

配管の X 線撮影調査・診断

レントゲン撮影による配管劣化二次調査、X 線撮影による調査の安全管理要項

X 線撮影による非破壊診断の方法で、配管の腐食減肉、錆瘤の発生状況を配管を切断することなく観察できます。もちろん運転中のままで撮影ができ、配管工事が不要なため費用は 1/4 ～ 1/5 で済み、撮影は 10 ～ 15 分程度で完了します。

溶接部は肉が厚いため X 線写真では白く表現されます。X 線写真では医療でのレントゲン写真と同じようにネガの状態で見えますので、当社では、今まで見にくかったものや見えなかったものを視覚化する画期的な画像処理を行い、分かりやすくしています。

機械は出力が 200kvp・300kvp 程度のものを使用します。配管径と肉厚、配管中の水の有無状況、白ガス管か铸铁管かなどにより設定を様々に変え、照射面にフィルターをかけて、フィルムも鋼管調査用のものにしたり ... と多様な作業を経て、あとは経験と勘でようやくまともな撮影が出来ます。つまり定型が無いのがこの調査です。



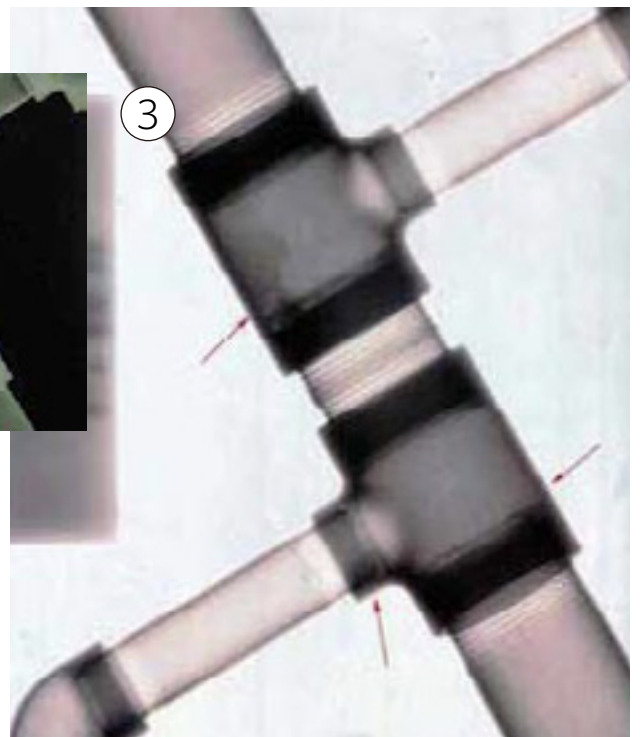
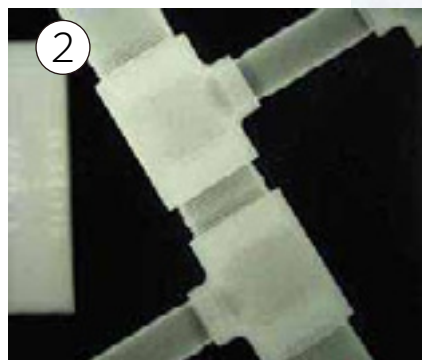
理学機器社製レントゲン照射装置

その後の画像解析はまた違う領域のスタッフの仕事です。それでもよく分からない場合があります。

ですから、**劣化調査は最低 2 つの方法を併用することをお奨めしています。**

たとえば肉厚測定と X 線撮影、内視鏡調査と肉厚測定、保温を剥がす外面調査と X 線調査などです。また、**抜管調査が出来るところはわざわざ非破壊検査をする必要はありません。**

■ X 線撮影による配管劣化調査例



- ① パイプシャフト内部給水取出配管を X 線撮影。
- ② ネガフィルムにはそれらしく写っています。
- ③ 当社の画像解析により判りやすくなりました。
錆瘤がリアルに見えます！

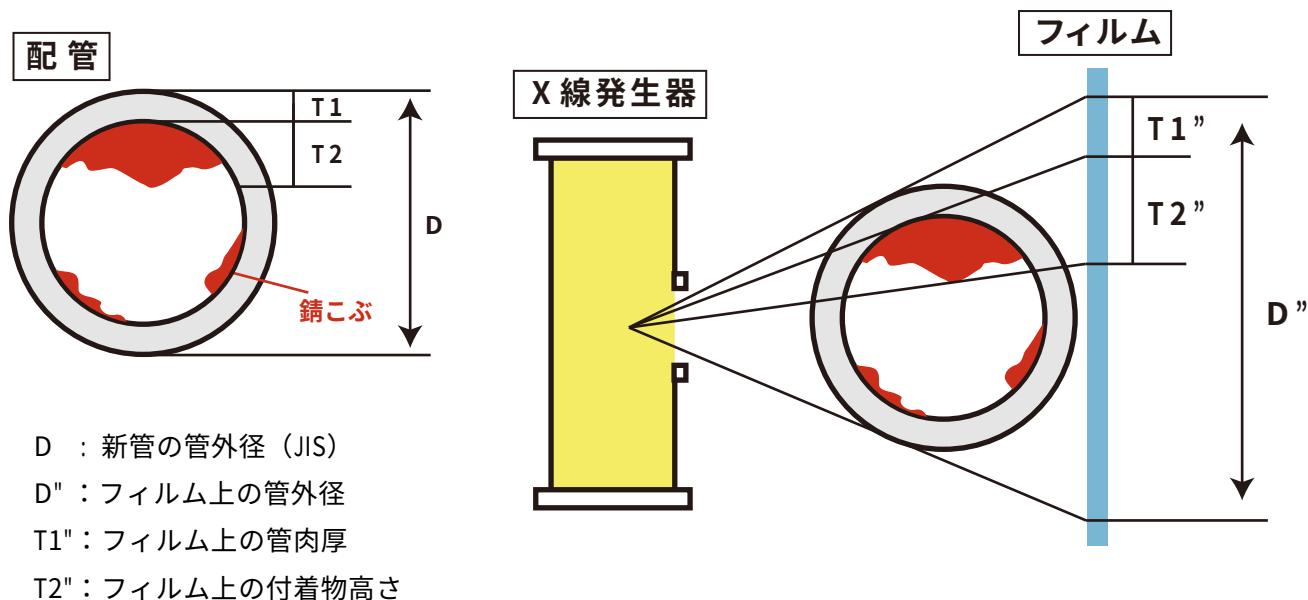
X線写真の原理とその見方

エックス線写真は、その透過度合いによってフィルム上に白黒濃淡の影像を写し出します。この影像（ネガフィルム上の可視像）を観察し、測定を行う。フィルム上の影像は実際より拡大されるため、管肉厚及び付着物の厚さなどの測定は、下記の計算式を使用する。

$$T1(T2) = \frac{D}{D''} \times T1''(T2'')$$

管肉厚及び付着物の高さを求める計算式

また、最大減肉値の測定は、管壁を読み取る管壁法と、濃度計を用いて濃度を測定する透過濃度法を併用し行う。



■ 例えば下の写真では、透過濃度法によって肉厚粗計測するため、直管部に厚さ 1mm、2mm、3mm の鋼板を貼り付け撮影し、その濃淡から試料の最薄部の濃度を測ることで減肉厚が判定できます。



「X線写真は見づらい」を返上します

X線写真そのままでは、プロの我々でも一目瞭然とは行きませんでした。

じっと目を凝らし、劣化度や異常を見つけるのはレントゲン診断医師と同じように経験と注意力が必要です。それを簡単にしてくれたのが当社独自のフィルム解析技術です。

素人の方々にとってのみならず我々でも見えなかったものが浮かび上がってきたのです！

しかも診断費用は今までと大差有りません。画期的な処理診断システムを導入したからです。
条件のいい撮影画像では、錆こぶまでも見えるようになりました。

ただ残念ことに、汚泥やスライム・脂肪分などの詰まりはまだよく解析できません。

しかし、とある給水管継手部の錆こぶ X 線診断では、顧客からも「これなら断水を伴う抜管調査に匹敵するし、コストも 5 分の 1 で済んで助かります」と喜んでいただきました。

また、判断しづらいX線撮影画像を載せただけの、オーナー側を煙に巻く報告書ではありません。
配管がざらざらと「孔食」により蝕まれている状態が一目で分かる報告書です。

しかも配管各部の劣化度が一目瞭然です。

配管劣化調査					
配管名称	温水・湯水管	調査場所	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	調査日	XXXX/XX/XX
使用材料	SSP直引き	管内径	φ150mm	調査区	全長
竣工年度	1984年	築年数	30年	区間	1区
調査目的	漏水調査、管内状況調査				
調査方法	目視・聴診・音波探知機	調査結果	漏水箇所：なし 管内状況：良好		
調査者	株式会社 〇〇〇〇	調査員	〇〇〇 〇〇〇	確認者	〇〇〇 〇〇〇
調査場所	〒XXXX-XXXX-XXXX 〇〇〇〇	調査時間	20XX年XX月XX日 〇時～〇時	調査費用	¥XXXX,XXX
備考					

調査内容 C

漏水調査、管内状況調査結果を、以下に示す。



No. 1

漏水箇所
漏水箇所なし。漏水箇所あり。



No. 2

漏水箇所
漏水箇所なし。漏水箇所あり。



X線撮影による調査の安全管理要項

1. X線安全作業の基本事項

作業の実施に当たっては、次の基本事項を遵守し、不必要な被爆を避けるようにする。
照射時間の短縮、遮蔽の利用、隔離距離の確保

2. 立入禁止区域の設定と管理

下記の内容は、「労働安全衛生法、電離放射線障害防止規則」および「放射性同位元素等に依る、放射線障害の防止に関する法律（施行規則）」に基づき作成した。

- (1) 探査箇所には撮影作業中、立入禁止区域を定め、標識で明示し、なおかつ監視員をおき人が誤って立ち入ることの無いようにする。
- (2) 立入禁止区域は放射線源より 5 m 又は 0.5 ミリシーベルト / 時を超える恐れのある区域とする。(第 18 条)
(X線作業においては、嚴重な遮断を行った場合、人の立入可能箇所では 0.5 ミリシーベルト / 時を超える部分は存在しないが、フィルムより 2 m の範囲及び、発生器側 5 m の範囲を立入禁止区域とする)

法規上は立入禁止区域の他に、管理区域と居住区域に対する規制があるが、コンクリート内 X 線探査の場合は、両区域とも立入禁止区域に包含されるため、立入禁止区域を定め、この管理を行うものとする。

3. 被爆線量の測定、評価

- (1) 従事者は線質、エネルギーに即応しうるフィルムバッジ又はポケット線量計により被爆線量を測定する。
- (2) フィルムバッジ又はポケット線量計は作業中必ず着用する。
- (3) フィルムバッジは 1 ヶ月以内に現像評価する。
ポケット線量計は毎日線量を読みとるものとし、記録保存する。

4. X線探査従事者

X 線探査機器を操作する者（補助者を含む）、フィルムを装着する者等、管理区域内に担当業務を持つ者を従事者とする。

尚、18 才未満の者を放射線作業に従事させてはならない。

5. 作業管理

- (1) 照射を始める前に立入禁止区域内に人が居ない事を確認する。
- (2) 立入禁止域内の境界の線量を測定し、規定値（0.5 ミリシーベルト／時）以下であることを確認する。
- (3) 照射中は監視員をおき、立入禁止区域には絶対に人が立ち入らないようにする。
また、人が立入禁止区域に近寄ってきた場合には、速やかに X 線の発生を中止する。
- (4) 照射中は後方、側方の散乱線に対する防護に留意する。
- (5) X 線発生器には、漏洩線量を低減するように措置を行う。
- (6) X 線発生器には、照射筒及びシボリ等を取り付ける。
- (7) 作業場所に X 線作業主任者を選任し、その者に立入禁止区域の設定、管理、
標識及び遮蔽の処理等の安全管理上の措置を行わせる。
「電離放射線障害防止規則」及び「放射線同位元素等に依る放射線障害の防止に
関する法律（施行規則）」「障害防止法」抜粋

- ① 立入禁止区域：線源から半径 5 m の範囲または 0.5 ミリシーベルト／時を超える範囲
- ② 管理区域：1 週間に 0.3 ミリシーベルトを超える範囲
- ③ 居住区域：3 ヶ月間に 250 マイクロシーベルト未満とする。
- ④ 一年間の実行線量等量：50 ミリシーベルトを超えてはならない。

参考：医療用 X 線装置による胸部撮影 1 回での被爆線量は約 1 ～ 1.5 ミリシーベルトと
言われている。

6. X 線作業に伴う遮断対策

改修工事においては他の作業が発生するため、下記の方法により撮影を行う。

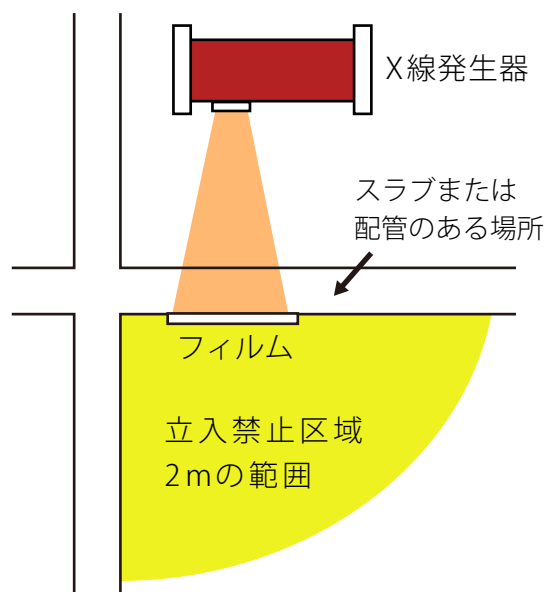
(1) ファイル側の遮断対策

通常の工業用フィルム（＃100 相当）を使用した場合は、
フィルム側の立入禁止区域は、4 ～ 5 m の範囲と非常に大きい。
しかし、医療用の高感度フィルムを使用した場合はフィルム
から約 1.5 m の範囲が立入禁止区域となる。

さらに 0.1 mm の鉛遮断を行うことによりフィルム側では
低線量（0.5 ミリシーベルト／時以下）となり、
人体に対して問題のない線量となる。

以下の理由により、医療用の高感度フィルムを使用し
照射線量の低減を図ると共に、鉛入りフィルムカセットを
使用することにより遮断を行う。

その場合、フィルム側は法規上立入禁止区域から除外されるが、
安全作業の基本事項に基づき、2 m の範囲を立入禁止区域として設定する。



改修工事においては他の作業が発生するため、下記の方法により撮影を行う。

(2) 線源側の遮断対策

線源側の X 線は、X 線発生器からの漏洩線と照射するコンクリートからの散乱線である。

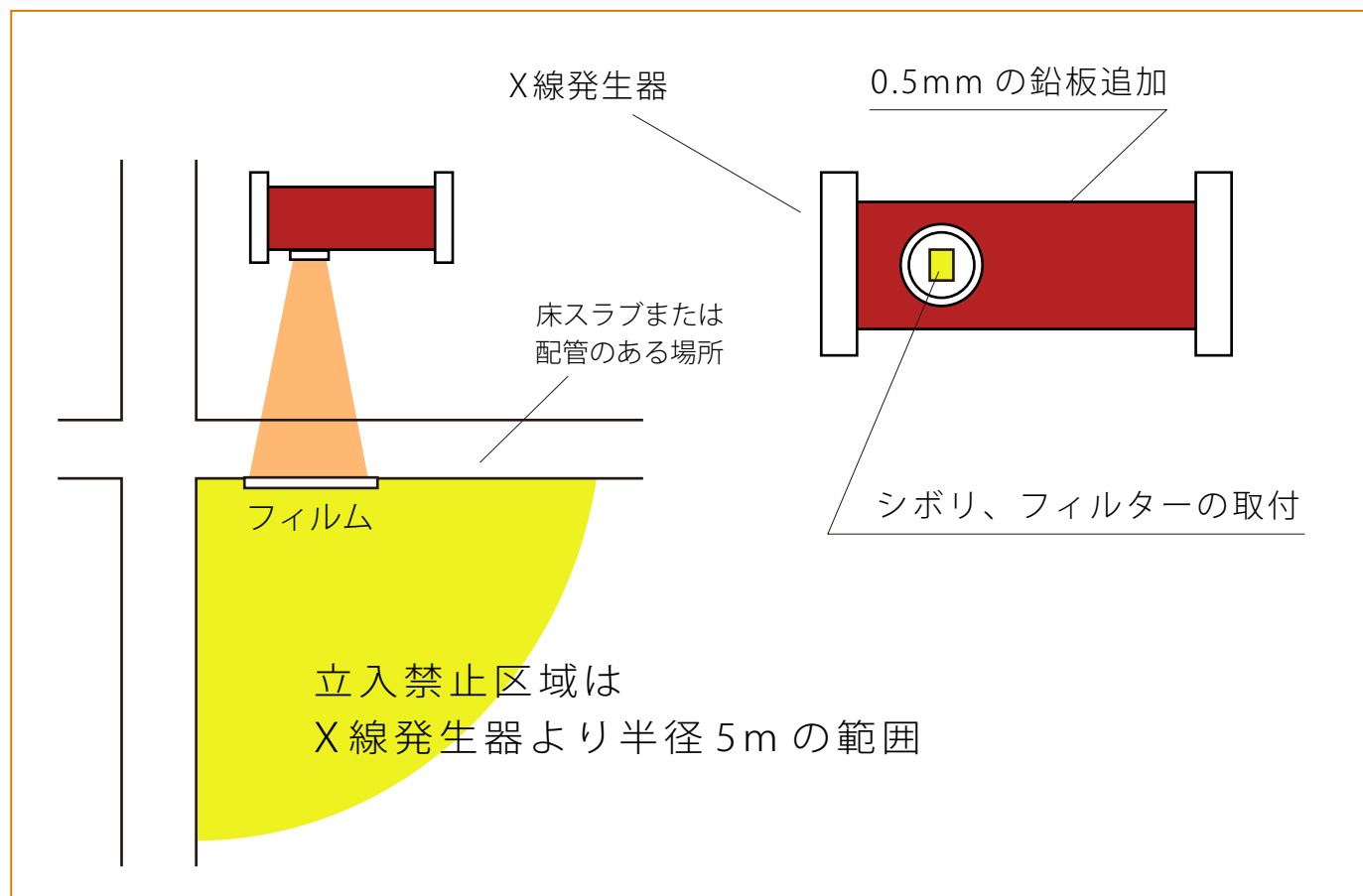
X 線作業の場合、法規上では 5 m 以内の場合または線量が 0.5 ミリシーベルト／時を越える場所については立入禁止区域とする必要がある。このため、遮断の無い場所には発生器から 5 m の範囲は少なくとも立ち入りは禁止される。

作業において、線源側及びフィルム側に監視員を配置し立ち入りを規制するが、この範囲に人が入ることは皆無とは言えない面がある。このため有効な遮断対策が必要である事が判る。

遮断実験では、X 線発生器からの漏洩線を防止するために照射口以外に厚さ 0.5mm の鉛を巻き、さらに散乱線防止のために必要照射以外の X 線を遮断するシボリ及び散乱線の原因となる軟線をカットするためのフィルターを併用して行ったが、その結果は非常に大きく、遮断がない場合と比較し、線量が大幅に低減することが確認できた。

以上の理由により、不必要な X 線量の低減対策として、X 線発生器の照射口以外の鉛遮断を施すと共に、シボリ及びフィルター等を使用する。

この場合、法規上の立入禁止範囲の境界値である 0.5 ミリシーベルト／時を越える場所は、線源より約 2 m の範囲であることが実験により確認されたが、安全作業の基本事項に基き、5 m の範囲を立入禁止区域として設定する。



探査要領

1. 使用機器

- (1) エックス線装置：リガク社製 200 EGS または同等器（漏洩線低減措置を施した装置）
- (2) フィルム：医療用高感度フィルム
- (3) 増感紙：医療用増感紙

2. 探査方法の手順（コンクリート内鉄筋調査時例。配管二次調査にも適応）

1) 事前準備

・元請工事責任者実施事項

- (1) 開口予定位置を調査前日までに決定してください。
- (2) 開口箇所のコンクリート厚さを確認してください。（厚さ 350mm まで撮影可能）
- (3) 開口箇所の壁（床）を挟んだ両側で作業できることを確認してください。
- (4) 開口箇所に墨出しをしてください。
 - ・丸開口…… 中心位置マーク及び、開口寸法の記入。
 - ・角開口…… 開口位置及び、開口寸法の記入。
- (5) 頻繁に暗室車を使用するため建物敷地内に駐車場を準備してください。
- (6) 撮影には 100V 15A 程度の電源を使用しますので、近くに電源がない場合は予め準備。
- (7) 外壁や吹き抜けの PS で 2 階以上の場合は、事前に足場を組んでください。
- (8) ピットや水槽など隠蔽された箇所は、事前に換気してください。

2) 探査の実施

- (1) 穴開け側（コアドリル設置側）のコンクリート面に、調査番号及びフィルムの向きを記入。
- (2) 穴開け側のコンクリート面にゲージを貼り付け、エックス線発生器を適正な位置に設置。
- (3) コンクリート裏面にフィルムを装着し、撮影を行う。

◇フィルム 1 枚の有効撮影範囲は 200mm × 180 mm であり、開口寸法毎の撮影枚数は下記通り。

- ・丸開口：175mm まで……1 枚
200mm まで……2 枚
(200mm を超えるサイズについては角開口と同様に算出する。)
- ・角開口：開口位置の外周を撮影するため、外周寸法にフィルム 1 枚の有効撮影範囲を割り当てた必要最小限の枚数とする。
(例：600mm × 500 mm = 8 枚)

3) 撮影後の措置

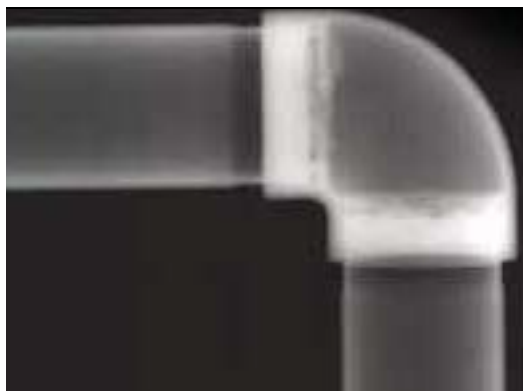
- (1) 撮影後、フィルムは直ちに暗室車にて現像する。
- (2) 現像済みフィルムを観察し、像質その他判定に必要な条件を満たしているかの確認を行う。
判定が困難と判断される場合は再度撮影を行う。

4) 探査結果の報告

- (1) 穴開け予定位置に探査対象物（電線管等）が確認された場合は、工事請負業者と協議し、必要な場合には穴開け箇所を変更し再度撮影を行う。
- (2) 穴開け予定位置及びその近傍に探査対象物（電線管等）が確認された場合には、撮影者が撮影箇所にその状況をトレートする。
- (3) 成果物として下記のものを元請業者に提出する。
 - ・コンクリート内エックス線探査結果報告書
 - ・撮影フィルム

当社独自・画像解析写真ライブラリ

右側が解析後の画像です。左はX線フィルムを少し見易く処理した画像です。



◆ 他にもたくさん掲載 [配管 X 線診断]
<http://www.yoonnet.com/x.html#x>



有限会社ユネット

〒195-0071 東京都町田市金井町 1886-13

電話： 042-737-7242

FAX： 042-633-0407

web： <http://www.yoonnet.com>



[建築、設備の調査・診断・測定] ユネットは問題の解決を提供します

レントゲン撮影による配管劣化二次調査：X線撮影による調査の安全管理要項