

可視レーザーを用いた防錆技術開発のための分光
データ収集作業

引合仕様書

令和8年7月

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

敦賀総合研究開発センター

先進技術開発課

1. 一般仕様

1.1 件 名

可視レーザーを用いた防錆技術開発のための分光データ収集作業

1.2 目的及び概要

標準条件で鉄の赤錆 ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) が黒錆 (Fe_3O_4) に還元される温度は 1500°C 以上と推定されている。この温度は母材の融点に匹敵するが、酸素分圧を下げ、さらに還元剤を併用することによって、この温度を大幅に下げることが可能である。よってレーザー照射と還元性アシストガス噴射による局所的な雰囲気制御を組み合わせることによって、廃棄物の発生と環境負荷なく選択的に赤錆を黒錆に還元する新技術を開発出来る可能性がある。

$\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ はその赤色から分かるように 620nm より長い波長に対して「透明」である。よって $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ に対して一般にレーザー加工に用いられる 1064nm 付近に発振波長を持つ近赤外レーザーを強く集光して照射しても、光は照射領域周辺に拡散するため加熱効果は小さい。十分な加熱効果を得るためには、大出力レーザー発振器とそれに対応する大掛かりな水冷光学系が必要である。

近赤外レーザーの代わりに、 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ が強く吸収する波長領域、すなわち 620nm 以下の波長の可視レーザーを用いれば、加熱効果を飛躍的に高めることが出来る。加えて、この吸収は酸素から鉄への電荷移動に起因するものなので、光化学的な還元作用が重畳する可能性もある。これは近赤外レーザーと同じ効果を、より出力の小さい発振器と簡単な光学系で得られることを意味するので、実用性が大きく高まると期待される。

本事業は可視レーザーを用いた還元防錆技術の開発に資することを目的として、可視・近赤外領域の拡散反射スペクトルを収集することを目的として実施するものである。

1.3 作業内容

- (1) 「2.技術仕様」に記載する事項の実施
- (2) 提出図書の作成

1.4 作業場所

受注者が準備する作業場所

1.5 支給品

日本原子力研究開発機構（以下、「原子力機構」）が特に必要と認めたものについては、別途協議の上、無償で支給する。

1.6 貸与品

該当なし。ただし受注者が本検討作業にあたり貸与品が必要となった場合には、原子力機構と別途協議するものとする。

1.7 納期

令和 9 年 2 月 2 8 日

1.8 提出図書

受注者は、第 1 表に示す文書を定められた時期に監督個所に提出しなければならない。

(1) 報告書の内容について

「可視レーザーを用いた防錆技術開発のための分光データ収集作業」で実施した試験方法、試験結果を報告書として取りまとめ、これらの作成に係る文書データ、実験データ、予備的・補助的データを電子データとして含めること。また、本件に関して得られた情報は、第三者への開示あるいは公開を行わないこと。なお、その必要が生じた場合には原子力機構の承認を得ること。

(2) 提出場所

福井県敦賀市木崎 65-20

国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構

敦賀総合研究開発センター 先進技術開発課

1.9 検収条件

提出図書の内容の確認をもって検収完了とする。

1.10 監督箇所

福井県敦賀市木崎 65-20

国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構

敦賀総合研究開発センター 先進技術開発課

1.11 受注者の下請負先の管理に関する要求事項

本仕様に定める作業を実施するにあたり、下請負会社がある場合は、下請負会社届を作業着手前までに原子力機構に提出し、確認をとること。

1.12 安全管理

受注者は作業に当たり「労働安全衛生法」、その他関連法規を受注者の作業員に周知徹底させ、安全衛生の確保に万全を期さなければならない。なお、安全管理上必要な対策は、全て受注者の負担とする。

1.13 検査員及び監督員

(1)報告書点検

検査員 管財課長

監督員 先進技術開発課長

1.14 産業財産権

産業財産権が発生する場合は、別紙1の「産業財産権特約条項」のとおりとする。

1.15 グリーン購入法の推進

本契約において、グリーン購入法（国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律）に適用する環境物品（事務用品、O A 機器等）が発生する場合は、これを採用するものとする。

また、本仕様に定める提出図書（納入印刷物）については、グリーン購入法の基本方針に定める「紙類」の基準を満たしたものであること。

1.16 協議

本仕様書に記載されている事項及び本仕様書に記載されていない事項について疑義が生じた場合、原子力機構と協議の上、その措置を定め議事録に記載する。受注者は、その決定に従うものとする。

2. 技術仕様

2.1 適用法令・規格・基準

本件の実施にあたり、受注者は、関連する法規、規格、基準等を遵守すること。

2.2 作業概要

本事業は実用的なレーザー還元防錆技術の可能性を探り、技術開発に資することを念頭に、雰囲気制御下で鉄の赤錆($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$)に可視レーザーを照射しながら、可視・近赤外拡散反射スペクトルを収集することを目的として実施するものである。

2.3 作業明細

以下に示す条件で試験を実施し、結果を取りまとめること。試験システムは受注者にて準備すること。試験体についても、全試験回数を実施するために必要な数を受注者において準備すること。試験後の試験体は、原則、受注者が処分すること。

(1) 試験システム

レーザー発振器、白色光源、可視分光器、近赤外分光器、ビデオカメラ、およびアシストガス噴射を模するための雰囲気制御機構つきサンプルホルダなどから試験システムを構成すること。

1) レーザー発振器

- ① 発振波長が 450～550nm の範囲内にあること。
- ② 発振形態は CW（連続発振）とすること。
- ③ 最大出力は機構と協議の上決定すること。
- ④ レーザー出力を PC から制御出来ること。PC から制御出来る電圧発生装置など介しても良い。
- ⑤ 適切なタイミングで試験体にレーザー光を照射するために PC 制御可能なシャッターなどからなる周辺光学系も設置すること。

2) 白色光源

- ① 可視域から近赤外域をカバーすること
- ② スポットが分光器の分析領域およびビデオカメラの観察領域をカバーするよう必要に応じて周辺光学系を設置すること。

3) 可視分光器

- ① 分散型光学系を持つこと。
- ② 1024 ピクセル以上の CCD あるいは CMOS 検出器を備えること。

- ③ 測定波長域が 600～900nm より大きいこと。
 - ④ 測定対象の可視光を導入するために SMA 型光ファイバコネクタを備えること。
 - ⑤ PC を用いて制御・記録できること。
 - ⑥ 測定領域の拡散反射光を分光器導入用光ファイバに転送できるよう、レンズ、レーザー散乱光カットフィルタなどからなる周辺光学系を設置すること。
- 4) 近赤外分光器
- ① 分散型光学系を持つこと。
 - ② 256 ピクセル以上のマルチチャンネル InGaAs 検出器を持つこと。
 - ③ 測定波長域が 900～2000nm より大きいこと
 - ④ 測定対象の近赤外光を導入するために SMA 型光ファイバコネクタを備えること。
 - ⑤ PC を用いて制御・記録できること。
 - ⑥ 測定領域の拡散反射光を分光器導入用光ファイバに転送できるよう、レンズ、レーザー散乱光カットフィルタなどからなる周辺光学系を設置すること。
- 5) ビデオカメラ
- ① 可視光に感度を持つこと
 - ② 光導入部は C マウントであること。
 - ③ PC より制御・記録できること。
 - ④ 測定領域付近の像をビデオカメラ本体に転送できるよう、レンズ、レーザー散乱光カットフィルタなどからなる周辺光学系を設置すること。
- 6) 雰囲気制御機構つき試験体ホルダ
- ① 試料周囲の雰囲気を形成するガス源を圧縮ガスボンベにて準備すること。
 - ② ガス源の出口には焼結金属製フィルタエレメントを設置し、下流へのチリや埃の混入を防止すること。
 - ③ 粉末状試料に指定したガスを通気させながらレーザー照射を実施できるよう試料管として外径 ϕ 5 程度、内径 ϕ 4 程度の溶融シリカ管を用いること。
 - ④ 試料管に供給するガスの流量を調節するためにガス源と試料管の間にマスフローコントローラーを挿入すること。
 - ⑤ PC より外部制御出来るマスフローコントローラを用いること

7) 試験システムに関する補足事項

- ① システムの手動操作による実験誤差を排除するため、レーザーパワー制御、レーザーシャッター、可視分光器、近赤外分光器、ビデオカメラなどの動作を PC によって統合し、集中自動制御すること。

(2) 試験・報告

1) 試験手順

- ① まず(1)6)③で指定した試料管に試験体粉末を詰めること。通気中に試験体粉末が動くことを防ぐために、試料管の上流側、下流側両方を溶融シリカウールで塞ぐこと。
- ② 適切なチューブおよびジョイントを利用して、試験体粉末を詰めた試料管をマスフローコントローラの出口に接続すること。
- ③ マスフローコントローラを介して試料管に指定されたガスを指定された流量で通気すること。
- ④ 白色光源で試料を照らしながら可視レーザーを照射し、可視・近赤外拡散反射スペクトルを繰り返し収集・記録すること。後述するように、差スペクトルを得るため、レーザー非照射条件のスペクトルも取得すること。
- ⑤ ビデオカメラを用いてレーザー照射前後の照射部位の写真も撮影すること。

2) 試験条件

- ① 試験体は赤錆の主成分である α -Fe₂O₃ 粉末とすること
- ② ガス源はアルゴン、水素 1 % アルゴンの 2 水準とすること
- ③ ガス流量は 40、70、100SCCM の 3 水準とすること。
- ④ 照射レーザーパワーは 5 水準を目安に機構と協議の上決定すること。
- ⑤ 各試験条件についてレーザー照射時間は 60 秒程度とすること。
- ⑥ 可視・近赤外拡散反射スペクトルの繰り返し測定周期は 1 秒以下とすること。
- ⑦ 一本の試料管に対して複数回の試験を実施しても良いが、照射位置が重ならないよう留意すること。

3) 報告内容

- ① 各試験条件について、可視・近赤外拡散反射スペクトルの照射時間依存性を、波長、時間、拡散反射強度を軸とするグラフとして報告すること。

- ② これに加え、レーザー未照射時を基準とした、可視・近赤外拡散反射差スペクトルの照射時間依存性を、波長、時間、相対拡散反射強度を軸とするグラフとして報告すること。
- ③ 各試験条件について、レーザー照射前後のレーザー照射部位の写真を報告すること。
- ④ 試験に使用した機材の情報、例えば写真、仕様、図面なども報告すること。

(3) 補足

- 1) 試験にあたって保護メガネなどの適切な安全器具を用いること。
- 2) 測定機器破損、火災など、業務の遂行に支障が出た場合は、作業を中止し、原子力機構に連絡の上、対応を協議すること。

以上

第1表 提出図書リスト

提出図書			提出 要否	提出 部数	確認 要否	提出時期
請 負 決 定 後	1	実施計画書	○	1	○	契約後速やかに
	2	全体工程表(注1)	○	1	○	契約後速やかに
	3	委任又は下請負等の承認について (注2)	○	1	○	着手前
	4	打合せ議事録	○	1	○	打合せ後、1週間以内
	5	その他原子力機構が必要と認めた書 類	○	必要に 応じ	必要に 応じ	その都度
作 業 完 了 後	1	作業報告書(実績工程含む)(注3)	○	2	○	納期まで
	2	記録写真(注4)	○	2	×	納期まで
	3	その他原子力機構が必要と認めた書 類	○	必要に 応じ	必要に 応じ	その都度

(凡例 ○：要、×：否)

注1：契約締結日、図書提出日、着手日、主な試験・検査日、作業完了日、契約完了日を網羅すること。なお、工程を変更する場合は、予め原子力機構側の了解の上改訂し提出すること。

注2：書式については原子力機構担当者に申し出ること。

注3：報告書及び報告書に係わるバックデータは、全て電子データ化して提出すること。(WORD, EXCEL 等オリジナル及び報告書全体の PDF 形式の2種類) また、検討等に使用したバックデータ(文献等)についても提出すること。

注4：記録写真については報告書に含めてもよい。

産業財産権特約条項

(乙が単独で行った発明等の産業財産権の帰属)

第1条 乙は、本契約に関して、乙が単独でなした発明又は考案（以下「発明等」という。）に対する特許権、実用新案権又は意匠権（以下「特許権等」という。）を取得する場合は、単独で出願できるものとする。ただし、出願するときはあらかじめ出願に際して提出すべき書類の写しを添えて甲に通知するものとする。

(乙が単独で行った発明等の特許権等の譲渡等)

第2条 乙は、乙が前条の特許権等を甲以外の第三者に譲渡又は実施許諾する場合には、本特約条項の各条項の規定の適用に支障を与えないよう当該第三者と約定しなければならない。

(乙が単独で行った発明等の特許権等の実施許諾)

第3条 甲は、第1条の発明等に対する特許権等を無償で自ら試験又は研究のために実施することができる。甲が甲のために乙以外の第三者に製作させ、又は業務を代行する第三者に再実施権を許諾する場合は、乙の承諾を得た上で許諾するものとし、その実施条件等は甲、乙協議の上決定する。

(甲及び乙が共同で行った発明等の特許権等の帰属及び管理)

第4条 甲及び乙は、本契約に関して共同でなした発明等に対する特許権等を取得する場合は、共同出願契約を締結し、共同で出願するものとし、出願のための費用は、甲、乙の持分に比例して負担するものとする。

(甲及び乙が共同で行った発明等の特許権等の実施)

第5条 甲は、共同で行った発明等を試験又は研究以外の目的に実施しないものとする。ただし、甲は甲のために乙以外の第三者に製作させ、又は業務を代行する第三者に実施許諾する場合は、無償にて当該第三者に実施許諾することができるものとする。

2 乙が前項の発明等について自ら商業的实施をするときは、甲が自ら商業的实施をしないことにかんがみ、乙の商業的实施の計画を勘案し、事前に実施料等について甲、乙協議の上、別途実施契約を締結するものとする。

(秘密の保持)

第6条 甲及び乙は、第1条及び第4条の発明等の内容を出願により内容が公開される日まで他に漏洩してはならない。ただし、あらかじめ書面により出願を行った者の了解を得た場合はこの限りではない。

(委任・下請負)

第7条 乙は、本契約の全部又は一部を第三者に委任し、又は請け負わせた場合においては、その第三者に対して、本特約条項の各条項の規定を準用するものとし、乙はこのために必要な措置を講じなければならない。

2 乙は、前項の当該第三者が本特約条項に定める事項に違反した場合には、甲に対し全ての責任を負うものとする。

(協議)

第8条 第1条及び第4条の場合において、単独若しくは共同の区別又は共同の範囲等について疑義が生じたときは、甲、乙協議して定めるものとする。

(有効期間)

第9条 本特約条項の有効期限は、本契約締結の日から当該特許権等の消滅する日までとする。