

国際科学技術共同研究推進事業
地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究領域「地球規模の環境課題の解決に資する研究」

研究課題名「低品位炭とバイオマスのタイ国におけるクリーンで効率的な
利用法を目指した溶剤改質法の開発」

採択年度:平成 25 年度/研究期間:5年/相手国名:タイ王国

平成 28 年度実施報告書

国際共同研究期間^{*1}

平成 26 年 1 月 8 日から平成 31 年 1 月 7 日まで

JST 側研究期間^{*2}

平成 25 年 5 月 21 日から平成 31 年 3 月 31 日まで

(正式契約移行日 平成 25 年 12 月 20 日)

*1 R/D に基づいた協力期間(JICA ナレッジサイト等参照)

*2 開始日=暫定契約開始日、終了日=JST との正式契約に定めた年度末

研究代表者:三浦 孝一

京都大学エネルギー理工学研究所・特任教授

I. 国際共同研究の内容(公開)

1. 当初の研究計画に対する進捗状況

(1) 研究の主なスケジュール

表 1 研究計画

研究題目・活動	スケジュール					
	H25年度 (10ヶ月)	H26年度	H27年度	H28年度	H29年度	H30年度
研究項目1:「溶剤改質法」による低品位炭とバイオマスの効率的脱水と改質						
1.1 オートクレーブ(0.5 L)を用いたバッチ試験による低品位炭、バイオマスの溶剤改質挙動評価						
1.2 オートクレーブ(0.5 L)を用いたバッチ試験による最適条件の検索						
1.3 Soluble、改質燃料の詳細な特性評価						
1.4 小規模半連続抽出装置 (1 kg/h) の設計と製作					* 1	
1.5 小規模半連続抽出装置 (1 kg/h) を用いた試験			輸出			* 2
1.6 溶剤改質法のパイロットプラント建設 (10 ton/day) のための概念設計						
研究項目2:「溶剤改質」と「高効率脱硫・改質」によるバイオマスからの新規Bio-fuelの製造への本改質法の適用性の検討						
2.1 回分反応器 (0.5 L) 試験によるBiofuels製造の最適条件の探索						
2.2 溶剤改質物の脱硫ならびにアップグレーディング法の開発						
2.3 製造した新規Biofuelのガスタービンによる燃焼試験						
2.4 新規Biofuel 製造プロセスのフィージビリティスタディ						
研究項目3:「溶剤改質」で生成するSolubleの機能性炭素材料への変換						
3.1 Solubleの炭素材料源としての特性評価						
3.2 Soluble から炭素繊維ならびにカーボンブラックの製造可能性検討						
3.3 小規模炭素繊維製造装置の製作とそれによる炭素繊維製造試験						* 3
3.4 パイロットプラント建設のための概念設計						
研究項目4:「溶剤改質」で生成する改質燃料・残渣の高効率・クリーン燃焼・ガス化						
4.1 熱天秤 (TG) を用いた改質燃料・残渣の燃焼・ガス化挙動基礎検討						
4.2 気流層反応装置 (DTF) を用いた改質燃料・残渣の燃焼・ガス化挙動検討(CRIEPI)						
4.3 流動層反応装置 (FB) を用いた改質燃料・残渣の燃焼・ガス化挙動検討(CRIEPI)						

1) 設計・仕様書は 28 年度 5 月に完成したが、国際入札に 3 カ月、さらに製作に 9 カ月を要することから、設置は 29 年 9 月になる予定である。

2) 1) の変更に伴い、導入機材を用いた実験は装置設置後から開始となる。

3) 炭素繊維製造の可能性が示唆されたので前倒しで実施

4. 1 に関連して、DTF の発注は国際入札に 3 カ月、さらに製作・設置に 7 カ月を要したが、28 年 1 月に JGSEE への設置が完了した。

(2) 研究・技術開発構造の明確化

計画時で Output 4 で開発する技術は「改質燃料 (Upgraded fuel)」と総称していたが、それを図 1 に示すように、溶剤改質炭/溶剤改質バイオマス (STC/STB) と残渣 (Residue) に区別し、それぞれの固体燃料としての評価を実施することにした。評価の指標には、新たに自然発火性を加え、京都大学と JGSEE が協力して検討することとした。

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

Structure of Research and Development

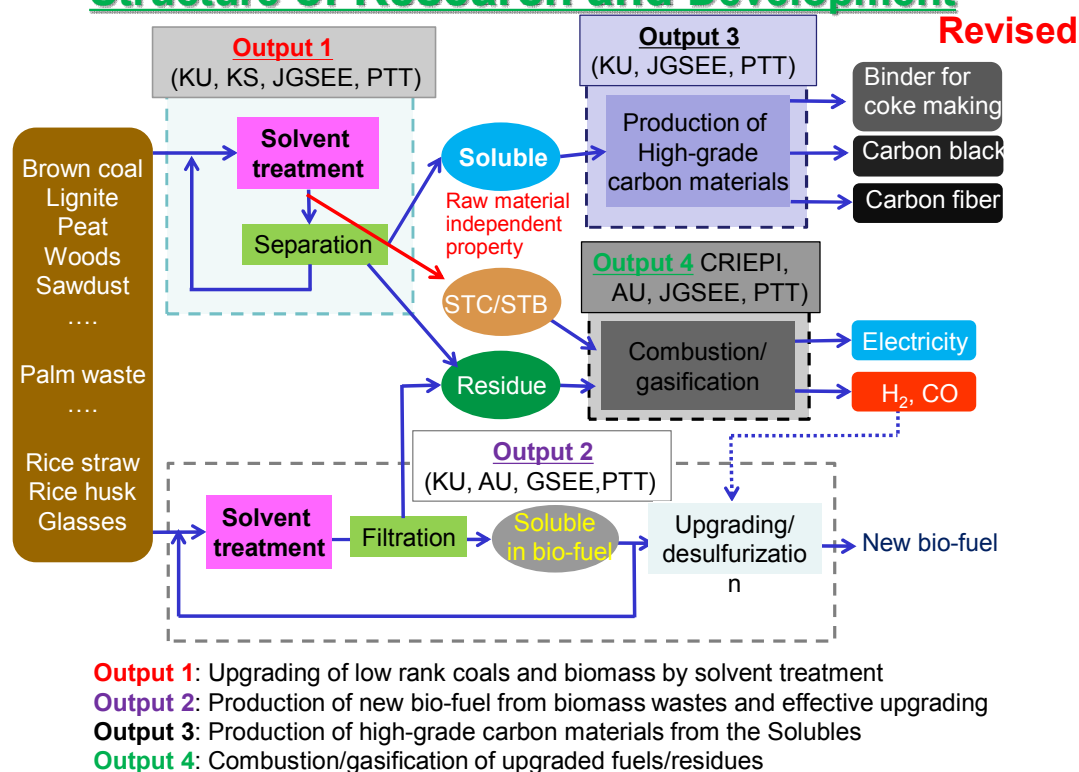


図1 研究スキームの概要

2. プロジェクト成果目標の達成状況とインパクト(公開)

・プロジェクト全体のねらい、

本プロジェクトでは、タイ国と日本の研究者が緊密な連携をとりながら、「溶剤改質法」という新規な技術を基盤技術として、低品位炭とバイオマス廃棄物を高効率で液体燃料、炭素材料、電力などに転換することによって、低品位炭とバイオマス利用の抱える問題を解決し、地球規模のエネルギー・環境問題の解決への貢献を目指す。

・成果達成状況とインパクト等

① プロジェクトの円滑な遂行に向けた協議

平成 25 年 5 月 21 日から JST の暫定研究を開始、タイ側との緊密な意見交換と詳細研究計画の策定を経て討議議事録 (R/D) の調印と共同研究契書 (MOU) を締結し、同 12 月 21 日より JICA 支援の国際共同研究がスタート、併せて JST の研究も正式にスタートした。以後、JST、JICA 担当者、日本側、タイ側のほぼ全メンバーの参加の下に 毎年 JCC 会議、成果報告会を開催して研究進捗状況と今後の計画について共通の認識を得るように務めた。表 2 には平成 28 年度に開催した主要な会議の概要を示した。

表 2 平成 28 年度の主要な会議の開催実績

日時	会議名称	開催場所	参加者	会議概要
H28 年5月 18 日	グループ全体会議 (非公開)	JGSEE/KMUTT (Banguntien, Thailand)	JICA タイ事務所田 中所長他5名、両国 プロジェクトメンバ	特に、タイでのプロ ジェクトの進捗状況 について報告、今後

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

			一、オブザーバー全体で20名	の計画の議論、導入装置の視察
H28年11月22日	合同成果報告会 (非公開)	JGSEE/KMUTT (Banguntien, Thailand)	JICA 評価チーム, タイ事務所, JST 安岡主幹他, メンバー, オブザーバー全体で25名	中間評価のための成果報告会
H28年11月22日	JCC 会議	Dushit Thani (Bangkok, Thailand)	JICA 評価チーム, タイ事務所, JST 安岡主幹他, メンバー, オブザーバー全体で20名	プロジェクトの進捗状況について報告, 今後の計画の議論
H29年2月7日	グループ全体会議 (非公開)	北九州市	日本メンバー13名, タイメンバー7名あわせて20名	プロジェクトの進捗状況について報告, 今後の計画の議論



図2 JICA タイ事務所田中所長の出席の下での報告会と JGSEE 導入機材の見学（平成 28 年 5 月 18 日）



図3 タイメンバーの IGCC プラント見学と全体会議の様子（平成 29 年 2 月 6, 7 日）

② 専門家の派遣と研修員の受入れ

表3（様式 03 投入実績参照）に記したように、これまでに日本人専門家のべ 100 人余を 800 人日以上にわたり JGSEE/KMUTT と PTT/RTI に派遣、のべ 33 人の研修員を 596 人日にわたって日本の研究グループが分担して受入れ、種々の実験技術の習得と技術移転に努めた。また、JGSEE/KMUTT の Bangkhuntien キャンパスの 3 号館 6 階に本プロジェクト専用の事務所が開設され、JICA 現地調整員が常時駐在すると

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

ともに、日本側専門家の活動拠点となっている。表3には平成28年度の専門家派遣、表4には研究者受入の実績を示した。

表3 平成28年度専門家派遣実績

出張者（所属）	出張期間	出張先
三浦孝一（京都大学）	5/14～5/28	JGSEE/KMUTT
Janewit Wannapeera（京都大学）	5/14～5/28	JGSEE/KMUTT
三浦孝一（京都大学）	11/15～12/3	JGSEE/KMUTT, PTT-RTI, JICA
Janewit Wannapeera（京都大学）	11/15～12/3	JGSEE/KMUTT
菅原勝康（秋田大学）	11/20～12/1	JGSEE/KMUTT, PTT-RTI, JICA
奥山憲幸（神戸製鋼所）	11/20～12/1	JGSEE/KMUTT, PTT-RTI, JICA
蘆田隆一（京都大学）	11/26～11/30	JGSEE/KMUTT
Trairalt Muangthong-on（京都大学）	11/26～12/1	JGSEE/KMUTT
村上賢治（秋田大学）	11/27～12/1	JGSEE/KMUTT
加藤貴宏（秋田大学）	11/27～12/1	JGSEE/KMUTT
梶谷史朗（電力中央研究所）	11/27～12/1	JGSEE/KMUTT
池田 敦（電力中央研究所）	11/27～12/1	JGSEE/KMUTT

表 4 平成 28 年度研究者受入実績

出張者（所属）	受入れ期間	受入先
Nakorn Worasuwanarak (JGSEE)	H28 7/13 – 7/27	京都大学
Kaweewong Wongayara (JGSEE)	H28 7/13 – 7/27	京都大学
Sasithorn Buranatrevedhya (JGSEE)	H28 9/11– 9/24	秋田大学, 京都大学
Jaggapan Sanduang (JGSEE)	H28 9/19– 10/1	京都大学
Thitima Sornpitak (JGSEE)	H28 9/19– 10/1	京都大学
Kaweewong Wongayara (JGSEE)	H28 9/19– 10/1	京都大学
Nakorn Worasuwanarak (JGSEE)	H28 9/19– 10/7	京都大学, RITE
Supachita Kerkkaiwan (JGSEE)	H28 9/19– 10/7	京都大学, RITE
Suneerat Fukuda (JGSEE)	H28 9/25– 10/1	京都大学
Anurak Winitson (JGSEE)	H28 9/25– 10/7	京都大学, RITE
Korntape Prasirtsiriphan(JGSEE)	H28 9/25– 10/7	京都大学, RITE
Suttipong Tunyapisetsak (PTT-RTI)	H28 10/2– 10/7	京都大学, RITE
Bundit Fungtammasan (KMUTT)	H29 2/5 – 2/9	J-POWER, 新日鐵住金, 新日鐵住金
Arunratt Wuttimongkolchai (PTT-RTI)	H29 2/5 – 2/9	J-POWER, 新日鐵住金, 新日鐵住金
Nakorn Worasuwanarak (JGSEE)	H29 2/5 – 2/9	J-POWER, 新日鐵住金, 新日鐵住金
Suneerat Fukuda (JGSEE)	H29 2/5 – 2/9	J-POWER, 新日鐵住金, 新日鐵住金
Suchada Butnark (PTT-RTI)	H29 2/5 – 2/9	J-POWER, 新日鐵住金, 新日鐵住金
Suttipong Tunyapisetsak (PTT-RTI)	H29 2/5 – 2/9	J-POWER, 新日鐵住金, 新日鐵住金
Sirintornthep Tawprayoon (JGSEE)	H29 2/5 – 2/9	J-POWER, 新日鐵住金, 新日鐵住金

③ 共通試料の調製と全研究機関への配布

26 年度に稲わらを原料として、350℃、1 時間の抽出条件でメチルナフタレンを溶剤として共通評価試料を神戸製鋼所グループが調製し、連携する研究機関へ提供したが、27 度は PTT から供給された石炭を用いて同様にして共通評価試料を神戸製鋼所グループが調製し、連携する研究機関へ提供するとともに、収率構造と製造試料の物性値を整理した。

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

④ 機材の導入によるタイ側の研究の本格化

平成 26 年度に 8 点、27 年度に 7 点、平成 28 年度に 5 点の機材を JGSEE/KMUTT と PTT に導入した（様式 03 投入実績参照）。表 5 には、平成 28 年度の機材導入実績を示す。すべての機材の調達には京都大学で実施され、タイ国に輸出された。大型実験装置であるドロップチューブ炉（0.1 kg/h）を国際入札、輸出等の諸手続きを経て、28 年 1 月 4 日に JGSEE/KMUTT に導入した。研究代表者は、すべての機材の設置・調整と運転に立ち合い、無事すべての機材が導入され、正常に作動することを確認した。これら導入機材を用いて平成 28 年度にはタイ側の研究が活発化しつつある。

導入機材の選定、設計、運転などに関して日本側のそれぞれの研究機関がタイ側と密接に協議した。特に、27 年度に JGSEE/KMUTT に導入した大型機材のドロップチューブ炉の設計、試運転には電力中央研究所のメンバーが全面的に支援した。さらに、神戸製鋼所メンバーの全面的支援を得て、平成 28 年度に PTT に導入予定の大型の半連続型溶剤改質装置（研究題目 1，2 に関連）についての概念設計、設置場所の決定、仕様策定が終了し、上述のように、平成 28 年 11 月 21 に製造請負契約を締結した。平成 29 年 9 月には PTT への導入が完了する予定である。

表 5 平成 28 年度に相手国に導入した機材

種別	供与機材	設置場所	機材到着日	利用状況
本邦調達	小型卓上試験機	JKGSEE/ KMUTT	2016/5/25	炭素繊維の強度測定に経常的に利用
本邦調達	ガスクロマトグラフ質量 分析計	JKGSEE/ KMUTT	2016/5/25	溶剤改質物の分析に経常的に利用
本邦調達	熱重量測定装置	JKGSEE/ KMUTT	2016/5/25	原料、溶剤改質物の熱分解、ガス化、 燃焼の速度測定等に経常的に利用
本邦調達	高速・小型ガス分析計	JKGSEE/ KMUTT	2016/5/25	原料、溶剤改質物の熱分解、ガス化、 燃焼の生成ガス分析に経常的に利用
本邦調達	低温灰化装置	JKGSEE/ KMUTT	2016/5/25	原料、溶剤改質物のガス化、燃焼生 成灰の分析に経常的に利用

(2) 京都大学グループ

研究題目：研究総括ならびに溶剤改質法の高効率化と Soluble の高機能性炭素材への転換

(1-1) 溶剤改質法の高効率化に関する研究

① 研究のねらい

提案プロセスの実装化に際しての一つの課題は溶剤の選定である。さらに、上述のように本年度からは溶剤改質炭/溶剤改質バイオマス (STC/STB) の固体燃料としての評価を実施することにした。そこで、本年度はまず溶剤種が STC/STB に及ぼす影響について、従来通り 3 つの成分に分離する場合と比較しながら検討した。

② 研究実施方法

原料として豪州褐炭 (Loy Yang, LYと略記)，インドネシア産亜炭 (Pendopo, PDと略記)，タイ産木質バイオマス (Leucaena leucocephala, LCと略記)を用いた。それらの分析値を表1-1と1-2に示す。

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

溶剤として1-methylnaphthalene (1-MN), PTTから提供された灯油 (kerosene) と量溶剤を 1 対 1 で混合した溶剤(mixed solvent)を用いた。

溶剤改質と 3 成分の分離・回収, ガスの分析法は昨年度までに報告した通りである。溶剤改質炭/溶剤改質バイオマス (STC/STB) を調製する場合は, 溶剤処理後の試料全体をそのまま冷却し, 溶剤をロータリーエバポレータで除去して固体状のSTC/STBを得た。3 成分の分離・回収が完全に行われておれば, 原理上, STC/STBの収率は 3 成分 (Soluble, Deposit, Residue) の収率の合計と一致する。

表 1-1 Analyses of Coals Used and their Solvent Treated Products.

coal	yield [wt %, daf]	ultimate analysis [wt %, daf]				proximate analysis [wt %, db]			atomic ratio (-)		HHV [MJ/kg, daf]
		C	H	N	O (diff.)	VM	FC	ash	O/C	H/C	
Loy Yang (LY)		66.6	4.5	0.5	28.4	50.0	47.8	2.2	0.32	0.81	23.9
<i>Extraction in 1-MN</i>											
Residue	59.7	77.4	4.3	0.8	17.5	35.3	60.8	4.0	0.17	0.67	29.2
Deposit	5.5	76.0	4.8	1.1	18.1	39.1	59.3	1.6	0.18	0.76	29.3
Soluble	21.4	81.0	6.9	0.6	11.5	72.4	27.5	0.1	0.11	1.02	35.3
STC	84.6	80.8	4.9	0.9	13.4	42.4	55.7	1.9	0.12	0.73	32.0
<i>Extraction in mixture of 1-MN and kerosene (mixed solvent)</i>											
Residue	67.1	78.9	4.2	0.8	16.1	32.2	65.6	2.2	0.15	0.64	29.9
Deposit	8.1	74.8	5.7	0.8	18.8	49.4	49.9	0.7	0.19	0.91	30.1
Soluble	12.0	80.5	8.7	0.3	10.5	83.0	16.9	0.1	0.10	1.30	37.9
STC	83.2	80.1	5.0	0.9	14.0	41.2	56.6	2.1	0.13	0.75	31.8
<i>Extraction in kerosene</i>											
Residue	71.2	77.7	4.2	1.7	16.5	30.6	67.2	2.2	0.16	0.65	29.3
Deposit	1.8	75.2	6.1	1.7	16.9	70.7	28.8	0.5	0.17	0.97	31.2
Soluble	4.8	84.9	10.7	0.4	4.0	89.0	10.9	0.1	0.04	1.51	43.4
STC	77.1	75.2	4.7	0.7	19.4	37.6	59.9	2.6	0.19	0.75	28.7
Pendopo (PD)		67.5	5.1	0.8	26.6	49.4	38.0	12.6	0.30	0.91	25.4
<i>Extraction in 1-MN</i>											
Residue	48.4	70.8	4.0	1.1	24.2	30.8	45.3	23.9	0.26	0.68	25.3
Deposit	3.7	77.3	4.7	1.5	16.5	37.6	62.0	0.4	0.16	0.73	29.9
Soluble	26.2	82.8	7.3	0.6	9.4	76.1	23.8	0.1	0.09	1.06	36.8
STC	81.3	79.0	5.1	1.2	14.6	41.6	45.8	12.5	0.14	0.78	31.5
<i>Extraction in mixture of 1-MN and kerosene (mixed solvent)</i>											
Residue	59.7	77.4	4.4	1.3	16.9	30.1	53.8	16.1	0.16	0.68	29.4
Deposit	4.8	76.7	5.7	1.2	16.5	49.3	50.0	0.7	0.16	0.89	31.2
Soluble	15.9	80.5	8.5	0.4	10.6	87.1	11.8	0.6	0.10	1.27	37.6
STC	76.3	79.4	5.2	1.2	14.2	38.3	49.2	12.5	0.14	0.79	31.8
<i>Extraction in kerosene</i>											
Residue	60.7	74.3	4.3	1.2	20.2	31.6	57.5	11.1	0.20	0.69	27.3
Deposit	2.0	78.6	7.3	0.9	13.2	69.6	30.2	0.2	0.13	1.11	34.7
Soluble	8.9	83.6	10.3	0.3	5.7	94.7	5.2	0.1	0.05	1.48	42.1
STC	72.6	76.5	5.6	1.0	16.8	44.0	44.3	11.7	0.16	0.88	30.9

表1-2 Analyses of Biomass Used and their Solvent Treated Products.

biomass	yield [wt %, daf]	ultimate analysis [wt %, daf]				proximate analysis [wt %, db]			atomic ratio (-)		HHV [MJ/kg, daf]
		C	H	N	O (diff.)	VM	FC	ash	O/C	H/C	
Leucaena (LC)		47.8	6.8	0.9	44.5	79.3	18.8	1.8	0.70	1.70	17.90
<i>Extraction in 1-MN</i>											
Residue	17.5	80.1	5.2	1.3	13.4	43.4	50.4	6.2	0.13	0.77	32.1
Deposit	5.2	76.9	5.4	1.7	16.0	40.0	59.6	0.4	0.16	0.84	30.8
Soluble	21.2	81.3	6.4	1.4	10.9	65.8	34.0	0.2	0.10	0.95	34.8
STB	43.3	77.7	5.3	1.4	15.6	41.1	55.3	3.6	0.15	0.82	31.1
<i>Extraction in mixture of 1-MN and kerosene (mixed solvent)</i>											
Residue	27.8	79.0	4.9	1.3	14.8	36.1	59.2	4.6	0.14	0.75	31.2
Deposit	4.5	76.2	5.5	1.7	16.6	40.9	59.0	0.1	0.16	0.87	30.7
Soluble	10.8	79.6	6.8	1.2	12.5	69.0	30.9	0.1	0.12	1.02	34.4
STB	41.6	76.8	5.2	1.4	16.6	40.7	55.9	3.4	0.16	0.82	30.5
<i>Extraction in kerosene</i>											
Residue	36.1	74.0	4.4	1.4	20.2	33.8	62.7	3.5	0.20	0.72	27.8
Deposit	0.4	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*
Soluble	3.8	81.9	8.2	1.1	8.9	57.1	42.9	0.0	0.08	1.20	37.9
STB	42.3	76.3	5.1	1.3	17.2	36.1	60.7	3.2	0.17	0.80	30.0

③ 当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

表 1-1 と 1-2 に、成分に分離した場合と分離しない場合の各成分の収率、元素分析、工業分析を示す。また、これらの結果を 3 つの元素 C、H、N の処理による配分として図示したのが図 1-1～1-3 である。まず、収率に注目すると、いずれの原料と溶剤の組み合わせにおいても、STC/STB の収率は 3 成分（Soluble, Deposit, Residue）の収率の合計とほぼ一致しており、溶剤改質実験が精度よく実施できていることを示している。次に、溶剤種の影響に注目すると、バイオマスの LC については、STB の収率（≒Soluble, Deposit, Residue の収率の合計）は溶剤種によらず、溶剤処理に溶剤が影響しないことを示している。Soluble, Deposit, Residue の収率の割合は溶剤の溶解力に依存し、たとえば Soluble の収率は 1-MN, mixed solvent, kerosene の順に小さくなる。これは予想通りの結果である。一方、LY, PD 炭については、STC の収率（≒Soluble, Deposit, Residue の収率の合計）も Soluble の収率も 1-MN, mixed solvent, kerosene の順に小さくなった。この結果は、石炭の場合には溶剤が改質それ自体にも影響することを示唆している。このことは、図 1-4 に示した LY から調製した溶剤改質炭(STC)と Soluble の分子量分布にも反映されている。今後、このような結果が得られる原因を検討する予定である。

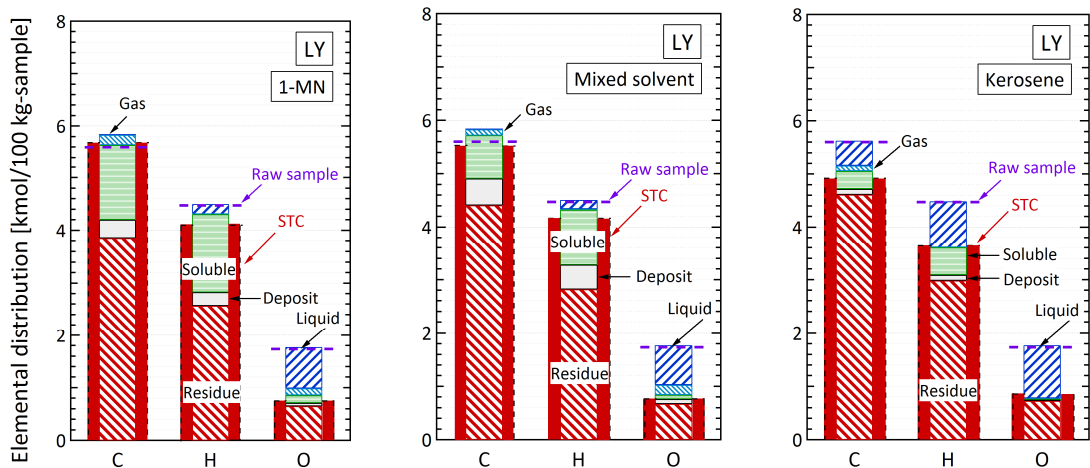


図1-1 LY炭の溶剤処理に伴う元素 (C, H, N) の配分

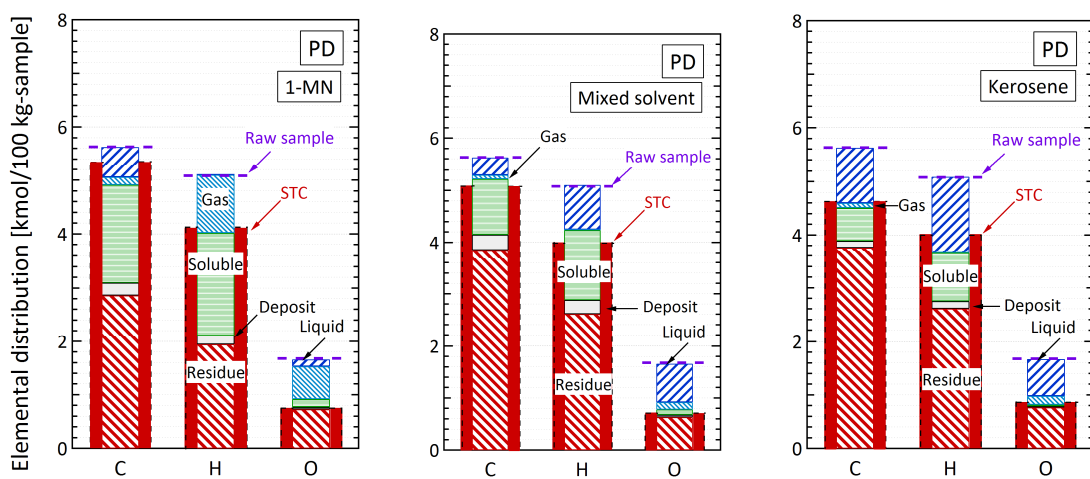


図1-2 PD炭の溶剤処理に伴う元素 (C, H, N) の配分

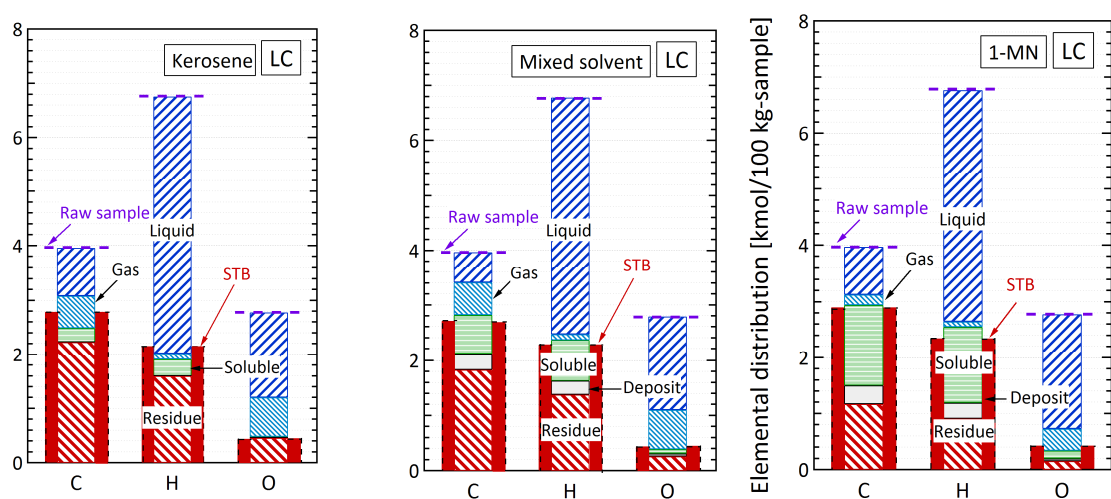


図1-3 バイオマスLCの溶剤処理に伴う元素 (C, H, N) の配分

STC, STBの元素組成のC%に注目すると、LYでは77.1～84.6%, PDでは72.6～81.3%, LCでは76.3～77.7%と原料に比べて格段に大きくなっている。測定した元素組成からDulong 式により推定したSTC, STB発熱量はいずれも30 MJ/kg程度であり、溶剤改質法が非常に有効であることを改めて示している。

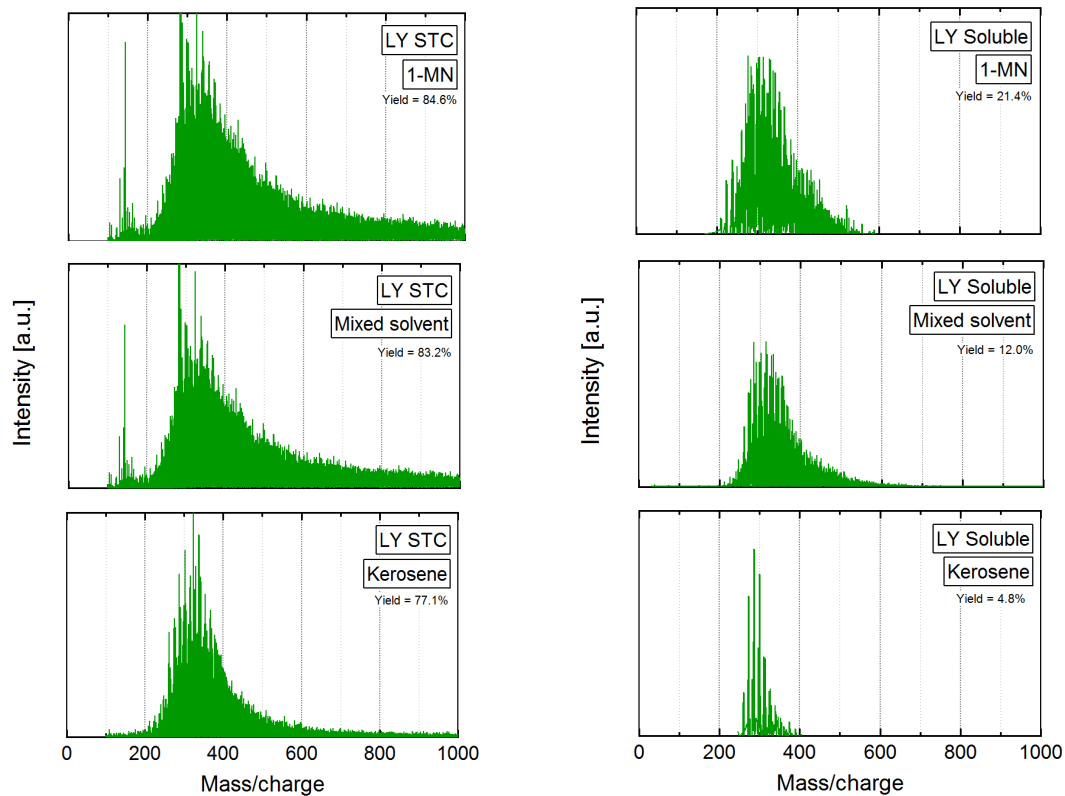


図1-4 LYから調製した溶剤改質炭（STC）とSolubleの分子量分布（収率に合わせて全面積を変化させた）

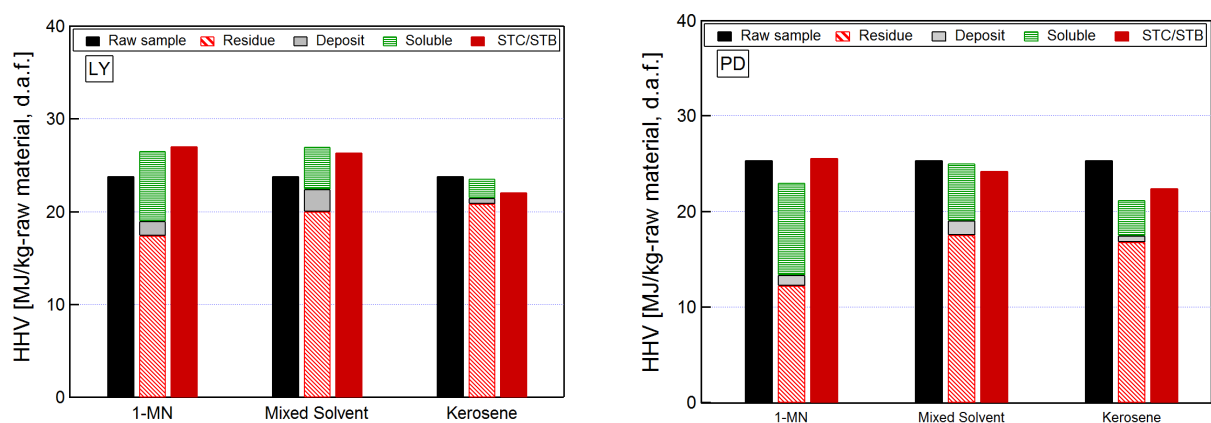


図1-5 STC/STBとSoluble, Deposit, Residueの発熱量原料の発熱量の比較(原料基準)

図1-5には、測定した元素組成からDulong 式により推定したSTC/STBとSoluble, Deposit, Residueの発熱量を原料のそれと比較して示す。発熱量は原料 1 kg基準で示されている。多少のばらつきはあるが、STC/STBの発熱量、並びにSoluble, Deposit, Residueの発熱量の合計は原料の発熱量とほぼ同じであり、提案した溶剤改質法が発熱量を減じることなく低品位炭やバイオマスを高品質の燃料に転換sできる方法であることを示している。

(1-2) 溶剤改質炭・溶剤改質バイオマスの自然発火性の評価

① 研究のねらい

課題4では、(1-1)に示した溶剤改質で得られる固体生成物の溶剤改質炭(STC)、溶剤改質バイオマス(STB)と残渣の固体燃料としての評価を、主として燃焼性とガス化活性の観点から実施している。溶剤改質法は低品位の原料の脱水と高品質化(改質)に有効であるが、固体燃料としての評価には自然発火性の評価がもう一つの重要な検討項目である。従来、自然発火の評価には信頼し得る指標が提案されていなかったが、本プロジェクトにおいて、空気中の酸素との反応による発熱速度に加えて、空気中に含まれる水蒸気の急激な吸着による大きな発熱が自然発火の引き金になることをしめし、それら进行评估する手段として、100℃付近での乾燥空気中と湿潤空気中での発熱速度の測定が有効であることを明らかにした。本手法を用いて STC/STB と残渣の自然発火性を評価した。

② 研究実施方法

装置として、100℃近傍で乾燥空気と湿潤空気中での固体試料の反応に伴う重量と発熱速度を同時に測定できる TG-DSC 装置 (NETSCH, STA449 F3, 本研究経費で導入) を用いた。10~15 mg 程度の試料を JIS 規格に定める 107℃にて窒素中で乾燥した後に、乾燥空気あるいは 60℃飽和蒸気を含む空気を導入して、酸素による酸化による発熱と水蒸気の吸着に由来する発熱速度を測定した。

③ 当初の計画 (全体計画) に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

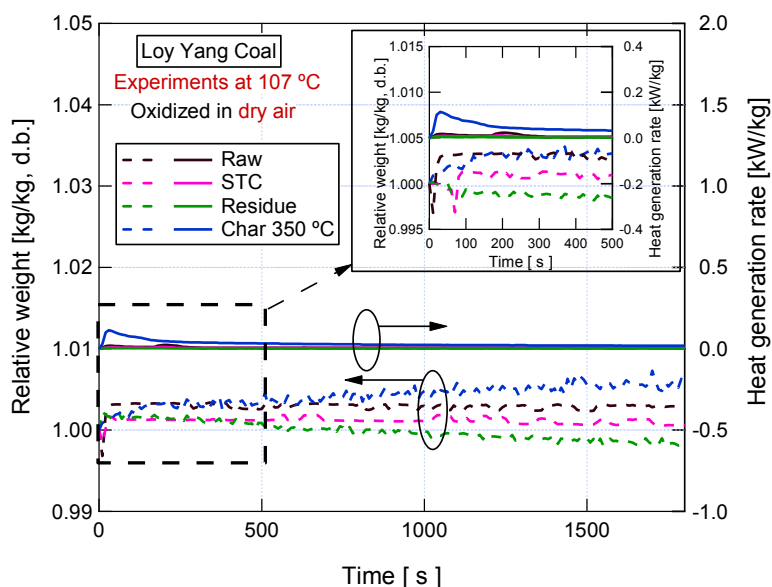


図 1-6 原料褐炭, STC, 残渣, チャーの乾燥空気との反応による重量変化と発熱速度

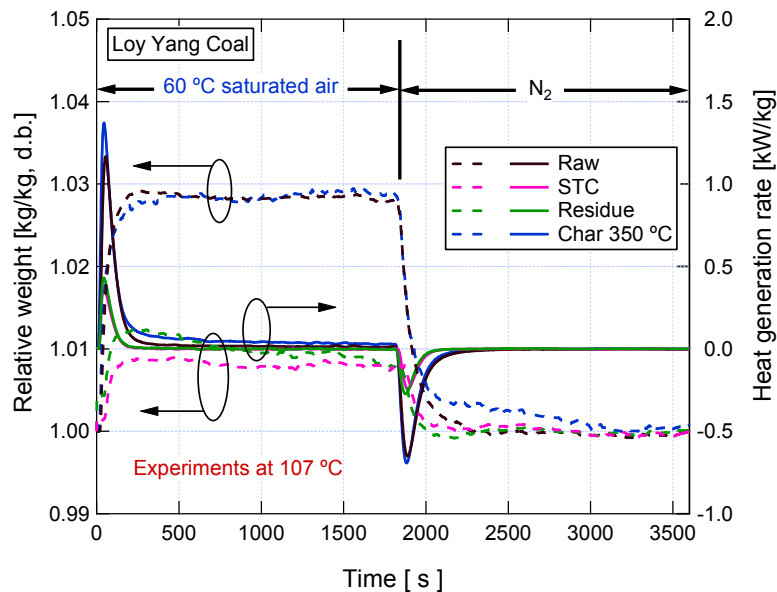


図 1-7 原料褐炭，STC，残渣，チャーの湿潤空気との接触に伴う重量変化と発熱速度

例として，図 1-6 に原料褐炭（Loy Yang 炭）とそれから製造した溶剤改質炭（STC），Residue，ならびに原料褐炭を 350℃まで窒素中で加熱して得られた固体生成物である Char を 107℃において乾燥空気と反応させたときの重量変化と発熱速度の経時変化を示す。Char は褐炭を改質した固体燃料として知られているので比較のために用いた。図より，重量の増加は最大でも 0.5%と小さいこと，Char のみが最大 0.1 kW/kg 程度の発熱を示すことがわかる。これらの結果は，STC と Residue の乾燥空気との反応性は Char よりも格段に小さく，原料褐炭と同等であることを示している。

図 1-7 は同じ試料を 60℃飽和蒸気を含む空気と接触させた際の重量変化と発熱速度の経時変化を示す。乾燥空気中とは異なり，大きな重量増加と発熱速度が観測された。ガス流れを窒素に切り換えると重量減少と吸熱が観測されることより，重量増加と発熱の大部分は水蒸気の吸着によるものであることがわかる。STC と Residue の重量増加と発熱速度は原料褐炭や Char の 1/3 程度であり，溶剤改質によって水蒸気の吸着が大幅に抑制されることがわかる。両図の結果から STC と Residue の自然発火性は原料褐炭や Char よりも格段に小さいと結論できる。

他の褐炭，種々のバイオマス廃棄物についても同様の結果が得られており，提案した溶剤改質法が脱水，改質に加えて自然発火の抑制にも有効であることが明らかになった。

(1-3) Soluble から炭素繊維を製造するための要素技術の高度化に関する検討

① 研究のねらい

平成 26 年度に計画通り小型の単繊維連続紡糸装置を JGSEE/KMUTT に導入した。これにより，京都大学と JGSEE/KMUTT がより緊密に連携をとりながら諸検討を実施できるようになった。原料として，前年度までの共通試料の稲わら由来の Soluble に加えて，石炭からの Soluble としての PTT から供給さ

れた石炭から調製された Soluble を用いた。本年度は両 Soluble について、紡糸に適した特性を持つように改質する際の機構について検討を加えた。

②研究実施方法

【実験、実験結果と考察】

表 1-3 検討に用いた Soluble と炭素繊維用 Oil pitch の元素分析値

Soluble	Elemental composition [% , d.a.f.]			
	C	H	N	O (dif.)
PTT coal	83.0	7.4	0.7	8.9
Rice straw	82.3	7.0	1.6	9.1
Oil pitch	94.0	5.3	0.3	0.5

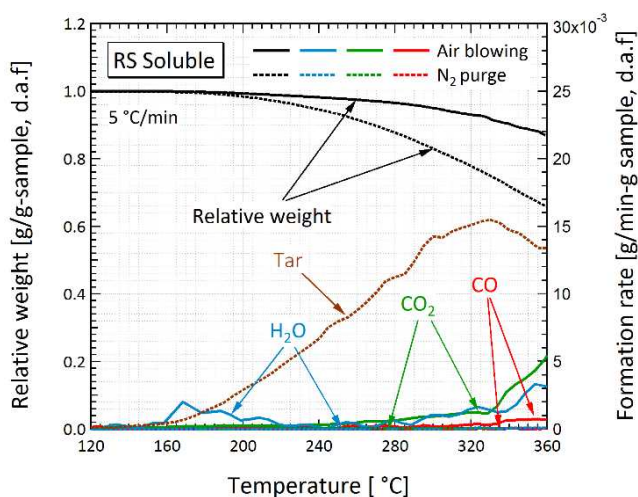


図 1-8 処理に伴う重量変化とガス生成速度

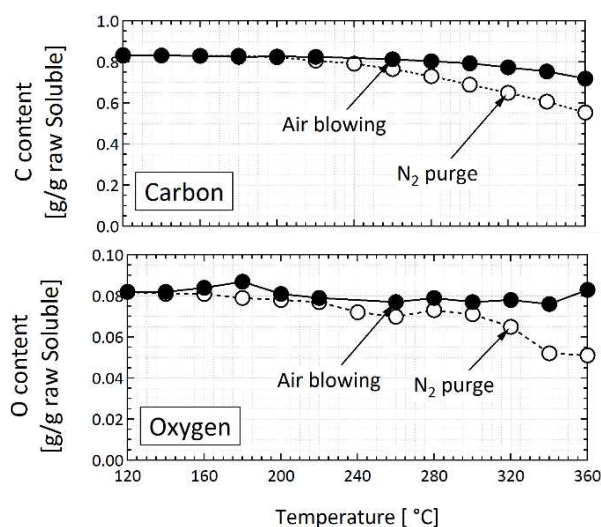


図 1-9 処理に伴う Soluble 中の元素組成の変化

例として、図 1-8 に窒素パージと Air blowing に伴う RS Soluble の重量変化とガス生成速度を示す。興味深いことに Air blowing 処理の方が重量変化が小さいが、これはガス発生に伴って酸素が Soluble 内に蓄積しているためと考えられた。実際、図 1-9 に示すように、Air blowing では処理の進行に伴って酸素が蓄積（炭素が消費）されていることを元素分析により明らかにした。

さらに、図 1-10 に示すように In-situ FTIR 法によって、処理に伴う含酸素官能基の変化を直接測定することに成功した。

これらの結果により、Soluble の炭素繊維原料としての前処理の機構を明らかにすることができ、前処理法確立に向けた貴重な成果が得られた。

以上のように処理した Soluble を図 1-11 に示す紡糸装置を用いて図中の条件で紡糸してピッチ繊維

(Spun fiber と略記)を得た。得られたピッチ繊維を 10 cm 長に切断して石英製のボートに入れて空気気流中で室温から 300℃まで 0.5℃/min で昇温し、300℃で 1 時間保持（不融化）して不融化繊維（Stabilized

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

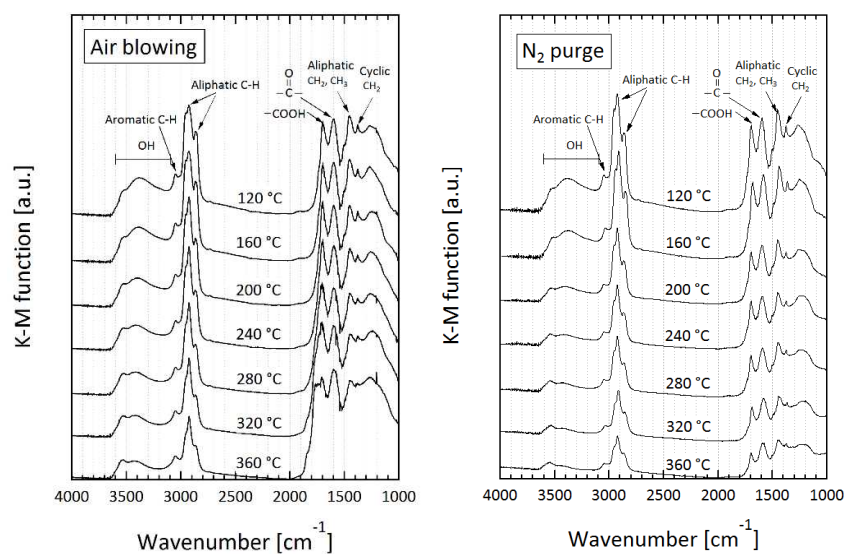


図 1-10 In-situ FTIR 法による処理に伴う含酸素官能基の変化の直接測定

ed fiber) を得た。最後に、不融化繊維を窒素気流中で室温から 900℃まで 5℃/min で昇温し、900℃で 1 時間保持して炭素繊維 (Carbon fiber) を得た。

図 1-12 に、例として RS Soluble を空气中で 300℃で 85 分処理した Soluble を紡糸したピッチ繊維がロールに巻きとられる様子を示す。繊維は切れることなく巻き取られている。

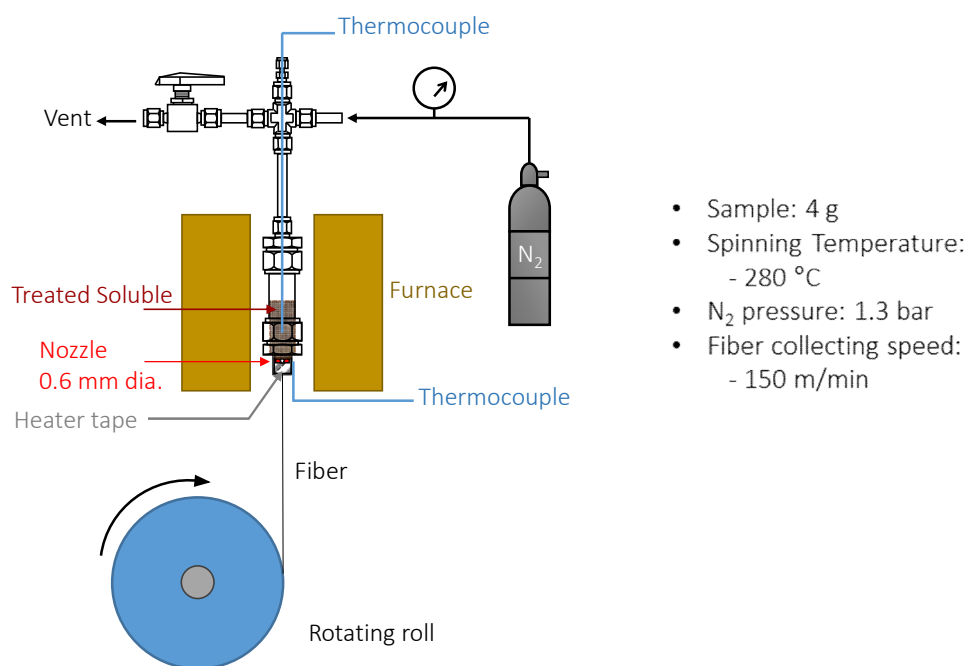


図 1-11 用いた紡糸装置と採用した紡糸条件



図 1-12 RS Soluble を空気中で 300℃で 85 分処理した Soluble を紡糸したピッチ繊維をロールに巻きとった様子

3. まとめと今後の予定

溶剤改質法に対する溶剤種の影響を検討し、石炭については溶剤種によって収率分布が変化することを示した。さらに、溶剤改質のみによって高品位固体燃料としての可能性を秘めた溶剤改質炭／溶剤改質バイオマス（STC／STB）の調製に成功した。さらに、STC／STB は原料に比べて自然発火性が低く、低品位固体燃料が抱える大きな問題も解決できる見通しを得た。

神戸製鋼所で稲わら（RS），ならびに PTT から供給された石炭（PTT Coal）から調製されて各機関に配布された共通 Soluble 試料を原料として、炭素繊維を製造するための前処理法を確立できた。また、RS Soluble を原料にすると、中空の炭素繊維が製造できることを明らかにできた。

今後の課題は、

- ・本年度調製に成功した STC／STB の高品位固体燃料としてのさらなる評価・検討
- ・次年度 JGSEE に導入する強度測定装置を用いて得られた炭素繊維の強度評価を実施することと、
- ・最適条件下で、種々の用途検討が可能なだけの量の炭素繊維の製造

これらの成果をもとに、活性炭素繊維の調製等に取り組み、新規な炭素繊維の用途を提案する計画である。

④カウンターパートへの技術移転の状況

のべ 8 名のタイメンバーを京都大学に研修員として受け入れ、溶剤改質の最適化、Soluble から炭素繊維を製造するための要素技術、残渣のガス化・燃焼速度の解析法などについて実習を行い、京都大学のノウハウの移転に努めた。さらに、炭素繊維の製造に関しては、上述のように JGSEE に京都大学保有と同様の小型連続紡糸装置を導入し、京都大学と同様の検討が JGSEE でもただちに実施できる体制を整えた。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

特になし。

(3) 秋田大学グループ

研究題目：低品炭・バイオマス由来液体燃料の高効率脱硫

①研究のねらい

「溶剤改質」を用いて石炭やバイオマス廃棄物を高収率でクリーンな燃料や化学原料に変換する技術の確立に関する研究の一環として、溶剤改質物中の硫黄含有量を極力低減する手法を開発する。

②研究実施方法

溶剤改質物中の有機硫黄量を低減することを目的として、イオン液体を用いた抽出分離ならびに酸化による事前脱硫を試みる。本年度は、(1) イオン液体による多段抽出、(2) 過酸化水素により事前処理した石炭の1-メチルナフタレンによる溶剤抽出とその抽出物のイオン液体による抽出を行った。また(3) 硫黄の抽出に用いたイオン液体の再利用に関する検討も併せ行った。

③当初の計画（全体計画）に対する現在の進捗状況

当初の計画に沿って、予定通り研究が進捗している。

3.2 現時点での研究成果等

3.2.1 研究グループ/研究題目別の成果

タイ産の石炭ならびにインドネシア産の石炭を用いて溶剤改質による改質物の製造を行うとともに、イオン液体を用いて改質の脱硫を行った。また事前処理として過酸化水素により酸化処理した石炭を調製し、酸化処理に伴う溶剤改質物中の硫黄含有量の変化を調べた。

(1) 溶剤改質物のイオン液体による脱硫

図 2-1 に、Mae Tan 炭および溶剤改質物の XANES 分析結果を示す。XANES の測定は、高エネルギー加速器研究機構放射光施設ビームライン 11B で行った。得られた硫黄 K 殻 XANES スペクトルについてピーク分割を行い、硫黄形態の定量解析を行った。Table1 に Mae Tan 炭を例にその解析結果を示す。原炭には黄鉄鉱、スルフィド、チオフェン、硫酸塩の形態の硫黄が含まれるが、Soluble 中の硫黄は全てチオフェンであることが推定された。

溶剤改質物 Soluble のイオン液体による脱硫プロセスのフローを図 2-2 に示す。石炭を 1-メチルナフタレンを用いた溶剤抽出を行い、得られた抽出物 Soluble を原料としてイオン液体を用いて硫黄の抽出を行った。イオン液体としては MMIMMeSO₄ (1,3 ジメチルイミダゾリウム メチルサルフェート) を用いた。本イオン液体は、チオフェン型の有機硫黄を選択的に抽出出来ることならびに 70℃付近で固体から液体への相変化をすることから本実験で使用した。Soluble を 1-メチルナフタレンに溶解したもの（以後 Soluble 溶解液と称する）とイオン液体の混合物を 200℃に加熱して抽出操作を行った。所定時間後室温まで冷却させることにより、固体となったイオン液体と液状の Soluble 溶解液を分離した。

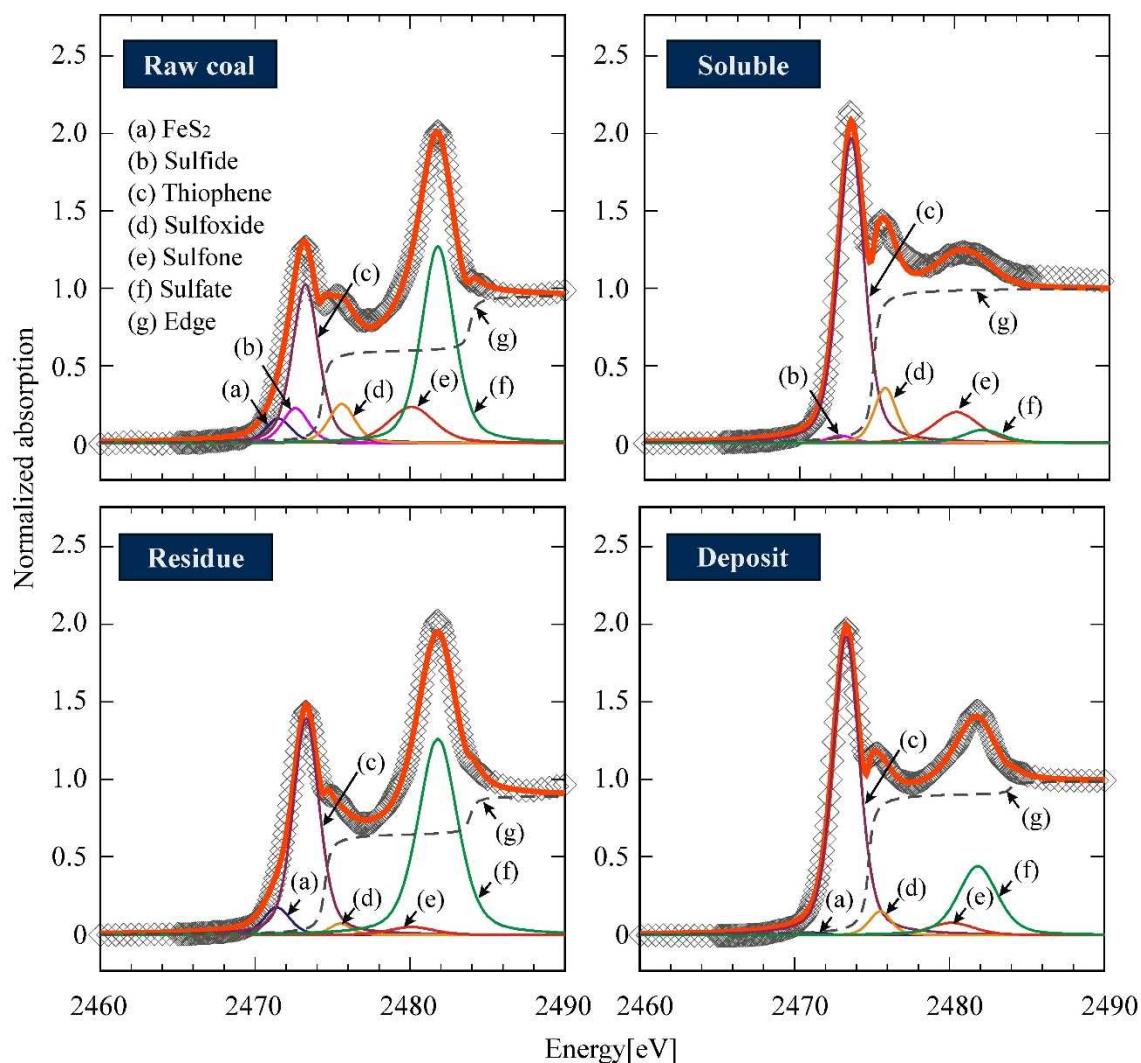


図 2-1 Mae Tan 炭および溶剤改質物の S K-edge XANES 分析

表 2-1 Mae Tan 炭溶剤改質における硫黄の分配挙動

Sample	Yield[%]	S content[%]	Sulfur form distribution [% of total sulfur, d.b.]			
			FeS ₂	Sulfide	Thiophene	Sulfate
Raw	-	1.5	34.0	14.0	42.0	10.0
Soluble	12.6	1.8	0	0	14.9	0
Residue	81.1	1.5	29.4	0	42.5	9.2
Deposit	2.5	1.3	0.1	0	2.0	0.1

Soluble 溶解液はエバポレーターで 1-メチルナフタレンを分離回収後、水による洗浄と遠心分離を繰り返すことにより、Soluble 中に含まれるイオン液体を除去し、硫黄含有量を低減させた Soluble を得た。一方、常温で固相として回収されるイオン液体は、水洗を繰り返して Soluble を分離させた後、水とイオン液体の混合物から水を蒸発させることによりイオン液体を回収した。

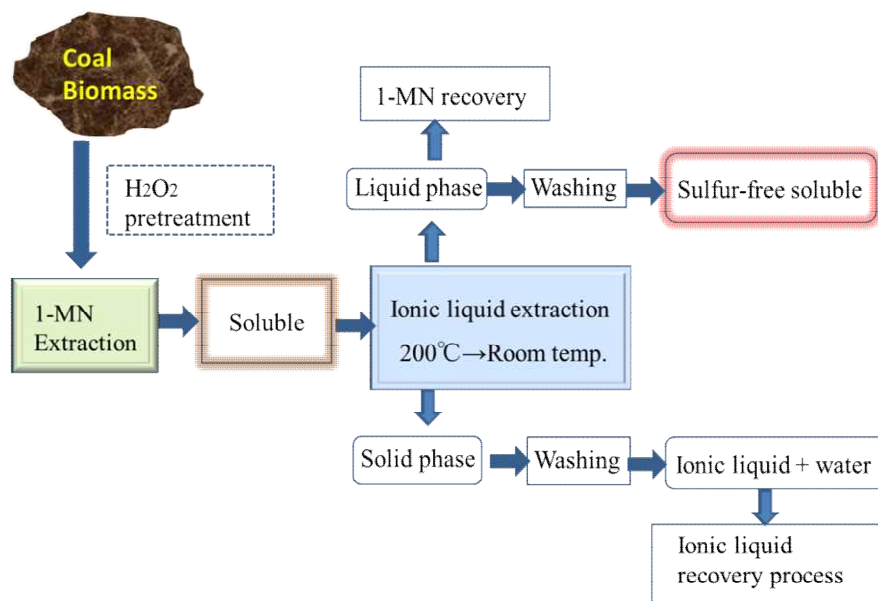


図 2-2 イオン液体を用いた Soluble 脱硫プロセス

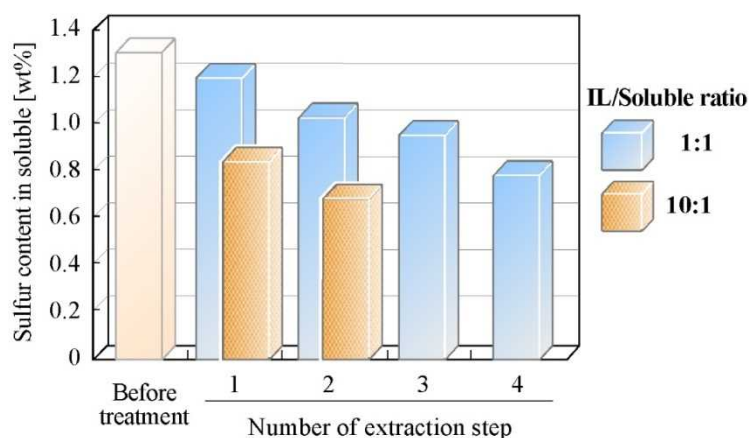


図 2-3 多段抽出に伴う硫黄含有量の変化

図 2-3 に、Mae Tan の Soluble を用いてイオン液体により多段抽出を行った時の硫黄含有量の変化を示す。Soluble 中の硫黄含有量は 1.3 wt% であるが、抽出回数の増加とともに硫黄含有量は直線的に減少する傾向にある。ここでイオン液体と Soluble 溶解液の混合比を 1:1 の場合と、イオン液体の量を大幅に増加させた 10:1 の場合の結果をそれぞれ示した。イオン液体の相対比が大きい方が Soluble からの硫黄の抽出量が大きいたことが分かる。

(2) 過酸化水素により前処理した石炭の溶剤改質

30%過酸化水素水 30 ml に Mae Moh 炭 1 g を浸漬し、室温下で 30 分から 6 時間まで攪拌した。図 2-4 に、原炭ならびに過酸化水素処理時間に伴う硫黄含有量の変化を示す。また過酸化水素処理した石炭を 1-メチルナフタレンを用い溶剤改質処理して得られた Soluble の硫黄含有量も併せて示す。原炭中には 4.4 wt% もの硫黄が含まれているが、過酸化水素による処理時間とともに硫黄含有量が急減していることが分かる。過酸化水素処理では、処理時間の短い段階で無機硫黄が除去され、処理時間の増加とともに有

機硫黄が減少し始めることが、XANES による硫黄形態分析により明らかになった。また過酸化水素処理をしない原炭の Soluble では 2.1 wt% であるが、過酸化水素処理した石炭由来の Soluble では、1.3 から 1.6 wt% の硫黄含有量となった。過酸化水素処理の有無に関わらず、Soluble 中の硫黄形態は、チオフェン型の有機硫黄のみであることが、XANES 分析により明らかとなった。今後これら Soluble についても、イオン液体を用いた硫黄含有量の低減を試みる予定である。

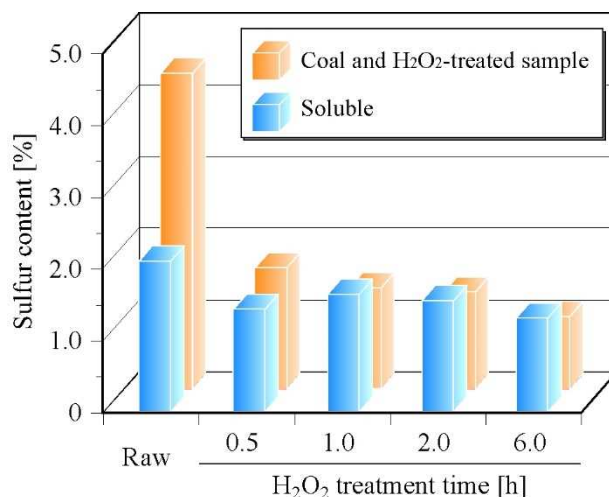


図 2-4 過酸化水素処理に伴う Mae Moh 炭と Soluble の硫黄含有量の変化

(3) イオン液体の分離と再利用

有機硫黄モデル物質としてジベンゾチオフェンを用い、MMIMMeSO₄ と混合した溶液を調製した。その溶液に蒸留水を添加し攪拌混合後、静置すると水相と有機相に分離した。水相の部分を窒素気流中にて 110℃ で加熱を行うことにより水を蒸発分離させたところ、90%以上の回収率でイオン液体が得られ、熱分析で調べた特性は使用前と変わらないものであった。

④カウンターパートへの技術移転の状況

JGSEE の Sasithorn Buranatrevedhya 研究員が 2016 年 9 月 12~16 日の間秋田大学に滞在し、石炭やバイオマスの接触ガス化や熱分解の研究を行った。

講演会の開催

講演者： Sasithorn Buranatrevedhya (JGSEE)

講演題名： Removal of Tar in Biomass Gasification Process: A Comparison of Catalytic and Non-catalytic Tar Cracking

会場：物質科学科応用化学コース IV-228 講義室

参加者：30 名

⑤当初計画では想定されなかった新たな展開

特に無し。

(4) 電力中央研究所グループ

① 研究のねらい(研究題目 4)

「溶剤改質」による生成物のうち、改質残渣を主な対象として、燃焼・ガス化反応特性を評価する。

② 研究実施方法ドロップチューブ型反応器や熱天秤などを用いて、溶剤改質残渣や、改質前の試料の燃焼・ガス化反応特性の評価を行う。

③ 当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

研究題目 4 に関する研究では、期首の計画通り、神戸製鋼所で調整された石炭(PTT 炭)の溶剤改質残渣（以下、改質残渣）や改質前の原炭（表 3-1）のガス化反応特性の取得を目的に、ドロップチューブ型反応器(DTF)を用いた改質残渣および原炭の熱分解実験、熱天秤(TG)を用いた改質残渣チャーおよび原炭チャーの定速昇温反応実験(Temperature-programmed reaction, TPR)、定温反応実験を実施した。

今年度の対象試料である石炭と改質残渣の性状を表 1 に示す。工業分析の結果より、改質後は、原炭に比べて揮発分が減少するとともに、固定炭素が増加することにより、燃料比が増加していることがわかる。また、配分についても、改質後に増加していることが確認できる。一方、元素分析の結果より、炭素が増加しているとともに、炭素以外の元素については減少している。これは、溶剤改質によって、水素や酸素等が Soluble 等に移行しているためであると考えられる。

表 3-1 試料性状		
	PTT 炭(原炭)	PTT 炭改質残渣
工業分析		
揮発分 [wt% d.b.]	42.6	36.8
固定炭素 [wt% d.b.]	52.9	56.8
灰分 [wt% d.b.]	4.5	6.4
燃料比 [kg/kg]	1.24	1.54
元素分析		
C [wt% d.b.]	64.2	72.3
H [wt% d.b.]	4.9	4.1
N [wt% d.b.]	1.1	0.8
O+S(diff.) [wt% d.b.]	25.3	16.4

DTF(図 3-1)を用いた高温熱分解実験では、炉内に N₂ ガスを供給し、炉内温度を 1400℃になるようにヒータを設定したうえで、予め 125 μm 以下に粉砕した試料を投入した。試料供給量は 100g/h とし、反応器内での加熱部滞留時間は 2.6 秒である。熱分解によって生成したチャーは、DTF の炉底に設置したホッパーで回収した。また、熱分解時に気相析出で生成したと考えられるスートは、ガス分析装置の上流に位置するフィルターで回収した。スートを除去した生成ガスは、ガスクロマトグラフィーを用いてオンラインで生成ガス組成を分析した。高温熱分解実験の結果を図 3-2 に示す。図より、チャー収率は改質残渣の方が高く、CO 収率は原炭の方が高いことがわかる。これは、表 3-1 に示すように、改質残渣の燃料比が原炭より高いためと考えられる。

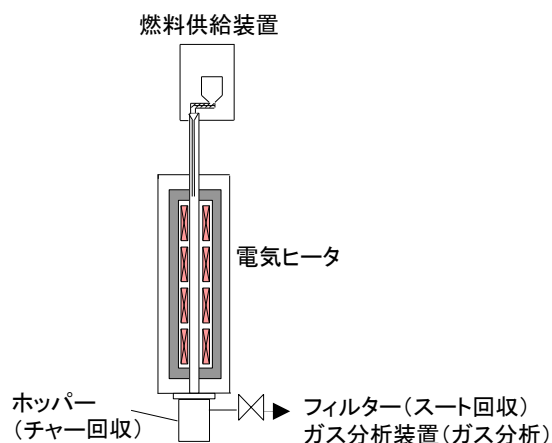


図 3-1 ドロップチューブ型反応器 (DTF) の概略

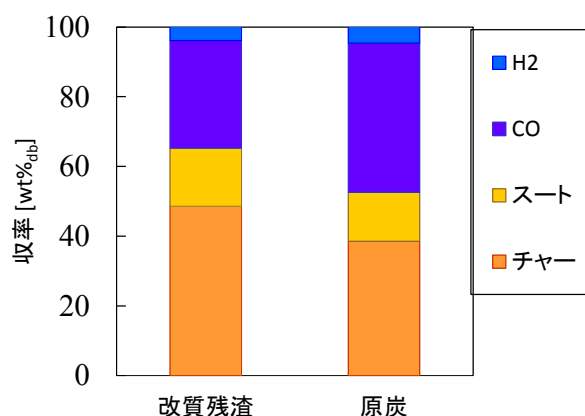


図 3-2 DTF を用いた高温熱分解実験の結果

高温熱分解実験で得られた原炭チャーおよび改質残渣チャーの燃焼・ガス化反応特性を取得することを目的に、TG(図 3-3)を用いて Air-TPR 実験、CO₂ および水蒸気によるガス化の定温反応実験を行った。

TG による Air-TPR 実験では、乾燥空気を供給し、昇温速度 10℃/min で 800℃まで昇温した時の重量減少を取得し、チャーの酸化反応速度を解析した。Air-TPR 実験の結果、改質残渣チャーの方が原炭チャーより反応速度が高いことが明らかとなった(図 3-4)。一方、TG による CO₂ および水蒸気ガス化実験では、Ar ガスを供給し、850℃まで昇温したのち、それぞれ供給ガスを純 CO₂、もしくは Ar ガスで希釈した 50%水蒸気に切り替え、850℃一定で経時的な重量減少を取得し、チャーのガス化反応速度を解析した。ガス化実験の結果、CO₂ ガス化、水蒸気ガス化いずれにおいても、改質残渣チャーのガス化反応性は原炭チャーより高いことが明らかとなった(図 3-5)。

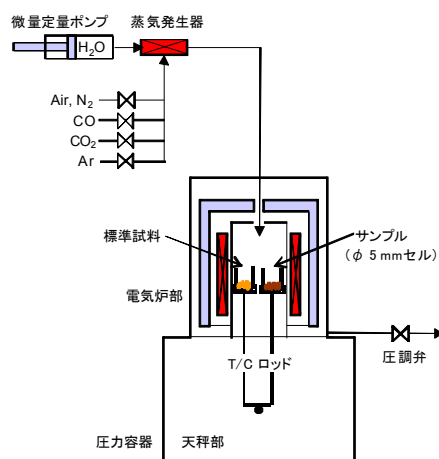


図 3-3 熱天秤装置 (TG) の概略

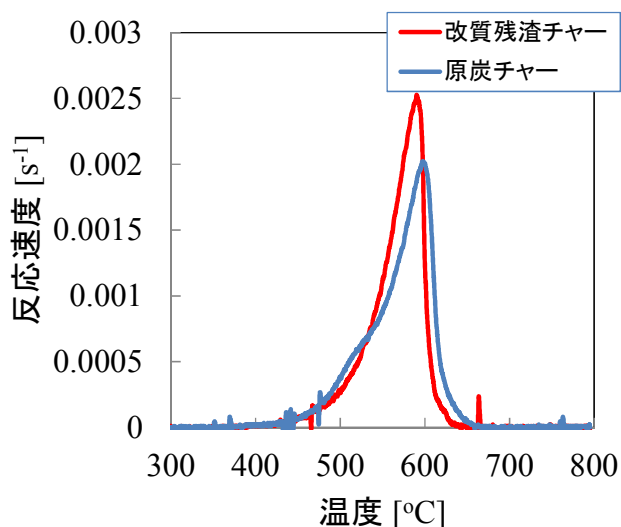


図 3-4 TG を用いた Air-TPR 実験結果

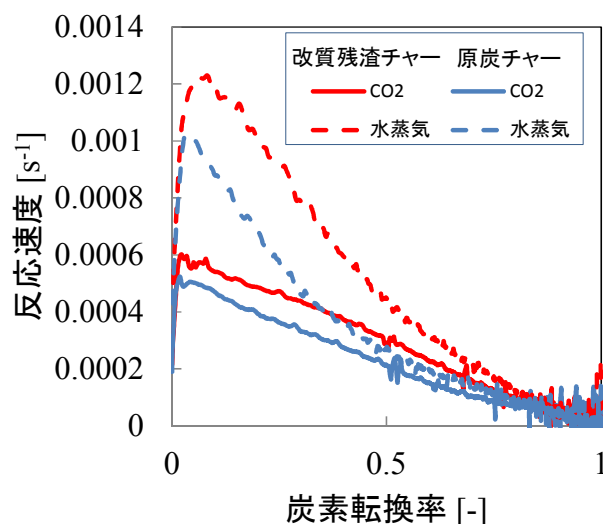


図 3-5 TG を用いたガス化実験結果 (850°C)

以上の結果より、反応特性の観点から、改質残渣は発電用燃料として十分に有効活用可能であることが示された。

さらに、平成 26 年度末に導入した小型流動層試験装置(図 3-6)を用いて、改質残渣および原炭の燃焼・ガス化反応実験等を可能にするため、平成 28 年度においては、電気ヒータの作動確認試験などを実施した。熱分解実験の想定温度 (900℃) まで装置を昇温させ、安全に作動していることを確認した(図 7)。今後、改質残渣や原炭など、実際の試料を用いて熱分解実験を行い、得られたチャーのガス化反応特性や性状について検討を進める予定である。



図 3-6 小型流動層試験装置の外観

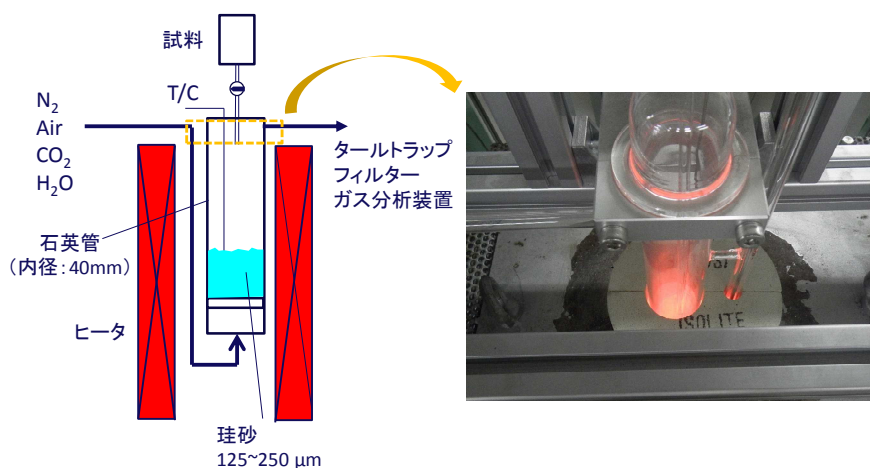


図 3-7 小型流動層試験装置の構成概要

④カウンターパートへの技術移転の状況

JGSEE では、同機関に導入された DTF を用いて原炭の燃焼実験を実施している。電力中央研究所はその実験結果について JGSEE と議論を行い、導入された DTF が問題なく稼動していることを確認した。

⑤研究題目 4 の当初計画では想定されていなかった新たな展開
特になし

(5) 神戸製鋼所グループ

研究題目:低品位炭およびバイオマス廃棄物の改質技術実装化概念の構築

①研究のねらい

低品位炭およびバイオマス廃棄物の溶剤改質技術実装化概念の構築を狙いとし、具体的には溶剤改質プロセスの工業化イメージとしてのプロセス概念を構築し、社会実装化にむけた支援を行う。

平成 25 年度から平成 28 年度においては、稲わらおよび低品位炭の溶剤改質試験を行い、各連携機関へ向けた必要サンプルの製造を行うとともに、これらの試験を通じプロセス概念構築に向けた物質収支データを蓄積してきた。また、タイ国 PTT に設置予定の溶剤改質半連続試験装置によるバルクサンプル製造に向け、招聘されたタイ国技術担当者へのオートクレーブ試験操作技術移転のサポートを、神戸製鋼所内の実験設備を使用して行ってきた。更に、溶剤改質半連続試験装置の設計仕様を具体化することにより、プロセス設計に繋がるプロトタイププラントとしての社会実装の起点構築をねらった。

②研究実施方法

(a)サンプル製造および物質収支の把握

稲わらおよび PTT 提供の低品位炭を原料とし、1-MN を溶剤として 10L 規模の高温高圧抽出濾過装置を用い、連携機関に向けた抽出生成物 (Soluble, Deposit) および抽出残渣 (Residue) の製造を行ってきた。また、5L 規模の回分式オートクレーブを用い、物質収支の把握を行い、生成物 (ガス、水、油分、Soluble, Deposit, Residue) の収率を定量化してきた。これに加え、3L 規模の回分式沈降試験装置を用い、抽出残渣(Residue)の沈降挙動を解析し、固液分離操作としての沈降分離法適用の可能性を検討した。図 5-1 にサンプル製造に用いた高温高圧濾過装置およびサンプルの製造スキームを示す。

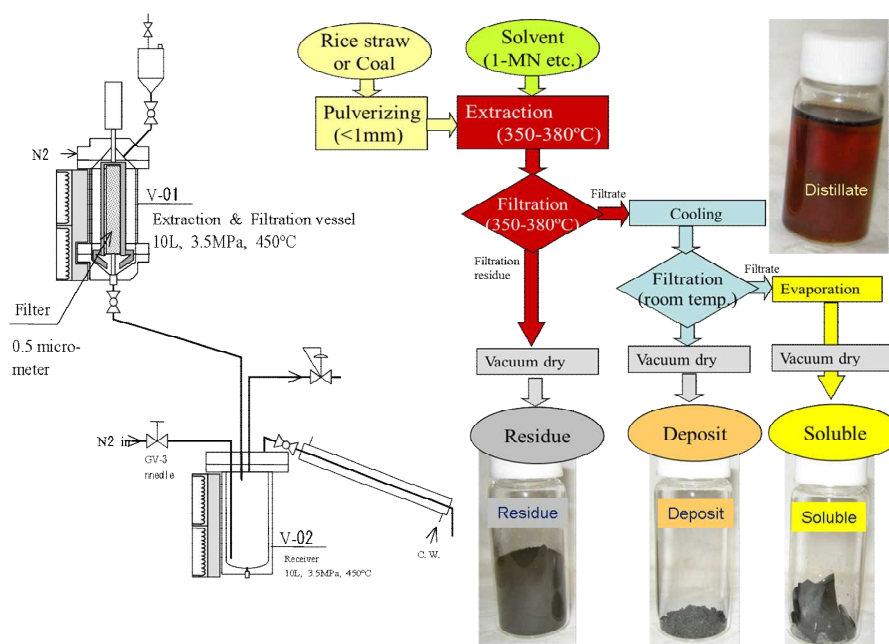


図 5-1 10L 高温高压抽出濾過装置とサンプル製造スキーム

(b) プロセス概念構築と半連続装置仕様検討

原料の溶剤改質操作で生成する油分（Distillate, 自生留分）を溶剤として循環させるプロセスを主眼とし、5L 規模のオートクレーブを用い、稲わらの改質条件下で生成する分解油の化合物構成と収率を GC-MS 分析等により調べた。半連続式溶剤基質試験装置の仕様については、類似する神戸製鋼所所有設備の各種知見を元に装置フローを検討するとともに、新たに得られた収率構成や生成油分の化合物構成を元に蒸気圧変化を検討し、設計条件を決定した。

③ 当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

(a) サンプル製造と収率構成

稲わらと PTT から提供された低品位炭を用いて溶剤改質実験を行い、所定量の改質サンプルの製造を行ってきた。今年度も PTT から提供された低品位炭を中心とした原料を用いて溶剤改質実験を行い、所定量の改質サンプル（Soluble, Residue）を共通試料として提供した。図 5-2 に、稲わらと PTT 提供の低品位炭の溶剤改質処理における収率構成を示す。また、表 5-1 に得られた改質物の分析結果を示す。PTT 提供炭から得られる抽出物の収率は 20%(daf)程度と低く、また、稲わらと収率構成を比較しても成分構成が大きく違い、両者を扱い得るような同一プロセスを設計することは困難である。両者に対応できるプロセス構築には、抽出率が大きく得られる石炭種へ変更、あるいはプロセス対象の絞り込みが必要となることを提起した。

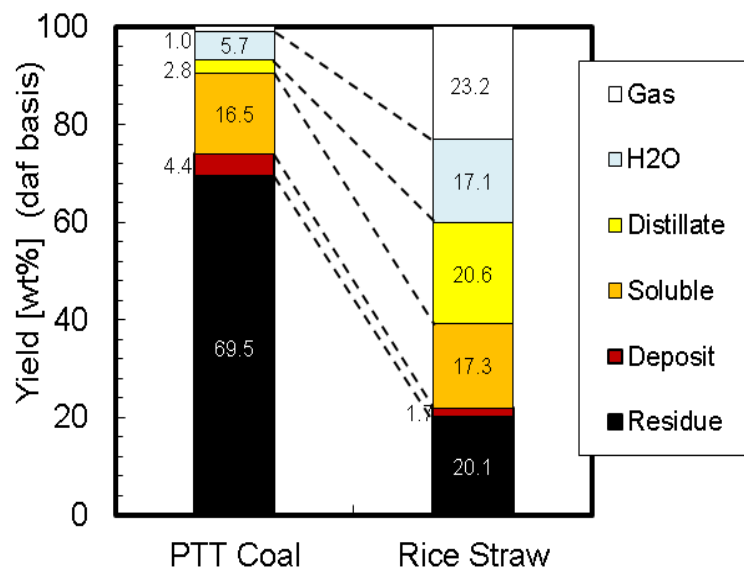


図 5-2 PTT 提供炭と稲わらの溶剤改質処理における収率構造の比較 (1-MN, 350°C)

表 1-1 PTT 提供炭と稲わらの溶剤改質物の分析結果

sample	yield [wt% daf]	proximate analysis		ultimate analysis						
		ash [wt% dry]	VM [% daf]	C [% daf]	H [% daf]	N [% daf]	S [% daf]	O diff [% daf]	H/C [-]	O/C [-]
PTT Coal		4.7	49.2	71.8	5.2	1.3	0.9	20.8	0.86	0.22
Residue	69.5	6.1	35.7	74.4	4.1	1.4	0.9	19.2	0.66	0.19
Deposit	4.4	0.2	47.9	80.8	5.4	1.3	0.7	11.8	0.79	0.11
Soluble	16.5	0.0	77.4	82.8	7.4	0.6	0.7	8.6	1.07	0.08
Rice Straw		10.5	80.2	47.5	6.3	0.5	0.1	45.5	1.60	0.72
Residue	19.5	37.3	39.0	80.3	5.3	1.2	0.2	13.0	0.79	0.12
Deposit	2.8	1.3	41.2	81.7	5.7	1.1	0.1	11.3	0.84	0.10
Soluble	15.8	0.1	73.0	86.6	6.9	0.8	0.3	5.4	0.96	0.05

(b)プロセス概念構築と半連続装置仕様検討

① 循環溶剤の平衡組成に関する基礎検討

溶剤改質プロセスの概念構築として、まず重要となるのは溶剤設計にある。本検討では外部より補填することなく溶剤を循環させるプロセスを念頭に置いた。スラリー調製、加熱、抽出、固液分離、溶剤回収といったプロセス操作の過程で溶剤の化学変化や損耗といったロスは避けられないので、溶剤の完全循環においては原料からの自生油分を溶剤として循環する。溶剤循環成立の必要十分条件としては、プロセスロス considering 十分な量の自生油分が生成することと、その自生油分が十分な溶解力を有することである。今までの試験を通じて、石炭、稲わらともに自生油分の量的な条件はクリアできると判断される。質的な条件としては自生油分の組成が重要となる。石炭を原料とする場合はナフタレン環構造を有する2環芳香族が主成分であり、十分な溶解力を維持することが既往の研究で分かっているが、稲わらを原料とする場合、その自生油分の組成は不明であり、今年度の研究課題とした。図 5-3 に、1-MN

中で稲わらを溶剤処理したときの回収留分の内、1-MN 以外の化合物を自生油分とし、化合物組成を GC-MS で同定した結果(A)と沸点カーブ(B)を示す。

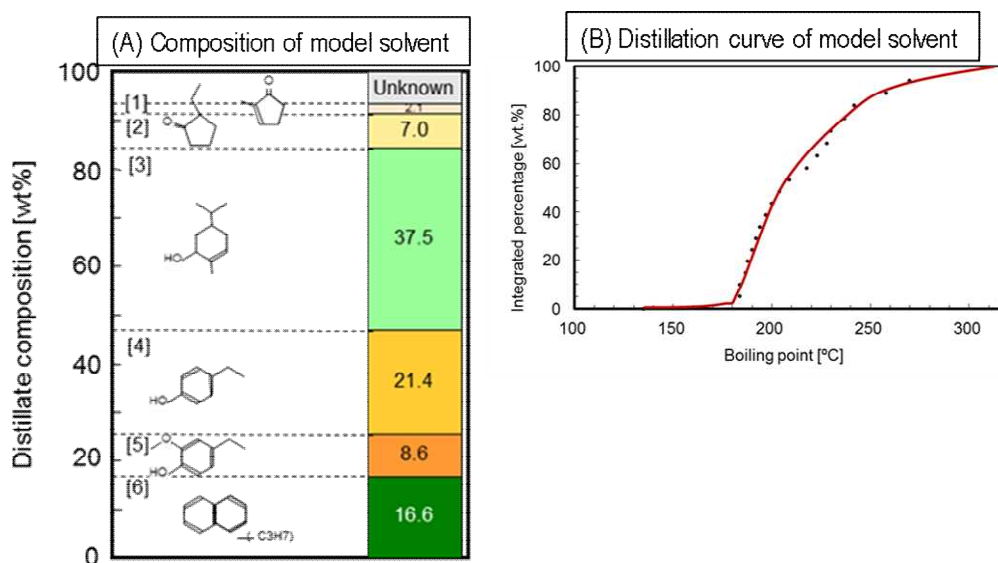


図 5-3 1-MN 中で稲わらを溶剤改質したときの稲わら自生油分の化合物構成(A)と沸点カーブ(B)

稲わらの溶剤改質過程で生成する油分は主に含酸素環状化合物で占められ、一部は2環芳香族のような縮合環構造を有する化合物の生成も示唆された。この組成を平衡溶剤のモデル組成として作成し、稲わらへの抽出率を 1-MN の場合と比較した結果を図 5-4 に示す。これら化合物で構成される溶剤モデルは稲わらに対して 1-MN 以上の溶解力を示し、平衡溶剤としての質的な条件を満たす結果となった。

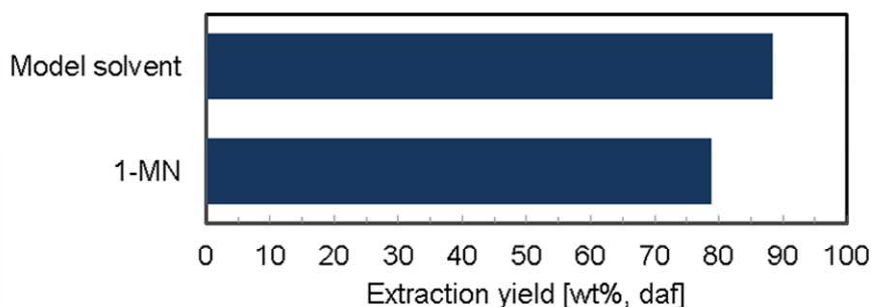


図 5-4 1-MN 中で稲わらを溶剤改質したときの稲わら自生油分の化合物構成を平衡溶剤モデルとしたときの稲わら抽出率と、1-MN 中での抽出率の比較 (350°C, 1hr)

ただし、ここで得た自生油分の構成は 1-MN 中処理で生成した 1-MN 以外の成分の構成であり、特に2環芳香族については稲わら由来ではなく、1-MN 自身が稲わらの熱分解に起因するラジカルとの相互作用で転化した可能性が考えられた。そこで、稲わら単味から生成する熱分解油の成分構成を把握する目的で、テトラリン中 450°C で処理しても反応しないと報告されているジフェニルエーテル(DPE)を用い、DPE 中で稲わらを加熱処理して生成する熱分解油の収率と組成を調べた。図 5-5 に、DPE 中処理に

おける稲わら自生留分のガスクロチャートと主な化合物の構成割合を示す。DPE 中の処理においては抽出率が 80wt.%daf と上記 1-MN 中処理と同等であり、また Distillate 収率は 15wt.%daf (1-MN 中で 20wt%程度)であった。自生油分の構成成分としては、主に含酸素環状化合物とナフタレン環構造を有する 2 環芳香族であり、2 環芳香族が 30%以上を占めており、平衡溶剤は稲わらに対して高い溶解能力を維持できるものと推察された。

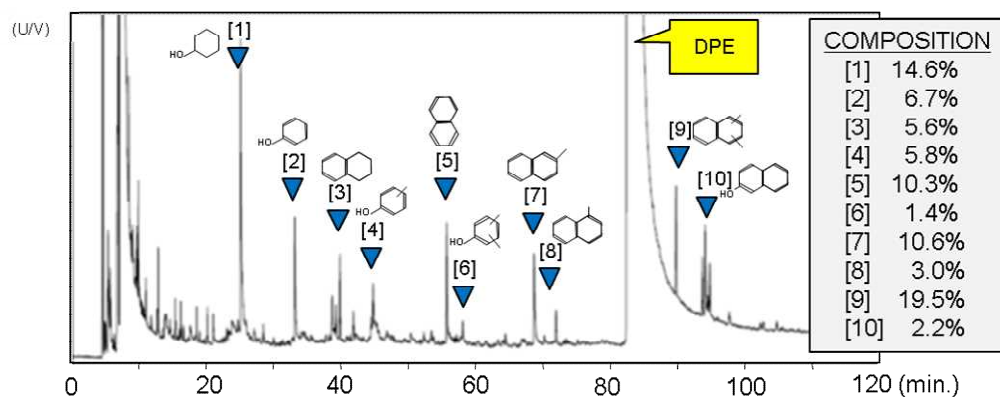


図 5-5 DPE 中稲わらの溶剤改質における回収油分のガスクロチャートと主要成分の構成

④カウンターパートへの技術移転の状況

半連続式溶剤改質実験装置の概念設計

得られた収率構造 (図 5-2) および自生留分組成 (図 5-3 および 5-4) から半連続式溶剤改質実験装置の設計条件および主要機器の材質を決めた。処理条件としては当初予定の 350°C に対して 400°C まで対応できる事とし、耐腐食性を考慮し主要機器の材質を SUS316 とした。また石炭処理に対して稲わらの処理においては水の生成量が多く、また自生留分も低沸点側の成分が増えるので、設計圧力を 10MPa とした。これは石炭処理に比べ 5 倍以上となる。更に、実験装置としての機動性と安全性を具備する設計条件およびフローを検討した。また、海外への輸送や現地での設置が容易なよう、装置は 20ft コンテナに収まるスキッドモジュールとして組み込んだ仕様書案を作成し、京都大学に提案した。本装置の製作ベンダーは京都大学による入札で決定され、設計図面による詳細製作内容について現在検討中であり、本年度夏頃の国内完成を目指している。

⑤研究題目 4 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

特になし

II. 今後のプロジェクトの進め方、および成果達成の見通し(公開)

今後のプロジェクトの進め方および留意点

平成 28 年度の最大の課題は半連続抽出装置 (平成 28 年度) のタイへの導入である。本装置は高額である上に既成装置ではないため、装置の設計、発注、製作、導入の全工程を日本側において実施することになっている。神戸製作所の全面的な支援を得て、仕様策定を完了し、前倒しで平成 28 年 1 月に国際入札を開始した。あいにくこの入札には応札者がなかったが、平成 28 年 8 月に再度国際入札を行

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

い、上述のように、平成 28 年 11 月 21 に製造請負契約を締結した。平成 29 年 9 月には PTT への導入が完了する予定である。

各研究題目については、各グループが引き続き独自の研究を進めると同時に、タイ側のメンバーとより緊密に連携しながら、導入機材を活用したタイでの研究に重点を移してプロジェクトを進める予定である。たとえば、炭素繊維の強度測定には平成 28 年度に JGSEE/KMUTT 導入予定の強度評価装置が不可欠である。また、平成 27 年度に導入した大型装置であるドロップチューブ炉の運転を軌道にのせる必要がある。種々の検討を効率的に進めるために、引き続き研究代表者やメンバーのタイへの長期を含めた複数回の出張を計画している。

成果達成の見通し

各研究グループの研究は、タイ側のグループも含めて軌道にのりつつある。特に、タイ側のグループでは平成 26 年度と 27 年度に導入された小型オートクレーブ、種々の分析機器、小型炭素繊維紡糸装置を活用した実験・検討が進展しつつある。研究題目 1 と 2 に関連する溶剤改質処理の実験が小型オートクレーブを活用して JGSEE と PTT でも実施できるようになり、特に実用溶剤の選定の検討が進展した。研究題目 2 で計画している新規 Bio-fuel の製造の基礎的検討はほぼ終了した。また、研究題目 3 の主要課題である Soluble からの炭素繊維の製造に関しても京都大学と JGSEE グループがそれぞれの小型炭素繊維紡糸装置を用いて炭素繊維製造実験ができるようになり、所期の計画通りの成果が期待される。研究題目 4 の研究は、平成 27 年度のドロップチューブ炉の導入によって、平成 28 年度以降に大きく進展することが期待される。以上のように、すべての研究題目について、ほぼ計画通りに研究が進みつつあり、技術的な面では所期の目的を達成できると考えている。

上位目標に向けての貢献や成果の社会的なインパクトの見通し

上位目標の達成には上述の半連続抽出装置を含めたすべての機材が導入・設置され、それらを活用した研究が所期の計画通りに進展することが条件となる。そのために、平成 28 年度には半連続抽出装置の円滑な導入・設置を最重点課題としてプロジェクトに取り組んでいる。

Ⅲ. 国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など(公開)

(1)プロジェクト全体

・ プロジェクト全体の現状と課題

基本的に所期の計画に従って研究が進行していると認識している。現時点での最大の課題は、上述の半連続抽出装置の本年度中のタイへの円滑な導入・設置である。技術面では神戸製作所の全面的な支援を得て、綿密な計画の下に導入に取り組んでいるが、今後事務的手続きを含めて予想外の事態の発生も予想されるので、さらに慎重に取り組む予定にしている。

・ 研究プロジェクトの妥当性・有効性・効率性・自立発展性・インパクトを高めるために実際に行った工夫

タイ国での自立研究体制を整えることが最重要との認識のもとに、実験に不可欠な諸分析機器と日本側が開発した特殊装置の速やかな導入を最優先に取り組んでいる。すでに、予定した分析機器 16 点は

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

平成 28 年度に導入した 5 点で完結した。特殊装置の小型オートクレーブ（2 台）、小型炭素繊維紡糸装置、ならびにドロップチューブ炉の導入も平成 27 年度までに円滑に実施された。最後の導入機材である半連続抽出装置については、下の写真に示すように装置仕様の詳細な打ち合わせと PTT メンバーの神戸製鋼所での複数回の研修を経て、上述のようなスケジュールで PTT に導入される予定である。PTT において半連続抽出装置が運転できるようになると大量の抽出物をタイで製造できるようになり、種々の検討が大きく進展するものと期待している。



PTT メンバーの神戸製鋼所での研修(平成 28 年4月)



神戸製鋼所での詳細打ち合わせ(平成 28 年4月) PTT での詳細打ち合わせ(平成 28 年 11 月)

- ・今後相手国（研究機関・研究者）が取り組む必要のある事項

半連続抽出装置の受入れ・設置に向けた準備と、ドロップチューブ炉、半連続抽出装置の運転のための資金面も含めた綿密な計画の作成が不可欠である。

タイ国においても日本の高圧ガス保安法等にあたる法規整備は必要であるが、受入れ側である PTT は高圧ガス関連設備に関する多くの経験と高いスキルを有し、独自の安全推進部署があることを確認した。今後の装置設置や運転においては PTT 側による自主的な作業標準確立への助言を行っていく。

- ・類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等

高圧機器や危険物を取扱う技術開発への協力実施においては、学問的知識、技術や最新機器の供与のみならず、安全な作業環境や作業技術を整備する法規則や教育体制の構築に向けた支援も必要と考えられる。

IV. 社会実装(研究成果の社会還元)(公開)

(1)成果展開事例

本プロジェクトでは、平成 27、28 年度の大型の実験装置が導入されタイ側での研究の成果が確認された後に、本格的に技術移転や実用化に向けた道筋を検討する計画であるので、現時点では成果展開の事例はない。なお、活動状況、成果については下記 URL にて公開している。

<https://sites.google.com/a/kura.kyoto-u.ac.jp/jtsatreps/>

(2)社会実装に向けた取り組み

本研究で得られた成果は以下のような道筋での実装化を計画している。

1. PTT (タイ石油公社) は、バイオマスさらには輸入低品位炭からの液体燃料の製造と高付加価値製品製造の技術開発を重要開発課題としてロードマップに位置づけて技術開発に取り組んでいる。そのような背景から、PTT は今回の提案に積極的に参画し、実用化を目指して連続試験装置による検討を計画している。特に、研究題目 2 と 3 に注目しており、本プロジェクトの成果をもとに、炭素繊維の新規製造技術が、PTT を中心にタイ国において実用化される可能性は高い。
2. 本提案の実用化は、溶剤改質法と Soluble を液体燃料化する技術の確立の成否に大きく依存している。㈱神戸製鋼所は、1980~2000 年にかけて褐炭の直接液化の技術開発に取り組み、豪州において石炭処理量 50 トン/日のパイロットプラントの建設に取り組むなどして、褐炭の溶剤処理、接触水素化液化などの多くの技術を蓄積している。さらに、最近では一般炭を溶剤で処理してハイパーコールと呼ばれる無灰炭を製造する技術開発に取り組んでおり、一般炭の溶剤処理法、生成物の分離などに多くの経験を有している。これらの経験は、本提案の褐炭やバイオマスの溶剤改質にも適用できると予想されるので、神戸製鋼所の参加による、開発段階からの種々の助言と指導はタイ国における本提案の実装化に大きく貢献すると考えている。
3. 我が国の製鉄業は研究題目 3 で検討される低品位炭・バイオマスからのコークス製造用粘結材に注目している。基礎的検討から、それが従来の粘結材に優ることが明らかにされていることから、たとえば㈱新日鐵住金は、粘結材が瀝青炭並みの価格で供給されれば導入することを確約している。

低品位炭とバイオマスを大量に利用している ASEAN の多くの国はタイと同じ問題を抱えている。近未来に、本研究で得られた成果と実装化の果実をこれらの国に普及することにより、アジア諸国での本研究成果の実装化が進展するとともに地球規模のエネルギーと環境の問題へ貢献できると考えている。平成 28 年 8 月 25-26 日には、JST の主催で開催された JST Fair (於東京ビッグサイト) 出展する機会を与えられた。プロジェクト紹介のポスターに加えて、原料、Soluble、炭素繊維の展示、プロモーションビデオの上映、JST 経費で作成したパンフレットの配布などを通じて、本プロジェクトの紹介に努めた。



JST Fair（8月25-26日、於東京ビッグサイト）への出展

V. 日本のプレゼンスの向上(公開)

京都大学は JST の共同研究プロジェクトの一つの「Japan ASEAN Science, Technology and Innovation Platform (JASTIP と略称)」(2015 年～2020 年)を主管機関として実施している。本プロジェクトの目的は我が国と ASEAN 諸国が協力して科学技術共同研究を推進して持続可能な社会の実現に貢献しようとするものである。本 SATREPS の主要メンバーはこのプロジェクトに協力して、本 SATREPS プロジェクトの成果を広く ASEAN 諸国に展開しようとしている。具体的には、平成 28 年度はタイから 2 名の学生を京都大学グループが 40 日間にわたって受け入れて実験を指導した。さらに、2 月に開催された JASTIP 全体の成果報告会において本 SATREPS の成果を紹介するとともに、2 名の学生の実習成果を報告した。平成 29 年度も引き続き ASEAN 諸国から学生を受け入れて JASTIP の活動により貢献する予定である。

その他に、本プロジェクトの成果を日本で開催された国際学会で 2 件、タイで開催された国際学会で 9 件発表して、本プロジェクトの成果を国際的に公表している。

VI. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】(公開)

別紙を参照。

VII. 投入実績【研究開始～現在の全期間】(非公開)

VIII. その他(公開)

本プロジェクトでは、JICA 経費の大半をタイ国への機材導入に使用する。平成 26 年度には 8 点、平成 27 年度には 6 点、平成 28 年度には 5 点の機材を導入した。また、本年度には JICA 経費の 1/3 近くを費やして半連続型の溶剤改質装置を導入してすべての機材の導入を完了する予定である。これらは所期の計画に沿ったものであり、これら機材がタイ側の研究の実施に不可欠なものであることは疑問の余地はない。しかし、26 年度に導入された比較的小規模の機材であるが、実験を繰り返す後にメーカー保証に該当しないトラブルがいくつか発生した。それらの修理には、日本への返送と修理経費の負担が必要

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

になった。しかし、残念ながらタイ側はこれらに対応できる研究経費を持ちあわせておらず、これに対しては研究主幹の指導を得て、JST 経費の中の間接経費で応急的に対応した。

平成 28 年 1 月 4 日に JGSEE/KMUTT の Bangkhuntien キャンパスの実験棟に導入したドロップチューブ炉は 3 月 2 日から運転を開始したが、わずか 3 回の運転でセラミック製の反応管が破損した。幸い、予備として 1 本の反応管を導入していたので 2 日ばかりで反応管を取り換え、現在は正常に運転できている。本年度には、上記のようにすべての機材が導入され、多くの分析機器と半連続型の溶剤改質装置が導入されるので、同様のトラブルの発生が予想される。特に、大型の実験機器でトラブルが発生した際には、トラブル対応に日本からの人員派遣や多額の修理経費が必要となる可能性がある。このことが、プロジェクトの今後の実行に大きな障害となるのではとの懸念を持っている。昨年度も書いたが、本プロジェクトでは、このような経費は相手側が負担することになっているが、タイ国のようにすでに発展した国においても、必ずしもそれを負担できるとは限らない。プロジェクトの応募段階でそのような経費をも含んだ提案をすべきかもしれないが、そのような経費の見積もりは困難であるし、必ずしも必要でない場合もあり得る。しかし、いったん多額の経費を要するトラブルが発生し、相手国側が修理を負担できない場合は、多額の経費を費やして導入された機材が有効に利用されないことになり、ひいてはプロジェクト遂行の障害となる恐れもある。可能ならば、このような事態に対応するための「プロジェクトフォローアップ」プログラムのような仕組みの設置を希望するものである。

以上

VI. 成果発表等

別紙

(1) 論文発表等【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 原著論文(相手国側研究チームとの共著)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)

論文数 0 件
うち国内誌 0 件
うち国際誌 0 件
公開すべきでない論文 0 件

② 原著論文(上記①以外)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
26	Xian Li, Ryuichi Ashida, Mitsunori Makino, Atsushi Nishida, Hong Yao, Kouichi Miura, "Enhancement of Gasification Reactivity of Low-Rank Coal through High-Temperature Solvent Treatment", Energy & Fuels, 2014, vol. 28, No.9, pp. 5690-5695	dx.doi.org/ 10.1021/ef 501305s	国際誌	発表済	
26	Ryuichi Ashida, Sho Nagaya, Kouichi Miura, Yukihiro Kubota, Yuko Nishibata, Atsushi Kotani, "Co-pyrolysis Behavior of Low-Grade Coal and Binder Using High Temperature Solvent Fractionation", ISIJ International, vol. 54, No. 11, pp. 2432-2438		国際誌	発表済	
27	Xianqing Zhu, Xian Li, Ryuichi Ashida, Kouichi Miura, et al., Novel carbon-rich additives preparation by degradative solvent extraction of biomass wastes for coke-making, Bioresource Technology, 2016, Vol. 207, 85-91		国際誌	発表済	

論文数 3 件
うち国内誌 0 件
うち国際誌 3 件
公開すべきでない論文 0 件

③ その他の著作物(相手国側研究チームとの共著)(総説、書籍など)

年度	著者名,タイトル,掲載誌名,巻数,号数,頁,年		出版物の 種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項

著作物数 0 件
公開すべきでない著作物 0 件

④その他の著作物(上記③以外)(総説、書籍など)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ－おわりのページ		出版物の 種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項
26	蘆田隆一、三浦孝一, “穏和な溶剤処理による褐炭の脱水・改質”, 日本エネルギー学会誌, 2014, Vol. 93, No. 11, pp. 1066-1075		総説	発表済	

著作物数 1 件
公開すべきでない著作物 0 件

⑤研修コースや開発されたマニュアル等

年度	研修コース概要(コース目的、対象、参加資格等)、研修実施数と修了者数	開発したテキスト・マニュアル類	特記事項

VI. 成果発表等

(2) 学会発表【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 学会発表(相手国側研究チームと連名)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
26	国際学会	Kouichi Miura, Ryuichi Ashida, Nakorn Worasuewannarak, Bundit Fungtammasan, Degradative Solvent Extraction for Utilizing Biomass and Low Rank Coal in Thailand, 23rd International Symposium on Chemical Reaction Engineering, Bangkok(Thailand), Sep. 7-10, 2014	招待講演
26	国際学会	Janewit Wannapeera, Kenshiro Okuda, Ryuichi Ashida, Nakorn Worasuwanarak, Hideaki Ohgaki, Osamu Kato, and Kouichi Miura (Kyoto Univ. and JGSEE) "Examination of Carbon Fiber Production from the Extracts Produced from the Solvent Treatment of Biomass" The 5th International Conference on Sustainable Energy and Environment (SEE2014), Bangkok(Thailand), November 19-24, 2014	口頭発表
26	国際学会	Ryuichi Ashida, Ryo Takahashi, Janewit Wannapeera, Nakorn Worasuwanarak, Motoaki Kawase, Kouichi Miura (Kyoto Univ. and JGSEE) "Development of efficient separation method of extract and solvent in degradative solvent extraction of low-rank coals or biomass wastes" The 5th International Conference on Sustainable Energy and Environment (SEE2014), Bangkok(Thailand), November 19-24, 2014	口頭発表
26	国際学会	Hiroyasu Fujitsuka, Wannapeera Janewit, Ryuichi Ashida, Hideaki Ohgaki, Kouichi Miura (Kyoto Univ. and JGSEE) "Thermal behavior of upgraded product obtained from low carbonaceous materials by solvothermal treatment" The 5th International Conference on Sustainable Energy and Environment (SEE2014), Bangkok(Thailand), November 19-24, 2014	口頭発表
26	国際学会	Ryuichi Ashida, Ryo Takahashi, Motoaki Kawase, Kouichi Miura, Janewit Wannapeera, Nakorn Worasuwanarak (Kyoto Univ. and JGSEE), "Effect of Extract-Containing Solvent Recycling in Degradative Solvent Extraction of Low-Grade Carbonaceous Resources", The 31st Annual International Pittsburgh Coal Conference, Pittsburgh (USA), Oct. 6-9, 2014	口頭発表
26	国際学会	Kouichi Miura, Ryuichi Ashida, Kenshiro Okuda, Hideaki Ohgaki, Osamu Kato, Janewit Wannapeera (Kyoto Univ. and JGSEE), "Production of Carbon Fiber from the Low-Molecular-Weight Compounds Prepared from Low Rank Coal and Biomass by the Degradative Solvent Extraction", The 31st Annual International Pittsburgh Coal Conference, Pittsburgh (USA), Oct. 6-9, 2014	口頭発表

26	国内学会	藤埴大裕, 蘆田隆一, 三浦孝一, Janewit Wannapeera (Kyoto Univ. and JGSEE), 低品位炭素資源の溶剤改質物の熱分解挙動, 第51回石炭科学会議, 仙台, 10月22-23日	口頭発表
26	国内学会	三浦孝一, Janewit Wannapeera, 大垣英明, 蘆田隆一, 奥田賢史郎, 加藤 攻 (Kyoto Univ. and JGSEE), 石炭・バイオマスの溶剤改質物からの炭素繊維の製造, 第51回石炭科学会議, 仙台, 10月22-23日	口頭発表
27	国際学会	Supachai Jadsadajerm, Nakorn Worasuwanarak (JGSEE/KMUTT) and Kouichi Miura (Kyoto Univ.), Upgrading of Rice straw and Leucaena by Degradative Solvent Extraction using 1-Methylnaphthalene, Palm Oil Biodiesel and Kerosene at 350 ° C, 2 th Eco-Energy and Materials Science and Engineering (EMSES2015), Ao Nang, Krabi, Thailand, 11-14 June 2015.	口頭発表
27	国際学会	Supachita Krerkkaiwan, Suneerat Fukuda, Nakorn Worasuwanarak (JGSEE/KMUTT) and Kouichi Miura, Pyrolysis and Combustion behaviours of Hydrocarbons from Degradative Solvent Extraction of Thai Rice Straw by Thermogravimetric Analysis, 2 th Eco-Energy and Materials Science and Engineering (EMSES2015), Ao Nang, Krabi, Thailand, 11-14 June 2015.	口頭発表
27	国際学会	Janewit Wannapeera, Kenshiro Okuda, Ryuichi Ashida, Nakorn Worasuwanarak, Hideaki Ohgaki, Osamu Kato and Kouichi Miura (Kyoto Univ.), Preparation of carbon fibers from the low-molecular-weight extracts obtained from the degradative solvent extraction of biomass, 2 th Eco-Energy and Materials Science and Engineering (EMSES2015), Ao Nang, Krabi, Thailand, 11-14 June 2015.	口頭発表
27	国際学会	Suchada Butnark, Suttipong Tunyapisetsak, Krittanai Pongpunlert, Nakorn Worasuwanarak (JGSEE/KMUTT) and Kouichi Miura (Kyoto Univ.), The production of new type liquid biofuel from degradative solvent extraction of rice straw, 2 th Eco-Energy and Materials Science and Engineering (EMSES2015), Ao Nang, Krabi, Thailand, 11-14 June 2015.	口頭発表
27	国際学会	Worasuwanarak N, Wannapeera J, Jadsadajerm S, and Miura K. Upgrading of low rank coal and biomass by degradative solvent extraction using 1-methylnaphthalene and kerosene at 350 °C. International Conference on Coal Science and Technology 2015, Melbourne, Australia, 27 Sep – 1 Oct 2015.	ポスター発表
28	国際学会	Krerkkaiwan S, Fukuda S, Buranatrevadhya S, Sanduang J, and Miura K. Pyrolysis, combustion and gasification behaviors of residue fraction from degradative solvent extraction of low rank coal, The 9th International Conference on: Combustion, Incineration/Pyrolysis, Emission and Climate Change, Kyoto, Japan, 20-23 September 2016.	口頭発表

28	国際学会	Jadsadajerm S, Worasuwannarak N, and Miura K. Production of new type liquid bio-fuel from biomass waste by degradative solvent extraction at 350 oC, The 9th International Conference on: Combustion, Incineration/Pyrolysis, Emission and Climate Change, Kyoto, Japan, 20-23 September 2016.	口頭発表
28	国内学会	Janewit Wannapeera, Hideagi Ohgaki, Kouichi Miura Nakorn Worasuwannarak, Oxidation Pretreatment of Biomass Derived Extract for Preparing Carbon Fiber Precursor,第25回日本エネルギー学会大会、工学院大学(東京)、2016年8月9日、10日	口頭発表
28	国際学会	Janewit Wannapeera ¹ , Nakorn Worasuwannarak, Hideaki Ohgaki, Kouichi Miura, Preparation of Carbon Fiber Precursor from the Biomass Derived Extract by Air Blowing and N2 Purge Treatments,The 6th Sustainable Energy and Environment (SEE2016), Bangkok, 28 - 30 November 2016	口頭発表
28	国際学会	Supachai Jadsadajerm, Nakorn Worasuwannarak and Kouichi Miura, Upgrading of Rice straw by Degradative Solvent Extraction using Petroleum Solvents to Produce High-grade Carbonaceous Materials and Fuel at 350 ° C,The 6th Sustainable Energy and Environment (SEE2016), Bangkok, 28 - 30 November 2016	口頭発表

招待講演	1 件
口頭発表	16 件
ポスター発表	1 件

②学会発表(上記①以外)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
26	国際学会	Xian Li, Ryuichi Ashida, Mitsunori Makino, Atsushi Nishida, Hong Yao, Kouichi Miura (Kyoto Univ.), "Enhancement of Gasification Reactivity of Low-Rank Coal through High Temperature Solvent Treatment", The 35th International Symposium on Combustion, San Francisco (USA), Aug.3-8, 2014	口頭発表
26	国際学会	堺康爾, 木下 繁、吉田拓也、奥山憲幸(神戸製鋼所) Effect of Solvent Treatment of Rice Straw, 5th International Conference on Sustainable Energy and Environment, バンコク(タイ国), 11月19-21日	口頭発表
26	国内学会	蘆田隆一, 高橋 諒, 河瀬元明, 三浦孝一, (京都大学), 低品位炭・バイオマス廃棄物の溶剤改質法における溶剤と抽出物の分離方法および改質機構の検討, 第51回石炭科学会議, 仙台, 10月22-23日	口頭発表
27	国際学会	Ryuichi Ashida, Ryo Takahashi, Motoaki Kawase, Kouichi Miura (Kyoto University), "Upgrading Mechanism in Degradative Solvent Extraction of Biomass Wastes", The 12th Eco-Energy and Materials Science and Engineering Symposium (EMSES 2015), Krabi, Thailand, 11-14 June 2015	口頭発表
27	国際学会	Kouichi Miura (Kyoto univ.), Developing New Technologies for Utilizing Low Rank Coals and Biomass Wastes in Asian Countries - Introduction of A Japan-Thailand SATREPS Project -, 2 th Eco-Energy and Materials Science and Engineering (EMSES2015), Ao Nang, Krabi, Thailand, 11-14 June 2015.	招待講演
27	国際学会	Atsushi Ikeda, Satoshi Umemoto, Kenji Tanno, Shiro Kajitani, Hisao Makino (CRIEPI), "Study on gasification reactivity of rice straw residue char by CO2 or steam", 12th Eco-Energy and Materials Science and Engineering Symposium (12th EMSES), Krabi (Thailand), Jun.11-14, 2015	口頭発表
27	国際学会	堺 康爾, 神戸製鋼所, Study of Components included in Recycle-Solvent from Rice Straw by Solvent Treatment, EMSES2015, Krabi, 2015年6月12日	口頭発表
27	国内学会	蘆田隆一、高橋諒、河瀬元明、三浦孝一(京都大学)、低品位炭・バイオマス廃棄物の溶剤改質法における改質機構の検討、第24回日本エネルギー学会大会、札幌コンベンションセンター、2015年8月3日、4日	口頭発表

27	国際学会	Kouichi Miura (Kyoto Univ.), Science and Technology towards Clean and Efficient Use of Low Rank Coal, , 2015 ICCS&T/ACSE, Melbourne, Australia, 27 Sept – 01 Oct 2015.	招待講演
27	国際学会	Hiroyasu Fujitsuka, Trairat Muangthong-on, Hideaki Ohgaki, Ryuichi Ashida, Kouichi Miura (Kyoto University), "Pyrolysis and Gasification Characteristics of Upgraded Products Produced by Degradative Solvent Extraction of Low Rank Coal", International Conference on Coal Science and Technology (ICCS&T), Melbourne, Australia, 29 September–1 October 2015	ポスター発表
27	国際学会	Ryuichi Ashida, Ryo Takahashi, Motoaki Kawase, Kouichi Miura (Kyoto University), "Upgrading Mechanism in Degradative Solvent Extraction of Low-Rank Coals or Biomass Wastes", International Conference on Coal Science and Technology (ICCS&T), Melbourne, Australia, 29 September–1 October 2015	口頭発表
27	国際学会	奥山 憲幸, 神戸製鋼所, Concept of solvent system in the Solvent Upgrading Process compare with a Coal Treatment and a Biomass Treatment, ICCS&T, Melbourne, 2015年9月30日	口頭発表
27	国際学会	田村真実、加藤貴弘、菅原勝康ら(秋田大学): Desulphurization of Coal Soluble Using Ionic Liquids, International Conference on Coal Science & Technology (Melbourne, Australia, 9月29日,)	口頭発表
27	国内学会	蘆田隆一、高橋諒、河瀬元明、三浦孝一(京都大学)、低品位炭・バイオマスの溶剤改質法における改質機構の検討、第52回石炭科学会議、伊勢市観光文化会館、2015年10月28日～30日	口頭発表
27	国内学会	田村真実、加藤貴弘、菅原勝康ら(秋田大学):イオン液体による石炭抽出物の脱硫、第52回石炭科学会議(伊勢, 10月28日)	口頭発表
27	国内学会	Janewit Wannapeera, Hideaki Ohgaki, Ryuichi Ashida and Kouichi Miura (Kyoto Univ.), Effects of air oxidation on the properties of upgraded products derived from the solvent treatment of low-rank coal and biomass as a precursor of carbon fiber, 第52回石炭科学会議、伊勢市観光文化会館、2015年10月28日～30日	口頭発表
28	国内学会	三浦孝一(京都大学), 石炭利用と反応工学, 化学工学会第48回秋季大会, 徳島大学, 2016年9月6～8日	招待講演
28	国内学会	三浦孝一、大垣英明、佐藤延介、高木建二、松本雅治, 低品位炭の低温度域での湿潤空気中での酸化反応速度の解析, 第53回石炭科学会議(福山, 10月26–27日)	口頭発表

28	国内学会	Janewit Wannapeera, Hideagi Ohgaki, Kouichi Miura, Preparation of Biomass Derived Extract as a Carbon Fiber Precursor by Air Oxidation and N2 Purge Methods, 第53回石炭科学会議 (福山, 10月26-27日)	口頭発表
28	国内学会	田村真実、加藤貴宏、大川浩一、菅原勝康, イオン液体を用いた多段操作による石炭抽出物の脱硫, 第53回石炭科学会議 (福山, 10月26-27日)	口頭発表
28	国内学会	Trairat MUANGTHONG-ON, Hideagi OHGAKI, Kouichi MIURA, Examination of Spontaneous Combustibility of Solvent Treated Coal and Biomass Using Differential Scanning Calorimetry, 第53回石炭科学会議 (福山, 10月26-27日)	口頭発表
28	国際学会	Noriyuki Okuyama, Koji Sakai, Shigeru Kinoshita, Takuya Yoshida, Kouichi Miura, Solvent recycling conditions of the solvent upgrading process for rice straw, The 6th Sustainable Energy and Environment (SEE2016), Bangkok, 28 - 30 November 2016	口頭発表
28	国際学会	Trairat Muangthong-on, Janewit Wannapeera, Hideaki Ohgaki, Kouichi Miura, Examination of self-heating tendency of solvent treated coal and biomass using differential scanning calorimetry, The 6th Sustainable Energy and Environment (SEE2016), Bangkok, 28 - 30 November 2016	口頭発表
28	国際学会	Trairat Muangthong-on, Janewit Wannapeera, Hideaki Ohgaki, Kouichi Miura, Effect of solvent on degradative solvent extraction of low rank coal and biomass waste, The 6th Sustainable Energy and Environment (SEE2016), Bangkok, 28 - 30 November 2016	口頭発表
28	国際学会	Ryuichi Ashida, Ryo Takahashi, Motoaki Kawase, Kouichi Miura, Upgrading mechanism of biomass in degradative solvent extraction, The 6th Sustainable Energy and Environment (SEE2016), Bangkok, 28 - 30 November 2016	口頭発表
28	国際学会	Katsuyasu Sugawara, Mami Tamura, Takahiro Kato, Hirokazu Okawa, Desulfurization of coal soluble by multistep extraction using ionic liquids, The 6th Sustainable Energy and Environment (SEE2016), Bangkok, 28 - 30 November 2016	口頭発表
28	国際学会	Takahiro Kato, Yuuki Nagai, Hirokazu Okawa, Katsuyasu Sugawara, Sulfur removal from Thai lignite by liquid-phase oxidation, The 6th Sustainable Energy and Environment (SEE2016), Bangkok, 28 - 30 November 2016	口頭発表

28	国際学会	Atsushi Ikeda, Satoshi Umemoto, Kenji Tanno, Shiro Kajitani, Hisao Makino, Combustion and gasification reactivity of low rank coal residue produced by degradative solvent extraction, The 6th Sustainable Energy and Environment (SEE2016), Bangkok, 28 – 30 November 2016	口頭発表
----	------	---	------

招待講演	3 件
口頭発表	23 件
ポスター発表	1 件

VI. 成果発表等

(3) 特許出願【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 国内出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	その他 (出願取り下げ等についても、こちらに記載して下さい)	関連する論文のDOI	発明者	発明者 所属機関	関連する外国出願

国内特許出願数 0 件
公開すべきでない特許出願数 0 件

② 外国出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	その他 (出願取り下げ等についても、こちらに記載して下さい)	関連する論文のDOI	発明者	発明者 所属機関	関連する国内出願

外国特許出願数 0 件
公開すべきでない特許出願数 0 件

VI. 成果発表等

(4) 受賞等【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 受賞

年度	受賞日	賞の名称	業績名等 (「〇〇の開発」など)	受賞者	主催団体	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
26	2014/10/22	優秀賞	低品位炭素資源の溶剤改質物の熱分解挙動	藤墳大裕	日本エネルギー学会	1.当課題研究の成果である	
26	2014/11/21	Best paper runner-up award	Examination of Carbon Fiber Production from the Extracts Produced from the Solvent Treatment of Biomass	Janewit Wannapeera	JGSEE	1.当課題研究の成果である	
27	2016/2/26	日本エネルギー学会進歩賞(学術部門)	高温溶剤抽出を利用した石炭の前処理法の開発	蘆田隆一	日本エネルギー学会	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
28	2016/11/30	Best Paper Award	Combustion and gasification reactivity of low rank coal residue produced by degradative solvent extraction	池田敦、梅本賢、丹野賢二、梶谷史朗、牧野尚夫	JGSEE、京都大学	1.当課題研究の成果である	

4 件

② マスコミ(新聞・TV等)報道

年度	掲載日	掲載媒体名	タイトル/見出し等	掲載面	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
26	Thai-Japan research to increase the value of coal	Thai-Japan research to increase the value of coal	Thai-Japan research to increase the value of coal	科学面	1.当課題研究の成果である	

1 件

VI. 成果発表等

(5) ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等の活動【研究開始～現在の全期間】(公開)

① ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等

年度	開催日	名称	場所 (開催国)	参加人数 (相手国からの招聘者数)	概要
26	H26年8月 4-5日	グループ全体会議(非公開)	神戸製鋼所 高砂	27人(KS:4人, 国内:13人, タイ国:7人)	JSTプログラムにおける各機関の進捗報告, およびタイ国導入計画半連続装置に関する打合せ
26	H26年11 月18日	SATREPS Workshop	Anantara Bangkok (Bangkok, Thailand)	安岡研究主幹, JICAタイ事務所代表, 両国プロジェクトメンバー, オブザーバー全体で26名	JICA主催のタイで実施されている3つのSATRPSの合同ワークショップ。各SATREPSの意義・成果をタイ国
26	H27年2月 2日	グループ全体会議(非公開)	電力中央研究所 横須賀	21人(KS:3人, 国内:13人, タイ国:5人)	JSTプログラムにおける各機関の進捗報告, およびH27年度の計画
26	H27年2月 7日	17th Kyoto University Southeast Asia Forum	Twin Tower (Bangkok, Thailand)	21人(KS:3人, 国内:13人, タイ国:5人)	“Developing New Technologies for Utilizing Biomass Wastes in Thailand”- Introduction of A Japan-Thailand SATREPS Project -
27	H27年6月 12日	The 12th Eco-Energy and Materials Science and Engineering Symposium,	Krabi (Thailand)	21人(国内:10人, タイ国:11人)	JICA主催のタイで実施されている3つのSATRPSの合同ワークショップ。各SATREPSの意義・成果をタイ国
27	H27年2月 12日	グループ全体会議(非公開)	秋田ビューホテル、秋田市	22人(国内:12人, タイ国:10人)	JSTプログラムにおける各機関の進捗報告, およびH28年度の計画
27	H27年3月 1日	Japan-Thailand SATREPS Workshop 2016	KMUTT Bangkuntien Campus (Thailand)	21人(JST:1名、JICA:1名、ASEAN招待者:18人, 国内:16人, タイ国:20人)	JST特別経費により開催。本プロジェクトのASEAN諸国への紹介、導入機材見学会の実施、ASEAN諸国への成果の展開について議論。

28	H28年5月18日	グループ全体会議(非公開)	JGSEE/KMUTT (Banguntien, Thailand)	JICAタイ事務所田中所長他5名, 両国プロジェクトメンバー, オブザーバー全体で20名	特に, タイでの本プロジェクトの進捗状況について報告, 今後の計画の議論。導入装置の視察
28	H28年11月22日	中間成果報告会	JGSEE/KMUTT (Banguntien, Thailand)	JICA中間評価チーム3名, JST安岡研究主幹, 両国プロジェクトメンバー, オブザーバー全体で25名	プロジェクトのこれまでの進捗状況について各グループより報告。JICA中間評価チームの質疑への応答。今後の計画の議論。導入装置の視察
28	H27年2月12日	グループ全体会議(非公開)	新日鐵住金エンジニアリング会議室、北九州市	21人(国内:12人, タイ国:7人)	JSTプログラムにおける各機関の進捗報告, およびH29年度以降の計画について議論

10 件

②合同調整委員会(JCC)開催記録(開催日、議題、出席人数、協議概要等)

年度	開催日	議題	出席人数	概要
26	H26年11月18日	2014年度の研究総括と2015年度以降の研究計画	安岡研究主幹, JICAタイ事務所代表, 両国プロジェクトメンバー, オブザーバー全体で26名	2014年度までの進捗報告と今後の進め方について意見交換
27	H27年11月16日	2015年度までの研究総括と2016年度以降の研究計画	JSTより2名, JICAタイ事務所代表他2名, 両国プロジェクトメンバー, オブザーバー全体で33名	2015年度までの進捗報告と今後の進め方について意見交換

28	H27年11月29日	2016年度までの研究総括と2017年度以降の研究計画	JSTより安岡研究主幹他1名, JICA中間評価チーム3名, JICAタイ事務所代表他2名, 両国プロジェクトメンバー, オブザーバー全体で33名	2016年度までの進捗報告と今後の進め方について意見交換
----	------------	-----------------------------	---	------------------------------

3 件

研究課題名	低品位炭とバイオマスのタイ国におけるクリーンで効率的な利用法を目指した溶剤改質法の開発
研究代表者名 (所属機関)	三浦 孝一 (京都大学エネルギー理工学研究所)
研究期間	平成25年12月20日～平成31年3月31日 (2013/Dec/20～2019/Mar./31)
相手国名/主要 研究機関	タイ王国/The Joint Graduate School of Energy and Environment (JGSEE) King Mongkut's University of Technology Thonburi, PTT Research and Technology Institute, PTT Public Company Limited

付随的成果

日本政府、 社会、産業 への貢献	・ 共同研究、研究者交流を通じてタイ国における日本の科学技術外交への貢献
科学技術の 発展	・ 溶剤改質という新規な技術により、低品位炭、バイオマスの新たな利用法の開発 ・ 東南アジア諸国への展開による低品位炭、バイオマス資源利用技術の一層の発展
知財の獲得、 国際標準化の推進、 生物資源への アクセス等	・ 知的財産における特許出願・取得数 10 ・ 関連する知的財産に関する守秘義務協定や技術移転協定等の知財管理ノウハウの蓄積 ・ ASEAN諸国への技術の普及による知財の国際化
世界で活躍 できる日本人 人材の育成	・ 日本側の若手研究者の問題解決力や国際共同研究運営能力の向上 ・ SATREPSと、京都大学主催のSFE Forumの強化により、東南アジア規模での若手研究者の養成
技術及び人的 ネットワークの構築	・ タイ国と我が国の企業・大学研究者研究ネットワーク構築及び産学官連携の推進
成果物	・ 査読付き論文誌への掲載数 15 ・ 合同ワークショップを開催し、ASEAN諸国への技術の普及

上位目標

低品位炭や食料と競合しない廃バイオマス資源を高効率でクリーン液体燃料、機能性炭素材料、化学原料に変換する基盤技術の成果が東南アジア諸国に広く還元される。

Solubleの粘結材としての優位性、新規Bio-fuel、炭素繊維製造技術の優位性が製鉄業、石油精製業などに認められて実用化の促進

プロジェクト目標

低品位炭及びバイオマス廃棄物の高効率かつクリーンな利用技術の開発。
(低品位炭：灰分・水分含有量 1%以下の改質物。バイオマス廃棄物：Biofuelの転換率 Max. 70% (炭素基準)、S分 50 ppm以下)

