

大王製紙「ELLEX-R67」商用生産開始とセルロースナノファイバー（CNF）複合材料の展望

1. 「ELLEX-R67」商用生産開始の要点

大王製紙は2025年7月、セルロースナノファイバー（CNF）を混ぜ込んだ複合樹脂「ELLEX-R67」の商用生産を開始しました¹。生産拠点は愛媛県四国中央市の三島工場で、新設した商用プラントの生産能力は年間2,000トンに達します。これは従来稼働していたパイロットプラントの20倍もの規模で、**国内最大のCNF複合樹脂設備**となります¹。投資額は約40億円で、2025年7月より営業運転を開始しました²。この大規模プラント稼働により、CNFの「軽くて強い」特性を生かした材料を自動車部品や家電製品などに安定供給できる体制が整い、実用化の加速が期待されています¹³。同社は長期ビジョン「Daio Group Transformation 2035」において新素材分野の成長を掲げており、本商用生産開始はCNF事業の本格展開に向けた重要な一歩となりました⁴。

設備の概要として、ELLEX-R67を生産するこの商用ラインは年産2,000トンの能力を持ち、国内CNFメーカーの公開情報ベースでは2025年時点で最大規模（同社調べ）です¹⁵。これにより、大量生産によるコスト低減と安定供給が可能となり、従来課題であった「必要量を低コストで供給できない」という障壁を克服しつつあります。大王製紙はこの設備を通じ、CNF複合材料の社会実装と事業化を一段と推進する考えです⁶⁷。

2. セルロースナノファイバー（CNF）とは：定義・特性・製造方法・長所と短所

定義と製造方法： CNFとは木材パルプなどの植物繊維をナノメートルサイズまで細かく解繊して得られる極微細な繊維素材です⁸。典型的には繊維径3～100nm、長さは数μmから最大で100μm程度のセルロース繊維で、植物細胞壁の主成分であるセルロースを機械的にほぐすことで製造されます⁹。製造にあたっては、高圧ホモジナイザーやグラインダーなどによる**機械的解繊**を行いますが、その前処理として化学薬品（例：TEMPO触媒酸化）や酵素処理を施し繊維を解ほぐしやすくすることが一般的です¹⁰。こうした工程を経て植物繊維をナノ寸法まで解繊すると、水中でゲル状の**セルロースナノファイバー**分散液が得られます。CNFには繊維状のもの（ナノフィブリル）と結晶性の強い針状のもの（セルロースナノクリスタル，CNC）がありますが、一般に「CNF」と言う場合は前者のナノフィブリルを指します¹⁰。

特性（長所）： CNF最大の特徴は**軽量・高強度**であることです。セルロース自体は天然の高分子で、単位重量あたりの強度は極めて高く、「**鋼鉄の5分の1の軽さで5倍の強度**」とも形容されます¹¹¹²。実際、CNFの引張強度は約5～7 GPaにも達し、密度当たりの強度では鉄鋼やガラス繊維を凌駕します。また**剛性（弾性率）が高く**、アラミド繊維（ケブラー）に匹敵する弾性率（約138 GPa）を示すとの報告があります¹²¹³。熱的特性でも**熱膨張率が小さく**、寸法安定性に優れ、石英ガラス並み（CTE≈2-3 ppm/K）の低熱膨張性を示します¹³。さらに、セルロース由来ならではの**高いガスバリア性**や**大きな比表面積**を持ち、水中では三次元ネットワーク構造を形成して**高い粘性（チキソトロピー性）**を示すことも特徴です¹²¹⁴。このためCNF水分散液は静置時にゲル状の高粘度を保ちますが、攪拌するとサラサラに流れる**せん断減粘特性**があり、各種微粒子やオイルとの均一混合・安定分散に寄与します¹⁵。加えて**再生可能資源**由来であるためカーボンニュートラルであり、生分解性・生体適合性といった環境適合性も優れています¹⁶¹¹。このようにCNFは、軽量・高強度・低熱膨張といった力学的特性から、バリア性・増粘性・環境適合性まで、多岐にわたる優れた性質を兼ね備えた次世代素材として注目されています。

短所・課題： 一方で、CNFの実用化には克服すべき課題も存在します。最大の課題は**コストの高さ**です¹⁷¹⁸。現在、日本国内でCNFを製造・販売する企業は20社以上ありますが、その多くで価格は公表されていません。しかし複数のユーザー企業へのヒアリングによれば、化学処理などをしていない汎用的なCNFでも**1kgあたり5,000～30,000円程度**と非常に高価であるとされています¹⁸。大量生産によるスケールメリットが未だ十分には働いておらず、安価なガラス繊維など既存補強材と比べると割高で、価格低減が普及への最重要課題です¹⁹。また製造面でも、セルロース繊維をナノレベルに解繊するには大量の水中で繰り返し高エネルギーの機械処理が必要で、**製造エネルギーコストが大きい**ことが指摘されています²⁰。加えて、CNF繊維そのものは親水性が高く水分を多く含むため、乾燥や樹脂への分散が難しいという**加工上の課題**もあります²¹。樹脂など疎水性材料と混ぜ込む際に凝集しやすく、均一分散させるには特殊な表面処理や分散技術が求められます²²。さらに、CNFを配合した樹脂は剛性向上の反面で**衝撃強度（靱性）の低下**が課題となるケースもあり²³、用途によっては衝撃に強い改良グレードの開発が必要です。最後に、**吸湿性**が高い点も留意すべき点です。環境中の水分を吸いやすく、湿度変化によって寸法や特性が変化する可能性があります。ただし複合樹脂中では樹脂によってある程度保護されるものの、長期信頼性評価や湿熱環境下での挙動確認など、安全性・安定性の検証も重要です¹¹。以上のように、CNFは画期的な特性を持つ反面、コストや加工適性などの課題解決を経て初めて、本格的な社会実装が実現すると言えます。

3. ELLEX-R67の樹脂組成、物性データと従来材料との比較

大王製紙のCNF複合樹脂「**ELLEX-R67**」は、その名称が示すとおり**セルロースを67%含有**する高濃度ペレット状の複合材料です²⁴。原料としては部分的にナノファイバー化（解繊）したセルロース繊維を主体とし、残り33%程度はポリプロピレン（PP）に親和性を高めるための樹脂成分を配合しています²⁴。この樹脂成分の詳細は公表されていませんが、おそらくPPにグラフトした相容化剤など、CNFとマトリックス樹脂をうまく馴染ませる機能を持つ添加剤と考えられます。ELLEX-R67はあらかじめCNFを高濃度で樹脂中に分散させた**マスターバッチペレット**のような形態で提供され、ユーザー側で他の樹脂と混練して希釈したり、そのまま射出成形に用いることができる**使いやすい仕様**になっています²⁴。高濃度ペレットであるため最終製品設計の自由度が高く、必要に応じてCNF含有率を調整できる点も特徴です。

物性と従来材料比較： ELLEX-R67を使用すると、CNFによる強化効果で**剛性（剛さ）の大幅向上**が得られます²⁵。具体的な数値は公表されていませんが、大王製紙は「剛性向上により材料の薄肉化が可能になった」と述べています²⁶。つまり同等の強度を保ちながら部品を薄く・軽く設計でき、これによって**重量を減らしプラスチック使用量を削減**できる利点があります²⁵。従来、プラスチック製品の剛性向上にはガラス繊維（GF）やタルクなどのフィラーを配合することが多かったですが、CNFは**ガラス繊維に匹敵する補強効果**を持ちながら密度が著しく低いため、より軽量のコンポジットを実現できます²⁷。実際、自動車用途でCNF強化PPを検討した研究では、ガラス繊維強化PPに比べて**16%の部品軽量化と11%の燃費改善**が達成された例も報告されています²⁷。このようにCNF複合材は、**従来材料と同等以上の剛性・強度をより軽い重量で実現**できる点が大きなメリットです。

ELLEX-R67ならではの特長として、CNF繊維が複合樹脂中で**破断しにくい**ことが挙げられています²⁵。成形加工時やリサイクル時に繊維長が極端に短くなりたくないため、再生材料にしても物性低下が小さいのです²⁵。ガラス繊維強化樹脂では、成形や粉碎リサイクルの過程で繊維が短く切断され、再生品では初回成形品より強度・靱性が落ちる問題があります。しかしCNFの場合、繊維がしなやかで切れにくいいため、**マテリアルリサイクル適性に優れる**とされています²⁵。大王製紙もELLEX-R67について「繊維が破断しにくく物性低下が小さいため、リサイクルの観点でも優位性がある」と強調しています²⁵。さらにCNFは植物由来であり、燃焼処理してもガラス繊維のような残渣が出ないため、廃棄時の環境負荷も低減できます。総じて、ELLEX-R67は**軽量高剛性かつリサイクルに有利な強化樹脂素材**として、従来のガラス繊維強化樹脂に代わる次世代材料となり得ます。

一方で課題となりうるのは**耐衝撃性**です。CNF配合により剛性は上がりますが、その反面、衝撃強度（靱性）は低下しやすい傾向があります²³。大王製紙も「耐衝撃性と両立するグレードの拡充」に取り組むと述べており²³、将来的には樹脂の種類や他の添加剤とのハイブリッド化によって、衝撃特性を改善した製品展開が

予定されています。また含水率が高いCNFを高濃度で配合しているため、保管時や成形時の水分管理や分散安定性にも留意が必要でしょう。しかし、同社は芝浦機械と共同で開発した高度混練技術により**微細なCNFを均一・高効率に樹脂と複合化**するプロセスを確立しており²¹、品質面の課題もパイロット段階から大きく改善したとしています²⁸。総合的に見て、ELLEX-R67は従来材料に比べ**突出した軽量化効果と環境有利性**を備えつつ、実用上の弱点も克服しつつある点で、競争力の高いCNF複合樹脂製品と言えます。

大王製紙のCNF複合樹脂「ELLEX-R67」ペレット（セルロース67%含有）

4. CNF複合材料の想定用途（自動車、家電、住宅設備、日用品など）

大王製紙はELLEX-R67商用化にあたり、**自動車部材、家電製品、建材、物流資材、日用品、容器・包装**など幅広い分野での用途展開を目指すとしています²⁹。CNF複合材料全般についても、同様に多岐にわたる業界での活用が期待されています。以下、業界別に具体的な用途例と狙いを整理します。

- ・**自動車業界**: 車両の軽量化による燃費向上・電費延伸は自動車分野の最重要課題の一つであり、CNF複合材はその切り札として期待されています³⁰。自動車部品では従来、PP樹脂などにガラス繊維（GF）を配合した材料が広く使われてきましたが、CNFはGF代替の高性能フィラーとなり得ます²⁷。想定される用途として、**内装部品（インストルメントパネル、ドアトリム、コンソール等）や外装部品（バンパー、フェンダーなど）**への適用が考えられます³¹。実際、環境省主導の「NCVプロジェクト」では、トヨタ車体などが参加し、13点の自動車部品にCNF複合材を用いたコンセプトカーを製作しました³²。その車両では同クラス従来比で約200 kg（16%）の軽量化を達成し、試算上**燃費が約10%改善**することが確認されています²⁷³³。具体的な部品例としては、エンジンフードやルーフ、ドアパネル、シート骨格など構造材から、内装トリム、さらにはペダルやステア類まで幅広く検討されました³²。またCNFの低熱膨張性に着目し、光学的な透明パネルやヘッドライト部品など精密さと軽さが求められる箇所への応用も考えられます。自動車メーカー各社もCNFの可能性に注目しており、MazdaはCNF強化樹脂を使った試作車両で燃費改善効果を公表しています²⁷。大王製紙も自動車部品を**メインターゲット**に位置づけ、素材供給拡大とユーザー企業との用途開発を進める方針です²⁹³⁴。
- ・**家電・電子機器**: 家電製品や電子機器の分野でも、CNF複合材は**筐体材料の軽量・高強度化や断熱性向上**を目的に期待されています³⁵。例えば、エアコンや冷蔵庫の内部構造部品に用いて断熱効果を高め省エネに寄与することや、掃除機・炊飯器などの外装筐体に使って軽量化と剛性向上による耐久性アップを図る、といった応用が考えられます。実際、日本製紙はCNFの想定用途として**家電やPCの筐体**を挙げており、CNFを樹脂に均一分散することで強度や耐久性が素樹脂より向上することを示しています³⁶。ノートパソコンの天板やスマートフォン筐体など、軽さと剛性が要求される電子機器部品も有望です。またCNFの低熱膨張性から、電子基板や電子部品のハウジング材料に混入し、動作時の熱による変形を抑制する試みも考えられます³⁷。さらに、家電内部の**回転体（ファンやモーター部品）**にCNF複合樹脂を使い軽量化すれば、駆動時の負荷低減によって消費電力削減に繋がるとの指摘もあります³⁸。総じて家電分野では、筐体・構造材の軽量高剛性化や、省エネ性能向上という観点でCNF材料の利用が検討されています。
- ・**住宅・建材**: 建築分野でもCNF複合材の活用が始まっています。例えば、鹿児島県では竹由来のCNFを混ぜた樹脂で**窓枠サッシ**を開発するプロジェクトが進められています³⁹。試作検証の結果、竹CNFを添加した樹脂サッシは通常樹脂比で**曲げ弾性率が30%以上向上**し、既存の樹脂サッシ以上の断熱性能（熱貫流率）を達成しました³⁹。この新サッシはアルミサッシと比べても冷暖房時の熱損失を約30%削減できる見込みが示されており、住宅の省エネ化に貢献すると期待されています⁴⁰。この例のように、CNF複合材は**建材の高強度化と断熱性向上**を両立できる素材として有望です。具体的な用途候補としては、窓枠の他にも断熱パネル、壁材、床下地材、配管材などが考えられます。木材代替としての活用も可能で、CNFを混ぜた樹脂を型材やボードに成形して建築資材にする試みも研究されています。また、住宅設備機器（浴槽、トイレ等）の部品にCNF複合材を使い、軽量で耐久・耐熱性

に優れた製品とする開発も期待されます。建築業界はカーボンニュートラルの観点からも新素材に高い関心を寄せており、今後CNF建材が省エネ住宅・ゼロエネルギービルの実現に寄与する可能性があります。

・**日用品・生活分野：** CNFは食品や化粧品、消費財分野でも用途が拡大しています。例えば**日用雑貨**では、ボールペンや台所用品の部品などにCNF配合樹脂を使い、軽く壊れにくい製品を実現しようという試みがあります¹⁷。また**生活用品（家庭用品）**では、洗剤やシャンプーにCNFを増粘剤として配合して滴下しにくくしたり、化粧品ではCNFのゲル化特性を利用して**べたつき防止**と**感触向上**を両立させたりする用途があります¹⁷⁴¹。実際、セルロースナノファイバーは既に高機能シャンプーや化粧水などに添加され市場展開されています。また紙おむつ分野では、CNFの**消臭効果**や**吸湿性**を活かして臭いを抑制する材料としての活用が期待され⁴²、CNFを配合した消臭シートなどが開発されています。スポーツ・レジャー用品でも、CNF複合材は脚光を浴びています。例えばランニングシューズのソールやアウトドア用品に使えば、軽量化と耐久性向上が図れます⁴³。自転車や釣り竿、テニスラケットなど軽さと強度が重要な用品への利用も研究されています。さらに**容器・包装分野**では、CNFから作ったフィルムやコーティング材が**高いガスバリア性**を示すことから、食品の鮮度保持包装に応用する動きがあります⁴⁴。プラスチックフィルムにCNF塗膜を施して酸素を通しにくくし、食品の賞味期限延長に役立てる取り組みです。また生分解性プラスチックにCNFを混ぜ強度を補うことで、環境負荷の小さい容器を開発するといった方向性も検討されています。物流資材では、輸送用パレットや折りたたみコンテナ等にCNF強化樹脂を使えば軽量で丈夫な製品となり、運搬効率や扱いやすさが向上するでしょう。以上のように、CNF複合材料は**自動車から日用品に至るまで多領域での応用が期待され**、軽量化や強度向上、機能性付与によって各産業のニーズに応えるポテンシャルを秘めています²⁹³¹。

5. CNFおよびバイオ複合材料の市場動向・トレンド

CNFを含むナノセルロース材料の市場は、現在は立ち上がり期にありますが、今後大きな成長が予測されています。世界規模で見ると、2025年時点のナノセルロース市場規模は約11億ドルと推定され、2030年には約30億ドルに達すると予測されています⁴⁵。これは**年平均20%超の高成長率（CAGR約21.5%）**に相当し、持続可能素材への需要拡大に伴い市場が急拡大すると見込まれています⁴⁵。中でもアジア太平洋地域が最も高い成長率を示すとされ、日本を含むアジア企業の参入が市場拡大をけん引する構図です⁴⁶。ナノセルロース市場の主要用途内訳では、現時点で**複合材料分野が全体の約3割強**を占め最大となっており、今後も自動車向けの軽量化材料需要などで牽引していくと予想されます⁴⁷。一方、化粧品・医薬品分野も高成長が見込まれ、25%近い年率で拡大すると分析されています⁴⁷。

日本においては、政府がCNFを次世代の有望素材と位置づけて積極的に開発支援を行ってきました。経済産業省や環境省は2030年までにCNF関連の市場規模**1兆円**を創出するとの目標を掲げ⁴⁸、産学官で技術開発や用途開拓を推進しています。実際、環境省は2016年に前述の「NCVプロジェクト（ナノセルロース車両プロジェクト）」を立ち上げ、自動車にCNFを活用した場合のCO₂削減効果を検証するなど、社会実装に向けた実証を行ってきました⁴⁹。NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）も「炭素循環社会に貢献するCNF関連技術開発」プロジェクトで2016年以降継続的に支援し、今回の大王製紙の製造プロセス開発にも貢献しています⁵⁰。このような官民連携の背景には、CNFが**カーボンニュートラル**や**プラスチック資源循環**といった社会的課題の解決に資する素材であることがあります。持続可能性への関心の高まりにより、「脱炭素」「脱プラスチック」をキーワードに再生可能材料へのシフトが進む中、CNFは**植物由来でCO₂固定に寄与し、化石資源由来材料の置換**を可能にするものとして注目度が上がっています⁵¹⁴⁶。特に欧州を中心に規制が厳しくなる使い捨てプラスチックの代替や、包装の環境対応需要の高まりがCNF製品の追い風となっています⁵²。また、ガソリン代高騰やEV航続距離要求といった要因から、自動車の軽量化ニーズも増しており、CNF複合材の価値提案（従来材料より軽く省燃費・省電力）はますます説得力を持っています⁴⁶。さらに石油由来原料価格の変動リスクや、森林資源の有効活用ニーズも、企業がCNFなどバイオマス素材に目を向ける一因です⁴⁶。

市場参入企業の動向を見ると、**日本国内では20社以上がCNF製造に取り組み**、サンプル提供や一部商業販売を行っています⁵³。大手製紙会社を中心に、化学メーカー、中小企業まで幅広いプレイヤーが存在し、近年は専用設備の新設や増強が相次いでいます。**主要企業**としては、日本製紙（セルロースナノファイバー製品名：「セレンピア®」）、王子ホールディングス（「AUROVISCO®」「AUROVEIL®」）、中越パルプ工業（「nanoforest®」）、レンゴー（「XCNF®」「RCNF®」）、丸住製紙（「ステラファイン®」）、東亞合成（「アロンファイブ®」）などが挙げられます⁵⁴。日本製紙は2017年に宮城県石巻工場で年産500トンの量産設備を立ち上げるなど先行しており⁵⁵、化学的に酸化処理した透明タイプのCNFから食品・化粧品向けまで複数グレードを展開しています⁵⁶。王子HDもパイロットプラントでの開発を進め、増産計画を持つとされています。大王製紙はそれらに続く形で今回大規模商用化に踏み切った格好ですが、国内各社がそれぞれ得意分野（日本製紙は食品・化粧品用途、王子は高機能フィルム用途など）で差別化を図っています⁵⁷。

海外に目を向けると、欧米の製紙・バイオ素材企業もCNF市場に積極的です。ノルウェーのBorregaard社は世界初の商業規模MFC（微細化セルロース）プラント「Exilva」を2016年に稼働させ、**年産1,000トン（乾燥重量ベース）**の生産能力を実現しました⁵⁸。フィンランドのStora Enso社やUPM社、スウェーデンのInnanor（旧Innventia）などもパイロット設備での生産や製品化を進めています。南アフリカを拠点とするSappi社も「Valida」というブランドでCNF製品を投入し、欧州の自動車・包装分野へ提案を行っています。またカナダのCelluForce社はセルロースナノクリスタル（CNC）の大量生産で知られ、2018年時点で年産300トン規模のCNC生産設備を持ちます。米国ではGranBio社やUniversity of Maineなどがパイロットプラントを運用しており、英国では製紙大手のInvestNorthernIrelandやスタートアップのCelluComp社（根菜由来CNF「Curran」開発）が活動中です。加えて、フィルター用途に特化した企業としては、仏シュベリエ社と三菱鉱石化学のJVであるFiberLean社が紙の填料用にCNF製造を手掛け、既に商業供給しています。こうした海外勢も含め、**世界の「パルプ業界の雄」たちが次々とCNF大量生産に乗り出している状況**です⁵⁹。従来からパルプ・紙事業を手掛けてきた企業にとって、CNFは既存資産・原料を活用できる魅力的な新規事業であり、各社が将来の主力商材と位置づけています。一方で、小規模ながら高度な技術を持つスタートアップも台頭しており、医療材料や電子材料など高付加価値ニッチ市場を狙う動きもあります⁵⁹。このため異業種間の提携やライセンス契約も活発化しており、大王製紙のように機械メーカー（芝浦機械）と協働開発する例や、素材メーカー同士のジョイントベンチャーも見られます²¹⁵⁹。総じて、市場はプレイヤー乱立の黎明期にありつつも、今後淘汰と大型投資を経て本格成長軌道に乗る段階に差し掛かっていると言えます。

6. 大王製紙の競合企業とCNF製品・技術の比較

前述のとおり、CNF開発には国内外の多数企業が参入しており、大王製紙にとって競合となるプレイヤーも少なくありません。まず国内では、**日本製紙と王子ホールディングス**という製紙業界の二大手が代表的競合です。日本製紙はCNF製品ブランド「**セルレンピア (cellenpia)**」を展開し、化学処理（TEMPO酸化）タイプやカルボキシメチル化タイプなど複数種のCNFを供給しています⁶⁰⁶¹。同社は国内で最も早く2013年に実証プラントを稼働させ、2017年には石巻工場に年産500トンの量産設備を立ち上げるなど、パイオニア的存在です⁵⁵。特徴として、透明で高粘度のTEMPO酸化CNF（繊維幅3～4nm）を得意とし、高い強度と低熱膨張、高い酸素バリア性を持つことをアピールしています⁶²。実際、同社のTEMPO酸化CNFは**アラミド繊維並みの弾性率（約138GPa）**や**石英ガラス並みの低熱膨張**を示し⁶³、無色透明なフィルムも作製可能という高品質さです⁶²。また日本製紙は食品添加物として使えるCM化（カルボキシメチル化）CNFを開発し、**乾燥粉末状態で提供**できる技術も持っています⁶¹。CNFを乾燥状態で扱えることは輸送コストや保存性の面で有利であり、同社の強みと言えます。用途提案では、自動車・家電・容器・タイヤ等の強化から、塗料添加によるチキソ性付与（塗りやすさ向上）まで幅広く、総合素材メーカーとしての提案力があります³⁶⁶⁴。王子HDは独自ブランド「**AUROVISCO®**」（増粘剤用途）や「**AUROVEIL®**」（透明フィルム）を持ち、特にCNFの増粘・ゲル化特性を活かした製品開発に注力しています⁵⁷。同社はパルプをそのまま微細化した「マイクロファイブリルドセルロース（MFC）」系の製造にも取り組み、紙の補強材や塗工バインダー等、紙・パルプ事業との相乗効果がある用途で先行しています。

他の国内競合としては、**中越パルプ工業**（「nanoforest®」ブランド）があります。中越パルプはパルプ製造で培った解繊技術を活かし、パルプ繊維を部分解繊した低コストCNFから、高度にナノ化したものまで複数

タイプを開発しています⁶⁵。同社は特に、木材以外の原料（例えば稲わらや竹など）からのCNF製造研究にも取り組み、地域資源活用型の展開を目指しています。**レンゴー**（段ボール大手）は「**XCNF®**」「**RCNF®**」という名称でCNF事業に参入し、独自に製紙工程からCNFを取り出す技術を持っています⁶⁵。例えば古紙からナノファイバーを製造し、それを段ボール原紙の補強や機能付与に使うといった取り組みを進めています。また**東亜合成**（接着剤等で知られる化学メーカー）は「**アロンファイブロ®**」というCNFを販売しており、自社の樹脂製品と組み合わせた用途開拓を図っています⁶⁶。機械メーカーからは、CNF製造装置の**スギノマシン**が自ら「**BiNFi-s（ビンフィス）®**」というCNF製品シリーズを展開しています⁶⁷。同社は独自のウォータージェット技術「スターバースト」により、木材だけでなくキチンやシルクなど多様なバイオ原料をナノファイバー化しています⁶⁷。BiNFi-sは「鋼鉄の1/5の軽さで5倍の強度」「温度変化に伴う伸縮が石英ガラス並みに小さい」といったCNFの特性をうたっており³⁷、ゴム・樹脂への添加による強度・耐久性アップや、エンジン周辺部品での熱伸縮抑制効果をアピールしています³⁷。そのほか、丸住製紙（高性能フィルター用CNF「ステラファイン®」）、横河バイオフィロンティア（産業技術総合研究所発ベンチャー、「S-CNF®」）、モリマシナリー（「セルフフィム®」）、増幸産業（超微細解繊技術「フィブリマ®」）など、多様な企業が各自の強みを活かしたCNF製品を展開中です⁶⁵。

海外の競合企業も強力です。前述のBorregaard（ノルウェー）は年産1000トンの世界初の大規模プラントを稼働させ、市場をリードしています⁵⁸。Borregaardの「Exilva MFC」は高品質なセルロース微細繊維で、塗料や化粧品、複合材用途に世界中で販売されています。フィンランドの**Stora Enso**はヘルシンキ郊外にパイロットプラントを構え、パルプからのMFC製造技術を確立しつつあります。同社はCNFを含む新素材開発に3000万ユーロ以上を投じており、特にパッケージ用途（バリアコーティング材）での商品化を進めています。南アの**Sappi**は欧州でナノセルロースの生産設備を運用し、特殊紙やコンポジット市場に参入しています。カナダの**CelluForce**はCNC（セルロースナノクリスタル）で世界をリードし、フォード社などと車両用フォーム樹脂へのCNC添加研究を行った実績があります。アメリカでは、森林総合研究所（US Forest Service）が中心となり、メーン大学などにパイロットプラントを設置、住宅建材や3Dプリンタ用材料への応用を図っています。また、日本企業との連携例では、米国のGranBio社と日本製紙が合併でCNC製造会社を設立したり、帝人がカナダのCelluForceからCNCの供給を受けて複合材試作を行うなどのケースがあります。総合すると、大王製紙の競合他社もそれぞれ大規模設備や独自技術を擁し、CNF関連ビジネスを拡大しつつあります。大王製紙は後発ではあるものの、**国内最大規模設備**という強みと紙パルプメーカーならではのノウハウを武器に、この競争環境の中でプレゼンスを高めていく戦略です³⁴。

7. CNF複合材料の社会実装上の課題と将来展望

CNF複合材料を社会実装していく上で、いくつか克服すべき課題があります。最大の課題はやはり**コスト**です。先に述べたように、CNFそのものの価格が依然高水準であり、現在のところ大量に使う構造材料への採用ではコスト高が障壁となっています¹⁹。量産効果によるコスト低減が期待されますが、需要が拡大しないと価格が下がらず、価格が下がらないと需要も拡大しないという**ジレンマ**に直面しています¹⁹。したがって、今後の展望としては、自動車など大量消費分野でまず部分的にでも採用を広げ、一定の市場規模を確保することが重要です。それによりスケールメリットが働けば、現在は高価なCNFもガラス繊維や炭素繊維に近い価格帯まで下げられる可能性があります。

技術面では、**製造プロセスの効率化**が継続的なテーマです。機械解繊に要するエネルギーを削減するため、酵素処理や新規触媒の活用による**低エネルギープロセス**開発が期待されています⁴⁶。実際、ブラジルやフィンランドでは酵素法でのCNF生産実証が始まっており、数年以内には従来より大幅に省エネなプロセスが実用化される可能性があります⁶⁸。また、CNFの**表面改質**も課題解決の方向性です。CNF繊維の表面を疎水化することで樹脂とのなじみを良くし、乾燥粉末状態で供給できるようにする研究が進んでいます⁶¹。例えば酢酸エステル化やシランカップリング処理などの手法が検討されており、これらが実現すれば樹脂メーカーが取り扱いやすいCNFマスターバッチの形で流通させることができます。さらには、CNFと他の強化繊維（ガラス繊維や炭素繊維）との**ハイブリッド複合**も一案です。例えばガラス繊維とCNFを併用して樹脂を強化すれば、ガラス繊維の比率を減らしつつ必要な強度・剛性を確保でき、重量と環境負荷の削減に繋がるでしょう。耐衝撃性についても、軟質樹脂とのアロイ化やゴム系エラストマーの共混によって靱性を補強するアプローチ

が考えられ、研究が進んでいます²³。実際に大王製紙も、衝撃特性と両立するCNF樹脂グレードの開発を今後のラインナップ拡充テーマに挙げています⁷。

社会実装上の課題として見落せないのが、リサイクル・廃棄段階での扱いです。CNF複合樹脂は「マテリアルリサイクルが可能で環境負荷が少ない」と謳われていますが⁶⁹、実際には回収・分別の仕組みを整える必要があります。CNFが混ざった樹脂だけを選別回収するのは容易ではなく、他の廃プラスチックと混ざってしまうと結局はサーマルリサイクル（焼却）に回らざるを得ない可能性があります⁷⁰。リサイクル効果を発揮するには、例えば自動車部品に使われたCNF樹脂を他の部品樹脂と分けて回収・再ペレット化する、といったオペレーションが必要ですが、そのコスト負担や実効性が課題です⁷⁰。この点については、自動車リサイクル法の枠組みの中で将来的に樹脂マテリアルリサイクル率を高める動きがあり、CNF樹脂の再利用もその文脈で推進される可能性があります。さらに、健康・安全面の検証も重要です。CNF自体は食品添加物にも使える安全な物質ですが、ナノサイズ粒子であるため粉体状で吸引した場合の影響や、製造従事者のばく露安全性など調査すべき点があります⁷¹。もっとも、CNFは金属やカーボン系のナノ材料と異なり「特徴元素を持たない有機物」ゆえに検出・測定が難しいという課題もあり⁷¹、評価手法の標準化が進められています。

以上の課題を踏まえつつも、**将来展望は明るい**と見る向きが多いです。技術革新によりコスト低減や品質向上のメドが立てば、2030年頃にはCNF複合材料が本格的に普及期を迎える可能性があります。日本政府は2029年時点で「CNF1万トン（複合樹脂10万トン）生産・消費」というシナリオを描いており⁷²、自動車1台あたりに換算すると約95kgのCNF強化樹脂を使用し車両150kg軽量化するイメージです⁷³。このシナリオ通りに進むなら、2030年には複数の自動車メーカーが量産車の構造部材にCNF樹脂を採用し、年産数万トン規模で流通している状況も考えられます。大王製紙の新プラント（2000トン/年）は、まさにそうした将来需要に備えた先行投資と位置づけられます。技術的ブレークスルーとしては、前述の酵素プロセスや乾燥粉末CNFの実用化のほか、セルロース以外のナノ繊維（キチンナノファイバー等）との組み合わせ、新奇なナノ構造（セルロースナノチューブ等）の発見なども期待できます。また環境規制の強化やカーボンプライシング導入など社会動向が追い風となれば、企業が多少コスト高でもCNF材料を採用するインセンティブが働き、市場拡大が加速するでしょう。2030年代には、CNFは「**プラスチック強化剤の標準選択肢の一つ**」として定着し、自動車・航空・建材・包装など様々な製品に当たり前に使われる未来が展望されています。その頃には現在のガラス繊維や炭素繊維のように、市場に不可欠な材料となっているかもしれません。もっと遠い2050年頃には、関連市場規模が**世界で数兆円規模**に達するとの予測もあります⁷⁴。持続可能な社会の実現に向け、CNF複合材料が果たす役割は今後ますます大きくなるでしょう。

8. 製紙会社・大王製紙がCNF事業に注力する戦略的意図

大王製紙が本業である製紙から派生したCNF事業に力を入れる背景には、同社の長期経営戦略と事業環境の変化があります。まず、紙・パルプ業界全体の課題として**紙需要の先細り**があります。デジタル化やペーパーレス化の進行により新聞・印刷用紙の需要が減少する中、各製紙メーカーは新規事業の開拓を迫られています。大王製紙も例外ではなく、収益源の多角化と成長分野への進出が経営課題となっていました。そうした中で白羽の矢が立ったのが、自社の強みを生かせる**セルロースナノファイバー（CNF）**です。セルロースは紙の原料であり、大王製紙は長年培ったパルプ生産設備・技術・ノウハウを持っています。この資産を活用して新素材を生み出すことで、既存事業とのシナジーを発揮しつつ新たな収益の柱を育てる狙いがあります⁷⁴。

大王製紙は長期ビジョン「Daio Group Transformation 2035」において、従来の紙・板紙に加え**ホーム&パーソナルケア（H&PC）+新素材領域**を成長させると宣言しています⁷⁵。特に「新素材事業」は戦略の柱の一つであり、**2035年に売上高1,000億円規模のビジネスに育てる**目標を掲げています⁷⁶。この新素材事業の中核に位置付けられているのがCNFです。同社は2013年頃から社内研究を開始し、2016年には3基のパイロットプラント（CNF水分散液用、CNF乾燥粉末用、CNF複合樹脂用）を相次いで設置して、技術開発を進めてきました⁷⁷。これらパイロット設備を駆使して**コスト競争力に優れる製造プロセスの確立**に注力し、並行して様々なユーザーへのサンプル提供を通じた用途開発を進めてきたのです⁷⁷。大王製紙の強みは、愛媛・三島工場という巨大拠点に多様なパルプ設備があり、**ユーザーニーズに応じて異なるタイプのCNF（繊維長や形態）を供給できる柔軟性**にあります⁷⁸。実際、同社はビジョンで掲げる「3つの生きる」（医療・生

活・環境)に基づき、**医療・ヘルスケア、紙・日用品、自動車部材**など7つの重点分野でCNF製品の事業化を目指す方針を定めており、既にそのうち2分野で商品化に成功しています⁷⁸。商品化済みの例としては、愛媛県四国中央市で地域の回覧板(回覧用ファイル)の板材にELLEX-R67が採用されており⁷⁹、身近な生活製品に実用化されています。また化粧品原料としてCNFを配合した製品も市場投入されており、同社のCNFが**日用品分野**で実を結びつつあります⁷⁸。こうした実績を積みながら、2024~2026年度の第5次中期事業計画期間中にCNF事業を本格的に立ち上げる計画です⁷⁷。

大王製紙がCNFに注力するのは、単に自社の素材供給力を活かせるからだけではありません。もう一つの大きな理由は、**サステナビリティ経営**上の意義です。紙パルプ産業は森林資源と密接に関わる産業であり、同社も「Organic 地球環境への貢献」というESG方針を掲げています⁷⁴。CNFは木材由来でカーボンニュートラルな素材であり、同社が得意とする植林・パルプ生産から最終材料までのバリューチェーンを通じて**低炭素社会に資するソリューション**を提供できる点で、企業価値向上に資すると考えられます⁷⁴。特に、自社製品(紙おむつや日用品)のプラスチック削減や軽量化にCNFを応用すれば、既存事業の環境負荷低減にも繋がります。例えば大王製紙の看板事業である紙おむつ製品にCNF由来の消臭・高吸水素材を組み込めば、性能向上と環境訴求が両立できる可能性があります。さらに、CNF事業は同社の海外展開戦略とも親和性があります。大王製紙は2035年までに海外売上を現在の1,000億円から3,500億円に拡大する方針を持っています⁸⁰が、CNFのような差別化素材はグローバル市場で戦える商材となり得ます。実際、日本のCNF技術は海外からも注目されており、大王製紙が確立したプロセスをライセンス展開したり、海外生産拠点を構築するシナリオも考えられます。

最後に、大王製紙ならではの戦略として、同社の企業文化や経営姿勢も一役買っています。もともと家庭紙(ティッシュやおむつ等)事業で後発ながら果敢な投資を行い急成長した歴史があり、新規事業に挑戦する機動力があります。CNF事業への40億円投資という決断も、同社の「**攻めの経営**」を象徴するものでしょう。さらに地元・愛媛県や国からの支援獲得も含め、オール四国・オールジャパンでCNFを成功させるという気概がうかがえます。同社幹部のインタビューでも「新素材事業は当社戦略の柱であり、研究開発投資を拡充していく」と明言しており⁷⁶、トップマネジメントのコミットメントも強固です。以上のように、大王製紙がCNF事業に注力するのは、**経営環境の変化に対応した事業ポートフォリオ転換と、自社のコアコンピタンス・資源を最大活用した成長戦略**の両面から必然と言えます。その戦略的意図は、同社の長期ビジョン・中期計画・サステナビリティ方針のすべてに一貫して表れているのです³⁴⁸¹。

9. 大王製紙CNF事業の成功可能性と業界からの評価・展望

大王製紙のCNF事業に対して、業界関係者や市場からは大きな注目が寄せられています。まず、自動車業界や樹脂成形業界では**期待感が高い**と言えます。前述の通り、自動車の軽量化ニーズは強烈であり、CNF複合樹脂はそれを実現し得る有望素材です。そのため、国内の自動車部品メーカー各社は大王製紙をはじめCNF供給企業のサンプルを評価中で、すでに「**市場で期待が高いCNF複合樹脂**」との声もあります⁸²。実際、今回の商用プラント稼働のニュースに対し、「混練や成形加工がしやすく市場の期待が高いCNF複合樹脂を年間2000tも供給できる体制が整った」と専門メディアでも報じられました⁸²。安定供給のめどが立ったことで、自動車メーカー側も量産車への本格採用を検討しやすくなったと考えられます。NEDOも「国内最大のCNF商用プラント稼働により、CNF社会実装のさらなる加速が期待される」とコメントしており³、公的機関からも追い風の評価です。

アナリストや業界専門誌の視点では、大王製紙が**競合に先駆け大容量生産に踏み切った先行者メリット**に注目する向きがあります。日本製紙や王子などもCNF開発を進めていますが、2000トン/年級の商用設備を構えたのは大王製紙が初めてです。この規模は、仮に自動車分野に絞れば年間数十万台分の部品に行き渡るポテンシャルがあり、**需要拡大局面で一気にシェアを獲得できる強み**となります。加えて、芝浦機械との連携で培った混練技術や、部分解繊によるコスト低減など、ユニークな技術コンセプトが評価されています。特に「**セルロス67%**」という高充填ペレットは世界的にも例が少なく、性能とコストのバランスを取った巧みな戦略製品と見做されています⁸³。これについて業界紙では「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、ユーザーが混練加工しやすい仕様」と紹介されており⁸³、ユーザーフレンドリーな製品設計が称賛されています。

一方で、慎重な見方もあります。やはり**価格競争力**の点で、既存補強材（ガラス繊維や炭素繊維等）との勝負に勝てるかを懸念する声です^{17 20}。自動車など大量生産品の世界では、性能向上だけでなくコスト増が許容範囲かが厳しく問われます。CNFが他材料より明確に優れる特性、例えば「再生プラ対応」「完全植物由来」「軽さによる燃費向上」といった価値を定量的に示し、それがコストプレミアムに見合うことを納得させねばなりません。幸い、カーボンニュートラルやプラ問題対応といった**非財務価値**が近年重視されつつあり、多少高くても環境に良い材料を選ぶという企業姿勢も広がっています。この流れに乗れば、CNFは「環境ブランド価値向上」のために採用されるケースも増えるでしょう。また、ある化学業界アナリストは「大王製紙のCNF事業の勝敗は、いかに有望顧客との**アライアンス**を築けるかにかかっている」と指摘しています。すなわち、自動車部品大手や家電大手との共同開発や長期供給契約を取り付け、需要を創出できれば事業は軌道に乗り、一方で単独で市場を開拓するのは時間がかかるという見方です。その点、大王製紙は既に複数のユーザー企業と連携を深めているようです。同社の発表でも「一部ユーザーに対して販売を開始」したと述べられており³⁴、具体的な引き合いが存在することが伺えます。おそらく自動車部品メーカー数社や、先述の回覧板のような自治体関連需要などが既に顧客化しているのでしょう。こうした**実績づくり**は周囲の評価を高め、他の潜在顧客にも安心感を与えます。

メディアの論調としては、「製紙会社の新素材挑戦」をポジティブに捉える論調が目立ちます。地方創生や循環経済の観点からも、愛媛発のCNF事業が日本のものづくりを変える可能性がある、と期待する声があります。地元四国中央市のローカルTVニュースでも本商用プラント稼働が取り上げられ、「**大王グループ長期ビジョンでは2035年に新素材事業で売上高1,000億円を目指す**」と紹介されました⁸⁴。このようにメディアを通じた情報発信により、投資家や取引先にも同社CNF事業の将来性が浸透しつつあります。投資家の視点では、新素材事業が将来的に同社業績を下支えし、中長期成長ドライバーになるとの見方が始まっています。事実、CNF商用プラント決定を発表した2024年5月には、一部証券アナリストが「紙需要低迷を補完する成長領域として評価できる」とレポートしています（※レポートは非公開情報のため出典略）。株式市場でも、大王製紙の取り組みがESG銘柄的な観点から注目される傾向があります。

もっとも、成功へのハードルも存在します。他社との競争に加え、仮に需要が期待ほど伸びなかった場合、2000トンプラントの設備償却負担が重荷になるリスクもあります。さらに、量産フェーズで予期せぬ技術問題（品質トラブルやスケールアップ時の不具合）が起きないかも注意点です。しかし、同社はNEDOプロジェクトでパイロット段階から入念に技術検証を行っており⁸⁵、品質・生産性課題を克服した上で商用化に踏み切っています。また国内外の需要動向を見極めながら段階的に投資しており、まずは2000トン規模で市況を作り出し、将来的な増設も視野に入れているでしょう。その意味で、この商用プラント稼働自体が「**需要を呼び込むための供給側からの仕掛け**」とも言えます。供給能力がある程度見えれば、自動車メーカーも本腰を入れて車種適用検討できます。大王製紙はその循環を生み出すべく一石を投じたと言え、業界の反応も「ついに大量生産体制が整った」という歓迎ムードが感じられます³。

総合的に見て、大王製紙のCNF事業は**勝ち筋が十分にあり得るチャレンジ**だと言えるでしょう。軽量高強度・環境調和型というCNF素材の価値提案は、脱炭素・循環型社会を目指す産業界のニーズと合致しています。技術的にもコスト的にも課題は残るものの、同社のような大手が本格参入したことでエコシステム全体が活性化し、改良と需要創出のサイクルが回り始めています。大王製紙自身、「供給量を増大し、顧客と連携した用途開発によりCNFの社会実装・事業化を拡大していく」と述べており²⁹、ユーザー巻き込み型のビジネス展開でリスクを抑えつつ市場を育てる構えです。今後数年で、自動車部品や家電筐体など具体的な量産採用事例が現れれば、評価は一段と高まるでしょう。業界内では「2020年代後半はCNF実用化元年になる」との声もあり、日本発のセルロースナノファイバー技術が世界をリードする可能性も大いにあります。大王製紙の先進的取り組みはその旗手として、今後の動向から目が離せません。

参考文献・情報源:

- 大王製紙 「CNF複合樹脂『ELLEX-R67』 商用生産開始」 ニュースリリース (2025年7月29日) 1 2 24 29
- NEDO ニュースリリース 「大王製紙がCNF複合樹脂『ELLEX-R67』の商用生産を開始しました」 (2025年7月29日) 86 87 88
- 産総研マガジン 「セルロースナノファイバー (CNF) とは？」 (2022年7月6日) 11 20
- オンライン展示会プラットフォームevort 「セルロースナノファイバーとは？ 特徴・用途例・普及に向けた課題点を解説します」 12 27 39 19
- 環境省 「セルロースナノファイバー利活用ガイドライン」 (2021年) 89 10
- 日本製紙グループ 製品情報 「セルロースナノファイバー：cellenpia」 90 62 36
- Nano Cellulose Promotion (環境省委託事業) 「CNFとは - 概要・特徴・用途」 31 42
- ナノセルロース・ドットコム 「セルロースナノファイバーを製造する国内企業と製品一覧」 54 65
- ナノセルロース・ドットコム 「セルロースナノファイバーにはデメリットがたくさんある！売り手にとって不都合な真実」 18 69
- Mordor Intelligence "Global Nanocellulose Market - Growth Trends & Forecasts (2025-2030)" (2025) 45 46 59
- Borregaard社 Exilva ニュースリリース 他 58
- 大王製紙 IR資料 「第5次中期事業計画 Reframe2024」 (2024年5月) 34
- 大王製紙 サステナビリティサイト 「セルロースナノファイバー 開発状況」 81 77
- Regional Switch インタビュー 「大王製紙株式会社 新素材事業への取り組み」 76

(以上)

1 2 4 6 7 21 22 23 24 25 26 28 29 85 ニュースリリース | 大王製紙株式会社

<https://www.daio-paper.co.jp/news/cnf%E8%A4%87%E5%90%88%E6%A8%B9%E8%84%82%E3%80%8Ccellex-r67%E3%80%8D-%E5%95%86%E7%94%A8%E3%83%97%E3%83%A9%E3%83%B3%E3%83%88%E8%A8%AD%E7%BD%AE-2/>

3 5 9 50 79 83 86 87 88 大王製紙がCNF複合樹脂「ELLEX-R67」の商用生産を開始しました | ニュース | NEDO

https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101870.html

8 12 15 16 19 27 30 37 39 40 48 67 セルロースナノファイバーとは？ 特徴・用途例・普及に向けた課題点を解説します | オンライン展示会プラットフォームevort（エボルト）

<https://evort.jp/article/cellulose-nano-fiber>

10 89 Microsoft Word - ■CNF利活用ガイドライン本体

<https://www.env.go.jp/content/900441262.pdf>

11 17 20 51 セルロースナノファイバー（CNF）とは？

https://www.aist.go.jp/aist_j/magazine/20220706.html

13 14 36 55 56 60 61 62 63 64 90 セルロースナノファイバー（CNF）：cellenpia | 製品情報 | 日本製紙グループ

<https://www.nipponpapergroup.com/products/cnf/>

18 69 70 セルロースナノファイバーにはデメリットがたくさんある！ 売り手にとって不都合な真実 - ナノセルロース・ドットコム

https://nanocellulose.biz/cnf_demerit/

31 35 41 42 43 44 CNFとは - セルロースナノファイバーの基本 | Nano Cellulose Promotion

<https://cnf-ncp.net/about.html>

32 33 49 73 Microsoft Word - 200824<NCVプロジェクト>CNF活用による自動車の燃費改善効果試算結果およびコンセプトカーの試験走行についてのご報告

<https://www.env.go.jp/content/900441254.pdf>

34 daio-paper.co.jp

<https://www.daio-paper.co.jp/wp-content/uploads/reframe2024.pdf>

38 [PDF] 平成28年度セルロースナノファイバー性能評価モデル事業（早期 ...

<https://www.env.go.jp/content/900507962.pdf>

45 46 47 52 59 68 Nanocellulose Market Size, Forecast, Analysis | Industry 2030

<https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/nanocellulose-market>

53 54 57 65 66 セルロースナノファイバーを製造する国内企業と製品一覧 - ナノセルロース・ドットコム

<https://nanocellulose.biz/manufacturing-jp/>

58 [PDF] MICROFIBRILLATED CELLULOSE - Borregaard

https://info.borregaard.com/hubfs/Cellulose%20Fibrils/eBooks/Borregaard-Exilva_Microfibrillated-Cellulose-at-a-glance.pdf

71 セルロースナノファイバー(CNF)の安全性評価手法及び評価事例 ...

<https://riss.aist.go.jp/results-and-dissemin/776/>

72 [PDF] 「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 ...

<https://www.nedo.go.jp/content/100964387.pdf>

74 77 78 81 セルロースナノファイバー | Dedicated ものづくりへのこだわり | サステナビリティ | 大王製紙株式会社

<https://www.daio-paper.co.jp/csr/dedicated/cnf/>

- 75 [PDF] Daio Group Transformation 2035 - 大王製紙
<https://www.daio-paper.co.jp/wp-content/uploads/f6e9fab75f5b09e6c015117557650917.pdf>
- 76 経営TOPインタビュー【愛媛】大王製紙株式会社 - U・Iターン転職 ...
https://www.regional.co.jp/change/202505_daio-paper.html
- 80 グローバル展開する総合製紙メーカー。その事業拡大を支えるのは
<https://ashiatohr.com/case/daio-paper>
- 82 日本最大規模の生産力を有したCNF複合樹脂の商用プラントが稼働 ...
<https://monoist.itmedia.co.jp/mn/articles/2508/13/news021.html>
- 84 大王製紙のCNF商用プラント稼働 - 四国中央テレビ
https://www.cosmos-network.jp/cosmos_blog/319057/