

最新の非破壊検査技術の概要

秋宗 淑雄

産業技術総合研究所 計測フロンティア研究部門 部門長

y-akimune@aist.go.jp

要旨

公的な立場で研究開発を推進する上での最重要項目は、第三期科学技術基本計画に明示されたように「成果を還元する科学技術」である。産総研の研究開発の主たる受益者は、産業界と国民と考えられ、「健康と安全を守る」の理念実現に資する計測評価技術開発を、大きなアウトカム指標として設定した。研究構想・開発の流れの中で、産総研では構造体診断技術は直接還元が可能な技術開発であるとの認識で、H13 年から「堅牢な社会の構築に関する調査研究」、H14 年の「産業・社会資本構造物の廃棄物のリデュースのための高度維持管理・メンテナンスシステムの構築」および H16-H18 年の「構造物長寿命化高度メンテナンス技術開発」などの多くの構造体診断技術開発プロジェクトに取り組んできた。

この間、X 線装置や超音波探傷装置などを大型構造物に利用するためのシステム技術の開発に資源が注がれていたが、考え方の切り替え、周辺材料技術の飛躍的な進歩もあり、いつでもどこでも使える構造物診断装置開発が可能になってきた。特にこの 2 年間は特に開発資金を調達することもままならない中、逆転の発想で開発費をかけずに出来る装置開発や「大きな構造物にも小さな装置で」を合言葉に開発を進めることができ、以下に示すような各種計測装置群を創出してきた。本研究発表では、このような研究開発状況の中で開発してきた製品や商品をご紹介します、各機関での利用や今後のさらなる開発につながっていくことを念じている。

- ・超音波可視化探傷
- ・カーボンナノ構造体電子源を用いた高エネルギー X 線源
- ・光子誘起陽電子消滅法による非破壊検査

参考文献

- [1] 堅牢な構築に関する調査研究 機械システム協会 (13-R-8) (H14.3)
- [2] 産業・社会資本構造物の廃棄物のリデュースのための高度維持管理・メンテナンスシステムの構築、財団法人エンジニア振興協会 (H15.3)
- [3] 構造物長寿命化高度メンテナンス技術開発、財団法人エンジニア振興協会 (H17.3、H18.3、H19.3)
- [4] 高坪純治、超音波可視化探傷 A14、非破壊検査協会春季シンポジウム H22.3.18
- [5] 津田浩、共振特性を有する FBG センサ応答評価 A1-3、非破壊検査協会春季シンポジウム H22.3.18
- [6] 豊川弘之、光子誘起陽電子消滅法を用いたロケット燃焼器試験片の非破壊検査 A2-2、非破壊検査協会春季シンポジウム H22.3.18
- [7] 鈴木良一、カーボンナノ構造体電子源を用いた高エネルギー X 線源の開発、pp.172-176 計測フロンティア研究部門第 6 回シンポジウム報告集 H22.3

最新の非破壊検査技術の概要

(産業技術総合研究所・計測フロンティア研究部門における
構造体計測・評価技術の現状)

計測フロンティア研究部門長
秋宗淑雄

独立行政法人 産業技術総合研究所

計測フロンティア研究部門

産業技術総合研究所；ミッション

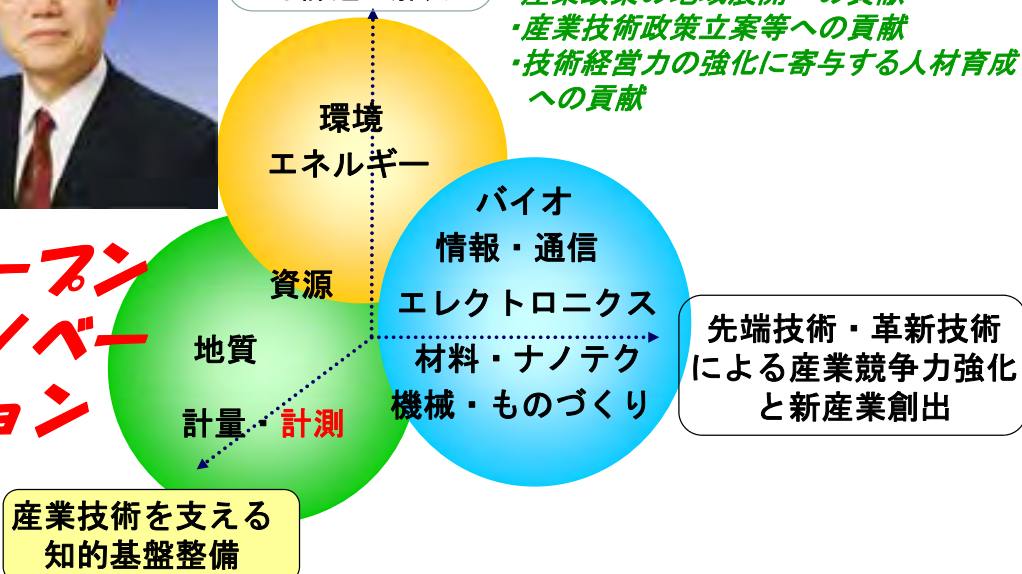


国が自ら取り
組むべき
困難で長期的
な課題の解決

ミッション (H22)

- ・持続的発展可能な社会実現への貢献
- ・産業競争力強化等への貢献
- ・産業政策の地域展開への貢献
- ・産業技術政策立案等への貢献
- ・技術経営力の強化に寄与する人材育成への貢献

オープン
イノベーション



独立行政法人 産業技術総合研究所

計測フロンティア研究部門

構造体劣化診断・予測技術の研究

構造体診断技術研究G
極微欠陥評価研究G
光・量子イメージング技術研究G

構造体の損傷を痛みとして検知し、かつその場所と規模及び危険度を予測できる**構造体神経網**の開発を目指して、次の3つの課題に取り組んでいます。



産総研開発要素技術のご紹介

- ・「聴く技術(一次元信号)」から「**見る技術(画像)**」へ
- ・接触計測から**非接触計測**へ
- ・実験室計測から**現地計測**へ

- 1.超音波可視化探傷技術
- 2.カーボンナノ構造体の電子源による小型X線源とその非破壊検査への応用
- 3.光子誘起陽電子消滅法による非破壊検査

1.超音波可視化探傷技術

映像化超音波探傷法の開発イメージ

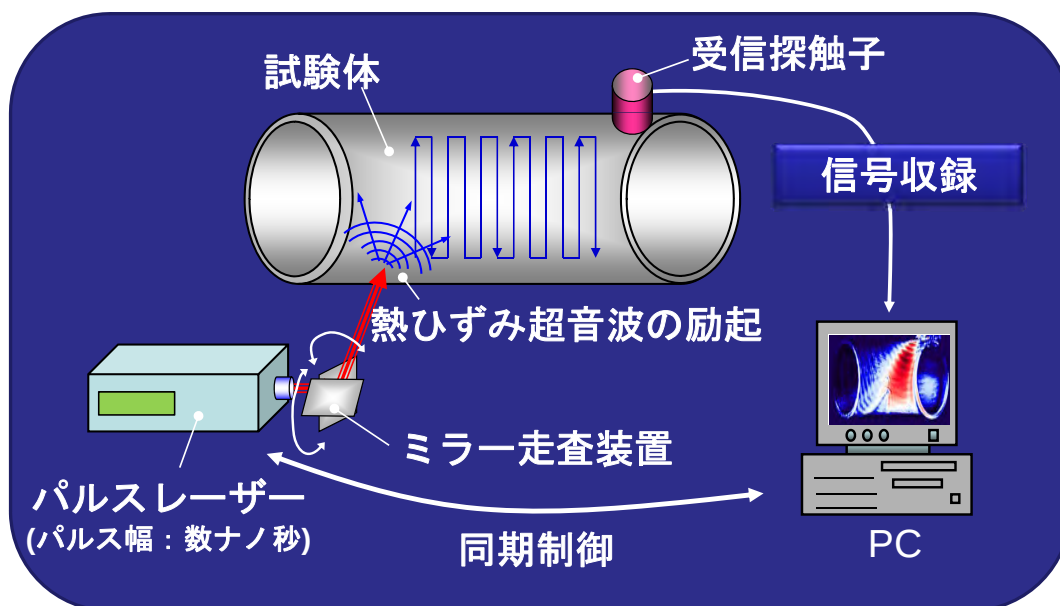


スーパーマンのように、指先からレーザー光を出して配管に当て、そこから広がっていく**超音波の動画映像を見ながら**、内部き裂の有無と寸法を即座に判定できるような装置の開発。

メリット

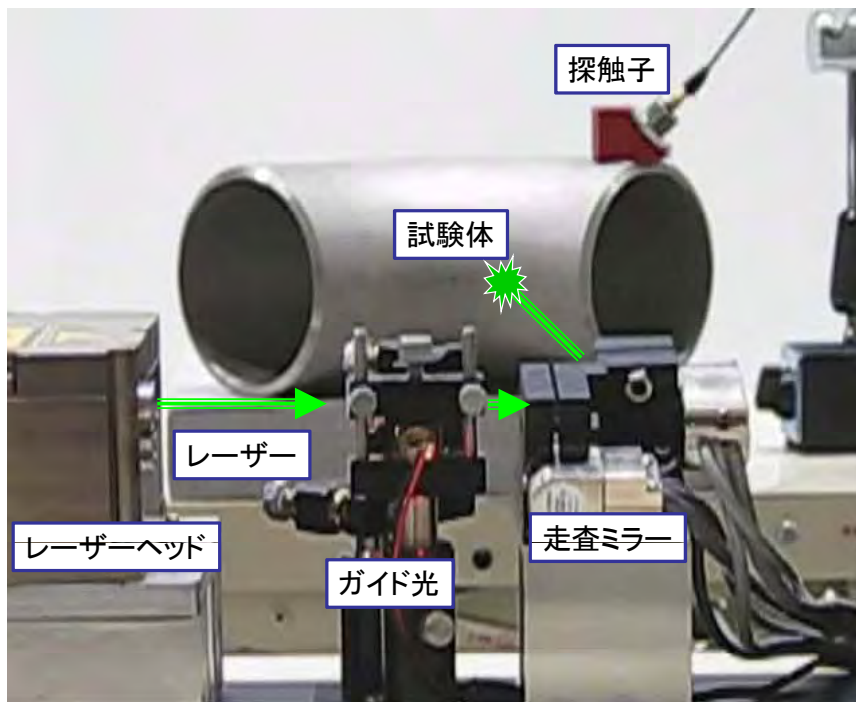
1. 専門でない人にも**分かり易い**。
2. 非接触走査なので**複雑形状**物体の検査が容易。
3. ミラーによる高速走査なので**広い範囲を迅速**に検査できる。
4. **斜めのき裂**の検査が容易。
5. **検査体の形状も記録**できるので、欠陥位置の特定が容易。
6. **非接触遠隔**走査が可能なので、足場の減少につながる。

レーザー超音波可視化システム



Point: 超音波伝播の相反性を利用して、超音波の受信側ではなく、**励起側の走査**で受信点から発振される超音波の伝播映像を計測する。

レーザー計測



独立行政法人 産業技術総合研究所

計測フロンティア研究部門

映像化超音波探傷法

映像化例

独立行政法人 産業技術総合研究所

計測フロンティア研究部門

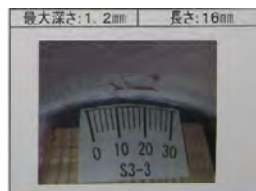
SCC(応力腐食割れ)溶接継手試験体

探触子位置

可視化領域

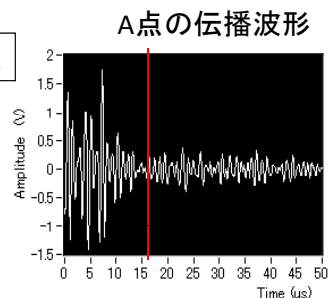
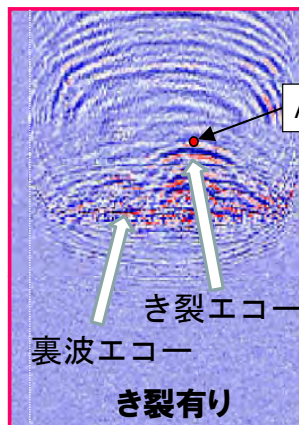
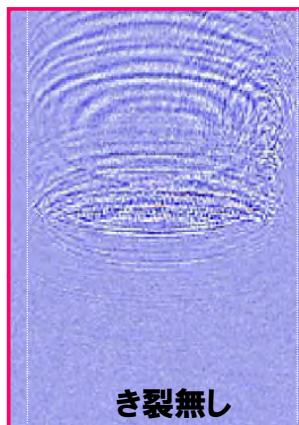


SUS316ステンレス鋼鋼管150A: 外径165mm, 長さ500mm, 板厚14mm



PT結果

き裂長さ: 16mm
深さ: 1.2mm



探触子: 1MHz 斜角45°
HPF=500kHz
走査ピッチ: 1mm(走査点: 149 × 199)

独立行政法人 産業技術総合研究所

計測フロンティア研究部門

コンクリート材への適用試験

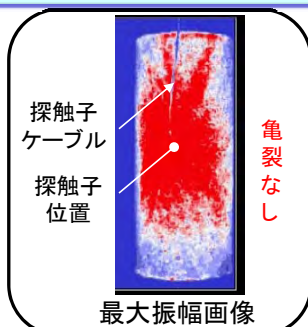
超音波の到達状況監視によりコンクリート材のひび割れを検出できる可能性有り

ひび割れ

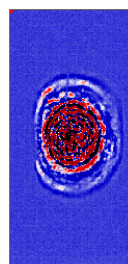


Φ100mm × 200mm

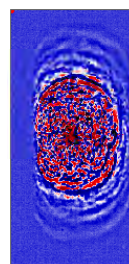
試験片提供: 土木研



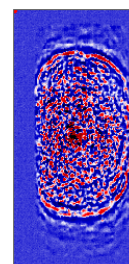
最大振幅画像



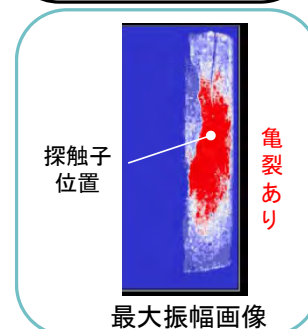
10μs



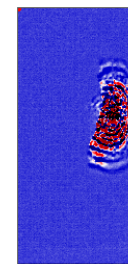
20μs



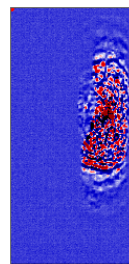
30μs



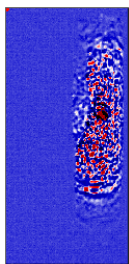
最大振幅画像



10μs



20μs



30μs

伝搬画像

独立行政法人 産業技術総合研究所

計測フロンティア研究部門

映像化超音波探傷法は、配管検査の効率化に有効な手法である。

開発技術の特長

1. 目で見る分かり易い検査法
2. 複雑形状部に適用可能
3. 広域迅速検査が可能

今後の課題

1. コンパクト化、低コスト化
2. 探傷機能の充実

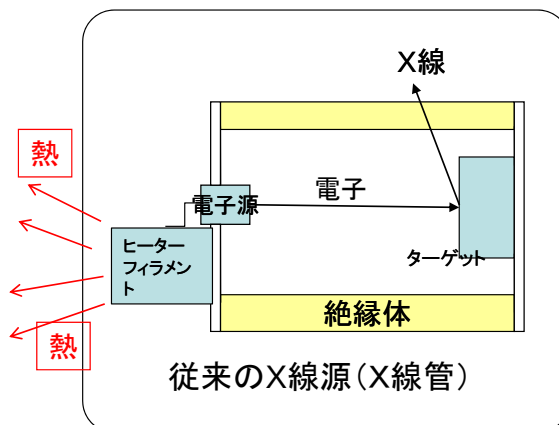
- ・「聴く技術(一次元信号)」から「**見る技術**(画像)」へ
- ・接触計測から**非接触計測**へ

2.カーボンナノ構造体電子源を用いた高エネルギーX線源

エックス線検査

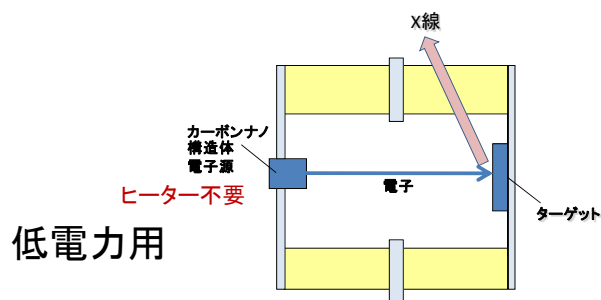
- ・ 医療診断
- ・ 空港等の手荷物検査
- ・ 非破壊検査
産業用
構造物用

X線発生原理



安全・安心な社会の実現に不可欠

開発したX線管(X線源本体部)



低電力用



高電力用

どちらも100キロ電子ボルト以上のX線の発生が可能

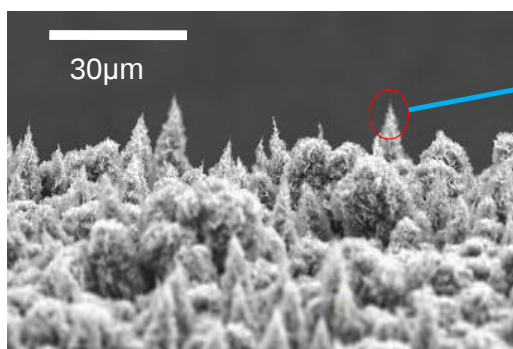
独立行政法人 産業技術総合研究所

計測フロンティア研究部門

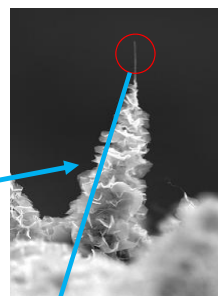
針葉樹型カーボンナノ構造体(CNX)

炭素の針葉樹林

- カーボンナノウォール、カーボンナノチューブ、ナノダイヤモンドの複合体
- 先端はカーボンナノチューブと同じ曲率
- 構造は針葉樹型で安定性に優れている
- 適度にランダム ⇒ 高電子放出特性、高安定性



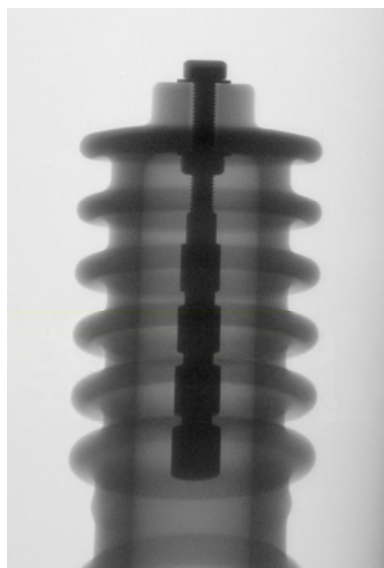
ダイヤライトジャパン株式会社が開発



独立行政法人 産業技術総合研究所

計測フロンティア研究部門

碍子(～10cm径)と内部電極



高電力管
露光時間1/100秒

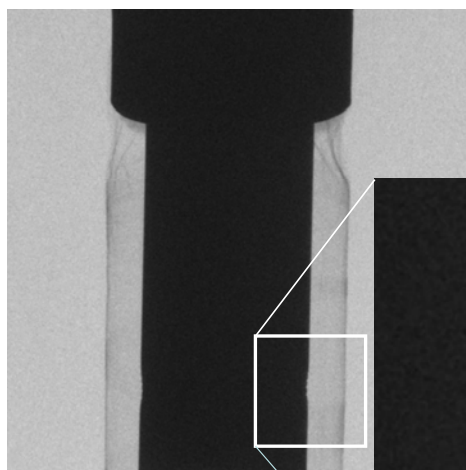
碍子の径が異なっても、内部の電極の径を
0.3mm以下の精度で計測できる。

住宅の壁や鉄筋コンクリートの検査にも有効

独立行政法人 産業技術総合研究所

計測フロンティア研究部門

保温材付き配管の透過像



0.3 mm程度の
傷を認識可能

配管直径
約50mm

配管の外面腐食の
検査に有効

独立行政法人 産業技術総合研究所

計測フロンティア研究部門

- カーボンナノ構造体電子源を利用したX線源を開発
- 予熱不要：必要時に即時にX線検査が可能に。
- 乾電池駆動、可搬型X線源：単三乾電池1本で100枚以上、2本で300枚以上の高精細X線透過像を撮影できる。
- 1000分の1秒の高速撮影、電源があれば高出力X線の発生も可能。

3. 光子誘起陽電子消滅法

What is it?

物質に1.02 MeV以上のエネルギーの光子を照射すると電子・陽電子対が生成する。試料に光子ビームを照射して物質深部で陽電子を生成し、これが消滅する際に発生する陽電子消滅γ線を用いて、材料内部の空孔型格子欠陥濃度や不純物を測定する手法。

How to use it?

- ・特殊環境下にある材料の健全性を実環境で評価
- ・構造体や原子炉構造材の経年劣化や余寿命を評価

Three facilities in the world

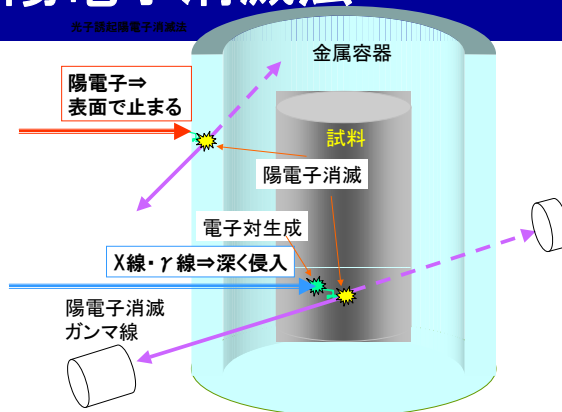
- Idaho State University [1]・・・electron linac
- Forschungszentrum Dresden-Rossendorf [2]・・・Super-conducting electron linac
- AIST [3, 4]・・・Electron storage ring and laser Compton scattering

[1] D. P. Wells et al., Nucl. Instrum. and Methods in Phys. Res. A 562 (2006) 688.

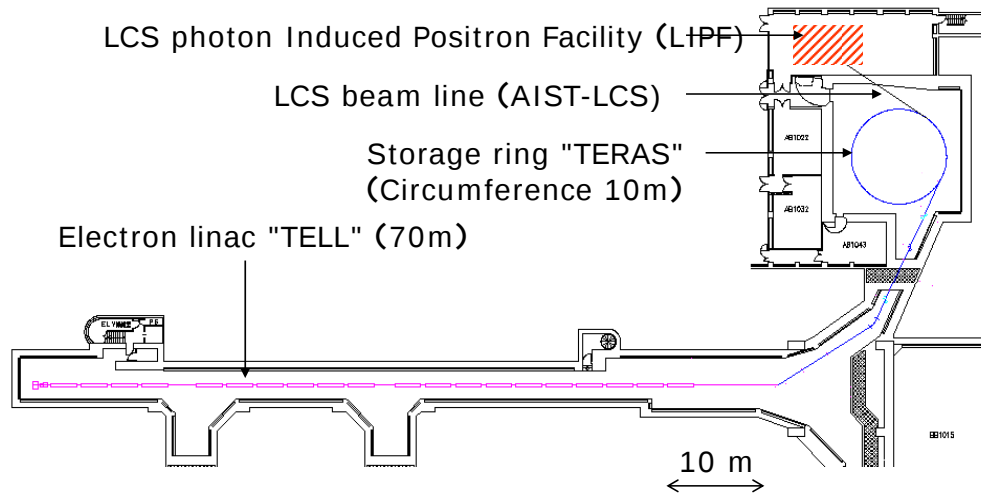
[2] R. Krause-Rehberg et al., Appl. Surf. Sci. 255 (2008) 22.

[3] 平出哲也、豊川弘之、他3名「光子誘起による陽電子消滅γ線分光及び短寿命原子核準位の測定法」、特許第4189836号 (H20.9.26)。

[4] H. Toyokawa et al., Proc. the 8th Intl. Topical Meeting on Nucl. Appl. and Util. of Accelerators (AccApp07), pp.331-335, 2008.



産総研における加速器施設

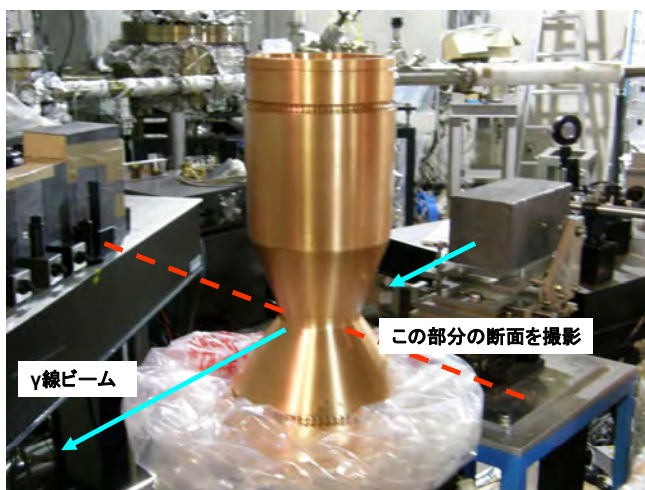


独立行政法人 産業技術総合研究所

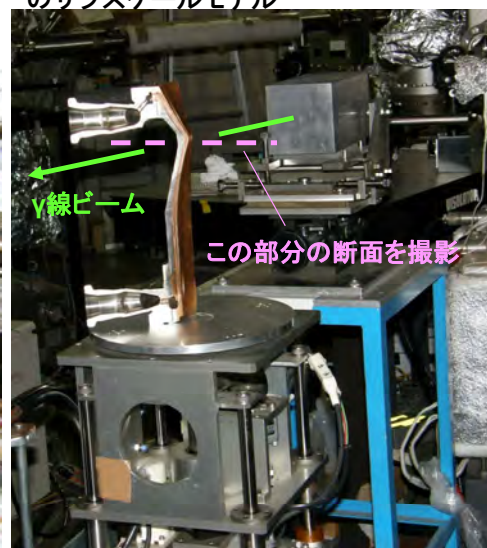
計測フロンティア研究部門

LE-X燃焼器のモデル試験体

供試体A: 外筒のない燃焼器円筒モデル



供試体B: 液酸/液水100トン級エンジンのサブスケールモデル

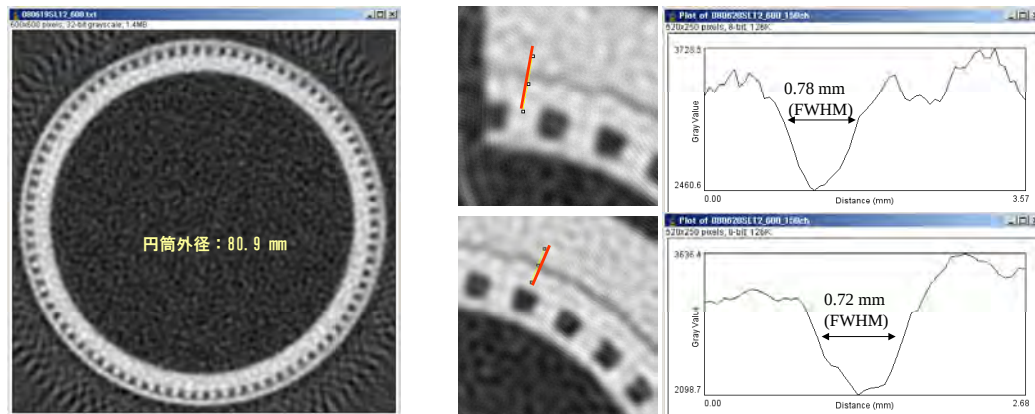


豊川弘之、森谷信一、「レーザーコンプトンγ線ビームを用いた液体ロケット再生冷却燃焼器の非破壊試験」、公開セミナー『安全・安心な社会を築く先進材料・非破壊計測技術シンポジウムー新素材及びその製品の非破壊評価技術』, 産総研, 3/24-25, 2009年

独立行政法人 産業技術総合研究所

計測フロンティア研究部門

LCS ガンマ線による画像(1)

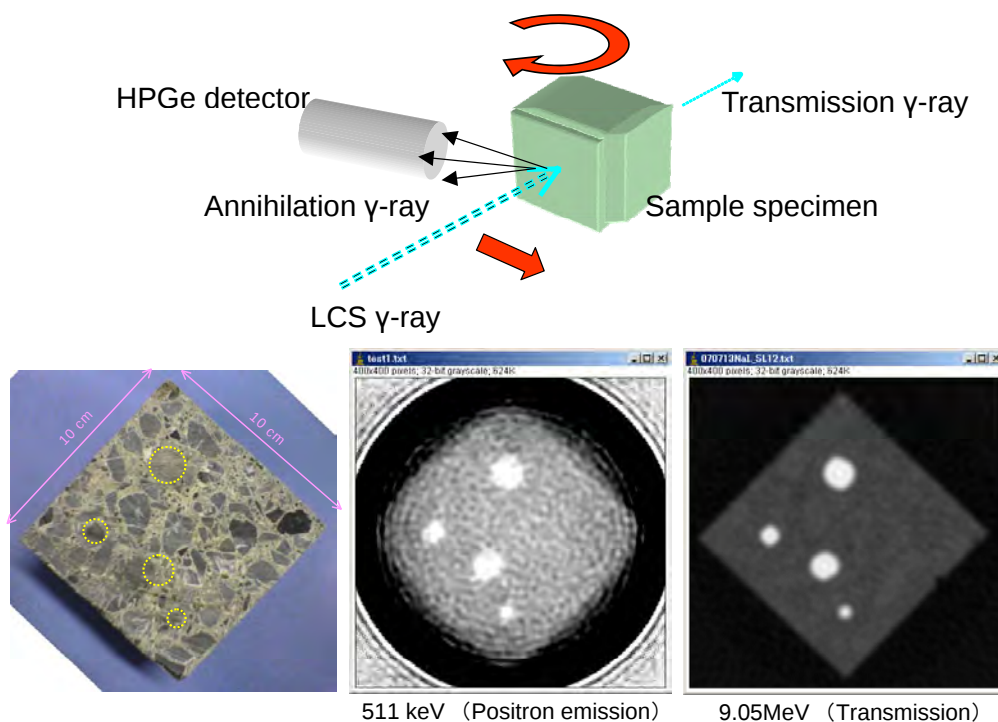


豊川弘之、森谷信一、「レーザーコンプトンγ線ビームを用いた液体ロケット再生冷却燃焼器の非破壊試験」、公開セミナー『安全・安心な社会を築く先進材料・非破壊計測技術シンポジウム—新素材及びその製品の非破壊評価技術』、産総研, 3/24-25, 2009年

独立行政法人 産業技術総合研究所

計測フロンティア研究部門

LCS ガンマ線による画像(2)



独立行政法人 産業技術総合研究所

計測フロンティア研究部門

1.レーザーコンプトン法による
ガンマ線を用いた損傷診断
技術の可能性を見極めた

2.陽電子消滅法を用いて組織
観察の可能性を見出した。

産総研における機器開発の方向

1. コンパクト、低コスト
2. 現場でその場計測が可能
3. 探傷機能の充実
(傷測定の精度、クラックの起
点状況等の観察)