

Historical Overview of Emission Standards for Hazardous Air Pollutants Including Mercury in the US

| | |
|-------|--|
| メタデータ | 言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-04-04 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 横山, 隆壽 メールアドレス: 所属: |
| URL | https://mu.repo.nii.ac.jp/records/751 |

米国における火力発電に関わる水銀を含む 有害大気汚染物質排出規制の歴史的推移

Historical Overview of Emission Standards for Hazardous Air Pollutants Including Mercury in the US

横山 隆 壽*
Takahisa Yokoyama

1. はじめに

米国の大気浄化法 (Clean Air Act) の歴史は、1955 年の大気汚染防止法 (Air Pollution Control Act) に始まり、1967 年の大気質法 (Air Quality Act) において包括的な規制制度が整えられた⁽¹⁾。

大きな改正がなされたのは1970年及び1990年である。1970年改正の大気浄化法(CAA, Pub. L. No. 91-604, § 4(a), 84 Stat. 1676, 1685 (1970)、以下 CAA(1970))は米国大気汚染政策の基盤を形作った。1990年には特に大きな改正が行われ、酸性雨、有害物質汚染、未規制地域、及びオゾン層破壊などの環境問題を扱っている⁽¹⁾。

本稿で着目するのは、1990年改正された大気浄化法(以下 CAA)のセクション 112 有害大気汚染物質である。この CAA セクション 112 の要求により、米国では環境保護庁(以下 EPA)により1990年年代に火力発電所から排出される有害大気汚染物質に関する膨大な研究が行われ、その結果に基づき排出基準が策定され、近年、火力発電所に関わる有害大気汚染物質排出基準が制定された。

セクション 112 の火力発電所に関する条項(112(n)(1)(A))には、排出基準設置の目標に向けて、排出源からの有害大気汚染物質排出状況・健康影響評価の研究、その結果に基づく排出基準設定の可否、排出基準設定方法、目標達成期限などが規定されている。加えて、排出基準策定のアプローチ(健康影響ベース、技術ベース)も規定されている。一方、わが国の環境法(環境基本法、施行令、施行規則など)は、法構造の違いがあるが、定量的目標設定の裏付け(科学的性格)、目標実現措置の具体的裏付け(技術的性格)などが希薄であり、今後、改善の余地があると思われ、CAA の中にその一助を見出すことが期待される。

以下ではCAA及び火力発電に関わる有害大気汚染物質規制の歴史的過程を概観する。なお、以下の文章中の引用文献の中で、米国連邦官報(Federal Register)の引用については、<巻号>FR<ページ番号>(発行年月日)と表記し、タイトルは省略した。

2. 米国における有害大気汚染物質の取組み

2.1 CAA の概略

CAA の歴史は、1955 年の大気汚染防止法 (Air Pollution Control Act) に始まるが、連邦政

* 工学部非常勤講師 (環境システム学科)

府の役割は研究に制限されていた^①。しかし、1967年の改正で大気質法 (Air Quality Act) に次の 4 つの内容を含む包括的な規制制度が整えられた: ① 大気エリア及び大気質抑制地域の確立、② 大気質基準及び抑制技術報告の発行、③ 大気質地域内における州による大気環境基準の採用、④ 州による大気環境基準の実施計画作成^①。

その後、1970年及び1990年に大きな改正が行われた。1970年の改正では各州に代わり、連邦政府が大きな権限を持ち、米国大気汚染政策の基盤が形作られた^②。

また、1990年に行われた改正では酸性雨、有害物質汚染、未規制地域、及びオゾン層破壊などの環境問題が取扱われた；酸性雨抑制のために特定排ガスの大幅な削減の義務；有害汚染物質規制の増加；非遵守地域の期限設定；及びオゾン層破壊に寄与する 3 種類の主要化学物質の撤廃。ここでは、EPA が基準を確立し、かつ CAA を執行する責任を持つ。一方、日々の大気汚染との闘いは州及び地域が受け持っている。

なお、CAA は米連邦法典 (U.S.C.) タイトル 42 (AIR POLLUTION PREVENTION AND CONTROL) 第 85 章に統合されているが、以下では CAA の引用条項は U.S.C. の番号ではなく、CAA のセクションコードを使用した。

以下で現行の CAA を概観する。CAA の主要な構成を表 1 に示す^③。

表 1 CAA の主要な構成

| CAA | 標題 | | CAA コード; 米連邦法典コード |
|-------------|---------------|--------------|---------------------------------|
| タイトル I | 大気汚染の防止と抑制 | | |
| | パート A | 大気質及び排出基準 | CAA § 101-131; USC § 7401-7431 |
| | パート B | オゾン層保護 | タイトル VI と入替え |
| | パート C | 大気質の深刻な悪化防止 | CAA § 160-169b; USC § 7470-7492 |
| | パート D | 未達成地域の計画要求 | CAA § 171-193; USC § 7501-7515 |
| タイトル II | 移動排出源に関する排出基準 | | |
| | パート A | 自動車排ガス及び燃料基準 | CAA § 201-219; USC § 7521-7554 |
| | パート B | 航空機排出基準 | CAA § 231-234; USC § 7571-7574 |
| | パート C | クリーン燃料自動車 | CAA § 241-250; USC § 7581-7590 |
| タイトル III | 一般 | | CAA § 301-328; USC § 7601-7627 |
| タイトル IV | 騒音 | | USC § 7641-7642 |
| タイトル IV - A | 酸性沈着抑制 | | CAA § 401-416; USC § 7651-7651o |
| タイトル V | 許認可 | | CAA § 501-507; USC § 7661-7661f |
| タイトル VI | 成層圏オゾンの保護 | | CAA § 601-618; USC § 7671-7671q |

EPA の重要な役割は人の健康及び環境保護であり、そのために CAA の下で多くのプログラ

ムが実施されている。以下が実施上の主要な点である⁽⁴⁾。

- ・スモッグ、霧、酸性雨、その他の問題を引き起こす大気汚染物質の屋外あるいは大気環境中濃度を低減すること
- ・ガンあるいはその他深刻な健康影響を引き起こすことが既知、あるいは、疑われる有害大気汚染物質の排出を低減すること
- ・成層圏オゾン層を破壊する化学物質の生産及び使用を撤廃すること

本稿に関わるのは、そのうちの一つ、有害大気汚染物質の排出低減に関わる事項である。CAAでは、セクション I 大気汚染の防止と抑制 (Air Pollution Prevention and Control) >パート A 大気質及び排出基準(Air Quality and Emission Limitations)>セクション 112 有害大気汚染物質(Hazardous Air Pollutants 以下 HAP)に規定されている。

セクション 112 は 1990 年の CAA 改正時に CAA(1970)のセクション 112 のほとんど全部が書き直された。改正後、セクション 112 は公衆の健康及び環境を有害物質への曝露から保護することを目指し、新たに以下の 4 つの内容が加えられた⁽⁵⁾。

- ・ MACT (Maximum Achievable Control Technology 最大達成抑制技術)の要求
- ・健康影響ベースの排出基準 (MACT 設置後の残留リスクの評価)
- ・固定“エリア排出源”(ガソリンスタンドやドライクリーニングなど小規模であるが数が多いため、全体として著しい HAP の排出源となっている)の排出基準
- ・事故時(カタストロフィックな)放出の防止要求

セクション 112 が大きく改正された背景には、CAA(1970)セクション 112 の下での HAP 規制が進まなかったことがあるが、このことは後述する。

2.2 セクション 112 HAP (有害大気汚染物質)⁽⁶⁾

セクション 112 は表 2 に示す 19 のサブセクション及びからなる。

表 2 CAA セクション 112 有害大気汚染物質の構成

| サブセクション | 規定の概略 (抜粋) |
|--------------------|--|
| (a) 定義 | 主要排出源、エリア排出源、固定排出源、新設排出源、変更、HAP、有害環境影響、火力発電ユニット(electric utility steam generating unit)、所有者またはオペレータ、既設排出源、発ガン性影響(発ガンリスクアセスガイドブックによる) |
| (b) HAP リスト | HAP リスト。EPA によるリスト追加及び削除。 |
| (c) 排出源リスト | HAP の主要及びエリア排出源の見直し (少なくとも 8 年毎) |
| (d) 排出基準 | 主要及びエリア排出源についてリスト化された HAP の排出基準設定を要求。排出基準は既設・新設も HAP の最大削減達成を要求 (MACT 基準)。 |
| (e) スケジュールと見直し | MACT 基準の設定スケジュール要求。期限により 4 つのグループ(2 年、4 年、7 年、10 年)。 |
| (f) 健康及び環境保護のための基準 | NESHAP (HAP の新排出基準) 実施後の“残留リスク”アセス要求。残留リスクが十分に安全な裕度をもって公衆の健康保護を行わないときは健康ベースのさらに厳しい規制を実施。 |

| | |
|--------------------------------------|--|
| (g) 設備変更、建設及び再建 | 排水水準が増加した場合には MACT 適応 |
| (h) 作業習慣基準及びその他の義務 | セクション 112(d)または(f)の下で排出基準を設定または執行できないときは、設計、装置、作業習慣または運転基準の規制化を図る。 |
| (i) 遵守のためのスケジュール | 新設は即座に。建設及び再建の場合は 3 年以内。MACT は既設には遵守時期を明示、公布後 3 年以内。早期削減プログラムは MACT 提案以前に 90%削減している施設の場合に 6 年以内。 |
| (j) タイトルV許可に基づく同等の排出基準 (MACT ハンマー) | EPA が排出基準の交付時期を 18 ヶ月逸した場合、主要排出源はそれぞれの州へ排出源固有の MACT を提案し許可申請を行う。MACT 決定の条件はタイトルV操業許可に組み込まなくてはならない。 |
| (k) 都市大気有害物質戦略 | EPA は都市における大気汚染物質のリスク低減のために研究プログラムを策定し、国家戦略を立てる。エリア排出源から都市における公衆への最大リスクを及ぼす HAP を少なくとも 30 種類特定する。固定排出源からの発ガンリスクの 75%削減を達成義務。特定した 30 種類の HAP の合計排出量が 90%あるいはそれ以上の排出源は排出基準を設定。エリア排出源は技術ベースの排出基準(MACT または GACT Generally Available Control Technology)設定。 |
| (l) 州のプログラム | 州はどのように NESHAP プログラムを実施したいかを EPA に申請できる。 |
| (m) 五大湖及び沿岸水域への大気沈着 | 五大湖やチェサピーク湾への HAP 及びその他汚染物質の沈着を特定しアセスするプログラムを要求。これら水域への HAP 沈着モニタリングネットワーク形成要求。 |
| (n) 他の事項 | 火力発電所、コークオープン生産、及び公共処理施設の HAP 排出状況及び防止技術に関する研究要求。これは、水銀排出、健康及び環境影響、並びに排出防止技術を含む。石油及びガス採掘から排出される硫化水素関連する公衆の健康影響、並びにフッ化水素酸に関する規制のない地域でのフッ化水素酸の排出をアセス。 |
| (o) NAS (国立科学アカデミー)の研究 | EPA 及び NAS はリスクアセスの方法論を見直し、議会へ報告。発ガン及び非ガンリスクを含める。 |
| (p) NUATRC (ミッキーランド国立都市大気有害物質研究センター) | 疫学、腫瘍学、毒性学、呼吸器医学、病理学及び生物統計学研究が可能な施設内に NUATRC を設立。 |
| (q) 救済条項 | 1990 年の大気浄化法改正以前に、セクション 112 の下で発効または設定されたが未発効の排出基準は大気浄化法の下で変更されるまで有効。必要なら 112(d)を遵守すべく 10 年以内にすべて見直し。 |
| (r) 事故時の放出防止 | 既定の HAP 及びその他極めて有害な物質の事故時における放出防止要求。放出されると、死亡、けが、あるいは健康影響を引き起こすことが既知または可能である物質を少なくとも 100 種類リスト化。これ |

| | |
|-----------|---|
| | らの化学物質を一定量以上保有する施設は、すべて規制を受け、EPA のリスクマネジメント計画(RMP)を作成し提出する。 |
| (g) 定期的報告 | EPA は 3 年毎にセクション 112 の実施状況を議会へ報告。EPA は HAP 及び排出源のデータベースを保持。議会報告には、規制設定及び遵守の現況、都市有害大気汚染物質プログラム、及び事故時の放出に関するリコメンデーションが含まれる。 |

このセクション 112 で US EPA に要求されている主要な事項は以下のことである。

- a) リスト化されている有害大気汚染物質 (112(b)) について排出源(化学プラント、石油精製所、製鉄所など)カテゴリーのリストを作成すること(112(c))
- b) 排出規準を設定すること(112(d))。MACT ベースの排出規準を設定すること(112(d) (3))
- d) MACT による排出規準の導入後、リスクアセスメントを行ない、残留リスク低減のために追加措置の必要性を検討すること(112(f)(1)(A),(B),(C),(D))

以下でこれら主要な事項を簡単に述べる。CAA(1970)セクション 112 は排出基準策定のアプローチが健康影響ベースであったが、CAA では技術ベースのアプローチに改正され大きくシフトされた。CAA(1970)ではこのアプローチがよく議論の対象になった⁽¹⁾。

[HAP(有害大気汚染物質)の定義]

セクション112では、「HAPはサブセクション(b)(112(b))でリスト化されているすべての大気汚染物質を意味する(112(a))」とだけ定義されており、それ以外の物質の特性等の記述はなされていない。しかし、CAA(1970)では、具体的に「大気環境基準が適用できず、死亡率の増加、または、深刻な回復不可能な、または回復できるが身体機能を奪う疾患の増加を引き起こすか、または、引き起こすことに寄与する」と、EPAが判断するHAPと定義され、これが踏襲されているものとする。

[HAPリスト]

CAA(1970)では、EPA は 2 つのステップで HAP の排出抑制を行う。まず、排出基準を設定しようとする汚染物質のリストを作成する(CAA(1970) セクション 112(b)(1)(A))。次いで、360 日以内に公衆の健康を保護するのに「ample margin of safety 十分安全な裕度」を持った排出基準を設定することである(CAA (1970)セクション 112(b)(1)(B))。しかし、EPA は HAP のリスト化を躊躇い、排出基準の設定が進まなかった。CAA(1970)で HAP として指定されたのは 8 種類 (アスベスト、ベンゼン、ベリリウム、コークオープン排出物質、無機ヒ素、水銀、放射性核種、塩化ビニル) だけであり、排出基準が設定されたのはそれぞれの HAP に関するある特定の排出源だけにすぎず、全く規制されていないも同然であった⁽⁶⁾。その大きな理由は、セクション 112 には、経済的コストや排出基準の技術的可能性に配慮する法的要求は明示されず、いったん物質をリストに載せれば、排出基準は健康への考慮のみをベースに排出基準が設定されねばならず、これが排出基準設定が遅滞する大きな原因となった⁽⁷⁾。

こうしたリスト化の行き詰まり打開のために、CAAでは当初189種類のHAP がリスト化された (セクション112(b))。現在は187種類である⁽⁸⁾。

[排出源リスト]

EPAはHAPの排出基準設定にあたり、カテゴリ別排出源リストを作成しなくてはならない(112(c)(1))。当初のリストでは174の排出源カテゴリがリスト化された。排出源には「主要排出源」と「エリア排出源」との2つグループがある。主要排出源は、隣接地域内に位置し、かつ、共通の操業条件下において、いかなるHAPでも単独で年間合計10トンまたは複数のHAPを合わせて年間25トンもしくはそれ以上排出または排出可能性のある排出源と定義されている。エリア排出源とは主要排出源でないものと定義されている。排出源カテゴリの具体的一例をあげると表3のとおりである⁹⁾。

表3 FUEL COMBUSTION に関わる排出源別カテゴリ

| | |
|-----------------|---|
| FUEL COMBUSTION | Category Name Engine Test Facilities, Industrial Boilers, Institutional/Commercial Boilers, Process Heaters, Stationary Internal Combustion Engines, Stationary Turbines |
|-----------------|---|

[排出基準の設定]

CAAの改正で大きく変わった点の一つは排出基準策定のアプローチであり、健康影響ベースの排出基準から技術ベースの基準へ公式にシフトしたことである。

CAA(1970)では、排出基準の設定が次のように規定され、技術あるいは経済性の考慮が明示されず、健康影響ベースのみに基づき設定されることになっていた：“The Administrator shall establish any such standard at the level which in his judgment provides an ample margin of safety to protect the public health from such hazardous air pollutant.(112(b)(1)(B))”。

1990年のCAAの改正にあたり、環境及び公共事業の上院委員会(Senate Committee on Environment & Public Works)は、前述したHAP規制の行き詰まりは、排出基準設定における「margin of safety」という法的要求に問題の源があると考えた。特に発ガン物質の場合、「発ガン物質には安全性の閾値がなく)いかなる量の曝露でもガンを引き起こすため、排出基準は曝露量がゼロを意味する結果になるため」と解釈されることになる¹⁾。すなわち、安全な排出基準というのは“ゼロ”排出基準のみである。これでは米国の主要企業は閉鎖することになるからEPAはそのような厳しい排出基準の設定はためらうことになる。事実、EPAはCAA(1970)セクション 112(b)(1)(B)の下で塩化ビニル(発ガン物質)についてゼロ排出基準とはしなかった。それ故に、1987年にNRDC(Natural Resources Defense Council 天然資源防護協議会)はEPAが技術的・経済的可能性に基づいて塩化ビニルの排出基準を設定したことを問題とし、排出基準は健康影響のみに基づき設定し、影響に不確実がある発ガン物質をEPAはすべての排出を禁止する義務があるとして、裁判所(D.C. Circuit Court of Appeals for the District of Columbia Circuit)に訴えた¹⁰⁾。しかし、この訴訟は退けられ、結局EPAにコストや技術的可能性を考慮する裁量があることが認められた。

1990年のCAA改正にあたってはMACT基準と呼ばれるコストの配慮も含めた技術ベースの排出基準が導入された(セクション 112(d)(2))。EPAは、新設及び既設の主要なHAPの排出源(CAAセクション 112(c)で分類・リスト化)に関する排出基準を設定する義務があり、個々の排出源に対して最大の排出削減が達成されなくてはならない。MACTとは特定の定められた

技術ではなく、基準設定の際に用いられた技術が MACT である。CAA では、MACT フロアを設定する。これは既設の排出源でベストな性能を示す上位 12% で達成されている排出量の平均値である(112(d)(3))。MACT は理論的なものではなく実用性も反映されたアプローチをとっている。しかし、最大達成という言葉には CAA(1970) セクション 112 で議論の的となったゼロ排出基準の可能性も保持されている⁽²⁾。

[残留リスク]

CAA(1970)における健康影響ベースのアプローチも CAA において温存された。すなわち、健康リスクがある場合には、**“ample margin of safety”** をもって公衆の健康保護のために、残留リスク基準を設定することとした(112(d)(4))。また、MACT 基準設定ののちに EPA は残留するリスクを計算し、リスクの意味(影響)、そのリスクを低減する技術的・商業的可能性及びコストなどを報告することが規定されている(112(f)(1))。報告の結果、議会が行動を起こさない場合には、EPA は残留リスク基準を設定しなければならない(112(f)(2))。

2.3 火力発電所に関わる HAP の排出

本稿の中心課題である火力発電所(electric utility steam generating unit)に関わる HAP はセクション 112(n)(1)である。ここでは、EPA が火力発電所全般に対して HAP の排出及び抑制技術に関する研究を行い、その知見に基づき、“適正かつ必要”であるなら火力発電所を排出源リストに加え、規制をすべきとしている(112(n)(1)(A))。さらに、個別に、水銀に関して、火力発電所、都市ごみ焼却施設及びエリア排出源を含む他の排出源に関して、水銀の排出、健康及び環境影響、排出抑制技術及びそのコストに関する研究を行うものとしている(112(n)(B))。なお、この条項では火力発電所とは「化石燃料を燃焼する 25MW 以上の売電用の発電ユニットと定義されている。熱電併給ユニットでその電力出力の 1/3 以上、かつ、それが 25MW 以上の出力に相当し、売電のために電力網への供給しているものも火力発電所とみなされる(112(a)(8))。

3. 議会報告 (RTC Report to Congress)

セクション 112(n)(1)(A)及び(B)の要求に基づき、「規制が適切かつ必要か」を検討するために、EPA は 1997 年及び 1998 年に火力発電所に関する膨大な調査報告書、「水銀に関わる議会報告書⁽¹¹⁾」及び「火力発電ユニットから排出される HAP に関する研究⁽¹²⁾⁽¹³⁾」を議会に提出した。以下で概要を述べる。

3.1 水銀に関わる議会報告書 ⁽¹¹⁾

この報告書は表 4 に示すように全 8 巻合計約 1800 ページから成り、米国における様々な排出源からの水銀排出量及び沈着量、人の健康及び環境影響、及び抑制技術の入手可能性とコストについてアセスメントが行われている。当時の科学的知見を包括的にまとめたが、数多くの重要な分野で科学不確実性があるため水銀曝露に基づくリスクの定量化はなされていない。一方、定量的なリスクアセスメントを行うためにはさらにどのような研究が必要かを明示している。その概略を表 5 に示す。

表 4 水銀に関わる議会報告書の目次

| Volume No. | タイトル |
|------------|---------------------------|
| I | 要約 |
| II | 米国における人為的水銀排出量のインベントリー |
| III | 環境における水銀の動態変化 |
| IV | 米国における水銀への曝露アセスメント |
| V | 水銀及びその化合物の健康影響 |
| VI | 米国における人為的水銀排出量の生態学的アセスメント |
| VII | 米国における人及び野生生物リスクの特徴 |
| VIII | 水銀抑制技術及びコストの評価 |

表 5 水銀に関するさらに必要な研究

| 項目 | 研究の必要性 |
|--------------------|--|
| 米国内での人為的水銀の排出 | 排出量推定のための様々な排出源(移動排出源、埋立て、コークオーブン、石油精製、住居用薪ストーブ、水銀化合物生産、亜鉛採掘、工業用ボイラ、電灯破損、冶金、鉄鋼生産等)の十分なデータ；形態別水銀の排出方法・データ；洗炭の有効性と洗炭プロセススラリの水銀排出源としての可能性、石炭及び石油中の水銀濃度；燃焼排ガス・燃焼設備内でのメチル水銀の生成可能性；自然排出源からの水銀フラックス； |
| 水銀動態変化モデル化 | 形態別水銀の測定技術向上・排出された水銀の希釈/冷却後の物理的・化学的形態；地域局地・全体での動態変化モデル評価；形態別水銀の大気中濃度及び表面沈着を定量するモニタリングネットワーク；流域から河川への水銀輸送；植物体内での水銀形態変化・排出；植物から土壌への水銀移行；人為的水銀排出の自然排出へ及ぼす影響；水域への水銀フラックス及び動植物体への影響； |
| 米国内での人為的水銀排出への曝露 | 水銀及び水銀化合物の定量的曝露アセスメント；魚消費量調査に基づく水銀曝露量推定；子供の体内での水銀の薬物動態学的理解 |
| 水銀及び水銀化合物の健康影響 | EPA のリスクアセスメントの高度化；RfD(Reference Dose 非ガン影響について有害性影響がないと判定される経口参照用量)及び RfC(Reference Concentration 非ガン影響について有害性影響がないと判定される吸入参照濃度)の改善；メチル水銀曝露における神経毒性影響の最も適切なインディケーター；生殖影響・免疫機能障害・人の体細胞または生殖細胞への遺伝毒性；水銀化合物の毒性学的理解の深化；生理学ベースの薬理動態モデル開発 |
| 人為的水銀排出の生態学的アセスメント | 情報調査；水銀に曝露されている野生生物データ；環境試料中の総水銀及びメチル水銀分析方法の改善；水圏における水銀の食物連鎖モデル；植物プランクトン及び動物プランクトンにおける生物濃縮；(水銀循環・濃縮理解のために)野生生物が食した魚及び他の水生生物の残滓中の濃度；大型無脊椎動物及び両性動物の生活での水銀曝露に関する情報 |

| | |
|--------|---|
| リスク特性化 | 魚を食する野生生物の血中または羽・髪の毛の水銀濃度のモニター；妊娠可能年齢の女性の髪の毛または血中の水銀データモニタリング及び健康エンドポイントのアセスメント；野生生物種の生き残りに影響するデータの改善；モニタリングデータの充実 |
| 水銀抑制技術 | フルスケールでの石炭燃焼ボイラでの活性炭注入データ；様々な水銀化合物濃度低減のための吸着剤の効果に関する追加データ；現在研究段階にある水銀排出抑制技術の対費用効果と商用化コストの情報；原炭から水銀を除去する従来及び新しい先炭技術の可能性及びコストデータ；石炭燃焼及び燃焼後の条件下での水銀の形態変化に関する基本的メカニズム；湿式排煙脱硫装置における水銀捕集の改善；水銀排出防止に関する他の方法(排出枠取引、エネルギー転換、再生可能エネルギー、燃料転換など)の可能性及び対費用効果 |

この議会報告は水銀の規制化の必要性の可否を検討とするものであったが、結論には至らなかった。水銀の排出源については、米国内での1994年－1995年の水銀総排出量は144トン/年であり、87%が燃焼施設によるとされた。10%は製造業、2%はエリア排出源、1%がその他の施設である。4つの特性施設(石炭火力燃焼ボイラ(33%)；都市ごみ焼却炉(19%)；商業用・産業用ボイラ(18%)；医療廃棄物燃焼(10%))で人為的排出量全体の80%を占めていた。廃棄物及び化石燃料燃焼を含む燃焼源の寄与が大きく、火力発電起源、特に石炭火力発電起源の水銀排出量が最大であることが示された。しかし、米国内の水銀排出量を正確に推定するためには十分なデータに基づくさらなる研究が必要であるとした。

3.2 火力発電所から排出される有害大気汚染物質に関する研究報告書⁽¹²⁾⁽¹³⁾

水銀に関する報告書に引き続き、火力発電施設から排出される有害大気汚染物質に関する研究報告書が刊行された⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾。この報告書も、1990年のCAAのセクション 112(n)(1)(A)の以下の法律的義務により作成されたものであり、第1巻(約500ページ)及び第2巻附属書(約300ページ)で構成されている。目次概要等を表6に示す。

表6 目次概要

| 第1巻 | |
|-----|--|
| | 要約 |
| 1.0 | 序 |
| 2.0 | 産業の特性（発電設備、環境対策設備、CAA対応等） |
| 3.0 | 排出データ収集と分析 |
| 4.0 | 健康有害性アセスの序(背景、一般的アプローチと方法、健康影響データ(有害性特定、用量・反応アセス)、経気道曝露アセス等) |
| 5.0 | 重要HAPのスクリーニングアセス(モデル化、スクリーニング評価基準、石炭火力の経気道曝露アセス、石油火力の経気道曝露アセス、非放射性核種の多経路アセス、さらなる研究のためのHAP選定、スクリーニングアセスの限界) |

| | |
|------------|--|
| 6.0 | 経気道曝露リスクアセス(石炭火力及び石油火力に関わる主要 13 種類 HAP の経気曝露及びリスクのベースラインアセス、2010 年の経気リスクアセス、短期曝露によるリスクアセス、長距離輸送による曝露アセス、クロム・ニッケル・ヒ素のリスク推定、ダイオキシンの排出増加可能性、発ガン物質の用量・反応評価の仮定と不確実性等) |
| 7.0 | 水銀アセス(水銀循環、健康影響、生物相での濃度、発電所近傍での測定、モデル枠組、発電所からの水銀排出の懸念) |
| 8.0 | 鉛及びカドミウムの定性的多経路アセス |
| 9.0 | 放射性核種の多経路曝露及びリスクアセス |
| 10.0 | ヒ素排出に関するスクリーニングレベルでの多経路曝露及びリスクアセス(環境中でのヒ素情報、アプローチとモデル、有害性評価と用量-反応、リスク特定、不確実性等) |
| 11.0 | ダイオキシンの多経路スクリーニングアセス(長距離輸送モデル、リスクアセス方法論、拡散・曝露・リスク結果等) |
| 12.0 | 塩化水素及びフッ化水素排出の潜在的影響に関する文献レビュー |
| 13.0 | HAP の排出削減のための代替戦略(燃焼前抑制、燃焼中抑制、燃焼後抑制、トレードオフ、入手可能な水銀抑制技術) |
| 14.0 | 結果、技術的知見及びさらなる研究(ダイオキシン排出データ、ニッケル・クロムの形態、リスクアセス、長距離輸送による曝露、水銀問題、2010 年展望、生態系リスク、基準汚染物質及び酸性雨プログラム、短期排出量等) |
| 第 2 巻 (省略) | |

この報告書(第 1 巻)は石炭、石油及び天然ガス燃焼ユニットを含む 52 箇所の電気事業用ユニットから排出された HAP のデータに基づいて作成された。これらのデータをもとに、設備利用に関するデータ(ボイラタイプ、環境対策設備、燃料使用など)を用いて米国内の全 684 の電気事業者用プラントからの HAP 排出量が推定されている。ついで、さらに研究を進め HAP の優先順位をつけるためにスクリーニングレベルでの有害性・リスクアセスメントを行った。そして、さらにスクリーニングした HAP について経気道(吸入)・多経路曝露及びリスク及びその他の潜在的インパクトについて解析・評価した。優先順位をつけた HAP については可能な排出抑制戦略の分析を行った。

報告書では主として 2 つのシナリオに基づいた研究を行っている: (1) 1990 年の排出量に基づくもの; 及び(2) 2010 年の排出量に基づくものである。加えて最新のデータを用いた 1994 年の排出量も推定した。排出量の推定値を求めた後、はじめにスクリーニングレベルでの 67 種類の HAP について吸入曝露を主要な経路としてリスクアセスメントを行い、対象物質を 14 種類(砒素(As)、ベリリウム(Be)、カドミウム(Cd)、クロム(Cr)、マンガン(Mn)、水銀(Hg)、ニッケル(Ni)、塩化水素(HCl)、フッ化水素(HF)、アクロレイン、ダイオキシン、ホルムアルデヒド、及び放射性核種)に絞り、さらに特定の曝露経路に着目したリスクアセスメントを行った。残りの 53 物質はスクリーニング以上のアセスメントは実施していない。

スクリーニングには人曝露モデル(HEM Human Exposure Model)が用いられ、一般的にコンサーバティブな仮定(すなわち、過小評価よりは過大評価になるような仮定)に基づく最大個人曝露量(MEI Maximally Exposed Individuals 曝露評価の対象となる人が生涯にわたり

最大濃度地点にいることを仮定して(定量化)を推定した。この MEI リスクが最小の尺度を超える場合(暴露濃度が吸入参照濃度[RfC]の 1/10 を超える場合、または、発がんリスクが 100 万分の 1 を超える場合)は、その HAP はさらなる研究を必要とするものとされた。

内容の一例としてスクリーニング結果の概要を上げると以下のとおりである。リスクは MEI に基づいている。

- 684 箇所プラントから排出される HAP について 50km 圏内での吸入及びリスクアセスメントを行った(ローカルアナリシス)結果、天然ガス火力の発がんリスクはすべて 100 万分の 1 の確率($< 1 \times 10^{-6}$)より低く、非ガン性に関する有害性指標との比較では問題は認められなかった。
- 石炭火力(1990 年)の場合、426 基のうち 424 基のプラントについて HAP の吸入暴露による生涯発がんリスク(MIR Maximum Individual Risk 最大個人リスク 生涯暴露した人の発がん率の増加分)は 1×10^{-6} (米国での許容リスクレベル)よりも低い(44 基 $< 1 \times 10^{-8}$; $1 \times 10^{-8} < 289$ 基 $< 1 \times 10^{-7}$; $1 \times 10^{-7} < 91$ 基 $< 1 \times 10^{-6}$)と推定された。426 基のうち 2 基のプラントについてのみ 1×10^{-6} より高い吸入リスクが推定された($1 \times 10^{-6} < 2$ 基 $< 1 \times 10^{-5}$)。
- 石油火力発電プラント(1990 年)の場合、137 基のうち 125 基について吸入暴露による MIR が 1×10^{-6} よりも低い(26 基 $< 1 \times 10^{-8}$; $1 \times 10^{-8} < 48$ 基 $< 1 \times 10^{-7}$; $1 \times 10^{-7} < 52$ 基 $< 1 \times 10^{-6}$)と推定されたが、残り 11 基は、MIR が 1×10^{-6} を超えていた($1 \times 10^{-6} < 9$ 基 $< 1 \times 10^{-5}$; $1 \times 10^{-5} < 2$ 基 $< 1 \times 10^{-4}$)。発がんリスクに対する Ni、As、Cr 及び放射性核種の寄与が大きく、Ni の寄与が最大である。

この報告書は石炭火力発電所に関わる水銀についても触れているが、水銀曝露に関しては大きな不確実性があり、火力発電からの水銀排出の影響及びリスク評価にはさらに研究が必要である。加えて、排出抑制技術及び戦略の研究が必要としている。

4. ICR (Information Collection Request)・EPA による石炭火力に関する水銀データの収集

EPA は 1998 年の議会報告書⁽¹¹⁾において石炭火力発電所から排出される水銀に関する研究課題を指摘した。そのひとつが水銀の排出データを得ることであり、US EPA は CAA セクション 114 に従い、石炭火力すべてに対して特定の情報の提供を提案した ICR Information Collection Request⁽¹⁴⁾。

これにより、石炭火力の個別の石炭及び排ガス中の水銀及び設備等を含むデータが収集された。石炭に関しては、水銀濃度、塩素濃度、熱量、灰分、硫黄分、水分及び使用量、排ガス中の水銀に関しては形態別水銀(ばいじん状、酸化水銀及び元素状水銀)濃度及び関連諸元が集められた。こうした情報に基づき、EPA は個々の石炭火力発電ユニットから年間に排出される水銀の量を計算し、1999 年全米規模では、43533kg(47.99US トン)と推定された。こうした知見は、前述の議会報告や国立科学アカデミー(NAS)の研究結果「メチル水銀の毒性影響 Toxicological Effects of Methylmercury⁽¹⁵⁾」と合わせて、火力発電から排出される有害大気汚染物質(HAPs)を規制することを決定する⁽¹⁶⁾主要情報として用いられた。EPA は 2000 年 12 月 20 にセクション 112(n)(1)(A)に従って EPA は石炭火力及び石油火力を規制することが「適切でありかつ必要である (appropriate and necessary)」と決定した。

5. CAMR(Clean Air mercury Rule)⁽¹⁷⁾及び CAIR(Clean Air Interstate Rule)⁽¹⁸⁾ – 無効化された規制

2005年3月15日にEPAは、一定の上限値を設定し石炭火力(既設及び新設)からの水銀排出を低減する規制CAMR(Clean Air Mercury Rule)を制定した。これは世界に先駆けた石炭火力に関わる水銀規制であった。CAMRは新設及び既設の石炭火力発電プラントから排出される水銀を抑制する排出基準を確立し、2010年に開始される2つのフェーズ(2010-2017年; 2018年以降)を通して、米国内で電気事業者由来の水銀排出量を低減する市場ベースのキャップアンドトレードプログラムを創設した。この規制はEPAの二酸化硫黄(SO₂)及び窒素酸化物(NO_x)を低減するためのクリーンエア州際規制(CAIR Clean Air Interstate Rule)⁽¹⁸⁾の上に構築されており、CAMRとCAIRを一緒に行うことで、EPAはCAIRが施行されれば、NO_x及びSO₂削減のために設置される排煙脱硝・脱硫装置の相乗便益により水銀の排出も削減すると考えた。

しかし、CAMRは、2008年に裁判所(D.C.circuit)の判定により破棄された。当初EPAは石炭及び石油火力について、排出規制を行うことが「適切かつ必要である」との判断をセクション112の下で行い、この条項の下で対象施設として区分した。ところが、後に、これらをセクション112の対象施設の区分から外し、セクション111の下で規制をすることとした。裁判所ではこのことがセクション112(c)(9)に背くと判断された。EPAが行ったことはCAA違反であり、石炭火力を排出源リストから除外したこと及びCAMRの規制は無効とされた⁽¹⁹⁾。

6. MATS(Mercury and Air Toxics 水銀及び大気有害物質規制)

水銀規制CAMRが無効になった同年2008年12月18日に、複数の環境団体及び公衆衛生団体はCAAセクション112(d)の要求に対応して、セクション112(c)の下で排出源のリスト化後2年以内、すなわち、2002年12月20日までに石炭火力発電及び石油火力発電の排出基準を設定していないことを訴えた⁽²⁰⁾。これに対してEPAは2011年3月16日までに排出基準を提案し、2011年11月16日までに制定することとした。これが火力発電所に関わるHAPの排出基準設定を促すことになった。

EPAは2011年5月3日に「石炭及び石油火力発電所からの有害大気汚染物質に関する国家排出基準並びに化石燃料燃焼発電所、産業・商業・公共施設及び小規模産業・商業・公共施設用蒸気発生ユニットに関わる排出基準」を提案し⁽²¹⁾、2012年2月16日に最終規制となった⁽²²⁾。

前者がMATS(Mercury & Air Toxics 水銀及び大気有害物質)と呼ばれCAAセクション112に基づき、後者がユーティリティNSPSと呼ばれセクション111に基づき制定された。

MATSの適用を受ける石炭及び石油火力発電所は600箇所あり、約1400基の発電ユニットがMATSの対象となる。約1100基が石炭燃焼ユニット、約300基が石油燃焼ユニットである。現在、火力発電所は、米国内における水銀(50%)、酸性ガス(75%以上)及び多くの有害金属(20-60%)の主要な排出源になっている。しかし、MATS規制の施行により、石炭火力発電から排出される水銀は90%、火力発電所から排出される酸性ガスは88%削減されることが期待された⁽²³⁾。以下でMATSを概説する。

① 対象施設

MATS の対象施設は既設および新設の石炭及び石油燃焼火力発電所である。なお、石炭燃焼及び石油燃焼に関しては、わが国と定義が異なる⁽²²⁾がここでは詳細は省く。

MATS の適用対象となる石炭燃焼及び石油燃焼ユニットはさらに燃料特性や発電方式の違いによって概略以下のように区分され、既設と新設で異なる排出基準が設定されている。なお、低品位バージンコールとは無水・無鉍物質ベース発熱量が 8,300 Btu/lb (19,305 kJ/kg)を超えない石炭のことである。

- ・低品位バージンコールではない石炭を設計炭とするユニット
- ・低品位バージンコールを設計炭とするユニット
- ・IGCC (石炭ガス化複合発電) ユニット
- ・固体石油起源燃料(Solid oil-delivered)燃焼ユニット (すなわち、石油コークス)
- ・大陸内(continental)立地液体石油燃焼ユニット
- ・大陸外(non-continental)立地液体石油燃焼ユニット

② MATS の排出基準の規制物質

MATS は排出基準の遵守により排出削減を達成することを目的とし、排出基準の設定方法は MACT アプローチと呼ばれており、前述のように CAA で規定されている(112(d))。規制は表 7 に示す以下の物質に対して設定されている。

表 7 MATS における規制物質

| | |
|--------------|--|
| 石炭火力発電所の規制物質 | HCl (塩化水素) (酸性ガス状 HAP の代用物質(surrogate))、SO ₂ (FGD 設置・稼働の場合酸性ガス状 HAP の代用物質)、フィルター捕集性 PM(粒子状物質)(個別の非水銀金属の総和の代用物質)、トータル非水銀金属(フィルター捕集性 PM の代替)、水銀、有機 HAP |
| 石油火力発電所の規制物質 | HCl、HF(フッ化水素)、フィルター捕集性 PM(トータル金属の代替(水銀を含む)、及び個別金属の総和)、有機 HAP |

石炭火力発電所と石油火力発電所(液体石油燃焼)との大きな違いは、石油燃焼では HF が含まれること、石炭燃焼でのフィルター捕集性 PM の個別金属に水銀は含まれないが、石油燃焼では含まれることである。

石炭火力発電所の非水銀金属とは、水銀以外の Sb、As、Be、Cd、Cr、Co、Pb、Mn、Ni、Se を示す。トータル非水銀金属は、これら個別金属を全て合わせたものである。また、石油火力発電所の金属とは、水銀を含む、上記金属であり、トータル金属は、これら個別金属を全て合わせたものである。有機 HAP も MATS の対象物質に含まれており、ダイオキシン及びフランがこれに含まれる。しかし、有機 HAP は排出基準が設定されているのではなく、代わりに、作業実施基準(work practice standard)として、定期的にボイラ調整を行う手順が規定されている。

石炭火力発電所に着目してその排出基準を以下に示す。表 8 は既設及び新設の石炭火力発電所に関する、フィルター捕集性 PM、HCl、及び Hg の排出基準である。表 9 はそれらに含まれる個々の代替物質の排出基準である。なお、単位は規制値原表のままで示した。2 つの表に

は最終規制⁽²²⁾ののちに一部再考後の数値を合わせて載せてある⁽²⁴⁾。

表 8 既設及び新設石炭火力発電所に関する排出基準 (抜粋)

| 区分 | フィルタ捕集性 PM | HCl | Hg |
|--------------------|--|------------------------------------|-----------------------------------|
| 既設—低品位バージンコールでないもの | 3.0E-2 lb/MMBtu (3.0E-1 lb/MWh) | 2.0E-3 lb/MMBtu (2.0E-2 lb/MWh) | 1.2E0 lb/TBtu (1.3E-2 lb/GWh) |
| 既設—IGCC | 4.0E-2 lb/MMBtu (4.0E-1 lb/MWh) | 5.0E-4 lb/MMBtu 5.0E-3 lb/MWh) | 2.5E0 lb/TBtu (3.0E-2 lb/GWh). |
| 新設—低品位バージンコールでないもの | 9.0E-2 lb/MWh | 1.0E-2 lb/MWh | 3.0E-3 lb/GWh |
| 新設—IGCC | 7.0E-2 lb/MWh (合成ガス燃焼ダクトバーナ) 9.0E-2 lb/MWh (天然ガス燃焼ダクトバーナ) | 2.0E-3 lb/MWh | 3.0E-3 lb/GWh |

Note: lb/MMBtu = pounds pollutant per million British thermal units fuel input.; lb/TBtu = pounds pollutant per trillion British thermal units fuel input.; lb/MWh = pounds pollutant per megawatt-hour electric output (発電端); lb/GWh = pounds pollutant per gigawatt-hour electric output (発電端).

表 9 既設及び新設石炭火力発電所の代替汚染物質排出基準 (抜粋)

| 区分/汚染物質 | 既設 Coal-fired EGUs | 新設 Coal-fired EGUs | 区分/ 汚染物質 | 既設 Coal-fired EGUs | 新設 Coal-fired EGUs |
|-------------------|------------------------------------|-----------------------|-------------|-----------------------------------|-----------------------|
| SO ₂ | 2.0E-1 lb/MMBtu (1.5E0 lb/MWh) | 1.0 lb/MWh | Co コバルト | 8.0E-1 lb/TBtu (8.0E-3 lb/GWh) | 2.0E-3 lb/GWh |
| トータル 非水銀 金属 | 5.0E-5 lb/MMBtu (5.0E-1 lb/GWh) | 6.0E-2 lb/GWh | Pb 鉛 | 1.2E0 lb/TBtu (2.0E-2 lb/GWh) | 2.0E-2 lb/GWh |
| Sb アン チモン | 8.0E-1 lb/TBtu (8.0E-3 lb/GWh) | 8.0E-3 lb/GWh | Mn マンガン | 4.0E0 lb/TBtu (5.0E-2 lb/GWh) | 4.0E-3 lb/GWh |
| As ヒ素 | 1.1E0 lb/TBtu (2.0E-2 lb/GWh) | 3.0E-3 lb/GWh | Hg 水銀 | NA (= not applicable) | NA |
| Be ベリ リウム | 2.0E-1 lb/TBtu (2.0E-3 lb/GWh) | 6.0E-4 lb/GWh | Ni ニッケル | 3.5E0 lb/TBtu (4.0E-2 lb/GWh) | 4.0E-2 lb/GWh |
| Cd カド ミウム | 3.0E-1 lb/TBtu (3.0E-3 lb/GWh) | 4.0E-4 lb/GWh | Se セレン | 5.0E0 lb/TBtu (6.0E-2 lb/GWh) | 5.0E-2 lb/GWh |
| Cr クロム | 2.8E0 lb/TBtu (3.0E-2 lb/GWh) | 7.0E-3 lb/GWh | | | |

既設の排出基準は既設は 2 通り設定され、熱入力基準(単位 lb/MMBtu)と発電量出力基準(単位 lb/GWh)(発電端)である。一方、新設は、発電出力基準のみである。表 8 及び表 9 の既設及び新設の排出基準の比較から明らかなように、新設は既設より厳しい基準が設定されている。

7. おわりに

米国の CAA の下での火力発電所から排出される水銀を含む多くの有害大気汚染物質の排出基準設定の歴史的過程を概観した。この過程は、精確なデータ収集に始まり、有害大気汚染物質の動態変化に関するモデルや健康リスクアセスメントの方法論など科学的研究のみならず排出基準設定へのアプローチ（健康影響ベースあるいは技術・コストベースなど）の議論など規制策定の科学的・技術性格が浮き彫りにされ、わが国の環境法の策定のためにも資するところが多い。

8. 参考文献

- (1) Willian H. Rodgers (1994), Environmental Law Second Edition Jr Hornbook Series west Publishing Co. 1994
- (2) James E. MacCathy, Claudia Copeland, Larry Parker, Linda-Jo Schierow (2011) , Air Act: Summary of the Act and Its major Requirements, CRS Report for Congress, January 6, 2011
<https://environmentallaw.uslegal.com/federal-laws/clean-air-act/> (as of October 2017)
- (3) USEPA, Clean Air Act Overview, at:
<https://www.epa.gov/clean-air-act-overview/clean-air-act-text#toc> (as of October 2017)
- (4) USEPA (2007) The Plain English Guide to the Clean Air Act, USEPA, Publication No. EPA-456/K-07-001, April 2007, at:
<https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/peg.pdf>
- (5) 42 U.S.C., United States Code, 2013 Edition, Title 42 - THE PUBLIC HEALTH AND WELFARE, CHAPTER 85 - AIR POLLUTION PREVENTION AND CONTROL, SUBCHAPTER I - PROGRAMS AND ACTIVITIES, Part A - Air Quality and Emission Limitations, Sec. 7412 - Hazardous air pollutants at:
<https://www.gpo.gov/> (as of October 2017)
- (6) William A. Wichers II, Michael G. Cooke, Walter J. Kramarz, and Barbara H. Brandon
Regulation of Hazardous Air Pollutants Under the New Clean Air Act: Technology-Based Standards at Last, 22 ELR 10717 Environmental Law Reporter at:
http://elr.info/sites/default/files/articles/22.10717.htm#op_1_fn_33 (as of October 2017)
- (7) James C. Robinson, PhD, MPH, and William S. Pease, MS, Public Health and the Law From Health-Based to Technology-Based Standards for Hazardous Air Pollutants, Article in American Journal of Public Health, December 1991 (2017 September 02) at:
<https://www.researchgate.net/publication/21203811> (as of October 2017)
- (8) USEPA, Technology Transfer Network - Air Toxics Web Site, Modifications To The 112(b)1 Hazardous Air Pollutants at:
<https://www3.epa.gov/ttn/atw/pollutants/atwsmmod.html>, (as of October 2017)
- (9) FR 31576-91 (July 16, 1992) at: <https://www3.epa.gov/ttn/atw/socatlst/fr16jy92.pdf> (as of October 2017)

- (10) 824 F.2d 1146 Natural Resources Defense Council, Inc vs USEPA (July 28, 1987) at: <https://openjurist.org/824/f2d/1146/natural-resources-defense-council-inc-v-us-environmental-protection-agency> (as of October 2017)
- (11) USEPA (1997) Mercury Study Report to Congress, EPA-452/R-97-003, December 1997, at: <https://www.epa.gov/mercury/mercury-study-report-congress> (as of October 2017)
- (12) USEPA (1998) Study for Hazardous Air Pollutant Emissions from Electric Utility Steam, Generating Units-Final Report, Volume 1, EPA-453/R-98-004b, February 1998 at: <https://www3.epa.gov/ttn/atw/combust/utiltox/eurtc1.pdf> (as of October 2017)
- (13) USEPA (1998) Study for Hazardous Air Pollutant Emissions from Electric Utility Steam, Generating Units-Final Report, Volume 2 Appendices, EPA-453/R-98-004b, February 1998 at: <https://www3.epa.gov/ttn/atw/combust/utiltox/eurtc2.pdf> (as of October 2017)
- (14) 63 FR 17406 (April 9, 1998) at: <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-1998-04-09/pdf/98-9390.pdf>
- (15) National Research Council (2000), Toxicological Effects of Methylmercury, Committee on the Toxicological Effects of Methylmercury, Board on Environmental Studies and Toxicology, Commission on Life Sciences, National Research Council, NATIONAL ACADEMY PRESS, Washington, DC (2000)
- (16) 65 FR 79825 (December 20, 2000) at: <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2000-12-20/pdf/00-32395.pdf> (as of October 2017)
- (17) 70 FR 28606 (May 18, 2005) at: <https://www3.epa.gov/ttn/atw/utility/fr18my05.pdf> (as of October 2017)
- (18) 70 FR 25162 (May 12, 2005) at: <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2005-05-12/pdf/05-5723.pdf> (as of October 2017)
- (19) St NJ, et al v. EPA, No. 05-1097 (D.C. Cir. 2008) at: <https://law.justia.com/cases/federal/appellate-courts/cadc/05-1097/05-1097a-2011-03-24.html> (as of October 2017)
- (20) Civ. No. 1:08-cv-02198 (RMC) at: <https://www3.epa.gov/ttn/atw/utility/consentfnl.pdf> (as of October 2017)
- (21) 76 FR 24976 (May 3, 2011) at: <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2011-05-03/pdf/2011-7237.pdf> (as of October 2017)
- (22) 77FR 9304 (February 16, 2012) at: <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2012-02-16/pdf/2012-806.pdf> (as of October 2017)
- (23) USEPA, Mercury and Air Toxics Standards, Cleaner Power Plants at: <https://www.epa.gov/mats/cleaner-power-plants> (as of October 2017)
- (24) 81FR 20172 (April 6, 2016) at: <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2016-04-06/pdf/2016-06563.pdf> (as of October 2017)