

TECHNORIDGE

2024 335



特集

地域資源を支える受託試験

TECHNORIDGE

2024 335



目次

就任のご挨拶	2
巻頭言	2
CAE の高精度化	
- 高温環境下におけるプラスチック材の引張特性の活用 -	3
塩水噴霧試験に代わる金属材料の耐食性評価技術	4
繊維製品の機能性評価試験	5
バイオ炭 炭素貯留量評価方法の開発	7

就任のご挨拶

所長 細田 朝夫



令和5年10月1日付けで所長に就任いたしました細田朝夫です。よろしくお願いします。

和歌山県工業技術センターは、地域産業の発展に貢献するため、地場産業を中心に各分野における技術的な支援活動を推進してまいりました。

その基本ミッションは大きく二つであり、ひとつは「企業様が今困っていること」の解決で、技術相談、受託試験、受託研究、機器貸付等のメニューを準備し対応しています。もうひとつは「企業様の将来の発展に貢献する」ための研究開発・技術支援であり、先行的な技術開発に目を向け、先端的な支援機器の充実、独自の研究開発／職員のスキルアップなどに取り組むことで、新たなニーズにも対応できる戦力を整えてきました。

現在は、第四期中期計画（令和2～6年度までの5か年計画）に基づく企業支援活動を進めており、特に、「技術開発（わざ）」「ものづくり（もの）」「人材育成（ひと）」への支援に重きを置き、新たな技術開発に挑戦する企業様、ものづくりの安定化・高度化に取り組む企業様、それらの取組に必要な人材の育成等に貢献するため支援活動を積極的に進めています。

今後も、デジタル化の推進やカーボンニュートラルへの対応など多くの課題を抱える企業の皆様方のニーズに応じた適切・的確な技術支援に努め「未来に結ぶ技術の架け橋」としてご活用いただけるよう努力してまいりますので、お困り事があれば、まずはお気軽にご相談ください。

試験評価で
お悩み解決

編集担当

結城 諒介

当センターは和歌山県の地域産業の中核的研究機関として、各産業に携わる企業の方々への技術支援を実施しています。中でも、地場産業である繊維や皮革、木工やプラスチック、金属加工等の産業に対して幅広い支援を行っているのが「地域資源活用部」です。

本号では、当部で実施した試験評価や、これからの技術支援において役立つと期待されている試験や解析手法について、「CAE」、「腐食」、「繊維」、「バイオ炭」をキーワードにご紹介いたします。一見して、「今回は、我が社にはあまり関係ない内容かな？」と思われる企業の方もいらっしゃるかもしれません。しかしながら、本号で紹介する手法は、ものづくりに携わるの方々にとってどこかで必ず役に立つ知識となると考えております。この機会にぜひ一読いただければ幸いです。

CAEの高精度化

- 高温環境下におけるプラスチック材の引張特性の活用 -

地域資源活用部 上森 大誠

はじめに

プラスチック材は、弾性率や強度に対する温度依存性が高いため、事前に製品の使用環境を考え、その環境での材料物性に基づいて強度設計を行う必要があります。最近では、CAE¹⁾による構造解析シミュレーションにより、物体の構造を解析し、完成品に問題がないかを事前に検証することが一般的になってきましたが、「CAEに必要な材料物性データを入手できない」、「シミュレーションと実測値があわない」という困りごとをよく耳にします。その要因の一つとして、実現象にあった適切な材料物性が適用されていないことが考えられます。本稿では、CAEに活用できる材料物性測定の一例として、高温環境下における引張試験による物性測定について紹介します。

測定事例

高温環境下における引張試験による物性測定では、恒温槽付きの材料試験機²⁾と非接触三次元変位・ひずみ分布測定装置³⁾を利用します。非接触三次元・変位ひずみ分布測定装置は、デジタル画像相関法と呼ばれる画像解析の原理を利用しており、測定対象の変形挙動をカメラにより撮像し、変形前後の画像に対してデジタル画像相関法を適用することで、物体表面の変位・ひずみ分布を非接触かつ非破壊で測定します。測定は、図1に示すように、恒温槽の窓越しに、試験片の平行部全体が均一に伸びるのではなく、局部的にくびれが生ずる変形挙動をカメラで撮像し、画像解析により変形量やひずみを算出します。

測定結果の一例を図2(A)、(B)に示します。(A)は応力^{※1}・ひずみ^{※2}曲線、(B)は(A)より求めた引張弾性率^{※3}となります。この結果から、恒温槽の温度を上昇させることにより、ひずみの小さい領域において曲線の傾きが小さくなり、引張弾性率の値が小さくなっていくことが分かります。また、応力の最大値(降伏点)も小さくなっていることが分かります。すなわち、温度依存性を確認することができます。

※1 応力：物体に外部から力が発生した時に、物体内部に発生する単位面積あたりの力

※2 ひずみ：外力による物体の伸び量を、元の長さで割り単位長さあたりの値としたもの

※3 引張弾性率：単位断面積当りの引張り応力と応力方向に生じる伸びとの比

おわりに

本稿では、恒温槽付きの材料試験機と非接触三次元変位・ひずみ分布測定装置を用いた材料物性測定の一

例を紹介しました。今回取得した測定結果(応力・ひずみ曲線や引張弾性率等)をCAEに活用することで、各温度における材料物性の挙動が表現できるため、製品の使用環境に応じた強度設計が可能となります。

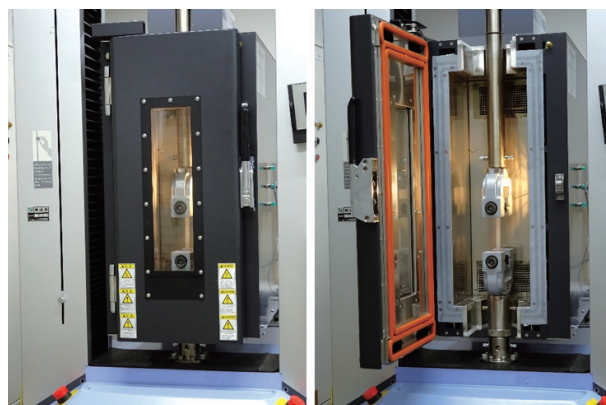
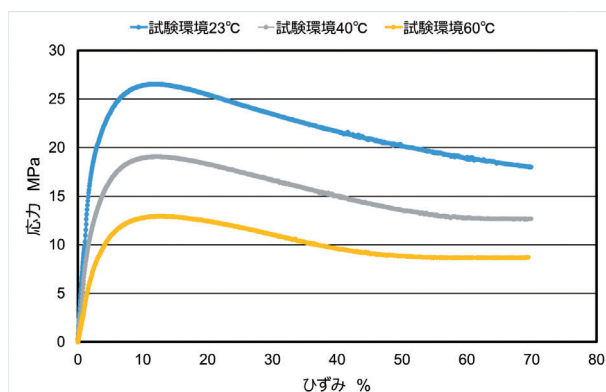
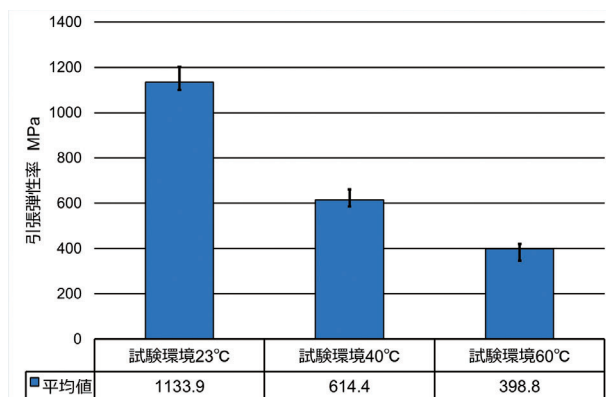


図1 恒温槽を利用した引張試験



(A) 応力・ひずみ曲線



(B) 引張弾性率

図2 測定結果の一例(供試体 PP)

[参考文献]

1)TECHNORIDGE 307,308,313,319 号

2)TECHNORIDGE 323 号

3)TECHNORIDGE 316 号

塩水噴霧試験に代わる金属材料の耐食性評価技術

地域資源活用部 内山 真明

塩水噴霧試験について

金属材料の耐食性評価方法として塩水噴霧試験がよく知られており、JIS にも規定されていることから広く活用されております。一方、実環境での腐食挙動との乖離があることや、試験期間が数週間～数か月程度と長期におよぶことも多く試験費用がかさむことなどが問題点として挙げられます。

当センターでは、この試験以外にも耐食性評価を行う手法を有しておりますので、以下にその事例を紹介いたします。

電気化学測定による耐食性評価

電気化学測定は、短時間で腐食特性を把握することのできる手法です。

例えばステンレス鋼のように局部腐食を起こしやすい材料の場合、孔食電位測定による評価がよく知られております。その結果の一例を図1に示します。

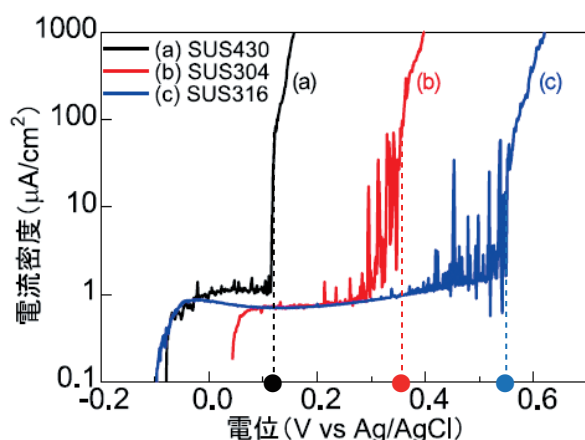


図1 ステンレス鋼の孔食電位測定結果の一例

金属材料の腐食反応の速度は、外部から電圧を印加することで増加します。ステンレス鋼の場合、耐食性に優れる不働態皮膜^{※1}が存在するため、少々電位が高くなってもなかなか腐食が起きませんが、電位がある値に達すると、不働態皮膜が耐え切れなくなって著しい腐食を起こし、急激に電流値が上昇します。この電流値が急上昇した際の電位を孔食電位と呼び、この値(図1中の●印の値)の大小で耐食性を評価することができます。図1では孔食電位の値が (a)SUS430<(b)SUS304<(c)SUS316 の順に大きくなっており、実際の各鋼材の耐食性の序列と一致した結果となっております。JIS では 3.5%NaCl 水溶液を用いた測定方法が規定されておりますが、測定に使用する溶液を実環境で用いられる溶液に合わせた組成とすることにより実

態に近い耐食性評価が可能になります。

※1 不働態皮膜：クロムと大気中の酸素との反応によって作られる厚さ1～3ナノメートルの非常に薄い皮膜(=酸化被膜)

浸漬試験

何らかの腐食トラブルが起きた際、原因を追究するために再現試験を行うことがあります。前述の通り、塩水噴霧試験は実環境と大きく異なることが多いので、再現試験には不向きです。そこで、実環境で用いられた溶液あるいは実環境を模擬して作製した溶液に金属材料を浸漬し、実環境に合わせた温湿度に保つことで、比較的再現性の高い耐食性評価が可能となります(図2)。また、腐食を促進する因子として温度、pH、塩化物イオン濃度などが挙げられますが、これらの濃度を変えた溶液で浸漬試験を行うことで、どの因子が腐食を促進する主要因となっているのかを調査することもできます。なお、浸漬試験を行いながら自然電位を同時に測定することにより腐食挙動に関する有用な情報を得ることも可能です¹⁾。

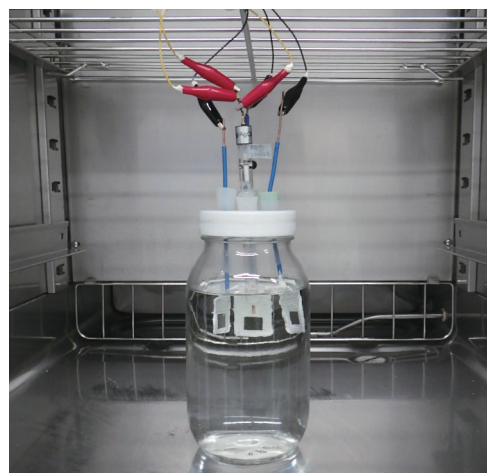


図2 浸漬試験の様子

おわりに

実環境との腐食挙動との乖離が指摘されている塩水噴霧試験に代わり、より実環境に近い耐食性評価ができる方法の一例をご紹介いたしました。耐食性評価方法は、前述で紹介した方法以外にも様々な手法があり、いずれの手法にもメリット・デメリットがあります。金属材料の腐食に関してお困りごとがございましたら適切な評価手法を提案させていただきますので、お気軽にご相談ください。

[参考文献]

1) 八代仁, 丹野和夫; 表面技術, 47, 2 (1996)

繊維製品の機能性評価試験

地域資源活用部 結城 諒介

はじめに

私たちが暮らしを営む上で、衣食住は欠かせません。その内の「衣」に着目すると、衣類は身体の体温調整や運動効率向上、保護機能等を担います。また、制服や喪服等の特定の場面に使用する衣類には、社会慣習に沿った礼儀や思いやりを表現する働きがあります。繊維製品には他にも、調理の際に用いる晒し布、だしこし袋や、住居内で使用するカーテン、カーペット、布団等があり、衣食住の「食住」も支えていると言っても過言ではありません。

本稿では様々な繊維製品の機能性を評価する試験法について紹介いたします。中には、業界独自の試験法もありますが、参考にさせていただきますと幸いです。

繊維製品ができて上がるまで

本稿の内容を理解いただくにあたり、身近にある繊維製品である衣類を例に挙げ、製造工程について紹介いたします（図1）。衣類は大きく分けると4つの工程を通して生産されます。まずは、植物の茎や動物の毛、あるいは化成品から繊維を取り出し、紡績することで糸にします。この糸を織ったり編んだりすることで生地とし、生地を縫製すると最終製品の衣類ができて上がります。なお、その他の工程として染色加工や様々な機能性を持たせるために繊維加工剤の付与等が行われます。

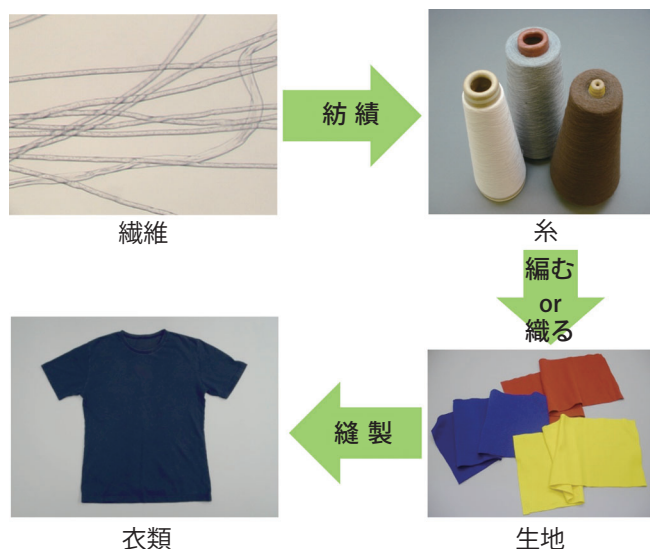


図1 衣類ができて上がるまでの工程

UVカット性評価

紫外線（UV）はお肌の大敵とイメージされる方は多くいらっしゃるのではないのでしょうか。図2に示すとおり、紫外線の波長は100nm～400nmと短波長であるため可視光線と比較してエネルギーが強く、長時間暴露すると人の肌にダメージを与えます。紫外線から肌を守るには、日焼け止め剤を肌に塗布することが有効ですが、衣類や帽子、日傘等を併用することでより高い効果が期待できます。しかし、すべての繊維製品がUVカット性を有するわけではなく、一般的には、「厚い織物」、「黒等の濃色」、「ポリエステル」の繊維製品であればUVカット性が期待できます。また、二酸化チタン等の無機物を繊維中に練り込んで紫外線を反射・散乱させることを狙った機能性糸を使用することや、後処理工程にて生地表面に紫外線散乱剤を付与することでも効果が期待できます。

このUVカット性の評価は、紫外線の透過率を測定することで評価できます。当センターでは、紫外線A及び紫外線Bの波長領域である280nm～400nmの透過光の透過率曲線積分値からUVカット率を算出しています（図3）。

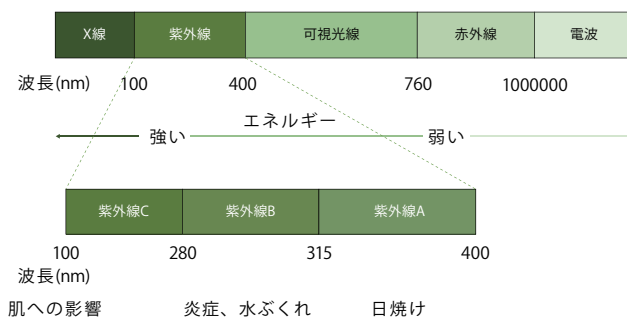


図2 紫外線の波長領域と肌への影響¹⁾

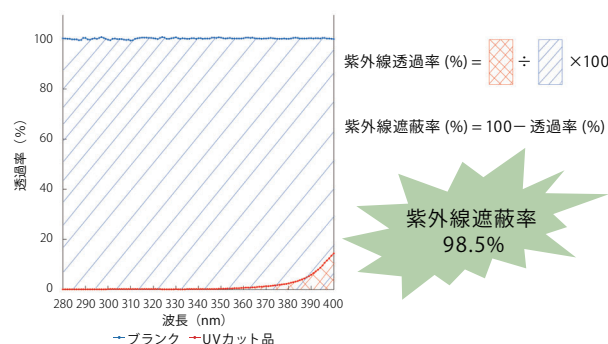


図3 透過率測定結果

洗濯物の乾きやすさの評価

洗濯物を乾かす際の乾きやすさには違いがあります。これは繊維製品の体積、質量、形状等様々な要素が絡み合っているため、一概に「生地が薄いから乾きやすい」や「大きなタオルだから乾きにくい」とは言えません。このため、繊維製品の乾きやすさを評価する際は、実物の製品を用いて洗濯し、乾くのにかかる時間を測定する必要があります。当センターで試験を行う場合、①乾いた洗濯物（評価する繊維製品）の乾燥質量を予め測定した上で、家庭用洗濯機で洗濯・脱水、②濡れた洗濯物をハンガー等に吊り下げた状態で天秤へセット、③乾燥質量になるまでにかかる時間を測定するという試験法を採用しています。

繊維製品の乾きやすさには、繊維種毎に決まっている公定水分率^{※1}が大きく関わります。公定水分率が低い繊維種は水分を吸いにくいいため、乾きやすい傾向があります。逆に、公定水分率が高いものは水分を多く吸収するため、乾きにくいです。綿とポリエステルを例に挙げると、綿の公定水分率は 8.5%でポリエステルの公定水分率は 0.4%と、その値に約 20 倍の差があるため、圧倒的にポリエステルの方が乾きやすいです（表1）。他の要因として、生地へ撥水加工がされていると、脱水時の水切れが良くなることから繊維種を問わず乾きやすくなります。

※1 公定水分率：温度 20℃湿度 65% の環境における繊維内の水分率

表 1 繊維種と公定水分率の関係²⁾

繊維種	公定水分率 (%)	繊維種	公定水分率 (%)
綿	8.5	ナイロン	4.5
麻（亜麻、ラミー）	12.0	ポリエステル	0.4
絹	12.0	アクリル	2.0
羊毛	15.0	モダクリル	2.0
レーヨン	11.0	ポリエチレン	0.0
ポリノジック	11.0	ポリプロピレン	0.0
キュブラ	11.0	ポリウレタン	1.0
アセテート	6.5	ポリクラール	3.0
トリアセテート	3.5	ポリ乳酸	0.5
プロミックス	5.0	ビニリデン	0.0
ビニロン	5.0	ポリ塩化ビニル	0.0

接触冷温感の評価

接触冷温感とは、肌着類を着用したときや、素足でマットの上を歩いた際にひんやりと感じたり、あったかいと感じる感覚性能を指します。これはヒトの皮膚と繊維製品表面の間の熱移動により生じる感覚性能であるため、専用の試験機を用いて繊維製品表面と測定部間の熱流束（ q 値）を測定することで定量評価できます。なお、 q 値が大きいと冷感が強くなり、逆に q 値が小さいと温感が

増します。図4には、冷感を付与したバスマット2種の q 値を経時測定した結果を示しました。いずれも測定直後に熱移動が起きたため、冷感を感じられます。熱流束の極大値は $q_{\max}$ と表され、測定条件によりますが、 $\Delta T=10^{\circ}\text{C}$ ^{※2} の場合、 $q_{\max}$ が $0.1\text{W}/\text{cm}^2$ 以上であると冷感があるとされます。また、 q 値の経時変化を測定すると、冷感の持続性について評価可能です。図4の場合、赤いプロットのものは $q_{\max}$ が $0.2\text{W}/\text{cm}^2$ 以上ですが、 $q_{\max}$ 以降は q 値が急激に低下するため冷感の持続性が乏しいです。一方、青プロットのものの $q_{\max}$ は $0.2\text{W}/\text{cm}^2$ に至らないですが、 $q_{\max}$ 以降の q 値の低下が穏やかであるため、冷感に持続性があると評価できます。

※2 $\Delta T=10^{\circ}\text{C}$ ：繊維製品の表面温度と測定部の温度差が 10°C
例 繊維製品の表面温度 20°C 、測定部の温度 30°C

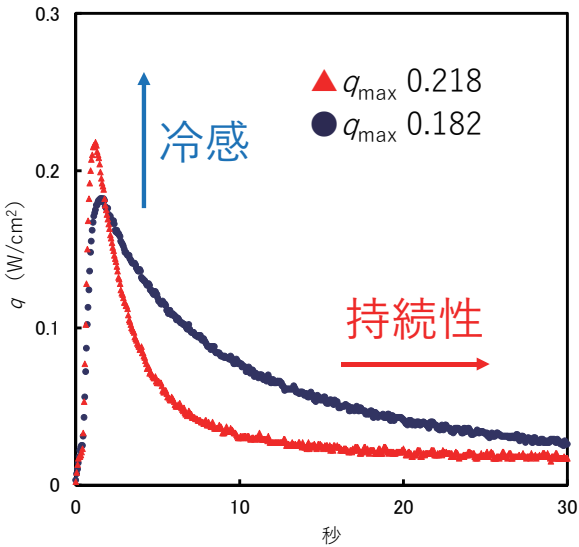


図 4 q 値の経時変化

おわりに

本稿では、繊維製品の機能性評価試験に着目し、多くある試験法の内の一部について解説させていただきました。当センターでは JIS 試験や業界独自の試験の実施に加えて、企業の方々からの「こんな試験ができればいいな」という声にもできる限り対応させていただいております。ご利用の際はお問い合わせください。

【参考文献】

- 1) 平井東幸 図解繊維がわかる本 日本実業出版社，2004,24
- 2) 秋山隆一 他 繊維製品の基礎知識シリーズ（一社）日本医療管理協会，第1部，2016,24

バイオ炭 炭素貯留量評価方法の開発

地域資源活用部 宮崎 崇

はじめに

近年、二酸化炭素（CO₂）等の温室効果ガスが地球温暖化及び異常気象に及ぼす影響について大きく取り上げられています。2015 年にパリで開かれた国連気候変動枠組条約締約国会議（COP21 パリ協定）にて、産業革命前からの世界の平均気温上昇を2℃以下、可能ならば 1.5℃以下に抑えることが合意されました。しかしながら、2022 年はすでに 1.15℃上昇しており、緊急の対策が必要な状況となっています¹⁾。

本稿では地球温暖化対策技術の一つとして近年注目を集めている「バイオ炭の炭素貯留」について技術解説を行うとともに、現在当センターで取り組んでいる炭素貯留量評価方法の開発状況についてご紹介します。

カーボンマイナス技術とバイオ炭

大気中の温室効果ガス（本稿では CO₂ に限定して記載）の増大は、石油や石炭といった地中にあった炭素を含む資源を掘り出して地表で利用していることが原因です。そのため、パリ協定の目標を達成するために、省エネや太陽光発電等の再生可能エネルギーを活用し、地中の炭素の使用量を削減していくことは必須ですが、それだけでは地表の CO₂ 量は最良でも現状維持にしかありません。

現在の危機的状況では、より積極的に大気中の CO₂ を隔離及び除去していくこと（カーボンマイナス）が求められています。表1は内閣府のホームページに記載されているカーボンマイナス技術です²⁾。その中に本稿の主題である「バイオ炭」があります。

バイオ炭による炭素貯留

植物は大気中の CO₂ を吸収してその炭素を用いて成長

します。よって表1にあるように、植物の植林もカーボンマイナス技術になります。しかし植物が食べられたり、枯れて腐ったり、燃えてしまうと、せっかく大気中から植物に固定化した炭素が再び大気中に放出されてしまうため、長いスパンで考えると CO₂ を隔離・除去するのは困難です。一方で炭は、遺跡から炭化米が発掘された事例に見られるように、土の中で長期間、分解することなく安定した状態を保つことができます。よって、大気中の CO₂ を吸収した植物を炭化した上で、これを土中に埋めれば、安定的に CO₂ を隔離・除去することが可能です。この手法をバイオ炭による炭素貯留といいます（図1）。「バイオ炭の炭素貯留」は炭を土に埋めるだけですので、他のカーボンマイナス技術と比べると特別な装置や技術が必要とせず、低コストで誰でも簡単に行うことができることが利点です。なお、本手法は 2018 年に気候変動に関する政府間パネル（IPCC）において二酸化炭素除去方法として明記され、国際的に合意の得られた技術になりました。³⁾

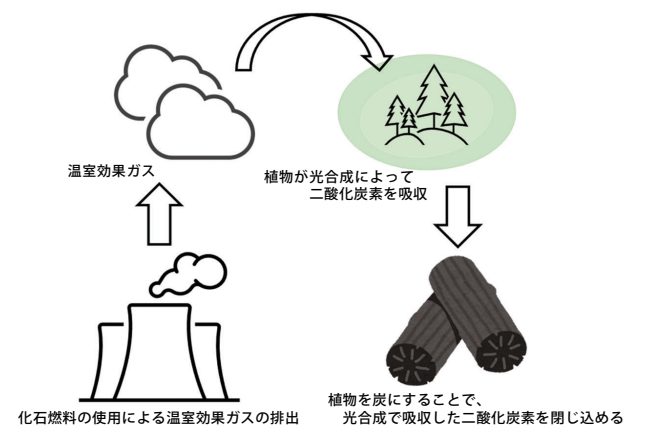


図1 バイオ炭によるカーボンマイナス⁴⁾

表1 カーボンマイナス技術一覧（ムーンショット目標4より記載）

植林・再生林	植林は新規エリアの森林化、再生林は自然や人の活動によって減少した森林への植林
土壌炭素貯留	バイオマスを土壌に貯蔵・管理する技術（自然分解によるCO ₂ 発生を防ぐ）
バイオ炭	バイオマスを炭化し炭素を固定する技術
BECCS	バイオマスの燃焼により発生したCO ₂ を回収・貯留する技術
DACCS	大気中のCO ₂ を直接回収し貯留する技術
風化促進	玄武岩などの岩石を粉砕・散布し、風化を人工的に促進する技術。風化の過程（炭酸塩化）でCO ₂ を吸収
海洋肥沃・生育促進	海洋への養分散布や優良生物品種等を利用することにより生物学的生産を促してCO ₂ 吸収・固定化を人工的に加速する技術。大気中からのCO ₂ の吸収量の増加を見込む。
ブルーカーボン管理（藻場貯留）	マングローブ・塩性湿地・海草などの沿岸のブルーカーボン管理によるCDR。大型海藻類（例えば、昆布）など他の沿岸および非沿岸生態系における炭素隔離の可能性を議論中。
植物残差海洋隔離	海洋中で植物残差に含まれる炭素を半永久的に隔離する方法（自然分解によるCO ₂ 発生を防ぐ）ブルーカーボンのみならず外部からの投入を含む
海洋アルカリ化	海水にアルカリ性の物質を添加し、海洋の自然な炭素吸収を促進する炭素除去の方法

バイオ炭 炭素貯留量評価方法の開発

バイオ炭の炭素貯留量評価方法の開発

一般に、バイオ炭の性質は原材料のバイオマス種によって異なります。木材からつくられたバイオ炭は炭素の割合が高く、灰分が少ないですが、もみ殻から作られたバイオ炭は約 50wt% が灰分であり、その分炭素の割合が小さくなります。また、バイオ炭作製時の炭化温度が高まると、炭の安定性も高まり、土中で分解しにくくなります。

これらのことを考慮し、バイオ炭の炭素貯留量を算出する際は、IPCC 記載の表2及び表3の数値を式1へ代入し算出します³⁾。この算出法は取り扱いが単純で便利ですが、バイオ炭のバイオマス種、炭化方法及び炭化温度の情報が明確化されている必要があります。しかし、実情ではこれらの情報が得られないバイオ炭が多くあるため、炭素貯留量を算出できない場合があります。

そこで当センターでは、令和3年度から秋田県立大学木材高度加工研究所、立命館大学等と共同し、福井県が提案し実施していた農林水産研究推進事業委託プロジェクト研究に参画し、新しい炭素貯留量評価方法の開発を行っています。本事業では、JIS M 8812「石炭及びコークス類の分析方法」記載の手法でバイオ炭の水分(107±2℃で1時間後の重量減少率)、灰分(815±10℃で2時間後の残存重量率)、揮発分(900±20℃で7分後の重量減少率)及び、固定炭素(水分、灰分、揮発分以外の割合)の4項目を測定し、これらの測定結果を用いてバイオ炭の炭素貯留量を評価する手法について検討を行っています。

現在までに竹材、草本類(稲わら、刈芝、松葉、落葉、バガス)、木質(広葉樹・針葉樹、樹皮)、もみ殻、汚泥等、様々なバイオマス種のバイオ炭について水分、灰分、揮発分及び固定炭素の測定を行い、炭素貯留量を評価しました。その評価結果は、IPCC の手法で算出した炭素貯留量と強い相関がみられたため、当該研究の手法にてバイオ炭の炭素貯留量を評価できることがわかってきました。

た。現在、本手法が IPCC にて世界的な合意が得られるように、データの収集を実施中です。本事業の成果が、今後のバイオ炭技術を発展させる研究のひとつとなると考えています。

おわりに

2021 年度の我が国における温室効果ガスの排出量は 11.7 億 t (CO₂ 換算値)⁵⁾ です。1t の CO₂ を貯留するに必要となる一般的なバイオ炭の量は 330 kg ですので、11.7 億 t の CO₂ を貯留するには、およそ 4 千億 kg のバイオ炭を土中へ埋設する必要があります。このことから、日本中全ての余剰バイオマスをバイオ炭としても、総排出量と比べ微々たる量の CO₂ しか固定化できないのが現状です。しかしながら、バイオ炭による炭素の固定化は、特別な設備や技術を必要とせず、作製したバイオ炭を地中に埋めるだけで誰でも簡単に実施可能です。地球の未来のため、是非皆様もトライしていただければと思います。また、本稿をきっかけにバイオ炭に限らず、カーボンマイナス技術について考えていただけると幸いです。

[参考文献]

- 1) WMO(世界気象機関)ホームページ
<https://wmo.int/topics/climate>
- 2) 内閣府ホームページ ムーンショット目標 4 より抜粋
<https://www8.cao.go.jp/cstp/moonshot/sub4.html>
- 3) IPCC 2019 年方法論報告書
(2006 年 IPCC 国別温室効果ガスインベントリガイドラインの 2019 年改良)
- 4) 立命館大学 カーボンマイナスプロジェクト
柴田教授講演資料より抜粋
<https://www.ritsumeikan-carbon-minus.org/>
- 5) 環境省ホームページ温室効果ガス排出・吸収量等の算定と報告より抜粋
<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg-mrv/emissions/index.html>

表2 IPCC 記載の炭素貯留量計算方法に使用するパラメーター
バイオマス種と炭素含有量の関係

バイオマス種	炭素含有率	
	炭化方法：熱分解	炭化方法：ガス化
家畜糞尿由来	0.38	0.09
木材由来	0.77	0.52
草本由来	0.65	0.28
もみ殻・稲わら由来	0.49	0.13
木の実由来	0.74	0.4
製紙汚泥・下水汚泥由来	0.35	0.07

表3 IPCC 記載の炭素貯留量計算方法に使用するパラメーター
100 年後炭素残存率と炭化温度の関係

炭化温度	100 年後炭素残存率
高温 (> 600℃)	0.89
中温 (450-600℃)	0.80
低温 (350-450℃)	0.65

式1 $\text{炭素貯留量 (t-CO}_2\text{)} = \text{施用量 (t-dm)} \times \text{炭素含有率 (t-C/t-dm)} \times 100 \text{ 年後炭素残存率 (Fperm)} \times \frac{44}{12}$