

平成27年度環境省委託業務

平成27年度
地域における低炭素なセルロースナノファイバー
用途開発FS委託業務報告書

平成28年3月

岡山県

平成27年度地域における低炭素な
セルロースナノファイバー用途開発FS委託業務
報告書目次

概要版（日本語・英語）

第1章 FS委託業務の背景	1
1.1 岡山県における森林資源の多方面での活用施策	1
1.1.1 木質バイオマス資源の安定供給体制づくり	1
1.1.2 木質バイオマス発電等のエネルギー利用の推進	2
1.1.3 CLT（Cross Laminated Timber：直交集積板）等の 新たな木材利用技術の推進	3
1.1.4 木質バイオマス資源のマテリアル利用の推進 －おかやまグリーンバイオ・プロジェクト－	4
1.1.5 国等の動向	9
第2章 FS委託業務の目的	12
2.1 FS委託業務の目的	12
2.2 開発等検討会議	12
2.2.1 開発等検討会議の設置	12
2.2.2 開発等検討会議の運営	13
第3章 岡山地域におけるCNF事業化	15
3.1 短期的に実現可能と考えられるCNFの用途検討	15
3.1.1 SMART工場モデル実証における用途開発	15
3.1.2 県の独自事業を活用したCNFの用途開発	21
3.1.3 本業務で対象とするCNFの用途開発	26
3.2 CNFの製造技術の開発	27
3.2.1 SMART工場モデル実証における開発技術	27
3.2.2 課題とその対応策	31
3.3 自動車用ゴム部材の製造技術の開発	33
3.3.1 製造技術の開発	33
3.3.2 課題とその対応策	38
第4章 モデル事業の設定とFSの実施	41
4.1 モデル事業の提案	41
4.1.1 前提条件の設定	41

4.2	事業採算性の検討	44
4.2.1	CNF 製造に係る製造コスト	44
4.2.2	自動車用ゴム部材製造に係る事業採算性の検討	46
4.3	採算性向上に向けた対応策	48
4.3.1	技術開発による対応	48
4.3.2	CNF の添加量の削減による対策	50
第5章	C02 削減ポテンシャルの推計	51
5.1	自動車ゴム部品の製造に係るGHG排出量の試算条件	51
5.1.1	LCA について	51
5.1.2	分析範囲の設定	53
5.1.3	シナリオの設定	54
5.2	プロセス別、GHG 排出量の試算	56
5.2.1	原料採掘工程と素材製造工程における GHG 排出量	56
5.2.2	CNF 製造工程における GHG 排出量	59
5.2.3	(CNF を用いた) ゴム部品製造工程における GHG 排出量	61
5.2.4	自動車組み立て (ゴム部品取り付け) 製造工程における GHG 排出量	63
5.2.5	自動車使用 (走行期間) 工程における GHG 排出量	64
5.2.6	使用済み自動車のリサイクル・処分工程における GHG 排出量	65
5.3	CNF の適用による GHG 排出量の削減ポテンシャルの推計	69
5.3.1	自動車1台のライフサイクル全体における GHG 量	69
5.3.2	小型自動車全量を対象にした場合での GHG 削減効果	71
5.3.3	考察	73
第6章	CNF の普及検討	
6.1	「おかやまグリーンバイオ・プロジェクト」の 公式ウェブサイトの更新	74
6.2	CNF の普及・実用化に向けた連携セミナーの開催	76
第7章	FS 委託業務のまとめ (今後の展開と課題)	86
<<参考資料>>		87

平成27年度地域における低炭素な セルロースナノファイバー用途開発FS委託業務

1 業務の背景と目的

(1) 業務の背景

岡山県では、地域のバイオマス資源を活用する新たな産業の創出により、地域経済の活性化と地球温暖化防止、資源循環型社会の形成を目指す「おかやまグリーンバイオ・プロジェクト」を平成16年度から推進しており、この取組の中で、セルロースナノファイバー（以下「CNF」という。）などの高付加価値素材の技術開発や商品化、用途開発の支援を行っている。

(2) 業務の目的

本業務では、CNFの特長を最大限に発揮することを念頭に、地球温暖化対策に特に貢献が期待できる用途開発分野を特定するとともに、短期的に実現可能と考えられる用途において、地域における事業計画の提案、事業採算性の分析評価、事業実施上の課題抽出を行い、事業実現可能性の評価を行う。さらに、「原料調達、製品製造、廃棄」の一貫した地域モデルを確立するため、最新の低炭素化技術の適用可能性を考慮しつつ、実現性の高い地域モデルの提案及び事業性評価等を実現することを目的とした。

2 CNFの製造技術の開発

(1) 本県における開発技術

平成22～26年度の5年間、本県真庭市を拠点に「森と人が共生するSMART工場モデル実証」（文部科学省「気候変動に対応した新たな社会の創出に向けた社会システムの改革プログラム」採択。以下「SMART工場モデル実証」という。）に取り組み、参画機関であるモリマシナリー株式会社、国立研究開発法人産業技術総合研究所及び岡山県工業技術センターにより、未利用間伐材や製材端材等の木材チップを原料とする化学処理を用いない機械的連続一貫処理によるCNF製造システムを開発した。

(2) CNF製造システムの改良

本業務と並行して、SMART工場モデル実証で開発したCNF製造システムのうち、微粉碎装置の処理能力を現行の処理能力の5倍に増加するなどの製造工程の見直しを行い、CNF製造コストの削減、製造効率の向上が図られた結果、現在市場に投入されているものよりも安価なCNFの安定供給が可能な製造システムが開発された。

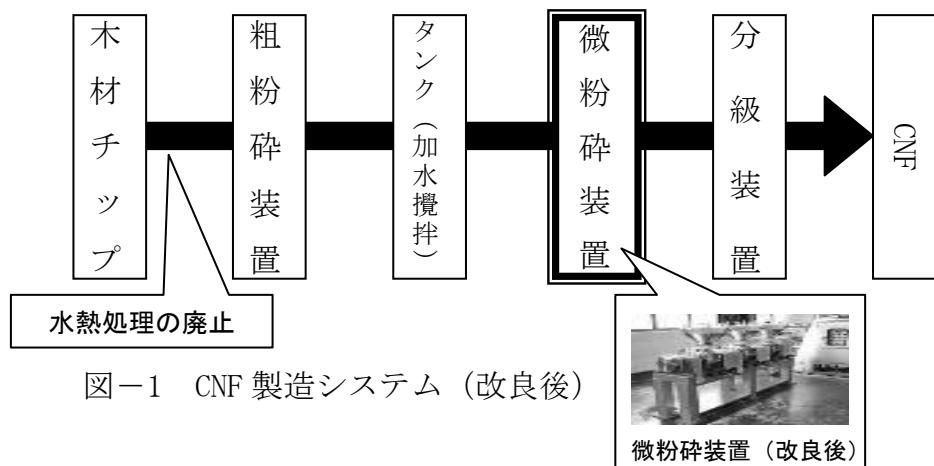


図-1 CNF 製造システム (改良後)

3 CNF 自動車用ゴム部材の製造技術の開発

既に知られているとおり、CNF は親水性が高く、また、単に乾燥して水分を除去すると凝集固化してしまうため、疎水性の材料であるゴムと均一に混合・複合化するのは大変困難となっていた。

丸五ゴム工業株式会社では、自社の持つゴム配合技術を生かしたゴムへの分散性に配慮した新たな CNF 複合化手法と、複合化が容易となる水分の除去方法について、岡山県工業技術センターとの共同開発を行い、その結果、ゴムへの CNF 添加によるモジュラス向上 (約 2 倍)、耐屈曲亀裂成長の改善効果 (約 2 分の 1) が得られたことから、自動車用ゴム部材の軽量化に取り組んでいる。



図-2 CNF 複合手法

4 事業採算性の検討

(1) CNF 製造コスト

CNF の生産量が年間 200 t 以上となる場合、原材料をパルプ、木材チップのいずれの場合でも、1kg 当たりの製造コストは 1,000 円/kg を下回る見込みとなり、現在、一般市場における CNF の価格が 5,000 円/kg~10,000 円/kg であることを考えると、かなりのコストリーダーシップを有する。

(2) 自動車用ゴム部材製造に係る事業採算性の検討

自動車に搭載されるゴム部材は多種多様であるが、これまでの製造実証の結果を踏まえ、2 種類の部材で既存品との収益率の違いについて検証を行った。

それぞれの部材の軽量化率を、製品の形状や成形方法等の違いにより、軽量化率 30%、軽量化率 15%として検証したが、いずれの場合も、CNF 複合化に要するコスト等の影響もあり、CNF の購入価格が 1,000 円/kg では、既存品と同程度

の利益率を確保することは困難であった。

事業採算性を確保するためには、さらなる技術開発により、ゴムに対する CNF の補強効果の向上による軽量化率の向上又は CNF の添加割合の減少による原材料費の削減、CNF 複合手法の効率化による製造コストの削減等を実現する必要がある。

5 GHG 削減ポテンシャルの推計

自動車用ゴム部品を対象に、CNF を適用していない従来品製造と CNF を適用した部品を製造する場合とを比較し、GHG (Greenhouse Gas、温室効果ガス) 削減ポテンシャルの推計を LCA (Life Cycle Assessment、ライフサイクルアセスメント) を実施することにより行った。

LCA 実施に必要なライフサイクルインベントリデータを構築するため、まず、図-3 のように、自動車とゴム部品のライフサイクルと GHG 排出量の分析範囲を設定した。具体的には、原料の採掘からリサイクル及び処分までの 6 つの工程を GHG 排出量の分析範囲として設定した。

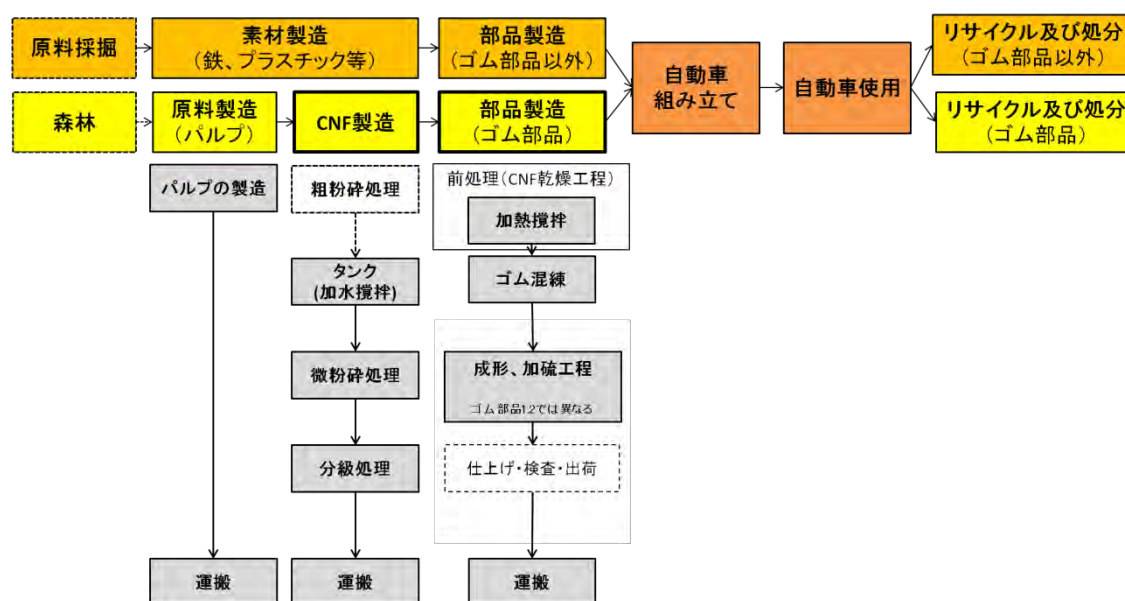


図-3 自動車のライフサイクルと GHG 排出量の分析範囲

※「森林⇒素材製造」のプロセスによる GHG 量は CNF の製造を対象にした。

※「自動車の使用」工程では、年間走行距離 9,200km/年、使用年数 12.44 年/台に設定した。

CNF の使用有無による自動車用ゴム部品の LCA による GHG 排出量の削減ポテンシャルを推計するに当たり用いた、CNF を補強材に用いる場合の CNF 含有率及び部品の重量削減率を表 1 に示す。ゴム部品 1 と 2 における CNF 含有率はそれぞれ a% と b% と設定した。また、CNF 添加による重量の削減率は、ゴム部品 1 と 2 とで各 10% 減・20% 減・30% 減、及び、5% 減・10% 減・15% 減と設定した。これらの内容をもとに、CNF が適用されない従来のゴム部品を使用する BAU (Business as usual) 案と CNF を適用したゴム部品を使用する CNF 案 (重量削減率によって 3 案に区分)

のシナリオを設定し、両者間の GHG 排出量の差を推計した。

【表 1 シナリオの設定】

区分		BAU	CNF1	CNF2	CNF3
ゴム部品 1	CNF 含有率	0	a%		
	重量削減率	0	10%	20%	30%
ゴム部品 2 (A、B)	CNF 含有率	0	b%		
	重量削減率	0	5%	10%	15%

※BAU(Business as usual)は CNF を入れない現在案を示す。

※CNF1～CNF3 で定められる CNF 含有率と重量削減率は、関連製造会社からの聞き取り調査により得られた値である。

6 CNF の適用による GHG 排出量の削減ポテンシャルの推計

CNF を適用することにより、ゴム部品の総重量はシナリオ BAU の 1.225 kg/台から約 7%～21%削減される(表 2)。

【表 2 ゴム部品の種類別重量 [単位：g/台]】

区分	総重量	ゴム部品 1	ゴム部品 2		
			A	B	
乗用車(1800-2000cc)	850-1600	300-700	400-600	150-300	
代入値	BAU	1,225	500	500	225
	CNF1	1,139	450	475	214
	CNF2	1,052	400	450	202
	CNF3	966	350	425	191

※ゴム部品の重量は、関連工場の担当者からの聞き取り調査から得られたデータを用いた。各ゴム部品の重量の幅の中、平均値を代入値として用いた。

※小数点以下を四捨五入した数値を使った。

ゴム部品に CNF を補強材として導入するシナリオ CNF1～3 における GHG 排出量は、CNF の原料となるパルプの製造、及び、CNF 製造の 2 つの工程では、シナリオ BAU に比べて 0.90 kg-CO₂eq/台～1.08 kg-CO₂eq/台増加した。しかし、ゴム部品に投入される既存素材の投入量が削減するため、ゴム部品の製造におけるトータルの GHG 排出量は BAU より 2.03 kg-CO₂eq/台～5.83 kg-CO₂eq/台減少した(表 3)。

【表 3 シナリオ別、ゴム部品の製造における GHG 排出量[単位：kg-CO₂eq/台]】

区分	トータル	原料製造 (パルプ)	CNF 製造	ゴム部品 製造	処理・ リサイク ル	自動車製造	
						全体	中、ゴム部 品の製造分 の割合
BAU	28.39	0.00	0.00	27.33	1.06	3,751.1	0.76%
CNF1	27.34	0.68	0.40	25.30	0.96	3,750.1	0.73%
CNF2	25.28	0.62	0.37	23.40	0.89	3,748.0	0.67%
CNF3	23.21	0.56	0.34	21.50	0.81	3,745.9	0.62%

シナリオ別自動車1台のライフサイクルでのGHG排出量を表4に示す。

【表4 シナリオ別、自動車1台当たりのGHG排出量 [単位: kg-CO₂eq/台]】

区分	ライフサイクル全体	自動車製造	自動車使用	リサイクル・処分	BAU 対比	
					GHG 削減量	GHG 削減率
BAU	50,602.7	3,751.1	45,075.9	1,775.7	—	—
CNF1	50,598.8	3,750.1	45,073.2	1,775.6	3.9	▽0.01%
CNF2	50,594.0	3,748.0	45,070.4	1,775.5	8.8	▽0.02%
CNF3	50,589.1	3,745.9	45,067.7	1,775.4	13.7	▽0.03%

※自動車製造プロセスには原料製造、部品製造、自動車組み立て工程が含まれている。

車1台のライフサイクル全体でのGHG排出量は、BAUに比べて、それぞれ3.9 kg-CO₂eq/台～13.7 kg-CO₂eq/台減少した。削減率としては0.01%～0.03%であるが、CNF使用によるゴム部品の減量化が、GHG量の削減に貢献していることが示唆された。

Regional FS Commissioned Business of Low-carbon Cellulose Nano-fiber Application Development in 2015

1. Background and purpose of this business

(1) Business background

Okayama has promoted “Okayama Green Bio Project” since 2004. This project aims at revitalization of regional economies, prevention of global warming, and establishment of environmentally sound resource cycle society, by creating a new industry that uses regional biomass resource. It supports technology development, commercialization, and application development of high-value-added materials such as cellulose nano-fiber (hereinafter referred to as “CNF”).

(2) Business purpose

This business tries to demonstrate the utmost merit of CNF. Application development fields that are expected to contribute to global warming measures should be specified. In applications that are considered feasible in the short term, regional business projects should be proposed, business profitability should be analyzed and evaluated, and issues for business operation should be identified, for the purpose of feasibility assessment. To establish consistent regional model of “material procurement, production, and disposal,” application possibility of the latest low-carbon technology is considered. Proposal of regional model with high feasibility and realization of feasibility evaluation are aimed.

2. CNF production technology development

(1) Development technology in Okayama

During 5 years from 2010 to 2014, Maniwa-city, Okayama, adopted “Demonstration of SMART Plant Model, Symbiosis of Forest and People” (Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology “Social System Reformation Program for Creation of New Society matching Climate Change” was adopted. It is hereinafter referred to as “Demonstration of SMART Plant Model.”) Mori Machinery Corporation, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, and Industrial Technology Center of Okayama Prefecture developed CNF production system that adopted continuous and integrated mechanical process. As a result, chemical process that uses wood chip of unutilized thinned wood and timber waste as raw materials became unnecessary.

(2) CNF production system improvement

Among the CNF production systems developed in Demonstration of SMART Plant Model, a production system was developed to enable stable supply of CNF at lower cost than those currently brought to the market, while conducting this business. This development was realized by reviewing production process. For example, processing capacity of pulverization apparatus was increased at five times compared to the current processing capacity. In addition, CNF production cost was reduced, and production efficiency was improved.

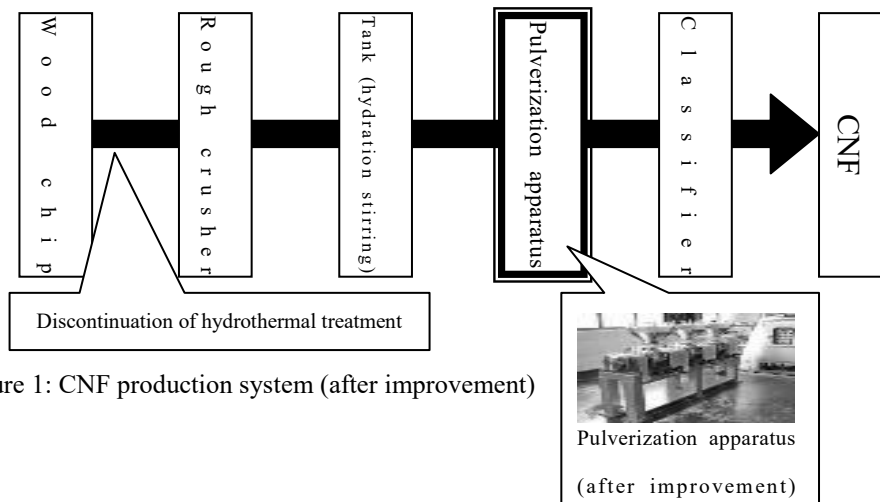


Figure 1: CNF production system (after improvement)

3. Production technology development of automobile rubber member using CNF

As already known, CNF has high hydrophilic property. CNF is flocculated and solidified when it is simply dried and moisture is removed. This has resulted in difficulty of even mixing and compound with rubber because it is hydrophobic.

Marugo Rubber Industries, Ltd used its own rubber compound technology. This resulted in a new CNF compound method with consideration to rubber dispersibility and a moisture removal method, which facilitated compound. Marugo jointly developed with Industrial Technology Center of Okayama Prefecture. As a result, modulus was improved (approximately double) by CNF addition to rubber, and flexing crack growth resistance was improved (approximately half). These improvements led to attempt for automobile rubber member weight reduction.

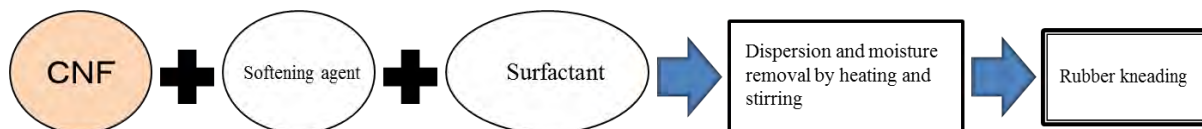


Figure 2: CNF compound method

4. Review of business profitability

(1) CNF production cost

When the annual CNF production exceeds 200t, production cost per kg is expected to fall below 1,000 yen per kg regardless of the type of raw material used (pulp or wood chip). Currently, CNF price in general market is from 5,000 yen to 10,000 yen per kg. This production cost is thus considered to have cost leadership.

(2) Review of business profitability concerning automobile rubber member production

Various types of rubber members are mounted to automobiles. Based on the results of past production demonstrations, profitability differences with the existing product were reviewed for two types of rubber members.

Weight reduction rate of each member was set as 30% and 15%, depending on the differences like product form and forming method. For both members, cost influence needed for CNF compound

resulted in difficulty, in ensuring comparable profitability as the existing product when purchase price of CNF was 1,000 yen per kg.

To ensure business profitability, technology needs to be further developed to improve reinforcing effect of CNF to rubber. This improvement reduces material cost as a result of weight reduction improvement and CNF additive reduction. CNF compound method efficiency reduces production cost.

5. Estimation of GHG reduction potential

Manufacturing of conventional automobile rubber part without CNF was compared with manufacturing of new automobile rubber part with CNF, and Greenhouse Gas (GHG) reduction potential was estimated by Life Cycle Assessment (LCA).

To build the life cycle inventory data necessary for LCA, life cycle of automobile and rubber part, and area of analysis of GHG emission were set as described in Figure 3. Specifically, six processes from raw material mining to recycle and disposal were set as area of analysis of GHG emission.

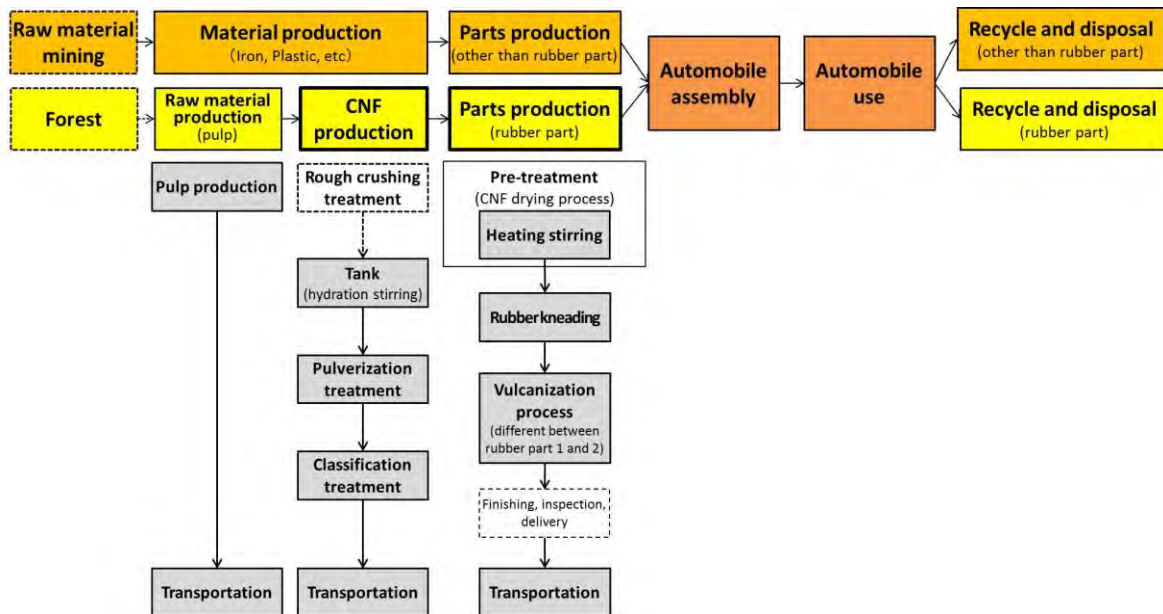


Figure 3: Area of analysis of automobile life cycle and GHG emission rate

* GHG emission in the process of “forest to material production” targets CNF production.

* In “Automobile use” process, annual mileage is set at 9,200km per year, and age of service is set at 12.44 years per automobile.

Table 1 shows CNF content and part weight reduction rate when using CNF as reinforcing materials. These data are used for estimating the reduction potential of GHG emission by LCA of automobile rubber materials with or without CNF. The CNF contents of rubber material 1 and 2 were each set as A% and B%. Weight reduction rate by adding CNF were set: reduction at 10%, 20%, and 30% for rubber part 1, and reduction at 5%, 10%, and 15% for rubber part 2. Scenario setting was made to estimate the difference in GHG emission between two scenarios: the case of business as usual (BAU) that uses the conventional rubber part without CNF, and the case of CNF that uses rubber part with CNF (divided into three scenarios by each weight reduction rate).

<Table 1: Scenario setting>

Division		BAU	CNF1	CNF2	CNF3
Rubber part 1	CNF content	0	A%		
	Weight reduction	0	10%	20%	30%
Rubber part 2 (A and B)	CNF content	0	B%		
	Weight reduction	0	5%	10%	15%

* BAU (Business as usual) shows the current scenario without CNF.

* CNF1 to CNF3 show CNF content and weight reduction that are obtained from associated manufacturers by interview.

6. Estimation of GHG emission reduction potential by using CNF

The total weight of rubber part is 1.225kg per automobile in scenario BAU, and it is reduced approximately from 7% to 21% by using CNF (Table 2).

<Table 2: Weight per rubber type (unit at g/automobile)>

Division	Total weight	Rubber part 1	Rubber part 2	
			A	B
Automobile (1800-2000cc)	850-1600	300-700	400-600	150-300
Assigned value	BAU	1,225	500	225
	CNF1	1,139	450	214
	CNF2	1,052	400	202
	CNF3	966	350	191

* Rubber part weight is based on the data obtained from the interview with staffs of associated manufacturers. Among the range of each rubber part weight, the average was used as the assigned value.

* The value obtained by rounding off after the decimal point.

Scenarios from CNF 1 to 3 introduce CNF at rubber part as reinforcing material. GHG emission of these scenarios increased compared to scenario BAU in two processes: production of pulp that is used as CNF raw material, and production of CNF. GHG emission of CNF was increased at 0.90 kg-CO₂eq/automobile to 1.08 kg-CO₂eq/automobile, compared to BAU. However, input amount of the exiting material into rubber part was reduced. As a result, the total GHG emission in the production of rubber part was reduced at 2.03 kg-CO₂eq/automobile to 5.83 kg-CO₂eq/automobile, compared to BAU (Table 3).

<Table 3: GHG emission rate in producing rubber parts per scenario (unit at kg-CO₂eq/automobile)>

Division	Total	Raw material production (pulp)	CNF production	Rubber part production	Process and recycle	Automobile production	
						Total	Out of total, rate of rubber part production
BAU	28.39	0.00	0.00	27.33	1.06	3,751.1	0.76%
CNF1	27.34	0.68	0.40	25.30	0.96	3,750.1	0.73%
CNF2	25.28	0.62	0.37	23.40	0.89	3,748.0	0.67%
CNF3	23.21	0.56	0.34	21.50	0.81	3,745.9	0.62%

Table 4 shows GHG emission at life cycle of an automobile per scenario.

<Table 4: GHG emission for each automobile per scenario (unit: kg-CO₂eq/automobile)>

Division	Entire life cycle	Automobile production	Automobile use	Recycle and disposal	BAU comparison	
					GHG reduction	GHG reduction rate
BAU	50,602.7	3,751.1	45,075.9	1,775.7	—	—
CNF1	50,598.8	3,750.1	45,073.2	1,775.6	3.9	▽0.01%
CNF2	50,594.0	3,748.0	45,070.4	1,775.5	8.8	▽0.02%
CNF3	50,589.1	3,745.9	45,067.7	1,775.4	13.7	▽0.03%

* Automobile manufacturing process includes raw material production, part production, and automobile assembly process.

GHG emission in the entire life cycle of an automobile was each reduced at 3.9 kg-CO₂eq/automobile to 13.7 kg-CO₂eq/automobile, compared to BAU. Reduction rate was 0.01% to 0.03%, and it was clearly shown that weight reduction of rubber part by using CNF contributed to reduction of GHG emission.

第1章 FS 委託業務の背景

1.1 岡山県における森林資源の多方面での活用施策

岡山県では、県土の約7割を占める森林の持つ地球温暖化防止をはじめとする多面的な機能の維持・向上と、森林資源の活用による地域の活性化に取り組んでおり、森林資源のカスケード利用（余すことなく利用する）により、森林資源の「伐って・使って・植えて・育てる」という好循環を確立するため、森林資源の多方面での活用に向けた様々な取組を展開している。

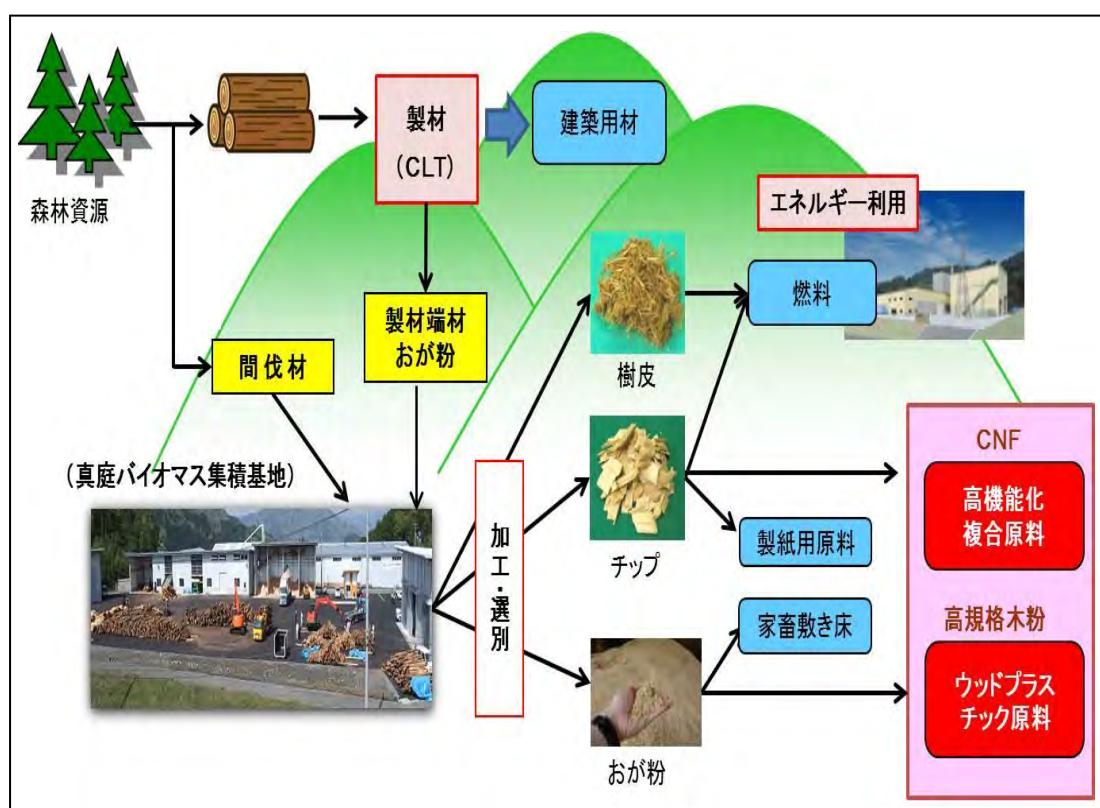


図 1-1-1 木質資源のカスケード利用

1.1.1 木質バイオマス資源の安定供給体制づくり

平成 20 年度に、真庭産業団地内に間伐材や製材端材を集積する拠点として「真庭バイオマス集積基地」を整備。

木質バイオマスの利活用に係る資源の安定供給が可能となっている。



(出典：真庭市)

図 1-1-2 真庭バイオマス集積基地

○間伐材等の丸太買取価格；4,500円～5,000円/w－t

○集積基地への林地残材等の搬入量（平成26年度）：約20,000t

1.1.2 木質バイオマス発電等のエネルギー利用の推進

平成27年4月から、本県真庭市において未利用材を主燃料とする「真庭バイオマス発電所」が稼働。

○建設場所：真庭産業団地

○発電規模：10,000kw（2万2千世帯分に相当）

○年間出力：79,200MWh（24時間運転330日稼働）

○利用燃料：木質バイオマス 148,000t/年

うち未利用木材 90,000t/年、一般木材 58,000t/年



(出典：真庭市)

図 1-1-3 真庭バイオマス発電所

1.1.3 CLT（Cross Laminated Timber：直交集積板）等の新たな木材利用技術の推進

CLT 加工施設等の整備と新規用途の創出に向けた取組を支援。

○建築資材としての新たな需要創出（コンクリートの代替可能性を確立）

○従来工法の中に CLT を組み合わせる（ハイブリット）。

○家具、木塀、木工製品などの新製品の開発



(出典：真庭市)

図 1-1-4 CLT（直交集積板）を使用した建築物

1.1.4 木質バイオマス資源のマテリアル利用の推進

—おかやまグリーンバイオ・プロジェクト—

木の特長を踏まえた新たな工業材料の開発等により、森林資源のトータルとしての価値向上と新産業の創出を目指す「おかやまグリーンバイオ・プロジェクト」を平成 16 年度から推進しており、本業務の対象であるセルロースナノファイバー（以下「CNF」という。）などの高付加価値素材の開発や、商品化、用途開発の支援を行っている。

- 間伐材や製材端材等の木質バイオマスを利活用する県内企業の技術・製品開発を支援
- 限りある石油資源等の代替として県内に豊富にある持続可能な資源をマテリアル利用
- 木質バイオマスの高付加価値化を通じ健全な「森づくりの循環（森林保全）」に貢献



図 1-1-5 おかやまグリーンバイオ・プロジェクトの概念図

(1) おかやまグリーンバイオ・プロジェクトの主な取組内容

ア 高機能素材の開発

おかやまグリーンバイオ・プロジェクトの中核事業として、平成 22～26 年度の 5 年間において、本県真庭市（真庭バイオマス集積基地）を拠点に「森と人が共生する SMART 工場モデル実証」（文部科学省「気候変動に対応した新たな社会の創出に向けた社会システムの改革プログラム」採択。以下「SMART 工場モデル実証」という。）に取り組み、未利用間伐材や製材端材等の木質資源から高付加価値素材である CNF の製造技術の確立、素材生産者、製材事業者、行政等の地域関係者の連携による真庭バイオマス集積基地への間伐材等の安定供給体制の構築、自然エネルギーの活用等による工場内の CO₂ 排出削減システムの構

築といった成果が得られているところである。

OSMART 工場モデル実証で達成されたミッションステートメント

- ・木材チップから一貫連続処理での CNF 製造と樹脂混練技術の確立
- ・地域特性に応じたコンパクトで安定的な新エネルギー複合システム技術の確立
- ・全国の林地残材の活用拡大につながる持続可能な事業モデルの構築

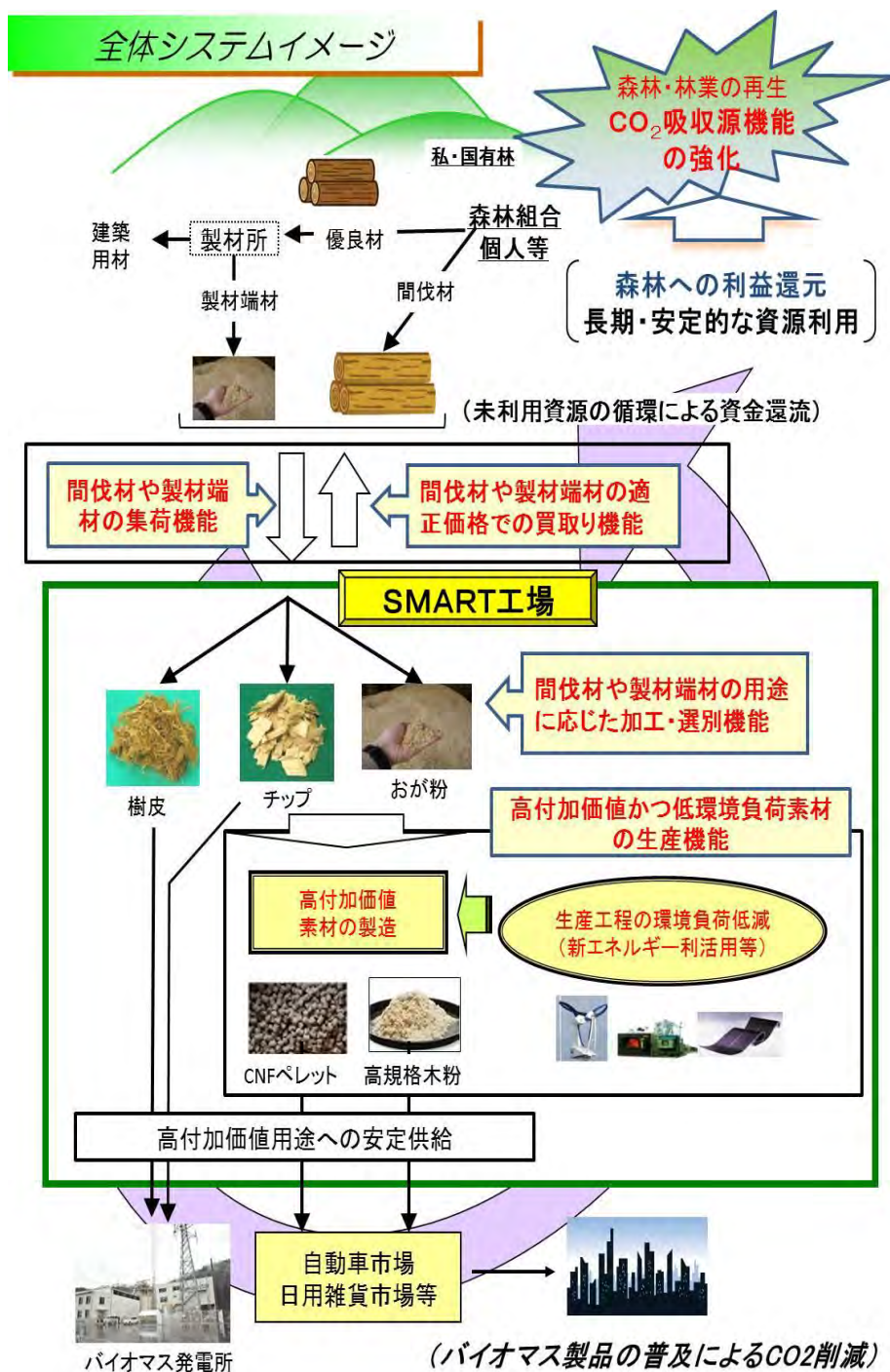


図 1-1-6 SMART 工場モデル実証の概念図

イ 用途開発の推進

未利用間伐材や製材端材等の木質バイオマスから、自動車や情報家電等のメーカーニーズに沿った新素材や新製品などの開発を進め用途を拡大するため、県内の企業や大学等が有する有望な木質バイオマス利活用の研究・技術シーズを活かして、研究から実用化までを段階に応じてシームレスな支援を実施しているところである。

(2) これまでの主な取組

ア CNF を利活用した用途開発

(ア) CNF の強化材としてのゴムへの利用検討：丸五ゴム工業(株)

※CNF をゴム中に均一分散させ、カーボンブラック等の補強では得られなかった諸特性（高強度、高モジュラス等）を付与させたゴム材料を開発し、製品用途への応用を図る。

(イ) CNF の高機能化によるファインバイオマスの商品開発

：真庭バイオケミカル(株) 外

※有機化学的手法を用いて、CNF にイオン性官能基や特殊機能化材を導入して、消臭性や止血性などを有するファインバイオマスの商品開発に取り組んでいる。

(ロ) セルロース微粉碎物アクリル複合繊維による炭素電極材料の開発

：国立大学法人 岡山大学 外

※セルロース微粉碎物を前処理なしに、分散したままの状態複合繊維を紡糸し、これを炭素材料化し電極材料を作製。

(ハ) 希薄溶液からの結晶化を利用したセルロースナノファイバー（コア）/高分子結晶（シェル）ナノ複合体繊維の作製：国立大学法人 岡山大学 外

※シーリング材やゴム等と複合化しやすいような CNF のコーティング技術の確立。

イ 木粉を利活用した用途開発

(ア) ウッドプラスチック製自動車内装材

：(株)日本ジー・オー・アール、難波プレス工業(株)

※プラスチックに木を混ぜることで、高強度・低価格を実現(木質 40～50%)
高剛性・発泡技術を確立し、20%軽量化を実現。

※マツダ・デミオ、三菱・ギャランフォルティススポーツバックで採用



図 1-1-7 ウッドプラスチック製自動車内装材

(イ) ウッドプラスチック製物流用パレット

: (株)ウッドプラスチックテクノロジー

※木製のようなトゲ・ササクレがなく積荷に優しく、プラスチック製に比べてたわみづらく丈夫で安価である（木質 50%）。

※ウッドプラスチックの流動解析技術を確立し、新製品投入に係るコストと時間を大幅削減した。

※日本パレットプール(株)のレンタル商品として採用



図 1-1-8 ウッドプラスチック製物流パレット

(ウ) ウッドプラスチック製日用品（うちわ、櫛、コンテナ、フラワーベース等）

: (株)リプロ、{ (株)ヒノキ、出光興産(株)、サンヨー
化成工業(株)、積水テクノ成形(株)

: (株)ウッドプラスチックテクノロジー

※加工しやすいウッドプラスチック材料を開発し、プラスチック製品の一部を木で置き換え（木質～50%）、加工しにくいという従来の問題点を改善したウッドプラスチックを開発。

木材の用途を、これまでの建築業から製造業に広く展開する取組



図 1-1-9 ウッドプラスチック製日用品

※射出成形用途のウッドプラスチック材料を改良（耐衝撃性・流動性）してより大型の射出成形品を試作した（木質～20％）。



木質 20%

図 1-1-10 ウッドプラスチック製大型射出成形品

(イ) 針葉樹菌床で栽培するキノコ（キクラゲ・シイタケ）：浅野産業(株)

※従来は商業生産が不可能とされていた針葉樹を培地としたキクラゲ等の生産技術を確立した（県内のヒノキ等を活用）。



図 1-1-11 針葉樹菌床で栽培するキノコ

(オ) ウッドプラスチック製敷き板（養生板）

：(株)ウッドプラスチックテクノロジー

※同サイズの鉄板（500kg）に対して 40kg と軽量である（木質 20％）。

木質繊維で強化されたプラスチックを高圧プレスで加工し、高強度である。



木質 20%

図 1-1-12 ウッドプラスチック製敷き板（養生板）

以上、本県ではこれまでに、CNF については、自動車用ゴム部材の薄肉化技術の開発、水性塗料の耐候性向上や消臭効果の付加の開発等、木粉については、自動車内装材、流通資材、建築用資材、日用品等の開発など、CNF 等の木質バイオマス資源の MATERIAL 利用の推進に取り組んできたところである。

1.1.5 国等の動向

経済産業省は、2030年に年間1兆円規模の市場創造を目標と設定し、新たな産業としての高度バイオマス産業が生まれ、低炭素社会、循環型社会の構築に貢献をしていくことに期待することとした。（図1-1-13）

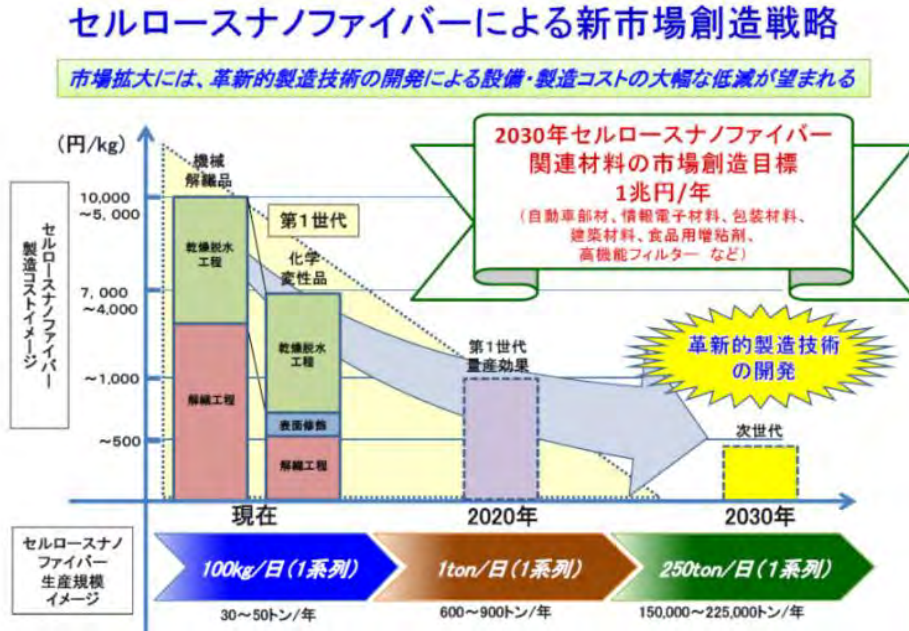


図 1-1-13 セルロースナノファイバーによる新市場創造戦略
 (出典：経済産業省「平成 25 年度製造基盤技術実態等調査 (紙業産業の将来展望と課題に関する調査)」)

平成 26 年 6 月には、「日本再興戦略」改訂 2014 において、CNF の研究開発等によるマテリアル利用の促進に向けた取組の推進が位置付けられ、続く改訂 2015 においても、国際標準化に向けた研究開発を進めつつマテリアル利用への取組を推進することとされている。

二. 戦略市場創造プラン

テーマ 4：世界を惹きつける地域資源で稼ぐ地域社会の実現

テーマ 4 - ① 世界に冠たる高品質な農林水産物・食品を生み出す豊かな農山漁村社会

(3) 新たに講ずべき具体的施策

iv) 林業・水産業の成長産業化等

① 林業の成長産業化

豊富な森林資源を循環利用し、森林の持つ多面的機能の維持・向上を図りつつ、林業の成長産業化を進める。(中略)

・木質バイオマスについて、地域密着型の小規模発電や熱利用との組み合わせ等によるエネルギー利用促進を図るとともに、セルロースナノファイバー(超微細植物結晶繊維)の研究開発等によるマテリアル利用の促進に向けた取組を推進する。

図 1-1-14 「日本再興戦略」改訂 2014 P.114 から抜粋

同じく平成 26 年 6 月には、これらの流れを受ける形で、（独）産業技術総合研究所を事務局に、研究開発、事業化、標準化に向けた、経済産業省、文部科学省など関係省庁や企業、大学等によるオールジャパン体制によるコンソーシアム「ナノセルロースフォーラム」が立ち上げられるとともに、8 月には「関係省庁連絡会議」が設置された。

さらに、平成 27 年 4 月からは、ナノセルロースに関する地域展開を支援するため、ナノセルロースフォーラムに地域分科会が設置され、地域内・地域間の情報交換、連携が促進されることとなった。

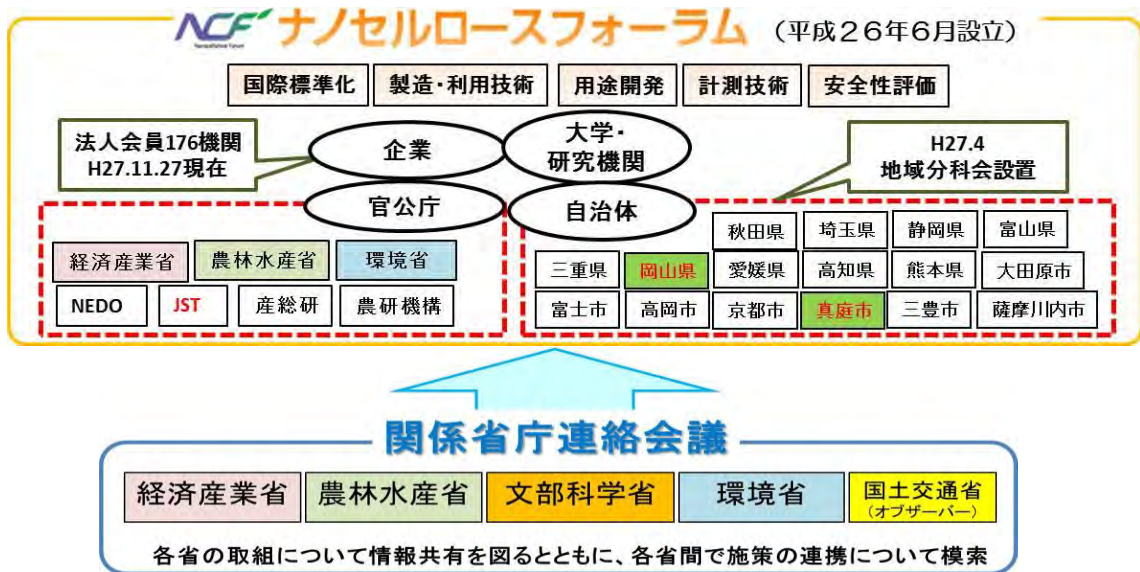


図 1-1-15 ナノセルロースフォーラム及び関係省庁連絡会議の体制図 (出典：経済産業省資料)

こうした中、地方自治体や経済産業局により、製紙業、部素材産業などの地域産業を活かした CNF への取組の動きも進められつつある。

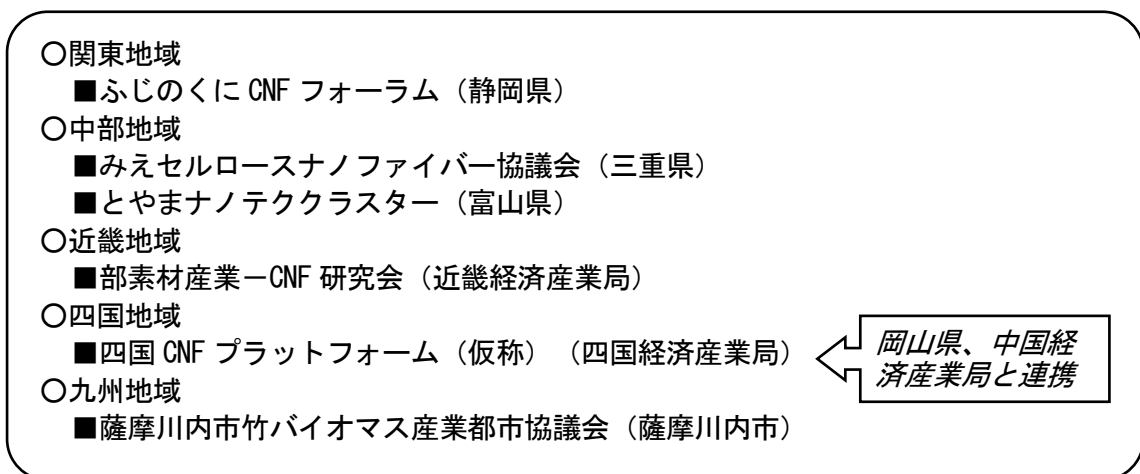


図 1-1-16 地域における CNF への取組状況

以上のように、全国的にも CNF の研究開発、事業化、標準化等の加速化が求められている中、本県においては、これまでの取組を発展させ、本県の誇る地域資源である木質バイオマスから、高付加価値素材である CNF 等の生産、用途開発、販路開拓等を進めることとしているが、CNF の特性を活かし、かつ、経済性及び環境性の面で最も効果が見込まれる用途として、自動車部材として車体の軽量化等に資するゴム部品への適用を提案し、CNF 製造からゴム部品製造までの工程を本県内産業で一貫して行う地域モデルを構築する。

第2章 FS 委託業務の目的

2.1 FS 委託業務の目的

本業務では、CNF の特長を最大限に発揮することを念頭に、地球温暖化対策に特に貢献が期待できる用途開発分野を特定するとともに、短期的に実現可能と考えられる用途において、地域における事業計画の提案、事業採算性の分析評価、事業実施上の課題抽出を行い、事業実現可能性の評価を行う。さらに、「原料調達、製品製造、廃棄」の一貫した地域モデルを確立するため、最新の低炭素化技術の適用可能性を考慮しつつ、実現性の高い地域モデルの提案及び事業性評価等を実現することを目的とした。

2.2 開発等検討会議

2.2.1 開発等検討会議の設置

本事業を実施する上で、研究開発及びその過程において生じた課題等を検討することを目的として、開発等検討会議を次のとおり設置した。

(1) 設定期間

開発等検討会議の設置期間は、平成 27 年 7 月 1 日から FS 委託業務終了時までとした。

(2) 組織

開発等検討会議は、FS 委託業務に参画する企業である丸五ゴム工業株式会社新規事業開発部職員、モリマシナリー株式会社セルロース開発室長、グリーンバイオ・プロジェクトコーディネーター、岡山県産業労働部産業振興課長、岡山県工業技術センター研究員、国立研究開発法人産業技術総合研究所研究員、国立大学法人に所属する木質系バイオマス利活用の専門家、独立行政法人中小企業基盤整備機構アドバイザー、又はそれに相当する職員で構成し、議長には岡山県産業労働部産業振興課長を充てた。

特に専門的観点から必要があれば、議長は他の技術専門家を検討会議の構成員に含めることができるとし、その技術専門家の選定は議長が行うこととした。

(3) 開発等検討会議の開催

開発等検討会議は 2 ヶ月に 1 回程度開催するものとした。

また、議長が、FS 委託業務に参画する企業及び自動車メーカー並びに有識者に対し、必要に応じて文章による報告を求め、又は研究現場でのヒアリング等を実施することができることとした。

(4) 秘密の保持

FS 委託業務に参画する企業及び開発等検討会議への出席者等は、FS 委託業務の実施又は開発等検討会議において知り得た情報について、秘密保持の義務を負うこ

ととした。

2.2.2 開発等検討会議の運営

(1) 構成委員名簿

ア FS 委託業務に参画する企業

(ア) 丸五ゴム工業株式会社 新規事業開発部 主任 服部 文彦

(イ) モリマシナリー株式会社 セルロース開発室 室長 山本 顕弘

イ 岡山県産業労働部産業振興課

(ア) グリーンバイオ・プロジェクトコーディネータ 竹内 善幸

(イ) 課長 森脇 啓治

ウ 岡山県工業技術センター 所長 鈴木 隆之

エ 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 機能化学研究部門

セルロース材料グループ グループ長 遠藤 貴士

オ 国立大学法人岐阜大学 応用生物科学部 准教授 寺本 好邦

カ 独立行政法人中小企業基盤機構 中部本部

プロジェクトマネージャー 加藤 隆幸

(2) 開発等検討委員会の開催状況

ア 第1回開発等検討会議

(ア) 開催日 平成 27 年 11 月 18 日 開催

(イ) 出席者 丸五ゴム工業株式会社 新規事業開発部 主任 服部 文彦

モリマシナリー株式会社 セルロース開発室 室長 山本 顕弘

岡山県産業労働部産業振興課 課長 森脇 啓治

岡山県工業技術センター 次長 産本 弘之 (代理出席)

国立研究開発法人産業技術総合研究所 機能化学研究部門

セルロース材料グループ グループ長 遠藤貴士

国立大学法人岐阜大学 応用生物科学部 准教授 寺本 好邦

独立行政法人中小企業基盤機構 中部本部

プロジェクトマネージャー 加藤 隆幸

(ウ) 議 題 技術的アドバイス、販路開拓へのアドバイス 外

イ 第2回開発等検討会議

(ア) 開催日 平成 28 年 2 月 18 日 開催

(イ) 出席者 丸五ゴム工業株式会社 新規事業開発部 主任 服部 文彦

モリマシナリー株式会社 セルロース開発室 室長 山本 顕弘

岡山県産業労働部産業振興課

グリーンバイオ・プロジェクトコーディネータ 竹内 善幸

課長 森脇 啓治

岡山県工業技術センター 所長 鈴木 隆之

国立研究開発法人産業技術総合研究所 機能化学研究部門

セルロース材料グループ グループ長 遠藤貴士

国立大学法人岐阜大学 応用生物科学部 准教授 寺本 好邦

独立行政法人中小企業基盤機構 中部本部

プロジェクトマネージャー 加藤 隆幸

(ウ) 議題 技術的アドバイス、市場投入に向けたPR方法 外



図 2-2-1 開発等検討会議開催風景

第3章 岡山地域における CNF 事業化

SMART 工場モデル実証をはじめとする「おかやまグリーンバイオ・プロジェクト」の取組により得られた木質資源からの CNF の製造技術及び CNF を活用した用途開発技術を基に、地球温暖化対策への貢献が期待でき、かつ、短期的に実現可能と考えられる CNF の用途について次のとおり検討を行った。

<p>□検討を行った項目</p> <ul style="list-style-type: none">・ポリプロピレン (PP) への CNF の複合化・溶融紡糸法による高強度セルロース繊維の生産技術開発・自動車用ゴム部材への CNF の適用開発・消臭剤への CNF の適用開発・塗料への CNF の適用開発・CNF 系複合材料の炭素電極材料への利用検討・CNF/高分子結晶 コアシェルナノ複合体繊維の作製と複合体への応用

図 3-1-1 メカニカルアロイによる CNF の改質

3.1 短期的に実現可能と考えられる CNF の用途検討

3.1.1 SMART 工場モデル実証における用途開発

(1) ポリプロピレンへの CNF の複合化方法の開発

SMART 工場モデル実証で、参画企業であるモリマシナリー株式会社により製造システムが確立された CNF を工業用材料として利用するため、国立研究開発法人産業技術総合研究所において、汎用樹脂であるポリプロピレン（以下「PP」という。）への CNF の複合化方法の開発を行い、その開発結果を基に、同じく参画企業であるトクラス株式会社において、機械的な粉碎時に発生するエネルギーを利用し、CNF をプラスチックと複合化しやすい形へ効率的に変換するメカニカルアロイ技術を確立するとともに、量産化技術を確立した。

また、CNF の流動特性（チクソ性）を利用し、含水状態のメカニカルアロイした CNF を直接プラスチックに混合する新たなコンパウンド手法（迅速コンパウンド化手法）を確立し、さらに量産化を実現した。

迅速コンパウンド化手法による量産物を用いて成形性評価を実施し、CNF 1%添加で 40MPa の引張強度を達成した。また、汎用成形施設による製品製造を実証した。



図 3-1-2 メカニカルアロイによる CNF の改質 (出典：トクラス(株))

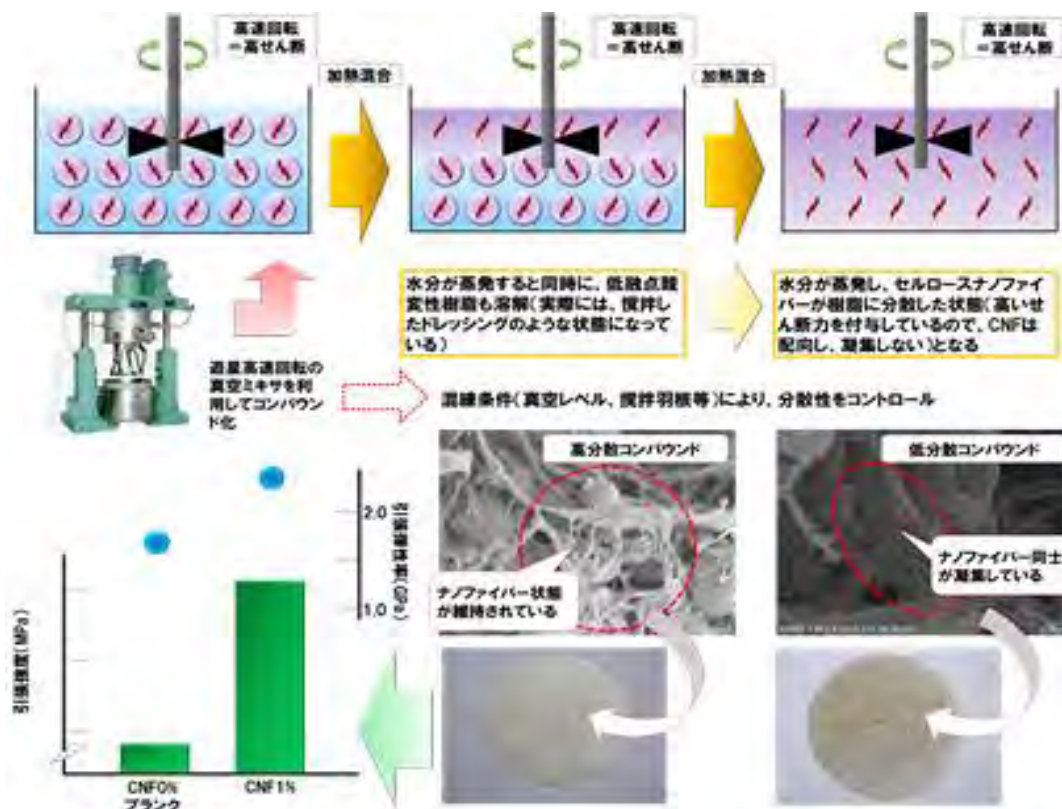


図 3-1-3 迅速コンパウンド化手法によるプラスチックとの複合化

(出典：トクラス(株))



ラジエーター枠



うちわ



クリップ

クシ

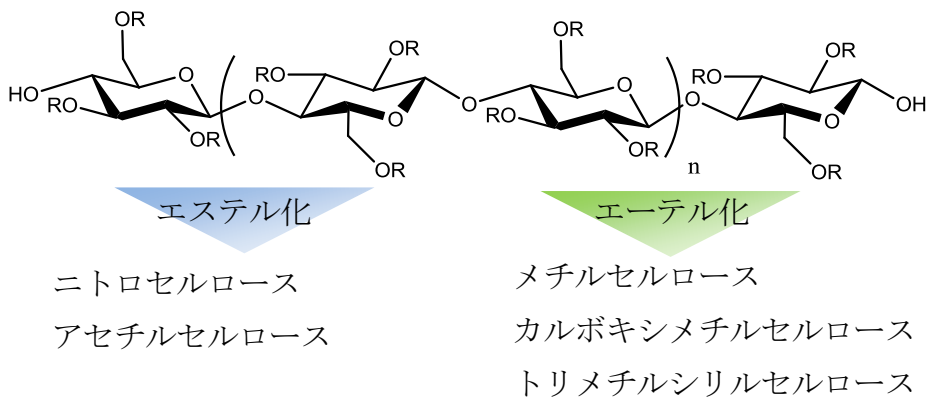
図 3-1-4 CNF 複合材料を用いた試作製品

(出典：トクラス(株))

(2) 溶融紡糸法による高強度セルロース繊維の生産技術開発

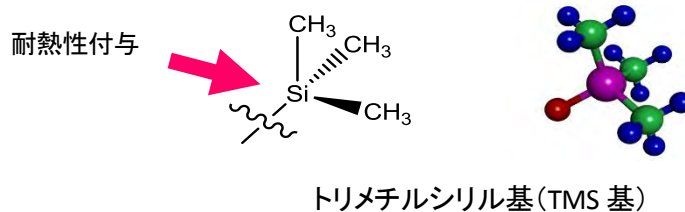
倉敷芸術科学大学において、ヒノキ微粉砕物を原料として得られた精製セルロースを用いて、導入する官能基を変えてセルロース誘導体を合成した。シリル基やエステル基など極性をもつ官能基を導入した高置換度セルロース誘導体を溶融紡糸することができた。このうちシリル基をもつトリメチルシリルセルロース誘導体 (TMSC) は 200°C以上の耐熱性をもつサーモトロピック液晶性を示す高強度・高弾性が期待できる素材であることがわかった。溶融紡糸装置を用いて繊維径が約 20 μm の繊維を連続生産することができた。TMSC 繊維の引張強度におよぼすセルロース誘導体の特性について調べた結果、セルロース重合度及び結晶配向に大きく影響を受けることが分かった。重合度が大きいセルロース誘導体 TMSC を紡糸して得られた繊維の強度は同じセルロース系で高強度繊維と言われているテンセル®よりも 20%大きな値を示した。また弾性率はエンジニアプラスチック系のナイロン 6 の 2 倍以上の値を示すことが分かった。

TMSC 繊維強化 PP 樹脂材料の熱変形温度は 152°Cを示し、自動車内装部材に要求される耐熱性の仕様温度をクリアした。耐衝撃値は 5.5kJ/m²を示し PP 樹脂単体に比べて 30%増加した。これらのことから、ヒノキ微粉砕物を原料として樹脂強化材に利用できる高強度セルロース誘導体繊維を製造できることを明らかにした。



・トリメチルシリルセルロース (TMSC)

(出典：倉敷芸術科学大学)



- ・セルロースは樹脂化することでサーモトロピック液晶性を示す。
- ・溶融紡糸時に分子鎖が高配向するため、高強度、高弾性のファイバーを得ることができる。

図 3-1-5 セルロース樹脂の特性 (出典：倉敷芸術科学大学)

熔融紡糸法

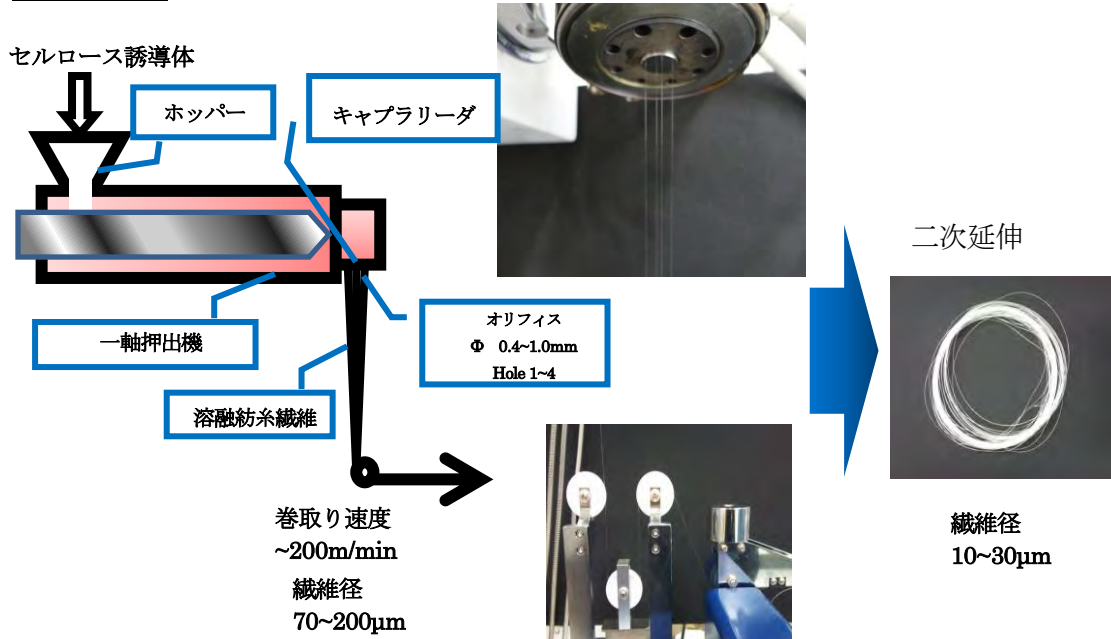


図 3-1-6 熔融紡糸法

(出典：倉敷芸術科学大学)

TMSC を活用したセルロース繊維を用いて、ガラス繊維強化複合材料 (GFRP) に代わる自動車用樹脂製品の繊維強化材 (FRP) の開発を目指すものである。

また、繊維はロービングの状態で生産するため、アスペクト比の自由度が高く、長繊維にすることでFRP強度が向上する。

さらに、繊維マットとしてマネキンや浴槽などの応用も期待できる。



図 3-1-7 TMSC 繊維の利用

(出典：倉敷芸術科学大学)

強度比較 (当研究)		密度 (g/cm ³)	引張強度 (MPa)	比強度 (MPa)	弾性率 (GPa)	比弾性率 (GPa)
セルロース系 繊維	TMSC	1.13	696	616	9.4	8.3
	脱シリル化 TMSC 繊維 (再生セルロース)	1.5	725	483	24.6	16.4
	テンセル®FCP	1.5	570	380	10-15	6.7-10
	フォレッセ®	1.3	255	196	5	3.8
高強度繊維	ケブラー®	1.43	2,793	1,953	127	88.8
	ベクトラン®	1.41	2,840	2,014	104	74.3
	炭素繊維	1.8	4,116	2,287	235	130.5
	スチール	7.85	2,352	300	196	25
	E-ガラス	2.54	2,156	849	69	27.2
エンジニアリング プラスチック	ポリエステル (PET)	1.38	930	674	20	14.5
	ナイロン6	1.13	640	566	4.5	4

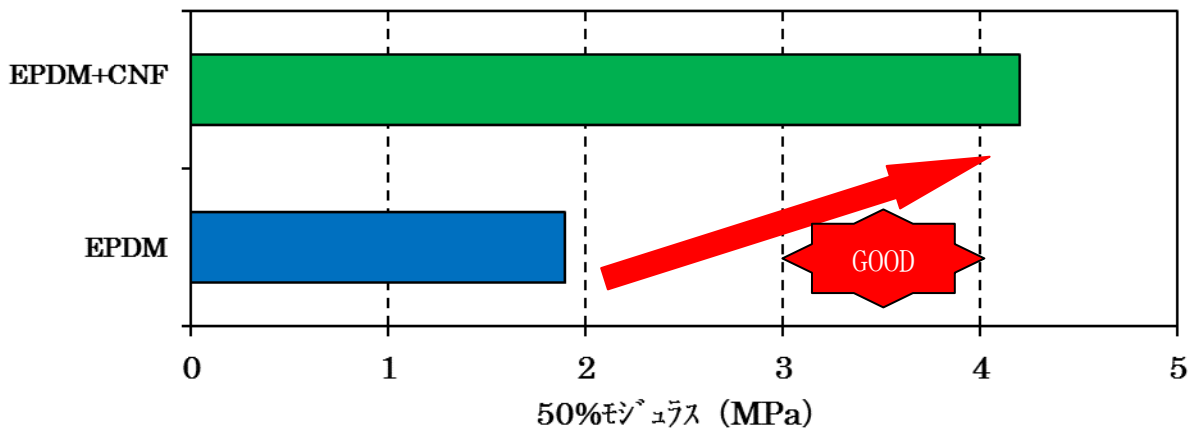
表 3-1-1 TMSC 繊維の強度特性 (出典：倉敷芸術科学大学)

3.1.2 県の独自事業を活用した CNF の用途開発

(1) 自動車用ゴム部材への CNF の適用開発→**短期的に実現可能**

ゴム部材製造企業である丸五ゴム工業株式会社は、平成 22 年度から SMART 工場モデル実証と並行して、岡山県工業技術センター外との共同研究開発により、CNF の補助添加材としてのゴムへの利用に取り組んでいる。

- CNF の分散複合化により、モジュラスが向上 (約 2 倍) することが分かった。
このことから、部品の軽量化・薄肉化への貢献が期待できる。



(出典：丸五ゴム工業(株))

図 3-1-8 モジュラスの向上

- CNF の分散複合化により、耐屈曲亀裂成長の改善が見られた。
このことから、部品の耐久性向上・高寿命化への貢献が期待できる。

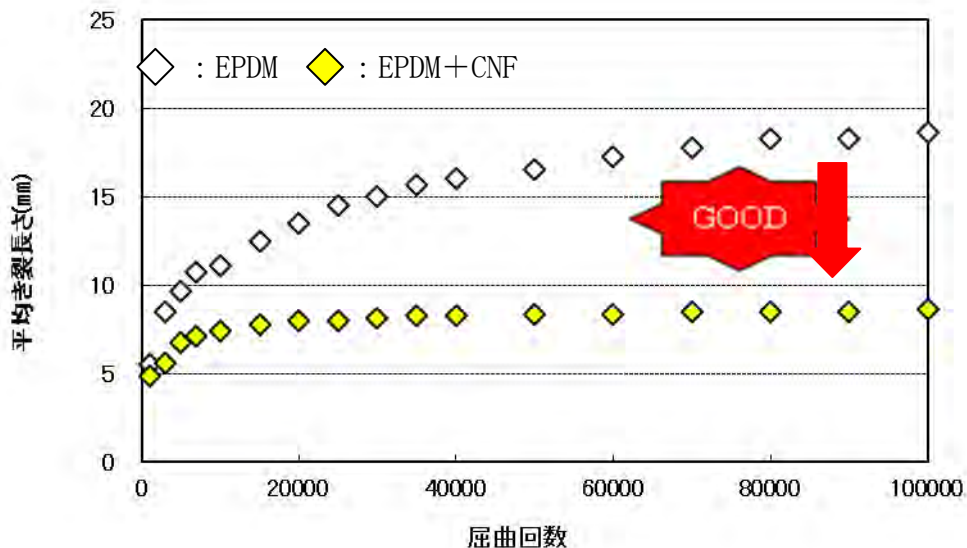


図 3-1-9 耐屈曲亀裂成長の改善 (出典：丸五ゴム工業(株))

(2) 消臭剤への CNF の適用開発

SMART 工場モデル実証でモリマシナリー株式会社により製造システムが確立された CNF を工業用原料として利用するため、県北真庭市に所在する真庭バイオケミカル株式会社において、比表面積が非常に大きいという CNF の特長を活かし CNF 及びリグノセルロースナノファイバー (以下「LCNF」という。) に消臭機能を有する鉄フタロシアニンを付加することで、消臭機能を大幅に向上させた水分散液の開発を行っているところである。

自然由来の素材である CNF や木粉に特殊機能材をイオン結合させることで、硫化水素、メルカプタン、アンモニアなど悪臭物質の分解に有効であることが判明した。

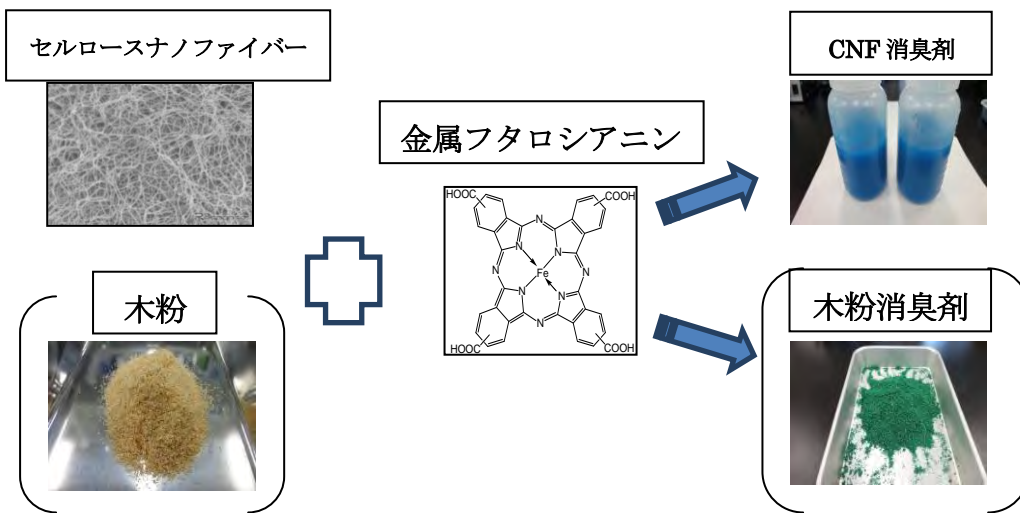


図 3-1-10 CNF 消臭剤の製造方法

(出典：真庭バイオケミカル)

今後、ゴム加工業、ペット関連・病院／介護施設、有機合成企業、水処理、農業・畜産などニッチ市場への参入が期待される。

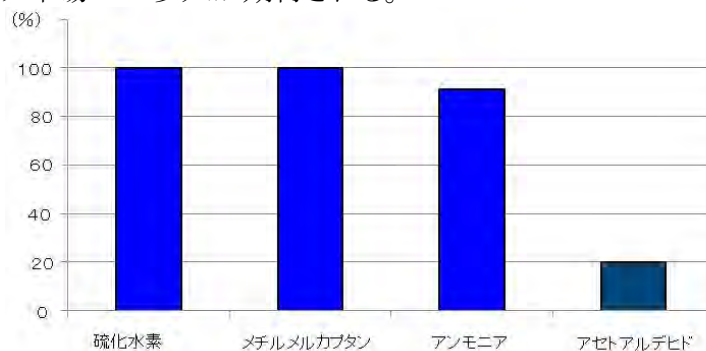


図 3-1-11 CNF 消臭剤の分解力

(出典：真庭バイオケミカル)

■使用が想定される場所

清掃工場、ごみ処理場、下水処理場、病院、介護施設、ゴム加工場、有機合成、フェザー加工場、住宅（特に便所）、ペット関連、農業、畜産 など

(3) 塗料への CNF の適用開発

真庭バイオケミカル株式会社において、モリマシナリー株式会社と共同開発により、CNF を添加することで水性塗料の耐候性が向上することを確認した。

- ・金属の平板 (SS400) に下塗り (水性強力錆止め塗料) を行う (厚さ約 $60\mu\text{m}$) 。
- ・その上に水性アクリル系塗料を塗布 (厚み約 $50\mu\text{m}$) する。
- ・その際ブランク (CNF フリー) 、分散剤を添加した CNF (短繊維 : CNF100 及び長繊維 : CNF250) をそれぞれ 0.5wt% 添加し、均一に攪拌混合した。

□耐候性テスト条件

照射 : メタルハライドランプ

照度 : 300~400mm の範囲で $1,000\text{w}/\text{m}^2$

照射時間 : 0~192 時間

雰囲気 : 温度 63°C 、湿度 : 50%

□耐候性向上

ブランクは 144 時間で塗膜表面にヒビ、一方、CNF 添加品は 192 時間照射で初めてヒビが観察される。
















塗料 時間	ブランク	CNF100	CNF250
0 時間			
96 時間			
144 時間			
168 時間			
192 時間			

図 3-1-12 塗料耐候性試験の結果 (出典 : 真庭バイオケミカル(株))

(4) CNF 系複合材料の炭素電極材料への利用検討

大容量キャパシタやリチウム 2 次電池は、電気自動車やハイブリッド自動車等に欠くことのできない部品であるが、今後、小型化・軽量化が求められる中、キャパシタ等の電極材料を大容量化するためには、グラファイトを超える性能を持つ材料が現在求められている。

国立大学法人岡山大学（以下「岡山大学」という。）において、電極材料にセルロース含有ポリアクリルニトリル（以下「PAN」という。）繊維を使用することで、微粉化しやすいという PAN 繊維の利点と複合化により細孔の発達を促進するというセルロース含有の利点を合わせ持つことで、リチウムイオンキャパシタの高電気容量化を目指す。

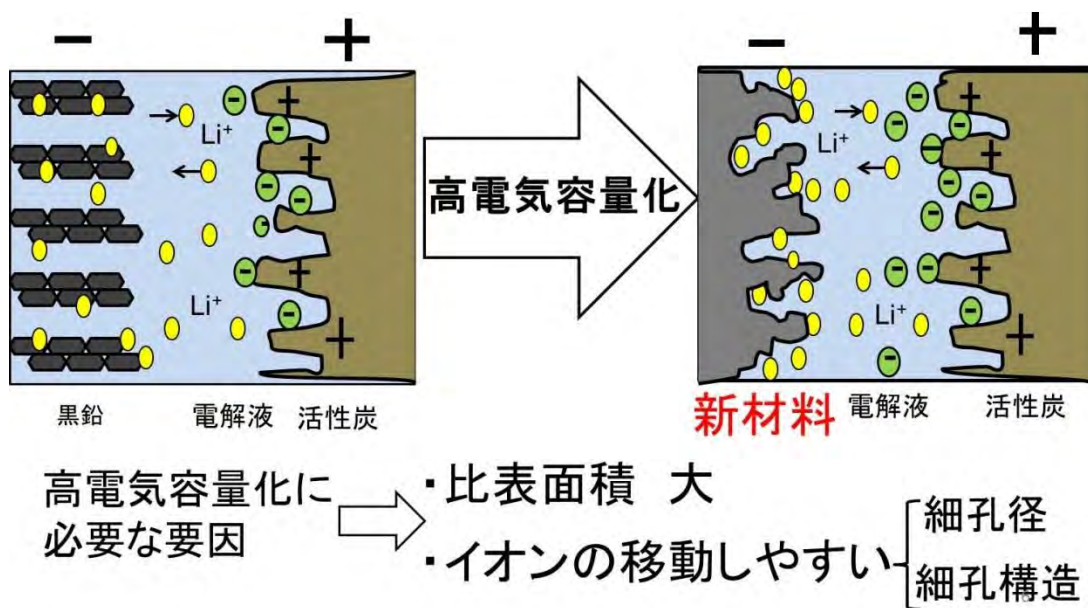


図 3-1-13 リチウムイオンキャパシタの高電気容量化 (出典：岡山大学)

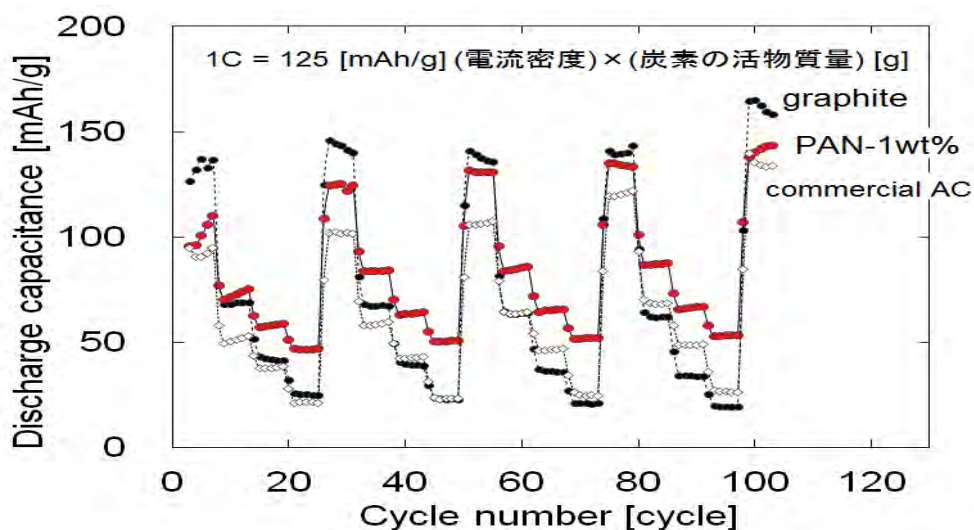


図 3-1-14 黒鉛と市販活性炭比較 (出典：岡山大学)

(5) CNF/高分子結晶 コアシェルナノ複合体繊維の作製と複合体への応用

岡山大学において、CNF 表面に高分子を析出、結晶化させることにより、CNF (コア) /高分子結晶 (シェル) ナノ複合繊維を作製する。コア/シェル構造の構築により、CNF 表面は高分子結晶で覆われており、CNF 同士の分子間相互作用を低減させ、凝集を抑制する。

そのため分散剤を使用することなく、乾燥後の分散性を向上させ、優れた添加効果を発揮することが期待される。

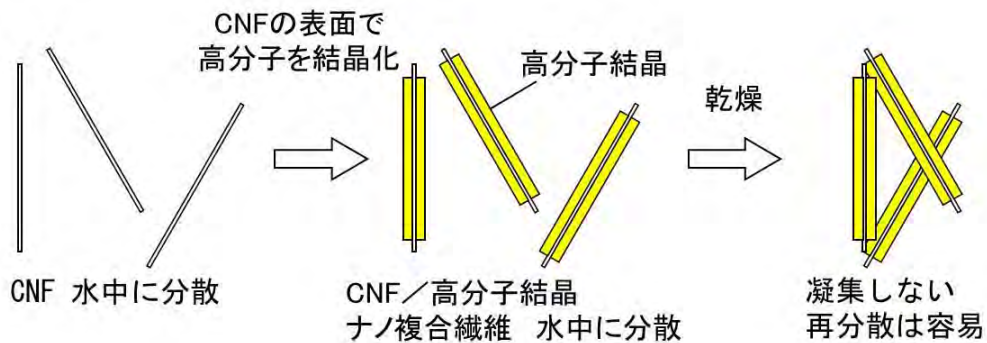


図 3-1-15 ナノ複合繊維作製イメージ図 (出典：岡山大学)

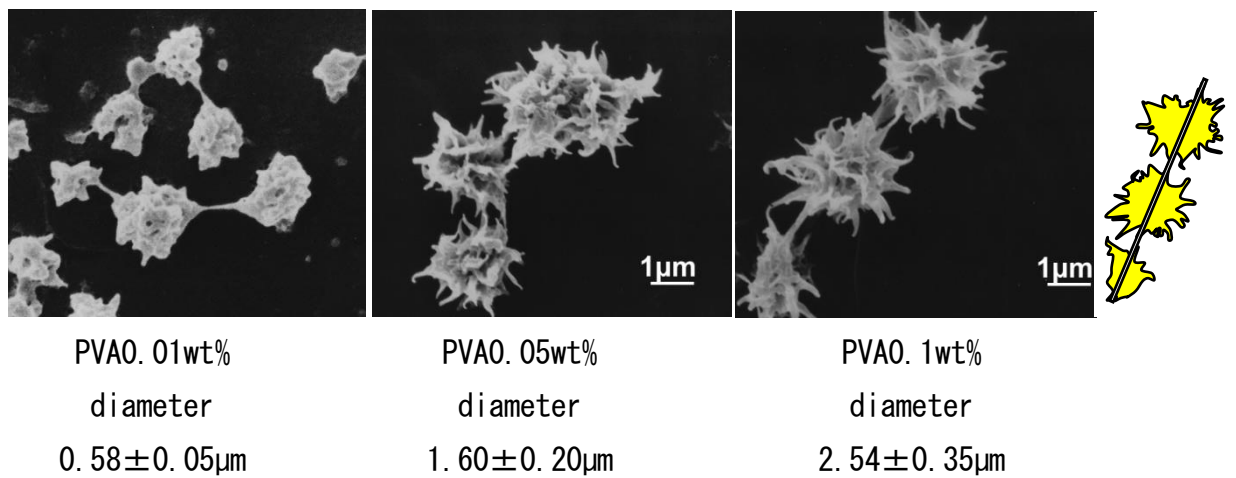


図 3-1-16 CNF/PVA ナノ複合体繊維の形態観察 (出典：岡山大学)

3.1.3 本業務で対象とする CNF の用途開発

3.1.1 及び 3.1.2 の検証を行った結果、

- ・適用された場合の軽量化・簿肉化効果が期待できる。
- ・適用された場合、部材の使用量が大きい用途である。
- ・既に地域での取引関係が確立されており、メーカーが求める品質、製品種類及び価格を実現できれば新たなサプライチェーンの構築を行う必要はない。

ことから、地球温暖化対策への貢献がより期待でき、かつ、比較的短期的に実用化が可能であると考えられる用途として、CNF のゴム強化材として自動車用ゴム部品への用途展開を行うこととし、開発検討を地域企業等とともにを行い、技術的課題の抽出及びその解決法を整理した。

3.2 CNF の製造技術の開発

3.2.1 SMART 工場モデル実証における開発技術

SMART 工場モデル実証において、参画機関であるモリマシナリー株式会社は、国立研究開発法人産業技術総合研究所、岡山県工業技術センターとの共同研究により、独自技術として県産材（真庭産ヒノキ）チップを原料とした CNF を製造する装置及びシステムの開発を行ったところである。

パルプから化学処理を用いての CNF 製造技術は、京都大学や東京大学等で行われているが、本プロジェクトにおいては、地域森林資源の有効活用、低環境負荷、工業的大量生産等の観点から、木材チップを原料とし、化学処理を用いない機械的連続一貫処理による製造技術の開発を以下により行った。

- ・ 産業技術総合研究所において、ボールミル、ディスクミルを用いた湿式粉碎試験を行い 20nm 以下の超微細繊維が製造可能であること。また粗粉碎と水熱処理を組み合わせ、ディスクミル処理することで、CNF 生産性向上につながることを確認しモリマシナリー株式会社における微粉碎装置の開発及び、前処理工程の確立に活用した。
- ・ 岡山大学において、回転刃や臼の耐摩耗性を向上させるため、微粉碎機の想定稼働環境における各種金属材の摩耗性を評価し、粉碎機材質の耐摩耗性向上につなげた。
- ・ モリマシナリー株式会社において、産業技術総合研究所及び岡山大学の研究成果を基に微粉碎装置を開発し、これを利用した木材チップから製造した 500nm 以下の微粉碎物を連続的に 10kg/h 生産可能なシステムの開発を完成させた。
- ・ 岡山県工業技術センターにおいて、モリマシナリー株式会社が作成した CNF の特性評価を行い、結果を CNF 製造システムの運転条件に反映させた。

(1) 粉碎装置の開発

木材チップから従来技術により製造した 3mm 以下の木粉を原料とした木材の微粉碎装置を開発するに当たり、微粉碎テスト装置を設計、製作した。製作した微粉碎テスト装置は 1 軸横型で、スクリーにて粉碎物を送る構造であり 0~1800RPM で運転できた。

微粉碎テスト装置は処理室を 1 室のみ保有しており、この処理室内の構造（スクリー、回転刃、固定刃、臼、プレート）を組み替えることにより、1 室目、2 室目、3 室目・・・と様々な組合せのテストが実施可能な構造となっている。

産業技術総合研究所及び岡山県工業技術センターの微粉碎テストデータから複数の粉碎構造をテスト装置に適用し最適化を行った。

テストの結果、6 室処理後の詳しい状態を凍結乾燥して走査型電子顕微鏡写真に

て観察したところ繊維幅 500nm 以下の繊維が観察された。回転数については 1350RPM を超えると未粉碎物が多くなることが分かったので回転数は定格の半分である 900RPM で実施した。

以上により、900RPM で 6 室処理を行えば目標である繊維幅 500nm が達成できることが分かった。この微粉碎テスト装置の運転結果より得られたデータを元に微粉碎装置を設計、製作した。図 3-2-1 が製造した微粉碎装置 (C22) である。

この微粉碎装置は、1 本の軸上にスクリー、回転刃、臼を持っており、ケースに固定されている固定刃、プレートに対して、回転刃と固定刃及び臼とプレートがそれぞれセットで粉碎する構造となっている。回転刃は軸に対して放射状の羽根を持っており、固定刃の対応する羽根との間でせん断される。臼及びプ



図 3-2-1 開発した微粉碎装置

レートは円周上に中心線から角度を持った溝が掘られており、原料はこの溝に送り込まれ、お互いの溝が交差する際にせん断、もみほぐし、すり潰しを行い、粉碎する。これらの効果による粉碎を 6 室の処理室に分かれて行う構造となっている。投入された原料は 1 室目で粉碎されて 2 室目へ、2 室目で粉碎され 3 室目へ、と順次粉碎されていき、6 室処理されて装置から排出される。

木材チップを微粉碎して得られる CNF のサイズや形状の評価方法には、電子顕微鏡による観察があるが、部分的な評価となりやすいため、平均値が得られる粒度分布と比表面積測定も併せて行った。粒度分布測定は、簡便ではあるが CNF のような微細な繊維状物ではその形状情報は原理的に得られない。しかし、生成物の均一性や未粉碎物の有無とそのサイズの評価を行うことができ品質管理にも役立てることができる。比表面積測定は煩雑な作業が必要であるが、微細化による比表面積の増大の程度を数値化して評価できる。理論的に、幅 20nm・長さ 100nm の CNF が得られた場合、比表面積は 147 m²/g となる。

粉碎物の特性評価として、粒度分布と比表面積測定を岡山県工業技術センターにて実施した。その結果、各室にて段階的に粉碎できていることが分かった。最終的な開発した微粉碎装置での処理物は平均粒径 30.5 μm、比表面積 92.7m²/g となっており、市販の高価な CNF の平均粒径 35.7 μm、比表面積 102m²/g とほぼ同等であった。また、走査型電子顕微鏡による観察により、繊維幅 500nm 以下の粉碎を確認した。

微粉細装置の摩耗部の改善については岡山大学からのデータによりダイヤモンドドライカーボン (DLC) を試したが、DLC 施工の際の熱による歪みで剥離が起こった。これを解決するために溶射 (膜厚 150 μm) に変更し、施工後の研磨により

歪みを除去した。溶射は岡山大学の選定したトーカロ株式会社のトーカロ 1305 を採用した。相手の回転体については焼き付き防止の観点から別素材を選択し SUS420J2 焼入とした。テスト運転では、溶射表面の微細剥離が起こったため、改善として硬度の低いトーカロ 1305 改を試した。その結果、1280 分運転でも軽微な傷はあるものの剥離や割れはなかった。このため、消耗部の組合せを固定プレートは溶射トーカロ 1305 改、回転臼は SUS420J2 焼入に決定した。

(2) 微粉碎システムの開発

開発した微粉碎装置を軸に微粉碎システムを構築するために微粉碎処理の前後処理について検証した。木材の主成分はセルロース、ヘミセルロース、リグニンであるが、製造したい CNF はヘミセルロースとリグニンによって固められた状態にある。そこで前処理として水熱処理及びアルカリ添加処理を実施した。

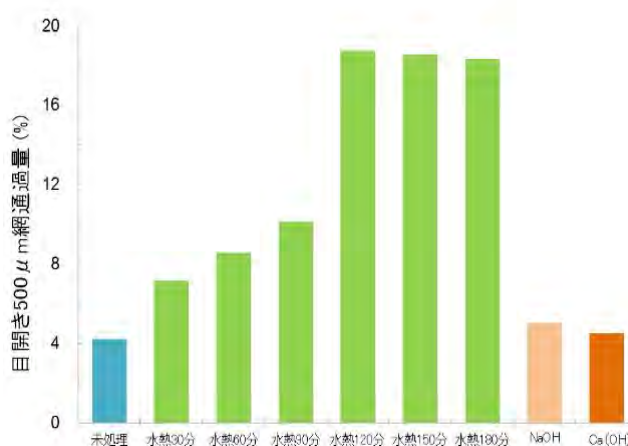


図 3-2-2 前処理の効果

効果は粗粉碎処理後に目開き 500 μm の網を通過した重量で効果を確認した。結果は図 3-3-2 のとおりである。水熱処理は 150℃で 120 分間水熱処理すれば 4 倍以上効率が上がることが分かった。

次に、微粉細装置への投入原料濃度を 0.5%~5.0%に調整して処理テストを行った。その結果、濃度増加につれ処理量は増加したが粘度も増加し、3.0%で処理量は最大となり、5.0%では低下した。この結果より適正な濃度は 3.0%であることが分かった。更なる処理量の増加のためにオゾン処理を試した結果、処理量が 1.1~1.5 倍に増加した。

また、製造したファイバーには幅約 10 μm の未粉碎物が混入していたが、分級装置の導入により除去することができた。分級は振動ふるいを使用し、2 段の網にて実施した。テストの結果、最も効果の高かった 1 段目 75 μm、2 段目 45 μm の組合せを選定した。以上のテストにより CNF の製造速度を向上することができ、生産量は約 1.5 倍に増加した。

また、脱水工程のテストを産業技術総合研究所にてフィルタープレスを用いて実施した。その結果、90%~95%水分までの脱水が最適であることが分かった。

これらの研究により、図 3-2-3 に示す微粉碎システムを構築できた。本微粉

砕システムのテストでは、装置の処理量は、水熱処理装置 90 ㍑/h、粉碎装置 B22 150 ㍑/h（水分 65%）、微粉碎装置 C22 400 ㍑/h（水分 97%）、分級装置 400 ㍑/h（水分 99%）であった。

各処理装置の処理能力差は装置間のタンクにより吸収し連続連動運転を達成でき、目標とする繊維幅 500nm 以下の CNF を安定的に 10kg/h 製造できた。

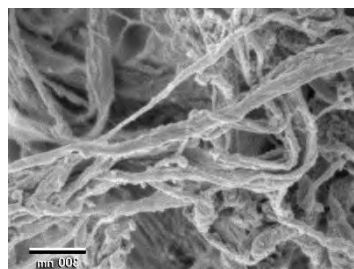
(3) 製造実証と課題

完成した CNF 製造システムによる連動運転実証を行ったところ、運転は問題なく人員 1 名で操業し、実証地にて 10kg/h（含水率 80%）の製造能力で CNF を製造できた。

この製造システムは間伐材等から製造される製紙用ヒノキチップを原料として CNF を製造するシステム（図 3-2-3）であり、化学処理を用いず機械的一貫連続処理により CNF を製造するものである、現在知られている他の製造方法に比べ製造コストも引けを取らないものであるが、本格的な工業原料としての利用を進めるには、さらなる製造コストの削減や安定供給技術の改善が必要である。



図 3-2-3 CNF 製造システム



CNF 電子顕微鏡写真

(出典：モリマシナリー(株))

図 3-2-4 製造された CNF

3.2.2 課題とその対応策

(1) 課題 製造コストの多寡

SMART 工場モデル実証で開発した製造システムで CNF の製造は可能であるが、微粉砕工程が生産量のボトルネックとなっており、このことが CNF の製造コストの押し上げ原因の一つと考えられる。

したがって、ボトルネックとなっている微粉砕工程の処理能力を増加することにより現在よりも安価に CNF を製造するシステムの構築が可能となるとの判断から、微粉砕装置の改良を行うとともに併せて製造工程全般の見直しを行った。

(図 3-2-5)

(2) 課題への対応策

生産量のボトルネックとなる微粉砕工程の処理能力の増加のため、モリマシナリー株式会社が保有している微粉砕装置の微粉砕機構について、以下の改良を行うことにより高効率な微粉砕処理を可能とする。

〔主な改良点〕

- ・粉砕処理の前処理として行っていた水熱処理の廃止。
- ・微粉砕装置の回転数を現行技術の 2.3 倍に増加させることにより、粉砕エネルギーが 5 倍となり処理量が増加（処理量 5 倍：2kg/h から 10kg/h に増加）。

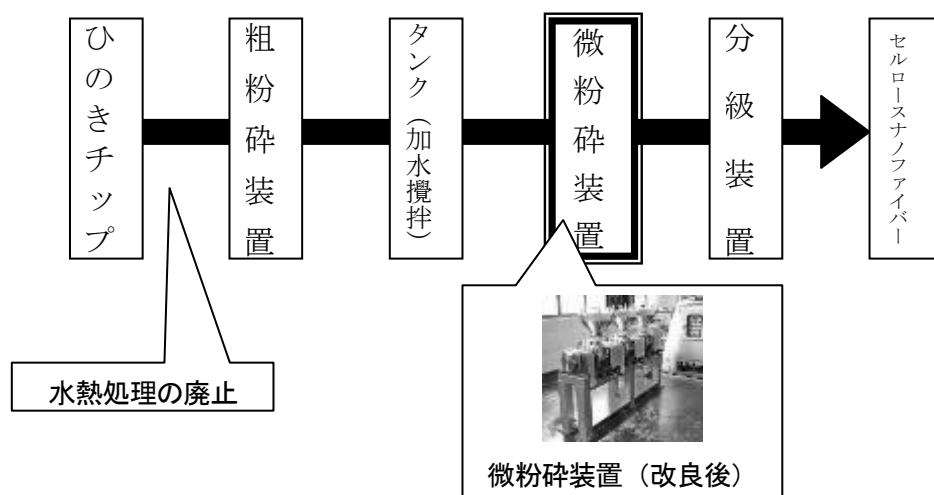


図 3-2-5 製造工程の見直し

処理量を 5 倍にするためには、原料の水分量、流量、粉砕機構の変更が必要であるが、これにより運転エネルギーが 5 倍になることで、技術的な課題として摩耗部の検証を行い、摩耗しにくい材料や表面処理を施す必要がある。

これに対しては、SMART 工場モデル実証における微粉砕装置の開発の際に検討した各種データ（ダイヤモンドライクカーボン（DLC）膜や各種溶射被膜による部材表面の耐摩耗・低摩擦処理）を用いることにより、技術的課題の解決を図るもので

ある。

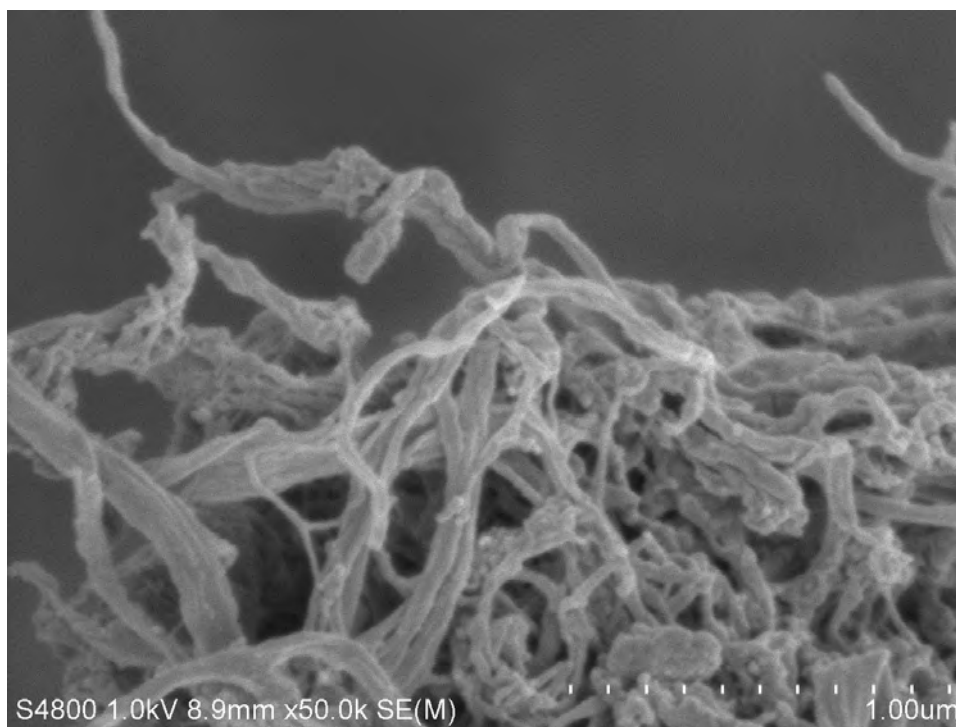


図 3-2-6 製造した LCNF の SEM 画像

CNF 電子顕微鏡写真

(出典：モリマシナリー(株))

(3) 装置改良等による成果

生産量のボトルネックとなっていた微粉碎工程の処理能力を、微粉碎装置の改良、製造工程の見直しにより、現行の処理能力の5倍に増加することが可能となる。

これにより、CNF 製造コストが約5分の1へと圧縮が見込まれることから、現在市場に投入されているものより安価な CNF の提供が可能となる。

また、装置の改良等により製造効率が向上し、木材パルプからの機械的連続一貫処理による CNF の大量生産についても一定の目処が立ったことから、今後、CNF の工業用材料への活用に対して、CNF の安定供給が可能と見込まれる。

3.3 自動車用ゴム部材の製造技術の開発

3.3.1 製造技術の開発

CNF をゴム中に均一分散させることで、従来のカーボンブラック等の補強では得られなかった諸特性（高強度、高モジュラス）を付与させたゴム材料を開発し、自動車用ゴム部材等への用途展開を図る。

(1) 期待されるゴムへの繊維補強効果

CNF をゴム中に均一分散させることにより、次のようなゴムの繊維補強効果が期待される。

・ 高応力、高強度、硬度向上	→ (期待される効果) →	・ 薄肉化、軽量化
・ 耐屈曲疲労性、耐摩耗性改良	→ (期待される効果) →	・ 製品の寿命向上
・ 寸法安定性、低収縮性	→ (期待される効果) →	・ 加工性の向上

ただし、繊維の形態、配合量、ゴムとの密着性、加工条件（分散性）、適用方法など、多くの要因が改良に影響する。



図 3-3-1 ゴムの繊維補強イメージ図 (出典：丸五ゴム工業(株))

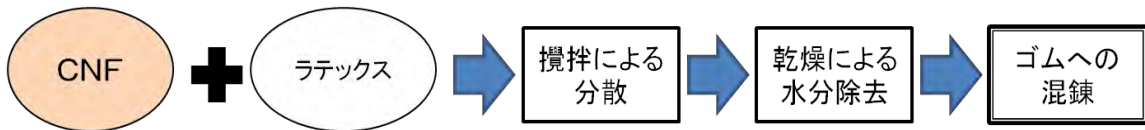
(2) ゴムへの分散技術の開発

既に知られているとおり、CNF は親水性が高く、また、単に乾燥して水分を除去すると凝集固化してしまうため、疎水性の材料であるゴムと均一に混合・複合化するのは大変困難となっていた。

CNF をゴムに充填する技術としてはタイヤメーカーが先行しており、特許を調査したところ、水に分散させたセルロース繊維のスラリーに、シランカップリング剤を添加したものとゴムラテックスとを混合し、乾燥して水を除去する手法が主流となっている。

この製造方法によれば、親水性であるセルロースナノ繊維と疎水性であるゴム成分とがシランカップリング剤を介して架橋されるようになるため、分散性が良好であるゴム組成物が得られ有効な手法と考えられるが、混合液が、セルロースナノ繊維のスラリーの水分のみならずゴムラテックスの水分をも含むものとなるため、混合液から多量の水分を除去する工程を経なければ重合体組成物を製造することが

できず、重合体組成物の製造に長時間を要してしまい、消費エネルギー的には効率が悪いと考えられる。さらに、ゴムラテックスを使用する場合、ゴムの種類が限定されるといった問題も考えられる。



***タイヤメーカーが特許化**
***デメリット：ラテックスを使用するため、ゴム種類が限定される。除去が必要な水分量が多くなる。(CNF分+ラテックス分)**

図 3-3-2 ラテックス法（先行技術） （出典：丸五ゴム工業(株)）

これらの課題を解決するため、先行技術とは異なる手法として、丸五ゴム工業株式会社の持つゴム配合技術を生かしたゴムへの分散性に配慮した新たな CNF 複合化手法と、複合化が容易となる水分の除去方法について開発を行った。



***今回開発した手法(特許申請)**
***メリット：ゴム中へ分散させやすい。**

図 3-3-3 CNF をゴムに添加するための前処理 （出典：丸五ゴム工業(株)）

(3) ゴム製品の製造プロセス

ゴム製品は、原料ゴム、配合剤などの素材を配合し合成された複合材料である。他の複合材料との大きな違いは、その組み合わせる素材の種類の数である。それらの原材料を配合内容に従い、原料ゴムは、ペールカッターなどの切断機で切断し、計量を行う。

配合剤については、計量器で計量を行う。それらを密閉式混練り機で、連続的に強力なせんだん力と圧力をかけながら、混練りを行い、配合剤などを分散させ、後工程に使用しやすいように、シート状に切り出し、冷却されたりもする。それを、一般的な成形方法である射出成形機による金型成形加硫では、製品形状を金型に彫り、その金型は設定された加硫温度に加熱される。その金型の中空部分に射出成形

機から練り生地を十分に中空部分に流入するよう圧力をかけ、その圧力を保持したまま所定の時間をかけ、金型から取出し、加硫製品とする。その加硫製品を不必要なゴム部位を取り除くなどの仕上げを行い、品質上問題ないかどうか、検査を行い、決められた荷姿、数量、納入先に出荷する。

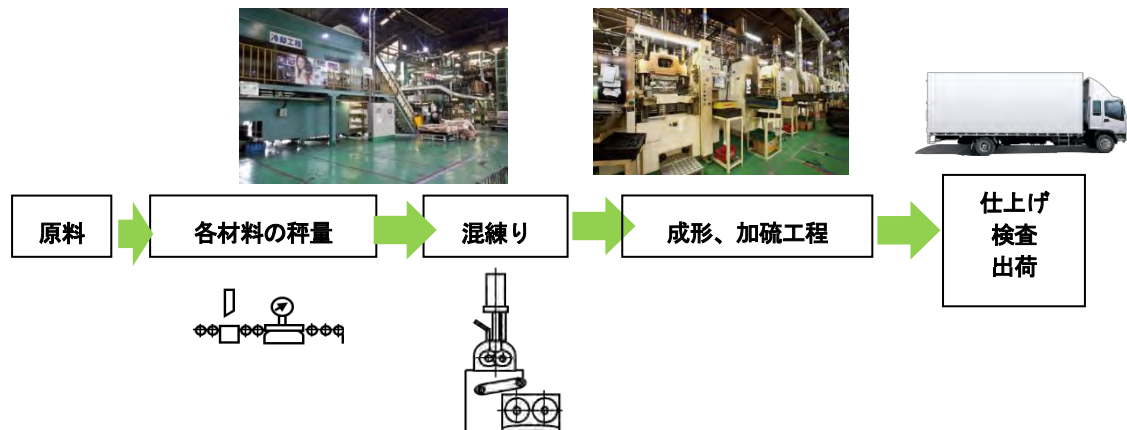


図 3-3-4 従来のゴム製品の製造プロセス図

(4) CNF 複合化プロセスを導入したゴム製品の製造プロセス

CNF を添加する場合は、これらの工程に、CNF をゴムに添加するための前処理が追加され、出来たものは、通常各材料の秤量と同様に、計量され、他の配合剤と一緒にゴムに混練りする。そのため、新たな工程として、CNF の受入れ、CNF をゴムに添加するための前処理が追加される（図-3-3-5）。

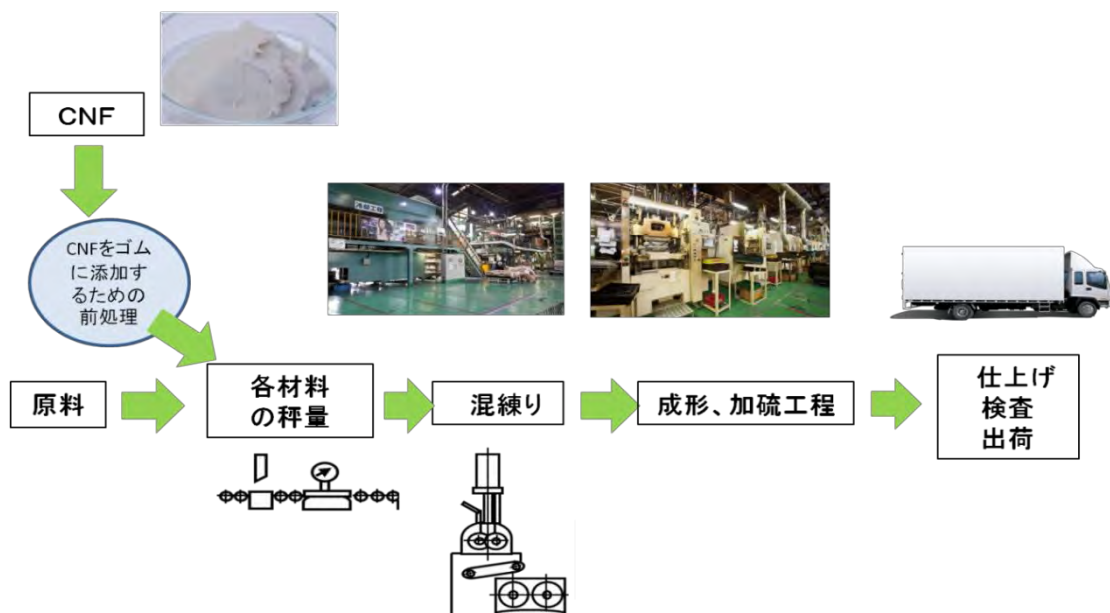


図 3-3-5 CNF 複合化プロセスを導入したゴム製品の製造プロセス図

CNF の分散複合化は、CNF をゴムに添加するための前処理工程を一つ追加するのみで可能となることから、大規模な設備投資の必要がなくその他の工程では既存設備がそのまま利用できることから、経済的に優位性があると考えられる。

(5) CNFの分散複合化により得られている効果

ア モジュラスの向上

CNFの分散複合化によりモジュラスが約2倍になった。

部品の薄肉化・軽量化が期待できる。

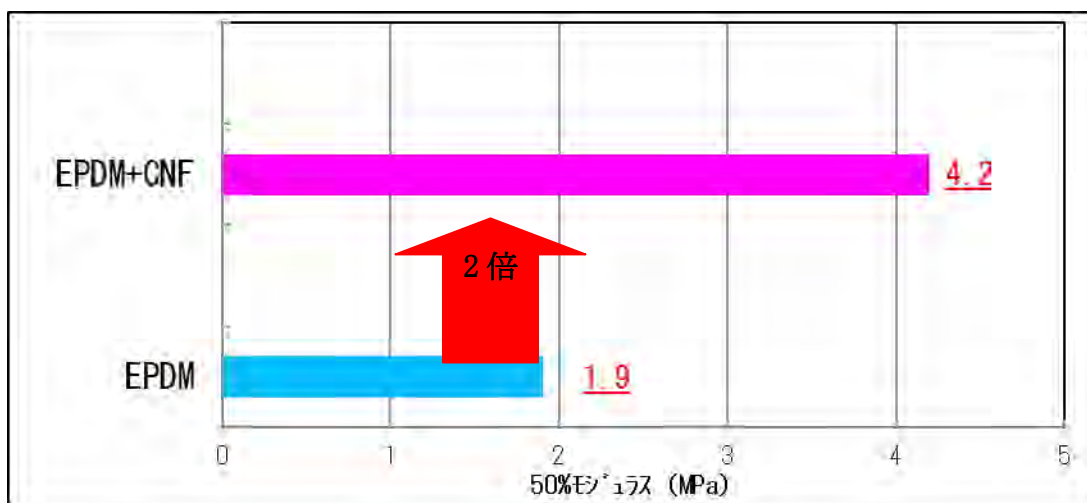


図 3-3-6 モジュラスの向上

イ 耐屈曲亀裂成長の改善

屈曲亀裂の平均亀裂の長さが約2分の1になった。

部品の耐久性の向上・高寿命化への貢献が期待できる。

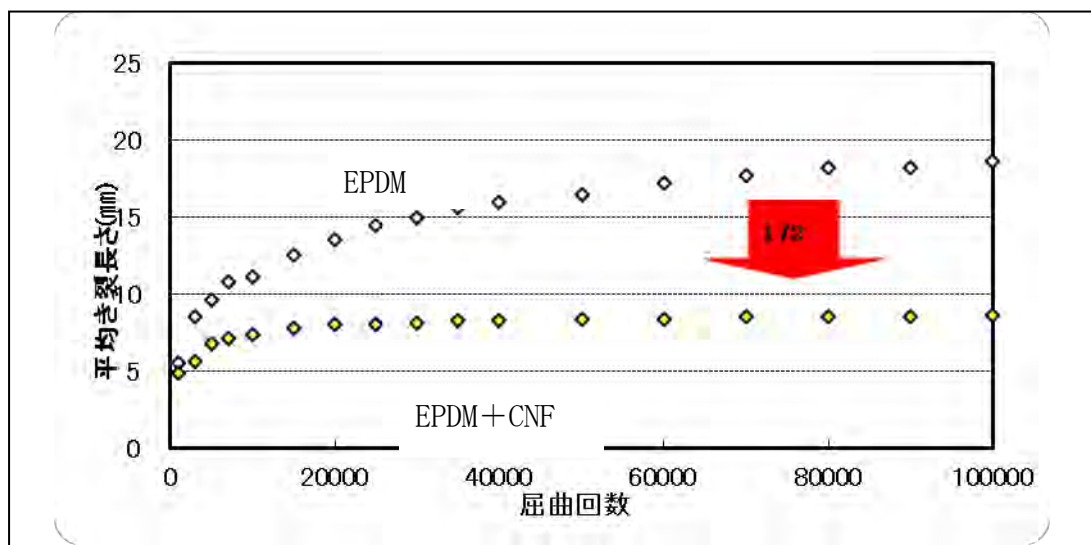
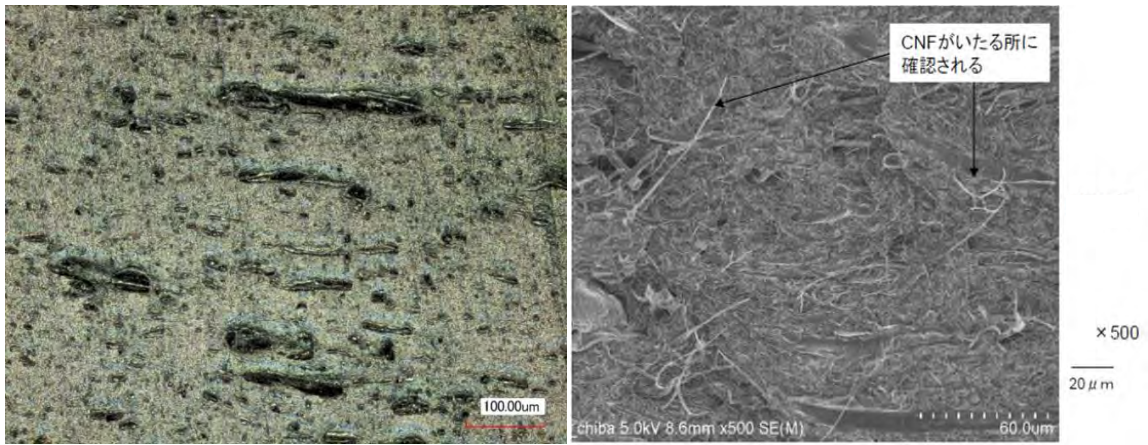


図 3-3-7 耐屈曲亀裂成長の改善



レーザー顕微鏡による観察事

FE-SEMによる観察

図 3-3-8 ゴム断面の観察事例

(出典：丸五ゴム工業(株))

3.3.2 課題とその対応策

(1) 課題 品質の安定性等

モジュラス向上、耐屈曲亀裂成長の改善効果が発現したことから、今後、CNF の強化材としてのゴムへの利用によるゴム製品の開発、特に、軽量化による燃費の向上、長寿命化による廃棄サイクル（サーマルリサイクル）の延長など、地球温暖化対策への貢献が顕著な自動車用ゴム部材への用途展開への期待度が加速化するものと思われる。

しかしながら、高い安全性等が求められる自動車部材への CNF の適用には、次のような大きな課題を解決しなければならない。

ア 品質の管理・確認手法の確立

部材を工業的に適用するには、常に一定基準以上の品質の確保が求められるところである。

しかしながら、バイオマス由来であり、かつ、ナノサイズである CNF については、品質管理や確認方法が確立されていない。

たとえば、CNF の原料となるパルプ（木材チップ）の樹種や産地等の違いにより強化材としての品質（性能）に差異が生じるようでは、工業用材料として適用は難しい。

したがって、CNF が工業的に利用されるには、早急に標準化を行う必要がある。

イ CNF 添加によるゴム補強効果に係るメカニズムの解明

これまでの実証結果により、CNF のゴムへの補強効果は確実性があるように考えられるが、今後、自動車用部材への CNF の適用を進めるには、CNF の添加によるゴム補強効果、特に CNF とゴムの密着性について、メカニズムの解明を進める必要がある。

(2) 課題への対応策

ア 品質の管理・確認手法の確立

海外ではカナダから ISO に働きかけが行われているところではあるが、国内では、国立研究開発法人産業技術総合研究所を事務局に、経済産業省、文部科学省など関係省庁や企業、大学等によるオールジャパン体制によるコンソーシアム「ナノセルロースフォーラム」が立ち上げられ、その中に、製紙メーカー・化学メーカー、大学等がメンバーとなっている国際標準化タスクチームを設置し、国際標準化への対応が進められている。

コンソーシアムの事業

1) 技術トレンドの調査、共有、情報交換と発信

①技術セミナーの開催

ナノセルロースの製造、利用技術、用途開発、計測技術、国際標準化、安全性評価などをテーマとした会員向けの技術セミナーを開催します。

②ニュースレターの発行

ナノセルロースに関する最新情報を調査するとともに、情報を掲載したニュースレターを会員向けに発行します。

③情報交換・交流の場の提供

技術セミナーにおいては、会員相互の情報交換・交流ができる場を作り、研究開発と実用化、製造事業者と利用事業者、企業と大学・研究機関と行政の連携により、ナノセルロースの産業化を加速します。日本でナノセルロースに関わる多くの方が一堂に会する場をご活用下さい。

④情報発信

ナノセルロースの産業化を進めるため、ナノセルロースに関する情報発信をホームページを通じて行うほか、ナノセルロースに関するセミナー、学会などの共催、参加を通じて、ナノセルロースの認知度を向上させます。

2) 共同研究開発の提案・事業化推進

シーズとニーズ、あるいは製造技術と利用技術のマッチングにより、共同研究開発や事業化を推進します。フォーラムの活動を通じて、新しい研究開発、事業化の可能性が出てきた場合は、その実現に向けて、経済産業省と産業技術総合研究所がご支援を致します。ただし会員独自、あるいは会員相互での共同研究開発、事業化への取り組みに対して、ナノセルロースフォーラムが関与することはありません。

3) ナノセルロースの標準化の推進

ナノセルロースについては、評価・計測技術が統一されておらず、国際標準がありません。また用語の定義すら明確ではありません。近年、ナノセルロースに注目が集まる中で、カナダ、ヨーロッパを中心に国際標準化の動きが出ており、日本もナノセルロースの産業化、特にグローバル展開を図るためには、この動きをキャッチアップし、日本に有利な提案をしていく必要があります。ナノセルロースフォーラムでは国際標準化の情報を収集・分析し、民間企業と紙・パルプ技術協会、経済産業省、産業技術総合研究所が協力して標準化戦略を立案し、国際会議に代表を派遣して、国際標準化に関与していきます。

図 3-3-9 ナノセルロースの標準化の推進

(出典：ナノセルロースフォーラム HP)

イ CNF 添加によるゴム補強効果に係るメカニズムの解明

岡山県工業技術センターや国立研究開発法人産業総合研究所等の公設研究機関などと連携を図りながら、メカニカル的な解明を行っていく必要がある。

ウ 当面の対応策

国際標準化やゴム補強効果に係るメカニズムの解明等による品質の安定性が確保されなければ、自動車用ゴム部材などの工業用材料への適用は難しいと考えられる。

工業用材料に求められる品質安定性の確保は今後 CNF 市場が大きく展開するためには必須条件となるが、一方、経済産業省が掲げる 2030 年に CNF による新市場創造目標、年間 1 兆円規模を達成するには、工業用材料などの大規模市場の醸成のみでなく、化粧品や日用品等の高付加価値、かつ、ニッチな市場への

展開も必要だと思われる。

丸五ゴム工業株式会社において研究開発された CNF の強化材としてのゴムへの利用技術を自動車部材以外の製品に転用して、また、その製品の使用によるデータを揃え自動車用ゴム部材の開発等に展開することも視野に入れ、今後の用途展開を考える必要がある。



図 3-3-10 CNF 入りゴム手袋

(出典：丸五ゴム工業(株)、(株)丸五)



図 3-3-11 CNF 入りゴム製シート

(出典：丸五ゴム工業(株))

図 3-3-12 CNF 入り作業靴 (林業用)

(出典：丸五ゴム工業(株)、(株)丸五)

第4章 モデル事業の設定とFSの実施

4.1 モデル事業の提案

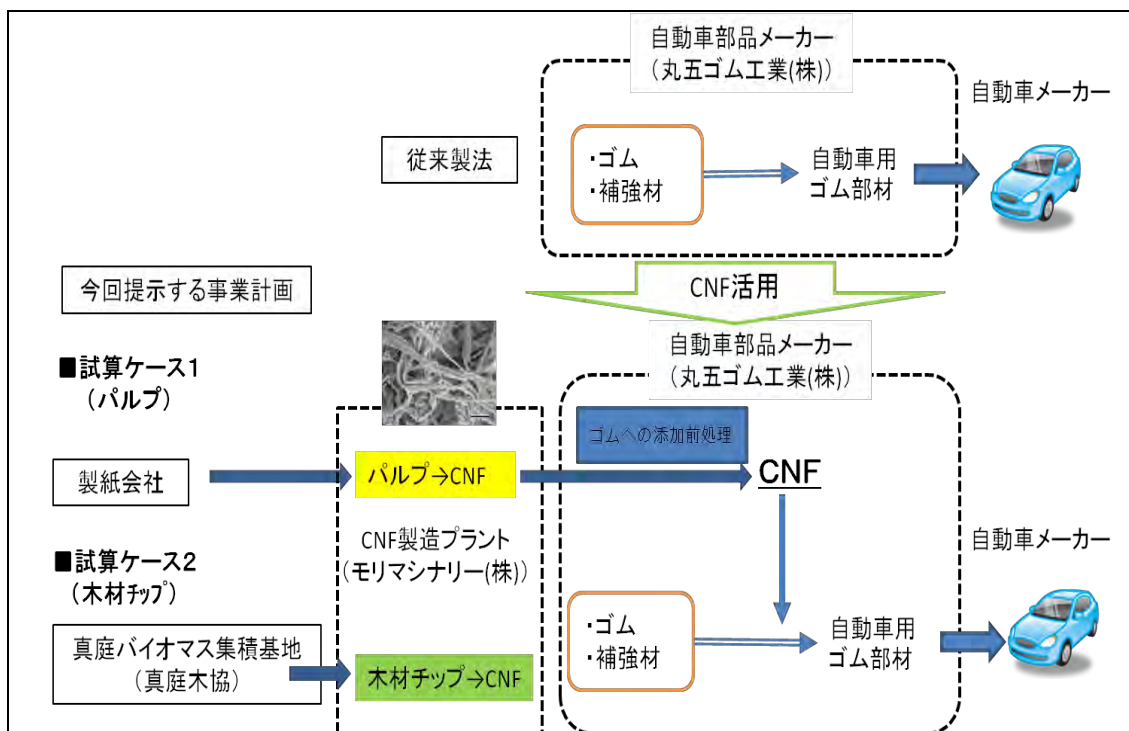


図 4-1-1 モデル事業の概要

CNF の製造から自動車用ゴム部材製造までの工程を本県内産業で一貫して行う地域モデル（図 4-1-1）について、事業採算性の検討を行った。

4.1.1 前提条件の設定

事業採算性を評価するに当たり、次のとおり前提条件を設定した。

(1) CNF の製造工程に係る前提条件

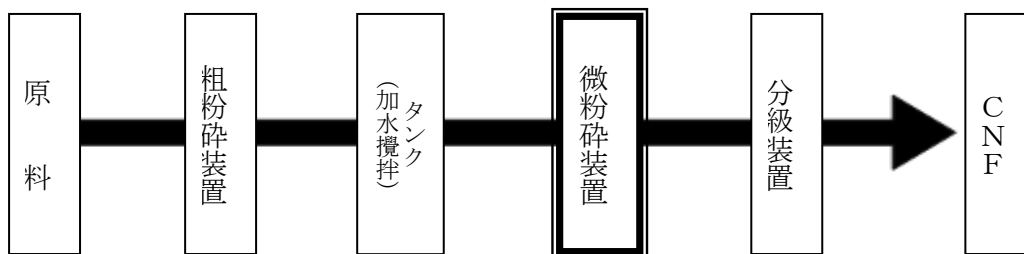


図 4-1-2 CNF 製造工程の概要

SMART 工場モデル実証で製造技術を確認した製造システムの課題であった微粉碎装置の処理量を5倍に増量するなど製造工程の見直しを行った後の製造システムにより CNF を製造することを前提とした。

なお、CNF 製造工程における検討内容は、CNF の製造量及び（パルプ又は木材チップ）原材料の違いによる CNF の製造コストの変動を考察するものとする。

また、パルプについては、近隣県に所在するパルプ工場から購入するものとし、木材チップについては、県内に所在する真庭バイオマス集積基地（真庭木材事業協同組合（岡山県真庭市）から購入すると想定した。

主な項目	主な内容
1. CNF 生産量	年間 20 t ～200 t 生産すると想定した。
2. 原料費	パルプは市場価格を参考として、120 円/kg、木材チップ 20 円/kg と想定した。
3. 水道代	上水道の利用を想定した。
4. 償却費	設備導入による減価償却費を算入した。
5. 管理費	品質検査や管理費を算入した。

表 4-1-1 CNF 製造工程における前提条件

(2) 自動車用ゴム部材の製造工程に係る前提条件

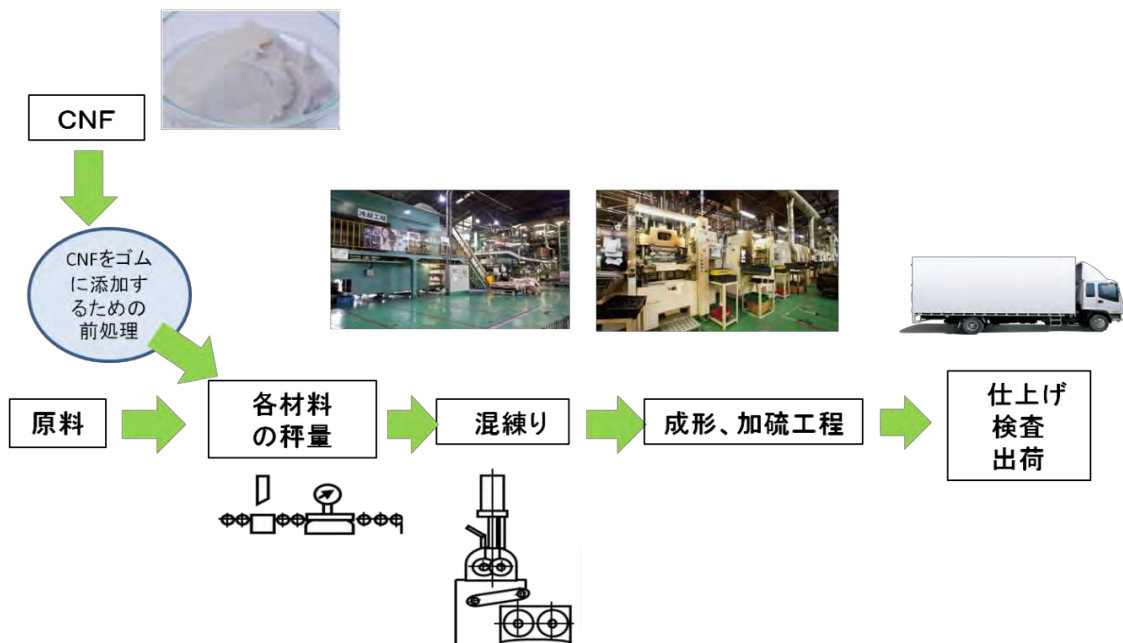


図 4-1-3 CNF 入り自動車用ゴム部品製造工程

CNF の補強効果により製品の薄肉化・軽量化が可能となったことで、製品原材料の減量化による自動車用ゴム部材の製造コストの変動を検証し、既存製品との利益率を比較検証することにより、本事業の採算性を検討するものである。

なお、自動車用ゴム部材へ添加する CNF は、県内産業で一貫して行う地域モデルの提案という観点から、モリマシナリー株式会社が製造したものを購入するものとして想定した。

主な項目	主な内容
1. 製品の製造	部品は製造工程等の違いから 2 種類と想定した。 なお、名称は「ゴム製品①」、「ゴム製品②」とした。
2. 原料費	モリマシナリー株式会社が製造した CNF の購入価格 (=製造コスト) と想定した。 なお、以下、CNF の 1kg 当たりの購入価格の表示方法は、「CNF〇〇〇 (価格)」とする。 たとえば、1,000 円/kg の CNF は「CNF1000」と表記する。
3. 成形加工費	既存の成形加工費と同額を想定した。
4. 管理費	品質検査等に係る経費を算入した。
5. 製品価格	既存部材と同額と想定した。

表 4-1-2 自動車用ゴム部品製造における前提条件

また、CNF をゴムに添加するための前処理に係る経費についても製造コストに算入した。なお、前処理に係る経費は、現行の処理方法によるものとした。

4.2 事業採算性の検討

4.2.1 CNF 製造に係る製造コスト

(1) パルプ原料

パルプを原料とした場合の 1kg 当たりの製造コストは次のとおりである。

(図 4-2-1)

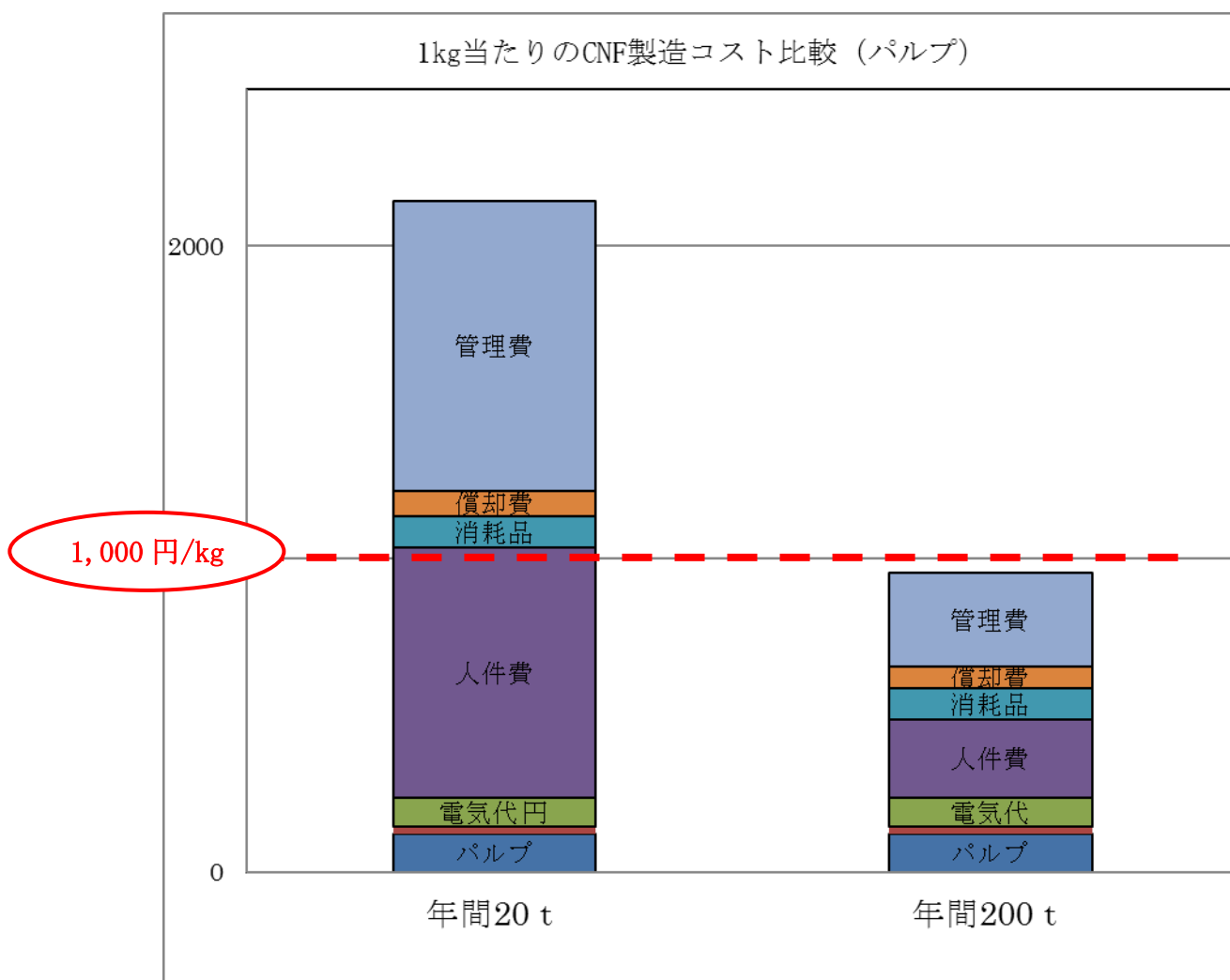


図 4-2-1 CNF 製造量による製造コスト比較 (パルプ)

パルプ原料から製造した場合、CNF の生産量が年間 20 t では、1 kg 当たりの製造コストは、2,000 円強となる。

しかし、CNF の生産量を年間 200t に増量した場合には、1kg 当たりの製造コストは 1,000 円を下回る見込みである。

(2) 木材チップ原料

木材チップを原料とした場合の 1kg 当たりの製造コストは次のとおりである。

(図 4-2-2)

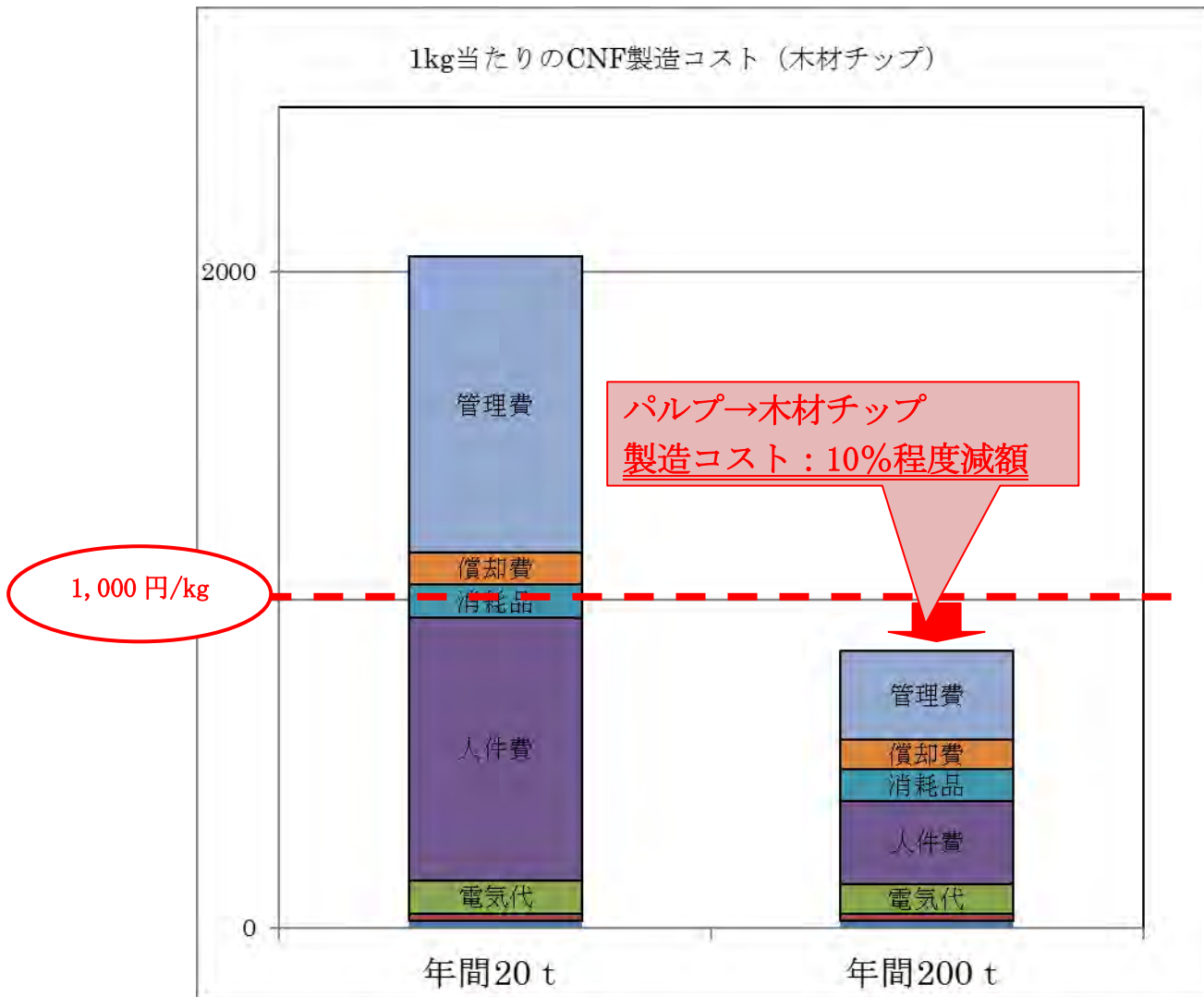


図 4-2-2 CNF 製造量による製造コスト比較 (木材チップ)

木材チップを原料とした場合でも、CNF の生産量が年間 200t の場合には、1kg 当たりの製造コストは 1,000 円を下回る見込みである。

なお、原料となるパルプ (120 円/kg) と木材チップ (20 円/kg) との価格差 (6 分の 1) の影響により、パルプを原料とした場合に比べ、木材チップを原料とした場合には、1kg 当たりの製造コストが 10%程度削減されることが分かった。

このことから、パルプを原料とした CNF と比べ、木材チップを原料とした CNF には価格競争力では優位性を有することが判明した。

ただし、丸五ゴム工業株式会社が開発したゴムへの充填技術においては、現時点では、パルプ由来の CNF と比べ、木材チップ由来の CNF は補強効果が低いという

実証結果が得られている。

価格競争力でより優位性を担保するためには、木材チップ由来の CNF を用いても、パルプ由来と同程度以上の性能が発現できるよう、技術開発を進めて行く必要がある。

4.2.2 自動車用ゴム部材製造に係る事業採算性の検討

(1) 利益率の検証

モジュラスの向上（既存のものと比較し 2 倍）、耐屈曲亀裂成長の改善（既存のものと比較し 2 分の 1）により、部材の薄肉化が可能となったことから、製品重量の減量による製造コストの削減の可能性が考えられる。

ここでは、製品重量の減量による製造コストを算出し、既存製品との利益率を比較することで、自動車用ゴム部材への CNF の活用に係る採算性を検討した。

なお、自動車に搭載されるゴム部材は多種多様であり、全ての部材について製造コストを検証することは困難であることから、ここでは、これまで丸五ゴム工業株式会社が行ってきた模擬試作品の製造実証の結果を踏まえ、部材の種類を 2 種類と想定し、検証を行った。

なお、製品の形状や成形方法等の違いにより、現在の技術水準下で達成できる軽量化率が概ね実証されていることから、今後は、この軽減率を目安として既存品との利益率を検証することで、本事業の採算性の判断を行うこととする。

製品名	軽量化率
ゴム製品①	30%程度
ゴム製品②	15%程度

表 4-2-1 製品毎の軽量化率

(2) 事業の採算性の検証

部材の製造コストの削減効果は、CNF の添加による部材重量の減量に伴うゴム原料の減量によるコスト減と、CNF をゴムに添加するために要するコストとの相殺関係により決まることから、部材の軽量化率が採算性を決める大きな要因となっている。

ア 「ゴム製品①」に係る収益率の検証

ゴム製品①に係る既存品との利益率の考察結果は次のとおりである。

(図 4-2-3)

ゴム製品①の軽量化率が 30%程度であることから、CNF の購入価格が 1,000 円/kg としても CNF 複合化に要するコスト等の影響もあり、既存品と同等程度の利益率を確保できない。

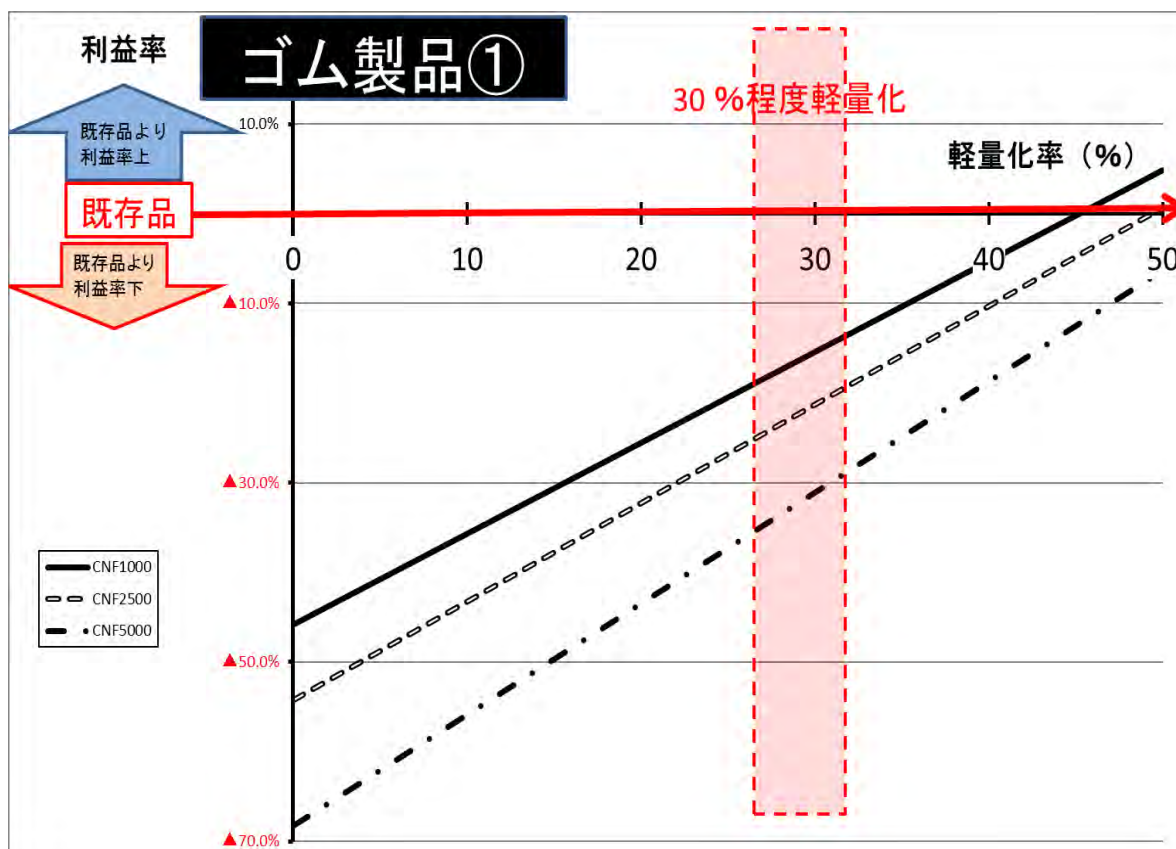


図 4-2-3 「ゴム製品①」に係る利益率

イ 「ゴム製品②」に係る収益率の検証

ゴム製品②に係る既存品との利益率の考察結果は次のとおりである。

(図 4-2-4)

ゴム製品②についてもゴム製品①と同様に、軽量化率が 15%程度の場合、既存品と同程度の利益率を確保することはできない。

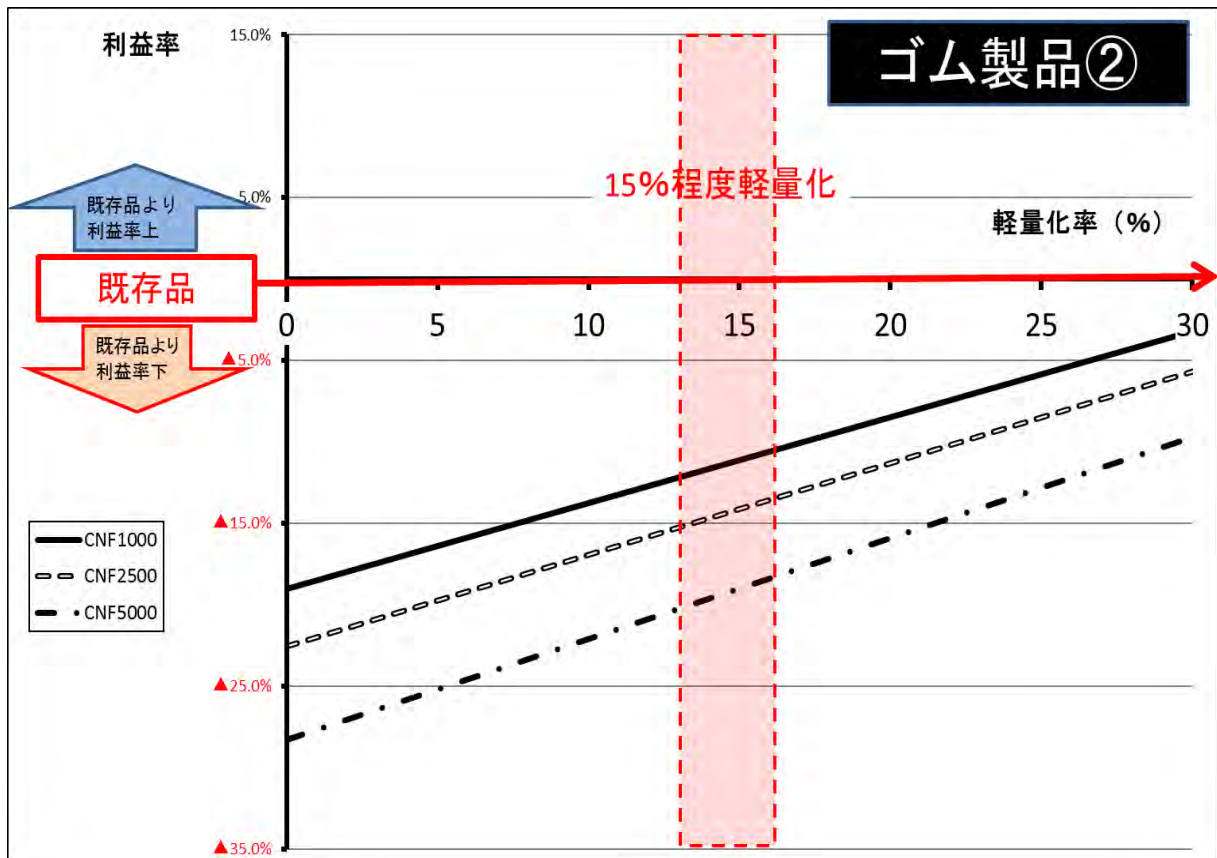


図 4-2-4 「ゴム製品②」に係る利益率

4.3 採算性向上に向けた対応策

4.3.1 技術開発による対応

(1) 軽量化率の向上による対応

ゴム製品①でみると、軽量化率が 30%程度であることが、利益率の低下を招く要因の一つである。

ゴム中での CNF の分散性をさらに向上させるなどの技術開発を進めることにより、CNF 添加ゴムの補強性を向上させることで、軽量化率を増加させ、ひいては利益率の向上、採算性の確保が図られるものである。

例えば、ゴム製品①において、補強効果の向上により、軽量化率が 30%程度から 45%程度に 15%程度増加した場合、既存品と同程度の利益率を確保することが可能となる (図 4-3-1)。

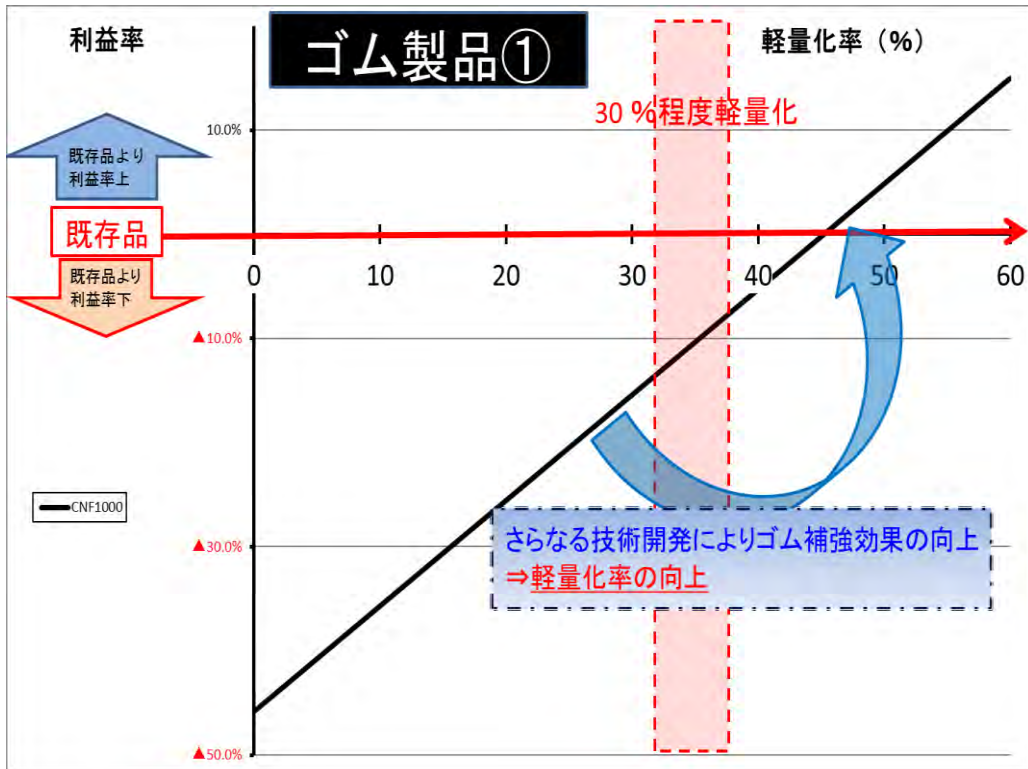


図 4-3-1 軽量化率の向上による影響

(2) CNF のゴムへの添加工程の見直しによる対応

CNF をゴムに添加するための前処理工程の見直しを行い、より効率の良い前処理方法を確認することで、処理経費が圧縮され、利益率の向上及び採算性の確保が図られるものである (図 4-3-2)。

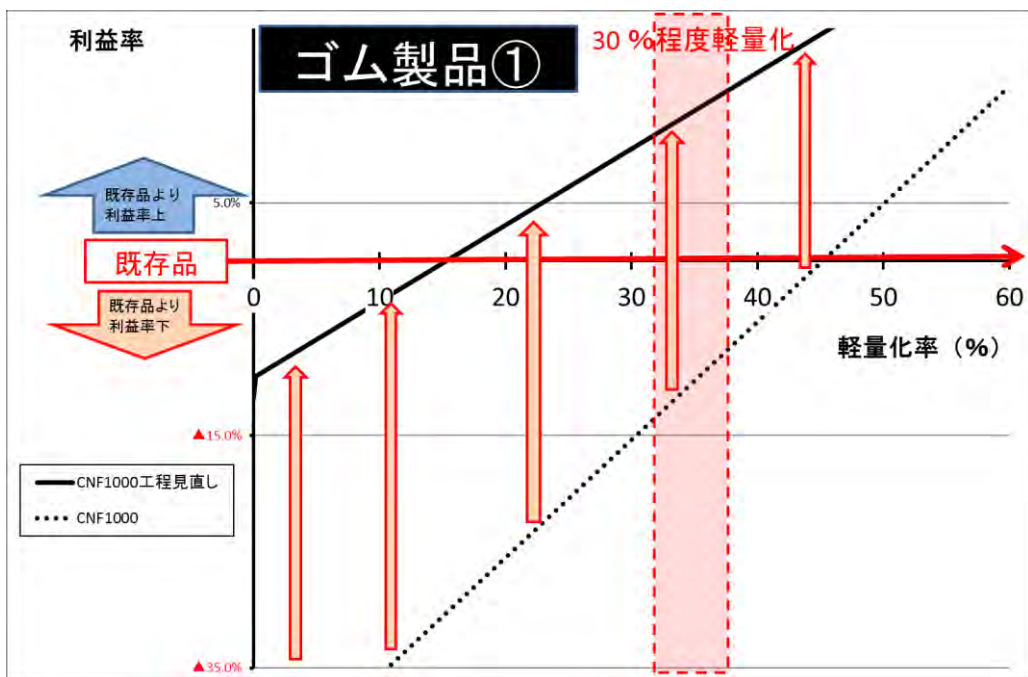


図 4-3-2 前処理工程の見直しによる影響

4.3.2 CNF の添加量の削減による対策

CNF の分散性の向上、ゴムとの密着性の向上等の技術開発により CNF の添加割合を減少することで、利益率を向上させる。例えば CNF の添加割合が現行の 3 分の 1 に削減した場合、利益率が向上し採算性が確保される（図 4-3-3）。

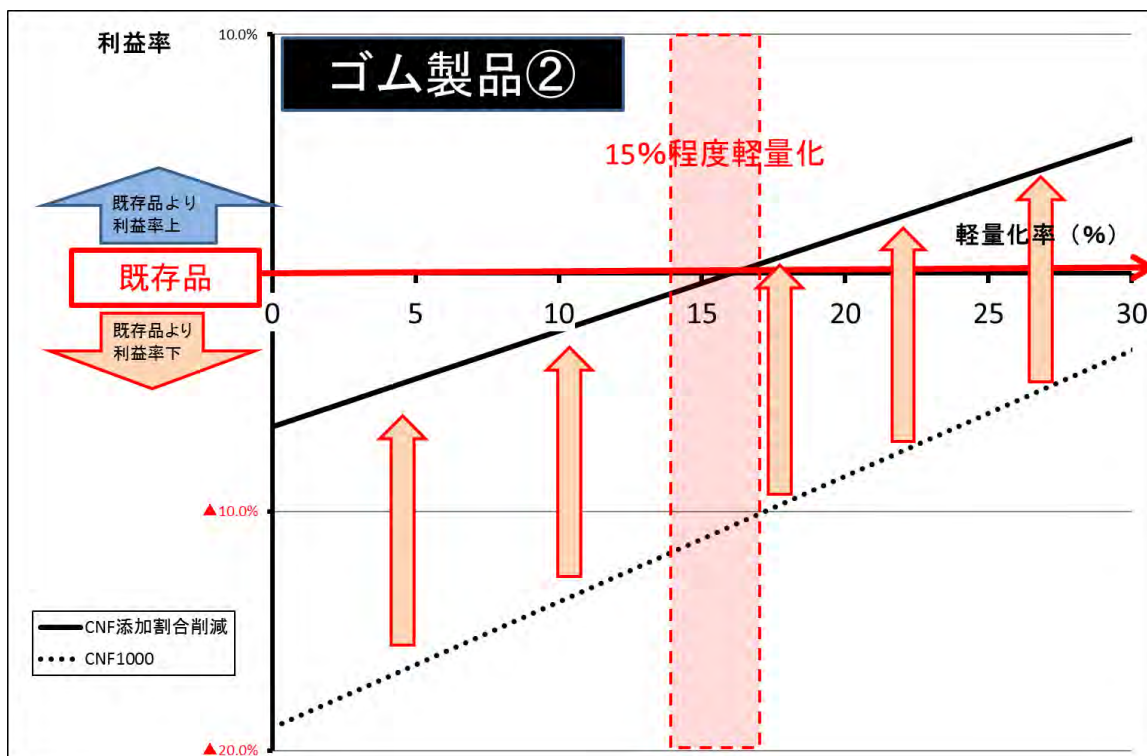


図 4-3-3 CNF の添加割合の削減による影響

第5章 CO₂削減ポテンシャルの推計

5.1 自動車用ゴム部品の製造に係る GHG 排出量の試算条件

鉄より軽くて 5 倍以上強い特徴を持つ CNF は、少量の添加により効果を高めることが可能となるため、CNF を強化材として使用する場合には、製品や樹脂の使用量の低減効果が期待されている。また、部品軽量化による燃費削減の実現を期待することで、自動車部材への使用可能性についても関心が高まっている。そこで、本章では、自動車用ゴム部品を対象に、CNF を適用していない従来品製造と CNF を適用した部品を製造する場合とで、GHG (Greenhouse Gas、温室効果ガス) 削減ポテンシャルを推計し、比較した。

GHG 削減ポテンシャルの推定方法としては、LCA (Life Cycle Assessment、ライフサイクルアセスメント) を実施することで行う。

5.1.1 LCA について

現在の人間生活は多種多様な製品やサービスを利用することによって成り立っているが、それらの製品やサービスを製造 (提供) 、使用、廃棄するには天然資源 (エネルギー) が消費されており、また、排気ガスや廃棄物などの環境への負荷物を排出している。地球環境問題は、このような人間活動が地球の持つ回復力を大幅に越えてしまった結果と考えられる。今後の人間社会の持続的な発展を考えると、我々はまずこれらの人間活動が地球環境に与える影響を正しく把握することが必要である。

LCA とは製品やサービスがそのライフサイクル全体を通して環境に与える影響を分析、評価する一つの手法である。具体的に、LCA は、製品やサービスの資源の採掘から生産・使用・廃棄まで、ライフサイクルを通じての資源消費量や排出物量を計量し (インベントリ分析) 、その環境への影響を評価する (影響評価) ツールである。LCA を実施する場合には、目的及び範囲の設定、インベントリ分析、インパクト分析 (手法) 、結果の解析の 4 つの内容について明確に設定する必要がある。まず、評価の目的・範囲の設定について、評価対象とする製品に関与するプロセスを分析する時には、全プロセスを網羅することは困難であることが多い。LCA 実施の目的に照らして寄与の小さいプロセスは、調査の対象外とすることができる。その選定基準をカットオフルールと呼び、LCA 実施の目的ごとに重要となるプロセスが異なるので、カットオフに関する一般的な規則は存在しない。そのため、目的に合致した調査の範囲を選定しなければならない。次に、LCA 評価を実施するためには、対象となる製品やサービスに関して、投入される資源やエネルギー (インプット) および生産または排出される製品・排出物 (アウトプット) のデータを収集し、環境負荷項目に関する入出力明細表を作成する必要がある。インベントリ分析を実施する際には、まず

対象とする製品の製造・使用・廃棄に係わるデータの収集が必要である。そして、製品に使用される素材の製造や、使用段階で消費される電力を発電する時の排出物量などを調査する。これらは、LCA の実施者にとっては収集が困難であり、文献や LCA の実施例から引用しなければならないことが多い。素材の製造データなどを文献から得ようとする、文献ごとに(素材ごとに)使用している電力や重油の燃焼による排出物量などのデータが異なることが多いので、データの整合性に注意する必要がある。一つのプロセスで 2 種以上の製品が得られる場合に、排出物量や資源の消費量を製品ごとに配分することが必要となる。一般には、製品の重量比で配分することが行われる。しかし、市場価値が大きく異なる製品が生産される場合には、生産金額で配分されることが適当とする考え方もある。複数の製品を生産するプロセスへの投入物や環境負荷をそれぞれの製品に「配分」する方法は、インベントリ分析の基本的な課題である。LCA は、物質やエネルギーの連鎖を基本とするので、本来は、含まれる全てのプロセスをシステムとして記述し、全体としての整合性を保つように配分されなければならない。全体を見ずに、あるプロセスだけを取り出しその製品群に環境負荷を配分することは、インベントリ分析の簡便化のために、システム全体の相互の関係を記述することを避ける便法である。3 つ目に、LCA のインパクト分析では、環境への影響について評価の対象にする。しかし、環境問題への影響評価の範囲は、大気汚染・オゾン層破壊・地球温暖化・生態毒性等、幅広い。そのため、これらの内容を「特性化」、「正規化」、「総合化」するなど、適切に評価するための手法について様々なものが提案・開発されている。最後に、LCA の実施により得られた調査結果について、調査範囲の相違、インベントリ分析におけるシステム境界の定義や配分方法、および影響評価における特性化係数の選択によって、異なる結果が導かれる可能性がある。これらの実施方法による結果への影響が「解釈」で考察されなければならない。現状のインベントリ分析では、多くの場合、結果である排出物量や資源消費量が単一の数値として示されることが多い。しかし、それぞれのプロセスデータには、測定誤差や推定誤差が含まれる。規格では、データの「完全性」や「代表性」などの質の評価が必要とされているが、それを結果に反映させる具体的方法は示されていない。特に、結果の解釈のためには、データに含まれる誤差を考慮した感度分析および不確実性分析の手法を具体的に示すことが必要である。この分野の研究の進展が望まれる。

5.1.2 分析範囲の設定

LCA 実施に必要なライフサイクルインベントリデータを構築するため、まず、図 5-1-1 のように、自動車のライフサイクルとゴム部品のライフサイクルを設定した。具体的には、自動車 1 台とゴム部品の原料の採掘からリサイクル及び処分までの 6 つの工程に区分した。原料採掘工程、素材製造工程、部品製造工程、自動車組み立て工程、自動車使用工程、リサイクル及び処分工程といった 6 つの工程は GHG 排出量の分析範囲にも用いられた。

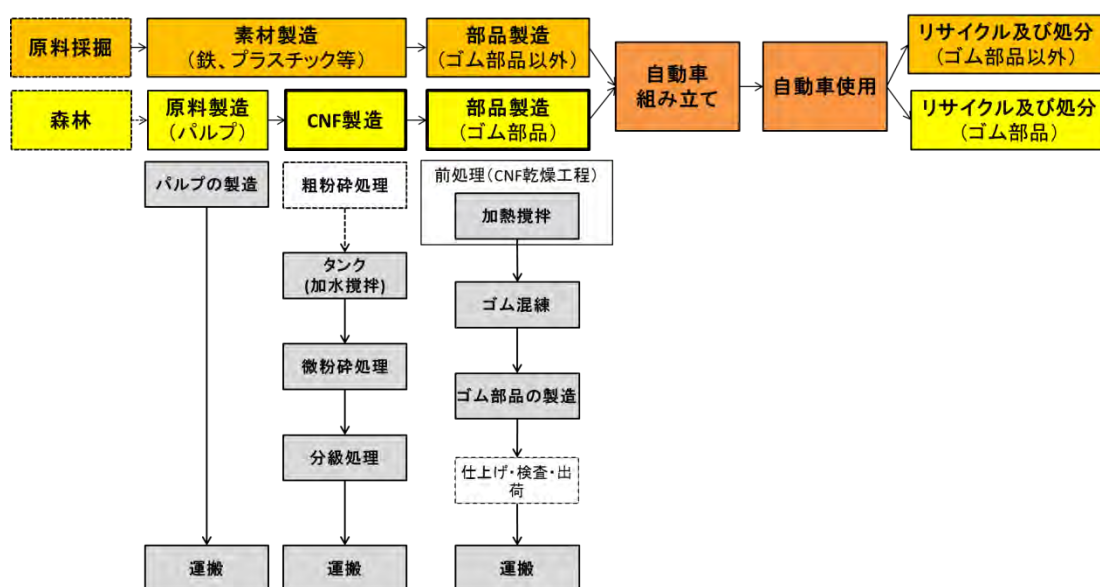


図 5-1-1 自動車とゴム部品のライフサイクル

* 「森林⇒素材製造」のプロセスによる GHG 量は CNF の製造を対象にした。

* 「自動車の使用」工程では、年間走行距離 9,200km/年、使用年数 12.44 年/台に設定した。

表 5-1-1 シナリオ別、CNF の添加に伴う製品の重量削減率の設定

区分		BAU	CNF1	CNF2	CNF3
ゴム部品 1	CNF 含有率	0	a%		
	重量削減率	0	10%	20%	30%
ゴム部品 2	CNF 含有率	0	b%		
	重量削減率	0	5%	10%	15%

*BAU(Business as usual)は CNF を入れない現在案を示す。

*CNF1～CNF3 で定められる CNF 含有率と重量削減率は、関連製造会社からの聞き取り調査から得られた値である。

*CNF の含有率と重量削減率は、関連工場の担当者からの聞き取り調査で得られたデータを用いた。

5.1.3 シナリオの設定

CNF の使用有無による自動車用ゴム部品の LCA による GHG 排出量の削減ポテンシャルを推計するため、自動車用のあるゴム製品を対象製品に設定し、CNF が適用されない従来のゴム部品を製造する BAU (Business as usual) 案と CNF を強化材に用いるゴム部品を製造する CNF 案といった 2 つのシナリオを設定した。CNF 案は、CNF の投入によるゴム部品の重量削減率を 3 つに分けた場合の GHG 削減効果を推計するため、さらに 3 つに分類した。シナリオ別、CNF の添加に伴う製品の重量削減率の設定をまとめたものを表 5-1-1 に示す。ゴム部品 1 とゴム部品 2 に投入される CNF の含有率は、それぞれ a%と b%に設定した。CNF の添加による重量の削減率は、ゴム部品 1 とゴム部品 2 とで、それぞれ 10%減・20%減・30%減、及び、5%減・10%減・15%減と設定した。この削減率は、ゴム部品の製造会社での実験から得られたデータを基に設定した。

シナリオ別、種類別ゴム部品の重量を表 5-1-2 に示す。種類別ゴム部品の製造に投入される成分の重量は、関連工場の担当者からの聞き取り調査と特許・研究論文のデータ収集を行うことにより、表 5-1-3～表 5-1-5 のように設定した。

表 5-1-2 種類別ゴム部品の重量 [単位：g/台]

区分		総重量	ゴム部品 1	ゴム部品 2	
				A	B
乗用車 (1800-2000cc)		850-1600	300-700	400-600	150-300
代入値	BAU	1,225	500	500	225
	CNF1	1,139	450	475	214
	CNF2	1,052	400	450	202
	CNF3	966	350	425	191

* 乗用車 1 台の自動車重量は 1,378.3kg/台に設定した。

* ゴム部品の重量は、関連工場の担当者からの聞き取り調査で得られたデータを用いた。種類別ゴム部品の重量の幅の中、平均値を代入値として用いた。

* 小数点以下で四捨五入した数値を示す。

表 5-1-3 ゴム部品 1 の製造に用いられる成分の重量

区分	BAU	BAU 対比含有量の割合		
		CNF1	CNF2	CNF3
合計	100%	90%	80%	70%
ポリマー	100%	86%	76%	67%
カーボンブラック	100%	86%	76%	67%
軟化剤	100%	*%	*%	*%
その他	100%	*%	*%	*%
CNF	0	a%	a%	a%

* CNF はそれぞれのシナリオの合計に対する割合で示したため、ゴム部品 1 での CNF の含有率である a%にした。

* CNF を適用したゴム部品の製造において、従来品製造よりも工程が増えるため、シナリオ CNF1~3 の BAU 対比含有量の割合が 100%を超える場合がある。

* 「軟化剤」「その他」の「BAU 対比含有量の割合」については、関連工場において非公表とされている。

表 5-1-4 ゴム部品 2-A の製造に用いられる成分の重量

区分	BAU	BAU 対比含有量の割合		
		CNF1	CNF2	CNF3
合計	100%	95%	90%	85%
ポリマー	100%	93%	88%	83%
カーボンブラック	100%	93%	88%	83%
軟化剤	100%	*%	*%	*%
その他	100%	*%	*%	*%
CNF	0	b%	b%	b%

* CNF はそれぞれのシナリオの合計に対する割合で示したため、ゴム部品 2 での CNF の含有率である b%にした。

* CNF を適用したゴム部品の製造において、従来品製造よりも工程が増えるため、シナリオ CNF1~3 の BAU 対比含有量の割合が 100%を超える場合がある。

* 「軟化剤」「その他」の「BAU 対比含有量の割合」については、関連工場において非公表とされている。

表 5-1-5 ゴム部品 2-B の製造に用いられる成分の重量

区分	BAU	BAU 対比含有量の割合		
		CNF1	CNF2	CNF3
合計	100%	95%	90%	85%
ポリマー	100%	93%	88%	83%
カーボンブラック	100%	93%	88%	83%
軟化剤	100%	*%	*%	*%
その他	100%	*%	*%	*%
CNF	0	b%	b%	b%

* CNF はそれぞれのシナリオの合計に対する割合で示したため、ゴム部品 2 での CNF の含有率である b%にした。

* CNF を適用したゴム部品の製造において、従来品製造よりも工程が増えるため、シナリオ CNF1~3 の BAU 対比含有量の割合が 100%を超える場合がある。

* 「軟化剤」「その他」の「BAU 対比含有量の割合」については、関連工場において非公表とされている。

5.2 プロセス別、GHG 排出量の試算

本章では、自動車に使用されるゴム部品について、原料採掘工程、素材製造工程、部品製造工程、自動車組み立て工程、自動車使用工程、リサイクル及び処分工程までの各プロセスで排出される GHG 排出量の推計について試算した。GHG 排出量は、国際的に採用されている温室効果ガス 6 種類 (CO₂、CH₄、N₂O、SF₆、HFCs、PFCs) を対象に、IPCC (1995 年) の温暖化係数を用いて CO₂ 換算量に試算した温室効果ガス排出量 (CO₂eq) の単位を用いた。ゴム製品の製造に用いられる各種素材の GHG 原単位は、IDEA (Inventory Database for Lifecycle Analysis) のデータから収集した値を用いた。IDEA は、産業技術総合研究所 (AIST) が開発している製品・サービスのインベントリデータベースである。

なお、CNF の原料から CNF の生産、そしてゴム製品の製造までの工程における歩留り率は、1 に設定した。

5.2.1 原料採掘工程と素材製造工程における GHG 排出量

今回の CNF の製造に用いる原料は、パルプと設定した。パルプは、規格化されているため、容易に使用することができる。パルプの製造から CNF の工場までの運搬における GHG 排出量は以下のように推計した。ここで、パルプと軽油など、当該工程で用いられる物質とエネルギーGHG 原単位は、IDEA のデータを用いた。パルプの GHG 原単位には原料採掘の工程からの GHG 量も含まれている。

原料(パルプ)製造工程における GHG 排出量の計算

- 原料(パルプ)製造工程における GHG 排出量の計算=パルプの製造+パルプの運搬
- パルプの製造=(CNF に用いられる)パルプ量×パルプの GHG 原単位
- 原料の運搬=CNF に用いられるパルプ量×運搬距離×改良トンキロエネルギー消費原単位×エネルギー(経路)の GHG 原単位

* パルプ製造の原単位：0.84kg-CO₂eq/kg (出典：IDEA)

* 運搬距離：127km (出典：google map、パルプ工場から CNF 製造工場までの運搬距離、google map による最短距離)

* 改良トンキロエネルギー消費原単位：0.0504L-軽油/t・km (出典：国土交通省、10 トン以上のトラックを利用、積載率が不明な場合におけるエネルギー消費原単位)

* 軽油の原単位：3.21 kg-CO₂eq/kg (出典：IDEA)

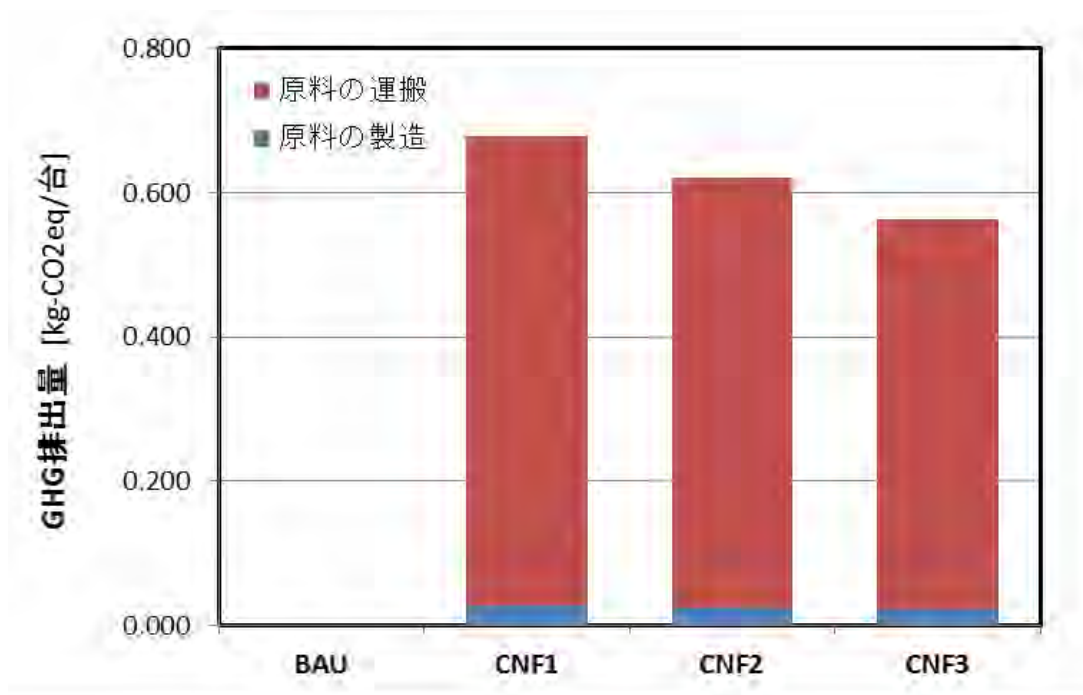


図 5-2-1 シナリオ別、原料(パルプ)製造工程における GHG 排出量

シナリオ別、CNF に用いられる原料であるパルプの製造工程における GHG 排出量の計算結果を図 5-2-1 に示す。CNF が投入されない BAU 以外の、CNF1、CNF2、CNF3 で排出される GHG 排出量は、それぞれ、約 0.68 kg-CO₂eq/台、約 0.62 kg-CO₂eq/台、約 0.56 kg-CO₂eq/台で、シナリオ別に 0.06 kg-CO₂eq/台ずつ減少する。GHG 排出量の内訳をみると、パルプの製造と完成したパルプの運搬における GHG 排出量の割合は、3.9%と 96.1%であり、パルプの運搬による GHG 排出量の寄与が高いことが分かる。

CNF の原料をパルプから木材チップに変えた場合における GHG 排出量の推移を図 5-2-2 に示す。CNF の製造に用いられる木材チップの量を計算するため、パルプの投入量に合わせた木材チップの量を設定した(参考：全国木材チップ工業連合会)。ここでは、パルプ 1 トンに相当する木材チップの換算量は、約 14.4m³ とした。

原料(木材チップ)製造工程における GHG 排出量の計算
<ul style="list-style-type: none"> 原料(木材チップ)製造工程における GHG 排出量の計算=木材チップの製造+木材チップの運搬 木材チップの製造=(CNF に用いられる)木材チップ量×木材チップの GHG 原単位 原料の運搬=CNF に用いられる木材チップ量(トンに換算)×運搬距離×改良トンキロエネルギー消費原単位×エネルギー(経由)の GHG 原単位

* 木材チップ製造の原単位：12.23kg-CO₂eq/m³ (出典：IDEA)

* 運搬距離：127km (出典：google map、パルプ工場から CNF 製造工場までの運搬距離、google map による最短距離)

* 改良トンキロエネルギー消費原単位：0.0504L-軽油/t・km (出典：国土交通省、10 トン以上のトラックを利用の場合、積載率が不明な場合でのエネルギー消費原単位)

* 軽油の原単位：3.21 kg-CO₂eq/kg (出典：IDEA)

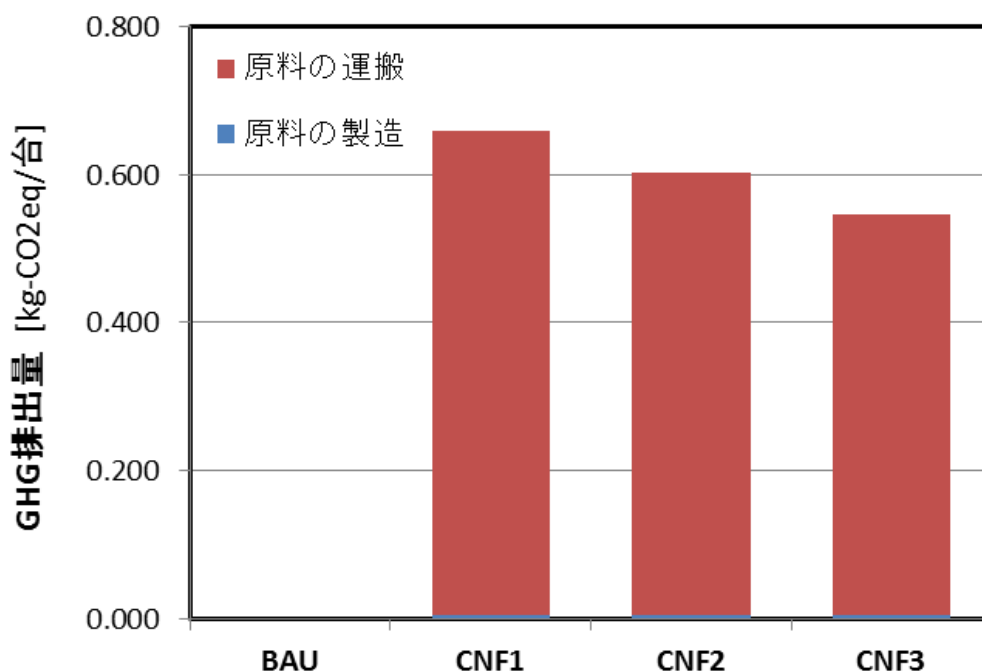


図 5-2-2 シナリオ別、原料(木材チップ)の製造工程における GHG 排出量

CNF の素材として木材チップを用いる場合における原料製造工程に排出する GHG 量を図 5-2-2 に示す。CNF を用いない BAU 以外の CNF1、CNF2、CNF3 における GHG 排出量は、それぞれ、約 0.66 kg-CO₂eq/台、約 0.60 kg-CO₂eq/台、約 0.55 kg-CO₂eq/台となり、パルプを用いた場合より GHG 排出量は、約 3.1%減少する。

GHG 排出量の内訳をみると、木材チップの製造による GHG 量の割合は全体排出量の約 0.9%を占めている。運搬による GHG 量の割合が約 99%を占めることから、地元での CNF 製造による運搬距離を短くすることにより、約 0.54 kg-CO₂eq/台～約 0.65 kg-CO₂eq/台の GHG 排出量の削減効果が期待できる。

5.2.2 CNF 製造工程における GHG 排出量

パルプを用いて CNF を製造し、ゴム部品工場に運搬するまでの工程で排出される GHG 排出量は、以下のように試算した(図 5-2-3)。

CNF の原料製造工程における GHG 排出量の計算
<ul style="list-style-type: none"> ・前提条件：パルプから CNF 製造までの歩留まり率：1 ・CNF の原料製造段階での GHG 量＝CNF の製造+原料の運搬 ・CNF の製造＝CNF の製造段階別電力消費量×電力量の原単位 ・CNF の運搬＝CNF 量×運搬距離×改良トンキロエネルギー消費原単位×エネルギー(軽油)の GHG 原単位

* 電力の GHG 原単位：0.69kg-CO₂eq/kwh (出典：IDEA)

* 運搬距離：65.5km (出典：google map、CNF 製造工場からゴム部品の製造工場までの運搬距離、google map による最短距離)

* 改良トンキロエネルギー消費原単位：0.0504L-軽油/t・km (出典：国土交通省、10 トン以上のトラックで積載率が不明な場合でのエネルギー消費原単位)

* 軽油の原単位：3.21 kg-CO₂eq/kg (出典：IDEA)

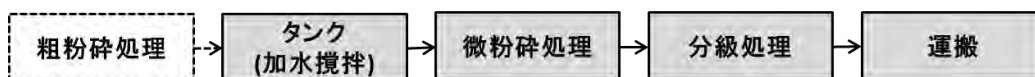


図 5-2-3 CNF の製造工程

* パルプによる CNF の製造の場合には、点線の「粗粉碎処理」は不要である。木材チップを原料にする場合には、粗粉碎処理が必要となる。

* 各プロセスで消費される電力量は CNF の生産量によって異なる。

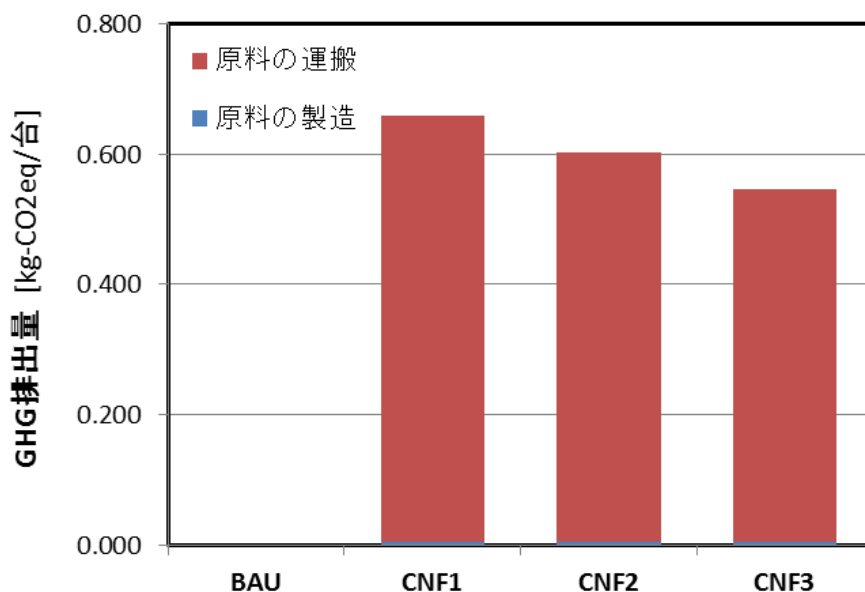


図 5-2-4 シナリオ別、CNF 製造工程における GHG 排出量(パルプを原料にする場合)

シナリオ別、CNF 製造工程における GHG 排出量の計算結果を図 5-2-4 に示す。

CNF が投入されない BAU を除いて、CNF1、CNF2、CNF3 で排出される GHG 排出量は、それぞれ約 0.40 kg-CO₂eq/台、約 0.37 kg-CO₂eq/台、約 0.34 kg-CO₂eq/台で、シナリオ別に約 0.04 kg-CO₂eq/台ずつ減少する。内訳をみると、CNF の製造と CNF のゴム部品工場までの運搬で排出される GHG 量の割合は、それぞれ、約 16.8%と約 83.2%となり、CNF の運搬による GHG 排出量の割合が高いことから、CNF 製造による運搬距離を最短距離(0km)として運搬における GHG 排出量を 0 とすることにより、約 0.28 kg-CO₂eq/kg/台～約 0.34 kg-CO₂eq/台の GHG 排出量の削減が期待される。

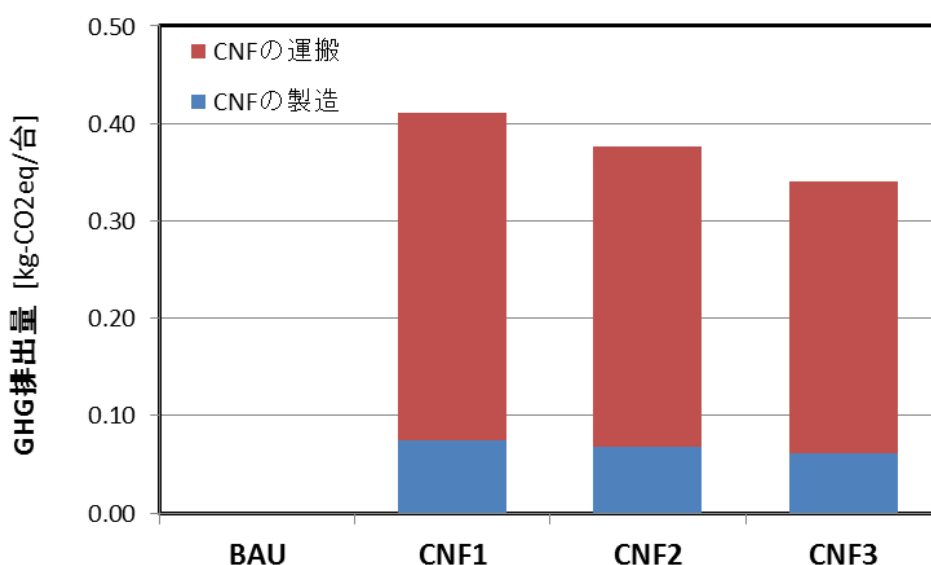


図 5-2-5 シナリオ別、CNF 製造工程における GHG 排出量(木材チップを原料にする場合)

CNF 製造に用いられる原料をパルプから木材チップに変えることで排出される GHG 量を図 5-2-5 のように推計した。「粗粉碎」処理が加わることで、CNF の製造部門では、パルプを原料にする場合に比べ、GHG 排出量が約 9%増加し、CNF 製造工程のトータル GHG 排出量として、約 1.6~1.7%の増加となる。

5.2.3 (CNF を用いた) ゴム部品製造工程における GHG 排出量

ゴム部品工場に運んできた CNF をゴムに添加するための前処理段階からゴム混練・ゴム部品の製造工程を経て、自動車組み立て工場まで運搬するプロセスにおける排出される GHG 量の推計方法を図 5-2-6 に示す。

(CNF を用いた) ゴム部品の製造工程における GHG 排出量
<ul style="list-style-type: none"> ・前提条件：CNF からゴム部品の製造までの歩留まり率：1 ・計算式：ゴム部品の製造+ゴム部品の運搬 ・ゴム部品の製造 = (CNF の前処理) + (ゴム混練) + (ゴム部品の製造) <ul style="list-style-type: none"> ・CNF の前処理 = (前処理に用いられる物質投入分の GHG 量 × 使用物質の重量) + (前処理段階での電力消費量 × 電力の原単位) ・ゴム混練 = (ゴム混練に用いられる物質投入分の GHG 量 × 使用物質の重量) + (ゴム混練段階での電力消費量 × 電力量の原単位) ・ゴム部品の製造 = (ゴム部品の製造にかかる電力消費量 × 電力の原単位) + (ゴム部品の製造にかかる重油の消費量 × 重油の原単位) ・ゴム部品の運搬 = ゴム部品の重量 × 運搬距離 × 改良トンキロエネルギー消費原単位 × エネルギー(軽油)の GHG 原単位

* CNF を用いたゴム部品製造工程の中、前処理とゴム混練に用いられる各種物質投入分の GHG 量は IDEA のデータにある物質別 GHG 原単位から重量割合をかけて 1 つの GHG 量に換算した結果を用いた。

前処理に用いられる物質投入分の GHG 量：BAU:0 kg-CO2eq/台、CNF1:0.0401 kg-CO2eq/台、CNF2:0.0365 kg-CO2eq/台、BAU:0.0330 kg-CO2eq/台

ゴム混練に用いられる物質投入分の GHG 量：BAU:4.1361 kg-CO2eq/台、CNF1:3.6523 kg-CO2eq/台、CNF2:3.3772 kg-CO2eq/台、BAU:3.1018 kg-CO2eq/台

* 電力の GHG 原単位：3.43kg-CO2eq/kg (出典：IDEA)

* 重油の GHG 原単位：0.69kg-CO2eq/kwh (出典：IDEA)

* 軽油の原単位：3.21 kg-CO2eq/kg (出典：IDEA)

* ゴム部品製造工場から車組み立て工場までの運搬距離：100 km (仮定値)

* 改良トンキロエネルギー消費原単位：0.0504L-軽油/t・km (出典：国土交通省、10 トン以上のトラックで積載率が不明な場合でのエネルギー消費原単位)

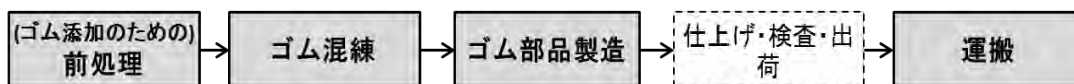


図 5-2-6 ゴム部品の製造工程

* エネルギーが投入される部門は太線に表記されている。

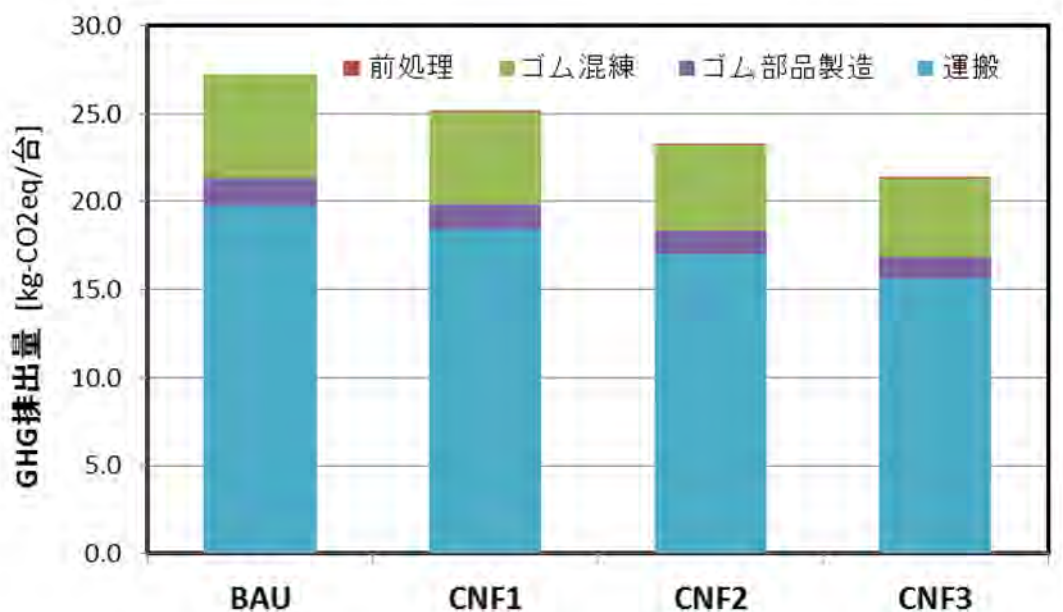


図 5-2-7 シナリオ別、ゴム部品製造工程における GHG 排出量

シナリオ別、CNF を用いたゴム部品製造工程における GHG 排出量の計算結果を図 5-2-7 に示す。CNF が投入されない BAU、及び、CNF の投入による減量化シナリオである CNF1、CNF2、CNF3 の 4 つのシナリオにおけるトータル GHG 排出量は、それぞれ、約 27.33 kg-CO₂eq/台、約 25.30 kg-CO₂eq/台、約 23.40 kg-CO₂eq/台、約 21.50 kg-CO₂eq/台である。内訳別に GHG 排出量をみると、CNF を使わない BAU シナリオにおける、前処理・ゴム混練・ゴム部品の製造・運搬の 4 つの工程での GHG 排出量の割合は、それぞれ、0%、21.8%、5.7%、72.4%となるのに対し、CNF を用いるシナリオにおける GHG 排出量の割合は、それぞれ、0.3%、21.2%、5.8%、72.7%となる。

以上の内容をまとめると、CNF が投入されない BAU を基準に、CNF1、CNF2、CNF3 で排出されるトータル GHG 排出量は、それぞれ、約 7.4%、約 15.5%、約 24.9%ずつ減少する。また、CNF の投入による詳細なプロセスによる GHG 排出割合の変更を見ると、CNF を投入することで、前処理とゴム部品製造部門での GHG 割合が大きくなり、ゴム混練部門での GHG 排出割合が少なくなることが分かる。

5.2.4 自動車組み立て（ゴム部品取り付け）製造工程における GHG 排出量

自動車 1 台の組み立て製造工程における、ゴム部品分の GHG 排出量は、IDEA による 1 台当たりの自動車製造工程のうち、ゴム部品 1 式の重量分として計算した。ここで、自動車組み立てのときに消費するエネルギー量は自動車の重量により変化しないと考えられたので、4 つのシナリオとも同じ GHG 排出量の値になるように設定した。

自動車組み立て（ゴム部品取り付け）製造工程における GHG 排出量
<ul style="list-style-type: none"> ・前提条件：ゴム部品の重量に関係なく、自動車 1 台当たり組み立てにかかる GHG 排出量は一定である。 ・計算式：自動車組み立てによる GHG 量＝ゴム部品の重量×ゴム部品の取り付け作業による GHG 原単位

* 自動車 1 台当たり組み立て製造の GHG 原単位=3,751.1 kg-CO₂eq/台

* 自動車部品取り付け作業による GHG 原単位=3,751.1 kg-CO₂eq/台÷自動車重量(1,367.3kg)=2.7kg-CO₂eq/台-kg

(参考：IDEA)

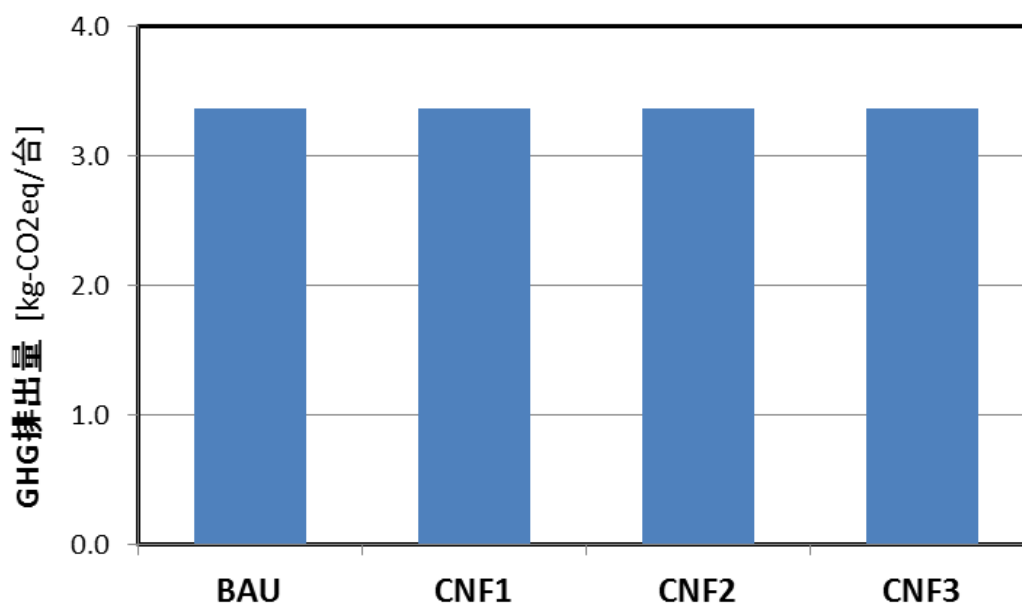


図 5-2-8 シナリオ別、自動車組み立て製造工程における GHG 排出量(ゴム部品分)

シナリオ別、自動車組み立て製造工程における GHG 排出量(ゴム部品分)の計算結果を図 5-2-8 に示す。IDEA データによる自動車 1 台当たり組み立て製造にかかる GHG 排出量は 3,751.1 kg-CO₂eq/台である。この内、ゴム部品分による GHG 排出量は、シナリオに関わらず、共通的に 3.4 kg-CO₂eq/台となった。

5.2.5 自動車使用(走行期間) 工程における GHG 排出量

自動車の走行期間中に排出される GHG 量を試算した。自動車の重量変化に伴う燃料消費量の変化から GHG 排出量への影響を推計するため、Kudoh et al. (2008)の「自動車の重量変化による燃料消費量」に関する計算式を用いて GHG 排出量の試算を行った。

自動車使用(走行期間)による GHG 排出量	
・前提条件：自動車 1 台当たりの年間走行距離：9,200 km/年 (統計値) 自動車 1 台当たりの使用年数：12.44 年 (出典：統計局：乗用車(小型車)の平均使用年数)	
・自動車 1 台の使用による GHG 排出量の計算式=自動車 1 台の燃費消費量(ガソリン)×年間走行距離×使用年数×ガソリン GHG 排出量の原単位	
・自動車 1 台の燃費消費量(ガソリン、L/100km) = 0.0085×自動車の重量+0.446	

* 自動車 1 台の燃費消費量で用いられるパラメータ

	LP-GV		P-DV		P-GV		P-HV	
n	265		113		1636		8	
R2	0.471		0.336		0.7		0.925	
	$C \times 10^{-3}$	d	$C \times 10^{-3}$	d	$C \times 10^{-3}$	d	$C \times 10^{-3}$	d
B	9.09	0.493	5.1	2.951	8.45	0.446	4.64	0.238
t	15.3	1	7.5	2.3	61.8	2.4	8.6	0.3

* 自動車 1 台の燃費消費量の計算式： $FC_{v, actual} = C \times W_v + d$ (W_v ：車両重量(kg)、C、d：パラメータ(C：0.0085、d：0.446))

(出典：Y. Kudoh et al., Statistical analysis on transition of actual fuel consumption by improvement of Japanese 10・15 mode fuel consumption, Journal of the Japan institute of energy, 87, 930-937, 2008)

* ガソリンの GHG 原単位：3.282 kg-CO₂eq/L (出典：IDEA データ)

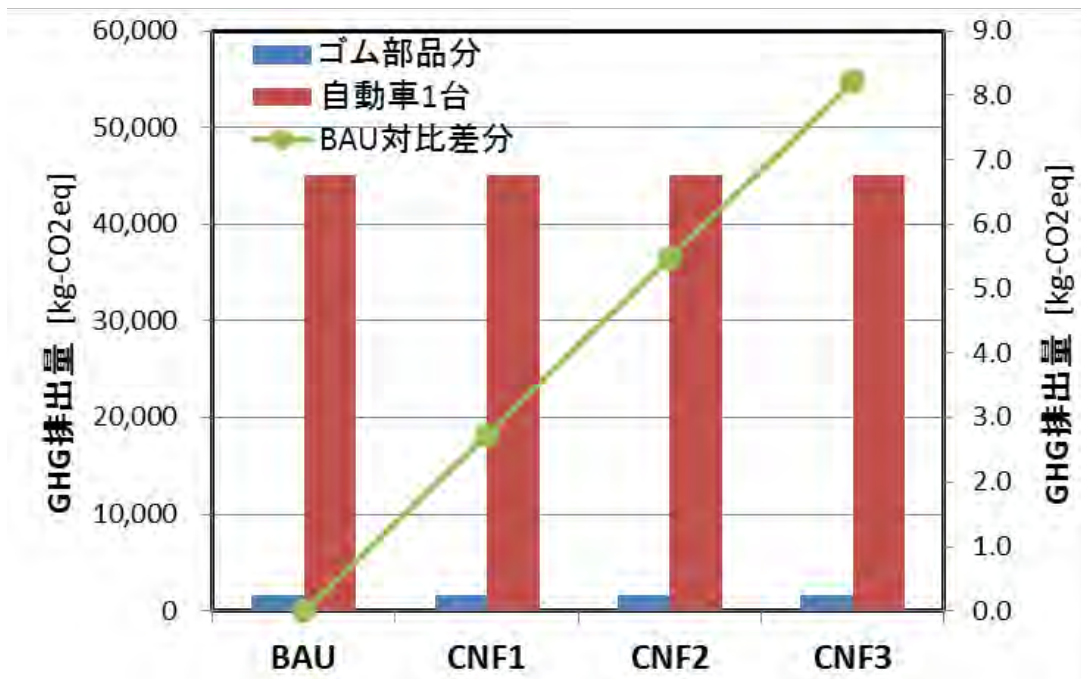


図 5-2-9 シナリオ別、自動車の使用による GHG 排出量（ゴム部品分）

シナリオ別、自動車の使用期間中に排出される GHG 量の計算結果を図 5-2-9 に示す。自動車 1 台当たりの使用期間中に排出される GHG 量は、BAU、CNF1、CNF2、CNF3 とで、それぞれ、約 45,075.9 kg-CO₂eq/台、約 45,073.2 kg-CO₂eq/台、約 45,070.4 kg-CO₂eq/台、約 45,067.7 kg-CO₂eq/台である。この量をゴム部品の重量分で換算すると、それぞれ、約 1,714.2 kg-CO₂eq/台、約 1,711.5 kg-CO₂eq/台、約 1,708.8 kg-CO₂eq/台、約 1,706.0 kg-CO₂eq/台となる。今回のシナリオ CNF1~3 においては、ゴム部品の重量減少に伴う GHG 削減効果として、約 0.16%~0.48%が期待できる。

5.2.6 使用済み自動車のリサイクル・処分工程における GHG 排出量

自動車の使用後、廃棄段階に行われる自動車の部品別の、リサイクル・処理工程で排出される GHG 量を試算するため、部品別リサイクル・処分方法を以下の通り設定した。廃車段階による自動車部品別リサイクル・処分方法は、産総研内部調査による「廃車段階」を参考にした(図 5-2-10)。「廃車段階」による自動車部品は、ボディ・エンジン、及び、周辺部品・ガソリタンク・廃液・バッテリー・車輪・付属品等、7つに分けられる。また、自動車部品別の、リサイクル・処分対象となる原材料の重量は、「普通・小型乗用車における原材料構成比推移(2001)」や「タイヤとホイールのセットの重量」を参考に設定した。その後の、原材料別リサイクル・処分方法は、自動車リサイクル促進センターによる「最近の自動車のリサイクル現状(図 5.2-11)」と一般社団法人プラスチック循環利用協会「2014 年プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処理処分の状況」を参考に設定した。そのうち、

ゴム部品のリサイクル・処分方法は、ゴム部品製造関連業者からの聞き取り調査により、100%熱回収と設定した。CNF は、大気中の二酸化炭素濃度に影響を与えないというカーボンニュートラルの特性を持つ木質バイオマスから製造されるため、燃焼の際に排出される GHG 量を計上しないこととした(ゴム部品の重量のうち、CNF を除いた重量を対象に GHG 排出量を試算した)。

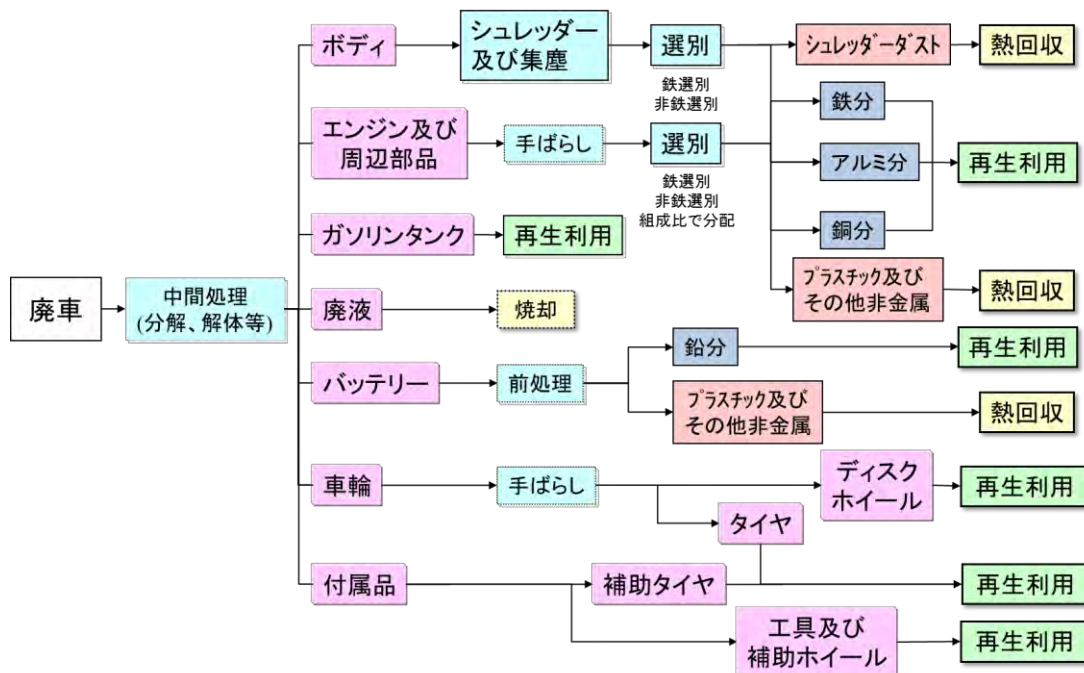


図 5-2-10 廃車段階による自動車部品別リサイクル・処分方法
(参考：産総研内部調査)

自動車リサイクル法で適正処理されたクルマのリサイクル率は **約99%**です。

部品・資源として リサイクル	自動車リサイクル法の対象物品 お支払いいただいたリサイクル料金で処理		
	埋立地に余裕なし	処理に専門技術が必要	地球温暖化等防止
 エンジン・ボディ等 中古部品として ●エンジン ●トランスミッション等 原材料として ●タイヤ(燃料) ●ボディ(鉄)等	 シュレッダーダスト (廃車くず) ●ウレタン・繊維 →熱エネルギーとして リサイクル ●ガラス等 →舗装材などに リサイクル	 エアバッグ類 ●安全に適正処理 ●金属部分は資源 としてリサイクル	 フロン類 ●無害化

図 5-2-11 自動車リサイクルの現状

参考：自動車リサイクル促進センター(<http://www.jarc.or.jp/automobile/manage/>)

自動車使用(走行期間)による GHG 排出量
<ul style="list-style-type: none"> ・前提条件：ゴム部品の中、CNF の使用分は計上しない。 ・CNF を使用したゴム部品のリサイクル・処分による GHG 排出量の計算式＝（ゴム部品の重量-CNf の使用量）×熱回収の GHG 原単位 ・自動車のリサイクル・処分による GHG 排出量＝（使用済み自動車の中間廃棄処理×自動車重量×使用済み自動車の中間処理の GHG 原単位）＋（ボディの重量×ボディ処理の GHG 原単位）＋（エンジン及び周辺部品の重量×エンジン及び周辺部品処理の GHG 原単位）＋（ガソリタンクの重量×ガソリタンク処理の GHG 原単位）＋（廃液の重量×廃液処理の GHG 原単位）＋（バッテリーの重量×バッテリー処理の GHG 原単位）＋（車輪の重量×車輪処理の GHG 原単位）＋（付属品の重量×付属品処理の GHG 原単位）

* 熱回収による GHG 原単位：0.87kg-CO2eq/kg （出典：IDEA）

使用済み自動車の中間処理の GHG 原単位：0.08 kg-CO2eq/kg （出典：IDEA）

* ボディ処理、エンジン及び周辺部品、ガソリタンク、廃液処理、バッテリー、車輪、付属品の 7 つの部品に対する GHG 原単位は、図 5-2-10 にある廃車段階による自動車部品別リサイクル・処分方法に基づき、処理方法別処理割合を用いて、処理方法別 IDEA データによる GHG 原単位をかけて部品別 GHG 量に換算した結果を用いた。

ボディ処理の GHG 原単位：1.145 kg-CO2eq/kg

エンジン及び周辺部品処理の GHG 原単位：1.238 kg-CO2eq/kg

ガソリタンク処理の GHG 原単位：1.310 kg-CO2eq/kg

廃液処理の GHG 原単位：3.107 kg-CO2eq/kg

バッテリー処理の GHG 原単位：6.039 kg-CO2eq/kg

車輪処理の GHG 原単位：0.990 kg-CO2eq/kg

付属品処理の GHG 原単位：1.091 kg-CO2eq/kg

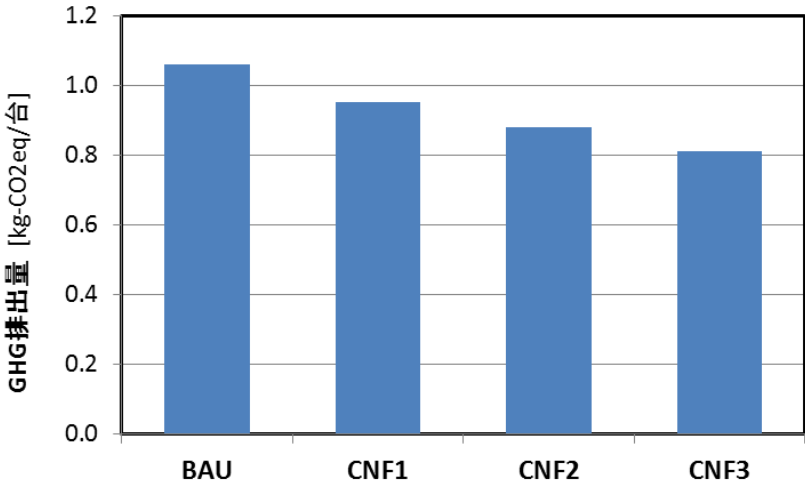


図 5-2-12 シナリオ別、使用済み自動車のリサイクル・処分による GHG 量（ゴム部品分）

シナリオ別、使用済み自動車のリサイクル・処分工程で排出される GHG 量の計算結果を図 5-2-12 に示す。100%が熱回収されるゴム部品の処理による GHG 排出量は、シナリオ別(BAU、CNF1、CNF2、CNF3)に、1.1kg-CO₂eq、1.0 kg-CO₂eq、0.9kg-CO₂eq、0.8kg-CO₂eq となり、BAU に対する他の 3 つのシナリオで 0.11 kg-CO₂eq~0.25 kg-CO₂eq の削減が期待できる。

使用済み自動車 1 台当たりのリサイクル・処分工程で排出される GHG 量は、シナリオ別(BAU、CNF1、CNF2、CNF3)に、それぞれ約 1,775.7 kg-CO₂eq/台、約 1,775.6 kg-CO₂eq/台、約 1,775.5 kg-CO₂eq/台、約 1,775.4 kg-CO₂eq/台となり、BAU に対する他の 3 つのシナリオで、約 0.12 kg-CO₂eq/台~約 0.27 kg-CO₂eq/台の削減効果が期待できる(表 5-2-1)。

表 5-2-1 シナリオ別自動車 1 台当たりリサイクル・処分工程で排出される GHG 量

[単位：kg-CO₂eq/台]

区分	BAU	CNF1	CNF2	CNF3
ゴム部品	1.1	1.0	0.9	0.8
自動車 1 台	1,775.7	1,775.6	1,775.5	1,775.4

5.3 CNF の適用による GHG 排出量の削減ポテンシャルの推計

5.3.1 自動車 1 台のライフサイクル全体における GHG 量

自動車 1 台の GHG 排出量のうち、CNF を用いたゴム部品の GHG 排出量の削減効果を明確にするため、原料の採掘、素材製造、部品製造、自動車の組み立て、自動車使用、リサイクル及び処分といった自動車 1 台のライフサイクル全体における GHG 排出量を試算した。7 つの工程を自動車製造(原料の採掘～自動車の組み立て)、自動車使用、リサイクル・処分工程の 3 つに大きく分けた工程別 GHG 排出量を図 5-3-1 に示す。

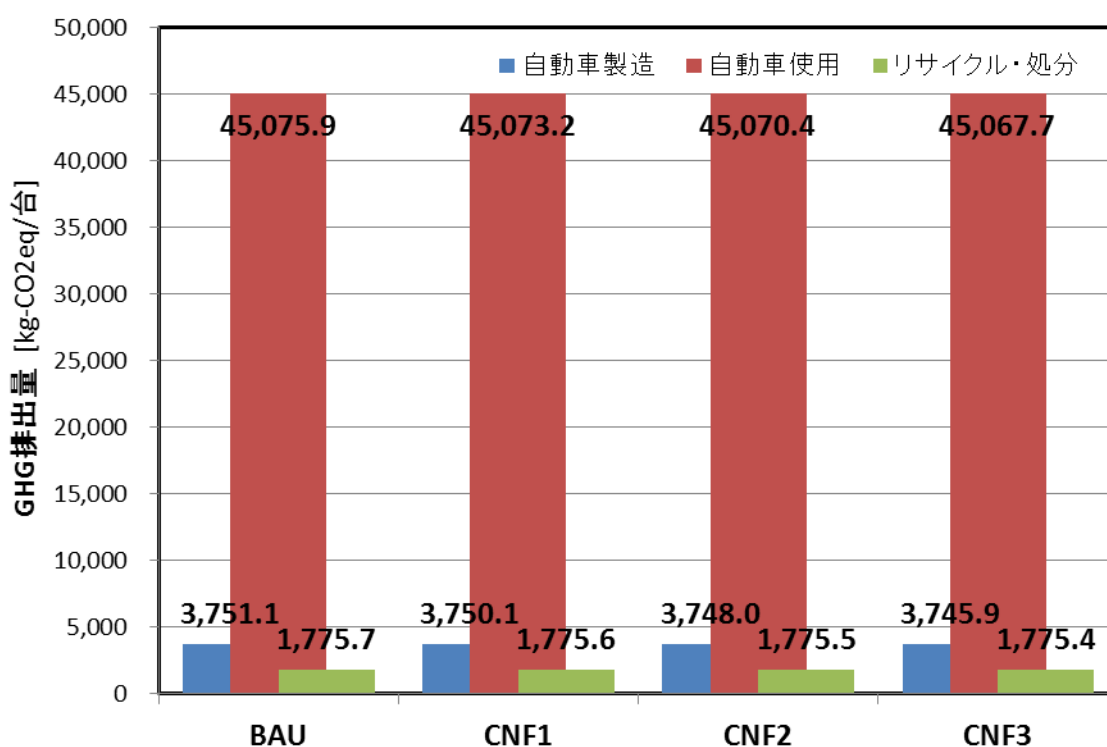


図 5-3-1 シナリオ別、自動車 1 台のライフサイクル全体における GHG 排出量

CNF を用いたゴム部品を導入することにより、自動車 1 台当たり、シナリオ CNF1～CNF3 でそれぞれ、約 0.09 kg～約 0.26 kg の減量化が期待できる。これは、自動車 1 台重量(BAU 時で 1,367.3 kg)の約 0.01%～0.03%に相当する。自動車重量の減少による GHG 排出量の削減効果をみると、BAU における自動車 1 台のライフサイクル全体での GHG 排出量 50,602.7 kg-CO₂eq/台に対し、CNF1、CNF2、CNF3 で、それぞれ、約 3.9kg-CO₂eq/台、約 8.8kg-CO₂eq/台、約 13.7kg-CO₂eq/台の削減となった。これは、BAU での排出量の約 0.01%～0.03%に相当する。

工程別にみると、ゴム部品に CNF を強化材として導入するシナリオ CNF1、CNF2、CNF3 における GHG 排出量は、CNF の原料となるパルプの製造、CNF の製造の 2 つの工

程では、シナリオ BAU に比べてそれぞれ、約 1.08 kg-CO₂eq/台、約 0.99 kg-CO₂eq/台、約 0.90 kg-CO₂eq/台だけ増加する(表 5-3-1)。しかし、ゴム部品製造工程におけるシナリオ CNF1、CNF2、CNF3 での GHG 排出量は、ゴム部品に投入される既存素材の投入量の削減により、シナリオ BAU に比べ、約 2.03 kg-CO₂eq/台、約 3.93 kg-CO₂eq/台、約 5.83 kg-CO₂eq/台の削減が可能となる(表 5-3-1)。ゴム部品の重量削減による GHG 排出効果は、処理・リサイクル段階でも見られ、シナリオ BAU 対比シナリオ CNF1、CNF2、CNF3 での GHG 排出量は、それぞれ、約 0.10 kg-CO₂eq/台、約 0.17 kg-CO₂eq/台、約 0.25 kg-CO₂eq/台となる(表 5.3-1)。

表 5-3-1 シナリオ別、ゴム部品の製造における GHG 排出量 [単位：kg-CO₂eq/台]

区分	トータル	原料製造 (パルプ)	CNF 製造	ゴム部品 製造	処理・ リサイクル	自動車製造	
						全体	中、ゴム部品 製造分の割合
BAU	28.39	0.00	0.00	27.33	1.06	3,751.1	0.76%
CNF1	27.34	0.68	0.40	25.30	0.96	3,750.1	0.73%
CNF2	25.28	0.62	0.37	23.40	0.89	3,748.0	0.67%
CNF3	23.21	0.56	0.34	21.50	0.81	3,745.9	0.62%

車 1 台のライフサイクル全体の GHG 排出量は、BAU に比べて、それぞれ 3.9 kg-CO₂eq/台～13.7 kg-CO₂eq/台だけ減少した。CNF 使用によるゴム製品分の GHG 削減率は、0.01%～0.03%と少ないが(表 5-3-2)、CNF 使用によるゴム製品の減量化は、GHG 量の削減に貢献していることが分かった(図 5.3-1)。

表 5-3-2 シナリオ別、自動車 1 台当たりの GHG 排出量 [単位：kg-CO₂eq/台]

区分	ライフサイクル 全体	自動車製造	自動車使用	リサイクル・ 処分	BAU 対比	
					GHG 削減量	GHG 削減率
BAU	50,602.7	3,751.1	45,075.9	1,775.7	—	—
CNF1	50,598.8	3,750.1	45,073.2	1,775.6	3.9	▽0.01%
CNF2	50,594.0	3,748.0	45,070.4	1,775.5	8.8	▽0.02%
CNF3	50,589.1	3,745.9	45,067.7	1,775.4	13.7	▽0.03%

* 自動車製造プロセスには原料製造、部品製造、自動車組み立て工程が含まれている。



図 5-3-2 シナリオ別、自動車 1 台の重量と GHG 排出量の変化推移

5.3.2 小型自動車全量を対象にした場合での GHG 削減効果

2012 年 4 月～2013 年 3 月の 1 年間に販売された新車は 521 万台で、中、小型乗用車の販売量は 152 万台であった（図 5-3-3）。小型自動車の販売台数を対象に、CNF 導入によるゴム部品を用いて軽量化の実現に伴う GHG 削減効果計算した結果を、表 5-3-3 に示す。小型乗用車の 152 万台にゴム部品を導入することで、自動車全車両の重量は、BAU での約 208.18 万トンから CNF1、CNF2、CNF3 で、それぞれ約 131 トン、263 トン、394 トンだけ減少する。小型乗用車の販売全車両の重量削減による GHG 排出量の削減量は、BAU に対する CNF1、CNF2、CNF3 で、それぞれ 5,938 ton-CO₂eq、13,369 ton-CO₂eq、20,801 ton-CO₂eq となる（図 5-3-4）。

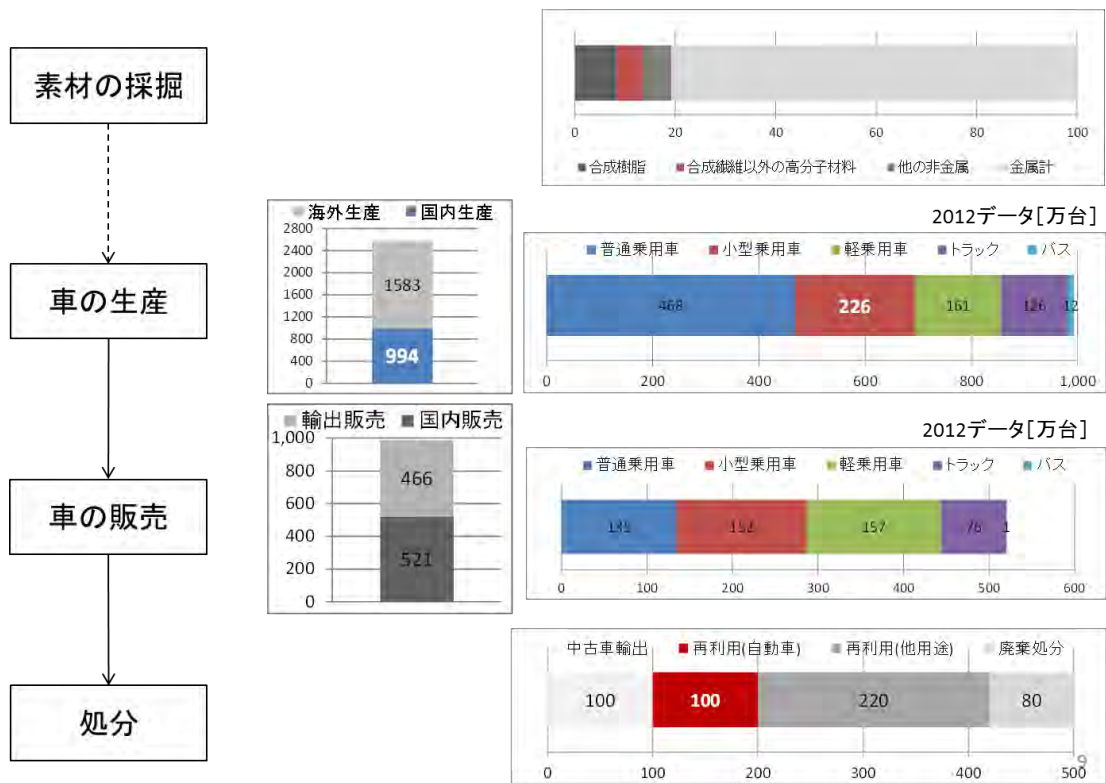


図 5-3-3 自動車の生産から処分までの統計データ (2001、2012 年)

* 出典：自動車情報センター (<http://autoinfoc.com/>)

日本自動車工業会 (<http://www.jada.or.jp/contents/data/hanbai/index12.html>)

表 5-3-3 CNF によるゴム部品の減量化による小型自動車全量に対する GHG 排出量

区分	自動車 1 台		小型乗用車全量	
	自動車重量 [kg/台]	GHG 排出量 [kg-CO ₂ eq/台]	自動車重量 ^{a)} [トン]	GHG 排出量 ^{b)} [ton-CO ₂ eq/台]
BAU	1,367.3	50,602.7	2,081,763	77,044,490
CNF1	1,367.2	50,598.8	2,081,632	77,038,552
CNF2	1,367.1	50,594.0	2,081,501	77,031,121
CNF3	1,367.0	50,589.1	2,081,370	77,023,689

a) 小型乗用車全量の自動車重量=自動車 1 台重量×小型乗用車の販売台数

b) 小型乗用車全量の GHG 排出量=自動車 1 台 GHG 排出量×小型乗用車の販売台数



図 5-3-4 シナリオ別、小型乗用車全量と GHG 排出量の変化推移

5.3.3 考察

CNF を用いたゴム部品を導入することにより、シナリオ CNF1、CNF2、及び、CNF3 で、約 0.01%~0.03%の削減効果が期待されることが示唆された。 ライフサイクル全体における削減効果への寄与としては、自動車使用段階が一番大きい。これは、ゴム部品の軽量化に伴う燃費向上の効果によるものと考えられる。

また、CNF 製造に伴い GHG 排出量が生じるにもかかわらず、CNF を適用したゴム部品の製造工程全体での GHG 排出量は、従来のゴム部品の製造工程よりも少なかった。 このことは、CNF 以外の原材料の使用量削減によると考えられ、CNF の強化材としての利用可能性を広げるものと期待される。

第6章 CNFの普及検討

6.1 「おかやまグリーンバイオ・プロジェクト」の公式ウェブサイトの更新

本県では、平成16年度から「おかやまグリーンバイオ・プロジェクト」を推進しており、特に、その中核事業として取り組んだSMART工場モデル実証を広く県民等にPRすることを目的として、「おかやまグリーンバイオ・プロジェクト」の公式ウェブサイトを平成22年度に開設した。



図6-1-1 公式ウェブサイト（改修前）のトップページ

平成26年度末をもってSMART工場モデル実証が終了したことに加え、開設から6年が経過し、全国的にCNFに関する技術開発や用途開発等の動きが進む中、本県においてもこれまでの取組に対する情報発信を強化し、CNFの普及・実用化に向けた県内企業の取組や販路開拓につなげるため、公式ウェブサイトの改修を行った。



図6-1-2 公式ウェブサイト（改修後）のトップページ

セルロース・ナノファイバーとは Cellulose Nano Fiber

1m 1cm 1mm 10nm 1nm

セルロース・ナノファイバーとは

木材などの植物繊維の主成分であるセルロースをナノサイズ（1mmの百万分の1）にまで細かく解きほぐすことにより得られる木質バイオマス資源です。

軽量・頑丈・寸法が安定といった特徴を兼ね備えることから、新たな機能を持つ素材として期待され、その製造方法の研究及び用途開発が国内外で盛んに行われています。

岡山県内においても、豊富な森林資源という強みを活かし、多くの企業や機関で研究や用途開発が行われています。

セルロース・ナノファイバーの特徴

- 軽量・高強度**

鋼鉄の1/5の軽さで5倍以上の強さ
- 高比表面積**
- 低熱膨張性**

ガラスの1/50程度
- 植物由来**

生分解性、可食性
- 高増粘性・高分散性**

図 6-1-2 公式ウェブサイト（改修後）のCNF 紹介ページ

🔧 成果品紹介

セルロースナノファイバー（リグノセルロースナノファイバー）

原料（バイオマス） 真庭ヒノキチップ

会社名 モリマシナリー株式会社

住所 岡山県赤松機仁堰東1383

会社URL <http://www.mori-machinery.co.jp>

担当部署名 セルロース開発室

TEL 0868-74-3110

商品紹介・セールスポイント 当社の製造するセルロースナノファイバーは、木材を原料としたLCNFとパルプを原料としたCNFの2種がございます。当社では樹脂に混練する粉体も製造可能で、乾燥しているので容易に樹脂に分散させることができます。

図 6-1-3 公式ウェブサイト（改修後）の成果品紹介ページ

6.2 CNFの普及・実用化に向けた連携セミナーの開催

自動車、包装材料、医療、食品などの様々な分野における地域産業によるCNFの実用化に向けた取組を促進するため、中国・四国経済産業局との連携により、CNFの特性や可能性、中国・四国地域における先進事例などを紹介する「セルロースナノファイバー実用化セミナー in おかやま」を以下により開催した。

(1) CNF実用化セミナーの概要

- ・日時 平成28年2月22日(月) 13時15分～17時00分
- ・会場 メルパルク OKAYAMA 1階 泰平 I (岡山市北区桑田町1-13)
- ・主催等 主催：岡山県 共催：中国経済産業局、四国経済産業局
後援：(公財)ちゅうごく産業創造センター、
(公財)岡山県産業振興財団、
(一財)四国産業・技術振興センター、
ナノセルロースフォーラム、
岡山バイオマスプラスチック研究会
- ・参加人数 企業、大学、行政関係者等 157名
- ・開催概要 基調講演(1題目)、先進事例発表(2題目)、
岡山県内企業による取組紹介(2事例)、
国・岡山県の関連施策の紹介
- ・その他 国内でCNFの製造・サンプル出荷を行っている企業等のポスター、サンプル等の展示を実施

【ポスターサンプル等展示企業等】

- ・株式会社スギノマシン ・第一工業製薬株式会社
- ・大王製紙株式会社、・中越パルプ工業株式会社
- ・鳥取大学 ・日本製紙株式会社
- ・モリマシナリー株式会社 ・岡山県工業技術センター
- ・岡山県、岡山バイオマスイノベーション創造センター



図 6-2-1 サンプル等展示風景

(2) 開催概要

ア 基調講演

- ・ 演題：セルロースナノファイバーの特徴と応用展開
- ・ 講師：国立研究開発法人 産業技術総合研究所 機能化学研究部門
セルロース材料グループ 研究グループ長 遠藤 貴士 氏



図 6-2-2 基調講演資料 (抜粋)



図 6-2-3 基調講演発表風景

イ 先進事例発表

(ア) 事例①：各種パルプから製造したCNFとその用途開発事例」

- ・報告者：大王製紙株式会社 技術開発部新規事業グループ
課長代理 大川 淳也 氏

The image shows two pages of a presentation slide. The left page (page 2) is titled '発表内容' (Presentation Content) and lists the topics: '1. 当社のCNFについて' (About our CNF) and '2. CNFの用途開発事例について' (About CNF application development cases). It includes sub-points for '樹脂補強用CNFの開発' (Development of resin-reinforced CNF) and 'CNF積層ガスバリア紙の開発' (Development of CNF laminated gas barrier paper). The right page (page 4) is titled 'サンプルの特徴' (Sample Features) and lists: '初回サンプルは無償提供、NDA等の契約不要' (First-time samples are provided free of charge, no NDA or other contracts required), '自社パルプより製造した一貫製造型' (One-piece manufacturing type manufactured from our own pulp), and '豊富な種類のパルプ原料' (Rich variety of pulp raw materials). It also shows four sample containers labeled A, B, C, and D, categorized as '化学パルプ' (Chemical pulp), '古紙パルプ' (Recycled paper pulp), and '機械パルプ' (Mechanical pulp).

図 6-2-4 先進事例発表資料（抜粋）（大王製紙株式会社）



図 6-2-5 先進事例発表風景（大王製紙株式会社）

- (イ) 事例②：キチンナノファイバーの製造と実用化のための機能の探索
- ・ 報告者：鳥取大学大学院 工学研究科 准教授 伊福 伸介 氏

2016年2月22日
セルロースナノファイバー実用化セミナー
In 岡山

**キチンナノファイバーの製造と
実用化のための機能の探索**

カニ殻から → キチンナノファイバー → 化粧品原料へ

新素材を開発

鳥取大学工学研究科
准教授 伊福 伸介
E-mail: sifuku@chem.tottori-u.ac.jp

メディアリリース

1月15日 日経産業新聞トップ記事

1月19日 ワールドビジネスサテライト
トップの素材力 (テレビ東京)

27年11月 読売、朝日 (全国版)

2月7日 毎日放送

エビやキノコ由来のキチンナノファイバー

ブラックタイガー

エリンギ

椎茸

甘エビ

マッシュルーム

フナシメジ

車エビ

Carbohydrate. Polymers (2011) Materials, (2011)

セルロースとキチンの比較

	セルロース	キチン
化学構造		
由来	植物 (樹木)	カニ、エビ、昆虫の外骨格 真菌 (キノコ) の細胞壁
結晶構造	並行鎖 (セルロースI)	根ね 逆並行鎖 (αキチン)
用途	紙、繊維、食品	ほとんど無し
合成量	ほぼ同じ?	
貯蔵量	膨大	比較的少ない
コスト	安価	高価 (3,000円/Kg)

セルロースに対する差別化が必須

図 6-2-6 先進事例発表資料 (抜粋) (鳥取大学 伊福准教授)



図 6-2-7 先進事例発表風景 (鳥取大学 伊福准教授)

ウ 岡山県内企業による取組紹介

(ア) セルロースナノファイバーの開発-商品化に向けての取り組み状況-

・報告者：モリマシナリー株式会社

セルロース開発室 室長 山本 顕弘 氏



図 6-2-8 岡山県内企業の取組紹介資料 (抜粋) (モリマシナリー(株))



図 6-2-9 岡山県内企業の取組紹介風景 (モリマシナリー(株))

(イ) 木質系バイオマス素材の商品開発

・報告者 真庭バイオケミカル株式会社

専務取締役 網屋 繁俊 氏

セルロースナノファイバー-実用化セミナー in おかやま
平成28年2月22日
於: 岡山県OKAYAMA

木質系バイオマス素材の商品開発

真庭バイオケミカル株式会社 (MBC)
網屋 繁俊

セルロースナノファイバー商品開発

- * はじめに
 - ・開発コンセプト
 - ・何故、セルロースナノファイバー (CNF)か
- * 各種CNF誘導体の合成
 - ・例: フタロシアンニン系消臭剤
- * (L)CNFの応用
 - ・薄膜強化ファイラー
 - ・パーズンリグニンの製造

各種CNF誘導体の合成

フタロシアンニン系消臭剤

- 分解型消臭剤 (光不用)
- 硫化水素、メチルメルカプタン、アンモニアなどの悪臭物質の分解に有効
- バイオマス素材表面にイオン結合

図 6-2-10 岡山県内企業の取組紹介資料 (抜粋) (真庭バイオケミカル(株))



図 6-2-11 岡山県内企業の取組紹介風景 (真庭バイオケミカル(株))

エ 国・岡山県の関連施策の紹介

(ア) 四国 CNF プラットフォーム（仮称）構想

- ・四国経済産業局 地域経済部次世代産業課

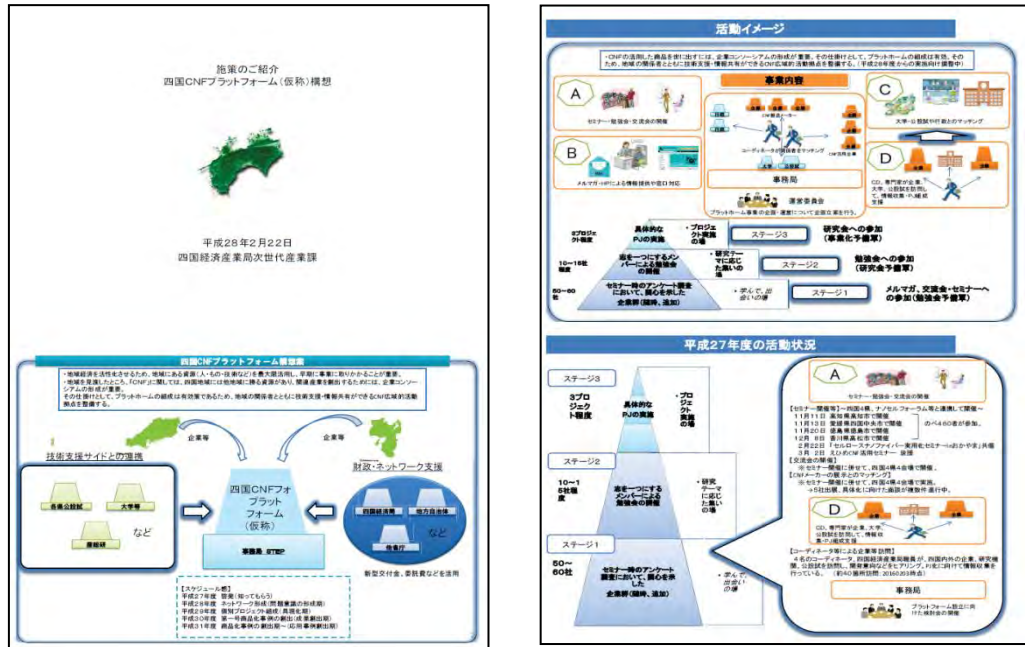


図 6-2-12 国・県の関連施策紹介資料（四国経済産業局）



図 6-2-13 国・県の関連施策紹介風景（四国経済産業局）

- (イ) おかやまグリーンバイオ・プロジェクトについて
- ・岡山県産業労働部産業振興課

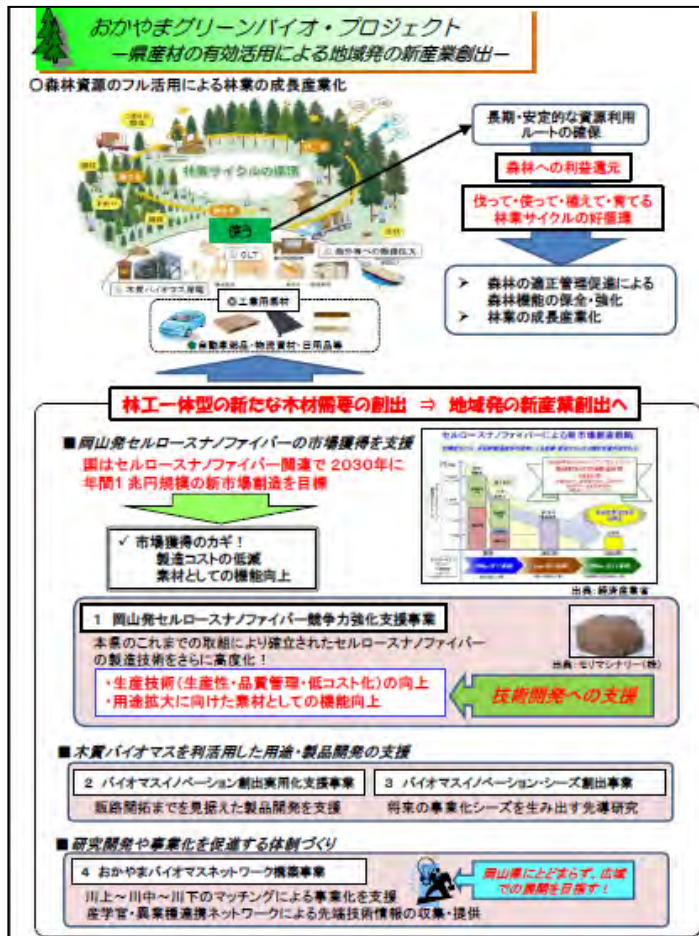


図 6-2-14 国・県の関連施策紹介資料 (岡山県)



図 6-2-15 国・県の関連施策紹介風景 (岡山県)

(3) セミナー参加者へのアンケートの実施（回答数：83件）

ア CNF への取組状況

CNF について、現在既に取り組んでいる者が全体の 14%程度を占めているものの、全体の 6 割近くの者は、「情報収集中」との回答であった。

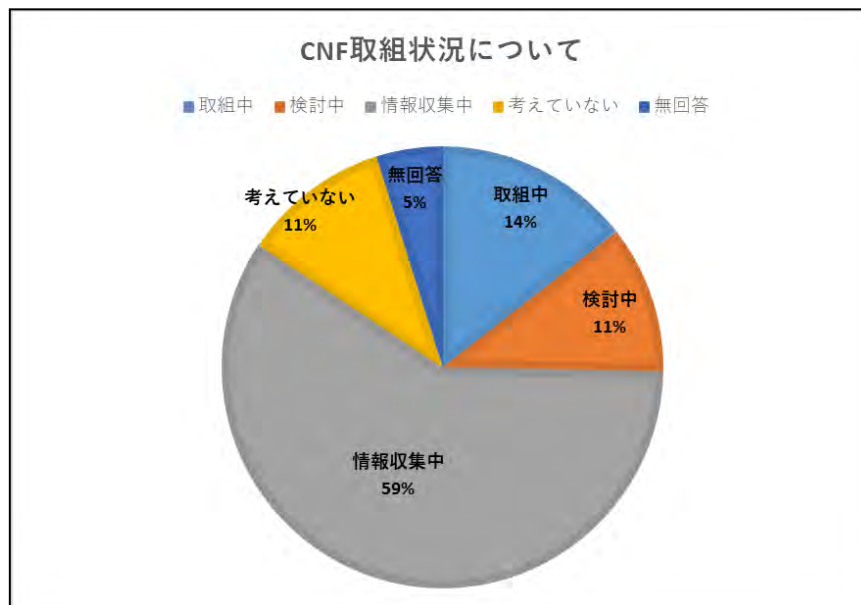


図 6-2-16 CNF 取組状況について

イ 今後の CNF の取組について

今回の実用化セミナーの聴講等をきっかけとして、CNF 利活用に今後取り組むか否かの意向確認を行ったところ、「ぜひ利用してみたい」、「機会があれば利用したい」と利用に対して前向きな回答が全体の 6 割強を占めた。

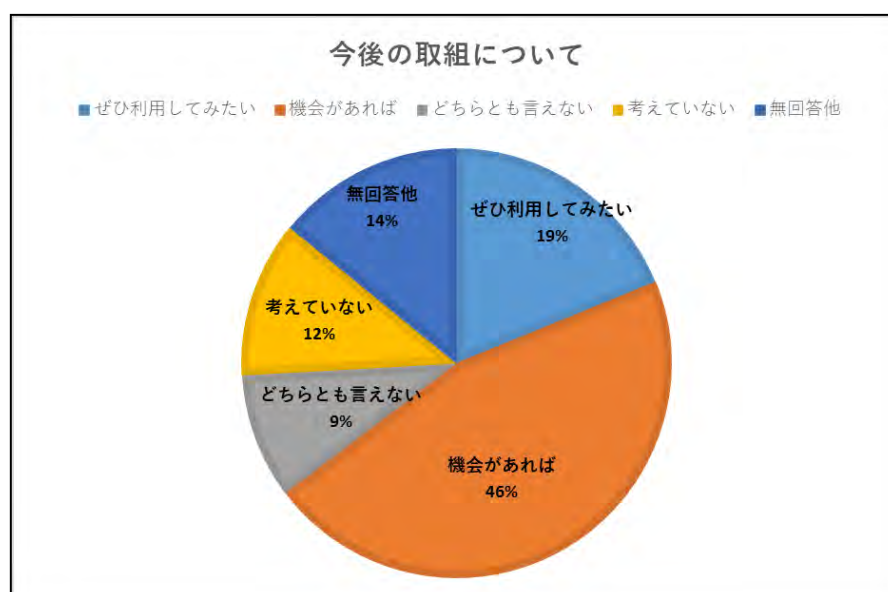


図 6-2-17 今後の取組について

ウ 今後採り上げてほしいテーマについて

今後 CNF に関して、今回開催したような実用化セミナーで採りあげてほしいテーマを調べたところ、次のような回答を得た。

□採り上げてほしいテーマ

- CNF を利用した成形の実例について（樹脂への混練方法）
- CNF の用途開発について（実用化事例の紹介）
- CNF の製紙業への利用について
- CNF の粉体化技術について
- 化粧品原料への応用など実際の用途展開までの開発経緯の紹介
- コストについて

特に、CNF を活用した用途（キラーアプリケーション）の開発に関するテーマへの要望が多数を占めていた。

第7章 FS 委託業務のまとめ（今後の展開と課題）

CNF を用いた自動車用ゴム部品を導入することで、約 0.01%～0.03%の GHG 削減効果が期待されることが示唆された。ライフサイクル全体における削減効果への寄与としては、自動車使用段階が一番大きく、ゴム部品の軽量化に伴う燃費向上の効果によるものと考えられる。

また、CNF 製造に伴い GHG 排出量が生じるにもかかわらず、CNF を適用したゴム部品の製造工程全体での GHG 排出量は、従来のゴム部品の製造工程よりも少なかったことから、CNF の強化材としての利用可能性を広げるものと期待される。

一方、CNF の補強効果を利用した自動車用ゴム部品の製造において、現行の技術水準で採算性を確保するには、現在の CNF の一般市場価格（5,000 円/kg～10,000 円/kg）では非常に厳しいことが示されており、自動車用ゴム部品をはじめとする工業用部材への CNF の早期利活用のためには、いかに CNF の製造コストを抑え、安価な製品を供給できるかが、大きな課題である。

なお、モリマシナリー株式会社、国立研究開発法人産業技術総合研究所、岡山県工業技術センターにより独自技術として開発され、モリマシナリー株式会社において改良が施された木材チップから連続一貫製造による CNF の製造システムは、年間 200 t の生産により、製造コストを 1,000 円/kg 以下とすることが可能となったことから、コストリーダーシップを有するものと考えられるが、現時点で想定される CNF の製造コストの削減効果は、あくまでも年間の生産量が 200t 以上となることが前提条件であることから、CNF の製造コストを低額に抑えるためには、用途開発等 CNF の出口利用の開拓に注力する必要がある。

最後に、これまで CNF の製造技術の開発には、多大な労力・開発コストが投入されていることから、市場投入に当たっては、開発コストの回収や利益の獲得が確実に見込まれる価格設定が必要である。先行して市場投入が行われつつある介護用品や化粧品のように、最終ユーザがその価値による開発コスト等の価格への反映を理解しやすいものと異なり、工業用部材への強化材等として CNF が利活用される際には、現在使用されている部材と価格面で同等以下であることが求められるのが実状であるが、安易に価格競争に陥ることなく、付加価値に見合った価格水準を維持できる仕組みづくり等が必要であると考える。

《参考資料》

- ・気候変動に対応した新たな社会の創出に向けた社会システムの改革事後評価「森と人が共生する SMART 工場モデル実証」（中核機関名：岡山県 総括責任者名：岡山県知事 伊原木隆太、研究期間：平成 22 年度～平成 26 年度）
- ・森と人が共生する SMART 工場モデル実証成果報告セミナー資料集
- ・産総研本格研究ワークショップ in おかやま 地域を元気にする産総研との連携
- ・各種ナノファイバーの高性能高分子材料への応用～高分子の結晶化を利用したボトムアップ型新規技術～（岡山大学大学院自然科学研究科 内田哲也）
- ・木質バイオマス微粉砕物によるアクリル複合繊維の作製と炭素材料への展開（第 32 回岡山バイオマスプラスチック研究会）（岡山大学 沖原巧・大阪府立大学 武藤明德・日本エクスラン工業 大和佳丘）
- ・真庭バイオケミカル株式会社 パンフレット

