

# 衛生安全計画

汚水・排泄物の  
安全な処理と再利用の手引き

Sanitation safety planning:  
manual for safe use and disposal  
of wastewater, greywater and  
excreta



国立保健医療科学院

共訳：東京大学大学院工学系研究科  
附属水環境制御研究センター

本書は、2015 年世界保健機関（WHO）による出版物である。

原文タイトル：Sanitation safety planning: manual for safe use and disposal of wastewater, greywater and excreta

©World Health Organization 2015

WHO は、日本語版の翻訳および出版権を国立保健医療科学院に許可する。

国立保健医療科学院は日本語訳の質と公正性のみに責任を負う。英語版と日本語訳の不一致があった場合は、製本された英語版が真正である。

タイトル 衛生安全計画 汚水・排泄物の安全な処理と再利用の手引き

発行所 国立保健医療科学院

発行日 2017 年 6 月 12 日（翻訳 ver.1）

ISBN 978-4-9036997-08-7

© 国立保健医療科学院 2017

「衛生安全計画 汚水・排泄物の安全な処理と再利用の手引き」は、WHO の許諾を得て翻訳を行った。翻訳にあたっては、できるだけ注意を払ったが、不十分な点があれば、原文を参照のこと。誤訳等の不備については、発行所、訳者が責任を負っている。翻訳利用上の留意点については、国立保健医療科学院のホームページ「翻訳にあたって」を参照のこと。

# 衛生安全計画

汚水・排泄物の安全な処理と再利用の手引き





## 訳者一覧

|       |  |                              |
|-------|--|------------------------------|
| 浅見 真理 | 国立保健医療科学院生活環境研究部<br>水管理研究領域<br>東京大学大学院工学系研究科客員大講座<br>(水環境制御研究センター) | 事例集、その他                      |
| 大野 浩一 | 国立研究開発法人 国立環境研究所<br>環境リスク・健康研究センター<br>元国立保健医療科学院生活環境研究部<br>水管理研究領域 | 衛生安全計画 (SSP) とは<br>モジュール1, 2 |
| 栗栖 太  | 東京大学大学院工学系研究科<br>水環境制御研究センター                                       | モジュール3, 4                    |
| 島崎 大  | 国立保健医療科学院生活環境研究部<br>水管理研究領域  | モジュール5, 6                    |

# 翻訳にあたって

「衛生安全計画 Sanitation Safety Planning (SSP)」 は、下水等が普及していない地域を含む汚水・排泄物の安全な処理や再利用に関する留意点や事例がとりまとめられたものである。環境管理適正技術論において、様々な状況の環境管理技術を学ぶ東京大学大学院工学系研究科附属水環境制御研究センターと国立保健医療科学院生活環境研究部の有志及び東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻の学生有志の読み合わせによる翻訳である。

本書は下水等が普及していない地域、衛生的な環境が確立していない地域を対象として含んでいるため、現代の日本の状況においては必ずしも適切な訳がない場合がある。その様子を学ぶことも学習の一環という観点から、本書の翻訳に取り組むこととなった。

翻訳においては、以下の点に留意して作業を行った。

- ・出来るだけ、「WHO飲料水水質ガイドライン 第4版」（国立保健医療科学院、2012）の翻訳で用いられた用語を用いた。

- ・原文においても、箇所毎に用語の使い方が必ずしも同じでは無い場合や翻訳の意味が通じにくい場合は、同一の単語に対して別の用語を用いたり、意識を行っている場合がある。その場合は、原文の意味を損ねないように注意を払っているが、厳密な解釈を要する場合には原文を参照願いたい。

- ・用語、漢字表記など、完全な統一がとれていない場合があるが、翻訳出版の迅速性の観点から、本質的な間違いでない限りそのままとした。何卒ご了承ください。

- ・誤訳があり修正を要する場合は、Web上の原稿においてできる限り対応する予定であり、国立保健医療科学院宛てご連絡いただきたい。

以下の副題、訳語については、複数の関係者から指摘があったが、原則として<>内の用語を用いているため、留意事項を記す。

## 1. 副題

原文の副題は、「Manual for safe use and disposal of wastewater, graywater and excreta」すなわち、廃水、家庭雑排水と排泄物の安全な利用と処分の手引き」であるが、原文全体の主旨から「汚水・排泄物の安全な処理と再利用の手引き」と訳した。

## 2. 訳語

burden of disease <疾病負担>

ある地域・集団における疾病（健康障害）による影響を、死亡数、罹患数等の指標で数値化した指標。

excreta <排泄物・し尿>

ヒトや動物からの排泄物、し尿。

greywater <家庭雑排水>

一般的には、し尿を含まない生活排水。

hazard <危害因子>

安全性に影響を及ぼす可能性がある因子（物質、病原体等）等を指す。ハザード。水安全計画（WHOが示した飲料水の安全確保に関する計画）においても用いられている。

human waste <ヒトの排泄物（し尿）>

人間活動により排出される（感染性の懸念される）廃棄物全体を指す可能性があるが、多くの場合「排泄物（し尿）」を指しているため、「ヒトの排泄物」とした。

maximum tolerable (soil) concentration <（土壌中の）最大許容濃度>

（土壌中の）最大許容濃度

personal hygiene <個人衛生行動>

個人が行う衛生上の行動、状態またはその全体を指す。対義語・関連語として public hygiene、すなわち公衆衛生がある。

recreational water <親水用水>

親水（水と親しむ）空間で利用される水。

robust <頑健な>

頑健性（ロバスト）とは、強健であること、耐久性があることに加え、外界からの変動に対して対応能力が高い、安定的であることを指す。

sanitation <衛生・衛生環境・衛生設備・衛生的な処理>

この語は、状況や使用者により、大きく意味が異なる場合があり、本文中でも統一的に訳すことが困難な単語である。具体的なトイレ、し尿貯留設備、管路で結ばれた下水などの衛生設備を指す場合から、し尿の処理・処分が適切に行われる衛生的な環境又は社会システムを指す場合や、衛生的な概念全体を指す場合もある。本書の訳においては、できる限り状況に応じ日本人が想起しやすい訳語を用いた。

sanitation chain <衛生処理過程>

衛生的な処理が連動して行われる一連の過程。

sanitation product <糞尿施肥>

本書では、糞尿を施肥として再利用する場合をさす。

(reuse of) sanitation waste <汚水、下水、衛生廃棄物（の再利用）>

排泄物を含む汚水や廃棄物を指す。本書においては、状況に応じ、汚水、下水または衛生廃棄物と訳した。

septic tank <腐敗槽または腐敗型浄化槽>

一般的には、腐敗槽は腐敗型浄化槽で、単独浄化槽のうちでも最初に作られた浄化槽である。嫌気性微生物が浄化に働いているので、空気を送るブロワーが不要。ただ、好気性微生物に比べて浄化が遅く、即効性がないこともあり、全曝気式浄化槽が普及した地域もある。

spray irrigation <散水灌漑／スプレー灌漑>

土壌表面 (surface) に散水する方式。

subsurface irrigation <地表下灌漑>

表面近傍 (準表層、subsurface) における灌漑。

transmission <伝搬/伝播/感染>

一般的に感染症がうつること、伝搬することをさす。

validation <バリデーション>

要求された機能や性能を満たすことを確認すること。その手法が妥当であることを評価する「妥当性評価」を行うこととほぼ同義である。

verify/verification monitoring <検証/検証監視>

実際の作業が計画通り行われていることを確認すること。ここでは、バリデーションを行って選択された方法が正しく実施されていることを確認、すなわち検証すること。

waste <廃棄物>

本書の多くの部分で (家畜由来を含む) 排泄物を含む場合が想定され、汚物や排泄物とした方が適切である場合があるが、判断が難しい場合が多く、原則として廃棄物とした。

wastewater <廃水・汚水>

廃水または汚水と訳した。wastewaterの訳語には「排水・下水」をあてる場合もあるが、本書の取り扱う内容が先進国において工場排水も含まれるイメージが強い「排水・下水」よりも、排泄物等を多く含む「廃水・汚水」であると想定される記述が多いため、可能な限り「廃水・汚水」とした。

water supply <水供給・給水>

日本では「水道」を指すことがほとんどであるが、本書では、管路による供給や共同水栓、井戸、水売り等様々な水供給の形態による水供給・給水を想定する。



## まえがき

いかなるときも、発展途上国の人口の半数近くは、安全でない水や水不足、衛生設備の欠如や不備、水資源の不十分な管理を直接の原因とする疾病の影響を受けている。

家庭での基本的な衛生設備の利用が増えても、数百万人に影響を与える衛生関連の疾病（特に下痢症や腸内寄生虫（intestinal worms）、住血吸虫（schistosomiasis）、トラコーマなど）を防ぐために重要な公衆衛生問題は依然として解決されていない。

その上、安全かつ利用可能な衛生環境を提供することはさらに複雑化している。ヒトの排泄物への曝露を防ぐために、特にヒトが密集する都市部においては、衛生廃棄物の収集、輸送、処理、処分、再利用に関わる関係者や廃棄物への曝露を受ける人々を考慮に入れて、その全工程を安全に管理する必要がある。証拠は限られているが、下痢症に関する世界疾病負荷の推計では、衛生廃棄物に関する業務をこのような高水準で行うと効果的であり、基本的な衛生管理だけを行うよりはるかに大きな健康面での向上を達成しうることが示されている。

都市化、食物の需要や水不足が加速するにつれて、衛生廃棄物の再利用はより魅力的かつ現実味を帯びたものとなっている。多数の公共事業体や企業が栄養塩類や水、エネルギーを有効活用し、サービス提供費用を相殺するための衛生廃棄物管理サービスのチェーン（連鎖）モデル改善に取り組んでいる。このモデルとは、環境中から排泄物を除去し食料生産を増やすことで、健康への便益を提供できるものである。

しかし、こうした取り組みをする上で健康に関する事柄は大きな課題である。モデルの提案者らは、しばしば健康と結びつきが弱く、細分化され、非協力的な政策環境のもとで活動している。彼らはまた、ヒトの排泄物の利用や処分に関連するリスクについて大衆が持つ否定的な認識を乗り越えねばならない。

衛生安全計画（Sanitation Safety Planning）とは、衛生システム事業者が健康への便益を最大化し、また健康リスクを最小化する助けとなる道具である。最も効果がある点に絞ったリスク管理の取り組みを優先し、徐々に改善していくように事業者を導く。その結果、大衆や公的事業機関に対し、健全なリスク管理に基づいた衛生処理システムの実施状況について保証することができる。

おそらくこれが最も重要なことだと考えられるが、衛生安全計画は、公衆衛生の一連の工程に関わる多数の利害関係者（保健部局、公共事業体、民間部門、環境や農業の官署を含む）が、衛生による健康への便益を最大化するために行っている努力を連携し、また、政策への対話や変革を活発化させるために用いることができる。

WHO は引き続き、衛生システムにおけるリスク評価・管理原則の促進と衛生安全計画の尺度作りを進める。

「何百万もの人々が安全な水を利用できず、何十億もの人々が糞便に汚染された環境で生活している限り、貧困の根絶はおろか、それを大幅に減らすことすらかないません……衛生処理（sanitation）は予防衛生（hygiene）とともに、将来の発展に係るどのようなアジェンダの中でもより優先すべき検討課題であり、喫緊に、かつ取り繕うことなく率直に取り組むべきものなのです」

*Margaret Chan, WHO*  
事務局長

Maria Neira  
Director  
公衆衛生、健康の環境的・社会的決定要因部門  
世界保健機関（WHO）

## 謝辞

本書の著者は Darryl Jackson 氏、Mirko Winkler 博士、Thor-Axel Stenström 教授である。また、WHO の Bruce Gordon 氏と Robert Bos 氏、およびスイス熱帯公衆衛生院 (Swiss TPH) の Guéladio Cissé 教授の指示の下、Kate Medlicott 女史がとりまとめと共同執筆を行った。Lorna Fewtrell 博士が文書の編集を行い、Penny Ward 女史と Lesley Robinson 女史が事務的支援を行った。

本マニュアルは、国際水管理研究所 (IWMI) や Swiss TPH、スイス連邦海洋科学テクノロジー大学 (Eawag)、水管理サービス国際センター (Cewas) と共同で、安全な資源の回収と再利用を目的としたビジネスモデルと併せて開発されたものである。

衛生安全計画 (SSP) の取り組みについて、ベトナムのハノイ、インドのカルナタカ、ペルーのリマ、ウガンダのカンパラ、ポルトガルのベナベンテ、フィリピンのマニラの国内機関により、戦略諮問グループによる指導の下で試験が行われた。また専門家や実務者による査読が行われた。本マニュアルへの貢献者は、下記の通り。

- Mr Mallik Aradhya、カルナタカ都市給排水局、インド
- Dr Akiça Bahri、アフリカ水ファシリティ、チュニジア
- Ms Eva Barrenberg、WHO、ドイツ
- Leonellha Barreto-Dillon、cewas
- Mr Robert Bos、WHO、スイス (退職)
- Prof Gueladio Cissé、Swiss TPH、スイス
- Mr Anders Dalgaard、コペンハーゲン大学、デンマーク
- Mr Luca Di Mario、ケンブリッジ大学、イギリス
- Ms Jennifer De France、WHO、スイス
- Dr Pay Drechsel、IWMI、スリランカ
- Dr Jonathan Drewry、WHO 米州地域事務局 (PAHO)、ペルー
- Mr Phuc Pam Duc、ハノイ公衆衛生大学、ベトナム
- Mr Samuel Fuhrmann、Swiss TPH、スイス
- Mr Bruce Gordon、WHO、スイス
- Dr Ramakrishna Goud、セントジョーンズ医科大学、カルナタカ、インド
- Dr Johannes Heeb、cewas、スイス
- Mr Abdullah Ali Halage、マケレレ大学公衆衛生学部、ウガンダ
- Mr Darryl Jackson、独立顧問、ネパール
- Dr Ghada Kassab、ヨルダン大学、ヨルダン
- Mr Avinash Krishnamurthy、Biome Environmental Trust、カルナタカ、インド
- Dr M. Shashi Kumar、セントジョーンズ医科大学、カルナタカ、インド
- Mr Bonifacio Magtibay、WHO、フィリピン
- Ms Leonellha Barreto-Dillon、cewas

- Prof Duncan Mara、リーズ大学（退職）、イギリス
- Dr Bernard Keraita、コペンハーゲン大学、デンマーク
- Ms Cristina Martinho, Acquawise、ポルトガル
- Ms Kate Medlicott、WHO、スイス
- Ms Raquel Mendes, Acquawise、ポルトガル
- Mr Babu Mohammed、国家上下水道会社、ウガンダ
- Mr Chris Morger、ヘルヴェタス、スイス
- Ms Ashley Murray、前職：廃棄物事業家、ガーナ
- Mr Julio Moscoso、独立顧問、ペルー
- Mr Collins Mwesigye、WHO、ウガンダ
- Dr Teofilo Montiero, PAHO/ETRAS(水と衛生の地域技術グループ), ペルー
- Mr Oliver Schmoll, WHO, EURO, ドイツ
- Dr Charles Niwagaba、マケレレ大学、ウガンダ
- Mr Ton Tuan Nghia, WHO、ベトナム
- Dr Miriam Otoo, IWMI、スリランカ
- Dr Jonathan Parkinson、前職：国際水協会
- Ms Ma. Victoria E. Signo, Baliwag Water District, フィリピン
- Mr. Oliver Schmol, WHO、西欧
- Mr Lars Schoebitz, Eawag、スイス
- Mr Steve Smith, Acquawise、ポルトガル
- Prof Thor-Axel Stenström、ダーバン工科大学、南アフリカ
- Dr Linda Strande, Eawag、スイス
- Mr Marinus van Veenhuizen、ETC 財団、オランダ
- Mr S Vishwanath, Biome Environmental Trust、カルナタカ、インド
- Mr Tuan Anh Vuong、顧問疫学者、ベトナム
- Dr Mirko Winkler, Swiss TPH、スイス
- Dr Christian Zurbrügg, Eawag、スイス

# 目次

まえがき

謝辞

用語集

略語一覧

|                                |           |
|--------------------------------|-----------|
| <b>衛生安全計画（SSP）とは</b> .....     | <b>1</b>  |
| 衛生安全計画の必要性.....                | 1         |
| 対象となる読者、利用目的、アプローチ.....        | 3         |
| SSP を実践するための政策環境.....          | 4         |
| <b>モジュール 1 衛生安全計画の準備</b> ..... | <b>7</b>  |
| モジュール 1 の概要.....               | 7         |
| 1.1 優先地域または優先活動の設定.....        | 7         |
| 1.2 目的の設定.....                 | 8         |
| 1.3 システム境界 および主導組織の規定.....     | 9         |
| 1.4 チームの編成.....                | 9         |
| 補足.....                        | 11        |
| ツール.....                       | 11        |
| 例.....                         | 12        |
| <b>モジュール 2 衛生システムの記述</b> ..... | <b>19</b> |
| モジュール 2 の概要.....               | 19        |
| 2.1 システムマッピング.....             | 20        |
| 2.2 廃棄物画分の特性評価.....            | 20        |
| 2.3 潜在的曝露集団の特定.....            | 21        |
| 2.4 コンプライアンスおよび文脈情報収集.....     | 21        |
| 2.5 システム記述のバリデーション.....        | 21        |
| 補足.....                        | 22        |
| ツール.....                       | 27        |
| 例.....                         | 27        |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>モジュール 3 危害事象の特定、既存の制御手段 および曝露リスク<br/>の評価</b> | <b>32</b> |
| モジュール 3 の概要                                     | 32        |
| 3.1 危害因子および危害事象の特定                              | 32        |
| 3.2 曝露集団および曝露経路の精査                              | 33        |
| 曝露集団  | 33        |
| 曝露経路と感染経路                                       | 33        |
| 3.3 既存制御手段の特定および評価                              | 34        |
| 3.4 曝露リスクの評価および優先度の設定                           | 34        |
| 補足  | 37        |
| 補足 3.4 制御手段                                     | 40        |
| 補足 3.5 本ガイドラインにおける危害因子低減の概念を理解するために             | 41        |
| ツール   | 42        |
| 例   | 44        |
| <b>モジュール 4 段階的改善計画の策定と実施</b>                    | <b>46</b> |
| モジュール 4 の概要                                     | 46        |
| 4.1 特定したリスクを制御方法の選択肢の検討                         | 46        |
| 4.2 制御方法の選択肢を用いた段階的改善計画の策定                      | 47        |
| 4.3 改善計画の実施                                     | 48        |
| モジュール 4 補足                                      | 49        |
| 例   | 52        |
| <b>モジュール 5 制御手段の監視と性能検証</b>                     | <b>56</b> |
| モジュール 5 の概要                                     | 56        |
| 5.1 運転監視の規定と実施                                  | 56        |
| 5.2 システムの性能検証                                   | 57        |
| 5.3 システム監査                                      | 58        |
| 補足  | 59        |
| 定量的微生物リスク評価                                     | 59        |
| ツール   | 61        |
| 例   | 64        |
| <b>モジュール 6 支援プログラムの策定と計画の見直し</b>                | <b>66</b> |
| モジュール 6 の概要                                     | 66        |
| 6.1 支援プログラムと管理手順の特定と実施                          | 66        |

|                                       |            |
|---------------------------------------|------------|
| 6.2 周期的見直しと SSP アウトプットの更新 .....       | 66         |
| 補足 .....                              | 68         |
| 例 .....                               | 69         |
| <b>引用文献</b> .....                     | <b>71</b>  |
| <b>関連文献</b> .....                     | <b>73</b>  |
| <b>運用事例：ニュータウンの衛生安全計画 (SSP)</b> ..... | <b>74</b>  |
| <b>付録</b> .....                       | <b>100</b> |
| 付録 1 生物学的危害因子に対する制御手段事例 .....         | 100        |
| 付録 2 廃水の灌漑利用に伴う微生物学的健康リスクの概略 .....    | 116        |
| 付録 3 農業や水産養殖に用いる廃水に含まれる化学物質 .....     | 117        |

# 用語集

本用語集は、WHO 汚水・排泄物の安全な処理と再利用のガイドライン (*WHO Guidelines for Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater (2006 WHO ガイドライン)*) と本 SSP マニュアルに頻出する用語を分かりやすい言葉で解説するものであり、技術用語や学術用語を詳細に定義することを目的としていない。より広範かつ詳細な用語集については、*2006 WHO ガイドライン* (Volume 1, Annex 1; Volume 2, Annex 4; Volume 3, Annex 4, Volume 4, Annex 1) を参照されたい。

| 用語 (英語)                           | 用語 (日本語)       | 平易な言葉による解説  |
|-----------------------------------|----------------|---|
| Aquaculture                       | 水産養殖 (養殖)      | 水中において動植物を育てること。  |
| Control measure                   | 制御手段           | 衛生上の危害因子を予防もしくは排除、または許容できるレベルに低減するために用いられる処置や活動 (または障壁、バリア)。  |
| DALY                              | DALY           | 障害調整生存年数 (DALYs)。死亡率および有病率を加味した、疾病による損失余命に関する集団に対する尺度。  |
| Disease vector                    | 病原体媒介生物        | ここでは、動物またはヒトから、別の動物またはヒトへと病気を媒介する昆虫をいう (例: 蚊)。  |
| <i>Escherichia coli (E. coli)</i> | 大腸菌            | 腸内に見られる細菌。水の糞便汚染指標として用いられる。   |
| Excreta                           | 排泄物・し尿         | 糞便と尿 (糞便スラッジ、腐敗槽汚泥、下肥も参照のこと)。   |
| Exposure                          | 曝露             | 化学的、物理的、または生物学的な物質が生物の外部境界に接触すること (例えば、吸入、経口摂取、経皮 [皮膚] 接触などを介する)。   |
| Exposure route                    | 曝露経路           | ヒトが危害因子に曝されるまでの通り道、経路。  |
| Faecal Sludge                     | 糞便スラッジ         | 便槽、下水設備のない公衆トイレ、腐敗槽、汲み取り式便所などの施設内 (オンサイト) 衛生システムから収集された凝固していない汚泥。腐敗槽汚泥 (septage) は、腐敗槽から収集された糞便スラッジであり、この用語に含まれる。 (排泄物、下肥も参照のこと)。   |
| Greywater                         | 家庭雑排水          | 通常高濃度の排泄物が含まれない台所、浴室や洗濯室などからの水。   |
| Hazard                            | 危害因子           | ヒトの健康に危害を及ぼす可能性のある生物学的、化学的、または物理的成分。  |
| Hazardous event                   | 危害事象           | 衛生システムにおいて、人々が危害因子に曝露する事象。以下の事故または状況が該当すると考えられる。 <ul style="list-style-type: none"> <li>ヒトが居住または働いている環境へ危害因子が持ち込まれる、または放出される。</li> <li>危害因子の濃度が増幅する。</li> <li>人間環境から危害因子が除去されていない。</li> </ul> |
| Health-based target               | 健康に基づく目標       | 所与の曝露に対する明確な健康保護のレベル。その曝露に関連する疾病の尺度に基づいている。2006 WHO Guidelines では、推奨される健康に基づく目標は、年間一人あたり $10^{-6}$ DALY である。  |
| Health impact assessment          | 健康影響予測評価 (HIA) | ある特定の環境下で、ある特定の措置 (計画、政策またはプログラム) が、規定した集団の健康に与える影響の予測評価。   |

| 用語（英語）                                 | 用語（日本語）           | 平易な言葉による解説  |
|--|-------------------|---|
| Helminth                               | 蠕虫                | 蠕虫は、腸内寄生虫、例えば、trematodes—吸虫（扁形動物：flukes, 例：住血吸虫（ <i>Schistosoma</i> ））、nematodes—線虫（回虫：roundworms, 例：回虫（ <i>Ascaris</i> ））、鞭虫（ <i>Trichuris</i> ）、ヒト鉤虫（human hookworms）、または cestodes—条虫類（条虫：tapeworms, 例：有鉤条虫（ <i>Taenia solium</i> ）、「豚条虫（pork tapeworm）」）を含む広範な生物である。 |
| Highly mechanized farming              | 高度機械化農業           | 農業従事者が、トラクターや関連器具を利用して、農地を耕し、種を植え、収穫などを行う農作業のことをいう。灌漑農地における作業時には、手袋の着用が想定されている。これは、工業先進国における曝露状況の典型例である。  |
| High-growing crops                     | 背の高い作物            | 地上で育ち、通常、地面に触れることがない作物（例：ほとんどの果樹類）  |
| Infection                              | 感染                | 感染因子が宿主に侵入し、成長または繁殖すること。感染による症状（例：下痢など）は、出る場合もあれば出ない場合もある。感染は、排泄物や腸内で感染因子が検出されることにより、または宿主の免疫応答の判定（すなわち、感染因子に対する抗体の存在など）により計測できる。   |
| Intermediate host                      | 中間宿主              | 終宿主の前に、寄生虫が幼生期まで寄生する宿主。多くの場合、ここで無性生殖が行なわれる。例えば、特定の種類の巻貝は、住血吸虫症を発症させる扁形動物である住血吸虫の中間宿主である。  |
| Labour intensive farming               | 労働集約型農業           | 発展途上国において典型的な農作業のことをいい、農業従事者は土壌、水、農作物と密に接触している。   |
| Lead organization                      | 主導組織              | SSP プロセスにおいて主導する組織または機関   |
| Leaf crops                             | 葉作物               | 葉の部分が収穫され、生のまま、もしくは加熱調理した上で食される作物（例：レタス、セロリ、ホウレンソウ、サラダ菜）  |
| Localized irrigation                   | 局所灌漑              | 点滴灌漑またはバブラー灌漑のいずれかを用い、作物に水を直接注ぐ灌漑応用技術。通常、局所灌漑施設では、使用する水の量を抑え、その結果、作物の汚染を低減し、ヒトの灌漑用水への接触も減少させている。  |
| Log reduction                          | 対数減少値             | 生物減少効率：1 log unit = 90%、2 log units = 99%、3 log units = 99.9%など   |
| Low-growing crops                      | 背の低い作物            | 地下や地面の少し上で育ち、土壌にその一部が触れている作物（例：生育条件によるが、ニンジン、レタス、トマト、コショウなど）  |
| Nightsoil                              | 下肥                | 水を使わずに運搬される未処理の排泄物（例：容器やバケツなどを用いる）  |
| Operational monitoring                 | 運転監視              | 制御手段が設計仕様内（例：下水処理水濁度）で機能しているかを評価するために、管理パラメータを観察または測定する計画的な一連の行為。簡潔かつ迅速に測定でき、システムプロセスが正常に機能しているかどうかを示すことができる監視パラメータであることが重視される。運転監視データは、責任者が危害因子の発生を未然に防げるよう制御手段を是正する助けとなるはずである。  |
| Pathogens                              | 病原体               | 疾病の原因となる生物（例：細菌、蠕虫、原虫、ウイルス）   |
| Quantitative microbial risk assessment | 定量的微生物リスク評価（QMRA） | 異なる曝露経路を通る特定の危害因子によるリスクを評価する手法。QMRA は、次の4要素から構成される：危害因子の同定、曝露評価、用量反応評価、リスクの総合判定。  |



| 用語（英語）                  | 用語（日本語）     | 平易な言葉による解説   |
|-------------------------|-------------|--|
| Restricted irrigation   | 制限灌漑        | ヒトが生食しない作物（すなわち、ジャガイモなど、食べる前に加熱調理されるもの）の栽培のために廃水を利用した灌漑。   |
| Risk                    | リスク         | 悪影響を伴う何かが発生する可能性とそれがもたらす結果   |
| Root crops              | 根菜作物        | 根の部分が食用になる作物（例：ニンジン、ジャガイモ、タマネギ、ビートなど）  |
| Sanitary inspection     | 衛生査察        | 衛生査察とは、様々な曝露集団の健康や快適さに対し、実際の、または潜在的な危険性を有する衛生システムにおけるあらゆる状況、装置、作業に関して、遂行資格のある個人によって行われる現地査察（立入検査）や評価のことである。危害事象の潜在的な発生源に加え、システム保全の不備・欠如、または危害事象を引き起こし得るシステムの欠陥を突き止めるべく行われる実態調査である。           |
| Sanitary surveillance   | 衛生サーベイランス   | 衛生システムの安全性と受容性に対して、継続的かつ慎重な公衆衛生評価を行うサーベイランスプログラムのこと。多くの場合、衛生査察に盛り込まれる。   |
| Sanitation step         | 衛生処理工程      | 衛生処理工程は、衛生システムの分析の助けとなる SSP システムの構成要素または構成部である。一般的に、構成要素は、廃棄物の発生、収集／輸送、処理、再利用か処分、から成る。   |
| Sanitation system       | 衛生システム      | 廃棄物の発生から最終的な再利用か処分に至るまでの一連の衛生処理過程  |
| Septage                 | 腐敗槽汚泥       | 腐敗槽から収集された糞便スラッジ   |
| Severity                | 重篤度         | 危害事象が発生した場合の健康への影響の大きさ   |
| SSP system assessment   | SSP システム評価  | SSP システムにおける危害因子やリスクの評価  |
| SSP system boundary     | SSP システム境界  | SSP が実施される境界   |
| Tolerable health risk   | 耐容可能健康リスク   | 社会において容認できる、特定の曝露または疾病による健康リスクの規定レベル。健康に基づく目標を設定するために用いられる。  |
| Unrestricted irrigation | 無制限灌漑       | 一般的に生食される作物を栽培するために汚水処理水を利用した灌漑  |
| Validation              | バリデーション（実証） | (1) システムと個々の構成要素が規定の目標（すなわち、微生物低減目標）を満たせることを証明すること。バリデーションは、新しいシステムが開発される、または新たな工程が追加されるときに文書化すべきものの一部である。<br>(2) システム記述のバリデーション（本マニュアルのモジュール2で解説）では、想定されるシステム特性や性能の証拠を提供する（例：汚染削減の申告の程度など）。 |
| Vector-borne disease    | 生物媒介性疾病     | ヒトからヒトへと媒介昆虫（例：蚊、ハエなど）を介し伝染する可能性のある疾病（例：マラリア、リーシュマニア症）   |
| Verification monitoring | 検証監視        | 運用監視で用いたものに加え、システム設計パラメータに準拠していることを確認するため、あるいは、システムが規定の要件を満たしているかどうかを確認するため、もしくはその両方のための手法、手順、試験、その他評価を適用すること。（例：大腸菌または蠕虫卵に対する微生物学的水質試験、灌漑作物の微生物学的または化学的分析など）                                |

| 用語（英語）                    | 用語（日本語） | 平易な言葉による解説   |
|---------------------------|---------|--|
| Waste stabilization ponds | 安定化池    | 日光、気温、沈殿、生分解など自然要素を利用し、廃水または糞便スラッジの処理を行うための浅いため池。通常、安定化池の処理システムは、嫌気性池、通性池、熟成池（浄化池・腐敗池）の連結から成る。 |

## 略語一覧

|       |  |                           |
|-------|--|---------------------------|
| BOD   | biochemical oxygen demand                  | 生物化学的酸素要求量                |
| C     | consumers exposure group                   | 消費者の曝露集団                  |
| COD   | chemical oxygen demand                     | 化学的酸素要求量                  |
| DALYs | Disability-adjusted life years             | 障害調整生存年数                  |
| F     | farmers exposure group                     | 農業従事者の曝露集団                |
| HACCP | hazard analysis and critical control point | ハサップ（危害分析と重要管理点による衛生管理手法） |
| HIA   | health impact assessment                   | 健康影響予測評価                  |
| L     | local community exposure group             | 地域コミュニティの曝露集団             |
| NGO   | non-governmental organization              | 非政府組織                     |
| QMRA  | quantitative microbial risk assessment     | 定量的微生物リスク評価               |
| SOP   | standard operating procedure               | 標準作業手順（標準作業書）             |
| SS    | suspended solids                           | 浮遊物質（懸濁物質）                |
| SSP   | sanitation safety planning                 | 衛生安全計画                    |
| STPH  | Swiss Tropical and Public Health Institute | スイス熱帯公衆衛生院                |
| W     | workers exposure group                     | 労働者の曝露集団                  |
| WHO   | World Health Organization                  | 世界保健機関                    |
| WSP   | water safety plans                         | 水安全計画                     |
| WWTP  | wastewater treatment plant                 | 下水処理場                     |



## 衛生安全計画 (SSP) とは

### 衛生安全計画の必要性

衛生環境に介入する根本的な目的は、公衆衛生の保護である。衛生システムの管理や衛生システム改善への投資を行う場合、衛生システムがもたらす実際の健康リスクと、これらのリスクを最も効果的に制御できる方法について、予め正しく把握する必要がある。

衛生安全計画 (SSP) とは、衛生システムのためのリスクに基づく管理ツールである。本マニュアルは、ヒト排泄物の安全な再利用に焦点を当てており、以下に掲げる活動の際の手助けになる。

- 衛生処理過程において健康リスクを系統的に同定し、管理する。
- 実際のリスクに基づいた投資を指導し、健康便益を促進し、健康への悪影響を最小化する。
- 当局や公衆に対して、衛生に関連する生産物やサービスの安全性を保証する。

SSP では、異なる部門の関係者を結集させ、衛生システムにおける健康リスクを同定し、改善策や定期監視の合意に至るための枠組みを提供する。この手法は、制御手段が最大の健康リスクを対象として行われることを保証し、また、長期にわたり漸進的な改善が行なわれることに重点を置いている。ヒト・モノ・カネの多少にかかわらず適用が可能であり、新規構想の計画段階、および既存システムの改善の両方に用いることができる。

SSP は、廃水、家庭雑排水、排泄物の再利用において保健部門の主導的役割を強調している。そして、衛生工学や農業部門など従来の非保健部門にヒトの健康に関する視点をもたらすことにも役立つ。

## WHO 汚水・排泄物の安全な処理と再利用のガイドライン

2006年のWHO 汚水・排泄物の安全な処理と再利用のガイドライン（WHO Guidelines for Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater）では、農業や水産養殖へ、し尿等を再利用することに伴う健康リスクを管理するための包括的な枠組みを提供している。この2006年ガイドラインは、1973年版と1989年版に置き換わるものである。また、初めて放流水水質の閾値が削除された。健康保護目標を達成するために、閾値に代わって、衛生処理過程を通じて処理および非処理オプションを幅広く選択できる柔軟性を与えている。この変更は以下の認識に基づいている：高度な処理が必ずしも実施できるわけではなく、あるいは費用対効果が最も高いとは限らないこと、そして、多くの環境下では、未処理または部分的に処理された汚水・排泄物の再利用が一般的であること。

汚水・排泄物の公的・私的な再利用の程度について、信頼できる推算値は存在しない。しかし、明らかにこれらの再利用は相当な程度で実践されており、世界中で増加している。

廃水の再利用は、深刻化する水不足や水資源の争奪に直面している政策立案者や水利用者にとって、ますます魅力的になっている。廃水を利用した近郊農業や水産養殖も、市場において優位性が高い。年間を通して確実な水供給を可能にすることに加え、廃水には貴重な栄養素が含まれているため、作物の収穫を増やし、人工肥料や代替水資源の節約が可能となる。

しかし、拡大しつつある公的再利用は、調整不足、再利用に関する政策と規制の相互運用性の複雑さ、再利用に伴う本当の健康リスクと人々が感じるリスクを同定し管理することの難しさにより、往々にして複雑で面倒になっている。

2006 WHO ガイドラインは、各国内と国際的な取り組みの発展を支援し、また、農業や水産養殖における汚水・排泄物の再利用に伴う健康リスクの同定や管理に関し、国や地域における意思決定の枠組みを提供するために策定された。重要な点は、2006年ガイドラインでは、政策変更や改善への投資には、それらが主要施設改善事業、もしくは運転上の改善措置または行動上の改善措置であろうとも、多数の関係者を巻き込み、時間がかかるものであると認識されていることである。

本 SSP マニュアルでは、ステップごとに推奨されるリスクに基づく取り組み手法を提示することで、読者がガイドラインを実施できるよう支援する。調整と長期間にわたる段階的な改善という概念は、SSP アプローチの要諦である。

## 対象となる読者、利用目的、アプローチ

本 SSP マニュアルは、2006 年の WHO 汚水・排泄物の安全な処理と再利用のガイドラインを実施する際の支援ツールとして、実用的なガイダンスを段階ごとに説明している。その一方で、本マニュアルの手法やツールは、衛生システムが健康目標を満たすよう管理されていることを保証するために、あらゆる衛生システムに応用できる。

SSP マニュアルは以下のように立場の異なる様々な利用者を対象とする。

- 地方当局（例：特にリソースが少ない状況において、衛生管理への投資計画を行うためのツールとして）
- 下水道事業責任者（例：下水流出水の水質を管理し、下水排出源から最終用途または処分に至るまで公衆衛生と労働衛生を確保する際の補助のため）
- 衛生関連企業や農家（例：最終生産物、作業員、地域コミュニティ、生産物の消費者や利用者の安全性に対する品質保証手順を完全なものにするため）
- コミュニティ組織、農業協同組合や NGO（例：し尿等の安全な再利用のためのコミュニティレベルでの水と衛生処理計画の支援のため）

特定の SSP プロセスに関連した現場固有の用途に加え、SSP は以下のような国レベルで取り組む者にも有用である。

- 保健当局や 規制当局（例：衛生部門においてリスクに基づくアプローチを導入するため、またその効果を検証するためのツールとして）
- 衛生管理改善のための政策やプログラムの策定を指導する者

SSP は新しい大規模な衛生管理プログラムの計画や設計に利用することを意図したものではない。この場合、健康影響評価 (HIA) のような専門的な研究により、その計画を補完できるだろう。一度プログラムが策定されれば、SSP は進行管理ツールとして用いることができる。

本マニュアルでは SSP プロセスを 6 つのモジュールに分けて提示する（図 1）。次章より、これらの 6 つのモジュールを順に説明する。各モジュールには、補足、SSP ツールや用例が適宜含まれる。



図1 衛生安全計画（SSP）モジュール（図の真ん中を「衛生安全計画（SSP）」と変更）

### SSP を実践するための政策環境

最終的に、国や地域は持続的かつ質の高い SSP のための政策の枠組みや体制を確立する必要がある。また、この SSP 実践のための環境整備には、SSP に関連する次の3つの異なる機能に関する規定を設けるべきである。

- 国の政策の枠組みにおけるリスク評価・管理アプローチ
- 事業者による SSP の実施
- 独立機関による SSP サーベイランス

この環境整備は、多くの国で実施されている水安全計画（WSP: Water Safety Plan）の枠組みにおける整備段階と多くの点で類似するであろう。しかし、衛生事業や資源回収・再利

用事業が異なる部門をまたいでいるという性質に鑑みると、全部門での承認および部門間の協力を得るには長期にわたる政策議論が必要となる場合がある。

モジュール 1.1 で概説する運営委員会は SSP の総合的な調整権限を有するべきであり、資源回収・再利用および SSP を安全に実施できる環境を構築するために、必要に応じて政策対話や修正を討論する場となるべきである。

政策変更の複雑性を鑑み、SSP が具体的な政策の枠組みに先行して行われ、その結果が政策の検討に盛り込まれる場合もある。定期的なサーベイランスや監査などの SSP 評価により、質の高い持続的な衛生システムの管理を担保し、成果のフィードバックを行うべきである。

2006 WHO ガイドラインの第 1 巻では、この環境整備と政策環境の基本方針に関してさらに詳しく解説している。

### 事例：2006 WHO ガイドラインの応用例、ヨルダンの例

ヨルダンは計画的な農業への下水再利用の実践において先駆的な国である。1977 年以降、ヨルダン政府は国として農業への下水再利用を推進しており、農業分野では下水処理水は重要な資源であると考えている。下水処理水の約 93%が灌漑に再利用され、そのうち約 24%が直接 3500ha の農地を灌漑している。

直接利用は農家と水灌漑省 (Ministry of Water and Irrigation) との契約により規制されている。たとえ規定により加熱調理して食する野菜や、穀物、工芸作物の灌漑が認可されていても、その契約では農家が栽培できるのは飼料作物や樹木に限定される。この追加制約は、主に未証明の健康不安や監視能力の限界に由来している。

2014 年に、ヨルダン当局は灌漑用水の水質に対するガイドラインを公表した。ガイドラインでは、2006 WHO ガイドラインに記載された健康に基づく目標アプローチをより柔軟に採用した。実施枠組みは、リスク評価や管理ツールの適用や監視の改善を中心に、運用面、法制度面、組織的な面から取り組めるよう策定中である。



**衛生安全計画（SSP）と水安全計画（WSP）の比較**

水安全計画（WSP）について知っている人は多いと思われる。衛生安全計画（SSP）はWSPと同じように、予防的リスク評価と管理のためのストックホルム・フレームワークを基にしており、危害分析・重要管理点（HACCP）の方法や手順を用いている。

WSPでは、集水域から飲料水の消費者に至るまでのリスクの評価、管理、監視に向けた系統的アプローチが示されている。同様に、SSPでは衛生廃棄物の発生（トイレなど）から廃棄物の最終用途や処分に至るまでのアプローチを適用している。例えば、食料を生産する農業における廃棄物再利用・再資源化の流れを例にとると、SSPは「トイレから農地・食卓まで」、あるいは自然環境へ排出される廃棄物の流れでは、「トイレから環境まで」をカバーする。

しかしながら、これら2つのアプローチには決定的な違いがある。SSPは概して、規制がそれほど明確に定義されていない環境下で運用され、目的も多様で、利害関係者も多く、複数の曝露集団に対しリスク管理を行う。

|          | 衛生安全計画  | 水安全計画   |
|----------|---|---|
| 曝露<br>集団 | WHO 汚水・排泄物の安全な処理と再利用のガイドラインを基に作成              | WHO 飲料水水質ガイドラインを基に作成                              |
|          | リスク管理、HACCP、ストックホルム・フレームワークを※使用               | リスク管理、HACCP、ストックホルム・フレームワークを使用                    |
|          | 主な要素：(1) システム評価 (2) 監視 (3) 管理<br>衛生処理過程をたどる   | 主な要素：(1) システム評価 (2) 監視 (3) 管理<br>飲料水供給過程をたどる      |
| 曝露<br>主体 | 微生物学的、物理学的、化学的の危害因子に対して、複数の曝露集団を考察            | 微生物学的、物理学的、化学的、放射線学的の危害因子に対して、単一の曝露集団（飲料水の消費者）を考察 |
|          | 廃棄物の発生から再利用、環境への排出にまで広がる                      | 集水域から狭まり飲料水配水地点に集まる                               |
|          | 概して、明確な規制の枠組みはない。役割や責任は異なる部門やレベルに分かれる。        | 通常、明確な規制の枠組み内で運用される                               |
|          | 目的：廃水、排泄物、家庭雑排水の再利用による健康への悪影響の削減、再利用による便益の最大化 | 目的：飲料水供給の安全性および受容性の確保と飲料水汚染リスクの削減                 |
|          | 実施主体：目的、技術、資源によって異なる                          | 実施主体：水道事業者、または小規模供給の場合、コミュニティ協会                   |

※ スtockホルム・フレームワークでは、水に係る微生物学的危害因子に関して、ガイドラインや基準策定のために協調的枠組みを構築。2006 WHO ガイドラインの概念的な枠組みを定めている。最も単純な形として、重要な要素は、公衆の健康およびリスクの評価、健康目標、環境からの曝露に関する情報や許容リスクレベルを基にしたリスク管理である。（詳細は、2006 WHO ガイドライン Vol. 1, p. 36. を参照のこと）

## Module 1      モジュール 1      衛生安全計画の準備

| モジュール番号   | アウトプット   |
|---|--|
| 1.1 優先地域または優先活動の設定<br>1.2 目的の設定<br>1.3 システム境界および主導組織の決定<br>1.4 チームの編成 | <ul style="list-style-type: none"> <li>SSP 策定にあたり、優先地域、目的、適用範囲、境界、主導者の合意</li> <li>SSP の策定および実施を目的とした、衛生処理過程の全体を代表する分野横断的チーム</li> </ul> |

### モジュール 1 の概要

SSP プロセスの準備には、優先地域、SSP の具体的な公衆衛生目的、その目的達成に必要な衛生処理過程全ての構成要素を明確にする必要がある。さらに、計画を主導する組織やチームも同定する必要がある。これらの組織やチームは、衛生システムの様々な工程を代表しているべきである。

モジュール 1.1 では、SSP を深く掘り下げ、最も重大な健康リスクを伴う地域または活動について、優先度の高い衛生課題を設定する。

モジュール 1.2 では、SSP の成果物に焦点を当てる。あるシステムに対して合意された公衆衛生の目的が SSP の成果物と対応するようにする。

モジュール 1.3 は、SSP プロセスの推進、持続に役立つ。また、すべての利害関係者が SSP の境界などの適用範囲を理解し、SSP が管理できるという確認に役立つ。

モジュール 1.1、1.2、1.3 は相互関係にあり、各項目の活動を完成させるには、完全に整合性がとれるまでこれらのプロセスを繰り返す必要がある。

モジュール 1.4 では、SSP プロセス全体の設計および実施のため、広範囲な利害関係者のコミットメントを確保する。衛生処理過程全体における責任が一つの組織の権限内で済むことはまれであるため、衛生システムにおいてこのコミットメントは特に重要である。

モジュール 1 は地域環境や状況に合わせて展開すべきである。

#### 1.1 優先地域または優先活動の設定

事業主体に関連する衛生システムが、すでに管理可能な規模であるか、単一の衛生管理活動のみが必要な場合は、すでに優先すべき地域や活動が定義されているため、モジュール 1.1 を行う必要はない。しかし、SSP における衛生システムでは、特定の地域や活動において、廃棄物の発生から再利用または処分に至るまでの衛生処理の全過程を考慮しなければならない。

モジュール 1.1 は、広範囲にわたる衛生管理活動に関与し、または責任がある事業主体が対象である（例：市町村当局、下水道事業会社、保健当局など）。このモジュールは SSP プロセスでの焦点を同定するのに役立つ。ここでは、運営委員会の設立や、SSP 優先地域（市または地区など）の同定および合意を行う。あるいは、ある特定の衛生活動（糞便スラッジ管理など）に焦点を当てるための決定を行う。これにより、SSP が確実に、最大の健康

リスクを伴う地域や課題に対処できるようにする。その一方で、健康リスクは時間の経過あるいは季節的要因、流行病によって変化する可能性があることも認識しておく必要がある。

運営委員会は、その地域の衛生・再利用活動の総合的な監督権を有する代表機関であり、求められる成果としては以下が考えられる。

- プロセス全体の指揮および監督
- 合意に基づく SSP の優先地域設定
- 主導機関の幹部、安定した財源および人材等確保への深い関与
- 安全な再資源化および再利用を可能にする環境の形成に必要な政策対話や改正

優先地域や活動選択時の検討事項には以下の点が含まれる。

a) 衛生システムの適用範囲および性能

- あらゆる廃棄物の排出、処理、収集、加工、処分や再利用場所。特に、不適切もしくは不明な処理が行われている廃棄物の流れや高リスクの廃棄物（例：病院や産業排出物など）に重点を置く
- 野外排泄の場所や頻度も含めたトイレの種類や状況
- 糞便スラッジ管理場所と排出について、投棄またはスラッジ再利用場所
- 未処理もしくは部分処理された廃水が雨水排水溝や開水路へ放出されているかどうか、また、このことによる下流への影響
- 人のし尿を、動物のふん尿または固形廃棄物と混合、加工または処分する活動

b) 増悪要因

- 衛生関連の疾病の報告頻度または疑いの高い地域（例：土壌伝播性蠕虫（ぜんちゅう）症、住血吸虫症、腸管寄生性原虫症など）
- 人口密度の高い地域
- 被害を受けやすい集団（例：移民キャンプ／非公式居住地、埋め立て地からごみを持ち帰る人々（waste pickers）、高濃度の汚染地表水域近隣の住民）
- 洪水多発地域
- 廃水、排泄物、家庭雑排水の影響がある集水域および取水源
- 給水サービスがない、あるいは間欠給水のため、安全が確認できない自己水源を利用せざるを得ない地域
- 公的または私的な廃水利用活動が高頻度で行われる地域（例：農業や水産養殖など）
- 貝類・甲殻類の捕獲が行われている（下水などの）放流口
- 特に水泳などの娯楽目的で人気の水域で廃水が混入している場所。

## 1.2 目的の設定

SSP 自体に具体的な目的を設定することは、個々の SSP プロセスの目的を決定する上で役に立つ。全体的な目的は常に公衆衛生の改善結果に関連すべきだが、その他の目的は廃水の管理と再利用に関連するものであったり、あるいは、より広い地域や国にとって有意義（例：バイオソリッドの安全な利用の推進など）な目的であったりする場合もある。SSP の典型的な目的例を、例 1.1 に示す。

### 1.3 システム境界 および主導組織の決定

SSP の境界は、モジュール 1.2 で設定した SSP の具体的な目的を反映すべきである。境界を明確に決定し、主導機関を特定する必要がある。

SSP 境界は下記に合致するように定めることが望ましい。

- 衛生事業の運用範囲
- 行政境界
- 汚水集水域
- 廃棄物が再利用される地域
- 特定の生産物
- 特定の曝露集団の保護

実際には、SSP 境界がこれらの分類のいずれにもうまく当てはまらないことがよくある。全体のシステム境界内にサブシステムを定めることもできる。

主導組織は、システム境界内すべての衛生工程に対して責任を持つ必要はない。機関所有権が水道事業者にある WSP とは異なり、SSP の主導機関は各 SSP の境界と目的次第である。

例 1.2～例 1.6、および、運用事例：ニュータウンにおける SSP を参照されたい。

### 1.4 チームの編成

#### 利害関係者分析を行ない、チームのための専門家を選定する

SSP プロセスは、一人から数人程度の利害関係者、あるいは一つの組織から開始される場合がよくある。。しかし、彼らには、あらゆる問題を同定し、システム全体を代表し、衛生システムのあらゆる分野における改善を行うのに必要な技術を持ち合わせていないことが多い。SSP を成功させるために、SSP の発起人には以下の支援が必要となる。

- スタッフと時間を確保し SSP の取り組みに配置できる、関連組織に属する責任者
- 衛生処理過程全体における幅広い専門技術や利害関係者を代表するチーム

SSP チームには多様な利害関係者がいることが好ましい。主導機関の責任外にある衛生工程に対する代表をすべて確保するために、SSP チームメンバーは利害関係者分析を通して特定されるべきである（ツール 1.1 および例 1.7 を参照されたい）。チームには、必要に応じて重要な曝露を受ける集団の代表が含まれることもある（モジュール 2 も参照されたい）。

SSP チームには、保健のスキルを持つ者と専門技術のスキルを持つ者を両方含める必要がある。そのことにより、メンバーが集合知によって、システムを定義し、危害因子および危害原因事象を同定し、どのようにリスクを制御し得るかを理解できる（例：関連する農業、水産養殖専門家をメンバーに含めるべきである）。専門技能、性別を含めた利害関係者の視点、また脆弱なあるいは社会的に排除された状態にあるサブグループの意見などに関してバランスを保つよう目指すべきである。

利害関係者は重要な場合もある。しかし、彼らの参加可能性、専門技術レベル、また現実的にはチーム人数を管理できる範囲に抑えるべきという観点から、利害関係者を SSP チーム

に加えることは正当化できないかもしれない。。これら利害関係者の関与を確実にさせるためには、モジュール 6 で解説する支援プログラムにおいて取り組む必要がある。

システムの規模によっては、独立したメンバーを置くことが適切な場合もある（例：大学や研究機関など）。あるいは別途の保健当局による定期的な保健サーベイランス、外部評価（モジュール 5.3 を参照）、または SSP 運営委員会（モジュール 1.1 を参照）に、上記の独立したメンバーを含めても良い。

補足 1.1 および例 1.8～例 1.11 を参照されたい。

#### チームリーダーの任命

SSP をその目的に沿って進めるためにチームリーダーを任命する必要がある。プロジェクトを確実に実行するために権限をもたせ、また、組織管理能力や対人関係に優れた能力を有する者をチームリーダーとすべきである。

必要な技能を自前で得られない場合、チームリーダーは、他の組織との共同協定、国内もしくは国際的な援助プログラムや訓練資材、コンサルタントなどの外部の支援を得る機会について検討する必要がある。

#### チームにおける個人の役割の規定および記録

SSP プロセスの開始時に、チームメンバー内で責任を分担し、各自の役割を明確に定め、記録しておくことが重要である。大きなチームは、SSP 活動やその履行の責任者の概要を表にまとめておくことが、多くの場合有用である（ツール 1.2 を参照されたい）。

#### 運営および財政面に関する検討事項

SSP の活動には、準備段階（例：試料採取や検査、データ収集、現地調査など）において、実施のための時間と直接経費の投入が必要となる。モジュール 1 では、モジュール 2 で想定されるデータ要件やモジュール 5 の適用に必要となるであろう追加検査を加味することにより、概算値を得ることができる。スタッフの時間の割り当てや、場合によっては立ち上げ資金の充当など、SSP プロセスには運営支援が必要となる。

## 補足

### 補足 1.1 SSP チームの同定と責任分担を決める際に、考慮すべき項目のチェックリスト

- 衛生処理過程の各工程を代表する組織（または利害関係者）がすべて含まれているか。
- 日々の運転管理に必要な技術の熟練者が含まれているか。
- 1人以上のメンバーが、管理体制および緊急措置の手順を把握しているか。
- メンバーは、SSP の提案を実行する権限を有するか。
- 作業はどのように系統化されるのか。活動は規則的または周期的になるのか。
- チーム活動は通常活動の一環として実施できるか。
- チームに加わっていない利害関係者の関与をどのように取り付けるか。
- どのように整理して文書化するか。
- チーム支援のために、どのような外部の技術支援が投入可能か。

## ツール

### ツール 1.1 利害関係者分析

| 衛生工程    | 利害関係者   | 利害関係者の役割                               | 動機づけ要因   | 阻害要因   |
|---------|---------|--|--|--|
| 備考 1 参照 | 備考 2 参照 | 備考 2 参照：<br>直接管理、影響力を有する、影響を受ける、関与している | 安全なシステムの採用に<br>あたり利害関係者を動機<br>づけるであろう要因を列<br>挙する | 安全なシステムの採用に<br>あたり利害関係者の動機<br>を失わせるかもしれない<br>要因を列挙する |

備考 1：各衛生工程の例：廃棄物発生、廃棄物の輸送または運搬、処理、生成物の利用、再利用を目的とした廃棄物の活用、処分、農産物等の消費者または利用者

備考 2：利害関係者とは、

- 廃水処理や再利用に関連する何らかの側面を直接管理している（例：規制当局など）
- 廃水利用の安全性にかかわる実務に対して影響力を有する（例：農業協同組合など）
- 水質保護のためにシステムに講じた措置による影響を受ける（例：地域コミュニティー）
- 水質に関与している（例：システムに影響を受ける人々と働く非政府組織（NGO））

利害関係者および 利害関係者分析の手引きと例が 2006 WHO ガイドライン（WHO 2006），Volume 4，Section 10.2.2 に掲載されている。

### ツール 1.2 SSP チームメンバー候補記録用紙

| 氏名／職業名 | 組織 | SSP チームにおける役割 | 連絡先 | 阻害要因 |
|--------|----|---------------|-----|------|
|        |    |               |     |      |
|        |    |               |     |      |
|        |    |               |     |      |

## 例

### 例 1.1 SSP の典型的な目的

- 公的および私システムにおける、し尿の収集、処理、再利用や処分による公衆衛生上の成果の改善
- 処理済または一部処理された廃水や汚泥の安全な利用による公共公園の快適性の向上
- し尿を再利用し生産された生産物が、安全であり、品質要件に合致していることへの保証
- SSP 境界内で栽培された野菜の消費者、灌漑用水を使用する農業従事者、廃水処理水または汚染された河川水をまいて生育した草に触れる公園利用者の健康保護
- 人の健康保護、作業員と利用者の安全性の推進、環境保護の強化
- SSP などリスク評価とリスク管理アプローチに関する国民的議論、政策および規制変更の推進

### 例 1.2 境界および主導組織

| システム境界   | 主導組織                    | 例                                  |
|--|-------------------------|------------------------------------|
| 発生から、処理を経ての再利用、および最終生産物の処分、活用、再利用に至るまでの廃棄物の流れ<br>備考：ここでは、衛生処理過程全体を対象とする。               | 下水道事業者                  | 運用事例：ニュータウンの衛生安全計画 (SSP)、例 1.6、1.7 |
| 行政境界（例：市、またはコミュニティ全体）<br>備考：廃棄物の流れが（行政区画）境界をまたがる場合、SSP チームはすべての行政機関と協働し、SSP を進めるべきである。 | 地方当局、またはコミュニティ主導による組織構成 | 例 1.3                              |
| 廃棄物再利用を用いたビジネス   | 事業主                     | 例 1.4<br>例 2.3 のシステムマップ            |
| 集水域／境界（例：統合水資源管理 (IWRM) 計画の一環としての集水域全体の SSP)   | 集水域管理当局・水利用者組合          | 例 1.5                              |
| 特定の生産物（例：廃水またはバイオソリッドを利用した特定の食用作物に対する食品安全計画・品質保証計画の一環として）                              | 生産者連合または共同体管理当局         | 本マニュアルでは例示なし                       |

**例 1.3 カルナタカ州都市周辺部、インド**

**SSP 目的**

- 健康への最重要項目に対し、長期のインフラ整備なしに、町の自治体レベルで早急な措置が取れるような衛生改善方法の同定
- 同定した衛生改善手法を実行可能にするための、保健および農業資源提携先との適切な連携の確立

**場所：**インド・カルナタカ州都市周辺部の町、人口約 25,000 人

**SSP 境界：**SSP 対象地域を町の行政区域とした。廃棄物の流れには、以下を含める。

排水・雨水・下水の開水路（どぶ）、固形廃棄物の収集輸送システム、オンサイト衛生システム、腐敗槽スラッジ収集および処分（公的・私的）、農作物への排水下水の混合水の利用（公的・私的）

**主導組織：**州上水・下水排水委員会、および町協議会健康部局

**例 1.4 有機性廃棄物と廃水を用いた混合堆肥化事業、ベトナム**

**SSP 目的**

生成された堆肥の安全性の保証と業務における作業員の安全性の保護

**場所：**ベトナム

**SSP 境界：**下水排水を利用した有機堆肥化事業。上流境界を、下水が発生する公衆トイレ、下流境界を有機堆肥の販売や農地への使用に至るまでとした。境界内にはオンサイトの下水処理場も含む。収集した有機廃棄物の部分は SSP の範囲外とした。

**主導組織：**有機肥料生産者（本事例では、市の固形廃棄物公社の下請団体にあたる）

ベトナムにおける SSP の実例に基づく

**例 1.5 農業への廃水の間接利用、ペルー**

**SSP 目的**

- 廃水で灌漑した農作物の消費に関連する疾病の防止と農業従事者および水利用者の安全性の推進
- リスク評価と管理が国の関連政策および規制にどのように反映されるかについての国民的または地域的な議論の推進

**場所：**近隣のコミュニティからの廃水と排泄物で汚染された河川の右岸に隣接する地域一帯。農業区画、緑地、私有地、および汚染河川水で灌漑された計 1,100 ha の農地。

**SSP 境界：**SSP の実行可能性を上げるため、SSP 境界は 300 以上の土地所有者のいる関与領域内の特定の 3 か所（23ha、330ha、250ha）に的を絞った。

**主導組織：**技術的・科学的支援は境界内の学術機関が行ない、河川利用者委員会（地域の灌漑システムの管理を行う団体）を主導機関とした。



**例 1.6 都市下水システム管理、糞便スラッジ管理および農場への適用、ウガンダ、カンパラ**

**SSP 目的**

- 下水システムの作業員や下流コミュニティ、農業従事者、農作物の消費者の保護
- ビクトリア湖の飲料水用集水域の保護

**場所**：ウガンダ・カンパラ

**SSP 境界**：境界設定は、(1) 集水域、(2) 下水道事業者の管理範囲、(3) 市の行政境界を基にした 3 つの選択肢から比較検討を行なった。集水域境界に取り組むことが最終目的であったが、パイロット SSP では、より管理可能な、かつ最大リスクの可能性が高い地域を含むシステム運用地域を境界とした。したがって、パイロット SSP 境界は、下水道網、下水処理場、ナキボ湿地帯水路（カンパラ市へ飲料水を供給するビクトリア湖に放流される前の下水処理場放流水を用いた農業が行なわれている）から構成される。下記の図を参照されたい。

**主導組織**：Kampala Capital City Authority (KCCA) の協力のもと、National Water and Sewerage Corporation (NWSC)（ウガンダ国内の上下水道サービスを担う水事業者）を主導機関とした。



図 2 都市部の排水システム、糞便性スラッジ管理と農場への適用（ウガンダ カンパラ）

**例 1.7 広大な公共公園の緑地への下水処理水の直接灌漑利用：利害関係者分析、ペルー**

運営委員会のメンバーを選定する第一規準を、生活廃水の利用に関係のある全部門とした。したがって、下水収集および処理、保健、環境、農業、緑地化を担う各部門の代表者と衛生規制団体を National Water Authority が主導する運営委員会に含めた。リマでは、下水処理水を優先的に市の公園の灌漑に利用していることから、リマ市を水利用者である地区協議会の代表とした。学会も戦略的パートナーとして参加し、研究の科学的な質に関する監視を行ない、学術プログラムで SSP の素案作りと管理手順を盛り込んだ。

運営委員会は、SSP を実践する優先地域を選定し、都市計画を優先する状況下で再利用を行うための法律と規制の相互運用性を議論する場として機能した。

**例 1.8 SSP チームメンバー例**

| 衛生工程             | SSP チームメンバー例  |
|------------------|---|
| 廃水の集水区域          | 廃棄物の流れに対する主要な汚染者（例：上流の工場排水）の代表                                    |
| 廃棄物排出者           | 産業連盟  |
| 廃棄物収集と処理         | 衛生システム事業者<br>処理場の事業者（例：市町村の下水処理場事業者、混合堆肥場運営者、コミュニティのバイオガス施設管理委員会） |
| 廃棄物輸送            | 糞便スラッジ収集トラックの事業者、管路による収集システムの事業者                                  |
| 廃棄物の活用／再利用       | 農業従事者代表、作業員代表、地域コミュニティ  |
| 発生から処分、再利用までの全工程 | 公衆衛生事務官または専門家   |

|   |
|---|
| <p><b>例 1.9 チーム形成実例、ポルトガル</b></p>   |
| <p><b>背景：</b>総人口 16 万人、総面積 3,300km<sup>2</sup> に及ぶ 7 市町村の水供給と衛生システムを担う複数自治体間公営企業の下水処理システムに対して SSP を策定した。</p>  |
| <p><b>目的：</b><br/>                 水事業会社の SSP の目的を以下に示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 包括的なリスク評価および管理</li> <li>● 緩和計画を策定し、費用効果が高く持続可能な方法で、提供するサービスの質の向上の機会を見出す。</li> <li>● すべての上下水道サービスにおけるロバスト性（頑健性）の向上</li> <li>● 下水処理水および下水汚泥の利用の推進</li> <li>● 環境保護の促進</li> </ul> <p>以上に加えて、本 SSP の最優先目的は、ポルトガルにおいて、どうすれば SSP の策定および実践が可能かについて国民的議論を促進することであった。</p> |
| <p>SSP 策定を実行するにあたり、以下の 3 チームを結成した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● プロジェクト調整チーム</li> <li>● SSP チーム</li> <li>● 複数利害関係者によるチーム</li> </ul>  |
| <p>プロジェクトを軌道に乗せて維持し、主要課題すべてを制約時間内に確実に対処するために、3 名からなる<b>プロジェクト調整チーム</b>を構成した。</p> <p><b>SSP チーム</b>は、下水の排出・処理サブシステムの運用管理に直接的影響力を有する、水事業会社の全部門からの代表で構成された。つまり、運営役員、品質部門、生産・処理部門、ネットワーク（管網）管理部門、商用（顧客）と IT/GIS（地理情報システム）技術部門、財務部門、人事管理部門を含む。</p> <p>SSP チーム調整役は、利害関係者すべてと関連がある水事業会社の品質責任者とした。彼は公営企業 WSP プロジェクトのチームリーダーも務めていた。</p>  |
| <p><b>複数利害関係者によるチーム</b>は、プロジェクト完遂を成功させるにあたり、情報または支援を提供し得る利害関係者で構成した。これら利害関係者は、衛生システム関連で取り組む活動に影響を与えるか、影響を受ける可能性がある、もしくはリスク低減手段の実施に関与する可能性がある者から選定した。チームは、それぞれ政策管理、技術的専門知識、実務経験という異なる専門性を持つ代表者で構成された。</p> <p>本チームには、環境局、農業局、規制局、集水域局、保健総局、地方保健局、市町村、市民保護および緊急対応サービス、非政府組織、地域組織、研究提携先、農業協会、水セクター協会からの代表を含む。</p>   |
| <p><b>相談役（コンサルタント）</b>は、SSP の進行役および専門技術提供者の役目を担った。役目には会議の計画および進行、SSP チームや複数利害関係者チームメンバーとの連絡、収集した情報の情報格差の同定と情報の編集、妥当性の確認、また危害事象／危害因子の同定やリスク評価における技術的専門知識の提供を含む。</p>  |
| <p>ポルトガルにおける SSP の実例に基づく</p>  |

| <b>例 1.10 SSP チーム例、インド、町の協議会</b> |   |
|----------------------------------|---|
| <b>SSP メンバー</b>                  | <b>主な知識／技術／SSP チームにおける役割</b>  |
| 州の上水と下水排水に関する委員会 - シニア・マネージャー    | <b>知識／技術：</b> 水供給、下水、排水に関する文脈情報の技術的側面<br><b>役割：</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• チームリーダー</li> <li>• リーダーシップを発揮し、SSP 運営委員会と連絡を取り、現地活動をすべて実行できるようにする</li> <li>• 全 SSP 工程の総合責任者</li> <li>• SSP 改善計画項目を用いて、町の衛生管理活動のための資金分配を指導する</li> </ul> |
| 町の協議会 - 環境工学技術者と上級衛生指導官          | <b>知識／技術：</b> 環境保健に関する技術的側面、地域コミュニティー、地域状況、市の組織について<br><b>役割：</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• データ収集</li> <li>• SSP の形成（危害因子とリスクの評価）</li> <li>• 改善および監視計画とその運用</li> </ul>   |
| 医科大学                             | <b>知識／技術：</b> 疫学、保健<br><b>役割：</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 必要に応じ、協議会チームへの医療・保健関連技術情報の提供と訓練</li> <li>• 健康リスク評価をしっかりと SSP に組み込む</li> </ul>  |
| 相談役（コンサルタント）                     | <b>知識／技術：</b> 環境工学<br><b>役割：</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 必要に応じて、組織面、技術面またはその他の促進指導の円滑化を行う</li> </ul>   |

背景については例 1.3 を参照のこと

| <b>例 1.11 SSP チーム、ペルー：農業への廃水の間接利用</b> |   |
|---------------------------------------|---|
| <b>SSP メンバー</b>                       | <b>主な知識／技能／SSP チームにおける役割</b>  |
| 河川利用者委員会                              | <b>知識／技能：</b> 河川近隣の農業地域における灌漑システム管理<br><b>役割：</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>チームリーダー</li> <li>利用、実践活動などに関する情報をチームへ提供する</li> </ul>   |
| SSP 境界内の学術機関                          | <b>知識／技能：</b> 水利用者、技術的方法に関する情報<br><b>役割：</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>技術的方法に関する知識・情報提供</li> <li>水、土壌、草の試料採取</li> </ul>  |
| SSP 境界内の農業従事者                         | <b>知識／技能：</b> 農地や現地貯水池の所有者<br><b>役割：</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>実践活動などの情報をチームに提供する</li> <li>水、土壌、野菜、魚の試料採取に許可を与える</li> <li>農業現場における制御手段を実施する（例：作物の選定、保留期間 (withholding periods)）</li> </ul> |
| 保健省、および国の環境衛生局                        | <b>知識／技能：</b> 利用者や消費者の健康の監視と報告<br><b>役割：</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>健康関連の課題についての情報提供とサンプリング</li> <li>市場にある農作物の食品安全のための訓練、サーベイランス実施</li> </ul>   |
| 国際的公衆衛生国連機関（SSP のスポンサー）               | <b>知識／技能：</b> 技術協力および保健部門の連携や動員<br><b>役割：</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>チームに技術支援を提供する</li> </ul>   |

背景については例 1.5 を参照のこと

## Module 2 モジュール 2

## 衛生システムの記述

| モジュール番号  | アウトプット   |
|--|--|
| 2.1 システムマッピング<br>2.2 廃棄物画分の特性評価<br>2.3 潜在的曝露集団の同定<br>2.4 コンプライアンスおよび文脈情報収集<br>2.5 システム記述の妥当性確認 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 検証済みシステムマップおよびシステム記述</li> <li>• 潜在的曝露集団</li> <li>• 廃棄物の流れの構成と成分、および廃棄物に関連する健康危害因子の把握</li> <li>• システムの性能および脆弱性に影響を及ぼす要因の把握</li> <li>• その他関連する技術、法令、規制すべての情報のまとめ</li> </ul> |

### モジュール 2 の概要

モジュール 2 の主な目的は、モジュール 1 で同定した境界内における衛生システムを完全に記述することである。衛生システムの各要素およびその性能要件を完全に理解することが、後に続くリスク評価プロセスの助けとなる。

モジュール 2.1 では、システム内を通る廃棄物（廃水）の発生源や経路の理解を促す。これは、後のリスクに曝される曝露集団の評価に極めて重要である。

モジュール 2.2 では、あらゆる発生源の微生物学的、物理的、化学的な構成成分とシステムの性能や脆弱性に影響を与える要因を取り上げる。

モジュール 2.3 では、曝露集団について初期の分類がなされ、システム内のどこでどのように曝露が起こるかについての関連付けを確実に行う。モジュール 2.1 のマッピングに対応させて記録を行う。

モジュール 2.4 では、システムの背景情報の収集および文書化を行う。これには、法令および規制要件、監視履歴やコンプライアンスデータ、気候、土地利用、文化慣習、人口統計、汚染物質や病原体の推定濃度、システム効率に関する情報、およびリスクを削減するためのシステムの構成要素などが含まれる。現行の要件が潜在的な健康危害に対応できないことが認められる場合、関連する政策対話を創設するよう運営委員会に注意喚起を行う必要がある。

モジュール 2.5 では、システム記述の完全性および正確性を確保する。データ要件および制度上の潜在的な相違点（政策とのズレなど）はこの段階で同定しておく。

モジュール 2 のアウトプットから、SSP チームは、危害因子や危害事象に対するシステムの脆弱箇所を同定し、既存制御手段の有効性（モジュール 3 で同定する）やシステム性能の妥当性を確認するのに十分な情報が得られるはずである。

健康または環境影響評価など、システムに関する科学的調査が過去に行われている場合、本モジュールの情報の多くは、すでに収集されている場合がある。その場合、それらの調査における成果は本モジュール以降のあらゆる面において重要な資料となり得る。

## 2.1 システムマッピング

SSP システムはそれぞれ特有のものであるため、記述やマップも固有のものになる。

マッピング手法はシステムの規模や複雑さによって異なるものである。プロジェクトによっては、廃棄物画分すべての経路をたどるシステムフロー図を用いた図式化が有用な場合もある。SSP 境界がコミュニティーあるいは集水域に広がる場合は、その地域の地図を用いた記述が有用かもしれない。

システムフロー図には、様々な構成要素をつないだ簡潔な技術系統図（例 2.1 を参照）、あるいは、標準の工程系統図記号を用いたシステムのプロセス図（例 2.2 および例 2.3 を参照）などがある。より大きなシステムの場合、簡略化した系統図を作成し、より詳細な工程情報は、別途作成される技術図面を参照する方がおそらく妥当である。

システムマップは、廃棄物の全ての画分の流れについて、上流境界である廃棄物の発生地点から下流境界である再利用または処分までのすべての経路をたどるべきである。現場の衛生処理から集中型収集および処理に至るまでのシステムマップに関する多数の例については、Stenström ら（2011）を参照されたい。

マッピングは正確であり、かつ単なる机上演習にならないようにすることが重要である。例えば、モジュール 2.4 において、状況に関するどのような情報が必要かを知らずには、システム、廃棄物画分、潜在的曝露集団を完全に理解しておく必要がある。したがって現場視察を、マッピング演習の一環として、また以降のモジュールで必要な情報収集のためにも行うべきである。

チームは、段階ごとに、各処理構成部の処理水量や設計容量など廃棄物（廃水）の流れについて有効な定量的情報を記録する必要がある。また、システムの変動性について把握しておくことも有用である（例：豪雨や洪水時における、量と濃度両方に関する負荷の変動など）。ロバスト（頑健）性のあるシステムおよびシステム構成要素は、全体の処理性能に与える影響程度を限定し、変動性を緩和することができる。

補足 2.1 は、モジュール 2.1 のチェックリストとして活用されたい。

## 2.2 廃棄物画分の特性評価

モジュール 2.1 のマッピング演習により、衛生システムを通る様々な廃棄物画分の経路が確立する。

モジュール 2.2 では、廃棄物画分の組成成分の特性評価を行う。これはモジュール 3.1 の危害因子の同定に重要な準備工程であり、システム性能、特に処理工程の処理性能に影響を及ぼす要因の同定に役立つ。未処理廃棄物または処理後の廃棄物に含まれていそうな成分について把握すると、SSP チームは、廃棄物または廃水の再利用に伴うとされる健康危害因子に関するデータを照合および収集する際に、（モジュール 2.4 において）さらに焦点を絞ることができる。

廃棄物特性評価は、衛生システムにおける廃棄物の流れの様々な画分すべての同定を目的とする。例えば、「廃水（wastewater）」という用語は範囲が広く、生活排水、排泄物、尿

など異なる廃棄物成分の混合物を指すが、さらに暴風雨により一時的に生じる越流水や工場排水も含まれることもある。したがって、システム記述は、廃棄物の流れを主要な構成成分に特徴付けていくべきである（廃棄物画分および考慮すべき要因についての詳細は補足 2.2 および 2.4 を、その他例 2.4 も参照されたい）。

### 2.3 潜在的曝露集団の同定

潜在的曝露集団の同定は、ある特定の危害因子に曝露する可能性のある人々の分類を目的とする。これにより、モジュール 3 のリスク評価において、曝露集団のみならず制御手段に対しても、さらなる優先順位付けができる。初期分類や特性評価はモジュール 2 に欠かせない部分である。

ツール 2.1 は、SSP で通常用いる曝露集団の大分類表である。この曝露集団の大分類は、モジュール 2.1 において策定されたシステムマップに追加することができる。モジュール 3.2 では、この大まかな曝露集団をさらに精査し、サブグループに区分し、危害因子に対する詳細なリスク評価を促す。

### 2.4 コンプライアンスおよび文脈情報収集

チームは、SSP の策定および実践に影響を与える文脈情報を取りまとめ、集約する必要がある。情報が入手できない場合、チームは、例えば、データ、国の標準または規格の欠如について書き留めておくべきである。運営委員会はまた、これらの地域においてさらなる措置が必要かどうかを検討すべきである。情報収集すべき項目を以下に示す。

- 関連する品質規格、認証、監査要件
- システム管理および性能に関連する情報
- 人口統計および土地利用形態
- 天候またはその他の季節的条件に関連した既知の、または起こりうる変化

この情報を照合する際には、補足 2.3 を活用されたい。ただし、すべての情報が有益かつ各システムに関連があるわけではないことに留意されたい。

モジュール 2.2 の廃棄物画分の定義に基づくと、廃棄物成分に伴う潜在的な健康危害因子が明白になる。補足 2.4 を用いて同定した潜在的な健康危害因子の特性評価を行うには、入手できる場合、疫学データや環境データを用いることが望ましい。例えば、寄生蠕虫が潜在的な健康危害因子であると同定された場合、特性評価では、どの種がその地方特有であるか、また、範囲はどの程度なのかを判定することを目的としている。必要とするデータの質や有力な情報源は、潜在的な危害分類によりそれぞれ異なる。補足 2.5、2.6、2.7 は、生物学的、化学的、物理学的危害因子に関する情報を同定し、取りまとめる際に役立つ。これは、モジュール 3.1 で実際の健康危害因子を同定する際の一助となる。

### 2.5 システム記述の妥当性確認

モジュール 2.5 では、現地調査などを通して、システム記述の妥当性を確認する（バリデーション、validation）。このバリデーションは、情報が完全かつ正確であることを保証するため、モジュール 2.1 から 2.4 を完成させながら実施すべきである。また、システムバリ



デーシオンにより、規定されたシステム特性およびシステム性能も実証される（例：申告による処理効率など）。

現地調査を行う手法は、衛生査察や衛生サーベイランス、集中討議、重要情報に関するヒアリング、実験室での試験用サンプル採取など数多くある（例 2.5 を参照されたい）。適性は、衛生システムの規模や複雑さによって決定される。申告された処理効率に対する証拠は、テストプログラム、技術資料または初期の工程バリデーシオンデータの組み合わせによって得られるであろう。システムマップ、システム記述、廃棄物の特性評価、システムの性能や脆弱性に影響を及ぼしている要因については、バリデーシオン後に、再更新する必要がある。

## 補足

### 補足 2.1 システムマップ作成時に考慮すべき事項のチェックリスト

- 廃棄物の発生源がすべて含まれていること— 一点源および、流出雨水等の非点源の両方を含む
- 廃棄物の流れにおいて、利用先または処分先すべての行き先が明らかになっていること（例：作物・魚・動物・土壌・地表水・地下水・大気などへの利用または処分）
- 現存の重要な潜在的障壁（バリア）がすべて同定されていること— 例：滞留池、腐敗槽など
- 既知の場合、廃棄物・廃水等の流動速度（流量）が含まれていること
- 既知の場合、構成要素の容量または設計負荷が含まれていること（例：処理場の処理速度(水量) または許容負荷、移送システム容量）
- システムに関連するまたは衛生システムの影響を受ける可能性がある場合、飲料水の水源に関する情報が含まれていること

### 補足 2.2 廃棄物画分の特性評価の際に考慮すべき要素

廃棄物の起源について

- 廃棄物の主要な構成成分（特に液体および固体の割合に関して）（補足 2.3 を参照）
- リスクを伴う廃棄物が偶発的に混合される可能性（例：農業廃棄物への糞便の混入、糞便スラッジへのかみそりの刃や電池の混入）
- 廃棄物中の物理的・化学的汚染物質、病原微生物の予想される濃度

**補足 2.3 システムの記述におけるコンプライアンスおよび文脈情報の照合**

潜在的な健康危害因子に関連する情報、制度に関する情報、人口特性、環境決定因子を照合する際、以下の点について考慮すべきである。

- a) 関連する品質規格、認証、監査要件  
例えば、以下の項目が含まれる。
- 関連する法律および条例
  - 排水排出規制または悪臭規制
  - 都市域、影響を受けやすい(脆弱な)環境地域、農地／牧草地、制限地域の空間計画に関連する計画仕様
  - 農作物に関連する各国の規則
  - 緊急事態への準備や災害計画に対する各国のガイドライン
  - 品質監視、サーベイランスおよびシステム監査（会計監査は除く）に関連する規則
  - 農業の最終成果物に関連する認証要件
- b) システム管理および性能に関連する情報  
これらは、実際の追跡調査や上記 a) に示される項目の施行に関係する参考書類となるであろう。文書化された活動と文書化されていない活動の両方について書き留めておくべきである。  
以下の点を考慮されたい。
- 以前の監視およびサーベイランスに関連するデータ
  - 文書化する頻度
  - 故障・障害や逸脱があった場合に追跡調査を行うかどうか
  - 疫学上のデータ
  - 生産される生産物の種類や量
- c) 人口統計および土地利用形態  
以下の点を考慮されたい。
- 土地利用形態、当該地域内の居住地（および非公式居住地）、人口、衛生廃棄物・廃水の発生に影響を与える可能性のある特殊な活動
  - 民族性、宗教、移住集団、不利な境遇にある集団など、公平性に対する配慮
- d) 天候またはその他の季節的条件に関連した既知の、または起こり得る変化  
以下の点を考慮されたい。
- 当該年の処理場に対する負荷の平均変動
  - 作物や収穫物の種類による利用の季節的変動
  - 豪雨時の流入域の増加や処理工程への影響（例：貯水池増設の必要性など）
  - 水不足時における利用形態の変化

| 補足 2.4. 廃棄物画分と関連する健康上の潜在的危険因子  |              |    |    |      |         |             |     |             |      |    |
|--|--------------|----|----|------|---------|-------------|-----|-------------|------|----|
| 廃棄物の構成成分   | 潜在的な生物学的危険因子 |    |    |      |         | 潜在的な化学的危険因子 |     | 潜在的な物理的危険因子 |      |    |
|  | ウイルス         | 細菌 | 原虫 | 寄生蠕虫 | 生物媒介の病気 | 毒性物質        | 重金属 | 鋭利な物体       | 無機物質 | 悪臭 |
| <b>液状廃棄物画分</b>   |              |    |    |      |         |             |     |             |      |    |
| 希釈された排泄物（ヒトまたは動物）  | X            | X  | X  | X    |         |             |     |             |      | X  |
| 尿（ヒトまたは動物）   | X            | X  | X  | X    |         |             |     |             |      | X  |
| 生活排水   | X            | X  | X  | X    | X       |             |     | X           | X    | X  |
| 暴風雨水   | X            | X  | X  | X    | X       | X           | X   | X           |      |    |
| 河川水  | X            | X  | X  | X    | X       | X           | X   |             |      |    |
| 工場排水 <sup>注1</sup>   |              |    |    |      |         | X           | X   |             |      |    |
| <b>固形廃棄物画分</b>   |              |    |    |      |         |             |     |             |      |    |
| 糞便スラッジ   | X            | X  | X  | X    | X       |             |     | X           | X    | X  |
| 下水処理汚泥   | X            | X  | X  | X    | X       | X           | X   | X           | X    | X  |
| 家庭からの有機一般廃棄物   | X            | X  |    |      | X       |             |     |             |      |    |
| 家庭からの無機一般廃棄物   |              |    |    |      |         | X           | X   | X           | X    |    |
| 農業廃棄物（作物の残余）   | X            | X  | X  | X    | X       |             |     | X           | X    |    |
| 園芸廃棄物  |              |    |    |      | X       |             |     |             | X    |    |
| 家畜糞尿／懸濁液（スラリー）   | X            | X  | X  | X    | X       |             |     |             | X    | X  |
| 医療廃棄物  | X            | X  | X  | X    |         | X           | X   | X           | X    | X  |
| 産業廃棄物  |              |    |    |      |         | X           | X   | X           | X    | X  |
| と畜場廃棄物   | X            | X  | X  | X    | X       |             | X   |             |      | X  |
| 建設および解体廃棄物   |              |    |    |      |         |             |     | X           | X    |    |
| 注1：工場排水に関連する潜在的危険因子の程度は多岐にわたる。例えば、産業廃棄物の危険因子には、病原体と化学物質が含まれる場合がある。工場等からの潜在的な化学汚染物質を同定する手助けとしては、Thompson et al. (2007) を参照のこと |              |    |    |      |         |             |     |             |      |    |

**補足 2.5 生物学的危害因子情報のとりまとめ**

- WHO 2006 ガイドラインに規定されている制御手段は、異なる種類や種による識別をせずに細菌、ウイルス、原虫が組み合わされた汚染に対応している。しかし、糞尿により汚染された廃棄物中の病原体の負荷量とともに、制御手段の処理効率を評価するには、指標微生物としての大腸菌の濃度が重要な指標となる。
- 種々な寄生蠕虫への感染の存在および頻度は状況に依存している。廃棄物中の寄生蠕虫卵の種と濃度が制御手段の設計を左右するため、調査地域におけるその土地固有の寄生蠕虫の種を同定することは重要である。
- 対象衛生システムにおいて、廃棄物を餌とする水産養殖が懸念事項となっている場合、食品媒介性吸虫類および住血吸虫に特に注意を払う必要がある。というのも、これら病原体の伝染には、魚、水生植物、または汚染水への曝露が関与しているためである（WHO 2006 ガイドライン Vol. 3 を参照）。
- **媒介生物に関連する疾病**  
これらの疾病が衛生システムに伝播する方法は2通りある。一つ目として、排水システム、処理池、あるいは保管廃棄物において停滞している部分が、昆虫媒介生物の繁殖場所になるおそれがある。作業員や隣接するコミュニティにとって不愉快なだけでなく、媒介生物に関連する伝染病のリスクも増える。二つ目として、ハエが、廃棄物内での繁殖に加え、廃棄物（例：糞便スラッジなど）を餌にし、その後、病原体を人や食品へ機械的に伝播させるおそれがある。
- これらの背景から、調査地域において公衆衛生の懸念となる媒介昆虫の種類、および、その媒介生物による伝染病を同定することが、SSP チームには勧告される。
- **有力な情報源**  
ある特有の疾病または病原体が存在するか否かについては、文献レビューにより追加情報が入手できるかもしれない。情報は所定の保健情報システムへアクセスを有する公衆衛生当局（例：保健省）からも取得できるが、この情報はしばしば疾病有病率を過小評価しており、また、既存の医療サーベイランスシステムに依存している。調査地域内、または近隣の保健施設に勤務する職員への問い合わせも、必要な情報を得るには有用な方法である。理想的には、信頼できる情報を取得するために異なる様々な情報源を探すのが良い。

### **補足 2.6 化学的有害因子情報のとりまとめ**

- 廃棄物内の**化学汚染物質**は、しばしば重大な健康リスクを引き起こし、制御・排除するのが困難であることから、非常に重要な課題である。毒性のある化学物質（例：殺虫剤、農薬、医薬品など）や重金属が残存し、水域、土壌や動物に蓄積する場合がある。毒性物質または重金属は、廃棄物の特性評価（モジュール 2.2）においては潜在的な健康有害因子として認識されてきたが、さらに、化学汚染物質の種類（可能であれば濃度も）についての情報も特定する必要がある。

ある特定の廃棄物（例：下水処理水など）の利用適合性を評価するには、受け入れ候補となる土壌中での濃度を考慮する必要がある。ヒトの健康保護に基づいた様々な毒性物質の土壌中最大耐容濃度については付録 3 を参照されたい。

- 化学物質に関する付記はモジュール 5 の補足 5.5 を参照されたい。
- **有力な情報源**  
最初の段階では、異なる媒体（例：廃水、河川水など）の化学物質濃度についての有力な情報源に関する情報（例：既存の環境監視プログラムなど）に関して、環境当局に連絡を取るべきである。

さらに、既存の下水処理場では、化学的有害因子に関する貴重なデータを提供できるような監視活動が行われている可能性がある。産業廃棄物が懸念される場合は、産業事業主体への問い合わせ、または出版物（例：Thompson et al., 2007）も参考になる。

- データが入手しづらい場合、特定の廃棄物画分または環境媒体から得られる環境試料の採集及び分析が妥当とされることがある。

### **補足 2.7 物理的有害因子情報のとりまとめ**

**鋭利な物体**（例：割れたガラス、かみそりの刃、注射器など）、**無機物質**による汚染や**悪臭**などの物理的有害因子は、特定の廃棄物の一般的特性であったり異なる廃棄物流れの混合に関連していたり（例：糞便スラッジに混入しているかみそり刃やビニール袋など）することが多い。物理的有害因子が存在するか否かは、健康リスクの軽減と密接な関係があるため、廃棄物特性評価の一環として、廃棄物の構成成分および特性を徹底的に把握しておくことが大切である。

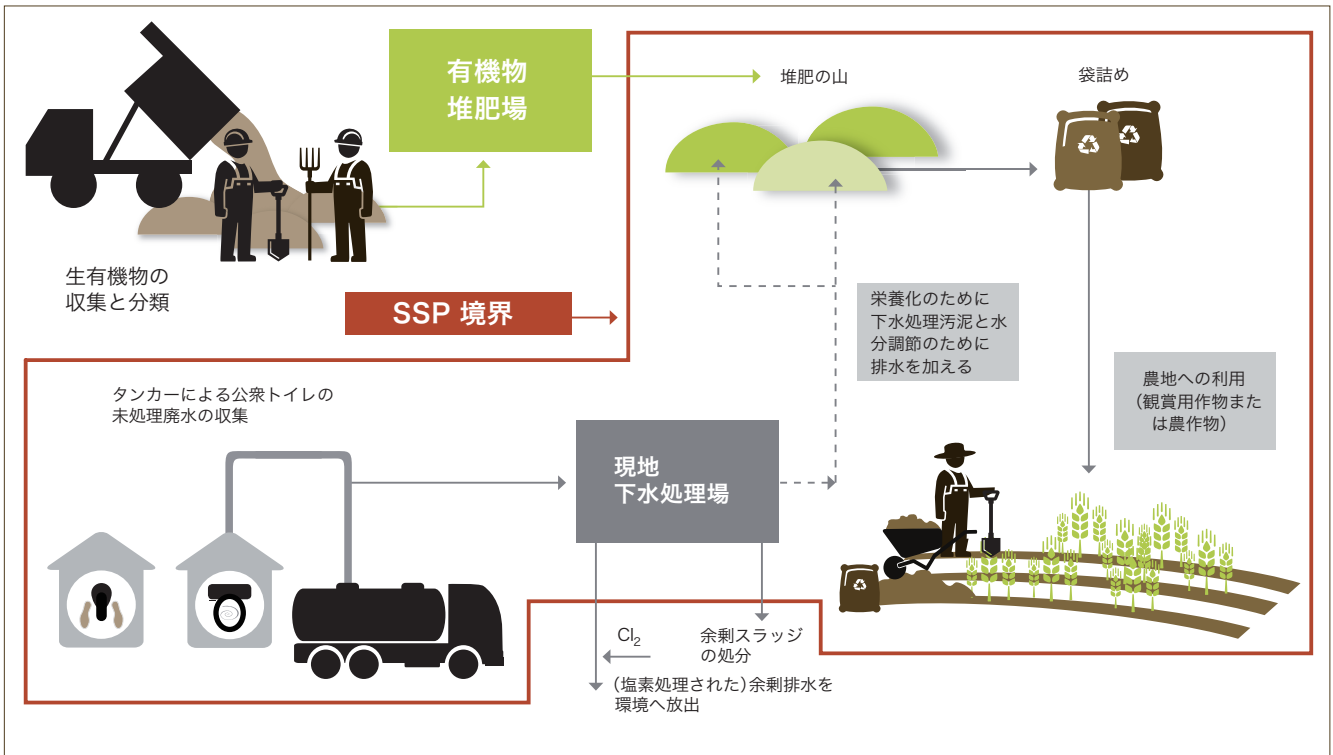
追加情報源については、特別な必要性が見いだされた場合のみ、参照すればよい。

ツール

| ツール 2.1 曝露集団の分類 |          |   |
|-----------------|----------|---|
| 記号              | 略称       | 簡単な解説   |
| W               | 作業員      | 衛生技術の維持管理、清掃、運転あるいは汲み取り業務を担う者                           |
| F               | 農業従事者    | 生成物（例：未処理、部分処理または完全処理済みの廃水処理水、バイオソリッド、糞便スラッジ）の利用者       |
| L               | 地域コミュニティ | 廃棄物等が使用される衛生技術施設あるいは農場の近隣またはその下流で暮らし、受動的な影響をうける可能性のある人々 |
| C               | 消費者      | 衛生生成物を用いて作られた生産物（例：農作物、魚、または堆肥）を消費・利用する人々               |

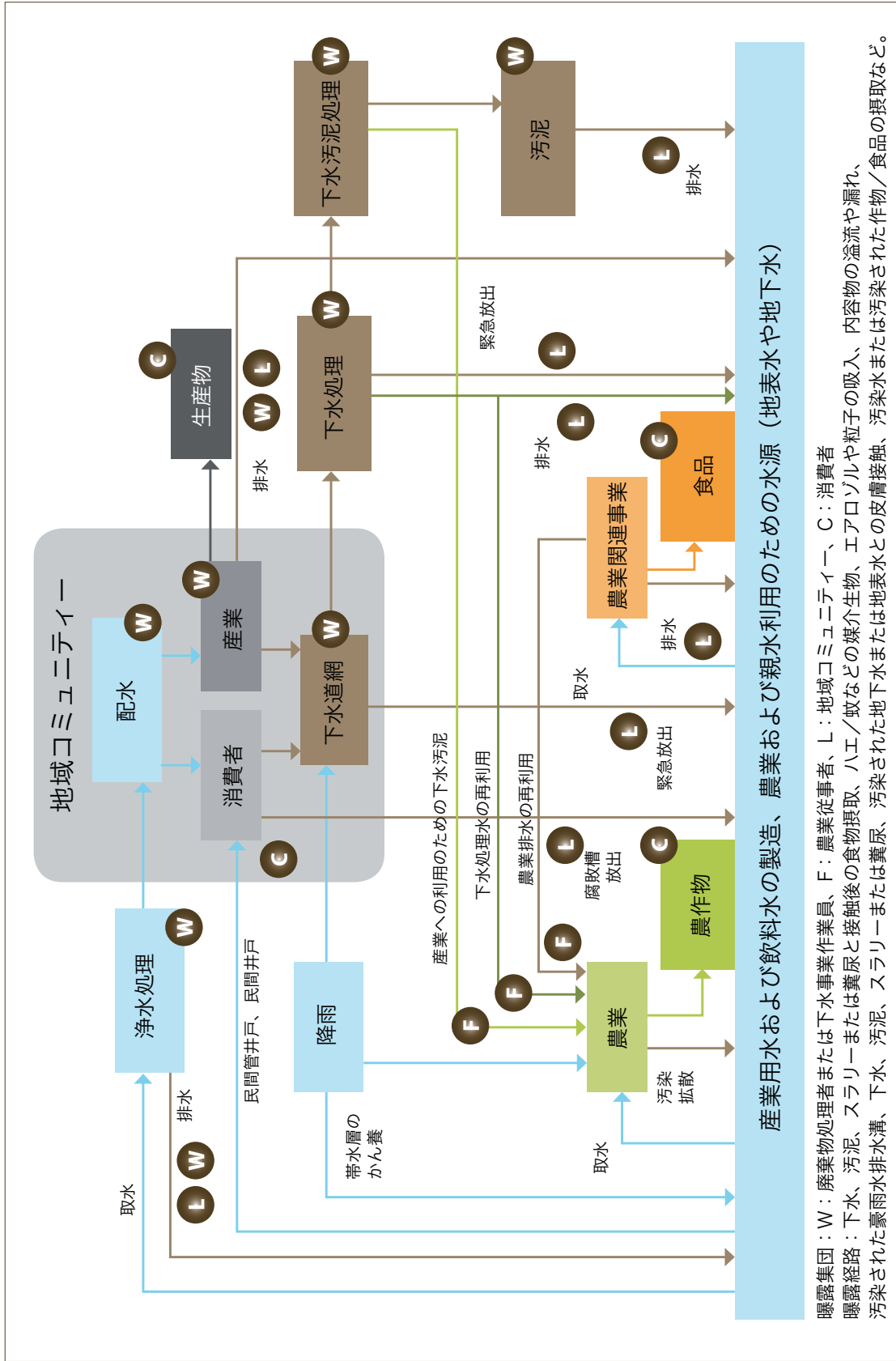
例

例 2.1 市町村の固形廃棄物 と糞便スラッジの混合堆肥化

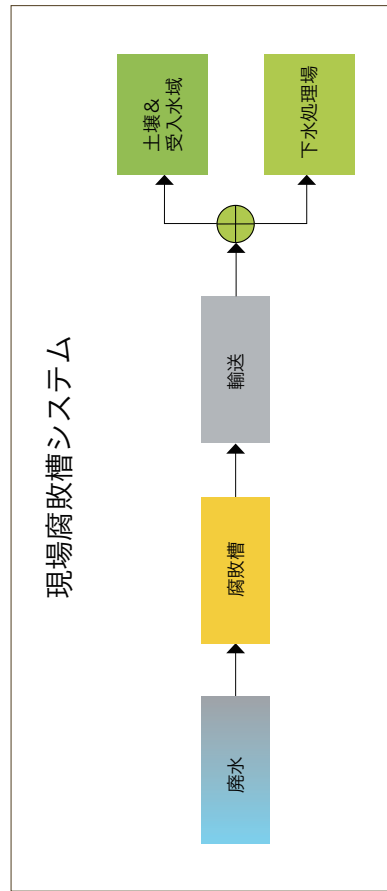
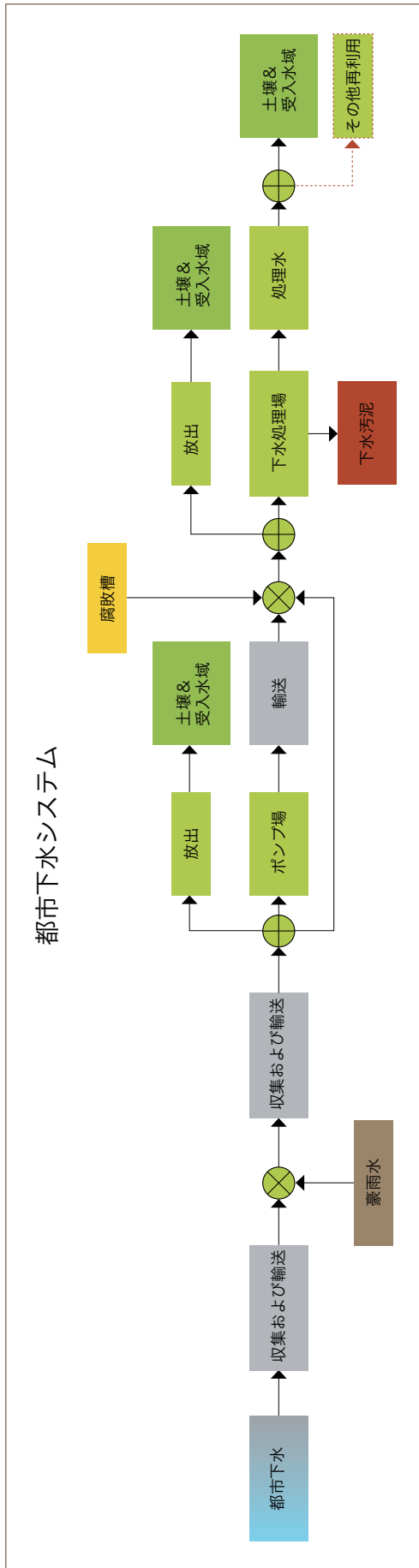


ベトナムにおける SSP の実例に基づく

例 2.2 複数の廃棄物源に関するマッピング (ポルトガル)

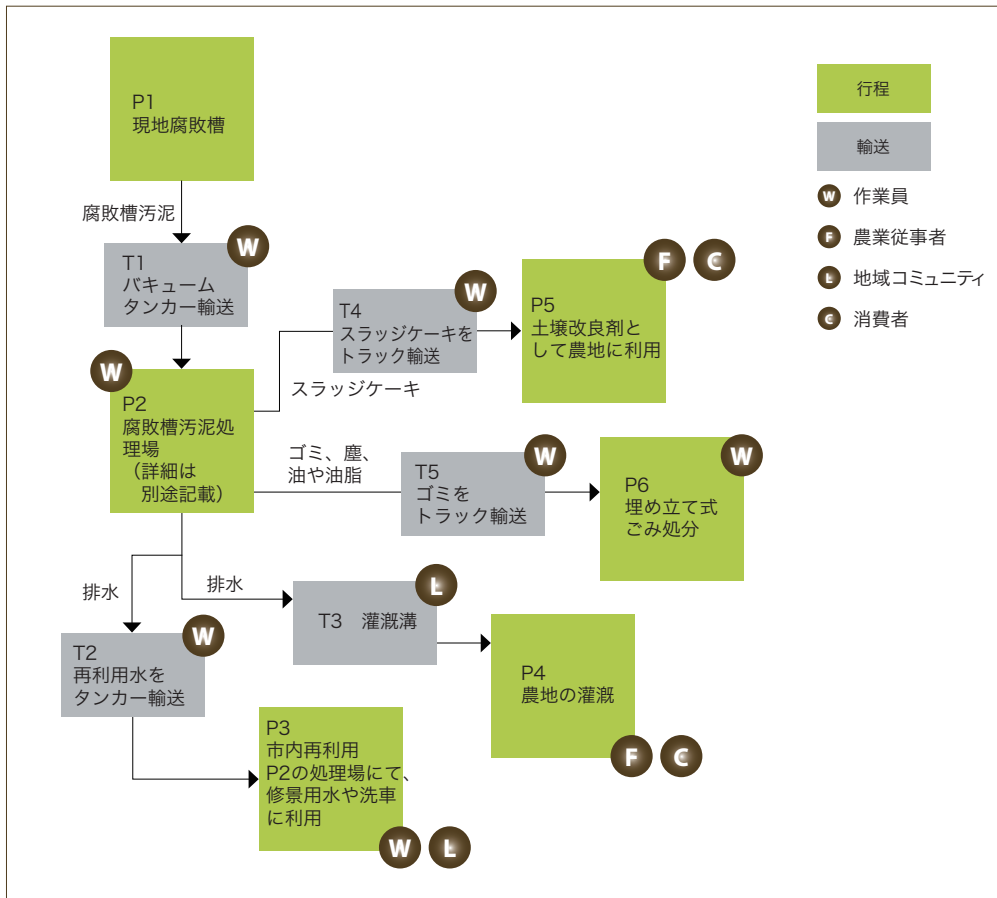


例 2.2 続き 複数の廃棄物源に関するマッピング (ポルトガル)





例 2.3 フィリピンにおける糞便スラッジ管理システム



**例 2.4 ペルーにおける農業への廃水間接利用に由来する廃棄物および危害因子の特性評価**

背景については、例 1.5 と例 1.11 を参照されたい。

廃棄物を以下のように廃棄物源ごとに分類した。

- 動物の廃棄物
- 生活排水
- 人の排泄物
- 都市固形廃棄物
- 農業用化学肥料や農薬排水
- 鉱くず／鉱山からの排出
- 産業廃棄物

これらの分類について、さらに生物学的、化学的、物理的有害因子に分類した。それぞれについてデータを収集し、季節的変動、および異常事象に関する所感などを記述した。これらの廃棄物は、化学的有害因子に関連するもの（例：鉱くずや産業廃棄物など）がある一方で、微生物学的有害因子や微生物学的指標に関連するものもある。

水、土壌、作物の試料採取によるバリデーションをが実施された。

**例 2.5 ウガンダのカンパラで用いたシステム記述のバリデーションに関する取り組み方**

チームは、記録や現場視察を利用して、システムマッピングとシステム記述を行なった。バリデーションのための追加データの収集は、初期のシステム記述に直接関与していない独立的立場を有する者が実施した。（下水道網などの）ネットワークのバリデーションのためのデータは、ネットワークに属さないスタッフが収集した。このようにして機密性を確保し、対応やデータ分析におけるバイアスを回避した。現場視察の間は、データ収集者（2人以上）は、現場視察の際に、ネットワーク運営チームの行動観察を行なった。

データ取得前後に、技術チーム内でデータ収集ツールや結果について分析、協議の上、意見集約を行なった。

## モジュール3 危害事象の同定、既存の制御手段 および曝露リスクの評価

| モジュール番号   | アウトプット   |
|---|--|
| 3.1 危害因子および危害事象の同定<br>3.2 曝露集団および曝露経路の精査<br>3.3 既存制御手段の同定および評価<br>3.4 曝露リスクの評価および優先度の設定 | <ul style="list-style-type: none"> <li>危害因子総合一覧を含み、危害事象、曝露集団および曝露経路、既存制御手段やその有効性を要約したリスク評価表</li> <li>システム改善に資する危害事象の優先度一覧</li> </ul> |

### モジュール3の概要

すべての衛生システムの根本的な目的は、公衆衛生の保護である。モジュール3では、システム監視や改善へのその後の取り組みおよび投資が、まず確実に最も高い健康リスクに対して行われるようにする。

モジュール3.1および3.2では、衛生システムの運転時、またはその生産物の利用を介して、誰がリスクに曝されているおそれがあり、そのリスクはどのように生じるのかを詳細に同定する。

モジュール3.3では、既存システムがリスクを抱える人々をどの程度守っているかを判定する。

モジュール3.4では、最も高いリスクを同定し優先づけるためのしくみをさらに解説する。

モジュール3の完了と同時に、SSPチームはリスクが最も高い危害事象を同定しているであろう。現在制御手段がないため、あるいは、既存の制御手段が効果的でないため高リスクを有する事象に対しては、モジュール4において、これらのリスクに取り組む改善計画を策定する。既存の制御手段によりリスクが十分に制御されている事象に対しては、制御手段が意図されたとおり確実に機能し続けるための運転監視方法を決めて実施するだけでよい（モジュール5を参照されたい）。

モジュール3に取り組む際に考慮すべき基本原則を補足3.1に示す。SSPチームは、アウトプットの記録用に、ニュータウンのSSPのモジュール3で用いる様式を適用することができる（運用事例：ニュータウンの衛生安全計画（SSP）を参照されたい）。

### 3.1 危害因子および危害事象の同定

危害因子および危害事象の同定をおこなうことで、後のリスク評価の取り組みに集中しやすくなる。例3.1に、衛生システムにおける代表的な健康危害因子を示す。この工程に着手する前に、危害因子と危害事象の微妙な相違を理解しておくことが重要である（補足3.2を参照されたい）。

チームは、モジュール 2 で述べた衛生処理過程の工程ごとに、危害因子とそれに関連する危害事象を同定する必要がある。その際、以下を考慮されたい。

- システムの通常運転に関連する危害事象（例：不十分なインフラ、システム過負荷、整備不良、（作業員による）危険行動）
- システム不良または事故による危害事象（例：全体または部分的処理不良、停電、設備の故障、操作ミス）
- 季節または気候要因に関連する危害事象（例：洪水または干ばつ発生時、農業従事者による季節的作業変化、季節農業従事者の存在）
- 間接的危険因子や危害事象（例：害虫、媒介生物、下流コミュニティへの影響など、衛生処理過程に直接関与しない人々に潜在的に被害を及ぼす危険因子）
- 蓄積型危険因子（例：土壌化学物質）

SSP チームは、異なる状況下（例：通常時および洪水時の運転条件など）で起こる同様の事象に対し、それぞれ危害事象を定義することを推奨する（例 3.2 を参照されたい）。なぜなら、リスクプロファイルは、危害事象ごとに異なることがあるためである。

危害事象の同定には、制度上および政策上の欠点に対する検討も含まれる場合がある。例えば、未処理の産業廃棄物の排水路または下水システムへの排出は、（全体または部分的に）排出規制が施行されていないことに起因するかもしれない。健康リスクに加えて、環境面への副次的影響を考慮してもよい。

危険因子の同定は、モジュール 2 において収集した記述情報を用いる机上演習と、モジュール 2.5 で述べた調査と同様のツールを用いる実地調査を組み合わせるべきである。

### 3.2 曝露集団および曝露経路の精査

#### 曝露集団

モジュール 2.3 で同定した曝露集団の大まかな分類および場所を、より詳細に記述していく必要がある。

廃棄物処理者など同定が容易な曝露集団がいる一方、同定がより困難な曝露集団も存在する（例：近隣の地下水源を利用しているコミュニティ、季節労働者、不法居住者または移民など）。曝露集団における特定の層、例えば、性別、年齢、潜在的な社会的疎外が、危害事象に伴うリスクに影響を与える場合、留意すべきである。不確かな場合、可能性を排除できるようになるまでそのような集団も曝露集団に含める。

曝露のおそれがある集団をすべて同定する助けとして、モジュール 3.1 の各危害事象を検討されたい。ツール 3.1 は各曝露集団を記述するのに用いることができる。

#### 曝露経路と伝搬経路

危害事象や曝露集団の予想される曝露経路（ヒトの視点から見た場合）、および伝搬経路（汚染源から見た場合）を記録しておく必要がある。これが、リスクの把握と適切な制御手段の同定の一助となる。

排泄物関連の病原体の曝露経路および伝搬経路は、一次経路（直接接触による曝露もしくは近距離空気感染）または二次経路（汚染された農作物の消費など外部経路による曝露）またはその両方の可能性がある。補足 3.3 では、SSP で検討すべき曝露および感染の共通経路、また、曝露および伝搬経路の種類に関する詳細な説明を記載する。

排泄物に関係する疾病の曝露および感染経路は、曝露地点と直結しており、感染リスクはヒト宿主の潜在的な健康リスク要因に関係している。SSP プロセスが疾病リスクの低減につながるように、これらの関係性を理解しておくことが必要不可欠である。

### 3.3 既存制御手段の同定および評価

モジュール 3.1 で同定された各危害事象に対し、その危害事象のリスクを緩和するためにすでに実施されている制御手段を同定されたい。その上で、既存の制御手段が、その危害事象のリスク低減にどの程度効果的であるかを判定されたい。この判定は困難な場合があると思われるが、制御手段に関する情報を補足 3.4 および付録 1 に提供する。

（制御手段の有効性を評価する尺度として）対数減少値の概念は、2006 WHO Guidelines や本マニュアルだけでなく、リスク定量化に関する文献に用いられている。対数減少の説明は用語集および補足 3.5、4.1 を参照されたい。

制御手段の効果の程度を評価する際は、以下の点を考慮されたい。

1. 既存の制御手段がもたらすであろう効果の程度（常時、正常に機能すると仮定する）。制御手段バリデーションと称される（補足 3.6 を参照されたい）。
2. 既存の制御手段がもたらす**実際の**効果の程度（例：現場の状況、既存法規の実際の施行、および実際の運用実例を念頭に置く）。

既存の制御手段がもたらすと期待される評価は、文献または詳細な技術評価を基に実施することが多い。付録 1 および 2006 WHO Guidelines (Chapter 5 の volumes 2, 3 and 4) では、処理による、または処理を行わない多様な制御手段の潜在的有効性に関する要約情報を提供している。また、長期にわたる優良な運転データも、処理性能を把握する際の一助となる。

一方で、多くの制御手段では、潜在的な性能と実際の性能は異なるかもしれない。例えば、操作ミスまたは過負荷期間により、処理場が適切に運用されないかもしれない。個人用保護具の使用など一部の制御手段は、利用者の行動に依存するものもある。考慮すべき一般的な制御手段の失敗例を例 3.3 に示す。

SSP チームの熟練者またはその他の専門家による常識的判断が、制御手段の有効性のバリデーションに相当と思われる。更なるデータが入手可能となれば、リスク評価は再度行われるまたは行われるべきであり、必要であれば適宜、正式なバリデーションも実施すべきである。

### 3.4 曝露リスクの評価および優先度の設定

モジュール 3.1 の危害因子の同定により、膨大な数の危害因子と危害事象が挙げられ、なかには深刻なものもあれば、中程度または微々たるものもあるであろう。モジュール 3.4 で

は、それぞれに関連するリスクを設定することにより、SSP チームは介入の優先度を設定することができる。

SSP では、以下のリスク評価手法を提案する。各手法は、複雑さやデータ要件の程度が異なっている。

1. チーム主体の記述的リスク評価判定
2. 危害事象の発生の可能性と重篤度のマトリックスを用いる半定量的リスク評価
3. 定量的手法（定量的微生物リスク評価（QMRA）など）

記述的および半定量的リスク評価手法はいずれも、SSP チーム内の複数の個人によって個別または共同作業として行う必要がある。これにより、リスク評価の客観性が高まり、確固たる評価をもたらす。

定量的アプローチは専門的であり、本マニュアルが対象にしている SSP チームはほとんど、通常用いることがないであろう。

リスク評価が完了したのち、得られるリスクレベルが理にかなうものであることを確認するために、現実性をチェックすべきである。疑わしい場合、情報や評価を再検討されたい。

### チーム主体の記述的リスク評価

チーム主体の記述的リスク評価手法は、SSP チームの判断を用い、各危害事象を「高」、「中」、「低」リスク、またはリスクが「不確か／不明」、に分類することによって、リスク評価を行う。分類の定義は SSP チームが定めることができ、または、ツール 3.3 に定める定義を用いることもできる。ただし、公衆衛生の保護という基本方針は、いずれの定義においても決して損なわれてはならない。

チーム主体の記述的アプローチを用いる場合、チームは、次の SSP 改定の際に半定量的リスク評価の実施を選択してもよい。いずれの場合も、チーム、監査役や審査役への覚書になるので、当時の決定を下した理由にの根拠を記録することが重要である。

### 半定量的リスク評価

更に厳密なアプローチが半定量的リスク評価である。このアプローチは、明確に規定された規制環境下にある組織、または HACCP か WSP の手法をすでに熟知している SSP チーム、SSP 策定プロセスにて 2 回目以降の改定に取り組んでいる SSP チームに適する。

半定量的手法では、あるリスク分類またはリスクスコアを得るために、SSP チームは同定した各危害事象に対し、リスクマトリックスを用い発生の可能性と重篤度を割り当てる必要がある。推奨するリスクマトリックスをツール 3.4 に定める。SSP チームは、発生可能性（例：「起こりそうにない」、「起こる可能性がある」、「起こる可能性が高い」とは何を意味するか）と重篤度（例：重大、軽度など）について合意された定義を用いて取り組み、一貫して適用する必要がある（ツール 3.2 を参照されたい）。重篤度を評価する際、関連する健康影響の程度と共に、（モジュール 2 で定めた）廃棄物の内容および濃度についても考慮されたい。

SSP チームは、当該のシステムや地域事情に基づき、発生の可能性と重篤度に対して独自の定義の策定を選択してもよい。この定義は、潜在的な健康への影響、規制上の影響、コミュニティや利用者の認識への影響などに関する側面も考慮すべきである。ただし、公衆衛生の保護という基本方針は、いずれの定義においても決して損なわれてはならない。

リスク評価プロセスに関するチェックリストを補足 3.7 に記載する。チームは最高のリスク要因についてまとめておく必要がある。モジュール 4 において選定する改善措置でこれらのリスクに取り組むことになる。

さらに精巧なリスク評価手法を適用してもよい、例えば、危害事象や被害を受ける人々の潜在的な増加を考慮するなど。

付録 2 では、灌漑用水に用いる廃水に関する微生物健康リスクについての要約報告を記載する。この情報は、SSP チームが農業への廃水の再利用に関する危害事象の重篤度を評価する際の助けとなるであろう。

## 補足

### 補足 3.1 モジュール3の進め方

モジュール3を進めるにあたり、SSP チームメンバーは以下を必要とする。

- システムの各種要素の技術的理解 — 理論と実際の両面においてどのように機能するか。
- 感染もしくは疾病の発生につながるおそれがある伝搬経路の認識。
- 知的探求心：以下のような考察をされたい。
  - 当該危害因子は、どのように疾病の発生またはその他の健康影響をもたらし得るか。
  - 過去においてはどうであったか。
  - 当該危害因子は常に存在するのか、あるいは、特定の事象のみに関連しているのか。
  - これまで当該システムの何が問題であったのか。
  - 問題が起きるなら、何であろうか。

モジュール3を把握し応用することにより、チームメンバーはこれらの事項に対して、より確信が持てるようになるであろう。

モジュール3.1から3.4まで別工程として分けているが、実際は、これらの活動の重複はかなり多い。単純な直線的プロセスではなく、反復プロセスであるかもしれない（例：危害因子と危害事象の初期評価の後に、曝露集団のタイプ、曝露経路または感染経路、システムにおける所在について考慮した場合、初期評価を再度調整するのが適切であろう）。

制御手段の有効性を決定する際、モジュール4で述べるいくつかの点が役に立つであろう。



**補足 3.2 危害因子と危害事象**

人々は衛生システム内で、一つの危害事象において一つの危害因子に曝露している。下記に示す未処理下水に存在する病原体の例のように、複数の危害事象を通して一つの危害因子が認識されるかもしれない。各危害事象は異なる原因を有するため、各事象の制御にはリスクを最小限にするための固有のアプローチが必要になる。同じ危害因子に曝露している集団でも、危害事象はそれぞれ異なるかもしれない。

危害事象についての優れた記述には、その事象が生じた状況または原因が簡潔に記されている。

| 危害因子      | 危害事象                    | 発生頻度または重篤度に影響している危害事象の原因  | 危害事象を制御するためのアプローチ  | 危害因子に曝露している集団           |
|-----------|-------------------------|---|--|-------------------------|
| 未処理下水の病原体 | 大雨時に下水管から越流した未処理下水への曝露  | <ul style="list-style-type: none"> <li>降雨に対する遮集システムが過小規模である</li> <li>越流診断の欠如</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>越流頻度を定めた設計標準</li> <li>雨季前に下水システムの定期的維持管理</li> </ul>   | 越流が生じる下水道の近隣または下流に暮らす人々 |
|           | 下水管の修復や維持管理の際の未処理下水への曝露 | <ul style="list-style-type: none"> <li>(危害事象の発生頻度に影響を及ぼす)閉塞が頻発するような劣悪な状態にある、または機能的に不適切なポンプ</li> <li>訓練/能力に乏しいスタッフまたは設備</li> <li>維持管理作業時に用いるバイパス管路の欠如</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>ポンプの故障頻度を低減させるための資産の計画的維持管理</li> <li>ポンプの種類を選定と資産作成(設計/建設)段階における審査</li> <li>作業員の個人用保護具</li> <li>標準作業書</li> <li>ポンプ場の設計基準</li> </ul> | 下水維持管理作業員               |

| <b>補足3.3 SSPにおいて検討すべき共通の曝露経路と感染経路</b>  |   |
|--|---|
| <b>曝露経路と感染経路</b>   | <b>解説</b>   |
| 廃水／排泄物との接触後の経口摂取   | 汚染された土壌を手で触れることによる経口摂取（例：農業従事者や子供）など、口に接触する手またはモノが直接口と接触することにより、排泄物（尿や糞便）が移動する。                 |
| 汚染された地下水／地表水の経口摂取  | 廃水、排泄物／汚泥により汚染された地下水源や地表水源から取水した水の経口摂取。遊泳や入浴による親水用水の非意図的な摂取を含む。                                 |
| 汚染された農作物（野菜など）の消費  | 糞尿堆肥により灌漑または施肥をされた土地で生育した植物（レタスなど）の消費   |
| 排泄物や廃水との皮膚接触   | 廃水、排泄物、野外排泄、または衛生施設から漏れた内容物との接触後に、または作業中（例：トイレの汲み取り）に、足またはその他曝露された身体の一部を経由し、病原体（鉤虫など）が皮膚に入り込む感染 |
| ハエ／蚊などの媒介生物  | ハエによるヒトあるいは食品への排泄物の物理的な移動（輸送）や感染症を媒介する可能性のある蚊やその他の昆虫に刺されるなどの経路                                  |
| エアロゾルや粒子の吸入  | 衛生施設から発散または起因する微小な水滴や（感知できないであろう）粒子の吸入。これらは病原体を伝播させる可能性がある                                      |
| <p><b>備考：</b>一次経路には、糞便または糞便で汚染された表面に直接接触、また、人と人との接触（ここでは個人衛生行動に関係するものを指す）が含まれる。二次経路には、媒介物質（例：食品、水域）および媒介生物による感染を含む。媒介物質による感染は、例えば、作物または水源の汚染などを経由する。媒介生物による感染は、主に媒介生物の繁殖場所の発生により伝播する。空気感染も、例えば廃水による灌漑時に生じる場合がある。</p> <p>Stenström et al. (2011) に基づく</p> |   |

### 補足 3.4 制御手段

制御手段とは、衛生上の危害因子を低減、予防もしくは排除する、または許容できるレベルに低減するために用いられる処置や活動（またはバリア）である。バリアは、経路に沿って病原体の数を大幅に減少させる運搬・輸送・処理・取扱過程の一部である。多段バリアアプローチが推奨される（すなわち、危害因子に対するバリアとして複数の制御手段を用いる）。

| 制御手段の種類 | 例   |
|---------|---|
| 処理      | <ul style="list-style-type: none"> <li>物理学的沈殿法（例：沈殿槽）</li> <li>微生物学的処理法（例：活性汚泥）</li> <li>吸着（例：人工湿地）</li> <li>生物学的不活化（例：堆肥化）</li> <li>化学的不活化（例：（pH や温度制御による）汚泥の乾燥や消毒）</li> </ul>   |
| 処理によらない | <ul style="list-style-type: none"> <li>作物選定</li> <li>灌漑方式</li> <li>滞留時間</li> <li>中間宿主や媒介生物の制御</li> <li>予防接種や予防的化学療法</li> </ul>  |
| 技術を用いない | <ul style="list-style-type: none"> <li>個人用保護具の使用</li> <li>処理または使用現場へのアクセス規制</li> <li>農作物の消毒、洗浄、加熱調理</li> </ul> <p>備考：行動制限は、処理と処理によらない制御手段のバリアの組み合わせによるものが多い。行動習慣は個人の価値観や選択（例：不安、恐怖症、習慣）、制約（費用、時間、関心）、責任感、社会文化的観点や慣習に依存しており、これらは健康および衛生促進で増長される可能性がある。</p> |

Stenström et al. (2011) に基づく

衛生システムには、危害因子の種類別、または危害因子ごとに一連のバリアを施すべきである。すなわち、多段バリアアプローチが推奨される。言い換えると、優れた衛生システムには、人の健康へのリスクを低減するために、経路全体に複数の制御策が講じてある。

廃棄生成物を利用しているシステム（例：農業または水産養殖）では、曝露経路や伝搬経路の把握が、制御手段の有効性を判断する一助となる。例えば、制御手段が実用的でない、費用がかかりすぎる、または社会的に受容されない場合、たとえ技術的效果が高くても、その有効性に影響を及ぼす。さらに、曝露経路の把握は、特定の危害事象に対する制御策の有効性を決定する際にも有用である。例えば、廃棄物との皮膚接触を防ぐためのバリアは、吸入に対して効果は見込めないであろうし、逆の場合も同じことが言える。

付録 1 では、様々な制御手段の有効性について解説している。運用事例：ニュータウンの衛生安全計画（SSP）のモジュール 3 においても、これらの点をいくつか図解している。

### **補足 3.5** 本ガイドラインにおける危害因子低減の概念を理解するために

この情報は、SSP チームが、リスク低減にあたり既存制御手段および処理工程の有効性を判定するために、文献（特に 2006 WHO Guidelines）を調査する際に有用である。水供給にあたり浄水処理の効力を評価するために、糞便指標細菌の概念が 19 世紀後半に策定された。糞便由来の細菌の存在（例：大腸菌 (*E. coli*)）は、その水が糞便に汚染され、病原性を持つ糞便由来の細菌を含んでいるおそれがあることを示す。逆に、糞便指標細菌の不在はその水は病原微生物を含んでいない可能性が高いことを示す。

下水が糞便に汚染されていることは周知である。ここでは、処理またはその他の工程による糞便汚染の低減量の評価するために糞便指標細菌の数をを用い、下水への曝露または下水利用に対するリスク低減を定量化する。指標生物の対数減少値は、達成された除去性能を示すのに用いる。

この糞便指標細菌の減少量は、糞便由来の病原性細菌の減少量の代替になるが、ウイルス、寄生性原虫、蠕虫といった病原体の減少との直接的な関係があるわけではない。

農業利用においては、ウイルスの減少値を基にした 2006 WHO Guidelines の病原体低減目標値に従うことで、細菌および原虫の両方の感染に対して十分な保護が可能である。一方、蠕虫に対しては、2006 WHO Guidelines では、異なる曝露条件ごとに蠕虫卵の数をを用いた具体的な提案がある。

補足 4.1 に、農業への下水利用における具体的な目標のまとめを示す。

Mara (2004) および 2006 WHO Guidelines (Vol. 2, 63-69) に基づく

### **補足 3.6** SSP における制御手段のバリデーション

制御手段のバリデーションは、制御手段が特定の目標達成を可能であることを証明する（例：微生物削減目標など）。

衛生システムに対する制御手段のバリデーションとは、以下の確認を意味するであろう。

- 設計能力に対するシステム負荷の確認
- 個々の処理工程設備の処理性能に対する資料の確認
- 通常と異なる状況下における処理性能の履歴確認
- 技術を用いない制御手段に関して、2006 WHO Guidelinesにおいて評価された病原体減少量の確認（例：Vol. 2, Table 4.3 and Chapter 5; Vol. 3, Chapter 5; Vol. 4, Chapter 5参照）

### **補足 3.7** リスク評価チェックリスト

- あらかじめ一貫したリスク評価方法を決めておく。
- リスク評価は具体的かつ危害事象に関連していること。
- 制御手段の不具合については独立した危害事象として取扱い、発生の可能性とその影響を考慮しておく。

## ツール

| ツール 3.1 曝露集団および曝露経路の同定とその精査の助けとなる重要な質問事項  |   |  |
|---|---|--|
| 質問  | 各質問の解説  | 例  |
| 曝露集団の ID  | 参照記号を設定する 例: W1, C1, L1   | L1 (地域コミュニティー第1集団)   |
| 曝露集団は誰か?  | 曝露している人々および曝露に関連する活動について記述を行う。<br>年齢、性別、社会的疎外の要因を考慮した感受性が高いサブグループを考慮すべきである。 | 〇〇村の住民やその川への来訪者<br>果実採取に従事する女性の季節労働者<br>季節的女性作業員                       |
| 曝露集団の人数は?   | 分かる場合は実際の数を挙げる。そうでなければ、推定数の根拠を挙げる。<br>直接的または間接的に曝露する恐れがある人々(個人)の数。          | 〇〇村の 250 世帯 (子供 90 人を含む)   |
| 曝露の場所は?   | 危害因子にどのように曝露するおそれがあるのか明白にするために、衛生システム内のどこで曝露が発生するかを明白にする。                   | 〇〇川の親水利用   |
| 何に曝露するのか?   | 汚染物質が何か、および、その状況(例: バリアの不具合、極端気象などに起因する化学物質や微生物への曝露)。                       | 池が氾濫した際に生じる微生物汚染   |
| 汚染経路は何か?  | 考慮すべき感染経路(例: 皮膚、作物の摂取、土壌、水、媒介生物を経由)。  | 皮膚接触、経口摂取  |
| 曝露する頻度は?  | 曝露頻度。曝露が毎回、日々、週ごと、またはもしかすると年に一度だけなのか。わからない場合は、推量する。                         | 夏期は毎日接触  |
| 曝露量は?<br>備考を参照のこと。  | 生じ得る曝露量を定める。これは現地の状況に依存するため、推測が困難な場合もある。曝露量は、個人のグループ間でも異なるが、たとえ推定量でも重要である。  | 池の水には、以下が含まれる可能性がある。<br>• 大腸菌/100 mL<br>• 蠕虫卵/L<br>推定される非意図的な摂取は 100mL |
| 備考: 曝露量に関する質問は、通常、健康影響評価 (HIA) のように、より厳密な定量評価を行う場合にのみ適している。<br>Stenström et al. (2011) に基づく |   |  |

| ツール 3.3 チームによる記述式リスク評価において推奨されるリスク分類の記述 |   |
|---|---|
| リスク記述子                                  | 備考  |
| 優先度 高                                   | 事象により、傷害、急性または慢性疾患、もしくはその両方、または死に至る可能性がある。リスクを最小限にする措置が必要。                                      |
| 優先度 中                                   | 事象により中程度の健康影響(例: 発熱、頭痛、下痢、軽度の傷害)または不快(例: 騒音、悪臭)を引き起こす可能性がある。優先度の高いリスクを制御した後に、当該リスクを最小限にする措置が必要。 |
| 優先度 低                                   | 予測される健康影響なし。現時点は措置を必要としない。リスクは、見直し工程の一環として今後再検討する必要がある。   |
| 優先度 不明                                  | リスク分類のために更なるデータを必要とする。追加データを収集しながら、リスク低減のための措置をとる必要がある場合もある。                                    |

ツール 3.2 半定量的リスク評価において推奨されるリスク定義

| 記述子               |        | 説明  |
|-------------------|--------|---|
| <b>発生の可能性 (L)</b> |        |   |
| 1                 | ほとんどない | 過去に発生しておらず、今後12カ月間（または今後相当な期間） <b>まず発生しない。</b>  |
| 2                 | 可能性が低い | 過去に発生していないが、今後12カ月間（または今後相当な期間）内に <b>例外的な状況において発生することがある。</b>   |
| 3                 | 可能性がある | おそらく過去に発生したことがあり、今後12カ月間（または今後相当な期間）内に <b>通常の下で発生することがある。</b> またはそのいずれか。  |
| 4                 | 可能性が高い | 過去に発生したことが確認されており、今後12カ月間（または今後相当な期間）内に発生する <b>と思われる。</b> またはそのいずれか。  |
| 5                 | ほぼ確実   | 過去に発生したことが多く確認されており、今後12カ月間（または今後相当な期間）内にほとんどの状況において、 <b>ほぼ確実に発生する。</b>   |
| <b>重篤度 (S)</b>    |        |   |
| 1                 | わずか    | <b>健康影響をもたらさない、またはバックグラウンドレベルと比較して取るに足らない影響</b> しか与えない危害因子または危害事象   |
| 2                 | 軽度     | <b>軽度の健康影響</b> （例：炎症、吐き気、頭痛など一時的症状）をもたらす可能性がある危害因子または危害事象   |
| 4                 | 中程度    | <b>自然治癒する健康影響または軽度の疾患</b> （例：急性下痢症、嘔吐、上気道感染症、軽度の外傷）をもたらす可能性がある危害因子または危害事象   |
| 8                 | 重大     | <b>疾患または傷害</b> （例：マラリア、住血吸虫症、食品媒介吸虫感染症、慢性下痢、慢性上気道疾患、神経障害、骨折）をもたらす可能性がある危害因子または危害事象。さらに、訴状や法令上の問題、重大な規則不遵守に至る場合もある。  |
| 16                | 致命的    | <b>重大な疾患もしくは傷害、または死に至りさえする</b> （例：重症の中毒、四肢欠損、重症の火傷、溺水）可能性がある危害因子または危害事象。<br>さらに、訴訟を伴うと思われる規制当局による主要調査に至る。またはそのいずれか。 |

ツール 3.4 半定量的リスク評価マトリックス

|                      |          | 重篤度 (S) |      |       |          |     |
|----------------------|----------|---------|------|-------|----------|-----|
|                      |          | わずか     | 軽度   | 中程度   | 重大       | 致命的 |
|                      |          | 1       | 2    | 4     | 8        | 16  |
| 発生の可能性 (L)           | ほとんどない 1 | 1       | 2    | 4     | 8        | 16  |
|                      | 可能性が低い 2 | 2       | 4    | 8     | 16       | 32  |
|                      | 可能性がある 3 | 3       | 6    | 12    | 24       | 48  |
|                      | 可能性が高い 4 | 4       | 8    | 16    | 32       | 64  |
|                      | ほぼ確実 5   | 5       | 10   | 20    | 40       | 80  |
| リスクスコア R = (L) x (S) |          | <6      | 7-12 | 13-32 | >32      |     |
| リスクレベル               |          | 低リスク    | 中リスク | 高リスク  | 非常に高いリスク |     |

## 例

### 例 3.1 衛生システムにおける代表的な危害因子の種類

| 危害因子の種類   | 例   |
|---|---|
| 病原微生物   | 糞便に由来し下水に存在する細菌、寄生性原虫およびウイルス（例：コレラ菌 ( <i>Vibrio cholera</i> )、ジアルジア ( <i>Giardia intestinal</i> )、コクサッキーウイルス、E型肝炎ウイルス）<br>蠕虫（例：回虫 ( <i>Ascaris lumbricoides</i> )、鉤虫）<br>生物媒介性病原体（例：デング熱ウイルス、住血吸虫属吸虫 ( <i>Schistosoma spp.</i> )） |
| 化学的   | 産業由来の汚泥またはバイオソリッド内の重金属（例：ヒ素、カドミウム、水銀）<br>除草剤や農薬<br>特定の状況において作物生産に関わる混合物（例：ホウ素など）  |
| 物理学的  | 鋭利なもの（例：針など）<br>異臭<br>設備による作業員への身体的傷害<br>皮膚刺激物質（これらは生物学的および化学的危険因子の両方である）   |
| 備考：藻類毒素も発生する可能性がある。シアノバクテリア（藍藻類としても知られている）は、湖沼、貯水池、池や緩流河川に広く発生する。多くの種は毒素を産生すると知られ、潜在的な健康上の懸念を有する。 |   |

### 例 3.2 事故またはシステムの障害別危害事象の種類

背景は例 1.5 および 1.11 を参照されたい。

以下、特に懸念される危害事象

- システムマップで異なる廃棄物源が確認される
- 季節的、または気候による要因（例：処理水量の変動、乾燥期における毒性化学物質の増加、季節灌漑の需要）
- 上流の都市開発や産業開発による影響
- システムの障害または事故（例：産業活動における障害や不法放流による化学汚染、灌漑インフラの損傷によって生じる農業用水池処理工程の回避）

| <b>例 3.3 制御手段、予想される制御性能、共通して見られる処理障害の例</b>   |  |  |
|--|--|--|
| <b>制御手段</b>  | <b>予想される制御レベル<br/>備考参照のこと</b>                      | <b>バリデーションにより把握される共通の制御不良</b>  |
| 個人用保護具 (PPE)   | 作業員の皮膚接触やエアロゾルの接触に対するバリア                           | 廃棄物処理者が寒期しか PPE を用いていないことにより、年間 12 カ月中 7 カ月は曝露リスクにつながる。  |
| 安定化池   | 廃棄物処理により100mL中の大腸菌を一定数未満に抑える<br>蠕虫卵の数を1リットル中1未満に削減 | 設計不良、過負荷または短絡により、滞留時間が短縮され排水水質の低下につながる。  |
| 灌漑の適用：<br>局所的な点滴灌漑の利用  | 作業員の保護レベルの向上<br>(2log除去の計上見込み)                     | 下水管の閉塞は、作業員が修理中に廃水に曝露している恐れがある。  |
| 灌漑の適用：<br>最終の灌漑と収穫前に病原体死滅の期間を設定  | 実際の対数減少値は、作物の種類や温度に依存し、現場によって異なる。                  | 代替の新鮮な水供給が限られる乾燥条件下にある農地への不適切な灌漑利用。<br>減少率は変動性が高く、蠕虫卵が長期間生存している場合（例えば、直射日光をほとんど受けず、涼しい気候など）、目標最大数以上の蠕虫卵が存在する灌漑用水を用いると制御不良に陥りやすい。 |
| 食品調理方法：サラダ用<br>生野菜の徹底洗浄  | 1log除去   | 家庭、特に貧困者層および水供給が制限されている世帯による不適切な調理。  |
| 備考： 制御手段の有効性または期待される成果を判断する方法についての詳細は、モジュール 4 および付録 1 を参照されたい。<br>WHO 2006 (Vol. 2 Section 3.1.1 and 5) に基づく |  |  |



## モジュール 4 段階的改善計画の策定と実施

| モジュール番号  | アウトプット  |
|--|---|
| 4.1 同定したリスクの制御方法の選択肢の検討<br>4.2 選択した方法を用いた段階的改善計画の策定<br>4.3 改善計画の実施 | <ul style="list-style-type: none"> <li>衛生処理過程においてあらゆる曝露集団を保護する段階的改善を伴う計画が実施される</li> </ul> |

### モジュール 4 の概要

モジュール 3 において、SSP チームは最優先リスクを同定した。モジュール 4 は、システム内の最も効果的な場所においてこれらのリスクに対処するための新たな制御手段や他の改善策の選択肢に柔軟性を与えるものである。本プロセスは、最大限の緊急性をもって、当該の最優先リスクに資金や労力を投じることを確保する助けとなる。

モジュール 4.1 では、SSP チームがリスクを制御するための様々な方法を検討するよう促していく。短期あるいは長期計画、処理あるいは処理によらない手段・行動の選択肢、衛生処理過程内の広範囲にわたる場所などの検討が必要であろう。

モジュール 4.2 では、その選択肢をまとめて、一つの明確な行動計画に集約する。

モジュール 4.3 では、それぞれの改善行動に責任を有する組織が講ずる措置とともに改善計画を実施する。

モジュール 4 に従って策定および実施される改善計画や、モジュール 5 に従って策定および実施される監視計画が SSP の主要なアウトプットとなる。モジュール 3 におけるリスク評価や優先度の設定の結果、改善する必要がないことが明らかである場合は、モジュール 5、6 へと進み、システムの監視および支援プログラムを規定されたい。

### 4.1 同定したリスクの制御方法の選択肢の検討

モジュール 3 のアウトプットとして、SSP チームには、リスク別に優先度が設定された危害因子および危害事象の総合一覧があるであろう。

リスクレベルを低減するために、SSP チームは優先度の高い危害事象を制御するための選択肢を幅広く検討する必要がある。検討の上、選択した手法を改善計画に記載する。

改善計画には以下の選択肢が考えられる。

- 主要施設改善事業（例：追加の、または新たな処理場または工程要素、アクセス制限のための工場のフェンス設置など）
- 運転上の措置（例：作物制限、滞留時間の延長、媒介生物制御など）
- 行動上の措置（例：個人用保護具の改善、健康教育、定期健康診断、行動的かつ予防的措置など）
- 上記の組み合わせ

改善計画や制御手段の種類を例 4.1 に示す。また、付録 1 には、再利用関連の制御手段の例を、リスク低減の有効性に関するコメントとともに多数挙げている。

補足 4.1 では、消費者保護のための病原体減少の実現に向けた多段的方法に関する情報を提供している。

制御方法の選択肢を検討する際、以下を考慮されたい。

- 既存制御（手段）の改善の可能性
- 見込まれる効果に応じた選択した制御方法に係る費用
- 衛生処理過程において、リスクを制御するのに最も適切な場所（例：危険源またはその他の下流地点）
- 提案された新たな制御方法の技術的有効性
- 地域の文化的慣習および行動習慣に関連する制御手段の受容性および信頼性
- 提案される新たな制御手段の実施、管理、監視に対する責任
- 提案される制御手段を実施するために必要とされる訓練、情報伝達、協議、報告

可能であれば、改善計画において問題の根本的な原因に取り組むべきである。リスクベースアプローチの重要な原則は、可能な限りリスク源に近い所で、危害事象の発生を防ぐ、あるいは制御手段や改善を行うことである。これは必ずしも実現できるとは限らない。危害事象が複合的である場合は、そのシステムの他の部分に単一の制御手段を適用することにより最も効果的に管理できる場合が多々ある。

例 4.2 では、低資源環境下の農業を考察するための選択肢を例示説明している。状況によっては、短・中期間の実施では理想的な選択肢を選択するのが困難である場合もあるが、公衆衛生を改善するためには何らかの措置を講じ得るだろうし（また、講じるべきである）ことを強調している。例 4.3 では、農業環境において、蠕虫卵の制御に特化した制御手段を示す。

## 4.2 制御方法の選択肢を用いた段階的改善計画の策定

各リスクに対する最適な手段が同定されれば、SSP チームは計画した新たな制御手段および改善した制御手段を改善計画に記録してよい。運用事例：ニュータウンの衛生安全計画（SSP）で用いる様式を改善計画のテンプレートとして用いることができる。

リスクによっては、SSP チームの代表組織だけではなく、他の利害関係者による活動を必要とする場合もある。多数の利害関係者が改善計画の実施に関係する場合は、運営委員会（モジュール 1.1）または SSP 主導組織（モジュール 1.3）が、責任をもって、リスク評価の成果の合意をし、必要とする措置を同定すべきである。

改善計画の実施および管理を行うためには、提案された措置および時間枠に対する責任者または機関を明確にする必要がある。改善計画のもと、資金や時間枠と同様に、改善計画の実施に関するそれぞれの役割と責任が定義されることが理想である。

SSP チームは、高額な選択肢のための十分な資金調達が可能になるまで、手頃な価格の暫定制御手段を選択し、実行するという選択も可能である。

改善計画の概略の実例を、運用事例：ニュータウンの衛生安全計画（SSP）および例 4.4～4.7 に示す。

### **4.3 改善計画の実施**

SSP チームは、措置が実施されていることを確認するために、改善計画の実施状況について監視および報告を行うべきである。

## モジュール 4 補足

### 補足 4.1 農業利用の改善につながる多段バリアアプローチの把握

補足 3.5 で述べたように、いずれの衛生工程においても同様であるが、下水処理における病原体の対数減少値は、健康への悪影響を低減する際に極めて重要である。2006 WHO Guidelines では、健康に基づく目標の一人あたり年間  $10^{-6}$  DALY 以下を満たすために必要な、最小限の病原体の減少値を推奨している。

次の図 4.1 では、下水の農業利用への事例におけるそれぞれのシステムが持ちうる目標対数減少値を示している。これらは、下水処理とその他の健康保護手段を組み合わせることにより達成できると考えられる。図には、細菌、ウイルスおよび原虫感染に対して十分な保護が可能となる目標対数減少値を示す。総対数減少値は、灌漑方式、育成する作物、農作業の種類に依存する。

農業経営者およびその家族を過剰な蠕虫卵感染から保護するために、すべての農作業（背の高い作物への局所灌漑を除く）において、ヒト腸管寄生線虫の卵が 1 つ未満/1L の灌漑用水を利用すべきであり、また、15 歳未満の子供がこれらの用水に曝露する場合、通常、0.1 個未満/1L まで卵を減少させるべきである（詳細は、2006 WHO Guidelines Vol. 2, 66-68 を参照されたい）。

水産養殖への下水利用または排泄物の再利用に推奨される減少値についての詳細情報は、2006 WHO Guidelines (Vol. 3 section 4.2 and Vol. 4 sections 4.1 and 5) を参照されたい。

2006 WHO Guidelines と図 4.1 における重要な概念をいくつか以下に示す。

1. すべての曝露集団が十分に保護されるべきである。農業利用においては、特に農業従事者および農作物の消費者が当てはまる。
2. 最初は、あらゆる状況下の農業従事者や消費者に対して、目標対数減少値を達成することは実現可能とは言えないかもしれない。改善計画により、段階的に状況を改善していくことを目指すべきである。
3. 灌漑用水の水質は、農業経営者および農業従事者、作物の消費者の安全性にとって特に重要である。病原体の濃度に関して言えば、未処理廃水が安全であるとは決して考えるべきではない。したがって、十分な灌漑用水の水質を達成するには、通常、廃水処理を行う（詳しい解説は項目 6 を参照されたい）。ただし、必要とされる対数減少値は、図 4.1 に示すように農業を行う状況に依存する。
4. 農業経営者および農業従事者は特に影響を受けやすいため、ヒトへの曝露に対する幅広い制御策（例：個人用保護具、手洗い、個人衛生行動）も講じておくことを推奨する。これらの健康保護手段は重要な保護効果があることが予測されているが、2006 WHO Guidelines において対数減少値が定量化されていない。特に、灌漑用水が微生物学的水質目標を満たしていない状況においては、これらの保護措置は特に有用である。
5. 灌漑用水の水質要件を満たすための処理方法には様々な選択肢がある。例えば、灌漑用水の一部を沈澱や滞留により処理することで、水質を大幅に改善し、栄養塩類の大部分を維持できる。また、全量処理を行うよりも費用を抑えることができる。付録 1 および 2006 WHO Guidelines (Vol. 2, Section 5) では、処理に関する幅広い選択肢とそれにより実現し得る対数減少値を掲げている。
6. 希釈（例：未処理下水を河川水と混合させるなど）は、確実に病原体を対数減少させる手段の一つになり得る。ただし、1 log の減少を達成するのでさえ高い希釈率を必要とする。
7. 処理や希釈に加え、確実に病原体を対数減少させるために利用できる選択肢は数多くある。例えば、農業従事者の曝露リスクは、局所的な（点滴、細流、または噴水）灌漑を利用することで大

幅に低減される。この場合、灌漑用水の水質は地表灌漑またはスプレー灌漑に比べると、それゆえ低くてもよい。局所灌漑が背の低い作物の灌漑に用いられている場合は例外であり、この場合も、微生物学的水質目標を灌漑用水 1L あたり蠕虫卵 1 以下に設定すべきである。局所灌漑システムの良好な運転を確保するための処理も灌漑用水の水質の改善につながることに留意されたい。

8. その他のバリアは消費者に対する農作物の安全性に主に影響する。作物規制（すなわち、その作物は一般に生食されているのか、加熱調理して食されているのか）の他に、収穫前の灌漑利用制限（例：収穫前の灌漑の利用停止）、消費前の病原体死滅（最終灌漑と消費の間に間隔を設ける）、調理による措置（例：洗浄、加熱調理、皮むき）などの選択肢がある。詳細については、付録 1 と 2006 WHO Guidelines (Vol. 2, Table 4.3 and Section 5) に記載がある。
9. 理想的には、あらゆる制御策の組み合わせにより目標とする対数減少に達するか上回るはずである。「多段階バリアアプローチ」は、制御手段の一連の組み合わせを表す用語として用いられる。

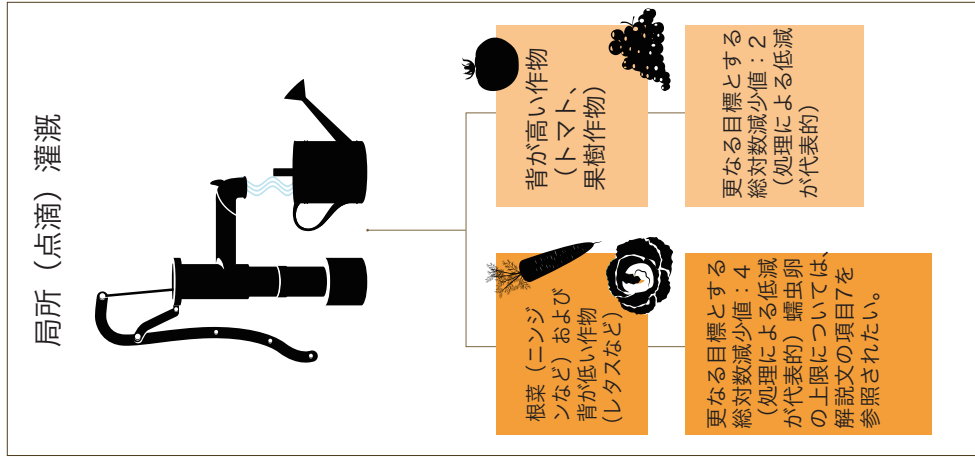
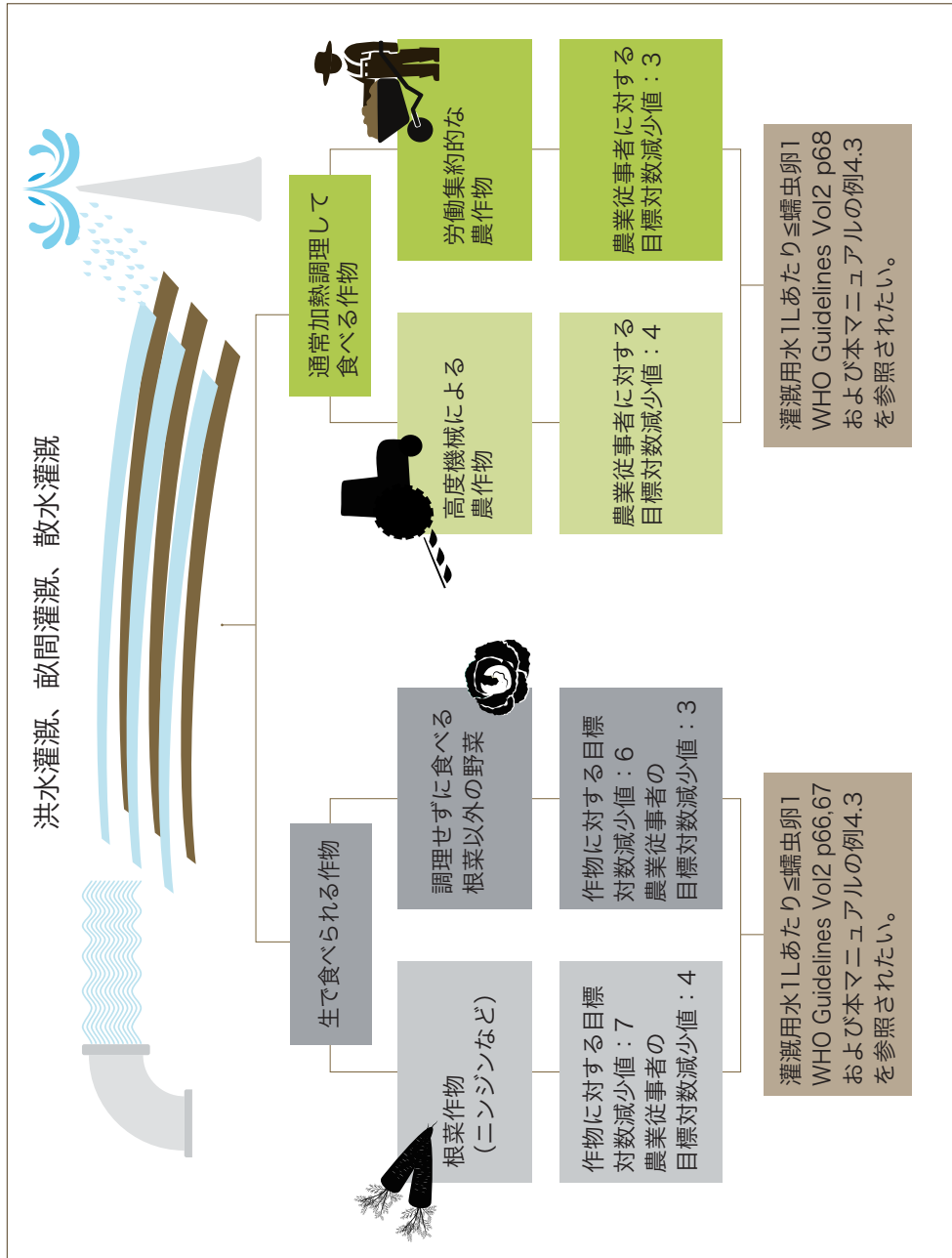
図 4.1 に示す主要項目の定義は用語集に記載がある。

一般的な習慣により達成可能となる対数減少値の概要を、付録 1 に示す。

また、運用事例：ニュータウンの衛生安全計画（SSP）に、図 4.1 の応用例をいくつか示す。

図 4.1 下水の農業利用において目標とする対数減少値例のまとめ

補足説明は付随の解説文を参照されたい。



## 例

### 例 4.1 改善計画の種類別の例

| 改善計画の種類  | 例                       |
|----------|-------------------------|
| 運用上の制御手段 | 作物の規制、灌漑慣行              |
| 行動上の制御手段 | その日の農作業終了後の手や足の洗浄（備考参照） |
| 主要施設改善事業 | 下水処理場                   |

備考：農作業中に着用したため土が付着した作業着を、家庭敷地内に持ち込むことによって疾病も伝搬するおそれがある。

### 例 4.2 低資源環境下における典型的な労働集約型農業における改善計画の選択肢

この例では、現在、未処理の下水を用いた畝間方式の灌漑を行っている。農作物は現地で販売する葉物野菜である。レタス類は土壌に接触することが多い上、通常は加熱調理をせずに食する。手作業の労働集約型農業が慣行されている。

低資源環境であり、下水は農業従事者の生計に欠かせないものである。農業従事者は灌漑用水の栄養塩類を重宝している。短期から中期において集約型下水処理は実現可能とは思えない。消費者は消費前に農作物を洗うのが一般的である。

図 4.1（補足 4.1）では、現行の農作業に対する目標総対数減少値を 6log と示している。このうち、農業従事者を保護するために、灌漑用水において 3log の減少を目指すべきである。しかしながら、現行の農作業は、灌漑用水の微生物学的（蠕虫卵を含む）水質に関する目標を満たしておらず、農業従事者にとってリスクが高い。

農業従事者を保護するために、以下の選択肢を検討すべきである。

- 農地における短時間滞留の嫌気性池。蠕虫卵の減少、またある程度他の病原体負荷を低減する。
- 点滴灌漑（なお、消費者を完全に保護するには、さらに 4log の減少を必要とする）
- 農業従事者の個々の予防制御策の改善（例：個人用保護具、手洗い、個人衛生行動）

農作物の消費者を保護するために、以下の選択肢を検討すべきである。

- 収穫前の灌漑制限（例：収穫前の灌漑停止）
- 消費前に病原体死滅（最終灌漑と消費の間に間隔を設ける）
- 市場へ輸送する前に、新鮮な水で農作物を洗浄
- 食品準備に関して一貫した良好な慣行を確保するための教育プログラム

この環境による制約を考慮すると、短期から中期で目標を満たすとは考えられないが、上記に述べたような選択肢を組み合わせることにより、農業従事者と消費者の両者への健康リスクの低減に寄与し得ると認められる。

**例 4.3 蠕虫卵制御のための改善計画の選択肢**

**危害因子：** 蠕虫卵  
**危害事象：** 農業従事者または子供（15歳未満）が農地の下水処理水に部分的に曝露することにより、蠕虫感染症を発生する。

**制御手段の選択肢および考慮すべき事項**

1. 靴や長靴を着用することにより、危害因子への曝露の可能性を低減することができる。しかしながら、この制御手段は、農地にいる農業従事者または子供に慣行されない、または用いられないことが多いため、信頼できない。
2. 灌漑地域の上流で簡易下水処理（例：蠕虫卵濃度を0.1個/L未満に減少させる適切な規模の簡易滞留池）を設けることで、蠕虫卵数を望ましい濃度まで確実に減少させることができる（2006 WHO Guidelines Vol. 2, 84-86を参照されたい）。
3. 寄生虫を駆除する薬を定期的に廃棄物処理者（例：糞便スラッジに曝露する作業員など）に提供することにより、感染の期間と程度を低減できる。蠕虫感染症がよく発生する環境では、保虫率を低減するために、寄生虫を駆除する薬をコミュニティレベル（例：生徒など）で定期的に配給する場合もある。

**例 4.4 ベトナムにおける有機堆肥化 SSP 改善計画**

背景については例 1.4 および例 2.1 を参照されたい。

当該システムに対する主要改善計画のいくつかを以下にまとめる。

**短期計画：**

- 同定されたリスクに特に関連する職場の健康と安全性の重要性についての内部訓練
- バキュームタンカー運用および、現地処理場からの廃棄物を堆肥に添加する作業に関連するリスクを低減するために、技術的運用および手順の見直しを行う（例：下水処理場から堆肥の畝へ処理済みの排水を輸送するために、バキュームタンカーを利用するよりも、破損したポンプの修復を行う）

**中／長期計画：**

- 機械故障（作業員がより危害因子に曝露される原因）の可能性を低減するために、車両の改善および増量と装備の維持管理を行う
- 施設を利用する作業員や市民のリスクを低減するために、トイレの改良を行う



#### **例 4.5 ベトナムにおける農業および導水システムの下水利用改善計画**

##### **状況と背景**

- (1) 村域：水は、1日約 40 m<sup>3</sup> 容量のポンプ場を利用し、排水路から農業地域にくみ上げる。手作業主体の労働集約型農業が総農地面積 90 ha（ヘクタール）で行われており、10 の養殖池（排水路の水を利用）もある。農業コミュニティには約 3000 人が属する。栽培している野菜は、アサガオやヨモギ（通年）、ミズオジギソウ（neptunia）（4 月～8 月）、オランダガラシとセリ（9 月～3 月）、ドクダミとカボチャの芽などである。
- (2) 隣接する市からの下水導水システムは排水路である。このシステムにより、処理をせずに農家で利用する（家庭および産業からの）未処理下水を導水する。

当該システムの主要改善計画のいくつかを以下にまとめる。

##### **短期計画：**

- 農業従事者と作業員を対象とした教育により、適切かつ実用的な個人用保護具の利用、また、その日の作業中および作業後の清浄な水を用いた個人の手足の洗浄に対して改善を目指す。
- 媒介生物によるリスクを低減するために、虫よけスプレーの定期散布を増やす。
- 下水灌漑場所、またはその近隣で子供達が、特に裸足のまま遊ぶその危険性に重点を置いた教育
- 6 カ月ごとに対象となる集団の寄生虫駆除
- 収穫前の食品保護の改善を検討する（例：確実に病原体を減少させるために、収穫前のできる限り早い時期に質の悪い水による灌漑を停止するなど）。
- 作物の安全な取り扱いに重点を置いた教育（例：徹底洗浄、または特に生食される作物に対して、消毒した水による洗浄）

##### **中／長期計画：**

- 灌漑に利用する下水の汚染化学物質の低減（例：規制実施の改善）
- 排水路へ放出される水質を改善するために上流システムにおける処理工程を段階的に増やす。

**例 4.6 改善計画の比較**

提案された手段の優先度を設定するために、当該システムがヒト健康および環境衛生を改善する**可能性、技術的有用性、また関係者に受容される可能性**によって、選択肢の評価を行なった。下記の表に、各項目別に設定した値および各分類の重み付けを示す。

| 可能性      | 技術的有用性 | 受容性      |
|----------|--------|----------|
| 重み付け：1.5 | 重み付け：1 | 重み付け：1.5 |
| 高=3      | 高=3    | 高=3      |
| 中=2      | 中=2    | 中=2      |
| 低=1      | 低=1    | 低=1      |

優先度スコア = (可能性 × 重み付け) × (有用性 × 重み付け) × (受容性 × 重み付け)  
最もスコアの高い選択肢を最優先。

これにより、SSP チームは経済面と資源の許容範囲に応じた改善計画を優先することができた。

ペルーにおける SSP の事例に基づく

**例 4.7 ペルーにおける下水の間接的農業利用に対し同定した既存手段と潜在的手段の範囲**

既存および潜在的制御手段の選択肢を分類するために、システムをいくつかの項目に分けた。ここで留意しておくことは、手段によっては、異なる危害因子に対して繰り返し用いる場合もあり、同じ手段でシステム内の複数の危害因子を制御できるものもあるということである。例えば、「河川への排出規制」は、8個ある優先危害因子のうち7個に対して有効な手段である。

**河川の取水および配水施設**

- 河川の汚染制御（例：排水質の改善につながる産業や鉱業における業務改善、固形廃棄物収集の改善）
- 生活排水の河川への排出規制および河川に排出される病原体の抑制（例：規則違反に対する罰金制度および生活排水処理場の建設）
- 灌漑用水路への排泄物および下水の排出規制（住居に隣接する現地衛生システム）

**緑地、農業、水産養殖用水のための灌漑施設**

- 病原体の水質汚染の制御（例：灌漑利用前の灌漑用水の事前貯留、上流の町に新たな下水処理場、隣接する住居やヒトの居住地から灌漑用水路へ放出される排泄物や下水の制御）
- 野菜や水産物の病原体汚染の制御（例：灌漑利用前の灌漑用水の事前貯留、最短保持時間を確保するための貯留管理の改善、規則違反に対する罰金、収穫後の農作物の洗浄）

## モジュール 5

## 制御手段の監視と性能検証

| モジュール番号        | アウトプット   |
|----------------|--|
| 5.1 運転監視の規定と実施 | <ul style="list-style-type: none"> <li>運転監視計画</li> </ul>   |
| 5.2 システム性能の検証  | <ul style="list-style-type: none"> <li>検証監視計画</li> </ul>   |
| 5.3 システム監査     | <ul style="list-style-type: none"> <li>第三者による評価</li> </ul> |

### モジュール 5 の概要

衛生システムは動的である。たとえ最良設計されたシステムでも、うまく機能せず、受容できない公衆衛生リスクを招き、サービスまたは生産物への信頼喪失を引き起こすおそれがある。モジュール 5 では、システムが意図されたとおりに機能していることを定期的に確認する監視計画を作成し、機能していない場合の対応を規定する。運転監視および検証監視により、システム性能が十分であることを、事業者、公衆、規制当局へ保証することができる。

モジュール 5.1 では、定期的に制御手段を監視し、制御手段がいかに効果的に機能しているかを簡潔かつ迅速にフィードバックする。これにより、必要であれば、迅速な是正を行うことができる。

モジュール 5.2 では、システムが、処理水質または生産物の品質など、意図した処理性能の成果に達しているかどうかを周期的に検証する。検証は、事業者または監視機関が実施し、資源の規模が大きい、または規制要件が厳しい状況下では、一層徹底的なものとなるであろう。

モジュール 5.3 では、更にシステム性能や SSP の品質に第三者の裏付けを与える。監査は、序章で概説したサーベイランス機能の一部となり得る。監査や認証は、当該要件（例：廃水灌漑による農作物の認証要件など）が定められている国においては非常に重要である。

モジュール 5 で策定されるアウトプットが、既存の運転性能の妥当性、あるいは、モジュール 4 の後工程において進行中である改善策の必要性を裏付けるシステム固有の根拠となる。

モジュール 4 で策定・実施する改善計画と、モジュール 5 で策定・実施する監視計画が SSP プロセスの核となるアウトプットである。

### 5.1 運転監視の規定と実施

モジュール 3 と 4 において、既存および提案された制御手段が各種同定された。モジュール 5.1 の目的は、監視点や監視パラメータを選択することにより、選択した主要制御手段が意図されたとおりに機能していることを示す簡潔かつ迅速なフィードバックを提供し、また経時的な傾向を提供することである。

一般的に、運転監視は以下の方法でデータを収集する。

- 簡単な観察や測定（例：滞留時間の確認のための流量、堆肥化の温度、農場業務の現場観察）

- 試料採取や試験（例：化学的酸素要求量、生物化学的酸素要求量、浮遊物質）

補足 5.1 に典型的な運転監視の例をいくつか示す。

制御手段すべてを監視するのは現実的ではないかもしれない。最高リスクの制御に基づき、最も重要な監視点を選択すべきである。各監視点に対し以下の点を同定しておくべきである。

- パラメータ（おそらく測定または観察による）
- 監視手法
- 監視頻度
- 監視を行う人物
- 許容限界
- 許容限界を逸脱した場合に取るべき措置

許容限界は、通常、パラメータ測定値に基づいた数値的限界である。場合によっては、質的限界が適当なこともある（例：「すべての臭気が許容範囲である」、または、「不快に感ずるほどのハエはいない」など）。

SSP チームはツール 5.1 と 5.2 に示す様式を用い、運転監視計画を記録してもよい（例 5.1 も参照されたい）。

運転監視計画は、各計画を現場で使いやすい監視表または記録帳に取りまとめることにより実施する。

## 5.2 システムの性能検証

検証監視は、システムが意図されたとおりに機能しているかどうかを確認し、経時的な傾向を把握するために、周期的に実施する。システム性能を検証するために、衛生処理過程における主要（重要）監視点を選択する必要がある。この種の監視では、通常、運転監視より複雑な分析法（例：大腸菌、蠕虫卵など）が必要とされる。検証監視は、SSP チーム、外部機関により、序章で述べたサーベイランス機能の一部として行うことができる。

運転監視と同様に、パラメータ、手法、頻度、責任機関、許容限界、限界を逸脱した場合の是正措置はすべて明確にしておくべきである。

運転監視に比べて、検証監視を行う地点は少なくなるであろう。検証監視は、排水水質、農作物および土壌の微生物試験ならびに化学試験、曝露集団の健康状況などシステムの最終地点に重点を置く。

5.2～5.5 では、監視、検証、専門分析に関する補足情報を提供し、例 5.2 と例 5.3 でサポートする。

### 5.3 システム監査

システム監査は、各 SSP の実施の初期段階において、特にリスク評価とリスク管理アプローチのための規制要件が不十分の場合、実施できないこともある。

一方、監査は SSP 実施の品質や有効性を確認することにより、SSP が引き続き健康成果の向上に貢献することを保証する。内部監査人、または規制機関、独立監査人が監査を実施することができる。監査では、衛生安全計画（SSP）が適切に設計され、正確に実施され、かつ効果的であることを証明する必要がある。補足 5.7 で、監査において考慮すべき主な質問事項を提案する。SSP アウトプットの実施の正確性、完全性、品質などを改善する機会を捉え、限られた資源の有効利用を見極め、訓練や動機となる支援の必要性を同定することにより、監査は実施の一助となり得る。

監査の頻度は、規制当局により必要とされる信頼レベルに相応すべきである。監査に適する能力や経験を有する人材の同定が困難な場合もある。

## 補足

### 補足 5.1 SSPにおける典型的な運転監視および検証監視

運転監視とは、危険な状態が生じるのを防止するための管理上の判定を通知することを目的に、（素早く行える検査または目視検査により）迅速に測定できるパラメータを日常的に監視することである。

衛生システムの操作員は、以下のような運転監視を行う必要があるであろう。

- 廃棄物活用における処理量
- 保留時間の予定時間と実際の時間
- 廃棄物の収集頻度
- 再利用目的の廃棄物の量（これにより廃棄物生産の一般的な影響の情報を得るため）
- 物理学的バリアが施行されていることの確認
- 濁度、pH、生物化学的酸素要求量、溶存酸素、残留塩素
- 廃棄物処理者が正しく個人用保護具を着用している頻度
- 危害因子に関係する天気と気候データの追跡
- 衛生サーベイランスの実施
- 柵および警告標識の適切な設置に関する目視検査
- 関連する幼虫やカタツムリ等の中間宿主に関する水の目視検査

### 補足 5.2 2006 WHO Guidelines の監視参照箇所

2006 WHO Guidelines では、運転監視と検証監視に対する典型的なパラメータ、頻度、許容限界について解説している。以下に該当箇所を示す。

| Volume of Guidelines                                 | 監視の関連節   |
|--|--|
| Volume 2 (Wastewater use in agriculture)             | Section 4.3 Verification monitoring<br>Table 4.6 Minimum verification monitoring frequencies for health protection control measures<br>Section 6.4 Operational monitoring<br>Section 6.5 Verification monitoring |
| Volume 3 (Wastewater and excreta use in aquaculture) | Section 6.5 Operational monitoring<br>Section 6.6 Verification monitoring  |
| Volume 4 (Excreta and greywater use in agriculture)  | Section 6.4 Operational monitoring<br>Section 6.5 Verification monitoring  |

クイック・リファレンスとして、補足 5.3 に 2006 WHO Guidelines で推奨される検証監視の例をまとめる。

### 補足 5.3 2006 WHO Guidelines で推奨されている検証監視のクイック・リファレンス

#### 微生物処理性能の監視

- 大腸菌と蠕虫卵（腸住血吸虫属）の検証監視は、曝露地点で3～6カ月間隔で実施すべきである。（備考2）
- 住血吸虫が危害因子の場合、作業員および地域コミュニティは、感染症検査を患者数の高、中、低に応じて、それぞれ、毎年、2年ごと、5年ごとに実施すべきである。（備考2）
- 養殖池における大腸菌と蠕虫卵（必要に応じて）の検証監視は、日常的に生食する魚または水産植物が育成されている場合は、毎月実施すべきである。（備考3）
- 皮膚刺激物質に対する検証監視も実施すべきである。水産養殖従事者や水に曝されることが多い人は、皮膚疾患に対する検査を6～12カ月ごとに実施すべきである。（備考4）
- 植物や魚が常に完全に加熱調理されたのち食されるという場合を除いて、生存の可能性のある吸虫類卵の検査は、システム実証の段階で必ず実施すべきである。（備考1）
- 媒介昆虫に対する池水の検証は、2～3カ月ごとに実施すべきである。（備考4）

#### 化学物質処理性能の監視

廃棄物を利用した水産養殖の化学汚染の検証監視は、6カ月ごとに食品安全当局により実施されるべきである。（備考3）

各備考：2006 WHO Guidelines Vol. 3: page 40 (1), page 44 (2), page 42 (3) page 45 (4) 参照

### 補足 5.4 農業および水産養殖における化学物質と SSP

農業利用において最も疾病を引き起こしやすい危害因子は、排泄物に関連する病原体（腸蠕虫や住血吸虫を含む）、皮膚刺激物、生物媒介性病原体である。化学物質によるリスクは低いと考えられ、農業の下水利用による曝露と関連付けるのは困難であろう。なぜなら、化学物質による曝露影響は、たいてい長期間にわたり累積するからである（2006 WHO Guidelines Vol. 2, 8）。

水産養殖において、魚および野菜に対して考えられる検証監視の背景および手引きについては2006 WHO Guidelines (Volume 3 Section 3.3 and Volume 3 Section 4.1.3) を参照されたい。

通常、下水中の潜在的な毒性化学汚染物質に曝露する際の主要経路は、食物連鎖による伝搬である（2006 WHO Guidelines Vol. 2, 73）。付録3に、検証プログラムで用いることもある、土壌、魚、野菜に含まれる毒性化学物質の許容濃度を示す。この表では、土壌中の化学物質許容濃度は、その濃度以上になると食物連鎖を通じてヒトへの汚染物質の伝播が生じ得る濃度を示す。

無機物に関しては、廃水で灌漑した土壌中の濃度は、廃水を連用するごとに徐々に高くなる。しかし、インドでは、生活排水で灌漑した作物への重金属の蓄積は、同じ場所で約30年間、廃水が灌漑利用されてきたにも関わらず許容レベル未満であることが確認されている（Mara 2004, 245）。

一方で、有機成分に関しては、多くの場合、算出された閾値濃度に達するまで土壌に蓄積する可能性は小さい。というのも、廃水中の典型的な濃度が非常に低いためである。2006 WHO Guidelines (Vol. 2, Sections 4.6 and 8.1) に、より詳細な記述がある。

国の規則および基準も参照すべきである。

## 補足 5.5 専門的評価

### 健康影響評価

SSP は、新規の大規模な衛生政策の計画や設計に用いることを意図していない。これらの場合、健康影響評価（HIA）など専門的な調査研究を用いることにより計画を補完できるであろう。HIA は、開発によって生じる環境的または社会的、あるいはその両方の健康要因における変化が加速するなかで、脆弱なコミュニティの健康を守るためのツールである。WHO は、HIA を「政策、プログラムまたはプロジェクトが、ある集団の健康に与える潜在的影響、およびその集団内での影響分布を判断しうる手順、方法およびツールを組み合わせたもの」と定義している（European Centre for Health Policy, 1999）。HIA は、意思決定に影響を与えることを最重要目標とした学際的かつ総合的アプローチを採用しており、健康に対する悪影響を最小限に抑え、よい影響を強化することができる。HIA は、幅広い健康要因および健康成果について考察し、通常、定性的および定量的手法を組み合わせることにより、結果的に緩和手段を導き出す。この工程全体への利害関係者の関与が、HIA には不可欠である。

新規の大型な衛生政策の計画と設計に対して、HIA は公衆衛生の観点から最適な衛生システムの選択肢を選定する際、一助となり得る。さらに、HIA は、ライフサイクル（すなわち、建設、運用、閉鎖）を通してプロジェクトの潜在的な、場合によっては非意図的な健康影響を系統的に同定する。HIA の主要成果は、①衛生政策の設計への情報提供、②健康への影響緩和および強化手段、③確固としたベースラインの記述（これを用い衛生政策が及ぼす公衆衛生への影響の将来的な監視および評価に対する基準を設定する）などである。

システムの運用者により主に実施される SSP とは対照的に、HIA は公衆衛生専門職により実施される。詳細情報は、2006 WHO Guidelines Vol. II, Annex 3 および本マニュアルの「関連文献」に掲げる WHO HIA ホームページに記載されている。

### 定量的微生物リスク評価

定量的微生物リスク評価（QMRA）は、異なる曝露経路における特定の微生物学的危害因子によるリスクを評価するのに用いられる手法である。ある特定集団（例：作物の灌漑に下水処理水を利用している農業従事者など）における疾病調査のための疫学研究を補完するのに用いることができる。また、QMRA は、健康に基づく目標の設定手法として用いることもできる。これらの目標に基づき、衛生システムに関わる許容可能な疾病負荷を国レベルで定める。システムレベルでは、QMRA は、健康に基づく目標の達成に必要な病原体の除去性能をモデル化する評価および検証ツールとして用いることができる。

多くの場合、QMRA はシステムの運用者の裁量を超え、公衆衛生の専門家によって実施されるものである。詳細情報については、Haas et al. (1999) および WHO (2011) を参照されたい。



**補足 5.6 監査の際に考慮すべき事項の確認**

- 重大な危害因子および危害事象はすべて同定されているか。
- 適切な制御手段が含まれているか。
- 適切な運転監視手順が設定されているか。
- 適切な（運転）管理限界または許容限界が定められているか。
- 是正措置が同定されているか。
- 適切な検証監視手順が設定されているか。
- ヒトの健康に対して最も障害になると予測される危害事象が同定され、適切な処置が講じられているか。

ツール

| ツール 5.1 運転監視計画概要テンプレート |   |
|------------------------|---|
| 衛生工程                   | <p>詳細な運転監視計画を伴う制御手段</p> <p>(手順: 詳細な運転監視計画を必要とする制御手段を記載の上、それぞれにツール 5.2 を用いる)</p> |
| 廃棄物発生                  |   |
| 廃棄物移送/輸送               |   |
| 廃棄物処理/加工               |   |
| 廃棄物再利用または副生成物の処分       |   |
| 生産物の消費または利用            |   |

| ツール 5.2 運転監視テンプレート                              |                    |  |                  |
|---|--------------------|--|------------------|
| <b>堆肥場における運転監視計画</b>                            |                    |  |                  |
| <p>運転監視計画の監視対象:</p> <p>(制御手段の簡単な説明を記述する)</p>    |                    |  |                  |
| 管理限界<br>(備考参照)                                  | 制御手段の運転監視<br>制御手段: |  | 管理限界を逸脱した場合の是正措置 |
|   | 何を監視するのか           |  | どのような措置を講じるべきか   |
|   | どのように監視するのか        |  |                  |
|   | どこで監視するのか          |  | 誰が措置を講じるのか       |
|   | 誰が監視するのか           |  | いつ措置を講じるのか       |
|   | いつ監視するのか           |  | 誰に措置を報告する必要があるのか |
| 備考: 監視点がこの限界(値)の範囲外の場合、制御手段は意図された通り機能していないとみなす。 |                    |  |                  |

**例**

**例 5.1 技術的手順を監視するための運転監視計画：ベトナムの堆肥場**

|                                   |   |                       |                          |                       |
|-----------------------------------|---|-----------------------|--------------------------|-----------------------|
| 運転監視計画の監視対象：<br>(制御手段の簡単な説明を記述する) |   | 作業員および責任者の技術的手順の監視    |                          |                       |
| 管理限界<br>(備考参照)                    | 制御手段の運転監視<br>制御手段：処理場（安定化池）。<br>熟成池を含む。 |                       | 管理限界を逸脱した場合の是正措置         |                       |
| 技術的手順に<br>100%準拠                  | 何を監視するのか                                | 作業と手順                 | どのような措置<br>を講じるべきか       | スタッフへの口頭注<br>意および記録   |
|                                   | どのように監視する<br>のか                         | 観察                    |                          |                       |
|                                   | どこで監視するのか                               | 現地                    | 誰が措置を講じ<br>るのか           | 品質保証部門のスタ<br>ッフおよび責任者 |
|                                   | 誰が監視するのか                                | 品質保証部門のスタ<br>ッフおよび責任者 | いつ措置を講じ<br>るのか           | 24 時間以内               |
|                                   | いつ監視するのか                                | 少なくとも月に一回、<br>不規則     | 誰に措置を報告<br>する必要がある<br>のか | 品質保証部門への<br>月間報告      |

備考：監視点がこの限界（値）の範囲外の場合、制御手段は意図された通り機能していないとみなす。

**例 5.2 検証監視サンプリングプログラム：ベトナムの堆肥場**

| 試料採取地点                            | 試料採取回数<br>／3 カ月 | パラメータ      |
|-----------------------------------|-----------------|------------|
| 公衆トイレ周辺の土壌試料                      | 3               | 大腸菌<br>蠕虫卵 |
| スラッジ処理場の受入タンクのスラッジ                | 2               |            |
| 最終沈殿における下水試料                      | 2               |            |
| 沈殿物試料                             | 2               |            |
| 堆肥化の各段階におけるバキュームタンカーのパイプロの水<br>試料 | 2               |            |
| 堆肥化の最終生成物                         | 2               |            |

備考：2006 WHO Guidelines では、この例に適用できるような検証監視の推奨最小頻度については解説していない。現地の SSP チームにより、地域状況および資源に適合する頻度について独自の判定を行った。

例 5.3 仮想の（衛生システムにおける）検証監視計画

| 衛生工程                     | 検証監視   |   |        |               |             |
|--------------------------|--|---|--------|---------------|-------------|
|                          | 何を   | 限界  | いつ     | 誰が            | 手法          |
| 廃棄物発生                    | 下水施設への工業廃水の流入量と水質  | 現地規則に準拠   | 継続中    | 下水処理企業または規制当局 | 年次報告書       |
| 廃棄物輸送                    | 年間の氾濫回数  | 現地の状況および主たる背景データに依存                                 | 毎年     | 下水処理企業または規制当局 | 年次報告書       |
| 廃棄物輸送：<br>危険箇所における柵や警告標識 | 水路に転落した事故の事例   | なし  | 毎年     | 下水処理企業または規制当局 | 年次調査        |
| 廃棄物処理                    | 下記に対する灌漑用水の水質検査（処理場の処理水水質）<br>● 大腸菌<br>● 蠕虫卵             | $\geq 10,000/100\text{ml}$<br>$\geq 1/100\text{ml}$ | 月に2度   | 下水処理場運用者      | 標準試験法       |
| 廃棄物の活用                   | 農業従事者の健康状況<br>● 蠕虫感染症を有する農業従事者およびその家族の割合（%）<br>● 皮膚感染の発生 | 健康上の許容限界は現地の状況および主たる背景データに依存                        | 毎年     | 地方保健部門        | 年次調査        |
| 廃棄物の活用                   | 土壌の化学汚染物質  | 土壌における許容限界：付録3参照                                    | 2年ごと   | 保健部門または農業部門   | 試料採取および試験調査 |
| 廃棄物の活用／タイムラグ             | 収穫および販売時点の植物の病原微生物濃度                                     | 国の基準により、野菜1グラムあたりに虫卵や大腸菌が存在しない                      | 3カ月に1度 | 保健部門：衛生・食品安全課 | 試料採取および試験調査 |
| 農産物の調理と消費                | 市場および食堂での衛生的な食品調理場の微生物試験および製品試験                          | 国の基準により、野菜1グラムあたりに虫卵や大腸菌が存在しない                      | 毎年     | 保健部門：衛生・食品安全課 | 調査          |
| 農産物の調理と消費                | 家庭での食品調理を制限する措置の発生                                       | 国の基準により、野菜1グラムあたりに虫卵や大腸菌が存在しない                      | 毎年     | 保健部門：衛生・食品安全課 | 年次調査        |

## モジュール 6 支援プログラムの策定と計画の見直し

| モジュール番号                   | アウトプット   |
|---------------------------|--|
| 6.1 支援プログラムと管理手順の同定と実施    | <ul style="list-style-type: none"> <li>SSP アウトプットの実施を改善する支援プログラムと管理手順</li> </ul> |
| 6.2 定期的見直しと SSP アウトプットの更新 | <ul style="list-style-type: none"> <li>内部および外部変化に応じた最新の SSP アウトプット</li> </ul>    |

### モジュール 6 の概要

モジュール 6 では、SSP の義務を果たすために、人々の技術および知識の開発、組織の能力開発と組織力向上を支援する。既存のプログラム（訓練など）は、SSP の目的に貢献する程度をふまえて、見直される場合もある。

モジュール 6.1 は、SSP の運用が、明確な管理手順、研究およびスタッフの訓練プログラム、特に大規模または複雑なシステムにおいては、主要利害関係者への情報伝達によって確実に支持されていることを保証する助けとなる。

モジュール 6.2 では、動的環境において SSP が機能することを確認する。つまり、新たな制御を実施する際は、新たな、または出現しつつある危害因子や危害事象を分析するために、SSP のアウトプットを定期的に見直すべきである。

支援プログラムの策定や定期的な見直しを行うことで、SSP が、現行の、または予想される運用状況に、常に即し、対応していることを保証する。

### 6.1 支援プログラムと管理手順の同定と実施

支援プログラムは間接的に衛生の安全を支援する活動であるが、制御手段を適切に運用する上でも欠かせないものである。支援プログラムの重要な側面の一つは、あらゆる利害関係者との健康上の課題に関するコミュニケーションである。

支援プログラムは、訓練、コミュニケーション、研究のみならず、組織の法律順守義務を理解するためのプログラムといった法令に関する面など、あらゆる活動に及ぶ（例 6.1 と例 6.2 を参照されたい）。

管理手順書（補足 6.1 を参照）とは、通常の運転状況下、および、運転監視パラメータが（運転）管理限界に達した場合、または違反した場合の是正措置として、行うべき工程あるいは措置を記載した書面による手順書である。これらは、しばしば標準作業手順（SOP）と呼ばれる。更に、緊急管理手順も策定されるとよい。

場合によっては、主導機関が支援プログラムを行い、または専門的な面は他の機関に割り振る。

### 6.2 定期的見直しと SSP アウトプットの更新

SSP は、定期的に、計画的な見直しと改定を行うべきである。見直しでは、それまでに行われた改善、運用状況における変化、衛生システムに関連する健康リスクについての新たな

証拠などを考慮する。定期的な見直しに加えて、以下の状況においても、SSPは見直すべきである。

- 事故後、非常事態後、またはニアミス事故後
- システムの主要改善後または変更後
- 監査後または評価後（その結果や提案を盛り込む）

ペルーの SSP において見直しのきっかけとなった例を例 6.3 に示す。

## 補足

### 補足 6.1 管理手順

全てのシステムにはその運転方法についての手順書が必要である。管理手順書（例：標準作業手順書など）やマニュアルは、ポンプや処理工程などシステムにおける個々の技術的な要素ごとに利用可能にしておくべきである。また関連情報も利用でき、適切に保管されていることが重要である。

以下のような理由から、運転・維持・検査手順の文書化は重要である。

- 作業員や後方支援員が何をいつどう行動すべきか知り、自信をつける助けとなる。
- 一貫した、効果的な任務の遂行を支援する。
- 知識と経験を記録する。そうしなければ、スタッフの変更時にその知識や経験を失うおそれがある。
- 新規作業員の訓練時や能力開発の助けとなる。
- 継続的な改善の基盤を形成する。

システム運用に必要とされる技術的情報に加え、管理手順書は、緊急時も含めた衛生システムのあらゆる面を管理する際に、遂行すべき任務の概略を記したものを作成すべきである。SSP は、これらの管理手順を立案するための重要な情報源である。また、SSP チームは、関係者すべてが衛生安全のための各役割と責任（すなわち、誰が、何を、いつ、どこで、どのように、なぜ行うか）を明確に理解できるよう徹底する必要がある。効率的な定期見直しと更新のサイクルは重要である。

さらに、日常的な監視および検査活動の手順と、そこから得た結果（モジュール5参照）も当然重要な管理情報であり、文書化する必要がある。

管理手順の例を以下に示す。

- 運転および維持管理計画
- システムの処理全般に対する手順（例：スクリーニング、曝気、ろ過、塩素処理）
- モジュール5で定めたような運転監視手順
- 衛生システムへの投入量管理に係る手順
- 廃水の品質、廃水の再利用、法的要件を監視するための日程および手順

## 例

### 例 6.1 支援プログラム例

- スタッフの訓練プログラム（例：処理場事業者、農業技術普及員、廃棄物処理者、加工業者など）
- 公衆および制度上の利害関係者への証拠と結果の提示
- 主要暴露集団への啓発と訓練による行動の変化を必要とする制御手段への遵守状況の改善
- 規則遵守につながる動機づけあるいは懲罰の提供
- 定期的な維持管理プログラム。
- 普及啓発運動
- 主要な知識または証拠の空白部解消を支援する研究プログラム
- 品質保証システムなどのスタッフの行動を管理するためのツール
- 適切にSSPを実現できる環境の陳情活動
- SSPにおける利害関係者の参加

### 例 6.2 支援プログラム：ペルーにおける農業への下水の間接利用

#### 訓練

このSSPでは、（数ある課題の中から）農業従事者に更なる訓練が必要であることに注目した。ここでは、以下について取り組んだ。

- 汚染水による灌漑がもたらす健康と環境へのリスク
- 同定されたリスク管理の手段としてのSSP
- 農業生産システムにおけるリスクの制御手法の適用
- 灌漑用水の水質改善の手段としての貯水池の建設
- 必要とされる水質の実現を担保するための貯水池の適切な管理
- 貯水池における安全な魚の生産
- 野菜作物用の効率的かつ安全な灌漑施設
- 効果的な肥料管理および帯水層の保護
- 収穫した農作物の衛生的取扱。洗浄および出荷
- 水質監視および農作物監視プログラムの支援

#### 研究

以下のような追加的な研究が同定された。

- 土壌や草から検出された回虫と糞線虫（蟯虫）の幼生がヒトに寄生するかどうかの確認
- 緑地や農地から検出されたさまざまな土壌および草汚染物質、特に耐熱性大腸菌群や寄生虫に対する最大許容限界の設定
- 異なる季節における滞留期間および排水管理に応じた、野菜の灌漑に必要とされる水質を満たすための貯水池の効果的な利用



**事例 6.3 SSP レビュー：ペルーの大規模公共公園における緑地への下水処理水の直接灌漑利用**

**以下のような事象後の見直し**

- 沈砂池や汚泥廃棄施設からの未処理下水および固形物質の頻繁な漏出
- 公園の来訪者、近隣、病院へ不快感を頻繁に与える悪臭ガスの大量放出
- 公園の緑地への灌漑に利用する、処理場からの排水における大腸菌や寄生虫濃度の著しい増加
- 処理場で生成される汚泥が速やかに処理できないことによる過剰な蓄積
- 舟遊び用湖の魚の死 深刻な状況を示しており、来訪者に対して湖を閉鎖する必要がある
- 

**以下のようなシステムの改良や重大な変更後の見直し**

- 下水処理工程の変更
- 下水処理水の貯水池として舟遊び用湖を利用するなど、灌漑施設における重大な変更

## 引用文献

Amoah P et al. Low-cost options for reducing consumer health risks from farm to fork where crops are irrigated with polluted water in West Africa. Colombo, Sri Lanka, International Water Management Institute (IWMI), 2011

European Centre for Health Policy Health impact assessment: main concepts and suggested approach. Gothenburg consensus paper. Copenhagen: WHO Regional Office Europe, 1999

Haas C, Rose J, Gerba C Quantitative microbial risk assessment. New York, John Wiley, 1999

Kato S, Fogarty E, Bowman DD. Effect of aerobic and anaerobic digestion on the viability of *Cryptosporidium parvum* oocysts and *ascaris suum* eggs. International Journal of Environmental Health Research, 2003, 13(2): 169–179

Kengne IM, Akoa A, Kone D. Recovery of biosolids from constructed wetlands used for faecal sludge dewatering in tropical regions. Environmental Science and Technology, 2009, 43 6816–6821

Kone D et al. Helminth eggs inactivation efficiency by faecal sludge dewatering and co-composting in tropical climates. Water Research, 2007, 41:4397–4402

Mahassen M et al. Performance evaluation of a waste stabilization pond in a rural area in Egypt. American Journal of Environmental Sciences, 2008, 4: 316–325

Mara D. Domestic wastewater treatment in developing countries. London, Earthscan, 2004

Nielsen S Helsing sludge reedbeds systems: Reduction of pathogenic organisms. Water, Science and Technology, 2007, 56(3):175–182.

Stenström TA et al. Microbial exposure and health assessments in sanitation technologies and systems. Stockholm, Stockholm Environment Institute, 2011

Thompson T, Fawell J, Kunikane S, Jackson D, Appleyard S, Callan P et al. Chemical safety of drinking-water: assessing priorities for risk management. Geneva, World Health Organization, 2007

([http://whqlibdoc.who.int/publications/2007/9789241546768\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2007/9789241546768_eng.pdf))

USEPA Sewage sludge use and disposal rule (40 CFR Part 503), Publication Number 822F92002. USA, United States Environmental Protection Agency, 1992

WHO Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Geneva, World Health Organization, 2006

([http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/wastewater/gsuww/en](http://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/gsuww/en))

WHO Guidelines for drinking-water quality, fourth edition. Geneva, World Health Organization, 2011 ([http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/en/))

## 関連文献

- Bartram J, Corrales L, Davison A, Deere D, Drury D, Gordon B et al. (2009). Water safety plan manual: step-by-step risk management for drinking-water suppliers. Geneva, World Health Organization.
- Bartram J, Fewtrell L, Stenström T (2001). Harmonised assessment of risk and risk management for water-related infectious disease: an overview. In: Fewtrell L, Bartram J, editors. Water quality: Guidelines, standards and health. London, IWA Publishing, 1-16.
- Campos L, Parkinson J, Ross P, Nasir Z, Taylor H (in press) Rapid participatory sanitation system risk assessment development and application. Environment & Urbanization.
- Emory University. Sanipath rapid assessment tool. Atlanta, Emory University Centre for Global Safe Water, 2014. (<http://www.sanipath.com>, accessed 23 January 2015).
- Fuhrmann S, Winkler M, Schneeberger P, Niwagaba C, Buwule J, Babu M et al. (2014) Health risk assessment along the wastewater and faecal sludge management and reuse chain of Kampala, Uganda: a visualization. Geospatial Health, 9:251-255 (<http://www.geospatialhealth.net/index.php/gh>, accessed 15 January 2015).
- Scheierling S, Bartone C, Mara D, Drechsel P (2010). Improving wastewater use in agriculture: an emerging priority. World Bank (Working paper WPS5412) (<http://hdl.handle.net/10986/3897>, accessed on 11 December 2014).
- Strande L, Ronteltap M, Brdjanovic D, editors (2014). Faecal sludge management systems approach for implementation and operation. London, IWA Publishing ([http://www.eawag.ch/forschung/sandec/publikationen/index\\_EN](http://www.eawag.ch/forschung/sandec/publikationen/index_EN), accessed on 15 January 2015).
- Tilley E, Ulrich L, Lüthi C, Reymond P, Zurbrügg C (2008). Compendium of sanitation systems and technologies, 2nd revised edition. Switzerland, Eawag Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology ([http://www.eawag.ch/forschung/sandec/publikationen/index\\_EN](http://www.eawag.ch/forschung/sandec/publikationen/index_EN), accessed on 15 January 2015).
- WHO HIA website. Geneva, World Health Organization (<http://www.who.int/hia/en/>, accessed 15 January 2015).
- WHO Water safety planning for small community water supplies: Step-by-step risk management guidance for drinking-water supplies in small communities. Geneva, World Health Organization, 2012 ([http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/2012/water\\_supplies/en/index.html](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2012/water_supplies/en/index.html), accessed on 19 December 2012).

## 運用事例：ニュータウンの衛生安全計画 (SSP)

本章は、サントラ共和国という架空の国家内にあるニュータウンという小規模の地方自治体を舞台に、SSPの仮説的な事例を示すものである。サントラ共和国は熱帯気候地帯にある中所得国である。ニュータウンは人口約50,000人の大規模な主要都市の郊外に位置する町である。水供給はニュータウンのはるか上流にある地表水水源から行われている。当地域では周期的に集中豪雨が起る。近年、人口増加や都市化、水ストレスにより、廃水を再生利用した灌漑用水や栄養塩類の需要が増加しているが、廃水の再利用に対しては、廃水を再生利用した灌漑用水で育てた作物の安全性と、地方自治体が管理する下水処理施設の作業員や農業従事者の労働衛生などの懸念が生じている。こうした背景の下、国と市当局からの要請に応じてニュータウン自治体当局はSSPの作成に着手した。

ニュータウンの事例は、資源に限られた状況で廃水を再利用する際に採りうる報告形式と典型的な状況を示すことにより、SSPの各モジュールの内容を解説するものである。本章はニュータウンでのSSPのダイジェスト版であり、ニュータウンでのSSPの開発経験を細部に至るまでカバーしているわけではない。

SSPの行程は各々の状況に適するよう策定されるため、本章の詳細と結論はほんの例にすぎない。

本計画を立案するにあたりSSPチームが直面した事柄を示すため、SSPチームの会話という形式の補足を適宜掲載している。

## モジュール 1 衛生安全計画の準備

### モジュール 1.1 優先地域や優先活動の設定

**優先地域：** サントラの典型的な町とみなすことができ、地域の管理生産能力が比較的良好で、得た教訓を広く他の町へ展開することができる。

**運営委員会：** 運営委員会はサントラの保健省、地方自治団体、農業省とニュータウンの自治体議会から成る。

農業省の運営委員会への参加は本当に有意義なこととなるでしょう。

### モジュール 1.2 目的の設定

**SSPの目標：** 4つの目標を設定した。

- 消費者の健康を守るために、廃水を利用した灌漑用水で育てた作物の安全性を保証すること。
- 灌漑目的で廃水に曝露したり廃水を使用したりする、地域住民や農業従事者の健康を保護すること。
- 非公式又は公式の地方自治体の下水処理施設の作業員の健康を守ること。

- ニュータウンの衛生設備への優先的な投資を援助すること。

### モジュール1.3 システム境界および主導組織の決定

**SSPの境界と廃棄物の経路:** 下水処理場の区域（下水道網と施設内設備のし尿汚泥収集含む）、処理場、下流の農作地帯  
**組織の先導:** ニュータウンの下水処理事業者

### モジュール1.4 チームの編成

**主要関係者:** 農業従事者の協同組合を SSP チームに加わるべき主要関係者として特定した。SSP チーム  
 全員のリストと各々の役割を下記の表に示す。

表 1.1 ニュータウン SSP チームの構成

| 代表                          | SSP チームでの主な役割            |
|-----------------------------|--------------------------|
| 衛生システム事業者 - 上級管理者           | チームリーダー                  |
| 衛生システム事業者 - 運転管理者           | 下水収集処理場のプロセスとデータ管理       |
| バキュームカー事業者                  | 糞便汚泥収集と処分                |
| 農業従事者の協同組合                  | 農地内業務の危害因子管理と出荷までの生産物取扱い |
| 地域の衛生局職員                    | 公衆衛生/食品衛生                |
| 疫学者 - サニトラの公衆衛生分野の大学        | リスク評価への専門的な助力            |
| 農業従事者や地域のコミュニティーと協働している NGO | 教育/コミュニケーション             |
| 水システム事業者                    | 地域の水供給関連                 |

ブレインストーミング式の会議で主要関係者の範囲を特定しました。チームメンバーを決定する際に、ツール 1.1.1 が非常に役立つことに気づきました。

ツール 1.1.2 をフル活用しましたが、ここでは主要な 2 列のみ記載（個人名や連絡先は記載しません）。

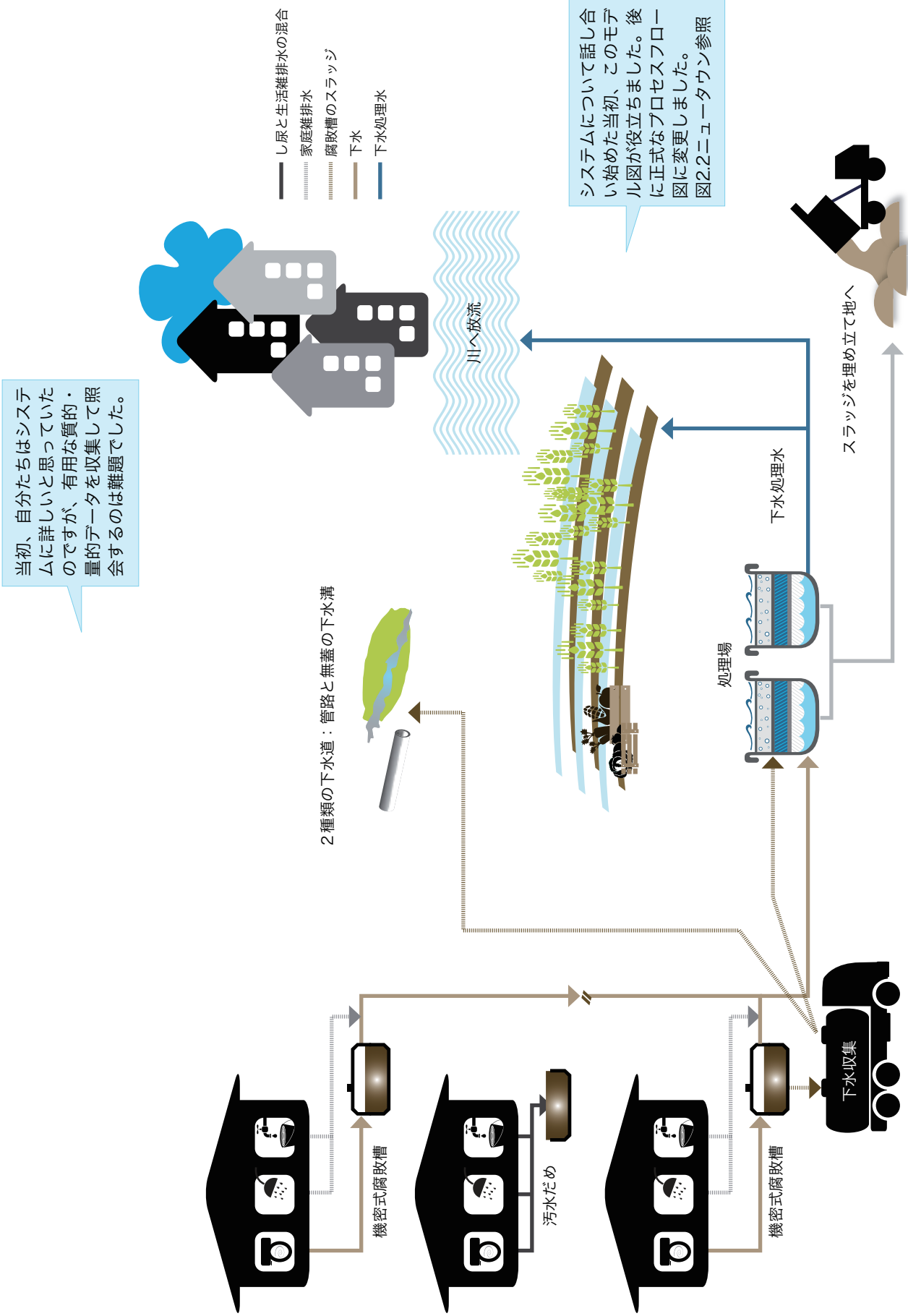


図 2.1 ニュータウン 設計モデル

これはモジュール 2.1 で採用したプロセスフロー図です。システム情報を照会する際、図のプロセス・輸送の番号(P1、P2、T1、T2等)が役立ちました。モジュール 2.3 で曝露集団を加え、モジュール 3.2 で微調整しました。

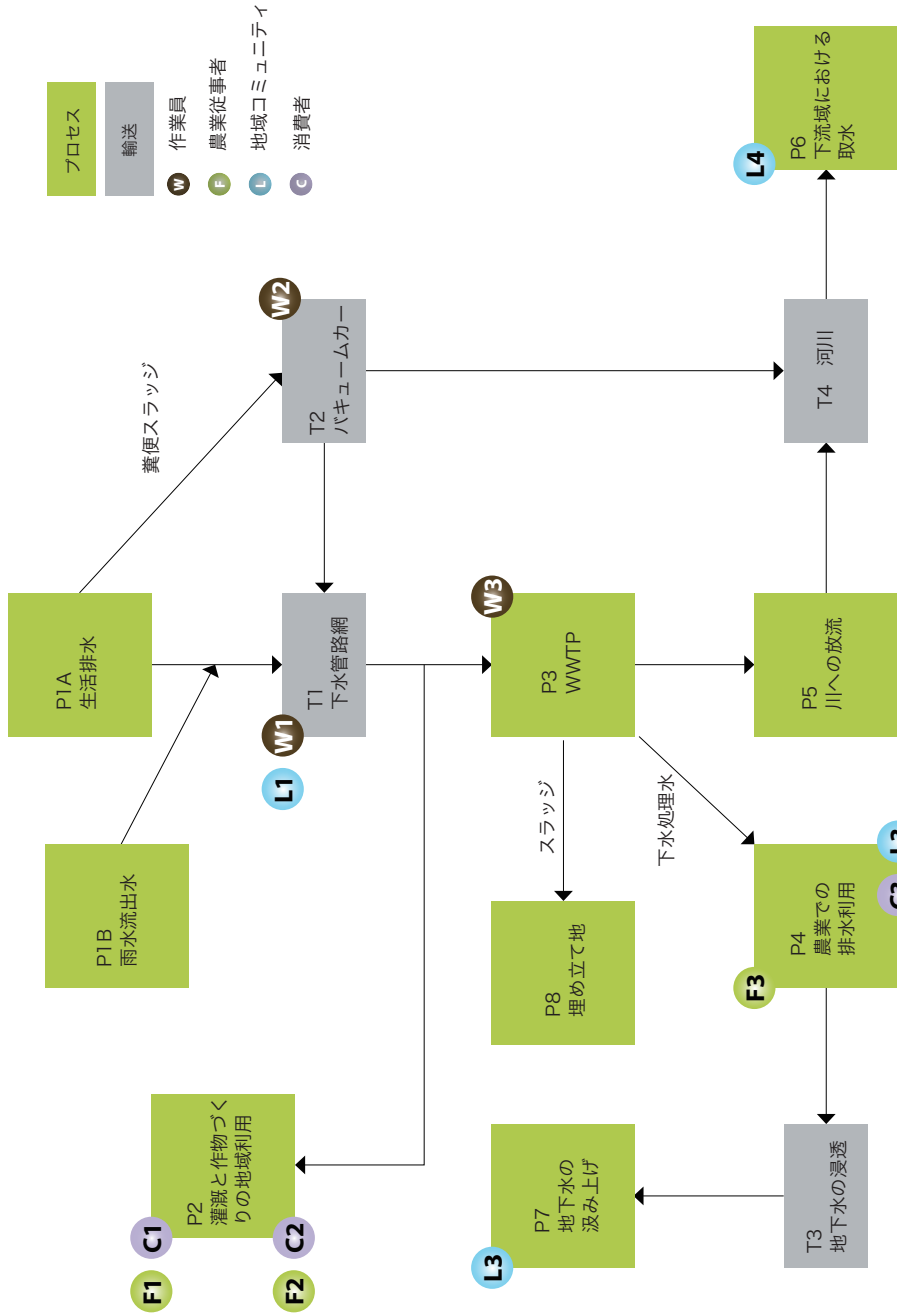


図 2.2 ニュータウン プロセスフロー図



**汚泥**

この説明は、プロセスフロー図に記した各プロセスの要点を参考にしています。

**P1A、P1B：廃棄物の発生と暴風雨水の発生**

ほぼ全家庭（総数：約 11,000）が、タンク付き水洗便所または現場の腐敗槽に排水する注水式水洗便所を有する。腐敗槽の排水は、固形物を含まない（一般的な流量や小口径管でも知られる）下水道網システムへ流す。他設備の家庭雑排水は地区の下水道へ直に流す。

家庭によっては排泄物と家庭雑排水を溜める汚水だめを有している。この汚水だめは下水道と接続しておらず、液体を地下水へ直に流す。野外排泄はこの地域では廃止されている。

産業用地は、自ら排出する一般廃棄物を除き下水道とは接続していない。工場排水が生じる主要産業はない。病院等はニューターウンの下水システムとは別に廃棄物の妥当な管理ルーティンを有する。

当処理場の入口の平均的な晴天下水量は約 4,000m<sup>3</sup>/日である。

雨季の期間に都市域から降雨流出水が生じる。流出水に悪影響を及ぼす汚染源は、家畜の糞便排泄物もその一因の可能性があるが主に自動車と固形廃棄物である。濃度と処理水量は短時間で大幅に変わる。

**T1：下水道網**

下水を集約型下水処理場へ輸送する。下水道は次の 2 種類となる。

- (1) 管路：下水はほぼ重力で流下するが、続く重力管へと下水を揚水するためいくつか小規模の下水ポンプ場がある。

- (2) 無蓋の下水溝と開水路

ニューターウンの土木工学部門に勤める作業員がシステムの維持管理と補修を行う。

管路も開水路も暴風雨流出により被害をたびたび被っている。

資源に限りがあるため、この管理は理想的ではありません。

特に下水道網に隣接した低地エリアでは周期的に氾濫が起っています。

下水溝はコミュニティーを巡っており、地域の人々やごみ収集作業員がよく固形廃棄物を水路へ投げ込みます。

管路も水路もよく閉塞が起きます。

管路で水供給が行なわれているにもかかわらず、浅井戸を水供給によく使う家もあります。

**P2：灌漑と作物づくりを目的とした地域での利用**

未処理の廃水を使用し、水路でヨウサイやマコモを育てる人々 (F1) がいる。果樹の灌漑用に未処理の下水を汲み上げる人々 (F2) もいる。

**T2：バキュームカーによる腐敗槽の汚物収集と輸送**

5、6年ごとに居住者の腐敗槽から糞便汚泥を除去している (すなわち、約2,000家屋/年)。これは機械式バキュームカーで行う。車輻は無認可可である。

**P3：下水処理場**

これは廃水安定化池の処理システムであり、地域のコミュニティから若干離れている。

初めの2つの(嫌気性、通性)池での水理学的滞留時間は設計パラメータの平均値をはるかに下回る。池の最後の工程(熱成池)は迂回している。

廃水安定化池からスラッジを定期的に除去し、乾燥させるため処理場の敷地で貯蔵している。乾燥した汚泥は地方自治体の埋め立て用地へ時折移す。処理場の既存容量は約3,000 m<sup>3</sup>/日である。

地域のコミュニティは処理場の所在地から離れている。

**P4：農業での廃水利用**

農業従事者は廃水を多少使用する。灌漑は次のような形で行われる。

- 畝間を開放する。
- 人力で展開する (例：範囲は限定されるが、ヒシヤクやその他ジョウロ等の労働集約型給水システム)。
- より節水になると考え、試験的に散水灌漑システムが進行中である。

栽培作物はサラダ用(タマネギ、ニンジン、レタス、トウガラシなど加熱調理せず食べる野菜)を含みます。農業従事者が約50人おり、農地で次のようなものを作ります。

- 農業従事者自身が食べる
  - 食事に地域のコミュニティへ売る
  - 何千人もが買って食べる、近隣の地方都市へ売る
- この広大な市場は重要とみなしています。

排水の残り(灌漑に用いない)は小川に流しています。

現地を訪れ地元の人々と話した時、この目的のために水路をわざと封鎖していました。

腐敗槽へのスラッジ投棄が規制されていない状態であることを観測して確かめました。下水処理場行きのもものもありませんが、主流へ流れ込む付近の水路へ直に投棄されているものもありました。汲み取り作業時、部分的な小さい漏れが幾度か報告されていますが、作業員はそんな時の対処方法を心得ていません。

処理場の詳細な分析(例：構成材、設計容量、管理に関する沿革、流量記録、流入下水・排水データ検査)を更にまとめましたが、ここには表示していません。

SSPの作成にあたり処理プロセスに関して助言しようと、地域の大学を利用しました。

熟成池が迂回されているという問題を特定するのははらだたしかったです。しかし運用履歴は紛失しており、システムの組織沿革がわからずにあるのみでした。

大学職員は「現在の運営方法の処理場は国家規制を満たしていない」と教えてくれました。モジュール3では調査の一環として、処理場が病原体の約1.7log減少を達成したことを彼らのおかげで知りました。the 2006 WHO Guidelines for Safe Use in Agricultureの推奨

農業従事者の子供も放課後に農地を手伝います。集中討議により、農業従事者と子供はこの水の使用に関してリスクがあると知らないことがわかりました。

SSPの一環として農業従事者とその家族の病歴を調べ、農業従事者と(バリデーショナル)プロセスの一部として話し合いました。この調査と農業従事者との話し合いにより、次のようなことがわかりました。

- 腸管系(腸内)疾患が一般的であり、特に降雨の後はそのようである。
- 寄生虫感染(例：ヒト回虫)も非常に一般的であり、農業従事者とその家族間で非常に保虫率が高い。
- 農業従事者はたびたび蚊由来の感染症(例：マラリア)にもかかり、接触皮膚炎の腫疹のような皮膚疾患を訴えている。

これはモジュール 2.4 の一環として、潜在的な健康問題を把握するため行った追加検査の抜粋です。農業従事者の近くに住む地域コミュニティに健康検査を行い、風下に住むコミュニティの人々が次のような苦情を訴えていることがわかりました。

- 散水式灌漑から漂うエアロゾル（バフファアゾーンなし）
- 農地からたびたびする悪臭
- 近くの農業従事者の使用地から来るという蚊

中には周りのコミュニティから来て農地で遊ぶ子供もおり、コミュニティ内でも鉤虫の症例が幾つか発見されています。農地の生産物は、複数の小売業者や仲卸業者を経由して都市の食料品店に並びます。そのため生産物が一旦農地を離れると、その生産物を食べる広域圏の住民にとって生産物の流通経路をたどるのは至難の業であることを確認しました。

この供給元の生産物を使い食事を作る際、消費者は何ら特別な注意を払っていません。その実、買っている農産物の供給元の差異に大勢が気が付きません。使用場を観測したところ、生食か（例：レタスやトマト、タマネギ、ニンジン）食前に調理するかに関係なく、せいぜい非常に大雑把に洗うだけであることが明らかになりました。

保健省は、特に大都市の訪問者間に持続的なサイクロスポーラの感染問題があると考えられると報告しました。先日、保健省は約 15% の市場の製品と農作物にサイクロスポーラ属のオーシストの存在を確認しました。他種の感染が疑われますが、役立つ既知のデータはありません。

### P5、T3、P6：川への処分、地下水の浸透、下流域での水利用

小川の下流域で正式及び非公式の娯楽利用はない。

### P7：地下水の汲み上げ

ニュータウンの水供給システムから外れているため、農地の近隣と隣接する地域のコミュニティは地下水を貴重な水源として用いている。

### P8：埋め立て地

処理場で生じた汚泥を埋め立て用地に貯蔵している。用地では汚泥の投棄専用エリアを設けている。

25 キロほど離れた下流域で、小村（村 A）がこの水を飲料水源と灌漑に使用しており、村の水供給を運営するサニトラの水供給部門と話し合いました。この村には行き届いた水安全計画（WSP）がありません。その WSP にある村 A の集水域を制御する施策の一環として、ニュータウンの排水の質を改善してもらうため、ニュータウンに交渉を重ねています。村 A には水処理場もあります。

### モジュール 2.2 廃棄物画分の特性評価

一般的な廃棄物の特徴は上述した通りである。より具体的には、廃棄物の流れは次のようなものから成る。

- 腐敗槽の排水—主に水や排泄物、尿から成る。住民の大部分が肛門洗浄に水を用いるため、この流れの中で肛門を清潔にする乾燥性の用品は限られている。
- 家庭雑排水—バスルームと台所から生じる家庭用水全て。
- 腐敗槽の汚泥腐敗槽の底部に沈殿した固形物と水。肛門の洗浄用品や女性衛生用品、鋭利な物等を含みうる。
- 暴風雨水—都市降雨流出水等の表流水。栄養塩類、金属、病原体、有機物（酸素を必要とする物質）、炭化水素、家畜の排泄物、固形廃棄物等の多様な希釈された構成要素を含む。

モジュール 2.1 に記した通り、医療廃棄物と産業廃棄物の量はごく限られていると予想できる。

### モジュール 2.3 潜在的曝露集団の特定

曝露集団の初期特定をプロセスフロー図に示す。ツール 2.1 で記した通り、図は作業員 (W)、農業従事者 (F)、地域コミュニティー (L)、消費者 (C) の 4 カテゴリーより成り立つ。

モジュール 2.4 コンプライアンスおよび文脈情報収集

コンプライアンスと文脈上の情報を照合するため、補足 2.3 を用いた。下水処理場の排水の国の基準や処理場の検査記録、健康報告書、健康記録、地方自治体の町計画データと未来成長予想、過去の気象記録、洪水の歴史やマッピング等が最も重要なデータソースとなる。留意すべき主要事項を下記表にまとめる。

関連の重要情報を我々が SSP に関するこの各書類より抜き出し、表形式で示しました。

運営委員会はニューターウンにこの規制を免除するという選択を検討しているところです。

表 2.1 ニュータウン コンプライアンスと文脈上の情報

| 重要な観察記録の概要  |   |
|---|---|
| <b>情報源</b>  |   |
| <b>基準と規則</b>  | 生物化学的酸素要求量 (BOD) と浮遊物質 (SS) の制限。100 mL 当たり大腸菌 1,000 個の制限。   |
| Sanitola national effluents standard 2010   | 蠕虫類卵の制限は有していない。施行は限られている状態である。  |
| Sanitola biosolid standards and regulations 1998  | 重金属について懸念が生じているため、下水処理場 (WWTP) で生じた汚泥の再利用はサニトラで禁止している。  |
| <b>システム管理と処理性能に関する情報</b>  |   |
| 処理場による流量と排水水質の監視結果  | ニュータウン下水部門が行った処理場記録と環境省が不定期に行った物を参照すると、BOD と SS は国の制限を常しく上回り、乾 (冷) 期は悪化していた。<br>平均的な排水水質は 100 mL 当たり大腸菌 $1.8 \times 10^5$ 個となっている。<br>データは当初の記録開始時より水質が低下したことを示しており、これは人口増加と大体の相関関係にある。 |
| 2012 Ministry of Health: "Epidemiological study on the prevalence of helminthic infections in school-aged children" | 2011 年、ニュータウンの主な 10 校で実施した横断的研究に計 300 人の学齡児 (9~14 歳) が登録された。それぞれ鉤虫 21.9% とヒト回虫 18.4% が最も一般的な蠕虫感染だった。児童の 1.5% に鞭虫感染を検出したが、どの糞便・尿サンプルにも住血吸虫卵は見られなかった。                                     |
| 人口動態と土地利用形態   | ニュータウンでは居住可能な場所が限られ、また周囲の村落地域からの人口移入があるため、ニュータウン低地の排水に欠陥がある区域で人口増加が生じている。この区域の住民は、次第に、高感受性、高齢、免疫無防備状態のコミュニティで構成されつつある。  |
| 気象等に関する変化   | 外の地域から来た季節労働者を 9~10 月の収穫期間に雇用している。<br>12~2 月の冷え込む月に廃水使用は減るが、この時期は収穫物が更に落ち込みがちである。   |

種々の廃棄物の画分に付随する潜在的な健康危害因子を同定するため、補足 2.4、2.5 を用いた。この準備段階を基に、同定した危害因子に対し追加情報を取りまとめた。

危害因子の種類について最も重要な調査結果を次のようにまとめた。

**生物学的危害因子：** 固体廃棄物や液体廃棄物の画分に様々な細菌、バクテリア、原虫の懸念が生じている。最も顕著な種である鉤虫やヒト回虫による蠕虫感染は、地域住民にとり一般的なものである（学齢児の保虫率：18～22%）。保健機関が偶発症例を記録しているマラリア（三日熱マラリア原虫）は、最も重大な媒介生物関連の疾患となる。

**化学的危険因子：** 国家環境監視計画のデータにより、ニュータウンの地表水域で重金属等の有害化学物質の濃度が国の基準値と国際基準値を下回ることが示されている。これは集水域に産業がないことを反映している。

**物理学的危害因子：** 現時点では、種々の廃棄物画分から派生する悪臭が最も重大な物理学的危害因子である。

### モジュール 2.5 システム記述のバリデーション

バリデーションは農業従事者や消費者との集中討議、処理場に関する技術的処理の参考資料、試料採取、検査を含む。

上記の情報はバリデーションプロセスの後となる。

システム確認の一環として、処理場の技術的な再検討ならびに流入下水や排水の検査に着手するため、大学の土木工学部を利用しました。潜在的な衛生問題を把握するため、衛生局は地域の衛生統計を精査し、確認作業の一部として集中討議を行いました（幾つかは上記に記載）。

液体廃棄物や固体廃棄物の流れ（補足 2.4 で挙げた通り）に関して考えることにより、メンテナンステラス作業の一環として廃水安定化池から適宜除去するスラッジに関する規制や使用プロセスについて、更に把握しなければいけないことに気付きました。

The 2006 WHO Guidelines では、地域の廃水を地方自治体が処理し、生じるスラッジについて論じられていないことに留意しました。スラッジの安全使用や処分に対する国の規制を参照しました。スラッジは承認されている埋め立て用地（ニュータウン運営）に処分しなければいけないが、投棄前に現場で 2 年保管しなければいけないと記されていました。

### モジュール3 危害事象の特定、既存の制御手段および曝露リスクの評価

#### モジュール3.1 危害因子および危害事象の特定

モジュール3.1より得た結果事例は、ニュータウンリスク評価表（表3.3 ニュータウン）の通りである。

#### モジュール3.2 曝露集団および曝露経路の精査

SSP策定の一環として、各曝露集団を精査した。この工程の一環としてツール3.1を使用し（しかし当モジュールでは表さない）、その結果、モジュール2.3で特定した曝露集団を幾つかの下位区分に分割することとなった。

表3.1 ニュータウン 曝露集団

| 曝露集団：作業者 (W)        |                         |         |
|---------------------|-------------------------|---------|
| No.                 | 曝露集団の下位区分：以下に該当する者      | 人数      |
| W1                  | 下水道網の維持                 | 20      |
| W2                  | 糞便汚泥の収集・移送              | 12      |
| W3                  | 処理場の運営                  | 10      |
| 曝露集団：農業従事者 (F)      |                         |         |
| No.                 | 曝露の下位区分 — 行動類型          | 人数      |
| F1                  | 作物を育てるため、水路を非公式に使用      | 50 + 家族 |
| F2                  | 果樹に灌漑するため、下水溝から揚水       | 50 + 家族 |
| F3                  | 処理場の排水を使用する農業従事者        | 50 + 家族 |
| 曝露集団：地域のコミュニティー (L) |                         |         |
| No.                 | 曝露の下位区分 — 行動類型          | 人数      |
| L1                  | 無蓋の下水溝と隣接する場所で居住        | 5,000   |
| L2                  | 処理場の排水を使用する農地と隣接する場所で居住 | 2,000   |
| L3                  | 処理場と隣接する場所で居住し、地下水を使用   | 500     |
| L4                  | 下流域の村                   | 10,000  |

| 曝露集団：消費者 (C) |                           |            |
|--------------|---------------------------|------------|
| No.          | 曝露の下位区分 — 行動類型            | 人数         |
| C1           | F1の農業従事者が廃水で育てた作物を消費      | > 5,000    |
| C2           | F2の農業従事者が廃水で灌漑して育てた作物を消費  | > 5,000    |
| C3           | F3の農業従事者が廃水で灌漑して育てた生産物を消費 | >> 100,000 |

モジュール3.3 既存管理手法の特定と評価

ニュータウンにおける下水処理のSSPでの制御手段の事例を、下記の表に示す。事例は補足3.4の要点を表している。

表3.2 制御手段

| 下水処理段階              | 制御手段の種類<br>(補足3.4) | 付記による現在、ニュータウンのSSPとして実施している制御手段の事例<br>(付記はニュータウンのSSPにのみ特定した内容であることに注意)   |
|---------------------|--------------------|--|
| 輸送機関、または輸送手段        | • 技術を用いない          | • 作業員に支給する個人用保護具(例：長靴や手袋)(しかし当装備の使用は観察されず)。  |
|                     | • 技術を用いない          | • 汚泥の運搬方法。腐敗槽の通常の汲み取り作業後、原則として手洗いと装備洗浄を行う。   |
| 取り扱い、または処理          | • 処理               | • 廃水安定化池(しかしニュータウンで池はほとんど機能していない)。   |
|                     | • 未処理              | • 所在地に囲いを施している。  |
| 生産物、または生産物の使用       | • 未処理              | • 無蓋の下水溝や開水路と隣接しており、未処理水を果樹の灌漑に再生利用する地域のコミュニティが育てる果樹の作物に関しては、下水に直接接触する位置から高い所で作物を育てている(果樹)、灌漑システムは散水式を使用していないため作物は未処理の排水に低曝露となるはずである。しかし、例えば採った果実を土地で蓄える場合、汚染が加えられる可能性がある。 |
|                     | • 技術を用いない          | • 主要農作業区域で育てた作物は、食事前に加熱処理するものもある。  |
| 農業従事者<br>(廃棄物の応用方法) | • 対象外              | • 特に、利用している灌漑用水の水質の悪さにも関わらず、既存の制御手段をほとんど実施していない。   |
|                     | • 技術を用いない          | • 適宜長靴を着用する農業従事者もいる。   |

農業従事者や消費者の保護に関する問題に補足4.1を用いた。よって農作業での類型は「洪水、畝間又は散水式灌漑」、農産物での問題の類型は「作物を生食している可能性がある」や「根菜類ではない野菜を加熱調理せず食す」となる。よって全体目標としての対数減少値は6であり、この総計の内訳として、3対数減少させ農業に従事する者を守ることを目的とする。

モジュール3.3の結果例はニュータウンのリスク評価表に示した通りである。

モジュール3.4 曝露リスクの評価および優先度の設定

マトリックスとツール3.3の定義を用いて、半定量的リスク評価のプロセスを採用した。リスク評価表(表3.3 ニュータウン)を参照すると、危害因子や危害曝露事象、危害因子の類型、曝露経路、既存制御手段等の事例を把握できる。

これは、既存リスクを評価する際とモジュール4で改善計画を策定する際、チームが用いた重要情報です。



表 3.3 ニュータウンのリスク評価表

注：この表はニュータウンの SSP について仮説的に表したものにすぎない。他システムの処理段階や関連する危害因子の特定、得点化は、この限りではない可能性がある。

| 下水処理段階  | 危害因子の特定                    |              |      |      | 既存の制御手段         |         |   | リスク評価 |    |   |                     | リスク評価または制御手段の有効性の判断理由  |
|---------|----------------------------|--------------|------|------|-----------------|---------|---|-------|----|---|---------------------|--|
|         | 危害事象                       | 危害因子         | 曝露経路 | 曝露集団 | 既存の制御手段の詳細      | バリデーション | L | S     | 得点 | R |                     |  |
| T1：下水道網 | メンテナンス作業中、無蓋の下水道で未処理の下水に曝露 | あらゆる微生物学的病原体 | 経口摂取 | W1   | なし（個人用保護具を使用せず） | 該当なし    | 5 | 4     | 20 | 高 | 現場訪問時、手袋使用は観察できず。   |  |
|         |                            | 鉤虫           | 経皮感染 | W1   | 長靴着用、手袋は着用せず    | 視覚判断と調査 | 3 | 2     | 6  | 中 |                     | 通常、成人が鉤虫感染した際の健康影響は些細なものである。   |
| T1：下水道網 | ポンプと配管の補修工程で未処理の下水に曝露      | あらゆる微生物学的病原体 | 経口摂取 | W1   | なし              | 該当なし    | 3 | 4     | 12 | 中 | 現場訪問時、手袋と手洗いは観察できず。 |  |
|         |                            | 鉤虫           | 経皮感染 | W1   | 長靴着用、手袋は着用せず    | 視覚判断と調査 | 2 | 2     | 4  | 低 |                     | 75%が長靴着用。通常、成人が鉤虫感染した際の健康影響は些細なものである。  |
| T1：下水道網 | 遊ぶ時、無蓋の下水道内の未処理の下水に曝露      | あらゆる微生物学的病原体 | 経口摂取 | L1   | なし              | 該当なし    | 4 | 4     | 16 | 高 | 下水道内で遊ぶ子供が見られた。     |  |
|         |                            | 鉤虫           | 経皮感染 | L1   | なし              | 該当なし    | 4 | 4     | 16 | 高 |                     | 下水道内で遊ぶ子供が見られた。特に若年層は、鉤虫感染により健康影響が生じる傾向がある。軽度の健康影響を感じる人が多い一方、疾患を経験する人もいる。ゆえに、中程度の重篤度を選択した。 |

| 下水処理段階  | 危害因子の特定                           |              |           |      | 既存の制御手段    |            | リスク評価 |    |    |    | リスク評価または制御手段の有効性の判断理由   |
|---------|-----------------------------------|--------------|-----------|------|------------|------------|-------|----|----|----|---|
|         | 危害事象                              | 危害因子         | 曝露経路      | 曝露集団 | 既存の制御手段の詳細 | バリエーション    | L     | S  | 得点 | R  |   |
| T1：下水道網 | 無蓋の下水溝へ落下して怪我                     | 体に怪我         | 無蓋の下水溝へ落下 | L1   | なし         | 該当なし       | 2     | 8  | 16 | 高  | 下水道内で子供が1人怪我をしたとの報告あり。  |
| T1：下水道網 | 洪水時、下水溝の氾濫により未処理の下水に曝露            | あらゆる微生物学的病原体 | 経口摂取      | L1   | なし         | 該当なし       | 5     | 4  | 20 | 高  |   |
| T1：下水道網 | 洪水時に無蓋の下水溝へ落下                     | 溺れ等、体への怪我    | 無蓋の下水溝へ落下 | L1   | なし         | 該当なし       | 3     | 16 | 48 | 超高 | 特に若年層は、鉤虫感染により健康影響が生じる傾向がある。軽度の健康影響を感じる人が多い一方、疾患を経験する人もいる。ゆえに、中程度の重篤度を選択した。危害事象で規定する洪水状況(規模)に関係する蓋然性は洪水状態に関係する。 |
| T1：下水道網 | 洪水時のメンテナンス中に無蓋の下水溝へ落下             | あらゆる微生物学的病原体 | 経口摂取      | W1   | 2人組での作業    | 観察と作業員への訓練 | 2     | 4  | 8  | 中  | 5年前の洪水時、子供1人が下水道内で溺死。   |
| T1：下水道網 | 下水道や下水溝から浅層地下水への水漏れによる、汚染地下水の経口摂取 | あらゆる微生物学的病原体 | 無蓋の下水溝へ落下 | W1   | 2人組での作業    | 観察と作業員への訓練 | 2     | 16 | 32 | 高  | 通常時に悪質な飲料水が存在するという記録なし。しかし、洪水時に飲料水の汚染は報告されている。  |

| 下水処理段階                           | 危害因子の特定                           |              |        |      | 既存の制御手段    |         | リスク評価 |   |    |   | リスク評価または制御手段の有効性の判断理由  |
|----------------------------------|-----------------------------------|--------------|--------|------|------------|---------|-------|---|----|---|--|
|                                  | 危害事象                              | 危害因子         | 曝露経路   | 曝露集団 | 既存の制御手段の詳細 | バリエーション | L     | S | 得点 | R |  |
|                                  |                                   |              |        |      |            |         |       |   |    |   |  |
| T1：下水道網                          | 下水道や下水溝から浅層地下水への水漏れによる、汚染地下水の経口摂取 | あらゆる微生物学的病原体 | 経口摂取   | L1   | なし         | 該当なし    | 3     | 4 | 12 | 中 |  |
| T1：下水道網                          | 停滞水での蚊の繁殖によりマラリアの伝播が増大            | 媒介生物由来疾患     | 蚊の虫刺され | L1   | なし         | 該当なし    | 4     | 4 | 16 | 高 | 三日熱マラリア原虫のマラリア（サニトラ特有のマラリア原虫種）は死に至る病ではない。  |
| P2：下水溝内で、又は溝から引水した作物づくりや灌漑への地域利用 | 無蓋の下水溝で農作業中や遊ぶ間、未処理の下水に曝露         | あらゆる微生物学的病原体 | 経口摂取   | F1   | なし         | 該当なし    | 5     | 4 | 20 | 高 | 農業従事者が未処理の下水に直接接触している。   |
|                                  |                                   |              |        | F2   | なし         | 該当なし    | 5     | 4 | 20 | 高 | F2が下水溝でヨウサイやマコモを植え、収穫している。   |
|                                  |                                   |              |        | L1   | なし         | 該当なし    | 5     | 4 | 20 | 高 | 無蓋の下水溝内で遊ぶ子供が見られた。   |
|                                  |                                   | 鉤虫           | 経皮感染   | F1   | なし         | 該当なし    | 4     | 4 | 16 | 高 | 農業従事者が未処理の下水に直接接触している。子供含む。特に若年層は、鉤虫感染により健康影響が生じる傾向がある。軽度の健康影響を感じる人が多い一方、疾患を経験する人もいる。ゆえに、中程度の重篤度を選択した。 |

| 下水処理段階                            | 危害因子の特定              |              |      |      | 既存の制御手段       |          | リスク評価 |   |    |   | リスク評価または制御手段の有効性の判断理由                                |
|-----------------------------------|----------------------|--------------|------|------|---------------|----------|-------|---|----|---|--|
|                                   | 危害事象                 | 危害因子         | 曝露経路 | 曝露集団 | 既存の制御手段の詳細    | バリエーション  | L     | S | 得点 | R |  |
|                                   |                      |              |      |      |               |          |       |   |    |   |  |
| P2：下水溝内で、又は溝から引水した作物づくりにや灌漑への地域利用 |                      |              |      | F2   | なし            | 該当なし     | 5     | 4 | 20 | 高 | F2が下水溝でヨウサイやマコモを植え、収穫している。                           |
| P2：下水溝内で、又は溝から引水した作物づくりにや灌漑への地域利用 | 散水式灌漑により灌漑用水に曝露      | あらゆる微生物学的病原体 | 吸入   | F2   | 低位の灌漑         | 該当なし     | 5     | 4 | 20 | 高 | 無蓋の下水溝内で遊ぶ子供が見られた。                                   |
| P2：下水溝内で、又は溝から引水した作物づくりにや灌漑への地域利用 | 汚染された生産物を消費          | あらゆる微生物学的病原体 | 経口摂取 | C1   | 作物を収穫した後の加熱調理 | 地域の習慣を観察 | 3     | 4 | 12 | 中 | 樹木の根元でホースを使用し、灌漑を地表の高さで行う。                           |
| T2：バキュウムカー操作                      | バキュウムカー操作中、未処理の下水に曝露 | あらゆる微生物学的病原体 | 経口摂取 | C2   | 低位の灌漑と高位の作物   |          | 3     | 4 | 12 | 中 | 通常、食事前に作物を加熱調理している。                                  |
| T2：バキュウムカー操作                      | 悪臭による不快              | 悪臭           | 吸入   | W2   | 手袋や長靴、マスク     |          | 3     | 4 | 12 | 中 | 下水に直接接触する位置から十分高い所で作物を育てている（果樹）が、非衛生的な扱いをしている可能性がある。 |
| T2：バキュウムカー操作                      | 開口部へ落下               | あらゆる微生物学的病原体 | 経口摂取 | W2   | なし            |          | 5     | 2 | 10 | 中 | 汲み取り作業後の手洗いと設備洗浄は広く習慣付けられていない。                       |
|                                   |                      |              |      | W2   | なし            |          | 2     | 4 | 8  | 中 | マスクは幾分か有効なだけである。                                     |

| 下水処理段階                   | 危害因子の特定                          |           |              |      | 既存の制御手段    |         | リスク評価<br>既存の制御手段を考慮<br>L=蓋然性 S=重篤度<br>R=リスクレベル |    |    |   | リスク評価または制御手段の有効性の判断理由  |
|--------------------------|----------------------------------|-----------|--------------|------|------------|---------|--|----|----|---|--|
|                          | 危害事象                             | 危害因子      | 曝露経路         | 曝露集団 | 既存の制御手段の詳細 | バリエーション | L  | S  | 得点 | R |  |
|                          |                                  |           |              |      |            |         |  |    |    |   |  |
| P3 : WWTP 運用<br>(廃水安定化池) | 処理場での操作と管理を通じた未処理の下水への曝露による病     | 体に怪我      | 開口部へ落下       | W2   | なし         | なし      | 2  | 8  | 16 | 高 |  |
|                          |                                  |           |              |      |            |         | 3  | 4  | 12 | 中 |  |
| P3 : WWTP 運用<br>(廃水安定化池) | 用地内の停滞水での蚊の増殖によりマラリアやフィラリアの伝播が増大 | 媒介生物関連の疾患 | 蚊の虫刺され       | W3   | 適宜散布       | 職員の報告   | 3  | 4  | 12 | 中 | 汲み取り作業後の手洗いと装備洗浄が広く習慣付いている。  |
|                          |                                  |           |              |      |            |         | 3  | 4  | 12 | 中 |  |
| P3 : WWTP 運用<br>(廃水安定化池) | 悪臭による精神的不快                       | 悪臭        | 吸入           | W3   | マスク        | 観察      | 5  | 2  | 10 | 中 | 施設に過剰な処理量の負担がかかり、それゆえひどい悪臭となっている。マスクはめったに着用されず。長期間悪臭に曝露することで、頭痛と精神的不快の原因となる可能性がある。 |
|                          |                                  |           |              |      |            |         | 2  | 4  | 8  | 中 |  |
| P3 : WWTP 運用<br>(廃水安定化池) | 池へ落下                             | 溺れるなど体に怪我 | 経口摂取<br>池へ落下 | L3   | 用地を柵で囲う    | 観察      | 1  | 16 | 16 | 高 | 誰かが池に落ちた話は聞かず。   |
|                          |                                  |           |              |      |            |         | 2  | 16 | 32 | 高 |  |

| 下水処理段階                 | 危害因子の特定                        |              |      |      | 既存の制御手段  |                     | リスク評価 |   |    |   | リスク評価または制御手段の有効性の判断理由  |
|------------------------|--------------------------------|--------------|------|------|--|---------------------|-------|---|----|---|--|
|                        | 危害事象                           | 危害因子         | 曝露経路 | 曝露集団 | 既存の制御手段の詳細   | バリエーション             | L     | S | 得点 | R |  |
| P4：農業従事者の灌漑と作物づくりに関する  | 灌漑用水として利用する下水への曝露や農地内での農作業による病 | あらゆる微生物学的病原体 | 経口摂取 | F3   | 処理場の排水のみ使用（未処理の排水ではない）。農業従事者やコミュニティの住民は履物を着用。その他、何の制御手段も観察されず。 | 処理場のプロセスの分解と排水の試料採取 | 5     | 4 | 20 | 高 | 利用する水での大腸菌の対数減少は約1.7である。この値は、労働集約型農場で安全利用するためのガイドライン値である対数減少値4に匹敵する。確認プロセス中に確かめた水質である。   |
|                        |                                |              |      |      | 農業従事者は履物を着用  | 観察                  | 5     | 4 | 20 | 高 | 通常、成人の鉤虫感染の健康影響は些細なものである。  |
| P4：農業従事者の灌漑と農作物づくりに関する | 散水式灌漑により灌漑用水に曝露                | あらゆる微生物学的病原体 | 吸入   | F3   | なし   | なし                  | 4     | 4 | 16 | 高 | 農地で遊ぶ子供が見られた。特に若年層は、鉤虫感染により健康影響が生じる傾向がある。軽度の健康影響を感じる人が多い一方、疾患を経験する人もいる。ゆえに、中程度の重篤度を選択した。 |
|                        |                                |              |      |      | なし   | なし                  | 4     | 4 | 16 | 高 | 散水式灌漑を試験進行中である。  |
| P4：農業従事者の灌漑と農作物づくりに関する | 汚染された作物を消費                     | あらゆる微生物学的病原体 | 経口摂取 | C3   | 収穫後の洗浄は厳格ではない  | 観察                  | 3     | 4 | 12 | 中 | 強風の際に周辺に漂流飛散する可能性がある<br>加熱調理せず食べている作物がある。収穫後の洗浄を実施しているが、厳格ではない。                          |
|                        |                                |              |      |      | なし   | なし                  | 2     | 4 | 8  | 中 |  |

| 下水処理段階                         | 危害因子の特定                  |              |      |       | 既存の制御手段                          |         | リスク評価<br>既存の制御手段を考慮<br>L=蓋然性 S=重篤度<br>R=リスクレベル |   |    |   | リスク評価または制御手段の有効性の判断理由                         |
|--------------------------------|--------------------------|--------------|------|-------|----------------------------------|---------|--|---|----|---|---|
|                                | 危害事象                     | 危害因子         | 曝露経路 | 曝露集団  | 既存の制御手段の詳細                       | バリデーション | L  | S | 得点 | R |   |
| P6：下流域コミュニティ向け取水               | 下流域にある村Aでの飲料水の消費や利用が危険に  | あらゆる微生物学的病原体 | 経口摂取 | L4    | 水安全計画に沿った処理場と水システムの運用            | WSPの措置  | 2  | 4 | 8  | 中 |   |
| P7：F3の農業従事者に隣接するコミュニティの地下水汲み上げ | 処理場の池からの水漏れで汚染した地下水を経口摂取 | あらゆる微生物学的病原体 | 経口摂取 | L3    | なし                               |         | 3  | 4 | 12 | 中 | データが不確実で欠けており蓋然性の評価を3にした。再検討に向けて、更なるデータを取得する。 |
| P8：埋め立て地                       | 汚泥の浸出水漏れにより飲料水が汚染される     | あらゆる微生物学的病原体 | 経口摂取 | L1~L4 | 埋め立て用地への移送と投棄の制御、規制の遵守、取水の下流域である | 観察      | 1  | 2 | 2  | 低 | 浸出水は非常に低濃度であり、自然の地層により濾過されているだろうと仮定される。       |

リスク評価表を基に、ニュータウンで優先して考慮すべきリスク例（モジュール4やモジュール5で追って措置するため）を以下に示す。超  
高リスク区分の事例がないため、高リスク例のみを表す。

表3.4 ニュータウン 優先順リスク

| 下水処理段階                              |  | 危害事象   | 曝露集団             |
|-------------------------------------|--|--|------------------|
| <b>超高リスク 危害事象</b>                   |  |  |                  |
| T1 下水道網                             |  | 洪水時、無蓋の下水溝へ落下  | L1               |
| <b>高リスク 危害事象</b>                    |  |  |                  |
| T1 下水道網                             |  | 管理作業中、無蓋の下水溝で未処理の下水に曝露   | W1               |
|                                     |  | 遊ぶ時、無蓋の下水溝で未処理の下水に曝露   | L1               |
|                                     |  | 無蓋の下水溝へ落下しけが   | L1               |
|                                     |  | 洪水期の際、下水溝が氾濫したため未処理の下水に曝露  | L1               |
|                                     |  | 洪水期の際、下水溝へ落下   | L1               |
|                                     |  | 洪水期の際、下水溝へ落下   | W1               |
|                                     |  | 洪水時、下水溝や下水道の水漏れが浅層地下水へ流れ込んだため<br>汚染した地下水を経口摂取<br>停滞水での蚊の繁殖がマラリアの伝播を増大させる | L1               |
| P2 下水溝内や下水溝から引水した<br>作物づくりや灌漑への地域利用 |  | 農作業又は遊んでいる間、無蓋の下水溝で未処理下水に曝露  | F1, F2, L1       |
| T2 バギュームカーの操作                       |  | 開口部へ落下   | W2               |
| P3 WWTPの運用（廃水安定化池）                  |  | 池へ落下   | W3, L3           |
| P4 農業従事者の灌漑利用や作物づ<br>くり             |  | 灌漑又は農地内で農作業を行う際、未処理下水に曝露したこと<br>により病に<br>散水式灌漑により灌漑用水に曝露                 | F3, L2, L3<br>F3 |



## モジュール 4 段階的改善計画の策定と実施

### モジュール 4.1 特定したリスクの制御方法の選択肢の検討

この表は曝露集団 F3 と L2 へ特に着目し、リスクを減らす方法を比較してこの表に示しています。

表 4.1 ニュータウンは、ニュータウンでの新たな制御手段や改善計画方法の比較に用いる表の例を表す。

表 4.1 ニュータウン 改善計画方法

| 改善計画における選択肢  |  |   |  |
|--|--|---|--|
| 農業従事者とその家族が実行可能な制御手段   | 付記/考察  | 危害事象にまつわるリスクを減少させる方法の有効性の見込み  | 参照/確認  |
| <p><b>改善処理</b>：改良した廃水安定化池で完全な処理を行い、100mL 当たり大腸菌 1000 個未満と 1L 当たり虫卵 1 個未満を達成（熟成池含む）</p> <p><b>部分的処置</b>：通常の処置手順の一部として熟成池を復旧</p> | <p>これは既存制御手段の改良にあたる。完全な処理はコストがかかるかもしれない。また短期から中期では成果の見込みが乏しい。</p> <p>これは既存制御手段の改良だが、完全な処理よりも小規模なものとなる。既存の池に大幅に調整することなく、ただ既存の熟成池を復旧する。蠕虫類卵を大幅に減少させるであろう。廃水を更に 5 日滞留させることで、1L 当たり 1 個まで虫卵の数を減らすであろう。100mL 当たり大腸菌が <math>5.8 \times 10^3</math> 個まで減少するであろう。<br/>注 1 参照</p> | <p>高い有効性（4 対数減少を超過）</p> <p>農業従事者の保護に高い有効性。<br/><b>大腸菌</b>：合計して新たに約 3.3 の対数減少（約 1.7 対数減少の既存と比較）。<br/><b>蠕虫類卵</b>：1L 当たり虫卵約 1 個を達成する。</p> | <p>2006 WHO Guidelines (Vol 2 page 81) と廃水安定化池に関する文書</p> <p>2006 WHO Guidelines (Vol 2 page 85) の虫卵減少について算出と廃水安定化池に関する文書</p> |
| <p><b>作物の制限</b></p>  | <p>局所灌漑と併せて用いる場合を除き、農業従事者の保護には関連が無い。</p>   | <p>農業従事者の保護に用いることはできないが、作物の消費者にとり、手厚い保護する効果を供する。</p>  | <p>2006 WHO Guidelines (Vol 2 page 78).</p>  |
|  |  |   | <p>改善計画の優先順位</p> <p>長期</p> <p>短期/中期</p> <p>関連無し—これ以上の検討は予定せず</p>   |

改善計画における選択肢

| 農業従事者とその家族が実行可能な制御手段 | 付記/考察  | 危害事象にまつわるリスクを減少させる方法の有効性の見込み                                      | 参照/確認  | 改善計画の優先順位    |
|----------------------|--|---|--|--------------|
| 散水式灌漑技術の改善           | 低角度の、マイクロスプリンクラー、扇形スプリンクラーを使用  | 農業従事者や地域コミュニティにとり低から中ほどの有効性—約 0.5 の対数減少。                          | 2006 WHO Guidelines (Vol 2 page 64 and 77).            | 早急に/短期       |
| 局所灌漑の導入              | 例：細流灌漑、点滴、散水器。たとえば水そのものは安価で入手は非常に容易でも経済的とは言えない。高価な方法だが、農業従事者への手厚い保護を供する。 | 作物の収穫分が地面に接しているかどうかによるが、高い有効性（2～4 対数減少）。作物に制限がない場合は、2 対数減少のみ供しうる。 | 2006 WHO Guidelines (Vol 2 page 77, 78 and Table 4.3). | これ以上の検討は予定せず |
| 農業従事者の防護衣            | 例：長靴/靴、手袋。非常に意欲的な農業主を必要とし、農業従事者が従わないリスクが高い。                              | 定量化できず。しかし有意な良好い効果を得るであろう。  | 2006 WHO Guidelines (Vol 2 page 79).                   | 早急に/短期       |
| 農業従事者の手洗いと衛生法の向上     | 例：良い手洗いを広める機会や農業従事者用洗浄/入浴設備の改良。いささか高価な方法だが、農業従事者への手厚い保護を供する。             | 定量化できず。しかし有意な良好い効果を得るであろう。  | 2006 WHO Guidelines (Vol 2 page 79).                   | 早急に/短期       |

注1：当付記はニュータウン固有の事例のみに基づくものである。推定した減少は標準的な下水処理プロセスの公式や原理を使用し、その流出量や濃度、現在の水理学的滞留時間、池の深度等に基づいて算出した。

これだけ単純な手段で、どれだけ改善できるかを知り驚きました。

この改善策を実行するのが待ち遠しいです。(モジュール4.3)。

モジュール4.2 選択した方法を用いた段階的改善計画の策定

表 4.2 ニュータウン 改善計画の概要例

| 下水処理段階               | 危害事象                          | 改善対応※<br>(新しい/改善した制御手段)                           | 優先度<br>(高、中、低) | 担当<br>機関/人物    | 期限                   | 状態 |
|----------------------|-------------------------------|---|----------------|----------------|----------------------|----|
| T1: 下水道網             | 洪水期間中に無蓋の下水溝へ落下               | 洪水期間中の下水溝の危険性に焦点を当てた学校行事<br>洪水期間中に下水溝近くで子供を見守り    | 高              | ニュータウンの教育機関    | 雨期ごと着手               | 正常 |
|                      | 散水式灌漑により灌漑用水に曝露               | 散水式灌漑技術を改良—低角度の、マイクロスプリンクラー、扇形スプリンクラーを使用          | 高—直ちに実施        | 農業従事者の協同組合     | SSPの採用から6カ月。即ち(日付記入) |    |
| P4: 農業従事者の灌漑利用や作物づくり | 灌漑用水で未処理の下水へ曝露、又は農地内での農作業による病 | 部分的処置：通常の処置手順の一部として熱成池を復旧                         | 高—直ちに実施        | 下水処理委員会—主事     | SSPの採用から9カ月。即ち(日付記入) | 正常 |
|                      |                               | 農業従事者の防護衣—例：農業従事者教育プログラムと併せて長靴や靴、手袋               | 高—直ちに実施        | 農業従事者の協同組合と衛生局 | SSPの採用から3カ月。即ち(日付記入) |    |
|                      |                               | 農業従事者の手洗いと衛生法の向上<br>地域のコミュニティーとの、教育と習慣を変える推進運動の実施 | 高—直ちに実施        | 農業従事者の協同組合と衛生局 | SSPの採用から6カ月。即ち(日付記入) |    |

当表は事例を挙げるにとどめる。紙面の都合上、他の改善計画例は挙げないこととする

※注：他のSSPチームも諸経費列の追加を選ぶ可能性あり

## モジュール5 制御手段の監視と性能検証

### モジュール5.1 運転監視の規定と実施

表5.1 ニュータウン 運転監視方法の概要計画

意図通り、確実に制御手段を運用するための監視にはどの制御手段が一番役に立つか、ツール5.1のおかげで慎重に考えざるを得なくなりました。この表は一例を示しているにすぎません。この各々について、詳細な計画を作成しました。

| 下水処理段階          | 運転監視方法の計画詳細を有する制御手段  |
|-----------------|--|
| 廃棄物の発生          | 短期的には優先する制御手段ではないが、産業や医療機関が化学物質等に関して現在の低リスクを保とうと対策を後回しにして行っている、下水道への排水たれ流しに関する規制の改善と実施。            |
| 廃棄物の輸送機関/導水     | ニュータウンの開水路/無蓋の下水溝沿いの安全性や、地域コミュニティの安全な灌漑利用の実施に関する教育と推進。<br>個人用保護具（バキュームカーや下水道網の作業員用）                |
| 廃棄物の加工/処理       | 処理場の処理性能を改善。処理場を改良するための改善計画と運動。監視行動には処理水量の制御や溶存酸素の監視、排水検査、試料採取等が含まれる。<br>個人用保護具（バキュームカーや下水道網の作業員用） |
| 廃棄物の再利用又は副産物の処分 | 廃棄物を応用する時機や収穫時<br>個人用保護具（農業従事者用）   |
| 生産物の消費又は使用      | 食物の安全な準備についての教育と推進   |

約 15 の運転監視計画(ツール 5.2 を用いて詳細を策定)があるが、余白に限られるため、1 つに限定して示す(表 5.2 ニュータウン)。各運転監視計画に、現場仕様の来歴シートを作成した。

表 5.2 ニュータウン 農業従事者による個人用保護具の使用に対する運転監視計画

| 運転監視計画の監視対象：                       |                     | 農業従事者による個人用保護具の使用            |  |
|------------------------------------|---------------------|------------------------------|--|
| 管理限界<br>(備考参照)                     | 制御手段の運転監視：<br>制御手段： | 管理限界を逸脱した場合の是正措置             |  |
| 廃水に曝露する時、80%の農業従事者が規格化した労働者用保護具を使用 | 何を監視するのか            | 農業従事者が労働者保護具を使用する頻度<br>観察、調査 | どのような措置を講じるべきか<br>農業従事者が防護装備を使用していない原因の特定。<br>情報、教育、伝達プログラムの変更や改善。 |
|                                    | どのように監視するのか         |                              |  |
|                                    | どこで監視するのか           | ニュータウンの農作業区域                 | 農業従事者の組合、地域の保健所  |
|                                    | 誰が監視するのか            | 農業従事者の組合、地域の保健所              | 1 週間以内に調査開始  |
|                                    | いつ監視するのか            | 週 1 回                        | 農業省の地方事務所  |

備考：監視点がこの限界(値)の範囲外だった場合、制御手段は意図された通り機能していないとみなす。

モジュール 5.2 システムの性能検証

主要な検証に灌漑用水での大腸菌や蠕虫類卵の監視を含む。地域の保健所や遠隔管理式の保健所の健康記録を 2 年ごとに集めて、分析した。産出物の消費者へ年 1 回、意識調査を行うことも決定した。

検証事項を設定する際、我々は保健省やニュータウンの地方自治体が検査を実施する上での限界に注意していましたが、SSP 介入の効果に関して利害関係者がデータを取得することが重要なことに気がきました。作物の微生物試験は容易にできそうにありませんでしたが、1 回目の計画見直しの前に運営委員会はこの試験を続行すべきだと決定しました。

モジュール 5.3 システム監査

計画の運営で経験のある程度得てから 2 年以内に、監査要件を見直すことと決定した。

監査に価値を認めると同時に現在の経験の無さを鑑みて、にわか仕立ての平易な内部監査ではありますが、このように決断しました。しかし、これから 2 年のうちに自信をつけ経験を積むつもりです。

## モジュール6 支援プログラムの策定と計画の見直し

### モジュール6.1 支援プログラムと管理手順の特定と実施

#### 支援プログラム

- 職員向けの健康や安全訓練のプログラム（例：処理場やバキュームカーの事業者）。年1回、プログラム導入の一環として一般や組織の利害関係者への年次報告書を通じた事実や成果の提示、年1回の開放日、年1回の運営委員会の会議
- 振る舞いの変更が必要な制御手段に向けてコンプライアンスを改善するための、主要な曝露集団に対する意識啓発と訓練
- 定例管理プログラム
- 当伝活動のベストプラクティスに関する職員向け訓練を含む啓蒙活動
- 水利用者向けの効率的な農作業の方法の訓練や教育

#### 管理手順は次のようなものを含む。

- 広範囲にわたる標準作業手順—例えば、次に関するようなものである。
  - 作業員の安全策（例：オーブンポンプの傍での作業、ポンプの修理手順、個人用保護具の使用）
  - 汚泥除去や腐敗槽内の汚泥の移送
  - 現場での適切な保管を含む、廃水安定化池の汚泥除去
- 運転や管理、検査スケジュール。

### モジュール6.2 周期的見直しとSSPのアウトプットの更新

当計画の最初の正式な見直しは2年以内に行う。

このプログラムや手順はもちろん、ニュータウンに  
対応させたものです。  
ニーズを検討し、自分達の水供給システムには合理的なプログラムや手順がある一方で、衛生部門にかなり改善の余地があったことに気づきました。  
そのため目標達成に向けて（モジュール1.1参照）、衛生において典型的な技術的な要素はもちろ  
ん、農作業の方法や消費者の健康も計画に含まねば  
なりませんでした。これにより、計画を予算の制約  
内で実施し、さらにSSPの目標を確実に達成できま  
した。

## 付録 1 生物学的危害因子に対する制御手段事例

以下のページは、SSP 内での使用に向けて、制御手段の事例を表形式で略述したものである。各制御手段の有効性は、その処理順序と、入手できた場合は微生物の対数減少値により、非常に低い～高いの間に評価している。

### A1-1 廃水処理

表 A1-1 廃水処理に関する制御手段

| 可能な選択肢              | 有効性/<br>対数減少    | 備考  | 参考文献   |
|---------------------|-----------------|---|--|
| 廃水安定化池、曝気池、廃水貯留、貯水池 | 高い<br>2-5 logs  | 有効性は構造や貯留時間、負荷率、滞留時間、水理設計の詳細、沈殿効率に左右される。<br>現場作業員や地域コミュニティのリスク管理の上で、他にも以下の関連する課題を考慮すべきである。<br><ul style="list-style-type: none"> <li>媒介生物である蚊が増殖する可能性</li> <li>住血吸虫属吸虫の宿主であるカタツムリが増殖する可能性やそれに関連した植生の管理</li> <li>困い</li> <li>池からの外部浸出による地下水汚染の可能性（例：泥土等を池の内張りに使用）</li> </ul> | Mahassen et al. (2008).<br>Stenström et al. (2011), 68-70, 79, 129-130.<br>WHO (2006) Vol. 2, 84-87. |
| 人工湿地                | 中程度<br>1-3 logs | 有効性は負荷や滞留時間、構造設計（例：表流式湿地か伏流式湿地か）に左右される。<br>現場作業員や地域コミュニティのリスク管理の上で、他にも以下の関連する課題を考慮すべきである。<br><ul style="list-style-type: none"> <li>媒介生物である蚊が増殖する可能性</li> <li>住血吸虫属吸虫の宿主であるカタツムリが増殖する可能性</li> <li>植生の管理</li> <li>野生生物の排泄物が及ぼす影響</li> <li>湿地からの漏水による地下水汚染の可能性</li> </ul>     | Stenström et al. (2011), 71-72, 79, 131-132.<br>WHO (2006) Vol. 2, 87.                               |
| 生物学的化学処理            | 中程度<br>1-3 logs |   |  |
| 高度処理                | 高い<br>2->6 logs | 制御手段は設計や処理の配置構成に左右される。  | Stenström et al. (2011), 73-75.<br>WHO (2006) Vol. 2, 82-84 & Table 5.3.                             |

## A1-2 農業における廃水

現場作業員や農業従事者、地域コミュニティのリスク管理の上で、農業下水の利用法は全て、以下の関連する課題を考慮すべきである。

- 下水処理設備や貯留設備を媒介動物や媒介昆虫から保護すること
- 媒介生物の増殖を促進しうるため、利用場所における処理水の湛水避けること  
作物の需要に合うよう廃水使用量を管理する必要がある。

表 A1-2 農業における廃水に関する制御手段

| 可能な選択肢                | 有効性/<br>対数減少 | 備考  | 参考文献   |
|-----------------------|--------------|---|--|
| 未処理の廃水の使用             | 非常に低い～<br>低い | <p>病原体の濃度の観点から見ると、未処理の排水は決して安全とはみなされない。曝露集団へのリスク管理の上で、他にも以下の関連する課題を考慮すべきである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 作物の規制</li> <li>• 局所的な灌漑（例：点滴灌漑）</li> <li>• 消費前に病原体を死滅させるための（最終灌漑から消費までの間に休止期間を設ける）収穫前の灌漑制御（例：収穫前の灌漑の中止）</li> <li>• 収穫時や収穫後の措置</li> <li>• 処理の改善又は新しい低コスト処理</li> </ul>  | WHO (2006) Vol. 2, 89-91.                        |
| 廃水の水質に応じた作物の選定        | 高い           | <p>有効性は以下に依存する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 作物の使用（例：綿や油料作物など人の食用でない作物は、潜在リスクをある程度除外できる）</li> <li>• 作付け区域や灌漑区域への人の接近（例：より誰もが区域へ立ち入ることができるようにすること、更に潜在リスクが増す）</li> <li>• 同意された作物規制の遵守</li> </ul>   | WHO (2006) Vol. 1, 24.<br>WHO (2006) Vol. 2, 76. |
| 廃水の灌漑技術：<br><br>地表下灌漑 | 高い           | <p>この技術は以下のものである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 農業従事者の接触を最小限に抑える。</li> <li>• 根からの吸収を促進する。</li> <li>• 効率的に灌漑用水を利用できる。</li> <li>• 注入口の目詰まりを防ぐため、目詰まりを起こさない注入口の選択や、濾過を行う必要がある。</li> </ul> <p>地表下灌漑はヒトの接触を最小限に抑え、水不足地での水損失を減らすことができるという非常に大きい可能性を有している。しかし地表面への漏水や湛水（配管の閉塞又は破損などによって起きる）が起こらないよう制御し、管理すべきである。もし地表面への漏水が起きれば、当技術により潜在的に達成可能なヒトの健康リスク減少は損なわれる。</p> | WHO (2006) Vol. 1, 26.<br>WHO (2006) Vol. 2, 76. |



| 可能な選択肢  | 有効性/<br>対数減少 | 備考   | 参考文献   |
|---|--------------|--|--|
| 廃水の灌漑技術：<br><b>局所的な点滴灌漑の使用<br/>（背の高い作物）<br/>-例：噴水灌漑</b> | 高い<br>4 log  | この技術は以下のものである。<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• 点滴孔の閉塞を最小限に抑えることを考慮する必要がある。</li> <li>• 作物汚染の可能性を回避するため、収穫物の一時的な地上貯蔵を抑制し、最小限に抑える必要がある。</li> <li>• 地表面湛水を減少させ、管理する必要がある（「地表面下灌漑」の備考を参照）。</li> <li>• 地表面への漏水を制限かつ制御する根拠を使用することにより、効率や有効性を上げる。</li> </ul> 地上で貯蔵することで生産物が汚染され、他の制御手段によるプラスの影響を台無しにする可能性がある。  | Stenström et al. (2011), 93.<br>WHO (2006) Vol. 1, 26. |
| 廃水の灌漑技術：<br><b>局所的な点滴灌漑の使用<br/>（背の低い作物）</b>             | 中程度<br>2 log | 作物の種類（例：根菜か葉菜か、生食か加熱調理して食べるか）や農作業の技術（機械化の度合い）に応じて、リスクを減少させる技術の有効性は変化する。<br>この技術は次のようなものである。 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 地表面への漏水を制限かつ制御するマルチ根覆いを用いることで改善される。</li> <li>• 点滴孔の閉塞を最小限に抑える。</li> <li>• 地表面淡水を減少させ、管理する必要がある（「地表面下灌漑」の備考を参照）。</li> <li>• 灌漑個所に作物が直接接触することを制限する必要がある。</li> <li>• 作物汚染の可能性を回避するため、収穫物の一時的な地上貯蔵を制御し、最小限に抑える必要がある。</li> </ul> 地上で貯蔵することで生産物が汚染され、他の制御手段によるプラスの影響を台無しにする可能性がある。            | Stenström et al. (2011), 93.<br>WHO (2006) Vol. 1, 26. |
| 廃水の灌漑技術：<br><b>畝間灌漑</b>                                 | 低い～中程度       | 作物の種類（例：根菜か葉菜か、生食か加熱調理して食べるか）や農作業の技術（機械化の度合い）に応じて、リスクを減少させる技術の有効性は変化する。対曝露集団のリスク管理の上で、他にも以下のような関連する課題を考慮すべきである。 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 土壌流出および受水域への流出を最小限に抑えるための灌漑負荷の制御。</li> <li>• 最終灌漑から収穫までの間で保留時間を取るよう制御。</li> <li>• 雨による障害を受けやすい。</li> </ul> また以下の点に注意を払うべきである。 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 湛水の防止</li> <li>• 収穫物の一時的な地上貯蔵の制御</li> </ul> 地上で貯蔵することで生産物が汚染され、他の制御手段によるプラスの影響を台無しにする可能性がある。 | WHO (2006) Vol. 1, 23.                                 |

| 可能な選択肢                          | 有効性/<br>対数減少 | 備考  | 参考文献  |
|---------------------------------|--------------|---|---|
| 廃水の灌漑技術：<br>スプレー灌漑（高圧）          | 低い～中程度       | リスクを減少させる技術の有効性は以下に応じて変化する。<br>作物の種類（例：根菜か葉菜か、生食か加熱調理して食べるか）<br>地域コミュニティや農業従事者に関連した、スプレー灌漑の位置<br>灌漑用水の水質/前処理<br>以下の点に注意を払うべきである。<br>・ 噴霧の緩衝地帯を地域コミュニティから50～100mの位置に設定することにより、1logの減少をもたらすことができる。<br>・ 漂流飛散の制御（例：風速や風向が同意された限度を超える日は噴霧を禁止）。<br>・ 最終灌漑から収穫までの間で保留時間を取るよう管理。<br>・ 収穫物の一時的な地上貯蔵の制御。<br>・ 地表水域への流出を最小限にするための負荷流量や施肥作業の制御。<br>地表上で貯蔵することで生産物が汚染され、他の制御手段によるプラスの影響を台無しにする可能性がある。 | Stenström et al. (2011), 91-93.<br>WHO (2006) Vol. 2, 64. |
| 廃水の灌漑技術：<br>スプレー灌漑（低圧）          | 低い～中程度       | リスクを減少させる技術の有効性は以下に応じて変化する。<br>・ 作物の種類（例：根菜か葉菜か、生食か加熱調理で食べるか）<br>・ 周囲の地域コミュニティや農業従事者に関連した、スプレー灌漑の位置<br>・ 灌漑用水の水質/前処理<br>次のような点に注意を払うべきである。<br>・ 最終灌漑から収穫までの間で保留時間を取るよう管理<br>・ 収穫物の一時的な地上貯蔵の制御<br>・ 施肥作業の管理<br>・ 区域毎の堆積負荷量   | Stenström et al. (2011), 91-93.<br>WHO (2006) Vol. 2, 64. |
| 廃水の灌漑技術：<br>農用地の池やじょうろ（野菜や根菜作物） | 低い           | リスクを減少させる技術の有効性は以下に応じて変化する。<br>・ 灌漑用水の水質/前処理<br>・ 灌漑方法と灌漑用水に対する農業従事者の曝露<br>・ 農業従事者ごとの灌漑作業のばらつき<br>・ 最終灌漑から収穫までの間の保留時間の管理<br>以下の点に注意を払うべきである。<br>・ 収穫物の一時的な地上貯蔵の制御<br>・ 地表水域への排水を最小限にするための負荷流量や施肥作業の管理<br>農用地の池は糞便大腸菌群を1～1.5log減少させる可能性を有する。<br>現地での砂濾過により、糞便性大腸菌群が2 log減少、回虫属卵が0.5～1.5log減少する可能性がある。  | Amoah et al. (2011).                                      |

| 可能な選択肢                      | 有効性/<br>対数減少      | 備考  | 参考文献   |
|-----------------------------|-------------------|---|--|
| 病原体死滅期間（1週間）<br>収穫前の廃水灌漑の抑制 | 中程度～高い            | 実際の減少は作物の種類や気温に左右され、地域それぞれ異なる。詳しくは事例3.3参照。  | Stenström et al. (2011), 93.<br>WHO (2006) Vol. 1, 32. |
| 販売前の作物の貯蔵                   | 中程度               | リスクを減少させる技術の有効性は、以下に応じて変化する。<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• 貯蔵状態（例：貯蔵中の更なる汚染や気候条件）</li> <li>• 害虫の侵入</li> <li>• 貯蔵時間</li> </ul> 病原体死滅期間（1週間）と組み合わせた場合—有効性は高 |  |
| 補助的な取り扱いの安全策                | 重要だが定量化されていない     | A1-7 参照。<br>リスク減少の程度は定量化されていないが、重要なプラスの効果が見込める。   | WHO (2006) Vol. 2, Chapter 5.5.                        |
| 収穫後曝露の制御手段                  | 中程度～高い<br>2-7 log | A1-7 参照。<br>長期間にわたる貯蔵や生産物の洗浄、消毒を目的とした皮むきや加熱調理を含む。   | WHO (2006) Vol. 2, Chapter 5.4.                        |

### A1-3 水産養殖での廃水

表 A1-3 水産養殖での廃水利用に関する制御手段

| 可能な選択肢  | 有効性                                 | 備考  | 参考文献                               |
|---|-------------------------------------|---|------------------------------------|
| 池の水質：<br>大腸菌 10 <sup>3</sup> 個/100mL<br>未満、蠕虫類卵 1 個<br>/1L 未満 | 高い                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>一般的に作業員や消費者を保護しようものであり、この水準まで廃水を処理している場合は、それ以上の制御手段を必要としない。</li> <li>住血吸虫属吸虫が固有種の場合、宿主であるカタツムリの個体群に対して物理学的又は化学的、生物学的制御を行う。</li> <li>蚊による媒介を考慮し、媒介生物が増殖する生息地の減少を図る。</li> <li>生存している吸虫類卵の試験を実施する際の注意点は WHO (2006) Vol. 3, 40 参照。</li> </ul>  | WHO (2006) Vol. 3, 39-45.          |
| 池の水質：<br>大腸菌 10 <sup>4</sup> 個/100mL<br>未満、蠕虫類卵 1 個<br>/1L 未満 | 中程度～高い                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>これは生産物の消費者を一般に保護しようが、作業員や農業従事者のためには更なる制御手段を要する。</li> <li>住血吸虫属吸虫が固有種の場合、宿主であるカタツムリの個体群に物理学的又は化学的、生物学的制御を行う。</li> <li>蚊による媒介を考慮し、媒介生物が増殖する生息地の減少を図る。</li> <li>一般的な規則として、廃水や排泄物、池の水で生存している吸虫類卵の試験はシステムの妥当性を実証する段階で行うべきである。もし現地で成育した植物種や魚種を常に徹底した加熱調理後に食する場合は、生存している吸虫類卵の試験は必要ではないだろう。</li> <li>生存している吸虫類卵の試験を実施する際の注意点は WHO (2006) Vol. 3, 40 参照。</li> </ul> | A1-7.<br>WHO (2006) Vol. 3, 39-45. |
| 未処理又は部分的に処理を施した廃水   | 中程度<br>(制御手段があり適所で実施した場合、そうでなければ低い) | <ul style="list-style-type: none"> <li>生産物を、加熱調理でのみ食べる魚種に制限すべきである。</li> <li>販売前に加工、または魚類加工品にする必要がある。</li> <li>下記 A1-7 にある作業員や農業従事者の制御手段を参照。</li> <li>住血吸虫属吸虫が固有種の場合、宿主であるカタツムリの個体群に物理学的又は化学的、生物学的制御を行う。</li> <li>蚊による媒介を考慮し、媒介生物が増殖する生息地の減少を図る。</li> <li>廃棄物を餌として与える水産養殖施設への立ち入り制限。</li> <li>生存している吸虫類卵の試験を実施する際の注意点は WHO (2006) Vol. 3, 40 参照。</li> </ul>  | WHO (2006) Vol. 3, 21, 41 & 47-68. |
| 生産物の規制  | 低い～高い                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>生産物を加熱調理後に食べる植物や魚に規制する。</li> <li>幼魚を繁殖する際、吸虫類の感染に特段の注意を払うよう徹底させる。</li> </ul>   | WHO (2006) Vol. 3, 55.             |

| 可能な選択肢                              | 有効性          | 備考   | 参考文献                             |
|-------------------------------------|--------------|--|----------------------------------|
| <p>廃水の適用から収穫までの保留期間をとる</p>          | <p>中程度</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• リスクに対する有効性は実施期間に依存し、リスク減少は（廃水処理に用いた）通性池又は熟成池の機能性に関わる。</li> <li>• 魚や植物の収穫前に病原体を最大限に死滅させるため、回分式の投入プロセス（すなわち廃水の全量を一度に処理システムへ流し込み、作物を収穫するまで新たに廃水を加えない）を利用できるかもしれない。しかしながら、都市域の大規模な池には、しばしば、周囲の家庭から未処理の廃水や便所の廃棄物が連続的に流入していることに留意すべきである。</li> <li>• 実施時間に依存。2～3週間の実施を推奨。</li> <li>• 吸虫類の濃度には影響を与えない。</li> </ul> | <p>WHO (2006) Vol. 3, 57.</p>    |
| <p>浄化（市場での売買前に清浄な水で魚を保管し、汚染を減少）</p> | <p>中程度</p>   |  | <p>WHO (2006) Vol. 3, 57.</p>    |
| <p>食品の取扱いと調理</p>                    | <p>中程度</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 魚肉の汚染を防ぐ。</li> <li>• 魚肉の取り扱い前に魚の内臓を取り除かなければならない。</li> <li>• 清潔な刃物とまな板の使用を徹底する。</li> <li>• 水生植物に関わる。</li> </ul>  | <p>WHO (2006) Vol. 3, 58.</p>    |
| <p>生産物の洗浄/消毒</p>                    | <p>中程度</p>   |  | <p>WHO (2006) Vol. 3, 58.</p>    |
| <p>加熱調理</p>                         | <p>高い</p>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 全ての生産物に関係するものである。</li> <li>• 加熱調理後の保管中に汚染が起きる可能性がある。</li> </ul>   | <p>WHO (2006) Vol. 3, 58.</p>    |
| <p>吸虫類から健康を守る手段</p>                 | <p>低い～高い</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 概要は WHO (2006) Vol. 3, Table 5.4 を参照。</li> </ul>  | <p>WHO (2006) Vol. 3, 63-68.</p> |

## A1-4 排泄物の利用

表 A1-4 排泄物の利用に関する制御手段

| 方法          | 可能な選択肢                  | 有効性/対数減少 | 備考   | 参考文献   |
|-------------|-------------------------|----------|--|--|
| 排泄物の封じ込めと貯蔵 | 一次処理（現地）<br>一槽式掘り込み型トイレ | 低い～中程度   | <ul style="list-style-type: none"> <li>時間の経過と共に病原体の死滅が起こる。リスクは便槽の汲み取り作業と関連する。現地での汚染は便所の位置選択や土壌、水理学的条件に関連する。</li> <li>地下水の汚染を防ぐため、地下水面より最低2～3m上方に素掘りの（もしくは底部に漏水防止処理をしない）便槽を設置し、水理学的に適切な水平距離を保つ。</li> <li>トイレの型式に適した十分な便槽の換気を行う。臭気によりトイレ使用が減少する可能性が、また湿気によりハエの増殖を強める可能性がある。</li> <li>尿分離式を採用する場合、その技術的排水機能を確保すべきである。</li> </ul>  | Stenström et al. (2011), 14, 28-29, 32.<br>WHO (2006) Vol. 4, 80, 83.        |
| 排泄物の封じ込めと貯蔵 | 二槽式掘り込み型トイレ             | 中程度～高い   | <ul style="list-style-type: none"> <li>トイレの便槽を2つにすることで、新しく追加工事せず貯蔵期間を延長できる（設計上1.5～2年以上貯蔵できる）。</li> <li>便槽を交互に利用することを徹底する。</li> <li>貯蔵期間を延長することで、廃棄物処理業者を保護する。</li> <li>地下水の汚染を防ぐため、地下水面より最低2m上方に素掘りの（もしくは底部に裏地漏水防止処理をしない）便槽を設置。</li> <li>トイレの型式に適した十分な便槽の換気を行う。臭気によりトイレ使用が減少する可能性が、また湿気によりハエの増殖を強める可能性がある。</li> <li>肛門洗浄用の水の取り扱いを遵守する。</li> <li>次のいずれかが該当する場合、有効性は「高」となる。 <ul style="list-style-type: none"> <li>蠕虫感染が蔓延する場所かつ2～20℃、1.5～2年の貯蔵</li> <li>20℃を超える温度で最低1年の貯蔵</li> <li>pH9以上に調整した条件下で最低6カ月の貯蔵（例：石灰や灰を使用）</li> </ul> </li> </ul> | Stenström et al. (2011), 34-36, 87, 96.<br>WHO (2006) Vol. 4, 69, 80, 82-83. |

| 方法          | 可能な選択肢               | 有効性/対数減少 | 備考  | 参考文献   |
|-------------|----------------------|----------|---|--|
| 排泄物の封じ込めと貯蔵 | 二槽式脱水トイレ             | 中程度～高い   | <p>有効性：脱水トイレのウイルスや細菌への有効性は潜在的に高く、蠕虫類卵を大幅に減少できる。更なる詳細説明や研究結果は参考文献を参照。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• トイレの便槽を2つにすることで新しく追加工事せず貯蔵期間を延長できる。</li> <li>• 貯蔵期間を延長することで作業員を保護する。</li> <li>• 温度とpHに依存する。</li> <li>• トイレの型式に適した十分な便槽の換換気を行う。</li> <li>• 次のいずれかが該当する場合、有効性は「高」となる。 <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 蠕虫感染が蔓延する場所かつ2～20℃、1.5～2年の貯蔵</li> <li>◦ 20℃を超える温度で最低1年の貯蔵</li> <li>◦ pH9以上に調整した条件下で最低6カ月の貯蔵（例：石灰や灰を使用）。</li> </ul> </li> </ul>   | <p>Stenström et al. (2011), 87.<br/>WHO (2006) Vol. 4, 69, 82-83.</p>                  |
| 排泄物の封じ込めと貯蔵 | 簡易水洗式便所/コンポストトイレ/腐敗槽 | 低い～高い    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 地下水の汚染を最小限に抑えるため、地下水面より最低2m上方に素掘りの（もしくは底部に裏地防水処理をしていない）便槽を設置。</li> <li>• トイレの型式に適した十分な便槽の換換気を行う。臭気によりトイレ使用が減少する可能性があるが、また湿気によりハエの増殖を強める可能性がある。</li> <li>• 水の利用可能性が適合性に影響するかもしれない（例：もし水供給が制限される場合、し尿処理に影響し、トイレが非衛生的な状態になるかもしれない）。</li> <li>• 閉塞を防ぎ、清掃作業中の整備作業員の曝露を最小限に抑える。例えば、かさばる素材を肛門洗浄に用いるのが一般的習慣である場合、注水式水洗便所は適していない。整備作業員は必要な保護衣を身に着けるべきである（例：手袋）。</li> <li>• 堆肥化用スペースの湿分が高すぎると嫌気状態となり、低すぎると生物学的な分解速度を鈍らせる。</li> <li>• 腐敗槽は病原体をあまり除去できないため、細菌やウイルスが液相・固相の双方に残存する。蠕虫類卵は0.5log未満の除去しか見込まない。</li> </ul> | <p>Stenström et al. (2011), 19-20, 38-39, 43-44, 96.<br/>WHO (2006) Vol. 4, 80-88.</p> |

| 方法                | 可能な選択肢                               | 有効性/対数減少           | 備考  | 参考文献  |
|-------------------|--------------------------------------|--------------------|---|---|
| 排泄物の封じ込めと貯蔵       | バイオガス反応器                             | 中程度～高い             | <ul style="list-style-type: none"> <li>有効性は、滞留時間および中温処理が高温処理かに関連する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>高温性 (50～60°C) は1.5～2日以内に減少。</li> <li>中温性 (30～38°C) は数週間～数カ月以内に減少。</li> </ul> </li> </ul> <p>例えば、嫌気性消化装置においてクリプトスポリジウムオーストの3log以上不活化に要する期間は、37°Cで10日間、47°Cで4日間、55°Cで2日間であった。回虫卵の不活化に要する期間は、37°C・10日間で75%未満)、47°C・2日間で95%、55°C・1時間で3logs以上であった。</p> <p>追加の加熱がなければ、バイオガス反応器で高温の温度状態にはほとんど到達しない。</p> | Kato et al. (2003).<br>Stenström et al. (2011), 47-48.                        |
| <b>排泄物の輸送手段</b>   |                                      |                    |   |   |
|                   | 人力での腐敗槽の汲み取り作業と運搬                    | 高い～中程度             | <ul style="list-style-type: none"> <li>未処理ではなく処理済の排泄物を輸送 (することが望ましい)。</li> <li>下記 A1-7 の作業員や地域コミュニティの制御手段を参照。</li> </ul>  | Stenström et al. (2011), 57.<br>WHO (2006) Vol. 4, 89.                        |
|                   | 機械による汲み取り作業 (例: 吸引ポンプで糞便汚泥を取り除く) と運搬 | 曝露集団や取り扱い習慣により変化する | <ul style="list-style-type: none"> <li>未処理ではなく処理済の排泄物を輸送 (することが望ましい)。</li> <li>下記 A1-7 の作業員や地域コミュニティの制御手段を参照。</li> </ul>  | WHO (2006) Vol. 4, 89.<br>Stenström et al. (2011), 59.                        |
| <b>排泄物処理：二次処理</b> |                                      |                    |   |   |
|                   | 完全な焼却 (焼却灰中の炭素含量を10%未満に)             | 高い                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>病原体の完全な死滅が確実な温度で行う。</li> </ul>   | WHO (2006) Vol. 4, 68.  |
|                   | 堆肥化 (温度を50°Cを超えた状態で維持し、最低1週間)        | 中程度～高い             | <ul style="list-style-type: none"> <li>全体に温度を十分行き渡らせることができる場合、有効性は高い。徹底できない場合は中程度。</li> <li>中温度の堆肥化には実証と検証監視を適用する。</li> <li>50°C未満の堆肥化については排泄物の貯蔵期間を参照 (上記)。</li> <li>回虫属は1.5～2以上の減少 (高温の混合堆肥化)。</li> </ul>   | Kone et al. (2007).<br>Stenström et al. (2011), 77.<br>WHO (2006) Vol. 4, 68. |



| 方法                    | 可能な選択肢                                      | 有効性/対数減少      | 備考   | 参考文献  |
|-----------------------|---|---------------|--|---|
| 二次貯蔵                  | 貯蔵のみ  |               | <ul style="list-style-type: none"> <li>一次処理プロセスにおける貯蔵期間や周囲温度が適用される。</li> </ul>   |   |
| 二次貯蔵                  | アルカリ処理/貯蔵                                   | 中程度～高い        | <ul style="list-style-type: none"> <li>pH9 以上で、6 カ月間以上 (温度 35°C 以上、湿度 25%未満)。</li> <li>pH が低い又は材料が湿っている場合、除去時間を延長する。</li> <li>pH11 では処理時間を大幅に短縮する (例: 石灰を用いた処理)。</li> </ul>                                    | WHO (2006) Vol. 4, 68.  |
| 二次貯蔵                  | 乾燥床と紫外線照射                                   | 中程度～高い        | <ul style="list-style-type: none"> <li>蠕虫類卵は 3log 減少 (1 カ月の貯蔵)</li> <li>細菌は 2.5～6log 減少 (4 カ月の貯蔵)</li> </ul>   | Kengne et al. (2009).<br>Nielsen (2007).<br>Stenström et al. (2011), 77, 137. |
| <b>排泄物取り扱いや一般的な考察</b> |   |               |  |   |
| 一般                    |   |               | <ul style="list-style-type: none"> <li>下記 A1-7 の作業者の制御手段を参照。</li> <li>排泄物を蠕虫類卵 1 個未満/全固形物 1g に処理している場合、それ以上の制御手段は必要ではない。</li> <li>糞便汚泥や生物汚泥の貯蔵時には、現場水路への流出を防ぐために封じ込めておく。</li> <li>害虫又は媒介生物の誘引を考慮する。</li> </ul> | Stenström et al. (2011), 99.<br>WHO (2006) Vol. 4, 66.                        |
| <b>農業での排泄物の利用</b>     |   |               |  |   |
| 農業への適用                | 処理済み排泄物を土と十分に混合                             | 定量不可能 (接触の減少) | <ul style="list-style-type: none"> <li>この利用手段を行うことで、植物の栄養塩類摂取にも役立つ。</li> <li>利用中は個人の良好な衛生行動に留意すること。</li> </ul>   | Stenström et al. (2011), 87, 97.<br>WHO (2006) Vol. 4, 78.                    |
| 農地への適用                | 種まき/植え付け時の利用                                | 中程度～高い        | <ul style="list-style-type: none"> <li>有効性は適用から収穫までの病原体の死滅時間や保留時間に関連する。</li> </ul>   |   |
| 作物の規制                 | 非食用作物又は消費前に加工処理もしくは加熱調理を施す作物へ、処理済み排泄物の適用を制限 | 高い            | <ul style="list-style-type: none"> <li>この技術により、適用時、取扱い時または収穫中の農業従事者への曝露が制限される。</li> <li>農業従事者は適用中に個人の良好な衛生行動に留意すること。</li> </ul>  | Stenström et al. (2011), 87.<br>WHO (2006) Vol. 4, 77.                        |

| 方法                  | 可能な選択肢                     | 有効性/対数減少 | 備考   | 参考文献                                    |
|---------------------|----------------------------|----------|--|---|
| 病原体の死滅期間を実施（1ヶ月間）   | 収穫前に廃棄物の適用を止める             | 中程度～高い   | <ul style="list-style-type: none"> <li>下記 A1-7 の作業員や地域コミュニティの制御手段を参照。</li> <li>販売前の所定期間作物の貯蔵と併用（低～中）、または両者を併せて計一か月間実施してもよい。</li> </ul>   | USEPA (1992).<br>WHO (2006) Vol. 4, 78. |
| 収穫後曝露の制御手段          | 消毒剤使用または未使用の洗浄（例：皮むき、加熱調理） | 中程度～高い   | <ul style="list-style-type: none"> <li>消費者を保護する手段</li> <li>制御手段の実証が困難である。</li> <li>手段によってはリスクを 1～7 log 減少することが可能。</li> </ul>   | WHO (2006) Vol. 4, 78-79.               |
| <b>水産養殖での排泄物の利用</b> |                            |          |  |   |
| 池へ投入する前の排泄物の貯蔵      |                            | 中程度～高い   | <ul style="list-style-type: none"> <li>処理効果は貯蔵期間に依存する。</li> <li>未処理の糞便を最終的に追加した以降を貯蔵時間とする（すなわち回分式の作業として扱う）。</li> <li>4 週間貯蔵することで吸虫類のリスクを大幅に減らすことができる。肝蛭属のリスク減少には 10 週間の貯蔵が必要。</li> <li>病原性細菌やウイルスの減少も生じる。</li> </ul> | WHO (2006) Vol. 3, 50.                  |
| バイオガス発酵での排泄物の前処理    |                            | 低い～中程度   | <ul style="list-style-type: none"> <li>処理時間や温度に左右される。</li> <li>他の制御手段との組み合わせを推奨。</li> </ul>  | WHO (2006) Vol. 3, 51.                  |

# A1-5 尿の利用

表 A1-5 尿の利用に関する制御手段

| 方法             | 可能な選択肢                   | 有効性/対数減少      | 備考   | 参考文献   |
|----------------|--------------------------|---------------|--|--|
| <b>尿処理</b>     |                          |               |  |  |
| 尿の貯蔵           | 糞便により明らかに汚染した尿           | 適用外           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 廃水の制御に応じ、混合物の処理や取り扱いは行うべきである（表 A1-1 参照）。</li> </ul>   | Stenström et al. (2011), 40-41.                        |
| 尿の貯蔵           | 人や動物の接触を防ぐため、密閉容器での尿の貯蔵  | 低い～高い         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 糞便の交差汚染が起きるか観察する。</li> <li>• 微生物の減少は経過時間に左右される。初期濃度より 90%減少するまでの時間（T90）は、グラム陰性細菌だと 5 日未満、クリプトスポリジウムだと 1 カ月、ウイルスだと約 1～2 カ月である。</li> <li>• 窒素の損失を減少させる。</li> <li>• 人との接触を減少させる。</li> <li>• 臭気を減少させる。</li> </ul> | WHO (2006) Vol. 4, 70-71.                              |
| 尿の貯蔵           | 病原体の死滅を最大化するため、尿の希釈を行わない | 適用外           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 未希釈の尿は pH が約 8.8 となり、細菌の死滅を増進する。</li> <li>• 尿を希釈すると蚊の増殖が起こりうるが、未希釈の尿には起こらない。</li> <li>• 該当する場合は、ビルハルツ住血吸虫を不活性化する。</li> </ul>  | WHO (2006) Vol. 4, 70-71.                              |
| 尿を貯蔵せずに適用      | 世帯毎の利用。<br>— 家庭農園への施肥    | 適用外           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 個別の世帯システムに利用し、かつ個別の家庭農園の施肥のみに尿を利用する場合、貯蔵する必要はない。</li> <li>• 施肥—作物サイクルによる伝搬よりも、て個人同士を通じて家族間で伝播する可能性が非常に高い。</li> </ul>  | WHO (2006) Vol. 4, 70.                                 |
| 適用前に尿を貯蔵       | 生食作物用                    | 高い            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 20°C 以上で最低 6 カ月貯蔵し、さらに収穫前の未適用期間を 1 カ月間設ける（この場合は、それ以上の制御手段は必要でない）</li> </ul>   | Stenström et al. (2011), 85.                           |
| 適用前に尿を貯蔵       | 加工食品や飼料作物用               | 中程度～高い        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 20°C 以上で最低 1 カ月、または 4°C で最低 6 カ月の貯蔵。</li> </ul>   | WHO (2006) Vol. 4, 70.<br>Stenström et al. (2011), 85. |
| <b>農業での尿利用</b> |                          |               |  |  |
| 適用前に尿を貯蔵       | 貯蔵した尿と土壌を混合又は地表付近に適用     | 定量化不可能（接触の減少） | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 植物の栄養塩類摂取に役立つ</li> <li>• 適用中の個人での衛生行動</li> </ul>  | WHO (2006) Vol. 4, 66, 70.                             |

| 方法       | 可能な選択肢              | 有効性/対数減少 | 備考   | 参考文献                   |
|----------|---------------------|----------|--|------------------------|
| 適用前に尿を貯蔵 | 生食作物の収穫前に尿の適用を1カ月中止 | 高い       | <ul style="list-style-type: none"> <li>尿の貯蔵における推奨条件と併用する場合は<math>10^{-6}</math> DALY未満のリスクレベル</li> </ul> | WHO (2006) Vol. 4, 70. |

## A1-6 家庭雑排水の利用

表 A1-6 家庭雑排水の利用に関する制御手段

| 方法                 | 可能な選択肢                   | 有効性/対数減少           | 備考   | 参考文献                                      |
|--------------------|--------------------------|--------------------|--|---|
| 家庭雑排水の処理<br>一般的な状況 | WHO Vol. IV Fig 5.11 を参照 | 中程度～高い<br>1-4 logs | <ul style="list-style-type: none"> <li>糞便の負荷は一般的に廃水よりも3～5log低い。</li> <li>易分解性有機物は指標細菌の再増殖を引き起こす可能性がある。</li> <li>廃水の処理方法は一般的に家庭雑排水にも利用できる。</li> <li>家庭雑排水の処理・貯蔵施設を病原媒介動物や病原媒介昆虫から保護する。</li> <li>家庭雑排水がひどく汚染されている時や媒介生物が増殖しうる時、池での処理が可能でない時は地表下灌漑を推奨。</li> </ul> | WHO (2006) Vol. 4, 66, 77, 93-99 & Fig 5. |
| 農業での家庭雑排水の利用       | 家庭雑排水の灌漑を適用              | 低い～高い              | <ul style="list-style-type: none"> <li>糞便汚染が少なく、かつ処理を施している場合、作物の規制は通常必要でない。</li> <li>地面に近い高さで行う方法を用いた家庭雑排水の灌漑を推奨。</li> <li>媒介生物の繁殖場所となりうる、家庭雑排水の利用場所での湛水を防ぐ。</li> </ul>  | WHO (2006) Vol. 4, 78.                    |

## A1-7 作業員や農業従事者、地域コミュニティ、消費者を守る制御手段の事例

表 A1-7 作業員や農業従事者、地域コミュニティ、消費者の保護に関する制御手段

(注：当制御のうち幾つかは、表 A1-1～A1-6 にも記載)

| 作業員 (W)   | 農業従事者 (F)  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>● 個人用保護具 (例：手袋、マスク、密閉防水型の履物)</li> <li>● 曝露を抑える支援器具 (例：バキューム車)</li> <li>● 安全な取り扱いの訓練</li> <li>● 取り扱い前の最適な処理</li> <li>● 廃棄物の安全な除去に最適な施設設計</li> <li>● 漏出の回避と収容</li> <li>● 廃棄物取扱いに適した専用器具 (または利用後の適切な消毒と掃除)</li> <li>● 未処理廃棄物の手による取り扱いを最低限にとどめる</li> <li>● 住血吸虫が蔓延する場所で廃水に曝露した後の、石鹼および安全な水を用いた体の洗浄</li> <li>● 忌避剤や予防法、化学的防除、予防接種など、媒介生物への防御を使用</li> <li>● 腸チフスの予防接種</li> <li>● 年 2～3 回の蠕虫感染の治療</li> <li>● 蔓延している場所での住血吸虫症の治療</li> <li>● 皮膚の擦り傷や切り傷の治療</li> </ul> <p>注：一般的な取扱い時の事前注意は、適切な制御手段ではなく追加的手段として定める。</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 個人用保護具 (例：手袋、マスク、密閉防水型の履物)</li> <li>● 地表下灌漑</li> <li>● 地面の直上で廃水を灌漑する技術の使用</li> <li>● 曝露を抑える支援器具 (例：じょうろ vs ホース、スコップ vs 長柄の器具)</li> <li>● 廃水を機械で灌漑している間の、作業者の農地立ち入り規制</li> <li>● 労働現場での安全な飲料水やトイレへのアクセス</li> <li>● 作業員に向けた個人衛生行動や衛生推進の訓練</li> <li>● 住血吸虫が蔓延する場所で廃水に曝露した後の、石鹼および安全な水を用いた体の洗浄</li> <li>● 忌避剤や予防法、化学的予防、予防接種など、媒介生物への防御を使用</li> <li>● 腸チフスの予防接種</li> <li>● 年 2～3 回の蠕虫感染の治療</li> <li>● 蔓延している場所での住血吸虫症の治療</li> <li>● 皮膚の擦り傷や切り傷の治療</li> </ul> <p>注：一般的な取扱い時の事前注意は適切な制御手段ではなく追加的手段として定める。</p> |

| 消費者 (C)   | 地域コミュニティ (L)   |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 以下のいずれかの手段により、病原体が死滅するまでの期間を1カ月設ける。               <ul style="list-style-type: none"> <li>— 収穫前の廃棄物適用を止める。</li> <li>— 販売前に作物を貯蔵する。</li> <li>— 上記の両方を合わせて1カ月とする。</li> </ul> </li> </ul> <p><b>収穫後の曝露に対する制御手段：</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 生産物の水による洗浄</li> <li>• 魚類について内臓と魚肉との交差汚染を引き起こさない処理手段の採用</li> <li>• 生産物の殺菌</li> <li>• 生産物の皮むき（果物や根菜作物）</li> <li>• 生産物の加熱調理</li> <li>• 良好な個人衛生行動—特に、食品の調理や食事前の石鹸での手洗い</li> <li>• 市場の衛生</li> <li>• 販売業者への教育</li> <li>• 市場での安全な水の供給</li> <li>• 集団投薬又はワクチン接種</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 子供や動物の立ち入りを防ぐための廃棄物処理施設の囲い</li> <li>• 警告標識（特に柵で囲われていない池や農地）</li> <li>• 地域住民に向けた啓蒙運動</li> <li>• 地域コミュニティの安全な飲料水および衛生設備へのアクセス</li> <li>• 媒介生物が増殖する条件の減少</li> <li>• 廃水をスプレー灌漑で適用する場所では、居住地より50～100mの範囲を緩衝地帯として保持するべきである。</li> <li>• 農地や廃棄物を餌として与えている水産養殖施設への一般人の立ち入り規制</li> <li>• 処理池における親水活動の禁止</li> <li>• 忌避剤や予防法など媒介生物への防御を使用</li> <li>• 脆弱な層に向けた年2～3回の蠕虫感染の治療</li> </ul> |

出典：Stenström et al. (2011), 74-78, 93, 100. WHO (2006) Vol. 2, 79-80; Vol. 3, 21, 43-45, 47-68; Vol. 4 74-78.

## 付録2 廃水の灌漑利用に伴う微生物学的健康リスクの概略

表 A2-1 廃水の灌漑利用に伴う微生物学的健康リスクの概略

| 曝露した集団                  | 細菌/ウイルス感染   | 原虫 (Protozoan) 感染  | 蠕虫 (Helminth) 感染  |
|-------------------------|---|--|---|
| 農業労働者とその家族              | 糞便性大腸菌群が $10^4$ 個/100mL を超過する水質の場合、廃水への接触により子供の下痢疾患リスクは増加する。<br>未処理の廃水に曝露した子供のサルモネラ ( <i>Salmonella</i> ) 感染のリスクは増加する。<br>部分的に処理した廃水に曝露した成人のノロウイルスへの血清反応性は増加する。 | 未処理、処理済み廃水両者とも、接触に対してジアルジア・インテスティナリス ( <i>Giardia intestinalis</i> ) の感染リスクが顕著にみられる。<br>あるパキスタンの研究では、未処理の廃水を利用している農業従事者は、新鮮な水に比べジアルジアの感染リスクが3倍高いと評価されている。<br>未処理の廃水との接触においてアメーバ症リスクの増大が見られる。 | 未処理の廃水に対し、成人と子供に蠕虫感染の重大なリスクが見られる。<br>靴を履かない労働者に鉤虫 (hookworm) 感染のリスク増大が見られる。<br>廃水を蠕虫類卵1個未満/1Lに処理した時ですら子供にはリスクが残るが、成人にはない。 |
| 廃水灌漑を行う現場内部または近隣に在住する人々 | 水質の悪いスプリンクラー灌漑 (大腸菌群濃度 $10^6 \sim 10^8$ 個/100mL) やエアロゾルの高濃度曝露は感染増大と関わりがある。部分処理した廃水 (糞便性大腸菌群が $10^4 \sim 10^5$ 個/100mL 以下) のスプリンクラー灌漑への利用はウイルス感染率の増大とは関わりがない。    | 廃水によるスプリンクラー灌漑における原虫感染の伝播に関するデータなし。  | スプリンクラー灌漑に対する蠕虫感染の伝播については研究されていないが、洪水または廃水との接触が多い畝間灌漑に対しては上記と同様である。   |
| 廃水で灌漑した生産物の消費者          | 未処理の廃水利用により、コレラ、腸チフス、赤痢の集団発生が報告されている。ヘリコバクター・ピロリ ( <i>Helicobacter pylori</i> ) に対する血清反応陽性が確認されている。糞便性大腸菌群が $10^4$ 個/100 を超過する水質の時、非特異性下痢症の増大が見られる。             | 廃水で灌漑した野菜表面に寄生虫を発見したという証拠はあるが、疾病を伝播させたという直接の証拠はない。   | 未処理の廃水により、成人と子供の双方に蠕虫感染の重大なリスクが見られる。  |

備考：

出典：Stenström et al. 2011: 92

健康リスクの証拠に関する付記は Stenström et al. 2011 page 91-92 を参照。

## 付録3 農業や水産養殖に用いる廃水に含まれる化学物質

### 農業に用いる廃水中の化学物質

廃水中多くの化学物質の上限濃度は、しばしば、ヒト健康上の懸念でなく作物の要件により決定されている。廃水中の化学物質が植物に有害となる濃度または農業生産に不適切な濃度は、一般にヒト健康上の懸念となる濃度より低くなる。

灌漑用水中の化学物質濃度は、植物の生長に廃水が適切か確認するために用いる。作物の灌漑に用いる処理水の物理化学的性質は、2006 WHO Guidelines Volume 2 の Annex 1 に要約されている食糧農業機関 (the Food and Agricultural organisation) の定めたガイドライン値を順守しなければならない。

土壌中の化学物質濃度は、廃水から土壌へ移行し、植物での吸収、ヒトの消費に至るまで食物連鎖を通じて化学物質への人体曝露を評価する際、ヒトの健康に適切なことを確認するため用いる。表 A3-1 に示した濃度は土壌中の安全濃度を示しており、それを超えると食物連鎖を通じて人々へ汚染物質の移動が起こり得る。廃水で灌漑する間、継続的な適用に伴い土壌中の無機物質濃度は徐々に上昇する。しかし有機汚染物質の多くは、一般的に廃水中の濃度が非常に低いため、算出した上限の濃度まで土壌に蓄積する可能性は小さい。

表 A3-1 ヒトの健康保護に基づく様々な有害化学物質の土壌中の最大許容濃度

| 元素                 | 土壌濃度<br>(mg/kg) | 有機化合物                        | 土壌濃度<br>(mg/kg) | 有機化合物           | 土壌濃度<br>(mg/kg) |
|--------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| アンチモン              | 36              | アルドリン                        | 0.48            | PCB 類           | 0.89            |
| ヒ素                 | 8               | ベンゼン                         | 0.14            | ペンタクロロ<br>フェノール | 14              |
| バリウム <sup>a</sup>  | 302             | クロルデン                        | 3               | フタル酸            | 13,733          |
| ベリリウム <sup>a</sup> | 0.2             | クロロベンゼン                      | 211             | ピレン             | 41              |
| ホウ素 <sup>a</sup>   | 1.7             | クロロホルム                       | 0.47            | スチレン            | 0.68            |
| カドミウム              | 4               | 2,4-D                        | 0.25            | 2,4,5-T         | 3.82            |
| フッ素                | 635             | DDT                          | 1.54            | テトラクロロ<br>エタン   | 1.25            |
| 鉛                  | 84              | ジクロロベンゼン                     | 15              | テトラクロロ<br>エチレン  | 0.54            |
| 水銀                 | 7               | ディルドリン                       | 0.17            | トルエン            | 12              |
| モリブデン <sup>a</sup> | 0.6             | ダイオキシン<br>類                  | 0.00012         | トキサフェン          | 0.0013          |
| ニッケル               | 107             | ヘプタクロール                      | 0.18            | トリクロロエ<br>タン    | 0.68            |
| セレン                | 6               | ヘキサクロロ<br>ベンゼン               | 1.40            |                 |                 |
| 銀                  | 3               | リンデン                         | 12              |                 |                 |
| タリウム <sup>a</sup>  | 0.3             | メトキシクロ<br>ール                 | 4.27            |                 |                 |
| バナジウム <sup>a</sup> | 47              | PAH 類 (ベン<br>ゾ[a]ピレンと<br>して) | 16              |                 |                 |

<sup>a</sup>算出された各化学物質の制限値は、土壌において通常みられる濃度の範囲内である。

出典：2006 WHO Guidelines Vol 2, pp 72



## 水産養殖に用いる廃水中の化学物質

廃棄物を餌として与える水産養殖に関する化学物質について、具体的な情報は 2006 WHO Guidelines Vol 3 の section 3.3 に記載されている。

国際食品規格委員会 (<http://www.codexalimentarius.org/>) が食料品中の特定化学物質の許容値を定めており、表 A3-2 に 2006 WHO guidelines に記した当許容値を示す。国際基準や限界値、国内基準は将来的に改正されうるため、利用者は出典文献を確認すべきである。

表 A3-2 2006 WHO Guidelines で報告された魚類や野菜類中の化学物質濃度の基準

| 化学物質                 | 魚類や魚類製品の基準 (mg/kg) | 基準の出典 | 野菜類の基準 (mg/kg) <sup>a</sup>   | 基準の出典 |
|----------------------|--------------------|-------|-------------------------------|-------|
| <b>重金属類</b>          |                    |       |                               |       |
| ヒ素                   | NS                 |       | 0.2                           | Codex |
| カドミウム                | 0.05-1.0           | EC    | 0.2                           | Codex |
| 鉛                    | 0.3                | Codex | 0.1 (果実を突らせる野菜類)<br>0.3 (葉菜類) | Codex |
| メチル水銀                | 0.5-1.0            | Codex | NS                            |       |
| <b>有機物質</b>          |                    |       |                               |       |
| ダイオキシン類 <sup>b</sup> | 0.000 004          | EC    | NS                            |       |
| DDT, TDE             | 5.0                | USFDA | NS                            |       |
| PCB 類                | 2.0                | USFDA | NS                            |       |

出典：2006 WHO Guidelines Vol 3, pp 43

NS は基準がない事を意味する。(no standard の略)

現在の基準値については以下を参照。

Codex: <http://www.codexalimentarius.org/>

EC: European Commission [http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/index_en.htm)  
and

USFDA: United States Food and Drug Administration

<http://www.fda.gov/Food/FoodborneIllnessContaminants/default.htm>

魚類や野菜類での有害化学物質の許容濃度は、一部の検証プログラムに利用できる可能性がある。廃棄物を餌として与える水産養殖の生産物について、生産物中の化学物質濃度の検証監視を販売地にて 6 カ月間隔で行うのが望ましい。市場で販売される、廃棄物を与えた魚類や野菜類と与えていない製品を比較することにより、どの特定の汚染物質が廃水又は排泄物の利用に関わっているのか見極められる可能性がある。必要に応じて、濃度が上昇した汚染物質を選定し、定期監視を強化することができる。

# 「衛生安全計画 汚水・排泄物の安全な処理と再利用の手引き」は、以下の多様なレベルの様々な読者を対象にしています。

- 健康機関や監督機関（例：衛生部門でのリスクに基づくアプローチ導入やその有効性の検証ツールとして）
- 地方官庁（例：特に低資源環境における衛生分野の投資計画用ツールとして）
- 廃水施設の経営者（例：廃水源から最終使用や処分に至る、排水水質の管理や公衆衛生・労働衛生保護の支援に）
- 衛生設備の企業や農業従事者（例：最終製品や労働者、地域コミュニティ、製品の消費者又は利用者の安全性における品質保証手順の補足に）
- 地域組織、農業協同組合、NGO（例：ヒトのし尿の安全利用に関する地域の水・衛生計画の支援に）

この「衛生安全計画 汚水・排泄物の安全な処理と再利用の手引き」は the 2006 WHO Guidelines for Safe Use of Wastewater Excreta, and Greywater in Agriculture and Aquaculture を実行する際の手助けとなる、実用的かつ段階的な手引きです。当計画のアプローチやツールは、あらゆる衛生システムに適用でき、当該システムが健康上の目標を達成すべく運用されていることを保証するでしょう。

