

# Gas naturala; petrolio-egarria datorrenerako erreserba

Marie-Laure Moinet\*

*Oraingo kontsumo-erritmoan hurrengo hogeitamar urterako adina petrolio besterik ez dago. Energia berri hipotetikoan bila hasi gabe ordea (eta ikatzera itzuli gabe), baliabide ikaragarria dugu geure esku: gas naturala. Dena den, oraindik berau transformatzen ikasi beharra dago; automobil-erregaia ekoizteko batez ere, petroliozaleek petrolioarekin egiten dutenaren antzera.*

Gas naturala haizeari bizkarrez dago. Energia primarioen (transformatu gabeen) erabilpenean dagoen parte bikoiztu egin da 1950. urtetik 1988. urtera bitartean, munduan % 10etik % 20, leraino eta Frantzian % 0,4etik % 12ra igo delarik. Energia fosilezko iturrietan dagoen aukerak bera da gutxien poluitzen duena -erreta ia nitrogeno oxidorik ez du sortzen eta gas karbonikoa ikatzak baino bi aldiz gutxiago (azken gas hau atmosferan gehiegi dagoelako eragiten da *negutegi-efektua*). Gas naturala funtsean metanoa (CH<sub>4</sub>) da; hidrokarburorik sinpleena. Erretzen denean, molekula bakoitzak gas karbonikoak (CO<sub>2</sub>) baino bi aldiz ur-molekula (H<sub>2</sub>O) gehiago sortzen ditu. Gasarekin ez dago ez erradioaktibitatearen eta ez marea beltzen mamurik (leherketa-arriskua bai ordea!); gasbideen edo metano-untzien bitartez garraiatzen da. Untzietan garraiatzeko gainera, gasa zero azpitik 163°C-ra hoztuta likidotu egiten da. Frantzian azken aldiak Ché-



Gasaren garraioa garestia da. Petrolio likidoa delako, garraioa kargamentuaren prezioaren % 6 inguru kostatzen da, baina gasarena kargamentuak balio duen prezioaren % 30 baino gehiago kosta daiteke. Izan ere gasa untzitan garraiatu ahal izateko -163°C-raino hoztuta likidotu egin behar da edo bestela gasbideak egin behar dira. Horietako luzeena den Eurosiberiarrek 4.600 kilometroko luzera du, gasa lurpetik garraiatzen delarik.

\* Frantseseko artikulutik Iñaki Azkunek itzulia. Lan honek Arrasateko AED-k antolatutako Iolon Zaitegi itzulpen laburren V. sariketan akzesita lortu zuen.

## CHEMERY-N GERTATUA

1989.eko azaroan gure (Science & Vie) 866. alean 20 mila milioi metro kubiko gas lurpean pilatuta izeneko artikuluan esandakoaren arabera, joan den iraileko 25ean Chémeryko (Loir eta Cher-en) lurpeko biltegiko putzu batean gas-ihesa izan zen iragazkia aldatzen ari zirenean packerra igotzean. Gogora dezagun tresna hau putzua-ren barrenean, justu iragazkia baino lehen, dagoen eraztun-obtura-dorea dela. Bere eginkizuna, ateratze-eragiketetan gasa produkzio-tutura bideratzea da. Ia istripuaren biharamunean osatutako ikerketa-batzordea, Petrolio-institutu frantses, Elf Aquitaine eta Gaz de Franceko adituez osatu zen eta bere ondorioak argitaratu ditu. Gaz de Franceren komunikatuaren arabera, *gas-ihesa langile batek pistoi-fenomeno bat gutxietsi egin zuelako gertatu zen. Fenomeno horri esker gas-ihes txikiak izan ziren eta lurpean pilatuta zegoen gasaren presioa konpentsatzen zuen lohiaren ezaugarriak aldatu egin ziren.*

Beste ikerketa sakonago batek aditzera eman digunez, pistoi-fenomenoa lohiak packerraren mailan (putzuan gora ekarrita kanpora atera zenean) zirkulazio txarra zuelako gertatu zen.

Guk dakigunez ordea, zirkulazio txarra zergatik zegoen ez da erabaki. Dirudenez lohiak bide bat ireki zuen putzuko elementuak ateratzeko erabiltzen den zurtoin-trenaren zuloetan, baina gasari gora igotzea oztopatzeko ez zen nahikoa izan.

Bestetik, zurtoin-trenaren sekzioa putzuak eskoratzekoa baino dezentez txikiagoa zenez, zeukan lohia azkar erori zen pisua galduz eta gasa igotzeko faktore lagungarri bihurtuz. Gasa azkenean, jaurtita atera zen biltegitik *pistoi fenomeno* famatu honen eraginez.

Gaz de Franceren arabera, *Chémeryko istripuak ez ditu eragiketamota hauetan erabilitako teknikak eta materialak zalantzan jartzen.* Hala ere, neurri zehatzak hartuko dira indarrean dauden segurtasun-arauak zorrotz bete daitezen. Egia da lohia apurka azalerratu-takoan langile batek ez zuela berehala erreakzionatu, baina giza akatsa ez da packerrean lohiak gaizki zirkulatzearen erantzule...

Marc Mennessier

mery-n izandako ihes famatuak (ikus goiko *koadroa*), frantsesei gure lurrazpian geure urteko kontsumoaren laurdena pilatuta dagoela adierazteko balio izan du, 1989.eko kontsumoa 327 mila milioi kilowattordukoa (kW.h-koa) izan zela estimatzen delarik<sup>1</sup>.

Gas naturala ordea, desberdin ordezkaturia dago hiru energi azoka handietan. Berokuntzan (mundu-mailan % 68koa da bere parte) petrolioaren aurretik lehen postua lortu du: Istanbul hirian, Strasburg-eko katedralean edo Veneziako monumentu historikoetan erregai gisa erabiltzen dute. Elektrizitate-ekoizketan (munduko azokan % 25eko parte du), ikatzaren atzean petrolioarekin batera oso urruti dago (Japonian eta Sobietar Batasunean izan ezik) eta askotan energia hidrauliko edo nuklearra baino askoz ere atzerago, munduko eskualdeen

arabera hiru energi iturri hauek lehen posturako lehia egiten dute-larik. Herri batzuetan (Alemania, Danimarka, etab.etan) gas naturala oinarri duen kogenerazioa ari dira garatzen. Aldi berean beroa eta elektrizitatea lortzea da funtsean, errendimenduak hurrenez hurren

60 eta % 30ekoak direlarik. Duela hogeitau urte industri alor askotan erabiltzen zen, baina orain modernizaturik bultzatzen dute (Frantziatik kanpo batez ere, hemen nuklearraren nagusitasunak lehia-kideei leku gutxi uzten dielako<sup>2</sup>).

Dena den, gaur egun erregai moduan duen erabilpena hutsaren hurrengo da. Sobiet Batasuna gas natural likidotua (GNL) abioietan erregai gisa erabiltzeko saioak egiten ari da. Izan ere 1989. urtearen hasieran Moskuk GNL erreza garrario-hegazkin handi batek arrakastaz hegan egin zuela adierazi

bait zuen. Egokitutako TU 154 Tupolev trirreaktoreak 18 m<sup>3</sup> GNL eramane zituen. Baina Sobiet Batasunak gas naturalezko erreserba ikaragarriak eta keroseno-kantitate mugagabea ditu. Frantziar duela hamabost urte normala zen Hego-mendebaldean automobilak gas natural konprimatuz ibiltzen ikustea. Orvault-en (Nantesetik hurbil) ikerketa-zentrua duen Gaz de France sozietateak prozedura hobetu nahiko luke, baina gaur egun guztiek onartzen duten dogma honakoa da: gasolinari lehia egingo dionik ez dagoela.

Beraz, gas naturala zuzenean gasolina bihurtuko duen prozedura pilotua -Gas to gasoline izeneko eta joan den abenduan Honolulu (Hawaii) Pacifichem kongresuan ARLO (Atlantic Richfield Company) enpresak deskribatutakoa- iraultzailea izan daiteke gas natural asko daukaten eta kontsumogunetik urruti dauden Herrientzat (Nigeria, Malaysia, Zeelanda Berria, Australia, etab.entzat). Gas naturaletik abiatuta erregaiak lortzeko beste prozedura batzuk ere badaude, baina petrolioaren crackingarekin konparatuz garestiegiak dira. Gas naturalari gutxienez ondoz ondoko bi transformazio eragin behar zaizkio, bertan energi galera handiak izaten direlarik. Prozedura horiek petrolioz oso gaizki hornituriko Herrientzat baizik ez dira egokiak (ikus 15. orriko *koadroa*).

Lehen saiakuntza hauen ondorioa edozein delarik ere, hemendik aurrera gure energi baliabideak petrolio-erreserbei gas naturalaren gehituta ebaluatu behar dira. Petrolio-erreserbak, gaur egungo kontsumo-erritmoan, hogeitamar urterako besterik ez dira. Munduan egiaztatutik dauden gas-erreserbak berriz, 1989.ean 116.000 mila milioi m<sup>3</sup>-koak zirela estimatu zen; oraingo produkzio-mailan hirurogei urterakoak, alegia. Arazoa geroratzea da, noski, baina dena ez da hain sinplea. Erreserbak zorionez 85 estatutan banaturik daude, lehoiaren parte petroliari dagokionean bezalaxe Ekialde Hurbilak duelarik (guztia % 34,4). Beste erraldoi bat dago tartean ordea: Sobiet Batasuna (guztia 43). Estatu Batuek eta mendebaldeko Europak planetako erreser-

1. Gas naturalezko 1.000 kW.h = 0,077 ptb (petrolio-tona baliokide) = 85,5 m<sup>3</sup>. Alderantziz, 1 m<sup>3</sup> gas natural = transformatu gabeko 11,6 kW.h energia = elektrizitate transformatutako 4,5 kW.h.

2. *L'Energie dans l'économie*, Pierre Radanne eta Louis Puisieux. Syros argit.

ben % 13,5 baino gehiago kontrolatzen dute, beren kontsumo-kuota munduko kontsumo osoaren % 46 baino handiagoa bada ere. Frantzia Lacq-eko gashobiak (Pirinio Atlantiarretakoak) oraindik gure kontsumoaren % 10 hornitzen du, baina bertako erreserbak mendea bukatu baino lehen agortuko dira.

Beste oztopo bat, ustiapen-bal-dintzak gero eta zailagoak izatea da. Munduko erreserben % 22 itsaspean (offshore edo kostatik urruti) daude, eta zati honen % 65 mendebaldeko Europari dagokio. Kontinentetan, erreserben % 28 Arktiar ozeanoan eta Siberian dago. Gasaren oztoporik handienetakoa bera garraiatzea denez gero, ekoizleek hobian bertan transformatu nahi dute; kontsumogunee-tatik urruti badago batez ere. Argentinak Suaren Lurraldean zehar gas naturalezko hobi garrantzitsusak dituenetz, 1989. urtean metanol bihurtzea erabaki du, hau giro-temperaturan likidoa izanik erraz garraia daitekeelako.

Hidrogenoarekin batera metanola da, hain zuzen, gasaren transformazioko (gasaren kimikako) produktu industrial nagusia. Gaur egun azido azetikoak ekoizteko bitarteko pribilegiatua da (urtean munduan 3 milioi tona), atzo bertan petroliotik bakarrik lortzen bazen ere. Metanola, formaldehidoa (aglomeratuen kolak du), metionina (landaretan gutxi dagoelako animalien elikaduran eman beharreko amina eta sufrea duen azidoa da) eta beste deribatu asko, erregaiak barne, fabrikatzeko bitarteko ere bada (*ikus 15. orri ldeko irudia*).

Metanolaren estimazioak, dena dela, berunik gabeko gasolinagatik ustegabeko gorakada izan du. Gasolinari litroko 0,4 gramo berun kenduta, oktanaia 5 edo 6 puntu jaisten da. Beraz, motoreek normal funtziona dezaten (hau da, zilindroak zurgatutako nahasteak gasaren tenperatura eta presioa igota bujian txinparta agertu baino lehen anarkikoki su har ez dezan), oktanaia hori gutxienez 95 edo 98raino altxatu behar da. Oktanai maila berreskuratze-kotan, beraz, beste errefinatze-metodo batzuk eta beste aditibo batzuk erabili behar dira. Metanola erabiltzea da bide bat; 106ko oktanaia bait du berez. Zoriturrez gasolinari % 3 baino gehiago



eransterik ez dago (disolbatzailezko beste % 2rekin batera). Hortik aurrera, gasolina/metanol nahastea hezetasunean ezegonkorra litzateke. Proportzio txiki horrek dena den, nahastearen oktanaia 1,2 puntu igotzen du. Metanolak ordea, MTBE (metil-t-butil eter) izeneko beste aditibo batean parte hartzen du. Honen berezko oktanaia 117koa da eta gasolinari % 10eko proportzioan nahasterik badago, oktanaian 2 puntu irabazten direlarik<sup>3</sup>.

Erregaiarentzako aditibo gisa erabiltzeak metanol-eskea areagotu egin beharko luke; % 8 urteko, adi-tuen erituz. Gorakada horretaz ez da, ordea, gure Herria aprobetxatuko. Izan ere Frantzia metanola saltzen zuen azken fabrika 1985.ean itxi bait zen. Ekialde Hurbiletik inportatutako metanolari lehia egiteko gauza ez zen izan. Atzo bertan petrolio-putzuetatik ateratzen zen gas naturala erre egiten zuten Herri ekoizleetan, baina gas-industria ezartzen hasi zirenez gero, Frantzia industria kimikoak transformatutako gas naturala merkatuko 1980.eko % 14etik gaur egungo

5eraino (16 mila milioi kilowattorduraino) jaitsi da.

Esan beharra dago metanoa metanol bihurtzeko prozedura astuna burutu behar dela. Gaur egun gas naturalaren ia transformazio-mota guztiak *sintesi-gasa* edo karbono monoxido (CO) eta hidrogenozko (H<sub>2</sub>) nahastea fabrikatuz hasten dira. Hau lortzeko sistema erabilienan, 20 barretara konprimatzen da gas naturala 900°C-raino berotuta-ko ur-lurrinarekin nikelzko katali-

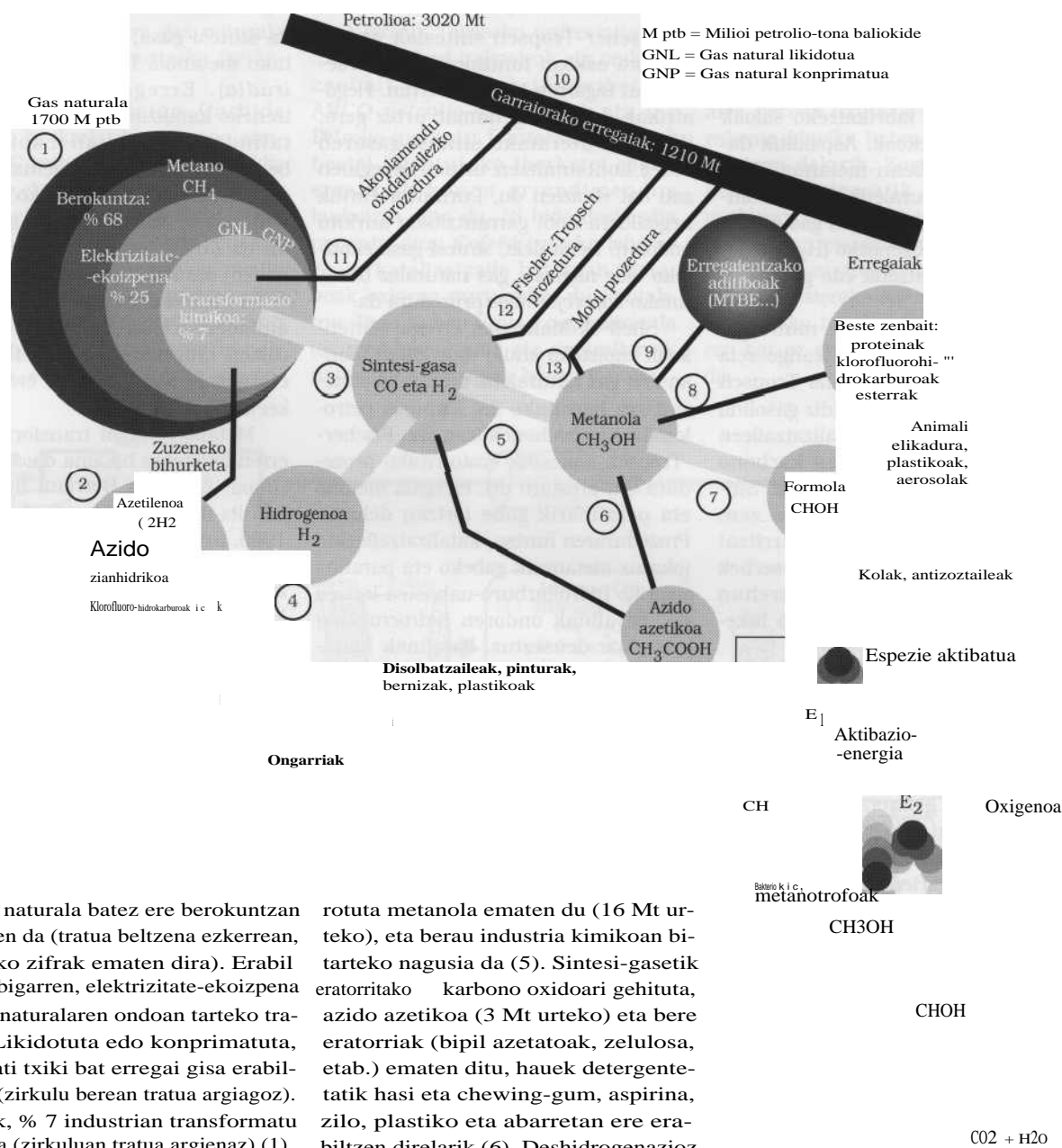
zadorean, zeina 10 cm diametro eta 10-15 metro luzeko ehundaka tuturen barruan bait dago. Vaporeformage deitzen den prozedura hau da inbertsio eta funtzionamendu-gastu handiak dituen. Frantzia ongarririk produzitzen dituzten fabriketan baizik ez dirau prozedura honek, hidrogenotik amoniakoa (NH<sub>3</sub>) ateratzen dutelarik.

Ironikoa bada ere, gas naturala sintesi-gas bihurtzen duen erreakzioa (CH<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>O --> CO + 3H<sub>2</sub>) bero-zurgatzaile handia da, baina ondorengo transformazioak, sintesi-gasa metanol bihurtzen duenak (CO + H<sub>2</sub>O --> CH<sub>3</sub>OH), barreiatzen zaila izaterainoko beroa botatzen du. Gainera, gaur egun batez ere Imperial Chemical Industries (ICI) etxearen prozedura baten arabera egiten den bigarren transformazio honek, badaezpadako errendimendua du. Izan ere erreaktoretik metanol bihurtu gabe ateratzen den sintesi-gasa, hasierakoaren % 85 bait da! Metanotik sintesi-gasaren bitartez metanola lortzeko transformazioa, eragiketa astuna da eta guztira % 40ko energi galerak ditu. Beraz, bai sintesi-gasetik eta bai metanoletik gaur egungo petrolio-eratorriak (erregaiak eta produktu kimikoak) lortzeko sistemak, ez dira lehia egiteko modukoak (*ikus 16. orriko koadroa*). Petrolioak hornitzen ditu ia erregai guztiak eta industria kimikoan erabiltzen diren tarteko produktu gehienak: etilenoa, propilenoa, bentzenoa, toluenoa, xilenoa...

Sintesi-gasetik abiatutako prozedura horiek egotea ordea, segurta-

3. Ikus Science et Vie 853. alea, 1988.eko urria, 102. or.

# GAS NATURALAREN METAMORFOSIA



Gas naturala batez ere berokuntzan erabiltzen da (tratu beltzena ezkerrean, 1988.eko zifrak ematen dira). Erabilpenen bigarren, elektrizitate-ekoizpena da (gas naturalaren ondoan tarteko tramaz). Likidotuta edo konprimatuta, beste zati txiki bat erregai gisa erabiltzen da (zirkulu berean tratua argiagotz). Azkenik, % 7 industrian transformatu egiten da (zirkuluan tratua argienaz) (1).

Transformazio bakar batez lortutako produktuak gutxi dira (2). Klorofluorohidrokarburoak orain batez ere metanoetik ateratzen dira (8), eta azetilenari petroliotik ateratako etilenoak lehia egiten dio.

## Metanoaren transformazioa

Metanoa eta ur-lurrina tenperatura handitan katalizatzaile batean nahastu egiten dira, sintesi-gasa lortzen delarik ( $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$ ) (3). Karbono oxidoa kenduta, hidrogenoa lortzen da (24 Mt urteko), zeinari nitrogenoa erantsita amoniakoa eratzen bait da; ongarietarako lehengai, alegia (4).  $2\text{H}_2 + \text{CO}$  proportzioak gordez, sintesi-gasak katalizatzailean presiopean be-

rotuta metanola ematen du (16 Mt urteko), eta berau industria kimikoan bertarako nagusia da (5). Sintesi-gasetik eratorritako karbono oxidoari gehituta, azido azetiko (3 Mt urteko) eta bere eratorriak (bipil azetatoak, zelulosa, etab.) ematen ditu, hauek detergente-tatik hasi eta chewing-gum, aspirina, zilo, plastiko eta abarretan ere erabiltzen direlarik (6). Deshidrogenazioz formaldehidoa edo *formola* ematen du (7) (8 Mt urteko). Beste erreakzio askoren bitartez kimika fineko beste produktu askoren iturri da (8). Berunik gabeko gasolinarentzako aditiboak ere ematen ditu (6 Mt urteko), metil-t-butil etera (MTBE) horietakoa delarik.

Gas naturalak ordea, erregaien azoka ere irabazi nahi du: 1,2 milioi tona 1988.ean, hau da, erabilitako petrolioaren % 40 (10). Ikerketak areagotzen ari dira zuzeneko bihurketa lortu asmoz (11). Malaysian eta Hegoafrikan gasolina sintesi-gasetik lortzen dute (11). Zeelanda Berrian metanoetik ateratzen dute (12) (ikus 16. orriko koadroa).

Han ere ikerlariak gas naturalaetik metanolera heltzeko sistema laburra-

ren bila ari dira (*ikus goiko irudia*). *Metanotrofo* izeneko bakterioek bakarrik lortzen dute giro-tenperaturan zuzeneko bihurketa burutzea. Hortik aparte, gelditu gabe errebote egiten ari den pilota bailitzan, metanoa oxidatu egiten da dena erre arte, gas karbonikoa ( $\text{CO}_2$ ) eta ura ( $\text{H}_2\text{O}$ ) emanez. Izan ere  $E_1$  energi kantitate handia (beroa) eman behar zaio metanoak inguruko oxigenoarekin erreakziona dezan. Baina energi kantitate txikiak,  $E_2$  eta  $E_3$ , nahikoa dira metanola ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) edo formaldehidoa ( $\text{CHOH}$ ) ezegonkortzeko. Produktu hauek, beraz, osatu eta eskuratzeko astirik eman gabe degradatu egiten dira.

## GASETIK GASOLINARA: PROZEDURA ERRENTAGARRIEN BILA

Gas naturala zuzenean erregai bihurtzea apostu industrial ikaragarria bada ere, petrolioa ez den beste iturrietatik gasolina fabrikatzeko saioak ez dira gaur goizekoak. Aspalditik dakigu (eta ez funtsean metanoz ( $\text{CH}_4$ ) osatutako gas naturaletik abiatua; sintesi-gasetik abiatuta baizik) gas karboniko ( $\text{CO}$ ) eta hidrogenozko ( $\text{H}_2$ ) nahastea petroliotik, ikatzetik edo gas naturaletik ekoizten.

1920. urtean izan ere, munduan berehala petrolio-eskasia izango zela eta, Franz Fischer eta Hans Tropsch injineru alemanek lehen aldiz gasolina sintetikoa lortu zuten, katalizatzaileen bidez sintesi-gasak dituen karbono monoxidozko molekulak hautsiz. Sintesi-gasa ikatzetik ateratakoa zen, lehen etorkizuneko energi iturritzat hartzen zelako (munduko erreserbek oraingo produkzio-mailan berrehun eta berrogeitamar urte iraungo luke).

Fischer-Tropsch sintesian, karbono askea hidrogenoarekin konbinatuz karbono erradikalak eratzen dira, hidrokarburo-nahastea emanez polimerizatu egiten direlarik. Nahaste horrek, erregai gisa erabiltzeko adina oktaia du. Zoritxarrez, lortutako nahasteak metanoa eta parafinak (karbono-atomo ugarien artean lotura bikoitzik gabeko hidrokarburo *aseak*) ditu. Hauek zein baino zein kaltegarriagoak dira (bata gasa da eta besteak solidoak), erreakzioan biak batera kendu ezin direlako.

Fischer-Tropsch sintesiak ordea, denbora askoan funtzionatu zuen Alemaniako Bigarren Mundu-Gerran. Hegoafrikak duela hogeitamar urtez gero, ikatzetik ateratako sintesi-gasaren bidez kontsumitzen dituen erregaien zati bat ekoizten du, Lurmutur Hiritik hegoaldera hobi garrantzitsua aurkitu ondoren. Dena dela, sintesi-gasa ekoizteko bide nagusia, gas naturalaz burututako *vaporeformage* prozedura da.

Shell-ek Malaysian erregai sintetikoak ekoizteko eraiki nahi duen fabrika ere, gas naturaletik ateratako sintesi-gasez hornituko da. Enpresa petrokimiko ingeles honek izan ere, Fischer-Tropsch sintesitik eratorritako prozedura bat prestatu du, erregaia metano eta parafinarik gabe lortzen delarik. Prozeduraren funtsa, katalizatzaileekin jokatuz metanorik gabeko eta parafina ugariko hidrokarburo-nahastea lortzea da, parafinak ondoren *hidrocracking* metodoaz deuseztuz. Parafinak hidrogenoarekin erreakzionarazten dira, silize/aluminazko katalizatzaile azidoa erabiliz. Azken honek, parafinen karbono-katea luzeak zatitu egiten ditu, zeinak gehitzen den hidrogenoak *orbandu* egiten bait ditu. Honela eskuraturako molekulak jaso eta hasierako nahasteari gehitzen zaizkio, Diesel motoretarako kalitate oneko erregaia lortzearen.

Gas naturaletik abiatuta erregaiak lortzeko hirugarren metodoa, Mobil taldeak garatu duena da. Sistema honetan oinarritzko material kimikoa ez

da sintesi-gasa; gas honetatik ateratako metanola baizik (*ikus 15. orriko irudia*). Erregaia, ZSM 5 zeolita izeneko katalizatzaile porotsu eta kristalinoaren barruan ekoizten da, bertan poroek hiru dimentsio es-tandar dituztelarik. Funtsezko ezaugarri honi esker, karbono-katea gogaikarriak ez dira eratzen eta oso kalitate oneko nahaste garbia ateratzen da; 94 olefina duena (olefinak karbono-atomoen artean lotura bikoitzak dituzten hidrokarburo *asegabeak* dira) eta gasolina-motoreetan erabil daitekeena.

Metanol/erregai transformazioaren errendimendua bikaina da; % 95 ingurukoa. Zeelanda Berrian, hain zuzen, fabrika ikaragarria jarri zuten martxan 1985. urtean. Gas naturaletik abiatuta urtero 760.000 tona gasolina ekoizteko ahalmena du, hau da, Herri horretako kontsumoaren herena ekoiztekoa. Upelaren 20 dolarreko fabrika-prezioa (1995. urtetik aurrera, fabrika amortizatu ondoren), interesgarria zen upela petrolioa fabrika eraikitzen ari zirenean 30 dolarretan zegoenean, baina zoritxarrez upelaren prezioa orain bezala 10 eta 15 dolarren bitartekoa denean ez dauka lehia egiterik. Zeelanda Berrian esaterako, gaur egun nahiago dute beren metanola esportatu (munduko eskea eskaintza baino handiagoa bait da) eta petroliotiko gasolina inportatzea...

Gas naturala gasolina bihurtzeko prozedura guzti hauetan, derrigorrean

sun-fidantza da. Izan ere 1974.ean petrolio gordinaren prezioa laukoiztu zen garaia ez bait dago hain urruti. Baina gaur egun ez al dago sintesi-gasari dagokion etapa hau sahiestu eta gas naturaletik zuzenean erregaiak eta metanola lortzerik?

Metanola lortzea, teoriarik behintzat, erraza litzateke. Nahikoa da molekulari oxigeno-atomo bat gehitzea ( $\text{CH}_4$ -k  $\text{CH}_3\text{OH}$  emango luke). Zoritxarrez praktikan ordea, metanoa guztiz molekula egonkorra da eta oso tenperatura handia ( $900^\circ\text{C}$  baino handiagoa) edo erabat erre-aktibo indartsuak behar dira transformatu ahal izateko.

Oxigenoarekin metanoa metanolan *geratzeko* emeki oxida-

tzerik ez dago (*ikus 15. orriko irudia*). Bero gehiegi emititzen da eta nahikoa azkar ezin da barreiatu, erreakzioa kontrolatu ahal izateko. Metanola sortu ondoren erreakzio-inguruetik ateratzeko sistemarik ere ez da asmatu. Ondorioz, kimikari-belaunaldi batzuen lanetik lortutako emaitzek % 3a gainditzen ez duten errendimenduak eman dituzte eta prozedura errentagarria izan dadin gutxienez % 10ekoa beharko luke. Naturak bakarrik menperatzen du metanoa metanol bihurtzeko transformazioa giro-tenperaturan, *metanotrofo* izeneko bakterioen baitan. Oraindik ere funtsezko ikerketak egiten ari dira mekanismoa ulertu ahal izateko.

Etorkizuneko gas naturala zuzenean transformatu duten sistemek, katalizatzaile eraginkorrak eta prozedura berriak izango dituzte. Ikerle errusiarrek 1977.ean tenperatura handitan metanotik diamantea (karbono purua) lortu zutela iragarri zuten. Japonian eta Estatu Batuetan ikerbide horretan abiatuak dira, baina transformatutako metano-kantitateak hutsaren hurrengoak dira.

Erroka nagusia gas naturala zuzenean errekin bihurtzea da. Arlo honetan ikerketak oso eraginkorrak dira, 1982.ean Union Carbide-k *akoplamendu oxidatzailea* aurkitu zuenez geroztik: metanoak oxigenotan etanoa ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) eta etilenoa

4. Errendimendua, bihurtzeko bider selektibitatea da, bihurtzeko metano-zatia (%tan) eta selektibitatea erreakzioeko produktu guztien artean ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ , formaldehido: $\text{COH}_2$ , etab.etan) dagoen metanol-proporzioa (%tan) izanik.

sintesi-gasaren etapatik pasatu behar errentagarritasuna mugatu egiten du. Horregatik dira gas naturala zuzenean gasolina bihurtzeko ikerketak hain eraginkorrak.

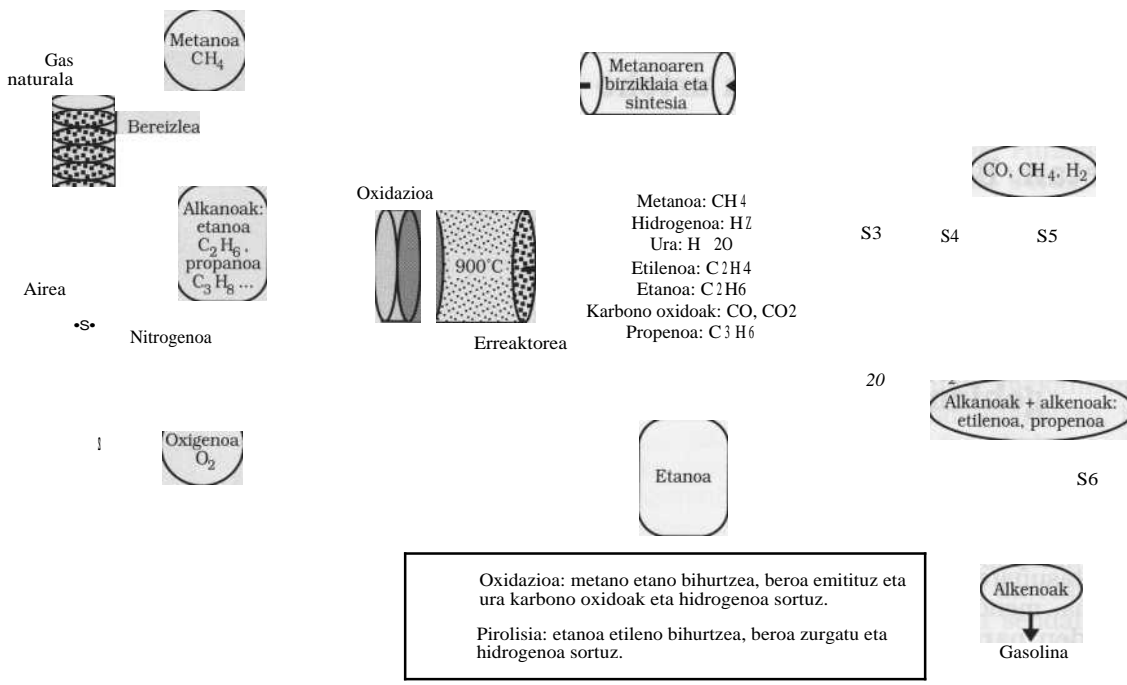
1982. urtean Union Carbide enpresako bi ikerlarik, metanoa airetan 750 °C-raino berotuta lehen aldiz

5 etano eta etilenoa duen nahastea (likidotu eta ondorioz erregai erraz bihur daitekeena) lortu zuten. Temperatura handi horri esker metilo erradikalak (-CH3) azkar erutzen dira eta ondorioz dimerizazioarako (etano eta etilenoa eratzeko) aukera handiagoa dago, erreakzio parasito eta go-

gaikarriak (ura eta gas karbonikoa eratzekoak, adibidez) baztertuz.

Geroztik Texaseko unibertsitateko Jack Lunsford irakasleak eta ondoren zenbait industriak (Ameriketako ARCO petrolio-sozietateak eta IFP Petrolio-institutu frantsesak, besteak beste) burututako ikerketei esker, erreakzio honen errendimendua laukoiztu egin da. Bi bide desberdin prestatu dira: Cofeed izeneko lehengoan, katalizatzaile basikoan metanoak oxigeno puruarekin du kontaktua. Bide honen funtsa *oxipirrolisia* da (*ikus ondoko irudia*) eta australiarak nahiz IFP erakundea honen jarraitza-

ileak dira. Bigarren bideari Redox deritza eta bertan oxigenoa oxido metaliko batek (litioa + boroa + magnesiozko euskarriko manganeso oxidoa) hornitzen du, oxido metaliko hau ere aire beroaz oxidazio-erredukziozko eskema klasiko baten arabera berrelikatzen delarik. Zoritxarrez, duela bost urtez geroztik guztiek muga aurkitzen dute % 20 inguruko errendimenduan eta ekonomikoki errentagarri den mailatik oraindik urruti daude. Hasierako euforiaren ondoren, ikerle asko hor halako *muga teorikoren* bat ez ote dagoen galdezka hasi da.



(C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) ematen ditu, eta horrez gain hura, karbono oxido batzuk eta beroa ere bai (*ikus goiko irudia*).

Etilenoa lortzea derrigorrezko etapa da eta gero berau errekin likido bihurtzeko teknikoki ez dago arazorik. 1985.ean akoplamendu oxidatzailea Jack Lunsford-ek (Texaseko unibertsitatekoak) hobetu egin zuen. Honoluluko kongresuan ARLO-k erakutsitako prozeduran, edo Petrolio-institutu frantsesak prestatu duenean, metanoa etano eta etileno bihurtzean % 15-20raino heltzen da, erabilitako gas naturalak duen metano; kontzentrazioaren arabera. Gas naturala merke

dagoen Herrietan, erregaiak lortzeko bide honek lehia egin diezaiotke petrolioan oinarritzen denari. Emaitzak oraindik hastapenetan dira, baina gas naturala erregai zuzenean bihurtzeko apostuak Frantziari sei industria elkarterazi zituzten 1987. urtean, CNRS edo Ikerketa zientifikorako Zentru nazionalarekin Actane 5 izeneko ikerketa-egitura originala sortzearen. EEE-k bestetik, 4 milioi ECU (25 milioi libera inguru) esleitu ditu bere Joule programan (1990-1993) arlo honetan ikerketak egin daitezten.

Munduko etorkizuneko energia horniketaren ikuspegitik, François

Pharabod jaunak, PIRSEM (Lehengai eta energiari buruzko disziplinarteko ikerketa-programa) erakundeko arduradunetako batek alegia, petrolio-eskasiak sortutako zuloa gas naturalak ezinbestean beteko duela nabarmendu du: *ikatzean oinarritutako irtenbide alternatiboek gas karboniko gehiegi sortzen dute eta energia nuklearean (fisioan eta gero fusioan) oinarritutakoek ez dirudite, ez teknikoki eta ez ekonomikoki, hirugarren munduko garapenera egokituak, eta ez da ahaztu behar garapen hori izango dela XXI. mendearen hasierako ezaugarria.*

5. Actane-k Orkem, Elf Aquitaine, Gaz de France, Institut français du pétrole, Rhone-Poulenc, Total eta CNRS-ren zortzi laborategi biltzen ditu. Zuzendaritza Jean-Marie Basset-en (CNRS-ren katalisi-ikerketari buruzko institutukoaren) eta Jaques Saint-Just-en (GDF-koaren) esku dago.

6. *Atlas mondial de l'énergie*. Aditech argit. 96 bd Auguste-Blanqui, 75013 Paris.