

[ 別紙 2 ]

## 論文審査の結果の要旨

申請者氏名

Khantayanuwong Somwang

---

紙の消費の伸びを牽引する主な要因は経済成長と人口増であるが、21世紀における世界の紙の需要増を資源問題として考えると古紙のリサイクルの重要性が今後益々増大するので、リサイクル繊維の特性低下の要因を明らかにし、低下を防ぐ方法を開発しなければならない。

古紙リサイクルの研究は従来多面的に行われてきたが、測定法の限界から繊維のミクロなレベルで特性低下の要因を究明したものはない。

そこで本研究では古紙のリサイクル処理過程での繊維と紙の物性変化を最近の先端的な分析機器や計測機器で定量し、従来の手法では不可能であった古紙処理過程におけるパルプ繊維のミクロな挙動を観察し、シートの物性変化のメカニズムを明らかにすることを目的とした。

本論文は6章より成る。第1章は緒論であり、古紙のリサイクルにかかわる従来の研究の概要を記述し、本研究の開始にいたった経緯と問題の提起および本研究の目的を総括している。第2章から5章までが論文の本題である。

第2章は<超音波顕微鏡を用いたパルプ繊維壁の弾性係数の測定>を扱い、レイリー波の速度から材料に特有の超音波干渉図から繊維の弾性係数を計算した。古紙処理過程のモデルとしての繊維の熱処理により弾性係数が増大することから、古紙処理過程では処理回数が増大すると共に繊維の角質化が進行と共に繊維の堅さが増大し、再シート化における繊維間結合の可能性が次第に減少、すなわち紙力強度が減少することを明らかにした。

第3章は<共焦点型レーザー顕微鏡を用いたリサイクルにおける繊維の角質化が繊維交点の潜在結合力に及ぼす影響>を扱い、リサイクル処理前後の繊維の三次元的情報を非接触的に得て、リサイクルによる繊維の膨潤能力の変化を検討した。リサイクル処理と共に繊維の膨潤能力は減少し、均一なシート化能力(conformability)が減少することを示した。また光学物性のデータから散乱係数の増大が示され、リサイクル過程では非結合面積の増大、すなわち結合面積が減少し、リサイクルの進行と共に密度が減少し、引張強度が減少することが示唆された。その要因は再膨潤能力と柔軟性の低下と解釈した。

第4章では<リサイクル処理によるパルプ繊維の結晶化度および再膨潤能力の変化>を扱い、繊維のリサイクル過程での結晶領域と非結晶領域の変化から、水分吸着能、すなわち再膨潤能力の変化を検討した。X線回折強度の変化からリサイクル過程で結晶化度が増大し、示差熱分析による脱水熱の測定から非晶領域量が減少し、水分吸着能が減少することを明らかにした。さらに脱水熱量と結晶化度、繊維のアスペクト比と水分吸着能の関係を明らかにした。

第5章では<叩解およびリサイクルがパルプ繊維の強度に与える効果>を扱い、リサイクル前後の繊維およびシートの力学物性の変化を検討した。叩解により繊維間結合面積が増大するので引張強度は増大するが、リサイクルにより減少する。またゼロスパン引張り強さの測定から叩解とリサイクルで単繊維強度が上昇することが示唆された。リサイクル処理による繊維壁構造の変化のモデルからリサイクルにより非結合面積は減少することが説明された。さらにシート強度と非結合面積の関係を表わす Page の式からリサイクルシートの強度低下は繊維間結合面積の減少による繊維間結合強度の低下に因ることが判った。

第6章は本論から得られた<結論および今後の研究への提言>を扱っており、リサイクル処理は繊維の再膨潤能力を低下させ、紙のみかけ密度と引張強度を低下させることを指摘している。リサイクル処理は一般的に結合面積を減少させるので、リサイクル処理においては角質化の抑制と再膨潤能力の回復が重要であり、さらに繊維間結合の固有の強度の増大が重要と結論づけている。

以上、本論文は繊維およびシートの熱処理という古紙リサイクルのモデル系に新たな先端的な分析機器を応用することにより、従来得られなかった繊維に関する非接触的なマイクロレベルのデータが得られることが判り、古紙のリサイクル過程での強度低下の原因を明らかにし、低下を防止・回復するための新たな方法を示唆している。

よって審査委員一同は、本論文が博士（農学）論文として価値あるものと認めた。