1999 年 TAPPI 国際環境会議報告

紙パルプ技術協会 田 口 徹

Report of 1999 TAPPI International Environmental Conference

Toru Taguchi

JAPAN TAPPI

1999 TAPPI International Environmental Conference was held at Nashville Tennessee on April 19 th-21 st. The co-sponsors were PAPTAC and USDA (US Department of Agriculture) Forest Service. The main theme was Environmental Quality Management: Value Added Benefits for Our Future. About 800 people got together to share and discuss their current environmental issues. There were 53 sessions and almost all the aspects were presented in more than 120 papers. This year the two new sessions—Environmental Accounting and Endocrine Disruption—appeared.

分類：X₁ 紙パルプ産業環境一般，Z₆ 外部団体会議

テネシー州の州都のナッシュビル市の北東の郊外にあるオプリーランドホテルを会場として、4月19日から21日迄、例年通り開催された。会場のホテルはラスベガスを除けば室数が全米一とのことで、コンベンション施設も3ヶ所所有する巨大で複雑な構造のホテルであった。初日、二日目は、講演会場やロビーに行く通路を覚えることに先ず精力を使わざるを得ない始末であった。

参加者は例年より少な目であったが、講演は、昨年同様、6～7会場で行われて進められ、全部で53セッション・130件近い発表があった。内、水質関係が16セッション、大気と産業廃棄物関連が各々9セッション、環境管理部門で12セッションであった。

今年からの試みとしてQuIP (Quick, Informative Presentation)と称し、口頭発表は若干短い時間で行う一方、展示会場にもポスターセッション形式でその発表内容を掲示出来るという方式で、3セッション15件の発表が行われた。展示会の出展企業へのサービスの様であった。

展示会の開場時間帯は、前日の歓迎レセプション、初日、二日目の昼食時と会議終了後の夕刻で、軽食・飲物を提供して行われた。

以下に、環境全般、クラスタールール対応、水質、大気、産業廃棄物に分けて、米国・カナダに於ける最近の動向のいくつかを紹介する。()の数字は、要旨集の掲載番号である。

1. 基調講演

ブリティッシュ・コロンビア州森林連合の森林作業実行委員会委員長であり、グリーンズビリットの創始者のバトリック・ムーア氏が行なった。氏は、国際グリーンピースの元理事で、カナダ・グリーンピースの元代表でもあったが、現在は次の様な見解の持ち主である。

最近、環境保護団体が、木材の使用に反対して、工業的に進められている林業は広範囲の種の絶滅、生物多様性の減少、地球温暖化の原因になっているというキャンペーンを行なっているが、これは事実と反しているとはいえ、無視できない状況になってきている。従って、社会に対して、特に都市に住む若年層に、木材は環境的にみて優れた素材であり、木材生産を目的にキチンと管理されている森地は、農地や住宅地に比べて生態的にも重要であること、又、木材は、今後の環境問題の視点からすれば、エネルギー源としては化石燃料よりも、紙の原料としては農産物からの非木材繊維よりも、原材料としては鉄やプラスチックよりも好ましいものであることを分って貰う努力が必要との見解を示された。

森林にとっては例え皆伐されたとしても、それは一時的な外乱に過ぎず、森林の持っている回復能力と人間の手助けがあれば十分に元の姿を回復できる。これは、1980年のセントヘレンズ山の噴火の後の森林の回

復が人の手が入った方が良好なことをみれば分かる。環境保護グループは、増大する人口の需要を満たす意味で、木材の成長性、伐採及びその利用を肯定的に捉えるべきであり、種や多様性への真の脅威は、都市化の進展、自動車の増加、畜産物の生産、集約的農業であって、木材の工業的な生産ではないことを強調された。

2. 環境全般

2.1 二酸化炭素 (41-3, 13-2)

二酸化炭素の削減対策、固定化、その排出権取引に関する発表は、EPA, NCASI, AF & PA, USDA, オークリッジ国立研究所、製紙企業から 10 件の報告があった。

図 1 Fossil Fuel and Purchased Electricity Use Per Unit of Production (引用文献 1)

製紙産業を含む林産業全体の化石燃料の使用量と購入電力量の 1970 年以降の推移は、図 1 の通りで、これより算出された二酸化炭素の発生原単位の推移は図 2 の通りである¹⁾。因みに日本の紙パ産業の発生原単位は、1997 年時点で 0.2584 t/製品 t であった。

京都議定書では米国の二酸化炭素発生量の削減率は 7% となっているが、炭素換算の達成目標と 1990 年代中間での発生量が表 1 に示されている。1990 年代中間における米国の紙パルプ産業の二酸化炭素発生量（以下いずれも炭素換算値）は購入電力からの寄与分も含めて 2,630 万 t で、達成目標値の 2,280 万 t を 350 万 t 上回っている。今後の成長率を 3 段階とって増加状

図 2 Carbon Emissions per Unit of Production —Extrapolated from 1982-1997 Data (without the impact of expected new environmental regulations) (引用文献 1)

表 1 Kyoto Protocol Targets for the Forest Products Industry (7% Below 1990 Emissions) (引用文献 1)

	Kyoto Protocol Target Encompassing (10 ⁶ metric tons C/yr)		Mid-1990 _s Emissions (10 ⁶ metric tons C/yr)	
	Direct Emissions	Global Emissions*	Direct Emissions	Global Emissions*
Pulp and Paper	16.7	22.8	19.0	26.3
Wood Products	1.0	3.3	1.2	3.7
All Forest Products	17.7	26.1	20.2	30.0

* 購入電力の分を含んだ排出量

表 2 Projected Global Carbon Emissions from Pulp and Paper Manufacture
(Million Metric Tons Carbon) (引用文献 1)

Extrapolated Based on Annual Growth Rates of	Without New Environmental Regulations		With New Environmental Regulations	
	2010	2020	2010	2020
1.0%	29.7	32.8	30.5	33.7
1.5%	31.8	36.9	32.7	37.9
2.5%	36.5	46.7	37.5	48.0

表 3 CO₂ Emission Factors (引用文献 1)

Energy Form	CO ₂ as equivalent metric tons carbon	Units
Purchased Electricity	140.5	per 10 ⁹ Watt-hours
Natural Gas	14.47	per 10 ⁹ BTU in fuel
Diesel	19.95	per 10 ⁹ BTU in fuel
Coal	25.63	per 10 ⁹ BTU in fuel
Residual Oil	21.49	per 10 ⁹ BTU in fuel
Biomass	0	per 10 ⁹ BTU in fuel

況をみたのが表 2 で、1.5%の増加でも目標達成年(2008~2012 年)には 3.180 万 t に達し、削減必要量は実に 900 万 t にもなる。クラスターールの施行によるエネルギー増加分も加味すると、発生量は 3,270 万 t となり、削減量は更に増えて 990 万 t ということになる。これは 30%の削減が必要なことを示している¹⁾。

この対策として挙げられているのは、動力ボイラーに於ける燃料転換、省エネルギー対策(コージェネレーションやインバルスドライイング)と排出権取引きである。

燃料別の二酸化炭素発生原単位は表 3 の様に考えられており、天然ガスへの転換とバイオマス(黒液のガス化、樹皮)の燃焼エネルギーに期待が懸けられている¹⁾。

排出権取引きについては、シカゴに於ける亜硫酸ガスの取引きが軌道に乗り、実効が上がっていることから、二酸化炭素についても期待が大きいようであった。問題は、二酸化炭素のシンクが米国内に無ければならず、それをクレジットに換算して誰が持つかである。彼等の目論んでいるシンクは、森林と農場の土壌が中心で、森林には地下の根の部分も含まれる。現在、利用できる草原や農地が 5.9 億エーカー有り、これを森林化して炭素の固定量が 2 t/エーカーあるとすれば、0.5 億エーカーで 1 億 t の固定量となり、先に予測された増加量を吸収して、排出権の売り手にもなり得ると皮算用している節がある。取引価格については、炭素トン当り 15~348 US\$と未だ手探りの状態であるが、亜硫酸ガスの場合、硫黄当りで 115 US\$であることから見て、炭素トン当り 20~30 US\$という見方も出されていた。

2.2 化学物質—TRI (34-1)

汚染性化学物質の移動登録については、日本では「特定化学物質の環境への排出量の把握及び管理の改善の促進に関する法律」(PRTR 法)として、平成 11 年 7 月 13 日付けで公布されたが、米国では 1987 年から

TRI として開始され、紙パルプ企業は NCASI 作成のガイドラインに沿って EPA に報告してきた実績がある。

EPA としては、個々の産業界からの報告データの信頼性を再確認してより一層確かなものにする為に、1994~95 年のデータについて立入調査を実施した。紙及びその関連製品については、10ヶ所の事業所を選び 1995 年のデータを対象に調査が行われた。

米国の製紙産業界から報告された化学物質は、報告頻度の順に表 4 の通りである²⁾。2 番目に多いアンモニアは、苛性化工程やディゾルビングタンクからの発生が確認され、1994 年から報告の対象になった。塩酸、硫酸はいずれも酸性エアロゾル型のものが対象であり、アセトアルデヒドとフォルムアルデヒドは KP の蒸解及び薬品回収工程の副生物質である。これらの物質が系外に逃げていく経路としては、下記のように 13 通りを想定して夫々について再調査が行われた。右側の数字は、今回の調査で改めて算出された年間の推測値である。

1	漏 洩	5.9×10 ⁶ kg
2	煙 突	31.4
3	排 水	0.84
4	地 下 水	0
5	場内廃棄	0.054
6	公共処理施設	0.0019
7	場内エネルギー回収	34.4
8	場内リサイクル	0
9	場内処理	130.4
10	場外廃棄	0.348
11	場外エネルギー回収	0
12	場外リサイクル	0
13	場外処理	0

合計 203.3×10⁶ kg で、この年の米国の紙の生産高 81,225 千 t で割ると約 2.5 kg/t という数値になる。次に排出量の算出に当たって見過ごされやすい箇所として

表 4 From Rs Submitted in TRI Database in SIC Code 26 (RY 1995)
(引用文献 2)

EPCRA Section 313 Chemical or Chemical Category	Frequency of From Rs Submitted in SIC Code 26
Top Ten Chemicals Reported in SIC Code 26	
Methanol	211
Ammonia	204
Hydrobhloric acid (acid aerosols)	164
Toluene	162
Chlorine	157
Sulfuric acid (acid aerosols)	154
Methyl ethyl ketone	145
Acetaldehyde	125
Phosphoric acid	124
Phenol	108
Other From R Reports Reviewed	
Catechol	106
Chlorine dioxide	95
Chloroform	83
Formic acid	73
Zinc compounds	73
Formaldehyde	68
Cresol (mixed isomers)	40
Nitric acid	22
Chloromethane	16
n-Butyl alcohol	15
TOTAL	2,623

は、

- 1 容器残渣
- 2 貯蔵タンク／ストックパイル減損
- 3 整理，整頓，清掃ロス
- 4 ポンプ／バルブ／フランジ
- 5 工程からの揮発
- 6 工程排気
- 7 廃棄処理場からの揮発
- 8 事故
- 9 排水処理
- 10 工程排水

11 副生物質(スラッジ処理, リサイクル, エネルギー回収)

12 燃焼

13 その他

を挙げ注意を喚起している。今回の立入調査で最も見過ごし多かったのは1の容器残渣であった。

3. クラスタールール対応

昨年4月15日に施行された後の各工場の対応が目されるところであるが、水質については、1999年4月15日からの具体的な行動が求められている BMP

図3 Recovery Cost for Black Liquor Spills (引用文献3)

に焦点を当て、3件の発表(1セッション)が行われた。大気については、今後施行予定のMACTへの対応を念頭に置いた7件の発表(2セッション)があった。最終日には規制当局の今後の動きに関するパネルディスカッションも行われた。

3.1 BMP (9-1, 2, 3)

まずウェアハウザー社のロングビュー及びタコマ工場の取組状況の報告があり、ボイジーカスケード社からは予防的に発生源対策をとる場合と、漏洩したものを集めて回収する場合の得失に関する見解が示された。漏洩黒液の回収は、濃度によってそのコストは図3の様に推測されており³⁾、低濃度のものの回収費用は明らかに高くつく。それでは直ちに、発生源対策をとることが望ましいと見なされるかという点、その場合、関連施設の管理・保守を適切に行うこと、万が一、大量の漏洩が発生した際の緊急対策が確保されていることが前提になり、その選択は個々の工場毎に異なってくるという考え方が紹介された。

3.2 大気 (23, 37)

MACT I において規制の対象になっているHAPsの主成分であるメタノールの分離または分解については米国以外でも関心が高いようで、UF膜と生物処理槽を組み合わせ高温(55~60℃)でコンデンセートを生物処理する(ブリティッシュコロンビア大学、SCA社/セドラ社)、メタノール分の高いコンデンセートをエバで分別して、ウォッシャーや苛性化での工程水として使用し易くする(ボイジーカスケード社ワルラ工場)等の報告が行われた。又、HAPsを含むコンデンセートを密閉状態で排水処理設備に送り込んで生物処理する方式(ハードパイピング)もMACT I

で認められており、そのテストの結果、メタノール分の92%が除去可能との報告もNCASIから行われた。

KPをTCF方式で生産しているSCA社エストランド工場のエバのコンデンセートを、下水処理場のスラッジを用いてpH 7.5前後で嫌気性処理したところ、図4、5のような結果が得られた⁴⁾。最終段階でpHを6以下にしてしまったことで嫌気性処理の活性が失われるという結果になった。この外乱に対する弱さを十分認識して克服できれば、ストリッパー方式に比べて安い経費で、HAPsの除去という目的を達成できる可能性を示唆するものであった。

もう1件は、クラスタールールでは、非凝縮性ガス処理プラントの運転・停止時の他に、一時的放出が半年に一度で、全体の運転時間の1%以内であれば許容されるという条項があるが、その適用を受ける為に、運転・停止の定義や一時的な放出時間の計算に関する

図4 Hydraulic retention time (HRT) and organic load during start-up of full-scale anaerobic treatment plant of the Östrand condensate (引用文献4)

図 5 Outlet methanol concentration and soluble COD-removal during start-up of full-scale anaerobic plant on the Östrand condensate (引用文献 4)

検討結果の報告もあった。

4. その他

4.1 水質 (28-1, 2)

排水の生物処理に関して実に 5 セッションが設定され、活性汚泥処理に於ける糸状菌発生防止に対するセクターの設置効果、栄養剤の添加の最適化等について米国の他、ブラジル、カナダ、フィンランド、ニュージーランド、スウェーデンから 12 件もの発表があった。

ECF 化した漂白排水の処理および排水のクローズド化に関しても 2 セッション、6 件の発表があった。更に、三次処理による新聞用紙と印刷用紙マシンの排水の回収利用の報告もあった。新聞用紙については、PAPRICAN からの報告で、砂濾過、活性炭処理、アラム凝集で三次処理した結果、図 6, 7 の様な結果が得られ、用水の 25% を置換しても新聞用紙の品質に影響は無かったとのことであった⁵⁾。

印刷用紙についてはフィンランドからの報告で、エンソ社ファルカウス工場の MP 主体の印刷用紙を抄造しているマシンの排水を生物処理した後で、パイロットスケールの濾過処理を試みたが、生物処理をした用水の再用に当っては、スライムトラブルの可能性が高い事と紙の白色度低下の問題があり、オゾンによる殺菌・脱色効果の確認を提案している。

4.2 大気 (11-2, 19-1, 41-1)

広範囲のテーマが取上げられ、紙パルプ工場から放出される VOC と NO_x も大気圏でのオゾン生成に関与していること(ジョージアパシフィック社)、塩素及び二酸化塩素漂白段からの排ガスを処理するスクラバーの排気中のこれらのガス濃度を電気化学的に検出するセンサー(ボイジークスケード社)、二酸化塩素漂

図 6 Levels of alkalinity, TSS, turbidity, BOD, Cl⁻ and aluminum in tertiary effluents (produced from full-scale secondary effluent) and river water. BOD and TSS given in mg/L, turbidity in NTU and alkalinity in mg CaCO₃/L. (引用文献 5)

図 7 Levels of TDS, conductivity, SO₄²⁻, colour and COD in tertiary-treated effluents (produced from full-scale secondary effluent) and river water, Conductivity is given in μmhos/cm and colour in CU, (引用文献 5)
SF: 砂濾過, AC: 活性炭処理, GAC: アラム凝集

白段の排気中の残二酸化塩素による TRS のパイロットプラントでの酸化除去 (PAPRICAN) 他多岐に亘る内容であった。この PAPRICAN の発表によれば、TRS 4 成分の量とその分解に必要な二酸化塩素の理論必要量は表 5 で、実際のテスト結果は表 6 の様になった⁶⁾。

4.3 産業廃棄物 (5-1, 35-1, 48-3)

北米では、排水処理により生ずるスラッジは埋立て地のカバー用土の代用としたり、土壌の改良材として

表 5 Theoretical chlorine dioxide requirements for the oxidation of the TRS from the weak black liquor tank (引用文献 6)

Compound	TRS Concentration, ppmv		TRS Emission Rate* g/h		Theoretical ClO ₂ Requirements, g/h	
	Low	High	Low	High	Low	High
Hydrogen sulphide	1	4	0.7	3	22	89
Methyl mercaptan	7	84	6.8	82	19	231
DMS	72	590	91	748	99	814
DMDS	14	287	27	552	39	793
Total	94	965	125.5	1,349	179	1,927

* Emission rates for a dry standard flow of 500 m³/h

表 6 Determination of the chlorine dioxide requirements for complete TRS oxidation (引用文献 6)

Molar Ratio ClO ₂ /TRS	Hydrogen Sulphide	Methyl Mercaptan	DMS	DMDS
16 : 1	—	—	—	—
4 : 1	+	—	—	—
2 : 1	+	—	—	—
1.5 : 1	NT	+	—	+
1 : 1	NT	+	—	+
0.8 : 1	NT	NT	+	NT

NT Not tested

"—" Not detected in the headspace of the reaction vial

"+" Detected in the headspace of the reaction vial

表層へ撒布して使用することが主流になっており、こうした利用方法は毎年報告されている。例えば、チャンピオンインターナショナル社から、フライアッシュと一次クラリファイヤーのスラッジの 50/50 混合物をカバー用土に利用するといったものである。新しい例としては、スラッジを乾燥・粒子化して吸収剤に使用するという報告があった。日本の様に焼却してその灰を軽量骨材の原料にするといった再利用の報告は 1 例のみであった。

カナダのアビティビ・コンソリデイトッド社からは、紙パルプ会社から出る残渣物を利用して、土壌と環境を保全するのに必要な技術は蓄積されてきてはいるが、一方で、1997 年、ケベック州では「農地等からの汚染に関する規制」が施行され、農業生産者は、農地の施肥に当っては肥料を過剰に使用することを避け、水質汚染を最小限に止めることを求められると共に、1998 年には臭気の発生を抑制する通達が出されるという状況の変化もあるので、今後、ペーパースラッジ等を作物の育成・収穫に役立て、かつ環境保護も進めるためには、

- ①有機土壌改良剤の効果に対する石灰撒布の影響の測定
- ②植物の燐の同化に対するリグニンスルフォネイトの共働効果の見極め
- ③残渣物中の大腸菌に直接起因する危険性の測定
- ④使用したバイオソリッドの作物及び環境への影響の蓄積の把握

といった面でのさらなる研究が必要との見解が表明された。

5. おわりに

今年の会議は、講演を細く分け過ぎたため、セッション数が増えて会議場が分散してしまった上に、1 セッション当りの講演数が殆ど 2~3 件となり、聴講したいものが重なってしまって、会議参加者にとっては必ずしも快適な設定ではなかった。

新たに環境会計（勘定）と環境ホルモンのセッションが加わった。前者の会場はほぼ一杯になり活発な質疑応答も行われていたが、後者は出席者数は 20 名弱と少なく、時間の半分は全米向けに放映されたテレビ番

組のビデオを見せるものであった。このビデオは、会場の参加登録のコーナーで初日から流されてはいたが、見ているのは2~3人であり、環境ホルモンへの関心は未だ極めて低く、今後、北米に於ける取組方を掴むには至らなかった。

ミル・クロズド化のセッションがあり、排水のクロズド化の話かと思っていたところ、本当に工場を閉鎖する話で、かなりの聴講者を集めていた。この背景にはクラスターールの施行で、環境の為に設備投資をするくらいなら、操業を諦めようという考え方がかなりあることを窺わせた。

来年の会議は、5月7日~10日の間、コロラド州デンバーで開催される。

引用文献 (図表の出典)

- 1) Bradley Upton 他 : A Study of Costs for Reducing CO₂ Emissions from the Forest Products Industry (TRI)
- 2) Velu Senthil 他 : Toxic Chemical Release Inventory (TRI) Site Suevey Program and Guidance Documents
- 3) Randy Abston 他 : BMPs : Prevention, Collection, or Caught in the Middle
- 4) Roine Morin 他 : Biological Removal of Methanol from Kraft Mill Condensate
- 5) Joe Dorica 他 : Quality of Biologically- and Tertiary-Treated Newsprint Effluents and their Potential for Reuse in Mill Operations
- 6) Brian O'Connor 他 : Reduction of Total Reduced Sulphur (TRS) from Kraft Mill Emission Vents Using Residual Bleach Plant Chlorine Dioxide

略 語 (ABC 順)

AF & PA	: American Forest & Paper Association
BMP	: Best Management Practice
EPCRA	: Emergency Planning and Community Right to Know Act
HAP	: Hazardous Air Pollutant
MACT	: Maximum Achievable Control Technology
NCASI	: National Council of the Paper Industry for Air and Stream Improvement
PAPTAC	: Pulp and Paper Technical Association of Canada
PAPRICAN	: Pulp and Paper Research Institute of Canada
TRI	: Toxics Release Inventory