

6. 木質バイオ燃焼器の構造と機能 (22)

20260424

薪ストーブの煙突、その機能と役割

薪ストーブは通常ファンを備えていないため、安定した燃焼を実現するには、燃焼空気の供給と燃焼ガスの外部への排出が継続的に行われる必要がある。この役割を担うのが煙突である。すなわち、高温の排ガスは低温の外気に比べて密度が低いいため、煙突内で上昇気流（自然ドラフト）を生じる。

このとき発生するドラフトの大きさ（負圧） ΔP (Pa) は次式で表され、煙突の高さが高いほど、また外気と排ガスの温度差が大きいほど、より大きな負圧が得られる。

$$\Delta P = \frac{gP}{R} H \left(\frac{1}{T_a} - \frac{1}{T_g} \right) = \frac{gP}{R} H \left(\frac{T_g - T_a}{T_a T_g} \right) = 345 H \left(\frac{T_g - T_a}{T_a T_g} \right) \cong 353 H \left(\frac{T_g - T_a}{T_a T_g} \right)$$

ここで、 g : 重力加速度(9.8m/s^2)、 P : 大気圧 ($101,325\text{Pa}$)、 R : 乾燥空気の気体常数 ($287\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$)、 H : 煙突の高さ(m)、 T_a および T_g : それぞれ外気と排ガスの絶対温度($\text{K}:\text{°C}+273$)。なお係数 345 (理論式) から 353 (近似式) への転換は、ガス組成の違いや安全側設計等の観点から実用性を重視して補正したもので、353 が慣用的に用いられている。

欧州製の薪ストーブを例に、煙突の高さとドラフト圧の関係を考える。薪ストーブでは、煙突の最低高さを 4 m とし、ドラフト圧は 6~20 Pa の範囲が許容され、 12 ± 2 Pa が推奨値とされている (EN13240: 薪ストーブ欧州規格)。

ここで、煙突高さを 4~6 m、外気温を 10°C 、平均排ガス温度を 300°C (カタログ値: $242\sim 313\text{°C}$) と仮定してドラフト圧を求めると、約 2.5~3.8 Pa となる。この値は、煙突内の温度を一律と仮定し、気体の密度差のみに基づいて算出した理論的な最小値であり、推奨値と比べるとかなり低い。実際には、これに加えて、①排ガス流動に伴う誘引効果、②高温となる煙突下部での強いドラフト、③煙突先端での風の影響 (風圧効果) などが寄与し、全体として推奨されるドラフト圧に近づくと考えられる。

以上のように、煙突はドラフトを発生させて炉内を負圧に保ち、燃焼空気の導入と燃焼ガスの排出を促進し、安全で安心した燃焼の維持に寄与する。さらに薪ストーブの燃焼性・安全性・環境保全の観点から、以下のような役割・効果を有す。

- 1) **燃焼性**: 適正なドラフトは安定した燃焼を維持する。一方、ドラフトが弱い場合は空気不足により不完全燃焼 (煙や煤、CO の増加) となる。逆にドラフトが強すぎると過燃焼となり、煙突からの熱損失が増大して燃料効率が悪化する。
- 2) **安全性**: 燃焼が不安定な時に発生する未燃の揮発性ガスは、煙突の断熱不足などによって冷却され、液状のタールとなって煙突内壁に凝縮・付着する。これによりドラフトが低下し、逆流や煙漏れ、さらには煙突火災や一酸化炭素中毒を引き起こすおそれがある。また、ドラフトが過大な場合には異常高温による火災の危険性が生じる。
- 3) **環境保全性**: 適正に設計された煙突は燃焼を完全燃焼に近づけ、CO やタールなどの発生を低減する。また、これらの排出物を上空へ拡散させることで、地上付近の濃度を低減し、近隣への煙害や健康リスクの軽減に寄与する。