

令和3年度「新エネルギー等の導入促進のための広報等事業委託費における  
再エネ導入・運転人材育成支援事業  
(木質バイオマス発電における人材育成)」  
報告書

2022年2月

一般社団法人 日本木質バイオマスエネルギー協会

## 目次

I. 本調査の概要 .....	1
1. 本事業の目的 .....	1
1.1. 目的 .....	1
2. 実施概要 .....	2
2.1. 人材育成等に向けた課題把握調査 .....	2
2.1.1. 発電所事例調査(ヒアリング) .....	2
2.1.2. 技術的課題等に関する調査(文献調査・ヒアリング調査) .....	3
2.2. 検討委員会の設置 .....	3
2.2.1. 検討委員会の開催状況 .....	3
2.2.2. 検討委員会名簿 .....	4
2.3. 人材育成研修テキストの作成 .....	4
2.3.1. テキストの概要 .....	4
2.4. 研修カリキュラム案の作成 .....	6
2.5. 模擬研修会の実施 .....	6
3. 事業実施期間 .....	7
II. 調査報告 .....	8
1. 木質バイオマス発電の現状と技術的課題 .....	8
1.1. 木質バイオマス発電の設備利用率 .....	8
1.1.1. 木質バイオマス発電所の設備利用率の現状 .....	8
1.1.2. 設備利用率に対する問題意識 .....	9
1.1.3. 設備利用率と発電原価の関係 .....	10
2. 木質バイオマス発電所人材育成のあり方 .....	12
2.1. 発電所人材育成の状況 .....	12
2.1.1. 発電所運営に必要な主要な資格 .....	12
2.1.2. ボイラー・タービン主任技術者 .....	12
2.1.3. 電気主任技術者 .....	14
2.1.4. 有資格者の確保という課題 .....	15
2.2. 技術者育成の取組事例 .....	16
2.2.1. 電気学会報告書「安全・安心社会の電気エネルギーセキュリティ」 .....	16
2.2.2. 大規模発電事業者 .....	17
2.2.3. 火力原子力発電技術協会 .....	18
2.2.4. 関東 BT 会 .....	19
2.3. 模擬研修会アンケート結果にみる人材育成の方向性 .....	20
2.3.1. アンケートの概要 .....	20

2.3.2. アンケート結果.....	21
2.3.3. 模擬研修会アンケート結果全体の考察 .....	26
2.4. 木質バイオマス発電における技術的課題 .....	27
2.4.1. 木質バイオマス発電所におけるトラブル事例 .....	27
2.4.2. 木質バイオマス発電所の技術課題に対するプラントメーカーの対応 .....	34
2.4.3. 発電所の安定稼働とプラントメーカーの役割 .....	36
3. 木質バイオマス発電所の運営に関する実務的情報.....	37
3.1. 発電所へのヒアリング調査結果 .....	37
3.2. ヒアリング項目に対する回答 .....	38
3.2.1. 稼働状況や技術的課題への取り組み状況 .....	38
3.2.2. サプライチェーンに関する要素.....	42
3.2.3. 発電所における人材育成の実施状況 .....	43
3.2.4. 技術的課題への対応状況 .....	46
3.2.5. 考察 .....	49
4. 木質バイオマス発電技術者として求められる人材像 .....	50
4.1. 人材育成の目的 .....	50
4.2. 人材育成の対象.....	50
4.3. どのような人材を求めるのか .....	52
5. 発電所人材育成研修のあり方.....	53
5.1. テキスト案の検討 .....	53
5.1.1. テキストの構成要素.....	53
5.1.2. テキスト各章の具体的な内容 .....	54
5.2. カリキュラム案.....	57
5.2.1. 研修の対象とコース設定 .....	57
5.2.2. 基礎コースのカリキュラム案 .....	58
5.2.3. 指導者育成コースのカリキュラム案.....	59
6. まとめ～木質バイオマス発電技術人材を育成するために～ .....	61
III. 資料編 .....	62
i. 検討委員会議事録 .....	63
ii. 発電所ヒアリングフォーム .....	91
iii. 模擬研修会ヒアリングフォーム .....	93

## 図表一覧

図 1 木質バイオマス発電所の設備利用率.....	8
図 2 設備利用率を用いた感度分析例(発電原価に占める各費用).....	10
図 3 設備利用率を用いた感度分析例(IRR および発電原価の状況).....	11
図 4 第二種電気主任技術者の受験者・合格者数と合格率の推移 .....	14
図 5 中国電力株式会社の体系的な教育体制.....	17
図 6 火力原子力発電技術協会の活動内容.....	18
図 7 業務と職層のイメージ.....	50
図 8 人材育成の対象となる技術人材の階層構造 .....	51
図 9 技術人材の階層と研修カリキュラムの対応関係.....	57
 表 1 ヒアリング調査先(発電所) .....	2
表 2 ヒアリング調査先(プラントメーカー) .....	3
表 3 検討委員会委員名簿 .....	4
表 4 テキストの構成および執筆者 .....	5
表 5 模擬研修会プログラム .....	6
表 6 発電所業務において有用な資格 .....	12
表 7 ボイラー・タービン主任技術者の免状と保安監督の範囲 .....	13
表 8 ボイラー・タービン主任技術者の申請資格について .....	13
表 9 木質バイオマス発電所のトラブル事例 .....	28
表 10 主なヒアリング項目 .....	37
表 11 基礎コースカリキュラム案.....	58
表 12 基礎コース(複合学習・複数回の組合せ案) .....	58
表 13 指導者育成コース(講義+ワークショップ案).....	59
表 14 指導者育成コース(見学会+ワークショップ案) .....	59
表 15 指導者育成コース(研究発表+ワークショップ案) .....	60

## I. 本調査の概要

### 1. 本事業の目的

#### 1.1. 目的

再生可能エネルギーの主力電源化にむけた取組の中で、設備の導入から運営を担うエンジニア人材等の育成は、早急な対応が求められる課題となっている。

また、再生可能エネルギーの固定価格買取制度(以下、FIT 制度)の見直しにおいては、木質バイオマス燃料の持続性、地域活用電源としての災害時対応など新たな論点が取り上げられ、主力電源として社会に安心感を持って理解される再エネ施設としての適切な施設運営は必要不可欠な要素となっている。

こうした状況を踏まえて、木質バイオマス発電の安定的・効率的な運営に必要なエンジニア人材を育成するための研修用の技術資料及びカリキュラムを作成することにより木質バイオマス発電における設備利用率の向上等を図ることを、本調査の目的とする

## 2. 実施概要

### 2.1. 人材育成等に向けた課題把握調査

#### 2.1.1. 発電所事例調査(ヒアリング)

一般木材バイオマス・農作物の収穫に伴って生じるバイオマス固体燃料及び木質バイオマスに係る事業計画を認定されている事業者のうち、2021年3月末日時点で既に運転を開始している事業者に対して稼働状況や技術的課題への取り組み状況、発電所における人材育成の実施状況等についてヒアリング等を行い、結果について分析を行った。

調査内容としては、稼働状況や技術的課題への取り組み状況、発電所における人材育成の実施状況、運営等に向けた技術的課題について各発電所における状況について聞き取りを行った。また、燃料調達、燃料サプライチェーンの運営状況についても聞き取りを行った。

調査時期:2021年11月25日～2022年1月28日

表 1 ヒアリング調査先(発電所)

発電所名	調査内容			実施方法	実施日
	稼働状況や技術的課題への取り組み状況	サプライチェーンに関する調査 (発電所及び燃料供給会社)	運営等に向けた技術的課題		
DS グリーン米沢南発電所	○		○	現地調査	2021/12/2
SGET 三条バイオマス発電所	○	○	○	現地調査	2021/11/30
グリーン発電大分	○	○	○	WEB	2021/1/28
信州ウッドパワー発電所	○	○	○	WEB	2022/1/19
中国木材伊万里工場	○		○	現地調査	2021/11/26
中国木材本社工場	○		○	現地調査	2021/11/25
鶴岡バイオマス発電所	○		○	現地調査	2021/12/1
日本海水赤穂発電所 (第1・第2バイオマス発電設備)	○	○	○	現地調査	2021/11/24
枕崎バイオマス発電所	○	○	○	現地調査	2021/12/6
ミツウロコ岩国発電所	○		○	現地調査	2021/12/8

○…調査において聞き取りを行った内容

### 2.1.2. 技術的課題等に関する調査(文献調査・ヒアリング調査)

また、木質バイオマス発電所の運転状況について、既往の報告書等では、木質バイオマス発電の特質に応じた技術的な課題や優良事例、トラブルの解決事例等の情報が少なく、特に具体的な事例についての情報が不足することから、メーカーへのヒアリングを行い、木質バイオマス発電技術に共通したトラブルの傾向や対策、メンテナンス状況、長寿命化等について確認した。

表 2 ヒアリング調査先(プラントメーカー)

ご協力いただいたプラントメーカー名※	実施日
住友重機械株式会社	2021年10月22日
株式会社タクマ	2021年10月20日
三菱重工パワーアイナンドストリー株式会社	2021年11月4日
株式会社よしみね	2021年11月5日

※あいうえお順

### 2.2. 検討委員会の設置

テキスト構成、執筆候補者、カリキュラム案、取りまとめ等に関して整理するにあたり、8名の専門家からなる委員会を設置した。

委員は木質バイオマス利活用システム、バイオマスエネルギー・システム、持続可能性、森林・林業システムとバイオマス利活用の関係、木質バイオマスの事業性評価、発電事業経営、発電所運営、技術人材育成、等に関する専門家に委嘱した。このほか、オブザーバーとして火力原子力発電技術協会、日本有機資源協会の2団体、林野庁からご参加いただいた。

#### 2.2.1. 検討委員会の開催状況

検討委員会は、全4回、以下の日程で開催している。

第1回検討委員会:2021年7月30日(WEB併用)

第2回検討委員会:2021年10月25日(WEB併用)

第3回検討委員会:2021年12月24日(WEB併用)

第4回検討委員会:2022年2月10日(WEB)

## 2.2.2. 検討委員会名簿

検討委員会の委員構成を以下に示す。

表 3 検討委員会委員名簿

区分	氏名 (敬称略)	所属・役職
座長	さかい ひでお 酒井 秀夫	一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会 会長 東京大学 名誉教授
委 員	いしい のぶひこ 石井 伸彦	みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社 グローバルイノベーション&エネルギー部 上席主任コンサルタント
	いもう けんじ 莘生 憲司	東京大学 大学院農学生命科学研究科 教授
	こうの よしあき 河野 義明	グリーン・サーマル株式会社 社長室顧問(元 東京電力)
	くぼやま ひろふみ 久保山 裕史	森林研究・整備機構森林総合研究所 林業経営・政策研究領域長
	さの みづぐ 佐野 貢	株式会社鶴岡バイオマス発電所技術顧問(関東BT会元会長)
	やまもと たけし 山本 賀嗣	一般社団法人バイオマス発電事業者協会 代表理事
	やまもと ひろみ 山本 博巳	一般社団法人 電力中央研究所 エネルギーイノベーション創発センター 上席研究員

## 2.3. 人材育成研修テキストの作成

人材育成のターゲット層は、バイオマス発電所の運転管理者および運転作業員とし、2022年度以降の研修に利用することを前提とし、資源エネルギー庁のホームページで公表し、自己学習にも役立つものとすることを前提として作成した。

テキストのターゲット、構成、執筆者については検討委員会の意見を参考に決定している。

### 2.3.1. テキストの概要

作成したテキストの概要を以下に示す。

テキスト名:「新エネルギー等の導入促進のための広報等事業委託費における再エネ導入・運転人材育成支援事業」木質バイオマス発電における人材育成テキスト

構成及び執筆者一覧:表4に示す。

表 4 テキストの構成および執筆者

序論	
(序-1) 日本木質バイオマスエネルギー協会 会長 東京大学 名誉教授	酒井 秀夫
(序-2) 東京大学大学院 農学生命科学研究科 教授	芋生 憲司
(序-3) 国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所 林業経営・政策研究領域長 久保山 裕史	
(序-4) 一般財団法人 電力中央研究所 エネルギーイノベーション創発センター 上席研究員 山本 博己	
(序-5) 一般社団法人火力原子力発電技術協会 専務理事	中澤 治久
第1章 安全・法規・技術倫理	
(1-1) 国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所	横田 康裕
(1-2) 公益財団法人自然エネルギー財団 上級研究員 博士(農学)	相川 高信
(1-3) 岩手大学 名誉教授	沢辺 攻
(1-4) 株式会社日比谷アメニス 環境エネルギー部 課長	大西 竹志
(1-5) 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会	
(1-6) 博士(農学)	吉田 美佳
(1-7) 北海道立総合研究機構 森林研究本部 林産試験場 研修主任	前川 洋平
第2章 安全・法規・技術倫理	
(2-1) 今井技術士事務所	今井 伸治
(2-2、2-3) 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会	
(2-4) グリーン・サーマル株式会社 社長室顧問	河野 義明
(2-5) 株式会社鶴岡バイオマス発電所 技術顧問	佐野 貢
第3章 運転監視・制御	
(3-1、3-2、3-3、3-4) グリーン・サーマル株式会社 社長室顧問	河野 義明
第4章 予防保全・メンテナンス	
(4-1、4-2、4-3、4-4、4-5) グリーン・サーマル株式会社 社長室顧問	河野 義明
(4-6) 株式会社鶴岡バイオマス発電所 技術顧問	佐野 貢
第5章 経営改善(エネルギー合理化／経営効率化)	
(5-1、5-4、5-5) 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会	
(5-2) 北海道立総合研究機構 森林研究本部 林産試験場 主査	古俣 寛隆
(5-3) グリーン・サーマル株式会社 代表取締役	滝澤 誠
第6章 地域共生・レジリエンス強化	
(6-1) みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社グローバルイノベーション＆エネルギー部 上席主任コンサルタント	石井 伸彦
(6-2) 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会	
(6-3) グリーン・サーマル株式会社 代表取締役	滝澤 誠

## 2.4. 研修カリキュラム案の作成

木質バイオマス発電所の運営に必要な技術及び求める人材像に応じ、技術者の成長段階に応じ、「基礎コース」「指導者育成コース」を設定し、それぞれにカリキュラム案を作成した。

基礎コース案：複合学習型（複数の講義科目を組み合わせて実施）

指導者育成コース案：3つの案

- ①講義+ワークショップ
- ②見学会+ワークショップ
- ③研究発表+ワークショップ

## 2.5. 模擬研修会の実施

作成したカリキュラム案のうち、基礎コースについて模擬的な研修会等を開催し、研修カリキュラムの構成や内容、実施方法等について検討を行った。また、模擬研修には木質バイオマス発電所及び燃料供給会社より 計21名にご参加いただき、実際に研修を受けての所感、研修のあり方について事後アンケートを行い、確認した。

### 【実施概要】

日時：2022年1月31日(月)13:30～17:00

会場：馬事畜産会館 2階 第4会議室(D)

住所：東京都中央区新川2-6-16

開催方法：WEB会議形式(WEBEX)※事務局、講師のみ会場より参加・配信

聴講料：無料

模擬研修会プログラム：表5参照

表 5 模擬研修会プログラム

13:50～ 14:30 (質疑10分)	【講義1】燃料に関する合法性の確保・ガイドラインの順守の理論と実務	前川 洋平 <small>まえかわ ようへい</small> 研究主任	地方独立行政法人北海道立総合研究機構森林研究本部 林産試験場利用部資源・システムグループ
14:30～ 15:10 (質疑10分)	【講義2】 水分管理・計測	大西 竹志 <small>おおにし たけし</small>	株式会社日比谷アメニス 環境エネルギー部 課長
15:10～ 15:20	休憩		
15:20～ 16:10 (質疑5分)	【講義3】 現場が求める木質バイオマス発電所のより良い管理～人材育成・現場管理の持続的な取り組み～	河野 義明 <small>こうの よしあき</small>	グリーン・サーマル株式会社 社長室顧問（元 東京電力）
16:10～ 16:50 (質疑10分)	【講義4】 木質バイオマス利用(概論)	酒井 秀夫 <small>さかい ひでお</small>	一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会 会長 東京大学 名誉教授
16:50～ 17:00	全体質疑		

出席者：42名（委員会場参加 7名、WEB参加 35名（内受講者 23名）

受講者の属性は以下の通り。

【受講者属性】

経営層(取締役):3名

本社管理職:3名

発電所マネージャー(副所長以上):5名

発電所管理職(主任～課長):4名

発電所運営業務従事者(運転監視・業務・燃料管理等):6名

### 3. 事業実施期間

2021年5月17日～2022年2月25日

## II. 調査報告

### 1. 木質バイオマス発電の現状と技術的課題

#### 1.1. 木質バイオマス発電の設備利用率

##### 1.1.1. 木質バイオマス発電所の設備利用率の現状

第74回 調達価格等算定委員会資料2では、木質バイオマス発電の設備利用率について公表している。同資料では、FIT制度における燃料種区分を比較し、未利用材(2000kW以上)・一般木材等(10,000kW以上)は比較的高い傾向にある一方、未利用材(2,000kW未満)・一般木材等(10,000kW未満)では、比較的低い傾向にあると示している。

燃料種別・規模別設備利用率のグラフでは、未利用材(2,000kW以上)におけるボリュームゾーンである5,000–6,000kWでは、70%から90%の間にあり、10,000kW超の規模では件数は少ないので、80%以上に多くプロットされている。また、未利用材(2,000kW未満)では、90%以上のものもあれば、10%未満まで分散が大きい状況である。

#### 国内の動向： i 木質等バイオマス発電の設備利用率

- 木質等バイオマス発電の設備利用率の分析の結果、未利用材（2,000kW以上）・一般木材等（10,000kW以上）の設備利用率が高い傾向にある一方、未利用材（2,000kW未満）・一般木材等（10,000kW未満）は比較的低い傾向にある。
- これは、小規模案件は主に国内から燃料調達を行っているところ、季節変動等により、国内材の安定的な調達が必ずしも容易ではないことが一要因と考えられる。

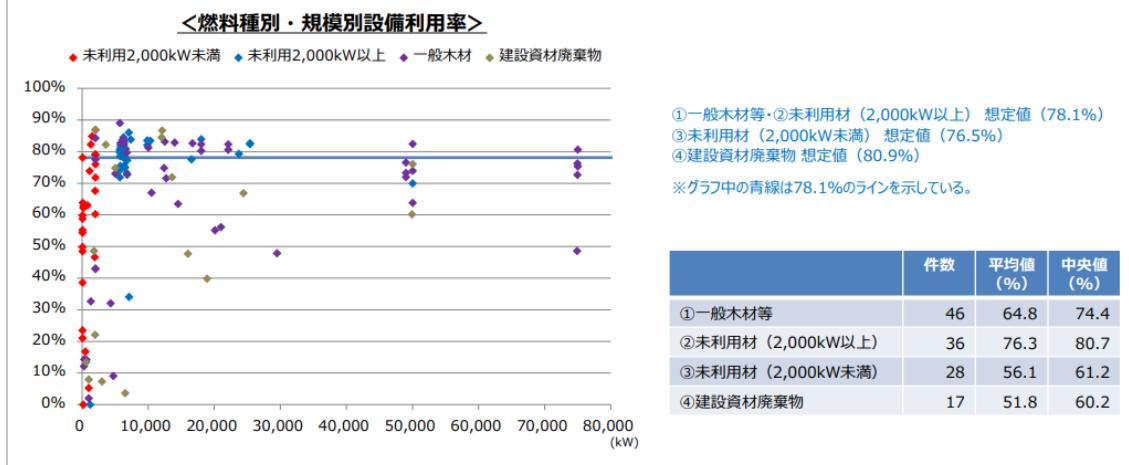


図1 木質バイオマス発電所の設備利用率<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 第74回 調達価格等算定委員会資料2 バイオマス発電について  
<https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/074.html>(2022年2月5日閲覧)

### 1.1.2. 設備利用率に対する問題意識

設備利用率は発電設備の稼働状況を示す指標であり、発電設備がその能力に対し、実際にどの程度活用されているかを示す。本調査では以下の式で表す。

$$\text{※設備利用率(%)} = \frac{\text{年間発電量(kwh)}_{\text{発電端}}}{\text{定格出力(kW)} \times 8760(\text{h})}$$

FIT 制度の事業計画認定を受け、事業を行う発電所、特に未利用材を利用する発電所では、変動費が高い傾向にある。直接燃焼式の木質バイオマス発電所の収支構造を見ると、燃料費が 68%<sup>2</sup>と変動比率が高い構造にある。第1回 林業・木質バイオマス発電の成長産業化に向けた研究会においても「コスト低減の観点からは、燃料費がコストの大半を占める(木質バイオマス:燃料費が7割)中で、どのようにコスト低減の道筋を明確化していくかが課題」と、発電コストの低減が大きな課題になっている。

設備利用率を向上させることは、発電原価に占める固定費の割合を低下させる効果があり、コストダウンの実現のために取り組みたい課題の一つである。

---

<sup>2</sup> 平成 25 年度木質バイオマス利用支援体制構築事業「発電・熱供給・熱電併給推進のための調査」より

### 1.1.3. 設備利用率と発電原価の関係

6,000kW 規模の未利用材を燃料とする発電所をモデルとし、感度分析を行ったところ、設備利用率が向上すると、燃料費・灰処理費といった変動費の割合は上昇するが、その他の費用(特に固定費)については、その比率が低下することが確認できる。

これは、費用の性質上、ある意味自明のことであるが、変動費は稼働が増えることで増加する費用であり、設備利用率の上昇、すなわち発電所の稼働時間、負荷率が上昇することで燃料の使用量が増加し、それに連動して灰処理量が増えるために起こる。

一方、固定費は稼働に関わらず発生するものであるため、当然発電量を増やすことで、相対的に費用の割合は下がる。

これをグラフで示したのが図2である。

この試算ケースでは、顕著な違いはないが、比率だけに注目すると、燃料費・灰処理費が気になるところだが、収支で考えると当然、収入(売電売り上げ)が向上しているため費用対収益のバランス次第で、設備利用率向上による収益増がコストダウンの効果として表れるはずである。

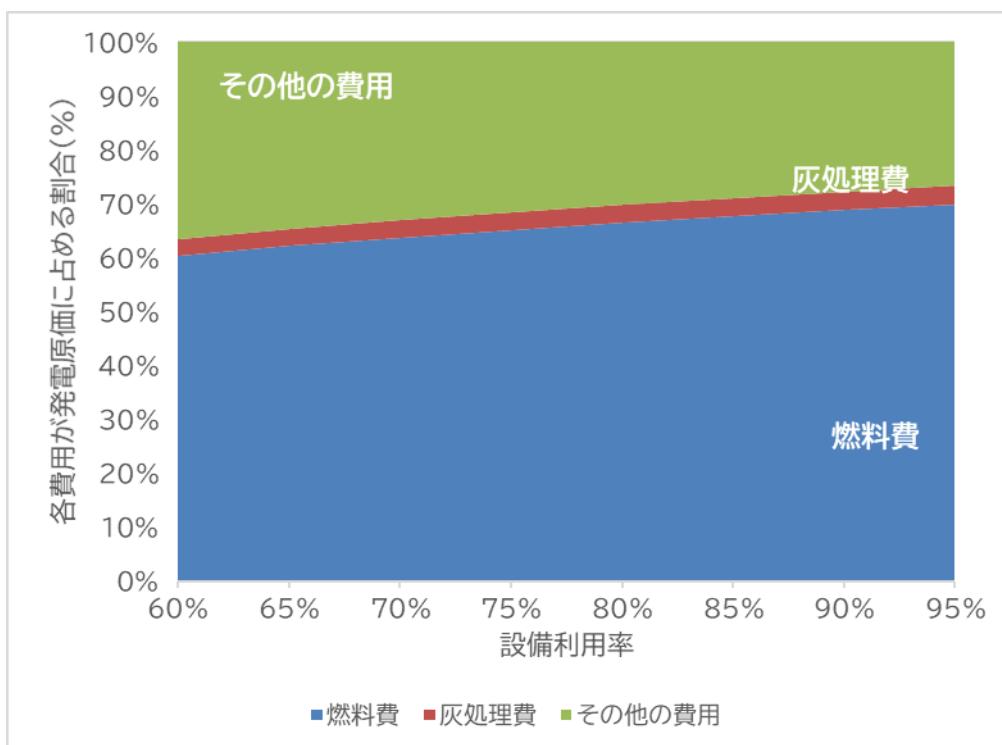


図 2 設備利用率を用いた感度分析例(発電原価に占める各費用)<sup>3</sup>

<sup>3</sup> 発電規模6MW、設備投資 41 万円/kW、発電効率22%、未利用材・売電単価 32 円/kWh、燃料費 10,000 円/t 等を条件として作成した 20 年間の事業採算モデルを用いて、木質バイオマスエネルギー協会が試算し、作成。

次に同じモデルを用いて同様に設備利用率について行った感度分析の結果から、どの程度、発電原価と収益率(ここではIRRを用いた)が変化するのかを確認し、結果を図3に示す。

図3設備利用率を用いた感度分析例(IRRおよび発電原価の状況)では、設備利用率が60%から95%の向上に従い、発電原価(金利含まず)が29.57円/kWhから25.71円/kWhに減少し、IRR(20年、p-IRR)は1%から9%に向かっている。

このケースでは、発電原価の低下(発電量の増加に伴い、kwhあたりの費用が低下)では、設備利用率が70%から80%に向上することで1円/kWh強の効果があった。

このことから、各費用の単価が同じ(単位あたり燃料単価等の価格など単価は変化させない条件下で)設備利用率が増加することで、発電原価の低下と売電量の増加という2つの収益性向上因子が働いていることが分かる。

とはいっても、設備利用率を向上させることは容易ではない。稼働時間を増加させ、負荷率を低下させない稼働を確保する必要があり、これらはいずれも、トラブルや燃料の質的・量的不足が発生すれば達成することができない。

そのためには、火力発電所としての技術についての知識と経験を有し、木質バイオマスの特性について熟知し、日々の安定稼働を実現ができる、優れた木質バイオマス発電技術人材を確保することが今後の課題となる。

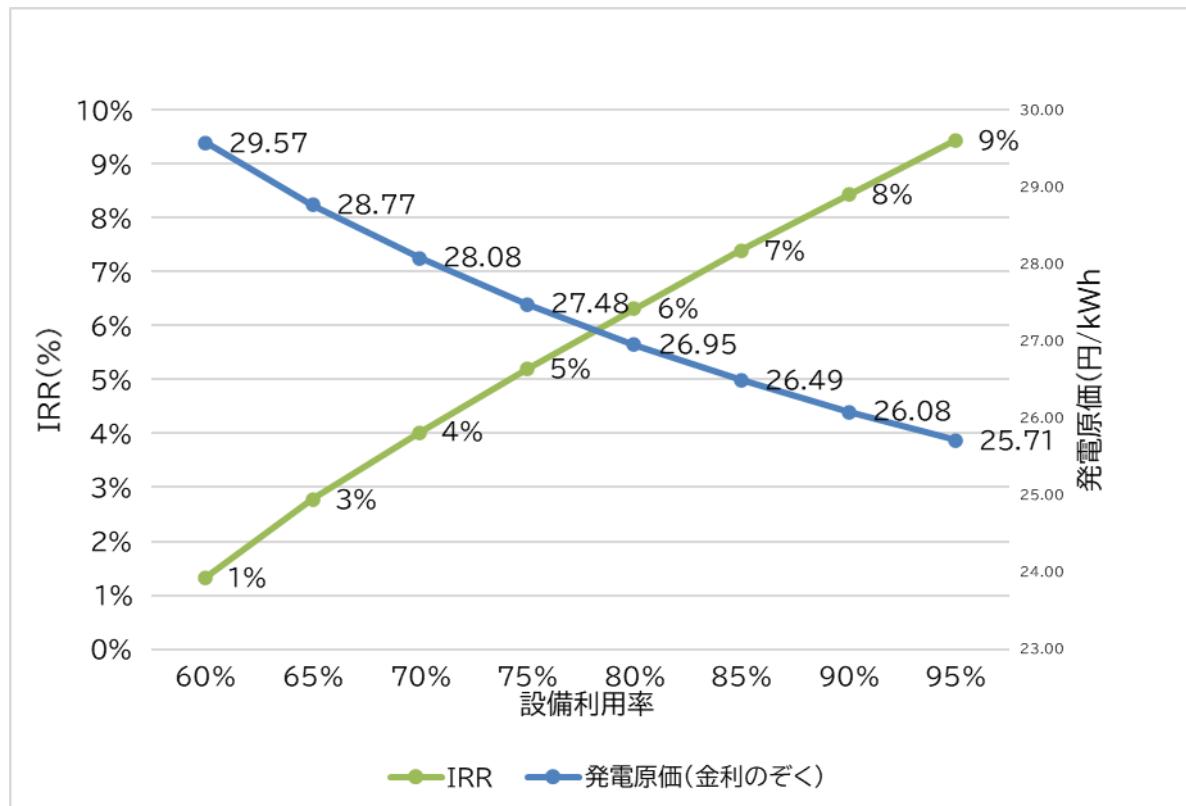


図3 設備利用率を用いた感度分析例(IRRおよび発電原価の状況)<sup>4</sup>

<sup>4</sup> 3に同じ

## 2. 木質バイオマス発電所人材育成のあり方

### 2.1. 発電所人材育成の状況

#### 2.1.1. 発電所運営に必要な主要な資格

発電所業務では、設備の管理、運営に必要な資格として、ボイラー・タービン主任技術者、ボイラ一技士、ボイラー整備士、電気主任技術者、電気工事士等の保有が推奨されている（表6 参照）<sup>5</sup>。これらの資格取得における学習は、それがOJT以外に基礎知識・技能修得を図る機会ともなっている。

一方、これらの資格の中には、経験年数だけでなく学科試験のウェイトが高く、また難易度が高いことから、受験者の負担が大きいものもある（例：第二種電気主任技術者の場合、受験申込者全体の合格率は10%未満となっている。2.1.3参考のこと）

次の項では、特に直接燃焼式の汽力発電において選任が義務付けられている、ボイラー・タービン主任技術者と電気主任技術者について、その資格要件を確認する。（いずれも設置には規模等要件がある）

表 6 発電所業務において有用な資格

発電所業務において有用な資格(例)
ボイラー・タービン主任技術者
ボイラ一技士
ボイラー整備士
電気主任技術者
電気工事士
公害防止管理者（大気・水質・騒音・振動）
クレーン運転士
劇毒物取扱責任者
玉掛け技能講習修了証
フォークリフト運転技能講習修了証
エネルギー管理士
危険物取扱者（甲・乙1～6）
酸素欠乏危険作業主任者

#### 2.1.2. ボイラー・タービン主任技術者<sup>6</sup>

ボイラー・タービン主任技術者は、電気事業法に基づく発電用ボイラー、蒸気タービン、ガスタービン及び燃料電池発電所等の工事、維持、運用に係る保安の監督などを行う者であり、安全の確保及び、電力の安定供給を図るのが目的の資格である。（根拠法令：電気事業法（昭和39年法律第170号）第44条）

ボイラー・タービン主任技術者の免状と保安監督の範囲は設備の種類、規模、活動内容により定めがある（表7 参照）。木質バイオマスを直接燃焼する汽力発電では規模から第二種が適用されるケースが多い。

##### 【申請概要】

ボイラー・タービン主任技術者の交付については、試験は実施しておらず、申請により学歴及び実務の経験に応じてなされる。申請資格である「学歴に応じた実務経験年数をもつ者」とは、表8にある学歴に応じて、第1種ボイラー・タービン主任技術者においては下表の（1）～（3）につき、すべて満たしている者、第2種ボイラー・タービン主任技術者は（4）、（5）につき、共に満たしている者となる。

<sup>5</sup> 鶴岡バイオマス発電所 技術顧問 佐野 貢氏より提供された情報を基に作成。

<sup>6</sup> [https://www.meti.go.jp/information/license/c\\_text30.html](https://www.meti.go.jp/information/license/c_text30.html)（2022年2月10日閲覧）

表 7 ボイラー・タービン主任技術者の免状と保安監督の範囲<sup>7</sup>

第一種	火力設備(小型の汽力を原動力とするものであって別に告示するもの、小型のガスタービンを原動力とするものであって別に告示するもの及び内燃力を原動力とするものを除く。)、原子力設備及び燃料電池設備(改質器の最高使用圧力が98kPa以上のものに限る。)の工事、維持及び運用(電気設備に係るものを除く。)
第二種	火力設備(汽力を原動力とするものであって圧力5,880kPa以上のもの及び小型の汽力を原動力とするものであって別に告示するもの、小型のガスタービンを原動力とするもので別に告示するもの及び内燃力を原動力とするものを除く。)、圧力5,880kPa未満の原子力設備及び燃料電池設備(改質器の最高使用圧力が98kPa以上のものに限る。)の工事、維持及び運用(電気設備に係るものを除く。)

表 8 ボイラー・タービン主任技術者の申請資格について<sup>8</sup>

学歴	必要な実務経験年数				
	第1種			第2種	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1)大学(機械工学)卒	6	6	3	3	3
2)大学卒	10	6	3	5	3
3)短大・高専(機械工学)卒	8	8	4	4	4
4)短大・高専卒	12	8	4	6	4
5)高校(機械工学)卒	10	10	5	5	5
6)高校卒	14	10	5	7	5
7)中学卒	20	15	10	12	10
8)一級海技士(機関)、特級ボイラー技士、エネルギー管理士(熱)又は、技術士(機械部門に限る)の2次試験に合格した者	6	6	3	3	3

(1)卒業後((8)においては資格等習得後)にボイラー又は蒸気タービンの工事、維持又は、運用に係わった年数

(2)(1)のうち、発電用の設備(電気工作物に限る。)に係わった年数

(3)(2)のうち、圧力5,880キロパスカル以上の発電用の設備に係わった年数

(4)卒業後((8)においては資格等習得後)にボイラー、蒸気タービン、ガスタービン又は、燃料電池設備(最高使用圧力が98キロパスカル以上のもの)の工事、維持又は、運用に係わった年数

(5)(4)のうち、発電用の設備(電気工作物に限る。)に係わった年数

<sup>7</sup> 中国四国産業保安監督部 HP より

<https://www.safety-chugoku.meti.go.jp/denki/hatsuden/karyoku/btsennin.htm> (2022年2月20日閲覧)

<sup>8</sup> <sup>6</sup> に同じ

### 2.1.3. 電気主任技術者

電気主任技術者は、電気事業法に基づき、電気工作物の安全確保のため、電気工作物の工事、維持、運用に関する保安の監督を行う者であり、事業用電気工作物の設置者は、電気主任技術者を選任することが義務づけられている。(根拠法令:電気事業法(昭和39年法律第170号)第44条)<sup>9</sup>

#### 【試験概要】

##### ・実施時期

第1次試験 毎年9月頃(受験申込受付:毎年5月頃)

第2次試験 每年11月頃

(第3種は1次試験のみ)

##### ・受験・応募資格

特に制限はない。

受験申込書・受験案内については、一般財団法人電気技術者試験センターで無料配布されている。

##### ・実施団体

一般財団法人電気技術者試験センター

なお、電気主任技術者試験は難易度が高い試験の一つであり、直近の試験における合格率は、受験申込者では5%、二次試験受験資格がある受験者で15%であった。

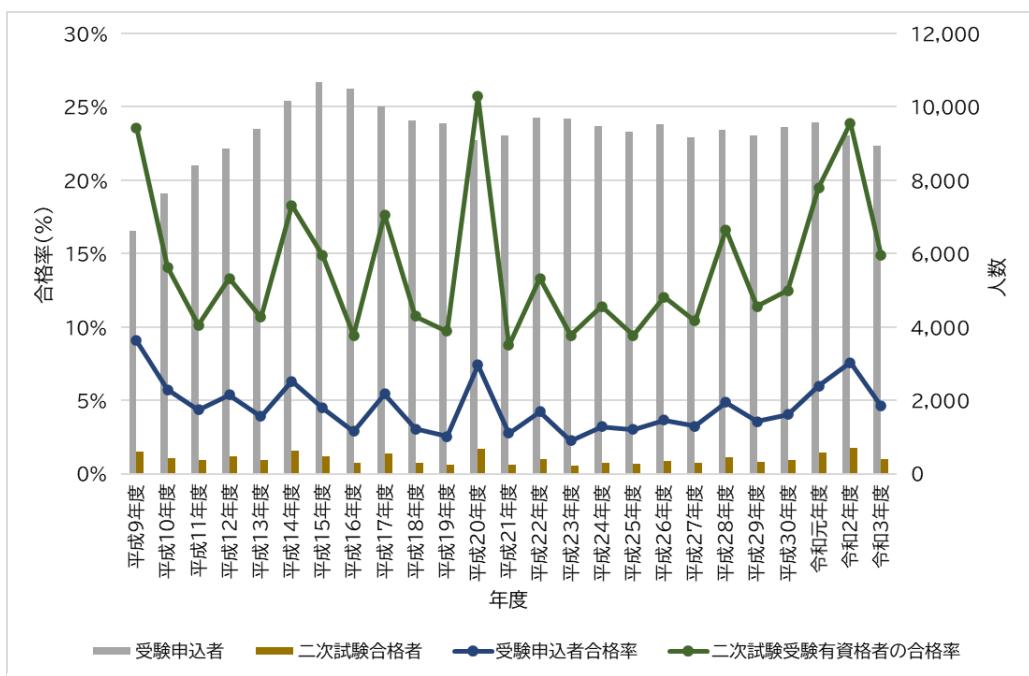


図4 第二種電気主任技術者の受験者・合格者数と合格率の推移

10

<sup>9</sup> [https://www.meti.go.jp/information/license/c\\_text25.html](https://www.meti.go.jp/information/license/c_text25.html) (2022年2月20日)

<sup>10</sup> 一般財団法人電気技術者試験センター「試験実施状況の推移・第2種電気主任技術者」  
<https://www.shiken.or.jp/situation/index.html> (2022年2月20日閲覧)

#### 2.1.4. 有資格者の確保という課題

木質バイオマス発電所におけるボイラー・タービン主任技術者、電気主任技術者の確保については、自家発等、既に自社で発電設備を運営している事業者の場合は、自社あるいはグループ企業内に有資格者が存在している可能性が高い。経験ある有資格者が後進を指導する体制も取りうる上、特に経験年数が必要なボイラー・タービン主任技術者においては、比較的確保しやすい環境にあるといえる。

とはいっても、全ての技術者に主任技術者としての責任を果たすことのできる資質がある、というものではない。その責務を担い、実行することのできる人材でも、個人的な事情で対応が難しいようなケースもあるだろう。意欲を以て資格取得し、その重責に応えつつ発電所内で主導的に成果を上げることができる人材は得難いものである。

新規参入した事業者が経営する木質バイオマス発電所の中では、既存設備を持つ事業者とは異なり、発電所のスタートアップ時点では社内に有資格者が不在で、他社を退職した人材を雇用しているケースも多い。その場合には社内で後継人材を確保し、育成するか、あるいは再度、中途採用者を確保していくなければならない。

有資格者のみならず、優秀な技術人材を確保し続けるための社内体制、育成あるいは中途採用による確保のしくみづくりが、発電事業の継続のために重要な課題となる。

---

受験者申込者数は一次試験免除者も含む。

## 2.2. 技術者育成の取組事例

### 2.2.1. 電気学会報告書「安全・安心社会の電気エネルギーセキュリティ」<sup>11</sup>

電気学会では、2018年6月に「安全・安心社会の電気エネルギーセキュリティ」特別調査専門委員会報告書を公開した。同報告書では、「電力技術の歴史の中では、日本の優秀な技術開発が数多くあるが、継承できていない技術もある。」とし、発電に関する技術承継における問題点を指摘している。

そこでは、電力技術承継の問題点として、①人材確保の困難化②OJT の困難化③技術者魂・企業魂の喪失④大学の劣化を挙げており、これらを踏まえ、今後の技術承継・人材育成に向け、以下を提言している。

#### 【「安全・安心社会の電気エネルギーセキュリティ」における技術承継・人材育成のための提言】

- ① 資格制度の活用と技術者の地位向上
- ② 電力技術研究の活性化→新技術への対応、他分野との連携、新学問分野の創出、技術書の充実
- ③ 社会への情報発信による人材確保
- ④ 海外進出と海外人材の育成
- ⑤ 教育の充実

同提言では、資格制度や技術者の地位向上、社会への情報発信、教育の充実といったしきみに関わる点だけでなく、電力技術研究の活性化という点に触れ、「とにかく教育・研究をいかに楽しめるかが重要である。楽しい勉強、楽しい研究は幸せにつながる。」としている。技術承継・技術人材育成において、仕組みだけでなく、技術研究に携わる人々が主体性を以て、その教育・研究を楽しむ、意欲を以て取り組むことの重要性が指摘されている。

特に、発電技術は研究所や大学だけが研究の場ではなく、発電所の現場における運用技術の研鑽、事象から学びそれを起点とした実証的な活動とそれに携わる現場技術者の存在が大きい分野である。業務に従事しつつ、研鑽を積み技術人材として成長していく中で、こうした研究・教育を楽しむというマインド面にも注目すべきである。

---

<sup>11</sup> 電気学会. (2018). 安全・安心社会の電気エネルギーセキュリティ. 2017年, 9.  
[http://www2.iee.or.jp/~invc2000/committee/INVC2001/report/\(2021年7月26日閲覧\)](http://www2.iee.or.jp/~invc2000/committee/INVC2001/report/(2021年7月26日閲覧))

## 2.2.2. 大規模発電事業者

大手エネルギー会社の既存の火力発電所(汽力発電)では、当該技術者の育成のために、計画的に業務経験を積ませるなど OJT、Off-JT による教育体系を構築している。(例:BT 主任技術者継続輩出に向けた中国電力の取組)

同資料では、「将来のボイラー・タービン主任技術者を確保するためには、現場における実務経験を積んだ人材の育成が必要」であるとし、実務経験機会の確保のために「3年～5年スパンのローテーションにより複数の業務を経験することで、BT主任技術者に求められる実務経験を積ませる」という人事体系とし、「日常の業務を通じた職場での教育(OJT)を人材育成の主体」とし、「集合研修(OFF-JT)はこれらに対する動機づけや補充の位置づけとして実施」し、OJT と OFF-JT を効果的に組み合わせた教育体系を構築している。

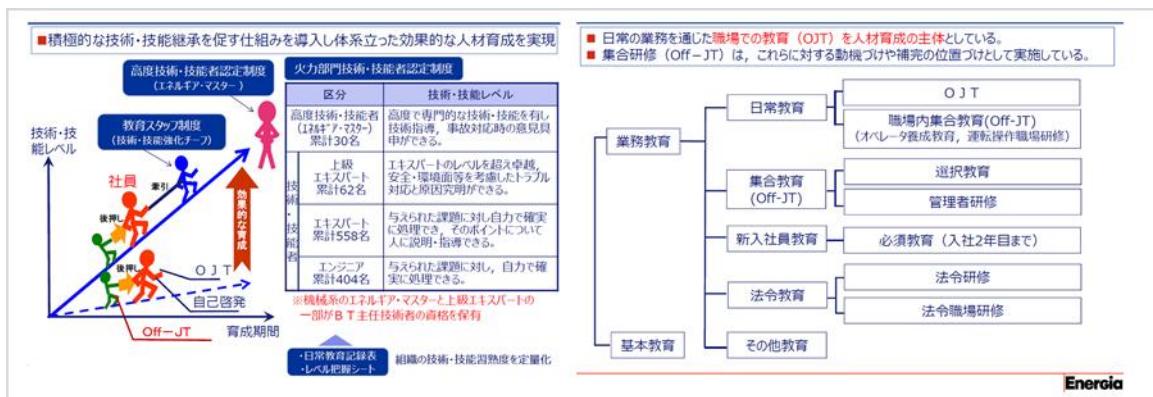


図 5 中国電力株式会社の体系的な教育体制<sup>12</sup>

<sup>12</sup> 「BT主任技術者の継続輩出に向けた中国電力の取り組み」2020年2月7日中国電力株式会社電源事業本部(火力) 中国地区ボイラー・タービン主任技術者会 発表資料より  
[\(2021年7月29日閲覧\)](https://www.safety-chugoku.meti.go.jp/denki/hatsuden/karyoku/file/R2btkaigisiryou2.pdf)

### 2.2.3. 火力原子力発電技術協会<sup>13</sup>

火力原子力発電技術協会は、火力発電及び原子力発電に関する技術等に係る「調査研究・規格標準等の作成」「情報の収集及び提供、技術者の育成」「内外関係機関との交流協力」を推進することにより、発電技術等の発達改善を図り、わが国の経済発展に寄与することを目的とする組織であり、法人会員 1477、法人口数 4400、個人会員 8695(令和 2 年度事業報告より)を擁する団体である。

同協会では、長年に渡り国内の火力発電技術人材の育成に資する教育・技術情報を蓄積、主に会員向けに提供している。

技術伝承に関しては、『火力発電設備における人材育成と技術伝承（自立型OJTのすすめ）』を発行し、同書の解説では、「人員構成のアンバランスによる技術伝承の早期対応の必要性」、「教育を実施する者（ベテラン社員等）の減少による技術伝承機会の減少」、「発電所建設の減少に伴う現場における技術伝承機会の減少」などの問題点が顕在化しているとし、これらの問題を解消するために火力発電設備の補修に係る要員を例として、現地に密着した技術伝承の取り組み方を提言している。

#### 【火力原子力発電技術協会の提供する技術教育・技術情報】

- ・発電所内 OJT を支える技術情報や文献資料
  - ・大学講座（R2 年度 6 回）、技術講演会・研究発表大会（同 12 回）、見学会（同 1 回）を開催
  - ・事例（メーカー、各発電所技術者）を通じた研鑽
- ※火力原子力発電大会、各支部の活動、会誌における論文発表
- ・会誌（月 1 回発行）

※記事はデジタル化され 1950 年にさかのぼって検索・閲覧が可能



図 6 火力原子力発電技術協会の活動内容<sup>14</sup>

<sup>13</sup> 火力原子力発電技術協会 HP より <https://www.tenpes.or.jp/> (2021 年 7 月 26 日閲覧)

<sup>14</sup> <sup>13</sup> と同じ

## 2.2.4. 関東 BT 会

関東東北産業保安監督部管内ボイラー・タービン主任技術者会(略称、関東 BT 会)<sup>15</sup>

停電事故をはじめとする電気事故をなくし、安全の確保と電力の安定供給を目的として、1956 年 3 月に東京通商産業局(現在の関東経済産業局)のご指導のもと管内の自家用火力発電所に属する汽機・汽缶主任技術者会として発足した組織のことである。

会員： 東京地区 103 名

神奈川地区 61 名

千葉地区 77 名

計 241名 (2022 年 2 月時点)

活動内容：行政からの指導情報、情報の共有

技術研修会、技術発表大会、施設研修会など

会員は自家用火力発電所(汽力・ガスタービン・清掃工場)及び卸供給事業者(みなし含む)のボイラー・タービン主任技術者で、「会社間の垣根を越えた会員相互の技術交流や情報交換」を行っている。

---

<sup>15</sup> <https://bt-kantou.com/about>(2022 年 2 月 20 日閲覧)

## 2.3. 模擬研修会アンケート結果にみる人材育成の方向性

### 2.3.1. アンケートの概要

2022年1月31日に実施した模擬研修会では、実際に木質バイオマス発電所及び燃料供給会社より 計21名が参加している。模擬研修会実施後、研修を受けての所感、研修のあり方について事後アンケートを実施している。

#### 【模擬研修会アンケート】

実施方法:WEB フォーマットを用いたアンケート

対象:模擬研修参加者23名 + 委員 2名(回答希望あり、発電所経営者・技術指導者)計25名

回答者:14名 回収率:56%

### 2.3.2. アンケート結果

#### (1) 受講した講義を選択してください(複数選択可能) 必須

講 義 名	選択数
燃料に関する合法性の確保・ガイドラインの順守の理論と実務	13
水分管理・測定	13
現場が求める木質バイオマス発電所のより良い管理 ～人材育成・現場管理の持続的な取り組み～	12
木質バイオマス利用(概論)	10

#### 《結果考察》

回答者 14 名であるが、研修の途中で出入りがあるため、全ての講義を受講していない参加者がいるため、個別にみると回答者数に満たないものとなっている。

#### (2) 模擬研修の内容はいかがでしたか？感想や改善すべき点、ご質問などを自由にご記入ください(任意)n=7

##### 【研修プログラムについて】

- ・とても理解しやすい講習だった。特に講義2(燃料水分管理)に関して、気になる分野であったため勉強になった。
- ・発電所の管理にこれから携わる人には是非とも聞いて欲しい内容だった。今回は素材生産からチップ化までの管理の講義だが次回は発電所での運用の実例を挙げて頂けたらと思う。
- ・とても貴重な興味深い情報、経験例を聞くことができ有意義だった。バイオマス発電事業の経営・運営の底上げに役立つと思う。
- ・全般的には良いと思うが、もう少し対象とする階層、職種を絞り、時間を短くした方が良いと思う。今回の内容は全て興味があり、全講を受講したが、半日は長いと感じた。
- ・木質バイオマスについて、知識が広がって良かった。もう少し、教育についての内容があれば良かった。

##### 【講義内容へのコメント、質問】

- ・講義 2 では木質チップを発酵させずに乾燥させることが重要だと思った。
- ・自然乾燥の場合において、どういった保管方法が最適か。講義 2 において、P21 の海外の取引事例について、最新 2020 年前後の動向も記載いただけたとより分かりやすかつた。講義 3(現場が求める木質バイオマス発電所のより良い管理)において、P13 の水素(%)分析をされている理由を教えてほしい。

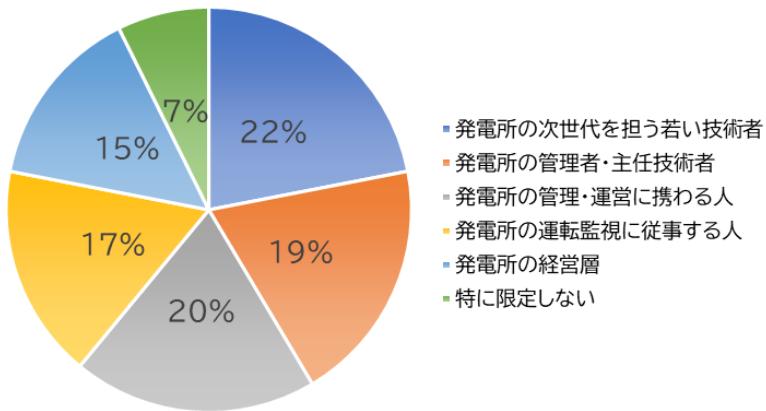
#### 《結果考察》

アンケートに記載された内容からも、おおむね内容については発電所の実務に関わる人材にとって有用なものであったことが分かった。ただ、「教育について」といった内容へのニーズについても言及があり、特に発電所において技術者の指導に従事する層において、人材育成そのものが課題として認識されていることがうかがえる。

(3) このような技術者向けの研修会をどのような人材が受けるべきでしょうか(複数回答)

n=41

技術者向けの研修会をどのような人材が受けるべきでしょうか



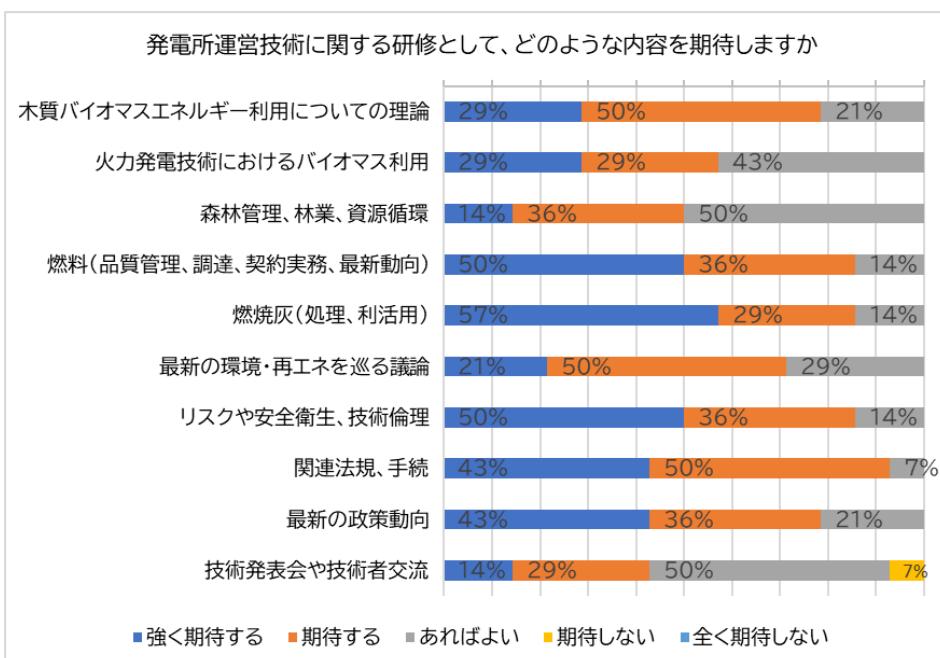
《結果考察》

研修会の対象者については、偏りがなく、発電所の運転監視に従事する人から経営層まで、幅広い層に回答が分かれた。模擬研修の内容がある意味、現場の従事者から管理層まで有益な知識を提供する内容であったことが背景として考えられる。

また一方、木質バイオマス発電所は規模感から人員に余裕がないことから、「少数精銳」で運営することが求められるため、人材各層において、それぞれが高いスキルを身に着けていくことへの期待があるということも考えられる。

(4) 発電所運営技術に関する研修として、どのような内容を期待しますか(必須)

各選択肢における回答数(n=14)



## 《結果考察》

研修内容として10の項目を提示し、各項目に対するニーズを「強く期待する」から「全く期待しない」の5段階から選択する形で回答を求めた。

結果として、「木質バイオマスエネルギー利用についての理論」「燃料(品質管理、調達、契約実務、最新動向)」「燃焼灰(処理、利活用)」「リスクや安全衛生、技術倫理」「関連法規、手続」について、強く期待する・期待するを併せて8割となった。これらの項目に対する強い関心があるといえる。

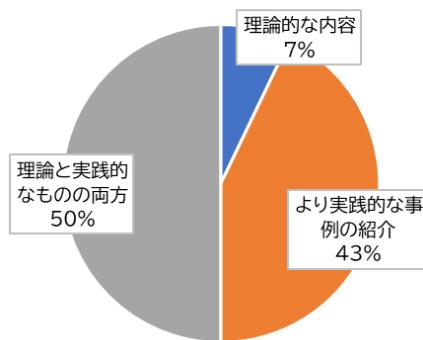
一方、比較してやや低い水準となったのは「森林管理、林業、資源循環」であった。木質バイオマス燃料を日々扱う発電所の技術者であっても、森林管理、林業については異なる産業分野であることから、それほど深いところまで情報ニーズが少ないということもあるかもしれないが、木質バイオマスが再生可能足りえるのは、森林等の再造林、再生があつて初めて成り立つものであるため、何らかの形で研修の内容としては入れていく必要がある。

また、技術発表会や技術者交流については、あればよい、という回答が最も多く、期待しない、という回答も見られた。この点については研修の形態についての項でも併せて検討する。

## (5) 講義の内容として、どのようなものが望ましいと考えますか(必須)

n=14

講義の内容はどのようなものが望ましいと考えますか

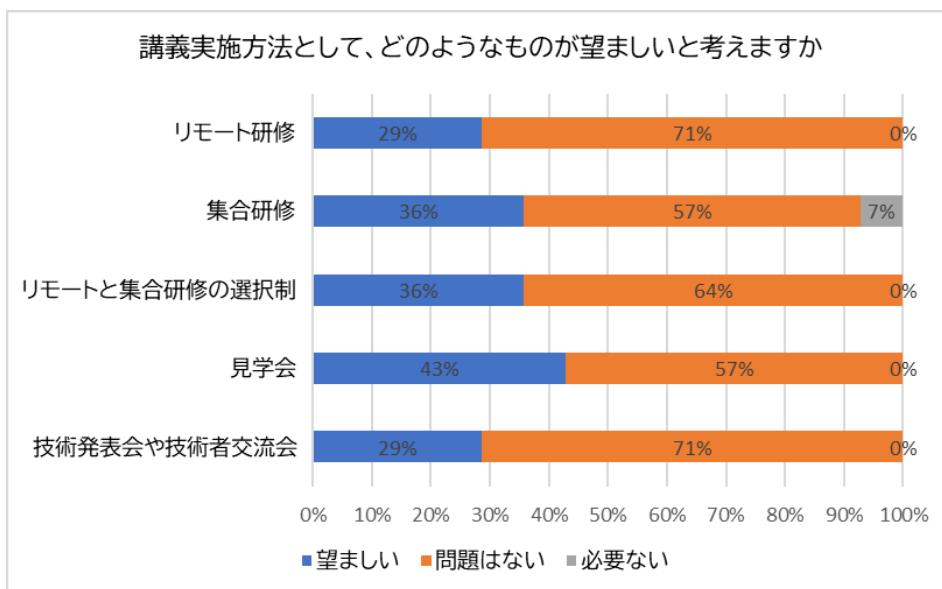


## 《結果考察》

講義内容として、「より実践的な事例の紹介」が43%、「理論と実践的なものの両方」が50%であった。発電所のOFF-JTの機会として理論も重要だが、実践的な内容、他の発電所等における事例についてのニーズが高いことが分かる。

(6) 講義実施方法として、どのようなものが望ましいと考えますか(必須)

各選択肢における回答数(n=14)



《考察》

講義の実施方法については、新型コロナ感染症の影響が色濃く残る時期においても、リモートについて「望ましい」とする回答は3割程度であり、集合研修について「必要ない」とする回答が7%であった。このような状況下でも、積極的にリモートを望む声がそれほど多くない結果となった。比較すると「リモートと集合研修の選択制」について、「望ましい」「問題はない」がやや高くなっている。ニューノーマルの状況において、リモートという選択肢の重要性は無視できないと考えるべきだろう。

見学会については「望ましい」の割合が最も高く、やはり、発電所の技術者にとって、他社の事例から学ぶというニーズが高いことが分かる。

技術発表会や技術者交流会については、「望ましい」との回答が29%であったが、事例情報のニーズが高い一方で、双方向の交流についてはややニーズが低い結果となった。

(7) 木質バイオマス発電所の運営に関する技術者の人材育成における外部研修に期待することは何でしょうか。(n=6)

- ・優良事例、問題課題・解決策など実例からの学び及び実践知識の習得。
- ・発電所内で閉鎖的になってしまい、今行っていることがベストなのか分からないので、外部の知見と触れる機会は意味がある。但し、限られた人員で運営しているため、集合研修は難しいと思う。
- ・他の木質バイオマス発電所の内容を知りたい。
- ・非常に難しい事とは思うが井の中の蛙にならない様に実例を踏まえた技術研修が欲しい。
- ・バイオマス発電に関して未経験者が多いのでボイラー、タービン等に関する基礎的な研修
- ・1)木質燃料の燃焼 理論と管理 2)木質燃料の水分に関する対応策 3)木質バイオマス発電所の環境保全

《結果考察》

外部研修に期待する効果として、「実例からの学び」「外部の知見と触れる機会」について、とここでも事例について高いニーズがあることが分かる。「発電所内で閉鎖的」「井の中の蛙」という言葉が示すとおり、発電所単体では経験の蓄積があっても比較検討や横展開が難しい。技術交流についての可能性、事例からの学習効果についての重要性が高いと考えられる。

(8) 木質バイオマス発電所の運営において、現在、課題になっていることはなんでしょうか。  
(任意)n=9

- ・燃料(原木・チップ)の調達及び高騰 発電設備の老朽化
- ・バイオマス燃料
- ・バイオマス燃料の需要が高まり、今後燃料の取り合いが懸念される。
- ・灰処理・人材不足
- ・発電効率(送電端)と設備稼働率の向上。
- ・FIT の地域活用要件について詳しく知りたいです。
- ・新人育成(世代、価値観が違う)
- ・排出される灰の再利用 効率的な燃焼調整
- ・1)木質燃料の調達(量不足) 2)木質燃料の水分過多

#### 《結果考察》

アンケートでは、現在課題になっていることとして、燃料調達(調達、価格の安定性、水分)、灰処理、人材(不足、新人育成)、設備関連(老朽化、効率・設備利用率の向上、燃焼調整)についてあげられている。

### 2.3.3. 模擬研修会アンケート結果全体の考察

木質バイオマス発電所で用いる燃料は工業的に調整された製品ではなく、またコモディティでもない。調達の安定性について長期契約を締結したとしても、主産物の生産状況や競合の発生で大きく変動する可能性もある。また、灰処理についても現在処理費を払って処分している発電所が多いため、収益向上の機会を秘める一方で利活用の決定打がなく、今後も継続的に検討すべき課題である。

また、発電設備については、運転開始間もない事業の初期段階から運転に習熟し安定的に稼働できる時期、老朽化し始める時期と経年的にその状況が変わってくる。その中で常に安定的な稼働、エネルギー効率、設備利用率を維持していくためには、設備の状況と向き合いながらの運転、日常管理、メンテナンスを継続していくことが必要となる。

アンケートの結果からも、各発電所がその段階や市場環境の中で、常に最善をつくしていることが想起される。その中でさまざまな課題に従事する技術者に対して、有益な OFF-JT の機会を提供することの重要性をあらためて認識するアンケート結果であった。

## 2.4. 木質バイオマス発電における技術的課題

### 2.4.1. 木質バイオマス発電所におけるトラブル事例

2002年6月に公布された「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法」(以下「RPS法」という。)以来、木質バイオマスを燃料とする発電事業が国内で展開されてきた。RPS法は、電気事業者に対して、一定量以上の新エネルギー等を利用して得られる電気の利用を義務付けることにより、新エネルギー等の利用を推進していく制度であり、新エネルギー法により規定された新エネルギーのうち、実用段階にあるものが対象となり、電気及び新エネルギーの価値を取引することで、電気事業者がその義務を達成する仕組みであったが、価格そのものは高いもので13円/kWh程度であったことから、木質バイオマス分野では建設資材廃棄物由来のリサイクル燃料が多く用いられてきた。

その後、FIT制度の下では、比較的高い水準にある売電単価が設定された森林由来の燃料(未利用材)、一般木材・農作物残さの利用が主流となり、RPS時代とは異なる様相を示すようになった。特に、未利用材を専ら燃料とする発電所はFIT制度導入以降に普及してきたため、10年未満の経験を持つ発電所が多い。利活用の歴史が長く、技術的にも成熟した既存の化石燃料を利用する火力発電技術においては、燃料の性状・形状に起因する設備への影響、トラブルの傾向についても長年蓄積され体系的な整理がなされている。<sup>16</sup>それに比べると、木質バイオマス発電については、その歴史の浅いこと、技術的な情報を検討し共有するする場が不足していたことから、十分に共有されてこなかった。

今回、木質バイオマス発電技術人材育成の在り方を検討するにあたり、まずはプラントの運営における大きな課題の一つであるトラブル事例について、ヒアリングにより情報を収集し、整理を行った。

---

<sup>16</sup> 火力原子力発電技術協会では、会員向けサイトにおいて、設立以来、会報において発表された各発電所やプラントメーカーの技術検討資料が閲覧可能である。

表 9 木質バイオマス発電所のトラブル事例<sup>17</sup>

現象	発生箇所	原因	故障の程度	対応等	対策1	対策2	備考
コンベアが過負荷で停止	燃料搬送系統	想定外の形状(オーバーサイズ、長いバー、粉)が詰まる	出力低下 ユニット停止	搬送系を一系統にして出力を押さえ、その間に修繕	燃料投入前の長尺の除去(目視で確認)チップ納入業者への情報共有	ボイラ投入系統を2系統にし、片側で出力を落としても運転継続できるようになる。(蒸気圧度の確保)	過負荷を検知すると動力を切り離す保護装置が付いている。発生した系統を止めて異物を除去、復旧 顧客自身にとっても想定した形状が入ってきていない
	燃料搬送系統	長いバーが選別をすり抜けてビッカローラ(攪拌装置)へ絡みつく	出力低下	搬送系を一系統にして出力を押さえ、その間に修繕	燃料投入前の長尺の除去(目視で確認)チップ納入業者への情報共有		
チェーンコンベアの故障	燃料搬送系統	想定外の形状(オーバーサイズ、長いバー、粉)が詰まる。摩耗するコノニアの一部に絡んで部分的に負荷をかけてコンベアのチェーンが伸びる	出力低下 ユニット停止	搬送系を一系統にして出力を押さえ、その間に修繕	燃料投入前の長尺の除去(目視で確認)チップ納入業者への情報共有	チェーンの破損まで行くと停止をすることになる	
	燃料貯留施設(サイロ)でブリッジが発生	想定外の形状(オーバーサイズ、長いバー、粉)	出力低下	搬送系を一系統にして出力を押さえ、その間に修繕	燃料投入前の長尺の除去(目視で確認)チップ納入業者への情報共有		
燃料貯蔵施設(スクリュー コンベア)の故障	燃料搬送系統	木質燃料による摩耗(経年劣化)	出力低下 ユニット停止	サイロの構造により、あるいは単一系統の場合、ユニット停止することになる	スクリューコンベアの強化(硬化肉盛りなど)、系統構成の多量化	木質燃料の特性として、single failureが重薦な状態に至らないようにする	
燃料貯蔵施設(スクリュー コンベア)過負荷で停止	燃料搬送系統	ロータリーバルブに異物(クリギ、石などが詰まる)	出力低下 ユニット停止	ロータリーバルブの異物除去	異物混入を想定し木質燃料専用のロータリーバルブを開発		
燃料供給ホッパでブリッジが発生	燃料搬送系統	計画と違った木質チップ(切削チップで計画したもののがビンチップを採用)、バー類混合によりブリッジ発生	出力低下 ユニット停止	・顧客へ燃料改善を依頼 ・顧客と一緒にになってビンチップ混焼割合とブリッジ発生状況を確認、ビンチップ混焼割合を見極め実験。	・ブリッジ解消装置の設置 ・ホッパ内監視ITV設置		
チェーンコンベア(搬送系コンベア底部で発火→粉塵爆発)	燃料搬送系統	想定外の形状(粉)	ユニット停止	規模によってはCO、窒素、蒸気による酸素遮断、消火のち修繕	CO検知器の設置	ケーシングに爆裂口を設ける(被害を最小限に抑える)	燃料品質管理と発生した時の自己事象の mitigationが重要である。事前に検知、検知時のアクション、事故時の安全対策を設計に反映させる
高水分チップによるボイラ設備トラブル発生	ボイラ(流動層)	計画外燃焼を投入したため	ユニット停止	計画外の高水分燃料を燃焼したため、運転員の注意が燃料供給設備に向き、発電出力確保のために過剰な燃料をボイラ内に計画以上の燃料投入人が実施している状況を把握できず、未燃が発生、交換機器を損傷させた。	高水分燃料により燃料供給デマンドをリミット以上が維持する段階で強制的に自荷制限を実施。	高水分燃料はストックされた低水分燃料との混合を顧客側にて実施。	
バグフィルターの穿孔	排気系統	粉が多い想定される燃焼位置よりも後段で燃焼し、火の粉がバグに付着すると焼けてバグを開く	その他	ぱいじんの補足能力の低下	粉をなるべく入れない(粉が多い燃料であることの前提となる場合)流動層よりもストーカー炉の方を推奨する		・ストーカーは乾燥オガやブレナー屑などは混ぜ方、投入方法など工夫次第。 ・流動層は特に空気の攪拌効果があるため、粉の影響が出やすい
クリンカの発生炉内(水管への付着など)	ボイラ(ストーカー)	燃料成分によりクリンカができやすい(Na,Kなど)	出力低下 ユニット停止	熱効率の低下	点検時の清掃、水管の厚み測定による経時的变化を把握し、予防保全		海外材・国産材でも事例
流動層・層内管摩耗	ボイラ(流動層)	木質燃料自体の特性による	ユニット停止	水管の厚みの測定をしていい場合、突発停止につながる	点検時の清掃、水管の厚み測定による経時的变化を把握し、予防保全		空送の検討でも配管エルボのところで摩耗が激しい。木質自体の特性によるもの(石灰では起こりにくい)
流動層・層内管摩耗	ボイラ	計画燃料条件とは違った燃料中に多量の異物(石、金属片他)が混入。これにより、層内管に摩耗が発生	ユニット停止	顧客へ燃料改善を依頼。	層内異物を除去するために、流動層媒体循環設備の運用を見直し		・異物対応用流動層ボイラへの改造提案。
腐食	スーパーヒーター	燃料が高水分の場合、表面で水が付着、NOxなどが解けて腐食が発生	ユニット停止	水分が付着し腐食する	毎年、経年的な劣化・減肉を確認して対応		
腐食	ガスエアヒーター	燃料が高水分の場合、表面で水が付着、NOxなどが解けて腐食が発生	ユニット停止	水分が付着し腐食する	排ガス温度を上げることである程度防ぐことができる		温度によって腐食の感度が変わるので、効率を求めるならば、高い腐食対策が居る。一方で、逆に効率を少し犠牲にすることでインシシャルを軽減する考え方もある
炉底灰(BA)への異物混入	灰搬送系	流動砂が下から循環しているが、異物(大きい石、金具、レンガ、ワイヤ)などが水管を傷つけるケースも	ユニット停止	灰搬送系が詰まるところ停止。穴をあけてしまうと突発停止につながる	・未利用材は石やガラなど(ストックヤードのコンクリート床)をバケットが運び取るなど、建磨は釘や金具などが入りやすい。	炉底は空気のノズルのタイプを変えて異物の排出を容易にする	・流動層の場合、アルミは砂と比重が似ているため、砂と一緒に回ってしまう。 ・建磨の比率が高く、異物が多い場合はストーカー炉を推奨する。
クリンカによる灰搬送コンベア障害	灰搬送系	クリンカがチェーンコンベアに詰まり、トリップ	ユニット停止	停止後、炉内温度が下がるの待ち、除去、修理	・砂など付着燃料の使用比率制限 ・成分的にカリウム等が多い燃料を使用し石が入るとそれが基材になってその後に成長		チップを分析しないわからぬが、要因がどこにあるかわからないことも
取付金具の弛み	各部	部品破損	ユニット停止	部品交換	定期点検時に弛みを確認		振動等で弛みが進行する

### 2.4.1.1. トラブル発生状況

稼動中の発電所および木質バイオマス発電設備を扱うプラントメーカーから得られた情報に基づき整理した。(トラブルの詳細については1.2.12を参照)

#### (1) 発生個所

発生個所別にみると、燃料搬送系統、ボイラー(熱交換機等含む)、灰搬送系におけるトラブルが多い傾向がある。

#### (2) 原因

いざれも原因としては、燃料の形状(想定外の形状:オーバーサイズ、長いバーク、粉)、性状(Na、Kなど)、水分状態、異物混入(石や金属)など燃料に起因するものが多くみられる。特に、水分は熱量低下だけでなく、燃料ハンドリング系統の詰まり、低温域に設置された熱交換器腐食の原因となっていることが明らかとなった。それ以外の要因としては、振動部における取付金具の弛み等が見られる。

木質バイオマス発電所におけるトラブルの多くが燃料に関することが引き金となって発生しているという傾向が明らかとなった。

#### (3) 故障の程度

トラブルが発生した際、出力低下(予定した出力より低い負荷(ロード)で運転している状態)、もしくはユニット停止(発電設備の各種ユニットが停止、その結果、発電を停止している状態)のいずれかの状態になる。場合によっては、トラブル発生を受けて安全を確保するためにその状態とする事もある。いざれも、その時間が長いほど設備利用率に影響を与える。

出力低下で済むのか、ユニット停止に至るのか、ということは、単純な整理はできない。少なくとも、燃料搬送系統等ボイラーへの投入ラインが一系統であると、この系統が停止すればボイラーに燃料を送ることが出来ず、ユニット停止に至る。特に、頻度は少ないものの冗長化が難しい箇所での発生は、ユニット停止等影響が大きくなる傾向がある。

一方、燃料搬送系統が複数設置され、かつ、その一系統が停止してもその容量をある程度かばうできる能力を有していれば、トラブルが生じているラインを停止し、残りの系統で燃料を供給することで、フルロードでなくともプラントを停止させずに、補修を行うことができる。

また、ボイラー本体で発生した場合には、安全の確保のために停止に至ることがある。

#### (4) 対応

複数系統で出力低下させながら稼働を維持する場合においても、そのままでは動いているラインが過負荷になるリスクもあるため、応急的な対応、補修をいち早く行う場合もあれば、ある程度状況を見ながら定期メンテナンス時に補修を行うというものがある。これは状態や箇所により、補修工事の発注時期、内容を検討し、場合によっては機構そのものに改良を加えることもある。

こうしたハードの対策以外にも、発電所側の運用改善によって対応されている場合もある。特に燃料の性状・形状については、以下の様な対応を実施されている。

- ① チップ納入者に燃料供給条件について再確認してもらう、あるいは納入された燃料を検品し、長尺等規定外の燃料を目視で確認し排除する。
- ② 水分が多い燃料と乾いた燃料、切削チップとピンチップ、チップとバーク、枝条等を配合するなど、最適なバランスで使用することも行われている。

---

<sup>17</sup> プラントメーカーからのヒアリング結果に基づき、作成。

このように、プラントメーカーが行うハード対策としての設備改修と、発電所が実施するソフト対策としての燃料品質管理やオペレーション上の運用改善が対策として有効である。(対策の詳細については2. 4. 1. 3を参照)

#### 2.4.1.2. 木質バイオマス燃料の特性に起因するトラブル

メーカーヒアリングでは、性状、異物等の木質燃料の特性に起因するトラブルが傾向として確認できた。長らく、石炭など化石燃料を使用する形態で技術が成熟している火力発電プラントメーカーにおいても木質燃料は新たな燃料としてその特性が認識されていることが分かった。

同ヒアリングより、トラブルの要因となった木質バイオマス燃料の特性と、具体的なトラブル内容について以下に整理する。

##### (1) 燃料水分に関するもの

・バイオマス燃料は水分が多い。国内材を利用するケースでは。伐採直後水分が 50wt%を越える高水分の燃料となる可能性がある。これを燃料として供給した場合、以下の様な問題が発生する懸念がある。

- ① ボイラー入熱を賄うための燃料供給量増加による燃料搬送系統への負担上昇
- ② 炉内温度低下による未燃分の増加
- ③ ボイラー設備の後流側に設置されるガスエアヒーターでの腐食懸念

まず、燃料の水分が増加した場合、入熱に不足が発生する事から燃料供給量を増加する必要があり、これにより燃料搬送系の負担が増加する事になる。この結果、補修の頻度も増加し、運転に支障をきたす。よって、燃料供給系統が複雑なものを採用されるケースは特に注意が必要となる。

次に燃料の水分が増加した場合、水の蒸発潜熱に燃焼熱の一部が奪われてしまう事から燃焼温度が低下する事になり、炉内保有熱の小さい燃焼方式を採用している場合には、未燃分が増加する事になる。結果、燃料消費量、主灰・飛灰処理量が増加し、ランニングコストに影響がでる可能性がある。

最後に燃料中水分が増加した場合、燃料中の硫黄分や塩素分が多い燃料を利用した場合、ガスエアヒーター排ガス出口に結露水が付着する可能性があります。排ガス温度を上げていれば大丈夫という感覚をもっているが、燃料中に硫黄分や塩素分を多く含む木質チップを利用している場合は、チューブの表面が冷えていると結露水が付着する。NOx、SOx、HCl 等がその水分に溶けて腐食が発生する。

・高水分燃料の投入により、出力確保のために過剰な燃料をボイラーへ投入、大量の未燃が発生し、後流設備を損傷した事例もある。また、主灰・飛灰量が増加し、ランニングコストアップ及び主灰・飛灰引き取り拒否をされたケースも少なからずあり、燃料水分管理には重要事項である。

##### (2) 燃料成分

・バイオマスは石炭よりも腐食しやすい成分(ナトリウム、カリウム、塩分など)が多い。水分が多く、木質とコンベアとの接触面が多いのでマテハン系の摩耗も多くなる。高水分による空気余熱器の腐食対策には、供給側の空気を余熱するとか、腐食対策のステンレスを使うなど腐食との予防対策が重要。

燃料に腐食成分と水分が多い場合、供給側の空気を余熱するとか、腐食対策のステンレスを使うなど腐食・摩耗対策が必要となる。また、燃焼温度低下による未燃分の増加により後流設備における焼損等事象の予防対策が重要。

燃焼温度低下による未燃分の増加により後流設備における焼損等事象の予防対策が重要。

・近年、燃料成分中の灰分が多い燃料が確認されているが、詳細を確認した結果、これらの大半が燃料に付着した砂、泥等である。これらの燃料を利用する場合、燃料搬送系統に摩耗等の

トラブルを発生させるケースが多く確認されている。このため、燃料成分分析も重要であるが、燃料外観を把握する事も重要な事項である。

### (3) 燃料形状

・燃料供給コンベアの故障、1m程度の長尺燃料(1mぐらいの枝が破碎機のスクリーンをすり抜ける、チップで購入した際にそのようなものが混入している)がコンベアの回転部に噛みこむなどにより、過負荷となって停止、あるいは破損が発生する。

・チップの搬送だけを考えると切削チップが良いが、ピンチップは安く燃えやすさについても良い。どちらが良いかは顧客の事情に任せること。燃料投入方法と燃料サイズを十分検討する必要がある。

・粉は燃焼位置が想定よりも後段で燃焼し、火の粉がバグフィルターに付着すると焼けて穴が開く。流動層で粉を燃焼する際は、その吹込位置に留意する必要がある。一方、ストーカーで、粉を燃焼する場合は、急激な燃焼による炉内クリンカ低減対策を実施しなければ、クリンカ脱落による故障のリスクがある。

いずれの燃焼方式を採用しても、熱量比 5%~10%程度でチップと混ぜると良い。

### (4) 異物

・建廃の比率が高く、異物が多い場合は、その異物排出に注意が必要である。流動層方式を採用した場合、異物に含まれるアルミや亜鉛等の低融点金属は固まりとなって層内に滞留する傾向があるので、十分な排出能力を持った設備を採用する事が必要である。一方、ストーカー方式を採用した場合は、これら金属類は駆動部に付着・堆積しやすい傾向があるため、定期的な停止とメンテナンスが必要となるので稼働率には配慮が必要である。

未利用材は石やガラなど(ストックヤードのコンクリート床をバゲットが搔き取るなどによって混入する)、特にタンコロと言った未利用材を利用する場合は砂、泥、小石や山林路盤材として利用された廃コンクリート片等、建廃は建具等に取り付けられていた釘や取っ手等金具などがありやすい。

#### 2.4.1.3. 木質バイオマス燃料の特性を踏まえたプラントメーカーの対応

このような木質バイオマス燃料の特性を踏まえ、プラントメーカー側では、以下のような対応が取られている。ヒアリング結果から要因に対応し、事例を整理した。

##### (1) 燃料水分に関するもの

・まずオーナー側へ毎日の水分管理を実施戴く事を推奨し、安定な設備運用を実施戴く事をメーカーも一緒になって標準化した。

・水分が多い燃料を一定量投入したところ熱量が足らず、出力維持のために過剰な量の燃料を投入により出力変動が大きくなったり、プラントに不具合を発生するケースが多く確認された事から、燃料供給デマンドをリミットが継続して一定期間続く場合、安全運用が可能な負荷帯へ自動的に出力低減を実施する機能を付加した。

##### (2) 燃料成分

・定期的な燃料分析実施を推奨し、不安がある燃料、新規で利用したい燃料がある場合はメーカーへ相談戴く事を推奨。

・腐食に対しては、毎年、経年的な劣化・減肉を確認して対応していくことを顧客に提案。

・供給側の空気を余熱するとか、腐食対策の耐腐食鋼、ステンレスを使うなど腐食と異常燃焼事故の事象の予防対策が重要。

燃焼温度が高い、燃焼域での空気配分が悪い、燃料が均等に供給されない等といった事象があると炉内にクリンカが発生しやすいため、最適な空気配分、燃料供給の均一化、ゆっくりと緩慢燃焼させるということでクリンカの生成を抑える。

### (3) 燃料形状

- シート部に対摩耗対策を行うことも。スクリューコンベアのねじの鼻先に硬化肉盛りを行うなどしている。しかし、バイオマスはある意味そのような故障が発生するという前提で、故障の影響として系統構成を多重化しておかないと出力低下するため、single failure が即出力低下につながらないような系統構成をとるケースもある。

- しかしながら、多重化したとしても故障率が低下する訳ではなく同じ構造、同じシステムを採用していれば、同時にトラブルが発生する確率は増加するため、使用する燃料形状、イニシャルコスト、ランニングコスト、メンテナンスコストを十分比較し、信頼性が確保できる燃料供給方式を検討する事が必要である。

- 燃料搬送コンベアの底部にカスがたまり、コンベアと接触して摩擦熱で蓄熱して、結果、発火する。その場合には必ず CO が出てくるので、コンベアのトップに検知器を置いておくなどの対策が有効である。万が一発生した場合の消火系として、大きなサイロだと CO、窒素、蒸気が酸素遮断という意味では有効、それでもダメな場合は消火栓をつないで上から散水できる設備をとる。

- 清掃しやすい構造を採用する事で日例、週例といった定期的な清掃を実施戴く事をオーナー側へ推奨している。

- 燃料投入装置におけるトラブル、これも長尺燃料による駆動部、チェーンの破損迄到達するとプラント停止となるが、過負荷になると動力を切り離す保護装置が付いているため、その際に発生した系統を止めて異物を取り除くことで、一時的なプラント出力低下程度で復旧できる。

### (4) 異物

- 燃料搬送系統駆動部、チェーン、ロータリーバルブ等に、釘や小石、砂利等が来ると噛みこんで過負荷で止まるという事例があったので現在の仕様では、木質専用のロータリーバルブを開発し採用している。この事象は、ストーク部等の駆動部も同様である。このため、駆動を有する搬送系、燃焼設備も噛み込み、摩耗等を抑制するために異物除去が重要点になる。

- 摩耗、腐食などについては、石炭火力でも発生する問題であるが、木質の性状により比較的高頻度で発生している現象もある。摩耗では、木質そのものだけでなく、異物(砂利、泥、石、金属の混入)が要因として指摘されている。

- ボイラ内部に入った異物がきちんと炉外へ排出できないと駆動部の摩耗や破損の要因となる。異物を多く含む燃料(タンコロ、枝・葉、剪定枝等)を使用する燃料については、燃料搬送系だけでなく、異物排出系統にも配慮された設備を選定する事が必要である。

## 2.4.2. 木質バイオマス発電所の技術課題に対するプラントメーカーの対応

発電プラントを長期安定的に運営していく上で、いくつかの技術課題に直面する。メンテナンスコストの在り方や省エネルギー、長寿命化という発電事業の本業に直接かかわるものから、レジリエンスのように地域社会との関係の中で社会的な要請に応えるまでの課題まで様々な課題がある。ここでは社会的な課題についても技術的にアプローチ可能な点にしづり、プラントメーカーへのヒアリングにおいて、その対応に向けた考え方について確認した。

### 2.4.2.1. メンテナンスについて

#### (1) メンテナンスの考え方(受託範囲)

設備の保証期間の関係もあり、運転開始当初はプラントメーカーに定期メンテナンスを委託している発電所が多いが、稼働経験を積むうちにコスト面から清掃、点検、軽微な改修は発電所が地元の業者などに直接発注しているケース、あるいはそのままプラントメーカーに委託するケースなどさまざまである。

ユーティリティ部門があり自家発を自社管理するなどのエンジニアリング体制のある発電事業者の場合は、「ボイラー耐圧部、蒸気タービン発電機など安全にかかわるところ」「本質的な改修や難易度・重要度の高いところ」に絞ってプラントメーカーに委託し、ほかは自社で発注、管理するが、発電事業者側が異業種からの新規参入者であったり、立地条件によって、近隣に委託できる先がなく、全てメーカーに任せることもあることであった。

ただ、運転状況、設備のモニタリングも含めて遠隔支援をサービスメニューに入れているメーカーもあり、その場合は発電所との関係がより緊密である。

水管の摩耗などは、すぐに交換するのではなく、摩耗の経年的な進行等傾向を管理することで、適切な交換頻度とする、定期点検時期をなるべく短期とするために各種作業の組み合わせを検討する、などの対応が実施されている。発電所側の体制としては、主任技術者以下の技術層が薄い場合など、メーカー側のサポートがそれを補完して、定期点検工程の検討をするケースもある。

年間を通じた燃料状況、運転データを評価し、これと定期点検時に必要となる作業をメーカー実績と比較し、どの時期にどの様な交換・補修が最適であるのかを判断する事が必要である。これらはメーカーに集積された木質バイオマス発電に関わる技術情報の提供を受けることで、発電所側にとって多くの気づきを得ることにつながると思われる。

#### (2) メンテナンスコストに影響する要因への対応

水管の摩耗などは、すぐに交換するのではなく、摩耗の時間あたりの進行など傾向を管理することで、適切な交換頻度とする、定期点検時期をなるべく短期とするために定期点検時期における各種作業を最短となるよう組み合わせる、などの対応が実施されている。発電所側の体制として、主任技術者以下の技術層が薄い場合など、メーカー側のサポートがそれを補完して、工程の検討をするケースもあるだろう。

年間を通じた運転データを評価し、これと定修時に必要となる作業を弊社実績と比較し、どの次期にどの様な補修が最適であるのか、これらはメーカーに集積された木質バイオマス発電に関わる技術情報の提供を受けることで、発電所側にとって多くの気づきを得ることにつながると思われる。

#### 2.4.2.2. 省エネルギー(所内率の低減)

「ファン類のインバータ化」「台数制御」による省エネにより所内率を低減することは、小規模発電所であるほど、収益への貢献が大きく期待される方策だが、ヒアリングを実施したメーカーではこれらを標準仕様としていることが分かった。

そのほか予熱器でボイラーの燃焼空気をあたためてボイラー効率を2%程度改善する等、所内率だけではなく、エネルギー効率を向上させる方策が採用されているケースもある。但し、熱回収の効率性と腐食リスクのバランスは、メーカー側だけでなく顧客の意向も確認が必要であり、トレード・オフとなる条件でも、多重な目的を優先度で最適化していくアプローチも取られている。これらも「ユーザーとメーカーがコミュニケーションをとりつつ提案し、バランスの取れた判断をしていただく」というきめ細かな対応がなされている。

#### 2.4.2.3. レジリエンスへの対応

タービンバイパスを標準仕様として、最低発電負荷率10-30%程度で自立運転(所内単独運転)が可能なプラントもあるが、多くはオプションとなっており、既に納入されている設備の多くは最低負荷率が60~70%程度と、災害等により系統事故があった場合に自立運転が難しい条件となっている。

一方で、「北海道に何件か自家発で納入したプラントが大停電の時も全て生き残っていて、地域の方に携帯の充電に使えた」などの事例において、災害時のエネルギー供給が地域のレジリエンス強化に効果が大きいことも明らかになった。

とはいっても、最低負荷率60%という値は5MWの設備で自立運転を行うためには3MWの負荷が所内に存在している前提が必要であり、追加的な設備投資を行うにはコスト面からも課題が大きいことが分かる。

そのため、発電設備が設置されている地方自治体や周辺工場との連系を密とする事によって、1つの発電所だけでなく、周辺地域を考慮した地域でのレジリエンス性を確保する事が、SGD'sへの対応やBCPへの要請が高まるこれからの時代には必要となってくると考えられる。

また、災害発生時には利用している燃料が供給されない、また、災害時に発生する建築廃材や流木・倒木等の処理もレジリエンス性を確保する重要なポイントとなる事から、多様な燃料に対応できる設備を選定する事も今後のバイオマス発電設備設置検討には必要事項となってくるものと考えられる。

#### 2.4.2.4. 長寿命化

FIT制度の固定価格での買取期間が満了したのちに、発電所が稼働を継続するために必要な大規模改修等の長寿命化費用については、その改修そのものが、設備の使用状況、メンテナンスの状況によってはそれほど大きな費用が必要ないという可能性が指摘されている。

腐食等の問題で交換サイクルが短期化するケースもある。その対応としては、想定される燃料や事業期間を考慮したうえで、使用する素材として腐食に強いものを提案するなど、発注時に顧客の方針を確認していくうえで、長寿命が得られる条件を設計に盛り込むことも可能である、とのことであった。

いずれのメーカーでも「20年以上稼働することが前提」として設備が作られているとのことで、適切なメンテナンス、傾向管理により、20年以降も稼働を可能とすることが可能との回答があった。

ただ、その場合にも、燃料や水質など地域性のある要素や、発電事業者の事業計画など、精度の高い情報を相互にやり取りしながら進めていくことが有効であるとのことであった。

#### 2.4.3. 発電所の安定稼働とプラントメーカーの役割

プラントメーカーへのヒアリングからわかることとして、発電事業者側との情報共有が木質バイオマス発電技術の成熟のために欠かせない重要な要素ということである。

「運転と設計は表裏一体であり、情報共有は事故対策という意味でも、重要である」とはプラントメーカー技術者の言であるが、発電所で使用する燃料の実態は発電事業者側がもっとも情報の精度と量を持っている。また、その燃料に起因して設備側で発生する現象についても、日常的に接するのは発電所の技術者である。そして、熱バランスなどプラントの特性を隅々まで熟知し、多くのケースから学んだ体系的な知識とそれを技術サービスとして提供できるプラントメーカーの両者が情報を共通し、協力体制で課題に対応することで、木質バイオマス発電技術が成熟化していくと考えられる。

一方で技術集約的なプラントの中でも、土木や汎用性の高い部分は地域の業者を育成していくことも、地域内で産業が育つ意義があり、発電事業者は適材適所でのすみわけも視野に入れて調達方針を立てていくことも有効であろう。

木質バイオマス燃料と一口に言っても、枝やバークなどと木部のチップ、PKS やその他の農作物残さ系の燃料では、特性が異なる。また、今後はさらに多様な燃料の使用が各事業者単位では検討されている。

設計時点の情報と、運営の経験から蓄積される情報を、発電事業者側技術者とプラントメーカーが共有し、連携していくことで、国内で稼働する木質バイオマス発電所全体の安定的な稼働が確保されていくと期待される。

### 3. 木質バイオマス発電所の運営に関する実務的情報

#### 3.1. 発電所へのヒアリング調査結果

一般木材バイオマス・農作物の収穫に伴って生じるバイオマス固体燃料及び木質バイオマスに係る事業計画を認定されている事業者のうち、2021年3月末日時点で既に運転を開始している事業者に対して稼働状況や技術的課題への取り組み状況、発電所における人材育成の実施状況等についてヒアリング等を行い、結果について分析を行った。

調査内容としては、稼働状況や技術的課題への取り組み状況、発電所における人材育成の実施状況、運営等に向けた技術的課題について各発電所における状況について聞き取りを行った。また、燃料調達、燃料サプライチェーンの運営状況についても聞き取りを行った。

ヒアリングを実施した発電所:11か所<sup>18</sup>

(サプライチェーンに関しては、燃料供給会社も同席)

調査時期:2021年11月25日～2022年1月28日

ヒアリング方法:訪問およびWEBによる聞き取り

主なヒアリング項目について表10に示す。

表 10 主なヒアリング項目

稼働状況や技術的課題 への取り組み状況	【運営上の課題に対応するための所内体制】
	【収益改善のために特に工夫していること】
	【調達における取引先選定ポリシー(工事、薬剤等)】
	【保全方法(事後保全、予防保全、TBM CBM)の基本的な考え方】
	【平時における運転特性の把握】
	【データ管理方針】
	【トラブルが多い設備箇所】
	【運転上の技術的な課題において効果があった対策】
サプライチェーンに関する 要素	【燃料の品質管理の方針、体制】
	【収集エリア(発電所までの平均輸送距離)】
	【安全面で注意すべき点、ヒヤリハット事例】
	【安全教育体制】
	【運転員の雇用】
	【資格取得のための支援制度】
	【有資格者の確保について(内部育成、外部からの転職、委託等)】
技術的課題への対応状況	【熱利用に期待する効果】
	【灰の利活用】
	【省エネ対策として実施しているもの】
	【運営コストダウンの工夫】
	【FITの買取期間満了後の稼働方針】
	【森林資源の持続可能な利用について配慮していること】
	【地域への貢献について】

<sup>18</sup> 実施概要については、I 2.1 を参照のこと。

### 3.2. ヒアリング項目に対する回答

この項ではヒアリングにより得られた各発電所からの回答を、ヒアリング項目ごとに示す。なお、実際の運営に関わる内容であるため、ニュアンスを含めそこからの示唆を参考とするために極力加工せずに掲載するため、回答は匿名としている。

#### 3.2.1. 稼働状況や技術的課題への取り組み状況

##### 【運営上の課題に対応するための所内体制】

- ・基本的には、職制の中で対応。個別事象ごとにボイラーメーカー等関係先と検討体制を構築。(A 発電所)
- ・管理者が検討してメーカーさんと一緒に改善していく状態。現場の人間を入れたいがレベルが追い付いていないところだが、何人か入れる体制が整いつつある。(B 発電所)
- ・燃料確保については、自社工場と燃料調達課と発電部署とのすり合わせで実行している。(C 発電所)
- ・週間ミーティングの実施。社内で課題を抽出し全員が共有できる体制としている。(D 発電所)
- ・技術課と発電課を構築し、メンテナンスをやる人は技術課、連系事故時は送配電事業者に電話して原因追及、その間は自立運転で様子を見て、改善したら再並列する。所長が来るまでに初期対応を実施。(F 発電所)
- ・所長が判断して案を作成し、親会社に報告して、改良する。またはメーカーに相談し対応してもらう。(H 発電所)
- ・ICTによるDX化や合理化について発電所側が要望とアイデアを出し、プラントメーカーとともに検討・開発し、実証まで行っている。(J 発電所)

##### 【収益改善のために特に工夫していること】

- ・送電端効率の維持向上(発電効率の維持向上、自家消費電力の削減)、燃料の安定調達、枝葉・バーク等の受入拡充。(A 発電所)
  - ・燃料の管理が一番当てはまる。燃料の状態を見て配分する。(納入後)すぐ使わない。工場からの材なのであるものを効率的に使う。(B 発電所)
  - ・地場業者の協力で工事コストが低減できている。(C 発電所)
  - ・林地残材など、丸太以外の未利用燃料の活用。クリンカの抑制による定期修繕の短縮が可能となったため、稼働日数の確保できた。林地残材及びバークによる原価率削減。2年目との対比で約5%の効果があった。(D 発電所)
  - ・燃料の水分管理。バイオマス申請範囲内の燃料按分消費を行う。(E 発電所)
  - ・省エネ経営を実施している。(F 発電所)
  - ・地域の森林組合からの提案で、梢端部を枝付きのまま買取、所内破碎している。価格は丸太よりも安価。(H 発電所)
  - ・発電事業の儲けだけがあるべき姿ではない。地域の林業や地域の利益につながることが重要。
- (J 発電所)

#### 【調達における取引先選定ポリシー(工事、薬剤等)】

- ・工事⇒基本的にボイラーメーカーへ発注、ボイラーメーカーは承部分については弊社にて工事実績・費用をもとに選定 薬剤等⇒安定供給をベースに比較購買にて選定(A 発電所)
- ・初年度はプラントメーカーに発注した。土地によって委託できる業者が居ないが、なるべく自社でやりたい。(B 発電所)
- ・親会社の取引先、または取引先の紹介。(C 発電所)
- ・機器の不備に対応できる地元業者の優先、また重要機器に際しては工事実績のある業者を選定し対応している。(D 発電所)
- ・グループ内に同一発電システムがある為、纏め買いによるスケールメリットを活用した安価購入、特に薬品などは効果が大きい。(E 発電所)
- ・リーズナブルな価格であることが調達の条件。メンテナンスはプラントメーカーと県外の業者が多かったが、地元業者にシフトしてきている。金額・サービスの点で評価できる。(F 発電所)
- ・プラントメーカーがメインで。ほか、エンジニアリング会社、水処理設備などについて別の工事会社とすみ分けている。(H 発電所)
- ・設備発注先の選定では、事業のポリシーに合致する設備、信頼関係を以て、一緒にチャレンジ、新規開発してくれるプラントメーカーを選択した。(J 発電所)

#### 【保全方法(事後保全、予防保全、TBM CBM)の基本的な考え方】

- ・機器の重要度に応じて対応。重要なものは予備機を持つ(A 発電所)
- ・基本的に予防保全が一番、その中で必要なものが出てくる。停止が必要かそうでないかが線引き、(B 発電所)
- ・定期点検(日・月・年)を常に違う作業員が巡回することで異常を早期に発見できるように取り組んでいる。(C 発電所)
- ・重要設備に関しては基本的には TBM による管理をし、経年による劣化など点検時の判断から早めの交換など、予備機を保持できるよう管理している。(D 発電所)
- ・予防全体が基本(F 発電所)
- ・保全費用の軽減するために、設備の特性等を考慮した保安規程に基づいた保全方法である。また、不具合が多く発生している部位等については強度を向上させる改良保全も取り入れた保全活動の実施(G 発電所)
- ・故障状況が出たところが月一回点検、アッシュコンベアは 2 週間、砂とか異物 過負荷でエラー(H 発電所)
- ・ポンプ、ファン、電動機に振動センサーを取り付けて、故障予測、予防保全に取り組み中。遠隔支援システムをプラントメーカーとも連携して開発する予定(J 発電所)

#### 【平時ににおける運転特性の把握】

- ・発電電力、発電効率を日々管理。通常と異なる動きの時に詳細内容を調査。(A 発電所)
- ・事後的には、温度分布ではないか。排ガスの温度が高い、△の挙動を確認(B 発電所)
- ・負荷率100%運転への管理値の監視。(C 発電所)
- ・常に 1 人、もしくは 2 人を中央制御室に配置し、燃焼温度、排気ガス濃度、ドラフトの変化

に常に気を使っている。1時間ごとにチップの嵩密度を測定し、投入カロリーの平準化を心がけている。(D 発電所)

- ・運転日誌を作成してユニットの主要項目を画面から30分ごとにキャッチし経時(分)管理を実施していて外れ値があればその原因を追及することとしている。(E 発電所)
- ・常時監視でデータ蓄積している。変動を確認、1日何トンぐらいは把握しているので含水率で変化。しかしそれほど変動はすくない。(H 発電所)
- ・OPSにて各センサーの現在値とトレンドグラフを同時に表記させることができるので、瞬時値と傾向値から把握している(J 発電所)

#### 【データ管理方針】

- ・内容に応じて報告書を作成し事業部内で共有。必要なものはマニュアル化して運用。(A 発電所)
- ・重要なデータは紙媒体で保管し、情報漏洩が無いよう努めている。DBSなどは、オフラインで使用。(D 発電所)
- ・異常に、記録しているデータを解析(F 発電所)
- ・運転日報、月報の運転状況の管理を重層で実施している。ボイラーのステップ応答試験値は主に制御装置のパラメータの初期値として運用しているが平時では利用していない。(G 発電所)
- ・データは蓄積して評価(H 発電所)
- ・タブレット等を利用し、データを把握している。それらのデータをメンテナンスに活用できるよう蓄積、プラントメーカーとも共有している。(J 発電所)

#### 【トラブルが多い設備箇所】

- ・燃料搬送設備、灰処理設備。(A 発電所)
- ・燃料搬送。系統が多いほどトラブルが多い2号で突発2,3回止まったのはクレーン。(B 発電所)
- ・冷却塔(C 発電所)
- ・燃料搬送系での詰まり等(D 発電所)
- ・燃料供給設備、および煙道(F 発電所)
- ・燃料の搬送系に多い。また、火炉ホッパーの灰の詰まり現象が多発してボイラー停止に至るトラブルがあった。これは開口部を広めて改善した。(G 発電所)
- ・アッシュコンベア。搬送系はリトライと片側つまりはあった。それほどはない。市場で落ちたものは状態が良いが、ストックに積んでいるものは野積み。チップフィーダーの閉塞が30回ぐらい。すぐ回復するものと時間がかかるものがあるが、2系統あるので止めなくて済む。(H 発電所)
- ・エコノマイザーの見えない箇所が経年劣摩耗、蒸気リークがあった。また、燃料供給系統で片側コンベア詰まりが発生し、片側過負荷によってボイラートリップ(深夜)に。出力を低下させる余裕もなかった。2分間。(I 発電所)
- ・特定の部位、部品でトラブルが多い事は無い、そのような事象は稼働一年で修正が完了している。(J 発電所)

### 【運転上の技術的な課題において効果があった対策】

- ・送風動力削減(必要以上に大きかったため、小さくした羽根を変えて)。ドラムレベル制御、ボイラーマスタ制御改善。(運転の挙動に応じて最適制御)GAH 伝熱管材質変更。(伝熱管の腐食対応で材質変更→トラブル対応)(A 発電所)
- ・燃料搬送関係で、木液(酸)による腐食対策でコンベアの材質変更をした。(B 発電所)
- ・燃料系統のトラブルがあれば、自動で調速制御から圧力制御に変更することにより、ボイラーの急変を防ぐ。(C 発電所)
- ・No.1 供給 CV のスクレーパーの長さ変更による、細かいチップの搬送不良解消。No.2 供給 CV～供給フィーダへの開口部の拡張しバークによる燃料の入り方のムラがなくなった。(D 発電所)
- ・PKS の使用量削減運転に関する事項。ボイラー設備ではないが、冷却ポンプの冬場 1 台運転による所内率低減による売電量の増加。(E 発電所)
- ・最初のころクリンカが出ていたが、空気量を減らしたり、エアヒーターの温度下げたりしたことで一時期よりは減っている。(H 発電所)
- ・プラントメーカーにて燃料が原因で主蒸気量が足りない時に自動でリカバリするプログラムを作成してもらった。燃料に多少問題があったとしてもプラント停止しないというのが運転の安心感につながっている。(J 発電所)

### 3.2.2. サプライチェーンに関する要素

#### 【燃料の品質管理の方針、体制】

- ・受入規格を設定し、水分に応じた価格設定。納品ごとに水分測定。(A 発電所)
- ・工場内の材を、使う。買い物の場合は水分によって価格を決めている。形状はフリーで、水分と熱量と夾雜物(砂など)水分はトラックごとにおろしたときにパックに入れて棚に入れる(夜持ってきて毎日測る。月末決済)している。社内の中でも同様に。(B 発電所)
- ・燃料の低発熱量、灰分、水分率を分析して燃料品質の維持管理(F 発電所)
- ・燃料搬入時、1 時間ごとに 3 段階による含水率測定の実施。降雨時にはブルーシートを被覆し防水対策を行っている。また月に 3 回、専門機関による水分・低発熱量の分析を依頼し、運用上の管理を行っている。(D 発電所)
- ・オーバー材が混入していないか。それと定期的な水分簡易測をしている。帳票に供する燃料品質については第 3 機関に委託して健全性等に担保している(E 発電所)
- ・燃料品質の均一化、含有率を測定し燃料状態のフィードバックを行う。燃料会社・運転手(朝礼で申し送り、深い内容の場合は協議の時間を作る。(E 発電所)
- ・チップフィーダー渡しの条件ではある。建屋に入った時点で引き渡しになっている。中央制御室から直接ハンドリング。朝礼でチップとバークの割合や状況を説明。製造量を確認して燃料供給側が週ごとに提出して、燃料供給会社の責任者、事業会社の経営層に報告している。月次で締めて、水分載せて請求額を決定している。発電所側で水分計測(5 サンプルぐらい取って毎日)し、使った量は計量コンベアで計測している。(H 発電所)
- ・チップ化は隣接するチップ工場が行うが、原木の状態で確認し、チップにする際に選木してブレンドしている。そうしないと、燃料の性状が不安定になる。(含水率、伐採後の経年、樹種、枝条)(J 発電所)

#### 【収集エリア(発電所までの平均輸送距離)】

- ・主要な未利用材については原木を 50km 程度輸送し併設のチップ工場でチップ加工している。他の国内材についてはチップの状態で納入、輸送距離は 100km 前後。(A 発電所)
- ・場内は8割強、残りはチップなどで購入(一番遠いのはオガ類 150-200km)(B 発電所)
- ・自社チップ工場(同敷地内・同一県内からの原料収集)をメインとし、外部より近隣 4 県から調達。(C 発電所)
- ・50km前後と推測。10km圏内の現場もあるが、雑木等の丸太になると 100kmを超える現場もある。また県外に関しては 150km以上離れた箇所もあるので、平均では 50kmとする。(D 発電所)
- ・同一県内 50%、近隣県 40%、PKS10%(E 発電所)
- ・立地する市、周辺市町村を含む地域一円、伐採現場・中間土場平均30km—原木ヤード 0.2km—チップ工場 0.1km—発電所(F 発電所)
- ・同一県内50%、隣接県 30%、その他都道府県 20%(G 発電所)
- ・立地する地域が中心で 30km 半径、バークは遠くは100km圏からも。(H 発電所)
- ・おおむね 30km 圏内(J 発電所)

### 3.2.3. 発電所における人材育成の実施状況

#### 【人材育成の方針】

- ・多能工化による人件費削減(発電オペレーター、燃料投入、蒸気ボイラーのオペレーター、破碎設備の運転)(C 発電所)
- ・少ない人員体制で発電所を運営していかなければならないため、一人一人の能力を向上させることが重要(E 発電所)
- ・技術者が自分で考える能力を身に着けることが重要であり、社内の研修では指導者が答えを示すのではなく、テーマを設定して議論をする中で解を導く形態としている。それにより、問題解決能力を身に着けてもらう。(H 発電所)

#### 【安全面で注意すべき点、ヒヤリハット事例】

- ・ヒヤリハットは 5S に関するものが多い。(A 発電所)
- ・発電所内においては基本、まきこまれ、挟まれは発生しないが、自動運転(条件を満たせば動く)、インターロックのしくみを理解していないことによるヒューマンエラーには注意している。(B 発電所)
- ・燃料の運搬にフォークリフト・トラックなどの車両に加え、燃料投入と整理に大型ホイールローダーが行き交うので構内安全運転の徹底。(C 発電所)
- ・敷地が狭いことから、重機の人やモノとの接触がおこらないようコミュニケーションをとること、1 人作業にならないことを注意している。(F 発電所)
- ・事例検討会を全社大で展開している。なお、他サイトにおいても共有化する為に社内共通システムで閲覧可能として危険に対する感受性を高めている(E 発電所)
- ・幸い大きなものは無い。(F 発電所)
- ・親会社の方針で、もとより安全面については気を付けている。たとえ設備事故は起きても人身事故は起こさないように、と特に注意している。器具・工具の点検、高所作業の対応などを徹底している。(H 発電所)
- ・ヒヤリハットの情報共有(I 発電所)
- ・添加薬剤の取扱方法、いざという時の洗浄方法、保護具の選択、給油脂や点検時の作業姿勢や床開口部の転落防止、積雪時プラント上階への昇降禁止、タービンや主蒸気配管等高温表示、リスクアセスメント作成(J 発電所)

#### 【安全教育体制】

- ・受入時に工場共通の受入教育を実施。工場としての管理体制の中で運用。(A 発電所)
- ・工場の事例を通して、安全情報の共有(B 発電所)
- ・社内教育の実施。(C 発電所)
- ・月に 1 度の安全衛生委員会を開催し、事業会社内でヒヤリハットの共有や対策を協議しています。またグループ他社で発生した事故は全事業所に共有されているため、それに關しても事故発生の前段階で対応できるよう協議している。さらに消防局などの関係機関へ依頼し、救護や火災等対応について講習会を定期的に実施している。(D 発電所)
- ・使用前点検の実施と本社大で作成した「安全教育資料」を活用している(E 発電所)
- ・年度の事故事例の教育訓練(F 発電所)

- ・使用前点検の実施と本社大で作成した「安全教育資料」の活用等を実施している(G 発電所)
- ・安全教育は入社時に。朝礼でヒヤリハットなど危険情報の周知。(H 発電所)
- ・安全性委員会(毎月1回)、入社時の教育、業者さんなど行内に入る人は教育。(I 発電所)
- ・リスクアセスメントに基づく独自の表示と、教育訓練の実施(J 発電所)

**【運転員の雇用】**

- ・直接雇用。地元工場高校、定期的採用、大卒は一括採用で配属。(A 発電所)
- ・地域雇用中心、グループ内で転勤も。(B 発電所)
- ・直接雇用とし、一部業務は派遣。(C 発電所)
- ・親会社からの出向 6 名、運転委託先(グループ会社)による採用者が 15 名(所長含む)(D 発電所)
- ・地元を中心として雇用創出をしている。(E 発電所)
- ・直接雇用(F 発電所)
- ・地元を中心として雇用創出をしている。(G 発電所)
- ・同一市内が半分、のこりは周辺地区、BT 主任は 同一県内から単身赴任 電気主任は地元の U ターン者である。(H 発電所)
- ・地域雇用(立地先および周辺市町村)で運転員 7 名を採用。そのうち、1 名は女性。バイオマス発電業界では初めてではないか。機械の専門家として、ゆくゆくは BT 主任も視野に育てていきたい。教育支援として、座学で制御の勉強、水、蒸気、系統図を教えてもらい、試運転の立ち合いで一か月半教育して、運転開始に臨んだ。(J 発電所)

**【資格取得のための支援制度】**

- ・受験費用等については会社負担。技術者等への任命者への任命料の支給。(A 発電所)
- ・会社の資格制度(取ったら報奨金)がある。特別な支援はやっていない。(B 発電所)
- ・資格取得時には報奨金を支給する制度がありますが、取得までの過程をサポートする制度、プログラム等はないため、現在検討している段階です。(D 発電所)
- ・主任技術者の代務者としており、主任技術者との意思疎通をはかり管理方法等伝授して貰っている(G 発電所)
- ・資格を取ったら受講費などは会社で出す、フォークリフトの免許など運営上必要な資格は会社負担。内部育成を基本としている。現在既に運転員の方でも持っている人がいる。(BT、電気)中でしっかり育成。たまたま有資格者 U ターンで資格持っている人材の応募があった。(H 発電所)
- ・2種を二人(親会社からの出向者、バイオマス数年だが風力関係は10年、もう一名も20年)、BT(6, 7年)を1人、BT は2名。管理者の後継者が課題。(I 発電所)
- ・プラントメーカーでの研修、資格取得に対する支援実施(J 発電所)

**【有資格者の確保について(内部育成、外部からの転職、委託等)】**

- ・内部育成を主体に外部からの採用で対応。(A 発電所)
- ・内部に有望な人間が居れば育てていく。(B 発電所)

- ・電気主任技術者は内部育成中。(C 発電所)
- ・有資格者は運転委託先(グループ会社)が事業所ごとに現地採用している。(D 発電所)
- ・内部育成(F 発電所)
- ・自前で出来る事を念頭においているが、現状は要件に未達であり、外部から登用している(G 発電所)
- ・BT は内部育成、電気も確保見込み。公害防止管理者(大気は 2 名)は必須なので、交通費試験代を会社負担(H 発電所))
- ・支援制度あり。試験代、夜間大学への入学支援を実施しており、卒業し電気主任技術者の資格を取得した実績がある(グループ全体でやっている)(I 発電所)
- ・BT は電力子会社在籍者を BT 取得を条件に雇用、電気主任技術者は地域雇用(J 発電所)

### 3.2.4. 技術的課題への対応状況

#### 【熱利用に期待する効果】

- ・製塩工程に使用する蒸気、コストダウン、CO<sub>2</sub> 排出量削減。(A 発電所)
- ・生産コストもさることながら、木材の有効利用。1号100%場内、建廃はほとんど使っていない。(生産量が低下している時期は入れるが基本は使わない)(B 発電所)
- ・熱の供給なし(C 発電所)
- ・地元住民への慈善活動として余熱は利用しております。(D 発電所)
- ・コストダウンと CO<sub>2</sub> 削減(G 発電所)
- ・利用計画はあったが、安い重油で蒸気の価格が見合わない。現状は自分たちがおなか一杯ではないが、地域の熱供給も長期的に考えていきたい。(H 発電所)
- ・排熱利用で床暖をすることで、空調用 EHP の負荷を下げ、CO<sub>2</sub> の削減が可能となる。(J 発電所)

#### 【灰の利活用】

- ・セメント原料、土壤改良剤等の原料として逆有償引き取り。安定した引き取り先の確保と費用の圧縮を継続して検討。(A 発電所)
- ・産廃として処理(B 発電所)
- ・現在はすべて産廃処理。(C 発電所)
- ・現在は全量埋め立て処分しているが今後、有効利用の方策として情報を収集している段階。その1つとして肥料化を検討している。(D 発電所)
- ・燃料灰を肥料化として試験運用している。今後も灰処分の有効化について検討・研究をしていく。(E 発電所)
- ・埋め立て、一部セメントとの再利用(F 発電所)
- ・FA(湿灰)を畜産の敷料に使っている。使えないものは路盤材原料として近県で処理。BAは県内に管理型処分場があり、そちらで処分。(H 発電所)
- ・逆有償で処理(I 発電所)
- ・農業用地盤改良材(アルカリ土壤化)、牧草肥料、路網整備の為の地盤改良材、たい肥作成時の改質剤として(J 発電所)

#### 【省エネ対策として実施しているもの】

- ・所内動力の削減。併設ガスタービン設備の活用(ガスタービン側を積極的に使う)と自社の生産工場負荷調整(電力消費に応じてガスタービンからの熱が変わる)(A 発電所)
- ・特になし。現状、エネルギー消費は絞れている。インバータ化(ファン類)ポンプは怖くてやっていない。(B 発電所)
- ・高効率モーターへの更新。(C 発電所)
- ・昨年、冷却水取水ポンプの動力インバータ化を行い、所内消費電力の削減に成功した。(D 発電所)
- ・設備のインバータ化など(E 発電所)
- ・抽気の利用、電気ヒーターを蒸気による熱供給に、蒸気の冷却を自然冷却に(F 発電所)

- ・特別なことはされていない。まだ一年目であるため。(H 発電所)
- ・大型建物の屋根に太陽光パネルを設置、プラント排熱利用、薪ストーブの導入、高断熱木造管理棟(事務所)(J 発電所)

#### 【運営コストダウンの工夫】

- ・薬剤費用等の圧縮。燃料投入方法の検討(できるだけ安定的な稼働を確保)と燃焼条件の最適化。(A 発電所)
- ・下水、排水量の削減、水管理、冷却塔の使用水量など、なるべくうまく使う。(B 発電所)
- ・多能工化による人件費削減(発電オペレーター、燃料投入、蒸気ボイラーのオペレーター、破碎設備の運転)(C 発電所)
- ・主に製紙系会社で余分となったスリーバーの受け入れにより燃料原価を削減できている。(D 発電所)
- ・節電、メンテナンス業者の地元化(F 発電所)
- ・フランチャイズ化による管理費の削減と共有化による効率化を図りたい(G 発電所)
- ・最低限の人員での運営。発電所は夜間 2 名体制でやっている。運転員 8 名 + 1 名、管理者 4 名(事務員1名と所長 BT、電気主任、管理者)(H 発電所)
- ・従業員を近接地域から募集し(遠方運転監視システムやデジタルナレッジシステム等の開発導入で可能となっている)(J 発電所)

#### 【FIT の買取期間満了後の稼働方針】

- ・生産工場への電気、蒸気供給のため運転を継続。(A 発電所)
- ・自社木材工場への自営線供給と近隣他社工場への電力供給。(C 発電所)
- ・具体策についてはこれから検討。(D 発電所)
- ・設備診断結果によるが、卒 FIT 後も費用対効果を視野に入れて継続して行く考えである。(売電費用に左右される)(G 発電所)

#### 【森林資源の持続可能な利用について配慮していること】

- ・地拵え作業簡略化となるよう枝葉等の集荷方法検討。(A 発電所)
- ・出来るだけ循環するようにしている。社有林を皆伐して、再造林、して育林する。林地残材を残さずに有価で引き取る。山に還元。(B 発電所)
- ・植林現場で伐採した後、再度植林をする際に支障となる林地残材を、現地へチッパー機を搬入して破碎し、チップ化したものを当社でバイオマス利用することで、円滑な植林活動に貢献している。(D 発電所)
- ・会社として、そこまで意識的に対応できていない。(発電所があって、未利用部位を購入していることそのものが多大な貢献であることをもっと社会に知らせる必要感じている)(E 発電所)
- ・発電所からはしていないが供給会社を通じ植林を促している。(F 発電所)
- ・再造林が計画されている事を前提とした森林からの原木、または間伐材を購入している。(J 発電所)

- ・保安林(国有林)がある。森林組合がマツクイ防除をして燻蒸処理している材を引取り、積極的に使っている。(H 発電所)

#### 【地域への貢献について】

- ・雇用にあたっては地元からの採用を優先。県内からの燃料調達を推進。企業の森活動(交流会、国見の森公園というところ 5 年契約、草刈りや交流会など)(A 発電所)
- ・雇用など、経済効果がある。(B 発電所)
- ・当社設備の定期修繕(立ち上げ時に騒音が発生する)や、地域住民の方の生活エリアに及ぶ工事を行う際には事前に住民へ詳細を連絡しています。(D 発電所)
- ・輸送の関係では、近隣に小学校の校区がある。そこを原木・素材生産・バークの運搬では通らないようにしている。大きいトラックが通行するため、時間帯についても留意している。(H 発電所)
- ・コミュニケーション、情報開示を積極的に行う(F 発電所)
- ・コロナの影響により、ここ 2 年は行っていないが、地元4町内会に年1回の内覧会を行っている。その機会を利用して、住民の皆様への会社の考え方や、住民の方々の不安や要望をお聞きし、対応できる機会としている。(G 発電所)
- ・再造林が計画されている事を前提とした森林からの原木、または間伐材を購入している。(J 発電所)

### 3.2.5. 考察

今回、ヒアリングにご協力いただいた発電所は、設備利用率の水準からも比較的運営状況が良好なケースが多いと考えられる。

再生可能エネルギーの中でも、木質バイオマス発電事業はプラントの構造も複雑で、その運転、保修管理、事業の運営管理等、業務多様でかつ体系的な知識が求められる。

このヒアリングからも、各発電所がそれぞれのプラント設備の状態、使用する木質バイオマス燃料の性状や取引形態などに対応しながら、日々、現場の中で問題意識を持って業務を担い、安定的な稼働が実現されている姿を見ることができる。

発電所内の業務内容は、大型火力発電所とそれほど大きく異なることはないが、中小規模の木質バイオマス発電所では少ない人員でその業務を遂行していかなければならない。ヒアリングの中でも「多能工を育成する」「一人一人の能力を向上させる」「問題解決能力を育てる」という人材育成方針があった。

長年の経験により体系的な蓄積がある火力発電技術分野の中で、技術を学びつつ、新しい事業要素を持つ木質バイオマス発電の技術課題に取り組み、最適な運営技術、方法論を構築して、一つの分野を形成していくと期待される。

この項においては、稼働状況や技術的課題への取り組み状況、サプライチェーンに関する要素、技術的課題への対応状況について聞き取った内容を紹介している。

それぞれの発電所の特徴的な事業活動については、各発電所の属性情報と共に整理し、教材テキスト内において事例集として収録する。

## 4. 木質バイオマス発電技術者として求められる人材像

### 4.1. 人材育成の目的

木質バイオマス発電所が主力電源として社会の要請に応えることを可能とするために、発電所運営に携わる技術者として必要な資質を育てる。

例えば、独立系の木質バイオマス発電所では、経験のある有資格者を確保するため、他の火力発電所を退職した人材を雇用しているケースが多くみられるが、その様な場合、事業の継続的な運営を確保するため、有資格者の後継となる技術者を計画的に育成することが急務となると考えられる。

また、発電所のライフサイクルに応じて、必要なメンテナンスやオーバーホール、リプレースやリパワリングを実施する際に、発電所として必要な仕様を検討し、導入することができる十分な技術力を持つことも、保有すべき能力として視野に入れる必要がある。このように、木質バイオマス発電所の運営に携わる技術人材が、自らのキャリア形成の方向性として、木質バイオマス発電所の運転管理についての高い技術と知識、問題解決能力を持ち、後進の育成を行うことができる人材、将来、発電所の運営を主導する有資格者、という人材像を明確にし、明確化し、そのキャリア形成上必要なスキルの在り方について学ぶ機会を提供することを目指す。

### 4.2. 人材育成の対象

「平成 29 年度電力市場環境調査質の高い電力インフラを確保するための発電分野における人材育成・資格制度の調査・分析」では、発電事業に従事する人材を図7のような構造として整理している。

発電所の技術人材の業務を「オペレーション(運転操作)」「メンテナンス(保修)」「その他(計画・管理等)」とし、前 2 区分を「基礎」「応用(トラブル対応)」「高度」に分けている。「その他(計画・管理等)」前2区分とは異なり、業務体系としては区別されている。

技術人材の階層については、前2区について「基礎」を習得した段階を「一人前」とし、「応用」が可能となった段階では「マスター」として後継者指導にあたる。さらにその上の段階に「高度」がある。特にメンテナンスに関しては、応用からは「機械」「電気」「制御」の各分野別とし専門性に対応したものとなっている。

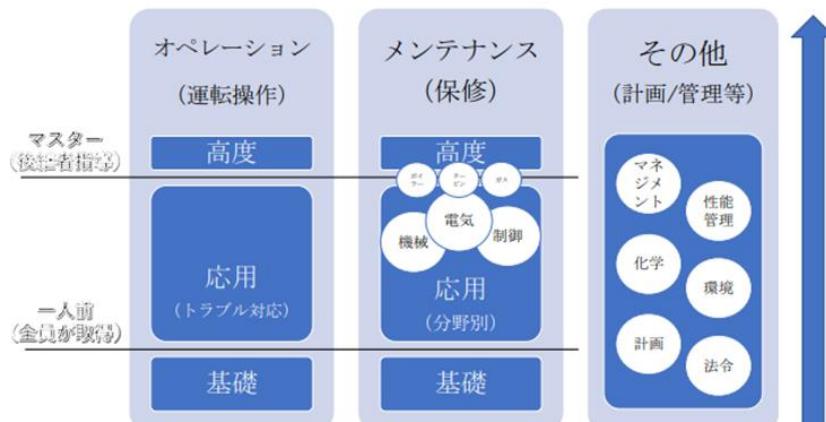
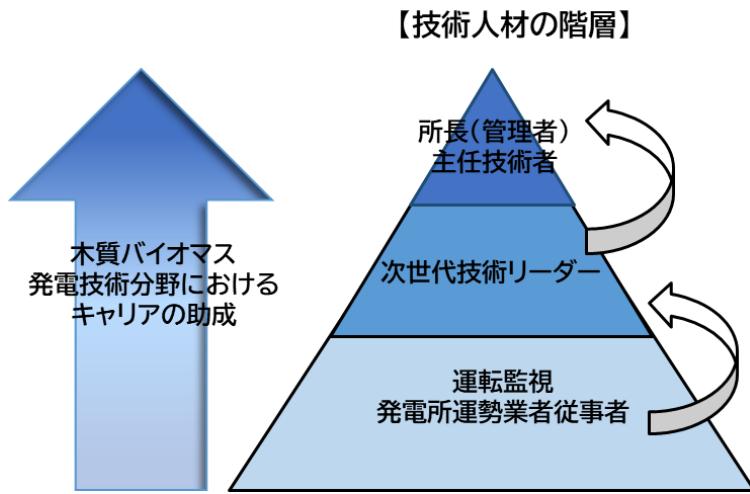


図 7 業務と職層のイメージ<sup>19</sup>

<sup>19</sup> 調査報告書「平成 29 年度電力市場環境調査質の高い電力インフラを確保するための発電

木質バイオマス発電事業と、大規模な既存の発電事業との違いとしては、やはり規模感からくる人員数の少なさが意識される。発電所からのヒアリングでも「多能工育成」により、少ない人員数であっても発電所の業務を支障なく行うことに言及されていたことから、分野別の細分化は行わず、基礎的な段階にある「従事者」、その中から経験を重ねた上で意欲を以て技術人材としての向上を目指す「次世代技術リーダー」、技術的には習熟し応用力を持ち既に指導的な立場にある「所長、主任技術者」という階層を想定する。



#### 4.3. どのような人材を求めるのか

豊かな経験により蓄積された「火力発電所運営・管理技術教育体系」に対し、新しい燃料である木質バイオマスをより効果的に扱うための技術・ノウハウを明確に位置づけ、木質等バイオマス発電所の効果的な運営を行うための技術教育の在り方を検討する必要がある。

木質バイオマス発電所において求められる技術人材像については、木質バイオマス発電所が主力電源として社会の要請に応えることを可能とするよう、安定的かつ安全な運営を確保し高い設備利用率を実現するために、運転制御技術や保全に関する知識を持ち、トラブルに対して問題解決能力を有する技術者であり、また、木質バイオマス発電所の運営を主導するBT主任技術者や電気主任技術者などの有資格者として、活躍する人材を育成すべき技術者像とする。

##### 育成すべき人材像の例

- ❖ 運転制御技術や保全に関する知識力
- ❖ トラブルに対する高い問題解決能力
- ❖ BT主任技術者や電気主任技術者などの資格取得に計画的かつ積極的に取り組む意欲
- ❖ 発電所のライフサイクルに応じた必要なメンテナンス、オーバーホール、リプレース、リパワリングを実施、導入することができる十分な技術力
- ❖ 高い責任意識、倫理観を持ち、協調しながら業務を遂行できる人間力

## 5. 発電所人材育成研修のあり方

### 5.1. テキスト案の検討

#### 5.1.1. テキストの構成要素

これまでの検討から、木質バイオマス発電所における技術人材の育成にあたっては、火力発電の技術、技術倫理・法規に加え、木質バイオマス燃料の特性とサプライチェーン、さらに社会における意義などについても扱うことが望ましいと考えられる。

以下にテキストの構成と各章において目指す教育効果を示す。

#### 【構成】

序 章 社会における木質バイオマス発電の利活用の意義と、目指すべき方向性についての理解を深める

第 1 章 木質燃料についての調達、持続性や品質・水分管理の理論と方法論、サプライチェーンについての考え方を学ぶ

第 2 章 木質バイオマス証明ガイドライン、関連法規についての理念と諸手続き、リスクマネジメントや技術倫理について学ぶ

第 3 章 安定的な発電所運営に必要な知識、制御技術について学ぶ

第 4 章 点検・保守における考え方、データの取扱い、問題解決の視点について、事例を参考に検討する

第 5 章 発電事業の経営改善・コスト管理手法、省エネルギー・熱利用の検討について学ぶ

第 6 章 地域における経済効果、BCP・レジリエンスに期待されること、ステークホルダーコミュニケーションについて学ぶ

事例集 現在稼働中の木質バイオマス発電所の中から、燃料管理、事業スキーム、技術人材育成の分野において特徴的な活動を行う事例を紹介する。

この内容をさらに細分化し、それぞれの内容について高い専門性を持つ執筆者を選定、執筆を依頼した。

## 5.1.2. テキスト各章の具体的な内容

以下に、各章の具体的な構成と、その執筆者、各項の内容を示す。

### 序論

項目・内容	所属団体、会社、氏名(敬称略)	構成
序論(序-1)木質バイオマスとは	日本木質バイオマスエネルギー協会 会長 東京大学 名誉教授 酒井 秀夫	序.1.1 木質バイオマスの意義と多面的効果 序.1.2 日本の森林資源 序.1.3 木質燃料の安定供給 序.1.4 木質バイオマスの特長と期待 序.1.5 インタープリテーションと意識改革が必要
序論(序-2) バイオマスエネルギーへの期待	東京大学大学院農学生命科学研究科 教授 芦生 憲司	序.2.1 再生可能エネルギーとしてのバイオマス 序.2.2 バイオマスエネルギーの特徴 序.2.3 固定価格買取制度におけるバイオマス発電
序論(序-3) 発電事業と木材の生産・利用との関係	国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 林業経営・政策研究領域長 久保山 裕史	序.3.1 林業の現状と燃材生産 序.3.2 既存産業との競合
序論(序-4) 主力電源として木質バイオマス発電所に求められる社会的な役割	一般財団法人 電力中央研究所 エネルギーイノベーション創発センター 上席研究員 山本 博巳	序.4.1 木質バイオマスエネルギーの重要性 序.4.2 日本における木質バイオマス～普及状況と課題～
序論(序-5) 発電所における技術人材教育のあり方	一般社団法人火力原子力発電技術協会 専務理事 中澤 治久	序.5.1 火力発電における人材育成の基本的考え方 序.5.2 研修体系のポイント

## 第1章 燃 料

項目・内容	所属団体、会社、氏名(敬称略)	構成
第1章(1-1) 国内における木質バイオマス燃料の安定調達―基本方針と各種取組	国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 横田 康裕	1.1.1 調達体制の構築に向けた基本方針 1.1.2 各種取り組み(参考事例)
第1章(1-2) 木質バイオマスエネルギー持続可能性の理念	公益財団法人自然エネルギー財団 上席研究員 相川 高信	1.2.1 海外の取り組みなどの背景 1.2.2 国内での課題
第1章(1-3) 品質管理の理論と実践・木質・農産物由来燃料の性状	岩手大学 講師 沢辺 攻	1.3.1 種類 1.3.2 特性 1.3.3 固形バイオマス燃料として重視される品質 1.3.4 発電現場で実施すべき木質燃料の品質管理
第1章(1-4) 水分管理・計測	株式会社日比谷アメニス 環境エネルギー部 課長 大西 竹志	1.4.1 水分管理の重要性 1.4.2 水分の測定方法 1.4.3 水分の管理方法
第1章(1-5) 灰処理と利活用の可能性	JWBA	1.5.1 木質バイオマス発電所における燃焼灰の取り扱い 1.5.2 木質燃焼灰の適切な処理・利活用
第1章(1-6) 燃料サプライチェーンの管理（ロジティクスの観点で）	博士(農学)吉田 美佳	1.6.1 サプライチェーンについて 1.6.2 チップの選択について 1.6.3 情報共有について
第1章(1-7) 燃料に関する合法性の確保・ガイドラインの順守	北海道立総合研究機構 森林研究本部 林産試験場 研究職員 前川 洋平	1.7.1 木質バイオマス燃料に課せられた社会的信用性 1.7.2 発電利用に供する木質バイオマスの証明のためのガイドライン 1.7.3 合法性を担保するための留意事項 1.7.4 (補論)輸入燃料を扱う場合に必要な対応

## 第2章 安全・法規・技術倫理

項目・内容	所属団体、会社、氏名(敬称略)	構成
第2章(2-1) バイオマス発電所における総合的リスクマネジメント(リスク管理)	今井技術士事務所 今井 伸治	2.1.1 はじめに 2.1.2 リスク管理の総合的体系 2.1.3 リスク管理の総合的体系のポイント 2.1.4 最後に
第2章(2-2) 木質バイオマス発電所における労働安全管理	JWBA	2.2.1 木質バイオマス発電所における労働安全管理 2.2.2 外部のツールの利用
第2章(2-3) 木質バイオマス発電所の環境対策	JWBA	2.3.1 再エネとしての効果と「排出者」としての側面 2.3.2 サプライチェーン排出量算定
第2章(2-4) 運営管理上遵守すべき法規・手続き	株式会社グリーンサーマル 社長室顧問 河野 義明	2.4.1 計画・設計ステージ 2.4.2 建設工事中ステージ 2.4.3 発電所としての運用ステージ
第2章(2-5) 技術倫理について	株式会社鶴岡バイオマス発電所 技術顧問 佐野 貢	2.5.1 水分が少ない燃料の安価・安定調達と供給 2.5.2 良質電力の安定供給は、安全第一が基本 2.5.3 従業員の育成・教育 2.5.4 従業員としての意識

## 第3章 運転監視・制御

項目・内容	所属団体、会社、氏名(敬称略)	構成
第3章(3-1) 安定稼働のための運転技術	株式会社グリーンサーマル 社長室顧問 河野 義明	3.1.1 発電所の運転員の主な業務 3.1.2 運転技術の発揮のための保有スキルを把握する 3.1.3 木質バイオマスの特徴 3.1.4 安定稼働のための対策
第3章(3-2) 運転制御と電力品質	株式会社グリーンサーマル 社長室顧問 河野 義明	3.2.1 供給信頼度を維持するためには 3.2.2 運転制御の留意点(運転制御)
第3章(3-3) 非常停止時の安全確保	株式会社グリーンサーマル 社長室顧問 河野 義明	3.3.1 発電所の保安の基本
第3章(3-4) 事故事例から学ぶ制御技術	株式会社グリーンサーマル 社長室顧問 河野 義明	3.4.1 安全は経営のトッププライオリティ 3.4.2 事故事例に学ぶ安全確保の基本 3.4.3 トラブル解消の事例

## 第4章 予防保全・メンテナンス

項目・内容	所属団体、会社、氏名(敬称略)	構成
第4章(4-1) 設備利用率向上のための設備保全	株式会社グリーンサーマル 社長室顧問 河野 義明	4.1.1 発電所の稼働状況を表す設備利用率と設備保全 4.1.2 予防保全の取組み
第4章(4-2) バイオマス発電所の保守施策の考え方	株式会社グリーンサーマル 社長室顧問 河野 義明	4.2.1 バイオマス発電所の特徴 4.2.2 事故の発生傾向 4.2.3 搬送系の異常を低減させるメンテナンス
第4章(4-3) 統計分析の考え方・データの取り扱い	株式会社グリーンサーマル 社長室顧問 河野 義明	4.3.1 統計分析とは 4.3.2 データの取り扱いについて 4.3.3 データのとり方
第4章(4-4) 運転状況確認・日常点検における留意点	株式会社グリーンサーマル 社長室顧問 河野 義明	4.4.1 日常点検の基本的な考え方 4.4.2 日常点検業務体系
第4章(4-5) 事例研究(事後保全、定期更新による保全、状態診断情報による保全等)	株式会社グリーンサーマル 社長室顧問 河野 義明	事例紹介
第4章(4-6) 問題解決の視点	株式会社鶴岡バイオマス発電所 技術顧問 佐野 貢	4.6.1 エンジニア 人材の育成 4.6.2 的確な設備診断(診断技術の修得) 4.6.3 異常事象の探求・解析 4.6.4 電子機器の活用 4.6.5 ポイラーの余力・排熱で省エネエネルギー

## 第5章 経営改善(エネルギー合理化/経営効率化)

項目・内容	所属団体、会社、氏名(敬称略)	構成
第5章(5-1) 発電所の経営改善について	JWBA	5.1.1 木質バイオマス発電所における経営改善の意義 5.1.2 経営上の課題へのアプローチ
第5章(5-2) バイオマス発電所採算シミュレーターを用いたコスト最適化の検討	北海道立総合研究機構 森林研究本部 林産試験場 主査 古俣 寛隆	5.2.1 FIT制度の抜本見直し 5.2.2 木質バイオマス発電の事業性を予測する 5.2.3 シナリオの設定条件、評価結果 5.2.4 採算性に影響を及ぼす因子は?
第5章(5-3) コスト管理手法	株式会社グリーンサーマル 代表取締役 滝澤 誠	5.3.1 発電所のコスト項目の整理 5.3.2 コスト管理の考え方 5.3.3 コスト管理の手順
第5章(5-4) 発電所の“省エネルギー”	JWBA	5.4.1 木質バイオマス発電所におけるエネルギー管理 5.4.2 所内率の向上がもたらす効果 5.4.3 検討のプロセスとその留意点
第5章(5-5) 熱熱利用の方策	JWBA	5.5.1 木質バイオマス熱利用の意義 5.5.2 热利用の検討

## 第6章 地域共生・レジリエンス強化

項目・内容	所属団体、会社、氏名(敬称略)	構成
第6章(6-1) 地域において期待される機能と役割(地域経済分析)	みずほリサーチ＆テクノロジーズ株式会社 上席主任コンサルタント 石井 伸彦	6.1.1 バイオマスエネルギー利用が地域に与えるメリット 6.1.2 地域経済効果の主な手法 6.1.3 バイオマス発電における地域経済効果の例
第6章(6-2) 発電所のBCP対策・地域のレジリエンス	JWBA	6.2.1. 災害発生時に求められること 6.2.2. 木質バイオマス発電所のBCP
第6章(6-3) 地域とのコミュニケーション、ステークホルダーとの合意形成の理念と手法	株式会社グリーンサーマル 代表取締役 滝澤 誠	6.3.1 地域とのコミュニケーション(地域とのコミュニケーションの理念と手法) 6.3.2 立地先に応じた対応

## 事例集

事例集では、使用燃料や運営方法、人材育成など発電所の持つ課題について、特色のある取組を行っている発電所にヒアリングを行い、事例として紹介した。

掲載した事例は以下の通りである。

- ・事例1 データに基づく仮説・検証で効果的な改善 DS グリーン発電米沢
- ・事例2 立木買いによる燃料確保 SGET 三条バイオマス発電所
- ・事例3 地域密着型事業で地域に価値を生み出す グリーン発電大分
- ・事例4 燃料収集から運転状態までDXに意欲的に取り組む 信州ウッドパワー
- ・事例5 細心かつ意欲的な未利用資源利活用 大仙バイオマスエナジー
- ・事例6 地域への電気供給でシナジーを中国木材バイオマス発電所(伊万里)
- ・事例7 徹底した木質資源の力スケード利用 中国木材(本社)
- ・事例8 考える力を育てる社内教育 鶴岡バイオマス
- ・事例9 燃料の受入規格・管理の徹底 日本海水 赤穂第1.2発電所
- ・事例10 海と山に恵まれた立地を最大限に活かす 枕崎バイオマスエナジー
- ・事例11 内部育成による人材確保の好事例 ミツウロコ岩国発電所

## 5.2. カリキュラム案

### 5.2.1. 研修の対象とコース設定

本研修では、運転監視業務、発電所運転業務従事者の研鑽を基礎コース、各発電所における次世代技術リーダー、上位技術者の技術研鑽を図る指導者育成コースの2コースを設定する。

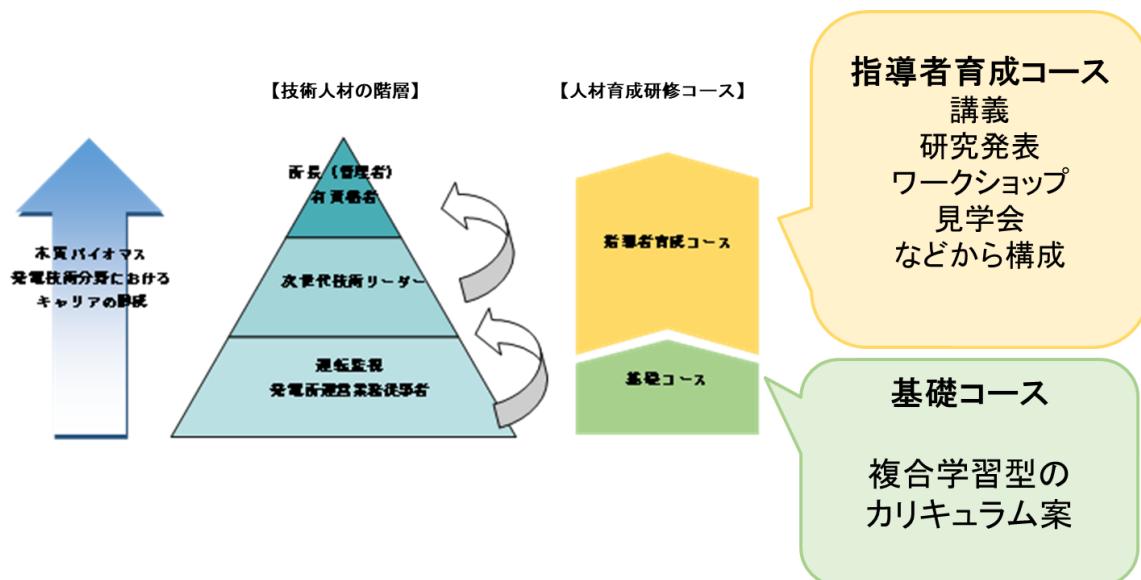


図 9 技術人材の階層と研修カリキュラムの対応関係

## 5.2.2. 基礎コースのカリキュラム案

### (1) カリキュラム案(基礎コース)

以下に、基礎コースのカリキュラム案を示す。

**表 11 基礎コースカリキュラム案**

複合学習型		WEB開催可能	
時間	講義科目	講義内容	模擬研修会における講義(例)
6時間 (一コマ 50分+質疑10) ※講義科目から5つを選択し、その回の講義とする。	木質バイオマスエネルギー論	基本的考え方、森林・林業との関わり	酒井講師
	環境エネルギー総論	基本的考え方、地球環境や社会的な側面	
	燃料	燃料品質管理、サプライチェーン管理	大西講師
	安全・法規・技術倫理	電気法等法規手続、FIT関連(法改正時等)、燃料ガイドライン	前川講師
	運転監視・制御	運転管理の基礎、トラブル対応	
	予防保全・メンテナンス	保守保全の考え方、故障事例	
	発電所管理・運営改善	運営改善(ソフト、ハード対策)、検討ステップの在り方、検討手法の紹介	河野講師
	経営改善	コスト管理、事業管理	
	地域共生・レジリエンス強化	ステークホルダーコミュニケーション、レジリエンスへの対応	
総合討論		基礎的なトピックをテーマに議論	
※各章から、項を切り出して講義テーマを設定、複数回受講することで理解を高める			

基礎コース受講者を対象とし、基礎的な議論、木質バイオマス発電事業運営に必要な技術情報、社会的な位置づけについて学ぶ。

受講者が技術向上を目指して前に進める様、意欲や姿勢を喚起する。

#### 【留意点】

- 新型コロナ等、感染症の状況が厳しい場合でも、開催が可能
- 基礎コースでは、OFF-JTとして、価値のある情報を提供

カリキュラム案(基礎コース・組み合わせ例)

**表 12 基礎コース(複合学習・複数回の組合せ案)**

時間	第1回	第2回	第3回
6時間 (一コマ50分+質疑10) ※講義科目から5つを選択し、その回の講義とする。	木質バイオマスエネルギー論	環境エネルギー総論	森林・林業と木質バイオマス利活用
	燃料1(品質管理)	燃料2(サプライチェーン管理)	燃料3(多様な燃料とその特性)
	経営改善3(発電所の熱利用)	安全・法規・技術倫理2(燃料ガイドラインについて)	安全・法規・技術倫理3(関係法令とその手続き)
	運転監視・制御1(安定稼働のための運転技術)	発電所管理・運営改善2(発電所の省エネルギー)	運転監視・制御3(事故事例から学ぶ制御技術)
	予防保全・メンテナンス1(設備の経年変化と保全)	発電所管理・運営改善3(機械的トラブルとその改善)	発電所管理・運営改善1(統計分析・データ)

発電所側のニーズに合わせ、いくつかの講義を組み合わせて1回分とする。

また、連続して受講しても内容がだぶらないようにすることで、  
連続的に参加する(技術者個人としても、技術者を受講させる管理者側としても)モチベーションを維持することができる。

### 5.2.3. 指導者育成コースのカリキュラム案

#### (1) 案:講義+ワークショップ

**表 13 指導者育成コース(講義+ワークショップ案)**

#### WEB開催可能

時間	講義科目	講義内容	(例)	
2~3 時間	最新の政策動向	海外事情、国内政策動向	FIT最新動向、持続性に関する海外の議論、BECCSなど最新技術	※各章から、項を切り出して講義テーマを設定、複数回受講することで理解を高める
	技術動向	事例となるケース紹介(発電所)	事例として参考となる発電所についてのケーススタディ	
2時間	ワークショップ	テーマ別ディスカッション 研究発表の内容ごとに、2あるいは4つの分科会に分けて、議論	研究発表者は、テーマ性を重視して募集	

指導者育成コースの参加者を対象とし、最新の政策動向、国内外の議論や技術情報についての講演の部分と、

これら政策動向に関するテーマ、あるいは発電所運営上の課題からテーマを設定し、ワークショップでディスカッション、技術交流を行う

#### 【留意点】

- 新型コロナ等、感染症の状況が厳しい場合でも、開催が可能
- ワークショップは一分科会の人数を5名以内とし、より濃い議論となるよう配慮する
- 発電所は事業所単独で完結する部分があり、横の連携による技術研鑽を行うことには意義がある

#### 案:見学会+ワークショップ

**表 14 指導者育成コース(見学会+ワークショップ案)**

時間	講義科目	講義内容	備考
40分程度	見学会	・見学先発電所による、発電所の特徴等に関する説明(座学) ・今回の見学会のテーマについて説明	・全体概要についての説明 ・広報ビデオ等の視聴 ・簡単な質疑応答
1時間		発電所設備見学 (燃料受入れ施設やヤード、中央操作室、ボイラ回り、灰設備等)	・発電所のウォータースルーリング ・引率者に従い、見学、説明を受ける ※テーマを設定し、重点的に見学 (例:「異物除去について」をテーマとする場合には、燃料受入れ施設や異物除去設備、実際の稼働状況を見る)
1時間~2時間	ワークショップ	・今回の見学会のテーマに絞り、議論	テーマについての説明、事例としての見学内容についての議論だけでなく、例えば関連する課題を設定し、その場で議論する

指導者育成コースの参加者を対象とし、発電所における技術課題から、1つを選びテーマとして設定。

テーマに即して見学先を選定し、事例紹介とともにディスカッションし技術交流を行う。

#### 【留意点】

- 新型コロナ等、感染症の状況次第では開催難しい
- 見学会のみの参加を認めるかどうか。
- ディスカッションはある程度技術力が無いと参加しにくいが、議論を聞くことは基礎コース対象者にも有効(参加可能とする)

研究発表＋ワークショップ

表 15 指導者育成コース(研究発表＋ワークショップ案)

時間	講義科目	講義内容	(例)
2時間	研究発表(事例紹介)	事例となるケース紹介(発電所) 技術情報の提供	お一人20分程度の研究発表+質疑応答10分程度で4ケースぐらいをテーマに応じて発表(運転技術/自動化/燃料管理/コストダウン/ステークホルダーコミュニケーション/失敗事例紹介…など)
2時間	ワークショップ	テーマ別ディスカッション 研究発表の内容ごとに、2あるいは4つの分科会に分けて、議論	研究発表者は、テーマ性を重視して募集

指導者育成コースの参加者を対象とし、  
発電所における技術課題について、発表者を応募(あるいは指名)  
研究発表(事例紹介)ともにディスカッションし技術交流を行う。

#### 【留意点】

- 新型コロナ等、感染症に対する対策に考慮
- 指導者クラスの職員が出張で研修を受けるのは時間的に厳しい可能性も
- 技術交流が主目的であるため、なるべく費用負担が少ない形で

## 6.まとめ～木質バイオマス発電技術人材を育成するために～

木質バイオマス発電所は FIT 制度の下でその導入数を増加させてきた。そのため、一定要件を満たす発電所において設置することが義務付けられている BT 主任技術者、電気主任技術者をはじめとした発電所の運営に関わる技術者の需要は大きく伸びている。

事故や故障の際にいち早く、安全を確保しつつ事業リスクを最小化する運転制御などの対応は、熟達したエンジニアリング人材の存在により実行の確実性が高まるものであり、事故の影響を最小限に抑え、設備利用率を維持するためには、各発電所においてそのような技術人材を育成し、確保することが必要である。

木質バイオマス発電所は、今後主力電源の一つとして機能することが期待されており、社会に安心感を以て理解される再エネ施設として適切な施設運営が不可欠となる。

既存技術の応用として、新たな燃料である木質バイオマスの特性を知り安定的な発電を行うこともエネルギー系統において大きな価値を持つが、より持続可能な形で利用していくことも社会的に大きな意義がある。

本事業を通じ、発電事業の経営者、発電所管理者、実際に日々現場において、数々の課題に意欲的にかつ真摯に取り組む方々から話を聞くことができた。

また、各プラントメーカーは、木質バイオマスという火力発電においては特殊な性状を持つ燃料と向き合い、創意を以てプラント技術の向上に取り組み、発電所との連携により技術を更に深化させていることが分かった。

木質バイオマス発電所の安定稼働の確保は、発電事業単体だけではなく、そのサプライチェーンを通じて、社会的な価値を安定的に生み出すことにつながる。

その効果が発電所の稼働期間に渡り發揮されるためには、日々の研鑽により木質バイオマス発電所に蓄積された技術が次世代に承継されていくことが必要である。

本事業において作成した人材育成研修カリキュラムとテキストが、意欲ある優れた木質バイオマス発電技術人材の育成の一助となり、現在稼働する、また今後稼働してくる木質バイオマス発電所がより良い効果を発揮し、脱炭素社会の推進に資することに期待する。

### **III. 資料編**

i. 檢討委員會議事錄

令和3年度「新エネルギー等の導入促進のための広報等事業委託費における  
再エネ導入・運転人材育成支援事業(木質バイオマス発電における人材育成)」  
検討委員会(第1回)

日時:2021年7月30日 13:30-17:00

場所:WEB開催

議事: 1. 開会あいさつ

2. 委員自己紹介

3. 議事の運営について

4. 本事業の概要について

5. カリキュラム案、教材案について

6. 事例調査・ヒアリングとその方法

7. 閉会

議事内容:

1. 本事業の概要について

資料1に基づき、事務局より説明を行った。

(委員意見)

山本毅嗣委員:概要について特に異論はなく、この通り進めさせていただきたい。

久保山委員:事前の意見交換でも話をしたが、木質バイオマス発電の場合、通常の火力発電所と大きく違う点としては、燃料を集めるところからやらなければならないという点。通常の火力発電所の場合は大手の商社などとなるが、木質バイオマス発電とそこが違う。

こうした燃料を扱う人と発電所の運転関係の技術者はキャリア・パスが違うのかどうか。

河野委員:燃料関係とプラントユニットオペレーション関係があり、人事交流がどうなっているのかという話であると思う。当社では、創立して4、5年でもあり人事交流としていまのところはない。発電は発電に特化して早く技術を習得していただきたいという考え方のため、分けて考えている。

久保山委員:そういう実態を前提としてカリキュラムなり人材育成方針とすべきではないか。

河野委員:燃料調達に従事する人は管理や業務に仕分けられるが、発電や受け入れた燃料を発電用の燃料としてプラント内で供給するということがあるが、発電管理の方に軸足をおいた取組として扱うという案でよいと考える。

座長:このあたりの議論は教材では木質バイオマス燃料特性などについてのところがそれにかかわってくるがこの点が石油石炭と異なってくるのではないかと考えるが、このあたりについてご意見があれば。

中澤専務理事(火原協):既存の火力発電所でも受入れまでは調達の関係の人間がやるにして

も、一旦貯蔵して発電の燃料として使うところまでは発電側の人間がやる。この燃料のハンドリングの部分では、やはり燃料自体の特性についての知識がないと対応できないため、この点について誤解のないようにお願ひしたい。

山本毅嗣委員：石炭火力発電と比べてバイオマス発電の難しいところはまさに燃料であり、石炭などの燃えやすい燃料と異なり、木質などを燃やすわけで、それをハンドリングしていくに燃焼を安定させるのかという点で、発電所を運転する意味でも難しいところだと思う。

一方で燃料調達という意味では、大企業を通じて海外から輸入する場合ではなく、国産材のケースでは森林組合や小規模な会社さんから燃料を集めてくる、これも難しい、経験が必要なところだと思う。

発電所の運転員のキャリア・パスという意味では、いわゆる担当者という意味では、発電所の運転、燃料の調達というのは求められる経験が違うため、それぞれの専門性を以てという人員配置になっている。一方、発電所の所長クラスになるとこれらはすべて分かっていないといけない、といういうことかと思う。

座 長：また、教材のところでも議論になる。日本木質バイオマスエネルギー協会および日本木質ペレット協会でも燃料材の品質規格を作成しているところはあるが、今年度 NEDO でも品質評価システム事業が公募されている。安定した品質の木質燃料をある程度の基準のもとに納めていくこうという取組をしているところであり、発電所になるべく負担を掛けないようにというところで受け渡しをスムーズに持つていこうと考えている。

事務局：補足すると現地調査の中にサプライチェーン調査 2 カ所以上を実施する予定であり、燃料調達についても厚みを持たせていく予定である。

座 長：技術者と技能者の違いについて、どのように整理するか。資料でも「技術・技能者」という表現があるが、発電所の現場に詳しい方にコメントをいただきたい。

佐野委員：技術者と技能者について、当方では特に使い分けをしていない。

河野委員：技術者は管理業務も含めた仕事ができる人であり、技能者はスキル面、単体の業務をこなすことができる人、という定義で考えている。

座 長：技能者というと名人・匠をイメージするが、この点についてはカリキュラム・教材を作るうえで議論していく必要がある。

## 2. カリキュラム案、教材案について

### 2-1. カリキュラム案について

資料2に基づき、事務局より説明を行った。

座 長：カリキュラム案につき、ご意見、ご質問をいただきたい。

石井委員：1 点目として「3 年以上の経験」がある方を対象とする、とあるが、この 3 年の経験という段階のレベル感とこのカリキュラムのレベル感について合致するかどうか。

2点目として、トラブル事例というのは、全国の方がすぐに知りたい、解決策が欲しいという期待があるものだが、この研修に参加しないと得られないであれば、そのあたりの緊急度が合わないのではないか。

芋生委員：今の論点について、同様の疑問がある。3年というのは一通りのことができるのか、それともできないものなのか、現場に詳しい方にご意見をいただきたい。目標が「指導者の指示のもと、積極的に問題解決にあたることができる」ということが、3年程度でも指導者の指示があればできる状況ではないのだろうかという疑問がある。

山本毅嗣委員：バイオマス自体がFIT制度のもとではまだ稼働して間もない発電所も多い中で、3年というのは比較的経験のある方ということができる。コースの趣旨として、全くの未経験者でなくある程度経験した方、ということであれば「1年以上の経験者」ということでもよいのではないか。

座長：今の発電所はいろいろなところにセンサーがあって、それほど経験がなくても運営できるのではないか。発電所のこうした機器の状況と人材育成の関係についてご意見をいただきたい。

佐野委員：3年たてば何とかなるというものでもない、発電所においていろいろ操作しなければならないもの、シートしなければならないものがたくさんある。経験や能力により発電所長の判断で1人前にカウントできる人とできない人がいる。能力には個人差があり、約50%まで出来たら運転員としてカウントできる、ということになる。バイオマス発電所はシフト2,3名であり、大型の既存の火力発電所ではもっと多くの人数が配置されるが、10MW程度でも2人ぐらいである。そうすると早く3年以上なりの技術を持ってほしいところ。3年、1年という時間ではなく個人差があるが、感覚的には3年程度経験があれば、このような研修に参加する意味は出てくると考える。

河野委員：3年という区切りは別にしなくてよいのではという気がする。グリーンサーマルでは3年から5年の発電所が多いが、3年以上となるとこれを受けられる人が限られるのではないか。また対象者の能力レベル感についてはカリキュラムの内容によっても左右されるのは。そこで、当社では、技術を各現場の運転員にたいして、技術・技能の見える化を行い定量評価した数値を用いて人材管理をしていく実証を行っている。

結論からすると3年というのは経験年数の基準としては重いのかなと思う。

座長：3年というのは一つの目安であったかと思うが、この点についてはあらためて事務局の方で検討させていただきます。基礎コースと指導者育成コースの内容を固めて、発電所の管理者が各技術者の特性に合わせて参加指示ができるよう、内容を整理しておく必要があるだろう。事業の終わりにはこの点をしっかり整理する。では、基礎コースと指導者育成コースの内容を分けることについてご意見は。

河野委員：特に異論はない。

久保山委員；了承する。

座 長：では基礎コースと指導者育成コースを分ける案で進めさせていただく。

## 2-2. 教材案について

資料3に基づき、事務局より説明を行った。

座 長：この教材案についてご意見をいただきたい。

河野委員：内容・項目を見ると、机上業務と現場業務という仕分けがされていると思われる。

やはり現場の方は現場経験者の佐野委員と河野委員で対応すべきではないかと考える。

座 長：ご負担が多いがぜひお願ひしたい。

また、書いていく中で、項目を整理すべきもの、分けた方がよいものなどがあればそのようにご対応お願ひしたい。

石井委員：確認だが、この資料については、最終的に研修受講者のみが手にするのか、それとも資源エネルギー庁 HP 等で開示されるものなのか。

事務局：こちらの取扱いに関しては、資源エネルギー庁に相談しながら決定したい。現時点の開示方針について、コメントいただきたい。

資源エネルギー庁：今回のこの事業は資源エネルギー庁からの委託調査となっており、調査報告と教材を納入し、資源エネルギー庁 HP で公開して誰にでも見られるようにする、という想定である。一方で、トラブル事例などあまり外に出したくないものなどは公開版と非公開版に分けて納入することも可能。基本的には全てオープンにするということで作成していただきたい。

石井委員：公開については了解した。これは、委託事業の報告書として開示されるのか、それともガイドライン等のような扱いで公開されるのか。

資源エネルギー庁：基本的には委託事業の報告書としての開示となるが、場合によっては、人材育成事業としてこういうものがあるという内容で資源エネルギー庁の HP 等でお知らせをする場合があるが、ガイドライン等と扱いではないと考えている。

座 長：図表などオリジナルなものを制作した場合にその著作権、またそこからの引用ルールなど細かいところがあるが、この点について固まっていなければ、今後打合せ等で確認していく必要があるが、現時点でコメントがあれば。

嶋本事務局長(JORA)：当協会は、資源エネルギー庁よりメタン発酵についての人材育成研修事業を受託し、本事業と同様の構成で進めている。既に委員会等開始しているが、その中でトラブル事例はノウハウにもなるので、事務局に伝えるのは良いが、一般に公開してほしくないという意見が既に上がっている。せっかく良い情報をいただきても非公開部分をどうするのかと悩ましく感じているところがある。先ほどのカリキュラム、指導者育成コースと基礎コースがあったが、この教材はどちらに対応しているのか。

事務局：こちらの教材に関しては基礎コース向けに提供しようと考えているが、指導者育成コースの方がご覧いただいても学ぶ点があるような内容にと考えている。基礎コースのレベルに合わせるというよりは、そのレベルの方がより上のレベルに向かうために学ぶべき内容、というレベル感と考えている。

座長：学ぶべき内容というものが、カリキュラムのコースに対応して、学ぶべきものとしていると考えるが、基礎コース、指導者コースそれぞれに学ぶべき内容とする必要がある。

芋生委員：最新動向については、FIT等再エネ支援策はどんどん情報が変わっていくので教科書に乗せるのではなく別の形で、ということに賛成する。

座長：著作権等、引用についてあらためて整理していかなければならない。著作者が今後別の原稿を作成する際の引用については、著作者の権利というのも保証しなければならないので、その点は確認してほしい。

事務局：著作権、また教材テキストの執筆者をどのように掲示するかという点についても資源エネルギー庁と相談の上、ルールを決めたいと考えている。

佐野委員：教材案の内容について詳しいことは、執筆に当たって情報共有が欲しい。現場に関する項目については河野委員とも相談しながら進めたい。

河野委員：承知した。

事務局：執筆内容については依頼時にあらためてご説明しながら進めさせていただくこととした。

座長：他ご意見は。

山下課長補佐（林野庁）：林野庁では、地域内エコシステムとして熱利用推進の取組、横展開をしていくことも検討している。本件の取組もその横展開の中で利用させていただけるよう、調整させていただきたい。また、林野庁木材利用課の方でも熱利用や熱電併給の事例集というようなものを都道府県を介して収集しているところである。こうした情報にもリンクしていくなど連携が可能であり、これらについても調整させていただきたい。

座長：報告書は冊子体になると思うが、WEB公開になればリンクなども貼れるため、活用についても工夫していきたい。

また8月になると忙しくなるが、執筆者の方にはご協力お願いしたい。

中澤専務理事（火原協）：当方にも執筆担当する箇所があったと思うが、求められる内容等についてはまた詳しい説明をいただきたい。

事務局：宜しくお願い致します。

座長：単なるマニュアルではなく、技術者さんがさまざまな判断を求められるが、そうした判断力を支えるようになると、血が通う内容になるのではないか。

久保山委員：燃料調達の話に關係するが、今回、運転人材育成ということで承知しているが、基礎コース指導者育成コースとあって、今年度は無理としても次年度以降、燃料調達コースと

いうものを設けてはいかがかと考えている。というのは、昨年度の工ネ庁林野庁の研究会でも安定調達に向けて、発電事業者自体が山側に働きかけるということも重要で、こうしたグッドプラクティスについて情報共有することが提案されていた。こうしたものがあつてもよいのは。

座 長：持続性が問われている中で、石炭を辞めた時に山側に負荷がかかる。こうしたときに持続的に利活用するにはどうすればよいのか。というところが気になっており、再生可能エネルギーの一環として貢献しなければならないと考えているが、このような心構えについて、久保山委員に執筆していただきたい。

久保山委員：できる範囲で頑張りたい。

座 長：内容については芋生委員の執筆担当箇所との調整が必要になると考えられるので、またあらためて調整をお願いしたい。

芋生委員：承知した。

座 長：教材全体について、また執筆箇所等の重なりなど調整が必要な場合は事務局にご相談いただきたい。

### 3. 事例調査・ヒアリングとその方法

資料4に基づき、事務局より説明を行った。

座 長：ただいまの内容についてご意見・アドバイス等をいただきたい

山本毅嗣委員：事例調査先、ヒアリング項目についてはこれで良いのではと考える。特にヒアリング調査候補先は良い取り組みをされているところばかりで、ヒアリング結果が楽しみである。また一方、蒸気やCO<sub>2</sub>の活用、森林組合との取組みなど優良な事例というのも教材に乗せるようにしてはどうかと思う。

事務局：教材の方で優良事例を掲載することを考えている。また、取り上げた発電所について基礎的な情報と併せて取組を乗せる、発電所の紹介という掲載方法と、トピックに紐づけて、コラム的に事例をご紹介する2つの掲載方法を併用しておきたい。

座 長：確かに事例を紹介する際に、基礎的な情報などその寄って立つところを明記しないと、表面だけまねようとしてもうまくいかないため、こうした情報は掲載すべき。

今回、主目的が人材育成であるため、安全教育やキャリア・パスなど、また久保山委員よりご指摘があった人材育成教育のあり方などについてもヒアリングに盛り込んでいなければと思う。

山下課長補佐（林野庁）：優良事例のご紹介があったが、秋田県の大仙バイオマスエナジーの方で林地残材をより積極的に、いかに効率的に収集するかを推進している事例がある。林野庁でも林地残材の活用については課題と考えており、コスト等の問題から一定の制約があるなかで、大仙バイオマスエナジーのケースでは、4割を林地残材としている優良事例である。こうした内容を盛り込んでいただければ、こうした取り組みがいかに発電所が山側に求めるものがあるか、ということが分かり、林業者にとっても有用なものになるのではないかと考える。

座 長：冒頭、資源エネルギー庁殿よりコメントいただいたとおり、木質バイオマスは地域活性化に資するものである。林地残材のようなものをいかに資源化していくか、これは非常に大事な要素であるため、調査に加えていきたい。

嶋本事務局長（JORA）：灰処理コスト低減について、福井グリーンパワーが灰の肥料化に取り組んでいるという情報があった。

また、トラブル事例としては、熊本でバンブープロジェクトの核になる会社が破綻したという情報があった。どういう理由でそうなったのかという情報も参考になるのではないか。

座 長：たしかに、原因についてわかると参考になると思う。また、ほかにもお気づきの点があれば、後日でもご連絡いただきたい。

また、ヒアリングでも佐野委員、河野委員にもお世話になると思われるが、またご意見もいただければと思う。

そのほか、事業を進める上でお気づきの点があれば事務局にご連絡いただきたい。

#### 4. 閉会

次回 10 月の予定については、あらためて日程調整についてメールで連絡する予定。

座 長の宣言により閉会した。

以上

令和3年度「新エネルギー等の導入促進のための広報等事業委託費における  
再エネ導入・運転人材育成支援事業(木質バイオマス発電における人材育成)」  
検討委員会(第2回)

日時:2021年10月25日 13:00-15:30

場所:馬事畜産会館(WEB併用)

委員(参加状況):

※当日ご欠席の山本毅嗣委員には後日ご意見をいただいております。

<配布資料一覧>

資料1 教材の執筆者一覧および構成案

資料2 教材印刷イメージ

資料3 ヒアリング調査の進捗状況

資料4 ヒアリング内容(プラントメーカー)

資料5 簡易アンケート書式

資料6 カリキュラム案(研修の一例)

議事内容:

1. 開会あいさつ

資源エネルギー庁菊野様、酒井会長より、開会のごあいさつをいただいた。

2. 教材の執筆依頼状況・構成案

資料1に基づき、事務局より各省・各項につき、執筆予定者および要旨について説明を行った。

併せて、資料2に基づき、教材の印刷イメージについて説明を実施した。

<スケジュール>10月末にwordテキストの原稿〆切、11月末をめどに内容の確定、12月中旬までに印刷原稿への割り付けを予定。

【質疑・意見】

河野委員:資料1の方で、22番の「事故事例から学ぶ制御技術」については草案を本日送付している。

佐野委員:資料2のあたりをよく見て、表現・文章などのつながりを理解しなくてはいけないと感じた。

芋生委員:基本的なことになるが、最終的に印刷体とダウンロード版になるのか。

事務局:体裁としては印刷を前提とし、電子書籍のフォーマットにも対応できる印刷会社に発注することを考えている。

芋生委員:ページサイズや、白黒かカラーかという点についてどうするか。

事務局：グラフ関係はできればカラーの方が識別しやすくなるためカラーで、印刷も基本はカラー原稿でと考えている。

酒井座長：報告書とテキストと分けるのか

事務局：報告書は報告書で、テキストと分けてダウンロード可能な形に作成する。

酒井座長：教本について、持続可能性など昨今の議論があるが、出発点をしっかりと押さえておく必要がある。また原稿が出揃ったら事務局の方で調整しながらまとめていきたい。

事務局：各項で、記述の重なりがある場合には事務局の方で論旨などを拝見したうえで調整させていただく。

中澤委員：火力発電自体は歴史が長くあるので、私の書いた部分が少しでもお役に立てればと思う。

山本博巳委員：ほかの再生可能エネルギーに比べてバイオマスエネルギーには出力安定性があるということを私のパートでは書いていきたい。ほかのバッテリーなどを付けて出力安定化するエネルギー種に比べて優位性がある。

酒井座長：その他、お気づきの点があれば、後日でもいただければ。

### 3. ヒアリング調査の状況

資料3に基づき、事務局よりヒアリング調査の進捗状況について説明を行った。また、資料4に基づき、事務局よりプラントメーカーへのヒアリング結果について簡易的にまとめたものについて説明を行った。

#### 【質疑・意見】

山本博巳委員：卒 FITについて、非常に興味深いので、類似の条件の施設について対象を増やしてほしい。

事務局：RPS 法下で発電を開始して FIT に移行した発電所がいくつかあるため、このような発電所を対象に加えることを検討したい。

久保山委員：ヒアリング調査の対象の中で、中国木材伊万里工場で蒸気利用があるとなっているが、元々木材乾燥用のボイラーがあり隣接カッパラーメン工場に蒸気を販売していたが、そのボイラーをやめて CHP を入れているのか、注意が必要だ。

事務局：中国木材伊万里工場はボイラー新設をされているが、従来からの乾燥用の労基ボイラーを現在どうしているのか（撤去・バックアップ・併用など）について事前にも確認する。

酒井座長：では、プラントメーカーへのヒアリング結果についてご意見をいただきたい。

久保山委員：またプラントメーカーに対する内容として故障事例があり、「ユニット停止」という言葉があるがどの程度の停止なのか。

事務局：この点については、プラント運営経験のある佐野委員、河野委員にご解説をお願いしたい。

酒井会長：ヒアリング結果については、木質バイオマス発電所における故障の傾向が分かり、人

材育成研修の重要性というのも浮き彫りになっている。中間報告であり、まだヒアリング研修は少ないが有用な知見が得られている。

佐野委員：メーカーから見ると、自立運転の運用費用をだれが負担するかということが意識されているようだが、電力というのは災害等非常時には重要なものでお金には代えられない面がある。どれだけ高い電気でも欲しい、というものではないか。我々の発電所では、追加的コストがかかっても自立運転を確保するために設備を補強している。むしろ非常用発電機の増強まで検討している。発電所の運営においては、そうした意識も必要である。

事務局：自立運転の確保のためには設備の増強を必要とする場合もあり、イニシャルコストの増大にもつながる。当然、所内分は FIT の対象ではないため、出力の維持に係る費用は保証されるわけではない。しかし、発電所においてはレジリエンスへの対応のために自発的にそれらのコストを負担しようという考え方もあるということか。

酒井座長：この点は国の防災力の強化という点でも重要な点であり、また長寿命化というのはこれからの中 FIT においても重要な点である。

芋生委員：クリンカが搬送装置への影響ということがあったが、ボイラ一本体に与える影響とすることもあるかを確認したい。また、これらが燃料に起因するということでは、バークの比率や成分など、どのような事例があるのか。

事務局：発電所運営経験がある佐野委員、河野委員はこの点でなにか具体的なお話があればおきかせいただきたい。

佐野委員：まず、燃焼阻害がある。燃料の移動が出来なくなる、燃焼障害を与えるというのが大きな問題であり、灰の移動も妨げる。これによって灰の移送装置のトラブルにもつながる。

#### 4. 簡易アンケートの実施について

資料 5 に基づき、簡易アンケートの実施状況について説明を行った。

事務局：発電所へのヒアリングが新型コロナの影響で遅れており、補完的にアンケートを実施することとし、当協会が自主事業で実施している木質バイオマス燃料材需給動向調査と併せて通知した。WEB フォーマットで入力していただく形式となった。

芋生委員：「発電所の持続的運営」という設問は FIT 後も視野に入れたものか

酒井座長：世界的に GHG をゼロというのと電力料金が上がっていくこととの兼ね合いの中で、木質バイオマス発電がどのような役割をはたせるかという点は非常に重要な論点である。

事務局：アンケートは 10 月末を予定しており、結果の集計が完了した時点でメール等で委員のみなさまに共有させていただきたい。

#### 5. カリキュラム案

資料 6 に基づき、「基礎コース」のカリキュラム案について事務局より説明を行った。

河野委員：受講者はどのような方を想定しているのか

事務局：基本的には就業 3 年程度までの方を想定している。前回はもうすこし期間が長く全く

の初心者は想定していなかったが、そうした方も妨げないということと設定している。

酒井座長：燃料管理に関しては、燃料供給者にも共有できればよい。発電所ばかりが意識しても、品質管理が進まないということも考えられる。

事務局：受講者が発電所に持ち帰り情報共有することを想定しているが、さらには燃料供給者とのコミュニケーションにこの情報を使っていただくことも念頭においている。

酒井座長：コミュニケーションというのは森林施業プランナーにおいても、山主や素材生産者だけでなく木材需要側との関係においても重視する点である。

佐野委員：受講者のレベルがさまざまあるとすると、課程学習型と複合学習型では、複合型の方が利用しやすい。発電所はいろいろ事情があり、経験力量や年齢もいろいろな背景がある。その中で、機会均等という点も重要である。その中から同じ人を連続で行かせるというのは現実的には難しい面がある。

芋生委員：課程学習型を3回で一課程完結とするとやや回数が多い。2回程度が望ましいのではないか。

事務局：資格制度であれば課程学習型が当てはめやすいが、そうでない場合には、複合学習型を2回程度出れば、ある程度網羅的に学習できるということによろしいか。

芋生委員：2回程度で一定の網羅性という点では、そのような形が良いのではないか。

中澤氏(オブザーバー)：ちょうど、担当原稿のところで書いているが、OFF-JTは重要ではあるけれどもこれだけで全部を学ぶというのは無理がある。やはり発電所の実務の中で学びながら、時々集まって自らの進歩を確認するということであれば、網羅的な内容でよいのではないか。

十川氏(オブザーバー)：メタン発酵事業の方では、日本有機資源協会で既に持っている研修制度を入門編として、今回の受託事業の方はその上位となる位置づけとしている。座学が2日間、現地見学・実習を別途自由参加で2日程度と考えている。課程学習型と複合学習型という視点が新鮮である。研修に参加すれば技術が身につく、ということには限界があり、その中でも重要な要素、地域レジリエンスやブラックアウト対応などを盛り込みつつ、必ず踏まえなければならないものを毎年取捨選択して研修で扱うという考え方である。

芋生委員：そういう意味では複合学習型に近い。

酒井座長：日頃、日常的な学習は業務の中で行いつつ、時折、研修で参考となるようなことを学ぶという形も必要ではないか。またカリキュラムを学ぶと全て身についたということではなく、何を教えると何が伝わったか、という点は意識すべき。

資源エネルギー庁 菊野課長補佐：二つの事業はそれぞれ別ということはあるが、共通の悩みも存在するはずであり、適宜お互いを参照しながらより良いものをつくっていただきたい。資源エネルギー庁でも二つをコーディネートするようなことも必要であれば行いたい。

林野庁 山下課長補佐：林野庁でも熱利用の関係でマニュアルを作成していただいている。事

業を連携させて、地域に根差したバイオマス利用を推進する人材がそだつていけばと思う。ただ、人材育成には時間もお金もかかる話であり、評価は難しいが、林野庁でも研修カリキュラムを作り技術者育成をしているが、適正に技術を評価して、どのようなレベルにあるのかを確認しながらカリキュラムに参加していただき、また研修を受けた方が持ち帰って広めていくということを通じ、知識が共有されることをされていくことと期待する。どのようなレベルの人をランク付けするかという点も重要である。

## 6. 今後の予定

11月にヒアリングが本格化する予定であり、11月から12月の初旬にはすべてのヒアリングを完了する予定であるが、ヒアリングについては委員の方に同行いただくことを想定している。12月までの間に、アンケート、ヒアリングの内容についてはメール等で情報共有をさせていただきたい。

第3回は12月を予定するが、日程候補案をメールにて送付し、調整させていただく  
1月の模擬研修会の日程も併せて確認を取らせていただく。

## 7. 閉会

酒井座長により閉会を宣言した。

以上

### 【山本毅嗣委員ご意見】

(テキストに関して)

・「林業・木質バイオマス発電の成長産業化に向けた研究会」(2020年度)の活動について、何らかの形でふれていいただきたい。林業関係者とバイオマス関係者が一堂に会した初めての場であったが、非常に前向きな方向性を出して今後について示唆に富む内容となっている。取りまとめ結果は森林・林業基本計画とエネルギー基本計画に反映されており、その点も含めて触れていただきたい。(コラムの形でテキスト内に追加する)

・発電所の経営者の思い、経営理念についての記述があるとよい。化石燃料ではなく木質バイオマス発電という事業形態を選択するのかという視点を序論のところで加味していただきたい。(酒井会長の序一に要素として加えていただく)既存エネとバイオマス発電と同時期に職員募集したことがあったが、バイオマス発電所で働きたいという意欲ある方の応募があり、立地としては技術者の確保が難しい条件だったにもかかわらずバイオマス発電所が先に決まったということが事例としてもあった。

(ヒアリングについて)

・規模感からするとある程度の網羅性があると思う。メーカーのヒアリング対象として、もう少し小規模なものもあるとよいが、そうするといきなり小さくなるため、大規模プラントとは考え方方が大きく違う可能性がある。

・最低負荷率については、CFBとストーカーでは異なる傾向がある。また、所内単独運転を行

う状況について、単純に可能かどうかという話ではなく、どのようなケースに対応するか、その目的(系統が途絶した中で数日間運転する、という話か、短時間の停電状況に対応し系統回復後いち早く再併入することに対応するという話かなど)を区別して議論する必要がある。

・レジリエンスでは、災害被災木を引き受けるという効果もある。

(カリキュラムについて)

・複合学習型と家庭学習型は一長一短であるということが分かったが、両方やるという選択もあるのではないか。より複雑になって悩ましくならないのであれば、検討いただきたい。

以上

令和3年度「新エネルギー等の導入促進のための広報等事業委託費における  
再エネ導入・運転人材育成支援事業(木質バイオマス発電における人材育成)」  
検討委員会(第3回)

日時:2021年12月24日 10:00-12:30(12:00終了)

場所:馬事畜産会館(WEB併用)

委員(参加状況):

<配布資料一覧>

資料1 教材の進捗状況

資料2 ヒアリング調査の報告

資料3 カリキュラム案

資料4 模擬研修実施案

参考資料1 ヒアリング結果(発電所)一覧

参考資料2 アンケート集計結果(暫定版)

<議事内容>

1. 開会あいさつ

資源エネルギー庁菊野様、酒井会長より、開会のごあいさつをいただいた。

酒井会長:本日は第3回目ということでヒアリング調査してきた現場の報告が中心になるかと思うが、委員の皆様にご指導ご指摘を賜りたい。先般、見学した折に早く人材育成が急務であると言われている。身に染みて帰ってきた。本日は取りまとめに向けご意見ご指導賜りますようお願い申し上げる。

資源エネルギー庁 菊野課長補佐:本事業も終わりに向けてあと少しというところと思う。引き続きご協力をお願いしたい。

2. 教材の進捗状況報告

資料1に基づき、事務局より教材原稿についての進捗状況および今後の予定について説明を行った。

【委員意見】

山本毅嗣委員:スケジュール感等についてはよろしいかと思う。

3. ヒアリング調査の状況報告

資料2に基づき、事務局より発電所ヒアリング状況および現時点でのとりまとめ、教材への反映方法について説明を行った。

## 【委員意見】

河野委員：発電機出力を「落とす」という表現ではなく、「下げる」としてほしい。発電所で働く人の意識として落とすという言葉は使わない方が良い。

事例7について、ネットについての記述だが「および雨天時の防水シート」という言葉を追加してはどうか。

事例の8について、ここは DS グリーン米沢南発電所と、SGET 三条発電所が該当するため、両方を記載してもらいたい。

事務局：ご指摘について修正する。

久保山委員：なぜ、RPS からの移行案件に異物が多いのか、この点について理解できない。

事務局：こちらについては、RPS からの移行であるから、ということではなく、RPS 時代に導入された発電所では、当日建設副産物系の燃料を 100% 使用しており、異物等の混入が多い材を長年燃料として使っていくことで、経年的に劣化が進んだ箇所があるため、安定的に動かしていくために負荷を下げているということです。記述についてあらためさせていただく。

山本博巳委員：卒 FIT のところ、回答があり重要な指摘があったかと思う。コメントではあるが、卒 FIT の発電所と FIT の発電所が同一エリア内で混在すると、卒 FIT の発電所が買い負けるというのは、重要な話だと思う。なお、直近で卒 FIT を予定されている発電所について、ヒアリングを追加する必要はあるのか。

事務局：ヒアリングをもう一件程度ふやすかどうか。また、今回、卒 FIT が直近(5 年程度)に迫る発電所は、RPS 制度からの移行プラントである。この 2 件は RPS 制度下でも早期の案件であり、これ以外の発電所はまだ時間の猶予があると考えている可能性もある。

久保山委員：教材への反映だが、事例と個別の発電所の紹介をするのか。事例が重要かと思うため、どのような順序になるのかが気になる。

事務局：まず、事例に関しては教材の各章・項目に対応する形で、トピックに対するコラムとして掲載する予定である。また、発電所の紹介は巻末でまとめて資料の形で掲載する予定である。

酒井座長：ご協力いただいたところに関しては、巻末等で併せて列記し、ご協力への御礼についても記載する。

久保山委員：事例2の立木買いただが、2 点ある。「伐採後更地返し」のケースが懸念される。天然更新のまま放置されるケースもあると思われるため、事業者の責任において植林をしっかりしてほしい。また、おそらく未利用材に対応するため森林経営計画の対象林ということもあるだろう。そこへの言及もあったほうがよい。

事務局：事例 2 に関し、現地で話を聞くと、ある地域ではそもそも植林は森林組合が担うという役割分担があり、こうしたケースでは、伐採搬出の段階で一旦、事業者の役割が途切れてしまうことがある。また、森林経営計画に発電所が何らかの形でかかわられているケース

もある。その場合は再造林にかかわっている。しかし、全体として再造林・植林に直接かかわっているところはそれほど多くない印象。この点については、役割分担になっていたとしても、責任をもって対応していただくという点を明記したい。また、森林経営計画にかかわっている事例について、もう少し深堀をしたい。

久保山委員：コストダウンのところについて。梢端部を出すのは今後重要になってくる。ただ、現状ほとんど使われていない。それは、搬出にコストがかかること、また、注意事項として引き出す際に土砂が付着しやすくチッパーが傷んでしまう。地引をしない、地引する場合は掘んで振るうなどして土砂を落とすなどの工夫が必要になる。

事例7で、大企業や製紙会社などではほぼやっている対策であり、大事なことであるからぜひやっていただきたい。

事務局：梢端部の利用を積極的にやっている事例としては、枕崎バイオマスを取り上げている。久保山委員がおっしゃるように大変重要な事例であるため、生産・収集についてもう少し現場の状況などを追加でヒアリングし情報を拡充する。

酒井座長：今回は委員会資料であるが、報告書ということであればまた表現等を見直し、より分かりやすいものにしてほしい。また、名前を出す場合の了解など、確認をしっかり行ってほしい。

石井委員：もし、調べられた範囲でお願いしたいが、20年間の事業計画について、実際のものと想定の違いについて採算性についての部分を知りたい。多くの発電所が融資を受けていて、経営状況について定期的に報告していると思う。

燃料の長期契約についてはどのぐらいの範囲で結んでいるのか。

事務局：事業計画との乖離については、2つの面があると考えられる。一つは、運営していくなかで、状況が変わってきたため想定との違いが表れた、というもの。もう一つは省エネや運営面の工夫などにより意識的にコストダウンを推進し効果を得たというものがある。今回はコストダウンの面についてはしっかりと話を伺ってきたが、状況が変わったというものについては拾い切れていないものがあるため、この点については追加でヒアリングを行いたい。

また、燃料の長期契約の状況についても追加でヒアリングを行い、お話をいただけるものであれば、また教材に反映させたい。

石井委員：「敢えて水分を考慮しない」というケースについて聞きたい。

事務局：このケース（グリーン・サーマル系列発電所）では、納入者の取引額を安定化させたいという思いがあった。以前は質の悪い材を製紙会社等に持ち込んでいたが、歩引き（規格外の材の混入割合をサンプリングで確認し、その分を代金から差し引く商慣行）や、絶乾取引（持ち込んだ材の水分を計測し、概念上絶乾状態で購入したものとして、水分の重量を取引量から差し引く商慣行）により、同じ量を納入しても、その対価は材の状態により都度都度違うため、収益が読めないという悩みがあった。発電事業向けにチップを納入するときには、トラック1台

(積載できる容積が一定として)持つていけば一定額が期待できる、という納入側の安定性を図ることで、安定的な調達を可能とするという考え方のことだった。

石井委員：そういう意味では、より上流側に配慮した仕組みになっているということか。

酒井座長：メンテナンスや機器更新など、運営によりコストダウンするノウハウも人材育成上、重要なと思う。教材にぜひ盛り込ませていただく。

人材育成の上でも、なぜそうなのかという理由の説明も必要だ。コミュニケーションという意味では、地域の小中学校への教育機会の提供も、なぜここにこんな発電所があるのかということや、仕組みについて次世代の理解を促すことにもある。こうした点についても触れていきたい。

また、水分に対する知識や意識というものは、発電所運営にとっては欠かせないものである。砂とか汚れなど規格外のものが入ってくる。これは山側の責任もあるが、人材育成という面では、意識の問題・知識の問題として解決できるという期待がある。燃料管理という意味では、発電所で利用時に低質材と高質材を混ぜるなど、方法論として属人的な部分があるが、多能工活用・技術標準化など、人材育成と絡めて考察していきたい点である。

木質バイオマス発電の価値という点では、CO<sub>2</sub>の削減について、排出量取引や、排出量の報告などこれから義務化されていく動きもあると思うので、従業員の方には知識として知っておいていただきたいと思う。

第1回のところでキャリアアップの絵があり、何年で一人前になるか、という話をしたが、事例10では、15年で経験を積んでBT主任技術者、所長になったケースが紹介されているが、どの程度時間をかけてゴールをどこにおくのか、何年目でどのような資格を取るのが適切かなど、例を挙げて紹介していかなければと思う。ということで、本日いただいたご意見をもとに教材を作成していきたい。

#### 4. カリキュラム案

資料3に基づき、事務局より、前回、委員より推奨する声の多かったカリキュラム案(複合型)に絞り、について説明を行った。

#### 【委員意見】

特に意見はでなかつたため、次の模擬研修実施案と併せて意見を求ることとした。

#### 5. 模擬研修実施案

資料4に基づき、事務局より模擬研修の実施案について説明を行った。

#### 【委員意見】

河野委員：この研修内容でやってみるとよいのでは。

山本毅嗣委員：オブザーバーとして発電所の方に入っていただくのは良いと思う。ぜひお願いたい。

(1月27日の日程で都合が合わない委員が4名程度)

事務局：1月27日の日程は11月時点でのご都合を伺い決定したが、本日、ご都合が合わない方が多数いらっしゃることが判明したため、再度調整させていただきたい。

山本博巳委員：燃料のハンドリングが難しいという話が良く出ているが、これは燃料サイドになるのか、それとも運転管理の内容になるのか。

事務局：現時点での考え方としては、受入れ時点の燃料品質や保管については燃料分野で、投入時の調整などは運転管理の分野になるとを考えている。

酒井座長：燃料の品質に関して、納める方と受け取る側で品質をどう担保するのか。例えば山の方でスクリーンを掛けば発電所は楽になるが、山側にはそこまで余力はないとして、どうするのか。この点などについても調整の要素になる。

久保山委員：講義内容については、大西氏、前川氏は教材のテーマ執筆箇所と合致しているが、河野委員の講義内容は「発電所運営管理」ではやや幅広すぎるのではないか。

事務局：河野委員には非常に幅広くご執筆いただいているため、今後、ご相談し、模擬研修の内容として適切な範囲で内容を決定させていただきたい。

久保山委員：実際の研修は何名ぐらいを対象とするのか

事務局：どのぐらい応募があるのか、それ次第のところだが、WEBだと30名程度まで可能だが、ディスカッションをするとなると少し多すぎる。10名程度が適当であるが、そうするとお一人当たりのコストが上昇してしまう。その点で適切な人数を継続して検討したい。

## 6. その他

参考資料2に基づき、アンケートの回収状況と、現時点での集計について報告を行った。

### 【委員意見】

酒井座長：アンケートはまだ途中であるため、回収率の向上に努めていただきたい。また人材確保に対する要望が高いということでいい人材を調達するというのは一つの課題になっているとわかる。

佐野委員：全体をとおして、非常に資料が充実しているのでこれを用いてよいテキストを作っていただきたい。

十川氏(オブザーバー)：カリキュラム案の基礎コース案であるが、基礎コースは段階を踏むのか、それとも同じ段階のものを重ねて受けるのか。

事務局：現時点の案としては、同じ段階のものをトピックを変えて複数回受けると、網羅的に学ぶことができる、という形と考えている。例えば燃料についても、今回は「ガイドライン」次回は「調達」というように組み合えていく。特に悩みどころとしては、運転管理に関しては非常に幅広く厚みもあるので、少し幅を持たせないと数回では終わらなくなってしまう。

十川氏：そうすると、複数回同じ人が受けるパターン、別の人気が受けるパターンがあつてもいいのか。

事務局：一年間に同じ人が3回というより、3人が出る、ということであれば一人の方が年一

回3回でれば、網羅的になるという形となる。

十川氏：30分、1時間という時間設定をすると、講師はその時間でやってくれるが、質疑が講義によっては長短が出てしまうため、バッファの時間を間に入れると調整しやすいのではないか。

事務局：そうすると、まとめて20分の休憩ではなく、5分休憩を4回という形も取りうる。日本有機資源協会は研修事業に実績があるため、こうしたノウハウはとても参考になる。

酒井座長：受講者は発電所に持ち帰って水平展開する、ということは本人の理解を進めるうえでも有効だと思う。

山本毅嗣委員：全体を通して、発電所のヒアリングと丁寧なとりまとめ、大変参考になる内容であるため、ぜひテキストに盛り込んでいただきたい。また、模擬研修に関して、再調整するのであれば、少し前広に案をいただきたい。内容に関してはこれでよいと思う。

事務局：あらためまして1月後半の日程を皆様にお伺いして再調整させていただく。

## 7. 閉会

事務局より閉会を宣言した。

以上

令和3年度「新エネルギー等の導入促進のための広報等事業委託費における  
再エネ導入・運転人材育成支援事業(木質バイオマス発電における人材育成)」  
検討委員会(第4回)

日時:2022年2月10日 14:00-17:00(15:40終了)

場所: WEB開催

委員(参加状況):

議事次第:

(1)開会・挨拶

(2)議事

1)模擬研修会開催報告

2)テキスト進捗状況報告

3)研修カリキュラム(案)について

4)事業の総括

5)その他

(3)閉会

<配布資料一覧>

資料1 第4回検討委員会会議次第

資料2 出席者名簿

資料3 模擬研修実施報告

資料4-1 テキスト目次

資料4-2 索引一覧

資料4-3 テキスト巻末掲載

資料5 研修カリキュラム(案)

資料6 今後の予定

参考資料 模擬研修会\_質疑応答

<議事内容>

1. 開会あいさつ

資源エネルギー庁菊野様、酒井会長より、開会のごあいさつをいただいた。

資源エネルギー庁 菊野課長補佐：本事業も最後の大詰めを迎えていた。人材育成事業のテキスト、模擬授業を行いレビューしていただいた。この成果を来年以降も事業者様、業界団体様で活用していただけるよう資源エネルギー庁としても協力してバイオマス発電の人材育成に繋げていけるよう最後までご協力を願いしたい。

酒井座長：本日は第4回目ということで最終の委員会になると思うが、お陰様でここまで漕ぎつけることができた。本日はご意見ご指導賜りますようお願い申し上げる。

## 2. 模擬研修会開催報告

資料3に基づき、事務局より模擬研修会の実施報告について説明を行った。また、模擬研修会の運営および講義の内容について、委員よりご意見をいただいた。

### 【委員意見】

佐野委員：保管処理で水分を低下させ発熱量を向上させているつもりが、ドライマターロスにより熱量の一部を損失している等に驚きを感じた。

酒井座長：山側も良い燃料チップを納入して発電所の運営に迷惑をかけないように努力する必要がある。

### 久保山委員（事務局代読）：

模擬研修会のアンケート結果について。「集合研修が必要ない」との意見は、一方的に事例報告は聞きたいが自分の話はしたくないとの意図があるのではないか。座学であればリモートでよいということでは。ケースワークでの検討を集合研修で行う際、集まって雑談するだけも情報のやり取りができるため、実際に行うとその評価は変わるものではないか。せっかくなので集まってという企画は必要。期待する研修内容として、森林関係についてのニーズが低いが燃料の基本的なところ、森林に遡っての持続性の確保やガイドラインの遵守はしっかりと盛り込んでいただきたい。半日では拘束時間が長いというご意見がみられたが、集合で開催となるとある程度の時間になる。リモートであれば、週1回2コマを毎週連続で行うなどの方法がある。一方、時間が足りないという意見は、すべての要素を網羅していないためではないか。法規や安全管理は火力原子力発電技術協会の大学講座との連携も有効である。

### 山本毅嗣委員（事務局代読）：

アンケート結果については想定したとおりであった。

酒井座長：今回の事業への意見として参考にしたい。

## 3. テキストの進捗状況報告

資料4-1、4-2、4-3に基づき、事務局よりテキスト制作の進捗状況について説明を行った。

### 【委員意見】

河野委員：模擬研修の資料はマスタープランと違うかもしれないが、テキストに付加することは

できないか。

事務局：模擬研修会資料は、テキスト内で枠を用意していない。今回の事業全体を報告書として掲載する。研修資料の内容として、エッセンスの方は河野委員執筆の原稿内にあるが、今回の研修資料も非常に有益とのご意見がアンケートでも見られるため、来年度以降の研修事業でご登壇いただきご説明に使っていただきたい。

山本毅嗣委員（事務局より代読）：

テキスト執筆進捗状況は拝見するのが楽しみな項目が多い。

酒井座長：模擬講習のテキストは各講師のおかげで非常に解り易くできており、何らかの形で研修の副教材などで活用できるよう検討したい。ご多忙の中、執筆していただいた執筆者の皆様、ヒアリングに快くご対応いただいた発電所にも報告書で謝意を示したい。

酒井座長：索引により本のレベルがわかる。この索引が将来の用語集や解説辞典に使用していただければ新たな活用方法になる。テキスト完成後にご意見を元に改善していきたい。単なるマニュアルではなく、佐野委員、河野委員のような判断力、ご経験をテキストにしている部分は現場の技術者にとって必要なため活用していきたい。

#### 4. 研修カリキュラム(案)について

資料5に基づき、事務局より、研修カリキュラム(案)について説明を行った。

【委員意見】

久保山委員（事務局代読）：

カリキュラム案の指導者育成コースの要素を組み合わせて、一泊二日にできるのではないか。一泊二日位は、何とか時間的に確保してもらえると議論も交流も充実する。例えば、1日目講義、2日目見学・ワークショップの形を取り入る。見学会1時間は非常に慌ただしいので、前後でしっかり説明があったとしても正味1時間は欲しいところであり、移動なども含め1時間半の時間が必要。

山本毅嗣委員（事務局代読）：

育成すべき人材像の例、倫理観と要素はどういうものなのか。コンプライアンスを置き換えてもよいのではないか。

事務局回答：発電所に従事する技術者として技術倫理を持ちコンプライアンス意識を持つということを考えている。

山本毅嗣委員（事務局代読）：

基礎コース案について、WEB開催だと多くが参加できるが、どの程度まで可能か。バイオマス発電に係る方にとっては、非常に興味があるテーマであるため、応募が多いと思われる。あまり少人数ではもったいない。例えば、WEBでの討論が難しいのであれば数名でパネルディスカッションのような形やほかの方がそれを視聴する形もありえるのではないか。

ある程度の大人数になれば、議論が難しくなることを受けてのご提案であるが、例えば 50 人聴講の場合、50 人のディスカッションは難しいので、指導者育成コースの対象者になる方を数名指名して、パネルディスカッションで発言していただき受講生の方からは、そちらについて質問や意見を出していただく参加方法になる。

見学会について、1 時間では短いのではないか。(久保山委員も同様のご指摘をいただく)しつかり見ると 1 時間~1 時間半必要ではないか。

酒井座長: 実際に運用して改善し、発電所・地域によって独自のバージョンができると思う。集合研修を行うことにより、お互いが困った時の相談相手になる人脈づくりも大事である。発電所をサポートしていただけるように市町村や行政の方にオブザーバーとして参加してもらうと良いし、宿泊することにより経済が回って、地域との関りが広げられる。見学時に高所に登ることもあるため保険の問題など、受け入れる側で細かくチェックする必要がある。

事務局 : 火力原子力発電技術協会では、見学会や議論を組み合わせた充実した研修を実施されているが、実施において気を付ける点があればご意見いただきたい。

中澤氏(オブザーバー): 火力の場合も見学会はよく行い人気もあるが、普通見学会では危険な場には行かない前提で行っている。研修では保険もあり得るが、見学会でそういうことを考えるとハードルが高くなるため、受け入れる側での準備もあるが、出来ればすぐ見学できる方が良いと思う。

前回の模擬研修会も含めて非常に良い内容だが、対象が幅広くなるが研修で、どの辺の技術者をターゲットにするか絞り込んでおこなった方が良い。私の書いた資料の中にも入れてあるので参考にしていただきたい。

事務局 : JORA もバイオマスアドバイザー研修など各種研修制度を充実させているが、経験から今回の案について是非ご意見をいただきたい。

嶋本氏(オブザーバー): 保険の件について、通常の講義は保険を入れないが、昔の国内視察研修で、例えば 新潟で 3 か所(木質発電、メタン等)を一泊二日で回るというのをアテンドして、アテンド先には当然謝金の支払いをして、いくらかみんなからお金を集めて研修をおこなっていた。製紙会社などは高所へ登ることもあるので、その時は危険な作業はしないが保険加入が必要と判断した。保険費用は 2 日間で一人当たり 300 円~500 円と安価だが、フルネームや年齢等の情報が必要である。保険適応したケースはなかったが、異業種の方もいるため何かあった時のために加入した。最近では、企業が行う場合、ライバル企業がいる場合は見学できないと言われたが、団体(JWBA、JORA など)の場合は見学を受け入れてもらえる機会がある。注意点として見学時に人数が多いと聞こえない場合がある。近くに行けない場合は、音もうるさく説明内容や質問も解らないので、数が多い場合は 1 グループを 10 人~15 人にして、2 班に分けるなどにしてもらい、説明員が 2 人いる場合は、説明箇所をずらすなどの対応をしてもらう。説明等を含めて最低 1 時間半~2 時間はあった方が良い。

酒井座長：あまり詰め込みすぎると時間に追われることになる。きちんと時間をかけて研修でなければと思う。

芋生委員：対象になる方の関心が現場業務になりがちであるのは理解できるが、広い視野を持っていただきたい。2022年度からFIPが導入されることで大きく変わるとと思う。木質バイオマスの場合は、基本24時間一定の出力で発電することが基本となるためFIPの対応は難しいが、バイオマス発電全体で考えるとうまく対応すれば利益が上がるということも考えられる。メタン発酵のテキストではその点にも触れている。その点を今後、考えにいれていただければと思う。

酒井座長：石井委員はNEDOの技術指針なども作られているが、何かご意見は。

石井委員：NEDOの技術指針自体は、主に構想・SFをメインに行っており、運転自体とのすみ分けが明確化できてよかった。運転で詳細な研修やマニュアルはなかったので有用なものになつた。研修を自ら見つけて申し込まれる方はかなり問題意識を持っているので、心配していない。これから新しい事例が増えしていく中で、特に、都道府県の中でも地方自治体主導での地球温暖化対策計画への適用ということで再エネの導入を自治体主導で進めて民間に任せる、そして地球温暖化対策計画を達成するという中で、自治体から計画時点から事業者に勧めてもらうなど、公共的なものから研修を勧めてもらうようなリコメンドの方法もあるのではないか。

研修を受ける方、という性質も変わってくると思われる。バイオマス発電が発電事業者だけのものではなくなる。というのはFIP制度になると売電に、新電力やアグリゲーターという存在が関わってくる。そうすると彼らも発電所の安定稼働には何が問題になるのか、どういう変動リスクがあるかというようなことを知っておく必要が出てくるのではないか。そうすると上級コースになると付いていけないという問題があるかと思うが、ある程度議論に参加してもらうことで、リスクについてそうした関係者が把握するだけでも大事なことではないか。より広い方々に研修を受けてほしいと思っている。

酒井座長：発電所で実務に携わっていらした委員で、何かご意見があれば。

佐野委員：方法やご意見、尤もなことだと思いつつ話を聞いていたが、やはり実行する段階において、その都度理解への参考意見を提案いただき走りながら考えていくことも必要ではないか。

山本博巳委員：技術面・資源面・経営面と、内容的に非常にバランスの良いものが出来たのではないか。懸念というか提案というか、到達点、というところをどのように評価していくのか、あるいは研修を受けた人を認定するようなものとするのか、この点は検討すべき要素である。例えば、エネルギー学会では問題を200-300問用意し、エネルギー検定というものを実施している。バイオマスは非常に幅広いためどのように扱うかなど課題となるのでは。

#### 4. 総括

酒井座長：事業の総括ということで、ご意見をいただきたい。

石井委員：これだけ良いカリキュラム、テキストが出来たので、これからどのように広めていくか、ということが重要だと感じている。日本木質バイオマスエネルギー協会はこの分野において権威のある団体であり、もう少し自治体など公共セクターなどなにかしら権威のあるところ、強制力のあるところから受講を促すなどが必要ではないか。この普及というところで、NEDO の技術指針とも連携が出来ればと思う。

芋生委員：内容として申し上げた通りだが、今、いろいろなところでバイオマス関係の会議や委員会に参加しているが、非常に動きが急になってきていると感じている。2030 年の 46% 減、2050 年のカーボンニュートラル宣言などに向けて大きな動きがある。一方でバイオマスは本当に再生可能なのか、GHG 削減に寄与しないのではないか、というような強い意見も寄せられているところではある。私から見れば誤解があるとみられる部分もあるが、そうした意見に対し、健全な利用法、木材としての利用も含めて促していくような情報発信の場としても利用していただければありがたいと思う。非常に短い時間でこれだけのテキストとカリキュラム案を作ったことには感謝したい。

河野委員：今回の人材育成の件では、いろいろと調べながら自分でも勉強になった。人材育成というのは古くて新しい問題であって、なかなか手が付けられず現場でも悩んできたが、今回このような教材を作っていただき、現場で活用してもらってブラッシュアップしていくことが出来ればよいと考えている。

佐野委員：発電関係には何十年と携わってきたが、このような幅広い、各方面の知識豊富な専門家にお世話になるのは初めてであった。今回の模擬研修会では、非常に素晴らしい資料、ご経験の話を聞かせていただいた。またテキストの原稿を書いたことは、これまで経験が無かつたが、非常にプレッシャーのかかった仕事であった。

現在、バイオマス発電所では社員への課題の提案、運転員の教育を担当しているが、今回得た知識はそれに役立つことが大変多くある。そこから学び、今後も教育に生かしていきたい。

山本博巳委員：補足すると、環境面について、現在、持続可能性の面からバイオマスにある種批判されるところもあるが、エビデンスを以て、GHG 負荷が高くない、などについて、データに基づいて話をしていかなければならぬと改めて申し上げたい。

また、FIP など政策面について、非常に足が速いため、2, 3 年で大きな変革があり、毎年マイナーチェンジされている。そういうところについては、適宜、テキストもアップデートされなければいけない。また、再生可能エネルギーの中でもバイオマスエネルギーというのは非常に重要な安定電源であるため、この事業でますます気運が高まればと思う。

中澤氏(オブザーバー)：大変よい研修資料が出来たが、研修の内容も受講者も非常に多岐にわたるものになるため、それについては都度意識されればよいと思う。総論になるが、こうし

た研修は座学も大事だが、どれだけ現場を見ているか、にかかっている。現場をしっかりと見ながらやっていただきたい。研修の内容を用意すると受け身になってしまうこともあるが、やはり研修を受ける人の自ら学ぶ、ということが重要である。受ける場合には受講者自身が問題意識を持って受けていただくということを付け加えるのがよろしいのではないか。

嶋本氏(オブザーバー):当協会ではメタン発酵のテキスト作りをしている。良いテキストはできたが、実践として研修を実施していくことが重要である。来年度は独自事業として研修を実施していきたい。トラブルなどの情報について業界として同じ失敗を繰り返さない、ということが重要で、企業秘密として秘匿するのではなく、共有して業界を盛り上げてくということが必要だと感じている。

十川氏(オブザーバー):メタン発酵のテキストとカリキュラムを作成している。約100件のトラブル事例を掲載している。かなりたくさんの事業者や自治体の方に協力していただいた事例であるため、今後も引き続きトラブル事例なども収集してブラッシュアップしていきたい。この木質バイオマス発電研修案も参考になった。

山下課長補佐(林野庁):林野庁としては発電、熱利用を含めて木質バイオマスを推進していくということで、このテキストの中でも資源についても盛り込んでいただいたことには感謝したい。林野庁では、熱利用を中心とした横展開事業を検討しており、その中で人材バンクや情報を横展開できるプラットフォーム的なものを考えている。このテキストやカリキュラム等を活用させていただきたい。地域活用要件として熱利用という要素もある。発電だけでなく熱の技術者との交流も進めていきたい。

菊野課長補佐(資源エネルギー庁):資源エネルギー庁としても第六次エネルギー基本計画として再生可能エネルギー、バイオマスはさらに拡大させていくということで方針を作成していること、また、2022年度からFIP制度に移行することや、地域活用要件が適用される、という形で再エネ施策も徐々に大きく変わっていく過程にある。その中でバイオマス発電の導入・拡大を図っていくためには、やはりFIT制度だけでなく実際に運営するという部分で人材育成が重要であると考えている。今年はテキスト・カリキュラムができるということで、来年度以降もエネ庁としてもサポートしていきながら木質バイオマス発電を普及していくところで進めていきたいと考えている。

久保山委員(事務局代読):・非常に短期間でまとめていただいたが、おそらくこれで終わりではなく、カリキュラム等も実施しながら改善していくことになるだろうが、いろいろな人に参加していただき、ご意見をいただきながら変えていくことが必要だろう。

山本毅嗣委員(事務局代読):・非常に良いテキスト、プログラムが出来そうでとても楽しみにしている。模擬研修をやっていただいたのでイメージがつかめ、内容的にも非常に興味深いものであった。

酒井座長: この委員会は7月にスタートしたが、新型コロナウイルスの影響があり出張もまま

ならないなどの状況もあった。執筆者の皆さまのおかげでここまで原稿が揃ってきた。ご協力に感謝したい。木質バイオマスエネルギーは新しい分野であるため教育体系も整っていないなかで、実務を通じながら人材を育てていかなければならない。木質バイオマスの使命が非常に高まっており、2030年は時間があるようではない。この中で人材育成というのは重要な仕事である。

皆様に感謝申し上げるとともに引き続きご指導をいただきたい。

## 5. その他

資料5に基づき、事務局より、今後の予定について説明を行った。

## 6. 閉会

事務局より閉会を宣言した。

以上

## ii. 発電所ヒアリングフォーム

### 【質問票1】

令和3年度「新エネルギー等の導入促進のための広報等事業委託費における再エネ導入・運転人材育成支援事業(木質バイオマス発電における人材育成)」事例調査 質問票1			
認定設備情報			
設備ID		事業者名	
設備名称		認定日 ※2019/12/25	
設置場所		運転開始日	
発電設備の出力 (kW) 発電端		熱と電気の比率	
発電設備の出力 (kW) 送電端		熱の自家消費の有無	
ボイラ蒸発量(t/h)		電気の自家消費の有無	
電気の需要先		熱の需要先	
発電所の運営体制			
管理職(人数)		燃料受け入れ関連(人数)	
スタッフ(日勤・人数)		その他(役割・人数)	
運転員(人数)			
燃料の種類	(名称)	使用量(t/年間)	バイオマス比率
設備の特徴		その他、同一事業地内の バイオマス設備状況	

## 【質問票2】

大項目	項目	把握すべき状況と課題	具体的な質問事項
○稼働状況	a.年間計画と実績	○事業計画上の目標(稼働条件)に対する運転方針と実績	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計画に対して実績はどうでしたか？（設備利用率 計画値と実績値を比較して）</li> <li>・計画値の設定はどのようになされましたか</li> <li>（低減している場合）・低減した理由についてどのようにお答えいただけますか？</li> <li>・発電所の安定稼働のために特に工夫されていることはなんですか？</li> <li>・運営上の課題に対応するための所内体制はいかがされていますか（例：個別事象ごとにプロジェクトチームを組成、あるいは日常的な横断的体制を構築しているなど）</li> </ul>
		○稼ぐ力の体系的な醸成の考え方	<ul style="list-style-type: none"> <li>・売上の向上、コストの低減など、収益改善のために特に工夫されていることはなんでしょうか。</li> <li>・KPI管理手法など、経営目標とその達成のために活用している指標・手法はどのようなものがありますか</li> <li>・調達における取引先選定について、どのようなポリシーがありますか？（工事、燃料、その他薬剤等）</li> </ul>
		○PPA(電力供給契約)の形態	<ul style="list-style-type: none"> <li>・特定契約先以外の現在の売電契約先があれば（社名ではなく、事業者の種類でお答えください）例：地域PPSなど</li> <li>・電気の付加価値について、検討されていますか取り組まれている事例はありますか</li> <li>・売電契約におけるペナルティ（事故時の対応）などの設定はいかがでしょうか。</li> </ul>
		○災害・系統事故等の制御ルールと体制、発生状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電力系統事故はどの程度発生していますか？（落雷などによる影響等、年間〇h程度）</li> <li>・出力抑制などの程度発生しますか（系統からの指令によるもの）</li> <li>・緊急時の対応について教えてください</li> </ul>
		○灾害・系統事故等の制御ルールと体制、発生状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電力保安の考え方（保安規程をベースとした展開となっているか）についてお聞かせください。</li> <li>・保守管理の考え方（保安規程をベースに展開しているか）についてお聞かせください。</li> <li>・保全方法（事後保全、予防保全、TBM CBM）の基本的な考え方についてお聞かせください。</li> </ul>
		○燃料挙動、運転特性、制御系、規模感等に起因する運転状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平時の運転特性はどのように把握されていますか。</li> </ul>
		○トラブル事例、技術的な課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>・データ管理について、どのような方針をとられていますか？ボイラのステップ応答試験結果で時定数等のデータなど</li> <li>・トラブルが多い設備箇所はどこですか。</li> <li>・ボイラの運転上の技術的な課題について（改善、トラブル対策）効果があったものについて教えてください。</li> </ul>
		○燃料品質・書類管理状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>・燃料の品質管理の方針、体制について（例えば、受入れ条件、価格設定、形状・水分調整等の実施）</li> <li>・ガイドラインの遵守について、サブライチーンの管理上どのような工夫をされていますか。</li> <li>・収集エリアについて教えてください（発電所までの平均輸送距離はどの程度ですか） 例：伐採現場→中間土場→原木ストック→チップ工場→発電所 km km km km 0</li> </ul>
		○熱の供給	<ul style="list-style-type: none"> <li>・熱の供給形態（蒸気/温水など、供給先・供給先との関係・売熱契約の有無・価格条件）について教えてください</li> <li>・熱の供給方法（同一敷地内、自営配管、公共熱導、他）</li> <li>・熱利用に期待する効果はなんでしょうか（例：熱の生産コストダウン、GHG削減など）</li> </ul>
	d.発電所のコストダウンと省エネ	○発電所の省エネ対策、対策の実施状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>・省エネ対策として実施されているものについて、具体的に教えてください</li> </ul>
	○その他CDへの取組	<ul style="list-style-type: none"> <li>・運営コストダウンを図るためにどのような工夫をされていますか。</li> </ul>	
	e.電力市場への対応	○卒FIT視野にいたる電力市場への対応方針	<ul style="list-style-type: none"> <li>・卒FIT後の運営について現状のご方針と継続に向けた課題についてお聞かせください。</li> <li>・（20年間の賃取期間満了後に事業継続する場合）電力市場への対応において課題はありますか？</li> </ul>
	f.ヒヤリハット事例	○ヒヤリハット事例としてはどのようなものがあるか	<ul style="list-style-type: none"> <li>・発電所の運営上、安全面で注意すべき点、ヒヤリハット事例について教えてください。</li> <li>・安全教育体制について教えてください（外部の講習機会を利用、独自研修を実施など）</li> </ul>
	○リスクコミュニケーション	<ul style="list-style-type: none"> <li>・灰の利活用について、現在の処理・利活用方法、今後の方針について教えてください。</li> <li>・公害対策等で地域と協定（公害防止協定など）を締結されていますか</li> <li>（有価物として販売できる可能性やなど）</li> </ul>	
○教育	h.技術者教育について	○人材の確保	<ul style="list-style-type: none"> <li>・運転員の雇用について（直接雇用、関係会社からの出向・派遣、外部からの派遣等）</li> </ul>
○技術者育成について	<ul style="list-style-type: none"> <li>・BT主任、電気主任技術者等上位の資格取得のための支援制度はありますか</li> <li>・有資格者の確保について（内部育成、外部からの転職、委託等）</li> </ul>		
i.持続的な発電所運営について	○発電所の持続的運営	<ul style="list-style-type: none"> <li>・今までの発電所の稼働実績（年数）を教えてください。</li> <li>・FITの賃取期間満了後の稼働について、ご方針を教えてください。</li> <li>・森林資源の持続可能な利用について配慮していること（再造林への貢献など具体的な活動状況）はなんですか</li> <li>・地域への貢献について特に留意されていることはありますか</li> </ul>	

### iii. 模擬研修会ヒアリングフォーム

<p>受講した講義を選択してください (複数選択可能) <b>必須</b></p>	<input type="checkbox"/> 【講義1】燃料に関する合法性の確保・ガイドラインの順守の理論と実務（前川講師） <input type="checkbox"/> 【講義2】水分管理・計測（大西講師） <input type="checkbox"/> 【講義3】現場が求める木質バイオマス発電所のより良い管理～人材育成・現場管理の持続的な取り組み～（河野講師） <input type="checkbox"/> 【講義4】木質バイオマス利用（概論）（酒井講師）
<p>模擬研修の内容はいかがでしたか？ 感想や改善すべき点、ご質問などを自由にご記入ください（任意）</p>	
<p>このような技術者向け研修会をどのような人材が受けるべきでしょうか <b>必須</b></p>	<input type="checkbox"/> 発電所の運転監視に従事する人 <input type="checkbox"/> 発電所の次世代を担う若い技術者 <input type="checkbox"/> 発電所の管理・運営に携わる人 <input type="checkbox"/> 発電所の管理者・主任技術者 <input type="checkbox"/> 発電所の経営層 <input type="checkbox"/> 特に限定しない

発電所運営技術に関する研修として、どのような内容を期待しますか。 <b>必須</b>	強く期待する	期待する	あれぱよい	期待しない	全く期待しない
	木質バイオマスエネルギー利用についての理論	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	火力発電技術におけるバイオマス利用	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	森林管理、林業、資源循環	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	燃料（品質管理、調達、契約実務、最新動向）	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	燃焼灰（処理、利活用）	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
発電所運営技術に関する研修として、どのような内容を期待しますか。 <b>必須</b>	強く期待する	期待する	あればよい	期待しない	全く期待しない
	最新の環境・再生エネを巡る議論	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	リスクや安全衛生、技術倫理	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	関連法規、手続	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	最新の政策動向	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	技術発表会や技術者交流	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
講義の内容として、どのようなものが望ましいと考えますか。 <b>必須</b>	<input type="radio"/> 理論的な内容 <input type="radio"/> より実践的な事例の紹介 <input type="radio"/> 理論と実践的なものの両方				

講義の実施方法として、どのようなものが望ましいと考えますか。必須	望ましい 問題はない 必要ない			
	リモート研修	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	集合研修	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	リモートと集合研修の選択制	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	見学会	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
木質バイオマス発電所の運営に関わる技術者的人材育成における外部研修に期待することは何でしょうか。自由に記述してください。（任意）				
木質バイオマス発電所の運営において、現在、課題となっていることはなんでしょうか。（任意）				

## 二次利用未承諾リスト

報告書の題名 令和3年度「新エネルギー等の導入促進のための広報等事業委託費における  
再エネ導入・運転人材育成支援事業（木質バイオマス発電における人材育成）」 報告

委託事業名 令和3年度「新エネルギー等の導入促進のための広報等事業委託費における再エネ導入・運転人材育成支援事業（木質バイオマス発電における人材育成）」

受注事業者名 一般社団法人 本木質バイオマスエネルギー協会