

河川環境総合研究所資料  
第 19 号

湿地浄化システムに関する第 10 回国際会議調査報告書

平成 19 年 2 月

財団法人 河川環境管理財団  
河川環境総合研究所

# 目次

## はじめに

1. 国際会議の概要と調査日程 .....	1
1.1 国際会議の概要 .....	1
1.2 調査日程 .....	2
2. 国際会議の内容 .....	3
2.1 会議の内容 .....	3
2.2 総括講演の概要 .....	8
2.3 ポスター発表 .....	16
3. ポルトガル現地視察 .....	18
3.1 中部地方Anobra CW施設 .....	18
3.2 Alcochete市 Barroca D'Alva 下水処理場 .....	23
3.3 Beja市Sado 下水処理場 .....	26
4. フランスの人工湿地技術 .....	31
4.1 Cemagrefの機関概要 .....	31
4.2 フランスの人工湿地技術 .....	32

資料：A Survey of Constructed Wetlands in Japan（日本における人工湿地の概要）  
第8回湿地浄化システム投稿論文

## はじめに

(財)河川環境管理財団では、国土交通省霞ヶ浦河川事務所とともに、平成8年度より霞ヶ浦流入河川の山王川での植生浄化に関する実験を継続して行うとともに、清明川河口域における植生浄化施設において適切な維持管理方法に関する調査を継続してきている。平成14年にはこれらの調査結果に全国の植生浄化の事例の調査結果も合わせて、「植生浄化施設計画の技術資料」(河川環境総合研究所資料第5号)を作成した。現在、山王川実験施設での浸透流の実験結果、および最近に得られた清明川実施施設などでの知見を基に、この技術資料の改訂作業を行っているところである。今回、ポルトガルのリスボンで『湿地浄化システムに関する第10回国際会議』が開催されることを聞き及び、技術資料の改訂作業に参考となる植生浄化に関する資料の収集と、山王川実験施設で実施している黒ボク土壌を用いた浸透流型植生浄化の試験成績を発表するために、本会議に参加することにしたものである。本報告書は、この国際会議の参加の概要をまとめたものである。国際会議の参加は、東京本部から佐藤和明技術参与、小島富士夫第2部主任研究員、名古屋事務所より刑部博調査係長、また外部より(株)建設技術研究所の根岸均水システム部次長の4名であった。

人工湿地(Constructed Wetland, CW)の技術は、1960年代に原型が開発されたという比較的新しい技術と見ることができる。本会議においてもそれ以降のこの技術の世界への適用について総括的な講演がなされた。また、20年に亘る人工湿地施設の機能の持続性についての詳細な調査結果の発表もあった。この会議を組織している中心メンバーは人工湿地技術を開発、適用、改良してきた、いわばCWの育ての親の役目を果たしてきた科学者、技術者である。ヨシなどの植物体の土壌への酸素供給能力は当初期待されたものではなかったなど、率直な評価も発表された。現在は、これまで標準的な設計となっていた水平浸透流のCWから垂直流のCW技術に期待がかけられているようである。これは垂直流CWにおいて間欠的な散水負荷の導入により有利な酸素供給の環境をつくりあげ、課題となっていた硝化処理の促進を図ることができたためと考えられる。今回、この垂直流のCWの実施の最先端をフランスでみることもできた。

わが国においては汚濁した河川水を処理の対象として専らCW技術が適用されてきたが、欧米でも最近では雨天時排水を対象にしたCW技術の検討が行われるようになってきている。現在は、こうした共通する観点からの議論も出来るようになってきているのではないかと思われる。CW技術に関する現在の世界の状況を本報告書で読みとっていただければ幸いである。

平成19年2月

## 1. 国際会議の概要と調査日程

### 1.1 国際会議の概要

第10回湿地浄化システム国際会議(10<sup>th</sup> International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control)が、ポルトガルの首都リスボンで、2006年9月23-29日の期間で開催された。この国際会議を開催した主催者の代表は、国際水協会(IWA, International Water Association)の湿地浄化システムの専門家グループ(Specialist group)である。IWAの中には現在50程度の専門家グループが組織されており、それぞれの分野で独自の国際研究活動が実施されている。

湿地浄化システムの専門家グループは、表1-1に示すように過去20年間で10回の国際会議を開催してきている。日本の専門家のこの会議の参加はこれまでかなり限られてきたということであるが、5回での東京農工大学の細見正明先生の参加を契機に以降数名が参加しているということである。8回には土木研究所の中村圭吾主任研究員が参加し、このときは河川環境管理財団も共著の論文を発表していただいている。(巻末資料参照)

表 1-1 IWA 湿地浄化システム国際会議開催経緯

回	(開催年)	国	都 市
1	(1988)	USA	Chatternooga (テネシー州)
2	(1990)	英国	ケンブリッジ
3	(1992)	オーストラリア	シドニー
4	(1994)	中国	広州
5	(1996)	オーストリア	ウィーン
6	(1998)	ブラジル	Aguas de Sao Pedro
7	(2000)	USA	フロリダ
8	(2002)	タンザニア	Arusha
9	(2004)	フランス	アヴィニオン
10	(2006)	ポルトガル	リスボン

今回、第10回の会議への出席者総数は、約300名であるが、その国別内訳を表1-2に示す。開催地のポルトガルからの参加者は多いが、スペイン、アメリカ、イギリス、ドイツに続いて日本からも18名の参加があり、今回はかなりメジャーな参加国でもあった。

表 1-2 第10回 IWA 湿地浄化国際会議国別参加者数(全体約300名)

国	参加者数
ポルトガル	87名
スペイン	26名
アメリカ	21名
イギリス	18名
ドイツ	18名
日本	18名
イタリア	15名
オーストラリア	13名
アイルランド	13名
フランス	12名

## 1.2 調査日程

今回の調査日程を以下に示す。会議開催地リスボンに行く途中フランスのリヨンに寄り、フランスの農業・水に関する研究機関 Cemagref (Agricultural and Environmental Research Institute) のリヨン支局を訪問し、フランスの下水処理としての人工湿地 CW(Construct Wetland)の技術について説明いただくとともに、実施設を案内いただいた。

全体行程の地理的關係を図-1.1 に示す。

2006年9月21日(木)日本発パリ経由リヨン着

9月22日(金) Cemagref リヨン支局訪問

9月23日(土) リヨン リスボン

9月24日(日) 国際会議プレツアー

9月25日(月) 本会議 開会式

9月26日(火) 本会議

9月27日(水) 本会議

9月28日(木) 本会議 閉会式

9月29日(金) 国際会議ポストコンフェレンスツアー

9月30日(土) リスボン発(パリ経由で日本へ)

10月1日(日) 日本着



図 1-1 第 10 回湿地浄化システムに関する国際会議調査ルート

## 2. 国際会議の内容

### 2.1 会議の内容

#### (1) 開会式

10<sup>th</sup> International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control (第10回湿地浄化システムに関する国際会議)は、2006年9月25日から2006年9月28日まで、ポルトガルの首都リスボン郊外のテージョ川河口(湾)に面したCentro Cultural de Belem(ベレム文化センター)で開催された。



写真 2-1 会議場：Centro Cultural de Belem

会議は、IWA ポルトガル事務局長 Mr.V.Dias の挨拶で始まった。続いて、リスボン市長 Mr.A.C.Rodrigues、IWA 専門家グループ長 Prof.R.Haberl、ポルトガル環境大臣 Mr. F.N.Correia の挨拶があった。

Dias 事務局長より、本会議の参加者数は300人程で、開催国であるポルトガルから44名、隣国であるスペインから25名、続いてアメリカから20名、イギリスから17名、アイルランドから13名、イタリアから10名の参加が予定されている旨紹介があった。



写真 2-2 開会式の様子

## (2) 総括講演

開催時の総会では最初に、チェコの Dr.J.Vymazal から「抽水植物を用いた人工湿地について：実験から高度な処理技術まで」と題して人工湿地の歴史の変貌についての講演があった。

次に、デンマークの Dr.H.Brix より「20年におよぶデンマークでの人工湿地の経験から学ぶものは」と題して講演がり、ポルトガルの Ms.C.Canseiro から「ポルトガルにおける排水処理のための造成湿地：包括的なレビュー」、イギリスの Mr.P.Cooper から「人工湿地協会が所有する人工湿地の英国データベースについて」と続いた。最後にトルコの Dr.E.A.Korkusuz から「詳細な観測結果からの人工湿地の地中海諸国への適用について」と題して講演があった。次節に総括講演の概要を示す。

総括講演の後は、リスボン市にある植物園内に用意された会場で、盛大な歓迎式典が模様された。式典では、ポルトガルの伝統的な歌（ファド）が披露され、参加者同士の親睦を深めることができた。



写真 2-3 会議の様子



写真 2-4 歓迎式典



### (3) 本会議プログラム

本会議は次のようなプログラムで、テーマごとに2~3箇所の会議室に分かれ開かれた。

表 2-1 第 10 回湿地浄化システムに関する国際会議プログラム（本会議）

	セッション	セッション	セッション
9月25日			
09:00~10:00	開会式		
10:30~13:00	総括講演		
14:30~16:10	栄養塩除去	重金属処理	処理水再利用・病原菌除去
16:20~18:25	栄養塩除去	栄養塩除去	設計基準・運転操作
9月26日			
09:00~11:00	最適化・モニタリング	生態学的考慮	設計基準・運転操作
11:15~12:55	最適化・モニタリング	生態学的考慮	設計基準・運転操作
14:30~16:10	最適化・モニタリング	雨水排水・産業排水・埋立地浸出水	浸透流れの湿地
16:25~18:25	農業排水（表面流れ）	雨水排水・産業排水・埋立地浸出水	浸透流れの湿地
19:00~20:00	ポスターセッション		
9月27日			
09:00~10:40	生態学的考慮	処理水再利用・病原菌除去	
10:55~12:55	生態学的考慮	污泥処理・生態学的考慮	
14:30~16:10	ハイブリッドシステム	小規模施設（分散システム）	
16:30~19:00	ポスターセッション		
9月28日			
09:00~13:00	総括セッション		

会議の中で注目されたテーマとして、以下のような発表があった。

#### [栄養塩除去]

- ・ 湿地深層部の脱窒過程に及ぼす影響について（アメリカ）
- ・ 飼料米を植栽した自由水面流式の湿地における窒素の挙動について（日本：東京農工大学 細見先生）
- ・ 垂直流と水平流を組合せた造成湿地での窒素完全除去の可能性について（フランス）
- ・ 小規模造成湿地による埋立て浸出水の硝化脱窒能力と微生物群構成について（スウェーデン）



写真 2-5 会議でのテーマ発表の様子



#### [設計基準]

- ・ 人工湿地により水質改善を行うための牧草地での設計基準について（ブラジル）
- ・ 韓国の分散した集落のための自然で環境にやさしい排水処理システムの開発について（韓国）
- ・ 地中海の景観を考慮した人工湿地の設計制約と実施について（スペイン）
- ・ 人工湿地における植生土壌の種類の違いによる効果への影響について（ネパール）
- ・ 人工湿地における水理学的および有機物負荷の変動への寛容性について（イタリア）



写真 2-6 会議での質疑の様子

#### [運転操作及び性能]

- ・ 小集落排水を処理するためにスペインで設置された浸透式人工湿地の比較研究について（スペイン）
- ・ 人工湿地での排水浄化能力と温室効果ガス削減効果の評価について（日本：筑波大学）
- ・ 浮草によるフッ化汚染物質の取り込みについて（アメリカ）
- ・ 農村地帯の污水処理の現場から：水平流浸透式人工湿地と砂ろ過と生物ろ過の比較について（デンマーク）
- ・ 分散した小集落排水処理施設のライフサイクルアセスメントについて：省エネシステムと活性汚泥法の比較（ポルトガル）
- ・ 空港の路面排水処理のために造った湿地と酸化池とを組合せたシステムについて：操作上の問題（英国）

#### [雨天時排水]

- ・ 人工湿地に設置される雨天時排水設備の機能に関する設計考察（オーストラリア）
- ・ 雨天時排水の人工湿地に対する植物配置 亜熱帯オーストラリアにおけるケーススタディ（オーストラリア）
- ・ 高速道路からの流出水処理に関する人工湿地の機能（アイルランド）

#### (4) 閉会式

閉会式では、IWA ポルトガル事務局長 Mr.V.Dias により、以下のような報告があった。

- 1) 本会議は、科学者、技術者、経営者、企業家にとって、国際的な交流の場となった。そして、自然の湿地や人工湿地に対しそれぞれの計画、運転、管理および経済性について自然のダイナミックなプロセスと汚濁の制御を改善する目的で行われた研究および管理の実施を総覧するよい機会を提供した。



写真 2-7 閉会式

- 2) 様々なプレゼンテーションとその後の議論によって、人工湿地（自然、半自然、人工）の利用が、もはや生態学的な湖沼学の領域でなく、確実に、様々な種類の排水を効率的に処理する技術の一つであることが証明された。
- 3) 様々な国と地域（ポルトガル、イギリス、イタリア、スペイン、デンマーク、ベルギー、エストニア、ブラジル、オーストリア、日本、タイ、チェコ共和国、ギリシャ、ポーランド、USA、ケニヤ、カタロニアと地中海沿岸地域）におけるこの技術の総覧は、この技術を十全に使う方法があることを示し、種々の項目（設計基準、建設、運転操作、モニタリング、経済面）を最適化する必要性を明らかにした。
- 4) テーマ発表数は 128 件、ポスター発表展示数は 98 件であった。
- 5) 全ての分野について、既知の考えが実証されるとともに、設計基準、最適化、モデリング、汚泥処理の分野では新しい展望と先進のアプローチが集中した。
- 6) 本会議において、省エネルギー排水処理である本システムは、建設および運転に対する費用関数をより多く使用することが重要であることが指摘された。
- 7) 後刻出版される Water Science and Technology Journal への掲載対象となる発表論文の選考を進めることが了承された。
- 8) 第 10 回湿地浄化システムに関する国際会議が、組織的にも技術内容的にも、前進したことが認められた。

そして、『この会議は大変有意義であり、これからの技術の発展と、各国での活動と成功に繋がるでしょう。』という話があり、最後に会議出席者や開催者の労をねぎらう言葉で結び、会議は閉会した。

## 2.2 総括講演の概要

### (1) 「抽水植物を用いた人工湿地について:実験から高度な処理技術まで」

“Constructed Wetlands with Emergent Macrophytes: from experiments to a high quality treatment technology”と題し、チェコの Dr J.Vymazal により以下の講演があった。

排水処理に湿地を用いる初めての実験は、1950年代前半にドイツの Käthe Seidel 博士の手で行われ、その後の人工湿地の技術的基礎となった。フルスケールでの使用としては、1960年代に表面流式、1970年代前半に浸透流式が実用化され始めた。それ以降、浸透式はヨーロッパにおいて普及し、一方、表面流式は北アメリカやオーストラリアで普及した。

欧州では CW(Constructed Wetlands)は決して自然湿地に造られることはないが、米国では自然湿地の廃水浄化への利用も CW の範疇に入ってきている。

1970年代から1980年代にかけて、人工湿地での処理は、浸透流式処理が表面流式よりも積極的に採用された。それはより効果的なアンモニア態窒素の除去を行うためであり、1980年代から1990年代にかけてより開発が進んだ。これらの両方式は共用され、それぞれの欠点を補い、より効率的な処理を可能にした。

アジアでの浸透流式人工湿地での処理は、1994年ごろから中国、インド、ネパール、オマーンで採用されるようになった。

世界中で最もよく使用されている人工湿地は、依然として都市排水または家庭排水の処理が中心となっているが、工業排水、農業排水、雨天時流出水および埋め立て地浸出水の処理にも一般的に使用され始めている。多くの土木技師や水関係の専門家からの疑念があるにもかかわらず、人工湿地での処理は広く世界中で受け入れられており、様々なタイプの排水の処理に有効な解決策となってきた。人工湿地への疑念は、人工湿地に対する知見の不十分さからくるものであり、IWA では技術書などで知見の整理を行いつつある。

(2) 「20年におよぶデンマークでの人工湿地の経験から学ぶものは」

“Twenty Years Experience with Constructed Wetland Systems in Denmark – What did we learn?” と題し、デンマークの Dr H.Brix により以下の講演があった。

排水を処理することを目的とした実規模レベルの人工湿地は、小集落からの排水を処理のため、デンマークでは主に 1983 年以降に稼働を始めた。

当初の人工湿地は、Figure 1.のような土壌を基盤材とする水平流浸透式システムとして造られた。しかし、土壌の透水性が低いため殆どの箇所で表面流が発生した。

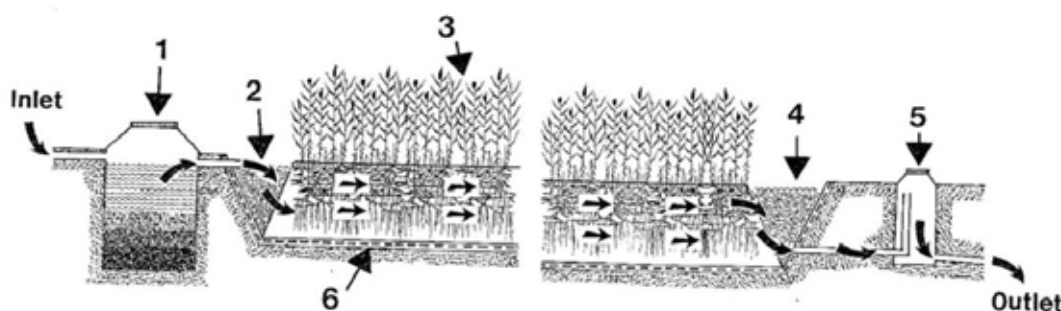


Figure 1. Typical arrangement of a Danish reed bed constructed according to the root-zone concept. 1. Sedimentation tank; 2. Stone-filled inlet distribution trench; 3. The common reed, *Phragmites australis*; 4. Stone-filled outlet collection trench; 5. Outlet regulation well.

From Brix (1987b).

20年の実績から判断すると、水平流浸透式人工湿地は、通常  $8 \sim 10\text{m}^2/\text{人口当量}$  で設計され、この場合浮遊物質やBODの除去には効果的であるが、窒素とリンの除去は低く（一般的に 30-50%）、特に、アンモニウムの硝化は行い難いといえる。また、予想に反して、ヨシは浸透流れを確保するだけの土壌の透水性を増加できなかった。

これにより、Figure 2.に示したように、かなりの数の施設が閉鎖したか、または新しい排出基準（特に硝化の必要性）を満たすため、違う方式で施工された。

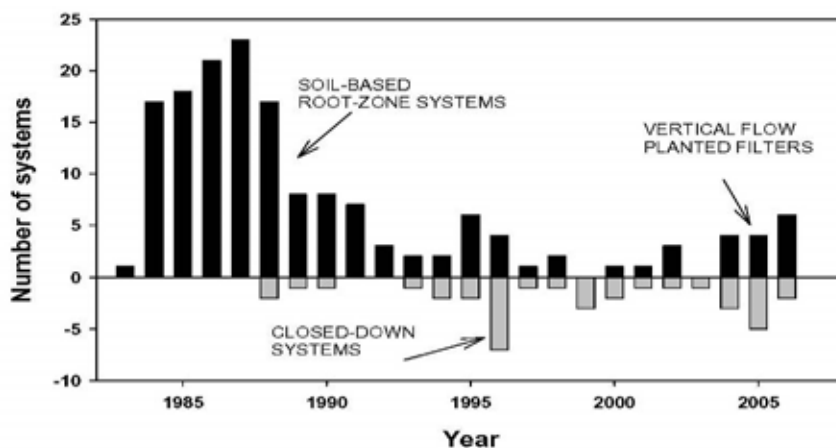
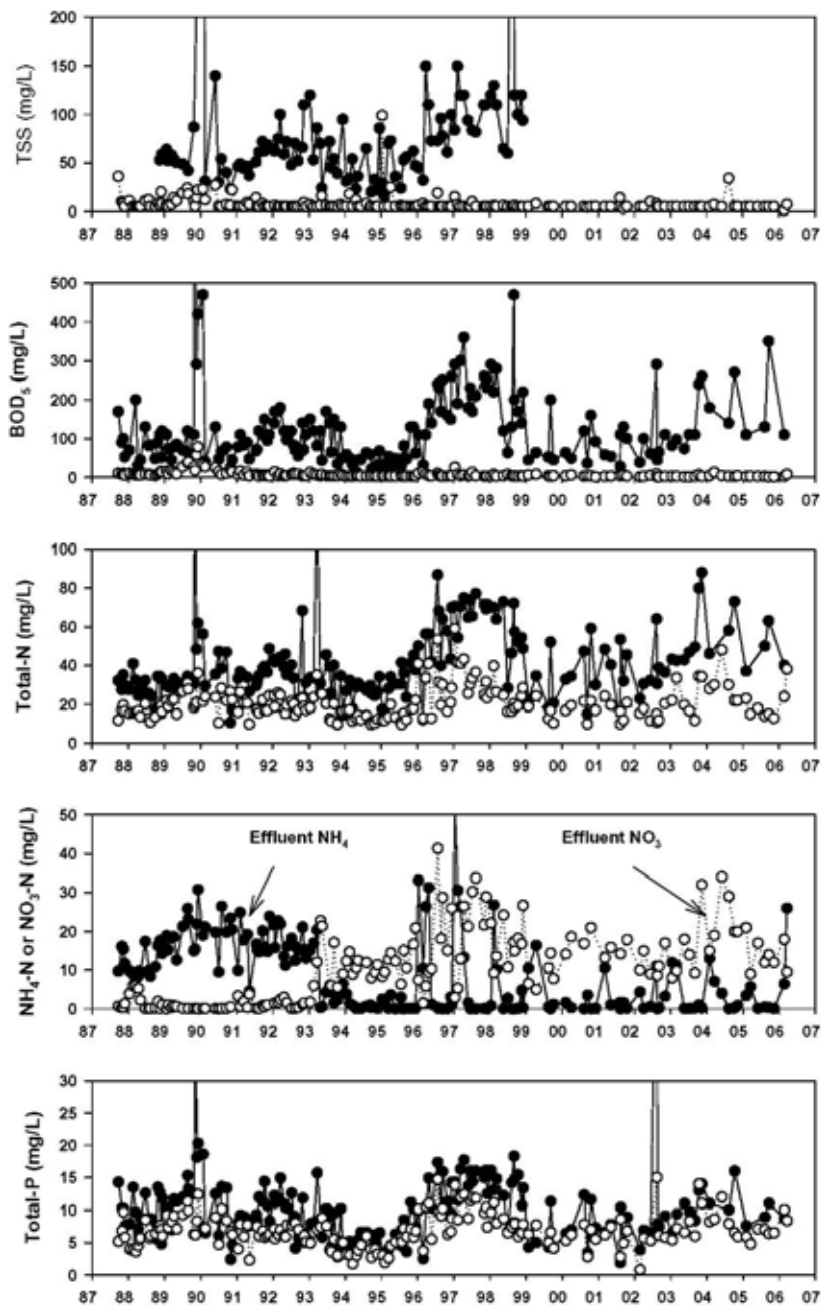


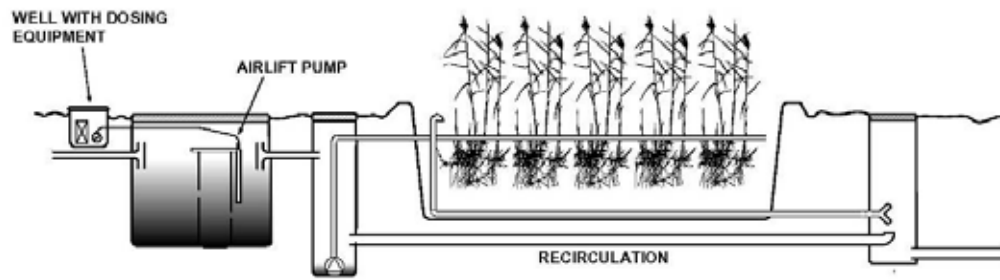
Figure 2. Number of reed beds constructed per year and number of systems that has been closed down per year in Denmark in the period 1983-2006.

Figure 4.に土壌基材の浸透式人工湿地の流入流出水質の 20 年間の実績の例を示す。この施設では 1994 年に硝化対応のため曝気固定ろ床を付加している。



**Figure 4.** Inlet and outlet water quality of a 4100 m<sup>2</sup> soil-based constructed wetland system treating combined sewage from a 700 PE village. An aerated fixed-film nitrification unit was added as a post-treatment step at the systems in 1994.

新しい人工湿地として、Figure 5.に示すような硝化を効率的に行うコンパクトな垂直流浸透式システムが確立され、このシステムの採用が現在増えている。このシステムにおいては、リンの効果的な除去が必要なとき、沈殿槽に凝集剤を添加することにより対応可能である。



**Figure 5.** Compact vertical flow constructed wetland system with recirculation and a dosing system in the sedimentation tank for removal of phosphorus.

### (3) 「ポルトガルにおける排水処理のための人工湿地: 包括的なレビュー」

“Constructed Wetlands for Wastewater Treatment in Portugal: A Global Review”と題し、ポルトガルの Ms.C.Canseiro により以下の講演があった。

人工湿地は低エネルギー低コストであるため、ポルトガルでは90年代初めに生活排水処理に使われ始めた。現在では国内に300の人工湿地がある。ポルトガルにおける人工湿地の主要なものは抽水植生を基本に設計されており、採用されている方式は水平流浸透式が圧倒的に多い。設置数は集合処理システム（人口当量60～500以上）が128箇所、個別処理システムが176箇所である。

この方式での有効なデータから、人工湿地の一般的な処理能力が検証された。それはBOD・TSS・病原菌等への有効性であり、総窒素、総リンの削減にはあまり効果を発揮しないということである。

Table 2.に、個別システムの人工湿地数を、規模ごとに示す。

Flow Rate	Number of systems
F < 1m <sup>3</sup>	113
1m <sup>3</sup> < F < 21m <sup>3</sup>	56
F > 2m <sup>3</sup>	7
TOTAL	176

Figure 1.に、人口当量ごとの人工湿地設置数の経年変化を示す。

処理効率については、今回の統計結果では十分ではないが、その傾向はつかめる。ポルトガルに設置された人工湿地処理水のBOD平均値は5-10mg/lであり、有機物の除去には効果的であることが解った。

これまでの標準的下水処理方法との大きな違いは、この方式が低濃度の有機物の除去にも有効であることである。

設置費は従来の標準的下水処理方法にかかるものと同程度である。しかしながら、維持管理費は従来の6～20倍安価である。

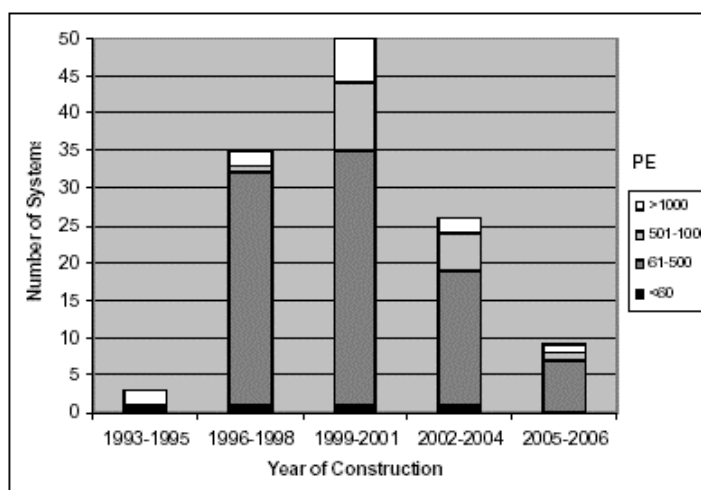


Figure 1. Size distribution of full-scale constructed wetlands in Portugal



#### (4) 「人工湿地協会が所有する人工湿地の英国データベースについて」

“The Constructed Wetland Association UK Database of Constructed Wetland Systems”と題し、イギリスの Mr.P.Cooper より以下のような講演があった。

イギリスでは現在 1000 以上の人工湿地がある。それらの設計基準や性能をまとめた最初のデータベースは Water Research Centre [WRc] と Severn Trent Water Ltd によって作成された。Gareth Job *et al* (1996)によって作成されたこのデータベースは 154 の人工湿地を対象としており、そのほとんどが Severn Trent Water における下水処理の三次処理としてのものである。

現在イギリスには、心なき業者によって作られた多くの問題のある施設があるといわれている。学識者、良識ある設計者または施工者のグループがこのような問題に対抗し、人工湿地システムを立て直すため人工湿地協会を 2000 年に設立した。このグループには主要な水関連会社、設計者、施工者、学者、農業者、管理者が参加した。

彼らは、問題を解決するために、有効な人工湿地施設からその設計基準や性能のデータベースを集めることがよいと考えた。グループで討議し、Water Research Centre からのデータを引き継ぎ、人工湿地協会はこれまでにデータベースを 8 回更新し、その結果、今では 900 以上の人工湿地の情報がある。そこにはさまざまな人工湿地の例がある。これら人工湿地のほとんどは下水または家庭排水を処理の対象としているが、しかしデータベースの中には鉱山廃水、汚泥、埋め立て処分場からの浸出水、工業排水、雨水排水、路面排水の例もある。特徴的な処理の適用は事例として示され、設計基準、施工、性能等に関してまとめている。

データベースにあるケーススタディのリストを以下に示す。

- ・ 水平流式による 2 次処理
- ・ 水平流式による下水 3 次処理
- ・ 水平流式、垂直流式複合型
- ・ 垂直流式による硝化
- ・ 垂直流式による汚泥乾燥
- ・ 水平流式による雨水排水処理
- ・ 垂直流式による雨水排水と下水 3 次処理の複合処理
- ・ コンパクト垂直流式による 2 次処理

2006 年 2 月時点、記録されたデータベース中の処理事例は以下ようになる。

- ・ 下水排水処理：800 事例
- ・ 鉱山排水処理：49 事例
- ・ 産業排水処理：17 事例
- ・ 埋め立て処分場浸出水処理：16 事例
- ・ 農業排水処理：13 事例
- ・ 雨水排水処理：10 事例
- ・ 路面排水処理：6 事例

### (5) 「人工湿地の地中海諸国への適用についての解析」

“A Closer Look to the Constructed Wetland Applications in the Mediterranean Basin”と題し、トルコの Dr.E.A.Korkusuz より以下のような講演があった。

地中海諸国は急速に発展しており、近年、都市下水排水量が急速に増加している。しかし、南と東の多くの地域では、高コスト・高技術力等の問題から、従来の下水処理の適用は限られている状況にある。さらに、この地域は近い将来も下水道が普及することは期待できず、2000PE以下の人口集落には、早急に分散処理施設の整備が必要になるであろうと報告されている。人工湿地のような持続可能な処理方式は、経済的にも技術的にもこの地域に合っている。しかしながら、この地域は、人工湿地に関する知識や事例が比較的低い状態にある。この論文には、EUのプロジェクトで作成された「地中海諸国における排水処理・利用に関する人工湿地の実施マニュアル」の知見の概略を紹介してある。このマニュアルは人工湿地に関する広い知見を提供し、特に地中海地域の農村小集落(<2000PE)に適用するためのものである。また、本論文には、最近の地中海地域における排水処理・再利用のための人工湿地の実施状況の調査研究結果を記載しており、その評価結果も示してある。Table 1. に目的別の人工湿地に関する研究数を示し、Table 2.に国別のものを示す。

Table 1. Distribution and percentage of the studies on CWs used for several purposes

Type of Treated Wastewater in Constructed Wetlands	Number of Studies	Percentage (%)
Municipal, Domestic (DWW)	242	36.9
Leachate (L)	23	3.51
Acid Mine Drainage (AMD)	27	4.11
Surface Runoff (SR)	41	6.25
Sludge Dewatering (SL)	23	3.51
Industrial (I)	63	9.60
Restoration and Rehabilitation, Prevention of Eutrophication (ER)	58	8.84
Agro-Industrial (A)	65	9.91
Reviews, Suggestions, Design Criteria (R)	114	17.4
<b>Total Number of Reviewed CW Studies</b>	<b>656</b>	<b>100.00</b>

References: *Water Science and Technology*, Vol: 35(5) 1997; Vol: 40(3) 1999; Vol: 44(11-12) 2001; Vol: 48(5) 2003; *Proceedings of 7<sup>th</sup> International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control*, Florida, 2000; *Proceedings of the 8th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control*, Arusha, Tanzania, 2002; *Proceedings: IWA 9<sup>th</sup> International Conference on Wetland Systems* Avignon, France, 2004.

Table 2. Distribution of the studies on CWs used for several purposes in Mediterranean countries (1994-2004)

Countries	DWW	L	AMD	SR	SL	I	ER	A	R	TOTAL
Portugal	1	-	2	-	-	-	-	2	3	8
Spain	10	-	-	-	1	1	1	1	3	17
France	12	1	2	-	2	4	-	7	5	33
Italy	11	1	2	1	-	6	1	2	4	28
Slovenia	1	1	-	-	-	-	-	-	3	5
Croatia	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Greece	2	-	-	-	-	-	-	1	-	3
Turkey	6	-	-	1	-	-	1	-	-	8
Israel	5	-	-	-	-	-	-	1	-	6
Palestine	1	-	-	-	1	-	-	-	-	2
Morocco	3	-	-	-	-	-	1	-	-	4
Egypt	3	-	-	-	-	-	-	-	-	3
<b>TOTAL</b>	<b>56</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>11</b>	<b>4</b>	<b>14</b>	<b>18</b>	<b>118</b>

References: *Water Science and Technology*, Vol: 35(5) 1997; Vol: 40(3) 1999; Vol: 44(11-12) 2001; Vol: 48(5) 2003; *Proceedings of 7th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control*, Florida, 2000; *Proceedings of the 8th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control*, Arusha, Tanzania, 2002; *Proceedings: IWA 9th International Conference on Wetland Systems* Avignon, France, 2004.

Table 3.に、地中海諸国で標準的に使われている浸透式人工湿地の概略設計基準を示す。

Table 3. Summary of the SSF CW Design Criteria used in most of the Mediterranean countries

<b>Primary Treatment</b>	Primary Sedimentation Basin, Septic Tank, Imhoff tank, Screenbars
<b>Population served PE</b>	1-1590
<b>Discharge (m<sup>3</sup>.d<sup>-1</sup>)</b>	0.08-1000
<b>Area (m<sup>2</sup>)</b>	1-1000
<b>L:W ratio</b>	1:1 to 28:1
<b>Depth of Fill Media</b>	0.3-1.3 m
<b>Type of Fill Media</b>	Different sizes, portion and composition of peat, soil, sand, gravel, light expanded clay aggregates, industrial wastes like slag.
<b>Slope of the Bed</b>	0-2%
<b>Liner</b>	High or Low Density Polyethylene (HDPE, LDPE) with a thickness of 1-2-3 mm, Reinforced Poli-Olefine (POL), concrete blocks, bentonite, hollow blocks, compacted soil and/or clay
<b>HRT (d)</b>	0.05-14 days for SSF
<b>HLR (m.d<sup>-1</sup>)</b>	0.01-0.2 m.d <sup>-1</sup> (limited flow measurements are available)
<b>Organic Loading Rate</b>	6.7-60 g BOD <sub>5</sub> .cap <sup>-1</sup> .d <sup>-1</sup> ; 8-9 g BOD <sub>5</sub> .m <sup>-2</sup> .d <sup>-1</sup> 20 g COD.cap <sup>-1</sup> .d <sup>-1</sup> ; 5-670 g COD.m <sup>-2</sup> .d <sup>-1</sup>
<b>Water Temperature</b>	Influent: 12-27.6 °C; Effluent: 12-18.2 °C
<b>Macrophytes</b>	<b>Emergent:</b> <i>Canna</i> ssp., <i>Cyperus</i> ssp., <i>Typhia</i> ssp., <i>Phragmites</i> ssp., <i>Juncus</i> ssp., <i>Poaceae</i> ssp., <i>Paspalum</i> ssp. and <i>Iris</i> ssp. <b>Submerged:</b> <i>Elodea</i> ssp., <i>Egeria</i> ssp. <b>Floating:</b> <i>Pistia</i> ssp., <i>Salvina</i> ssp. and <i>Lemna</i> ssp., <i>Alodea</i> spp., <i>Eichornia crassipes</i> , <i>Hydrocotyle</i> spp., <i>Salvinia</i> spp.
<b>Plant density</b>	during plantation: 4-15 shoots/m <sup>2</sup> , after establishment: ~80 shoots /m <sup>2</sup>
<b>Evapotranspiration rate</b>	2-38 mm/day

人工湿地のような分散型の処理は水資源管理において、重要な役割を果たす。小集落における人工湿地の適応に関する更なる発達を促すため、また、失敗をなくすために設計や維持管理をしっかりと行うべきである。このためにはこの技術をよく知っている技術者と研究者の共同作業が望まれる。2005年に作成された「地中海諸国における排水処理・利用に関する人工湿地の実施マニュアル」の詳細内容は、<http://www.med-reunet.com/>でアクセス可能である。

## 2.3 ポスター発表

日本における植生浄化の研究事例を海外へ情報提供するために、国際会議ポスターセッションで、ポスター発表を行った。発表した研究内容は、国土交通省 霞ヶ浦河川事務所及び(財)河川環境管理財団が、茨城県霞ヶ浦の支川である山王川の植生浄化実験施設において実施している浸透流れ方式植生浄化実験(2003年度~2006年度)の中間研究成果である。

本研究のタイトルでは、Subsurface flow(浸透流れ)という言葉を使用しているが、海外の研究ではSubsurface flowは「地表面に水面を持たず、地下を水が伏流する方式」を指すことが一般的であり、本研究の実験形態は、海外での分類によると「自由水面をもつ垂直流方式」となる。

### (1)タイトル

PILOT STUDY ON SUBSURFACE FLOW REED BED SYSTEM USING ANDO SOIL

(黒ボク土を用いた浸透流れ植生浄化法の現地実験)

### (2)著者

佐藤和明・阿部徹・小島富士夫((財)河川環境管理財団)、銭谷秀徳(国土交通省霞ヶ浦河川事務所)

### (3)発表内容

#### 【黒ボク土とは(What is Ando soil?)】

黒ボク土は火山灰土を起源とする腐植土の一種であり、黒色をしている。日本では黒ぼく土は一般的な土壌であり、浸透流れ方式の植生浄化実験を行い、黒ボク土の浄化能を把握した。

#### 【実験方法(Subsurface Flow Reed Bed System)】

植生浄化実験は霞ヶ浦の支川の河川水を対象に行った。浸透流れ方式では、黒ボク土、休耕田土壌、礫(10mm)、人工メディアの4種類の植生基盤(メディア)を用いて実験を行った。9つの実験槽(幅3m、長さ30m、深さ0.6m)を用いて負荷量を変えた実験を行った(0.2m/d、0.6m/d、1.2m/d)。

#### 【実験結果(透水性)(Permeability)】

実験は2003年9月に開始したが、現在まで、0.6m/dの負荷量でも礫と同様に、透水性の問題がほとんど発生していない。ただし、0.6m/dの負荷量で、透水性を良好に保つためには、時々、干し上げを実施する必要がある。水田土壌の透過性は悪く、負荷量を0.2m/dから0.02m/dに変更した。

#### 【実験結果(栄養塩除去率)(Nutrients Removal Rate)】

黒ボク土の除去率は、0.2m/dでT-N 89%、T-P 95%、0.6m/dでT-N 58%、T-P 82%であり、礫と比べて高い除去率を示している。黒ボク土のテーブルテストで評価された1.87mg/gのリン吸収能力に基づく、河川水のT-P濃度(0.3mg/L)では、処理持続時間は10年間と計算された。

#### 【結論(Conclusion)】

日本の湖沼の水質改善では、流入する栄養塩類を削減する必要がある。高い透水性とリン除去能力の観点から、黒ボク土を用いた浸透流れ方式植生浄化法が適していることが明らかとなった。

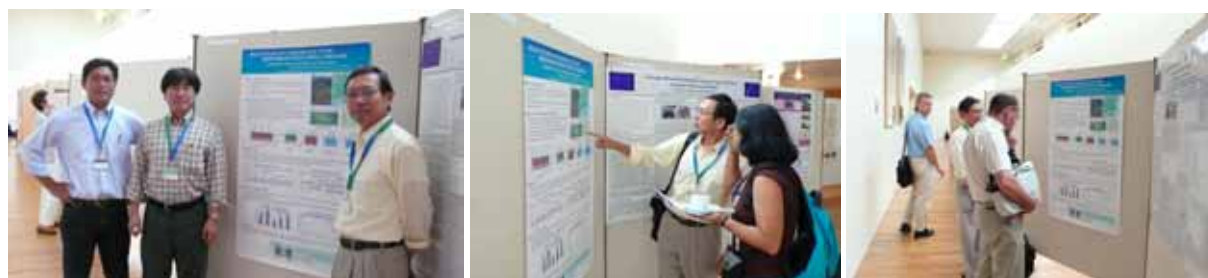


写真 2-8 ポスターセッションでの発表



# PILOT STUDY ON SUBSURFACE FLOW REED BED SYSTEM USING ANDO SOIL

Kazuaki Sato\*, Tohru Abe\*, Fujio Kojima\* and Hidenori Zeniya\*\*

\*Foundation of River and Watershed Environment Management, Japan

\*\*Kasumigaura River Office, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Japan

## What is Ando soil?

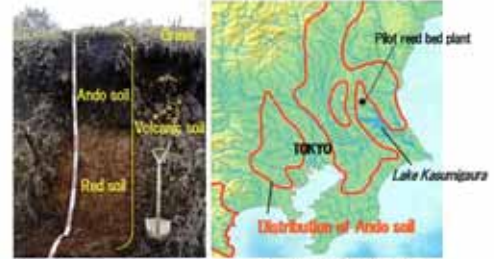
Ando soil (Kuroboku soil) is a kind of cohesive soil that contains some amount of humus and the color is black. The origin of this soil is volcanic ash and fairly common in Japan.

Pilot Study was carried out to reveal performances of a subsurface flow reed bed system using Ando soil.

## Subsurface Flow Reed Bed System

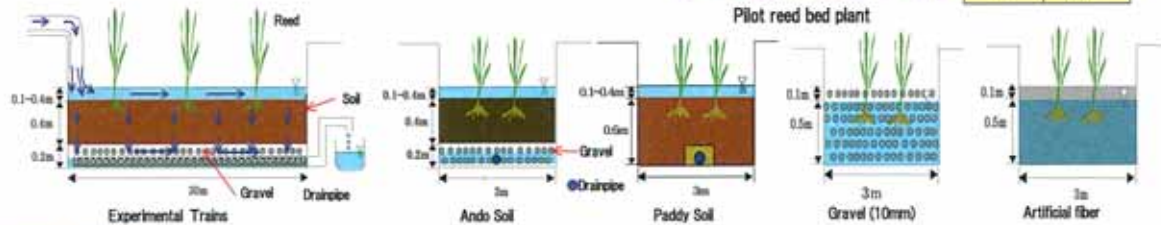
Demonstration study was carried out at a pilot reed bed plant where polluted river water was treated at the river mouth of Lake Kasumigaura.

Subsurface flow treatment was examined to compare four types of media, Ando soil, paddy soil, gravel (10mm) and artificial fiber. Nine experimental trains (each 3m×30m×0.6m depth) were arranged for these different media with different treatment flow rates (0.2m/d, 0.6m/d, 1.2m/d).



Average Concentration of the river water (mg/L)

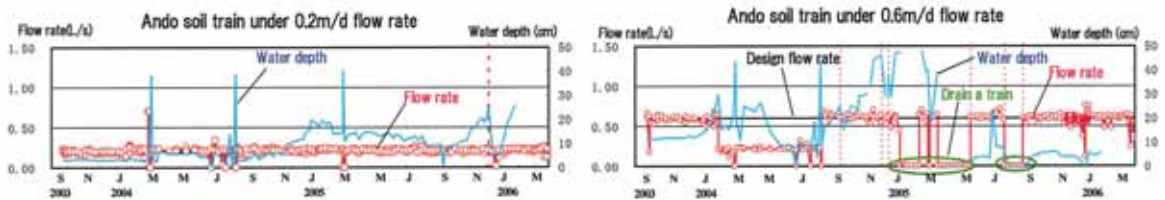
SS	9.2
BOD	3.4
CO <sub>2</sub> eq	6.3
T-N	3.50
T-P	0.275



## Permeability

The study started in September 2003, and it was revealed by now that the Ando soil has not so much permeability problem under 0.6 m/d flow rate alike for the gravel medium. We sometimes must drain the Ando soil train to keep good permeability under 0.6m/d flow rate.

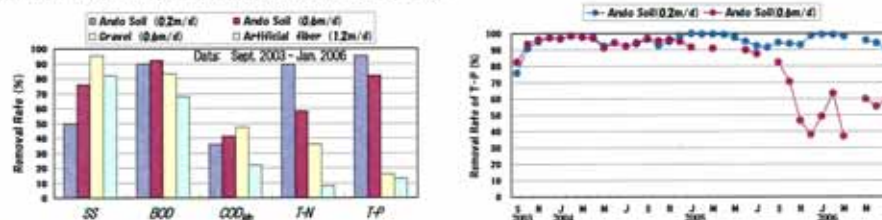
The permeability of the paddy soil is bad; the flow rate was changed to 0.02m/d from 0.2m/d.



## Nutrients Removal Rate

The Ando soil trains showed better nutrients removal rates of 89% T-N, 95% T-P under 0.2m/d flow rate and 58% T-N, 82% T-P under 0.6 m/d flow rate compared to those for the gravel trains.

Based on the phosphorus absorption capacity of 1.87mg/g evaluated by table test for the Ando soil, ten years treatment duration was calculated under the flow rate of 0.6 m/d and the 0.3 mg/L T-P concentration of the river water.



## Conclusion

In Japan, we must reduce nutrients to improve the water quality in lakes. We found that the Ando soil is quite suitable for the media of subsurface flow reed bed system from the point of its good permeability and its high phosphorus absorption capacity.

### Reference



Kazuaki SATO Fujio KOJIMA

Mailing address: Foundation of River and Watershed Environment Management, 11-9 Nihonbashi-kodenmachi, Chuo-ku, Tokyo 103-0001 Japan

TEL: +81-3-5847-8306

FAX: +81-3-5847-8310

E-mail: [sato-k@kasem.or.jp](mailto:sato-k@kasem.or.jp)

### 3. ポルトガル現地視察

#### 3.1 中部地方 Anobra CW 施設

ポルトガル中部地方の中心都市Coimbra近郊のAnobraにあるCW ( Constructed Wetland ) を使用した小規模下水処理施設を、ポルトガルの国家機関CCDR-C\*に属する BragaさんとNelsonさんの案内で視察した。

ポルトガルの中部地方は面積 23,668km<sup>2</sup>で、全国土 88,797km<sup>2</sup>の約 1/4 を占めるが、人口は 1,710,380 人で、全国 9,474,070 人の約 18%と割合が減り、人口密度は 72.3 人 / km<sup>2</sup>で、全国 106.7 人 / km<sup>2</sup>よりも約 30%少ない地域となっている。



\*CCDR-C : Comissao de Coordenaqao e Desenvolvimento Regional do Centro, EU からの補助金を公平に使うためのポルトガルの国家機関で中部地方の開発を管理する委員会

図 3-1 ポルトガル中部地方

#### (1) Anobra 下水処理施設の概要

Anobra の下水処理施設は 2002 年に市が建設し、管理も行っていたが、こうした小規模下水道施設の管理が市町村の共同で水処理会社 ( Aguas de Mondego ) に委託する流れの中で、同様に外部委託されるようになった。こうした CW 施設は、ポルトガル中部地方では 1998 年頃から採用されているが、問題に対処するため CCDR-C がアドバイスする形で改良を加えるようになっている。

この地区の下水道は分流式であり、この施設は汚水処理を対象としている。汚水の一次処理は、対象人口 500 人以上の場合にはインホフ・タンク(Imhoff tank\*\*)で、人口 500 人以下では浄化槽(Septic tank)で処理を行うことになっている。

Anobra 下水処理施設の処理フローを図 3-2に示す。施設に流入した下水は、スクリーンを経て、インホフ・タンクで 1 次処理をした後に CW に導水される。

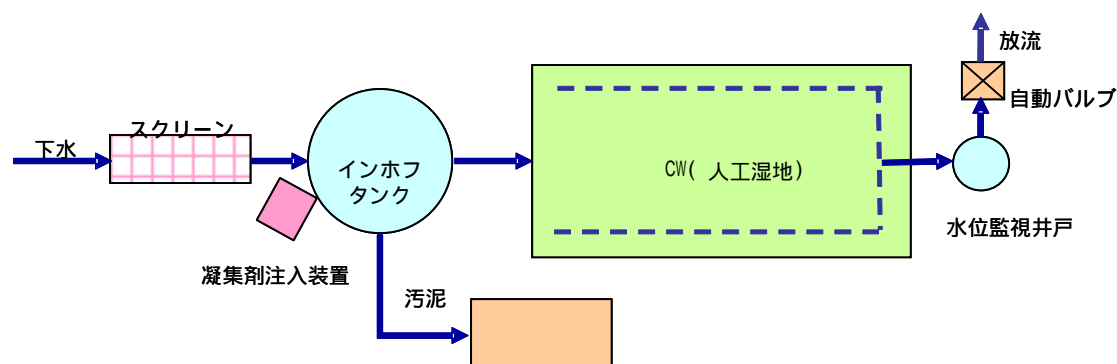


図 3-2 Anobra CW 施設フロー

\*\*インホフ・タンク：ドイツ人技師の Karl Imhoff(1876-1965)が発明した汚水処理タンク





写真 3-1 インホフ・タンク前段のスクリーン



写真 3-2 インホフ・タンク

この施設のインホフ・タンクには、リン成分を沈殿させる凝集剤注入ラインが付加され、水量の多いときに凝集剤としてポリアクリル・アルミナをタイマーで注入している。ここでは、凝集剤の量による沈殿の変化を研究対象としている。



写真 3-3 凝集剤注入装置



写真 3-4 汚泥槽

インホフ・タンクに沈殿した汚泥は、バルブ操作で重力により汚泥槽に排出される。汚泥量は約  $60\text{m}^3/\text{year}$  で、発酵させて堆肥化し、成分分析で問題なければ農業に使用している。

CWは水平流 (Horizontal flow)・伏流 (Sub surface flow) 方式を採用している。ベッドの大きさは、 $23\text{m} \times 70\text{m} \times 60\text{cm}$  で底面は 1% の勾配を持たせ、底層にレキ、中層に砂、上層に腐食土を敷いている。また、レキの下には集水管を敷設している。統計によると大部分のCWは、1人当たり  $1 \sim 2\text{m}^2$  の面積を持っている。

CWに植える植物には、当初はいろいろな植物が候補に挙がったようであるが、建設時に市がガマを選定して  $3 \text{本} / \text{m}^2$  の割合で植栽した。ポルトガルでは、一般にヨシ、ガマ、イグサがCWによく使用されている。





写真 3-5 CW に植えられたガマ



写真 3-6 集水管が埋設された周辺部レキ層

この CW の水位は、排水系統の中で CW と水位が連動する井戸の水位計の値による、電動バルブの自動開閉で調節している。その状況はプログラムによりデータログを取れるため、1ヶ月毎に水位を変え、窒素の除去効果を計る実験をしている。



写真 3-7 水位監視井戸



写真 3-8 水位調節用電動バルブ

## (2) 施設が直面する課題

Anobra の CW 施設における、実運用に際しての直面している様々な問題について伺った。

- ・ ポルトガル全体の問題でもあるが、初期に敷設された古いコンクリート製の下水管は水漏れが多く、雨水が浸透して下水流量が増えることが問題となっている。最近敷設した塩ビ管ではこうした問題はない。
- ・ 伏流方式であるが、目詰まりにより地表に水が溜まっている。上層に敷いた腐植土が中層の砂に入り込んだことが原因と考えられる。植生の生育のため腐植土を入れたが、最近では腐植土を入れる必要がないことがわかってきている。
- ・ CW 上層の腐食土層が厚く施工された範囲があり、つる性の植物が繁殖しガマを枯れさせてしまっている。
- ・ 窒素除去のため水平流方式をとっているが、酸素の供給がしにくく、窒素の除去が難しい。

- ・ CW の下に敷いているポリエチレン製の遮水シートが、熱収縮と膨張で継ぎ目がはがれてしまう問題がある



写真 3-9 つる性の植物で枯れたガマ

### (3) ポルトガル中部地方における CW の状況

ポルトガルでは、ここ 10 年間で、CW 施設を中部地方に拡大してきた。その理由と状況について伺った。

- ・ EU の補助で、25%市、75%EU 負担で設置できる期限が 2006 年までとなっている。これに合わせて、2004 年の 30 自治体、89Wetland を、2006 年内に 41 自治体、195Wetland にする計画である。

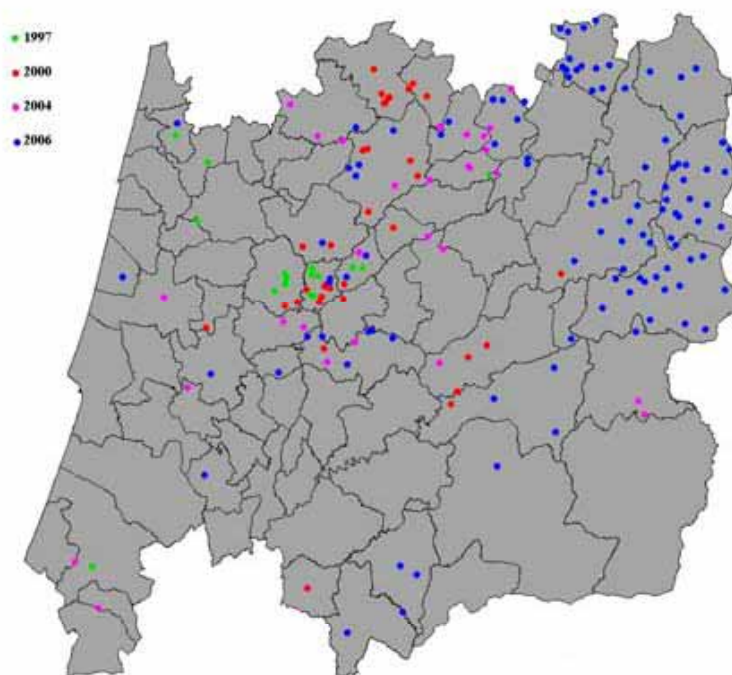


図 3-3 中部地方の CW (1997, 2000, 2004,及び 2006 見込み).

- ・ CW の技術は、他の標準技術と比較すると新しいローテクの手法であり、管理や運営コ

ストも低く、非常に価格競争力があり、優れた結果を示すことが知られ、下水処理に革命を起こしている。

- CWは1996年に導入され、1998年に中部地方でも設置が始まった。対象は100人～2000人ぐらいのコミュニティで、小さい村が多いため、汚水を集めるのが大変である。しかし、人口の25%が汚水処理においてCWを使う理想的な1000人以下の町に住んでおり、こうした施設が最適と考えられる。
- これまでに造られた大部分のCWはメンテナンスや動作の不具合、また、いくつかのプロジェクトでは設計の問題があり、相当な数の改善を必要としている。
- 規制値は、COD：40mg/l、BOD：25mg/l、SS：30mg/lであり、自然環境保護地区はもっと厳しく制限され、特に窒素、リンも付加されている。
- 民営化は経済性や効率が優先され、最も安い業者が選定されるが、その業者のノウハウで造られてしまうこと、また、故障してもそのままとなっていることが多く、技術とメンテナンスに対する認識が不足している。目詰まりの対策などの研究も重要である。
- これからの課題として、CWシステムの設置マニュアルや管理手引き書の整備を監督官庁と進めることが挙げられる。学術的な資料はあるが、実際の施設における資料が少ないことが問題で、CCDR-CではCW技術のガイドラインを近々整備する予定である。



写真 3-10 NelsonさんとBragaさんを囲んで

## 3.2 Alcochete 市 Barroca D'Alva 下水処理場

### (1) 視察の概要

10<sup>th</sup> International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control (第10回湿地浄化システムに関する国際会議)において、国際会議ポストコンフェレンスツアーによる現地視察が実施された。

- ・ 施設名：Barroca D'Alva 下水処理場、Alcochete 市
- ・ 施設訪問日：2006年9月29日
- ・ 施設設置位置：Portugal Alcochete 市
- ・ 施設訪問の目的：実施設として稼動している人工湿地施設のヒアリング調査を行い、施設構成や効果等の実態を把握することを目的に施設訪問を行った。



図 3-4 施設設置位置 (Lisboa 市から東約 20km)



## (2) 施設の概要

Barroca D'Alva 下水処理場の概要を以下に示す。

- ・ 処 理 対 象 水：生活排水・畜産排水
- ・ 処 理 対 象 人 数：500 人当量（1 人当量は 150l/日程度：75m<sup>3</sup>/日）
- ・ 処 理 水 質：アンモニア 3mg/l・硝酸 5mg/l・リン酸 5mg/l
- ・ 施 設 稼 動 年 次：2001 年 10 月
- ・ 施 設 構 成：予備処理（スクリーン・沈砂施設）、揚水ポンプ、  
前処理（セプティックタンク）  
水平流浸透式人工湿地（縦 21m、横 21m、4 槽、図 3-5 参照）  
汚泥乾燥のための造成湿地（縦 5.3m、横 9.7m、深さ 1.35m、3 槽）
- ・ 人 工 湿 地 の 土 壌：厚さ 70cm、土 + 砂 + オーガネット（鉄・アルミ・炭酸）
- ・ 運 転 管 理：年 4 回汚泥をポンプで抜き、汚泥乾燥のための造成湿地へ送る。
- ・ 処 理 フ ロ ー：図 3-6 に処理フローを示す。

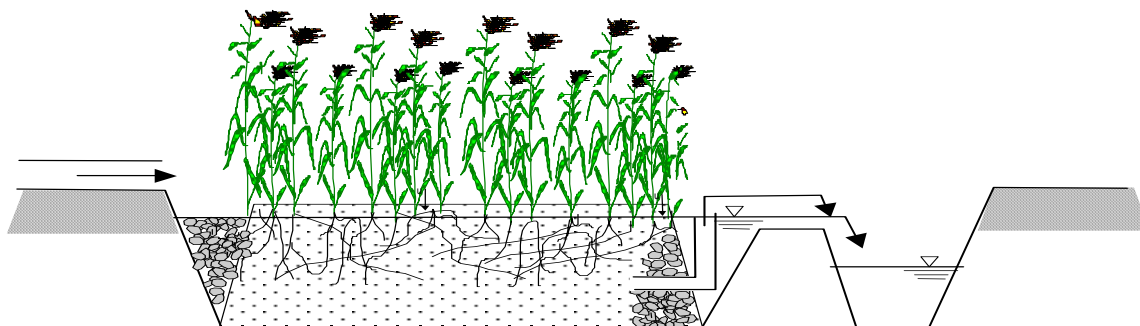


図 3-5 水平流浸透式人工湿地（HSF CW）模式図



図 3-6 Barroca D'Alva 下水処理場の処理フロ -

近隣の風景

### 3.3 Beja 市 Sado 下水処理場

#### (1) 視察の概要

10<sup>th</sup> International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control (第10回湿地浄化システムに関する国際会議)において、国際会議ポストコンフェレンスツアーによる現地視察が実施された。

- ・ 施設名：Sado 下水処理場、Beja 市
- ・ 施設訪問日：2006年9月29日
- ・ 施設設置位置：Portugal Baja 市郊外
- ・ 施設訪問の目的：実施設として稼動している人工湿地施設のヒアリング調査を行い、施設構成や効果等の実態を把握することを目的に施設訪問を行った。

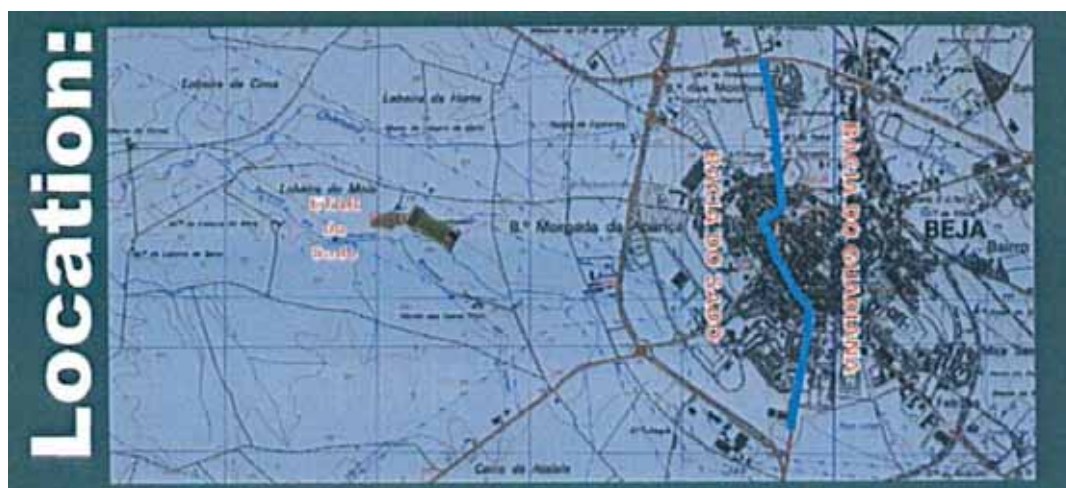


図 3-7 施設設置位置 (Baja 市中心から西約 1.5km)



## (2) 施設の概要

Sado 下水処理場の概要を以下に示す。

- ・ 処 理 対 象 水：生活排水・食肉処理場の1次処理排水
- ・ 処 理 対 象 水 量：平均 3,207m<sup>3</sup>/日
- ・ 流 入 水 質：BOD 411mg/l、TSS 615mg/l
- ・ 処 理 水 質：BOD 25mg/l未満、COD<sub>[Cr]</sub> 125mg/l未満、TSS 35mg/l未満  
リン 2mg/l 未満、窒素 15mg/l 未満
- ・ 施 設 稼 動 年 次：1993年～2013年
- ・ 施 設 構 成：前処理(沈砂ボックス・スクリーン・砂沈降溝)、酸化池、通性池  
成熟池、水平流浸透式人工湿地(HSF CW)、  
ポンプステーション、砂及びアンスラサイトろ過、水路
- ・ 処理場敷地面積：17.3ha



図 3-8 Sado 下水処理場の施設全景

- ・施設仕様： 沈砂ボックス：深さ 1.5m
- スクリーン：主要水路の目幅 20mm、予備水路の目幅 30mm
- 砂沈降溝：幅 0.55m、長さ 7.4m、流速 0.6m/s
- 好気性酸化池（主に有機物除去）
  - 滞留時間 5 日、縦 65m、横 65m、深さ 3.5m、1 槽
  - 浮上型エアレーター（10kw × 3 台、15kw × 1 台）を設置し、DO を 2mg/l 以上とする。
- 通性池（主に有機物除去）
  - 滞留時間 18 日、縦 135m、横 275m、深さ 1.5m、1 槽
- 成熟池（主にバクテリア・ウイルス除去）
  - 滞留時間 5 日、縦 80m、横 160m、深さ 1.5m、1 槽
- 水平流浸透式人工湿地（主に窒素・リン酸の除去）
  - 縦 25m、横 25m、16 槽、（図 3-9 参照）
  - 縦 25m、横 32m、16 槽、（図 3-9 参照）
- ポンプ場（ろ過施設への送水）
  - 50m<sup>3</sup>/h × 69mh × 23kw のポンプ 4 台
- 砂及びアンラサイトろ過（灌漑用水として利用）
  - 200 ミクロンメッシュ、砂及びアンラサイトろ過器 10 台、凝集剤として硫酸アルミニウムまたは塩化鉄を使用、滅菌剤として次亜塩素酸ナトリウムを使用

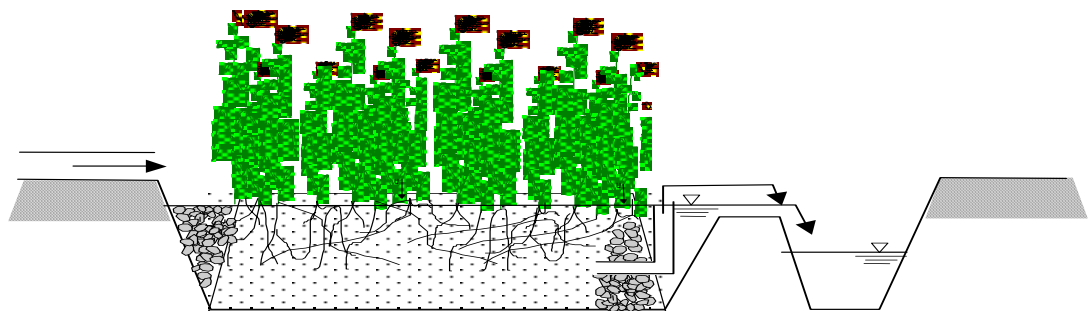


図 3-9 水平流浸透式人工湿地（HSF CW）の模式図

- ・運 転 管 理：1日1-2回の巡視管理により処理状況を把握し、必要に応じて連絡をする。

人工湿地の植物刈取りは実施していない。

処理水の大部分はろ過処理されて灌漑用水として利用される。

現在、本処理場ではエアレーターの電気代が管理費の多くを占めている。

- ・処 理 フ ロ ー：図3-10に処理フローを示す。

1993年の設置当初は、通常のアナロウ化池処理(Stabilization pond)の第一段として、嫌気性池が置かれていたが、臭気の問題が発生したため、これにエアレーター4台を設置し、1998年より通性エアレーション池として運転することとなった。

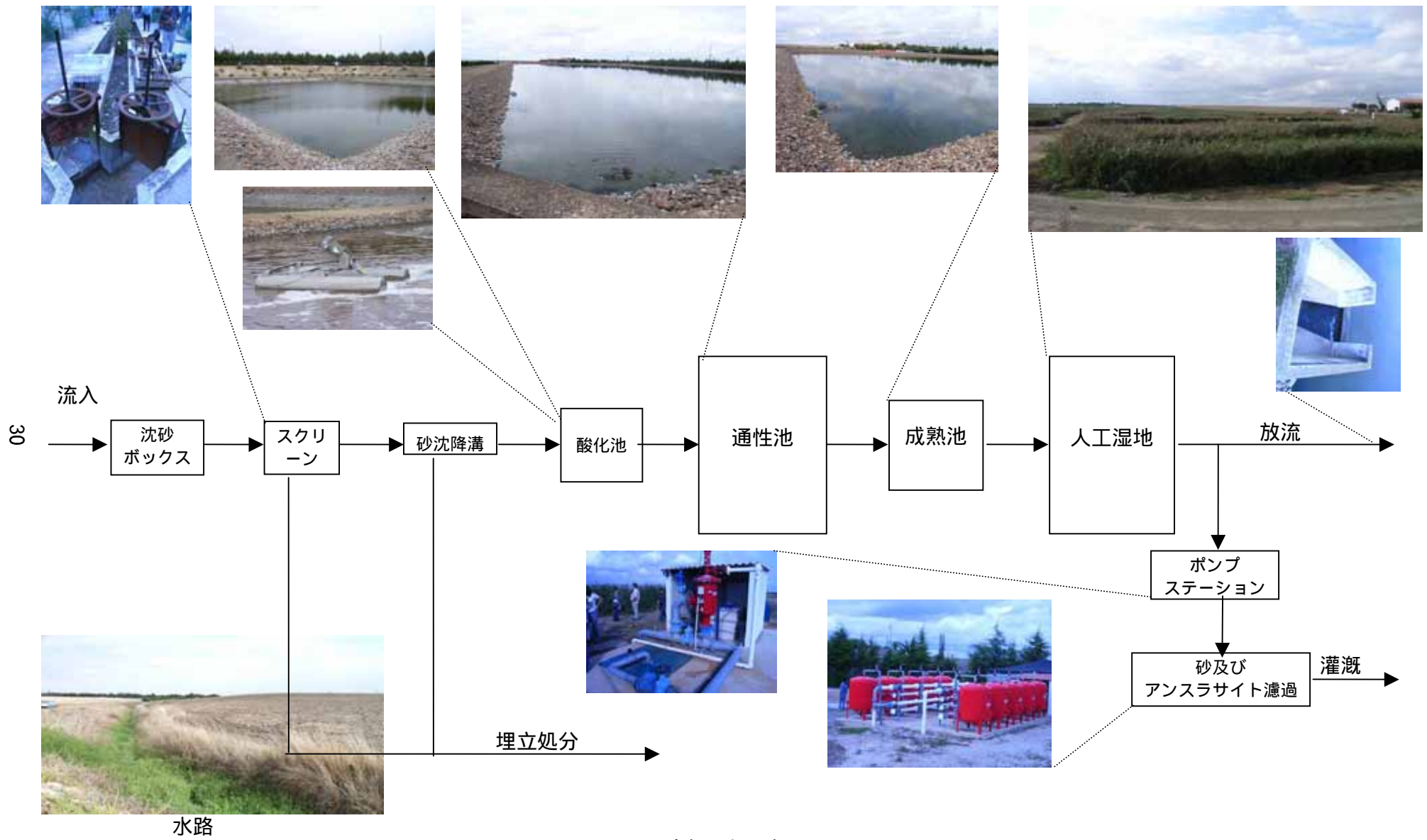


図 3-10 Sado 下水処理場の処理フロー

## 4. フランスの人工湿地技術

### 4.1 Cemagref の機関概要

Cemagref (Agricultural and Environmental Research Institute)\* は、フランスの農業省 (agriculture ministry) と科学技術省 (research ministry) の所管で、公的基金により設立された研究機関である。研究テーマは、地上水の水資源、陸上・陸水のエコシステム、農村地域、水処理技術、草本システム、食品安全である。下水処理技術は、フランス国内の 9 つのブランチのうち 4 つの支局で研究を行っている。

今回訪問したリヨン支局\*\*の下水処理研究セクションは 9 名 (うち、5 名が技術職) で構成されており、下水処理施設の研究に 2 名が携わり、小規模下水処理技術 (サンドフィルター、バイオフィルター等) の研究に 3 名が携わっている。

\*Cemagref : <http://www.cemagref.fr/> ,\*\*Cemagref Lyon : <http://www.lyon.cemagref.fr/>



写真 4-1 Cemagref Lyon の A.Lienard さんを囲んで

## 4.2 フランスの人工湿地技術

### (1) フランスにおける排水基準と人工湿地技術

ヒアリングによるフランスでの下水処理水に対する排水基準は次のとおりである。

- ・ BOD : 25mg/L
- ・ COD : 125mg/L [ 重クロム酸法 ( 2 時間加熱 ) ]
- ・ TKN : 10mg/L
- ・ T-P : 20 ~ 1mg/L [ 2,000PE 以上 ]

フランスの人工湿地技術は、200PE(人口当量)規模の小集落の汚水処理を対象としており、リンの排水基準が適用されないため、有機汚濁及び窒素除去に重点が置かれている。

### (2) 人工湿地システムの普及状況

フランス国内の生活排水処理を対象とした幾つかの人工湿地システムの中では、2段階の垂直流人工湿地システム(ヨシを利用した Vertical Flow Constructed Wetland, VFCW)[V+V]が最も一般的である(表4-1)。このシステムは、20年以上前に Cemagref により開発され、徐々に、小集落の生活排水処理で好評を得だし、現在では非常に普及している。2004年現在、VFCWは400を超えるプラントが建設されており(図4-1)、年代にみると1990年代から増加傾向にあるが、これは、1991年に Cemagref が SINT 社(20名程度のエンジニアを有する民間企業)に、VFCW 関連技術のライセンスを売却したことによるものである。

なお、人工湿地システムが導入される以前では、下水処理施設がなかったかサンドフィルターによる下水処理が行われていた。

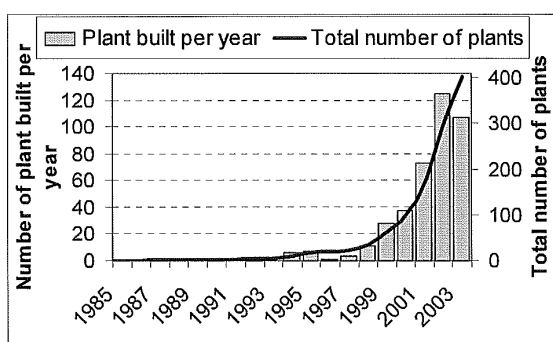


Figure 3: development of vertical flow CW over time

図 4-1 フランス国内の VFCW 整備状況

表 4 - 1 フランス国内の人工湿地の種類

Type of plant	Number of plant	Assessment number	Plant age (y) at the assessment
V + V	53	134	0 - 7.0
V + H	2	33	1.2 - 8.0
V + SF	7	11	0.4 - 2.0
V	5	5	0.6 - 4.6
V + P	3	12	0.2 - 2.5
V + V + H	1	9	Start up
V + V + P	1	6	11.6 - 15.0
V + H + H	2	3	0.6 - 2.3
V + H + P	2	3	1.2
V + P + V	1	2	1.6 - 8.5
V + H + V	1	1	2.6
P + V	1	9	0 - 1.0
P + V + V	1	3	?
H + V + H	1	2	3.5 - 4.0

V: vertical; H: horizontal; SF: sand filter; P: pond

資料: Cemagref によるアンケート調査結果  
(全調査機関のアンケートは未回収)

### (3) 2段階 VFCW

#### 概要

2段階 VFCW では、第 1 ステージ( 1 つめの VFCW )で生活污水を受け入れるが、インホフ・タンクに匹敵する汚泥除去能力を有することが特徴的である。

CW の大きさはかなり実証的であり、Cemagref による長年にわたる室内実験及び現地実験による知見に基づいている。1997 年と 1998 年には、技術指針が提案された。CW はいくつかのヨシ植生浄化槽に分割され、1 つのヨシ植生浄化槽の大きさは、植生浄化槽の表層への有機物負荷( 人口当量 (PE) による )の許容量に基づき設計される。近年では、第 1 ステージでは、3 つの植生浄化槽、第 2 ステージでは 2 つの浄化槽に分離することが推奨されており、この場合、各植生浄化槽へローテーションで負荷をかけることになる。

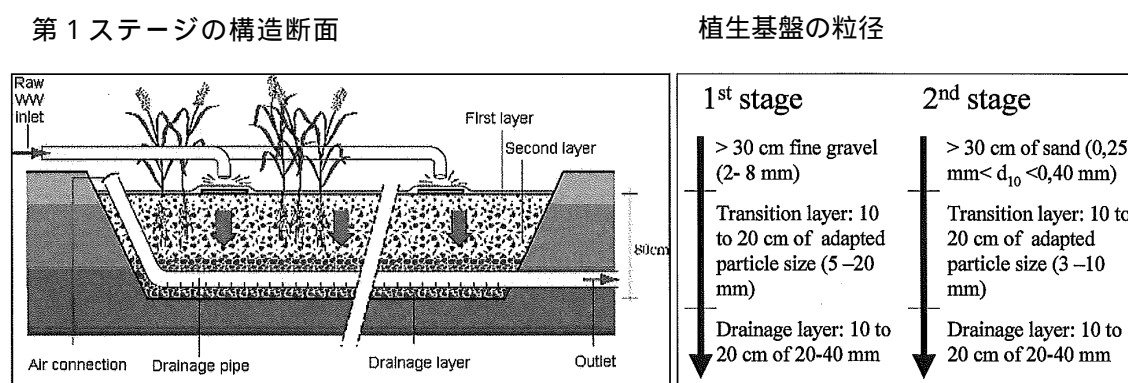


図 4-2 VFCW の概要

#### 負荷のかけ方

第 1 ステージへの有機負荷のローテーションは、3~4 日間の負荷期間、その 2 倍の無負荷期間としている。これらの負荷・無負荷の交互のフェーズは、フィルター槽を好気状態に保ち、生下水に含まれ第 1 ステージのフィルター表層に保持される SS から生じる有機堆積物を鉱化させ、フィルターメディアに付着した生物生長をコントロールする基本となる。続いて、排水は完全な処理、特に、硝化作用をするために、第 2 ステージへ送らる。

各ステージで推奨される表面積は、気候、排水基準により要求される浄化レベル、水量 HL (例えば、下水道に侵入するきれいな水の量、人工湿地システムでは、まだ分流式下水が奨励されていない) による。例えば、第 1 ステージで同一の植生浄化槽に交互に負荷をかける場合には、1.2m<sup>2</sup>/PE となる (オペレーションでのフィルターへの負荷量; COD: 300g/m<sup>2</sup>/d、SS: 150g/m<sup>2</sup>/d、TKN: 25-30g/m<sup>2</sup>/d、HL: 0.37m/d)。第 2 ステージで同一の植生浄化槽に交互に負荷をかける場合には、0.8m<sup>2</sup>/PE となる。これらの設計値は、フランス国内の小さい集落での通常の測定値によるものである (COD: 120g/PE、SS: 60g/PE、TKN: 10-12g/PE、150L/PE)。



## サイフォンシステム

利用できる全浸透領域への汚水とSSの最適な供給を確実にし、フィルター槽の酸素更新を促進させるため、汚水は蓄積と高い能力を有する供給システムによる水理的なバッチ処理によりフィルター槽に供給される。プラントの流入と流出の高低差が十分にある場合には、電気的なエネルギーを利用することなく自動起動のサイオンにより、負荷がフィルター槽に供給される。

## 浄化能力の評価

Cemagref が実施したアンケート調査によるプラントの浄化能力の評価結果は以下のとおりである。

### [ 第 1・第 2 ステージ合計 ]

**Table 2: Removal and outlet pollutant concentration of two stage VFCWs for Hydraulic loads < 0.75 m.d<sup>-1</sup>**

Plant age (y)		COD		SS		TKN	
		% Removal	Outlet concentration mg.L <sup>-1</sup>	% Removal	Outlet concentration mg.L <sup>-1</sup>	% Removal	Outlet concentration mg.L <sup>-1</sup>
2 - 6	Mean (N)	91 ± 3 (48)	66 ± 13 (49)	95 ± 2 (49)	14 ± 5 (49)	85 ± 5 (49)	13 ± 5 (49)
	SD	10.2	45.5	5	17.5	17.1	17.5
< 2	Mean (N)	90 ± 2 (43)	65 ± 15 (51)	94 ± 4 (43)	15 ± 6 (51)	85 ± 6 (43)	12 ± 5 (49)
	SD	7.1	51	12.2	19.7	18.4	15.7

**Table 3: outlet TKN concentration of two stage VFCWs according to the size**

Total surface area	1.5 - 2 m <sup>2</sup> .p.e <sup>-1</sup>	2 - 2.5 m <sup>2</sup> .p.e <sup>-1</sup>	2.5 - 3 m <sup>2</sup> .p.e <sup>-1</sup>
TKN outlet (mg.L <sup>-1</sup> ) (N)	16 ± 8 (28)	6 ± 2 (20)	5.6 ± 3 (10)

### [ 第 1 ステージ ]

**Table 4: Removal and outlet pollutant concentration of the first stage of VFCW for Hydraulic load < 0.6 m.d<sup>-1</sup>**

		COD		SS		TKN	
		% Removal	Outlet concentration mg.L <sup>-1</sup>	% Removal	Outlet concentration mg.L <sup>-1</sup>	% Removal	Outlet concentration mg.L <sup>-1</sup>
All assessments	Mean (N)	79 ± 3 (54)	131 ± 20 (54)	86 ± 3 (54)	33 ± 6 (54)	58 ± 5 (54)	31 ± 5 (54)
	SD	10	71	12	19	17	17
520 < COD < 1400 (mean 840) mg.L <sup>-1</sup>	Mean (N)	82 ± 3 (34)	145 ± 24 (34)	89 ± 3 (34)	33 ± 7 (34)	60 ± 6 (34)	35 ± 7 (34)
	SD	7	70	7	19	16	18

### [ 第 2 ステージ ]

**Table 5: Removal and outlet pollutant concentration of the second stage of VFCW for Hydraulic load < 0.6 m.d<sup>-1</sup>**

		COD		SS		TKN	
		% Removal	Outlet concentration (mg.L <sup>-1</sup> )	% Removal	Outlet concentration (mg.L <sup>-1</sup> )	% Removal	Outlet concentration (mg.L <sup>-1</sup> )
All assessments	Mean (N)	56 ± 12 (44)	51 ± 7 (44)	65 ± 10 (44)	11 ± 3 (44)	71 ± 7 (44)	7 ± 2 (44)
	SD	38	23	34	9	23	6
80 < COD < 280 (mean 140) mg.L <sup>-1</sup>	Mean (N)	60 ± 8 (28)	55 ± 8 (29)	72 ± 7 (28)	11 ± 4 (29)	78 ± 7 (28)	6 ± 2 (29)
	SD	21	21	19	9	18	5

## メンテナンス

第1ステージでは汚泥が毎年約1.5cm堆積するため、10～15年に一度、汚泥の除去を実施する必要がある。ただし、汚泥の堆積に伴う目詰まり（透水性低下）や悪臭の問題は発生していない。

生物活性が低下すると透水性が低下する。ヨシの根茎の生物活動がポイントと考えられているが、評価は難しいとのことである。負荷をぎりぎりかけると問題が発生する恐れがあり、ローテーションによる負荷が役立つ。

ヨシについては、当初は植栽し（4株/m<sup>2</sup>）十分に生長した後は、年に1回のヨシ刈りをおこなっている。なお、浄化槽には可燃性の防水シートを用いているため、ヨシ焼きはできない。

#### (4) 人工湿地システムの事例

水平流・浸透流れ方式 CW (Colomine 地区)

- ✓ 処理水は生活排水 (130PE)
- ✓ 2段階の人工湿地 (ヨシ) 第1ステージは3槽、第2ステージは2槽である。
- ✓ 第1ステージへの汚水供給は水位制御によるポンプ・アップ、第2ステージへの汚水供給はサイフォンシステムであり、両ステージともに1週間毎のローテーションで各槽へ汚水供給を行っている。
- ✓ 第1ステージへの汚水供給で各槽への供給切り換えは、バルブ開閉 (手動) による。
- ✓ 第1ステージは2~6mmの砂利を利用し、目詰まりは起こっていない (ヨシの効果もある)。
- ✓ 維持管理として、毎年、秋にヨシ刈りを実施している。



写真 4-1 人工湿地の概要

写真 4-2 第1ステージへの汚水供給 (ポンプ)



写真 4-3 第1ステージへの汚水供給



写真 4-4 第1ステージのメディアと汚泥の堆積状況



写真 4-5 第2ステージへの汚水供給システム  
(サイフォン・一定量汚水が溜まると第2ステージへ供給)



鉛直流 + 水平流 浸透流れ方式 CW (Cordon 地区)

- ✓ 処理水は生活排水 (200PE)
- ✓ 2段階の人工湿地 (ヨシ) 第1ステージは鉛直流・浸透流方式(2槽)、第2ステージは水平流・浸透流れ方式(1槽)
- ✓ 第1ステージへの汚水供給はサイフォンシステムである。

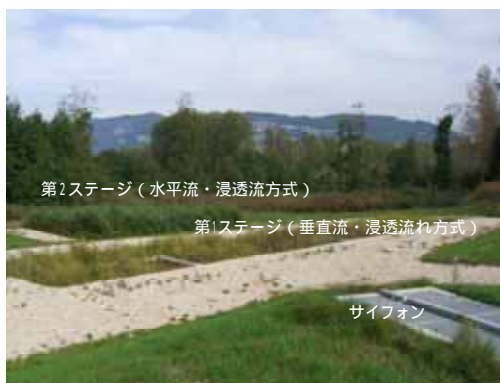


写真 4-6 人工湿地の概要



写真 4-7 第1ステージの汚水散水管



写真 4-8 第1ステージへの汚水供給



写真 4-9 サイフォンシステム



写真 4-10 第2ステージへの汚水供給  
(第1ステージとの高低差による自動供給)



写真 4-11 第 2 ステージの水位調整管  
(管を上下させることにより水位調整)



写真 4-12 第 2 ステージの浸透水の状況

# 資 料

A Survey of Constructed Wetlands in Japan(日本における人工湿地の概要)

第8回湿地浄化システム投稿論文

## A SURVEY OF CONSTRUCTED WETLANDS IN JAPAN

**Keigo Nakamura\***, **Tomoyoshi Chiba\*\***, **Kazuaki Sato\*\***, **Yasunori Morita\*\*\***,  
**Masaaki Hosomi\*\*\*\***, **Shigeo Tanaka\*\*\*\*\***

**\* River Restoration team, Public Works Research Institute, 1-6 Minami-hara  
Tsukuba, 305-8516, Japan, tel: +81 298 79 6775, fax: +81 298 79 6748, email:  
[knakamu@pwri.go.jp](mailto:knakamu@pwri.go.jp)**

**\*\* Foundation of River & Watershed Environment Management**

**\*\*\* Kasumigaura Work Office, Ministry of Land, Infrastructure and Transport**

**\*\*\*\* Tokyo Univ. of Agriculture and Technology**

**\*\*\*\*\* Kyowa Technical Consultants Co. Ltd.**

### ABSTRACT

Constructed wetland (CW) generally requires large area which is limited in Japan; therefore, CW has not been well received in Japan. Recently, CW starts to be paid attention because it works not only for wastewater treatment but also for ecological enhancement. In Japan, CW is usually used to treat polluted rivers or lakes, and CW influent is characterized by less polluted water, high hydraulic loading rate (HLR), and high suspended solid (SS). In this study, a survey of CWs was carried out by reviewing available documents, inquiring by mail, and visiting CWs. Nine operating CWs and 4 experimental CWs are selected. These CWs are studied comparing 24 different parameters and operating conditions (e.g., nitrogen, phosphorus, HLR, size, and location). All these facilities are free water surface flow wetlands (FWS). Hydraulic retention time (HRT) of most Japanese facilities is less than 10 hours, which is considerably shorter than those found in other countries. It is found that the nutrient removal efficiencies for total phosphorus (T-P) and total nitrogen (T-N) increase proportionally as HRT increases. The removal efficiencies in the facilities, where HRT is over 10 hours, are approximately 40 % for T-N and 60 % for T-P. When the nutrient loading is low, its removal rate increases linearly with its corresponding loading rate. When the loading rate is high, the removal rate is nearly constant. The removal rate for T-N is  $0.4 \text{ gm}^{-2}\text{d}^{-1}$  when the loading rate exceeds  $1 \text{ gm}^{-2}\text{d}^{-1}$ , and the removal rate for T-P is  $0.08 \text{ gm}^{-2}\text{d}^{-1}$  when the loading rate is larger than  $0.15 \text{ gm}^{-2}\text{d}^{-1}$ .

**KEYWORDS:** Constructed wetland, Japan, nitrogen, phosphorus, review

### INTRODUCTION

Constructed wetland (CW) has not been well received in Japan because it demands large area that is difficult to obtain in Japan. Therefore, information on CW case studies is scarce (e.g., [1, 2]). CW is regarded as an ecologically sound technology which can apply to not only wastewater treatment but also ecological enhancement. Unlike in Europe and the U.S., Japanese CW is not used for treating wastewater (in either secondary or tertiary treatment), but started to be applied for the remediation of polluted rivers or lakes. Therefore, CW influent contains relatively low levels of nutrients (N, P) and rather high suspended solids (SS). Nowadays, the number of CW is increasing in Japan, and some of them are monitored intensively. Since Japanese CW has unique characters, it is important to conduct a survey and compile technical information which will be used to improve its design and operation. In this report, we document the results of our survey on CW, and compare Japanese CWs with the CWs in Europe and the U.S.

### MATERIALS AND METHODS

We carried out review of available documents, inquires by mail, and site visit on various CWs or treatment systems using macrophytes in Japan. The literature review was conducted using the



JICST database that is the most popular academic database in Japan. Using the database, we gathered 815 research papers concerned with CWs or the treatment systems using macrophytes. Questionnaires were distributed to 69 organizations; of which 75% was responded including 33 operating facilities, 8 planned or under-construction facilities, and 25 experimental facilities. Based on the literature review and inquires, 9 operating facilities and 4 experimental facilities were selected for detailed comparison. We visited some of the sites for more detailed survey. The visited facilities have a large store of data which allows us to evaluate the treatment efficiencies. Total 24 parameters and operating conditions (e.g., nitrogen, phosphorus, HLR, size, and location) are examined. Table 1 summarizes the parameters and operating conditions for CWs studied. These wetlands are identified with IDs from CW1 through CW13. CW13 is the experimental facility operated by our group. Our facility was constructed adjacent to the Sanno River for research purposes. Water quality of all the wetlands except CW1 was monitored for less than 6 years. The sampling frequency ranges from 4 to 27 for each condition. In this paper, average values for each parameter or operating condition are compared for the 24 variables.

**Table 1** Outline of surveyed Constructed wetlands

	Name	Vegetation	Influent	Parameters							T-N		T-P	
				Treating flow ( $m^3d^{-1}$ )	Area ( $m^2$ )	Length (m)	Water Depth (cm)	HRT (hour)	HLR ( $md^{-1}$ )	Influent ( $mgL^{-1}$ )	Effluent ( $mgL^{-1}$ )	Influent ( $mgL^{-1}$ )	Effluent ( $mgL^{-1}$ )	
Operating	1 Yasato Town	<i>Phragmites australis</i>	Domestic wastewater	38.9	1224	-	-	36.0	0.032	6.20	2.00	0.97	0.23	
	2 Mizumoto Park	<i>P. australis</i>	Domestic wastewater	43.2	828	90	25	115.0	0.052	5.60	4.30	0.37	0.26	
	3 Sanno Riv.	<i>P. australis</i> , <i>Zizania latifolia</i>	River water	2500.0	5600	40	10	5.0	0.450	3.40	2.30	0.23	0.14	
	4 Seimei Riv.	<i>P. australis</i>	River water	18144.0	38000	40	10	5.0	0.480	2.55	2.11	0.17	0.13	
	5 Watarase Retarding Basin	<i>P. australis</i>	Reservoir water	216000.0	200000	-	20	4.4	1.080	1.24	0.90	0.10	0.09	
	6 Lake Kahokugata	<i>P. australis</i>	Lake water	103.7	1600	1000	5	18.5	0.065	1.73	1.09	0.12	0.08	
	7 Lake Harutori	<i>Phalaris arundinacea</i>	River water	86.4	220	22	10	6.0	0.39	2.87	2.54	0.07	0.03	
	8 Lake Harutori	<i>Phalaris arundinacea</i>	River water	86.4	198	22	10	5.4	0.44	3.48	3.38	0.20	0.10	
	9 Lake Harutori	<i>Phalaris arundinacea</i>	River water	259.2	569	21	10	5.2	0.46	2.68	2.05	0.04	0.02	
Experiment	10 Nagano1	<i>P. australis</i>	River water	156.5	150	100	10	2.3	1.040	0.43	0.34	0.02	0.01	
	10 Nagano2	<i>P. australis</i>	River water	121.7	147	98	10	2.9	0.830	0.43	0.29	0.02	0.01	
	10 Nagano3	<i>P. australis</i>	River water	156.5	320	213	10	4.9	0.490	0.43	0.24	0.02	0.02	
	10 Nagano4	<i>P. australis</i>	River water	121.7	320	213	10	6.3	0.380	0.43	0.23	0.02	0.02	
	11 Lake Kojima1	<i>P. australis</i>	Secondary effluent	60.0	360	120	30	36.0	0.170	6.60	4.20	1.10	0.40	
	11 Lake Kojima2	<i>P. australis</i>	Secondary effluent	60.0	360	120	30	36.0	0.170	5.30	1.80	0.40	0.10	
	12 Sanno PWRI1	<i>P. australis</i>	River water	12.5	124	31	10	24.0	0.101	4.04	2.20	0.70	0.34	
	12 Sanno PWRI2	<i>P. australis</i>	River water	9.4	62	31	10	16.0	0.152	4.04	2.34	0.70	0.31	
	12 Sanno PWRI3	<i>P. australis</i>	River water	18.7	62	31	10	8.0	0.300	4.04	1.96	0.70	0.31	
	12 Sanno PWRI4	<i>P. australis</i>	River water	37.4	62	31	10	4.0	0.599	3.66	3.03	0.51	0.41	
	12 Sanno PWRI5	<i>P. australis</i>	River water	149.8	124	31	10	2.0	1.200	3.66	3.21	0.51	0.44	
Our Group	13 Sanno1	<i>P. australis</i>	River water	25.9	90	30	10	8.0	0.288	3.10	2.07	0.59	0.33	
	13 Sanno2	<i>P. australis</i>	River water	51.8	90	30	10	4.0	0.576	3.26	2.79	0.51	0.37	
	13 Sanno3	<i>P. australis</i>	River water	103.7	90	30	10	2.0	1.152	3.43	3.11	0.43	0.36	
	13 Sanno4	<i>Zizania latifolia</i>	River water	51.8	90	30	10	4.0	0.576	3.26	2.52	0.51	0.36	

## RESULTS AND DISCUSSION

### *Inquires Results*

According to the results of inquires, 33 facilities use Reed or *Phragmites australis*, 12 facilities use watercress, and 8 facilities plant cattail or water hyacinth. The surface areas and the design flows of CWs are presented in Tables 2 and 3, respectively. Most of the operating facilities are larger than the experimental facilities. A third of the operating facilities have the surface areas ranging between 1,000  $m^2$  and 10,000  $m^2$ , and 20 % of them are less than 100  $m^2$ . The areas of experimental facilities are one tenth to one hundredth of the operating CWs. The design flows of 3 operating facilities are larger than 1  $m^3s^{-1}$ , and 4 operating facilities are smaller than 0.001  $m^3s^{-1}$ . The wetland type of all the facilities is the free water surface flow wetland (FWS), except one which is the subsurface flow wetland (SF). Generally SF wetlands need smaller area; therefore, it could be favorable method in Japan. In the future, the number of SF wetlands would increase in Japan.

**Table 2** Area of Constructed Wetland

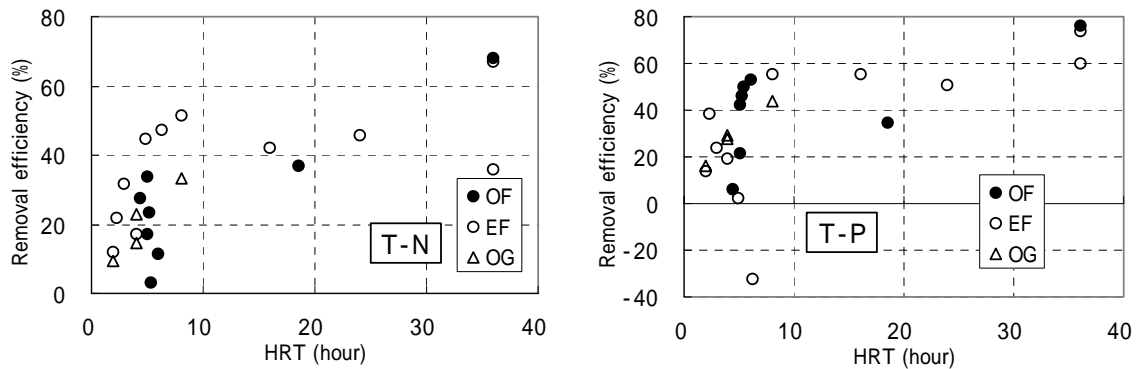
Area, m <sup>2</sup>	Number of Operating facility	Number of Experimental facility
Over 100,000	1	1
10,000-100,000	8	1
1,000-10,000	14	3
100-1,000	9	8
< 100	7	11
Unknown	0	1
Total	41	25

**Table 3** Wetland Design Flow

Design Flow, m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>	Number of Operating facility	Number of Experimental facility
Over 1.000	3	0
0.100-1.000	7	2
0.010-0.100	11	1
0.001-0.010	7	6
< 0.001	4	8
Unknown	9	8
Total	41	25

**Detail comparison of facilities.****a. HRT vs. Removal efficiency**

The removal efficiencies (%) of T-N and T-P are plotted as a function of HRT in Fig.1. The HRT is calculated using  $V/Q$ ; where  $V$  = volume of CW and  $Q$  = flow rate. The HRTs for the most CWs are shorter than 10 hours. The removal efficiency increases in the region where the HRT is smaller than 10 hours. When the HRT is longer than 10 hours, the removal efficiencies of T-N and T-P are approximately 40 % and 60 %, respectively.

**Fig.1** HRT vs. Removal efficiency.

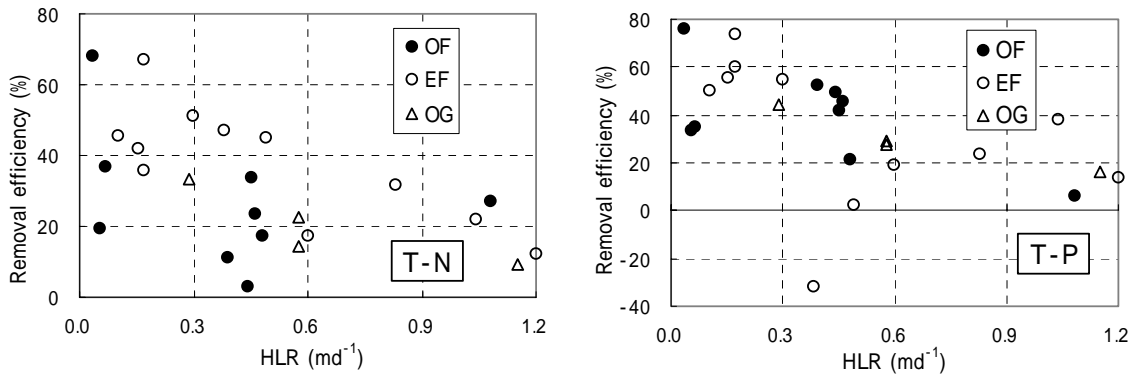
(OF: Operating Facility, EF: Experimental Facility, OG: Our Group's experiment)

**b. HLR vs. Removal efficiency**

The removal efficiencies of T-N and T-P are plotted against the corresponding hydraulic loading rate (HLR) in Fig.2. The removal efficiency decreases as HLR increases as seen in Fig. 2. In general, the design flow and HLR in Japan is larger than those in western countries because, in Japan, CW is applied for the treatment of polluted natural waters, whereas it is used to treat

wastewater or secondary effluent in western countries. In some Japanese facilities, HLRs are larger than  $0.5 \text{ md}^{-1}$ , and removal efficiencies are smaller than 40%. Based on the results presented in Fig.2, it can be advised that CWs should be operated with HLR of  $0.3\text{-}0.4 \text{ md}^{-1}$  or smaller to maintain the favorable removal efficiency.

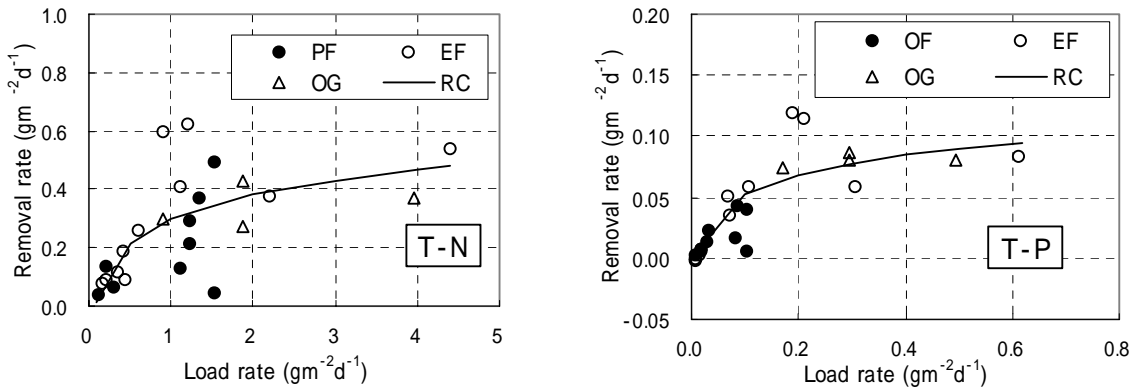
As seen in Fig.2, some of the reported removal efficiencies for T-P, particularly CW10 [7], are markedly low. It is considered that a recurring (desorption) of phosphorus due to the limited absorption capacity of sediment, lack of oxygen, and relatively low phosphorus concentration in water, would be the causes for the low efficiencies. To regain absorption capacity of sediments, the ceasing of CW operation during a winter period is recommended [6].



**Fig.2** Hydraulic Loading rate (HLR) vs. Removal efficiency  
(OF: Operating Facility, EF: Experimental Facility, OG: Our Group's experiment)

**c. Load rate vs. Removal rate**

Fig.3 shows the relationship between the nutrient loadings and removal rates. The results show that there is a linear relationship between the nutrient removal rates and the nutrient loading rates in the region of the low loading rate. In the region of the high loading rate, the nutrient removal rate is fairly constant. When the T-N loading rate exceeds  $1 \text{ gm}^{-2}\text{d}^{-1}$ , the removal rate is approximately  $0.4 \text{ gm}^{-2}\text{d}^{-1}$ . The removal rate of T-P is approximately  $0.08 \text{ gm}^{-2}\text{d}^{-1}$  in the region where the loading rate is greater than  $0.15 \text{ gm}^{-2}\text{d}^{-1}$ .



**Fig.3** Nutrient Load rate vs. Nutrient Removal rate  
(OF: Operating Facility, EF: Experimental Facility, OG: Our Group's experiment, RC: Regression Curve)

#### **d. Differences of Constructed Wetlands between Japan and Europe-US.**

The general design parameters and performance of FWS wetlands in Japan and Europe-US (Brix, 1994) are comparatively presented in Table.4. The values shown for Japan are median values calculated using the data from the currently operating facilities (n=9). The area (median) of CWs in Japan is considerably smaller (approximately 1/325) than that (mean) in Europe and US. The HLR of CWs in Japan is 15 times larger than that in Europe and US. The considerably lower nutrient levels are seen in influent of CWs in Japan. Although CWs in Japan and Europe-US is quite different in size and loadings, the relationship between the removal rate and the loading rate (for both T-N and T-P cases) fits well to the regression curves shown in Fig.3.

**Table 4** FWS wetland in Japan and Europe-US

	Japan	Europe-US
Area (m <sup>2</sup> )	1,200	390,000
HLR (md <sup>-1</sup> )	0.440	0.029
T-N: Influent(mgL <sup>-1</sup> )	2.9	11.9
T-N: Effluent(mgL <sup>-1</sup> )	2.1	4.5
T-N: Loading rate (gm <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )	1.3	0.3
T-N: Removal rate(gm <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )	0.4	0.2
T-P: Influent(mgL <sup>-1</sup> )	0.17	4.10
T-P: Effluent(mgL <sup>-1</sup> )	0.10	1.90
T-P: Loading rate (gm <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )	0.07	0.12
T-P: Removal rate(gm <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )	0.03	0.06

In summary, CWs in Japan are generally characterized by smaller surface area, larger HLR, and lower nutrients levels in influent as compared to those in Europe-US. The CW influents in Japan contain high levels of TSS because those CWs are targeted toward remediation of rivers and lakes. Therefore, TSS becomes important design factor as it causes sedimentation and clogging, especially for SF wetlands. Very few studies on SF wetlands have been reported in Japan (e.g. [2]). In the future, intensive and long-term studies are needed for the application of SF wetlands to assess their performance in Japan.

#### **ACKNOWLEDGEMENT**

The authors express sincere appreciation to all the participants who assisted with data collection for this study by taking the time to complete the survey. Their input was essential. The authors also would like to express their appreciation to Dr. Chikashi Sato for his advice on English writing.

#### **REFERENCES**

- [1] Hosokawa, Y., and Furukawa, K., "Surface flow and particle settling in a coastal reed field", *Wat. Sci. & Tec.*, Vol. 29, No.4, 1994, pp.45-54.
- [2] Nakamura, K., Miki, O., and Shimatani, Y., "Compact wetland system for urban area in Japan", 7th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, 2000, pp.963-969.
- [3] Hosomi, M., "Water Purification by Reed wetlands", *MIZU*, Vol.34, No.12, 1992, pp.61-68 (in Japanese).
- [4] Tabata, M. et al., "Removal efficiency of Nitrogen and Phosphorus in the river by Reed vegetated channel", *Journal of Japan Society on Water Environment*, Vol.19, No.4, 1996, pp.331-338 (in Japanese).
- [5] Takekura, S., "Water Quality Management at Lake Kasumigaura", *KASEN*, No. 539, 1991, pp.37-44 (in Japanese).
- [6] Foundation of River and Watershed Environment Management, "A present situation and case studies of constructed wetland", Foundation report, No. 3, 2000.
- [7] Kawamura, M., Higuchi, S., and Shimizu, S., "Water Purification by Reed beds", Report of Sanitation and Pollution Institute of Nagano Pref., No.18, 1995, pp.32-37 (in Japanese).

- [8] Araki, K. et al., "Purification efficiency of Vegetated Oxidation Pond", Proceedings of Sewage Research, Vol.23, 1986, p.467-469 (in Japanese).
- [9] Nakamura, E. et al., "Survey on wetland purification", Technical Memorandum of PWRI, No.2480, 1987 (in Japanese).
- [10] Ozaki, Y. and Abe, K., "Problems and Perspectives of Resource-Recycle-type water purification using macrophytes", Journal of water and waste, Vol.35, No.9, 1993, pp.771-783 (in Japanese).
- [11] Hosomi, M., "Water purification method by Artificial Reed wetland, Special article; Purification and conservation by freshwater and tidal wetland, Journal of water and waste, Vol.36, No.1, 1994, pp.40-43 (in Japanese).
- [12] Brix, H., "Use of constructed wetlands in water pollution control: Historical development, present status, and future perspectives", Wat. Sci. & Tech., Vol.30, No.8, 1994, pp.209-223.
- [13] Brown, D. and Reed, S., "Inventory of constructed wetlands in the united states", Wat. Sci. Tech., Vol.29, No.4, 1994, pp.309-318.
- [14] Cooper, P. and Green, B., "Reed bed treatment systems for sewage treatment in the United Kingdom – the first 10 years' Experience", Wat. Sci. Tech., Vol.32, no.3, 1995, pp.317-327.
- [15] Crites, R., "Design criteria and practice for constructed wetlands", Wat. Sci. & Tech., Vol.29, No.4, 1994, pp.1-6.

---

河川環境総合研究所資料 第 19 号 平成 19 年 2 月編集・発行 ISSN 1347-751X  
湿地浄化システムに関する第 10 回国際会議調査報告書

編集・発行 財団法人 河川環境管理財団 河川環境総合研究所

〒 103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬 11-9

TEL 03-5847-8304 FAX 03-5847-8309

URL <http://www.kasen.or.jp> E-mail: info@kasen.or.jp

印刷・製本 株式会社 東神堂 〒101-0048 東京都千代田区神田司町 2-14

TEL 03-3252-7611 FAX 03-3252-2916

---