

画像認識AIを活用した 火花自動検知システムの開発 —— 処理現場での有効性を証明

株式会社イーアイアイ 代表取締役 胡 浩



本事業は、廃棄物処理施設におけるリチウムイオン電池等の火災防止に特化し、処理現場のリアルなニーズを洗い出し、画像認識AI等の先進的ICTを活用し、必要な機能を備えるAI火花自動検知システム（Spark Eye™）の開発を行った。発火リスクの高い破碎機に直接設置でき、検知から消火まで全自動の無人防火ソリューションの特長を有する。さらに、産廃処理現場および自治体一般廃棄物処理施設への導入と実証試験を通し、その有効性を確認できた。

1. はじめに

近年、廃棄物処理施設においてリチウムイオン電池に起因する火災事故が急増し、防火対策が喫緊の課題となっている。安全安心な静脈施設を実現するためには、多重防護の考え方が重要¹⁾であり、以下に示す2つの方面から方策を講じることが有効であると考えられる：

- ①プリベンション（排出側における適切な排出の徹底）
- ②フェイルセーフ（受入側における事故防止対策の実施）

①に関しては環境省や自治体、関連団体においてリチウムイオン電池の適切な分別排出の指導や要望等、適正処理に向けて動き出している。しかし、②に関して、筆者らの調査では、廃棄物処理施設の実態に対応し、十分な機能を備える有効な火災防止システムが存在しないと考えている。

一方で、近年、AI（人工知能）・IoT（モノのインターネット）をはじめとした先進的ICT（情報通信技術）の急速な進化により、さまざまな分野で自動化が実現されている。

こうした背景のなかで、本事業は、廃棄

物処理施設における火災防止に特化し、先進的ICTを活用し、さらに大栄環境グループの処理現場の協力を得て、共同でAI火花検知システム（Spark Eye™）の開発を行った。本誌では、Spark Eye™の機能概要と処理現場での有効性検証について紹介する。

2. 廃棄物処理施設における火災予防措置に求められる機能

一定規模以上の事業所では、法定の火災報知設備を設置する義務がある。しかし、一般的な煙や熱検知器では、検出感度が低いことや誤検知等の課題があり、静脈施設における火災事故率は依然と高いままである。また、火の発生元から既存検知器の検出範囲に届くまでは時間がかかり、すでに可燃物への引火や延焼が拡大され、消火措置が手遅れになってしまう場合があると考えられる。そこで多くの事業所では作業員の目視確認による巡回監視が行われ、業務負担が増加している。

以上の実態を鑑み、火の発生元で自動的に異常を素早く検知し、さらに自動消火の制御までできれば、安全性の向上だけでは

なく、業務負担の軽減も実現でき、効果的な対策になると考えられる。

筆者らの調査では、廃棄物処理施設において、火の発生元として多く発生するのは、①破碎機、②コンベヤ、および③可燃物保管場所の3カ所である。それぞれ発火の特徴が異なり、表1に整理する。とくに、近年リチウムイオン電池等の異物が混入し、破碎機における刃の衝撃圧力による発火が発生元になる場合が多く確認できている（写真1）。

表1に示すような対象設備の実態により、従来の検知器の動作環境に適応しない場合や、検知範囲がカバーできない場合があると考えられる。とくに、破碎機について火花の発生元である刃の部分では、破碎対象物や粉じんが飛び散る環境であり、密閉式が多く、ほとんどの火災検知器では直接的に設置や検知ができないのが現状である。またコンベヤと保管場所の場合、対象エリアが広く検出範囲に限界があると考えられる。また、安定運転を確保するためには、誤検知率を下げるための感度調整機能が必要であるが、既存検知器では対応できない場合が多い。さらに、事故原因の究明や安全向上策の検討に活用可能な事故事例のデータベース化、およびリアルタイムの可視化システムが求められている。

そこで、本事業は、火花や煙等の異常を発生元で素早く自動検知し、事故に進展しないように、現場の実際のニーズに応じ、以下に示す機能を有するAI火花検知システム（Spark Eye™）の開発を行った。



写真1 リチウムイオン電池破碎の瞬間

表1 設備別の発火の特徴

対象設備	危険発生	特徴	ハザード（危険要因）
破碎機	火花、火、発熱、煙	火花や発熱の発生元	リチウムイオン電池や可燃性ガスボンベ等が混入し、強い圧力を加わると発火
コンベヤ	発熱、煙、火	破碎後の対象物がコンベヤにて搬送される	破碎機から火や発熱物の落下による可燃物への引火
可燃物保管場所（ごみピット等）	発熱、煙、火	破碎前や破碎後の対象物の保管	破碎機から火や発熱物の落下による可燃物への引火、可燃物の発酵による発熱

- ・火花の発生元を抑え、破碎機の中を直接的に自動検知ができること
- ・超高感度で一瞬の火花を逃さず検知できること
- ・検知可能物：①火花、②火、③煙、④熱
- ・誤検知率を下げるための感度調整ができること
- ・無人で自動消火制御ができること
- ・リアルタイムの可視化・DB化ができること

静脈施設における安全安心を実現させるためには、「安全配慮設計」、「操業管理」および「情報公開」の相互連携が重要である¹⁾。上記機能を備えるSpark Eye™を活用することで、それぞれのプロセスにおいて安全安心システムの高度化を図ることができると考えられる。

3. 「AI火花検知システム（Spark Eye™）」の概要

本事業は、廃棄物処理施設における火災



写真2 ディープラーニングを用いた火花・煙の検知

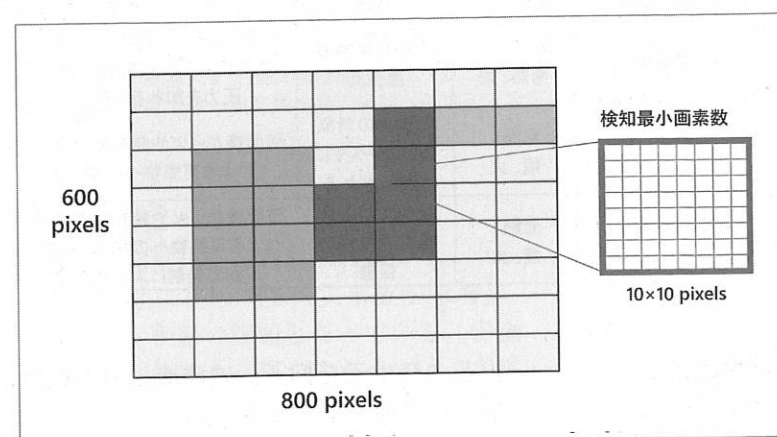


図1 検知最小画素数知

表2 検知性能

項目	緒元	仕様
カメラ性能	最大解像度	3264 (H) X 2448 (V) @15fps
	最大フレームレート	30fps
	可変焦点距離	IR 5-50mm
検出性能	検出フレームレート	20fps
	検出速度	0.05秒以下
	検出最大距離	25m ※火花直径25cmの場合
	検出エリア最大範囲	20m X 14m ※火花直径25cmの場合

防止に特化し、様々な現場で適用できるように、①火花、②火、③煙、④熱の4つの危険因子を検出できるAI火花検知システム（Spark Eye™、特許出願中）の開発を行った。

(3) Spark Eye™の機能と応用

本システムは、画像解析および画像認識AIの技術により、リチウムイオン電池等が破碎機において破碎された瞬間に発生する火花をリアルタイムで自動検知(0.05秒)

(1) 火花・火・煙の検知

画像解析およびディープラーニング技術を活用し、火花・火・煙を瞬時に検知することを実現できた(写真2)。検知最小画素数は図1に示すように、10×10ピクセルとなっている。カメラの検知性能を表2に示す。

(2) 熱の検知

Spark Eye™には、サーモセンサーをシステムに組み込み、リアルタイムで熱を検知できるようになっている。熱の検知性能(実験結果)を写真3に示す。

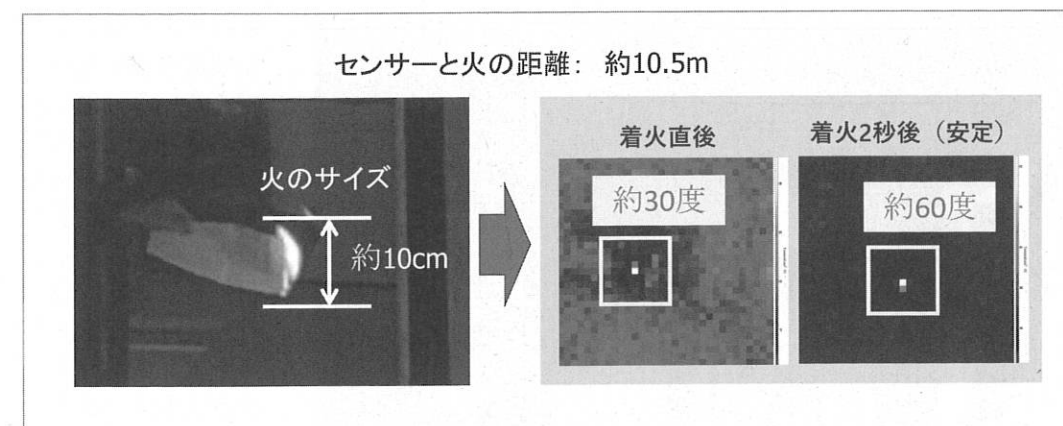


写真3 サーモセンサーの検知性能

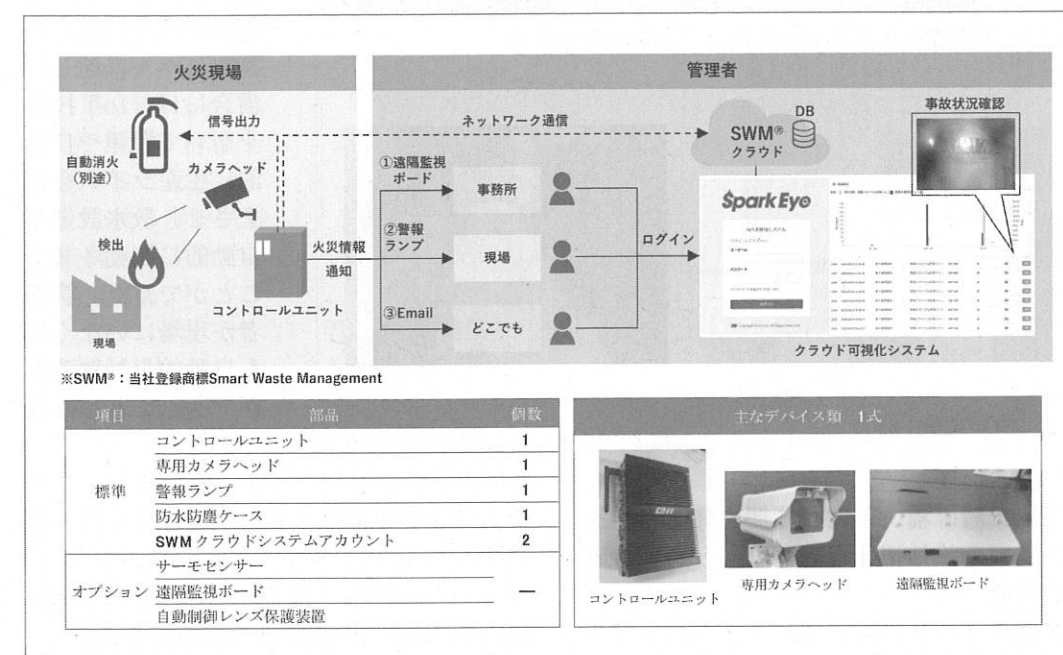


図2 Spark Eye™の構成と応用

し、アラート発報や自動散水を制御することで、従来よりも前段階でリスクを検知でき、火災を未然に防ぐシステムである(図2)。また、検知した画像や動画をクラウド上で管理できる可視化機能も備えており、定量的なリスク管理が可能になる。さらに、警報の感度調整を現場の火花発生状況に応じてクラウドシステムで簡単に設定ができ、誤動作を防止することが可能になる。

本システムの主要機能を以下に整理する。
・検出速度0.05秒以下(感度調整可能)、

一瞬の火花でも逃さず、昼夜問わずに検知可能

- ・火花の発生状況を鑑み、適切な警報レベルを設定可能(Email送信、遠隔監視ボードへアラート発信、PLC出力によるIoT警報ランプ・消火栓等の自動起動など)
- ・火花発生と終了時に、設定したメーリングリストに画像付きの発生状況を送信可能
- ・クラウドシステムにて、検知状況を統計グラフで確認できるとともに検知した画

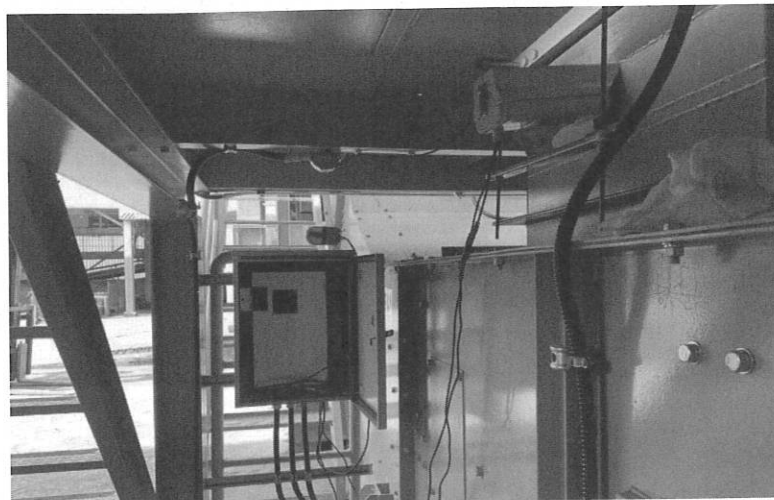


写真4 破碎機におけるSpark Eye™設置完了の様子

会社名			
事業内容			
処理ライン			
破碎機			
カメラの	3		
検知Start	2020/06/11 18:55:00	検知End	2020/06/11 18:55:01
火花検出	1	フレーム数	6
火花レベル	3	火花条件	2回or2秒
Email	☐	警報	☐

図3 検知実績(例)

像、日時、場所、開始時間、終了時間等すべての検知情報をいつでもどこでも確認可能

- ・クラウドシステムにて、カメラのリアルタイムモニタリングと20日間以上の動画記録が可能
- ・クラウドシステムは、ID・パスワード管理、権限の設定が可能
- ・検知情報データベースの蓄積により、操業診断、安全性解析等にビッグデータとして活用可能

4. 処理現場での有効性検証

4-1 産廃施設への導入実績

2020年6月に、はじめてSpark Eye™を産業廃棄物処理事業所の容器包装リサイクル施設の破碎機に設置し、オペレーションを開始した。現地設置完了の様子を写真

4に示す。現在まで安定的な運転を確認できている。約半年間に4回ほど破碎機における火花を検出することができた(図3)。火花を検出するたびに、現場管理者メーリングリストに、画像付きのアラートメールが送信される。また、事前にSWMクラウドシステムで設定した警報レベルに達した場合には、IoT技術を用いて警報や自動的に生産ラインを停止させ、散水設備を自動的に起動させることができた。管理者が現場にいないでも自動的な制御消火ができたことを確認できた。

これにより、リチウムイオン電池等の異物が破碎機に混入し、発火しても火災事故に進展しないように、フェイルセーフ段階の対応策として、Spark Eye™の有効性を確認できた。

さらに、取得した発火データは、リアルタイムでSWMクラウドシステムに記録され、データベース化し、管理者が遠隔監視や事故原因の究明に活用される。将来的には、ビッグデータとして施設の安全性向上策の分析にも活用可能である。

4-2 自治体における実証試験

民間の産業廃棄物処理施設のほかに、自治体の一般廃棄物処理施設における実証が重要であると考えられる。そこで、多摩ニュータウン環境組合の協力を得て、多摩清掃工場の破碎機施設において、Spark Eye™を現場に仮設置し、2月10日～3

月3日にかけて約3週間の現場実験を行った。

仮設置の状況を写真5に示し、検知の結果を図4に示す。実験期間中に、火花の発生を1回検出した。火花の持続時間が約1秒、4フレームの検出結果となった。火花の発生時間、終了時間、警報条件および画像データ等の情報が記録され、Spark Eye™の有効性を確認することができた。今後も実証試験を継続して実施する予定である。

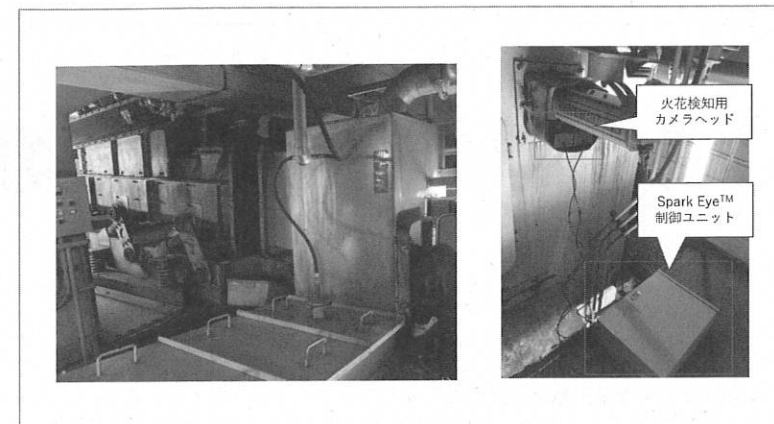


写真5 多摩清掃工場の対象破碎機(左)、Spark Eye™仮設置の様子(右)

会社名	多摩ニュータウン環境組合		
事業内容	多摩ニュータウン		
処理ライン	ラインB		
破碎機	破碎機1		
カメラの	1		
検知Start	2020/02/10 14:40:00	検知End	2020/02/10 14:40:01
火花検出	1	フレーム数	4
火花レベル	3	火花条件	2回or2秒
Email	☐	警報	☐

図4 検知結果

5. おわりに

時代は絶対的安全から相対的安心へシフトしている。AI・IoTが普及される時代において、安全・安心な静脈施設を実現するためには、以下に示す3点が重要であると考えられる。

- ICTリテラシーの向上
- 安全配慮設計、操業管理におけるICTの利活用
- 周辺住民と十分なリスクコミュニケーション

先進的なICTソリューションを用いてリスクマネジメントを行うことが、アナログな目視確認等より効果的であることは明らかである。しかし、すでに定着している産業に新しい技術の受け入れは簡単ではない。多くの場合は研究開発や実証による試行錯誤のプロセスを経る必要がある。現場で確実に使える効果的なICTソリューションを実現させるためには、施設の運営管理者から行政当局、一般市民までステークホルダーのICTへの理解を深め、積極的に

取り組む姿勢が重要である。また、周辺住民の安心につなげるためには、ICTの普及・啓蒙をはじめ、ICTを活用した静脈施設の進化と施設側の努力を周辺住民に伝え、住民の理解を獲得することが重要であると考えられる。

Spark Eye™は、昨年12月より販売開始をしている。今後、廃棄物処理施設に特化した火災防止ソリューションとして広く普及推進を行っていく。

6. 謝辞

共同開発を行う大栄環境グループおよび実証試験の場を提供して頂く多摩ニュータウン環境組合の方々に深く御礼申し上げます。

参考文献

- 小野田弘士、廃棄物処理・リサイクル施設における安全・安心、ベトロテック37巻6号、pp.32-38、2014.6