

Pálinkó István¹ – Sipos Pál² – Molnár Árpád³¹ SZTE Szerves Kémiai Tanszék, Anyag- és Oldatszerkezeti Kutatócsoport² SZTE Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék, Anyag- és Oldatszerkezeti Kutatócsoport³ SZTE Szerves Kémiai Tanszék

A katalíziskutatás múltja, jelene és jövője a Szegedi Tudományegyetem Kémiai Intézetében

A heterogén katalízis, mint kutatási lehetőség, megjelent már Fodor Gábor és Szabó Zoltán professzorok idején. Ők főként nem ezeken a területen voltak aktívak – Fodor Gábor szintetikus szerves kémikus volt, Szabó Zoltán Gábor szegedi időszakában klasszikus szervetlen kémiai kutatásokkal és gázkinetikával foglalkozott –, de időnként akadtak olyan problémák, például telített vegyületek dehidrogénezése [1], hangyasav bontása [2], amelyek megoldására kézenfekvőnek tűnt a heterogén katalitikus megközelítés. Az ő szárnyaik alól került ki egy-egy tehetséges fiatal, Bartók Mihály és Solymosi Frigyes, akik az időközben Szegedre kerülő Fejes Pállal kiegészülve, munkásságuk révén jelentősen hozzájárultak ahhoz, hogy a Szegedi (akkor még József Attila) Tudományegyetemen nemzetközileg is jelentős heterogén katalízis kutatóhely alakuljon ki.

Bartók Mihály szerves fémkatalízissel foglalkozott, azaz fémkatalizátorokat alkalmazott különféle szerves molekulák átalakításaiban. A későbbiekben ez egyre inkább módosított fémkatalizátorok alkalmazását jelentette annak érdekében, hogy prokiralis vegyületeket minél nagyobb enantio-, illetve diasztereoselektivitással alakítsanak át királis termékekké. Az utóbbi idők eredményeiről részletes beszámolót lehet olvasni e lap egyik nemrég megjelent füzetében [3].

A még mindig aktív Solymosi Frigyes főként kis molekulák (CO, CO₂, NO, Cl-vegyületek stb.) fémkatalizált átalakulásaival foglalkozott, a fémkatalízisben éppen aktuális nagy problémáinak megoldásához (például a hordozó-katalizátor kölcsönhatás jelensége és mibenléte [4, 5]) is érdemben hozzájárulva.

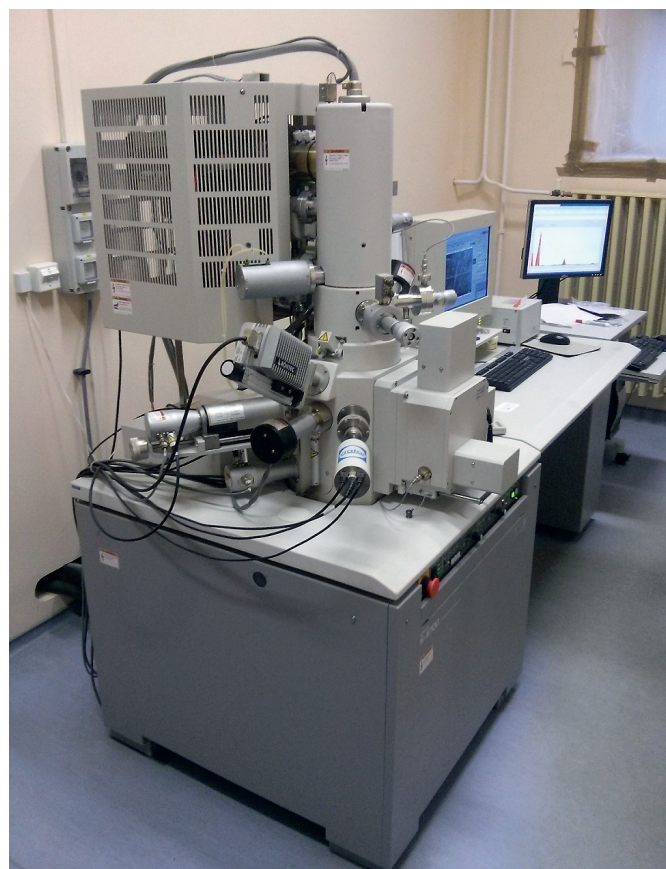
Fejes Pál kutatási területe, melyet a közelmúltban bekövetkezett haláláig művelt [6, 7], a zeolitikémia volt. Ez jelentette újfajta zeolitok készítését, a már ismertek módosítását és jellemzését, és felhasználásukat olyan reakciókban, amelyek sav-, illetve báziskatalízist igényeltek.

Bartók és Solymosi professzorok a Magyar Tudományos Akadémia tagjai lettek, de Fejes professzor sem volt távol ettől a megtiszteltetéstől.

Ők mindhárman iskolateremtők voltak, tehetséges tanítványaik (Berkó András, Erdőhelyi András, Hannus István, Hernádi Klára,

Kiricsi Imre, Kiss János, Molnár Árpád, Notheisz Ferenc, Pálinkó István) egy idő után önállósodtak, professzorok lettek. A kutatási területek közben szélesedtek és mélyültek, és hangsúlyossá váltak az anyagtudományi megközelítések is, párhuzamosan azzal, hogy a Kémiai Tanszékcsoporthoz (ma Kémiai Intézet) releváns műszerezettség sokat javult, és ma eléri egy közepes nyugat-európai

1. ábra. Az Intézet energiadiszperzív röntgenanalizátorral összeépített pásztázó elektronmikroszkópja





2. ábra. Az Intézet nagy felbontású transzmissziós elektronmikroszkópja

egyetem felszereltségét (1. és 2. ábra). Itt szükséges megemlíteni Dékány Imre akadémikus professzort, akinek fő kutatási területe ugyan nem a katalízis, hanem az anyagtudomány és a kolloidika, de munkájával tevékenyen hozzájárult ahhoz, hogy a fotokatalízis is bekerüljön a szegedi katalízisiskola kutatási területei közé. Jelentős részben katalízissel foglalkoztak/foglalkoznak még Dombi András és Sipos Pál professzorok, de az ő indíttatásuk nem katalitikus volt, ők nem a fenti három meghatározó személy iskolájából kerültek ki.

Az idő azonban senkit sem kímél, a felsoroltak többsége már nyugdíjas (igaz, sokan közülük még mindig aktívan részt vesznek a tudományos életben, kutatnak, összefoglaló cikkeket, könyveket írnak) vagy nincs túl messzire ettől a kortól, és sajnos olyanok is vannak (Fejes Pál, Kiricsi Imre), akik már nincsenek közöttünk. Szerencsére azonban a folyamatosság megvan, most már a felsoroltak tanítványai nőt-tek/nőnek fel, akik a még aktív idősebb nemzedékekkel együtt dolgozva új katalízisirányzatokat honosítottak/honosítanak meg.

A továbbiakban a jelen kutatási területeit és a területek vezető kutatóit mutatjuk be, kitérve az ígéretes tanítványokra is.

A szenior, formálisan már nyugdíjba vonult, de kutatással még aktívan foglalkozó professzorok közé tartozik Solymosi Frigyes, Kiss János és Erdőhelyi András. Ők egy kutatói családból származnak, így nem csoda, hogy hasonló területen dolgoznak. Solymosi professzor újabban az arany katalitikus tulajdonságait vizsgálja. Ehhez próbareakcióként kis molekulákat (szén-dioxid, metán, etán, propán, hangyasav stb.) használ. Munkáinak értékét jelzi, hogy cikkei jórészt a katalíziskutatás egyik vezető folyóiratában, a *Journal of Catalysis*-ben jelennek meg mostanában is [8]. Kiss János inkább a felületi tudományok (surface science) terü-

letén dolgozott, és ma is ezen a területen alkot [9, 10]. Ez a tudományterület közeli rokonságban van a heterogén katalízissel, még közelebről a fémkatalízissel, olyannyira, hogy úgy két-három évtizeddel ezelőtt az volt az általános nézet, hogy a fémkatalízis alapvető kérdéseire a felületi tudományokban elért eredmények fogják megadni a végleges választ. Nem így történt, de a két tudományterület rokon vonásai letagadhatatlanok. Erdőhelyi András maradt meg az egykori Solymosi-csoporthoz köthető klasztrikus tématerületen, ő ma is kis molekulák (szén-dioxid, metán, metanol, etanol, ecetsav stb.) katalitikus átalakulásait tanulmányozza hordozós fémkatalizátorokon [11, 12].

Dékány Imre professzor, bár rövid idővel ezelőtt elérte az akadémikusokra érvényes nyugdíjkorhatárt, tudományos aktivitása töretlen maradt. Sokféle egyéb kutatási területe közé nem túl rég bekerült a fotokatalízis is. Az ilyen irányú munkáira is jellemző az, hogy nem csupán jelentős alapkutatói eredményeket ért el [13, 14], de hangsúlyozottan gondot fordít az eredmények gyakorlati alkalmazhatóságára is [15]. Érdemes megemlíteni, hogy jelen pillanatban ő a legidézettebb Magyarországon alkotó kémikus. Ezt a pozíciót kb. egy éve vette át Solymosi professzortól.

A nemrég visszavonult, már nem kutató, de összefoglaló közleményeket, könyvfejezeteket, könyveket író professzorok közé tartozik Dombi András és Molnár Árpád. Dombi András a környezetvédelmi irányultságú fotokatalitikus átalakulások kutatásának szegedi megalapozója volt [16, 17], míg Molnár Árpád sokféle katalitikus területen (fém- és fémüveg-katalízis, módosított zeolitok katalitikus hasznosítása stb.) munkálkodott kimagasló eredményességgel [18, 19]. Az ő tudományos monográfiáiról tevékenysége külön is kiemelendő. Jó néhány könyvet írt együtt a nemrég elhunyt Oláh György Nobel-díjasunkkal. A *Hydrocarbon Chemistry* könyv új, alapvetően átdolgozott kiadásának készítése során [20] szinte Oláh György halála napjáig együtt dolgoztak. A Molnár Árpád által szerkesztett és részben írt monográfia, *Palladium-Catalyzed Coupling Reactions* [21], igen jelentős pozitív visszhangot váltott a szűken vett szakértői körön kívül is.

A szeniorok közé tartozó, katalízissel foglalkozó professzorok közül Hernádi Klára első tudományos fokozatát keverénoxidokon történő szelektív oxidációs reakciók vizsgálatának eredményei alapján nyerte el [22]. A későbbiekben szén nanocsövekkel kapcsolatos kutatási területeken ért el, kiterjedt nemzetközi kapcsolatait is felhasználva, alapvető eredményeket. Az egyik ilyen terület a nanocsövek katalitikus szintézise, a megfelelő katalizátorok megtalálása, az optimális szintéziskörülmények megkeresése volt [23, 24]. Az utóbbi években együtt dolgozott Dombi Andrásal a környezetvédelemmel kapcsolatos fotokatalitikus témán [25], és ő vette át Dombi András környezeti katalízissel foglalkozó csoportjának vezetését is.

Sipos Pál professzor, aki főként szerves kémikusként ismert, katalitikus pályafutását Dombi Andrásal kezdte a fotokatalízis területén dolgozva [26, 27]. Hét évvel ezelőtt közös kutatócsoportot alakított Pálinkó Istvánnal, azóta közös erőfeszítéseik részben a réteges kettős hidroxidok kémiájának művelését célozzák. Ennek a témának jelentős szelete a réteges kettős hidroxidok különféle változatainak katalitikus felhasználása [28, 29]. Pálinkó István professzor munkásságának nagy része a katalízis területére esik. Eleinte különféle, többnyire gyűrűt tartalmazó vegyületek fémkatalizált katalitikus átalakulásait vizsgálta [30, 31], majd Kiricsi Imre, illetve Hannus István professzorokkal együtt dolgozva kezdett kation-, illetve anioncserélő tulajdonságú réteges vegyületek katalitikus kémiájával [32], illetve zeolitkatalízissel [33] foglalkozni.



Fontos megemlíteni, hogy a Fejes-iskolából származó Kiricsi Imre professzor szintén iskolateremtővé nőtte ki magát, sőt ő volt az első, aki széles körű együttműködések kezdeményezett és tartott fenn más hazai kutatóhelyekkel, külföldi partnerekkel, és ami abban az időben még ritkább volt, az akkori Kémiai Tanács csoport oktatóival, kutatóival.

Kiricsi Imrével együtt dolgozott a ma már nyugdíjba vonult, de az oktatásban még mindig aktív Hannus István professzor, főként a zeolít-katalízis területén. A Kiricsi professzor által megteremtett hajtós légkörben elért eredmények jelentősen hozzájárultak ahhoz, hogy Hannus István és Kónya Zoltán professzori kinevezést nyerjenek el.

Kónya Zoltán professzor a jelen meghatározó, még mindig fiatalnak tekinthető, katalízissel is foglalkozó alakja. Pályáját zeolít-katalízissel kezdte [34, 35], aztán Kiricsi Imrével szorosan együtt-dolgozva a szén [36, 37], majd titánát nanocsövek [38, 39] kémiai-ajával folytatta. Amit a szén nanocsövekkel kapcsolatban már említettünk, igaz a titánát nanocsövekre is: ezeknek az anyagoknak a leggazdaságosabb előállítására katalitikus úton történhet. A módszerek kidolgozása során sok alapvető eredményt értek el. A témát, sok más területtel kiegészítve, Kónya professzor folytatta, Kiricsi professzor fájdalomosan korai halála után, immár a csoport vezetőjeként. Ma ő a Kémiai Intézet vezetője, és az Intézet kutatási-pályázati tevékenységének fő motorja. Nagyrészt az ő érdeme, hogy a Kémiai Intézet felszereltsége lehetővé tesz nemzetközileg is versenyképes kutatásokat, többek között a heterogén katalízis különféle területein, valamint az is, hogy az Intézetben normává vált a katalízissel foglalkozó csoportok együttműködése.

És szerencsére jönnek a fiatalok. Kónya professzorral együtt dolgozik Kukovecz Ákos, aki nagyobb részt anyagtudományi területeken aktív [40, 41], de munkáinak, együttműködések révén is jelentős katalitikus relevanciája van [42, 43]. Ő az egyike a Kémiai Intézet Lendület-pályázatot nyert oktatóinak; nemrég lezárult pályázatának eredményességét kiválóra értékelték.

A másik „lendületes” oktató Janáky Csaba, aki egy elnyert ERC (European Research Council) pályázattal is büszkélkedhet. Ő kombinálja a foto- és az elektrokatalízist [44, 45], tovább színesítve az Intézetben művelt katalízis-területek palettáját.

A jövő év februárjától dolgozik újra nálunk legfrissebb „lendületesünk”, Szilágyi István. Ő nálunk nyert el doktori fokozatot biomimetikus katalízisből [46], majd Ausztráliában és legutóbb a genfi egyetemen tett szert sokrétű kutatási tapasztalatra. Pályázata anyagtudományi-kolloidikai jellegű, de katalitikus alkalmazások is részét képezik.

A fentieket elolvasva reméljük nem túlzás azt állítani, hogy a jelen egyértelműen fényes, és a jövő is biztató, az anyagtudomány-nyal összefonódó katalíziskutatás a szegedi kémia egyik virágzó területe jelenleg, és úgy tűnik, hogy az is marad.

Ez a rövid, alapvetően történeti áttekintés alapot adhat arra, hogy egyes csoportok munkájáról mélyebb tudományos beszámolók lassan napvilágot.



IRODALOM

- [1] L. Mészáros, M. Bartók, M., Acta Univ. Szeged. Phys. Chem. (1958) 4, 153–160.
- [2] Z. Szabo, F. Solymosi, I. Batta, Z. Phys. Chem. 17: p. 125. (1958) 17, 125–126; Magy. Kém. Foly. (1958) 64, 223–224.
- [3] Gy. Szöllősi, M. Bartók, MKL (2016) 71, 178–181.
- [4] F. Solymosi, Z. Szabo, Influence of the defect structure of support on the activity of catalyst, II. Congres International de Catalyse, Paris, Technip. Paris (1960) 1627–1651.
- [5] F. Solymosi, J. Catal. (1985) 94, 581–585.
- [6] K. Lázár, C. Vincent, P. Fejes, Hyperfine Interactions (2008) 187, 1–6.
- [7] P. Fejes, I. Marsi, N. Nagy, J. Halász, React. Kinet. Catal. Lett. (2009) 357–365.

- [8] A. Tóth, Gy. Halasi, T. Bánsági, F. Solymosi, J. Catal. (2016) 337, 57–64.
- [9] F. Solymosi, J. Kiss, Surf. Sci. (1981) 108, 641–659.
- [10] B. Buchholz, E. Varga, T. Varga, K. Plank, J. Kiss, Z. Kónya, Vacuum (2017) 138, 120–124.
- [11] M. Tóth, E. Varga, A. Oszkó, K. Baán, J. Kiss, A. Erdőhelyi, J. Mol. Catal. A (2016) 411, 377–387.
- [12] É. Horváth, K. Baán, E. Varga, A. Oszkó, Á. Vágó, M. Törő, A. Erdőhelyi, Catal. Today (2017) 281, 233–240.
- [13] K. Mogyorósi, J. Németh, I. Dékány, J. H. Fendler, Prog. Coll. Polym. Sci. (2001) 117, 88–93.
- [14] L. Janovák, Á. Deák, P. S. Tallósy, D. Sebők, E. Csapó, K. Bohinc, A. Abram, I. Pálínkó, I. Dékány, Surf. Coat. Techn. (2017) 326, 316–326.
- [15] I. Dékány, N. Buzás, L. Janovák, Á. Juhász, Sz. Tallósy (2013), Lajstromszám: P1200745.
- [16] I. Ilisz, K. Föglein, A. Dombi, J. Mol. Catal. A (1998) 135, 55–61.
- [17] I. Ilisz, Z. László, A. Dombi, Appl. Catal. A (1999) 180, 25–33.
- [18] B. Rác, M. Nagy, I. Pálínkó, Á. Molnár, Appl. Catal. A (2007) 316, 152–159.
- [19] Á. Molnár, Appl. Surf. Sci. (2011) 257, 8151–8164.
- [20] G.A. Olah, Á. Molnár, G. K.S Prakash, Hydrocarbon Chemistry, 3rd ed. Wiley, Hoboken, NJ, 2017.
- [21] Á. Molnár (szerk.), Palladium-Catalyzed Coupling Reactions – Practical Aspects and Future Developments, 2013, Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, (ISBN:978-3-527-33254-0).
- [22] K. Hernádi, n-Butének oxidatív dehidrogénezése ón-antimon keverékkoxid katalizátorokon, (1993), Kandidátusi értekezés.
- [23] A. Fonseca, K. Hernadi, J.B. Nagy, D. Bernaerts, A.A. Lucas, J. Mol. Catal. A (1996) 107, 159–168.
- [24] K. Hernadi, L. Thien-Nga, L. Forro, J. Phys. Chem. B (2001) 105 12464–12468.
- [25] K. Vajda, Z. Kása, A. Dombi, Z. Németh, G. Kovács, V. Danciu, T. Radu, C. Ghica, L. Baia, K. Hernadi, Z. Pap, Nanoscale (2015) 7, 5776–5786.
- [26] T. Alapi, P. Sipos, I. Ilisz, G. Wittmann, Z. Ambrus, I. Kiricsi, K. Mogyorósi, A. Dombi, Appl. Catal. A (2006) 303, 1–8.
- [27] Z. Ambrus, N. Balázs, T. Alapi, G. Wittmann, P. Sipos, A. Dombi, K. Mogyorósi, Appl. Catal. B (2008) 81, 27–37.
- [28] S. B. Ötvös, Á. Georgiádes, M. Ádok-Sipiczki, R. Mészáros, I. Pálínkó, P. Sipos, E. Fülöp, Appl. Catal. A (2015) 501, 63–73.
- [29] G. Varga, Á. Kukovecz, Z. Kónya, L. Korecz, Sz. Muráth, Z. Csenedes, G. Peintler, S. Carlson, P. Sipos, I. Pálínkó, J. Catal. (2016) 335, 125–134.
- [30] I. Pálínkó, Á. Molnár, J. T. Kiss, M. Bartók, J. Catal. (1990) 121, 396–407.
- [31] A. Fási, I. Pálínkó, J. Catal. (1999) 181, 28–36.
- [32] Á. Fudala, I. Pálínkó, I. Kiricsi, Inorg. Chem. (1999) 38, 4653–4658.
- [33] A. Fási, I. Hannus, J. Halász, I. Pálínkó, Top. Catal. (2012) 55, 853–857.
- [34] Z. Kónya, I. Hannus, Á. Molnár, I. Kiricsi, Appl. Catal. A (1996) 146, 323–330.
- [35] Z. Kónya, I. Hannus, I. Kiricsi, Appl. Catal. B (1996) 8, 391–404.
- [36] Á. Kukovecz, Z. Kónya, N. Nagaraju, I. Willems, A. Tamási, A. Fonseca, J. B. Nagy, I. Kiricsi, Phys. Chem. Chem. Phys. (2000) 2, 3071–3076.
- [37] Z. Kónya, I. Vesselenyi, K. Niesz, Á. Kukovecz, A. Demortier, A. Fonseca, J. Delhalle, Z. Mekhalif, J. B. Nagy, A. A. Koós, Z. Osváth, A. Kocsanya, L. P. Biró, I. Kiricsi, Chem. Phys. Lett. (2002) 360, 429–435.
- [38] M. Hodos, E. Horváth, H. Haspel, Á. Kukovecz, Z. Kónya, I. Kiricsi, Chem. Phys. Lett. (2004) 399, 512–515.
- [39] E. Horváth, Á. Kukovecz, Z. Kónya, I. Kiricsi, Chem. Mater. (2007) 19, 927–931.
- [40] N. Halonen, A. Rautio, A. R. Leino, T. Kyllönen, G. Tóth, J. Lappalainen, K. Kordas, M. Huuhtanen, R. L. Keiski, A. Sapi, M. Szabó, Á. Kukovecz, Z. Kónya, I. Kiricsi, P. M. Ajayan, R. Vajtai, ACS Nano (2010) 4, 2003–2008.
- [41] D. Sebők, L. Janovák, D. Kovács, A. Sági, D. G. Dobó, Á. Kukovecz, Z. Kónya, I. Dékány, Sensors Actuat. B (2017) 243, 1205–1213.
- [42] V. Havasi, B. Vödrédi, Á. Kukovecz, Catal. Today (2017) 284, 107–113.
- [43] A. Dékány, E. Lázár, B. Szabó, V. Havasi, Gy. Halasi, A. Sági, Á. Kukovecz, Z. Kónya, K. Szóri, G. London, Catal. Lett. (2017) 147, 1834–1843.
- [44] G. F. Samu, Á. Veres, B. Endrődi, E. Varga, K. Rajeshwar, C. Janáky, Appl. Catal., B (2017) 208, 148–160.
- [45] E. Kecsenovity, B. Endrődi, P. S. Tóth, Y. Zou, R. A. W. Dryfe, K. Rajeshwar, C. Janáky, J. Am. Chem. Soc. (2017) 139, 6682–6692.
- [46] I. Szilágyi, Metalloenzimek szerkezeti és funkcionális modellezése, (2006), Doktori (PhD) értekezés.

Pálínkó István



Sipos Pál



Molnár Árpád

