

X線検査装置部の「売りの技術」

当部では、財務省税関が目指す安全・安心な社会の実現に向けて、薬物、銃器、テロ関連物品、知的財産侵害物件などの社会悪物品の密輸入を水際で効果的に取り締まるため、空港・港湾貨物および手荷物用のX線検査装置を数多く納入している。

また、近年増加するテロ対策として、人が集中するイベント会場や、密閉空間となる旅客機内などでの安全確保の必要性が高まっており、従来のX線検査装置の他、金属探知器、爆発物検知器など、人やモノの持ち込み・持ち出しを厳しくチェックできる検査装置が求められている。

当部で提供している非開封のセキュリティ用検査装置として、検査対象物によりコンテナ貨物大型X線検査装置、手荷物・貨物用X線検査装置、その他、X線を使用しない、保安用身体検査装置がある。

近年、空港でのX線検査装置として、3次元透過画像が速やかに得られるCT検査装置の導入が急速に進んでおり、当社でも本装置を販売している。

人が隠し持った銃刀類の発見には金属探知器が広く利用されているが、近年ではボディスキャナーと呼ばれる非金属製の禁制品も発見できる装置の導入が進んでいる。さらに検査対象物が禁制品に触れた痕跡を検査するためトレース（痕跡）ディテクターが採用されている。

また、これらセキュリティ関連製品の他、非破壊検査用のX線源として直線加速器（リニアック）を用いた高エネルギーX線発生装置の販売も行っている。

以下に、当社で扱うX線関連製品について述べる。

1. 空港・港湾でのセキュリティ検査装置

1.1 コンテナ貨物大型X線検査装置

当社ではコンテナ貨物大型X線検査装置を2010年にIHIから事業移管し、これまで、国内主要港湾地区の税関向けに10基納入している。IHIグループとしては、累計25基の納入実績があり、国内トップシェアとなっている。

本装置は、主に海上コンテナを丸ごとX線検査するもので、エネルギー9MeVのX線を2方向または1方向から検査対象物に照射し、X線透過画像により税関検査を行っている。検査対象物としては、トラクタトラック付コンテナ車両の他、全長19mまでのトレーラ、トラック、乗用車などさまざまな車両を自動で搬送し、検査することが可能である。

搬送装置は、検査処理台数、検査対象車両、検査建屋の構造に応じて、地下式、地上式、フラットベッド式の3種類を提供している。

地下式および地上式では、検査車両の前輪を持ち上げて搬送し、最大1時間20台までの検査が可能である。また、フラットベッド式ではパレット上に総重量44トンまでの検査車両を搭載して搬送するため、最大1時間10台と検査台数は少なくなるが、四輪駆動車、特殊車両および貨物単体での検査が可能となる。どの搬送方式を採用するかは、検査対象車両の種類、貨物取扱量も含め、総合的に決められている。

X線検査画像は、X線検出器（シンチレータを用いたフォトダイオード方式）からの信号を、画像データ処理システムのデータサーバに蓄積し、X線照射完了後、中央制御・検査室に設置した画像

表示端末により検査を行う。画像表示端末は、通常の拡大、輝度調整、エッジ強調、測長などの機能の他、物質識別画像、パレット補正画像などの補助機能を付加可能である。

本装置は税関への申告書類と X 線検査画像を合わせて管理するため、税関業務に合わせた検査管理端末を同時に納入することにより、検査情報の一元化、通関業務の迅速化に貢献している。

当部では本装置の納入後の保守およびアフターサービスに万全を期すようメンテナンスセンターを顧客との窓口として開設している。

図 1 に X 線検査中のコンテナ車両を示す。

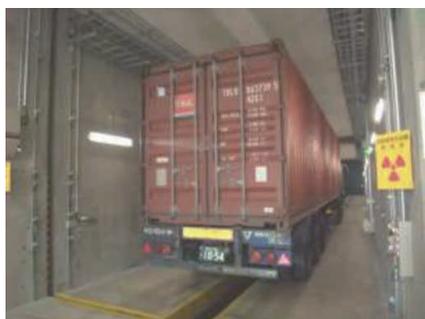


図 1 X 線検査中のコンテナ車両

1.2 手荷物・貨物用 X 線検査装置

(1) X 線検査装置

手荷物・貨物用 X 線検査装置は空港や裁判所、イベント会場などでの手荷物検査に利用される。また港湾では貨物検査に用いられる。X 線で手荷物や貨物の中身を透視し、禁制品の有無を非開封で検査できる。

この X 線検査装置は搭載している X 線発生器の数によって 1 方向照射型と 2 方向照射型に分類される。1 方向照射型では貨物の垂直透過画像（貨物を上もしくは下から見た透過画像）のみを取得し、2 方向照射型では垂直透過画像に加えて水平透過画像（貨物を横から見た透過画像）も取得する。また、X 線の管電圧を変更できる出力可変式 X 線検査装置と、管電圧が固定の出力固定式 X 線検査装置に

分類される。管電圧が高いほど X 線の透過力が高くなり、厚い貨物の検査が可能となる。一般に X 線検査装置の最大管電圧は出力可変式の方が出力固定式よりも大きい。そのため大型の貨物の検査には出力可変式タイプが、比較的小型の貨物・手荷物の検査には出力固定式タイプが使われることが多い。

図 2 は出力固定式 1 方向 X 線検査装置 IXI-7555B-N の概観、図 3 は出力固定式 2 方向 X 線検査装置 IXI-100100D-N の概観、図 4 は出力可変式 X 線検査装置 IXI300-150150D-N の概観、図 5 は 2 方向照射検査の透過画像の例である。1 方向照射では向きにより禁制品を視認しにくいことがあるが、2 方向照射ではその点を改善できる。表 1 に各 X 線検査装置の標準仕様を示す。



図 2 出力固定式 1 方向 X 線検査装置 IXI-7555B-N



図 3 出力固定式 2 方向 X 線検査装置 IXI-100100D-N



図 4 出力可変式 X 線検査装置 IXI300-150150D-N

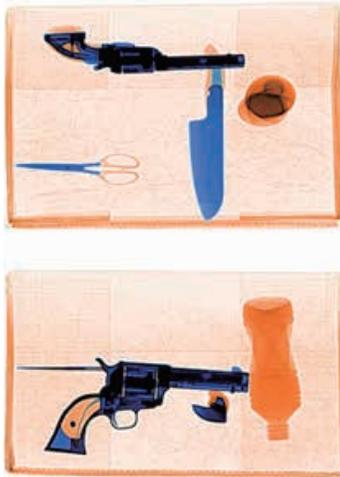


図5 2方向照射による検査画像

(2) CT 検査装置

国内空港などでCT（Computed Tomography）検査装置の導入が進んでいる。1方向／2方向照射型のX線検査装置が2Dイメージを取得するのに対し、CT検査装置では3Dイメージを取得できる。3Dイメージは重なったモノの判別をやすく、禁制品の発見が容易になる。

図6のCT検査装置はX線発生器を回転しながら透過画像を取得する回転式の装置である。取得した3Dイメージをディスプレイ内で回転させられる他、貨物の任意の場所の断面図を表示することも可能であるため、禁制品の向きによらず視認

表1 手荷物・貨物用X線検査装置標準仕様

型番	IXI-7555B-N	IXI-100100D-N	IXI300-150150D-N
形式	出力固定式1方向	出力固定式2方向	出力可変式2方向
トンネル寸法	幅755mm×高さ555mm	幅1010mm×高さ1005mm	幅1550mm×高さ1510mm
装置寸法	長さ2340mm×幅1000mm ×高さ1500mm	長さ3595mm×幅1705mm ×高さ1835mm	長さ6788mm×幅3180mm ×高さ2564mm
装置重量	600kg	1450kg	7800kg
搬送可能重量	80kg	200kg	2000kg
X線管電圧	160kV	160kV	300kV以下
透過能力	鉄板30mm		鉄板70mm
分解能	AWG38		AWG36
機能	各種画像強調機能 爆発物・違法薬物自動検知機能 プリンタ（オプション） TIP (Threat Image Projection)機能*1（オプション）		
コンベア速度	20cm/s～25cm/s		20cm/s
外部漏洩線量率	1μSv/h以下		
電源	AC100V/200V、50Hz/60Hz		AC200V、50Hz/60Hz
消費電力	0.8kVA	1.4kVA	4kVA

*1：検査画像に禁制品の画像をランダムに挿入することで、検査員のトレーニングを行ったり検査員の判断能力を評価したりする機能。



図6 CT検査装置の概観図と検査画像

表 2 CT 検査装置の標準仕様

型番	XT2100HS	XT2100	Kylin Ti
トンネル寸法	幅 1004mm×高さ 890mm	幅 1004mm×高さ 890mm	幅 624mm×高さ 420mm
コンベヤ高	848mm	848mm	675~710mm(調整可能)
外形寸法	長さ 5525mm×幅 2360mm ×高さ 2320mm	長さ 4525mm×幅 2360mm ×高さ 2320mm	長さ 3780mm×幅 1330mm ×高さ 1685mm
最大貨物寸法	長さ 2000mm×幅 1000mm ×高さ 600mm 以下または 長さ 2000mm×幅 750mm ×高さ 750mm 以下	長さ 2000mm×幅 1000mm ×高さ 600mm 以下または 長さ 2000mm×幅 750mm ×高さ 750mm 以下	長さ 2000mm×幅 620mm ×高さ 420mm 以下
装置重量	7500kg	6000kg	2000kg
搬送可能重量	200kg	200kg	160kg
コンベヤ速度	50cm/s	30cm/s	20cm/s
処理能力	1800 バッグ/時	1080 バッグ/時	720 バッグ/時
機能	各種画像強調機能、危険物自動検知機能、断面画像表示機能		
使用環境	温度 0℃~40℃、湿度 5~95%(結露しないこと)		
保管環境	温度-40℃~60℃、湿度 5~95%(結露しないこと)		
電源	3相 AC380V、50Hz/60Hz		AC220V/110V、50Hz/60Hz
消費電力	12kVA		3.2kVA

が容易となる。CT 検査で得られる多量の情報を活用することで、爆発物・違法薬物の自動検知機能の正確度も向上している。この優れた機能により、自動で検査結果 (OK / NG) を判定して、外部コンベヤへ進路変更の指令を出すことも可能である。

表 2 に各 CT 検査装置の標準仕様を示す。

1.3 保安用身体検査装置

(1) 金属探知器

一般的に門型金属探知器は銃刀類や携帯電話、カメラ、記憶媒体装置、貴金属などの持ち込み・持ち出しを制限する目的で使用される。ターゲットとする金属物と同等以上の大きさの金属物が持ち込まれた場合に、警報音とランプの点灯で禁止金属物の存在を検査員に知らせるのが主流である。

門型金属探知器 MD2100 は垂直方向に 8 つの検知エリアを持ち、禁止金属物が通過したエリアの LED が点灯する。このことで金属物を所持する位置の特定が容易になり、その後のボディチェックがスムーズになる。警報を発する金属物の大きさは最大感度でコインレベル、最小感度で拳銃レベ

ルと広範囲で調整できる。そのため、メガネやベルト、鍵束などの危険が少ない私物金属の検出率を低くすることができる。また、MD2100 は 64 チャンネルの動作周波数を搭載し、設置環境に応じて最適な動作周波数を自動でサーチする機能を持つ。そのため単体での運用 / 複数機での運用を問わずに周辺環境からの干渉に強い特徴を持つ。

図 7 に門型金属探知器 MD2100 の概観を、表 3 に標準仕様を示す。



図 7 門型金属探知器 MD2100 概観

表3 門型金属探知器 MD2100 標準仕様

型番	MD2100
外形寸法	幅 917mm×高さ 2303mm×長さ 710mm
ゲート寸法	幅 756mm×高さ 2090mm×長さ 710mm
重量	80kg
感度設定	198 段階
検出ゾーン	8 ゾーン
警報音	音量 10 段階、音調 10 段階
検出対象速度	0.4m/s～1.8m/s
電源仕様	AC100V～220V、50Hz/60Hz、60W 以下
使用環境	温度-20℃～60℃、湿度 0～95%(結露しないこと)

(2) ボディスキャナー

空港では門型金属探知器に替わってボディスキャナーの導入が始まっている。ボディスキャナーは微弱 X 線の後方散乱を利用するものとミリ波域の電波を利用するものが主流である。国内空港ではミリ波域の電波を利用するタイプの導入が進んでいる。金属探知器と異なり、非金属製の禁制品も発見できることが利点である。

MW1000AA はミリ波の反射を利用したボディスキャナーである。禁制品を発見した場合、ディスプレイの人形画像の該当する場所にマーキングをする。電離放射線を使用せず、電波も電波防護指針の基準値を下回る極めて微弱な電波であるため安全である。

図8にボディスキャナー MW1000AA の概観と検査結果表示画面を、表4に標準仕様を示す。



図8 ボディスキャナー MW1000AA の概観と検査結果表示画面

表4 ボディスキャナー MW1000AA の標準仕様

外形寸法	幅 1408mm×高さ 2388mm×長さ 1630mm
ゲート寸法	幅 750mm×高さ 2100mm×長さ 1188mm
重量	520kg
検査時間	2 秒
検査速度	400 人/1 時間
判別対象	銃刀類、爆発物、薬物、液体物、携帯電話など
プライバシー保護	ディスプレイには人形画像(図8)を表示
電源仕様	AC220V/110V、50Hz/60Hz、1.4kW 以下
使用環境	温度 0℃～40℃、湿度 0～93%(結露しないこと)
保管環境	温度-20℃～55℃、湿度 0～93%(結露しないこと)

(3) トレース (痕跡) ディテクター

X線検査装置やボディスキャナーが目に見える大きさの禁制品を発見するための装置であるのに対し、トレースディテクターは禁制品の痕跡を発見するための装置である。衣類や手荷物に付着している微粒子を検査し、爆発物または違法薬物の微粒子を発見すると警報を発する。イオン化した微粒子の質量分析を行う方式やイオン化した微粒子のイオン移動度分光 (IMS) を行う方式が主流である。従来イオン化には⁶³Niなどの放射線源が用いられてきたが、現在ではコロナ放電や紫外線、レーザーを用いてイオン化させる方法が広まって

いる。また、サンプリングの手法には吸引式と拭き取り式がある。拭き取り式では蒸気圧の低い試料であっても紙などに付着させることで検知が可能となる。

図9に据置型のトレースディテクター TR2000DCと携帯型のトレースディテクター TR1000DCの概観を示す。この装置は、イオン化にはコロナ放電、分析にはIMS方式、サンプリングには拭き取り式を採用し、IMSセルを2つ搭載することで、爆発物・薬物の同時検査が可能である。また検知可能な爆発物・薬物のライブラリは更新可能で、柔軟に変更していくことができる。表5に標準仕様を示す。



図9 トレースディテクター TR2000DC (左) と TR1000DC (右) の概観

表5 トレースディテクター標準仕様

型番	TR2000DC	TR1000DC
タイプ	据置型	携帯型
動作原理	IMS、コロナ放電	
検査方式	拭き取り式	
寸法	幅 340mm×高さ 233mm×長さ 325mm	幅 178mm×高さ 192mm×長さ 390mm
重量	12kg	5kg(バッテリー無し)
ディスプレイ	10.4 インチタッチパネル	5 インチタッチパネル
検査モード	爆発物検査モード、薬物検査モード、爆発物&薬物同時検査モード	
感度	ナノグラムレベル	
起動時間	20分	
検査時間	8秒	
電源	AC 100V~240V, 50Hz/60Hz	
使用環境	温度-5°C~45°C 湿度 0~95%(結露しないこと)	温度-20°C~60°C 湿度 0~95%(結露しないこと)
検知爆発物	TNT、C4、DNT、NG、PETN、RDX、HMX、H-6、AN、TATP、黒色火薬、テトリル、セムテックスなど	
検知薬物	コカイン、ヘロイン、モルヒネ、アンフェタミン、THC、PCP、LSD、プロカイン、ケタミン、エフェドリン、ディランチンなど	

2. 非破壊検査用高エネルギー X 線発生装置

非破壊検査用の X 線源として、直線加速器（リニアック）を用いた高エネルギー X 線発生装置を販売している。この装置は、X 線エネルギー 0.95MeV から 9MeV までをラインナップとしてそろえている。

RT（放射線透過試験）用として、IHI グループでは設備老朽化に伴い、2013 年に当社愛知事業所に 0.95MeV、2014 年に IHI 相生工場に 3MeV、2017 年に当社磯子事業所に 0.95MeV の X 線発生装置を本装置に更新している。

当部ではこれまで高エネルギー X 線検査装置を多数納入してきた経験と、RT をはじめとした非破壊検査技術と各種機械設備の設計・製作技術を保有していることから、客先のニーズに合わせた最適な X 線検査システムの提供が可能である。

X 線発生装置については単体販売だけでなく、放射線遮へい計算を含む遮へい設計および官庁申請手続きの支援、X 線発生装置の支持・移動機構の設計・製作、X 線検出器や搬送装置を組合せた X 線検査装置のシステム提案も可能である。

本装置の納入後の保守については、X 線検査装

置の保守拠点を活用することにより、迅速な修理対応ができる保守体制をとっている。

当社磯子事業所に設置した 0.95MeV の X 線発生装置を図 10 に示す。磯子事業所では既設の移動機構に本装置を取付け、水平・垂直旋回機構を合わせて更新した。

X 線発生装置の主要仕様を表 6、表 7 に示す。X 線エネルギーにより、シングルエネルギータイプ（表 6）の 6 種類、エネルギー切換可能なデュアルエネルギータイプ（表 7）の 3 種類を標準機種としてそろえている。



図 10 当社磯子事業所の 0.95MeV-X 線発生装置

表 6 高エネルギー X 線発生装置主要仕様（シングルエネルギータイプ）

エネルギー	0.95MeV	2MeV	3MeV	4MeV	6MeV	9MeV	
線量率 [cGy/min@1m]	≤15	≤200	≤200	≤500	≤800	≤3000	
X線焦点サイズ [mm]	≤2	≤2	≤2	≤2	≤2	≤2	
X線平坦度(@±7.5°) [%]	≥80	≥80	≥75	≥75	≥62	≥55	
X線対称性(@±7.5°) [%]	<±5	<±5	<±5	<±5	<±5	<±5	
X線安定度 [%]	≤10	≤10	≤10	≤10	≤10	≤10	
放射線漏洩率 [%]	≤0.1	≤0.1	≤0.1	≤0.1	≤0.1	≤0.1	
X線照射野	・標準では30度円錐形、水平・垂直方向の照射角は調整可能 ・矩形の場合、水平・垂直方向の照射角は23度以下の範囲で調整可能						
透過能力	鋼板厚 [mm]	40~100	40~200	50~230	50~250	60~280	75~380
	線形透過度計 [%]	≥1	≥1	≥1	≥1	≥1	≥1
	有孔形透過度計	ASTM E94-04 1-2T	ASTM E94-04 1-2T	ASTM E94-04 1-2T	ASTM E94-04 1-2T	ASTM E94-04 1-2T	ASTM E94-04 1-2T

表7 高エネルギー X線発生装置主要仕様
(デュアルエネルギータイプ)

エネルギー		3MeV/1MeV	6MeV/4MeV	9MeV/6MeV
線量率 [cGy/min@1m]		≤40 (at 1MeV)	≤500 (at 4MeV)	≤1000 (at 6MeV)
		≤250 (at 3MeV)	≤800 (at 6MeV)	≤3000 (at 9MeV)
X線焦点サイズ [mm]		≤2 (at 3MeV)	≤2 (at 6MeV)	≤2 (at 9MeV)
X線平坦度(@±7.5°) [%]		≥ 72.5	≥ 62	≥ 55
X線対称性(@±7.5°) [%]		<± 5	<± 5	<± 5
X線安定度 [%]		≤ 10	≤ 10	≤ 10
放射線漏洩率 [%]		≤0.1	≤0.1	≤0.1
X線照射野		・標準では30度円錐形、水平・垂直方向の照射角は調整可能 ・矩形の場合、水平・垂直方向の照射角は23度以下の範囲で調整可能		
透過能力	鋼板厚 [mm]	50~230	60~280	75~380
	線形透過度計 [%]	≥1	≥1	≥1
	有孔形透過度計	ASTM E94-04 1-2T	ASTM E94-04 1-2T	ASTM E94-04 1-2T

いずれのタイプも X線焦点サイズは直径2mm以下で、X線照射野(X線を照射する範囲)は円錐形で30°以下、矩形で23°以下に設定可能である。透過能力としては表に示す鋼板厚において、線形透過度計で1%以上、有孔形透過度計でASTME94-04 1-2T相当の検出感度を有している。また、放射線漏洩率は標準仕様で0.1%以下となっているが、漏洩率を0.02%以下とした低漏洩線量タイプも提供可能である。

文責

機器装置事業部 副事業部長

兼 X線検査装置部長 高橋 光幸