海外情報

環境技術開発国際シンポジウムに参加して

渡部 春樹*

1. はじめに

韓国最大の貿易港である釜山は韓国の南の玄関であり、晴れた日には対馬が見える程近い所にあるが、筆者が韓国を訪れるのは今回の釜山が初めてであった。1992年10月28日金海国際空港に降り立つと、東亜大学3年生の申君が迎えてくれた。彼は大学入学後、2年間余の兵役につき、また、大学に復帰したとのことである。英会話はかなり達者であったが、これは就職する時に英会話ができると大変有利なのだそうである。余談になるが、日本の大学入試では英単語を5,000語程度覚えれば良いが、韓国では2万語は必要だそうで、これで彼の英語力も納得したものである。

空港からホテルまでは釜山の中心街を通過したが、家屋の密集度の高さ、交通渋滞はほとんど東京と同じようなイメージであった。釜山市は人口約400万人、面積525km²ということなので、横浜市を2割位大きくした規模の韓国第二の大都市であるから当然のことかも知れない。釜山市街地の近郊では至る処でアパートの建設が進められており、景気は良いのかと思って聞いてみたが、実際にはあまり良くないそうである。

さて、筆者は1992年10月29日、30日の2日間「有害廃棄物管理と上水処理の高度化」と題する第8回環境技術開発国際シンポジウムに参加する機会を得たので、その様子などを報告する。

2. シンポジウムについて

この国際シンポジウムは、東亜大学環境問題研究所の主催で2年毎に開催されており、韓国内外の研究者、技術者の交流の場となっている。

今回の発表論文は28編で、廃棄物、上水に関連する

ものがそれぞれ14編づつであった(表1)。発表者の内訳は韓国14名、日本4名、ドイツ9名、米国1名となっており、ドイツからの参加者が多いのが特徴となっている。これは主催者である環境問題研究所の金秀生教授がドイツに2回、延べ約4年間に亘り留学され、アーヘン工科大学ベーンケ教授の下で工学博士号を取得され、知己が多いためであろう(写真1)。

日本からの参加者は、九州大学工学部楠田教授、昭和大学薬学部濱田教授、神奈川衛生研究所宇都宮博士と筆者の4名であった。

本シンポジウムは釜山市の中心街から北東へ20km足らずの所にある海雲台で開催された。ここ海雲台は韓国で最も有名な海水浴場で、その西南にある柵柏島は「釜山港に帰れ」に唱われた“椿咲く島”として知られている。

会場となったホテルには早朝からテレビカメラが入り、参加者は学生を除いても約250名と、かなり盛大なシンポジウムであった。

開会式終了後、金秀生教授が「韓国における廃棄物管理と上水の高度処理」と題する基調講演があり、続いて2日間に亘る一般発表に入り、1日目は廃棄物部門、2日目は上水部門の研究発表であった。

1日目の発表終了後、シンポジウムの参加者全員が招待される東亜大学季学長主催の歓迎レセプションが開催され、和やかな交歓が行われた。

2日目の夕方には発表者を招待する金秀生教授主催のレセプションが開催された。この会はアーヘン工科大学のベーンケ教授が70才を迎えられるのを機会に引退されることに対する慰労会でもあった。金秀生教授はベーンケ教授の下に30才で留学され、その時ベーンケ教授は50才の働き盛りであったそうであるが、それから20年が過ぎ、互いに50才と70才になったという思い出話を蕩々とされ、誠に心温まる会であった。

* 建設省土木研究所下水道部汚泥研究室長
Haruki WATANABE

表1 国際シンポジウムでの発表テーマ一覧

基調講演

「韓国における廃棄物管理と上水の高度処理」

S. S. Kim

廃棄物部門

「慶南及び釜山地域における廃棄物管理」

H. J. Kim 他

「韓国における固形廃棄物の管理」

J. J. Park

「ドイツにおける有害廃棄物の技術的規制」

K. C. Shin

「エネルギー源としての廃棄物」

Y. B. Kwon

「固形廃棄物の焼却とその問題」

Sam-Ju Na

「汚泥の脱水と将来展望」

C. Y. Moon

「固形廃棄物の減容化」

M. E. Lindemann

「有害廃棄物の安定化における流動焼却」

S. C. Kwon 他

「有害廃棄物の焼却と排ガス処理」

R. Knoche

「最新 DEUTSCHE BABCOCK-HYUNDAI 廃棄物焼却と環境保護技術」

Y. H. Kim

「下水汚泥溶融プロセスにおける溶融温度と粘度の改善」

H. Watanabe 他

「石油系フライアッシュからのガリウムの回収に関する研究」

S. S. Lee 他

「埋立て用HDPE膜による浸出液防止」

H. M. Kim

「固形廃棄物の最適管理システム」

S. S. Sohn

上水部門

「釜山市の飲料水計画」

U. B. Kim

「韓国における飲料水質の保全」

G. S. Kim

「上水供給と環境」

K. Ritter

「下水の間欠流入型単段活性汚泥法による窒素除去」

E. Zanders 他

「下水及び工場排水からのCOD及び難分解性物質の高度除去」

B. Boehnke

「洛東江の河川水中のLAS及びABS濃度と生分解」

A. Utsunomiya 他

「自然環境における水質浄化機能の強化」

T. Kusuda

「活性炭による上水処理の高度化」

J. E. Sohn 他

「配水システムにおける水質保持」

G. Hooper

「飲料水パイプラインの修復」

J. Niedung

「飲料水中のトリハロメタン及び微量有害物質の生成と除去」

G. C. Bae 他

「河川水中の微量汚染物質の変異原性と細胞毒性」

A. Hamada 他

「上水供給ネットワーク」

B. Meyer-Clasen

「上水の安定供給システムの基本的問題」

H. Oster

写真1 シンポジウム会場での金秀生教授と筆者(右)

3. 研究発表の概要

発表された論文は28編と多く、それぞれに興味深いものであったが、紙面の都合もあり、筆者が特に関心をもった数編について紹介してみたい。

「韓国における廃棄物管理と上水の高度処理」

1990年現在、韓国では一般廃棄物が約3,000万トン／年発生しており、その93%は埋立てされている。この発生量は約2.5kg／人・日となり、日本の1.1kg／人・日(1989年)に比べ2倍以上になっている。この差は主として冬の暖房、オンドルに使う煉炭によるようである。(図-1)。

産業廃棄物の発生量は2,200万トン／年で、その内約1,200万トンが再利用され、埋立ては約750万トンになっている。

廃棄物の埋立て処理が困難になってきており、現在多くの都市で焼却施設を建設中、又は計画中である。

また、上水普及率は1990年現在78.4%で、その水源の90%は河川水に頼っている。その河川の汚濁が近年進行してきており、例えば、釜山市の重要な水源である洛東江のBODは3~4mg／ℓで、上流域の都市の

図-1 韓国における一般廃棄物の発生量とその処分状況

図－2 洛東江の水質の推移

下水道整備と上水施設での高度処理が大きな課題になっているという指摘であった（図－2）。

「ドイツにおける有害廃棄物の技術的規制」

今回のシンポジウムでは焼却・溶融に関する発表が最も多く、韓国における焼却技術に対する関心の高さが窺われたが、この発表もその関連の1つである。

ドイツにおける有害廃棄物の規制に関して、有害廃棄物の輸出入が禁止され、1989年末からは北海への廃酸の投棄ができなくなり、同じく1989年にはドイツ船による塩素化炭化水素の焼却が不可能になった。表2は1988年における有害廃棄物の処分状況を示している。

排出量の抑制と再利用の強化を進めるため焼却炉の建設が進み、既に27の施設が稼動しており、年間75万トンの有害廃棄物が焼却されている。さらに、18施設

表2 1988年における有害廃棄物の処分状況

Sanitary landfill	38%
Ocean disposal (until 1989)	28%
Incineration	8%
Pre-treatment	8%
Interim storage	4%
Others	14%
Total	100%

の建設が計画されている。また、処分方法としては衛生埋立てが望ましいが、浸出液の問題もあるので、岩塩廃鉱山への埋立てや溶融処理も将来は考慮しなければならないと指摘している。

「有害廃棄物の焼却と排ガス処理」

表3はドイツとヨーロッパ共同体（EC）における排ガス規制の状況を示したもので、従来の塩化水素、ふっ化水素、いおう酸化物、ばいじんだけでなく、窒素酸化物、ダイオキシン類、重金属類の規制強化にも対応した排ガス処理システムを紹介している。

「下水及び工場排水からのCOD及び難分解性物質の高度除去」

高負荷と低負荷を組合せた二段生物処理法が、CODだけでなく、窒素化合物や有機塩素化合物を安定して高率で処理できることを述べている（図－3）。

4. 釜山市の下水処理施設

韓国の地方行政区域は、特別市（ソウル）、直轄市（釜山など5市）、道（京畿道など9道）に分かれている。下水道事業を直轄市が実施する場合、国からの財

表3 廃棄物の焼却における排ガス規制

mg/m ³	Germany VDI2114 1976	Germany TAL1986	European Community 1992	Germany 17. BImSchV 1990 Daily Averages	Netherlands 1989 Hourly Averages	European Community Proposal 1992
Particulates	100.0	30.0	30.0	10.0	5.0	5.0
SO ₂	-	100.0	300.0	50.0	40.0	25
HCl	100.0	50.0	50.0	10.0	10.0	5
HF	5.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0
NO _x	-	500.0	-	200.0	70.0	-
CO	500.0	-	100.0	50.0	50.0	50.0
Corg.	-	-	-	10.0	10.0	5.0
PCDD/PCDF*	-	-	-	0.1 ng TEQ*/m ³	0.1 ng TEQ*/m ³	0.1
Heavy Metals						
Class I Hg	-	▷ 0.2	▷ 0.2	0.05	0.05	0.05
Cd-Tl	-	▷ 0.2	▷ 0.2	0.05	0.05	0.05
Class II (As,Co,Ni,Se,Te)	-	1.0	1.0	▷ 0.5	▷ 1.0	▷ 0.5
Class II (Sb,Pb,Cr,Co,Sn,Cu,Mn,V)	-	5.0	5.0			

* Toxic equivalents of 2, 3, 7, 8 TCDD

図-3 二段生物処理法による窒素除去

政的支援はなく、すべて市費と借款で賄わなければならないため、財政的には大変厳しい状況のようである。そうした中で釜山市には水營と長林の2つの下水処理場が稼動しており、1994年を目指して龍湖下水処理場が建設中である。図-4、表4は釜山市の下水処理場の処理区域と計画を示したものである。

図-4 釜山市の下水処理区域図

表4 釜山市の下水処理場建設計画

區 分	處理區域	處理面積 (km ²)	處理方法	日處理量 (千m ³)			備 考
				計 劃	既施設	施設中	
水營下水處理場	東萊區, 金井區 海雲臺區	42.06	活性汚泥法	420	230	—	88.5.1 稼動中
長林下水處理場	沙下區 北區	44.63	活性汚泥法	500	300	—	90.12.1 稼動中
龍湖下水處理場	南區 釜山鎮區一部	35.37	活性汚泥法	460	—	270	'91~'94
影島下水處理場	影島區 中區, 西區	18.01	活性汚泥法	200	—	—	'970 幸
松亭下水處理場	松亭地區	0.81	活性汚泥法	10	—	—	'970 幸
盤松下水處理場	盤松地區	1.88	活性汚泥法	20	—	—	'970 幸

この中で、筆者は1990年12月から稼動している長林下水処理場を見学する機会を得たので、その特徴等を簡単に紹介する。

まず、この処理場は韓国と日本のコンサルタントが共同で設計にあたったとのことであったが、流入部にはスクリーポンプ（韓国製）が設置され、下水を汲上げた後、沈砂池等の処理施設が配置されていた。処理方式は標準活性汚泥法であった（写真2、3）。

水質的には、流入水のSSが250~300mg/ℓと高く、BODは110mg/ℓと低いということであった。このため、初沈流出水のBODは50~90mg/ℓと低いので、エアレーションタンクの気液比は約3倍に抑えているということであった。処理水のBODは10~15mg/ℓと良好であった。

また、汚泥処理は、濃縮-嫌気性消化-ベルトプレ

写真2 長林下水処理場の処理系統図

写真3 流入部に設置されたスクリーポンプ

海外情報

湾岸諸国緑化シンポジウムに参加して

森

勇*

1. ま え が き

1992年10月26日、27日の両日、東京のホテル・ニューオータニにおいて、「湾岸諸国緑化シンポジウム」(主催・同シンポジウム実行委員会 実行委員長・大慈弥嘉久)が開催された。

シンポジウムには海外からは、バーレン、クウェート、オマーン、カタル、サウジアラビア、アラブ首長国連邦および米国とオーストラリアから27人が招待され、日本側も500人を超える緑化や造水に関連する学識者や企業関係者が参加した。この種の会議としては最近にない大きい規模のものであった。

テーマは、「緑化技術」と「水供給技術」についてのさまざまな提言と問題点の指摘、今後の技術推進の在り方についての討議が活発になされて、盛況のうちに閉会した。

以下に今回のシンポジウムの全容を紹介する。

2. 研究発表の概要

今回のシンポジウムの発表数は、基調講演2編、特別講演1編、基調および総括コメント3編、一般論文としては、「緑化技術の展望」分科会11編と「水供給技術の展望」分科会22編であり、これに参加湾岸諸国のカントリーレポートが6編加わった。これらの演題および論文名および関係者の氏名を、表1に示しておく。

発表内容には興味深いものが多数あり、砂漠緑化を進めるに当たっての現状を踏まえての問題や、現在開発中の技術、あるいは新しい観点からの提言などが、それぞれの専門分野から豊富な図表や写真のスライド映写によって開陳された。それらの中から本誌の読者の関心がありそうなものを、重点的に要約して以下に

示す。

〔植栽場の設営〕

- ・日本企業がエジプトの砂漠地帯で2,500haに機械化灌漑を実施し、牧草を主体に野菜と果樹の作付けをおこないモデル事業となっている。
- ・アブダビ農業庁試験農場で、簡易冷却設備と砂漠砂利用のサンドポニックス法による野菜(キュウリ・トマト)栽培試験を実施し、平均的農場の2倍近い収量が得られた。
- ・灌漑用水を有効に施用するためのIRIDES (Irrigation Design System) コンピューターシステムは、マンマシン対話形式で設計者が短時間で最適の灌漑計画を立案できるよう開発されたソフトである。また同時に安全性や経済性も考慮した複数の代替案も設計できるため、マスタープランの比較検討には偉力を発揮するであろう。
- ・乾燥地農業における点滴灌漑方式は、節水効果が高い上に、悪性の土壌菌の感染や葉焼けを防止し作物の品質向上にも有効であり、多くの関係者が注目している有望な技術である。

〔塩害の防止〕

写真1 大慈弥実行委員長の開会挨拶
(壇上右手は渡部通産大臣と柿沢外務政務次官)

* ㈱荏原製作所開発企画室部長
Isamu MORI

表1 日本側発表内容

基調講演「砂漠緑化の現状と展望」	
吉野 照蔵 (社)日本建設団体連合会会長	
「緑化技術の展望」分科会基調コメント	
松本 聡 東京大学 農学部 教授	
サブセッション1	
テーマ1 「砂漠・乾燥地における植栽場の設営」	
発表者 平賀 義彦	
構成論文	
「乾燥地農業における水管理」	
(株)クボタ エンジニアリング部 平賀 義彦	
「アラブ首長国連邦における施設園芸技術の協力」	
鹿島石油(株) 総務部 長谷川繁弥・宮崎 敏明	
テーマ2 「塩害の防止」	
発表者 大和 裕	
構成論文	
「ポリマー不透水層形成による節水と塩害の防止」	
東京大学 農学部 松本 聡	
ライオン(株) 研究開発部 大和 裕	
「乾燥地における塩類化抑制技術」	
清水建設(株) エンジニアリング本部 清水 優	
「アスファルト被膜の効果」	
国際耕種(株) 大沼 洋康	
サブセッション2	
テーマ1 「土壌保水能力の強化」	
発表者 大内 誠悟 吸水性樹脂技術研究会	
(住友化学工業(株) 農材事業部)	
構成論文	
「土壌保水能力の強化」	
吸水性樹脂技術研究会	
テーマ2 「節水型植栽のための施肥・栽培技術」	
発表者 小野 勝弘	
構成論文	
「乾燥地域における作物栽培へのVA菌の利用」	
出光興産(株) 研究開発部	
鈴木 源士・宮本 人・小野 勝弘	
「ペーパーポット育苗による節水型農業の提案」	
日本甜菜製糖(株) 紙筒部 澤井 孝慈	
サブセッション3	
テーマ1 「砂漠・乾燥地に適した植栽種の選定」	
発表者 金子 誠二	
構成論文	
「砂漠緑化のための植物種の選択」	
大成建設(株) 技術研究所 金子 誠二	
「サウジアラビアにおける緑化研究」	
(株)泰正 山口 達雄	
「アラブ首長国連邦の砂漠の緑化・農業開発」	
(株)タイキ 山本 皓一	
テーマ2 「バイオテクノロジーによる耐乾性・耐塩性植	
種の開発」	
発表者 島本 功	
「バイオテクノロジーによる耐乾性・耐塩性植種の開発」	
(株)植物工学研究所 島本 功	
「水供給技術の展望」分科会基調コメント	
松尾 友矩 東京大学 工学部教授	
サブセッション4	
テーマ1 「海水淡水化技術の動向」	
発表者 山田 孝晴	
構成論文	
「海水淡水化技術の動向」	
三菱重工業(株) 長崎造船所 山田 孝晴	
テーマ2 「多様なエネルギー源の淡水化への利用」	
発表者 後藤 藤太郎	
構成論文	

「多様なエネルギー源の淡水化への利用」	
(財)造水促進センター 後藤 藤太郎	
「新エネルギーの沿岸地域における利用について」	
東燃(株) 新事業開発部 柿木 寿・松村 光雄	
サブセッション5	
テーマ1 「地下水資源の調査」	
発表者 津 宏治	
構成論文	
「SARの地下水探査への応用」	
(財)資源観測解析センター 田川 照嘉	
「ランドサットMSS画像データを用いた地質解析」	
(株)地球科学総合研究所	
岡田 欣也・並川 貴俊・渡辺 宏	
石油資源開発(株) 松岡 俊文	
「空中選択ガンマ線による広域の地下水脈の検出とその	
水量測定」	
(株)エースヘリコプター 落合 敏郎	
「地下水探査と電気・電磁気探査」	
工業技術院 地質調査所 内田 利弘	
「自然放射能探査技術を利用した破砕帯調査事例」	
鹿島建設(株) 技術研究所 土弘 道夫	
「ほう素トレーサー法を利用した単一井による地下水流	
動調査」	
鹿島建設(株) 技術研究所 山本 毅史・土弘 道夫	
「地盤内の地下水流動評価手法とその実例」	
鹿島建設(株) 技術研究所 日比谷 啓介・塩釜 幸弘	
テーマ2 「地下ダムによる地下水確保」	
発表者 平間 邦興	
構成論文	
「地下ダムによる水資源開発技術」・	
(株)大林組 技術研究所 平間 邦興・桑原 徹	
「地下ダムの施工事例」	
(株)大林組 技術研究所 平間 邦興	
技術第二部 串間 正敏	
「地下ダムの調査計画技術」	
(株)三祐コンサルタンツ 吉川 満	
コスモ石油(株) 藤井 勝人	
「地下貯水槽の乾燥地域への適用」	
(株)環境アセスメントセンター 塩坂 邦雄・武隈 宏之	
サブセッション6	
テーマ1 「水処理の必要性和処理水の有効利用」	
発表者 赤木 文行	
構成論文	
「廃水処理の必要性和廃水処理技術の開発状況」	
(株)神戸製造所 技術開発部 赤木 文行	
「最近の鉄鋼戻水処理設備」	
神鋼パンテック(株) 西本 俣士	
「石油精製業における排水処理」	
日本石油(株) 環境保安部 田澤 信治	
「六甲アイランド水リサイクルモデル事業」	
神戸市 下水道局 竹中 恭三	
「生活廃水の再利用化を地域レベルで実施」	
清水建設(株) エンジニアリング本部 佐藤 弘	
「日本における水の再利用」	
(財)造水促進センター 後藤 藤太郎	
テーマ2 「砂漠緑化に役立つ上下水システム」	
発表者 森 勇	
構成論文	
「砂漠緑化に役立つ上下水システム」	
(株)住原制作所 開発企画室 森 勇	
「Mafraq下水処理プラント」	
石川島播磨重工業(株) 環境施設事業部 梶谷 清志	
シンポジウム全体総括コメント	
芝浦工業大学教授、東京大学名誉教授 高橋 裕	

Organizer: Executive Committee, Symposium on Greening of the G.C.C. Countries

Sponsors: Ministry of International Trade and Industry,
Ministry of Foreign Affairs

Supported by: Petroleum Energy Center,
Petroleum Association of Japan,
Water Re-use Promotion Center of Japan,
Japan Cooperation Center for the Middle East,
Japan Federation of Construction Contractors,
Desert Development Institute, Japan,
Commission of Agricultural Development for Arid Land,
The Japanese Association of Arid Land Studies

In Cooperation with:

Oil Refining Companies:

Nacoco Kasei Co., Ltd.
Kashima Oil Co., Ltd.
Kureha Oil Co., Ltd.
Kureha Oil Co., Ltd.
Kureha Petroleum Industries Ltd.
Ina Oil Co., Ltd.
Cosmo Oil Co., Ltd.
Showa Shell Sekai K.K.
Central Refining & S.
Tatsumi Oil Co., Ltd.
Tatsumi Corporation
Nagata Mitsui Co., Ltd.
Nagata Oil Co., Ltd.
Tsun Oil Co., Ltd.
Asahi Refining Co., Ltd.

Oil Development Industry:

Aburahi Co. Co., Ltd.
Asahi Oil Co., Ltd.
Japan Oil Development Co., Ltd.
Japan Oil Co., Ltd.
Japan Petroleum Exploration Co., Ltd.

Construction Industry:

Chiyoda Corporation
Kumagai Corporation
Shimizu Corporation
Taisei Corporation

Plant Engineering and Others:

Daikin Corporation
Kubota Corporation
Kishida Kasei Co., Ltd.
Chiyoda Chemical Engineering & Construction Co., Ltd.
Taisei Engineering Corporation
K.C. Construction
Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

Symposium Office:

Office for Symposium on Greening
Petroleum Energy Center
3-22, Arabasaka 2-chome, Minato-ku, Tokyo 106, JAPAN
Telephone: (81) 3-3585-7657
Telex: (81) 3-3585-5102

Symposium on The Greening of The G.C.C. Countries

Final Program

October 26-28, 1992
Tokyo, Japan

Executive Committee
Symposium on the Greening
of the G.C.C. Countries

写真2 シンポジウムプログラム

- ・ 植栽場の塩害は、土壤中の塩分が水の移動によって地表に集積して、地表の植生に被害を与えることであり、暗渠埋設やリーチングなどは土壤中の水移動をコントロールして除害する方法であるが十分な効果は期待できない。
- ・ 不透水層技術は作土層の下に不透水性膜を層状に形成し、地下の高塩分濃度の水が地表に上昇して塩害が発生するのを防止するものである。また不透膜の層上の水は地下に浸透しないので、節水栽培の効果も期待できる。

不透水層を地下に形成する技術が日本で開発されたが、これはポリアクリル酸ソーダの水溶液を地表に散布し地中に浸透させて一定の深度で土壤中のカルシウムと反応して固化し、連続的な不透水層ができるという原理である。水溶液中の炭酸ナトリウムの量を加減することによって、層の深度を0.15～1.3mの間で任意に調整することが可能といわれており、各種の作物の大きさ（根の深さ）に対応できるとのこと。

灌漑水のみの大麦の栽培試験では、散水量を5日毎に3mmという極度の節水栽培にも拘らず10アール当り274kgの収穫が得られたが、この量は対照区の10%の灌漑水量である。

〔土壌保水能力の強化〕

- ・ 砂漠の土壌は、透水性は良いが保水性が低いので、これを改善するため、ピートモス、鮎物焼成発泡物、高吸水性樹脂などを添加する方法がある。

ピートは、北米と北欧に分布し25～50%の混合で液相を20.7%から50%まで増加させ、パーライトは、真珠岩の粉末を熱処理して多孔質化することにより、容量比20～30%の混合で効果がある。

高吸水性樹脂は自重の千倍程度の水分を吸収する樹脂で、ポリアクリル酸塩系の製品が多い。砂に混ぜてドリップ灌漑による節水栽培法を実施すると効果が顕著である。カイロ市北西150kmの実証試験圃場で1988～1993年の期間で、パイプハウス内のメロン、トマトの節水栽培プロジェクトを、高分子樹脂と粘土のコンポジットを用いて進行中である。

〔節水型植栽のための施肥・栽培技術〕

直播き育苗は散水ロスが多いので、ペーパーポットを育苗に用いて小面積で節水効果を高めることに成功した。しかもペーパーポットは機械移植が可能となり根痛みがない上に活着率も高いというメリットがある。

V A菌を施用することにより、土壤中の水分や磷を効率的に吸収して根の発達を促し土壌中に活着させ、

さらに根の表面を保護して耐病性を向上させることができる。

節水型植栽の支援設備として、目詰りを起さず均一に給水できる点滴用コイルドリッパーや、強烈な紫外線から苗木を保護するためのツリーガードなどが開発され効果が認められている。

〔砂漠・乾燥地に適した植栽種の選定〕

オーストラリア、アメリカ、アフリカ、いくつかのラテンアメリカおよびアジア諸国には、湾岸諸国と似た気候条件の国があって、移転可能な有用な植物種が数多く存在する。

これらの植物種は、その地域の育成条件に適応した遺伝子資源の宝庫であって、有用な種を選定し増殖させ、食料、飼料、医療、その他の資源として活用するための研究が必要とされている。

〔バイオテクノロジーによる耐乾性・耐塩性植種の開発〕

日本のバイオテクノロジーは、品種改良から培養細胞を利用した合成薬生成に至る分野の研究が進められているが、砂漠地帯での環境ストレスに耐える植物の品種改良の中心は遺伝子工学であり、主要ステップは

- ① 品種改良に有効な遺伝子の確認とクローニング
- ② 異なる遺伝子の融合
- ③ 品種改良された作物の評価

の3点であり、これらをベースとして有効な遺伝子操作が可能となる。

乾燥および塩類に影響される生物学上のプロセスについては

- ・細胞含有水分の消失
- ・細胞内のナトリウムイオン集積

の2点が、現在確認されている主要問題である。

〔海水淡水化技術の動向〕

現在実用化されている技術には、次のようなものがあり、全世界の淡水化施設は1,600万 m^3 /日に達する。

- ・水の相変化（蒸発法、結晶法）
- ・膜利用（逆浸透法・電気透析法）

方式別では蒸発法が60%と最も多く、特に、4,000 m^3 /日以上の大規模施設では78%を占めている。

蒸発法には多段フラッシュと多重効用法、蒸気圧縮法があり、逆浸透法は建設費や熱効率の点で多段フラッシュ法より勝っているが、さらに普及させるためには、耐微生物性、耐塩素性および前処理などの課題がある。

また将来技術としては、蒸発法と逆浸透法を組み合わせたハイブリッド法が注目されている。

〔多様なエネルギー源の淡水化への利用〕

淡水化コストのうち、熱、圧力、電気エネルギーが最も大きい比率を占めており、これらを低コストの新エネルギーで代替させることが検討されており、太陽エネルギーと燃料電池が有力視されている。

・太陽エネルギー：太陽熱利用では多重効用法、太陽光利用では電池発電による逆浸透および電気透析が有利とみられ、試験設備により運転研究中である。

・燃料電池：発電廃熱を熱源とする蒸発法、発生する直流電力による電気透析法および交流変換による逆浸透法の三種が考えられている。

〔地下水資源の調査〕

人工衛星利用の超広域調査、航空機利用の広域調査、電気・電磁法調査などの地上調査と、システムチェックに対象エリアを順次絞り込んで、ボーリング掘削地点を選定した上で、地下水流動系の把握と賦存量の推定が、効率よく進められねばならない。

・人工衛星を利用した超広域調査

日本で1992年に打ち上げた地球資源衛星（JERS-1）に搭載された光学センサー（OPS）と合成開口レーダ（SAR）は、各々、植生や岩石の識別と地表凹凸や地表物質誘電率による土壌水分の把握が期待される。

・航空機を利用した広域調査

限定地域を空中電磁法により地下100mまでの比抵抗分布を求め、空中ガンマ線により破碎帯の存在を把握して面的な直接探査をおこなう。

・地上調査

電気・電磁法は帯水層と不透水層を比抵抗の差で探知し、地上放射能法は破碎帯の存在の把握に効果がある。

〔地下ダムによる地下水確保〕

地下ダム計画において、新規開発水量の算定、地下水位変動の予測、湿地化の予測のために、次の方法で地下水解析をおこなう。

- ・候補地選定の帯水層の第一次評価としての水文気象的な手法
- ・維持管理期間を含む長期的地下水涵養解析のためのタンクモデルシミュレーション
- ・三次元解析とカラーグラフィック化による、開発水量の算定、地下水位変動の予測、湿地化の予測のための三次元浸透流FEM解析

日本での地下ダムの遮水壁工法としては、泥水固化壁、ソイルセメント壁および注入工法が既に実施され

ているが、近年、遮水膜工法などの新工法も採用されようとしている。国内の地下ダムの代表事例として、次の2件を挙げる。

- ・常神地下ダム：地下水位上昇と塩水侵入防止が目的で、帯水層は沖積砂礫層・止水壁は泥水固化式地下連続壁で総延長200m、深度22mの貯水量7万m³の小規模ダム
- ・砂川地下ダム：地下水貯留を目的とし、帯水層は琉球石灰岩、止水壁は柱列式地下連続壁、延長1,800m、深度65m、貯水量950万m³の国内最大規模。

また地下ダムと異なり人工的に礫などで埋め立てて帯水層を造成して水を蓄える地下貯水槽があり、山地などで年間50～200mmの降雨がある地域に適用可能である。乾燥地帯の帯水層のないところでは、抽水、導水、給水の各設備と地下貯水槽本体の構築によって使用が可能となる。

〔水処理の必要性と処理水の有効利用〕

我国における用廃水のリサイクルによる水資源の有効利用は、近年、着々と実用化している。

生活廃水は、下水道においては三次処理による地域雑用水化と工業用水化であり、ビル単位としてはトイレ用水などの中水道システムとして利用されている。

産業廃水は、事業所で再処理してプロセス用水として再利用し節水を図っている。今後さらに普及率を高めるためには、処理水質の向上と造水コストの低減が大きな課題である。

神戸市六甲アイランドにおいては、人工島内の業務・商業ビルのトイレ用水および緑地帯の散水・修景用水として、下水の二次処理水を砂汔過したものを水リサイクルセンターへ送り、ここでオゾン処理・塩素滅菌をおこない、4,200m³/日を供給している。

ビル内の中水道の事例としては、芝浦シーバンス（事務棟2棟と商業棟1棟）で、活性汚泥法と生物汚過リアクターの組合せ処理により、再利用率36%を実現している。

〔砂漠緑化に役立つ上下水システム〕

砂漠緑化に都市下水処理水を積極的に活用する気運は、近年ますます高まってきた。その効果をさらに上げる具体的な方策として、海水淡水化によって得た貴重な水資源を、節水利用はもちろんのこと送水・貯水・処理を含む上下水システム内での水量損失を極力低減すること、下水中の汚濁物質のうちの植生に有用な成分は、環境に悪影響を与えないレベルで温存させ、灌漑水に液肥としての機能を持たせることなどが考えら

れる。

10万人都市について試算すると、1人1日450ℓの上水量と仮定すると、下水処理水で約400haの面積を潤し、窒素・燐分は必要量の数倍を供給できるようである。

湾岸諸国の事例としては、アラブ首長国連邦マフラク地区に、66万人対象の下水処理場が計画され、その一部が稼働中であり、下水は表面曝気式ステップエアレーション活性汚泥法の後で砂汔過された処理水が、市街地の緑化に役立てられている。

以上のような日本側からの技術プレゼンテーションに加えて、表2に示すような、アリゾナ大学乾燥地研究所長・フォスター博士の基調講演があり、アリゾナの砂漠地帯で研究された、都市下水および処理水によって人工湿地を造成して水草を栽培し水鳥や魚類や小動物の棲息地として都市の周辺環境を整え、同時に生活廃水の処理もおこなう実証試験の成果が報告された。砂漠のように透水性の高い土壌においては、プラスチックシートを溝の底に敷きその上に土壌を入れて培地として、その中を廃水を緩慢に流下させる方法で、リクレーション用地としての環境と修景造成に寄与し、

表2 招待者側発表内容

基調講演「米国における砂漠緑化技術の現状と展望」	
Dr. Kenneth E. Foster	
(アリゾナ大学乾燥地研究所所長)	
特別講演「衛生データを利用した放牧地の管理」	
オーストラリアCSIRO Dr. Geoff Pickup	
カンントリーレポート	
発表総括	
座 長：高橋 裕	
(芝浦工業大学教授 東京大学名誉教授)	
湾岸諸国からの報告	
発表者	Mr. Mohammed Saleh Al Ansari, バハレーン
	科学学術研究センター水プロジェクト研究員
Report	「バハレーン国における水と農業について」
発表者	Mr. Nazar M. Hussain, 科学調査研究所次長
Report	「クウェイト国からの報告」
発表者	H. H. Sayyid Barghash Bin Ghalib Al Said,
	水資源省水資源評価局長
Report	「オマーン国の現状報告」
発表者	Mr. Abdul Aziz Abdulla Al Midfa, 環境保
	護委員会事務局長
Report	「カタール国における水資源と自然植栽計画」
発表者	Dr. Talat Bader, キングファハド大学地質鉱
	山学部長
Report	「サウディアラビア王国における水供給と緑
	化に関する報告」
発表者	Mr. Mohamed Saqer Al-Asam, 農漁業省土
	壌水局長
Report	「アラブ首長国連邦からのカンントリーレポート」

あわせて都市のヒートアイランド化の防止にも効果があると指摘している。

オーストラリアのCSIRO野生環境センター・ピックアップ博士は、オーストラリア内陸部の放牧地帯で家畜によって緑が失われつつあり、次第に不毛化する現状を人工衛星写真により冒頭に説明した。次に緑地の消滅と表土流失のメカニズムと、その将来を数理モデル解析により予測する手法を述べたのちに、いかにして家畜放牧を計画的に実施すればそれらによる緑の侵蝕を食い止められるかについて理論の展開をし、人工衛星のリモートセンシング技術の有効性を論じてしめくくった。

3. 湾岸諸国からのカントリーレポート

六ヶ国からのカントリーレポートは、聴講者に対する各国の基本的知識（立地条件、気候風土、社会環境、通商事情など）を前段に述べ、次に農業および食糧生産と水資源事情についての報告が、発表者の専門分野や職位に応じた内容でおこなわれた。人文地理学的なデータは省略して、レポート中に見られたトピックスを以下に挙げてみる。

〔バハレーン〕

年間降雨量72mmのこの島国は、用水源を地下水と海水淡水化および下水処理水に依存しており、全量の70%が地下水である。地下水の塩分は2,000～4,000mg/ℓで、地下水汲上量の34%を淡水と混合して家庭へ給水しており、残りは農業用にまわされる。下水処理水の20%は再利用されるが残りは放流されており、利用率の向上が望まれる。特に National Land Use Plan 2001では、下水処理水を積極的に利用して耕地面積を増加する計画が進められつつある。これは給水量の増加と並行して、点滴法などの採用で、ha 当りの灌漑水量の半減もあわせて研究されている。

〔クウェイト〕

雨季は11月から3月でクウェイト市の降雨量は、年間120mmであり、これに対して蒸発量は年間5,000mmに達する乾燥地帯である。土壌は国土の80%近くは、石炭、炭酸カルシウムおよびシリカ分の多い不毛およびそれに近いものであり、現状では国土全面積180万haのうち5.5%が都市（工業地区を含む）で、農耕面積は0.2%という少なさである。

1990年に立案された砂漠の緑化・耕地化に必要な灌漑用水の確保のための利水計画では、1995年度において、地下水（かん水）44万 m^3 /日、下水処理水12万

m^3 /日、河川伏流水5万 m^3 /日などで合計65万 m^3 /日を見込んでいる。

地下水は地表近くの水はTDS4,000mg/ℓと高いため用途が限定されるので、220mと880mの滞水層から深井戸で汲上げる調査がおこなわれたが、硫化水素を分離しないと使用できないことが判った。

そこで今のところ下水処理水（TDS1,300～2,430mg/ℓ）が実用性が高いとの判断から、稼働中の3施設の処理水をネットワークで耕地に給水する事業が先行しており、水質的には市街地内に撒水されるのとなり高度のものが要求されている。

産業廃水は、大部分が工場内で処理され再利用されており、将来は余剰分が4万 m^3 /日程度緑化用水に活用できる模様である。

淡水化プラントは現在6施設あり、114万 m^3 /日の造水能力を有しており、さらに増設計画もあることから、50万 m^3 /日近くが緑化にまわせるという。

これらの淡水化プラントは、いずれも多段フラッシュ法であり背圧2kg/cm 2 があるため蒸気発電が可能となり、発生電力でROを運転する複合式淡水化プラントも計画中である。ROと多数フラッシュを複合することは、造水コスト低減と給水デマンドに追従するフレキシブルな造水計画にも有効なハイブリッドシステムといえる。

以上の造水施設の拡充と並行して、クウェイト市街と砂漠地帯の間に、巾5kmの緑地帯を造成する計画（プロジェクトパッケージ）も進められており、この中には農場、保養場、キャンプ場およびスポーツ施設が設けられる。

〔オマーン〕

土地の利用率は比較的高く、農地と未利用地と都市部とがほぼ3分されている。地下水源も割合良質の井戸に恵まれており、年間使用水量は全国で12億 m^3 で94%が農業用水である。農地の灌漑用井戸は、100ha 当り1日に1～1.5万 m^3 で20～30本の深井戸でまかなわれる。

首都マスカットの上水普及率は98%に達し、水源は海水淡水化75%、井戸水25%で12万 m^3 /日を給水し、TDS250～350mg/ℓの良質な上水である。

下水処理場は8 m^3 /日から12,000 m^3 /日まで、大小240プラントあるが、本格的な再利用には至っていない様子である。

〔カタール〕

ペルシャ湾に突出たこの半島国家の年間蒸発量は

1,500mm（最多月は7月で260mm）に達するが、降雨頻度は極めて低く1mm以上を示す日は年間8日に満たず、首都カタールのこの22年間の年間平均降雨量は77.4mmであった。このため給水源はほとんどを地下水にたよるを得ないが、塩分侵入が問題化しつつあり、臨海地区では4,000mg/ℓに達するところもあって、農業用水として使用に耐えないところもあり、農地の塩害も深刻になっている。そこで政府としては、伝統的な地下水利用方法であるところのワジの改修や、深井戸の無計画な乱掘の規制に着手し、海水淡水化の推進とともに陸上水源の保護につとめている模様である。

〔アラブ首長国連邦〕

降雨量については25年間の平均値は年間105mmであり過去最も多い年で478.8mmという記録がある。農業耕作地は200,000haあり、その灌漑用水は地下水に依存していて、作物は地下水塩分濃度によって作柄を変えている。3,000mg/ℓまでは野菜や果樹、5,000mg/ℓまでは野菜や牧草で近年はヤシ林に10,000mg/ℓ近い地下水を給水している例もある。また最近の灌漑技術の向上の結果、単位面積当たり給水量は大巾に節約され60%まで低減された例もあるという。一方、都市用水は海水淡水化によりまかなわれており、造水量は年間4.8億 m^3 に達している。市街地の緑化用水はもっぱら下水処理水を活用しており、年間8千万 m^3 が供給されている。1991年に完成したドバイ市下水処理場から9万 m^3 /日の下水が活性汚泥法で処理されさらに砂濾過されて公園局に給水されている。

灌漑システムもこれまでの多くの経験から、大別して次のような3種類の方式を採用している。

- ・果樹園で用いるバブラーシステム
- ・野菜畑などに用いるドリップシステム
- ・穀物や牧草地に用いるスプリンクラーシステム

例えば、20haの野菜畑を一単位として、250～300mm径の深井戸を掘り80mm径のポンプを設置し硬質塩ビ管を給水主管とし、これに小口径の枝管を付けて1本に20個の点滴ノズルを設けるのが、標準的施設である。

〔サウジアラビア〕

サウジアラビアの降水量は湾岸諸国中では最も少なく、首都リヤドで年間74.5mm、ペルシャ湾岸のダハランで102.2mm、紅海側のジェッダで36.9mmという状況である。国土面積240万 km^2 のうち、現状で耕作可能面積は6%弱であり灌漑普及により耕作の見込みのありそうな面積を加えても、やっと14%足らずという状況である。また自然植生も乏しく種類も限られており、

海岸のマングローブ、湿地や沼沢のヨシやアシ、入江や内陸塩湖の塩生植物、内陸の大部分を占める乾燥地帯の矮小植物、山地のかん木、降雨期から1～2ヶ月の短命な植物などが主なものである。

地下水は国土の半分近くの地下数百mの滞水層に存在していると考えられているが、TDSが1,000～4,000mg/ℓであり利用上の制約がある。農耕や生活に利用されている泉地は20箇所以上あって、TDSは大部分が1,000mg/ℓ以下の比較的良質の水で、湧水量も10万 m^3 /日近い個所もある。

政府の政策としては地下水の涵養と降雨の有効貯水を当面の水質源確保対策としている。

当初は本格的な地下ダムも試みられたが地表の植生があることが判って、その後は1m高の小堰堤で地下浸透を図ることの効果が認められ70箇所以上に築造されている。また通常の農業ダムも山岳地と平野部の間の谷間に多く（183箇所）築造されており、一部は都市上水も対象とする多目的ダムとなっており8箇所が供用されている。

下水処理水の再利用も活発でありすでにリヤド市では農業用水として活用されているが、全国的な計画としては、2000年において5億 m^3 まで増加させることが検討中である。

海水淡水化はSWCCによって両湾岸にプラントが稼動中で、都市用水の大部分がまかなわれているが、これらについては多くの報文があるので省略する。

その他の緑化関連の国家プロジェクトとしては、「キングファイサル定住計画」が進行中であり、これはベドウィン族1,000家族を3,500haに定住させて、15万頭の羊を飼育し年間20万頭を生産させるものである。また「アルハッサ開拓計画」は、1,500kmの水路を新設して、古くからのアルハッサのオアシス農地を8千haから2万haに増やすための灌漑施設を整備するものである。

4. おわりに

砂漠緑化問題について、農学と水工学の両分野について日本と湾岸諸国の専門家が参加した今回の会議は、この種の会議としては日本では初めてのことであり、多くの関係者の注目を集めた模様である。

論文の内容も発表者の顔ぶれを反映して多彩なものであり、聴講する者にとって砂漠緑化がいかに多分野の学問と技術あるいは政策上の協力が必要であるか、深く認識できたシンポジウムでもあった。

今回はそれぞれの専門とする分野および立場で、個々の情報を提供し知見を披歴し提案をおこなって、今後の砂漠緑化問題にさらなる努力を傾注することを確認し合ったことが、所期の目的に添うところの成果であった。

近い将来は、舞台を湾岸諸国の現地に移して実際に緑化を必要としている現場に立って、緑化を阻んでい

る気候風土を肌で感じながら、日夜現場と取り組んでいる技術者の方々と具体的な討論をする企画もあると聞き大いに期待している。

おわりに当って、このたびの湾岸諸国緑化シンポジウムの開催に尽力された関係者の方々に對し、深甚なる敬意を表するものである。

行 事 案 内

JIS K 0102 工場排水試験方法改正説明会

主催：財団法人 日本規格協会
後援：通商産業省工業技術院
協賛：社団法人 日本工業用水協会
社団法人 日本環境測定分析協会

JIS K 0102（工場排水試験方法）は過去に5回の改正が行われており、今回の改正で6回目となります。

改正内容としては、近年の機器分析の著しい進歩、普及と精度の向上に伴い新しい機器分析法として①イオンクロマトグラフ法、②電気加熱原子吸光法（フレイムレス原子吸光法）、③ICP発光分析法以上3点を新たに採用したこと、従来の化学分析方法の改良による精度や効率の向上に対応させたこと、また、先に改正されたJIS K 0101（工業用水試験方法）との整合を図ったこと、その他、SI単位の導入、記述内容などのより明確化を図ったことなどの改正が行われています。

とき・ところ

仙 台：平成5年3月16日(火)・17日(水)

宮城県労働福祉会館 6階会議室（仙台市青葉区）

名古屋：平成5年3月23日(火)・24日(水)

愛知県産業貿易館 西館大会議室（名古屋市中区）

大 阪：平成5年3月24日(水)・25日(木)

大阪YMCA会館 YMC Aホール（大阪市西区）

東 京：平成5年3月30日(火)・31日(水)

自治労会館（東京都千代田区）

高 松：平成5年4月5日(月)・6日(火)

高松商工会議所 501会議室（高松市番町）

広 島：平成5年4月6日(火)・7日(水)

広島国際会議場 国際会議ホール（広島市中区）

福 岡：平成5年4月7日(水)・8日(木)

大手門会館 5階501会議室（福岡市中央区）

札 幌：平成5年4月12日(月)・13日(火)

札幌大同生命ビル 12階大会議室（札幌市中央区）

講 師

並木 博（横浜国立大学教授 教育学部化学教室）

梅崎 芳美（社団法人 産業公害防止協会 常務理事）

宮崎 章（通商産業省工業技術院資源環境技術総合研究所 水圏環境保全部 水質計測研究室長）

坂本 勉（財団法人 日本規格協会）

通商産業省工業技術院標準部繊維化学規格課担当官

環境庁水質保全部水質規制課担当官

参 加 要 領

参加料（テキスト代含む、テキストは、参加券と引き換えに当日会場でお渡しいたします）

一 般 （1名）：26,000円（消費税込み）

維持会員及び官公庁（1名）：23,000円（消費税込み）

問 合 せ 先

（財）日本規格協会 技術部標準課 Tel 03-3583-8004