

木質バイオマスストーブ普及のための 環境ガイドライン

平成 24 年 3 月

環境省

平成 23 年度地球温暖化対策と大気汚染防止に資する
コベネフィット技術等の評価検討委員会

ごあいさつ

近年、地球温暖化への対策とともに微小粒子状物質（PM_{2.5}）の発生抑制の効果も期待されることから、学校等の公共施設や家庭の暖房用として木質バイオマスを燃料とするストーブが注目されています。一方、不適切な利用、維持管理等により発生する煙や臭気により、近隣住民からの苦情申し立てが発生しており、これが当該ストーブの普及・促進の妨げにもなっていると考えています。

我が国における大気汚染防止対策として、昭和42年8月に制定された「公害対策基本法」に盛り込まれた基本的な施策の具体化のため、昭和43年6月に、「大気汚染防止法」が公布され、未然防止の見地からの対策が強化されました。また、昭和45年12月に、「大気汚染防止法の一部を改正する法律」が公布され、ばい煙の排出を規制する地域を全国に拡大する等、大気汚染の未然防止の徹底が図られてきました。その後も必要により法改正が行われています。

しかしながら、大気汚染防止法は工場・事業場に設置される一定規模以上のばい煙発生施設からのばい煙の排出を規制しており、家庭等で使用されるもの、又は小規模な木質バイオマスを燃料とするストーブは同法の規制の対象外となっています。

このため、「地球温暖化対策と大気汚染防止に資するコベネフィット技術等の評価検討委員会（委員長：堀尾正鞠（東京農業大学名誉教授・龍谷大学教授）様）を設置し、平成21年度から23年度の3カ年にわたり木質バイオマスを燃料とするストーブの燃料や維持管理に関する諸外国及び国内における基準、利用状況等の実態を把握し、また、適正な利用、維持管理方法について整理し、ガイドラインとして取りまとめていただきました。

今後、このガイドラインが当該ストーブの普及・促進のため、当該ストーブに係る事業者や関係団体等に広く活用していただければ幸いです。

環境省水・大気環境局大気環境課 課長 山本 光昭

ごあいさつ

3-11 東日本大震災の後、エネルギー状況は大きく一変しました。一層の省エネと再生可能エネルギー（風力、水力、太陽光、地熱等）の重要性が、たんに地球温暖化対策という視点からだけでなく、防災、エネルギー自給やエネルギー対外支払いの削減といった現実的な視点から、改めて広く認識されるようになりました。制度面でも、再生可能エネルギー固定価格買い取り制度の発足や、各地の自治体における新しい施策に基づく補助金等の整備が進んでいます。しかし、分散型エネルギーの主役の一つであるバイオマスの場合、それらの施策による効果もさることながら、設計・施工や管理状態の不備から発生する煙や煤の問題がその広範な普及を阻んできたきらいがあります。したがって、国民各層がバイオマスの量的な普及を安心して進めるためには、バイオマス利用から発生する可能性のある各種の有害副生物の発生を十分抑制して、安全・安心な利用方法を確立することが重要な条件になるといえるのです。

家庭等での小口バイオマス利用が進んでいる欧米諸国においては、すでに 90 年代に、発がん性等の健康影響に関連した各種の基準が整備されてきています。わが国においても、バイオマス利用の安全・安心についての具体的・科学的な知見を普及することは、バイオマスの適正な利用を促進し、利用者と非利用者の間での摩擦等を回避し、バイオマスの大幅な普及、温暖化対策、地域のエネルギー自立、各種機器メーカーや燃料供給者における技術改善や規格の確立等に大きく資するものと考えられます。

このような背景から、大気汚染防止と温暖化防止・エネルギー（燃料・電気代）出費の抑制をともに実現する「コベネフィット事業（正式名称：環境省補助事業「地球温暖化対策と大気汚染防止に資するコベネフィット技術等の評価検討業務」）」（平成 21-23 年度）により、環境影響に配慮したバイオマス普及へのガイドラインを作成することになりました。わが国の小口バイオマス利用の普及にとっては、たいへん大きな意義があるといえます。東日本大震災という未曾有の事態をはさんだ時間的にも予算的にもきわめて制約の多い中でしたが、委員各位、関係諸団体、市民 NPO、メーカー、流通関係者等皆さまの熱意により、なんとかこのガイドラインをまとめることができました。この場をお借りして頂いたご支援に厚くお礼を述べさせていただきますとともに、今後、全国各地の皆さまが、このガイドラインを活用して技術改善や実務関係者・市民各位への啓発を進めてくださいますことを祈り、私のご挨拶といたします。

地球温暖化対策と大気汚染防止に資するコベネフィット技術等の評価検討委員会 委員長
東京農工大学名誉教授・龍谷大学教授
堀尾正靱

第1章 目的および要約

1.1 はじめに

(1) ガイドライン策定の背景

地球温暖化への対策や再生可能エネルギーへの関心の高まりから、公共施設や家庭などでの薪や木質ペレット等の木質バイオマス燃料が急速に普及してきている。しかし、木質バイオマスを燃料とする燃焼機器から排出される汚染物質の量とその影響についての認識は、わが国ではまだ十分ではない。また、人口密集地域では、木質バイオマスストーブの煙や臭いについてのトラブルが増加しており、この対応策も求められる。木質バイオマス燃料を促進するためには、燃焼時における大気汚染物質の発生を、機器供給者、設置施工者、燃料供給者、個々の利用者がそれぞれの自覚的な努力によって十分に制御し、国民の健康維持に努める必要がある。

木質バイオマスを利用する家庭用ストーブの普及を進めるためには、国内では排ガス制御、機器や燃料の規格、設置の基準等の整備が必要である。

そのため、木質バイオマスの適正な利用のための方法等を記載したガイドラインを作成することにより、安全性の向上、トラブルの回避、市民の理解促進による不必要なクレームの低減等を通じて、温暖化対策のための持続的な木質バイオマスの普及、拡大に資することができると考えられる。

(2) ガイドラインの対象読者

本ガイドラインが対象とする読者は、木質バイオマスストーブについて詳しく知りたいユーザー、木質バイオマスストーブのメーカーや取扱会社、設置事業者、自治体関係者、普及活動にかかわる市民団体・NPO 等である。

(3) 薪ストーブおよびペレットストーブ対象機器

薪ストーブ編で対象とする機器は、薪を燃料とする室内暖房装置のうち、火室を密閉する扉を持つものに限定し、暖炉は対象外とする。(ただし、暖炉についても多くの共通点があるので参考にして頂きたい。(第2章章 図 2-13 も参照のこと。))

ペレットストーブ編で対象とする機器は、木質ペレットを燃料とする室内暖房装置のうち、電気で作動しているものに限定する。電気制御のないペレットストーブは薪ストーブに準じること。

(4) 参照する規格・基準等

本ガイドラインでは、日本の制度に加え、木質バイオマスストーブが多く普及している米国や欧州の規格・基準等についても紹介し、参照する。米国や欧州では、燃料・機器の規格や設置基準、排ガス規制等の整備が進んでいる。ストーブの普及状況^{*}から、薪ストーブについては米国、ペレットストーブについては欧州の制度を参照することとする。

※暖炉・薪ストーブの所有率は日本では 1.5%、米国では 22.4%(2004 年)¹。ペレットの需要規模は日本の 9 万トン(国産品、輸入品含む)に比べ、欧州は 800 万トンを超えている²。

¹ 大阪ガス(株)エネルギー・文化研究所、「暖炉のある暮らしの伝統を守る英国の暮らし～日英米における『暖炉』等の使用実態調査～」(2005), <http://goo.gl/Wmwjld>

² ペレットクラブ プレスリリース、「木質ペレット燃料に関する自主規格改定と認証開始のお知らせ」(2011), <http://goo.gl/DiH56>

1.2 本ガイドラインが目指すこと

(1) 木質バイオマスストーブの普及、拡大

木質バイオマスは、人類が古来より燃料として利用してきたものであり、19世紀までは薪炭としてエネルギーの主流であった。20世紀には石炭、石油にとって代わられたものの、21世紀になってエネルギー・環境問題軽減に貢献できると見直されるようになった。この理由としては、森林の成長とバランスした木質バイオマスエネルギー利用は再生可能であり、燃焼により発生した二酸化炭素は、樹木の成長により吸収されることからカーボンニュートラルな資源であること、膨大な賦存量を有すること、林業・林産業との連携も有効であること、貯蔵ができること、人類と「火」との長い歴史的文化的関係から癒し効果も期待されることなどが挙げられる。

化石燃料を利用する場合は、そのお金の多くは原油産油国に流れるが、木質バイオマスストーブで使われる薪やペレットは、身近な森林資源を燃料とするため、地域経済に対する貢献度が高い。

しかし、住宅の気密性の向上、集合住宅の増加、国民の平均年齢の上昇など、かつて木質バイオマス燃料が多用されていた昭和30年代以前とは異なる今日の状況下では、燃焼副生物の健康影響や火災の可能性について、より注意深い検討と対応が必要になっている。

本ガイドラインでは、このような木質バイオマスストーブの安全・安心な普及、拡大のために、適正な利用法を具体的なデータに基づいて示すことを目指す。

(2) 木質バイオマスストーブの使用によるリスクと予防策の啓発

木質バイオマスストーブ使用のリスクとして、木質バイオマスの燃焼にともない発生する排ガスの健康および大気環境への影響がある。木質バイオマスの排ガスには、一酸化炭素 (CO)、揮発性有機化合物 (VOC)、多環芳香族炭化水素 (PAH)、粒子状物質 (PM) 等の有害な成分が含まれるほか、不適切な燃料を使用した場合には、窒素酸化物 (NO_x) や硫黄酸化物 (SO_x)、ダイオキシン等が発生し、健康への影響が発生する可能性がある。さらに今後、木質バイオマスストーブが普及すれば、人口密集地においては面的な大気汚染源になることも考えられる。しかし、このような排ガスの有害成分の排出は、適正な機器の設計、施工や適正な燃料を選択した使用により、大幅に抑制することができる。

木質バイオマスストーブの煙や臭いが原因で発生している近隣とのトラブルを回避するためには、機器の選定、設置方法、さらに使用方法についての正しい知識が必要である。

本ガイドラインでは、これらの木質バイオマスストーブ使用にともなうリスクとその改善方法について、基礎的な知見に基づき解説を行い、啓発を促すものである。

1.3 ガイドラインの要約

木質バイオマスストーブの製造・設置・燃料供給・使用・メンテナンスにあたっては以下のガイドラインを遵守する必要がある(以下、見出し数字は本ガイドラインの各章に対応している)。

1. 温暖化対策・エネルギー自立等に資する木質バイオマスストーブの国民的な普及を実現するためには、住宅の気密性の向上、集合住宅の増加、国民の平均年齢の上昇など、かつて木質バイオマス燃料が多用されていた時代とは異なる生活環境に適応し、安全な設置と有害燃焼副生物の排出抑制につとめ、安全性と使用者や近隣住民の健康維持を重視した利用方法を守る必要がある。

第 2 章. 木質バイオマスストーブ排ガスの大気環境と健康への影響 (P13～) : ストーブ排ガスに含まれる CO や VOC、PAH、PM 等の未燃成分は健康に有害であり、これらの発生を抑制させるためには完全燃焼させることが重要である。ただし、木質ストーブからのわずかな木酢臭等に対して過敏になる必要はない。

第 3 章. 燃料の品質 (P31～) : 不適切な燃料を燃焼させると、ダイオキシン、SO_x、NO_x 等の生成や重金属等の飛散のおそれがあるため、無垢の木材ないしそれによる製品以外をストーブの燃料として使ってはならない。また、燃料の含水率が高いと、不完全燃焼を引き起こし燃焼効率を低下させるだけでなく、有害な未燃分として、VOC、PAH 等が排出されるため、十分に乾燥した燃料を使うことが求められる。

原料の来歴 : 木質バイオマス燃料供給者および利用者は、燃料の来歴に注意し、建設廃材、農薬が付着した樹木、その他廃棄物を用いたものでないこと、維持管理(植林・造林)が持続的に行われている森林から伐採されたものであること、乾燥や輸送に過度のエネルギーを消費していないことなどに注意し、森林環境の荒廃に加担しないことが求められる。

第 4 章. ストーブ性能の評価方法 (P36～) : ストーブ性能の指標である熱効率や排ガス成分については、国内や米国、欧州で基準値および測定方法が定められており、これらに基づいて正しく評価すること。また機器選定の際は、熱効率が高く排ガス中の未燃成分が十分少ないものを選ぶことが大切である。

第 5 章. 設置方法 (P53～) : ストーブを設置する際は、国内法規に従うとともに、実際の施工例や海外の基準を参考にしながら、火災予防と機器の性能発揮に配慮して適正に設置し、家族など利用者自身および近隣住民の有害ガスへの被爆を防止することが求められる。

第 6 章. 運転とメンテナンス (P68～) : 燃焼の原理に則り、安全性や機能面に配慮した正しい運転・メンテナンスを実施することが求められる。

第 7 章. ガイドライン作成に関わるアンケート等の調査結果 (P74～) : 薪ストーブおよびペレットストーブを製造、販売、設置している事業者に対して実施した、性能や設置、トラブルやクレームに関してのアンケート調査結果を掲載する。現状把握の参考にされたい。

第2章 木質バイオマスストーブ排ガスの大気環境と健康への影響

2.1 木質バイオマスの燃焼過程と生成物

木質バイオマス燃焼に伴う排ガスの組成は、燃料の種類と性状(成分、水分、形状)、燃焼条件(滞留時間、空気比、燃焼温度)などの影響を受け複雑に変化する。

また、これら組成のうち有害物質は、一酸化炭素、炭化水素とタール化合物、未燃の微粒子等である。これらの物質は、良好な燃焼により完全燃焼に近づければ、大幅に減らすことができる。

したがって、木材の燃焼メカニズムを理解したうえでの、適正な燃料の選択と機器の技術改善および適正な利用が求められる。

表 2-1 木質バイオマスの元素組成

	元素分析 [wt% dry, ash free.]					
	%C	%H	%O	%N	%S	H/C比
スギの幹	51.3	6.1	42.3	0.2	0	1.43
ヒノキの幹	51.5	6.2	42.2	0.1	0	1.43
ヒノキの樹皮	54.7	5.7	39.2	0.5	0	1.24
ミズナラの幹	49.5	6.2	44	0.4	0	1.51

2.1.1 木材の組成

木材の主要な元素は炭素 (C)、水素 (H)、酸素 (O) であり、代表

的な樹種の元素組成について、※ウェットベース、水分・灰分ぬきの分率

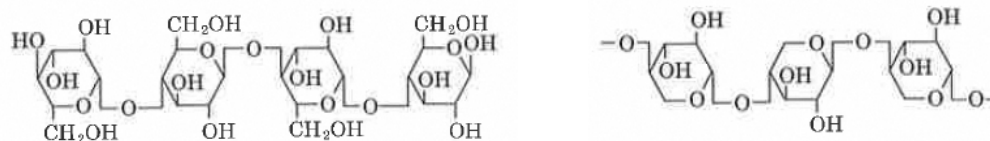
スギ、ヒノキ、ミズナラの例を表 出典:Okada T. et al., Prediction of Pyrolysis Process for Wood and Grass Biomass, J. Jpn. Inst. Energy, 87, 852 - 861 (2008)
2-1 に示す(水分、灰分以外)。

木材を構成している分子種は、セルロース、ヘミセルロース、リグニンである。その他に微量の脂質や無機物(灰分)等が含まれる。セルロースは D-グルコース (C₆H₁₀O₆) が規則正しく結合した多糖類で、分子式 (C₆H₁₀O₆)_n(重合度 n は数千~数万)で表され、H/C 比は約 1.7 である。表 2-1 の実際の樹木の H/C 比が 1.7 より大きく下回るのは、木目部分に多いリグニンの存在による。ヘミセルロースは D-キシロースや D-アラビノースなどの 5 単糖類や、D-マンノース、D-ガラクトース、D-グルコースなどの 6 単糖類を構成ユニットとする多糖類である。量が多いのは D-キシロースが結合したキシランである。リグニンはフェニルプロパンとその誘導体を構成ユニットとし、3 次元的に結合した複雑な構造の化合物である。セルロース、ヘミセルロース、リグニンそれぞれの元素組成の一例と構造式をそれぞれ表 2-2 と図 2-2 に示す。

表 2-2 木質バイオマス構成要素の元素組成例

	元素分析 [wt% dry, ash free.]					
	%C	%H	%O	%N	%S	H/C比
セルロース	44.4	6.3	49.3	0	0	1.70
ヘミセルロース	41.7	6.3	51.9	0.1	0	1.81
リグニン	63.8	5.3	29.3	0.1	1.4	1.00

※dry,ash free:無水無灰、出典:Okada T. et al., Prediction of Pyrolysis Process for Wood and Grass Biomass, J. Jpn. Inst. Energy, 87, 852 - 861 (2008)

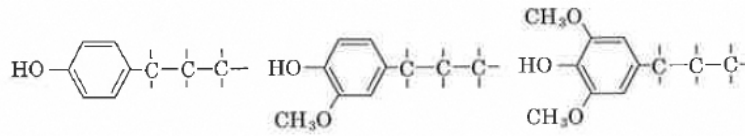


セルロースの構造

キシランの構造

図 2-1 セルロース、ヘミセルロースの構造

出典:社団法人日本エネルギー学会, バイオマスハンドブック(第2版), 株式会社オーム社, 13 (2009)

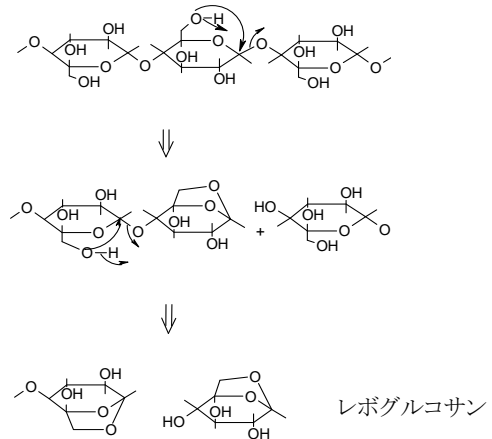


(d) リグニンの構造ユニット (プロピルフェノール誘導体)

図 2-2 リグニンの構造要素(リグニン自体はこれらの組み合わせからなる巨大分子)

出典: 社団法人日本エネルギー学会, バイオマスハンドブック(第2版), 株式会社オーム社, 13 (2009)

このうち、量が多くエネルギーのポテンシャルが高いのはセルロースである。図 2-3 に示すように、セルロースの熱分解の過程では中間物質であるレボグルコサンが生成される。大気中のレボグルコサン量は、植物燃焼の指標物質とされており、冬季に増加するという報告がある(萩野ら, 2006)。さらに熱が加えられることでレボグルコサンはタール化する。ヘミセルロースやリグニンからもタールが生成するが、タールには芳香環を多数持った PAH が多量に含まれる。しかし、燃焼条件次第では PAH はさらに重縮合してすすを生成する。酸素が存在する条件ではこれらは、可燃性ガスに酸化分解されて完全燃焼に至る。



出典: Nishimura M., Iwasaki, S., Horio, M., The Role of Potassium Carbonate on Cellulose Pyrolysis Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers 40, 630-637 (2009)

図 2-3 セルロースの熱分解過程

2.1.2 発熱量と含水率

発熱量には湿量基準高位発熱量(以下、 HHV_w とする)と湿量基準低位発熱量(以下、 LHV_w とする)がある。 HHV は生成した水蒸気の凝縮潜熱を 100%回収できた場合の総括的発熱量である。 LHV は水蒸気がそのまま放出した場合の発熱量である。

湿量基準高位発熱量: $HHV_w [MJ/kg] = HHV_d \times (1 - W_w)$

湿量基準低位発熱量: $LHV_w [MJ/kg] = HHV_w - 2.512 \times (9h_w + W_w)$
 $= (HHV_d - 2.512 \times (9h_d + W_d)) / (1 + W_d)$

HHV_w : 湿量基準高位発熱量 [MJ/kg] LHV_w : 湿量基準低位発熱量 [MJ/kg]

HHV_d : 乾量基準高位発熱量 [MJ/kg]

W_w : 含水率(湿量基準; 質量分率) [kg/kg] h_w : 水素量(使用時) [kg/kg] = $h_d / (1 + W_d)$

W_d : 含水率(乾量基準; 質量分率) [kg/kg] h_d : 水素量(全乾時) [kg/kg] $\approx 0.06^*$

※一般的な木材の水素の質量分率。

(改訂 4 版木材工業ハンドブック, 17 章, p1037 を一部引用)

なお、 W_d は乾量基準含水率(水分量/全乾木材重量)、 W_w は湿量基準含水率(水分量/全木材重量)であり、両者の間には、次の関係がある。

$$W_w = W_d / (1 + W_d)$$

木材の含水率が高まるにつれてその木材の LHV は直線的に低下する。

2.1.3 木材の燃焼プロセス

燃焼とは、適切な空気量と高い温度の下で、燃料中の可燃物質が酸素と反応するプロセスである。木材のような固形燃料が燃焼する際は、表 2-3 に示すような段階を経る。

表 2-3 木材の燃焼プロセス

段階	温度※	動き	結果
1. 水分の蒸発	100 度以上	燃料に含まれる水分が放出される	熱は吸収され、放出されない
2. 可燃性ガスの放出	260 度付近	熱分解:化合物が生成・放出される	熱はあまり放出されない
3. ガスの発火と燃焼	280 ~ 660 度	適量の酸素と熱でガスが発火する。 290 度以上でタール分が生成され、350~400 度でガスの放出が最大に。400 度で煙放出が終了、450 度でタール分生成終了。	燃焼過程を維持できる熱を放出(完全燃焼状態では水蒸気と二酸化炭素を放出する)
4. 木炭の燃焼	480 度以上	残存木質固形物がほとんど炎を上げずに燃える	残存する熱放出(灰が生成される)

※各段階の温度は、樹種やその他の条件によって変化する

これを模式図にすると図 2-4 のようになる。有害な未燃分を含むガスやタールの生成が終了するのは 450°C を超えてからとなる。そのため、これを超える温度を維持することにより完全燃焼につながり、排ガスに含まれる有害物質を低減できる。



図 2-4 木材の燃焼プロセス

2.1.4 良好な燃焼を支える条件

未燃焼物質の生成・排出と熱損失を最小にするためには、次の 3 つの T が重要である。

- ①時間 (Time): 熱分解ガスが反応器の中で空気と十分に混じり合うだけの時間があること。
- ②温度 (Temperature): 最終燃焼ゾーンでの温度が燃焼完結のため十分高いこと。
- ③攪乱 (Turbulence): 空気ガスが可燃ガスによく行き渡っていること。(一次空気、二次空気、時に

は三次空気がファンで送られるのはそのためである。)

また、ストーブにおいては火炎と燃焼室の大きさも重要である。火炎が壁に接触すると煤が発生したり、完全燃焼しないまま燃焼室から煙が排出されてしまう。そのため、燃焼室の大きさに対して適切な量の燃料を燃焼させることが求められる。

2.1.5 燃焼にともない排出される物質

(1) 木質バイオマスの燃焼にともない排出される主な成分

標準的な木質バイオマスの燃焼にともない排出される主な成分を表 2-4 に示す(水蒸気は除く)。不完全燃焼の排ガスには CO、VOC、PAH、PM 等の有害な成分が多く含まれる。このため、良好な燃焼状態を保ち完全燃焼させることが重要となる。VOC、PAH、PM の詳細は 2.2 項で説明する。

表 2-4 木質バイオマスの標準的燃焼にともない排出される成分

不完全燃焼	
CO ₂ 二酸化炭素	バイオマス燃焼の主要排出成分。温室効果ガスの中では、バイオマス燃焼から生成する CO ₂ は、森林等が持続的であるかぎりにおいて、カーボンニュートラルとされる。
CO 一酸化炭素	COは炭素分の燃焼における中間生成物。酸素が十分に存在すれば、COは酸化されCO ₂ となる。COは燃焼の質のバロメーターである。COは赤血球中のヘモグロビンと結合しやすく、血液の酸素運搬能を下げ、一酸化炭素中毒を引き起こす。200ppm：2～3時間内に軽い頭痛、400ppm：1～2時間で前頭痛、2.5～3.5時間で後頭痛、800ppm：45分で頭痛・めまい・吐気、2時間で失神、1600ppm：20分で頭痛・めまい、2時間で致死、3200ppm：5～10分で頭痛・めまい、30分で致死、6400ppm：1～2分で頭痛・めまい、10～15分で致死、12800ppm：1～3分で死亡。完全燃焼、室内の換気等に十分な注意が必要。
CH ₄ メタン	CH ₄ は熱分解・燃焼の中間生成物(炭化水素)の代表であり、完全燃焼により、最終的に CO ₂ にまで酸化され、水素は水蒸気(H ₂ O)に酸化される。CH ₄ は温室効果ガスなので、他の炭化水素と区別されることがある。
VOC: Volatile organic compounds 揮発性有機化合物	不完全燃焼条件で中間的に生成する炭化水素(脂肪族飽和炭化水素、不飽和炭化水素、芳香族炭化水素)の総称。VOCは光化学オキシダントの原因物質とされており、光化学的に活性が低いメタンを除外した VOC(Non-Methane Volatile Organic Compounds)が指標として用いられることもある。
PAH: Polycyclic aromatic hydrocarbons 多環芳香族炭化水素	ベンゼン環を2つ以上有する芳香族炭化水素の総称。炭化水素の一種だが、その発がん性により、炭化水素とは区別して表わされることが多い。
PM: Particle matter 粒子状物質	不完全燃焼の際の粒子は、すす、チャー(炭化物)、タール等として現れる。すすの成分は未燃の炭素、チャーは炭化水素、タールは凝集した炭素数の多い炭化水素である。また、粒子径の小さい灰(Fly-ash)や無機化合物(例、KCl、NaCl、K ₂ SO ₄ 等)のエアロゾルも発生する。

出典:Loo S.V., Koppejan J., The Handbook of Biomass Combustion & Co firing, Earthscan (2008)

新岡嵩ほか、『燃焼現象の基礎』、オーム社 (2001)

『新・公害防止の技術と法規 2006』、社団法人産業環境管理協会 (2006)

原子力安全・保安院 HP, 経済産業省, <http://goo.gl/gBtqL>

(2) 有害物質等を含む木材から排出される成分

木質バイオマスの由来によっては有害物質等(硫黄、窒素、塩素、ヒ素、カドミウム、クロム、銅、鉛、

水銀、ニッケル、亜鉛、鉄、アルミニウム、塩化ナトリウム、窒素、フッ素等)を含む可能性がある。これらを燃焼した場合には、たとえ完全燃焼であっても有害成分が発生するおそれがある。表 2-5 に、代表的な有害成分を示す。

木材には炭素、水素、酸素以外に窒素や金属元素を含むが、その量はごく微量である。また、表中には人にとって必須元素である重金属も含まれるが、これらも過剰に摂取すると健康に悪影響を及ぼす。

表 2-5 有害物質等を含む木材の燃焼にともない発生する成分

成分	概要
SO _x 硫黄酸化物	<p>硫黄の酸化物の総称。燃料に硫黄分があれば必ず発生する。SO_x は光化学スモッグや酸性雨などの原因の一つとなる。</p> <p>排ガス中の SO_x は大部分が SO₂ (亜硫酸ガス) であるが、煙突から排出されると大気中の O₂ で酸化されて SO₃ になる。SO₃ は強毒性・強腐食性であり、肺、目、皮膚に傷害を与える。また、SO₃ が水分と化合して H₂SO₄ (硫酸) 蒸気になり、煙道の低温部分に接触すると激しい腐食を起こす。</p>
NO _x 窒素酸化物	<p>窒素の酸化物の総称。燃料や空気に含まれる窒素分の酸化により発生する。NO_x は光化学スモッグの主な原因と考えられている。</p> <p>排ガス中の NO_x は大部分が NO であるが、煙突から排出されると大気中の O₂ で酸化されて NO₂ になる。NO₂ は激しい酸化作用を持ち、呼吸器系や肺、心臓血管系に傷害を与える。また、水分に溶けると機器に腐食を起こす。</p>
HCl 塩化水素	<p>塩素分を含む燃料を燃焼させると塩素ガスが発生し、塩素ガスは水素と反応して HCl (塩化水素) として排出される。塩化水素は水によく溶け、水溶液は塩酸となる。塩酸は強酸であり、目や皮膚、呼吸器系に傷害を与える。また塩酸はほとんどの金属に対して高い腐食性を持ち、機器を傷める。また、HCl は燃料中微量金属成分と反応して塩化物が形成され、凝縮性の微小粒子状物質として排出されることが報告されている。</p>
ダイオキシン類	<p>ダイオキシン類はポリ塩化ジベンゾパラジオキシン (PCDD)、ポリ塩化ジベンゾフラン (PCDF)、ダイオキシン様ポリ塩化ビフェニル (DL-PCB) の総称である。</p> <p>ダイオキシン類は塩素を含む物質の不完全燃焼で発生するが、銅等の重金属類が存在すると、重金属のイオンが触媒となり生成量が増加する。また、塩化ナトリウムが金属類と高温で加熱されることにより、金属塩化物が発生しダイオキシンが発生する。</p> <p>ダイオキシン類の毒性は一般毒性、発癌性、生殖毒性、免疫毒性など多岐にわたりそれぞれの毒性発現量は異なる。</p>
重金属	<p>燃料中の重金属成分は灰の中に移行するが、一部の金属は揮発し、あるいは燃焼生成物(塩化物等)となって排ガスとして排出される。また、粒子表面に付着して排ガス中に存在することもある。重金属類は燃料由来以外に燃焼装置の亜鉛メッキ等からも排出されることが指摘されている。</p>
	<p>カドミウム</p> <p>カドミウムは肝臓機能に障害を与え、これにより骨が侵される。また、カドミウムおよびカドミウム化合物は発がん性があると警告されている。</p>
	<p>クロム</p> <p>クロム化合物のうち、六価クロムは発がん性等、強い毒性を持つ。</p>
銅	<p>銅は人体にとって必須の元素であるが、過剰摂取すると肝硬変や発育不全、黄疸など</p>

	が起こりうる。 また、銅イオンは塩素、炭素とともに燃焼させると、触媒となりダイオキシンを発生させる。
鉛	鉛は腹痛や貧血などの鉛中毒を起こすほか、骨と結びついて長く人体に蓄積されると、特に幼児においては脳の成熟障害を引き起こす。
水銀	有機水銀と無機水銀があるが、特に有機水銀が有害で、中枢神経系(脳)に対する毒性は強力。
ヒ素	ヒ素およびヒ素化合物は発がん性がある。
フッ素	単体のフッ素は、非常に強い酸化作用があり、猛毒。フッ化水素は、皮膚および粘膜に刺激作用があり、気管支炎や肺炎・肺腫の原因となる。また、フッ素の過剰摂取は骨硬化症、脂質代謝障害、糖質代謝障害と関連があるとされる。
ホウ素	高濃度で摂取すると、腹痛、下痢、吐き気などを催すおそれがある。

出典:Pohanish R. P., Sitting's handbook of toxic and hazardous chemicals and carcinogens, Elsevier, 6 (2012)

『燃料および燃焼』, 社団法人日本ボイラ協会 (2000)

2.1.6 燃焼過程と有害物の生成

燃焼過程と有害物排出の概念を図 2-5 に示す。温度が低いと不完全燃焼により有害な未燃分が放出される(無垢の木を燃焼した場合でも発生する)。農薬が付着した樹木からは、有害な農薬を含む揮発性物質が放出される。また、含有物質によっては有害なダイオキシンの生成や酸化した重金属の放出がある。

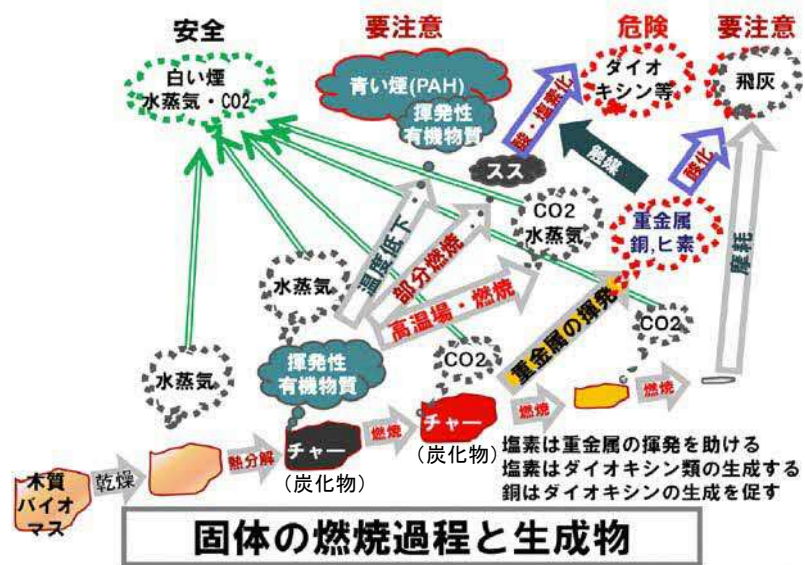


図 2-5 燃焼過程と生成物 (作成: 堀尾 (2012))

有害な揮発性有機物や PAH

の生成を抑えるには、適正な燃料を使用することと、温度を早く高め、高い温度を維持することが重要である。また、ダイオキシンの生成を防ぐためには、銅などの重金属や塩素を含む木材の使用を避け、プラスチックなどとの混焼を行わないという原則を厳格に守る必要がある。

2.2 木質バイオマスストーブ排ガス中の PAH、VOC、PM が大気環境と健康に及ぼす影響

以下に、木質バイオマスストーブの排ガスに含まれる PAH、VOC、PM の各成分について、大気環境や健康への影響を説明する。なお、化学物質の健康影響についての詳細情報は独立行政法

人製品評価技術基盤機構 (NITE) のホームページより閲覧が可能である³。

2.2.1 PAH (多環芳香族炭化水素)

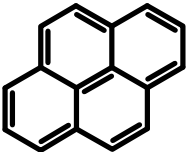
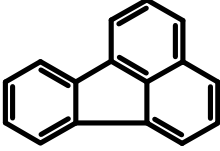
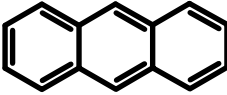
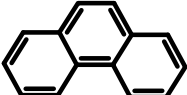
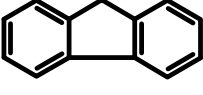
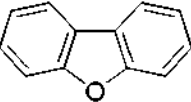
PAH は木質バイオマスの不完全燃焼により発生し、タールや有機物の熱分解物に多く含まれる。皮膚や呼吸器系、膀胱、肝臓、腎臓に刺激を与える物質が多く、発がん性、変異原性^{※1}、催奇形性^{※2}を持つものもある⁴。

※1 変異原性: 遺伝情報 (DNA あるいは染色体) に変化が起こる危険性

※2 催奇形性: 胎児に奇形が起こる危険性

表 2-6 に木質バイオマスから発生することが確認されている PAH 等の一覧と概要を示す。これらは、米国環境省 (EPA) が行った暖炉による燃焼試験において実際に検出された成分である⁵。

表 2-6 木質バイオマスから発生することが確認されている PAH 等

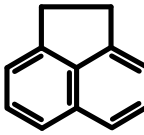
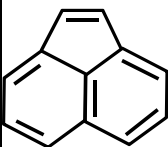
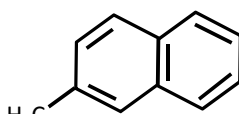
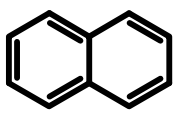
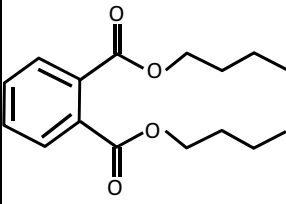
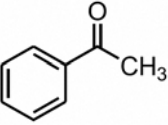
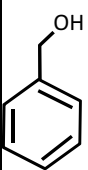
成分		特徴、健康影響
PAH	Pyrene ピレン	 常温では結晶質の固体である。皮膚や呼吸器、膀胱、肝臓、腎臓等に刺激を与えるほか、変異原性の疑いがあり、また 3~5mg/m ³ のピレンに暴露した労働者に催奇形性が見られた。
	Fluoranthene フルオランテン	 常温では結晶質の固体である。強酸化剤。環境中に広く分布しており、工業化の進んだ地域で特に多い。また、喫煙によっても排出される。フルオンラテン単独での発がん性や変異原性の報告はないが、他の PAH との化合物として存在することが多く、他の PAH と共同で発がん性を示す可能性がある。実験レベルでは、水生生物に影響があるとの報告がある。
	Anthracene アントラセン	 常温では結晶質の固体である。殺虫剤や木材防腐剤、染料や合成繊維等の化学物質の製造に用いられ、化石燃料の排ガスにも含まれる。皮膚、鼻や喉、気管支、目に刺激を与え、皮膚が長期間接触すると、皮膚の肥厚や色素変化、腫瘍が発生する。変異原性を持ち、発がん性の疑いがある。
	Phenanthrene フェナントレン	 弱い芳香を持ち、常温では結晶質の固体である。酸化剤。染料や爆薬、薬剤の製造に用いられる。皮膚や目、気道に刺激を与える。また、変異原性をもつ。
	Fluorene フルオレン	 常温ではフレーク状または結晶質の板状になる。酸化剤。樹脂や染料等に用いられる。目と皮膚に刺激を与える。
	Dibenzofuran ジベンゾフラン	 常温では結晶質の粉体である。強酸化剤。殺虫剤や化学物質を製造するための有機化合物として用いられる。コールタールから発生する。皮膚、目、気道に刺激を与え、皮膚が長期間接触すると腫瘍や色素変化が起きる。ジベンゾフランは皮膚から吸収されるため、曝露の効果が大きい。

³ 独立行政法人製品評価技術基盤機構, 化学物質総合情報提供システム, <http://goo.gl/jMijP>

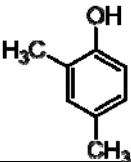
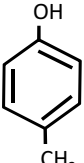
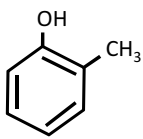
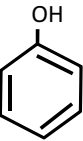
⁴ Pohanish R. P., Sitting's handbook of toxic and hazardous chemicals and carcinogens, Elsevier, 6 (2012)

⁵ Purvis C. R. et al., Environ. Sci. Technol., 34, 1653-1658 (2000)

(表 2-6 続き)

<p>Acenaphthene アセナフテン</p>		<p>常温では結晶質の固体である。強酸化剤。コールタールや石炭の炭化、石油精製などで発生する。染料や殺菌剤、殺虫剤、除草剤、薬剤の製造に用いられるほか、植物の成長ホルモンとしても用いられる。目、皮膚、気道に刺激を与え、咳や喘鳴を起こしたり、大量に摂取すると嘔吐を催す。長期間の接触は肺に刺激を与え、気管支炎や痰、呼吸困難などを起こす。また、肝臓や腎臓、膀胱などにも刺激を与える。また、細胞分裂を中断させ、細胞のサイズや DNA の量を増大させるという多くの報告があり、変異原性をもつとされる。</p>
<p>Acenaphthylene アセナフチレン</p>		<p>常温ではフレーク状の固体である。強酸化剤。コールタールの生成過程で発生する。短期的には、全身に対して急性の毒性がある。長期的には皮膚炎や肺への刺激、気管支炎が起こる。他の PAH との化合物の状態では、潜在的な発がん性をもつ。</p>
<p>2-Methylnaphthalene 2-メチルナフタレン</p>		<p>常温では結晶質の固体である。天然の原油や石炭の成分であり、タバコ、木材、化石燃料の燃焼からも発生する。洗剤、溶剤の製造やビタミン K の合成に用いられる。目と喉に刺激を与える。また、肺胞蛋白症(肺胞腔内にリポ蛋白様物質が貯留する呼吸器疾)を引き起こしたという報告がある。</p>
<p>Naphthalene ナフタレン</p>		<p>特有の臭いを持ち、常温では結晶質の固体である。強酸化剤。化学物質の中間生成物および原料であり、蛾の忌避剤としても用いられる。目、皮膚、気道に刺激を与える。中枢神経系にも影響し、10ppm 以上のナフタレンを吸引すると頭痛、めまい、吐き気などを催す。15ppm 以上で目に刺激を与え、目に直接接触すると角膜が負傷して視界がぼやける。摂取については 0.5g 以上で頭痛や腹痛を起こし、尿に茶か黒色の着色が見られる。致死量は成人で 5-15g である。長期的には白内障、皮膚アレルギー、腎臓や肝臓への悪影響があるほか、赤血球にダメージを与え貧血を引き起こす。また、生殖機能への影響や、突然変異原性と腫瘍形成性があり、発がん性の疑いもある。</p>
<p>Dibutyl phthalate フタル酸ジブチル</p>		<p>弱い芳香を持ち、常温では油状の液体である。農薬、ビニール化合物の製造、ラッカーの溶剤等に用いられる。強い腐食性を持ち、目、皮膚、鼻腔、上部気道、胃腸に刺激を与える。また長期的には肺の異常や胎児および男性生殖腺の異常をもたらす可能性がある。</p>
<p>Acetophenone アセトフェノン</p>		<p>甘い花のような芳香を持ち、常温では油状の液体である。強酸化剤、強塩基、強還元剤。溶剤や芳香剤の製造に用いられる。目、皮膚、気道に刺激を与えたり、頭痛、めまい、吐き気を起こす。中枢神経にダメージを与える。長期間の曝露により変異原性や肌の発疹を起こす。</p>
<p>Benzyl alcohol ベンジルアルコール</p>		<p>ベンジルアルコール(クロルフェンビンホス)は軽い臭気を持つ非可燃性の液体である。水と混ざると金属腐食性を持つ。土壌用殺虫剤の製造過程で用いられる。呼吸器系、肺、中枢神経系、心臓の血管、皮膚、目、赤血球の分解酵素に影響を与える。初期症状としては吐き気、下痢、流涎を起こし、さらに頭痛、胸の圧迫感、視力低下を起こし、死に至ることもある。また高濃度の曝露により肺水腫や心拍間隔の乱れが起こる。また、突然変異原性を持つ。</p>

(表 2-6 続き)

2,4-Dimethylphenol 4-ジメチルフェノール		Cresols クレゾール	クレゾールは、 <i>o</i> -クレゾール、 <i>m</i> -クレゾール、 <i>p</i> -クレゾールの混合物である。クレゾールはやや水溶性である。 <i>o</i> -クレゾールはフェノール臭をもつ固体または気体であり、 <i>m</i> -クレゾールは独特の臭いを持つ液体であり、 <i>p</i> -クレゾールは独特の臭いを持つ固体である。クレゾールは消毒剤、燻蒸剤などに用いられるほか、染料やプラスチック等の製造で中間的に発生する。液状ではプラスチック、ゴム、金属を攻撃する。目、皮膚、気道を攻撃し、吸引により肺水腫を生じて死に至ることもある。また、摂取により中枢神経を攻撃し死に至ることもある。致死量は 70kg の人で小さじ1杯程度である。長期的な曝露により皮膚炎を起こしたり、肺や中枢神経にダメージを与える。また、発がん性の疑いもある。
4-Methylphenol <i>p</i> -クレゾール			
2-Methyl phenol <i>o</i> -クレゾール			
Phenol フェノール		甘い酸性の芳香を持ち、常温では結晶質の固体である。強酸化剤や金属と反応する。フェノールは薬品、肥料、コークス、塗料、ゴム、一部のプラスチックの製造に用いられる。目、皮膚、気道に腐食性をもつ。著しい皮膚接触と吸入により数分で死に至ることもある。致死量は 50-500g/kg と推測され、1g で死に至ったという報告もある。長期曝露により膀胱や心臓の筋肉、肝臓および腎臓、中枢神経や脳にも影響を与える。腫瘍形成性、突然変異原性を持ち、発がん性の疑いもある。	

出典:Pohanish R. P., *Sitting's handbook of toxic and hazardous chemicals and carcinogens*, Elsevier, 6 (2012)

※ただし、2-Methylnaphthalene については上記の書籍に記載がないため、EPA, TOXICOLOGICAL REVIEW OF 2-METHYLNAPHTHALENE, 2003 および国際化学物質安全性カード (ISCS) 日本語版 <http://goo.gl/psMEM> を参照した。

2.2.2 VOC (揮発性有機化合物)

VOC は、光化学オキシダントおよび浮遊粒子状物質 (SPM) の二次生成粒子の原因物質とされている。このうち、光化学オキシダントは、大気中の VOC を含む有機化合物と窒素酸化物の混合系が、太陽光(特に紫外線)照射による反応を通じて生成する。また、SPM の二次生成粒子は、大気中の VOC が化学反応を起こしさらに反応生成物が凝縮すること等により生成する。

VOC は光化学オキシダントおよび SPM の原因物質となるだけでなく、中には発がん性など人体に有害な影響を及ぼすものも多い⁶。

主に、塗料、印刷インキ、接着剤、洗浄剤などに使用されており、代表的な物質は、トルエン、キシレン、酢酸エチル等が挙げられ、主なもので約 200 種類である。我が国においては、大気への VOC の排出を抑制することを目的として平成 16 年 5 月に大気汚染防止法が改正され、平成 18 年 4 月から VOC の排出規制が実施されている。

⁶ 『環境儀』, 第 22 号, 国立環境研究所 (2006)

2.2.3 PM（粒子状物質）

PMにはPAHやダイオキシン、重金属が含まれており、それぞれの化学的性質が反映される（PAHについては2.2.1、ダイオキシンについては2.2.4、重金属については2.1.5(2)参照）。また、PMの物理的性質（形状や大きさ）が起因して大気や健康に及ぼす影響もある。本項では主に、PMの物理的性質から起因する事項について解説する。

(1) 大気汚染における粒子状物質

① 概説 我が国においては、粒径 $10\mu\text{m}$ 以下の浮遊粒子状物質（Suspended Particulate Matter, 以下SPMと称する）は、1972年に大気汚染物質として大気環境基準が設定された。

SPMは粒子直径が $2.5\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ で気管支までは到達するが肺胞には入りにくい粗大粒子と、粒子直径が $2.5\mu\text{m}$ 以下で肺胞にまで到達する微小粒子に大別される。表2-7に粒径別の粒子状物質の区分とその定義を示す。また、図2-6にPMの大きさの概念を示す。

表 2-7 粒径別の粒子状物質

粒子状物質		定義
TSP (TPM) 全粒子状物質	Total Suspended Particles (Total Particulate Matter)	米国では、かつてTSPが環境大気質基準（NAAQS）であったが、健康影響はより微小な粒子の影響が大きいとの知見から、1987年に見直しが行われ、NAAQSはPM ₁₀ に変更された。
SPM 浮遊粒子状物質	Suspended Particulate Matter	大気中に浮遊する粒子状物質のうち、粒径 $10\mu\text{m}$ 以上の粒子をほぼ100%除去する装置を通過した粒子状物質のこと。日本では、1972年にSPMの環境基準が定められている。
PM ₁₀ 10 μm 以下の 浮遊粒子状物質	Particulate Matter 10	大気中に浮遊する粒子状物質のうち、粒径 $10\mu\text{m}$ の粒子を50%除去する装置を通過した粒子状物質のこと。欧米における環境大気質基準である。
PM _{2.5} 2.5 μm 以下の 浮遊粒子状物質	Particulate Matter 2.5	大気中に浮遊する粒子状物質のうち、粒径 $2.5\mu\text{m}$ の粒子を50%除去する装置を通過した粒子状物質のこと。2.5 μm 以下の粒子状物質は人為発生成分が多く、また、粒径が小さいことから特に人への健康影響が懸念されている。米国では、1997年に疫学調査結果から、世界で初めてPM _{2.5} のNAAQSを策定し、2006年のその基準を改定した。日本では、2009年9月にPM _{2.5} の環境基準が告示された。

（大阪府環境農林水産総合研究所，環境情報部，情報管理課資料をもとに作成）

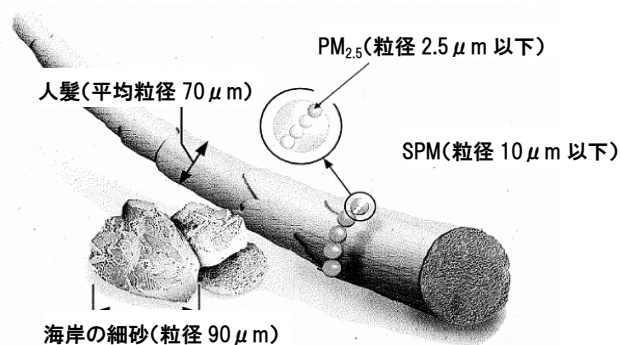


図 2-6 PMの大きさ（人髪や海岸細砂との比較）（概念図）

出典：EPA 資料

粗大粒子は、自然起源のものが多く、ヒトの健康に有害な物質は少ないといわれているが、微小粒子は、自動車などの人為由来からくる物質が多く、肺がん、アレルギー性喘息、鼻炎などを引き起こすことで有害性が問題視されている。

日本と米国における PM の環境基準を表 2-8 および表 2-9 に示す。日本では、1973 年に浮遊粒子状物質の環境基準が、2009 年に粒径 2.5 μm 以下の微小粒子状物質 (PM_{2.5}) の環境基準が設けられている。米国においては、1971 年に全浮遊粒子 (Total Suspended Particles, TPS) を対象とした大気環境基準を設定したのち、1987 年に粒径 10 μm 以下の粒子状物質 (PM₁₀ と規定) を指標とした基準に変更して以降、さらに PM_{2.5} に関してより厳しい値が採用されている。

これら規制の背景には、1990 年代の PM₁₀ または PM_{2.5} と死亡率や各種健康指標との関連に関する国際的な多数の報告がある。我が国においても暴露と健康影響との関連性の検討が進められている。

表 2-8 浮遊粒子状物質 (SPM または PM₁₀) の環境基準

	項目	基準値 (mg/m ³)	測定方法	備考
(日本) 環境省告示 (昭和 48 年 5 月 8 日)「大気の汚染に係る環境基準について」 (改定平成 8 年 10 月 25 日)	時間当り 1 日平均値	0.10	濾過捕集による重量濃度測定方法又はこの方法によって測定された重量濃度と直線的な関係を有する量が得られる光散乱法、圧電天びん法もしくはベータ線吸収法	工業専用地域、車道その他一般公衆が通常生活していない地域または場所については、適用しない。
	時間当り 上限値	0.20		
(米国) USEPA (第 1 次改定 1987) 国家大気環境基準(NAAQS)	時間当り 1 日平均値	0.15 (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	—	—

表 2-9 微小粒子状物質 (PM_{2.5}) の環境基準

	平均時間	基準値 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	測定方法	備考
(日本) 環境省告示 (平成 21 年 9 月 9 日)「微小粒子状物質による大気の汚染に係る環境基準について」	1 日平均値	35	濾過捕集による質量濃度測定方法又はこの方法によって測定された質量濃度と等価な値が得られると認められる自動測定機による方法	工業専用地域、車道その他一般公衆が通常生活していない地域または場所については、適用しない。
	1 年平均値	15		
(米国) USEPA (第 3 次改定 2006) 国家大気環境基準(NAAQS)	1 日平均値	35	—	—
	1 年平均値	15		

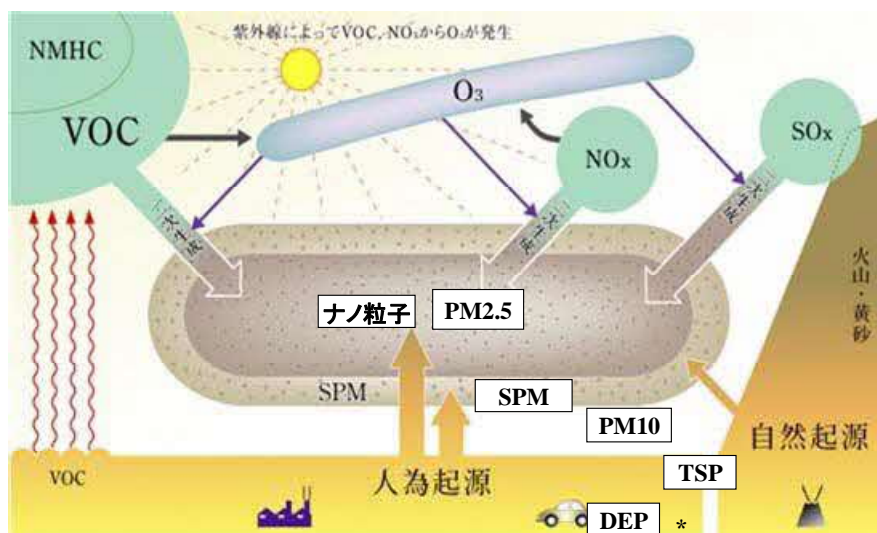
② PM の発生源と分布 表 2-10 に PM の発生源の区分と主な成分を示す。また、大気中の VOC 等と PM の反応機構の概念を図 2-7 に示す。発生源としては、人為起源と自然起源とに分けられ、さらに、人為起源は、工場・事業所および家庭等からの固定発生源

と、自動車、船舶および航空機による移動発生源とに分けられる。このうち、木質バイオマスストーブは、人為起源の固定発生源のなかでも主に家庭等の郡発生源として位置付けられる。

表 2-10 PM の発生源区分と主な成分

発生源		一次粒子		二次生成粒子(反応後の粒子)	
		発生源	成分	発生源	成分
人為起源	固定発生源	工場事業所等からのばいじん、粉じん	炭素(すす)未燃の炭化水素粉じん中の金属成分等	NO _x 、SO _x 、炭化水素などのガス状物質が大気中で反応し粒子状物質に変化したもの	硫酸イオン 硝酸イオン PAH (多環芳香族炭化水素類)
	移動発生源	自動車、船舶等のディーゼル粒子			
自然起源		海塩粒子と土壌粒子	ケイ素、金属類、ナトリウム等		

(大阪府環境農林水産総合研究所，環境情報部，情報管理課資料をもとに作成)



※DEP (Diesel Exhaust Particle : ディーゼル排気粒子)

図 2-7 大気中の VOC 等を起源とする反応機構

出典:『環境儀』, 第 5 号, 国立環境研究所 (2002)

PM は他の大気汚染物質 (SO₂、NO₂、CO および有害大気汚染物質等) とは異なり、単独の化学物質ではなく、硫酸塩、硝酸塩、炭化水素等から構成される混合物である。このため、物理的、化学的な性質や発生源もさまざまであり、粒径や組成は広い範囲にわたる。さらに、排出されたときに既に粒子としての性状を持つ「一次粒子」と排出時にガス状であった物質が大気中の光化学反応等により粒子化する「二次生成粒子」とに分けられる。

PM の粒径別分布を図 2-8 に示す。前項で述べたとおり、粒子の発生機構の違いにより、粒径 2μm 前後を境とした粗大粒子と微小粒子とに分かれた分布を持つ。

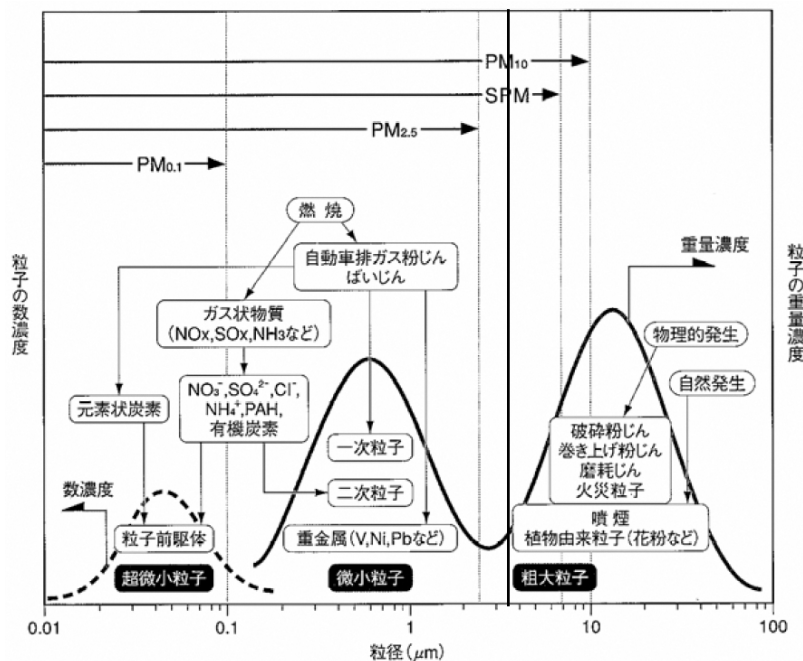


図 2-8 大気粒子の粒径分布

出典:Whitby K. T., Atmospheric Environment, 12, 135-159 (1978) および
 朝来野国彦,『公害と対策』,第 25 号,環境コミュニケーションズ,p1429 (1989) を参考に作
 図

(2) 粒子状物質 (PM) の人体への健康影響

① 概説 環境省における微小粒子状物質環境基準専門委員会報告によると、PM の曝露による健康影響については、疫学および毒性学の数多くの科学的知見から、呼吸器疾患、循環器疾患および肺がんの疾患に関して、総合的に人々の健康に一定の影響を与えていることが示されている。

表 2-11 に示すとおり、微小粒子に関する最近の疫学的報告では、免疫・アレルギー系、呼吸器系は感受性が高い傾向にあることが示されている。

表 2-11 微小粒子に関する最近の疫学的報告事項

・ 全死亡率、慢性閉塞性肺疾患、心疾患による死亡率
・ 高齢者の全死亡率、心肺疾患による死亡率、呼吸器疾患による救急受診数、脳血管障害に基づく入院数
・ 小児の死亡率、呼吸器疾患による死亡率、突然死数、呼吸器疾患による救急受診数
・ アレルギー素因を持つ小児の呼吸器症状
・ 喘息の症状、病態 (薬剤の使用や検査値の増悪)
・ 上気道感染症、気管支炎、喘息による受診数

出典:王 青躍(埼玉大学大学院理工学研究科准教授)

PMはその大きさによって物性や健康への影響も異なる。

図 2-9 に人の呼吸器と粒子の沈着領域の概念を示す。粒径 $10\mu\text{m}$ 以下の物質は、沈降速度が小さく大気に比較的長時間対流すること、また気管や肺胞に沈着して呼吸器に影響を及ぼすとされるが、近年ではより微小な粒子状物質による健康影響が懸念されており、粒子径が $2.5\mu\text{m}$ 以下の $\text{PM}_{2.5}$ は、呼吸器系の奥深くまで入りやすいこと、粒子表面にさまざまな有害な成分が吸収・吸着されていること等から健康影響が懸念されている。

また、さらに小さな超微小粒子として、粒径が 100nm (ナノメートル: $0.1\mu\text{m}$) 以下の粒子 ($\text{PM}_{0.1}$) をナノ粒子等と呼び、大気中へ排出される PM のうち質量は小さいが個数が大きく、体内から排出されずに血流中に入り全身への健康影響が懸念されており、研究が進められている状況である。

②人体への影響メカニズム

(a) 呼吸器系への影響

呼吸器系への影響は、呼吸形態（鼻呼吸と口呼吸）、一回換気量、呼吸数や粒子の大きさによって、粒子の体内に沈着する部位が異なり、沈着率やクリアランスも異なるが、微小粒子については、下気道領域や肺胞領域に到達し、その領域で沈着する粒子が存在する。

呼吸器への影響をきたすと想定されるメカニズムは、以下のとおりである。

①気道や肺に炎症反応を誘導し、より高濃度な曝露の場合、肺障害が生じる②気道の抗原反応性を増強し、喘息やアレルギー性鼻炎を悪化させる③呼吸器感染の感受性を増加する。

(b) 循環器系（心血管系）への影響

循環器系への影響は、肺組織を透過して血管や循環器に直接影響する可能性、呼吸器内に存在する知覚神経終末を刺激して自律神経に変調をきたす可能性、呼吸器内の炎症反応を介する血液凝固系の促進の可能性等、さまざまなプロセスによって生じることが想定される。なお粒子の循環血液中への移行経路は特定されていない。

循環器への影響を来すと想定されるメカニズムは、以下のとおりである。

①呼吸器系の刺激や自律神経機能への影響等を介し、不整脈等、心機能に変化が生じやすくする②生理活性物質や過酸化物の増加等を起こし、血管系の構造変化を促進する。③血小板や血液凝固系の活性化、血栓形成の誘導等を介し、血管狭窄性病変を起こしやすくし、心臓に直接的、間接的悪影響を及ぼす。

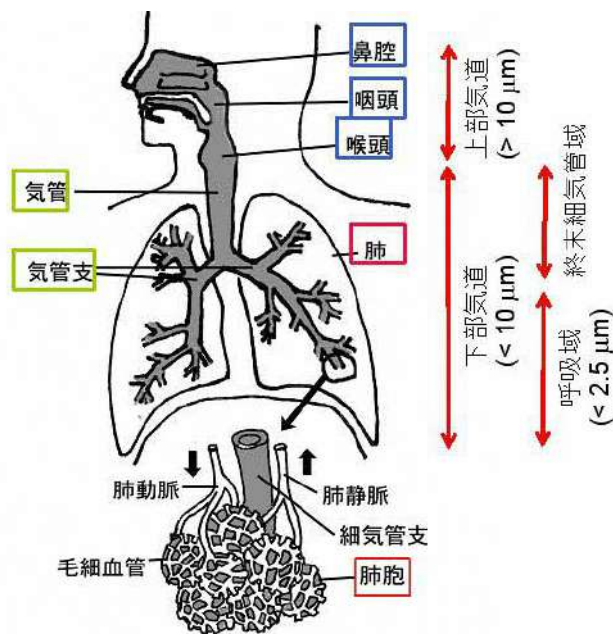


図 2-9 人の呼吸器と粒子の沈着領域（概念図）

出典: 国立環境研究所資料

(c) 免疫系への影響

免疫系への影響を来すと想定されるメカニズムについては、以下のとおりである。

①肺胞マクロファージの持つ殺菌能を低下させ、インターフェロン産生を抑制し、感染感受性を高める。②さまざまな種類の粒子状物質が抗体産生の増大を来すアジュバンド（抗原と一緒に注射され、その抗原性を増強するために用いる試薬）のように作用する。

(d) 発がん影響

発がんへの影響については、DEP (Diesel Exhaust Particle : ディーゼル排気粒子) や燃焼燃料由来成分が、肺組織内で炎症や貪食マクロファージを介して活性酸素を産生し酸化ストレスを増加させ、DNA の酸化的損傷の指標である 8-ヒドロキシグアニン (8-OHdG) の増加に見るように変異の原因となる DNA 損傷を引き起こすことや、ニトロ PAH 等の微量でも強力な変異原成分が付加体を形成することによってがん発生に寄与しうる。

微小粒子状物質を構成する個々の成分について発がん性が不明な部分も多いが、主に都市地域における微小粒子状物質には、DEP や燃料燃焼由来成分が主要成分として含まれている。このことを踏まえれば、疫学的報告による微小粒子の長期曝露による肺がん死亡リスクの増加について、DEP や燃料燃焼由来成分による発がん性を有すると考えられる物質の関与を否定できない。

② 木質バイオマスストーブから発生する PM の健康影響 PM による大気汚染と人体への健康影響については、前項までに述べたとおりである。木質バイオマス利用が普及している欧米先進国では、生産・消費規模が日本より格段に多いことから、主要な粒子状物質の発生源として認識されている。

スウェーデンの Löndahl らは、木質ペレットバーナーを用いて、高効率燃焼（燃焼温度 900-1100°C）と低効率燃焼（燃焼温度 600-800°C）の排煙と、モデル物質としてセバシン酸エステルの疎水性排煙を被験者に吸引させ、体内へ取り込まれた各粒径の沈着率を報告している（図 2-10）。木質バイオマス燃焼による排出粒子の人体への沈着率（個数、形状、質量による総合値）は、平均値で 21-24% となっており無視できない。また、各粒径における粒子の沈着率は、60-70nm の粒子範囲における高効率燃焼の排煙が最も低く、セバシン酸エステルの 3 分の 1 となっている。

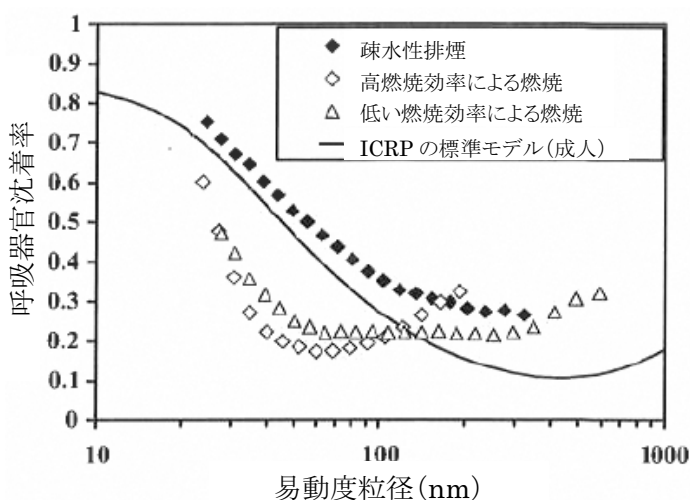


図 2-10 実測による粒径と人の呼吸器官の沈着率

出典: Löndahl J., et al., Imforma Healthcare, 20, 923 - 933 (2008)

また、各粒径における粒子の沈着率は、60-70nm の粒子範囲における高効率燃焼の排煙が最も低く、セバシン酸エステルの 3 分の 1 となっている。

③ 屋内大気への影響 木質バイオマスストーブの燃焼に伴う PM の大気環境およ

び健康影響について、ワシントン大学と EPA による研究報告では、薪ストーブを例に、屋外の大気環境への負荷と共に屋内大気環境への影響も指摘している⁷。特に、冬季では木質バイオマスストーブの燃焼により地表部で発生した煙は、地表に近い部分に停滞することがある。これは、地域の気候や大気循環が悪い地形特性にも左右されるが、粒子が細かいため近隣を含めた屋内大気環境にも影響があるとされる。

同時に、不十分な設計の非公認の密閉式・非密閉式ストーブの使用による屋内外の大気環境に及ぼす影響が深刻であり、また、不十分な火の取扱、不適切な操作、不適切なストーブの設置、メンテナンス不足、そして湿った薪を燃やすことは多量の室内外の空気を汚染すると指摘している。また、逆流煙はたいていの場合、適切なストーブの設置と規則に則った煙突の清掃を行うことで解消できるが、燃料を補給する時や炉の扉を開ける際の逆流煙や諸事故は、どんな薪ストーブを使用していても起こる可能性があり、室内の空調悪化を招く原因になることが示されている。

2.2.4 ダイオキシン

一般に、ポリ塩化ジベンゾーパラジオキシン (PCDD) とポリ塩化ジベンゾフラン (PCDF) をまとめてダイオキシン類と呼び、コプラナーポリ塩化ビフェニル(コプラナーPCB、またはダイオキシン様 PCB とも呼ばれている)のようなダイオキシン類と同様の毒性を示す物質をダイオキシン類似化合物と呼ぶ。

ダイオキシン類は図 2-11 のような構造をしており、塩素の数や付く位置によって形が変わるため、PCDD は 75 種類、PCDF は 135 種類、コプラナーPCB は十数種類の仲間がある。

ダイオキシン類は、種類ごとに毒性の強さが異なり、PCDD のうち 2 と 3 と 7 と 8 の位置に塩素の付いたもの (2,3,7,8-TeCDD) がダイオキシン類の仲間の中で最も毒性が強いことが知られている (毒性があるとみなされているのは 29 種類)。

ダイオキシン類の現在の主な発生源はごみ焼却による燃焼であり、日本では、ダイオキシン類のうち特に PCDD および PCDF については、その約 9 割が身の回りのごみや産業廃棄物を焼却するときに出ると推定されている。その他に、製鋼用電気炉、たばこの煙、自動車排出ガスなどのさまざまな発生源がある。また、かつて使用されていた PCB や一部の農薬に不純物として含まれていたものが底泥などの環境中に蓄積している可能性があるとの研究報告がある。

ダイオキシンへの対策として、平成 9 年 12 月から、大気汚染防止法や廃棄物処理法によって、焼却施設の煙突などから排出されるダイオキシン類の規制やごみ焼却施設の改善等が進められた。平

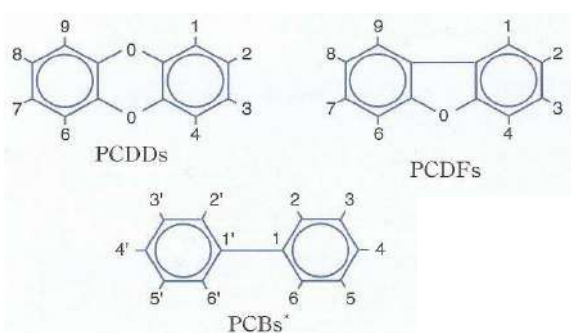


図 2-11 ダイオキシン類の構造図

出典:関係省庁共通パンフレット、環境省水・大気環境局総務課ダイオキシン対策室

⁷ Kamens R. M., et al, Environmental Science and Technology, 18, 523 - 530 (1985)

Lewtas J., et al., paper 91 - 131. 6, 84th Annual Meeting Air and Waste Management Association, Vancouver, B. C. (1991)

成 11 年 7 月にはダイオキシン類対策特別措置法が成立し、平成 12 月 1 月 15 日から運用されている。この法律は、ダイオキシン類による環境の汚染の防止およびその除去などをするため、ダイオキシン類に関する施策の基本となる基準を定めるとともに、必要な規制、汚染土壌への対策を定めている。廃棄物焼却炉や製鋼用電気炉等、大型の施設を対象に、排ガス規制が定められている。

ダイオキシンの生成メカニズムとしては、未燃炭素と塩素および酸の反応を銅が触媒し、炭素の結合を切断する過程でダイオキシンが生成されることが報告されている(図 2-12)。

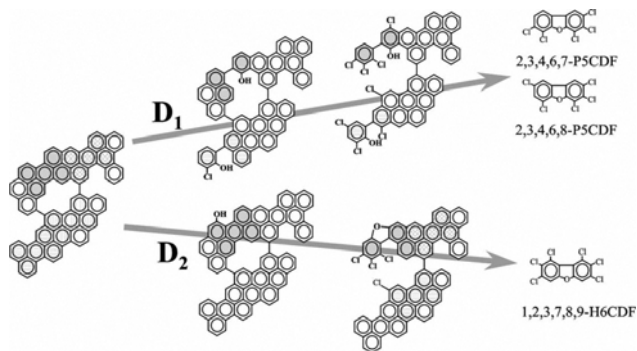


図 2-12 ダイオキシンの生成過程

出典:Weber R. et al., Chemosphere, 44, 1429 - 1438 (2001)

表 2-12 は、異なる金属イオン触媒によるダイオキシン (PCDD、PCDF)、塩化ベンゼン (CB)、塩化フェノール (CP) の生成量である。銅イオンを含む触媒による反応の場合、PCDD、PCDF、CB においては、銅を含まないものと比べて約 100～1,000 倍のダイオキシンを生成する。以上より、燃焼時に銅を共存しないことの重要性がわかる。

表 2-12 触媒によるダイオキシン (PCDD、PCDF、CB、CP) の生成
Formaiton of PCDD/PCDF,CB, CP in Systems with
Different Metal Ion Additives System: Mg-Silicate with
Activated Charcoal, 0.26mmol MeClx/g, 0.59 mmol KCl/g

System	Carbon Conc. *[%]	PCDD	PCDF	CB	PCP
		(Concentration in ng/g)			
HgCl ₂ /KCl	2.81	22	330	630	200
K ₂ CuCl ₄ /KCl	0.47	24000	32000	160000	500
FeCl ₃ ·6H ₂ O/KCl	0.52	44	160	3000	2100
CuCl ₂ , anhydr./KCl	0.85	29000	45000	122000	970
CuCl ₂ ·2H ₂ O, no KCl	0.52	15800	33100	1500000	780

* 表中の値は反応後の残留量。反応開始前のMFAは約3%の炭素を含む
Air, 300°C, 120min

出典:Stieglitz L., Environmental Engineering Science, 15, 5 - 18 (1998)

ダイオキシン類の人体への影響については、WHO(世界保健機関)の国際がん研究機関 (IARC) の報告があり、ダイオキシン類の中でも最も毒性が強いとされる 2, 3, 7, 8 - TeCDD は、事故などの高濃度の曝露の知見から人に対する発がん性があるとされている。しかし、ダイオキシン類自体の発がん性は比較的弱く、遺伝子に直接作用して発がんを引き起こすのではなく、他の発がん物質による遺伝子への直接作用を受けた細胞のがん化を促進する作用(プロモーション作用)であるとされている。

動物実験などによると、ダイオキシン類は多量の曝露により、発がんを促進する作用、甲状腺機能の低下、生殖器官の重量や精子形成の減少、免疫機能の低下を引き起こすことが報告されている。しかし、人に対しても同じような影響があるのかどうかについては、まだ明らかになっていない。

2.3 木質バイオマスストーブの普及と環境対策

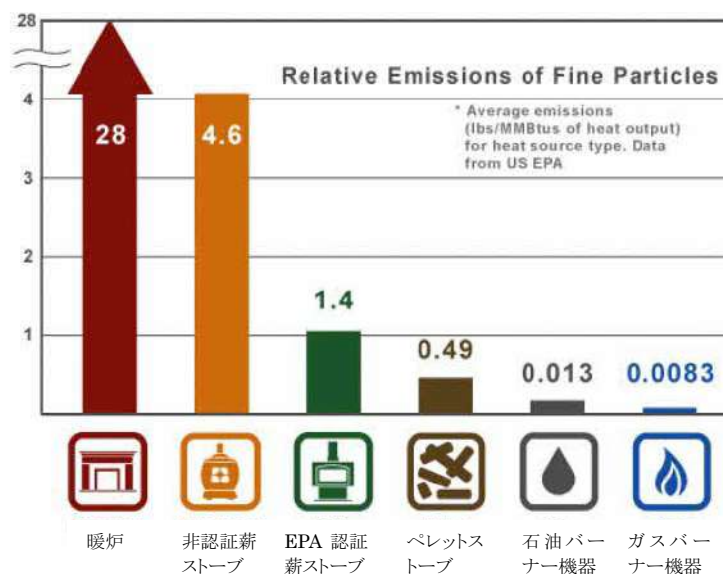
木質バイオマス利用は、人類の古来からの伝統に基づくものであり、付随する大気汚染物質

の性格は、質的にも量的にも工業的プロセスからのものとは異なっている。一方で、木質バイオマスの燃焼にともない排出される排ガスは、人口密集地域および室内環境などでは大気環境への影響がないとはいいきれない。

木質バイオマスの利用方法としては工場や事業所での熱利用、さらに大規模な発電利用もあり、これらの施設からの排ガス発生量は木質バイオマスストーブに比べはるかに多い。しかし、木質バイオマスストーブの普及が進み、多数利用されるようになれば、大気汚染源となるおそれがある。また、大規模な施設では排ガス処理設備を備えていることが多いが、木質バイオマスストーブの場合、排気はそのまま排出されることがほとんどである。

特に、木質バイオマス利用が普及している欧米先進国では、生産・消費の規模が日本より格段に多いことから主要な粒子状物質の発生源として認識されている。図 2-13 は、米国環境保護局 (USEPA) がまとめた燃焼装置ごとの粒子状物質の平均排出量を示したものである。

木質バイオマス燃料の燃焼装置は、一般的に石炭や重油など化石燃料を燃料とするものに比べて粒子状物質の排出が多いとされ、さらに、バイオマスストーブごとでペレットストーブや EPA が認証する薪ストーブに比べ、非認証の薪ストーブや暖炉による排出量が大幅に多いとされている。



注:排出量の単位はlbs/百万 BTU 1lbs = 0.4536kg(質量の単位)、1BTU≒ 1.054 350 kJ(熱量の単位)

出典:Subpart AAA -- Standards of Performance for New Residential Wood Heaters, DRAFT REVIEW DOCUMENT, Prepared for USEPA, EC/R Incorporated (2009)

図 2-13 各種燃焼装置からの粒子状物質の平均排出量

以上のことが、海外の多くの先進国において木質バイオマスストーブによる大気環境への影響が認識され、大気燃焼装置の改良や燃料の選択、運用の改善が進められてきた要因の一つである。今後、我が国における木質バイオマス利用が普及していくうえでも、大気環境の維持に適切な対策を講じ、安全・安心な生活環境を確保してバイオマスの効果を発揮させることが有意義であることが示唆される。

第3章 燃料の品質

3.1 基本概念

3.1.1 原料の由来とその影響

薪やペレットの原料としては、化学処理をしていない木材を使うこと。特に硫黄、窒素、塩素、ヒ素、カドミウム、クロム、銅、鉛、水銀、ニッケル、亜鉛、鉄、アルミニウム、塩化ナトリウム、フッ素を含む木材は、人々の健康やストーブ機器に悪影響を与えるとされている(主な有害物質の特徴・影響は第2章項参照)。身近にある素材も燃焼させると有害なガスを発生するおそれがある。「木質バイオマスストーブは焼却炉ではない」ことを忘れてはならない。

図 3-1 に、木質バイオマスストーブで燃焼させてはいけないものの例と、発生する有害ガスの種類を示す。



図 3-1 木質バイオマスストーブで燃焼させてはいけないもの (例)

参考までに、樹木、食品残渣等の組成成分の例を表 3-1 に示す。果樹剪定枝に窒素分、硫黄分や塩素分が多い場合があり、オレンジの皮には塩素分が、コーヒーかすと茶殻には窒素分が多

いことがわかる。

表 3-1 樹木、食品残渣等の組成成分

	元素分析					工業分析		
	H	C	N	塩素	硫黄	灰分	揮発分	固定炭素
	[wt%-daf]			[ppm-daf]		[wt% dry]		
スギ(幹)	6.7	51.4	0.2	111	107	0.5	79.5	20.0
ヒノキ(幹)	6.2	50.2	0.1	63	97	0.1	84.0	15.9
リンゴ5(枝)	6.7	49.2	1.1	481	181	1.97	79.3	18.7
ブドウ1(枝)	6.2	51.1	1.3	152	204	2.6	77.6	19.8
モモ(枝)	6.8	50.3	1.1	84	163	2.5	79.1	18.3
ナシ(枝)	6.4	52.2	0.9	173	200	3.5	77.2	19.4
コーヒー粕A	7.8	54.0	2.5	16	16	2.3	79.5	18.2
コーヒー粕B	8.3	53.8	2.0	15	18	0.9	83.1	16.0
茶殻A	7.0	52.4	4.7	65	123	3.9	70.6	25.5
茶殻B	7.8	53.5	6.4	92	176	3.1	75.5	21.4
オレンジ皮	7.1	45.7	1.2	440	66	3.1	76.9	20.1
籾殻	7.1	47.6	0.5	47	12	20.4	61.5	18.2
竹(幹)	6.8	48.1	0.2	920	57	1.1	77.6	21.3

※同じ樹種間の添え数字は場所が違うサンプル。同種のもの添え字 A,B は種類が違うサンプル。

※dafとは、dry ash-free の略。水分・灰分ぬきの分率。

※着色した部分は、特に値の高かった成分。

出典:浦上とシサネット(東京農工大学大学院生物システム応用科学研究所 堀尾研究室所属), 修士論文(2008)

また、機器への影響にも注意が必要である。特に硫黄、塩素、窒素等が機器の腐食を引き起こす(表 2-5 参照)。機器の腐食については、以下のような事例も報告されている。

■ 不適正なペレットの使用による腐食の事例(平成 24 年 1 月)



【状況】平成 22 年 10 月設置のストーブで、使用中に排気ファンより異音があり回収確認したところ、通常では起こり得ない程度のサビが発生し、腐食によりフィンが脱落した。

【原因】このとき使われていたのは輸入ペレットであり、成分分析を行ったところ、塩素、銅、硫黄、臭素等でペレット規格を外れる数値を検出した。このことから、建築廃棄物などが原料に含まれていると考えられる。

表 3-2 使用燃料および金属片の成分分析結果 (単位:%)

検体	試験日	Cl 塩素	Fe 鉄	Al アルミ	S 硫黄	Cu 銅	Br 臭素	Na ナトリウム	Ti チタン
No553 ペレット燃料	H24.1.23	2.68	29.45	6.36	2.11	1.33	2.32	1.37	0.95
No553 金属片	H24.1.23	2.83	83.12	1.14	0.7	-	0.14	-	0.04
ペレット品質規格*	-	0.02	-	-	0.03	0.001	-	-	-

※日本木質ペレット協会 木質ペレット品質規格 A クラス基準
着色部はペレット規格から外れている成分

注！輸入ペレットの中には、EN 規格等に準拠した問題のないペレットと、建築廃材等由来の有害物質を含むペレットがあるため、原料や認証の有無などをよく確認して使用する必要がある。

出典:さいかい産業, ペレットストーブ販売店等への呼び掛け資料より作成

3.1.2 含水率

燃料の含水率は燃焼効率と排ガス成分に影響を及ぼす。まず、燃料に含まれる水分は燃料の発熱量を低下させる(2.1.2 も参照)。水分が多ければ水分の蒸発のためにそれだけ多くのエネルギーが必要になり、その分だけ熱効率が引き下げられることになる。含水率が燃料の発熱量に及ぼす影響を図 3-2 に示す。次に、含水率が高いと、より長い時間、水分の蒸発に熱が奪われるため炉内の温度が上がらず、発生した可燃性ガスは発火・燃焼に至らずにそのまま放出されることとなる。すなわち、ばいじん (PM) や PAH、VOC などの有害物質を含む排ガスがより多く放出されることとなる。

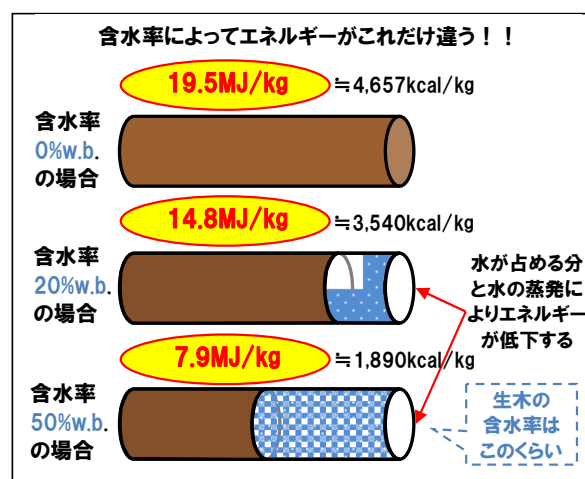


図 3-2 含水率増大による発熱量の低下

3.1.3 原料の来歴

木質バイオマス燃料供給者および利用者は、燃料の来歴に注意し、建設廃材、農薬が付着した樹木、その他廃棄物を用いたものでないこと、維持管理(植林・造林)が持続的に行われている森林から伐採されたものであること、乾燥や輸送に過度のエネルギーを消費していないことなどに注意し、森林環境の荒廃に加担しないことが求められる。

日本は森林資源が豊富な国であるが、人口も多く1人あたりの資源面積はドイツやオーストリアに近い(表 3-3)。このことから、日本で木質バイオマスを利用する際は、ドイツやオーストリアなどと同様に効率的に利用し、過度の消費を避けて森林の荒廃・はげ山化の可能性を防止しなければならない。

表 3-3 森林資源量と人口一人あたりの森林面積

	フィンランド	スウェーデン	ドイツ	オーストリア	日本
人口(千人)	5215	8985	82631	8115	120000
森林面積(千ha)	22500	27528	11076	3980	24000
人口一人当たりの森林面積(ha/人)	4.31	3.06	0.13	0.49	0.2

出典:相川高信, 浅田陽子, BIN 講演会資料(三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング) (2012)

3.2 薪ストーブ

薪を十分に乾燥させることは、薪ストーブの暖房性能を高める、また、薪ストーブから排出される排ガスをクリーンにするためにも重要である。

含水率の目安として、USEPA が推奨する薪の作り方、選び方を次に示す。

- ・ 薪として使う前に、夏場少なくとも6ヶ月間は薪を乾燥する。適正に乾燥した薪は、色が濃くなり、木目に割れ目が入ってくる。薪同士を叩くと、中が空洞のような音がする。
- ・ 燃焼が一番良いのは、含水率 20%w.b.以下である。薪の含水率計を利用し、測定すると良い。
- ・ 屋外に保管する場合は、地面から離して、整理して積み上げ、覆いを掛けること。
- ・ 適正に割られ、よく乾燥した薪だけを燃やすこと。

出典:USEPA ウェブサイト, BurnWise, <http://goo.gl/XqrWx>

3.3 ペレットストーブ

3.3.1 燃料規格

(1) 日本のペレット規格

日本のペレット製造工場は、2000年の3工場から10年間で100工場近くにまで急激に増えてきた。この中には生産規模が小さく生産技術の熟度も低い事業所が多く、使用原料も地域に産するもので樹種や性状が多岐にわたる。そのためペレット品質のバラツキも必然的に大きくなる要素を含んでいる。したがって、消費者の信頼を得て木質ペレット市場の拡大に結びつけるためには、このバラツキを少なくし、それを燃やすストーブやボイラの安全性と高い燃焼効率を確保することが重要⁸である。このような状況を背景に、わが国におけるペレットの品質規格が検討、制定された。

日本のペレット規格としては、一般社団法人 日本木質ペレット協会が策定した「木質ペレット品質規格」および、ペレットクラブが策定した「木質ペレット燃料に関するペレットクラブ自主規格 (PC WPFS・1:2011)」がある。日本木質ペレット協会の「木質ペレット品質規格」は、2007年に(財)日本住宅・木材技術センターにより策定された「木質ペレット品質規格原案」の見直しを行い2011年に制定されたものである。ペレットクラブの「PC WPFS-1:2011」は、2005年に同団体が定めた日本で初めての木質ペレット燃料に関する自主規格を改訂し、2011年に確立したものである。

いずれも、先行して制定された EN 規格を基本としつつ、日本で樹皮ペレットが普及していることに配慮した区分、基準を設けており、そのほか直径等も日本の状況に合わせたものとなっている。「木質ペレット品質規格」と「PC WPFS-1:2011」の違いとしては、サンプリングの方法や区分の数、直径・かさ密度についての基準値、灰溶融点、鉄・アルミニウム・塩化ナトリウムについての基準の有無等である。現在、この2つの規格の統一化が検討されている。

(2) 欧州のペレット規格

欧州標準化委員会 TC335 (European Committee for standardization Technical Committee 335) では、固形バイオ燃料の欧州統一規格制定の検討が進められ、2005年3月、暫定規格 EN 14961 が制定された。木質ペレットの場合の製品規格は、枝番が付いて prEN 14961・2 となる。認証される木質ペレットは、ENplus・A1、ENplus・A2、EN・B の3種類に分類される。ENplus・A1 は、ストーブや小型ボイラーなどの家庭用、A2 および B は産業用である。家庭用の ENplus・A1 は、産業用の A2 および B に比べて、窒素、塩素および灰分の基準が厳しくなっている。ペレットの原材料については、EN14961 に「森林・栽培林、木材加工産業での副産物および残材、使用済み木材」と規定されており、建物および土木建築物から生じたいわゆる建設廃材は含まれない。

欧州では木質ペレットの規格を国内規格として制定している国もあるが、今後は、国内規格から EU 地域規格 (EN 14961) に統一される方向にある。欧州標準化委員会では、さらに将来的に ISO 規格へと考えている。木質ペレットの普及に向けた今後の課題を下記に示す。規格を統一するだけでなく、EU では、以下を課題に挙げている。

- ・ 規制による品質管理、欧州全体での品質の統一化、固形バイオ燃料の品質向上
- ・ 固形バイオ燃料の製造者、利用者、製造業者等すべての資格化

⁸ 一般社団法人 日本木質ペレット協会、「木質ペレット品質規格」(2011), <http://goo.gl/wPz8C>

表 3-4 に、国内の 2 種の規格と欧州の規格の比較を示す。

適用範囲	単位	備考	日本木質ペレット協会			ペレットクラブ				EN (欧州規格)		
			A	B	C	A1	A2	B	J	A1	A2	B
適用範囲			有害物質に汚染されていない木材			建築解体材・廃棄物は適用範囲外				建築解体材・廃棄物は適用範囲外		
区分			A	B	C	A1	A2	B	J	A1	A2	B
特徴			灰分で区分			EN規格に「J」クラス追加						
直径	mm		6、(7)、8 6mmはストーブ用、8mmはボイラー用			6 ~ 8±1				6±1 or 8±1		
長さ	mm		L≦30mmが質量で95%以上で、 かつL>40mmが無いこと			3.15~40				3.15~40		
かさ密度(BD)	kg/m ³		650 ≦ BD ≦ 750			600 ≦				600 ≦		
低位発熱量	MJ/kg		≧ 16.5 (3,940kcal/kg)	≧ 16.0 (3,820kcal/kg)		16.5-19	16.3-19	16.0-19	15.0-19	16.5-19	16.3-19	16.0-19
高位発熱量	MJ/kg		≧ 18.4 (4,390kcal/kg)	≧ 17.6 (4,200kcal/kg)		-				-		
水分量	%	到着ベース ウェットベース	≦ 10			≦ 10				≦ 10		
粉化度	%	到着ベース	(< 3.15mm) ≦ 1			(< 3.15mm) ≦ 1				(< 3.15mm) ≦ 1		
機械的耐久性	%		97.5 ≦			97.5 ≦		96.5 ≦		97.5 ≦		96.5 ≦
灰分	%	ドライベース	≦ 0.5	≦ 1.0	≦ 5.0	≦ 0.7	≦ 1.5	≦ 3.0	≦ 5.0	≦ 0.7	≦ 1.5	≦ 3.0
灰融解点	℃		-			1,200 ≦	1,100 ≦	測定義務		1,200 ≦	1,100 ≦	
塩素	%	ドライベース	≦ 0.02		≦ 0.03	≦ 0.02		≦ 0.03	≦ 0.05	≦ 0.02		≦ 0.03
硫黄	%		≦ 0.03		≦ 0.04	≦ 0.03		≦ 0.04		≦ 0.03		≦ 0.04
窒素	%		≦ 0.5			≦ 0.3	≦ 0.5	≦ 1.0		≦ 0.3	≦ 0.5	≦ 1.0
銅	mg/kg		≦ 10			≦ 10			≦ 10			
クロム	mg/kg		≦ 10			≦ 10			≦ 10			
ヒ素	mg/kg		≦ 1			≦ 1			≦ 1			
カドミウム	mg/kg		≦ 0.5			≦ 0.5			≦ 0.5			
水銀	mg/kg		≦ 0.1			≦ 0.1			≦ 0.1			
鉛	mg/kg		≦ 10			≦ 10			≦ 10			
ニッケル	mg/kg		≦ 10			≦ 10			≦ 10			
亜鉛	mg/kg		≦ 100			≦ 100			≦ 100			
鉄	mg/kg		-			測定義務			-			
アルミニウム	mg/kg		-			測定義務			-			
塩化ナトリウム	mg/kg		-			-	-	-	測定義務	-		

表 3-4 ペレット規格比較表

3.3.2 燃料と燃焼機器の適合性

ストーブの機種によって適合するペレットの種類は異なる。欧州では、ストーブ機器の規格と燃料の規格が定められており、ストーブ機器には、推奨燃料規格(ENplus・A1 など)が明記されている。一方で、国内メーカーのストーブについては機器の規格が未整備であるため、どのペレットが適合するかは、メーカーや設置業者に確認する必要がある。また、欧州のストーブを使う場合でも、国内では認証を受けているペレットは少ないため、認証を受けていない多くのペレットについては、機器との適合性について確認する必要がある。

ペレットとストーブ機器の適合性は、主にペレットの灰分や直径に依存している。今回実施した国内のペレットストーブ製造、販売、設置に携わる業者に対するアンケート調査(回答 19 件)によると、ペレットと燃焼機器の適合性に関する集計結果は、①ペレット燃料で問題が生じたことがある 12 件(63%)、②適合試験をしている 11 件(58%)、③適合するペレットを取扱説明書やカタログで表示 17 件(89%)、④燃料を選ばない機器を取り扱っている 5 件(26%)となっており、63%が何らかの問題を経験している。もともと燃料を選ばない機器を扱う 26%を除くとほとんどの業者が問題を経験しており、問題は起こりやすい状況にある。ペレット関係の業者は適合試験の実施、表示の徹底、ホームページでの周知等により、これらの問題に対する取り組みを行っているが、ユーザーのペレットに対する理解不足により問題を発生している可能性が未だ高いと推測されるため、継続した啓発活動が必要となる。燃料の品質規格とこれに基づく機器の品質認証を行うことが、この問題の根本的な解決につながると考えられる。

第4章 ストープ性能の評価方法

4.1 基本概念

機器の燃焼性能の評価方法としては、熱効率、排ガス成分、温風や排ガスの温度、出力等がある。また、燃焼性能以外にも、安全性や使いやすさ、燃料との適合性等が機器の性能評価の指標となる。

このうち、熱効率は機器の燃焼性能の総合的な指標となるため、欧米や欧州では一定以上の熱効率が求められている。

4.1.1 熱効率

熱効率は、燃焼によって燃料が放出する化学的エネルギーのうち、室内に伝導した熱の割合を指す。熱効率が高いほど少ない燃料でより部屋を暖めることができる。

熱効率をより深く理解するため、以下に燃焼効率、伝熱効率、熱効率について解説する。

(1) 燃焼効率

燃焼効率は、燃焼機器における燃焼の完全性を測る尺度となる。燃料が有する熱量のうち、どの程度の割合が熱に変換されたかの割合であり、次式で定義する。

$$\text{燃焼効率 (\%)} = \frac{\text{燃焼によって生成された熱量}}{\text{投入した燃料の持つ熱量}}$$

燃焼効率を高めるためには、燃焼部分の温度、燃焼空気の攪拌、燃焼空気の滞留時間が重要となる。燃焼効率が悪いと不完全燃焼が起き、タールや未燃分を含む排ガスが発生したり、燃料が燃え残ったり、住宅内へ一酸化炭素や有毒ガスが流出する危険性が高まる。また、多くの燃料を消費してしまうため燃料の無駄遣いとなる。

(2) 熱交換効率

熱交換効率は、燃焼によって生成された実際に利用可能な熱の割合であり、次式で定義する。

$$\text{熱交換効率 (\%)} = \frac{\text{利用可能な熱量 (室内放出分)}}{\text{燃焼によって生成された熱量}}$$

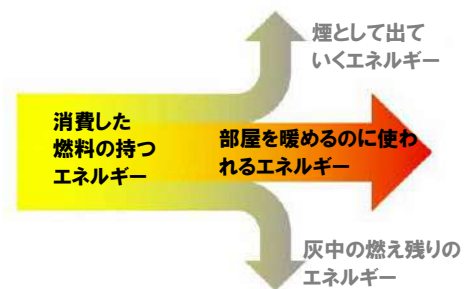
伝熱効率の高さは次の要素と関連する

- ・放射性能の高い、広い外表面を有していること
- ・高温のガスが機器内に滞留する時間が長いこと
- ・燃焼室から機器の壁面に熱を伝えるのに適切な攪拌が機器内に存在すること
- ・機器の壁を通して熱が急速に伝わること
- ・熱を機器外に伝えられるだけの適切な空気の移動(対流)があること

(3) 熱効率

熱効率は、燃料のもつ熱量のうち実際に利用可能な熱量の割合であり、次式で定義する。

$$\text{熱効率 (\%)} = \frac{\text{利用可能な熱量 (室内放出分)}}{\text{投入した燃料の持つ熱量}}$$



熱効率を高めるための構造としては、薪ストーブの場合には、触媒を用いて酸化反応の速度を速める触媒方式や、二次空気を取り入れて可燃性ガスを燃焼させる二次燃焼方式、燃焼空気の滞留時間を長くするためにバッフル*を取り付けたものなどがある。

*バッフル: バッフルプレート。水や空気や音など流体の流れの中に設ける阻止板、動きを制御する装置のこと。

4.1.1 熱効率と排ガス成分

熱効率は、有害物質や火災発生の防止という点からも重要である。不完全燃焼では、PM 等の大気汚染物質を多く含む排ガスが発生し、また一酸化炭素等の有毒ガスが室内に流出する危険性も高まる。

米国のストーブ認証制度では、熱効率に加え排ガス中の PM 排出量についても基準が定められている。

4.1.2 ばいじん (PM) 測定方法

(1) 大気中の PM 測定方法

① 浮遊状粒子状物質 (SPM) 浮遊状粒子状物質 (SPM) の測定は、大気を吸引してフィルタ上に粒子状物質をろ過捕集するフィルタ法と自動測定機の組み合わせによって行われる。

(a) フィルタ法

SPM の標準測定法としては、ロウポリウムエアサンプラ(以下、「LV」という)によってろ過捕集を行い、質量濃度を測定するフィルタ法が採用されてきた(図 4-1)。この方法では、大気中の質量濃度 C ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) を、フィルタ上に捕集した粒子状物質の質量 M (μg) を測定することで、次式により求める。ここで、 V は流速 (m^3/hr)、 t はサンプリング時間 (hr) である。

$$C = M / (V \times t)$$

(b) 自動測定機

大気中での SPM 濃度は常に変動しているが、フィルタ法では濃度の時間変動を連続的に測定することが困難である。わが国においては SPM 濃度の環境基準が 1 時間値および 1 時間値の 1 日平均値で定められており、1 時間ごとの常時監視のため、 β 線吸収法、圧電天秤法の自動測定機が用いられる(現在では、主に β 線吸収法の自動測定機が用いられている)。

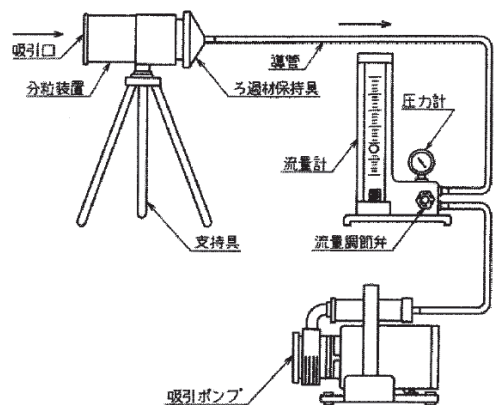


図 4-1 LV の構成例

出典: 日本規格協会,

JIS Z 8814:1994: ロウポリウムエアサンプラ (1994)

② $PM_{2.5}$ 現在、諸外国において $PM_{2.5}$ の標準測定法として定められ、最も信頼性の高いとされている方法は、米国 EPA の連邦標準測定法(Federal Reference Method、以下、「FRM」という)に代表されるフィルタ法による質量濃度測定である。一方、濃度の時間変動をリアルタイムに把握できる自動測定機も有用であることから、 $PM_{2.5}$ の各種自動測定機の開発や改良が活発に行われている。以下に、フィルタ法および自動測定機における代表的な測定法を示す。

(a) フィルタ法

FRM の機器の構成、主要部の構造を図 4-2 に示す。サンプラの構成は、試料大気導入口、分粒装置、フィルタ保持部、流量計および流量制御器等からなる。

FRM は、電動のサンプラによって試料大気を導入口から一定流量で吸引し、 $PM_{2.5}$ 粒子を分級してフィルタ上に一定期間捕集し、その後、フィルタの採取前後の重量差を求め、その値を試料大気吸引量で除することによって質量濃度を算定する方法である。

フィルタは、ポリテトラフルオロエチレン(Polytetrafluoroethylene, PTFE) 製を使用し、試料捕集の前後に一定の温度・相対湿度で恒量した後秤量する。恒量条件は温度 20~23°C、相対湿度 30~40 %、秤量時の天秤の精度は $\pm 1 \mu\text{g}$ と規定されている。また、試料大気吸引量は、捕集期間中の各気温、気圧における実際の吸引流量(実流量)および吸引時間から求める。吸引流量は 16.7 L/min である。

導入した大気を粒子の大きさごとに分ける(分粒)方法として、カスケードインパクト法、サイクロン法、バーチャルインパクト法等がある(図 4-3 参照)。

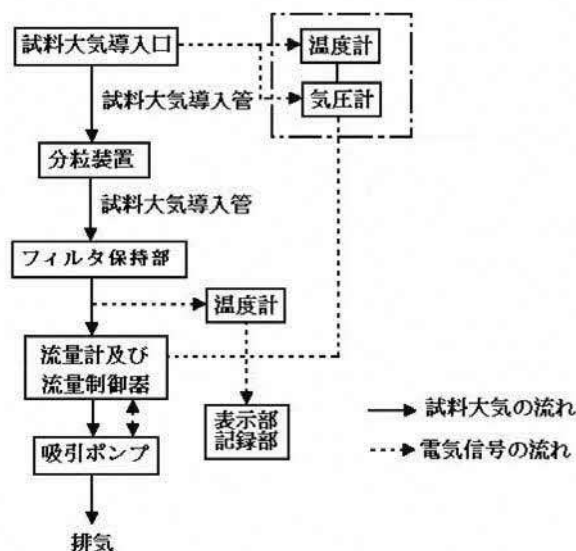
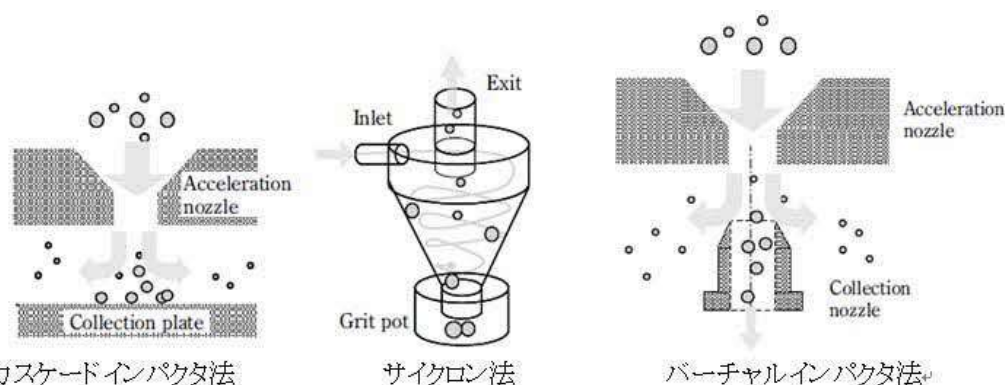


図 4-2 FRM サンプラの構成例

出典:環境省, 大気中微小粒子状物質 ($PM_{2.5}$) 測定方法
暫定マニュアル改定版 (2007)



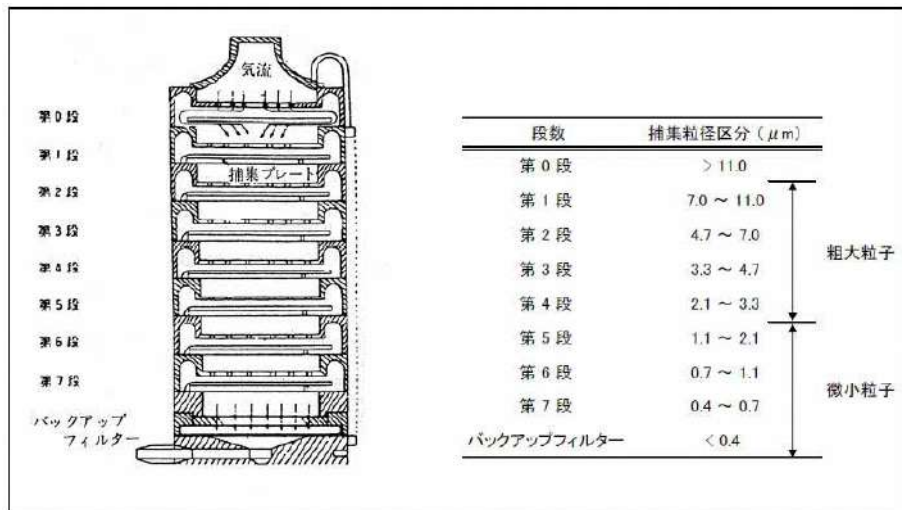
出典:和田匡史ほか, 「固定発生源煙道内 $PM_{10}/PM_{2.5}$ 質量濃度測定用 multi-stage VIS impactor の分級特性」,

J. Soc. Powder Technol, Japan, 46, 467 - 475 (2009)

図 4-3 各種分粒方法の原理

カスケードインパクト法は、図 4-4 に示すように、高速ガス流で補修版に粗粒子を衝突させ分粒す

る方法である。この原理を用いた分粒装置がアンダーセンサンプラーである。サイクロン法は、旋回気流による遠心力で壁面に粗粒子を移動させて分粒する手法である。バーチャルインパクト法は、カスケードインパクト法で問題となる粒子の跳ね返りや再飛散を防止するために、補修版を使わずノズルで粗粒子を吸引する形式とした手法である。



出典: 環境測定分析法註解, 社団法人日本環境測定分析協会

図 4-4 アンダーセンサンプラー断面図および格段の捕集粒径区分

(b) 自動測定機による測定法

PM_{2.5} の自動測定機については、現在開発途上にある。

現在、欧米等で一定の実績を有し、我が国でも使用されている PM_{2.5} 自動測定機の測定法としては、フィルタ振動法 (Tapered Element Oscillating Microbalance、以下、「TEOM 法」という) や B 線吸収法等が挙げられる。また、PM_{2.5} 測定方法暫定マニュアルにおいても、これらの測定法が記載されている。

以下、主な測定法の概要について記載する。

(7) TEOM 法

TEOM 法による自動測定機は円錐状の秤量素子を持ち、先端にはフィルタカートリッジを装備している(図 4-5 参照)。この秤量素子には外部から振動が与えられており、フィルタカートリッジと共に固有の振動数で振動している。試料大気はこの秤量素子のある PM_{2.5} 捕集および検出部 (センサ部) に導入され、試料大気中の PM_{2.5} はフィルタカートリッジに捕集され

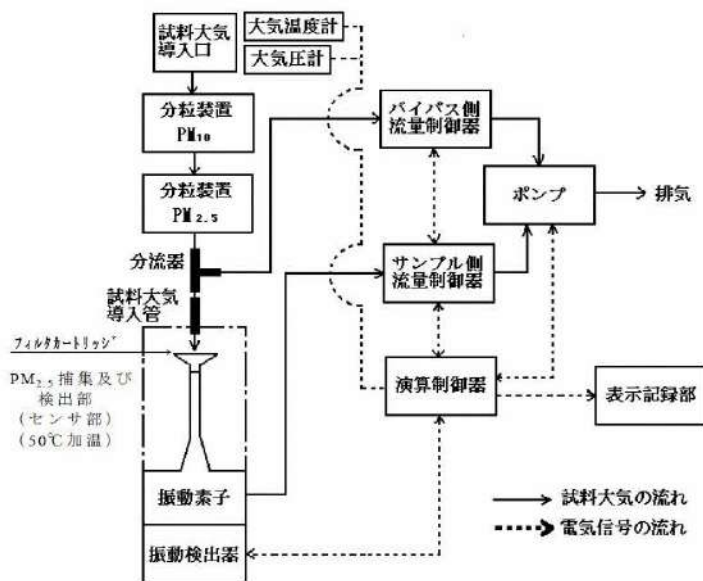


図 4-5 TEOM 自動測定装置の構成例

出典: 環境省, 大気中微小粒子状物質 (PM_{2.5}) 測定方法暫定マニュアル改定版 (2007)

る。これら粒子状物質による質量増加にともない、振動素子の振動数が減少する。この振動数の変化量と捕集粒子の質量には以下の関係があることから、振動数の変化を計測することで捕集質量を算出し、その値を試料大気吸引量で除することによってPM_{2.5}の質量濃度を算出する。

(イ) B線吸収法

B線吸収法は、図4-6に示すように、低エネルギーのB線を物質に照射した際に、B線の吸収量はその物質の単位面積あたりの質量に比例して増加することを利用した測定方法である。ろ紙上に捕集したPM_{2.5}にB線を照射し、透過B線強度を計測することにより、PM_{2.5}の質量濃度を測定する。

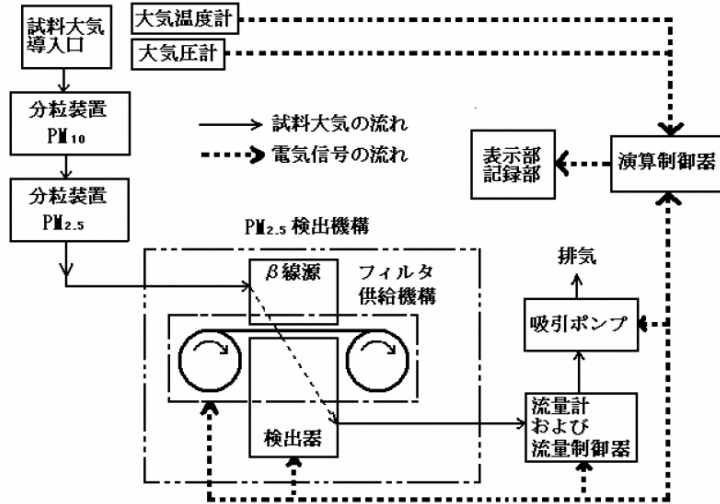


図4-6 B線吸収法自動測定装置の構成例

出典：環境省，大気中微小粒子状物質（PM_{2.5}）測定方法暫定マニュアル改定版（2007）

(ウ) 光散乱法

光散乱法は図4-7に示すように、粒子状物質に一方から光を照射した際に生ずる散乱光量を測定することにより、大気中の粒子状物質の質量濃度を間接的に測定する方式である。粒子状物質による散乱光の強度は粒子状物質の形状、大きさ、屈折率等によって異なるが、これらの条件が同一であると仮定して、散乱光の強度が粒子状物質の質量と比例関係にあることを利用したものである。PM_{2.5}の測定においては、試料大気採取口に分粒装置を取りつけ、PM_{2.5}粒子を分粒した後に測定を行う。光散乱法は質量濃度を直接測定する方法ではないため、別途同時に測定した標準測定法による測定値から質量濃度への換算係数を求め補正する必要がある。また、光散乱法とB線吸収法を組み合わせ、B線吸収法の測定結果で換算係数を算出し、光散乱法の測定値を随時繰り返し補正して測定するタイプの機種も市販されている。

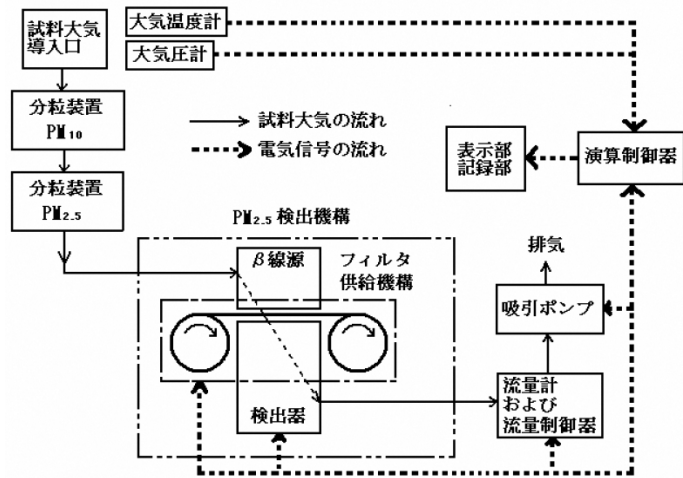


図4-7 光散乱法自動測定装置の構成例

出典：環境省，大気中微小粒子状物質（PM_{2.5}）測定方法暫定マニュアル改定版（2007）

(2) 固定発生源における PM (ばいじん) 測定方法

一方、固定発生源の煙道中における PM₁₀/PM_{2.5} の測定評価法の分粒器としては、煙道中で PM_{2.5} と PM₁₀ だけ分離して捕集する方法と、希釈装置で清浄空気と混合され生成する凝縮性成分を含む計測法がある。前者については ISO の方針が決まりつつあり、欧州推奨のカスケードインパクト法 (ISO23210) と、日本が主張したバーチャルインパクト法 (ISO13271) の 2 つが、ISO となる予定である (ISO13271 は 2012 年 6 月に公表予定)。

(3) USEPA のストーブ認証制度における PM (ばいじん) 測定方法

USEPA のストーブ認証制度で定められている、PM のサンプリング方法のうち Method 5G を図 4-8 に紹介する。

Method 5G は、木質バイオマス燃料の暖房装置からの粒子状物質の濃度を測定・算出する方法で、希釈トンネルを使う。以下の 3 つの方法があるが、このうち、①の方法が詳細に説明されており、②および③の方法は、代替手法として、参考に示されている。

- ① 1 組の dual-filter (排ガス流量:
0.015 m³/min)
- ② 1 組の dual-filter + インピンジャー
(排ガス流量:0.015 m³/min)
- ③ 2 組の dual-filter (排ガス流量:
任意の流量)

以下、①の 1 組の dual-filter について述べる。この方法では、粒子状物質は、フードで集められ、外気の希釈空気と混合される。この時、100%の排ガスがフードで集められるように、フードと煙突の間隔を調整する。粒子状物質は、1 組の dual-filter (2 つのガラスファイバーフィルター) で捕捉される。dual-filter 部は、32°C 以下に保たれ、非結合水を取り除いた後、粒子状物質の量が重量測定法で算出される。ガラスファイバーフィルターは、径が最低 100mm で、0.3ミクロンのフタル酸ジオクチルの排ガス粒子 (Smoke particle) を最低 99.5%捕捉するものとなっている。

米国材料試験協会 (American Society for Testing and Materials, ASTM) の ASTM E2515 (2007) も、希釈トンネルを使った粒子状物質のサンプリング法で、Method 5G に比べて、希釈空気の流量を大きくすることができ、暖炉の排ガスに適用できる可能性があるが、USEPA では、ASTM E2515 (2007) を使うことを認めていない。

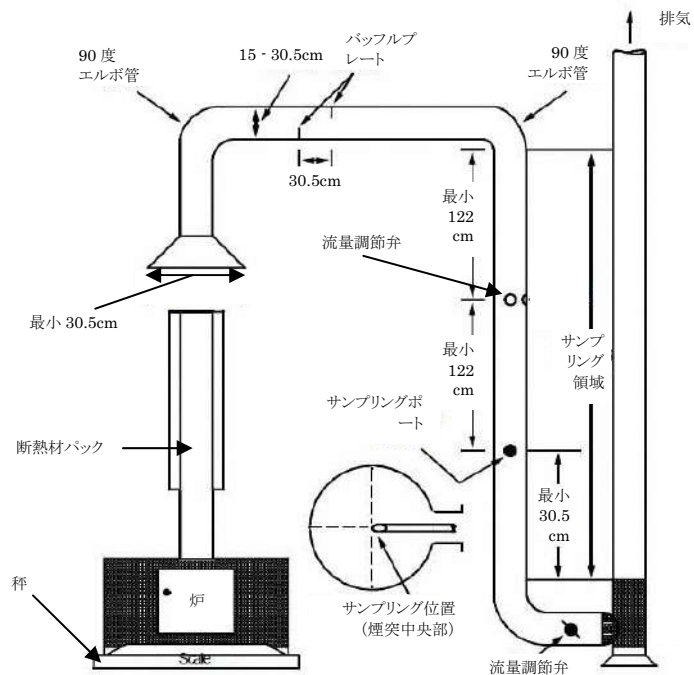


図 4-8 USEPA の PM のサンプリング法 (Method 5G) の装置構成 (希釈トンネル)

出典: Method 5h) Determination of Particulate Matter Emissions from Wood Heaters from a Stack Location, USEPA, <http://goo.gl/3aJKo>

4.2 薪ストーブ

4.2.1 薪ストーブの分類

(1) 暖房方式

薪ストーブは暖房方式で、輻射式と対流式に分類される(図4-9)。

① 輻射式 輻射式は単純に本体から直接輻射熱を周囲に放散させるタイプ。輻射熱は目に見えない熱線として発している熱であり、到達した物を暖める性質を持っている。

輻射式は、本体からの直接的な熱を求める場合、また吹き抜けに適している。ただし、ストーブの周囲が大変熱くなるため、家具やその他の物を配置するときには注意が必要である。

② 対流式 対流式は本体外側が二層構造になっており、低温の室内空気が層の中で滞留電熱により暖められて上昇し、放出するタイプ。

二層構造であるため、輻射式よりひと回り大きくなる反面、背面や側面より壁に近づけることができる。暖かい空気は天井付近にたまるが、シーリングファンなどを使えば床に空気をおろすことができる。

(2) 二次燃焼方式

薪ストーブでは、排ガスやすすの分解を促進させるため二次燃焼部に触媒を設けているものがあり、触媒方式と非触媒方式と分けて呼ぶこともある(図4-10)。

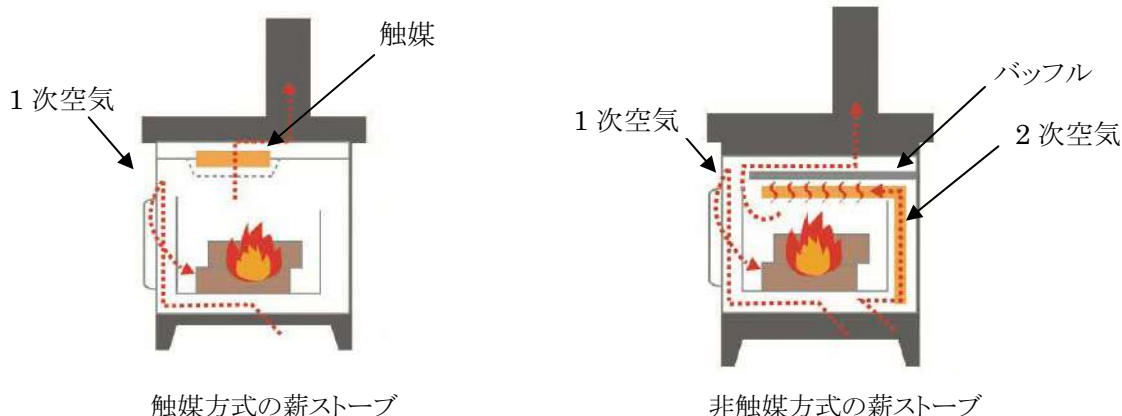


図4-9 輻射式と対流式の薪ストーブ

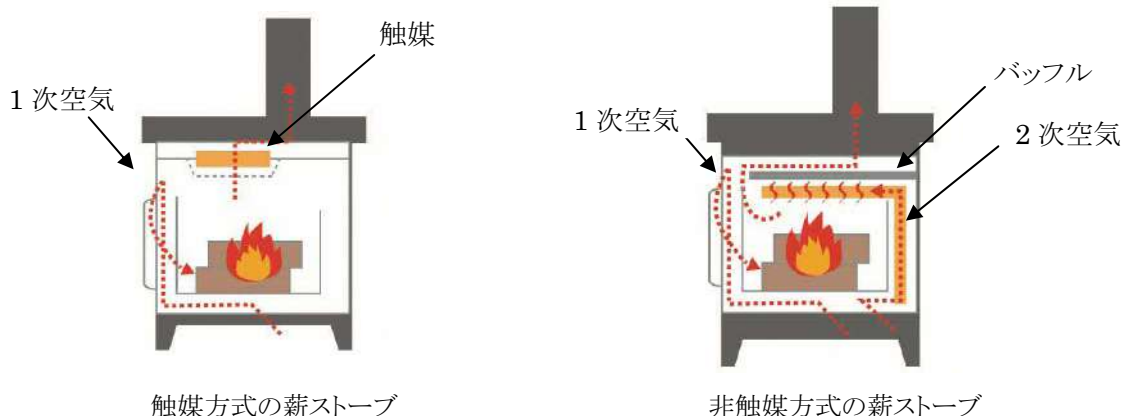


図4-10 触媒方式と非触媒方式の薪ストーブ

出典: BurnWise, USEPA, <http://goo.gl/JUR2c>

4.2.2 機器基準

米国では、大気質の向上と健康上の危険回避のため、薪燃焼機器の熱効率およびPM排出量に関する基準が設けられた。

(1) USEPAによる木質バイオマス燃料ストーブ認証制度

米国では、大気質の向上と健康上の危険回避のため、薪燃焼機器の排気の抑制に関する基準を設け、1990年までには開放型の暖炉および一部の暖房機器を除き、製造・販売が許可されるのはUSEPA認定の機器のみとなった。

米国の木質バイオマス燃料の暖房装置の規制は、米国連邦規則集 (CFR) Title 40: Protection of Environment Part 60 Subparts AAA(木質バイオマス燃料を使用する家庭の暖房機の新しい性能基準、Standards of Performance for New Residential Wood Heaters)に記述されている(表 4-1)。

表 4-1 USEPA による木質バイオマス燃料ストーブ認証制度概要

【制度概要】	<ul style="list-style-type: none"> ・ 認証試験は独立した試験機関が申請された木質バイオマス燃料の暖房装置の試験を行い、基準値を満足した型式モデルは、認証型式モデルとなる。 ・ 認証された新しい型式モデルは、Temporary(一時)認証ラベルとPermanent(永久)認証ラベルの二つのラベルを貼ることができる。 ・ 機器の前面に貼る Temporary 認証ラベルは、粒子状物質の排出量および基準値、総合熱効率などが記載される ・ 機器の背面に貼る Permanent 認証ラベルは、製造年月日、型式番号、シリアル番号が記載される。触媒方式のストーブの場合は、触媒の検査とメンテナンスが必要なことがラベルに記載される。 		
	【対象機器】	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1988年7月1日以降に生産され、1990年7月1日以降に販売される機器 ・ 重量が800kg以下、燃焼室の容積が約0.566 m³以下、燃焼速度が5kg/hr以下の機器 ・ 木質ペレットストーブについては、一定の空気燃料比より小さいもの 	
【対象除外機器】	<ul style="list-style-type: none"> ・ 輸出をする機器を製造しているメーカー ・ 研究開発用の機器を製造しているメーカー ・ 1つの型式の製造台数が50台以下の製造メーカー ・ 石炭だけを燃料としている機器 ・ 現地で建造される石造りの暖炉 ・ ボイラー、炉、調理台 		
【基準】	熱効率	非触媒方式	63% (LHV _w)
		触媒方式	72% (LHV _w)
	PM	表 4-2 を参照	
【試験方法】	試験の条件およびPM排出量の算出法	認証試験の条件および粒子状物質の排出量の算出法は、METHOD 28 CERTIFICATION AND AUDITING OF WOOD HEATERS に定められている。 出典: OMNI-Test Laboratories, Inc., Residential Wood-Smoke Emissions, August 15 (2007)	
		薪の樹種	ベイマツの木材(化学的に処理していないもの)
		薪の含水率	16~20%(湿量基準、大気乾燥したもの)
	薪の品質規格	次のいずれかの規格の木材 ・ 2×4 の規格 (38 mm × 89 mm) ・ 4×4 の規格 (89 mm × 89 mm) この他に、薪の入れ方および点火の方法などを規定している。	
	試験の条件	定められた4つの燃焼速度で、各2回の合計8回の試験を行うこととなっている。粒子状物質の排出量 (g/h) は、加重平均をとって算出される。	
	試験に供する装置	装置は新品ではなく、試験の前に以下のように燃焼させること ・ 触媒方式の装置の場合は、新品の触媒を取り付けて、少なくとも50時間燃焼させること ・ 非触媒方式の装置の場合は、中間の燃焼速度で少なくとも10時間燃焼させること	
PMの排出の	希釈トンネルを使う場合	METHOD 5G に定められており、3つの方法がある。 ①1組の dual-filter (排ガス流量:0.015 m ³ /min)	

サンプリング方法		②1組の dual-filter + インピンジャー※(排ガス流量:0.015 m ³ /min) ③2組の dual-filter(排ガス流量:あらゆる流量)
	煙突の壁のサンプリング孔から吸引する場合	METHOD 5H に定められている。

PM の基準値とサンプリング方法を表 4-2 に示す。

表 4-2 木質バイオマス燃料の暖房装置の新規発生源性能基準

方式	PM の基準値		
	平均値	いかなる試験およびいかなる燃焼速度でも超えてはならない基準値	
非触媒方式	7.5 g/h	平均燃焼速度が 1.5 kg/h 以下	15 g/h
		平均燃焼速度が 1.5 kg/h 以上	18 g/h
触媒方式	4.1 g/h	平均燃焼速度が 2.82 kg/h 以下	次式で計算される PM(g/h)を超えてはならない。 PM=K1 × BR + K2 BR: 平均燃焼速度 (kg/h) K1: 3.55 (g/kg)、K2: 4.98 (g/h)
		平均燃焼速度が 2.82 kg/h 以上	15 g/h

※この場合の粒子状物質 (PM) は、PM₁₀

① 認証制度の影響

USEPA が、木質バイオマス燃料の暖房装置の粒子状物質の基準を設定し、規制を始めたことは以下のような影響があったことが報告されている。

- ・ USEPA が粒子状物質の試験法を定め、対象燃焼装置の認証制度を創設したことは、古く PM の排出の多い薪ストーブの数を減少させるのに大きな効果があった。
- ・ 一方、NSPS を満足できず、認証を取れなかった多くのメーカーが倒産した。
- ・ 暖房装置の開発、設計や試験のコストが掛かり、結果的に装置の価格が高くなった。
- ・ この規制が連邦全体を対象としているので、州などの地方自治体が、独自に規制を設け規制を行うコストが減じられた。
- ・ また、製造メーカーも、全米で商売を行う際に、一つの基準を遵守すればよく、これにより、公平な薪ストーブなどの製造ビジネスが促進された。
- ・ 環境が人々の大きな関心事になった今、タグに表示された粒子状物質の格付けは、顧客の重要な製品情報となった。

② 制度の見直し方針

現在の木質バイオマス燃料を使用する燃焼装置の新規固定発生源性能基準 (NSPS) は、見直しを行った 1988 年から 20 年以上も経過し、色々な問題を含むことが指摘されている。例えば、暖炉の粒子状物質の排出量は、USEPA 承認薪ストーブの 20 倍と推定されているが、NSPS は適用されていない。また暖房装置の燃焼技術が進歩してきたこと、欧州では、より厳しい規制が導入されている

ことを考慮し、USEPA では、家庭用暖房装置の NSPS の見直しを行っている。表 4-3 に木質バイオマス燃料を使用する燃焼装置の NSPS、試験方法などの見直しの要点を示す。

表 4-3 主な木質バイオマス燃焼装置の排出削減・管理方法の見直しの要点

	見直し内容(ドラフト)
全 般	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現在立証されている最高の技術に基づき NSPS 値を厳しくする ・ 法の抜け穴、例外を無くす(ペレットストーブ、温水暖房器、暖炉など) ・ 試験方法を適正なものに見直す ・ 機器の認証のプロセスに選択肢を拡大する(ISO の認証ラボや認証機関を利用)
薪ストーブ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 新しい NSPS 触媒方式:2.5 g/h、非触媒方式:4.5 g/h <ul style="list-style-type: none"> ➢ 現在の承認薪ストーブの 85%は、この基準を達成している。 ➢ 2015 年には、触媒方式、非触媒方式の区別なく、NSPS を 2.5 g/h とする、更に厳しいオプションも検討されている。
温水暖房器	<ul style="list-style-type: none"> ・ NSPS を設定 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 第二段階自主プログラムの基準値に適合させる
工場で製造された暖炉	<ul style="list-style-type: none"> ・ コスト増加による影響を考慮し、現時点では、NSPS を設定しない
石造り暖炉	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現時点では、NSPS を設定しない ・ 産業団体を通じて、認証制度を推進する
石造りのヒーター	<ul style="list-style-type: none"> ・ NSPS を設定する

出典: Residential Wood Heaters New Source Performance Standards (NSPS) Current Draft Revisions, EPA / Wester, Residential Wood Smoke Workshop, March 1 (2011), <http://goo.gl/4d9s5>

今回の NSPS の見直しに際し、粒子状物質のうち、微小粒子 (PM_{2.5}) を重点的に考慮しているという資料も見られる。

4.3 ペレットストーブ

4.3.1 ペレットストーブの分類

(1) 用途別方式 (暖房用)

ペレットストーブには暖房用の用途別方式としては、図 4-11 に示すように自然対流形と強制対流形がある。自然対流形は暖められた室内の空気が上昇し、冷えた空気が下降することによって、室内空気が自然循環して室内温度を高める方式で、強制対流形は送風機などによって暖められた空気 (温風)

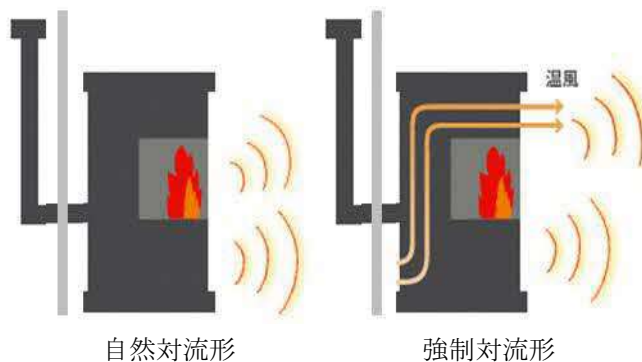


図 4-11 自然対流形と強制対流形

を拡散または放出して室内温度を高める方式である。なお、ペレットストーブについては

強制対流形のストーブについて記載し、自然対流形のストーブは薪ストーブを参照すること。

(2) 給排気方式

ペレットの燃焼には空気の給気・排気が必要である。この給排気方式は燃焼室への空気の供給方法や排気ガスの排出方法によって分類されるので、室内の気密性などを考慮しながら機器を選択する必要がある。給排気方式には半密閉式と密閉式がある(表 4-4)。半密閉式は室内から給気し、排気筒を通じて室外に排気される方式であり、密閉式は二重管となっている給排気筒を通して室外から給気し、また給排気筒を通じて室外へ排気される方式である。

表 4-4 ペレットストーブの給排気方式

半密閉式	自然通気形(CF式)
	強制排気形(FE式)
密閉式	自然給排気形(BF式)
	強制給排気形(FF式)

以下、ペレットストーブの給排気方式の中で主流となっている半密閉式における FE 式と密閉式における FF 式を図 4-12 に示すとともに、これらの特徴について述べる。

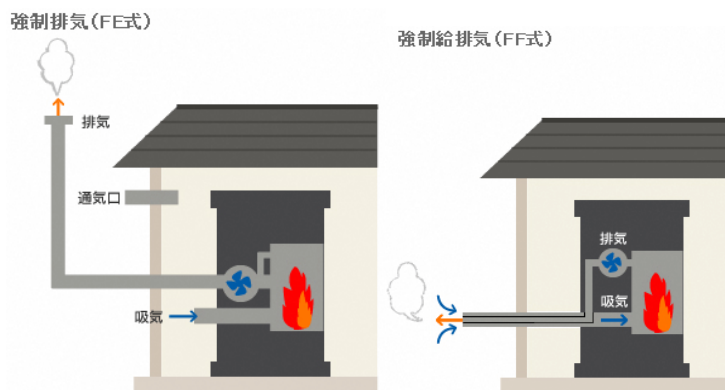


図 4-12 FE 式と FF 式

- ① 強制排気 (FE 式) 燃焼ガスを強制的に屋外へ排出する方式。給気は室内空気を利用する。室内温度は変化が少ないため、着火しやすいという反面、室内の空気圧に影響されやすいという性質がある。
- ② 強制給排気 (FF 式) 屋外から給気し、燃焼ガスを強制的に屋外へ排出する方式。室内の空気圧に影響されにくいという特性がある。ただし、火の粉が出やすい場合があるため、設置の際には注意が必要である。

4.3.2 機器の品質規格

(1) 国内外の機器の品質規格

国内におけるペレットストーブに関する規格や基準作りに関しては、日本燃焼機器検査協会が会員企業の要請を受けて 2004 年に自主規格を作成しているほか、一部の都道府県は県産ストーブの認定のための規格を有している。その他、ペレット業界に関係する団体の一つであるペレットクラブは 2006 年に EN 規格を入手、翻訳して会員企業と共有し、かつ欧州の試験機関での試験を実施するための準備を行った経緯がある。同じく業界団体の一つである日本木質ペレット協会は 2011 年から会員企業との懇談会でガイドランの検討を行っている。しかしながら、いずれの活動も国内のペレットスト

ーブ業界における事実上の標準を有するに至っておらず、実質的に業界にストーブの規格や基準は存在しない状況が続いている。

欧州でペレットストーブの規格を定めているのは、EN 規格 (EN14785) である。EN 規格は、欧州 30 か国で構成される CEN (欧州標準化委員会) や CENELEC (欧州電気標準化委員会)、ETSI (欧州通信規格協会) が発行する、欧州の統一規格であり、加盟各国は、EN 規格を自国の国家規格として採用することが義務付けられている。また、国単位ではさらに厳しい基準を設けているところもある。

ここでは、日本燃焼機器検査協会の規格と欧州の規格について、背景、対象燃料、性能評価方法という観点で比較を行う。

① **背景の違い** 日本燃焼機器検査協会の検査規格の制定は、同協会が昭和 33 年設立以降、石油ストーブ類の火災予防の観点から安全性の確保を主眼として JIS 原案を作成してきた経緯に基づいている。昭和 30 年代初頭は、木造住宅が主体の建築様式であり、石油ストーブ類の安全規格が十分に整備されていなかったことから、今日に至るまで火災予防の観点から JIS 原案を作成し、事故の防止のために幾度かの改正を重ねてきた。同協会では設立以降、石油ストーブ類の JIS をもとに、自主規格として検査基準を制定し、石油ストーブ類の製品認証を行っているが、平成 16 年のペレットストーブ類の検査基準の制定に際しては、火災予防の観点から石油ストーブ類の安全性と同等の安全性を確保すべきとの判断により、石油ストーブ類の JIS で要求されている安全性試験項目を採り入れたものとしている。

平成 24 年 3 月現在、ペレットストーブ類の検査基準としては、密閉式ペレットストーブ (いわゆる FF 式) と半密閉式ペレットストーブ (排気筒があるもの) が制定されており、いずれも石油ストーブ類と同等の安全が担保されている内容となっている。国内のペレットストーブメーカーの一部は、同協会の検査基準に基づく製品認証および消防庁告示 1 号に基づく防火性能認証も受けた製品を出荷している。

一方、欧州は日本の木造住宅主体とは異なり、石材等の不燃材料で構成された住宅が多い生活文化があり、火災予防の観点よりも性能の規定を中心とした規格の構成となっている。

② **対象燃料の違い** 日本燃焼機器検査協会の検査基準では、機器およびメーカー指定の燃料とセットでの検査となっている。そのため、メーカー指定のペレットを使う限りにおける認証となる。欧州では機器規格の他にペレットの燃料規格も定められているため、機器の認証試験を行う際は、燃料規格の分類である ENplus - A1、ENplus - A2、EN - B のいずれかで行われる。ここで認証された機器は、その分類の燃料であればいずれのペレットでも適合することとなる。例えば、ENplus - A1 で認証試験を行えば、ENplus - A1 のペレットはいずれも適合燃料となる。

③ **性能評価方法の違い** 日本燃焼機器検査協会の検査基準は石油ストーブ類の検査基準を参考としているため、熱効率の測定の際、排ガスおよび灰中の未燃分については測定を行わない。一方、EN 規格では、これらの未燃分も考慮した熱効率となっている。

また、熱効率の基準として、日本燃焼機器検査協会の検査基準では HHV_w 基準、EN 規格では LHV_w 基準となっているため、比較する際は注意が必要である。表 4-5、表 4-6 にそれぞれの検査の概要をまとめて示す。

表 4-5 日本燃焼機器検査協会の検査、認証制度


【対象機器】	JHIA N - 5651 に規定する木質系バイオマスペレットを燃料とする、暖房などに用いる木質バイオマス燃焼機器		
【基準】	使用性能	点火、消火、各部の作動、異常燃焼など	
	品質性能	燃焼性能	各箇所の温度、温風・熱気・排気温度、ばい煙濃度、暖房出力、熱効率等
		その他	過負荷燃焼、傾斜燃焼、過熱防止装置作動、対反閉そく性、耐風速性、耐風圧性、消費電力、騒音、耐停電性、絶縁、振動、耐食性等
	構造	一般構造、給排気方式別の機器の構造、燃料タンクの構造、電気配線、配線部分などの構造等	
その他	材料の基準、加工方法の基準、外観の基準、表示の基準、取扱説明書の基準		
【認証マーク】	製品認証 証票	 出典：日本燃焼機器検査協会提供資料	

表 4-6 EN 規格が定める機器規格 (EN14785)

【対象機器】	ペレットが機械的に供給され燃焼し、定格出力 50kW までの、居住空間暖房器具		
【基準】	安全性	隣接した可燃性物質の温度、燃料ホッパーの温度、燃料搬送システムによる逆流燃焼に対する安全性等	
	機器性能	排ガスドラフト、燃焼排ガス温度、一酸化炭素の排出、定格出力時および最小出力時の効率等	
	その他	材料、設計および製造	燃焼制御装置や煙道、焚き口の扉、燃焼用空気の供給、灰受け皿と灰の除去、壁厚さ等
		器具の説明書	据付要領書、使用者運転要領書
マーキング		ラベルの添付場所、ラベルの記載内容等	
適合性の評価	初期型式試験および追加型式試験、工場製造管理 (FPC)、原材料および構成部品、製品検査、試験および評価等		

(2) 国内外の熱効率の基準と測定方法

① 熱効率の基準 ペレットストーブの熱効率の基準としては、日本においては日本燃焼機器検査協会の自主的な検査、認証制度がある。この認証制度における熱効率の基準は、密閉式ペレットストーブで 66%以上 (HHV_w)、半密閉式ペレットストーブで最大燃焼時 61%以上、最小燃焼時 52%以上 (HHV_w) となっている。一方欧州では、EU の統一規格である EN 規格 (EN14785) において、定格熱出力時 75% 以上、最小熱出力時 70% 以上 (LHV_w) と定めている。それぞれの熱効率の基準を表 4-7 に示す。

表 4-7 ペレットストーブの熱効率の基準

	対象	熱効率の基準
【日本】 日本燃焼機器検査協会の自主的な基準	密閉式ペレットストーブ	66%以上 (HHV _w)
	半密閉式ペレットストーブ	最大燃焼時 61%以上 (HHV _w) 最小燃焼時 52%以上 (HHV _w)
【欧州】 EN14785	ペレットが機械的に供給され燃焼する 50kW 以下の居住空間暖房器具	定格出力時 75%以上 (LHV _w) 最小出力時 70%以上 (LHV _w)

② サンプリング方法

(a) 日本燃焼機器検査協会

日本燃焼機器検査協会の熱効率試験方法の概要を以下に示す。

(7) 試験用燃料

製造業者の指定する燃料とし、JHIA N - 5651 の規定に適合するものとする。

(4) ストーブの据付例と測定項目

性能試験におけるストーブの設置例と測定項目を図 4-13 に示す。

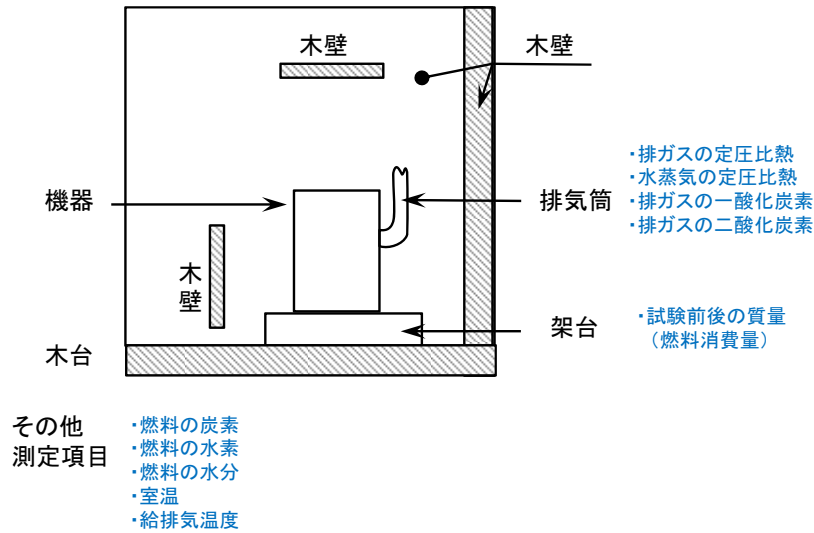


図 4-13 排気筒取付口が機器の側部にある場合の設置例

(b) EN14785

EN14785 の熱効率試験方法の概要を以下に示す。

(7) 試験用燃料

市販されている燃料のさまざまな種類を代表し、表 4-8 に示すさまざまな仕様を持った標準試験燃料を、各々の試験燃料として用いること。

木質ペレット: 樹皮が混合あるいは混合していない圧縮した未処理の木材で、接合材(たとえば、糖液、固形パラフィン、ブドウ糖)が添加あるいは添加されていないもの

表 4-8 EN14785 の試験燃料の性質

水分含有率(燃焼基準) CEN / TS 14774-1 および ISO 687	≦12%
灰分含有率(燃焼基準) ISO 1171	≦0.7%樹皮の混合無し ≦2.0%樹皮の混合有り
揮発性物質(水分および灰分を含まない) ISO 562	80%から 88%まで
水素含有率(燃焼基準) ISO 609	5.0%から 6.5%まで
炭素含有率(燃焼基準) ISO 609	40%から 50%まで
硫黄含有率(燃焼基準) ISO 351 および ISO 334	≦0.1%
真(最小)発熱量(燃焼基準) ISO 1928	16,900kJ/kg から 19,500kJ/kg まで
直径	4mm から 10mm まで
膨張指数 ISO 501	-
長さ	≦50mm

参考：いくつかの国では、それらの国で遵守されなければならない燃料の種類および性質（たとえば、硫黄含有量）に関する国家規則がある。

(イ) ストープの据付例と測定項目

性能試験におけるストーブの設置例と測定項目を図 4-14 に示す

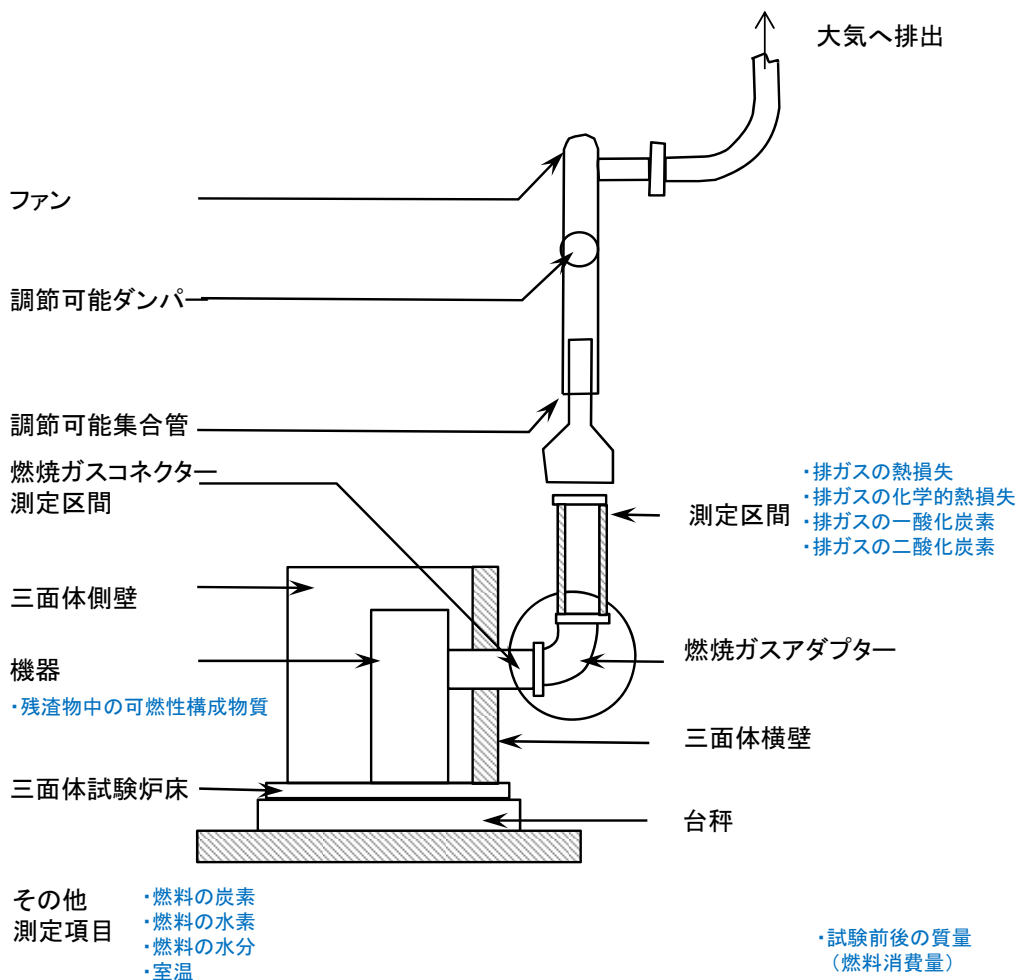


図 4-14 水平排気筒付ストーブの試験用据付例

③ 算出式

(a) 日本燃焼機器検査協会

日本燃焼機器検査協会の熱効率の算出式を以下に示す。

$$\eta = \{Q_a / G (H_H + H_F)\} \times 100$$

ここで、

- η: 熱効率 (%)
- Q_a: 暖房出力 (kJ/h)
- G: 燃料消費量 (kg/h)
- H_H: 燃料の高発熱量 (kJ/kg) (HHV_w)
- H_F: 燃料の顕熱 (kJ/kg)

$$Q_a = [(H_H + H_F) - (L_1 + L_2 + L_3 + L_4)] G$$

- L₁: 乾排ガスの保有熱量 (kJ/kg)
L₁ = [1.867C × 0.7S / (CO₂ + CO)] × C_{pm} (t_g - t_a)
- L₂: 不完全燃焼による損失熱量 (kJ/kg)
L₂ = [1.867C × 0.7S / (CO₂ + CO)] × 12,767 × [(CO) / 100]
- L₃: 排ガス中の水蒸気の保有熱量 (kJ/kg)

- $L_3 = [(W / 100) + (9h / 100)] \times C_{pw} (t_g - t_a)$
 L_4 : 燃料中の水分の蒸発潜熱 (kJ/kg)
 $L_3 = 1,512 [(W / 100) + (9h / 100)]$
 ただし、 W : 燃料中の水分質量比 (%)
 h : 燃料中の水素質量比 (%)
 C : 燃料中の炭素質量比 (%)
 S : 燃料中の硫黄質量比 (%)
 CO_2 : 燃焼排ガス中の二酸化炭素容積比 (%)
 CO : 燃焼排ガス中の一酸化炭素容積比 (%)
 C_{pm} : 排ガスの定圧比熱 [kJ / (m³_N・°C)]※表 4-9 参照
 C_{pw} : 水蒸気の定圧比熱 [kJ / (m³_N・°C)]※表 4-10 参照
 t_g : 排気温度 (°C)
 t_a : 給気温度 (°C)
 G : 燃料消費量 (kg/h)

表 4-9、表 4-10 は、日本燃焼機器検査協会の自主検査基準である木質系バイオマス燃焼機器の試験方法通則で規定されている C_{pm} : 排ガスの定圧比熱および C_{pw} : 水蒸気の定圧比熱の値を示す表である。

表 4-9 燃焼排ガスの平均定圧比熱 (CO₂含有量の関数として)

単位 kJ / (m³_N・°C)

排ガス温度°C	CO ₂ %							
	1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0
0	1.299	1.302	1.311	1.315	1.323	1.327	1.331	1.340
100	1.306	1.311	1.319	1.327	1.336	1.344	1.352	1.361
200	1.315	1.319	1.327	1.336	1.348	1.357	1.365	1.373
300	1.323	1.327	1.340	1.348	1.357	1.369	1.378	1.390
400	1.336	1.344	1.352	1.365	1.378	1.386	1.398	1.407
500	1.348	1.352	1.365	1.378	1.390	1.396	1.411	1.424
600	1.361	1.369	1.382	1.394	1.407	1.419	1.432	1.440
700	1.382	1.386	1.398	1.411	1.424	1.436	1.453	1.465
800	1.394	1.398	1.415	1.428	1.440	1.453	1.470	1.482
900	1.407	1.415	1.428	1.440	1.457	1.470	1.482	1.495
1000	1.419	1.428	1.440	1.457	1.470	1.482	1.499	1.512

出典: 日本燃焼機器検査協会, 木質系バイオマス燃焼機器の試験方法通則(一部抜粋)

表 4-10 水蒸気の平均定圧比熱

単位 kJ / (kg・°C)

排ガス温度°C	0	100	200	300	400	500	600	700	800
平均定圧比熱	1.775	1.792	1.812	1.833	1.859	1.893	1.922	1.955	1.985

出典: 日本燃焼機器検査協会, 木質系バイオマス燃焼機器の試験方法通則(一部抜粋)

(b) EN14785

EN14785 の熱効率の算出式を以下に示す。

$$\eta = 100 - (q_a + q_b + q_f)$$

熱損失は、燃焼排ガス温度および室温の平均値、燃焼排ガス組成および残渣物中の可燃性成分の平均値から決定する。効率は、これらの損失から次の式で決定する。

ここで、

Q_a	試験燃料中の発熱量あたり燃焼排ガス中の熱損失(Q_a)の比熱による熱損失の割合(燃焼基準)
Q_b	試験燃料の熱容量あたり燃焼排ガス中の化学的熱損失(Q_b)の潜熱による熱損失の割合、(燃焼基準)
Q_r	試験燃料の熱容量あたり火格子から落下し残渣物中に残った可燃性構成物質による熱損失(Q_r)の残渣物中の可燃性構成物質による損失の割合(燃焼基準)

燃焼排ガス中の熱損失

$$Q_a = (t_a - t_r) \times \left[\frac{[C_{pmd} \times (C - C_r) / (0.536 \times (CO + CO_2))] + [C_{pmH_2O} \times 1.92 \times (9H + W)]}{100} \right]$$

Q_a	試験燃料の量の単位あたり燃焼排ガス中の熱損失
t_a	燃焼排ガス温度
t_r	室温
C_{pmd}	ガスの温度と組成による、標準状態における水分を含まない燃焼排ガスの比熱
C	試験燃料中の炭素含有割合(燃焼基準)
C_r	試験燃料燃焼量あたり火格子から落下した残渣物の炭素の含有割合(概略: $C_r = R \times b / 100$)
CO	水分を含まない燃焼排ガスの一酸化炭素の含有割合
CO_2	水分を含まない燃焼排ガスの二酸化炭素の含有割合
C_{pmH_2O}	温度による、標準状態の水蒸気の比熱
H	試験燃料中の水素含有割合(燃焼基準)
W	試験燃料の水分含有率

$$q_a = 100 \times Q_a / H_u$$

H_u	試験燃料の最小発熱量(燃焼基準)
-------	------------------

燃焼排ガス中の化学的損失

$$Q_b = 12,644 \times CO \times (C - C_r) / [0.536 \times (CO_2 + CO) \times 100]$$

$$q_b = 100 \times (Q_b / H_u)$$

Q_b	試験燃料の量の単位あたり燃焼排ガス中の化学的熱損失
-------	---------------------------

格子を通過し残渣物中に残った可燃性成分による熱損失

$$Q_r = 335 \times b \times R / 100$$

Q_r	試験燃料の量の単位あたり火格子から落下し残渣物中に残った可燃性構成物質による熱損失(燃焼基準)
b	残渣物量あたり火格子から落下し残渣物中に残った可燃性構成物質
R	燃焼した試験燃料あたり火格子から落下した残渣物の量の割合

$$q_r = 100 \times Q_r / H_u$$

木質ペレットに関し、残渣物中の熱損失を効率として 0.2%とした場合、 C_r の値は次の式を用いて算出する:

$$C_r = (0.2 \times H_u) / 33,500$$

C_r	試験燃料燃焼量あたり火格子から落下した残渣物の炭素の含有割合(概略: $C_r = R \times b / 100$)
-------	---

出典:ペレットクラブ誌, Pelletseldade kaminer - Fordringar och provning, SIS (2006)

(3) 先進国の動向

ドイツやオーストリアでは、環境に配慮した商品に付与するエコラベルの基準として、ペレットストーブ(オーストリアは薪ストーブも含む)では熱効率 90%以上(LHV_w)を求めている。さらにドイツでは、ペレットストーブの規格を改訂し、2015年から熱効率 90%以上(LHV_w)を義務付ける方針である。

第5章 設置方法

5.1 基本概念

木質バイオマスストーブを設置する際には、火災予防の面と機器の性能発揮に配慮する必要がある。

5.1.1 火災予防

木質バイオマスストーブによる火災予防のためには、可燃物に関する明確な理解と、炎によらない発火メカニズムを理解することが重要である。

ストーブから発生する熱の伝わり方には、ストーブの表面から発せられ到達したものを直接暖める放射(輻射)と、熱せられた空気の移動である対流がある。このうち、熱の放射(輻射熱)は可燃物に影響を及ぼす最も重要な要素である。エネルギーの波が可燃物に衝突し、熱が吸収され、可燃物が発火温度に達すると、直接的に炎と接触しなくても発火する。不燃物によって吸収される輻射熱もまた、近くの可燃物へと熱を伝達する。可燃物の発火温度は材料やその状態によって異なるが、木材、布、紙などの発火温度は、だいたい 200°C から 300°C である。しかし、これらは、長時間にわたって高い温度(65°C~100°C 以上)に露出すると、物理的・化学的变化を起こし、発火点が 100°C 以下に引き下げられることもある。

輻射による熱伝達は、煙突が貫通する部分、不燃材の下の壁、屋根裏など、普通は視覚的に確認できない部分において特に危険性が高いといえる。これらの可燃物が長時間にわたって高温に露出すると乾燥・変化し、熱源の温度と距離によってはこれらの物質は発火し、気づかないということもある。多くの工業規格や基準の離隔距離は、この可燃物への輻射熱による温度上昇が決定要因となっている。

(1) 離隔距離

離隔距離は、熱の発生する表面(機器、煙突コネクタ、煙突)と可燃物とのスペースと定義される。離隔距離は空気層として定義されることもある。表 5-1 に示すように、空気の熱伝導率は、他の素材と比べ格段に低く、最も有効な断熱手段であるといえる。

(2) 離隔と保護の違い

離隔は熱せられた空気を近接する可燃物から遠ざけることであり、常に空気層を含むものである。一方保護は、熱源と可燃物の間に、セメントや金属のような不燃材料を使用することである。保護することで、一定の離隔距離を縮めることができるが、それでも空気層による離隔は必要である。

以上のことから、ストーブを設置する際には、機器および煙突回りに対して壁、天井、床や他の可燃物(カーテンや家具など)の最低離隔距離の確保、煙突の壁貫通部分、屋根貫通部分にも同様の配慮が必要となる。なお、箇所別の留意点を以下にまとめる。

- ・ 床面 薪ストーブを設置する床は、水平、かつストーブと床面の保護材の重量に耐えられるよう

表 5-1 主な材料の熱伝導率

(20°C における値
単位: kcal/m・h・deg)

空気	0.022
レンガ	0.5
耐火レンガ	0.6
ステンレス	16
鉄	62.5
黄銅(7:3)	95
アルミニウム	196
銅	332

適切な支持がほどこされていないければならない。可燃床に薪ストーブを設置する際は、保護しなければならない。床の保護には火の粉／焼け焦げに対する保護と、断熱保護の 2 つの目的がある。また、保護材の広さもメーカー等の指定に従う必要がある。

- ・ 壁、天井 可燃壁および天井までの最低離隔距離は法律やメーカーにより指定されているが、金属やレンガを設置することにより離隔距離を縮めることができる。

5.1.2 ストーブの性能発揮

木質バイオマスストーブ設置の基本的な意図は熱の生産である。適切に設置すれば、熱の生産が効率的になったり、生産された熱が部屋を暖めるために効果的に使われることとなる。

中でも煙突は、煙を排出するだけでなく、燃焼を開始し、維持するための燃焼空気の供給という役割を担っている。炎から熱せられたガスが立ち上り、機器の開口部に一種の真空効果をもたらし、この力によって燃焼空気が炎に供給される。つまり、煙突を介した排気システムが、ストーブの燃焼システム全体を動かしているともいえる。煙突の設置方法については、5.2.3 で詳細を説明する。

高气密住宅の場合、換気方式や換気の強さ、吸気口の詰まり等により、屋内が負圧になる場合がある。FF 式以外のストーブを使うと、室内の空気は燃焼にともない室外へと排出される。しかし室内が負圧になる場合、その程度によっては炎への燃焼空気の供給が不十分になり、困難な着火、不完全な燃焼状態、煙の室内への流入などが起こることがある(強力な換気の場合は FF 式でも影響を受けることがある)。室内の気圧の状況、燃焼空気の確保について配慮しなければならない。

5.1.3 その他

火災予防と性能発揮の他、以下の点にも配慮が必要である。

- ・ 快適性(ストーブの熱出力と暖房空間)
部屋の大きさや、戸口や階段の吹き抜け、天井扇風機などの熱配分上の要素にも配慮しなければならない。
- ・ 利便性
薪の投入口や灰除去システムなどの燃焼機器の特徴に配慮する。メンテナンス作業のしやすさを確認する。安全かつ便利な薪保管スペースを確保する。
- ・ 施工費用
住宅構造の変更を最小限にとどめることができるような場所への設置が望ましい。

5.2 薪ストーブ

5.2.1 薪ストーブの国内法規

薪ストーブに係る法規は、主に消防法関連法規と建築基準法関連法規がある。これらの中でストーブ本体、煙突、ストーブを設置する居室の内装に関する基準を表 5-2 に記載する。

2 つの法規では煙突と可燃物との離隔距離に関する基準などの共通した事項もあるが、その他ストーブ本体の基準は火災予防条例、内装の基準は建築基準法施行令のように、それぞれで記載がある事項もある。したがってストーブを安全に使うためには、どちらの法規にも従う必要がある。また、可燃物からの離隔距離の設定について、消防庁告示と国土交通省告示で記載があるが、これらの適用には、関連機関に十分に確認を行う必要がある。

表 5-2 関連法規概要

法令名	内容	条項番号	
消防法 関連法規	消防法	対象火気設備に対するの基準制定の規定	第 9 条
	消防法施行令	火災予防条例制定の基準	第 5 条
	総務省令 24 号	対象火気設備の定義等(※薪ストーブ該当) 離隔距離を必要としない場合の基準 ストーブ本体の可燃物からの離隔距離の基準	第 3 条 第 4 条 第 5 条
	消防庁告示 1 号	ストーブ本体の可燃物からの離隔距離の基準 (※省令基準の特例)	第 2、第 3
	火災予防条例	煙突の離隔距離、構造の基準 ストーブ本体の離隔距離、構造、管理の基準	第 3 条 1 項 17 号 第 5 条
建築基準法 関連法規	建築基準法	特殊建築物に対するの基準制定の規定	第 35 条の 2
	建築基準法 施行令	特殊建築物の定義等(※薪ストーブ該当) 煙突の離隔距離、構造の基準 特殊建築物における内装の基準	第 128 条 3 の 2、4 第 115 条 第 129 条
	国土交通省告示 225 号	特殊建築物における内装の基準 (※施行令基準の特例)	第 2

(1) 消防法関連法規

① 総務省令第 24 号

(対象火気設備等の位置、構造及び管理並びに対象火気器具等の取扱いに関する条例の制定に関する基準を定める省令)

木質バイオマスストーブは省令で定める対象火気設備のストーブや温風暖房機に当てはまるため、条例の基準に従う必要がある。総務省令は消防法施行令の規定に基づいて火災予防上安全な距離について規定している。また火災予防上安全な距離を保つことを要しない場合についても規定している(表 5-3 を参照)。

薪ストーブは、法令に基づく火災予防上安全な距離を規定している表 5-3 (1) の離隔距離の確保または (3) の消防庁長官が定める距離を確保する必要がある。一方、日本の住宅事情では、表 5-3 (1) の離隔距離の確保が困難な場合もあり、その場合上記 (3) の消防庁長官が定める距離の確保が必要となる。消防庁長官が定める距離については、その基準として、表 5-5 に示した消防庁告示 1 号(平成 14 年 3 月 6 日)が官報告示されている。

表 5-3 総務省省令第 24 号概要

項目	内容
火災予防上安全な距離を保つことを要しない場合(4 条)	・不燃材料※で仕上げをした建築物部分の構造が耐火構造で、かつ主要な部分(間柱、下地など)を準不燃材料(表 5-11 参照)で造ったもの ・建築物部分の構造が耐火構造以外の構造の場合は、主要な部分を不燃材料で造ったもの(有効に遮熱できる場合のみ)
火災予防上安全な距離(5 条)	(1) 別表第一に示す離隔距離(表 5-4、図 5-1 参照)
	(2) 略(電気を熱源とする対象火気設備等の離隔距離)
	(3) 消防庁長官が定めるところにより得られる距離(5.2.1(1)②参照)

(総務省令第 4 条、5 条をもとに作成)

表 5-4 薪ストーブの離隔距離

対象火気設備等又は対象火気器具等の種別		離隔距離 (cm)			
		上方	側方	前方	後方
ストーブ	気体、液体以外の燃料	150	100	150	100

(総務省令第 24 号 別表第一 より抜粋)

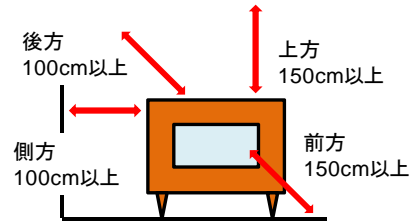


図 5-1 薪ストーブの離隔距離例

② 消防法告示 1 号 (対象火気設備等及び対象火気器具等の離隔距離に関する基準)

消防庁告示1号(表 5-5 参照)では、近接する可燃物の表面温度の許容最高温度として 100°C を規定しており、この許容最高温度を超えない距離又は引火しない距離のうち長い方の距離を離隔距離の決定としている。(基準周囲温度 35°C)

表 5-5 対象火気設備等及び対象火気器具等の離隔距離に関する基準

対象火気設備等及び対象火気器具等の離隔距離に関する基準
(平成 14 年 3 月 6 日消防庁告示第 1 号)※以下抜粋

第 2 用語の定義

この告示において、次の各号に掲げる用語の意義は、それぞれ当該各号に定めるところによる。

- 離隔距離** 対象火気設備、器具等の設置の際に、当該対象火気設備、器具等と建築物その他の土地に定着する工作物及び可燃物との間に保つべき火災予防上安全な距離をいう。
- 安全装置** 対象火気設備、器具等に設けられるその安全を確保する装置であって、対象火気設備、器具等が故障等により異常となった際に、自動的に燃焼部への燃料又は発熱部への電力の供給を遮断し、かつ、当該供給を自動的に再開しない装置又はシステムをいう。
- 定常状態** 測定する位置における温度上昇が 30 分間につき 0.5 度以下になった状態をいう。
- 通常燃焼** 気体燃料、液体燃料又は固体燃料を使用する対象火気設備、器具等にあつては通常想定される使用における最大の燃焼となる状態を、電気を熱源とする対象火気設備、器具等にあつては通常想定される使用における最大の発熱となる運転をいう。
- 異常燃焼** 気体燃料、液体燃料又は固体燃料を使用する対象火気設備、器具等にあつては温度制御装置等が異常となった場合において最大の燃焼となる状態を、電気を熱源とする対象火気設備、器具等にあつては温度制御装置等が異常となった場合において最大の発熱となる運転をいう。
- 試験周囲温度** 対象火気設備、器具等の試験を行う場合の当該対象火気設備、器具等の周囲の温度のことをいう。
- 許容最高温度** 通常燃焼の場合又は異常燃焼で安全装置を有しない場合にあつては 100 度を、異常燃焼で安全装置を有する場合にあつては次の表の上欄に掲げる対象火気設備、器具等の種別に応じそれぞれ同表の下欄に定める温度をいう。

対象火気設備、器具等の種別	温度
気体燃料を使用するもの	135 度
液体燃料を使用するもの	135 度
電気を熱源とするもの	150 度

第 3 離隔距離の決定

対象火気設備、器具等の離隔距離は、次の各号に定める距離のうち、いずれか長い距離とする。

- 通常燃焼時において、近接する可燃物の表面の温度上昇が定常状態に達したときに、当該可燃物の表面温度が許容最高温度を超えない距離又は当該可燃物に引火しない距離のうちいずれか長い距離
- 異常燃焼時において、対象火気設備、器具等の安全装置が作動するまで燃焼が継続したときに、近接する可燃物の表面温度が許容最高温度を超えない距離又は当該可燃物に引火しない距離のうちいずれか長い距離。ただし、対象火気設備、器具等が安全装置を有しない場合にあつては、近接する可燃物の表面の温度上昇が定常状態に達したときに、当該可燃物の表面温度が許容最高温度を超えない距離又は当該可燃物に引火しない距離のうちいずれか長い距離

③ 火災予防条例（東京都） 火災予防条例は都道府県毎に制定されるため、必ずしも同一の内容とは限らない。実際にストーブを設置する際には該当する自治体の条例に遵守する必要がある。ここでは東京都を例に記載することとする。

(a) ストーブの基準

東京都の火災予防条例第 5 条ではストーブについて規定している(表 5-6、表 5-7 参照)。この条例ではストーブの位置や構造、離隔距離の基準を示している。また離隔距離に関しては、総務省令で記載のある離隔距離と同様の距離となっている(表 5-4 参照)。

表 5-6 ストーブの位置・構造に関する基準

該当部分	記載内容
【位置】	特定不燃材料で造る又は覆い、かつ底面通気性を持たせた適正な大きさの置台に設けるとともに、特定不燃材料で造ったたき殻受けを付設すること。
	階段、避難口等を避ける位置に設けること。
	可燃物が落下し、又は接触するおそれのない位置に設けること。
	燃焼に必要な空気を取り入れることができ、かつ、有効な換気が行える位置に設けること。
	可燃性のガスや蒸気が発生・滞留するおそれのない位置に設けること。
	天井裏、床裏等の隠ぺい場所を避ける位置に設けること。
【構造】	使用の際に火災の発生のおそれのある部分を、特定不燃材料で造ること。
	屋内に設ける場合には、土間又は金属以外の特定不燃材料で造った床上又は台上に設けること。 ※金属で造った床上又は台上に設ける場合で底面の通気を図るなどの直接熱が伝わらない措置を講じたときを除く
	地震動その他の振動又は衝撃により容易に転倒し、き裂し、又は破損しない構造とすること。
	表面温度が過度に上昇しない構造とすること。
【離隔距離】	ストーブから建築物等及び可燃性の物品までの火災予防上安全な距離として、当該炉の種類に応じ次に掲げる距離以上の距離を保つこと(表 5-4 を参照)。なお、火災予防上安全な距離を保つことを要しない場合を除く。

(東京都火災予防条例第 5 条をもとに作成)

表 5-7 ストーブの管理に関する基準

該当部分	記載内容
【管理】	ストーブ及びその附属設備の周囲は、常に整理及び清掃に努めるとともに、燃料その他の可燃物をみだりに放置しないこと。
	燃料の性質等により異常燃焼を生ずるおそれのあるストーブは、使用中監視人を置くこと。 ※異常燃焼を防止するために必要な措置を講じたときを除く
	炉及びその附属設備は、必要な点検及び整備を行い、火災予防上有効に保持すること。
	設備に応じた適正な燃料を使用すること。
	燃料タンク又は燃料容器は、燃料の性質等に応じ、転倒又は衝撃を防止するために必要な措置を講ずること。

(東京都火災予防条例第 5 条をもとに作成)

(b) 煙突の基準

第 3 条 1 項 17 号では、ストーブに設置する煙突についての基準が記載されている(表 5-8 参照)。この条例では構造や離隔距離だけではなく、設置の際に利用する材料や接続方法についても記載されている。

表 5-8 煙突の位置や構造に関する基準

該当部分	記載内容
材料	耐食性や耐熱性、耐久性のある金属等の材料
接続	気密性のある接続(ねじ接続やフランジ接続、差し込み接続)
固定方法	支杵、支線、腕金具等(構造や材質に応じたもの)
離隔距離	<ul style="list-style-type: none"> ・先端部は屋根面からの垂直距離を 60cm 以上とる。 ※水平距離 1m 以内の建物に軒がある場合は建築物の軒から 60cm 以上 ・煙突は建築物の開口部から 3m 以上離す。 ・煙突は可燃物から 15cm 以上離して設置する(炉から 1.8m 以内にある煙突は 45cm 以上離すこと)。 ※厚さ 10cm 以上の金属以外の特定不燃材料で造られ又は被覆し、有効に遮断された構造をとる部分は除く。
構造	煙突上や周囲にほこりが煙突内部の排ガス等の熱により燃焼しない構造方法 ①金属以外の特定不燃材料で造られ、有効に遮断された構造 ②断熱性のない特定不燃材料で造られた部分については、どちらかに該当 (a) 煙道の外側に筒を設置し、その筒の先端から煙道との間の空洞部に屋外の空気が有効に取り入れられる構造で防火上支障がないもの (b) 金属以外の特定不燃材料で覆われ、有効に遮断された構造 容易に点検や清掃ができる構造で、火粉を発生させる恐れがある場合には火粉飛散防止装置を設置する。
建物貫通部	可燃物の壁、天井、小屋裏、天井裏、床裏等を貫通する部分は、めがね石をはめ込むか、遮熱材料で被覆する。 可燃物の壁、天井、小屋裏、天井裏、床裏等を貫通する部分やこの付近は接続しない。

(東京都火災予防条例第 3 条 1 項 17 号をもとに作成)

薪ストーブの設置例を図 5-2 に示す。

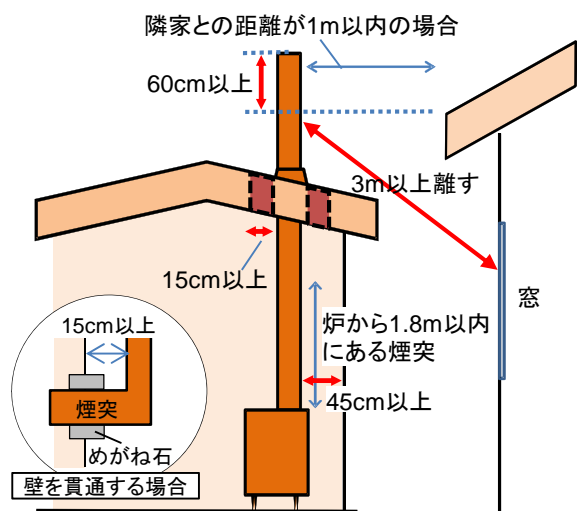


図 5-2 薪ストーブの設置例

(2) 建築基準法関連法規

① 建築基準法施行令

(a) 煙突の基準

建築基準法施行令では、第 115 条で煙突の構造について規制を設けている(表 5-9 参照)。この条例の可燃物との離隔距離や垂直距離の基準は、表 5-6 に示した火災予防条例と同等の基準となっている。

表 5-9 煙突の位置や構造に関する基準

該当部分	記載内容
屋上突出部	・屋根面からの垂直距離を 60cm 以上とること。 ・水平距離 1m 以内の建物に軒がある場合は建築物の軒から 60cm 以上とること。
構造	((1)、(2) のどちらかに該当)
(1)	・煙突上や周囲にあるほこりが排ガス等の熱により燃焼しない、国土交通省で定める構造方法であること。 ・可燃物から 15cm 以上離して設置すること。 (厚さが 10cm 以上の金属以外の不燃材料で造るか、覆う部分その他当該可燃材料を煙突内の排ガスその他の生成物の熱により燃焼させないものとして国土交通大臣が定めた構造方法を用いる場合を除く)
(2)	・構造が国土交通省の認定を受けたものであること。
構造	・れんが造の壁付暖炉、石造やコンクリートブロック造の煙突は煙突内部に陶管の煙道を差し込むか、セメントモルタルを塗ること。
	・煙突の煙道屈曲が 120°C 以内壁付暖炉は屈曲部に掃除口を設けること。
	・腐食又は腐朽のおそれがある部分には腐食、腐朽しにくい材料を用いるか、さび止めや防腐のための措置を行うこと。

※排ガス等の生成物の温度が低いなど、防火上支障がないものとして国土交通大臣が定めた基準に適合する場合は【屋上突出部】【構造】の内容を除く。(建築基準法施行令 第 115 条をもとに作成)

(b) 内装の基準

表 5-10 に示すように、薪ストーブなどの火器使用設備を設置する居室は、法第 35 条の 2 の特殊建築物の居室に該当に該当する。法施行令 129 条では、特殊建築物の居室における壁や天井の室内に面する部分について、難燃材料や準不燃材料など(表 5-11 参照)の定められた仕上げにすることを求めている。

表 5-10 特殊建築物の仕上げに関する基準

該当部分	記載内容
居室の仕上げ	(1) 難燃材料*で仕上げたもの。3 階以上の階に居室を有する建築物の当該各用途に供する居室の天井の室内に面する部分にあつては、準不燃材料で仕上げたもの
	(2) (1) の仕上げに準ずるものとして、国土交通大臣が定める方法により国土交通大臣が定める材料の組合せで仕上げたもの
通路の壁、天井の室内に面する部分の仕上げ	(1) 準不燃材料*で仕上げたもの
	(2) (1) の仕上げに準ずるものとして、国土交通大臣が定める方法により国土交通大臣が定める材料の組合せで仕上げたもの

(建築基準法施行令第 129 条をもとに作成)

※不燃材料、準不燃材料、難燃材料

建築材料のうち、通常の火災による火熱が加えられた場合に、加熱開始後の時間が第 108 条の 2 各号に掲げる要件を満たしているものとして、国土交通大臣が定めたもの又は国土交通大臣の認定を受けたもの。(建築基準法施行令第 1 条 4 項、5 項、第 2 条 9 項)

表 5-11 材料の種類

材料	加熱後時間	材料の例	第 108 条の 2 の要件
不燃材料	20 分間	鉄、コンクリート、モルタル、ガラス	①燃焼しないこと。 ②防火上有害な変形、熔融、き裂その他の損傷を生じないこと。 ③避難上有害な煙又はガスを発生しないこと。
準不燃材料	10 分間	15mm 以上の木毛セメント板 9mm 以上の石膏ボード	
難燃材料	5 分間	5.5mm 以上の難燃合板 7mm 以上の石膏ボード	

(参考:<http://goo.gl/ZAw7H>)

② 国土交通省告示 225 号 (準不燃材料でした内装の仕上げに準ずる仕上げを定める告示)

この告示は、住宅、ログハウス、別荘などにストーブなどを設置する際に室内全てが準不燃材で仕上げる必要があった従来の建築基準法の扱いを緩和するものである。

これまで火器使用室内の内装は建築基準法施行令第 129 条第 1 項により、準不燃材料が義務づけられていたが、この告示により火気使用設備周辺に不燃材料による内装や遮熱板の設置などを義務づける代わりに、それ以外の部分に関して木材や難燃材料による内容を認めている。

ただし、この告示の扱いは住宅に限定されており、店舗や旅館などに用いることが出来ないで、注意が必要である。(兼用住宅で店舗部分 1/2 未満かつ 50m² 未満ならば適用可能)また、この告示では、離隔距離の設定方法を記載しており、安全が確認された場合には離隔距離を結果的に短縮することになる。この告示により、薪ストーブメーカー等では、ストーブ周辺の壁等の可燃物における材料を厳重に遮断することを推奨し、可燃物からの離隔距離を設定している。(参考:<http://goo.gl/fKHhH>)

5.2.2 薪ストーブ設置の参考となる基準など

薪ストーブの設置方法について、日本では壁や可燃物との離隔距離、炉台などが法律で規定されているが、米国では NFPA (National Fire Protection Association, 米国防火協会) が設置基準を定めており (NFPA211)、日本の法規よりも詳細で厳密な内容となっている。NFPA211 では、可燃物が発火しないことを条件に、機器本体、煙突と可燃物との離隔距離を設定している。そのため、短期間ではなく半永久的な視点から、木材の低温炭化を考慮に入れている。多くの場合、柱や梁は壁内部に隠れているので、炭化から発火に至るまでの経緯が分からないうちに、突然出火し火災になることがある。また、煙突内部で煙道火災が起こった場合、排ガスの温度が 1,000℃ を超えることもある。このようなことを考慮して離隔距離が決められていることを認識することが重要である。

国内の薪ストーブの業界団体である日本暖炉ストーブ協会では、この NFPA211 をもとに作成された「Wood Burning Hearth Systems REFERENCE MANUAL」(HEARTH 財団作成、協会とライセンス契約締結) 及び建築基準法ならびに消防法火災条例を踏まえ、協会会員対象の安全講習会で紹介している。この講習会のテキストの記載内容のうち本ガイドラインでは、屋根より上部の煙突の高さ、煙突と可燃物の離隔距離について紹介する。本体機器と可燃物の離隔距離の具体的な数字はストーブの寸法および壁の仕上げ(遮蔽板の設置、煙突シールドの設置なども含む)などで変わるため混乱を招く恐れがあり掲載は控えた。本体の離隔距離及び炉台に関して、ストーブの取扱説明書で一般的に寸法が規定されている箇所を図 5-3 に示した。

設置の際は、各ストーブの取扱説明書に従い、壁の仕上げなどを十分理解した上で設置することが重要である。

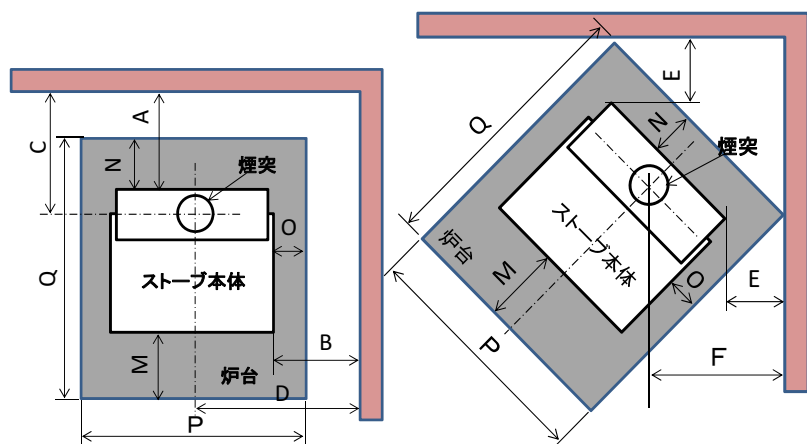
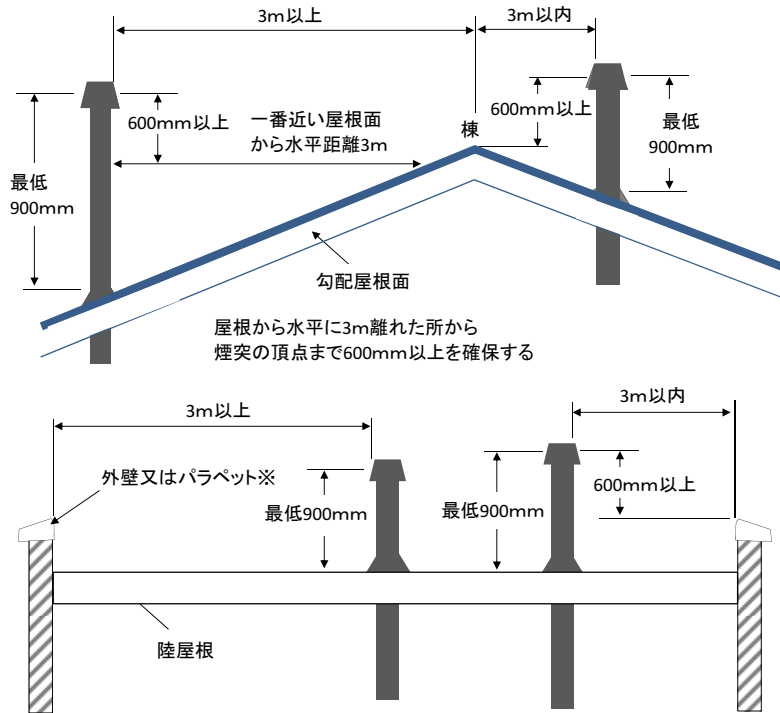


図 5-3 ストーブ本体の離隔距離及び炉台寸法規定箇所

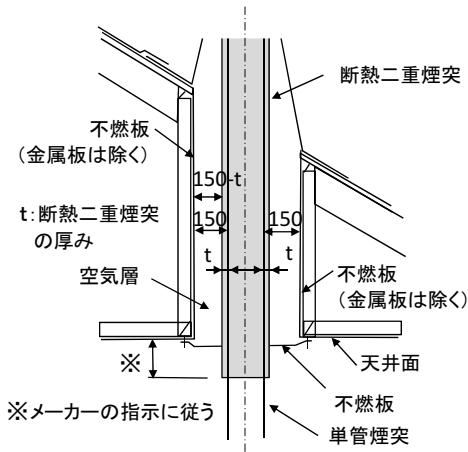
■煙突の高さ 屋根と煙突トップの位置を図 5-4 に示す。



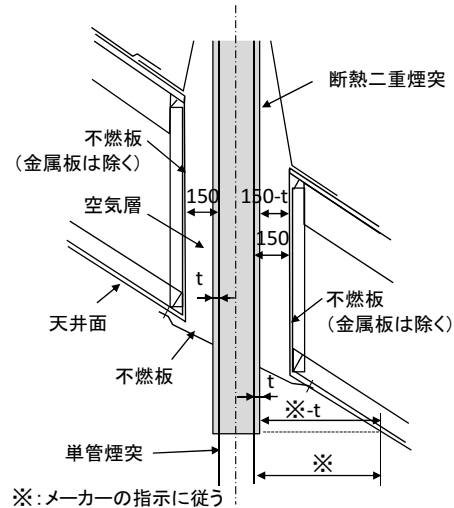
※パラペット: 建物の屋上、テラスのへりなどに設ける人の落下を防ぐ手すり。構造物の先端を保護するためのもの。

図 5-4 屋根より上部の煙突トップの位置

■屋根貫通 小屋根貫通の場合の離隔距離を図 5-5、図 5-6 に示す。



(単位:mm)



(単位:mm)

図 5-5 小屋根貫通の場合の離隔距離

図 5-6 勾配天井貫通の場合の離隔距離

断熱二重煙突の可燃材料からの離隔距離は法規の 150mm から断熱層の厚さを引いた長さになるが、煙突メーカーが指定する離隔距離がある場合は安全側(大きい方)を採用する。

単管煙突の可燃材料からの離隔距離は法規では 150mm となっているが、NFPA211 では 460mm としている。また、ストーブメーカーが機種別に離隔距離を指定している場合があり、460mm よりも大きな離隔距離を指定している場合はそれに従う必要がある。

■壁貫通 断熱二重煙突と単管煙突併用の場合の壁貫通を表 5-6 に示す。

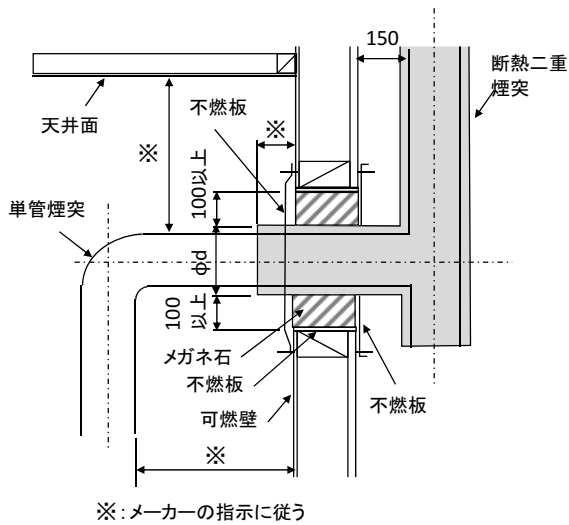


図 5-7 断熱二重煙突と単管煙突併用の場合の壁貫通

煙突は断熱二重煙突を原則とする。

単管煙突を利用する場合は

- ①室内使用に限る
- ②貫通部分には使用しない

以上の原則を守り、かつ可燃材料からの隔離距離を守る。低温炭化の他、煙突火災から可燃材料を守るためには断熱二重煙突は不可欠である。

5.2.3 煙突の設置と種類

煙突を設置する際は、ドラフト、フロー等の排気の原理を理解することが重要である。また、煙突の不適切な設置により、タールの付着による煙道火災や排ガスの漏れによる一酸化中毒等の事故があるため、十分に注意が必要である。

(1) 排気の原理

① ドラフト 熱せられたガスは浮力により上昇する性質があり、これをドラフトという。ドラフトは、燃焼ガスを排出し、機器の開口部が負圧(大気圧よりも低い圧力)になることにより、燃焼用空気がストーブに供給される。ドラフトを決定する要素としては、以下の点が挙げられる。

- ・ 炎から発生する熱量。くすぶり燃焼のときは熱の発生が少ないためドラフトは弱く、不安定となる。
- ・ 外気温度。気温が低ければ温度差(したがって圧力差)が大きくなる。
- ・ 煙突が熱を保持する能力。断熱性能の低い煙突、または非常に冷たい外気に露出する煙突は、排ガスの熱が失われてドラフトが弱くなる。
- ・ 煙突の高さ。ドラフトは圧力差であるため、熱せられた排ガスの垂直距離が長ければそれだけ浮力は大きくなる。

② フロー フローとはガスの流量のことであり、ドラフトが大きければフローは大きくなる。フローを決定する要因としては、以下の点が挙げられる

- ・ 煙道の断面積。断面積が大きければそれだけフローの容量も大きくなる。しかし、断面積が著しく大きいと排ガスの通過速度が遅くなり、煙道の表面積が大きくなるため、ガスが冷却されドラフトは弱くなる。
- ・ 曲り、横引き煙道、障害物、風、負圧要因など。これらは、フローに対する抵抗となる。

(2) 煙突設置の留意点

■煙突の形状 煙突の曲りが多い、または煙突の高さが不足すると十分なドラフトが得られない。図 5-8 に示すように、煙突はできる限り垂直に設置し、垂直部分が 4.5m 以上が望ましい(ただし、必要以上に伸ばさない)。

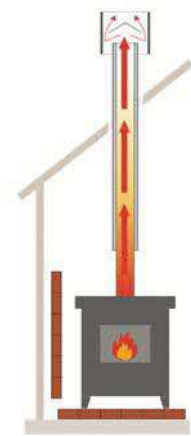


図 5-8 煙突設置の推奨例

■煙突のタイプ 排ガスの温度が下がると煙突の内側にすすやタールが付着する。特に、屋外に金属製の単管を使用すると、排ガスが冷却されタールが付着しやすくなる(図 5-9 参照)。金属製単管煙突は室内にのみ使用し、屋外には使用しないようにすること。屋外や二階部分には、排ガス温度を高く保つ断熱されたタイプ(ライニング材付や二重管)

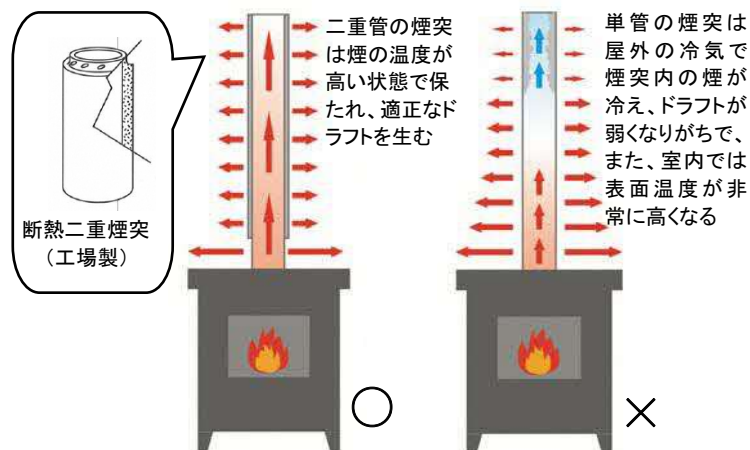
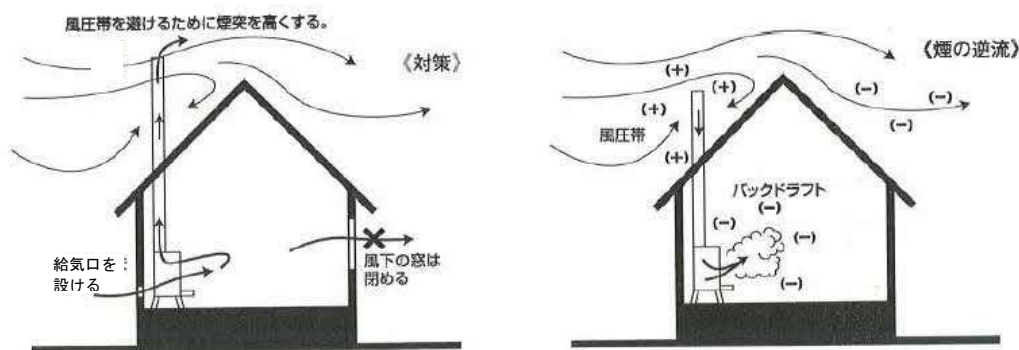


図 5-9 二重管の煙突

の煙突が望ましい。断熱された煙突はすすやタールが付着しにくく安全性が向上し燃焼性が安定する。

■煙突排出口の位置 煙突の排出口を十分高くするとともに木などの障害物を避け、風圧帯や乱流の影響を受けにくくし、煙の逆流や室内へのバックドラフトを最小限にとどめる(図 5-10 参照)。



出典:『暖炉 薪ストーブ Q&A』, 3版, 日本暖炉ストーブ協会, p. 16 (2007)

図 5-10 煙突排出口への風圧帯や乱流の影響

■煙突(と燃焼機器)の位置 煙突と燃焼機器は住宅の暖かいスペースに設置することが望ましい。これにより、排ガスをできるだけ暖かい状態に保持し、良好なドラフトを確保できる。図 5-11 に示すように、煙突は建物の屋根のできるだけ高い部分を貫通するように設計する。煙突の排出口は棟よりも 600mm 以上高くなければならない。図のように、燃焼機器を建物の外壁に沿わせて設置した場合、棟より上に煙突を伸ばそうとすると、煙突の屋外部分は高くならざるを得ず、不安定で、かつ煙突のかなりの部分が冷気に露出することになる。内壁に沿って設置すれば安全性からも性能面からも好ましく、また乱気流や風圧帯の影響も避けられるメリットがある。

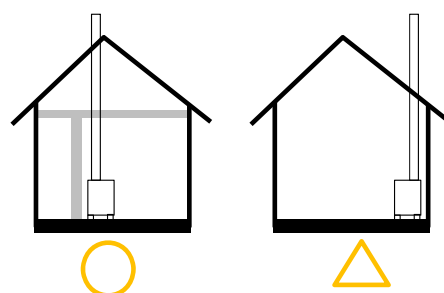


図 5-11 煙突の設置位置

■高効率薪ストーブの場合 高効率薪ストーブの場合、煙突に逃げる熱量が低く抑えられている。そのため、排ガス温度の保持が特に重要となる。

5.3 ペレットストーブ

5.3.1 ペレットストーブの国内法規

ペレットストーブに関する法規は、厳密には定められていないのが現状である。ペレットストーブはさまざまな方式のものが販売されているが、最も多く普及している方式は強制対流式である。そのため、ここでは強制対流式である温風暖房機の法令について記載する。また、煙突と同等の役割を担う排気筒についても温風暖房機を例に記載する。建築基準法に記載のある内装の基準に関しては、5.2.1(2) 建築基準法関連法規に従うこととする。なお、自然対流形のペレットストーブの場合は構造的には薪ストーブに近いと見なされるため、薪ストーブの基準を適用することとなる。

(1) 消防法関連法規

①総務省令第 24 号 省令で示している火災予防上安全な距離は、温風暖房機の場合、表 5-12 に示す基準となっている(表 5-3 (1) 参照)。また表 5-12 の離隔距離の確保が困難な場合、薪ストーブと同様に消防庁長官が定める距離(消防法告示1号)の確保が必要となる(表 5-3 (3)を参照)。また具体的な離隔距離の決定方法は②消防法告示1号に記載する。

表 5-12 温風暖房機の離隔距離

対象火気設備等又は 対象火気器具等の種別		離隔距離 (cm)			
		上方	側方	前方	後方
温風暖房機	気体、液体以外の燃料	100	60	60	60
	気体、液体以外の燃料 ※ダクト接続型以外の場合	100	60	100	60

(総務省令第 24 号 別表第一 より抜粋)

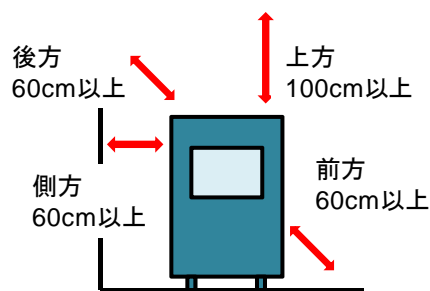


図 5-12 温風暖房機の離隔距離例

②消防法告示1号 告示による離隔距離の決定方法は、5.2.1(1)②に記載しているが、基準に基づく実務上の離隔距離の確認は、平成 24 年 3 月現在、国内の検査機関では、ペレットストーブの製品認証品に対する付加認証制度としての防火性能認証制度を財団法人日本燃焼機器検査協会が運用している。

同協会の防火性能認証では、認証品に対して、防火性能認証証票(ラベル)を発行しており(図 5-13 参照)、申請者が認証ペレットストーブに貼付することで、消防機関による離隔距離の確認に資する仕組みとなっている。

③火災予防条例(東京都)

(a) 温風暖房機の基準 条例第 6 条の 2 では温風暖房機の位置及び構造について規定している。温風暖房機に関しては、ストーブの位置や構造、管理の基準(5.2.1(1)③(a)を参照)に加えて、表 5-13 に示す風道に関する基準を定めている。また、温風暖房機の離隔距離は表 5-12 に示す総務省の例と同様である。

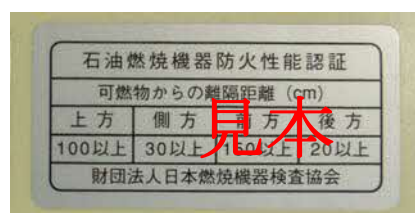


図 5-13 離隔距離に係る認証証票

出典: 日本燃焼機器検査協会提供資料

表 5-13 温風暖房機や風道の位置・構造に関する基準

記載内容	
風道の構造	温風には、火粉、煙、ガス等が混入しない構造とし、熱交換部分を耐熱性の金属材料等で造ること。
	温風の吹出し口又は温風の空気取入口は、温風の通風を阻害しない位置に設けること。
	たき口から火粉等が飛散しない構造とすること。
	電気を熱源とする温風暖房機では、電線、接続器具等は、耐熱性を有するものを使用するとともに、短絡を生じないように措置し、かつ、温度が過度に上昇するおそれのあるものには、自動的に熱源を停止する装置を設けること。
	熱媒を使用する温風暖房機は、熱媒の性質に応じて容易に腐食しない材料を用い、適当な温度及び圧力測定装置を設けること。

東京都火災予防条例施行規則 ※以下抜粋
 ■建築物等の可燃性の部分及び可燃性の物品から保つ必要がある風道の距離の算出式

$$L = D \times a$$

(建築物等の可燃性の部分及び可燃性の物品)

L…建築物等の可燃性の部分及び可燃性の物品から保つ必要がある距離 (cm)
 D…風道の径(円形以外の風道の場合は長辺の長さ)
 a…常数で次の表に示す数値

風道の種別\風道の周囲の区分	a		
	上方	側方	下方
温風暖房機に附属する風道	0.70	0.55	0.45
温風暖房機以外のものに附属する風道	3.55	2.50	1.93

図 5-14 風道の距離の算出式 (東京都火災予防条例施行規則をもとに作成)

(b) 排気筒の基準

煙突と排気筒について：次に示す東京都の火災予防条例施行規則では、固体燃料の場合、排気温度 260°C を問わず煙突扱いになっているため、注意が必要である。なお、炉とは法令上のストーブを示す。

火災予防条例施行規則(東京都)以下抜粋

条例第 3 条第 1 項第 17 号に規定する煙突又は排気筒は、次の区分によるものとする。

- 1 煙突は、固体燃料を使用する炉及び排気温度が摂氏 260 度を超える液体又は気体燃料を使用する炉に設けるものをいう。
- 2 排気筒は、前号以外の炉に設けるものをいう。

排気筒に関しては、第 3 条 1 項 18 号、19 号に従い、5.2.1(1)③(b) の煙突の基準を遵守することが基本となるが、条件に合った排気筒に関しては基準を緩和することができる。表 5-14 の条件に適合した排気筒は、煙突の離隔距離のうち、屋根面からの垂直距離を 60cm 以上確保することに関して基準が緩和されている。

なお、排気筒には、強制排気形であっても煙突に該当する形式を取るものがあるので、該当市町村の条例で排気筒と煙突の区分について、確認する必要がある。

表 5-14 屋根面からの垂直距離に関する基準が緩和される排気筒の条件

(a) (どちらかに該当)
 ①排ガスを強制排気できる構造
 ②直接屋外から空気を取り入れ、かつ排ガスを直接屋外へ排出できる構造

(b) 排ガスに火粉が含まない。

(c) 可燃物と離隔距離が以下であること

構造・方向等	排気筒の先端 下向き	排気方向 水平方向 ※	排気方向 鉛直方向 ※
上方 (cm)	30	30	60
側方 (cm)	15	30	15
下方 (cm)	60	15	15

※防風板等を設置し、排ガスが排気筒の全周にわたって吹き出す構造のもの

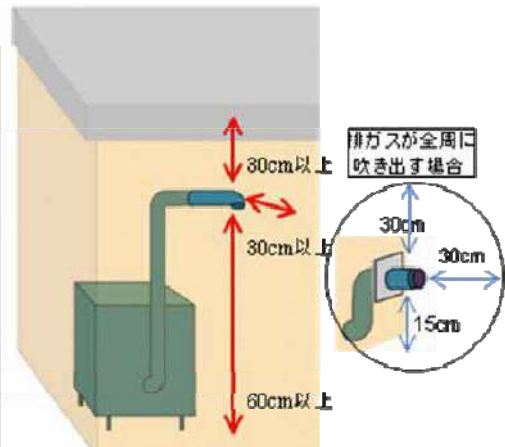


図 5-15 温風暖房機の設置例

また、以下の条件に当てはまる排気筒に関しては、可燃物との離隔距離を 15cm 以上確保することに関して基準が緩和されている。

【可燃物との離隔距離に関して緩和される排気筒の条件】

※いずれかに該当

- ①排気筒が排気筒の半径以上可燃物から離して設けられていること。
- ②排気筒の外側に筒を設け、排気筒と筒との間に燃焼に必要な空気を屋外から有効に取り入れられる構造の排気筒の部分(防火上支障のないもの)であること。
- ③厚さが 2cm 以上の金属以外の特定不燃材料で有効に断熱された排気筒の部分であること。
- ④排気筒の外壁等の貫通部に特定不燃材料で造られたためがね石等を防火上支障のないように設けた排気筒の部分であること。

(東京都火災予防条例 第3条1項18号をもとに作成)

5.3.2 ペレットストーブの設置方法

(1) 設置場所の選定

- ・燃料を入れた状態の重量に耐える床に水平に設置する
 - ・燃えやすいものや障害物のない場所
 - ・給排気筒が正しく屋外に取り出せる場所
 - ・小さな子供が触れるような場所や、通路、人通りの激しい場所は避ける
 - ・積雪の多い地方では給排気筒のトップが雪でふさがれないように設置する
 - ・高気密住宅の場合は、換気扇を止める、窓を開けるなどの対処をする
- 特に室内より空気を取り込む方式(CF 式、FE 式)は影響が大きいが、FF式でも影響が出る場合があるので詳細は取扱説明書の指示に従うこと、
- ・標高 1,000m 以上の高地は性能上から設置制限がある場合があり、事前に確認する必要がある

(2) 実際に多い設置例

ペレットストーブを設置する際には、図 5-16 に示すように、窓の前方を避けた居室の隅に当たる 910mm 四方内の尺モジュール(建築物を設計するうえで 基準となる基本寸法)に入れることが多くなる。

これは室内のモジュールにおいて窓の配置を重視するためである。このとき、設置業者はストーブが壁の表面温度 100°C を超えない 位置になることを確認している。

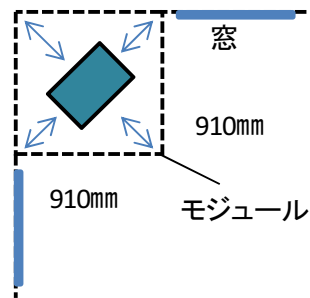


図 5-16 ペレットストーブの設置例

第6章 運転とメンテナンス

6.1 基本概念

薪ストーブ、ペレットストーブともに木を燃料とする暖房機器である。燃やすこと“燃焼”の基本法則は
“燃やすためには十分な酸素と燃料が必要”
“暖められた空気は上に上る”

であり、このことをよく理解して使用することで上手な使い方、トラブルの回避につながる。また、火災や火傷など安全性への配慮や、機能・安全性を維持するためには正しくメンテナンス方法を理解し実行する必要がある。本章では、運転やメンテナンスに関わる基本的な事項を整理した。ただし、メーカーや機器により構造や取扱い方が異なるため、取扱説明書をよく理解して使用する必要がある。

6.2 薪ストーブ

6.2.1 運転

薪ストーブの基本的な運転方法を表 6-1 に示す。

表 6-1 薪ストーブの運転方法

項目	内容
慣らし運転	使い始めは必ず慣らし運転を ①低温で運転することで耐久性を上げる、ストーブの温度は上げ過ぎないことが重要で具体的な温度や回数は取扱説明書に従い実施する ②使い始めは塗料が加熱され煙と臭いが発生するので、必ず窓を開け十分な換気をする
着火準備	よく乾燥した薪を用意する ①着火剤を用意する (木の破片、市販の着火剤、新聞紙、スギ・マツの枯れ枝など) ②燃料の薪が十分に乾いているか確認する (含水率計や、たたいた音、重さ、触感などで判断する)
ダンパー、空気取入口調整	着火時は十分な空気が必要 ①十分な空気量を取り入れるため、ダンパーおよび空気取入口(一次、二次とも)は全開にする ②触媒方式の場合はバイパスダンパーを開ける (一次燃焼の排ガスを触媒を通さず直接煙突に排出する)
着火	ドラフトを立ち上げる、細い焚きつけから太い薪へ ①着火剤の上に焚き付け用の薪(細薪)を数本のせる ②隙間を空けてさらに中くらいの薪(中薪)を数本のせる ③着火剤に点火する ④薪に着火したことを確認しドアを閉める ⑤煙突が冷えているとドラフトが弱く、着火しない、うまく燃えない、煙の逆流が起こる。→新聞紙を丸めたものを燃やしドラフトを立ち上げる
燃焼の維持	良いおき火作りが上手に焚くコツ、薪は空気が通るようにくべる ①燃焼が安定したら太い薪を2~3本くべる ②おきが炉床全体に行きわたるまで、さらに2本程度くべる ③ストーブトップの温度を概ね 250°C 付近に保つよう、エアー・コントロールの開閉と薪の投入で調整する(取扱説明書に従う)

	<p>④触媒方式の場合はバイパスダンパーを閉める (触媒に一次燃焼ガスを導き二次燃焼させる)</p> <p>⑤煙突からの煙が陽炎または水蒸気が出てすぐに消滅し、煙臭もほとんどない状態が正常な燃焼</p> <p>⑥ストーブ温度計(本体温度の管理)を利用し燃焼状態を確認する 適正温度は 200~300°C で、300°C を超えたら薪の投入をやめ空気を絞る</p>
消火	<p>空気を遮断して消火する</p> <p>①薪をくべるのをやめ、エアー・コントロールすべてのドアを閉め空気を遮断する。火の勢いが弱まり、ゆっくりと燃えつきるのを待つ</p> <p>②水をかけて消火することは非常に危険、絶対にやらないこと</p>
灰の処理	<p>炉床の灰は少し残し、安全に適正に処理する</p> <p>①灰受け皿の灰は定期的に処理する(発生状況把握して頻度を決めること)</p> <p>②消火後の灰は、火が消えたように見えても二日間くらいは火の気が残っている可能性があるため、消火直後に取り出さない また、ふたのついた金属製の容器に取り保管する(屋外が望ましい)</p> <p>③炉床の灰は 2~3cm 残すことで着火が容易になり、炉床保護にもなる</p> <p>④掃除機では絶対に吸わないこと</p> <p>⑤灰の処分の方法は自治体で異なるため、確認の上処理する</p>

6.2.2 ドラフト管理

薪ストーブでは適切なドラフト管理が重要であり、そのポイントになる点を表 6-2 に示す。

表 6-2 薪ストーブのドラフト管理

項目	内容
煙突の適切な設置および高さ	<p>①図 5-4 の 600mm、900mm、3m の煙突基準の条件を満たしていれば有効なドラフトが得られる</p> <p>②煙突高さは最低 4.5m 以上とし、必要以上に伸ばさない</p> <p>③二重煙突を推奨する、単管煙突使用の場合は室内で高さ 2.4m 以下とする</p> <p>④煙突はまっすぐが理想であるが、横引きする場合は横引き長 1m 以下にすることが望ましい</p>
単一排気	<p>①ストーブにはそれぞれ専用の煙突をつけること(兼用は不可)</p>
タールの発生抑制	<p>①乾燥した薪を使い、適正なドラフトでタールの発生を抑制する</p> <p>②ゆっくり燃焼させる、排ガスの濃度が高い、排気速度が遅い、排ガスが 130°C 以下に冷やされるといった要因でタールは発生するので燃焼の状態に注意する</p> <p>③タールは煙突内に蓄積される有機タールで、一定温度以上に加熱されると煙道火災につながる。極力つけない、付着したら掃除することが重要</p>
バックパフイング	<p>①煙突のドラフトが弱く、揮発性ガスが煙突に引き込めない場合、燃焼室内の不安定ガスはある条件で点火しポンという音を発生させる場合があり、これをバックパフイングという</p> <p>②暖かい日に弱火で焚く、極度に乾いた燃料を使う、多量の薪をくべるなどの要因で発生する</p> <p>③発生したら空気を取り入れて勢いよく燃やすこと</p>
負の圧力	<p>①ストーブのある部屋が負圧となる場合は良いドラフトの阻害要因となる</p> <p>②室内の負圧の原因として考えられる事項</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高気密住宅であること ・換気扇の利用 <p>③室内の負圧の対策</p> <ul style="list-style-type: none"> ・外気導入アダプタを設置して直接外気を取り込む ・窓を開ける、換気扇の使用を控えるなどの運用対策

6.2.3 安全性に対する項目

安全性は何よりも優先される事項であり、これをおろそかにしてはならない。表 6-3 に基本事項を整理するが、取扱説明書をよく読み、警告、安全上の注意を十分理解して利用すること。

表 6-3 薪ストーブの安全性に対する項目

項目	内容
過熱防止	①過熱はストーブや煙突の損傷につながる。また、タールがある場合煙道火災を起こすため、過熱しないよう十分注意する ②過熱の兆候は、はじめに煙突の一部の赤化、次に本体に白い部分ができてくることでわかる
火傷防止	①専用手袋の着用を習慣付けること ②子供への教育と保護フェンスなどの設置による対策を図ること
ゴミの焼却禁止	①ゴミの焼却は不可。プラスチック、人工物質から有毒ガスが発生する ②発生ガスは人体に有害であるだけでなく機器の腐食、損傷につながる
その他注意	①ストーブ上には完全な不燃物以外置かない(スプレー缶、洗濯物の接近注意) ②引火性の液体など裸火に近づけることが禁止されている物品は離すこと ③ストーブのある部屋を離れるときは、ストーブの扉をしっかり閉じ、可燃物を遠ざけ、空気調整を正しい設定にしておくこと
火災への予防処置	①適切な消火器をストーブのある部屋に設置する ②煙探知機、一酸化炭素検知器の設置を推奨する
煙道火災への対処	①煙道火災の兆候は、音の発生でわかり火災が強くなるにしたがって大きくなる。貨物列車が通過するような音がする場合もある ②ゆっくりとした煙道火災でも煙突内で金属音やひび割れ音などが発生する ③発生した場合の対処 ・空気を遮断する ・避難する ・消防署に連絡する ・収束後は専門家に検査とクリーニングを依頼する
低温炭化による火災のメカニズム	①ストーブおよび煙突の熱が長い期間家の構造材(木部)を熱し、炭化されることで100°C以下の温度で発火する現象。見えないところで進行し、突然火災に至る ②ストーブ、煙突との離隔距離をとり、空気層を設けるなど設置上の対策が必要

6.2.4 メンテナンス

メンテナンスは安全に、快適に、長く使うために必要であり、そのタイミング(スケジュール)や消耗品に対して理解しておくことは重要である。表 6-4 に薪ストーブのメンテナンス方法を示す。

表 6-4 薪ストーブのメンテナンス方法

スケジュール	点検・メンテナンス項目	方法および確認事項
日常メンテナンス	ドアガラスの清掃	・破損の有無を確認し、すす、タールの除去を行う。布と専用のガラスクリーナーでふき取る ・研磨剤が入ったものはガラスの破損につながるので使用しない
	灰受け皿	・灰受け皿いっぱいになる前に除去する。最低一日一回は灰の溜まり具合を点検する。 ・灰の除去はストーブが完全に冷えた状態で行う
シーズン初めまたは終了時	煙突の点検と掃除	・シーズン終了後の煙突掃除を推奨するが、できなかった場合または不足ある場合はシーズン直前に実施する

		<ul style="list-style-type: none"> ・鳥の巣や、その他ゴミなどによる詰りがないか確認する。詰りがあれば除去する。 ・接合部の固定が確実であることを確認する。また、損傷・亀裂・劣化有無を確認し、必要に応じ修理する。 ・シーズン終了時には煙突トップに網やカバーをつける
	炉内の掃除点検	<ul style="list-style-type: none"> ・燃焼室の灰を取り除き、すすやタールなどをワイヤーブラシなどで取り除く ・シーズン終了後の保管はストーブ内に吸湿剤などを入れ乾燥状態を保つ
	各部ガスケットの点検	<ul style="list-style-type: none"> ・気密性が保たれているかを確認する、摩耗、ひび割れ、毛羽立など気密性に影があれば交換する ・紙などを挟んで引き抜き、抵抗なく引き抜ければガスケットに問題があるといえる
	可動部の調整	・ドアや掛け金、レバー類など可動部の清掃と調整を行う
	ダンパー類	・ダンパーのねじ類は錆などで固定されているため、潤滑剤を吹き付け取り外し、調整のうえ固定する
	外装および塗装	<ul style="list-style-type: none"> ・錆・塗装の剥がれがあれば補修する ・ワイヤーブラシとはけで灰や汚れを除去する
	ガラス、灰受け皿	・日常メンテナンス項目に準ずる
1回/3～5年	フルメンテナンス	<ul style="list-style-type: none"> ・専門家によるストーブ本体と煙突のフルメンテナンスを行うこと ・頻度は取扱説明書に従う
部品交換	消耗品の定期交換	<ul style="list-style-type: none"> ・ガスケット ・触媒(触媒方式の場合) 各部部品の交換頻度は取扱説明書の指示に従う

6.3 ペレットストーブ

6.3.1 運転および安全性に対する項目

ペレットストーブの基本的な運転のポイントと安全性への配慮を表 6-5 に示す。

表 6-5 ペレットストーブの運転および安全性に対する項目

項目	内容
使い始め	<p>使い始めは臭いに注意</p> <ul style="list-style-type: none"> ①使い始めは塗料が加熱され煙と臭いが発生する場合がありますので、必ず窓を開け十分な換気をする ②使い始めに関する注意事項は取扱説明書に従うこと
燃料の確認	<p>適切なペレットを用意する</p> <ul style="list-style-type: none"> ①指定されたペレットまたは燃焼試験等で相性が確認されたペレットを準備する ②長期保管品(昨シーズンのもなど)で湿気を吸っているペレットの使用は避ける ③ペレット調達先が変わるとペレットの性状が変わり、空気量、燃料供給量など変える必要が出てくるため、調達先などが変わる場合は事前に販売店に相談し指示を仰ぐこと ④燃料タンクが空の状態では着火しない
着火	<p>ペレットは十分か、扉類のロックは確実か</p> <ul style="list-style-type: none"> ①扉類のかん合、ロックを確実に実施する ②運転スイッチを操作する ③着火までは5分前後(機種で差がある)時間がかかる(着火時白煙が出る)

	<p>④排気温度が所定温度に達すると温風ファンが回転し温風を供給する</p> <p>⑤ライター、マッチ、着火剤は使用しない(手動着火の場合を除く)</p> <p>⑥必要に応じて着火時の適正燃料供給量を取扱説明書にそって調整する</p>
定常運転	<p>燃焼状態を確認し適切な調整を</p> <p>①温風の流れを妨げない</p> <p>②各種調節</p> <ul style="list-style-type: none"> ・火力はペレットの供給量(ダイヤルなどで調整)で調節 ・燃焼空気はペレットに応じた量、燃焼状態に応じて調節する <p>良い燃焼:オレンジ色の輝いた炎で燃える</p> <p>悪い燃焼:赤黒い炎で燃える</p>
消火	<p>ファンが止まるまで電源プラグを抜かない</p> <p>①消火スイッチを操作し、ペレットの供給を止める</p> <p>②温度が下がるまでファンが動き続けるので、止まるまで電源プラグを抜かないこと</p> <p>③再起動する場合は完全停止後</p>
灰の処理	<p>安全に適正な処理をする</p> <p>①灰受け皿の灰は定期的に処理する(発生状況を把握して頻度を定めること)</p> <p>②消火後の灰は、火が消えたように見えても二日間くらいは火の気が残っている可能性があるため、消火直後に取り出さない</p> <p>また、ふたのついた金属製の容器に取り保管する(屋外が望ましい)</p> <p>③クリンカ(灰がガラス状に固まったもの)が発生した場合は除去する、頻繁に発生し燃焼を妨げる場合は販売店に相談すること</p> <p>④灰の処分の方法は自治体で異なるため、確認のうえ処理する</p>
異常および緊急時	<p>①停電や過熱エラーなどで強制停止が起ると排気ファンが停止し煙が室内に漏れることがある、この場合は窓を開け換気する</p> <p>②燃料タンクからの煙や発火が起きた場合は、多めに水を含ませたタオルを燃料タンク、燃焼室に投げ込む</p> <p>③以下の異常があったら使用を中止する</p> <ul style="list-style-type: none"> ・排ガスの臭いがしたり、目がちかちかしたりする ・ストーブから白煙が漏れる ・黒煙を出して燃える ・点火・燃焼・消火時の“ポーン”という大きな音がした場合

6.3.2 メンテナンス

ペレットストーブのメンテナンス方法を表 6-6 に示す。

表 6-6 ペレットストーブのメンテナンス方法

スケジュール	点検・メンテナンス項目	方法および確認事項
シーズン初め	給気ホース 排気管	<ul style="list-style-type: none"> ・給気ホース・排気管の接続箇所が外れていないか ・給気ホースが排気管に当たっていないか
	給排気筒	<ul style="list-style-type: none"> ・室外の給排気筒トップが鳥の巣やビニール袋などでふさがれていないか
日常メンテナンス (頻度は取扱説明書の指示に従う)	給排気筒	<ul style="list-style-type: none"> ・給排気筒トップが雪や氷でふさがれていないかを確認する(積雪地方では特に頻繁にすること) ・可燃物が近くにあること(直接排気の場合は火の粉が出る)
	エアフィルター	<ul style="list-style-type: none"> ・エアフィルターについてほこりを掃除機などで取り除く
	窓ガラス	<ul style="list-style-type: none"> ・ガラスが灰で白く曇ってきたら、燃焼窓を開けてガラスを湿った布などで拭いたあと、残った水分を乾いたやわらかい布でふき取る
	ストーブの外観	<ul style="list-style-type: none"> ・ストーブのほこりや汚れは、乾いたやわらかい布などできれいに

	(電源プラグは抜いて実施)	ふき取る ・シンナー・アルコール・ベンジンなどは使用しない
	燃焼室内 (電源プラグは抜いて実施)	・燃焼室内の供給口まわりの灰や粉をブラシや掃除機などで清掃する
	燃料タンク (電源プラグは抜いて実施)	・燃料タンク内に粉が蓄積されている場合はタンク内を掃除機で清掃する、燃料供給時にスプーンなどの異物がないか確認する
シーズン終了時長期使用しない場合	掃除	・ストーブの外装、エアークフィルタを掃除する
	電源プラグ	・抜いておく
	煙突・排気筒	・排気筒(煙突)掃除をする ・キャップを取り付ける
	燃焼室内、灰トレイ、燃料タンク内	・ペレットをすべて除去する ・灰や粉を除去して清掃する
	ストーブの設置	・できる限り据え付けたままにし、カバーをかけておく
1回/1~2年	定期点検の実施	・メーカーの専門家による点検(基本は有料)を受ける ・頻度は取扱説明書などメーカーの指示に従い実施
部品交換	消耗品の定期交換	・着火ヒーター ・ガスケット・パッキン ・燃焼ポット 各部品の交換頻度は取扱説明書の指示に従う

第7章 ガイドライン作成に関わるアンケート等の調査結果

7.1 ストープ関連事業者へのアンケート調査結果

ガイドライン作成にあたり、薪ストーブおよびペレットストーブを製造、販売、設置している事業者に対し、性能および設置、特にトラブルやクレームに関する内容に重点を置きアンケート調査を実施した。薪ストーブ関係は日本暖炉ストーブ協会の会員に協会経由で配布回収、会員以外の事業者には数社、ペレットストーブ関係はペレット協会会員、ペレットクラブ会員のうち、機器を扱っている事業者と会員以外数社にご協力いただいた。

(1) アンケートにご協力いただいた事業者の概況

表 7-1 アンケートの発送回収状況

対象	発送(件)	回収(件)	回収率	備考
薪ストーブ	94	22	23%	薪、ペレット両方取扱 8 社
ペレットストーブ	36	19	53%	薪、ペレット両方取扱 5 社
合計	120	41	34%	

ご回答いただいた事業者の業務内訳は 図 7-1 のとおりとなっている、複数の業務を同時に、また、薪ストーブ、ペレットストーブ両方を取り扱っている事業者も多くある。以降の集計においては便宜上薪ストーブ、ペレットストーブのいずれかに分類した。また、ストーブを製造している場合は製造、それ以外を販売という分類で集計した。

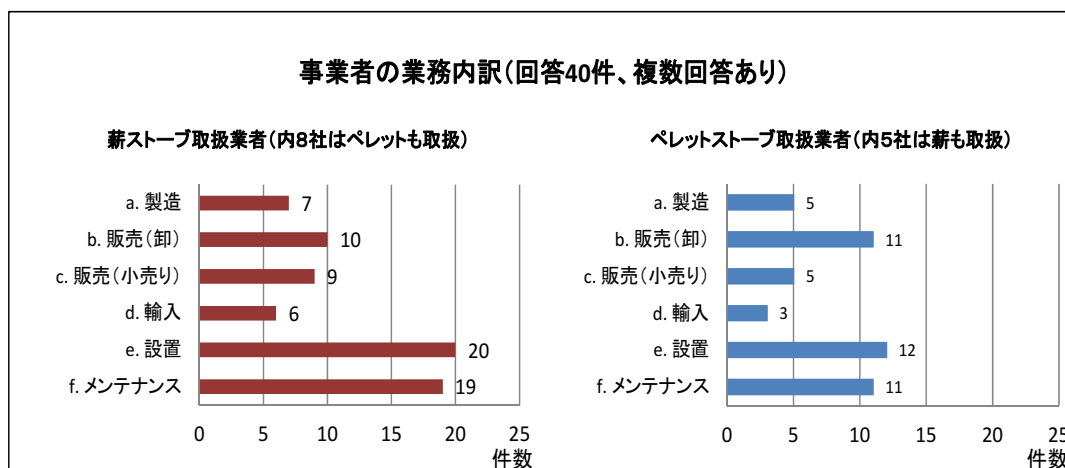


図 7-1 事業者の事業内訳

(2) ストープ性能に関わる項目

熱効率の計測を実施しているのは、図 7-2 に示すとおり薪ストーブ 26 件 (72%)、ペレットストーブ 18 件 (64%) となっており、ペレットストーブの実施率が低い。熱効率をカタログで表示しているが、薪ストーブ 32 件 (86%)、ペレットストーブで 25 件 (86%) となっている(一部出力と暖房面積の表示をもって熱効率との回答も表示ありに含む)。

アメリカおよびヨーロッパのでは熱効率に関する規制があり、ほとんどの機種で表示されている。

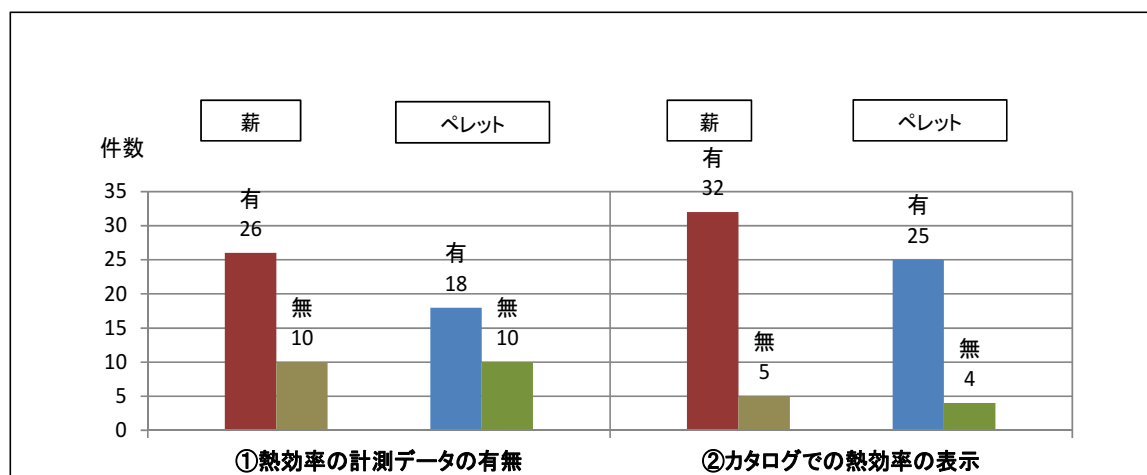


図 7-2 熱効率に関する情報

熱効率の測定方法を図 7-3 に示す。薪ストーブ、ペレットストーブいずれもメーカー自主基準が多くなっている。また、ペレットストーブについては日本燃焼機器検査協会基準が 8 件あるが、実質 2 製造メーカーに集約される。

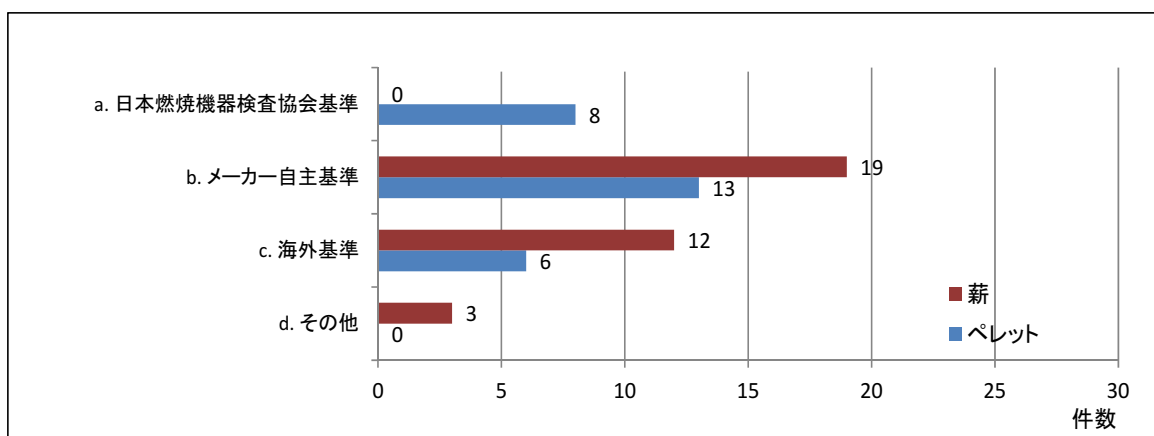


図 7-3 熱効率測定方法

図 7-4 に示す排ガスの分析については、薪ストーブで 7 件、ペレットストーブで 5 件と熱効率に比べ実施率は低い。分析項目でばいじんを対象にしているが薪ストーブで 6 件、ペレットストーブ 1 件と差が出ている。これはアメリカではばいじんの規制が入っており、アメリカ製の薪ストーブ関係で実施率が高くなっていると考えられる。PAH、VOC の分析を実施しているのはイタリアのペレットストーブである。

CO 濃度は燃焼状態を把握するために実施された項目である。

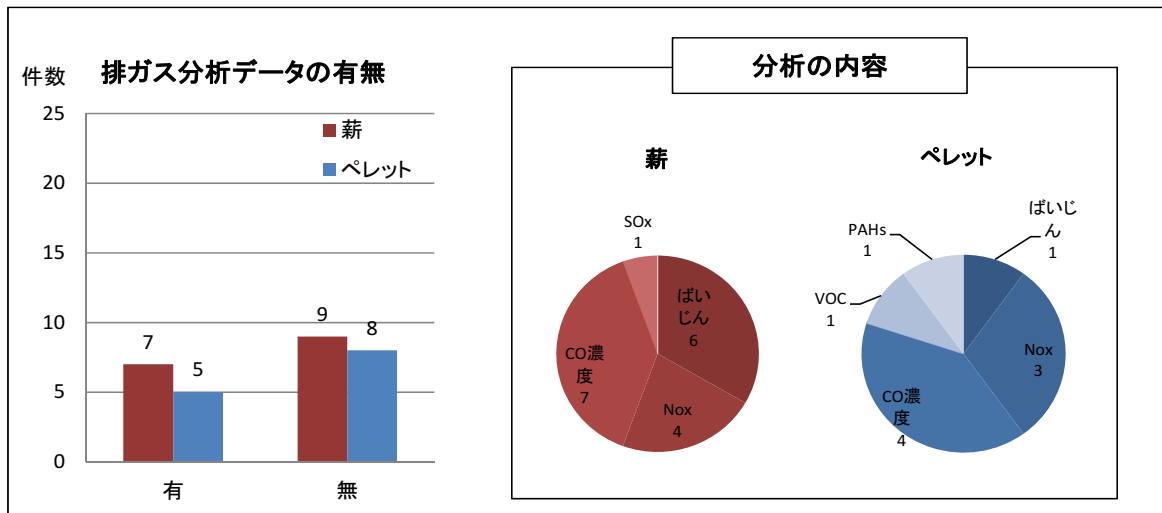


図 7-4 排ガス分析データ有無と内容

(3) ストープの設置、ペレット燃料に関する内容

図 7-5 に示すとおり、薪ストーブ、ペレットストーブともにほとんどの事業者が設置に関するマニュアルを持っている。薪ストーブに関しては、製造メーカー基準が 15 件 (45%)、自社基準が 8 件 (24%)、日本暖炉ストーブ協会基準が 7 件 (23%) となっている。ペレットストーブでは製造メーカー基準が 12 件 (60%)、自社基準が 4 件 (25%) となっている。

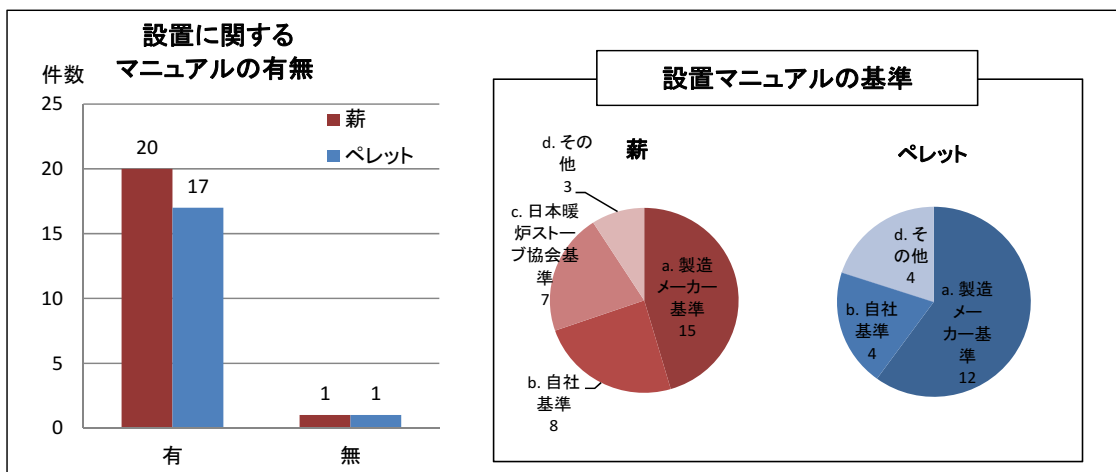


図 7-5 ストープ設置に関するマニュアルの有無と基準

設置マニュアルについては薪ストーブ、ペレットストーブともに取扱説明書に掲載しているケースが多く、一部自社のホームページからダウンロードできるようになっている(図 7-6)。また、工事担当者向けの工事指示書に盛り込んでいるケースもある。

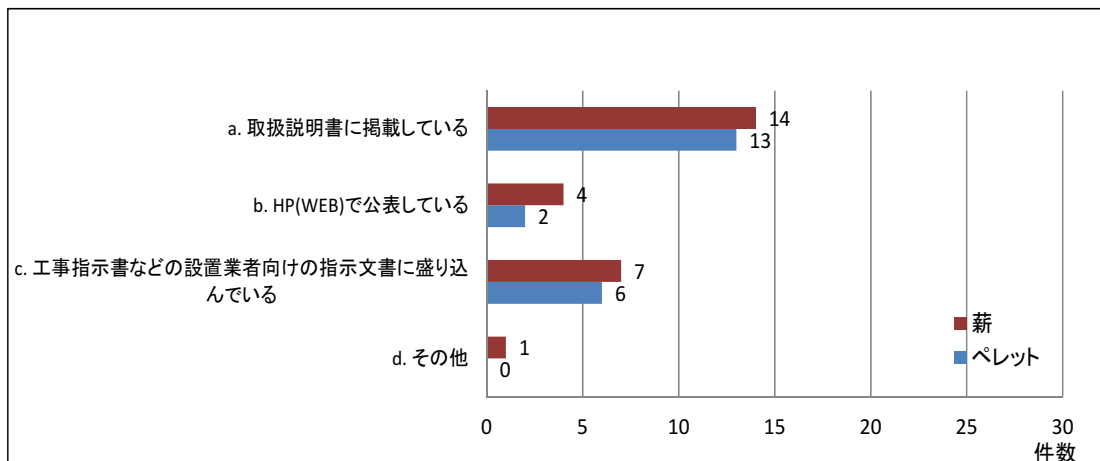


図 7-6 設置マニュアルの掲載について

ペレット燃料は特に機器との相性が問題になるケースがあり、本調査でも 12 事業者/14 事業者 (86%、燃料を選ばない機器のため表示していない場合 5 件除き) が問題を経験している(図 7-7 参照)。その予防方法については適正な燃料を取扱説明書、カタログに表示徹底を図っている(図 7-8 参照)。また、各種ペレット燃料との適合試験を実施しているが 11 事業者あり、その対応はメーカーにとって大きな負担になっていると思われる。また、ユーザー・設置業者への徹底やホームページ上の Q&A で周知させるなど努力の様子が見えてくる。

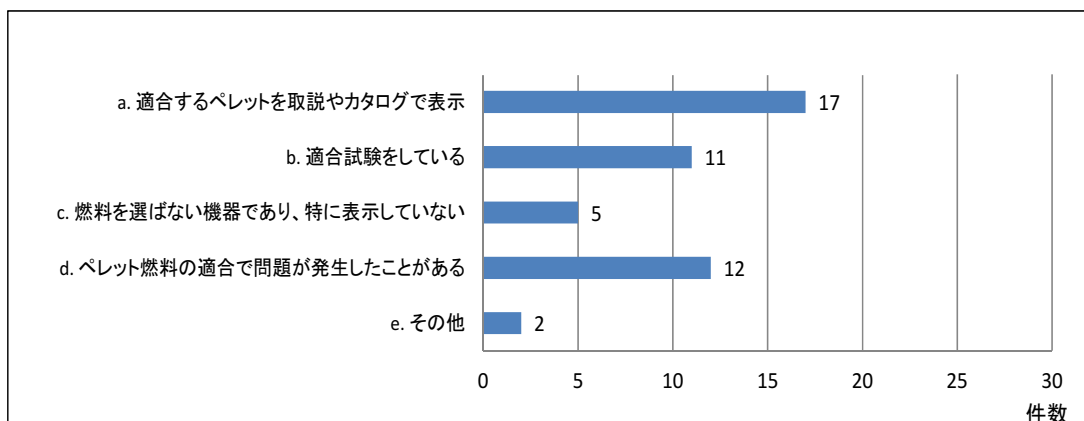


図 7-7 ペレット燃料とストーブの適合性について

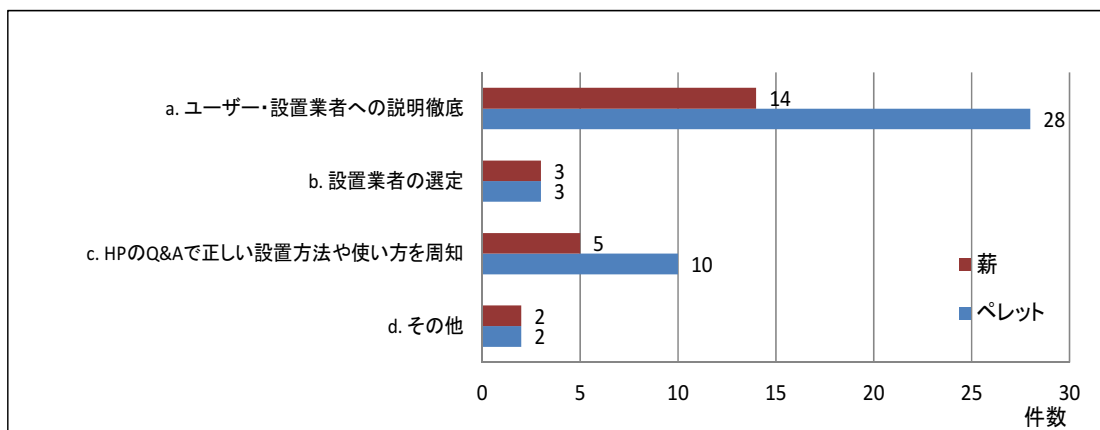


図 7-8 トラブルおよびクレームの低減策として実施している内容

(4) トラブル関する内容と原因分析

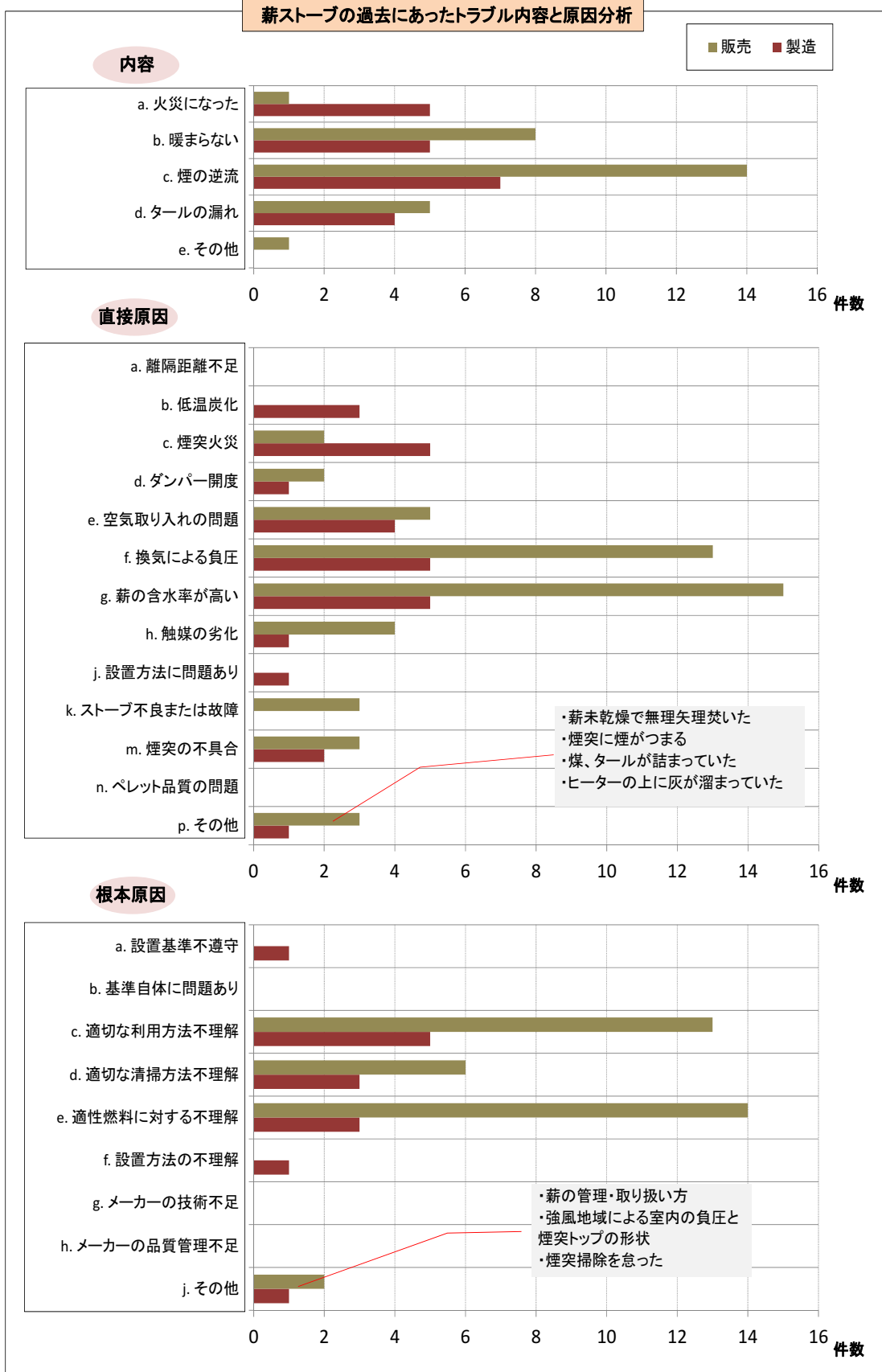


図 7-9 薪ストーブの過去にあったトラブル内容と原因分析

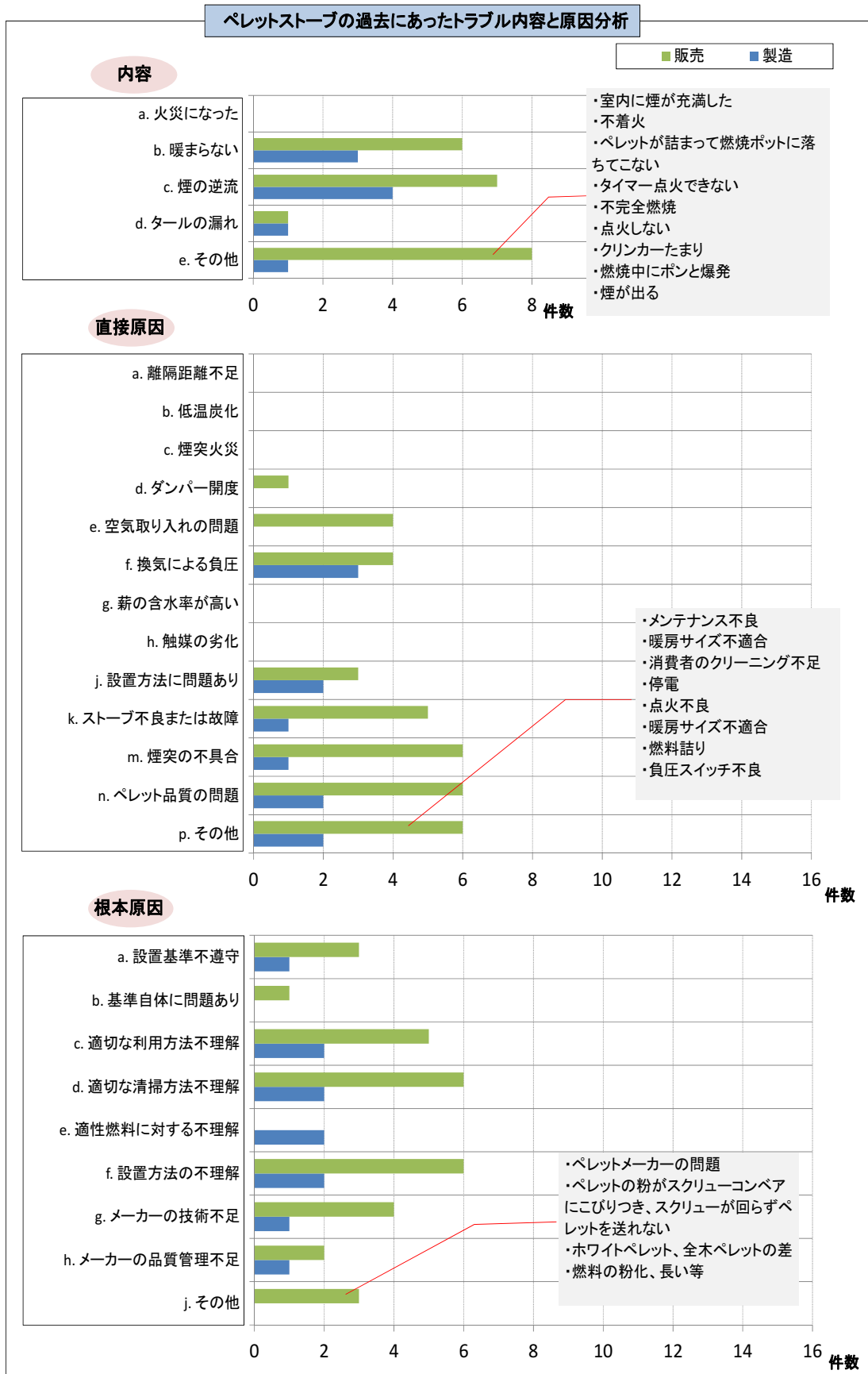


図 7-10 ペレットストーブの過去にあったトラブル内容と原因分析

① トラブルの内容に関する考察

- ・ 薪ストーブの総件数 50 件/22 事業者 2.3 件/事業者
- ・ ペレットストーブ総件数 31 件/19 事業者 1.6 件/事業者

上記の件数は図 7-9 および図 7-10 をまとめたものであり、トラブルの件数は薪ストーブが多いことがわかる。薪ストーブの場合は”火災になった(なりかけた)”と重大な事例が 6 件ある。ペレットストーブの場合は 0 件であるが、コメント欄で煙道火災の発生や破裂音の発生事例が挙げられている。

ペレットストーブの場合は”その他”が多く、構造的な要因で多岐にわたった事例(不着火 2 件、ペレット詰まり 1 件、クリンカ 1 件、タイマー点火できず)が出ていると考えられる。

② 直接原因と根本原因に関する考察

○薪ストーブ

”薪の含水率が高い”が 20 件と一番多く、多くのトラブルの直接原因になっている。次いで、”換気による負圧”となっており、トラブル内容で”煙の逆流”がトップ項目であり、”空気取り入れ”と合わせてこの直接原因となっていると考えられる。”火災”の原因では”低温炭化”3 件、”煙道火災”7 件となっている。

根本原因では”適切な利用方法”が 18 件、”適正燃料に対する不理解”17 件、”適切な清掃方法不理解”が 9 件と、これらで 90%を占めている。技術面、品質面、基準面に関わる要因は少なく、利用方法、清掃方法、燃料に対する適切な理解と実践できるようにすることがきわめて重要である。

○ペレットストーブ

直接原因としては”ペレット品質の問題”が 8 件と一番多く、燃料の質および機器との相性の問題である。”煙突の不具合”も 7 件と多く、煙の逆流やタール漏れの原因になっている。

次いで”ストーブ不良または故障”が 6 件、”その他”項目も 8 件あり、この中でも負圧スイッチ不良、点火不良、燃料詰り、スクリー折れと多岐にわたっており、ペレットストーブ特有の可動部および電気系統に関連したものである。

根本原因では”適切な利用方法に対する不理解”7 件、”適切な清掃に対する不理解”8 件と薪と同じく多い傾向であるが、”適性燃料に対する不理解”は 2 件と少ない。これは、理解度は上がっているが、それを上回る品質ばらつきや変化に起因するものと考えられる。燃料と機器の両面で改善していく必要がある。また、設置に関して”基準の不遵守”、”基準に問題”、”設置方法不理解”と設置に関する基準整備や徹底が行き届いてないよう見受けられる。直接原因で、可動部および電気系統に起因する不具合が挙げられているが、この根本原因としてメーカーの技術不足、品質管理不足が挙げられており改善が必要である。

(5) クレームに関する内容と原因分析

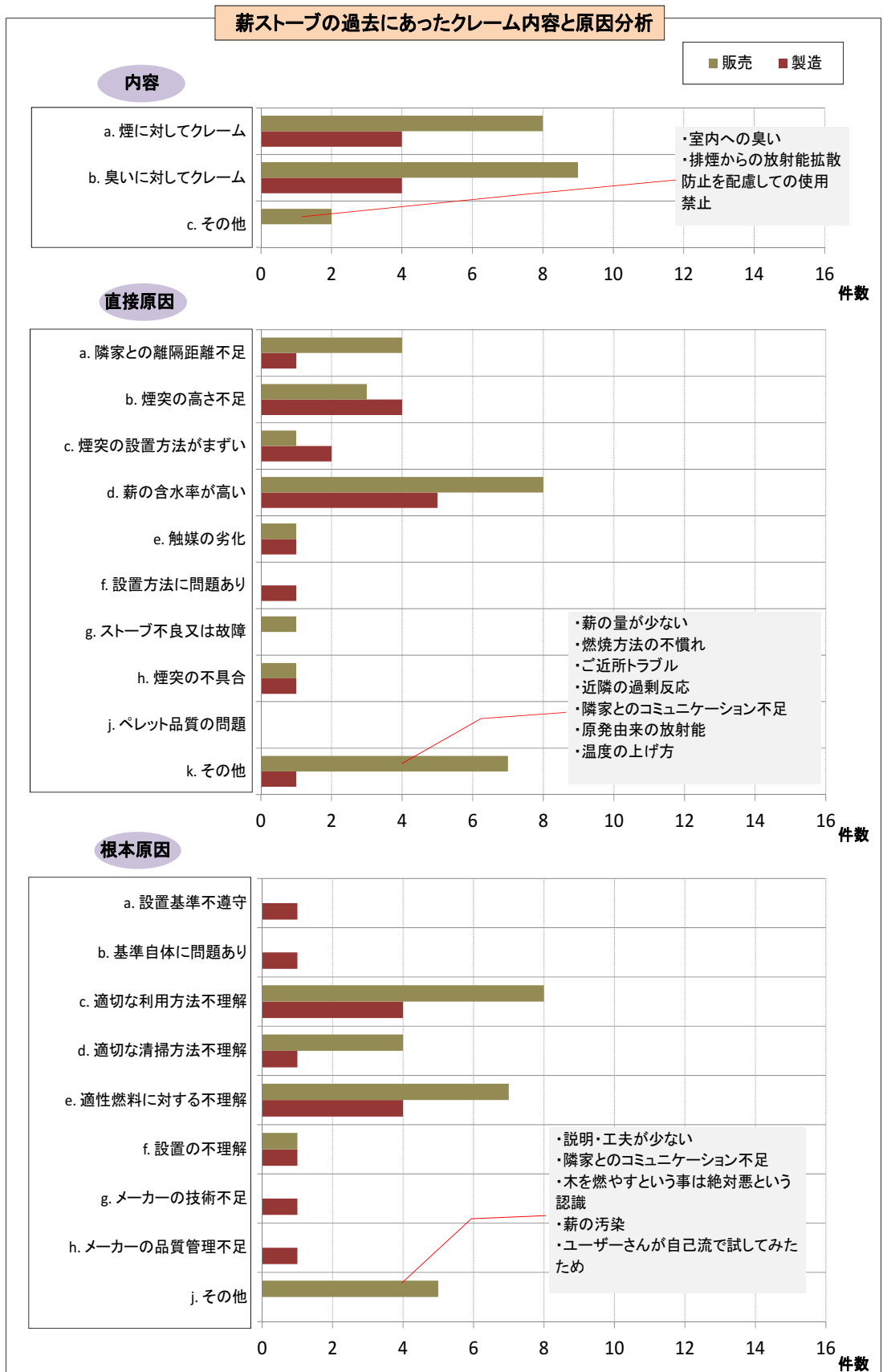


図 7-11 薪ストーブの過去にあったクレーム内容と原因分析

ペレットストーブの過去にあったクレーム内容と原因分析

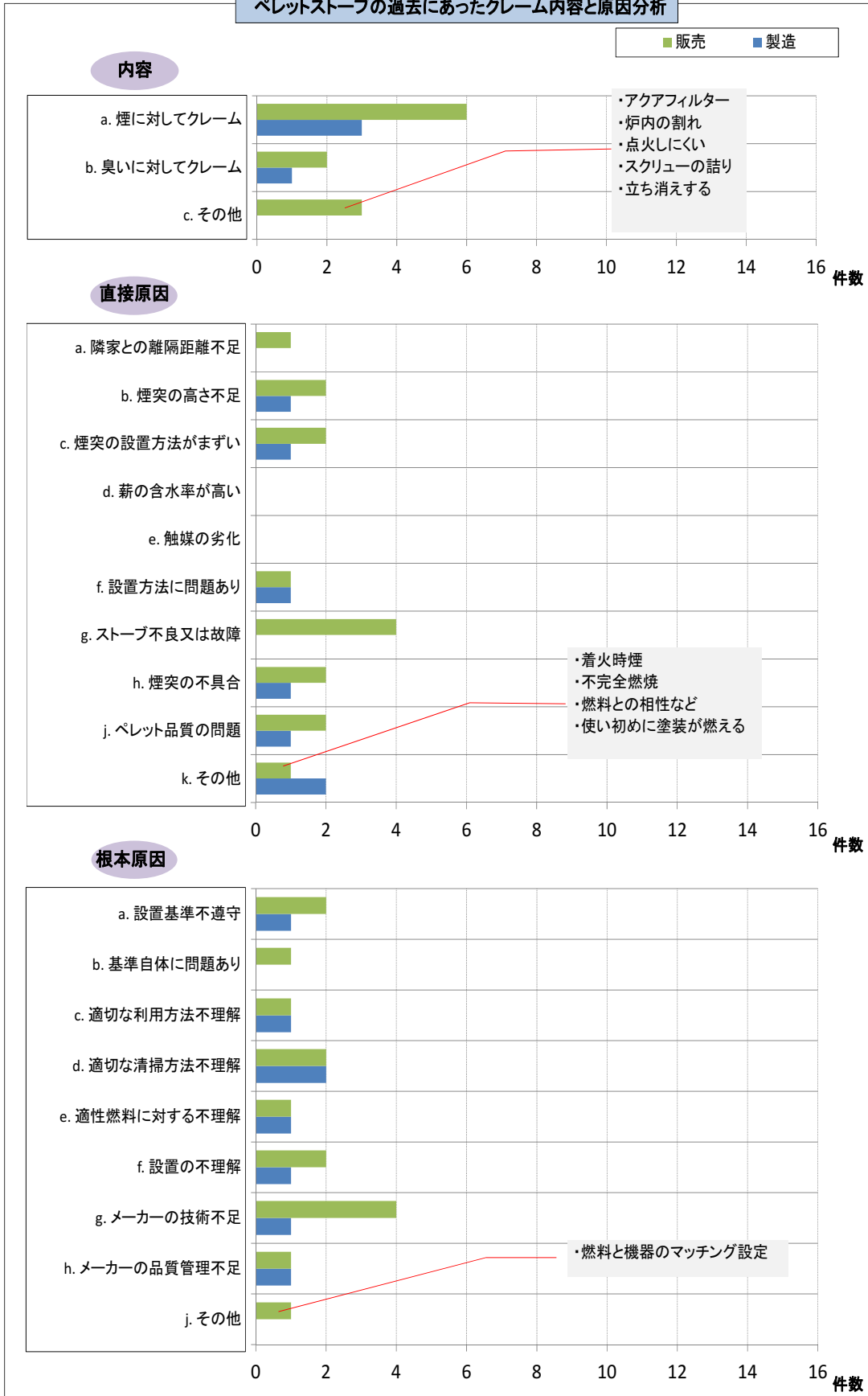


図 7-12 ペレットストーブの過去にあったクレーム内容と原因分析

① クレームの内容に関する考察

- ・ 薪ストーブの総件数 27 件/22 事業者 1.2 件/事業者 (25 件 1.1 件/事業者)
- ・ ペレットストーブ総件数 15 件/19 事業者 0.8 件/事業者 (12 件 0.6 件/事業者)

上記の件数は、図 7-11 および図 7-12 をまとめたものであり、クレームの件数は薪ストーブが多いことがわかる。”その他”項目は対人のクレームではなく、内容はメーカーや販売店に対するクレームになっているので対象外とすると上記()内の数字となる。

薪ストーブでは煙、臭いに対するものが同程度であるが、ペレットストーブの場合は煙に対するクレームが臭いに対するクレームの 3 倍となっている。

② 直接原因と根本原因に関する考察

○ 薪ストーブ

トラブル同様、”薪の含水率が高い”が 13 件と一番多く、正常に燃えないことが煙や臭いの直接原因になっていると考えられる。次いで、”煙突の高さ不足”7 件、他に煙突に関わる項目として”煙突の設置方法がまずい”3 件、”煙突の不具合”2 件となっており、合計 12 件と薪の含水率に並ぶ原因となっている。”隣家との離隔距離不足”は 5 件挙げられており、具体的な記載があった事例は 2m、8m、30m の 3 件あり。”その他”で隣家とのコミュニケーションの問題が 3 件挙げられており、ソフト面の対策が必要な事項である。

根本原因はトラブルと同様の傾向にある。

○ ペレットストーブ

”ストーブ不良または故障”が 4 件と一番多く、次いで”煙突の高さ不足”、”煙突の設置方法がまずい”、”煙突の不具合”が各 3 件、合計 9 件となり煙突関連が最大の原因といえる。根本原因は万遍なく挙げられており、総合的な対応が必要といえる。また、使い始めで塗料による臭いの発生、停電時の挙動の確認の必要性など、注意しておくべき点も挙げられている。

(6) アンケートに文章で寄せられたクレームおよびトラブル事例と意見要望など

① クレームおよびトラブル事例

・ 薪ストーブを焚いている住宅の隣家より、室内で臭いがして息苦しいというクレームあり。煙突の高さも十分にあり、乾燥した薪も使用していたが、とりあえず、煙突をさらに 1m 高くした。結果的には解決に至っていない状況。今後このようなケース(クレーム)が多くなるのではと感じている。

・ 比較的敷地の広い住宅地で傾斜地山側住民が下の薪ストーブ利用している住宅から排出される煙の被害を訴えた。訴訟に至り、使用禁止の判決が出た。新興住宅地では近所づきあいが希薄であることが多く、トラブルも深刻になる事例が多い。逆に古くから近所付き合いがあり、親しい関係が周囲と形成されている場合は、話し合いで妥協点を見つけやすい。

・ クレームをつけられ、メーカーに現地をチェックしてもらったが、使用方法に問題はなかった。市役所の環境課に相談したが、違法な行為ではないので住民で話し合って解決するように言われた。クレームをつけた方に年間 10 回くらいの使用をお願いしたが拒否された。使用者の楽しみのために近所の人に嫌な思いをさせるのは不本意なので薪ストーブの利用をやめている。

・ 煙や臭いについて隣家からクレームがある場合、互いに感情的になってくるケースが多い。また、薪ストーブ導入以前から、隣同士あまり仲が良くなく、煙の問題が、必要以上に大きくなるケースがある。

- ・煙突トップの位置基準が屋根から 60cm 以上の間隔であることに対し、風圧帯にトップが来ていた。
- ・ペレットストーブで煙道火災が発生した。

燃料や使用方法、煙突など問題はなく、話し合いでクレームつけた側と決着がつかず、使用をやめたり、訴訟で敗訴するなどの事例が挙げられている。アンケート集計結果から薪の乾燥や煙突の設置方法、機器の利用方法に起因するトラブル、クレーム事例も多いが、普段の近所付き合い、感情的な問題などが背景にある場合もあると考えられる。

② 意見要望など

●本事業をつうじて啓蒙してほしい内容や期待感

- ・薪ストーブには「愛情」と「研究心」が必要であると喚起
- ・このような取り組みは急務であり、不十分な点が多く官民一体で普及に一層の努力を
- ・薪ストーブは環境に良いことをアピール
- ・ナラ枯れ対策の一環として木質バイオマスの利用促進を
- ・適正な燃料の使用、機器の利用方法を行政から周知
- ・触媒式や熱効率の高いストーブの利用促進を
- ・環境意識を向上させバイオマスの普及推進を
- ・ガイドラインの作成は急務で、無秩序な乱売、無責任業者排除による健全な薪ストーブライフ普及を
- ・無責任に輸入販売するケースあり、国の監督を

行政から適切な燃料や利用方法を周知徹底するための手段として、ガイドラインに対する期待感が寄せられている。

また、木質バイオマスの普及や無責任な業者排除のための規制などの要望がある。

●基準および規制について

- ・環境適合性に対する指針作りを
- ・設置基準はひとくりにせずストーブの方式・構造で分ける
- ・安全離隔距離の測定や公表を義務付ける
- ・煙突の設置基準法律の見直しが必要(現実に合っていない)
- ・煙突の設置基準を欧米並みに
- ・ガイドラインが正式に出るのは有効、ただし、厳しすぎると普及にブレーキかかる
- ・一律の規定ではなく、低温炭化や煙道火災を起こさない壁面や接触面温度で道理に合った規定に
- ・世界的に普及しているペレットストーブなどの実態に合った設置基準を
- ・ペレットクラブと日本木質ペレット協会のペレットの規格を統合
- ・ペレットストーブの建築との関係の法整備をもっときちんと行うべき、緩和と明確化が必要
- ・設置には有資格者が行うなどの法制化を
- ・ペレットの相性問題の解消には機器とペレット両面で規格化を

- ・ペレットストーブの燃焼機器検査および設置基準の明確化を
- ・ペレットの JIS 化を

機器に関しては、現在の法律や設置基準では不十分であり、欧米の先進国を参考にし、薪とペレットは個別とし実態に合った基準の必要性が挙げられている。
また、有資格者による設置の法制化などの要望もある。
ペレット燃料に関しては規格の統合と JIS 化、相性問題の解消策として機器と両面の規格化の要望がある。

●その他

- ・ペレット生産者はペレットの物性データを自社で取得しストーブメーカーに提供する仕組みが欲しい
- ・ペレット品質のばらつき低減を
- ・公共施設に設置されたストーブが手間がかかるために利用率が低い状況にある
- ・排気温度が高温の方がタール付着がなく安全、高効率を追求するのはどうか
- ・普及のためには本体価格を半分に、ペレットも安価に
- ・なぜヨーロッパはホワイトペレットが基準か勉強し、その方向を目指してほしい
- ・日本はノルウェー・デンマーク・アメリカ等の薪ストーブの状況をもっと理解すべき

ペレット生産者が増加している状況で物性や品質に差があり、その分析がストーブメーカーの大きな負担となっており、相性に起因するトラブルの要因にもつながっている。ペレット生産者に対して分析データを自社で取得しストーブメーカーに提供する仕組み作りと支援策が望まれている。
また、先進国の状況を理解して反映すべきという意見も多い。

7.2 自治体へのヒアリングによるアンケート調査結果

自治体の環境部門へ薪ストーブ・ペレットストーブの利用にまつわるクレームが寄せられている可能性があるため、その状況調査を電話によるヒアリングにより実施した。自治体は北海道から九州の72市町村に依頼した。

7.2.1 クレームの発生状況

図 7-13 に示すとおり、クレームを受けた経験ありが 32 自治体、機器別では薪ストーブ 28 件、ペレットストーブ 1 件、薪風呂でのクレームも 2 件発生している。クレームを受けた経験のない自治体が 38 件、不明が 6 件となっている。地域別では表 7-2 に示すとおり、寒い地方での利用率が高いことより北海道、東北でクレームありが多く、クレームを受けた経験なしがほとんどないという状況となっている。

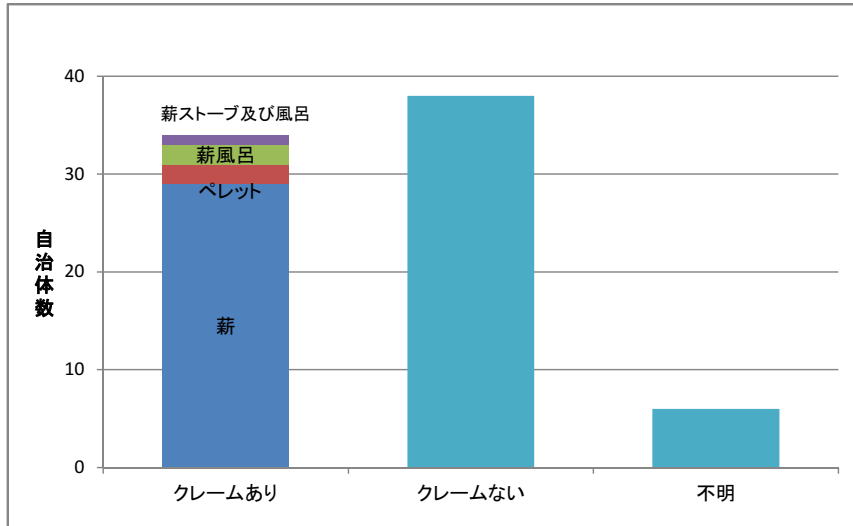


図 7-13 クレーム発生状況

表 7-2 地域別の発生状況

地域	北海道	東北	信越	関東	東京	他
クレームあり	5	7	6	4	2	7
クレームなし	0	1	4	10	2	25

図 7-14 にクレームの年間発生件数を示した。○～△件/年という回答の場合は高い数字を採用した。クレームの年間発生件数は 1～3 件/年が最も多くなっている。北海道でのペレットストーブに対するクレームが 6 件/年以上 (20 件/年) と顕著に多くなっているが、件数以外の詳細は開示いただけず原因は不明である。

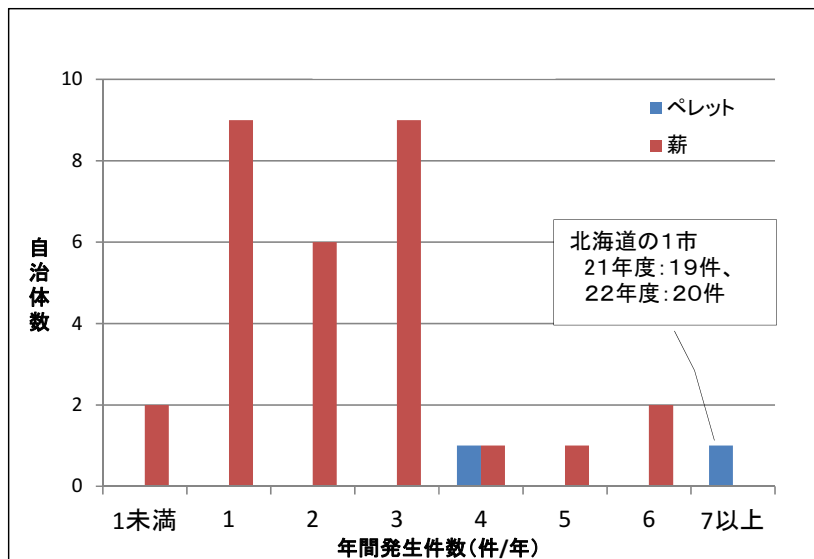


図 7-14 クレームの年間発生件数

クレームは匿名で連絡されるケースがほとんどで、具体的な内容は煙 15 件、臭い 1 件、両方 15 件となっている(図 7-15 参照)。洗濯物への煙、すす、灰の付着に対する影響が 6 件と最も多く、漠然と煙が迷惑が 2 件、健康影響や放射能影響に対する懸念も各 1 件出されている。

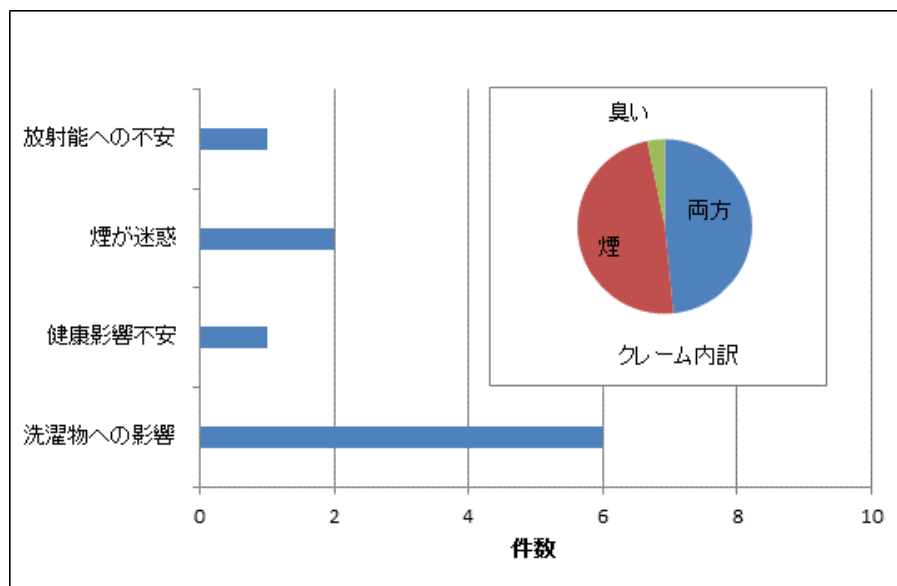


図 7-15 クレームの内容

発生場所の状況は住宅密集地が多く、隣家からのクレームが圧倒的に多いことがわかる(図 7-16)。

クレームを受けた自治体の担当の方が現地へ出向き原因調査をされている。その結果を図 7-17 に示した。ゴミやプラスチック、生木や含水率の高い不適切な燃料を使用したケースが多いことがわかる。また、燃料や煙突も適切で原因がわからないケースもある。

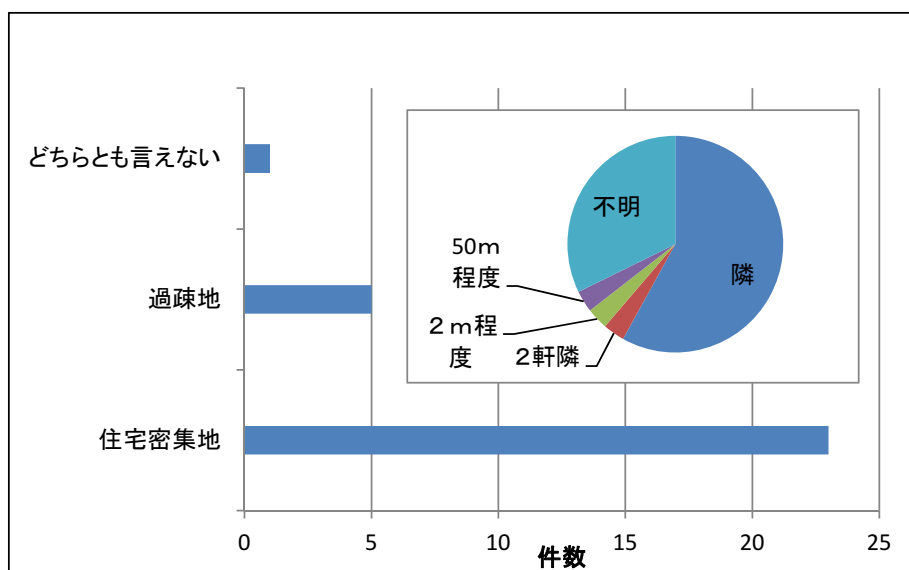


図 7-16 発生場所の状況

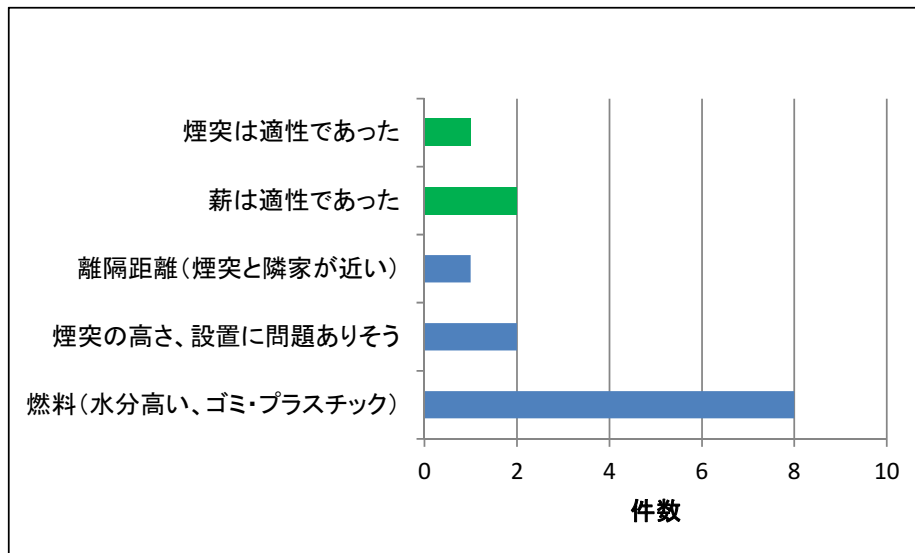


図 7-17 発生原因

図 7-18 に示すとおり、発生元に対して指導しているが 16 件、していないが 15 件となっている。指導していない中には、クレームの発生のみを伝えている場合も含んでいる。また、発生元に確認に行ってもクレーム内容が再現していないなどのケースも含んでいる。指導内容は、原因がはっきりしている燃料に関するケースでは、ゴミ・プラスチックは燃やさない、乾いた薪を使うなどとなっている。

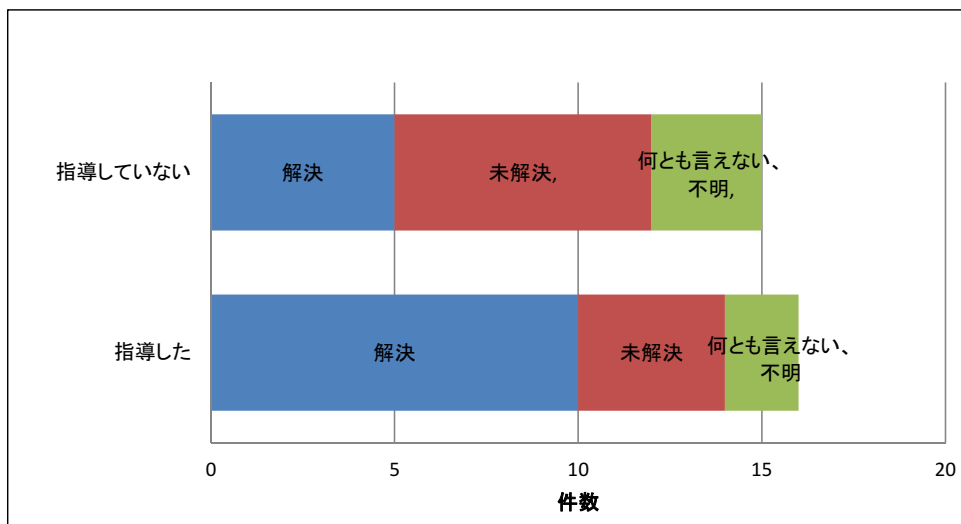


図 7-18 指導の有無と問題解決の関連

7.3 事事故事例の調査結果

独立行政法人 製品評価技術基盤機構 (NITE) ホームページ⁹には、薪ストーブ・ペレットストーブに関連して表 7-3 に示す事事故事例が紹介されている。共通の注意点としては以下が挙げられる。

⁹ 独立行政法人製品評価技術基盤機構, <http://goo.gl/Tu0NJ>

- ・適切に乾燥させた薪を使用する
- ・ストーブの近くに可燃物を置かない(燃料の薪も)
- ・ペレットの詰りなどを取り除く場合は挟み込み注意(電源プラグを抜いて作業する)

表 7-3 薪・ペレットストーブ事故事例

発生	機器	事故内容	原因	措置
2010. 01.12	薪 ストーブ	ペレット・薪兼用 FF 式ストーブを使用中、排煙が逆流し、火災警報器が作動した	使用者が乾燥していない薪を燃焼させたため不完全燃焼し、発生したすすやタールにより排気管が詰まり、排煙が逆流したものと推定される。なお、取扱説明書には「乾燥していない薪、建築廃材等を燃焼しない。給排気管が異物の混入やすすなどで詰まっていないか定期的に点検する。」旨の注意表示が記載されている。	被害者の誤使用とみられる事故であるため、措置はとらなかった。なお、本体に「排気管詰まりに注意」の注意書きを添付し、取扱説明書の使用方法の項に「禁止」薪を燃焼する場合は、1年以上乾燥させたものをご使用ください。」を追記し、お手入れの仕方、排気管のメンテナンス方法を記載する。
2006. 01.21	薪 ストーブ	木造 2 階建て作業小屋から出火し、全焼した	薪ストーブを使用中、その場を離れた間に焚き口から薪が落下し、近くにあった可燃物に着火し、出火したものと推定される。	製造業者等は不明であり、被害者の不注意とみられる事故であるため、措置はとらなかった。
2006. 01.07	薪 ストーブ	木造 2 階建て作業小屋から出火し、約 35 平方メートルを全焼した。家人 2 人が顔に軽い火傷を負った。	消防の調査では、ドラム缶で自作した薪ストーブの近くに置いてあった薪が放射熱により熱せられ発火し、火災に至ったものとみている。	自作した製品による被害者の不注意とみられる事故であるため、措置はとらなかった。
2005. 01.08	薪 ストーブ	木造平屋建ての車庫から出火、約 100 平方メートルを全焼し、乗用車と軽乗用車が燃えた。	消防の調査では、薪ストーブのすぐ近くに置いていた薪が放射熱により発火し、火災に至ったものとみている。	製造業者等は不明であり、被害者の不注意とみられる事故であるため、措置はとらなかった。
2003. 03.21	薪 ストーブ	木造 3 階建て住宅兼資材置場の住宅部分を全焼した	消防の調査では、被害者が廃材を利用した大きな薪をストーブにくべて外出したところ、ストーブの火が付近に置いてあった薪や日用雑貨、衣類等に引火し、火災に至ったものとみている。	製造業者等は不明であり、被害者の不注意とみられる事故であるため、特に措置はとらなかった。
2008. 03.16	ペレット ストーブ	使用中のペレットストーブから、大量の煙が立ち上がり、壁が黒くなり塗料が溶けた。	事業者の協力が得られず、事故品の確認もできなかったため、調査できなかった	事故品が入手できないことから調査不能であるため、措置はとれなかった。
2007. 12.21	ペレット ストーブ	ペレットストーブのペレットタンクの詰まりを手で取り除いたところ、ペレット送りのスクリューに右手 2 指が挟まって、火傷と擦過傷を負った。	電源を切らずにペレットタンクの詰まりを手で取り除いたため、ペレット詰まりで停止していたペレット送り用のスクリューが動きだした際に、指がスクリューに巻き込まれたものと推定される。	挟み込み注意のラベルを燃料タンク内に貼付した。また、取扱説明書を改善する。

用語解説と単位換算表

用語解説

【mol(モル)】

物質量の単位。1molは0.012キログラムの炭素12の中に存在する原子の数と等しい数の分子・原子・イオン・電子などの要素粒子または要素粒子の集合体(組成が明確にされたものに限る)で構成された系の物質量のこと。

【含水率(湿基準、乾基準)】

木の含水率には、木材の基準により乾量基準含水率(ドライベース:d.b.)と湿量基準含水率(ウェットベース:w.b.)が存在する。

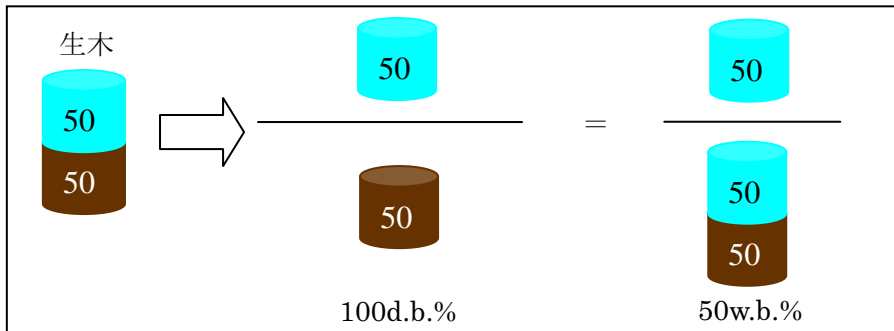
乾量基準含水率は、全乾状態(水分なし)での木の重量(kg)に対する、木材に含まれる水分の重量(kg)の割合のことである。すなわち、

$$\text{乾量基準含水率\% (ドライベース:d.b.)} = \frac{\text{木材に含まれる水分の重量(kg)} \times 100}{\text{木材の乾燥重量(kg)}}$$

湿量基準含水率は、生木(湿った木)の重量(kg)に対する、木材に含まれる水分の重量(kg)の割合のことである。すなわち、

$$\text{湿量基準含水率\% (ウェットベース:w.b.)} = \frac{\text{木材に含まれる水分の重量(kg)} \times 100}{\text{生木の重量(kg)}}$$

両者(d.b.(乾量基準)とw.b.(湿量基準))の関係を概念的に図Aに示す。また、両者の換算表を表Aに示す。



図A 乾量基準含水率と湿量基準含水率のイメージ

表A 乾量基準含水率と湿量基準含水率の換算表

含水率	DB%	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150
	WB%	9.1	16.7	23.1	28.6	33.3	37.5	41.2	44.4	47.4	50.0	60

単位換算表

	MJ(メガジュール)	kWh(キロワット時)	kcal(キロカロリー)
MJ	1	0.278	239
kWh	3.6	1	860
kcal	0.004186	0.00116	1

J(ジュール):熱量の単位。以前は、cal(カロリー)が利用されていた。4.186J = 1cal で定義される。(また、1J は 1W の仕事率を 1 秒間行ったときの仕事とも定義でき、これを 1 時間行った場合 3,600J = 1Wh となる。)

- ・ μ (マイクロ):単位の 10^{-6} 倍 (= 0.000001 倍)
- ・ lbs:ポンド。質量の単位。1lbs = 0.4536kg
- ・ BTU:英熱量(熱力学)
1BTU \doteq 1.054 350 kJ

委員一覧

委員長	所属
堀尾 正靱	東京農工大学名誉教授、龍谷大学政策学部教授、独立行政法人 科学技術振興機構 社会技術研究開発センター 領域総括
委員	所属
王 青躍	埼玉大学大学院 理工学研究科 准教授
橋本 秀幸	財団法人 日本燃焼機器検査協会 理事
井出 政次	長野県 林務部 信州の木振興課 県産材利用推進係 主査
野村 崇	福井県総合グリーンセンター 木材開発研究グループ 研究員

謝辞

本ガイドラインの作成にあたり、以下の方々には、資料の提供やご意見、アンケートへの協力を頂いた。ご協力頂いたことに感謝の意を表します。

東京農工大学大学院 生物システム応用科学教育部教授 神谷 秀博 先生

一般社団法人 日本暖炉ストーブ協会

一般社団法人 日本木質ペレット協会

ペレットクラブ

木質バイオマスストーブに係るメーカー、設置会社、取扱会社の方々