NEDO脱炭素技術分野成果報告会2025　（分野：カーボンリサイクル_鉱物化）
発表No.：2-8-7

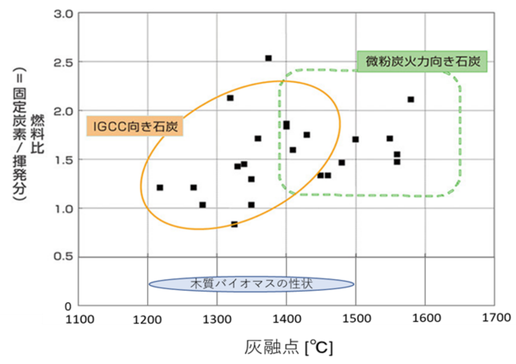
カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／石炭利用環境対策事業／石炭利用環境対策推進事業／

石炭の低温反応機構解明とそれに基づく自然発熱抑制技術開発

団体名：（一財）電力中央研究所、（株）日本製鉄、（国）九州大学

背景、目的

- 日本の電力会社等は燃料調達コストの低減やエネルギーセキュリティ強化のために**低品位炭の利用拡大**
- 鉄鋼業界でも、**低品位炭の使用比率が**約10 → 50%へ**増加**
- 再エネの増加により石炭の保管も長期化
- ガス化などの高効率発電に適した燃料比の低い石炭は、自然発火が懸念
- 再エネの有望な原料となる**バイオマス**でも貯蔵中の発火事例有り



⇩

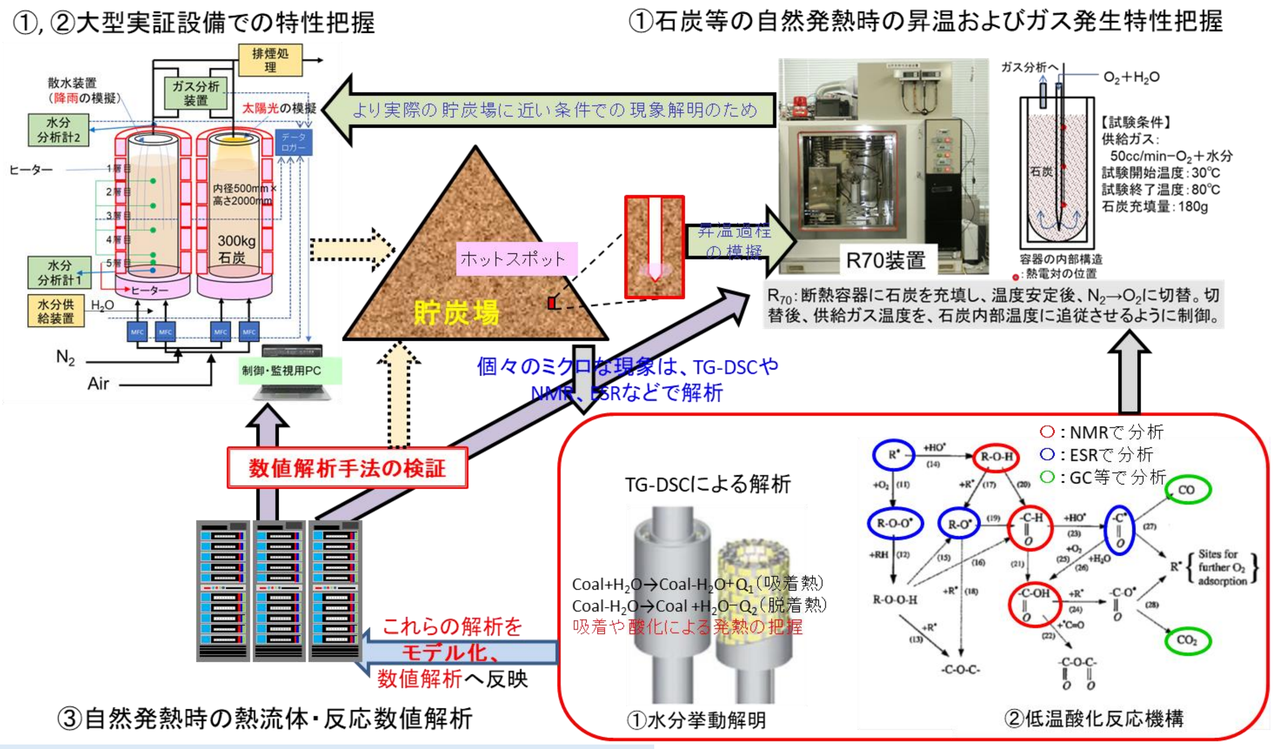
自然発熱に起因するリスクが増加

低品位炭の活用、バイオマス活用に向けて
自然発熱抑制、自然発火防止が重要

⇩

GOAL　自然発熱機構に基づいた発熱抑制技術を確立し、社会実装する

実施概要と相関関係

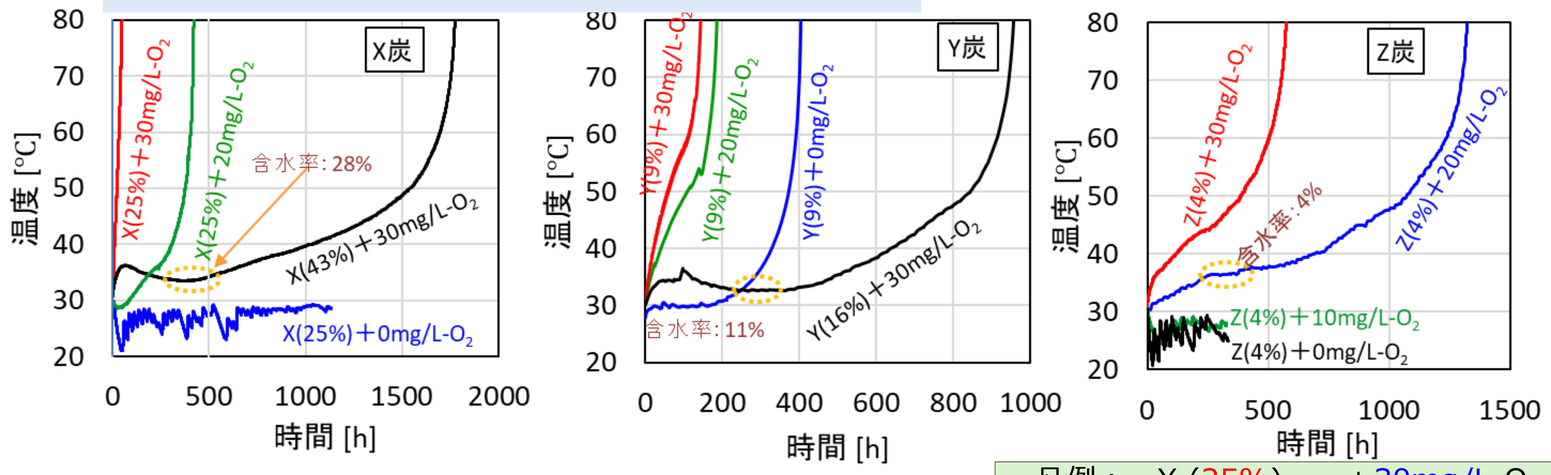


PJに用いた主な石炭試料

瀝青炭や亜瀝青炭を用いて自然発熱特性を評価

	元素分析値 [%]				
	C	H	N	O	S
X炭(亜瀝青炭)	69.0	4.6	1.0	21.5	0.2
Y炭(瀝青炭)	69.0	4.8	1.6	15.9	0.5
Z炭(瀝青炭)	68.6	4.3	1.5	9.5	0.5

石炭の昇温特性



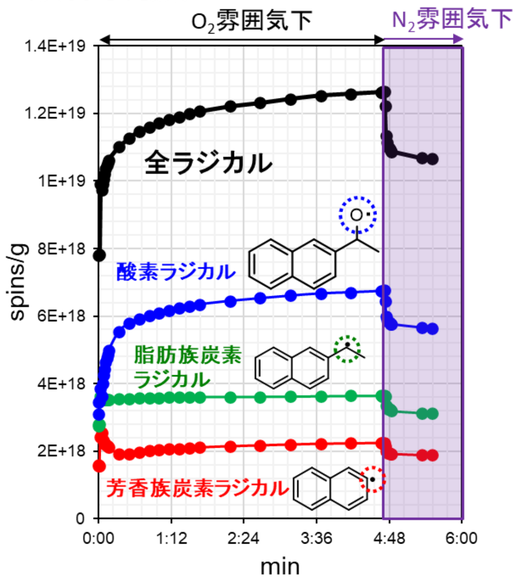
凡例：　X（25%）　＋30mg/L-O_2
石炭の含水率　ガス中湿度

- 石炭中含水率が多くなると発熱性低下
- 大気中湿度が上がると発熱性上昇
- 恒温→昇温となる臨界水分値があることが判明→

この値を超過するように水分を維持できれば発熱抑制可能

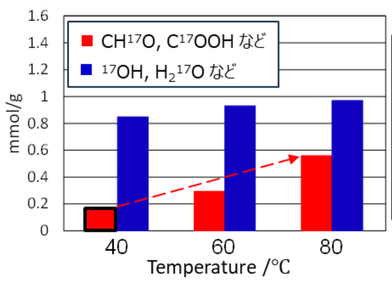
反応機構解明

A.ラジカル生成挙動解析
Y炭60℃+酸素



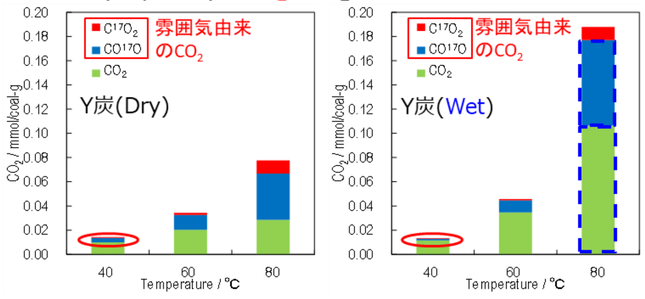
- 酸化反応の進行に伴いラジカルが生成
- 増加したラジカルは**酸素ラジカル**が支配的

B.酸素官能基解析　Y炭+^{17}O NMR測定



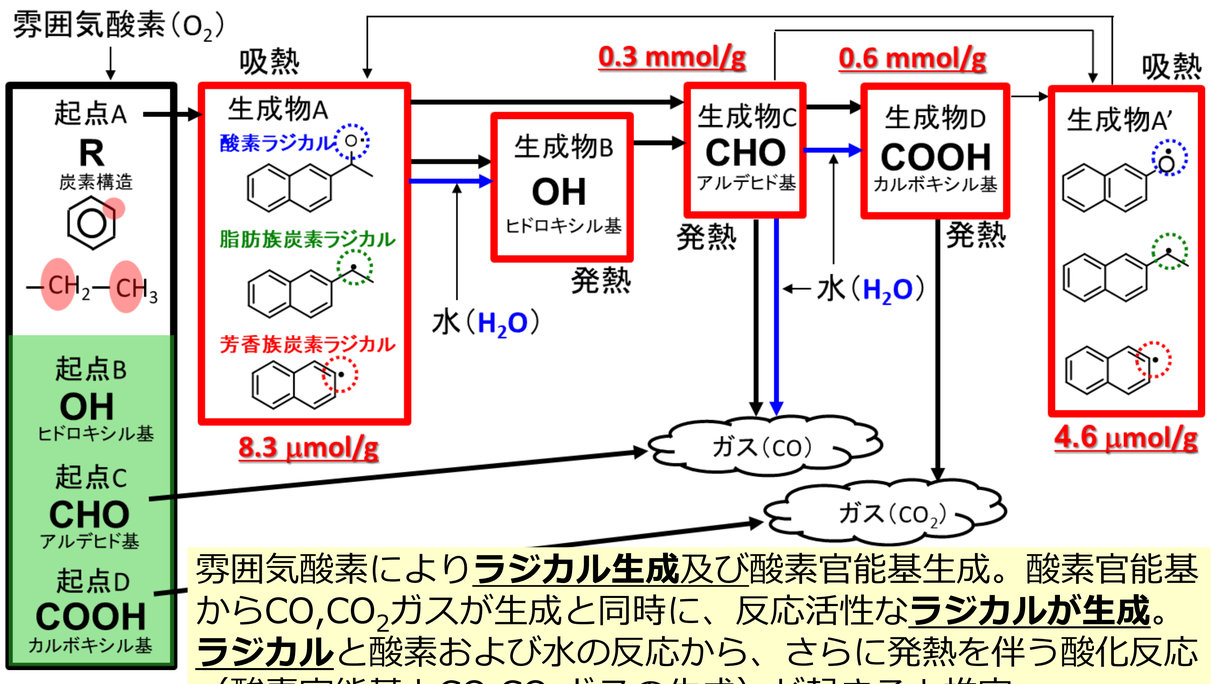
- 低温(40℃)から雰囲気酸素^{17}O由来の酸素官能基(CH^{17}O,C^{17}OOHなど)の生成を確認。
- 温度上昇に伴い、増加。

Y炭(Dry,Wet)+$^{17}O_2$　CO_2 ガス分析



- 40℃から、雰囲気酸素^{17}O由来のCO_2ガスが少量発生、温度上昇に伴い増加。
- 80℃で、水の存在によりCO_2ガス発生量が増加、酸化反応を進行させることを確認。

石炭の低温酸化反応機構　－Y炭 60℃の例－



雰囲気酸素により**ラジカル生成**及び酸素官能基生成。酸素官能基からCO,CO_2ガスが生成と同時に、反応活性な**ラジカルが生成**。**ラジカル**と酸素および水の反応から、さらに発熱を伴う酸化反応（酸素官能基とCO,CO_2ガスの生成）が起きると推定。

⇒これらの反応を抑制するような抑制剤の添加

課題と今後の取り組み

- 大型実証試験装置を用いた自然発熱抑制技術の検証
- 炭化バイオマスの自然発熱性評価

大型実証試験装置（電中研）

実用化・事業化の見通し

【成果】
- 石炭の低温における水分の挙動や低温反応機構を解明。
- それに基づいた自然発熱抑制技術を開発。

【事業化の方針】
1．自然発熱抑制技術の現場への適用
　①石炭中水分維持による発熱抑制
　　石炭種毎に、恒温→昇温になる「臨界水分値」を把握
　　「臨界水分値」以上で保管することで、自然発熱を抑制
　②酸化反応機構に基づく発熱抑制
　　石炭に発熱抑制材を添加し、自然発熱を抑制
2．自然発熱リスク分析・評価法
　本プロジェクトで開発した自然発熱リスク分析・評価法の実用化に向けた評価体制の整備と暫定的な社会実装

連絡先：（一財）電力中央研究所　山口哲正
MAIL：yamaguti@criepi.denken.or.jp