



# ドイツ・デンマークに学ぶ 環境エネルギーの未来

2015.8.9~23

## 目次

1. コース概要.....	2
2. 参加者紹介.....	3
3. 事前学習.....	5
4. スケジュール.....	7
5. 訪問先概要・見学内容.....	8
5.1 ブレーメンでの活動.....	8
5.1.1 ブレーメン市内視察.....	8
5.1.2 IWES.....	10
5.2 ハンブルクでの活動.....	12
5.2.1 ハンブルク市内視察.....	12
5.2.2 IBA ハンブルク.....	14
5.2.3 ハーフェンシティ.....	16
5.3 ロラン島での活動.....	18
5.3.1 ロラン島.....	18
5.3.2 REFA.....	19
5.3.3 Agro-Teck A/S.....	22
5.3.4 ヴィジュアル気候センター.....	24
5.4 コペンハーゲンでの活動.....	26
5.4.1 コペンハーゲン市内視察.....	26
5.4.2 ミドルグロン洋上風力発電所.....	28
5.4.3 オアスタッド.....	30
5.5 マルメでの活動.....	31
5.5.1 マルメ市内視察.....	31
5.5.2 オーグステンボリ環境共生地区.....	32
5.5.3 ベストラハムネン地区.....	34
6. 考察・感想.....	35
6.1 今井 暁久.....	35
6.2 土屋 春樹.....	42
6.3 矢作 理歩.....	46
6.4 加藤 真悟.....	49
7. コース全体の総括.....	52

## 1. コース概要

### [背景]

今日、地球温暖化をはじめとする環境問題が深刻化するなか、持続可能な発展という概念が広く認識されるようになった。環境的、経済的、文化的に持続可能な発展は、各国の政策に反映されるだけでなく、自治体単位でも将来目標に落とし込まれることも多い。持続可能な発展には、将来世代の欲求を損なわない程度に、現代世代の欲求を満たすという理念が含まれている。この実現のためには、環境的、経済的に良い技術の開発だけでなく、それら技術を如何にして社会で運用するのか、市民に受け入れられるものにするのか、という社会的な視点が重要となる。

東工大は国内屈指の理工系大学であり、その教育・研究水準は高く、学生も熱心に勉学・研究に打ち込んでいる。しかし自分が研究を行っている技術が実社会で如何に運用されているのか、また市民がどのような技術を必要としているのか、それらを知る機会が乏しいように思われる。前述の様に、持続可能な発展のためにはこうした社会的な側面から技術を俯瞰する必要がある。将来的に日本・世界の産業界を牽引していく東工大生にとって、こうした社会的な視点・素養は是非とも身に付けておきたいものである。

### [研修概要]

技術を市民に受け入れられるものにし実社会で適切に運用していくために必要な要素を考察し、社会的な視点と素養を身に付けることを本研修の目的とした。社会や市民の生活に直結している環境・エネルギー分野を本研修のテーマとし、これらの分野で先進的な取り組みを行っているドイツ・デンマークを研修先として設定した。

ドイツ北部の都市ハンブルク、デンマークの首都コペンハーゲンには環境に配慮した取り組みと将来計画を評価され、「EU 環境首都」に選ばれることとなった。またデンマーク・ロラン島は、住民の生活が風力発電をはじめとする自然エネルギーによって100%まかなわれており、近年注目を集めている。環境先進都市における都市計画、欧州におけるエネルギー政策、自然エネルギーの技術開発、地方自治体の自然エネルギーに関する取り組みなどを実際に視察することで、様々な切り口から環境・エネルギー問題を捉え、持続可能な社会を構築するための手がかりを模索する。同時に、技術が如何にして市民に受け入れられているのか、技術の適切な社会適応についても考察する。

## 2. 参加者紹介



写真左から、加藤真悟、今井暁久、土屋春樹、矢作理歩

### 今井 暁久 (大学院 環境理工学創造専攻 修士1年)

*市民参加型再生可能エネルギーの普及～日本のベストエネルギーミックスを目指して～*  
2015年6月、日本政府は2030年における日本のエネルギーミックス（電源構成）の約20%を自然エネルギー由来とする大胆な目標を打ち出した。この目標の実現のためには、自然資源を豊富に持つ地方が主体となり自然エネルギー技術の開発・運用に参画することが必要である。今回訪問する地域では、地方自治体が主体となり、ボトムアップ式に自然エネルギー技術の開発と運用、また様々な環境施策を行っている。これらの取り組みを自身の目で確かめ学習し、日本の地方が強力な自然エネルギー生産拠点となるための戦略を考察する。

### 土屋 春樹 (大学院 電子物理工学専攻 修士1年)

*環境エネルギー先進国に学ぶ、先進発電技術とその応用*

日本は現在世界で第5位のエネルギー消費国でありながら、その電力自給率は5%に留まっている。2度に渡る石油危機の経験より、日本は石炭、天然ガス、原子力など多様な発電源に供給源を分散させているものの依然として価格変動の激しい石油による電力価格の変動は抑えられない。この問題に対して資源の乏しい日本としては、太陽光発電や風力発電、バイオマス発電等の埋蔵された原料に頼らない発電方法を組み入れることで対処することが期待される。そこで、私は大学で電気電子工学を学ぶ立場から環境エネルギー先進国を訪れ各種の発電方法を視察し、日本への応用可能性について考察しようと思う。

矢作 理歩 (工学部 社会工学科 3年)

*環境エネルギー技術 市民生活への還元プロセスとその後の実態にせまる*

人が活動し、暮らす空間を考える上で、その地域固有の問題に目を向けることも必要だが、一方で地球環境の維持や再生可能エネルギーの導入のように全世界的に需要が高まっている環境問題に取り組む重要性は今後さらに高まっていくだろう。今回渡航するのは、ミクロ・マクロ両方の視点を持ち、将来の持続可能性につながる解を出している地域である。都市空間を学ぶ者として、こういった環境エネルギー先進国の事例を知ることは今後の都市空間創造を考えていく上で意義深いものである。さらに、渡航先であるハンブルクやロラン島・コペンハーゲンには海に面している地域という点で日本にも通じる場所があり、各地での先進事例を今後の日本の環境施策へのどのように発展・応用させていけるか考えていきたい。

加藤 真悟 (工学部 電気電子工学科 2年)

*環境エネルギーの観点から見る、技術の有効な社会適応*

私は現在大学で電気電子工学の基礎を学んでいるがその応用範囲は広く、分野に縛られず多面的な視点を持って技術の適応範囲を自ら広げていこうとする精神こそが将来の研究において重要だと考えている。今回訪れるのは環境エネルギーの利用に際して先端科学技術と都市計画を組み合わせる実社会への適応に挑戦した都市であり、各都市の取り組みを評価・比較することで事象を多角的に分析する能力を養う。また、この過程を経て将来性あるメソッドの本質を見極め、日本のエネルギー政策の問題点と解決策を考察するという一つのケーススタディを通し、技術開発及びその応用に重要なことは何かを探っていく。

### 3. 事前学習

#### [目的]

- ①各自のテーマを明確化し、研修に参加するにあたり必要な情報・知識を共有することで現地研修の成果を最大化する。
- ②受け入れ先とのコンタクト進捗状況を逐一報告し、参加者で交渉内容を検討する。
- ③中間報告書および旅のしおり作成の準備とする。

#### [概要]

各訪問施設や見学の内容について事前調査し、それらをゼミ形式で発表する。週に一回、各回二人程度が発表する。事前に参加者全員で訪問先の情報を共有するとともに、議論を通して疑問点なども洗い出す。

#### [調査内容]

- ①訪問する各都市、地域について調査する。基本的な情報だけにとどまらず、今回の研修テーマとどのような関わりをもっているかまで深く調査する。歴史、地理的特性、人々の性質などが深くかかわっている可能性もある。
- ②訪問する施設について調査する。その施設で使われている技術がどのようなものなのか、また周辺地域におけるその施設が持つ役割についても調査、考察する。
- ③それぞれの国がエネルギー・環境に対してどのような政策・方針を取っているか調査する。  
\*各項目において日本との比較・日本への応用可能性についても考察する。

以下に調査内容の担当を示す。

#### 今井担当

- ① ロラン島
- ② Lolland CTF・REFA・Agro Tech
- ③ デンマークエネルギー政策

#### 土屋担当

- ① ブレーメン・ブレーマーハーフェン
- ② フラウンホーファーIWES
- ③ ドイツエネルギー政策

#### 加藤担当

- ① ハンブルク
- ② 国際建築博覧会(IBA)・ハーフェンシテイ
- ③ 日本エネルギー政策

#### 矢作担当

- ① コペンハーゲン・マルメ
- ② ミドルグロン風力発電所  
オアスタッド地区  
オーグステンボリ環境共生住宅・  
ベストラムネン地区

## [事前学習スケジュールと進捗]

6/25

矢作のコンタクト進捗報告（ミドルグロン風力発電所・オーグステンボリ環境共生住宅）  
いずれの施設も見学ツアーが快諾された。見学内容について議論し、以下の様に決定。

- ・ミドルグロンではレクチャーに加え、ボートに乗って洋上風力発電所の見学も行う。
- ・オーグステンボリでは太陽光発電に関する解説も取り入れたレクチャーを受ける。
- ・オアスタッド地区・ベストラハムネン地区についてはパンフレットを参考に自主見学。

調査結果発表 今井：ロラン島 土屋：ブレーメン・ブレーマーハーフェン

7/2

矢作提案のプランがアポ取り・予約を含め確定。従って研修内容がすべて確定した。  
第二回予算見積もり書完成に向けて、移動手段（鉄道など）を料金含め詳細に調査開始。  
また、各コーディネーター・施設に料金の最終確認、および見積もりの作成を依頼。  
中間報告書に掲載する自己 PR および各担当者のコンタクト状況のまとめの作成を開始。

調査結果発表 加藤：ハンブルク 矢作：コペンハーゲン

7/9

移動手段（鉄道など）・宿泊施設を含めた全活動計画・予算見積もり書が完成。  
中間報告書についても同週内に完成する目途がたった。

調査結果発表 今井：Lolland CTF・REFA・Agro Tech A/S  
土屋：フラウンホーファーIWES

7/14

全体ミーティングにて第二回予算見積もり書と本中間報告書を提出。

7/16

調査結果発表 加藤：国際建築博覧会（IBA）・ハーフェンシティ・日本エネルギー政策

7/23

調査結果発表 矢作：ミドルグロン風力発電所・オアスタッド建築群  
矢作：マルメ・オーグステンボリ環境共生住宅・ベストラハムネン地区

7/30

調査結果発表 今井：デンマークエネルギー政策 土屋：ドイツエネルギー政策

#### 4.スケジュール

	午前		午後		滞在地
8/9(日)			航空機搭乗		機内
8/10(月)	航空機+鉄道				ハンブルク
8/11(火)	ハンブルク市内視察		ブレーメンへ移動		ブレーメン
8/12(水)	フラウンホーファーIWES				ブレーメン
8/13(木)	ブレーメン市内視察		ハンブルクへ移動		ハンブルク
8/14(金)	ハーフェンシティ		IBA ハンブルク		ハンブルク
8/15(土)	近隣都市訪問				ハンブルク
8/16(日)	ミーティング(ドイツ総括)		ロラン島へ移動		ロラン島
8/17(月)	REFA ゴミ処理センター		Agro-tech 研究所		ロラン島
8/18(火)	e-on ロドサン 風力発電パーク	ビジュアル 気候センター	REFA コジェネレーション 施設	REFA リサイクルセンター	ロラン島
8/19(水)	コペンハーゲンへ移動		コペンハーゲン市内視察		コペンハーゲン
8/20(木)	ミドルグロン風力発電パーク		オアスタッド地区自主見学		コペンハーゲン
8/21(金)	オーグステンボリ屋上緑化研究 所		ベストラナムネン地区自主見学		コペンハーゲン
8/22(土)	ミーティング(研修総括)		航空機搭乗		機内
8/23(日)	航空機		日本着		

## 5. 訪問先概要・見学内容

### 5.1 ブレーメンでの活動

#### 5.1.1 ブレーメン市内視察

ブレーメンは人口が約 55 万人(ドイツ 11 位)、面積は 325km<sup>2</sup> (10 位) であり、ヨーロッパ大都市圏の一つ、ブレーメン/オンデンブルク大都市圏に所属する州都である。市の中心をウェーザー川が通っており、昔から国際貿易の要所として栄えた都市である。近年は工業の発展も盛んであり、自動車、造船、金属加工、電子技術、食料品加工業の重要拠点にもなりつつある。本研修では、フラウンホーファーIWES のあるブレーマーハーフェンに訪問する途中に立ち寄り、半日程度、ブレーメンが州都市として行っている交通政策について視察を行った。今回の視察では時間の関係上、ブレーメンの中心部のみを回った。

宿泊していたホテルから市街へ、そして市街を見てまず感じたことは、世界遺産にも登録される美しく、歴史ある建築物郡を観光名所として保存しつつも、交通政策面では新しい取り組みを積極的に取り入れており、その結果として住民、観光客の双方に取って移動しやすい交通環境を整備できているということだった。具体的には以下の 3 つの方法が確認できた。

- 1) 自転車道の整備
- 2) 自動車数の削減・エネルギー効率の向上
- 3) 交通網の利用を促進する統合的な環境、ソフトウェアの整備

#### 1) 自転車道の整備

ブレーメンはドイツの国内で人口あたりの自転車道の割当が最も多く、自転車道の

整備という面で先進の都市と言える。市内の主要な道路の両脇には歩道と同程度の幅の自転車道が整備され、自動車と自転車、そして歩行者が適切に隔離されている。但し、自転車道と歩道はシームレスに接続され、その境界は色分けで示されている。これは、歩道の狭さを感じさせずまた利用者を自然に分離できる工夫である。



自転車道は赤色で分離されている

#### 2) 自動車数の削減・エネルギー効率の向上

ブレーメンでは上述の自転車利用の促進に加え、中心市街の複数の区域で一般自動車車の侵入を禁止し、代替手段として 10 分間隔の頻度でトラムや天然ガスを燃料とするバスが運行していた。また、市はカーシェアリングを普及させることで自動車の効率的利用を促しており、公共空間に”Mobility hubs”と呼ばれるカーシェアリングの駅（貸出可能な車を停める駐車場）を設置していた。これらの自動車に関する政策の狙いは持続可能な都市として、CO<sub>2</sub>を始めとする温室効果ガスや有害ガスの排出量を削減することにあるが、視察を通し

て車が無いことによる景観の保護、安全面の向上等の副次的な効果も垣間見えた。



市庁舎（左）周辺の美しい街並み

### 3)交通網の利用を促進する統合的な環境、ソフトウェアの整備

上述の通り、ブレーメンでは自動車を減らし、バスやトラム、自転車の利用を促す設備を整えている。そして特に特筆すべきは、これらの交通機関の接続が円滑に行われている点である。例を挙げると、ブレーメン市内にはプラットホームの両側にそれぞれバス、鉄道が乗り入れ可能な駅がある。ここでは、相互の乗り換えが非常に簡単であり、かつバス、トラム、鉄道を跨いで1枚のチケットで乗車が可能である。(なんと34もの事業会社が提携している)そしてブレーメンではブレーマーカードと呼ばれるICカードを用いることで公共交通機関のチケット購入ばかりか市内でのショッピングの支払い、カーシェアリングサービスの予約・利用まで一元して行うことができる。自転車・自動車との接続においては、公共交通機関の主要駅の近くに駐輪場・駐車場が確保されている。これらはそれぞれ P&R

(Park & Ride)、B&R (Bike & Ride) と言い、自宅からの最寄り駅までは自転車、自動車を利用し、そこからは可能な限り公共交通機関を利用する試みである。



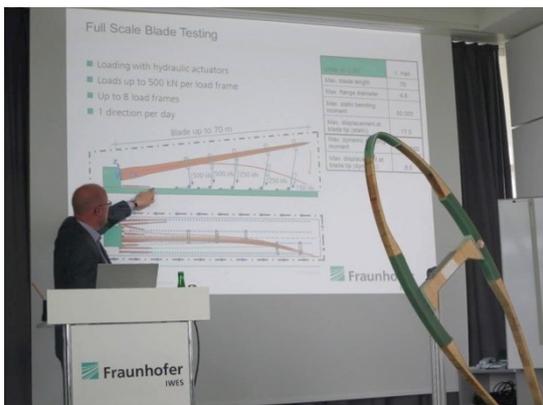
鉄道（左）とバス（右）の停車するホーム

今回の訪問を通してブレーメンの都市開発への姿勢と、その交通政策が実際に市民の生活に馴染んでいることを実感した。ブレーメンは、ドイツの16ある州の中でも、ブレーマーハーフェンと併せて市単体で州と見なされ、他の州と同様に大きな政治的権限を持つ州都市である。これによりブレーメンはより地方自治が進んでおり地域に根ざした政策を行いやすい環境にある。そして、資金面ではEUのCIVITASという都市の持続可能な開発の為に競争資金プログラムにて他の都市からの情報提供と4年間の資金提供が行われている。ブレーメンは外部からの知識・資金的支援の下で、自治体はその実証地として街の抱える問題を解決しており、持続可能な交通政策のロールモデルといえる都市である。

(一部写真出典:Civitas Catalist Workshop)

## 5.1.2 IWES

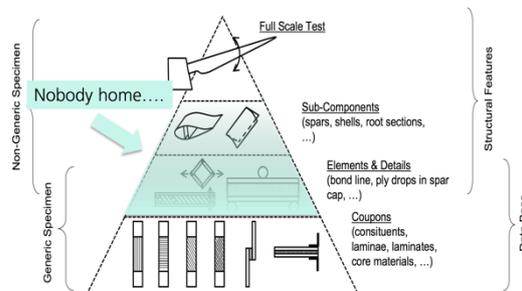
フラウンホーファー研究機構は、実用化のための研究を担う研究機関として、1949年に設立されたドイツの非営利団体である。経済発展と社会貢献に関連する応用研究を行い、企業や政府、自治体などのパートナーに技術開発を提供することで社会に貢献している。現在ドイツ国内は66の研究所があり、24000人も研究者が働いている。IWESはフラウンホーファー研究機構に所属する研究所の一つであり、カッセルとブレーマーハーフェンの二箇所に研究所を構える。今回は風力発電設備の認証試験を行っているブレーマーハーフェンの研究所を訪問した。



講義の様子

まず初めに、フラウンホーファー研究機構及び IEWS の概要、そして IWES が関わっているプロジェクトについて Dr.Antje さんから講義を頂いた。フラウンホーファーの研究資金は年間 2 千億円を超えており、その予算は公共からの資金援助、第三者からの補助金、そして産業界からの収入がそれぞれ 1/3 程度となっている。特に一定の技術レベルを超えるプロジェクトに絞り業

務を行うことで技術力の高さを保ち、産業界からの資金を 30%以上獲得できている事が特徴である。後半の講義では、ビジネス部門のリーダーである Dr.Arno さんより IWES が所有する実験設備とそれらを用いてどのように風力発電ブレードの認証試験を行うのか、技術的なお話を頂いた。風力発電設備は非常に複雑なシステムを成しており、既存の材料や部分ごとの試験結果のみで信頼性の高い設備を作ることは難しく、また完全に組み上がったブレードの試験には膨大なコストと時間が掛かってしまう。IWES では組み上がったブレードを用いてその設計の認証を行うフルスケール試験に加え、過去に注目されてこなかったこれらの中間に位置する階層の試験を実施し、その結果を国際標準として公開することで社会に貢献しているそうである。



風力発電設備の試験の階層図

講義の終盤には、学生の質問にも応じて頂き、私達が学校で学ぶシミュレーション手法の限界や、実証実験を行うからこそ得られる信頼性の高い結果について、また認証試験の実施は義務ではなく道徳的な考え方に基づいて行われており、特に近年大量の風力発電設備の受注を行い、頻繁に風力発

電設備での事故が起きている中国では安全基準の考え方が欧州とは異なることについてもお話を頂いた。

午後は、実際に試験で使用された 80m もの巨大なブレードを見せて頂き、その後、ブレードの試験場、新たに建設中のナセルの試験場を見学させて頂いた。



試験に使用された巨大な風力ブレード

講義を行ったオフィスから試験場に移動する際には IWES の周辺にブレードやナセルの工場が散見していた。これらの工場と近い場所に試験場を設置することで連携の取りやすい環境を作り、またブレーマーハーフェンは港湾都市であり試験に用いる巨大なブレード、ナセルを始めとする機材は船を利用して運搬が容易であることから、その技術の高さも然ることながら、地の利を活かした活動が行える点で設置者の工夫が読み取れる。

最後に講義とは関係無いが、IWES は研

究所でありながら緑も多く、非常に開けた港湾地区にあり、敷地内は誰でも自由に入り巨大な風力ブレードに触れることができる点が印象的だった。また建物の形もブレードの断面を模した形状になっており、周辺住民に対してオープンであり何を行っているのか理解しやすい施設だった。IWES は風力発電の技術に携わるだけではなく今後必要となる人材の教育も行っているそうである。現在ドイツ国内では風力発電を中心に再生可能エネルギーの導入を積極的に行う反面、電力価格の高騰が社会問題となっている。コストの高騰やその必要性を一般市民に納得してもらうためには、人材育成や周知活動を通して「教育」という観点で風力発電に触れる必要があり、視察を通して IWES が関連技術の開発以外にもドイツ国内で果たす役割があることが視察を通して感じられた。



風力ブレードを模したオフィスを背景に集合写真

## 5.2 ハンブルクでの活動

### 5.2.1 ハンブルク市内視察

ハンブルクはエルベ川河口より 100km ほど入ったドイツ最大の湾岸都市。人口 80 万人(ドイツ国内 2 位)、面積 755km<sup>2</sup> を有し、一市単独でドイツの連邦州を構成する特別市である。2011 年に自治体の積極的な環境対策が評価されてグリーンキャピタルアワード(環境問題への取り組み方や環境水準の高さなどを評価し、他の国・都市の手本となれると判断された都市に送られる称号)を受賞し、環境都市として世界的に注目されている。



住宅街に多数存在する緑の多い公園

この背景には、ハンブルクが特別市として政策に関して大変積極的かつ柔軟に動くことができるという点がある。毎年固定で巨額の予算が環境対策のために用意されており、公共施設の設備をエネルギー効率の良いものに一新するなどしている。また充実した補助金制度を用意した上で、市としての取り組みで得たノウハウを企業に共有することにより関連事業の活発化も助けつという取り組みもしている。

市内を実際に歩き、街や市民の様子を観

察することでハンブルクが環境都市として行っている取り組みが実際どう機能しているのかを探った。

まずこの都市が特に評価されているのは自転車利用と公共交通機関の高度な発達である。

街の各所には乗り捨て自由なレンタル自転車場が設置されている。市内におよそ 130 のレンタルがあり、中央駅付近の街区では 200~300m 感覚で設置されている上、乗り始めて 30 分以内に近くのレンタル場に返せば無料という料金体系から、市民が手軽に利用できる環境が整っている。一方で自転車を個人で所有している人に対しても、街の建造物密集地の住人には市から駐輪スペースを提供するなどの取り組みがある。これに加えて、街の中心部と重要施設を一方通行の自転車道により繋げることにより市内の通勤や買い物には自転車で十分となっているのである。朝や夕方にはスーツ姿のサラリーマンによる自転車通勤ラッシュにも遭遇し、自転車交通の普及を目の当たりにした。



乗り捨て可能なレンタル自転車

また、どの住宅からでも 300 メートル以内で公共交通機関に辿りつくというほど公共交通機関が整備されているため、個人の移動という観点からすれば個人所有の車やバイクの需要が低いとされている。これは市街を走る車の少なさなどから自動車利用の制限には効果を発揮していることが見て取れたが、別の問題を引き起こしているように思えた。というのも、いまだ自動車の需要が一定数はある中で駐車場が減ったことにより路側帯には多くの自家用車が停車しており、細道などでは歩行者や自転車通行の妨げになっているように思えた。



狭い路地に並ぶ自家用車

ハンブルク市の視察において、市民の環境への意識の高さを垣間見た瞬間があった。我々が街中に多く存在する太陽光パネル付きのゴミ箱を発見し、何用なのかと推測し合っていると通りがかりの男性が話しかけてきて、その利用法や効果を丁寧に解説してくれたのである。教えてもらったゴミ箱の仕組み（ゴミがどれだけ入っているのかによってランプの色が変わり、多くなると発電した電気でゴミをプレスするこ

とができるらしい)にも驚かされたが、その市の取り組みに対して市民が関心を持ち、他者に紹介しようとする意識を持っている点こそ評価すべき点ではないかと感じた。



太陽光パネル付きゴミ箱

かつてこの都市のエネルギー供給網は国内外の大手民間会社により提供されていたが、2013年に行われた市民投票により「再市営化」が決議された。背景には、供給網を提供していた会社の計画により石油火力発電所とハンブルクが繋がれてしまいそうになったことに対する市民の抗議運動があった。この住民運動の成功はハンブルク都市州民の環境保護に対する関心を高めることとなったという。こういった背景もあり、現在のハンブルクという市は自治体と市民と同じ方向を向いているからこそ環境都市という称号を得ることができ、それに恥じない取り組みを行えているのではないだろうか。

### 5.2.2 IBA ハンブルク

IBA ハンブルクとは、エルベ川中州の低利用地区における開発プロジェクトである。エルベ川は干満の差が大きくこの地区も洪水に対し脆弱な土地であったため、ハンブルクの中心に近いにもかかわらず低利用のまま残されてきた。またこの地区には移民が多く在住しており、ドイツ語を話せない住民や教育水準の低い住民も多く、社会との融合や教育の充実も求められている。

今回はドイツおよび日本の都市計画に造詣の深いエルファディング・ズザンネ氏に案内を依頼してハーフェンシティ（次項で触れる）および IBA 地区内複数施設の見学を行った。移動中や昼食の席ではハンブルクの歴史（現在の政策に至るまでの流れ）や現在の都市計画などについてお話を伺い、IBA ハンブルク全体のコンセプトについてもお話いただいた。

IBA は正式名称を国際建築博覧会といい、もともと建築物にとっての万博という位置付けであった。それがドイツ国内で何度か開催されるにつれ、近年では各地域の問題解決を目指すプロジェクトとして方向性を変えてきているという。今回はハンブルクにおいて掲げられている複数のテーマのうち「移民地区における教育・居住空間の整備及び彼らの計画参入」と「洪水に対する対策及び気候変動を抑える持続可能な都市の建設」に焦点を当てて見学を行った。

はじめに見学したのはスマートマテリアルハウスと呼ばれる、生物を用いたファサードを持つ集合住宅である。この住宅の壁に配置されるガラスパネルの内部には数ミクロンという大きさの微細藻類が封じ込め

られており、太陽光をパネルに当てることで藻の光合成を促して、後にバイオマス資源として回収する。このバイオマス資源を燃料として利用する際に排出される二酸化炭素を藻の光合成に再利用する仕組みや、余剰太陽光エネルギーを暖房に使うなどしてエネルギー効率を上げている。副次的な効果として、住民にとっては日光の遮断や断熱、防音にも役立つという。私たちが見学に行った際は残念ながらパネルはメンテナンス中で外されており、実際に稼働している様子を見ることはできなかった。

ここに住んでいる人は実験される側にあり、住み心地は実際どうなのかが気になる点であった。ズザンネ氏曰くこのような実験的施設だからといって家賃が安くなることや特別手当がつくということはない。大多数の住民はもともと新しい物好きであり、興味で住み始めているとのことだった。



スマートマテリアルハウス

続いて訪れた新環境・都市開発庁では IBA 地区全域の精密な模型と共に今後の展望について学んだ。模型は完成済みと計画中の部分で素材（色）が変えてあり、計画の進捗が一目でわかるようになっていた。



新環境・都市開発庁内部の IBA 地区模型

模型見学の後には、かつて収容人数 3 万人の防空壕兼要塞として使われていた巨大建造物をエネルギー貯蔵庫として活用する取り組みについて、実際に建物内部を見学しながら管理会社の方から解説をしていただいた。

かつて砲台が設置されていた屋上には 1100m<sup>2</sup> の太陽熱ユニットができていたほか、建物南の壁に 1600m<sup>2</sup> の太陽電池が設置されている。内部には容積 2000m<sup>3</sup> の蓄熱槽が存在しており、先述の太陽光パネルと近くの油工場の廃熱をエネルギー源として当該地区の 3000 世帯分の熱供給と 1000 世帯分の電力供給をまかなっている。

この施設によるエネルギー供給は主に地域暖房という形で行われるが、そのためには工事のため全住民に一旦家を出てもらう必要がある。もともとこの事業の資金の半分は市が出しており、周辺の住宅街も公営住宅であるという事情から、工事までのプロセスは通常より少ない。主な問題となったのは一時退去を求められる市民の説得

だが、市の権限を振りかざすのではなく粘り強い交渉と相手の意見を取り入れるという姿勢によりある程度の合意を得た上で事業を行っている。

工事後には 3/4 以上の方が工事後に戻ってきたというが、新設備導入に伴い彼らの家賃は高騰している。それでも戻ってきやすいのは、一方でこれも新設備の効果により光熱費が安くなるなど、住民にとっての負担が最低限に抑えられているからであろう。この事業自体に対する住民からの目立った不満はなく、地域に配慮・貢献した開発が成功していると言える。



元防空壕のエネルギー貯蔵施設



施設内部の巨大な蓄熱槽

### 5.2.3 ハーフエンシティ

現在開発中の地区はもともと倉庫と船を止めるバースが密集したフリーポート(外貨荷物に関税をかけずに自由に出入りが可能な商港)だったが、1911年にエルベ川の下を開通したエルベトンネルの存在により現在主流のコンテナ船などが入れず自由港としての役割を果たせなくなった。人口増加に伴い市民の居住地を拡大する必要があったハンブルク市は産業跡地として放置されていたこの土地を開発予定地とし、5,500戸の集合住宅(居住者 12,000人)、40,000人以上の雇用を生む業務施設、商業施設、教育施設、コンサートホールなどの建設を計画した。



川沿いのマンションと公園

まず、この地区の開発は人間の居住地を広げる(プロジェクト完成時には市内の40%も拡大される予定)という目的を、一切自然を破壊することなく実現しようとしている点で高く評価されている。2004年より作成されているBプラン(11街区についての詳細な建設計画)においては持続可能な発展の促進が重要視され、それを評価する独自の認証マークをドイツに先駆けて導入した。

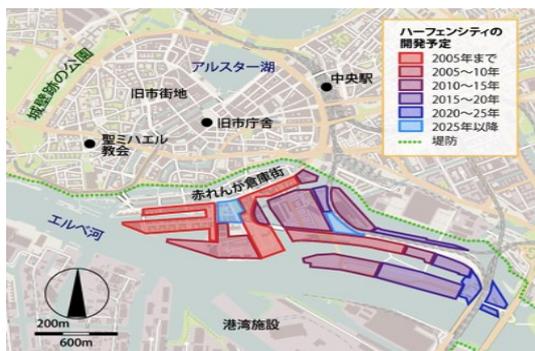
また、エネルギーという観点から見ると

一箇所がダメになったときに全体の停滞を招かないこと、都市の開発・発展とともにエネルギー供給システムも柔軟に成長させていけることの2点を主なメリットとして、単独のエネルギー源に頼らない仕組みが各建築物に求められている。街の中にはベース電源のような存在として天然ガスのコージェネレーション施設が存在しているが、建物ごとに地中熱や風力発電などの設備が整えられているほか、設計時点から考慮された省エネルギーの仕組みにより利用効率を上げ、一箇所に頼らないシステムが構築されている。



屋上風力発電

ハーフエンシティにおいて特徴的なのは、全体を一気に開発するのではないという点である。全体のマスタープランは立てられているものの実際に工事するのは一部に留め、それが完成し次第次の工事を始めるという方法をとっている。各時点において必要とされるニーズに合わせてマスタープランを確認、変更しつつ開発を進めることで「絶えず変化する世の中に適応していく」ことを目指している。



ハーフェンシティの開発予定

しかし実際に見学してみるとこの手法には問題点もあるように見えた。未完成のエリアが多いこと自体は、まだ開発初期であることと先述の手法を用いているためやむを得ない。しかし場所によっては同じエリアにおいても工事が変に中途半端であったり何も無い広場が急に現れたりというところが見られた。ズザンネ氏によれば、開発が進むにつれて環境問題対策に関する基準が年々厳しくなったために参入を検討していた企業が工事を取りやめるなど、建設の契約がスムーズに結ばなくなっているとのことである。

開発において最も重要視されているのが、居住施設だけでなくオフィス、コンサートホールや博物館といった文化施設から小学校、大学などの教育施設まであらゆる施設が存在する地域とし、全体として"生き生き"とした街区を作ることである。しかし先述のように現在は"未完成"な印象がぬぐえず、結果としてすでにほとんどが完成しているはずだったエリアにおいもその中途半端さゆえに人が集まらないという状況が見て取れた。



ショッピングモール

一方で、単純な住宅街建設としての動きはある程度順調である印象を受けた。この地区にはコーオペレーティブハウスと呼ばれる、市民が集まって自分たちの望むコンセプトの建物を考案・建築する動きが支援され、現在活発化し始めている。これは金銭的な面や長期的な計画になってしまうことからハードルはかなり高いが、それでもこの形態の建築物が多数建設中であった。当地区自体の開発はまだであるもののハンブルク市内への交通の便はよいためであると考えられる。地区としてのコンセプトが達成されるかは未だ不透明であるものの、ハンブルク市の住居不足という問題に対しては有効な解決策になりうるだろう。



連なるコーオペレーティブハウス

## 5.3 ロラン島での活動

### 5.3.1 ロラン島

デンマークの首都コペンハーゲンより南西 150km に位置する島。人口は 65,000 人、面積は 1243km<sup>2</sup>。コペンハーゲン、ハンブルクからは鉄道でアクセスが可能である。自然エネルギーにより電力自給率 100%を達成し、国内外から大きな注目を集めている。本研修では、ロラン島在住の環境ジャーナリスト、ニールセン北村朋子氏に通訳と解説を依頼し、各施設を訪問した。

ロラン島はかつて砂糖産業、造船業で栄えていたが、1980 年代末、新興国の台頭によりこれらの基幹産業は競争力を失い衰退する。また、都市部の社会的に問題を抱える人々を生活費の安い地方に「輸出」するソーシャルエクスポートの格好の受け入れ先となる。ピーク時には失業率が 20%を超え、職を求め多くの人々が都市部へ移り住み（ブレイン・ドレイン）、ロラン島の活気は一気に失われていくのであった。

1998 年、ロラン島は大規模な自治体改革に乗り出す。当時の公共事業部長であったレオ・クリステンセンの指揮のもと、ナクスコウ市内の古いごみ処理場や造船場跡地を「産業環境パーク」に転換し、環境エネルギー産業の誘致を行った。デンマーク風力発電設備製造大手のヴェスタス社のブレード工場の誘致にも成功し、新たな雇用も生まれ失業率も低下した。

この時の経験が、現在ロラン島で活用されているビジネスコンセプト Lolland

Community Test Facilities (Lolland CTF) に生かされている。企業や研究機関の技術開発において、自治体が企画段階から積極的に関わり、双方にメリットを与える仕組みである。ロラン島はこのコンセプトを活用し、島全体を「エネルギーラボ」にすることを目指している。

海拔最高点が 25m と、比較的平坦な土地を持つデンマークの中でも特に風況がよく、風力発電に適した土地であると言える。陸上・洋上を合わせると 550 基以上の風車が稼働しており、余剰電力はコペンハーゲンや他の国内都市、ドイツ、スウェーデンなどに送られる。国の政策や、住民の環境意識の高さから風力発電が広く受け入れられている。陸上風車の約半数は、個人もしくは市民グループに所有される言わば「マイ風車」である。



ニールセン北村朋子氏と記念撮影

### 5.3.2 REFA

REFA はロラン市、グルボースン市が共同で所有する総合エネルギー会社であり、公営企業（非営利）である。廃棄物や藁によるコジェネレーション（熱電供給）、リサイクルセンターの運営を行っており、本研修で視察したのはこれら3つである。

#### 廃棄物コジェネレーション



廃棄物処理施設

初めに視察したのは廃棄物によるコジェネレーション施設である。本施設には大きく2つの目的があり、1つにロラン島各地域から回収される廃棄物を継続的に処理すること、2つに周辺の住民に電気と熱（地域暖房）を安価に供給することである。3つの焼却炉を所有し、うち2つは旧型の熱供給専用（8.5MW×2）、もう1つはコジェネレーション（熱供給 18.9MW、電力供給 6.7MW）である。熱需要の多い季節は、毎日450トンの廃棄物が処理され、年間185GWh（11,000世帯分）の熱供給、50GWh（10,000世帯分）の電力供給を行っている。

REFA の概要説明の後、施設の見学を行った。廃棄物が運搬され巨大なクレーンで焼却炉に投入される様子や、焼却炉の内部、コジェネレーションの要である種々の熱交換器と発電エンジン、排気ガスの後処理装置などを実際に確認することができ、コジ

ェネレーションシステムに関する理解を深めることができた。



ベテラン職員の方による丁寧な説明

一見すると廃棄物の処理しか行っていないように見える REFA であるが、職員の方に詳しくお話を聞くと REFA が様々な形で地域に貢献していることが明らかになった。将来を担う子供たちに対して「熱と電気はどこから？」というパンフレットを用いて環境教育を施し、資源面だけでなく人々の意識面でも持続可能性をもたらしている。

また、REFA 自体が生み出している雇用は130人程度と少なめであるが、回収業者やリサイクル業者、点検業者などに外部委託を行っている。これは周辺に新しい企業や雇用を創出する効果があるほか、REFA 自体は処理業務に専念し効率化を図るためでもある。



子供向け説明パンフレット

比較的街に近い廃棄物処理場ということもあり、特に周辺住民・環境への配慮も強く意識しているようであった。処理場の運転当初は周りに何もなく、むしろ街の方が広がって近づいてきた形となるので、住民側も処理場の存在を昔からある当たり前の風景と受け止めているのではないか。これまで周辺の住民から大きな苦情が来たことは無いそうである。ただ、近くのカーディーラーの車に煙突から出た細かい塵が積もった際は洗浄代金を出すなどの補償を行っているとのことである。



排ガスは欧州の規制を大きく下回る

ロラン島における熱需要の9割が地域暖房によって賄われているが、その全てをREFAが賄っているわけではない。特に中心街から離れた集落などでは、その地域の協同組合が運営する地域暖房が活発である。REFAの施設内のコントロールルームにおいて、こうした各地域暖房施設の運転管理も24時間体制で行っており、ロラン島全域における熱供給を統括する役割も持ち合わせている。また、年に一回のシンポジウムで技術やノウハウの交換をしているようで、そういった情報を互いに（REFA、協同組合、研究機構）オープンに公開し合い地域全体でエコを追求している動きが見える。

## 藁のコージェネレーション

マリボーとサクスコビンという2つの町に電気と熱を供給するコージェネレーション施設の視察も行った。主な燃料は周辺の農家から回収した藁である。麦の収穫とともに農家からは藁が残渣として排出されるが、藁はいわゆる廃棄物系バイオマスであり、そのままの状態では価値がほとんどなく、せいぜい家畜のベッドにするくらいである。藁というカーボンニュートラルな燃料を利用し熱と電気を生産することで、ロラン島が持続可能な社会を形成する上で大きな役割を果たしている。

一方で、この施設は農家サイドにもメリットを生み出すよう配慮がなされている。施設の立地は周辺の農家が藁を運びやすいよう検討されている印象を受けた。それぞれの農家はため込んでいた藁を施設に運び込み、その重量に応じた値段で藁は売買される。これは重要な副収入となるため、多くの農家がこの施設を利用している。また、焼却灰は肥料としても活用でき、取引した藁の重量に応じた量の焼却灰を農家は提供される。

藁という地域固有の資源をその地域内で余すことなく活用しており、バイオマスのエネルギー利用という観点では理想的であると言えるのではないか。



一つの藁の塊で400kgはあるとのこと

## リサイクルセンター

最後に REFA のリサイクルセンターの視察を行った。センターはロラン島内に複数存在し、地域の住民は最寄りのセンターに気軽に廃棄物を持ち込めるようになっている。

廃棄物は 30 種類ほどのカテゴリに分類されるが、適当な分類を防ぐために分類方法が分からないものについては専用のスペースを設けている。センターでは、管理人室を中心に円状に回収コンテナが配置されており、利用者は車で少しずつ移動しながら廃棄物をコンテナに投入する。投入口も地面からさほど高くない位置に設けられており、利用者は廃棄物をコンテナに落とし込めるようなデザインがなされている。またゴミの収集という全市民が加入しなければいけない仕組みにリサイクルセンターの使用料が既に含まれており、センターに行くたびに利用料を支払う必要がない。このようにリサイクルという行為が億劫、面倒だと感じさせないような工夫がなされており、地域住民も積極的に利用しているようであった。本センターは住民にリサイクル意識を根付かせる役割があり、デンマークで一番リサイクル率の高い自治体となることを目標としているロラン市にとって非常に重要な施設となる。



使いやすいデザインのセンター

以上のように、REFA が所有する 3 つの施設の視察を行った。全体を通して感じられたのは、REFA は地域住民の利益を第一に考え、住民に対する配慮を徹底していたことである。

前述のように REFA は廃棄物処理業務に専念しており、その他業務を外部委託し効率化を図っている。また、リサイクルセンターでは、廃棄物の新たな利用法を模索し廃棄物の付加価値を高めて売却しようと努めていた。このように様々な工夫を行うことで、REFA 全体の収益増加を狙っていたが、この余剰の利益は電気・暖房料金を下げることで地域住民に還元している。また、藁によるコジェネレーション施設では、熱と電力の需要を予測しながら、適切な量の藁を適切な価格で周辺の農家から買い取り、彼らに経済的なメリットをもたらすシステムを構築している。

事業を行っていく以上、運営に必要なだけの利益を確保する必要があるが、その余剰の利益を周辺に還元しようとする姿勢は、非営利の公営企業だからこそ取れるのだと考えられる。



藁の倉庫の中で記念撮影

### 5.3.3 Agro-Teck A/S

Agro-Teck A/S は、バイオマス技術に関するコンサルタント・研究を行うデンマーク企業である。オフィスに本社があり、コペンハーゲン、ロラン島に支社を持つ。本研修ではロラン島の研究施設を訪れた。本研究施設では、微細藻類をエネルギーだけでなく、より付加価値の高い化学製品や食品に変換するための研究開発も行っている。

研究施設と微細藻類の概要についてのプレゼンテーションを受けた後、研究施設の見学を行った。休暇直後ということもあり、実験を行っている様子を実際に見学することはできなかった。しかしながら、研究所の雰囲気や方向性などについて、一般的な研究機関や日本の企業とは大きく異なる印象を受けたため、それについて述べる。



プレゼンテーションの様子

研究所、特に生物系というと全員が白衣を着て実験に勤しむというイメージがあるが、この研究所で白衣を着ている人は皆無であった。解説をしていただいた技術者の方は、半袖 T シャツ、短パンというラフなスタイルで、他の職員の方々もみな思い思いの格好をしていた。このようにエンジニア風を出さない方々であったが、自身の研究に対しては実直に取り組まれており、解説の際はその熱意を感じた。自分がどうし

たいのか、どうありたいのかに正直で、周りもそれを許容する雰囲気が醸成されており、デンマークの国民性というか、気質が表れているようであった。



ラボにおける微細藻類の培養実験



高価な培養リアクター

一企業の研究所であることから、大学等で行うようなアカデミックな研究というよりは、社会への適用可能性を重視した研究を行っていた。特に周辺地域の需要とのマッチング、経済的な問題に重きを置いているようであった。

微細藻類の培養については、まず周辺の農家への導入を念頭に置いて開発を行っている。微細藻類は陸生のバイオマスに比べ成長速度が大きく、また限られたスペースでも比較的大きな収量を望むことができる。このため農地の空きスペースなどに導入し、農業の片手間に微細藻類の培養を行うこと

は効果的であると考えられる。REFA の藁の場合と同様に、培養した微細藻類が農家にとって貴重な副収入となることが期待され、周辺地域へ技術から得られる利益を還元しようとする姿勢がうかがえる。



微細藻類の培養プール

一方で、微細藻類の導入コストは大きな問題でもある。個人の農家が導入することを念頭に置いているため、その導入コストは低く抑えられなければならない。また技術的に複雑なシステムを構築すると、専門のメンテナンスを依頼する必要があり維持費の増加につながる。

これを受け、Agro-Tech A/S では **Simple & Cheap** をモットーに微細藻類培養の研究開発を行っている。例えば、実験施設での藻の培養には特注のガラスチューブが使用されることが多いが、これは非常に高価である。代わりに管状のビニールパックを使用すれば、藻の光合成も問題なく行えるし何より低コストで導入することができる。ビニールパックであれば使い捨てもできるし、藻の回収も容易である。このように培養リアクターのコスト、リアクターから藻を回収するコストという、藻に関する研究を行う前提に存在する障壁に対して、その障壁を乗り越えてこそ研究を実用化できるという考えを持ち実直に取り組んでいる。



Simple & Cheap がモットー

島という限定された地域において、農業製品にどれほどの付加価値をどれほどの低コストで実現できるのかという視点を持ち、地域に還元しようと研究開発に取り組む Agro-Tech A/S の姿勢は、環境・エネルギーの分野に限らず技術全般の社会適用においても重要である。いかなる地域でも運用可能な **Simple & Cheap** な技術、すなわち適正技術は、もともと発展途上国の開発の文脈で使用されることが多かったが、先進国の一地域においても通用する概念であることが分かる。自然エネルギー導入の担い手は都市ではなく、自然資源の豊富な地方になると考えられ、こうした地域での適用可能性を考慮し、その土地その土地にあった適正な技術の開発を行っていく必要があることを痛感した。こうした適正技術は一見すると、最先端の技術（ハイテク）に見劣りしてしまい、なにやら陳腐なことをしているという印象を持ってしまうことも多い。こうした「ハイテクが良い」という既成観念、いわばバイアスを取り払い、真に必要とされている技術を、適正な形で導入しようとする姿勢を、今後のエンジニアたちは求められるのではないだろうか。

### 5.3.4 ヴィジュアル気候センター

NASA などから提供されるデータをもとに、過去から現在に至るまでに地球で起きている気候変動や自然災害の様子を、球体スクリーン(デジタル地球儀)を用いて視覚的に分かりやすく解説している施設である。本研修では、デジタル地球儀による解説の後、ロラン市市議会議員のレオ・クリステンセン氏と食事を共にし、ロラン島の取り組みに関して貴重なお話を伺うことができた。

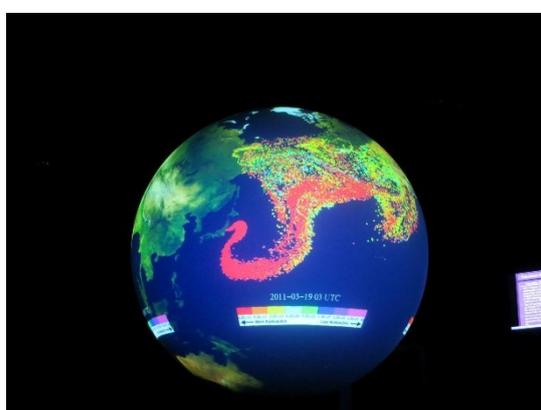


ヴィジュアル気候センター

デジタル地球儀では、地球上の様々な地域における気温変化など環境問題に直結したデータが用意されているほか、福島原子力発電所事故による放射能の拡散、潮の流れ、人の移動など興味深いデータも可視化されている。ロラン島の環境教育にも一役買っており、地元の小学生たちも授業の一環として度々訪れているようである。



デジタル地球儀



福島原発からの放射能拡散の様子

環境教育にはいくつかステップがあり、子供たちはまず「森の幼稚園」で自然に慣れ親しむ。そこから、身の回り・世界で巻き起こる環境問題について学校の授業などを通して把握し、自身の生活が環境に与える影響などについて考察する。最終的に環境問題に対して自分なりの判断を下し、それを防ぐための行動へ移していく。

エネルギーに関する教育も同様で、小さい頃から学校で、エネルギーがどこから来るのか、どのエネルギーが将来自分たちの生活にどういった影響を与えるのか、長期的な視点を持つことを教えられる。大人になるころには、組合や電力会社など様々な

団体から発信される情報を吟味し、自分なりの判断を下せるようになっていく。

実際、デンマークでは電力市場自由化により、100%風力エネルギーから生産された電力を扱う電力会社も設立されている。こうした電力会社から電力を購入すると通常より若干高くなる（年間300DKK、6000円ほど）が、利用する人は多いそうである。電気は一度グリッドに入ってしまうと、どこで生産されたものかは関係なくなり、すべて同じ電気として扱われる。従って自然エネルギーから生産された電力を購入したとしても、個人に対して具体的な見返りがあるわけではない。むしろ将来的な投資（この投資も何か見返りがあるというわけではない）として自然エネルギー由来の電力を購入しており、こうした意識は前述のような環境教育において醸成されるのではないかと考えられる。

また、レオ・クリステンセン氏との会食において、ロラン島発祥のビジネスコンセプトである Lolland CTF (Lolland Community Testing Facilities) についても簡単にお話を伺うことができた。Lolland CTFはロラン島で活用されているビジネスプランのことで、自治体が企業や研究機関とパートナーシップを組み、企業や研究機関の利益と自治体の目標（地域の産業育成・雇用創出と持続可能な環境利用の両立）を同時に実現させるための戦略である。ロラン島の自治体がプロジェクトの検討段階から積極的に関わることで、企業・研究機関は速やかに実証実験に移行でき、技術の実用化までの期間を短縮できる。また、実社会における実験を通し、ラボでは得られない実践知を得ることが出来、より社会的要求に応じた技術開発を行うことができる。

Lolland CTFは言わば、産・学・官の連携のモデルであり、その発起人となったのがレオ・クリステンセン氏である。

レオ・クリステンセン氏は、この産・学・官の連携の中で特に学、すなわち大学などの研究機関が重要な役割を持つことを説明された。最新の研究情報（例えば論文など）を自治体の人々が入手するには限界がある。また極めて専門的な内容を扱っていることが多く、その内容を正しく解釈し利用することは自治体の力だけでは困難である。一方で、最新の研究情報に容易にアクセス出来るのが研究機関の強みである。その情報を自治体や企業にも分かりやすい形で共有し、プロジェクトの方向付けを行うのが研究機関の使命である。最初の方向づけを正しく行わなければ、プロジェクトの期間が予想より大幅に伸びることも考えられ、Lolland CTFの強みを生かしきれないばかりか、最悪の場合プロジェクト自体が失敗に終わる可能性もある。スタート時点での方向付けを行い、途中段階においても最新の研究情報などと照らし合わせ軌道修正する。いわば、研究機関はご意見番かつプロジェクトの舵をきるリーダーのような存在なのだと考えられる。



レオ氏と記念撮影

## 5.4 コペンハーゲンでの活動

### 5.4.1 コペンハーゲン市内視察

シェラン島東海岸にあるデンマークの首都、コペンハーゲン。面積は約 88.25 km<sup>2</sup>、人口は約 56 万人で、北欧最大の商工業都市。メトロポリタンレギオン（首都圏）に属しており、北欧最大の商工業都市。市名コペンハーゲンは「商人の港」に由来を持つ。由来の通り、古くから商人の港として発展してきており、中世の建物が現存する。

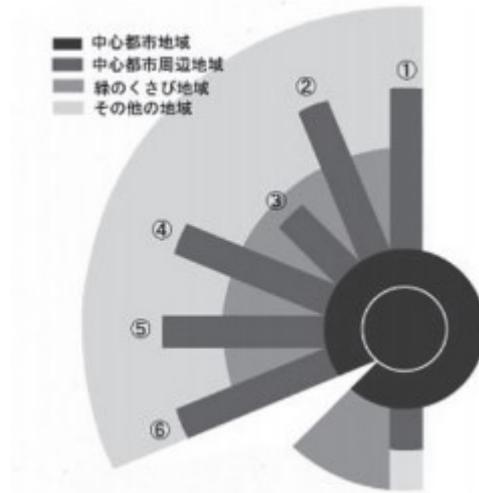


船乗りたちの休憩処として発展し、現在観光名所となっているニューハウ

ン持続可能性を追求し現代に合った政策を数多く実施している。その取り組みは高い評価を受けており、1996年には欧州文化都市（現欧州文化首都）に選出、将来的なカーボン・ニュートラル計画、自転車レーンの構築などの環境政策などが評価され、2012年6月には2014年の欧州環境首都に選出されている。

コペンハーゲン大都市圏の計画としては、コペンハーゲン市（掌）から郊外に向かう複数の交通軸沿い（手の指）に都市開発を集中させ、交通軸相互の間をオープンスペース（緑のくさび）として残すという

都市構造の考え方に立脚している「フィンガープラン 2007」がある。



「フィンガープラン 2007」の模式図

その目的は適切かつ多様な産業配置や住宅建設、既存の市街地の近代化または再開発、市街地のスプロールを回避することによって大都市中心部、大都市近郊および都市フィンガーのその他の地域が地域発展の恩恵を得ること、施設等の適切な配置によって道路網の更なる渋滞の回避および公共の交通手段と自転車利用の増加をもたらすこと、広域的には、オアスン（Øresund）地域統合化がさらに発展しうること、都市と自然を明確に区別し、自然景観の質をさらに向上させることである。

今回の滞在はコペンハーゲン市内を中心であったのでフィンガープランの全体像をつかむことは難しかったが、コペンハーゲン市内の環境政策を体感することが出来たと共に、こういった取り組みが市民の日常生活に根付いていることを強く感じた。

### ①歩行者空間の創出

1950年代末からの自動車の増加による交通渋滞や大気汚染といった問題の対策の為に、1962年ヤン・ゲールが歩行者空間（通称：ストロイエ）を提唱。その有効性が示され、徐々に歩行者空間が増えていった。



市内のストロイエ

ストロイエは許可車両以外の車交通が禁止されており、実際に行ってみると両脇の商店に立ち寄りながらぶらぶら歩くのが楽しくなる空間であった。現在の都市空間は車交通やそれに伴い必要となる道路が基礎となって構成されていることが多く、人間の本来の動きである「歩行」が置き去りにされている感覚を受けることが多い。しかしそのような中で、意識的に歩行者空間を生み出し、歩くことを日常に組み込んでおり都市生活の豊かの創出に一役買っているのだろう。

### ②自転車交通

滞在中、特に驚いたのは自転車交通の多さである。通勤・通学に時間帯に渋滞が起

きるほどコペンハーゲンでは自転車の利用が進んでいた。政策としては、2010年には35%だった通勤・通学における自転車利用者の割合を、2015年までに50%に引き上げる目標を掲げている。



通勤時の様子

1995年からはフリーの自転車レンタルシステム、シティバイクプロジェクトが行われている。自転車専用道の整備もしっかりなされていた。歩道のすぐ隣に自転車道があることになれていない我々にとっては、ひやっとする場面もあったが、慣れていくうちに危険を感じることは少なくなり、自転車がコペンハーゲン市民の生活に非常に溶け込んでいるように感じた。

以上のように、〈歩行者+自転車〉を中心にした交通ネットワークの構築が進んでいるコンパクトシティ、コペンハーゲン。2025年までにはカーボンニュートラルの実現を目指しており、持続可能性を体現している都市として世界各国の都市を牽引していく存在になるだろう。

#### 5.4.2 ミドルグロン洋上風力発電所

ミドルグロン洋上風力発電所は2000年末にコペンハーゲン沖に建設された当時世界最大の出力を持つ風力発電所である。今回の見学ではハンスさんのガイドの下、建設までの経緯や市民参加プロセスについてお話を頂き、実際に船に乗り風力発電タービンの内部の見学も行った。

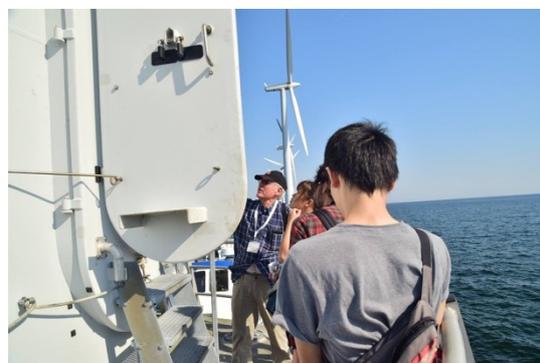


ミドルグロン洋上風力発電所へ

ミドルグロン風力発電所ではドイツ、シーメンス社製の2MWの設備が20機、計40MWの電力を発電しており、これは40,000世帯分に相当しコペンハーゲン全体の電力需要の約3%を賅っている。建設を行う際にはアメリカのGE社、デンマーク大手のVESTAS社との競争入札の末、SIMENS社がその高効率タービン技術と低コスト製造技術、またデンマーク国内に工場を持つことによる低コスト輸送が鍵となり受注に取り付けた。この建設プロジェクトは当時、世界でも類を見ない規模の風力発電所という点でも注目を浴びたが、2020年までに電力消費の半分を風力発電で賅う計画を打ち出しているデンマークにとって、市民への風力発電の認知、そして市民参加型の風力発電所の建設という点で、国内で非常に大きな意義を持つプロジ

ェクトだったことがハンスさんのお話から伺えた。

この前例のないプロジェクトを進める際には市民と行政側で徹底的な議論がなされ、近隣住民や投資をする市民が完全に納得できる所まで議論が進んだことが成功の鍵だったそうである。事実、近隣住民との議論の末に、発電効率のよい配置や設置場所を選ぶよりも、陸からの景観を重視して綺麗に並ぶ配置を選択し、また場所に関してもその昔コペンハーゲンに有った城壁の軌跡上に風車が設置されている。これにより、建設前には反対していた近隣住民も納得でき、中には風車が見えることを誇りに思う人も出てきたという。また特に騒音問題や近隣の漁師への影響については十分な検証実験や補償を行ってきたそうである。短絡的に見れば、発電効率の低下により結局市民に単元する電力や最終的には売電によって得られる利益を損ねてしまう。しかしそれだけの損失を知りながらも、今後多くの洋上風力発電の開発を行っていかねばならないデンマークにとっては、風力発電の必要性やその実態を市民に正しく理解してもらい、良い関係性を保つ事が非常に重要だったのだと思われる。



風力発電タービンへ上陸

またミドルグロン風力発電所のもう一つの特徴は、所有権を NGO と市民による協同組合で半分ずつ持っている点である。

(現在では NGO は倒産、大手電力会社が半分を所有している。) デンマークでは今後多くの洋上風力発電所プロジェクトが進むと思われる。この様なプロジェクトは概して政府主導の大規模なものであり、資本を持つ大手の電力会社等が出資する可能性がある。しかし、利益、効率のみを重視した建設により市民を置き去りにしてしまうことは避けなければならない。市民に安全かつクリーンな電力提供する目的の為に行われたプロジェクトに部外者が投資することで市民の生活を顧みない結果になりかねなく、またその利益も市民へ還元されなくなってしまうからである。その意味で、この発電所で市民主体の協同組合がその半分以上を所有している意義は大きい。

デンマークには元々、市民が抱える問題は市民が協同組合を立ち上げて解決していく風潮があり、3人で困ったことがあれば協同組合を立ち上げてしまうほどの気風だそ

うである。ミドルグロン風力発電所の建設は、十分な時間を掛けて近隣の市民の理解を得て建設が行われた点、またその利益の半分は出資者である市民に還元されている点で、デンマークらしい方法で市民が関わり、世界最大の洋上風力発電所建設という大規模なプロジェクトを達成した例だと言える。電力は我々市民の生活に必須のものであるゆえ、市民とは切り離して考えるべきではないものであり、今後新たな風力発電所を建設する際にミドルグロン風力発電所での市民参加プロセスは大いに参考になるだろう。



ミドルグロン洋上風力発電所を背景に

### 5.4.3 オアスタッド

オアスタッド地区は、1990年にコペンハーゲン中心部と空港やオーレンス大橋を結び付ける市街地としての役割を期待され、デンマーク首都活性化のためのプロジェクトの一つとして開発が始められた、南北5kmに渡る再開発地区。当初の計画主体は国と市が共同で出資したオアスタッド地域開発公社(1993年設立)であり、マスタープランの策定などを行った。2007年に地下鉄公社(Metroselskabet 地下鉄の建設)とCPH(City & Port Development 都市開発)に分割されている。

再開発計画は現在進行中(完成予定は2025年)で、まだ更地になっている区画も多かったが、住居に加え、学校や世界有数の企業なども誘致されており、豊かな生活空間の創出を目指している。2025年ごろまでには25,000人の住居と80,000人の雇用を生み出す計画がなされている。元軍の演習地だったということに起因して、何も無い土地がいきなり開発されたという印象を受けたが、それぞれの建築物(特に住居)は公共空間とプライベートな空間を完全に分断することなく、うまく分けているものが多く、開放的であった。デザインの自由度が許されているという有用性が感じられた。



また、広々とした公園が設置されているためか、子供連れの姿を多く見た。こういったスペースがなかなか取れない都市部に比べ、子育てしやすい環境も整っているのだろう。



公園内にはサッカー場も設置

一方で地区自体に歴史がないためか、全体を一貫するコンセプトが感じられず、建築家が建てたいものを好きに建てているという側面も無視できないと思った。また、人が歩くことをあまり受容しない距離感や交通整備(横断歩道少ない)が気になった。ヤンゲールが提唱したストロイエの設置など、歩くペースに合わせた都市空間を創出しているコペンハーゲンに比べると、無機質な印象を受けた。開発段階であるので何とも言えないが、より豊かな空間を作り上げていくためには、車や自転車に頼るだけではなく、人が歩きたくなる、とどまりたくなるような空間構成が今後の課題であるように感じた。今後10年でさらに工事が進み、オアスタッド地区がコペンハーゲン中央部に並ぶほど豊かな空間となることに期待したい。

## 5.5 マルメでの活動

### 5.5.1 マルメ市内視察

マルメ（Malmö）スウェーデン最南部のスコーネ地方にある都市。ストックホルムやヨーテボリに次いでスウェーデンでは3番目に多い人口（約28万人）を有するスカンジナビアの大都市の1つで、移民も多い。

スカンジナビアの街の中では最初に産業化が進んだが、脱工業化ではその適応に苦しんだ。デンマーク、コペンハーゲンと繋がるオーレンス大橋が建設されて以来、マルメは大きな変化を遂げた。マルメをコペンハーゲンの都市圏などと合わせて大都市圏の一部と見なす動きも生まれてきており、エーレスンド地域とも呼ばれている。

印象的な建物の開発や、新しいバイオテクノロジーやIT企業の誘致、マルメ大学の設立などが行われている一方で、市街には多くの歴史的な建物や公園があった。



現代的な建物(左)・近代的な建物(右)が混在

マルメ市は市民が主体となって持続可能なエコシティの実現を掲げている。世界的にも環境に配慮したサステナブルな都市としても注目を集めており、2007年には、アメリカの環境問題を取り扱うオンラインマガジン「Grist」誌が選ぶ「15のグリーンな都市」で第4位にランクイン、国連環境計画（UNEP）が支持する「生きがいのあるコミュニティ国際表彰（International Awards for Livable Communities）」のカテゴリーD（人口20万~75万）において、金賞を受賞している。

以下に述べる「5.5.2 オーグステンボリ屋上緑化」「5.5.3 ベストラハムネン地区」もその取り組みの一端である。また、2030年までに再生可能エネルギー100%利用を達成するために太陽エネルギー導入プロジェクト、「ソーラーシティ・マルメ」や熱供給パイプラインの積極的利用、天然ガスとバイオガスで走る豊富なバス路線の整備が行われている。バスに実際に乗ったが、本数も多く、まさに市民の足となっているように感じた。

### 5.5.2 オーグステンボリ環境共生地区

マルメ市にあるオーグステンボリ地区は1998年、環境面での持続可能性向上を目指し、EUによる経済支援、政府の地方投資プログラムによるサポートと、マルメ市と住宅金融会社「MKB」の財政援助を受け、エコ・シティ化が進められた。屋上緑化や洪水対策用水路、太陽光パネル、リサイクルシステムなど様々な取り組みが行われている中で最も力が入れられたのは、屋上緑化であり、面積は9500㎡とスカンジナビアで最大規模となっている。今回の見学では地区内にある屋上緑化研究所SGRIの職員の方に屋上緑化の説明とオーグステンボリ地区全体的な見学ツアーをして頂いた。



説明して頂いた Klara さんと一緒に

#### ①屋上緑化

屋上緑化とは建物の屋上のスペースに植物を置くことで、冷却、保水、耐火などの特長を付加する技術である。一概に緑化と言っても、植物の高さ、種類等により、**Extensive**（最も浅い土壌の上に主にセダムを植生する導入が容易なもの）**Semi-Intensive**、**Intensive**（土壌も比較的厚く、高さのある植物を用いる。冷却効果や、安らぎの場としての機能性は高いが、屋根に大きな荷重がかかるため導入のハードルは高

め）がある。この施設でも土壌の厚さ、種類、植物の種類等の条件を振り、緑化について研究を行っていた。



研究所の屋上を使っての実験

視察では、数多くの条件を見たが、まだ研究分野として浅い分野なのか、失敗例も数多くある様であった。



現在は数多くの植物、生育する条件がある中で導入するのに適している組み合わせを探するという、基礎段階の研究が中心であるように思えた。さらに、屋上の使い方として最近のトレンドとなっている太陽光発電パネルの設置と屋上緑化を組み合わせる実験も行われていた。競合する技術を対立させることなく、両者を組み合わせることで生み出される相乗効果の可能性

を探っていた。

一方で冷却効果や断熱効果があると解説を受けたが、メカニズムについての解説は一切無く、その効果に対する定量的な評価がしっかり行えているのかが不透明であった。現在、屋上緑化には都市の中の緑を増やすという、主に景観面において大きな役割を担っている。今後の更なる利用の拡大を狙うのであれば、屋上緑化による環境に対する効果を定量的に示し、コスト面とのバランスを取る必要が出てくるのではないだろうか。

## ②オーグステンボリ環境共生住宅

この地区は 1990 年代に洪水の被害や、住宅金融会社 MKB の住宅の手入れ不足などによって不人気になった土地であり、開発を行うにあたって、①数年に一度発生する大洪水の対策を施すこと、②屋上緑化を進めること、③持続可能性を重視した活動を行うことが重視された。洪水対策としては住宅地内にある広場を窪地にし、その側面に排水管を設置したり、水路を張り巡らすなどの工夫がなされていた。過去に大雨が降った際こういった仕組みがうまく機能し、洪水には至らなかったそうだ。



窪地に設置してある排水管

屋上緑化研究所で基礎研究が行われている屋上緑化もふんだんに取り入れられていた。先述したように効果に関して詳しいデータは取っていないようだが、豊富な緑は低層の住宅と相まって、住み心地の良い受環境を提供するのに一役を買っているように感じた。



緑化された低層住宅

地区内にはゴミ集積小屋が点在しており、細かな分別が行われていた。視察している際に実際に住民がやってきたが手慣れた様子で、分別を行っていた姿が印象的だった。



ゴミ集積小屋の内部

また、MKB によりマンションの開発も現在行われており、今後更なる環境共生を目指していくとのことであった。

### 5.5.3 ベストラハムネン地区

ベストラハムネンとは西の港という意味。もともとは造船所をはじめとする工業地帯であり、環境汚染が深刻な問題とされていた。しかし工場が移転し、2001年に開催された「ヨーロッパ住宅博覧会」をきっかけに未来型都市として同住宅地が建設され、最先端の環境技術を導入した現在の姿になった。地域で生み出した再生可能エネルギーの使用をコンセプトとしたエネルギーシステムを導入している。

さらに、産業都市から知識集約型都市へと変貌を遂げるにあたって、教育施設の充実や企業誘致、公園の整備など様々な施策が進められている。

今回は特に環境エネルギーの取り組みを進めている、Bo01地区を視察した。

Bo01地区はベストラハムネン地区のうち25haを占める沿岸部の区域を指す。

再開発は、

- ①地域のエネルギー需要を100%地域の自然エネルギーで供給
- ②低エネルギー建築
- ③将来の交通量と自動車への依存を最小化する地域計画
- ④自然植物の多様性を採用

をもとに進められた。

Bo01地区は、地域に存在する自然エネルギー資源を需要と供給の両面から最大限生かすようにコンセプトの柱を立て、さらに、そこに住む人々だけでなく、そこを訪れる人々も快適に過ごすことができるような地域社会を計画、実現している。



ランドマーク「ターニング・トルソ」(左)

現在は「ヨーロッパ住宅博覧会」が終わり、実際に住民が暮らしている為、上記した設計コンセプトを見学することはできなかったが、海が近いという立地を生かし、水の通り道と住宅との融合を積極的に行っていたのが印象的だった。



また、人が歩く、溜まるような空間が多かった。「人がいる」ということ自体が更に人を呼び込み、この地区がマルメ市内で市民にとって憩いの場となっているのだろう。中央駅からそれほど遠くない場所に立地していることも考慮に入れると、外部からの人を受容できるようにデザインされていることにも意味があるのではないかと。

## 6. 考察・感想

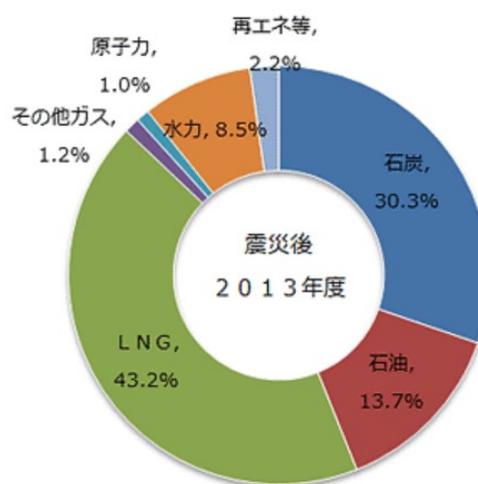
6.1 今井 暁久 (大学院 環境理工学創造専攻 修士1年)

### 市民参加型再生可能エネルギーの普及 ～日本のベストエネルギーミックスを目指して～

#### 日本の再生可能エネルギーの現状

今日、地球温暖化をはじめとする環境問題が世界的に深刻化してきている。18世紀の産業革命以降の化石燃料の大量消費が、大気中の温室効果ガス(二酸化炭素など)濃度の増加を引き起こし、今日見られる地球温暖化の原因となっているとの見方が一般的である。これを受け、世界各国では温室効果ガス排出削減に関する目標を打ち出しエネルギー政策に盛り込んでいる。例えば、デンマーク政府が2012年に発表した「2020年に向けたグリーンエネルギーの加速」では、2020年における温室効果ガス排出量を1990年比で34%削減し、最終エネルギー消費量の35%以上を再生可能エネルギーで賄うと宣言されている。特にヨーロッパ諸国では、化石燃料依存からの脱却を目指し、再生可能エネルギーの普及を推進していく政策が主流となっている。これは温室効果ガス排出量削減以外にも、国産エネルギーの割合を増加させることでエネルギー安全保障を確保する狙いもある。ともあれ、温室効果ガス排出削減の主要な施策として、再生可能エネルギーの普及は世界的なトレンドとなっている。世界でも有数の経済大国である日本は、同時に世界有数のエネルギー消費国家(世界第5位)でもあり、温室効果ガス排出への寄与も大きい。それゆえ日本が温室効果ガス削減に対する有効な施策を行うことは国際的にも強く求められてきている。

日本では2015年に温室効果ガス削減に向けた約束草案が発表され、2030年に2013年比で26%の温室効果ガスを削減し、それに伴い電源構成の約20%を再生可能エネルギー由来に転換することを目標としている。一方、現時点で再生可能エネルギー(水力除く)が日本の発電量に占める割合は約2%と非常に小さい。再生可能エネルギー技術は未だ開発段階にあり、従来型の火力・原子力発電に比べ電力生産コストが大きくなることが普及を遅らせる原因と言われているが果たしてそれだけだろうか。



2013年度の日本の電源構成  
(資源エネルギー庁 HP より)

### 現在の普及形態の問題点

高コストな再生可能エネルギーに経済的な競争力を持たせるため、2012年に日本でも固定価格買い取り制度（FIT）が導入された。FITのもと、再生可能エネルギーから生産された電力はすべて電力会社が一定価格で買い取ることを義務付けられ、再生可能エネルギー事業主（例えばソーラーパネルのオーナー）はその売電収入を得られる。この制度により日本でも再生可能エネルギー普及の兆しが見られたが同時に大きな問題も存在する。

FITのもと、再生可能エネルギー事業主たちは売電収入を得ることが出来る。一方この買い取り費用を負担するのは電力会社ではなく、一般の電力消費者たちである。賦課金（サーチャージ）という形で月々の電気料金に加算され、各消費者たちは買い取り費用を負担させられており、日本の電力市場が独占市場である以上、この費用は払わざるを得ないものとなっている。つまり再生可能エネルギーが普及すればするほど、消費者の負担が増えていくことが制度上規定されていると言える。



### FITの簡単な仕組み

（資源エネルギー庁 HP より）

また、今日の再生可能エネルギー導入は政府や企業主導のトップダウン方式で進められている傾向がある。前述のFITは、政府が再生可能エネルギー普及を推進するために策定した制度であるが、一般市民よりも企業や投資家が利益を得やすい優遇政策である一面を持つ。FITでは、一定価格で電力を売却できる期間が保証されており、太陽光発電を例にとると、一般家庭向けの小型のもの（出力10kW未満）で10年間、企業向けの大型のもの（出力10kW以上、メガソーラー発電所なども含まれる）で20年間と設定されている。10年間の売電収入から発電設備導入費を回収することは困難である一方、20年間であれば導入費を回収したうえで利益を上げることも可能である。こうした背景から、昨今、都市部の投資家や企業が郊外もしくは地方の空き地に大規模太陽光発電施設を建設するケースも増えている。

こうした政府・企業主導の導入により、数字上は再生可能エネルギーから生産される電力量が増加し、その普及が推進していると言えるかもしれない。しかし、再生可能エネルギーから生じる利益は一般市民に還元されないばかりか、このまま普及が進めば一般市民は投資家たちの搾取の対象になる可能性もある。本来、再生可能エネルギーは自然由来のものであるから、その所有権もその地域に居住する市民が持つべきである。こうした考え方はデンマークでは一般的で、陸上風力発電施設の建設の際はその所有権の何割かは地域の市民に充てるよう法律上規定されている。一方日本の場合、前述の大規模太陽光発電施設に見られるように、再

生可能エネルギーが外部からの投資対象となっており、市民と再生可能エネルギーの間に大きな溝が出来ているのが現実である。

以上の議論から日本において再生可能エネルギーの普及を持続的かつ健全に推進していくためには、ボトムアップ方式の導入を進めること、つまり市民の積極的な参加が必要になると考えられる。本レポートでは、市民の参加を促すための下地作りとしての環境教育、市民が再生可能エネルギーに投資し適切に利益が還元される仕組みについて考察する。さらには市民が再生可能エネルギーの開発にまで参加できる可能性もあることも示す。

### 環境教育

現在の日本は言わば再生可能エネルギーの黎明期にあると言え、そこから市民が経済的なメリットを得られる仕組みも十分整備されていない。従って、現時点で市民が行っていくべきは、来るべきとき（再生可能エネルギーへ投資できる環境が整ったとき）に備えて再生可能エネルギーへの理解を深め、そこへ投資することの意味を考えておくことである。

市民が投資に参加する際のモチベーションとして挙げられるのは、①売電収入という経済的メリット ②環境保全の意識 という二つが主である。元来、再生可能エネルギーは地球温暖化や資源の枯渇の問題を緩和するために提唱されたものであり、推進主体となるべき市民も、そうした環境保全のための投資をしているという意識を持つ必要があると考えられる。特に黎明期には再生可能エネルギーから経済的なメリットを得ることが難しいこともある。そうした状

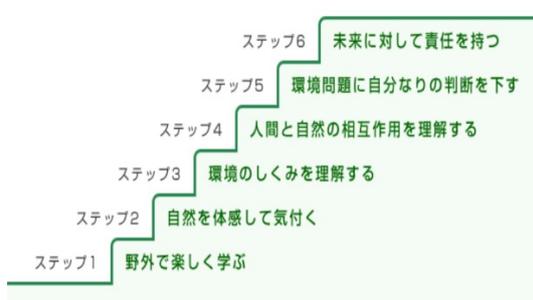
況で推進を行っていくために市民に求められるのは、地球環境が将来世代を含めた全人類の共通の財産であることを認識し、一時の不利益を顧みず、環境保全に対し献身的な姿勢をとることである。ドイツやデンマークでは電力市場が自由化され、市民は再生可能エネルギーから生産された電力を購入することができる。この電力は通常の電力よりも若干高額であるが利用者は多いそうである。彼らは現時点で経済的メリットが得られないことを承知の上で、将来への投資という観点で高い電気代を支払っており、前述の環境保全のための献身的な意識が両国で醸成されてきていることを示唆している。EU諸国は産業革命以降の著しい環境悪化（酸性雨など）を幾度と克服してきた背景もあるが、日本も同様に数多くの公害を経験し克服してきた。では日本とEU諸国において市民の環境への意識の違いはどこから生じているのか。一つには近年見られる子供たちに対する環境教育からだと考えられる。

環境教育には幾つかのステップがあるが、大まかに分けると

- ① 自然の中で遊び、慣れ親しみ、その仕組みを理解する
- ② 人間の活動が環境に与える影響を学ぶ
- ③ 環境保全のスタンスをとる
- ④ 実際に行動に移していく

となる。例えば、ドイツやデンマークでは近年「森の幼稚園」が流行しているそうである。「森の幼稚園」では、子供たちは自然の中で仲間と自由に遊び豊かな感性を育むと同時に、自然とのかかわりを経験として学ぶことが出来る。小学校に上がっても環境教育は続き、授業では、自分たちの使ってい

るエネルギー（電気や暖房）はどこからやってくるのか、それが環境にどのような影響を与えているのかなども学ぶ。こうした環境教育を経て、子供たちは環境に対して自分なりの考えを持ち判断を下せるようになる。大人になったころには、環境保全に対する意識を持ち、進んで行動に移すことが出来るようになっていく。



環境教育のステップ  
(FEE Japan HP より)

こうした環境教育は、子供たちだけでなく、その親の世代にも影響力を持っている。学校で環境について学んできた子供たちが家庭で親を「再教育」し、親も環境について考える良いきっかけが出来る。例えば、各自の家庭から出されるごみの量と処理方法について調査するという宿題が出されたとする。この宿題には親の手助けが必須となるが、宿題に取り組む中で、いかに自分たちがゴミを出している環境に負荷を与えているのかを、子供も親も学ぶことになる。

2011年の福島原発事故以来、日本人も環境やエネルギーに関心を持ちつつあるが、具体的に何から始めればよいのか、漠然としている市民が多数だと思われる。環境教育はそうした市民に対して、どのように行動すればよいのかという方向付けを行う意

味で重要ではないだろうか。

#### 市民への再生可能エネルギー利益還元

さて環境教育により市民の環境意識が高まってきたとする。実際に再生可能エネルギーの普及に貢献したいと思う市民も現れるだろう。普及のためには環境保全への献身的な姿勢が必要となることは述べたが、これだけでは経済的に持続可能とは言えない。市民のそうした姿勢に加え、市民が再生可能エネルギーに投資し利益が還元されるシステムも必要となる。例えばデンマークでは市民が所有する「市民風車」が多数存在する。研修で訪れたミドルグロン洋上風力発電所の様な大型施設であれば、協同組合形式で多数の市民が出資し売電収入は出資額に応じて還付される。ミドルグロンの案内をして頂いたハンス氏も、市民参加の重要性を強調していた。ロラン島などの一部の地域では個人が所有するケースも多数みられる。デンマークでは歴史的に協同組合の伝統があり設立が比較的容易なこと、新規参入を試みる市民に対して情報共有、コンサルタントを行う風力発電協会の存在が、風力発電への活発な市民参加の要因だと考えられる。



ミドルグロン洋上風力発電所

大型風力発電施設における市民参加の好例

日本における市民参加の例として挙げられるのは、家庭が設置する小型の太陽光発電であろう。ソーラーパネルの価格下落に伴い、導入に対する敷居も下がってきている。しかし現在の制度上、個人単位での売電収入から設備導入費を回収するのは困難であり、市民が経済的なメリットを必ずしも得られるとは限らない。市民が太陽光発電から経済的なメリットを得るとするならば、

①FITの制度を変更する

②市民が大規模な太陽光発電施設（メガソーラー）を所有する

という2つの方法が考えられる。①に関しては、現在の小型太陽光発電の電力調達期間を大型施設と同じ期間に伸ばすことが出来れば、市民は設備導入費を回収し、以降の売電収入を利益として受け取ることが出来る。②については、企業や資本家が主導となっているメガソーラープロジェクトに市民も参加（投資）することで、現行の制度でも市民は利益を確保できると考えられる。この場合、市民個人がメガソーラーを所有することは不可能であるため、協同組合を設立し共同で所有する、また企業とのタイアップ（企業側としては取り分が減ってしまうことになるが、社会貢献活動の一つとして捉えればデメリットだけではないはずである）等が具体的な方法となる。メガソーラーを建設できるのは地価の低い地方や郊外であり、そうした地域に住まう地方市民が主導となってプロジェクトが行われるのが理想である。しかし地方自治体や地方市民の財源は限られており、出資するうえで都市部市民や企業を巻き込むことが必要となる。重要なのは、地方市民、都市部市民、

企業いずれのステークホルダーもプロジェクトに参加し、その利益を適切に分配することである。現在の様に、都市部の資本家や企業が地方の自然資源（太陽光）を利用し、その利益を周辺に還元せず独占している状況は避けなければならない。

また、今後は太陽光発電だけでなく風力発電、バイオマスのエネルギー利用も盛んになると予測されるが、これらについても市民に利益を還元できる方策をとる必要がある。一般にこれらの施設を市民個人が所有することは困難であり、協同組合形式で所有するのが現実的である。再生可能エネルギーの普及が活発なロラン島では、風車だけでなくバイオマスを利用した地域暖房も協同組合が所有していることが多い。協同組合というシステムが定着していない日本では、その設立に対するハードルも高く、このハードルを如何に下げられるかが重要となる。幸いにも日本には日本風力発電協会、日本木質バイオマスエネルギー協会の様に、それぞれの再生可能エネルギーの専門家を擁した協会が多数存在し、事業化までのプロセスの説明、情報共有、相談も行っている。再生可能エネルギーへの市民参加を促すうえで、こうした協会の存在も欠かすことはできない。

### 市民参加型再生可能エネルギー開発

以上のプロセスを踏み、再生可能エネルギー事業における市民参加が活発化してきたとしよう。ここで述べる市民参加とは、再生可能エネルギーに市民が投資し一部を所有することで、そこから生じる利益が適切に還元されている状態を指す。再生可能エネルギーの利益を市民が享受できているという点では理想的な状態にあると言えるが、一度投資を行ってしまえばその後は自動的に利益が得られるため受動的な市民参加とも言える。市民の積極的な関わりが無いがために、長い年月が過ぎれば市民の再生可能エネルギーへの関心が薄れてしまう恐れもある。市民と再生可能エネルギーの関わりを持続的なものにするためには、積極的かつ継続的な市民参加が必要となるのではないか。そして、そうした市民参加の在り方の一つとして市民参加型再生可能エネルギー技術の導入と開発が提案できる。

一見すると技術導入に市民が参加できる余地など無いように思われる。しかし再生可能エネルギーの持つ様々な性質が、市民参加型導入を可能にすることは確かである。再生可能エネルギーは自然由来のものであるから、その土地、地域の自然状況に合わせた適切な技術を導入する必要がある。例えば、日射量、風況、植物の成長量や種類といった条件を加味し、太陽光か風力かバイオマスか、もしくはその組み合わせかと検討を進める。こうした導入方針の決定打となる自然条件は、もちろん事業主が入念に調査する必要があるが、その地域の市民が経験的に知っていることも多い。

こうした地域市民が持つ経験知は、技術導入のプロセスだけでなく、技術開発のプ

ロセスにおいても有用であると考えられる。企業は大本となる技術は持っているが、そのままの形で地域に適合するとは限らず、地域の自然条件などに応じて調整が必要となる可能性もある。ロラン島の Agro-tech A/S は地域の市民（農家）が利益を享受できることを念頭にバイオマス技術の開発を行っていた。市民との対話から、その地域に適合した技術の開発につながり、企業側にはノウハウとして蓄積される。そのノウハウは今後、別の地域で技術導入を行う際に大きな指標となりうる。再生可能エネルギーという産業を通して、企業と市民の間に Win-Win の関係を構築しようとする好例である。

以上のように再生可能エネルギー開発事業の成否を握るのは、事業主・企業と市民との対話、理解、良好な関係であると考えられ、双方の積極的な歩み寄りが重要となる。

### まとめ

- ・日本における再生可能エネルギー普及推進のためには、政府や企業、投資家主体のトップダウン方式から、市民や自治体主体のボトムアップ方式に転換する必要がある。
- ・市民参加を促すためには環境意識の醸成が必要であり、環境教育は有効である。
- ・市民参加の一つの方法として再生可能エネルギーへの投資が挙げられる。協同組合制などを導入し、利益が適切に還元される仕組みを整備することが必要である。
- ・再生可能エネルギーの導入や開発においても市民が果たす役割は大きい。市民と事業主・企業との対話、お互いの理解、良好な関係が重要である。

## 感想

私は現在、東京工業大学大学院において、再生可能エネルギー、特にバイオマスのエネルギー変換技術についての研究を行っている。将来的には、何らかの形で日本における再生可能エネルギーの普及を担っていきたいと考えている。今回の研修では環境先進国と呼ばれるドイツ・デンマークにおいて、再生可能エネルギーの技術開発というよりは、その普及の背景にある社会体制や思想、国民性などを理解し、日本における再生可能エネルギー普及を実現するための手がかりを得ることを目的とした。

両国を訪れて強く感じたのは、人々が余裕をもって暮らしていたことだ。平日の昼間からカフェのテラスでビールを飲む夫婦、広場で談笑する若者たち、みな思い思いの時間を過ごし自分の時間を大切にしているようであった。デンマークでは一週間の労働時間が厳しく規定されており残業も無いそうである。仕事に追われることなく余裕をもって暮らしているからこそ、余暇を使って自分の身の回りのこと（例えば環境問題や政治）についてじっくり考え、仲間と議論することが出来るのではないかと、という話もメンバーとの議論の中であった。この余裕がデンマーク国民の高い環境意識、政治意識に表れているのだと考える。日本では環境や政治に対して人々の関心が薄いとよく指摘されているが、彼らは本当に環境や政治に興味が無いのだろうか。実際は、

日々の仕事に追われ、それらの話題についてじっくり考えるための時間が確保できないからではないだろうか。まずは生活の中に余裕を持つことが、国民の間に環境意識や政治意識を醸成するのに必要だと感じられる。私自身も勉学や研究に追われることが多いが、意識的に余暇の時間を作り、身の回りのことについて思索する時間を設けようと思う。

また、参加したメンバーは専門も学年もバラバラな4人であったが、それゆえに有意義な時間を過ごすことが出来たように思う。専門が異なると同じものでも異なった視点で観察しており、研修中の議論では自分が一切考えもしなかった見解が飛び出したりと刺激的で、自身の視野を広げるよい機会となった。特にメンバーとの議論で印象的だったのは、文理融合のトピックである。今回の研修は、技術が社会でどのように運用されているかに重きを置いていた。技術が社会に受け入れられるためには、エンジニア側は考えや思想を使う側（一般市民）に押し付けてはだめで、相手が本当に求めているものを理解しなければならない。そのため的手段として、エンジニアと一般市民との対話が非常に重要であることを感じた。今後のエンジニア（私自身も）は専門性を追求してだけでなく、社会的な素養も身につける、いわば文理融合の精神を持つことも求められるのではないだろうか。

## 6.2 土屋 春樹 (大学院 電子物理工学専攻 修士1年)

2011年、東京電力福島第一原発で発生した事故を受けて、国内の原発は次々に運転を停止した。2011年といえば私が大学に入学した年であり、震災の直後「節電」という言葉が叫ばれる中で新しい生活が始まったことは今でも記憶に新しい。そして2年後の2013年にはすべての原子力発電所が運転を停止したのである。当時の電力不足は節電や、計画停電によって乗り切ったが、将来的には不足する電力を補う電力源が必要になってくる。2015年経済産業省は、電源構成についての2030年の望ましい電源構成(ベストミックス)案を発表した。この発表によると、現在停止中の原子力発電所を再稼働させその比率を20~22%程度にし、2015年現在10%程度の再生可能エネルギーも21%まで増やすという。しかしこの案には、原子力発電を再稼働させる事に対する懸念も大きく、再生可能エネルギー、特に新たなエネルギーとして有望である太陽光や風力発電の導入可能性についても疑問が残る。電力源に対する議論が起こる一方、電力業界では2016年から電力自由化が始まり、大きな変化の時期を迎えつつある。そこで私は電気電子工学を学ぶ学生として再生可能エネルギー先進国であり脱原発に向けた政策を行っているドイツ、そして原子力を全く使用していないデンマークを訪問し、新たなエネルギー技術とそれにまつわる政策、また国民がそれをどの様に認知しているのか視察し、日本への応用可能性について学ぼうと思った。以下にこの研修の中で特に印象的だったことについて述べ、考察する。

### 1) 風力発電技術と技術者の育成

フラウンホーファーIWESでは、ブレードのデザインに対して実証試験を通した安全認証を行ったり、今まで注目されてこなかった方法で設計に関する新たな国際標準を発行したりすることで社会に貢献していた。認証試験には莫大な費用と時間が掛かるのにも関わらず、実験場では企業から依頼されたブレードが次々に運び込まれ試験が行われ、また試験場周辺には数多くの風力発電設備工場があり、IWESと提携することで効率のよい設計、制作プロセスを作り上げていた。IWESでは年間150億円弱の予算がありその約1/3は技術貢献による企業からの寄付で成り立っている。つまり欧州圏にて風力は産業の軸として地域に雇用を生み出しながら高レベルの開発が行われているのである。また、欧州では技術の開発に留まらず、需要が増加する風力発電設備の技術者の育成にも積極的だった。IWESでも研究を通した人材育成を行っていたが、特にデンマークのロラン島では世界初の風車の保守管理技術者の養成学校を公営で開校している。この学校は世界中から人材を受け入れており、適切なコースを終了することで国家資格を付与し、プロフェッショナルとなる人材の排出を行っているそうである。欧州では、私企業、研究機関、公共機関が技術と人材という両面から風力発電という産業を拡大することで再生可能エネルギーを推進する基礎が確立されているようだ。

## 2) 市民への再生可能エネルギー教育

デンマークの教育課程では小さい頃からエネルギー等の資源がどこから来て、どの様に届けられるのかストーリー形式で学ぶことができる。それぞれの成り立ちを熟知した上で考えるので、デンマークの大人は環境問題に対して自分たちの意見を強く持つことができている。加えて、デンマーク国民の間には国民が直面している問題は、協同組合を立ち上げ自分たちで解決するという文化が根づいており、その結果としてロラン島では市民が自分の出資で風車を建てはじめ、コペンハーゲン沖には共同組合が半分を出資する形で当時世界最大となるミドルグロン洋上風力発電所の建設に漕ぎ着けている。この発電所の建設においても、市民の間には景観や、漁業、騒音面での問題について市民が納得できるまで徹底的な議論が為されたという。デンマークでは幼少期からの環境教育と問題解決意識の風土により、市民は国が行うプロジェクトに対しても高い関心を持ち、納得がいくまで関わっていくことができるのである。

ここで今回特に学ぶ機会が多かった風力発電について、欧州での視察を踏まえて、日本での適用可能性について考察する。そもそも、埋蔵資源の少ない日本は原子力以外にも石油・石炭等の燃料を輸入することでエネルギーを得ており、日本のエネルギー自給率は近年でも5%程度である。今後加速する国際的なエネルギー需要の高まりを踏まえると、国内産の安定した電力源に対する需要は大きい。また、新たに風力発電産業が発達することは、資源を持たない日本の収入源や雇用創出にも繋がる。事実国内に

も良質な風車を製造している企業は既に存在する。(2014年国内の設備の約3割が国産機)一方、日本での市民参加の現状はどうだろうか。現在日本では僅かではあるものの、デンマークで見られる様な市民出資による風車を建てる動きが始まっている。NPO法人である北海道グリーンファンドでは1000人規模の会員を持ち、再生可能エネルギーの啓発活動や市民出資の風力発電施設の設置を行っている。2001年には日本初の市民出資による風車の建設に成功しており、現在までに13機もの市民出資による風車を建設している。少しずつではあるが風力エネルギーに対して市民が関わる事業が起こっているのである。しかし、現在風車の建設へのハードルが高いのも事実である。2010年までは風車を建設する際には国から初期投資額の1/3~1/2程度の補助金を受けられたが、現在では風力発電電力の買取価格固定化が行われ、補助金は廃止されてしまった。現在風車を建てるとなると投資者が3割程度を出資し、残りは銀行から融資を受けるのが現実的である。しかしこの融資の判定は財務の計画や、事業者の運営能力によって判断されるため事業経験のない一般市民にとっては非常に難しいことである。風力発電設備を市民で設置するための要素を技術、市民の意思・知識、資金・法令整備という3つの要素に簡略化して考えると、おそらく技術面では国産でも十分な性能の風車を作ることはできるだろう。そこで必要になってくることは、市民団体でも参加が行い易い制度の整備である。ただし、民間の銀行の投資の基準を緩和することは難しいと考えられるため、市民のプロジェクトの成功可能性を高める事が必要である。

具体的には、気候の予測やメンテナンスコストの低減等の技術面の進化から生まれる収益性の向上や、市民主体プロジェクトに対しプロによる助言や評価を行うことで信頼性を向上する等である。そしてその上で最も必要となるのが、市民の教育である。先に述べた NPO 法人による民間風車の建設は進んでいるものの、それらの活動を支えているのは、特にエネルギーに関心の高い一部の人たちである。(この団体はとある生活共同組合から立ち上がっている) 日本でのこのような取り組みは限定されたコミュニティの中で行われているが、大人になってからこれらの事柄に興味を持ち参加する人の数には限度があるだろう。そこで長期的な投資にはなるものの小学校や中学校の段階で、自分たちの生活がどのような資源の元で成り立っているのか、社会的に巻き起こっている問題は何なのかについて学び、将来的に問題を発見し解決する意思の強い世代を作る環境が必要である。とは言うものの大きな教育改革を期待するのではなく、私達の様な理工系人材が社会に出た時に、自分たちが取り組んでいる仕事、問題について子供の世代に語ることから始めるべきなのかもしれない。

## 感想

私が EPATS ヨーロッパコースの研修を通して何より良かったと思う事は、人に恵まれたことである。この研修で僕が関わった人は主に一緒に研修を行った東工大の学生と研修先で案内をして下さった専門職の方々だ。毎日の視察が終わると、楽しみのお食事に行く前に必ずその日の考察をそれぞれの学生の視点でまとめ上げ、その内容を元

に 1 時間強のディスカッションを行っていた。ヨーロッパコースの参加者は理工系の学生と言えど、電子系を専攻する私の他に、今回のテーマでもある環境について学ぶ院生、専攻もまだ浅い学部 2 年生、社会工学を学ぶ学部 3 年とバラバラであった。それゆえに個々の視点、考え方が驚くほど異なり最初はどこから相手の分野の話に入っていけばいいのか分からず黙ってしまったが、慣れてくるとそれぞれの視点を踏まえた上で新しい結論を導くこともできた。個人的には、異分野間でしっかりと議論するという体験は始めであり非常に話し甲斐のある時間だった。

また今回の研修を通して主に理工系の専門職の方々にお会いした。特に IWES の職員の方々や IBA を案内して下さったエルファディングさん、ミドルグロン洋上風力発電パークを案内して下さったハンスさんは博士課程を取得されており、自分の分野には特に精通している上で、仕事をする上で必要な分野の知識も豊富だと感じた。そして彼らは自分たちの興味がある分野、スキルを活かせるキャリアを見つけ、柔軟に働いている姿が印象的であった。

今回の研修で私が主に学んだ再生可能エネルギーというテーマは、私の専門である半導体分野とは関連はあるものの、研究だけを行う上では知る必要の薄い分野であったように思える。しかし、研修中のディスカッションではエネルギーという分野に対して電気を学ぶ立場だからこそ持てる意見があり、また全く異なる社会工学や環境の面から学ぶべき観点も多かった。私は今まで自身の専門を深める努力は行ってきたが、自分の専門分野という立場で他の分野に交

流する経験が無く、今回の研修でその難しさと必要性に気がつけたことが大きな収穫である。これから大学院で学ぶ上では、この視点を忘れずに研究を続けて行きたいと思

うし、専門性の深さ、そしてそれを活かしたキャリアの選択という意味では研修で知った方々の考え方は大いに参考になるだろう。

### 6.3 矢作 理歩 (工学部 社会工学科 3年)

今回のプログラム参加に際し、私は自らのテーマを「環境エネルギー技術 市民生活への還元プロセスとその後の実態にせまる」と題し、環境先進国と呼ばれる地域でいかにして技術導入が進められ、それが市民生活に浸透しているかという部分に着目した。地球温暖化問題など、地球規模での環境問題が大きく取り上げられる現代。そんな現代社会においてエネルギーは生活を営んでいく上で必要不可欠な要素であり、エネルギー利用という点から環境問題に取り組んでいくことの重要性は今後さらに強まっていくだろう。

今回の視察で訪れた場所が環境先進国、または環境先進地域と世界的に言われる要因は以下の3点にまとめられると考えた。

- ①行政の規模・権限と人材
- ②市民生活と環境問題との密着
- ③空間としての具現化

#### ①行政の規模と人材

デンマークの行政区画は国、レギオン(広域自治体、5つ)、コムーネ(基礎自治体、98つ)の3つで、課税権を認められていないレギオン以外の2つが行政権限をほぼ握っており、日本と比べると基礎自治体と呼ばれるコムーネに与えられる権限が非常に強い。それ故、市民により近く、声を聞きながら行政を執り行うことが出来るのみならず、大胆な舵取りが可能となる。今回訪れたロラン島はその最たる例であろう。前述の訪問先概要であったように、基幹産業の衰退により活気を失っていたロラン島は1998年に大規模な自治体改革に乗り出し、

島に活気を取り戻すと共に、環境に優しい生活を実現させた。規模が小さい上に、行政上大きな権限を与えられていたロラン島の改革が、同じことを日本で仮にやろうとした場合よりもスムーズであったことは想像に難くない。上位組織の認可を待つことなく、タイムリーに政策を実施できるからだ。また、ロラン島の活気を取り戻したプロセスにおいて数名のキーパーソンの存在がいたことも無視できない。大きな変革を生むとき、独裁であることは好ましくないが、確固たる信念のもとに、自治体の未来を考えそれを実行し、周りを巻き込んでいける人物の存在は重要である。日本においては一極集中、もしくは都市圏への人口流出の問題が昔から取り上げられているが、この問題は同時に、人材の流出という問題点も抱えている。1980年代末のロラン島と同じように基幹産業の停滞と共に町全体が衰退気味になっている地方都市は多い。それらの地方都市の活気を取り戻すためには、行政制度や権限の見直しと共に、人材育成という面も必要になってくるのではないだろうか。

#### ②市民生活と環境問題との密着

行政がスムーズに動け、引っ張っていく人物が環境共生への道標を示しても、市民・民間の意識が環境に向いていなかったらその効果を最大にすることはできない。2016年から日本も電力自由化が始まるが、いったいどの程度の人がこの問題に関心を持ち、コスト的な問題だけではなく、環境を考慮した上で、自らの電力を選ぶようになるだろうか。ドイツ・デンマークでは日常の会話

の中で電力についてなど、環境問題に関する話題が上がるという。この土台には環境教育の充実が大きく影響しているだろう。REFA の施設には子供でも理解しやすいように絵での説明を多く取り入れているパンフレットが用意してあった。さらに、こういった環境問題への取り組みと生活が密着しているということが、その後の環境意識の継続性に繋がっているのではないだろうか。たとえば、ロラン島のリサイクルセンター。自らで回収場まで行くことで、ごみを捨てるのではなく、リサイクルするのが当然という意識が根付くだろう。この継続性は簡単に築けるものではないが、リサイクルセンターにあった物々交換のための掲示板のように、生活に根付くように工夫をすることは十分できるだろう。地域コミュニティまでも包括したシステム設計を行うことで、自分にとって必要でやりたいからやっている行為がまわりまわって、環境問題に取り組んでいる結果になっている。

市民の環境意識を高めていくという面で、今後環境教育は日本でもかなり重要になっていくだろう。一方で、教育によって子供たちに環境意識を根付かせることが出来ても、大人の環境意識を変えていくことはなかなか難しい。喫緊の課題として立ちはだかる環境問題に関して取り組むためには、大人の行動がかなり大きな影響力を持つてくると思う。そういった日本の現状において必要なのは、先に挙げた、物々交換の掲示板のように「環境にいいからわざわざやっている」のではなく、「自分がやりたいと思っ

てることが出来れば、持続可能性をもたらすことが出来るだろう。

### ③空間としての具現化

さて、先に述べた持続可能性をもたらす、環境問題に対する取り組みと日常生活が相互に依存している状態（＝以下、「環境共生型システム」ということとする。）へのアプローチとして、「空間」という要素に言及していきたい。今回の視察を通して、訪れた環境先進国、環境先進地域がこう呼ばれる所以は、環境共生システムが生活空間として目に見える形で実現していることにあると感じた。研究施設や民間企業での技術開発がこれを下支えしていることは言うまでもないが、技術がただ存在するのではなく、適切に利用されているということ、このことが非常に重要であると思った。

SGRI・オーグステンボリ環境共生住宅を視察した日の夜のミーティングで「屋上緑化は景観的な要素が強く、効果・効率という面では環境問題に対して大きなインパクトをもたらすことが出来ないのではないか」という議論がなされた。確かにお金がかかる一方で効果は薄いのでは継続性という意味で、その技術は危うく、技術を極めていくという観点においては、切り捨てられる技術なのかもしれない。しかし、あの住宅地で子供たちが緑に囲まれ楽しそうに過ごしていた姿や、老人がベンチに座って日向ぼっこをしていた姿が私の目に焼き付いている。それぞれの視察地で見たのは、単に最先端技術を導入しているわけではなく、少しレベルを落としたとしても、技術が人から離れていないそんな空間だったように思う。

だからこそ、技術的な最先端性を求めるといふ側面では思い描いていたものとの違和感、若干の失望感を感じることもあった。しかし環境問題に取り組むのは人であり、環境技術は人々に利用され、信頼されることで技術たるものになる。

環境共生型システムの設計のためには、単に最先端を求めるだけでなく、使い勝手も良さも考慮に入れるなど、技術が人から離れないこと、また、環境教育や生活への積極的導入など人が技術から離れないことの2点がキーポイントを握る。そしてその結果が空間として現れるのではないだろうかと思った。

現在の日本では後者の要素が不足しているように感じられる。それにはヨーロッパとの国民性の違いや、教育の充実度など様々な問題があるし、一概にヨーロッパ型がいいとは言えないだろう。しかし、環境問題は待ったなしの課題であり、素早い対応が求められている。ヨーロッパの事例はあくまでも参考にしつつ、日本にあった形での環境に対する取り組みを、国、地方、企業、市民、社会を構成するそれぞれのプレーヤーがそれぞれの規模にあったレベルで考えていかなければならない。大学で学んでいる私にできることは、まずは日本の現状と各国の事例を知ること、その上で、専門的な知見と市民側の感覚の両方を持ち、日本における環境共生システム設計の一手を担うことだと強く感じた。

## 感想

今回ヨーロッパを視察するという大変貴重な機会を頂いた。ヨーロッパの地に初めて降り立った私にとって、歩んできた歴史も風土も違うこの地での2週間は、研修という面でも、旅という面でも毎日が新鮮であった。様々な研究施設や再開発地区を回って現地の方から説明をして頂き、技術的なことはもちろん、各国の国民性や日常生活への意識など、本当に様々なことを学んだ。専門性という面では自らの知識が足りずに歯がゆい思いもしたが、その場所に行き、技術や空間も体感することが出来たという部分は大きい。

また、今回研修仲間にも非常に恵まれた。学年も違えば、専門も違う4人。もちろん一つも事象を見ていると捉え方が様々で、ミーティングの度に新たな気づきをもたらしていた。自分が知っていること、考えていることを真正面からぶつけて、時には跳ね返ってきたり、時には新しい考えへと昇華することが出来たり、逆に、自分の知らなかった分野への一歩を誘ってもらったり…。EPATS という団体だからこそ集まった人たちと実り多き2週間を過ごせた。

今回の研修を通して得た、知識や体験がすぐに直接的に何かに繋がれば、それが一番いいのかもしれないが、そう簡単にはいかなさそうだ。しかし、近い将来、意識していないふとした瞬間にこの貴重な体験が自分の専門性と繋がり、土台の一部となることだろう。この経験を無駄にしないように、都市という様々な要素が集積している対象物を扱う者として、視野を狭めることなく、自分の専門分野を深めていきたいと思う。

## 6.4 加藤 真悟 (工学部 電気電子工学科 2年)

今回訪れた都市、地域は再生可能エネルギーの利用において先進的な取り組みをしているという共通点を持つ一方で、その背景やそれに伴う利用方法などは様々である。これらの見学を通して、日本がこれから再生可能エネルギーの利用を進めていこうとする場合に問題となりうる点が見えてきた。それを国、地方自治体、地元住民という三者の、それぞれの動き及び相互関係という観点から考察する。

### ①自治体の自由度・積極性と国

日本においても小規模でのエネルギー利用に関する実験的取り組みは、各地の自治体で風車や太陽光パネルの設置などに見られる。しかし街一つという規模で、総合的なシステムとして運用する取り組みはほとんど行われていない。一方で今回訪れた都市、特にハンブルクはこの動きが盛んであった。

ハンブルクはひとつの州都として政治的に大きな裁量を持っており、住宅や施設を立てる上でその地区で適用される建築規制について迅速かつ独自に決定できることは、IBA やハーフェンシティといった大規模社会実験を兼ねたプロジェクトの実行に非常に大きな効果を持っている。このように国よりも小規模である組織が主導することで決断・実行を素早くしているほか、そのレスポンスとしての住民の意見も取り入れやすいため、試験と応用を効率よく繰り返している。残念ながら日本の自治体はこうした大きな権限を持つことはあまりなく、何かスケールの大きいことをしようとした際に一度国を通さなければならないことが多い。つまり、大規模開発において“国”という壁

が存在しているのである。

また予算に関しても、市や EU が民間事業に多額の投資をして街の開発を行うことが長期的な目線も持った自由な発想を実現する推進力となっている。資金的な補助が不足していると言われる日本においては、ビジネスとして短いスパンで成果が期待される取り組みが中心になりがちである。このために街規模での実証実験はあまり見受けられずに技術が先行しているという状況ができていないのだろうか。

ただしこの点についてはハンブルクの取り組みについて疑問が残る点もある。現状では市や EU からの大きな支援があって大規模なプロジェクトが可能となっているわけだが、問題はその支援がなくなった場合に独立して運用できるのかである。特に IBA のエネルギー貯蔵庫などはその傾向が顕著で、住民の負担を軽減すべく資金源の半分をプロジェクトへの支援金で賄っているという。このままでは資金の豊富な場所にしか応用できず、一点物の開発になる可能性を秘めているように思えた。

逆に日本は限られた予算の中で成果を出すというコストマネジメントには長けていると言える。日本が国としてエネルギー問題を解決していこうとするならば、この長所を生かしつつ各技術を全体のシステムに組み込んでいく必要がある。そのためには日本の仕組み上、実証実験の場所や予算の都合で国の協力が不可欠である。近年は震災に伴う電力の不安定化によりスマートグリッドという概念が注目され始めているほか、電力自由化という具体的な動きも始ま

っており国がこの分野に関して積極的になり始めている。今後はこの動きが加速し、研究施設や自治体がボトムアップの姿勢で動こうとした際に彼らがやりたいことを自由にさせてあげられる体制が出来上がっていくことが要求される。

## ②住民の意識

今度はトップではなく、その根本に存在する住民の意識という観点から考える。訪問した都市の住民に特徴的だと感じたのは”環境によいこと”をすることに対して、一定の価値を認めている点である。電力自由化が実現しているドイツでは住民がどの電力会社と契約するか（どのエネルギー源を使うか）を自分で選択できるようになっている。実際はどこと契約してもスマートグリッドによる同一の供給システムから電気が送られてくるわけだが、たとえ再生可能エネルギーを利用している会社の方がそうでないものより価格が高くとも前者を選択する人は少なくないという。つまり、その余剰分のコストが再生可能エネルギーを利用すること自体に見合うと判断されているといえる。現在の日本ではまだ電力の自由化がなされていないため住民は固定された会社のプランを利用しており、電気を買うことに対して高いか安いかわという金銭的価値観しか持っていない人が多い。2016年4月より自由化がなされるが、仮に再生可能エネルギーの利用を推す電力会社が火力発電の会社よりも高い価格を提示した場合、前者を選択しようという動きは少ないことが予想される。一般的に再生可能エネルギーによる電気は賦課金などにより価格が高くなるため、電力が自由化されても購入する人がいないのでは新たなエネルギーを利用

していく動きは加速しないだろう。

この点に関して、訪問した各都市では環境意識の醸成を助けていると考えられる要素に着目した。

ハンブルクのハーフェンシティでは市民が自分たちで自由に建物を建設・管理してよいコーオペレーティブハウスという考え方が普及し始めている。これには地区が定める、環境やまちづくりに関する基準を満たさなければならないというハードルが存在する。完成した時には理想の家という住民の利益と、環境に配慮したまちづくりの基準が達成されるが、その過程には住民に環境について意識させる仕組みが組み込まれているのである。

また今回訪問した施設のほとんどに共通している点としていずれも「環境」「自然エネルギー」といったキーワードを掲げ、世界的に話題になっているということがある。この話題性という観点から見ると、表向きの効果ばかりに目がいて大局的に見れば実は悪影響を持っている、という可能性はある。つまりエネルギー問題の解決のための手段であるはずの取り組みが、話題性のためにそれを達成すること自体が目的になってしまいかねないということである。実際、ドイツで再生可能エネルギー利用を推進する際不安定な電力を補うため火力発電所を余分に稼働させ、結果的にそれ以前より二酸化炭素の排出量が上がったという事例もある。しかし目新しいプロジェクトが動くことで環境に配慮した取り組みが行われると同時に、各地域の住民に地元の変化とともに自然と当事者としての自覚を与える環境が構築されることも事実である。

日本でも、特に震災後は「環境」「自然エ

エネルギー」という言葉があらゆるキャンペーンで用いられ、国民の関心は一見高まりつつある。しかし一人一人が当事者意識を持つためには言葉を並べるだけではなく、住民参加型、あるいは住民の日常に変化を与えるような取り組みが増えていく必要がある。本来それをスムーズに実行しうるのは住民との距離が近い自治体であり、こうした各地方発のボトムアップ型の開発案が活発化することが結果的に国全体としてエネルギー問題に取り組んでいくことにも繋がっていくだろう。

#### 感想

今回私が大きな目的として掲げたのは、技術開発とその応用において重要なことはなにかを探ることである。近年、特に日本では震災による原発停止の影響から関心が高まっている自然エネルギーという分野において先進的な取り組みを行うヨーロッパの各地方に赴き、その開発の原動力はなにかに着目して研修を行った。

お会いした技術者・研究者に共通して印象に残ったのは、研究を進めるにあたり、その技術は誰にとってどのような利益となるのか？という視点を持ち続けていることであつた。これはヨーロッパの労働環境が日本より精神的・時間的に余裕があることも

影響しているかもしれないが、彼らは自分の研究以外の社会の状況にも広く目を向けることができている。そしてその視野でもって自分の研究はどのような人・社会に使ってもらえるのか、そこに導入するために必要なことは何か、ということそれぞれで考えているのである。

また、研究を柔軟に行うこととは対照的に社会への働きかけも重要であると感じた。ヨーロッパの環境都市においては自然エネルギーを使うこと自体が家庭としての一層のステータスであるとする価値観が存在する。研究の実用化において大きな障害はコストであるが、ここでは技術そのものにコストにつりあう価値を根付かせているのである。そしてそれは決して政府の働きだけではなく、各施設のイベント等による地道で活発な取り組みの成果でもあると思えた。

研修を通して学んだのは、研究の可能性を限定せず新しい価値を常に模索していくことの重要性である。また今回異文化の地で異分野のメンバーと討論するという経験を通して、周りの価値観を受け止めることで見出されうる“新しい価値”の可能性は大幅に広がることも実感した。今後は周囲へのアンテナを広く持ち、柔軟な思考ができるよう心がけていこうと思う。

## 7.コース全体の総括

本研修の目的は、環境先進国と言われるドイツ・デンマークへの渡航を通して環境・エネルギーというテーマの下、他分野の学生同士がそれぞれの学習目標を設定し、視察を通して多角的な視点から環境・エネルギーについて捉え、持続可能なエネルギー政策を行う社会について考えること、そしてその考察を自身の専門分野の学習に活かしていくことであった。

今回の研修で訪れた施設はそれぞれの学生の意図があり選択した場所で、自分の専攻と関係性が薄い訪問先もあったが、7回程の輪行形式の事前学習会を行い基礎的な知識を得る中でそれぞれのテーマとの関わりを学ぶことができた。

渡航中には事前学習と各々のテーマを元に視察を行い、各施設の視察後にはそれぞれの観点での考察をまとめ、その後全員で考察の共有・ディスカッションの時間を設けることを日課にしていた。今回の研修に参加したメンバーはそれぞれ、環境というマクロな視点でエネルギー技術を捉える視点（今井）、電気工学のバックグラウンドからミクロな視点で技術を捉える視点（土屋）、社会工学の立場から技術に留まらず技術と人や人の居る空間を捉える視点（矢作）、学部2年であり専門性に捕らわれていない視点（加藤）を持っていた。それぞれの視点のみで環境・エネルギーについて考察する際には、自分が精通しているテーマゆえに洞察がしやすい一方で、他の視点から見た時には不完全な部分や論点を含んでいた。ディスカッションではこれらの欠点を発見し、修正することができた。そして本研修のディスカッションの最後には、持続可能なエネルギーを社会に広めるためには、エネルギー技術の開発を進展させること、市民が環境意識を持つこと、そしてそれらの技術が都市の環境に適切に融合できること、これらの要素が出揃う必要があるという結論が導き出された。おそらくこの複合要素的な結論は、各々のメンバーの研究テーマ、又は専門分野のみを突き詰めていくだけでは得られない多角的なものである。その点、事前学習、渡航、ディスカッションを通してこの多角的な視点を獲得することができたことは、EPATS1 期ヨーロッパコースの大きな収穫と言える。

また本研修を通してお会いした第一線で活躍する様々な方は、非常に高い問題意識を持ち、それぞれの問題意識を元に活動し、働いていらっしやう。普段は大学内で学業を主に行う学生の立場からすると、研修で得られた視点に加えて、その視点を活かして社会に貢献する方法を知れたことは今後研究活動や、キャリアを決める上でも非常に有益な経験だったと言える。