

諸外国における光化学オキシダントの環境基準等の設定状況

光化学オキシダント（オゾン）による植物影響からの保護を目的として、現在諸外国や国際機関で設定されている基準等としては以下がある。

表 1 光化学オキシダント（オゾン）の植物影響からの保護を目的とした基準等を設定している国・機関

基準・指針等の種類	国・機関等	基準・指針等の名称
環境基準	米国	国家環境大気質基準（National Ambient Air Quality Standards）の 2 次基準（Secondary ambient air quality standard）
	欧州連合	植物保護のための目標値（Target value for the protection of vegetation）
		植物保護のための長期目標値（Long-term objective for the protection of vegetation）
	カナダ*	カナダ環境大気質基準（Canadian Ambient Air Quality Standards）
中国**	中華人民共和国国家基準 環境大気質基準（GB3095-2012）	
指針	WHO 欧州事務局 World Health Organization Regional Office for Europe	欧州のための大気質指針（Air Quality Guidelines for Europe）におけるオゾンの植物影響に関するクリティカルレベル（Critical Level）
	ニュージーランド	大気質指針（Ambient Air Quality Guidelines）における生態系保護のためのクリティカルレベル（Critical levels for protecting ecosystems）
リスク評価時の評価指針	国連欧州経済委員会 United Nations Economic Commissions for Europe	長距離越境大気汚染条約（Convention on Long-range Transboundary Air Pollution : LRTAP）のクリティカルレベル（Critical Level）

*カナダは、健康保護目的と環境保護目的で基準を分けていない。

**中国は、大気環境機能エリアを二つに分類し、一類エリア（自然保護区、景勝地区及びその他特別な保護が必要とされる地区）には一級、二類エリア（居住区、商業・交通・住民の混合地区、文化地区、工業及び農村地区）には二級の基準値をそれぞれ適用している。

各国や機関等が設定している基準やクリティカルレベルの概要を表 2～表 10 に示した。

表 2 米国および欧州の植物影響保護のためのオゾンの基準

国	基準名	基準の位置づけ	対象物質	指標	値	対象とした影響	最終設定/改定年
米国	国家環境大気質基準 (National Ambient Air Quality Standards) の 2 次基準 (Secondary ambient air quality standard)	2 次基準 (Secondary ambient air quality standard) とは、EPA 長官の判断の下、大気汚染物質による既知または予期される悪影響から公共福祉 (public welfare) を保護するために、達成と維持が必要な値 6F ¹ (Welfare への影響の範囲は、これらを含むがこれらに限らないとして、土壌、水、作物、植生、人工物、動物、野生生物、天候、視程、気候への影響、所有物へのダメージ及び劣化、移動への害、並びに経済的価値や個人の快適さやウェルビーイングへの影響を挙げている 7F ²)	オゾン	日最高 8 時間値の年間上位第 4 位値の 3 年間平均値 (人健康の保護を目的とした 1 次基準に同じ)	0.070 ppm	樹木苗の相対バイオマス損失、作物の収量損失、葉の可視障害	2015 年 (2020 年見直しでは改定なし)
欧州 8F ³	植物保護のための目標値 (Target value for the protection of vegetation)	Target value とは、長期的に、人の健康や環境全体への有害な影響を回避することを目的として、一定期間までに可能な限り達成することを目標として設定されたレベル (目標年は 2010 年)	オゾン	5 年平均 AOT40 (5~7 月の 1 時間値から算出) ※	18 000 µg/m ³ ·h	作物の収量低下、半自然植生の保護	2002 年 (2008 年指令では目標値の改定なし 9F ⁴)
	植物保護のための長期目標値 (Long-term objective for the protection of vegetation)	Long-term objective とは、この濃度未満であれば、人の健康や環境全体に直接的な悪影響が生じる可能性の低いと現在の科学的知見に基づき判断される大気中オゾン濃度。この目標は、均衡のとれた対策では達成できない場合を除き、人の健康と環境の効果的な保護を目的として、長期的に達成すべき目標である。	オゾン	AOT40 (5~7 月の 1 時間値から算出) *	6 000 µg/m ³ ·h	作物の収量低下、半自然植生の保護	

*Directive 2002/3/EC における AOT 40 の定義：中央ヨーロッパ時間 8:00~20:00 で、閾値 80 µg/m³ (40 ppb) を超える 1 時間値の閾値超過分を積算した積算曝露量

¹ Clean Air Act Section 109 National primary and secondary ambient air quality standards

² Clean Air Act Section 302(h) (42 U.S.C. § 7602(h))

³ Directive 2002/3/EC of the European Parliament and of the Council of 12 February 2002 relating to ozone in ambient air

⁴ Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe

表 3 カナダと中国のオゾンの環境基準

国	基準名	基準の位置づけ	対象物質	指標	値	最終設定/ 改定年
カナ ダ*	カナダ環境大気質基準 (Canadian Ambient Air Quality Standards)	カナダ環境保護法 1999(Canadian Environmental Protection Act, 1999)の § 54-55 の下に定められた環境質目標であ り、国内のヒトの健康及び環境をより保護 し、大気質改善に向けた駆動力を与えるた めのもの ⁵	オゾン	日最高 8 時間値の年 間上位第 4 位値の 3 年間平均値	63 ppb(2015 発効)	2013 年 ⁶
					62 ppb(2020 発効)	
					60 ppb(2025.1.1 発 効)	2019 年 ⁷
中国 **	環境大気質基準 (GB3095-2012)	《中華人民共和国環境保護法》、《中華人民 共和国大気污染防治法》の貫徹、生活環 境・生態環境の保護及び改善、人体の健康 の保障のために制定	オゾン	1 日最大 8 時間平均	一級 100 µg/m ³ 二級 160 µg/m ³	2012 年 (2016 年 施行) ⁸
				1 時間平均	一級 160 µg/m ³ 二級 200 µg/m ³	

*カナダは、健康保護目的と環境保護目的で基準を分けていない。

**中国は、大気環境機能エリアを二つに分類し、一類エリア（自然保護区、景勝地区及びその他特殊な保護が必要とされる地区）には一級、二類エリア（居住区、商業・交通・住民の混合地区、文化地区、工業及び農村地区）には二級の基準値をそれぞれ適用している。

⁵ Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME). Guidance Document on Air Zone Management. 2019.

⁶ Canada Gazette Part I 1242. May 25, 2013.

⁷ Canada Gazette Part I, Vol. 153, No. 26:3198. June 29, 2019.

⁸ 環境大気質基準 (GB3095-2012)

表 4 WHO、ニュージーランドのオゾンのクリティカルレベル

国	名称	クリティカルレベルの位置づけ	対象物質	クリティカルレベルの種類	指標	値	最終設定/改定年
WHO ⁹	クリティカルレベル (Critical level)	クリティカルレベルとは、超過すると、植物、生態系または資材などのレセプターへの直接的な有害影響が生じる可能性があるとして現在の知見に基づいて判断される大気中汚染物質濃度	オゾン	作物の収量	3ヶ月間の日中 (daylight hours) AOT40	3 ppm h	2000年 (2005年、2021年の改定ガイドラインには植物影響に関する記載なし ¹⁰⁾)
				作物の可視障害 大気湿潤状態 (平均日中飽差 1.5 kPa 未満)	5日間の日中 AOT40	0.2 ppm h	
				作物の可視障害 乾気状態 (平均日中飽差 1.5 kPa 以上)	5日間の日中 AOT40	0.5 ppm h	
				森林	6ヶ月間の日中 AOT40	10 ppm h	
				半自然植生 (Semi-natural vegetation)	3ヶ月間の日中 AOT40	3 ppm h	
ニュージーランド	生態系保護のためのクリティカルレベル (Critical levels for protecting ecosystems) *	人の健康および生態系を重大な悪影響から保護するために適合すべき最低限の要件である指針 ¹¹ に示された、超過すると、植物、生態系または資材などのレセプターへの直接的な有害影響が生じる可能性のあるとして現在の知見に基づいて判断される大気汚染物質濃度 ¹² 。	オゾン	森林	6ヶ月の AOT40**	21,400 µg/m ³ ·h	2002年
				半自然植生	3ヶ月の AOT40**	6,420 µg/m ³ ·h	
				作物収量	3ヶ月の AOT40**	6,420 µg/m ³ ·h	
				作物の可視障害 (平均日中飽差 1.5 kPa 未満)	5日の AOT40**	428 µg/m ³ ·h	
				作物の可視障害 (平均日中飽差 1.5 kPa 以上)	5日の AOT40**	1,070 µg/m ³ ·h	

*ニュージーランドの指針：大気環境基準 (National Environmental Standards for Air Quality) に追加的に定められた指針。指針は、大気環境基準よりも様々な物質を対象とし、生態系と人健康の保護の促進のために定められている (大気環境基準は人健康影響を元に定められている)。

**ニュージーランドの AOT40：50 Wm⁻²以上の全天日射量の日中に測定した閾値 85.6 µg/m³ (0°C) を超える 1 時間値の閾値超過分を積算した積算曝露量

⁹ World Health Organization Regional Office for Europe (2000). Air Quality Guidelines for Europe Second Edition.

¹⁰ World Health Organization Regional Office for Europe (2006) Air quality guidelines. Global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide

¹¹ Ministry for the Environment, New Zealand. Ambient Air Quality Guidelines. <https://www.mfe.govt.nz/air/air-guidance-and-wood-burners/ambient-air-quality-guidelines> (2020.7.13 閲覧)

¹² Ministry of the Environment, New Zealand (2002) Ambient Air Quality Guidelines 2002 Update. Air quality report No.32..

表 5 UNECE のオゾンのクリティカルレベル

国	名称	クリティカルレベルの位置づけ	対象物質	クリティカルレベルの種類	値	最終設定/ 改定年
UNECE	植生のための クリティカル レベル (Critical level for vegetation)	LRTAP ヨーテボリ議定書 ¹³ 第 2 条において「可能な範囲で長期的かつ段階的アプローチで科学的知識の進展を考慮に入れ、確実に超えないようにする」レベルとされ、超過すると、人、植物、生態系または資材などのレセプターへの直接的な有害影響が生じる可能性があるとして現在の知見に基づいて判断される大気中汚染物質濃度またはレセプターへの積算吸収量 ¹⁴ 。 植生のためのクリティカルレベルは、自然植生と農作物への大気汚染影響に関する国際協力プログラム (ICP Vegetation: The International Cooperative Programme on Effects of Air Pollution on Natural Vegetation and Crops) のリーダーシップの下に決められた、超過すると、感受性の高い植物について直接的な有害影響が生じる可能性があると現在の知見に基づいて判断される大気汚染物質の濃度、積算曝露あるいは、気孔を介した葉の積算吸収量 ¹⁵ 。	オゾン	積算吸収量ベース ・POD _Y SPEC (コムギ、ジャガイモ、トマト、カンパ/ブナ、ドイツトウヒ、地中海性気候地域の落葉性コナラ属、地中海性気候地域の常緑樹、温帯多年生草地、地中海性気候地域の一年生牧草地) ・POD _Y IAM (農作物、樹木、(半)自然植生) 濃度ベース ・AOT40 (農作物、園芸作物、樹木、(半)自然植生) (リスク評価では、濃度ベースの AOT40 よりも積算吸収量ベースの POD _Y の使用が望ましい)	次ページ 表 6~表 10 参照	2017

※POD_Y (Phytotoxic O₃ Dose) : 指定の期間あるいは成長期間における気孔を介した葉のオゾン積算吸収量の、閾値である Y nmol m⁻² s⁻¹ を超過した分の積算値

POD_YSPEC : 特定の植物種または植物種群の POD_Y。広範な入力データが必要であるが、詳細なリスク評価に適している。

POD_YIAM : 植生種類別の POD_Y。必要な入力データ量が少なく、統合評価モデルなど広域評価モデルでの利用に適している。

AOT40 : 閾値である 40ppb を超える日中 1 時間値の閾値超過分を規定期間の間積算した積算曝露濃度

¹³ UNECE. 1999 Protocol to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-level Ozone to the Convention on Long range Transboundary Air Pollution, as amended on 4 May 2012.

¹⁴ 同上 Article 1

¹⁵ ICP Vegetation (2017) Chapter 3: Mapping critical levels for vegetation. In Manual on methodologies and criteria for modelling and mapping critical loads and levels of air pollution effects, risks and trends. UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. <http://icpvegetation.ceh.ac.uk> (accessed 2021.07.16).

表 6 UNECE の作物を対象とした POD₆SPEC に基づいたオゾンのクリティカルレベル

植物種	影響指標	クリティカルレベルでの低下率	クリティカルレベル (mmol・m ⁻² PLA*)
コムギ	子実収量 Grain yield	5%	1.3
コムギ	千粒重 1000-grain weight	5%	1.5
コムギ	タンパク質収量 Protein yield	5%	2.0
ジャガイモ	塊茎収量 Tuber yield	5%	3.8
トマト	果実収量 Fruit yield	5%	2.0
トマト	果実の質 Fruit quality	5%	3.8

*PLA (Projected leaf area) : 投影葉面積 (葉の片面の面積に相当)

表 7 UNECE の森林樹木を対象とした POD₁SPEC に基づいたオゾンのクリティカルレベル

植物種	影響指標	クリティカルレベルでの低下率	クリティカルレベル (mmol・m ⁻² PLA*)
カンバ/ブナ Beech/birch	個体乾重量 Whole tree biomass	4%	5.2
ドイツトウヒ Norway spruce	個体乾重量 Whole tree biomass	2%	9.2
地中海性気候地域の 落葉性コナラ属 Mediterranean deciduous oaks	個体乾重量 Whole tree biomass	4%	14.0
地中海性気候地域の 落葉性コナラ属 Mediterranean deciduous oaks	地下部乾重量 Root biomass	4%	10.3
地中海性気候地域の 常緑樹 Mediterranean evergreen	地上部乾重量 Above-ground biomass	4%	47.3

*PLA (Projected leaf area) : 投影葉面積 (葉の片面の面積に相当)

表 8 UNECE の半自然植生を対象とした POD₁SPEC に基づいたオゾンのクリティカルレベル

植物種	影響指標	クリティカルレベルでの低下率	クリティカルレベル (mmol・m ⁻² PLA*)
温帯多年生草地 Temperate perennial grassland	地上部乾重量 Above-ground biomass	10%	10.2
温帯多年生草地 Temperate perennial grassland	個体乾重量 Total biomass	10%	16.2
温帯多年生草地 Temperate perennial grassland	花の数 Flower number	10%	6.6
地中海性気候地域の一年生牧草地 Mediterranean annual pasture	地上部乾重量 Above-ground biomass	10%	16.9
地中海性気候地域の一年生牧草地 Mediterranean annual pasture	花/種の乾重量 Flower/seed biomass	10%	10.8

*PLA (Projected leaf area) : 投影葉面積 (葉の片面の面積に相当)

表 9 UNECE の作物、森林樹木、(半)自然植生を対象とした POD_YIAM に基づいたオゾンのクリティカルレベル

植生種 (POD _Y IAM)	影響指標	リスク評価における対象項目	地域	クリティカルレベルでの低下率	クリティカルレベル (mmol・m ⁻² PLA*)
作物 (POD ₃ IAM)	子実収量 Grain yield	子実収量 Grain yield	全地域	5%	7.9
森林樹木 (POD ₁ IAM)	個体乾重量 Whole tree biomass	生存バイオマスの年間生長 Annual growth of living biomass	地中海性気候地域以外	4%	5.7
			地中海性気候地域	4%	13.7
(半)自然植生 (POD ₁ IAM)					
温帯多年生草地 Temperate perennial grassland	花の数 Flower number	種の豊富な草地の活力 Vitality of species-rich grasslands	地中海性気候地域以外	10%	6.6
地中海性気候地域の一年生牧草地 Mediterranean annual pasture	花/種の乾重量 Flower/seed biomass		地中海性気候地域	10%	10.8

*PLA (Projected leaf area) : 投影葉面積 (葉の片面の面積)

表 10 UNECE の作物、園芸作物、樹木、(半) 自然植生を対象とした
AOT40 に基づいたオゾンのクリティカルレベル

植物種	影響指標	クリティカルレベル での低下率	クリティカル レベル (ppm・h)	積算期間
農作物	子実収量減少 Grain yield	5% (コムギのデー タに基づく)	3	3 カ月
園芸作物	果物収量減少 Fruit yield	5% (トマトのデー タに基づく)	6	3 カ月
樹木	個体乾重量 Total biomass	5% (カンバ/ブナの データに基づく)	5	成長期 (既定 値: 6 カ 月)
一年生植物が優占 する (半) 自然植 生群落 (Semi-)natural vegetation Dominated by annuals	地上部乾重量 Above ground biomass	10%	3	3 カ月 (あ るいはよ り短けれ ば成長 期)
多年生植物が優占 する (半) 自然植 生群落 (Semi-)natural vegetation Dominated by perennials	地上部又は地下 部乾重量への影 響及び/又は優先 種の老化の促進 Effects on total above-ground or below- ground biomass and/or on the cover of individual species and/or on accelerated senescence of dominant species (10%)	10%	5	6 カ月