CFRP適正処理研究 2020年度 事業報告会

2021年10月27日 株式会社 矢野経済研究所

1.事業概要

項目	内容
事業名	CFRP適正処理研究
背景	ASR燃焼処理の際、電気集塵機の荷電不良等、CFRP起因と思われるトラブルが 生じている。今後自動車メーカーが自動車軽量化に貢献するCFRPを安心して採 用拡大するためには、CFRPの適正処理が不可欠となっている。
目的	自動車におけるCFRP適用拡大に備えて適正なCFRP処理方法を構築するために、 難燃性と目されているCFの基礎燃焼特性を把握し現存燃焼処理設備での適正 処理の方向性を設定する。
目標	CFRPの適正処理の方法あるいは対応の考え方を世の中に提示する。
課題	 1 科学的なアプローチによるCFRPの燃焼形態の解明(1年目) 2 CFRPの燃焼条件の設定(1年目~3年目) 3 本実証で得られた知見の一般化を目指す(3年目)

2.事業実施体制



3.事業実施期間と事業内容

БD	2018	3年度		2019	争年度			2020)年度			2021	年度	
坝日	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
合同審議会				*				*				*		
J-FAR	立ち	▼ 彗 上げ	契約	☆ 幸	服告	▼ ☆								
研究フェーズ				基礎	研究					実証	研究			
ASR施設調査				施設調	方問等	★ ま	とめ							
基本物性 基礎情報 整理			CF CFI	RP	,	ASR中	CFRP							
CF·CFRP 基礎燃焼 特性把握			C TP垱	F ^圭 備	CFI	v RP	★基礎燃 精度	然焼MA E検証	P					
CFRP混入 ASR燃焼特性 把握				CFR ブル ヒアリ	Pトラ 事例 Iング		TP準	備	模擬A	ASR	►燃焼M 精度 ⁷	IAP 検証		
CFRP燃焼 実証試験			燃	焼設備	事前検	id >	記言	it		製作		実	杉 証試験	ŧ証完★

4.2020年度以降取り組み課題

実施期 間	課題			。 1993年1月1日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日
2019 左南	①科学的な	①-1 実態調査	* 1	CF・CFRPによる燃焼トラブル(ASR処理施設)調査
牛度	よるCFRPの	①-2 サンプル	準備	CF・CFRPの燃焼サンプル準備、物性等の基本データ整理
	燃焼形態の 解明	①-3 TG-DTAによ	1-3-1	TG-DTA(熱重量 – 示差熱分析計)を用いた温度・酸素濃度対 CF・CFRP重量変化(燃焼)プロファイル取得
		る基礎研究	<u>(1</u>)-3-2	CF・CFRPの燃焼データの整理
2019 年度~	②CFRPの 燃焼条件の	②-1 TG- DTA、大型	2-1-1	CF・CFRPの燃焼速度式の導出
2021 討 年度	設止	TGによる基 礎解析	2-1-2	CF・CFRPの燃焼メカニズムの解析
		 ②-2 CFBベン る基礎研究・基 	チ炉におけ 陸解析	CF・CFRP濃度・温度対CF・CFRP重量変化(燃焼)プロファイル取得
		②-3	2-3-1	実証研究での燃焼試験を設定(試験サンプル形状・サイズ、CF濃度、他材 料との混合条件等)
		実証研究 準備	2-3-2	CF・CFRP、模擬ASRの燃焼サンプル準備
			2-3-3	実証研究のための実証炉の設計・製作
2021 左南	③本実証で	3	3-1	CF・CFRP燃焼試験(単独、ASRとの混合等)
年度 	得られに知 見の一般化	実証研究	3-2	燃焼条件と燃焼状態の系統的なデータ収集、整理・分析
を目指す		解析 	3-3	実効的なCF・CFRP燃焼速度式の導出

※2019年度までの完了項目は灰色網掛け表示

5.2020年度事業実施計画



6. 実施結果総括

	課題	記羊細	中間報告	最終報告
②-1 TG- DTA、大型 TGによる基 礎解析	2-1-1	CF・CFRPの燃焼速度 式の導出	 酸素の反応次数の算出などを含む燃焼 速度式を導出したが、想定と異なる結 果が得られたため、追加検証を実施中 CFRP燃焼試験の精度検証のため、 CFRPサンプルを粉砕しTG-DTA試験を 実施 	▶ 酸素濃度を変えた追加試験による検証 と粉砕したサンプルを使用した試験を経 て、燃焼速度式を導出した。
	2-1-2	CF・CFRPの燃焼メカニ ズムの解析	▶ 燃焼メカニズム解析用の市販品手配	▶ 市販品を用いたTG-DTA試験の他、ラ マン分光、SEM写真等で分析した。
 ②-2 CFBベンチ炉に おける基礎研究・基礎 解析 		CF・CFRP濃度・温度対 CF・CFRP重量変化 (燃焼)プロファイル取 得	▶ 2019年のCFBベンチ炉試験での、未 燃CFによるループシール部、熱交換器 管板部の閉塞がCFRP由来によるものか 確認を実施	▶ CFB実証炉設計において、ループシール 上部の閉塞を起き難くする配慮を行うた めコールド試験による視覚化で挙動を把 握し、結果を実証炉設計にフィードバック した。
②-3 実証研究 準備	2-3-1	実証研究での燃焼試験 を設定(試験サンプル 形状・サイズ、CF濃度、 他材料との混合条件 等)	▶ 2021年度の実証炉試験に向け計10 回程度の試験パラメーター案を検討	▶ 試験パラメータ―案を設定した。なお、 基礎燃焼試験等の解析状況を見極め ながら、パラメーターの追加を検討する。
	2-3-2	CF・CFRP、模擬ASRの 燃焼サンプル準備	▶ ASRの発熱量に近づけた模擬ASR組 成を検討	▶ 想定発熱量24MJ/kgと高発熱量 36MJ/kgの模擬ASR燃焼サンプルを準 備した。
	2-3-3	実証研究のための実証 炉の設計・製作	▶ CFBベンチ炉試験での課題を含め、改良版実証炉の設計を実施	▶ ループシール部の設計仕様を実証機の 設計に反映し製作した。

7. 試験概要



図1.試験装置概要(1年目の再掲)

7. 試験概要

- 1000	=====		スペック				-+=+	CFRP		井〉 국내 서 如		供来		
試験 田途	CFサンプル	サンプル外観	利	后米百	引張弾性率	引張強さ	武騻用透		サンプル	サンノル外観	CF	繊維形態	樹脂	佣考
71022	No.1 No.2			EXR	Gpa 230 230	Mpa 4,900 3,530		No.1	プロペラシャフト		PAN系	ストランド	エポキシ系	FW
-	No.3 No.4 No.5 No.6		PAN糸 異方性ピッチ系		235 240 640 780	4,900 4,400 2,600 3430		No.2	トランクリッド	※板状で提供	PAN系	ファブリック	エポキシ系	プリプレグ
観祭型 TG-DTA 試験用	No.7	0	等方性	黒鉛化品	35	800	観察型	No.3	ルーフ	※板状で提供	PAN系	ファブリック	エポキシ系	RTM
-	No.8	-	ピッチ系 炭化品 40	製品規格製 品588MPa 以上	TG-DTA 試験用	No.4	トランクリッドインナー		PAN系	ファブリック	エポキシ系	プリプレグ		
								No.5	トランクリッドアウター		PAN系	UD	エポキシ系	プリプレグ
								No.6	ディフューザー		PAN系	短繊維	ビニルエステル 系	プリプレグ
							大型TG・ CFB 試験用	No.7	-		PAN系	ファブリック /UD/ファブリッ ク	エポキシ系	プリプレグ

表1.試験試料概要(1年目の再掲)

※FW=フィラメントワインディング法(Filament Winding)

※RTM = Resin Transfer Molding

②-1-1 燃焼速度式の導出

目的	≻実効的な燃焼速度式を導出し、実際のCF、CFRP処理炉の改良等に役立てる。
1年目	➢ CFやCFRPの燃焼に関する速度論解析を行い、CFは原料や製造方法によって∆EやAの値が異なること、一つの
結果	直線上に整理されることなどを明らかにすることができた。



燃焼速度式 $\frac{d\alpha}{dt} = A \exp\left(-\frac{\Delta E}{RT}\right) f(\alpha)$

図2. 観察型TG-DTA試験によるΔE v.s. Aプロット

②-1-1 燃焼速度式の導出

課題①:更なるCFの燃焼の速度論的解析】 ▶ 更なるCFの燃焼の速度論的解析(酸素の反応次数の算出など)を進めることにより、一般化した速度式の導出を目指す。 【課題②:サンプル粉砕による燃焼試験】 ▶ CFRPの解析結果では、CFの燃焼パラメーターにバラツキが大きいこと、樹脂成分の速度論解析にも課題が残った(図2参照)。試料形状がバルク状であったことから、試料形状が誤差の要因となった可能性がある為、試料を粉砕し、同様にTG-DTA測定を実施し、ΔEとAの値を比較する。図4(バルク試料のTG-DTA)から窒素雰囲気と空気雰囲気で樹脂燃焼と推察される領域が重なる事から、バルク試料では十分に酸素が供給されず、熱分解のみが進行している可能性がある。



②-1-1 燃焼速度式の導出(課題①:更なるCFの燃焼の速度論的解析)





表2.完全燃焼(a=0.99)するのに必要な時間(秒)

融丰迪由	燃焼温度							
的糸底及	800°C	900°C	1000°C					
10%	37	13	5.5					
20%	17	5.1	1.9					
30%	12	3.3	1.1					
50%	4.9	1.1	0.3					

※炭素繊維長が3mmの際の計算結果

②-1-1 燃焼速度式の導出(課題②:サンプル粉砕による燃焼試験)

【実施方法】 ▶ CFRP燃焼試験の精度検証のため、2年目は1年目のサンプルを粉砕し再測定を行い、検証。 ・ 試料:プロペラシャフト(No.1)から切り出した試料片を凍結粉砕し粉末化、100メッシュ(目開き150µm)のふるいを通過

・ 温度範囲:室温~1000℃、昇温速度:10℃/min、雰囲気:窒素あるいは空気(200mL/min)

【内容】

2年目

方法·

内容・

結果

▶ CFRP・角柱試料での600℃以上の減量挙動は、粉砕していないため、CFの燃焼挙動と一致。一方でCFRPと 粉砕試料の減量挙動は一致しない。粉砕することで燃焼挙動が変わる可能性があることが分かった。このため、 粉砕品に関しても速度論的解析を行った。また、プロペラシャフト(No.1)以外の試料も挙動の違いを把握した。 【結果】

粉砕品のTG-DTA曲線は低温側にシフトしている。ただし、シフト量が一定ではなく、試料によりシフト量が異なっている。



②-1-1 燃焼速度式の導出(課題②:サンプル粉砕による燃焼試験)



18.	頻度因子A及び想定される反応様式の表							
	試料		ΔE kJ∙mol ⁻¹	A Sec ⁻¹	反応様式			
	No.1	角柱品	118	4.2×10 ²	核形成·成長反応			
CE	NO.1	粉砕品	115	2.6×10 ³	1次反応			
Ci	No 2	角柱品	107	2.3×10 ²	核形成·成長反応			
	10.5	粉砕品	102	6.6×10 ²	1次反応			
	No.1	角柱品	197	1.0×10^{7}	1次反応			
	NO.1	粉砕品	191	3.7×10 ⁷	核形成·成長反応			
CEDD	No 4	角柱品	132	1.2×10 ³	核形成·成長反応			
CFRP	NO.4	粉砕品	153	1.4×10 ⁵	拡散律速反応			
	No 5	角柱品	110	3.0×10 ²	核形成·成長反応			
	0.0	粉砕品	171	7.0×10^{6}	1次反応			

=2 TC DTA曲線の測完は用から得た活性化エラルギーAEと



図8.活性化エネルギーΔEと頻度因子Aのグラフ

14

②-1-2 CF・CFRPの燃焼メカニズムの解析

目的	≻ CF、CFRPの完全燃焼を実現するため燃焼メカニズム解析を行う。
1年目 結果	▶ CFは空気雰囲気で燃焼するが、一般的な樹脂に比べて燃焼し難い。
課題	▶ CFの構造に由来するものと考えられ、CFの燃焼メカニズムをより詳細に把握するためには、燃焼過程における構造 変化を調べることが必要。
2年目 方法	 【実施方法】 ▶ CFのモデル試料について、CFRP層のみをサンプリングしてTG-DTA試験で雰囲気、燃焼温度や燃焼時間を変えたサンプル を作成する。得られたサンプルについて形態変化や構造変化を系統的に調べ、CFの燃焼メカニズムを解析する。



図9.CF構造解析用の市販サンプル



図10. 市販CFPRの光学顕微鏡像(断面)

②-1-2 CF・CFRPの燃焼メカニズムの解析

【分析手法と試料準備方法の確立】

▶ 本分析の目的は、任意の温度と時間、酸素状態でCFを熱処理し、形態・構造変化を捉えつことで、CFの燃焼メ カニズムに迫る。表4に示す分析手法を用いて、CF表面や端面の状態変化等を比較した。

2年目 結果

▶ CFRPの熱処理した際の重量減少曲線を図に示す。熱処理条件は、室温から600℃までN2中で加熱→600℃ 到達後5分保持後→雰囲気をAirに切り替え。Airに雰囲気を切り替えると緩やかに重量減少し、CFが燃焼していることを確認した。Air中20分処理品と60分処理品を作成した。参照試料としてN2中20分熱処理品も作成した。なお、30分付近の重量減少はCFRP中の樹脂成分の分解によるものである。

表4.主な分析手法と得られる知見一例

分析手法	得られる知見
ラマン分光	結晶構造の変化(中央部分と端部)
XRD	面間隔の変化(全体)
SEM	CFの表面や端面の状態変化(中央部分と端 部)
TEM-EDX	表面や端部の元素組成から、酸素の導入のされ 方。(中央部分と端部)
TG-MS	燃焼時の分解挙動(ガス発生挙動)の確認



図11.市販CFRPの熱処理結果(TG-DTA曲線) ※計測開始65分で100%規格化

8. 実施結果 (2-1 TG-DTA、大型TGによる基礎解析)

②-1-2 CF・CFRPの燃焼メカニズムの解析

2年目 お果
【試験前後の状態確認(中央部をSEM撮影)】 > 熱処理前後の中央部表面をSEMで撮影した。空気中で処理したCFの中央部は、表面が荒れており、一部欠 落した部分(赤矢印)も観察された。



図12.熱処理前後のCFの表面SEM像(中央部)の比較

8. 実施結果 (2-1 TG-DTA、 大型TGによる基礎解析)

②-1-2 CF・CFRPの燃焼メカニズムの解析

2年目

結果

【試験前後の状態確認(端部をSEM撮影)】

▶ 熱処理前後の端部表面をSEMで撮影した。端部も空気中で処理したCFは、端面が滑らかになっている。これらのことから、CFは表面及び端面から燃焼が生じているものと考えられる。



図13.熱処理前後のCFの表面SEM像(端部)の比較

8. 実施結果 (2-1 TG-DTA、大型TGによる基礎解析)

②-1-2 CF・CFRPの燃焼メカニズムの解析

【試験前後の構造解析(ラマン分光)】

2年目 ▶ N₂処理品では、CF表面から内部にかけて構造変化(炭化度、結晶性)の変化は認められない。一方、Air処理品では表層250 nm 未満において、I_v/I_G が減少し、v_G が高波数シフトしており、構造変化が起こっていることを示唆。なお、繊維中央部と端部で違いは見られなかった。

2年目 課題

【追加試験の必要性】

▶ 次年度も計画通り燃焼メカニズムの解析を継続する。熱処理条件(時間)の異なるサンプルを比較することで、CF の燃焼挙動をもう一段の深掘りができる可能性があるため、次年度もSEM、ラマン等の追加試験を行いたい。



図14.熱処理前のCFラマン分光測定結果

図15.熱処理前後のCFの構造解析の比較(径方向の構造分布)

8.実施結果(2-2 CFBベンチ炉試験における基礎研究・基礎解析)

CF・CFRP濃度に対する燃焼状況のプロファイル取得

目的	▶ CFB実証炉設計の基礎データとすべく、CFBベンチ炉においてCFRP燃焼時の装置性能、燃焼挙動を確認。
1年目 結果	 ▶ 2019年度に実施した大型TG試験からCFRPの燃焼には、「高い燃焼温度」「多い空気量」「高い酸素濃度」の 条件で燃焼した方が、短時間で燃焼する結果が得られている。 ▶ 一方、CFBベンチ炉試験では、CFRP100%試験であったため、未燃CFの発生および飛散が多かったことが主因 であるが、未燃CFによるループシール上部、熱交換器管板部の閉塞などが発生した。
課題	▶ CF、CFRPを燃焼率向上のためには、燃焼炉内を安定的に循環することが必須である。炉内残渣による閉塞発 生の一因はループシールの設計がCF、CFRPに対して適切でなかったこと、炉外残渣の発生量が多かった一因は サイクロンの設計が適切でなかったことが考えられる。2020年度を通してCFB実証炉設計の最適化を図る。
2年目 方法• 結果	 【取組み方法】 2019年度はCFRP濃度100%で試験を実施し、ループシール上部等で閉塞が発生した。これらの閉塞がCFRP要因であるのか確認を行うため、2020年度はCFRP濃度10%、0%、2%の3水準の濃度で追加試験を実施(10%では閉塞し、2%では閉塞無 (10%では閉塞し、2%では閉塞無 (下和み内容) CFRP濃度が高い場合や差圧が小さい場合、閉塞した。残渣に対し、サイクロンの最適化及びループシール周辺の循環挙動把握が課題であることが明確となった。 【取組み結果】 CFB実証炉設計では、ループシール上部の閉塞を起き難くする配慮を行うため、コールドモデル試験(閉塞しない2%を目安に2.5%以下にて実施)による視覚化で挙動を把握し、その結果を実証炉設計に生かした。 なお、サイクロンの設計については環境省の「平成29年度低炭素製品普及に向けた3R制構築支援事業(廃棄CFRPの高度分級システムによる最適マテリアルリサイクルシステムの構築)」よりサイクロンの流速を変更。 【コールドモデル試験結果】 流量が高くCF濃度が低いと閉塞が発生せず、流量が低くCF濃度が高いと閉塞が発生する。また、実証機でのCFRP濃度5%(基準)~10%試験は運転可能である。

②-3-1 実証研究での燃焼試験を設定(試験サンプル形状・サイズ、CF濃度、他材料との混合条件等)

目的	▶ 実際のASR処理に近い条件でCFB実証炉での燃焼試験を実施する。 ▶ CFRPの燃焼に影響を及ぼしうるパラメーターを明らかにする。
2年目 方法・ 結果	 【方法】 > TG-DTA、大型TG、CFBベンチ炉での結果から、試験パラメーター案を決定する。 【結果】 > 関係者間で協議した結果下記のように試験パラメータを設定している。 > 中間報告時から変更点は、下記2点である。 CFRP材料を従来のものと比較材を用いることで、CFRPの種類の違いによる差を確認する。 、CFRP材料を従来のものと比較材を用いることで、CFRPの種類の違いによる差を確認する。 2、空気比影響を把握するため、従来の1.8倍から3倍に変更した。 > 実証炉の試運転、実証試験作業を通じて、安定運転条件を見極め、実証試験パラメータ値を確定して、実証 試験を行う。 > 実証試験の結果を見て、パラメータの修正、追加検討を行う。

	項目	試験実施目的		数値	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
原 料 影 響	CFRP濃度	ASR中に含まれるCFRP量(5、2、10wt%)による影響を 比較することで、濃度と燃焼の関係を把握するため		5	0	0	0	0	0	0			0	県
			wt%	2							0			適
				10								0		
	模擬ASR発熱量	想定発熱量24MJ/kgと高発熱量36MJ/kg(助燃材追加 模擬)との比較により、発熱量と燃焼の関係を把握するため	M1/ka	24	0	0	0		0	0	0	0	0	木
			™IJ/Kġ	36				0						1 1 7
	CFRP濃度材質	CFRP材料を従来のものと比較材を用いることで、CFRPの種 類の違いによる差を確認するため		現状	0	0	0	0		0	0	0	0	
			_	比較材					0					しの
運転条件	流動媒体粒子径	大をベースとし、小の条件を加えることで、流動媒体の粒子 径と燃焼の関係を把握するため	-	小	0	0		0	0	0	0	0	0)旦 101
				大			0							лн Тар
	空気比	1.8をベースとし、大きな3と比較することで、空気比と燃焼の 関係を把握するため	臣	1.8	0	0	0	0	0		0	0	0	印度
				3						0				
	酸素濃度	索濃度 酸素濃度の影響比較を21%、25%で実施し酸素濃度と 燃焼の関係を把握するため	vol0/	21	0	0	0	0	0	0	0	0		
			VU170	25									0	间大

21

表5.試験パラメーター案

②-3-2 CF・CFRP、模擬ASRの燃焼サンプル準備

目的	▶ 実際のASR処理に近い条件でCFB実証炉での燃焼試験を実施する。 ※1年目に実施した試験は、CF、CFRP単品をラボレベルで燃焼させ、その挙動を確認する基礎テストである。 上記基礎テストとリアルワールドにおける燃焼炉の間を埋めるような条件で、実証試験を行う。
2年目 方法• 結果	 【方法】 ▶ CF、CFRPについては1年目に使用したサンプルをベースに検討する。 ▶ 模擬ASRについては、文献等を参考に作成を実施する。 【結果】 ▶ 模擬ASRは、文献等を参考に、成分を検討し、単位当たりドライベース発熱量をASR代表値に近づけた模擬ASR作製を検討した。 ▶ 上記検討結果から2020年度内に実証研究で使用するCF・CFRP、模擬ASR(表7)を決定し、サンプルを手配し、納品されている。なお、比較材は2021年3月末までに納品予定である。

武公	成分発熱量		配合①			
ר אנו	(KJ/Kg)	組成(wt%)	模擬ASR発熱量(KJ/Kg-dry)	組成(wt%)	模擬ASR発熱量(KJ/Kg-dry)	備考
PE	43,932	40%	17,573	55%	24,163	
PE	46,024	10%	4,602	20%	9,205	
ポリウレタン	29,288	5%	1,464	10%	2,929	
繊維	16,300	5%	815	0%	0	パルプ繊維
タルク		10%	0	15%	0	PP·PEに各々20%添加
セラミック/ガラス		30%	0	0%	0	アルミナ(流動媒体)
合計		100%	24,455	100%	36,296	

表6.模擬ASRの組成と発熱量(案)

②-3-3 実証研究のための実証炉の設計・製作

目的 || > 商用CFB炉をベースに、模擬ASR、CFRPを安定的に燃焼可能なCFB実証炉を設計する。

【方法】

> CFB実証試験装置 基本計画図、CFB実証炉の課題対策等を実施した。

2年目 【結果】

方法▪

結果

- ▶ 2019年度のCFBベンチ炉での試験結果から、CFB実証炉での長時間の安定した運転を実現するためには設計において、少なくとも以下改良を加える必要がある。
- ▶ CFBベンチ炉での試験結果から対策し、仕様と設計を確定し架台や炉体、階段、制御盤、電源盤、サイクロン、 原料供給装置の設置が完了した。



②-3-3 実証研究のための実証炉の設計・製作

【設置後の画像】



▶ 架台やバグフィルター、制御盤、炉体、ヒーター他の設置した画像を示す。

図17.架台設置後画像 (架台とバグフィルター、制御盤)

2年目

結果

図18.架台と炉体、階段、ヒーター画像

9.現状の課題

	課題	〔詳細	最終報告(再掲)	課題/備考		
②-1 TG-	2-1-1	CF・CFRPの燃焼速度 式の導出	▶ 酸素濃度を変えた追加試験による検証と 粉砕したサンプルを使用した試験を経て、 燃焼速度式を導出した。	➤ これまで傾向を示すデータが取得できたため、次年度はもう一段詳細な解析を追加で実施する		
DTA、大型 TGによる基 礎解析	②-1-2	CF・CFRPの燃焼メカニ ズムの解析	▶ 市販品を用いたTG-DTA試験の他、ラマン 分光、SEM写真等で分析した。	➤ TG-DTA等の追加の試験を合わせて 実施することで解析を進めるとともに、 CFの燃焼挙動をもう一段の深掘りが できる可能性があるため、次年度に追 加試験を実施する		
 ②-2 CFBベンチ炉に おける基礎研究・基礎 解析 		CF・CFRP濃度・温度対 CF・CFRP重量変化 (燃焼)プロファイル取 得	▶ CFB実証炉設計において、ループシール上部の閉塞を起き難くする配慮を行うため コールド試験による視覚化で挙動を把握し、 結果を実証炉設計にフィードバックした。	▶ 今年度で完了		
	2-3-1	実証研究での燃焼試験 を設定(試験サンプル 形状・サイズ、CF濃度、 他材料との混合条件 等)	▶ 試験パラメータ─案を設定した。なお、基礎燃焼試験他の解析状況を見極めながら、パラメーターの追加を検討する。	> 今年度で完了		
②-3 実証研究 準備	2-3-2	CF・CFRP、模擬ASRの 燃焼サンプル準備	▶ 想定発熱量24MJ/kgと高発熱量 36MJ/kgの模擬ASR燃焼サンプルを準備 した。	 ▶ 今年度で完了 ▶ 比較材は3月中に納品予定 		
	2-3-3	実証研究のための実証 炉の設計・製作	▶ ループシール部の設計仕様を実証機の設計に反映し製作した。	 > 製作について、2020年度分は予定 通り完了 > 2021年度分は電源工事と配管系の 設備完了させる(~2021年1Q) 2 		

10.2021年度実施内容と今後の課題

	課題	副詳細	実施内容	今後想定される課題と対応				
②-1 TG- DTA、大型	2-1-1	CF・CFRPの燃焼速度式の 導出	▶ 計画に沿って燃焼メカニズムの解析を行う と共に追加試験を実施することで、燃焼メ	▶ 従来のデータで傾向が把握できたため、 詳細な解析を加えることで、燃焼マップ				
TGによる基 礎解析	2-1-2	CF・CFRPの燃焼メカニズム の解析	カースムの脾析及び燃焼速度式の導出を行う	への反映を美施する				
 ②-2 CFBベン る基礎研究・基 	・チ炉におけ 基礎解析	CF・CFRP濃度・温度対 CF・CFRP重量変化(燃 焼)プロファイル取得		▶ 完了				
(2) - 3	2-3-1	実証研究での燃焼試験を 設定(試験サンプル形状・ サイズ、CF濃度、他材料と の混合条件等)		▶ 完了				
〕 実証研究 準備	②-3-2	CF・CFRP、模擬ASRの燃 焼サンプル準備		▶ 完了				
	2-3-3	実証研究のための実証炉の 設計・製作	▶ 配管・計装工事を実施する	配管・計装工事の遅れが実証炉試験 に大きく影響するため遅滞無く進めてい く				
	3-1	CF・CFRP燃焼試験(単独、 ASRとの混合等)	▶ 現段階で設定している試験内容に沿って実施する	➤ TG-DTA試験での基礎解析状況を見 極めながらパラメーターの追加検討を行う				
③ 実証研究 解析	3-2	燃焼条件と燃焼状態の系 統的なデータ収集、整理・ 分析	▶ ③-1-1の試験にて得られたデータの収 集、整理分析を行う	▶ 実証炉での試験結果を関係者間で随時協議することで整理・分析を行う				
	3-3	実効的なCF・CFRP燃焼速 度式の導出	> TG-DTAと大型TG、CFBベンチ炉及 び実証炉試験結果を用い燃焼速度 式の一般化を目指す	▶ 小規模試験にて得られた燃焼速度式と、 実証炉にて得られた結果を実効的な式 へ結びつける				

11.ゴールへの道筋





ミクロ(反応速度論解析と燃焼メカニズム解析)とマクロ(大型TG→実証炉での燃焼 試験結果)を繋ぎ合わせることで、燃焼速度式の一般化を目指す

CFRPの適正処理の方法あるいは対応の考え方を世の中に提示する