálhatók. Az egységnyi felületre jutó fissionális nyomok számából – a bomlási állandó és az urántartalom ismeretében – a kor meghatározható. Kőeszközök, üvegek, kerámiák esetében jó eredménnyel alkalmazzák.



Hasadási nyomok

Ha egy régi cserépedényből vett mintát 500 °C-ra felhevítünk, akkor a minta gyenge, de mégis mérhető fényt bocsát ki, és ennek a fénynek a mennyisége arányos azzal az időtartammal, amely az agyag kiégetése óta eltelt. A jelenség okát a talajban és magában a kerámiában lévő radioaktív anyagokban és a kozmikus sugárzás hatásában találjuk. A nukleáris óra itt is jár, de az a folyamat, ami elindítja és ami megállítja, valamint az akumulált sugárzás okozta jelenségek kiolvasása az eddigiektől eltérő fizikai alapokon nyugszik. Az idők során a mintában elektroncsapdák jönnek létre, s a felhalmozódó elektronok termikus, vagy optikai stimuláció hatására többletenergijukat fotonként bocsátják ki. A termo-, vagy optikai luminszcens módszereket cserépen kívül kemencék agyagjára, égett kövekre, zománcokra is alkalmazzák. Égetett agyagra a határ 50 000 év körül van.

A radioaktivitás detektálásán alapuló kormérések bemutatásának végére kerülő két módszert nem a szorosabb értelemben vett régészeti korokból származó leletek datálására használják, de feltétlenül említést kell tennünk róluk is.

Inkább már geológiai korok meghatározására használják a kálium-argon módszert. A 40-es tömegszámú K-izotóp radioaktív, $1,3 \cdot 10^9$ éves felezési idővel részben argonná, részben kalciummá bomlik. A képződött argon mennyiségének meghatározásával a kőzet keletkezése óta eltelt kor meghatározható. Az így mérhető legkisebb kor 100 000 év körül van, a módszer millió évek meghatározására is alkalmas. A régészeti alkalmazás legnevezetesebb példái az afrikai hominida-leletek korának meghatározásával kapcsolatosak. A keltezéshez a maradványokkal együtt talált vulkáni horzsakövet használták.

A 210-es tömegszámú ólom radiometriai meghatározásán alapuló Pb-210 módszer fémólmó leletek, ólomötvözetek, ólomvegyületek, például ólomtartalmú pigmentek korának meghatározására alkalmas. Jelentősége nem is igazán az abszolút kormeghatározásban van, hanem abban, hogy egy ólomvegyületről meg tudjuk állapítani, hogy régi, vagy újabb eredetű ólom található-e benne. Így egy eredeti régi tárgy és egy hamisítvány megkülönböztethető. A ^{210}Pb ugyanis 22 éves felezési idővel bomlik, vagyis 300 évnél idősebb anyagokban már nem lehet detektálni. Leggyakrabban festmények eredetiségének vizsgálatára használják.

Csillagászati óra járására alapozva, vagyis a Naprendszerben bekövetkező szabályszerű változások (pl. éghajlat, évszakok váltakozása) következtében létrejött jelenségek megfigyelésével, mérésével is datálhatjuk a régészeti korokból származó leleteket, vagy a lelőhelyek rétegsorát.

A dendrokronológia a fa évgyűrűin alapuló keltezés. A fa keresztmetszetén évente gyarapodik a gyűrűk száma. Ha megszámloljuk az évgyűrűket, megállapíthatjuk, hogy hány éves volt a fa a kivágás pillanatában. A fák évgyűrűi a növekedési feltételektől függően eltérő vastagságúak. Az egymást követő, különböző időjárású évek sorát fel lehet ismerni az évgyűrűk eltérő vastagságaiban. Klimatikus változás megszabta kronológiát dolgoztak ki az egyes földrajzi területekre. Építési gerendamaradványok, faszerkezetű kutak, hajódeszkák korát egészen az időszámítás előtti évszázadokig meg lehet állapítani, de alkalmas a módszer faszobrok és festmények alapjának használt deszkák datálására is.

A történelem előtti korok kutatásaiban a szalagos agyaglerakódásokkal is szoktak datálni (varv-kronológia). A szalagos agyagok jégkorszaki képződmények, gleccsertavakban rakódnak le, az évgyűrűkhöz hasonlóan évente képződött agyagrétegekből állnak. A rétegződés szabályszerű, a nyáron képződött réteg világos, durva szemcsés, homokban gazdag, míg a téli sötét, humuszos agyagos lerakódás. A varv-profil a dendrokronológiához hasonlóan értékelhető. Skandináv térségben 15 000 évre visszamenőleg felállították a kronológiát. A kronometriai család oszlopos tagja az archeomágneses módszer. Bár nem „óra-szerű”, de mérhető és kormeghatározásra alkalmas információt nyújt a tudomány számára a földi mágneses tér szekuláris változása. Ebben az esetben az időfüggő fizikai mennyiség a földi mágneses tér iránya és intenzitása. Az égetett agyagnak van egy olyan tulajdonsága, hogy a felmelegítést követő hűlés idején vastartalmú ásványai a pillanatnyi, helyileg ható mágneses tér irányával párhuzamos mágnesezettséget vesznek fel, s azt hosszú időn át meg is őrzik. A Föld mágneses terének helyzete az őskorig visszamenően ismert, a kerámiák inklinációját és deklinációját mérve a kerámiák kora meghatározható.

Vannak ritkábban felbukkanó családtagok is, akik ugyan néha ellentmondásosan szerepelnek, de bizonyos anyagokra ígéretes eredményeket szolgáltatnak. Ilyen például az aminosav-racemizációs módszer. Az aminosavak az élőlények elpusztulásával bomlásnak indulnak, lassú folyamatok révén racemátokká alakulnak. Az aminosavak optikailag aktív vegyületek, a racemátok optikai forgatóképessége pedig csaknem nulla. A vegyület optikai aktivitásának csökkenéséből lehet következtetni a vizsgált anyag korára. 1000–10 000 éves időintervallumban alkalmazható ez az eljárás.

És jönnek feltörekvő fiatalok, például más kozmogén radioaktív izotópok (^{41}Ca , ^{10}Be) mérésén alapuló eljárások, vagy az oxigén-izotóp sztratigráfia, de a dédelgetett újszülött, akitől a humán evolúció és a népcsoportok elterjedése kérdésének keltezésében újabb forradalmi lépést várunk, az minden bizonnyal a molekuláris genetika. Az elvi alapot a genetikai típusokra meghatározható ún. „koaleszcens idő” képezi, az az idő, amely alatt a leszármazottak génjei rekombináció nélkül öröklődnek át

Bármelyik keltezési módszert választjuk is, a vizsgálatok során meg kell találni a kapcsolatot egy fizikai vagy kémiai technikával datálható esemény és az emberi múlt meghatározó eseményei között. Ez a kapcsolat sokszor csak hajszálnyi és indirekt, de az interpretáló régésznek és a kormeghatározást végző szakembernek együtt kell megtalálnia.

IRODALOM

M. J. Aitken, Fizika és régészet, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1982.

Ilon G., szerk., A régésztechnikus kézikönyve, Panniculus Régiségtani Egylet, Ser.B.No.6., Szombathely, 2002.

D. R. Brothwell, A. M. Pollard, Handbook of Archaeological Sciences, John Wiley&Sons, Ltd., Chichester, 2001.

Természet Világa, 140. évfolyam, 9. szám, 2009. szeptember

<http://www.termeszetvilaga.hu/>

<http://www.chemonet.hu/TermVil/>