

ベトナムにおける産業排水対策の環境技術ニーズ

1 産業排水対策技術

1.1 法的要求事項（排水基準）

ベトナムにおける産業排水基準は、表 1.1に示すように TCVN5945:2005 に規定されている。実際に適用されている産業排水基準は B 類が多いが、日本の一律排水基準と比較すると、pH、水銀、鉛、PCB、大腸菌数を除くと、日本と同等、あるいはより厳しい基準となっている。

表 1.1 ベトナムにおける産業排水基準（TCVN5945:2005）

番号		単位	最大許容濃度			日本の基準
			A 類	B 類	C 類	
1	温度	℃	40	40	45	
2	pH	—	6-9	5.5-9	5-9	河川 5.8-8.6 海域 5.0-9.0
3	臭気	—	耐えられる	耐えられる	—	—
4	色彩、pH=7 における Co-Pt2		20	50		—
5	BOD ₅ (20℃)	mg/l	30	50	100	160
6	COD _{Cr}	mg/l	50	80	400	160 (COD Mn)
7	SS	mg/l	50	100	200	200
8	砒素	mg/l	0.05	0.1	0.5	0.1
9	水銀	mg/l	0.005	0.01	0.01	0.005
10	鉛	mg/l	0.1	0.5	1	0.1
11	カドミウム	mg/l	0.005	0.01	0.5	0.1
12	六価クロム	mg/l	0.05	0.1	0.5	0.5
13	三価クロム	mg/l	0.02	1	2	—
14	銅	mg/l	2	2	5	3
15	亜鉛	mg/l	3	3	5	2
16	ニッケル	mg/l	0.2	0.5	2	—
17	マンガン	mg/l	0.5	1	5	10 (溶解性)
18	鉄	mg/l	1	5	10	10 (溶解性)
19	すず	mg/l	0.2	1	5	—
20	シアン化合物	mg/l	0.07	0.1	0.2	1 (シアンとして)
21	フェノール	mg/l	0.1	0.5	1	5
22	鉱物油	mg/l	5	5	10	5
23	動植物油	mg/l	10	20	30	30
24	残留塩素	mg/l	1	2	—	—
25	PCBs	mg/l	0.003	0.01	—	0.003
26	農薬化学物質：有機リン	mg/l	0.3	1	—	1 (有機リン化合物)
27	農薬化学物質：有機塩素化合物	mg/l	0.1	0.1	—	物質ごとに規定

番号		単位	最大許容濃度			日本の基準
			A 類	B 類	C 類	
28	硫黄化合物	mg/l	0.2	0.5	1	—
29	フッ素化合物	mg/l	5	10	15	—
30	塩素	mg/l	500	600	1,000	
31	アンモニア性窒素	mg/l	5	10	15	—
32	全窒素	mg/l	15	30	60	120
33	全リン	mg/l	4	6	8	16
34	大腸菌群数	MPN/100ml	3,000	5,000	—	3,000 個/cm ³
35	生物指標による測定		90%の魚が 100%排水溶液中で 96 時間生存			—
36	全アルファ線強度	Bq/l	0.1	0.1	—	—
37	全ベータ線強度	Bq/l	1	1	—	—

注：

1. 汚染物質濃度が A 類の基準値以下の場合、生活目的で恒常的に利用されている水域に排出することができる。
2. 汚染物質濃度が A 類の基準値以上であるが、B 類以下の場合は、生活用水域を除く、他の排水が排出される水域に排出することができる。
3. 汚染濃度物質が B 類の基準値以上であるが、C 類以下の場合は、規定の場所（個別に設置された排水貯水池、集中排水処理施設への送水管等）に排出することができる。
4. 特定の生産・経営・サービス活動からの排水については、別途の排水基準が規定される。
5. 試料採取、分析、汚染物質の具体的な数値及び濃度ごとの計算、測定に関する方法は、現行の TCVN が規定し、あるいは権限を有する機関が指定する方法に従う。

1.2 企業の取組状況

排水排出状況

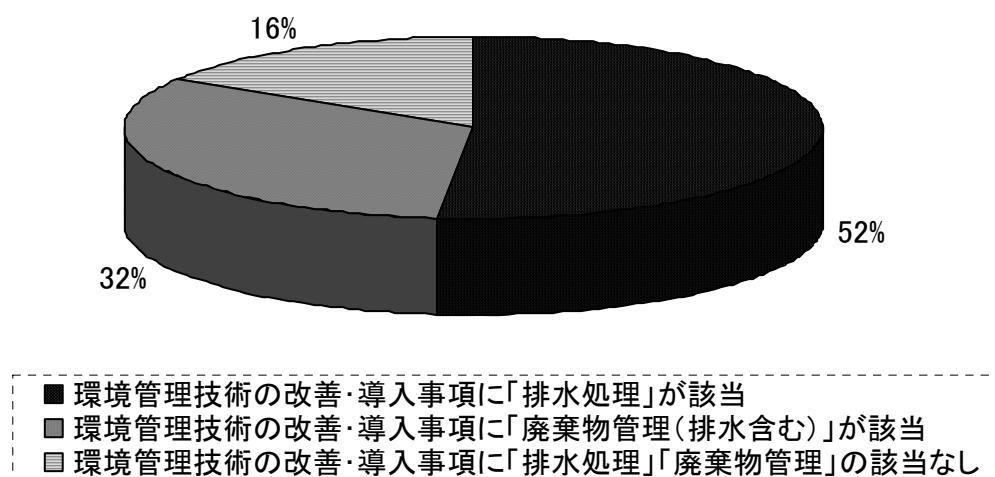
- ・ 2005 年初頭の段階で、河川、湖沼、運河等の地表水系に排出された総水量は約 311 万 m³/日である。内訳は、家庭排水が 201 万 m³（全体の 64%）、産業排水が 98 万 m³（32%）、医療施設からの排水が 12 万 m³（4%）となっている¹。

排水基準の遵守状況

- ・ ほとんどの都市部の排水が未処理のまま排出されている。統計によると、産業排水全体のうち 4.26%しかベトナム排水基準を遵守した処理がなされていない¹。
- ・ 著しく環境を汚染する法人に対する改善計画（以下「環境汚染改善計画」という。）の承認に対する首相決定（2003 年第 64 号）で 2007 年までに改善を求められた法人 439 のうち、移転や閉鎖を除いて何らかの対策実施が求められている法人は 255、そのうち廃棄物埋立処分場、病院を除く産業分野の法人は 214 である。この 214 法人のうち、排水処理技術の改善・導入が求められているのが 132 施設（52%）、排水を含む廃棄物管理技術の

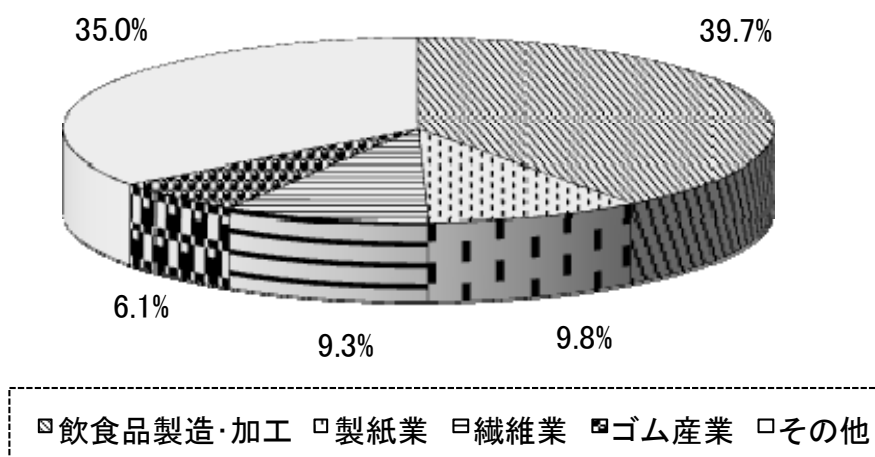
¹ Ministry of Natural Resources and Environment (MONRE). State of Environment, Report of Vietnam.

改善・導入が求められているのが 82 施設あり（32%）、多くの施設が排水処理技術の改善・導入が求められている（図 1.1 参照）。これらの法人を業種別でみると、飲食品製造加工、製紙、繊維、ゴム産業が多く、この 4 業種のみで全体の 2/3 を占めている（図 1.2 参照）。



出典：著しく環境を汚染する法人に対する改善計画の承認に対する首相決定（2003 年第 64 号）に基づき作成

図 1.1 ベトナム首相決定（2003 年第 64 号）において、産業分野の法人に対して要求されている環境管理技術の改善・導入事項



出典：著しく環境を汚染する法人に対する改善計画の承認に対する首相決定（2003 年第 64 号）に基づき作成

図 1.2 ベトナム首相決定（2003 年第 64 号）において、排水処理、廃棄物管理（排水含む）技術の改善・導入が求められている法人の業種

処理施設の導入状況

- 500 の紙パルプ製造企業のうち、90%が排水処理施設を持たないか、排水基準を満足しない排水を放流している²。
- 約 30%の企業（主に中小企業）が排水処理施設を有しているが、その大部分は排水基準を満足しないか、適切な運転がなされていない²。
- 2009 年 4 月時点で、120 の工業地域のうち、集中排水処理施設を有するのは 63 か所のみであった²。
- 排水処理施設の処理効果が低く、処理できているのは SS、BOD₅、COD が 40-50%、窒素とリンが 10%程度である³。
- 2011 年 3 月 16 日付の VEA のニュース⁴によると、ホーチミン市内の排水処理施設を有する工業地区においても、排水基準を満足する水質を確保できていない。ホーチミン DONRE の報告によると、Tan Tao、Tan Thoi Hiep、Tay Bac Cu Chi、Binh Chieu の 4 つの工業地区には、処理能力 1,000m³/日の排水処理施設が、Hiep Phuoc 工業地区には処理能力 3,000m³/日の排水処理施設が設置されているが、処理水の濃度は許可されているレベルの約 7 倍（4 つの工業地区）、約 3 倍（Hiep Phuoc 工業地区）も高い。
- 地方においても、排水処理施設は設置しているが、排水基準の達成が困難となっている工場が存在することが把握された。排水処理施設の設計が、非常に限られた用・排水の水量及び水質データに基づいて行われていること、排水処理施設の設置後の処理性能が確保されないまま、施設の引き渡しが行われたこと、施設の運転や維持管理に必要なトレーニング等が行われないまま、施設が運転されていること等が原因として挙げられる。
- 環境総局（VEA）の国際協力・科学技術部は、環境技術の整備が最も遅れているのが製紙産業と認識している。次に深刻なのが染色産業であり、排水処理を行っているのは 30%程度で、外資系も排水基準を満足していない場合がある。その他の重要産業は食品加工業である⁵。
- 排水処理施設を導入していても、昼のみ稼働させ、夜は未処理で排出している企業もいるようなので、これらの企業をどのように管理していくかが課題である⁶。

² ベトナム天然資源環境省環境総局（VEA-MONRE）. Development and Diffusion of Industrial Wastewater Treatment Technologies in Vietnam（平成 21 年 9 月 30 日～10 月 2 日第 2 回日越合同政策検討会）。

³ Dr. Tran Hieu Nhue, Institute for Water Engineering and Environment Technology. ベトナムにおける環境管理能力強化に関するワークショップ発表資料（平成 21 年 11 月 23 日）

⁴ Vietnam Environment Administration. “Industrial zones polluting environment in HCMC,” <http://vea.gov.vn/en/EnvirStatus/StateOfEnvironmentNews/Pages/IndustrialzonespollutingenvironmentinHCMC.aspx>

⁵ VEA-MORE 国際協力・科学技術部へのヒアリングに基づく（平成 21 年 9 月 14 日）。

⁶ VEA-MONRE 監査部へのヒアリングに基づく（平成 21 年 9 月 14 日）。

排水処理対策の状況

食品加工業の事例

- 水産加工工場の排水処理施設の調査結果（2005）に基づく、排水処理施設（活性汚泥法）51 か所を調査した結果、30 施設は排水基準を満たしていなかった。
- 水産物加工工場からの排水特性は以下のように、COD_{Cr}、BOD が高く、浮遊物質も多い（
- 表 1.2参照）。水産物加工工場の排水処理施設には好気性生物処理が適用されることが多いが、この方法が最も効果的に機能するのは、BOD₅が 1,000mg/l 未満で、曝気槽中の汚泥量、汚泥使用期間、空気量など運転の厳格な要求事項を満たすことが必要となることから、既存の施設が効果的に機能していないことが多い。

表 1.2 水産物加工からの排水特性

項目	単位	水産物の種類				
		Arca 加工	魚加工	魚開き	イカ加工	カニ加工
pH	—	6.35-6.41	6.01-6.38	6.32-6.50	6.43-6.50	6.89-7.02
SS	mg/l	700-850	138-64	543-620	208-300	2,218-2,800
COD _{Cr}	mg/l	4,500-5,096	895-1,020	2,162-2,305	1,687-1,760	3,850-4,200
BOD ₅	mg/l	3,760-4,200	688-830	1,757-1,850	1,333-1,450	3,675-3,860
P-PO ₄	mg/l	28-35	29-42	16-25	39-45	14-18
Cl ⁻	mg/l	500-700	40-85	20-35	60-125	1,400-2,650
Total N	mg/l	80-150	35-75	60-75	24-36	120-165

出典：Center for Environmental Management. 2000 年 7 月

- ベトナムにおける水産加工工場の生産能力と排水中の汚濁物質量の事例を表 1.3に示す。

表 1.3 水産物加工業の汚濁負荷の事例

No	生産量 (t/年)	汚濁物質量 (kg/日)				
		SS	BOD ₅	COD _{Cr}	Total N	PO ₄ ⁻³
1	11,000	484	3,300	3,960	198	10.8
2	85,000	396	2,700	3,240	162	6.12
3	7,400	330	2,250	2,700	135	5.10
4	7,400	264	1,800	2,160	108	4.08
5	4,000	110	750	900	45	1.70
6	2,080	92	630	756	38	1.43
7	—	143	975	1,170	59	2.21

No	生産量 (t/年)	汚濁物質質量 (kg/日)				
		SS	BOD ₅	COD _{Cr}	Total N	PO ₄ ⁻³
8	840	37	255	306	15	0.58
9	2,500	110	750	900	45	1.70
10	720	32	218	261	13	0.49
11	1,200	53	360	432	22	0.82
12	1,600	70	480	576	29	1.09
13	1,080	47	323	387	19	0.73
14	500	22	150	180	9	0.34
15	1,080	47	323	387	19	0.73
16	1,800	79	540	648	32	1.22
17	1,800	79	540	648	32	1.22
18	1,200	53	360	432	22	0.82
19	3,000	132	900	1,080	54	2.04
20	600	28	188	225	11	0.43
21	700	31	210	252	13	0.48
22	–	11	75	90	5	0.17
23	200	9	60	72	4	0.14
24	1,200	53	360	432	22	0.82
25	–	440	3,000	3,600	180	6.80
26	–	528	3,600	4,320	216	8.16
27	–	484	3,300	3,960	198	7.48
31	12,000	723	1,408	1,510	–	–
32	6,000	842	3,700	5,360	–	–
33	4,200	780	1,800	2,400	–	–
34	3,700	2	1,813	2,378		

出典：Institute of Environmental Technology, Vietnam Academy of Science and Technology. 2009. Report on Vietnam's Needs for Environmental Technologies to Address Environmental Pollution (Draft).

水産物加工業における典型的な排水処理プロセスを図 1.3に示す。

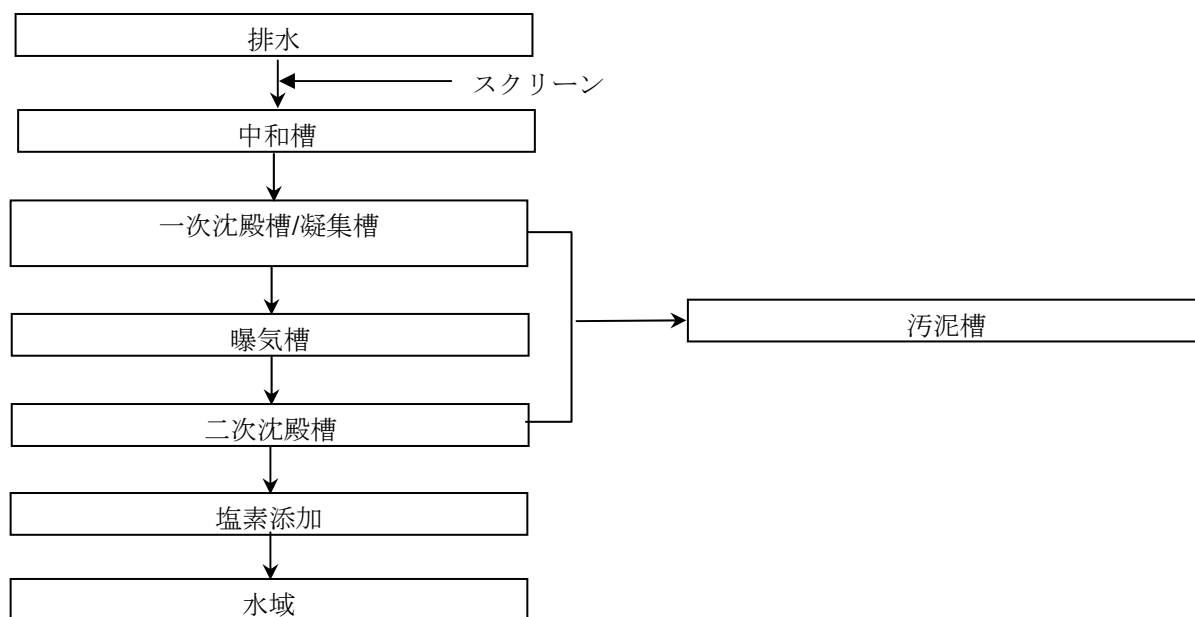


図 1.3 水産加工業における典型的な排水処理プロセス

排水基準を概ね満足している水産物加工工場の事例を以下に示す。

設立年	2001 年			
従業員数	815 名			
生産量	ナマズ、バサ（淡水魚の一種）、 エビ、タコ、イカ、ガンギエイ 9,500 トン/年			
水使用量	350m ³ /日			
排水モニタリング状況	測定（サンプル採取、分析）頻度：年 2 回 測定のコスト：670 万 VND/ 回 測定実施者：Công ty TNHH Mekong Xanh			
排水レベル （水対象施設のみ）	排水排出量：300 m ³ /日 排水中の汚染物質濃度：			
		単位	処理前	処理後
	色	Pt-Co	—	12
	pH		—	7.3
	BOD ₅	mg/l	671	14
	COD _{Cr}	mg/l	30	80
	TSS	mg/l	—	7.5
				排水基準
				—
				5.5-9
				50
				80
				100

	T-N	mg/l	—	2.45	6
	T-P	mg/l	—	35.21	30
	Oil & grease	mg/	—	4.4	—
	Coliform	MPN/100ml	—	9,300	5,000
排水対策	処理技術名：好気性生物処理システム 処理システムの概要：加工工程からの排水は、フィルターによって固形物と分離され、調整槽で濃度調整され、25-30% の有機分が除去される。その後、反応槽に一定流量で送られ、浮遊微生物による処理と活性汚泥プロセスによって有機物が処理される。処理効率は高い。 処理システムの設置年：2004 年 設置費用：8 億 2,500 万 VND				





紙・パルプ工業の事例

- 製品 1 トンあたりの水消費量は 50m^3 以上と近代技術での平均的な消費量 ($2\text{-}20\text{m}^3$) と比べて非常に多い。
- 竹や木からのパルプ製造工程の有無で排水特性が大きく異なる。
- 排水中に水銀やクロムも検出される。
- 典型的な紙製造工場における水消費量と汚濁負荷量を表 1.4に示す。ベトナムの製紙工場の大半は平均以下の環境状況であり、平均的な環境状況を満たす企業はほとんどない。

表 1.4 ベトナムの製紙工場における水消費量と汚濁負荷量

水消費量・汚濁負荷量 (製品 1 トン当たり)	環境面からみて平均 以下の工場における 状況	環境面からみて平均的 な工場における状況
水消費量 (m^3/t)	50-200	5-50
SS (kg/t)	30-70	10-30
BOD ₇ (kg/t)	4-10	2-10
COD _{Cr} (kg/t)	8-25	4-20
P (g/t)	3-300	3-300
N (g/t)	10-500	10-500

出典：Institute of Environmental Technology, Vietnam Academy of Science and technology. 2009. Report on Vietnam's Needs for Environmental Technologies to Address Environmental Pollution.

- 製紙排水の脱色プロセスとその後の処理プロセスをそれぞれ図 1.4と図 1.5に示す。

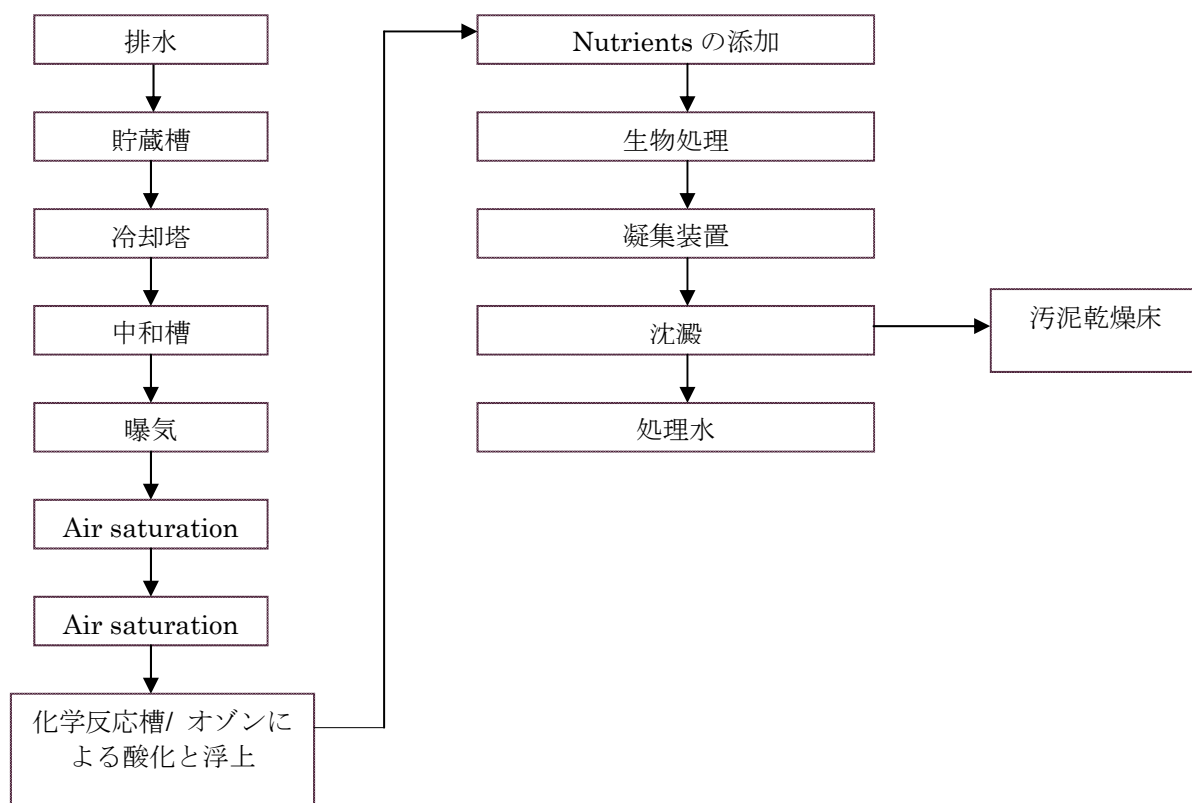


図 1.4 排水の脱色プロセス

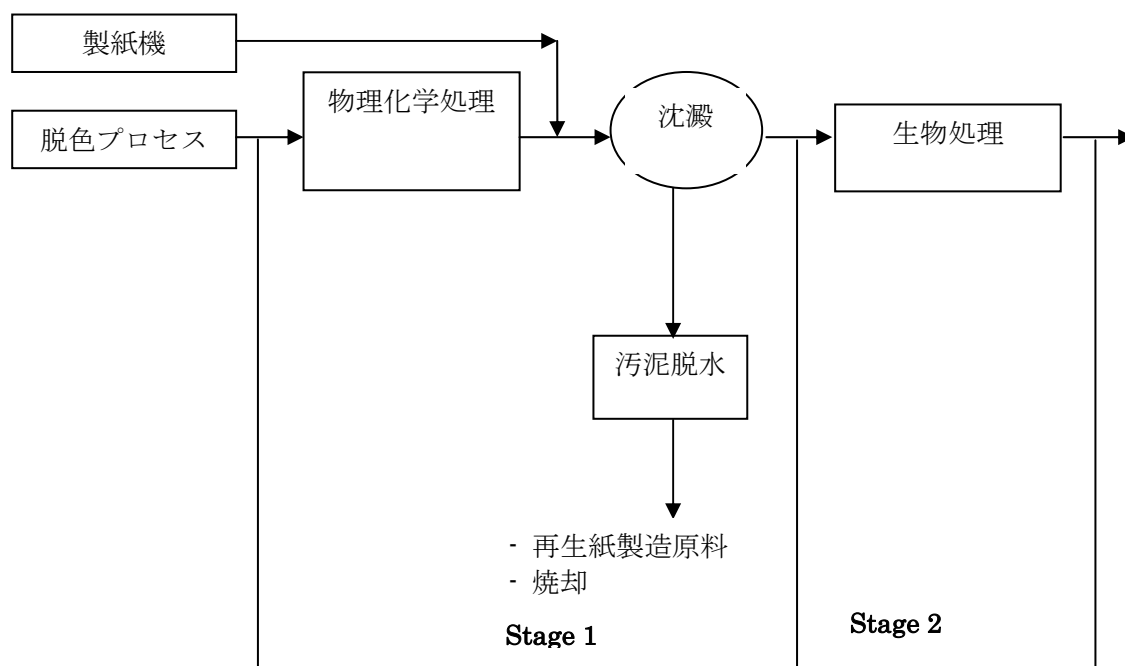


図 1.5 製紙排水の処理プロセス

以下に排水対策が講じられていない工場の事例を示す。

設立年	1945 年																																																																									
従業員数	250 名																																																																									
生産量	製産能力：12,500 トン/年（古紙から再生紙を製造）																																																																									
首相決定第 64 号 対象 指定の影響	- 以前は生産ラインにおいて旧式の技術を利用していたため、それが環境汚染につながっていた。また、排水は未処理で河川に放出していた。首相決定第 64 号にリストアップされたことを受け、排水対策技術を導入するよう Thai Nguenyn 省の人民委員会より勧告を受けた。 - 旧式の 2004 年以前の生産ラインはすべて撤去した。段階的に新しいラインを 2003 年から 2005 年の間にかけて導入したが、ランニングコストが高く、大きな負担となっている。生産ラインの多くは停止した状態であり、結果としては 2003 年と比較して 70%の汚染が解決している。 - 生産ラインが停止した結果、2004 年-2005 年は収入が大幅減になり、280 名の労働者が職を失った。これらの失業者に対しては、退職を早め、退職金を支払うことで対応した。																																																																									
エネルギー 使用量	- 電力: 8,000,000 kWh/年 - 石炭: 6,250 トン/年																																																																									
水使用量	90,000 m ³ /年																																																																									
排水モニタ リング状況	測定（サンプル採取、分析）頻度：年 2 回 測定実施者：Thai Nguyen Center of Environmental Monitoring																																																																									
排水レベル	排水排出量：約 300-400 m ³ /日 排水中の汚染物質濃度： <table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>単位</th><th>処理前</th><th>処理後</th><th>排水基準</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Color at pH=7</td><td>Co-Pt</td><td>187</td><td>145</td><td>—</td></tr> <tr> <td>pH</td><td></td><td>8.4</td><td>8.0</td><td>5.5-9</td></tr> <tr> <td>BOD₅</td><td>mg/l</td><td>607</td><td>500</td><td>50</td></tr> <tr> <td>COD_{Cr}</td><td>mg/l</td><td>1,410</td><td>1,009</td><td>80</td></tr> <tr> <td>SS</td><td>mg/l</td><td>234</td><td>200</td><td>100</td></tr> <tr> <td>As（砒素）</td><td>mg/l</td><td>0.002</td><td>0.002</td><td>0.</td></tr> <tr> <td>Pb（鉛）</td><td>mg l</td><td>0.0011</td><td>0.006</td><td>0.5</td></tr> <tr> <td>Cd（カドミウム）</td><td>mg/l</td><td>0.003</td><td>0.001</td><td>0.01</td></tr> <tr> <td>Hg（水銀）</td><td>mg/l</td><td><0.0002</td><td><0.0002</td><td>0.01</td></tr> <tr> <td>Cu（銅）</td><td>mg/l</td><td>0.015</td><td>0.004</td><td>2</td></tr> <tr> <td>T-N</td><td>mg/l</td><td>12.09</td><td>10.23</td><td>6</td></tr> <tr> <td>T-P</td><td>mg/l</td><td>56.20</td><td>34.03</td><td>30</td></tr> <tr> <td>TOC</td><td>mg/l</td><td>1,245</td><td>908</td><td>—</td></tr> </tbody> </table>					単位	処理前	処理後	排水基準	Color at pH=7	Co-Pt	187	145	—	pH		8.4	8.0	5.5-9	BOD ₅	mg/l	607	500	50	COD _{Cr}	mg/l	1,410	1,009	80	SS	mg/l	234	200	100	As（砒素）	mg/l	0.002	0.002	0.	Pb（鉛）	mg l	0.0011	0.006	0.5	Cd（カドミウム）	mg/l	0.003	0.001	0.01	Hg（水銀）	mg/l	<0.0002	<0.0002	0.01	Cu（銅）	mg/l	0.015	0.004	2	T-N	mg/l	12.09	10.23	6	T-P	mg/l	56.20	34.03	30	TOC	mg/l	1,245	908	—
	単位	処理前	処理後	排水基準																																																																						
Color at pH=7	Co-Pt	187	145	—																																																																						
pH		8.4	8.0	5.5-9																																																																						
BOD ₅	mg/l	607	500	50																																																																						
COD _{Cr}	mg/l	1,410	1,009	80																																																																						
SS	mg/l	234	200	100																																																																						
As（砒素）	mg/l	0.002	0.002	0.																																																																						
Pb（鉛）	mg l	0.0011	0.006	0.5																																																																						
Cd（カドミウム）	mg/l	0.003	0.001	0.01																																																																						
Hg（水銀）	mg/l	<0.0002	<0.0002	0.01																																																																						
Cu（銅）	mg/l	0.015	0.004	2																																																																						
T-N	mg/l	12.09	10.23	6																																																																						
T-P	mg/l	56.20	34.03	30																																																																						
TOC	mg/l	1,245	908	—																																																																						

	Lignin	mg/l	2150	418	—
	Coliform (大腸菌)	MPN/100ml	5x10 ⁶	4.8x10 ³	5,000
排水対策	<現状> - 今は対応を始めたばかりである。これから技術を導入していき、最終的にはリストから除外されることを望む。 - 凝集沈殿処理や生物処理設備はない。現在は、フィルターで通水しているだけである。 - フィルターにて取り除かれた粗雑物はプレスし、乾燥して、包装紙として再利用または燃料として再利用している。 - 処理水は透明度はあるが、BOD、COD 値は問題あり。 <計画> - 首相決定第 64 号の対象となったため、排水処理技術について相談できるコンサルタントを募集したところ、ハノイ工科大学が応じ、彼らに技術の設計について相談した。 - ハノイ工科大学の設計では、1,000 万 m³/日の排水を処理できる予定であり、2009 年以内に完成する予定である。設置機器は海外製（イタリア、台湾など）を予定している。 - 今後導入される排水処理設備の処理能力は 1,000m³/日であり、処理方式は、凝集沈殿方式。発生する汚泥は、以下の 3 種類の方式で処分 ① 鉄くずを混合し、鉄工所へ委託、再利用 ② Thai Nguenyn 省の都市環境公社（URENCO）の処分場に送り、埋立処分 ③ 紙を含んでいる場合は古紙としてリサイクル - 処理設備の修理・メンテナンスが生じた場合、部品やスペアパーツはハイフォンで取り寄せることができると聞いている。 - イタリアはポンプの技術等が優れている。韓国製は品質はいいがコスト高、イタリア製は平均的、中国製は安いが品質が悪いとの印象を持っている。				



製紙工場概観（内部の生産ラインについては確認できず）



工場からの排水（汚水は白濁・灰色をしている。工場側溝から排水貯留槽へ流入）



排水貯留槽

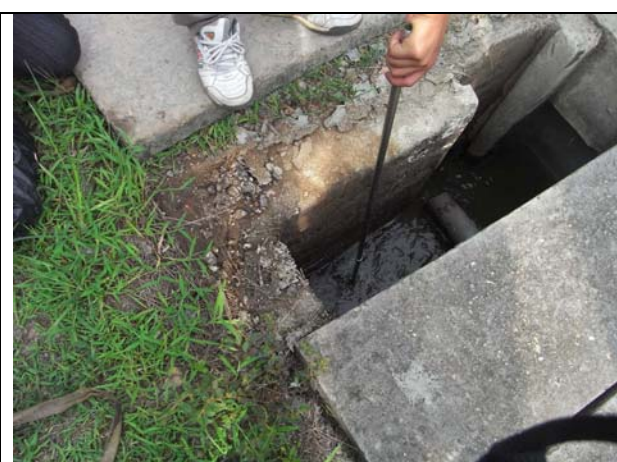
移送ポンプ（未使用）



フィルターの状態（１）



フィルターの状況（２）
（竹製スクリーンが取り付けられていたのみである）



同行した IET チームによるサンプリング状況



反応沈澱槽（未使用）

繊維・染色工業の事例

- 水消費量が高く、排水発生量も多い。繊維染色業からは毎年2,400-3,000 万 m³の排水が発生し、うち 10%程度が機械的な方法（スクリーンの設置、沈殿等）で処理されている。製品 1 トン当

たりの水消費量は 150-400m³である

- ベトナムでは、製品 1 トンあたり、200-1,000kg の化学薬品と 20-80kg の染料が用いられており、2001 年に消費された化学薬品量は 27,483 トン、染料 3,505 トンであった。このうち化学薬品は 85%、染料は 21%が排水中に流出していると推計されている。
- 排水は、COD_{Cr}が 700-800mg/l、pH が 9.5-11、BOD と SS も高い。銅、クロム、ニッケル、コバルト、亜鉛、鉛、水銀などの重金属も含むが、基準以下の濃度であることが多い。
- 2005 年に MONRE が調査した繊維工場では、多くが排水処理装置を設置しているものの、有機物の多さと色から、排水基準を満足するのが困難で、処理費用が高く企業に負担となっているという結果であった。

以下に排水基準を満たしている工場の事例を掲げる。

設立年	1984 年（2005 年から民営化）
従業員数	3,000 名
生産量	リング紡績糸: 12,000 MT/年– 112,000 鍾 撚糸: 1,500 MT/年– 6080 鍾 ■ニットウェア裁縫工場 生産能力：8,000,000 枚/年 大人・子供向けポロシャツ、T シャツ、ハイネック、スポーツウェア、寝間着 ■ジーンズ裁縫工場 生産能力：1,500,000 枚/年 デニム地、デニムシャツ、スカート、パンツ ■編物工場 生産能力 メリヤス生地：2,800 トン/年 フリース地：500 トン/年 ジャージ生地、インターロック用生地、リブ生地、ピケ生地、フリース素材 ■デニム工場 生産能力：9,000,000 m/年 4.5 オンスから 14.5 オンスまでのデニム地: ベーシックデニム、スラブデニム、（伸縮・非伸縮）装飾的デニム ■機械センター + 繊維製品と裁縫用の部品及び機械の生産 + 紙製コーン ■HA DONG TEXTILE JOINT STOCK COMPANY

	生産能力：1500MT/年 200g/m ² から 800g/m ² までのタオル地 ■DONG MY SEWING JOINT STOCK COMPANY 生産能力：1,500,000 枚/年 大人・子供向けポロシャツ、 Tシャツ、 ハイネック、 スポーツウェア、寝間着																																																							
水使用量	[排水]：2,500 m ³ /日（580 m ³ /日の産業活動由来を含む）																																																							
排水レベル（水対象施設のみ）	Pho Noi ニットセンターの排水 排水中の汚染物質濃度： <table><tr><td></td><td>単位</td><td>処理前</td><td>処理後</td><td>排水基準</td></tr><tr><td>排水温度</td><td>℃</td><td>43</td><td>26.5</td><td>—</td></tr><tr><td>色</td><td>Co-Pt</td><td>525</td><td>30</td><td>—</td></tr><tr><td>pH</td><td></td><td>11.5</td><td>7.56</td><td>5.5-9</td></tr><tr><td>BOD₅</td><td>mg/l</td><td>252</td><td>45</td><td>50</td></tr><tr><td>COD_{Cr}</td><td>mg/l</td><td>750</td><td>78</td><td>80</td></tr><tr><td>SS</td><td>mg/l</td><td>25</td><td>10.8</td><td>100</td></tr><tr><td>T-N</td><td>mg/l</td><td>5.6</td><td>0.98</td><td>6</td></tr><tr><td>T-P</td><td>mg/l</td><td>0.75</td><td>0.42</td><td>30</td></tr><tr><td>Oil & grease</td><td>mg/l</td><td>0.51</td><td>Not detected</td><td>—</td></tr><tr><td>TOC</td><td>mg/l</td><td>1058.9</td><td>124.5</td><td>—</td></tr></table>		単位	処理前	処理後	排水基準	排水温度	℃	43	26.5	—	色	Co-Pt	525	30	—	pH		11.5	7.56	5.5-9	BOD ₅	mg/l	252	45	50	COD _{Cr}	mg/l	750	78	80	SS	mg/l	25	10.8	100	T-N	mg/l	5.6	0.98	6	T-P	mg/l	0.75	0.42	30	Oil & grease	mg/l	0.51	Not detected	—	TOC	mg/l	1058.9	124.5	—
	単位	処理前	処理後	排水基準																																																				
排水温度	℃	43	26.5	—																																																				
色	Co-Pt	525	30	—																																																				
pH		11.5	7.56	5.5-9																																																				
BOD ₅	mg/l	252	45	50																																																				
COD _{Cr}	mg/l	750	78	80																																																				
SS	mg/l	25	10.8	100																																																				
T-N	mg/l	5.6	0.98	6																																																				
T-P	mg/l	0.75	0.42	30																																																				
Oil & grease	mg/l	0.51	Not detected	—																																																				
TOC	mg/l	1058.9	124.5	—																																																				
排水対策	処理技術名：気泡浮上分離法（DAF）、化学・生物・吸着処理施設 処理システムの設置年：2003 年 設置費用：870 億 VND 運転費用：9,500VND/m ³																																																							
排水・排ガス処理に関する問題	Pho Noi ニットセンターの排水処理施設の処理能力は 10,000 m ³ /日であるが、2,000m ³ /日しか使われていない。																																																							

1.3 技術開発の動向

- 環境装置の生産を専門とする企業はベトナムには存在せず、環境装置や技術は主に研究機関、研究センター、コンサルティング会社によって、契約ベースで開発、設計、製造されている²。
- 排水処理対策については、一般的なガイドラインと設備の設計方法などを含むマニュアル（7 業種対象）を IET-VAST が JICA 技術協力プロジェクトの支援を得て、2012 年末までに作成す

る予定である⁷。

- 2009 年 7 月の首相決定第 1030 号では、工業商業省が、MONRE、その他適切な省庁、産業界、省政府と調整して、2015 年までの環境産業の発展計画及び 2025 年までのビジョンを、2010-2011 年に作成することになっている。
- ベトナムにおける環境技術の普及を妨げる要因として、環境技術の評価を行うガイドラインやマニュアルが作成されていないことが挙げられており、VEA がベトナムに適合する環境技術の評価プログラム（パイロット）を開始した²。

2 排水モニタリング技術

2.1 法的要求事項

2005 年に改定された環境保護法第 36 条により、経済区、工業団地、輸出加工区、ハイテクパーク、工業地区の義務として、環境モニタリングシステムの導入が定められている。同法第 37 条では、生産、業務、商業施設の環境保護要求として、排水基準に適合する排水処理施設の設置が義務付けられている。また、2009 年 8 月に出された MONRE の政令により 5,000m³/日以上の排水排出企業に対しては、自動モニタリングが義務付けられた⁸。

地方自治体のモニタリングに関しては、省レベルの環境保護局が、汚染を引き起こす企業を把握し、そのリストを作成して、毎年省の人民委員会及び MONRE に報告することが義務付けられている（環境保護法第 47 条）。この義務を遂行するには、省の環境保護局による企業の排水モニタリングあるいは企業による排水モニタリング結果の徴収が必要となる。また、環境保護法 38 条では、クラフトビレッジの環境汚染レベルに関するデータの収集は省の人民委員会の義務とされている。地方の DONRE のモニタリングデータや立入り検査のデータは、中央に報告することが義務付けられているが、現状では充分になされていない。また、中央がこれらのデータを管理するデータベースがまだ出来ていない⁹。また、中央・地方による立入り検査に関わらず、検査でサンプリングされた試料は、ISO17025 を取得した能力のある分析ラボに委託して実施することが求められている¹⁰。

2.2 モニタリング実施状況

企業によるモニタリング実施状況については、IET-VAST（Institute for Environmental Technology-Vietnam Academy of Science and technology）が 2009 年に実施した 16 企業へのヒアリン

⁷ JICA 水環境管理能力向上技術協力プロジェクトの専門家へのヒアリング（2009 年 8 月）に基づく。

⁸ VEA 国際協力・技術科学部長の発言に基づく（2009 年 9 月 30 日第 2 回日越合同政策検討会）

⁹ ISEM-VEA へのヒアリングに基づく（2009 年 9 月 14 日）

¹⁰ Inspectorate Department, VEA へのヒアリングに基づく（2009 年 9 月 14 日）

グの結果、自ら排水モニタリングを行っていることが確認できたのは 4 企業であった。自らモニタリングを実施していない企業は、省の環境保護局によるモニタリングによって自工場の排水レベルに関する情報を得ている。

地方自治体（省・市）は、河川や湖沼、地下水における環境モニタリングと排出企業での排水モニタリングを行っている。ベトナムには 59 省 5 中央直轄市が存在するが、省の DONRE に分析ラボが設置されていることを確認しているのは表 2.1 に示す 15 の省・市である。DONRE に分析・計測機器が十分に普及しておらず、実測能力が伴っていないため、産業排水の課徴金は一部の企業からの自己申告に基づいて行われ、十分に機能していない。

例えば、タイグエン省において製紙工場 2 箇所とビール製造工場 2 箇所の計 4 箇所の工場を調査したところ、独自のモニタリングを行っているところはなく、年 1～2 回のみ、DONRE（省の環境保護局）の環境モニタリングセンター（CEM）に委託して測定を行っている状況であった。当然、季節変動に関してのデータ、日間変動に関するデータは殆ど見受けられず、最小限のモニタリングでしかない。社内でのモニタリング体制に関しては殆どなく、測定機器も pH 計が導入されているのみである。実際の活用に関しては不明であり、測定が正しくなされているかは疑問である。計器以外では SS 分を目視することで、活性汚泥状況を見ることが行われている工場もあるが、目視の場合は個人差も大きく、効率よく排水処理をコントロールしているとは考えられない。このことから類推するならば、かなり測定値に変動が生じ、測定値が必ずしもその工場の代表値とは言い難い。

表 2.1 ベトナムの省・市における分析ラボの設置状況とモニタリング状況

省・市	ラボの有無	人員・予算	分析範囲	環境測定	排水測定
Baria Vuntau 省	○	—	ISO17025 の認証取得	41 の表流水、23 の地下水で年 2 回測定実施	—
Binh Duong 省	○	センター 5 人	重金属、農薬、有機化合物は外注	・表流水 11 か所年 6 回実施、地下水 12 か所年 2 回実施	・毎年場所を変えて 32 か所で年 4 回（事前通知なし）実施 ・工業団地の排水モニタリングは 2-3 か月に 1 回、2010 年以降自動モニタリングシステム（DO, pH, COD, NH ₄ -N）を導入する方針
Dong Nai 省	○	DONRE 予算 305 億 VND（2.1 億円） センター 70 人	・ISO17025 の認証取得 ・59 項目は自ら実施、19 項目は分析を外注	地下水 13 か所、表流水 100 か所以上について著しい汚染場所は週 1-月 1 回、低レベルは年 2 回	—
Lam Dong 省	○（2006 年に設置）	環境部局 4 人 センター 7 人	農薬、重金属、大腸菌は外注	—	—
Ha Nam 省	○	環境局は 13 人（2009 年度から 19 人） センターは	—	表流水 18 か所、地下水 8 か所で年 4 回実施	—

省・市	ラボの有無	人員・予算	分析範囲	環境測定	排水測定
		現在 6 人 (2011 年 11 人に) 予算 3 億 VND (210 万円)			
Hung Yen 省	× (2009 年からラボを設置予定)	DONRE のスタッフは 26 人、うち水資源管理、環境管理、天然資源管理は 5 人	—	—	—
Hai Duong 省	○	予算 2 億 VND (140 万円)	一部は外注	・地下水 9 か所、年 4 回、21 パラメータ ・河川水 18 か所、年 4 回、17 パラメータ ・湖沼 27 か所、年 4 回、降雨 6 か所、7 パラメータ	計各 2 基つき年間 30 か所の立入検査を実施、抜き打ちを合わせると 100 工場程度立入検査を実施
Bach Ninh 省	○	EPA は 7 人	一部は外注	水環境 40 地点・年 4 回 (表流水、地下水)	立入検査は年間 50-60 か所を計画
Bach Giang 省	○ (2008 年に設置)	2009 年から 15 人以上の EPA を設置 (現在は 5 人の職員)	—	地下水 20 か所、表流水 25 か所を年 1 回	工場排水 25 か所年 1 回
Vinh Phuc 省	○	EPA は 10 人 センター 30 人	ISO17025 の認証取得を準備中	表流水 31 地点、地下水 25 地点を年 2 回	排水 22 地点を年 2 回
Thua Thien Hue 省	○	環境局は 15 人	過去には簡単な測定のみ自前で実施、他の項目は外部委託で実施 (現在は未実施)	・MONRE からの財政支援があった時は実施したが、その後 2 年間はデータなし ・Hhuong 川とラグーンのモニタリングステーションを設置する予定	—
Thai Nguyen 省	○	環境局は約 50 人、モニタリング部局は 6 人	—	省内 100 地点を 2 カ月に 1 回 (3 年に 1 回見直し)	年 2 回 (2008 年度は DORE 単独で 70 か所、MONRE や環境警察と協力して 65 か所実施)
ハノイ市	○ (2005 年末に設置)	EPA は 150 人程度 分析センターは 76 人	ISO17025 の認証取得	—	—
ホーチミン市	×	DONRE は 150 人で環境関係が 100 人	研究所、大学のラボに外注	運河 10 か所、年 4 回実施	—
ダナン市	○	—	重金属、有機化合物、微生物関係は外注	—	—
ハイフォン市	○	予算 2 億 VND (140 万円) モニタリングのため	ISO17025 の認証取得 (2007 年) 予算の制約から一部の項	3 河川で 3 か所づつ年 6 回、11 の湖沼で年 4 回	—

省・市	ラボの有無	人員・予算	分析範囲	環境測定	排水測定
		の人的資源は十分	目はハノイに送らざるを得ない		
カントー市	○	—	農薬、重金属、大腸菌を除く	・Hau 川で自動測定ユニットにより年 2 回測定実施 ・6 つの運河で年 12 回、Hau 川で 6 か所年 4 回定期的な観測	年 2 回工場排水、家庭排水、病院排水など 6 か所

出典：JICA 専門家松澤氏の訪問記録（2008 年）、ハノイ市及び Thai Nguyen 省ヒアリング（2009 年 9 月）に基づき作成

3 モニタリング技術の状況

排水基準の設定されている項目の大半については、TCVN（ベトナム国家規格）で測定方法が定められている¹¹。

ベトナムにおける COD の測定方法は、米国 EPA の二クロム酸カリウム ($K_2Cr_2O_7$) を用いた方法と同じであり、分析後排水処理の必要な六価クロム (Cr_6^{+})、触媒として硫酸水銀 ($HgSO_4$) を使用している。また、反応時間は 2 時間であり、分析後、初めに加えた $K_2Cr_2O_7$ の 50% 以上が残留することが必要で、残留しない場合には再度分析する必要がある。したがって、分析ラボやスタッフの限られているベトナムでは、COD 推定法に関する要求が強く、簡易 UV 計による COD 推定が検討されている¹²。

¹¹ すず、PCB、全ベータ線強度についての TCVN は確認できていない。

¹² JICA 水環境管理能力向上技術プロジェクト専門家へのヒアリング（2009 年 11 月）、加藤進他. 2002. 発展途上国を対象とした簡易 UV 計による有機汚濁測定法の開発, 三重保健研年報 第 4 号 94-97.