

自然エネルギー教材としての 紙風車作りについて

橋 爪 健 郎*・西 尾 友 花*・前 原 遼*
北 永 和 大*・八 田 明 夫**

(2005年10月18日 受理)

To Make Paper Windmills as a Natural Energy Teaching Material

HASHIZUME Takeo・NISHIO Yuka・MAEHARA Haruka
KITANAGA Kazuhiro・HATTA Akio

要 約

本論は環境エネルギー教育の教材の一つである「紙風車」の意義と作成手順を述べたものである。本教材は風力発電の盛んなデンマークで開発された。デンマークは、現代的な風車小屋を利用した最初の国である。18世紀の終わりからデンマークで、電氣的なエンジニアのために風車小屋を利用する努力が、ポール・ラ・クールによって始まった。デンマークの風車小屋工業協同組合は紙風車小屋を作ることを通して、風車小屋がエネルギー源としての風を利用する施設であることを知らせたのである。本教材は、使用済みの紙を材料に軸などを作成し、力学的な知識を応用して強度を増した構造や運動を学べると共に風のエネルギーが物質を持ち上げて位置エネルギーを生み出したりすることを学べる。本論では詳しい作成手順について実践を通して要約した。

キーワード：環境教育 エネルギー教育 紙風車 自然エネルギー

[Abstract]

Denmark is the first country which utilized the modern windmill. One of the reason why they can develop is said that people have educational system for themselves. In Denmark from the end of 18th century, the effort to utilize windmill for local people and education for local electric engineer started by Poul La Cour⁽¹⁾. Through making paper windmill which introduced in the site of 'Danish windmill industry

* 鹿児島大学理学部物理科学科

**鹿児島大学教育学部理科教育

cooperative⁽²⁾, we found that the windmill is good tool for pupil can feel wind as energy source, and there are many possibility of developing our own educational windmill for many purpose.

1. はじめに

デンマークは世界に先駆けて風車発電を実用化し世界的に広めた国である。現在、世界の風車発電の半数はデンマーク製である。世界的に見て技術大国というわけでもないデンマークで、風車発電が実用化された。その歴史的理由は、19世紀半ば末に一部の階層のためでなく、一般農民が豊かになることをめざして民衆教育のための学校フォルケホイスコーレが創設されたことにさかのぼる。19世紀末から20世紀初めにかけて地域への風車発電普及のため、フォルケホイスコーレの教師で物理学者のポール・ラ・クールによって環境エネルギー教育が実践された。その後、社会のエネルギー源は石炭石油中心になり風車発電は途絶えた。第2次大戦後一時的な復活の兆しがあったが、原子力への期待で再び途絶えた。1970年代になり公害による環境破壊が顕在化したことによる環境意識の昂まりや原子力発電の危険性と処分のアテがない放射性廃棄物に対する国民的な反対運動を背景に、それらに替わるべきものとして風車発電の開発が民衆運動として本格的に進んだ。それが可能であった背景にはラ・クールに始まる民衆レベルの環境エネルギー教育の伝統があったからである。今やデンマークを代表する産業となったデンマーク風車発電産業協同組合により、専門的知識を持たない大人や子供に対しても、風車発電のしくみなどが誰にでも理解できることをめざした啓蒙用ホームページ作製されている。ここで取り上げる紙風車づくりは、そのホームページで紹介されている内容をもとにし発展させたものである。

2. 紙風車作成手順

この紙風車を作るのに必要な材料は、使用済みA4用紙、ねじ、ナット、ワッシャーなどで、特に高価な材料や特殊な道具は必要でない。また、手に入らなくても、別のもので代用することができる。この風車は、紙をクルクル丸めた棒が骨組みとなりほとんどの要素となる。

この紙風車を紹介しているのは、デンマークの風車メーカーの協会である。原文を参照したい方は、以下のURLへ。

<http://www.windpower.org/en/kids/teacher/turbkit.pdf>

また、このサイトにはキッズ用に本物の風車の仕組みなどを解説してくれるアニメ付教科書のようなところもあるので、一度ぜひそちらも参考にさせていただけたらと思う。

<http://www.windpower.org/en/kids/index.htm>

表 1. 紙風車の材料

A 4 の紙	92枚	ベルト用リボン	2本
ねじ (5 mm)	24個	長いねじ棒 6 mm×350mm	1本
ナット (5 mm)	24個	6 mm×330mm	1本
(6 mm)	18個	翼用の紐 220mm	6本
ワッシャー (5 mm)	48個	風糸	
(6 mm)	8個	厚紙	

使用する道具は、紙を巻く木の棒（直径5～6 mm 長さ350mm 以上）、穴あけパンチ、糊、接着剤、はさみ、カッターナイフ、テープ、定規、ねじ回し、ラジオペンチか10番のスパナである。以下、紙風車の各部分ごとに、私たちの経験と工夫改良をもとにした作製手順を解説する。

<1> タワー

紙を巻いた棒で土台となるタワーを作る。3段重ねのタワーを作る場合、紙を縦長に置いて巻いた棒（短い棒）を28本、紙を横長に置いて巻いた棒（長い棒）を12本作る。その他に、ねじ16個、ナット16個、ワッシャー32個が必要である。

- ① 図のように紙を芯となる棒にきつく巻きつけていく。

（注）緩く巻くと、強度が落ちてしまう。

巻き終わったら、両端をテープで留め、芯を抜き取る。

- ② 棒の両端に穴を開ける。

参考までに、私たちは図のように位置に穴を開けた。

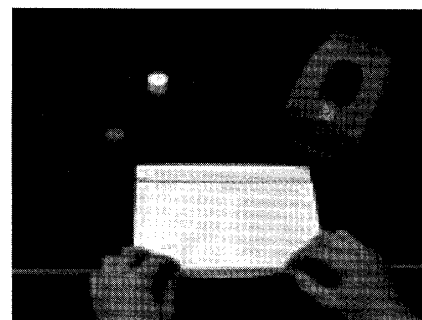


図 1. 紙の巻き方

（右上は穴あけパンチ）

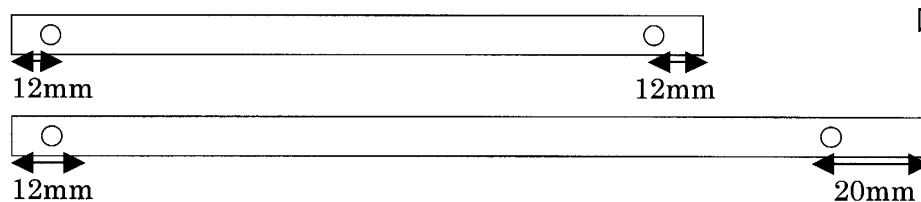


図 2. 穴の位置

- ③ 組み方

作った棒を重ねながら、ねじで留めて組み立てる。ねじとナットの間には、ワッシャーを挟む。タワーが傾かないように組むことが非常に大事で、私達は結果として図3のように重ねることになった。うまく作れば、20kgの重さに耐えることができる（図4）。

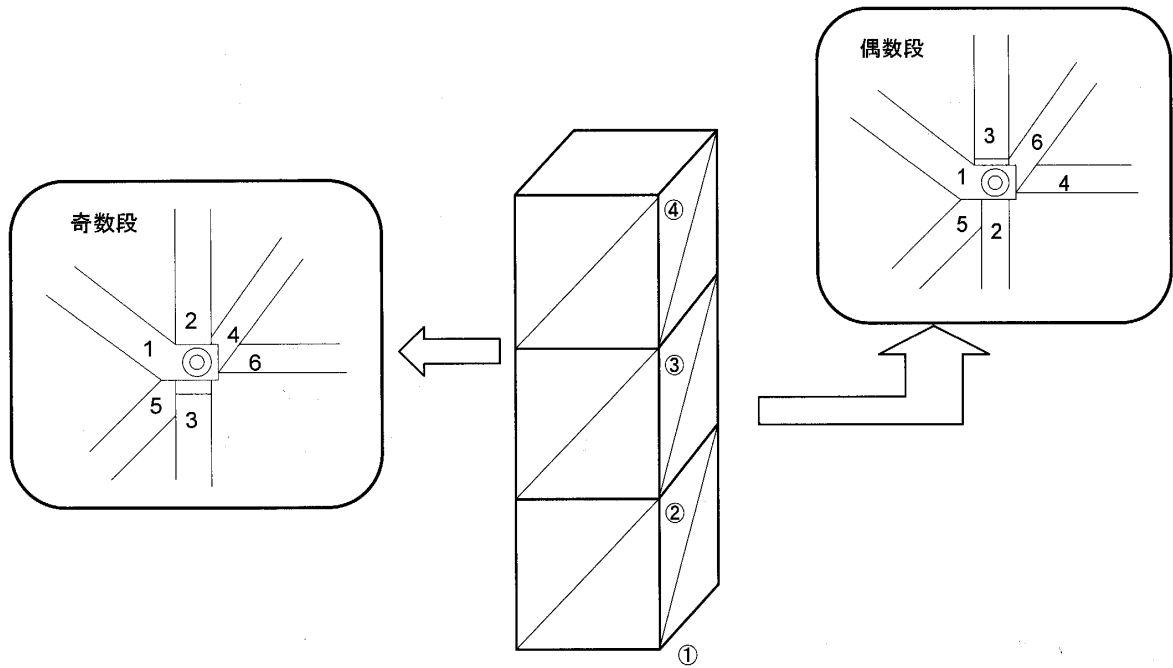


図3. 棒の重ね方



図4. タワーに20kgの鉛レンガを載せた実験

<2> ナセル (タワー上部)

タワーの上部に主軸を固定する部分を作る。短い棒を5本、長い棒を2本使う。頂点にくる短い棒は大きい負荷がかかるため、紙2枚重ねで作る。その他、ねじ、ナット各2個ずつとワッシャーが4個必要である。ナセルとは、風車の専門用語で、もともと気球や飛行船のゴンドラや飛行機のエンジンカバーを意味するが、ここでは紙風車のタワー上部をさす。

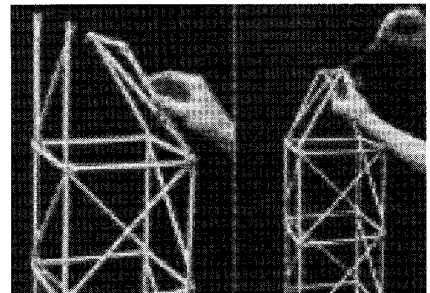
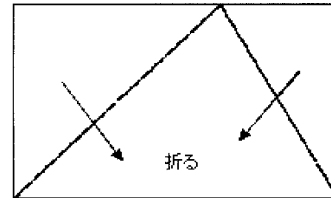


図5. ナセルの作製

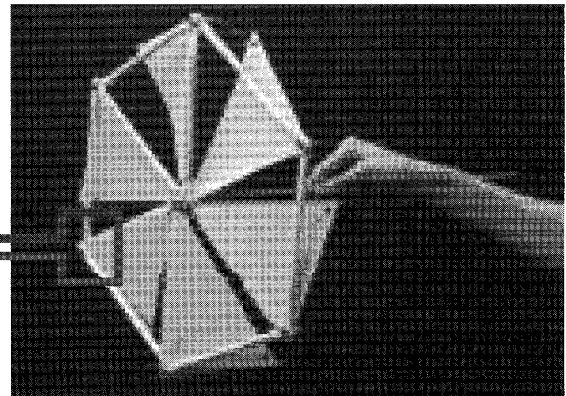
<3> 翼

六角形の6枚翼を作る。長いねじ棒、長い棒12本、帆となる紙6枚、ねじ6個、ナット6個、ワッシャー12個が必要である。各頂点と帆の重ね方は図6.aのように折り、ねじで固定する。

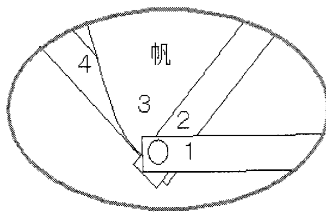
- ① 長い棒の両端に穴を開ける。
- ② 図6.aのように紙を折り、折り目に沿って切る。
- ③ 角はセロハンテープで補強して、穴を開ける。
- ④ 棒で六角形を作り図6.bのように、帆の中心は長いねじ棒を通し、両側をワッシャーとねじで固定する。
- ⑤ 長い棒と帆の角の一点を図6.cのように重ね、ねじなどで固定し、もう一点は紐で近くのねじと結ぶ。



a



b



c

図6. 翼の作製

<4> 主軸

長いねじ棒、二枚重ねの紙の棒（短い棒3本、長い棒3本）、ナット10個、ワッシャー8個、ベルト2本、風糸が必要である。

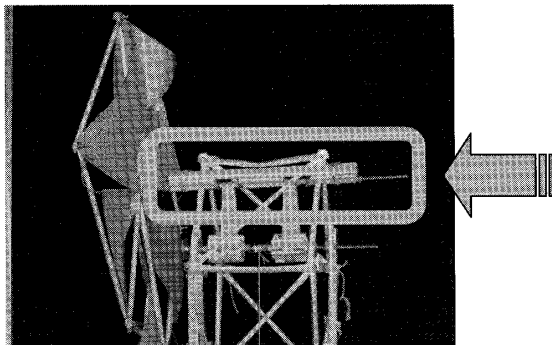


図7. 主軸

- ① 長い棒3本を並べて置く。短い棒2本を三等分して、長い棒の上に合わせて均一に置く。
これが、主軸の土台となる。
- ② 少し緩めに巻いた短い棒の1本を用意し、三等分しておく。これが軸を通す筒となり、この部分を土台に固定する。
- ③ 図9のようにして主軸を作る。

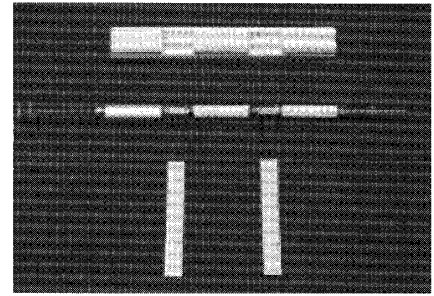


図8. 主軸の部品

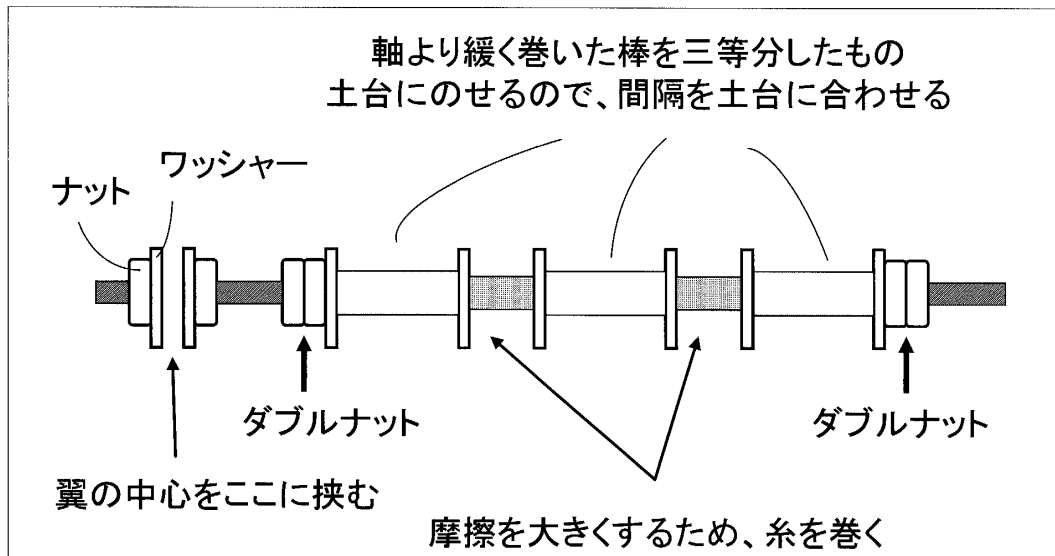


図9. 主軸の構成

- ④ ベルトは接着剤でとめて、輪にする。そして軸の糸を巻いた部分に掛ける。
- ⑤ 最初に準備した土台の溝に、軸の糸の部分をはまるように合わせる。紙を緩く巻いた軸の部分と土台を凧糸で固定する。
- ⑥ ⑤でできたものを、凧糸でナセルに固定する。

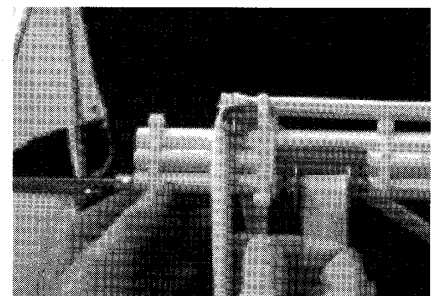


図10. ナセルの主軸の取り付け方

<5> 変速軸

紙9枚を横長に巻いた棒を8本は6等分に、1本は4等分に切った物で変速部分を作る。ねじ12個、長いねじ棒、厚紙、横長に巻いた棒4本が必要である。

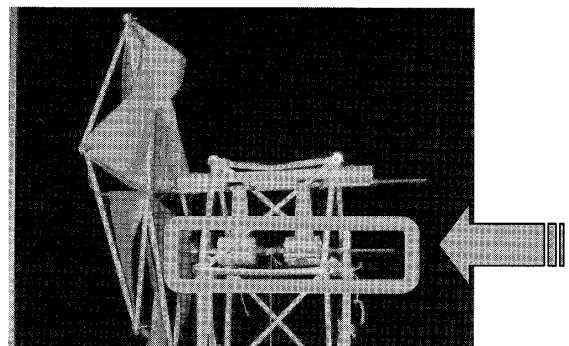


図11. 変速軸

- ① まず変速部分を作る。準備した4等分に切った棒1本の周りに、6等分した棒を接着剤で付けていく。大きい変速部分には6等分した棒を18個使い、小さい変速部分には6本使う。それぞれ2つずつ作る。
- ② 図13のようにして変速軸を作る。

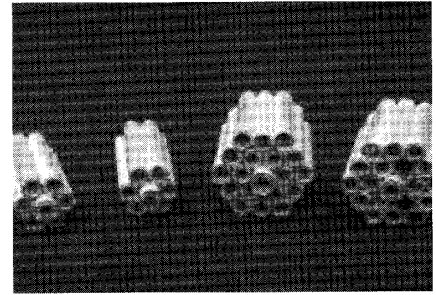


図12. 大・小の変速軸

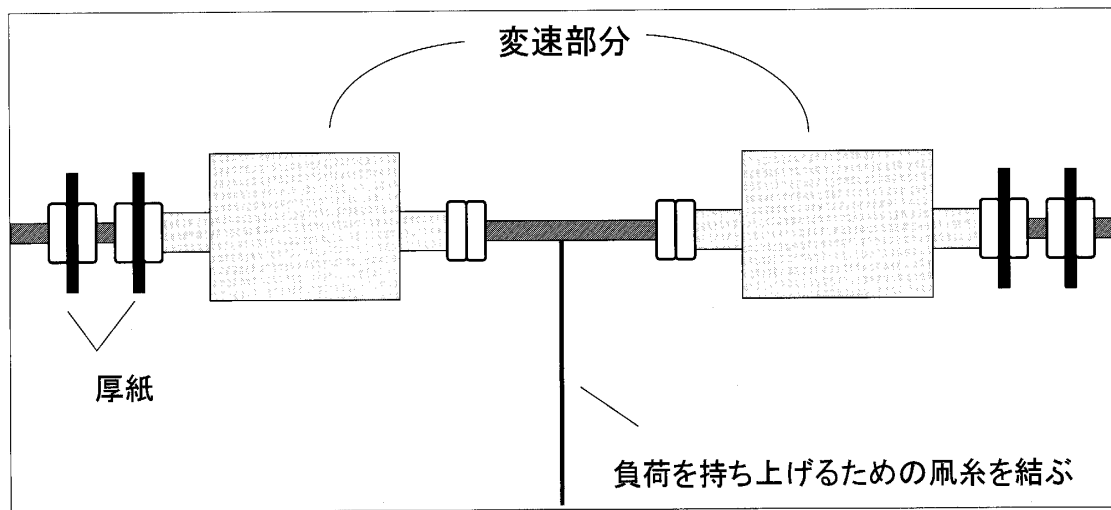


図13. 変速軸の作製

- ③ タワーの前後に横長に巻いた棒を2本ずつ縦にして、凧糸で固定する。(これは変速軸が前後にぶれないようにするためである。)
- ④ 固定した2本の棒の間に変速軸を挟み、厚紙の部分で固定する。
- ⑤ 主軸のベルトに、軸を掛けて完成!!!

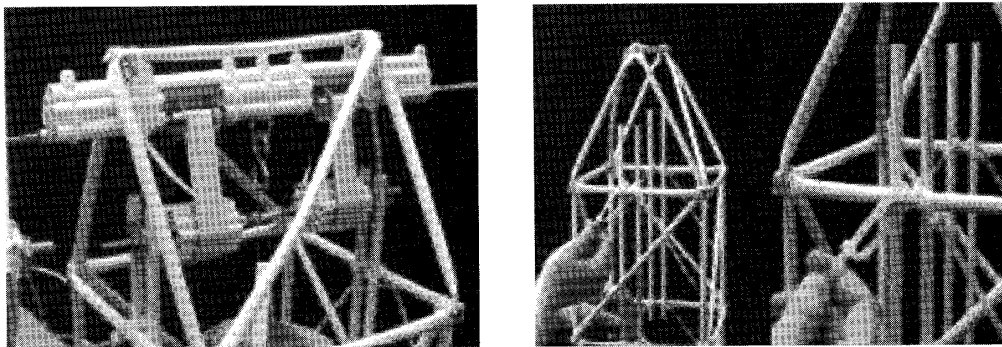


図14. 縦棒による変速軸の支え

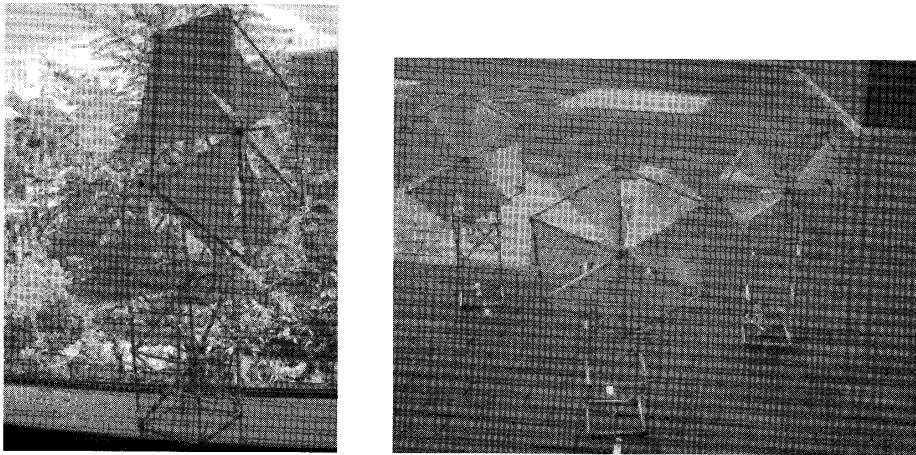


図15. 完成した紙風車

3. 紙風車作成の教育的意味および改善点

ホームページで紹介されている紙風車の作り方は一つの見本であるが、経験を通してエネルギーとしての風を実感できる。日常的な材料と道具で手作りする面白さと難しさは、テキストにこだわらず、手もとにある部品を使って自由に工夫する楽しさが実感できる。安価で独創性のある作品に作り上げることができ、環境エネルギー教育用として意義のある教材である。筆者らのうち前原・北永は、風車作りに興味があり、その手始めとしてこの紙風車を作り以下のように感じた。

「初めての風車作りであり、風車の仕組みもあまり分からないまま取り組んだ。各パーツを作りながらその役割について理解していった。特に工夫した点は、回転の動力を伝えるギアの部分である。できるだけ動力の損失がないような素材を得るために、いくつかのベルト状のものをもちより、実験をして探し出した。作った風車は、七階建てのビルの屋上の風で回したところ1キロの水を持ち上げることができた。風力の威力を実感した。」このように初めての経験で実験を伴う多くの成果を得ることができる。

紙風車の作成を通じた経験による改善点として、翼を前方に風糸などで引っ張ることでより強風に耐え、安定した翼構造にできることがわかった。また、主軸・変速軸に用いた金属製の長いねじ棒を木の棒に変えること、またタワーなどをねじ、ワッシャー等で固定しているところを風糸に変えることで、より手近な材料で作ることができるようになると期待される。

4. 終わりに

環境エネルギー問題の深刻化に端を発すると言われる世界的な紛争、温暖化、異常気象などの社会的、環境的危機は増大しつつある。その遠因である資源、エネルギー多消費による、大量生産、大量消費、大量廃棄型の社会から少資源、少エネルギー消費、循環型社会への転換は、究極的に人類の生き残りをかけた課題となっている⁽³⁾。

今まで前提とされた化石燃料の使用や原子力エネルギーだけに頼る社会の価値観を支えてきた

「科学技術の発展はいつまでも続き、それによってどんな困難や危機も回避できる」、「人類が豊かになるためにはエネルギー消費の増大が欠かせない」などに対する問い直しとして、新たな社会へ向けた環境エネルギー教育は求められている。そのためには今まで当然とされた内容をいかにわかりやすく伝えるかという観点だけでなく、私たちが持っている固定概念を捨てて、非専門家・生徒と共に学び考える自己教育の観点が求められている。

漠然とした自然エネルギーへの期待感は多くの人々が持っているが、圧倒的な存在感と社会的利権を有する既存エネルギーの抵抗は大きくその発展は容易ではない。単なるカザグルマでなく風をエネルギーとして体感できる紙風車づくりを理科教育の場に取り入れることは、新たなエネルギー社会に向けた変革のための一つのツールになるのではないだろうか。

本研究は「手作り風車の建設について」と題し、2005年8月に中国・承德石油高等専科学校で開催された第6回日中友好科学技術創新教育研修会で、西尾が発表し「創新教育に良い教材である」という評価を受けた。

[参考文献]

- (1) 清水 満 (1993)；フォルケホイスコーレの世界，新評論，302pp.
- (2) <http://www.windpower.org>
- (3) Niels I. Mejer, Heveg Petersen, Villy Sorensen (1972):
Revolt from the center, Marion Boyars Publishers Inc., 190pp.