

北欧一木質バイオマス利用の未来を探る調査団

視察報告書

FINRAND・SWEDEN・DENMARK

(2014年3月20日～26日)

NPO 法人全国木材資源リサイクル協会連合会

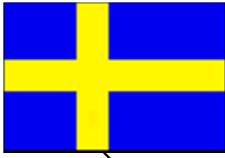


## 目次

(参考資料) ①3 か国の人口、面積等	
②日本及び3 か国のエネルギー・発電の比較(2011年)	
I 視察スケジュール.....	1
II 参加者名簿.....	2
III 視察報告 (フィンランド編).....	3
1. フィンランドのエネルギー事情	
2. 森林環境視察プログラム「バイオエネルギーと木材」	
ME T L A(Finnish Forest Research Institute)	
—フィンランド森林研究所	
シニカ・ヴァスティラ氏 顧客管理者・研究者	
・ME T L Aの仕事	
ハンヌ・イルヴェスニエミ氏 教授	
・適切な森林管理と環境及び経済	
IV 視察報告 (スウェーデン編).....	12
1. スウェーデンのエネルギー事情	
2. VEAB (Växjö Energi AB)	
—ヴェクショーエネルギー社 (スウェーデン)	
ビョルン・ウォルガスト氏 業務開発	
・木質バイオマス利用の実態とバイオマス工場の見学	
3. SKOGSSTYRELSEN (The Swedish Forest Agency)	
—スウェーデン森林庁-ヴェクショー森林委員会-	
アントン・ホルムストロム氏 地区管理者補佐	
イヴァル・ヨハンソン氏 森林管理官	
・スウェーデンの森林管理	
・森林伐採現場視察	
V 視察報告 (デンマーク編).....	23
1. デンマークのエネルギー事情	
VI 団員レポート.....	24
北欧ゴミ箱事情.....	29

参考資料①

ストックホルム



ヘルシンキ



コペンハーゲン



ヴェクショー

	人口	面積	言語	通貨
フィンランド共和国	543 万人	33.8 万km <sup>2</sup> (日本よりやや小)	フィンランド語	ユーロ
スウェーデン王国	956 万人	45 万km <sup>2</sup> (日本の約 1.2 倍)	スウェーデン語	クローナ
デンマーク王国	560 万人	4.3 万km <sup>2</sup> (九州とほぼ同じ)	デンマーク語	デンマーク・クローネ

(参考資料②)

## 日本・スウェーデン・フィンランド・デンマーク エネルギー・発電の比較(2011年)

	エネルギー・発電量等	日本	スウェーデン	フィンランド	デンマーク
1	一次エネルギー消費量 (千兆ジュール)	19,321 (5)	2,053 (36)	1,455 (43)	754 (70)
2	電力発電量(百万kwh)	1,042,739 (5)	150,254 (26)	73,481 (38)	35,171 (62)
3	電力消費量(百万kwh)	1,003,085 (3)	132,574 (26)	84,803 (34)	34,103 (61)
4	火力発電比率(%)	72.92 (59)	2.48 (126)	27.44 (111)	57.52 (81)
5	原子力発電比率(%)	9.76 (22)	40.25 (7)	31.56 (12)	—
6	水力発電比率(%)	7.98 (81)	44.21(39)	16.94 (62)	0.05 (117)
7	再生可能エネルギー発 電比率(%)	4.24 (37)	11.73 (17)	15.93 (13)	40.22 (1)

- ・1の出典は、IEA
- ・2から7は、データソース元はIEA、出典はWorld Bank
- ・再生可能エネルギーは、地熱・太陽光・潮流・風力・バイオマスで、水力は含まない
- ・各国数字( )内は世界順位

—GLOBAL NOTEより—

## 日程 ————— Itinerary

3月20日(木) 東京→コペンハーゲン→ヘルシンキ

12:30 成田発＝スカンジナビア航空(SK984)

16:05 コペンハーゲン着

17:15 コペンハーゲン発＝スカンジナビア航空(SK1724)

19:50 ヘルシンキ着

スカンディックホテル シモンケンタ泊 ホテルにて視察内容説明会

3月21日(金) ヘルシンキ

・森林環境視察プログラム(バイオエネルギーと木材) 専門家によるレクチャー

・ヘルシンキ市内視察

17:00 出航 バルト海ナイトクルーズ(船中泊)

3月22日(土) ストックホルム

9:30 ストックホルム着

・ストックホルム市内視察

・スカンディックホテル セルゲルプラザ泊

3月23日(日) ストックホルム→ヴェクショー

12:00 ストックホルム発

18:00 ヴェクショー着 クラリオンコレクションホテル泊

3月24日(月) ヴェクショー→コペンハーゲン

・ヴェクショーエネルギー社視察、バイオマス工場訪問

・全体計画の説明と森林伐採現場視察 専門家によるレクチャー

16:00 ヴェクショー発

19:00 コペンハーゲン着 スカンディックホテル コペンハーゲン泊

3月25日(火) コペンハーゲン→東京

・コペンハーゲン市内視察

15:40 コペンハーゲン発＝スカンジナビア航空(SK983)

3月26日(水) 東京

10:40 東京(成田)着 成田空港第2ターミナルにて解散

## 参加者———Participants

鈴木隆	(株)クリーンシステム代表取締役社長
鈴木しげみ	
高本 天萬	東北クリーン開発取締役常務
高本 京美	T-SQUARE
井上尚	井上工業(株)代表取締役社長
井上美佐子	井上工業(株)
原信男	全国木材資源リサイクル協会連合会事務局長
浅野新一	旭興業(株)代表取締役
浅野まりや	旭興業(株)
高橋甚吾	小野田建設(株)代表取締役
高橋恵子	小野田建設(株)
吉野恭章	遠野興産(株)副工場長
高木正人	遠野興産(株)営業部長
伊藤孝典	(株)クリーンシステム総務部係長
彦坂武功	市川燃料チップ(株)代表取締役社長
野澤典子	ばんぶー・はーと(株)代表取締役社長
辻元康久	木材開発(株)
山口昭彦	フルハシEPO(株)代表取締役副社長
山口郁子	
元廣千里	(有)モトヒロ 代表取締役社長
中塚邦佳	(株)中塚工務店 専務取締役
中塚久美子	
中塚友佳里	

注：報告内容は、当日の説明をまとめたものである。資料が限られている中で数字などできる限り確認したが、追いつけないものがあることを、あらかじめお断りいたします。

## —フィンランド編—

### 【フィンランド概観】

ヘルシンキへの直行便ができ、近年の日本で人気の高いフィンランドは、欧州最北端の国である。国土の4分の1は北極圏に属し、西はスウェーデン、北はノルウェー、東はロシアと国境を接している。首都ヘルシンキの年間平均気温は5.3℃、年間平均雨量は600ミリ。フィンランドの気候は、北欧諸国の一般的なイメージに比べると温暖である。大西洋から吹き込む偏西風の影響により、同緯度にある他の国よりも平均6～10度ほど気温が高い。しかし夏は30℃に達することもあるが、冬はマイナス20℃以下になり、一年間の気温変動幅は80℃を超えることもある。大きな気温差は日本と同様に、豊かな四季を育むことができる。

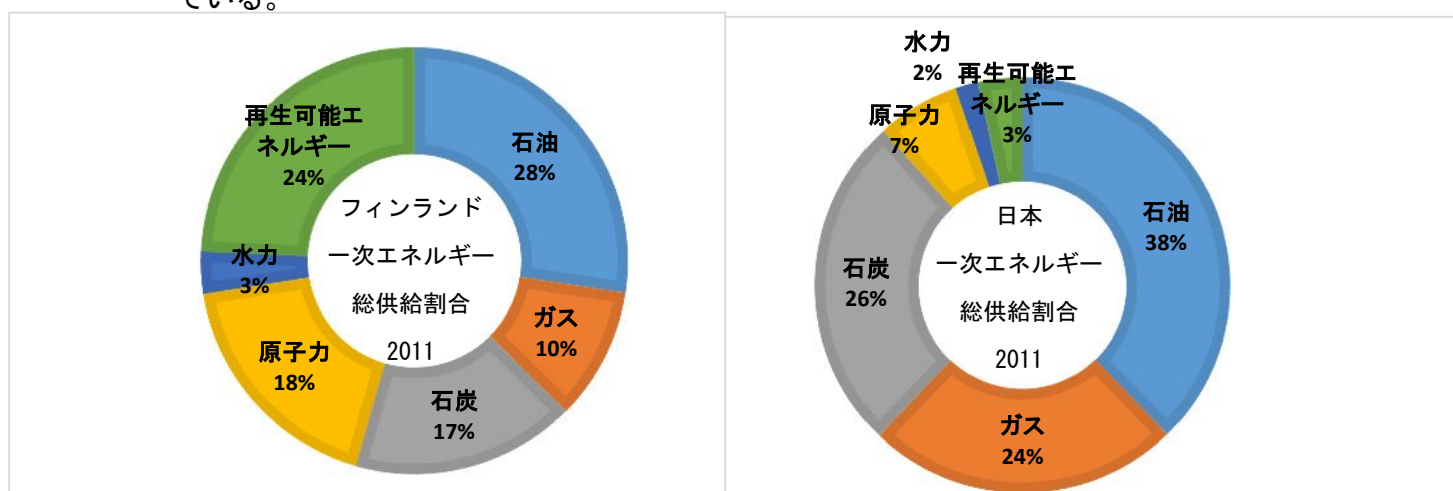
「森と湖の国」フィンランドと呼ばれるように、国土の1割近くは水域で、湖の数は約19万に上る。豊かな自然は水源のみならず国土のおよそ3分2に及ぶ2000万ヘクタールの森があり、フィンランドは欧州一の森林国でもある。そこで豊かな森林資源を活かした製紙・パルプ・木材、また金属・機械産業および携帯電話を中心とした情報通信産業が主要な産業である。

### 【フィンランドのエネルギー事情】

フィンランドは伝統的に自然保護・生物多様性の理念を受け継いでおり、エネルギー政策においても環境目標への合致が最重要課題となり、エネルギーと経済は環境保全を大前提として進められている。

他の北欧諸国でも同様だが、寒冷地のため冬季の暖房用エネルギー需要が大きい。現在は、石油、石炭、天然ガスなどの化石燃料も使用し、それらは輸入に依存しているが、国内資源の開発と省エネルギーの推進が進められ、原子力発電と、バイオマスを中心とする再生可能エネルギーの利用拡大が積極的に図られている。

またフィンランドの環境保全は、国際的にも高く評価されており、環境保全政策の一環として、2008年には「国家エネルギー・気候変動戦略」を発表した。これは再生可能エネルギーの割合を2020年までに38%を目指すものである。こうしたエネルギー政策は豊富な木質資源においても効率的なシステムの構築につながり、現在では森林の成長率の方が木材の収穫高よりも高くなっているため、木質バイオマスの供給は常に安定している。



## ME T L A (Finnish Forest Research Institute)

### フィンランド森林研究所



- 1917 年設立。ヨーロッパで最大の森林調査機関。
- 年間予算約 5,500 万ユーロ。約 70%が農業林業省からの拠出、約 30%は他の省、財団、民間組織からの拠出及び活動収入でまかなう。
- スタッフは約 650 人で、うち半数が研究者。
- 農業林業省管轄下で、社会、文化、経済の観点から持続可能な方途を研究。独立行政法人日本森林学会との共同研究も進める

公式視察 3月21日(金) 9:15~11:30

説明者 Sinikka VASTILA (シニカ・ヴァスティラ) 氏 顧客管理者・研究者  
Hannu ILVESNIEMI (ハンヌ・イルヴェスニエミ) 氏 教授

## 説明テーマと内容

Sinikka VASTILA (シニカ・ヴァスティラ) 氏



テーマ    M E T L A とは何か  
              どのような研究をしているか

## 内 容

- ・森林はフィンランドの経済に大きな影響を持つ。昔はタールをつくったり、船をつくったりすることが大きな産業であった。1800年代、1900年代は製材が主であったが、第2次大戦後は紙、そして現在はインターネットの普及で紙の需要が減っている。
- ・森林とバイオマスの新たな活用が研究対象となっている。1917年の設立から、森林からどのようなものが採れるのかを研究している。森林バイオマスを原料として何でもできると考えるが、実用のためには時間と更なる研究が必要である。
- ・当初は森林の環境がどのような形がいいのかを研究していたが、今は森林を活用する企業の支援をどうするかも研究対象となっている。バイオ経済、森林の収益性、市場、新たなサービスなど研究の幅は広がりを見せている。バイオマスの新しい活用法と、そして創製という新たな言葉も出ている。
- ・フィンランドをバイオマス関係で先進国にしようとしており、M E T L Aはその活動に参加し、炭素が持続可能な循環をするような活動をすすめている。持続可能な社会は、炭素が気体に放出されず、木材に化合される。
- ・バイオマスの収益性のある生産、適正な森林環境、林業の環境への影響とリスク、気候変動への影響など、私たちの研究の成果が経済、環境にいい結果をもたらす。
- ・M E T L Aは国内外の森林市場の活動に参加しており、政策のアドバイザーの役割も担う。最も大事なのはフィンランドの林業政策である。モニター活動もしている。
- ・国際的な林業も研究対象であり、プロジェクトをすすめている。新たなバイオマスでできる製品とサービス、将来的なことに力を入れている。
- ・木材はバイオ経済にどのような影響を持つかも研究している。研究の出発点は発注側に

ある。これらの研究のほかに、国からの義務があり、その中で全国の森林調査がある。これは1920年からの活動である。温室ガスの計算、森林破壊の現状、森林に関する統計などがある。

- ・研究するだけでは何にもならず、その知識を広く広めていかなければならない。そのために、学術書、一般書の出版もしている。

- ・スタッフは教師も勤めている。

- ・研究を製品化できるかはわからないが、外部に売ることにはある。たとえば、コンピュータのプログラム開発である。

- ・METLAは全国をカバーし、10カ所の事務所がある。約650人のスタッフがおり、半分はヘルシンキの首都圏、半分は全国に分散している。地域性が強いことで、地域の特別なニーズが把握できる。

- ・国際的な活動にも力を入れている。北欧の国々との交流、バイオエネルギーの研究などがある。

- ・インターネットでMetINFOというサービスがあり、各種の出版物もある。また、森林学術協会ではSilva Fennicaという情報サービスがある。

- ・60年代からは年次報告を毎年出しており、ニュースレターもある。また、統計は殆ど完全であると考えている。

- ・また、ロシアの森林も研究している。

## 質 疑

Q. フィンランドの木の種類は何か。

A. 経済的に意味のある木は3種類しかない。松、樅の木、白樺である。

Q. 間伐と植林のサイクルはどれくらいか。

A. 北と南で違うし、土の特性によっても違う。フィンランドでは切ったところにそっくり植林をする。そこにあった種類を植林する。松は成長するのに100年、あるいはそれ以上、白樺は60年に1回伐採する。

Q. 間伐材の燃料利用はどうか。ペレットは少ないのか。丸太として使うのか。

A. 850万m<sup>3</sup>の残木がでる。枝などがバイオマス生産に使われる。

Hannu ILVESNIEMI (ハンヌ・イルヴェスニエミ) 氏



テーマ 林業は環境にどのような影響があるか  
間伐の方法はどうか  
どのようなものをつくるか

内 容

- ・限られた時間で広いテーマを取り上げるので、その都度質問をお願いしたい。
- ・バイオエネルギーの活発な運動は、気候変動の問題が大きく関係している。利点は、化石燃料に比べてCO<sub>2</sub>の量を保つことができることである。過去数10年の統計をみると、CO<sub>2</sub>は確実に増えている。
- ・フィンランドと日本はたくさん似ているところがある。針葉樹が多く、気候も似ている。結果として、私たちの研究は、日本にも適用できる。また、その逆もある。フィンランドと日本の相互研究関係は親密である。
- ・森林資源を表す数字で、針葉樹は森林資源の比率は高いが、成長率は低いという特性がある。伐採して成長に何年かかるか、森林管理において、これは非常に大事な要因である。
- ・世界をみると、森林資源が最も多いのがブラジル、次いでロシアであり、面積にするとロシア、ブラジルとなる。しかし、両国の資源利用はあまり科学的とは言えない。
- ・問題は地球のサイズであり、面積は限られている。ほとんどを使っている。面積は増やせないなので、バイオマス生産を増やそうとすれば成長を早くしないとしない。
- ・ヨーロッパの国別で燃料の何%がバイオエネルギーによるかを示した数字があるが、フィンランドは2番目である。

Q. 1番はどこか。

A. ラトビアである。

・フィンランドの森でミネラルのある土壌は2,000万 $\text{m}^2$ 、PEATのある土地が特徴である。エネルギーレベルは高い。ただ、PEATは死んだものなので、バイオマスかどうか議論があるが、バイオマスとして位置付けている。

・立木の量は22億 $\text{m}^3$ 、1年の成長は1億 $\text{m}^3$ であり、立木の量に比べて年間の成長は高い。それはフィンランドの森林管理のレベルが高いからである。

・1960年代からいろいろな森林管理の新しい方法によって、成長率は2倍になっている。

・立木に比べて、PEATの資源はとても大きい。木材は1 $\text{m}^3$ で2メガワットアワーのエネルギーを生じるが、PEATの半分である。フィンランドの年間のエネルギーは400テラワットアワーだが、それをまかなうには今の木の成長の2倍が必要である。エネルギーだけを使うとすれば、木の成長で半分以上をまかなえる。

Q. 人工林と天然林の割合はどうか。

A. すべて天然林と思われるが、植林している場合もある。10%は保護されている。

Q. 所有者の割合はどうか。

A. 3分の2が民間、3分の1が国有である。

Q. 日本は小規模だが、森林の規模はどれくらいか。

A. 個人で持っている平均は30haだから、小規模である。

Q. 搬出は共同で行うのか。また、林道の整備はどうか。

A. 林道は幅5mくらいでオーナーが共同でつくる。林道網は密接で1%くらいである。

Q. ドイツ、オーストリアでは20%くらいあると思うが、そんなに少ないのか。

A. 今数字は持ち合わせていないが、あっても2から3%程度である。

Q. 手を付けない森林は国のものか。

A. ほとんどが国有だが、理由があれば民間のものもある。例えば、泉が出るようなところ、珍しい植物があるところなど特別な場合である。

・この数字は民間の木の成長率を示し、赤い線は木材を伐採して使った量である。年々この差が大きくなっているのは、森林の管理の良さである。現在、60テラワットアワーはエネルギーに使わず、森に残る。

Q. 木の種類はどうか。

A. 落葉樹と針葉樹、白樺である。

・木質性の燃料における使用率は、2000年代から2015年までは10倍で、バイオエネルギーの消費は増えつつある。フィンランドのエネルギーは5分の1がバイオエネルギーである。2020年までに30%のバイオエネルギー比率にするという目標が設定されている。その目標に達すると考えている。

Q. 利用は、熱か、電気か。また、その比率はどうか。

A. 大半は熱利用である。大きな工場では両方に使うこともある。産業の副産物で、紙をつくるときにセルロース、ヘミセルロースを使うが、リグニンが残る。これをエネルギーの原料としている。

・2020年の30%の目標に対して今の状況はどうか。以前、切り株は利用されなかったが、今は技術開発が進み、エネルギー全体として使われている。

Q. バイオマス発電は国内の何%くらいか。

A. 電気エネルギーは80テラワットアワーだが、その半分以下であり、発熱の方が多い。

・全エネルギーの消費は増えつつあり、森林のバイオエネルギーの使用は増えている。比例するとバイオマスの率が高くなっている。間伐によってどれくらいのエネルギー資源を取り出せるか。今と同じような利用だと、森の中に残るバイオマスエネルギーの資源は増える。バイオマスエネルギーの利用は価値観による。

・木材を森から集めると環境にどのような影響があるか。土にとって針（葉）の部分を集めるとどうか。間伐して残った木の、次の世代の木への影響はどうか。全体の生態系、他の植物との関係など、カーボンバランスは大事な研究の対象である。

Q. フィンランドでは樹皮を土の栄養にするという研究をしているか。

A. していない。木材は樹皮がついたまま工場に持っていく。針（葉）、小さい根の部分が栄養が高いので土に残す。

・森林管理において、バイオマスを使うと水域にどのような影響が出るのか研究している。

・木で1番使うのは丸太、次に繊維、バイオマスエネルギーは特に多く使われるのは先端の部分と切り株である。パルプとして使うか、バイオエネルギーとして使うかは市場価格による。経済学者は難しい計算をする。投資、運搬、いろいろな要素を考えなければならない。森の所有者もどこに売るか、いろいろ計算している。

・フィンランドの主要な木は、杉と似た木、松などで、残木の使われ方は、枝、針、先端部分である。目標は、針はそのまま残す。1ha当たりの栄養量が一番高い。間伐の方法によ

って、どれくらい栄養が森に残るかという数字がある。全て工場にもっていけば土の栄養にならず、丸太だけを使用すれば高い栄養が残る。

Q. 3.11 の大震災の後、日本でも自然エネルギーによる発電に力が注がれている。その中にバイオマス発電がある。その一つの方法として木を蒸してガスをつくり発電するやり方があるが、どのように思うか。

A. コンテンツから何%とれるか、経済的評価による。木は運搬費用が高い。フィンランドでは有効な利用は熱に使うことである。

Q. 持続可能の観点から木を無くすことはできないため、30%目標はマックスか。

A. 38%は風力、水力、地熱を加えた再生可能エネルギーであるが、マックスである。

Q. バイオオイルについてはどうか。

A. 針葉樹の中に何%かオイルが含まれており、今はそれをプラント処理している。熱ガスによってリーセルに作り直す方法を研究する予定だが、予算がつかなかった。プロジェクトで糖分を発酵してエタノールをつくることを進めている。

・間伐の残木は2年後にどうなっているかの写真があるが、2年後に栄養分が土に残る機会が出来る。

・こちらは寒くて植物にふさわしくならないかも知れないが、年代を追った様子が分かる写真もある。第一次大戦後に燃えてしまった森が、40年後の1954年には回復し、そして2010年には立派に成長している。生命力の強さを表す。針葉樹の木も非常に強い木である。

・もう一つの図は有機物の量を表しているが、少ないところは伝統的な森を燃やして畑をつくる場所である。

・今、森林において地下水にどれくらい栄養が含まれているか研究している。また、表面の水についてもそれを集めて研究している。残木と水への影響についてである。残木が多いほど水の成分も多くなる。伐採して残木をなくすと地下水に栄養がいらず水の成分がなくなる。

・一方で、環境上、残木を除いた方がいいという意見もある。湖の富栄養化の原因となるということである。

・セルロース、ヘミセルロース、リグニンのそれぞれを加工して新しいものをつくることができる。主に使われるのは糖分である。この3つの材料を称して、科学者の天国という人もいる。

## 感想

- ・当研究所は1917年設立で、間もなく創立100年という歴史の重みを感じさせる研究所である。説明にあたる職員の姿にも、それを裏打ちするような誇りが感じられた。
- ・はじめに、顧客管理者のヴァスティラ氏からは、METLAの活動の紹介があった。
- ・その研究対象は、森林の環境から森林を活用する企業支援のあり方、バイオマスの活用方法など幅広く、しかも、どうしたらフィンランド経済と人々の暮らしに役立つかということの基本としている旨が話された。
- ・次に、教授のイルヴェスニエミ氏からは、研究の内容を中心に紹介があった。
- ・具体例を示しながら、フィンランドの森林管理のレベルの高さを紹介するとともに、木質バイオマスエネルギーの現状、効率的な間伐の方法、多岐にわたる木質資源の活用の可能性などが話された。
- ・国あるいは都市においては、その個性をとらえ、生かすことが、人々にその土地への愛着を高めることとなる。
- ・その意味で、METLAは、森と湖の国・フィンランドの特徴を踏まえ、貴重な森林資源を人々の暮らしに即していかに生かしていくか、日々努力を重ねているようである。
- ・日本は森林率でいえば、世界有数の国である。その資源の利用には急峻な地形という壁があるが、そこを克服し更なる用途を生み出していく努力が求められる。
- ・いま、環境にやさしい持続可能な社会づくりに向けて、さらにバイオマス資源が活用されるよう、多くの分野が協力して知恵を絞り、実践していく時である。
- ・当連合会では、そのために今後も力を尽くしていきたいと考えている。



METLAの活動を紹介するパンフレット

## —スウェーデン編—

### 【スウェーデン概観】

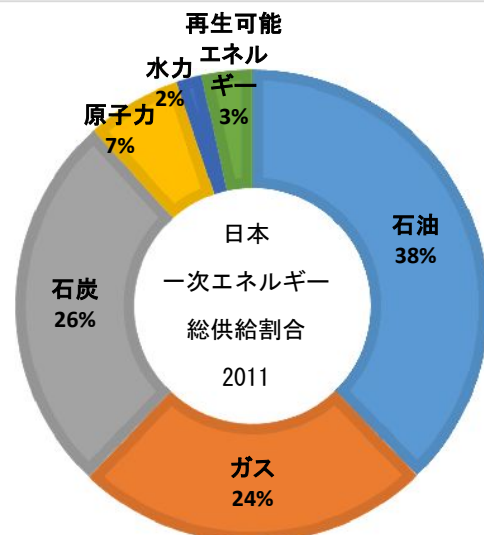
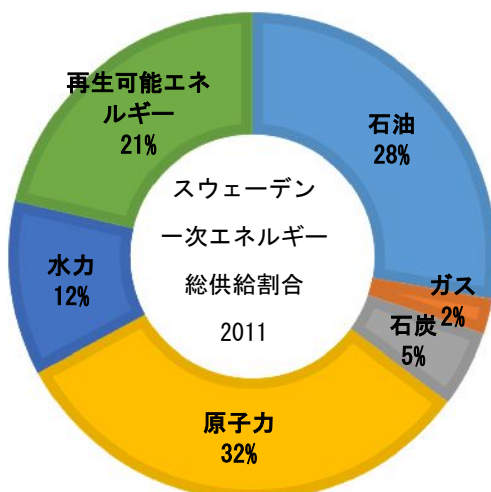
スカンジナビア半島に位置するスウェーデンは、西にノルウェー、北東にフィンランドに挟まれ、南北の長さは 1600 キロに及ぶ。南部の穀倉地帯はわずか 6%であるが、高い生産性によって穀類の自給率は 120%を超える。野菜や果物類は輸入に頼り、中部以北は酪農が中心である。首都ストックホルムの年平均気温は 6℃で、首都に関しては地球温暖化の影響により近年では冬季の降雪がない年もある。

スウェーデンといえば、スウェーデンアカデミーによるノーベル賞や、家具チェーン店の IKEA、自動車メーカー Volvo などが有名であるが、中でも自動車、航空機、武器等の製造業が盛んである。それというのも北部は鉄鉱石の産地として有名で、スウェーデン鋼と呼ばれる鉄鉱石は上質なことで世界的にも名高い。

### 【スウェーデンエネルギー事情】

スウェーデンは、福祉においても環境に対しても、社会全体で持続可能性を追求することを目指している。とりわけ省エネと再生可能エネルギーの開発が進められ、技術的側面はもちろんだが、経済的アプローチも駆使しており、エネルギー税、炭素税、電気税、硫黄税等があり、さらに 2003 年からは電力についての証書の発行も行っている。

1980 年代頃までスウェーデンの環境汚染が深刻となり、とりわけ湖の水質悪化により国内の湖の 4 分の 1 の湖で魚が死滅するなど大きな問題が起きた。このことから、脱化石燃料・温室効果ガス削減という環境保全を最重要課題とされているため、原子力発電の開発が進められた。アメリカのスリーマイル島の事故を受けて、1980 年の国民投票により、脱原発政策が進められていたが、国内 12 基のうち閉鎖されたのは 2 基のみで、残りは稼働を続けている。今後、原子力に代わる代替エネルギーの生産が増加し、省エネ・エネルギーの効率化等が促進されていけば、長期的には国民投票の結果は尊重される。この代替エネルギーとして、豊富にある森林から木質バイオマスを有効活用するべく世界でも最先端の試みがなされており、なかでも今回の視察先ヴェクショー市はその先進的な環境政策から、2007 年に EU から欧州再生エネルギー賞を受賞した。



## VEAB (Växjö Energi AB)

### ヴェクショーエネルギー社 (スウェーデン)

公式視察 3月24日(月) 10:00~11:30

説明者 Bjorn WOLGAST (ビョルン・ウォルガスト) 氏 業務開発

はじめに訪問したのはスウェーデンのヴェクショー市にある VEAB 社 (ちなみに “AB” というのはここでは “株式会社” という意味。日本語では VE(株)となる) を訪問。ここでは、ヴェクショー市の木質バイオマス利用の状況について説明いただいた。

- VEAB …
- ・ 1887 年設立、オーナーはヴェクショー市。
  - ・ 木質バイオマス利用による熱および発電事業を行う。
  - ・ 政治的に市内の化石エネルギー利用量 0 を目標としている。
  - ・ 1990 年に EU の再生可能エネルギー貢献に関する賞を受賞



隣接する事務所



プラント全景



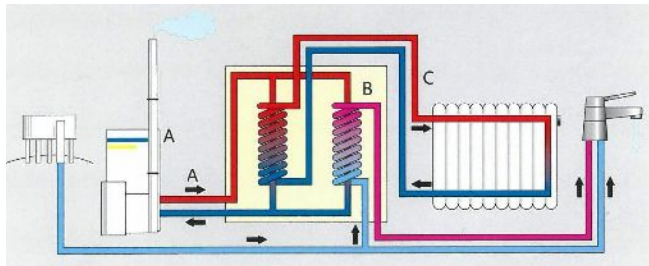
ウォルガスト氏

#### 【ヴェクショー市と VEAB 社について】

- ◇ ヴェクショー市は、周辺の衛星都市、村を含め、人口 8 万 5 千人。このエリアに対し、VEAB では熱供給および送電を行っている。
- ◇ 市内には、ライフラインとして電気、水道と同じように温水のパイプラインが埋設されている。風倒木などの影響がないよう、地下に埋設しているとのことだが、地震の多いアイスランドではパイプラインを地上に出しているとのこと。



ヴェクショー市の街並み。あまり高い建物は無く、石畳の通りなど、  
景観も都市計画に基づいているだろう落ち着いたたたずまい



埋設されている温水管

すべて熱交換で各家庭に空調（冷房含）、給湯別々に温水が供給される。

- ◇ 市内への熱供給の仕組みとしては、湖から引いた水にて  $75^{\circ}\text{C}$ （冬場は  $105^{\circ}\text{C}$ ）の温水を市内へ供給し、各家庭などで水道水を用いた熱交換により空調、ヒーター、および給湯にそれぞれ利用、使われた  $40^{\circ}\text{C}$  まで低下した温水を戻して再加熱し、ふたたび温水を市内へ供給し循環させるシステム。
- ◇ このシステムに当市ではバイオマス有効利用により
  - 熱供給率 … 80%
  - 送電率 … 40%（発電所内の電気は 50% 自給）
  - 空調（冷房含め）、給湯に係るバイオマス利用率 … 95%（化石燃料利用率…2.2%）
  - （電気その他のエネルギーは原子力、水力、太陽光等）
 を達成し、2014 年までに  $\text{CO}_2$  を半分に削減。更にバイオガス生成も現在研究中にて、2030 年までには化石燃料の使用（自動車含め）を 0% にしたいとしている。  
（スウェーデン国内の電力は原子力 40%、水力 40%、再生可能エネルギー等 20%）
- ◇ 熱供給パイプラインの総延長距離 … 348 km

#### 【VEAB 社の発電施設に関して】

- ◇ 1993 年に目標（2014 までに  $\text{CO}_2$  を  $1/2$  に削減、2030 年までに自動車含めて化石燃料 0 に）を定めた。実感として、25 年前に比べると空気がきれいになった。
- ◇ 事業規模 1000 万ユーロ？（←再確認、1 億ユーロの間違いでは？）（政府の補助金も含めて）
- ◇ 街が大きくなるにつれ、増設できる構造にしてある。現在、ボイラー 6 基稼働。
- ◇ 伐採した分だけ植林を行い、発生灰は森林に戻すシステム。

- ◇ 発電量に対して国庫補助がおける仕組み。
- ◇ 職員は 24 時間体制で管理しており、割合として技術者が多い。
- ◇ エネルギーに関する市民相談センターを併設させ対応。
- ◇ 売電は電気小売会社「ヴェクシア」を介して販売（国内にも営業所多数）

【スペック、使用燃料等】

- ・ プラント設計 … Sandvik 社
- ・ 総出力 … 744GWh/年（2007 実績値）
- ・ 発熱能力 … 552GWh/年（     〃     ）
- ・ 発電能力 … 240GWh/年（タービン 2 基 38,000kWh + 28,400kWh）
- ・ ボイラー形式 … CFB（循環流動層）ボイラー（フォスターウィーラー社製）
- ・ 燃料使用数量 … 80,000 m<sup>3</sup>/月（100 万 m<sup>3</sup>/年）  
（2 台/h とのこと、逆算すればトラックの大きさは、ほぼ日本と変わらない？）
- ・ 使用燃料樹種 … アカマツ、スプルース（モミ、トウヒ類）等の針葉樹がメイン  
製材残材、枝、小径木、樹木の先端（梢端）等  
その他、ピートモス 6%（伐根部は非利用）  
（建築廃材利用は研究しているが、法的問題があるため、現在は使用しない方針。）
- ・ 燃料の平均水分… 46%（水分の多いものは罰金）
- ・ チップサイズ … 4 cm 角（というものの、かなり適当）の皮付きのようなチップ（バーク率 20~30%。「破碎」というが、切削に近い。現場破碎が主。）
- ・ チップ買取価格… 200 S クローナ/MW（メガワット）  
（換算：約 3,400 円/m<sup>3</sup>（層積立米？だとすると約 10,200 円/m<sup>3</sup>）。「熱量あたりいくら」で購入するため、     一台ごとサンプリングし、水分測定にて熱量を概算で算出し、それぞれ価格決定を行うとのこと。）
- ・ 集荷エリア … 半径 80 km 以内
- ・ エネルギー販売価格  
（当日） … 熱：700 S クローナ/MWh（約 12 円/kWh）  
電気：350 S クローナ/MWh（約 6 円/kWh）  
（出力等の兼ね合いで、日々販売単価が変動する。冬期間は高くなる傾向。※ 北欧 3 国（+ノルウェー、デンマーク）で、水力、風力電力、原子力等のその時期の安価な電力を自由に売買できる仕組みがあるそうだ。）
- ・ 補助金価格 … 200 クローナ/MW（=約 3.4 円/kWh）
- ・ 定修について … 年 1 回（ボイラー 6 基を輪番で。水管破裂等の大きな事故は今まで一度もないとのこと。温水中心だからか？）



使用している燃料チップ。切削皮付き（？）に近いが破碎らしい。スリーパー、パークもお構いなし。



4 万 m<sup>3</sup>の温水タンク



チップヤード&投入コンベアの一部



発電タービン（左が出力 38,000kWh、右が出力 28,400kWh）

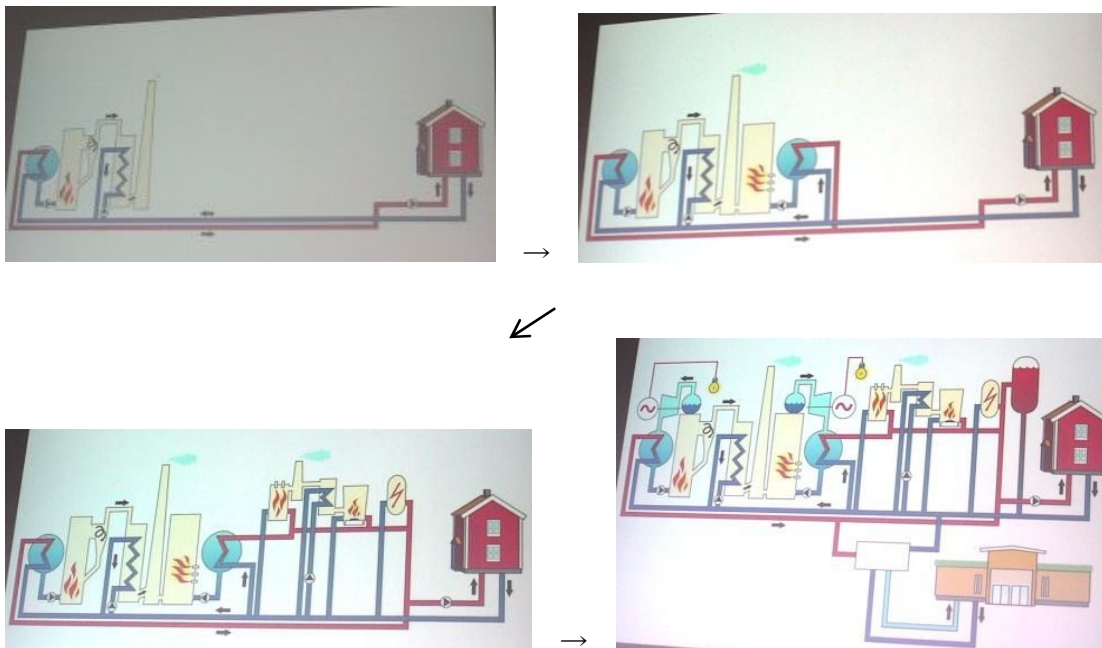


中央制御室

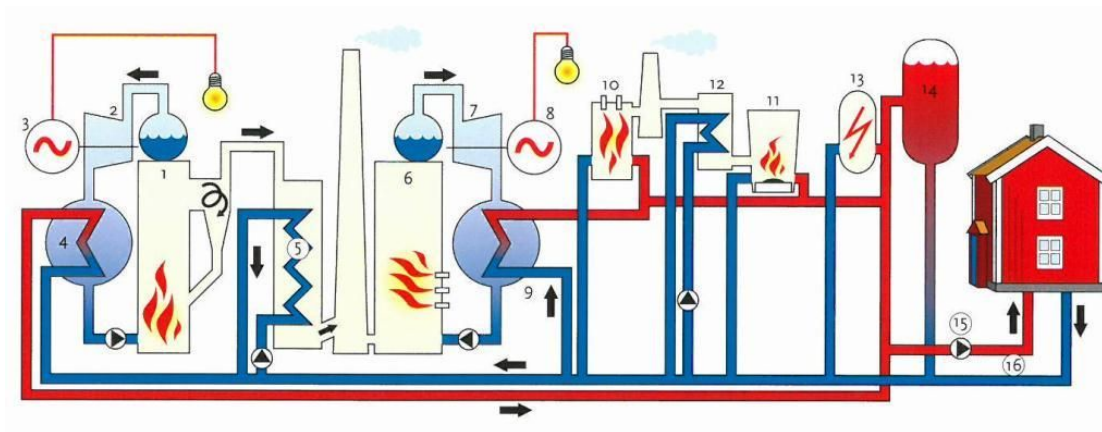


ピートモス

図のように、徐々にプラントを拡大増強していった。



日本とは逆で、“発電が余熱利用”の考え方。発電は最後に付けた模様



現在のプラント全体の模式図

## SKOGSSTYRELSEN (The Swedish Forest Agency)

### スウェーデン森林庁

#### —ヴェクショー森林委員会—

公式視察 3月24日(月) 13:00~13:30

説明者 Anton HOLMSTROM (アントン・ホルムストロム) 氏 地区管理者補佐  
Ivar JOHANSSON (イヴァル・ヨハンソン) 氏 森林管理官

次に訪問したのは、ヴェクショー森林委員会。日本でいう森林管理署のようなところらしい。ここでは、スウェーデンの森林管理およびヴェクショー市内の森林管理の概要について説明を受けた。



ホルムストロム氏

#### 【スウェーデンの森林その他について】

- ◇ スウェーデン人口 … 950 万人
- ◇ 森林面積 4500 万 ha (国土の 60%が森林、フィンランドの 2 倍)  
→ 日本：森林面積 2,500 万 ha (国土の 66%が森林)
- ◇ 林業従事者 … 10 万人 (日本：4 万数千人)
- ◇ 伐採量 … 130 m<sup>3</sup>/ha (原木 2 千~4 千本相当)
- ◇ 森林所有者割合  
民有林 … 51% (日本) 民有林 (社有含む) … 58%  
社有林 … 25% 国有林 … 31%  
国・教会 … 17% 公有林 … 11%  
その他 … 7%
- ◇ 樹種 … アカマツ、スプルース (モミ、トウヒなど)、シラカバが殆ど  
(今回見た感覚的賦存量:アカマツ > スプルース >>> シラカバ)

◇ 国内年間雨量 … 400～1200 mm/年

《スウェーデン北部》  
森林成長量 … 3 m<sup>3</sup>/ha・年  
雨量 … (雪)  
所有者 … ほぼ 国、社有林

《スウェーデン中～南部》  
森林成長量 … 9 m<sup>3</sup>/ha・年  
雨量 … 中部 多  
南部 少  
所有者 … 70% が民有林



(不毛地帯)

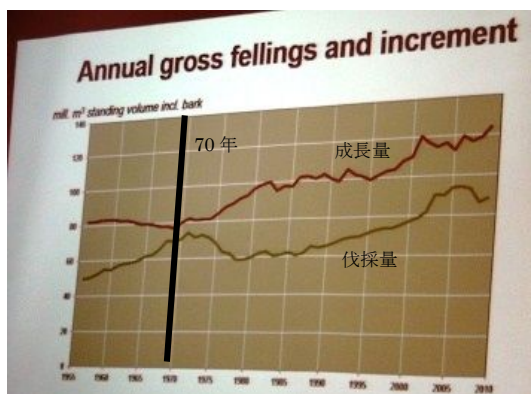
(日本) 森林成長量 … 針葉樹 6.3、広葉樹 6.6 m<sup>3</sup>/ha・年 (天然 54%、育成 46%)  
年間雨量 … 1600 mm/年

- ◇ 森林について、国民それぞれが意見を持っている
- ◇ 森林法では、所有林であれば自由に伐採してもよい。
- ◇ 森林には、所有者が誰であれ、自由に出入りしてもよい (ヘラジカのハンティング、コケモモ採りなど、市民が自由に利用できる。樹木の樹皮を食べるヘラジカの増加が問題になっている)。
- ◇ 以上のように、ここ「スウェーデン森林委員会」では、国民が意見し、利用できる環境づくりを行っている。
- ◇ スウェーデンの森林管理法 (1993 年施行) では、
  - ・ 森林の生産に係ること
  - ・ 〃 環境に係ることについて定められ、「経済」と「環境」とが持続可能に共存できる仕組みづくりについて述べられている。
- ◇ また、企業の森林に対する意識も高く、様々な補助メニューが準備されている。
- ◇ その他、森林委員会では、法律だけでなく、教育、相談窓口、調査など様々な役割を担っている。

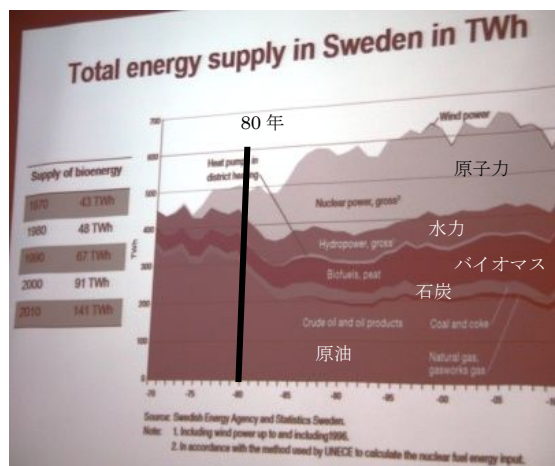
#### 【森林経営の状況等について】

- ◇ 現在、80%が製材業、パルプ業で占めており、20%がバイオマス熱利用。製材業などにおいても木材を積極的に利用するように薦めてきた。

- ◇ '70年代から伐採量が成長量を上回りそうになった。
- ◇ 薪利用の他、エネルギーとしてバイオマス利用を始めたのは'80年代から。

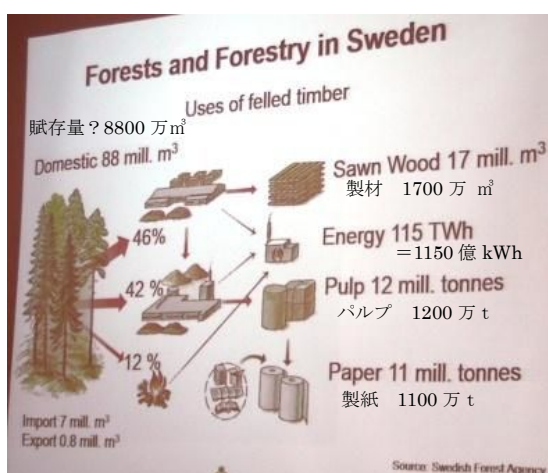


森林の成長量と伐採量

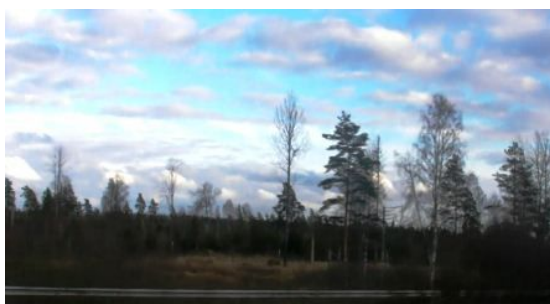


スウェーデンのエネルギー割合

- ◇ '09に森林管理法が改正。再生エネルギーについて明記された（「伐採後、エネルギー利用した場合は、その灰を元に戻す」、「1ha伐採したら10%環境資源の木として成木を残さなければならない」など）。
- ◇ 樹木のうち、枝、樹木の上の部分（梢端）などの未利用部分を利用してはいたが、近年は、成長の速い樹木を利用する「エネルギー森林」も研究している。
- ◇ 森林計画は100年更新で、そのうち間伐は3回行う。エネルギー利用する部材は、伐倒後、そのまま半年～1年放置し乾燥させる。葉はそのまま残し、養分として土に還元する。



国内材の用途と数量



スウェーデンの森林風景

(山岳は無く、ほぼ平らな土地。植林も行いながら、皆伐はせず、10%残して天然更新させる。)



#### 利用していたハーベスター

ベースはタイヤバックホー。アタッチメント 3000 万円。  
平らな土地なので伐倒もできるハーベスターが利用可能。



小径木、灌木専用の伐採機（柴刈機？）。ヒアブの様な機器がベース。  
アタッチメント 300 万円、車両（トラクター）付きで 5,000 万円。

#### 【伐採現場にて】

- ◇ 素材生産業者のチップ売価 … 運賃込 1 MW 180 S クローナ (=約 3,000 円/m<sup>3</sup>)  
(層積立米?だとすると約 9,000 円/m<sup>3</sup>)  
(ここでも「エネルギー量当たり～」と徹底している。VEAB 社の買取価格と差があるのは口銭の差額?)
- ◇ 燃料利用後の燃焼灰は 300 S クローナ(約 5,100 円)/ha で購入しなければならない。
- ◇ ただし、環境保護に関する補助金も手厚く、伐採に関しても何らかの補助金が付く模様。また、森林拡大に寄与すれば、その分の補助金も給付される。
- ◇ 見学した伐採現場では 500 トン/月生産。この方は農業に従事していたが、林業に切り替えた。近年では、徐々に農家からの転業が増えているようだ。

#### 【感想】

- ・ 前情報では聞いていたが、「山」がないことに改めて驚愕。平原に森林があるため、作業効率は日本と比べ物にならないと思う。
- ・ 日本とは異なる熱利用が主体であることに大きく感心させられた。これに対し、ただでさえ条件により高額な燃料を使わざるを得ない日本において、現在の政策メインが非効

率な発電でよいのだろうか？

- バイオマス利用は都市計画、インフラ整備が要、根幹である事業ではないだろうかと思わされた。都市計画という点では、日本でも震災復興に役立てればよいのに…と思った。
- チップが汚い。しかし、灰を森林に還元することや、森林系のみを扱うのであれば、搬送ラインさえ問題なければこれで構わないのだと思う。
- 重機の足回りがキャタピラではなくタイヤ。また、何でも重機の一般道を走るスピードがやたらと速い(40 km/h は軽く出ている)。これにより現場から現場への重機回送費、時間なども大きく削減でき、それにより細かい現場も難なくこなせると思う(今の日本では道路条件、安全の面から無理だろう…)。
- チップストックヤードに関して、使用量に対し意外と狭いという私感。1ha もない様子。冬場の安定供給は問題ないのだろうか？
- 「燃料利用した後の灰を、養分として森林に還元」、「チップの水分の多いものは罰金」等々、日本ではすぐ「廃掃法が〜」「どこそこから色々な意見、抗議が〜」がとか言われそうなことが様々。ほか、3国間エネルギー自由貿易など、今の日本人にはやろうと思っても時間はかかるし、まず感覚的にできないだろう。日本人がもっといろんなことを割り切って柔軟に出来る国民性であれば…、とつくづく思う。
- 間伐利用を視野に入れば、素材生産業者のチップ販売価格が日本と比較して安価と思われる(層積立米換算でも安価)。ただし、平野部の素材生産業は、日本の山岳内作業とは比べ物にならないほど容易であると思われるため、層積立米換算でもこの金額のできるであろう。破碎現場が見たかった。

## —デンマーク編—

### 【デンマーク概観】

アンデルセンの出身国デンマークは、バルト海と北海に挟まれ、大陸から突き出たようなユトランド半島と、その周辺の多くの島々からなる立憲君主制国家である。北欧諸国の1つであり、海を挟んだ北の対岸にはスウェーデンとノルウェー、南では陸上でドイツと国境を接する。自治権を有するグリーンランドとフェロー諸島と共にデンマーク王国を構成し、首都はシェラン島にあるコペンハーゲンである。大陸部分を領有していながら首都が島にある国はヨーロッパでも唯一である。

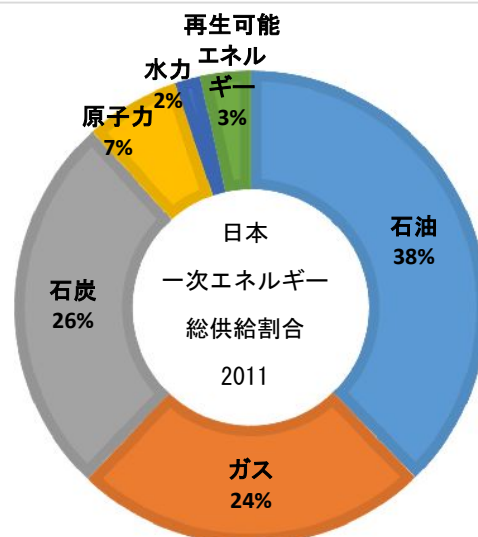
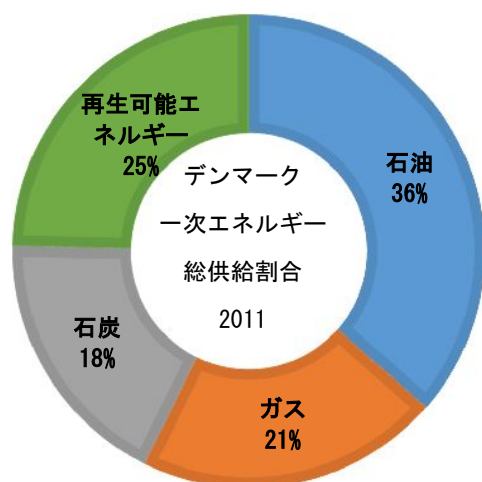
デンマークの社会は、高福祉高負担であり、また公立であれば小学校から大学院まで教育は無償である。国民における格差が世界で最も小さい国として有名で、国民による幸福度ランキングでも常に上位を占めている。

### 【デンマークエネルギー事情】

北海油田を持つデンマークは、1970年代のオイルショック経験後も原発導入を見送り、現在でも原子力発電所を持っていない。しかし化石燃料を自給できるとはいえ環境保全大国デンマークでは、再生可能エネルギーの推進が活発に進められている。再生可能エネルギーの内訳としては、バイオマス(68.3%)、風力(20.5%)、ヒートポンプ(5.1%)、バイオガス(3.1%)、バイオディーゼル(2.1%)、太陽光(0.5%)、地熱(0.3%)、水力(0.1%)となり、このうち最多のバイオマスは、薪や木質チップ、廃材・木くず等の木質系と、麦藁等の農産副産物である<sup>(1)</sup>。風力発電に力を入れているのは、平らな地形で海洋も遠浅なため、陸上海上問わず、風力発電機の建設が容易であることと、台風や降雪がなく風力が年間を通じて極端に不安定にならないからである。

木質エネルギーの仕向け先では、フィンランドやスウェーデンが産業や住宅向けが主となるのに対し、デンマークでは80%が発電及び熱供給となる。また、再生可能エネルギーは需給バランスを取るのが難しい側面があるが、デンマークは、ノルドプール(ノルウェーにある北欧電力取引市場)に参加しているため、不安定な供給ラインを補えるシステムが構築されている。

<sup>(1)</sup> 坂内 久、「デンマークの再生可能エネルギーに対する取り組み」、農林金融 2012. 10、p37



## —団員レポート1—

### “2014” 北欧・木質バイオマス利用の未来を探る調査団 報告

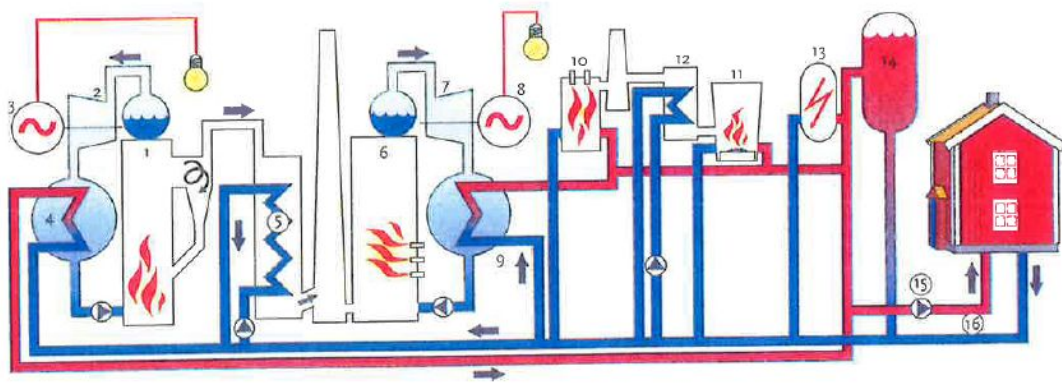
目 的	北欧でのバイオマスタウンでの実用例と其の取組システム過程等の調査、及び、我が国での活用する為の基礎知識の把握。
主 催	NPO法人 全国木材資源リサイクル協会連合会
日 程	出発日 “2014年3月20日(木) 帰着日 “2014年3月26日(水) 5泊7日
訪問国	フィンランド共和国・スウェーデン王国・デンマーク王国の3カ国
視察場所	*1回目、“2014年3月21日(金) フィンランド共和国、フィンランド森林研究所 視察 会議室にてフィンランド森林研究所の技師よりバイオエネルギーに関する取り組みに付いて講演が2人(女・男)よりある。 初めにフィンランド森林研究所の目的等に付いて女性技師よりある。 次に現在でのバイオエネルギーの活用と将来の目標に付いて男性技師よりある。‘2030年迄にはバイオマスエネルギーの活用100%内木材資源30%。 *2回目、“2014年3月24日(月) スウェーデン王国、ヴェクショー市、ヴェクショーエネルギー社視察、 ヴェクショー市は人口7万7,000人が住み、スウェーデン国内では中圈的な市街である。ヴェクショーエネルギー社は市のインフラ関係の総てを(電気・水道・冷暖等)バイオマスエネルギー及び化石燃料で供給している。全体の割合はバイオマスエネルギーが95%を占めて、化石燃料は5%である、近い将来100%バイオマスエネルギーで賄うよう努力中との事。例・標準家族(4人)で1カ月の電気料金は日本円で約1万円程とのこと。
参加人員	23人
考 察	北欧地帯は非常に寒いとゆう事で寒冷対策して出発しましたが、最初の訪問国フィンランド共和国ヘルシンキ空港に着いた時、空港からホテル迄の移動バス内のみ吹雪状態でしたが、翌朝、目を覚まして部屋から外を見ますと雪が積もるも天気は回復していて、以後の最終日迄好天に恵まれ楽しく視察旅行が出来ました。(3カ国共今年は冬が無いほど暖かいとの事) 今回の視察で一番感じた事ですが、日本国は環境関連技術では世界でも最先端を先行しているが、その応用活用が北欧諸国より10年以上も遅れている事を痛感しました。今からでも遅くはない、FITを生かして再生エネルギーの取り入れを国家事業として取組み、中でも森林王国である木材資源の活用を最大にして「バイオマスエネルギー」の確保を図るべきである。

此のことは、全国 47 都道府県での森林活用は国土の自然環境が計られる他、治水対策・川・海での魚貝類等の増殖・地方区域の活性化及び雇用の増進等がはかれる事でもあり少なくとも 47 都道府県に 1 カ所以上を立ち上げるべきである。再生エネルギー資源の中でも設備資金が一番安く出来る物であり、木材資源確保のために国は林業産業へ最大の力を入れるべきである。特に、日本国として早急に北欧同等の「バイオマスタウン(人口 5 万人前後の市町村 1 ケ所)」を国家プロジェクトとして立ち上げる事を此処に提案する。

ヴェクショー市、バイオマスエネルギー設備・断面図

# How you get heat and electricity to your home

A great deal has to happen for us to be able to supply district heating and electricity to our customers – a complicated system that can be summarised as follows.



市川燃料チップ株式会社  
彦坂武功

## —団員レポート2—

### 北欧木質バイオマス利用の調査出張報告

1. 月日；3月20日～26日 全国木材資源リサイクル協会連合会 23名参加
2. 訪問地；フィンランド（METLA）、スウェーデン（VEAB, SKOGSSTYRELSEN）
3. 目的；森林環境とバイオマス利用状況について調査
4. 内容；

#### （1）METLA



1917年 設立 所員650名 国の森林環境研究施設

バイオマス、森林環境管理企画、環境影響調査機関

国土面積は日本の面積の8割、国土の7割が森林、大小19万の湖

EU有数の林業国で主な樹種は松、モミ、白樺（針葉樹は日本と親密に研究）

<木質バイオマス>

2000～2010年 エネルギー全体の1.9%～14.4%に成長した。

2020年は30%を目標としている。（現在木質バイオマスは世界で2番目）

発電よりも発熱利用が多い。ペレットは少ない。

燃料は木の先端、枝、切り株を利用（30%民間で共同搬出、林道は1%）

バイオエネルギーは850万m<sup>3</sup>/年間でEUとパートナー。

<森林環境>

根、葉は肥料として有効、灰は森に撒いている。

成長を早めるために森林と水域について研究している。

#### （2）VEAB

概要説明



### 1887年 設立 ヴェクショーエネルギー社 (半官半民のバイオマス発電工場)

発電力量 36 MW (市民 8万7千人の4割)、熱量 66 MW (市民の8割)

燃料は木の先端、バーク、オガ、ピートを集荷 (1000 t/日) してボイラーで  
燃焼し、蒸気を 147 t/h (540℃) 発生させて蒸気タービンで発電を行う。  
燃料の割合はバーク 20~30%、ピート 10%、残は木の先端、オガ粉。

<蒸気は別会社ヴェクシアが販売>

75℃に調整して供給、40℃で回収している。

4万m<sup>3</sup>のタンクを持ち、地下に配管して80km以内に配給

<実績と今後の計画>

1993~2014年で炭酸ガスが半分になり、電気の使用量も減少している。

2030年までに10%の化石燃料を0tにする。

2050年までに新プラント建設予定 (現ボイラー6基、発電2基)

<売電価格 >

12,000円/kwh

蒸気価格700円/KL

補助金200クローネ/MW (3000円)

バイオマス発電所



燃料投入口

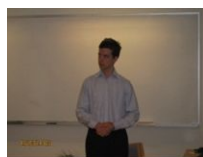


燃料搬送ライン



### (3) SKOGSSTYRELSEN

概要説明



アントン・ホルムストロム 森林委員会

スウェーデンは面積 450ha (日本の 1.2 倍)、人口 950 万人。

国土の6割が森林で、大部分の農家は林地を保有して冬期の重要な就業機会。森林は50%は一般個人、25%は会社、17%は国・協会が所有している。北は国・会社、成長率の高い南は個人所有が多い。

10万人が森林作業に従事。

1980年からバイオ燃料の使用開始。

伐採した木は積み置き、秋に現場で破砕してチップにする。

#### <伐採、集荷作業現場>

ハーベスタプロセッサ

ハーベスタフォワーダ



#### 5. まとめ

日本では原子力の代替エネルギーとして木質バイオマスによる発電の動きが活発になってきたが、安定した量の木材を山林で伐採し搬出することが必須となる。

また、バイオマスボイラーで作った蒸気は主にタービンを回して発電するが、発電には蒸気の約20%程度しか利用されない。残りの蒸気を大気に放出すると、エネルギーのロスになってしまう。

日本の製紙会社では従来よりボイラーで出来た蒸気を使用して発電、紙の乾燥・場内と社宅の暖房等を行い蒸気を有効に利用してきたが、最近は余剰電気を電力会社に販売するようになってきた。

今回、訪問したVEABはバイオマスボイラーで出来た電気、蒸気を半径80km圏の地区に送電、給湯するもので、まさに製紙会社の拡大版となる。

日本でも一部の地区でこの取組みが始まっているが、これからのエネルギー利用のモデルとなると思われる。

フィンランド、スウェーデンの各研究機関にも多くの日本人が関わっており、今後日本の森林環境とバイオマスの有効利用については、さらに進化することを期待したい。

遠野興産株式会社  
高木正人

# 北欧ゴミ箱事情

街のたたずまいと、そこにあるゴミ箱を集めてみました

## フィンランド・ヘルシンキ



中心街



シリヤライン



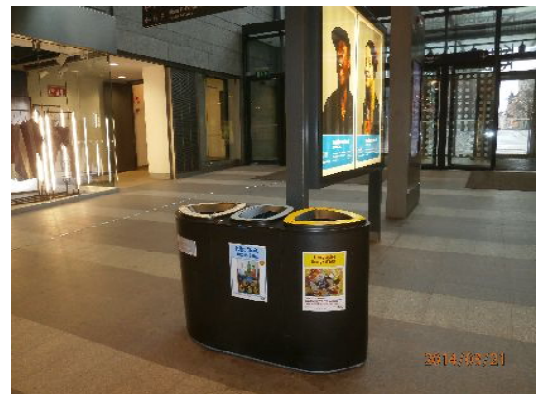
街並み



街角のゴミ箱



ホテルの部屋で



ショッピングセンターで

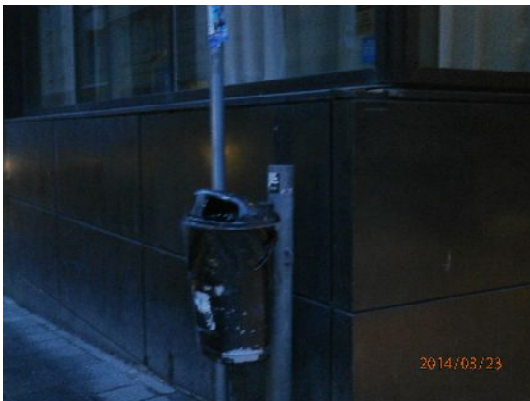
スウェーデン・ストックホルム



ストックホルムの中心街を一望



旧市街



街角で



ホテル前で



メーラレン湖で



観光船乗り場で

スウェーデン・ヴェクショー



低層で整えられた街並み



中心街は自動車の進入禁止



夕方から夜へ



街角のゴミ箱



朝：ゴミ収集車



駅前のバスターミナル

デンマーク・コペンハーゲン



人魚姫



繁華街



繁華街



ニューハウ



ニューハウ



ニューハウ