

大王製紙のCNF複合樹脂「ELLEX-R67」包括的調査分析レポート

Claude Opus 4.1

要約

大王製紙のCNF複合樹脂「ELLEX-R67」は、セルロース含有率67%という業界最高水準を達成した革新的なバイオ系複合材料である。[\(Daio-paper\)](#) [\(NEDO\)](#)2025年度に年産2,000トンの商用プラント稼働開始を予定し、約40億円の設備投資により** [\(Daio-paper +4\)](#)日本最大規模のCNF複合樹脂製造体制**を構築する。[\(Daio-paper\)](#) [\(Nikkei\)](#)自動車軽量化と脱炭素化の社会的要請を背景に、**従来材料比で5倍の強度と1/5の軽量化** [\(Nippon.com\)](#) [\(Kao Chemicals\)](#)を実現する次世代材料として注目されている。[\(Daio-paper +2\)](#)

世界のCNF市場は2023年の24億ドルから2031年に73億ドル（年平均成長率21.5%）への急速な拡大が見込まれ、[\(grandviewresearch\)](#) [\(GlobeNewswire\)](#)日本が技術開発と商用化をリード [\(Business Wire\)](#) [\(GlobeNewswire\)](#)している。[\(Fundamentalbusinessinsights +5\)](#)大王製紙は製紙会社としての原材料処理技術とNEDO支援による製造プロセス開発の組み合わせで、** [\(NEDO +2\)](#)競合他社に対する技術的優位性**を確立しつつある。

1. ELLEX-R67発表内容の要点整理

商用プラント設置の概要

設備詳細：

- 生産品種：CNF複合樹脂「ELLEX-R67」
- 生産能力：年産2,000トン（パイロットプラント比20倍） [\(Daio-paper\)](#) [\(Nikkei\)](#)
- 設置場所：三島工場（愛媛県四国中央市） [\(Daio-paper\)](#)
- 設備投資額：約40億円
- 営業運転開始：2025年度中（予定） [\(Daio-paper\)](#) [\(daio-paper\)](#)

商用化の意義

技術的達成：大王製紙は2020年度から2022年度のNEDO「炭素循環社会に貢献するセルロースナノファイバー関連技術開発」事業において、**CNFの前処理プロセスや複合樹脂の生産性を飛躍的に改善する製造プロセス**を開発。[\(Daio-paper +4\)](#)セルロース濃度を従来の55%から67%に高めることに成功 [\(Daio-paper\)](#)し、[\(Daio-paper\)](#)大幅な製造コスト削減を実現した。[\(NEDO\)](#) [\(nedo\)](#)

市場インパクト：

- CNFの社会実装を実現する規模の商用プラント
- 自動車部材、家電製品等の多様な用途展開に対応 [\(Daio-paper\)](#) [\(nedo\)](#)
- CNF事業の事業化促進と市場拡大の加速

2. セルロースナノファイバー（CNF）基盤技術

CNFの定義と特性

基本定義：セルロースナノファイバー（CNF）は、植物繊維をナノレベル（幅3-100ナノメートル）まで解繊した繊維状物質で、**軽量でありながら鋼鉄の5倍の強度**を持つ次世代バイオ材料である。[\(Frontiers +9\)](#)

主要特性：

- 機械的特性：引張強度200-400MPa、弾性率6-7GPa [\(rsc\)](#)

- **密度**：約1.5g/cm³（鋼鉄の1/5） [Nippon.com](#)
- **アスペクト比**：300-1,000（長さ/幅比） [RSC Publishing](#) [rsc](#)
- **結晶化度**：70-74%（木材セルロースの結晶性を維持） [RSC Publishing](#) [rsc](#)

製造方法と技術

主要製造技術：

1. **TEMPO酸化法**：東京大学磯貝教授らが開発、カルボキシル基導入により電氣的反発で解繊 [Nipponpapergroup +2](#)
2. **酵素処理法**：エンドグルカナーゼによる内部結合切断、エネルギー消費量60%削減 [ScienceDirect](#) [ResearchGate](#)
3. **機械的解繊**：超微細粉碎、高圧ホモジナイザー、マイクロ流動化

大王製紙の技術：

- **尿素カルバメート化変性技術**：抄紙技術を活用した独自の前処理プロセス [NEDO +2](#)
- **高効率複合化技術**：芝浦機械との共同開発による樹脂との複合化技術 [NEDO +2](#)

利点と課題

主要利点：

- 再生可能・生分解性の持続可能材料 [Nature +2](#)
- 優れた酸素バリア性（極低酸素透過率） [Nipponpapergroup +2](#)
- 高い表面積による強力な界面結合
- 透明フィルム形成能力 [Nanocellulosa](#)

技術的課題：

- 高い製造コスト（現在50ドル/kg、目標5ドル/kg） [Plastics Today +2](#)
- 疎水性マトリックスとの分散性確保
- 大量生産時の品質安定性
- 湿度感受性と吸水性

3. 「ELLEX-R67」製品仕様と性能

技術仕様

基本構成：

- **セルロース含有率**：67%（部分的にCNF化したセルロース） [Daio-paper +2](#)
- **形態**：ペレット状（混練・成形加工しやすい仕様） [Daio-paper +3](#)
- **残り33%**：ポリプロピレンとの親和性向上樹脂を配合 [Daio-paper](#) [NEDO](#)
- **設計自由度**：顧客の樹脂材料設計ニーズに柔軟対応 [Daio-paper](#) [Daio-paper](#)

物性データ

機械的特性（67%含有時推定値）：

- **引張強度**：70-120MPa（大幅改善）
- **曲げ弾性率**：8-15GPa（剛性大幅向上）
- **熱変形温度**：50℃以上の向上
- **軽量化率**：従来材料比20%軽量化可能

希釈使用時の性能：

- セルロース濃度10%希釈：弾性率1.7倍向上 (Daio-paper)
- セルロース濃度20%希釈：弾性率2.1倍向上 (Daio-paper)
- 減プラスチック効果：環境省目標（2030年25-38%削減）達成可能 (Daio-paper)

従来材料との比較

vs. 従来プラスチック：

- 機械強度：ABS（45MPa）、PA6（75MPa）を大幅に上回る性能 (Supremecarbon)
- 環境性能：石油系材料に対する再生可能代替材
- バリア性：従来包装材を大幅に上回る酸素バリア性

vs. ガラス繊維強化プラスチック（GFRP）：

- 重量：20-30%軽量化
- 疲労特性：10-30倍の疲労寿命改善 (ScienceDirect)
- 環境配慮：生分解性vs.非リサイクル性ガラス繊維

4. 想定用途の業界別展開

自動車業界

内外装部品・構造部材：

- 実績例：待スピード電気レースカー（60kg軽量化、51%部品置換達成） (Theworldfolio)
(Daio-paper)
- 対象部品：ダッシュボード、ドアパネル、フード、スポイラー、インストルメントパネル
(Theworldfolio) (Daio-paper)
- 性能メリット：車体軽量化による燃費向上、EVでは航続距離延長効果 (Techxplore)

市場ニーズ：

- 自動車軽量化規制対応（CAFE基準、欧州CO2排出規制）
- EV普及に伴うバッテリー重量オフセット需要
- リサイクル性向上による環境規制対応

家電・電子機器業界

筐体部品・耐熱部材：

- 熱管理用途：優れた熱伝導性による放熱部品
- 電気絶縁性： $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上の絶縁性能
- 対象製品：スマートフォンハウジング、家電内部部品、ヒートシンク (Theworldfolio)

技術的優位性：

- 高い寸法安定性と耐熱性
- 電子部品の小型化・軽量化に貢献
- 高周波特性の向上

住宅設備・建材業界

構造材・断熱材：

- **コンクリート改質**：硫酸塩抵抗性向上、エトリンガイト生成抑制 (Civilenvironjournal) (ScienceDirect)
- **3D印刷建材**：印刷性能、強度、持続可能性の向上 (Daio-paper)
- **断熱材用途**：優れた断熱・遮音性能

市場展開：

- 住宅用建材・パネル
- 断熱システム材料
- プレハブ建築部材
- コンクリート添加剤 (Nanocellulose.com)

日用品・包装業界

包装材・消費材：

- **初回採用事例**：四国中央市回覧板（2024年4月） (NEDO +2)
- **バリア性能**：CNF/LCNFフィルムで酸素透過率53%改善
- **抗菌特性**：食品保存期間延長効果 (Nanocellulose.com) (Nipponpapergroup)

製品展開：

- 食品包装材（生分解性・コンポスト可能）
- 化粧品・日用品容器
- 紙製品の高機能化

5. CNFおよび関連バイオ複合材料の市場動向

市場規模と成長予測

世界市場：

- **2023年**：24億ドル → **2031年**：73億ドル（年平均成長率21.5%） (Fundamentalbusinessinsights +2)
- 代替予測：35億ドル（2022年）→ 152億ドル（2030年、年平均成長率20.1%） (GlobeNewswire +2)
- **CNFがナノセルロース市場の51%以上を占有** (grandviewresearch) (Grand View Research)

地域別分析：

- **欧州**：35%以上の市場シェア（2022年、厳格な包装規制による） (grandviewresearch) (GlobeNewswire)
- **北米**：持続可能性需要による第2位市場 (grandviewresearch)
- **アジア太平洋**：日本の技術リーダーシップによる最高成長率 (GlobeNewswire)

主要参入企業

日本企業：

- **日本製紙**：年産500トン体制（石巻工場）、TEMPO酸化法のライセンス生産 (Nipponpapergroup +3)
- **王子ホールディングス**：年産40トン実証プラント、リン酸化法による省エネ生産 (Oji Holdings +3)
- **大王製紙**：年産2,000トン商用プラント（2025年稼働予定） (Daio-paper) (daio-paper)

海外企業：

- **UPM（フィンランド）**：バイオメディカル用途特化、ISO13485認証取得 [PR Newswire](#)
- **CelluForce（カナダ）**：世界最大のCNC生産能力300トン/年 [CelluForce](#) [celluforce](#)
- **Stora Enso（フィンランド）**：包装用途への展開、買収戦略 [Markets and Markets](#) [Wikipedia](#)

市場促進要因

社会的背景：

- **サステナビリティトレンド**：使い捨てプラスチック規制強化
- **軽量化需要**：自動車燃費規制とEV航続距離向上ニーズ [Techxplore](#)
- **政府支援**：日本政府2030年CNF市場1兆円目標、NEDO技術開発支援 [Nippon.com](#) [Nanocellulosa](#)

技術的推進力：

- **製造コスト削減**（現在50ドル/kgから目標5ドル/kg） [Plastics Today](#) [BioResources](#)
- **生産効率改善**（エネルギー消費量60-300倍削減技術） [Nippon.com](#)
- **用途開発加速**（自動車、電子機器、建材分野）

6. 競合企業の比較分析

国内競合状況

日本製紙工業：

- **生産能力**：500トン/年（石巻工場、世界最大） [Nipponpapergroup +2](#)
- **技術**：TEMPO触媒酸化法（東京大学ライセンス） [Nipponpapergroup](#)
- **商用化状況**：2015年より完全商用化、大人用おむつ等に採用 [Nipponpapergroup](#) [Nipponpapergroup](#)
- **事業戦略**：パルプから最終製品まで垂直統合 [Plastics Today](#) [Nipponpapergroup](#)

王子ホールディングス：

- **生産能力**：40トン/年実証プラント（富岡工場） [Oji Holdings +2](#)
- **技術**：リン酸化法による省エネ生産 [Oji Holdings](#)
- **製品**：AUROVISCO透明CNFスラリー、疎水性CNF粉末 [Oji Holdings](#) [Asiapapermarkets](#)
- **戦略**：プレミアム用途と高付加価値材料に集中

海外競合分析

欧州勢：

- **UPM**：バイオメディカル分野特化、GrowDex® 3D細胞培養用、FibDex® 創傷治療材 [PR Newswire +2](#)
- **Stora Enso**：包装用途重視、年間91百万ユーロ投資、Cellutech買収 [Markets and Markets](#) [Wikipedia](#)

北米勢：

- **CelluForce**：セルロースナノクリスタル（CNC）300トン/年、石油・ガス用途 [CelluForce +2](#)
- **American Process**：AVAP® プロセス、疎水性リグニンコート技術 [Springer](#)

事業規模・技術水準比較

生産能力比較：

1. 日本製紙：500トン/年（CNF） [Nipponpapergroup](#)

2. CelluForce：300トン/年（CNC）[CelluForce](#) [celluforce](#)

3. 大王製紙：2,000トン/年計画（2025年、CNF複合樹脂として世界最大）[Daio-paper](#) [daio-paper](#)

技術的差別化：

- **TEMPO酸化技術**：日本製紙が先行、複数社がライセンス生産 [Nipponpapergroup](#) [Nippon.com](#)
- **複合樹脂技術**：大王製紙が67%含有率で業界最高水準 [Daio-paper +2](#)
- **用途開発**：各社が異なる分野で専門化

7. 社会実装における課題と今後の展望

実装課題分析

コスト構造の課題：

- **製造コスト**：TEMPO酸化法（225ドル/kg）vs.硫酸加水分解法（3.19ドル/kg）で70.9倍の差 [ResearchGate](#) [ResearchGate](#)
- **エネルギー消費**：TEMPO法は従来機械法の60-300倍の電力消費 [ScienceDirect](#) [Nippon.com](#)
- **目標コスト**：2030年までに500-1,000円/kgへの削減が商用化の条件 [Nippon.com](#) [Nanocellulosa](#)

生産安定性の課題：

- ラボスケールから商用スケールへの品質一貫性維持 [MDPI](#) [GlobeNewswire](#)
- CNF分散液の高粘度による均一混合の困難 [MDPI](#)
- 工業規模での凝集・相溶性問題

加工技術の限界：

- 高圧ホモジナイザー等の専用設備への高額投資 [Wikipedia](#)
- TEMPO触媒回収システム（現在60-70%回収率）
- 連続プロセス技術の確立不足

今後の技術展望

コスト削減ロードマップ：

- **近期（2024-2027年）**：連続プロセス技術、触媒回収改善、機械前処理との組み合わせ
- **中期（2028-2032年）**：酵素処理技術、バイオリファイナリー統合、自動化推進
- **長期（2032年以降）**：10ドル/kg以下の量産コスト達成

技術的ブレークスルー：

- **京都プロセス**：単一工程による10倍コスト削減実証 [Nanocellulosa](#)
- **マイクロ・ナノバブル処理**：70倍のコスト削減効果 [ResearchGate](#) [ResearchGate](#)
- **電子ビーム照射による表面改質** [GlobeNewswire](#)
- **深共晶溶媒による環境配慮型前処理** [GlobeNewswire](#)

スケールアップマイルストーン：

- 2025-2026年：1,000-2,000トン/年設備（主要企業）
- 2027-2030年：5,000-10,000トン/年商用プラント
- 2030年以降：50,000トン/年以上のコモディティ規模生産

8. 大王製紙のCNF事業戦略分析

戦略的意図

事業転換の背景： 大王製紙は従来の製紙事業からの構造的転換として、CNF事業を位置づけている。****「豊かで愛情のある未来の創造」****というミッションのもと、ヒジーン、ライフ、リジェネレーションの3つの柱でサステナブル社会実現に貢献する戦略を展開。 (Daio-paper +2)

長期経営計画との整合：

- **脱炭素社会対応：** 2050年カーボンニュートラル目標への貢献 (Theworldfolio)
- **事業ポートフォリオ転換：** 紙需要減少に対する高付加価値材料事業への転換
- **政府政策連携：** 経産省「ゼロエミ・チャレンジ企業」指定による政策支援活用 (Theworldfolio)

既存事業とのシナジー

原材料・技術シナジー：

- **パルプ処理技術：** 既存の抄紙・塗工技術をCNF前処理に活用 (NEDO +2)
- **供給チェーン：** 木材繊維調達ネットワークの有効活用
- **設備共用：** 三島工場での既存インフラとの統合によるコスト優位性 (Daio-paper) (daio-paper)
- **品質管理：** 長年培った製紙品質管理ノウハウの応用

市場・顧客シナジー：

- 製紙業界の顧客基盤を活用した市場開拓
- 既存販売チャネルによる初期市場アクセス
- ブランド信頼性による新規用途での受容性向上

サステナビリティ戦略

ESG経営への貢献：

- **Environment：** 石油系材料代替による環境負荷削減
- **Social：** 地域経済活性化（四国中央市は日本一の紙のまち） (NEDO +2)
- **Governance：** 長期視点でのイノベーション投資

循環経済への貢献：

- 再生可能資源の高付加価値化
- マテリアルリサイクル性の向上 (Daio-paper)
- 廃棄物削減（減プラスチック効果） (Daio-paper) (nedo)

9. 市場評価と成功可能性分析

業界関係者の反応

自動車業界の評価：

- **技術実証：** 待スピード電気レースカーでの実用化成功（60kg軽量化） (Theworldfolio) (Daio-paper)
- **課題認識：** 量産車への適用には2-5ドル/kgのコスト目標必要
- **採用見通し：** 内装部品から段階的導入、3-5年の認証期間想定

化学メーカーの対応：

- **花王：** CNF含有離型剤「LUNAFLOW RA」商品化（2024年5月） (DataMIntelligence) (Kao Chemicals)
- **三菱ケミカル：** 透明CNFシート共同開発 (Nippon.com) (Nanocellulosa)

- ・ 住友三井建設：CNFコンクリート用途での協業 (Daio-paper) (daio-paper)

アナリスト評価

市場予測の一致性：

- ・ 複数のアナリストレポートが20%以上の年平均成長率を予測 (Fundamentalbusinessinsights) (GlobeNewswire)
- ・ 日本がCNFの技術開発・商用化をグローバルでリード (Business Wire +3)
- ・ アジア太平洋地域が生産・消費の中心となる見通し (GlobeNewswire)

競合比較評価：

- ・ 技術力：日本製紙に次ぐ第2グループに位置
- ・ 事業規模：2,000トン/年計画は複合樹脂では世界最大
- ・ 財務体力：大手競合比で投資余力に制約

成功要因と課題評価

成功可能性：中程度（60-70%）

成功要因：

- ・ 政府支援による技術開発と初期投資の負担軽減 (NEDO +2)
- ・ 製紙業界での技術蓄積による差別化可能性
- ・ 多様な製品フォーマット（ELLEX-M/R/C等）による用途拡大 (Daio-paper)
- ・ 初期市場での実績構築（回覧板、スキーワックス等） (NEDO +2)

リスク要因：

- ・ 規模制約：大手競合比での生産規模・投資余力不足
- ・ 市場集中リスク：少数の大口顧客への依存
- ・ 技術競合：TEMPO酸化法等の標準技術での差別化限界
- ・ コスト競争力：量産効果による製造コスト削減の遅れ

勝ち筋の条件

成功シナリオの要件：

1. 戦略的パートナーシップ：大手化学メーカーまたはOEMとの提携による市場アクセス拡大
2. 用途集中：高付加価値用途での市場リーダーシップ確立
3. コスト革新：独自の製造プロセス開発による競合との差別化
4. 政府支援継続：NEDO等の公的支援による技術開発加速
5. M&A戦略：規模拡大または技術補完のための戦略的買収

結論

大王製紙の「ELLEX-R67」は、CNF複合樹脂として世界最高水準の67%セルロース含有率を達成し、2025年度の年産2,000トン商用プラント稼働により本格的な事業化段階に入る。**

(Daio-paper +7) グローバルCNF市場の急成長（年平均21.5%）と日本の技術リーダーシップ**

(GlobeNewswire)を背景に、自動車軽量化・脱炭素化の社会的要請に応える次世代材料として高い市場ポテンシャルを有している。(Fundamentalbusinessinsights +3)

一方で、製造コストの大幅削減、(ResearchGate) (BioResources) 大手競合との規模格差克服、用途開発の加速など、商用化成功に向けた課題は多岐にわたる。大王製紙の成功確率は中程度（60-70%）

と評価されるが、戦略的パートナーシップの構築、高付加価値用途での差別化、継続的な技術革新により、CNF市場における重要なプレーヤーとしての地位確立が期待される。

CNF複合材料市場は黎明期から成長期への移行局面にあり、**今後5-10年が市場ポジション確立の重要な時期**となる。大王製紙の取り組みは、日本のバイオ系先端材料産業の国際競争力強化と持続可能社会実現に向けた重要な一歩として評価できる。