Chemicals Evaluation and Research Institute, Japan
CERI NEWS
No.93 2022 April

CONTENTS

●巻頭言
個人的経験から思う、安全性評価技術の将来像について
国立医薬品食品衛生研究所　安全性予測評価部
第二室長　足利 太可雄

●業務紹介
① 化学物質を正しく安全に取り扱うために
－化学物質の有害性評価のための試験法紹介－
② 特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律（化管法）の政令改正（SDS 対象物質の拡大）
③ 金属アーク溶接等作業から発生する溶接ヒュームの測定
④ 二酸化炭素濃度測定器の性能評価試験
⑤ プラスチックの燃焼時二酸化炭素発生量測定

●本機構の活動から
令和４年度 CERI 公募型研究助成（研究支援事業）
CERI 賞表彰報告（研究表彰事業）

●お知らせ
令和４年度 CERI 寄付講座　開講案内
第 27 回化学物質評価研究機構研究発表会のご案内

●編集後記

CERI 一般財団法人 化学物質評価研究機構
Chemicals Evaluation and Research Institute, Japan

巻頭言

個人的経験から思う、安全性評価技術の将来像について

国立医薬品食品衛生研究所
安全性予測評価部　第二室長
足利　太可雄

人と化学物質の調和は、今後ますます重要視されるようになると思われる。これは非常に大きく重いテーマであるが、本稿では肩ひじを張らず、化学物質の安全性評価技術の将来像について、個人的な経験に基づく思いを述べてみたい。

私は応用化学出身であるため、学生実験ではアゾ化合物の合成なども経験し、その鮮やかな色彩や教科書通りに反応が行われることに強い印象を受けたものの、こうした化学物質の安全性については正直思いを巡らすことはなかったように思う。それは大学院で生物系に軌道修正し、放射性同位元素などを用いる実験を行うようになってもあまり変わらなかったが、免疫系に対する化学物質の影響を研究するなかで、文字通り分子レベル、細胞レベル、組織・臓器レベルおよび生体レベルでの変化を目の当たりにし、化学物質の生体影響は実体験として深く心に刻まれることとなった。

その後私は民間企業において原料の安全性評価に携わりながら、社会的動向に対応する形で動物実験代替法開発とその公定化を経験することとなった。今にして思うのは、化学物質の安全性評価技術の確立は、様々な専門家による国際的な合意形成という膨大な作業の上に成り立つということであり、その先には社会的コンセンサスというさらに長い道のりが待っているということである。このことは、我々安全性評価技術に関わる研究者は、ラボで実験をするだけではなく、異なる意見や、時には痛烈な批判にさらされることを意味する。特に従来の安全性評価技術を代替するとなると、厳しい検証が不可欠であるのは当然であるが、代替となるとやはりどこかで無理があり、開発者はそれを知りつつ生身の人間として対峙するため、私のような凡人の心は平穏ではいられないのである。

さらにその後、私は現在の所属である国立の研究機関に職場を移し、今度は規制側として安全性評価技術の公定化に関わることとなった。対象とする技術は同様であるが、立ち位置が異なる訳である。ここで痛感するのは、安全性評価技術の国際動向を把握することの重要性である。そのためには、様々な専門家とのネットワークにより、最新研究を複眼的に把握することが大事であると思っている。

さて、肝心の安全性評価技術の将来像については、多くの方から相談を受ける機会があり、不透明な状況に不安を感じている方が多いと推察している。代替法が完成するのはいつで、どんな方法になるのですか？と占い師にするような質問を受けることさえある。将来 *in vitro/in silico* の重要性が増加していくことは間違いないと思われるが、*in vivo* の重要性が減少するのではなく、むしろ懸念のある化学物質を *in vivo* で徹底的に評価する目的で、さらなる *in vivo* 試験の進化が求められると想像する。少し気になるのは、「誰かがそのうち何とかしてくれるだろう」という思いを感じることである。安全性評価技術は社会全体に関わるものであり、様々な知見を統合して成立するものである以上、研究者である私たちは、「自分ができることは何だろう？」と自らに問うことから始めたい。将来像を決めるのは他でもなく私たち自身だと思うから。

業務紹介

化学物質を正しく安全に取り扱うために

－化学物質の有害性評価のための試験法紹介－

日田事業所　藤島　沙織

1．はじめに

化学物質（危険物、有害物）に起因する労働災害は、毎年 450 件程度発生しており、その事故は、爆発、破裂、有害物との接触（吸入による中毒、嚥下、皮膚接触等）等に分類されます。化学物質は様々な分野で使用されており、使用する化学物質の危険性・有害性、正しい取扱い方法を作業者が知らなかったことが、これらの事故の原因となっています。また、事業者によるリスクアセスメント不足や安全衛生教育不足により、適切な保護具を未着用で取り扱ってしまったという事故の報告も絶えません[1)]。

厚生労働省は、人に対する一定の危険性・有害性が明らかになっている化学物質について、①譲渡又は提供する際の容器又は包装ラベル表示、②安全データシート（SDS）の交付及び③化学物質等を取り扱う際のリスクアセスメントの３つの対策を講じることを求めており、化学物質管理の促進のために、様々な支援も行っています[2), 3)]。

そこで、今回の業務紹介では、危険性・有害性情報の確認及び有害性評価法について紹介します。

2．化学物質に係る危険性・有害性情報の確認

労働災害を未然に防ぐためには、事業者や作業者は化学物質の安全な取扱いやリスクを正しく知る必要があります。ほとんどの化学物質の容器・包装には、危険性又は有害性の特定のためのラベル（GHS（Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemical）対応ラベル）が表示されているため、使用前に、必ずラベル表示を確認するよう、心掛ける必要があります。また、SDS の確認も必要であり、SDS が無い場合は、供給元に交付を求めることを忘れてはなりません。

3．化学物質の有害性による災害事例及び化学物質の有害性評価法

化学物質の有害性による災害事例を表１に示します。

表１　化学物質の有害性による災害事例

被災内容	発生状況	有害性
発がん	印刷工場で塩素系有機洗浄剤（ジクロロプロパン）を長年扱っていた従業員の 16 名が胆管がんを発症した[4)]。	発がん性（変異原性）
中毒及び薬傷	接着剤をジクロロメタン含有剥離剤で除去作業していたところ、急性中毒により意識不明で倒れた。また、倒れた際に薬剤に触れ薬傷を負った[3)]。	急性毒性 皮膚刺激性
中毒等（結膜炎等）	積み込み作業場に鉄くずを載せたトラックが到着したところ、鉄くず中にトリクロロニトロメタンが付着したペール缶が含まれており、現場にいた作業者が眼の痛み等を訴えた[1)]。	眼刺激性
アレルギー	職種によって、ゴム製品、アクリル・エポキシ樹脂、染料、界面活性剤等の使用により、職業性のアレルギー性接触皮膚炎の報告が多数なされている[5)]。	皮膚感作性

表１で有害性として挙げた変異原性、急性毒性、皮膚刺激性、眼刺激性及び皮膚感作性については、本機構で安全性試験の一部を実施可能です。ここでは、動物を用いない動物実験代替法試験による有害性評価法について簡単に紹介します。

3.1　変異原性評価：復帰突然変異試験（Ames 試験）

細菌を用いて化学物質の変異原性（突然変異誘発性）を評価する試験法であり、発がん性のスクリーニングとして用いられる試験です。経済協力開発機構（OECD）、日本国内の労働安全衛生法（安衛法）、化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律（化審法）等の試験法（テストガイドライン、TG）があります。あらかじめ変異を組み込んだ細菌を使用し、突然変異を引き起こす化学物質が細菌の細胞内の遺伝子に作用すると、アミノ酸が無い状態でも細菌が増殖するという原理を使用します。

試験では、化学物質を適切な溶媒に溶解又は懸濁させ、細菌にばく露します。ガイドラインに規定されている最高用量（5000 μg/plate）から段階的に用量を設定し、細菌への毒性（生育阻害）と化学物質の析出も考慮して、再現性確認のための２回の実験を行います。結果は、溶媒のみを添加した群（陰性対照群）と比較して、化学物質処理群で細菌が２倍以上増加しているかどうかを判断し、２倍以上増加した場合を「陽性」、２倍未満の場合を「陰性」と判定します。

3.2　皮膚刺激性評価：*in vitro* 皮膚刺激性試験（OECD TG439）

再構築ヒト表皮（reconstructed human epidermis：RhE）を使って、化学物質がばく露された後に生じる、皮膚に対する可逆的な損傷を起こす性質（皮膚刺激性）を評価する試験法です。

試験は、市販の試験キット（EpiDerm™ SIT 又は LabCyte EPI-MODEL24 SIT）を使用し、RhE モデル上に化学物質を規定量添加します。規定時間ばく露した後、化学物質を洗浄し、さらに培養を経た後、細胞生存率を測定します。試験の結果、細胞生存率が 50％を超えた場合は「非刺激性」、50％未満となった場合は「刺激性」と判定します。

また、皮膚刺激性よりも強い毒性である、皮膚に対する不可逆的な損傷を起こす性質（皮膚腐食性）を評価する試験法である *in vitro* 皮膚腐食性試験：RhE 試験法（TG431）及び *in vitro* 膜バリア試験法（TG435）も実施可能です。

3.3　眼刺激性評価：*in vitro* 眼刺激性試験（OECD TG492）

再構築ヒト角膜様上皮（reconstructed human cornea-like epithelium：RhCE）を使って、化学物質がばく露された後に生じる、眼に対する可逆的な変化を起こす性質（眼刺激性）を評価する試験法です。

試験は、市販の試験キット（EpiOcular™ EIT 又は LabCyte CORNEA-MODEL24 EIT）を使用し、RhCE モデル上に化学物質を規定量添加します。規定時間ばく露した後、化学物質を洗浄し、さらに培養を経た後、細胞生存率を測定します。試験の結果、細胞生存率が 60％又は 40％を超えた場合は「非刺激性」と判定します。60％又は 40％未満となった場合は、「判定不可」となり、別試験が必要となります。

その他、眼に対する重篤な損傷性を引き起こす化学物質及び眼刺激性又は眼に対する重篤な損傷性への分類が不要な化学物質を同定するための試験法である *in vitro* 眼損傷性試験：短時間ばく露試験法（TG491）も実施可能です。

3.4　皮膚感作性評価：*in chemico, in vitro* 皮膚感作性試験（OECD TG442C, 442D, 442E）

これまでに実施されていた動物（モルモットやマウス）を使用する皮膚感作性試験に代わり、複数の代替法試験の組み合わせによる皮膚感作性総合評価のためのガイドラインが 2021 年 6 月に OECD で採択されました[6)]。

皮膚感作の有害性発現経路（Adverse Outcome Pathway、AOP）は、皮膚に接触した化学物質が①タンパク質と共有結合することに始まり、②角化細胞の活性化、③樹状細胞の活性化、④ T 細胞

の活性化及び増殖といった複数の Key Event（KE1 ～ KE4）を経て皮膚感作が発現します（図 1 参照）。皮膚感作の KE を引き起こす物質は皮膚感作性を有する可能性があり、KE ごとに皮膚感作性試験が開発されています。

図 1　皮膚感作の AOP

Defined Approaches for Skin Sensitization（DASS）の中には、この KE ごとの試験や *in silico* 予測法を組み合わせて皮膚感作性の有害性（Hazard）と強度（Potency）を評価する方法が 3 つ定義されています（表 2 参照）。本機構では、*in silico* 予測法を含む、KE1 ～ KE4 の皮膚感作性評価に必要な一連の試験を全て実施可能です。ここでは、組合せ評価に用いる KE1 ～ KE3 の試験を紹介します。

表 2　DASS に定義されている皮膚感作性の組合せ評価法

評価法	使用する試験	得られる結果
2 out of 3	DPRA（KE1）、KeratinoSens™（KE2）、h-CLAT（KE3）	Hazard
Integrated Testing Strategy（ITSv1）	DPRA（KE1）、h-CLAT（KE3）、Derek Nexus（*in silico* 予測法）	Hazard Potency
Integrated Testing Strategy（ITSv2）	DPRA（KE1）、h-CLAT（KE3）、OECD QSAR Toolbox（*in silico* 予測法）	Hazard

【KE1：ペプチド結合性試験（Direct Peptide Reactivity Assay：DPRA, TG442C）】

化学物質とタンパク質の結合に着目し、化学物質と 2 種のモデルペプチドを反応させ、反応液中のペプチド減少率を HPLC を用いて測定し、その減少率の平均値から、皮膚感作性の陰性／陽性を判定します。また DPRA より低濃度で試験が実施可能であり、適用可能範囲がより広い試験法であるアミノ酸誘導体結合性試験（Amino acid Derivative Reactivity Assay：ADRA）についても、実施可能です。

【KE2：角化細胞株レポーターアッセイ（ARE-Nrf2 Luciferase Test Method, KeratinoSens™, TG442D）】

角化細胞に化学物質をばく露し、レポーターアッセイによるルシフェラーゼ発現量を測定することで、ルシフェラーゼ活性の誘導倍率から、皮膚感作性の陰性／陽性を判定します。

【KE3：ヒト細胞株活性化試験（Human Cell Line Activation Test：h-CLAT, TG442E）】

ヒト単球性白血病由来細胞株の THP-1 細胞を用い、化学物質ばく露後の 2 種の特定細胞表面抗原の発現量を蛍光強度として測定することで、抗原発現量の増加率から、皮膚感作性の陰性／陽性を判定します。

４．おわりに

紹介した試験はごく一部になりますが、本機構は、GHS 分類や SDS 作成に必要な化学物質の有害性に関する既存情報調査や安全性試験の実施に関して多数の実績があり、化学物質管理に関する幅広いご相談に対応可能です。是非、お気軽にお問い合わせください。

参考文献

１）厚生労働省 HP；化学物質による災害発生事例について（閲覧日：2022 年３月４日）
https://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzeneisei10/index.html

２）厚生労働省 HP；職場における化学物質対策について（閲覧日：2022 年３月４日）
https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/koyou_roudou/roudoukijun/anzen/anzeneisei03.html

３）厚生労働省 HP；職場のあんぜんサイト（閲覧日：2022 年３月４日）
https://anzeninfo.mhlw.go.jp/index.html

４）厚生労働省 HP；「印刷事業場で発生した胆管がんの業務上外に関する検討会」の報告書及び今後の対応について～胆管がんと業務との因果関係を認め、今後、労災認定や化学物質の規制を行います～（閲覧日：2022 年３月４日）
https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002x6at.html

５）日本皮膚科学会接触皮膚炎診療ガイドライン改定委員会「接触皮膚炎診療ガイドライン 2020」，日皮会誌：130（4），523-567，2020

６）OECD Guideline No. 497“Guideline on Defined Approaches for Skin Sensitization”（DASS）

特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律（化管法）の政令改正（SDS 対象物質の拡大）

安全性評価技術研究所　石井　かおり

１．はじめに

特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律（化管法）は、PRTR（Pollutant Release and Transfer Register）制度と SDS（Safety Data Sheet：安全データシート）制度の２つの柱によって、事業者による化学物質の自主的な管理の改善を促進し、環境の保全上の支障を未然に防止することを目的として平成 11 年に制定された法律です。

PRTR 制度は、事業者が対象化学物質を排出・移動した際に、その量を把握して国に届け出ることを義務付け、国が届出データを集計して公表する制度です。また SDS 制度は、事業者が対象化学物質を他の事業者に譲渡又は提供する際に、SDS により、その化学品の特性及び取扱いに関する情報を事前に伝達する義務等を課す制度です。

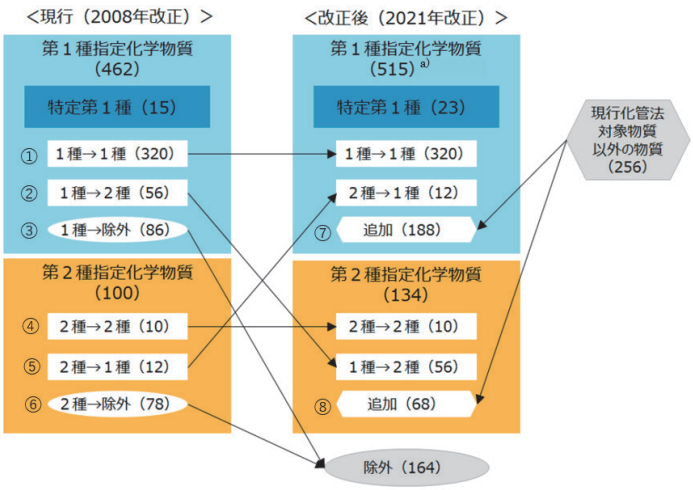
令和３年 10 月に化管法施行令（政令）の一部が改正され[1)]、化管法で規定される第一種指定化学物質及び第二種指定化学物質の指定の見直しがなされ、PRTR 制度及び SDS 制度の対象物質数が拡大されました。本稿では、SDS 対象物質の拡大について解説します。

２．改正内容

改正前後の対象物質数の内訳を図１に示します。有害性及びばく露の観点から対象物質の見直しが行われました[2)]。例えば、「現行化管法対象物質以外の物質」は、化管法以外の法令や各調査結果から選定された候補物質のうち、有害性情報が化管法の現行の物質選定基準に合致し、新たなばく露情

報の選定基準に合致するもの等に該当する物質です。「除外」は最新の有害性情報が物質選定基準に合致しないもの及びばく露が小さいもの（排出移動量、推計排出量又は製造輸入量が小さく、環境中での検出がなく、かつ PRTR 届出・推計の実績がないもの）が対象とされています。

見直しの結果、表１に示すとおり PRTR 制度及び SDS 制度の両方の対象となる第一種指定化学物質は 462 物質から 515 物質[3]に、SDS 制度のみ対象となる第二種指定化学物質は 100 物質から 134 物質[4]に拡大されました。



a）構造が類似する物質等の統合、「有機スズ化合物」の分離により、最終的に 515 物質となる

図１　改正前後の対象物質数の内訳
（経済産業省 HP[5]より一部改変、括弧内は物質数）

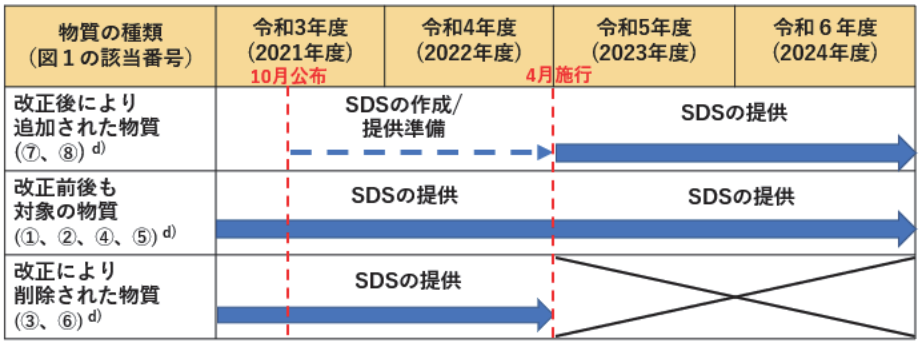
表１　改正前後の対象物質数の比較

	改正前	改正後	PRTR 制度	SDS 制度
第一種指定化学物質 b)	462 物質	515 物質	○	○
第二種指定化学物質 c)	100 物質	134 物質	−	○

b）当該化学物質が人の健康を損なうおそれ又は動植物の生息もしくは生育に支障を及ぼすおそれがあるもの
c）第一種指定化学物質と同等の有害性を有するおそれがあり、環境中に継続的に広く存在することとなる可能性があるもの

３．SDS の提供時期等

今回の政令改正において第一種又は第二種指定化学物質に新たに追加された物質（第一種指定化学物質 188 物質、第二種指定化学物質 68 物質）については、令和５年４月１日（施行日）以降、SDS の提供が必要となります（図２）。混合物等の製品であっても、含有する成分に改正により追加された指定化学物質が含まれる場合は SDS 提供の対象となるため、確認が必要です。



d）①～⑧の番号は図１参照

図２　政令改正による SDS 提供時期

また、今回の政令改正により、物質名称は基本的に IUPAC（国際純正・応用化学連合）の名称を用いることに統一されました。物質によっては、改正前に指定されていた名称とは異なる名称で指定されている場合があるため、確認が必要です。

４．まとめ

本稿では、化管法の政令改正における SDS 対象物質の拡大について解説しました。SDS に関する法規制動向として、厚生労働省により公表された「職場における化学物質等の管理のあり方に関する検討会報告書」に沿う形で労働安全衛生法の改正が予定されており、職場における化学物質等の管理における SDS 対象物質が拡大され、更に５年以内ごとに SDS の更新状況を確認することを義務化するという動きがあります。

このような国内法規制動向の中、SDS は化学物質の危険有害性に関する情報伝達ツールとして、その重要性は今後さらに高まっていくことが予想されます。サプライチェーン全体で対応するためには、サプライチェーンを構成する各事業者が取り扱う化学物質の情報を早期に入手することが重要です。本機構では、国内向けラベル／ SDS 作成支援業務を承っています。お気軽にご相談ください。

参考文献

１）経済産業省（2021）政令改正
https://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/law/prtr/8_4.html

２）中央環境審議会「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律に基づく第一種指定化学物質及び第二種指定化学物質の指定の見直しについて」（答申）について
https://www.env.go.jp/press/108373.html

３）経済産業省（2021）第一種指定化学物質リスト
https://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/law/pdf/211015class1.pdf

４）経済産業省（2021）第二種指定化学物質リスト
https://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/law/pdf/211015class2.pdf

５）経済産業省（2021）対象化学物質について －物質一覧表－
https://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/law/prtr/seirei4.html

金属アーク溶接等作業から発生する溶接ヒュームの測定

東京事業所環境技術部　霜島　雅明

１．はじめに

令和２年４月に特定化学物質障害予防規則（特化則）等が改正され、人に対する発がん性、神経機能障害等の毒性があることから、金属アーク溶接作業から発生する溶接ヒュームが特定化学物質（特化物）第２類に追加されました。今回の溶接ヒュームの特化物への追加においては、ばく露濃度の測定、防塵マスクのフィットテスト等の義務化があり、従前とは異なる部分が多く、対応や管理に当たっては特段の注意が必要となります。本機構においても、お客様から多数のお問合せをいただき、溶接ヒュームの測定を実施しています。本稿では今回の溶接ヒューム関連の特化則の改正について概要を述べるとともに、溶接ヒューム測定の方法について紹介します。

２．改正の概要

今回の改正により、屋内で溶接ヒューム等を取り扱う (アーク溶接を実施する) 作業場に、以下の健康障害防止措置が義務付けられています。

（１）全体換気装置による換気等

（２）溶接ヒュームの測定、その結果に基づく呼吸用保護具の使用及びフィットテストの実施等

（３）掃除等の実施
（４）特定化学物質作業主任者の選任
（５）特殊健康診断の実施等

これまでの特化物の健康障害防止措置と大きく異なる点として、「（２）溶接ヒュームの測定、その結果に基づく呼吸用保護具の使用及びフィットテストの実施等」があります。特化物への措置においては、６か月に１回の頻度で作業環境測定を行い、取扱作業場の気中濃度分布を把握し、作業場が適切に管理されているかを確認することが求められていました。しかし、溶接ヒュームにおいては、溶接の品質低下のおそれがあり局所排気装置の制御風速の増加等の対策が取れない等の理由から、作業場の管理のみでは十分なばく露の低減ができないケースが想定されます。そこで今回の改正においては作業場の管理に加え、労働者へのばく露についても管理する内容となっています。具体的には、溶接ヒュームの測定を個人ばく露測定により実施し、測定結果に応じた指定防護係数を有する呼吸用保護具を作業者に着用させることで、労働者へのばく露を健康障害の無いレベルまで低減することとしています。さらに、選択した呼吸用保護具が適切に装着されているか否かを確認するため、１年以内ごとに１回、防塵マスクのフィットテストの実施が義務付けられています。

これらの措置の実施の流れを図１に示します。改正前からアーク溶接作業を実施している作業場においては、令和４年３月までに溶接ヒューム濃度の測定を実施することが義務付けられました。なお、溶接ヒュームに含まれるマンガンの毒性に着目し、溶接ヒューム濃度はマンガンとしての濃度を測定することとなっています。測定の結果、基準値である 0.05 mg/m^3（マンガンとして）以上となった場合は、全体換気装置の風量増加などの改善措置を取り、その後、改善効果を確認するための再度の溶接ヒューム濃度測定が必要です。改善後の再測定は令和４年３月まで、フィットテストは令和５年３月までに実施することとされています。

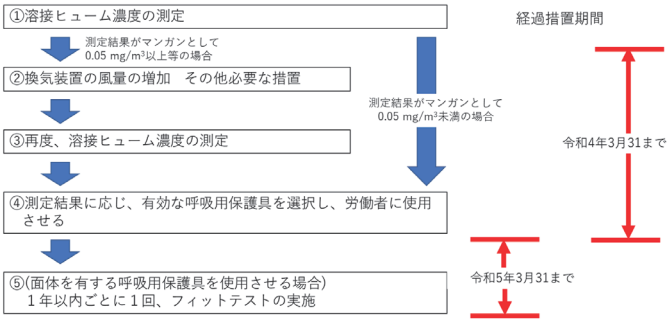


図１　必要な措置の流れ[1)]

３．測定の実際

溶接ヒューム濃度の測定は個人ばく露測定を用いることとなっており、これまで主に実施されてきた作業環境測定とは異なる方法となります。本項では測定方法について簡単に説明するとともに、実施の際に作業場側でご注意・ご配慮いただきたいことについても説明します。

3.1　測定対象作業及び測定時間

労働者にばく露される溶接ヒュームの量がほぼ均一であると見込まれる作業（均等ばく露作業）ごとに、それぞれ２人以上の労働者に対して測定を行います。なお、作業に従事する労働者が１名の場合は、当該作業者について２日間の測定が必要となります。作業場所や使用する溶接材料が異なる場合は、異なる均等ばく露作業となり、それぞれで測定が必要となります。対象とする作業の判断に迷う際には測定を実施する作業環境測定士等の専門家にご相談ください。

また、測定は、当該採取を行う作業日ごとに、労働者が金属アーク溶接に関連する作業に従事する全ての時間で実施する必要があります。例えば、１日に８時間の溶接作業を実施する場合は、ばく露が一定であると想定される作業であっても８時間全ての時間の溶接ヒューム濃度を測定する必要があり、一部の時間のみを測定して代表することはできません。

3.2　測定

従来から義務付けられている作業環境測定では、作業場内の定点にサンプラーを設置し、そのポイ

ントの有害物質濃度を測定します。一方、個人ばく露測定は労働者の呼吸域（襟元など）にろ紙をセットしたサンプラーを装着して、作業中に労働者が実際にばく露される濃度を測定します。溶接ヒューム測定状況の例を図２に示します。腰元に吸引用ポンプを装着し、シリコンチューブでサンプラーと接続して測定を実施します。シリコンチューブは設備への巻き込みなどにより現場での事故につながる可能性があるので、事前に労働者へ十分に説明するとともに、装着時にチューブのたわみや突っ張りがないか、よく確認してから作業を実施します。

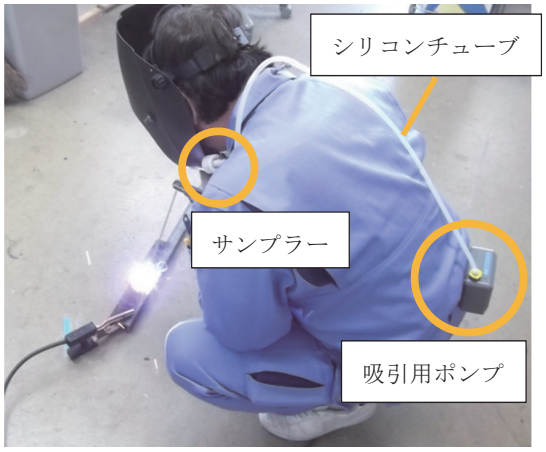


図２　溶接ヒューム測定実施状況

作業終了後、ろ紙を回収し酸で溶出後、誘導結合プラズマ発光分光分析法（ICP-AES）、誘導結合プラズマ質量分析法（ICP-MS）等でろ紙に捕集されたマンガンを定量し、採取空気量で除して溶接ヒューム（マンガンとして）濃度を算出します。

3.3　評価及び措置

測定の結果得られた溶接ヒューム濃度（マンガンとして）を基準値である 0.05 mg/m^3 で除して要求防護係数を算出します。当該作業を実施する際は、この要求防護係数を満足する指定防護係数を持つ呼吸用保護具（防じんマスク等）を装着させなければなりません。要求防護係数が低ければ使い捨て防じんマスク等で対応が可能ですが、溶接ヒューム濃度が高い場合は電動ファン付き呼吸用保護具等の指定防護係数の高い保護具を使用する必要があります。これらは比較的高価であり、また装着により作業性にも支障をきたす場合がありますので、全体換気装置、ヒュームコレクター等の工学的対策により、できるだけ溶接ヒューム濃度を抑えることをお勧めします。

４．おわりに

本稿では令和２年４月に特化則に追加された溶接ヒューム測定の概要について紹介しました。従前の規制対象物質における作業環境測定とは勝手が異なる個人ばく露測定が必要となりますが、本機構においては今回の規制以前から各種有害物の個人ばく露測定に対応しており、多くの経験を有しています。測定に当たって適切な助言が可能ですので、お気軽にお問い合わせください。

参考文献

１）厚生労働省、金属アーク溶接等作業を継続して屋内作業場で行う皆さまへ　金属アーク溶接等作業について健康障害防止措置が義務付けられます
https://www.mhlw.go.jp/content/11300000/000746531.pdf

二酸化炭素濃度測定器の性能評価試験

東京事業所化学標準部　東　純治

１．はじめに

近年、新型コロナウイルス感染症対策[1)]の一つとして室内二酸化炭素（CO_2）濃度の測定[*1]が注目されています。また、令和３年 12 月１日に労働安全衛生法の事務所衛生基準規則が改正施行され、事務所作業環境の CO_2 濃度測定に、非分散型赤外線吸収法（NDIR）等の測定器も認められることが

明示されました[2)]。今後、CO_2 濃度測定器のさらなる普及が予想されます。

しかし、NDIR 方式をはじめとした電子式の測定器には、その指示値が実際の CO_2 濃度からずれてしまうリスクがあります[3)]。もしずれたまま使用されれば CO_2 濃度が正確に把握されず、適切な室内環境の管理に支障が出るおそれがあります。そこで、本機構では電子式の CO_2 濃度測定器の性能評価試験を開始したので紹介します。

＊1 必要換気量を満たしているかを確認する方法として、二酸化炭素濃度測定器を使用し、室内の二酸化炭素濃度が 1000 ppm を超えていないかを確認することも有効です。測定器は NDIR センサーが扱いやすいですが、定期的に校正されたものを使用してください。（厚生労働省発表抜粋）[4)]

2．市販品の機種間比較

市販の測定器について表示値の確認測定を実施した結果の一例を示します。

図 1 では市販の測定器 3 台を同一の環境下に、それぞれの付属の取扱説明書に従い設置しています。指示値は 3 台とも異なる値を示しており、結果として市販品の中には指示値が室内 CO_2 濃度と一致しない製品が存在している可能性が示唆されました。なお、今回の試験結果は入手した各 1 個体での測定結果であり、同一機種全てに適用されるものではありません。

図 1　市販の測定器 3 台の比較

3．性能評価試験方法

CO_2 濃度既知のガスを測定器に供給し、CO_2 濃度と測定器の指示値を比較することで、性能を評価します。図 2 に試験結果例を示します。

測定器が CO_2 濃度を正しく指示している場合が水色です。もし測定器 A 及び測定器 B のように CO_2 濃度と指示値が乖離していれば、室内 CO_2 濃度を正確に把握できません。

供給する CO_2 濃度の精確さが重要となる試験ですが、本機構は標準物質（標準ガス）に係る指定校正機関＊2としての調製及び濃度測定の技術力を活かして、供給 CO_2 濃度を高精度に評価することが可能です。なお、事務所衛生基準規則における CO_2 の基準値 5000 ppm（空気調和設備等は 1000 ppm）及び建築物衛生法の管理基準 1000 ppm の濃度範囲も評価可能です。

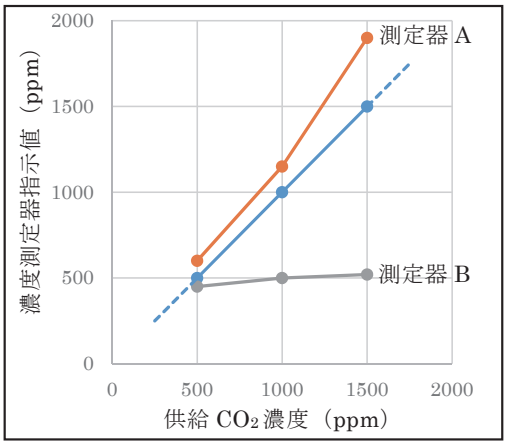


図 2　試験結果例

＊2　計量法トレーサビリティ制度（JCSS 制度：Japan Calibration Service System）のもと、国内で唯一、CO_2 濃度標準ガスを含めた標準ガスの国家計量標準（一次標準）の製造・維持管理を行っています。

4．まとめ

CO_2 濃度測定器は今後の更なる普及が予想されますが、市販の製品は、指示値が実際の CO_2 濃度

と一致しているとは限りません。そこで本機構では、CO_2 濃度測定器の性能評価試験を開始しました。この試験を通し、適切な室内衛生環境管理に貢献できると考えています。

参考文献

1）二酸化炭素濃度測定器の選定等に関するガイドライン（経済産業省、産業用ガス検知警報器工業会）
https://www.meti.go.jp/covid-19/guideline.pdf

2）事務所衛生基準規則及び労働安全衛生規則の一部を改正する省令の施行等について（厚生労働省）
https://www.mhlw.go.jp/content/11300000/000860576.pdf

3）第３回 事務所衛生基準のあり方に関する検討会　資料５（厚生労働省）
https://www.mhlw.go.jp/content/11201000/000700627.pdf

4）冬場における「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気の方法及び参考資料（厚生労働省）
https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_15102.html

プラスチックの燃焼時二酸化炭素発生量測定

大阪事業所　大嶋　紀一

１．はじめに

昨年、眞鍋淑郎氏がノーベル物理学賞を受賞しました。受賞理由は、現代の気候研究の基礎となった「地球の気候の物理的なモデリング、変動性の定量化及び地球温暖化の確実な予測」でした。眞鍋氏は 1960 年代に大気と海洋を統合した物質の循環モデルを提唱し、二酸化炭素（CO_2）が気候に与える影響を世界に先駆けて発表しました。

それから約 50 年、人間活動によって CO_2、メタン、一酸化二窒素、フロン類などの温室効果ガスは増加してきました。その中でも化石燃料由来の CO_2 は 65.2％を占めています（図１）[1)]。

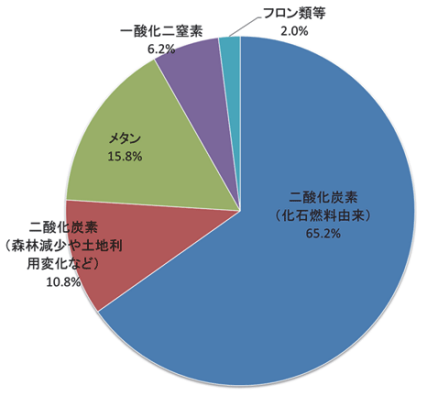


図１　人為起源の温室効果ガスの総排出量に占めるガスの種類別割合[1)]

2020 年の日本の廃プラスチック排出量は 822 万トン、プラスチックリサイクル率は 80％以上ですが、そのうちの約 70％はサーマルリサイクルで、この割合はここ数年大きくは変わっていません[2)]。サーマルリサイクルや単純焼却では CO_2 が発生することになります。そこで温室効果ガス排出削減の取組として、私たちの生活に身近なところではプラスチックゴミの排出抑制、すなわち使用してすぐにゴミとして捨てられるレジ袋やストローなどの使用量削減や、プラスチック製品の CO_2 排出を低減する材料開発がクローズアップされています。

２．燃焼時 CO_2 発生量測定

プラスチック製品は燃焼すると CO_2 が発生します。これは原料の主成分が炭素（C）で構成される高分子化合物であるためで、燃焼により炭素（C）1 mol が酸素（O）2 mol と結合して CO_2 1 mol となります。

我々の身近にある代表的なプラスチックの燃焼時に発生する CO_2 量の理論値を表１にまとめました。実際の製品では各種配合剤や水分、機能付与のための変性、使用時や燃焼時の変質などの影響によって理論値どおりではありませんが、一つの目安にはなります。

表１　代表的なプラスチックの燃焼時 CO_2 発生量（理論値）

プラスチック	主な用途	化学式	CO_2（mg/g）
ポリエチレン	レジ袋、容器	$(C_2H_4)n$	約 3100
ポリプロピレン	家電製品、日用雑貨	$(C_3H_6)n$	約 3100
ポリスチレン	緩衝材、梱包材、食品トレイ	$(C_8H_8)n$	約 3400
ポリ塩化ビニル	農業用フィルム、パイプ、合成皮革	$(C_2H_3Cl)n$	約 1400
ナイロン 66	自動車部品、繊維製品	$(C_{12}H_{22}N_2O_2)n$	約 2300
ポリエステル（PET）	飲料水容器、繊維製品	$(C_{10}H_8O_4)n$	約 2300

燃焼時の CO_2 発生量は、燃焼条件によっても大きく変わります。本機構では、主に日本産業規格（JIS）に基づく燃焼方法で燃焼させた際に発生するガス中の CO_2 量を測定しています。燃焼条件は主に２種類あり、焼却炉等での完全燃焼を想定した条件として、JIS K 7392「廃プラスチック－全臭素分析試験方法」（又は JIS K 2541-3「原油及び石油製品－硫黄分試験方法　第３部：燃焼管式空気法」）と、火災等での不完全燃焼を想定した条件として、JIS K 7217「プラスチック燃焼ガスの分析方法」に基づく装置で処理しています。

それぞれの燃焼条件を表２、装置写真を図２及び３に示します。燃焼条件は、この他にもご要望に応じて設定温度や保持時間を変更しての処理にも対応しています。

表２　燃焼条件*

参考規格	条件	支燃ガス	供給量（L/min）	試料量（g）	設定温度（℃）	保持時間（min）
JIS K 7392（JIS K 2541-3）		空気	0.30 ± 0.05	0.05 ～ 0.3	850	10
JIS K 7217	A 法	空気	0.50 ± 0.05	約 0.1	750	10
	B 法		1.50 ± 0.05			5

＊本機構における条件のため JIS 規定の条件とは一部異なります。

図２　燃焼管式空気法試験器（JIS K 7392）

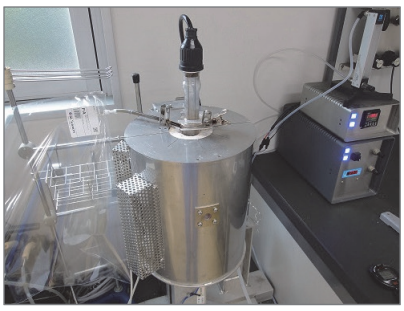


図３　プラスチック燃焼装置（JIS K 7217）

プラスチックをこれらの装置で燃焼処理して発生した燃焼生成ガスをサンプリングバッグに捕集して、そのガス中の CO_2 濃度をガスクロマトグラフで測定します。

一方、最近になって、燃焼時の CO_2 発生量の経時変化や発生終了までの時間測定の試験が増加してきました。このようなリアルタイム CO_2 濃度測定試験は、ガス濃度測定装置（島津製作所製 CGT-7100）で対応します（図４）。これまでの CO_2 発生量測定は、ガスを捕集してから濃度測定していましたが、ガス濃度測定装置を燃焼処理装置に直結することで、燃焼開始から終了までの CO_2 発生量の経時変化の測定にも対応可能となっています。また、本装置は一酸化炭素発生量の測定も可能です。

図４　ガス濃度測定装置
（島津製作所製 CGT-7100）

CO_2 発生量測定試験は、ご要望に応じた適切な試験方法をご提案しますので、ご相談ください。

３．その他の燃焼生成ガス分析

本機構では、CO_2 以外にも様々な燃焼生成ガスの分析を行っています。ご依頼、お問合せが多い分析対象物質を分析方法とともに表３にまとめました。一般的に有毒とされているガス種が多く、これら以外の成分についても対応できる場合がありますのでお問い合わせください。また、プラスチックの他にゴム及び配合薬品の燃焼生成ガス分析も行っています。

表３　燃焼生成ガス分析対象物質

分析対象物質	捕集方法	分析方法
一酸化炭素（CO）	バッグ	ガスクロマトグラフ法
二酸化炭素（CO_2）	バッグ	ガスクロマトグラフ法
塩化水素（HCl）	吸収液	イオンクロマトグラフ法
硫黄酸化物（SOx）	吸収液	イオンクロマトグラフ法
窒素酸化物（NOx）	吸収液	イオンクロマトグラフ法
シアン化水素（HCN）	吸収液	吸光光度法
アンモニア（NH_3）	吸収液	吸光光度法
フッ化水素（HF）	吸収液	イオンクロマトグラフ法
臭化水素（HBr）	吸収液	イオンクロマトグラフ法
ホスフィン（PH_3）	バッグ	検知管法
硫化水素（H_2S）	バッグ	検知管法
ダイオキシン類	吸収液	ガスクロマトグラフィー質量分析法
揮発性有機化合物（VOC）	バッグ－吸着管	ガスクロマトグラフィー質量分析法

４．まとめ

はじめに述べたように、眞鍋氏が米国気象局で温室効果ガスの増加が気候に与える影響について予測研究してから約 50 年が経過しましたが、地球温暖化が原因と言われている気候変動が各地で起きています。

2015 年の国連サミットで 2030 年までに持続可能でよりよい世界を目指す国際目標として「持続可能な開発目標（SDGs）」が採択されました。その SDGs の中に目標 13「気候変動に具体的な対策を」があります。地球温暖化は進み、CO_2 排出抑制が世界中で喫緊の課題とされていますが、人間が現在と同規模の社会経済活動を続ける以上は CO_2 の排出をゼロにすることは非常に難しいと思われます。しかしながら、世界中の企業や大学、研究機関ができるだけ排出を抑制した製品や技術の開発を行っています。本機構は、製品及び材料の燃焼時に発生する CO_2 量及びその他燃焼生成ガスの分析を行うことで、これらの製品・技術開発の一助となるよう貢献してまいります。

参考文献

１）気象庁ホームページ「温室効果ガスの種類」
https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/chishiki_ondanka/p04.html
２）一般社団法人プラスチック循環利用協会「2020 年 プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処理処分の状況」

本機構の活動から

令和４年度 CERI 公募型研究助成（研究支援事業）

多数のご応募ありがとうございました。厳正なる審査の結果、次の２題を採択しました。

☆研究者：竹村　晃典（千葉大学大学院薬学研究院生物薬剤学研究室　助教）
テーマ：ミトコンドリア膜透過性遷移に起因する薬物性肝障害リスクの簡便な代替評価法の開発における血小板の利用
☆研究者：小林　大志（京都大学大学院工学研究科　准教授）
テーマ：表面自由エネルギーによる金属酸化物ナノ粒子の溶解特性の評価

CERI 賞表彰報告（研究表彰事業）

一般社団法人日本ゴム協会の CERI 学会賞の受賞者（敬称略）は次のとおりです。

☆第 28 回 CERI 最優秀発表論文賞（令和４年５月）
受 賞 者：角田　雅利・澤田　里奈・三輪　洋平・沓水　祥一（岐阜大学）
研究名称：気体雰囲気によるイオン性エラストマーのタック性制御
☆第 15 回 CERI 若手奨励賞（令和４年５月）
受 賞 者：MAI THANH　TAM（京都工芸繊維大学）
研究名称：エラストマーおよびゲルのき裂特性と二軸変形挙動の研究

お 知 ら せ

令和４年度 CERI 寄付講座　開講案内

令和４年度も九州大学及び東京工業大学において寄付講座を開講することを予定しています。

☆ 九州大学
平成 24 年度から九州大学大学院工学研究院応用化学部門のご協力のもと開設しています。
講座名：先端材料科学 ～設計、構造・物性から機能化まで～
前　　期：令和４年５月～令和４年６月　　後　　期：令和４年 10 月～令和４年 11 月
講義時間：13：00 ～ 14：30、14：40 ～ 16：10（90 分／回）　　講義数：前期、後期共に全 14 回
☆ 東京工業大学
平成 27 年度から東京工業大学物質理工学院のご協力のもと開設しています。
講座名：ゴム・プラスチックの安全、安心 －身の回りから最新の話題まで－
前　　期：令和４年６月～令和４年８月　　後　　期：令和４年 10 月～令和５年２月
講義時間：13：20 ～ 14：50、15：05 ～ 16：35（90 分／回）　　講義数：前期後期共に全 14 回

※カリキュラム等の詳細は、開催日近くになりましたら本機構ホームページ等でご案内します。

第 27 回化学物質評価研究機構研究発表会のご案内

第 27 回本機構研究発表会を次の通りウェブ上で開催いたします。本機構職員による研究発表及び技術報告のプレゼンテーション動画を配信いたしますので、是非ご覧ください。

主　　催：　一般財団法人化学物質評価研究機構
開催日程：　令和 4 年 6 月 1 日（水）～ 令和 4 年 6 月 30 日（木）
開催場所：　本機構ウェブサイト　CERI チャンネル（https://www.cerij.or.jp/ceri_channel/）
参 加 費：　無料

プログラム：

開会挨拶　理　事　長　今田中伸哉
研究発表 1　ヘンリー定数を用いる揮発性化学物質のための Ames 試験法選択基準の構築　日田事業所　坪倉　美文
研究発表 2　LLNA: BrdU-ELISA 法（OECD TG442B）の結果を用いる皮膚感作性の定量リスク評価　安全性評価技術研究所　福島　麻子
研究発表 3　微生物の高活性化による海洋生分解性の加速評価法の開発　東京事業所高分子技術部　田口　浩然
技術報告 1　HPLC による核酸医薬品の不純物分析法の開発　クロマト技術部門　小幡　友貴
技術報告 2　製品中の化審法第一種特定化学物質の分析　環境技術部門　栗原　勇
技術報告 3　打撃加振による制振性能評価手法の確立　高分子技術部門　小林　崇
技術報告 4　SDS 関連法令改正の概要と改正に対応した SDS の作成　安全性評価技術研究所　奈良志ほり
技術報告 5　パッシブサンプラー法による生物蓄積性評価の検討　化学物質安全部門　村上　秀和
技術報告 6　ガス濃度測定器の性能評価試験　化学標準部門　東　純治

申込方法：　プレゼンテーションの聴講にはパスワードが必要となりますので、本機構 HP のトップページの Topics から専用フォームにアクセスいただき、お申込みください。
URL　https://www.cerij.or.jp
なお、就業時間外、休日にお申込みいただいた場合、パスワードのご連絡は翌営業日となります。
申込締切：　令和 4 年 6 月 28 日（火）

各事業所連絡先

● 東京事業所
Tel:0480-37-2601　Fax:0480-37-2521
（高分子、環境、標準、クロマト、評価研）

● 名古屋事業所
Tel:052-761-1185　Fax:052-762-6055

● 大阪事業所
Tel:06-6744-2022　Fax:06-6744-2052

● 化学物質安全センター
Tel:03-5804-6134　Fax:03-5804-6140

● 久留米事業所
Tel:0942-34-1500　Fax:0942-39-6804

● 日田事業所
Tel:0973-24-7211　Fax:0973-23-9800

● 安全性評価技術研究所
Tel:03-5804-6135　Fax:03-5804-6139

編　集　後　記

CERI NEWS 第 93 号をお届けします。巻頭言は「個人的経験から思う、安全性評価技術の将来像について」と題し、動物実験代替法の開発及び公定化について、国立医薬品食品衛生研究所の足利太可雄様にご執筆いただきました。誠にありがとうございました。本機構も様々な安全性評価技術等の開発を手掛けておりますが、改めて国際的な動向の重要性を再認識するとともに、社会的コンセンサスが得られるような技術開発を目指し、今後も取り組んでまいります。令和 4 年 6 月 1 日から 6 月 30 日までの日程で本機構ホームページ上でのオンライン開催を予定している第 27 回化学物質評価研究機構研究発表会では、こうした取組の一部をご報告します。

（企画部 和田 丈晴）

https://www.cerij.or.jp

CERI　NEWS　　発行日　令和４年４月

編集発行　一般財団法人化学物質評価研究機構 企画部
〒 112-0004
東京都文京区後楽 1-4-25　日教販ビル７Ｆ
Tel:03-5804-6132　Fax:03-5804-6139
E-Mail:cerinews@ceri.jp