

北陸繊維企業の環境関連分野への事業展開

松 井 隆 幸

キーワード：繊維，北陸，環境

I、繊維産業の技術と環境問題への対応

本稿は、北陸の繊維企業を対象に、ヒアリング調査を中心として、環境関連事業への進出を分析したものである。ここで環境関連事業とは、何らかの形で環境に貢献する事業であり、「環境への貢献」とは、自社や他社・家庭の活動による、大気・水・生態系などへの負荷を軽減することである。

谷（1999）によると、「繊維は細くて長い、表面積が大きい、長さ方向に強い、可とう性¹が大きい、色々な形状に加工し易いなどの他の素材に見られない特色を備えており、高分子化学をベースとした高度で精密な腑型技術や加工技術を組み合わせて、多くの分野で多様な性能、機能を有する素材が活用されてきて²おり、これらの特徴が地球環境保全に役立つことが多い。また繊維産業の環境対応として、自社の活動にともなう環境負荷物やエネルギー量を削減する「守り」の対応と、長年にわたって培ってきた繊維技術や各種特殊な機能を付与した繊維素材などによる環境問題解決という「攻め」の対応があるとしている³。

松尾（2006）では、前者を「防衛的貢献技術」、後者を「積極的貢献技術」と呼び、前者の例として生分解性（土に還る）繊維、CO₂削減、有害物質削減、エネルギー・排出物削減などを挙げている。また後者の例としては、フィルター機能を用いた排ガス浄化、水処理・水浄化・海水淡水化、自動車等の輸送手段

軽量化、高圧水素ポンプ・深海石油掘削・風車等エネルギー分野での複合材料としての活用、2次電池の部材、PETボトルリサイクル製品、緑化システム等を挙げている⁴。

これらの中には、以下で述べる北陸地域の事例に合致するものも数多く含まれている。またこれに加え、後述するB社やE社のように繊維の形状・素材による生物（微生物・藻類など）親和性を活用した事例もみられた。

II、ヒアリング調査

以下は、2009年6月～11月に、環境関連事業に進出した北陸企業を対象に行ったヒアリング調査をまとめたものである。なお、従業員数等会社プロフィールの一部は、各社のWebで補完している。

[A社]⁵

A社は丸編ニット技術を基盤に、様々な衣料用、産業用製品を生産している、従業員47名の福井県越前市の企業である。

同社では丸編生地を土を詰めた「連続土嚢」を用いて、数年前から屋上緑化、校庭・園庭緑化、砂漠緑化に取り組んでいる。丸編生地はもともと円筒状の形で機械から出てきて、普段はこれを切ったり開いたりして製品にしている。これを円筒状のまま土地を詰めて、任意の長さに区切ったものが、ソーセージ状の連続土嚢である。

屋上緑化、校庭緑化の場合は、ポリエステル生地の連続土嚢をらせん形やジグザグにして木枠に収め、芝を生やし、木枠を取り除いたユニットを設置する。ユニットが安価で、施工が簡単であり、土や芝は市販のものでよい。そのため屋上緑化の場合は造園業者に頼むが、校庭・園庭の場合は児童や父母・教師があえて行い、自然に触れる体験になっている。

ユニットの下はコンクリートでも土でも何でも可能で、形状自由度も高く、

例えばマンホールの周りを丸く形作ることもできる。日光と水があれば芝は育ち、ニットの間に空間ができるので水はけもよい。

屋上緑化によって、むき出しのコンクリートに比べ、夏では20度以上の温度差があり、エアコン省エネ効果が大きい。ヒートアイランド防止にも一役かっている。校庭緑化では、子供たちが自然に親しみつつ安全に運動することができる。

砂漠緑化では、連続土嚢を格子状に配置して砂の流動を防いでいる。これは藁の柵を用いた短い防風林である、中国の「草方格」に示唆を得ている。砂漠では砂の流動さえ押さえれば、少ない雨量で根付く植物がけっこうある。原理は草方格とはやや異なり、気流により中央がへこんだ状態で砂が安定する。2001年ごろから内モンゴルで取り組んでおり、砂桃の栽培に挑戦しているところである。この植物からは油がとれ、産業化も期待できる。

こちらでは生地は生分解性のPLAを用いている。紫外線に強く、むき出しの状態ではむしろポリエステルより崩れにくい。

円筒状の生地は経編（たてあみ）や特殊織物（消防用ホースなど）でも可能だが、丸編が一番簡便である。丸編は小ロットに対応しやすい。これに対し経編は、量産効果が大きく、例えばカーシートでは丸編を圧倒している。

[B社]⁶

B社はランジェリー、レッグニット、スポーツウェアなどを主力とする、福井県鯖江市の従業員58名の、経編の企業である。とりわけ流行の変化の速いレッグニットの競争力は高く、リードタイム7～10日での対応が可能であり、中国製品に対する優位性を保持している。ウェアでは無縫製加工も可能である⁷。

環境関連の産業資材としては、リングレースと呼ばれる水処理用の紐状編物を、15、6年前から生産している⁸。ダブルラッセルの経編機では、2枚の布がパイルと呼ばれる糸でつながれた状態で機械から出てくる。この時あえて片側の布だけを編むようにすると、パイルが折り返されてループ状の糸がくっつい

た布になる。これを^よ撫ると表面に花びら状の無数のループが生えたような紐ができる。ここにバクテリアが住みつき、有機物を分解してくれる。これを10cm間隔で吊り下げ、下水処理や産業排水処理に用いる。

芯はポリエステル、パイルは生物親和性の高い塩化ビニリデンを用いる。やはり生物親和性の高い炭素繊維も試したが、どう使っても折れてしまう。PLAやポリプロピレンも試したが、やはり塩化ビニリデンが一番いいようだ。

一度取り付けると、ほとんどそのままでもよいため⁹、日本での需要が一巡してしまった。現在では韓国の液晶工場向けに生産している。液晶は大量の水を使い、有機物を含んだ排水も大量に出てくる。特許は去年切れたので、中国がやるとしたら、自前でやるのではないか。

他の環境資材としては、水切りネットを作っている。当初は生分解性のPLA製が目目されたが、今では家庭用、それも銀行の贈答用に使われるくらいである。現在の主力はポリエステル製の業務用であり、スーパーなどで大量の生ごみを洗浄する際に用いる。経編の、パンストを開いたものと考えてもらえばいい。PLAは何より価格が高いし、耐熱性や食糧競合の問題もある。

他の産業用資材では、空気清浄フィルターや自動車用などのクッション材を作っている。

ダブルラッセルの柄や、どこをつないでどこを開けるかは、ピエゾ素子技術により自在なコンピュータ制御ができるようになった。ダブルラッセル機は「怪物」とも呼ばれる複雑な機械であり、メンテナンスなどの制御がたいへんで、中国などが真似しにくい分野である。

同社はダブルラッセル機24台、シングルラッセル機20台を保有している。経編の丸編との違いは、圧倒的な生産性であるが、その分小回りはきかない。

[C社]¹⁰

C社は、直系の生産会社数社を持つ、従業員125名の、ものづくり密着型の産元商社である。同社の事業は多様であるが、ここでは現在取り組んでいる、

米デュポン社の開発した生分解性ポリエステルを用いた繊維「アペクサ」の拡販をとりあげる。

アペクサは「加水分解する独自の樹脂を混合させて設計、開発されたもの。通常の使用下ではレギュラーのポリエステルとほぼ同等で劣化することはないが、水、温度、微生物が一定の条件で揃うと分解を開始する」¹¹。加水分解菌が分子の鎖を切ることによって、生分解化するのである。

生分解性繊維、いわゆる土中で微生物により分解する繊維としては、従来PLA（ポリ乳酸）繊維が本命視されてきたが、日々改善されてはいるものの、依然として価格や耐熱性に問題がある。

そこへいくとアペクサはポリエステルであり、耐熱性や強度に問題はなく、加工や使用に特別な配慮や設備を必要としない。チップレベルでは通常のポリエステルの3倍の値段になるが、天然繊維との混紡¹²により緩和できる。

デュポン自身は同じ原料で樹脂を中心に事業展開しているが、繊維事業からは大きく後退しているため、繊維では日本企業への期待が大きい。芯地やボタン（樹脂）も同じ原料で作ることが可能で、一着の衣料のうち、金属や接着剤を除く90数%が生分解処理可能になる。事実、富山県のファスナー製造企業では、ファスナーと布部分双方にこの原料を使った、つまり100%アペクサのファスナーを開発している。

課題は回収制度である。水、温度、微生物が一定の条件で揃うコンポスト（堆肥）設備を経る必要があり、そのまま一般ごみと同じ回収ルートに乗せるわけにはいかない。ユニフォームは指定の運送業者を通じて処理業者に引き渡すことが可能であるが、問題は一般衣料である。大手SPAでの下取り制度が検討されている。

また、リサイクルは法整備が進んでいるが、分解については遅れているため、現状では回収等のコストは価格に上乗せせざるを得ない。またISOの生分解試験はPLAがスタンダードであり、アペクサはデュポン1社の評価であることも制度上の壁である。

一方、C社とその関連会社は、輸送機関軽量化や耐震、エネルギー部門への応用が期待される炭素繊維製品の開発にも取り組んでいる。現状で製品化したものは意匠性を売りにしたカーボン小物などが中心だが、その開発過程で北陸の織編物と熱可塑性（従来の炭素繊維複合材料は、熱硬化性樹脂が多い）を含めた様々な樹脂との組み合わせが試みられていると考えられ、将来は輸送機関など多面的な展開が期待できよう。

[D社]¹³

D社は、衣料用丸編・経編製品をはじめ、様々な衣料用・産業用資材を生産している従業員22名（グループ67名）の福井県坂井市の企業である。同社は2種類の屋上緑化事業を手掛けている。

第1は、芝によるものである。当初は経編による防根シート¹⁴の上に木材チップをバイオ加工した培養土を置いていたが、マンションではエレベーター等での土の汚れに対して苦情が多く、施工よりも掃除に時間がかかり、日帰りのはずが泊まりになるような事態が続出した。

そこで今では、土部分の代わりに保水剤入りのウレタンマットを用いている。保水剤が、雨などで水が過剰になった時は吸い取り、不足するとはき出す。反応温度の違う3種類の保水剤を用いており、季節や昼夜の温度変化に対応している。ほぼ水耕制で、少量の遅効性肥料を用いるのみである。

雨水をため込めば1週間は持ち、水設備の施工が不要である。やや大掛かりになるが、低木の栽培も可能である。

第2は苔によるものである。薄いシートに菌を吹き付け、ふ糊で覆って畑で栽培すると、半年～1年で苔が育つ。芝に比べたメリットは、軽いこと、刈込などのメンテナンスが不要なことである。そのため、工場の屋根などにも使用できる。

同社ではFW（フィラメントワインディング）、開織織物、プリプレグなどの炭素繊維事業も、幅広く展開している。樹脂は熱硬化、熱可塑ともに手掛け

ている。現状ではスポーツ向けが多いが、将来は燃料電池向け水素ボンベが有力だと考えている。エコカーの主力が、ハイブリッド→電気自動車→水素燃料電池自動車へと変化する可能性を考えている。もちろん炭素繊維による車体軽量化の可能性も大きい。この他、同社が域内他企業と協力して開発した「世界一軽いスーツケース」も話題になった¹⁵。

プリプレグまで加工するには樹脂の技術が不可欠だが、そのために若手社員を協力関係のある大学で学ばせている。様々な試験・評価、多方面の技術が必要なため、様々な大学と提携している。

従来の主力事業である衣料用ニットでは「極端に安いものか高いもの」で勝負してきた。前者は徹底的に生産性を追求し、輸送費を考慮すると中国とも価格で勝負できるものである。後者は「他がまねをできないもの」であり、過去に「世界一薄いニット」「ポリエステル使いのペロア」などの例がある。

[E社]¹⁶

E社は、濃染や機能性加工を得意とする、従業員約560名の福井市の染色加工企業である。同社は炭素繊維加工など様々な産業資材も手掛けているが、ここでは水産資材部門を取り上げたい。以下①～④のうち、とりわけ③④が環境への貢献が大きい分野である。

① 増殖礁

コンクリートで作られた魚礁本体に、静電植毛技術を用いてループ状のナイロン糸、いわゆる人工海藻を植え付けたもので、プランクトン増殖による魚のえさ場効果、イカなどの産卵場効果がある。人工海草の表面に付着性の藻類がつき、これが生態系に影響を与える。近年では漁師の方が手で扱えるような、鉄枠性のものも出てきた。設置場所は水深40mくらいである。

② 中層浮魚礁

水深1,000m以上、時には4,000mの所にも設置する。FRPの枠体、ポリエステル製の網状体、ABSのフロート（浮き）からなる直径2m長さ7, 8mの構造体で、コンクリートや鋼製のアンカーと、超強力繊維であるベクトラン製のロープでつながれている。人工海藻付きのものもある。

網状体の部分に小魚が集まり、それを狙うカツオやマグロなどの回遊魚がターゲットである。万一の流出事故を想定して、GPS機能付きの警報装置を備えている。

③ 植物育成床（植生浮島）

湖水などの内水向け環境再生資材であり、ポリエステルやナイロンによる特殊網状体と、それを囲う、ガラス繊維と樹脂で被膜した発泡材からできている一種の浮き島である。網状体に草を植え、根が水面下に出ようになっている。

コンクリートなどによる河岸・湖岸工事で地面が急角度で水中に入ったり、ダムによって水位の変動が大きくなり、浅瀬の植物が生息できなくなった場所の環境再生に役立つ。水面下の根が漁礁や産卵場になり、根に付着したバクテリアが水質浄化の効果を持ち、さらに水面上の草花が景観美やCO₂削減に貢献する。公園の人工の池や、お城の堀にも使われている。

④ 海藻プレート

薄いFRPの板にニット資材を張り付けた物である。これに海藻を植え付けて出荷する。磯焼けや漁港・空港などの工事で損傷した生態系の再生に貢献する。軽くて輸送費も安く、施工も簡単で、各地域に応じた様々な種類の海藻の培養が可能である。

同社が水産資材に進出したきっかけは、静電植毛技術を利用して人工芝を手掛け、それが海にいかせないかと考えていたところ、ちょうど漁業振興ブーム

が起こったことである。顧客は多くの場合地方自治体で、国の補助金が出ることも多い。

水産資材部門には、問題点もいくつかある。第1は同社の他部門と比べて、極端にロットが小さいことである。面積や重量ベースでは3～4ケタ小さい¹⁷。繊維企業の一事業としてだからやっていると、単体ではとても無理であろう。

第2は、製造価格が高い割に、買い手はホームセンター感覚で考えることが多く、大きなギャップがある。自治体が顧客なのでいったん採用されると大きな取引になるが、理解して導入してもらうまでが極めて難しい。

第3は、なんといっても漁業の疲弊である。自治体のバックアップがあるケースはいいが、そうでなければ資金のかかる漁業振興よりも、漁業者は転業を選ぶ。

[F社]¹⁸

F社は、PETボトルリサイクル資材を生産する、従業員120名の福井市の企業である。かつて北陸3県に新潟、滋賀を加えた5県から繊維くずを回収してリサイクルする事業を行ってきた。1984年に溶融紡糸設備を導入、ポリエステル糸くずとPETフィルムくずを原料とした再生ポリエステル事業に転換した。その後PETボトル大量排出時代の到来とともに、PETボトルリサイクル設備を導入した¹⁹。

現在の主力事業は2つである。第1は、北陸・中部・関西からPETボトルを回収してペレット²⁰から溶融紡糸して短繊維を製造する。用途は自動車内装材(天井、トランクなど)、衣料、詰め綿などである。

第2は、上記の原料にポリエステルの糸屑をブレンドして、様々な目付の不織布を製造する。用途は高速道路の吸音材、産廃場止水材、土木資材、柔道場の畳の下に敷く衝撃吸収マットなど様々である。

現在日本では埋め立てゴミの60%が包装容器であり、埋め立てスペースの不足が深刻な問題になっている中で、2007年に容器包装リサイクル法²¹が施行

された。その際に、以前から取り組んでいた同社が、PETボトルリサイクルで指定業者の一つになった。

ラベルが付いている場合、ラベルの材料はポリプロピレン、ポリエチレン、紙など様々なので、これをはぎ取って吸引する工程が必要になる。その工程が行われる部屋の騒音はすさまじいが、同社の吸音材が外部に漏れるのを防いでいる。PETボトルのリング部分は一様にポリプロピレンなので、砕いて水に浮かせて（同材料は軽い）回収できる。

ネックは自治体による分別格差である。筆者が同社を訪問した際、キューブ状に固められたPETボトルが搬入されるのを見たが、透明のもの（主に北陸）と、色とりどりのラベルの付いたもの（主に関西）があった。後者の場合に、ラベルをはがす工程が必要になるわけである。

以前扱っていた回収繊維くずに比べると、PETボトルから作る材料は粘度が一定なのが長所である。原料のPETボトルや繊維くずは、一時中国との競合で値上がりしていたが、近年は値崩れしてきたという。

同社の場合、以前から積み重ねてきた事業ノウハウが、時代の追い風を受けて結実したと言えよう。

Ⅲ、北陸の繊維技術と環境関連事業

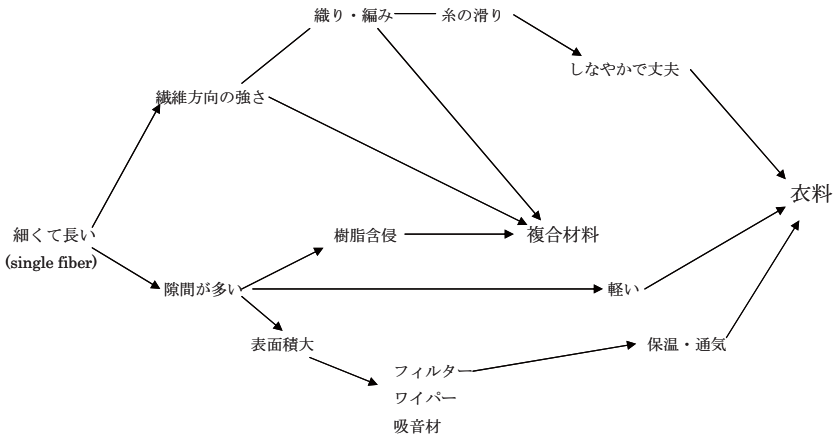
上の例のうち、C社のアペクサ事業のみがIでみた防衛的貢献技術、残りはすべて積極的貢献技術である。F社はリサイクルで環境に貢献していると同時に、製品である吸音材や産廃場止水材も環境貢献製品である。

これらはいずれも繊維製品の持つ柔軟性、編物にした時のしなやかさと強さ、隙間が多いこと、表面積の大きさ、長さ方向の強さ（特に炭素繊維複合材料）、素材・形状両面からの生物親和性、形状自由度が高いといった繊維ならではの特徴、織・編・表面加工など川中の技術を生かした事業である。これらの例から、繊維産業は、地方・川中産地にあっても、またⅡのいくつかの例から中小

企業でも、環境に貢献できる産業であることを示している。またA社やD社の屋上緑化事業は、コンクリートを掘り返して土を入れるといった大規模な施工を必要としないため、ユーザーに負担をかけない長所がある。

図一は、繊維の持つ機能と事業展開を図にしたものである。繊維の諸特徴は「細くて長いもの」を構成単位にしていることから発している。

図一 繊維の機能と用途展開



また、素材がアメリカ産であるアペクサの日本での展開は、繊維事業から撤退する欧米のケミカルジャイアントと、日本の繊維企業との戦略の違いが背景にある。

一方、熱や水の節約、省エネ、有害物質や環境負荷物質の排出削減という一般的な防衛的貢献技術の開発には、ほとんどの繊維企業（繊維に限らず他産業もだが）が取り組んでいる²²。

中でも北陸で注目すべき事例としては、ボイラーの熱源を重油からLNGガスに切り替えた石川県能美市の染色加工企業、従来の染料による染色ではなく顔料²³によるインクジェットプリント技術を開発した、やはり能美市の染色加工企業の例などがある。

IV、おわりに

「環境ビジネスは儲からない」といわれてきたが、オバマ大統領の「グリーン・ニューディール政策」と、これに追随する各国の動きによって、巨大な環境ビジネス市場が生まれつつある²⁴。また、アメリカに代わる市場として期待される新興国も、現状の対応では、環境を破壊せずに成長を続けることは不可能であり、否応なしに環境対策需要が生まれるだろう。

とはいえ環境ビジネスは、国内では各種助成制度、R&Dやエネルギー政策の重点、環境面での規制強化、参入等での規制緩和、回収システム等の制度設計といった、その時々の方針に左右される面が大きい。新興国でも各国の方針に加え、激しい受注競争が予想され、すべての環境ビジネスに追い風が吹くわけではないだろう。

最後に、本稿では北陸地域の事例のみを取り上げたが、水処理ビジネスにおける逆浸透膜や中空糸ユニット、耐熱バグ・フィルター、燃料電池部材、天然繊維の産業資材分野への展開など、主に北陸地域以外で展開されている環境貢献型の繊維関連ビジネスも数多くある。これらの分析は今後の課題である。

参考文献

- 泉谷渉『ニッポンの素材力』東洋経済新報社、2009年。
- 谷清雄「環境保全に貢献する繊維技術と繊維材料」『科学と工業』73-1、1999年。
- 福井県商工労働部『「実は福井」の技』2008年。
- 松尾達樹「最近の繊維研究・技術・開発」『加工技術』40-11、2005年。
- 拙稿「北陸繊維企業の産業用途への展開」『富大経済論集』54-2、2008年。

注

- 1 曲げてもポッキリ折れにくい性質。しなやかさ。
- 2 谷(1999)、p26。
- 3 同上、p26。
- 4 松尾(2006)p2。
- 5 2009年6月2日に行ったヒアリング調査による。

- 6 2009年8月4日に行ったヒアリング調査による。
- 7 無縫製加工（ホールガーメント）で世界的に有名な和歌山県の鳥精機は丸編である。
- 8 福井県産業労働部（2008）p94参照。
- 9 まれにきれいな水が流れると、細菌が死滅してしまう。
- 10 2009年7月31日の東京内覧会でのヒアリング調査による。
- 11 「織研新聞」2007年6月25日。
- 12 これも、ウールにポリエステル寸法安定性を付与するなど、従来からポリエステルが得意としてきた役割である。
- 13 2009年10月17日に行ったヒアリング調査による。
- 14 コンクリートへの根の侵入を防ぐ。
- 15 福井県産業労働部（2008）p19参照。
- 16 2009年11月20日に行ったヒアリング調査による。
- 17 価格ベースでは若干差が小さくなる。
- 18 2009年6月26日に行ったヒアリング調査による。
- 19 歴史展開については、同社提供資料も参照した。
- 20 粒状の中間製品。
- 21 容器包装リサイクル法の詳細については、財団法人日本容器包装リサイクル協会Web「容器包装リサイクル法とは」参照のこと。
- 22 拙稿（2008）のE社の有機溶剤削減やカーシート用面ファスナーのリサイクル対応性、F社の使用水再利用もここに含まれる。もともと繊維産業自体は、他産業に比べて、もともと環境負荷の小さい産業である。
- 23 染料による染色は分子レベルで繊維に入り込む必要があるため、何度も洗浄や乾燥を繰り返す必要がある。顔料は表面に乗るだけなので工程が短く、熱や水を大幅に節約できる。同社ではナノテクを駆使して、顔料でも落ちにくい染色方法を開発した。
また、染料では素材を選ぶ（たとえば分散染料ではポリエステル、酸性染料ではナイロン）が、同社のインクジェット顔料タイプは、素材を選ばない。ナイロンでもポリエステルでも綿、ポリエステル/コットンなどでもプリントが可能である。
- 24 泉谷（2009）pp14-18。

提出年月日：2009年12月4日