

(7) 干ばつ

11.6 Droughts

11.6.2 Observed trends

SREX は、次のように結論付けています。「1950 年代以降、世界の一部の地域、特に南ヨーロッパと西アフリカでは、より激しく、より長い干ばつに陥る傾向が見られます。しかし、一部の地域では、たとえば北アメリカ中部やオーストラリア北西部では、干ばつの頻度が少なくなったり、激しくなったり、短くなったりしています。」当時の評価では、干ばつの種類を区別していませんでした。この章には、AR5 以降の広範な新しい文献とより長いデータセットに関連する、観測された干ばつの傾向に関する多数の更新が含まれています。

(7-1) 降水量の不足

11.6.2.1 Precipitation deficits

とりわけアマゾン (2005、2010)、中国南西部 (2009-2010)、北米南西部 (2011-2014)、オーストラリア (1997-2009)、カリフォルニア (2014)、中東 (2012-2016、チリ (2010-2015)、アフリカの角 (2011) で、ここ数十年に強い降水量の不足が記録されています。世界的な研究では、一般に、SPI 時系列、および導出された干ばつ頻度と重症度データに有意な傾向は見られませんが、地域的な例外はほとんどありません (図 11.17 およびセクション 11.9)。降水量の長期的な減少は、アフリカのいくつかの AR6 定義地域で (CAF-中西部、ESAF-南東部)、および南アメリカのいくつかの地域 (NES-中西部、SAM-中央部、SWS-中西部、SSA-南端部) で見られます (セクション 11.9)。降水量に基づく乾燥傾向の証拠は、西アフリカ (WAF-中西部) でも見られ、CDD の傾向(Chaney et al., 2014; Donat et al., 2014b; Barry et al., 2018; Dunn et al., 2020)に基づく研究と一致しています (図 11.17)、しかし、この地域では 1980 年代以降、降雨傾向の部分的に回復しています (第 10 章、10.4.2.1)。AR6 定義地域でオーストラリアの NAU-北部、CAU-中西部、NEU-スカンジナビア、CNA-北米南中部などの一部では、気象学的干ばつの減少が見られます (セクション 11.9)。他の地域は、オーストラリア南部のように、長期的な気象干ばつの実質的な傾向を示さないか、考慮される時間枠と小地域に応じて混合した状況を示します (セクション 11.9 および Atlas 8.2 も参照)。

(7-2) 大気の蒸発需要

11.6.2.2 Atmospheric evaporative demand

いくつかの地域では、大気の蒸発需要 (AED) の増加により、最近の干ばつが激化したり、植生ストレスが増大したり、蒸発散 (ET) の増強によって土壌水分や流出が減少したりしています (高い信頼性)。パン蒸発量測定と Penman-Monteith AED 推定値の傾

向は、干ばつに対する AED の影響の可能な傾向を示しています。観測された地球気温の上昇（第 2 章;セクション 2.3.1.1;セクション 11.3）と陸域全体の相対湿度の支配的な低下を考えると、蒸気圧不足（VPD）は世界的に上昇しています。パン蒸発量は、東アジア（EAS）、西中央ヨーロッパ（WCE）、MED-地中海地方およびオーストラリア中部および南部（CAU、SAU）などのいくつかの AR6 定義地域での VPD の変更の結果として増加しました。それにもかかわらず、観測された傾向には重要な地域変動があり、他の AR6 定義地域では、パン蒸発量が減少しています（例えば、北中央アメリカ（NCA）およびチベット高原（TIB））。物理モデルは、ニュージーランド（NZ）と地中海（MED）の増加、南アジア（SAS）での減少、北米での強い空間的変動など、重要な地域の多様性も示しています。この変動は、AED に影響を与える他の気象変数の役割によって引き起こされます。太陽の減光と増光の結果としての日射の変化は、傾向に影響を与える可能性が高い。風速も関連しており、研究では、VPD の増加の役割を補う可能性の高い一部の地域での風速の低下が示唆されています。それにもかかわらず、VPD の傾向は、風速と日射の傾向の影響と比較して、AED の全体的な傾向を支配しているようです。

(7-3) 土壌の水分不足

11.6.2.3 Soil moisture deficits

地上観測からの土壌水分の長期測定は限られており、傾向分析での使用を妨げています。少なくとも 20 年間にわたる数少ない既存の観測研究の中で、いくつかの研究が東アジアの地表土壌水分の傾向を調査しました（セクション 11.9）。あるいは、表面土壌水分のマイクロ波ベースの衛星測定も傾向を分析するために使用されています。マイクロ波ベースの土壌水分推定値は、地上の土壌水分観測と比較して十分な乾燥傾向を捉えることができるという地域的な証拠がありますが、衛星の土壌水分データは不均一性の影響を受けるため、導出された傾向には中程度の信頼しかありません。更に、マイクロ波ベースの衛星は、根域の土壌水分とは異なる表面の土壌水分のみを感知しますが、2 つの間の関係を導き出すことができます。いくつかの研究はまた、土地ベースの再分析結果を含む、観測主導の地表面または水文モデルからの長期的な土壌水分時系列を分析しました。このようなモデルは、降水量から土壌水分と流出量の合計に等しい ET を差し引いたものとして推定される、陸水の利用可能性の変化を評価するためにも使用されています。

全体として、世界的な研究からの証拠は、いくつかの土地地域が、研究結果の間でいくらか広がっているにもかかわらず、過去数十年間に土壌乾燥または水収支の増加の影響を受けていることを示唆しています。乾燥は乾燥地域だけでなく、湿度の高い地域でも発生しています。いくつかの研究は、地域規模での土壌水分の変化に特に取り組んでいます（セクション 11.9）。AR6 定義地域では、東アジア（EAS）、西ヨーロッパと中央

ヨーロッパ (WCE)、地中海 (MED) など、いくつかの研究で土壌水分不足の頻度と面積が増加していることが示唆されています。それにもかかわらず、一部の分析では、例えば、北米東部 (ENA) と中央北アメリカ (CNA)、および北東アフリカ (NEAF) などの一部の AR6 定義地域で、土壌乾燥の長期的な傾向が示されていません。世界的研究と地域的研究の両方で特定された土壌水分乾燥の傾向は、乾季の水収支の傾向が一部の地域とともに世界の土地で特定されているように、一般に降水量の減少ではなく、ET の増加 (より高い AED に関連する) に関連しています。

(7-4) 水文学的不足

11.6.2.4 Hydrological deficits

東アジアとアフリカ南部で増加した水文学的干ばつの流量記録に基づく証拠があります。西ヨーロッパと中央ヨーロッパおよび北ヨーロッパの地域では、流れの再構築と観測に基づいて、1950 年以降の水文学的干ばつの深刻度に変化の証拠はありません。地中海地域では、水文学的干ばつの激化に高い信頼性があります。南アメリカ南東部では、水文学的干ばつの深刻度が低下しています。北米では、方法、データセット、および調査期間に応じて、水文学的干ばつ頻度の増加と減少を示唆する調査間に違いがありますが、一般に、強い空間的変動があります。自然に近い集水域の河川流域観測参照ネットワークも、いくつかの地域の水文学的干ばつ傾向に対する気候傾向の影響を分離するために使用されていますが、これらは北ヨーロッパと西ヨーロッパおよび中央ヨーロッパ、北米東部および南オーストラリアで限定されて傾向を示しています。観測値の利用可能性が低いことを考えると、地下水中の干ばつの深刻度の傾向を分析する研究はほとんどありません。それにもかかわらず、いくつかの研究は、恐らくより高い AED によって誘発された ET の強化の結果として、気候変動に対する地下水干ばつの顕著な反応と、温暖化に関連する干ばつの頻度と重症度の増加を示唆している。これは、北ヨーロッパおよび北米での研究によって裏付けられています。

(7-5) 大気ベースの干ばつ指数

11.6.2.5 Atmospheric-based drought indices

世界的に、SPEI-PM (標準化降水蒸発散指数-Penman-Monteith 式) と PDSI-PM (パーマー干ばつ深刻度指数-PM 式) の傾向は、主に西アフリカと南部アフリカ、地中海と東アジアの地域で、SPI と比較して、過去数十年間の乾燥の影響を受けた地域で干ばつの頻度と深刻度のわずかに高い増加を示唆しており、(図 11.17)、これは観測された土壌水分傾向 (セクション 11.6.2.3) と一致しています。これらの指標は、AED が気象学的干ばつと比較して農業および生態学的干ばつの深刻度を高め、乾季の土壌水分を減らし、植物の水分ストレスを高め、より深刻な森林火災を引き起こすことに貢献したことを示唆しています。これらの干ばつ指数に基づく多くの地域研究でも、次の AR6 定義

地域の降水量ベースの指数の傾向と比較してより強い乾燥傾向が示されています (11.9 も参照) : NSA-南米北部、SCA-中米南部、WCA-中央アジア西部、SAS-アジア南部、NEAF-アフリカ北東部、WSAF-アフリカ南西部、NWN-北米北西部および NEN-北米北東部、EAS-東アジア、MED-地中海地方。

(7-6) 様々な干ばつタイプの合成

1.6.2.6 Synthesis for different drought types

気象学的干ばつの増加が観察された AR6 定義地域はほとんどなく (セクション 11.9)、主にアフリカと南アメリカで見られます (NES : 高い信頼度で、WAF、CAF、ESAF、SAM、SWS、SSA、SAS : 中程度の信頼度)。他のいくつかは減少を示しています (WSB、ESB、NAU、CAU、NEU、CNA : 中程度の信頼度)。農業および生態学的干ばつの増加が観察されたことを示すより強い信号があり (セクション 11.9)、これらの傾向に対する AED の増加によって引き起こされる ET の増加の役割を強調しています (セクション 11.6.2.3、11.6.2.5)。農業および生態学的干ばつの過去の増加は、すべての大陸といくつかの地域 (WAF、CAF、WSAF、ESAF、WCA、ECA、EAS、SAU、MED、WCE、NES : 中程度の信頼度) で見られますが、減少は 1 つの AR6 定義地域でのみ見られません。地域 (NAU : 中程度の信頼度)。データセットの利用可能性が限られているため、地域規模での水文学的干ばつの歴史的傾向を評価することはより困難になっています (セクション 11.9)。水文学的干ばつの増加 (MED : 高信頼度; WAF、EAS、SAU : 中程度の信頼度) および減少 (NEU、SES : 中程度の信頼度) 傾向は、いくつかの地域でのみ観察されています。

要約すると、AED が大陸で平均して増加し、ET の増加に寄与し、降水量が不足している期間、特に乾季に水ストレスが発生するという確信があります。アフリカと南アメリカのいくつかの地域での降水量不足の増加には中程度の自信があります。複数の証拠に基づくと、すべての大陸のいくつかの地域 (WAF、CAF、WSAF、ESAF、WCA、ECA、EAS、SAU、MED、WCE、NES : 中程度の信頼度) で農業および生態学的干ばつが増加しているという中程度の信頼度があります。1 つの AR6 定義地域 (NAU) での減少には中程度の信頼しかありません。より頻繁な水文学的干ばつは、より少ない地域で見られます (MED : 高い信頼度、WAF、EAS、SAU : 中程度の信頼度)。