

山岳地域におけるし尿処理問題と対策の経過 —長野県における取り組みを中心にして—

鈴木富雄¹

長野県は全国でも有数の山岳観光県で、多くの山小屋が散在しているが、1970年頃から、ここから排出されるし尿が社会的に大きな問題にされるようになった。

この問題は、当初山岳地域における湧水、河川水の大腸菌群汚染問題として発現し、社会的啓発が行われ始めた。その結果、様々な機関が各種のし尿処理問題対策会議を開催し対応を検討した。また長野県衛生公害研究所（環境保全研究所へ改組）では、FAT法あるいはSAT法と略称される山岳地域対応のし尿処理法を開発し、旧安曇村上高地横尾山荘において開発・実証試験を実施した。その結果、SAT法を用いてし尿を処理することにより、BOD及びTPは99%以上、またCOD及びTNは80%以上の除去が期待できることが明らかにされた。SAT法は、現在横尾山荘の他、北アルプス常念小屋で実施として稼働中である。

山岳地域におけるし尿処理問題は、長野県だけでなく全国的にも共通した問題である。そのため環境省では、1999年より山岳地域へのし尿処理施設設置事業等に対し補助制度を開始した。この事業の実施に伴い、山岳地域へのし尿処理装置等が急速に導入され、補助制度の利用件数は開始以降87件に上っている。また、長野県も2002年から補助事業を実施中である。

山岳地域へのし尿処理施設の導入を更に促進させるためには、山岳環境分野での「持続可能な開発」を念頭におきながら、関係者間の共通した課題での協力と創造的な取り組みを更に継続・発展させる努力が求められている。

キーワード：山岳地域、し尿処理、汚水処理、SAT法、FAT法

1. はじめに

長野県は全国でも有数の山岳県で、通称日本アルプスと呼ばれる山々や八ヶ岳、御岳等の高山が峰を連ねている。日本の標高ベスト100に入る山のうち、長野県（県境を含む）に属する峰は66座あり全国で最も多い¹⁾。

山岳地域には、多くの山小屋が散在しているが、近年ここから排出されるし尿が社会的に大きな問題にされるようになった。即ち、山小屋は地理的、地形的あるいは気象的に低地とは異なる特殊な条件下にあるため、通常低地で利用されている下水道や浄化槽あるいはバキュームカーが利用しにくい。そのため、多くの山小屋ではし尿を未処理のまま小屋周辺に排出（以下、投棄と略記する）しており、高度な清浄度が要求される山岳環境を損ねている。環境省の資料によると、全国の山小屋軒数は707軒で、都道府県別の内訳は長野県が173軒（第1位）、続いて山梨県73軒、新潟県50軒となっており、山

小屋数でも長野県は全国で群を抜いている²⁾。したがって、山小屋のし尿処理問題も長野県で集中的に現れており、全国でもトップクラスの山岳県として、貴重な財産である山岳環境を保全するための先進的な取り組みが求められている。同時に、この問題は、山岳地域を抱える他の都道府県においても共通した全国的な課題にもなっている。

このような状況を背景に、これまで様々な関係者・関係機関が、この問題について取り組みを行ってきた。これまでの主な取り組みを大きく見ると、1) 長野県内の山岳地域における湧水、河川水等の汚染実態調査とし尿処理問題の啓発、2) 長野県内のし尿処理対策会議・シンポジウム・陳情等、3) 長野県が実施したし尿処理技術の開発・実証試験、4) 全国規模のし尿処理対策会議・シンポジウム等、5) 国及び長野県の補助制度、6) 全国レベルでのし尿処理技術の開発・実証試験、7) 山岳トイレを巡る最近の取り組み事例、に分類される。これらは、1)の結果を受けて、2)、3)の取り組みが行われ、更に

1 長野県環境保全研究所 環境保全部 〒380-0944 長野市安茂里米村 1978

4), 5), 6) のような全国的な取り組みに発展してきた。そこで以下、長野県衛生公害研究所（以下、衛生公害研究所と略記する）及び改組後の長野県環境保全研究所（以下、環境保全研究所と略記する）で実施した調査研究を中心にしながら、長野県内及び全国の取り組みを含め経過の概要を述べる。

2. 長野県内の山岳地域における湧水、河川水等の汚染実態調査とし尿処理問題の啓発

2.1 し尿処理問題が社会的問題となった背景

山岳地域におけるし尿の投棄は、多くの山小屋では小屋の創業以来行われていたと推察されるが、これが社会的に大きな問題となり、河川水等の調査が系統的に実施されるようになったのは1970年頃からである³⁾。主な山小屋の創業が、1900年代前半(例えば白馬山荘1907年、常念小屋1919年、穂高岳山荘1924年、槍ヶ岳山荘1927年)であるにもかかわらず、1970年頃になって急激に大きな社会問題になった背景として、以下の要因が考えられる。

第一は登山者人口の急激な増加である。長野県警察本部地域課がまとめた長野県内の登山者数は、1954年には140,100人であったが、1970年には1,000,000人を超過した(Fig.1)。このような登山者の急激な増加は、山岳地域へのし尿排出量を増加させ、山岳地域により深刻な影響を及ぼしたものと考えられる。

第二は1960年代に入り、全国的に水質汚濁に対する関心が急激に高まったことである。即ち、1960～1970年にかけて、全国各地に深刻な環境汚

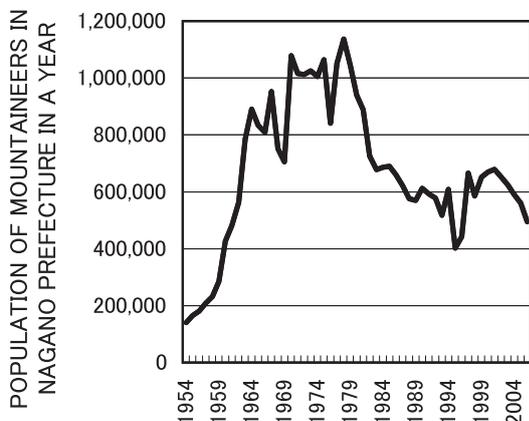


Fig. 1 Temporal change in the population of mountaineers in Nagano Prefecture (The data were offered from Nagano Police).

染問題が引き起こされたことから、公害対策基本法(1967年)や水質汚濁防止法(1970年)が制定され、国民に環境問題とその対策への関心が広く呼び起こされるようになった。1970年頃から、山岳地域のし尿処理問題に大きな関心がもたれるようになった理由の一つには、こうした社会的な背景も影響していると考えられる。

2.2 湧水、河川水の汚染実態調査

2.2.1 豊科・松本保健所による調査

山岳地域のし尿処理問題は、当初山岳地域の湧水や河川水の大腸菌群(以下、C-bactと略記する)汚染問題として発現している。長野県内の山岳地域における湧水、河川水のC-bact、窒素、りん等の調査事例はいくつか報告されているが^{3)~18)}、当所で把握している最も古い報告は、北アルプス南部を管轄していた長野県豊科保健所(以下、豊科保健所と略記し、他の保健所も同様に略記する)が、1971年から管轄区域内の山岳地域で実施した湧水、河川水調査である³⁾。この調査結果では、徳沢等の水場においてもC-bactが検出されており、湧水を飲用した登山者への影響が懸念された。この調査は、1997年に豊科保健所が松本保健所に組織統合された後も、2007年現在まで継続して実施されている。

2.2.2 環境科学研究会による調査

1979年2月には、白馬村長、安曇村長、北アルプス北部地区山小屋組合長、北アルプス山小屋友交会長他が、長野県生活環境部長及び自然保護課長に対し、中部山岳国立公園の環境浄化対策促進について要望書を提出している。これに対し長野県自然保護課(以下、自然保護課と略記し、他の課及び地方事務所も同様に略記する)は、同年5月環境科学研究会(代表桜井善雄信州大学助教授)に山岳地域における環境浄化対策に関する調査を委託した。併せて、信州大学(桜井善雄助教授、松田松二教授)、環境庁(中部山岳国立公園管理事務所)、観光課、公害課、自然保護課、南安曇地方事務所、北安曇地方事務所、衛生公害研究所、豊科保健所、大町保健所、安曇村、白馬村で構成された山岳地域における環境浄化対策研究会を発足させた。

環境科学研究会は、1979年4～11月白馬地区の松川水系及び上高地地区の梓川水系の水質調査を実施し、両水系ともC-bactでは松川水系の猿倉より下流、梓川水系では河童橋より下流で、それぞれ6～8月及び6～11月により著しい汚染が認めら

れたことを報告している⁶⁾。

2.2.3 信州環境保全研究会による調査

環境庁(中部山岳国立公園管理事務所)も1979～1980年に、信州環境保全研究会(代表信州大学村山忍三教授)に、梓川源流部における水質等の調査を委託した。同研究会の1979年の調査では、

①河童橋、田代橋間で宿泊施設等の排水に起因すると考えられる汚染が著しいこと。

②涸沢モレイン下の表流水や横尾本谷橋脇の湧水等に、涸沢の宿泊施設、野営場のし尿によると考えられる汚染が見られること。

③横尾、徳沢、明神、小梨平等の地区から梓川に流入する河川に汚染が見られること。

④し尿の処分方法は、明神及び徳沢地区はくみ取り・搬出、上高地地区は浄化槽あるいはくみ取り・搬出であったが、それ以外の全ての小屋・野営場は埋め立てあるいはガレ場等への放流・浸透であったこと。

等が明らかにされた⁷⁾。また同研究会は1980年には、前年の調査結果を踏まえ、

⑤浄化槽処理水の河川放流に代わる地下浸透の可否についての検討。

⑥涸沢におけるし尿の投棄が、下流の河川水及び湧水に及ぼす影響調査。

⑦山岳地域におけるし尿処理法の一つとして、「固液分離土壌処理式便所」の試作・実験。

等を実施し報告している⁷⁾。

1980年に実施した調査の内、上記の⑥に関しては、本谷橋脇湧水や涸沢の沢水のC-bact汚染と、涸沢にある山小屋のし尿投棄の関係を明らかにするため、し尿の投棄現場に食塩水(15kg/80L)を投入し、下流の湧水、河川水の電気伝導率(以下、ECと略記する)を測定している。その結果、し尿投棄現場から水平距離にして1.75km下流の沢水のECは、食塩水を投入してから約1時間後に急激な上昇を示し、し尿投棄現場の水がその地点まで到達している可能性が示唆された。また、本谷橋脇湧水のECも微増したことを確認している。

山岳地域の湧水、河川水のC-bact汚染とし尿投棄の因果関係については、現在までしばしば問題にされてきたが、科学的にこれを裏付けた調査研究は少ない。その意味では、本研究は貴重な実験の一つと考えられる。

2.2.4 衛生公害研究所による水質調査

衛生公害研究所は1979～1980年に、梓川上流部及び大野川水域の湧水、河川水等について水質等の調査を実施した。その結果、本谷橋右岸の湧水等からC-bactが検出されたこと、梓川の河童橋から大正池の間ではAAタイプのC-bact基準を超過する傾向が見られること、C-bactの菌種では、自然環境由来といわれている*Klebsiella spp.*が57%と比較的多かったが、人畜糞便由来といわれている*Escherichia sp.*も24.6%検出されたこと等を報告している⁸⁾。また、上高地地区は、し尿浄化槽由来の物質により汚染されていることから、公共下水道の建設が必要との提案を行っている⁸⁾。なお、1992年には、安曇村が上高地地区に下水道の供用を開始した。

2.2.5 大町保健所による水質調査

北アルプス北部を管轄する大町保健所も1991年より管轄区域内の北股川及び中山沢川の水質調査を実施している^{9)～16)}。調査の結果では、C-bact数や一般細菌数は夏季～秋期に増加する年が多く、山小屋から排出されるし尿や登山者の増加等との関係も懸念されている。

2.2.1～2.2.5項で明らかにされたC-bactの調査結果は、必ずしも山小屋のし尿投棄との科学的因果関係が明らかにされたものばかりではなかった。しかし、これらの結果は、特定の山域だけでなく、多くの山岳地域に同様な問題が現れていることを示唆したもので、山岳地域におけるし尿投棄問題の社会的警鐘となり、この問題に対するその後の取り組みを進める上で大きな契機となった。

3. 長野県内のし尿処理対策会議・シンポジウム・陳情等

2.2項で述べた調査結果等を契機に、様々な機関がその対策を講ずるための会議等を開催した。以下に、その主なものを紹介する。

3.1 南安曇郡山岳観光地におけるし尿処理対策研究会

1985年には豊科保健所が、「南安曇郡山岳観光地におけるし尿処理対策研究会」を発足させ、この問題に関する対策を検討し始めた。

当時、同研究会の構成員は、同保健所以外に管轄区域内の山小屋経営者(北アルプス山小屋友交会)、環境庁、松本営林署、関係市町村(穂高町、安曇村、

堀金村)と広範囲にわたっていた。なお、1988年からは衛生公害研究所が加わり、同研究所が1989年から開始したし尿処理装置の開発研究結果等の情報提供を行った。同研究会は、2007年現在継続して開催されており、我が国で最も長く継続しているし尿処理対策会議の一つである。

同研究会では、し尿処理法がほとんど開発されていなかった当時、ヘリコプターによるし尿の輸送を検討している¹⁹⁾。しかし、ヘリ輸送には膨大な費用が必要となるとの検討結果から、当時は実施に至らなかった。また、同研究会では、北アルプス燕山荘付近で、し尿の嫌気処理実験を実施した²⁰⁾。

同研究会の構成メンバーでもある北アルプス山小屋友交会では、1989年に国及び県に対し陳情を行っている²¹⁾。その主な内容は以下のとおりである。

- ① 山岳高冷地におけるし尿処理方法の検討と実証試験の実施。
- ② 山小屋のし尿処理施設建設経費に対する助成措置の導入。
- ③ 国立公園施設整備補助事業による涸沢野営場公衆便所の建設。

これらの要望は、山小屋経営者等にとっては切実な要望であったが、当時はいくつかの課題を伴っており、直ちに実現には至らなかった。しかし、これらは現在全てが実現されており、陳情内容の先駆性と、これらを実現するまでの関係者の努力が窺える。

3.2 大北地区山岳観光地における環境保全研究会

北アルプス北部の山小屋経営者も1991年から2003年3月まで、合計11回にわたり「大北地区山岳観光地における環境保全研究会」を開催し、この問題に関する対策の検討を行っている。

3.3 (長野県庁内)山小屋し尿処理研究会

1999年には、廃棄物対策課が事務局となり、長野県庁内に山小屋し尿処理研究会(廃棄物対策課の他、食品環境水道課、衛生公害研究所、観光課、公害課、環境自然保護課で構成)が発足した。同研究会では、長野県内の山小屋経営者及び利用者へのアンケート調査を実施し、山小屋し尿処理等の現況、山小屋経営者の意向、山小屋トイレ利用者の意向等の調査を実施し報告している²²⁾。

3.4 信州山岳環境保全のあり方研究会

2001年には、環境自然保護課が事務局となり登

山愛好家、山小屋経営者、北アルプス等の高山を管轄する自治体、環境団体が構成された「信州山岳環境保全のあり方研究会」が発足し、山小屋におけるし尿処理問題の対策について検討を行った。2002年の研究会の報告書では、整備目標として、以下の目標が掲げられている²³⁾。

- 1 県内の山岳地におけるトイレからできるだけ短期間—おおむね10年以内—で、「自然浸透処理」(し尿投棄—筆者注)をなくしていくことを目標とし、そのため、山小屋の整備を計画的に促進していくことが必要である。
- 2 山小屋の立地条件がそれぞれ異なることから、そのトイレの整備を県内一律に進めることは困難であると考えられる。このため、少なくとも地理的、地域的関連を有する山域あるいは自然公園ごとに、具体的な目標をたて、計画的な促進を図っていくことが必要である。

以上の整備目標は、その後関係機関がこの問題に取り組む上で、共通した目標となっている。

3.5 市町村、NPO法人等によるし尿処理研究会等

以上は、主に長野県が関与したし尿処理研究会等であるが、これらの他に茅野市、三岳村、王滝村等の市町村やNPO法人南アルプス研究会等もし尿処理対策のための研究会を発足させた。

3.6 民間主催のトイレシンポジウム

信濃毎日新聞社も1999年に松本市において「山のトイレシンポジウム」を開催した。同社では1999年7月から2000年6月まで、信濃毎日新聞に合計44回にわたり「待ったなし 北アルプスし尿処理」と題する記事を連載し、山小屋のし尿処理問題の啓発を行った。これらの記事は、補筆され単行本として出版されている²⁴⁾。

4. 長野県が実施したし尿処理技術の開発・実証試験

各種のし尿処理対策研究会では、管轄保健所等が実施した湧水、河川水の実態調査報告や学識経験者等による情報交換が行われたが、直ちに山小屋への処理施設の設置に結びつくものではなかった。その主な原因のひとつとして、当時山岳地域対応のし尿処理技術がほとんど開発されていなかったことがあげられる。そのため長野県では、1989年～1993

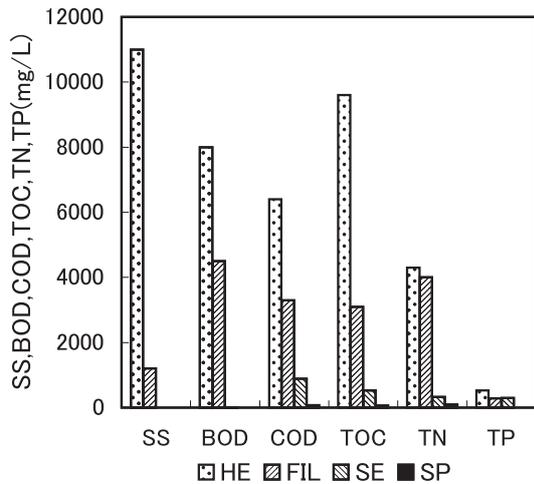


Fig. 2 Changes of concentration of pollutants in human excreta, filter water, secondary effluent and soil seepage water.
 HE: Human excreta, FW: Filter water of human excreta,
 SE: Secondary effluent (aerated filter water), SW: Soil seepage water of secondary effluent.

年に、環境自然保護課（後に廃棄物対策課へ移管）が「山岳地域におけるし尿等の適正処理に関する調査研究」事業等を開始し、処理技術の開発を衛生公害研究所が担当した^{21) 25)}。本調査研究は、大別すると① 1989～1990年に実施したし尿処理に関する室内実験、② 1991～1993年まで横尾山荘で実施したFAT法の開発・実証試験に分類される。そこで以下、この分類項目別にその概要を述べる。な

お、1990年には、3軒の山小屋宿泊者を対象に、山小屋し尿処理に関するアンケート調査も実施した²⁶⁾。

4.1 し尿処理に関する室内実験

Fig.2は室内実験により、し尿、し尿のろ液、ろ液のばっ気処理水及びばっ気処理水を土壌浸透させた後の浸透水の懸濁物質（以下、SSと略記する）、生物化学的酸素消費量（以下、BODと略記する）、化学的酸素消費量（以下、CODと略記する）、有機体炭素（以下、TOCと略記する）、全窒素（以下、TNと略記する）及び全りん（以下、TPと略記する）の成分濃度を比較したものである。その結果、し尿をろ過し、ろ液をばっ気処理水した後、これを土壌浸透処理することにより、BOD等の汚濁成分を90%以上除去できることが示唆された。また、し尿は約2週間でろ過されることも明らかになった。これらの実験結果を基に、し尿のろ過（Filtration）-ばっ気（Aeration）-トレンチ（Trench）法（以下、FAT法と略記する）を考案し、横尾山荘において実証試験を実施した。

また、この他消石灰、さらし粉を用いたし尿の消毒実験等を実施した²⁷⁾。

4.2 横尾山荘におけるFAT法の実証試験

4.2.1 施設の概要

FAT法の概要をFig.3に示す。FATは、し尿を無希釈のまま自然ろ過し、そのろ液をばっ気処理した

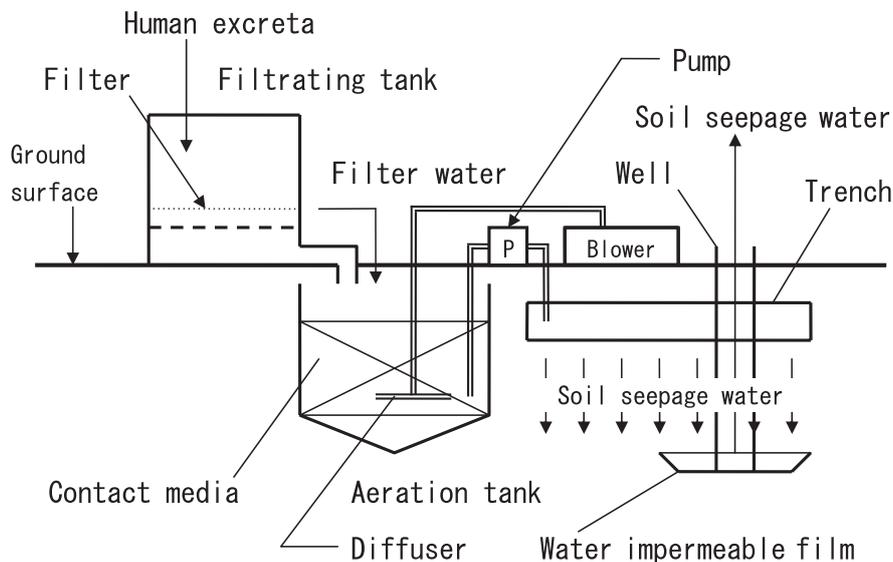


Fig. 3 Outline of FAT method.

後、その処理水をトレンチを用いて土壌浸透処理する方法である。横尾山荘に設置された実施規模の実験装置は、ろ過槽及びばっ気槽の容量がいずれも 2 m^3 、トレンチは長さ13mのものを3本埋設したので、総延長は39mである。トレンチ設置区には、土壌浸透後の浸透水（以下、浸透水と略記する）を採取するための浸透水採取装置（以下、検水井と略記する）を設置した。トレンチの長さは、長野県が策定した「し尿浄化槽放流水の地下浸透基準」²⁸⁾に準拠した。山小屋から排出されるし尿は約1L/(人・日)と考えられる²⁹⁾ので、本装置を用いた場合一度に2,000人分のし尿を処理することができる。ろ過槽内のろ過材には綿状の合成繊維を用いた。ばっ気槽内にはプラスチック製の接触材及び散気管を設置した。処理対象し尿に対するブロワの送風量（以下、ばっ気強度と略記する）は $8\text{ m}^3/(\text{m}^3\cdot\text{h})$ である。

4.2.2 実証試験方法

横尾山荘の便槽から抜き取ったし尿をろ過槽に投入し、自然ろ過を行いながらろ液のばっ気処理を行った。本法は、し尿のろ過とろ液のばっ気処理を1か月間並行して行う方法である。し尿はろ過開始直後の数日でその大半がろ過されるため、処理期間

はばっ気処理に要する時間に依存しほぼ1か月である。ろ過前のし尿、ばっ気処理前のろ液、ばっ気処理後のろ液及び浸透水を採取し、それらの水質の差からし尿のろ過効果、ろ液のばっ気処理効果、ばっ気処理水の土壌浸透処理効果を見た。

4.2.3 実験結果及び考察

Fig.4～6に実証試験結果の一例を示す。し尿は4週間以内にその大半が処理されること、ろ液のBODは4週間のばっ気処理により95%以上が除去

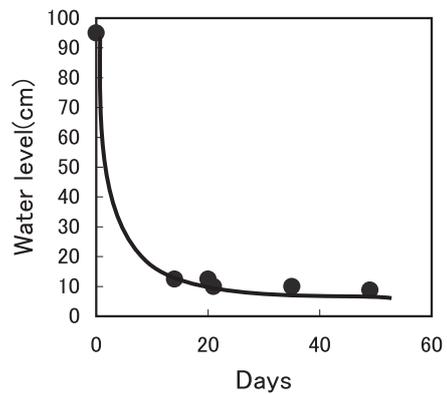


Fig. 4 Changes of water level along with filtration of human excreta.

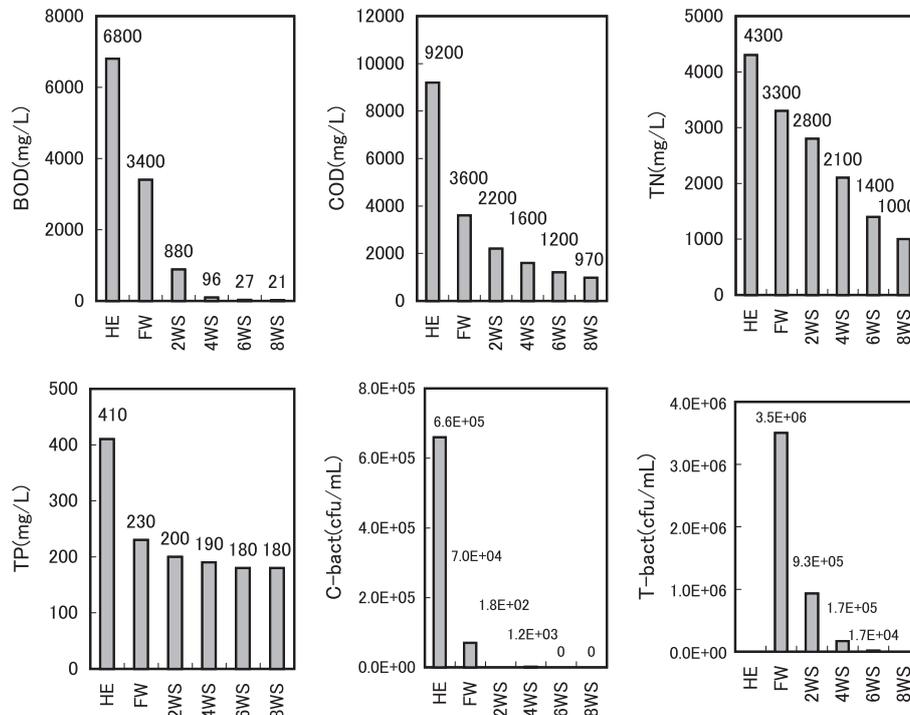


Fig. 5 Changes of concentration of pollutants along with filtration of human excreta and aeration of filter water of human excreta in FAT method.

HE: Human excreta, FW: Filter water of human excreta, 2-8WS: Aerated filter water after 2-8 weeks aeration.

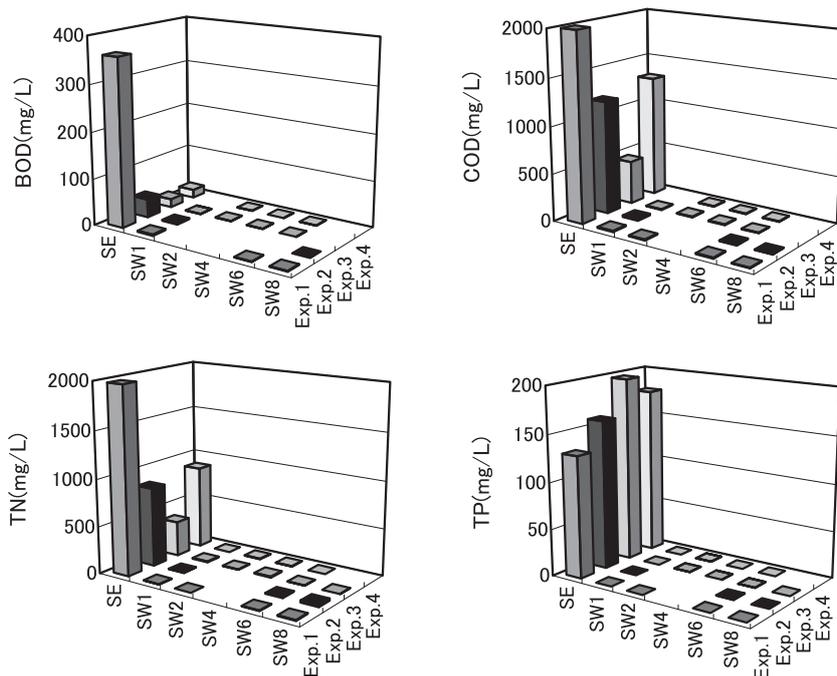


Fig. 6 Comparison of concentration of pollutants in secondary effluent and soil seepage water.
 SE: Secondary effluent, SW1-8: Soil seepage water collected from soil seepage water sampling device 1-8 weeks after the secondary effluent loading against trench, Exp.1-4: Experiment 1-4.

されること、またこのばっ気処理水を土壌浸透処理することにより、BODは雨水による希釈を含め見かけ上99%が除去できること等が実証された²⁵⁾。また、し尿中のC-bact数及び総菌数(以下、T-bactと略記する)は、ばっ気処理によりいずれも減少した。

土壌浸透により汚水が浄化されるのは、土壌の物理的、化学的、生物学的浄化作用によるものである。これらには、それぞれ汚水中のSSの土壌粒子によるろ過作用、りん酸の土壌中に含まれるAl、Fe等との化学結合・吸着³¹⁾、土壌中に多数生息している微生物による汚濁成分の分解等が該当する³⁰⁾。

FAT法では、ろ液のBODは効率的に除去できるが、分離された固形分の処理が必要となる。固形分の処理法としては、焼却、コンポスト処理等を想定していたが、前記した「南安曇郡山岳観光地におけるし尿処理対策会議」において、山小屋経営者から、これらの作業は繁雑であるとの意見が提起され、更に改良研究を行うことになった。改良研究の対象としたのは、植種(Seeding)→ばっ気(Aeration)→トレンチ(Trench)法(以下、SAT法と略記する)である。

4.3 SAT法の開発と実証試験

SAT法の開発等のため、衛生公害研究所では

1993から(財)日本環境整備教育センターと共同研究を開始し、2002年まで継続実施した。また、長野県も1995～1997年に再度「山岳地域し尿適正処理調査」を実施した²⁵⁾。その主な内容は以下のとおりである。

4.3.1 SAT法の概要

SAT法の概要をFig.7に示す。本法は、し尿に微生物製剤あるいは種汚泥を添加(植種)し、約1か月間ばっ気処理した後、その処理水をトレンチを利用して土壌浸透処理するものである。FAT法ではし尿のろ過を行ったが、SAT法ではこれを行わないこと、及び微生物製剤あるいは種汚泥等により植種を行うことが特徴である。処理実験には、横尾山荘に設置されたFAT法のばっ気槽、トレンチ及び検水井を利用した。

4.3.2 実験方法

山荘の便槽からし尿を抜き取り、ばっ気槽内に投入後、微生物製剤を添加しばっ気処理を行った。1回の処理容量は2m³、ばっ気強度は8m³/(m³・h)、ばっ気処理期間は1か月間である。添加した微生物製剤は*Bacillus*属の細菌を主体としたもので、添加量は4kg/2m³である。なお、微生物製剤等の投入は越冬直後の第1回目の処理の際のみ行い、2回目以降

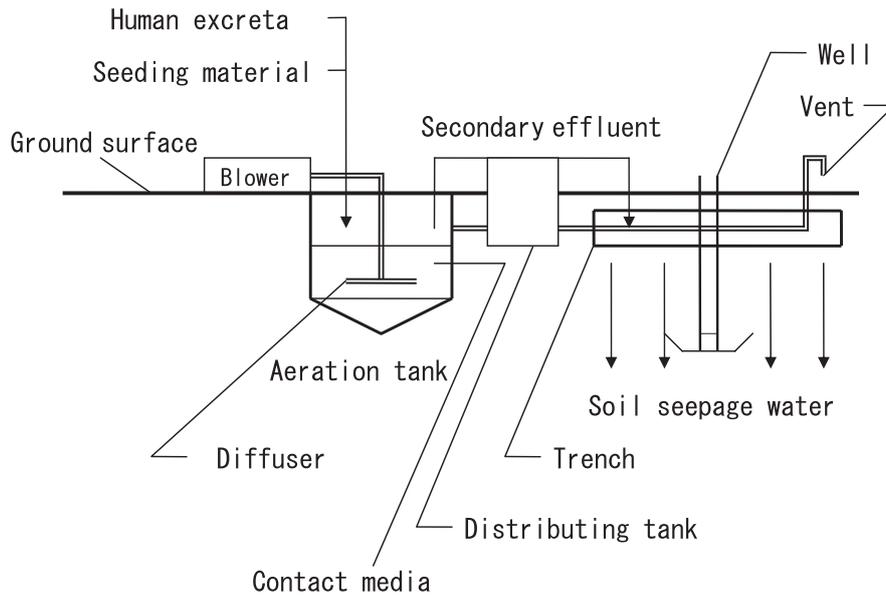


Fig. 7 Outline of SAT method.

は直前のばっ気処理水約 50L をばっ気槽内に残し、これを種汚泥として用いた。し尿の処理は、4 月下旬から 11 月上旬の山小屋の営業期間中 6 回行った。

ばっ気処理前のし尿、ばっ気処理水及び浸透水の水質を測定し、これらを比較することにより、ばっ気処理及び土壌浸透処理に伴う汚濁成分の除去効果を見た。

なお、検水井より採取される浸透水は、トレンチが開放系であること、また雨水の希釈を受けていることから、汚濁成分の物質収支を考慮した正確な除去効果を把握することはできない。そのため、閉鎖系の土壌カラムを現地に設置し、土壌浸透に伴う汚濁成分の物質収支を把握した。土壌カラムへのばっ気処理水の負荷条件及び雨水による浸透条件は現場のトレンチと同一である。

4.3.3 実験結果

1) し尿のばっ気処理

Fig.8 に SAT 法の第一工程であるばっ気処理の実証試験結果の一例を示す。Fig.8 に示した結果は、1998 年に年 6 回実施した処理実験の平均値を示したものである。Fig.8 から明らかなどおり、し尿を 4 週間ばっ気処理することにより BOD、COD 及び TN は、それぞれ 95、59、53% 除去されることが実証された。ばっ気処理に伴い BOD や COD が低下するのは、微生物による有機物の CO_2 への分解と大気中への揮散、汚泥への転化、SS の沈降等によるものと考えられる。TN が低下するのは、酸化

態窒素の生成がほとんど見られないこと、ばっ気に伴う排気中に NH_3 が多量に含まれていたことから、 NH_3 の揮散によるものが主と考えられるが、一部汚泥への転化、SS の沈降も考えられる。りんは炭素や窒素のようにばっ気処理により CO_2 や NH_3 のように大気中に揮散しないため、ばっ気槽内からは除去されないが、汚泥への転化あるいは SS の沈降により見かけ上低下した。

ばっ気処理前のし尿中の C-bact は $3.2 \times 10^5 \text{cfu/mL}$ であったが、4 週間ばっ気処理することにより 70cfu/mL に減少した。下水道や浄化槽放流水の C-bact に関する技術上の基準は 3000cfu/mL であるので、C-bact に関してはこの基準を下回っていた。ただし、汚水処理に関わる他の微生物は、多数生息しているものと推察される。

2) ばっ気処理水の土壌浸透

Fig.9 にばっ気処理水及びこれを土壌浸透処理した時の浸透水の水質を示す。Fig.9 に示した結果は、1998 年に年 6 回実施した浸透処理実験の平均値を示したものである。浸透水の水質は土壌浸透前のそれと比べ、BOD、COD、TN 及び TP のいずれも、雨水の希釈を含め見かけ上 99% 除去された。

Fig.10 は 1996～1999 年における浸透水の経時変化を示したものである。処理実験の回数は 1996～1997 年が年 3 回、1998～1999 年が年 6 回である。この結果から、浸透水の BOD、COD、TN 及び TP の平均は、それぞれ 1.4、10、7.7 及び 0.3mg/L で、

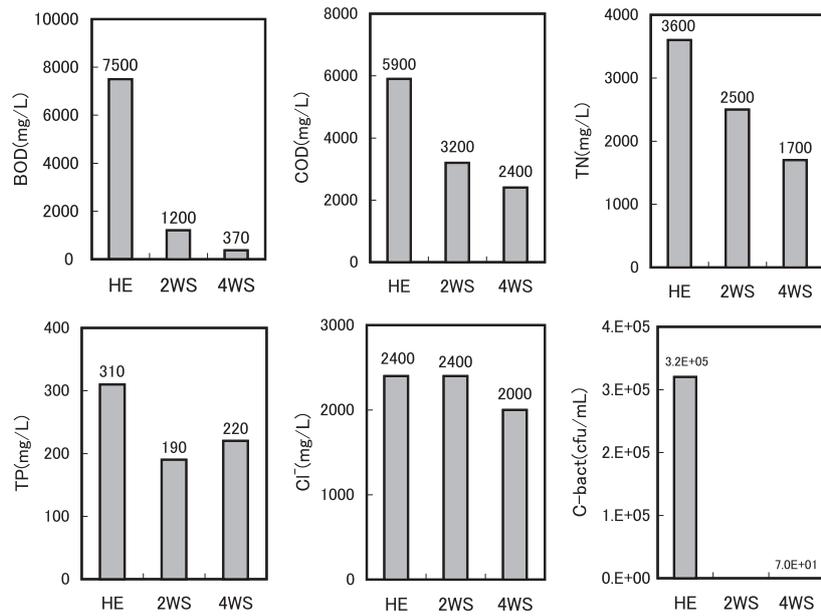


Fig. 8 Changes of concentration of pollutants along with aeration of human excreta in SAT method.
 HE: Human excreta, 2-4WS: Aerated human excreta after 2-4 weeks aeration.

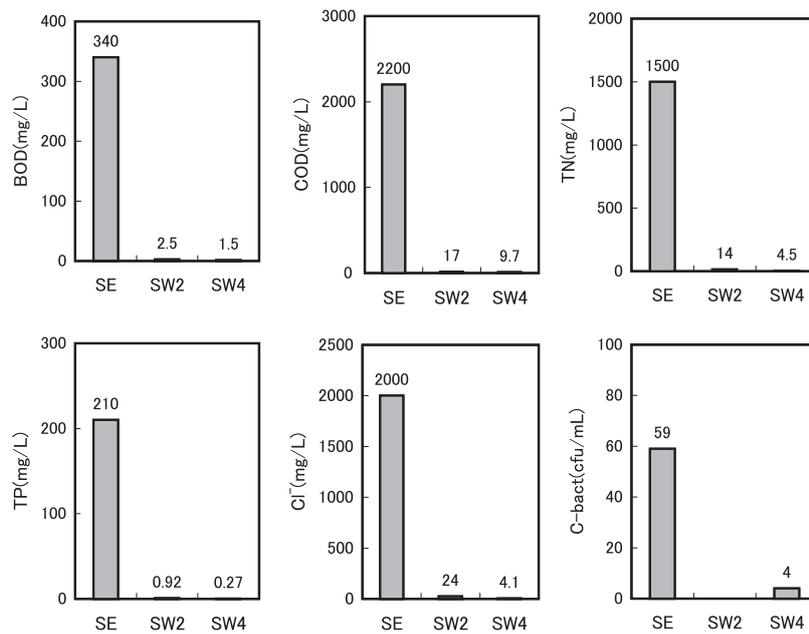


Fig.9 Comparison of concentration of pollutants between secondary effluent and soil seepage water in SAT method.
 SE: Secondary effluent, SW2: Soil seepage water collected 2 weeks after the loading of secondary effluent against trench. SW4: Soil seepage water collected 4 weeks after the loading of secondary effluent against trench.

BOD はほぼ安定して下水道放流水の技術上の基準である 20mg/L 以下を確保できることが実証された。TN の平均値は 7.7mg/L で地下水の硝酸性窒素（以下、NO₃-N と略記する）及び亜硝酸性窒素（以下、NO₂-N と略記する）の基準以下ではあったが、

これを上回ることがあった。トレンチへの不均等散水に伴う特定のトレンチへの過負荷、あるいはばっ気処理水中に残留した比較的高濃度のアンモニア性窒素（以下、NH₄-N と略記する）の過負荷等による NH₄-N の破過と考えられる現象も見受けられたの

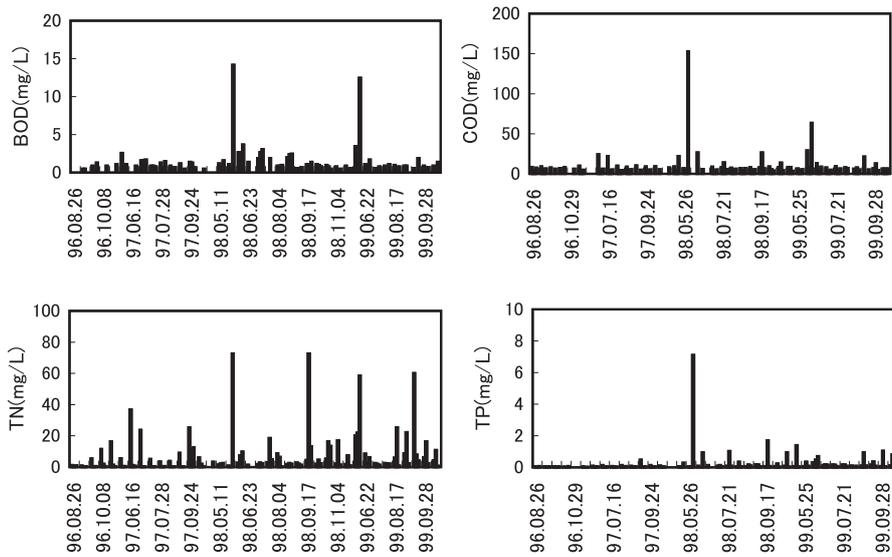


Fig. 10 Temporal changes of BOD, COD, TN and TP in soil seepage water.

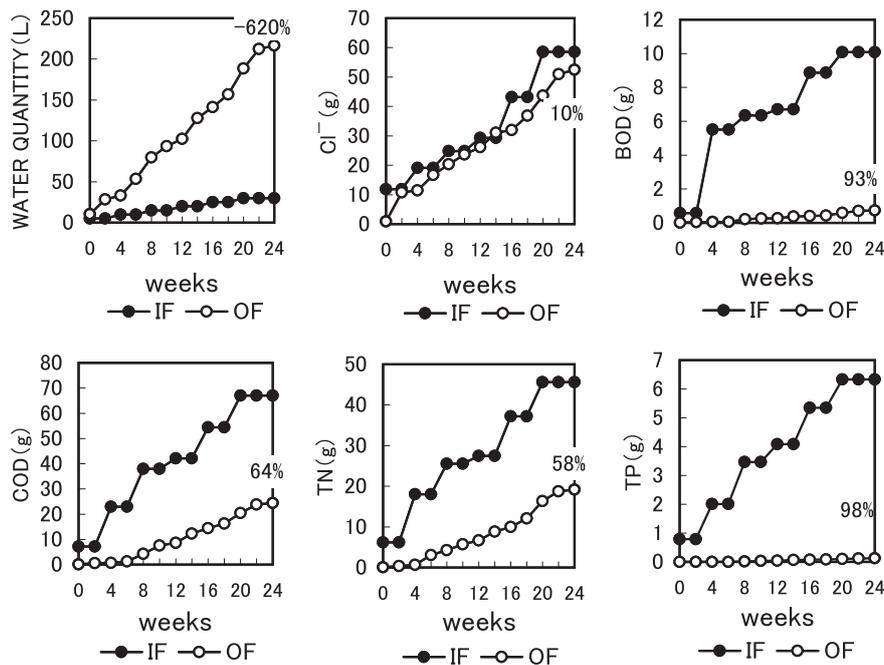


Fig. 11 Cumulative amount of pollutants accompanied with inflow and outflow by soil percolation of secondary effluent using soil column.

IF: Cumulative amount of pollutants flowed into soil column, OF: Cumulative amount of pollutants discharged from soil column, Values of percentages in the graphs denote removal efficiencies of pollutants through soil percolation.

で、その対策が必要である。また土壌に吸着された $\text{NH}_4\text{-N}$ が、土壌中で $\text{NO}_3\text{-N}$ に酸化され流出したことも考えられる^{32)~34)} ので、その対策も必要である。

3) 土壌浸透に伴う汚濁成分の物質収支

Fig.11 は、1998 年に年 6 回実施した処理実験の際、閉鎖系の土壌カラムを用いてこれと並行して

ばっ気処理水の土壌浸透実験を行い、汚濁成分の物質収支を見たものである。土壌浸透によりろ過、吸着、分解を受けない塩素イオン（以下、 Cl^- と略記する）は浸透水と共にその大半が流出したが、BOD 及びびりんの除去率は高く、物質収支面からも大きな除去効果が期待できることが明らかにされた。

CODの除去率は64%と比較的低かった。その原因として、難分解性の有機物の浸透流出が考えられる。

TNの除去率も58%と比較的低かった。浸透水中のTNに占めるNH₄-Nの割合が60%と比較的高いことから、TNの除去率が低い理由として、前記した難分解性有機物の流出に加え、NH₄-Nの破過・流出も一因と考えられる。

Fig.12は、Fig.8及びFig.11に示した結果を基に、横尾山荘で1年間に処理した12m³のし尿中に含まれる汚濁成分について、処理工程別物質収支を計算したものである。この結果から、BOD、TPはいずれも99%以上の、またCOD及びTNは80%以上の除去効果が期待できることが明らかにされた。汚水の土壌浸透処理効果に関する報告は他にも見られるが^{32)~34)}、他の報告においてもBOD及びTPの除去効果が高いのに比べ、TNの除去効果が比較的低いのが特徴である。

以上の結果が得られたことから、本実験施設は1999年度に長野県から横尾山荘に譲渡され、現在でも実施設として稼働中である。また、同じSAT法による処理施設は、常念小屋においても稼働中である³⁵⁾。

5. 全国規模のし尿処理対策会議・シンポジウム等

山岳地域のし尿処理問題は、長野県固有の問題でなく、高山地域が抱える全国的な共通問題である。このような背景から、日本トイレ協会は1998年に甲府市において「第1回全国山岳トイレシンポジ

ウム」を開催した。同シンポジウムには、山小屋経営者、国、県、市町村、民間企業、登山愛好家、登山者団体、し尿処理研究者等500名以上が参加し、全国レベルで初めての大規模なシンポジウムとなった。このシンポジウムでは、各種の問題提起、事例報告等が提出された³⁶⁾。本シンポジウムの大きな成果の一つは、前記した各種関係者間に全国的なネットワークが形成されたことにある。形成された全国的なネットワークにより、山岳トイレを巡る各種の要望が大きな流れとなり、国や自治体等に大きなインパクトを与えるようになった。

1999年から開始された、環境庁(省)の補助事業「山岳環境浄化・安全対策事業費補助事業」は、このような山岳トイレを巡る全国的な取り組みもその背景の一つになり実施されたと考えられる。

また、シンポジウムは多くの山小屋経営者と浄化槽メーカー等の情報交換の場ともなり、し尿処理施設の設置を考えていた山小屋経営者が、具体的な取り組みを開始するひとつの契機にもなったと考えられる。

なお同協会では、2003年までの間に合計5回の全国山岳トイレシンポジウムを開催し、報告書を作成している^{37)~40)}。

6. 国及び長野県の補助制度

6.1 国の補助制度

全国的なネットワークが形成され、山小屋経営者に対し処理技術に関する一定の情報が提供されるようになると、先進的な山小屋経営者は実際に処理施

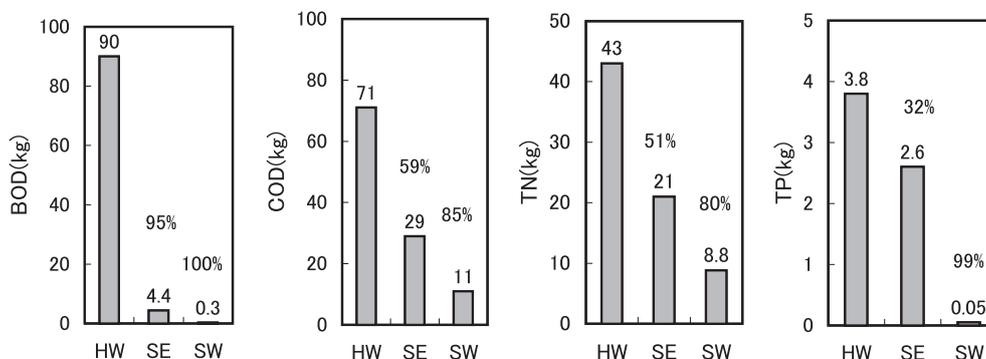


Fig.12 Changes of amount of pollutants in two treatment processes of SAT method.
 Hw: Cumulative amount of pollutants charged into human excreta treatment device during 6 times treatment.
 SE: Cumulative amount of pollutants remained in secondary effluent after 4 weeks aeration during 6 times treatment.
 SW: Cumulative amount of pollutants remained in soil seepage water during 6 times treatment.
 Percentages in the graphs denote removal efficiencies of pollutants up to the each treatment processes.

設を導入するようになった。しかし、山岳地域は低地とは異なる厳しい条件下にあるため、多くの場合設置に当たって費用面で深刻な問題を伴っている。この問題に対処し、し尿処理施設の導入促進を図るため、環境庁（省）は1999年より「山岳環境浄化・安全対策事業費補助事業」を開始した。この事業は、事業費が1000万円以上の山岳トイレのし尿処理施設等の設置事業に対し、事業費の1/2を補助するものである。この補助制度が導入されたことにより、多くのし尿処理施設が急速に山小屋に導入されるようになった。本補助制度の導入以前には、車道等が整備されていない稜線沿いの山小屋では、ほとんどし尿処理施設が導入されてこなかったことを考えると、この制度が処理施設の導入促進に果たした役割は著しく大きいといえる。2007年までに、本補助事業により全国及び長野県内に導入されたし尿処理施設等は、それぞれ87及び32件に上っている。

6.2 長野県の補助制度

国が導入した補助事業は、事業費が1000万円以上に限定されているため、中小規模の山小屋では利用しにくく、1000万円未満の事業費への補助を望む声も多かった。そのため、長野県では2002年から1000万円未満のし尿処理施設設置等の事業費に対し、その1/2を補助する事業を開始した。2007年までに8軒の山小屋がこの制度を利用し、し尿処理施設等を導入した。

7. 全国レベルでのし尿処理技術の開発・実証試験（環境技術実証モデル事業）

環境省では、2003年から「環境技術実証モデル事業」を開始した。本事業は、既に適用可能な段階

にある先進的な環境技術の内、その環境保全効果等に関し、客観的な評価が行われていないため普及が進んでいない技術について、第三者が客観的に実証し情報提供する事業である。2006年までに実証対象となった技術は全部で9技術あるが、その一つとして山岳トイレし尿処理技術も含まれている。2006年までに実証対象となった山岳トイレし尿処理施設はTable 1に示すとおり9施設である⁴¹⁾。

長野県も2004～2005年に本事業に参加し、横尾山荘に新たに設置されたし尿処理施設（Table 1のNo.5）の実証試験を、環境保全研究所が実施した⁴²⁾。

8. 山岳トイレを巡る最近の取り組み事例

8.1 富士山におけるトイレ整備

毎年20～30万人ともいわれる登山者を抱える富士山では、し尿投棄に伴うトイレトーパーの散乱や悪臭の発生等、長年し尿処理に関し深刻な問題を抱えていた。しかし、この区域では、国、県及び市町村の補助を受け、2006年までに静岡県及び山梨県にある42軒の山小屋全てに、コンポスト式、水循環式、燃焼式等の非放流式のトイレを整備した。これらの内、一部では環境省の実証試験を実施した（Table 1のNo.6）。これらの導入された施設は、長期間の検証を経ていない等の残された課題もある。しかし、比較的短期間に多くの山小屋に非放流式のトイレを整備した点では、他に例を見ない事例といえる。今後、更に処理性能等の検証を継続することが望まれる。

8.2 再生可能エネルギー等を用いた環境に優しい山岳トイレ導入促進事業

長野県では、2005～2007年「再生可能エネルギー

Table 1 Characteristics of experimental facilities examined in the pilot project of the environmental technology varification conducted by Ministry of the Environment.

No.	Experimental site	L-classification	S-classification	Specialty
		Use of water	Method	
1	Ichinokoshi	Yes	Biological treat.	Use of soil
2	Lake Chuzenji	Yes	Biological treat.	Addition of chemical reagent
3	Mt.Ohnanji	No	Biological treat.	Use of sawdust
4	Mt.Nabewari	Yes	Biological treat.	Use of soil
5	Yoko-o	Yes	Biological treat.	Use of soil
6	Mt.Fuji	Yes	Biological treat.	Use of oyster shell
7	Karuizawa	Yes	Biological treat.	Use of oyster shell
8	Mt.Hodo	Yes	Biological treat.	Use of membrane
9	Shiraitonotaki	Yes	Biological treat.	Use of chips

L-classification : Large classification

S-classification : Small classification

Biological treat : Biological treatment

ギー等を用いた環境に優しい山岳トイレ導入促進事業」を実施した。本事業は、山岳地域に太陽光、風力、水力等を用いた環境に優しいエネルギーやし尿処理施設の導入促進を図り、長野県の貴重な財産である山岳環境を保全することを目的としたものである。実施した事業は、1) 山小屋経営者を対象としたアンケート調査、2) 浄化槽あるいは再生可能エネルギー施設関係のメーカーと山小屋の協力による技術の実証試験、3) 山小屋におけるトイレ及び再生可能エネルギーの現地調査、に大別され、一部の結果は既に公表済みである⁴³⁾。

また、環境保全研究所も、夏沢鉱泉及び赤岳展望荘において、合併処理浄化槽及び再生可能エネルギーに関する実証試験を実施中である。

9. まとめ

1970年代初頭に、長野県下各地で実施された山岳地域の湧水、河川水調査に伴うC-bact汚染問題を契機に、山小屋のし尿投棄が大きな社会問題になった。その対策として、関係者は1985年頃から各種のし尿処理対策会議を開催し、1989年からは衛生公害研究所が処理技術の開発を開始した。衛生公害研究所で開発したSAT法では、BOD及びTPは99%以上、またCOD及びTNは80%以上の除去効果が期待できること、またC-bactは、下水道や浄化槽放流水における技術上の基準以下に減少することが実証された。浸透水中のTN濃度の平均は、地下水の環境基準値以下であったが、時としてこれを上回ることもあったので、その対策が必要とされている。SAT法は2007年現在、横尾山荘及び常念小屋において実施として稼働中である。

1998年には、第1回全国山岳トイレシンポジウムが開催され、山岳地域におけるし尿処理問題は、全国的な流れとなった。こうした背景もあり、環境庁(省)では1999年から山岳地域へのし尿処理施設の設置等に関する補助制度を開始した。

補助制度が確立されたことにより、し尿処理施設が山小屋へ急速に普及し始め、この間の普及件数は2007年現在全国で87軒、長野県内では32軒に及んでいる。また、2002年から開始された県単独の補助制度利用件数は8件となっている。

開発されたし尿処理施設は、全体として開発途上という側面もあり、処理機能等に関する詳細な情報が不足していた。環境省が2003年より開始した環

境技術実証モデル事業(山岳トイレし尿処理技術分野)では、長野県が2004～2005年に実施した分を含め、2006年までに9つのし尿処理施設が実証済みで、インターネットにより情報提供されている。

10. 今後の課題

長野県下には、現在でも50～60軒の山小屋がし尿を未処理のまま投棄している。前記したとおり2002年に「信州山岳環境保全のあり方研究会」が取りまとめた報告書²³⁾では、「おおむね10年以内に県内の山岳地におけるトイレからし尿の投棄をなくす」旨の目標が掲げられており、この目標を達成することが当面の最重要課題と考えられる。そのためには、現在し尿の投棄を行っている山小屋が抱える課題を明らかにし、それらを一つ一つ取り除いていくことが必要である。また、これまで設置促進に効果のあった事項を集約し、有効なものは拡充していくことが必要である。

これまで実施されてきた調査では、技術、費用及び許認可等がし尿処理施設設置に当たったの共通の課題としてあげることができる。技術問題に関しては、これまで長野県はSAT法等の技術開発、開発した技術の実証試験、開発・実証した技術の山小屋への普及等の取り組みを行ってきた。また2005年からは山小屋と民間企業の協力により、企業が開発したし尿処理技術等の実証試験を実施し、情報提供を行ってきた。一方、2003年からは環境省が「環境技術実証モデル事業」を実施し、全国的に処理技術の実証を実施中である。実証対象技術は、原則として山岳地域へ汚濁成分を排出しない非放流式であり、それらの技術確立が強く望まれている。このような技術の開発、実証、改良は、し尿処理施設の普及には必要不可欠であり、拡充していくことが求められている。また、現在の実証試験の多くは、実証対象施設が設置後間もないもので、実証期間も1年以内である。処理施設は長期間利用するものであることを考慮すると、長期間使用後の実証試験等も必要と考えられる。このような実証を行うことにより、施設に対する信頼性がより高まり、普及が促進されることが考えられる。

費用面では、現在国及び長野県等が実施している補助制度の拡充が望まれる。前記したとおり、これらの補助制度が確立されて以降、山小屋への処理施

設設置が急速に進行したことを考えると、その重要性が再認識される。

処理施設設置に必要な敷地に関しては、様々な制約があり拡大が困難な部分もあるが、し尿処理の面から見ると、土地利用等に関し柔軟な対応が望まれる。

以上述べてきたとおり、山岳地域のし尿処理問題は、山小屋によっては100年近く継続してきた問題であるが、この30～40年間多くの関係者、関係機関の努力・協力により着実に前進している。山岳環境保全分野において、「持続可能な開発」を進めるためには、これまでの取り組みの中でも示されたように、様々な立場の人たちが、山岳環境保全という共通の目標を見据え、一致点での協力関係を創造的に継続・発展させる努力が必要と考える。

謝 辞

本報告は、衛生公害研究所が実施した事業を中心に、関係機関の取り組みを取りまとめたものである。事業推進にご協力いただいた同研究所の環境化学部、水質部及び同研究所改組後の環境保全研究所環境保全部の皆さんに厚くお礼申し上げます。また、山小屋の現地調査にご協力いただいた多くの皆さんにお礼申し上げます。

当所で実施した調査は、主に廃棄物対策課、環境自然保護課、環境政策課事業として実施した。また、これらの調査は、(財)日本環境整備教育センター、(社)長野県公害防止管理協会等との共同研究あるいは(財)長野県テクノハイランド開発機構の事業としても実施した。お世話になった皆さんに厚くお礼申し上げます。

SAT法の実証試験は、横尾山荘、常念小屋において実施した。長期にわたり多大なご協力をいただいたことに厚くお礼申し上げます。

山小屋の現地調査に当たっては、多くの山小屋経営者、従業員の皆様にご協力をいただいた。お忙しい中間き取り調査等に対応していただいたことに厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 山と溪谷社(2008)山の便利帳.
- 2) 環境省(2001)平成13年度山岳環境浄化対策推進方策検討調査業務報告書.
- 3) 豊科保健所(1980)豊科保健所事業概況書.
- 4) 豊科保健所(1981)豊科保健所事業概況書.
- 5) 豊科保健所(1982)豊科保健所事業概況書.
- 6) 環境科学研究会(1980)山岳観光地における環境浄化対策調査報告書.
- 7) 環境庁自然保護局(1981)梓川源流部の排水水による汚染の実態と対策調査報告書.
- 8) 長野県衛生公害研究所(1981)登山に起因する日本アルプスの環境汚染.
- 9) 大町保健所(1991)大町保健所管内山岳地域の河川等水質調査結果.
- 10) 大町保健所(1992)大町保健所管内山岳地域の河川等水質調査結果.
- 11) 大町保健所(1993)大町保健所管内山岳地域の河川等水質調査結果.
- 12) 大町保健所(1994)大町保健所管内山岳地域の河川等水質調査結果.
- 13) 大町保健所(1995)大町保健所管内山岳地域の河川等水質調査結果.
- 14) 大町保健所(1996)大町保健所管内山岳地域の河川等水質調査結果.
- 15) 大町保健所(1997)大町保健所管内山岳地域の河川等水質調査結果.
- 16) 大町保健所(1998)大町保健所管内山岳地域の河川等水質調査結果.
- 17) 長野県山岳総合センター(1989)調査・研究、北アルプスの水場の調査・中間報告、長野県山岳総合センター所報第43号.
- 18) 長野県山岳総合センター(1990)調査・研究、北アルプスの水場の調査・中間報告、長野県山岳総合センター所報第44号.
- 19) 南安曇郡山岳観光地におけるし尿処理対策小委員会(1988)山岳観光地におけるし尿処理の将来対策についての中間報告.
- 20) 鈴木富雄, 松井優實, 小沢秀明, 矢島弘志, 降旗敦海, 桜井善雄(1990)嫌気ろ床-トレンチ方式による山岳地域のし尿処理, 長野県衛生公害研究所報告, 13, 36-40.
- 21) 長野県生活環境部(1994)山岳地域におけるし尿等の適正処理に関する調査研究報告書.
- 22) (長野県庁内)し尿処理研究会(2001)山小屋におけるし尿処理に係る意向調査結果書.
- 23) 信州山岳環境保全のあり方研究会(2002)信州山岳環境保全のありかた研究会第1次報告.
- 24) 信濃毎日新聞社編(2002)北アルプストイレ

- 事情, みすず書房.
- 25) 長野県(1999) 山岳地域におけるし尿等の適正処理に関する調査研究報告書(第2次報告).
- 26) 降籟敦海, 鈴木富雄, 井上吉治, 太田宗康, 河原純一(1990) 山小屋のし尿処理に関するアンケート調査, 長野県衛生公害研究所調査研究報告, 13, 13-22.
- 27) 林 弘道, 鈴木富雄, 松井優実, 野村幸弘, 矢島弘志, 小沢秀明, 降籟敦海(1991) 3種の薬品によるし尿の消毒効果について, 長野県衛生公害研究所調査研究報告, 14, 34-37.
- 28) (長野県) し尿浄化槽放流水地下浸透処理研究委員会(1988) し尿浄化槽放流水の地下浸透に関する指導基準.
- 29) 中西 弘(1991) し尿処理, 水質汚濁研究, 14, 766-771.
- 30) 鈴木富雄, 松井優実, 中山 隆, 山岸智子, 丸山正人, 国安克彦(1999) ろ過, 接触酸化及び土壌浸透処理を組み合わせた山岳地域のし尿処理, 水環境学会誌, 22, 46-53.
- 31) 国松孝男(1985) 土壌による排水処理の実際と展望, 公害と対策, 21, 1357-1381.
- 32) 鈴木富雄, 山浦源太郎, 樋口澄男(1983) トレンチ方式による旅館排水の地下浸透とその土壌への影響, 水質汚濁研究, 6, 343-352.
- 33) 鈴木富雄, 樋口澄男, 山浦源太郎(1985) トレンチ方式によるし尿浄化槽放流水の地下浸透とその土壌への影響, 水質汚濁研究, 8, 587-594.
- 34) 長野県生活環境部, 長野県衛生公害研究所(1986) し尿浄化槽放流水の地下浸透に係る水質, 土壌及び地域許容量等の調査.
- 35) 鈴木富雄, 村上隆一(2007) 植種-ばっ気-トレンチ法(SAT法)による山岳地域のし尿処理, 長野県環境保全研究所研究報告, 3, 27-33.
- 36) 日本トイレ協会(1998) 山岳トイレ整備ガイド.
- 37) 日本トイレ協会(2000) 山のトイレ事例発表会資料集.
- 38) 日本トイレ協会(2001) 全国山岳トイレシンポジウム in 松本資料集.
- 39) 日本トイレ協会(2002) 第4回全国山岳トイレシンポジウム in 富山資料集.
- 40) 富士山憲章制定5周年事業実行委員会(静岡県・山梨県), 富士宮市, 日本トイレ協会(2003) 第5回全国山岳トイレシンポジウム資料集.
- 41) 環境省(2008) 山岳トイレ技術シンポジウム資料集—山岳トイレ技術の現状と将来—.
- 42) 長野県(2005) 環境技術実証モデル事業(山岳トイレし尿処理技術分野委託業務完了報告書).
- 43) 環境保全研究所(2007) 再生可能エネルギー等を用いた環境に優しい山岳トイレ導入促進事業報告書—山小屋の諸条件とし尿処理法の類型化に関するアンケート調査結果報告書—

A progress of problems and the countermeasures on human excreta treatment in alpine zones
— Efforts practiced mainly in Nagano Prefecture —

Tomio SUZUKI

*Nagano Environmental Conservation Research Institute, Environmental Conservation Division,
1978 Komemura Amori Nagano, 380-0944 Japan*

Abstract

Nagano Prefecture is one of the most mountainous areas in Japan in which many high mountains 2,000-3,000 meters above the sea level are lying. Human excreta stored in the vault toilets at the lodges in alpine zones have been dumped near the lodges without treatment for a hundred years because a sewerage system, a johkasou system or vault-toilet & vacuum-car system which has been widely used in many cities has been scarcely applied in the zones because of the severe natural conditions.

The influence of human excreta dumping first appeared as the problem of water pollution by coli form bacteria about 40 years ago in several rivers or springs in alpine zones. These results have attracted attentions of many people to this problem. Consequently, many conferences against the problem have been held during last 30 years. However, treatment facilities of human excreta have been scarcely applied for long period because suitable technologies which can treat human excreta in alpine zones have been scarcely developed after the establishment of the conferences. Nagano Research Institute for Health and Pollution developed exclusive human excreta treatment systems called SAT method which would be applied in alpine zones. This is an aerobic treatment and a land application combination system. The removal efficiency of BOD would be expected 99% by using SAT method. The method has been applied at Yoko-o lodge and Johnen lodge from 1999 and 2000, respectively.

The problems of human excreta treatment have been appeared not only in Nagano Prefecture but also in other alpine zones of all over Japan. Therefore, Ministry of the Environment has been performing a project of offering grants to the lodges which would introduce human excreta treatment facilities. Consequently, more than 80 lodges had introduced human excreta treatment facilities using this grant system from 1999 to 2006 in Japan.

Further cooperation among many organizations and individuals conserving alpine environment would be required in order to accomplish "sustainable development" in alpine zones.

Key words : human excreta treatment, wastewater treatment, mountain area, alpine zone, SAT method