

## 4. 木質燃料の生産 (11)

20251027

## 木質ペレットの成型固化機構を探る (3)

木材を常温で圧縮変形したのち解压すると、圧縮前の形状にまでほぼ回復することはすでに示した（メモ 2(5)図表 2.6 参照）。しかしペレット成型では、加熱状態で圧密された原料粒子は、解压後も圧密変形を維持し、冷却によって強固な凝集体へと変化する。このことからペレットの成型の仕組みは、原料粒子の変形固定と粒子同士の結合の 2 要因に分けて考える必要がある。ここでは熱圧時の温度や水分条件を考慮して、妥当性の高い成型固化機構について考える。

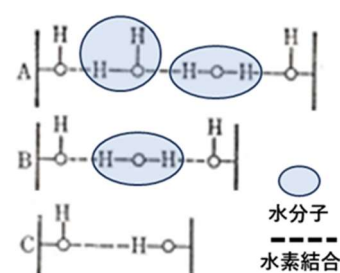
◆ 原料粒子の変形固定の機構としては、I) リグニンの熱軟化による機械的固定と II) 結合水離脱に伴う水素結合による物理的固定が挙げられる。さらにリグニン分子の共有結合による化学的固定も候補になるが、この反応にはペレット成型では到達しない 160~200℃の高温が必要であり、ここでは除外した。

I) の軟化説の詳細は、すでにメモ 4 (9) で説明した。この場合、リグニンの熱軟化によって固定された変形は、軟化点以上に再加熱すると固定が解除され、元の形状に戻る。すなわち、この変形固定は熱に対して可逆的である。しかし、原理的には水に濡らしても固定は解除されないことから、水湿によっても膨潤・解離しないペレット変形固定は、リグニンの軟化によるものと理解できる。

II) の機構は、主としてセルロースおよびヘミセルロースの多糖成分が関与する変形固定の方法である。これら多糖分子は多数の水酸基（-OH）を有し、非常に親水的で周囲の水分子（H<sub>2</sub>O）や他の分子の水酸基（-OH）と容易に水素結合（O...H-）を形成する特性を持つ。

水素結合とは、水酸基の酸素原子（O）は電気陰性度が強いため、水素原子（H）を電氣的に引き寄せる分子間力である。

湿潤状態の木材では、図表 4.16 (A) に示すように、結合水が隣接分子間で水素結合によって保持されている。乾燥が進行すると、結合水が離脱し、隣接分子の水酸基同士が直接水素結合を形成する状態（C）が多数生じる。この水素結合により分子間結合力が強化され、粒子内部の変形を固定する拘束力として作用する。ただし再吸湿は、これら水素結合は容易に切断し、拘束の解除に繋がる。このように水素結合による変形固定は、乾燥/吸湿に対応して可逆的である。



図表4.16 水分子の結合模式図

この機構は、「熱軟化点以下の温度でも、またリグニンを含まない原料でもペレット成型が可能であること」や、「水分の吸収によるペレットの膨潤・解離現象」をも論理的に説明することができる。

◆ 粒子同士の結合は、圧密過程で生じる粒子の褶曲や割り込みなどによる機械的な絡み合いが主因と考えられる。このような機構が有効に働くためには、絡み合った状態のまま粒子形状が固定されることが必須であり、固定が解除されると絡み合いも解消され、ペレットの膨潤・解離につながる。さらに、隣接粒子が密着した状態で乾燥する際には、両者界面で水素結合が形成される可能性もある。しかしその粒子間結合への寄与度については、機械的絡み合いを補強する程度ではないかと考えている。

◆ **総括**：国内外の文献では、木質ペレットの成型はリグニンの軟化によると説明されることが多い。しかし科学的論拠は希薄である。本内容はその点に注目したもので、結果として木質ペレットの成型固化には、リグニンの軟化、セルロース等の水素結合、粒子の絡み合いが複合的に関係することを指摘した。とくにほとんどのペレットが水分吸収によって膨潤・解離する事実は、リグニンの軟化よりも水素結合の寄与が大きいことを示唆するものと考えている。

すべての木質バイオマス一口メモは「<https://info.wbioplfm.net/memo/>」で見ることができます。