

仕 様 書

1. 件名

令和 4 年度 可燃性有機物を含む水素の燃焼特性に係る重要パラメータの調査

2. 適用

この仕様書は、原子力規制委員会原子力規制庁（以下「規制庁」という。）が契約する上記の契約に関する仕様を規定するものである。

3. 契約期間

自 : 契約締結日
至 : 令和 5 年 3 月 2 0 日

4. 業務内容

本作業では、水素、可燃性有機物及び可燃性有機物を含む水素（以下「可燃性ガス」という。）の燃焼特性に関して文献調査及び解析を実施する。

解析では、化学量論に基づく解析手法（以下「化学量論解析手法」という。）を用いて可燃性ガスの層流火炎速度等の燃焼特性に係る解析を実施してデータベースとして整理するとともに、爆発解析コード FLACS（以下「FLACS」という。）を用いた解析により得られた結果との比較及び整理を行う。

実施項目は以下の [1] ～ [4] の 4 項目とし、技術の詳細内容を以降の各項において記載する。

- | | | |
|-------|----------------------------------|---------|
| [1] | 可燃性ガスの燃焼特性に係る既往研究の調査 | (4.1 項) |
| [2] | 化学量論解析手法を用いた可燃性ガスの燃焼特性に係る解析 | (4.2 項) |
| [3] | FLACS を用いた可燃性ガスの燃焼特性に係る解析との比較・整理 | (4.3 項) |
| [4] | 技術資料の作成 | (4.4 項) |

4.1 可燃性ガスの燃焼特性に係る既往研究の調査

水素 (H_2) に、一酸化炭素 (CO)、メタン (CH_4)、エチレン (C_2H_4)、エタン (C_2H_6)、プロピレン (C_3H_6)、プロパン (C_3H_8) 等の可燃性有機物が添加された可燃性ガスの燃焼特性（主に火炎速度、発生圧力）に係る研究について、以下の文献を調査すること。

- ・ 日本燃焼学会誌：一般社団法人 日本燃焼学会
- ・ 燃料協会誌：一般社団法人 日本エネルギー学会
- ・ 水素エネルギーシステム：一般社団法人 水素エネルギー協会
- ・ 安全工学：安全工学会

- ・燃料協会誌：一般社団法人 日本エネルギー学会
- ・日本機械学会論文集：一般社団法人 日本機械学会
- ・Combustion and Flame

なお、ここに示す文献以外に有用な論文等がある場合は規制庁担当者に報告し、協議して対応を決めること。

調査した結果は、文献ごとに以下の項目をA4用紙1～2枚にまとめ、整理する。

- ・文献名（誌名）
- ・巻号
- ・掲載ページ
- ・発行年
- ・著者名
- ・論文名
- ・着目している燃焼特性（例えば燃焼速度等）
- ・結果の概要等

4.2 化学量論解析手法を用いた可燃性ガスの燃焼特性に係る解析

Cantera (<https://www.cantera.org/>) 等の化学量論解析手法を用いて、表1に示す組み合わせの可燃性ガスの任意の濃度組成における層流火炎速度、圧力等の燃焼特性に係る諸量を解析すること。

- (1) 解析では、可燃性ガス濃度、水蒸気濃度及び温度をパラメータとして表1に示す計算ケース数程度の解析を実施すること。
- (2) 解析で用いる反応メカニズムはFLACSに内蔵されている反応メカニズム以外のものを使用することとし、その引用元を明示すること。
- (3) 解析で得られた層流火炎速度、圧力等の結果をデータベースとして整理すること。
- (4) 具体的な解析条件は作業開始時に規制庁から指示する。

表1 解析対象の可燃性ガス

	可燃性ガス	計算ケース数（目安）
1	H ₂	H ₂ 濃度：6 ケース×温度：3 ケース
2	CO	CO濃度：6 ケース×温度：3 ケース
3	CH ₄	CH ₄ 濃度：6 ケース×温度：3 ケース
4	C ₂ H ₄	C ₂ H ₄ 濃度：6 ケース×温度：3 ケース
5	C ₂ H ₆	C ₂ H ₆ 濃度：6 ケース×温度：3 ケース
6	C ₃ H ₆	C ₃ H ₆ 濃度：6 ケース×温度：3 ケース
7	C ₃ H ₈	C ₃ H ₈ 濃度：6 ケース×温度：3 ケース

8	H ₂ +CO	H ₂ 濃度:2 ケース×CO 濃度:6 ケース×温度:1 ケース
9	H ₂ +CH ₄	H ₂ 濃度:2 ケース×CH ₄ 濃度:6 ケース×温度:1 ケース
10	H ₂ +C ₂ H ₆	H ₂ 濃度:2 ケース×C ₂ H ₆ 濃度:6 ケース×温度:1 ケース
11	H ₂ +C ₃ H ₈	H ₂ 濃度:2 ケース×C ₃ H ₈ 濃度:6 ケース×温度:1 ケース
12	H ₂ +CO+H ₂ O	H ₂ 濃度:2 ケース×CO 濃度:6 ケース×H ₂ O 濃度:2 ケース×温度:1 ケース
13	H ₂ +CH ₄ +H ₂ O	H ₂ 濃度:2 ケース×CH ₄ 濃度:6 ケース×H ₂ O 濃度:2 ケース×温度:1 ケース

4.3 FLACS を用いた可燃性ガスの燃焼特性に係る解析との比較・整理

FLACS により、表 1 に示す組み合わせの可燃性ガスの任意の濃度組成における層流火炎速度、圧力等の燃焼特性に係る諸量を解析し、解析により得られた結果を 4.2 項で得られたデータベースと比較・整理すること。

- (1) 解析では、4.2 項で実施した解析で設定した可燃性ガス濃度、水蒸気濃度及び温度の条件で解析を実施すること。
- (2) 解析では FLACS に内蔵されている反応メカニズムを用いること。
- (3) 解析で使用する解析モデルは受注者で作成すること。
- (4) 解析モデルは一辺約 20m の 3 次元立方体モデルとし、一辺約 0.5m の立方体メッシュで分割すること。
- (5) 4.2 項で設定した可燃性ガス及び空気の組成よりなるガスクラウドを解析モデルで設定した空間内に配置すること。
- (6) 解析で得られた層流火炎速度、圧力等の結果を 4.2 項で得られた結果と比較し、図表等を用いて整理すること。

4.4 技術資料の作成

上記の 4.1 項から 4.3 項の作業内容を取りまとめ、技術資料を作成する。令和 5 年 2 月 28 日を目途に、作成した技術資料（案）を用いて報告を行う。技術資料の作成の際は下記に留意すること。

- ・用語、略号は統一し、一般的でない部分は初出のところで説明する。特殊な用語に対しては用語集をつける。
- ・S I 単位を原則とする。
- ・基礎式、相関式を正確に記述し、必要な場合は引用文献を示し説明をつける。
- ・オリジナリティ、著作権に関わる部分は引用文献を明記し補足があれば注記する。
- ・作業内容の根拠となる各種図表を掲載し、上記実施項目で要求している説明、記録などを含めること。
- ・4.2 項の解析で使用した化学量論解析手法の概略を記載すること。

5. 実施工程

実施工程を以下に示す。

〔 実 施 工 程 〕

		1 0	1 1	1 2	1	2	3	
4.1	可燃性混合ガスの燃焼特性に係る既往研究の調査	←————→						
4.2	化学量論解析手法を用いた可燃性ガスの燃焼特性に係る解析	←————→						
4.3	FLACSを用いた可燃性ガスの燃焼特性に係る解析との比較・整理	←————→						
4.4	技術資料の作成					←————→	△	

▼結果報告及び技術資料（案）の提出 △納期

6. 実施場所

本作業は、受注者の作業場所にて行う。

7. 実施体制及び実施責任者

(1) 実施体制

受注者は実施体制図を発注者に提出すること。

(2) 実施責任者

(a) 発注者側：原子力規制委員会原子力規制庁長官官房技術基盤グループ
安全技術管理官（シビアアクシデント担当）

(b) 受注者側：本事業を統括する実施責任者の役職、氏名を実施体制図に
明示すること。

8. 納入品目、数量、納入場所及び納入時期

(1) 提出図書

受注者が規制庁の承認を受けるため、または規制庁に報告するために提出する図書、書類の提出時期及び部数は、次のとおりとする。

提出図書一覧

No.	提出書類	提出部数 ^(注1)	提出期日	承認
1	実施体制図	1 ^(注1)	受注時及び変更時	要
2	情報セキュリティに関する書面 ^(注2)	1	受注時	
3	実施計画書 ^(注3)	1 ^(注1)	受注後1週間以内 及び変更時	要
4	品質保証活動計画書 ^(注4)	1 ^(注1)	受注後1週間以内	要
5	品質保証活動確認書 ^(注5)	1 ^(注1)	納入時	要

6	技術資料	1 (注1), (注6)	納入時	要
7	解析モデル、解析入力データ、 解析結果を記録した媒体	4	納入時	
8	納品書	1	納入時	
9	完了届	1	納入時	

注1) 承認返却分を含まない。

注2) 「11. 情報セキュリティの確保」(1) 参照

注3) 工程表を含む。

注4) 「9. 品質保証活動」参照

注5) 品質保証活動計画書に基づいて行う品質保証の活動記録を示したものの。

注6) 納入媒体は、紙を1部、電子媒体(DVD等)4部を提出すること。

(2) 納入時期及び納入場所

a. 納入時期 : 令和 5年 3月 20日

b. 納入場所 : 原子力規制委員会原子力規制庁
長官官房技術基盤グループ
シビアアクシデント研究部門
東京都港区六本木一丁目9番9号
六本木ファーストビル15階

9. 品質保証活動

品質保証活動計画書には次の事項を記載すること。受注者は品質保証活動計画書に基づいて品質保証活動を行い、成果物の納入時に品質保証活動確認書を提出すること。また、原子力規制庁担当者が必要に応じて行う品質管理作業に関する監査を受け入れること。

(1) 品質管理体制

受注業務に対する品質を確保するための、十分な体制が構築されていること。

- ・品質管理部署は作業実施部署と独立していること。
- ・実施責任体制が明確となっていること(実施責任者と品質管理責任者は兼務しないこと)。

(2) 品質管理の具体的な方策

受注業務に対して品質を確保するための、当該業務に対応した具体的な作業に関する方法(チェック時期及びチェック内容)が明確にされていること。

(3) 担当者の技術能力

業務に従事する者の技術能力を明確にすること。

10. 検収条件

本仕様書に記載の内容を満足し、8. に記載の提出書類が全て提出されていることが確認できることをもって検収とする。

11. 情報セキュリティの確保

受注者は、以下の点に留意して情報セキュリティを確保するものとする。

受注者は、以下の点に留意して情報セキュリティを確保するものとする。

- (1) 受注者は、請負業務の開始時に、請負業務に係わる情報セキュリティ対策とその実施方法及び管理体制について規制庁担当者に書面で提供すること。
- (2) 受注者は、規制庁担当者から要機密情報を提供された場合には、当該情報の機密性を格付けに応じて適切に取り扱うための処置を講じること。
- (3) 受注者は、原子力規制委員会情報セキュリティポリシーに準拠した情報セキュリティ対策の履行が不十分とみなされたときまたは受注者において請負業務に係わる情報セキュリティ事故が発生したときは、必要に応じて規制庁担当者の行う情報セキュリティ対策に関する監査を受け入れること。
- (4) 受注者は、規制庁担当者から提供された要機密情報が業務終了等により不要になった場合には、確実に返却しまたは廃棄すること。また、請負業務において受注者が作成した情報については、規制庁担当からの指示に応じて適切に廃棄すること。
- (5) 受注者は、本業務の終了時に、業務で実施した情報セキュリティ対策を報告すること。

(参考) 原子力規制委員会情報セキュリティポリシー

<https://www.nsr.go.jp/data/000129977.pdf>

12. その他

- (1) 受注者は、本仕様書に疑義が生じたとき、本仕様書により難しい事項が生じたとき、あるいは本仕様書に記載のない細部については、規制庁担当者とは速やかに協議をし、その指示に従うこと。また、規制庁担当者とは協議後、決定した事項については議事録を作成すること。
- (2) 作業責任者は、規制庁担当者とは日本語で円滑なコミュニケーションが可能で、かつ業務において良好な信頼関係が保てること。
- (3) 業務上不明な事項が生じた場合は、規制庁担当者には確認の上、その指示に従うこと。
- (4) 常に、規制庁担当者との緊密な連絡・協力関係の保持及び十分な支援を提供すること。
- (5) 業務管理責任者は、提出した実施体制を常に確保するとともに、当該作業の進捗状況等について確認し、規制庁担当者には定期的に報告すること。

また、実施工程に変更があった場合は、速やかに規制庁担当者に提出すること。

- (6) 本調達において納品される成果物の著作権は、検収合格が完了した時点で、規制庁に移転する。受注者は、成果物の作成に当たり、第三者の工業所有権またはノウハウを実施・使用にすることは、その実施・使用に対する一切の責任を負う。
- (7) 成果物納入後に受注者の責めによる不備が発見された場合には、受注者は無償で速やかに必要な事項を講ずること。
- (8) 規制庁担当者が抜き打ち的手法等による検査または監督を行う場合があるので、受注者は協力すること。