



WORLD DRUG REPORT 2022

Booklet5

薬物と環境

WORLD DRUG REPORT 2022

BOOKLET

1

EXECUTIVE SUMMARY
POLICY IMPLICATIONS

BOOKLET

2

GLOBAL OVERVIEW OF
DRUG DEMAND AND DRUG SUPPLY

BOOKLET

3

DRUG MARKET TRENDS OF
CANNABIS AND OPIOIDS

BOOKLET

4

DRUG MARKET TRENDS OF COCAINE,
AMPHETAMINE-TYPE STIMULANTS
AND PSYCHOACTIVE SUBSTANCES

BOOKLET

5

DRUGS AND THE ENVIRONMENT

本資料は、国際連合薬物と犯罪事務所（United Nations Office on Drugs and Crime: UNODC）が毎年公表している世界の薬物問題の現状に関する報告の最新版 World Drug Report 2022 の Booklet 5 DRUGS AND THE ENVIRONMENT を日本語に翻訳したものである。下記にしたがって、非営利目的で勝野* の責任で要約・翻訳した。翻訳は原典に忠実に行った。

© United Nations, June 2022. All rights reserved worldwide.

This publication may be reproduced in whole or in part and in any form for educational or non-profit purposes without special permission from the copyright holder, provided acknowledgement of the source is made. The United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC) would appreciate receiving a copy of any publication that uses this publication as a source.

Suggested citation:

UNODC, *World Drug Report 2022* (United Nations publication, 2022).

No use of this publication may be made for resale or any other commercial purpose whatsoever without prior permission in writing from UNODC. Applications for such permission, with a statement of purpose and intent of the reproduction, should be addressed to the Research and Trend Analysis Branch of UNODC.

DISCLAIMER

The content of this publication does not necessarily reflect the views or policies of UNODC or contributory organizations, nor does it imply any endorsement.

Comments on the report are welcome and can be sent to:

Research and Trend Analysis Branch
United Nations Office on Drugs and Crime
PO Box 500
1400 Vienna
Austria
E-mail: wdr@un.org

* 勝野眞吾 JYHL 理事長
(岐阜薬科大学・兵庫教育大学名誉教授)

略語

BIOREDD+ 生物多様性 – 森林減少と森林劣化による排出量の削減

BMK ベンジルメチルケトン

BVOC 生物起源揮発性有機化合物

CO₂ 二酸化炭素

CO₂e Carbon Footprint 温室効果ガス排出量二酸化炭素換算

EMCDDA 薬物および薬物中毒のための欧州モニタリングセンター

ES 環境サービスイューロポール欧州連合法執行協力庁

GIZ ドイツ国際協力庁

he ヘクタール

HVAC 空調設備の暖房、換気、空調

IPCC 気候変動に関する IPCC 政府間パネル

ISO 国際標準化機構

Joint 紙巻たばこ状大麻

MDMA 3,4-メチレンジオキシメタンフェタミン(MDMA、通称「エクスタシー」)

2-P 1-フェニル-2-プロパノン

REDD+ 開発途上国における森林減少・劣化による排出削減

UNODC 国連薬物犯罪事務所

目次

Booklet 5 について	2
主な結論	3
概観：薬物と環境	6
現状	6
有害経路の発生	15
主な知見の詳細	16
植物由来薬物と環境	24
現状	24
違法作物栽培と環境影響	29
森林破壊	45
継続的政策対応	50
合成薬物と環境	58
現状	58
合成薬物製造と環境影響	60
継続的政策対応	76
有害経路	78
参考文献	86

コラム

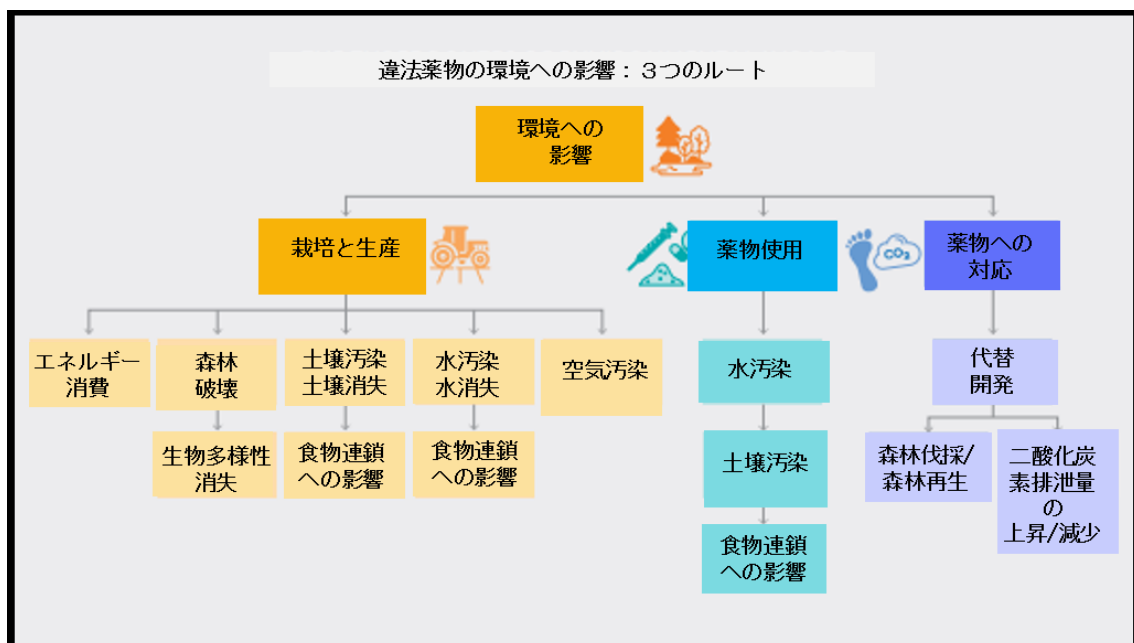
二酸化炭素排出量（カーボンフットプリント）とそのライフサイクルアセスメント	30
暗号通貨とエネルギー使用	43
コカブッシュ栽培に伴う森林伐採	46
薬物密売ネットワークの空間ダイナミクスが環境に与える影響	47
アマゾン西部地域における森林破壊に関する新たな知見	48
「バルーン効果」	51
炭素クレジット市場	56
オランダにおける薬物製造関連廃棄物の分析	66
ベルギーにおける合成薬物生産の環境被害に関する低レベルのメディア報道	67
廃棄物が農作物と食物連鎖に与える影響	70
音楽 フェスティバル	74
魚類の薬物嗜癖に対するメタンフェタミンの効果	75

Booklet 5 について

薬物と環境

World Drug Report 2022 の第 5 部を構成する本冊子は、薬物と環境のつながりを深く掘り下げている。その目的は、加盟国が環境問題を予測して対処し、リスクを軽減するのに支援するために、違法作物栽培、薬物製造、薬物政策対応の環境への直接的および間接的な影響に関する研究の現状の包括的な概要を提供することである。

この小冊子は、持続可能な開発目標、気候変動、環境の持続可能性の全体像の中で、違法薬物と環境がどのように関連しているかについての一般的な概要から始める。違法薬物と環境の直接的および間接的なつながりを強調し、薬物が環境に与える可能性のある地域レベルおよび個人レベルの重大な影響の例を示す。これに続き、植物ベースの薬物と合成薬物の最新の科学的証拠のより詳細な概要を示す。例えば、植物ベースの薬物の場合、これには違法な作物栽培と森林破壊の関係の分析が含まれる。合成薬物については、廃棄物の組成、量、投棄と排出の分析、および廃水処理との関係が含まれる。小冊子では、最後に、大麻(屋内および屋外栽培の両方)、その他の植物ベースの薬物、合成薬物の生産に関連する環境への害の詳細な説明も含めた。



主な結論

一般的な影響

違法な作物栽培や薬物製造による地球環境への影響は、合法的な農業や製薬分野に比べて比較的小さいが、その影響は地域、コミュニティ、個人レベルでは大きくなる可能性がある。

重要な違いの側面としての地域性

違法な作物栽培と薬物製造の環境への影響において、重要な違いのみられる側面の 1 つは、その栽培と生産の場所である。違法な作物栽培は、通常、政府の存在から遠く離れた遠隔地の人口の少ない地域で行われる。これらの地域には、森林保護区や自然公園に見られるような、非常に多様で脆弱な生態系が存在する可能性がある。同様に、合成薬物の製造も遠隔地で行われることが多く、その土地の森林、河川、または直接下水システムに薬物関連の廃棄物を投棄または排出することになる。地域の特性は、この影響の軽減や増悪を決定する。例えば、廃水中の流出物の影響は、廃水処理システムがないか貧弱な国や自治体で高くなる可能性がある。

植物ベースの薬物の違法栽培

他の農作物と同様に、植物由来の薬物の栽培は土壌や水に影響を与える可能性があり、化学処理や廃棄物を含む最終生産も空気に影響を与える可能性がある。また、肥料や農薬の多用は、環境や水や土壌に生息する生物に悪影響を及ぼす可能性がある。特定の種類の灌漑は、土壌の塩類化、すなわち地面に塩が過剰に蓄積することを加速させる可能性がある。違法栽培は、生態系が特に脆弱な国立公園や森林保護区などの保護された環境地域でも見られる。植物ベースの薬物の二酸化炭素排出量（温暖化ガスの二酸化炭素換算量）は、使用される栽培方法と、その後の製品の加工、輸送、およびマーケティングによって異なる。屋内大麻栽培の二酸化炭素排出量は、屋外栽培の二酸化炭素排出量よりもかなり大きい(16~100 倍大きい)。温室を含む屋外環境では、二酸化炭素排出量の重要な決定要因は森林破壊または他の形態の土地利用の変化である可能性がある。製造されたコカイン 1kg あたりの二酸化炭素排出量は、コーヒー、カカオ豆、サトウキビなどの他の合法的な農作物よりも大幅に大きく(たとえば、カカオ豆の 30 倍、サトウキビの 2,600 倍)、主にコカブッシュ栽培(60%)、アルカロイド抽出(24%)、廃棄物処理(14%)などにより決定される。世界のコカイン製造の推定総炭素排出量は年間 890 万トンの CO₂e (二酸化炭素換算量) であり、これは 1 年間に運転される 190 万台以上のガソリン車の平均排出量、または消費される 33 億リットル以上のディーゼル燃料に相当する。

合成薬物の違法生産

合成薬物の製造の環境への影響は、製造方法とそれに対応する廃棄物パターンによって部分的に決まる。また、廃棄物が後で処分される方法によっても決まる。プリ前駆体とプリプリ前駆体を使用すると、廃棄物の量が増加する。生産は地域化される傾向があるため廃棄物の投棄と排出は、その地域の土壌、水、空気に大きな影響を与えるだけでなく、生物、動物、食物連鎖にも間接的な影響を与える可能性がある。アンフェタミン、メタンフェタミン、MDMA(エクスタシー)などの薬物を合成する過程で発生する廃棄物は、最終製品の体積の 5~30 倍である。法執行機関の業務では、押収された密造所を解体する際に重要な課題が生じる。地方自治体や市民にとって、それは浄化活動の経済的コストと汚染に起因する健康コストの両方の点で大きなコストをもたらす可能性がある。廃水処理は、投棄および排出された廃棄物の環境への影響を減らすことができるが、水を処理する能力の分布は世界で不均一に分布している。アンフェタミンとメタンフェタミンの世界的な製造の大部分は、通常、水処理のない遠隔地で行われており、また MDMA などの一部の物質では、除去率が比較的低い。

森林破壊

違法な作物栽培は、森林破壊に直接的および間接的に影響を与える可能性がある。コロンビアの 2 つの地域のデータによると、コカブッシュの違法栽培は、これらの地域のすべての森林破壊の 43~58%を直接引き起こしているか、あるいは間接的に関連している可能性がある。違法な耕作が、それに先立って森林伐採を伴う場合、樹木が伐採された際に CO₂が大気中に放出され、また樹木による炭素を吸収がなくなるため、大幅な追加の二酸化炭素排出量が発生する可能性がある。アマゾン西部地域を対象とした新しい調査によると、コカブッシュの違法栽培は森林破壊を引き起こすが、他の農業慣行よりも程度は低いとされた(ボリビアでは 20%少なく、コロンビアでは 6%、ペルーでは 2%少ない)。違法薬物栽培は、人間の居住地やその他の農業活動を拡大するための資源を提供することにより、森林破壊を引き起こす可能性もある。薬物密売は、その収益が牛の放牧や広大な土地を必要とするその他の活動を通じて洗浄される(マネーロンダリング)場合、間接的に森林破壊につながる可能性がある。

エネルギー使用

屋内大麻栽培の場合、二酸化炭素排出量は、温度と湿度を維持するための暖房・換気・空調機器や成長に必要な光などによる、特にエネルギー使用量によって決まる。大まかには、このような気候制御処置は二酸化炭素排出量の 80%以上を占めている。また、暗号通貨がオンライン販売で使用される場合、薬物密売はエネルギー使用に間接的に関連する可能性もある。

代替開発

森林再生やアグロフォレストリー（農林複合経営）などの環境保護要素を含む違法薬物栽培に対する代替開発プロジェクトの例がある。最近では、炭素クレジットなどの環境政策手段や環境サービスの支払いを含むスキームの統合にも焦点を当てたプロジェクトが始まっている。

研究上のギャップ

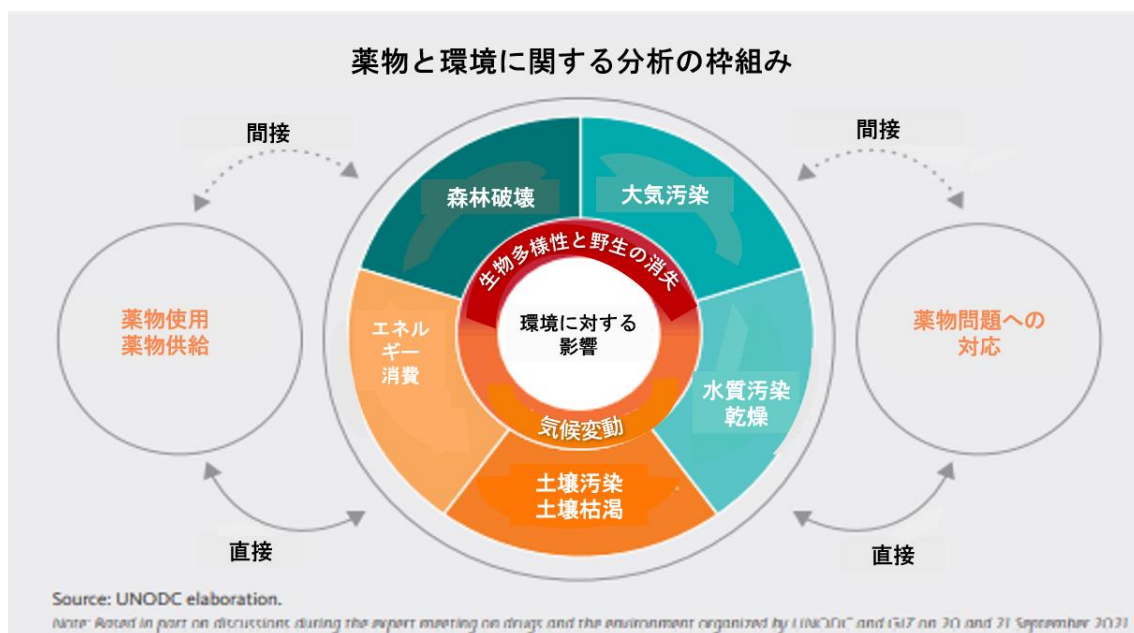
一般に、違法薬物と環境との関係は十分に研究されておらず、報告も不十分である。このトピックへの注目が高まっているにもかかわらず、研究は限られたままであり、多くの場合、それがグローバルレベルで何を意味するのかを推定することなく、局所的または特定の影響を示す孤立した研究にのみ焦点が当てられている。さらに、ジェンダーに配慮したデータが不足していることや、違法薬物経済における女性の役割に関する知識が全体的に不足している。

概観:薬物と環境

現状

違法薬物についての経済と環境との関連に関する科学研究は、比較的限られており、特に、最近の取り組みは比較的限られている。この分野では、違法薬物に関連する他の研究分野と比較して、データは限られており、学術研究は比較的少ない。違法経済のすべての側面と同様に、現象のもつアンダーグラウンドな性質のため、データも不完全であったり、利用できなかつたりしたものが多く、明確な結論を引き出すことは困難である。

薬物は世界レベルにおける総環境二酸化炭素排出量のわずかな部分であるかもしれないが、違法薬物産業は地域の環境に重要な影響を与える可能性がある。本冊子では、薬物と環境との直接および間接的なつながりに関する科学研究の現状を概観・分析し、目標とする対応・施策に情報を提供する。これらの情報は多くの側面をカバーしているが、網羅的ではない。この小冊子では、薬物政策と薬物の使用と供給が環境に影響を与えるかどうか、そしてその影響はどのようなものかを調べ、可能な限りその影響を定量化した。また、さまざまな薬物の影響と同等の合法的な活動との比較も含めている。気候変動と環境の持続可能性に関する、より広い議論の中で世界の薬物問題を適切に評価するために、違法薬物経済の環境への影響に科学的角度からアプローチした。



薬物と環境の枠組み

ここでの薬物と環境の関連性に関する分析は、以下に定める枠組みで構成されている。違法薬物と環境との関連は、薬物の生産(供給)と使用(需要)とそれらに対する薬物政策の対応の 2 つの主要な観点からアプローチされている。これらの双方の観点から、環境害の 5 つの分野、すなわち大気汚染、森林破壊、エネルギー消費、土壌汚染と枯渇、水質汚染と枯渇、と直接および間接的な関係がある。

薬物と環境のさまざまな関係を完全に切り離して分析することはできない。それらは、環境政策とその効果も含めて、より広い文脈の中でのみ考えることができるものである。環境の持続可能性は、経済的および社会的開発とともに、17 の持続可能な開発目標の 3 つの側面の 1 つである。例えば、目標 13 は気候変動とその影響との闘いであり、目標 15 は土地と森林の持続可能な利用の促進に関するものである。薬物使用、違法薬物経済、およびこれらの現象への対応は、目標 1(貧困削減)、目標 2(食料安全保障)、目標 3(健康)、目標 16(平和で包摂的な社会)に関連する。

持続可能な開発目標の採択以来、気候変動を削減するための重要な世界的なコミットメントがなされてきた。気候変動に関する政府間パネル(IPCC)は、2022 年 4 月の報告書で化石燃料使用量の削減、再生可能エネルギーへの構造転換、二酸化炭素除去への投資などさらなる行動を求めている。

薬物と環境のつながり

持続可能な開発目標の重要性の高まりと並行して、違法薬物と開発の関係は近年、より注目を集めるようになった。しかし、それらはまだ十分に研究されてはいない。環境の持続可能性は、違法薬物と開発の関係の不可欠で不可分な部分である。1980 年代以降、違法薬物と環境との関連にますます多く注意が払われるようになったが、当初、その関係は主に熱帯林破壊に対する薬物栽培の影響の認識を通じて確立されたものであった。コカブッシュの栽培と森林伐採の間には関連性があるが、影響の規模は限られている。例えば、コロンビアの 2 つの地域、すなわちアマゾン地域とカタトゥンボ地域（ノルテデルサントアンデール県の一部）では、2005 年から 2014 年の間に違法なコカブッシュ栽培によって直接引き起こされた森林破壊はそれぞれわずか 2%と 4%であり、森林破壊の最大の部分は牧畜や農業などの他の活動に直接関係していた。

その後、2000 年代以降、特にコロンビアでの違法作物に関する空中散布に関連して、薬物政策対応との関連が頻繁に強調されるようになった。行われた調査研究は、健康と環境に広く焦点を当てていたが、例えば鳥や魚の種に関連する生物多様性への影響に注意を払うものであった。これらの研究は、薬物の環境への影響に関する定性的な影響についての情報を提供するものであったが、多くは他の環境害の原因との関係を視野に入れるものではなかった。

最近では 2016 年に開催された第 30 回国連総会の「世界の薬物問題に積極的に対処し、対抗するための効果的な共同コミットメント」と題された成果文書が、薬物問題の環境への影響、薬物政策対応における環境保護への配慮の呼びかけを行い、薬物問題の環境への影響を強調している。

しかし、薬物と環境の関係に対する関心は高まっているものの、違法薬物、その代謝産物残留物、および生成された薬物廃棄物が環境に与える影響や、公衆衛生と生物多様性に与えるリスクについてはほとんど知られていない。薬物の環境に及ぼす影響についての研究は、多くの場合、局所的調査であったり、実験室内実験に限定されたりしている。薬物と環境の関連を性別の側面から調査することはほとんど行われていないし、同様に、廃水分析は一部の国では薬物使用の重要な指標とされているものの、環境への影響の観点から行われている研究はほとんどない。廃水処理能力は国によって大きく異なり、薬物関連の汚染を検出する能力も異なる。さらに、薬物関連の汚染物質と環境への害との関連についての研究はほとんどない。研究におけるこれらのギャップは、薬物と環境の問題の規模と範囲を包括的に理解する能力を制限している。

地域レベルおよび個人レベルにおける重大な影響

違法薬物の限りのある地球環境への影響は、さまざまな方法で説明できる。例えば、違法な作物栽培は、総農地の比較的小さな割合を占めている。2021 年のアヘン(246,800 ヘクタール)と 2020 年のコカブッシュ(234,000 ヘクタール)の推定違法作物栽培面積を合計すると、合計で約 50 万ヘクタールになる。2019 年には、世界のすべての作物に使用される推定総農地は 16 億ヘクタールであり、これは違法作物栽培に使用される面積の 3,000 倍以上であった。このサイズの差—3 桁の差—は、違法な作物栽培のための前駆体化学物質、農薬、およびその他の農業投入物(肥料等)の使用の影響などは、農業部門全体と比較して相対的に大きくないことを意味している。

同様に、違法な合成薬物の世界的な生産量は、薬物の合法的な総生産量のごく一部に相当する程度である。推定値はさまざまであるが、一般的な医薬品アスピリンの世界的な年間生産量は 40,000 トンにもなる可能性がある。これらから、違法合成薬物の生産が地理的に集中している場所を除いて、違法合成薬物生産は世界的にみて、二酸化炭素排出に関して、はるかに小さな部分しか占めておらず、地域内で見ても同じ傾向がある。

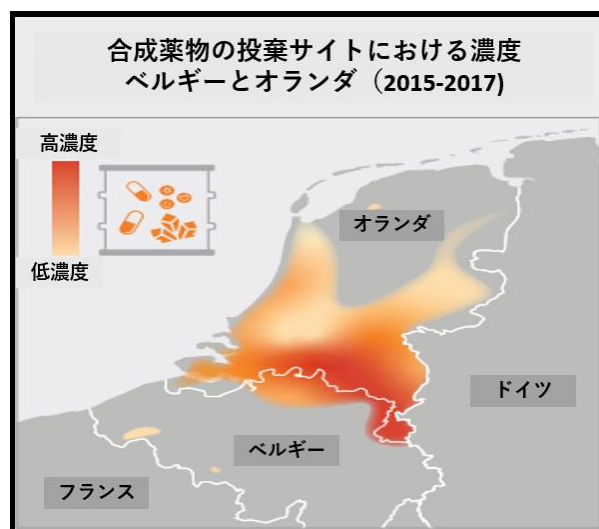
合成薬物の生産が地理的に集中している場所、例えば、合成医薬品の生産が集中しているインドの地域では廃水分析を行うと非常に高濃度の医薬品が検出されることが明らかにされている。このような局所的な合成医薬品生産関連の凝集にもかかわらず、人間の排泄または不適切な廃棄によって環境に到達する合成医薬品とその代謝物の量は、それらの医薬品製造現場での排出の合計よりも多い可能性がある。データがあるわけではないが、同じことがおそらく違法合成薬物にも当てはまり、違法合成薬物生産関連の汚染は、より広範な環境への影響の一部にすぎないと思われる。

しかし、それにもかかわらず、違法薬物の生産と薬物使用が環境に与える影響は、地域レベルおよび個人レベルで重大な波及効果をもたらす可能性がある。これは、違法なサプライチェーンに対する環境規制の欠如のためだけでなく、違法薬物経済が開発と生物多様性の複数の側面に影響を与えるためである。その影響は、格差、低開発、脆弱性、紛争のより広範なパターン化などに関連しており、環境悪化の比較的小さな問題でさえ、貧困、食料安全保障、さらには社会の安定など、開発地域の地域社会に重要な波及効果をもたらす可能性がある。この種の環境への影響は、例えば、国家の存在がほとんどなく、公式の土地利用または開発計画がない孤立した地域にある違法栽培において見られ、環境ショックに対する脆弱性が高く、影響を受けやすい自治体に重要な影響を与える可能性がある。同様に、薬物の生産と使用が地理的に狭い地域に集中している場合、環境への影響は生態系にとって重大なものになる可能性があり、地域社会はその影響の負担を負う。

モロッコ北部のリフ地域では、同国の大麻のほとんどが栽培されており、ここ数十年のますます集中的、かつ、しばしば単一栽培による違法な大麻栽培により、森林破壊、水不足、生物多様性の喪失がみられ、すでに脆弱になっている生態系に対する環境圧力が高まっている。リフは、集中的な大麻栽培により、農業部門で肥料と農薬の国内最大の消費地域になった。しかし、水質汚染の観点からの影響を測定するための研究は行われていない。

また、例えば、アフガニスタンの特定の地域、南部のヘルマンド州などでは、灌漑中の排水が不十分なため、ケシの栽培が塩類化を引き起こしている。違法なアヘン経済からの利益は、深井戸やディーゼル駆動ポンプへの投資を通じて、農業の前線を砂漠地帯に押しやった。

合成薬物に関しては生産は地理的に集中した地域で行われるため、これらの地域では地域への影響が大きくなる可能性がある。例えば、欧州では合成薬物の製造による廃棄物の投棄場所は、オランダ南部とベルギー北部に集中しており、土壌汚染や水質汚染への影響は、その比較的狭い地理的領域において重要な問題となっている。例えば、2つの別々のケースで、MDMAがトウモロコシ穀物サンプルで検出された。



違法薬物の環境への悪影響は、個人レベルやコミュニティレベルにおいて異なる影響を与える可能性がある。個人の健康リスクに加えて、地域コミュニティは様々な仕組みで影響を受ける：脆弱な生態系のなかで水質汚染や土壌汚染に直面している貧しいコミュニティから、合成薬物廃棄物が投棄された後に土地を浄化するコストに直面している先進国の農民に至るまで。

違法薬物活動および合法活動の環境に対する影響

違法薬物活動は、その影響は小さいものではあるが、合法的な経済と比較すると、生産単位あたりの環境への影響が大きい可能性がある。例えば、合法産業は、原則的にはより大きな汚染を引き起こす可能性があるが、一般的に、これらの産業は国内および国際的な環境規制に拘束されているため、環境への影響を最小限に抑えるためのメカニズムを備えている。

薬物ビジネスは、その違法性のために、薬物の生産と密売はしばしば遠隔地で行われるので、環境への影響が特に重要になる可能性がある。例えば、コロンビアでは、2020年にすべての違法なコカブッシュ栽培のほぼ半分が特別な保護地域で行われた。長期的な傾向をみると、国立公園での栽培は増加し、森林保護区、先住民保護区、アフリカ系コロンビア人のために予約された土地など、特別な環境規制を持つ他の地域に引き続き影響を及ぼし続けている。国立公園で特定された環境への影響には、水と土壌の汚染と森林破壊がある。ナイジェリアでは、違法な大麻栽培は一般に、主要道路や都市部から遠く離れた遠隔地の熱帯林地帯で行われている。

違法な薬物生産と密売の関係は、因果関係が明確でなく、一方向でもないことがよくある。例えば、違法薬物栽培は森林破壊につながる可能性があるが、合法栽培やその他の経済活動も同じ影響をもたらす可能性がある。同様に、代替作物を導入することによって薬物の違法供給を減らす努力は、代替作物の二酸化炭素排出量が同等か、あるいはより悪い可能性もあるため、必ずしも環境への影響を減らすとは限らない。

合法的な作物栽培または生産と違法な作物栽培または生産の相対的な環境への影響について、一般的な結論を引き出すことはできない。しかし、違法な作物栽培の秘密性は、違法薬物の生産や密売の経済が伝統的に環境保護、持続可能な開発、および公衆衛生に関連する政策枠組みの外で主に行われてきたことを意味している。

調査によると、医療用大麻の栽培などの合法的活動に対しては、当局による環境保護、規制、監視、コンプライアンスのメカニズムが機能する。ただし、医療用大麻の市場と合法化された管轄区域での大麻栽培の拡大も、特にこれらの活動が広範な気候への影響を伴う屋内栽培で行われる場合、かなりの量の二酸化炭素排出をもたらす可能性がある。

また、大麻が合法化された管轄区域での大麻の栽培は、そこで環境規制の遵守が行われていることを必ずしも保証するものではない。他の合法的な農作物と同様に、栽培が集中

的な単一栽培農業で行われる場合、あるいは小規模な栽培よりも大規模な栽培事業が好まれる場合は、環境への悪影響も大きくなる可能性がある。

持続可能な開発目標（SDG s）に関する薬物と環境		
持続可能な開発目標（SDG s）*	薬物の環境に対する影響	薬物対策との関連
1. 貧困をなくそう		> 代替開発介入には、環境保護と持続可能な開発および生計との間のトレードオフが含まれる可能性がある。
2. 飢餓をゼロに	<p>> 違法な作物栽培は、食用作物の栽培に影響を与える可能性のある土壌条件（塩類化など）に悪影響を与える可能性がある。</p> <p>> 合成薬物関連廃棄物の投棄・排出は食用作物に使用される農地に影響を与える可能性がある。</p>	
3. 健康と福祉を	> 違法な作物栽培や薬物製造は、生産プロセスに関与する人々の健康に悪影響を与える可能性がある（化学物質や揮発性有機化合物への暴露など）。	> 違法薬物製造に関連する化学物質または廃棄物の取り扱いおよび廃棄は、健康問題をもたらす可能性がある（例：法執行機関の職員）。
4. 質の高い教育		> 法執行機関における訓練によって、秘密の薬物製造所のクリーンアップ、薬物の違法製造に使用される化学物質の安全な取り扱いと適切な廃棄、および薬物の違法製造による環境への影響を減らすために必要なスキルを提供することができる。

<p>6. 清潔な水と衛生</p>	<p>> 違法な作物栽培と薬物製造は、(飲料水)の水質、水生生物の行動、および一般的な水生生態系に影響を与える可能性がある。</p> <p>> ほとんどの違法薬物製造は、水処理システムがないか貧弱な遠隔地で行われるため、薬物とその代謝物の違法製造の残骸が水中に残り、水生生態系と生物多様性に影響を与える可能性がある。</p>	
<p>7. エネルギーをみんなに、そしてクリーンに</p>	<p>> 屋内大麻栽培は非常にエネルギー集約的である。総二酸化炭素排出量は、使用されるエネルギー源の組み合わせに大きく依存する。</p>	<p>> 代替開発プロジェクトでクリーンエネルギーを使用すると、代替作物の二酸化炭素排出量を削減できる。</p> <p>> クリーンエネルギーは、薬物密売に関連する暗号通貨マイニング(暗号資産取引承認・確認)の重大な環境への影響を減らすために重要になる可能性がある。</p>
<p>8. 働きがいも経済成長も</p>		<p>> 合法経済における経済活動を促進する代替開発介入は、環境への影響に対処することができる。</p>
<p>12. つくる責任、つかう責任</p>		<p>> 代替開発プログラムは、農業生態学やその他の持続可能な生産方法を含めることにより、生産の環境的持続可能性を高めることができる。</p>
<p>13. 気候変動に具体的な対策を</p>	<p>> 違法な作物栽培と薬物製造の二酸化炭素排出量は、特に土地利用の変化や広範な気候制御が含まれている場合、かなりの規模になる可能性がある。</p>	
<p>14. 海の豊かさを守ろう</p>	<p>> 違法薬物とその代謝産物は、水生生態系の生物に影響を与える可能性があ</p>	

	<p>る。実験室のシミュレーションでは、影響を受ける種にはブラウントラウト、ザリガニ、ゼブラフィッシュ、ゼブラムール貝が含まれることが示唆されている。</p> <p>>水生生物や生態系への(長期的な)影響に関する研究は限られている。</p>	
<p>15. 陸の豊かさも守ろう</p>	<p>>違法な作物栽培や薬物製造は、土壌の質(土壌汚染や塩類化など)や生物多様性(森林伐採など)に影響を与える可能性がある。</p>	<p>>代替開発プログラムには森林農法と森林再生の要素を含めることができる。</p>

*我が国では、通常次のように訳されている：

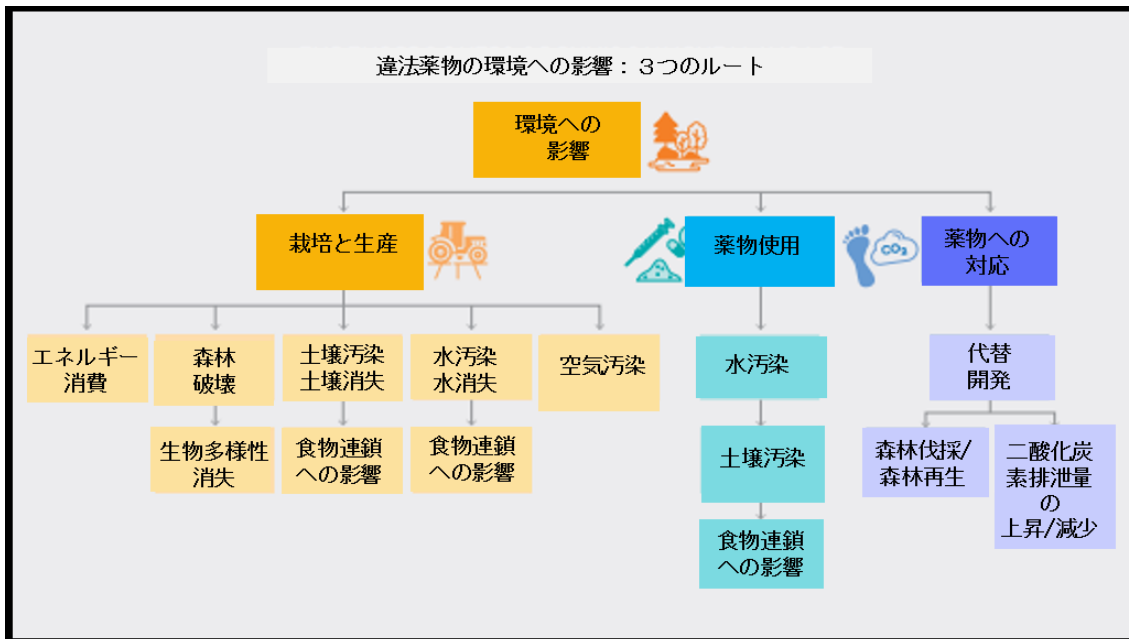
1. 貧困をなくそう
2. 飢餓をゼロに
3. すべての人に健康と福祉を
4. 質の高い教育をみんなに
6. 安全な水とトイレを世界中に
7. エネルギーをみんなに、そしてクリーンに
8. 働きがいも経済成長も
9. 産業と技術革新の基盤をつくろう
10. 人や国の不平等をなくそう
11. 住み続けられるまちづくりを
12. つくる責任、つかう責任
13. 気候変動に具体的な対策を
14. 海の豊かさを守ろう
15. 陸の豊かさも守ろう
16. 平和と公正をすべての人に
17. パートナリーシップで目標を達成しよう

有害経路の発生

薬物の違法な生産と製造は、それが植物由来であろうと、合成であろうと、さまざまな仕組みで環境に害を及ぼす可能性がある。薬物政策的対応に加えて、薬物が環境に害を及ぼす2つの主要な経路は、栽培と生産、および薬物使用である。

薬物生産が環境にどのように影響するかをより明確に把握するために、3つの生産関連の有害経路が特定されている：a)違法な屋内大麻栽培、b)違法な屋外薬物作物栽培。c)違法な合成薬物の製造、である。これらの有害経路は、多くの場合、追加またはより具体的なサブ経路に細分される可能性があることに注意することが重要である。例えば、以下の議論には、違法栽培と生産段階での農業投入物と前駆体化学物質の使用がそれぞれ含まれているが、(主に合法的な)肥料、農薬、および前駆体化学物質自体の生産と輸送から別の有害経路が発生する。特に、これらの化学物質の生産が使用地域から遠く離れて行われる場合、二酸化炭素排出量が大幅に拡大する可能性がある。

すべての生産段階が異なる量の廃棄物を発生するため、二酸化炭素排出量は、その廃棄物が処理されて廃棄されるかどうかやそれはどのような方法で行われるかにも依存する。一般に、廃棄物の生産は、特に廃棄物の量が関係する最終製品の量よりもはるかに大きい可能性があるため、合法生産と違法生産の二酸化炭素排出量を比較するための重要な指標となる。



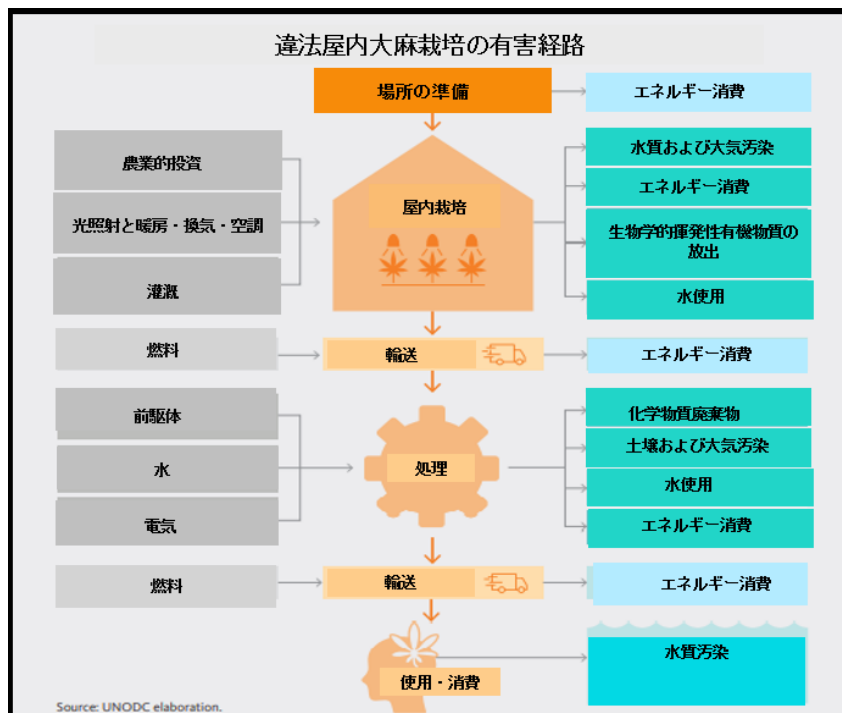
主な知見の詳細

違法な作物栽培と医薬品生産の地球環境への影響は、合法的な農業または製薬部門のそれと比較して比較的小さいが、その影響は地方レベルまたは個人レベルでは重大なものになる可能性がある。相対的には、違法薬物の生産に関連する環境規制の欠如を考えると、影響は一部の合法産業よりも大きくなる可能性がある。

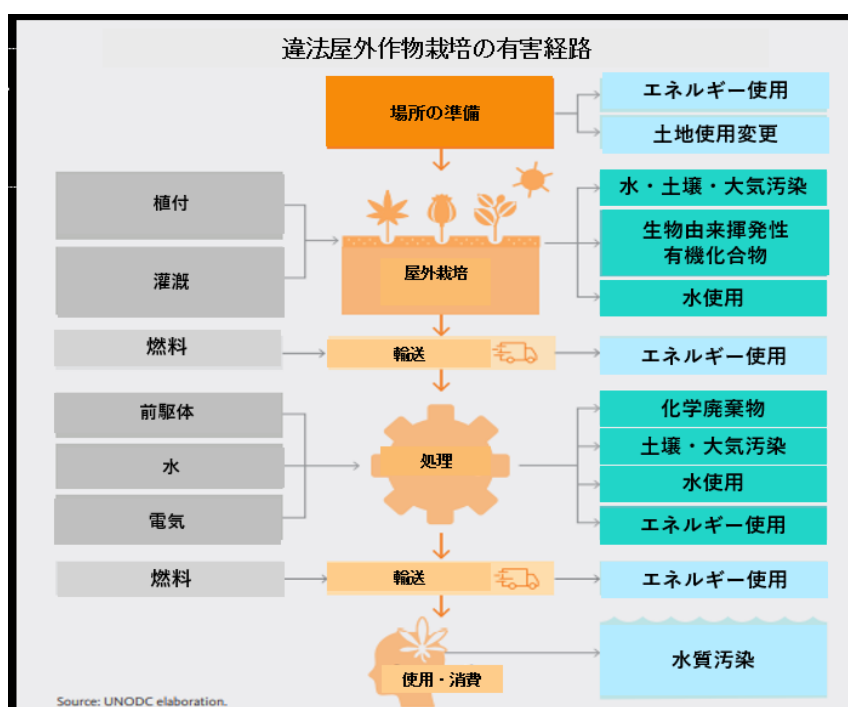
一般に、違法薬物と環境との関連は依然として研究中であり、過小に報告されている。これらの関連への注目が高まっているにもかかわらず、研究は依然として限られており、多くの場合、それが世界レベルで何を意味するのかを推定することなく、局所的または特定の影響を明らかにする孤立した研究に焦点を当てたものに留まっている。

植物ベースの薬物に関しては、屋内大麻栽培の二酸化炭素排出量は、特に気候パラメータを制御するためのエネルギー使用によって主に決定される。これには、温度と湿度を維持するための HVAC（暖房・換気・空調）機器、および成長に必要な光が含まれる。

まとめると、これらの気候制御処置は、屋内大麻栽培の二酸化炭素排出量の 80%以上を占めている。従来の屋外農業肥料、除草剤、および土地準備活動は、二酸化炭素排出量の最大の要因であり、これに対して屋内大麻による影響の合計は 5%未満である。屋内栽培のもう一つの典型的な要因は、植物の成長を促進するための CO₂の注入である。



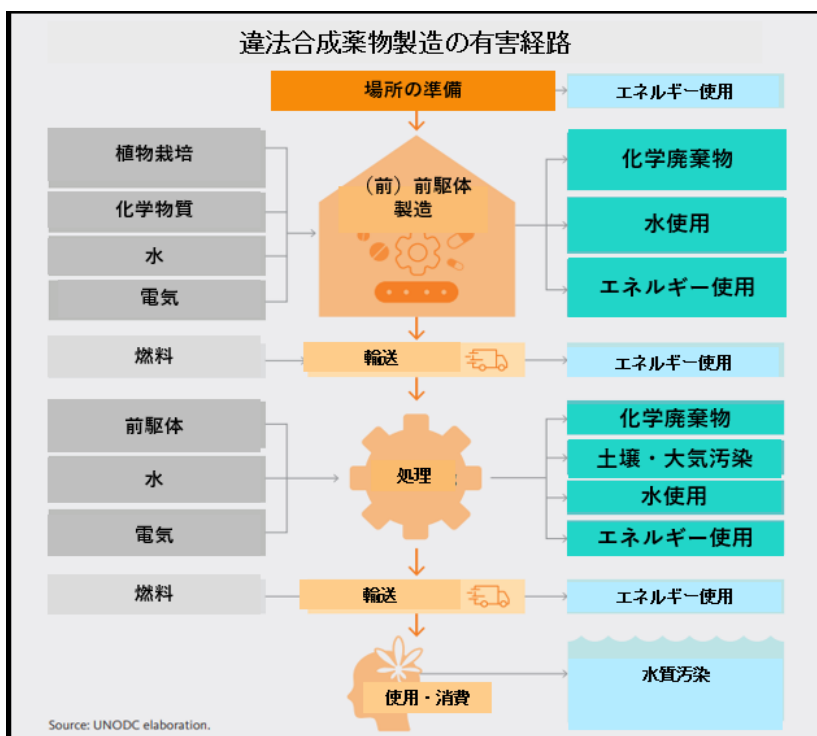
植物ベースの薬物の屋外栽培の場合、潜在的な環境への影響が最も高いのは、例えば、薬物の違法栽培のために森林が伐採された場合など、土地利用の変化に関連するものである。森林破壊は何十年にもわたって違法な作物栽培と関連してきたが、違法栽培が森林破壊の直接的な原因であるのか、農業フロンティアを拡大する経済活動のより間接的な推進力であるのかについての、より多くの洞察を提供する研究がごく最近に行われるようになってきた。薬物密売は、例えば、牛の放牧へのマネーロンダリング関連の投資を通じて、土地に環境影響を与える可能性もある。



植物ベースの薬物の環境への影響は一般に最終製品に基づいて定量化されるが、合成薬物の環境への影響は、最終製品の重量の少なくとも 5 倍と推定される廃棄物に焦点を当てることがよくある。アンフェタミン、メタンフェタミン、MDMA などの合成薬物の生産に関するデータは不完全なため、正確な廃棄物の推定値を世界レベルで計算することはできない。公式の国別報告に基づく集計値が入手可能な押収量に推定廃棄物生産率を適用すると、最低限の推定値が得られる。

局所的な廃水分析は、薬物使用・消費傾向を監視し、薬物関連物質の環境負荷を測定することができる方法である。このような分析は、世界中のさまざまな地域における薬物の残留物と代謝物の濃度に関する証拠を提供してきたが、それらは主にヨーロッパとオーストラリア、カナダ、米国を含む他のいくつかの高所得国で実施されており、これまでのところ、環境への影響を評価するのではなく、薬物使用・消費の傾向を監視するために多く使用されている。

さまざまな廃水研究が生物多様性に対する薬物使用の悪影響を指摘しているが、この問題に関する研究は依然として実験室のものに限定されていることが多く、これまでのところ、考えられる長期的な影響についての洞察はほとんどない。



これまでの具体的な調査結果をまとめると以下のようなになる。

代替開発介入

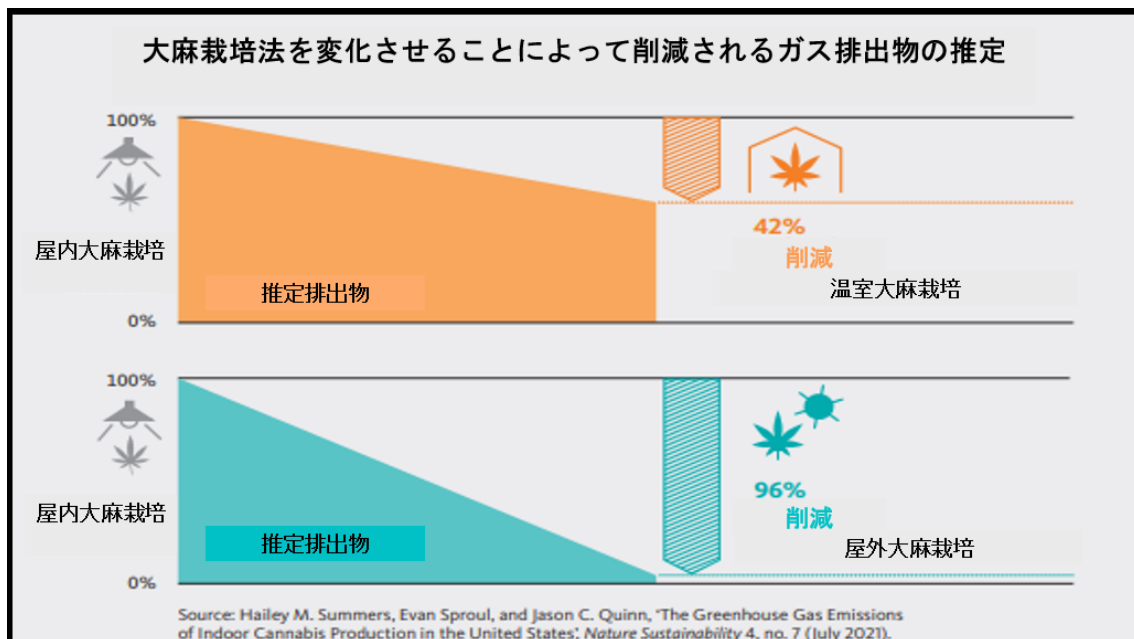
違法作物を代替作物に置き換えると、地理的位置、農業気候条件、栽培方法、肥料、農薬、その他の農業投入物の使用、および最終製品のマーケティングによって、二酸化炭素排出量が増減する可能性がある。

生物多様性

>薬物とその代謝産物は、野生生物、特に水生生態系に影響を与える可能性がある。実験室のシミュレーションでは、影響を受ける種にはブラウントラウト、ザリガニ、ゼブラフィッシュ、ゼブラムール貝が含まれることが示唆されている。

>しかし、これらの生態系における長期的または慢性的な曝露の影響と潜在的な食物連鎖の影響に関する研究はほとんど行われていない。

>同様に、局所的な森林伐採または森林断片化が小さな地域に分布する固有種(固有種)に及ぼす影響に関しては、研究ギャップがあり、ほとんど知見がない。



大麻

>屋内大麻栽培の総二酸化炭素排出量は、乾燥大麻の花1kgあたり2,300~5,200kgのCO₂eと推定されている。屋外大麻の場合、推定値はドライフラワー1kgあたり22.7~326.6kgのCO₂eの範囲である。大麻使用者あたりの影響は低く、大麻消費のパターンに依存する。エネルギー使用量が、屋内大麻栽培によって生成される二酸化炭素排出量の主要な部分である。

>屋外大麻の場合、栽培前の森林の伐採は、環境への影響の唯一の最大の原因になる可能性がある。

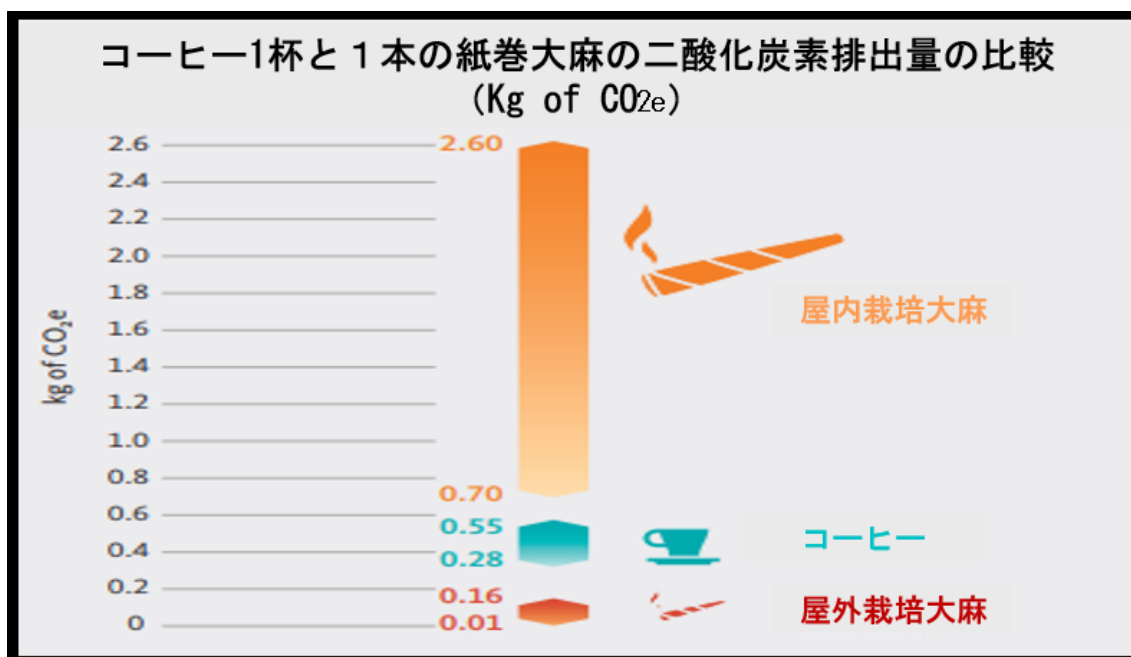
>屋内と屋外の両方のハイテク環境(温室農業)では、二酸化炭素排出量は主に気候制御(暖房・換気・空調)と大麻の成長に必要な光の使用によって引き起こされる。

>限られた利用可能な研究から、屋内栽培と比較して、温室大麻栽培と屋外栽培は、それぞれ42%、96%と少ないCO₂排出量を生成することを示唆している。

>大麻が合法化された国における大麻栽培の環境への影響に関する研究は、屋内大麻栽培が温度などを制御するためにかかなりの量のエネルギーを必要とし、それは総二酸化炭素排出量の約80~85パーセントを占める可能性があることを示唆している。

>典型的な大麻用量(1 joint=紙巻きたばこ状大麻1本)の平均二酸化炭素排出量は、大麻が屋内で栽培されている場合は一杯のコーヒーの平均二酸化炭素排出量よりも大幅に高くなるが、大麻が屋外で生産されている場合は低くなる。

>屋外大麻栽培の場合、灌漑目的で使用される水の量は、アーモンドなどの代替作物に必要な量に比べて少ない。ただし、場所によっては、大麻栽培は依然として環境に大きな影響を与える可能性がある。



大麻の他の植物ベースの薬物の二酸化炭素排出量

> 相対的に言えば、違法薬物サプライチェーンは、製品の kg あたりかなりの二酸化炭素排出量を持つ可能性がある。例えば、大麻とコカインは、生コーヒー豆、カカオ豆、サトウキビなどの他の製品よりも kg あたりの二酸化炭素排出量が多い。ただし、絶対量で見ると、後者の作物は、世界的に生産規模が異なるため総二酸化炭素排出量のはるかに大きくなる。

> コカの葉からのアルカロイド収量が低いとコカイン生産の環境への影響が増幅される。

1 トンのコカの葉から 1.41kg の塩酸コカインが得られる。

> コカの葉 1kg に対して 0.51kg の CO₂e の二酸化炭素排出量に基づくと、土地利用の変化を考慮しない場合には、1kg のコカインの二酸化炭素排出量は推定 590kg の CO₂e でありこれは 250 リットルのガソリンを使用することに相当する。個々のコカイン使用者のレベルでは、関係する平均消費量が少ないことを考えると、平均二酸化炭素排出量はそれほど重要ではない。

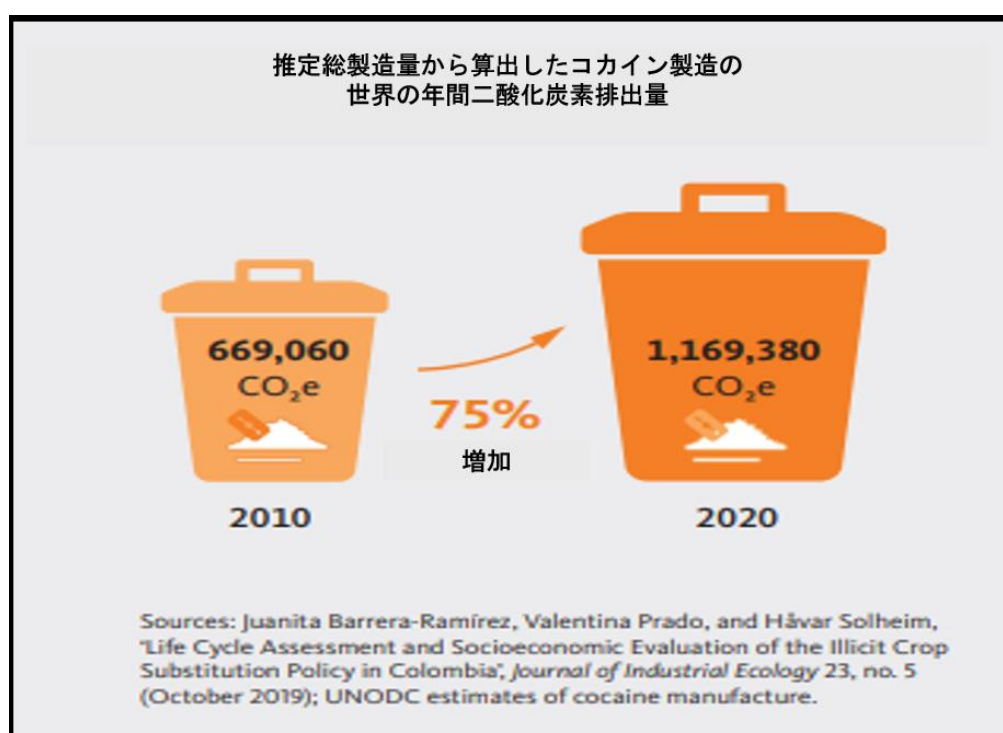
> 比較すると、生コーヒー豆 1kg の推定二酸化炭素排出量は約 7kg の CO₂e であり、カカオ豆 1kg は約 20kg の CO₂e を生成する。

> 土地利用の変化を考慮すると、二酸化炭素排出量が増加する。コロンビアの場合、二酸化炭素排出量は約 7~10 倍に増加すると推定される。

> 入手可能な二酸化炭素排出量の推定値と 2020 年の世界生産データに基づくと、コカインの世界の二酸化炭素排出量は、土地利用の変化を考慮しないと 117 万トンの CO₂e に相当する。これは、年間 25 万台以上のガソリン車の平均排出量、または約 4 億 3500 万リットルのディーゼル燃料消費量に相当する。

> コロンビアの2つの地域、プトゥマヨ県とカタトゥンゴ地域におけるコカイン生産の二酸化炭素排出量に関する研究によると、土地利用の変化が発生した場合(たとえば、森林地が農地になり、大量の炭素が大気中に放出される場合)、結果として生じる排出量は4~6トンのCO₂eにもなる可能性がある。コカイン1kg当たり、これは土地利用の変化の影響がコカイン生産の最も重要な影響の1つになり得ることを示唆している。

> 大きなデータギャップがあるので、ドライフラワーおよび/または樹脂のための屋外大麻栽培の世界的な二酸化炭素排出量の正確な推定は難しい。このような推定を可能にするためには、収量、肥料投入量、処理エネルギー、および土壌や水システムなどに対する土地管理の影響を定量化できる生産データが必要となる。



> アヘンの栽培と生産では、データのギャップはさらに大きくなる。その二酸化炭素排出量の最も確かな見積もりは、サプライチェーンの一部である医療用モルヒネの合法生産のためのケシの栽培に限定されていた。2016年に発表されたある研究では、医療用モルヒネの二酸化炭素排出量のほぼ90%が生産の最終段階、特に滅菌と包装に関連していることが示唆された。

> 植物ベースの薬物生産については、政策対応と環境との間の直接および間接的な関連は、例えば代替開発プロジェクトにおけるプログラムの活動および支援を通じて確立され得る。

> 保護環境地域の指定など、(潜在的な)違法な作物栽培との間接的なつながりが確立されている環境政策はごくわずかである。これらのケースを除いて、環境政策は一般的に、違法な作物の栽培、生産、または密売に関連する特定の環境問題を考慮していない。

森林破壊

>ヘクタール規模の栽培に関しては、違法作物からの直接的な森林伐採は、他の作物や牛の放牧に関連するものなど、他の森林破壊の原因と比較しても一般的に重要ではない。しかし、違法な作物栽培は、農業フロンティアの拡大や、社会経済的低開発や不平等、武力紛争、効果的な農業開発政策の欠如など、森林破壊の他の要因に関連している。

>しかし、アマゾン西部地域に関する新しい研究では、コカの違法栽培によって引き起こされる森林破壊は、その栽培ヘクタールにより国によって異なるが、他の農業慣行によって引き起こされる森林破壊よりも遅く、森林損失が少ないことが示されている。ボリビアのアマゾン地域では、違法なコカブッシュ栽培による森林損失の合計率は、他の農業活動による損失よりも20%低かった。コロンビアのアマゾン地域では、この率は11%低かった。

>研究は引き続き主に栽培の影響に焦点を当てており、マネーロンダリング関連の投資(農業や牧場など)を通じて追加の環境への影響を引き起こす可能性のある薬物密売の影響にはあまり注意が払われていない。国境を越えたコカインサプライチェーンに関わる多くの場所からの証拠は、農業フロンティアにおける違法資本の変革力を示しており、直接的な栽培関連の影響と同等かそれ以上の間接的な土地利用の変化と劣化を引き起こす可能性がある。薬物密売と森林破壊の関係は、現在、研究によって明らかにされている。しかし、その関係のサイズ、範囲、ダイナミクスが環境悪化にどのように影響するかを理解、問題に対処するための薬物政策対応、そしてより広範な政策の機会を特定することに関しては、まだ研究が行き届いていない。

> 中米に関しては、グアテマラとホンジュラスの薬物密売ネットワークに関する研究により、土地利用と土地被覆の変化だけでなく、土地管理の変化も関連していることが示されている。土地の所有権の変化は、違法伐採や野生生物の密売など、土地利用の変化を超えた他の形態の環境被害をもたらす可能性がある。

>森林伐採の直接的な影響に加えて、違法な耕作は、生息地の分断と生態系の支援能力の低下を通じて、生物多様性に間接的かつ長期的な影響を与える森林の断片化をもたらす可能性がある。



合成薬物

>合成薬物関連の廃棄物の投棄と排出は、しばしば見過ごされている。このことが、世界的な生産データが欠如していることと相まって、合成薬物生産の環境への影響を推定することを困難にしている。

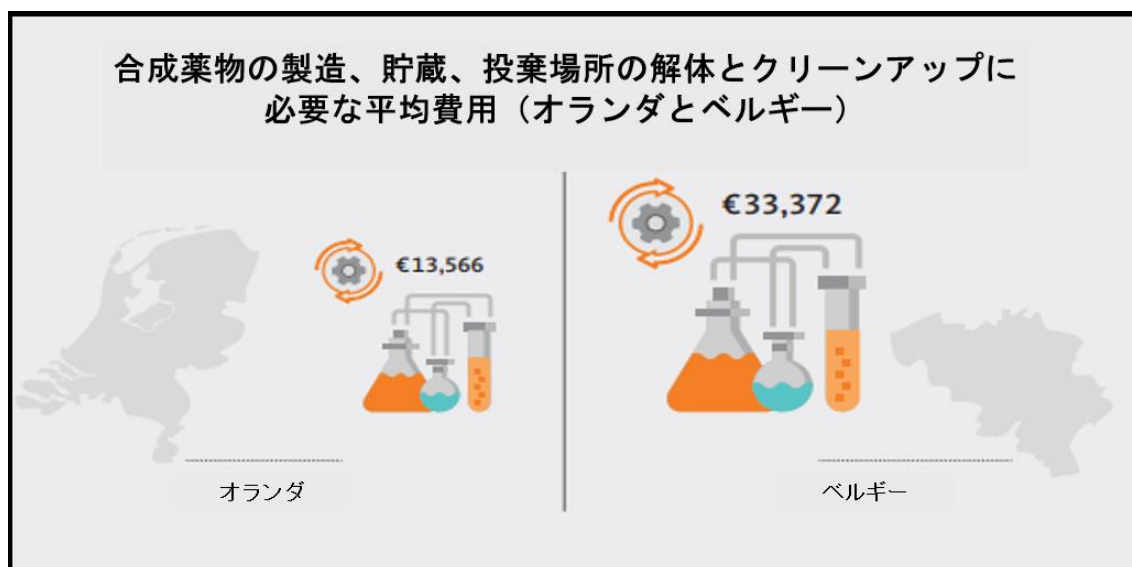
>他の化学プロセスと同様に、合成薬物製造中に生成される薬物廃棄物の量は、最終製品の量の少なくとも5倍である。いくつかの薬物や薬物の製造方法によっては、それは30倍にもなることがある。

>世界の薬物廃棄物生産量は不明であるが、押収された合成薬物の既知の量に基づいて最小推定値を計算できる。押収された年間量に基づいて計算すると、アンフェタミンの年間世界の総廃棄物は1,152~1,728トンである。メタンフェタミンの場合は1,233~2,466トン、MDMAの場合は69.6~116トンとなる。しかし、見つかっていない最終製品が大量にあることを考えると、実際の世界の廃棄物総生産量は桁多いと予想される。

>薬物前駆体管理とは別に、合成薬物生産に対する政策対応は、密造所の摘発と解体から廃水分析、生産または廃棄物投棄場所での浄化作業、没収された薬物の適切な処分に至るまで、本質的にほとんど場当たりの対応となっている。

>合成薬物の製造現場、保管場所、投棄場の浄化にかかる費用はかなりの費用がかかる可能性がある。ベルギーとオランダから入手できる見積もりは、違法薬物製造サイトあたりそれぞれ平均33,372ユーロと13,566ユーロである。

>オランダでは、州政府が汚染土壌や地表水の浄化に補助金を提供している。



植物由来薬物と環境

現状

押収された量に基づくと、重量の点から世界で最も密売されている薬物は、大麻、コカイン、アヘン系薬物である。2017年から2019年の間に、これらの薬物は世界の押収総量の76%を占めた。それらはすべて農業に適した耕作地で栽培される植物ベースの物質であるが、栽培に使用される総面積は、主要な農業食物に使用される面積と比較して非常に小さい。

大麻は理論的には世界中のどこでも栽培できるが、ケシとコカブッシュにはより特定の気候条件が必要である。結果として生じる植物の地理的分布が、環境への影響の地域的変動を決定する。大麻、コカブッシュ、ケシなどの植物の違法栽培は、他の植物の栽培と同様に環境に影響を与える。栽培前(例えば、森林伐採などの土地利用の変化)、栽培(例えばエネルギー使用)、および栽培後(例えば、加工および輸送)の様々な段階で温室効果ガスの排出を生成する。合法的な農業と同様に、違法薬物栽培も種子、エネルギー、肥料、農薬などの農業投入物を使用する。しかし、全体としては、違法栽培による温室効果ガス排出は人間の総排出量のごくわずかな割合である。

差別化要因

隠れて行われる違法薬物栽培の特性は、環境への影響を目立たなくさせ、測定と制御がより困難になる可能性があることを意味している。植物ベースの薬物の違法加工はまた、環境への影響の点で他の作物と異なる。例えば、コカイン製造では、抽出プロセスでクロシンなどの有機溶媒や酸(硫酸)を使用すると、その物質に特有の廃棄物パターンが発生する。しかし、年間のコカイン総量は他の作物に比べて非常に少なく(2020年982トン)、そのためkg当りの大きな有害性は総量が小さいために低減される。例えば、2019年と2020年の世界のコーヒー生産量は約1,020万トンと推定されている。2019年、農産物生産に関連する世界の排出量は、年間165億2100万トンのCO₂eと推定されている。

全体像

絶対量で見れば、合法農業の二酸化炭素排出量は、すべての違法栽培を合わせたものよりもはるかに大きい。2019年、農産物生産に関連する世界の排出量だけでも、年間165億2100万トンのCO₂eと推定されている。

主な関連性と関連する要因の概要

違法栽培の環境への影響はいくつかの影響の組み合わせであり、そのほとんどは土壌と水に直接関係している。全体的な影響は、地域の状況、特に関係する農法や耕作地の規模などいくつかの要因によって異なる。ただし、正味の環境への影響を見積もるのは難しいことがよくある。例えば、「非効率的な」伝統的な農業と「効率的な」現代の農業慣行の異

なる影響については明確には理解されていない。モロッコのリフ地域では、伝統的な大麻栽培は依然として主に合成肥料の多用に依存しているが、現代の(灌漑)技術と高収量品種の導入により、この地域の脆弱な生態系の水資源への圧力が高まっている。ナイジェリアでは、大麻栽培と森林破壊の間に明確な関係がみられる。大麻栽培の総面積(8,900ヘクタール)は、国の耕作可能な土地の約0.02%にすぎないが、2019年に摘発されたすべての大麻畑の合計39%は、同じ年に伐採されたかつての森林地帯で栽培されていた。大麻畑は、密集した熱帯地域に設立され、ほとんどの場合、その地域の森林を焼き払うことによって作られている。大麻栽培は継続的な森林破壊の一因となっている。しかし、森林破壊のはるかに大きな部分は他の要因、特に合法的な農業によって引き起こされている。

違法性と環境への影響

合法栽培と違法栽培の影響を、2つの明確に分離されたカテゴリーで評価することはできない。その効果は、栽培の場所、範囲、方法、および緩和策が実施されているかどうかによって異なる。作物の合法栽培と違法栽培はさまざまな形をとる。例えば、小規模なココブッシュ栽培は、環境への影響が少ない有機農業に似ている場合があるが、作物の大規模な集中的な合法栽培は、環境に広範囲にわたる結果をもたらす可能性がある。

それにもかかわらず、薬物の違法栽培が著しく異なる環境影響を与える可能性のある地域もある。栽培が合法である場合、医学的または科学的目的である場合、または大麻生産が合法化された管轄区域の場合、例えば米国カリフォルニア州では、農業プロセスは大麻栽培のライセンスに関連する特定の要件などの環境保護措置の対象となる。これらの要件は、州、67郡および地方の規制の下で課せられた他の条件への一般的な準拠に追加されている。いくつかの規制の性質は、違法な大麻栽培の伝統的な慣行、例えば小川や泉からの水の迂回に一部起因している。例えば、州水資源管理委員会やカリフォルニア州魚類野生生物局は、特定の流域や地域での大麻の栽培全般が環境に重大な悪影響を及ぼしている場合に、カリフォルニア州食糧農業省に通知することができる。

規制が大麻栽培の環境への影響を違法栽培の影響と比較して軽減するかどうかを知るために利用できる研究は限られている。2018年にカリフォルニア州で実施された調査では、大麻栽培規制への違反率が高いことが判明した。これは、大麻が合法化された管轄区域のすべての大麻栽培サイトが環境保護対策を完全に適用しているわけではないことを示唆している。米国オレゴン州とワシントン州での研究では、大麻の合法化は、オレゴン州の保護された国有林における違法な大麻栽培場所の数の減少に大きく貢献したが、ワシントン州の森林には影響を及ぼさなかったことがわかった。この事実は、適用される合法化モデルの種類や大麻法とは関係のないその他の要因によって影響が異なる可能性があることを示唆している。

大麻栽培の最も大きな環境への影響は工業型農業で行われていることと関連しており、合法栽培と違法栽培の両方の規模と場所が影響を与える。しかし、大麻栽培が合法化され

た管轄区域では、農家は選択した栽培地域に移動しやすく、そのような栽培の環境への影響は、地域のさまざまな条件によって異なっている。さらに、競争の激しい市場での農業は、拡大(生産地域の最大化)または強化(より密集したプランテーションと農業投入物の使用の増加)のいずれかに移行する傾向があるため、生態学的資源の過剰開発が増悪する可能性がある。

健康関連の影響

薬物使用の健康関連の影響に関する一連の科学的研究は十分に発展しており、絶えず進化している。一方、違法な作物栽培と薬物生産の健康関連の影響に関する研究知見は極めて限られている。大麻に関しては、ほとんどの研究は当初、麻繊維生産の呼吸への影響に焦点を当てていた。限られた研究ではあるが、法執行機関の職員が違法な屋内大麻プランテーションに入った結果として健康への影響を被る可能性があることを示した研究がある。2015年にベルギーで実施された調査によると、法執行機関で働く221人の回答者の60%が、プランテーションに入ったとき、または入園直後に少なくとも1つの健康関連の症状を示した。健康関連の直接的な影響のほとんどは、頭痛、鼻・眼の炎症、皮膚の炎症であった。これらの症状やその他の症状のほとんどが医学的に治療されていなかった。このような研究は、違法な大麻栽培にさらされた人々の直接的な健康関連の影響のいくつかを決定するのに役立つが、例えば、違法な農薬やその他の化学物質への暴露に関連するものなどについての長期的な影響については明らかではない。

法執行官と比較して、生産現場で大麻を扱ったり収穫したりする労働者は、これらのリスクにさらされる期間が長く集中している。

米国カリフォルニア州における大麻栽培ライセンスに関連する環境保護措置

必要条件	要件が対処する環境上の害
申請者が提案された場所を占有して使用する法的権利を持っているという証拠	> 保護地域での栽培
州の水資源管理委員会または適切な地域の水質管理委員会による廃棄物排出要件を満たしている証拠	> 違法または不規則な廃棄物処理
カリフォルニア州環境品質法の遵守	> 天然資源の不適切な管理と廃棄物処理 > 人々にとって不健康または危険な環境
照明、暖房、冷房、換気を含むがこれらに限定されず、栽培用のすべての電源の特定	> 不適切なエネルギー使用
州水資源管理委員会、地域水質管理委員会またはカリフォルニア州魚類野生生物局によって実施されている水道法の遵守	> 不適切な水の使用 > 魚や野生生物への害
カリフォルニア州魚類野生生物局が発行した湖と河床の変更契約(または免除)	> 河川、小川、湖の実質的な迂回または妨害 > がれき、廃棄物、その他の物資の不適切な堆積または処分
関連するすべての利用可能な水源の特定	> 不適切な水の使用
提案された施設が「大麻栽培によって著しく悪影響を受ける」と判断された流域またはその他の地理的地域に所在していないという証拠	> すでに劣化している、または壊れやすい地域へのさらなる害
農薬規制局によって施行されたすべての農薬法および規制の遵守	> 殺虫剤の不適切な保管、使用、廃棄

Source: State of California, California Code of Regulations, title 3. Food and Agriculture, division 8. Cannabis Cultivation, chapter 1. Cannabis Cultivation Program (2019).

屋内および屋外の大麻生産現場に関連する健康リスク

リスクのタイプ	リスク	健康への有害性のタイプ	健康への影響のレベル
身体的リスク	<ul style="list-style-type: none"> ・プランテーションまたはサイト所有者の誤作動・うっかりミス ・電気ショック・電気による火災 	<ul style="list-style-type: none"> ・身体的損傷・怪我 ・感電、やけど 	<ul style="list-style-type: none"> ・高い；しかしまれにしか起こらない ・相対的に高い
化学的リスク	<ul style="list-style-type: none"> ・肥料&成長調整剤 ・殺虫剤 ・植物の成長を人工的に刺激するために注入されるCO₂の使用によって引き起こされる有毒ガス 	<ul style="list-style-type: none"> ・目及び皮膚刺激 ・神経系の変調 ・アレルギー反応 ・めまい、意識障害 ・窒息 	<ul style="list-style-type: none"> ・低い ・低い；しかし屋内では使われることは少ない ・低い
生物学的リスク	<ul style="list-style-type: none"> ・高温多湿レベルと換気の欠如によって引き起こされる真菌の増殖、主に屋内で、しかし屋外でも見られる ・大麻植物による揮発性有機化合物(テルペン)の排出は、例えば、オゾンやホルムアルデヒドの有害な化合物をもたらす可能性がある 	<ul style="list-style-type: none"> ・「バイオエアゾルの高度暴露アレルギー反応」 ・刺激 ・アレルギー反応 ・吐き気;頭痛; ・めまいと低血圧 	<ul style="list-style-type: none"> ・中程度 ・低い；しかし、十分に研究されていない

違法作物栽培と環境影響

違法作物栽培の環境への影響は、特に南北アメリカで広く記録されている。ボリビア(多民族国)、コロンビア、ペルーでの違法なコカブッシュ栽培は森林破壊、土壌侵食と枯渇、水質汚染、生物多様性の喪失、その他の環境被害に関連している。米国では、国立公園での違法な大麻栽培は、在来植物の喪失、川の転用、農薬汚染、廃棄物の投棄、野生生物の密猟を含むさまざまな有害な環境への影響をもたらしていることが示されている。

二酸化炭素排出量（二酸化炭素排出量）分析

多くの場合、違法な作物栽培の影響は、その重大度と程度を明確に示すことなく、一般的な用語で説明されてしまっている。大麻、コカブッシュ、またはケシの栽培の影響を定量化する 1 つの方法は、その二酸化炭素排出量を推定することである。これは、他の作物の合法栽培に適用される標準的な慣行に従い、ライフサイクル評価方法論を実施することによって可能である(下のボックスを参照)。

二酸化炭素排出量（カーボンフットプリント）とそのライフサイクルアセスメント

二酸化炭素排出量（カーボンフットプリント）は、活動によって生成される製品または機能である「機能単位」の観点からの、経済活動に起因する炭素換算として表される体系的な温室効果ガス排出量の尺度である。機能単位の選択は、評価の目的と範囲によって大きく異なる。例えば、コーヒー生産の二酸化炭素排出量の評価は、農場での 1 kg のコーヒー、目的地の市場での 1 kg の焙煎、挽いたコーヒー、パッケージ化されたコーヒー、またはカフェでの 1 杯のエスプレッソの機能単位に基づく場合がある。収穫技術や生産慣行などのさまざまな慣行も分析に組み込むことができる。

二酸化炭素排出量分析のもう一つの重要な要素は、評価の範囲を定義するのに役立つシステム境界の選択である。これらはケースバイケースで定義されるが、通常は「ゆりかごからゲートまで」（最初から入口）または「ゆりかごから墓場まで」（最初から最後）のモデルに従う。どちらのアプローチも、最初の原材料抽出段階（「クレードル」）をカバーすることから始まる。評価は、製造または加工の最終段階（工場のゲートなど）まで、または製品の使用および最終廃棄（「墓」まで）まで行うことができる。コーヒーの例では、ゆりかごからゲートまでの評価には、土地の準備、成長、収穫、および定義された形式（トースト、粉碎、および/またはパッケージ）への処理のフェーズが含まれる。さらに、ゆりかごから墓場までの研究には、その後の廃棄物の輸送、処理、準備、消費、および処分も含まれる。

二酸化炭素排出量を測定するための国際的に受け入れられている標準手順は、国際標準化機構規格 ISO 14067 で成文化されている。これらは一般的に、特定の経済活動および/または商品に関連する気候変動の影響を理解し、管理しようとする組織の消費者製品に適用される。二酸化炭素排出量の評価は、炭素関連の排出量に焦点を当てて、システムのゆりかごから墓場までのライフサイクル全体ですべての直接および間接的な排出量を説明することを目的としたライフサイクル評価フレームワーク（ISO 14040 規格で指定）に従う。

二酸化炭素排出評価における主な限界は、環境問題の狭い範囲を扱うことにある。水使用量、毒性、生物多様性などの側面は、二酸化炭素排出の推定では考慮されていないため、二酸化炭素排出評価推定値は環境影響の全体的な測定値を表すものではない。二酸化炭素排出量分析には、化石燃料の使用と土地利用の分析が組み込まれており、どちらも屋内（湿度と温度の制御に関連）および屋外（広範な耕作地とおそらく森林破壊に関連）での薬物の栽培に関連している。合成薬物の製造に典型的な廃棄物処理および廃水処理慣行に関連する影響は、通常、二酸化炭素排出量に大きく寄与しない。

薬物作物の違法栽培の二酸化炭素排出を推定する際の課題は、薬物サプライチェーンの違法性のために、二酸化炭素排出に関連する多くの側面に関するデータが不足していることにある。栽培方法は地域によって大きく異なる可能性があり、二酸化炭素排出量の見積もりが異なる生産経路を参照している場合、それらは比較できない可能性がある。

屋内大麻栽培の二酸化炭素排出量

大麻の二酸化炭素排出量に関する研究は少なく、米国での屋内大麻生産に関連する計算に基づいて推定値を確立した 2012 年と 2021 年の 2 つの研究のみである。どちらの研究も屋内大麻栽培の二酸化炭素排出量は、気候制御のための電気の使用と成長に必要な光の使用に由来していることを示している。程度は低いものの、これは屋外栽培(温室など)にも当てはまり、エネルギーグリッドや気候条件の変化が全体的な二酸化炭素排出量に大きな影響を与える可能性があることを意味している。

2021 年の調査は、大麻栽培の二酸化炭素排出量を推定する上での場所の重要性を示している。この研究では、気象および電力網の排出量データの地理的変動を考慮して、米国全土の屋内大麻栽培の最初から最後(ゆりかごからゲート)までの二酸化炭素排出量を計算している。結果として得られた二酸化炭素排出量の推定値は、大麻ドライフラワー 1kg あたり 2,283~5,184 kg の CO₂e の範囲であり、主な要因は照明と気候を微調整するための電気と天然ガスの消費である。

これらの推定では、照明と HVAC (暖房・換気・空調) を合わせると、二酸化炭素排出量の 81%(1,849~4,199 kg の CO₂e)になる。屋内栽培の場合、葉を増やすための CO₂注入を見積もりに含めると、複合要因は二酸化炭素排出量の 96%(2,192~4,977 kg の CO₂e)に達する可能性がある。

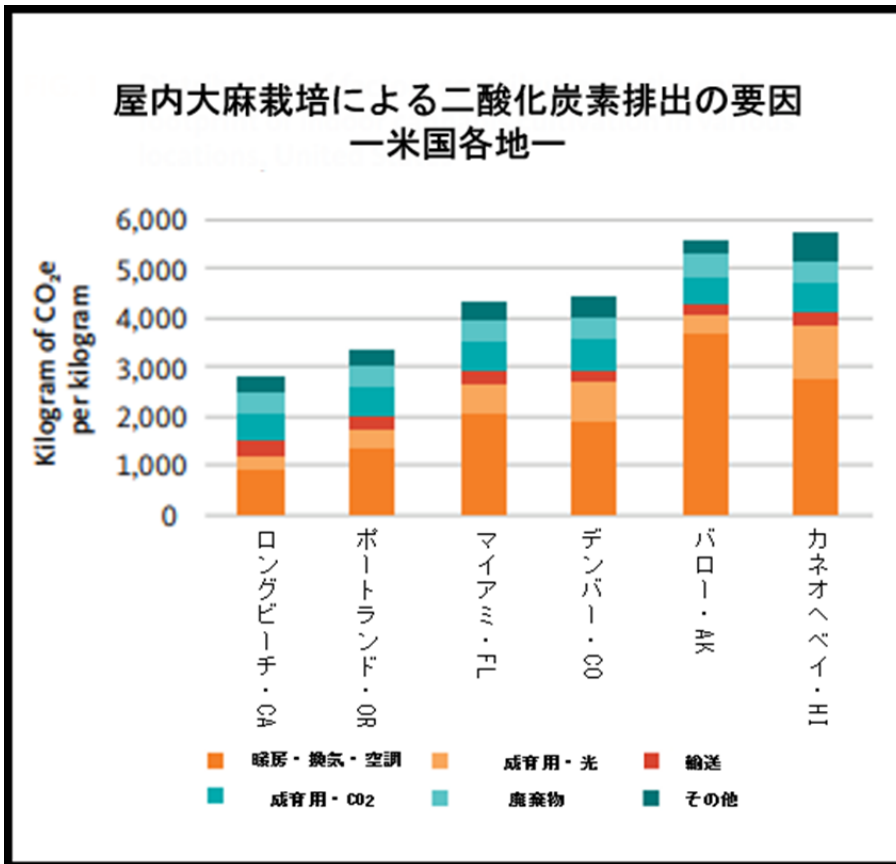
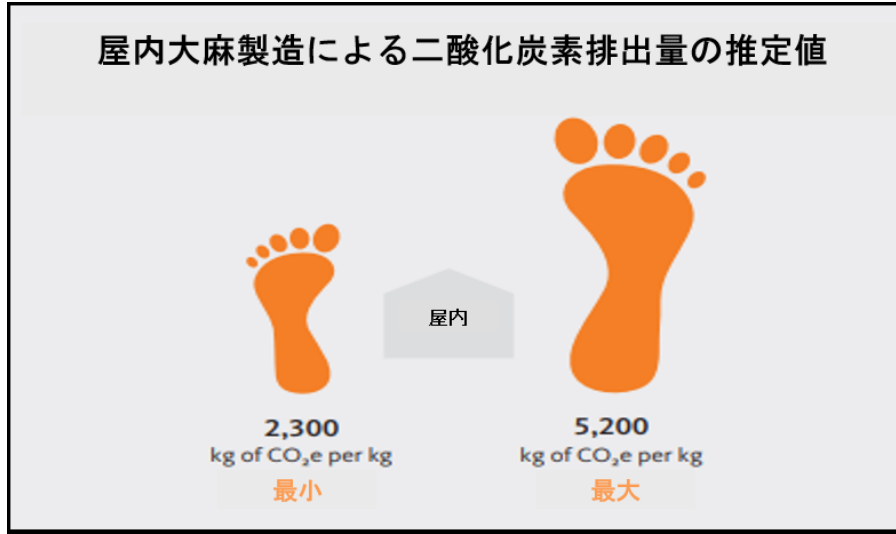
二酸化炭素排出量の見積もりは、オフグリッド(送電網を介さない)ディーゼル燃料発電が使用されている場合、例えば、屋内操作が摘発を回避するために遠隔地にある場合、あるいは電力供給に制約がある場合に、最大 50%増加する可能性がある。

大麻生産の信頼できる世界的な推定値がないことを考えると、これらの研究から大麻栽培の世界的な二酸化炭素排出量を推定することは不可能である。さらに、米国における屋内大麻生産の規模の信頼できる推定がないと、屋内栽培の地球環境への影響全体を推定することは困難になる。エネルギー消費に起因する二酸化炭素排出量は、関係する電源とグリッドミックス(送電網ミックス)によって大きく異なる可能性がある。大麻栽培に必要な年間平均電力強度は、他の研究では、78 メガジュール/平方メートル(MJ / m²)(屋外)から 10,152 MJ / m²(屋内)の範囲であると推定されている。後者の推定値は、カナダ、ヨーロッパ、北アフリカでの野菜や花の温室栽培の 600~2,827 MJ / m² の範囲と比較するとかなり高い。

2021 年の調査で明らかになったのは、二酸化炭素排出量は屋内サイトの地域の状況にも依存するという点である。例えば、米国では、湿度を制御する必要性は、オレゴン州ポートランド市よりもハワイ州ではるかに一般的である。

屋内大麻栽培の二酸化炭素排出量の主な要因はエネルギー消費とそれに伴う温室効果ガス排出であるが、肥料の多用など、そのような栽培に関連する他の懸念もある。さらに、研究によると、大麻植物はかなりの量の生物起源の揮発性有機化合物を放出する可能性があり、室内の空気の質と労働者の安全に影響を与える可能性がある。同様に、大麻製品に

残留する農薬は、人間の健康に影響を与える可能性がある。



屋外大麻栽培の二酸化炭素排出量

温室を含む屋外大麻栽培の全体的な二酸化炭素排出量の評価については、米国で実施された大麻が合法化された管轄区域における研究による情報がある。これらの研究からの推定値は、二酸化炭素排出量が大麻ドライフラワー1kgあたり22.7~326.6kgのCO₂eであったことを示している。すべての推定値は、最終製品のキログラムで二酸化炭素排出量を計算することによって行われた。これは平均的な大麻使用者の日量、月量、または年用量に基づいて計算した場合の二酸化炭素排出量とは異なることに注意することが重要である。

屋外大麻栽培の推定値はおそらく屋内栽培の推定値よりも信頼性が低い、屋外栽培では気候制御の必要性が少ないか、まったくない場合、屋外栽培は屋内栽培よりも影響が少ないことは明らかである。温室での栽培が屋外栽培の一形態と考えられている場合でもこれらの推定値は、屋外大麻栽培の影響レベルは屋内栽培の影響レベルよりも1~2桁低いと考えられる(両方のタイプの栽培について最低の推定値を使用すると、約100倍、最高の推定値を使用すると16倍低くなる)が、それでもその影響は、一部のエネルギー集約型食用作物の栽培よりも高い可能性がある。

しかし、推定値にはさらなる調査が必要である。例えば、この推定には、農産物の二酸化炭素排出量のより重要な要因の一つであることが多い土地利用の考慮事項が欠落しているように思われる。2021年の調査で想定された屋外で栽培された大麻の収量は年間3,034.35kgのドライフラワーであったが、屋外生産のより信頼性の高い推定を行うには、追加の研究が必要である。

屋外生産は、例えば、動力付き灌漑システムが使用されている場合、エネルギー集約的である可能性がある。屋外栽培は一部の気候では温度と湿度の制御の必要性を減らす、そのような栽培における主な懸念は水の調達と枯渇である。例えば、カリフォルニアの乾燥した日当たりの良い地域で大麻作物を灌漑するための水の使用は、地下水に大きく依存していることがわかっている。典型的な成長期(150日)には、屋外の大麻植物は1日あたり最大22.7リットルの水を必要とすると計算されている。

それにもかかわらず、米国では、屋外での大麻灌漑のための水の消費量は、アーモンドなどの他の作物に比べて比較的少ない。これらの作物のいくつかがはるかに大量に栽培されていることを考えると、大麻栽培に水を使用することの環境への影響は、栽培の全体的な範囲の問題ではなく、空間分布(生物の個体群における互いの距離の取り方による個体分布の特徴)の問題である。

2021年にモデル化された米国のケースでは、屋内と屋外のハイテク環境での大麻生産の二酸化炭素排出量は、主に気候制御(暖房・換気・空調 HVAC)と成長に必要な光の使用に由来する。屋外栽培の場合、二酸化炭素排出量は主に温室での栽培に関連している。CO₂投入量は屋内条件の二酸化炭素排出量の15%を占めているが、屋外条件ではわずか2%を占めるにすぎない。灌漑は屋外栽培にとって特に重要である。どちらの場合も、栄養素の使用は他の入力に関連するものであり、その影響はわずかである。これは、肥料(栄養化

学物質)の使用が少ないことを意味するのではなく、他の投入物と比較して影響が小さいことを意味する。

米国での屋外大麻栽培に関する調査結果は、照明、気候制御、産業用 CO₂注入の必要がない場所での温室栽培、土地利用の変化や多文化に関する同様の条件での世界の他の地域での大麻栽培に拡張することができる。多くの大麻農場は 遠隔地や保護地域、または農業のフロンティア地域に沿って位置しているため、土地利用の変化は世界中の屋外大麻栽培における排出量の重要な部分を占める可能性がある。ほとんどの農産物の場合と同様、土地利用の変化が関係している場合、それが大麻栽培の二酸化炭素排出量に影響を与える主な要因の 1 つである可能性がある。大麻を栽培する前に森林を伐採することは、単一の最大の影響源になる可能性がある。

屋外栽培はさまざまな状況下で行われる。それはエネルギー集約的であり、土地利用の変化を伴う可能性があるが、それは各国の状況と国内における場所によって異なる。いくつかのプロセスは苗床段階を含むが、他のプロセスは野生から集められた野生の植物に依存している。例えばナイジェリアでは、開墾、耕作、植え付け、除草、収穫、梱包、畑の安全の確保、さらには水汲みなど、屋外栽培の多くの側面は労働集約的であるため、燃料や電気の使用に起因する温室効果ガスの排出は最小限に抑えられる可能性がある。屋外の排出量も年間を通じて変化する可能性があり、乾季には雨季よりも灌漑に多くのエネルギーが使用される。

サプライチェーンの後半段階では、場所と地形に応じて、最初から最後までライフサイクルの評価のなかで輸送を考慮する必要がある。薬物販売業者は、さまざまな交通手段を選択する場合がある。例えばナイジェリアでは、輸送には二輪、三輪、四輪の車両や動物が関与する可能性があり、これは、まだライフサイクル評価アプローチを使用して科学的に研究されてはいない、さまざまな潜在的なシナリオのひとつを例示している。データが不足していることを考えると、米国での二酸化炭素排出量研究の結果が米国外の地域に簡単に外挿できるかどうかを判断することはできないが、最小限の微小な気候制御(例えば照明、暖房、または空調用の機器がないか、制限されている状況や、温室内でも)によってエネルギーへの影響を大幅に削減し、したがって炭素への影響を大幅に削減することが期待できる。

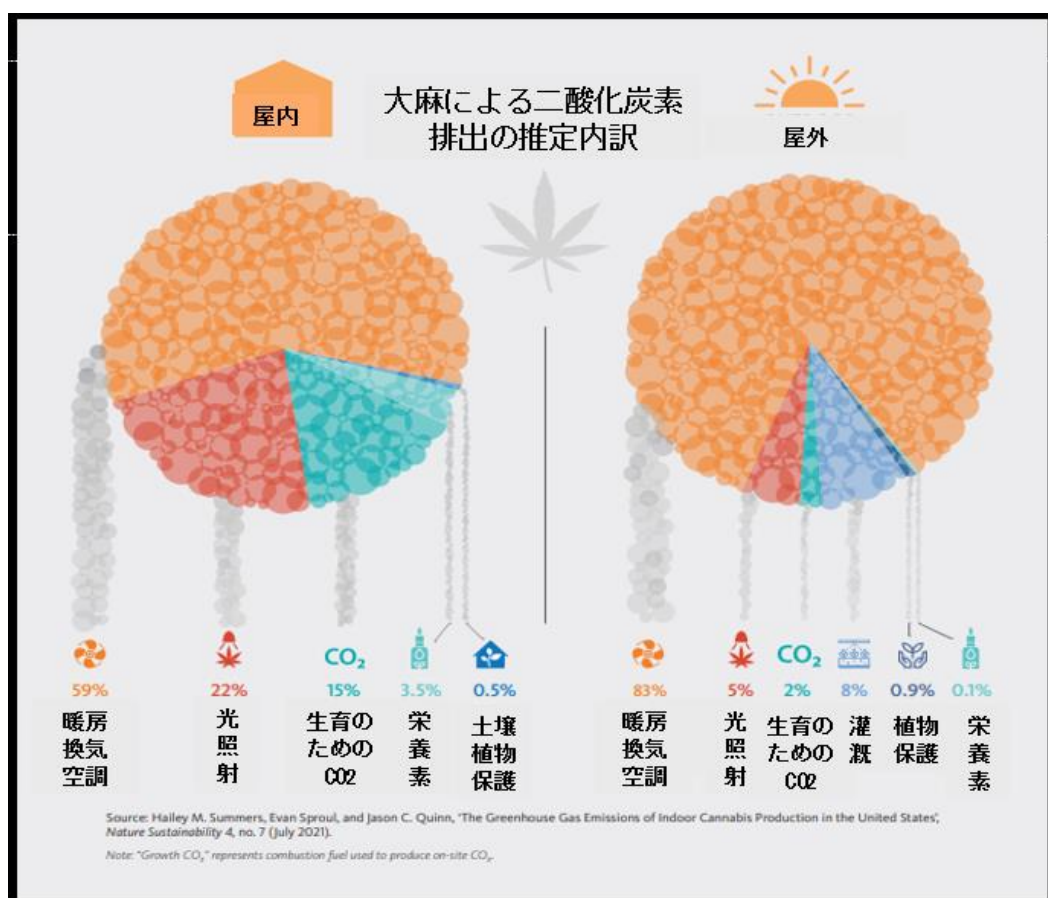
どのように最適化されているかどうかによっても、有機肥料または合成肥料の施用が二酸化炭素排出量に影響を与える可能性がある。過度の適用は硝酸塩の放出につながる可能性がある。

屋外と屋内の大麻生産の二酸化炭素排出量の見積もりを比較する際には、結果として得られる製品がかなり異なる可能性があることを考慮する必要がある。例えば、屋外の温室以外の環境では、大麻の収量と品質の両方が、テクノロジー集約型の屋内栽培室で栽培されたものとは異なる場合がある。屋外生産では、植物のライフサイクルの受粉および施肥段階を制御することがより困難であり、その結果、植物の収量が低くなり、有効成分が

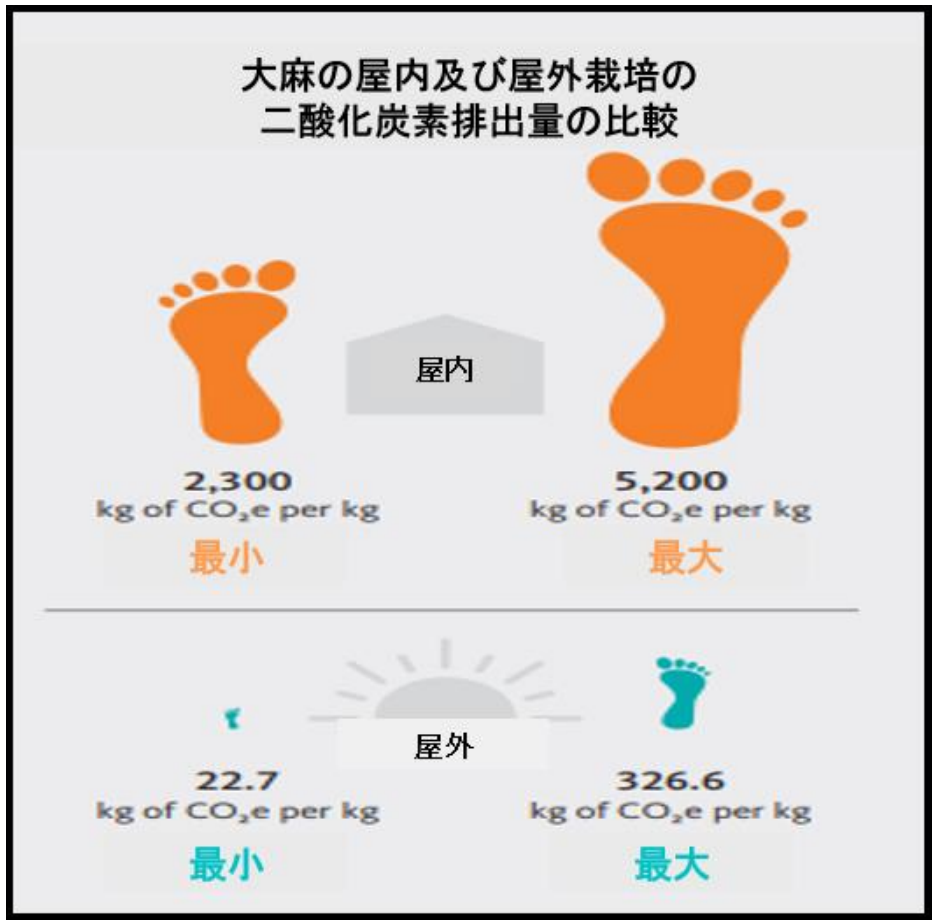
少なくなる可能性がある。さらに、植物が天日乾燥されると、その有効成分の効力が低下する。屋外収量は、困難な気候で灌漑なしで栽培された野生または半栽培品種では1m²あたり47グラムという低いものになる。手入れの行き届いた畑では、1m²あたり500グラムまでの収量があり、屋内では、収量は1m²あたり300グラム強から1m²あたり800グラム弱までさまざまである。大麻に関するライフサイクル評価は屋内生産に焦点を当てているが、これまでのところ部分的な知見しか得られておらず、収量や効力の潜在的な変動をモデル化したり、合法性に関する状況を比較したりしていない。

入手可能な推定値を用いて、屋内および屋外の大麻栽培の二酸化炭素排出量を、キュウリ、トマト、ナス、イチゴなどの特定のエネルギー集約型食用作物の二酸化炭素排出量と比較することができる。これらの作物は温室条件で栽培されることが多いため、これらの作物との比較が可能である。これらの作物は大麻とはかなり異なるので、使用と影響の点で直接比較することはできないが、規模については大麻の屋内栽培と比較すると大きな違いがあり、およびそれより程度は低い屋外の栽培とも違いがある。

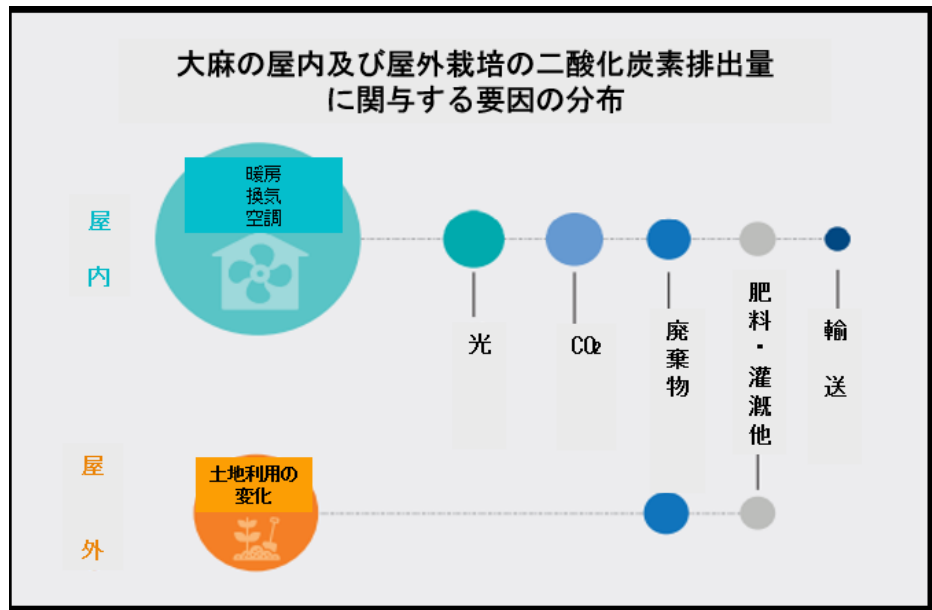
屋内で栽培された大麻の温室効果ガス排出量は、屋内で栽培されたエネルギー集約型の食用作物の900~3,600倍である。この違いは、エネルギー集約型の食用作物栽培では主に照明と気候制御が使用されていないか、屋外の温室環境ではあまり使用されていないという事実に関連している。



大麻の屋内及び屋外栽培の二酸化炭素排出量の比較



大麻の屋内及び屋外栽培の二酸化炭素排出量に 関与する要因の分布



大麻の屋内及び屋外栽培と食用穀物の二酸化炭素排出量の比較



コカイン生産の二酸化炭素排出量

違法なコカブッシュ栽培の環境への影響は、コカの代替に使用される作物の環境への影響と比較されてきたが、その影響に関する研究はまだ非常に限られている。2019年に実施された1つの研究のみが、「ゆりかごからゲートまで」のコカイン生産の二酸化炭素排出量を評価している。この評価は、コロンビアのカタトゥンボとプトゥマヨの2つの地域での評価に基づいている。コロンビア北東部に位置するカタトゥンボでは、2015年に10,779ヘクタールのコカが栽培された。2020年には、コカの栽培量は40,116ヘクタールに増加した。コロンビア南西部のプトゥマヨでは、2015年に20,068ヘクタール、2020年に22,041ヘクタールのコカが栽培された。これらの地域の地形は、熱帯雨林や湿地から密林に覆われた山々まで多岐にわたり、多種多様な固有の生態系と高い生物多様性がある。この研究では、コカブッシュの栽培、コカインの処理、および生産プロセスで発生する廃棄物の処理について調査している。その結果、土地利用の変化を考慮しないと1kgのコカインを製造する際には590kgのCO₂eが発生する。これは平均的なガソリン車が2,358km走行した場合の排出量、つまり220リットルのディーゼル燃料の消費量に相当する。調査によると、この二酸化炭素排出量は、代替作物である生コーヒー豆とカカオ豆の二酸化炭素排出可能量よりもそれぞれ約84倍と30倍高い。アルカロイド抽出に占める二酸化炭素排出量の24%は、肥料と化学前駆体の使用、および処理段階で使用されたガソリンの排出に起因していた。

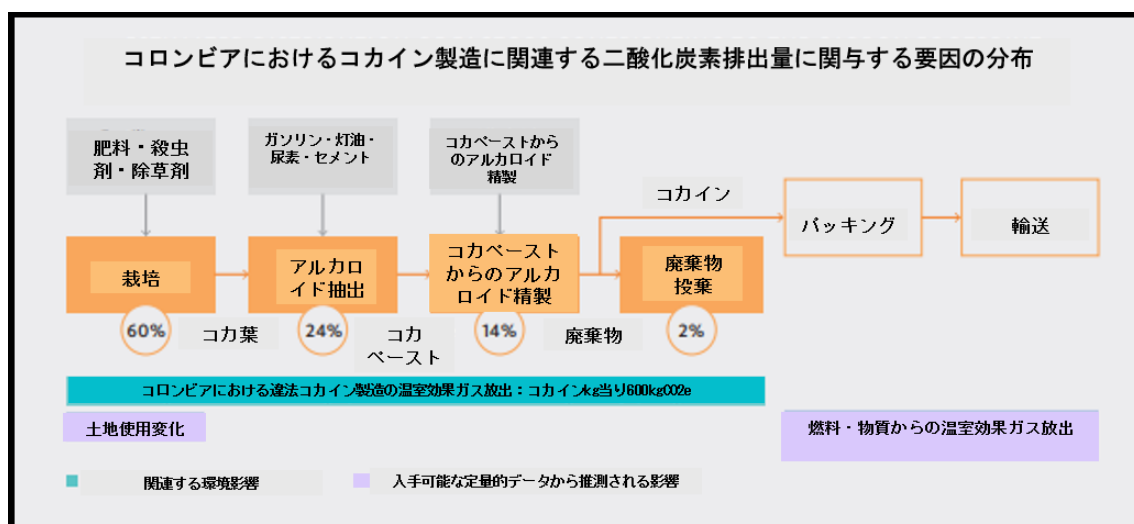
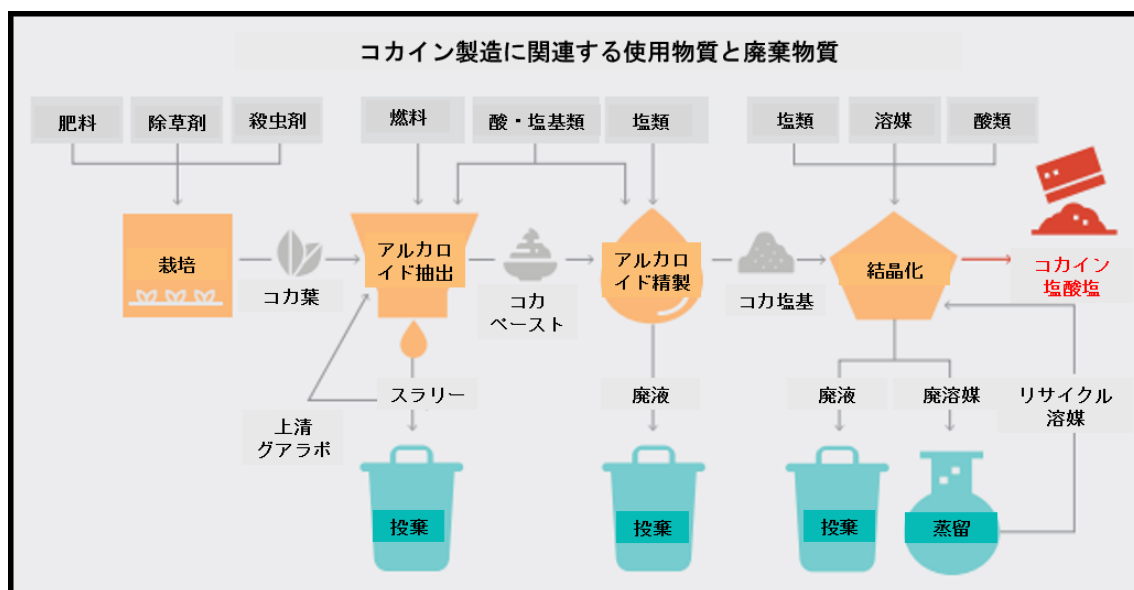
コカブッシュ栽培とコカイン製造の段階で大量の農業用化学物質が使用されている。肥料、除草剤、農薬(殺虫剤)がコカブッシュ栽培の主な投入物である。一方、アルカロイド抽出プロセスでは、葉の処理とコカインアルカロイドを得るためのコカペーストの製造中にセメント、尿素、ガソリン、または灯油を使用する。この研究による二酸化炭素排出量計算では、新鮮なコカの葉1トンあたり1.41kgの塩酸コカイン収量を想定している。

環境への影響全体における土地利用の変化の重要性を考慮すると、2019年の調査に含まれるコロンビアの2つの地域について、その影響の大まかな見積もりができる。

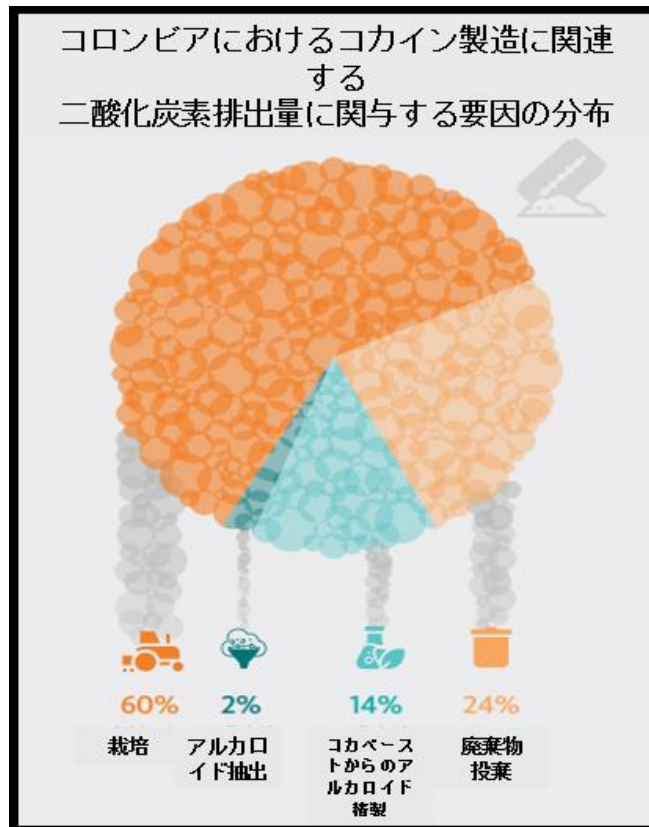
研究の結果は、土地利用の変化が発生した場合、結果として生じる二酸化炭素排出量はコカイン1kgあたり約4~6トンのCO₂eであるとしている。土地利用の変化の影響は、コカイン生産の環境への影響に寄与する単一の最も重要な要因であると考えられる。土地利用の変化を考慮しなくても、上記のコカイン生産の二酸化炭素排出量の推定値は、その二酸化炭素排出量が代替作物の二酸化炭素排出量の少なくとも30倍であることを示唆している。コカの葉生産の二酸化炭素排出量は、収穫された葉1kgあたり0.51kgのCO₂eである。

コカインについて入手可能な二酸化炭素排出量推定値を用いて、コカイン生産の地球環境への影響全体を推定することが可能である。2020年の世界生産量の推定値である1,982トンのコカインと、生産されたコカイン1kgあたり4,500kgのCO₂eの二酸化炭素排出量(土地利用の変化を考慮)から、土地利用の変化を考慮した場合には、大まかに年間

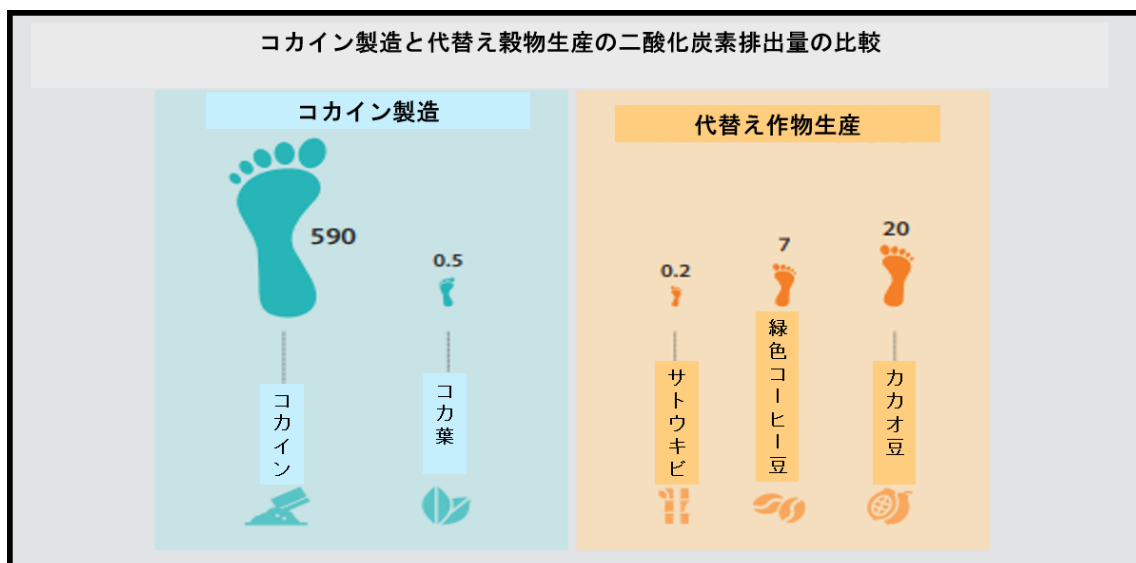
890万トンのCO₂eの総排出量の見積もりが得られる。これは、1年間に190万台以上のガソリン走行車の平均排出量、または33億リットル以上のディーゼル燃料消費量に相当する。また、土地利用の変化を考慮しない場合には、総二酸化炭素排出量は約117万トンのCO₂eになる。これは、1年間に運転された25万台以上のガソリン車の平均排出量、または約4億3500万リットルのディーゼル燃料消費量に相当する。ただし、すべてのコカブッシュ栽培が土地利用の変化を伴うわけではないため、実際の数値はこれら2つの集計値の間になる。



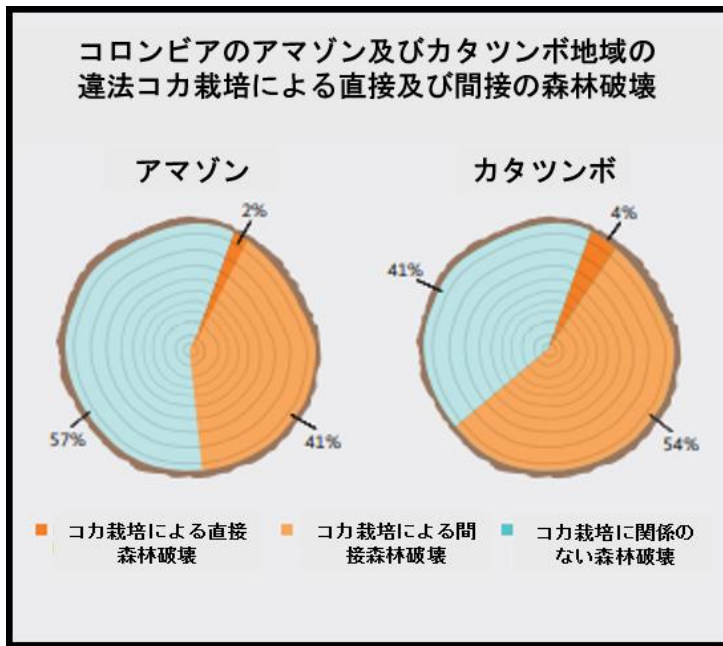
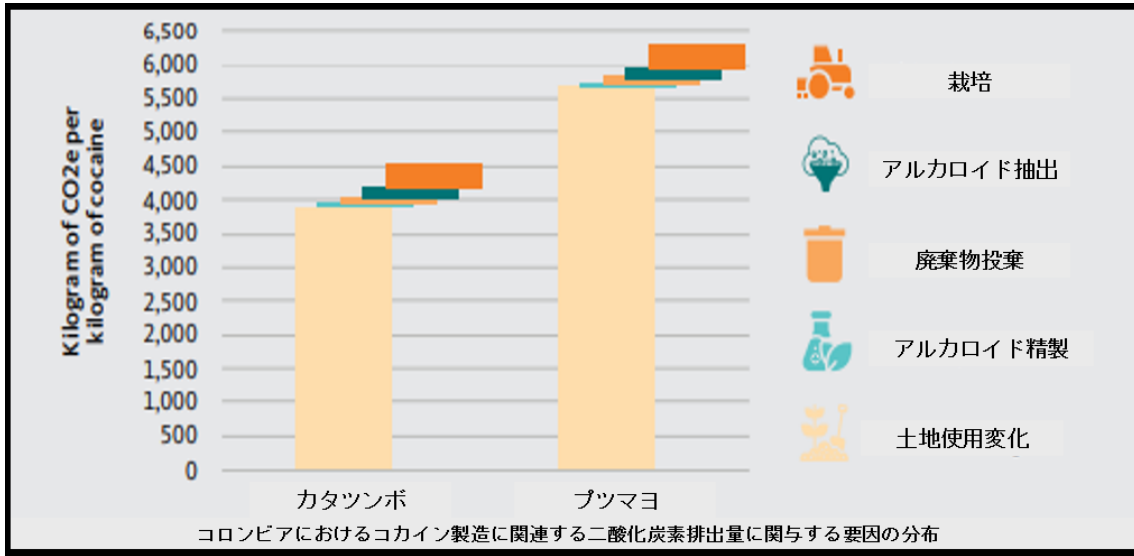
コロンビアにおけるコカイン製造に関連する
二酸化炭素排出量に関する要因の分布



コカイン製造と代替え穀物生産の二酸化炭素排出量の比較



kg 当たり CO2ekg



コカイン製造の世界の年間二酸化炭素排出量の推定				
穀物	世界の生産量 (トン/年)	タイプ	二酸化炭素排出量 (kgCO ₂ /kg 製造された cocaine)	世界的影響 (CO ₂ e トン/年)
コカイン	1,982	土地使用変化なし	590	117 万
		土地変化あり	4,500	890 万

アヘンの二酸化炭素排出量

アヘンに関しては、ライフサイクルアセスメントはほとんど行われていない。オーストラリアの農場での合法的なケシ栽培に関するある研究は、ケシ栽培から 100 mg のパッケージ化されたモルヒネ(静脈内使用)の生産までの環境ライフサイクルを評価しており、モルヒネ 100 mg の二酸化炭素排出量は 204 グラムの CO₂e であると結論付けている。モルヒネ 1kg の場合、これは 2,040kg の CO₂e の二酸化炭素排出量に相当する。この研究ではケシ栽培の環境への影響は、総二酸化炭素排出量のわずか 3%を占めているにすぎない。全体的な影響のほぼ 90%は、モルヒネ製造の最終段階、特に滅菌と包装に関連している。

アフガニスタンでの違法なアヘン栽培は、環境への影響がケシ栽培の場所と方法に依存するため、二酸化炭素排出量が異なる可能性がある。アフガニスタン南西部のかつての砂漠地帯での違法なアヘン栽培によって引き起こされた特定の環境への影響についての報告がある。2011 年から 2017 年の間に行われた研究では、除草剤と農薬(殺虫剤)の使用がより広範なケシ栽培を可能にし、灌漑方法がディーゼル燃料を動力源とするポンプと発電機の使用から太陽光発電への依存にシフトしたことが観察された。短期的には、ケシ栽培は乾燥地帯での他の農作物の生産も可能にした。しかし、長期的には塩類化、地下水位の低下、収量の減少により、農民は他の地域に移動した。

暗号通貨とエネルギー使用

2019年に実施された調査では、ビットコインユーザーの約4分の1(26%)と世界のビットコイン取引の約2分の1近く(46%)が薬物密売などの違法行為に関連していると推定されている。限られたデータしか入手できないが、2021年12月発行レポートでは、米国国土安全保障省の国土安全保障調査部門のサイバー犯罪センターの職員は、監視していたDarkウェブでの売上の80~90%が薬物の密売に関連していると述べている。同じレポートは、仮想通貨と薬物密売に関連して米国金融犯罪執行ネットワークに提出された疑わしい活動に関するレポートが2017年から2020年の間に5倍に増加したことを示している。ビットコインは、暗号通貨マイニング(ビットコインマイニングとも呼ばれる)に依存する暗号通貨の1つであり、通常、計算を実行するために高レベルの計算能力を備えた特殊なコンピューターを使用する。

暗号通貨の使用が大幅に拡大し始めた2014年以降、暗号通貨マイニングに関連する推定電力消費量は指数関数的に増加している。ケンブリッジビットコイン電力消費指数は、ビットコインマイニングに関連する電力消費量の急激な増加傾向を示している。

別の指標であるビットコインエネルギー消費指数は、2022年3月27日現在、ビットコイン関連の活動の年間エネルギー二酸化炭素排出換算量は204.50テラワット時に達し、これは1年間で運転された約1,900万台のガソリン車の平均エネルギー、または1年間で1,700万戸以上の住宅が使用する電力に相当する。この指数に関連して2022年に実施された調査では、この二酸化炭素排出換算量は65.4メガトンのCO₂eに相当すると推定されている。2018年に実施された調査では、他のテクノロジーの換算率に従うと、ビットコインだけで、30年以内に地球温暖化を摂氏2度以上に押し上げるのに十分なCO₂排出量を生み出すと予測されている。ビットコインは2021年の第4四半期に暗号通貨市場の約38%を占めていたため、暗号通貨マイニングに起因する総電力消費量は、暗号通貨市場全体ではるかに高いと想定できる。

ビットコインやその他の暗号通貨に関連する世界の総二酸化炭素排出量は、暗号通貨マイニングが行われる場所と使用される電源の構成に依存するため、確立することは困難である。例えば、再生可能エネルギー源が電力生産に使用されるエネルギー源の組み合わせの一部である程度は場所によって異なり、時間とともに変化する可能性がある。

- 1) Sean Foley, Jonathan R. Karlsen, and Tālis J. Putniņš, 'Sex, Drugs, and Bitcoin: How Much Illegal Activity Is Financed through Cryptocurrencies?', *The Review of Financial Studies* 32, no. 5 (1 May 2019): 1798–1853.
- 2) United States Government Accountability Office (GAO), *Virtual Currencies: Additional Information Could Improve Federal Agency Efforts to Counter Human and Drug Trafficking*, Report to Congressional Requesters, 2021.

- 3) See also Booklet 2 of the present report, entitled Global overview of drug demand and drug supply .
- 4) Alex de Vries et al., 'Revisiting Bitcoin's Carbon Footprint', *Joule* 6, no. 3 (March 2022): 498–502.
- 5) Camilo Mora et al., 'Bitcoin Emissions Alone Could Push Global Warming above 2° C', *Nature Climate Change* 8, no. 11 (November 2018): 932.
- 6) Statista, *Distribution of Bitcoin and Other Crypto in the Overall Market from 2nd Quarter of 2013 to 4th Quarter of 2021* (Statista, 2022)

森林破壊

全体像

森林破壊は、主に人口増加、人口動態の傾向、経済発展によって引き起こされる環境変化のより広範なプロセスの一部である。持続不可能な農業慣行、侵入種、資源の使用と効率の低さ、過剰搾取など、世界的な森林破壊の直接的および間接的な要因は多い。違法伐採、野生生物の密売、違法な作物栽培などの違法行為も森林破壊を引き起こしたが、そのなかで薬物生産占める割合は比較的小さい。

薬物と森林破壊の関係

違法な薬物耕作は森林破壊と関連しているが、最近の研究では、直接的な関係と間接的な関係の両方があることが強調されている。例えば、コロンビアでは、2020年の政府データによると、12,939ヘクタールの森林伐採された土地(その年に森林伐採された総土地の7.54%)が違法なコカ栽培に直接起因している可能性があるとされている。また、38,449ヘクタール(22.4%)というより広い面積の森林伐採が、コカブッシュ栽培地域(距離1km未満)に近接しているため、間接的にそのような栽培と関連していると考えられている。違法なコカ栽培によって直接失われた森林地帯に加えて、そのような栽培に関連する可能性のある他の活動の結果として森林が伐採された他の、おそらくより大きな地域があると考えられている。コロンビアの2つの地域では、違法なコカ栽培に関連する直接的および間接的な森林伐採が長期間にわたって観察されている。

コロンビアのアマゾンとカタトゥンボでは、違法なコカ栽培に関連して森林破壊の調査が行われており、違法なコカ栽培の直接的な寄与は調査期間中に軽微であったが(それぞれ森林破壊全体の2%と4%)、それに関連する経済活動によって森林生態系の質が低下して劣化した森林までを考慮すると、大幅に増加した。森林破壊の大部分は、牛の放牧や農業などの他の活動に直接関係するものであるが、コカ栽培は場合によってはさらなる森林破壊と経済発展を増悪させる可能性がある。全体として、コロンビアでのコカ栽培は農業フロンティアの拡大を引き起こす可能性があるが、一般的に言えばそれは森林破壊の究極的または直接的な原因ではない。薬物と森林破壊の関係は単に違法栽培のみではない。森林破壊は薬物密売にも関連している可能性がある。薬物密売が森林破壊に与える影響は歴史的に違法な作物栽培の影響に焦点を当てていたため小さく見積もられてきたが、最近では、研究者はより多いと指摘している。

リモートセンシングと地理情報システム分析を使用して2020年に実施された研究では、グアテマラのマヤ生物圏保護区の土地利用と土地被覆の変化が調査され、牛の放牧が保護区の森林破壊の大部分の原因であることがわかった。そして、ほとんどの場合、これらの活動は、マネーロンダリング、薬物密輸、または土地管理の目的で牛の放牧に投資した薬物密売組織と関連していた。

ココブッシュ栽培に伴う森林伐採

ココブッシュ栽培は森林破壊を直接引き起こす可能性があるが、森林伐採プロセスの触媒としてより大きな役割を果たしている。森林破壊は、ココブッシュ自体の違法栽培によって奪われる森林よりもむしろ、ココブッシュの違法栽培が最終的に農民に安定した競争力のある収入と非公式の信用へのアクセスを提供することによるものである。彼らは食用作物、牧草地、住宅建設の栽培のために森林にさらに伐採するようになる。この関連する森林破壊は、最終的にはココブッシュの違法栽培によって直接引き起こされる森林破壊よりも大きくなる可能性がある。

コロンビアのアマゾンとカタトゥンボにおける違法なココ栽培に関連する直接的および間接的な森林破壊(2005～2014年)

地域	ココ栽培による直接の森林破壊 (he)	ココ栽培による間接の森林破壊 (he)	ココ栽培とは無関係の森林破壊 (he)	森林破壊総計 (he)
アマゾン	17,564(2%)	298,474(41%)	412,508(57%)	728,546
カタトゥンボ	2,205(4%)	28,719(54%)	21,909(41%)	52,833

薬物密売ネットワークの空間ダイナミクスが環境に与える影響

環境被害の広がりや強度を特定して予測するには、薬物密売ネットワークに關与する空間ダイナミクスを理解することが重要である。高解像度の領土センシングは、時間の経過に伴う変化を追跡し、森林破壊との関連を探索するために適用できる。

薬物密売ネットワークの存在の変化は3つの主要な経路を通じて森林破壊に影響を与える：

- (a) 直接、領土管理と非公式のインフラ開発(例えば、秘密の着陸帯または森林内の陸路の建設のための土地の管理);
- (b) 間接的に、牛の放牧または土地ベースの投資(パーム油プランテーションなど)を隠れ蓑として使用するマネーロンダリングを通じて。

または(c) 間接的に、そうでなければ手付かずで遠隔地の森林フロンティアを開く非公式で投機的な土地市場の創設を通じて。

中米の状況に関する研究が増えていることは、薬物密売が森林破壊を加速する違法な資本と土地管理の慣行を通じて間接的に土地利用の変化に影響を与える可能性があることを示唆している。薬物密売人が保護地域や先住民族の領土の土地などの地域の土地を押収および管理する場合、違法行為の一部として、および/または違法行為のカバーとして、以前はアクセスできなかった地域を新しいタイプの投資(土地の投機的取引など)および採掘活動(牛の放牧、農業、鉱業、伐採など)に開放する。これらのメカニズムを通じて、間接的な環境への影響は薬物密売ネットワークの直接的な影響よりも大きくなる可能性がある。

1) Nicholas Magliocca et al., 'Shifting landscape suitability for cocaine trafficking through Central America in response to counterdrug interdiction', *Landscape and Urban Planning* 2219; Beth Tellman et al., 'Narcotrafficking and Land Control in Guatemala and Honduras', *Journal of Illicit Economies and Development* 3 no. 1 (2021); Jennifer Devine et al., 'Narco-degradation: Cocaine trafficking's environmental impacts in Central America's protected areas', *World Development*, 144 (2021); Beth Tellman et al., 'Illicit Drivers of Land Use Change: Narcotrafficking and Forest Loss in Central America', *Global Environmental Change* 63 (July 2020).

2) Presentation by Nicholas Magliocca at the expert meeting on drugs and the environment organized by UNODC and GIZ, held on 21 September 2021

アマゾン西部地域における森林破壊に関する新たな知見

違法なコカ栽培は、森林に侵入するため、農業のフロンティアまたはその近くで行われることがよくある。違法なコカブッシュ栽培と森林伐採の空間的關係は、しばしば因果關係として解釈されてきた(例えば、コカ栽培は森林破壊を引き起こす)が、この違法な栽培にどの程度の森林破壊が起因するかは不明である。違法栽培と森林破壊の關係をより正確に判断するために、アマゾン西部地域で空間解析を適用して研究が行われた。

地理空間分析に基づく以前の研究は、コカブッシュ栽培と森林損失との直接的な關係を示す傾向があったが、以前のマクロ社会経済的および人口統計学的分析(たとえば、人口規模と道路密度を考慮した)は、違法なコカブッシュ栽培を森林破壊の間接的な推進力として特定している主に森林破壊を引き起こす経済発展の一般的なパターンと関連している。

これらの初期の研究は、しばしばコカ栽培を森林破壊率に関連付けたり、社会人口統計学的データを地方自治体規模でのみ組み込んだりしたため、アマゾン-アンデス地域の非常に大きな自治体地域の分析に歪みが生じた。アマゾン-アンデスを含むアマゾン西部地域でのより最近の研究では、2010年から2020年の間に人口と道路密度のデータと相互参照された合計419,073の森林破壊クラスターを研究することにより、より詳細な空間的アプローチが提供された。

全体として、この研究は、違法なコカブッシュ栽培と森林破壊との関連性をより詳細に示した。違法なコカ栽培は森林伐採の頻度を増加させることが明らかになり、特にコロンビアで森林破壊の最初の推進力または先駆的な作物としての役割を確認した。ある年、違法なコカブッシュ栽培のある地域は、違法なコカ栽培が行われていない地域よりも森林破壊を経験する可能性が48%高く、森林破壊クラスターあたりの年間平均森林伐採率は1.035ヘクタールであった。

しかし、違法なコカ栽培に関連するより頻繁な伐採にもかかわらず、違法なコカ栽培を伴う森林破壊クラスターは、違法なコカブッシュ栽培のない地域よりも有意に小さく、しばしばより断片化されており、森林損失率が低かった。違法なコカブッシュ栽培の存在の影響の強さは国によって異なった。違法なコカブッシュ栽培の影響を受けた地域におけるボリビア多民族国の総森林損失率は、コカブッシュ栽培のない地域よりも20%低く、コロンビアでは6%低く、ペルーでは2%低かった。

森林破壊クラスターの平均規模は、違法なコカブッシュ栽培の影響を受けた地域でも小さかった。平均して、これらのクラスターは、コカが存在していたボリビアの多民族国では33%小さかった。コロンビアでは約11%、ペルーでは約3%小さかった。

違法なコカブッシュ栽培によって引き起こされる森林損失率の低下と森林破壊の規模が小さいことについては、さまざまな説明が可能である。コカ栽培に関連する違法市場は需要の急増の影響を受けやすく、特に道路の近くで森林伐採地域のクラスターに急速につながる可能性のある他の農産物の市場よりも安定している可能性がある。

- 1) Kenneth R. Young and Blanca León, Peru's Humid Eastern Montane Forests. An Overview of Their Physical Settings, Biological Diversity, Human Use and Settlement, and Conservation Needs, DIVA Technical Report, Nr. 5 (Centre for Research on the Cultural and Biological Diversity of Andean Rainforests (DIVA), 1999).
- 2) Timothy J. Killeen et al., "Thirty Years of Land-Cover Change in Bolivia," *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 36, no. 7 (November 2007).
- 3) Liliana M. Dávalos et al., "Forests and Drugs: Coca-Driven Deforestation in Tropical Biodiversity Hotspots," *Environmental Science & Technology* 45, no. 4 (February 15, 2011): 1219–27.
- 4) Ana María Sánchez-Cuervo and T. Mitchell Aide, "Consequences of the Armed Conflict, Forced Human Displacement, and Land Abandonment on Forest Cover Change in Colombia: A Multi-Scaled Analysis," *Ecosystems* 16, no. 6 (September 2013): 1052–70.
- 5) T. Mitchell Aide et al., "Deforestation and Reforestation of Latin America and the Caribbean (2001-2010)," *Biotropica* 45, no. 2 (March 2013): 262–71.
- 6) Liliana M. Dávalos and Nicholas R. Magliocca, Western Amazon Deforestation Analyses, study commissioned for the present report (June 2022)

継続的政策対応

コミュニティの反応

さまざまな状況や文脈において、コミュニティベースのグループが、植物ベースの薬物生産に関連する薬物政策の対応において重要な役割を果たすことがよくある。例えば、代替開発プロジェクトの評価において、コミュニティの参加は一般にプロジェクトの成功と持続可能性にとって不可欠であるとされている。さらに、国連の代替開発に関する指導原則は、プロジェクトやプログラムの成果を維持するために、コミュニティと地方自治体の支援強化を推奨している。コミュニティグループは、環境保護と回復力においても役割を果たすことができる。例えば、タイでは、村落の水管理委員会や森林管理委員会などの資源管理グループが、持続可能な資源利用を促進し、薬物政策関連プログラムの文脈でコミュニティの自治能力を強化している。しかし、この例は、特に公有地での大麻の継続的な違法栽培が、環境回復に効果的に取り組む地方自治体やコミュニティベースの資源管理グループにとっての対処すべき大きな課題であることも示している。

状況への対応

違法薬物製造所の解体と破壊

法執行機関の取り組みの一環として、薬物製造所は解体または破壊される。いくつかの政府は密造所を浄化する方法に関するガイドラインを持っており、国連は薬物の違法な製造に使用される化学物質の安全な取り扱いと適切な処分のためのガイドラインを提供している。しかし、対応は国によって異なり、密造所の焼却を伴う場合もある。

違法作物の根絶

強制的な違法作物根絶政策と関連する法執行政策は、違法栽培の場所と状況、および使用される方法に応じて、異なる環境影響をもたらす。例えば、根絶によって一時的に森林破壊を遅らせることができる。1990年代の多民族国ボリビアでは、集中的な阻止政策により、先住民の農民の違法栽培に関連する森林破壊が約3分の1減少した。ただ、これはすべての状況に当てはまるとは限らない。コロンビアの2011年の研究では、違法作物根絶はコカ栽培を行っている自治体の人口密度にも森林破壊全般にも影響を及ぼさず、作物の根絶と森林破壊の因果関係はみられなかった。森林破壊は、一般的に、違法作物根絶のために住民がある地域から次の地域に移動することを余儀なくされることによって起きない。コカ栽培を行う自治体では人口密度と森林破壊率が関連していることが研究によって示されているが、この関係を強化する、あるいは影響を与えるのは違法なコカ栽培ではなく、農村部の貧弱な経済である。コロンビアでは、違法なコカ栽培地域への空中除草剤散布が2015年まで実施されていた。1994年以来、コカブッシュの根絶のほとんどは除草剤グリホサートによる空中散布によって行われていた。長年にわたり、空中散布は健康と環境の懸念のトピックであり、環境へ影響を与える可能性がコロンビアや他の場所で長い

間議論され物議を醸す問題となってきた。除草剤グリホサートの影響、噴霧混合物、噴霧の精度など、多くの研究が行われてきたが、環境への影響の大きさと範囲についての決定的な証拠はまだない。

「バルーン効果」

「バルーン効果」という用語は、伝統的に、阻止またはその他の措置の結果としての違法行為の移動を説明するために使用されてきた。違法作物栽培の文脈では、地域の根絶努力が違法栽培を新しい地域に押し込み、最終的にはフロンティア地域の森林破壊を増加させる可能性があるため、バルーン効果が森林破壊の推進力として議論されることがある。

違法作物栽培根絶がバルーン効果を引き起こす可能性に関する研究結果はまちまちである。コロンビアに関連する 2013 年の調査では、自治体での空中作物の根絶と翌年の隣接する自治体でのコカ栽培との間に正の関係が確立された。この研究はコカ生産の地理が根絶のためにある地域から次の地域に移動するのではなく、市町村全体に拡散することを示すことで、「バルーン効果」の理解に貢献した。しかし、この研究では因果関係は示されず、根絶と栽培のシフトとの関連が示されたのみである。

コロンビアに関する 2019 年の調査では、2001 年から 2010 年までの 1,116 の隣接する自治体の年次データを使用した。この研究は、手作業による根絶は新しいコカ栽培に影響を与えないが、空中散布は実際に根絶後の新規栽培の観点からコカ栽培を減少させ、波及効果を生み出すことを示唆している。平均して、自治体での撲滅努力は、その地域での新規コカ栽培を 8%削減し、隣接する自治体では 3%削減した。後者は、少なくとも分析されたコロンビアの自治体では、平均して「バルーン効果」の兆候はなく、むしろその逆であったことを確かめている。この研究では、空間依存性に対処し、強制根絶活動の市町村から次の市町村への波及効果を推定するための空間計量経済学的手法を導入している。他の国ではこの種の研究はなく、強制根絶の影響と、それがコロンビア以外の場所でバルーン効果を引き起こすかどうかは明らかではない。

- 1) Alexander Rincón-Ruiz and Giorgos Kallis, 'Caught in the Middle, Colombia's War on Drugs and Its Effects on Forest and People', *Geoforum* 46 (May 2013).
- 2) Eleonora Dávalos and Leonardo Fabio Morales, 'Is There a Balloon Effect? Coca Crops and Forced Eradication in Colombia', *CIEF Working Paper - Economy and Finance* 19, no. 8 (2019)

代替開発

国連総会は、1998年に開催された第20回特別会期において、代替開発を対象コミュニティおよびグループの特定の社会文化的特徴を認識しつつ、薬物に対して行動を起こす国々における持続的な国家成長および持続可能な開発努力という文脈から、特別に設計された農村開発措置を通じて植物の違法栽培を防止および排除するプロセスとして定義した。農村開発を促進し、将来の違法栽培を阻止するために、違法栽培のある地域で農民と農業コミュニティに実行可能で合法的な生計手段を提供することにより、違法作物栽培への関与につながる脆弱性を減らす。

代替開発は目的を達成するための手段であり、違法な作物栽培を伴わずに長期的な農村開発を可能にする環境に貢献することを目的としている。その過程で、代替開発プロジェクトは触媒として機能し、違法薬物経済に関連する特定の課題を抱える地域での開発を後押しする。いくつかの代替開発介入は、違法な作物栽培または介入自体の実施に関連する環境への影響を軽減または対処するという明確な目的を持っている。

例えば、ミャンマーで進行中の代替開発プロジェクトは、コーヒーとアボカドの持続可能な栽培を促進すると同時に、森林再生や、家具、竹の手工芸品、ミツバチの飼育などの補完的な試みにも投資している。近年、代替開発の重点は、収益性の高い市場や民間部門とのつながりを持つ商業的に実行可能な農業または森林農業活動の創出に置かれることが多い。環境との最も目に見えるつながりは、持続可能な代替生計と森林の保護のバランスをとることを目的としており、これには例えばペルーのプロジェクトが焦点を当てているものがある。

代替開発は、原則として、代替開発プロジェクトの環境への影響を最小限に抑えるための「害を及ぼさない」原則を構成要素に含めることと、環境保護、生物多様性、気候変動の緩和に直接的または間接的に積極的に貢献することができるという2つの方法で環境保護に広く貢献することができる。

過去10年間で、代替開発と環境とのつながりがより強く強調されてきた。2013年に国連総会で採択された「代替開発に関する指導原則」は、プログラムに、保全、適切な教育、意識向上のためのインセンティブの提供を通じて、地域レベルで環境を保護するための措置を含めることを推奨している。また、影響評価に環境指標を含めることを推奨している。2016年に開催された世界の薬物問題に関する国連総会の特別セッションで、薬物政策の対応は、違法栽培と違法生産の環境への影響に対処し、違法栽培を防止し作物を根絶するための措置は環境保護を考慮に入れることが推奨された。

代替および農村開発プロジェクトの設計と実施する際の基準の一部として、ある研究は特に生態学的に敏感な地域で、プログラム設計に森林と土壌保護の取り組みを含めることの重要性を強調した。また、ココアの単一栽培を土壌侵食、砂漠化、生物多様性の劣化など、同様の環境への影響のリスクを生み出す他の大規模な単一栽培に置き換えるべきではないことも示唆している。

代替開発プログラムを設計する際の課題は、違法に栽培された作物よりも環境への二酸化炭素排出負荷が少ない代替農産物を正確に特定することである。この比較評価はプログラムの地理的位置、農業気候条件、栽培の規模と方法、肥料、殺虫剤、その他の農業投入物の使用、作物のマーケティングなど、さまざまな要因に依存するため複雑である。コロンビアのプトゥマヨとカタトゥンボで実施された2019年のライフサイクルアセスメントでは、代替作物や地域で異なる結果が示された。例えば、コカブッシュ栽培の全体的な環境への影響は大きかったが、代替農産物の比較影響は使用された方法に大きく依存し、コーヒーは特に悪影響を及ぼし(肥料の使用による)、サトウキビ(殺虫剤の使用による)とカカオはプラスの影響を与えた。

環境政策

環境政策と薬物政策の相互作用の程度を包括的に把握することは困難である。一部の環境規定は、地方レベルでは薬物プログラムに含まれているが、国レベルでは完全に統合されていない場合がある。プロジェクトレベルでも、環境側面の一部のみが考慮される場合がある。例えば、代替作物の栽培による環境への影響の緩和は、環境保護のいくつかの側面に対処する可能性はあるが、最適ではなく、集約的または単一栽培の農業に関連する根本的な原因に対処できない可能性がある。

薬物問題と関連している、あるいは薬物政策介入に統合されている既存の環境政策の例がある。このセクションでは、これらの環境政策のうち、保護地域、炭素クレジットスキーム、環境サービスへの支払い、農業生態学の4つに焦点を当てる。これらは網羅的なリストと見なされるべきではないが、地域の状況や要件に応じて、環境保護プログラムが薬物問題とどのように相互作用するかの有効な例を示している。4つの政策はすべて、直接的または間接的に、薬物政策の対応に関連してすでに検討されているものである。

保護地域

保護地域を指定することは、環境にプラスの結果をもたらす可能性があるが、これらの地域を違法な作物栽培から保護することはできない。2020年には、コロンビアの違法なコカブッシュ栽培のほぼ半分が特別な規制のある地域にあった。同じ年、ボリビアの多民族国では、違法なコカ栽培のある6つの保護地域のうち4つで、コカブッシュの栽培が大幅に増加した。これは2019年から44%の増加である。ペルーでは、違法なコカ栽培の歴史を持つ6つの保護地域のうち2つで、2017年に違法なコカ栽培が大幅に増加し(自然公園と保護林)、保護地域内のコカ栽培の総面積は2016年の168ヘクタールと比較して228ヘクタールに増加した。ペルーでは、保護自然地域内での違法なコカ栽培面積は限られているが、特に周辺地域での耕作と比較して、例えばバイオマスや生物多様性の観点からこれらの地域で保護する生態系の脆弱性を考えると、その影響はより大きくなる。保護地域での違法栽培の拡大の根拠を知るための十分な研究はないが、保護地域でのそのような裁

培の拡大は、保護地域の規制が違法栽培に対する介入を制限しているため、それを違法なコカ栽培根絶を回避するための戦略としている可能性がある。しかし、それは保護地域における未開発などの他の要因にも関連している可能性もある。

炭素クレジット制度

森林減少と森林劣化に対処するいくつかの代替開発プロジェクトは、炭素クレジット計画と統合されている。その一例がコロンビアの BIODD+プログラム(2011-2015)で、アフリカ系コロンビア人や先住民のコミュニティと協力して、太平洋地域の森林と生物多様性を保全しながら持続可能な開発を支援している。このプログラムは森林保全プログラムであり、違法な作物栽培に直接対処するものではなかったが、コミュニティが違法に栽培された作物に部分的に依存している地域では機能した。森林破壊の課題に対応するために、このプログラムは、例えば、トゥマコ地域の2つのコミュニティ評議会、バホミライフロンテラとリオパティアグランデススブラズスイエンセナダアカバと協力して実施された森林破壊の課題に対応するために、このプログラムは、例えば、トゥマコ地域の2つのコミュニティ評議会、バホミライフロンテラとリオパティアグランデススブラズスイエンセナダアカバと協力して実施された。持続可能な林業と木材生産の初期のプロジェクトは、生産された木材の高コストとはるかに安価な違法木材生産産業との競争にさらされて成功しなかった。その後、森林の持続可能な経営に関する直接支払いと技術支援を通じて森林を保護することが地域社会と合意に達した。この支援のための資金の一部は、炭素クレジットの販売から来たものである。

炭素クレジット計画は、タイの代替開発プロジェクトを補完するためにも使用されている。例えば、「You Protect Forest: We Protect You」プロジェクト。2019年から実施されているこのプロジェクトは、炭素クレジットの使用を通じて森林保全を金銭的賞与に結び付けている。このプロジェクトは、国のエネルギー、鉄鋼、飲料会社を含むさまざまな民間部門の組織の参加を得ることができた。同様に、タイのチェンライ県の開発プロジェクトは持続可能な森林経営に焦点を当てており、20年間で年間106,788トンのCO₂削減が見込まれている。期間(2016-2033)。

環境サービスに対する対価

環境サービスに対する対価は、「環境サービス(ES)プロバイダーが、ESの提供またはESの提供に明確に関連する活動のいずれかを条件とする支払いを自発的に申請できる積極的な経済的インセンティブ」と定義できる。インセンティブは一般に、社会に環境上の利益をもたらすが、彼ら自身の利益の減少を意味する活動またはサービスに対して土地所有者を補償するために使用される。

本質的に、環境サービスに対する対価は、環境ステewardシップ(管理職)の授与である。そのため、これは新しい環境政策手段ではない。1980年代半ばから欧州連合で「農業

環境政策」の名称で導入され、米国ではさらに長い歴史がある。

コロンビアのバジェ・デル・カウカ県では、環境サービスに対する対価は森林保護区内のパイロット代替開発プロジェクトに統合された。パイロットプロジェクトではバナナ、ココア、柑橘系の果物、コーヒー、オオバコを栽培する農家を支援した。特定された主要な環境サービスは、水と水質の供給であった。このサービスを確実にするために、受益者は森林保護と有機肥料の使用など、より環境に優しい農業慣行に取り組んだ。この利用をさらに促進するために、一部の農場では適正農業慣行の認証を取得中である。パイロットプロジェクトの結果、毎月の世帯収入は平均 42%増加した。

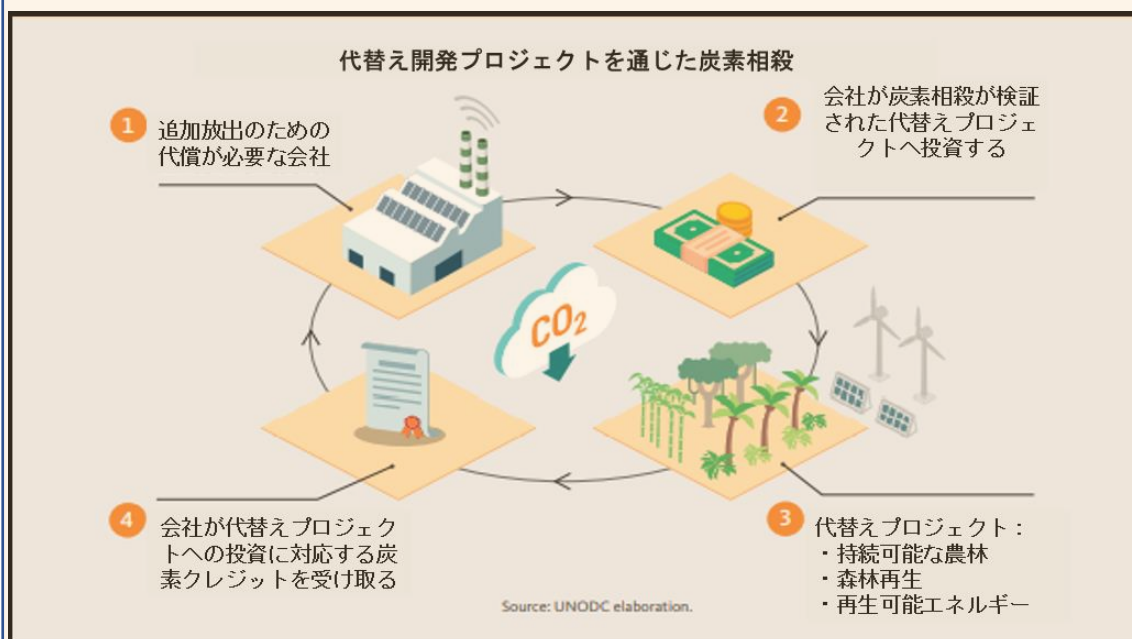
農業生態学

農業生態学は、大規模な工業化された農業から、より社会的に公正で環境に強靱で局所的な食料生産システムへの移行を表すものである。そのため、このアプローチは、とりわけ、社会的関係、農民の支援、気候変動への適応、天然資源と生物多様性の保全にも焦点を当てることにより、一連の環境にやさしい農業慣行を超えるものである。これは、いくつかの代替開発プロジェクトにはすでに組み込まれている。例えば、ミャンマーでは、森林農業に焦点を当てるだけでなく、農村コミュニティと環境との関係を改善することも目的としている。

炭素クレジット市場

炭素クレジット市場は、自社の温室効果ガス排出量を相殺するために炭素クレジットを購入するオプションを提供することにより、排出量を削減したい、または削減する必要がある事業体を支援する。カーボンクレジットは、一定量の炭素排出量(CO₂e)を生成することを可能にする。これらの炭素クレジットは、例えば、森林の保護と回復などによって温室効果ガス排出量を貯蔵、回避、または削減する企業やプロジェクトから提供される。

これらのプロジェクトが実際に排出量を削減することを保証するために、検証済み炭素基準などの排出削減を証明するための基準が使用される。プロジェクトエリアの正確な炭素とバイオマスの推定値が確立され、その結果、市場で販売できる検証済みの炭素クレジットが得られる。たとえば、コロンビアの BIOREDD+プログラムでは、炭素とバイオマスの価値を推定する技術が地理空間インテリジェンス企業と共同で開発された。企業や個人がクレジットを購入できる自主的な市場と、国連気候変動枠組条約の枠組みの中で国際的に行われたコミットメントに基づいて企業や政府が排出量を取引する法律で義務づけられた市場がある。現在の削減目標は、2015年に採択されたパリ協定で設定され、2021年11月のグラスゴー気候協定の締約国会議(「COP26」)によって最後に更新された。

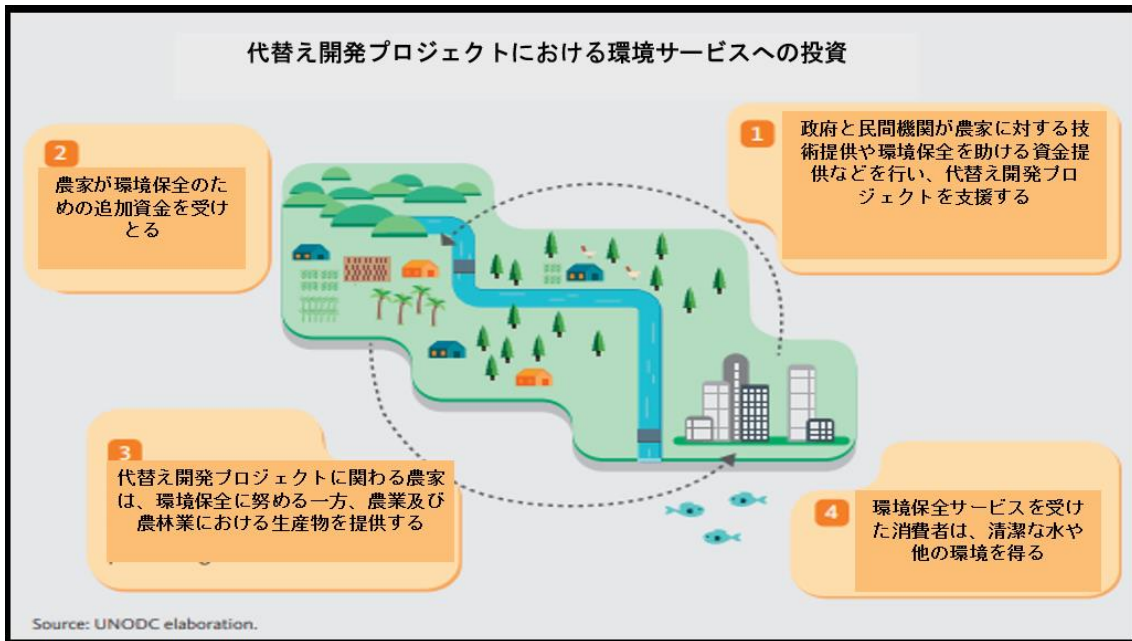


1)UN Climate Change, “About Carbon Pricing,” accessed June 9, 2022, <https://unfccc.int/about-us/regional-collaboration-centres/the-ciaca-initiative/about-carbon-pricing#eq-7>.

2)USAID, Biodiversity - Reduced Emissions from Deforestation and Forest Degradation Program: Final Report (Washington D.C.: USAID, 2015).

3)UN Climate Change Conference UK 2021, “The Glasgow Climate Pact,” accessed June 9, 2022, <https://ukcop26.org/the-glasgow-climate-pact/>.

代替開発プロジェクトにおける環境サービスへの投資



合成薬物と環境

現状

植物ベースの薬物と合成薬物の最大の違いは、前者は特定の気候条件に依存することが多いため、栽培は特定の地理的ゾーンに限定されていることである。一方、合成薬物は場所に依存しない。電気や水の利用可能性など、合成薬物製造の前提にはいくつかの基本的な条件があるが、それらのサービスを提供するネットワークがない場合は、ソーラーパネルや水タンクなどを使用して供給されている。

もう一つの大きな違いは植物ベースの薬物市場は最終製品(大麻、コカイン、ヘロイン、アヘンなど)が定まっていることで比較的安定しているのに対し、合成薬物市場は急速かつ絶えず進化しており、近年では、違法薬物市場で 1,000 を超える新しい精神活性薬物が出現している。しかし、これらの新しい物質はすべて依然としてニッチ市場の一部である。合成薬物生産の大部分は、メタンフェタミン、アンフェタミン、MDMA「エクスタシー」の 3 つの薬物に関連している。植物ベースの薬物と同様に、合成薬物の環境への影響を決定する多くの要因がある。植物ベースの薬物の製造は、合成薬物と同様の環境影響パターンを有し、どちらの場合も、最終製品を製造するために様々な前駆体化学物質および他の投入物が使用される。しかし、合成薬物の製造に使用される前駆体の種類は、密売業者が規制に適応するにつれてより動的であり、前駆体(規制されておらず、国際的に管理されている前駆体を産生できる化学物質)の使用に移行する傾向がある。

合成薬物の製造が農業領域と完全には分離されていないことにも注意することが重要である。「エクスタシー」などの一部の合成薬物の場合、主な原材料は、さまざまな植物、特にササフラスの木から抽出されるサフロールなどの植物ベースの前駆体である。これらの前駆体の栽培は、合成前駆体と同様の方法で合成薬物の二酸化炭素排出量を増やす。また、燃料として大量の木材を必要とする蒸留プロセスにより、カンボジアやミャンマーなどの国々では脆弱な生態系に追加的な具体的な悪影響を及ぼす。

環境への害のリスクは、水と廃棄物管理の利用可能性と高度化によって大きく異なる。水の処理と分析の能力は 国によって大きく異なる可能性があるため、例えば、メタンフェタミンの製造はアフガニスタン、ミャンマー、オランダでは、その影響は異なるパターンとなっている。

全体像

植物ベースの薬物と同様に、合成薬物の製造は、合法的な化学物質や医薬品の世界市場と比較して小さい。しかし、それは違法薬物のセグメント内で成長しつつある市場となっている。環境中の規制薬物とその代謝物の濃度は他の化学物質と比較して比較的低いが、アンフェタミンや MDMA などの一部の物質は強力な薬理的活性を持ち、土壌、地表水、地下水に特定の毒性を引き起こす可能性がある。これらは、他の国内または世界的なリスクと比較すると公衆衛生と生物多様性上のリスクは小さい。しかし、それにもかかわらず

地域レベルでは重要である可能性が高い。

合成薬物の環境への影響は、製造と使用・消費という 2 つの主要な活動分野に分けることができる。違法薬物製造の直接的な影響は、しばしば極めて局所的であるが、使用・消費の影響はより広く広がり、本質的にグローバルである。使用・消費は主に人間の排泄物を通じて環境に影響を与える。それによって薬物またはその活性代謝物が廃水に直接排出される。このようなモニタリングが行われている国の廃水処理プラントで最も頻繁に検出される物質の中には、アンフェタミン、ベンゾイルエクゴニン、エクゴニンメチルエステル、MDMA、メタンフェタミン、モルヒネがある。

製造と廃棄物の関係

薬物密造所は多くの国にある。薬物密造所で違法に製造されたメタンフェタミンは、世界中で最も一般的に製造されているアンフェタミンタイプの覚醒剤である。合成薬物の製造は広く普及している。合成薬物の違法製造のための密造所は、世界のすべての地域で解体されている。大量のメタンフェタミン密造は北米と東南アジアに集中しており、南西アジアと北ヨーロッパでも密造が増加する傾向にある。アンフェタミンの密造は中東で広がっている（「カプタゴン」の形で）。また、北ヨーロッパでは「エクスタシー」が密造されている。

合成薬物製造の合成プロセスの各ステップでは、さまざまな化合物、つまり(前)前駆体および関連不純物、および合成副産物を使用して特定の化合物を作成する。これらはすべて合成マーカールと呼ぶことができる。ほとんどの場合、合成プロセス中に生成される不純物の組成はわかっているが、一部の前駆体については、まだ不明である。薬物廃棄物の組成は、使用される(前)前駆体、反応ステップ、反応条件および反応時間、使用される設備および装置および製造者の経験を含む多くの要因によって決定される。これは、製造廃棄物の量と組成が可変である可能性があることを意味する。オランダの違法密造所で見つかったレシピに基づいて、廃棄物の組成に関する指標を示す数値を与えることができる。

合成薬物製造と環境影響

合成薬物の製造と人間の使用・消費の環境ハザードにはさまざまな要素がある。人間の薬物使用・消費による環境への影響は通常小さく、廃水処理プラントを介した地表水への親薬物およびヒト代謝産物の排出に関連するものである。違法薬物製造からの化学廃棄物の投棄に関連する環境への影響はかなり大きく、主に溶剤(酸、塩基、有機溶剤)などのバルク化学物質や特殊化学物質によって引き起こされるものである。後者には、前駆体、最終生成物、中間体および副生成物、場合によっては触媒が含まれる。薬物製造廃棄物の排出経路は、以下に詳述するように多様である。

前駆体の製造と輸送に加えて、合成薬物の環境への影響は、主に製造プロセス中に発生する有毒廃棄物によるものである。合成薬物の製造者は、通常、この廃棄物を投棄と排出の2つの方法で処分する。投棄とは、合成薬物廃棄物がある種の容器(プラスチック樽や金属ドラムなど)へ処分することであり、排出は、液体廃棄物を直接的または間接的に陸上または水中に廃棄することをさす。

投棄と排出の区別は、環境への害の観点から重要である。投棄された容器は目に見え、最終的には識別できますが、排出物はより目に見えなくなる。排出物はまた、人間と自然がそのなかの有毒物質により直接的にさらされると同時に、物質の不可視性が知識とデータの入手可能性を制限するため、より直接的な危害の原因と考えられている。

製造に関連する廃棄物発生

製造段階では、製造プロセスで使用される化学前駆体物質からなる化学廃棄物によって最大の環境負荷が生じる。この廃棄物による負荷は、最終製品と比較して相対的に高い。1kgのMDMA(または「エクスタシー」)の製造は、6~10kgの廃棄物を生成すると推定されている。他の合成薬物の場合、推定値は大幅に高くなる可能性がある。例えば、1kgのアンフェタミンの生産は、20kgから30kgの廃棄物を生成すると推定されている。

製造される薬剤や使用する合成経路によって、化学廃棄物の量や組成は変わり、環境への影響も変化する。発生する廃棄物の量は、特定の製造ルートの間々のステップの数によって異なる。規制されていない前駆体または前駆体代替物を使用すると、実際の合成に追加のステップが追加されることが多く、したがってより多くの廃棄物が発生する。

合成薬物の製造量の世界的な推定値がわからないことを考えると、合成薬物の製造によって発生する廃棄物のグローバルな推定値を計算することは不可能である。押収に基づく化学廃棄物の推定値は、押収されたものよりも実際には、はるかに多く製造されているため、廃棄物の最小推定値を提供するものではあるが、これらの推定値は、最小の影響の信頼できる桁数を提供する。

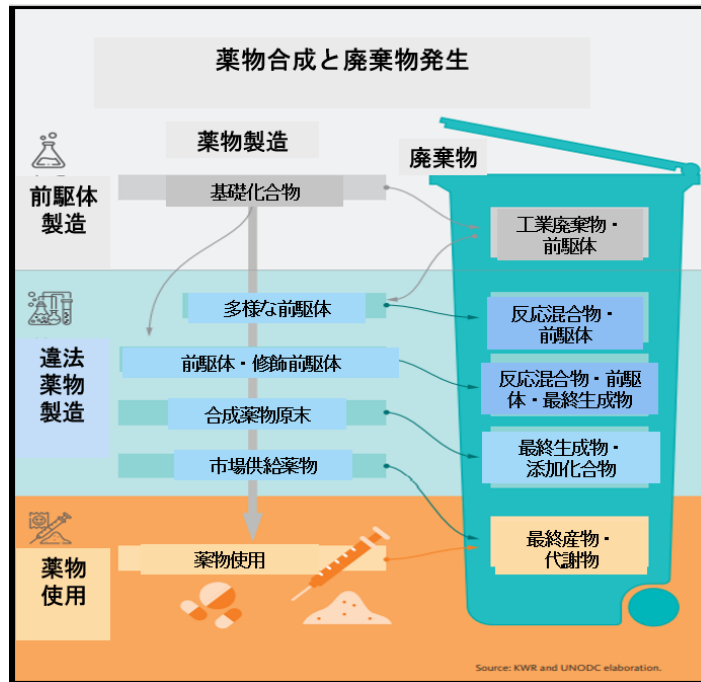
合成医薬品の製造により発生する化学廃棄物の量と組成

合成薬物	最終生成物 1Kg から生じる廃棄物 量 (kg/kg)	廃棄物の例	廃棄物の組成
MDMA	6-10 >12	Ethanol/Isopropanol Alcohol, Methyamine;HCl, Acetone, NaOH Hg, Al(OH) ₃ Diethylether, MeOH; (pre)Precursors	> 廃棄物全体のなか の主要物質；水性酸/ アルカリ溶液 有機溶媒, 反応物 > 少量含まれる物質； (前) 前駆体, 副生物 最終生成物, 触媒
Methamphetamine	5-6 6-10 5-7	> Ephedrine 由来; NaOH,有機溶媒 (Ether, Acetone, Thinner, Xylene); H ₂ SO ₄ , HCl, HI, Methylamine > BMK 由来； Ammonia, NaOH, Metals(Li), 有機溶媒(Ether, Acetone, DCM)	> 廃棄物全体のなか の主要物質；水性酸/ アルカリ溶液 有機溶媒, 反応物 > 少量含まれる物質； (前) 前駆体, 副生物 最終生成物, 触媒
Amphetamine	20-30 >16	> アルカリ廃液, Formic acid, N- formylamphetamine NaOH, NH ₄ Cl, Phenyl acetic acid, MeOH, H ₂ SO ₄ , H ₃ PO ₄ , Acetone, Ammonia; (pre)Precursors	> 廃棄物全体のなか の主要物質；水性酸/ アルカリ溶液 > 少量含まれる物質； 前駆体, 副生物 最終生成物, 触媒 > データなし； 有機溶媒, 反応物



押収に基づく合成薬物の製造で発生する世界の化学廃棄物の年間最低量(2016~2020年)

合成薬物	報告された 押収量 (トン)	生成した廃棄物 (トン当たり)	廃棄物の組成
Amphetamine	57.6	20-30	1,152-1,728
Methamphetamine	246.6	5-10	1,233-2,466
MDMA	11.6	6-10	69.6-116



廃棄物の環境への影響

排出される廃棄物の環境への影響はさまざまである。こぼれた、または投棄された酸性溶液、アルカリ性溶液、または溶媒の影響は、廃棄物がこぼれた天然表面の物理的および化学的特性、さらにはそれが受ける希釈の程度によって異なる場合がある。例えば、土壤環境に水が存在する場合、廃棄物はより簡単に拡散できるが、その濃度は分散と拡散によって減少する。

密造所で見つかったレシピから判断すると、アンフェタミン廃棄物は酸性水溶液を多く含み、アンフェタミン合成からの廃棄物の大部分(50%)は非常に強い酸(pH≈0)である。MDMA の場合、有機溶剤、反応物、アルカリ水溶液が廃棄物を構成する。さらに、様々なプリ前駆体の前駆体への変換、それに続く最終生成物の変換および単離は、アンフェタミンおよび MDMA の両方に重大な収量減をもたらす。これは、未完および不完全な変換と反応混合物および生成物の不完全な分離による損失の両方によるものである。これは、廃棄物に最終製品だけでなく、前前駆体、前駆体および不純物のかなりの残留物が含まれていることを意味する。

アンフェタミン型覚醒剤の製造は、アセトン、トルエン、エーテルなどの揮発性有機化合物も生ずる。揮発性有機化合物の主な環境ハザードは、地下水の汚染の可能性である。多量になると、これらの化合物は、排水場で下水処理に必要な細菌の増殖を傷つけたり殺したりする可能性がある。メタンフェタミン密造関連の廃棄物は、主に、家庭で清掃や自

自動車作業などの活動に使用されるような燃料や溶剤である。廃棄物には、反応の触媒として機能するリチウムや水銀などのさまざまな金属が少量含まれている場合もある。

メタンフェタミンは、さまざまな合成経路で製造できる。これらの経路は、エフェドリンまたはフェニルアセトン(P2P としても知られている)またはベンジルメチルケトン(BMK)などの前駆体を含み得る。フェニルアセトンを前駆体として使用する場合、この前駆体を生成する経路は、主に酸性水溶液を使用してアンフェタミンを製造する経路と同じである。続いて、N-メチルアミドまたはメチルアミドを反応物とし、水銀で被覆したアルミニウムを触媒として還元的アミノ化を行う。エフェドリンを前駆体として使用する場合には、アルカリ溶液、さまざまな有機溶媒、ヨウ素、リンが必要である。

アンフェタミン合成はメタンフェタミンまたは MDMA の合成よりも大量の廃棄物を生成する。一方、後者の2つの薬物の合成は毒性の高い金属水銀を生成する可能性がある。

違法薬物の製造に使用される酸性およびアルカリ性廃棄物および有機溶媒(アセトン、エチルエーテル、メタノール、イソプロパノールなど)の環境への暴露は、一般に局所的な差し迫ったリスクとなる。害は主に土壌または地表水に入る量の関数となる。時間の経過とともに、酸性およびアルカリ性の溶液は水と雨によって希釈および緩衝され、および/または土壌の緩衝能力によって中和されるが、有機溶媒は空気中に蒸発するか、廃水処理または環境中の微生物によって比較的急速に生分解される。ただし、これらの物質は、土壌中の重金属の存在などのような間接的な環境影響を与える可能性がある。そして、地下水質や土壌や堆積物内の生物に影響を与える可能性がある。さらに、それは高い化学的酸素要求量と水中の酸素枯渇、高い硫酸塩負荷、および高塩分につながる可能性がある。

有機溶媒は蒸発するか、水とともに地下水に移行する可能性がある。例えば、オランダの北ブラバント州とリンブルフ州(その国の密造所のほとんどが位置する州)では、発見された排出廃棄物の投棄の約 20%は地下水保護地域で行われた。これらの地域は帯水層として保護されており、飲料水の生産に使用されている。

押収に基づく合成薬物の製造で発生する世界の化学廃棄物の年間最低量(2016~2020年)

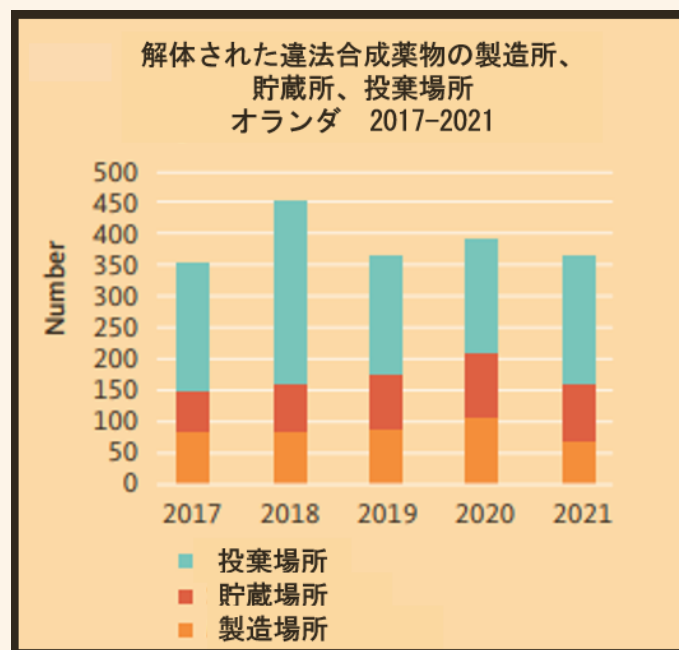
廃棄物中の化合物	環境における挙動(地表水)	環境における挙動(土壌)	環境への影響(地表水)	環境への影響(土壌)	その他の影響(地表水)	その他の影響(土壌)
水性酸・アルカリ	局地的(短期/希釈)	局地的(中期)	高い局地的	高い局地的	施設・設備損傷(突堤・船舶)	金属の溶出
有機溶媒	局地的(短期/劣化・揮発)	局地的(揮発)	中程度-高い局地的	中程度-高い局地的	臭気	臭気
触媒	地域的(持続)	局地的(持続)	低い-中程度	低い(固定化)	食物連鎖による生物学的蓄積、飲料水源汚染	食物連鎖による生物学的蓄積
(前)前駆体 前駆体 副生物	変動	一般により持続			飲料水源汚染	食物の汚染、飲料水源汚染
最終生成物	変動	一般により持続			飲料水源汚染	飲料水源汚染

オランダにおける薬物製造関連廃棄物の分析

オランダにおけるアンフェタミンと MDMA の生産を推定する 2018 年のレポートに基づく、オランダのこれらの製造プロセスで発生する廃棄物は、アンフェタミンと MDMA について、それぞれ年間 6,000 トンと 1,000 トン以上の医薬品製造廃棄物をもたらすと推定されている。これには、オランダ南部の州において意図的に投棄された可能性のあるベルギーの密造所からの合成薬物廃棄物が含まれる。

オランダ国家警察は、合成薬物の製造場所、合成ハードウェアと化学物質の保管施設、および生産現場からの廃棄物の投棄の概要を毎年公開している。

薬物生産拠点と貯蔵施設の数 は 2017 年から 2020 年にかけて増加したが、2021 年には再び減少した。発見された投棄場所の数は 2018 年から 2020 年にかけて減少したが、2021 年には大幅に増加した。生産および貯蔵施設のほとんどはオランダの東部と南東部にあり、投棄場所の大部分は同じ地域およびゼーラント州の南西部にあった。



1) Pieter W. Tops et al., *The Netherlands and Synthetic Drugs: An Inconvenient Truth* (The Hague: Eleven International Publishing, 2018).

2) E. Emke, 'Invloed van Drugsproductie Afval Lozingen Op Grondwaterwinningen - Een Scenariostudie' (Nieuwegein: KWR Water Research Institute, 2020).

3) F. De Middel et al., 'Illegale Drugsmarkten in België En Nederland: Communicerende Vaten?' (Ghent, Belgium: Belgian Science Policy Office (BELSPO), 2018)

ベルギーにおける合成薬物生産の環境被害に関する低レベルのメディア報道

ベルギーの薬物廃棄物投棄と薬物製造現場に関するベルギーのフランドル語新聞の報道に焦点を当てて行われた2021年の調査は、合成薬物の製造によって引き起こされる環境への害については、ほとんど注意が払われていないか、ほとんど知られていないことを示している。

この調査では、2013年から2020年の期間に、約69件の違法投棄(90件のニュース記事)と38件の薬物密造所の摘発に関する38件(57件のニュース記事)のメディア報道を分析している。この調査から、メディアは薬物の環境への害についてほとんど報道していないことがわかった。薬物投棄場を含む10のケースと密造所の3つのケースでのみ、ニュース記事には特定の環境影響(土壌や水質汚染に関連するなど)についての言及が含まれていた。密造所によって引き起こされた環境被害の性質や規模についての詳細はほとんど含まれていなかった。研究者が認めているように、これらの詳細は摘発時には不明であった可能性がある。

1)Mafalda Pardal, Charlotte Colman, and Tim Surmont, “Synthetic Drug Production in Belgium – Environmental Harms as Collateral Damage?,” *Journal of Illicit Economies and Development* 3, no. 1 (October 4, 2021)

有害な経路

20 年前すでに、ある研究は、土壌、下水システム、または公共廃棄物管理施設に密かに投棄された薬物密造所に関連する化学物質によって環境汚染が引き起こされた事例を報告している。

オランダでの調査に基づくと、不法投棄、または不法投棄 (fly tipping(UK)) は、埋め立て、陸上または地表水への投棄など、さまざまな形態をとる可能性がある。地下室での保管、肥料やその他の化学廃棄物との混合、焼却、地元のリサイクルセンターでの違法な堆積、および都市下水道システムまたは個々の下水処理システムのいずれかに排水される屋内配管排水管を介した直接的または間接的な分散など。薬物合成廃棄物は、容器、ドラムカン、または大型の中間バルクコンテナに収集し、製造施設またはバン (車) に保管後、放棄または焼却されることもある。

陸上での直接廃棄

プラスチック容器、ドラムカン、または中間バルクコンテナに保管されている廃棄物は私有地および公有地(農地、森林、自然保護区)に投棄される可能性があり、農業と環境のあらゆる側面に悪影響を及ぼす。薬物廃棄物が穴に埋もれたり、また井戸を満たしていたりしているのが発見されている。

地表水への直接排出

合成薬物製造廃棄物の地表水への直接廃棄は、ドラムカンやその他の容器を意図的に空けることによっても発生する。さらに、密造所は排水管を利用して、液体廃棄物を溝、小川、運河に直接排出することがある。水生環境に対する主な(局所的な)脅威は、酸性化(アンフェタミン廃棄物の場合)または酸素枯渇(エタノールまたはメタノールを含む MDMA 廃棄物の場合)である。メタンフェタミン製造からの化学廃棄物が地表水に投棄された場合、モデル計算と組み合わせた実験室実験で、短期的には、廃棄物は酸素枯渇を起こし水生生物に有害な影響を与える可能性がある。廃棄物成分の混合物は、個々の化学物質よりも多くの酸素を消費することがわかっている。また、廃棄物は 15~37 日間水タンクに残る可能性がある。

下水道への直接排出

酸性またはアルカリ性の廃棄物が下水道システムに排出されると、下水道インフラに損傷を与える可能性がある(例えば、下水管の損傷によって)。また、廃水処理プラントで水浄化のために使用される細菌に影響を与える可能性がある。例えばオランダでは、アンフェタミン合成による化学廃棄物が下水道に投棄された結果、小規模な下水処理場で複数の誤動作が報告されている。23 か所の小規模から中規模の廃水処理プラントを対象としたモデル研究では、アンフェタミンの小規模バッチ(40 kg)からの液体廃棄物でさえ、これら

の処理プラントの 23 すべてで誤動作を引き起こす可能性があることが示された。

合成薬物の製造に使用され、最終的に化学廃棄物になるバルク溶剤と化学物質(酸、塩基)には、それらに最終製品の残留物が含まれていることが多く、下水道システムにも到達する可能性がある。廃水中のそのような残留物は、しばしば人間が使用・消費した後の薬物排泄から生じるレベルを超える。

薬物の製造と使用・消費に関する 2014 年の研究では、違法薬物製造による廃棄物排出の環境への影響リスクは、薬物使用・消費後の残留薬物の排泄によるリスクとはいくつかの点で異なることが示唆されている。これは主に曝露レベルの違いによるものである。都市下水排水の人からの排泄による違法薬物残留物の濃度は、薬物が人口のごく一部によってのみ使用されているため低い。さらに、トイレの洗浄には一般的に大量の水が使用されるので廃棄物は糞便や尿とともに高度に希釈される。違法薬物の合成からの化学廃棄物の排出は、それらが発生する場合、通常、最終製品を含め、はるかに高い濃度である。

下水道システムにおける違法な薬物製造からの排出物の偶発的な存在を検知する有用な方法は、廃水流入物で一般的に使用・消費される乱用薬物の特定のバイオマーカーの比率を監視することである。例えば、オランダのアイントホーフェン市の下水道システムで記録された「通常の」薬物使用・消費関連の負荷と比較して非常に高いアンフェタミンと MDMA 負荷は、下水道システムへの密造薬物製造関連の廃棄によるものであった。



廃棄物が農作物と食物連鎖に与える影響

肥料ピットや地下室の中や近くで薬物廃棄物を投棄すると、環境に重要な付加的な影響を与える可能性がある。肥料が農業プロセスで使用される前に検査されない場合、畑は間接的に汚染される可能性がある。肥料と廃棄物の混合物は畑に分配され、そのような畑で栽培された作物、そして最終製品もまた、化学物質の残留物を含む可能性がある。オランダでは、アンフェタミンと MDMA がそのような畑から収穫されたトウモロコシに存在することが判明した。

オランダでは、合成薬物製造の廃棄物で汚染された肥料が施された農地のトウモロコシ植物を分析し、合成関連製品が含まれていることを見出した。結果は単に検出を示したものではあったが、アンフェタミンの乾燥重量(dw) $8 \mu\text{g}/\text{kg}$ レベルと MDMA の最大 $60 \mu\text{g}/\text{kg dw}$ のレベルがトウモロコシで見つかった。これらのレベルは、牛乳による人間の急性または慢性の影響を防ぎ、牛自体への影響を回避するために確立されている牛に与えることができるトウモロコシベースの飼料の MDMA の最大レベルよりもかなり高いものであった。

追加の研究では、2017年に別のフィールドから採取されたサンプルで MDMA が検出された。濃度はサイレージ（嫌気発酵）トウモロコシで $12\sim 17 \mu\text{g}/\text{kg}$ 、トウモロコシ穀物で最大 $10 \mu\text{g}/\text{kg}$ であることがわかった。以前の研究とは対照的に、この研究では、観察されたレベルから有害な影響はないと結論付けている。

- 1) NVWA and RIKILT, Beoordeling 3,4-methylenedioxy-n-methamphetamine (MDMA) in maïs (7 December 2015)
- 2) NVWA, Advies over MDMA in maïs (1 March 2018).

環境中の合成薬物残留物の他の供給源

薬物使用・消費

人体から排泄された違法薬物残留物が廃水に到達し、その後の廃水処理プラントでの処理では残留物を完全に除去できない場合には、人間の薬物使用・消費後に環境に到達する可能性がある。下水システムの水に対する薬物使用・消費と生産の影響を評価する場合には水から物質を除去する際の水処理システムの効率を調べることが重要である。一般に、廃水処理が可能な場所では、アンフェタミンとメタンフェタミンは適用された処理によって大部分を除去することができるが、MDMA の除去率は低い。MDMA については、負の除去率さえ報告されており、これは、廃水処理プラントへの排水の MDMA 濃度が対応できる濃度を超える可能性があることを示唆している。高負荷の MDMA が流入した廃水処理プラント処理水は、その後、地表水と混合されるので、廃水処理プラントが地表水に対する MDMA の単一の局所的な供給源として機能する可能性さえある。

下水道中の一時的な高レベルの合成薬物残留物は、薬物の使用・消費量が一般の人々よりも多いことが多い音楽フェスティバルからも生じる可能性がある。このようなフェスティバルで使用される小便器からの薬物複合廃棄物は合法的に下水道に排出され、一時的な高負荷につながる可能性がある。また、フェスティバル参加者は提供された小便器を常に使用するとは限らず、その後の近くの土壌からの流出により、周囲の地表水位が一時的に上昇する可能性もある。

健康関連の問題

合成薬物を製造すると、さまざまな有害な溶媒やガス(塩化水素、ホスフィン、そして結晶メタンフェタミンの場合は薬物自体など)が発生する。警察と消防士は、結晶メタンフェタミン密造所を解体する際の呼吸障害と頭痛を報告している。合成薬物の処理に関与する人は誰でも、それらの薬物や他の毒物にさらされる可能性がある。場合によっては、その曝露は致命的な結果をもたらす可能性がある。違法合成薬物製造拠点の近くに住む人々は、蒸発する溶剤や有毒ガスにさらされる可能性がある。また、人は、もし化学物質の投棄に遭遇したときには、誤ってバルク化学物質に暴露される可能性がある。

薬物関連廃棄物が生物多様性に与える影響

生態毒性とは、生物学的、化学的、または物理的物質が生態系に影響を与え、それによって間接的に生物多様性に影響を与える可能性を指す。合成薬物や化学物質の残留物が土壌や水に入ると、pHレベルが変化し、生物の生態系に影響を与える可能性がある。水生生物に影響を与える可能性があり、地表水が灌漑や動物の飲料水として使用される場合には、家畜にも影響を与える可能性がある。

合成薬物の挙動と環境への影響、およびそれらの合成の副産物に関する研究は不足している。

環境への影響は、高濃度の場合に最も明確になる。例えば、違法な合成からの化学廃棄物の投棄は、オランダでいくつかの地元の環境事故を引き起こした。これらには、リンブルフ州の小さな小川における MDMA 合成からの廃棄物の排出による魚、両生類、無脊椎動物の大量殺戮の事例がある。

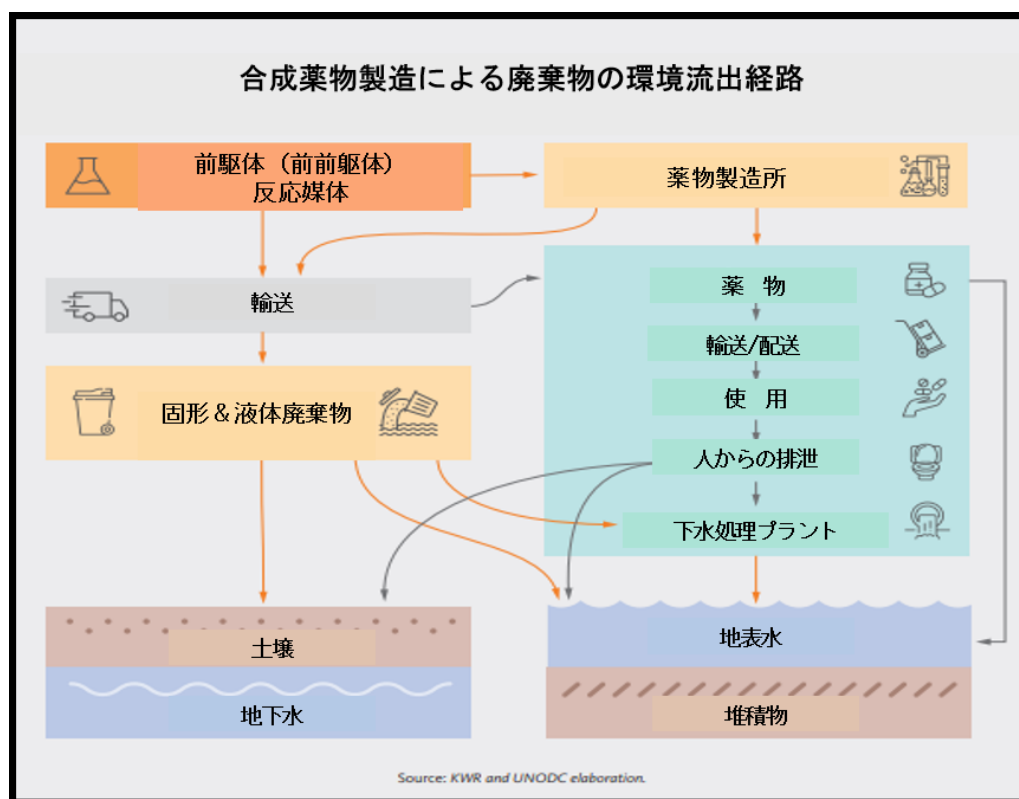
このような局所的な汚染の発生の他に、環境中のアンフェタミン型覚醒剤の生態毒性と挙動に関する対照的なデータがある。ある研究では、アンフェタミン前駆体と副産物は、1,000 $\mu\text{g/g}$ 未満の濃度では重要な微生物学的活性に有害な影響を与えないことがわかっている。オーストラリアの廃水処理プラントでは排水中のメタンフェタミンと MDMA のレベルは 200 および 60 ng/l であり、地表水へのリスクが低いことが明らかにされている。

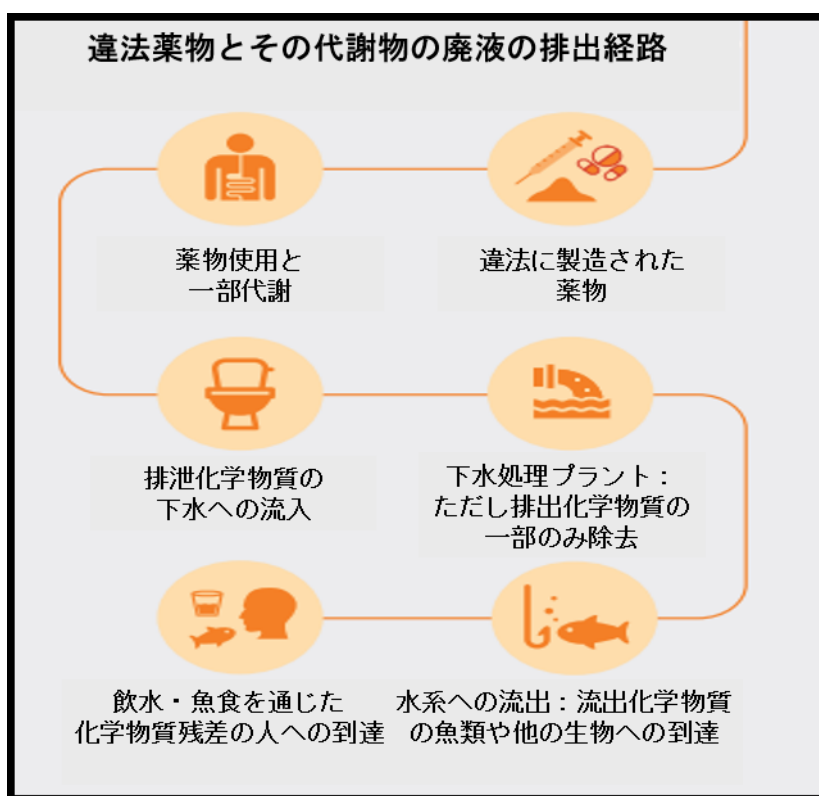
しかし、比較的低濃度であっても、合成薬物の残留物は生態系にリスクをもたらす可能性がある。水域は薬物や関連化合物による汚染の影響を非常に受けやすい。細菌、藻類、無脊椎動物、魚などの水生生物は、生態系に侵入する規制薬物に対して潜在的に敏感な

受容体を持っている。メタンフェタミンの濃度は魚の健康に影響を与えることが判明している。また、メタンフェタミンとアンフェタミンはゼブラフィッシュに蓄積することが明らかにされている。0.1 μ gMDMA はゼブラフィッシュに影響を与えることが知られている。

より安定な化合物の環境への潜在的な害については、地下水または地表水に達する濃度に依存するが、データはほとんど存在しない。オランダでのモニタリング研究では、生態系の予測された無影響濃度を確立し、それ以下では曝露の有害な環境影響が測定されない閾値を明らかにしている。アンフェタミン、メタンフェタミン、MDMA の場合、実際の環境条件で見られるものと同様の規制薬物の混合物は、実験室でゼブラムール貝に効果を誘発することが明らかにされた。2021年の研究では、メタンフェタミンはブラウントラウト(Salmo trutta)に環境条件下濃度(1 μ g)で中毒と行動の変化を引き起こすのはそれぞれ4.9、1.5、1.6 μ g/lである。ただ、その後のモニタリングキャンペーンでは、MDMAの濃度は推定安全レベル、アンフェタミンとメタンフェタミンについては、レベルは安全値をはるかに下回っていることが明らかにされた。

シミュレーション研究では、飲料水抽出エリアでのアンフェタミンまたはMDMA廃棄物の投棄による影響を評価するために、最悪のシナリオが適用されている。MDMA合成に由来する化学廃棄物の模擬投棄の結果、そのMDMAレベルは、既存の限界値および毒物学的閾値を超えることが示された。





廃水処理場における合成薬物の除去率			
合成薬物	除去効率 (除去%)	場所	出典
MDMA	0-27	オランダ	Bijlsma,2012
	13-36	世界	Yadav,2017
Methamphetamine	54.5	米国	Loganathan,2009
	44-99	スペイン	Huerta-Fontela,2008
	99	スペイン	Bijlsma,2009
	33-100	世界	Yadav,2017
Amphetamine	52-99	スペイン	Huerta-Fontela,2008
	85	スペイン	Bijlsma,2009
	87-99	オランダ	Bijlsma,2012
	0-99	中国	Deng,2020
	33-100	世界	Yadav,2017

音楽 フェスティバル

薬物消費がより分散しているような環境ではこれらの濃度を測定するのが難しい。そのようななかで音楽フェスティバルは、高濃度および短期間の合成薬物の環境影響に関する興味深い洞察を提供することができる。いくつかの例を以下に示す。

Glastonbury、イギリス、2019年(203,000人の参加者)

グラストンベリーフェスティバルはホワイトレイク川の合流点で開催され、合成薬物の消費が地域の環境に与える影響を簡単に監視する方法を提供している。フェスティバルが行われた時、川の薬物濃度はフェスティバル会場の下流でかなり高かった。MDMA の質量負荷は、フェスティバルの上流で行われた測定値と比較して、下流では 104 倍大きかった。MDMA の濃度は、フェスティバル後の週末に最高レベルに達し、合計 322 ng / l に達した。その濃度は水生生物に有害であると見なされる濃度であり、フェスティバル会場から排出された MDMA は、フェスティバル後に継続的に放出された証拠を示すものであった。

Decibel 野外フェスティバル、オランダ、2017年(75,000人の参加者)

デシベル野外フェスティバルの期間中、この地域の小さな廃水処理プラントへの負荷は同期間にオランダのユトレヒト市で報告された消費量による毎日の負荷と比較して、MDMA の通常の 1 日値の 56 倍であった。フェスティバルの期間中、約 16,230 錠に相当する 2.6 キロの純粋な MDMA の総消費量を示唆する負荷が記録された。この廃棄物のほとんどは、廃水処理プラントでの MDMA の除去効率が悪いいため、受入地表水に排出された可能性がある。

Balaton Sound フェスティバル、ハンガリー2017、2018、2019(それぞれ 154,000 人、165,000 人、172,000 人の参加者)

バラトン湖の水質は、2017 年、2018 年、2019 年に開催され、それぞれ 154,000 人、165,000 人、172,000 人が参加したフェスティバルの前、最中、後に監視された。規制薬物の検出は、各イベントの直後にピークに達した。MDMA は長年にわたって一貫して発見され、リスク指数(推定曝露と推定影響の比率)は 0.4 であり、これは中程度の環境リスクと見なされている。

1) Dan Aberg et al., 'The Environmental Release and Ecosystem Risks of Illicit Drugs during Glastonbury Festival.', Environmental Research 204 (March 2022).

2) Erik Emke, 'Rioolwateronderzoek Decibel, Rioolwateranalyse Op de Aanwezigheid van Drugs' (Nieuwegein: KWR Water Research Institute, December 2017).

3) G. Maasz et al., 'Illicit Drugs as a Potential Risk to the Aquatic Environment of a Large Freshwater Lake after a Major Music Festival', Environmental Toxicology and Chemistry 40, no. 5 (2021)

魚類の薬物嗜癖に対するメタンフェタミンの効果

実験室内の実験を含む 2021 年に行われた研究では、ブラウントラウト (*Salmo trutta*) 種のメタンフェタミンへの曝露の影響が調べられている。8 週間の間、魚を、水が処理された後の川で見られるものと同様のメタンフェタミン産生の残留物の濃度に暴露した。暴露の後、10 日間薬物離脱状態に置き、2 日ごとに魚をメタンフェタミン含む水槽とコントロール水槽に入れ、自由に移動できるようにして観察した。

その結果、メタンフェタミンに曝露された魚は、離脱期間後も行動と動きの好みが変わった。この知見は、メタンフェタミンの環境濃度が魚類の脳の代謝経路を変化させることを示している。全体として、この研究は、淡水生態系への規制薬物の排出が魚の嗜癖を引き起こす可能性があるという結論付けている。観察された影響の 1 つは、生息地の好みの変化であり、個々の魚や個体群全体に悪影響を与える可能性を示している(例:採餌や交尾に関連する)。実験は廃水処理を含んだものである。そのような扱いが不十分または存在しない世界の多くの地域では、メタンフェタミンの製造は魚にさらに大きな影響を与える可能性がある。

- 1) Pavel Horký et al., 'Methamphetamine Pollution Elicits Addiction in Wild Fish', *Journal of Experimental Biology* 224, no. 13 (1 July 2021)

[Methamphetamine pollution elicits addiction in wild fish | Journal of Experimental Biology](#)
[The Company of Biologists](#)

継続的政策対応

合成薬物の製造に関しては、前駆体管理に加えて、密造所の摘発と解体から廃水分析、製造または廃棄物投棄現場での清掃作業、没収された薬物の適切な処分に至るまで、政策対応はほとんど場当たりのになっている。

廃水分析

廃水分析は、公衆衛生保護や薬物使用・消費傾向の監視から環境保護や法執行までにおいて、さまざまな形で目的を果たしている。例えば、2020年に実施された文献レビューでは、オピオイドについては少なくとも23か国、カンナビノイドについては15か国、合成薬物については17か国で廃水分析研究が行われた。ただし、これらの研究のほとんどはヨーロッパと北米(カナダと米国)からのものであり、他の地域を代表する国はごくわずかであり、アジアでは中国、大韓民国および中国の台湾省、ラテンアメリカでは、ブラジル、コロンビア、コスタリカ、マルティニーク、メキシコ、ウルグアイなどで行われているのみである。アフリカでは、エジプトと南アフリカのみで廃水分析が実施されている。廃水分析のほとんどは、現在、薬物使用・消費または薬物製造傾向の監視に関連して行われている。

法執行機関

環境への影響を判断することに加えて、廃水分析は、廃棄物プロファイルを使用して廃水集水域で進行中の薬物製造を特定することができるため、法執行機関でも行われている。また、地理的位置、使用される前駆体の種類、および生産される薬物などの傾向を特定するのにも役立つ。前駆体が合法的な目的にも使用される場合、違法な製造を特定するための廃水分析は非常に困難になる。これは一部の加工植物ベースの薬物にも当てはまる。例えば、ヘロインの主な代謝物であるモルヒネは、一般的に使用される医薬品の指標でもあるため、ヘロインを検出することは困難である。同じことが大麻にも当てはまり、現在、廃水中で検出される適切なバイオマーカーはない。オランダでは、逮捕につながった廃棄事件に関する2016年の調査では、これらの事件の3分の2が懲役刑に至った。これらの判決は、165日から3年半の懲役までさまざまであった。

浄化・クリアリング

世界中の合成医薬品生産の総環境影響を見積もることは困難であるが、薬物密造所や廃棄場所で発生する廃棄物を浄化するための経済的コストの見積もりはできる。これは、関連する実際のコストのほんの一部にすぎないが、合成薬物の製造による環境への影響を軽減する責任を負う政府や個人に課す経済的負担についての考え方を提供する。合成薬物の製造と廃棄物処分場の浄化のコストは、ベルギーとオランダで詳細に見積もられている。薬物に関する浄化費用は、地域の状況、サイトのサイズ、その他の要因に応じて、サイト

ごとに大きく異なる。

薬物密造所のクリーンアップコストについての他の見積もりははるかに低い。例えば、米国では、2009 会計年度のクリーンアップあたり平均 2,200 ドルであるが、これは、多くの場合、クリーニング作業のコストのみに限定されており、例えば、法執行官やその他の関係する地方自治体のコストは含まない。後者の追加費用は最終的に納税者が支払う費用であるが、前者の費用は主に建屋所有者または土地所有者が負担するものである。ほとんどの場合、不動産所有者または先取特権者が、クリーンアップ自体の直接費用を負担する。薬物廃棄物の浄化に関連する費用はかなりの額になる可能性があるため、オランダでは州レベルの「薬物廃棄物の除去のための補助金規則」(2021-2024)の下で補助金を利用できる。これらの補助金は、土壌および地表水の除染、および投棄された薬物廃棄物の除去に関連する活動を対象としている。

モニタリング

違法薬物濃度の監視は、3 つの広い目的に役立つ:時間の経過に伴う薬物使用・消費の性質と範囲を評価すること、薬物使用・消費の傾向を特定すること、そして、生物学的に活性をもつ物質から環境を保護するのに役立つ制御および緩和戦略を特定すること。違法合成薬物製造の環境への害の実際の大きさについてはまだほとんど知られていないが、モニタリングは、合成薬物の製造と投棄の環境への影響に対処するための将来の政策対応に情報を提供するのに役立つものである。

合成薬物製造サイト、保管および廃棄物処分場の解体/クリーンアップの最小推定コスト
ベルギーおよびオランダ、2016 年

国		投棄場所	総費用	廃水組成 (ユーロ)
ベルギー		42	1,401,634 の	33.372
オランダ		322	4,368,294 の	13,566
全体		364	5,769,928 の	15,851

有害経路

違法栽培および生産関連の有害経路

合成薬物の違法製造による環境被害の概要

生産段階	作業	環境への直接 影響	事例	環境への間接 影響
栽培前	耕地準備	エネルギー消費	耕作施設における 機材設置及び 建設作業	再生不可能な場 合、使用される エネルギーが非 生物的資源の枯 渇と気候変動の 一因となる
栽培時	農業的負荷： 肥料	水質汚染： 富栄養化 大気汚染：アン モニウム毒性	窒素とリンを多 く含む肥料の植 物への過剰使用	気候変動
	農業的負荷： 殺虫剤&除草 剤	人及びエコシス テムへの毒性	カーボンフィル タークロスや機 器の農薬残留； 使用する農薬が 禁止されてもの である場合、影 響は大きくなる	栽培や収穫、ま たは施設の解体 に携わる人々へ の健康リスク
	生物由来揮発 性有機化合物 の排出	大気汚染： オゾン発生	植物を上回る高 反応性テルペン の濃度	人間の健康に対 する大気質の影 響：健康の低下 と病気の負担の 増加
	照明、空調、 除湿	エネルギー消費 大気汚染のリス ク	大麻栽培に必要 な温度・他の環 境条件を維持で きる高強度グロ	特にライトの設 置が不十分な場 合の火災の危険 性；火災は大気

	灌漑	新鮮な水消費 エネルギー消費	ーライト・その他の屋内ツールの使用 自動灌漑システム	汚染と多くの廃棄物を発生 再生不可能な場合、使用されるエネルギーは非生物的資源の枯渇に寄与する 空調機器が古い冷媒技術を使用している場合、成層圏オゾン層破壊 土壌及び水質汚染
--	----	-------------------	-----------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------

違法屋内大麻栽培による環境被害の概要

生産段階	作業	環境への直接影響	事例	環境への間接影響
分配	運送	大気汚染 エネルギー消費		
処理過程	前駆体化合物・その他の化合物（ガソリン等）使用 水使用 電気使用	化学廃棄物（未処理）廃棄 新鮮な水消費 エネルギー消費	精神活性物質抽出に使用されるいくつかの方法は、大量の化学溶媒を使用する 乾燥または抽出プロセスに使用される機器において；乾燥のさまざまな段階（電気乾燥オーブンと脱水機が使用されている場合）や抽出と製造（精製と結晶化中など）過程で発生	土壌・水質汚染（投棄による）
マーケティング	搬送	大気汚染		
使用・消費	薬物使用	水質汚染	Tetrahydrocannabinol ・ 11-Nor-9-carboxy- Δ^9 tetrahydrocannabinol (THC-COOH)などのカンナビノール類や Benzoyllecgonine ・ Norcocaine などのコカイン類による汚染廃水の排せ。	水系エコシステムや生物多様性への影響

違法な屋外薬物作物栽培から生じる環境被害の概要

生産段階	作業	環境への直接 影響	事例	環境への間接 影響
栽培前	耕地準備	エネルギー消費； 環境影響のリスク を伴う土地使用変更	森林破壊 森林断片化； 他の植物の根絶	土壌侵食、生物 多様性喪失、森 林の断片化の間 接的な影響(生 物多様性や生態 系支援機能等へ の) 水循環の混乱； 気候変動
栽培時	農業的 負荷：肥料	水質汚染:富栄養化 大気汚染:アンモニ ウム毒性	窒素とリンを多 く含む肥料の植 物への過剰使用	気候変動
	農業的 負荷：殺虫 剤&除草剤	人及びエコシステ ムへの毒性	流域の汚染;環境 上の理由から農 薬の使用が禁止 されている場合 影響は大きい	栽培や収穫、ま たはプランテー ションの解体に 携わる人々の健 康リスク。 食物連鎖を通じ た生物多様性喪 失
	生物由来揮 発性有機化 合物の排出	大気汚染： 地表オゾン発生		人間の健康に対 する大気質の影 響:健康の低下 または病気の増 加
	灌漑	新鮮な水消費 エネルギー消費	アフガニスタン 乾燥地域でのポ ンプと深井戸の 使用による塩類	土壌・水質汚染 渇水

			化の増加、地下 水位の低下	
マーケティング	搬送	大気汚染		

違法な屋外薬物作物栽培から生じる環境被害の概要

生産段階	作業	環境への 直接 影響	事例	環境への間接 影響
処理過程	前駆体化合物・その他の化合物（ガソリン等）使用 水使用 電気使用	化学廃棄物（未処理）廃棄 新鮮な水消費 エネルギー消費	精神活性物質抽出に使用されるいくつかの方法は大量の化学溶媒を使用する 乾燥または抽出プロセスに使用される機器において；乾燥のさまざまな段階（電気乾燥オーブンと脱水機が使用されている場合）や抽出と製造（精製と結晶化中など）過程で発生	土壌・水質汚染（投棄）
マーケティング	搬送	大気汚染		
使用・消費	薬物使用	水質汚染	Tetrahydrocannabinol ・ 11-Nor-9-carboxy- Δ^9 tetrahydrocannabinol (THC-COOH)などのカンナビノール類や Benzoylecgonine ・ Norcocaine などのコカイン類による汚染廃水の排泄。	水系エコシステムや生物多様性への影響

違法合成薬物製造による有害経路

	作業	環境への直接 影 響	事例	環境への間接 影響
栽培前	耕地準備	エネルギー消費； 環境影響のリスク を伴う土地使用変 更	森林破壊 森林断片化； 他の植物の根絶	土壌侵食、生物 多様性喪失、森 林の断片化の間 接的な影響(生 物多様性や生態 系支援機能等へ の) 水循環の混乱； 気候変動
栽培時	農業的 負荷：肥料	水質汚染:富栄養化 大気汚染:アンモニ ウム毒性	窒素とリンを多 く含む肥料の植 物への過剰使用	気候変動
	農業的 負荷：殺虫 剤&除草剤	人及びエコシステ ムへの毒性	流域の汚染;環境 上の理由から農 薬の使用が禁止 されている場合 影響は大きい	栽培や収穫、ま たはプランテー ションの解体に 携わる人々の健 康リスク。 食物連鎖を通じ た生物多様性喪 失
	生物由来揮 発性有機化 合物の排出	大気汚染： 地表オゾン発生		人間の健康に対 する大気質の影 響:健康の低下 または病気の増 加
	灌漑	新鮮な水消費 エネルギー消費	アフガニスタン 乾燥地域でのポ ンプと深井戸の 使用による塩類	土壌・水質汚染 渇水

			化の増加、地下 水位の低下	
マーケティング	搬送	大気汚染		

参考文献

- 1 Daniel Brombacher and Jan Westerbarkei, 'From Alternative Development to Sustainable Development: The Role of Development Within the Global Drug Control Regime', *Journal of Illicit Economies and Development* 1, no. 1 (14 January 2019).
- 2 Daniel Brombacher, Juan Carlos Garzón, and María Alejandra Vélez, 'Introduction Special Issue: Environmental Impacts of Illicit Economies', *Journal of Illicit Economies and Development* 3, no. 1 (7 2021).
- 3 UNODC, *World Drug Report 2016* (Vienna: United Nations publication, 2016).
- 4 Ibid.
- 5 Health Poverty Action, 'Drug Policy and the Sustainable Development Goals: Why Drug Policy Reform Is Essential to Achieving the Sustainable Development Goals', Briefing paper (London: Health Poverty Action, November 2015).
- 6 IPCC, *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Cambridge and New York: Cambridge University Press, 2022).
- 7 Deborah Alimi, 'An Agenda In-the-Making: The Linking of Drugs and Development Discourses', *Journal of Illicit Economies and Development* 1, no. 1 (2019).
- 8 L. Armstead, 'Illicit Narcotics Cultivation and Processing: The Ignored Environmental Drama', *Bulletin on Narcotics* 44, no. 2 (1992).
- 9 GIZ, *Coca y Deforestación: Mensajes de Acción Para La Planeación Del Desarrollo, REDD+ Policy Brief* (Bogota: GIZ, 2017).
- 10 Keith R. Solomon et al., 'Environmental and Human Health Assessment of the Aerial Spray Program for Coca and Poppy Control in Colombia', Report prepared for the Inter-American Drug Abuse Control Commission (CICAD) section of the Organization of American States (OAS) (Washington, 31 March 2005).
- 11 Rachel Massey and Jim Oldham, 'Health and Environmental Effects of Herbicide Spray Campaigns in Colombia' (Amherst: The Institute for Science and Interdisciplinary Studies, 18 March 2002).
- 12 UNODC, 'Outcome Document of the 2016 United Nations General Assembly Special Session on the World Drug Problem, New York, 19-21 April 2016: Our Joint Commitment to Effectively Addressing and Countering the World Drug Problem' (New York: UNODC, 2016).
- 13 UNODC, *World Drug Report 2020* (Vienna: United Nations publication, 2020).
- 14 FAO, 'Land Use Statistics and Indicators: Global, Regional and Country Trends 1990–2019', *FAOSTAT Analytical Brief* (Rome, 2021).
- 15 Valentin Fuster and Joseph M. Sweeny, 'Aspirin: A Historical and Contemporary

- Therapeutic Overview', *Circulation* 123, no. 7 (22 February 2011)
- 16 D.G. Joakim Larsson, Cecilia de Pedro, and Nicklas Paxeus, 'Effluent from Drug Manufactures Contains Extremely High Levels of Pharmaceuticals', *Journal of Hazardous Materials* 148, no. 3 (September 2007).
- 17 Ibid..
- 18 UNODC, 'World Drug Report 2015' (Vienna: United Nations publication, May 2015).
- 19 Héctor Fabio Santos Duarte, Antonia Schmidt, and Sofia Wahl, 'Addressing Coca-Related Deforestation in Colombia: A Call for Aligning Drug and Environmental Policies for Sustainable Development', *Journal of Illicit Economies and Development* 3, no. 1 (4 October 2021).
- 20 Kenza Afsahi, 'The Rif and California: Environmental Violence in the Era of New Cannabis Markets', *Revue Internationale de Politique de Développement*, no. 12 (1 September 2020): 188,189, 192, [http:// journals.openedition.org/poldev/3931](http://journals.openedition.org/poldev/3931).
- 21 Ibid..
- 22 UNODC, *Afghanistan Opium Survey Report 2016: Sustainable Development in an Opium Production Environment* (Vienna: United Nations publication, 2017).
- 23 David Mansfield and Paul Fishstein, *Moving with the Times: How Opium Poppy Cultivation Has Adapted to the Changing Environment in Afghanistan* (Kabul: AREU, 2016).
- 24 UNODC, 'Colombia: Monitoreo de territorios afectados por cultivos ilícitos 2020' (Bogota: UNODC, July 2021).
- 25 Ibid.
- 26 Alfred W. McCoy, 'Searching for Significance among Drug Lords and Death Squads: The Covert Netherworld as Invisible Incubator for Illicit Commerce', *Journal of Illicit Economies and Development* 1, no. 1 (14 January 2019).
- 27 UNODC, *Nigeria Cannabis Survey: 2019 Baseline Assessment in Six States* (Vienna: United Nations publication, 2022).
- 28 Jennifer K. Carah et al., 'High Time for Conservation: Adding the Environment to the Debate on Marijuana Liberalization', *BioScience* 65, no. 8 (1 August 2015).
- 29 Hekia Bodwitch et al., 'Growers Say Cannabis Legalization Excludes Small Growers, Supports Illicit Markets, Undermines Local Economies', *California Agriculture* 73, no. 3 (2019) .
- 30 Bodwitch et al., 'Growers Say Cannabis Legalization Excludes Small Growers, Supports Illicit Markets, Undermines Local Economies'.
- 31 Ibid.
- 32 Ariani C. Wartenberg et al., 'Cannabis and the Environment: What Science Tells Us and What We Still Need to Know', *Environmental Science & Technology Letters* 8, no. 2 (9

February 2021), <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.0c00844>.

33 For example, when it comes to the environmental footprint of indoor cannabis cultivation, the 2012 study by Evan Mills is referenced in various subsequent studies: Evan Mills, 'The Carbon Footprint of Indoor Cannabis Production', *Energy Policy* 46 (July 2012).

34 Hailey M. Summers, Evan Sproul, and Jason C. Quinn, 'The Greenhouse Gas Emissions of Indoor Cannabis Production in the United States', *Nature Sustainability* 4, no. 7 (July 2021)

35 Ibid.

36 Jennifer A. Devine et al., 'Drug Trafficking, Cattle Ranching and Land Use and Land Cover Change in Guatemala's Maya Biosphere Reserve', *Land Use Policy* 95 (June 2020).

37 Scott Lukas, *Proceedings of the National Consensus Meeting on the Use, Abuse and Sequelae of Abuse of Methylamphetamine with Implications for Prevention, Treatment and Research*. Substance Abuse and Mental Health Services Administration, vol. SMA 96-8013 (Dpt. Of Health and Human Services Publication, 1997).

38 J. White, 'Clandestine Labs: The Lethal Workplace. (Cited in Caldicott, 2005)', *Police Association Journal* 64 (1998): 34–36.

39 Tim Scott et al., 'Effect of Amphetamine Precursors and By-Products on Soil Enzymes of Two Urban Soils', *Bull Environ Contam Toxicol* 70, no. 4 (April 2003).

40 Raktim Pal et al., 'Illicit Drugs and the Environment — A Review', *Science of The Total Environment* 463–464 (October 2013).

41 Mayana Karoline Fontes, Luciane Alves Maranhão, and Camilo Dias Seabra Pereira, 'Review on the Occurrence and Biological Effects of Illicit Drugs in Aquatic Ecosystems', *Environmental Science and Pollution Research* 27, no. 25 (September 2020).

42 Ibid.

43 Hailey M. Summers, Evan Sproul, and Jason C. Quinn, 'The Greenhouse Gas Emissions of Indoor Cannabis Production in the United States'.

44 Ibid.

45 Ibid. The figures for greenhouse and outdoor cultivation were derived from New Frontier Data, *The 2018 Cannabis Energy Report* (Washington D.C.: New Frontier Data, 2018).

46 Van Butsic and Jacob C Brenner, 'Cannabis (Cannabis Sativa or C. Indica) Agriculture and the Environment: A Systematic, Spatially-Explicit Survey and Potential Impacts', *Environmental Research Letters* 11, no. 4 (1 April 2016).

47 Juanita Barrera-Ramírez, Valentina Prado, and Håvar Solheim, 'Life Cycle Assessment and Socioeconomic Evaluation of the Illicit Crop Substitution Policy in Colombia', *Journal of Industrial Ecology* 23, no. 5 (October 2019).

48 Scott McAlister et al., 'The Environmental Footprint of Morphine: A Life Cycle

- Assessment from Opium Poppy Farming to the Packaged Drug’, *BMJ Open* 6, no. 10 (October 2016).
- 49 Liliana M. Dávalos et al., ‘Forests and Drugs: Coca-Driven Deforestation in Tropical Biodiversity Hotspots’, *Environmental Science & Technology* 45, no. 4 (15 February 2011).
- 50 Beth Tellman et al., ‘Illicit Drivers of Land Use Change: Narcotrafficking and Forest Loss in Central America’, *Global Environmental Change* 63 (July 2020).
- 51 Beth Tellman et al., ‘Narcotrafficking and Land Control in Guatemala and Honduras’, *Journal of Illicit Economies and Development* 3, no. 1 (4 October 2021).
- 52 Devine et al., ‘Drug Trafficking, Cattle Ranching and Land Use and Land Cover Change in Guatemala’s Maya Biosphere Reserve’
- 53 Tellman et al., ‘Narcotrafficking and Land Control in Guatemala and Honduras’.
- 54 Ibid.
- 55 Jenny Zambrano et al., ‘Investigating the Direct and Indirect Effects of Forest Fragmentation on Plant Functional Diversity’, ed. Berthold Heinze, *PLOS ONE* 15, no. 7 (2 July 2020).
- 56 Lukas, ‘Proceedings of the National Consensus Meeting on the Use, Abuse and Sequelae of Abuse of Methylamphetamine with Implications for Prevention, Treatment and Research. Substance Abuse and Mental Health Services Administration’.
- 57 White, ‘Clandestine Labs: The Lethal Workplace. (Cited in Caldicott, 2005)’.
- 58 Tim Scott et al., ‘Effect of Amphetamine Precursors and By-Products on Soil Enzymes of Two Urban Soils’.
- 59 EMCDDA and Europol, *EU Drug Markets Report 2019* (Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2019).
- 60 UNODC, *World Drug Report 2021, Booklet 2, Global Overview of Drug Demand and Drug Supply* (United Nations publication, 2021).
- 61 UNODC, *Recommended Methods for the Identification and Analysis of Cocaine in Seized Materials (Revised and Updated): Manual for Use by National Drug Analysis Laboratories*. (New York: United Nations publication, 2012).
- 62 Based on International Coffee Organization global production estimates of roughly 170 million bags of 60 kg. International Coffee Organization, *Coffee Market Report*, February 2021 (London: ICO, 2021).
- 63 Francesco N. Tubiello et al., ‘Pre- and Post-Production Processes along Supply Chains Increasingly Dominate GHG Emissions from Agri-Food Systems Globally and in Most Countries’, preprint (*Antroposphere – Energy and Emissions*, 8 November 2021), 6, <https://doi.org/10.5194/essd-2021-389>.
- 64 Pierre-Arnaud Chouvy and Jennifer Macfarlane, ‘Agricultural Innovations in Morocco’s

- Cannabis Industry’, *International Journal of Drug Policy* 58 (August 2018).
- 65 UNODC, *Nigeria Cannabis Survey: 2019 Baseline Assessment in Six States*.
- 66 Ibid.
- 67 Bodwitch et al., ‘Growers Say Cannabis Legalization Excludes Small Growers, Supports Illicit Markets, Undermines Local Economies’.
- 68 Christopher Dillis, Michael Polson, Hekia Bodwitch, Jennifer Carah, Mary Power, Nathan Sayre, ‘Industrializing Cannabis?: Socio-Ecological Implications of Legalization and Regulation in California’, in *The Routledge Handbook of Post-Prohibition Cannabis Research: Multidisciplinary Perspectives* (New York: Routledge, 2021).
- 69 State of California, California Department of Food and Agriculture, ‘Cannabis Cultivation Program’, Title 3. Food and Agriculture California Code of Regulations § Division 8: Cannabis Cultivation (2019), Article 3, paragraph 8216.
- 70 Bodwitch et al., ‘Growers Say Cannabis Legalization Excludes Small Growers, Supports Illicit Markets, Undermines Local Economies’.
- 71 Mark Klassen and Brandon P. Anthony, ‘The Effects of Recreational Cannabis Legalization on Forest Management and Conservation Efforts in U.S. National Forests in the Pacific Northwest’, *Ecological Economics* 162 (August 2019).
- 72 Christopher Dillis, Michael Polson, Hekia Bodwitch, Jennifer Carah, Mary Power, Nathan Sayre, ‘The Routledge Handbook of Post-Pr
- 73 Ibid.
- 74 See, for example: Eugenija Zuskin et al., ‘Respiratory Symptoms and Lung Function in Hemp Workers.’, *Occupational and Environmental Medicine* 47, no. 9 (1 September 1990).
- 75 See, for example: John W. Martyny et al., ‘Potential Exposures Associated with Indoor Marijuana Growing Operations’, *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* 10, no. 11 (November 2013).
- 76 Jan Tytgat, Eva Cuypers, Patrick Van Damme, Wouter Vanhove, *Hazards of illicit cannabis cultivation for public and intervention staff* (KU Leuven, Universiteit Gent, 2017).
- 77 Ibid.
- 78 Ibid.
- 79 UNODC, *Coca Cultivation in the Andean Region: A Survey of Bolivia, Colombia and Peru, Part 2* (Vienna: United Nations publication, 2006).
- 80 EMCDDA and Europol, *Methamphetamine in Europe: EMCDDA Europol Threat Assessment 2019*. (Luxembourg: Publications Office, 2019).
- 81 Klassen and Anthony, ‘The Effects of Recreational Cannabis Legalization on Forest Management and Conservation Efforts in U.S. National Forests in the Pacific Northwest’.
- 82 Mills, ‘The Carbon Footprint of Indoor Cannabis Production’.

- 83 Hailey M. Summers, Evan Sproul, and Jason C. Quinn, 'The Greenhouse Gas Emissions of Indoor Cannabis Production in the United States'.
- 84 Zhonghua Zheng, Kelsey Fiddes, and Liangcheng Yang, 'A Narrative Review on Environmental Impacts of Cannabis Cultivation', *Journal of Cannabis Research* 3, no. 1 (December 2021).
- 85 Hailey M. Summers, Evan Sproul, and Jason C. Quinn, 'The Greenhouse Gas Emissions of Indoor Cannabis Production in the United States'.
- 86 Ibid.
- 87 Ibid..
- 88 Mills, 'The Carbon Footprint of Indoor Cannabis Production'.
- 89 Kirsti Ashworth and Will Vizuete, 'High Time to Assess the Environmental Impacts of Cannabis Cultivation'.
- 90 Wartenberg et al., 'Cannabis and the Environment'.
- 91 Zheng, Fiddes, and Yang, 'A Narrative Review on Environmental Impacts of Cannabis Cultivation'.
- 92 Chi-Tsan Wang et al., 'Potential Regional Air Quality Impacts of Cannabis Cultivation Facilities in Denver, Colorado', *Atmospheric Chemistry and Physics* 19 (20 November 2019), <https://doi.org/10.5194/acp-19-13973-2019>.
- 93 Zheng, Fiddes, and Yang, 'A Narrative Review on Environmental Impacts of Cannabis Cultivation'.
- 94 Wartenberg et al., 'Cannabis and the Environment'.
- 95 New Frontier Data, *The 2018 Cannabis Energy Report*.
- 96 Hailey M. Summers, Evan Sproul, and Jason C. Quinn, 'The Greenhouse Gas Emissions of Indoor Cannabis Production in the United States'.
- 97 Wartenberg et al., 'Cannabis and the Environment'ohibition *Cannabis Research*'
- 98 Christopher Dillis et al., 'Water Storage and Irrigation Practices for Cannabis Drive Seasonal Patterns of Water Extraction and Use in Northern California', *Journal of Environmental Management* 272 (October 2020).
- 99 Houston Wilson et al., 'First Known Survey of Cannabis Production Practices in California', *California Agriculture* 73, no. 3 (September 2019).
- 100 Parisa Kavousi et al., 'What Do We Know about Opportunities and Challenges for Localities from Cannabis Legalization?', *Review of Policy Research* 39, no. 2 (March 2022).
- 101 Wartenberg et al., 'Cannabis and the Environment'.
- 102 Zheng, Fiddes, and Yang, 'A Narrative Review on Environmental Impacts of Cannabis Cultivation'.
- 103 Butsic and Brenner, 'Cannabis (Cannabis Sativa or C. Indica) Agriculture and the

- Environment’.
- 104 Ibid..
- 105 UNODC, ‘Review of the World Cannabis Situation’, Bulletin on Narcotics LVIII, no. 1, 2 (2008).
- 106 UNODC, Nigeria Cannabis Survey: 2019 Baseline Assessment in Six States.
- 107 Eduardo Calvo Buendía et al., 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2019.
- 108 UNODC, ‘Review of the World Cannabis Situation’.
- 109 Ibid.
- 110 Ibid.
- 111 Ibid.
- 112 Ibid.
- 113 Juanita Barrera-Ramírez, Valentina Prado, and Håvar Solheim, ‘Life Cycle Assessment and Socioeconomic Evaluation of the Illicit Crop Substitution Policy in Colombia’.
- 114 UNODC, Colombia: Monitoreo de territorios afectados por cultivos ilícitos 2015 (Bogotá: United Nations publication, 2016).
- 115 UNODC, Colombia: Monitoreo de territorios afectados por cultivos ilícitos 2020.
- 116 UNODC, Colombia: Monitoreo de territorios afectados por cultivos ilícitos 2015.
- 117 UNODC, Colombia: Monitoreo de territorios afectados por cultivos ilícitos 2020.
- 118 UNODC, Colombia: Monitoreo de territorios afectados por cultivos ilícitos 2015.
- 119 Ricardo Rocha García, Las nuevas dimensiones del narcotráfico en Colombia, Primera edición (Bogotá: Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito - UNODC, 2011).
- 120 UNODC, Colombia: Monitoreo de territorios afectados por cultivos ilícitos 2015.
- 121 Juanita Barrera-Ramírez, Valentina Prado, and Håvar Solheim, ‘Life Cycle Assessment and Socioeconomic Evaluation of the Illicit Crop Substitution Policy in Colombia’.
- 122 Calvo Buendía et al., 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories
- 123 Juanita Barrera-Ramírez, Valentina Prado, and Håvar Solheim, ‘Life Cycle Assessment and Socioeconomic Evaluation of the Illicit Crop Substitution Policy in Colombia’.
- 124 McAlister et al., ‘The Environmental Footprint of Morphine’.
- 125 David Mansfield, Still Water Runs Deep: Illicit Poppy and the Transformation of the Deserts of Southwest Afghanistan, Issues Paper (Kabul: Afghanistan Research and Evaluation Unit, 2018).
- 126 SIGAR, Counternarcotics: Lessons from the U.S. Experience in Afghanistan (Arlington: SIGAR, 2018).

- 127 Food and Agriculture Organization of the United Nations, United Nations Environment Programme, *The State of the World's Forests 2020: Forests, Biodiversity and People* (Rome: FAO, 2020).
- 128 Ibid.
- 129 Colombian Ministry of Environment and Sustainable Development, IDEAM, 'Resultados Del Monitoreo Deforestación' (Bogota, 7 July 2021).
- 130 Ibid.
- 131 GIZ, *Coca y Deforestación: Mensajes de Acción Para La Planeación Del Desarrollo*.
- 132 Ibid.
- 133 Dávalos et al., 'Forests and Drugs'.
- 134 Camilo Erasso and María Alejandra Vélez, *Los Cultivos de Coca Causan Deforestación En Colombia? Bogotá DC, Colombia*, Universidad de Los Andes (Bogota: Centro de Estudios sobre Seguridad y Drogas (CESED), 2020).
- 135 Kendra McSweeney et al., 'Drug Policy as Conservation Policy: Narco-Deforestation', *Science* 343, no. 6170 (31 January 2014).
- 136 Devine et al., 'Drug Trafficking, Cattle Ranching and Land Use and Land Cover Change in Guatemala's Maya Biosphere Reserve'.
- 137 Ibid.
- 138 UNODC, 'Thematic Evaluation of UNODC Alternative Development Initiatives' (Vienna: UNODC, November 2005).
- 139 United Nations General Assembly, *United Nations Guiding Principles on Alternative Development* (General Assembly Resolution 68/196, Annex), A/C.3/68/L.9, 2013, para. 18(jj).
- 140 Thai-German Highland Development Programme (TG-HDP), *Review of TG-HDP's Agricultural and Forestry Programmes with Special Reference to Community Based Land Use Planning and Local Watershed Management (CLM)*, Internal Paper No. 212 (Chiang Mai, 1998).
- 141 Yvonne Everett, 'A Challenge to Socio-Ecological Resilience: Community Based Resource Management Organizations' Perceptions and Responses to Cannabis Cultivation in Northern California', *Humboldt Journal of Social Relations* 1, no. 40 (2018).
- 142 Ibid.
- 143 Timothy J. Killeen et al., 'Total Historical Land-Use Change in Eastern Bolivia: Who, Where, When, and How Much?', *Ecology and Society* 13, no. 1 (2008).
- 144 Dávalos et al., 'Forests and Drugs'.
- 145 Ibid.
- 146 Ricardo Vargas, *Fumigaciones y Política de Drogas En Colombia: fin Del Círculo Vicioso*

- o Un Fracaso Estratégico?', in *Guerra, Sociedad y Medio Ambiente*, Martha Cárdenas and Manuel Rodríguez (Bogotá: Foro Nacional Ambiental, 2004), 353–95.
- 147 Action Plan on International Cooperation on the Eradication of Illicit Drug Crops and on Alternative Development (General Assembly resolution S-20/4 E).
- 148 UNODC, *World Drug Report 2015*, Chapter 2, Alternative Development (Vienna: United Nations publication, 2015).
- 149 Ibid.
- 150 UNODC Office in Myanmar, *alternative development programme for Shan State, Myanmar, 2022*.
- 151 UNODC, *World Drug Report 2015*, Chapter 2, Alternative Development.
- 152 United Nations General Assembly, *United Nations Guiding Principles on Alternative Development* (General Assembly Resolution 68/196, Annex), para. 11.
- 153 Ibid., para. 18(v).
- 154 UNODC, *Outcome Document of the 2016 United Nations General Assembly Special Session on the World Drug Problem, New York, 19-21 April 2016: Our Joint Commitment to Effectively Addressing and Countering the World Drug Problem* (New York: United Nations publication, 2016).
- 155 GIZ, *Rethinking the Approach of Alternative Development Principles and Standards of Rural Development in Drug Producing Areas*, 2013.
- 156 Ibid.
- 157 Juanita Barrera-Ramírez, Valentina Prado, and Håvar Solheim, 'Life Cycle Assessment and Socioeconomic Evaluation of the Illicit Crop Substitution Policy in Colombia'.
- 158 Ibid.
- 159 For example, a 2011 study found that the protected areas in Colombia reduced the probability of deforestation, also in coca-growing regions. Dávalos et al., 'Forests and Drugs'.
- 160 UNODC, 'Colombia: Monitoreo de territorios afectados por cultivos ilícitos 2020'.
- 161 UNODC, *Estado Plurinacional de Bolivia: Monitoreo de Cultivos de Coca 2020* (La Paz: United Nations publication, 2021).
- 162 Ibid.
- 163 UNODC, *Perú: Monitoreo de Cultivos de Coca 2017* (Lima: United Nations publication, 2018).
- 164 USAID, *BIOREDD+ Brochure* (Bogotá: USAID, 2013).
- 165 Ibid..
- 166 Royal Thai Embassy, Washington D.C., 'Thai Community Forest Growing Carbon Credits for Business', Online News Story, 19 January 2022.
- 167 SEC, 'SEC Updates a Year of Progresses of the Capital Market Governance Promotion

Initiative in Celebration of HM the King's Coronation', SEC News, 28 July 2020, 140/2020 edition.

168 Kingdom of Thailand, Ministry of Natural Resources and, Environment, Department of National Parks, Wildlife and, and Plant Conservation, Forest Carbon Partnership Facility (FCPF) REDD+ Readiness Project, Mid-Term Review, Version 2.3 (Bangkok, 2020)

169 Stefanie Engel, 'The Devil in the Detail: A Practical Guide on Designing Payments for Environmental Services', *International Review of Environmental and Resource Economics* 9, no. 1–2 (2016).

170 Ibid.

171 Kathy Baylis et al., 'Agri-Environmental Policies in the EU and United States: A Comparison', *Ecological Economics* 65, no. 4 (May 2008).

172 GIZ, GPDPD and UNODC, 'Alternative Development Project in Forest Reserve Zones for the implementation of sustainable productive initiatives focused on Green Business and Payment for Environmental Services (PES) in Colombia', presentation during the sixth Expert Group Meeting on Alternative Development (26 January 2022).

173 Miguel A. Altieri and Clara Ines Nicholls, 'Agroecology and the Emergence of a Post COVID-19 Agriculture', *Agriculture and Human Values* 37, no. 3 (September 2020).

174 UNEP, 'Agroecology – a Contribution to Food Security?', Online News Story, 15 October 2020.

175 UNODC Office in Myanmar, alternative development programme for Shan State, Myanmar, 2022.

176 UNODC, World Drug Report 2020, Booklet 1, Executive Summary / Impact of Covid-19 / Policy Implications (United Nations publication, 2020).

177 UNODC, 'Cambodia Tackles Safrole Oil Production', United Nations News Story, 3 October 2008.

178 UNODC, Amphetamines and Ecstasy: 2008 Global ATS Assessment (Vienna: United Nations publication, 2008).

179 UNODC, 'Cambodia Tackles Safrole Oil Production'.

180 UNODC, World Drug Report 2021, Booklet 2, Global Overview of Drug Demand and Drug Supply.

181 Ettore Zuccato and Sara Castiglioni, 'Illicit Drugs in the Environment', *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 367, no. 1904 (13 October 2009).

182 Ibid.

183 Pal et al., 'Illicit Drugs and the Environment — A Review'.

184 Ibid.

- 185 Lisa Kates, Charles Knapp, and Helen Keenan, 'Acute and Chronic Environmental Effects of Clandestine Methamphetamine Waste', *Science of the Total Environment* 493 (2014).
- 186 Unpublished results Dutch National Forensic Institute and KWR Water Research Institute.
- 187 Yvette Schoenmakers and Shanna Mehlbaum, 'Drugsafval in Brabant', *Justitiële Verkenningen* 43, no. 2 (May 2017).
- 188 Ibid.
- 189 Ibid.
- 190 Europol, *EU Manual on Illicit Synthetic Drugs/NPS Production* (The Hague, 2019).
- 191 Ibid.
- 192 Doyun Shin, Youngyeon Kim, and Hee Sun Moon, 'Fate and Toxicity of Spilled Chemicals in Groundwater and Soil Environment I: Strong Acids', *Environ Health Toxicol* 33 (2018), <https://doi.org/10.5620/eht.e2018019>
- 193 S. A. Riemersma, 'Dumping of Synthetic Drugs Waste, What Are the Risks for Wastewater Treatment Plants and the Aquatic Environment?' (Heerlen, the Netherlands, Open University, 2021).
- 194 Felix Brongers, 'Vaten En Fauna. Een Groen Criminologisch Onderzoek Naar de Milieuschade Als Gevolg van Synthetisch Drugsafval' (Rotterdam, Erasmus Universiteit, 2021).
- 195 Helena I. Gomes et al., 'Alkaline Residues and the Environment: A Review of Impacts, Management Practices and Opportunities', *Journal of Cleaner Production* 112 (20 January 2016).
- 196 Yvette Schoenmakers et al., *Elke dump is een plaats delict: dumping en lozing van synthetisch drugsafval: verschijningsvormen en politieaanpak*, *Politiekunde*, nr. 83 (Apeldoorn: Politie & Wetenschap, 2016).
- 197 Tim Scott et al., 'Effect of Amphetamine Precursors and By-Products on Soil Enzymes of Two Urban Soils'.
- 198 Schoenmakers et al., *Elke dump is een plaats delict*.
- 199 EPA, *RCRA Hazardous Waste Identification of Methamphetamine Production Process By-Products* (Washington D.C.: EPA, 2008), 4.
- 200 Riemersma, 'Dumping of Synthetic Drugs Waste, What Are the Risks for Wastewater Treatment Plants and the Aquatic Environment?'.
- 201 Lisa Kates, Charles Knapp, and Helen Keenan, 'Acute and Chronic Environmental Effects of Clandestine Methamphetamine Waste'.
- 202 Erik Emke et al., 'Wastewater-Based Epidemiology Generated Forensic Information: Amphetamine Synthesis Waste and Its Impact on a Small Sewage Treatment Plant', *Forensic*

- Science International 286 (May 2018): e1–7.
- 203 Riemersma, ‘Dumping of Synthetic Drugs Waste, What Are the Risks for Wastewater Treatment Plants and the Aquatic Environment?’
- 204 D. G. Joakim Larsson, ‘Pollution from Drug Manufacturing: Review and Perspectives’, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 369, no. 1656 (2014): 20130571.
- 205 Erik Emke et al., ‘Enantiomer Profiling of High Loads of Amphetamine and MDMA in Communal Sewage: A Dutch Perspective’, *Science of the Total Environment* 487, no. 1 (2014).
- 206 N. Reymond et al., ‘Retrospective Suspect and Non-Target Screening Combined with Similarity Measures to Prioritize MDMA and Amphetamine Synthesis Markers in Wastewater’, *Science of the Total Environment* 811 (2022).
- 207 Ibid.
- 208 Senka Terzic, Ivan Senta, and Marijan Ahel, ‘Illicit Drugs in Wastewater of the City of Zagreb (Croatia) – Estimation of Drug Abuse in a Transition Country’, *Environmental Pollution* 158, no. 8 (1 August 2010). <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.04.020>.
- 209 Lubertus Bijlsma et al., ‘Investigation of Drugs of Abuse and Relevant Metabolites in Dutch Sewage Water by Liquid Chromatography Coupled to High Resolution Mass Spectrometry’, *Chemosphere* 89, no. 11 (2012).
- 210 G. Maasz et al., ‘Illicit Drugs as a Potential Risk to the Aquatic Environment of a Large Freshwater Lake after a Major Music Festival’, *Environmental Toxicology and Chemistry* 40, no. 5 (2021).
- 211 Carol Potera, ‘Drug Abuse: Meth’s Pollution Epidemic’, *Environmen*
- 212 Yvette Schoenmakers et al., *Elke dump is een plaats delict: dumping en lozing van synthetisch drugsafval: verschijningsvormen en politieaanpak*, *Politiekunde*, nr. 83 (Apeldoorn: Politie & Wetenschap, 2016).
- 213 Ibid..
- 214 Felix Brongers, ‘Vaten En Fauna. Een Groen Criminologisch Onderzoek Naar de Milieuschade Als Gevolg van Synthetisch Drugsafval’ (Rotterdam, Erasmus Universiteit, 2021).
- 215 Tim Scott et al., ‘Effect of Amphetamine Precursors and By-Products on Soil Enzymes of Two Urban Soils’, *Bull Environ Contam Toxicol* 70, no. 4 (April 2003).
- 216 Meena K. Yadav et al., ‘Removal of Emerging Drugs of Addiction by Wastewater Treatment and Water Recycling Processes and Impacts on Effluent-Associated Environmental Risk’, *Science of the Total Environment* 680 (25 August 2019).
- 217 Raktim Pal et al., ‘Illicit Drugs and the Environment — A Review’, *Science of The Total*

- Environment 463–464 (October 2013).
- 218 E. J. Rosi-Marshall et al., ‘A Review of Ecological Effects and Environmental Fate of Illicit Drugs in Aquatic Ecosystems’, *Journal of Hazardous Materials* 282 (23 January 2015).
- 219 Maria Eugenia Sancho Santos et al., ‘Environmental Concentration of Methamphetamine Induces Pathological Changes in Brown Trout (*Salmo Trutta Fario*)’, *Chemosphere* 254 (1 September 2020).
- 220 Xingxing Yin et al., ‘Tissue-Specific Accumulation, Elimination, and Toxicokinetics of Illicit Drugs in Adult Zebrafish (*Danio Rerio*)’, *Sci Total Environ* 792 (20 October 2021).
- 221 Guido Domingo et al., ‘Illicit Drugs in the Environment: Implication for Ecotoxicology’, in *Illicit Drugs in the Environment: Occurrence, Analysis, and Fate Using Mass Spectrometry*, ed. S. Castiglioni, E. Zuccato, and R. Fanelli (Online, 2011).
- 222 M. Parolini et al., ‘Realistic Mixture of Illicit Drugs Impaired the Oxidative Status of the Zebra Mussel (*Dreissena Polymorpha*)’, *Chemosphere* 128 (June 2015).
- 223 Pavel Horký et al., ‘Methamphetamine Pollution Elicits Addiction in Wild Fish’, *Journal of Experimental Biology* 224, no. 13 (1 July 2021).
- 224 Els Smit, ‘Effecten van Drugs Op Het Waterecosysteem. Verkenning van de Ecologische Risico’s van 10 Stoffen’ (Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu - Dutch National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), 2015).
- 225 Ibid.
- 226 Ibid.
- 227 Erik Emke, ‘Invloed van Drugsproductie Afval Lozingen Op Grondwaterwinningen - Een Scenariostudie’ (Nieuwegein: KWR Water Research Institute, 2020).
- 228 Roberta Zilles Hahn, Carlos Augusto do Nascimento, and Rafael Linden, ‘Evaluation of Illicit Drug Consumption by Wastewater Analysis Using Polar Organic Chemical Integrative Sampler as a Monitoring Tool’, *Frontiers in Chemistry* 9 (30 March 2021).
- 229 Erik Emke et al., ‘Wastewater-Based Epidemiology Generated Forensic Information: Amphetamine Synthesis Waste and Its Impact on a Small Sewage Treatment Plant’, *Forensic Science International* 286 (May 2018).
- 230 Mayana Karoline Fontes, Luciane Alves Maranhão, and Camilo Dias Seabra Pereira, ‘Review on the Occurrence and Biological Effects of Illicit Drugs in Aquatic Ecosystems’, *Environmental Science and Pollution Research* 27, no. 25 (September 2020)
- 231 Ibid.
- 232 Erik Emke et al., ‘Wastewater-Based Epidemiology Generated Forensic Information’.
- 233 EMCDDA and Europol, *EU Drug Markets Report 2019* (Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2019).
- 234 Ibid.

235 Schoenmakers et al., Elke dump is een plaats delict.

236 Ibid.

237 United States Department of Justice, Office of the Inspector General, Audit Division, The Drug Enforcement Administration's Clandestine Drug Laboratory Cleanup Program, Audit Report 10-29 (Washington: Office of the Inspector General, 2010).

238 Information about the twelve provincial subsidy regulations was accessed through the website of BIJ12, an inter-provincial public body supporting Dutch provinces with the implementation of environmental legislation: <https://www.bij12.nl/onderwerpen/subsidieregeling-opruiming-drugsafval/>.

239 Pal et al., 'Illicit Drugs and the Environment — A Review'.

240 Mafalda Pardal, Charlotte Colman, and Tim Surmont, 'Synthetic Drug Production in Belgium – Environmental Harms as Collateral Damage?', *Journal of Illicit Economies and Development* 3, no. 1 (4 October 2021)