

医療用X線CTを用いたコンクリートの 品質評価の基礎検討について

第1回 高知県コンクリート診断士会研究・業務体験報告会
2021年10月16日

- 岡林 徹 高知大学海洋コア総合研究センター
- 新井和乃 高知大学海洋コア総合研究センター
- 横井克則 高知高専ソーシャルデザイン工学科

はじめに

高知大学海洋コア総合研究センター

地球惑星科学関連に属する研究主体に分析を行っている。医療用X線CTは海底海洋コアや岩石コアの内部構造を可視化することで各種成果を挙げている。

共同利用共用システム

高知コアセンターを共同運営する「高知大学」と「海洋研究開発機構」が保有する様々な分析機器は大学や研究機関向けの共同利用および一般企業を対象とした共用システムとして利用可能である。

コンクリート分野では、CTスキャン、FE-SEM,EPMAなどが対象と考えられる。



CTスキャン



FE-SEM



EPMA

高知コアセンター分析装置群共用システムHPより

高知海洋コア総合センター活動について

近年の主な活動

○海底掘削コアの分析
調査船「地球等」で採取した2000メートルを超える海底から掘削採取したコアを用いた研究。海底資源調査、南海トラフ等の地震研究など。



ちきゅう JAMSTEC



海底コア 海洋コアセンター



はやぶさ2号 JAXA

○岩石等の分析

2020年、JAXAが運営する人工衛星「はやぶさ2号」によって、小惑星「りゅうぐう」より採取された岩石分析

医療用X線CTを用いたコンクリート品質評価

背景

生コンクリートの品質管理は、現場荷卸し時におけるスランプ・空気量・塩化物量の測定並びに強度試験をセットで管理している。硬化コンクリートの画像解析などは規格化されていない。

目的



生コンクリートの品質管理用に採取されるテストピースを用いて、CT撮影・分析することにより硬化コンクリートの内部構造の可視化・均質性評価および空気量の推定を行い品質管理の質の向上を目指す。

- ・ 解像度の確認（細骨材・粗骨材・気泡の分離）
- ・ 可視化することでの評価（コンクリート中の骨材の均質性）
- ・ 分析（空気量の測定）と気泡検出の限界値

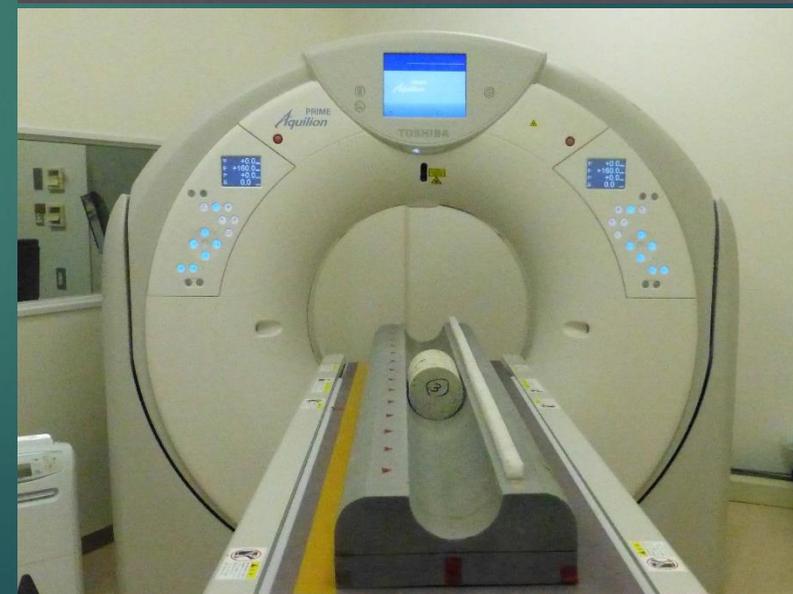
配合

No.	配合	空気量 (%)
1	高強度コンクリート	4.2
2	24-15-20N	5.2
3	30-18-20N	4.6
4	36-18-20N	4.8

※ 粗骨材：石灰石
細骨材：石灰砕砂＋海砂

医療用X線CT

設定項目	設定値
管電圧	120 K v
管電流	300m A
スライス間隔	0.5mm
解像度	512×512pic



分析手順

可視化

CT 撮影

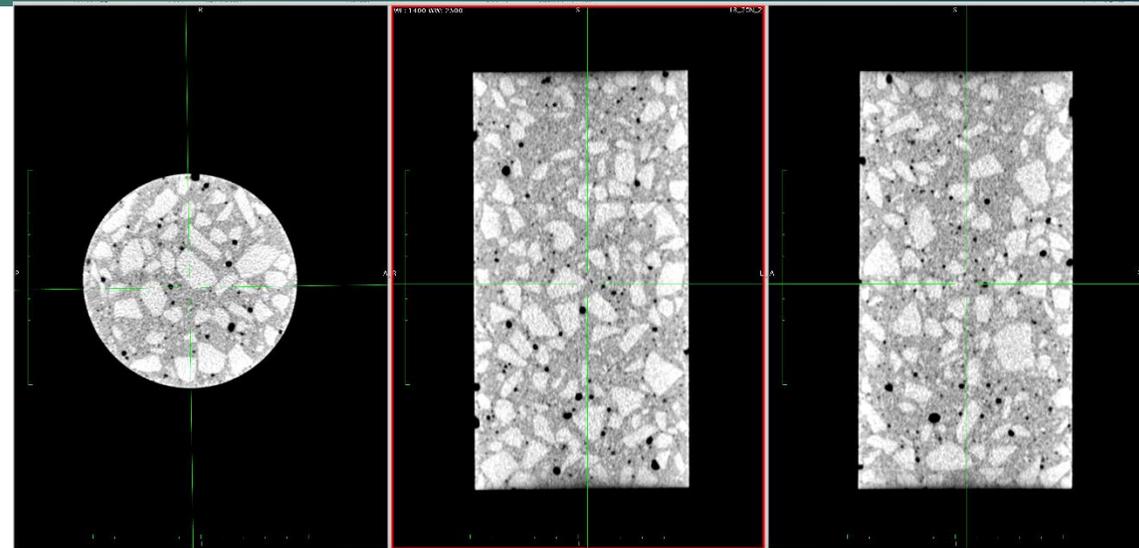
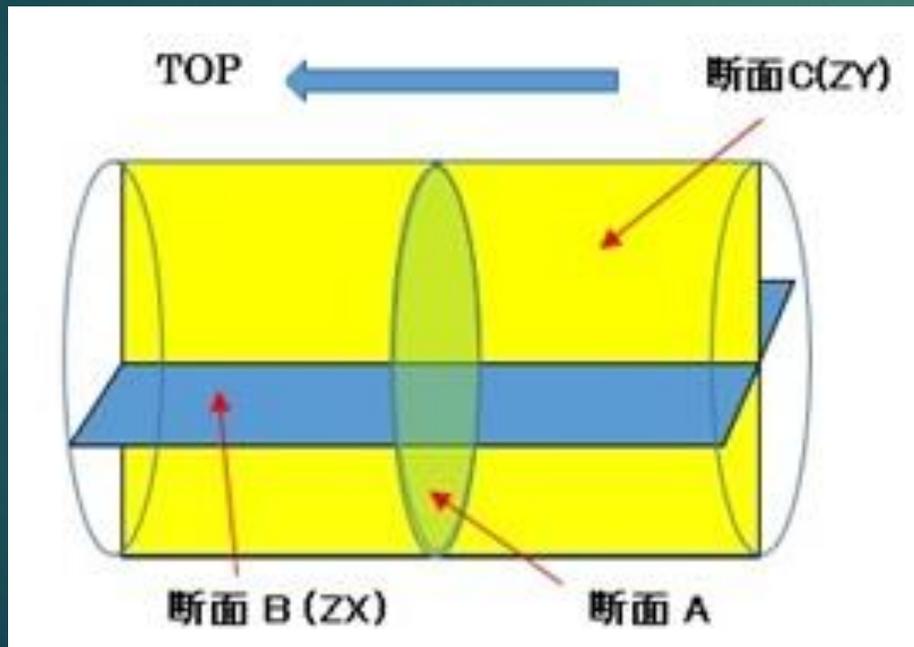


イメージ画像
(Osirix)



分析
(ImageJ)

CT 画像と概念図



断面 A

断面 B

断面 C

CTについて

- ・CT値はX線が被写体を通過する際の減少率を数値化したものである。
- ・CT値は水を0、空気を-1000でキャリブレーションして測定される。
- ・CT画像は得られた情報を256階調で画像処理し再構成したものである。密度の高いものは白く、低いものは黒く表現される。

コンクリートのCT画像観察

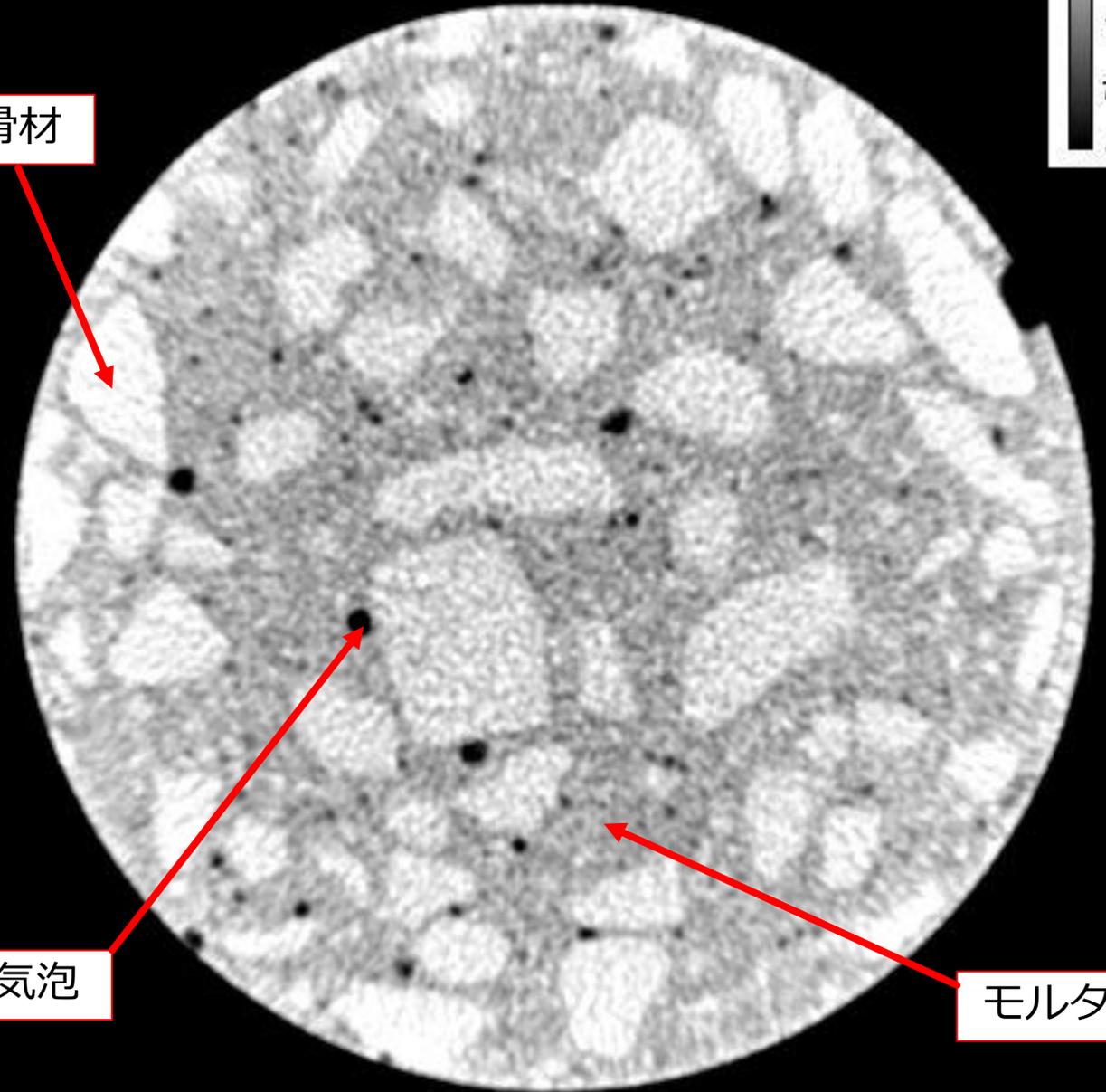
- ・白い部分は骨材、灰色部分はモルタル、黒い部分は気泡として確認された。
- ・空隙については1mm程度、骨材については数mm程度の大きさまで確認できた。

10 mm

骨材

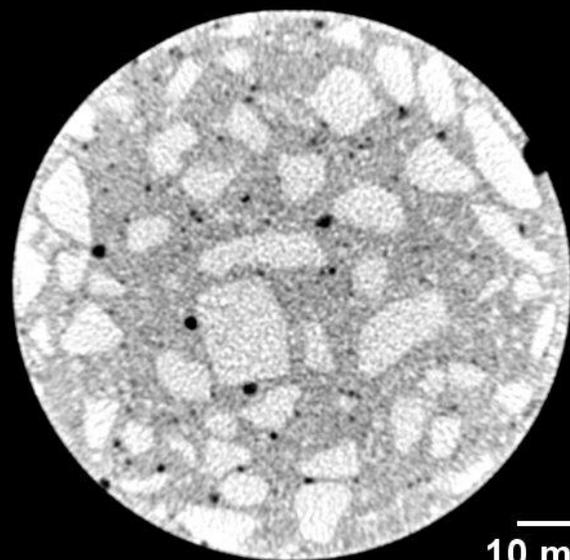
気泡

モルタル

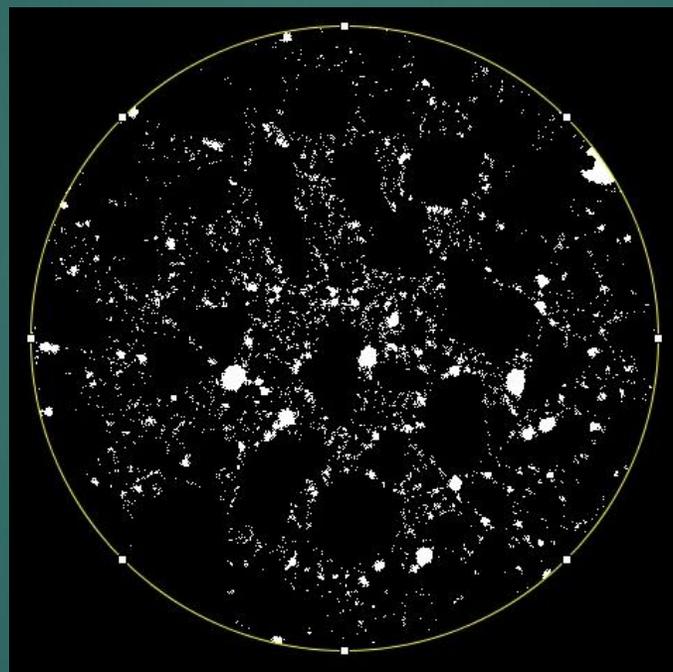


空気量の推定方法

分析手順



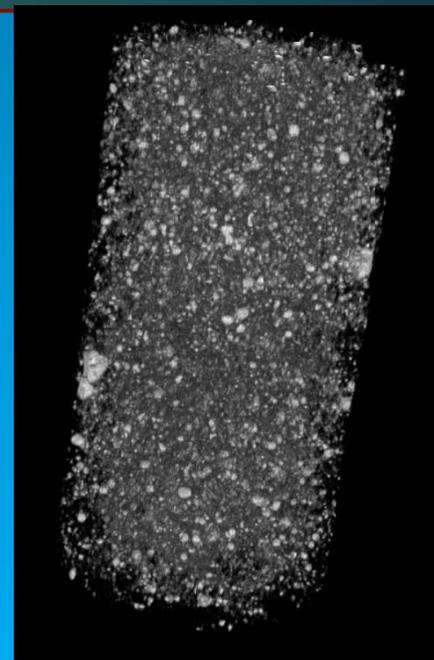
CT画像構成



画像処理 (2値化)
気泡部 (白) とそれ以外の部分を分ける



分析

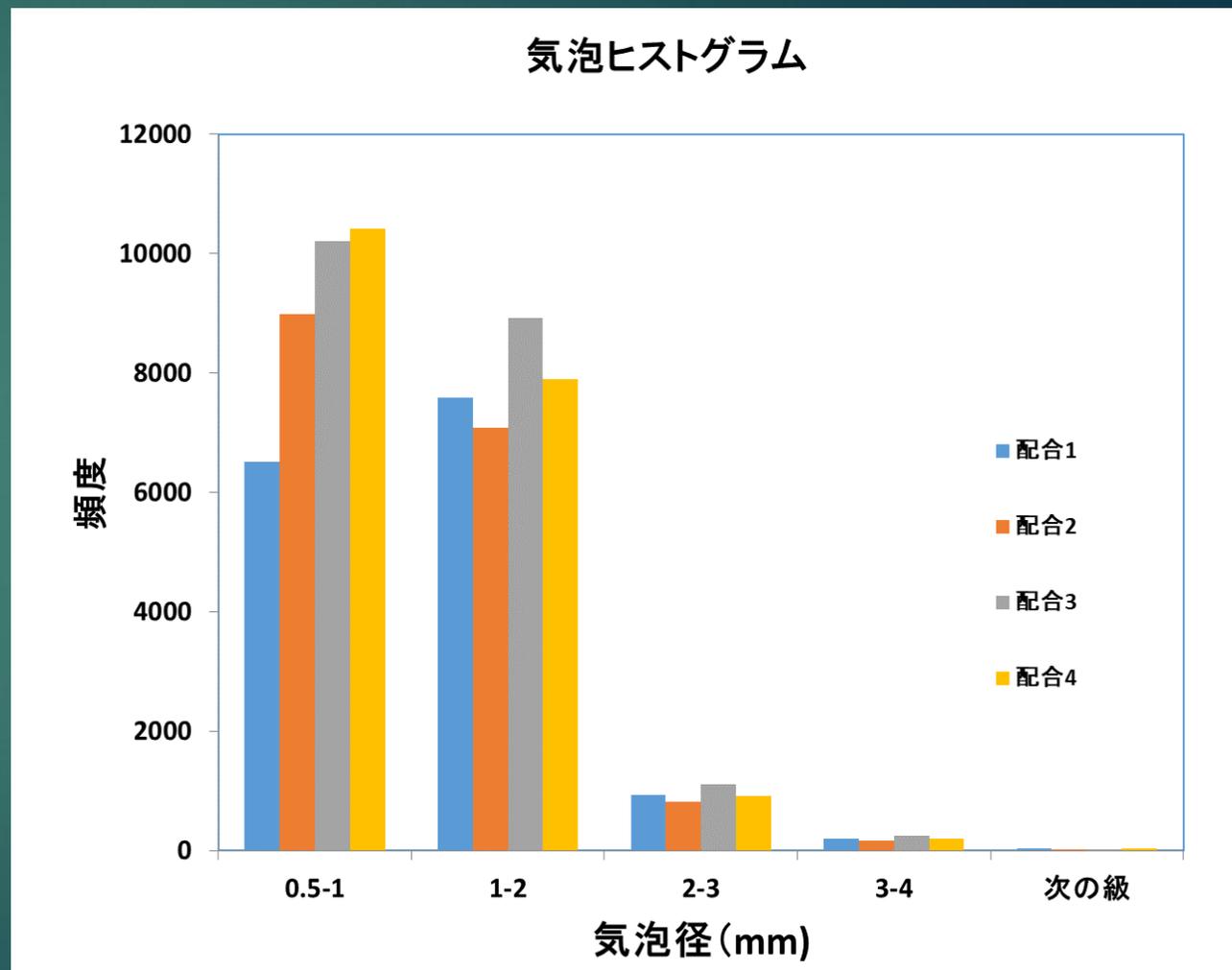


気泡の容積および分布を調べる

空気量推定結果

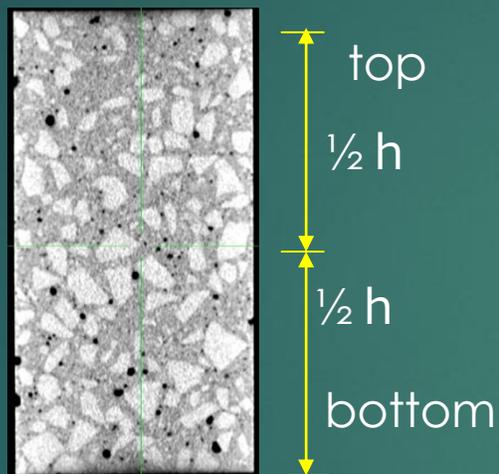
配合No.	空気量 (%)	スランプ (cm)	推定空気量 (%)
1	4.2	—	2.2
2	5.2	15	1.9
3	4.6	18	2.4
4	4.8	18	2.2

- ・ 検出された気泡径は2mm以下のものが90%以上を占めた。
- ・ エントラップトエアを捉えたと推定



均質性の推定方法

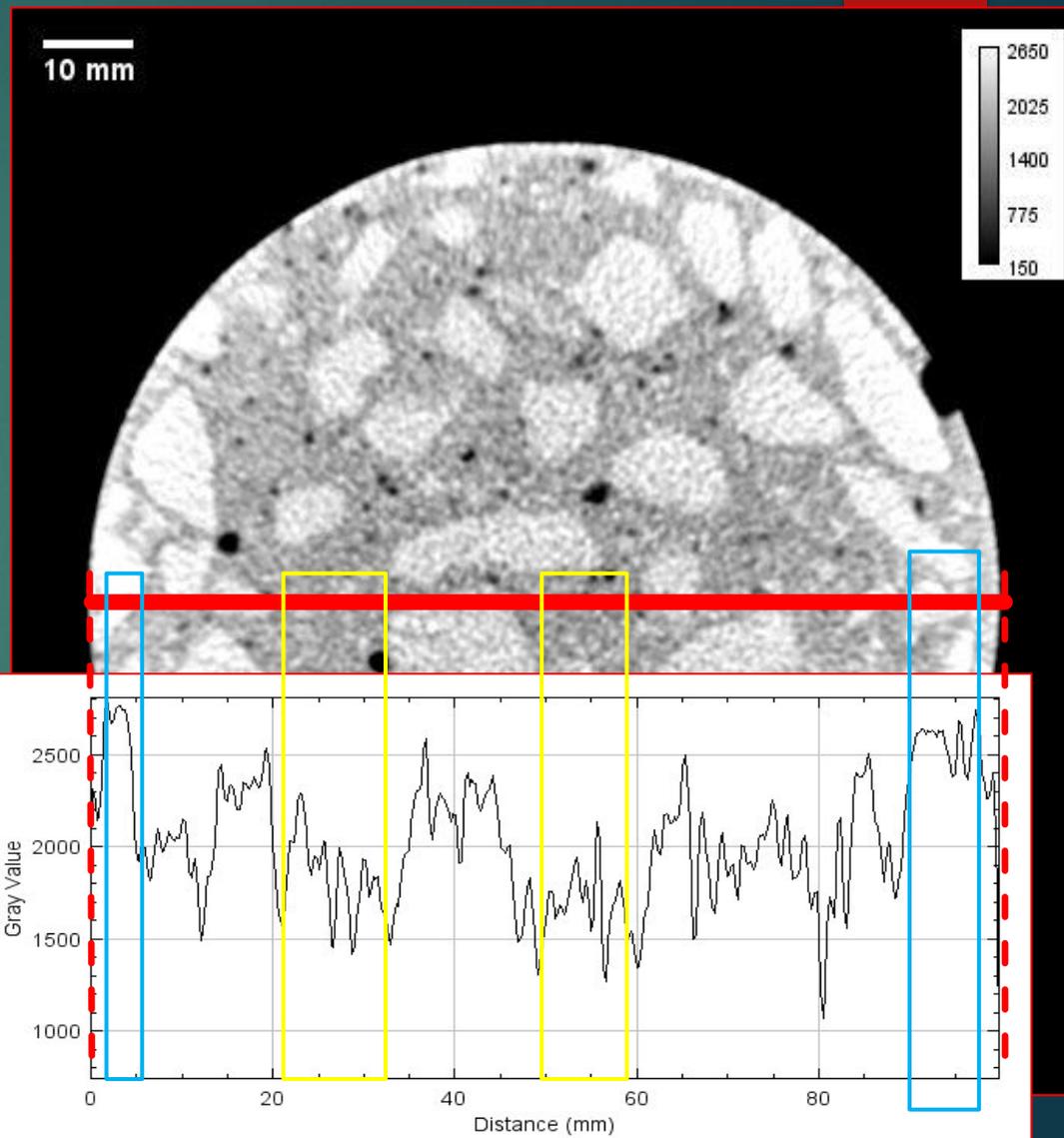
供試体を高さ方向に2分し、topとbottom部に分けて、CT値のヒストグラムを作成し比較することで均質性を評価する。



Line Profileによる画像評価

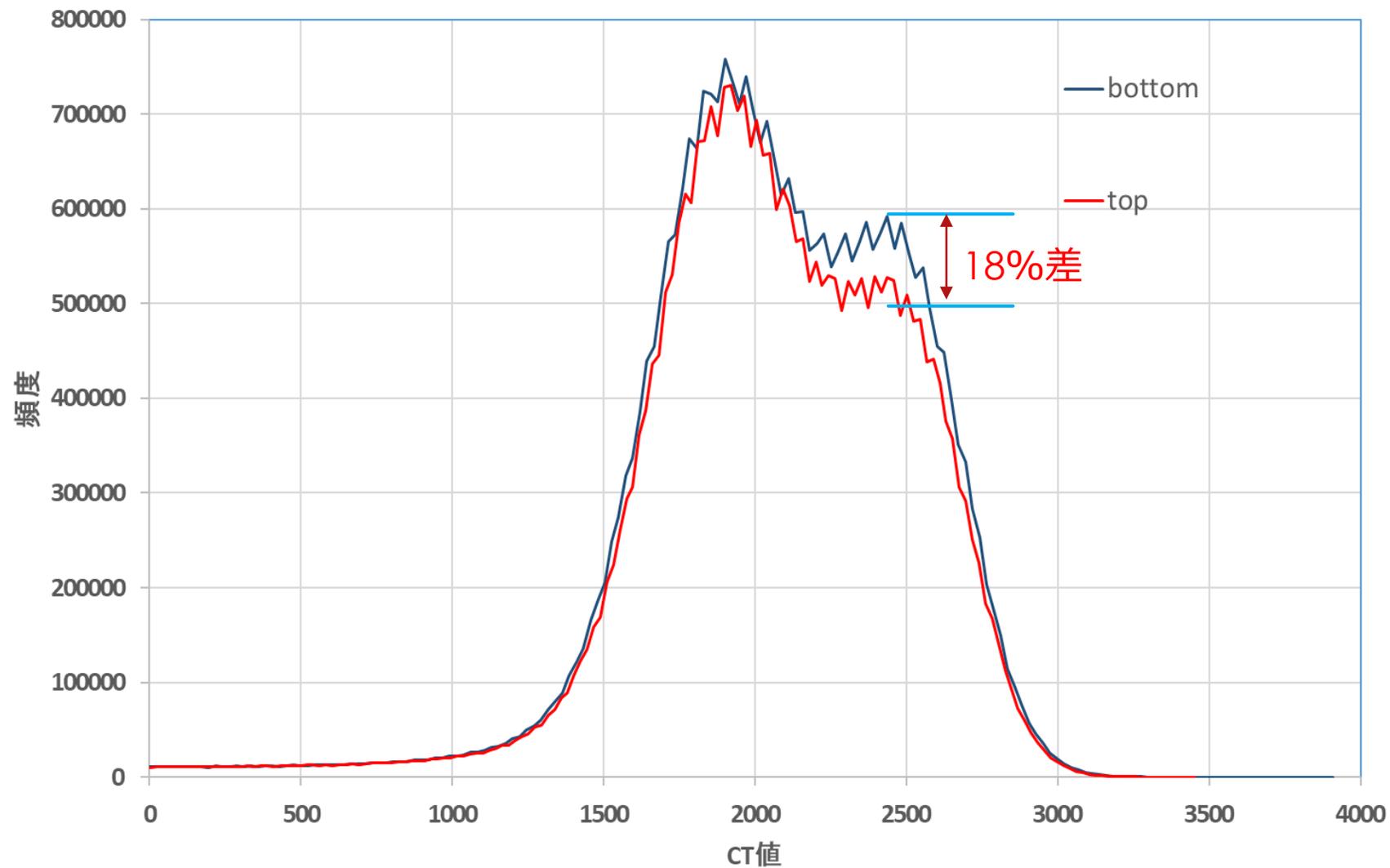
- ・ 粗骨材のCT値
2300~2500
- ・ モルタルのCT値
1600~2000

Line Profile



均質性の推定結果

均質性ヒストグラム



継続実験(2021年度)

w/c = 40%, 50%, 60%の3水準による実験

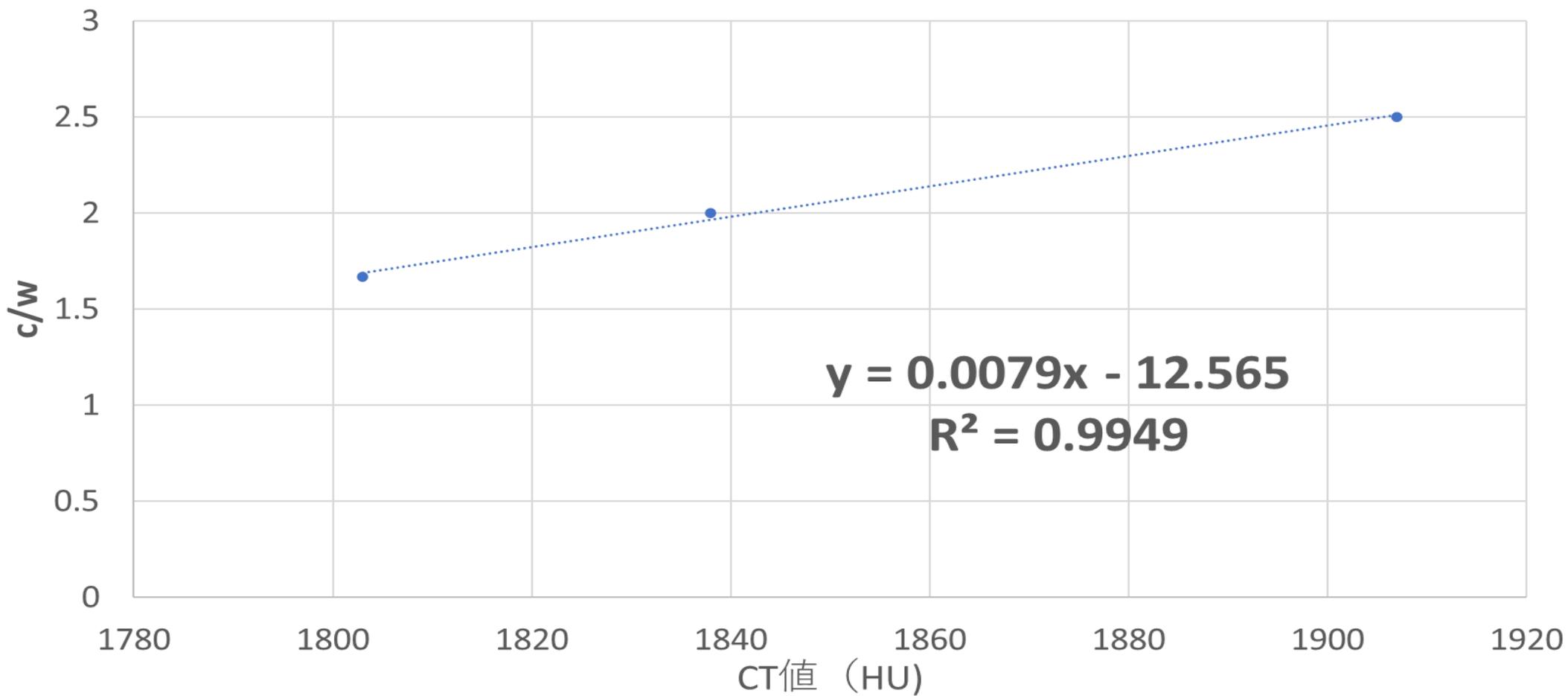
- 1) エントラップトエア分析の手法確立
- 2) CT値によるw/cの推定
- 3) 粗骨材量の推定

配合

w/c (%)	s/a (%)	単体量Kg/m ³			
		セメント	水	細骨材	粗骨材量
60	48	288	173	862	937
50	46	346	173	804	947
40	44	433	173	737	942
密度 (g/cm ³)		3.15	1.00	2.60	2.61

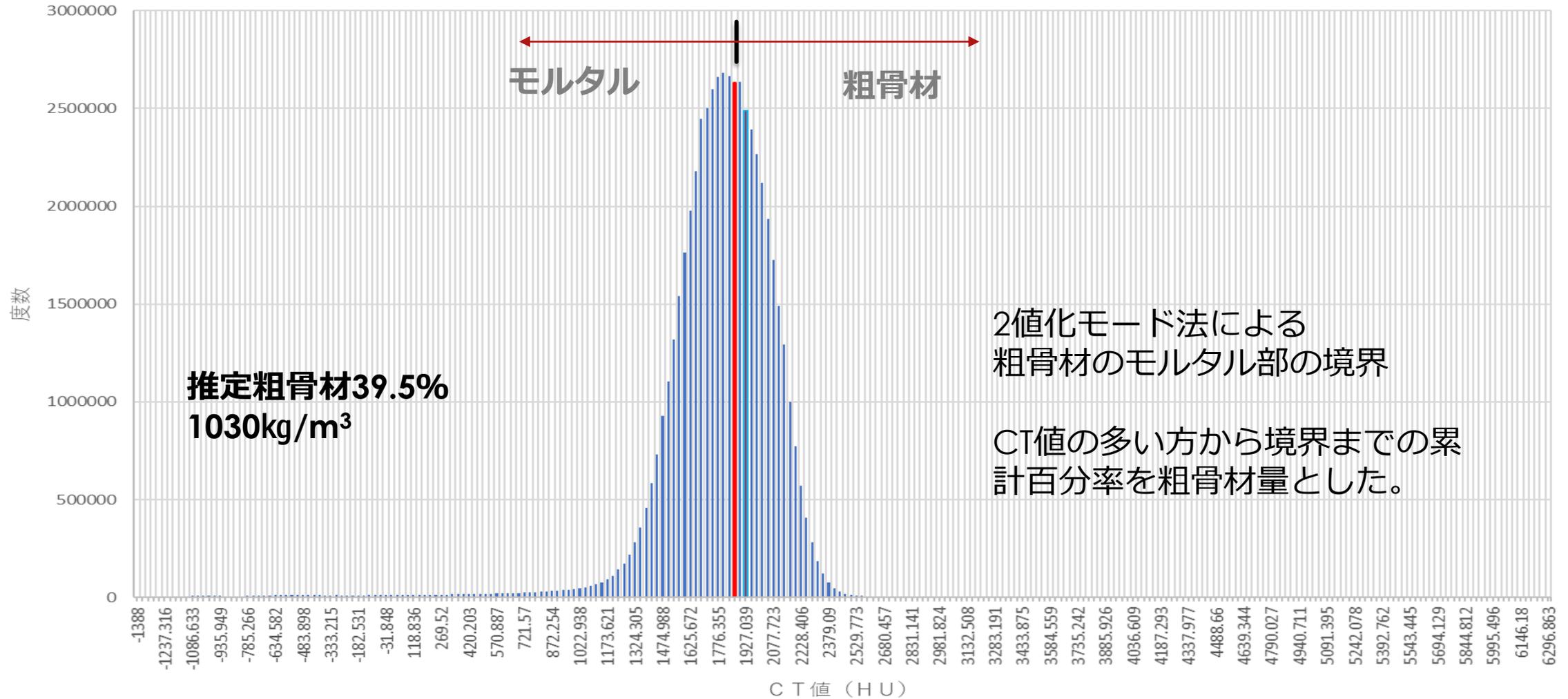
c/w-CT値 相關

c / w - CT値 (φ100mm)



ヒストグラムによる粗骨材量推定

w/c = 60% ヒストグラム



まとめ

1. 10分程の短時間CT撮影において、コンクリートの内部構造が映像化でき、骨材・空気量の可視化が可能である。
2. 画像解析ソフトウェアを適宜使用することで、空気量の推定、コンクリートの均質、w/c および単位粗骨材量性を評価できる可能性が示された。
3. 詳細分析としてマイクロフォーカスX線装置やリニアトラバース法等の機器を使用することでエントレインドエアを検出できる可能性がある。
4. 得られた情報をデータベース化することで、将来起こり得る不具合などを判定する際のツールとして期待できる。

高知コアセンター分析装置群共用システム紹介

The screenshot shows the homepage of the Kochi Core Center Analytical Equipment Shared System. The browser address bar displays kochi-core.jp/kyoyo/index.html. The page features a navigation menu with buttons for HOME, 沿革 (History), 利用手順 (Usage Procedure), 機器リスト (Equipment List), 委託分析 (Outsourcing Analysis), 実績 (Achievements), and お問い合わせ (Contact Us). The main content area includes a '更新情報・お知らせ' (Update Information / Notice) section with three entries dated 2021/9/28, 2021/9/17, and 2021/8/24. Below this is a '過去のお知らせはこちら' (Past Notices Here) section. A 'ギャラリー' (Gallery) section shows a photograph of laboratory equipment. A 'リンク' (Link) section lists related organizations: 高知コアセンター, 高知大学 海洋コア総合研究センター, 海洋研究開発機構 高知コア研究所, and 大学連携研究設備ネットワーク. The footer of the browser window shows the system tray with the date 2021/10/01 and time 19:46.

