

# ベトナムにおける環境汚染等の現状

## 1 大気汚染

### 1.1 大気質に係る環境基準

ベトナムでは、ベトナム標準（TCVN）で定めていた環境基準や排ガス基準・排水基準等について、近年は国家技術規制<sup>1</sup>（QCVN）という形で新たに規定している<sup>2</sup>。国家技術規制で規定されている主な大気質に関連する環境基準・排出基準は以下のとおりである。

- 大気環境基準（QCVN05:2009/BTNMT, 旧 TCVN5937: 2005 の差換え）
- 大気環境中の有害物質の最大許容濃度基準（QCVN06:2009/BTNMT, 旧 TCVN5938:2005 の差換え）
- 産業排ガス基準（煤塵及び無機物質）（QCVN19:2009/BTNMT, 旧 TCVN 5939:2005 の差換え）
- 産業排ガス基準（有機物質）（QCVN20:2009/BTNMT, 旧 TCVN5940:2005 の差換え）
- 医療系固形廃棄物の焼却炉からの排ガス基準（QCVN02:2008/BNMT）
- 化学肥料製造産業からの排ガス基準（QCVN21:2009/BTNMT）
- 発電所からの排ガス基準（QCVN22:2009/BTNMT）
- セメント製造産業からの排ガス基準（QCVN23:2009/BTNMT）

上記に加え、特定の排出源には個別の排ガス基準が設定されている。例えば、火力発電所には上記の基準とともに、QCVN22:2009/BTNMT で別途定められている排ガス中の NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub>、粒子状物質量の最大許容量基準が適用される。これらの基準を以下に整理する。

表 1.1 大気環境基準（QCVN05:2009/BTNMT）

	1 時間 平均	8 時間 平均	24 時間 平均	年間 平均	測定方法
SO <sub>2</sub>	350	—	125	50	溶液伝導率法または紫外線蛍光法
CO	30,000	10,000	5,000	—	非分散型赤外分析計を用いる方法
NO <sub>x</sub>	200	—	100	40	オゾンを用いる化学発光法
O <sub>3</sub>	180	120	80	—	紫外線吸収法
浮遊粒子状物質 (TSP)	300	—	200	140	ハイボリュームエアサンプラーを用いた、ろ過捕集による重量濃度測定
PM10	—	—	150	50	重量濃度測定あるいは相対濃度測定
Pb	—	—	1.5	0.5	ハイボリュームエアサンプラーによる試料採取後の原子吸光分析法

単位：1 μg/Nm<sup>3</sup>

注：ハイフン（—）は規定なし。

<sup>1</sup> National Technical Regulation と英訳されている。

<sup>2</sup> TCVN は日本語で言うところの「標準」に近く、義務ではなく遵守を奨励するという意味合いである一方で、QCVN は「基準」であり、より規制的なスタンスが強くなっている。

## 1.2 排ガス基準

表 1.2 大気環境中の有害物質の最大許容濃度基準 (QCVN06:2009/BTNMT)

	番号	物質	平均時間	許容濃度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
無機物質	1	砒素及び砒素化合物	1 時間	0.03
			1 年間	0.005
	2	アルシン	1 時間	0.3
			1 年間	0.05
	3	塩化水素	24 時間	60
	4	硝酸	1 時間	400
			24 時間	150
	5	硫酸	1 時間	300
			24 時間	50
			1 年間	3
	6	シリカを 50%以上含有する粉塵	1 時間	150
			24 時間	50
	7	アスベストを含む粉塵	8 時間	1 本/ $\text{m}^3$
	8	カドミウム及びカドミウム化合物	1 時間	0.4
			8 時間	0.2
1 年間			0.005	
9	塩素	1 時間	100	
		24 時間	30	
10	六価クロム	1 時間	0.007	
		24 時間	0.003	
		1 年間	0.002	
11	ふっ素化合物	1 時間	20	
		24 時間	5	
		1 年間	1	
12	シアン化水素	1 時間	10	
13	マンガン及びその化合物	1 時間	10	
		24 時間	8	
		1 年間	0.15	
14	ニッケル (金属とその化合物)	24 時間	1	
15	水銀 (金属とその化合物)	24 時間	0.3	
有機物質	16	アクロレイン	1 時間	50
	17	アクリロニトリル	24 時間	45
			1 年間	22.5
	18	アニリン	1 時間	50
			24 時間	30
	19	アクリル酸	1 年間	54
20	ベンゼン	1 時間	22	
		1 年間	10	

	番号	物質	平均時間	許容濃度 (µg/m <sup>3</sup> )
	21	ベンジジン	1 時間	検出されないこと
	22	クロロフォルム	24 時間	16
			1 年間	0.04
	23	炭化水素	1 時間	5,000
			24 時間	1,500
	24	ホルムアルデヒド	1 時間	20
	25	ナフタレン	8 時間	500
			24 時間	120
26	フェノール	1 時間	10	
27	テトラクロロエチレン	24 時間	100	
28	塩化ビニル (クロロエチレン)	24 時間	26	
悪臭物質	29	アンモニア	1 時間	200
	30	アセトアルデヒド	1 時間	45
			1 年間	30
	31	プロピオン酸	8 時間	300
	32	硫化水素	1 時間	42
	33	メチルメルカプタン	1 時間	50
			24 時間	20
	34	スチレン	24 時間	260
			1 年間	190
35	トルエン	30 分	1,000	
		1 時間	500	
		1 年間	190	
36	キシレン	1 時間	1,000	

注：年間平均値は数学的平均値

表 1.3 産業排ガス基準（煤塵及び無機物質）（QCVN19:2009/BTNMT）

番号	物質	最大許容濃度	
		A 類	B 類
1	煤塵	400	200
2	シリカを含む煤塵	50	50
3	アンモニア及びアンモニア化合物	76	50
4	アンチモン及びアンチモン化合物	20	10
5	砒素及び砒素化合物	20	10
6	カドミウム及びカドミウム化合物	20	5
7	鉛及び鉛化合物	10	5
8	一酸化炭素	1,000	1,000
9	塩化物	32	10
10	銅及び銅化合物	20	10
11	亜鉛及び亜鉛化合物	30	30
12	塩酸	200	50
13	フッ化物、フッ化水素、またはフッ化水素を基礎とするフッ化物	50	20
14	硫化水素	7.5	7.5
15	二酸化硫黄	1,500	500
16	二酸化窒素を含む窒素化合物	1,000	850
17	二酸化窒素を含む窒素化合物（酸の生産施設において）	2,000	1,000
18	三酸化硫黄を含む、硫酸あるいは三酸化硫黄ガス	100	50
19	二酸化窒素を含む、硝酸ガス（その他の生産施設において）	1,000	500

単位：mg/Nm<sup>3</sup>

注：

1. A 類は現在操業中の工場・施設に適用され、B 類は新規に建設される工場・施設に適用される。
2. 特定の生産・経営・サービス活動からの排ガスについては、別途の排ガス基準が規定される。
3. 産業排ガス中の煤塵及び無機物質の濃度値を測定するための試料採取、分析、具体的な数値ごとの測定計算に関する方法は、相応する TCVN が規定する、または権限を有する機関が指定する方法に従う。

表 1.4 産業排ガス基準（有機物質）（QCVN20:2009/BTNMT）

番号	物質名	最大許容量	番号	物質名	最大許容量
1	Acetylene tetrabromide	14	51	n-Hexane	450
2	Acetaldehyde	270	52	Isopropylamine	12
3	Acrolein	2.5	53	n-buthanol	360
4	Amyl acetate	525	54	Methyl mercaptan	15
5	Aniline	19	55	Methyl acetate	610
6	Benzidine	検出不可	56	Methyl acrylate	35
7	Benzene	5	57	Methanol	260
8	Benzyl Chloride	5	58	Methyl acetylene	1,650
9	1,3- Butadiene	2,200	59	Methyl bromide	80
10	n-Butyl acetate	950	60	Methyl cyclohexane	2,000
11	Butylamine	15	61	Methyl cyclohexanol	470
12	Cresol	22	62	Methyl cyclohexanone	460
13	Chlorobenzene	350	63	Methyl chloride	210
14	Chloroform	240	64	Methylene chloride	1,750
15	β-Chlopren	90	65	Methyl chloroform	2,700
16	Chloropicrin	0.7	66	Monomethylaniline	9
17	Cyclohexane	1,300	67	Methanol amine	31
18	Cyclohexanole	410	68	Naphthalene	150
19	Cyclohexanone	400	69	Nitrobenzene	5
20	Cyclohexen	1,350	70	Nitroethane	310
21	Diethylamine	75	71	Nitroglycerin	5
22	Difluorodibromomethane	860	72	Nitromethane	250
23	o-Dichlorobenzene	300	73	2-Nitropropane	1,800
24	1,1-Dichloroethane	400	74	Nitrotoluene	30
25	1,2-Dichloroethylene	790	75	2-Pentanon	700
26	1, 4 -Dioxan	360	76	Phenol	19
27	Dimethylaniline	25	77	Phenyl hydrazine	22
28	Dichloroethyl ether	90	78	n-Propanol	980
29	Dimethylformamide	60	79	n-Propylacetate	840
30	Dimethyl sulfate	0.5	80	Propylene	350
31	Dimethylhydrazine	1	81	Propylene oxide	240
32	Dinitrobobenzene	1	82	Pyridine	30
33	Ethyl acetate	1,400	83	Pyrene	15
34	Ethyl amine	45	84	p-Quinol	0.4
35	Ethyl benzene	870	85	Styrene	100
36	Ethyl bromua	890	86	Tetrahydrofural	590
37	Ethylene diamine	30	87	1,1,2,2-Tetrachloroethane	35
38	Ethylendibromua	190	88	Quinone	670
39	Ethylacrilat	100	89	Tetrachlormethane	65
40	Ethylene clohydrin	16	90	Tetranitromethane	8
41	Ethylene oxide	20	91	Toluen	750
42	Ethyl ether	1,200	92	o-Toluidine	22
43	Ethyl chloride	2,600	93	Toluene-2,4-diisocyanate	0.7
44	Ethyl silicate	850	94	Triethylamine	100

番号	物質名	最大許容量	番号	物質名	最大許容量
45	Ethanol amine	45	95	1,1,2-Trichloroethane	1,080
46	Furandehyde	20	96	Trichloroethylene	110
47	Formaldehyde	20	97	Xylene (o-,m-,p- )	870
48	Furfuryl (2-Furylmethanol)	120	98	Xylidine	50
49	Fluorotrichloromethane	5,600	99	Vinyl chloride	20
50	n-Heptane	2,000	100	Vinyltoluene	480

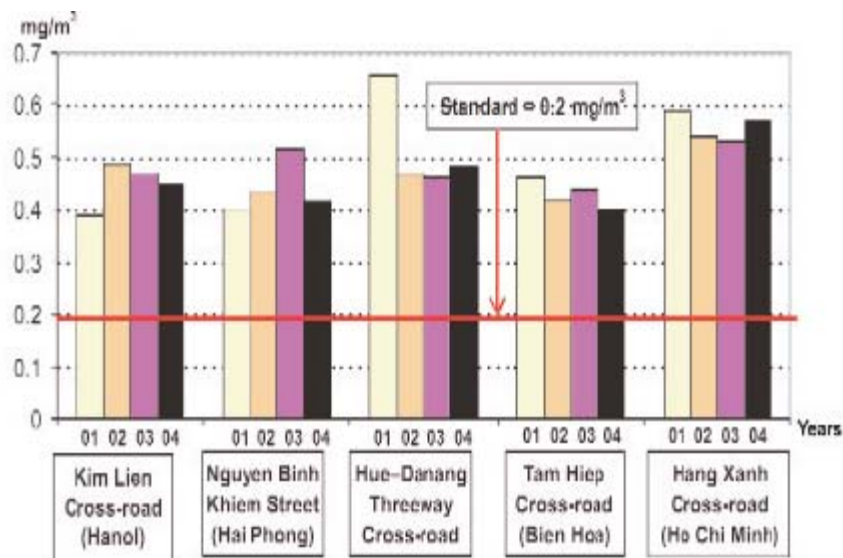
単位：mg/Nm<sup>3</sup>

注釈：この基準において標準気体 1m<sup>3</sup> とは、気温零度、絶対気圧 760mmHg における排ガス 1m<sup>3</sup> を指す。

### 1.3 大気汚染の推移と現状<sup>3,4</sup>

#### 粉塵公害

大都市におけるダストの濃度は、環境基準の 2-3 倍となっている。特に交差点では環境基準の 2-5 倍近い値が計測されている。



出典：MONRE. "State of Environment, Report of Vietnam".

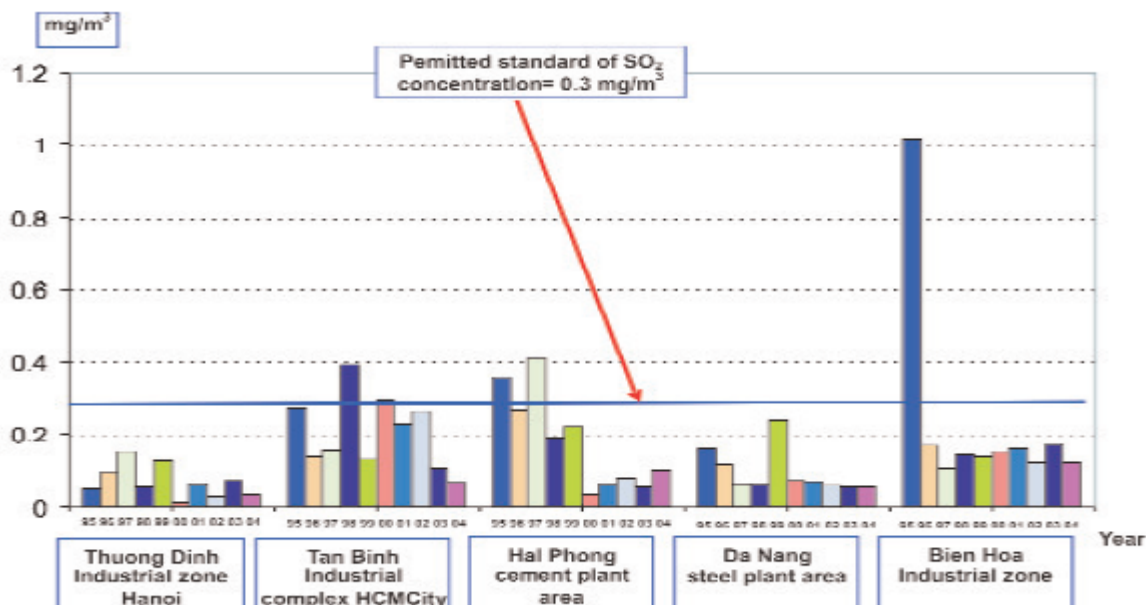
図 1.1 2001 年から 2004 年の大都市における大気中のダスト濃度の推移

#### 二酸化硫黄 (SO<sub>2</sub>) による汚染

一般的に、都市部及び工業地域における SO<sub>2</sub> の平均濃度は環境基準より低い。現在、都市部における SO<sub>2</sub> の排出総量 (トン/年) の 95% が工業活動及びクラフト・ビレッジに起因するものであり、輸送セクターによる排出は 1-2%、家庭からの排出は 1% 程度である。

<sup>3</sup> Ministry of Natural Resources and Environment (MONRE). "State of Environment, Report of Vietnam"

<sup>4</sup> 経済産業省関東経済産業局. 中小企業のアジア諸国における環境ビジネス展開に関する調査, 2008

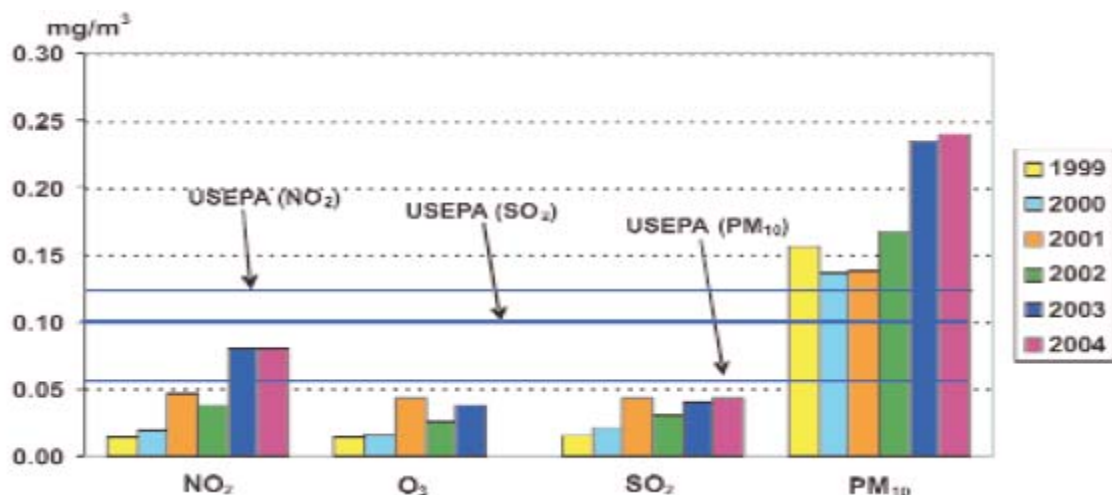


出典：MONRE. "State of Environment, Report of Vietnam".

図 1.2 1995 年から 2004 年における工業地域周辺の SO<sub>2</sub> 濃度の推移

その他の大気汚染

- ・ ハノイ、ホーチミン、ダナン、ハイフォン等の大都市においても、NO<sub>2</sub> や SO<sub>2</sub> 等の汚染物質の平均濃度は低い状態であるが、交差点など局地的には基準を超える場合がある。
- ・ 鉛汚染については、無鉛ガソリンを使用する旨の規制が発効してから減少している。



出典：MONRE. "State of Environment, Report of Vietnam".

図 1.3 1999 年から 2004 年のモニタリング・センターで観測された汚染物質の濃度の推移と米国環境庁 (USEPA) の環境基準の比較

## 農村部における大気汚染

農村部の大気環境は良好ではあるが、クラフト・ビレッジ (craft village) 周辺は汚染が観測されている。ビレッジの大気汚染物質は主に、石炭や木材を燃料として燃焼するキルン (窯) から排出される煤煙であり、ダストや CO、CO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub> 等の毒性ガスの放出につながっている。

## 大気汚染による影響

- ・ ダストや、CO や CO<sub>2</sub>、NO や鉛等の毒性ガスにより汚染された空気により多くの呼吸器系疾患が確認されている。また、これらの汚染物質は、喘息や結核、アレルギー、慢性気管支炎、癌等の病気につながる場合がある。
- ・ WHO の 2001 年の調査<sup>5</sup>によると、下気道感染症の 35.7%、慢性肺疾患の 22%が屋内汚染物質によるものであった。以下の調査結果のように、大気汚染と呼吸器系疾患の間には明確な関連が確認されている。

表 1.5 WHO 調査による大気汚染地域における呼吸器系疾患の相関関係

病名	汚染地域 (Thuong Dinh) の患者率 (%)	管理区域の患者率 (%)
慢性気管支炎	6.4	2.8
上気道の炎症	36.1	13.1
下気道の炎症	17.9	15.5
眼疾患の症状 (シックハウス症候群)	28.5	16.1
鼻疾患の症状	17.5	13.7
喉疾患の症状	31.4	26.3
皮膚疾患の症状	17.6	6.5
植物性神経系疾患の症状	30.6	21.5
神経疾患の症状	40.7	37.7
肺疾患	29.4	22.8

出典：MONRE. "State of Environment, Report of Vietnam".

- ・ 人間の健康だけでなく、作物や建物へも影響を及ぼしており、大気汚染対策に係る費用は GDP の 5%になると推計されている<sup>6</sup>。

<sup>5</sup> World Health Organization (WHO). Project on "Raising Air Quality in Asian Developing Countries, 2004"

<sup>6</sup> 第 1 回日越合同政策検討会 (2009 年 7 月 17 日) Dr. DO Nam Thang (ISEM-VEA) 発表資料 (Vietnam Pollution Issue)



## 大気汚染物質の発生源

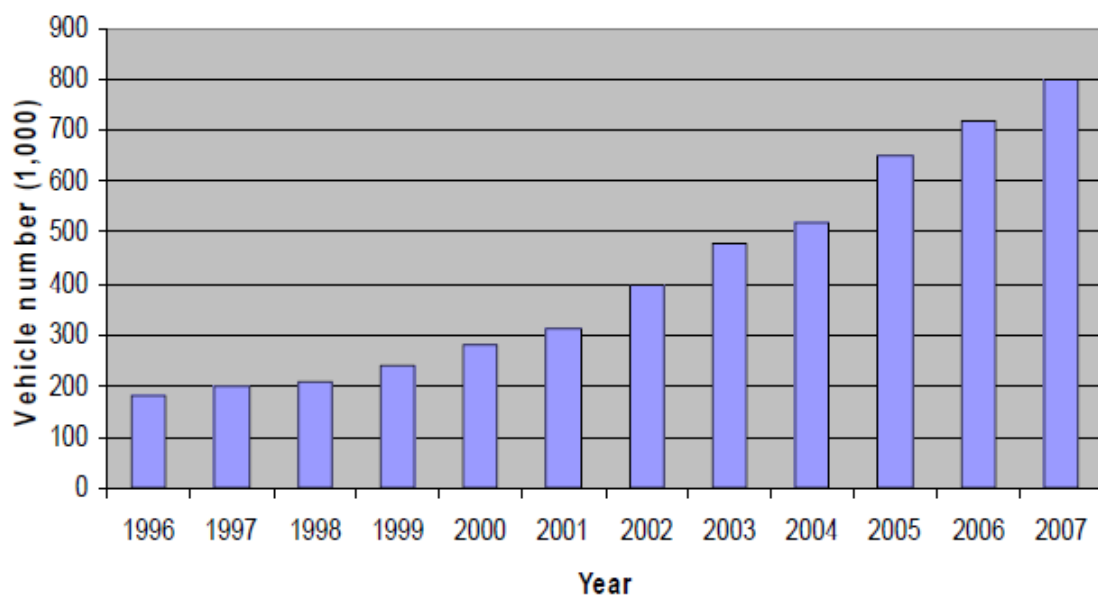
ベトナムの大気汚染物質の発生源は以下のとおりである。

### (A) 工業セクター（工場及びクラフト・ビレッジ）

- ・ 旧型工場：1975年以前に設立されたものが多く、中小規模で旧式の技術を利用しており、集塵フィルターや毒性ガス処理設備を備えているものは少ない。旧式の工場は散在しており、多くの工場は都市の内部に拠点を置いている。旧型工場では、大気中に汚染物質を放出する石炭や重油がしばしば燃料として使用されている。
- ・ 新式工場：工業地域に集積している工場群。しかし、火力発電所やセメント工場、建設資材工場等の大規模工場は工業地帯から離れたところに拠点を置いており、毒性ガスは完全に処理されておらず、大気汚染を引き起こしている。
- ・ クラフト・ビレッジ：小規模な業者が複数集まり、手工業や古紙や廃プラ等の循環資源のリサイクルを行っている集落がベトナムの農村部には約1,500あると言われている。ここでは環境汚染を防止する新式な技術は用いられていないため、農村部における大気汚染の発生源となっている。

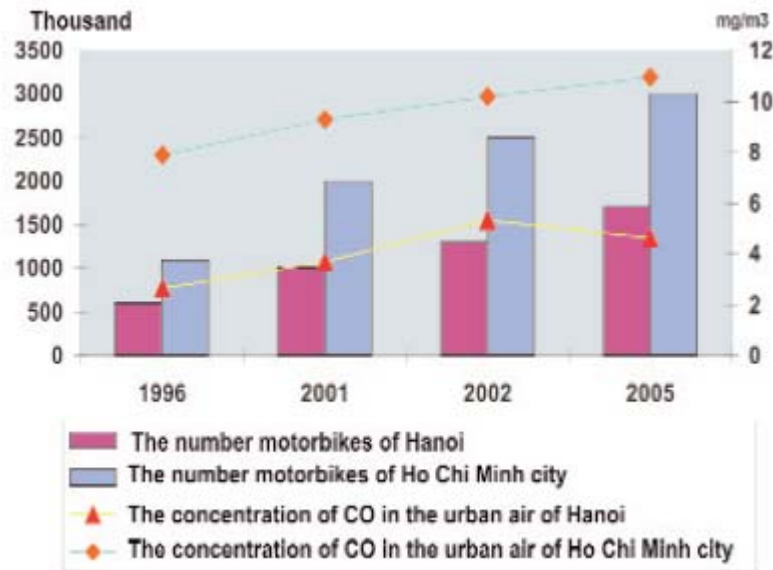
### (B) 輸送セクター

- ・ ハノイ、ホーチミン、ダナン、ハイフォン等の大都市では輸送活動、特にバイクからの汚染物質の排出が大気汚染の原因となっている。旧式の車両も多く、高硫黄燃料がしばしば使用されている<sup>6</sup>。
- ・ 大都市においては70-90%の大気汚染が輸送セクターに起因しているとの見解もある。特に、ダスト、一酸化炭素（CO）、石油ガス（CmHn）、鉛ダストによる汚染が深刻である。



出典：第1回日越合同政策検討会 Dr. Nam Thang (ISEM-VEA) 発表資料 (Vietnam Pollution Issue) .

図 1.4 ベトナムにおける車両台数の推移



出典：MONRE. "State of Environment, Report of Vietnam".

図 1.5 ハノイ・ホーチミンにおけるバイクの数と一酸化炭素濃度の推移

(C) 建設セクター

急速な都市化に伴う道路、建物、橋等の建設により、粉塵公害が引き起こされている。

(D) 家庭

家庭からも汚染物質は排出されているが、微量であるため全体量には大きな影響は及ぼしていない。

## 2 水質汚濁

### 2.1 水質に係る環境基準

水質においても大気と同様に TCVN が近年 QCVN に置き換えられている。国家技術規制として規定されている主なベトナムの水質基準、排水基準は以下のとおりである。

- 地表水の水質環境基準 (QCVN08:2008/BTNMT, 旧 TCVN5942:1995 の差換え)
- 沿岸水の水質環境基準 (QCVN10:2008/BTNMT, 旧 TCVN5943:1995 の差換え)
- 地下水の水質基準 (QCVN09:2008/BTNMT, 旧 TCVN5944:1995 の差換え)
- 産業排水基準 (QCVN24:2009/BTNMT, 旧 TCVN5945: 2005 の差換え)
- 家庭排水の基準 (QCVN14:2008/BTNMT)
- ゴム加工産業からの排水基準 (QCVN01:2008/BTNMT)
- 水産食品加工業からの排水基準 (QCVN11:2008/BTNMT)

- パルプ紙産業からの排水基準 (QCVN12:2008/BTNMT)
- 繊維産業からの排水基準 (QCVN13:2008/BTNMT)
- 固形廃棄物埋立処分場からの排水基準 (QCVN25:2009/BTNMT)

表 2.1 地表水（公共用水）の水質環境基準（QCVN08:2008/BTNMT）

番号	項目	単位	濃度			
			A1	A2	B1	B2
1	pH	—	6-8.5	6-8.5	5.5-9	5.5-9
2	溶存酸素	mg/l	≥ 6	≥ 5	≥ 4	≥ 2
3	浮遊物質	mg/l	20	30	50	100
4	COD <sub>Cr</sub>	mg/l	10	15	30	50
5	BOD <sub>5</sub> (20°C)	mg/l	4	6	15	25
6	アンモニア性窒素 N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	0.1	0.2	0.5	1
7	塩素 (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	250	400	600	-
8	フッ素 (F)	mg/l	1	1.5	1.5	2
9	亜硝酸性窒素 NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	0.01	0.02	0.04	0.05
10	硝酸性窒素 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	2	5	10	15
11	リン酸塩 PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/l	0.1	0.2	0.3	0.5
12	シアン化合物 CN <sup>-</sup>	mg/l	0.005	0.01	0.02	0.02
13	ヒ素	mg/l	0.01	0.02	0.05	0.1
14	カドミウム	mg/l	0.005	0.005	0.01	0.01
15	鉛	mg/l	0.02	0.02	0.05	0.05
16	三価クロム Cr <sup>3+</sup>	mg/l	0.05	0.1	0.5	1
17	六価クロム Cr <sup>6+</sup>	mg/l	0.01	0.02	0.04	0.05
18	銅	mg/l	0.1	0.2	0.5	1
19	亜鉛	mg/l	0.5	1.0	1.5	2
20	ニッケル	mg/l	0.1	0.1	0.1	0.1
21	鉄	mg/l	0.5	1	1.5	2
22	水銀	mg/l	0.001	0.001	0.001	0.002
23	界面活性剤	mg/l	0.1	0.2	0.4	0.5
24	油脂類	mg/l	0.01	0.02	0.1	0.3
25	フェノール	mg/l	0.005	0.005	0.01	0.02
26	農薬					
	アルドリン+ディルドリン	μg/l	0.002	0.004	0.008	0.01
	エンドリン	μg/l	0.01	0.012	0.014	0.02
	BHC	μg/l	0.05	0.1	0.13	0.015
	DDT	μg/l	0.001	0.002	0.004	0.005
	エンドスルファン	μg/l	0.005	0.01	0.01	0.02
	リンデン	μg/l	0.3	0.35	0.38	0.4
	クロルデン	μg/l	0.01	0.02	0.02	0.03
	ヘプタクロール	μg/l	0.01	0.02	0.02	0.05
27	有機リン農薬	μg/l	0.1	0.2	0.4	0.5

番号	項目	単位	濃度			
			A1	A2	B1	B2
	パラチオン マラチオン	μg/l	0.1	0.32	0.32	0.4
28	除草剤					
	2,4D	μg/l	100	200	450	500
	2,4,5T	μg/l	80	100	160	200
	パラコート	μg/l	900	1200	1800	2000
29	全アルファ線強度	Bq/l	0.1	0.1	0.1	0.1
30	全ベータ線強度	Bq/l	1.0	1.0	1.0	1.0
31	大腸菌	MPN/100ml	20	50	100	200
32	大腸菌群数	MPN/100ml	2500	5000	7500	10000

注：異なる目的で利用される水質を評価及び管理するために、地表水は以下のように区分される。

- A1: 生活用水、及び A2、B1 及び B2 のその他の目的
- A2: 利用が、(1)適切な処理技術による生活用水、(2)水生生物の保護、及び(3)B1 及び B2 のその他の目的
- B1: 灌漑、又は同等の水質が要求されるその他の目的、又は B2 のその他の目的
- B2: 水運及び水質において低い要求で良いその他の目的

表 2.2 沿岸水の水質環境基準（QCVN10:2008/BTNMT）

番号	項目	単位	基準値		
			海水浴場/観光	養殖	その他
1	温度	°C	30	--	--
2	臭気		耐えられる	--	--
3	pH		6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
4	可溶性固形分 (dissolved solid)	mg/l	>or= 4	>or= 5	>or= 4
5	COD	mg/l	4	3	
6	アンモニア	mg/l	0.51	0.1	0.5
7	フッ化物	mg/l	1.5	1.5	1.5
8	硫化物	mg/l	0.01	0.005	0.01
9	シアン化物	mg/l	0.005	0.005	0.01
10	砒素	mg/l	0.04	0.01	0.05
11	カドミウム	mg/l	0.005	0.005	0.005
12	鉛	mg/l	0.02	0.05	0.1
13	三価クロム	mg/l	0.1	0.1	0.2
14	六価クロム	mg/l	0.05	0.02	0.05
15	銅	mg/l	0.5	0.03	1
16	亜鉛	mg/l	1.0	0.05	2.0
17	マンガン	mg/l	0.1	0.1	0.1
18	鉄	mg/l	0.1	0.1	0.3
19	水銀	mg/l	0.002	0.001	0.005
20	黄色油	mg/l	検出されない	検出されない	
21	鉱物油	mg/l	0.1	検出されない	0.2
22	フェノール	mg/l	0.001	0.001	0.002

番号	項目	単位	基準値		
			海水浴場/観光	養殖	その他
23	有機塩素系殺虫剤				
	アルドリン/ディルドリン	μg/l	0.008	0.008	-
	エンドリン	μg/l	0.014	0.014	-
	B.H.C	μg/l	0.13	0.13	-
	DDT	μg/l	0.004	0.004	-
	エンドスルファン	μg/l	0.01	0.01	-
	リンデン	μg/l	0.38	0.38	-
	クロルデン	μg/l	0.02	0.02	-
	ヘプタクロール	μg/l	0.06	0.06	-
24	有機リン系殺虫剤				
	パラチオン	μg/l	0.40	0.40	-
	マラチオン	μg/l	0.32	0.32	-
25	化学除草剤				
	2.4D	mg/l	0.45	0.45	-
	2.4.5T	mg/l	0.16	0.16	-
	パラコート	mg/l	1.80	1.80	-
26	放射性物質 α	Bq/l	0.1	0.1	0.1
27	放射性物質 β	Bq/l	1.0	1.0	1.0
28	大腸菌	MPN/100 ml	1,000	1,000	1,000

表 2.3 地下水の水質基準 (QCVN09:2008/BTNMT)

番号	項目	単位	基準値
1	pH		5.5 - 8.5
2	硬度 (as CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	500
3	全固形分	mg/l	1,500
4	COD	mg/l	4
5	アンモニア	mg/l	0.1
6	塩素	mg/l	250
7	フッ化物	mg/l	1.0
8	二酸化窒素	mg/l	1.0
9	硝酸塩	mg/l	15
10	硫酸塩	mg/l	400
11	シアン化合物	mg/l	0.01
12	フェノール化合物	mg/l	0.001
13	砒素	mg/l	0.05
14	カドミウム	mg/l	0.005
15	鉛	mg/l	0.01
16	六価クロム	mg/l	0.05
17	銅	mg/l	1.0

番号	項目	単位	基準値
18	亜鉛	mg/l	3.0
19	マンガン	mg/l	0.5
20	水銀	mg/l	0.001
21	鉄	mg/l	5
22	セレン	mg/l	0.01
23	放射性物質 $\alpha$	Bq/l	0.1
24	放射性物質 $\beta$	Bq/l	1.0
25	大腸菌	MPN/100ml	検出されない
26	大腸菌群	MPN/100ml	3

## 2.2 排水基準

表 2.4 産業排水基準 (QCVN24:2009/BTNMT)

番号	項目	単位	C 値	
			A	B
1	気温	$^{\circ}\text{C}$	40	40
2	pH	-	6-9	5.5-9
3	臭気	-	不快でないこと	不快でないこと
4	色度 (Co-Pt, pH = 7)	-	20	70
5	BOD <sub>5</sub> (20 $^{\circ}\text{C}$ )	mg/l	30	50
6	COD	mg/l	50	100
7	総浮遊物質	mg/l	50	100
8	ヒ素	mg/l	0.05	0.1
9	水銀	mg/l	0.005	0.01
10	鉛	mg/l	0.1	0.5
11	カドミウム	mg/l	0.005	0.01
12	六価クロム	mg/l	0.05	0.1
13	三価クロム	mg/l	0.2	1
14	銅	mg/l	2	2
15	亜鉛	mg/l	3	3
16	ニッケル	mg/l	0.2	0.5
17	マンガン	mg/l	0.5	1
18	鉄	mg/l	1	5
19	スズ	mg/l	0.2	1
20	シアン化合物	mg/l	0.07	0.1
21	フェノール	mg/l	0.1	0.5
22	鉱物油	mg/l	5	5
23	油脂類	mg/l	10	20
24	残留塩素	mg/l	1	2
25	PCB	mg/l	0.003	0.01
26	有機系殺虫剤	mg/l	0.3	1
27	有機塩素系殺虫剤	mg/l	0.1	0.1

番号	項目	単位	C 値	
			A	B
28	硫黄化合物	mg/l	0.2	0,5
29	フッ素化合物	mg/l	5	10
30	塩化物	mg/l	500	600
31	アンモニウム態窒素 (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N)	mg/l	5	10
32	全窒素	mg/l	15	30
33	全りん	mg/l	4	6
34	大腸菌群	MPN/100ml	3,000	5,000
35	全アルファ線強度	Bq/l	0.1	0.1
36	全ベータ線強度	Bq/l	1.0	1.0

注：

- A は、生活用水に利用される水域に排出する産業排水における汚染物質の C 値を規定する。
- B は、生活用水以外に利用される水域に排出する産業排水における汚染物質の C 値を規定する。
- 塩化物の項目は、塩水域や汽水域には適用しない。

## 2.3 水質汚濁の状況<sup>3,7</sup>

○産業排水の汚染状況

2010 年に公表されたベトナムの環境状況に関するレポート（National Environmental Report 20098）では、2009 年における工業団地からの排水量及び排水中の汚染物質量が表2.5 のように推計されている。

<sup>7</sup> The World Bank, Ministry of Natural Resources and Environment, “Vietnam Environment Monitor, 2006 -Water Quality in Vietnam with focus on the Cau, Nhue-Day and Dong Nai River Basin-”, 2006

<sup>8</sup> Vietnam Environment Administration.  
<http://vea.gov.vn/VN/hientrangmoitruong/baocaomtquocgia/Pages/Baocaomoitruongquocgianam2009.aspx>

表2.5 2009年における工業団地からの推計排水量及び排水中の汚染物質質量

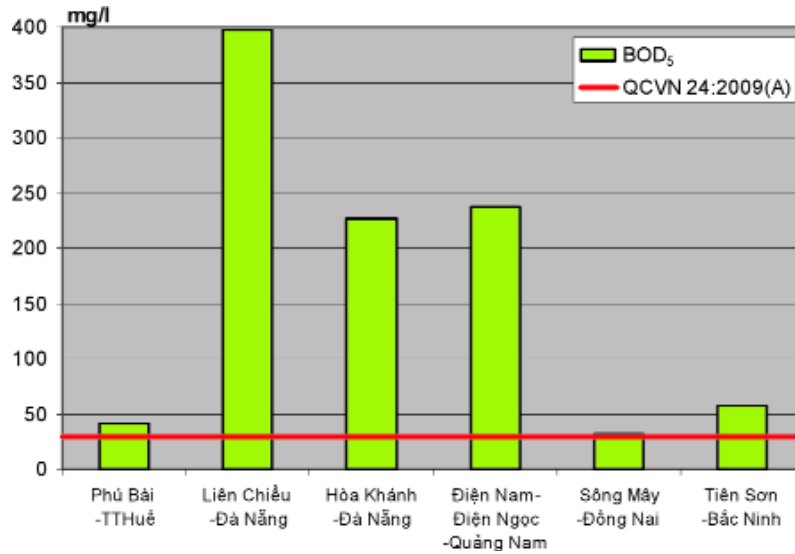
TT	地域	排水量 (m <sup>3</sup> /日)	排水中の汚染物質質量 (kg/日)				
			TSS	BOD	COD	Total N	Total P
<b>A.</b>	北東地域	<b>155.055</b>	<b>34.112</b>	<b>21.243</b>	<b>49.463</b>	<b>8.993</b>	<b>12.404</b>
1	Hà Nội	36.577	8.047	5.011	11.668	2.122	2.926
2	Hải Phòng	14.026	3.086	1.922	4.474	814	1.122
3	Quảng Ninh	8.050	1.771	1.103	2.568	467	644
4	Hải Dương	23.806	5.237	3.261	7.594	1.381	1.904
5	Hưng Yên	12.350	2.717	1.692	3.940	716	988
6	Vĩnh Phúc	21.300	4.686	2.918	6.795	1.235	1.704
7	Bắc Ninh	38.946	8.568	5.336	12.424	2.259	3.116
<b>B.</b>	中央地域	<b>58.808</b>	<b>12.937</b>	<b>8.057</b>	<b>18.760</b>	<b>3.411</b>	<b>4.705</b>
1	Đà Nẵng	23.792	5.234	3.260	7.590	1.380	1.903
2	Thừa Thiên - Huế	4.200	924	575	1.340	244	336
3	Quảng Nam	13.024	2.865	1.784	4.154	755	1.042
4	Quảng Ngãi	3.950	869	541	1.260	229	316
5	Bình Định	13.842	3.045	1.896	4.416	803	1.107
<b>C.</b>	南地域	<b>413.400</b>	<b>90.948</b>	<b>56.636</b>	<b>131.875</b>	<b>23.977</b>	<b>33.072</b>
1	TP HCM	57.700	12.694	7.905	18.406	3.347	4.616
2	Đồng Nai	179.066	39.395	24.532	57.122	10.386	14.325
3	Bà Rịa-Vũng Tàu	93.550	20.581	12.816	29.842	5.426	7.484
4	Bình Dương	45.900	10.098	6.288	14.642	2.662	3.672
5	Tây Ninh	11.700	2.574	1.603	3.732	679	936
6	Bình Phước	100	22	14	32	6	8
7	Long An	25.384	5.585	3.478	8.098	1.472	2.031
<b>D.</b>	ÑBSCL 地域	<b>13.700</b>	<b>3.014</b>	<b>1.877</b>	<b>4.370</b>	<b>795</b>	<b>1.096</b>
1	Cần Thơ	11.300	2.486	1.548	3.605	655	904
2	Cà Mau	2.400	528	329	766	139	192
合計		<b>640.963</b>	<b>141.012</b>	<b>87.812</b>	<b>204.467</b>	<b>37.176</b>	<b>51.277</b>

出典：National Environmental Report 2009（ベトナム語）

また、2008年におけるいくつかの工業地区の排水中のBOD<sub>5</sub>濃度は、排水基準を上回っていることが報告されている（図 2.1参照）。

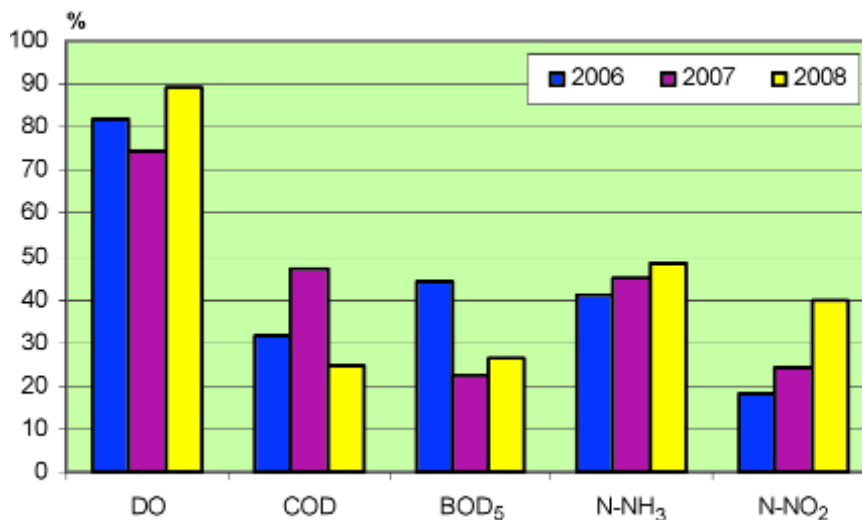
図 2.2は、Dong Nai川における水質項目の環境基準達超過頻度を示したものであるが、2006～2008年において、大きな改善はみられていないことが読み取れる。





出典：National Environmental Report 2009（ベトナム語）

図 2.1 工業地区における排水中の BOD<sub>5</sub> 濃度



出典：National Environmental Report 2009（ベトナム語）

図 2.2 Bien Hoa 省 Dong Nai 川の水質項目の環境基準超過頻度の推移（2006～2008 年）

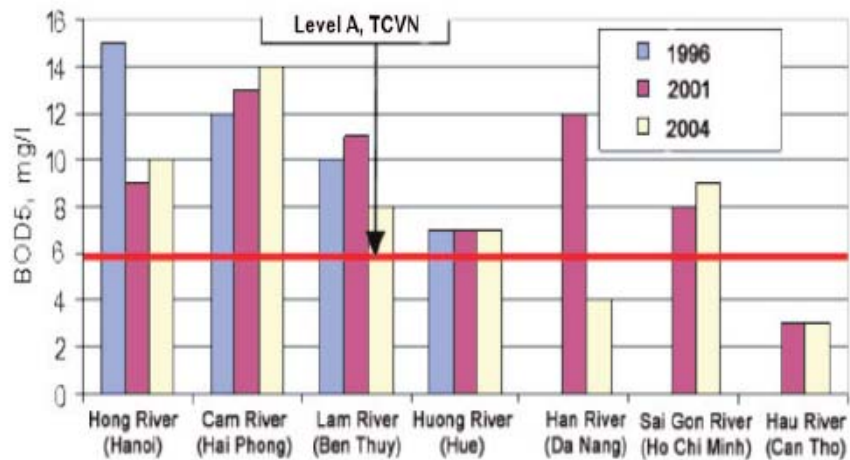
### ○地表水の汚染状況

河川については、上流の水質は良いが、下流の水質は生活排水や産業排水による汚染のために劣悪である。特に水量が不足する乾期において、その汚染濃度は深刻になる。

### 生物化学的酸素要求量 (BOD<sub>5</sub>) とアンモニア性窒素 (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N) の濃度

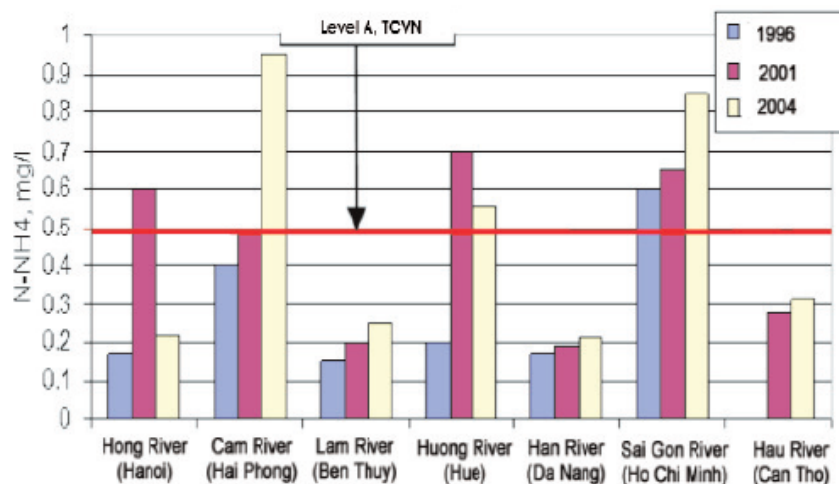
ベトナムの多くの主要河川において、BOD<sub>5</sub> は環境基準を大きく超えている。NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 濃度

は、ハイフォンやホーチミンの河川において高くなっている。



出典：MONRE. "State of Environment, Report of Vietnam." 2005.

図 2.3 大都市主要河川の BOD<sub>5</sub> 濃度の推移

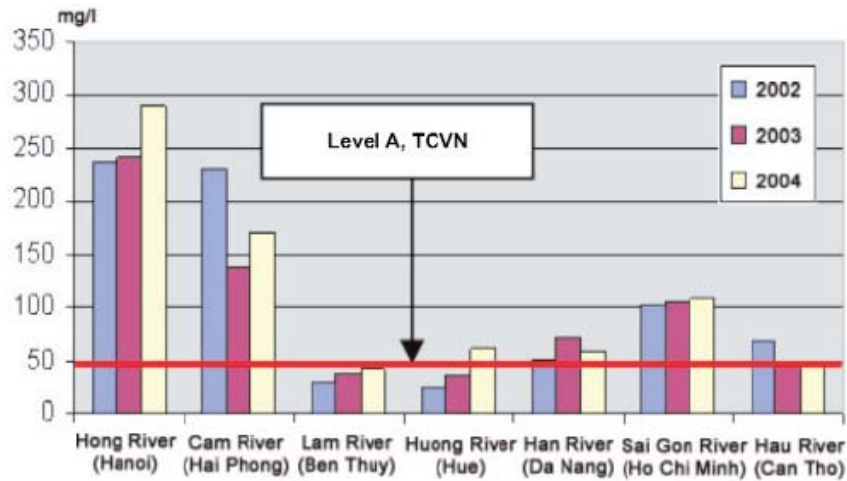


出典：MONRE. "State of Environment, Report of Vietnam." 2005.

図 2.4 大都市主要河川の NH<sub>4</sub><sup>+</sup> -N 濃度の推移

### 懸濁物質 (TSS: Total suspended solid) による汚染状況

多くの河川の TSS は、懸濁物質濃度に関する国家環境基準を約 1.5-2.5 倍超過している。特にハノイやハイフォン等の北部の河川域での汚染が深刻になっている。

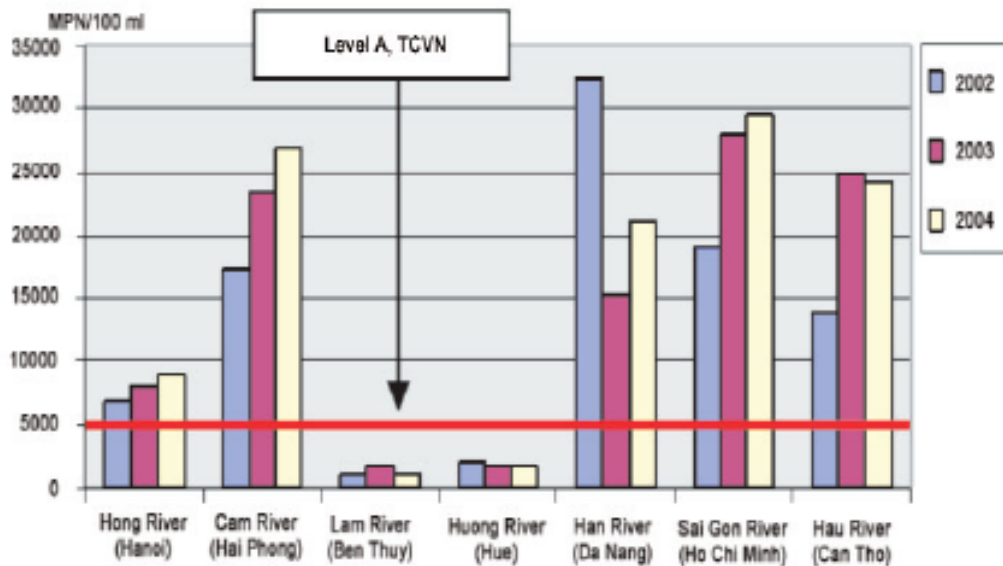


出典：MONRE. "State of Environment, Report of Vietnam." 2005.

図 2.5 大都市主要河川の TSS の推移

### その他の汚染状況

- ・ その他の汚染物質としては、重金属、大腸菌、化学農薬等がある。下図にあるように、河川によっては、大腸菌濃度が基準値の 1.5-6 倍になっている。



出典：MONRE. "State of Environment, Report of Vietnam." 2005.

図 2.6 大都市主要河川の大腸菌濃度の推移

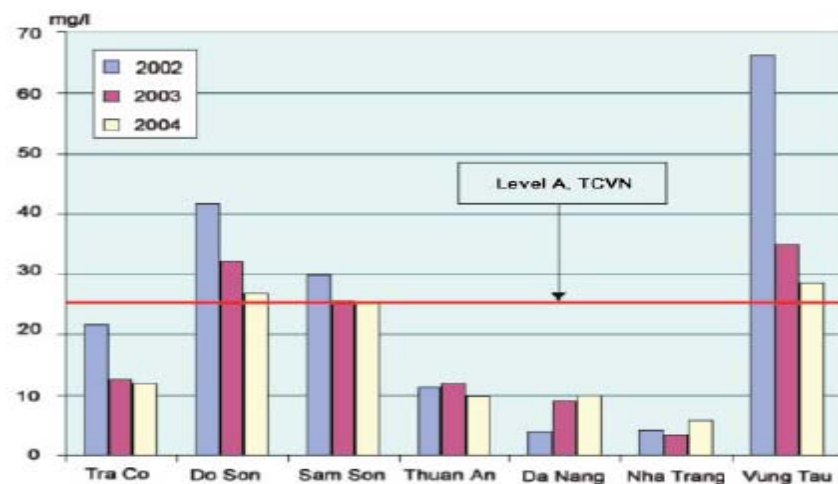
### ○海水の汚染状況

- ・ 沿岸地域及び海域における水質は、住宅密集地、工場、海港が存在している地域を除いては、一般的には国家の環境基準を満たしている。しかし、海水汚染の潜在的リスクは、経済活動

により高まっているのが現状である。

### 懸濁物質による海水の汚染状況

- TSS は、Do Son（北部：ハイフォン沿岸部）、Sam Son（北部）、Vung Tau（南部：ホーチミン近郊）で基準値より高くなっている。
- 紅河とメコン川のデルタ地域は、雨季になると洪水が河川より大量の懸濁物質を運び、乾期にはこれらが風や波でかき混ぜられ、堆積物の層が形成される。従って、TSS 濃度は年間を通して高く、水の純度が低いため、観光業が打撃を受けている。

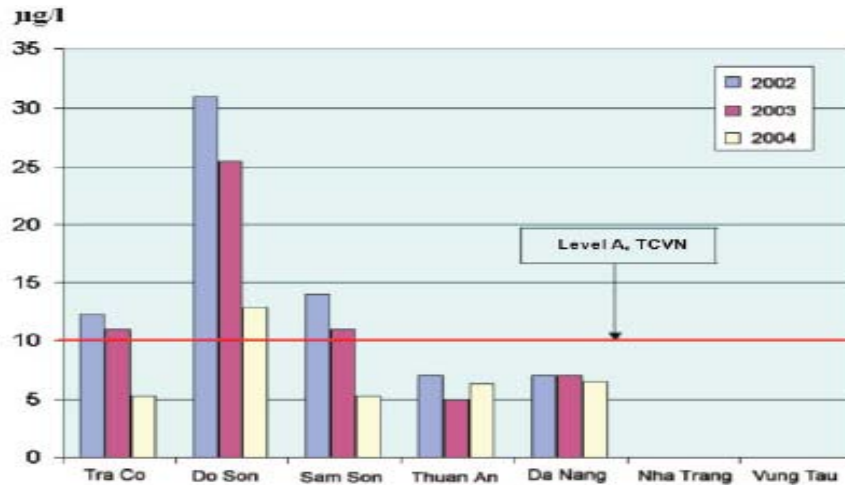


出典：MONRE. "State of Environment, Report of Vietnam." 2005.

図 2.7 ベトナムの沿岸部における TSS 濃度の推移

### 亜硝酸塩による海水の汚染状況

- 北部の紅河及びメコン川の河口では、養殖業に求められる海水の水質基準値より多く亜硝酸塩を含有している。

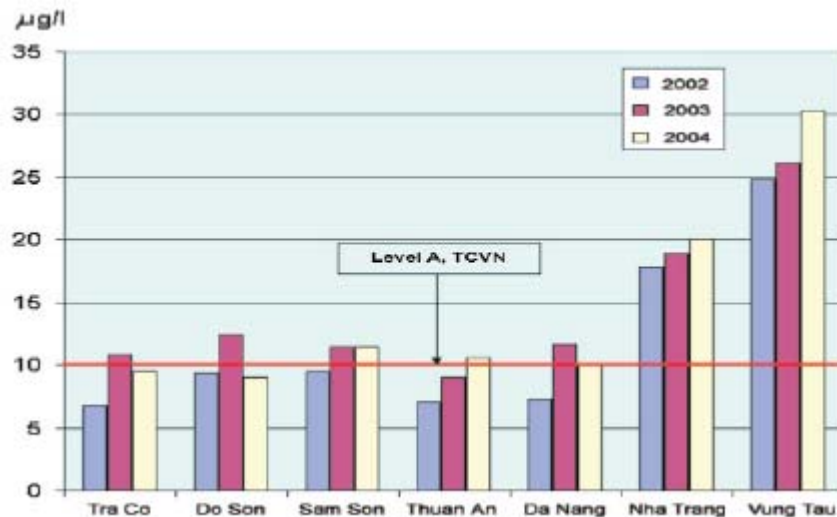


出典：MONRE. "State of Environment, Report of Vietnam".

図 2.8 ベトナムの沿岸部における亜硝酸塩濃度の推移

#### 亜鉛による海水の汚染状況

- 近年、養殖業に求められる基準より約 1.5-3 倍高い亜鉛濃度が確認されている。特に南部において亜鉛による汚染が問題となっている。



出典：MONRE. "State of Environment, Report of Vietnam".

図 2.9 ベトナムの沿岸部における亜鉛濃度の推移

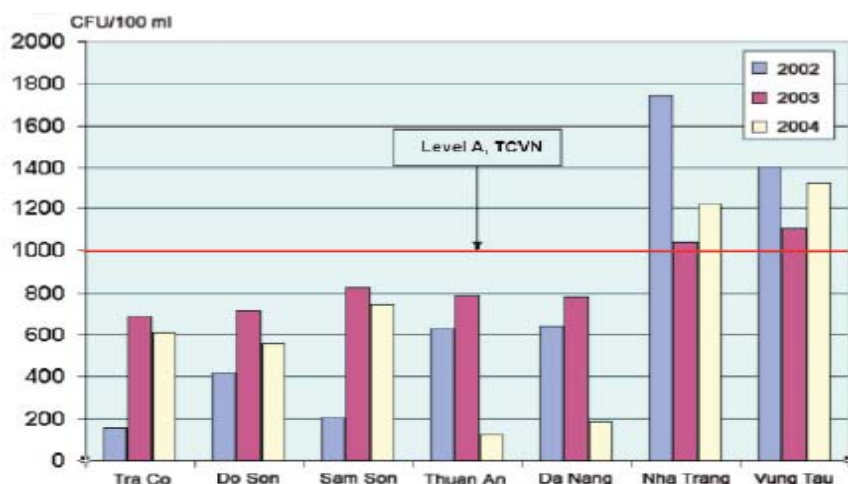
#### 石油による海水の汚染状況

- 北部と南部の多くの地域において、養殖業や海水浴に求められる水質基準値より高い石油濃度が確認されている。例えば、Da Nang や Rach Gia の沿岸部では、基準値より 4 倍近い石油

の濃度が検出されている。

### 大腸菌による海水の汚染状況

- ・ 特に南部の沿岸部において、大腸菌濃度が高くなっている。



出典：MONRE. "State of Environment, Report of Vietnam".

図 2.10 ベトナムの沿岸部における大腸菌濃度の推移

### 堆積物 (sea sediment) の汚染状況

- ・ 近年、堆積物中のカドミウム、亜鉛、水銀による汚染が報告されている。
- ・ 沿岸部の湿地帯、特に河口や干潟の生態系は水質の変化に影響を受けやすく、養殖業等にも多大な影響を及ぼしている。特に、Tam Giang、Cau Hai 等の干潟は急速なエリアの減少と生態系の破壊により危険な状態に晒されている。

### ○地下水の汚染状況

- ・ 多くの場所において、リン汚染 (PO<sub>4</sub>-P) と砒素汚染が確認されている。例えばハノイの場合、71%の井戸で基準値より高濃度の砒素を含有している。
- ・ 地下水汚染は病気に感染した家禽の技術的に不適切な埋立処理にも起因している。2004 年末まで、鳥インフルエンザの流行により、ベトナム全土の 4,000 万匹の家禽 (全体の約 20%) が埋立てられた。これらの埋立場所からの地下水に対する汚染のリスクは、特に雨季において高くなり、メコン川のデルタ地域において特に懸念されている。
- ・ ベトナムの沿岸部では、家庭、工業、養殖業 (主にエビ養殖) のために地下水を無制御かつ無差別的に汲み上げている地域があり、塩害が問題となっている (>1g/l)。また、過度の地下水摂取は地下水位の低下も引き起こしている。最も深刻な被害は、北部デルタ地域と Cuu Long

川のデルタ地域で起こっている。

## 2.4 水質汚濁による影響<sup>3</sup>

- ・ 水質汚濁により、様々な病気が引き起こされている。主な病気は、下痢（ウイルス、バクテリア、単細胞生物、微生物等によるもの）、細菌性赤痢、コレラ、腸チフス、A型肝炎、寄生虫性疾患等である。これらの病気は、栄養失調、貧血、鉄分不足、発育不全、死亡等に至る場合があり、特に小児にとって深刻である。下痢の88%のケースが、清潔な水の不足と劣悪な衛生環境に起因している。
- ・ 年間25万件の入院件数があり、また44%の小児が寄生虫感染されていると報告されている<sup>6</sup>。

表 2.6 水質汚濁に起因する病気の発病件数と死亡件数

年	コレラ		腸チフス		赤痢		下痢	
	件数	死亡	件数	死亡	件数	死亡	件数	死亡
1990	2,132	23	4,323	16	47,832	94	232,843	207
1995	4,886	44	30,901	23	48,350	12	573,348	106
2000	170	2	10,709	10	45,103	6	984,617	19
2001	16	0	9,614	4	46,297	7	1,055,178	26
2002	340	0	7,079	0	44,903	6	1,045,212	19
2003	343	0	5,946	2	43,732	6	972,463	10

出典：MONRE. "State of Environment, Report of Vietnam".

- ・ 沿岸部における水質汚染では、観光業の発展の阻害要因になっている他、サンゴ礁やその他の固有の生態系が破壊されているという問題が起こっている。

## 2.5 水質汚染物質の発生源<sup>3,7,9</sup>

○地表水（河川、湖、運河等）

都市部

- ・ 汚染の原因は、工業地域、家庭、医療施設から河川に放出される排水である。
- ・ 2005年初頭の段階で、地表水に排出された総水量は約311万m<sup>3</sup>/日である。内訳は、家庭排水が201万m<sup>3</sup>（全体の64%）、産業排水が98万m<sup>3</sup>（32%）、医療施設からの排水が12万m<sup>3</sup>（4%）となっている。

<sup>9</sup> 財団法人地球・人間環境フォーラム. 平成18年度我が国のODA及び民間海外事業における環境社会配慮強化調査業務「ベトナムにおける企業の環境対策と社会的責任－CSR in Asia」（環境省請負事業）. 2006

- ・ ベトナムの 95%の排水が未処理のまま排出されている。また、生活排水・産業排水を分けるシステムも構築されておらず、混合した状態で河川へ放流されている<sup>6</sup>。
- ・ 統計によると、産業排水全体のうち 4.26%しかベトナム環境基準を遵守した処理がなされていない。
- ・ ハノイ、ホーチミン、ダナン、ハーロン等の都市では、5,000m<sup>3</sup>/日の処理能力の下水処理施設が整備されつつある。一方で、多くの中小規模の都市では未だ整備されておらず、国際機関のファンドで整備を目指している状況である。
- ・ ベトナムには現在 1,000 個の病院があるが、これらの病院は日量 10 万 m<sup>3</sup> の排水を排水基準を遵守しないまま排出している。これらが適切に処理されなければ感染症の蔓延につながるため、地域住民への健康リスクが懸念されている。

#### 農村部

- ・ 農薬や肥料の不適切な使用に起因する富栄養化（eutrophication）や水質汚染が問題となっている。
- ・ クラフト・ビレッジのうち、特に紙生産、食肉処理、織物・染色を行っているビレッジは、河川に無差別的に固形・液状廃棄物を排出しており、深刻な汚染被害を引き起こしている。

#### ○海水

- ・ 沿岸部の住宅密集地、工業地帯、海港等からの排水が海域に未処理のまま排出されている。
- ・ 漁業や養殖業、観光業の発展に伴い、沿岸部の廃棄物発生量が増加し、これらが海に投棄されている問題もある。また、水上輸送網が拡大したことにより、石油流出の事故も起きている。

#### ○地下水

- ・ 廃棄物の処分場からの浸出水は汚染物質を高濃度で含有しているため、地下水汚染の原因となっている。現状では、排水基準を遵守した適切な排水処理システムで管理している処分場はほとんどない。
- ・ 産業排水、家庭排水、処分場からの浸出水は地下層（underground layer）に浸透し、地下水汚染につながっている。これが地下水が重金属や硝酸、砒素等により汚染されている原因となっている。
- ・ また、地下水の過剰取水のために沿岸部では塩害や地盤沈下の問題が起きている。



## 3 悪臭、騒音<sup>3,9</sup>

### 3.1 悪臭

- ・ ベトナムにおける都市ごみ (municipal solid waste) の一般的な処理方法は、オープン・ダンプ方式での埋立処分である。適正な処理がなされていないため、処分場の周辺住民からは悪臭の被害が報告されている。
- ・ 畜産業では、未処理のふん尿 (fecal waste) を環境中に排出しており、土壌や水資源を汚染するほか、悪臭による被害を生むケースがある。

### 3.2 騒音

- ・ 過去数年において、特に都市部における自動車やバイクの急速な普及により、運輸部門からの騒音が問題となっている。
- ・ ベトナムの多くの都市部において、夜間の騒音レベルは基準より下の約 70 dB (A) ほどであるが、日中の騒音レベルは多くの都市において 70-75 dB (A) に達し、大きな道路の近隣では 80-85 dB (A) にも達している。

## 4 土壌汚染<sup>3</sup>

### 4.1 土壌汚染の影響

- ・ 農業の生産量の減少、植物生態系の破壊等につながっている。結果として土地の侵食・劣化が引き起こされている。
- ・ 高濃度の土壌中の有害物質や重金属は、結果として動植物に摂取される汚染物質の増加につながり、人間の健康にも負の影響を及ぼしている。
- ・ 農業における化学物質の過度の使用は食中毒の件数の増加につながっている。食料安全局の統計情報によると、2004 年には 145 件の食中毒が報告されており、3,580 人が被害にあい、うち 41 人が死亡している。

### 4.2 土壌汚染物質の発生源

- ・ 化学肥料による汚染：ベトナムで使用される肥料は種類・量ともに増加している（市場では 1,420 種類もの肥料が取引されている）。ベトナムにおける肥料の単位面積当たり使用量は他国と比較すると低いが、農村部の土壌環境に対して以下の点により被害を引き起こしている。
  - ◇ 不適切かつ非効率的な肥料の使用
  - ◇ 窒素肥料に偏重した使用
  - ◇ 低品質の肥料の使用（政府が管理している国産及び輸入肥料以外に、違法に安価で

取引されている低品質な肥料があり、環境汚染物質が多く含まれている)。

- ・ 農薬による汚染：過度の使用による土壌汚染被害
- ・ その他：局地的には都市ごみや産業廃棄物、クラフト・ビレッジから排出される廃棄物、また鉱業により土壌汚染が引き起こされている。

### 4.3 土壌汚染の現状

#### ○化学農薬使用による汚染状況<sup>10</sup>

- ・ 約 50%の窒素農薬、50%のカリウム農薬、80%のリン酸農薬が土中に残存している。無機肥料の酸残留物は、アルカリ陽イオンの消耗や、土壌の化学的な作用や農業生産性の低下を引き起こす有害な物質の発生につながるため、土壌汚染の原因となっている。

#### ○農薬による汚染状況

- ・ 殺虫剤は土壌と地下水に残存し、土壌環境のすべての生態系に対し影響を及ぼしている。ベトナムで使用されている殺虫剤の使用量は少ないが (0.5-1.0 kg/ha/年)、土壌中における殺虫剤の残留物は多くの場所で確認されている。

#### ○産業廃棄物による汚染状況

- ・ 工業地域近隣の土壌中における重金属濃度が近年上昇している。Phuoc Long の産業クラスターでは、基準値よりクロム濃度が 15 倍、カドミウム濃度が 1.5-5 倍、砒素濃度が 1.3 倍高くなっている。

## 5 ヒートアイランド現象

ヒートアイランド現象については、現状ではベトナムにおいては問題として取上げられていない状況である。

---

<sup>10</sup> 日本、韓国、中国の農薬使用量 (kg/ha) がそれぞれ 430、467、390 であるのに対し、ベトナムの使用量は 80-90 kg/ha 程度である。