

環 衛 レ ポ ー ト

静岡県環境衛生科学研究所

No. 79

2025 年 7 月

○海洋生分解性プラスチック評価手法の精度向上を実現

環境科学部 神谷 貴文 …… P 1

○食物アレルギーと特定原材料検査

微生物部 西尾 智裕 …… P 4

○食品に混入した農薬の分析

～食品中のグリホサート分析法の開発～

医薬食品部 柏木 久輝 …… P 8

○人工知能を用いた光化学オキシダント濃度の予測 について

大気水質部 横澤 賢 …… P 11



海洋生分解性プラスチック評価手法の精度向上を実現！

【はじめに】

私たちの生活で使われているプラスチック製品の一部は、適切に処理されずに川や海に流れ出しています。海に流れ着いたプラスチックごみは、波や紫外線で細かく砕けてマイクロプラスチックになり、生物が取り込むことで海洋生態系や人間の健康への影響が懸念されています。2050年の海は、魚よりもプラスチックの量の方が多くなるといわれており、海洋プラスチックごみの削減対策は待ったなしとなっています。

この問題の解決策の一つとして、生分解性プラスチックの活用に注目があつまっています。生分解性プラスチックとは、自然界の微生物によって最終的に水と二酸化炭素に分解されるプラスチックのことです。代表的なものとしてポリ乳酸が挙げられます。ただし、「生分解」といっても必ずしも海や川ですぐ分解されるとは限りません。実際にポリ乳酸も土壌やコンポストのように微生物活動が活発な場所では分解するものの、海洋では分解しにくいとされています。それに加えて、海洋でのプラスチックの生分解度を評価する室内試験方法は幾つかありますが、同じ条件で試験しても結果がバラついて信頼性が確保できない、という問題が指摘されています。

環境科学部では、(国研)産業技術総合研究所や(独)製品評価技術基盤機構、東京大学などとの共同研究*に参画し、海洋生分解性プラスチックの生分解度評価試験結果の再現性を良くするための条件を検討しました。その研究成果の一部を報告します。

【海洋生分解度評価試験】

この研究で用いたのは、海底砂泥と海水の2相系でプラスチックの生分解度を評価する国際規格の試験法 (ISO 19679) です。ISO 19679では微生物によるプラスチックの生分解に伴って発生する二酸化炭素量から生分解度を算出します。この研究ではガスが特定の波長の赤外線吸収する性質を利用したNDIR法により二酸化炭素濃度を測定する生分解度評価試験装置 (八幡物産株式会社製、図1) を使用して評価しました。

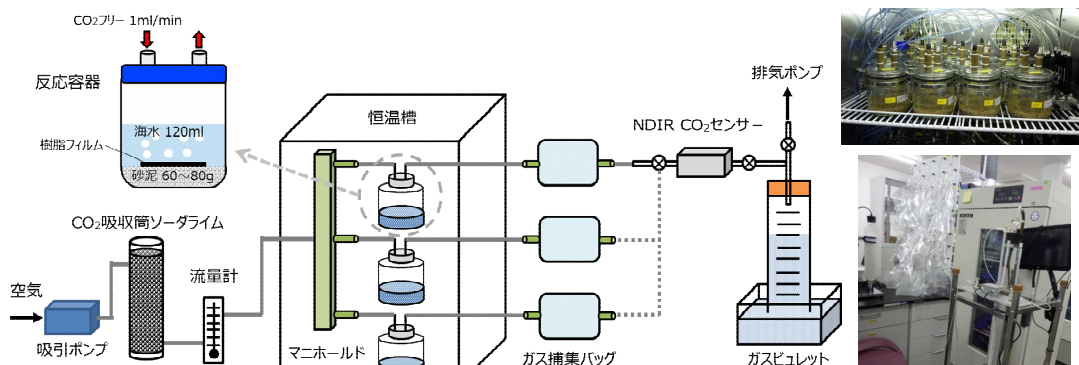


図1 生分解度評価装置模式図

【海底砂泥の前処理によりバラつきを低減】

試験で用いる反応容器には現地から採集した海底砂泥と海水が入っており、この中に評価したい海洋生分解性プラスチックを沈め、分解により発生する二酸化炭素を測定して生分解度を算出します。ここで、同じ採取地の海底砂泥と海水、同種のプラスチックで試験しても、容器によって結果がバラつくことが問題となっていました（図2(a)）。私たちは容器内の環境をいかに均質にするかに取り組み、海底砂泥を採取するときに一工夫することで結果が安定することを確認しました（図2(b)）。

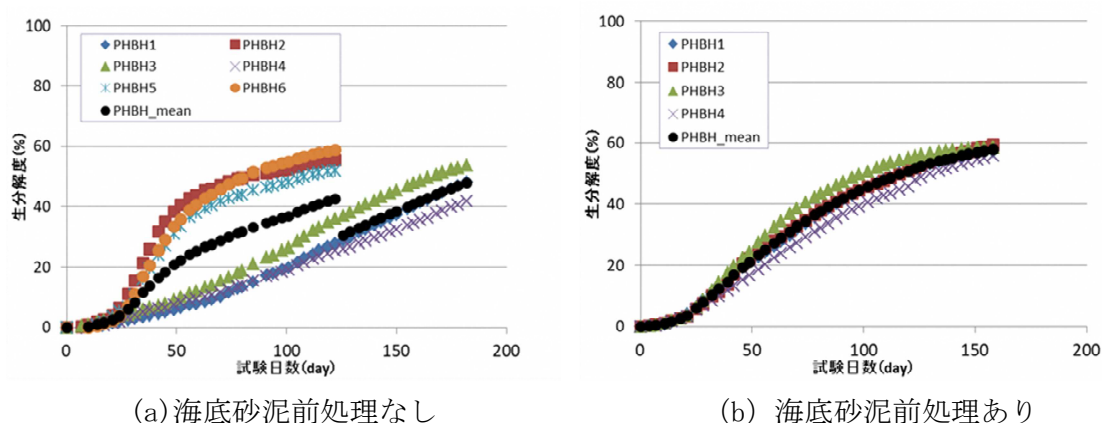


図2 海洋生分解度評価試験結果

海底砂泥・海水採取地：浜名湖，試験樹脂フィルム：PHBH（株式会社カネカ製）

海底砂泥は、干潮時、水面下60cm程度の海底からシャベルで採取し、海水をためたステンレス製タライの中で2mm目合いのふるいを使って礫（レキ）や貝殻等を除去します（写真1(a)）。図2(a)ではこの状態の砂泥を試験に使用しました。図2(b)では、ここからお米を研ぐ要領で砂泥を洗い、浮遊してくる余分な有機物やシルト質等細粒分を除去して（写真1(b)）、タライに残った0.25～2mmに粒径をそろえた砂泥をあつめて試験に使用しました。細粒分を除去することで、砂泥内の粒径の均一性や水の通りやすさ、酸素の拡散のしやすさが確保され、反応容器間の不均一性を低減するとともに、砂泥中の微生物による好氣的分解が効率良く進み、結果が安定すると考えられました。



(a) 海底砂泥のふるい分け



(b) 前処理（細粒分の除去）

写真1 海底砂泥の採取方法

一方、「お米の研ぎ汁」には有機物や細粒分にくっついていて分解菌や栄養分が豊富に含まれており、それらをミスミス捨ててしまうことになります。この濁った海水を持ち帰り、フィルターでろ過して試験海水として使用することで、現地の栄養・微生物を試験系に戻すことが可能になりました。この結果、生分解曲線の立ち上がりが早くなり、試験初期のプラスチック分解が促進される傾向がみられました。

なお、ここに挙げた海底砂泥の前処理方法については、日本提案により ISO 16623: 2024 (Plastics – Marine biodegradation testing – Preparation of optimized intertidal seawater and sediment) として規格化されました。本研究で実施した菌数の計測データについても本規格に附属文書として掲載されています。

【おわりに】

日本バイオプラスチック協会は、2023年から海洋生分解性プラスチックの識別表示制度を開始しました（図3）。これにプラスチック製品を登録するには、決められた海洋生分解性試験方法により認められた素材を使用する必要があり、その試験法の一つに ISO 19679 が含まれています。本研究の成果である砂泥の前処理方法を広く普及することで試験の評価の精度を向上し、信頼性の高い海洋生分解性プラスチック製品の開発に寄与できると考えています。同時に、認証を受けた海洋生分解性プラスチック製品の流通促進を通じて海洋プラスチック問題の改善に貢献していきます。



図3 海洋生分解性プラマーク

※（国研）新エネルギー・産業技術総合開発機構プロジェクト「海洋生分解性プラスチックの社会実装に向けた技術開発事業／海洋生分解性に係る評価手法の確立（2020年度～2024年度）」

環境科学部 神谷 貴文

食物アレルギーと特定原材料検査

【食物アレルギー】

食物アレルギーとは、「本来は体に害を与えない食べ物を異物と勘違いし、免疫反応が過敏に働いてしまう現象」です。その症状は、蕁麻疹（じんましん）やかゆみ、咳（せき）などがあります。特に、アナフィラキシー症状は、発症後、極めて短い時間のうちに全身にアレルギー反応が起こることをいいます。血圧の低下や意識障害などを引き起こし、場合によっては生命を脅かす危険な状態になることもあります。この生命に危険な状態をアナフィラキシーショックといいます。食物アレルギーにより、アナフィラキシー症状が出ることがあるため注意が必要です。アレルギー反応を引き起こす IgE 抗体が関与する即時型食物アレルギーが最も多いですが、IgE 抗体が関与しない食物たんぱく誘発胃腸症（消化管アレルギー）も増加しています。その他にもいろいろなタイプがあります。

即時型食物アレルギーは、原因となる食べ物を食べて主に2時間以内に、皮膚症状、目や口や鼻などの粘膜症状、消化器症状、呼吸器症状、全身症状であるアナフィラキシーなど多岐にわたる症状が起こります。

消化管アレルギーは、食物中のたんぱく質が消化管で異物として認識され、炎症反応を引き起こすことで発症するアレルギーで、食物たんぱく誘発性胃腸炎、食物たんぱく誘発直腸大腸炎や食物たんぱく誘発胃腸症などがあります。主に、新生児から乳児が多く、成人での報告もあります。新生児や乳児では、原因となる食物（粉ミルクなど）を摂取してからしばらくして、吐き気や血便、下痢などのおなかの症状、また体重が適切に増えない、などの症状がみられます。じんましんや咳（せき）など一般的な即時型食物アレルギーの症状がないことが特徴の1つです。

【食物アレルギー（特定原材料）】

このようなアレルギー症状を引き起こす物質をアレルギーといい、大部分は食物に含まれているたんぱく質です。たんぱく質は加熱や酵素により形が変化したり、消化酵素によりアミノ酸が切断されたりすることで、アレルギー症状が出にくくなります。

即時型食物アレルギーの原因食物は、何種類か知られています。国では、「食品衛生法施行規則及び乳及び乳製品の成分規格等に関する省令の一部を改正する省令の施行について(平成13年3月15日 食発第79号)」により、発症数が多く、重篤度が高い「小麦、そば、卵、乳、落花生」の5品目を特定原材料としました。さらに、平成20年には、「えび、かに」が、令和5年には「くるみ」が、追加され、現在は、8品目になりました。特定原材料とすべき食品については、おおむね3年ごとに臨床医等を対象とし

て実施している「即時型食物アレルギーによる健康被害に関する実態調査」の結果等を踏まえ指定することになっています。また、特定原材料に準ずるものとして、20 品目があります。

▼ 特定原材料 8品目 表示義務

							
えび	かに	くるみ	小麦	そば	卵	乳	落花生 (ピーナッツ)

▼ 特定原材料に準ずるもの 推奨20品目

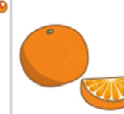
					
アーモンド	あわび	いか	いくら	オレンジ	カシュー ナッツ
					
キウイ フルーツ	牛肉	ごま	さけ	さば	大豆
					
バナナ	豚肉	マカダミア ナッツ	もも	やまいも	りんご
					
					ゼラチン

図 1 ²⁾ 特定原材料

【特定原材料検査】

「特定原材料」を含む加工食品については、「食品表示法」（平成 25 年 6 月 28 日法律第 70 号）に基づく「食品表示基準」（平成 27 年 3 月 20 日内閣府令第 10 号）において、当該特定原材料を含む旨を表示しなければならないこととされました。

市販の加工食品中に特定原材料が含まれていないかを検査するのが、特定原材料検査で、国により公定検査法が示されています。

静岡県では、平成 14 年 11 月に通知された「アレルギー物質を含む食品の検査方法について」¹⁾（旧通知：食発第 1106001 号 厚生労働省医薬局食品保健部長通知）に基づき、平成 16 年度から、県内で製造又は流通する食品中の特定原材料（図 1）の検査を実施しています。

特定原材料の検査法は、定性検査と定量検査の 2 種類があります。定量検査は、スクリーニング検査として用いられ、食品中の特定原材料等由来のたんぱく質を定量的に検出する手法です。一般的には、抗原抗体反応を利用した ELISA 法（Enzyme-Linked Immunosorbent Assay）が用いられます。ELISA 法は、抗体の選び方によって、選択性、

交差反応性や検出限界が変化する検査法です。

食品中のアレルゲンたんぱく質は、加工による変化、分解や精製の程度が食品により多様で不均一です。そのため、スクリーニング検査で目的とするアレルゲンたんぱく質が効率よく検出できるよう、食品を可能な限り細かく粉砕し、特定のたんぱく質に結合する抗体と、多くのたんぱく質に結合する抗体の特性の異なる2種類の検査キットを組み合わせて使用します。特定のたんぱく質に親和性の高い抗体を使用すると特異性は向上しますが、目的とするたんぱく質が製造工程で変性すると検出できなくなる可能性があります。一方、多くのたんぱく質に結合する抗体を用いた場合、目的とするたんぱく質に構造の似たたんぱく質への結合が多くなり、偽陽性となる確率が高まる弱点があります。このように、2種類の検査キットでそれぞれの検査特性を補完する体制になっています。スクリーニング検査の判断基準は、いずれか一方の結果が食品1g当たり10 μ g/gを超えていれば陽性と判断します（表1）。

スクリーニング検査で陽性となった場合は、確認検査として、ウェスタンブロット法、PCR法が行われます。PCR法には、定性PCR法、リアルタイムPCR法やPCR-核酸法があります。一般に、「卵、乳」については、ウェスタンブロット法が、「えび、かに」については、定性PCR法、「小麦、そば、落花生」については、定性PCR法又はリアルタイムPCR法、「くるみ」については、リアルタイムPCR法又はPCR-核酸法が用いられます。

ウェスタンブロット法は、たんぱく質を電気泳動して分子量の違いで分離し、抗原抗体反応を利用してたんぱく質を検出します。卵は、「卵白アルブミン又はオボムコイド」のたんぱく質分子を、乳は、「カゼイン又は β -ラクトグロブリン」のたんぱく質分子を見ています。

PCR法は、検出対象に特異的なDNA領域をPCR増幅して検出する方法です。

表1 当所で使用しているELISA検査キット

検査対象	卵、乳、小麦、 そば、落花生、くるみ	甲殻類（えび・かに）
検査キット	モリナガ FASPEK エライザⅡ FASTKIT エライザ Ver.Ⅲ（日ハム）	甲殻類キットⅡ「マルハニチロ」 FA テスト EIA-甲殻類Ⅱ「ニッスイ」
定量範囲	1.0～20.0 μ g/g	

【静岡県での特定原材料検査実績について】

令和2年度～令和6年度までに実施した検査において、卵白を対象とした検査で1検体、乳で1検体、小麦で2検体が陽性となり、卵白と乳の2検体はウェスタンブロットによる確認検査で陽性、小麦はPCR法による検査で陽性となりました（表2）。

令和5年3月に改正された食品表示基準において特定原材料とされた「くるみ」については、罰則の適用については、令和7年3月末まで経過措置が設けられていました。

くるみの検査は、令和7年度から、実施を予定しています。

表2 特定原材料検査実績

年度 (西暦)	特定原材料 (検体数)							
	卵白	乳	小麦	落花生	そば	えび かに	くるみ	合計
R2 (2020)	48	29	16	8	13	11	—	125
R3 (2021)	31	31	15	8	13	12	—	110
R4 (2022)	31	30 (1)	17 (1)	8	12	0	—	98
R5 (2023)	28	25	16	11	13	13	—	106
R6 (2024)	41 (1)	34	17 (1)	11	13	13	0	129

() 内は、陽性数

【食物アレルギーと食品表示について】

食物アレルギーの表示制度³⁾は、食品表示法（平成25年法律第70号）に基づく食品表示基準（平成27年内閣府令第10号）に規定されています。発生数や誤食が多く重篤度の高い上記8品目を特定原材料と定め、容器包装された加工食品及び添加物については、特定原材料を含む旨を表示することが義務付けられています。また、食物アレルギーは、微量な意図しない混入によっても起こることがあるため、混入の可能性を排除できない場合には、注意喚起表示が行われています。このように、食物アレルギー表示は、食物アレルギーのある人が、食品の中に反応するアレルゲンが含まれるかどうかを判断して選別するためのツールです。そのため、表示が適正であることはとても重要です。

1) 現通知：平成22年9月10日消食表第286号 消費者庁次長通知

2) 出典：（公財）ニッポンハム食の未来財団ホームページ

<https://www.miraizaidan.or.jp/allergy/illustrations.html>

3) 消費者庁HP「アレルギー表示に関する情報」

https://www.caa.go.jp/policies/policy/food_labeling/food_sanitation/allergy/

微生物部 西尾 智裕

食品に混入した農薬の分析

～食品中のグリホサート分析法の開発～

【はじめに】

農薬等の薬物が食品へ混入される事例は、突発的に発生します。混入された物質を早期に特定するためには、迅速に実施可能な分析法をあらかじめ確立しておく必要があります。

グリホサートは、一般家庭でもよく使用され、入手しやすい農薬であり、過去には清涼飲料水への混入事件が発生しています。そのため、食品への混入による健康危機事例の発生に備え、事前に分析法を構築しておく必要性が高い農薬であると考えられます。



静岡県では日頃、県内で流通している農産品を対象に、残留農薬検査を実施しています。この検査では、約 350 種類の農薬を一度に分析（一斉分析）することが可能ですが、グリホサートはこれらの農薬と異なり非常に水に溶けやすい特徴があるため、この一斉分析に含めることは困難です。加えて、食品に含まれるグリホサートを分析するため、厚生労働省から通知された試験法（公定法）は複雑で時間を要するため、緊急時の検査には不向きでした。

そこで本研究では、食品中へのグリホサート混入が疑われる事例の発生時に迅速かつ簡便に検査を実施できる分析法を確立したので報告します。

【試料】

分析法を確立するためには、食品試料に一定濃度のグリホサートを添加し、実際に試験を実施（添加回収試験）することで、正しく分析できるかを確認する必要があります。今回の研究では、過去の食品への農薬混入事例から清涼飲料水（緑茶）、ぎょうざ及びソースを試料に選びました。また、栽培過程でグリホサートがよく用いられる等の理由でグリホサートの残留が懸念されることから大豆、小麦粉及びハチミツを選定しました。更にいろいろな形状や栄養成分の食品を検査し、分析法の汎用性を確認するため、動物性たんぱく質を多く含む牛乳、油脂を多く含むマヨネーズ及び複合的な食品としてカレーを加えた計 9 品目を選定しました。



【使用した測定機器】

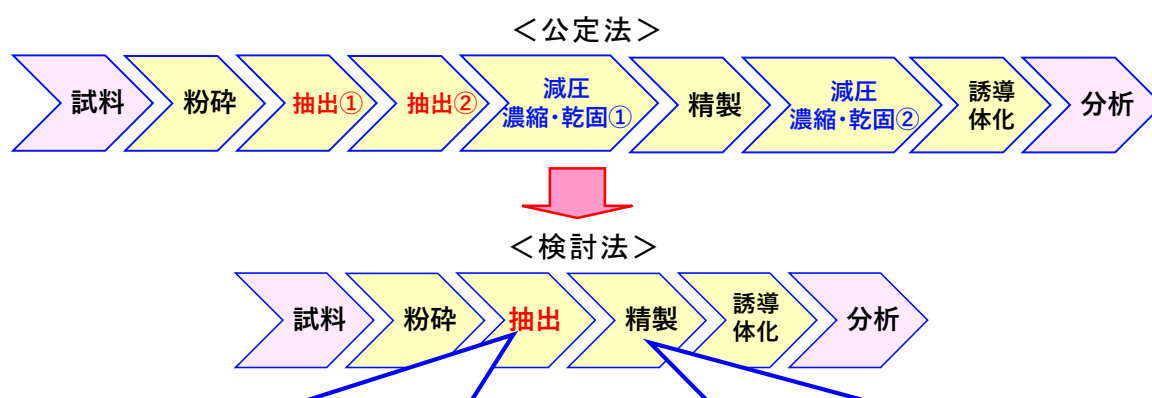
液体クロマトグラフ（HPLC）を使用して測定しました。HPLC を用いることで、含まれている成分がどんな化合物なのか（定性分析）、各成分がどれくらい含まれているのか（定量分析）を調べることができます。

【迅速かつ簡便な試験法の開発】

公定法では、粉碎した試料に水を入れてグリホサートを抽出します。その後、精製を行い測定を妨害する不要な成分（夾雑成分）を除去します。今回検討した方法でも、固相抽出カラムを用いて精製する方法を採用しました。食品試料には非常に多くの夾雑成分が含まれます。複数の固相抽出カラムを試した結果、最も効果的に夾雑成分を取り除くことができた SCX カラムを用いることとしました。

公定法では、2度の減圧濃縮・乾固を行います。これにより、低濃度の測定が可能になりますが、この工程には非常に時間が掛かっていました。そこで水での抽出後に、夾雑成分であるたんぱく質を取り除く等の作用があるアセトニトリルを加えることで、減圧濃縮・乾固の工程を省略しても、低濃度の測定が可能になりました。

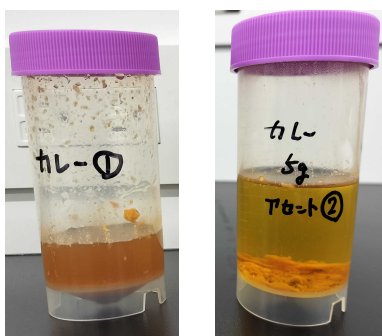
また、抽出工程についても公定法では2度行っていますが、検討した方法では1回に削減することが可能になり、分析に掛かる時間を短縮することができました。



☆アセトニトリルによるたんぱく質除去

写真左は水での抽出を行ったとき、右はアセトニトリルを加えた後のものです。

右の写真では、たんぱく質等の夾雑成分が沈殿し、液体の透明度が増しています。



☆固相抽出カラムによる精製

固相抽出カラムとは、シリンジ容器等に分離剤を詰めたものです。

この中通液させることで、分離精製を行います。分離剤は多種類あるため、目的に併せて選定します。



SCX
カラム

【分析方法の性能評価】

今回検討した分析法が実際の検査時に適用できるかを確認するために、厚生労働省事務連絡「加工食品中に高濃度に含まれる農薬等の迅速検出法について（平成 25 年 3 月 26 日）」を参考に、分析方法の性能評価を行いました。

性能評価は、添加回収試験を繰り返し行い、真度（回収率）や併行精度（バラツキ）等の性能パラメータ（評価項目）を算出し、各評価項目に設定されている目標値を満たすか否かで、性能評価の可否を判断します。

＜性能パラメータ（評価項目）と目標値＞

- ① 真 度：添加濃度と添加回収試験結果の一致の程度（回収率）
【目標値：50～200％】
- ② 併行精度：複数回実施した試験結果の一致の程度（バラツキ）
【目標値：30％未満】
- ③ 選択性：対象成分を正確に試験する能力
【目標値：夾雑成分のピーク面積が対象成分の 1/3 未満】
- ④ S/N 比：対象成分のピークの明確さの程度
【目標値：10 以上】

性能評価の結果、全ての試料において、真度、併行精度、選択性及び S/N 比の評価目標値を全て満たしました。このことから、本試験法はグリホサート分析法として有効であると考えられました。

【まとめ】

食品へのグリホサート混入事例発生時に対応できるよう、HPLC を使用した食品中のグリホサート分析法を検討しました。性能評価試験の結果、多様な夾雑成分が混同する食品 9 品目について、評価目標値を満たす良好な結果が得られました。そのため、今回検討した分析法は幅広い加工食品についてグリホサートを分析することが可能であると考えられました。

また、今回検討した分析法は前処理工程における減圧濃縮・乾固の工程を省略し、公定法と比較して検査に掛かる時間を大きく削減できました。短時間で実施可能な簡便な分析法が確立できたことで、緊急時の検査体制を強化できました。

医薬食品部 柏木 久輝

人工知能を用いた光化学オキシダント濃度の予測について

【はじめに】

光化学オキシダント（以下、Ox）は、自動車の排ガスや塗料に含まれている物質と太陽光が反応して生成される物質で、濃度が高くなると、のど、目の痛みや頭痛などの症状を引き起こすことが知られています。これら健康被害の未然防止のため、静岡県では県内各地の大気常時監視測定局にOx自動測定器を設置して24時間Ox濃度を監視しています。Ox濃度が100ppb（ppb:10億分の1。）を超えると監視体制を強化し、120ppb以上が続いた場合は、Ox注意報を発令して注意喚起しています。一方、リアルタイムでの評価だけでなく、100ppbを超えるタイミングを予測することができれば監視体制をさらに強化できます。現在、国や民間企業でOx濃度を予測するサービスがありますが、静岡県に焦点を当てた予測サービスはない状況です。そこで、人工知能（AI）を用いて、静岡県のOx濃度を予測するモデル（仕組み）を作成しました。

【Ox 濃度予測モデルについて】

人工知能はLSTM（Long Short Term Memory）と呼ばれるものを利用しています。この人工知能は「記憶する」機能と「忘れる」機能を持っており、Ox予測に重要なデータは記憶し、不必要なデータは忘れることで、効率よく学習を進めることができます。本モデルでは、気温や降水量などの気象データをLSTMを用いて予測値を算出するという流れになっています。また、静岡県を便宜上、西部地区、中部地区、東部・伊豆地区にわけ、各地区からそれぞれ1地点ずつを予測地点としました（図1）。また、Ox濃度予測モデルは各予測地点について一つずつ作成しました。



図1. 予測地点（①：浜松局、②：清水局、③：熱海局）

【過去データを用いたモデル評価について】

作成したモデルが100ppbを超えたデータを予測できるかを確かめるために、過去にOxが100ppbを超えたときの気象データを対象に10回予測しました。各地点の結果は図2のとおりです。どの地点においても、実際の値が100ppbを超過していた時点では漏れなく100ppb以上と予測することもできました。

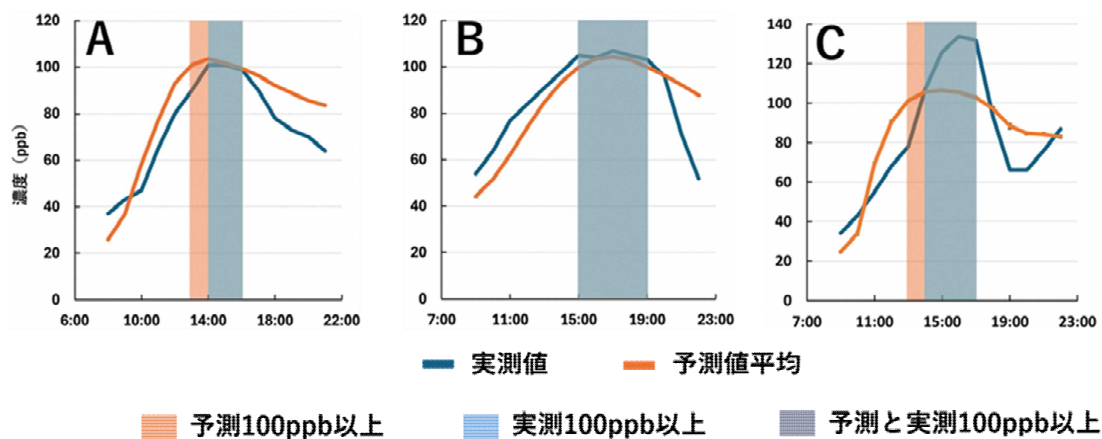


図2. 予測結果 (A: 浜松局、B: 清水局、C: 熱海局)

【リアルタイム予測モデルについて】

過去データを用いて精度の確認が取れたため、現在は実際の運用を想定してリアルタイムでの濃度予測モデルを構築しています。本モデルでは、学習用データ（予測日直前までの気象データ）と予測用データ（予測する期間の天気予報データ）を用意する必要があります。そこで、気象庁や天気予報サイトから気象データを回収してまとめ、欠測値を補正して学習用データと予測用データを自動で作成するプログラムを作成しました。次に、予測結果をメールで送付するプログラムを作成し、予測結果を多数の人に届けられるように設定しました（図3）。

最後に、タスクスケジューラを設定して、特定の時間に自動でリアルタイム予測プログラムが起動するようにしました。

以上のプログラムや設定を一つすることで、パソコンさえ起動していればリアルタイム予測モデルの実行から結果の送付までをすべて自動で行うことができるようにしました。

熱海総合庁舎RT予測結果

2025/06/18 10:00	36.71
2025/06/18 11:00	50.08
2025/06/18 12:00	70.54
2025/06/18 13:00	88.28
2025/06/18 14:00	98.70
2025/06/18 15:00	100.49
2025/06/18 16:00	98.26
2025/06/18 17:00	96.96
2025/06/18 18:00	91.83
2025/06/18 19:00	87.24
2025/06/18 20:00	84.16
2025/06/18 21:00	82.47
2025/06/18 22:00	80.58
2025/06/18 23:00	80.70

図3. 予測結果送信メール

【おわりに】

本研究は、現行のOx監視体制のさらなる強化のために、リアルタイムOx濃度予測プログラムの作成及び自動でプログラムの実行から結果の表示まで行うことができるモデル（仕組み）の構築を行いました。

現在のプログラムは、実測値が100ppb以下のときでも100ppb以上と予測してしまうことがあるので、より多くのデータ蓄積や予測に用いるパラメータの調整などによってさらなる精度の向上に努めて参ります。

大気水質部 横澤 賢

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



SDGs(Sustainable Development Goals)とは「誰一人取り残さない」社会の実現を目指す、国際社会全体の開発目標です。環境・経済・社会をめぐる課題について、17のゴールと166のターゲットが示されています。

編集・発行

静岡県環境衛生科学研究所
総務企画課

所在地

〒426-0083 藤枝市谷稲葉 232-1

電話番号

054-625-9121

FAX 番号

054-625-9142

E-mail

kanki@pref.shizuoka.lg.jp

オフィシャルサイト

<https://kaneiken.jp>