

2021년도 우리나라 기후변화 영향조사

요약 보고서

2021. 12.

목 차

I. 서론 3

- 1. 주요 기후형의 유형 5
- 2. 기후형의 명칭 6
- 3. 아열대 기후의 기준 10
- 4. 분석자료 및 방법 12

II. 우리나라의 기후 구분 13

- 1. 트레와다(Trewartha) 14
- 2. 쾨펜(Köppen) 17
- 3. 크루츠버그(Creutzburg) 20

III. 결론 22

2021년도 우리나라 기후변화 영향조사
우리나라 기후구분에 관하여

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113

114

115

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134

135

136

137

138

139

140

141

142

143

144

145

146

147

148

149

150

151

152

153

154

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

168

169

170

171

172

173

174

175

176

177

178

179

180

181

182

183

184

185

186

187

188

189

190

191

192

193

194

195

196

197

198

199

200

201

202

203

204

205

206

207

208

209

210

211

212

213

214

215

216

217

218

219

220

221

222

223

224

225

226

227

228

229

230

231

232

233

234

235

236

237

238

239

240

241

242

243

244

245

246

247

248

249

250

251

252

253

254

255

256

257

258

259

260

261

262

263

264

265

266

267

268

269

270

271

272

273

274

275

276

277

278

279

280

281

282

283

284

285

286

287

288

289

290

291

292

293

294

295

296

297

298

299

300

301

302

303

304

305

306

307

308

309

310

311

312

313

314

315

316

317

318

319

320

321

322

323

324

325

326

327

328

329

330

331

332

333

334

335

336

337

338

339

340

341

342

343

344

345

346

347

348

349

350

351

352

353

354

355

356

357

358

359

360

361

362

363

364

365

366

367

368

369

370

371

372

373

374

375

376

377

378

379

380

381

382

383

384

385

386

387

388

389

390

391

392

393

394

395

396

397

398

399

400

401

402

403

404

405

406

407

408

409

410

411

412

413

414

415

416

417

418

419

420

421

422

423

424

425

426

427

428

429

430

431

432

433

434

435

436

437

438

439

440

441

442

443

444

445

446

447

448

449

450

451

452

453

454

455

456

457

458

459

460

461

462

463

464

465

466

467

468

469

470

471

472

473

474

475

476

477

478

479

480

481

482

483

484

485

486

487

488

489

490

491

492

493

494

495

496

497

498

499

500

501

502

503

504

505

506

507

508

509

510

511

512

513

514

515

516

517

518

519

520

521

522

523

524

525

526

527

528

529

530

531

532

533

534

535

536

537

538

539

540

541

542

543

544

545

546

547

548

549

550

551

552

553

554

555

556

557

558

559

560

561

562

563

564

565

566

567

568

569

570

571

572

573

574

575

576

577

578

579

580

581

582

583

584

585

586

587

588

589

590

591

592

593

594

595

596

597

598

599

600

601

602

603

604

605

606

607

608

609

610

611

612

613

614

615

616

617

618

619

620

621

622

623

624

625

626

627

628

629

630

631

632

633

634

635

636

637

638

639

640

641

642

643

644

645

646

647

648

649

650

651

652

653

654

655

656

657

658

659

660

661

662

663

664

665

666

667

668

669

670

671

672

673

674

675

676

677

678

679

680

681

682

683

684

685

686

687

688

689

690

691

692

693

694

695

696

697

698

699

700

701

702

703

704

705

706

707

708

709

710

711

712

713

714

715

716

717

718

719

720

721

722

723

724

725

726

727

728

729

730

731

732

733

734

735

736

737

738

739

740

741

742

743

744

745

746

747

748

749

750

751

752

753

754

755

756

757

758

759

760

761

762

763

764

765

766

767

768

769

770

771

772

773

774

775

776

777

778

779

780

781

782

783

784

785

786

787

788

789

790

791

792

793

794

795

796

797

798

799

800

801

802

803

804

805

806

807

808

809

810

811

812

813

814

815

816

817

818

819

820

821

822

823

824

825

826

827

828

829

830

831

832

833

834

835

836

837

838

839

840

841

842

843

844

845

846

847

848

849

850

851

852

853

854

855

856

857

858

859

860

861

862

863

864

865

866

867

868

869

870

871

872

873

874

875

876

877

878

879

880

881

882

883

884

885

886

887

888

889

890

891

892

893

894

895

896

897

898

899

900

901

902

903

904

905

906

907

908

909

910

911

912

913

914

915

916

917

918

919

920

921

922

923

924

925

926

927

928

929

930

931

932

933

934

935

936

937

938

939

940

941

942

943

944

945

946

947

948

949

950

951

952

953

954

955

956

957

958

959

960

961

962

963

964

965

966

967

968

969

970

971

972

973

974

975

976

977

978

979

980

981

982

983

984

985

986

987

988

989

990

991

992

993

994

995

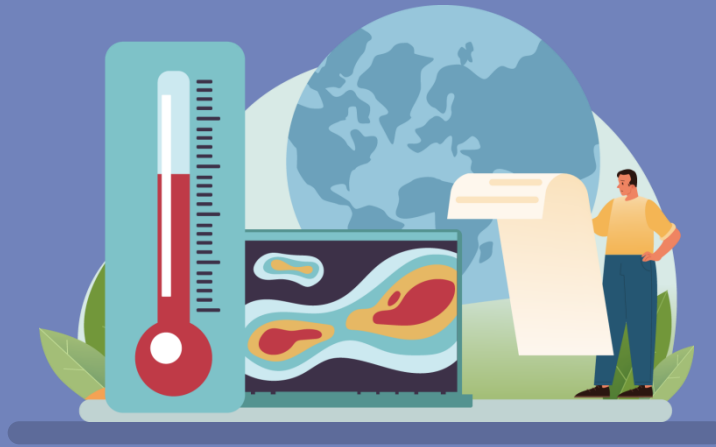
996

997

998

999

1000



I 서론

1. 주요 기후형의 유형
2. 기후형의 명칭
3. 아열대 기후의 기준
4. 분석자료 및 방법

I 서론

기후변화에 관한 정부간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 제6차 평가보고서에 따르면 최근(2011~2020년) 전지구 지표면 온도는 산업화 이전(1850~1900년) 대비 1.09℃ 상승하였다. 온실가스 배출량의 감소 없이 현 수준을 유지한다면 2021~2040년 중 1.5℃ 지구온난화를 넘을 가능성이 높을 것으로 전망하였다.

우리나라도 최근(1991~2020년) 연평균기온이 과거(1912~1940년)에 비해 1.6℃ 상승하여 폭염·열대야 일수 등 더위 관련 극한기후지수가 뚜렷하게 증가하였다. 여름은 20일 길어지고, 겨울은 22일 짧아져서 봄과 여름 시작일이 각각 17일, 11일 빨라졌다.

기후변화로 아열대 과수의 재배 면적지가 점차 증가하고 있으며 아열대 지역에서 흔히 볼 수 있는 조류, 병해충 등이 발견되고 있어 농업, 생태계, 산림 등 여러 부문에서 우리나라 아열대화에 대한 과학적 근거자료 요구가 증가하고 있다.

이 보고서에서는 신(新) 기후평년값(1991~2020년)과 가장 온난했던 최근 10년(2011~2020년)의 우리나라 총 66개 종관기상관측지점에 대한 기후 구분을 제시하였다.

- 아열대 기후형은 기후 구분 기준에 따라 다르게 분류되며 이 보고서에서는 트레와다(Trewartha), 쾨펜(Köppen), 크루츠버그(Creutzburg) 기준을 이용하였다.

1 주요 기후형의 유형

지구에 존재하는 기후형을 기온, 강수량에 따라 간단하게 정리하면 그림 1과 같다. 기온이 매우 높고 강수량이 많은 지역은 열대 다우로, 기온이 매우 낮은 지역은 극/툰드라/타이가로 분류되고, 그 중간 지역에는 다양한 기후형이 존재한다.

- 중위도와 유라시아 내륙 동안에 위치하는 우리나라는 대륙성 기후가 뚜렷하고 강수량이 풍부하여 ‘습윤 대륙성 여름 온난’ 기후형으로 정의(김연옥, 1995)되며, 남해안과 제주 해안을 따라 좁은 지역에 ‘아열대 습윤’ 기후형도 존재한다.
- 보통 아열대 기후는 열대와 유사한 여름철 기후 특성을 보이며, 겨울철이 비교적 온난하다. 이러한 아열대 기후 지역은 위도 30°를 중심으로 주로 분포한다.

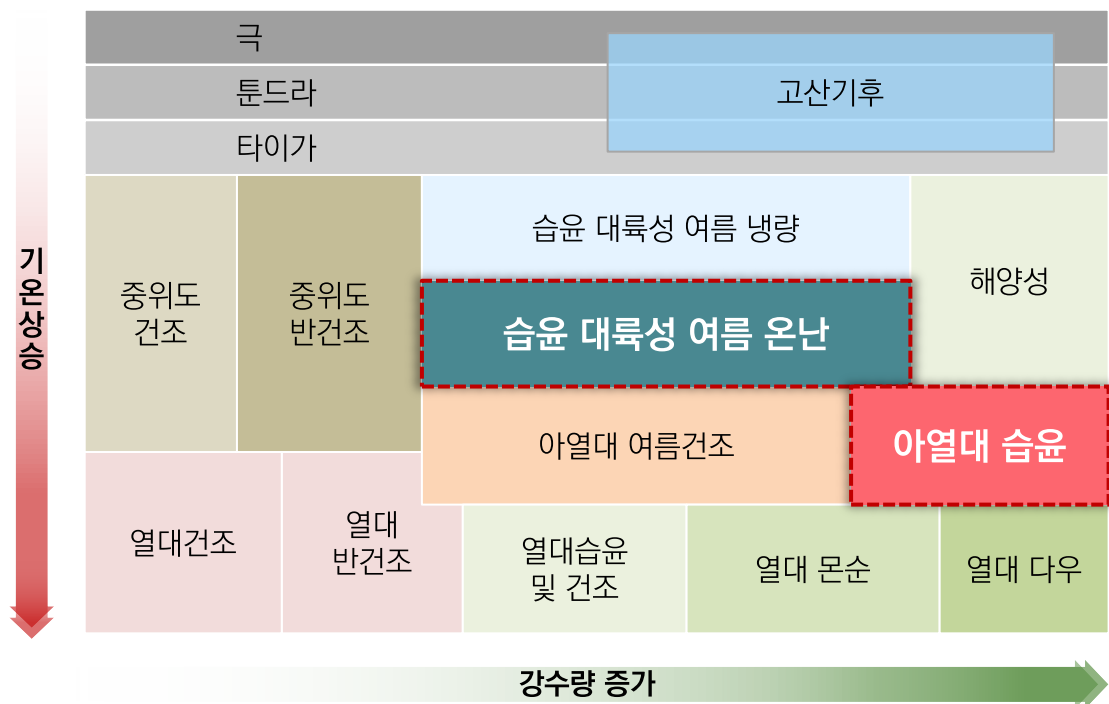


그림1 기온과 강수량에 따른 주요 기후형의 분포(김연옥, 1995)

2 기후형의 명칭

콰펜의 기후 구분은 기후대 및 기후지역을 구분하여 2자리 혹은 3자리의 알파벳 조합으로 기후형을 표기한다(표 1).

- 1차 구분은 기온이 반영된 위도를 기준으로 적도에서 극지방(남극, 북극)으로 나타나는 기후를 알파벳 순서대로 분류한 것이다. A는 열대 기후, B는 건조 기후, C는 온대 기후, D는 냉대 기후, E는 한대 기후를 나타낸다. 콰펜이 식생을 중요시한 만큼 이 중 A/C/D를 수목 기후, B/E를 무수목 기후라 한다.
- 2차 구분은 수목 기후에 한해 강수량을 기준으로 하며, 3차 구분은 온대와 냉대 기후에서만 추가적으로 쓰이며 세부기온 기준을 적용하여 구분한다.

표1 콰펜의 기후 구분 기준

| 1차 구분 (기온 기준) | | 2차 구분 (강수량 기준) | | 3차 구분 (세부기온 기준) | |
|------------------|----|-------------------|---------------|--------------------|---|
| A | 열대 | f | 건기 없음 | a | 최난월 평균기온이 22℃ 이상, 월평균기온이 10℃ 이상인 월이 4개월 이상 |
| B | 건조 | w | 겨울건기, 여름우기 | b | 최난월의 평균 기온이 22℃ 미만, 월평균기온이 10℃ 이상인 월이 4개월 이상 |
| C | 온대 | s | 겨울우기, 여름건기 | c | 최난월 평균기온이 22℃ 미만, 월평균기온이 10℃ 이상인 월이 4개월 미만 |
| D | 냉대 | | | d | 최한월의 평균기온이 -38℃ 이하 |
| E | 한대 | | | | |

트레와다 기준에서 3차 기준의 h와 k는 건조 기후(B)에 추가로 쓰이고, a와 b는 아열대 기후(C)와 온대 기후(D)에 추가로 쓰인다(표 2).

표2 트레와다의 기후 구분 기준(Belda *et al.*, 2014; 기상청, 2015)

| 1차 구분 | | 2차 구분 | | 3차 구분 | |
|-------|-----|-------|-------------------------|-------|----------------------|
| A | 열대 | r | 10~12개월 습윤 | | |
| | | w | 겨울건기(3개월 이상) | | |
| | | s | 여름건기 | | |
| B | 건조 | S | 스텝 또는 반건조 | h | 8개월 이상의 평균기온이 10℃ 이상 |
| | | W | 연중건조(사막) | k | 8개월 미만의 평균기온이 10℃ 이상 |
| C | 아열대 | f | 건기없음(연중습윤) | a | 최난월의 평균기온이 22℃ 이상 |
| | | w | 겨울건기, 여름우기 | b | 최난월의 평균기온이 22℃ 미만 |
| | | s | 겨울우기, 여름건기 | | |
| D | 온대 | o | 최한월 온난 | | |
| | | c | 최한월 한랭 | | |
| E | 아한대 | - | | | |
| F | 한대 | t | 최난월의 평균기온 0℃ 이상, 10℃ 미만 | | |
| | | i | 연중 한랭 | | |

표3 크루츠버그의 기후 구분 기준

| 구분 | 기 준 |
|------|---------------------------------------|
| 열대 | 여러 특성을 종합하여 결정 |
| 아열대 | 평균기온이 6℃ 이하의 월이 없고, 20℃ 이상의 월이 2개월 이상 |
| 온대 | 적설일수가 150일 미만 |
| 한대 | 적설일수가 150일 이상 |
| 고지기후 | 해발 1,200m 이상 |

기후형을 구분하기 위한 다수의 연구들이 수행되었으나, 기후형 명칭은 통일되어 있지 않다. 기상청 보고서(2015)에서는 ‘C 기후형’을 아열대로 명명하고, 모든 기후형을 영어로 표기하였다.

- 콤펜과 트레와다에서 ‘C 기후형’은 영어로는 ‘Subtropical’로 ‘아열대’를 의미하지만(Belda *et al.*, 2014), 국내 문헌에서는 같은 ‘C 기후형’에 대해 다양한 명칭이 제시되었다.
 - 김연옥(1995)은 ‘C 기후형’을 ‘온난’으로, 이승호(2015)는 ‘온화한 중위도’로 명명하였고, 세부 기후형을 정의함에 있어, 김연옥(1995)은 콤펜에서 ‘아열대’라는 명칭을 사용하지 않지만, 이승호(2015)는 ‘아열대’를 포함하여 ‘Cfa’를 ‘아열대연중습윤’, ‘Cwa’를 ‘아열대습윤(건조 겨울)’으로 명명하고 있다.
 - 트레와다 기후형은 김연옥(1995)만이 제시하여, ‘C 기후형’은 ‘아열대’, ‘D 기후형’은 ‘온대’, ‘o’는 ‘해양성’, ‘c’는 ‘대륙성’으로 구분하고 있다.

표4 콤펜과 트레와다의 기준 적용 시 우리나라 기후형 명칭(김연옥, 1995)

| 구분 기준 | 기후형 | |
|-------|--------|--------------------|
| 콤펜 | 온난(C) | Cfa 온난습윤(더운 여름) |
| | | Cfb 온난습윤(선선한 여름) |
| | | Cwa 온난동기과우(더운 여름) |
| | | Cwb 온난동기과우(선선한 여름) |
| | 한랭(D) | Dfa 한랭습윤(더운 여름) |
| | | Dfb 한랭습윤(선선한 여름) |
| | | Dwa 한랭동기과우(더운 여름) |
| | | Dwb 한랭동기과우(선선한 여름) |
| 트레와다 | 아열대(C) | Cfa 아열대습윤(더운 여름) |
| | | Cwa 아열대겨울건조(더운 여름) |
| | 온대(D) | Doa 온대해양성(더운 여름) |
| | | Dca 온대대륙성(더운 여름) |
| | | Dcb 온대대륙성(선선한 여름) |

표5 궤펜의 기준 적용 시 우리나라 기후형 명칭(이승호, 2015)

| 구분 기준 | 기후형 | | |
|-------|---------------|-----|--------------------|
| 궤펜 | 온화한 중위도(C) | Cfa | 아열대연중습윤 |
| | | Cfb | 서안해양성(고온의 여름) |
| | | Cwa | 아열대습윤(건조 겨울) |
| | | Cwb | 온화한중위도건조겨울(고온의 여름) |
| | 한랭한 중위도(D) | Dfa | 대륙성연중습윤(뜨거운 여름) |
| | | Dfb | 대륙성연중습윤(고온의 여름) |
| | | Dwa | 대륙성습윤건조겨울(뜨거운 여름) |
| | | Dwb | 대륙성습윤건조겨울(고온의 여름) |

* 이승호(2015)에는 궤펜의 기후형 구분만 제시

- 이 보고서에서는 우리나라 실정에 맞는 기후형의 명칭을 사용하기 위해 강권민 외 (2021)의 명칭을 표 6에 제시하였다. 예를 들어, 우리나라 여름철에 대한 기후 표현은 ‘덥다’와 ‘선선하다’가 적절하다고 판단되어 사용하였고, 궤펜의 ‘Cfb’는 ‘온난연중습윤(선선한 여름)’으로 표현하였다.

표6 궤펜과 트레와다의 기준 적용 시 기후형 한글 명칭(강권민 외, 2021)

| 구분 기준 | 기후형 | | |
|-------|-----------------|-----|------------------|
| 궤펜 | 아열대 또는 온난(C) | Cfa | 아열대연중습윤(더운 여름) |
| | | Cfb | 온난연중습윤(선선한 여름)* |
| | | Cwa | 아열대습윤건조겨울(더운 여름) |
| | | Cwb | 온난습윤건조겨울(선선한 여름) |
| | 한랭(D) | Dfa | 한랭습윤(더운 여름) |
| | | Dfb | 한랭습윤(선선한 여름) |
| | | Dwa | 한랭습윤건조겨울(더운 여름) |
| | | Dwb | 한랭습윤건조겨울(선선한 여름) |
| 트레와다 | 아열대(C) | Cfa | 아열대습윤(더운 여름) |
| | | Cwa | 아열대겨울건조(더운 여름) |
| | 온대(D) | Doa | 온대해양성(더운 여름) |
| | | Dca | 온대내륙성(더운 여름) |
| | | Dcb | 온대내륙성(선선한 여름) |

* 일반적으로 서안해양성기후라고 명명하지만, 우리나라에는 적절하지 않아서 명칭을 수정

3 아열대 기후의 기준

아열대 기후는 열대 기후와 유사한 여름철 기후 특성을 보이고, 겨울철은 비교적 온난한 기후 특성을 지닌다(기상청, 2015). 하지만 아열대 기후를 구분하기 위한 명확한 기준은 정립되어 있지 않다.

- 아열대 기후(Subtropical Climate)를 분류하고 있는 대표적인 기후 구분법에는 쿠피펜, 트레와다, 크루츠버그 등이 있는데 그 기준은 크게 다르다.

쿠피펜의 기준에서 아열대 기후는 최한월 평균기온이 $-3\sim 18^{\circ}\text{C}$ 이며, 최난월 평균기온이 10°C 이상인 지역으로 분류되며 중위도의 많은 지역에서 아열대 기후가 나타난다.

트레와다의 기준은 쿠피펜의 기준을 수정한 것으로 쿠피펜보다 아열대에 대한 보다 상세하고, 엄격한 기준을 적용한다. 최한월 평균기온이 18°C 이하이며, 월평균기온이 10°C 이상인 월이 8개월 이상인 지역을 아열대 기후로 분류한다. 이 기준은 현재까지 우리나라에서 아열대와 관련된 연구에서 가장 많이 사용되는 방법이고, 전 세계 식생대를 가장 잘 반영한 기후 구분으로 알려져 있다.

크루츠버그의 기준은 쿠피펜이나 트레와다 보다 더 엄격하여 월평균기온이 6°C 이하인 월이 없고, 20°C 이상인 월이 2개월 이상일 때 아열대 기후로 분류한다.

쿠피펜과 트레와다에 적용되는 2차 기준은 강수량, 3차 기준은 세부 기온을 따른다. 이를 정리하면 표 7과 같다.

표7 분석에 사용된 기후형 구분 기준

| 기후형 | | | | 기준 |
|-------|-----------|-------------|-------------|---|
| 코펜 | C D | | | 최난월 평균기온이 10℃ 이상이고, 최한월 평균기온이 -3~18℃ 최난월 평균기온이 10℃ 이상이고, 최한월 평균기온이 -3℃ 미만 |
| | | w s f | | 여름철 최습윤월 강수량이 겨울철 최건월 강수량의 10배 이상 겨울철 최습윤월 강수량이 여름철 최건월 강수량의 3배 이상 w, s에 속하지 않음 |
| | | | a b c | 최난월 평균기온이 22℃ 이상, 월평균기온 10℃ 이상인 월이 4개월 이상 최난월 평균기온이 22℃ 미만, 월평균기온 10℃ 이상인 월이 4개월 이상 최난월 평균기온이 22℃ 미만, 월평균기온 10℃ 이상인 월이 4개월 미만 |
| 트레와다 | C | | | 최한월 평균기온이 18℃ 이하, 월평균기온이 10℃ 이상인 월이 8개월 이상 |
| | | w s f | | 여름 반년의 강수량이 겨울 반년 강수량의 10배 이상 겨울 반년의 강수량이 여름 반년 강수량의 3배 이상 w, s에 속하지 않음 |
| | | | a b | 최난월 평균기온 22℃ 이상 최난월 평균기온이 22℃ 미만 |
| | D | | | 월평균기온이 10℃ 이상인 월이 4~7개월 |
| | | o c | | 최한월 평균기온 0℃ 이상 최한월 평균기온 0℃ 미만 |
| | | | a b | 최난월 평균기온 22℃ 이상 최난월 평균기온이 22℃ 미만 |
| 크루츠버그 | 아열대 온대 | | | 월평균기온 6℃ 이하인 월이 없고, 20℃ 이상인 월이 2개월 이상 적설일수가 150일 이하 |
| | | 습윤 반습윤 | | 습윤월*이 9개월 이상 습윤월*이 5~8개월 |

*월강수량이 r보다 많을 경우 습윤월로 정의, $r[12r-20(t+7)]=3000$, t: 월평균기온(℃)

4 분석자료 및 방법

이 보고서에서는 기상자료개방포털(data.kma.go.kr)에서 제공하는 ASOS 66개 지점*의 월평균기온, 월강수량 관측자료를 사용하여 표 7에 따라 우리나라의 아열대 기후를 구분하였다.

* 30년(1991~2020년) 관측값을 온전히 보유하는 지점

우리나라 현재 기후 구분과 변화 특성을 분석하기 위해 ASOS 66개 지점의 과거(1981~2010년)와 신 평년값 기간(1991~2020년)의 기후형을 비교 분석하였고 상세한 기후 구분 변화를 분석하기 위하여 10년별(1991~2000년/2001~2010년/2011~2020년) 기후형도 함께 비교하였다.



II 우리나라의 기후 구분

1. 트레와다
2. 쿼펜
3. 크루츠버그

II

우리나라의 기후 구분

1 트레와다

트레와다 기준에 따른 30년 단위의 기후 구분 결과, 우리나라에는 총 4개의 기후형(Cfa, Doa, Dca, Dcb)이 나타난다. 우리나라에서 가장 넓은 면적을 차지하는 기후형은 온대내륙성 기후형(Dca)이며, 그 다음으로 아열대 습윤(Cfa), 온대해양성(Doa) 기후형 순으로 나타났다(표 8).

- 아열대 기후를 판단하는데 있어 쿠파 기준보다 엄격한 트레와다 기준을 적용하면 아열대 기후형은 제주도와 남해안을 따라 좁은 면적에 걸쳐 분포(약 20%)한다.
- 1981~2010년에는 겨울이 온난한 온대해양성 기후형(Doa)에 속했던 울산 지점이 1991~2020년에는 아열대 기후형(Cfa)에 속하여 아열대 기후형 면적이 소폭 증가(+1.5%)하였다. 또한, 온대내륙성 기후형(Dca)에 속했던 속초, 전주, 진주 3개 지점이 1991~2020년에 최한월 평균기온이 0℃ 이상으로 상승하여 온대해양성 기후형(Doa)으로 바뀌었다(그림 2).
- 즉, 기온 상승으로 인해 온대내륙성 기후형(Dca)에 속했던 지점이 온대해양성 기후형(Doa)으로, 온대해양성 기후형(Doa)이 아열대습윤 기후형(Cfa)으로 변화하는 경향이 발견되었다.

표8 트레와다 기준을 적용한 기후형별 지점 수와 면적비율(30년 단위)

| 기후형 | | | 1981~2010년 | 1991~2020년 |
|-----|-----|----------------|------------|------------|
| 아열대 | Cfa | 아열대습윤 (더운 여름) | 13개(19.7%) | 14개(21.2%) |
| | Doa | 온대해양성 (더운 여름) | 11개(16.7%) | 13개(19.7%) |
| 온대 | Dca | 온대내륙성 (더운 여름) | 40개(60.6%) | 37개(56.1%) |
| | Dcb | 온대내륙성 (선선한 여름) | 2개(3.0%) | 2개(3.0%) |

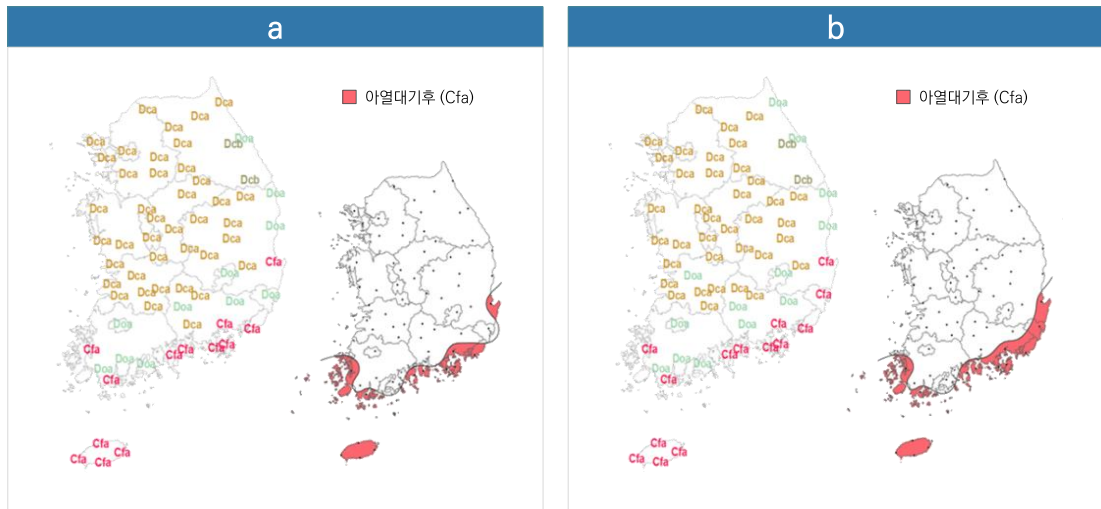


그림2 트레와다 기준을 적용한 30년별 기후형 구분 결과
(a) 1981~2010년, (b) 1991~2020년

트레와다 기준에 따른 10년 단위의 기후 구분 결과, 우리나라에는 총 4개의 기후형(Cfa, Doa, Dca, Dcb)이 나타난다. 30년 단위 분석과 동일하게 우리나라에서 가장 넓은 면적을 차지하는 기후형은 여름이 더운 온대내륙성 기후형(Dca)이다(표 9).

- 산지에 위치하여 고도가 높은 지점인 대관령, 태백 두 지점은 최난월 평균기온이 22℃ 미만으로 여름철 기온이 낮아, 여름이 선선한 온대내륙성 기후형(Dcb)에 속한다(그림 3).
- 아열대 기후형(Cfa)에 속하는 지점은 1990년대, 2000년대에 모두 14개 지점(포항, 울산, 창원, 부산, 통영, 목포, 여수, 완도, 제주, 고산, 성산, 서귀포, 거제, 남해)으로 동일하였으며, 2010년대에는 광주 지점이 새롭게 추가되어 총 15개 지점이 아열대 기후형으로 구분되었다(그림 3, 그림 4). 광주 지점은 비슷한 위도에서 내륙에 위치한 다른 지점들에 비해 11월 평균기온(10.1℃)이 높아, 2010년대에 아열대 기후형에 속하게 되었다.
- 온대지역(D)에 속하는 기후형의 변화를 보면, 1990년대에 비해 2000년대에 온대내륙성(Dca) 기후형이 감소하고 온대해양성 기후형(Doa)이 다소 증가하였지만(+3%), 2010년대에 다시 온대해양성 기후형(Doa)이 감소(-6%)하는 것으로 나타났다.
- 2010년대에는 전체의 50% 이상의 지점(36개)에서 최한월 평균기온이 이전 10년에 비해 하강하면서 온대내륙성 기후형(Dca)이 우리나라 전체의 59.1%까지 증가하였다(표 9).
- 여름이 선선한 온대내륙성 기후형(Dcb)은 1990년대와 2000년대에는 대관령, 태백 두 지점에서 나타났지만, 2010년대에는 태백의 최난월 평균기온이 22.1℃로 상승하여 대관령 지점에서만 해당 기후형이 나타났다.

표9 트레와다 기준을 적용한 기후형별 지점 수와 면적비율(10년 단위)

| 기후형 | | | 1991~2000년 | 2001~2010년 | 2011~2020년 |
|-----|-----|-------------------|------------|------------|------------|
| 아열대 | Cfa | 아열대습윤 (더운 여름) | 14개(21.2%) | 14개(21.2%) | 15개(22.7%) |
| | Doa | 온대해양성 (더운 여름) | 13개(19.7%) | 15개(22.7%) | 11개(16.7%) |
| 온대 | Dca | 온대내륙성 (더운 여름) | 37개(56.1%) | 35개(53.0%) | 39개(59.1%) |
| | Dcb | 온대내륙성 (선선한 여름) | 2개(3.0%) | 2개(3.0%) | 1개(1.5%) |

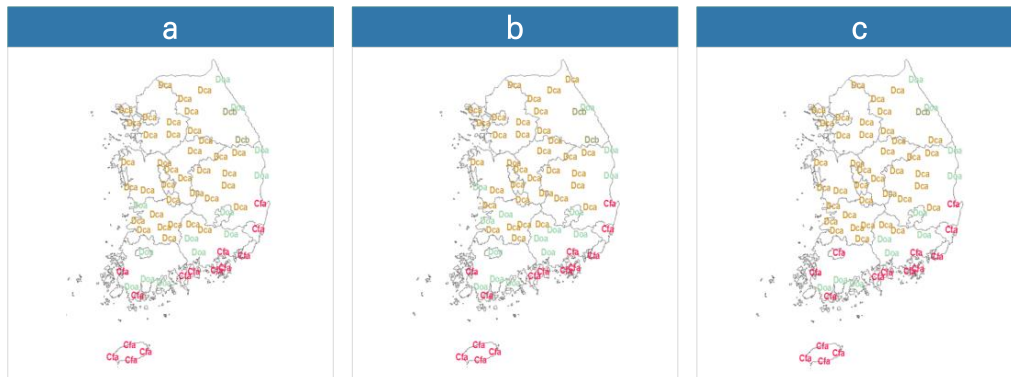


그림3 트레와다 기준을 적용한 10년별 기후형 구분 결과
(a)1991~2000년, (b)2001~2010년, (c)2011~2020년

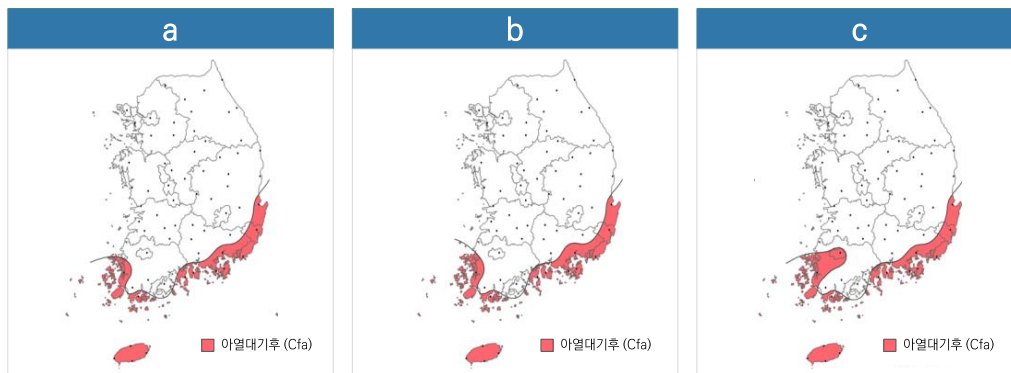


그림4 트레와다 기준을 적용한 10년별 아열대 기후형 분포
(a) 1991~2000년, (b) 2001~2010년, (c) 2011~2020년

2 쾨펜

쾨펜 기준에 따라 30년 단위로 기후를 구분하면 우리나라에 총 4개의 기후형(Cwa, Cfa, Dwa, Dwb)이 나타난다. 중부 일부 지역을 제외한 대부분의 지점들이 아열대 기후형(Cwa, Cfa)으로 구분되며 전체 면적의 약 80%를 차지한다(표 10).

- 1981~2010년에는 한랭 기후형(Dwa)이었던 보은과 의성 지점이 1991~2020년에는 아열대 기후형(Cwa)에 속하면서 해당 면적이 소폭 증가(77.3% → 80.3%)하였다(그림 5).
- 주변 지역에 비해 겨울철 평균기온이 낮았던 두 지점(보은, 의성)의 최한월(1월) 평균기온은 1991~2020년에 아열대 기후형의 기준온도까지 상승하였다.

※ 보은: -3.4℃ → -2.9℃, 의성: -3.5℃ → -3.0℃

| 표10 쾨펜 기준을 적용한 기후형별 지점 수와 면적비율(30년 단위) | | | | | | |
|--|-----|----------------------|----------------|-------|----------------|-------|
| 기후형 | | | 1981~2010년 | | 1991~2020년 | |
| 아열대 | Cwa | 아열대습윤건조겨울 (더운 여름) | 34개 (51.5%) | 77.3% | 34개 (51.5%) | 80.3% |
| | Cfa | 아열대연중습윤 (더운 여름) | 17개 (25.8%) | | 19개 (28.8%) | |
| 한랭 | Dwa | 한랭습윤건조겨울 (더운 여름) | 13개 (19.7%) | 22.7% | 11개 (16.7%) | 19.7% |
| | Dwb | 한랭습윤건조겨울 (선선한 여름) | 2개 (3.0%) | | 2개 (3.0%) | |

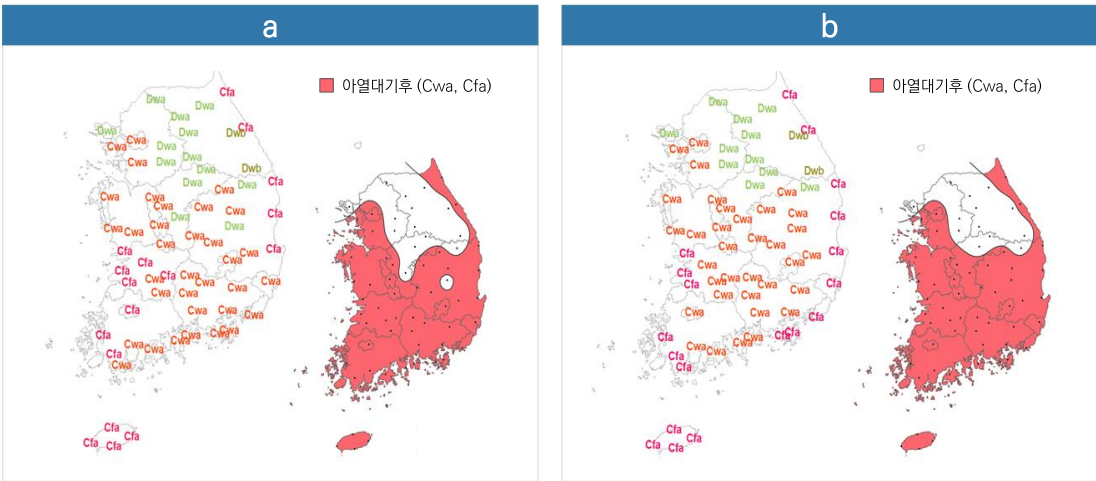


그림5 쾨펜 기준을 적용한 30년별 기후형 구분 결과 (a) 1981~2010년, (b) 1991~2020년

콤편 기준에 따라 10년 단위로 기후를 구분하면 우리나라에 총 5개의 기후형(Cwa, Cfa, Dwa, Dwb, Dfb)이 나타난다. 30년 단위 구분에서 나타나지 않았던 'Dfb'는 여름이 선선한 한랭습윤 기후형으로 1990년대의 대관령 지점이 이에 해당되었다.

- 아열대 기후형인 'Cwa, Cfa'에 속하는 지점은 1990년대와 2000년대 총 53개로 우리나라 전체 면적의 80.3%를 차지했다(표 11). 전체 면적의 변화는 없지만, 강화와 이천 지점이 아열대 기후형인 'Cwa'에서 한랭습윤한 'Dwa'로 변하였고, 보은과 의성 지점은 'Dwa'에서 'Cwa'로 변하였다(그림 6).
- 2010년대에는 아열대 기후형에 속하는 지점이 총 52개 지점(78.8%)으로 아열대 기후형의 면적은 소폭 감소(-1.5%)하였다. 2000년대에 'Cwa' 기후형에 속했던 보은과 장수 지점은 2010년대에 최한월 평균기온이 -3℃ 미만으로 하강하면서 한랭 기후형인 'Dwa'로 변하였고, 2000년대에 'Dwa'에 속했던 원주 지점은 2010년대에 아열대 기후형인 'Cwa'로 변하였다(그림 7).

표11 콤편 기준을 적용한 기후형별 지점 수와 면적비율(10년 단위)

| 기후형 | | | 1991~2000년 | 2001~2010년 | 2011~2020년 |
|-----|-----|----------------------|------------|------------|------------|
| 아열대 | Cwa | 아열대습윤건조겨울 (더운 여름) | 39개(59.1%) | 40개(60.6%) | 32개(48.5%) |
| | Cfa | 아열대연중습윤 (더운 여름) | 14개(21.2%) | 13개(19.7%) | 20개(30.3%) |
| 한랭 | Dwa | 한랭습윤건조겨울 (더운 여름) | 11개(16.7%) | 11개(16.7%) | 13개(19.7%) |
| | Dwb | 한랭습윤건조겨울 (선선한 여름) | 1개(1.5%) | 2개(3.0%) | 1개(1.5%) |
| | Dfb | 한랭습윤 (선선한 여름) | 1개(1.5%) | 0개(0.0%) | 0개(0.0%) |

2021년도 우리나라 기후변화 영향조사 우리나라 기후구분에 관하여

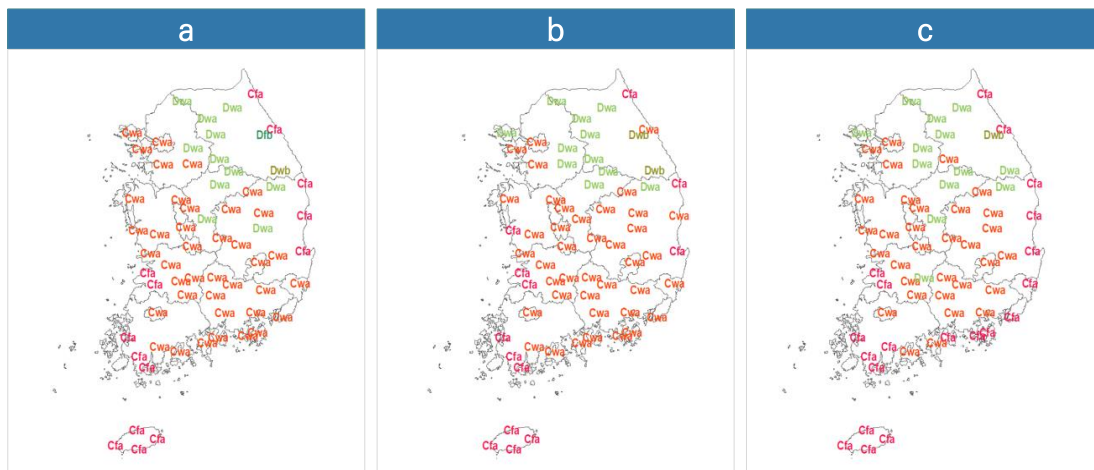


그림6 쿠파튼 기준을 적용한 10년별 기후형 구분 결과
(a) 1991~2000년, (b) 2001~2010년, (c) 2011~2020년

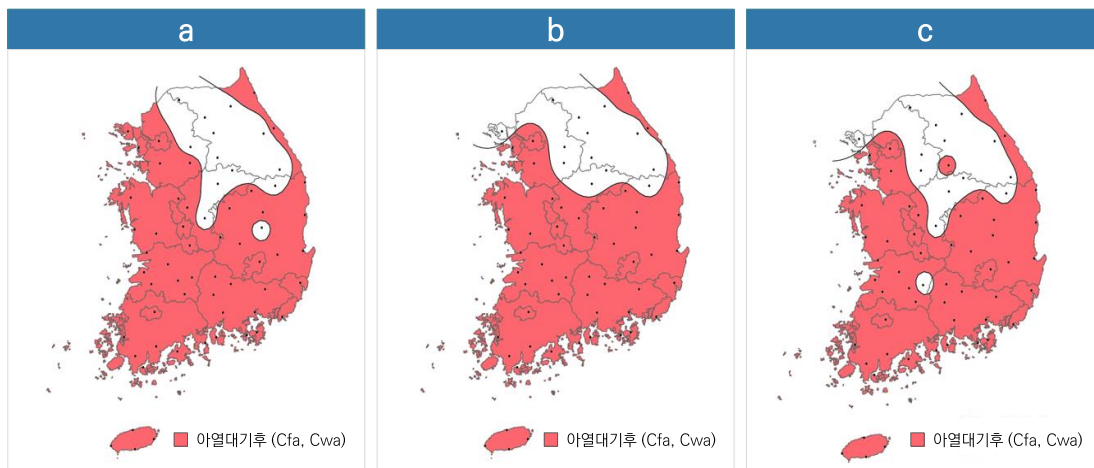


그림7 쿠파 기준을 적용한 10년별 아열대 기후형 분포
(a) 1991~2000년, (b) 2001~2010년, (c) 2011~2020년

3 크루츠버그

크루츠버그 기준에 따라 30년 단위로 기후를 구분하면 우리나라에서 최한월의 월평균기온이 6℃를 넘는 지역은 제주도에만 존재한다.

- 1981~2010년에는 서귀포와 고산 지점만 아열대 습윤 지역으로 구분되었으며, 1991~2020년에는 제주 지점이 추가되어 총 3개 지점(4.5%)이 아열대 습윤에 속하였다(표 12, 그림 8). 성산 지점은 최한월(1월) 월평균기온이 5.4℃로 제주도에서 유일하게 온대 지역에 속한다.

표12 크루츠버그 기준을 적용한 기후형별 지점 수와 면적비율(30년 단위)

| 기후형 | | 1981~2010년 | 1991~2020년 |
|-----|-----|-----------------------|---------------------------|
| 아열대 | 습윤 | 2개(3.0%) (서귀포, 고산) | 3개(4.5%) (서귀포, 고산, 제주) |
| | 반습윤 | 1개(1.5%) (대구) | 1개(1.5%) (대구) |
| 온대 | | 63개(95.5%) | 62개(93.9%) |

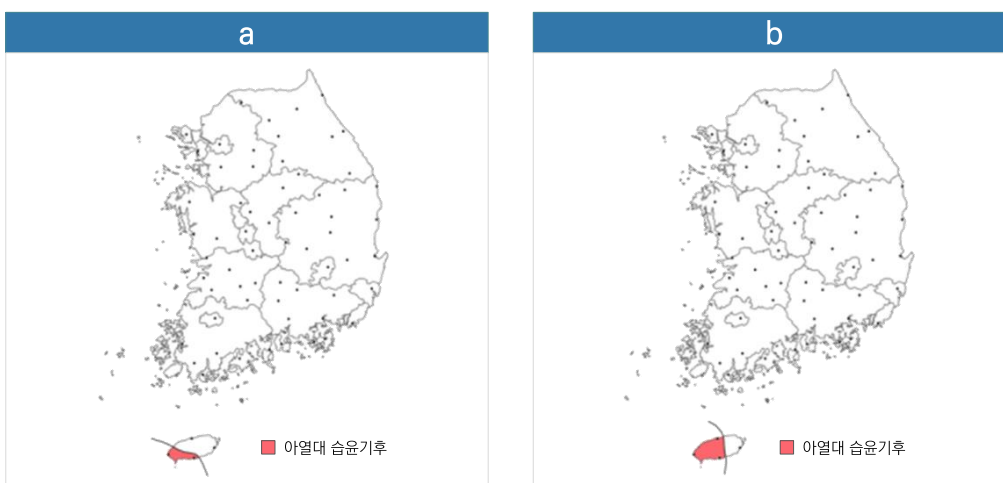


그림8 크루츠버그 기준을 적용한 30년별 기후형 구분 결과
(a) 1981~2010년, (b) 1991~2020년

크루츠버그 기준에 따라 10년 단위로 기후를 구분하면 1990년대와 2000년대에는 서귀포, 고산, 제주 3개 지점이 아열대 습윤 지역으로 나타나지만, 2010년대에는 서귀포 지점만 유일하게 아열대 습윤 지역에 속하는 것으로 나타났다(표 13, 그림 9).

| 표13 크루츠버그 기준을 적용한 기후형별 지점 수와 면적 비율(10년 단위) | | | | |
|--|-----|---------------------------|---------------------------|-------------------|
| 기후형 | | 1991~2000년 | 2001~2010년 | 2011~2020년 |
| 아열대 | 습윤 | 3개(4.5%) (서귀포, 고산, 제주) | 3개(4.5%) (서귀포, 고산, 제주) | 1개(1.5%) (서귀포) |
| | 반습윤 | 4개(6.1%) | 8개(12.1%) | 1개(1.5%) |
| 온대 | 습윤 | 59개(89.4%) | 55개(83.3%) | 64개(97.0%) |

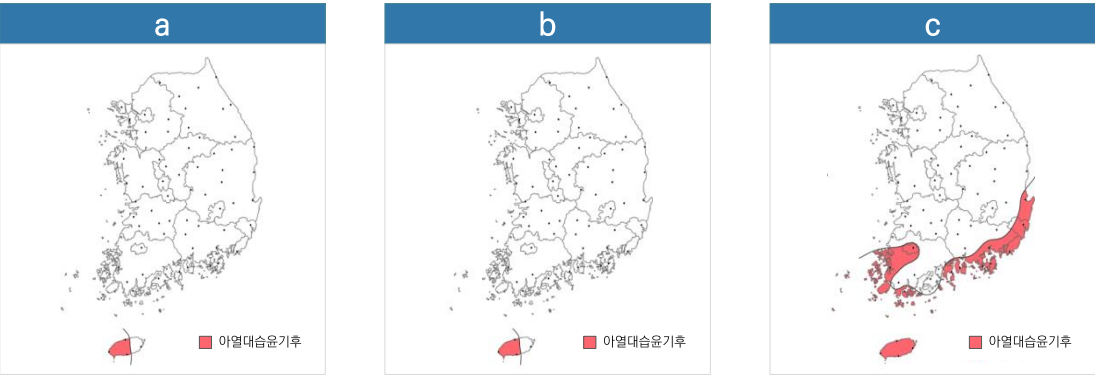


그림9 크루츠버그 기준을 적용한 10년별 아열대 기후형 분포
(a) 1991~2000년, (b) 2001~2010년, (c) 2011~2020년



III 결론

III 결론

1 트레와다

트레와다의 기후 구분에 따르면 최근 30년(1991~2020년)동안 아열대 기후 지역은 제주도와 남해안 지역에 국한되어 나타났다. 1981~2010년과 비교하였을 때 울산은 온대해양성 기후형(Doa)에서 아열대습윤 기후형(Cfa)로 변화하였고, 속초, 전주, 진주는 최한월 평균기온의 상승으로 온대내륙성 기후형(Dca)에서 온대해양성 기후형(Doa)로 바뀌었다.

2 쿼펜

쿼펜의 기후 구분에 따르면 최근 30년(1991~2020년)은 아열대 기후형(Cfa, Cwa)이 우리나라 전체 면적의 약 80%를 차지하였고, 1981~2010년과 비교하였을 때 보은과 의성 두 지점은 최한월 평균기온 상승으로 한랭 기후형(Dwa)에서 아열대 기후형(Cwa)으로 변화하였다.

3 크루츠버그

크루츠버그의 기후 구분에 따르면 1981~2010년에는 서귀포와 고산만 아열대 습윤 기후형으로 구분되었지만 최근 30년(1991~2020년)에는 제주도 포함되었다.

참고문헌

- 강권민, 최영은, 김유진, 민숙주, 최다솜, 김기영, 이도영, 2021: 신평년값(1991~2020년)을 이용한 우리나라 기후형 구분과 특성에 관한 연구, 기후연구, 16(3), 179-195.
- 기상청, 2015: 전지구기후서비스체제(GFCS) 이행을 위한 국내 기후정보 개발 및 서비스 개선 연구. 발간번호 11-1360000-001229-01.
- 기상청, 2021: 우리나라 109년(1912~2020년) 기후변화 분석 보고서. 발간번호 11-1360000-001694-01.
- 김연옥, 1995: 기후학개론, 정익사, 191-238.
- 이승호, 2015: 기후학, 푸른길, 276-278.
- Belda, M., Holtanová, E., Halenka, T., and Kalvová, J., 2014: Climate classification revisited: from Köppen to Trewartha, Climate research, 59(1), 1-13.
- IPCC, 2021: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)], Cambridge University Press, In Press.

발 행 월 2021. 12.
발 행 처 기상청 기후과학국 기후변화감시과
연구기관 건국대학교(최영은, 허인혜, 김유진, 강권민)
주 소 07062 서울특별시 동작구 여의대방로16길 61
누 리 집 www.climate.go.kr(기후정보포털)



