



CNF複合樹脂「ELLEX-R67」の商用生産開始：セルロースナノファイバー革命への戦略分析

要約

大王製紙のCNF複合樹脂「ELLEX-R67」商用生産開始は、日本のセルロースナノファイバー産業における重要なマイルストーンである。年産2000トンの日本最大規模の商用プラントが2025年7月に稼働を開始し、セルロース濃度67%の高濃度ペレットを製造することで、従来の課題であった製造コスト低減と実用化を同時に実現した。同社の勝ち筋は、製紙会社としての既存技術基盤を活用したCNF前処理プロセスの優位性、一貫製造による製造コスト削減、そして40億円の大型投資による安定供給体制の確立にある。市場は2025年に76億円規模へ拡大予測される中、CNF複合材料の普及は自動車軽量化・CO2削減という社会的ニーズと完全に合致している。ただし耐衝撃性の課題、1000円/kg超の高コスト、用途拡大の限界といった技術的・経済的課題は依然として存在し、2030年代の本格的な社会実装には継続的な技術開発と市場開拓が必要である。^{[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9] [10]}

1. 大王製紙の発表内容と製品概要

1.1 商用生産開始の概要

大王製紙は2025年7月29日、三島工場（愛媛県四国中央市）において、CNF複合樹脂「ELLEX-R67」の商用生産を開始した。この商用プラントは従来のパイロットプラントから20倍の生産能力となる年産2000トンの日本最大のCNF複合樹脂製造設備であり、設備投資額は約40億円に達する。^{[2] [3] [4] [11] [1]}

1.2 製品の特性と技術的優位性

「ELLEX-R67」は、品質とコストの観点から部分的にCNF化したセルロースを67%含む高濃度ペレットである。従来のCNF複合樹脂のセルロース濃度が55%であったのに対し、67%への高濃度化を実現することで、ユーザーの樹脂材料設計の自由度が大幅に向上した。^{[12] [7] [13] [2]}

CNF複合化により剛性が向上したことで、材料の薄肉化が可能となり、軽量化や減プラスチックに貢献する。具体的には、セルロース濃度10%、20%に希釈した場合、弾性率は樹脂単体に対してそれぞれ1.7倍、2.1倍になり、20%の場合は樹脂の使用量が22%、プラスチックの使用量削減分が16%、合わせて38%の減プラに貢献できる。^{[14] [13]}

1.3 製造プロセスの革新性

大王製紙が開発したCNF複合樹脂の製造プロセスには、2つの大きな技術的ブレークスルーがある。^{[13] [1]}

第一に、CNF前処理プロセスでは、製紙会社が有するポテンシャルを最大限活用し、抄紙・塗工技術を駆使して、樹脂となじみを良くするために尿素によりセルロースをカルバメート化する技術を確立した。^{[12] [13]}

第二に、複合樹脂の生産性改善では、水分を持ちやすく微細なCNFを均一かつ高効率に樹脂と複合化する技術を、大王製紙と芝浦機械株式会社とで共同開発した。^[13]

2. セルロースナノファイバー（CNF）の基盤技術

2.1 CNFの定義と特性

セルロースナノファイバー（CNF）は、植物由来のセルロースを原料として、直径数ナノメートルから数十ナノメートルまで微細化した繊維状物質である。その最も注目される特性は、「鋼鉄の5分の1の軽さで、鋼鉄の5倍以上の強さ」を有することである。^{[15] [16] [17] [18]}

CNFの主要な特性には以下のものがある：^{[19] [16] [15]}

- 軽量性：比重が $1.3 \sim 1.5 \text{g/cm}^3$ と鋼の1/5程度
- 高強度：弾性率約140GPaで鋼の5倍以上の強度
- 透明性：繊維径が可視光波長よりも小さいため透明性が高い
- 低熱膨張率：ガラス並みの低熱膨張特性
- 環境適合性：植物由来でバイオデグラダブル（生分解性）

2.2 製造方法と技術的課題

CNFの製造方法は大きく機械的解繊、化学的解繊、生物的解繊の3つに分類される。^{[16] [20]}

機械的解繊法は、石臼式グラインダーや圧力式ホモジナイザーなどの専用機械を使って物理的に繊維を解繊する方法で、繊維径約15nmのCNFを得ることができる。^{[20] [16]}

化学的解繊法では、TEMPO触媒酸化といった化学反応により繊維径約3nmの均一なCNFを得ることができる。東京大学の磯貝明教授らのグループが2006年に発見したTEMPO触媒酸化法は、ナノ化に要する消費電力を従来の60分の1から300分の1に削減できる。^{[17] [16]}

2.3 CNFの利点と欠点

CNFの主要な利点：^{[21] [15]}

- 環境適合性：植物由来のため持続可能性が高く、CO₂削減効果が期待できる
- 多機能性：補強材、増粘剤、バリア材、透明基材など多様な用途に適用可能
- 豊富な原料：木材、稲わら、竹など、あらゆる植物から製造可能

主要な課題と欠点：^{[9] [19] [17]}

- 高コスト：現状では1kgあたり5,000～10,000円と極めて高価
- 耐衝撃性の低さ：樹脂複合化の際に耐衝撃性が大幅に低下する問題
- 分散性の課題：疎水的な樹脂中への均一分散が困難

3. ELLEX-R67の物性データと従来材料との比較

3.1 物性データの詳細

ELLEX-R67をセルロース濃度10%、20%に希釈した場合の物性向上効果:^{[22] [14]}

- 10%濃度：弾性率が樹脂単体に対して1.7倍
- 20%濃度：弾性率が樹脂単体に対して2.1倍
- 軽量化効果：同じ弾性率の樹脂で比較すると、樹脂使用量を22%削減可能

3.2 複合されている樹脂の種類

ELLEX-R67は、CNF化したセルロース67%にポリプロピレン（PP）となじみやすくする樹脂33%を配合した高濃度ペレットである。この配合により、混練や成形加工がしやすく、設計自由度の高さを特徴とする。^{[2] [13]}

3.3 従来材料との比較優位性

CNF複合材料の従来材料に対する優位性:^{[23] [24]}

- 密度対比の剛性：従来材に比べて密度のわりに剛性が高く、軽量化効果が顕著
- リサイクル性：繊維が破断しにくいいため劣化があまり進まず、マテリアルリサイクルに適する
- 環境優位性：植物由来のため、製品のライフサイクルにおけるCO₂排出量削減に貢献

ただし、耐衝撃性については課題が残る。CNFを添加したプラスチックでは、非強化ABS樹脂の22kJ/m²に対し、CNF添加により4kJ/m²程度まで大幅に低下することが報告されている。^{[25] [23] [9]}

4. 想定される用途と市場展開

4.1 自動車産業での応用

自動車部材は現在CNF複合材料の最も有望な市場である。具体的な応用事例と展開状況は以下の通り：^{[5] [24] [23]}

実用化済み・検討中の部品:^{[24] [23]}

- バッテリーキャリア：トヨタ車体が開発、従来材料比11.61%のCO₂削減効果を実現
- エアコンケース：デンソーが植物由来バイオPE-CNFで開発
- フロントピラーガーニッシュ：豊田合成が高剛性材料として開発
- 内装部品：剛性向上による薄肉化で軽量化を実現

自動車向けCNF複合材料の課題:^{[26] [23]}

- 耐衝撃性要求：自動車内装部品では10～12kJ/m²程度の耐衝撃性が必要だが、CNF複合樹脂は2～4kJ/m²程度
- 適用部位の限定：現状の耐衝撃性ではエンジンルーム内のユニット部品などに限定される

4.2 家電・住宅設備分野

家電製品筐体や建材としての用途展開も進んでいる:^[27] ^[14]

- **家電筐体**：高剛性・軽量化により筐体の薄肉化が可能
- **建材・内装材**：構造材として建材や内装材への応用
- **光学材料**：透明ディスプレイ、有機EL基板、太陽電池基板など

4.3 包装・日用品分野

包装材料や日用品での実用化も進展している:^[14] ^[12]

- **回覧板**：2024年4月に愛媛県四国中央市の回覧板に初採用
- **包装材料**：バリアフィルム、バリアシートなど酸素を通さないフィルム
- **容器・包装**：プラスチック代替としての包装容器

5. CNFおよびバイオ複合材料の市場動向

5.1 市場規模と成長予測

セルロースナノファイバーの市場は急速な成長が予測されている:^[28] ^[6] ^[5]

2024年見込み:^[5]

- 生産量：132トン（前年比120.0％）
- 出荷金額：62億9,000万円（前年比107.7％）

2025年予測:^[5]

- 生産量：221トン（2024年比167.4％）
- 出荷金額：76億9,000万円（前年比122.2％）

グローバル市場の長期予測:^[6] ^[28]

- **2024年**：2億6500万ドル
- **2034年**：6億3890万ドル（年平均成長率9.2％）

5.2 市場拡大の牽引要因

市場拡大を後押しする主要な社会的背景:^[29] ^[6] ^[5]

- **環境意識の高まり**：脱炭素・カーボンニュートラルへの取り組み加速
- **軽量化ニーズ**：自動車の燃費向上、CO2削減要求の高まり
- **サステナビリティ重視**：プラスチック使用量削減、リサイクル促進

政府政策による後押し:^[29]

- **2050年カーボンニュートラル**：グリーン成長戦略における重点分野

- 化石由来樹脂の使用低減：CNF製造設備の社会実装・拡大を推進

5.3 用途別市場展開状況

現在の主要用途と今後の展開:^[30] ^[26]

- 現在実用化：スポーツシューズ（アシックス、世界700万足以上販売）、化粧品、食品添加剤
- 近い将来：自動車部品、家電筐体、建材
- 長期展望：航空機材料、大型構造物

6. 競合企業の分析

6.1 国内主要競合企業

製紙業界大手3社の取り組み状況:^[31] ^[32] ^[33]

王子ホールディングス（業界1位、売上高1兆470億円）：^[32] ^[34]

- 透明連続シート：三菱化学と共同開発、約4ナノメートルのCNF使用
- 化粧品原料：日光ケミカルズと共同で新たな用途・機能開発
- 総合資材メーカーへの転換を進める戦略

日本製紙（業界2位、売上高1兆450億円）：^[34] ^[33] ^[32]

- TEMPO触媒酸化処理：岩国工場に実証生産設備（年産30トン以上）を稼働
- 大人用おむつ：2015年10月にCNF使用製品を世界初販売
- 石巻工場：量産工場建設を推進

大王製紙（業界4位、売上高6,123億円）：^[32]

- ELLEX-R67：年産2000トンの日本最大規模商用プラント
- 一貫製造プロセス：製紙会社の強みを活かした製造コスト低減

6.2 CNF専業・関連企業

星光PMC株式会社:^[30]

- STARCEL®：京都プロセスを活用、アシックスのランニングシューズに採用
- 世界展開：700万足以上の販売実績

花王株式会社:^[21]

- LUNAFLEX：改質CNF配合高機能樹脂シリーズ
- デュアルグラフトシステム：独自の表面改質技術

6.3 海外競合の動向

海外では北欧・北米諸国が競合として台頭:^[17]

- 北欧諸国：森林資源を活かしたCNF開発
- 北米：大手化学メーカーによる事業参入
- 技術開発競争：日本の基礎研究優位に対し、実用化・量産化で競争激化

7. CNF複合材料の課題と展望

7.1 技術的課題

耐衝撃性の改善が最重要課題:^{[10] [26] [9]}

- 現状の問題：CNF複合樹脂の耐衝撃性は2～4kJ/m²程度
- 要求性能：自動車内装部品では10～12kJ/m²程度が必要
- 対策研究：反応型ポリマー処理による衝撃特性低下抑制技術の開発

分散性と加工性の課題:^{[19] [21]}

- 均一分散：疎水的樹脂中へのCNFの均一分散技術
- 成形加工：高粘度化による成形加工性の悪化問題

7.2 経済的課題

製造コストの課題:^{[8] [35] [18]}

- 現状価格：1kgあたり5,000～10,000円と極めて高価
- 競合材料：ガラス繊維（数百円）、炭素繊維（3,000円）との価格差
- 目標価格：2030年には500円程度まで低減が目標

コスト構造の分析:^[8]

- 原料費：輸入針葉樹化学パルプで1kgあたり73円
- 設備費：製造プロセス、規模により大きく変動
- 下限予測：乾燥重量1kgあたり200～1,000円程度

7.3 今後の技術ブレークスルー可能性

期待される技術革新:^{[36] [25] [30]}

- 製造プロセス革新：生産性大幅向上による労務費・原動費削減
- 化学処理改善：薬品コスト低減を含む製造プロセス見直し
- 複合化技術：CNFと樹脂の親和性向上技術

実用化加速のシナリオ:^{[37] [29]}

- 2025年：自動車部品で部分的実用化開始

- **2030年**：建材、家電等での量産化開始
- **2040年以降**：本格的な社会実装、炭素繊維代替

8. 大王製紙のCNF事業戦略分析

8.1 経営戦略における位置づけ

大王製紙は「やさしい未来 2030」ビジョンの下、サステナビリティを経営戦略の根幹に位置づけている。CNF事業は同社が特定した10のマテリアリティ（重要課題）のうち、「新規事業の創出」「循環型社会の実現」「気候変動への対応」の実現手段として戦略的に推進されている。^{[38] [39] [40]}

長期ビジョン「Daio Group Transformation 2035」では新素材領域の成長を掲げており、CNF事業はその中核を成す。^[4]

8.2 既存事業とのシナジー効果

製紙会社としての優位性を最大限活用:^{[39] [1] [13]}

- **原料調達**：既存のパルプ調達ネットワークの活用
- **製造技術**：抄紙・塗工技術を応用したCNF前処理プロセス
- **品質管理**：製紙業で培った品質管理ノウハウ
- **設備活用**：既存工場敷地・インフラの有効活用

一貫製造体制の構築:^{[36] [13]}

- **原料からペレットまで**：CNF製造から複合樹脂ペレット製造まで一貫生産
- **コスト競争力**：中間流通を省いた直接供給による価格優位性
- **品質安定性**：一貫管理による品質の安定化

8.3 サステナビリティ戦略

大王製紙のCNF事業は2050年カーボンニュートラル実現に向けた重要戦略:^{[41] [39]}

- **CO2削減貢献**：CNF複合樹脂による軽量化でエネルギー効率改善
- **化石資源代替**：石油由来プラスチックの使用量削減
- **循環型社会**：植物由来素材によるサステナブルな材料循環

環境価値の定量化:^{[22] [14]}

- **減プラ効果**：環境省「プラスチック循環戦略」目標の25～38%削減に貢献可能
- **CO2削減**：自動車部品適用によるライフサイクルでの排出削減

9. 成功可能性の評価

9.1 技術的優位性の評価

大王製紙の技術的勝ち筋:^{[7] [1] [36]}

- 製造プロセス革新：NEDOプロジェクトで開発した独自製造技術
- 高濃度化技術：セルロース濃度67%の実現による設計自由度向上
- 一貫製造：製紙会社の強みを活かした統合的製造システム

技術的課題への対応状況:^[13]

- 分散性改善：パイロットプラントでの品質課題を商用プラントで大幅改善
- エネルギー効率化：生産性やエネルギー原単位の効率化を実現

9.2 市場ポジショニング

競合との差別化要因:^{[42] [4] [7]}

- 生産規模：年産2000トンの日本最大規模商用プラント
- 供給安定性：40億円投資による継続的供給体制
- ユーザー対応：顧客の多様なニーズに対応可能な製品設計

先行者優位の確立:^{[12] [5]}

- 実用化実績：回覧板への採用など実用化事例の蓄積
- サンプル供給：2022年11月からの継続的サンプル供給実績

9.3 業界専門家・メディアの評価

産業界の期待:^{[1] [42] [5]}

- 自動車業界：軽量化ニーズとの高い親和性により期待大
- 政府政策：NEDOプロジェクトでの成果評価と継続支援
- 投資判断：40億円の大型投資決断は事業化への強いコミットメント

課題への認識:^{[26] [8]}

- コスト競争力：従来材料に対する価格競争力の確保が継続課題
- 用途拡大：耐衝撃性等の技術課題解決による適用範囲拡大の必要性
- 市場創造：新市場創造に向けた継続的な用途開発の重要性

9.4 リスク要因

技術的リスク:^{[9] [10]}

- **耐衝撃性課題**：自動車部品への本格適用に向けた根本的課題解決の必要性
- **競合技術**：炭素繊維等既存材料の性能向上・低価格化

市場リスク:^{[43] [8]}

- **需要不確実性**：新素材市場の需要予測の困難性
- **価格受容性**：市場の価格受容度と採用判断のタイミング

事業リスク:

- **投資回収**：40億円の大型投資に対する適切な投資回収期間の確保
- **競合参入**：他社の本格参入による競争環境の変化

結論

大王製紙のCNF複合樹脂「ELLEX-R67」商用生産開始は、日本のセルロースナノファイバー産業における画期的な転換点を示している。製紙会社としての既存技術基盤を活用した製造プロセス革新、67%高濃度化の実現、年産2000トンの大規模商用プラント稼働により、CNFの社会実装に向けた重要なマイルストーンを達成した。

同社の戦略的優位性は、一貫製造によるコスト競争力、安定供給体制の確立、そして製紙業界で培った技術力のCNF分野への応用にある。市場は2025年に76億円規模への拡大が予測され、自動車軽量化・脱炭素という社会的ニーズとの高い適合性を有している。

しかし、耐衝撃性の技術的課題、1000円/kg超の高コスト構造、限定的な用途展開といった根本的課題は依然として存在する。CNFの本格的な社会実装には、これらの課題解決と継続的な技術革新、市場開拓が不可欠であり、2030年代の大規模普及に向けて、産学官連携による継続的な取り組みが求められる。

大王製紙のCNF事業の成功は、日本の新素材産業における国際競争力の向上と、持続可能な社会の実現に向けた重要な一歩となる可能性を秘めている。



1. https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101870.html
2. <https://monoist.itmedia.co.jp/mn/articles/2508/13/news021.html>
3. <https://www.setsubitoushi-journal.com/article/7243>
4. <https://greenproduction.co.jp/archives/31431>
5. https://note.com/rpp_note/n/n77691e86eb2e
6. <https://www.enegaeru.com/cnf-pv-lib>
7. <https://prtimes.jp/main/html/rd/p/0000000043.000135644.html>
8. <https://nanocellulose.biz/cost-outlook/>
9. <https://www.env.go.jp/content/900444042.pdf>
10. https://cnf-ncp.net/pdf/0911_WEBseminar_QA.pdf

11. <https://www.daio-paper.co.jp/news/cnf複合樹脂「ellex-r67」-商用プラント設置-2/>
12. <https://www.logi-today.com/822173>
13. <https://prtmes.jp/main/html/rd/p/000000198.000135644.html>
14. <https://nanocellulose.biz/2022-10/>
15. <https://www.ashizawa.com/nanoparticles/cnf>
16. <https://okahata.co.jp/blog/functional-material/what-cellulose-nanofiber>
17. <https://www.nippon.com/ja/behind/I00151/>
18. <https://www.nedo.go.jp/content/100953398.pdf>
19. https://www.jstage.jst.go.jp/article/seikeikakou/35/4/35_108/_pdf
20. <https://www.sugino.com/column/guidance/>
21. <https://www.kao.com/jp/newsroom/news/release/2020/20200605-001/>
22. <https://www.daio-paper.co.jp/development/cnf/>
23. <https://cnf-ncp.net/deliverable2.html>
24. <https://www.env.go.jp/content/900441255.pdf>
25. https://www.jstage.jst.go.jp/article/plastos/1/5/1_338/_pdf
26. <https://eetimes.itmedia.co.jp/ee/articles/2304/07/news049.html>
27. <https://spaceshipearth.jp/cnf/>
28. <https://www.gminsights.com/ja/industry-analysis/cellulose-nanocrystals-and-nanofibers-market>
29. https://www.meti.go.jp/press/2022/02/20230210002/20230210002_3.pdf
30. <https://www.nedo.go.jp/media/practical-realization/202102seikopmc.html>
31. <https://diamond.jp/articles/-/19134>
32. <https://www.youtube.com/watch?v=11F3Cr0jxU>
33. https://www.nikkei.com/article/DGXLASDZ25HPG_V20C17A4TJC000/
34. <https://business.nikkei.com/article/NBD/20130419/246968/>
35. https://www.jstage.jst.go.jp/article/ffpri/16/1/16_13/_pdf
36. <https://www.nedo.go.jp/content/100950286.pdf>
37. <https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001389408.pdf>
38. <https://www2.jpx.co.jp/disc/38800/140120220616580633.pdf>
39. https://www.daio-paper.co.jp/wp-content/uploads/report2021_39-64_new.pdf
40. https://www.daio-paper.co.jp/wp-content/uploads/DAIO_2022_4.pdf
41. <https://ls459.net/wp-content/uploads/2022/12/大王製紙株式会社.pdf>
42. https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101742.html
43. <https://monoist.itmedia.co.jp/mn/articles/2105/19/news038.html>