

9. 環境工学部門

9.1 部門としての活動

英語で環境工学は Environmental Engineering と訳される。英語で Web 検索すると、廃棄物、排水の処理、廃棄物、排水や大気汚染による環境影響評価と対策技術など環境保全を取り扱う分野とする定義が一般的である。一方、日本機械学会では、初代環境工学部門長の柏木先生が 1990 年の「環境と地球」の第一号で述べた「環境工学とは環境創造と環境保全の双方を包含し、人間の快適性を追及するとともに、自然の健全性を保つための工学である。」という広義の環境工学の理念のもとで、この 10 年間も活動を継続してきた。この 10 年間の活動のトピックスを以下に述べる。

9.1.1 「先進サステナブル都市 WG」の立ち上げ

機械製品の快適性と環境保全の両立に寄与するため、2008 年に部門横断の組織として「先進サステナブル都市 WG」を立ち上げた。この WG が主体となり 2009 年 11 月には環境工学部門の開設 20 周年記念行事として、部門初の国際シンポジウムとなる IWEE 2009 (International Workshop on Environment & Engineering 2009) を開催した。この中で「先進サステナブル都市」の実現にかかわるさまざまな分野を包含した情報交換を行なうことができた。

その後 2011 年の東日本大震災を受け、同年開催の環境工学総合シンポジウムにおいて、「東日本大震災復興に向けたワークショップ」を実施し、部門の各技術委員会からの震災復興に関するアイデアを提案した一例を図 1 に示す。WG ではその後も、2012 年に先進サステナブル都市フォーラム「震災復興に向けた生活インフラストラクチャー」を開催し、2013 年からはスマートシティ(コミュニティ)に着目したフォーラムなどを実施している。2016 年には学会内の横断組織であるロードマップ委員会とも連携するため、WG を「先進サステナブル都市・ロードマップ委員会」と改称し、部門内の常設委員会とした。

9.1.2 その他の活動経緯

環境工学部門では 2014 年に 2 回目となる国際シンポジウム IWEE 2014 を主催した。また毎年開催している環境工学シンポジウムは 2017 年で第 27 回となる。他学会との持ち回りで「空気調和・冷凍連合講演会」や「環境工学連合講演会」を主催してきた。

部門内の四つの常設技術委員会では、それぞれ「振動・騒音問題」, 「資源循環・廃棄物処理技術」, 「大気・水環境保全技術」, そして「環境保全型エネルギー技術」を担当している。以下、個別の技術委員会の担当分野における技術動向とトピックス、委員会の活動経緯に関して述べる。

防災拠点の中心施設としての清掃工場

日本機械学会 環境工学部門 第2技術委員会

清掃工場は代表的なNIMBY施設

建設反対! Not in my back yard

しかし!!

- 東日本大震災を教訓に災害リスク対応が加速。
- 津波の影響があった施設以外は地震の影響下でもプラントシステムは健全なことが多かった。ただし、外部電力や起動燃料がないため運転できない事例が多数あった。
- 一般に清掃工場は自治体を持つ唯一の大規模電力(熱)供給、燃料貯蔵(当然ごみ処理)施設である。
- 実は、現在持つ清掃工場の設備インフラをやや拡大するだけで、自立した防災拠点の中心施設となりうる。すべて既存技術
- 下水処理場やその他施設を併設することによる効率化も重要。



同一敷地内に災害時に有用な施設を配置
防災拠点の中心施設として清掃工場を位置づけ

住民の安全・安心を維持する施設
として迷惑施設を脱却! 近くにあ
ってよかった清掃工場!



わが町に! Welcome!

検討の前提条件

- 人口十数万人規模で清掃工場を設定
 - 清掃工場施設規模200t/日(100t/日×2炉)焼却炉
蒸気タービン発電4,000kW
 - 同一敷地内に大規模病院(450床)、小学校・中学校(3クラス/学年)、公民館(大浴場)、運動公園、市民公園などを設置・・・避難人数は清掃工場内を含め合計6,000人を想定
 - 清掃工場は系統電源がなくても起動できるだけの発電機をもち同一敷地施設に電源供給可能
 - 十分な容量の軽油、灯油、ガソリン、飲料水タンクをもつ
- ※検討はユーティリティに絞る

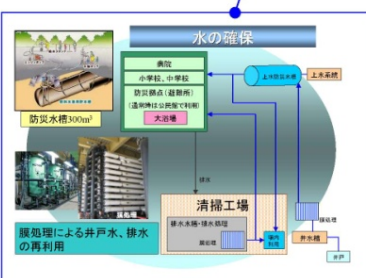
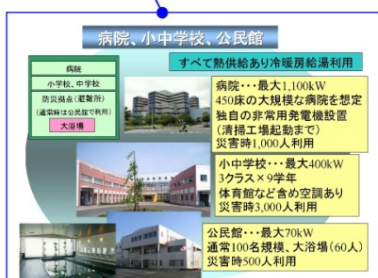
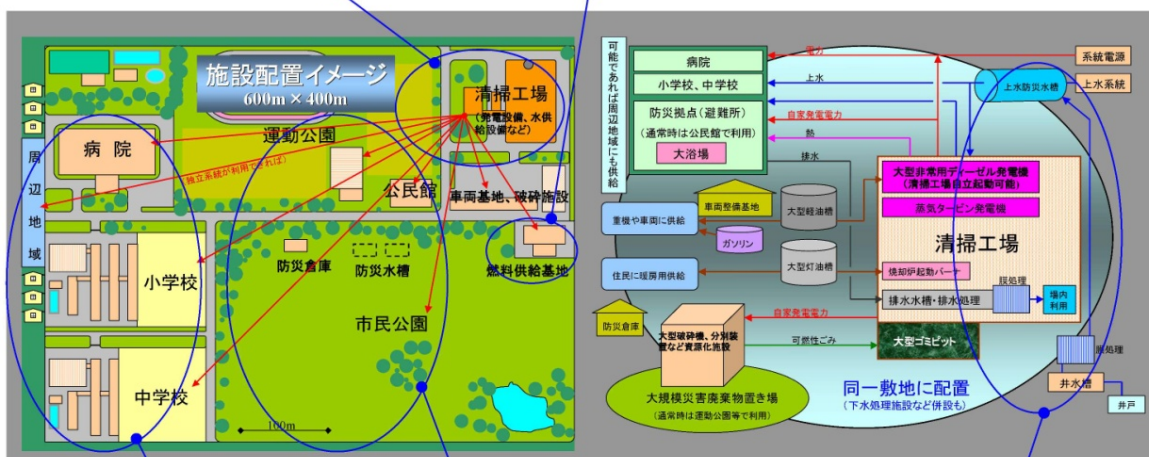
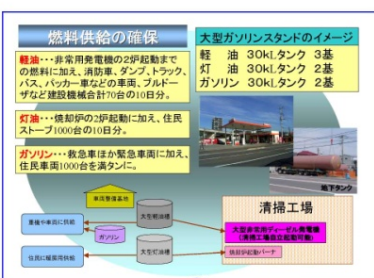
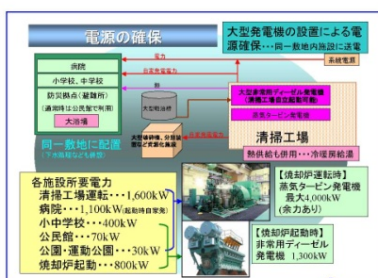


図1 「東日本大震災復興に向けたワークショップ」での提案例(第2技術委員会提供)

[高野 靖 (株)日立製作所]

9.2 この10年の「騒音・振動の評価・改善技術分野」での技術動向・トピックスと第1技術委員会での活動

9.2.1 「騒音・振動の評価・改善技術分野」での技術動向・トピックス

環境白書⁽¹⁾によれば、騒音の苦情件数は2006年度以降減少していたが、2009年度を境に微増に転じ、2014年度の苦情件数は2006年度とほぼ同じ水準の17,110件であった。発生源別に見ると工場・事業場騒音および建設作業騒音に係る苦情がそれぞれ約30%を占めている。航空機騒音に係る環境基準については、評価指標がWECPNL（加重等価継続感覚レベル）から時間帯補正等価騒音レベルへ変更された（2013年4月1日施行）。航空機騒音の環境基準の達成状況はこの10年ほぼ横ばいで75%前後で推移している。新幹線鉄道騒音については東海道、山陽、東北および上越新幹線沿線において、主に住宅地域を中心におおむね75デシベルを達成しているが、一部で達成されていない地域が残されている。交通システムの大量輸送、高速化、サービス地域拡大などにより、利便性は向上しているが、音・振動環境の保全・改善を合理的に実現する技術が、その難易度が高まる中いっそう重要になっている。

鉄道、航空機などに代表される交通騒音は騒音問題の中でも重要な課題の一つである。新幹線では、集電系音、車両下部音を中心とした騒音対策を施されたE5系・E6系新幹線電車が導入され、国内最高となる320km/h運転を行っている⁽²⁾。特に航空機、鉄道など多数の音源が複合している大型機械においては音源分離が一つのキー技術になる。マイクロホンアレイのポスト処理においてデコンボリューション技術を組み合わせることにより、空間解像度向上とサイドローブ低減が可能となり、解像度の高い音源マップ（図2）が得られるようになった⁽³⁾。代表的な伝播経路対策である遮音壁に関しては、遮音壁先端における粒子速度の大きい領域（エッジ効果）を適切な流れ抵抗材料により抑制することにより回折音を大幅に低減できるエッジ効果抑制型遮音壁が開発された⁽⁴⁾。吸音材分野では、従来から多く用いられてきた繊維系の多孔質吸音材に加え、耐久性や不燃性などの必要性から微細多孔板（MPP）を用いたさまざまな吸音構造の研究が行われている。図3に航空機のジェットエンジンのダクトに内張りされた吸音ライナ（微細多孔板＋ハニカム構造）の一例⁽⁵⁾を示す。遮音構造では、薄膜と薄膜間の空気圧を利用した遮音量可変軽量遮音構造⁽⁶⁾、圧電材料を貼付した金属板を空気層をはさんで内装パネル等に取り付けた遮音板構造⁽⁷⁾など新しい軽量遮音構造が提案されている。アクティブノイズコントロール（ANC）分野では、ANCに適した応用が進み、保育器内の消音⁽⁸⁾、MRIの騒音低減⁽⁹⁾などへの応用やテレビの視聴領域と周囲の静粛領域を分ける音場制御⁽¹⁰⁾、人の頭部の移動に追従する制御⁽¹¹⁾などの空間制御の研究が進んでいる。典型的な機械騒音の一つであるファン騒音については、CFD解析を利用した静粛化が主流となってきており、±数dB程度の誤差で騒音予測が可能となってきた⁽¹²⁾。その他の解析技術の研究としては、時間領域有限差分法（FDTD法）を用いた固体音解析⁽¹³⁾、流体・振動・音響を連成させた大規模解析による自動車車室内の騒音予測⁽¹⁴⁾の研究などが進められている。一方、騒音低減だけでなく、機械音の音質改善（快音化）も精力的に取り組まれており、作動音の音質を設計段階から考えたクリーナーが商品化されたり⁽¹⁵⁾、ANCを用いて自動車のこもり音を抑えつつスムーズな加速音を作り出す音質調整技術⁽¹⁶⁾などが実用化された。今後は人の感性を含めた音質評価指標の研究、さらには音質評価と目標音質を実現する設計手法がますます求められる。



図2 デコンボリューションによる音源解像度向上

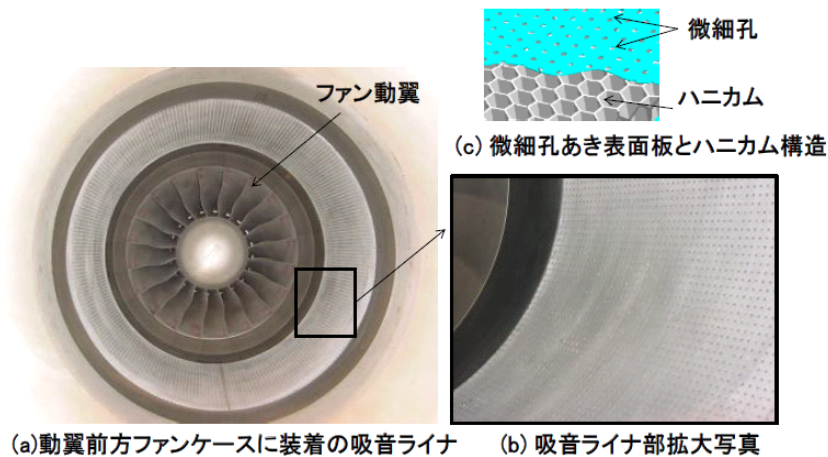


図3 ジェットエンジン吸音ライナの一例

9.2.2 第1技術委員会での活動

第1技術委員会では、人間の生活環境における騒音や振動の問題に取り組んでいる。メンバーは大学の教員、企業などで騒音・振動問題に取り組む第一線の研究者を中心に24名で構成されている。第1技術委員会では、小学生に音や振動を身近に感じていただくため、2008年度より夏休みに「手作りで音を楽しもう一環境にやさしい夏休み親子向けイベント」を開催（2009年度から4年間は関東・関西の2か所で開催している。2006年度より機械の設計・開発技術者を対象に実施している技術講習会は、2012年度から中級技術者向けの講習会も加え、年間2回実施している。その他第1技術委員会メンバーのレベルアップや意見交換の場として、「機械音の快適化技術」研究会に引き続き、2009年度からは「音・振動快適化技術と新しい評価法」研究会を開催している。

[栗田 健 東日本旅客鉄道(株)]

参考文献

- (1) 環境白書（平成19年版～平成28年版），環境省
<http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/>（参照日2017年1月24日）
- (2) 栗田健，秋山悟，高野靖，中島伸治，四釜敏男，E5系・E6系新幹線電車の車外騒音低減技術，日本機械学会誌，Vol.118，No.1158（2015），p.264.
- (3) 横川穰，飛行中の航空機に対する機体空力騒音源計測技術，ながれ，Vol.33，No.5（2014），pp.429-436.
- (4) 星野康，木山雅和，八並心平，木元肖吾，河井康人，荒木邦彦，エッジ効果抑制を用いた減音装置の開発—流れ抵抗調整材と筐体の影響に関する検討—，日本騒音制御工学会秋季研究発表会講演論文集（2014），pp.117-120.
- (5) 大石勉，ジェットエンジン用吸音ライナの現状，日本騒音制御工学会秋季研究発表会講演論文集（2015），pp.119-120.
- (6) 西村正治，糟谷秀太郎，後藤知伸，空気圧を利用した遮音量可変型軽量遮音構造の開発（第1報：基礎試験），日本機械学会論文集B編，Vol.78，No.789（2012），pp.949-953.
- (7) 山本克也，田中信雄，朝比奈峰之，鉄道車両の内装透過音制御システムの開発（第2報，遮音板配列型騒音制御システムの提案），日本機械学会論文集C編，Vol.75，No.752（2009），pp.890-897.
- (8) Kuo, S.M., Liu, L., Gujjula, S., Development and application of audio-integrated ANC system for infant incubators, Noise Control Engineering Journal, Vol.58, No.2（2010），pp.163-175.
- (9) 梶川嘉延，周期性騒音の制御とMRIへの応用，計測と制御，Vol.51，No.12（2012），pp.1123-1128.
- (10) 江波戸明彦，蛭間貴博，西村修，アクティブ制御を用いた視聴空間の音場制御，計測と制御，Vol.51，No.12（2012），pp.1150-1156.
- (11) 大野佳子，横田和哉，木庭洋介，石川諭，雉本信哉，室内残響音場における評価点の移動に追従する能動音響制御，日本機械学会第23回環境工学総合シンポジウム2013講演論文集（2013），pp.20-23.
- (12) 岩瀬拓，ファンの性能と騒音の予測，ターボ機械，Vol.43，No.9（2015），pp.537-543.

- (13) 朝倉巧, 宮島徹, 豊田政弘, 時間領域差分法による固体音解析, 日本機械学会第 25 回環境工学総合シンポジウム 2015 講演論文集 (2015), pp. 34-36.
- (14) 飯田明由, 加藤千幸, 吉村忍, 飯田桂一郎, 橋爪祥光, 山出吉伸, 秋葉博, 恩田邦藏, 空力・構造振動・音響連成解析による自動車車室内騒音の予測, ながれ, Vol. 33, No. 2 (2014), pp. 119-123.
- (15) 大富浩一, 穂坂倫佳, 製品音のデザイン, 日本音響学会誌, Vol. 68, No. 1 (2012), pp. 25-30.
- (16) Sano, H., Modern advancements in passive and active noise and vibration control technology in automobiles, Proceedings of INTER-NOISE2011 (2011).

9.3 資源循環・廃棄物処理技術分野の動向

9.3.1 資源循環・廃棄物を取り巻く環境の変化

我が国は 2007 年に閣議決定された「21 世紀環境立国戦略」⁽¹⁾により, 地球規模で環境問題が深刻化している状況の解決を図るため, 低炭素社会, 循環型社会, 自然共生社会づくりの取組みを進めてきた。

そのような状況において, 2011 年 3 月の東日本大震災と東京電力福島第一原子力発電所事故等より, 資源循環・廃棄物を取り巻く環境は, 国の内外で大きく変化した。東日本大震災によって生じた災害廃棄物は約 2,000 万トン (推定)⁽²⁾に達し, これはわが国全体の一般廃棄物発生量の約 4,400 万トン (2014 年度)⁽³⁾の半分弱に相当する膨大な量であった。また, 東日本大震災は, エネルギー安定供給の脆弱性を露見させ, エネルギー政策の見直しを喫緊の課題として認識させることになった。このような課題を解決するための選択肢の一つとして, 「再生可能エネルギー固定価格買取制度 (FIT 制度)」が 2012 年 7 月から開始され, 2014 年に閣議決定された「エネルギー基本計画」においても, 再生可能エネルギーは重要な低炭素の国産エネルギー源として位置付けられている。

国際的な動向として, 2013 年に「水銀に関する水俣条約」が採択され, 2016 年に京都議定書に代わる新たな気候変動に関する国際的な枠組みである「パリ協定」が発効され, わが国の優れた環境技術を国際展開し, 地球規模での対策を推進することが求められている。

9.3.2 技術動向・トピックス

膨大な量の災害廃棄物処理は既存処理施設の活用, 仮設処理施設の設置及び広域処理の実施により, 目標として掲げた 2014 年 3 月末の時点で処理が完了した (福島県の一部除く, 図 4)。災害廃棄物全体の約 8 割に相当する約 1,600 万トンについて再生利用が行われた⁽²⁾。放射性物質への対応として, 災害廃棄物や処理後物, 焼却による排ガスの放射性物質濃度測定を継続して行い, 適切な処理となるように管理を徹底した⁽⁴⁾。

東日本大震災以降, エネルギー・地球環境問題に対応するために, 自立分散型エネルギーの利用・普及拡大の重要性が高まっている。ごみ焼却施設は全国の地方自治体単位で設置された分散型のエネルギー回収施設であり, バイオマス発電量に占めるごみ焼却施設の発電量は 60%程度である⁽⁵⁾ (図 5)。現在, ごみ焼却施設の更なる高度化利用として, 災害時の緊急電源や防災拠点等, 低炭素の観点から, 地域のエネルギーセンターとしての整備が進められている。

水俣条約の採択により, 排ガス中の水銀除去技術は世界的にも注目され, 研究・開発されている。わが国の産業界はすでに水銀のクリーン化を実施しており, 廃棄物処理施設においてはダイオキシン類対策として実施しているバグフィルター上流での活性炭噴霧により, 排ガス中の水銀を除去している⁽⁶⁾。現在は, 活性炭噴霧量を制御することで, 効率的に排ガス中の水銀を除去する高度な技術開発も進んでいる⁽⁷⁾。

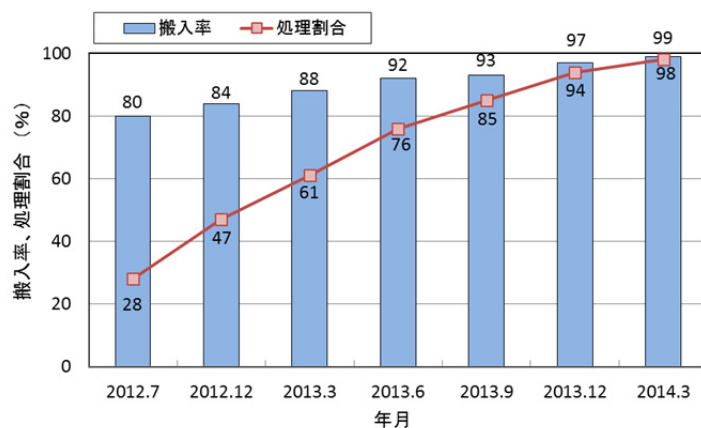


図4 災害廃棄物の搬入率、処理割合の推移
(出典：環境省災害廃棄物対策情報サイトより引用、一部修正)

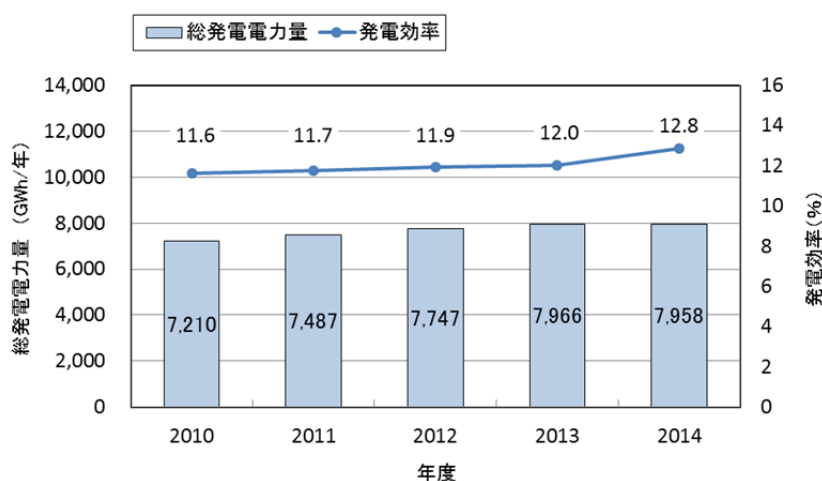


図5 ごみ焼却施設の総発電電力量と発電効率の推移
(出典：日本の廃棄物処理（平成26年度版）より引用、一部修正)

9.3.3 委員会での活動

第2技術委員会では、廃棄物由来のエネルギー回収や廃熱の有効利用、さまざまな公害物質の排出抑制を含めた環境負荷低減や、資源の積極的なリサイクルなどについて議論している。今後も見学会や講習会を企画し、社会インフラ全体としての廃棄物処理システム、資源循環システムのあるべき姿について引き続き議論を深めたいと考えている。

[富田 康弘 三井造船(株)]

参考文献

- (1) 「21世紀環境立国戦略の概要」(2007-6閣議決定), 環境省
- (2) 災害廃棄物対策情報サイト_災害廃棄物処理の進捗管理, 環境省
http://koukishori.env.go.jp/archive/h23_shinsai/implementation/progress_management/
(参照日 2016年12月1日)
- (3) 一般廃棄物処理事業実態調査の結果(平成26年度)について, 環境省
http://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/h26/index.html(参照日 2017年1月20日)
- (4) 宮城県, 東日本大震災に係る災害廃棄物処理業務総括検討委員会, 東日本大震災に係る災害廃棄物処理業務総括検討報告書(平成27年2月), pp. 42

- (5) 一般財団法人日本環境衛生センター今後のごみ発電のあり方研究会, 今後のごみ発電のあり方について(平成 26 年 7 月), pp. 1
- (6) 高岡昌輝: 水俣条約を踏まえた水銀大気排出規制, 廃棄物資源循環学会誌, Vol. 27, No. 6 (2016), pp. 412-421
- (7) 長尾厚志, 平山敦, 臼井祐人, 三浦崇: 活性炭吹込み制御による排ガス中水銀除去技術の高度化, 第 27 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演集(2016), C3-4, pp. 345-346

9.4 この 10 年の「大気・水環境保全技術分野」での技術動向・トピックスと第 3 技術委員会での活動

9.4.1 大気環境保全技術

近年のグローバルな大気汚染, 微生物汚染・感染などの環境問題の顕在化が課題となっている。ここ 10 年の当技術委員会では, 大気圧プラズマ技術を適用した研究活動が活発である。自動車や船舶で使用されるディーゼルエンジン排ガスの処理技術や, 揮発性有機化合物の除去, さらに病源性微生物殺滅法と医療応用など, その応用分野は多岐にわたっている。

大気汚染は主に自動車や工場, 火力発電所などの燃焼装置から発生する排ガス中に含まれる NO_x や SO_x , 二酸化炭素等のガス状物質と粉じん, 煤じんの粒状汚染物質(PM)がある。大気中に浮遊して環境に影響を与え, 体内に取り込まれて沈着し, 健康障害を引き起こす微小 PM の排出抑制とその除去技術の開発が課題となっている。大気中の浮遊粒子の粒径分布を図 6 に示す。個数分布のピークは粒径 10nm の大きさのナノ粒子の領域に集中しており, 粒径が 30nm 以上の大きな粒子は非常に数が少ない。しかし, 質量分布では粒子数の少ない粒径 300nm 近辺にピークを持つ分布となっている。また, ディーゼル排ガス中に含まれる PM の個数粒径分布は, 粒径 50nm~100nm にピークがあり, 非常に小さな粒子で構成されている。

粒径 $2.5 \mu\text{m}$ 以下の粒子は PM2.5 と呼ばれ, 単一の化学物質ではなく, 炭素, 硝酸塩, 硫酸塩, 金属を主成分とするさまざまな物質の混合物となっている。PM2.5 などの粒子状物質の発生源としては, ボイラー等のばい煙を発生する施設, 自動車, 船舶等の移動発生源, 塗装や印刷等の VOC(揮発性有機化合物)を発生させるものなど, 多種多様な人為起源がある。また, 自然起源としては, 火山や黄砂の他に, 植物から蒸発する VOC などもある。近年では中国において PM2.5 の排出が問題視され, 各種の除去技術の導入が図られつつある。空気中に浮遊する PM を取り除く手段として各種の集じん装置がある。集じん装置には, ろ過式集じん装置(バグフィルター), 機械式集じん装置(サイクロン), および電気集じん装置があり, 当技術委員会でも研究開発成果の報告が多い。

船舶用ディーゼルエンジンの燃料は重油であり, 軽油燃料に比べ NO_x や SO_x , PM などの排出が格段に多い。国際海事機関(IMO)では, 船舶からの排ガスに含まれる NO_x , SO_x , PM の排出量を規制するため, MARPOL73/78 条約付属書 VI を採択し, 2005 年 5 月に発効した。さらに 2010 年には条約付属書 VI 改正案が発効された。排出削減は段階的導入が規定されており, NO_x については第 66 回海洋環境保護委員会(MEPC66)において, 1 次規制に対して約 80%削減する第 3 次規制に 2016 年 1 月から移行した。この規制は既に指定されている北米及び米国カリブ海の排出規制海域(Emission Control Areas)に対し適応される。船舶用ディーゼル排ガス中の NO_x 処理技術⁽¹⁾としてはエンジン内の燃焼状態を変化させて NO_x を低減する EGR(Exhaust Gas Recirculation)と, アンモニアや尿素と触媒を用いる脱硝装置の SCR(Selective Catalytic Reduction)の適応が進められている。一方, PM の排出量は燃料中の硫黄分に大きく依存するため, SO_x と同じ燃料中の硫黄分濃度で規制されており, 3 次規制では 2020 年までに硫黄分濃度を現状の 3.5%から 0.5%まで削減するか, 燃料変更と同等の排ガス浄化装置を設置しなければならない。各有害物質の処理装置は開発されているが, 実用プロセスに適応した運転条件, コスト等の未解決問題が多く残っている。

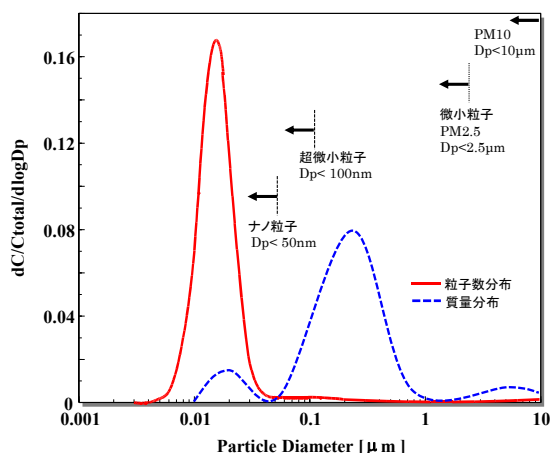


図6 浮遊粒子の粒径分布

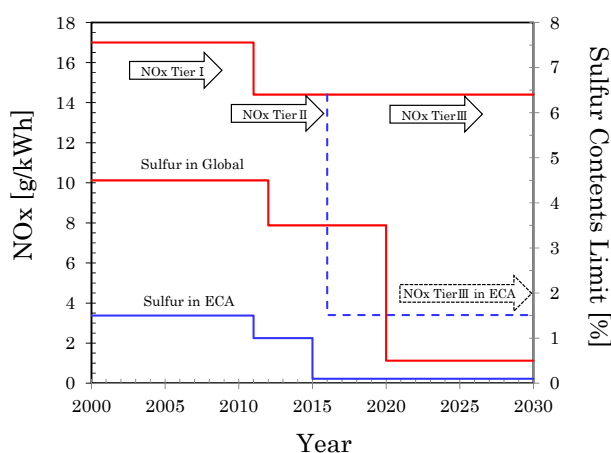


図7 IMOによるNO_x, SO_x規制

9.4.2 水環境保全技術の展開と今後の展望

(1) 浄水技術

主に浄水場で適用される浄水技術は、河川水や地下水などの水道原水を処理して、飲料水として適する水質まで浄化する技術である。主に戦前より適用されてきた緩速ろ過技術、主に戦後に普及が進んだ急速ろ過技術に加え、近年は限外ろ過膜あるいは精密ろ過膜を用いた膜分離技術が注目を集めている。我が国における膜ろ過浄水施設は、1992年度末で7か所、総浄水能力1,000 m³/日であったものが、2015年度末で861か所、総浄水能力164万4000 m³/日にまでになり⁽²⁾、順調に普及しているといえるものの、全国の上水道事業、水道用水供給事業、簡易水道事業を合わせた全体の浄水施設能力に比べると、まだ約1.7%程度である⁽³⁾。

1996年の越生町におけるクリプトスポリジウム集団感染から、水道システムにおけるクリプトスポリジウム対策が重要課題となり、特に地下水を水源とする小規模水道において、塩素消毒、あるいは緩速ろ過による浄水場からの膜ろ過への更新が急速に進んだ。しかしながら、2007年3月に「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針」がとりまとめられて紫外線処理が清澄原水におけるクリプトスポリジウム対策として位置づけられてからは特に、クリプトスポリジウム対策以外の膜浄水導入のメリットが求められるようになってきた。

我が国の膜浄水システムの開発は1991年に始まるMAC21プロジェクトによって、その技術的土台ができたものであるが、同プロジェクトにおける実証実験は江戸川の表流水を原水としており、また、膜浄水のメリットとしては、浄水水質が圧倒的に優れていることや、原理上凝集剤を用いる必要がないことが強調されていた。2008年ごろからは、表流水を対象とした大規模な膜浄水施設の導入がすすみ、2014年には施設能力17万2800 m³/日の横浜市川井浄水場が稼働されるに至っている。

浄水水質が優れていることに加え、省スペース性、維持管理の容易性などの多くの長所を持つ膜浄水ではあるが、水道事業体側に、建設コストが高い、消費電力量他の維持管理費が高い、システムがブラックボックスとなっており、事業体職員のみでの対応が困難である、などの理由があるといわれているが、水源地の位置エネルギーを利用した省エネルギー化した事例もみられるようになっており、あらたな膜素材の開発やシステム開発によって、膜分離技術が普及することが望まれる。

(2) 下排水処理技術

膜分離技術は下排水処理、とりわけ再利用が求められる水資源のひっ迫した地域（中国、中東、アメリカ西海岸など）において普及が進んでいる。活性汚泥法の処理水をさらに膜分離により浄化するケースと、活性汚泥法の固液分離を膜分離で行う膜分離活性汚泥法（MBR, Membrane Bioreactor）の2種類があるが、両技術とも、限外ろ過膜あるいは精密ろ過膜を利用する点では共通している。ただし、前者では、ろ過システ

ムは基本的に膜浄水と同じであるが、後者は活性汚泥濃度を約 10000mg/L に高めるなど、汚泥の管理技術と一体となった膜分離技術である。また、MBR は膜分離モジュールを反応槽の外に設置する槽外タイプと、膜モジュールを反応槽に直接浸漬させる浸漬タイプの 2 種類があるが、省エネルギーが図れる後者が主に普及している。また、膜モジュールには中空糸タイプと平膜タイプの 2 種類があるが、世界的には大きい膜面積を確保できる中空糸が主流となっている。MBR はエネルギー消費量が従来タイプの標準活性汚泥法の 2 倍程度以上となっており、これが普及のための阻害要因となっているが、曝気の効率化、ICT の活用などによって、改善されつつあり、今後の技術革新が望まれる。

下排水処理工程では、必ず汚泥が発生するが、汚泥のメタン発酵などによってエネルギー回収をする技術は近年目覚ましい発展を遂げている。発生したメタンを用いて発電する技術に加え、メタンから水素を生成して燃料電池に利用する技術などの開発も進んでおり、さらなる技術革新が期待される。

[江原由泰 東京都市大学, 長岡裕 東京都市大学]

参考文献

- (1) 平岡直大, 「IMO NOx TierⅢ対応低圧 EGR システム」日本マリンエンジニアリング学会誌 Vol151, No3 (2016), pp265-268
- (2) (公財) 水道技術研究センター, 「JWRC 水道ホットニュース 523 号」より
- (3) 平成 25 年度水道統計, 平成 25 年度全国簡易水道統計を集計

9.5 「環境保全型エネルギー技術分野」での技術動向

9.5.1 地球温暖化対策と冷媒規制

近年、地球温暖化の影響による、気候変動や砂漠化、海面上昇など環境破壊の進行が報告されるとともに地球環境保護への取り組みが提言され、国際的な枠組みで気候変動への対応が議論されている。これまで、オゾン層保護の観点からモントリオール議定書でオゾン層破壊物質である CFC/HCFC 冷媒規制が行われてきたが、近年では地球温暖化防止の観点から、その枠組みで温室効果が高い HFC 冷媒の削減規制について議論されている。欧州では F-gas 規制により、「GWP (地球温暖化係数) × 量」から計算される排出規制が開始されており、国内では、2015 年 4 月にフロン排出抑制法が施行され、漏えい量の削減に向けた規制以外に、使用する冷媒を自然冷媒や今後開発される低 GWP フロン冷媒に転換することが目標に掲げられている。各分野の指定製品物質転換時期と目標 GWP を表 1 に示す⁽¹⁾。

HFC 規制に関しては、エアコン、空調等の将来需要の大きい途上国と、すでに規制準備を進めている先進国の間の調整が進まず、対立を続けてきた。しかし、2015 年末にフランス・パリで開催された気候変動枠組条約第 21 回締約国会議 (COP21) において決定したパリ協定の発効が確定したことで、世界的に地球温暖化対策への機運が高まり、各国が歩み寄った。2020 年以降の新しい温暖化対策の枠組みでは、温室効果ガス削減について各国が削減目標を提示し、我が国も 2030 年度に 2013 年比で 26%削減することを約束した。さらに、2016 年にルワンダのキガリで開催されたモントリオール議定書第 28 回締約国会合 (MOP28) では、HFC の段階的削減義務などを定める改正が採択された。そのスケジュールを表 2 に示す⁽²⁾。本改正議定書が着実に実施されることにより、今世紀末までの HFC 由来の地球全体の平均気温上昇は 0.06℃分に抑制可能の見込みである。これを受け、国内でもこの合意に対応するための各種検討が開始されている。

9.5.2 冷媒規制への対応

地球温暖化に対応した低 GWP の冷媒候補は、可燃性の傾向が強くなり、その対策が課題となる。空調冷凍など各分野に適した、GWP が低く、かつ省エネ性能の高い冷媒の探索が国際的に続けられている。空調分野では、R410A から R32 への転換検討が進められている。R32 は微燃性冷媒であり、特に冷媒使用量が多い大型機器での扱いが課題となるため、高圧ガス保安規制の緩和などが検討されている。同様に、主に冷蔵冷凍分野で使用される R134a, R404A 冷媒についても代替冷媒の研究が続けられている⁽¹⁾。

9.5.3 ZEB・ZEH

地球温暖化対策として、ビルや家庭部門での省エネが求められており、快適な心地よい暮らしを実現しつつ高い省エネ・低炭素効果を発揮する ZEB (Zero Energy Building)、ZEH (Zero Energy House) に対する取り組みが国際的に進んでいる。ZEB・ZEH では、建築外皮の断熱性能向上、自然エネルギーの積極的な活用、高効率な設備システムの導入等により、大幅な省エネを達成したうえで、太陽光などの再生可能エネルギーを導入することで、年間の一次エネルギー消費量の収支をゼロにすることを可能としたビルや住宅を目指している。国内では 2014 年 4 月に閣議決定されたエネルギー基本計画では「2020 年までに新築公共建築物等で、2030 年までに新築建築物の平均で ZEB を実現することを目指す」、また、住宅については、「2020 年までに標準的な新築住宅で、2030 年までに新築住宅の平均で ZEH の実現を目指す」と謳われており⁽³⁾⁽⁴⁾、その対応が進んでいる。空調、換気、照明などの機器単体の省エネ性能が求められるとともに、それらを高効率に運用する技術も重要であり、センサーと通信機能による IoT 技術 (Internet of Things)、情報を分析し最適解を探索する人工知能 (AI; Artificial Intelligence) などの情報処理技術との融合による発展が期待される。

9.5.4 第 4 技術委員会での活動

第 4 技術委員会は、冷凍空調分野、新エネルギー分野、ヒートアイランド等の環境分野等を広くカバーしている。活動としては、年数回の委員会開催と、講習会や見学会、夏休み親子向け行事などを企画している。講習会では冷凍空調シミュレーション、デンカントなどに関する技術講習を、見学会では、電力・エネルギー供給設備、地域冷暖房、スマートコミュニティなどの見学を、親子向け行事では、熱の性質、蓄熱、ヒートポンプ体験などの教室を開催している。当委員会の果たす役割はますます重要性を増している状況である。

表 1 分野ごとの目標年度と目標 GWP (経済産業省産業構造審議会フロン類対策 WG)

指定製品の区分	現在使用されている 主な冷媒及びGWP	環境影響度 の目標値	目標年度
家庭用エアコンディショナー (壁貫通型等を除く)	R 410A(2090) R 32(675)	750	2018
店舗・オフィス用エアコンディショナー (床置型等を除く)	R 410A(2090)	750	2020
自動車用エアコンディショナー (乗用自動車(定員11人以上のものを除く)に掲載されるものに限る)	R 134a(1430)	150	2023
コンデンシングユニット及び定置式冷凍冷蔵ユニット (圧縮機の定格出力が1.5kW以下のものを除く)	R 404A(3920) R 410A(2090) R 407C(1770) CO ₂ (1)	1500	2025
中央方式冷凍冷蔵機器 (5万㎡以上の新設冷凍冷蔵倉庫向けに出荷されるものに限る)	R 404A(3920) アンモニア (一桁)	100	2019
硬質ウレタンフォームを用いた断熱材 (現場発泡用のうち住宅建材用に限る)	HFC-245fa(1030) HFC-365mfc(795)	100	2020
専ら噴射剤のみを充填した噴霧器 (不燃性を要する用途のものを除く)	HFC-134a(1430) HFC-152a(124) CO ₂ (1), DME(1)	10	2019

表 2 モントリオール議定書 (2016 年 キガリ改正) の HFC 段階削減スケジュール

	開発途上国 第1グループ(注1)	開発途上国 第2グループ(注2)	先進国(注3)
基準年	2020-2022年	2024-2026年	2011-2013年
基準値 (CO ₂ 換算)	各年の HFC 量の平均 + HCFC の基準値の 65%	各年の HFC 量の平均 + HCFC の基準値の 65%	各年の HFC 量の平均 + HCFC の基準値の 15%
凍結年	2024年	2028年(注4)	なし
第1段階	2029年 ▲10%	2032年 ▲10%	2019年 ▲10%
第2段階	2035年 ▲30%	2037年 ▲20%	2024年 ▲40%
第3段階	2040年 ▲50%	2042年 ▲30%	2029年 ▲70%
第4段階			2034年 ▲80%
最終削減	2045年 ▲80%	2047年 ▲85%	2036年 ▲85%

- (注1) 途上国第1グループ：開発途上国であって、第2グループに属さない国。
- (注2) 途上国第2グループ：印、パキスタン、イラン、イラク、湾岸諸国。
- (注3) 先進国に属するベラルーシ、露、カザフスタン、タジキスタン、ウズベキスタンは、規制措置に差異を設ける（基準値について、HCFCの算入量を基準値の25%とし、削減スケジュールについて、第1段階は2020年に▲5%、第2段階は2025年に▲35%削減とする）。
- (注4) 途上国第2グループについて、凍結年（2028年）の4～5年前に技術評価を行い、凍結年を2年間猶予することを検討する。

〔豊島 正樹 三菱電機(株)〕

参考文献

- (1) 特集「冷凍空調分野の低GWPフロン冷媒とブライン」, 冷凍, Vol.91, No.1062 (2016), pp.2-64.
- (2) モントリオール議定書第28回締約国会合の結果, 環境省
http://www.env.go.jp/earth/ozone/montreal/mop28_result.html (参照日 2017年2月2日)
- (3) ZEBロードマップ検討委員会におけるZEBの定義・今後の施策など, 経済産業省
http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/zeb_report/pdf/report_160212_ja.pdf
(参照日 2017年1月22日)
- (4) ZEH普及に向けて～これからの施策展開～, 経済産業省
http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/zeh_report/pdf/report_160212_ja.pdf
(参照日 2017年1月22日)