

印刷技術懇談会 2023年5月度例会（第512回）

「いまさら聞けない『紙』のこと」

木村 篤樹氏

(FOREST&PARTNERS 代表、一般社団法人処理状況監査員協会 未来廃棄物研究所 理事)

- 日時：2023年5月19日(金) 18:30～20:30 (参加者 16名 (内 zoom 8名))
- 場所：東京工芸大学 中野キャンパス 3号館 3103教室
- 講演要旨

「いまさら聞けない」シリーズの第5弾（注1）として、「印刷用紙」について木村氏に語っていただいた。氏は三菱製紙(株)に長年勤務され、製造から技術、R&D、さらには営業企画等に携わった方である。現在は、「(一社)処理状況監査員協会」やその傘下の「未来廃棄物研究所」にて理事/事務局長を務めており、他方、個人事業主として循環型経済のビジネスモデル構築のコンサルタントにも取り組んでいる。

さて、今回の講演の骨子は以下である。

- ① 紙とは
 - デジタル時代における紙の良さ
 - 紙の基本構造と製造プロセス
 - コンベンショナルな印刷方式と印刷用紙
- ② デジタル印刷と用紙
 - 電子写真方式と用紙（湿式とプライマー処理）
 - デジタル連帳機と用紙
 - インクジェット方式と用紙（トリート紙）
- ③ デジタル印刷成果事例紹介
- ④ 紙・パルプ分野における脱炭素化
 - バイオフィナリー技術と CNF



（注1） 「いまさら聞けない」シリーズ
 2022年4月：「いまさら聞けないCMS」
 2022年7月：「いまさら聞けないフォントの世界」
 2022年9月：「いまさら聞けないインクジェットの世界①」
 2022年10月：「いまさら聞けないインクジェットの世界②」
 2023年5月：「いまさら聞けない紙のこと」

講演内容は多岐に渡った。

上記の①の材料技術的な部分は、印刷用紙全般の基礎を振り返るために、まことに有用な情報であったので、メモの後ろのほうに（P.11～P.15）、そのポイントを整理した。まさに「いまさら聞けない・・・」部分である。

②の部分では、この勉強会で、これまで集中的に取り上げてきたインクジェット印刷分野と関連付けて、その用紙の特徴を理解することができた。

③では、パーソナライズドパンフレットの作成イベントの経験を通して、紙媒体の付加価値化の学びについてのお話だった。

④では「脱炭素」という時代的な要請に向けて、経済産業省や環境省の考え方の紹介があり、同時に、語られることが多くなってきている CNF（セルロース ナノファイバー）の情報が整理されて提示された。

木村氏は、①のパートの初めに、「デジタル時代における紙の良さ」について触れ、参考文献として「ペーパーレス時代の紙の価値を知る」（柴田、大村著）の紹介もあった。我々の認知、思考、記憶に関して、紙とペンの使用という方法と、PC スクリーン・キーボード・マウスを使いながらの方法を比較しながら改めて考えてみることは、「紙」についての理解に厚みをつけることに繋がる。

今回の講演は、全体的に、紙に関する「技術」情報が大部分を占めていたが、聴講者にとっては「紙と脱炭素」という視点の再認識は重要である。どのようなテーマであっても個別の「技術」の理解だけでは全く不十分な時代になってきたと思われる。この辺りの気づきも今回の収穫のひとつと言える。

.....以下、メモ.....

■ 木村 篤樹氏のプロフィール

- ✓ 経歴
 - 三菱製紙株式会社に長年勤務
 - 製造部門、技術部門、用紙事業部門での営業技術・企画などに従事
- ✓ 現在
 - 一般社団法人 処理状況監査員協会 / みらい廃棄物研究所
<https://syorijoukyou-kansain.org/representative.director>
 - ◇ 理事・事務局長／幹事
 - ◇ 植物系バイオマスのアップサイクルで循環型製剤モデル構築支援
 - ◇ 産廃処理状況の「現地確認」の指導と育成
 - FOREST & PARTNERS 代表
 - ◇ CSV 経営のコンサルティング事業 (準備中)
 - ◇ 紙パルプ業界、印刷業界、プリンター業界向けの寄稿や講演活動を行う。

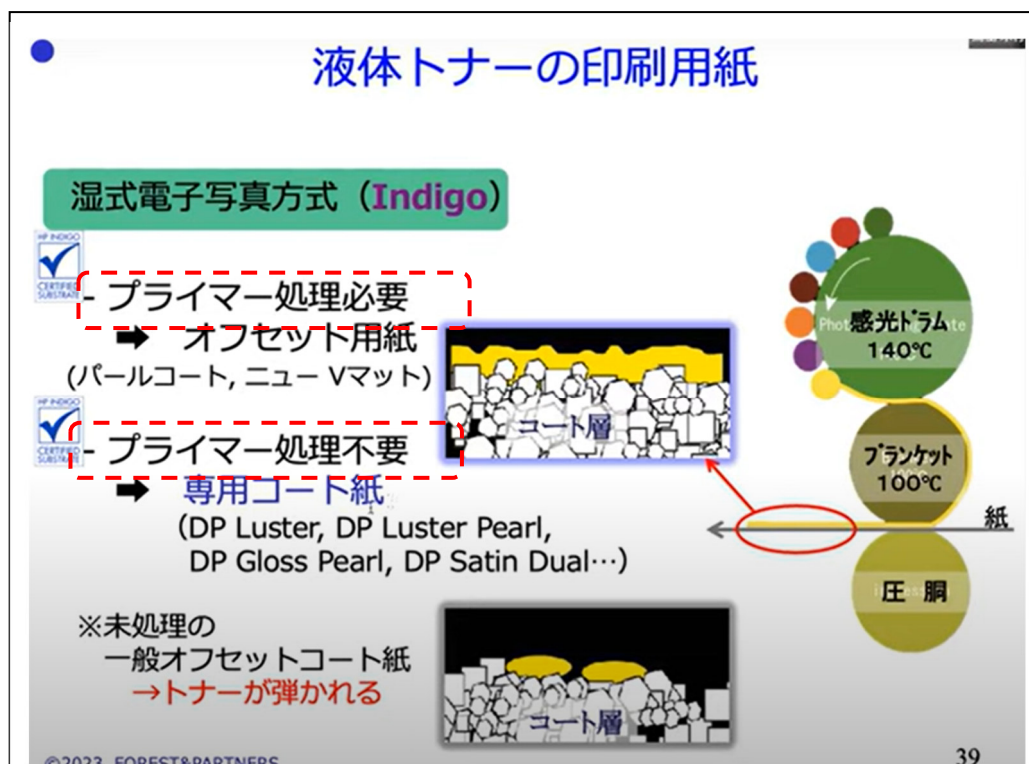


紙と思考・認知

- 紙媒体は五感に訴える（触覚、味覚、視覚、聴覚、臭覚、）
- 紙媒体 vs 電子媒体
 - ✓ 人間の思考は「道具」に左右される。
 - ✓ ノートにペンで書く（手で読む媒体）
 - 選択肢があり、何度も見返すという行為が発生する。
 - 見る側に自由度がある。
 - 「能動的学習」といえる。
 - ✓ PC 入力＋スクリーン（目で見る媒体）
 - 情報量が多い。リンクをたどって深化させることも可能
 - しかし、考察のないまま、理解したつもりになる。単に結果を知っただけ。
 - 脳に「認知の負荷」がかからないので、早く読んでいるように見えてもエラーを検出するためには適さない。(文書の校正時は紙に出力したほうが、PC 画面上での確認よりも見落としが少ない。)
 - 「受動的学習」といえる。
 - ✓ 参考文献
 - 「ペーパーレス時代の紙の価値を知る 読み書きメディアの認知科学」 (2018/11/30)
柴田博仁 (著), 大村賢悟 (著)
産業能率大学出版部
 - ◇ 柴田博仁氏：元富士ゼロックス勤務。現在、群馬大学 社会情報学部 教授
 - ◇ 大村賢悟氏：富士ゼロックス勤務。鎌倉女子大学 非常勤講師。専門は認知心理学

■ 電子写真方式

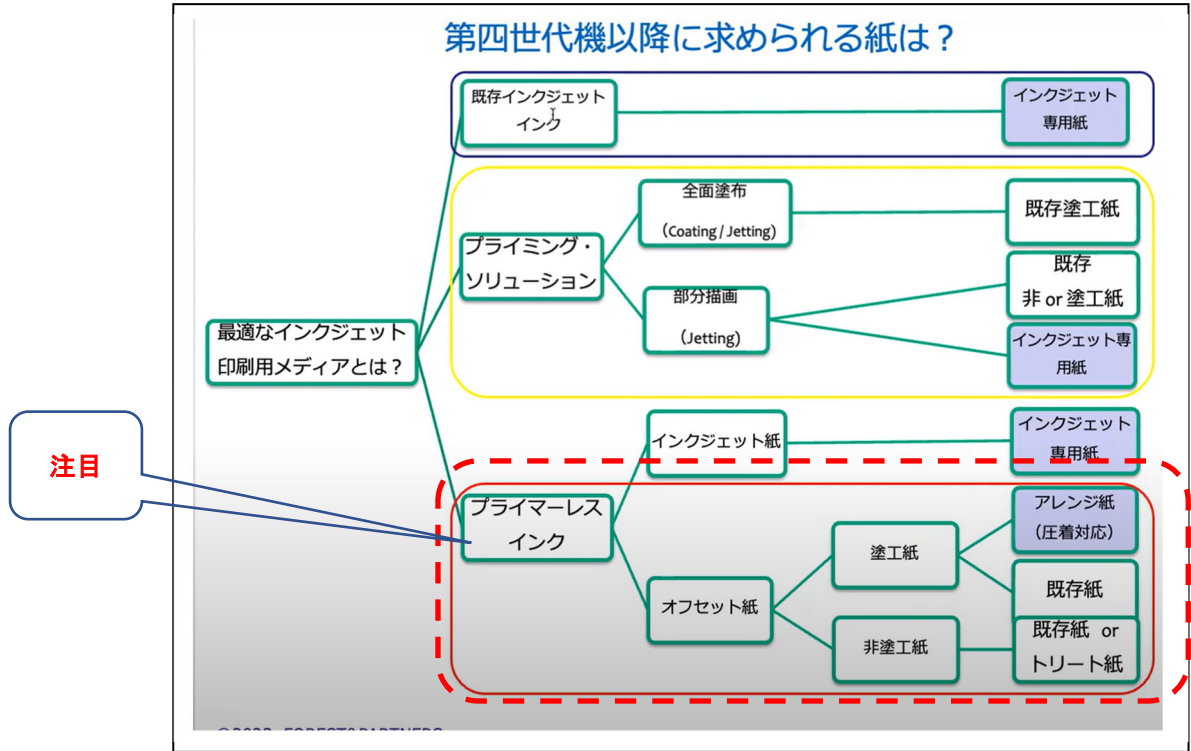
- ✓ デジタル印刷機の高速化とコンパクト化への対応
 - 搬送系の回転部分の半径が小さくなってきてもジャムらない用紙の開発
 - 熱に強い用紙
 - 湿気に強い用紙
- ✓ 乾式トナー方式の場合
 - 「コピー用紙」「普通紙」と呼ばれているが、一般の印刷用紙とは異なる工夫が施されている。
 - 例えば、用紙の繊維の配向が整っているとすぐにカールしてしまうので、あえて紙の繊維の配向をランダムにしている。
- ✓ 湿式トナー方式の場合（HP の Indigo 対応のみ）
 - プライマー処理した用紙
 - 専用のコート紙
 - 未処理の一般のオフセット用紙を使用するとトナーは弾かれてしまう。



■ 第四世代機以降に求められる紙とは（2015年～）⇒ ハイレゾ化へ

- ✓ SCREEN : Truepress Jet520 HD
- ✓ Canon : Océ ImageStream 2400、Océ ProStream 1000
- ✓ Fuji Xerox : FX 11000 Inkjet Press
- ✓ Xerox : Trivor 2400
- ✓ RICOH : Ricoh Pro VC70000
- ✓ KODAK : Prosper 6000C Press、UltraStream Technology
- ✓ MIYAKOSHI : MJP 20AX

- プライマー不要のインクの登場もある。



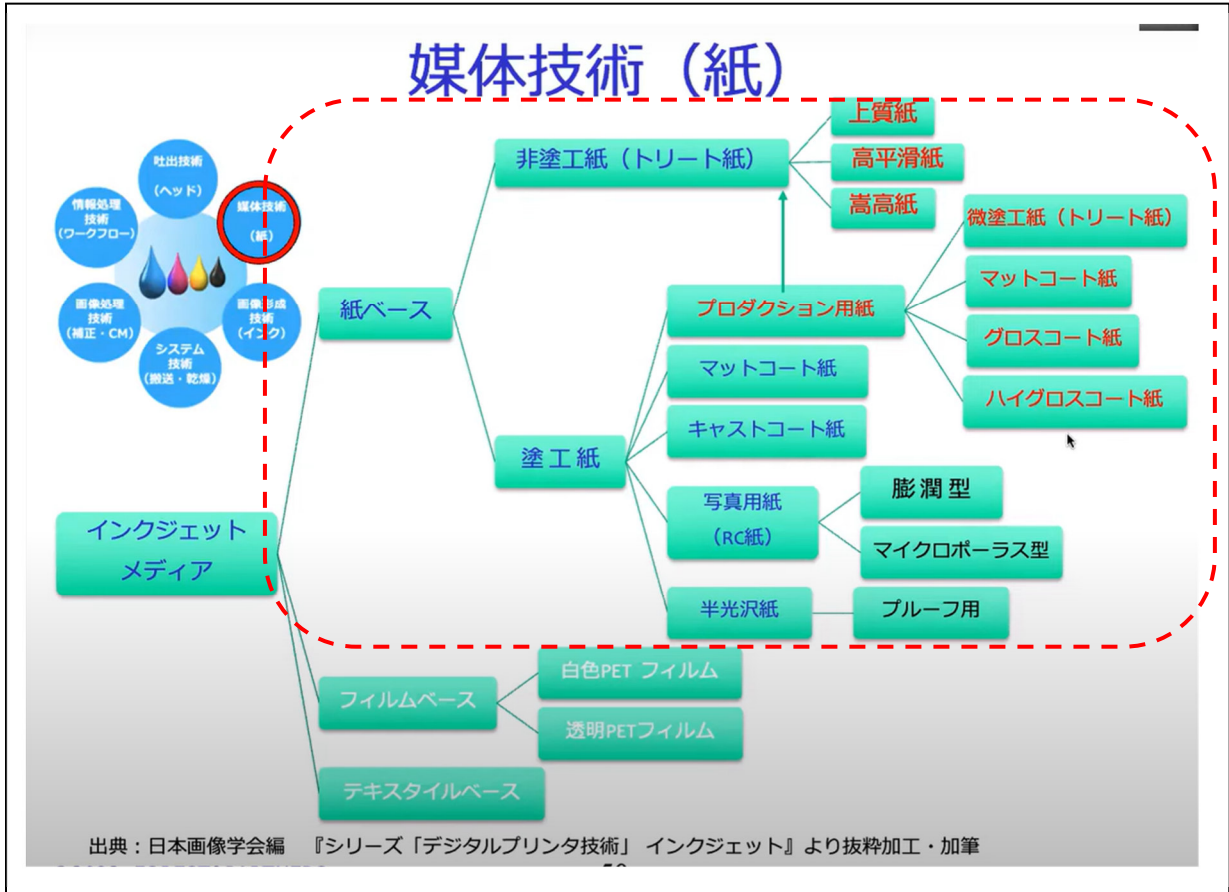
デジタル印刷と用紙(3) - インクジェット方式 -

- インクジェット方式の6つの構成要素 (6要素)



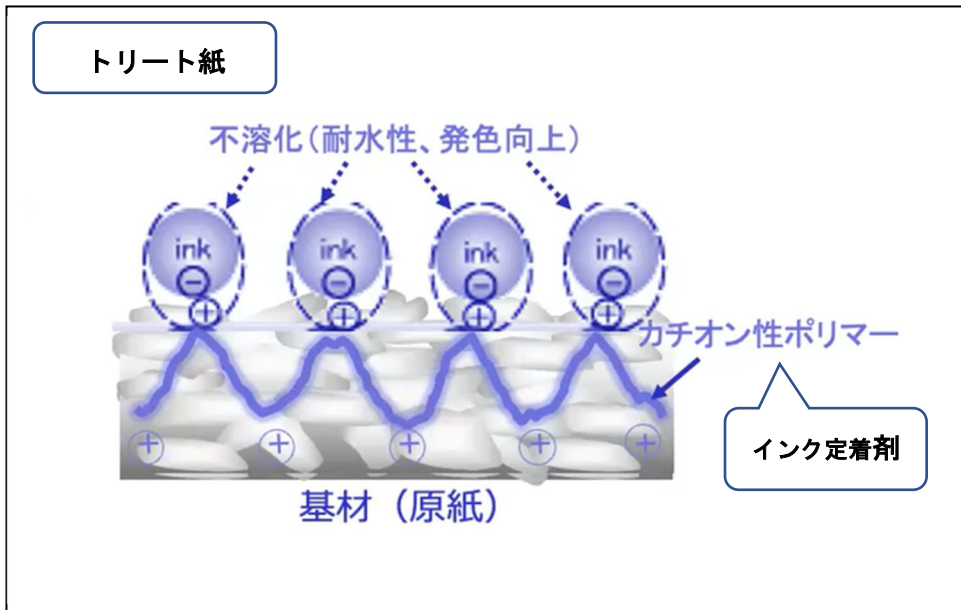
■ インクジェットメディアの分類

- ✓ 非塗工紙（トリート紙）
 - 「嵩高紙」とは ⇒ 書籍用
- ✓ 塗工紙
 - 「プロダクション用紙」とは ⇒ 輪転用（高速印刷）



■ インクジェット用紙はオフセット用紙とは何が異なるのか？

- ✓ 「トリート紙」とは
 - 抄紙機上のサイジング工程で、「インク定着剤」を表面処理した紙
 - イオニックな相互作用によりインクは印刷基材に固定・定着する。
 - ◇ インク：アニオン性（マイナスの電荷を帯びている）
 - ◇ 定着剤：カチオン性（プラスの電荷を帯びている）
- ✓ インク定着剤
 - 染料用：カチオン性ポリマー
 - 顔料用：多価金属塩（塩化カルシウム、ポリアルミニウム塩）



■ カチオン剤の効果

- ✓ トリート紙 (カチオン剤の表面処理)
 - カチオン剤があると、インクは用紙の表面で定着する。
 - カチオン剤がないとインクが浸透していく。
 - 著しい場合は、裏側まで通り抜ける。

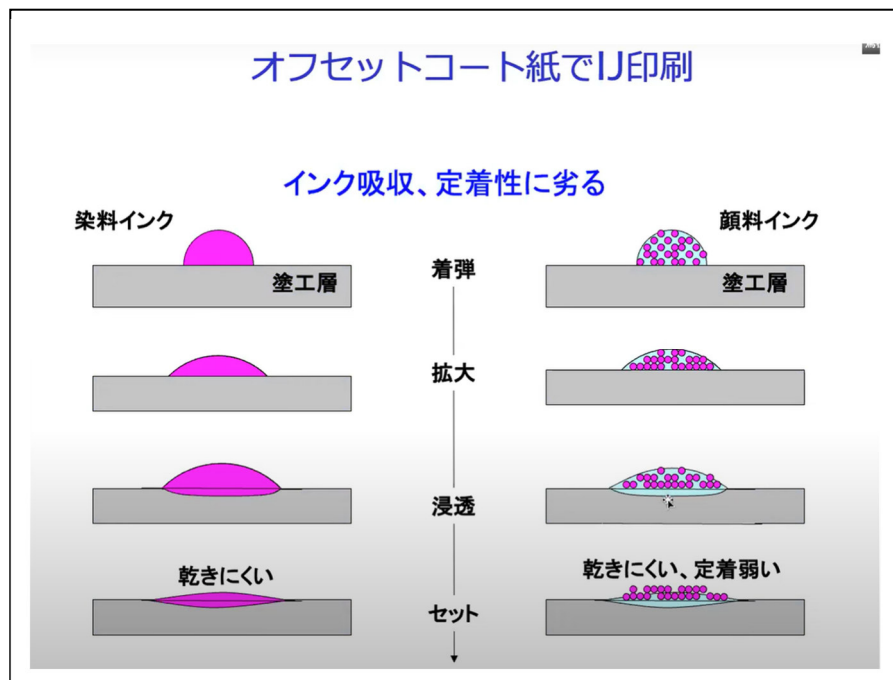
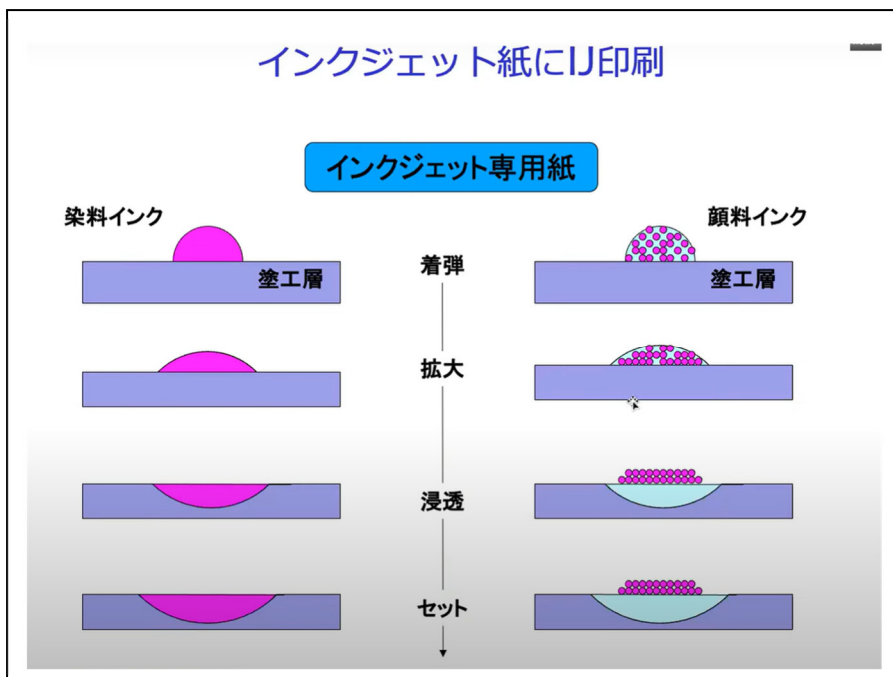
カチオン剤の効果

カチオン剤 有	カチオン剤 無
トリート紙 × 顔料インク (M)	上質紙 × 顔料インク (M)
トリート紙 × 顔料インク (Bk)	上質紙 × 顔料インク (Bk)

🔍 インクの浸透差 ⇒ Strike throughの抑制

🔍 表層での定着差 ⇒ 印刷濃度の向上

- (比較事例) 「インクジェット用紙にIJ印刷」 vs 「オフセットコート紙にIJ印刷」
 - ✓ オフセットコート紙にIJ印刷の場合は、インクの吸収性や定着性に劣る。
(乾きにくく、定着性が弱くなる ⇒ 画像再現の差の発生 (下図は例))



■ 2つのインクジェット用紙の違い

✓ 従来型インクジェット用紙

- 画質優先
 - ◇ 写真画像、
 - ◇ プルーフ
- 分野と特徴
 - ◇ 工芸、芸術、趣味の分野
 - ◇ 高価
 - ◇ 繊細

✓ 産業用インクジェット用紙

- 実用性優先
 - ◇ 請求書、DM、パンフ、書籍
- 分野と特徴
 - ◇ 工業、商業、実業
 - ◇ コスト性
 - ◇ タフネス性

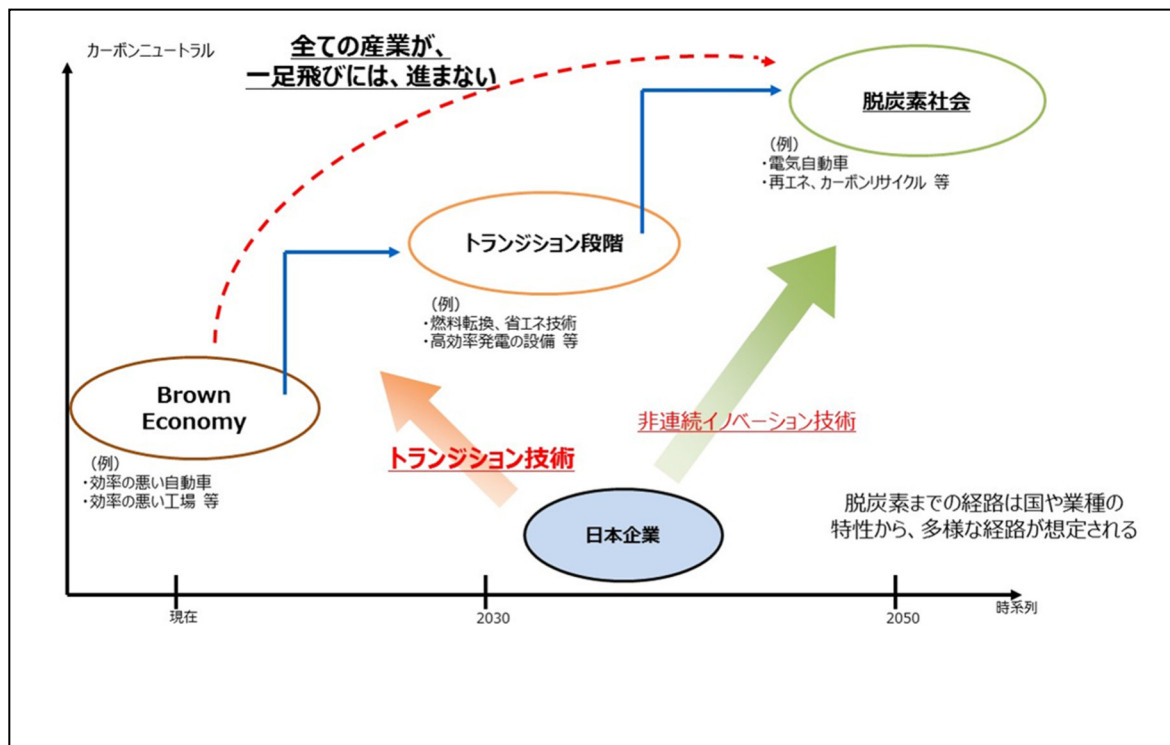
カーボンニュートラルと紙・パルプ産業

■ 経産省 「トランジションファイナンス」(重要)

https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/transition_finance.html

✓ (筆者メモ)

- 上記の経産省の URL より引用



■ 経産省 「紙・パルプ産業」技術ロードマップの必要性と目的・位置付け

https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/transition/transition_finance_technology_roadmap_paper_jpn.pdf

- ✓ 紙・パルプ産業は現時点で CO2 多排出な産業分野であり、国内の製造業の中で4番目の規模のCO2を排出している。化石燃料への依存度が高く、紙・パルプ分野のネットゼロに向けた移行は不可欠であり、低炭素化に向けた省エネ設備の更新・導入等とともに、既存設備や関連機器の有効活用、脱炭素化に向けた革新的技術の研究開発・実装など、多額の資金調達が必要となるため、国内外の技術を整理し、2050年までの道筋を描いた。
- ✓ 2050年のカーボンニュートラル実現を最終的な目標とし、
紙・パルプ産業におけるカーボンニュートラルの実現には、燃料転換が軸となり、新たなカーボンニュートラル燃料等の革新的技術が注目されているところ、早期の実用化は難しく、2030年や2040年を見据えたトランジション期間においては、化石燃料から木質バイオマス等の再生可能エネルギーやCO2排出量の少ない天然ガスや廃棄物燃料への「移行」を進めていくことが重要である。

■ 経産省 「バイオリファイナリー」技術

- ✓ 木材からパルプ・リグニン等を成分分離する紙・パルプ産業の技術は、化石資源由来の化学製品に替わり木質資源から化学製品を製造する「バイオリファイナリー」技術として展開することで、社会全体のカーボンニュートラルに貢献する。
- ✓ 木質資源由来のカーボンニュートラルな環境対応素材を用いた製品を提供することで、サプライチェーン全体でのCO2削減に寄与する。
- ✓ セルロースナノファイバー(CNF)複合材料やプラスチック代替の紙製品、木質資源を原料としたバイオプラスチック・セロファン等が挙げられる。
- ✓ (筆者メモ)
 - バイオリファイナリー (Biorefinery) 技術
 - ◇ バイオマス資源を活用した生産技術や産業の総称
 - ◇ CO2排出量の削減や循環型社会の構築に貢献する技術として期待されている。

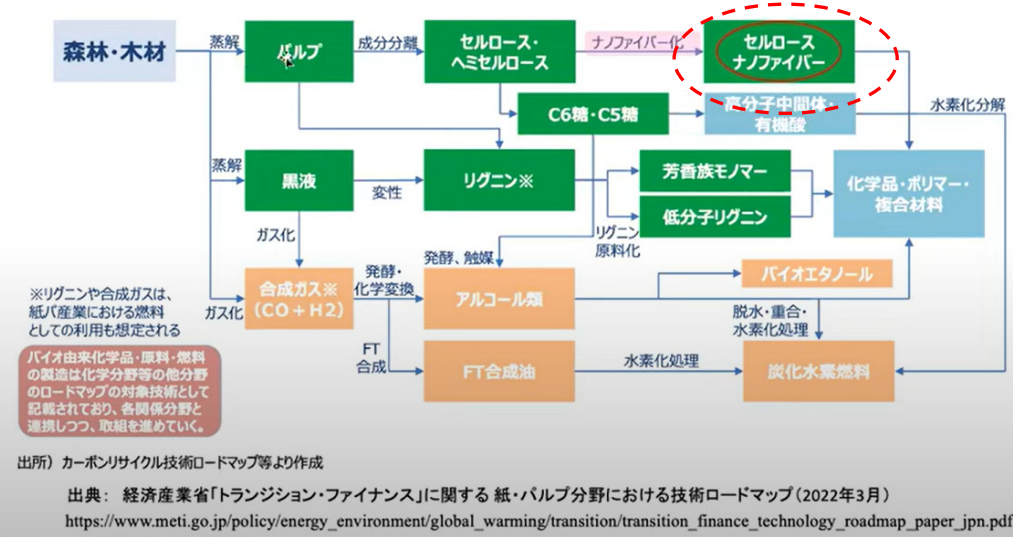
セルロースナノファイバー (CNF)

■ CNF とは何か

- ✓ 次ページの参考資料①と②は、CNFを理解する上で重要
- ✓ 天然植物由来の材料
 - 枯渇しない。
 - カーボンニュートラルを実現
- ✓ 植物由来の材料で、鋼鉄の1/5の軽さ、5倍の強度
- ✓ 2030年の国内市場予測：1兆円（経産省）
- ✓ (筆者注)「脱炭素・循環経済実現に向けた CNF 利活用ガイドライン」(環境省)
<https://www.env.go.jp/content/900441261.pdf>

「バイオリファイナリー」：木材の利用可能性

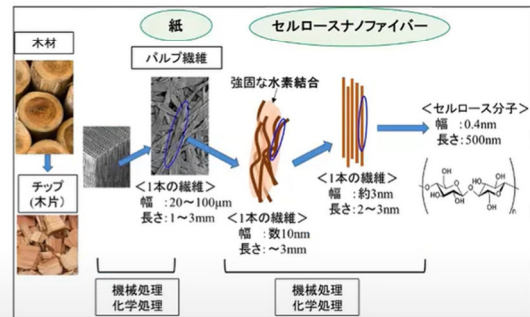
『セルロースナノファイバー(CNF)は、軽量・高強度との特性を持つバイオマス由来の高性能素材であり、自動車や建材など幅広い分野への活用が想定されており、多くの製紙各社が開発・用途展開を進めている』



重要

【参考資料】 CNF (セルロース・ナノファイバー) とは？ ①

- そもそもセルロースとは何か？
 - ✓ 植物の主成分（その他はヘミセルロース、リグニン）
 - ✓ 植物中に繊維として存在
 - ✓ CNFより繊維径が太い（20~40 μm）
- CNFとは何か？
 - ✓ 繊維径数nm前後で、長さが0.5~数μm程度の植物由来の繊維
 - ✓ 木材をチップ化~パルプ化し、化学的・機械的に処理してセルロースを抽出し、細かく解して（解繊）生成
- なぜ注目されるか？
 - ✓ 天然植物由来の「グリーン材料」
 - ✓ 環境負荷軽減に貢献可能
 - ✓ カーボンニュートラル（炭素中立性）を実現
 - ✓ CNF強化樹脂なら、マテリアルリサイクルやサーマルリサイクルにも可能
 - ✓ 2030年には国内1兆円市場と試算（経産省）
 - ⇒ 繊維強化複合材料の世界市場に、CNF複合樹脂が導入されると数兆円規模の市場が見込まれる。



参照: Isozaki, Journal of Wood Science, 59, 449(2013)

重要

【参考資料】 CNF (セルロース・ナノファイバー) とは? ②

● どのような特性か?

- ① 軽量で高強度： 鋼鉄の5倍の強さ、5分の1の軽さ (繊維1本の引張破断強さ5倍、比重が5分の1)
- ② 熱変形小さい： 寸法安定性が良い → 電子部品の基盤材料や外装に適す
- ③ 比表面積大きい：セルロース繊維を極小細分化 → 多量の金属や触媒を附着させられる
- ④ 透明度高い： 光の波長の10分の1以下の大きさ → 光の散乱が起きない
- ⑤ ガスバリア性： 細孔を制御してフィルム化が可能
- ⑥ チキソ性*： 単繊維同士が水素結合したゲルに発現

*チキソ性: 力を加えないときはゲル状(固体)を保ち、力を加えるとゾル状(液体)に変化する特性

● どのような用途か?

- ✓ 複合材用途 (疎水性CNF) → 自動車 (内/外装材・タイヤ強化材)、家電製品、住宅建材
- ✓ 水系用途 (親水性CNF) → 化粧品、食品乳化剤、医薬用品、塗料・**インク**

● 使うべき理由は何か?

- ① 再生可能資源：「枯渇の心配なし」 「炭素中立性」 ※セルロースは、地球上最も豊富にあるバイオマス
- ② 生分解性： 使用・破棄後も、自然界で分解される

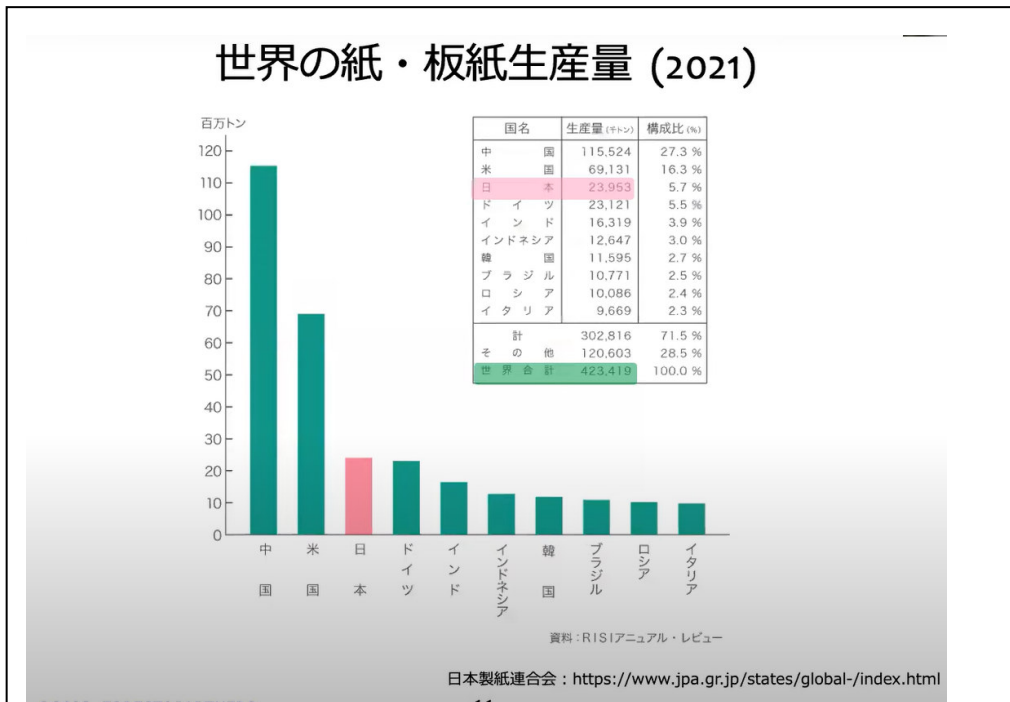
● 実用化の課題 (普及に向けて)

- ✓ 経済性の確保： 製造コスト (エネルギー消費量 ⇨ 持続可能性**を毀損)、マーケティング (需要・価格)
- ✓ 原料と用途の最適なマッチング

紙の基礎

■ 紙の年間の生産量 (世界全体)：約 4 億トン=プラスチックの年間の生産量 (世界全体)：約 4 億トン

■ 世界の紙・板紙の生産量 (中国>米国>日本>ドイツ>インド)



紙ってどんなもの？

木 気 泥



空気の部分が沢山あれば軽くて、腰があり、嵩の高い紙になる。
空気の部分が少ないと、高密度の腰のない紙になる。

表面から見ると...



非塗工紙

印刷用紙

微塗工紙

A2塗工紙



500 μm



非塗工紙の写真に見える白い部分は「填料」=充填されたもの。
填料を増やすと不透明度がアップし、しなやかになり、ページをめくりやすくなる。(文庫本の紙)
インクの滲みにも影響

主なパルプの種類

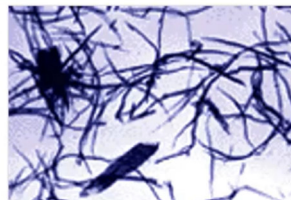
● L材 (広葉樹の略称: Laubholz)

ユーカリ、ナラ、ブナ、ポプラ等

細短い

繊維長: 約1 mm

繊維幅: 20~25 μm



● N材 (針葉樹の略称: Nadelholz)

ラジアータパイン、アカマツ等

太長い

平均繊維長: 約3 mm

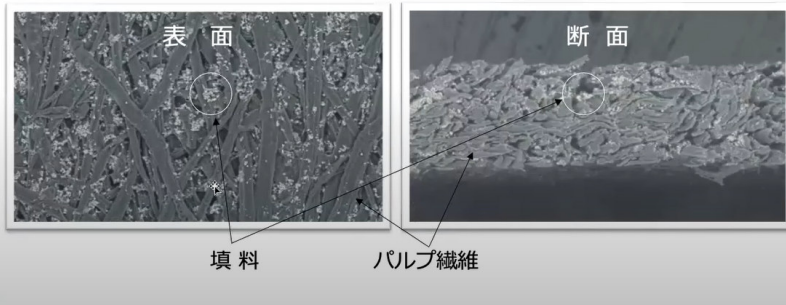
平均繊維幅: 約40 μm



一般的な印刷用紙はL材が主体。
コピー用紙はL材100%
包装紙はN材が主体になって配合される。

非塗工紙の構造

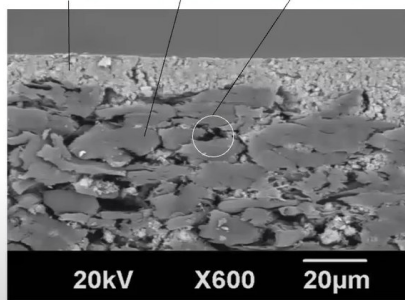
- ・パルプ（針葉樹、広葉樹、古紙ルプ等）
- ・填料（炭酸カルシウム、タルク、カオリン等）
- ・助剤（紙力剤、サイズ剤、着色剤等）



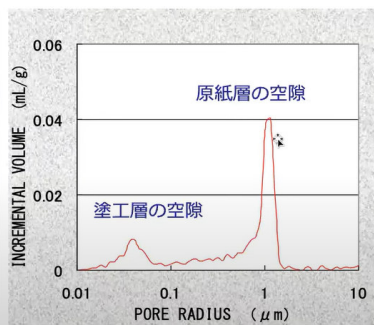
塗工紙の構造

◎断面写真（A2コート紙）

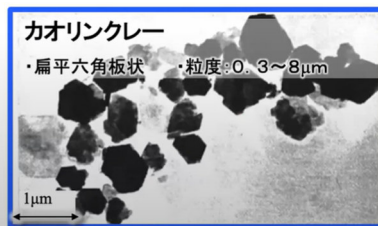
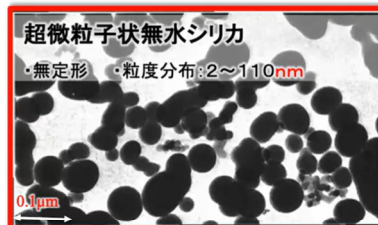
塗工層 パルプ繊維 空隙=空気



◎紙の空隙分布
(水銀圧入法)



塗工紙の顔料



カオリンは板状の顔料。不透明性を高める。水は吸い込みにくい。
超微粒子状無水シリカは nm 単位の顔料。写真画像再現用途に使われる。これを使用したインクジェット用紙は効果になる。

塗工紙の塗工層組成

顔料： カオリン、炭酸カルシウムなど

接着剤： SBR（スチレン・ブタジエン）ラテックス
澱粉（酸化澱粉、リン酸エステル化澱粉）など

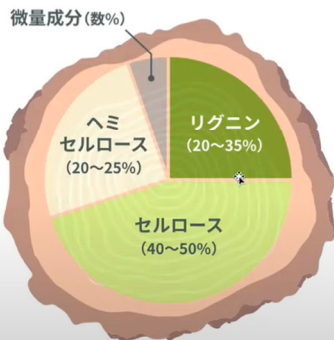
補助剤： 分散剤、染料、色顔料、保水剤など

組成比： 顔料 / （接着剤+補助剤） ≒ 80/20（固形比）
※ 補助剤の割合は極僅か(1%程度)

※上記組成及び組成比率は一般例で、実際には品種によって異なります。

※グロス系の紙には一般的に粒子径の小さい顔料が多用されている傾向があります。

木材の主成分



Nanocellulose.com:
<https://nanocellulose.biz/nanocellulose-definition-types/>

農林水産省: https://www.maff.go.jp/j/pr/aff/2209/spe1_03.html

鉄筋コンクリートのイメージで例えるとセルロースは鉄筋、ヘミセルロースは鉄筋を束ねているもの、リグニンはその周りのコンクリート(接着剤)の役割

紙の生産工程 (木材チップ～パルプ)

蒸解工程

木材チップに薬品を加えて高温高圧下で煮て繊維分(パルプ)を取り出す。

洗浄工程

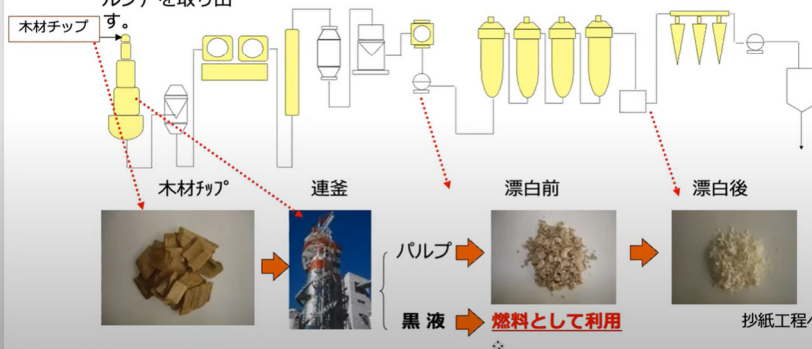
パルプと副産物を分離し、繊維分を洗浄する。

漂白工程

漂白薬品を使用しパルプを漂白します。

精選工程

パルプ中の小さな異物を取り除く。



蒸解工程：熱+アルカリ剤で、パルプを取り出す。リグニンは燃料として利用される。全エネルギーの3~4割を占める。
漂白工程：かつては塩素が使用されたが、現在は塩素を使用していない。最終的に白いパルプが出来上がる。

紙の生産工程 (抄紙～塗工)

抄紙工程

パルプ繊維、填料、各種薬品を混合分散させた原料（固形分濃度0.5%程度）をワイヤ上に流し、脱水・乾燥させて紙をつくる。

ワイヤパート (脱水・紙層形成) プレスパート (脱水) ドライヤー (乾燥)

塗工工程

顔料、接着剤、各種薬品を混合分散させた塗液（固形分濃度約60%）を抄紙工程から出てきた紙に塗布し乾燥させる。

塗工 乾燥 塗工 乾燥

色々な塗工方法があるが印刷用塗工紙はブレード塗工が一般的

©2023. FOREST&PARTNERS 27

抄紙工程：パルプ繊維（1%程度）は水に溶いた状態で、回っているワイヤーの上に噴射される（ジェットティング）抄紙工程で徐々に水分が減少して最終的には5～6%になる。

塗工工程：コート紙はこの工程を通過する。

紙の生産工程 (仕上)

カレンダー工程

ロール間に紙を通し、圧力+摩擦によって表面を平滑化

仕上工程

平判品：数枚重ねて断裁する。
巻取：切りながら巻き直す。

◆カッター 平判仕上
◆ワインダー 巻取仕上

Ex. 幅4,590mm 長さ50,000mの巻取 1本
↓ (ワインダー)
幅765mm幅 長さ10,000mの巻取 30本

カレンダー工程：紙の表面を平滑にする工程。マット紙の場合は軽めのカレンダー工程。グロスコート紙であれば、表面がピカピカになるまで行う。

印刷方式と印刷用紙

【Conventional方式に適する紙の特性】

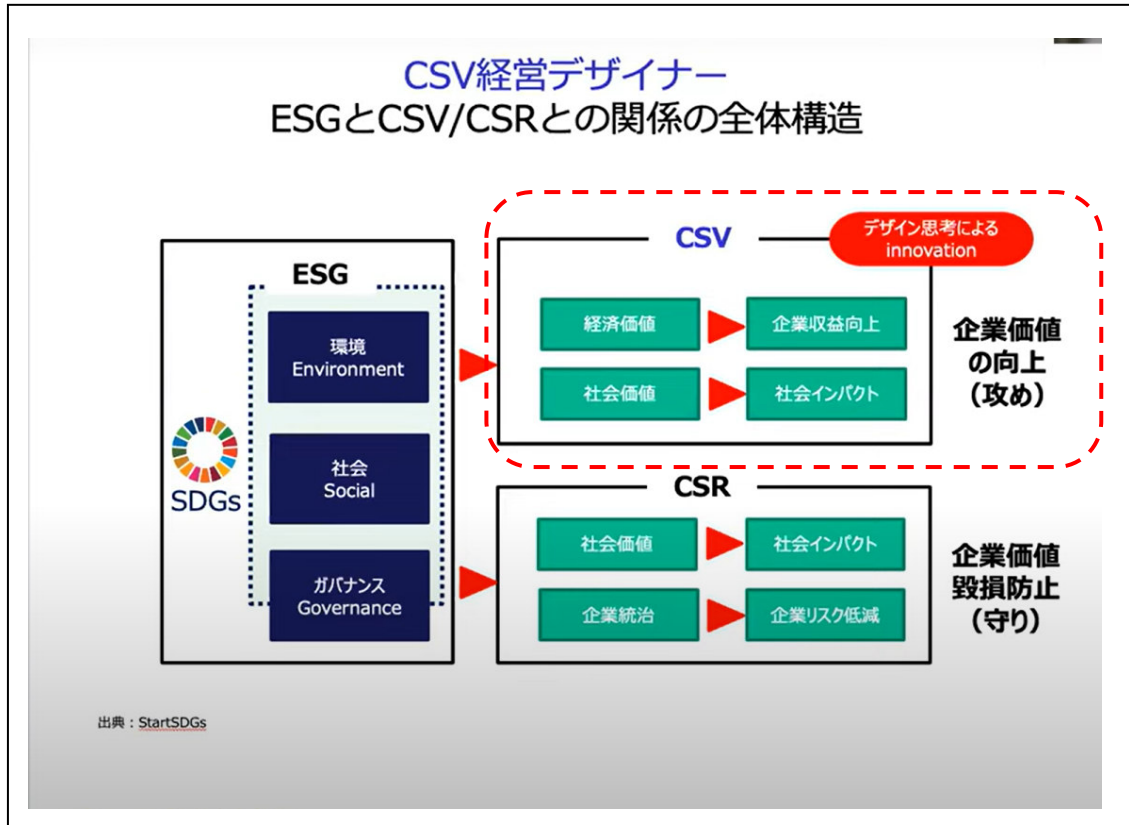
特性項目	活版 (凸版)	グラビア (凹版)	オフセット (平版)
平滑性	☆☆	☆☆☆	☆
クッション性	☆☆	☆☆☆	—
表面強度	☆	—	☆☆☆
耐水性	—	—	☆☆☆
吸水性	—	—	☆
吸油性	☆☆☆	☆☆☆	☆
透気性	—	—	☆☆☆ (オフ輪)

☆☆☆:最重要 ☆☆:重要 ☆:必要 —:特に必要なし

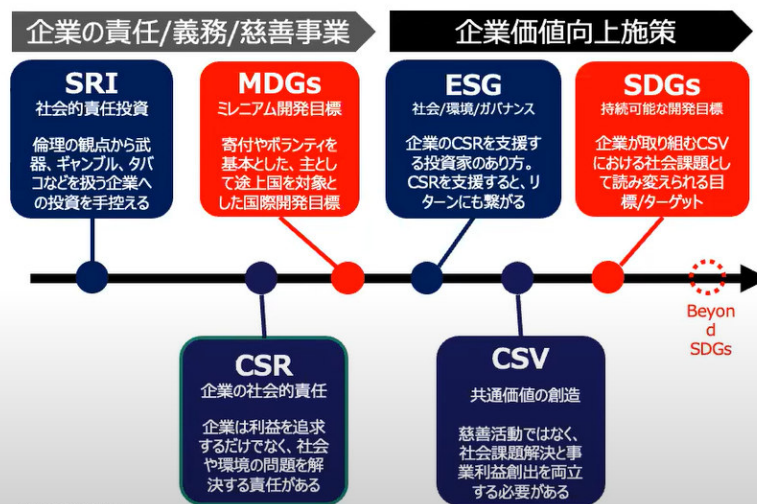
©2023. FOREST&PARTNERS 26

■ ESG と CSV / CSR との関係の全体構造

- ESG : Environment（環境）、Social（社会）、Governance(企業統治)
- CSV : Creating Shared Value（共有価値の創造）
- CSR : Corporate Social Responsibility（企業の社会的責任）

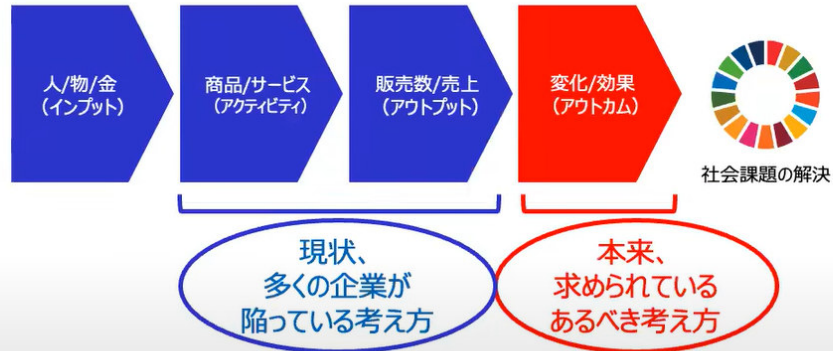


CSV経営デザイナー ビジネスの側面から見た ESG/SDGsと, CSR/CSV



CSV経営デザイナー 社会的インパクト（ロジックモデル）

「社会的インパクト」とは、事業活動による直接的な結果(アウトプット)がもたらす短期的・長期的な社会や環境への変化や効果(アウトカム)



「当社は△△△に関するシステムを開発しているから」、「当社は技術力を活かした製品を提供しているから」SDGsのこの目標に貢献しているだろう。

当社が提供する製品・サービスを活用することで、社会的に○○○な変化や効果があり、その結果、○○○や○○○の社会課題解決に寄与している。

出典：StartSDGs