

インドネシア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及び排出基準

大気環境基準

大気環境基準については、1988年に最初の基準が定められ、1999年「大気汚染防止に関する政令（1999年政令第41号）」により、二酸化硫黄、一酸化炭素、窒素酸化物、オゾン、炭化水素、PM10、PM2.5、浮遊粒子状物質（TSP）、鉛、降下ばいじん、フッ化物、粉末指数（Flour Index）、塩素・二酸化塩素、硫酸塩指数（Sulfate Index）の14項目について基準値が定められた。また同政令では、分析方法および分析に使用する機器について国の基準を定めている。この1999年政令では、環境基準値は5年ごとに見直すこととされているが、1999年以降基準値は変更されていない。

表 1.1 インドネシアにおける大気質の環境基準

項目	測定期間	基準値
二酸化硫黄	1 時間	900 μ g /N m ³
	24 時間	365 μ g /N m ³
	1 年	60 μ g /N m ³
一酸化炭素	1 時間	30,000 μ g /N m ³
	24 時間	10,000 μ g /N m ³
	1 年	—
窒素酸化物	1 時間	400 μ g /N m ³
	24 時間	150 μ g /N m ³
	1 年	100 μ g /N m ³
オゾン	1 時間	235 μ g /N m ³
	1 年	50 μ g /N m ³
炭化水素	3 時間	160 μ g /N m ³
PM10	24 時間	150 μ g /N m ³
PM2.5	24 時間	65 μ g /N m ³
	1 年半	15 μ g /N m ³
浮遊粒子状物質（TSP）	24 時間	230 μ g /N m ³
	1 年	90 μ g /N m ³
鉛	24 時間	2 μ g /N m ³
	1 年	1 μ g /N m ³
降下ばいじん	30 日	10 t /km ² /月（住宅地）
		20 t /km ² /月（工業地）
フッ化物	24 時間	3 μ g /N m ³
	90 日	0.5 μ g /N m ³
粉末指数（Flour Index）	30 日	40 μ g /100m ² （石炭ろ紙）
塩素・二酸化塩素	24 時間	150 μ g /N m ³
硫酸塩指数（Sulfate Index）	30 日	1mgSO ₃ /100 m ³ 一過酸化鉛

出典：大気汚染防止に関する政令（1999年政令第41号）

1.2 大気排出基準

固定発生源

固定発生源から排出される排ガス基準については、1995年「固定発生源からの排出基準に関する環境大臣令（1995年第13号）」によって、製鉄業、紙・パルプ製造業、セメントプラント、石炭火力発電所の4業種と、それ以外のすべての工場・事業場を対象とした5種類の排出基準が設定された。この1995年大臣令による排出基準のうち、石炭火力発電所の排出基準は、2008年環境大臣規則第21号により改訂されている。

表 1.2 インドネシアにおける大気排出基準

排出源		項目	基準値 (mg/m ³)
セメント工業	キルン	粉じん	80
		二酸化硫黄	800
		窒素酸化物	1,000
		透過度	20%
	クリンカ・クーラー	粉じん	80
	粉砕、輸送、袋詰め	粉じん	80
	ボイラ	粉じん	230
		二酸化硫黄	800
その他工業		窒素酸化物	10,000
		アンモニア	0.5
		塩素ガス	10
		塩化水素	5
		フッ化水素	10
		窒素酸化物	1,000
		透過度	35%
		粉じん	350
		二酸化硫黄	800
		総還元性硫黄 (Total Reduced Sulfur)	35
		水銀	5
		ヒ素	8
		アンチモン	8
		カドミウム	8
	亜鉛	50	
	鉛	12	

出典：固定発生源からの排出基準（1995年環境大臣令第13号）

天然ガス、石油事業に関しては、2003年環境大臣令129号で設定された排出基準は、2009年環境大臣規則第13号（天然ガス・石油事業に関する排出基準）により改訂された。この改訂では天然ガス・石油の掘削製造事業（4発生源11項目）、石油精製事業（5発生源14項目）、天然ガス精製事業（3発生源7項目）及びガス・石油の脱硫事業（2項目）が定められている。

そのほか、肥料産業（2004年環境大臣令第133号）、セラミック産業（2008年環境大臣規則第17号）、カーボンブラック工業（2008年環境大臣規則第18号）および火力発電事業（2008年環境大臣規則第21号）について、排ガス規制が行われている。

移動発生源

自動車排出ガス基準に関しては、1993年の環境大臣令第35号によって、排出ガス中の一酸化炭素、炭化水素等の限界値が定められ、その後自動車環境対策として、2003年9月に「新型自動車及び継続生産自動車の排出ガス基準に関する環境大臣令（2003年第141号）」が制定された。新型自動車に関しては2005年1月1日から、継続生産自動車に関しては2006年7月1日または2007年1月1日から、ユーロ2レベルの公害対策が実施された。この排出ガス規制は2009年に改訂され（環境大臣規則4号、2009年3月24日施行）、改訂規制の排出ガス規制は、新型自動車について、ディーゼル車は2011年3月から、ガソリン/LPG/CNG車は2010年3月から適用されることになった。事例として、カテゴリLのオートバイ等の排出ガス基準を表1.3-1、表1.3-2、表1.3-3に示す。カテゴリL3のオートバイ（シリンダー容量50cc以上で50km/時以上の最高速度）のみは、排出ガス基準がさらに2012年に改訂され、2015年8月1日から施行となっている（2012年環境大臣規則10号及び23号）。

表 1.3-1 新型自動車および継続生産車の排出ガス基準

カテゴリLの車両（2009年環境大臣規則4号別表I A.表）

カテゴリ	基準項目	排出基準 g/km	試験方法 Test Method
L 1	CO	1.0	ECE R 47
	HC+NOx	1.2	
L 2	CO	3.5	ECE R 47
	HC+NOx	1.2	
L 3 < 150 cm ³	CO	2.0	ECE R 40
	HC	0.8	
	NOx	0.15	
L 3 ≥ 150 cm ³	CO	2.0	ECE R 40
	HC	0.3	
	NOx	0.15	
L 4 and L 5 スパークイグニションエンジン (SI)	CO	7.0	ECE R 40
	HC	1.5	
	NOx	0.4	
L4 and L5 圧縮イグニションエンジン (CI)	CO	2.0	ECE R 40
	HC	1.0	
	NOx	0.65	

出典：2009年第4号別表I-A、及び2012年環境大臣規則第23号別表-A

表 1.3-2 ディーゼル自動車の排出ガス基準

カテゴリ	基準項目	基準値 ECE R83-04 TEST METHOD ECE R 83-04
1 M1 GVW ≤ 2.5 tons Seats ≤ 5 excluding driver's seat	CO HC+NOx PM	1.0 g/km 0.7 (0.9) g/km 0.08(0.1) g/km
2 M1 seats 6-8 excluding driver's seat GVW > 2.5 tons N1 GVW ≤ 3.5 tons		
Class I RM ≤ 1250kg	CO HC+NOx PM	1.0 g/km 0.7 (0.9) g/km 0.08(0.1) g/km
Class II 1250kg < RM ≤ 1700kg	CO HC+NOx PM	1.25 g/km 1.0 (1.3) g/km 0.12(0.14) g/km
Class III RM > 1700kg	CO HC+NOx PM	1.5 g/km 1.2 (1.6) g/km 0.17(0.2) g/km

出典：2009年環境大臣規則 4 号別表I-E

表 1.3-3 3.5トン以上の重量の自動車

カテゴリ	基準項目	基準値 e ECE R83-04 TEST METHOD ECE R 49-02
M2,M3,N2,N3,O3,and O4 GVW > 3.5 tons	CO HC NOx PM	4.0 g/kWh 1.1 g/kWh 7.0 g/kWh 0.15g/kWh

出典：2009年環境大臣規則 4 号別表 I-F

1997年「大気汚染指標（ISPU）に関する環境大臣令（1997年第45号）」では、通常の測定結果のままでは一般の市民にわかりにくい大気汚染の度合いを、無次元数で表す ISPU（Indeks Standar Pencemar Udara : Air Pollution Standard Index）と呼ばれる理解が容易な指標に変換し、市民に公表する仕組みが定められた。具体的には、大気汚染の状況に関して、二酸化硫黄、一酸化炭素、二酸化窒素、オゾン、及び粒子状物質（PM10）の5項目を大気汚染指標（ISPU:APSI）に置き換え、5段階評価のうえ毎年度公表する、というものである。表 1.4 のように良好、適度、非健康、超非健康、危険の5段階評価であるが、測定する項目数が少なく欠測が多いときは、実用的ではない。ジャカルタ等ではモニタリング結果をオンラインで表示する電光掲示板も設置されていたが、自動観測所は維持管理に係る予算及び人的資源の不足が原因で、ジャカルタ市内の限られた観測所のみ稼働となっている。このため現在は電光掲示は行われていない。

表 1.4 Air Pollution Standard Index (APSI) 値の分類

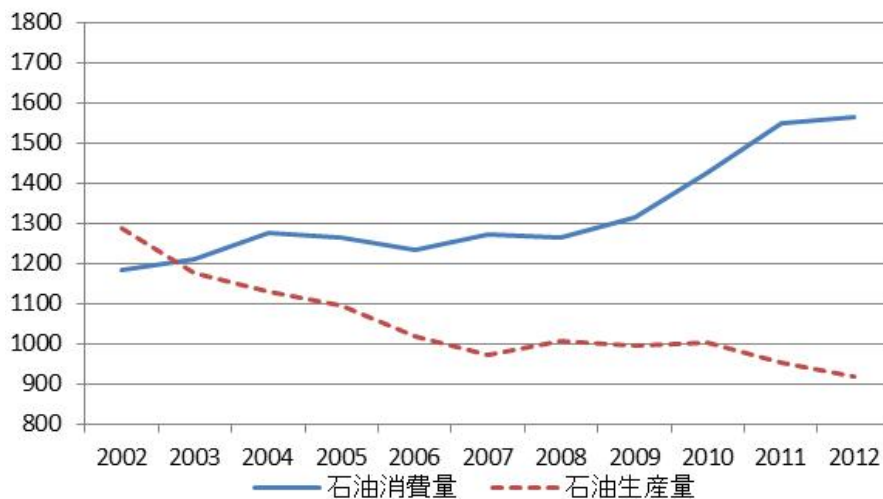
分類	範囲	説明
良好	0-50	人や動物の健康に影響を与えず、植物や建物、アメニティーに影響を与えない大気質レベル
適度	51-100	人や動物の健康に影響を与えないが、敏感な植物や美的価値に影響を与える大気質レベル
非健康	101-199	人や敏感な動物の健康に有害であったり、植物や美的価値を害するレベル
超非健康	200-299	一部の人々の健康に有害である大気質レベル
危険	300 以上	一般的に人々の健康に有害である大気質レベル

出典： The State Ministry of Environment, Indonesia. State of the Environment in Indonesia 2004.

1.3 大気汚染の推移と現状

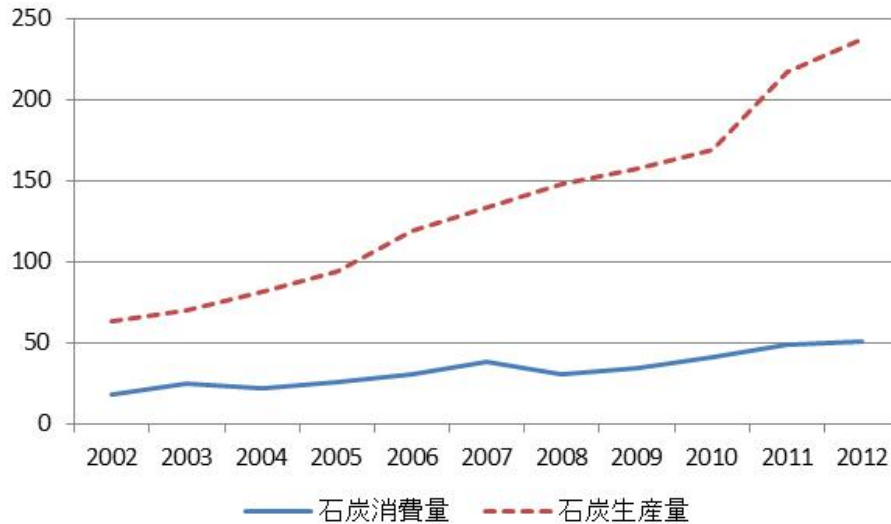
インドネシアでは、1980年代から都市部への人口流入および急速な工業化が始まり、以降、化石燃料の消費は増加の一途を辿っている。このため、化石燃料の燃焼過程から排出される窒素酸化物や二酸化硫黄などの増加により、人口密度の高い都市域において、大気汚染が顕在化している。

石油の消費量は1970年代後半から急増したが、2003年に石油の消費量が国内生産量を上回るようになり（図1.1）、このため2005年には石油販売価格が値上げされ、その後消費量の伸びはやや鈍化していたが、2009年前後から再度、消費量の増加率が高くなっている。石炭（図1.1）も増産が国策となっていることもあり、生産量は大きく増加しており、オーストラリアに次ぐ世界第2の輸出国になっている。国内でも多く消費されるが、品質は石炭化度が低い褐炭が多い。



出典：BP Statistical Review of World Energy 2013 (Oil) 1日当たりの量、図縦軸単位：千バレル

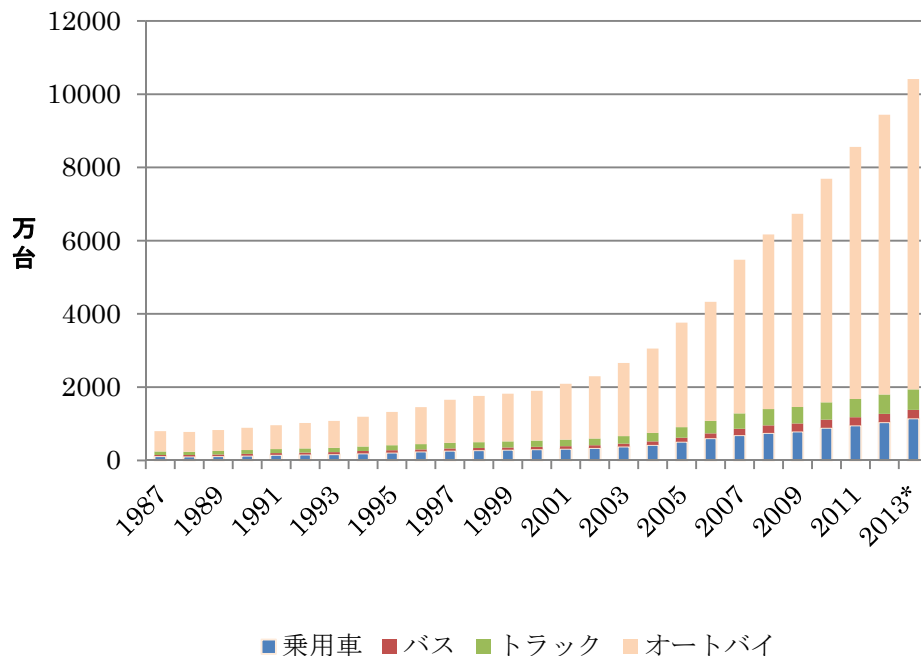
図 1.1 インドネシアにおける石油の消費と生産



出典：BP Statistical Review of World Energy 2013 (Coal)、単位：百万トン（石油換算）

図 1.2 インドネシアにおける石炭の年間の消費と生産量の推移

化石燃料の消費量の多いセクターのひとつとして運輸部門があるが、特に自動車数の増加は2000年代に入ってから著しく（図 1.3）、そのなかでもオートバイの増加が目立つ。これは経済成長を背景に、低所得者層の一部も、2003年前後を境に、オートバイ購入が可能な所得に到達したためである。オートバイの急増は、全国の都市の交通渋滞と大気汚染の要因のひとつとなっている。2012年には、オートバイの排出ガス規制が強化されている。



出典：インドネシア中央統計庁、Statistic 2012

図 1.3 1987－2013年における自動車数の増加

化石燃料の燃焼過程から発生する一般的な大気汚染物質は、窒素酸化物（NO₂など）、一酸化炭素（CO）、浮遊粒子状物質（PM10、M2.5）、炭化水素があり、さらに大気中で二次的に生成されるエアロゾル、オキシダントなども加わる。

以下、1.3節～1.4節のインドネシア大気汚染の現状の内容は、主に環境省（KLH）の環境年報（Status Lingkungan Hidup）の2010年度版、2011年度版及び2012年度版などを参考とし、そのほか統計データは、インドネシア中央統計局の統計年報（Statistics、2012）などを参考としている。

環境省のモニタリングプログラムでは、パッシブ法やハイボリュームサンプラーにより、各州及び県/市の協力のもとに行っているものが多い。環境省のモニタリングプログラムとして、33州の州都において、SO₂とNO₂についてのモニタリングがある。実施に当たっては、EMCが技術的な協力を行っている。このモニタリングは2005年から継続されており、2011年度からは県/市を含む248区域に拡大して実施されている。モニタリング方法は、ひとつの県（Kabupaten）または市（Kota）において、土地利用別の4区域（沿道、工業地域、住宅地域および商業地域）のモニタリング点を設け、各点につき年4回、各回毎に1週間の測定が行われている。2011年度の調査結果を表1.5に示した。

表 1.5 インドネシア26都市におけるCO、HC、NO₂、O₃、TSP及びSO₂の濃度
24時間平均値の年平均値

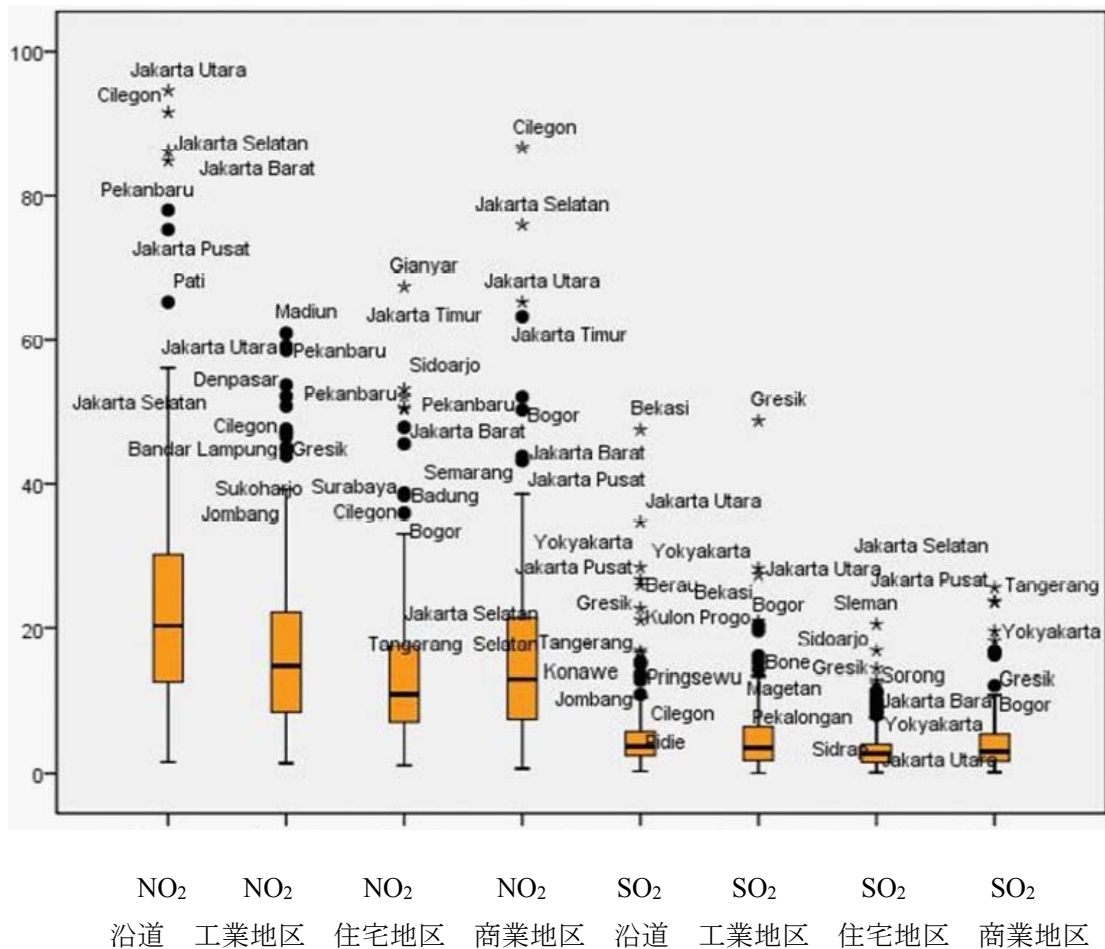
No.	Kota	CO, mg/N m ³ (BM 10)	HC, µg/N m ³ (BM 160)	NO ₂ , µg/N m ³ (BM 150)	O ₃ , µg/N m ³ (235)	TSP, µg/N m ³ (BM 230)	SO ₂ , µg/N m ³ (BM 365)	Index Roadside
1	Balikpapan	4.8	249	52	165	115	48	7.7
2	Bandar Lampung	4.5	181	56	161	120	52	9.2
3	Bandung	4.7	170	55	279	137	44	7.4
4	Banjarmasin	4.8	218	49	163	140	44	8.2
5	Bekasi	5.2	315	49	162	136	54	5.8
6	Bogor	4.9	186	51	168	149	49	8.6
7	Denpasar	4.9	247	52	157	149	47	7.3
8	Depok	5.0	244	56	191	155	58	6.5
9	Jakarta Barat	5.8	228	49	182	147	58	7.0
10	Jakarta Pusat	5.0	378	51	349	160	48	1.0
11	Jakarta Selatan	4.7	247	50	183	167	46	6.7
12	Jakarta Timur	4.9	222	55	187	162	55	7.1
13	Jakarta Utara	5.5	197	53	163	168	56	7.7
14	Kota Batam	4.6	303	57	172	155	47	5.7
15	Makassar	5.2	308	50	165	141	52	5.0
16	Malang	4.4	185	57	168	149	54	8.6
17	Medan	5.3	305	49	169	142	53	5.8
18	Padang	4.6	202	55	157	146	56	8.4
19	Palembang	4.8	251	54	175	141	50	7.0
20	Pekanbaru	5.1	316	46	141	141	49	6.1
21	Samarinda	4.8	196	55	179	164	44	7.9
22	Semarang	5.3	315	50	170	143	52	5.5
23	Surabaya	4.7	180	57	166	146	43	8.8
24	Surakarta	4.4	141	55	146	148	57	10.0
25	Tangerang	5.3	307	48	215	137	52	5.1
26	Yogyakarta	4.3	145	52	176	144	41	9.8

注：BM (baku mutu) :環境基準 24時間平均値

出典：インドネシア環境年報（Status Lingkungan Hidup Indonesia 2011, Gambar 2.4）をもとに作成。

2006年から2012年度における、33州の州都の調査結果からは、NO₂濃度は上昇傾向にあるとされている。NO₂濃度の増加原因のひとつとして、オートバイの急増も含む、自動車台数の増加（図1.3）が挙げられている。一方SO₂濃度については、化石燃料消費の増加（図1.1～1.2）にも

関わらず、その濃度には増加傾向がみられなかった。その原因としては、SO₂は排出後、大気中でSO₄に変換されるものがあるが、使用したパッシブサンプラー法はSO₂のSO₄への変換量は測定できないことも要因とされている。



出典：インドネシア環境年報（Status Lingkungan Hidup Indonesia 2102、Gambar 2.4）をもとに作成。

図 1.4 インドネシアの248県/市の沿道におけるNO₂とSO₂の濃度分布（2012年度調査結果）

図1.4の箱ヒゲ図（Box-Whisker Plot）では、図の中央のボックスの上端、下端がそれぞれ75%－25%値であり、ボックスの中央線が中央値の位置である。ヒゲは特異値を除いたデータ中の最大値で、それより上下に位置する丸印やアスタリスク印のデータは特異値、または異常値である。ジャカルタのように、人口密集地で大都市の沿道では、高いNO₂濃度が観測され、同時に大きな変動を示している。中央値の位置は高い濃度から沿道、工業地区、商業地区、住宅地の順になっている。これらの結果からは、パッシブサンプラー法は、簡易であり自動測定法に比べればかなり安価で、大気汚染の概況を把握するためには有効な方法であることが分かる。但し、経年変化などについて、統計的に有意な判定が必要な際には、サンプリング方法と測定頻度、測定点の選定など計画的なモニタリングが必要と考えられる。

- ・ 以上のように、全国的な大気汚染の実態は、EMCや一部の州環境局、大都市環境部局において、パッシブサンプラーやハイボリュームサンプラーによる試料を用いた分析によって行われている。モニタリングデータは、他に各州の環境年報や環境行政のミニマムサービス報

告（Laporan Hasil Penerapan dan Pencapaian Standar Pelayanan Minimal Bidang Lingkungan Hidup）に掲載されている場合がある。それらを見ると、大気や水質汚染について州及び大都市においては、大気汚染防止法や水質汚染防止法に従ったのモニタリング結果を、かなり詳細に報告している例もみられる。州毎、都市毎にはかなりの環境モニタリングデータが蓄積しつつあるとみられる。しかし、現状では環境省からの財政支援を受け、環境省プログラムとして行われているプログラムよるデータを除き、国として大気汚染モニタリングデータを収集・整理する体制にはなっていない。

- ・ 大気汚染の自動連続測定法によるモニタリングシステムがオーストリアの支援により、2001年に全国10都市に設置され、データは自動的にジャカルタ市内の環境省へ伝送されていた。設置3－4年経過後、システムの維持にかかるコストが高いことや、メンテナンス技術者の確保などの問題から稼働率が低下し、測定が継続している測定局は現在では、ジャカルタ市、スラバヤ市（東ジャワ州の州都）及びパラカラヤ市（カリマンタン島中部カリマンタン州の州都）の3都市に設置されている測定局のみである。オンラインで伝送されるデータの監視装置とデータ処理コンピュータは、2008年にバンテン州スルボン県にある環境省環境管理センター（EMC）へ移設されている。それらの測定局も、稼働率とデータ精度は必ずしも高くはなく、公表資料などとするなどの活用は十分に行われていない。

1.4 各汚染物質による汚染状況

PM10及びPM2.5による大気汚染

大気汚染のモニタリングは、ハオボリウムサンプラーを用いる方法や、パッシブサンプラーなどにより採取された試料の分析により、環境省、州および一部の県/市によって行われている。環境省（KLH）はいくつかのモニタリングプログラムをもっているが、PM10とPM2.5については、10都市において、フィルター捕集法によりモニタリングを行っている（表1.6）。

表 1.6 インドネシア10都市におけるPM10、PM2.5の平均濃度

モニタリング地域	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 平均	PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 平均	サンプル数	モニタリング時期 2012
1. ジョグジャカルタ市	23.6	10.3	50	1月-12月
2. スマラン市	29.9	9.3	30	3月-12月
3. スラバヤ市	51.1	19.7	13	3月-8月,9月,10月
4. パラカラヤ市	27.6	11.9	52	1月-12月
5. ペカンバル市	49.9	18.6	42	3月-12月
6. バンドン市	43.9	17.2	52	1月-12月
7. ジャカルタ市	51.1	19.7	30	1月-12月
8. タンゲラン市	27.6	11.6	42	1月-12月
9. デンパサル市	43.7	15.3	10	9月-11月
10. マカッサル市	24.3	7.7	17	10月-12月

参考：大気環境基準（1999年政令41号）はPM10：24時間平均値 $150\mu\text{m}^3$ 、PM2.5：24時間平均値 $65\mu\text{m}^3$

出典：インドネシア環境年報（Status Lingkungan Hidup Indonesia 2012、Tabel 2.1）

モニタリング結果からは、PM2.5の24時間の平均値は、スラバヤ、ペカンバル、バンドン、ジャカルタの4都市で環境基準（24時間平均65 μm^3 ）を超過しているケースがあり、PM10として測定される浮遊粒子状物質のなかの3－4割がPM2.5であった。WHO基準は、1年間のPM10の平均値を50 μm^3 以下、PM2.5については10 μm^3 以下としている。このため、インドネシアの都市域のPM濃度には注意を払う必要がある、と環境年報では強調されている。

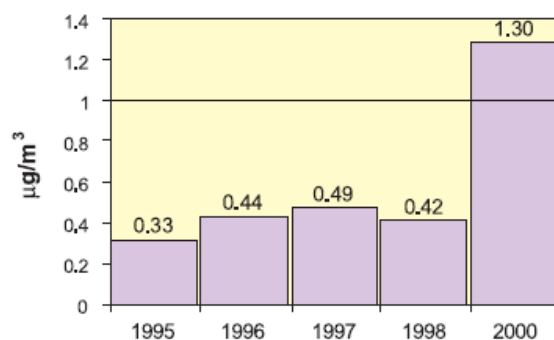
重金属についての大気モニタリング

- ・ フィルター捕集法により、フィルター捕集された浮遊粒子状物質の分析を行うことで、大気中の20種類の重金属のモニタリングが行われている。鉄と亜鉛は移動発生源由来のものが多いが、鉄はまた、自然由来の浮遊粒子状物質が再浮遊するものも含まれていた。
- ・ 鉛について、スラバヤ市で最大値を観測し、次いでタンゲラン、ジャカルタがほかの市より高い値を示した。西ジャワ州ボゴール県付近で、大気中の高い鉛濃度が観測され、調査により、主に廃棄バッテリー処理が原因の鉛汚染であることが判明し（本ウェブサイト「政策の動向」参照）、近隣の学童、住民の健康調査、汚染土地の対策が行われている（インドネシア2013年度環境年報）。
- ・ 大気中のナトリウム、アルミニウム、カリ及びカルシウムは土壌由来とみなされている。

有鉛ガソリンによる含鉛排出ガスによる汚染

鉛は、人々の健康、とりわけ子供の健康に非常に有害である。主に有鉛ガソリン、鉛製錬所、含鉛塗料による鉛の排出は、神経、腎臓、生殖、肝臓、心臓血管、消化器系に悪影響を及ぼす。子供は非常に影響を受けやすく、IQや認知発達や行動に大きな影響を与える。

有鉛ガソリンの使用と自動車数の増加によって、大気中の鉛濃度は1998年の0.42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ から2000年には1.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ まで増加した。



注：単位は $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、インドネシアの基準値は $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ （1時間平均）

出典：World Bank, “Indonesia Environment Monitor 2003”, 2003.

（1995 から 1998 年のデータは統計情報、2000 年データは USEPA の Department of Energy のデータを使用）

図 1.5 ジャカルタにおける大気中鉛濃度（1995－2000 年）

無鉛化政策

ガソリンの無鉛化政策は、2001年、ジャカルタを対象として開始された。以降、対象地域を広げ、当初計画よりもかなり遅れて2007年に、国の全域で使用が禁止された。この政策の効果を把握するため、2004年から2008年まで、大気中の鉛濃度と併せて浮遊懸濁粒子（TSP）及び降下ばいじんのモニタリングが、EMCの技術指導により全国主要都市で行われた。モニタリングが行われた都市は次のとおりである。バンドン、スマラン、スラバヤ、ジョグジャカルタ及びデンパサール市（2002–2004年）ジャカルタ、マカッサル、バンドン、スマラン、スラバヤ、ジョグジャカルタ、デンパサールやメダン市（2005年）、ジャカルタ、マカッサル、バンドン、スマラン、スラバヤ、ジョグジャカルタ、デンパサール、メダン及びボゴール市（2006–2008年）。これらの調査結果では、鉛濃度は減少傾向にあり、インドネシア大気環境基準値（ $<2\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）よりは、低い濃度が観測されるようになっている（2012年度インドネシア環境年報）。

現在の大気中鉛濃度

最近の大気中鉛濃度の測定例として、ジャカルタ市が2013年度および2014年度に市内9地点で、月2回の頻度で行ったモニタリング結果を図1.6に示す。図中、月毎のBox and Wisker（箱ヒゲ）は月2回の測定値の平均を月次データとし、各月2年分18個の月次データ（9地点における2回の月次データ）の0.75および0.25パーセンタイル値を箱の上端と下端としている。また18個の月次データの最大値、最小値はヒゲの上端、下端としている。2月、6月、11月、12月の最大値（ ng/m^3 ）はそれぞれ1,730、2,410、1,220、1,390の高濃度である。図1.6の左端には、ジャカルタ市での無鉛化開始直後（2000–2001年）および2年経過後（2003年）の大気中鉛濃度も示している。

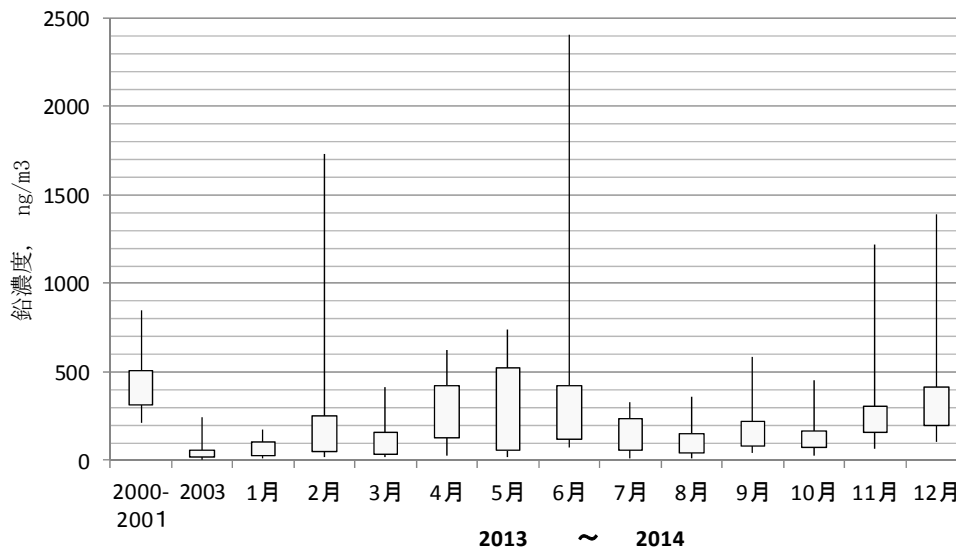
図からは、無鉛化実施2年経過後の2003年には、中央値 $40\text{ }\text{ng}/\text{m}^3$ 以下まで濃度低下がみられるものの、10年後の2013–2014年には再び大気中鉛濃度が上昇している。濃度上昇の背景としては、この10年間の経済成長を背景に、石炭火力発電所排出ガス中の鉛や、鉛含有製品生産増加による廃棄物、特に鉛廃棄物を含むB3廃棄物（廃バッテリー等）の増加などにより、環境中への鉛放出量が増加したことが考えられる。

インドネシアの大気環境基準値 $2,000\text{ }\text{ng}/\text{m}^3$ （1999年政令第41号）は、有鉛ガソリンが使用されていた時代に設定された高めの値であり、この基準値との比較では、図1.6の2013–2014年の値は“低い値”と表現できるが、WHO欧州大気ガイドライン値（ $500\text{ }\text{ng}/\text{m}^3$ 、1995年）などと比較すると、その鉛濃度は低い水準とはいえない。

ちなみに、日本では鉛汚染対策の基準は、排出ガス中の鉛濃度規制のみで、鉛について大気中環境基準は設定されていない。このため、WHOガイドライン値が参考値として用いられることが多い。最近の日本の大気中鉛濃度測定例では、埼玉県： $11\sim 12\text{ }\text{ng}/\text{m}^3$ （2011年）や横浜市： $<50\text{ }\text{ng}/\text{m}^3$ （2012）のような低い値である。但し、ガソリンの無鉛化開始（1975年）以前は、インドネシアと同様の数百 ng/m^3 の高い大気中鉛濃度であった。その3分の1の濃度とするのに約10年、さらに現在の濃度に達するまでに相当の期間を要している。日本では、大気中鉛濃度の改善要因はガソリン無鉛化の徹底のほか、工場排出ガス規制、廃棄物焼却施設の焼却炉や排気ガス処理施設の改善などが挙げられる。

現在、鉛の有害性に対する認識から、低濃度の環境中鉛の長期暴露による健康影響にも関心が

高まっており、今後インドネシアにおいては、大気環境基準値を再点検し、併せてモニタリング体制の整備、特にB3管理処理施設や廃棄物処分場の周辺環境モニタリング強化など、総合的な対策が必要と考えられる。



出典：2013年および2014年度ジャカルタ特別市環境年報および環境省EMC資料（2004年）をもとに作成

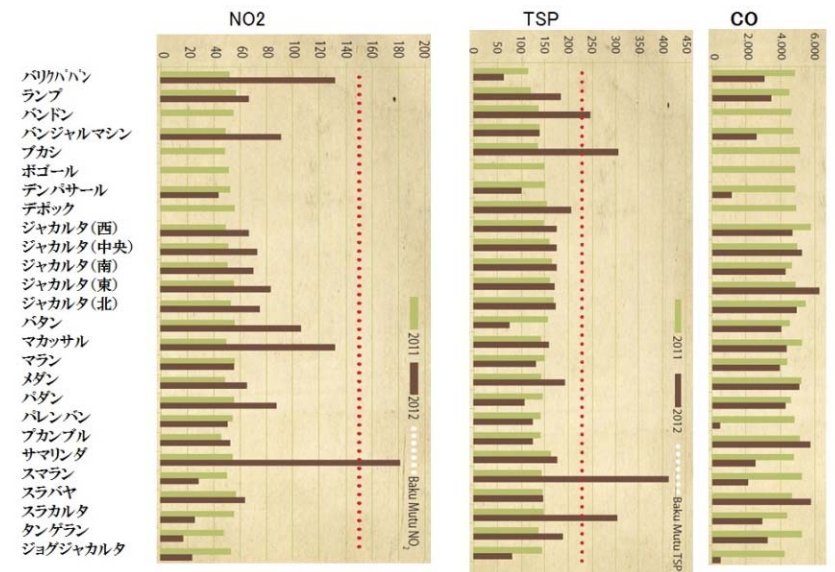
図 1.6 ジャカルタ市内および近郊の大気中鉛濃度の年間変化（2013－2014年）

都市域における移動発生源による大気汚染

事業名をEKUP（Evaluasi Kualitas Udara Perkotaan、都市大気の評価）と称する、自動車排出ガステストと沿道大気汚染モニタリングが、2007年から開始され、2007－2008年、2011－2012年に実施された。対象都市は2011年の26都市から、2012年には44都市と拡大されている。

自動車排出ガステストでは、ガソリン車の適合率は2011年には85%であったが、2012年には88%と増加した。ディーゼル車では逆に、適合率は47%から43%に減少した。

EKUPによる大気汚染モニタリングの結果について、2011年度と2012年度の沿道大気汚染モニタリング結果を図1.6に示す。2011年度に比べて2012年度はCO濃度については濃度の減少傾向がみられるが、NO₂では増加傾向がみられた。



出典：インドネシア環境年報（Status Lingkungan Hidup Indonesia 2012のGambar 2.10~Gambar12）

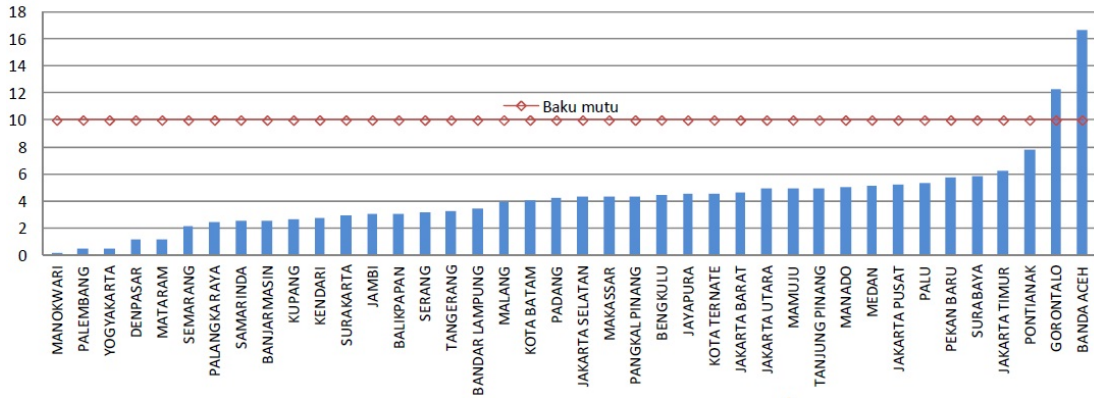
図 1.7 全国26都市における沿道のNO₂、TSP及びCOの濃度（2011年：緑色、2012年：茶色）

図1.8に道路沿道で行われた、COのモニタリング結果を、図1.9にNO₂のモニタリング結果を示す。

COの主な排出源は自動車である。2011年から2012年にかけては、濃度は減少傾向を示すが、二つの都市（ゴロンタロ、バンダアチェ）では、環境基準値を超過している。

一方、NO₂については、評価された22都市のうち15都市において、濃度の増加が認められた。NO₂の発生源は自動車及び工場からの由来であるとされている。2012年度の環境省EKUP報告では、各都市へ7項目の提言が行われている。

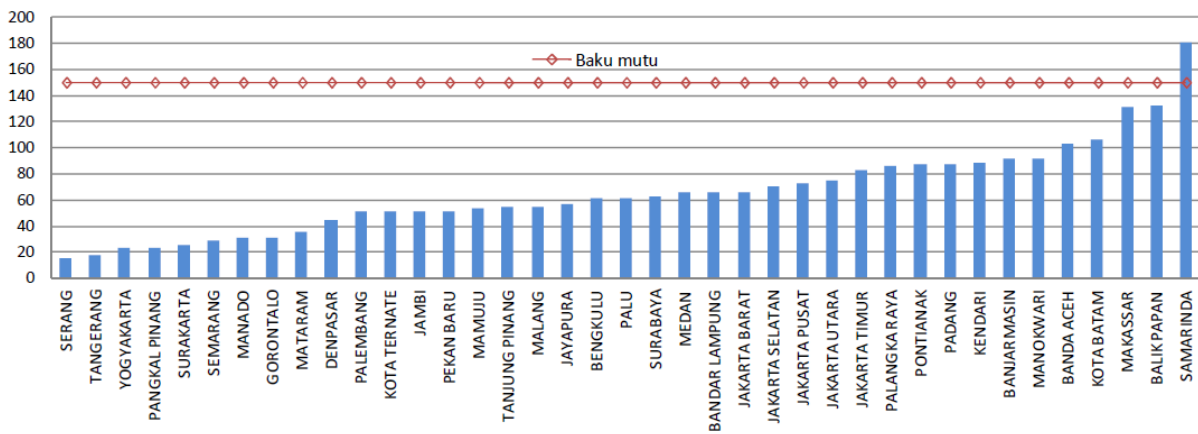
1. 大気汚染源のインベントリ（データベース）を構築すること
2. 公共交通システムの再編と改革を実施すること
3. 自動車以外の交通システム整備を促進すること
4. 自家用車利用を抑制すること
5. 大気汚染モニタリングを実行すること
6. 自動車排出ガステストの実施を強化すること
7. 情報を公開する



縦軸単位：1000xµg/m³、COの大気環境基準（Baku Mutu）= 24時間平均1000µg/m³（赤線）

出典：インドネシア環境省EKUP報告（EVALUASI KUALITAS UDARA PERKOTAAN 2012）

図 1.8 全国26都市における高速道路沿道のCO濃度（2012年）



縦軸単位：µg/m³、NO₂の大気環境基準（Baku Mutu）= 24時間平均150µg/m³（赤線）

出典：インドネシア環境省（EVALUASI KUALITAS UDARA PERKOTAAN 2012）

図 1.9 全国26都市における高速道路沿道のNO2濃度（2012年）

酸性雨

酸性雨モニタリングについては、インドネシアには東アジア酸性雨モニタリングネットワーク（EANET）の測定地点がジャカルタ、スルボン、コトタバン、バンドンおよびマロスの5カ所にある。2001年から2011年までの11年間、この5カ所における雨のpH平均値は5.6より低く、一部には4.0に近い雨もあった。酸性雨問題への注意も必要である。

2 水質汚濁

2.1 水質に係る環境基準及び排水基準

水質環境基準

水質の環境基準は、陸水（地下水を除く）と海水について定められている。陸水にかかる環境基準は、「水質汚濁の防止および水質管理に関する政令（2001年政令第82号）」により、利水用途に応じて、4類型に分けて定められている。この基準は全国一律のものであり、州政府及び県・市政府はそれぞれの管轄権限内で地域の特性に応じ、基準値の変更、新たな基準値の設定（上乘せ、横だし）を行うことができる。水質環境基準の類型指定は汚濁対策を講ずる際、最も基礎となる部分である。

従来インドネシアでは、河川毎の類型指定を実際に行うための、汚濁負荷の定量的な扱い方に関する手順書や、点汚濁源や面汚濁源インベントリの整備が遅れていた。必要となるモデルシミュレーションの考え方なども、政令のみでは抽象的であり、不明な部分が多かった。しかし2010年には、これらについての手順書も環境省より交付された（2010年環境大臣規則第1号）。今後は、それぞれの流域に係る県／市、州が相互に協力し、情報を共有しつつ、環境基準の類型指定を実際に行う段階に来ている。

表 2.1 政令 2001 年第 82 号に基づく水質類型

I 類型	飲料水あるいは飲料水と同等の水質が要求されるその他の用途に利用可能な水
II 類型	レクリエーション、淡水魚養殖、農業・プランテーションへの灌漑を目的とする、あるいは同等の水質が要求されるその他の用途に利用可能な水
III 類型	淡水魚養殖、畜産業、プランテーションへの灌漑を目的とする、あるいは同等の基準が要求されるその他の用途に利用可能な水
IV 類型	プランテーションへの灌漑を目的とする、あるいは同等の基準が要求されるその他の用途に利用可能な水

環境基準の項目は、①物理項目（水温、濁度等）、②無機項目（pH、水銀、ヒ素、カドミウム等）、③有機化学項目（BOD、COD、DDT、BHC 等）、④微生物項目（大腸菌群数）、⑤放射能項目（総アルファ線、総ベータ線）に分類された45項目について定められている。

表 2.2 政令 2001 年第 82 号に基づく水質環境基準

項目	単位	分類			
		I 類型	II 類型	III 類型	IV 類型
物理的特性					
温度	℃	通常水温±3	通常水温±3	通常水温±3	通常水温±5
溶解性残留物	mg/l	1,000	1,000	1,000	2,000
懸濁性残留物	mg/l	50	50	400	400
無機元素					
pH		6-9	6-9	6-9	5-9
BOD	mg/l	2	3	6	12
COD	mg/l	10	25	50	100

項目	単位	分類			
		I 類型	II 類型	III 類型	IV 類型
溶存酸素	mg/l	6	4	3	0
リン酸塩 (P として)	mg/l	0.2	0.2	1	5
硝酸性窒素	mg/l	10	10	20	20
アンモニア性窒素	mg/l	0.5	—	—	—
ヒ素	mg/l	0.05	1	1	1
コバルト	mg/l	0.2	0.2	0.2	0.2
バリウム	mg/l	1	—	—	—
ホウ素	mg/l	1	1	1	1
セレン	mg/l	0.01	0.05	0.05	0.05
カドミウム	mg/l	0.01	0.01	0.01	0.01
六価クロム	mg/l	0.05	0.05	0.05	1
銅	mg/l	0.02	0.02	0.02	0.2
鉄	mg/l	0.3	—	—	—
鉛	mg/l	0.03	0.03	0.03	1
マンガン	mg/l	0.1	—	—	—
水銀	mg/l	0.001	0.002	0.002	0.005
亜鉛	mg/l	0.05	0.05	0.05	2
塩素	mg/l	600	—	—	—
シアン化物	mg/l	0.02	0.02	0.02	—
フッ化物	mg/l	0.5	1.5	1.5	—
硝酸塩 (N として)	mg/l	0.06	0.06	0.06	—
硫酸塩		400	—	—	—
遊離塩素	mg/l	0.03	0.03	0.03	—
硝化水素性硫化物	mg/l	0.002	0.002	0.002	—
微生物元素					
糞便性大腸菌	MPN/100ml	100	1,000	2,000	2,000
大腸菌	MPN/100ml	1,000	5,000	10,000	10,000
放射性物質					
α 線	Bq/l	0.1	0.1	0.1	0.1
β 線	Bq/l	1	1	1	1
有機化学元素					
動植物油	μg/l	1000	1000	1000	—
界面活性剤 (MBAS として)	μg/l	200	200	200	—
フェノール類	μg /l	1	1	1	—
BHC	μg /l	210	210	210	—
アルドリン、ディ エルトリン	μg /l	17	—	—	—
クロルデイン	μg /l	3	—	—	—
DDT	μg /l	2	2	2	2

項目	単位	分類			
		I 類型	II 類型	III 類型	IV 類型
ヘプタクロロ、ヘ プタクロロエポキ シド	μg/l	18	—	—	—
リンダン	l/l	56	—	—	—
Methoxyclor	μg/l	35	—	—	—
エンドリン	μg/l	1	4	4	—
toxaphan	μg/l	5	—	—	—

出典：Himpunan peraturan perundang-undangan di bidang peng lolaan lingkungan hidup Edisi 2006

海域については、「海水の水質基準に関する政令（2004年政令第51号及び179号）」によって環境基準が定められている。海水の水質は、利用目的別にIII類型に分類される。

表 2.3 2004年政令第51号及び179号に基づく海水の水質類型

項目 (項目は抜粋)	単位	I 類型	II 類型	III 類型
		港 湾	レクリエーションに利用可	海洋生態系生息に適する
透明度	m	>3	>6	藻場； >5 マングローブ； - サンゴ礁； >3
濁度	ntu	-	5	<5
TSS	mg/l	80	20	藻場； 20 マングローブ； 80 サンゴ礁； 20
pH		6.5 - 8.5	7 - 8.5	7 - 8.5
DO	mg/l	-	>5	>5
NH ₃ -N	mg/l	0.3	不検出	0.3
PO ₄ -N	mg/l	-	0.015	0.015
フェノール	mg/l	0.002	不検出	0.002
界面活性剤	mg/l	1 (MBAS)	0.001 (MBAS)	1 (MBAS)
油分	mg/l	5	1	1
水銀	mg/l	0.003	0.002	0.001
6価クロム	mg/l	-	0.002	0.005
ヒ素	mg/l	-	0.025	0.012
カドミウム	mg/l	0.01	0.002	0.001
銅	mg/l	0.05	0.05	0.008
鉛	mg/l	0.05	0.005	0.008
亜鉛	mg/l	0.1	0.095	0.05
ニッケル	mg/l	-	0.075	0.05

出典：Himpunan peraturan perundang-undangan di bidang peng lolaan lingkungan hidup Edisi 2006

2.2 工場等の排水基準

工場からの排水にかかる排水基準は、2014年環境大臣規則第5号と、この規則以外に個別に制定されている基準に分けられる。規制対象業種（特定業種）は55業種である。

特定業種

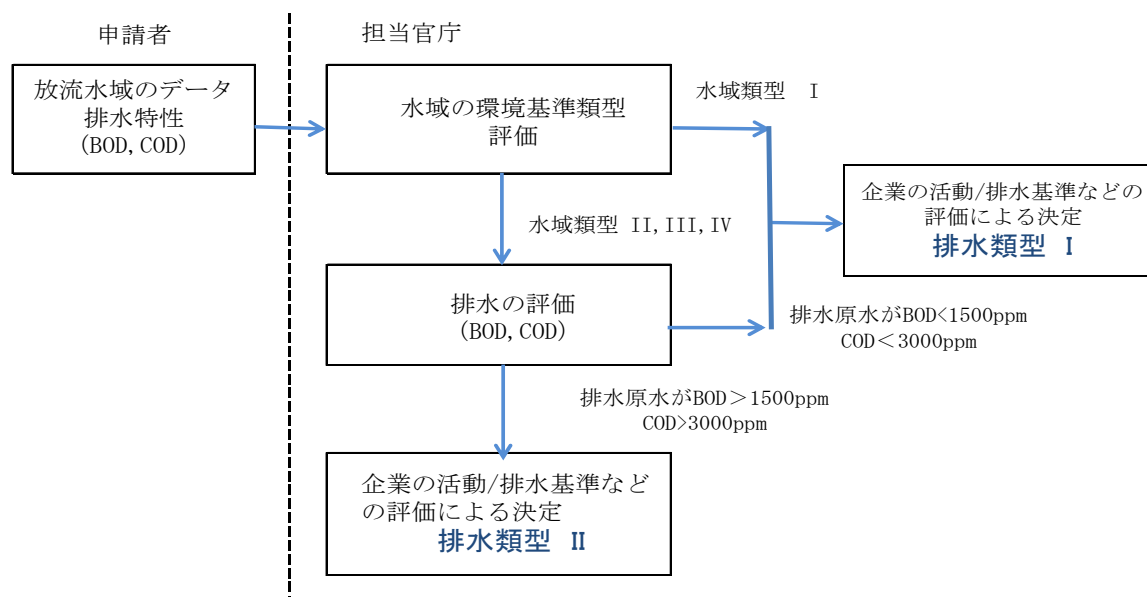
特定業種のうち、有機汚濁負荷の大きい主な業種は、牛・豚飼育業、ビール、ソフトドリンクなど食品関連16業種と、ヤシ油製造、紙、繊維、生活雑排水など7業種である。また、排水に含まれる金属濃度に注意を要する主な業種は、苛性ソーダ、メッキ、電池、鉱山など8業種である。これらを配慮した基準項目が設定されている。

業種と適用される排水基準値は、インドネシアにおける環境関連法令の「(参照)別表 インドネシア工場排水 水質基準値」を参照。

水質基準値に加え、単位生産量あたりの排水量の上限值及び規制項目毎に、生産量当たり（通常は1トン）の許容汚濁負荷量（kg）の上限值も規定されている。

一般工場（55の特定業種以外）

一般工場の排水基準については、2014年環境大臣規則第5号に水質項目33種（表2.4）と、33種の項目のうち、適用される水質項目の選択基準、および排水の類型IとIIとの分け方（図2.1）が定められている。



出典：2014年環境大臣規則第5号別表VIIより作成

図 2.1 一般工場の排水タイプの分け方

政令2001年第82号もしくは政令1990年第20号に基づき、州知事およびジャカルタ等の特別行政区の長は、水質環境基準および排水基準を制定できる。ジャカルタ特別市、西ジャワ州、ジョグジャカルタ特別市、東ジャワ州、南カリマンタン州、東カリマンタン州などは国よりも厳しい排水基準（上乘せ基準）を制定している。

表 2.4 排水基準（一般の工場）

項目	単位	最大濃度	
		I 類型	II 類型
物性			
温度	℃	38	40
溶存固形物 (TDS)	mg/l	2,000	4,000
浮遊懸濁物 (TSS)	mg/l	200	400
化学物質			
pH		6-9	—
溶存鉄 (Fe)	mg/l	5	10
溶存マンガン (Mn)	mg/l	2	5
バリウム (Ba)	mg/l	2	3
銅 (Cu)	mg/l	2	3
亜鉛 (Zn)	mg/l	5	10
六価クロム (Cr ⁶⁺)	mg/l	0.1	0.5
全クロム (Cr)	mg/l	0.5	1
カドミウム (Cd)	mg/l	0.05	0.1
水銀 (Hg)	mg/l	0.002	0.005
鉛 (Pb)	mg/l	0.1	1
スズ (Sn)	mg/l	2	3
ヒ素 (As)	mg/l	0.1	0.5
セレン (Se)	mg/l	0.05	0.5
ニッケル (Ni)	mg/l	0.2	0.5
コバルト (Co)	mg/l	0.4	0.6
シアン (CN)	mg/l	0.05	0.5
硫化水素 (H ₂ S)	mg/l	0.5	1
フッ素 (F)	mg/l	2	3
遊離塩素 (Cl ₂)	mg/l	1	2
アンモニア態窒素 (NH ₃ -N)	mg/l	5	10
硝酸 (NO ₃ -N)	mg/l	20	30
亜硝酸 (NO ₂ -N)	mg/l	1	3
総窒素	mg/l	30	60
BOD ₅	mg/l	50	150
COD	mg/l	100	300
メチレンブルー活性物質 (MBAS)	mg/l	5	10
フェノール	mg/l	0.5	1

項目	単位	最大濃度	
		I 類型	II 類型
動植物性油脂	mg/l	10	20
総細菌	MPN/100mL	10,000	10,000

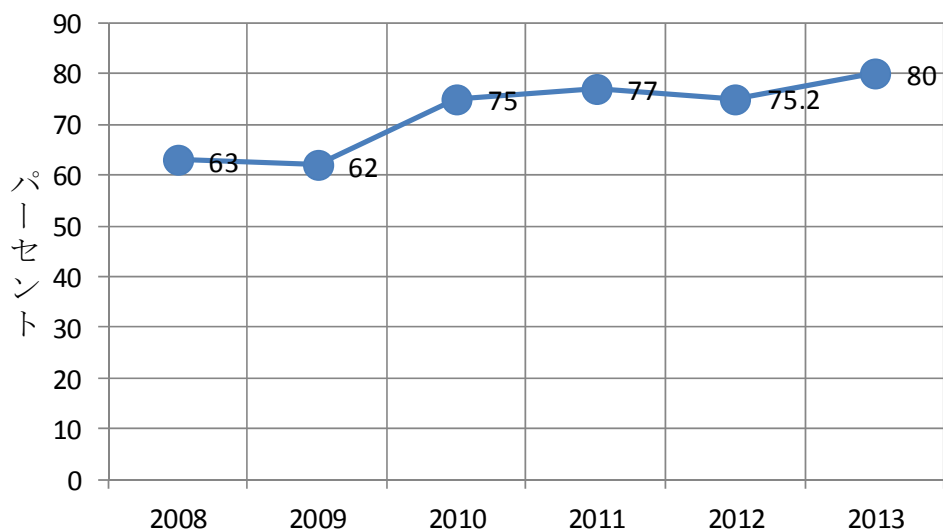
出典：Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Lampiran XLVII

2.3 水質汚濁の状況

河川

インドネシアの河川の水質汚濁については、有機性汚濁負荷の6割以上が生活排水を起源とし、3割以上が産業排水によるとする調査結果がある（JICA—プロジェクト方式技術協力報告、“DEMS”、2004—2005年）。

河川水質のモニタリングについて、インドネシア環境省(KLH)の2012年度環境年報によると、2008年から2013年までの全国33の州環境局が行ったモニタリング結果では、水質環境基準類型II（レクリエーション、淡水魚養殖、農業・プランテーション灌漑に利用）に不適合のモニタリング地点は、2008年度全体の64%、2009年度61%、2010年度76%、2011年度82%、2012年度76%、2013年度は80%であり（図2.2）、特に都市域の河川の汚濁が進んでいると報告されている。



出典：インドネシア環境年報 2008—2013 年度のデータより作成。

図 2.2 河川水質環境基準のクラス II を超過する地点数の割合推移 (2008 年—2013 年)

湖沼

湖沼の栄養化度の分類について、インドネシア環境省は、2009年にOECD1982の分類法などを参考に、表2.5を定義している。

表 2.5 富栄養化度による湖沼の区分

湖の栄養段階	全窒素 μg/l 平均値	全リン μg/l 平均値	クロロフィル-a μg/l 平均値	透明度 m 平均値
貧栄養 (Oligotrophic)	≤ 650	< 10	< 2.0	≥ 10
中栄養 (Mesotrophic)	≤ 750	< 30	< 5.0	≥ 4
富栄養 (Eutrophic)	≤ 1900	< 100	< 15	≥ 2.5
過栄養 (Hypereutrophic)	> 1900	≥ 100	≥ 200	< 2.5

出典：インドネシア環境年報 (Status Lingkungan Hidup 2012)

2011 年度に環境省は、国内の主な湖沼 15 (トバ、シンカラック、マニンジャウ、クリンチ、ラワ・ダナウ、ラワ・ペニング、バツール、テンペ、マタノ、ポソ、トンダノ、リンボト、マハカム、セントラム、センタニ) を調べ、表 2.5 により区分した結果、マニンジャウ湖とラワ・ペニング湖が過栄養、マタノ湖が貧栄養であり、そのほかの 12 の湖沼についてはすべて富栄養と評価された。2012 年度は 5 湖が調査され、窒素、リン、クロロフィル a の項目別に栄養段階が評価されている。トバ湖 (リン：富栄養、全窒素：中栄養、クロロフィル：富栄養)、テンペ (リン：過栄養、全窒素：貧栄養、クロロフィル：中栄養)、バツール (中栄養)、シンカラック (河川流入点での窒素とリン：富栄養、湖中央での全窒素、リン：中栄養)、クリンチ (リン、全窒素：富栄養) となっている。世界最大のカルデラ湖のトバ湖 (北スマトラ州) では、北部湖岸からの畜産排水流入や南部湖岸のホテル排水に対し、種々の対策が施されている。

2013 年度環境省は、6 湖沼 (トンダノ、バツール、マニンジャウ、テンペ、シンカラック、リンボト) の各湖 4～7 地点について、総リン、アンモニア、硫酸塩、MBAS、塩素、油分、TSS、BOD およびフェノールについて測定し、次のようにまとめている。

6 湖それぞれの複数地点の多くが、過栄養のレベルにある。トンダノ湖、バツール湖およびシンカラック湖は、高い栄養塩濃度を示し、バツール湖は、大部分の測定地点が中栄養レベルである。トンダノ湖とシンカラック湖は、過栄養レベルである。トンダノ湖の湖面には、ホテイアオイが繁茂している。これらの富栄養化された水域では、藻類のブルーム (急激で大量の増殖) が引き起こされ、無酸素水塊が発生する可能性があり、魚類の生息環境が脅かされる懸念がある。マニンジャウ湖とテンペ湖、リンボト湖は富栄養のレベルにある。高い栄養塩濃度を示すこれらの湖は、これ以上湖の生態系が脅かされないよう、汚濁防止対策を講じ監視する必要がある。

地下水

地下水の水質について、全国的な計画的モニタリングは行われていない。旧環境省は地方政府に環境年報を作成するよう指導を行っており、標準仕様 (Pedoman Penyusunan Status Lingkungan Hidup Daerah、2013年 9 月配布) なども地方政府に示している。このため、個別データを示して

いる環境年報もここ数年、増えつつある。そのなかで地下水情報については、インドネシアでは井戸水が生活用や飲用に利用されることが多いため、既存の生活用井戸を用いた地下水調査結果が掲載されている年報は、多くはないが存在する。

ジャカルタ特別市の地下水調査

2014年度にジャカルタ市環境局が行った井戸水調査（SLHD Provinsi DKI Jakarta Tahun 2014）では、市内全域の150の井戸が調べられた。これらの井戸はジャカルタの中央区（30、括弧内は測定井戸数、以下同じ）、南区（37）、西区（28）、東区（35）および北区（20）の5区域で計150地点、深さ10～50mの浅層地下水である。井戸と他の施設（浄化槽、工場、ごみ集積場、河川など）との距離も記録され、井戸はそれぞれの施設から数mから2～3kmである。

表2.6の地下水基準値との比較評価により、地下水の汚染程度が評価された。すべての井戸で、基準値超過の大腸菌群数が検出された。MBAS（洗剤）、硫酸イオン、過マンガン酸カリ消費量（有機物）、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素、マンガンおよび塩化物イオンはそれぞれ一部の井戸で基準値を超過していた。鉄分、MBAS、硬度、フッ素および濁度については基準値より低く、全域で問題となる濃度ではなかった。

表2.6 インドネシア保健大臣規則（1990年）による水質基準値

インドネシア地下水水質基準値（一部の項目のみ抜粋）				
水質項目	生活用水	プール用水	飲用水 (PerMen Kesehatan Nomor 492, 2010)	単位
溶存残留物 (TDS)	1500	色度、臭、 pH、BOD、 透明度など の基準値あり。	(1000)	mg/l
鉄	1		(0.3)	mg/l
フッ素	1.5		(1.5)	mg/l
塩素 (Chloride)	600		(250)	mg/l
マンガン	0.5		(0.4)	mg/l
鉛	0.05		(0.01)	mg/l
硝酸 (NO3)	10		(50)	mg/l
亜硝酸 (NO2)	1		(3)	mg/l
硫酸塩	400		(250)	mg/l
大腸菌 (Total Coliform、 非パイプ供給)	50	200	(0)	MPN, 100ml
大腸菌 (Total Coliform、 パイプ供給)	10			MPN, 100ml

PerMen Kesehatan No. 416, 1990, 保健大臣規則1990年416号の一部を抜粋して作成。
飲用水基準の部分は2010年改定基準値。

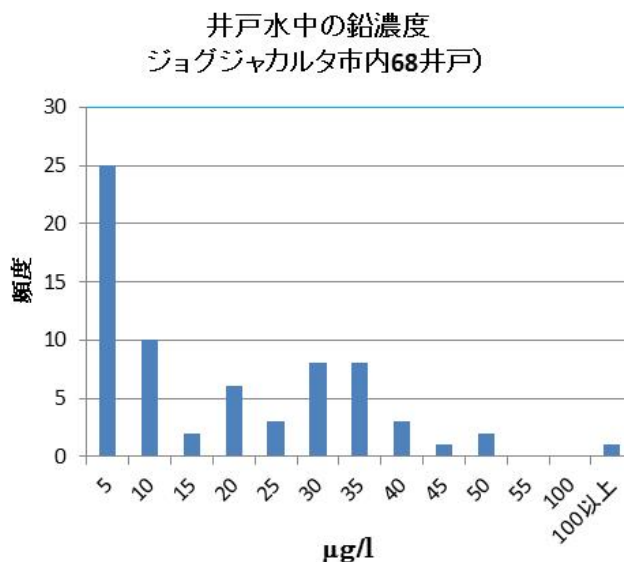
地域別では北ジャカルタでは塩素、南ジャカルタではマンガン、中央ジャカルタは硝酸と亜硝酸、および西ジャカルタは硫酸イオンがそれぞれ他の区域より濃度が高い傾向にあった。

大腸菌群が検出された原因は、主には住民の生活排水・汚水によるとされ、下水道の整備率（3%弱）が低いことも挙げられている。ジャカルタ市5カ年開発計画（RPJMD DKI Jakarta、2013-2017）によれば、下水道整備は最重要課題のひとつとなっている。なお環境年報2014には、飲料水として市民の63%は市販ボトル水使用、井戸水利用が20%、水道水が17%、その他が0.6%と記載されている。

なお現在、ジャカルタで飲料水源として水道（ポンプアップ地下水も含む）を利用できる市民は28%であり、71%の市民は販売ボトル水を飲用水として用いている。全国平均では水道管供給水利用者が26%、井戸または湧き水利用が39%、川水または雨水利用が4.6%である。飲用水、生活用水が糞便性大腸菌に汚染されているケースは各所で報告されており、特に、乳児・幼児などへの健康影響が懸念されている。

ジョグジャカルタ（Yogyakarta）特別市の地下水調査

ジョグジャカルタ特別市は、市内68カ所の井戸（Sumur）の水質調査を行っている（2014年度ジョグジャカルタ特別市環境年報、2015年4月刊）。ジョグジャカルタ特別市では飲料水源として水道利用が9%、井戸水66%、販売ボトル水7.8%、雨水3.2%、河川水0.08%、その他14%と、井戸水が多く利用されている。測定項目は水温、pH、硝酸、鉄、鉛、マンガン、塩化物、硫酸塩、フッ素である。測定された井戸は住宅の生活用井戸が多く、水温が27~31℃であることから浅層地下水とみられる。



出典：2014年度ジョグジャカルタ特別市環境年報（2015年4月刊）のデータより作成

図 2.3 井戸水中の鉛濃度ヒストグラム（ジョグジャカルタ特別市）

懸念されるのは、地下水中の鉛濃度が0.156mg/lの井戸が1カ所あり、調査井戸68カ所中、5割近くの井戸で、インドネシア飲用水基準の鉛濃度0.010mg/l（PerMen Kesehatan Nomor 492、2010）を超過していることである（図2.3）。ほかの項目でも、たとえば硝酸性窒素では、地下水基準10mg/lを超過している井戸は10%、マンガン（飲用基準値0.5mg/l）では7%の井戸が超過している。飲用水基準値は、2010年改訂基準値の方が1990年値より緩い値となっている項目もある。現時点（2016年）では汚染水対策は施されていると考えられるが、水道インフラの整備が急務と考えられる。

スマトラ州メダン市の地下水調査

2007年1月にCOEプログラム研究（日本文科省研究拠点形成等補助金事業）の一環として行われた、北スマトラ州メダン市周辺の10の浅井戸水質調査では、全てにおいて糞便性大腸菌が検出され、浅井戸使用住民へのヒアリングによると、その半数の井戸は飲料用も含む生活の全ての用途に使用され、井戸とトイレとは近接していたという。地下水汚染に対しては、法令の整備や体系的なモニタリングが必要と考えられる。

海域

インドネシアの沿岸では1997年から2012年までの期間に、石油流出事故が36例あり、海洋資源への悪影響があった。環境省は主な内湾、観光地沿岸など、年度毎に実施水域を選び、海域の水質モニタリング実施している。実際の水質調査は、環境管理センター（EMC）が州環境局などの協力のもとに行う。

2012年度は、①タンジュンプリオク港（ジャカルタ湾）、②オワンダン港（バンテン州セラング市地先）、③パリジ県沿岸及びパル市地先（中部スラウェシ州）、④ポフワツ県沿岸（中部スラウェシ州）および⑤ゴロンタロ県（ゴロンタロ州）の5水域で行われた。③、④、⑤はいずれもスラウェシ島北部のトミニ湾を囲む沿岸域であり、トミニ湾沿岸は観光区域でもある。

測定項目は水温、COD、透明度、DO、TSS、油分、MBAS、フェノール、アンモニアなどである。調査結果では、アンモニアについてはジャカルタ湾内の港で2012年度は2011年度と同様、4地点のうち3地点で環境基準値を超過しており、フェノールについても2011年度と同様に、調査4地点中3地点が環境基準値を超過していた。フェノールについては、トミニ湾沿岸⑤でも5地点のモニタリング地点すべてにおいて環境基準値を超過していた。油分は③、④の海域で5地点中2地点で環境基準値を超過しており、またMBAS（洗剤）は、調査が行われた③、④の水域で計5地点のモニタリング地点すべてにおいて、環境基準値を超過していた（インドネシア環境年報；Status Lingkungan Hidup 2012）。

以上のように、内湾のうちジャカルタ湾及び各地の港湾では、水質汚濁が進んでいる区域がある。インドネシアは、日本の5倍の面積に広がる1万以上の島々によって構成される島嶼国である。このため、中央政府が直接実施している湖沼や海域のモニタリングには限界があり、現地の州や県/市が湖沼や海域モニタリングを自らも行えるように、DAK（特別配分金）などにより地方政府に対して財政支援を進めている。環境DAKは調査用モーターボートその他の湖沼・海域調査

用の器材整備も補助対象としている（例えば、2011年環境大臣規則第1号ではモータボートの標準仕様が図入りで示されている）。

産業排水による汚染の状況

産業排水に関しては、繊維業、パルプ・紙業、合板業、ゴム業などが主な排出源と考えられており、大規模な工場の場合は、排水処理設備を有している一方で、地場の中小規模の工場では、排水処理装置を設置していないことも多く、有機物のほか重金属などによる河川の汚染が懸念されているほか、ジャカルタ湾などの海域では、産業排水が原因とみられる水銀も検出されている。

インドネシアにおける大中企業は、2014年度時点で23,744社が存在する（インドネシア中央統計庁2015年度統計）。このうち表2.7に、水質汚濁を生じる可能性があるとされている大中企業の企業数について、2008年から2014年までの推移を示す。

表 2.7 表流水汚染を生じる可能性がある大中企業数、2008—2014年

業種	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
食品	5,728	5,545	5,248	5,463	5,662	5,795	5,793
飲料	327	323	328	335	345	367	344
テキスタイル	2,450	1,053	981	989	945	866	860
紙・紙製品	522	511	511	450	463	477	485
化学	889	869	858	885	911	978	976
ゴム、プラスチック製品	1,707	1,659	1,655	1,612	1,603	1,729	1,750
合計	13,631	11,969	11,591	11,745	11,941	12,225	12,222

出典：インドネシア中央統計庁、Statistik Indonesia 2015 : Number of Establishments of Large and Medium Manufacturing by Subsector (2 digit ISIC Code), 2000-2014

インドネシアにおける企業の分類は、中央統計庁と工業省による2種類がある。表2.6、表2.7は中央統計庁の定義（従業員数により分類）であり、「零細企業」は従業員5人未満、「小企業」5～19人、「中企業」20～99人、「大企業」は100人以上となっている。

表2.7の企業数をみると、2014年度では繊維（7%）及び食品・飲料関係（50%）が6業種のなかで57%を占め、両業種ともに用廃水量が多い。

小規模企業であっても、食品・飲料関係のように、その数が極めて多いため、水域への流出汚濁負荷としては相当量となる。なお、表2.7、表2.8に挙げられていない業種を加えると、2014年時点で全国の小企業の総数は28万、また零細企業（従業員5人未満）の食品・飲料店の数は118万存在する（中央統計庁統計、Statistik Indonesia 2015）。これらの中で排水処理が行われている例は未だ少なく、地方政府の環境部局による立ち入り規制は、人的資源と財政上の制約から行われることが少ない。

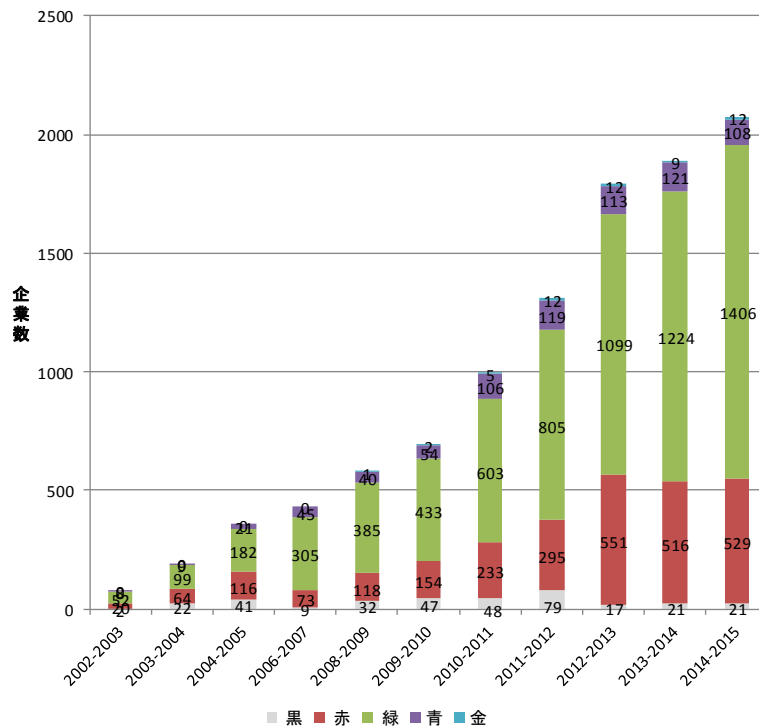
表 2.8 2010 年から 2014 年度までの小企業数の変化

業種	2010	2011	2012	2013	2014
食品	48,320	118,403	70,712	158,651	73,066
飲料	547	1,408	2,605	1,962	1,401
繊維	13,603	17,117	15,008	27,541	12,246
化学	945	1,810	164	3,987	1,813
合計	63,415	138,738	88,489	192,141	88,526

出典：インドネシア中央統計庁、Statistik Indonesia 2015 : Number of Establishments of Micro and Small Manufacturing Industry By 2-digit ISIC Code, 2010-2014

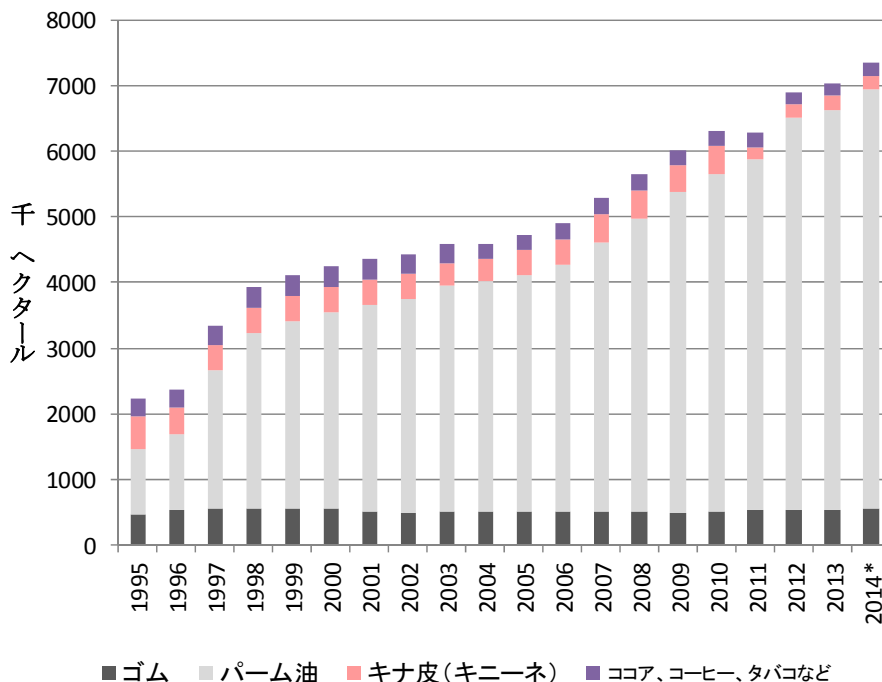
これらの企業に対する地方政府による立ち入り規制は、積極的に行われているとは言い難い。大中規模の企業サイドの排水基準遵守への取り組み状況は、2002年に環境省が始めた企業の環境管理情報公開制度の PROPER から類推できる。このプログラム参加への法的義務はなく、罰則規定もない。任意参加のセミボランティアプログラムの範疇に入る。輸出型製造業、海外資本企業などの参加が多く、政府の目標数約 8000 社以上とくらべると、達成度は低いままであるが、2014-2015 年には全国 2076 社が参加している。排水のみでなく大気排ガスなども合わせて評価されているが、図 2.4 にこのプログラムの年度別の結果を、5 段階評価で示している。黒色、赤色は排出基準不適合であるが、2014-2015 年は 26% の 550 社が不適合であり、環境管理に対する努力がなく最悪（黒色）が 21 社含まれている。

図 2.4 のように、排水基準不適合の企業が、毎年平均して 3 割前後存在する事実は、企業のガバナンスや環境管理の仕組みについてさらなる強化が必要と考えられる。なお、大企業群には、1997 年前後から急激に増加し、現在では世界一の生産量となったパームオイル製造企業が含まれる。パームオイルはアブラ椰子の実から搾油されるが、アブラ椰子パームプランテーション栽培面積の推移を図 2.5 に示す。



出典：Hasil Penilaian PROPER 2015 (KLHK、2016) のデータから作成

図 2.4 PROPER 参加企業の推移と環境対策評価ランク



出典：インドネシア中央統計庁、Statistik Indonesia 2015 のデータから作成

図 2.5 油やし（パーム油）栽培面積の増加

粗パーム油製造工場は、広大なアブラ椰子のプランテーション内に設置される。その排水は一般に、他の汚濁源が少なく、水質が比較的清澄な河川へ排出される場合が多い。発生する排水は相当量の有機物を含み、排出量も多いため、適正な排水処理が行われない場合、下流では飲用水としての利用も可能な比較的清澄な河川水、地下水であるにも関わらず、排水放流後の下流で汚濁が急激に進行する可能性があり、現在は各方面からの技術指導や規制が図られている。

県/市の地方政府に対しては、中央政府からはDAK（特別配分金）などによる環境インフラ整備の財政支援が2006年から開始され、現在まで継続されており、また地方環境職員の研修制度の強化も図られている。

生活排水

人口の増加は、水域に流出する汚濁負荷量の増加をもたらし、下水道や家庭・団地等の浄化施設が未整備のままに推移した場合、環境の水質環境はさらに悪化することとなる。2010年時点のインドネシア人口について、2010年国政調査による実数と以降の将来予測を表2.9に示す。2015年時点では2億5千万に達するとされている。

表 2.9 インドネシアの人口と将来予測

単位：百万人

島名	2010年	2015年	2020年	2025年	2030年	2035年
スマトラ島						
アチェ特別州、北スマトラ州、西スマトラ州、リアウ州、リアウ諸島州、ジャンビ州、ブンクル州、南スマトラ州、バンカ・プリトゥン州、ランバン州	51.387	55.4	59.2	62.5	65.4	67.9
ジャワ島						
ジャカルタ首都特別市、西ジャワ州、中部ジャワ州、ジョグジャカルタ特別州、東ジャワ州、バンテン州	138.089	145.8	152.7	158.8	163.8	167.5
バリ及びトゥンガラ諸島						
バリ州、西ヌサ・トゥンガラ州、東ヌサ・トゥンガラ州	13.241	14.2	15.0	15.8	16.6	17.2
カリマンタン島						
中部カリマンタン州、南カリマンタン州、東カリマンタン*	13.963	15.4	16.7	17.9	19.0	20.1
スラウェシ島						
北スラウェシ州、ゴロンタロ州、中部スラウェシ州、南東スラウェシ州、南スラウェシ州、西スラウェシ州	17.591	18.8	20.0	21.0	21.9	22.7
マルク諸島						
マルク州、北マルク州、	2.713	3.0	3.2	3.5	3.7	3.9
パプア諸島						
パプア特別州、西パプア特別州	3.689	4.1	4.5	4.9	5.2	5.5
合計	240.673	256.6	271.2	284.3	295.6	304.9

*：2014年時点のインドネシアは34州。人口およびその予測は2012年度のインドネシア国家開発企画局、インドネシア統計庁及び国連人口基金（UNFPA）による統計から予測されたデータ（SLH KLH, Indonesia, 2012）。

流域内への人口集中が特に激しく、生活排水負荷が全体の8割近いとされ、汚濁が著しいチリウン川やチサダネ川は一方で、ジャカルタ首都圏の水源としても極めて重要な河川である。汚濁対策構想のなかでは、生活排水処理（浄化槽）や集落排水などが第一に挙げられている（インドネシア環境年報、Status Lingkungan Hidup 2012）。

インドネシアでは、生活排水対策として重要な下水道は一部の大都市で整備されているのみであり、大半の地域では整備されていない。従って、し尿、家庭下水の多くが未処理のまま河川、運河等へ流入あるいは投棄されるため、水環境の汚染が深刻である。また、地下水も生活排水や下水、さらには産業系排水による汚染も懸念されている。

スラバヤ市カリマス川¹の事例

カリマス川は、インドネシア・ジャワ島の東を流れるブランタス川及びスラバヤ川の支流のひとつで、スラバヤ市の中心部を流れる全長 12km の川であり、河口はインドネシア第2の港であるタンジュン・ペラ港である。スラバヤ市環境保護局による、カリマス川の現状及び課題は以下の通りである。

- ・ カリマス川では、川沿いに立てられている不法建築物（主に他の県や地域から来ている人が立てた木造の家屋）、汚染問題（ゴミの不法投棄、し尿の未処理放流）、生活排水による水質の汚濁が問題となっている。
- ・ スラバヤ市には、下水道が設置されておらず、生活排水は各家庭で設置されている個別処理施設であるセプティック・タンク（腐敗槽）で簡易処理されるか、未処理のまま近隣の水路やカリマス川へ排出されている。生活排水の河川への流入は、ゴミの河川への投棄に加わってカリマス川の水質汚濁の進行の大きな原因となっている。
- ・ 現地の住民にとっては、川はゴミを捨てる場所であり、ゴミを投棄するのは当然のことという意識がある。カリマス川の水質を改善するためには、下水道整備などの生活排水対策を行うことが基本であるが、住民意識の向上も重要なポイントであると考えられている。また、下水処理やゴミ収集といった公共サービスに対して適切な料金を支払う義務があることを啓発することも大切である。

¹ 財団法人北九州国際交流協会. 平成 19 年度自治体国際協力促進事業（モデル事業）. 「インドネシア国スラバヤ市水環境改善促進事業」報告書. 2007