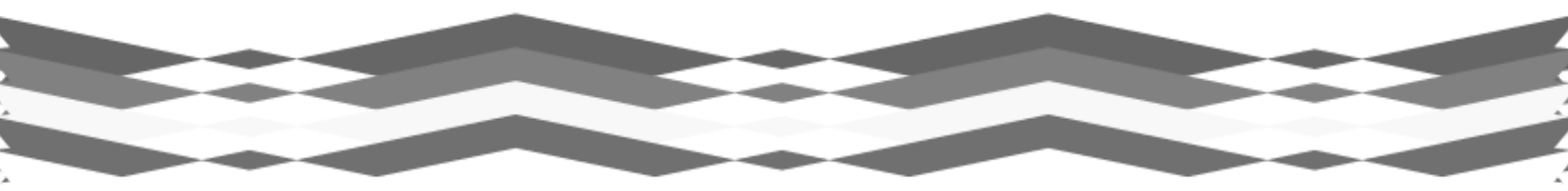


自然地域トイレし尿処理技術ガイドブック

～山岳、山麓、海岸、離島でのトイレ技術の選定から維持管理まで～



はじめに

山岳地をはじめとする自然地域では、電力供給や給排水を行うためのインフラ施設が十分に整っておらず、また水温や気温など自然条件の制約も受けるため、トイレにおける適切なし尿処理装置の導入やその維持管理が困難なケースが多く見受けられます。

一方で、近年における自然志向の高まりから、山岳地などの自然地域には多くの人が訪れており、し尿処理施設が未整備の地域における屋外排泄による悪影響が周辺の公共用水域や植物等に及ぶことも懸念されています。

こうした背景を受け、山岳地や離島などの自然地域におけるトイレの整備と適正なし尿処理の必要性が高まり、近年では様々なメーカーにおいて浄化槽の設置が困難な場所でも設置可能な非放流型のし尿処理装置が開発、商品化されています。現在、自然地域における山小屋事業者等がこれらの製品を導入することにより、し尿処理改善に向けた取り組みが進んできているところですが、山小屋事業者等のトイレ設置者が新技術のし尿処理製品を導入検討するに当たり、製品情報が限られ、投資額に対する環境保全効果等に不安や疑問を持つ声もありました。

このため、環境省では、平成 15 年から自然地域におけるトイレのし尿処理技術の性能や効果を第三者が客観的に実証するための「環境技術実証事業」（自然地域トイレし尿処理技術分野）を実施し、トイレ設置者による適切なし尿処理装置導入の促進を図ってきました。

本書は、自然地域においてトイレを設置する際に、立地条件に適したし尿処理技術の選定が容易になるよう、これまで行った実証事業の結果をもとに、基礎的な情報や留意すべき事項を紹介する手引きとして作成したものです。第 1 章から第 3 章では、実証事業の目的や自然地域におけるし尿処理の重要性について述べ、し尿処理装置のタイプ別の特徴について説明しています。第 4 章から第 6 章では技術導入を行う際の基本事項や選定条件、設計時の留意点について具体的に示し、第 7 章では導入後の維持管理の重要性について解説しています。本書が活用されることにより、自然地域におけるトイレの整備・改善がさらに進み、自然環境の適正利用と施設の安定的な維持管理が図られることを期待します。

私たちが行動し活動するとき、どのような場所でもし尿処理の問題は避けて通れません。自然環境の保全と自然とふれあう人間活動の両立を図るため、この問題をいかにコントロールし、解決していくかという点は今後とも重要な課題だと考えます。本書がその課題の解決のための一助として活用されることを願ってやみません。

平成 24 年 2 月

環境省自然環境局

自然環境整備担当参事官 大庭 一夫

目 次

はじめに

第1章 本書の背景と目的	1
1. 自然地域でのトイレ整備の現状	1
2. トイレ整備の課題	3
3. 本書の構成	4
第2章 自然地域トイレし尿処理の概要	6
1. 自然地域の環境特性とトイレし尿処理	6
2. 自然地域でのトイレし尿処理の配慮要件	8
第3章 トイレし尿処理技術のタイプ別特徴	12
1. 実証技術の分類と構造	12
2. 生物処理方式の処理機能と特徴	21
3. 技術導入時の考慮事項及び技術実証結果の評価	26
4. 技術導入時に検討すべき事項	36
第4章 技術選定の検討フローと諸条件	38
1. トイレし尿処理技術	38
2. 技術選定の検討フロー	39
3. 技術の選定	40
第5章 設計者の視点からの留意点	49
1. 自然地域トイレ設計の特徴	49
2. 設計での取り組み方	49
3. 設計内容・設計時の留意点	52
4. 自然地域トイレの設計手法	55

第6章 自然エネルギーの導入とその留意点	62
1. 自然エネルギーの種類・特徴、利用法	62
2. 利用にあたっての留意点	68
3. まとめ	71
4. 補遺	72
第7章 維持管理の重要性と実施事例	76
1. 維持管理の処理タイプ別事例紹介	76
2. 維持管理における官・民協力	83
3. 利用者による維持管理費用の負担	84
4. 維持管理から見た処理方式選定のポイント	85
5. 維持管理からのトイレ整備	86
参考資料	89
1. 実証技術事例紹介	89
2. 自然地域トイレし尿処理技術導入事例データベース	99

第1章 本書の背景と目的

本書では、自然地域においてトイレ整備を検討する場合に、その場所の環境条件に適したし尿処理技術の導入が進めやすくなるよう、これまで行ってきた実証事業の結果をもとに、し尿処理方法をタイプ別に紹介するとともに、導入にあたっての条件や留意すべき事項について具体的に解説します。

本章では、本書を活用する前提として、し尿処理施設の体系全体における、「自然地域トイレし尿処理技術」位置付けについて確認し、自然地域におけるトイレ整備の現状や整備の課題について整理します。

1. 自然地域でのトイレ整備の現状

(1) トイレ整備の意義

近年、レジャーが多様化するなか、山岳、山麓、海岸、離島などの自然地域に多くの人が訪れるようになる中、その自然環境の保全を図りながら、適正な利用を確保することが必要とされています。それを実現するためには、現地の状況や利用の実態に応じた利用施設の整備を行うことが求められ、その中でも特に不可欠なものとして、トイレ整備が挙げられます。いかなる場所であっても人間活動が行われる以上、そこでのし尿処理の問題は必ず付随してくる懸案事項であり、特に、商業電力や上下水道等のインフラ施設が未整備となっている自然地域においては大きな課題となっています。

現在、山岳地をはじめとする自然地域では、従来の方法を改善したし尿処理技術の導入が進められてきています。一部の山岳地域では、多くのトイレが整備・改善され、環境保全に役立てられています。全国的にみると未だ途上の段階です。

トイレの整備・改善は、整備が行われる場所の環境保全や利用者の利便性が確保されるだけでなく、利用者の歩道（登山道）外への踏み込みを防止することによる植生の保全や利用者の安全確保など幅広い効果が期待できます。

(2) 自然地域でのトイレ整備の状況

平成20年に全国の地方自治体を対象に実施した、「自然地域での非放流式し尿処理設備ニーズ調査」¹⁾では、“技術に対するニーズがある”と回答した175件の自治体のうち、“導入を検討したことがある”と回答したのは58件(33.1%)で、残りの117件(66.9%)は“検討したことがない”と回答しています。また、導入の検討を行いながら整備に至っていない理由として“設置費用が確保できない”“設備の信頼性に不安がある”などの意見が多くありました。特に山岳地における導入に対しては、“メンテナンス体制が確立されていない”という意見もありました。このように、自然地域におけるトイレ整備には、大きくコスト面と技術情報不足の両面から課題があるといえます。

一方、トイレの整備後においても、「期待したとおりの技術性能が発揮されない」などの不満を耳にすることがありますが、その要因の中には、「技術に対する情報不足」、「予算上の理由から利用実態に見合わない処理能力での施設整備」、「設置箇所の環境条件に

適していない技術の選定・導入」など、必ずしもトイレの処理技術そのものに起因しない問題ケースも見られます。

(3) し尿処理施設の体系

本書で取り扱う「自然地域トイレし尿処理技術」の位置づけを明確にするために、下水道や浄化槽、その他の処理方法も含めたし尿処理施設の体系を図 1-1 に示します。

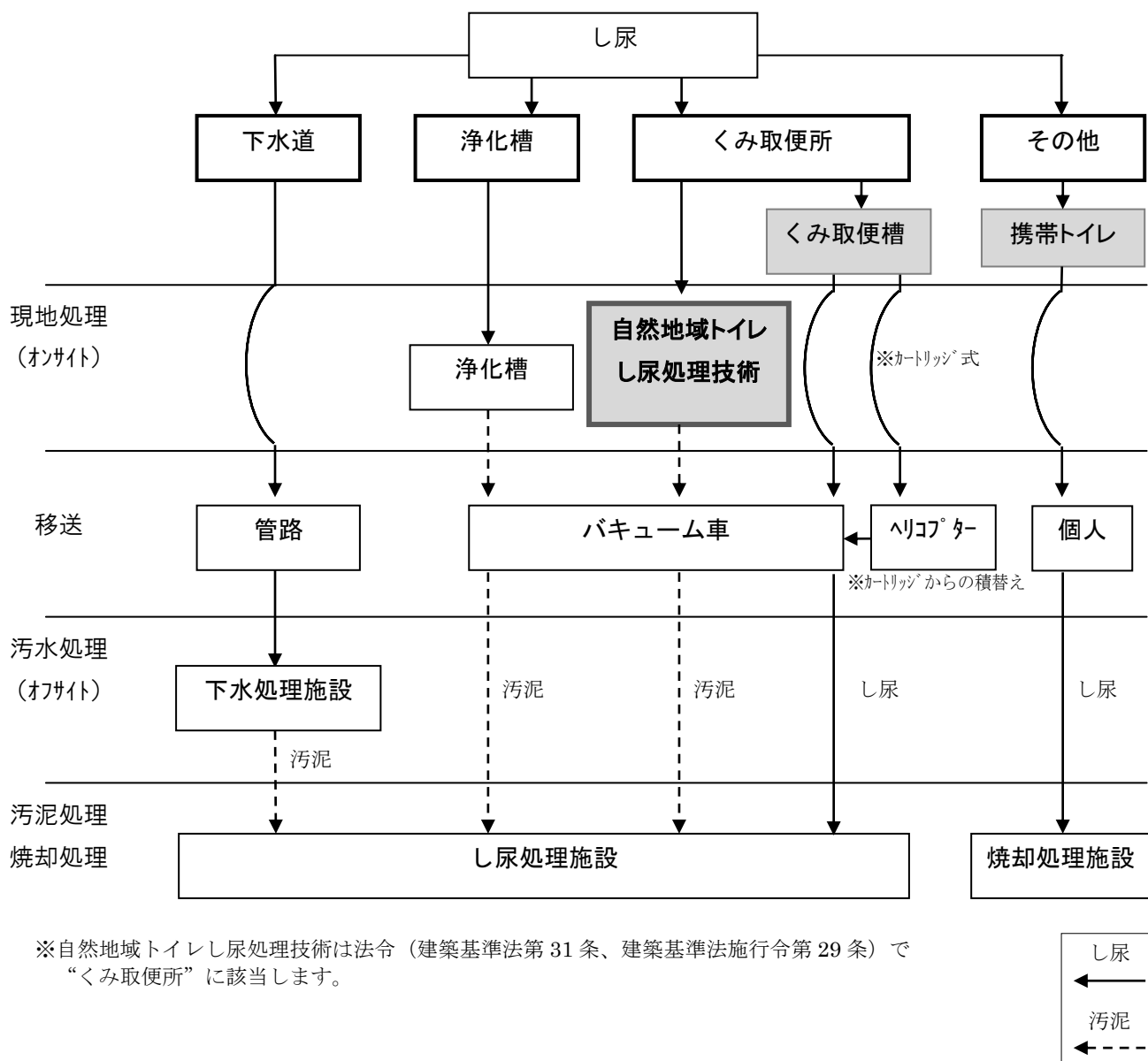


図 1-1. し尿処理施設の体系

- ・ 下水道が整備されている地域では、し尿は管路で移送され、下水処理施設で処理されたのち、し尿処理施設にて汚泥は最終処理されます。
- ・ 浄化槽の場合は、し尿は個々のトイレ設置場所にて処理され、処理された水は放流され、汚泥はバキュームにて引き抜かれたのち、し尿処理施設で最終処理されます。
- ・ 「自然地域トイレし尿処理技術」で扱うトイレは、現行の法令上はくみ取便所に位置づけられ、浄化槽と同じく個々のトイレ設置場所にて処理されますが、浄化槽との大きな違いは、原則として処理水を放流しない技術を対象としているところです。一方、くみ取便槽はトイレ設置場所にて処理は行わず、バキューム車などで移送したのち、し尿処理施設で処理を行います。一部地域では、カートリッジ式の便槽をヘリコプターにて山麓に輸送し、そこからバキューム車でし尿処理施設へ輸送する手法を取る事例もあります。
- ・ その他として、現在一部の山岳地で利用されている携帯トイレという手段があります。この場合、携帯トイレを使用した後は、個人で所定の回収場所や自宅まで持ち帰り、焼却処理することになります。

2. トイレ整備の課題

本書の対象とするし尿処理技術は、トイレ本体以外に給排水設備や電力設備、浄化設備など様々な要素を組み合わせで成り立つ技術です。処理能力に優れたトイレを設置しても、システム全体が総合的に機能しなければ有効に稼働しません。自然地域においてトイレ整備を実施するためには、システムを有効に稼働させるうえで様々な課題が存在します。ここでは、その主となる課題事項として、立地条件、費用、技術選定、維持管理について整理します。

(1) 立地条件

自然地域でのトイレし尿処理技術の普及が進まない要因には、山岳地等の自然地域においてインフラがほとんど整備されておらず、電力、水、輸送路などの制約条件から、整備や維持管理が難しいことがあげられます。これらの制約への対応手段としては次のようなものがあげられます。

- ・ 電力：商用電源、自家発電設備、自然エネルギー（太陽光、風力、小水力他）等
- ・ 水：公共水道、河川水、雨水、雪解け水、井戸、運搬（搬入）等
- ・ 輸送：自動車、ヘリコプター、人力等

自然地域でのトイレ整備では、設置する環境に合わせて電力、水、輸送の手段の組み合わせや、それらが少なく済む技術を選択して導入していく必要があります。

(2) 費用

立地条件の厳しい自然環境下でトイレを設置し維持管理をしていくためには、インフラの整った都市部や農村部でトイレを整備する場合に比べ多くの費用がかかります。

平成 19 年に、環境省の補助事業で整備を行った山岳地のトイレに対する調査²⁾では、自然地域トイレし尿処理技術の設置に要した費用について、2 千万～4 千万円のコストが

かかっているというデータもあります。このコストには装置本体の他、建築費、電気設備費、資材運搬費、測量・設計費等が含まれています。

また、設置後の維持管理費としては、燃料費、保守点検費、維持管理人件費などがかかります。設置者によっては、維持管理費の経費に充てるために協力金として利用者に利用料やチップの協力を求めているケースも見られます。

（３）技術選定

技術性能の客観的評価や技術情報が不足していることなども、普及が進まない要因として挙げられます。そのため、環境技術実証事業では、し尿処理技術の性能や効果を第三者が客観的に実証し、実証結果の公表を通じて導入の促進が図られてきています。

また、ある場所で良好に稼働している技術であっても、他の場所にそのまま導入するだけで同様の稼働状態が得られるとは限らないことから、個々の場所ごとの詳細な条件をふまえたうえで、設置場所に合わせた技術の選定及びその設置計画が必要となります。

（４）維持管理

トイレを設置した後も、処理装置の能力を超えた負荷がかかると、臭気の発生やオーバーフローなどのトラブルが発生する場合があります。装置利用状況や処理性能について注意しながら運用することが必要です。

また、設置したメーカー等の責任の範囲や費用負担、部品交換や汚泥引き抜きといった保守点検の作業内容や頻度についても、設置前に明確に決めておくことが必要です。実際、数年経過したのちに大きなトラブルが発生する場合があります。そうしたトラブルを避けるためには、導入技術のメーカーとのメンテナンス契約、設備の維持管理マニュアルの有無など、設置後の維持管理に関する事項も、予め検討しておくことが重要です。

３．本書の構成

本書では、実証試験を行った技術を中心に、トイレ技術の導入を検討する際の必要事項について、各章毎に示します。

第１～３章では実証事業の目的や自然地域におけるし尿処理の重要性を解説し、第４章～６章では技術導入を行う際の基本事項や条件設定、設計時の留意点を提示、第７章では導入後の維持管理の重要性について解説する内容となっています。

<技術の概要>

自然地域トイレし尿処理技術について知る (p1~37)

自然地域でのトイレし尿処理の意義と、どのような技術があるかを詳しく解説します。

第1章 本書の背景と目的

第2章 自然地域トイレし尿処理の概要

第3章 トイレし尿処理技術のタイプ別特徴



<選定のフロー>

選定方法の基本フローを押さえる

(p38~48)

整備条件の整理をする (p40~42)

技術の絞り込みをする (p42~45)

技術の比較検討をする (p46~48)

技術を選定するための情報整理から選定手法までを解説します。

第4章 技術選定の検討フローと諸条件



<設計のポイント>

設計時の重要事項を把握する (p49~75)

自然地域のトイレを設計する際の留意点と自然エネルギーについて解説します。

第5章 設計者の視点からの留意点

第6章 自然エネルギーの導入とその留意点

<維持管理>

導入後の維持管理について考える

(p76~88)

安定した運用に向けて、トイレ整備後の維持管理について解説します。

第7章 維持管理の重要性と実施事例



<参考事例>

実証事例と試験結果報告書を活用する

(p89~99)

実証試験結果の活用方法と、実証済み技術を紹介します。

実証事例紹介



導入技術の選定

図 1-2. 本書の構成

第2章 自然地域トイレし尿処理の概要

自然地域は都市部や農村部と異なり、人口が稠密でないことからトイレを含めたインフラ整備が不十分か、自然保護の観点からインフラ整備がむしろ好ましくないという環境特性を有しています。本章では、そうした自然地域の環境特性を踏まえたトイレし尿処理の概要を整理しました。この中で、環境技術実証事業の概要や山小屋関係者及び地方公共団体へのアンケートを通じた自然地域でのトイレし尿処理の配慮要件にも触れています。

1. 自然地域の環境特性とトイレし尿処理

自然地域の環境特性とトイレし尿処理のニーズ及び「環境技術実証事業」自然地域トイレし尿処理技術分野の取り組みについて紹介します。

(1) 自然地域の環境特性とトイレし尿処理のニーズ

本書では、山岳地、山麓、海岸、離島などを総称して自然地域と定義しています¹⁾が、これら自然地域では、商用電力の供給がなく、上下水道が未整備である場合が多くあります。また、道路等の交通インフラが整備されておらず、トイレなどの衛生施設を設置、維持管理することが容易でない場合が多くあります。その一方で、動植物等の保護・保全すべき自然が濃厚に温存されていたり、清澄な水域が存在したりするのが一般的です。

このような状況の下、従来、トイレを設置する場合、地面に穴を掘り、貯留し、土壤に浸透させる方法がとられ、トイレが設置されていない場合は、屋外排泄が行われてきました²⁾。この結果、平成13年度に水や電気などのインフラが十分に確保されていないと考えられる全国の山小屋（約300）に対して実施したアンケート調査では、し尿の処理方法に「問題ないと思う」と答えた山小屋は3割未満に止まっていました³⁾。

一方で、たとえば山岳地では、近年の登山ブームで多くの人が訪れ、図2-1に示すような構造で自然環境へのインパクトが生じることが懸念されています⁴⁾が、し尿については、とくに公共用水域の水質への影響、植物への影響等を懸念する声が高まっています²⁾。こうした声の高まりを背景に、山小屋事業者、地方公共団体によるし尿処理に対する改善への取り組みが始まり、同時に洗浄水や処理水を放流しないし尿処理装置も急速に開発、商品化されてきています²⁾。

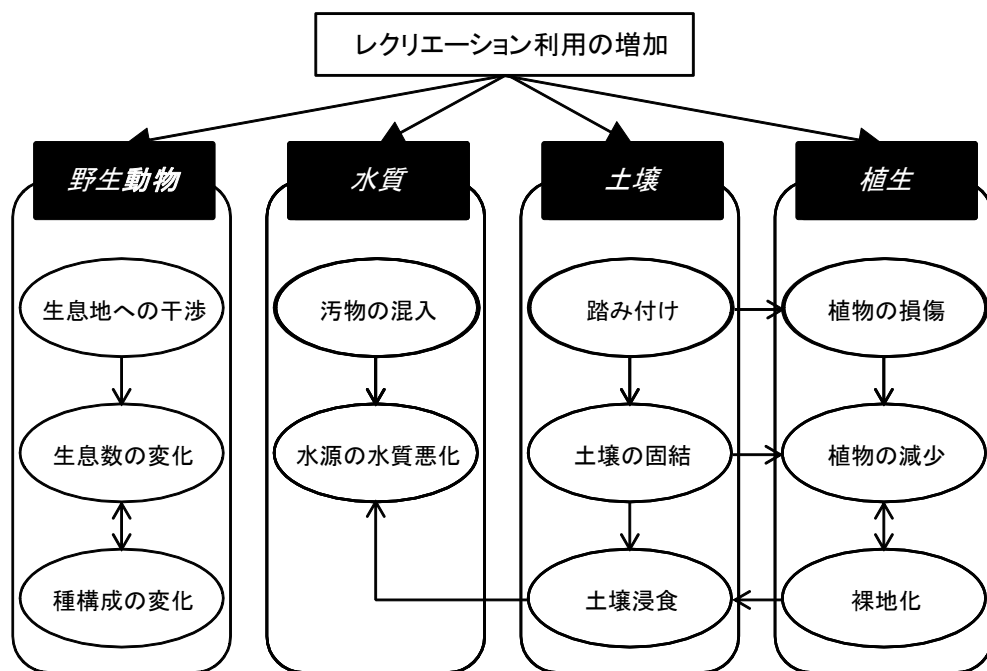


図2-1. レクリエーション利用の増加がもたらす自然環境へのインパクト

上に述べた懸念は山岳地に限りません。平成20年度に、全国47都道府県、1,828市町村を対象に非放流式トイレのニーズを把握するためのアンケート調査が実施されました

(682地方行政体が回答)が、「非放流式トイレの導入により環境保全効果が期待できる場所」として山岳地が46.5%と最も高い割合であったものの、山麓地26.7%、海浜12.4%、離島4.2%、その他(湿地等)10.2%と、山岳地以外の自然地域でもニーズがありました⁵⁾。

(2) 環境技術実証事業^{1),2),3)}

水道、電気、道路等のインフラが未整備な自然地域におけるし尿の影響を軽減するためには、新技術の導入などの自主的な取組が期待され、環境省においても山小屋事業者を対象とした補助制度を平成11年度に創設するなどその推進を図っています。しかしながら、これらの技術の特徴や性能については客観的情報がないのが一般的です。このため、新技術の導入を検討するに際しては、メーカー情報に頼らざるを得なく、山小屋事業者等からは、「投資額が大きいにもかかわらず、想定していた性能が出ない、適切に稼動しないといった問題が発生することはないか」との危惧もあり、環境省主催のシンポジウムにおいても、国による適切な情報提供を求める意見が出されていました。

環境省では、既に実用化され、有用と思われる先進的環境技術であっても環境保全効果等について客観的評価がなされていないために、ユーザーが安心して使用できず、普及が進んでいない場合があることを背景に、技術の環境保全効果等を第三者機関が客観的に実証する環境技術実証事業を展開し、その一つに自然地域トイレし尿処理技術分野(平成21年度までは山岳トイレし尿処理技術分野)を設けています。

対象技術は、平成23年3月発行の第8版の実証試験要領で「対象となる自然地域トイ

レし尿処理技術とは、山岳地や山麓、海岸、離島などの自然地域で上下水道、電気（商用電源）、道路等のインフラの整備が不十分な地域、または自然環境の保全に配慮しなければならない地域において、し尿を適切に処理するための技術を指します。具体的には、し尿を生物学的処理、化学的処理、物理学的処理、もしくはそれらの組み合わせにより処理するもので、洗浄水やし尿処理水を原則として、公共用水域等に放流・排水しない「非放流式」を対象とする。」としています。

平成22年度までの実施状況は、終了18技術、経年実証試験（実証試験終了後数年経過した段階での性能を確認する実証試験）1技術となっています。この経験を踏まえて、成果と意義を整理すると次のようになります^{6),7)}。

- ・ 技術的に未知の要素が多かったものに対して定量的なデータを得ている。
- ・ メーカーの示す仕様を実フィールドで満たしているか否かが明らかになっている。
- ・ 山岳トイレの問題点がより鮮明になってきた。
- ・ 多様化していたトイレし尿処理技術が分類化・体系化されてきた。
- ・ トイレし尿処理技術のデータベース化を進めるうえで有効な資料となっている。
- ・ 各種のインフラ状況に適合できる自然エネルギー技術を検討する必要がある。
- ・ ロゴマークを取得したトイレし尿処理技術に対して、さらに経年実証試験を行うことにより、処理性能の持続性をアピールできる。

2. 自然地域でのトイレし尿処理の配慮要件

自然地域でのトイレし尿処理の現状を理解するための情報をいくつか紹介し、これらを基にして自然地域でのトイレし尿処理での配慮要件を整理します。

（1）山小屋関係者へのアンケート^{5),8)}

平成18年度に、山岳トイレの課題を把握するために、山岳トイレを設置した山小屋関係者に対してアンケート調査が実施されています。対象の山岳トイレは、17年度までに環境省の「山岳環境浄化・安全対策事業」と長野県の「小規模山小屋トイレ整備事業」を活用して整備された山岳トイレ83件（前者が75件、後者が8件）です。調査票回収率は78%（65件）です。

表2-1は処理方式別のトイレの悩みを整理したものです。

表2-1. 処理方式別トイレに関する悩み

内容 処理方式	処理性能	臭気の問題	維持管理 の作業性	維持管理 費用	利用者理解・ マナーが悪い	その他	総計
浄化槽	2		1	6			9
浄化循環	3				2	1	6
コンポスト処理		1	3	2	5	5	16
焼却式	2			2	1		5
土壌処理	2	2	3	2			9
汲み取り			3	7	1		11
総計	9	3	10	19	9	4	56

（平成18年度 山岳トイレ整備調査簿作成業務報告書 環境省）

維持管理における費用と作業性、利用者理解・マナーが悪い、処理性能の順で多いという状況です。浄化槽とくみ取を除いた処理方式での具体的内容は以下のようになっています（両方式を除いた後の順位）。

- ① **利用者の理解・マナーが悪い**（8件）：トイレへのイタズラ、落書きや便槽へのごみの投入が多いが、水を得るためにパイプに穴を開けるなどもある。
- ② **処理性能**（7件）：水の凍結が最も多く、その他にピーク時の処理能力不足がある。
- ③ **維持管理費**（6件）：燃料費、保守点検費、汚泥処理費などの支出のほか、トイレ利用時のチップや協力金が思うように集まらないなどがある。
- ④ **維持管理の作業性**（6件）：清掃に関する悩みが中心であるが、水の補充など山岳トイレ特有の悩みもある。

トラブルについては以下のようになっています（回答総計：45件）。

① 登山者のマナーに起因するトラブル

1位：ごみ等の混入（4件）、1位：利用方法の間違い（4件）。後者は、普段使い慣れない仕様のコンポスト処理で顕著である。

② 山小屋の維持管理に関するトラブル

1位：機器の故障（8件）、2位：臭気の発生（7件）、3位：配管等のつまり（5件）、4位：含水率の上昇（3件）、5位：水温調整の不具合（2件）。機器の故障は各処理方式で見られるが、臭気の発生はコンポスト処理、土壌処理に多く見られている。また、含水率の上昇はコンポスト処理のみに見られ、オガクズの水分過多や便器から湿気が出るなどが報告されている。

③ 機器に関するトラブル

1位：洗浄水の凍結（5件）、2位：発電能力不足（4件）、3位：所期性能が発揮されない（3件）。洗浄水の凍結は、浄化循環と土壌処理に多く見られている。

（2）地方公共団体へのアンケート調査⁵⁾

前述した地方公共団体へのアンケート調査の結果を紹介します。

① 非放流式トイレを導入する際の課題（現段階で設備整備に至っていない理由）

1位：設置費用が確保できない（65.5%）、2位：設備の信頼性に不安がある（25.9%）、3位：メンテナンス費用が確保できない（19.0%）、4位：メンテナンス体制が確立されていない（17.2%）、5位：処理方法が判断できない（15.5%）

② 設備の導入に重要と考えられる事項

1位：設備の本体価格（53.5%）、2位：処理の仕組み（44.4%）、3位：専門的な保守管理費（41.4%）、4位：廃棄物の最終処分方法（38.5%）、5位：廃棄物の処理費（36.3%）、5位：発生する廃棄物の内容（36.3%）

③ し尿処理設備導入状況

1位：浄化循環（62.9%）、2位：コンポスト処理（主に木質チップを攪拌する処理方式）（35.1%）、3位：土壌処理（21.6%）、4位：焼却式（3.1%）。浄化循環には、コンポスト処理、土壌処理と乾燥・焼却式を除く全てが含まれるため、多くなっているものと考えられる。また、複数回答のため合計が100%を超えている。

④ トイレ運用上の悩み

1 位：想定外の維持管理費（32.0%）、2 位：利用者の理解やマナー（29.9%）、3 位：維持管理の作業性（27.8%）

⑤ トラブル事例

1 位：機器の故障・破損（47.4%）、2 位：異物の混入（39.2%）、3 位：臭気の発生（25.8%）、4 位：配管等のつまり（23.7%）

（３）山岳トイレの整備への不満

山岳トイレの整備についてユーザーとメーカーの不満が整理されており、表 2-2 のようにまとめられます⁸⁾

表 2-2. 山岳トイレの整備における不満

主体 項目	ユーザー	メーカー
情報	どんなトイレがいいか情報や判断材料がない	
マーケット		マーケットが小さく安定した経営に貢献しない
性能	メーカーが売り込み時にいていた性能を発揮しない	
トラブル	利用者のマナーが悪いしトラブルも多く、メンテナンスが大変	利用者の理解と協力が薄く、トラブルがメーカー責任となり大変
コスト	自然エネルギーや燃料などにコストがかかりすぎる	ユーザー側にメンテナンスコストの用意がなく、メーカー負担になって大変 設置やメンテナンスに手間やコストがかかりすぎる
支援		技術改良を進めたくても、行政や専門家の応援を得にくい

（４）配慮要件の抽出

以上の結果を踏まえて配慮すべき要件を整理すると、以下のようになります。

① 導入時

- ・ コスト面の課題が大きいですが、技術に対する信頼性や選択方法などの課題もあります。
- ・ コストについては、ユーザーの課題であるとともに、メーカーにもマーケットの確保において課題であり、国や地方自治体の財政支援が望まれます。
- ・ 技術の信頼性や選択方法などについては、ユーザーとメーカーが情報を共有するとともに、行政や専門家が技術を整理しその特徴を踏まえた下で選定要件を明確化することが望まれます。

② 運用時

- ・ ランニングコストは重要な要素です。また、搬送の難しい山岳地や離島などにおいては廃棄物の取り扱いが非常に重要な検討事項です。
- ・ ランニングコストについては、想定外に高いことや利用者のマナーの悪さで付加されることとともに、ユーザーとメーカーの間での取り扱いにおける事前の調整が重要です。

- ・ また、設備の適正な取り扱いやユーザーの対処などによってコストの発生が回避されることも考えられるため、メーカーは維持管理マニュアルの充実を図るなどの対応が必要です。
- ・ さらに、維持管理の容易な技術の開発や改善が必要です。
- ・ 利用者のマナーの悪さが課題の一つですが、これに起因するトラブルは、致命的な故障の原因になることもあるため、紙の分別が必要な場合における対応やごみを投入しないなどの利用上のマナーの啓発が重要であり、どういう形で行うかなどの検討が必要です。

③ その他

- ・ 性能の発揮は最も重要な点であるが、これについては、安定した性能が発揮できる技術の開発が必要である一方で、利用の適正化や維持管理の容易化なども係わってきます。
- ・ マーケットが小さいことにも係わるが、技術開発に大きな投資は難しいであろうことから、技術開発への財政的支援のみならず専門家の関与などの支援も必要です。
- ・ トラブルについては、詳細を把握し、公表し、設計、利用者への啓発や維持管理に反映することが重要です。

参考文献

- 1) 環境省自然環境局：環境技術実証モデル事業 山岳トイレ技術分野 山岳トイレし尿処理技術実証試験要領 第8版 平成23年3月
- 2) 環境省の環境技術実証事業のホームページ：<http://www.env.go.jp/policy/etv/>
- 3) 山岳トイレし尿処理技術について、環境技術実証モデル事業検討会 山岳トイレし尿処理技術ワーキンググループ会合（第1回）資料：http://www.env.go.jp/nature/tech_model/01/mat_06.pdf
- 4) 愛甲哲也：自然公園の管理とトイレ 野外排泄の影響、平成21年度環境技術実証事業 山岳トイレ技術セミナー ～技術を知ることから始まる山のトイレ対策～ 資料集、2009：http://www.env.go.jp/nature/tech_model/seminar091211/mats.pdf
- 5) 環境省 環境技術実証事業（自然地域トイレし尿処理技術分野）メールマガジン：<http://www.yama-echo.org/mag/magarchive.html#20110310>
- 6) 森武昭：総論・環境技術実証事業 山岳トイレ技術分野における検討経緯、平成 21 年度環境技術実証事業 山岳トイレ技術セミナー ～技術を知ることから始まる山のトイレ対策～ 資料集、2009：http://www.env.go.jp/nature/tech_model/seminar091211/mats.pdf
- 7) 桜井敏郎：自然地域トイレし尿処理技術について、平成22年度環境技術実証事業 山岳トイレ技術セミナー ～山岳・山麓・海浜・離島のトイレ整備に向けて～ 資料集、2010：http://www.env.go.jp/nature/tech_model/seminar101203/mats.pdf
- 8) 上幸雄：山岳トイレ技術分野における実証対象技術について、月刊浄化槽、No. 390、2008

第3章 トイレし尿処理技術のタイプ別特徴

都市部や農村部から排出するし尿は、下水道や浄化槽のほか、汲取り便所で処理されています。しかし、自然地域では一部の施設を除いて住んでいる人は少なく、自然条件も厳しく、インフラも整備されていないことから、その自然条件に適合したさまざまなトイレし尿処理技術が導入されています。

ここでは、それらのトイレし尿処理技術をタイプ別に整理して紹介します。処理技術や処理装置の原理やフローを科学的論拠に基づき説明しており、トイレの選定や維持管理を検討する際における基本情報となります。

1. 実証技術の分類と構造

し尿だけを単独で処理する技術は、収集し尿を対象とした「汚泥再生処理センター（し尿処理施設）」と、戸別住宅などのトイレ汚水を対象とした「みなし浄化槽（単独処理浄化槽）」があります。これらはいずれも関係法令により構造基準や維持管理基準が定められており、長年にわたる多くの実績があります。これに対して自然地域のし尿処理装置は構造基準等の規定がないため、その処理の実態は十分に把握されておりません。

自然地域にし尿処理装置を設置するには、水や電気などのインフラ整備が不十分である、気象などの環境条件が悪い、トイレ利用者が季節により大きく片寄る、維持管理が十分でない、などの厳しい制約条件下でし尿処理する装置の構造が求められます。これまで様々な構造の処理装置が設置されてきましたが、技術的な検討は十分に行われてきませんでした。このような背景のなかで環境省では現在技術実証事業を進めて、自然地域に適するトイレ処理技術の実証試験を行っており、現在までに18件技術が実証試験を終了、うち1件が経年実証試験を実施しています。実証技術は周辺環境への影響を考慮し、原則として処理水を公共用水域に放流しない非放流式の処理技術が対象です。

（1）処理技術の分類

実証試験の結果からし尿処理技術を分類するにあたり、学問的な方法ではなく技術の特徴を取り入れ理解しやすいように次のように分類します。

- ・ 大分類 : 水使用技術、水不要技術
- ・ 中分類 : 循環処理技術、非循環処理技術
- ・ 小分類 : 生物処理方式、物理化学処理方式

大分類は、自然地域でトイレを設置する際に水の取得は大きな制約条件の一つで、し尿処理では洗浄水を使用するか否かは技術上重要な要因であるため、水使用の有無で分類しました。洗浄水の使用はトイレ使用者に対して快適性を与え、臭気の発生抑制に効果があります。水の取得が難しい地域で洗浄水を得るには処理水を循環して再利用する技術がありますが、山岳地域では水が全く使用出来ない場所も多く存在するため、洗浄水を使用しない処理技術が必要となります。

中分類は、洗浄水の使用に関して処理水の循環の有無で分類しました。小分類は、処理装置の主体となる処理方式の違いにより生物処理方式、物理化学処理方式に分類しま

した。この他、化学処理方式がありますが、これまで使用された実績がないので記載していません。処理方式による分類は本来処理技術の大分類に相当するものですが、実証したほとんどの処理技術は生物的处理方式に分類され、物理化学処理方式は 1 件だけであつたため、今回は小分類項目に留めました。

この分類に沿って実証技術を示すと次のようになります。

- ・ 水使用・循環処理技術
- ・ 水使用・非循環処理技術（生物処理方式）
- ・ 水不要・非循環処理技術

（２）水使用・循環処理技術

①高度処理水循環処理技術（生物処理方式）

実証試験を行った処理技術の多くは、洗浄水を処理して再利用する方法を採用しています。洗浄水を使用することにより後述する水不要処理技術と比べて、臭気の発散が少ないためトイレ使用者に好印象を与えるメリットがありますが、非放流式であるため処理水をどのような方法で循環し洗浄水に再利用するか、それぞれ処理装置の構造や性能が異なります。

処理装置の一般的なフローシートは図 3-1 のとおりで、基本的な構造は一次処理装置、二次処理装置、高度処理装置から構成されています。高度処理水はポンプでトイレに循環し、洗浄水として再利用します。

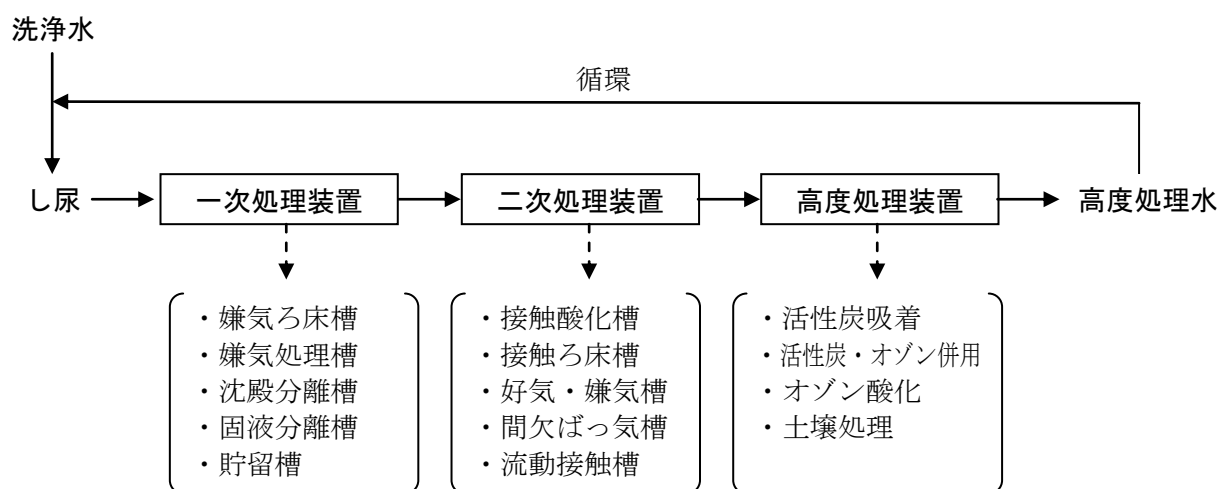


図 3-1. 水使用・高度慮利水循環処理技術（生物処理方式）

a. 一次処理装置

一次処理装置の構造はメーカーにより様々で、処理機能もそれぞれ異なります。一次処理装置は洗浄後の水洗し尿を貯留し、固液分離や嫌気性生物処理等により、し尿中の汚濁物質（有機物）を分解する装置で、流入するし尿量の変動に対応して二次処理装置の機能が発揮されるように前処理するのが目的です。

実証技術で用いられている一次処理装置は、図 3-1 のように嫌気ろ床槽、嫌気処理槽、沈殿分離槽、固液分離槽、貯留槽、など様々な名称の処理槽があります。

これらの処理槽は流入し尿の変動に対応するほか、し尿中の固形物を沈殿し分離する、分離した固形物（汚泥）を微生物で嫌気性分解する、などの処理機能を期待した装置です。これによって有機物濃度が低下し、汚泥の発生量を減少させる効果がありますが、このためには槽容量は大きいほうが一般に有利となります。槽容量等に余裕を持って計画することは、トイレ処理装置全体に共通する重要な事項です。

実証技術の中には、一次処理装置内に微生物酵素製剤を定期的に加えて、固形物の沈殿分離作用と嫌気性分解を促進させ、残渣物である汚泥の減量化に効果を発揮している事例があります。

b. 二次処理装置

二次処理装置はし尿処理における主要な設備です。用いられている処理方式は、酸素が存在する環境で微生物により好気性分解を行う生物処理法です。好気性処理はブロワ（送風機）や攪拌機などの電力を使用する設備が必要ですが、嫌気性処理と比べて有機物の分解速度が早く臭気の発生を抑制できるため、二次処理装置によく用いられています。

実証技術では接触ろ床、流動接触槽、嫌気・好気槽、ばっ気槽、接触酸化槽などメーカーにより様々な二次処理装置が採用されていますが、これらの処理装置は微生物を保持し一次処理水と接触する構造の違いにより二つに分けられます。

・ 接触酸化処理槽

好気性に保った槽内に微生物を保持するため各種の接触材を充填した構造で、一次処理水と接触材上に形成された生物膜を接触させて処理するのが特徴です。実証試験を行った大部分のメーカーがこの構造の処理装置を採用しています。用いられている接触材の種類は、カキガラ、波板プラスチック材、小円筒プラスチック材、スポンジ、木質系資材（杉チップ）、など多くの素材が使用されています。

・ 浮遊生物処理槽

槽内には接触材を充填しない構造で、微生物の集合体（活性汚泥）をブロワによる送気で常に流動状態に保って処理する活性汚泥法と呼ばれる処理法です。活性汚泥法は各種の排水処理に用いられている普遍的な処理技術ですが、実証技術では1技術だけが採用しています。

処理した活性汚泥は一般には沈殿槽で処理水と汚泥に分離するのですが、実証技術では高性能な膜ろ過装置を採用して効果をあげています。膜ろ過は $0.4\mu\text{m}$ ($1\mu\text{m}=1000$ 分の 1mm) という超微細な細孔を有するろ過膜で固液分離するため、良好な処理水が得られるのが特徴です。膜ろ過法は収集し尿や生活排水の処理分野で既の実績がある技術で、膜ろ過が十分機能すると濁りがない処理水が得られますが、保守点検時には膜の目詰まりの有無に留意し、必要に応じて膜を洗浄することが必要となります。

c. 高度処理装置

高度処理装置は、水使用・循環処理技術で循環水の水質を良好に保つために不可

欠な装置です。高度処理を行う目的は有機物（BOD）や濁り物質（SS）の除去、着色物質の分解（脱色）、臭気物質の分解（脱臭）など様々で、実証試験では活性炭吸着、オゾン酸化、活性炭とオゾンの併用、土壌処理、土壌処理と活性炭の併用、などの処理法が用いられています。

活性炭吸着は、吸着作用を有する活性炭の充填層に二次処理水を流下させて、脱色と脱臭作用とろ過作用を合せた機能が期待されますが、活性炭の吸着能力には限界があるので、循環水の外観から吸着能力の低下時期を見極めて、定期的に活性炭の補充や交換が必要となります。

オゾン酸化は、オゾン発生機で発生したオゾンガスを一次処理水に送気し、オゾンの酸化作用で処理水を脱色する機能があり、殺菌効果も期待できます。処理後の排ガスに含まれる余剰オゾンの処置が必要となります。

土壌ろ過は、土壌等のろ過材を積層したろ過設備に二次処理水を流入させ、主に土壌粒子による吸着やろ過作用で処理します。設備を管理する際は、ろ過材の目詰まりの有無に十分留意することが求められます。

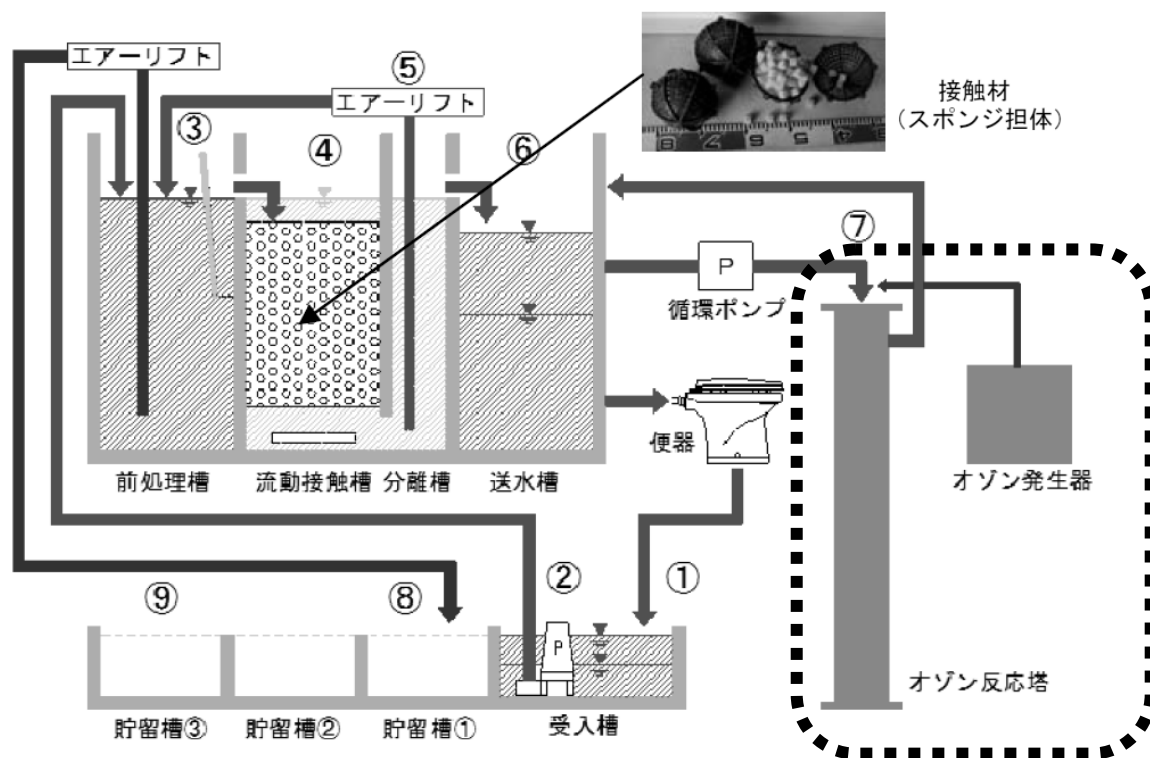


図 3-2. 水使用・高度処理水循環処理技術の事例（オゾン酸化の例）

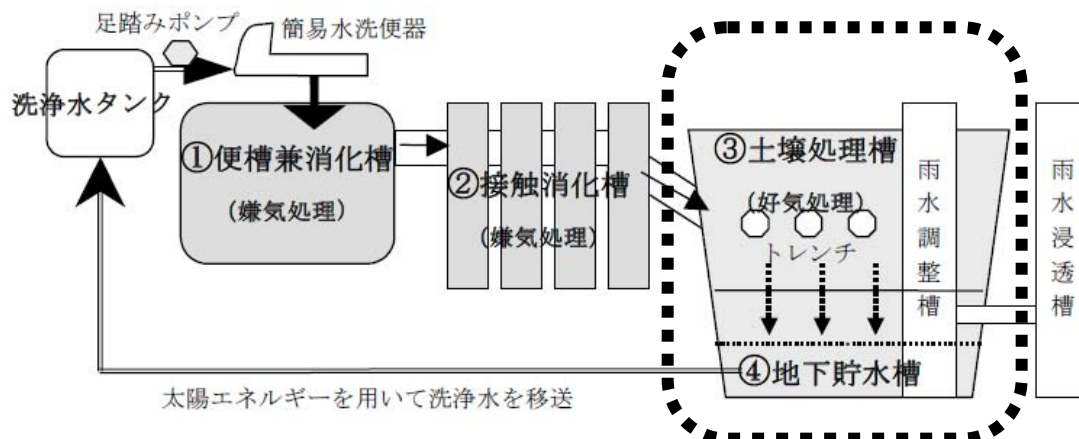


図 3-3. 水使用・高度処理水循環処理技術の事例（土壌ろ過の例）

d. 使用動力

全てのし尿処理技術は装置の動力源として電力が不可欠で、循環ポンプや好気性の二次処理装置で使用するブロワ、攪拌機、ヒーターのほか、トイレ内の照明設備、排気ファン等にいたるまで電力を必要とします。電力の取得方法はインフラの整備状況に左右されますが、送電以外では太陽光発電や発電機などを必要容量により使い分けて設置しています。

実証技術の事例で、太陽光発電により高度処理水を洗浄水槽にポンプ循環し、トイレ洗浄水は便器のそばに設けた足踏み式ポンプを何回か踏み、洗浄水槽から必要量供給する省エネルギー型のものがあります。

②二次処理水循環処理技術（生物処理方式、物理化学処理方式）

多くの処理技術が高度処理水を循環して再利用するのに対して、この処理装置は二次処理水を循環する方式で3件の実証技術があります。高度処理水と比べて循環水は着色がみられ処理水質は悪いですが、処理装置の構造がコンパクトで限られた面積で設置が可能です。そのため、敷地面積が十分とれない地域でも必要電力が得られれば、トイレの建屋と一体化して設置することが可能な方式です。

処理方式は生物処理方式と物理化学処理方式の二つの装置がありますが、いずれも実証件数は少なく前者は2件、後者は1件でした。

a. 生物処理方式による処理装置

処理装置のフローシートは図 3-4 に示すように一次処理装置、二次処理装置を組み合わせた構造で、二次処理水はポンプで循環し洗浄水として再利用します。

二つの実証技術のうち一つの方式は、し尿を攪拌・混合したのち一次処理装置の嫌気槽・好気槽でばっ気処理します。この処理槽には接触材は充填されていません。次いで二次処理槽は杉チップを充填した構造で、槽内を攪拌機で攪拌して杉チップに付着した微生物と接触処理させ、同時に水分を一部蒸発、拡散させます。そして、

装置の下部に流出した二次処理水を循環します。この装置の場合、洗浄水の一部に雨水を使用しています。

もう一つの方式は、一次処理は発酵槽で、二次処理は発酵合成槽を組み合わせしており、いずれもブロワによる送気で好気性の浮遊生物処理を行います。このため分離した汚泥の一部は一次処理槽に返送しています。この処理装置ではトイレでペーパーの分別回収を行っており、処理槽には酵素製剤を適時添加しています。

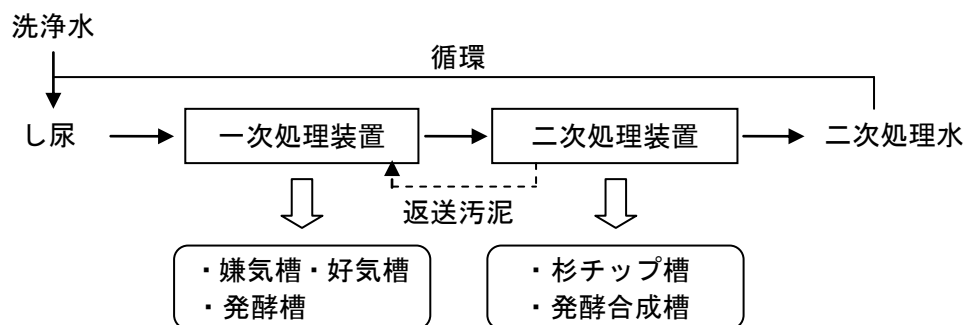


図 3-4. 水使用・二次処理水循環処理技術（生物処理方式）

b. 物理化学処理方式による処理装置

処理装置のフローシートは図 3-5 に示したが、この実証装置だけが物理化学処理方式で処理する構造です。し尿は流動攪拌槽でばっ気・攪拌・粉碎し、次いで流動接触槽で処理したのち、スクリーンを経て処理水は分離槽に流下します。スクリーンを通過出来ない固形分は貯留槽に送られます。

この処理装置が他の装置と大きく異なるのは、分離槽で分離した処理水を常時循環して洗浄水として再利用するのが大きな特徴で、さらに使用開始時に pH を低くして臭気の発生を抑えるため、臭気抑制剤を添加するのがもう一つの特徴です。また貯留槽の汚泥は満量になると全量引き抜く方法をとっています。

実証試験の結果では、pH が低く保たれている間はアンモニアなどの臭気の発生がなく大腸菌も低く抑えられて効果が認められましたが、pH が上昇すると効果が低下し臭気の発生が認められました。

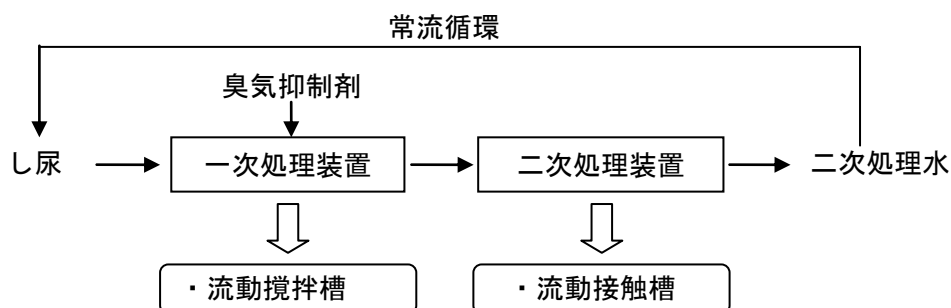


図 3-5. 水使用・二次処理水循環処理技術（物理化学処理方式）

(3) 水使用・非循環処理技術（生物処理方式）

この処理技術は洗浄水を使用して処理を行いながら、処理水は循環しない方式です。自然地域のトイレ技術は非放流を原則としていますので、処理水が周囲に流出しない構造が特徴で 2 件の実証技術があります。この方式のフローシートは図 3-6 のとおりで、処理装置の構造は単純です。二つの実証技術の一次処理装置はそれぞれ好気性消化槽と嫌気性消化槽で異なりますが、二次処理装置はいずれも土壌処理するのが特徴です。土壌処理装置の構造は異なりますが、土壌が持つ浄化能力と浸透し蒸発・蒸散する作用を利用する点は共通しています。

土壌中には多種類の細菌を含む大量の生物群が生態系を構成しており、細菌だけでも土壌 1g あたり約数億個存在しています。これらの大量の微生物群は土壌の浄化作用を担い、地球の浄化にも寄与しています。土壌処理は土壌粒子による吸収・吸着作用で有機物は分解し、水分は土壌中に吸収、拡散し蒸発させる方法であり、実証試験では、次の 2 種類の土壌処理装置がありました。

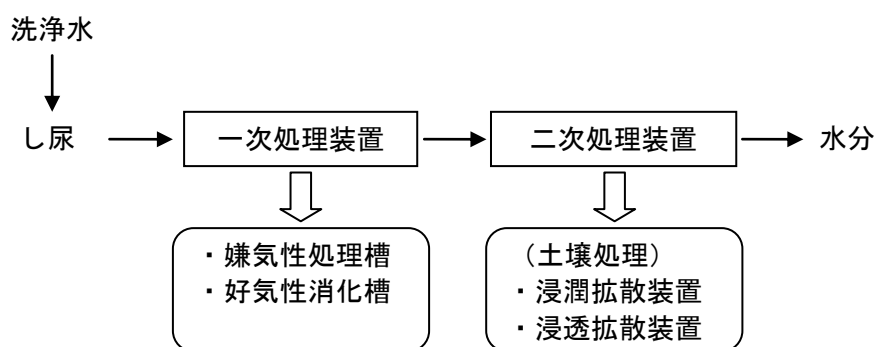


図 3-6. 水使用・非循環処理技術（生物処理方式）

① トレンチ方式による土壌処理

この方式は、一次処理は好気性消化槽で、し尿を 30℃に加温して 1 か月間ばっ気して積極的に生物分解を行い、次いでトレンチ（13m×3 本）を用いて土壌処理するものです。トレンチは幅 60cm、深さ 50cm の素掘りの溝に浸透管を敷設した構造で、底部に不透水シートが設備され浸透水を確認する検水井が設けられています。

有機物の分解能力を長期間にわたって良好な状態に保持するには、土壌微生物の浄化作用を高める環境づくりが重要で、トレンチは出来るだけ長く設置し浸透面積を広くとることが重要なポイントです。

② 浸透、蒸散方式による土壌処理

トイレは簡易水洗式で 1 回あたりの洗浄水量は 0.3L で、し尿は 3 室から成る消化槽で一次処理したのち土壌処理装置で処理されます。消化槽では嫌気性分解した後、最終の予備ろ過室で充填したろ過材で異物が除去され、中間水が土壌処理装置に流入します。土壌処理装置は幅 2m、長さ 7m、深さ 1m で、下部 1m の深さは不透水性シートで覆われている構造です。中心部の長さ方向には図 3-7 にあるとおり浸潤散水装置を設け、その下部に集水管が敷設されています。集水管により流出した場合を考慮して

流出水を受ける検水槽が設けられています。

土壌処理装置で使用している土壌は木質系のものを炭化した人工土壌で、空隙率が高く水分が浸潤、蒸発しやすい材質です。

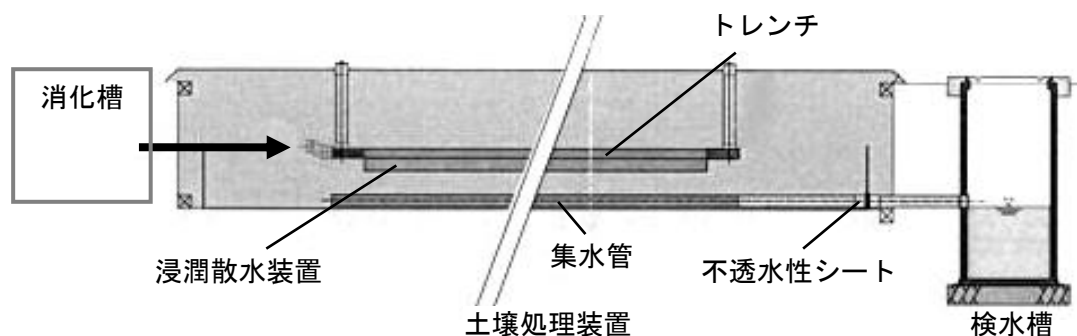


図 3-7. 水使用・非循環処理技術の土壌処理装置事例

（４）水不要・非循環処理技術

①処理技術の構造と機能

この処理技術はし尿を直接処理装置に受けて、水分を蒸発させることにより処理水を循環させない構造です。実証技術は少ないのですが、山小屋などに設置されている実績は比較的多い技術です。処理装置は洗浄水を使用しないため全体にコンパクトで、構造がシンプルなのが特徴です。所定の処理機能が発揮されれば、し尿トイレ技術として今後普及することが期待されます。

実証試験を終了した処理装置は 4 件あり、そのうちの一つは前述した水使用・非循環処理技術の浸透・蒸散方式と同じ構造のものを、水不要・非循環処理装置として実証試験を行ったものです。（図 3-8）**A**

他の 3 件の処理装置に共通しているのは、オガクズや杉チップなどの木質系資材を充填した構造です。し尿と木質資材を混合攪拌してし尿中の水分を木質資材に吸湿し、ブロワで送気して蒸発を促進させます。ヒーターを設けて必要に応じて使用しています。し尿中の汚濁物質は多孔質で空隙率が高い木質資材の空隙に蓄積され、強制的に混合攪拌や送気することにより水分の蒸発と生物分解を期待している装置です。攪拌機は間欠運転が可能な構造になっています。（図 3-8）**B**

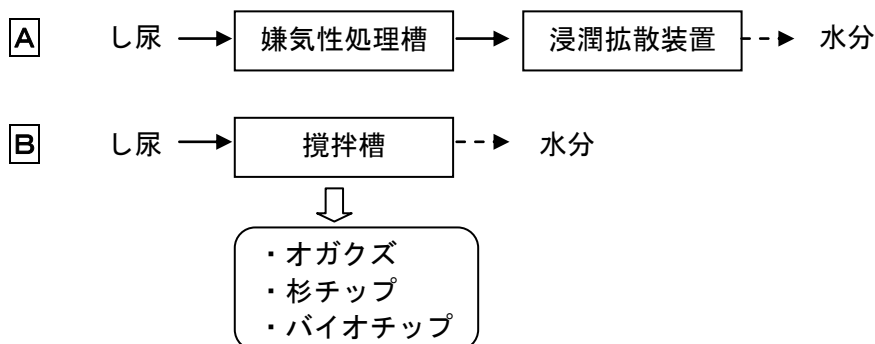


図 3-8. 水不要・非循環処理技術（生物処理方式）

a. 実証技術—1

槽を上下2段に分離した構造で、上部の木質チップ攪拌部でし尿とチップを攪拌機で攪拌して水分を蒸発させ、必要に応じてブロワを使用出来るようになっていきます。蒸発しない過剰な水分は下部の貯留部に落下し、送気により蒸発させる構造です。

この処理方式はし尿中の水分を蒸発するとともに木質チップに付着した生物膜による分解を期待しており、攪拌機やブロワが必要です。これらに必要な電力が得られる地域は問題ないが、電力が得られない場合には太陽光発電設備などを設置する必要があります。実証試験装置Aは太陽光発電で攪拌機と下段のブロワの電力を賄い、上段の送風機（コンプレッサー）は予備発電機を用いていました。電気容量が不足することを考慮して、トイレ使用後にボタンを押して攪拌機とブロワを間欠運転しています。

b. 実証技術—2

この処理装置は攪拌槽内に杉チップを半炭化したバイオチップを充填し、自家発電バッテリーによる攪拌機とヒーターを設備した構造で、水分を蒸発させます。分離液が出た場合は、下部のドレンからバイオチップ設備に受けています。

木質系資材は使用経過とともに水分の保持機能が劣化し、さらに摩耗などで減量するので点検して補充します。またトイレの使用が集中すると水分の蒸発が追いつかなくなり、嫌気性化して悪臭が発生するようになります。実証装置においても、分離水の貯留タンクで貯留能力を超えると外部に引き抜くことが必要でした。

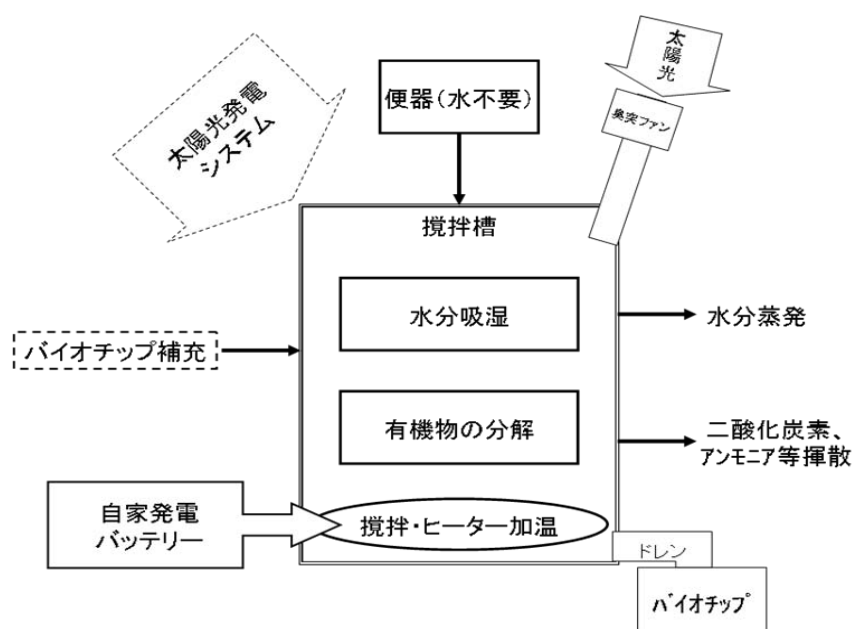


図 3-9. 水不要・非循環処理技術の事例

②共通する処理機能

この処理方式の装置では木質系資材による吸湿性の保持とトイレットペーパーなどの固形物を分解させる処理機能が求められます。し尿中の水分を吸湿してすみやかに水分を発散させることにより、好気性の雰囲気 が保たれて臭気の発生が抑制されます。

機能上の課題は、固形物の分解を進めるためにトイレットペーパーを分別・回収出来れば負荷が少なくなり、機能の維持が有利になります。また一般に攪拌・送気で装置内の水分を定常的に蒸発、発散させることは容易ではありません。水分の蒸発量は気温と湿度に大きく影響されますので、年間を通じて水分を安定して蒸発させるためには処理装置は少し余裕をもった構造とし、攪拌機やブロワの稼働を出来るだけ長くする必要があります。また山岳地域や寒冷地では、ヒーターによる槽内加温を行える設備が不可欠です。

2. 生物処理方式の処理機能と特徴

前述したように、自然地域におけるし尿処理の実証技術はほとんどの処理装置が生物処理方式を用いています。この処理方式は自然界に生息し浄化に寄与している多数の微生物群を処理設備内で人為的に増殖させ、し尿や汚水中に含まれる有機物（汚濁物質）を栄養源に利用して分解させる処理法で、し尿、下水、生活排水、工場排水など多くの排水処理分野で最も幅広く採用されています。し尿処理装置の選定や維持管理にあたっては、処理装置に導入されている生物処理方式の特徴とともに各単位処理装置の特性と処理機能を十分理解することが必要です。

（1）好気性処理と嫌気性処理の処理機能

①生物処理の原理

微生物は酵素反応による代謝作用でし尿中の有機物を新しい微生物体やエネルギー貯蔵物質に合成し、エネルギー貯蔵物質を呼吸で分解してエネルギーを得ています。微生物の呼吸方法の違いにより、好気性処理と嫌気性処理に分けられます。前者は、好気性微生物が水中の溶存酸素を用いてエネルギー貯蔵物質を酸化分解してエネルギーを取得する反応です。後者は、嫌気性微生物が水中に溶存酸素が存在しない嫌気的な環境で、有機物に含まれる結合型酸素を用いる嫌気性呼吸によりエネルギーを取得します。

いずれの生物処理法でも余剰の微生物体である汚泥とガスを生成するのが特徴で、換言すれば、し尿中の有機物を処理し、その一部を汚泥とガスに変えることにより処理水を得る技術といえます。発生した余剰汚泥（残渣物）は最終的には引き抜いて処分しなければなりません。

②好気性処理と嫌気性処理の特徴

二つの処理法について特徴を比較したのが表 3-1.です。好気性処理は一般に微生物の反応速度が早いので処理に必要な設備容量は小さくなりますが、ブロワなどによる電力消費量が多く必要です。また余剰汚泥の発生量は処理条件により多少異なりますが、

一般に嫌気性処理より多くなります。

生物処理して発生するガスの成分も両者で異なります。好気性処理で発生するガスは二酸化炭素などが主体で、臭気の発生は少ないのが特徴です。一方、嫌気性処理は図 3-10 のように二段階で進み、最終的に発生するガスは二酸化炭素やメタンが主体で臭気は少ないのですが、処理機能が悪化すると十分に分解されないで有機酸のほかアンモニア、硫化水素などの臭気成分が発生します。収集し尿の処理施設では嫌気性消化槽内を約 37℃に加温して、熱量が高いメタンを主体としたガスを積極的に発生させることにより、施設の熱源に利用できるメリットがあります。

表 3-1. 好気性処理と嫌気性処理の特徴

	処理速度	槽容量	電力消費量	発生ガス 臭気	ガスの利用	発生汚泥量
好気性処理	早い	小さい	多い	ほとんど 無し	不可	多い
嫌気性処理	遅い	大きい	少ない	有り	可能	少ない

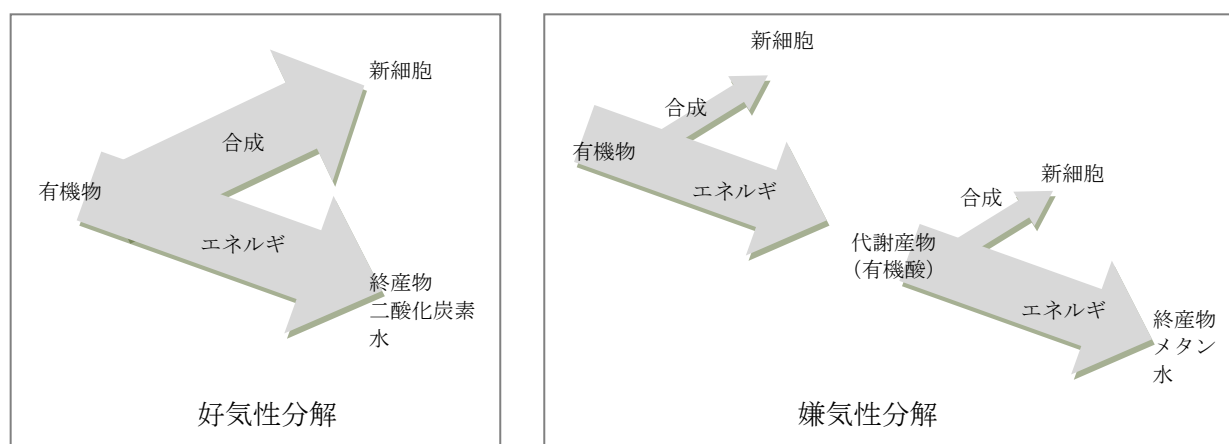


図 3-10. 有機物の好気性分解と嫌気性分解

（２）接触酸化処理法と浮遊生物処理法の処理機能

①接触酸化処理法の特徴と処理機能

接触酸化処理法は装置内に各種の接触材を充填した構造で、その表面に生成する生物膜とし尿を繰り返し接触させて処理する技術です。実証技術の多くはこの処理法を採用しており、使用している接触材は前述したようにプラスチックろ材、カキガラ、木質系資材等さまざまです。

二次処理装置で接触酸化処理法を採用している代表的な設備が浄化槽で、好気性処理には接触ばっ気槽が、嫌気性処理では嫌気性ろ床が使われており、いずれも接触材はプラスチックろ材を用いています。

接触酸化処理法を用いた実証技術の多くは、前述したような各種の接触材による生

物酸化作用とろ過作用を期待しているので、ここでは接触酸化法（槽）として分類します。接触酸化槽は生物膜が肥厚して目詰まりを生じて嫌気性化し、悪臭が発生する要因となっている例がみられますので、管理面で注意しなければなりません。

参考までに、浮遊生物処理法と接触酸化処理法の処理装置を図 3-11 に示します。接触酸化法の長所は、生物膜上に生息する生物相は浮遊生物より多種多様で、最終生成物である余剰汚泥の発生量が比較的少ない、排水の流入変動に強い、維持管理が比較的容易である、などが挙げられます。一方短所は、汚水濃度が高い場合などは生物膜が肥厚して接触材の目詰まりを生じて嫌気性化する、膜が剥離して処理水質を悪化させる、生物濃度の調整が難しい、などが挙げられます。

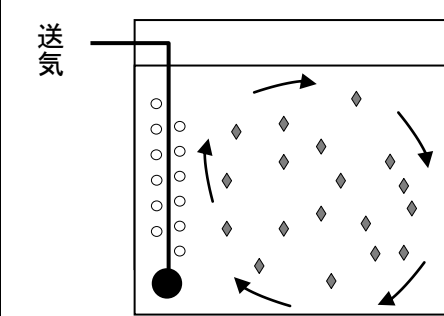
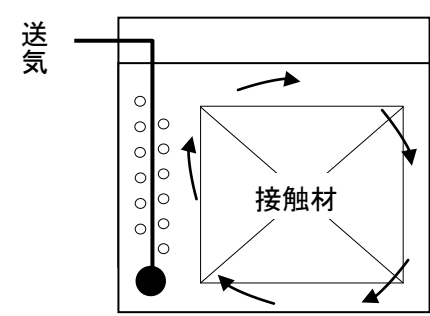
処理法	 送気 浮遊生物処理法	 送気 接触酸化処理法
処理装置	・ 間欠ばっ気槽 ・ 好気性消化槽 ・ 発酵合成槽	・ 接触酸化槽 ・ 接触ろ床槽 ・ 好気・嫌気槽 ・ 流動接触槽
接触材	—	・ カキガラ ・ スポンジ ・ 小円筒接触材 ・ プラスチック接触材

図 3-11. 好気性生物処理方式の処理装置

②浮遊生物処理法の処理機能

浮遊生物法は処理槽内に接触材を充填しない構造で、ブロワで槽内を常時浮遊・流動状態に保って処理する方式で、好気性処理の代表的な処理法が活性汚泥法で、し尿、下水、生活排水などの処理技術として最も多用されています。嫌気性処理では嫌気性消化法が代表的で、槽内を嫌気性の状態で流動化して処理する技術です。

活性汚泥は汚水をばっ気・攪拌していると形成される微生物の凝集体（フロック）で、活性汚泥 1 mL 中には数十種類の細菌がおよそ数億から数十億存在しています。活性汚泥はばっ気槽において汚水中の有機物などを比較的短時間で吸着・吸収し、分解する働きをもっています。

活性汚泥法は一般に比較的低濃度の汚水処理に用いられますが、ばっ気槽における

活性汚泥の管理や沈殿槽における分離機能の管理などに比較的经验を要するため、管理面で制約を受ける自然地域のトイレ処理技術に採用されている例は非常に少ないのが実態です。活性汚泥法を用いた実証試験の事例では、沈殿槽の代わりに固液分離性能が高い膜分離装置を採用し、高度処理はオゾン酸化設備を組み合わせることで処理水の脱色を行っています。

表 3-2. 接触酸化処理法と浮遊生物処理法の特徴

	流入変動への対応	送気量	発生汚泥量	生物量の調整	維持管理の容易性
接触酸化処理法	比較的強い	比較的多い	比較的少ない	不可	比較的容易
浮遊生物処理法	比較的弱い	比較的少ない	多い	可能	比較的難しい

(3) 生物処理方式の影響要因

①水温

処理装置内の水温は、微生物の代謝作用を左右する重要な制限因子の一つです。好気性処理では水温は高いほど処理効率は良好で、一般に水温が 10℃上昇すると分解に関与する微生物の呼吸速度は約 2 倍に上昇します。反対に水温が 10℃以下に低下すると、処理効率は極端に悪化します。嫌気性処理は好気性処理とは異なり 37℃前後が最適で、処理に要する日数が短くなります。

トイレ処理技術のうち浮遊生物処理法の好気性消化槽を約 30℃に加温している例が 1 件ありますが、その他の装置は無加温であるため、好気性、嫌気性のいずれの処理法においても加温した条件と比べて処理効率は低下します。特に山岳地では季節により水温が著しく低下するため、良好な処理効率を期待することは困難です。可能であれば処理槽の容量を余裕をみて計画し滞留時間を長く保つことや、処理槽の保温を考慮することが望ましいと考えられます。

例外としては、水不要・非循環処理技術において木質系接触材を用いた攪拌槽では加温していますが、これは生物分解と同時に水分の蒸発を促進するために加温しているものです。

②トイレの使用条件

処理装置へのし尿量は出来るだけ流入変動を少なくすることが望ましく、し尿量が多くなると個々の処理設備の滞留時間が短くなるため、微生物との接触時間や、ろ過や沈殿などの物理的要因にも悪影響を及ぼすことになります。自然地域ではし尿の均等流入は現実には困難ですので、処理装置を計画する際は平常時及び集中使用時のトイレ利用人員に多少余裕を持って設定することが必要です。

自然地域で処理するし尿は一般に尿の割合が多いため、使用者 1 人当たりの汚濁負

荷量は通常のトイレと比べて低くなります。しかし、トイレットペーパーを便器に投入する場合はし尿のほかにペーパーに起因する繊維の増加と、糊に起因するBODが溶出して負荷量が増加するので、構造によってはトイレットペーパーを回収することが効果的です。参考までに、実証技術でトイレットペーパーをトイレで回収していたのは全部で4件でした。

③洗浄水量

トイレの洗浄水は高度処理した循環水のほかに、雨水タンクを設けて不足分を雨水で補充する事例もあります。循環水量は基本的には使用する便器の種類、処理装置の構造、高度処理の能力や、トイレの処理能力や季節的な変動等を考慮して必要量を確保します。トイレの使用1回当たりの洗浄水量は、家庭用便器では一般に8～10L程度ですが、実証技術では2～5L程度の節水型や、さらに少ない0.3～0.8Lの簡易水洗型の便器が使用されており、使用実態は様々です。

④処理水質

循環水の水質は、二次処理や高度処理装置の処理性能の良否により異なります。二次処理水を循環する方式は使用経過につれて循環水は次第に着色や濁りが強くなり、臭気の発生を伴うようになります。特に洗浄水を少量用いる設備ではその傾向が顕著に現れるので、使用者に対する公衆衛生上の安全対策を図る必要があります。消毒装置はほとんどの実証技術には設置されていないので、設置に向けて今後検討することが必要です。

高度処理した循環水の水質は、多くの実証装置ではBOD（生物化学的酸素消費量）の目標水質を5～10mg/L以下に設定しており、処理機能が良好で目標値を達成している循環水は外観が良好で着色や濁りが少なく、臭気の発生もほとんどないため洗浄水に使用しても、違和感がなく使用者に好印象をあたえます。特に活性炭吸着やオゾン酸化等で高度処理した場合、正常な機能が発揮されていれば良好な水質が得られます。

ただし、活性炭吸着は活性炭の吸着能力が使用経過とともに低下するので、循環水の色相を見て適当な時期に補充する必要があります。

高度処理水の場合、消毒効果が期待できるオゾン酸化を除くと、原則は消毒してから循環することが望ましいといえます。

3. 技術導入時の考慮事項及び技術実証結果の評価

これまでの実証試験を通して得られた技術導入に際して考慮すべき事項について、以下に示します。

(1) し尿処理に係わる基礎情報の収集

トイレを実際に導入し、運用する中では、利用の変動を考慮することが必要です。トイレの処理能力として提示されていた使用回数の範囲であっても、一時的な利用の集中などにより、トイレにかかる負荷が大きくなった際にも不具合が生じないことが必要です。各変動の現象について、実証試験結果の中から例示します。

① トイレ利用率の時間変動

a. T山荘公衆トイレ

T山荘公衆トイレの状況について、園地利用者数・トイレ利用率の経時変化を図3-12に示します。

園地利用者総数 2,544 人（うち入山 1,433 人）

トイレ利用者総数 725 人（うち男 377 女 348）

トイレ利用率 28 %（うち男 26%女 31%）

大小便の比率が表3-3のように示されました。

表 3-3. 自己申告による大便、小便の状況

性別	大便	小便	総数
男	17	—	17
女	19	125	144
計	36	125	161

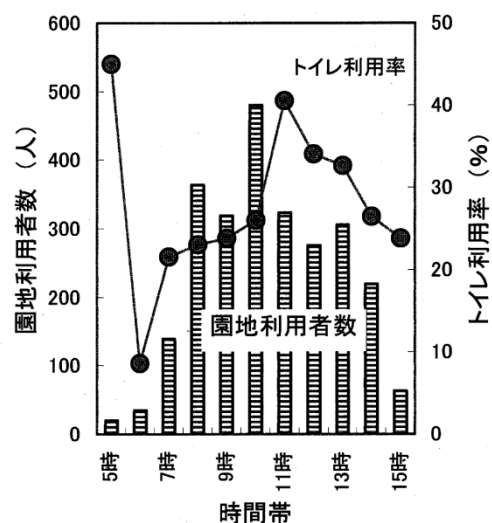


図 3-12. 園地利用者のトイレ利用状況

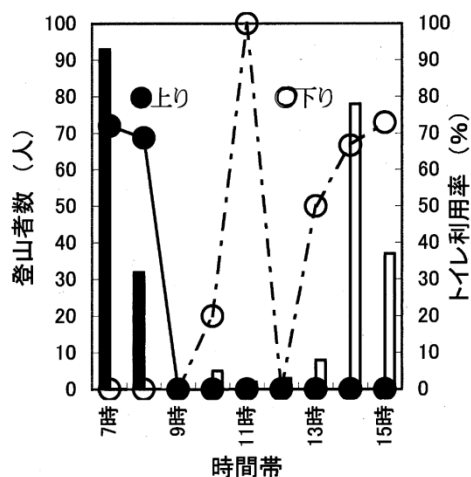


図 3-13. 登山者数とトイレ利用率

b. Y 島登山道仮設トイレ

登山道仮設トイレについて、登山者数、トイレ利用率の経時変化を図3-13に示します。図中黒塗りが登り、白抜きが下りを示しています。

また、男女別のトイレ利用率を表3-4に示します。

表 3-4. 登山道仮設トイレの利用率

性別	利用率 (%)	
	男	女
上り	57	79
下り	56	71

この 2 例をとってもトイレの利用率は大きく異なることがわかります。トイレの設置状況、すなわち、登山道等の他のトイレ位置、食事からの時間経過に大きく影響されています。さらに、このようなトータル的な利用者に加え、時間変動の影響が大きく、これを考慮した穴数が要求されることになります。

すなわち、トイレ利用のピーク時における待ち時間を短縮するためには、穴数と男女比等の工夫、汚水処理側の能力としては流量調整機能の付加等が必要となります。

②トイレ利用率の年間変動

a. 年間を通して使用されるトイレの利用状況

自然地域に設置されたトイレは、その立地条件によりトイレ利用者の人数は大きく変動します。年間を通して利用できる場合には、行楽シーズンの休日にピークになることが多くみられます。実証試験を実施した例として、図 3-14 に神奈川県丹沢・鍋割山、図 3-15 には山梨県昇仙峡・天鼓林を示しました。いずれも年間を通して利用されますが、昇仙峡の場合には実証期間の 5 か月間を示しています。

トイレの利用状況は、丹沢の場合、小さなピーク・大きなピークが毎週のようにみられ、特に 10 月から 11 月の紅葉シーズン、5 月のゴールデンウィークに大きなピークとなっています。一方、昇仙峡の場合、同様な傾向は認められるものの、紅葉シーズンの毎日が、他の月のピークと同様な利用人数になる特徴があります。

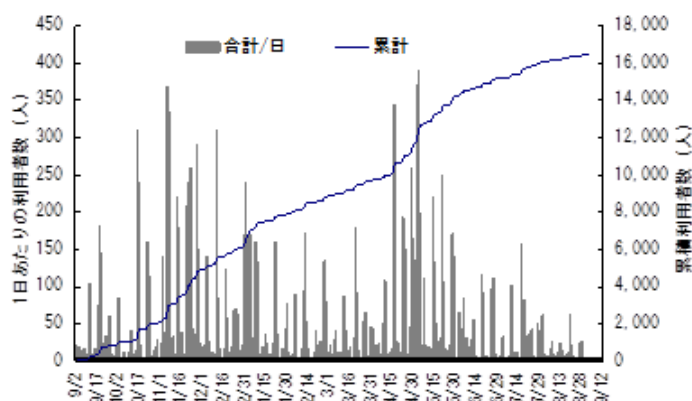


図 3-14. トイレの利用者数の経日変化（丹沢・鍋割山）の例

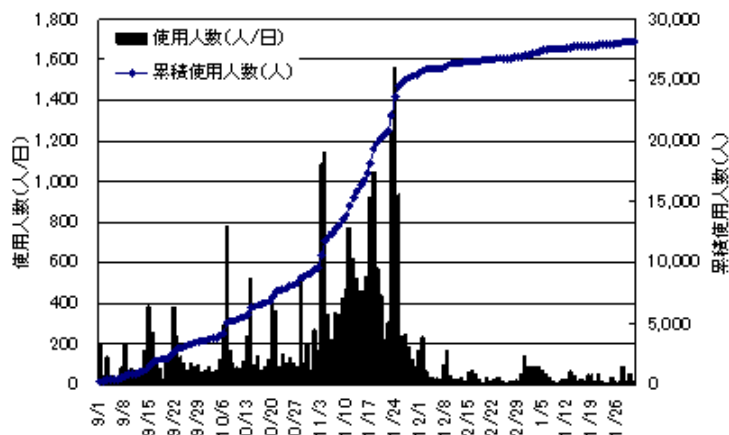


図 3-15. トイレの利用者数の経日変化（昇仙峡・天鼓林）の例

b. 季節等により使用期間が限定される例

山開きから閉山までの期間が限定される山小屋も多く、冬期間は閉鎖されることになります。実証試験を行った富山県一の越公衆トイレの例を図 3-16 に示します。トイレ利用者のカウンターの読み取りを人的に行ったため、1 週間ごとの集計になっています。本施設の場合には、7 月初旬にはまだ残雪があり、利用集中は夏休みの期間でした。

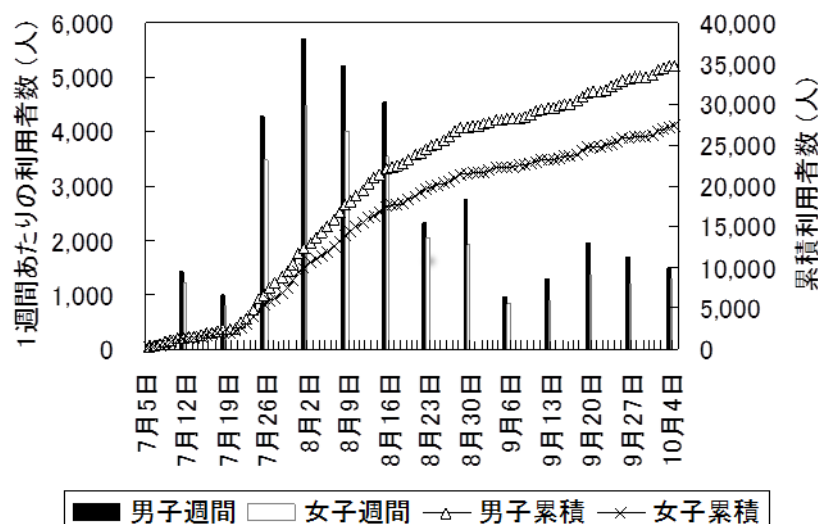


図 3-16. トイレの利用者数の経日変化（立山一の越公衆トイレ）の例

さらに利用期間が短くなるのは、富士山の山小屋等のトイレであり、その期間は約 2 カ月間で 8 合目を通った人数は約 30 万人となっています。8 合目よりも下側の利用者はもっと多いものと考えられます。

③利用状況に対応するための考え方

自然地域に設置されたトイレの利用状況の特徴は、これまでに示したように利用が集中することです。どのような処理装置であっても、最大のピークに応じた設計をすると過大な設備となり、設置面積、設置費用が膨大になります。そのため、ピークを吸収できるような流量調整タンクの設置や処理装置を複数系列に分けて利用が可能な設備とする必要があります。

また、利用者数の累積に伴い、一次処理装置において分離された固形物の蓄積及び二次処理装置における微生物作用の働きによって生じる微生物の集合体(汚泥)の蓄積、処理設備内の実容積が減少する等によって生じる機能障害への対応として、汚泥の引き抜きが必要となります。それを軽減するために、トイレトペーパーの分別回収を実施することによる効果が期待されます。

一方、利用期間が限定されるトイレの場合には、利用開始時の処理設備の立ち上げや閉山時における越冬対策もあわせて検討しておくことが必要となります。必然的に凍結対策、汚泥管理等が必要となります。

(2) 自然地域トイレ(山小屋)におけるし尿処理の実態と衛生学的処理の必要性

T山荘には、宿泊客も多く、食事が出されるため大量の排水が発生します。トイレの便器数は男女それぞれ10穴程度あり、その汚物は台所排水等によって押し流され、外の処理槽へ流されます。処理槽では固液分離が行われ、水は地下に浸透されていました。平常時はその浸透水をみることはできませんので、処理が十分行われていると考えられています。偶然、その浸透水が浸み出しているところから、試料を採取し分析したところ、次の結果が得られました。

表 3-5. T山荘の排水処理槽からの浸透水の性状

項目	COD mg/ℓ	BOD mg/ℓ	NH ₄ -N mg/ℓ	NO ₂ -N mg/ℓ	NO ₃ -N mg/ℓ	T-P mg/ℓ	大腸菌群 個/ml
濃度	316	730	386	0	0	42.3	1.3×10 ⁵

試料を採取した際の臭気から想定されたことでありますが、処理槽における固液分離と浸透過程での土壌処理により、有機物(COD、BOD)の値は思ったより低い結果でしたが、アンモニアはほとんど酸化されず、またリンの濃度も高く、し尿由来であることが確認されました。試料を採取した周囲には雑草が生い茂り、少し離れたところに比べ植生が大きく異なっていました。さらに大腸菌群数は10の5乗のオーダーを示し、衛生学的に問題があることが確認されました。

このようなことから、自然の環境容量の大きさに委ねてしまう点を反省する必要があります。日本トイレ協会(現・特定非営利活動法人日本トイレ研究所)が山岳団体等と協力して実施した水質調査結果からも、し尿に由来する汚染が報告されています。

(3) 実証試験等から得られた知見と設計上考慮すべき点

第3章の1. トイレし尿処理技術の分類で示した例のうち、実証試験等で得られた知見から、設計において考慮する必要のある事項を以下に示します。

①土壌処理の例

本装置の処理原理は、土壌微生物の代謝作用等を利用して汚水を浄化する方式です。本装置の処理能力を確保するためには、一次処理装置により固形物の分離貯留が重要です。また、土壌浸透槽を設置するための広大な設置面積が必要であり、設置場所の気象条件、とくに、冬期間の水温低下は微生物活動にとって非常に過酷な条件となります。装置の大半は地下埋設構造となるため保温効果も期待できますが、維持管理の便のため操作盤などが地上部に設置される場合には、凍結、結露、強風による破損防止策などに充分配慮した構造としなければなりません。

このように設置面積が広いこともあり、一次処理装置、土壌処理槽を連結するための配管設備に注意が必要です。特に一旦掘削して装置を埋設する場合には、埋め戻す際の突き固めをしっかりと行わないと、地盤沈下が生じて配管に亀裂や破損が生じて漏水事故につながる場合があります。また、土壌処理槽にはトレンチと呼ばれる土壌層への分配装置についても水平の保持が重要です。これまでも配管の一部に破損等が

発生している例も観察されています。

したがって、工事段階において所定の勾配、水平の保持の確認を確実に実施することが必要ですが、加えて各単位装置の入口、出口に点検升を設けること、土壌処理槽への各トレンチへの入口部分にも点検升を設け、それぞれ汚水の流れ方の状況を確認するとともに、各トレンチの使用、未使用(しばらく休ませる)が調整できることも重要です。

実証試験で得られた気温及び各単位装置の水温の経日変化を図 3-17 に示します。

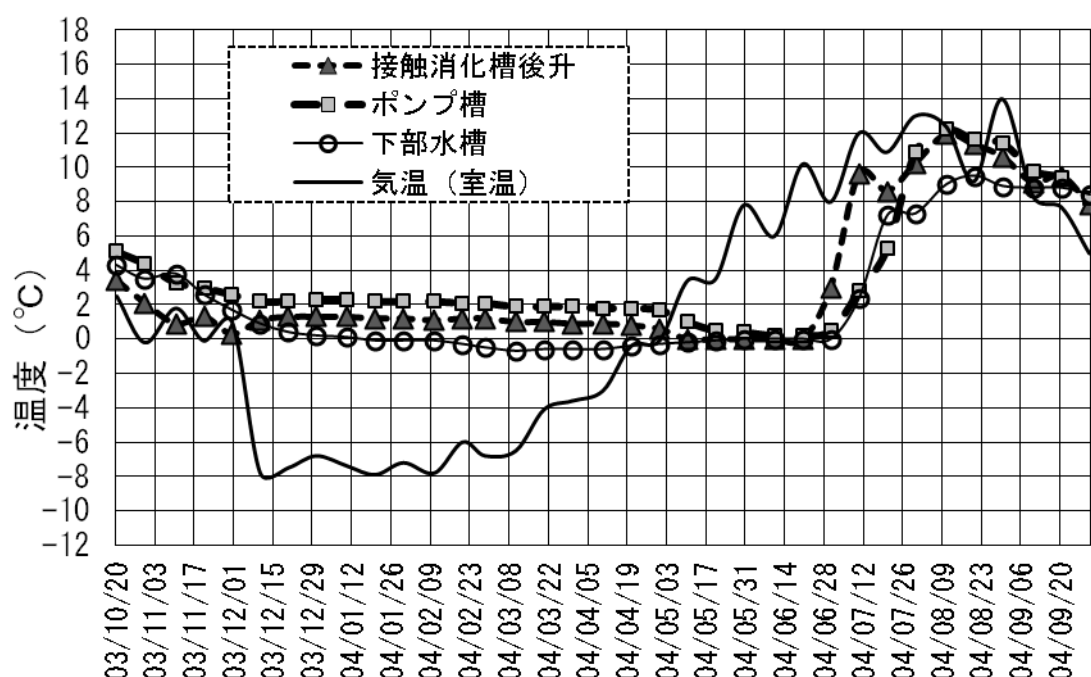


図 3-17. 実証期間中の気温、水温の経日変化(立山一の越公衆トイレ)

10月の閉山後、気温の低下とともに各槽の水温も低下しましたが、1月末から2月初旬の平均気温-8℃に対し、外部に埋設された接触消化槽やポンプ槽の水温は1~2℃程度で凍結することはない、これは積雪による保温効果と考えられます。一方、トイレブースの下部に設けられた下部水槽は側壁が崖で風にさらされ冷却された影響で、零下まで低下していることが確認されました。本槽だけは山開きをして利用開始した時点で凍結が確認され、氷を溶かす作業が必要でした。

4月末から5月初旬にかけて、ポンプ槽の水温が急激に低下していることが確認され、雪解け水の浸入による低下であるものと考えられます。また、本施設の場合、夏場においても水温は10℃程度までの上昇に留まり、微生物処理も容易ではないことが確認されました。

なお、非放流式の処理方式ではありますが、土壌処理槽の上部から雨水が浸透することは必然であり、トイレの洗浄に循環利用している処理水の水質が、相当希釈されていることが確認され、降雨時には地下貯水槽にも混入するとともに、雨水浸透ますから浸透しているものと考えられました。その際、物質収支から処理水の一部も浸透しているものと判断されました。

- ・ 排水溝もしくは遮水擁壁を設置し、周囲から土壌処理槽への雨水の流入を防ぐ。
- ・ 遮水シートの高さを考慮しながら、地下貯水槽と雨水浸透升を連結するパイプの高さを高くし、地下貯水槽の貯水量を増やす。
- ・ 上記の対応を行っても、貯留した雨水と処理水の混合水はいずれ満水位となり、行き場を失うため、積極的にトレンチ表面(表層土)からの蒸発散を促し、水位を下げる必要があります。その方法としてはポンプ槽からポンプアップする処理水を表層土部分に散水できるような穴あき配管を設置することが有効と考えられます。

水不要の木質材による処理装置は多くの施設に採用されています。

沖縄県で実証された処理装置の処理系統図を以下に示します。本装置の特徴は、外電源に頼らずに太陽光発電システムによる稼働が可能なシステムとしたもので、電は上部槽(杉チップ槽)の攪拌モーターと下部槽ばっ気用のブロワに使用されます。

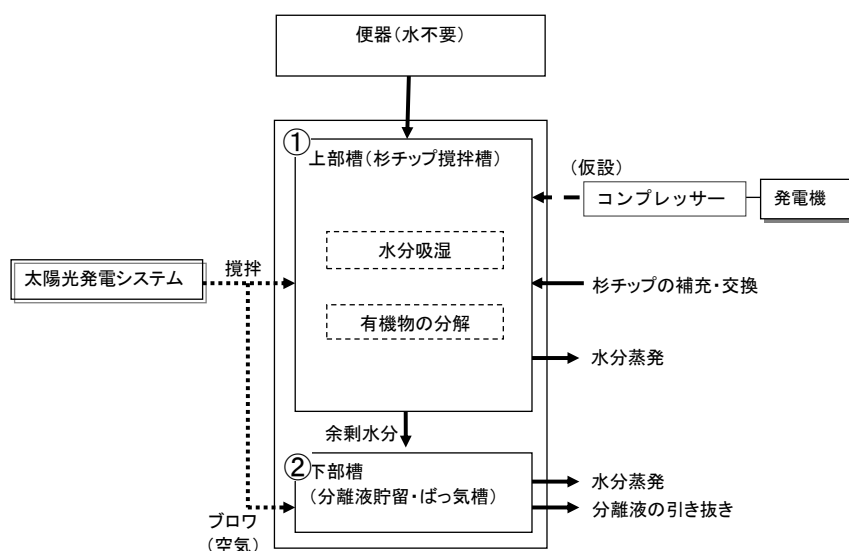


図 3-18. 木質材(杉チップ)による処理(沖縄県竹富島公衆トイレ)

a.連続利用について

本装置の利点は水を必要としないことと、ある程度の日照時間は必要となるが太陽光発電のみで稼働できる点にあります。本実証期間においては日照時間が例年より少なかったことから、厳しい発電状況となり、発電できないまま利用した日も複数ありましたが、利用者に対して悪影響を及ぼすことなく運転することができました。ただし、利用者が多く気温も比較的高い時点で杉チップが水分過多の状態となったため、分離液の引き抜き及び杉チップ材の補充を行いました。分離液の引き抜きは、期間中計5回(308L)実施しました。

b.水分調整について

一般的には、水分過多の場合はヒーター等を用いて強制的に蒸発させる場合が多いですが、今回の実証試験においては申請者の希望により、ヒーターを使用せずに実施しました。利用が集中する11月までは、杉チップ材の補充や、分離液を複数回引き抜くことが必要となりましたが、その後12月以降は杉チップ材の補充等は必要ありませんでした。これは、夏季の気温が30℃近くあり、湿度が約80%あったものが、11月からは気温が下がるとともに湿度が70%程度まで低下したことにより、水分が蒸発したものと考えられます。

本装置において杉チップ材の含水率の適正值は60～65%（申請者提示値）ですが、設置場所の湿度が常に高めであるなどの要因により、試験期間中においては概ね70%前後であり、75%程度になると水分過多の状態になったことが確認されました。

c.臭気について

上部槽内及び換気扇付近における臭気は、アンモニアと硫化水素のいずれも非常に小さい値、もしくは検出限界以下の値でしたが、利用集中時において8ppmのアンモニアガスが換気扇より確認されました。

上部槽内は、攪拌作用と下部層からのエアリーにより好気状態となり、酸化が進んでいたことが確認されました。また、下部層では、ブロワによるばっ気でアンモニアの硝化反応が進行し、pHが低下することで、アンモニアの揮散が防止され、結果として臭気の発生を抑えることができていました。

これに対し、自家発電により攪拌と加温を実施した立山・大汝山の例を図3-19に示しました。

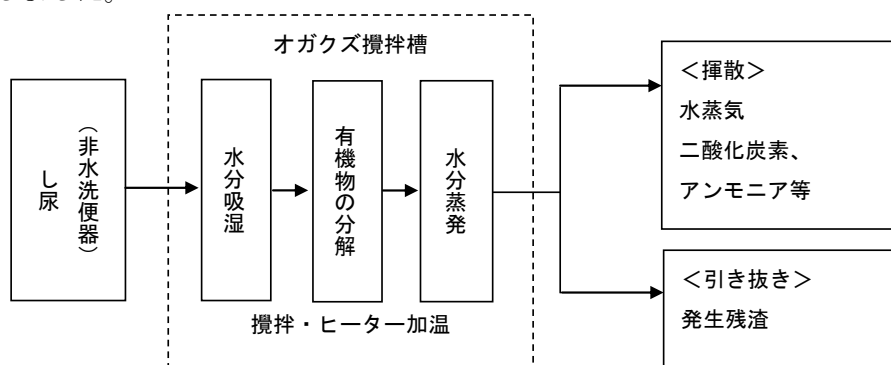


図 3-19. 木質材(オガクズ)による処理(立山・大汝山公衆トイレ)

- ・ 排気口から排出されるアンモニアガスは高濃度でしたが、トイレ室内の濃度は低く維持されていました。
- ・ トイレの利用集中期には溶出液のBODが上昇し、槽内への有機物の蓄積が確認されましたが、利用者数の減少に伴って蓄積した有機物は分解されていきました。
- ・ 塩化物イオンの推移から、オガクズ内に塩類が高濃度に蓄積していくことが明らかになり、使用後のオガクズの処理には、塩類に対する注意が必要と考

えられました。

- ・ オガクズへの窒素及びリンの蓄積が確認されましたが、塩化物イオンの蓄積を考慮すると肥料として扱うのには慎重を期す必要があります。

なお、同様な処理装置を導入した富士山の例を以下に示します。

平成 15 年 8 月 24 日～25 日に H 山荘、G 山荘及び山頂共同トイレの調査を行った結果です。トイレ使用開始からそれぞれ 5 日、40 日、約 2 シーズン経過したものです。

調査を実施した年に設置された H 山荘、G 山荘のトイレから排気ガス中のアンモニアガスの濃度は、それぞれ 5ppm、290ppm を示し、後者の場合にはトイレ周辺、風下方向に相当な臭気がありました。排気ガス量を乗じた総排出アンモニアガス量による評価も必要になると考えられます。

オガクズ内に蓄積された成分を検討するため、溶出試験を行いました。亜硝酸性窒素及び硝酸性窒素が検出されなかったことから、硝化⇒脱窒の進行が考えられますが、大部分はアンモニアガスとして揮散されたものと考えられます。

一方、水分が蒸発しても塩類は槽内に残存することになります。山岳トイレにおける尿と尿の比率を比べれば、尿の比率が極めて高いことから、尿中に含まれる塩分はそのまま濃縮されることが懸念されます。溶出試験によって得られた塩化物イオン濃度をオガクズ内水分に換算し表 3-6 に示しました。

表 3-6. オガクズの含水率及びオガクズ内水分中の塩化物イオン濃度

	平成 14 年度		平成 15 年度	
	含水率	塩化物イオン	含水率	塩化物イオン
H 山荘トイレ	—	—	9.0	8、530
G 山荘トイレ	—	—	42.6	24、500
山頂共同トイレ	76.1	9、200	58.0	37、500

単位:含水率(%)、塩化物イオン(mg/L)

H 山荘トイレは使用して間もない事から含水率も低く、オガクズの保水力にまだ十分な余裕が認められました。これに対し、使用期間が長い施設ほど含水率が増加する傾向を示しました。なお、山頂共同トイレについては、平成 14 年度は使用期間中に採取したものでありますが、平成 15 年度は使用を停止してから空運転を行って、水分がある程度蒸発した後に採取した結果です。

一方、衛生学的な観点から大腸菌群数の測定を行った結果は、3 施設とも不検出でした。衛生学的には問題が無いように考えられますが、これはヒーター加熱によって殺菌されたものと考えられます。

以上示したように木質材を用いた処理においては、トイレの利用頻度が過大になると木質材の含水率が増加し、処理が不十分になります。その対策として十分なエネルギーを投入する必要が生じます。また、長期間の使用に伴い木質材は摩耗して保湿能力の低下と容量の減少が生じるために、木質材の補充が必要となります。さ

らに長期間使用すると、難分解性物質の蓄積と塩類の蓄積を生じるため、木質材の交換と使用済み木質材の処理・処分を行う必要が生じます。

(4) 生物処理

生物処理を行う処理方式は、その多くが処理水をトイレの洗浄水として循環利用するものです。洗浄水の水質を維持するためには、確実な一次処理と生物処理機能を有効に働かせる必要がありますが、し尿由来の着色成分を除去するために、活性炭処理やオゾン処理を組み合わせる方式が多く採用されています。それらの例を紹介します。

①□カキガラと活性炭を活用した処理法

生物処理の接触材にカキガラを用いた処理法で実証試験を実施した施設の処理フローを図 3-20 に示します。二次処理までは一般的な浄化槽の技術を採用し、高度処理としてさらなる好気性処理を行う方式です。この場合、し尿に由来するアンモニア性窒素が微生物の作用で、亜硝酸性窒素、硝酸性窒素に変化することになり、結果として pH が著しく低下することになります。pH の低下に伴いカキガラの石灰分が溶け出し、アルカリ分を補うため pH は著しく低下することはありません。この段階まででは、し尿に由来する着色成分の除去が困難であるため、後段において活性炭による吸着除去を行います。なお、トイレ利用に伴う増加水量分については、一次処理装からの汚泥引抜きにより調整されます。

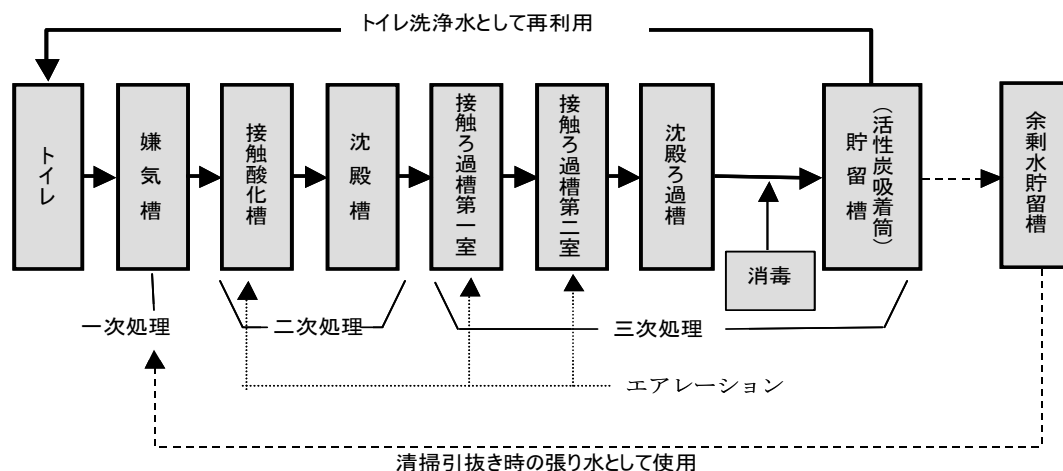


図 3-20. カキガラによる処理(上信越高原国立公園内トイレ)

試験結果のうち各单位装置流出水の BOD の変化を図 3-21 に示し、結果の概要を以下に示します。

- 試験期間中 1 日平均 677 人の利用が約 3 週間継続しましたが、循環水の BOD は一度 9mg/L を示したものの、他の 3 回については性能提示値の 5mg/L 以下を維持していました。

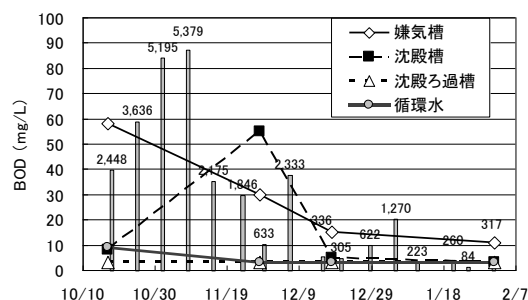


図 3-21. 各单位装置流出水 BOD の変化

- ・ 硝酸が多量に蓄積しましたが、液性は中性付近を維持していたことから、カキガラによる中和作用が働いていることが明らかとなりました。そのため、経年的には溶出したカキガラの補充、交換、取り換え等の対応が必要となり、色度を維持するためには、活性炭の定期的な交換が必要となります。
- ・ 利用のピーク時でも、各槽からの汚泥の流出は認められず、槽容量に余裕があること及び汚泥の捕捉能が高いことが明らかとなりました。全体として余裕のある装置として設計することが必要であることがわかりました。

②生物処理にオゾンを付加した方式

生物処理の接触材にプラスチック製のものを用い、その処理水をオゾンによって処理し循環利用する方式で、実証施設の処理フローを図 3-22 に示します。

生物膜として余剰汚泥を接触ばっ気室に溜め込む形式であるため、沈殿槽が省略されています。

トイレ利用者の増加に伴い槽内水位が上昇しますが、沈殿分離室及び接触ばっ気室の汚泥を引き出すことによって調整しています。

実証試験で得られた結果のうち、各単位装置流出水の BOD、色度の経日変化をそれぞれ図 3-23、図 3-24 に示すとともに、結果の要約を以下に示します。

- ・ 循環水については性能提示値である BOD 10mg/L 以下、色度 30 度以下、大腸菌群数 100 個/mL 以下をほぼ満足していましたが、利用集中時に透視度は 100cm 以上あるものの、循環水に着色が認められました。
- ・ 全窒素は蓄積傾向が認められましたが、pH の変化、各態窒素の割合から、硝化の進行が認められました。利用集中時にはアンモニアが残存し、生物処理が追いついていない状況が示されました。その後、使用人数が少なくなると残存したアンモニアが硝化され、硝酸が蓄積する傾向を示しました。
- ・ 沈殿分離室においては、トイレトーパーを主体としたスカム(底部に堆積した汚泥等が腐敗し発生したガスが付着して軽くなり浮上して層を形成したもの)が生成し、良好な固液分離機能が認められ、本実証試験期間において沈殿分離室の蓄積汚泥の増加による処理性能への影響は認められませんでした。

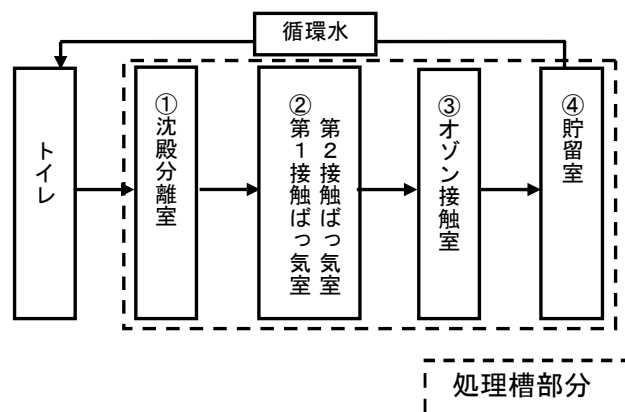


図 3-22. 生物処理にオゾンを付加した方式
(昇仙峡・天鼓林)

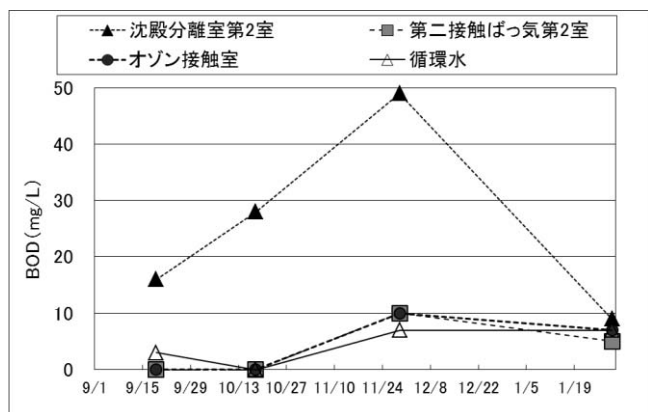


図 3-23. 各単位装置流出水BODの変化

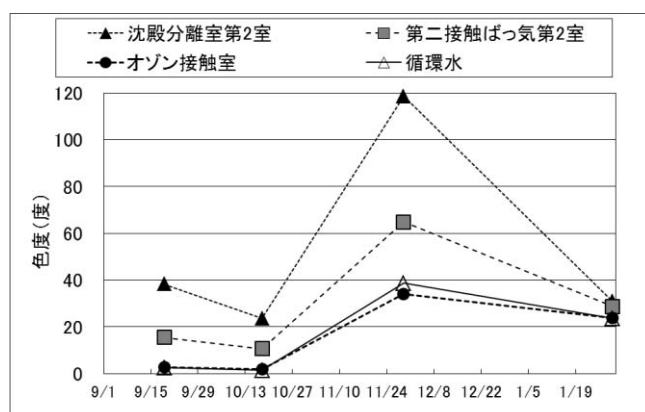


図 3-24. 各単位装置流出水の色度の変化

以上のように、生物処理により得られた処理水を循環利用するためには、着色物質の除去が要望され、種々の方式のものが採用されることとなりました。自然地域トイレでは、トイレが無かった場所にトイレがあることだけで十分であった時期に対し、その処理水を循環利用する場合においては、衛生学的な問題に対しても配慮が必要となりました。このような地域に中水道と同様な基準を設定する段階には至っていませんが、今後ますます要望が高まるものと考えられます。

4. 技術導入時に検討すべき事項

最後に、技術導入に向けて検討しておくことが必要な事項について記します。

(1) トイレ整備に係わる基本事項

①設置環境・条件

自然公園を例にすると、広さ・土地の条件（スペース、勾配等）、自然条件（気温、水温、積雪、雪崩、落石、地盤、洪水、河川氾濫等）、交通・輸送条件（機材等の搬入、搬出及び汚泥の搬出方法）、水の確保（水道、雨水、沢水、雪解け水等）、排水の可能性（河川、地下浸透等）、電気の確保（商用電力、自家発電、自然エネルギー等）、利用期間（常時、期間限定等）、法規制等の検討が必要です。

②整備方針

排水処理槽部分については、利用条件（トイレ利用人数、し尿の比率、雑排水量とピーク流入を考慮した設計）、処理性能に対応した設計、メンテナンス性（専門家管理、素人管理、緊急時対応等）、発生汚泥対策（処分先、輸送方法等）、閉鎖時及び使用開始時の対応策（排水処理槽の水抜き、生物処理機能の立ち上げ等）、費用（建設費、維持管理費等）等について十分な検討が必要です。

(2) トイレシステムに要求される事項

自然地域に設置されるトイレシステムを導入する際に個別の技術を理解し判断するために必要な事項は次のとおりです。

- ・ 処理の原理、処理の方法が明示できること。
- ・ 商品に対して適正な処理技術としての説明や判断が示されていること。
- ・ 時間変動&日変動&長期利用に対する安定性と許容利用者数が明確になっていること。
- ・ メンテナンス方法が容易で、かつ、その方法がマニュアル化されていること。
- ・ 予測トラブルに対してマニュアル化していること。
- ・ トラブル発生時における緊急対策が容易に行えること。
- ・ 便器まわりの配管系統の閉塞対策がなされていること。
- ・ 浄化装置の流入部におけるポンプ設備のトラブル対策がなされていること。

トイレから流れてくる異物として、ティッシュペーパー、生理処理用品、パンツ、ストッキング、タバコの吸殻、空き箱、財布等のポケットにしまっておいた種々のものがあります。さらに、持ち帰りを嫌がり異物をトイレに投棄する者もいます。その流入に伴い、ポンプ設備のトラブルが発生し、浄化装置の運転ができなくなる例があり、また、落し物としての届けに対する緊急対応も必要となることも考慮する必要があります。したがって、これらを踏まえた、前処理設備の導入が必要と考えられます。

次の章では技術の選定を行っていきませんが、以上の事項を踏まえて検討を進めていくことが求められます。

第4章 技術選定の検討フローと諸条件

本章は、前章までの自然地域でのトイレし尿処理技術についての整理を踏まえたうえで、トイレし尿処理技術の導入を検討する際における、採用すべきトイレの絞り込み方やその留意点、事例確認の方法について示します。

1. トイレし尿処理技術

自然地域トイレし尿処理技術の分類を表 4-1 に示します。技術は大分類として、「水使用」タイプと「水不要」タイプに分かれます。さらにそれぞれが小分類として、生物の力で処理する「生物処理」タイプと「物理処理」タイプとに分かれます。表では分類された個々の技術の特質について端的に説明しています。

水を使用するものについては、循環水の水質や動力の必要性がポイントとなります。また、土壌を使った処理には土壌浸透処理装置を設置する場所が必要となります。

水が不要な技術については、木質系チップを使用し攪拌するものや乾燥・焼却するものがあり、エネルギーや燃料が必要となります。

技術の検討を行う際には、技術の運用段階でどの程度利用されるトイレなのかをあらかじめ予測し、それに見合った設備の設計が必要となります。総量だけでなく、時間変動、日変動も考慮した計画を立てることが重要です。（詳細は第3章参照）

表 4-1 自然地域トイレし尿処理技術の分類

大分類	小分類 (式) (処理方)	特色	前処理	技術説明
水使用 (水洗)	生物処理	土壌	有	土壌粒子による吸着・ろ過や土壌微生物を利用して処理する。(簡易水洗)
				生物膜及び土壌微生物を利用して処理する(簡易水洗)
		薬剤添加	有	生物処理の補助剤として薬剤を添加する。
				生物処理の補助剤として酵素剤を添加する。
		カキガラ	有	接触剤としてカキガラを使用し、生物膜により処理する。
		膜	有	活性汚泥によって処理した後、膜で固液分解する。
		木質	有	接触剤である木質チップに汚水を散水し、生物膜で処理する。
		プラスチック	有	接触剤としてプラスチックを使用し、生物膜により処理する。(参考事例)
		オゾン	有	接触ばっ気で処理した後、オゾンで処理する。
水不要	物理処理	乾燥・焼却	無	乾燥・焼却して、粉末化する。(参考事例)
	生物処理	木質	無	木質系接触剤の中に投入し、攪拌・送気を行い処理する。
	物理処理	乾燥・焼却	無	乾燥・焼却して、粉末化する。(参考事例)

※本技術分類表は、環境技術実証事業における技術の特色からの分類であり、学問的見地からの分類ではありません。

※前処理とは、あらかじめ固形物を分離したり、微生物が分解しやすくするため液状化するなど、次の処理を行いやすくするための行程を指します。

2. 技術選定の検討フロー

技術選定は、**1**整備条件の整理、**2**大まかなタイプ選定、**3**適合性の確認、**4**技術の比較検討の段階順に行い、技術の決定にあたり、**5**事例確認と、**6**整備・運用方針の作成を最終的に行う流れとなります。

なお、検討フローの各段階において、専門家または調査研究機関へ相談やコンサルティング業務を委託することも有効です。

技術選定の検討フローを図 4-1 に示し、各段階の詳細については、次の「3. 技術の選定」で解説します。

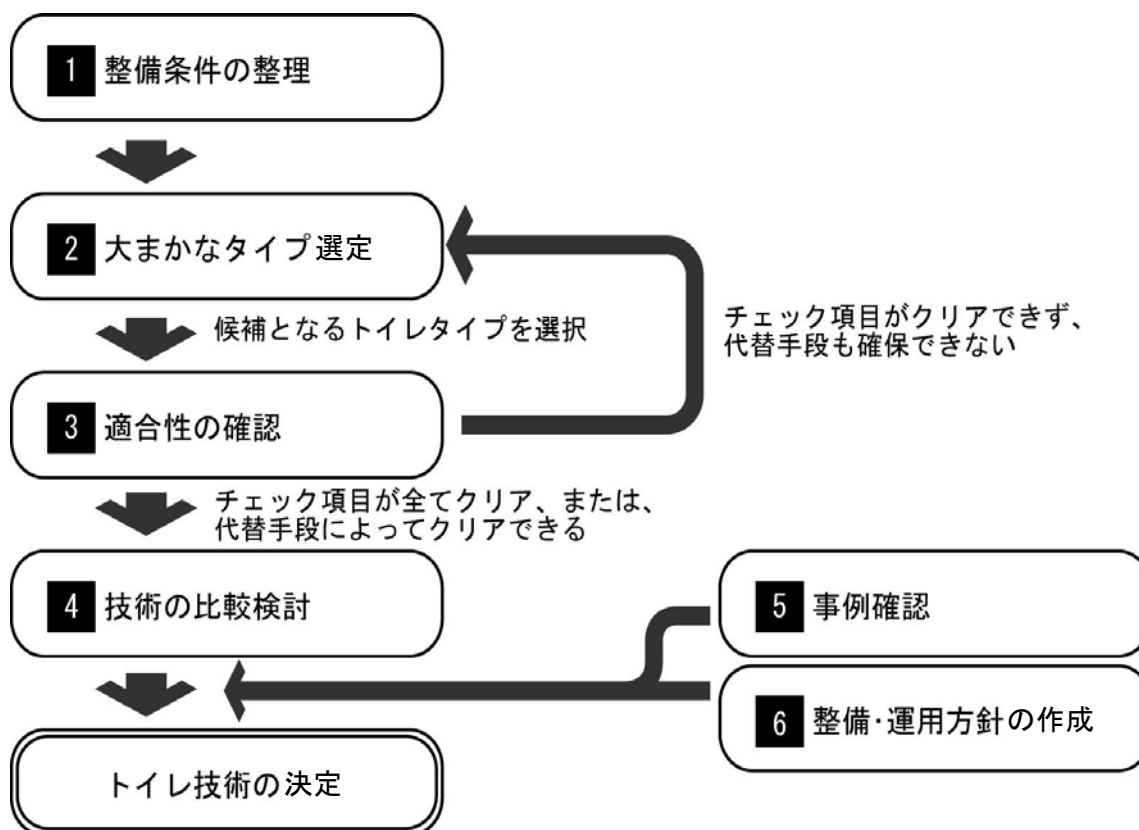


図 4-1. 技術選定の検討フロー

【検討手順】

1整備条件の整理

最初に計画地における整備条件の整理をします。設置場所の自然条件やインフラ条件等を整理するために、表 4-2 の条件整理シートを完成させます。

2大まかなタイプ選定

図 4-2 を使用し、表 4-2 のインフラ条件から大まかな導入タイプの選択を行います。

3適合性の確認

2で選定したタイプについて表 4-6 で適合性を確認し、問題がなければ**4**へ進みます。このとき、何らかの代替手段を講じることで問題をクリアできる場合も**4**に進みますが、判断できない場合は**2**に戻り、別のタイプの可能性を検討します。

4 技術の比較検討

個別の技術情報を収集し、各章に記載されている留意点を参考に、技術の比較検討を行います。技術の決定にあたっては、**5**事例確認、**6**整備・運用方針の作成を行い、導入する技術を決めていきます。

3. 技術の選定

1 整備条件の整理

表 4-3 の内容に沿って、導入する場所の整備条件を 4 つの視点から整理します。作業を行うためには、表 4-2 を使用します。

①自然条件

トイレを設置することができるかどうかは、気象、立地、地形・地質などの影響を受けます。とくに、生物処理の場合、温度条件は処理性能の発揮を左右します。

②インフラ条件

トイレを設置・運用するための運搬方法、エネルギー、水の確保方法に関する項目です。山小屋等の通常の運営で使用する以外にも、トイレを運用するために特別に確保することができるかどうかを確認します。

③利用条件

第 3 章の後半でも解説した通り、安定した稼働のために利用予測は重要な要件です。利用時期、総利用者数、最大利用者数など、より実際に近い条件を確認することが必要です。トイレのタイプが決まった後、規模等の検討材料にもなります。

④管理条件

トイレの管理にどれだけの維持管理の労力とコストをかけられるかについての項目です。トイレのタイプによって必要な管理の内容は異なります。維持管理については 7 章で詳細な解説を行っています。

表 4-2. 条件整理記入シート（実際にトイレの整備・改善を想定して、各項目に記入）

項目		値／選択肢	単位等
① 自然条件	最高気温		℃
	最低気温		℃
	湿度		度(平均)
	降水量		ml/月
	積雪量		ml/月
	積雪時期	月～ 月の間可能	
	日照		時間/年
	風況	風向、風力	
	標高		m
	設置可能面積		m ²
	平地・傾斜地		
	地形・地質	岩礫、土壌、湿原、砂地	
	◆設置場所選択⇒	地上、埋設 建物内、外	
	配置場所	(図面上で指示)	
	工期	月～ 月の間可能	
② インフラ条件	◆輸送方法選択⇒	一般車道、管理用車道、ヘリコプター、ブルドーザー、人力	
	◆電力選択⇒	商用電力、自家発電、太陽光、風力、小水力	
	◆水確保方法選択⇒	上水道、沢水、湧水、雨水、雪解け水	
	◆処理水放流先選択⇒	有り、無し	
③ 利用条件	平常時利用者数		人
	ピーク時利用者数		人
	年間利用者数		人
	月別利用者数		人
	日別利用者数		人
	時間帯別利用者数		人
	◆利用期間選択⇒	通年利用、冬季閉鎖	
	◆利用者層選択⇒	観光、登山、レクリエーション、小屋宿泊者	
	◆設置場所選択⇒	山小屋、野営地、公共トイレ	
	トイレ規模	男性大(穴)、男性小(穴)、女性(穴)、共用・バリアフリー(穴)、	
④ 管理条件	◆日常管理選択⇒	常駐、季節・曜日	
	緊急対応	(名前 が実施)	
	◆利用料選択⇒	チップ制、有料制、無料 (徴収対策:)	
	◆利用制限選択⇒	可能、不可能	
	◆ペーパー分別選択⇒	可能、不可能	
	廃棄物対応	Kg またはℓ	

表 4-3. 整備条件項目

大項目	内容	小項目
①自然条件	技術を導入する場所の自然環境条件を確認	■気象：気温（最高・最低）、湿度、降水量、積雪（量、時期）、日照、風況（風向、風力） ■立地：標高、設置可能面積、 ■地形・地質：平地・傾斜地、地質（岩礫、土壌、湿原、砂地） ■設置形態：地上、埋設、建物内外、配置、工期 ■設置環境：森林帯、
②インフラ条件	技術を運用するために必要なインフラ条件を確認	■運搬方法：一般車道、管理用車道、ヘリコプター、ブルドーザー、人力 ■エネルギー確保方法：商用電力、自家発電、太陽光、風力、小水力（第6章参照） ■水確保方法：上水道、沢水、湧水、雨水、雪解け水 ■処理水放流先の有無
③利用条件	利用予測を立て、必要なトイレの規模を確認	■利用者数：平常時、ピーク時、年間、月別、日別、時間別等、 ■利用期間：通年、冬季閉鎖 ■利用者層：観光、登山、レクリエーション、小屋宿泊者 ■設置場所：山小屋、野营地、公共トイレ ■必要穴数：男・女、バリアフリーなど
④管理条件	管理に充てられる人員やメンテナンス体制等を確認	■管理者・人数等：常駐、季節・曜日、緊急対応 ■使用料：チップ制、有料制、徴収対策 ■利用制限：可・不可、 ■発生物：廃棄物（汚泥、灰、排水）、ペーパー分別

2 大まかなタイプの選定

導入するトイレはどのようなタイプが可能か（どのようなタイプにしたいか）を選定するために、表 4-4 及び図 4-2 を参考に、整備するトイレが水を使用するタイプにするかどうか、電力を必要とするタイプにするかどうかを検討します。

ここで選択されたタイプについて、次の **3** で、計画している場所で設置可能かどうかを確認します。また、設置が不可能と判断された場合は、**2** に戻り、電気または水を何らかの方法で確保することが可能かどうか検討します。

表 4-4. 自然地域し尿処理技術の対象範囲と選択表

	水	電気
生物処理(土壌を除く)	使用	使用
土壌処理	使用/不要	不使用※
木質処理	不要	使用
乾燥・焼却	使用/不要	使用
ろ過・吸着	不要	不使用

※少量の電力を使用するものもあります。

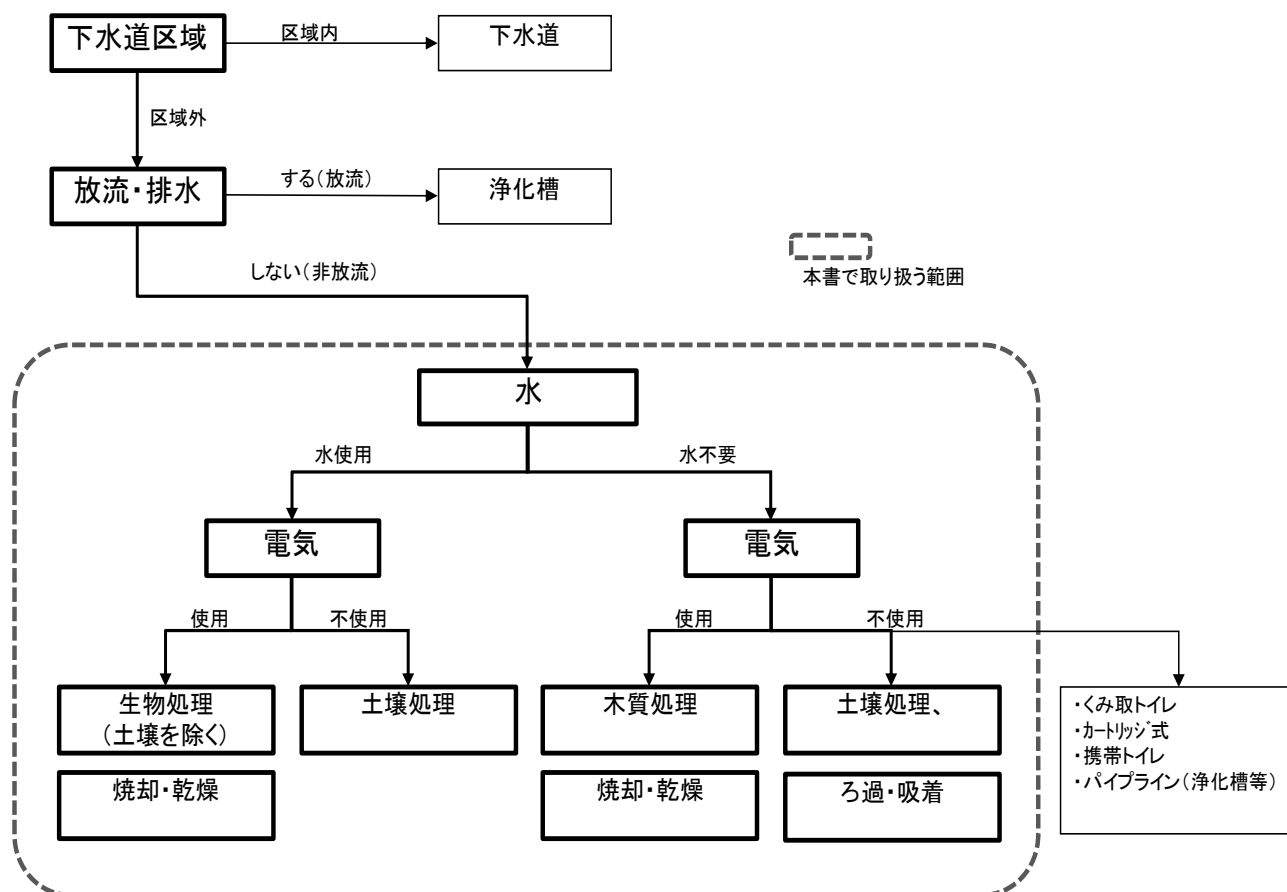


図 4-2.自然地域し尿処理技術の対象範囲と選択フロー

なお、表 4-1 で分類した技術以外に自然地域で使用されているし尿処理方法には表 4-5 のようなものがあります。

表 4-5. その他のトイレタイプ

トイレタイプ	留意点
カートリッジ、貯水タンク	し尿をタンクに貯留しヘリコプターなどで「搬出」するタイプで、くみ取業者等と連携した対応がとれること
携帯トイレ	配布または販売体制の確立、使用場所の確保、使用済み携帯トイレの回収体制や自己処理の徹底が必要
パイプライン	山麓までのパイプラインを敷設し、山麓における浄化槽等による処理をおこなう

3 適合性の確認

2で選定したトイレのタイプについて、設置に必要な条件を満たしているか、または、何らかの対応策を講じることで条件をクリアできるかを検討します。なお、何らかの対応策を講じる場合においては運用時に過度な負担とならないよう、慎重に検討を行うことが必要です。

選択したタイプのトイレが、表 4-6 に記載されている各項目をクリアできるか、または、代替手段が可能かをチェックします。不可能な場合は、**2**に戻って、電気または水を何らかの方法で確保することが可能かどうか、別のタイプの選定が可能かどうか等について再度検討します。

各項目がクリアできた場合は、**4**に進みます。

表 4-6. 技術の絞り込みのための留意点

タイプ	留意点
生物処理 (土壌を除く)	[自然条件] ・ 生物処理に必要な水温を確保できる（ヒーター可） ・ 処理槽の設置場所を確保できる（地上設置/埋設） ・ 配管が凍結しない（凍結対策がとれる） [インフラ条件] ・ 装置を稼働させるための電力を確保できる（ポンプ、ヒーター等） ・ 循環水用の水を確保できる ・ 発生する汚泥や余剰水の搬出ができる [利用条件] ・ 利用規模が予測できる ・ 洗浄水が着色する場合があるので、利用者に処理水が循環利用されていることを理解してもらうことができる [管理条件] ・ 循環水やろ材等の交換、汚泥の引き抜きを実施できる
土壌処理	[自然条件] ・ 土壌槽からの蒸発散を期待できる天候（日照、気温等）条件がある ・ 土壌槽を設置する十分な土地面積を確保できる ・ 岩盤地ではない [インフラ条件] ・ 土壌等を運搬するための方法を確保できる [利用条件] ・ 利用規模が予測できる ・ ロールペーパーが詰まりの原因になる場合があるため、利用者にその処理方法について周知徹底ができる。 [管理条件] ・ 土壌の交換、汚泥の引き抜きを実施できる

タイプ	留意点
木質処理	[自然条件] ・ 木質材（おが屑、チップ等）が入っている槽内の温度、湿度を一定の範囲に保つことができる（ヒーター可） [インフラ条件] ・ 木質材の追加・交換のための運搬方法を確保できる [利用条件] ・ 利用規模が予測できる ・ 複数台設置する場合、トイレの利用頻度に偏りができないよう、利用負荷を平準化できる方策をとることができる [管理条件] ・ 木質材が入っている槽内の攪拌と加温のための電力を確保できる ・ 使用済み木質材の処分方法を確保できる
乾燥・焼却	[自然条件] ・ 排気や排熱などによる周辺環境に影響が出ない場所に設置できる [インフラ条件] ・ し尿を乾燥・焼却するための電力または燃料を確保できる [利用条件] ・ 利用規模が予測できる ・ トイレの利用方法が装置によって異なる場合があるため、利用法の案内ができる。 [管理条件] ・ 専門的なメンテナンスを行うことができる（業者対応含む） ・ 乾燥・焼却灰の処分方法を確保できる

4 技術の比較検討

3で各条件をクリアしたタイプのトイレについて、個別の技術・製品の資料を収集します。表 4-7 の技術の特徴及び留意点の各項目を参考に、表 4-8 の比較表作成記入シートを作成します。同一タイプの技術においてもメーカーによって性能や特徴に差がありますので、より多くの情報を収集し、第 3 章や第 7 章の留意点なども参考に比較検討します。

資料収集の際は、前述の条件整理シートに記入した情報を販売者等に提示することで、スムーズに検討がすすめられます。

表 4-7. 比較検討項目

項目	内容	詳細
技術の特徴	トイレを稼働させるために必要な詳細要件を確認	■稼働要件：消費電力、使用燃料、必要資材、必要水量、適正稼働が可能な気温、 ■輸送：輸送方法、 ■廃棄物：発生物（搬出手順、発生量、処分方法）、 ■設備規模：必要面積、処理能力、設置可能・必要穴数、 ■維持管理：冬期・寒冷地対策、臭気対策、維持管理要領書（運転マニュアル）の整備、緊急時対応方法 ■費用：費用の概算
留意点	同タイプのトイレの実証事例より留意点等の情報を収集	<参照> 第 3 章、第 7 章

表 4-8. 比較表作成記入シート

項目		A 社	B 社	C 社
製品名				
担当者/連絡先				
稼働要件	消費電力 (kw/h)			
	使用燃料			
	必要資材			
	必要水量 (ℓ/h)			
	適正稼働が可能な気温			
輸送	輸送方法			
廃棄物	発生物 (搬出手順)			
	-発生量			
	-処分方法			
設備規模	必要面積、			
	設置可能・必要穴数、			
	処理能力			
維持管理	冬期・寒冷地対策			
	臭気対策			
	維持管理要領書			
	緊急時対応方法			
費用	コスト概算			

5 事例確認

技術の方向性が見えてきた段階で、本書に記載されている留意点や実証試験結果報告書、メーカーの導入実績等から具体的な導入事例を確認することが効果的です。さらに、事例地の現地調査を行うことで、選定した技術が計画しているイメージに合っているか、具体的なメリットとデメリットは何か、また、運用上の留意点等を確認することができ、きわめて重要です。

6 整備・運用方針の作成

選定の最終段階として、設置場所に合わせた整備計画を検討し、設置方法、維持管理方法、衛生対策などを検討します（表 4-9）。複数の技術を組み合わせることによって、システムを構築する方法もあります。自然エネルギーを導入する場合においても、どのような技術を採用するかも慎重な検討が必要です。

また、イニシャルコストとランニングコストについての検討や、トイレの利用者負担（有料制・チップ制、協力金）などの検討を行うほか、取扱説明書やメーカーのトラブル対応体制などを確認し、実際のトイレの運用に支障がないかを検討します。

さらに、トイレの性能を最大限に引き出し、安定的に稼働するためには、現場の利用実態や環境要件など様々な事象に対する技術上の調整や運用上の工夫を行うことが重要です。適切な設計をするために、専門家によるアドバイスを受けることをお勧めします。

表 4-9. 整備・運用に係る検討項目

項目	内容	詳細
社会条件	規模、形態、性能、費用等について、方針を整理	■性能：処理性能、設置規模、環境配慮 ■費用：イニシャルコスト（装置本体価格、建築・工事費、輸送費等）、ランニングコスト（燃料費、保守点検費、維持管理人件費等）、補助金、利用者負担 ■法令：自然公園法、森林法、文化財保護法、条例、水利権 ■衛生対策：汚泥・汚水処理、廃棄物・排ガス ■地域性：輸送方法、処理施設、運送・処理業者
サービス条件	メーカーの対応等	■取扱説明書・マニュアルの有無、処理工程の説明 ■実績、特許、実証事業実施等の有無 ■メーカーの説明、専門家の意見等

第5章 設計者の視点からの留意点

本章では、通常行う設計手法と共に自然地域トイレの特性から通常設計と異なる設計手法について紹介します。

通常の建物設計（建築・構造・設備部門）では、施設を運用する施設管理者と、設計を委託された設計者が協力して設計を行っていくことが一般的です。自然地域トイレの設計では、施設管理者自らが設計を行い、建設業者等に建設を直接委託するケースも考えられることから、ここでは設計の基本事項についても紹介していきます。本章は、通常の設計と、自然地域トイレの設計を行ううえでの留意点が確認できる内容としています。

1. 自然地域トイレ設計の特徴

前章まで紹介してきた自然地域トイレの内容から、自然地域トイレの設計を行ううえでの通常の設計と異なる点は以下の通りです。

- ・ 設置場所の周囲環境条件の範囲が広い（低温度、高温度、塩害等）
- ・ 設置エリアの条件（施工規模、施工範囲の制約等）
- ・ 施工条件（資材搬入方法の限定、施工時期、時間の制約等）
- ・ 設置後の施設、設備運用方法（無人化、点検時期の制約等）
- ・ 設備供給条件（給水、電気供給設備の有無等）

となります。

上記以外にも、その地域特性（山岳、海岸、離島等）から、建設及び施設運用での制約を受ける要素が増えることも考えられます。このような特徴を把握しながら設計を行うためには、通常行う設計での設計条件整理を行う手法に加え、設計条件の詳細な情報収集等が必要となっていきます。

2. 設計での取り組み方

自然地域トイレを設計していく場合、通常の建物設計で行う手法に加え、より詳細な設計条件の把握等、設計での取り組み方が重要なポイントとなります。

（1）詳細な設計条件の把握

- ・ 設計条件となる要素の詳細な情報入手 — 気象データ（実測値）、地形図等
- ・ 現地調査による立地条件の把握
- ・ 規制値（排水流出基準等）の確認 — 法令のチェック、関係官庁との協議
- ・ インフラ（水源、電力供給等）の有無 — 建設用地周辺のインフラ設備図

（2）施主（トイレ管理者）との情報交換（ヒアリング）

- ・ トイレ利用者の種別、人数
- ・ トイレ使用時期（冬季閉鎖等）、使用時間帯
- ・ トイレ維持管理、運用体制
- ・ 資材、機器搬入条件

（３）採用トイレシステムの選定

選定方法については、第４章で記述しています。その中での留意点としては、建設条件等から採用システムを絞り込む場合、一度に採用システムを決定するのではなく、採用の可能性があるシステムを複数選定し、その中で維持管理条件やコスト比較等、多角的な視点から最も適したシステムを採用する方法をとる事です。その選定では、下記の点も重要なポイントとなります。

- ・ 採用候補のトイレシステムメーカーからの機器仕様、運転方法、コスト等の情報収集
- ・ 施設管理者からの情報による詳細な維持管理方法、維持管理費の把握

（４）建設時の設計担当者の関わり方

通常の建物設計と同様に、建設工事中に、設計と実際に建設される内容との整合チェックと共に、設計では気が付きにくい部分などの建設中の調整も必要となります。よって、設計担当者による建設工事監理は必要不可欠な条件となります。

（５）建設後の設計担当者の関わり方

自然地域トイレでは、建設後の運用での状況によりいろいろな問題が生じている場合があります。その中には、トイレシステム（設備）内容の理解度が十分でない事から、維持管理方法等を誤っているケースもあります。設計は、建物が完成して全てが終わるのではなく、特にこのように建設後の運用が重要な施設（設備）では、建設後も設計担当者が適切なアドバイスを維持管理者に行うことが大切となります。よって、建設後でも運用状況の情報を設計担当者が入手できる環境を構築し、問題が生じた場合は、設計担当者が即時に適切なアドバイスが行えることが必要となります。

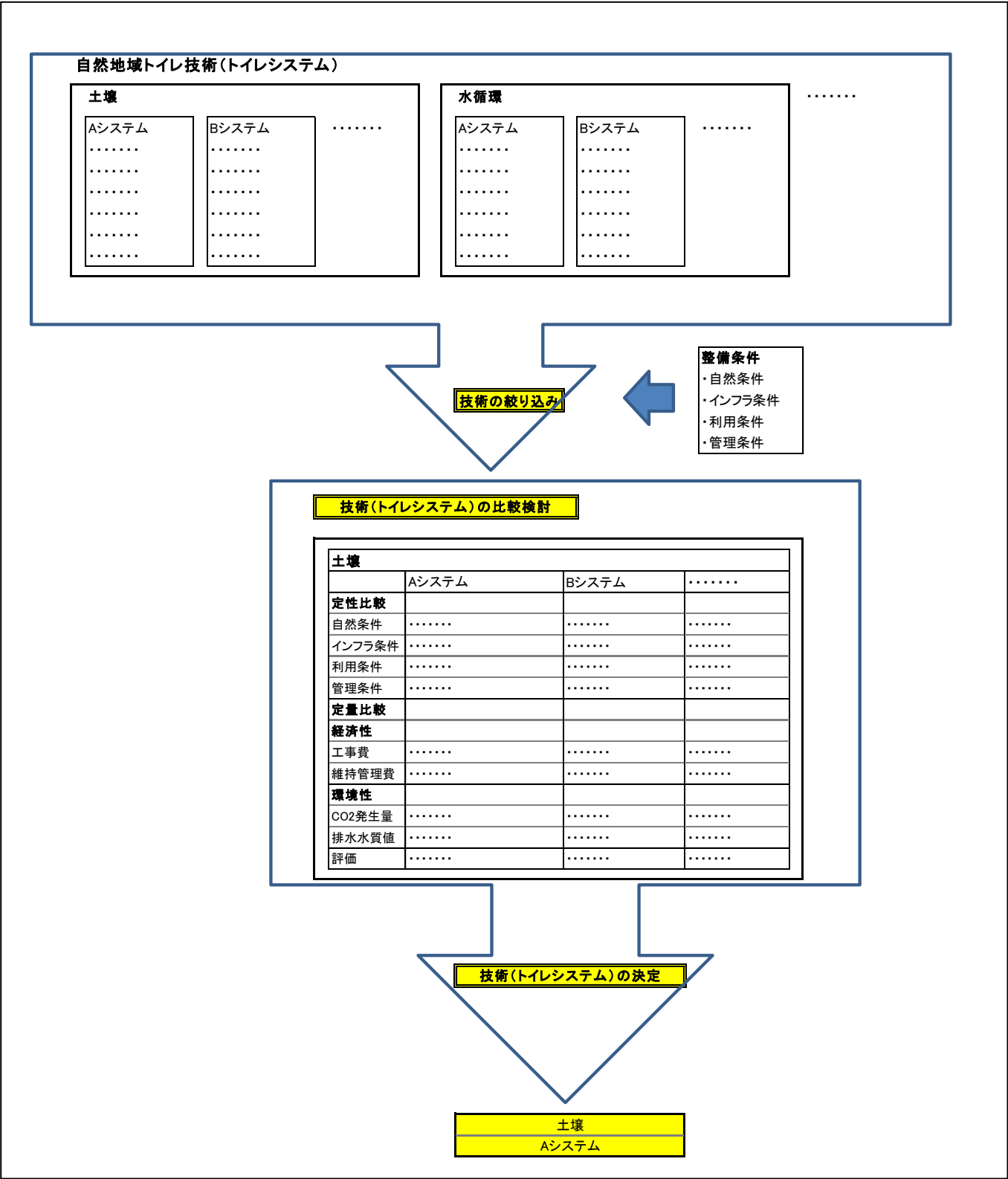


図 5-1. 機器選定作業のイメージ

3. 設計内容・設計時の留意点

自然地域トイレの設計は、設計作業等で通常行う設計と大きく違うことはありませんが、設計条件の特異なケースも考えられ、また一般地域の建物（トイレ）よりも、建設後の運用がより重要になる点から、多少通常の設計よりも違ってくる部分も必要となります。

（１）設計作業の流れ

基本的な設計作業の流れは、通常の設計作業と同様な流れとなります。

大きな作業項目の流れは、図 5-2 の通りとなります。

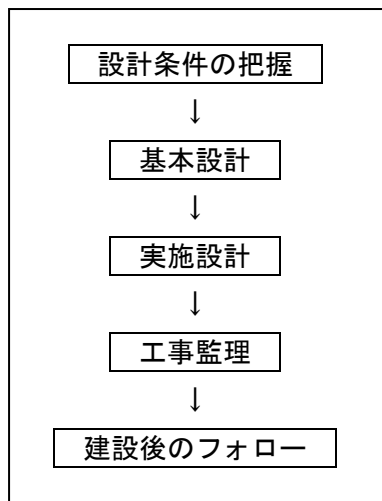


図 5-2. 作業項目の流れ

特に、通常の設計作業と違う点は、設計終了後の工事監理と建設後のフォローが重要なポイントとなる点です。

各作業項目での詳細と作業の流れを、図 5-3、図 5-4 に示します。

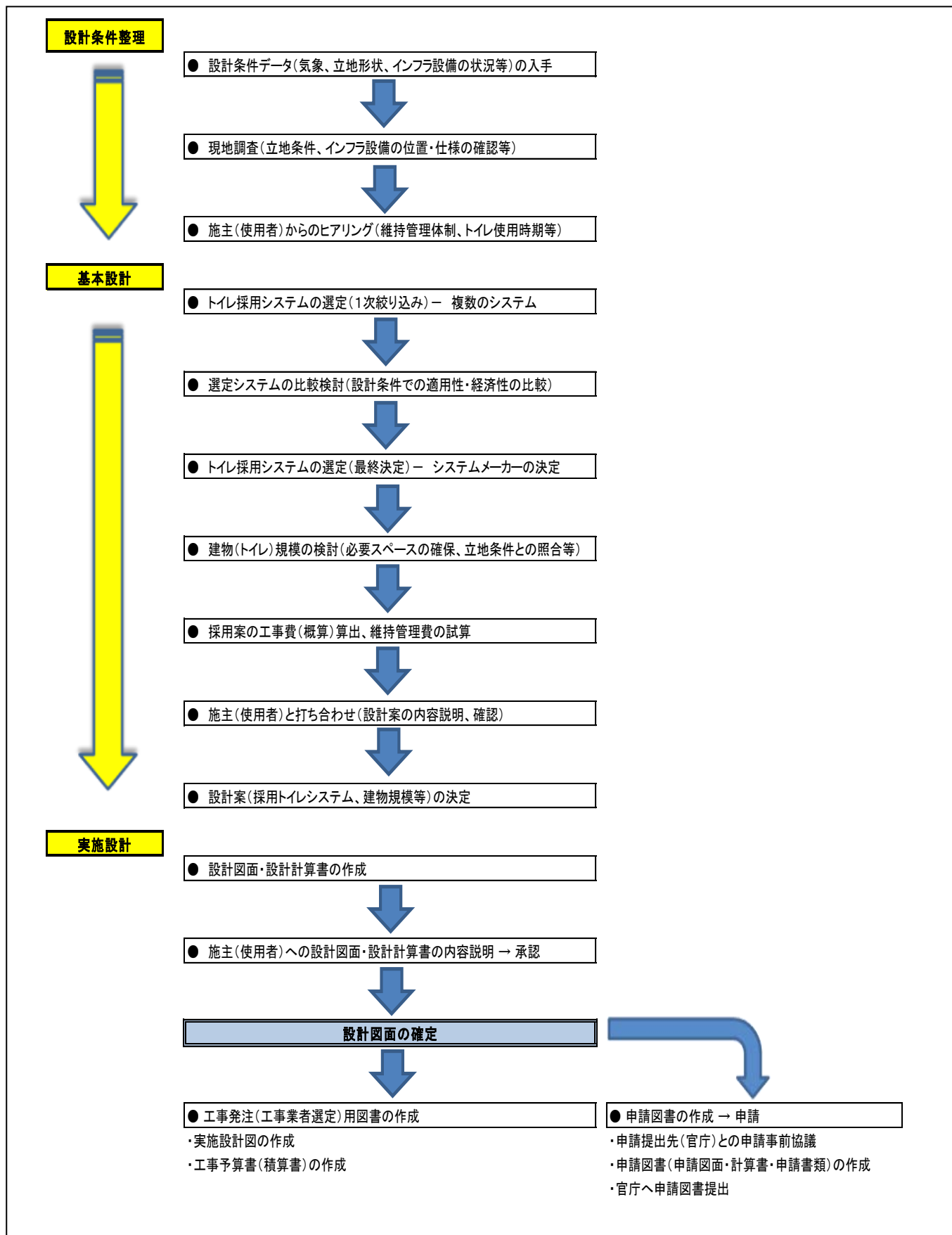


図 5-3. 設計作業の流れ 1 (基本設計・実施設計)

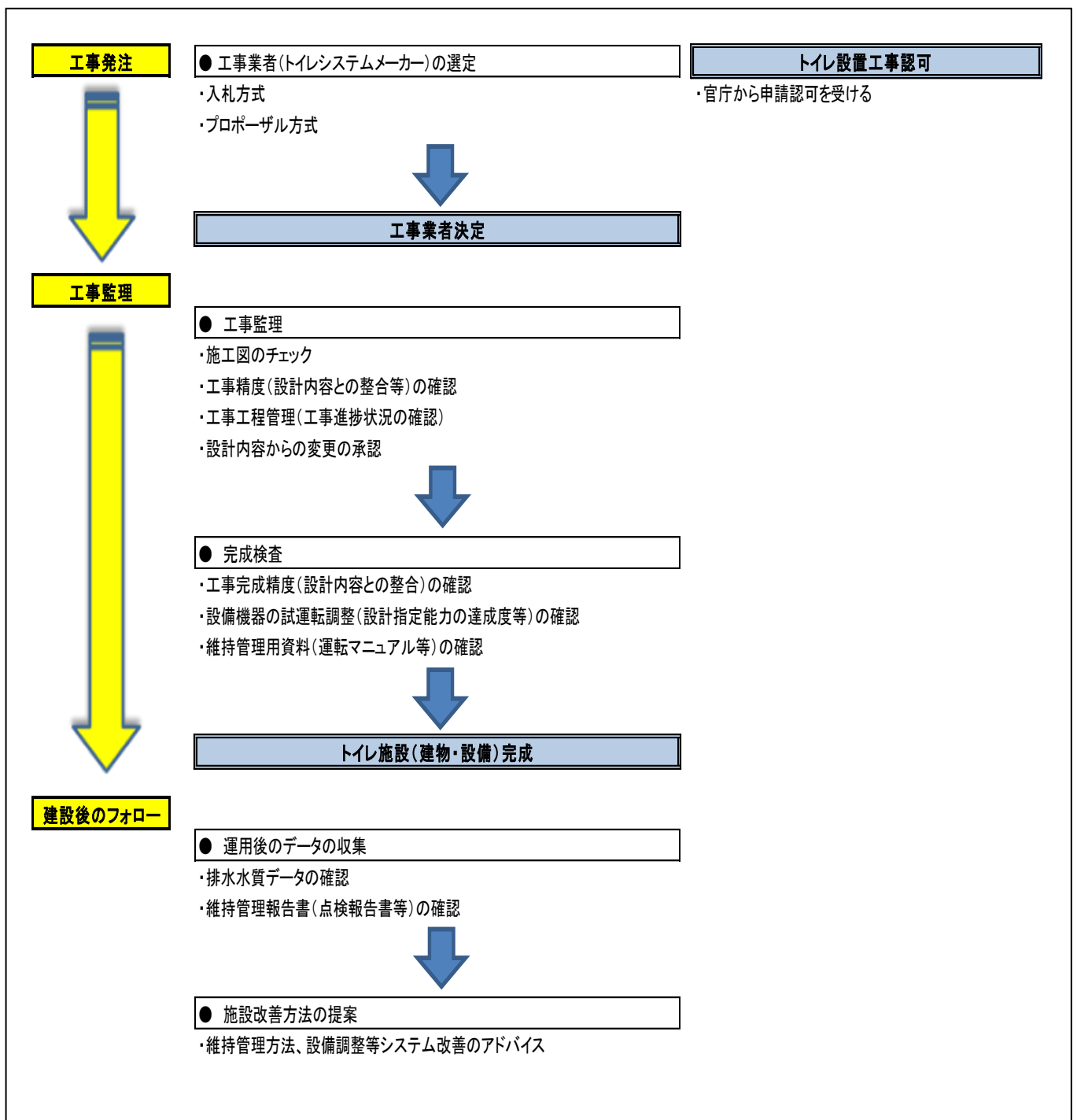


図 5-4. 設計作業の流れ 2 (工事監理・建設後のフォロー)

4. 自然地域トイレの設計手法

ここでは、設計での作業項目別にポイントとなる作業の手法を紹介します。設計を行うために活用できる資料として扱ってください。

(1) 設計条件整理

設計条件の整理では、設計資料の収集、現地調査、規制値の確認を行います。

①設計資料の収集

通常の設計では、気象データ等は、その地域単位での今までの気象データ（年間での日最高気温・日最低気温等）を参考文献（建築設備設計基準等）の値により設計を行っています。

自然地域トイレの設計では、設置場所が通常建物を建設できないような場所になる場合も考えられます。よって、気象データ（気温等）もその場所でのデータが必要となります。

よって、最善の方法は、設置場所での実測値を入手することですが、設計条件などから年間を通しての気象データが必要となり、そのデータが入手困難となる場合があります。自然地域トイレ実証試験での実証場所が、設計の設置場所と類似している場合は、実証試験での実測値を参照とする等も有効な方法です。

参考として前述した建築設備設計基準に記載されている主な地域の気象条件を示します。

表 5-1. 主な地域の気温条件

地区	日最高温度	日最低温度
	[°C]	[°C]
札幌	28.7	-9.1
仙台	29.3	-2.7
東京	32.5	2.0
松本	32.8	-6.2
名古屋	34.0	-0.1
大阪	34.2	2.1
広島	32.9	0.9
高知	32.8	0.9
福岡	32.9	3.1
鹿児島	33.5	3.7
那覇	32.4	13.5

日最高気温は、月別平均値の最高値を表示

日最低気温は、月別平均値の最低値を表示

建築設備設計基準（平成21年版）国土交通省大臣官房官庁営繕部設備・環境課監

②現地調査

設計を行ううえでは、建設場所を確認することは、重要な作業の一つです。

ここでは、現地（建設場所）にて設計を行うために、どのようなポイントを確認していくのかを紹介します。

現地調査のポイントは、下記の点があります。

1) 建設場所

建設予定地の現況を確認する。特に、土壌処理式トイレについては、建物の他に建物周囲の土壌処理用スペースの確保が必要となる。

2) 建設場所周囲の環境

周囲の道路の状況、隣接建物（敷地内外共）、自然環境等、トイレ建設に影響が出る項目について確認を行う。

3) 資材搬入経路(周辺交通機関、道路状況)

建物周囲だけでなく、建設時の資材搬入ルートなども確認し、建設工事での制限等の有無を確かめる。

4) インフラ設備(水道、下水道、電力供給設備)

トイレ設備への水、排水、電気の供給元の有無を確認する。また、その設備が有る場合は、設備内容（設置場所、供給先の容量等）を確認する。現地では確認が困難な場合（土中に敷設されている等）は、設備管理を行っている官署（水道局、下水道局、電力会社等）へ問い合わせを行い確認する。

他にも建設地の立地条件やトイレ設備の種別により、上記以外にも現地での確認が必要となる項目があると思いますので、現地調査を行う前に必要な調査項目をまとめておく必要があると思います。

③規制値の確認

建物の建設では、いろいろな規制がありますが、自然地域トイレでは、その立地条件や設備内容から通常の設計とは異なる規制値を受ける場合があります。立地条件では、山岳や海浜等、住宅や街中での建物のような規制値（消防法・騒音規制法等）を受ける必要は無い場合も多くあると思いますが、逆に国立公園内での建設という条件等から特殊な規制（景観規制等）を受ける場合もありますので、設計時点でそのような規制の有無を関係官署に確認することが必要になります。

また、設備内容からは非放流型排水方式の設備等、規制値を受ける必要がないケースも考えられますが、その中で人体への影響など、逆に規制値以外での設備内容の考慮が必要となります。

(2) 基本設計

①トイレ採用システムの選定

トイレ採用システムの選定では、その設計条件より設置可能なトイレシステム（排水処理設備等）を絞り込み、さらに設置可能なシステムの設計条件の適性を比較して、トイレ採用システムを最終的に選定していきます。

比較検討では、定性比較（システムの適性を性能、特徴などから比較）と定量比較（コスト、環境負荷等、数値から比較）の2項目から行う方法が一般的です。

具体的に比較検討方法を示します。

定性比較の項目は、

- ・ 自然条件（適性気温範囲等）
- ・ インフラ条件（水、電力供給設備の必要性）
- ・ 利用条件（使用頻度、期間、使用人員等）
- ・ 管理条件（点検管理方法（有人、無人）等）
- ・ 施工条件（資材搬入、施工範囲等）

等が考えられます。

立地条件や設備内容から、上記以外でも必要な項目を追加し比較検討する必要がある場合は、その項目を加えてシステムを比較して、設計条件に最も適したシステムの抽出を行うこととなります。

定量比較の項目は、

- ・ 経済性（工事費）
- ・ 経済性（維持管理費）
- ・ 環境性（CO₂ 発生量）
- ・ 環境性（排水水質値）

となります。

経済性の比較で、工事費の算出については、後述する実施設計での工事予算を算出する積算方法と同様な手法にて工事費を算出しますが、詳細な設計を行う前に工事費を算出するため、機器容量や資材数量等は想定値（概算値）にて行うこととなります。

また、維持管理費については、設備運転費と共に、設備の維持管理費（設備メンテナンス費、人件費等）を加算することが必要となります。

維持管理費の算出では、設備を運転していくための電力消費量（年間）等を算出し、その費用を計算していくこととなります。ここで必要となる情報として、設備の稼働率（トイレ使用時間での設備が稼働している時間）や設備の運転特性（負荷が少ない場合のエネルギー消費量の動向等）を把握し、正確な消費量からの電力費用等の算出を行うこととなります。よって、機器メーカーからの詳細な資料提示やヒアリングが必要となってきます。

環境性の比較項目での環境負荷（CO₂ 発生量）の算出は、維持管理費と同様に設備運転でのエネルギー消費量の計算が必要となってきます。電気の場合は、実際に電気を使用している設備運転時点では、環境負荷の発生はありません。しかし、視点を地球環境に対する影響とすると、電力の場合でも、その電力を発電するために発生する環境負荷から、環境負荷発生量を算出することとなります。

エネルギー種別ごとに環境負荷を算出するためには、各エネルギー種別ごとの環境負荷発生量の原単位により数値を算出する必要があります。

計算に使用する環境負荷原単位の数値を次に示します。

環境負荷原単位(参考値)¹⁾

[電力] 0.3471kg-CO₂/kWh

[ガス] LPG : 3,004.6kg-CO₂/t

[油] 灯油 : 2,464kg-CO₂/kL

A 重油 : 2,709.4kg-CO₂/kL

維持管理費と環境負荷 (CO₂) 発生量の計算の参考例を示します。

計算例

計算条件

設備内容 (稼働設備・電気消費量)

循環ポンプ : 0.4kW

凍結防止ヒーター : 2.0kW

設備総容量 (電力消費量合計) : 2.4kW

トイレ使用期間 : 3月～11月 (270日/年)

トイレ使用時間 (設備稼働時間) : 6時～22時 (16時間/日)

エネルギー消費費 (電力消費量) の算出

循環ポンプ電力消費量 (年間) :

$0.4\text{Kw} \times 16\text{h} \times 92\text{日 (夏季)} \times 0.5\text{ (稼働率)} = 294.4\text{kWh}$

$0.4\text{Kw} \times 16\text{h} \times 183\text{日 (その他季)} \times 0.5\text{ (稼働率)} = 585.6\text{kWh}$

凍結防止ヒーター電力消費量 (年間_3カ月) :

$2.0\text{Kw} \times 16\text{h} \times 90\text{日 (冬期_その他季)} \times 1.0\text{ (稼働率)} = 2,880\text{kWh}$

年間電力消費量 (夏季) : 294.4kWh

年間電力消費量 (その他季) : $585.6 + 2,880 = 3,465.6\text{kWh}$

維持管理費の計算

(設備運転費)

年間電気料金 : 基本料金 + 従量料金

基本料金 $2.4\text{kW} \times 1,071\text{円/kW} = 2,570\text{円/年}$

従量料金 $294.4\text{kWh} \times 13.2\text{円/kWh (夏季)} = 3,886\text{円}$

$3,744\text{kWh} \times 12.16\text{円/kWh (その他季)} = 45,527\text{円}$

年間電気料金 = $2,570\text{円} + 3,886\text{円} + 45,527\text{円} = \underline{51,983\text{円/年}}$

(設備メンテナンス費)

年間設備点検費 : 機器メーカーとの保守管理契約費等 50,000円/年

維持管理費 = (設備運転費) + (設備メンテナンス費) =

= $51,983\text{円/年} + 50,000\text{円/年} = \underline{101,983\text{円/年}}$

環境負荷（CO2）発生量の計算

年間電力消費量＝(循環ポンプ電力消費量)＋(凍結防止ヒーター電力消費量)

$$= 294.4\text{kWh} + 585.6\text{kWh} + 2,880\text{kWh}$$

$$= 3,760\text{kWh}$$

環境負荷（CO2）発生量 ＝ (年間電力消費量) × (CO2 発生量原単位)

$$= 3,760\text{kWh} \times 0.3471\text{kg-CO}_2/\text{kWh}$$

$$= \underline{\underline{1,305 \text{ kg-CO}_2/\text{年}}}$$

(3) 実施設計

①設計図面

設計図面の一般的な構成及び内容は、下記のようになります。

a. 共通図

☐ 特記仕様書

記載内容

- 1) 建物名称
- 2) 建設地住所
- 3) 建物構造（RC 造・木造等）
- 4) 建物規模（敷地面積・建築面積・延床面積）
- 5) 適用する工事仕様書の明記
- 6) 仮設条件（工事用事務所・工事用水道、電力使用条件等）
- 7) その他の工事条件がある場合は、その内容を明記
- 8) 各工事種目別特記事項(建築・構造・電気設備・機械設備)

☐ 建物配置図

敷地周囲を含む建物配置などを表示

b. 建築図

☐ 仕上表（トイレ建物）

建物外部（屋根・外壁等）及び内部（内壁・天井等）の仕上げを表示

☐ 平面図（トイレ建物）

建物全体配置を平面的に表示

☐ 断面図（トイレ建物）

建物の高さ等を必要部分で表示

c. 断面詳細図（矩計図）

詳細な壁、床の構成を表示する場合は、断面詳細図（矩計図）を作成します

☐ 立面図（トイレ建物）

建物の外面（通常 4 方向）を表示

☐ 建具表（トイレ建物）

窓・扉の形状、寸法、仕様を表示

d. 構造図

☐ 構造図（トイレ建物）

建物構造の図面（柱、梁、配筋図等）

e. 機械設備図

☐ 機器表

設備機器（ポンプ等）の仕様を表示

☐ システム系統図（配管系統図）

給水、排水管等の流れを表示

☐ 設備図（トイレ設備_ダクト設備図）

換気用ダクトの配置等を表示

☐ 設備図（トイレ設備_配管設備図）

給水、排水管等の配置を表示

f. 電気設備

☐ 設備図（トイレ設備_電気設備図）

照明、設備動力用電気設備（配管、配線）を表示

☐ 設備図（トイレ設備_制御設備図）

設備自動運転用制御盤、配線を表示

g. その他

☐ 詳細図（トイレ設備）

設計部門ごとに施工者等へ詳細な仕様、形状等を説明するための図面

建物の構造や設備内容により、上記設計図面に加えて設計内容を施工者に理解してもらうための図面を必要に応じて作成する場合があります。

特に特記仕様書については、施工条件が図面では表現しづらい点などを補足説明していく記載等が必要となります。

②工事予算書（積算書）

設計図を基に工事予算書を作成し、工事業者との契約（入札等）での適正な工事費の設定を行うこととなります。

a. 工事予算書の構成

工事費は、下記 1・2・3 の金額の総額となります。

工事費	－	1	純工事費	：	直接工事費	＋	共通仮設費
		2	現場管理費				
		3	一般管理費等				

b. 工事予算書の作成要領

設計図内容から、建物、設備の数量（部材ごとの個数、長さ、面積等の数値）を算出して、各項目ごとの単価（材料費＋労務費）を掛け合わせて工事費を算出します。これが直接工事費となります。

その直接工事費の金額により 共通仮設費 を割合（直接工事費×掛率）にて算出して 純工事費 を算出します。

現場管理費 も純工事費の金額による割合で算出し、一般管理費等 もその合計金額に対する割合にて算出します。

最後に純工事費、現場管理費、一般管理費を合計して 工事予算金額 とします。

以上が設計手法の要点となります。

設計完了後も、工事監理や建設後のフォローとして、設計者がトイレ施設に関わる重要な役割があります。いずれにしても、この自然地域トイレ実証試験で蓄積した貴重なデータを実際の設計、建設に活かすためには、設計者、建設工事業者、施設管理者が、正確な情報を基にそれぞれの役割を行っていくことが肝要なことと思います。そのために、この章で記述した内容が実際の設計で参考となることができればと思います。

また、実際に設計、施工で疑問などが生じた場合は、専門家に相談したり、この実証試験の資料を参考にいただければ、より良い自然地域でのトイレ施設の設置に結びつくと思います。

参考文献

- 1) 経済産業省「総合エネルギー統計」及び環境省「二酸化炭素排出量調査報告書」

第6章 自然エネルギーの導入とその留意点

山岳地域でのトイレ施設の運用に際しては、照明、し尿処理のために電力、熱といったエネルギーを必要とする場合があります。また、施設の保温も期待されるかもしれません。これとは逆に、他にエネルギーを必要としない処理方式の採用や、照明を利用者自身の携帯する灯りに委ねる等、エネルギー利用を考慮せずに運用する方法もあると思います。しかし、より快適で、安全、さらに効率の高い処理方式を望むとすれば、やはり何らかの方法でエネルギーを創出することが求められます。系統電力を期待できない山岳地域でエネルギーを利用したいときには、これまでは多くが燃料消費型の発電機の利用に頼らざるを得ない状況にありました。このための燃料輸送には多大の労力や費用が必要であると聞きます。このようなことから、自立しえ、かつ自然に対しての影響負荷の小さい自然エネルギーの利用への関心が高まってきました。自然エネルギー利用については各メディアでも取り上げられることもしばしばとなり、更なる関心の惹起が図られています。メディアでの紹介は多くが成功例です。しかし、従来の発電方式では安定した電力供給が確保される利点があるのに対し、自然エネルギーの場合には多岐に渡り不安定性を伴うことや十分な情報や知見のもとにその利用が図られないと必ずしもうまくいかない場合もあることの周知が徹底されていないことも、これまたしばしばであったようであります。

本章では、以上の観点に基づき、自然エネルギー利用について、種類や利用方法の紹介の後に、実際に利用しようとした時の留意点について略説することとします。

1. 自然エネルギーの種類・特徴、利用法

本項では、山岳地域での利用が可能と考えられる自然エネルギーの種類と特徴を略説します。

(1) 太陽光

ここで言う太陽光は、太陽電池を用いて光エネルギーを電気エネルギーに変換するエネルギー源を言います。なお、本稿では独立電源としての利用を前提とし、系統への連係は考えないこととします。

①構成機器

太陽電池パネル (Photovoltaic panel (PV) パネル, 図 6-1 参照)、架台、制御装置 (充放電コントローラー) が主要要素であり、必要に応じて充電池 (バッテリー) を付帯する (図 6-2 参照)。接続する負荷やバッテリーの容量に応じてパネル枚数 (発電容量) を決定する場合があります、それとは逆に、利用可能なパネルによる発電容量に応じた負荷やバッテリー容量を決定する場合もあります。



図 6-1. 太陽電池パネル
(手前が固定式、奥が太陽追尾装置上のパネル)

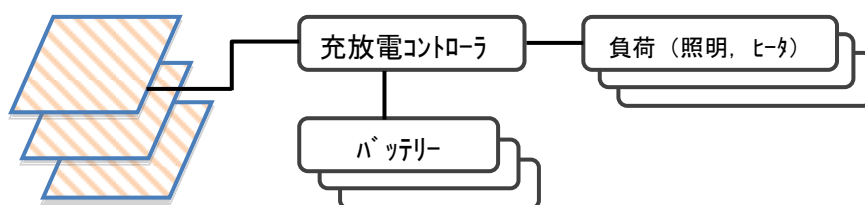


図 6-2. 太陽光パネルの構成模式図

② 特徴

- 装置に可動・摺動部がないことから、騒音の発生がなく、また、運用時の安全性・安定性が高い。
- 技術の進歩、利用の普及が著しい機器であるため、発電効率の上昇や価格の低下が大きい。発電効率は使われている素子に依存するため、商品によって発電効率に大きな差があり（7～25%程度）、一般的には同じ発電量を期待するために、風力や小水力と比して大きな面積を必要とする。
- 発電効率は、パネル面の温度と日射角（パネル面と太陽との相対的位置）に依存する。パネル面が高温になると効率は下がり（パネルの発電効率は温度摂氏 25 度で評価される：JIS C 8911）、日射角は 0 度（パネル面に太陽光が垂直に到達した場合）を最大とし、角度が大きくなるにつれて効率は低下する。
- 発電効率を高める策の一つに、MPPT 制御（Maximum Power Point Tracking: 最大電力点追従制御）が組み込まれた制御装置の利用がある。この装置の導入による価格上昇分は、発電量の増加で比較的短期間で相殺されるとの試算もある。

③利用の対象

- 直流利用の機器
- 照明、給水、浄化槽保温、建屋保温

④利用にあたっての注意点

a. 利用に先立つ日射量の把握

日射計を用いた利用期間（年間を通じての利用とするのか、夏期のみといったように限定した期間とするのか）での日射量の計測を行うことが、設置後の安定した利用につながる。全国の日射量データは日本気象協会¹⁾や新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）²⁾のホームページで入手することが可能である。ただし、日射は設置予定地の周辺環境に大きく左右される。太陽光の直達方向に山や樹木などの遮蔽物がないかを確認することが肝要となる。日射計を用いた計測の実施が困難である場合には（これが一般であると思うが）、設置想定箇所に一日にどのくらいの太陽光の直達（雲やちりに遮られずに太陽光が到達すること）があるかを毎日「時間ごと」に記録することで、利用の可否についてのおおよそは把握することが可能である。

b. 設置可能場所の確保

太陽パネルはその面を太陽光に正対させることでエネルギー変換効率が最高となる。方位は南、かつ設置点の緯度と同等の角度を水平面からつけることが一般であり、これを実現することが困難である場合はできる限りこの値に近づけることが好ましい。しかしながら、強風地域や狭い場所に複数台を並べる場合、無理にこの設置角を維持しようとして大きな架台を設けることで返って経済性を損ねたり荷重（自重や風荷重）を増大させたりすることになるので注意が必要である。また、夏期のみといったように使用期間が限定されている場合には、その時期での太陽の南中高度にパネル面を合わせるといった工夫も考えられる。

c. 降雪、樹木の成長、枯れ葉、埃等によるパネル面の遮蔽

太陽電池パネル面に影がさす場合（樹木）やパネル面上への埃や雪の堆積によって日射強度が低下する場合には発電量が減少する（程度によっては発電が停止）。自然環境が厳しく、保守点検が容易でない山岳地域では、こうした点に予め配慮しておくことが肝要である。

（２） 太陽熱

太陽からの熱エネルギーを利用することを言います。太陽光発電に比べて高い変換効率（給湯の場合 40%程度）を有すると言われます。山岳地でのトイレ施設を対象とした場合、空気を媒体として熱を利用する方法が最適と考えます。本論では以下のシステムを例として説明をします。

図 6-3 は南極、極点に設営された米国基地の建屋壁面に取付けられた壁面太陽熱利用システムです。図中壁面に見られる黒色の長方形形状のものがそれです。後述するように、当該システムは、太陽熱利用の基本である「日射を受けて加熱された要素の持つ熱を、水や空気といった媒体に伝達させて、使用対象へ輸送し、そこで保有する熱を別の媒体に伝達させる」機能の極めて単純な具体化例です。効率は使用環境によって大きく変化

するため、一概にその大小、優劣の評価はできません。ここで示した例では、壁面太陽熱利用システムの有無による燃料消費についての定量的な評価はないのですが、建屋内の暖房用の燃料使用量を大幅に削減できたとの報告があります。ここで紹介した壁面太陽熱利用システムは、図6-4に示されるように、片面が透明なガラスで構成された戸袋状の格納箱の中に、黒色に塗装された多孔状の金属板が置かれています。上部には小型の送風機が取り付けられていて、格納箱内で日射によって加熱された空気を室内に取り込むことで室内を加温します。図では加熱する空気は外部から取り入れる様子が描かれていますが、上記の南極での例では、熱を伝える空気は室内と壁面太陽熱利用システム内を循環させることでより効率的な運用をしています。

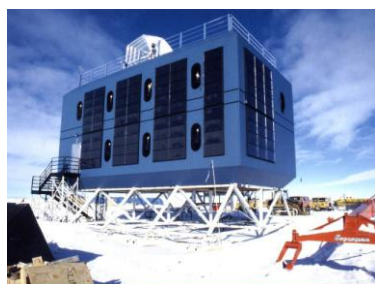


図 6-3. 南極点の米国基地建屋側壁の
壁面太陽熱利用システム

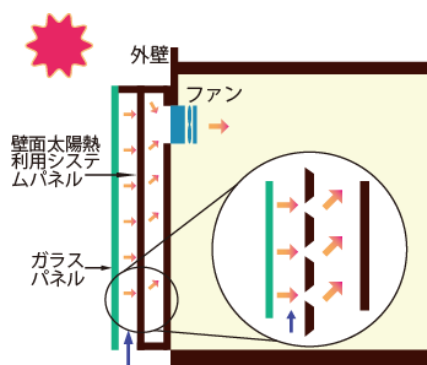


図 6-4. 壁面太陽熱利用システムの
熱発生機構

①構成機器

- ・ 集熱器、ダクトを基本とし、必要に応じて蓄熱装置を具備する。

②特徴

- ・ 一定強度以上の日射のある場合にのみ利用が可能となり、逆に、日射が弱く、外気温が低い場合に、建屋内への冷気の侵入を防ぐ策を講ずる必要がある。
- ・ 小型の送風機の駆動に必要な電力供給が必要となる。

③利用の対象

- ・ 浄化槽・建屋の保温

④利用にあたっての注意点

a. 利用に先立つ日射量の把握

太陽電池利用の場合と同じ問題への配慮が必要である。

b. 設置可能場所の確保

こうした空気を媒体とした太陽熱利用では、建屋の壁面や屋根に装置を設置することが多く、また、一般には太陽光パネルに比して重量が大きい。利用可能な屋根や壁の角度や方位、または建屋の構造強度についての検討が必要である。

(3) 風力

風の持つ運動エネルギーを風力エネルギーと呼び、風力タービン（風車）によって電気エネルギーに変換して利用されることが一般です。米国やオーストラリアで使われている風車（アメリカンバイスクル型と呼ばれる多翼小型風車）は電気に変換せず、ロータの回転で直接にポンプを駆動して揚水を行うものです。ロータの回転軸が地面と平行である機種を水平軸型風車（図 6-5）、回転軸が地面に垂直な機種を垂直軸型風車（図 6-6）と呼びます。垂直軸型風車は回転するための力の発生形態から揚力型と抗力型に分けられます。風車を発電規模で分類した場合、山岳トイレ施設への利用が適していると考えられる風車はマイクロ風車に属します。図 6-5 中には、風車の主要要素の名称を付記してあります。当該風車は 3 枚のブレードを有し、ブレードはハブで回転軸に固定されます。ブレードを主として構成される部位（回転部）をロータと呼びます。小規模の風車では風に対する方位制御に尾翼を用います（数十 kW 以上の規模の場合、多くがモーターによる方位制御方式を採用するため尾翼はありません）。スピナの後方にナセルがあり、この中に発電機や制御装置が収納されています。

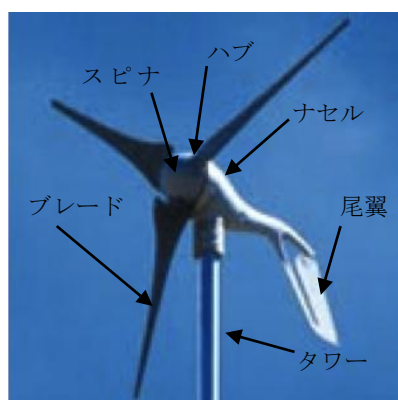


図 6-5. 水平軸型風車の例

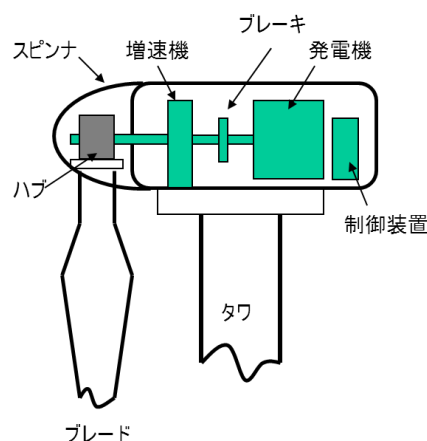


図 6-6. 垂直軸型風車の例

①構成機器

風車本体、架台、制御装置、充電池が主要要素である。風力利用では充電装置は必ず必要となる。

②特徴

- ・ 発電効率は運用状況にもよるが、水平軸型風車が最も高く、ついで垂直軸（揚力）型、そして垂直軸（抗力）型となるが、風向変動への追従性の如何では、水平軸型風車も大きな効率低下の可能性は否定できない（機種による依存性が高い）。
- ・ 水平軸型風車の発電効率はロータ回転面が風に正対したとき最大となり、風向からの角度のずれが大きくなると効率も低下する。風向変動の激しい場所での当該機種の風車の効率的利用は難しい。
- ・ 他の自然エネルギー源と異なり、発電の連続性が低いことと、出力変動が大きいことのため充電池による安定化が必須である。

③利用の対象

- ・ 直流利用の機器
- ・ 照明、給水、浄化槽保温、建屋保温

④利用にあたっての注意点

- ・ 台風などの強風時の過回転対策が安全、安定な運用では重要であるため、製造者への確認が必須と考える。
- ・ 稼働時の騒音（主にロータ部での空力騒音）がある。特に回転数の高い水平軸型風車ではヒュッヒュッという音の発生が避けられない。
- ・ 標高が高くなると、空気密度の低下に伴う発電量の低下と、寒冷期に着氷雪による凍結が回転部に発生し（おおむね 800m 程度以上）、運転停止となる恐れがある。

（４）小水力

小水力発電とは、「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法」及び「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法」、また「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法（Renewables Portfolio Standard の頭文字から通称 RPS 法）」、「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法」に記載された定義に従えば、おおむね[1000kW 以下の水力による発電]といえます。従って、本稿で述べる小水力は出力が高々数 kW であるため、むしろマイクロまたはミニ水力と称するほうが適切かもしれません。水力の利点は、太陽光・熱や風力と比べ、一定の水量が確保される限り極めて安定した電力を期待できることにあります。代表的な例を紹介します。日本山岳会は長野県松本市上高地において「ミニ水力発電施設」を平成 12 年から運営しています（図 6-7 参照）。日本山岳会山岳研究所近くの沢から水を内径 75mm のパイプで移送します。落差は 52m、距離は 470m です。負荷として生ゴミ処理機、照明機器を利用し、余剰電力は蓄電池に蓄えるシステム構成となっています。このプロジェクトに参画している神奈川工科大学森研究室での試験の様子を図 6-8 に示します。図に見られるマイクロ水車は内部に直径 12.5cm の羽根車があり、毎秒 50ℓの水量が確保されれば 220W 程度の発電が可能となります。



図 6-7. 日本山岳会 山岳研究所における水力利用実験施設の模式図³⁾



図 6-8. 神奈川工科大学森研究室のミニ水力発電装置の試験の様子

①構成機器

- ・ 水車本体、パイプ、サージタンク（流水から一旦このタンクに水をためること
で水車への水の供給を安定的行うことが可能となる）

②特徴

- ・ 上述したように、一定量の水と水源との高低差が安定的に確保されれば極めて
安定的な電力供給が可能となる。

③利用の対象

- ・ 直流利用の機器
- ・ 照明、給水、浄化槽保温、建屋保温

④利用にあたっての注意点

- ・ 水流の安定化のために、上流側にサージタンクを設けることが重要となる。サ
ージタンク周辺に樹木がある場合、落葉による取水口の閉塞を防止する策を講
ずる必要が生じる。
- ・ 河川の水を利用しようとしたときに水利権の問題発生の可能性はある。関係省
庁と調整することが必要である。

2. 利用にあたっての留意点

山岳地域におけるトイレ施設の管理運用において、電力や熱といったエネルギーを自立して賄えることは、し尿処理を効率的に行えるだけでなく（効率的な処理施設の適用も可）、利用者へのよりよい環境の提供という観点からも高く望まれることであろうかと思います。山小屋に付属したトイレの場合には、常駐、あるいは高頻度での管理者による保守管理が可能でありましょうし、山小屋で使用するエネルギーの一部をトイレ施設へ供給するなどが期待しえとも考えられます。それでも、エネルギー創出にかかる燃料の輸送は、経済的にも労力的にもたやすいことではありません。まして、独立して存在するトイレ施設の場合の保守・管理、そしてそのための必要なエネルギーの確保がさらに困難であることは論を待ちません。こうした欲求から、すぐさま自然エネルギー利用ということに至る場合が少なくありませんが、安易な導入は決してよい結果を生まないことに留意する必要があります。このような視点で、自然エネルギー利用に際する注意点を述べます。

（１）目的の明確化

これは、後述する「評価法」とも密接に関連し、まさに表裏一体の関係にあります。一般に自然エネルギーの利用に際しては、経済的な観点からその導入成果を評価することが多くあります。しかし、本稿で対象とする山岳地域でのトイレ施設の維持管理に供する場合はこの限りではありません。一例を挙げるならば、トイレから流出する汚水によって周辺の地域が汚染される可能性があり、かといって利用者の利便性を考えればトイレを撤去できない場合、経済性を度外視しても汚水処理に万全を期すことが求められます。それを自然エネルギーによって具体化しようとするれば、目的は経済性ではなく、環境負荷の低減となり、それが達成されることで高い評価がえられます。こうした観点から、妥当性のある目的は以下のとおりです。

- ・ **経済性**：燃料輸送や労務費用を削減できること
- ・ **労務負荷の軽減**：燃料の輸送、点検期間の延長などの労務に関する負荷を軽減できること
- ・ **トイレ環境の向上**：より良い処理施設の導入による臭気の低減やトイレ施設の保温など
- ・ **環境負荷低減**：処理能力の高い施設の導入を可能にできることから環境への負荷を低減できること

(2) 利用の可能性評価

自然エネルギーの種類は前述したとおりです、これらがあまねく利用できるわけではありません。自然エネルギー利用の可能性の評価に必要な項目を列記します。

①□エネルギー賦存量

賦存量（ふそんりょう）とは理論的に算出できる潜在的なエネルギー量を意味し、そのエネルギーの利用の可否を決定する最も基本となる数値です。より高い精度でこれを見積もるためには、計測器を用いたデータの採取が必要となりますが、まずは「感覚的な判断」から始めればよいと思います。周囲に遮蔽物がなく、太陽が出ているときに十分日光が受けられれば太陽光・熱の利用が想定できるし、常に強い風を受ける場所であれば風力利用を考えればよいです。そして、次の段階としてできれば計測器を用いたデータ採取を行うことが望ましいと考えます。

以下、各種自然エネルギーのエネルギー賦存量評価に必要な手法を略説します。

a. 太陽光・太陽熱

太陽光も太陽熱も日射の強弱を基本とする点では評価手法は同じです。前述したように、気象協会やNEDOのホームページから日射量のデータを入手することは可能です。しかし、利用想定場所の立地条件によって、必ずしもそのデータをそのまま適用できるわけではありません。谷間や山陰に位置していたり、周辺を高木で囲まれていたりする場合には、時間帯によって直達する日光（直達日射）が遮られることがあるので注意が必要です。簡易な発電量計算にはインターネット上のサイトの利用があります⁴⁾。しかし、そこでは同じく局地的な影響を加味できないので利用した結果を鵜呑みにすることは過大な評価につながります。

最も確実な方法は、測定器を利用した現地での実測です。本格的に自動計測を行うためには、日射計、データロガー、パソコン、機器設置用具（架台、電力、計測器保管箱）が必要となります。また、精度は劣るが簡易に計測できる装置（計測器本体、表示装置（記憶媒体を含む装置あり））の利用で日射量を数値として把握することが可能です。

しかし、こうした計測器を利用した測定を個人レベルで行うことは實際上容易なことではありません。その場合には1日の中での直達日射の状況（例えば、8月の晴天日の直達日射は10時から15時まで、のように）を継続的に記録することで大

略太陽エネルギー利用の可否の判断は可能となります。

b. 風力

風力のエネルギー賦存量を算出するためには、風速毎の出現頻度（例えば平均 8m/s を記録したときの風の計測時間が全計測時間の 10%である といったように表現する）が必要となります。これを求めるためには、通常、計測機器（風向風速計、データロガー、パソコン、タワー等）を用いた一定期間に渡る継続した観測が必要となるので、経費や技術の点でその実現化は容易ではありません。

風力の場合、太陽光の場合以上に局地性が高く、利用想定地点以外での風況の情報（たとえば AMeDAS データや NEDO のデータ）を有効に活用できません。風は建物や地形の影響を強く受け、高々数 m 離れた地点ですら風速に大きな差が生じてしまうからです。

風速計による計測が困難であれば人の感覚に頼らざるを得ないこととなります。風力エネルギーの賦存量を議論する場合には平均風速（10 分間での平均値）を用いますが、人が風の強弱を感じるのは瞬間値であり、感覚的に風が強いと感ずるときでも、平均風速値で表すと感じた以上に低い値となることが多くあります。ビューフォード風力階級表による風速判定も可能ですが、これも瞬間値であり、一定時間稼働を期待しなくてはならない風力利用においてはこれによる判定から賦存量の多寡を評価することは簡単なことではありません。

また、前述のように、水平軸型風車の場合には風がロータ面に正対するように吹くことが好ましいので、この点からは風向の変動も少ないことが、高い発電効率を保ちえる要因となります。垂直軸型風車を利用しようとするれば、この風向変動については考える必要はありません。

以上をまとめるに、風力利用を考えたとき、組織だった計測が可能である場合を除いて、賦存量という観点から、その利用の可否を決定することはとても難しいと言えます。計測された統計量なしに風力エネルギーの有効利用の判断としてはいささか非科学的ではありますが「（ある期間に限ったとしても）四六時中、同じ方向から強い風が吹いているところ」 とも言えようかと思います。

なお、観測値を用いた風力エネルギー賦存量算出の方法については4. 補遺に解説します。

c. 小水力

水力利用に際しては、賦存量というより、水量と高低差（ヘッド）が確保されるかどうかを調査することで、その可能性の評価と期待電力量を求めることができます。使用の対象とする発電機の仕様書で要求される水量と必要高低差を発電機設置予定地で満足しえるかを確認すればよいです。もし、そのような条件がある期間、継続的に満足されるとすれば、利用できる電力量は、条件に見合う発電量に時間を乗ずれば計算できることとなります。

②必要エネルギー

自然エネルギーを適切に利用するためには、実際の利用時に必要なエネルギー量を求めることが必要となります。電気容量を必要エネルギー（厳密には使用時間も必要であるが）とするならば、想定したトイレ施設に必要な機器（照明、モータ、加熱器等）の総電気容量をもってその量となし得ます。（ただし、発電容量については、各種発電機器における損失を考慮する必要があります）。

（３）保守・管理

自然エネルギーの導入後の保守・管理についての計画も必要となります。費用の発生を伴う場合もあれば、登山のできる専門家を探す必要が生ずることもあるからです。また、保守・管理といっても、簡単な点検から、特別な技術を要する修理・補修までその範囲は広くあります。そこで、以下に示す項目について予め調査しておくことで、機器の健全性の維持をできるだけ長く可能とすることができます。

①管理者の技術レベルの向上

導入した機器についての学習による管理者の技術レベルの向上により、点検・整備の確実化・高度化を図る

②利用者の協力

不具合の発生等を利用者からの情報に頼る

（４）評価法

目的の明確化の項で述べたように、新たに自然エネルギー利用機器を導入した場合、あるいは導入しようとする場合には、導入の効果を如何に評価するかを設定することが必須です。目的で設定した項目について、できるだけ数値で表すことが、より効果を明確にするためには好ましいこととなります。燃料消費量、労務時間等に関する数値化は、対象が「数値」であるので比較的簡単であろうと考えられます。トイレ施設環境の改善については、利用者へアンケート調査を行うことでその効果の客観的評価が可能となります。さらに、環境への影響は、周辺地域の水質や土壌の化学的特性量の変化で見積もりことができます。

3. まとめ

山岳地域のトイレ施設に対するエネルギー供給に寄与しえる自然エネルギーについて、その種類、特徴、利用法、利用にあたっての注意点を述べました。自然エネルギーは、独立したエネルギー源たりえること、排出ガスがないため環境負荷が低いこと、という優位性を有する反面、必要なエネルギー量の確保という点での安定性を欠く特性を内包しているため、導入前に十分に検討を加え、エネルギー変換機器の容量や得られたエネルギーの適用範囲を的確に設定することが必須となります。同時に、こうした機器の導入の成果の正しい評価を可能とするためにも、導入の目的、評価方法を事前に明確にしておくことも

不可避です。自然エネルギーの普及や効果が叫ばれている一方で、不具合や期待にそぐわない事例の報告も少なくありません。そして、それらが無理な導入の結果である場合もこれまた少なくありません。なにより自然エネルギーに対する正しい理解と適切な利用が、その普及・促進には不可欠なのです。

4. 補遺

本章の補遺として、風力に関する考え方と自然エネルギー検討の流れについて記します。

(1) BIN の方法による風向風速の分類法

BIN とは、英語で物を入れる箱を意味します。いま、たとえば、4 色に塗られた多数のボールが一つのかごに収められており、これらのボールを色によって分け、各色のボールの数を数える場合を考えてみます。幾通りか方法がありますが、各色に対応した 4 つのかごを別途用意し、途中では数をかぞえることなどせずに、ひたすら元のかごからボールを取り出して対応した色の箱に入れ、最後に各色の箱に入ったボールの数を数える方法もそのひとつです。運動会の玉入れ競技での勝敗を決めるやりかたと同じです。風況解析における BIN の方法もこれと同様で、観測された風速や風向のデータを、一定の幅を持った量ごとに分けた分類 (=BIN: たとえば、風速については 1 m/s の幅、風向は 16 方位の分類に従えば 22.5 度の幅で) ごとに累積し、各分類での総数を求めることで処理が可能となります。各 BIN でのデータ数をデータ総数で除してパーセント表示すれば、それぞれが風向・風速に対する「出現頻度 (= Frequency)」と呼称されることとなります。

(2) データ処理までの過程

データ処理までの過程を、順に解説します。

①風車の選定

山岳地や遠隔地でのトイレ施設に適用する風車としては、最大出力において高々数百ワットであるマイクロ風車が向いています。選定にあたっての特別な基準や手法はないので、メーカーを検索し、担当者によく相談することが肝要と考えられます。ただし、選定時には出力特性図（風速に対する風車の出力を表した図：図 6-9）、または出力特性値（風車の作動風速範囲での風速に対する出力、表 6-1 を参照）を入手するとよいでしょう。

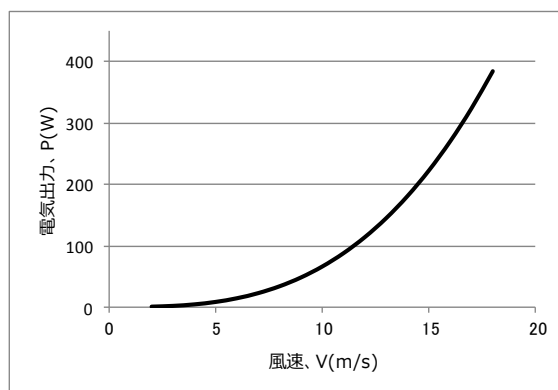


図 6-9. 風車の出力特性例

表 6-1. 風車の出力特性例

風速 [m/s]	出力 [W]
2	1
3	2
4	4
5	8
6	14
7	23
8	34
9	48
10	66
11	88
12	114
13	145
14	181
15	223
16	270
17	324
18	385

②風車設置点の決定

風が地形や建物の影響を非常に強く受けることを念頭に置き、年間を通じて、あるいは利用期間内で、最も頻度の高い風向に風車のロータ面が向けられ、かつ、風車の風上方向に障害物がないような地点を選択します。

③ 風向風速計の設置

風力利用の場合は、三杯（カップ）型風速計と矢羽型風向計の組み合わせが最も一般的です。個人レベルの観測では、気象庁検定を受けた機器である必要はなく、（高精度ではないが）インターネット上での通信販売を通じて比較的安価な機器の購入が可能でしょう。ただし、長期に渡る、自立的な観測ではデータ記録器（データロガー）が必要となります。市販の記録



図 6-10. 風向風速計の写真（三杯・矢羽）

器（パソコンも必須）は高価なので、制御用の組立キット（インターネットからの購入が可）を利用して計測システムを構築すれば、相当な経費の削減は見込めますが、電子工作の経験や技術が必要となります。また、計測期間が暖期のみであればほぼ問題はありませんが、年間を通じた計測を計画し、かつ、設置予定点が高緯度、高高度であるとする、寒冷期には雪や氷の影響を受けるため、機器に不具合がおこったり、取得データの信頼性が低下したりしてしまうことに留意してください。

④風況データ処理

得られたデータを上述した BIN の方法に従って、代表風速・風向（たとえば、風速では 5m/s、風向では東南東 など）に分類し、それぞれの頻度（データ数をデータ総数で除する）を求めます。

図 6-11 には、風速出現頻度（確率密度）と風速出現値の累積値（累積分布）が示されています。また、図 6-12 は風向の出現頻度を円グラフで表したものです。この例では東西方向からの風が卓越して吹いていることがみてとれます。水平軸型風車を用いた風力の利用に際しては、このように、風向の卓越性も安定した発電において重要な要素となります。

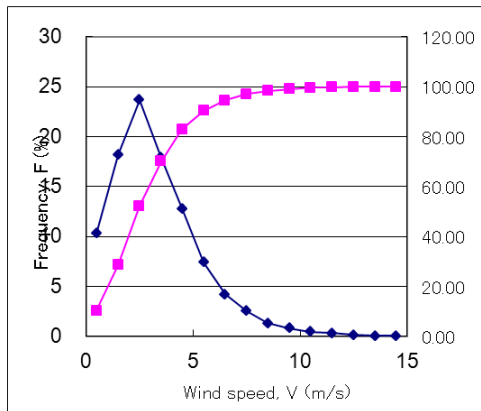


図 6-11. 風速出現頻度の例

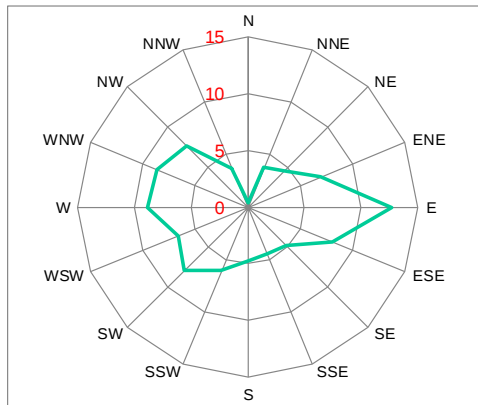


図 6-12. 風向出現頻度の例

⑤ 期待発電量の算出

①風車の選択時に入出した風車の出力特性値と、④で求めた風速出現頻度から、風車利用想定期間内での総発電量を次式によって求めることができます。

$$P(Wh) = A \cdot \int W(V) \cdot f(V) dV$$

式中の $W(V)$ は風速 V における風車出力 (W : ワット)、 $f(V)$ は風速出現頻度（パーセント表現ではない：20% → 0.2）を意味します。また、 A は利用想定期間（時間）を表し、1 年間であれば 8760 とできます。実際の計算にあたっては、風速の関数である風速出現頻度や風車出力を用いることより、積分を足しあわせで表現することの方が一般的です。風速出現頻度を求める際の BIN の幅を 1m/s にとれば、次式となります。

$$P(Wh) = A \cdot \sum W(V_i) \cdot f(V_i)$$

この式は、表 6-1 風車出力特性と、図 6-12 風速出現頻度の各風速値における頻度を用いて、表計算ソフト等の利用で簡単に計算が可能となります。

⑥自然エネルギー利用の検討フロー

自然エネルギー利用に向けた参考として、検討の流れについて図示します。

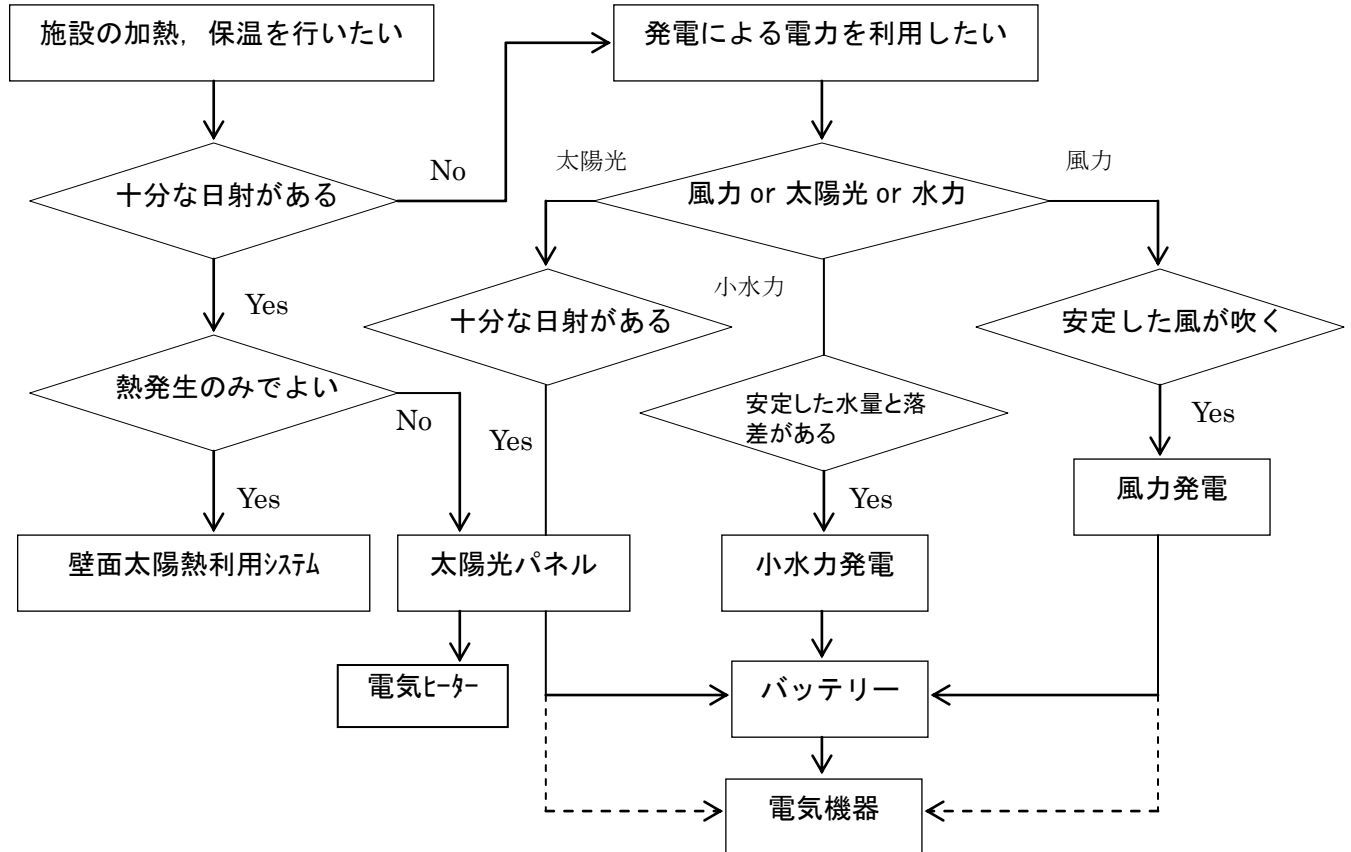


図 6-13 自然エネルギー利用検討の流れ

参考資料

- 1) 日本気象協会：<http://tenki.jp/amedas/>
- 2) 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）：
http://www.Nedo.go.jp/library/shiryou_application.html
- 3) 日本山岳会：<http://www.jac.or.jp/info/iinkai/kagaku/s>
- 4) 太陽光発電量に関するホームページ：<http://www.jyuri.co.jp/solarclinic/calc.htm>

本稿で説明した、風力、太陽光、水力については、多くの市販の書籍がありますので、適宜参考としてください。ここでは、特定の書籍や論文を掲載してありません。インターネット上にも多くの資料がありますが、その内容の確度は保障されていないことに十分留意してください。

第7章 維持管理の重要性と実施事例

自然地域に設置されるトイレはアクセスが困難、水や電気や下水道が使えない、利用者が一時期に集中するなどの理由から、維持管理は困難を伴います。トイレの設置工事そのものは過酷な自然条件下であっても、本体や工事用設備をヘリコプターなどで運搬すれば可能ですが、そのトイレが適正に稼働するどうかは設置後の維持管理にかかっているといっても過言ではなく、トイレの計画段階から維持管理のコストや仕組みを考えておくことが非常に重要です。

各メーカーのカタログには、維持管理の容易性やコストの軽減をうたっているものがありますが、実際の過酷な自然状況下での管理には、予期せぬ問題が生じることをあらかじめ想定しておくことが必要です。

本章では、まず代表的なし尿処理方式の維持管理事例を紹介し、官民協力や受益者負担などの事例も考慮した上で、処理方式選定の際の留意点を論じます。

1. 維持管理の処理タイプ別事例紹介

本項では、自然地域の代表的なし尿処理方式として、(1)生物処理・水循環、(2)木質処理、(3)土壌処理、(4)携帯トイレによるし尿持帰り、(5)複数のトイレタイプを組み合わせで設置した例の5つについて、維持管理の方式やコストの事例を紹介します。

なお、個々のトイレの管理条件は気象・地形・アクセス状況・利用形態などによってまったく異なるので、誤解を防ぐため、一覧表によるコスト比較はせず、個別の事例を文章で説明することとします。

また、紹介する事例のコストには、特記あるものを除き、トイレの清掃費用とトイレットペーパー代は含まれていません。清掃頻度をどうするか、トイレットペーパーを置くかどうかは、利用状況から管理者が判断するもので、単純なコスト比較はできないからです。また、清掃業者に委託する場合もあればボランティアをお願いする場合がありますので、トイレによって清掃に必要な人件費はまったく異なってきます。しかし、メンテナンスフリーをうたったどのような方式のトイレでも清掃は不可欠で、不潔なトイレはどんな優れたし尿処理方式を備えていても役に立たないか、利用者から不評を買うことになりかねません。

(1) 水使用－生物処理－膜（㈱ニッコー・埼玉県宝登山公衆トイレの事例）

この方式では、浄化槽と同じように固液分離と膜分離装置を用いて、し尿を処理したうえで、活性炭やオゾン処理等を用いて処理水を脱色・殺菌し、洗浄水として再利用しています。処理には電気が必要ですが、初期に一定量の水を投入すれば、その後の給水はせずに洗浄水を流すことが可能です。一般的な水洗トイレと同じ機能を有しながら、洗浄水を使用し、しかも周辺に処理水を排出しない処理方式として注目されます。

ここでは、埼玉県長瀨町の宝登山ロープウェイ山麓駅（標高 213m）に試験的に設置された公衆トイレ（男 1、女 2）の管理の例を紹介します。必要な電力は商用電源を利用し

ており、車でのアクセスは可能です。このトイレでは、当初はオゾン処理装置を用いて処理水の脱色・殺菌を行っていましたが、オゾン発生に伴う環境影響の懸念や装置の複雑化を考慮して、現在は活性炭による処理水の脱色を行なっています。2006 年から 2007 年にかけて行なわれた実証試験では、利用人数は 1 日の最高値で 264 名、269 日間で 11,323 人（1 日の平均 42.1 人）が記録されました。

このトイレの管理コスト（清掃、トイレットペーパー等の消耗品代を除く）は以下のとおりです。

- | | |
|---------------------|----------------------|
| ① 保守点検の人件費（活性炭交換含む） | 年間60,000円（毎月5,000円） |
| ② 電気代 | 年間23,000円程度 |
| ③ 膜モジュールの定期交換 | 5年に1回、1回あたり50,000円程度 |
| ④ 汚泥の引き抜き | 半年に1回、1回あたり20,000円程度 |

膜分離装置の維持管理は通常の浄化槽と変わらないため、浄化槽の管理技術をもつ業者であれば、維持管理は問題なくできます。オゾン脱色装置を使う場合は電気使用を伴う大型の装置が必要となりますが、現在は活性炭で脱色できるように改良し、その管理（交換）作業も手作業で簡単にできるようになっています。

実証試験で実施された利用者アンケートでは、トイレ内の臭気や洗浄水のにごりなどへの不快感の指摘は少なく、洗浄水の大腸菌も検出されていません。活性炭使用への改良後、実際に使用してみた感想として、洗浄水ににごりもおいもなく、水量も十分で、一般的な水洗トイレと同じように使用することができました。生物処理・物理化学処理技術によって環境負荷を大きく低減させ、利用者の心理的負担も少ない処理方式として注目されます。

なお、宝登山トイレの処理方式と類似する別の生物処理・水循環方式の事例として、カキ殻を使ったし尿処理が開発され、富士山などですでに使用されており、環境技術実証試験も行なわれていることを付記しておきます。

（２） 水不要－生物処理－木質（株式会社ミカサ・沖縄県竹富島カイジ浜公衆トイレの事例）

木質によるし尿処理方式は、オガクズ、杉チップ、そばがら等の木質系資材にし尿中の水分を移行させて蒸発させ、同時に、好気性微生物により、チッ素（N）やリン（P）などの栄養塩類を分解させる仕組みです。便槽内の水分の偏在を防止するために混合・攪拌が不可欠で、これに電力が必要となります。なお、電力は、条件によってはソーラー対応や利用者による人力攪拌対応も補助的には可能です。また、木質系資材の補充交換と廃棄物処理が年に数回必要となります。（富士山や槍ヶ岳等利用者が集中する場所では、木質チップの交換頻度はより多くなります。）トイレブース（個室）の下にシステムを設置すれば、個室部分の面積だけで処理が可能です。

ここでは、沖縄県竹富島のカイジ浜に設置された杉チップ方式（ミカサのバイオミカレット）の公衆便所（男小 1、共通 1）の事例を紹介します。八重山諸島に位置する竹富島は伝統的な街並みと美しい海で知られ、年間を通じて多くの観光客が訪れます。2007

年度に行なわれた実証試験では、カイジ浜トイレの利用者が最高で1日76人、170日間で4,990人（1日の平均29.4人）が記録されました。

この処理方式では、杉チップの定期的な供給（1回10リットル）と木質残渣の引抜き・処分が必要となります。実証試験では3ヶ月に1回の割合でこれらの交換作業が行なわれ、残渣の処理費用に年間2万円、運搬・作業・容器代で年間7万円の費用が必要でした。その後の改良措置で、現在では3年程度、杉チップの交換を行なっていませんが、トイレは順調に稼動しています。

他の地域（山岳地域も含む）の場合でも、杉チップの交換は半年～1年に1回程度で十分と考えられます。本方式のトイレを丹沢山地に設置することを想定してメーカーに相談したところ、同規模のトイレ（男小1、共通1、車横付け可）の場合、年間10万円程度で、定期点検と杉チップの交換作業（運搬と処理費用も含む）が実施可能との見積でした。車でアクセスできない立地の場合は費用の上乗せが必要となりますが、杉チップは1回10リットル程度の補充ですむため、人力による運搬は可能です。

また、竹富島では亜熱帯気候のためヒーターは設置せず、ソーラー発電のみ混合・攪拌のモーターを駆動させています。悪天候で発電できないままトイレを使用した日が続くことがありましたが、利用者に対して特に影響はなかったと評価されています。しかし、ヒーターによる蒸発作用が期待できないため、湿度が高い気象条件下で利用が集中すると水分過多になり、分離液の引き抜きが必要になることもありました。

寒冷地で冬季も一定人数以上の利用が見込まれる場合は、微生物の活動を担保するためのヒーターの設置が必要となります。そうするとソーラー発電だけではまかなえず、自家発電もしくは商用電源が必要となるので、注意が必要です。ソーラー発電のみで使用する場合も、5年に1回程度のバッテリーの交換が必要になり、同じ条件（男小1、共通1、車横付け可）のトイレの場合、設置費用込みで17万円程度と見積もられています。

（3）水使用－生物処理－土壌（㈱リンフォース・神奈川県塔ノ岳公衆トイレの事例）

土壌処理方式は、土壌粒子による吸着やろ過、土壌微生物の代謝を利用して汚水を浄化する方式です。土壌処理装置に一定面積を要するため、設置にはある程度の平面的な広がりが必要となりますが、自然勾配を利用すれば電気も水も不要となるシンプルなシステムで、メンテナンスフリーに近い処理方式です。

リンフォースのサンレットシステムの場合、処理水を足踏みポンプでくみあげて循環させることで簡易水洗も可能となる一方、毎月の消化消臭酵素の便槽への投入が必要となります。大成工業のTSSシステムによる土壌処理の場合は、水の循環水洗はできませんが、消化消臭酵素の投入は不要です。また、どちらのシステムでも、数年～10年に1回程度、便槽の汚泥の引抜き作業が必要とされています。

ここでは、丹沢山地（神奈川県）の塔ノ岳に2001年度に神奈川県によって設置された、土壌処理方式（リンフォースのサンレットシステム）の公衆トイレ（男小2、男大2、女3）の事例を紹介します。塔ノ岳（標高1,491m）は表丹沢で最も人気のある山で、ピーク時（5月連休）に実測した1日の登山者数の合計は1,575人でした（藤沢ら2007）。冬季も積雪は多くなく天候が安定するため、四季を通じて登山者が訪れ、年間登山者数は

6.4 万人と推定されます（前述の報告書データから試算）。アクセスは最短コースでも徒歩で片道 2 時間以上かかり、山頂には通年営業の山小屋もありますが、日帰り登山が一般的のため、トイレを利用する人数は登山者数の半分以下だろうと推測しています。

塔ノ岳公衆トイレの 1 年間の管理コスト（清掃、トイレットペーパー等の消耗品代を除く）は、以下のとおりでした（①とそれに伴う運搬は必須、②は任意。2010 年度のデータ）。

- | | |
|------------------|---------------------------|
| ① 消化消臭酵素の購入費用 | 126,000円（大便器1穴あたり25,200円） |
| ② 専門業者による点検（年1回） | 79,000円 |

また、汚泥の蓄積状況について、丹沢に設置された 8 箇所の土壌処理方式のトイレで 2009 年に調査を実施したところ、最も利用者が多い塔ノ岳（設置後 8 年）で約 40%程度、ついで黍殻山（同 10 年）、丹沢山（同 5 年）で 20%前後の汚泥の蓄積が確認されました。畦ヶ丸（同 9 年）、鍋割山（同 6 年）のように汚泥の蓄積が確認できなかったトイレもありました。一般に汚泥が 1/3 をこえると機能が低下すると言われているため、塔ノ岳については 2011 年に初めて汚泥引き抜き作業を実施し、下記の費用がかかりました。作業そのものは、バキュームカーが横付けできれば通常の浄化槽と同じですが、塔ノ岳のように車がアクセスできない場所では専用のポンプ、運搬用タンク等の準備が必要となり、経費・手間を要します。

以下に、作業項目とコストについて記します。

- ①引抜作業（ポンプ、タンク等の使用料含む） 約 50 万円
- ②ヘリコプター運搬（道具荷上げ 1 回、汚泥等運搬 1 回） 約 100 万円
（※他の工事での運搬とあわせて実施することで、大幅に経費節減した金額）
- ③汚泥の処理 約 2 万円



図 7-1. 塔の岳公衆トイレ（内部）



図 7-2. 汚泥引き抜き作業

（４）携帯トイレによるし尿持帰り（利尻山の事例）

し尿処理技術を論じた本書では触れられてこなかった事例ですが、トイレの整備を考える際の選択肢のひとつとして、携帯トイレによるし尿の持帰りの取り組みについても紹介します。

携帯トイレはいくつかのメーカーが商品化しており、1 個数百円で購入できます。すべての登山者が携帯トイレを使用してし尿を持ち帰れば、山のトイレ問題は完全に解決します。しかし、携帯トイレはまだまだ一般登山者に普及しているとはいえない状況です。食料や着替えと一緒に使用済み携帯トイレを持ち歩くのに抵抗を感じる登山者は多く、飛行機や長距離列車などで遠方に出かけたときはなおさらだと思います。公衆トイレも設置するが理解ある人は携帯トイレで、といった中途半端な取り組みでは、普及することは難しいと思います。

ここでは、環境省・地元自治体・関係者が協働で 2000 年から取組んでいる、北海道の利尻山での携帯トイレの事例を紹介します。

利尻山は離島に位置し、登山に往復 10 時間程度を要することから、ほとんどの登山者はフェリーで入島し宿泊施設に 1 泊してから入山します。そこで現在の利尻島では、フェリー乗り場、島内すべての宿泊施設とキャンプ場、コンビニなどで 1 個 400 円で携帯トイレを販売しています。購入すると、携帯トイレブースの位置や使い方などが記されたパンフレットも同時配布されます。2 本ある登山道沿いには 5 箇所に携帯トイレ専用ブース、すべての登山口には無料の使用済み携帯トイレ回収箱が設置されています。さらに、携帯トイレ使用の周知・広報として、フェリーや宿泊施設へのポスター掲示、登山地図やガイドブックへの掲載依頼、登山ツアー会社などへの呼びかけを行ってきた結果、2009 年のアンケート調査では、登山者の 84.3%が「利尻での携帯トイレ使用のルールを知っていた」と回答し、知っていた人の 72.4%が「旅行出発前から知っていた」と回答しました。また、46.2%の登山者が入島前に携帯トイレを準備したと回答しています（岡田 2010）。

これらの取り組みのうち、予算上にあらわれる年間維持管理コストは、携帯トイレブースの巡視・管理費約 65 万円と、ポスター等の印刷経費数万円程度だけです。しかし実際は、焼却処分費用（通常の燃えるごみとして町が回収・処分）がかかるほか、携帯トイレ販売に関しての宿泊施設・売店やメーカー等との調整、登山地図やガイドブックへの掲載依頼、ツアー登山を実施する旅行会社への呼びかけ、清掃・ゴミ処理事業部門との調整など、環境省や自治体の担当者の業務は多岐に渡り、片手間の取組みではないことは容易に想像できます。また、登山者の負担を伴う取組みの呼びかけには、地域の住民や観光関係者、山岳関係者の理解が不可欠であり、そういった取組みができる協働体制があることも、携帯トイレの普及には不可欠と言えると思います。

なお、携帯トイレの使用を利尻山と知床羅臼岳で比較した毎日新聞の記事（2009 年 5 月 13 日付）によると、羅臼岳で実施されたアンケートで、登山者の 2/3 が「携帯トイレ使用呼び掛けを知っていた」と回答したにもかかわらず、登山中に用を足した人のうち携帯トイレ使用者は 22%に過ぎませんでした。同記事では、羅臼岳に携帯トイレブースがないことを、その理由として挙げています。

公衆トイレの整備ではなく携帯トイレの利用に取り組むためには、①多少の負担を感じてでも守るべきと多くの登山者が感じる自然環境がある、②官民あげて周知・配布(販売)・処理に取り組める協力体制がある、③登山口や登山道が複雑に入り組んでいない(登山口等での登山者への周知・回収がしやすい)、④携帯トイレブースが整備されている、などの条件が揃うことが必要と考えられます。

(5) 複数のトイレを組み合わせて設置した例(北アルプス槍ヶ岳山荘の事例)

槍ヶ岳山荘は、標高 3080 メートルに位置し、上高地から距離約 20 キロメートル、標高差約 1580 メートル、新穂高から距離約 16 キロメートル、標高差約 2080 メートル、アクセスは一般には徒歩で 8 から 10 時間の場所にあります。

電力は軽油を使用した自家発電で、太陽光発電や風力発電も併用しています。水は雨水を利用し、約 100 トンのタンクを保有しています。物資はヘリコプターにより運搬しています。

槍ヶ岳山荘のトイレ利用者は、年間 4 万人を越え、ピーク時の利用者は、1 日当たり最大 1,500 人を超えると推定されます。

トイレの処理方式は、

- ・ 土壌処理方式(男子 大 4 穴、小用 2 基、女子 大 5 穴)、
- ・ 木質処理方式(便尿分離型)(男女各 4 穴、男子小用 2 基)、
- ・ 便尿分離型カートリッジ式トイレ 宿泊者用(男女各 4 穴、男子小用 2 基)及び外来者、テント泊者用(男女各 2 穴、男子小用 1 基)

など、立地条件、電気の供給能力等に配慮して、4 箇所に 3 種類の処理方式を整備しています。このトイレのメンテナンスについて、日常的な清掃、紙の補充、電球の交換等とは別の作業があるので、以下に列記します。

①土壌処理方式

設置する前は積雪の多い場所であったので、冬にタンクが凍るとは思っていなかったのですが、実際には建物が高くなった結果風が当たるようになり、冬期中に便槽、処理槽が凍結するようになりました。やむなく毎年 5 月から 6 月にかけて、1 k w のヒーター 4 基を交互に使用して 50 日位かけて便槽や処理槽の解凍を順番にするようになりました。(槍ヶ岳山荘の後に TSS 土壌処理方式の処理装置を設置した山小屋では、この教訓を生かしてタンクの保温について改善をしたため、この作業は必要ないと聞いています。)

土壌敷の活性炭に空気を入れるために、土壌敷の掘り起こしと埋め戻しを 12 人程で年に 1 度か 2 年に 1 度の頻度で行います。

②木質処理方式

オガクズの点検を週 1 回行い、状態を見て入替えを年 4、5 回ほど行っています。(オガクズが水分過多になると、処理槽内の温度が下がるので、オガクズの補充、入れ替えが必要になります。)

落雷等によるモーターや基盤の破損の修復をします。ヘリコプターで下界に下げて業者に点検を依頼して、修理か交換になります。

太陽光発電のみで、オガクズトイレを運転することは、日照時間の少ない山小屋では不可能なため発電機により充電を行う必要があります。

土壌処理方式も木質処理方式も、適宜、設置業者により点検をしてもらうことが長く処理装置を使っていくために大切なことです。

③カートリッジ式

トイレし尿のヘリコプターによる搬出を年に 5 回程実施しています。ヘリコプターの運賃と処理費用で年間 1,000,000 円程度の費用が掛かります。



図 7-3. ヘリコプターによる便槽の搬出（写真は岳沢小屋）

便尿分離を行っている理由としては、大腸菌等を含み繊維が主体の便と養分は多いが無菌と考えられる尿を分離して、危険な便のみを処理あるいは搬出することにより、処理費用、搬出費用が、分離しない場合の 5 分の 1 に圧縮できることにあります。



図 7-4. 便尿分離式便器（左：和式、右：洋式）

また、利用者全てに対して紙の分別をお願いしています。一般にし尿の BOD の 3 分の 1 はトイレットペーパー由来と言われていますので、分別することによりし尿処理設備を小型化できます。便尿の処理以上にセルロース主体のトイレットペーパーの処理には、時間がかかり処理設備の負担が大きくなります。八ヶ岳のある山小屋では、利用者の変動が大きく、浄化槽の中がトイレットペーパーで一杯になってしまうため、

トイレトペーパーの分別を利用者にお願いしつつ、貯留タンクを前処理用に増設した事例もあります。

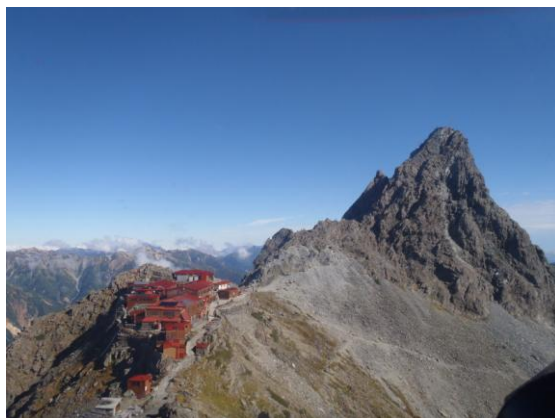


図 7-5. 槍ヶ岳山荘

2. 維持管理における官・民協力

自然地域に設置されたトイレの場合、アクセスの困難さから一般的な環境・清掃業者に管理を委託することは困難なことが多く、ボランティアによる管理を期待するケースが多いと思われます。

丹沢大山（神奈川県）の山岳公衆トイレの場合、有人の山小屋に隣接する山頂の公衆トイレ（4 箇所）については、県と山小屋でトイレ管理委員会をつくり、清掃、トイレトペーパー設置、消化消臭酵素投入、協力金管理（後述）などの日常管理は委員会（山小屋）に無償でお願いしています。一部の山小屋については、トイレ設置時の協議により、小屋内のトイレの汚水も土壌処理槽につないでいるほか、そのほかの小屋についても小屋内のトイレを廃止しており、4 箇所の山頂のし尿はすべて、公衆トイレの土壌処理により処理されています。

さらに、有人の山小屋が隣接しない避難小屋トイレについては、日常管理はボランティア（丹沢の場合は神奈川県自然公園指導員など）にゆだねられています。神奈川県の場合、ボランティアコーディネートを担当する職員が複数名おり、トイレや避難小屋の管理以外にも、ボランティアと協働でさまざまな取り組みを実施しています（吉田 2007）。いわば、ボランティアと県の「顔の見える関係」が構築され、お互いの信頼関係の下に成り立っている協働管理と言えます。

他方、ボランティアを無償で提供される労働力としかみなさないような姿勢では、熱心なボランティアがいるときは管理できても、そういう人がいなくなると行き詰ってしまうことが多いでしょう。行政はボランティアとの信頼関係の構築につとめ、時にはボランティアからの耳の痛い指摘にも真摯に対応して初めて、官（設置者）・民（ボランティア）一体の管理が実現することを、理解すべきだと思います。

理想的には、トイレを整備してからボランティアや山小屋等に管理を相談するのではなく、計画が決まる前からこうした個人・団体等と意見交換し、管理システムを考えて整備計画を定めることが望ましいと考えられます。岩手県の早池峰山では、予算化もされたトイレ

レの整備工事が自然保護団体の反対で中止され、話し合いを重ね、し尿の担ぎ下ろしや携帯トイレによる取組みにシフトしています。北海道の大雪山などでは、こうした事例を踏まえて、トイレのし尿処理方式の選択（携帯トイレ使用も含む）について、環境省や地元自治体と自然保護団体の間で意見交換が続いています。時間はかかりますが、官民ひとつに自然地域の環境を守るためには不可欠な取り組みだと考えます。

以下の写真は、2010年11月 表丹沢・大倉登山口でのトイレ紙持ち帰りキャンペーンの様子です。山頂でのトイレや野外での用足しの際の紙の持ち帰りを、登山者一人ひとりにボランティアと県職員が呼びかけ、持ち帰り袋を配布している様子です。



図 7-6. 丹沢トイレ紙持ち帰りキャンペーン

3. 利用者による維持管理費用の負担

山小屋等が設置するトイレの場合は、民間の施設であるから、小屋に宿泊しない人からはトイレの利用料金をとるなどして維持管理費用にあてることは、登山者からも理解を得られるでしょう。しかし、国や自治体が設置する公衆トイレの場合、利用者から利用料金を取っている事例は多くありません。その理由としては、次のような理由があるからと思われます。

- ・ 公共施設で利用料金を徴収するためには、当該施設を法や条例などで「公の施設」と定めて利用料金を規定するとともに、収入の予算化が必要となり、その手続きが煩雑になること。
- ・ 利用料金はすべての利用者から公平に徴収しなければならないが、現実問題として、自然地域のトイレに料金徴収係を常駐させたり自動料金徴収の機械を置くことは難しいこと。

そこで、前述の丹沢大山（神奈川県）では、トイレに隣接する山小屋と県（トイレ設置者）でトイレ管理委員会をつくり、その委員会の名のもとに協力金の支払いを呼びかけて

います。協力金は1回あたり50円（2011年度中に100円にする方向で検討中）で、協力金収入は4箇所の山岳公衆トイレであわせて年間150万円（2010年度）になります。この協力金を使い、消化消臭酵素、トイレトーパーなど消耗品、定期点検、修理等の費用を支出しており、数年～10年に1回程度必要とされる汚泥の引抜作業を見越した積み立ても行なっています。

前述の塔ノ岳公衆トイレの場合、集まった協力金は3年間の平均で年間70万円程度でした。これを単純に50円で割ると、年間14,000人程度の利用者が協力金を入れている計算になります。塔ノ岳の登山者数は64,200人と推定され、日帰り登山が一般的なことから仮に半分の登山者がトイレを利用するとしても、協力金を投入する人の率はトイレ利用者の50%にも達しません。有人の山小屋に隣接し、管理人の目があるトイレでもこのような状況なので、すべての利用者による公平な維持管理費用の負担は、非常に難しいと言わざるを得ません。

一方、槍ヶ岳山荘では宿泊者のトイレ利用料は宿泊料に含みますが、テント泊者、外来者からは1回100円を利用料として負担をお願いしています。なお、トイレの維持管理に対する山小屋の負担が大きいこともあり、自家発電の軽油引き取り税の免税措置等、負担が軽減されることが望まれます。

4. 維持管理から見た処理方式選定のポイント

再三述べてきたように、自然地域のトイレの管理方針は、設置場所の自然条件、利用の実態、ボランティアとの協働関係などによって大きく変わるもので、処理方式選定のポイントを一般化することは難しいですが、ここまで見たさまざまな事例を整理して、維持管理から見た処理方式選定へのアドバイスとして述べておきます。

自然地域でも、比較的アクセスが容易で商用電源なども利用できる場所では、システムは複雑でも万全に近いし尿処理が期待できる方式が適しています。このような立地のトイレは、大人数の観光客が集中的に訪れることが多いでしょう。自然に極力負荷をかけないとともに、自然地域での行動に慣れない観光客からも理解を得やすい（利用者にあまり負担を求めない）という観点も加えて、し尿処理方式を選ぶ必要があると考えられます。

一方、特に山頂や稜線部など、アクセスが困難で上下水道、電気もなく地形・気象条件が過酷な場所でのトイレは、電氣的な動作に極力頼らないシンプルなシステムを選ぶことが重要です。ソーラー発電などで対応できるよう設計されていても、過酷な自然条件下では、複雑なシステムに思わぬ故障や不具合が発生しやすくなる上、専門家による修理にも時間と手間がかかります。日常管理や簡単な修理はボランティアの手にゆだねることになるため、設置者とボランティアの信頼関係づくりも重要です。固液（大便と小便）分離への協力、紙の持ち帰り、節水への理解などトイレ利用者のさまざまな協力も不可欠となります。

その究極のスタイルともいえる処理方法が、携帯トイレによるし尿の持帰りでしょう。定着・実現にはさまざまな課題を乗り越えなければなりませんが、管理者、利用者、関係者が心ひとつに携帯トイレの取組みを実現できれば、どんなに過酷な自然地域でも、トイレの問題は完全に解決します。

繰り返しますが、自然地域での処理方式選定は、単純に一般化できるものではなく、そ

のトイレの置かれた条件にあわせて柔軟に決めていくことが望ましいものです。維持管理の仕組みづくりを計画前から念頭において、トイレの整備を検討していくことが重要です。表 7-2 に条件別での管理の難易性を示しておきます。

表 7-2. 条件別での管理の難易性

	比較的管理しやすい立地	管理の難しい立地
設置場所の条件	・ 車でのアクセスが可能 ・ 電源があるなど	・ 徒歩しかアクセスできない ・ 気象・地形が過酷など
選ぶべき処理方式のポイント	・ 大人数の利用にも対応可 ・ 複雑な機械システムも可 ・ 万全に近い処理方法	・ 電氣的な動作に頼らない ・ シンプルなシステム ・ 手作業で修理が可能
必要となる人的な管理	・ 比較的少なくすむ ・ 業者委託で可能	・ ボランタリーな管理必要 ・ 利用者の協力も不可欠 ・ 究極は携帯トイレ・持帰り

5. 維持管理からのトイレ整備

北アルプス・槍ヶ岳でのケーススタディとして、水の供給、電気の供給、交通手段、通信手段、季節営業、標高・気温・積雪について記します。

(1) 水の供給

北アルプスの山小屋の生活水の多くは、雨水を貯留したものか、沢水を利用していますので使用できる水の量は限られています。水を大量に使う污水处理装置の導入は、困難であり、使えても山の水は水温が低く污水处理のために追加的にエネルギーが必要です。

稜線の山小屋である槍ヶ岳山荘では、約 100 トンの水を貯めるタンクを設置して、雨水のみでシーズンに 1 万人を超える宿泊客とスタッフの生活水と通過する登山者の食事や飲み物の提供に利用しています。トイレ関係の洗浄水は、別にドラム缶に何本か雨水を貯めて利用しています。

(2) 電気の供給

一般的に北アルプスの山小屋は、電力会社のサービス区域外にあり、その利用する電気は、自家発電によっています。多くは軽油を使用して発電していますが、補助的に小水力発電、太陽光発電、風力発電等自然エネルギーを利用する山小屋もあります。

車両で燃料等物資の運搬できない山小屋では、ヘリコプターを利用していますが、ヘリコプターによる運搬については、有視界飛行のため天候の制約があり、いつでも利用できる訳ではなく、時には 1 週間以上天候待ちをすることがあります。また、ヘリコプターのチャーター料も時間当たり約 50 万円程度と高額です。槍ヶ岳山荘の軽油は、市街地では 1 リットル 130 円位で売られているものが、運賃を含むと現地では 300 円ほどになります。

（３）交通手段

車両等で山小屋まで行ける山小屋は、北アルプスでは例外的で、一般的には、徒歩でのみアクセスできる場所に建っています。従って、建設時はもちろんメンテナンスに際しても、業者の出入りが制約され、割高になるとともに、迅速なサービスを期待できません。

（４）通信手段

一般に山小屋は、郵便、宅配便、電話、携帯電話のサービス区域外の立地にあり、建設時やメンテナンスの際に、情報の伝達に支障をきたす時があります。（北アルプスの南部地域の携帯電話の利用可能区域は、近年改善されてきています。また、無線LANによるインターネットが利用できる山小屋もあります。）

（５）季節営業

一般に山小屋の営業は季節営業であり、営業期間中の利用者の変動も大きく、ピークに合わせて設備を設置すると閑散期には、設備が所期の性能を発揮できない場合も出てきます。また、その場合、初期費用、運転費用が大きくなって、山小屋の経営を圧迫することになります。（ピーク時対策に前処理槽を設けて負荷の平準化を図っている八ヶ岳の山小屋もあります。）

人事面では、季節営業の場合通年雇用が難しく、機器のメンテナンスについて十分な知識と経験を持った人材の確保が困難です。

（６）標高・気温・積雪

最後に、高山地域、特に標高 3000 メートル付近におけるトイレ整備の注意点と問題点を記します。

標高が高いと酸素が薄くなり、標高 3000 メートルで地上の 80%位といわれています。酸素が薄いと、酸化が遅れるので、物が腐りにくい状態です。お湯の沸点も 80 度くらいに下がります。

また、標高が高くなると高さ 100 メートルに付き 0.6 度気温が下がると言われていますので、3000 メートルでは、海拔 0 メートルより 18 度低くなる事になります。冬の北アルプスの気温は、マイナス 30 度位に下ると言われています。

一方、積雪も多いので、雪の下に埋まる施設内は、雪によって風や寒気が遮断され 0 度前後で維持されている場合もあります。

気温が低いと一般にし尿を分解する微生物の活動が鈍くなると言われていて、水洗トイレの場合、現地の水の温度が低いとため污水处理が、うまくいかない場合があります。

参考文献

- 1) 岡田伸也, 2010. 利尻山における携帯トイレ普及活動の進展と課題. 山のトイレを考える会 (編), 第 11 回山のトイレを考えるフォーラム資料集 : 28-39. 山のトイレを考える会
- 2) 吉田直哉, 2007. 神奈川県自然公園指導員の活動 20 年間の歩み ― ボランティア・コーディネートの視点から ―. 神奈川県自然環境保全センター報告第 5 号 : 39-45
- 3) エコロジカルサニテーション 日本トイレ協会 (現・特定非営利活動法人日本トイレ研究所) 平成 12 年 Uno Winblad 他, 松井三郎 監訳
- 4) Ecological Sanitation, Stockholm Environment Institute 2004 Uno Winblad
- 5) Stockholm Environment Institute : <http://sei-international.org/>
- 6) Ecological Sanitation research Organization : www.ecosanres.org
- 7) WHO: World Health Organization 世界保健機構 :
http://www.who.int/water_sanitation_health/sanitproblems/en/index1.html
- 8) SIDA: Swedish International Development Cooperation Agency :
<http://www.sida.se/English/>

参考資料

自然地域トイレし尿処理技術の実施事例及び本事業の導入事例データベースを紹介します。ここでの事例情報を参考にしながら、既述したように、トイレし尿処理技術を選定、導入する際の実施事例の候補地選びの参考としてください。

1. 実証技術事例紹介

報告書の概要版には、次の内容が表記されています。なお、報告書は試験実施時点の内容のため、実証試験以降に課題とされていた事柄について改善されている場合があります。

また、実証事例以外でも、類似したトイレ技術の留意点等を参考とすることができます。なお、実証試験の結果については、環境技術実証事業のホームページで公開されていますので、詳細は、<http://www.env.go.jp/policy/etv/>よりご確認ください。

実証試験結果報告書概要版の表記事項

(1) 実証装置の概要	
処理装置の特徴、処理のフローの解説	
(2) 実証試験の概要	
① 実証試験場所の概要	
設置場所、山岳名、トイレ利用期間、処理装置の写真等について表記	
② 実証装置の仕様及び処理能力	
装置名称、設置面積、便器数、処理能力等（利用人数、水質等、必要水量、必要電力、必要燃料、必要資材、稼動可能な気温、専門管理頻度、搬出が必要な発生物など）が表記	
(3) 実証試験結果	
① 稼動条件・状況	
実証試験期間、利用状況、ペーパー、気温、使用水量、使用電力、搬送方法について、実証試験地において試験期間中に測定及び調査された値が表記	
② 維持管理性能	
日常管理、専門管理、維持管理の作業性、マニュアルの信頼性について、実証試験地において試験期間中に測定及び調査された値が表記	
③ 室内環境	
利用者アンケートによる、実証試験装置の使用感などが表記	
④ 処理性能	
実証試験において、どのような性能が発揮されたか表記	
⑤ コスト	
建設費、維持管理費、その他の各種コストが表記	
(4) 本装置導入に向けた留意点	
① 設置条件に関する留意点	
実証試験によって得られた、装置の設置条件に対する留意点が表記	

②計設、運転・維持管理に関する留意点

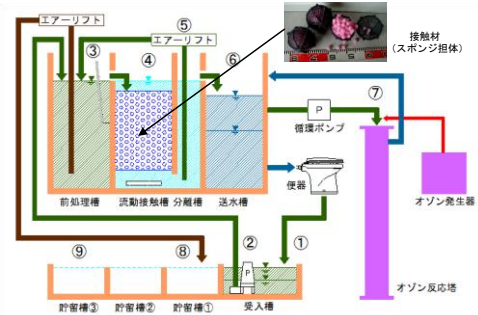
実証試験によって得られた、設計、運転、維持管理に関する留意点が表記

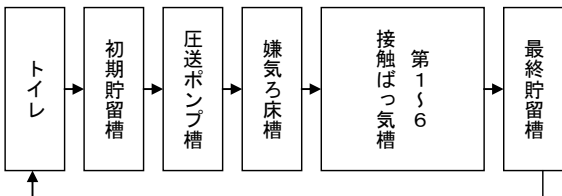
(5) 課題と期待

実証試験から得られた、装置の課題と今後への期待について表記

実証技術一覧（平成 23 年度末現在）

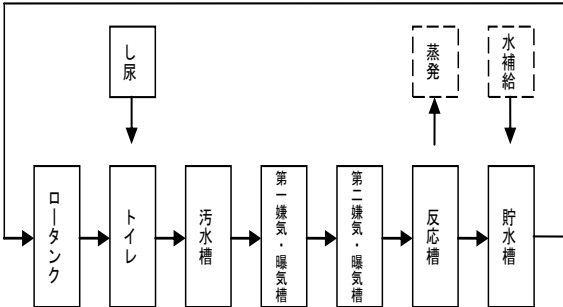
水	処理方式	特色	実証技術メーカー
使用	生物処理	薬剤添加、オゾン、土壌・活性炭	株式会社オリエントエコロジー
		カキガラ	有限会社山城器材
		カキガラ	永和国土環境株式会社
		膜	ニッコー株式会社
		木質	株式会社東陽綱業
		薬剤添加	株式会社地球環境秀明
		オゾン	ネポン株式会社
		木質	株式会社豊南コーポレーション
		土壌	株式会社リンフォース
不要	生物処理	木質	株式会社タカハシキカン 株式会社ミカサ アイテックシステム株式会社
		土壌	第一公害プラント株式会社 株式会社ティー・エス・エス
	物理処理	ろ過・吸着	芙蓉パーライト株式会社

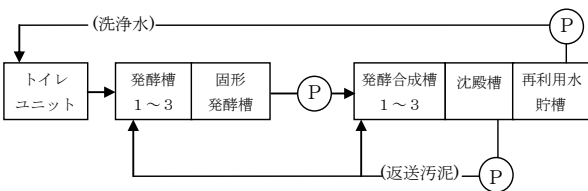
項目	内容
申請者名	株式会社オリエントエコロジー
技術名称（製品名）	循環式汚水処理技術「せせらぎ」
技術分類	水使用-生物処理-（①薬剤添加、②オゾン、③土壌・活性炭）
実証年度	平成 16 年度、平成 20 年度
実証試験地	① 中禅寺湖西岸（栃木県日光市） ② 明智平（栃木県日光市） ③ 霧降の滝公衆トイレ（栃木県日光市）
写真／概念図	  写真は②
連絡先	TEL 03-5827-1041 FAX 03-5827-1042 http://www.toyo-const.co.jp/orieco/

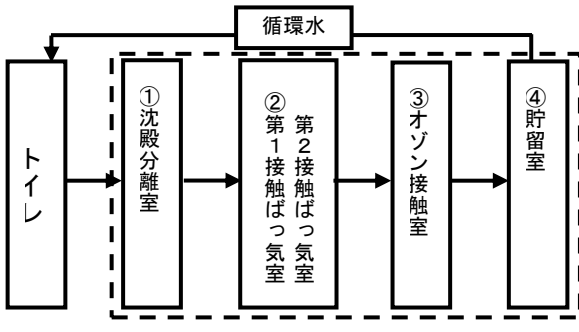
項目	内容
申請者名	有限会社山城器材
技術名称（製品名）	ダブルクリーン地上設置型低床式
技術分類	水使用-生物処理-カキガラ
実証年度	平成 16～17 年度
実証試験地	須走山荘（静岡県小山町）
写真／概念図	  
連絡先	TEL 0771-63-0080 FAX 0771-63-0082 http://www.yamashirokizai.co.jp

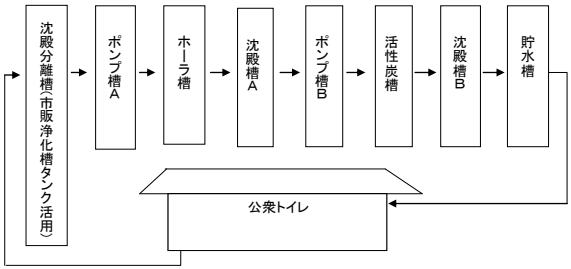
項目	内容
申請者名	永和国土環境株式会社
技術名称（製品名）	アクアメイクシステム
技術分類	水使用-生物処理-カキガラ
実証年度	平成 18 年度
実証試験地	見晴台（長野県軽井沢町）
写真／概念図	
連絡先	TEL 084-924-7402 FAX 084-924-5818 http://www.ecoeiwa.co.jp/

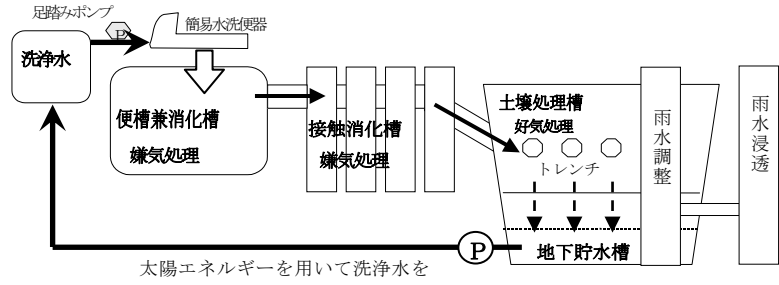
項目	内容
申請者名	ニッコー株式会社
技術名称（製品名）	循環王
技術分類	水使用-生物処理-膜
実証年度	平成 18－19 年度
実証試験地	宝登山ロープウェイ山麓駅（埼玉県長瀬町）
写真／概念図	 
連絡先	TEL 048-554-3132 FAX 048-550-1034 http://www.nikko-company.co.jp/

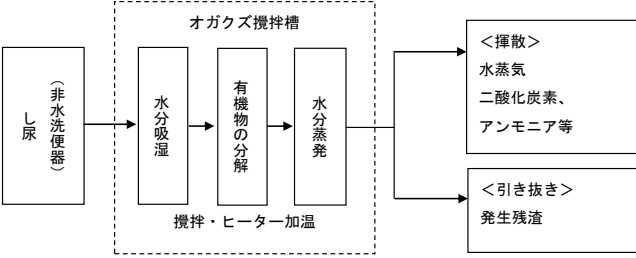
項目	内容
申請者名	株式会社東陽綱業
技術名称（製品名）	バイアニクストイレ
技術分類	水使用-生物処理-木質
実証年度	平成 18 年度
実証試験地	白糸の滝 仮設トイレ（静岡県富士宮市）
写真／概念図	 
連絡先	TEL 06-6330-4341 FAX 06-6330-3120 http://www.toyo-bianics.co.jp/

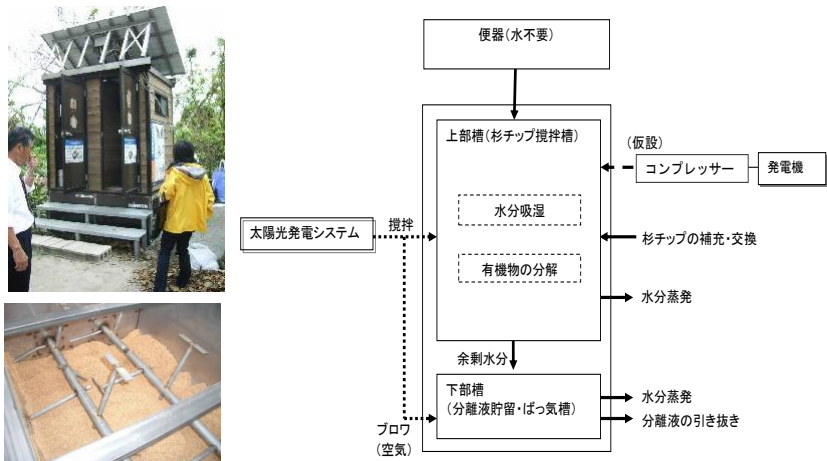
項目	内容
申請者名	株式会社地球環境秀明
技術名称（製品名）	オーガニックビュー
技術分類	水使用-生物処理-薬剤添加
実証年度	平成 19-20 年度
実証試験地	蝶が岳ヒュッテ（長野県松本市）
写真／概念図	 
連絡先	TEL 055-981-7337 FAX 055-981-7340 http://www.yasuhide-takashima.co.jp

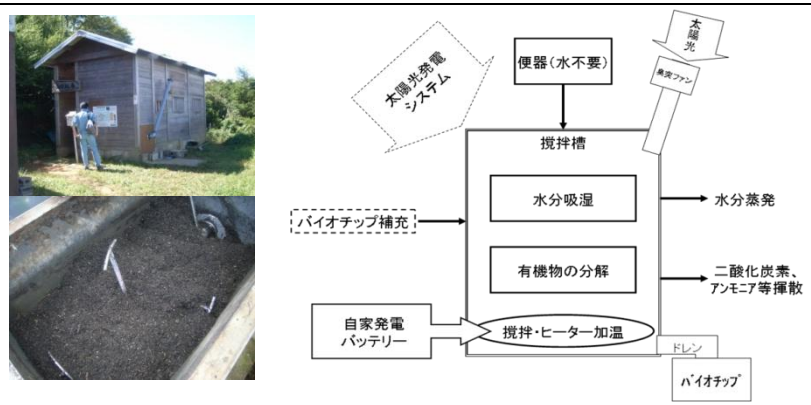
項目	内容
申請者名	ネポン株式会社
技術名称（製品名）	オゾン処理式循環式トイレ
技術分類	水使用-生物処理-オゾン
実証年度	平成 19 年度
実証試験地	昇仙峡公衆トイレ（山梨県甲府市）
写真／概念図	 
連絡先	TEL 046-247-3114 FAX 046-248-6317 http://www.nepon.co.jp

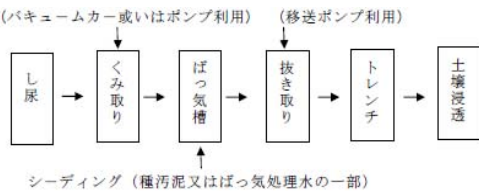
項目	内容
申請者名	株式会社豊南コーポレーション
技術名称（製品名）	ホーラ・クリーンシステム
技術分類	水使用-生物処理-木質
実証年度	平成 19 年度
実証試験地	花実の里公衆トイレ（埼玉県秩父市）
写真／概念図	 
連絡先	TEL 06-6380-7347 FAX 06-6380-7382

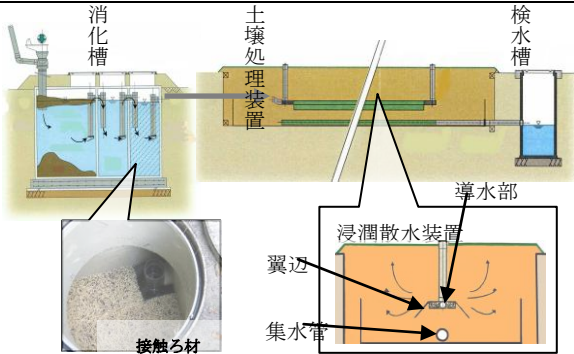
項目	内容
申請者名	株式会社リンフォース
技術名称（製品名）	サンレット
技術分類	水使用-生物処理-土壌
実証年度	① 平成 15 年度 ② 平成 16 年度、平成 22 年度（※経年実証試験）
実証試験地	③ 立山・一ノ越公衆便所（富山県立山町） ④ 鍋割山公衆トイレ（神奈川県秦野市）
写真／概念図	 ※経年実証試験は、初回の実証試験から数年経過した後の処理性能を把握するための実証試験です。 
連絡先	TEL 0467-33-0500 FAX0467-33-0501 http://www.reinforce.co.jp

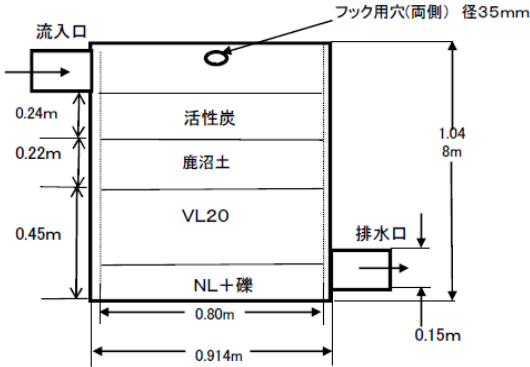
項目	内容
申請者名	株式会社タカハシキカン
技術名称（製品名）	バイオラックス
技術分類	水不要-生物処理-木質
実証年度	平成 16～17 年度
実証試験地	立山・大汝山（富山県立山町）
写真／概念図	 
連絡先	TEL 052-871-6731 FAX 052-871-7642 http://www.seiwa-denko.co.jp/

項目	内容
申請者名	株式会社ミカサ
技術名称（製品名）	バイオミカレット
技術分類	水不要-生物処理-木質
実証年度	平成 19 年度
実証試験地	カイジ浜（沖縄県石垣町）
写真／概念図	 The diagram illustrates the internal structure of the Bio-Mikaset toilet. It consists of two main chambers: an upper chamber (上部槽) and a lower chamber (下部槽). The upper chamber contains a cedar chip mixing tank (杉チップ撹拌槽) with a mixing mechanism (撹拌) powered by a solar photovoltaic system (太陽光発電システム). This chamber also includes a moisture absorption section (水分吸湿) and an organic matter decomposition section (有機物の分解). A compressor (コンプレッサー) and generator (発電機) are connected to the system. Cedar chips are replenished and exchanged (杉チップの補充・交換). Moisture evaporation (水分蒸発) occurs from both chambers. The lower chamber (下部槽) is used for liquid separation and storage (分離液貯留・ばっ気槽) and includes a probe for air (プロブ (空気)). It also shows moisture evaporation (水分蒸発) and liquid drainage (分離液の引き抜き). The entire system is designed to be waterless (便器 (水不要)).
連絡先	TEL 097-551-8826 FAX 097-551-8886 http://mikalet.jp/

項目	内容
申請者名	アイテックシステム株式会社
技術名称（製品名）	バイオチップトイレ
技術分類	水不要-生物処理-木質
実証年度	平成 22 年度
実証試験地	福知山避難小屋 山ぼうし庵（福岡県直方市）
写真／概念図	 The diagram illustrates the internal structure of the Bio-Chip Toilet. It features a mixing tank (撹拌槽) at the top, followed by a moisture absorption section (水分吸湿) and an organic matter decomposition section (有機物の分解). The system is powered by a solar photovoltaic system (太陽光発電システム) and a home battery (自家発電 バッテリー). A fan (扇風機) is used for ventilation. Moisture evaporation (水分蒸発) occurs from the upper section. The decomposition section releases carbon dioxide and ammonia (二酸化炭素、アンモニア等揮散). The lower section includes a mixing and heating section (撹拌・ヒーター加温) and a drainage system (ドレン) for bio-chips (バイオチップ). The system is designed to be waterless (便器 (水不要)).
連絡先	TEL 0948-22-2651 FAX 0948-22-5332 http://www.itec-system.com/

項目	内容
申請者名	第一公害プラント株式会社
技術名称（製品名）	A b i c F B 型し尿処理装置
技術分類	水不要-生物処理-土壌
実証年度	平成 16～17 年度
実証試験地	横尾山荘（長野県松本市）
写真／概念図	 
連絡先	TEL 0265-23-1121 FAX 0265-24-2911 http://www.abic-net.co.jp/

項目	内容
申請者名	株式会社ティー・エス・エス
技術名称（製品名）	T S S 汚水処理システム
技術分類	① 水使用-生物処理-土壌 ② 水不要-生物処理-土壌
実証年度	平成 21 年度
実証試験地	① 白糸の滝公衆トイレ（山梨県小菅村） ② 奥多摩湖半・・・（東京都奥多摩町）
写真／概念図	  
連絡先	TEL 045-590-4250 FAX 045-590-4255 http://www.tss.asia

項目	内容
申請者名	芙蓉パーライト株式会社
技術名称（製品名）	簡易尿処理技術
技術分類	水不要-物理処理-ろ過・吸着
実証年度	平成 23 年度
実証試験地	岳沢小屋（長野県松本市）
写真／概念図	 
連絡先	TEL 03-6680-9996 FAX 03-6681-8272 http://www.fuyo-p.co.jp/

2. 自然地域トイレし尿処理技術導入事例データベース

自然地域トイレし尿処理技術導入事例データベースは、環境技術実証事業における実証済み技術と自然公園における環境省及び地方公共団体が設置した、非放流式し尿処理技術の導入事例を紹介するものです。

自然地域トイレし尿処理技術分野のページでは、次の項目別にデータを分類した一覧表を PDF ファイルで確認できます。(◎電力の必要性、◎水の確保方法、◎輸送方法、◎最低気温、◎設置エリア、◎処理方式) 調べたい事例のリンクをクリックすると一覧表が表示されます。

また、実証運営機関のページでは、エクセルシートで*オートフィルタ機能を使った絞り込み検索ができます。エクセルシートをダウンロードして開くと、1行目のB～Iの列に、▼印のボタンが付いています。▼をクリックし、調べたい項目にチェックマークをつけ、OK ボタンを押すと、対象を絞り込んだ状態で表示されるようになります。更に、絞り込みを行いたい場合は、同様の作業を他の▼のついた列で行うことで、複合条件による検索ができます。(*オートフィルタ：任意の項目が記載された行のみを表示する機能です。)

◆WEB 版（単一項目検索）自然地域トイレし尿処理技術分野 WEB ページ内

<http://www.env.go.jp/policy/etv/s01.html#05>

◆エクセル版（複合項目検索）実証運営機関 特定非営利活動法人山の E C H O WEB ページ内

<http://www.yama-echo.org/etvdb.html>

本データベースは技術进行评估したものではありません。技術選択のための参考情報であることに留意して活用してください。適切な技術を選択するためには、データベースに記載されている項目以外にも、様々な視点から複合的に検討することが必要です。

実証技術(詳細情報有り)	イ)電源の確保方法	ロ)水の確保方法	ハ)物質等の輸送手段	ニ)最低気温(℃)	ホ)設置エリア	ヘ)非放流式処理方式の特徴	標高(m)	設置の有無	公園名	備考
自然エネルギー(太陽光)	雨水、蓄電池	運搬	群衆(3) 陸路(4)	色で並べ替え(5)	色フィルタ(6)	テキストフィルタ(7)	950~999m	有	中蔵山自然公園	ペー
自然エネルギー(太陽光)	雨水、蓄電池	運搬	群衆(3) 陸路(4)	色で並べ替え(5)	色フィルタ(6)	テキストフィルタ(7)	1000~1499m	有	日光国立公園	千手
自然エネルギー(太陽光)	雨水、蓄電池	運搬	群衆(3) 陸路(4)	色で並べ替え(5)	色フィルタ(6)	テキストフィルタ(7)	3000m以上	有	中蔵山自然公園	大蔵
自然エネルギー(太陽光)	雨水、蓄電池	運搬	群衆(3) 陸路(4)	色で並べ替え(5)	色フィルタ(6)	テキストフィルタ(7)	1000~1499m	有	内沢山自然公園	大蔵
自然エネルギー(太陽光)	雨水、蓄電池	運搬	群衆(3) 陸路(4)	色で並べ替え(5)	色フィルタ(6)	テキストフィルタ(7)	1500~1999m	有	中蔵山自然公園	大蔵
自然エネルギー(太陽光)	雨水、蓄電池	運搬	群衆(3) 陸路(4)	色で並べ替え(5)	色フィルタ(6)	テキストフィルタ(7)	5000~5499m	有	富士山自然公園	大蔵
自然エネルギー(太陽光)	雨水、蓄電池	運搬	群衆(3) 陸路(4)	色で並べ替え(5)	色フィルタ(6)	テキストフィルタ(7)	1000~1499m	有	上野国定公園	大蔵
自然エネルギー(太陽光)	雨水、蓄電池	運搬	群衆(3) 陸路(4)	色で並べ替え(5)	色フィルタ(6)	テキストフィルタ(7)	0~499m	有	長野県立自然公園	大蔵
自然エネルギー(太陽光)	雨水、蓄電池	運搬	群衆(3) 陸路(4)	色で並べ替え(5)	色フィルタ(6)	テキストフィルタ(7)	0~499m	有	富士山自然公園	大蔵
自然エネルギー(太陽光)	雨水、蓄電池	運搬	群衆(3) 陸路(4)	色で並べ替え(5)	色フィルタ(6)	テキストフィルタ(7)	0~499m	有	西沢山自然公園	大蔵
自然エネルギー(太陽光)	雨水、蓄電池	運搬	群衆(3) 陸路(4)	色で並べ替え(5)	色フィルタ(6)	テキストフィルタ(7)	500~999m	有	日光国立公園	大蔵
自然エネルギー(太陽光)	雨水、蓄電池	運搬	群衆(3) 陸路(4)	色で並べ替え(5)	色フィルタ(6)	テキストフィルタ(7)	950~999m	有	中蔵山自然公園	大蔵
自然エネルギー(太陽光)	雨水、蓄電池	運搬	群衆(3) 陸路(4)	色で並べ替え(5)	色フィルタ(6)	テキストフィルタ(7)	0~499m	有	日光国立公園	大蔵
自然エネルギー(太陽光)	雨水、蓄電池	運搬	群衆(3) 陸路(4)	色で並べ替え(5)	色フィルタ(6)	テキストフィルタ(7)	500~999m	有	日光国立公園	大蔵
自然エネルギー(太陽光)	雨水、蓄電池	運搬	群衆(3) 陸路(4)	色で並べ替え(5)	色フィルタ(6)	テキストフィルタ(7)	1000~1499m	有	日光国立公園	大蔵
自然エネルギー(太陽光)	雨水、蓄電池	運搬	群衆(3) 陸路(4)	色で並べ替え(5)	色フィルタ(6)	テキストフィルタ(7)	500~999m	有	日光国立公園	大蔵
自然エネルギー(太陽光)	雨水、蓄電池	運搬	群衆(3) 陸路(4)	色で並べ替え(5)	色フィルタ(6)	テキストフィルタ(7)	500~999m	有	日光国立公園	大蔵

図 8-1. データベース画面イメージ（エクセル版）

■執筆者一覧

[自然地域トイレし尿処理技術ワーキンググループ検討員]

- 相野谷 誠志 (株) 蒼設備設計 設備設計部課長
- 岡城 孝雄 (財) 日本環境整備教育センター 企画情報グループグループリーダー
- 河村 清史 埼玉大学大学院理工学研究科教授 (座長)
- 木村 茂雄 神奈川工科大学機械工学科教授
- 桜井 敏郎 (社) 神奈川県生活水保全協会理事
- 穂苅 康治 槍ヶ岳観光株式会社代表取締役
- 吉田 直哉 神奈川県自然保護センター自然保護公園部自然公園課

(五十音順・敬称略)

[実証運営機関 特定非営利活動法人山のECHO]

- 上 幸雄 代表理事
- 加藤 篤 調査・計画班 研究員
- 永原 龍典 調査・計画班 研究員

自然地域トイレし尿処理技術ガイドブック

～山岳・山麓・海岸、離島でのトイレ技術の選定から維持管理まで～

発 行：環境省自然環境局自然環境整備担当参事官室

〒100-8975 東京都千代田区霞が関 1-2-2

中央合同庁舎 5 号館

TEL：03-3581-3351 (代表)

発行日：2012 年 (平成 24 年) 2 月

編 集：特定非営利活動法人 山のECHO

〒105-0004 東京都港区新橋 5-5-1 IMC ビル新橋 9F

TEL03-6809-1518 FAX03-6809-1412

<http://www.yama-echo.org/>

