

## NYILATKOZAT

**Név:** Szegő Judit

**ELTE Természettudományi Kar, szak:** Földtudományi alapszak

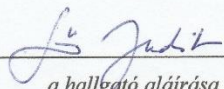
**NEPTUN azonosító:** ZOZFTG

**Szakedolgozat címe:**

A japán szigetek időjárási és éghajlati sajátosságai.

A **szakedolgozat** szerzőjeként fegyelmi felelősségem tudatában kijelentem, hogy a dolgozatom önálló szellemi alkotásom, abban a hivatkozások és idézések standard szabályait következetesen alkalmaztam, mások által írt részeket a megfelelő idézés nélkül nem használtam fel.

Budapest, 2020.05.05

  
a hallgató aláírása

Eötvös Loránd Tudományegyetem  
Földrajz- és Földtudományi Intézet,  
Meteorológiai Tanszék

## **A japán szigetek időjárási és éghajlati sajátosságai**

SZAKDOLGOZAT



Készítette:

**Szegő Judit**

Földtudományi alapszak,  
Meteorológia specializáció

Témavezető:

**Dr. Weidinger Tamás**

ELTE TTK Meteorológiai Tanszék

**Budapest, 2020.**

# TARTALOMJEGYZÉK

<b>BEVEZETÉS .....</b>	<b>3</b>
<b>JAPÁN FÖLDRAJZA .....</b>	<b>4</b>
FÖLDRAJZI ELHELYEZKEDÉSE ÉS DOMBORZATA .....	4
FÖLDRAJZI KIALAKULÁSA (GEOLÓGIAI SKÁLÁN) .....	5
<b>JAPÁN ÉGHAJLATI ÉS IDŐJÁRÁSI JELLEMZŐI .....</b>	<b>7</b>
ÉVSZAKOS LEÍRÁS.....	7
JAPÁN ÉGHAJLATI OSZTÁLYOZÁSA.....	8
TRÓPUSI RÉGIÓ .....	13
CSENDES-ÓCEÁNI RÉGIÓ .....	13
SETO-BELTENGERI RÉGIÓ .....	15
JAPÁN-TENGERI RÉGIÓ .....	15
HOKKAIDO RÉGIÓ .....	17
KÖZPONTI HEGYVIDÉK RÉGIÓ .....	17
<b>A JAPÁN METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT (JAPAN METEOROLOGICAL AGENCY– JMA) .....</b>	<b>24</b>
MEGFIGYELÉSEK.....	25
ELŐREJELZÉSI MODELLEK.....	27
A PRODUKTUMOK MEGJELENÍTÉSE .....	28
AZ OLIMPIAI METEOROLÓGIAI HONLAP .....	32
<b>EXTRÉM IDŐJÁRÁSI ÉS KÖRNYEZETI JELENSÉGEK .....</b>	<b>37</b>
FÖLDRENGÉS .....	37
CUNAMI .....	39
VULKÁNI MŰKÖDÉS .....	40
TÁJFUN .....	41
<b>ÖSSZEFOGLALÁS .....</b>	<b>44</b>
<b>KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS .....</b>	<b>44</b>
<b>IRODALOMJEGYZÉK.....</b>	<b>45</b>
INTERNETES HIVATKOZÁSOK JEGYZÉKE.....	47

## Bevezetés

Célom, hogy bemutassam a Japán szigetek éghajlatát és a Csendes-óceán északnyugati medencéjében jellemzően előforduló időjárási jelenségeket. Foglalkozom a Japán Meteorológiai Szolgálat munkájával, az általa kiadott riasztásokkal, ami átfogja a meteorológiát a geofizikai, hidrológiai és oceanográfiai jelenségeket. Az ország több, mint tíz éve felkeltette az érdeklődésemet természeti értékeivel és kultúrájával. Sokan kedvelik és tisztelik Japánt, a 2020-as Nyári Olimpiai Játékok külön is ráirányították a figyelmet, melyet sajnos az új típusú korona vírus (COVID-19) világszintű elterjedése miatt egy évvel elhalasztottak (<https://tokyo2020.org/en/news/new-dates-tokyo-2020>). Meteorológiai szempontokból az ország több érdekességet is rejteget, mint például az áramlási rendszer évszakos változásai és a monszonnal is összefüggésbe hozható Baiu stacionárius front.

Elsőként bemutatom a szigetvilág kialakulásának folyamatát geológiai skálán, földrajzi sajátosságait, ami nagyban befolyásolja az éghajlatát is.

A fő éghajlati régiókat a sokévi (1981-2010) időjárási adatok alapján ismertetem a főbb meteorológiai elemek (hőmérséklet, csapadék, nedvességtartalom, besugárzás stb.) évi menetét, majd a jobb megértés érdekében összehasonlítom a magyarországi jellemzőkkel (Budapesttel) képet adva Japán éghajlati sajátosságairól.

Külön fejezetben mutatom be a Japán Meteorológiai Szolgálatot (Japan Meteorological Agency, röviden: JMA), ami nemcsak az ország számára folytat hidrometeorológiai, geológiai és geofizikai megfigyeléseket, előrejelzéseket, kutatásokat, hanem a kelet-ázsiai térség országainak is. Részletesen leírom a szolgálat által közölt méréseket, előrejelzéseket és egyéb produktumokat. Az ország számára fontos esemény az olimpia, melyre a szolgálat már 2019 nyarán megkezdte a felkészülést egy specifikus honlap létrehozásával. Az olimpiához kapcsolódóan több cikk és tanulmány is készült, ami rávilágít a meteorológia fontos szerepére a sportesemények kapcsán (Matzarakis et. al., 2018, 2019, Szegő, 2020).

Nem szabad elfeledkezni az Európában rendkívülinek számító jelenségekről. A földrengéseknél szerencsére ritkák a katasztrofális kimenetelűek (1995. 01. 17. Kobe, 2011. 03. 11. Tohoku). Az óceánban kipattanó földrengések cunamit okozhatnak, ami a partvidéket veszélyeztetheti. A szigetek számos aktív vulkánja is veszélyforrást jelenthet a lakosság számára. A nyár végén dél-délkeletről érkező tájfunok és a nagyvárosokban tapasztalható magas hőmérséklet (hőhullámok) keseríthetik meg az emberek életét.

A japán városok és elnevezések során az angol Hepburn-átírást használom, hogy a hivatkozott cikkekkel és a Japán Meteorológiai Szolgálat leírásaival egyezzek.

## Japán földrajza

### Földrajzi elhelyezkedése és domborzata

Japán nagy szélességi (é.sz. 20-45°) és hosszúsági (k.h. 122-153°) kiterjedéssel rendelkezik. Az ország területe közel 378 ezer km<sup>2</sup>, mely a négy fősziget (Hokkaido, Honshu, Shikoku, Kyushu) és a 6848 kisebb-nagyobb sziget és köztük elterülő beltengeri területekből áll.

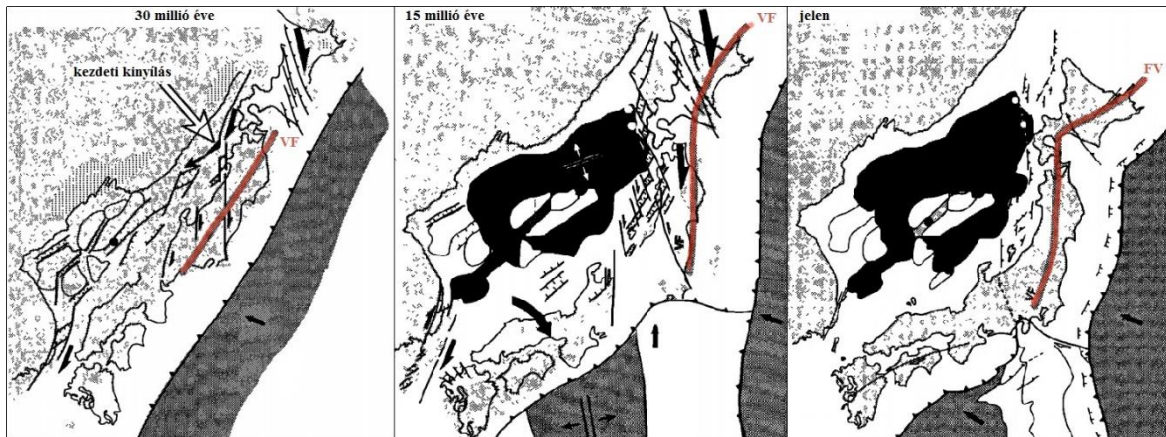


*1. ábra* Japán domborzata  
([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Reliefmap\\_of\\_Japan.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Reliefmap_of_Japan.png))

Az ország közel 75%-át hegységek foglalják el, 10%-a sík terület. A teraszos mezőgazdasági műveléssel hasznosítják a dombvidékeket és a folyók által kialakított völgyeket. Erdősültsége 66%-os, mezőgazdasági művelésre területének 13%-át használják (Korponai, 2012). A 126,5 milliós lakosság legnagyobb része a part menti területeken lakik, így nem meglepő a csekély kiterjedésű alföldi területeken elhelyezkedő nagyvárosokban (Tokió, Nagoya, Osaka, Fukuoka) a 3000-6000 fő/km<sup>2</sup>-es népsűrűsége sem (<https://www.stat.go.jp/english/data/handbook/c0117.html>).

## Földrajzi kialakulása (geológiai skálán)

A főszigetek kontinentális talapzata az Eurázsiai lemez része volt. A riftesedés (a kontinentális lemez szétszakadása) 30 millió éve kezdődött el, a leszakadó szárazföldi terület nyugati oldalán a szigetív mögötti medencében fokozatosan jött létre a mai Japán-tenger. Az Eurázsiai lemezhez közeledő Pacifikus lemez szubdukciós (alábukási) zónája is keletebbre tolódott és feldarabolódott az évmilliók során (a Fülöp-lemez kialakulása).

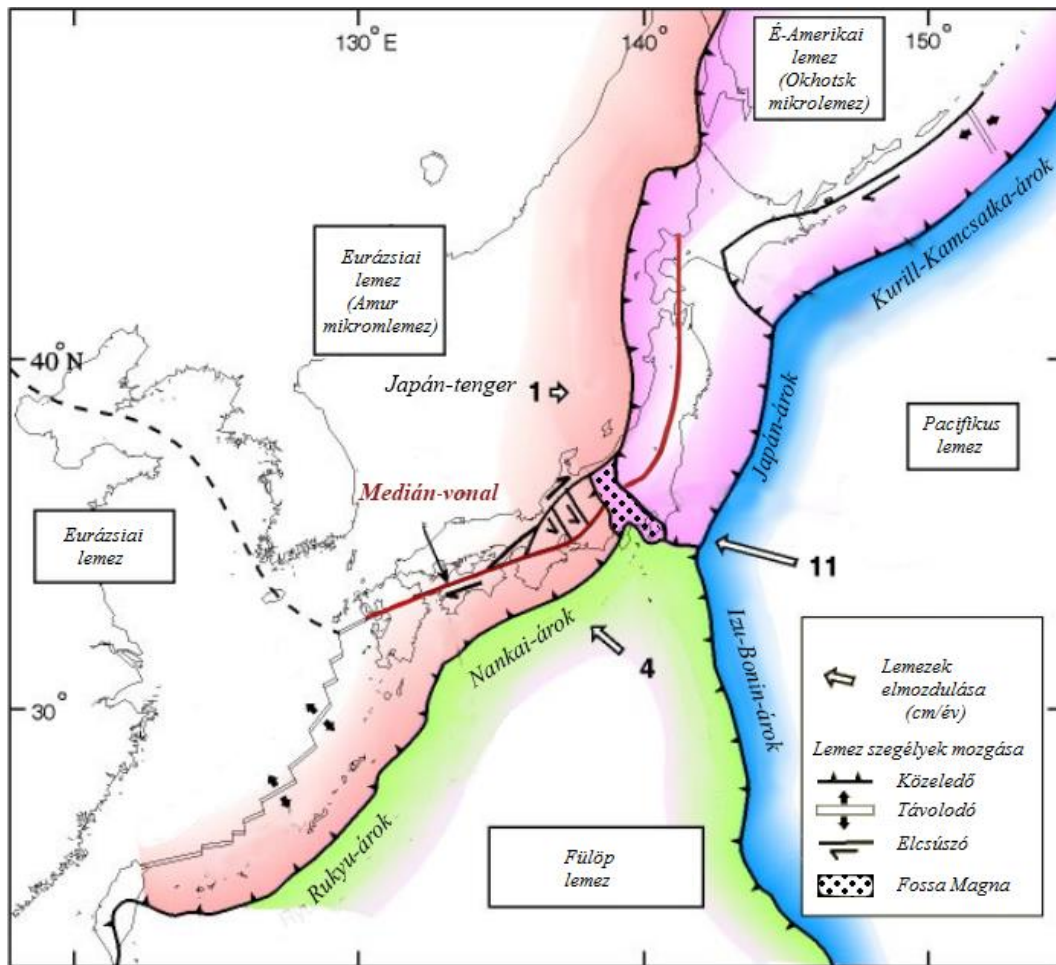


2. ábra Japán-tenger kialakulás 30 millió, 15 millió éve és jelenleg (Jolivet et al., 1994)

Az Eurázsiai kontinentális lemez részét képező Amur mikrolemez keleti részének elvékonyodásával bazaltos óceáni kéreg (2. ábrán a fekete terület) alakult ki, melynek tengerszinti magassága alacsonyabb a környezeténél, így a jégkorszak utáni tengerszint emelkedés során víz alá került. (A sraffozott részek a szárazföldi területeket jelölik, a VF vonal a jelentős vulkáni tevékenységet mutatják, a fekete nyilak irányában mozdultak el a lemezek.)

A lemeztectonikai helyzet az utolsó jégkorszak óta már lényegesen nem változott, a 3. ábrán láthatjuk a jelenkori állapotot. Az Észak-Amerikai (Okhotsk) lemezhez nyugatról az Eurázsiai (Amur) lemezhez, míg keletről szubdukciós zónával a Pacifikus lemez közeledik. Délen a vastagabb Eurázsiai kontinentális lemez alá bukik a Fülöp-lemez, melynek a keleti oldalán is található egy alábukási zóna a konvergáló Pacifikus lemeznek köszönhetően. (Taira, 2001; Barnes, 2008).

A földtörténeti jövőben a Japán-tenger további kinyílását és intenzívebb vulkáni tevékenység várható az alábukó zónáknál található szigetíveknél.



3. ábra Japán lemeztekonikai szerkezete (Taira, 2001)

A szubdukciós zónához köthető a főszigeteken keresztül húzódó úgynevezett Medián-vonal, amelynek mentén kialakult erős vulkanikus tevékenység 1500-3000 méter magas hegységeket hozott létre, és a mai napig találhatóak aktív vulkánok ezeken a területeken. Az alábukó Pacifikus lemez mentén mélytengeri árok láncolata húzódik északon a Kuril-Kamcsatka-árok a Japán-árokban folytatódik, mely délkelet felé az Izu-Bonin-árok (Izu-Ogasawara-árok) és azt a Mariana-árok követi, a Fülöp lemez mentén nyugat majd délnyugat felé a Nankai-árok és a Ryukyu-árok található. Az Izu-Bonin- és a Ryukyu-árok nál napjainkban is aktív szigetképződés tapasztalható. A szerkezeti vonaltól a Japán-tenger felőli területeken alacsonyabb, idősebb röghegységek, míg a Csendes-óceán felé fiatal üledékes kőzetek a jellemzőek. A Medián-vonalat a négy lemez találkozásánál a Magna Fossa változatos geológiai felépítésű árok töri meg. Ezt a területet kialakulása és formakincse alapján Japán Alpoknak is szokták nevezni, a gyűrt vonulatok között vulkanikus kúpok is találhatóak. (Futó, 1979)

## Japán éghajlati és időjárési jellemzői

Japán a nagy földrajzi szélesség és hosszúság különbségek miatt több éghajlati övbe tartozik a hideg-mérsékeltől kezdve, a meleg-mérsékelt szubtrópusin át a trópusi éghajlatig. Ezzel szemben Magyarországra egy klímátípus jellemző a meleg-mérsékelt éghajlat egyenletes csapadékkal és forró nyárral, amit délnyugaton a mediterrán hatás befolyásol (Péczely, 1998). Az általános évszakos leírást követően bemutatom a jelenleg használatos sajátos Japán éghajlati klasszifikáció történeti fejlődését. Alfejezetekben részletezem az éghajlati régiók jellemzőit városok adataival szemléltetve.

### Évszakos leírás

*Télen* az eurázsiai kontinens (Szibéria) felett magas, míg a csendes-óceáni térségben jellemzően alacsony légnyomási terület alakul ki (4a. ábra). E különbség miatt az ÉNY felől érkező nedves, hideg légtömegek határozzák meg Japán téli időjárását. Ez azonban jelentős eltéréseket okoz a szigetországot átszelő hegyvonulatok nyugati és keleti oldala között. A nyugati Japán-tenger felőli területek csapadékban (hóban) gazdag, míg keleten a Csendes-óceán partjainál a fön-hatás, vagyis derült idő dominál és csak az erősebb ciklonok hozhatnak csapadékot.

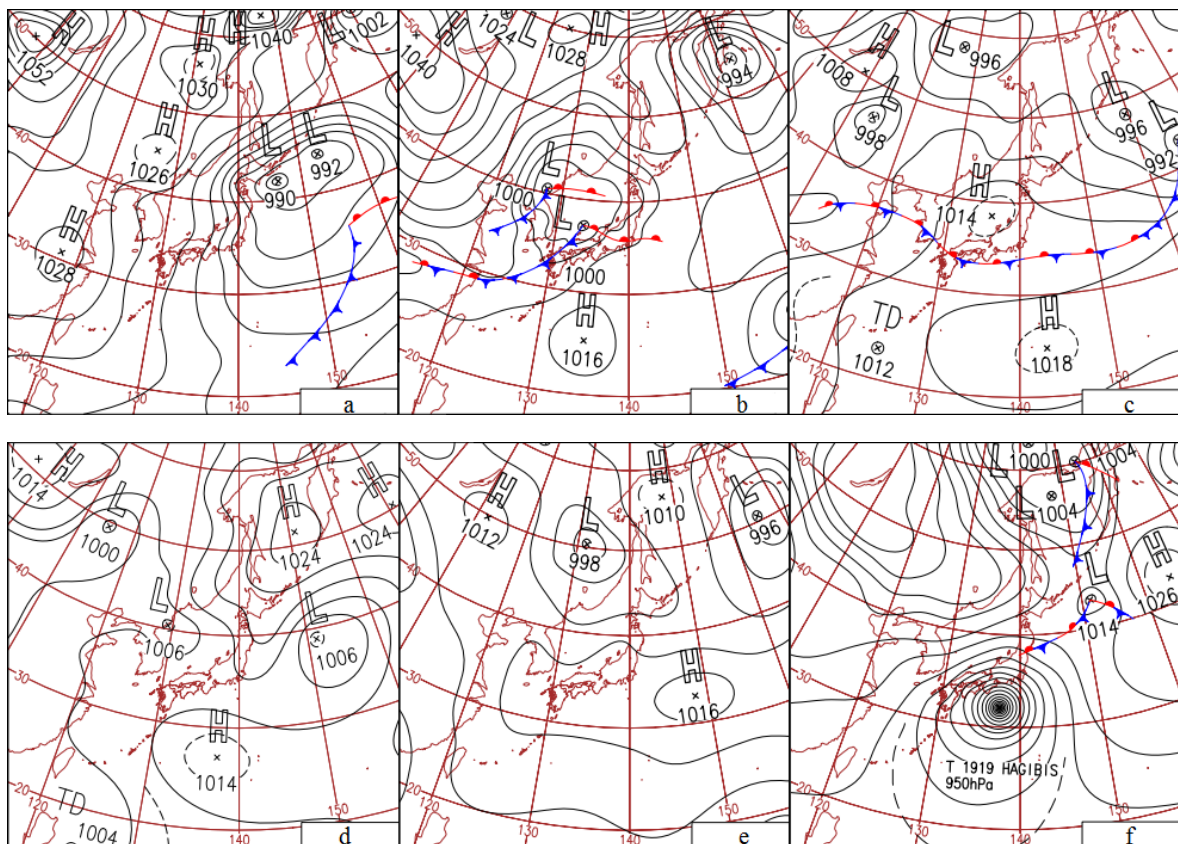
*Tavasszal* a gyakori ciklon-anticiklon váltások okoznak csapadékosabb időjárást a Csendes-óceán felőli területeken is. Az ország területe felett egyszerre több ciklon is lehet (4b. ábra). A ciklonok elő- és hátoldala között nagy hőmérséklet különbség tud kialakulni. A meleg fronttal a déli meleg légtömegek észak felé helyeződnek át, a hideg fronttal pedig az északi hideg levegő okozhat hűvös időszakokat. A besugárzás folyamatos növekedésével az anticiklonok lesznek dominánsabbak.

*A nyár* az esős időszakokkal veszi kezdetét (4c. ábra). A déli szigeteken május végétől, az északi területeken június közepétől az átlagosan egy-másfél hónapig ott tartózkodó stacionárius front (Baiu-front) alakítja az időjárást, mindennapos esőzéseket és magas relatív páratartalmat okozva. A Baiu-front a kontinensen is folytatódhat és ciklonok kialakulását okozhatja Kínában, ami csapadék tevékenységgel jár. Az Indiai monszun kialakulásában is fontos szerepet tölt be ez a stacionárius-front (Czelnai et al., 1998). A nyár második felében a Csendes-óceán feletti magas nyomású légtömeg észak felé való kiterjedésével napos, forró időjárást eredményez. Több napig fennálló anticiklonos helyzetben rendszeres a 35°C feletti maximum, a 4e. ábrához hasonló szinoptikus helyzetben mérték az eddigi legmagasabb hőmérsékletet 40,9°C-t a Kanto-alföldön



található Kumagayában. A déli szigeteknél már júliusban rendszeresek a tájfunok, melyek az Eurázsiai kontinens felé tartanak.

Ősz elején, szeptemberben megnő az átvonuló trópusi ciklonok (tájfunok) gyakorisága (4f. ábra), a nagy mennyiségű csapadék és az orkán erejű szél jelentős károkat okoz az útvonala mentén. A gyengébb tájfunok gyakran már csak trópusi depresszióként (rövidítése: TD) érik el a szárazföldet, így sokszor a szinoptikus térképeken elhagyják a TD jelölést és egyszerű ciklonként ábrázolják. Októberben az egyre gyakrabban domináló anticiklonok hoznak frissebb, naposabb időszakokat. (Justyák, 1997, <https://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/longfcst/en/tourist.html>).



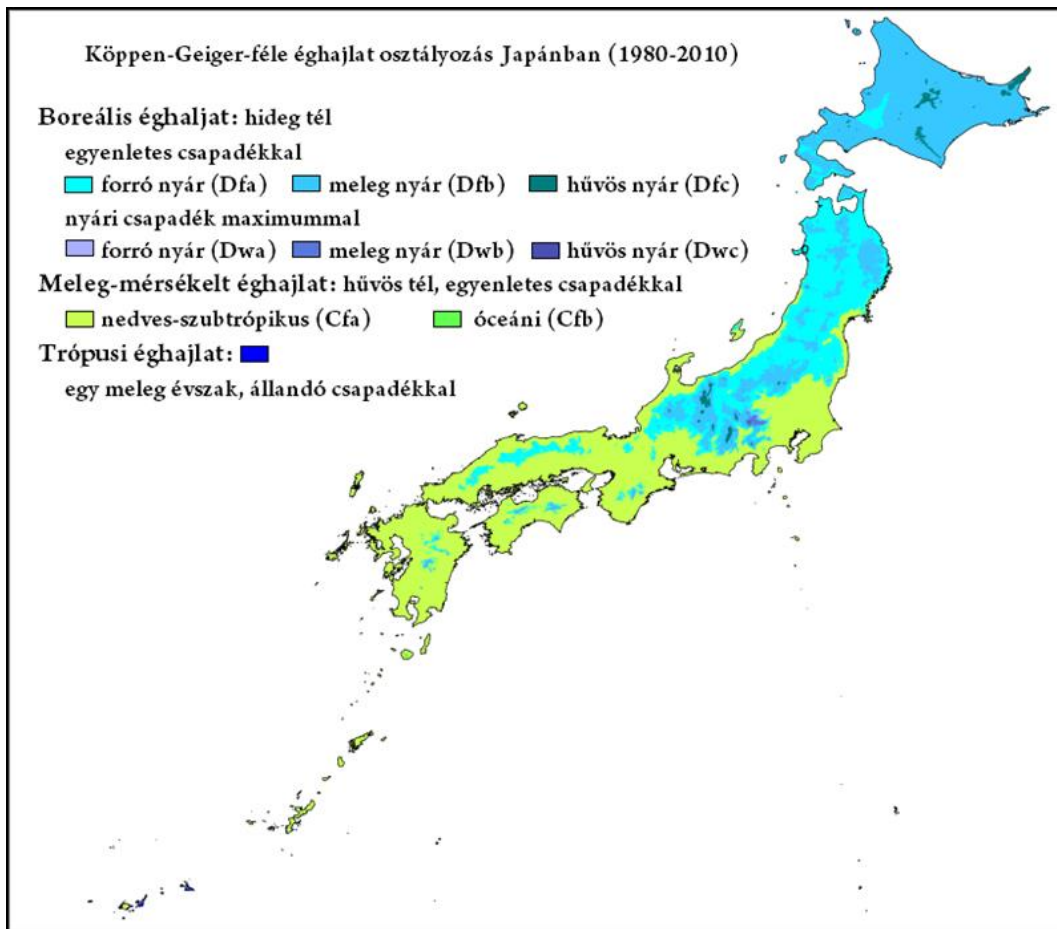
4. ábra Jellegzetes szinoptikus helyzetek az év különböző szakaszaiból (00 UTC időponthoz tartozó térképek) a: 2020. 01. 31, b: 2019. 03. 21, c: 2017. 07. 06, d: 2012. 07. 20, e: 2019. 08. 01, f: 2019. 10. 12

(forrás: <https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/hibiten/index.html>)

### Japán éghajlati osztályozása

Az ország területén a Köppen–Geiger-féle klímaosztályozás szerinti besorolását a 5. ábrán tekinthetjük meg (Kottek et al., 2006; Beck et al., 2018). Kilenc klímaosztályt látunk a boreálistól a trópusi éghajlatig a hosszan elnyúló szigetszágban. Természetesen

az egyes éghajlati típusok erősen eltérő területeket fednek le. Jól kivehető a szigetek közepén húzódó hegységek környezetüktől eltérő besorolása.



5. ábra Japán éghajlata a Köppen–Geiger-féle osztályozás szerint (Beck et al., 2018)

Északon Hokkaido szigete *boreális éghajlattal* rendelkezik, azon belül a folyamatos, de mennyiségileg kevés csapadékkal, hosszú, hideg téllal és rövid meleg nyárral jellemezhető övezetbe tartozik.

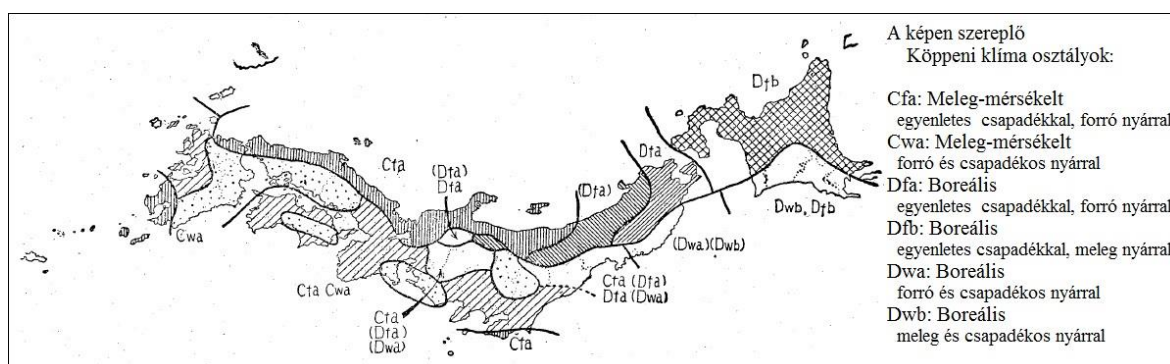
Honshu szigetének északi része a *hideg-mérsékelt éghajlati öv*be tartozik azon belül is a hosszabb meleg-forró nyárral jellemezhető osztályba. Ám különbséget kell tenni a nyugati és a keleti területek között, ezeket különálló éghajlati régiókba sorolják az eltérő csapadékeloszlás miatt. A Japán-tengernél télen az északnyugat felől érkező légtömegek hatása a meghatározó, ami az orografikus akadály miatt nagy mennyiségű csapadékot okoz általában hó formájában. Ezzel szemben a csendes-óceáni területekre csak az erősebb frontok jutnak át és a fön-hatás miatt szárazabb, naposabb, enyhébb a tél. Nyáron fordított a helyzet, mivel a Csendes-óceán felől érkező nedves légtömegek a keleti oldalon okoznak jelentős esőzéseket, míg a Japán-tenger felőli oldal naposabb és szárazabb.

Dél-Honshu, Shikoku és Kyushu szigetek alacsonyabb területeinek klímája *nedves-mérsékelt (nedves-szubtrópusi)*, mely a Kuroshio meleg tengeráramlásnak köszönhetően enyhe téllal, de forró, fülledt nyárral párosul.

A csapadék évszakosan eltérő eloszlást mutat a kelet-nyugati irányultságú vulkáni hegyvonulatok Japán-tenger felőli, illetve a Csendes-óceán felőli lejtőin. A fő sziget közepén elhelyezkedő Japán Alpokban tipikus *kontinentális éghajlat* tapasztalható nagy napi és évszakos hőmérséklet különbséggel és a parti területekhez képest kevesebb csapadékkal.

A 25° szélességi körnél elhelyezkedő déli szigetcsoport (Ryukyu-szigetek) *tropusi éghajlatú*, ahol az esőerdőkre jellemző növényvilágnak és több veszélyeztetett szárazföldi és vízi állatfajnak biztosít védelmet az Iriometei és a Kerama-Shoto Nemzeti Park (Korponai, 2012; <https://japannemzetiparkjai.wordpress.com/>).

Az 1950-es években a mérési adatok feldolgozásával elkészültek a Köppen–Geiger-féle klímaosztályozás szerinti éghajlati térképek (Sekiguchi, 1951), de nem feltétlen jelentenek egységes leírást az országban, mivel a Japán-tenger és a Csendes-óceán felőli területek az évszakokat tekintve eltérnek egymástól. Ezért a havi középhőmérséklet, a csapadék, a napfénytartam és a lefolyás figyelembevételével alakított ki Sekiguchi (más átírásban Sekiguti) Japánra specifikus klíma kategóriákat (Sekiguti, 1954; Yoshino, 1980).

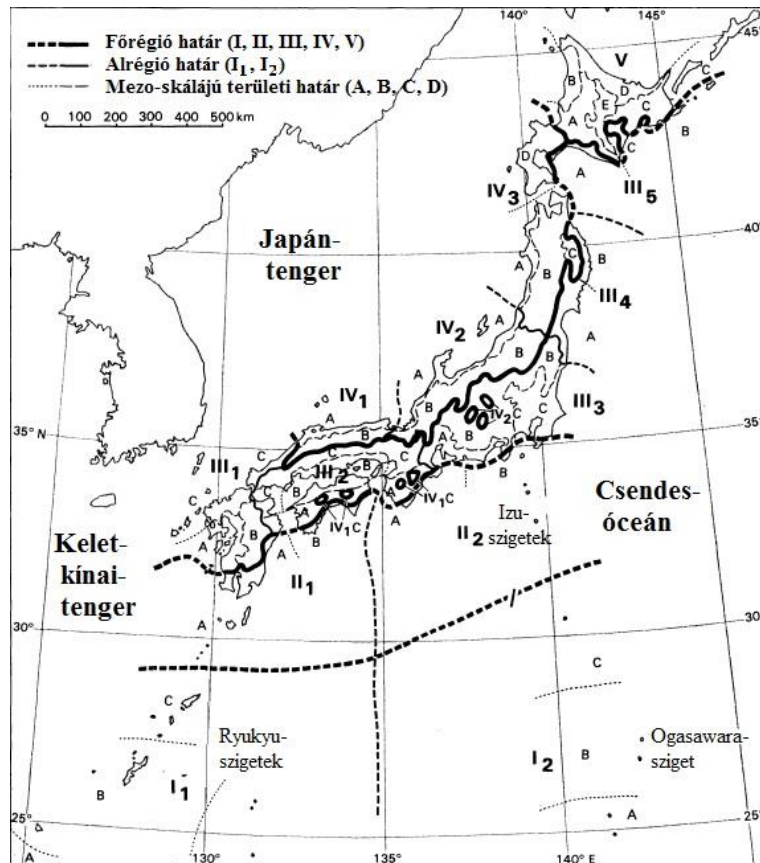


6. ábra Sekiguchi-féle éghajlati kategóriák (Sekiguchi, 1951)

A Sekiguchi-féle felosztást később a német Schwind (1967) is felhasználta a Japán szigetekről írt könyvében, de ezzel találkozunk Ellenberg (1979) cikkében is.

Ezen felosztást finomította 1900 klímaállomás adatával Yoshino a kategória határok kialakításánál figyelembe véve a havi és éves léghőmérsékleti átlagokat és extrémumokat, illetve a csapadék intenzitását is a havi és éves értékek mellett. A 7. ábrán látható felosztásban a I régió a déli trópusi Ryukyu- és Ogasawara-szigeteket, a II és III régió a

Csendes-óceáni partvidéket és a hegységeket, a IV régió a Japán-tengeri partvidéket, az V régió pedig Hokkaido szigetét foglalja magába. Az öt nagy régiót az indexeléssel részekre bontották, majd 39 mezo-skálájú kisebb területekre osztották fel (A, B, C, D jelzések) ezeken belül lokális területeket is kijelöltek (a, b, c, jelölés) (Yoshino, 1980).



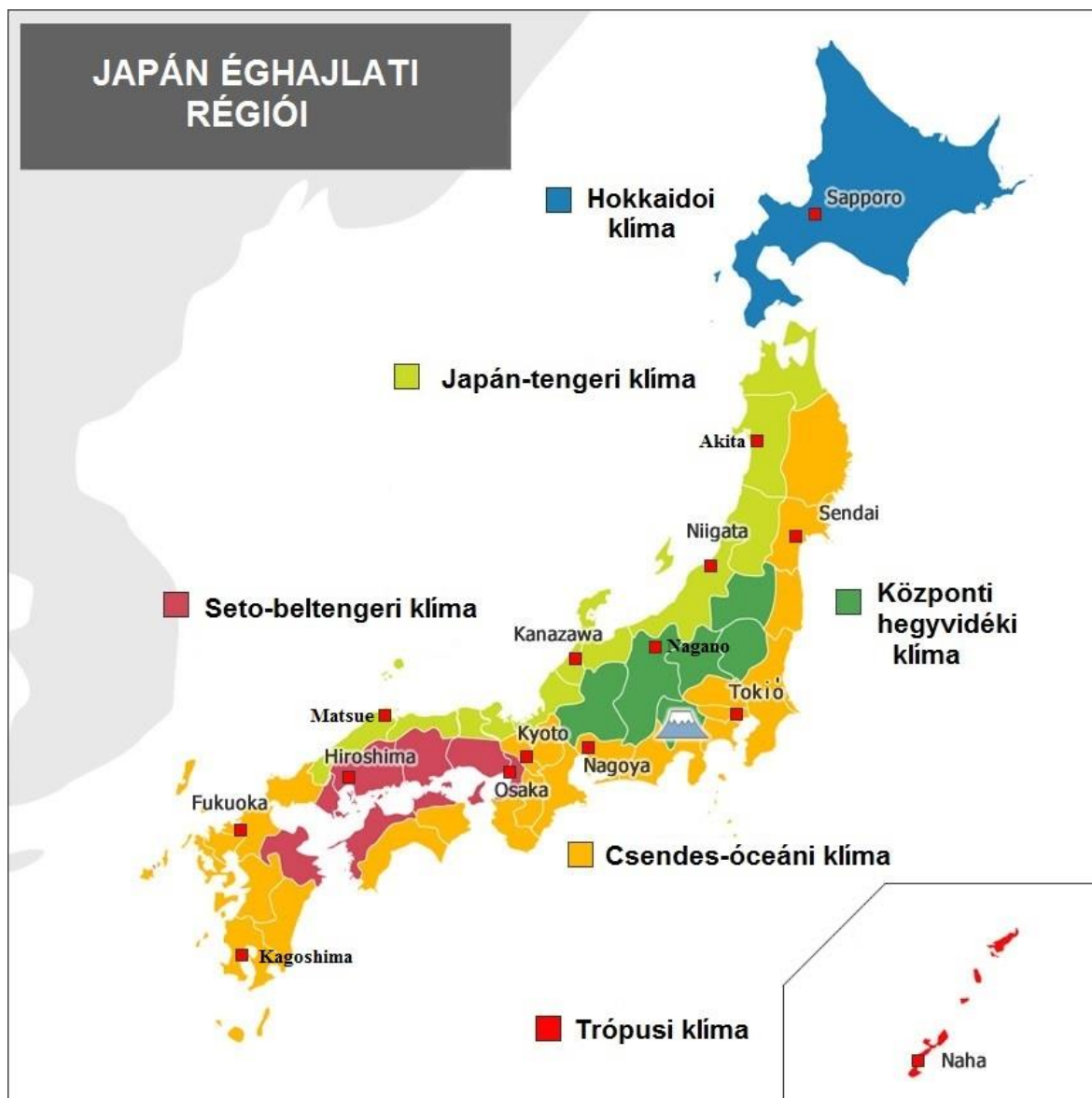
7. ábra Japán éghajlati kategóriái 1980-ban (Yoshino, 1980)

Az egyre hosszabb időszorral rendelkező és egységesített mérőműszerek segítségével, illetve az újabb statisztikai módszerek alkalmazásával a Yoshino-féle felosztást tovább finomították a Japán Meteorológiai Szolgálat munkatársai. A III<sub>2</sub> részből kialakították a Seto-beltengeri, míg a III<sub>3</sub> régióból a hegységeket domborzatát követve a Központi hegyvidéki régiót. (Yazawa, 1990)

Napjainkban hat éghajlati régióra szokták bontani Japánt (i) Trópusi terület, (ii) Csendes óceán felőli terület, (iii) Seto-beltengeri terület, (iv) Japán-tenger felőli terület, (v) Hokkaido és (vi) Központi hegyvidék. Ezt a felosztást a közigazgatási határok figyelembevételével megrajzolt 8. ábrán lehet tanulmányozni.

A Japán Meteorológiai Szolgálat honlapján a turisták számára a közigazgatási felosztás szerint lehet rákeresni az adott területre jellemző általános éghajlatra, amelyet egy-két

nagyobb város adatai alapján készített diagramok és rövid szöveges leírás segítségével mutatja be, például Tohoku közigazgatási régiót az olimpiai helyszíneként is szolgáló Sendai és a Japán-tenger felőli oldalon elhelyezkedő Akita városával szemlélteti. ([https://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/longfcst/en/tourist\\_japan.html](https://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/longfcst/en/tourist_japan.html)).



8. ábra Japán jelenleg elfogadott éghajlati kategóriái  
([https://www.japanhoppers.com/en/all\\_about\\_japan/general/259](https://www.japanhoppers.com/en/all_about_japan/general/259))

A szigetország éghajlatának és időjárásai jellemzőinek részletes leírását az éghajlati régiók alapján a Köppen–Geiger-féle klímaosztályozással ötvözve szeretném bemutatni, mivel a Csendes-óceáni és a Japán-tengeri régiók a nagy észak-déli kiterjedése miatt több Köppen–Geiger-féle klímaosztályt fednek le. A területeken több hosszú időszorral rendelkező meteorológiai állomás is található, így nagyobb városokban elhelyezkedő

állomások adatainak felhasználásával készített diagramok segítségével jellemzem az éghajlatot. A 18-23 oldalakon található saját készítésű ábrákon a 30 éves (1981-2010) éghajlati normálértékeket mutatom be. A havi minimum és a maximum hőmérsékletek az egyes hónapok napi minimum és maximum hőmérsékleteiből kapott átlagok. A havi középhőmérsékletekhez az órás adatokból számított napi adatokat vettem alapul.

### **Trópusi régió**

A Ryukyu-szigetekre a *trópusi éghajlat (Af)* jellemző a Köppen–Geiger beosztás szerint Okinawa szigetén található **Naha** városának diagramját az 9. ábra mutatja. Enyhe tél jellemzi a minimum hőmérséklet csak ritkán süllyed  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  alá, hideget és felhőket az északi szél hozhat, ekkor Szibéria felett kiterjedt anticiklon található (4a. ábra). Tavasszal a ciklonok gyakorisága megnő és a hőmérséklet folyamatos emelkedésével május elején megkezdődik az esős időszak, mely június végéig tart. Nyáron a Baiu stacionárius front észak felé tolódásával beköszönt a forró, párás, napos időjárás, mely  $25\text{-}30\text{ }^{\circ}\text{C}$  közötti átlag hőmérsékletet okoz. A trópusi elhelyezkedésnek köszönhetően a szigeteken a maximum hőmérséklet ritkán haladja meg a  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot a délutáni felhőképződés miatt. Az egész évben 70%-ot elérő relatív nedvességtartalom nyáron kellemetlen fülledt levegőt eredményez. A tájfunok augusztusban a leggyakoribbak a körzetben, de már májustól számítani kell a kelet-délkelet felől érkező trópusi ciklonokra. A szeptemberben átvonuló ciklonok okozzák a második csapadékmaximumot.

### **Csendes-óceáni régió**

E régió a nagy észak-déli kiterjedése miatt több város klímadiagramját is bemutatom. Általánosan elmondható, hogy télen a kevesebb csapadék és naposabb időjárás, míg nyáron magas páratartalmú és meleg-forró idő jellemző.

Honshu szigetének északi részére jellemző *hideg-mérsékelt éghajlati övet Sendai* városán keresztül mutatom be a 10. ábrán.

Télen a hegyeken átkelő légtömegek a fűn-hatás miatt jócskán veszítenek nedvességtartalmukból, ezért kevés csapadék hullik, ritkák a havazások. Tavasszal a gyakori ciklonátvonulásoknak köszönhetően megnövekszik a csapadék mennyisége, de ezzel együtt csökken a napfényes órák száma. Június közepén éri el a térséget a Baiu stacionárius front. A meleg, nedves óceáni légtömegek a hideg poláris levegővel találkozva jelentős esőzéseket okoznak. A nyár második felében a csendes-óceáni magas nyomású

terület határa eléri Tohokut, ami forró, napos időjárást eredményez. Az Okhotsk-tenger feletti magas nyomású terület délebbre tolódásával alakul ki a Yamase-nek nevezett hideg, nyirkos keleti szél, ami felhős, esős időjárást okoz a csendes-óceáni partoknál (4d. ábra). A maximális csapadékösszeg szeptemberben van az átvonuló frontoknak és a trópusi tájfunoknak köszönhetően. Októbertől a napos időszakok növekedésével kialakul a télre jellemző időjárási kép.

A Kanto alföldön található **Tokió** (11. ábra) és Budapest (20. ábra) azonos osztályba tartozik a Köppen–Geiger-féle éghajlati osztályozás szerint a Cf *meleg-mérsékelt éghajlat* egyenletes csapadékkal és forró nyárral (Kottek et al., 2006). A két város éghajlat besorolása csak a harmadik betűben tér el. Budapesten a legmelegebb hónap középhőmérséklete sokévi átlagban még 22 °C alatti (Cfa), míg Tokiónál e feletti (Cfb). De a két város időjárását más-más tényezők határozzák meg, ezért a Trewartha-féle osztályozás jobban kifejezi az időjárás alakító tényezőket. E szerint Budapest a hosszabb meleg nyári időszakokkal rendelkező kontinentális, míg Tokió a nedves-szubtrópusi éghajlati kategóriába tartozik. (Péczely, 1998, Kocsis, 2018). A japán főváros időjárását évszakonként más-más tényezők befolyásolják. Télen az eurázsiai kontinens felől érkező hideg, nedves légtömegek a Japán Alpokon átkelve csak ritkán okoznak havazást, a főhatás érvényesülése miatt gyakoriak a napos időszakok. Tavasszal a besugárzás növekedésével a budapestihez hasonlóan a ciklonok és az anticiklonok váltakozása határozza meg az időjárást. Nyáron június elejétől július végéig tartó esős évszak (Baiu) kialakulásáért egy stacionárius front a felelős; ekkor a hideg poláris levegő a meleg óceáni légtömegekkel találkozva gyakori, jelentős csapadékhullást eredményez. A nyár második felében a Csendes-óceán feletti magas nyomás ÉNy-i kiterjedésével a Kanto Alföld területére meleg, párás levegő áramlik, ami jelentősen csökkenti a napsütéses órák számát. Már augusztusban számíthatunk trópusi ciklonokra. Ősz elején a DK felől érkező tájfunok előfordulása gyakoribbá válik, ezért a havi csapadék maximumot is a szeptember-októberi időszakban mérhetjük. A besugárzás és a hőmérséklet folyamatos csökkenésével kezd felépülni a télre jellemző légnyomási helyzet, a kontinens felett magas nyomás, illetve a csendes-óceáni térségben fejlődő alacsony légnyomású terület (<https://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/longfcst/en/tourist.html>).

Kyushu déli részén található **Kagoshima** városa (12. ábra) Tokióhoz hasonlóan a *meleg-mérsékelt éghajlat* egyenletes csapadékkal és forró nyárral (Cfa) jellemzi, de a csapadék mennyiségben jelentősen eltér a fővárostól (Kottek et al., 2006). A téli csapadék minimum a földrajzi elhelyezkedésével magyarázható, mivel az északról érkező légtömegeknek

Honshu és Kyushu hegyláncain is át kell kelniük, a fön-hatás miatt napsütéses idő dominál. A partnál elhaladó meleg Kuroshio tengeráramlat miatt ritkán vannak fagyok a téli időszakban. Tavasszal a gyakrabban áthaladó ciklonok frontjai növelik az esős napok számát. Ritkán, de előfordulhat, hogy a kontinens belső sivatagos területeiről finom lősz port szállít a nyugati szél, mely sárgára színezi az égboltot és ködöt okoz, ezt nevezik Kosának. Az országosan is extrémnek számító 450 mm-t meghaladó átlagos csapadékot mérnek júniusban a Baiunak köszönhetően. A nyár második felében a forró (gyakori a 30°C feletti napi középhőmérséklet), párás, derült időjárás dominál. Ősszel a tájfun szezonban évenként 2-4 érinti vagy halad át a területen, mivel több tipikus pálya is hozhat trópusi ciklont Kyushu szigete fölé.

### **Seto-beltengeri régió**

Honshu és Shikoku szigetek által bezárt Seto-beltenger partján elterülő városok éghajlata a hegyvonulatok védelme miatt nem hasonlít sem a Japán-tengeri, sem a Csendes-óceáni partvidék éghajlatához. Ezt a sajátos klímát a II. világháborúban atombomba támadást szenvedett **Hiroshima** (13. ábra) és a beltenger keleti öbölében található **Osaka** (14. ábra) városokkal mutatom be. A terület csekély csapadékkal és enyhe hőmérséklettel jellemezhető télen. A Honshu és Kyushu szigetek közötti alacsony Kanmon-szoroson keresztül befolyó hideg levegő csak ritkán okoz havazást a nyugati medencében (Hiroshima). A tavasszal átvonuló ciklonok növelik meg a csapadék mennyiségét. Ebben az időszakban ritkán előforduló jelenség a sárga ég és köd formájában megjelenő Kosa, aminek az okozója, ahogy már említettük a nyugati széllal a kontinens sivatagi, félsivatagi területeiről szállított por. Az elsődleges csapadék maximum a Baiu stacionárius front okozza nyár elején. Augusztusban drasztikusan csökken a felhőzet mennyisége és ezzel együtt a csapadék mértéke, mely Osakában nagyon forró sokszor 35°C feletti napi hőmérsékleti maximumot eredményez. A másodlagos csapadék maximumot az ősz elején átvonuló általában 2-3 trópusi ciklonoknak köszönhetjük.

### **Japán-tengeri régió**

A régió nagy észak-déli kiterjedése miatt több várost is bemutatok. Általánosan elmondható, hogy télen több a csapadék, ami sokszor hó formájában hullik, míg nyáron meleg-forró időjárás és magas páratartalommal jellemezhető.



Honshu szigetének északi részére jellemző *hideg-mérsékelt éghajlati övet Akita* város példáján mutatom be (15. ábra). A tipikus tél szinoptikus helyzetben (4a. ábra) a kontinens felől érkező légtömegek a partot elérve a hideg advekció és az orografikus akadály miatt heves havazás formájában szabadulnak meg nedvességtartalmuktól; így nem meglepő a havi 50-100 cm-es hómennyiség. A tavaszi időszakban az egyre dominánsabbá váló anticiklonoknak köszönhetően növekszik a napsütéses órák száma és 100 mm körülire csökken a havi csapadékösszeg. A nyári Baiu stacionárius front a magasabb szélességi elhelyezkedés miatt általában csak június közepén érkezik meg és júliusban okoz csapadékmaximumot. A késő nyári és őszi tájfunok ide sokszor csak trópusi depresszióként vagy gyenge behullámozott frontú ciklonként érnek el.

Honshu középső területeit *Niigata* városával szemléltetem (16. ábra). A térség téli csapadék maximummal rendelkezik, mivel az északnyugatról érkező hideg, nedves légtömegeknek a Japán Alpok hegyláncai orografikus akadályt képeznek. A területen télen gyakoribbak a heves zivatarok, januárban és februárban havi átlagban legalább fél méter hó hullik (az országon 2018. 01. 09-10-én átvonuló ciklon hátoldalán kialakult erős délies áramlás miatt január 11-én például 80 cm hó hullott). A tavaszi csapadék minimum oka, hogy a dél felől érkező ciklonok általában már a nedvességtartalmuktól megszabadulva érkeznek ide. A mezőgazdaság számára fontos júliusi másodlagos csapadékmaximumot a Baiu stacionárius front okozza, a hirtelen lehulló esők sokszor áradást okoznak a hegyekből érkező folyókon (villámárvizek). A 4e. ábrához hasonló anticiklonális helyzetben a déli szél az egyébként is meleg levegőből a fön-hatás miatt forró augusztust okoz. Az ősszel átvonuló 1-3 tájfun hozzájárul a csapadék növekedéséhez.

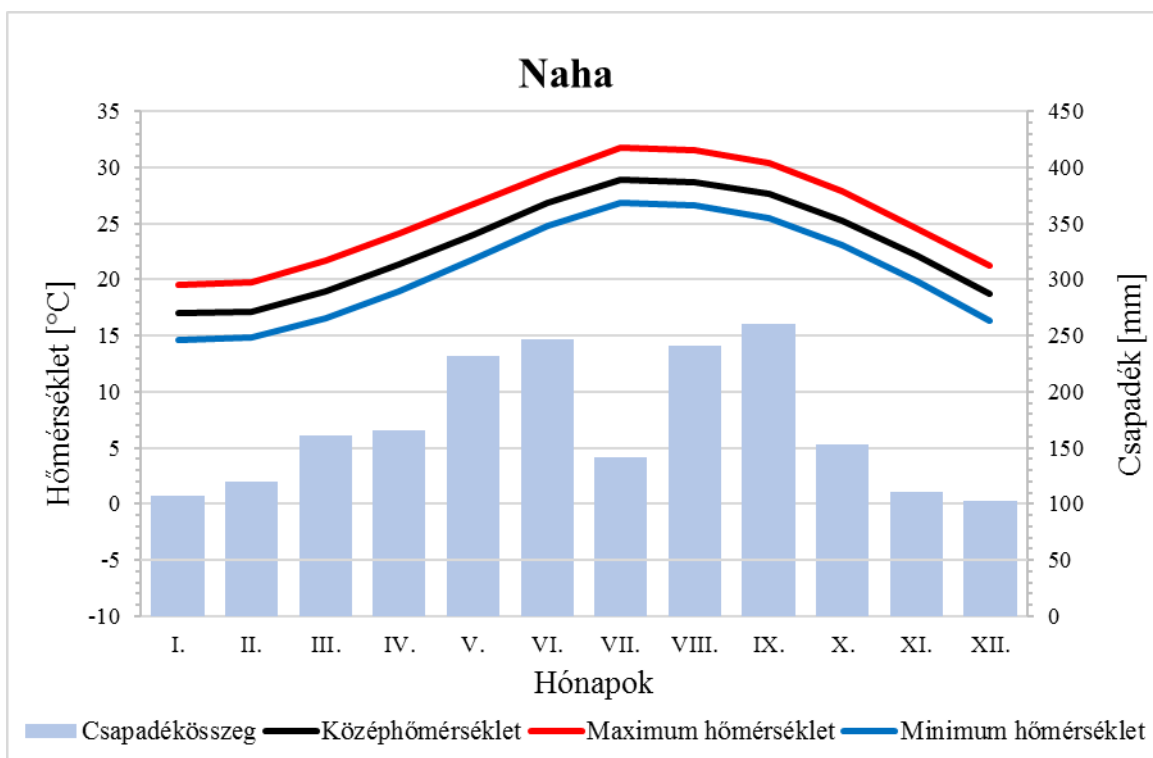
A Japán-tengeri éghajlati régió déli területeit a 18. ábrán *Matsue* városával jellemzem. A téli Szibériai hideg ide már gyengülve érkezik meg, csak az erősebb ciklonok hozhatnak havazást. A 0 °C körüli minimum hőmérséklet a meleg Kuroshio áramlásról a Japán-tengerbe beérkező al-áramlatának köszönhető. A tavaszi időjárás hasonló Niigata városához, mivel a dél felől érkező ciklonok Shikoku és Honshu alacsonyabb hegyláncain kelnek át. A Hiroshimánál említett Kosa jelenség tavasszal itt is előfordulhat. A nyári csapadék maximumot a június elején érkező Baiu stacionárius frontrendszer hozza. A Csendes-óceán felett tartósan kialakuló anticiklon okozza az augusztusi drasztikus csapadék csökkenést. A szeptemberben átlagosan 2-3 tájfun átvonulásának köszönhető a másodlagos csapadék maximum.

## Hokkaido régió

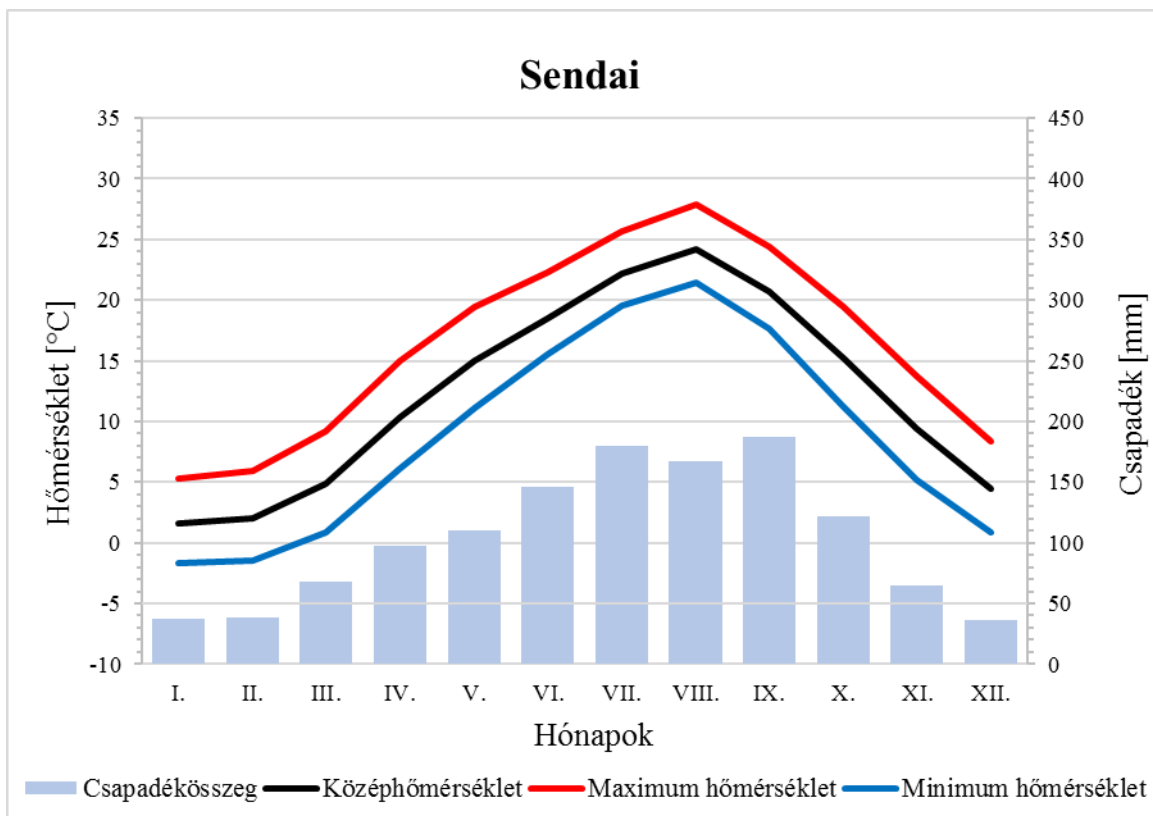
A téli hó-fesztiváljáról híres **Sapporo** városa Hokkaido szigetének nyugati, Japán-tenger felőli oldalán helyezkedik el. A hideg-mérsékelt éghajlati övhöz tartozó területen télen nem ritka a mínusz 20 °C-os minimumhőmérséklet sem (18. ábra). A téli időszak meghatározója a nagy lehullott hó mennyiség, ami minden hónapban meghaladja az 1 métert (1 cm-es hóvastagság jó közelítéssel 1 mm csapadéknak felel meg). A nagy havazások kiváltója a Szibéria felől érkező hideg-nedves levegő (advekcións helyzet 4a. ábra). Ilyenkor gyakoriak az erős havazások, hózivatarok miatt kiadott riasztások, mint például 2020. február 3-4 között átvonuló ciklon több mint 42 cm-rel növelte a már meglevő hóvastagságot. Decembertől márciusig az átlagos hóvastagság 0,3-1 méter között mozog. Tavasszal a terület fölé sodródó ciklonok frontálzónák elő- és hátoldala között nagy hőmérsékleti kontraszt tud kialakulni, ami gyakran okoz erős szelet és nagy csapadékot. Nyáron gyakori a fön-hatás. Ez a meleg szél 30 °C feletti hőmérsékleteket okozhat, ugyanakkor érvényesül a hideg Oyashio-áramlás enyhítő hatása is. A nyáron megjelenő Baiu stacionárius front hatása júniusban és júliusban még alig érzékelhető, augusztusban azonban rendszeresen okoz felhőszakadást Hokkaido szigetén, ami a havi csapadékösszegekben is megmutatkozik. Ősszel a hőmérséklet fokozatos csökkenésével és a legyengült tájfunokból kialakult ciklonok keletre tolódásával számolhatunk. Októberben már előfordulhat havazás is a kontinentális hatás erősödése miatt.

## Központi hegyvidék régió

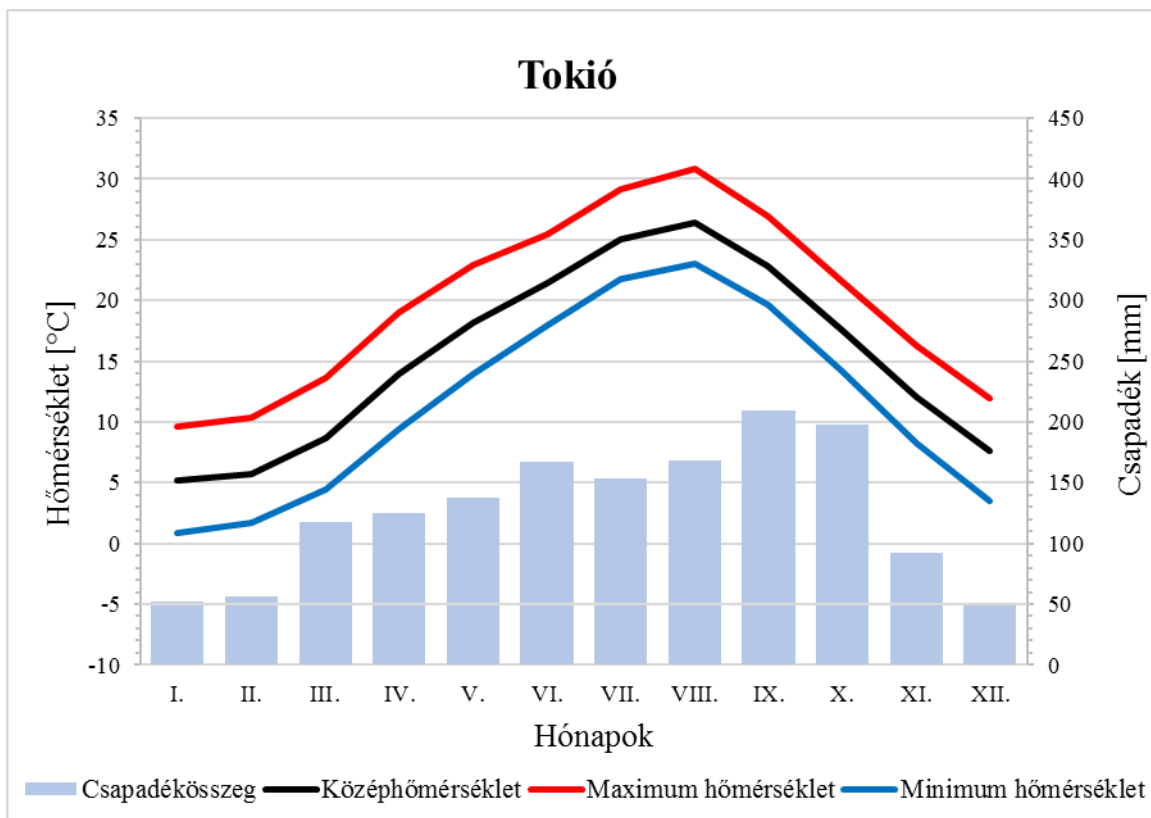
A hegyvidéki területet **Nagano** városával jellemzem (19. ábra) Ez volt az 1998-as téli olimpiai játéknak helyszíne. Az északi Japán Alpok völgyében 418 m-es tengerfelszín feletti magasságban elhelyezkedő várost 2500-3000 m-es hegycsúcsok veszik körül. A völgyi elhelyezkedés miatt csapadékban az egész év folyamán szegény, a sokévi csapadékösszeg 933 mm. Télen a Japán-tenger felől érkező légtömegek ritkán okoznak havazást a völgyekben, de az egyes havazásokkor hulló 10-20 cm elegendő, hogy a hegycsúcsok fehérek maradhassanak és a sípályákat is használni lehessen. A tavaszi ciklonok felhőzetéből csak kevés csapadékra számíthatunk. A Baiu stacionárius front június-júliusi átvonulásával növekszik meg a csapadék mennyisége. A nyári csapadék sokszor kapcsolódik a helyben kialakult konvektív feláramláshoz. A szeptemberi tájfunok közül sok legyengülve érkezik ide a magashegységeken való átvonulás miatt.



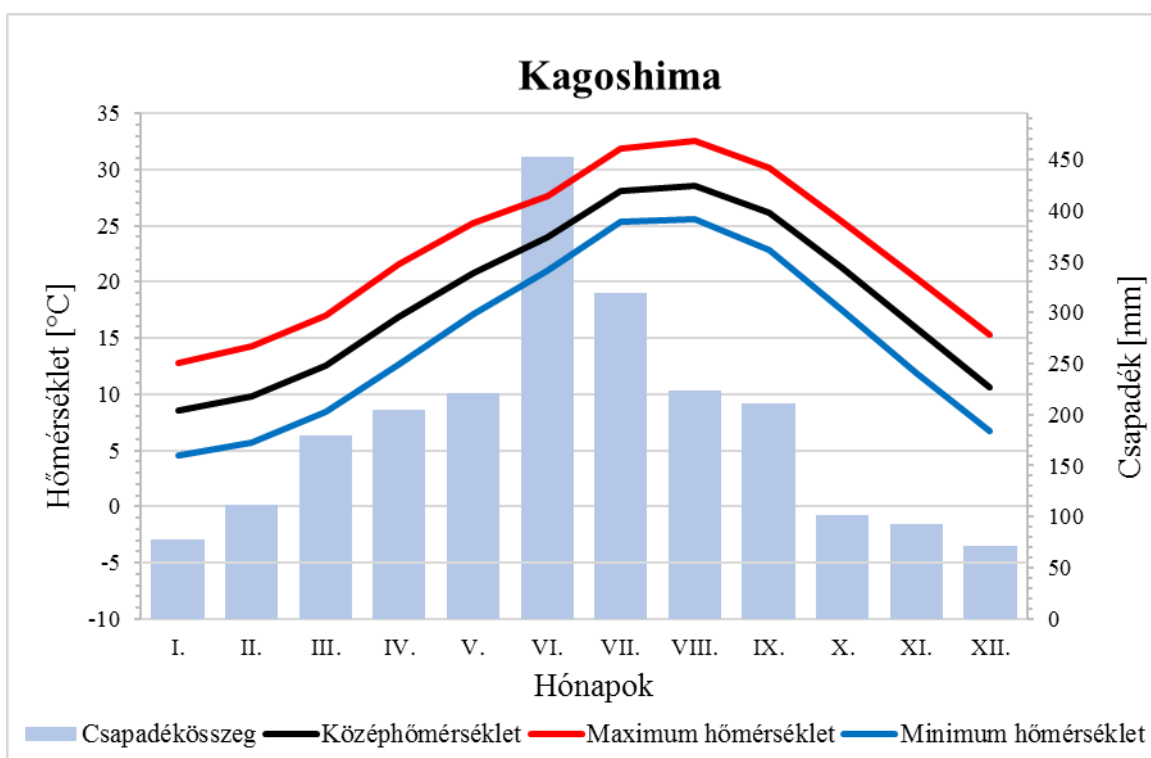
9. ábra Naha hőmérséklet és csapadék adatai havi bontásban, 1981-2010  
 Adatforrás: <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/en/normal/normal.html>



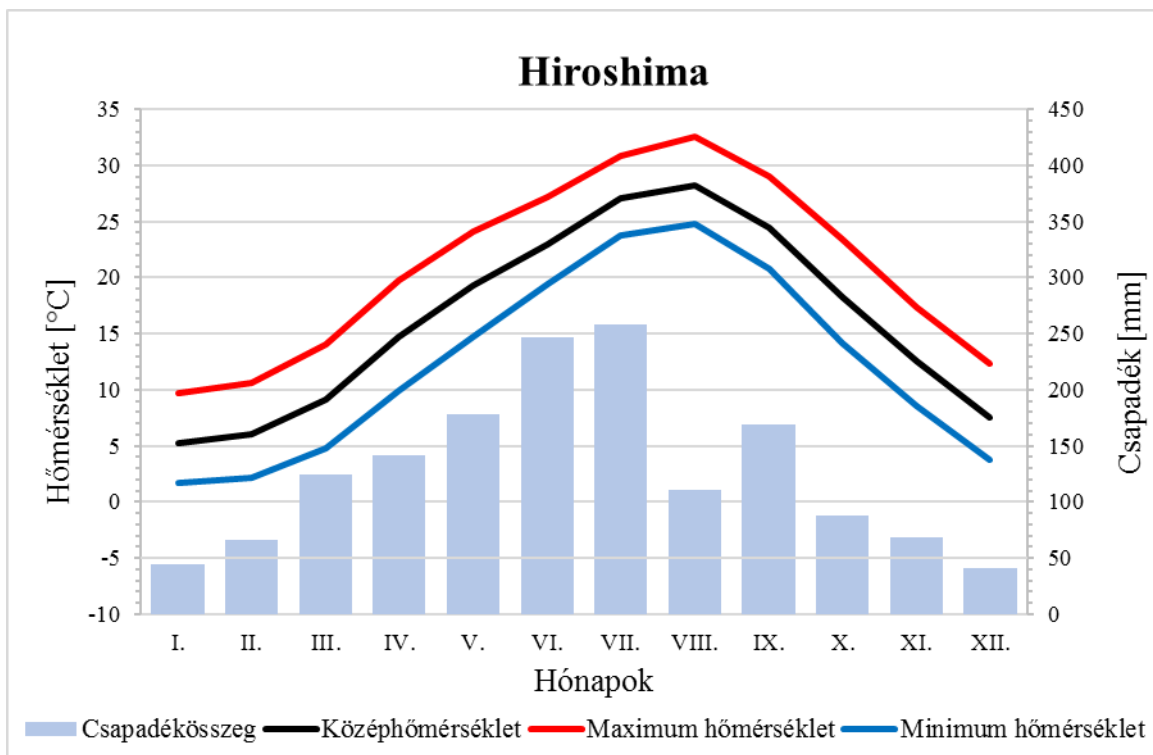
10. ábra Sendai hőmérséklet és csapadék adatai havi bontásban, 1981-2010  
 Adatforrás: <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/en/normal/normal.html>



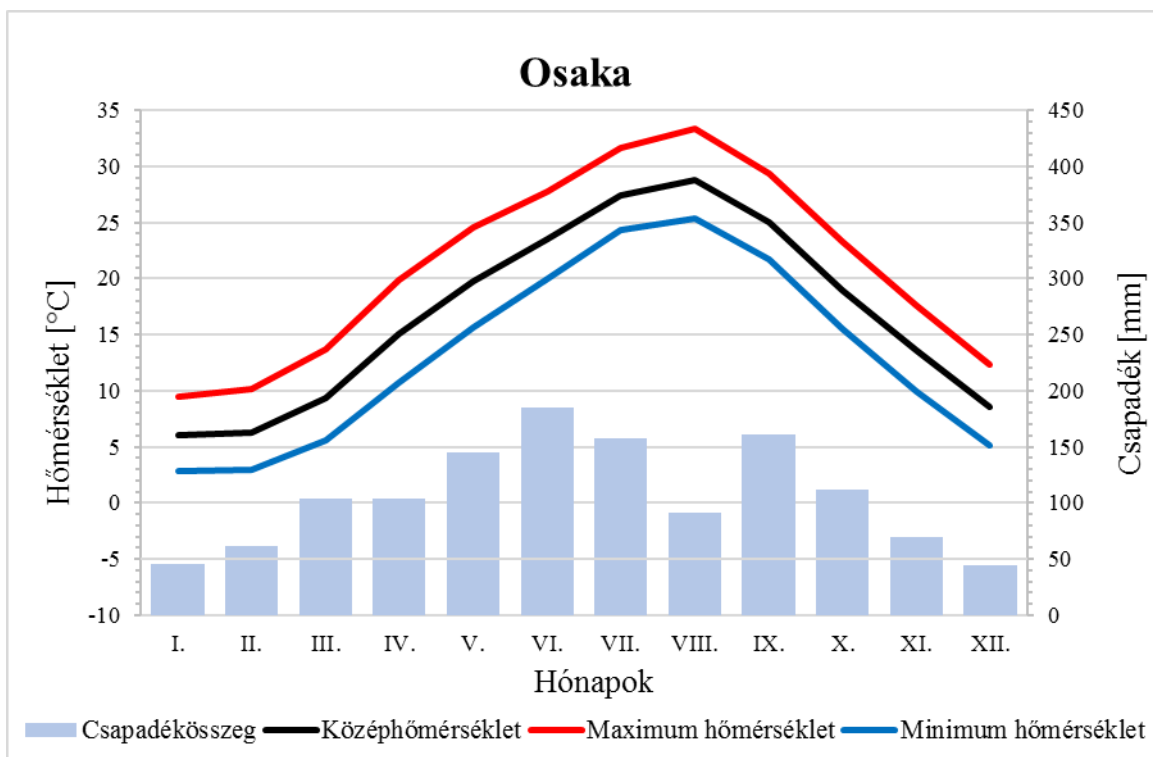
11. ábra Tokió hőmérséklet és csapadék adatai havi bontásban, 1981-2010  
 Adatforrás: <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/en/normal/normal.html>



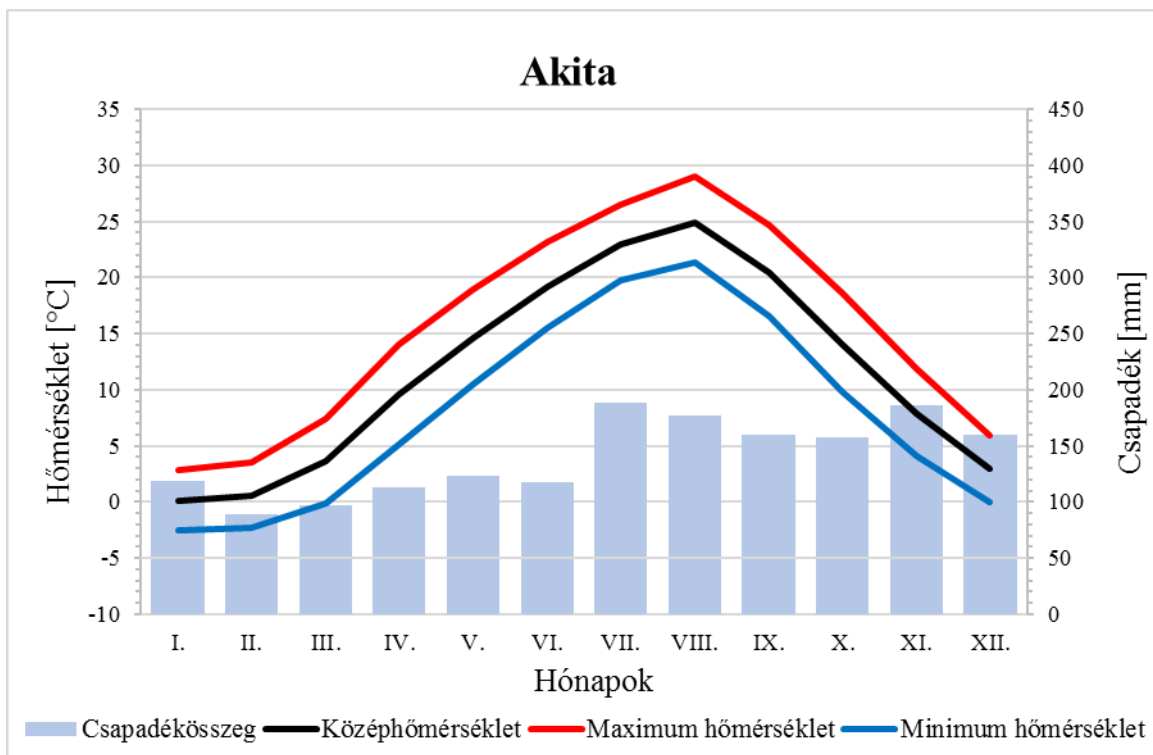
12. ábra Kagoshima hőmérséklet és csapadék adatai havi bontásban, 1981-2010  
 Adatforrás: <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/en/normal/normal.html>



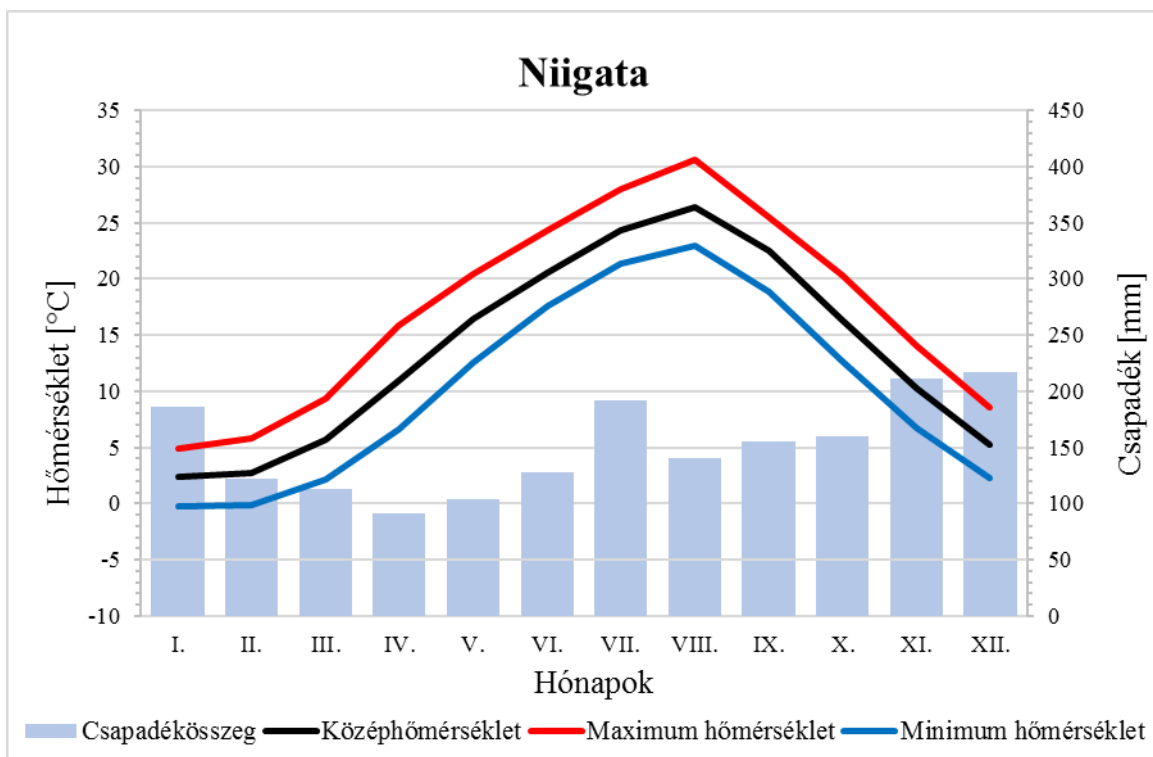
13. ábra Hiroshima hőmérséklet és csapadék adatai havi bontásban, 1981-2010  
 Adatforrás: <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/en/normal/normal.html>



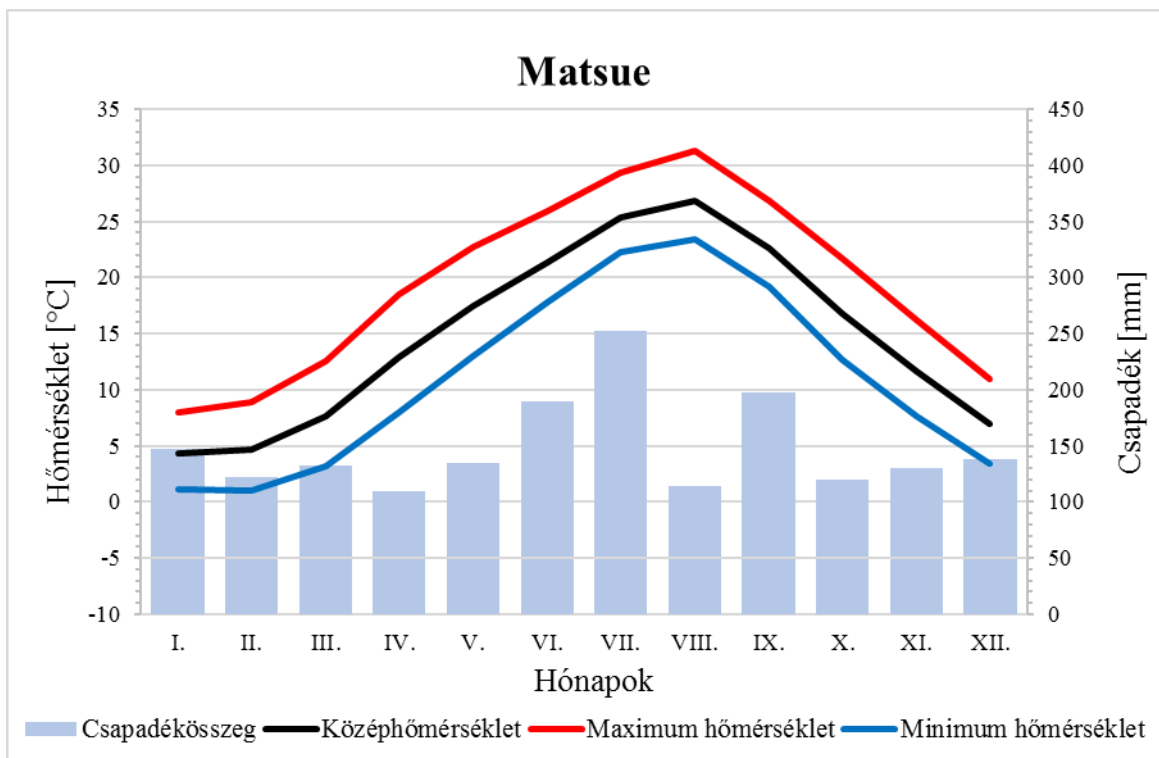
14. ábra Osaka hőmérséklet és csapadék adatai havi bontásban, 1981-2010  
 Adatforrás: <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/en/normal/normal.html>



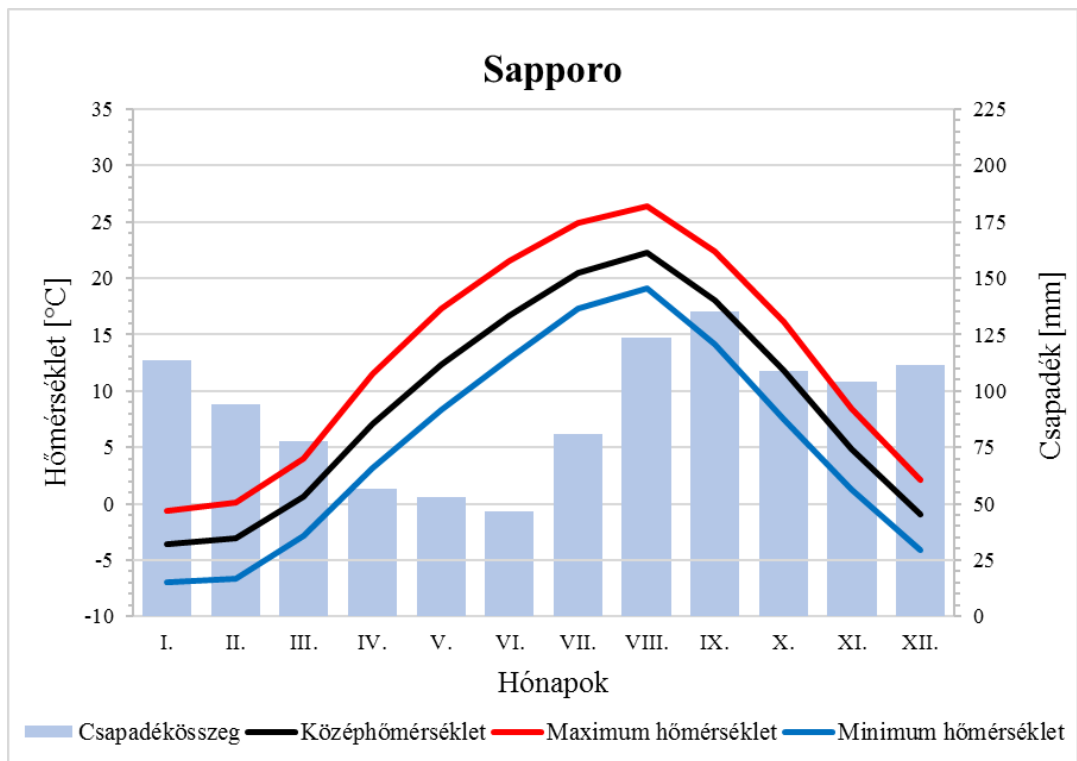
15. ábra Akita hőmérséklet és csapadék adatai havi bontásban, 1981-2010  
 Adatforrás: <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/en/smp/index.html>



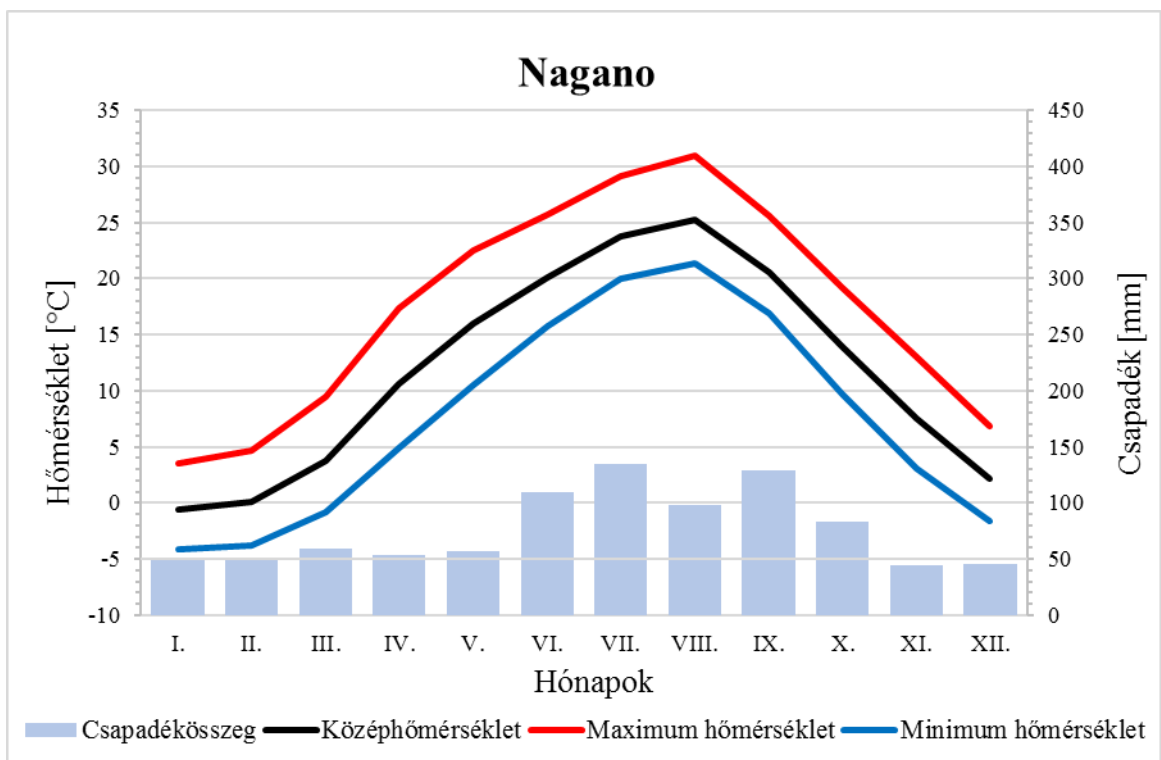
16. ábra Niigata hőmérséklet és csapadék adatai havi bontásban, 1981-2010  
 Adatforrás: <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/en/normal/normal.html>



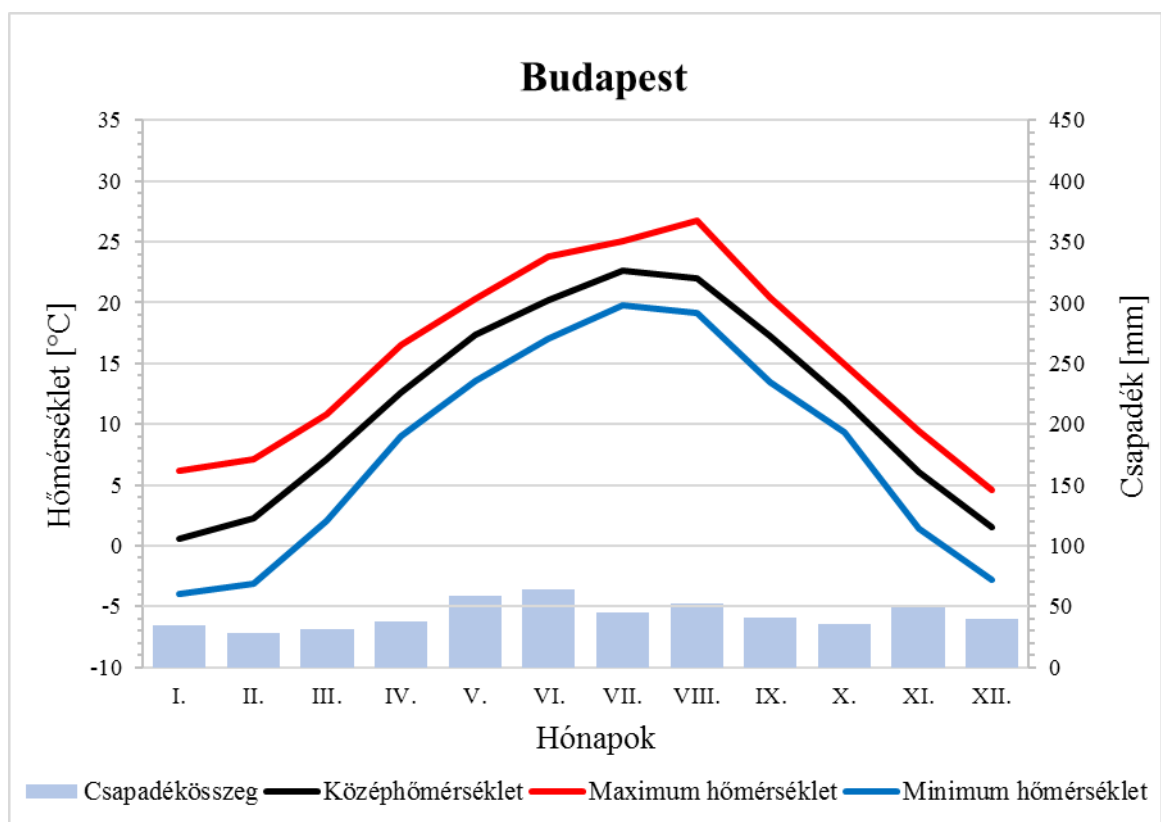
17. ábra Matsue hőmérséklet és csapadék adatai havi bontásban, 1981-2010  
 Adatforrás: <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/en/smp/index.html>



18. ábra Sapporo hőmérséklet és csapadék adatai havi bontásban, 1981-2010  
 Adatforrás: <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/en/normal/normal.html>



19. ábra Nagano hőmérséklet és csapadék adatai havi bontásban, 1981-2010  
 Adatforrás: <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/en/smp/index.html>



20. ábra Budapest hőmérséklet és csapadék adatai havi bontásban, 1981-2010  
 Adatforrás: [https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag\\_eghajlata/varosok\\_jellemzoi/Budapest/](https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/varosok_jellemzoi/Budapest/)



## **A Japán Meteorológiai Szolgálat (Japan Meteorological Agency– JMA)**

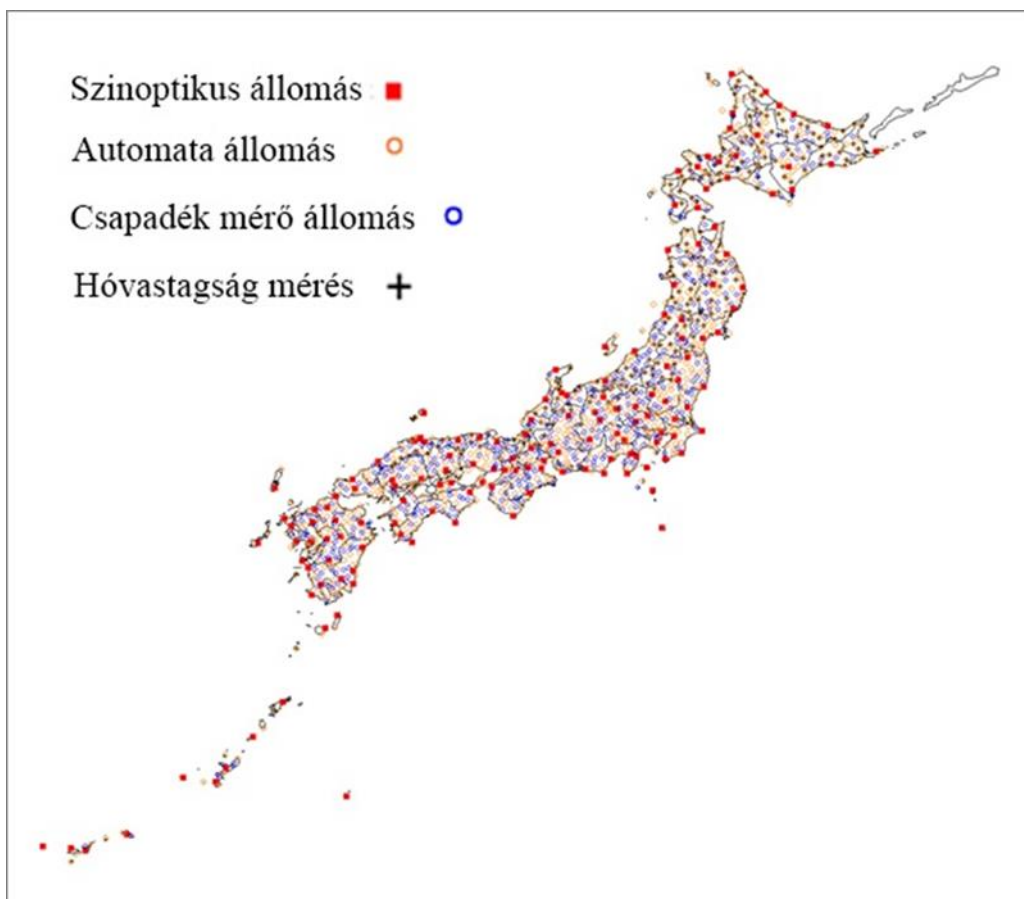
Ismerkedjünk meg a nagy múltú, 1875-ben alapított Japán Meteorológiai Szolgálat tevékenységével! A szolgálat (továbbiakban JMA) Japán és a Csendes-óceán ÉNy-i területén lát el a meteorológiai (éghajlati és időjárás), hidrológiai (cunami), geológiai (földrengés, vulkáni működés) és geofizikai (földmágnesség) feladatokat. Tevékenységi körében a megfigyelések, előrejelzések és riasztások mellett kiemelt helyet kap az oktatás-továbbképzés (Kashiwai Meteorológiai Egyetem) és a kutatás. Az elhalasztott 2020-as Nyári Olimpiai Játékok tervezésénél és kiszolgálásánál is fontos szerepe van (Szegő, 2020).

A szolgálat jelenleg a Földügyi, Infrastruktúra, Közlekedési és Turisztikai Minisztériumhoz tartozik. Tevékenységét, szolgáltatásait az 1952-től hatályos (1993-ban módosított) Meteorológiai Szolgáltatások Törvénye szabályozza. Feladatai (missziója) közé tartozik a természeti katasztrófák megelőzése, hatásainak csökkentése és a közösségi jóllét javítása. (<https://www.jma.go.jp/jma/en/Background/mission.html>)

Az első műszeres mérés 1872 nyarán vette kezdetét Hokkaido szigetén található Hakodate városban, majd több városban is létesült állomás. Az 1875-ben alapított Tokiói meteorológiai Obszervatórium fogta össze a meteorológiai tevékenységet, mely többszöri átnevezés után kapta a jelenlegi JMA elnevezést. 1884-től a szinoptikus térképek segítségével országos előrejelzéseket adtak ki és elkezdődtek a szeizmológiai mérések. Az első világháború után felismerték az oceanográfiai és tengeri időjárás mérések, illetve a repülőgépes időjárás előrejelzések fontosságát. A magaslégtér rádiószondás mérések 1938-ban kezdődtek. Japán 1953-ban csatlakozott a WMO-hoz; a rá következő évben elkezdődtek a radar mérések az ország területén. 1969-től üzemel az automata adatgyűjtő hálózat (ADESS - Automated Data Editing and Switching System), amely a mérőállomásokon kívül a radar és a szeizmológiai adatokat is összesíti, melyet tíz évvel később a tovább fejlesztett (AMeDAS - Automated Meteorological Data Acquisition System) rendszer vett át. 1977-től a geostacionárius műholdak adatai is ebbe a rendszerbe kerülnek továbbításra. A XXI. századi technikai fejlődéssel a szolgálat tevékenységének sokrétűsége miatt specifikusan létrehoztak alintézményeket – a műholdakkal és földmágnességgel kapcsolatban – és a szolgálaton belül is alközpontok foglalkoznak a tájfunokkal, klímával, szeizmológiai, vulkáni és tengeri tevékenységekkel. (<https://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/observations.html>) (<https://www.jma.go.jp/jma/en/Background/history.html>)

## Megfigyelések

Tekintsük át röviden a JMA mérési-megfigyelési rendszerét, műszerezettségét! Szárazföldi mérések közel 1300 állomáson folynak a 377 915 km<sup>2</sup> területű szigetországban (21. ábra). Speciális automata méréseket 155 szinoptikus állomáson végeznek. Méri a hőmérsékletet, a csapadékot, a sugárzási egyenleg komponenseit, a légnyomást, látástávolságot és felhőzetet. A 6 regionális központi és az 50 prefektúrális főállomásokon észlelő is végez vizuális megfigyeléseket, máshol csak automata mérőműszerekkel folyik a vizuális észlelés. Ezen felül 775 automata meteorológiai állomáson végeznek hőmérséklet, csapadékot, napfénytartamot (88 állomáson nincs ilyen műszer), szélességet és szélirányt mérést. Ezen felül még 371 helyen van csapadékmérés. A hóvastagság-mérés a hideg-mérsékelt éghajlatú Hokkaido szigetén, a Japán-tenger felőli régiókban és a magas hegységi területeken fontos, ez több mint 300 állomást jelent.



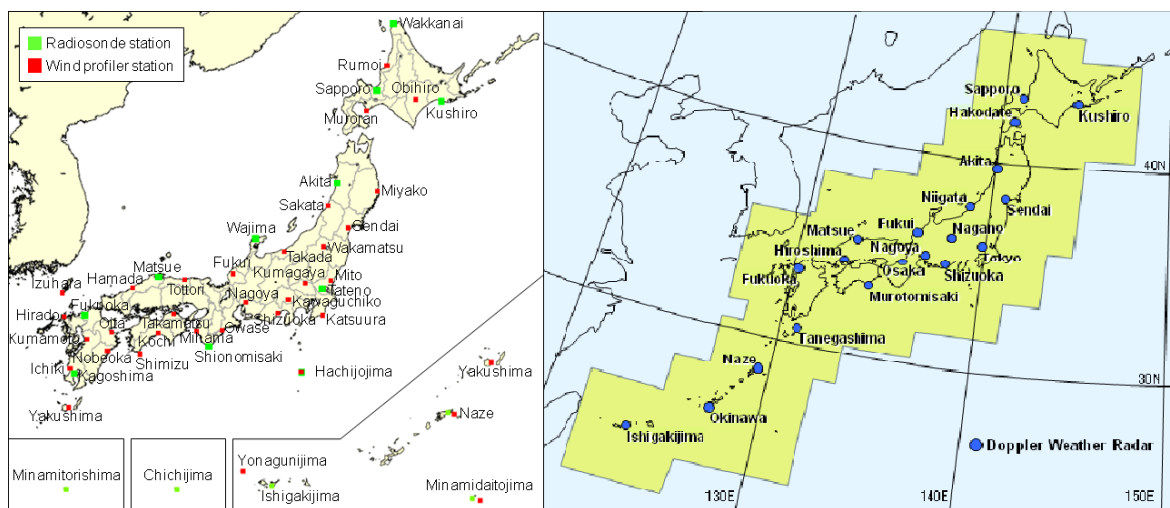
21. ábra Japán Meteorológiai Szolgálat felszíni mérőállomás-hálózata  
(<https://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/observations.html>)

A mérési adatokat az AMeDAS automatikus adattovábbító és adatgyűjtő rendszer végzi. Az automata állomások adatait a WMO (World Meteorological Organisation – Időjárás

Világszervezet) sztenderdek alapján tíz percenként átlagolva küldik meg a prefektúrai, illetve onnan a regionális főállomásokra (CIMO Guide, 2018). Nincs nagy különbség a hazai és a Japán meteorológiai állomáshálózat sűrűsége, mérési programja és adattovábbítási rendszere között. Azonban ki kell emelni az észlelővel ellátott japán állomások nagy számát, a sugárzási mérleg komponensek, illetve a napfénytartam méréseket (<https://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/observations.html>; Horváth, 2019).

A magaslégköri megfigyeléseket 33 Wind Profiler és 16 állomásról helyi idő (JST) szerint 9 és 21 órakor felbocsájtott rádiószonda mérések jelentik. (<https://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/windpro/windpro.html>) Ez a hálózat sűrűbb, mint a magyarországi, de ez érthető a nagy terület, az ország fekvése és a 6 éghajlati körzet miatt. Külön érdekesség, hogy az Antarktison található Showa állomásról is bocsátanak fel rádiószondát. Fontos megemlíteni a repülőtereken elhelyezett Lidarokat, illetve az országos villám detektáló hálózatot (<https://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/upper/upper.html>).

Megújított villámlokakizációs rendszerrel az OMSZ is rendelkezik. A Lidar mérések szerepét részben átveszi a magyarországi sűrű felhőalapmérő (ceilométer) hálózat. A Budapest Liszt Ferenc Repülőtéren és Debrecenben Sodar mérések, míg Szegeden windprofiler és radiométer mérések folynak. A doppler radar hálózatunk négy egységből áll és tervezzük a fejlesztését, így nincs okunk szégyenkezni.



22. ábra Japán rádiószonda, wind profiler és időjárési Doppler-radar lefedettsége (<https://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/observations.html>)

A japán meteorológiai mérőrendszernek is fontos elemei a meteorológiai radarok (22. ábra). A húsz darab C-típusú Doppler radar 5 perces mérés-sűrűségével nagyban

elősegíti az ultrarövid-távú csapadék előrejelzést, így növelve a szükség esetén kiadandó riasztások hatékonyságát (<https://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/radar/radar.html>).

A szolgálaton belül a Kiyosa városában található Meteorológiai Műhold Központ (Meteorological Satellite Center) alá tartoznak a geostacionárius műholdak. A 2015-től operatíván működő Himawari-8 és a kalibrálás alatt lévő Himawari-9 sorszámú geostacionárius műhold segítségével a Csendes-óceán nyugati medencéjéről kapunk 10 percenként elérhető látható és infravörös tartományban készülő képeket. Ezeket felhasználnak többek között a felhőtető-magasság, a magaslégköri szélviszonyok és a tengerfelszín hőmérséklet meghatározására. A műholdas mérési adatok és a leszármaztatott mennyiségek jól nélkülözhetetlen eszközei az itt kialakuló trópusi ciklonok (tájfúvok), frontok, alacsony nyomású légköri képződmények megfigyelésének és a riasztások kiadásának. A műhold-felvételeket a környező országok meteorológiai és hidrológiai szolgálatai is felhasználják; kiváló az együttműködés és az adatcsere (<https://www.jma.go.jp/en/gms/>, <https://www.data.jma.go.jp/mscweb/en/index.html>).

A JMA azonban nem csak meteorológiai megfigyeléseket végez, melyekről későbbiekben az extrém időjárási jelenségek fejezetben bővebben írok majd. Feladatai közé tartozik a Japán szigetek tektonikai szempontból aktív lemezszegélyeinek a monitorozása, hiszen itt „minden naposak” a földrengések (Futó, 1979). A szeizmológiai megfigyelések szükségességét már a történelmi időkben is tapasztalták, de műszeres mérések csak az 1880-as évek végén kezdődtek el, melyek az elmúlt évtizedek során egyéb geomagnetikus (földmágnesességi) mérésekkel egészültek ki, melyet a Kakiokai Mágneses Observatórium felügyel (<https://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/observations.html>).

A több mint négyezer szigetből álló Japán számára fontosak a tengeri megfigyelések, amelyek többek között a Csendes-óceánon közlekedő nemzetközi utas-, teherszállító hajók illetve a helyi halászhajók és a kisebb szigetek összekötő kompok számára szolgáltatnak információt (<https://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/aws.html>). A kikötőkben és a sűrűn lakott partszakaszokon a hullámvész magasságát is megfigyelik, ami a cunamik megelőzésére szolgáltat hasznos információkat a parton és a vízben tartózkodóknak.

### **Előrejelzési modellek**

A megfigyelési adatokból numerikus modellek segítségével készítenek időjárás előrejelzéseket az ultrarövid távtól a hosszú távig a főbb meteorológiai állapothatározókra (hőmérséklet, szél, nyomás, légnedvesség, stb.). Futtatnak globális skálájú spektrális

modellt is (Global Spectral Model, GSM) 20 km-es horizontális rácsfelbontással, 100 magassági szinttel hat óránként (00, 06, 12, 18 UTC). A globális ensemble modellt (Global Ensemble Prediction System, GEPS) 40 km-es horizontális rácsfelbontásban 00 és 12 UTC-kor indítják 11 napos időtávra. A globális spektrális modell eredményeit a napi és a heti előrejelzéshez használják, de alkalmazzák a trópusi ciklonok előrejelzéshez is. A globális ensemble modellfuttatásokat hosszabb távon a kéthetes hőmérséklet, valamint a havi és az évszakos előrejelzések készítésénél használják.

A modellszámításoknál (legyenek azok globálisak, vagy mezoskálájúak) már négydimenziós (4D) variációs adatasszimilációt alkalmaznak (Saito et al., 2007; Kawabata, et al., 2015). A mezo-skálájú spektrális és ensemble modellek (Meso-Scale Model, MSM és Meso-Scale Ensemble Prediction System, MEPS) 5 km-es felbontásúak, vertikálisan 22 km-ig 76 szintre készülnek. A modelleket 3-6 óránként futtatják Japánra és a környező területre. Az eredményeket az ultrarövidtávú csapadék előrejelzéshez és a veszélyjelzések / riasztások kiadásához, illetve repülésmeteorológiai előrejelzéseknél használják.

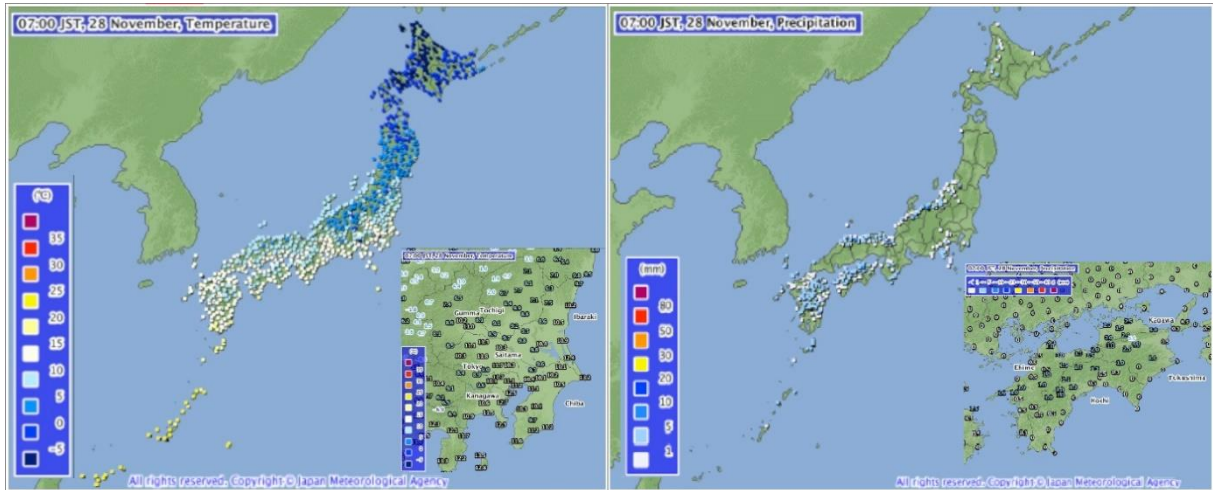
A Japánra vonatkozó lokális előrejelzési modellt (Local Forecast Model, LFM) 2 km-es felbontással, vertikálisan 22 km-ig 58 szintre, óránként futtatják, ami alapján 10 órás előrejelzések készülnek elősegítve a biztonságos közlekedést, s csökkentve a veszélyhelyzetek kockázatát (<https://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/nwp.html>).

## **A produktumok megjelenítése**

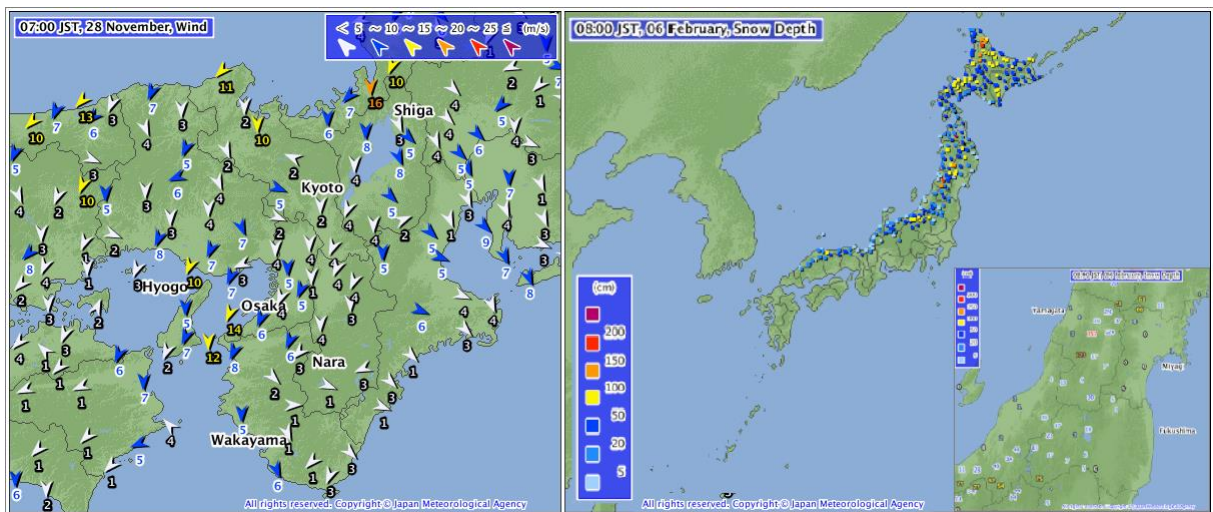
A Japán Meteorológiai Szolgálat angol nyelvű honlapján (<https://www.jma.go.jp/jma/indexe.html>) megtalálhatók a megfigyelési adatok (radar-, műholdkép, az aktuális hőmérséklet, szél és csapadék értékei), az előrejelzések, riasztások- veszélyjelzések az ország egész területére. Az adatok és az előrejelzések megértését piktogramok és jól áttekinthető színezés segíti. A közigazgatási régiókra, prefektúrákra táblázatos formában is rendelkezésre állnak az eredmények. A *mérési adatok* megjelenítésére a 23-24. ábrason mutatunk példát.

Ha egy adott város, például Tokió aktuális időjárására (meteorológiai paramétereire) vagyunk kíváncsiak először a régiót kell kiválasztani és csak utána tudjuk a prefektúrát (Tokió) kijelölni. Ha a keresett város nem rendelkezik mérőállomással, akkor a prefektúrán belül tudjuk kiválaszthatni a legközelebbi mérőhely óras bontású adatait az aktuális napra (mára) és az azt megelőzőre (tegnapra) lehet megtekinteni táblázatos formában. Hasonló

információtartalma van az OMSZ honlapjának is (<https://www.met.hu/>), de részletes adatokat csak a 12 kiemelt állomásra kaphatunk, míg a JMA-nál a csapadékmérő automata állomások adatait is meg lehet nézni; az állomás koordinátáit és tengerszint feletti magasságát is mutatja a táblázat fejléce.

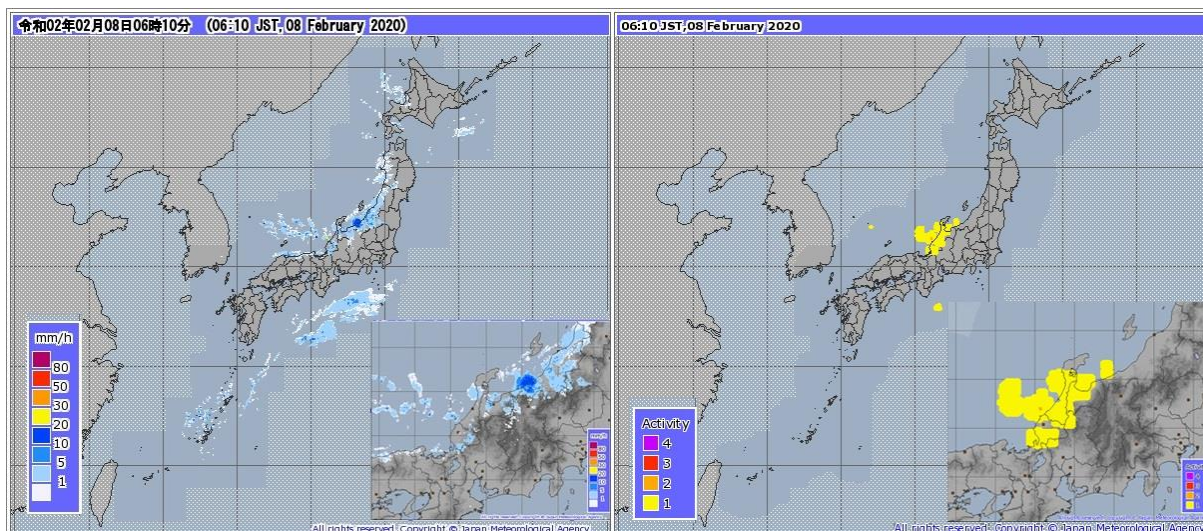


23. ábra JMA által szolgáltatott adatok: hőmérséklet és csapadék 2019. 11. 28, 07:00 JST ([www.jma.go.jp/en/amedas/](http://www.jma.go.jp/en/amedas/))



24. ábra JMA által szolgáltatott adatok: szél (2019. 11. 28. 07:00 JST) és hó (2020. 02. 06. 08:00 JST) ([www.jma.go.jp/en/amedas/](http://www.jma.go.jp/en/amedas/))

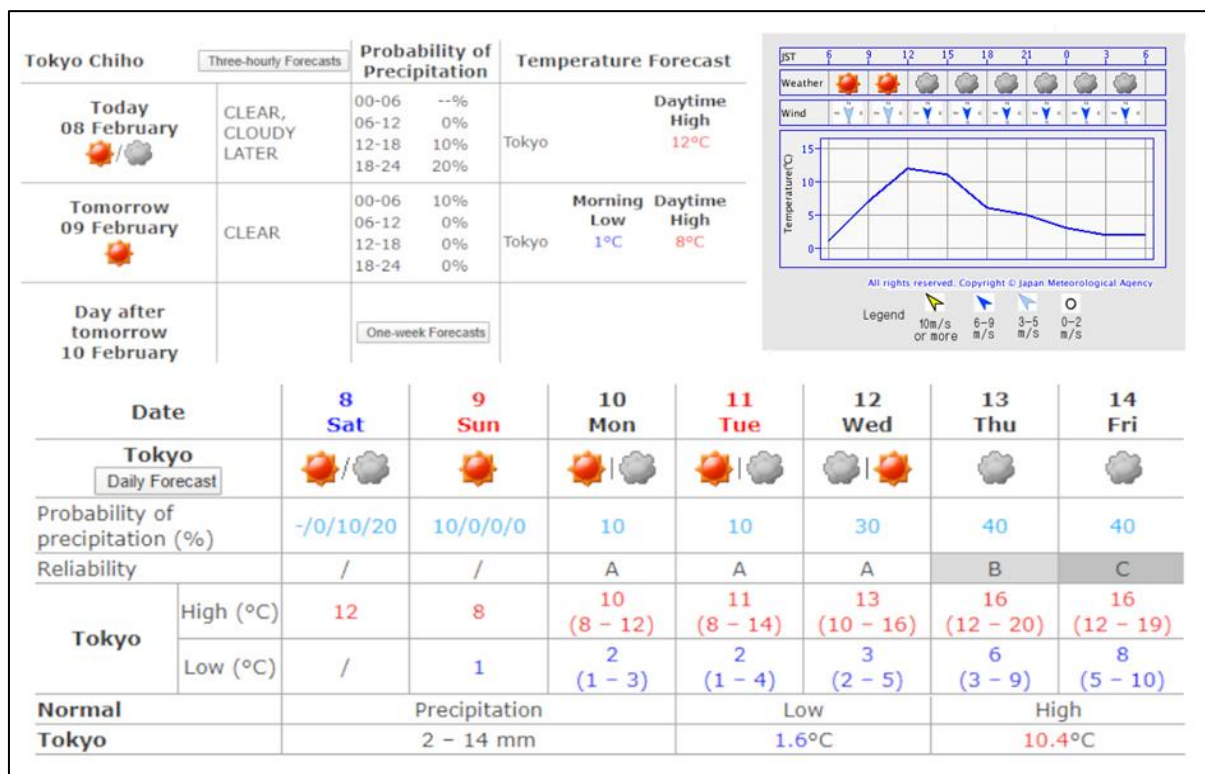
A radarképek (25. ábra) 5 percenként frissülnek és az elmúlt 3 órára illetve ultrarövidtávú előrejelzésként (Nowcasting) az elkövetkező órára vonatkozóan tekinthetőek meg. A radarképek (radar echo-k) alapján számított csapadékmennyiség mellett a villámlások helyére és a lehetséges tornádó előfordulásokra is kapunk információt a megfelelő „fül” kiválasztásával.



25. ábra Radar megfigyelés alapján készült csapadék és villámgyakorisági térkép  
2020. 02. 08 06:10 JST(<https://www.jma.go.jp/en/radnowc/>)

A Himawari-8 geostacionárius műhold által készített képeknél célszerű a kelet-ázsiai kivágatot használni. A látható, infravörös és vízgőz elnyelési tartományokban készült képek az elmúlt 23 órára 10 percenként állnak rendelkezésre, melyeket animálni is tud a rendszer. (<https://www.jma.go.jp/en/gms/>).

Az **előrejelzések** esetében a kiválasztott prefektúrára (városra) a napi és a heti előrejelzéseknél az időjárás piktogramja és pár szavas leírása, a maximum-, minimum-hőmérséklet és a csapadék előfordulásának valószínűsége, illetve 3 órás bontásban a szél információk találhatóak meg. Erre mutat példát a 26. ábra, ahol Tokió városára készült előrejelzést láthatunk 2020. február 08. 05:00 JST frissítéssel. Itt szerepel a napi (aktuális és következő napi), az elkövetkező 24 óra 3 órás bontásban és az egy hetes előrejelzés. A magyarországitól eltérően (<https://www.met.hu/>) itt nem adják meg a csapadék várható mennyiségét, csak annak előfordulási valószínűségét százalékos formában, illetve annak megbízhatóságát jelzik (A: 86%, B: 72%, C: 56% felett). A hetes előrejelzésnél kizárólag a csapadék valószínűséget bontják 6 órás részekre az aktuális és a következő napra vonatkozóan, míg az OMSZ a hét minden napjára 6 órás bontásban adja meg a meteorológiai paramétereket (hőmérséklet, csapadék, szélesség, felhőzet, légnyomás) hat megyeszékhelyre (régió központokra). A JMA ezen „könnyítése” magyarázható a nagy számítástechnikai igénnyel és a vizsgált területek, városok nagy számával.



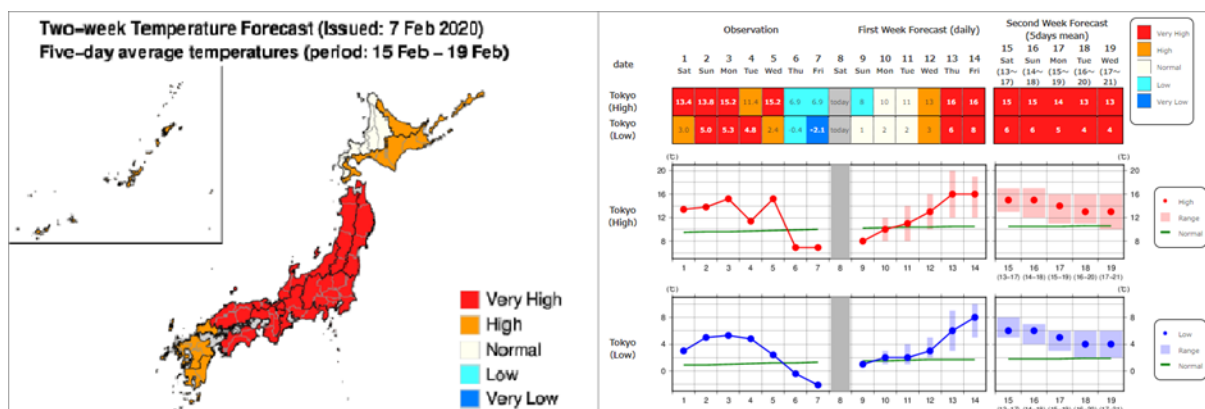
26. ábra A JMA által készített Tokióra vonatkozó időjárás előrejelzések: napi (balra fenn), 3 órás bontás (jobbra fenn) és hetes (alul) (<https://www.jma.go.jp/en/yoho>, <https://www.jma.go.jp/en/jikei>, <https://www.jma.go.jp/en/week>)

A Japán Meteorológiai Szolgálat készít hosszútávú előrejelzéseket is (kéthetes, havi, évszakos) hőmérsékletre, csapadéokra (télen hóra) és napfénytartamra. De ekkor már nem konkrét értéket ad meg, hanem az időszakra jellemző klimatikus átlagtól való eltérést százalékos formában.

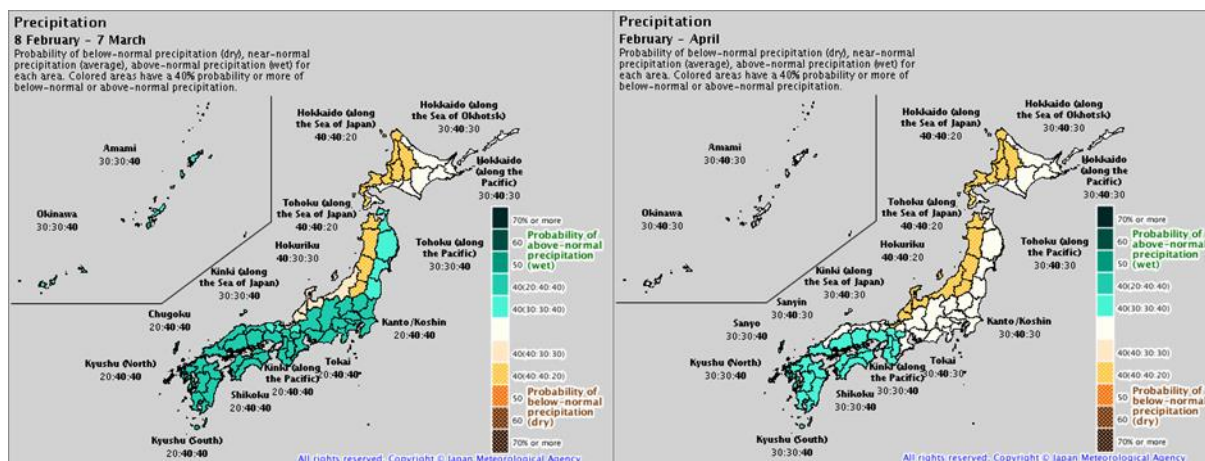
A 27. ábrán látható kéthetes hőmérséklet előrejelzés, mely részletezi az előző heti értékeket is. Itt a klimatológiai átlaghoz (vastag szürke vonal) hasonlítja az előző heti mért és az elkövetkező két hétre várható hőmérsékleteket, mely segítheti a mezőgazdasági munkálatokat, a tervezett építési munkálatokat. A várható értékeknél megadják a középértéket (pötty) és a bizonytalansági terjedelmet (színezett terület). Az ábrázolás hasonló az OMSZ által közzétett fáklya diagramhoz (<https://www.met.hu/idojaras/elorejelzes/valoszinusegi/>), de Japánban csak hőmérsékletre, míg Magyarországon csapadékösszegre, borultságra és szélességre is készül a 10 napos előrejelzés. Végezetül a 28. ábra a havi és az évszakos előrejelzésekre mutat példát. A nagy időtáv miatt itt már nem adnak konkrét értékeket csak az átlagtól való eltérést százalékban. A  $\pm 30\%$ -on kívüli eltéréseket színezik, melyekhez előfordulási valószínűséget is kötnek. Az OMSZ 4 egymást követő hétre készít Európára vonatkozó térképes előrejelzéseket, ahol a hőmérsékletet  $\pm 1, 3, 6$  és  $10$  °C-os, míg a csapadékösszeget



10, 30, 60 és 90 mm-es kategóriákba sorolja, ami talán a hétköznapi ember számára könnyebben értelmezhető. ([https://www.met.hu/idojaras/elorejelzes/europai\\_elorejelzes/](https://www.met.hu/idojaras/elorejelzes/europai_elorejelzes/)).



27. ábra Kéthetes hőmérsékleti előrejelzés Japánra és Tokióra (a 2020. 02. 07-i futtatás eredményei (<https://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/twoweek/en/>))



28. ábra Egyhónapos és évszakos csapadék előrejelzések Japánra (a 2020. 02. 07-i futtatás eredményei, <https://www.jma.go.jp/en/longfcst/>)

A Japán és Magyarországi Meteorológiai Szolgálat produktumait tekintve a megfigyelési adatok közzétételében van a legnagyobb eltérés, ami talán az OMSZ kevés állami támogatásával indokolható, mivel az adataiból és egyéb tevékenységéből kell fenntartania magát. Az előrejelzésekben szemléletbeni különbségek vannak, míg itthon jobban szeretjük a konkrét értékek, intervallumok, eltérések megadását, addig a japánok a valószínűségi előrejelzéseket, a százalékos adatokat részesítik előnyben.

### Az olimpiai meteorológiai honlap

A nemzetközi sportesemények során a meteorológia fontos szerepet tölt be már az előkészületek során (időpont, helyszín választás) az éghajlati adatokat használják, míg a

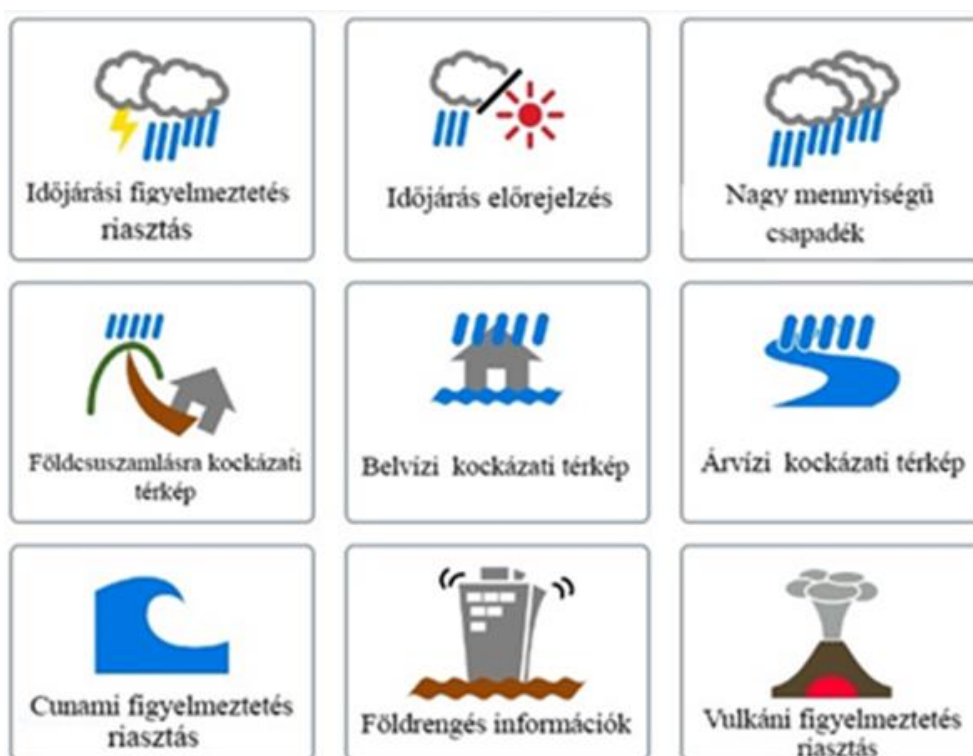


Az olimpiai honlapon a csapadék tevékenységet mutató térkép az aktuális radarkép nagyítása, ahogy korábban már írtam, így azt 5 percenként lehet frissíteni az oldal újra töltésével. Az egyhetes előrejelzésnél a minimum- és maximumhőmérsékletet továbbá az égképet adják meg a kis piktogrammok.

A modell futtatások időkorlátja miatt a heti előrejelzés minden nap helyi idő (JST) szerint 11 és 17 órakor cserélődik, a napi előrejelzéseknél még 5 JST-kor is van egy frissítés. A honlapon élénk színű sávban hívják fel a figyelmet a várható veszélyes időjárási eseményekre.

Az oldal tetején lévő menüpontokból a sportágra kereshetünk, mind az olimpiai, mind a paralimpiai versenyszámoknál. Ha több helyszínen kerül megrendezésre az adott versenyszám, akkor a felajánlott stadionok közül kell választani. A sportesemény helyszínét közvetlenül is ki tudjuk választani vagy a térkép segítségével is megkereshetjük.

Az utolsó (jobb oldali) fülön a japánon kívül 10 másik nyelven (angolul, kínaiul, koreaiul, portugálul, spanyolul, indonézul, vietnámiul, tájul, indiaiul, filipinül) kaphatunk információt az országban előforduló veszélyhelyzetekről. A kiválasztott ikonra (30. ábra) kattintva a rendszer tovább irányít a megfelelő honlapra.



30. ábra JMA olimpiai honlapján információk a katasztrófák enyhítéséhez (<https://www.data.jma.go.jp/multi/index.html?lang=en>)

Az időjárás figyelmeztetés / riasztás során a heves esőzésre, árvízre, szélviharra, magas hullámvásra, villámlásra, ködre és száraz levegőre adnak felvilágosítást városi (nagyvárosoknál kerületi) szintre bontva.

Az időjárás előrejelzések a korábban bemutatottakhoz hasonló felépítésű, könnyen értelmezhető piktogramokkal és rövid magyarázattal mutatják be a mai és a holnapra várható időjárás képet.

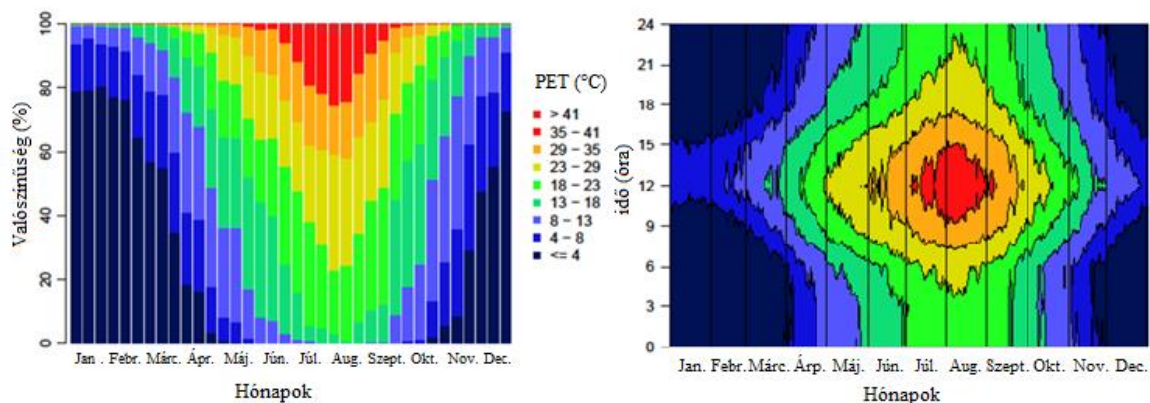
A földcsuszamlásra, belvízre, árvízre vonatkozó kockázati térképek és a nagy mennyiségű csapadék ikonok egy közös oldalra továbbítanak, ahol az elmúlt 6 órára vonatkozó adatokat és a csapadék esetén a radarképeken alapuló 15 órás előrejelzést tekinthetjük meg.

A cunamikát és a vulkáni figyelmeztetéseket térképes, a földrengéseket táblázatos formátumban nézhetjük meg. A rengés idejére kattintva térképesen is ábrázolják az epicentrumot és a szeizmikus intenzitást az érintett városokban.

A sportesemények során fontos tisztában lenni az éghajlati és időjárás sajátosságokkal a minél hatékonyabb felkészülés és szereplés érdekében (Misumi et al., 2019). A humánmeteorológia részét képező bioklimatológia fontos feladata az emberi komfortérzetet befolyásoló tényezők mérhető paraméterek (léghőmérséklet, széleseesség, páratartalom, napsugárzás stb.) segítségével való kifejezése, melyre több bioklíma indexet dolgoztak ki.

A Tokiói nyári olimpiai játékok során végzett kutatások során a modellel számított racionális indexek közül a PET (Physiologically Equivalent Temperature), azaz a Fiziológiailag ekvivalens hőmérsékletet használták (Matzarakis et al., 2018, 2019). A PET Celsius fokban fejezi ki annak a zárt szobának a hőmérsékletét, amely előre meghatározott klimatikus (léghőmérséklet, légsebesség (huzat), vízgőznyomás) és fiziológiai sztenderd paraméterek mellett (fizikai aktivitás mértéke, ruházat hőszigetelése) ugyanazt a testhőmérsékletet adja, amit az aktuális külső környezet eredményezne. A hőérzetet 11 kategóriába osztja a nagyon fagyostól a nagyon forróig, amihez erősség szerint hideg és meleg stressz hatást kapcsol (Kovács, 2010).

A több órán keresztül tartó maratoni futás és az hosszú távú gyaloglás kapcsán kifejezetten fontos volt megvizsgálni Tokióban a környezeti terhelését (Matzarakis et al., 2018, 2019, Kosaka et al., 2018). Az 1966-2018 közötti adatok alapján elkészítették a városra vonatkozó PET diagramjait az egyes kategóriák bekövetkezési valószínűségei és az egyes napokon várható előfordulási gyakoriságok szerint (31. ábra).



31. ábra Tokióra vonatkozó PET bioklíma valószínűségi indexe pentád bontásban és előfordulási gyakorisága a nap folyamán (órákban) az 1966-2018 közötti adatok alapján (Matzarakis et al., 2018)

A tanulmányokból kiderül, hogy az emberi szervezet számára kedvezőtlen erős és extrém meleg stresszt okozó időjárás 25,4 és 24,3%-ot ér el az olimpia időszaka alatt (július utolsó és augusztus első 10 napja). A napi eloszlás vizsgálatánál a 35 °C-nál magasabb értékű időszakok általában reggel 9-től délután 3 óráig tartanak. Ez egybeesik a sportesemények tervezett időszakával. Így a sportolók és a nézőközönség is nagyon nagy hőstressznek lesz kitéve a szabadtéri versenyeken, mely napsütés esetén még fokozottabban érvényesül (Matzarakis et al., 2018, 2019, Kosaka et al., 2018).

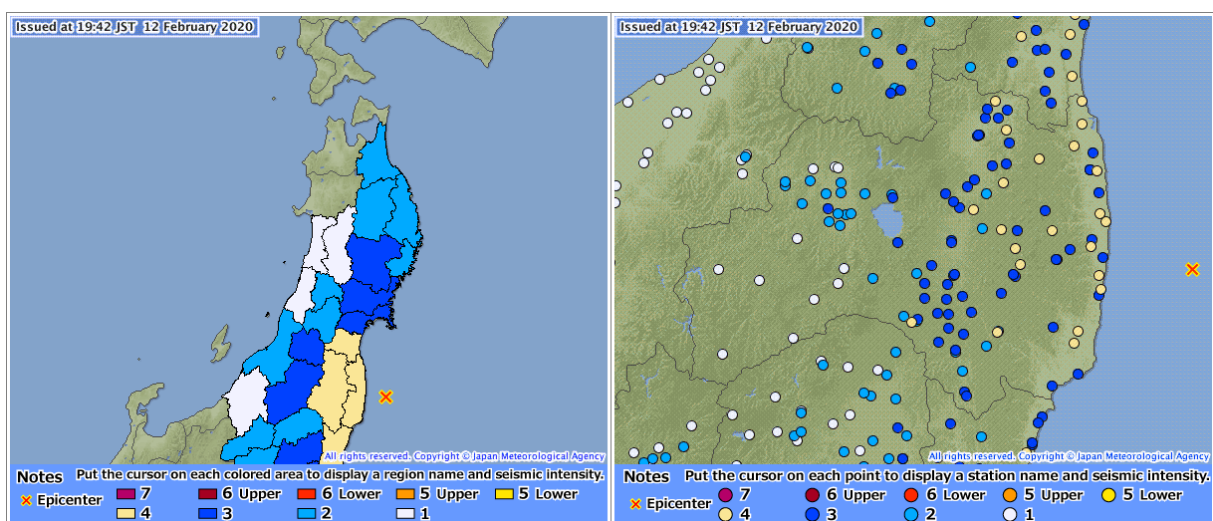
A 2019. szeptember 28-án Dohában megrendezett atlétikai világbajnokság is alátámasztotta, hogy az extrém hőhullámnak kitett edzett, jó állapotban lévő sportolókat is teljesen ki tudja meríteni (akár életveszélyes helyzetbe hozni) ha 70% körüli páratartalom mellett 30 °C körüli hőmérsékletben kell teljesíteni a 42,195 km-es maratoni távot éjszaka (Bermon és Adami, 2019). A legrosszabb scenárió szerint a Dohaihoz hasonló meteorológiai paraméterekkel napsütésben kellene futniuk majd a versenyzőknek Tokióban. Ezzel indokolható a Japán Olimpiai Bizottság döntése, hogy a maratoni futást és a hosszú távú gyaloglást Sapporo városába helyezik át megtörve a hagyományt, miszerint a maratoni futók az olimpiai stadionba futnak be, és a záróünnepségen veszik át érmeiket. Ez is mutatja a humánmeteorológiai vizsgálatok fontosságát a nemzetközi és világeseményeken, amelyek több százezer embert érintenek – legyen az sporthoz vagy szórakoztató iparhoz köthető – fontos a meteorológiai, éghajlati és humánklimatológiai információk mind a tervezési szakaszban, mind a megvalósítás során. Segítik a gördülékeny szervezést, a veszély helyzetek megelőzését, illetve mérséklését. (Szegő, 2020)

## Extrém időjárási és környezeti jelenségek

### Földrengés

A gyakori japán földrengéseknek tektonikai okai vannak. A földrajzi/geológiai környezet elemzésénél bemutatott 3. ábrán jól látható, hogy Japánnál található szubdukciós zónák mentén elhelyezkedő tektonikai lemezek mozgása évi 4-10 cm, ami több kisebb-nagyobb hirtelen elmozdulással történik. Az elmozdulás során felszabaduló energia hullám terjedésű ezeket hívjuk földrengésnek, ami mindennapos eseménynek számítanak (Futó 1979). Ezért is kezdődtek el már a 19. század végén, 1884-től az ország egész területén a szeizmológiai mérések. Jelenleg 200 szeizmográf és 4200 szeizmikus intenzitás-mérő áll rendelkezésre, melyekből 3600 intenzitásmérő állomást a helyi hatóságok üzemeltetnek.

A rengés kipattanását követően mindegyik automata állomás 10 másodpercen belül továbbítja az adatokat a JMA Tokiói főigazgatóságnak, amelyet ellenőrzés után másfél perc múlva prefektúránként megjelenítenek a honlapon. Ha a rengés eléri a 3-as intenzitást, három percen belül az epicentrum helyét és a magnitúdó értékét is közlik a televízió- és rádió-adások megszakításával (a kisebbeket csak felirattal jelzik a tévében) illetve a mobil telefonokra letölthető applikációval. A rengést követően 5-10 percen belül a részletesebb, mérőállomásokra lebontott térkép is készül, de az adatokat táblázatos formában is megtekinthetünk a honlapon. Itt már minden 1-es intenzitást elérő hely szerepel (<https://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/earthquake.html>). Erre mutatok példát a 32. ábra a 2020. 02. 12-én 19:42 JST-kor kipattant földrengés térképi ábrázolásával.



32. ábra A 2020. 02. 12-én 19:42 JST-kor kipattant 5,5-ös magnitúdójú földrengés térképes ábrázolása régióra és prefektúrára nagyítva (<https://www.jma.go.jp/en/quake/>)

A rengések során fontos az időelőny kihasználása, a gyorsan terjedő Primer-hullámok (a nyomási hullám terjedési irányában sűrűsödés-ritkulás tapasztalható, mint a földgömb mozgása) érzékelésével lehet korai figyelmeztetést kiadni az erős földrengést okozó Szekunder-hullámok (nyírési hullám a terjedésre merőleges elmozdulás, mint a víz felszíni hullámok terjedése) megérkezéséig, a hullámok közötti 5-20 másodperc emberéletet menthet (<http://www.seismology.hu/index.php>).

A korai földrengés figyelmeztető rendszer a 3-as intenzitást elérő rengésekről automatikusan értesítést küld az érintett helyi hatóságoknak, rádióknak, televízióknak és mobil szolgáltatóknak, mely során hangjelzéssel és feliratokkal értesítik a lakosságot a közelgő veszélyre. A károk minimalizálása érdekében kialakítottak egy központosított rendszer, amely automatikusan lelassítja/megállítja a vonatokat, lifteket, gyártósorokat, a gáz és villamosenergia szolgáltatást pedig ideiglenesen lezárhatják (<https://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/earthquake.html>).

A JMA által használt szeizmikus intenzitás-skálát az 1. táblázatban részletezem. Az intenzitás az emberekre, építményekre gyakorolt hatás alapján kategorizál, míg a magnitúdó a rengéskor felszabadult energiát mérő szeizmográf által mért érték, amit a logaritmikus Richter-skála szerint adunk meg (<http://www.seismology.hu/index.php>).

1. táblázat A Japán Meteorológiai Szolgálatnál (JMA) használt szeizmikus intenzitás-skála

<i>Szeizmikus intenzitás</i>	<i>A földrengéskor érezhető, tapasztalt hatások:</i>
1	Az épületekben alig érzékelhető.
2	Az épületen belül tartózkodva már feltűnhet.
3	Az épületben tartózkodók közül mindenki érzékeli.
4	A lelógó lámpa kileng, a labilis tárgyak leeshetnek a polcraól.
5 alsó	Többen megijednek és stabil bútorba/ falba kapaszkodnak. A poharak, könyvek leeshetnek a polcokról. A nem rögzített bútorok feldőlhetnek.
5 felső	Sokaknak nehézkes a járás, ha nem kapaszkodnak valami stabilba. A poharak, könyvek leesnek a polcokról. A nem rögzített bútorok felborulhatnak.
6 alsó	Nehéz talpon maradni. A nem rögzített bútorok eldőlnék, az ajtók beragadnak. Az ablakok betörhetnek a kevésbé ellenálló épületek megrogyhatnak, összedőlhetnek.
6 felső	Csak négykézláb lehet közlekedni. A bútorok felborulnak és tartalmuk kihullik a földre. Az ellenálló, stabilabb házak falai megrepednek, ablaküvegek kitörhetnek, a gyengébb faházak összeomlanak.
7	Az ellenálló épületekben is keletkezhetnek olyan sérülések, ami az összedőlést vonhatja maga után.

Nem lehet tudni mikor lesz szüksége az embernek földrengéssel kapcsolatos információra ezért röviden leírom mi a teendő, ha 3-as intenzitás feletti földrengést érzékelünk. Az első és legfontosabb, hogy nem szabad pánikolni! Az épületben a lehulló tárgyak és eldőlő bútorok ellen az asztal nyújtja a legjobb fedezéket, ha az utcán tartózkodunk próbáljunk eltávolodni a falaktól, épületektől, az omlás-veszély miatt. Csak a rengések csillapodásával hagyjuk el a megrongálódott épületet és a tüzesetek megelőzésért kapcsoljuk ki az elektromos- és gázkészülékeket. Vezetés közben a vészvillogó bekapcsolásával lassítsunk, a hirtelen fékezés tömegbalesetet okozhat. (<https://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/eew.html>).

## **Cunami**

A Csendes-óceán területén kialakuló földrengések cunamit (óceánfelszíni hullám) indíthatnak el. Ha a földrengés a nyílt vízfelület magasságát megemelte és elindított egy kis amplitúdójú, nagy hullámhosszú, rendkívül nagy sebességgel terjedő hullámot, az a mély vízben szinte magasság csökkenés nélkül terjed. De sekély területre érve a sebesség csökkenésével a hullámhossz jelentősen lecsökken, így az amplitúdó drasztikusan megnő, ami több méter magas hullámokat eredményezhet a partoknál (Jánosi,2006; Gusman et al., 2014). Az előrejelzésük alapját a földrengések szeizmikus mérései adják és a rengésekhez hasonlóan 3 percen belül kiadják a riasztásokat az érintett partszakaszokra. A várható érkezési időpont és a hullám magasságát a honlapon is megjelenítik.

A cunami veszélyjelzésénél három kategóriát különítenek el. Az 1 m alatt várható hullámmagasság esetén a part azonnali elhagyását javasolják. A második fokozatba az 1-3 méter közötti cunamik tartoznak, ekkor a parti területekről magasabban elhelyezkedő területre, magas épületek felsőbb emeleteire kell menni. A vészhelyzeti besorolást a 3 méternél nagyobb hullámok kapják, amelyek a faépületeket teljesen el tudják törölni a föld színéről, ezért a magas hegyoldalakra vagy a kijelölt, a parttól távolabb eső stabil, beton épületek tetejére kell menekülni. Az extrém esetekben, amikor az 5-10 métert is meghaladja a hullámmagasság rendkívüli állapotot is kihirdethetnek, mint ami a 2011. 03. 11-ei földrengés kapcsán történt.

A katasztrófák megelőzésében folyamatos kutatásokat és fejlesztéseket végez a szolgálat, melynek eredményeit felhasználja az operatív működtetés során (<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/en/guide/tsunamiinfo.html>).



## Vulkáni működés

Mit jelent a vulkán szó? Azokat a felszíni formákat, amelyek a Föld belsejéből származó szilárd, folyékony és/vagy gáznemű anyagból a Föld felszínén képződnek. Tehát nem csak lávafolyással jellemzett és nagy hamufelhőt eregető tűzhányók számítanak aktív vulkánoknak (33. ábra). Nagyon sokuk csak gőzölög, így juttatva vízgőzt, szén-dioxidot és kén-vegyületeket a levegőbe, amelyek egy nagyobb erejű robbanásos kitörés esetén a sztratoszférába jutva klimatikus hatást is eredményeznek (Harangi, 2017).

A szubdukciós zónákhoz (3. ábra) mindig tartozik vulkáni működés is. Ez nincs másképp Japánban sem. A mélytengeri árkok mentén több aktív tűzhányó található (felszíniek és víz alattiak is). Az aktív és szunnyadó tűzhányókra és környékükre telepített műszerek mellett a geostacionárius műholdak felszíni hőmérséklet megfigyelései segítik a vulkanológusok munkáját a figyelmeztető riasztások kiadásában.

A kisebb fokozatú (2-3) riasztások a kráter és a vulkán megközelítését tiltják, a magasabb szintűek (4-5) már az evakuációra való felkészülést és a kitelepítést rendelik el. Az Izu-Bonin mélytengeri árokrendszer mentén aktív víz alatti vulkánképződés zajlik napjainkban is. Az itteni tevékenységeket a tengeri előrejelzésekbe is beépítik a terület körüli hajózás biztonságának megőrzése végett (<https://www.jma.go.jp/en/volcano/>).



33. ábra Japán aktív vulkánjai (<https://www.toya-usu-geopark.org/english/about-us>)

## Tájfún

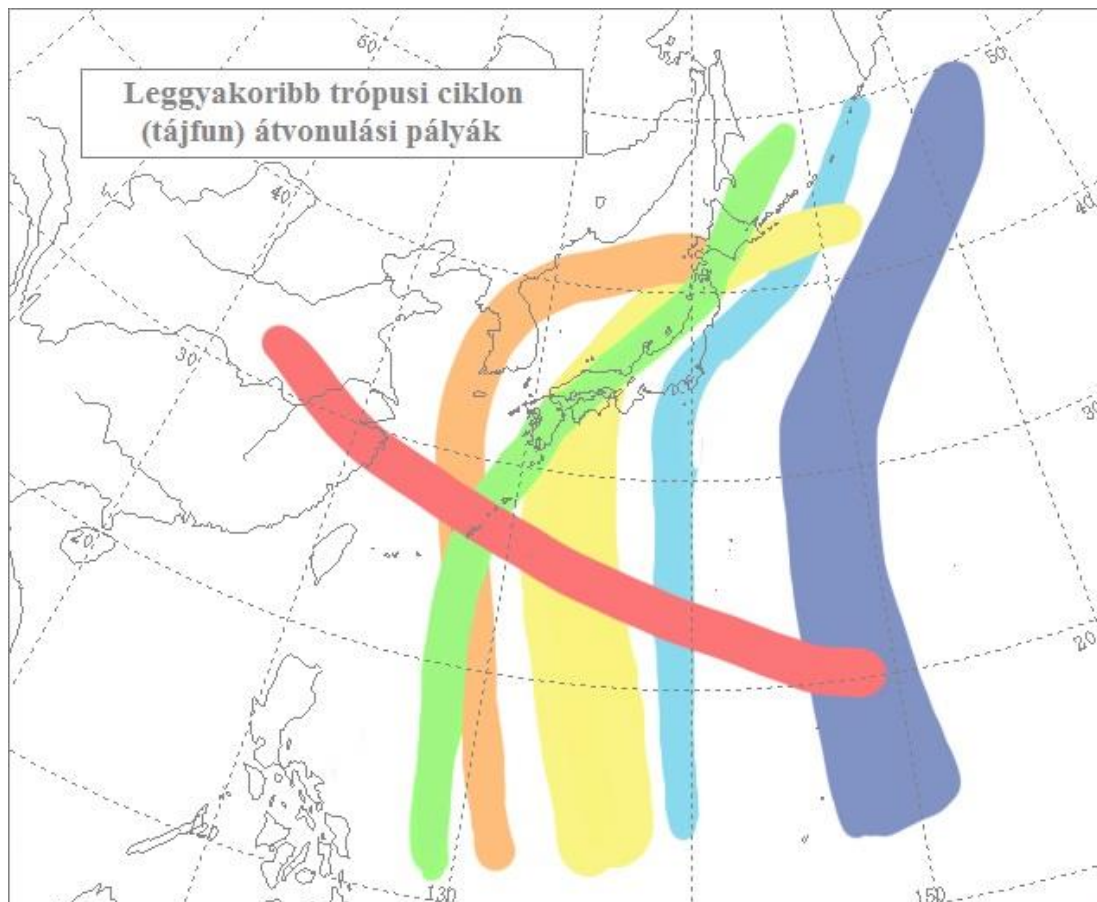
A Csendes-óceán északnyugati medencéjében kialakuló trópusi ciklont tájfúnak nevezzük. Jellemző mérete pár száz kilométeres sugár (a szem 10 km-es nagyságrendű), nagyon alacsony felszíni légnyomású (akár 900 hPa alatti) központtal rendelkezik. A mag területen heves, felhőszakadásszerű esőzés és orkán erejű szél jellemző. Ezek a képződmények akkor tudnak kialakulni, ha az óceán havi átlagos felszíni hőmérséklete meghaladja a 26,5 °C-ot, de az egyenlítő  $\pm 5^\circ$ -os területén sosem jönnek létre. Kialakulásának folyamata a „konvektív hipotézis” szerint erős feláramlással kezdődik. A 10-12 km-es magasságig felemelkedő környezeténél melegebb levegő a szétáramlik, ami erősíti a felszíni beáramlást. A magasban az alacsony nyomású magot egy magasnyomású gyűrű veszi körül, az erősödő anticiklonális szétáramlás egy központi leszálló légmozgást indít el. A felszíni ciklonális beáramlás erősödésével kialakul a tájfún szeme. Az erős leáramlás a felszínen nagyon alacsony nyomást eredményez, mely tovább erősíti a rendszert. A tapasztalatok alapján folyamatos meleg, nedves levegő utánpótlás szükséges és gyenge uralkodó szél (7 m/s alatti), mert az erős szélnyírás lerombolja a kialakuló konvektív cellát. Gyengülésük, felbomlásuk során a szárazföld fölé érkezve e feltételek már nem teljesülnek (Czelnai et al., 1998).

A tájfúnok besorolása a szem körüli átlagos szélesebség alapján történik; ha az meghaladja a 33 csomót (17 m/s, 63 km/h), akkor trópusi depresszióknak, 34-63 csomó (17-32 m/s, 36-119 km/h) között trópusi viharoknak és 64 csomó (32 m/s, 119 km/h) felett trópusi ciklonoknak (Észak- és Közép-Amerikában hurrikánoknak, az Ázsiai térségben tájfúnoknak) nevezzük. (<https://public.wmo.int/en/About-us/FAQs/faqs-tropical-cyclones>, <https://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/forecast.html>). A trópusi viharok, ciklonok, depressziók Japán térségében kora nyártól késő őszig előfordulhatnak. A legtöbb tájfún augusztusban és szeptemberben éri el vagy halad keresztül a szigetországon ([https://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/longfcst/en/tourist\\_tc.html](https://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/longfcst/en/tourist_tc.html)).

A Csendes-óceán északnyugati medencéjében évente általában 20-30 trópusi ciklon alakul ki, a legtöbbet 39 db-ot 1967-ben jegyezték fel. Szerencsére ezek közül sok nem érint lakott területeket, Japán területére átlagosan 5-10 érkezik évente.

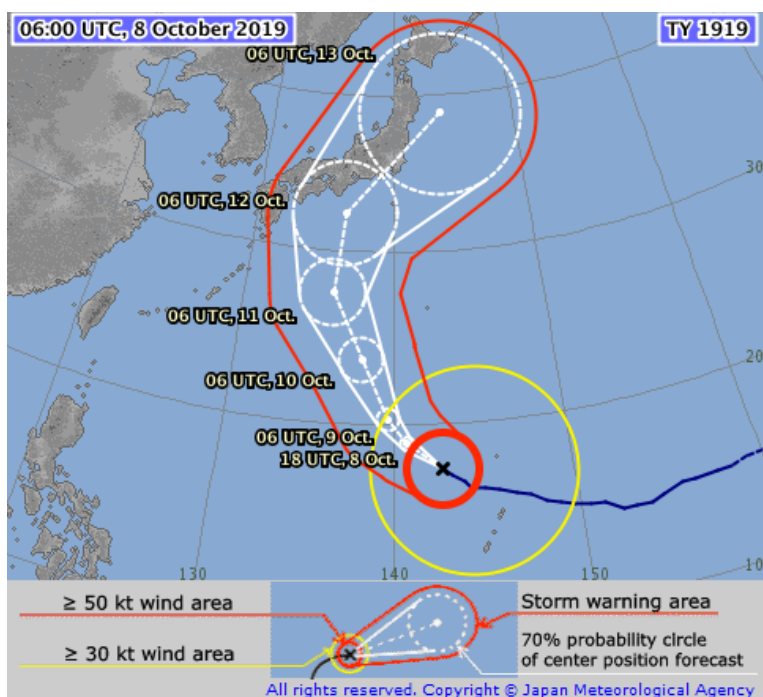
Az elmúlt 40 év adatait vizsgálva készítettem a 34. ábrát, melyre a legtipikusabb átvonulási pályákat rajzoltam fel (<https://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/jma-center/rsmc-hp-pub-eg/trackarchives.html>). A Csendes-óceánon kialakuló trópusi ciklonok a szárazföld felett áthaladva legyengülnek és trópusi depresszióként haladnak tovább. A déli Ryukyu-szigeteken már májusban előfordulhatnak tájfúnok évente átlagosan 4-7, jó részük a

kontinentst elérve legyengül (piros vonal) és trópusi depresszióként halad tovább. A Koreai-félsziget felé mozgó a meleg Japán-tenger felett visszaerősödnek és elérhetik Hokkaido keleti vagy déli részét (narancssárga vonal). A citromsárgával jelölt pálya Kyushu-szigetén és a Seto-beltengeren áthaladók tájfunokat jelöli átlagosan 1-3/év. De 2004-ben 7 tájfunot regisztráltak a térség valamely részén, illetve 6 évben (1984, 1986, 2000, 2008, 2010, 2012) egyáltalán nem fordult elő trópusi ciklon. Honshu-szigetének középső részét (Kanto-alföld, Japán Alpok) általában a világoskékkel jelölt pályán haladó 1-3 tájfun érinti évente, de 1992-95 között elkerülték ezen és Tohoku területét a tájfunok. A szigetországtól keletre a Csendes-óceánon észak felé elvonuló 4-10 tájfun közül csak 3-5 kerül a 200 km-es közelségbe a szárazföldhöz (sötétkék vonal). Hokkaido-szigetét ritkán éri el teljes erejével trópusi ciklon, általában trópusi depresszióként okoznak esőzést (0,5-1/év), 2008 és 2015 között nem volt egy sem, míg 2016-ban három is átvonult rajta. A zölddel jelölt útvonal mentén nagyon ritkán (öt évente egyszer) halad tájfun, mert a hegységeken való áthaladáshoz nagyon alacsony légnyomású központtal kell rendelkeznie és a Japán-tengeri partvidéken pótolnia kell az elveszített energiáját és vízmennyiségét.



34. ábra A japán területeket érintő trópusi ciklonok tipikus átvonulási pályái Adatforrás: <https://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/jma-center/rsmc-hp-pub-eg/trackarchives.html>

A tájfunok előrejelzéséhez fontos információval szolgálnak a műholdfelvételek, mivel az intenzív konvekciós cellák felhőzete könnyen észrevehető. A Csendes-óceán északnyugati medencéjében kialakuló trópusi viharok és ciklonok várható útvonalára és az 50 csomót (100 km/h) meghaladó szélsőséges területre öt napos előrejelzést készítenek. Erre mutat példát a 35. ábra.



35. ábra A 2019-ben a 19-dik tájfun várható vonulása, a 2019. 10. 08. 08 JST futtatás alapján (<https://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/forecast.html>)

A lakosság biztonsága és az anyagi károk minimalizálása végett az elkövetkező 24 órára 3-6 óránként frissítik az előrejelzéseket, a nagyon erős tájfun esetében óránként végeznek analízist és pontosítják a médiának és a hatóságoknak adott információt (figyelmeztetések, riasztások). (<https://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/forecast.html>). A földrengésekhez hasonlóan az érintett területeken a televízió műsorok közvetítését megszakíthatják, de mindenképp szalagcímként futnak városokra bontva az információk (a tájfun megérkezésének időpontja, a szélsőséges és a nagy mennyiségű csapadék miatt várható csuszamlásra, áradásra való figyelmeztetések).

## **Összefoglalás**

A dolgozatom célja jól áttekinthető leírással szolgálni a Japán szigetek éghajlatáról és évszakosan elforduló időjárási jelenségeiről. A területre specifikusan kialakított klíma osztályozás elsődleges célja ötvözni a Köppen–Geiger-féle világszerte elterjedt klímaosztályozást és a szigetország elhelyezkedéséből, domborzatából adódó (Japán-tengeri, illetve Csendes-óceáni) hatásokkal.

A Japán Meteorológiai Szolgálat (JMA) angol nyelvű honlapjának ismerete megkönnyíti a későbbiekben Japánba készülők ott tartózkodást. A 2021-re áthelyezett olimpiai játékokra kilátogatóknak és a versenyek iránt érdeklődő hazai nézőközönségnek segítségül szolgálnak majd a kiemelt meteorológiai honlap egyszerű piktogramjai, könnyen leolvasható grafikonjai. A honlap segítségével az angolul kevésbé tudók számára is érthetővé válik a versenyhelyszínek aktuális és a pár nap múlva várható időjárása.

A számunkra rendkívülinek számító meteorológiai (tájfún), geológiai (földrengés, vulkánkitörés) és hidrológiai (cunami) jelenségek megértésével könnyebben lehet felkészülni a potenciális veszélyhelyzetekre, az alapvető teendők ismerete életet menthet, hiszen nem tudhatjuk hova sorod még az élet. Földtudósként elengedhetetlen, hogy ismereteinket szélesítsük a hazánktól távol elhelyezkedő területekről is.

Az OFKD-ra írt dolgozatomhoz is kapcsolódóan szeretnék egy magyar nyelvű honlapot létrehozni, ahol az általános leírások mellett tervezem több, a veszélyjelzésekkel kapcsolatos JMA kiadvány lefordítását. A mesterképzésben során a trópusi ciklonokkal szeretnék részletesebben foglalkozni.

## **Köszönetnyilvánítás**

Ezúton szeretném kifejezni köszönetemet témavezetőmnek Dr. Weidinger Tamásnak, hogy szakmai tanácsaival és ötleteivel segítette a szakdolgozatom és az OFKD dolgozatom elkészítése során.

Végül szeretnék köszönetet mondani családomnak a tanulmányaim során nyújtott megértésért és támogatásért. Húgomnak külön köszönöm a felhasznált képek szerkesztését és a japán nyelvű anyagok fordítását.

## Irodalomjegyzék

- Barnes, G. L., 2008: The Making of the Japan Sea and the Japanese Mountains: Understanding Japan's Volcanism in Structural Context. *Japan Review*, 20, 3-52. <https://www.researchgate.net/publication/254167818>
- Beck, H. E., Zimmermann, N. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A., Wood, E. F., 2018: Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Nature Scientific Data*. doi.org/10.1038/sdata.2018.214
- Bermon, S., Adami, P.E., 2019: Meteorological Risk in Doha 2019 Athletics World Championships: Health Consideration from Organizers. *Frontiers in Physiology*, <https://doi.org/10.3389/fspor.2019.00058>
- CIMO Guide, 2018: WMO Guide to Meteorological Instruments and methods of observation (the CIMO Guide). <https://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/CIMO-Guide.html>
- Czelnai, R., Götz, G., Iványi, Zs., 1998: Bevezetés a meteorológiába II. *Nemzeti Tankönyvkiadó*, 118-138., 186-200. Tankönyvi szám: J3-1344.
- Ellenberg, L., 1979: Die Prägung Japans durch das Klima. *Geographica Helvetica*, 2, 89-94. doi.org/10.5194/gh-34-89-1979
- Futó, J. (szerkesztő), 1979: Kontinensek földrajza I. *Tankönyvkiadó*, 632-641. ISBN: 9631737365
- Gusman, A. R., Tanioka, Y., MacInnes, B. T. Tsushima, H., 2014: A methodology for near-field tsunami inundation forecasting: Application to the 2011 Tohoku tsunami. *Advancing Earth and Space Science*, 119(11), 8186-8206. doi.org/10.1002/2014JB010958
- Harangi, Sz., 2017: A vulkánkitörések klímaváltoztató hatása: A kicsi is számít! *Magyar Tudomány*, 178 (2017/6) 664-673., <http://www.matud.iif.hu/2017/06/05.htm>
- Horváth, Gy., 2019: Mérőhálózat, adatbázis, adatellenőrzés - a földfelszíni megfigyelés jövője. 45. *Meteorológiai Tudományos Napok. Értéktéremtés meteorológiai információkkal, 2019. november 14-15. MTA, Budapest Az előadások összefoglalói*. <https://www.met.hu/omsz/rendezvenyek/index.php?id=2674>
- Jánosi I., 2006: A CUNAMI. Mindentudás az iskolában. *Fizikai Szemle*. 2006/1. B3. HU ISSN 0015-3257

- Jolivet, L., Fournier, M., Tamaki, K., 1994: Japan Sea, opening history and mechanism: A synthesis. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 99(B11) 22237-22259. DOI: 10.1029/93JB03463
- Justyák, J., 1997: Ázsia éghajlata. *Kossuth Egyetemi Kiadó*, Debrecen, 102-111.
- Kawabata, T., Shoji, Y., Seko, H., Saito, K., 2015: Numerical Study on a Mesoscale Convective System over a Subtropical Island with 4D-Var Assimilation of GPS Slant Total Delays. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 91(5), 705-721. doi: 10.2151/jmsj.2013-510
- Kocsis, K. (főszerkesztő), 2018: Magyarország Nemzeti Atlasza: Természeti környezet. *Magyar Tudományos Akadémia Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Földtudományi Intézet*, V. Éghajlat fejezet, [http://www.nemzetiAtlasz.hu/MNA/MNA\\_2\\_5.pdf](http://www.nemzetiAtlasz.hu/MNA/MNA_2_5.pdf)
- Korponai, G., 2012: Természetvédelem Japánban. *Tájökológiai Lapok* 10(1), 153-162. URL: <http://www.tajokologiaiLapok.szie.hu>, ISSN: 1589-4673
- Kosaka, E., Iida, A., Vanos, J., Middel, A., Yokohari, M., Brown, R., 2018: Microclimate Variation and Estimated Heat Stress of Runners in the 2020 Tokyo Olympic Marathon, *Atmosphere* 9(5), <https://www.mdpi.com/2073-4433/9/5/192>
- Kotteck, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., Rubel, F., 2006: World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift* 15, 259-263. doi: 10.1127/0941-2948/2006/0130
- Kovács, T., 2010: Különböző bioklíma indexek összehasonlító vizsgálata. *Diplomamunka ELTE-TTK Meteorológiai Tanszék*.
- Matzarakis, A., Fröhlich, D., Bermon, S., Adami, P. E., 2018: Quantifying Thermal Stress for Sport Events - The Case of the Olympic Games 2020 in Tokyo. *Atmosphere* 9(12) <https://www.mdpi.com/2073-4433/9/12/479>
- Matzarakis, A., Fröhlich, D., Bermon, S., Adami, P. E., 2019: Visualization of Climate Factors for Sport Events and Activities - The Tokyo 2020 Olympic Games. *Atmosphere* 10(10), <https://www.mdpi.com/2073-4433/10/10/572/htm>
- Misumi, R., Shoji, Y., Saito, K., Seko, H., Seino, N., Suzuki, S., Shusse, Y., Hirano, K., Bélair, S., Chandradekar, V., Lee, D. I., Filho, A. J. P., Nakatani, T., Maki, M., 2019: Result of the Tokyo Metropolitan Area Convection Study for Extreme Weather Resilient Cities (TOMACS). *American Meteorological Society*, 96(5), 779-804. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-18-0316.1>

- Péczely, Gy., 1998: Éghajlattan. *Nemzeti Tankönyvkiadó*, Budapest. 229-284.  
ISBN 963 18 8924 6
- Saito, K., Ishida, J., Aranami, Hara, T., Segawa, T., Narita, M., Honda, Y., 2007: Non hydrostatic Atmospheric Models and Operational Development at JMA. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 85B, 271-304. doi.org/10.2151/jmsj.85B.271
- Schwind, M., 1967: Das Japanische Inselreich, *Walter de Gruyter*. 545-546.  
[https://books.google.hu/books?hl=hu&lr=&id=nq-HuwA32twC&oi=fnd&pg=PR24&dq=schwind+das+japanische+inselreich&ots=hrd-SmiHaw&sig=DbyoWYVJGM0VCvPv6O4duW\\_V3Ag&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.hu/books?hl=hu&lr=&id=nq-HuwA32twC&oi=fnd&pg=PR24&dq=schwind+das+japanische+inselreich&ots=hrd-SmiHaw&sig=DbyoWYVJGM0VCvPv6O4duW_V3Ag&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- Sekiguchi, T., 1951: On the Year climate in Japan. *Geographical Review of Japan*, 24(6), 175-185. doi.org/10.4157/grj.24.175
- Sekiguti, T., 1954: Progress of Climatology in Japan. *Bulletin American Meteorological Society*, 358(9), 428-432. doi.org/10.1175/1520-0477-35.9.428
- Szegő, J., 2020: Meteorológiai és éghajlati információk a 2020-as Tokiói Nyári Olimpiai Játékokra. *Tudományos Diákköri Dolgozat* (témavezető: Weidinger T.) ELTE Meteorológiai Tanszék, 42. oldal (Benyújtva a XVII. Országos Felsőoktatási Diákkonferenciára) Lésd az összefoglalót:  
[http://ofkd2020.hu/sites/default/files/xvii.\\_ofkd\\_absztraktkotet.pdf](http://ofkd2020.hu/sites/default/files/xvii._ofkd_absztraktkotet.pdf)
- Taira, A., 2001: Tectonic evolution of the Japanese island arc system. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 14(29) 109-134. doi.org/10.1146/annurev.earth.29.1.109
- Yazawa, T., 1990: Studies in climatic regions of Japan: a critical review. *Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University*, 25. 289-304.  
<https://www.ues.tmu.ac.jp/geog/en/publication/index.html>
- Yoshino, M. M., 1980: The Climatic Regions of Japan (Die Klimaregionen Japan). *Erdunke*, 34(2), 81-87. [www.jstor.org/stable/25644163](http://www.jstor.org/stable/25644163)

### **Internetes hivatkozások jegyzéke**

- <https://www.jma.go.jp/jma/indexe.html> - a JMA angol nyelvű honlapjának főoldala
- <http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/en/guide/tsunamiinfo.html> - a JMA cunami információs honlapja
- <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/en/smp/index.html> - a JMA éghajlati honlapja



<https://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/longfcst/en/tourist.html> - a JMA éghajlati leírásokat tartalmazó honlapja

<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/en/normal/normal.html> és <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/en/smp/index.html> - a JMA éghajlati adatokat tartalmazó honlapja

<https://www.jma.go.jp/jma/en/Background/mission.html> - JMA feladatai, illetve a Meteorológiai Szolgáltatások Törvény angol fordítása innen elérhető

<https://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/twoweeek/en/>, <https://www.jma.go.jp/en/longfcst/> - JMA hosszútávú előrejelzések tartalmazó honlapja

<https://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/observations.html> - a JMA megfigyelő hálózat honlapja

<https://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/nwp.html> - a JMA előrejelzési modellek honlapja

<https://www.jma.go.jp/en/gms/> - a JMA műholdképek honlapja

<https://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/earthquake.html> - a JMA földrengések honlapja

<https://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/eew.html> - a JMA földrengésekkel kapcsolatos teendők leírását tartalmazó honlapja

<https://www.jma.go.jp/en/quake/> - a JMA földrengések mérési adatainak honlapja

<https://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/radar/radar.html> - a JMA radar honlapja

<https://www.jma.go.jp/en/yoho> - JMA rövidtávú (napi) előrejelzések elérhetősége

<https://www.jma.go.jp/en/jikei> - JMA rövidtávú (napi 3 órás) előrejelzések elérhetősége

<https://www.jma.go.jp/en/week> - JMA rövidtávú (heti) előrejelzések elérhetősége

<https://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/upper/upper.html> - a JMA rádiószondák honlapja

<http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/hibiten/index.html> - JMA szinoptikus térképek japán nyelvű letöltő oldala

<https://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/jma-center/rsmc-hp-pub-eg/trackarchives.html> - JMA tájfun adatokat tartalmazó honlapja

<https://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/aws.html> - a JMA tengeri és repülőtéri méréseit leíró honlapja

<https://www.data.jma.go.jp/tokyo2020/#lang=eng> - JMA Tokiói nyári olimpia angol nyelvű honlapja

<https://www.data.jma.go.jp/multi/index.html?lang=en> - JMA Tokiói nyári olimpia honlapjának vészjelzések aloldala

<https://www.jma.go.jp/jma/en/Background/history.html> - a JMA történeti áttekintő honlapja

<https://www.jma.go.jp/en/warn/index.html> - a JMA vészjelzéseket / riasztásokat bemutató honlapja

<https://www.jma.go.jp/en/volcano/> - a JMA vulkáni vészjelzéseket bemutató honlapja

<https://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/windpro/windpro.html> - a JMA wind profilert leíró honlapja

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Reliefmap\\_of\\_Japan.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Reliefmap_of_Japan.png) - Japán domborzata

[https://www.japanhoppers.com/en/all\\_about\\_japan/general/259](https://www.japanhoppers.com/en/all_about_japan/general/259) - Japan Hoppers honlapja

<https://japannemzetiparkjai.wordpress.com/> - Japán Nemzeti Parkjait leíró honlap

<https://www.stat.go.jp/english/data/handbook/c0117.html> - Japán Statisztikai Hivatal honlapja

<https://www.met.hu/> - az OMSZ honlapja

<https://www.met.hu/idojaras/elorejelzes/valoszinusegi/> - az OMSZ által készített fáklya diagram elérhetősége

[https://www.met.hu/idojaras/elorejelzes/europai\\_elorejelzes/](https://www.met.hu/idojaras/elorejelzes/europai_elorejelzes/) - az OMSZ hosszú távú előrejelzésének honlapja

[https://www.met.hu/idojaras/veszelyjelzes/omsz\\_veszelyjelzo\\_rendszere/](https://www.met.hu/idojaras/veszelyjelzes/omsz_veszelyjelzo_rendszere/) - az OMSZ figyelmeztetéseket, veszélyjelzéseket/riasztásokat leíró honlapja

<http://www.seismology.hu/index.php> - Kövesligethy Radó Szeizmológiai Observatórium honlapja

<https://tokyo2020.org/en/> - a Tokiói olimpiai játékok hivatalos honlapja

<https://tokyo2020.org/en/news/new-dates-tokyo-2020> - a Tokiói olimpiai játékok elhalasztásáról szóló hivatalos közlemény

<https://www.toya-usu-geopark.org/english/about-us> - Toya-Usu UNESCO Global Geopark honlapja

[https://www.who.int/uv/intersunprogramme/activities/uv\\_index/en/](https://www.who.int/uv/intersunprogramme/activities/uv_index/en/) - WHO UV indexet leíró honlapja

<https://public.wmo.int/en/About-us/FAQs/faqs-tropical-cyclones> - WMO trópusi ciklonok általános leírása