

1. 燃料としての木材 (16)

20231223

燃焼障害を起こすクリンカ、その発生要因は？

木質燃焼灰にはクリンカと呼ばれる多孔性の塊状物（図表 1.23 参照）が混じることがある。クリンカは燃焼炉の燃焼空気孔や燃焼ガス経路を詰らせて立ち消えや不完全燃焼を誘発し、炉壁に形成されると熱伝達を悪くする。さらには燃焼灰の自動排出を難しくするなるなど、燃焼や運転上の問題を引き起こす厄介者である。

出典：<https://www.ge-labo.co.jp/home>

図表1.23 クリンカ

クリンカは燃焼灰が高温に曝されて溶融し、冷却により周囲の灰も巻き込んで固まり、この繰り返しによって大きな塊に成長したもので、その生成には灰の溶融性が大きく関係する。溶融性は、灰を三角錐や円筒状に成型した試験片を昇温加熱した時の形状変化から、軟化点 DT（角が溶けて

丸くなり始める温度）、融点 HT（溶融して高さが底部の幅の約 1/2 になった時の温度）および溶融点 FT（高さが融点の時の約 1/3 になった時の温度）を求め評価される。一例を図表 1.24 に示す。木部灰に比べてバーク灰の DT は低く 1,200°C前後にあり。因みに欧州の木質ペレット自主規格 ENplus A1 では灰 TD が 1200°C以上であることを要求していることから、とくにスギバーク灰はクリンカを生成しやすいことを示唆している。

クリンカ生成については、K（カリウム）と Na（ナトリウム）が関係するといわれている¹⁾。しかし最近のスギ木部ペレット灰の研究では、灰組成は産地、個体によって大きく変化する（図表 1.25 参照）。とくに K₂O（酸化カリウム）は 10–64%と大きくばらつき、予想に反して KO₂ が少ないほど DT は低くなる傾向もみられる。またクリンカは CaO と K₂O が主体となる木部灰

では形成されにくい、K₂O、SiO₂、Fe₂O₃ が多く含まれる全木（皮付き木部）灰では形成されやすくなるとする報告^{2, 3)}もあり、現時点ではまだ不明な点が多い。

その他にクリンカ発生の要因としてボイラ自体の問題を挙げることができる。通常バイオマスボイラでの一次燃焼は 800°C程度以下で運転されるが、燃焼炉の構造や燃焼空気の過多などが関係して火格子が局部的に 1200°C以上となりクリンカ生成につながることもある。あたかもクリンカ製造機のようなボイラも見かけることもあり、あながち燃料のせいばかりとは言えない。

1) Biedermann, F. et al. (2005) “World Renewable Energy Congress” Oxford Elsevier BV. 120-124

2) 桑尾房子他 (2010)、高知県衛生環境所報 27, 61-67

3) 川村淳浩他 (2016)、スマートプロセス学会誌 5(2)、140-144

図表1.24 木質灰の溶融性

試料		軟化点(°C)	融点(°C)	溶融点(°C)
スギ	チップ灰	1360	1400	1400
	バーク灰	1170	1190	1195
広葉樹	チップ灰	1380	1390	1395
	バーク灰	1270	1310	1325

出典：<https://www.cycle.nies.go.jp/magazine/genba/202108.htm>

図表1.25 スギ木部ペレットの灰分組成と溶融性

灰の組成割合 (Wt%)				溶融性 (°C)		
K ₂ O	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	軟化点 TD	融点 HT	溶融点 FT
64	0.94	0.54	24	1,430	1,435	1,445
57	2.5	0.73	25	715	1,495	1,505
44	2.1	1.4	36	1,405	1,430	1,490
42	4.6	3	34	1,395	1,420	1,435
14	35	11	18	1,150	1,210	1,410
10	43	12	14	1,155	1,210	1,390

出典：<https://jwba.or.jp/activity/woody-biomass-local-ecosystem-development/ecosystem2019/>