

環境技術

3 | 2022
VOL. 51

CONDEN:KAGIDX 51(3)117~174
(2022)
ISSN 0388-9459

JOURNAL of ENVIRONMENTAL CONSERVATION ENGINEERING

令和4年5月20日発行（奇数月20日発行第51巻 第3号）【通巻 第580号】

特集 浄化槽整備の現状と課題について

特集のねらい

浄化槽整備の現状と課題

宇部市における下水道整備計画の見直しと浄化槽普及の促進

広島県における浄化槽管理者への意識調査結果と適正処理の促進

浄化槽の技術動向について

浄化槽の海外展開の現状と展望

／トピックス／下水道への紙オムツ受入実現に向けて

[研究ノート] UFB水スクラバによるバイオ燃料の排気ガス中のばいじん処理

[解説] 水中微小生物と浄水処理障害

[解説] わが国の再生可能エネルギーの歴史—再生可能エネルギー軽視から脱却を

[書評] 『ダイオキシンと腸内細菌・「21世紀病」—共通の作用点からの考察』

- 環境技術学会 第22回 年次大会 研究発表・参加募集
- 環境技術学会 2022 年度（第52期）通常総会のご案内
- 査読付き論文特集号への論文投稿のご案内
—「環境技術」6号（11月発行）—

SOCIETY of ENVIRONMENTAL CONSERVATION ENGINEERING

環境技術学会

<https://www.jriet.net/>

浄化槽の海外展開の現状と展望

田畑 洋輔*・酒井 利泰*

キーワード：分散型排水処理システム、浄化槽、生活排水、海外展開

1. はじめに

日本の2020年度末における汚水処理人口普及率は92.1%に達したものの、いまだに約994万人が汚水処理施設を利用できない状況となっている¹⁾。また、現在も約364万基の単独処理浄化槽が残存しており²⁾、合併処理浄化槽への転換が課題となっている。2000年の浄化槽法の改正に伴って、し尿のみを処理して雑排水を未処理のまま放流する単独処理浄化槽の新設が禁止されたが、既設の単独処理浄化槽の合併処理浄化槽への転換は遅々として進んでいない。また、(一社)浄化槽システム協会の出荷統計によると、2000年以降の浄化槽の出荷基数は年々減少しており、2020年度は104,865基/年となった³⁾。以上のように、既設単独処理浄化槽の合併処理浄化槽への転換を進めることは、水環境保全の観点だけでなく、浄化槽業界としても大きな課題となっている。

一方で、海外に輸出される浄化槽は年々増加しており、2020年までに49カ国に小型浄化槽が35,953基、中大型浄化槽が1,302基設置された⁴⁾。国別に見ると、中国が26,247基で最も多く、オーストラリアの4,581基、アメリカの2,378基、ベトナムの1,325基の順となっている。浄化槽を海外に輸出する際にまず考えないといけないのは、現地の認証制度や基準に適合しているかどうかである。そして、販売された浄化槽の施工が適切に行われ、継続的に維持管理されることを事前に確認しておくことが重要である。

本論では、主な国における分散型排水処理システムの認証制度や水質基準を整理する。つぎに、各市場において日本製浄化槽がどのように使用さ

れているかを具体的な事例を用いて紹介する。そして最後に、浄化槽システムの日本および海外における展望をまとめる。

2. 各国の基準

2.1 流入水質

日本、豪州、米国、EUの性能評価試験(以下、それぞれ日本試験、豪州試験、米国試験、EU試験とする)は、それぞれの国で認定された試験機関で行われる。各試験における流入水質を表1に示す⁵⁻¹⁰⁾。すべての水質項目において、日本よりも他国の濃度が高い傾向があり、範囲も広く設定されている。日本試験では、薬品等による原水調整を行い可能な限り標準値に近い流入水濃度で試験する方法が主に採用されているのに対し、他国では実排水のままで試験することが重視されていると思われる。

2.2 放流水質

各国の放流水質基準を表2に示す^{5-9,11)}。日本のBOD基準は10~20 mg/Lが一般的であるが、他国についても大きな差は見られない。CODについては、日本ではCOD_{Min}、ドイツではCOD_{Cr}の基

表1 各国の性能評価試験における流入水質

(単位: mg/L)

	日本	豪州	米国	EU
BOD	180~220	150~750	100~300	150~500
SS	145~175	150~750	100~350	200~700
窒素	TN: 40~50	TN: 20~150	TKN: 35~70	TKN: 25~100 NH ₄ -N: 22~80
TP	3~7	4~25	—	5~20

Current Status and Future Prospects of Japanese Onsite Wastewater Treatment System in Foreign Countries

* フジクリーン工業(株)海外事業部 TABATA, Yosuke, SAKAI, Toshiyasu

表2 各国の放流水質基準

(単位：mg/L)								
	日 本	豪 州		米 国		ドイツ		
		Secondary	Advanced Secondary	NSF40	NSF245	C クラス	N クラス	D クラス
BOD	20, 15, 10, 5	20	10	25 (CBOD)	25 (CBOD)	25	15	15
COD	COD _{Mn} ： 30, 15, 10	—	—	—	—	COD _{Cr} ： 100	COD _{Cr} ： 75	COD _{Cr} ： 75
SS	20, 15, 10, 5	30	10	30	30	75	50	50
窒 素	TN： 20, 15, 10, 5	TN：15 (栄養塩除去型)		—	TN： 50%除去	—	NH ₄ -N： 10	NH ₄ -N：10 無機態 N：25
TP	2, 1, 0.5, 0.1	2 (栄養塩除去型)		—	—	2 (リン除去型)		

準が設定されている。ドイツでは維持管理の際にCOD_{Cr}を測定することで、システムの処理性能が確認されている。SSについては、日本よりも他国の基準が高めに設定されている。

日本と同様に他国でも、湖沼や内湾等の閉鎖性水域や水源に近い地域において、栄養塩除去が重視されつつある。豪州と米国では国レベルの基準以外に、州や地域ごとに栄養塩除去の基準が設定され、追加試験やフィールド試験に合格しなければならぬケースもある。

2.3 試験条件

豪州、米国、EU の性能評価試験方法を日本試験と比較して表3に示す⁵⁻¹⁰⁾。最も大きく異なるのが温度制御の有無であり、日本試験では温度制御条件下で試験を行う恒温短期評価試験方法が多く採用されているのに対し、他国では屋外で温度制御なしで試験される。ただし、豪州試験では冬の性能を確認するために、試験期間中に冬の3ヵ月(6月、7月、8月)を含める必要がある。本試験期間については、日本試験が最短8週間

という短期間に終了するのに対し、豪州試験は34週間、米国試験は26週間、EU 試験は38週間と長期間の試験が実施される。日本試験では汚泥投入操作を行うことで、汚泥貯留性能が限界に近い条件下で試験し、短期間で試験を終了できるように工夫されている。日本では毎年1回以上の清掃が義務付けられているのに対し、他国では汚泥蓄積量が基準値を超えた際に清掃するのが一般的である。そのため、汚泥貯留性能を厳密に試験で評価する必要がないという背景があるが、顧客ニーズとして少なくとも2～3年以上の汚泥貯留性能が求められる国が多い。

ピーク流入については、日本試験のみで毎日流入することになっている。日本以外ではバスタブからのピーク排水が一般的でないという事情が反映されていると考えられる。

最後にストレス試験については、日本試験では低負荷試験と高負荷試験があるのに対し、他国では実際の使用で想定される多様なストレス試験が行われる。洗濯日、停電、ブリーチ流入、長期休

表3 各国の性能評価試験方法

	日 本	豪 州	米 国	EU
温度制御	20℃、13℃	無 (冬期3ヵ月を含む)	無	無
馴養期間	最長8週間	最長8週間	最長3週間	受験者が決定
本試験期間	最短8週間	34週間	26週間	38週間
ピーク流入	毎日	ストレス試験で実施	無	1回/週
ストレス試験	低負荷、高負荷	洗濯日、停電、高負荷、流入停止、ブリーチ流入、ピーク流入	洗濯日、共働き夫婦、停電、長期休暇	低負荷、停電、流入停止、高負荷

暇については、日本試験では考慮されていないが、処理性能に与える影響は大きいと想定される。

日本と他国の試験方法を比較すると、温度制御の有無、本試験期間、ストレス試験において大きな差がみられる。日本では温度制御や汚泥投入を行って、一定の試験条件下で短期間に性能を評価する合理的な方法が確立されている。一方で他国については、実現場にできるだけ近い条件で試験することが重視された試験方法になっている。とくにストレス試験には様々な使用条件が考慮されているため、日本製浄化槽で他国の試験を受ける際には、これらのストレス試験に耐えられる設計になっているかを事前に確認しておく必要がある。

3. 各国の事例

3.1 豪 州

2017年の豪州基準改定に伴い、認証基準が適用される水量が2,000 L/日以下から1,200～5,000 L/日に拡大された⁷⁾。性能面においても、アドバンストセカンダリと栄養塩除去型の水質基準が追加された。また、停電や故障といった異常時でも未処理水が流出しないように構造に関する規定も具体化された。例えば、2,000 L/日未満のシステムは1,000 L/日以上、2,000 L/日以上システムは1日あたりの流入水量の50%に相当する容量以上の緊急貯留容量をシステム内に確保する必要がある。これにより、停電や放流ポンプの不具合等によって処理水を放流できない状態になった場合でもすぐに槽内から汚水が溢れることが防止されている。豪州ではすべてのシステムについて、機器故障時や高水位時の視聴覚的な警報装置を設置する必要がある。これに加えて、2017年の改正では3,000 L/日以上システムにはバックアップ電源と遠隔監視装置の設置が新しく規定された。以上のように、2017年の豪州基準の改定により、従来以上に高度かつ安定的な処理システムが求められるようになってきている。

豪州ではFuji Clean Australia Pty. Ltd. (FCA) が、日本で設計された家庭用排水処理システムACE1200をはじめ、小型槽から大型槽までを販売している。また、True Water Austraria社はFCAのACE1200とともに(株)コボタの中大型浄化槽を販売している。ACE1200の処理フローは、夾

雑物除去槽、嫌気ろ床槽、接触ろ床槽、処理水槽、放流ポンプ槽となっており、緊急貯留容量を考慮した容量の放流ポンプ槽が組み込まれている。放流ポンプ槽に貯留された処理水は水中ポンプにより敷地内の土壤に浸透放流される。

豪州における施工例を写真1に示す。日本とは異なり、処理槽の上部にブロワボックスが取り付けられているのが特徴的である。また、設置工事ではベースコンクリートやスラブコンクリートは施工されないことが一般的である。セプティックタンクが主に使用されていた頃からコンクリート製のタンクが主流であったことが影響していると考えられる。2004年の文献によると、当時の豪州では材料や加工費が高価で、粗雑な埋め戻し工事に耐えられないFRPは使われておらず、2社がPE製のタンクを採用していた以外はコンクリート製であったとされている¹²⁾。ACE1200をはじめFCAの製品はすべてFRP製であり、ベースコンクリートやスラブコンクリートなしで施工されているが、これまでにタンク破損等の大きな問題は発生しておらず、適切な設計と施工が行われればFRP製であっても問題がないことを示している。むしろコンクリート製に比べて軽量でコンパクトであるという長所が高く評価されている。

豪州ではセプティックタンクから下水道や分散型排水処理システムに転換する取り組みが進められている。ビクトリア州郊外のブラックウッドでは公衆衛生と環境を改善するため、約100戸の住宅からの排水を下水道に接続する計画を立てていたが、地形的な制約によりAU\$70,000,000を超える費用がかかると試算された。そこで政府は下



写真1 豪州の施工例

水道ではなく FCA の CE1500EX (ACE1200の旧モデル)を採用することを決定し、最終的にビクトリア州の AU \$ 3, 100, 000と各施主の負担額 AU \$ 800で2019年に整備が完了した^{13,14)}。今後も、分散型排水処理システムを活用して排水処理インフラ整備が促進されていくことが期待される。

3.2 米 国

米国認証として、CBOD と SS 除去を対象とした NSF40, CBOD と SS に加えて窒素除去50%までを含んだ NSF245, 処理水の再利用を対象とした NSF350があり、指定された試験場で試験し合格することで取得できる^{8,9,15)}。しかし、これらの認証を取得しただけでは販売することはできず、各州や地域ごとに認証を取得する必要がある。NSF 試験よりも厳しい水質基準が設定され、数十件以上の現場試験を数年間行わなければならないケースもあり、分散型排水処理メーカーにとって、認証取得にかかる時間と費用が新規参入や新商品投入の大きな障壁となっている。

米国では Fuji Clean USA, LLC (FCU) がフジクリーン工業㈱の CE 型と CEN 型を販売している。豪州と同様に放流水は敷地内の土壤に浸透されることがほとんどであり、ポンプ圧送の場合には、現地調達放流ポンプ槽が別置きで設置されている。また、米国でも豪州と同様に、プロワの故障と異常水位の警報システムを設置する必要がある。ベースコンクリートやスラブコンクリートの敷設は行われないが、これまでにタンク破損等の大きな問題は発生していない。

ニューヨーク州のサフォーク郡では、独自に分散型システムの認証制度を作り、セスプールやセプティックタンクを認定品に入れ替えるプログラムを進めている^{14,16)}。サフォーク郡はニューヨーク州にある62郡の中で4番目に大きい郡であり、その74%は下水道に接続されていない。サフォーク郡では、セスプールやセプティックタンクが約38万基設置されており、海水浴場の閉鎖や魚介類の減少等の問題が深刻化している。とくに、セスプールやセプティックタンクからの窒素の排出が問題とされており、TN を19 mg/L 以下にまで処理可能な Innovative and Alternative Onsite Wastewater Treatment System (I/A OWTS) の設置が推進されている。I/A OWTS を設置する場合には、

ニューヨーク州とサフォーク郡から最大3万ドルの補助金を利用することができる。FCU もこのプログラムに参加しており、実現場における認証試験の結果、基準の19 mg/L を達成し、約45%のシェアを確保している。

アーカンソー州における大型浄化槽の施工例を写真2に示す。約100棟の住宅からの排水を1カ所に集めて大型浄化槽のクラスター方式で処理されている。この区域ではさらに住宅が建築される計画になっており、それに併せて大型浄化槽が追加設置される予定である。このように、下水道と個別分散型処理システムに加えてコミュニティーレベルのクラスター方式を併用して、汚水処理インフラの整備が効率的かつ効果的に進められている。

3.3 欧 州

欧州ではフジクリーン工業㈱の子会社である Ammermann GmbH がドイツを中心に日本製浄化槽を販売している。また、ドイツ以外にもルーマニアやイギリス等でも日本製浄化槽が設置されている⁴⁾。ドイツにおける施工例を写真3に示す。ドイツではコンクリート製や PE 製の SBR システムが多く使用されている。これらのシステムは日本製浄化槽よりも安価であるため、日本製浄化槽を普及させるためには、性能・施工性・維持管理性の差別化が必要となる。

日本製浄化槽を日本と EU の性能評価試験方法で試験し性能を比較した結果、EU の流入汚濁量を考慮し、流入水量を日本の3/4の水量に設定することで、日本と同等の BOD と SS の処理性能が得られたことが報告されている¹⁷⁾。このよう



写真2 浄化槽を利用した集合処理の例 (Google Map)



写真3 ドイツの施工例

に、日本製浄化槽をそのまま海外に輸出するのではなく、現地の水使用条件や気候等に合うように設計をカスタマイズすることが海外展開を成功させる一つのポイントになると考えられる。

4. おわりに

豪州、米国、EU には日本と同様に分散型排水処理システムの性能評価試験や認証の制度が存在している。また、施工や維持管理に関わる考え方も国によって異なっている。そのような中でも、日本製浄化槽は各国の認証を取得し、輸出基数を急速に伸ばしている。今後、現地の制度やライフスタイルへの理解をさらに深め、設計を現地に適合させていくことで、日本製浄化槽が海外で活躍する場はますます増加すると思われる。

一方で、海外の分散型排水処理の制度や現状を見ると、そこから日本が学ぶべき点もある。制度の点では、性能評価試験におけるストレス試験の実施、プロワや異常水位の警報システム、清掃時期の考え方、施工方法等には参考になるものもあると思われる。また、豪州で費用対効果を考慮して下水道から浄化槽による整備に切り替えた事例、米国ニューヨーク州サフォーク郡におけるセスプールやセプティックタンクから認定システムへの入れ替えを促進する補助金制度、米国アーカンソー州における複数住宅からの排水を大型浄化槽で処理する方法等は、単独処理浄化槽の合併処理化を促進し、汚水処理人口普及率をさらに引き上げていくヒントになるとと思われる。

日本の浄化槽システム発展の歴史に、海外展開の経験を加えて、日本で発展した浄化槽システムが世界の排水処理インフラの整備に貢献していくことが期待される。

参考文献

- 1) 環境省；“令和2年度末の汚水処理人口普及状況について”，<https://www.env.go.jp/press/109922.html>, (参照 2022-02-14)。
- 2) 環境省；“令和2年度における浄化槽の設置状況等について”，<https://www.env.go.jp/press/110642.html>, (参照 2022-04-17)。
- 3) (一社)浄化槽システム協会；“浄化槽機種別出荷台数推移表”，http://www.jsa02.or.jp/05koho/pdf/syukka_suii.pdf, (参照 2022-02-14)。
- 4) (一社)浄化槽システム協会；令和2年度次世代浄化槽システムに関する調査検討業務報告書，2021。
- 5) (一財)日本建築センター；浄化槽の性能評価方法（追記・解説版）Ver. 1.07（2011/04/01）。
- 6) (一財)日本建築センター；浄化槽の性能評価方法細則（追記・解説版）Ver. 1.13（2018/2/1）。
- 7) Australian standard; AS 1546.3: 2017, On-site domestic wastewater treatment units Part 3: Secondary treatment systems.
- 8) NSF International Standard / American National Standard; NSF/ANSI 40-2019, Residential Wastewater Treatment Systems.
- 9) NSF International Standard / American National Standard; NSF/ANSI 245-2019, Residential Wastewater Treatment Systems-Nitrogen Reduction.
- 10) European committee for standardization; EN 12566-3: 2005 + A1 Small wastewater treatment systems for up to 50 PT-Part 3: Packaged and/or site assembled domestic wastewater treatment plants.
- 11) Deutsches Institut für Bautechnik; Zulassungsgrundsätze Kleinkläranlagen, Februar 2014 (ドイツ語)。
- 12) 千葉昭；オーストラリアの生活排水処理の現状ーラッキーカントリー異聞ー，月刊浄化槽，(338)，2004。
- 13) フジクリーン工業㈱；フジクリーンレポート：豪州の集落で100基以上のフジクリーン浄化槽が採用，水の話，(186)，2020。
- 14) M. Tsuge, Y. Tabata, T. Sakai, and Y. Matsumiya; Innovative approach for achieving clean water with factory-made sewage treatment system for suburb communities, The 57th Japan annual technical conference on sewerage, 2020.
- 15) NSF International Standard / American National Standard; NSF/ANSI 350-2019, Onsite Residential and Commercial Water Reuse Treatment Systems.
- 16) Reclaim Our Water; Septic Improvement Program, <https://reclaimourwater.info/Septic-Improvement-Program>, (参照 2022-02-22)。
- 17) 古市昌浩，張思齊，日比野淳，西村修，山崎宏史；日本製浄化槽の海外適用化に関する設計手法の検討と処理性能の検証，土木学会論文集 G（環境），74, (7), p.III_9-III_18, 2018。