

**MAXI CASTRILLEJO IRIDOY**  
Geokimikaria



FUKUSHIMA DAI-ICHI ZENTRAL NUKLEARREKO ISTRIPUA 2011n

# Zer elementu erradioaktibo isuri ziren eta nola heltzen dira itsasora?

**B**ost urte pasatxo igaro dira Japonian istripu hirukoitza gertatu zenetik: lurrikara, tsunamiak eta istripu nuklearra. 2011ko martxoaren 11n, Tohoku lurrikarak eta ondorengo tsunami-sortak Fukushima Dai-ichi zentral nuklearra bortizki kaltetu zuten, eta orain arteko itsasora egindako bat-bateko erradioaktibitate-isuri handiena eragin zuten. Berez, Fukushimako isuria Txernobilgoa baino bost aldiz txikiagoa izan zen, eta leherrean lehergailu nuklearrekin buruturiko probena (1945-1980) baino 50 aldiz txikiagoa. Hala ere kezka dirau, erradioaktibitate ez delako pentsa bezain azkar gutxitu kostaldeko jalkinetan, biotan eta uretan, Fukushimako zentralak isuri jarraituak dituen seinale.

Fukushimako istripuak itsasoan duen eragina eta bilakaera aztertzen ari gara Bartzelonako Unibertsitate Autonomoko eta Ingurumen Zientzia eta Teknologien Institutuko itsas ikertzaileak, Japonia, Europa eta Estatu Batuetako zientzialariek batera. 2011ko ekainetik, urtero joan gara Fukushimako kostaldera itsasontzi ozeanografiko batean laginak hartzera: ura, jalkina eta biota (zooplanktona, arraia, algak e.a.). Laborategian, arrisku erradiologikoa eragin eta kantitate handienetan isuri ziren erradionuklidoak (elementu erradioaktiboak) neurtu genituen 2011n.

Hau da, erdi-bizitza motza dutenak (estrontzio-89, zesio-134, iodo-131, e.a.). Hurrengo urteetan berriz, azken horiek desintegrazio erradioaktiboaz ezerezuta zeudelarik, hamarkadetan dirauten fisio-produktuak ikertu ditugu: zesio-137 eta estronzio-90 bereziki. Izan ere, Fukushimako erradionuklidoek erreminta paregabea eskaintzen dute lurreko eta itsasoko prozesu geokimikoak eta bi ingurune horien arteko harremanak ulertzeko. Adibidez, literaturako eta gure datuek iradoki dute Fukushimak isuritako zesio isotopoak (zesio-134 eta zesio-137) modu eta epe desberdinetan iritsi zirela (eta iristen direla) itsasora.

**“Kontzentrazio handi hauek irauteak argi uzten du zentralak erradioaktibitatea isurtzen jarraitzen duela”**

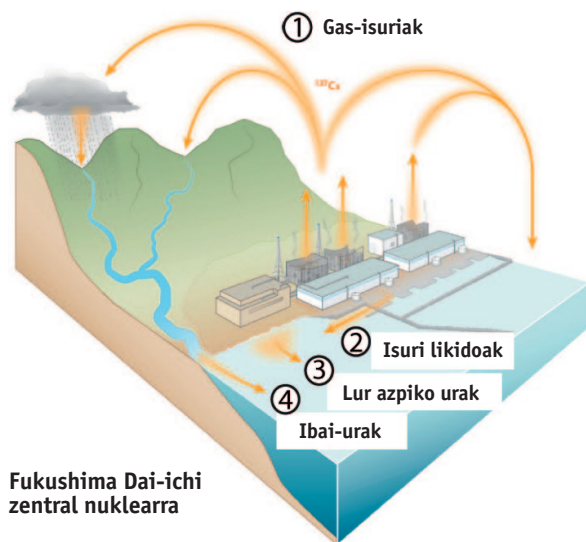
2011ko martxoan isuritako gehiena gas-moduan izan zen. Lurrikarak eta tsunamiek erregai nuklearra hozteko sistemak suntsitu zituzten. Horren ondorioz, 6 erreaktoretik 3tan temperatura igo zen, gas erradioaktiboak pilatu ziren eta ez-tanda egin zuten. Erradionuklido lurrunkor gehienak (kripton-85, iodo-131 eta

129, xenon-133 eta 135, zesio-134 eta 137, e.a.) kostaldeko uretan eta itsaso zabalean jalki ziren.

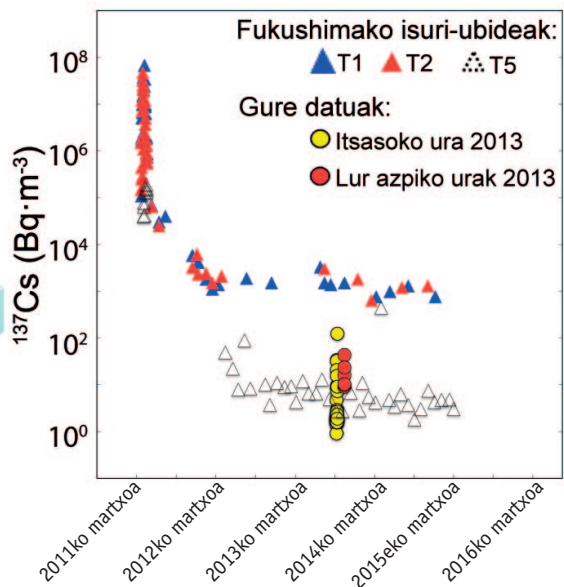
Kutsaturiko ura ere, erreaktoreak hozteko larrialdi moduan erabilitakoa, nahi gabe itsasora isuri zuen TEPCOK (Tokyo Electric Power Company), zentral nuklearra kudeatzen duen enpresak, 2011ko apirillean. Zesioaren kasuan, isuri likidoak lurrian baina 5 aldiz txikiagoak izan ziren. Lurrunkorak ez diren erradionuklidoetan aldiz, estrontzio-90 adibidez, hozteko ur kutsatua izan da iturburu nagusia. 2011ko lehen isuri likido horien ondoren, Fukushimako zentralak jario gehiago izan ditu, TEPCOK zentrala inguratu eta kostaldea babesteko hainbat horma eraiki dituen arren.

Ibaiek eta lurpeko urak dira azken bi iturburuak. Airera isuritako erradionuklidoen % 20 inguru Japoniako lurrian jalki zen. Honetatik, zesio-137aren % 2 inguru itsasoratu da, ibaiak garraiatzen dituzten jalkinetan atxikiturik. Lurpeko urek antzeko kopurua garraiatzen dute. Airera isuritako estrontzio-90aren kantitatea mila aldiz txikiagoa izanenez, apenas iritsi zen itsasora modu horretan.

Lau iturburu hauek (gasa, erreaktoreak hozteko erabilitako ura, ibaiak eta lurpeko urak) itsasoan duten eragina ulertzeko, Fu-



Fukushima Dai-ichi zentral nuklearra



Ezkerrean: Kalteturiko Fukushima Dai-ichi zentral nuklearra eta isurien itsasorainoko ibilbidea. Buesseler et al., (2017), *Annual Reviews*-etik egokitua. Eskuinean: zesio-137aren kontzentrazioak Fukushimako kostaldean, Castrillejo et al., *Env. Sci. & Tech.* (2015)-tik egokitua.

kushimatik 800 metro eta 110 kilometro arteko ur azalera batean, eta itsas azaletik 500 metroko sakonerarainoko uretan, zesio-137 eta estrontzio-90 neurtu ditugu. Gure emaitzak eta TEPCOK zentral nuklearreko isuri-ubideetan neurturiko kontzentrazioak aztertuko ditugu jarraian. Kontzentrazioak Bq/m<sup>3</sup> unitateetan emanak dira. Hau da, Bequerel (Bq= desintegrazioa segundoko) kopurua, mila litro edo metro kubiko bakoitzeko.

**ERRADIONUKLIDOEN KONTZENTRAZIOEN BILAKAERA**

Japoniako kostaldeko uretan zesio-137aren eta estrontzio-90aren kontzentrazioak 1-2 Bq/m<sup>3</sup>-koak ziren istripua baino lehen, lehergailu nuklearrekin buruturiko proben ondorioz. 2011ko apirillean, lurrun eta isuri likidoek zesio-137aren kontzentrazioa 68 milioi Bq/m<sup>3</sup>-ra eta estrontzio-90arena 100.000 Bq/m<sup>3</sup>-tik gora igo zuten zentral inguruko isuri-ubideetan. Hurrengo hilabeteetan, kontzentrazioek nabarmenki behera egin zuten, lehena 10.000 Bq/m<sup>3</sup>-ra eta bigarrena 1.000 Bq/m<sup>3</sup> ingurura. Ordutik, kontzentrazioek gora behera esanguratsuak izan dituzte. Istripu nuklearra baino lehenagoko kontzentrazioen aldean, sarritan zesio-137arena 100-1.000 aldiz altuagoa eta estrontzio-90arena 10-100 aldiz altuago izan diralarik, 2012 eta 2016 urteen artean. Guk

neurturiko uretan ere, ia lagin guztiek zuten istripuaren aztarna. 2013ko irailean esate baterako, estrontzio-90, zesio-137 eta zesio-134aren kontzentrazioak, istripua baino lehenagoko kontzentrazioen aldean, 9, 124 eta 54 aldiz handiagoak ziren. 2014 eta 2015. urteetan ere antzeko kontzentrazioak edo handiagoak neurtu ditugu leku bereko ur laginetan.

Istripua gertatu eta urte batzuk geroago uretan kontzentrazio handi hauek irauteak argi uzten du zentralak erradioaktibitatea isurtzen jarraitzen duela, neurri txikiagoan bada ere. Adibidez, 2013ko irailean egunean 2,3-8,5 GBq (mila milioi Bequerel) estrontzio-90 isurtzen zituela zenbatetsi dugu. Isuri jarraitu hau ibaiek garraiatu baina 100 eta 1000 aldiz handiagoa litzateke. Horretaz gain, kontuan eduki behar da, gaur egun, egunean milaka litro ur erabiltzen direla kalteturiko errektoreak tenperatura baxuan mantentzeko. Erregaia ukitu duen ur kutsatua, ponpatu, tanga erraldoietan gorde eta tratatu egiten dute, erradionuklido ahalik eta gehien erazteko. Tratatu ondoren, hala ere, badira uretan irauten duten erradionuklidoak: estrontzio-90a neurri batean eta tritioa bere osotasunean. 2015. urtean 600 mila tona ur inguru zeuden tangetan pilaturik; horrek arriskua areagotzen du.

Uretan ez ezik, kostaldeko jalkinetan ere metatzen ari da zesio-137a (2011ko isurien % 1 inguru). Azken lanen arabera, kostaldeko eta batez ere, Fukushima inguruko jalkinetan, bertako uretan baino 5-10 aldiz zesio-137 gehiago dago 2016an. Kopuru hau erdira murrizteko, gutxienez 10-25 urte igaro beharko lirateke.

**ONDORIOAK ITSAS BIOTAN**

Itsas animaliek azkar barnatzen dute zesioa potasioaren ordez giharrean, eta estrontzioa kaltzioaren ordez hezurretan. Istripua gertatu eta aste batzuetara, zesio-kontzentrazio altuak neurtu ziren jalkinetan eta zentraletik gertu bizi diren arrainetan. Hala ere, kontzentrazio horiek segurtasun-mugan azpitik zeuden gehienetan (500 Bq arrain-kilo bakoitzeko 2011n). Japoniako gizartearen mesfidantza gutxitzeko, segurtasuna zorrotzu eta muga 100 Bq/kg-ra jaitsi zuten gainera, Europako mugaren oso azpitik (1.250 Bq/kg). 2015. urtean, kontzentrazioen % 1ek baino ez zuen 100 Bq/kg-ko muga gainditu. Beherako bilakaerak ahalbidetu du 2011n galarazi ziren hainbat arrain-espezieren ustiaketa baimentzea eta Japoniaren sektore ekonomiko indartsuenetakoa, hau da, arrantza, indarberritzea. ●