

第1廃棄物処理棟及び第2廃棄物処理棟における コンクリート構造物の中性化深さの調査

Investigation of Carbonation Depth in Concrete of
Waste Treatment Facility No. 1 and Waste Treatment Facility No. 2

旭 都 保住 真成 鈴木 一郎 瀬谷 真南人
森 優和 坂本 裕 木下 淳一 須藤 智之

Miyako ASahi, Shinsei HOZUMI, Ichiro SUZUKI, Manato SEYA

Masakazu MORI, Yu SAKAMOTO, Junichi KINOSHITA and Tomoyuki SUDO

原子力科学研究所
バックエンド技術部

Department of Decommissioning and Waste Management
Nuclear Science Research Institute

November 2025

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Testing

本レポートは国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。
本レポートはクリエイティブ・コモンズ 表示 4.0 国際 ライセンスの下に提供されています。
本レポートの成果（データを含む）に著作権が発生しない場合でも、同ライセンスと同様の
条件で利用してください。（<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ja>）
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ウェブサイト（<https://www.jaea.go.jp>）
より発信されています。本レポートに関しては下記までお問合せください。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 研究開発推進部 科学技術情報課
〒 319-1112 茨城県那珂郡東海村大字村松 4 番地 49
E-mail: ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>).
Even if the results of this report (including data) are not copyrighted, they must be used under
the same terms and conditions as CC-BY.
For inquiries regarding this report, please contact Library, Institutional Repository and INIS Section,
Research and Development Promotion Department, Japan Atomic Energy Agency.
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1112, Japan
E-mail: ird-support@jaea.go.jp

第 1 廃棄物処理棟及び第 2 廃棄物処理棟における コンクリート構造物の中性化深さの調査

日本原子力研究開発機構
原子力科学研究所 バックエンド技術部

旭 都、保住 真成、鈴木 一朗、瀬谷 真南人、森 優和、坂本 裕、
木下 淳一、須藤 智之

(2025 年 7 月 18 日受理)

原子力科学研究所の原子力施設から発生する放射性廃棄物は、放射性廃棄物処理場に集められ、その放射能レベルや性状に応じて、処理又は保管廃棄される。放射性廃棄物処理場は複数の施設で構成されており、そのうち第 1 廃棄物処理棟は、可燃性の固体廃棄物を焼却する施設であり、第 2 廃棄物処理棟は、比較的放射能レベルの高い固体廃棄物をコンクリートセル内にて処理する施設である。第 1 廃棄物処理棟の建家は建設後 46 年、第 2 廃棄物処理棟は 43 年が経過していることから、今後の保守管理に資することを目的として、2024 年にコンクリートの健全性調査のための中性化試験を行った。また、得られた試験結果から中性化深さの進展予測を行った。本報告では、中性化試験の概要とその結果から得られた中性化深さの進展予測について述べる。

Investigation of Carbonation Depth in Concrete of Waste Treatment Facility No. 1 and Waste Treatment Facility No. 2

Miyako ASAHI, Shinsei HOZUMI, Ichiro SUZUKI, Manato SEYA, Masakazu MORI,
Yu SAKAMOTO, Junichi KINOSHITA and Tomoyuki SUDO

Department of Decommissioning and Waste Management
Nuclear Science Research Institute
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received July 18, 2025)

Radioactive wastes generated from the nuclear facilities of the Nuclear Science Research Institute is collected at Radioactive Waste Treatment Facilities, where it is treated or stored according to its radioactivity level and properties. Radioactive Waste Treatment Facilities is composed of several buildings, of which Waste Treatment Facility No.1 has the incinerator, and Waste Treatment Facility No.2 has the equipment treating solid waste in concrete cells. Since Waste Treatment Facility No.1 and No.2 were built more than 40 years ago, the carbonation test was conducted in FY2024 to consider future maintenance management. In addition, the progress of carbonation was predicted based on the test results. This report describes an overview of the carbonation test and the prediction of the progress of carbonation.

Keywords: Carbonation Depth, Concrete, Waste Treatment Facility

目 次

1. はじめに	1
1.1 背景	1
1.2 施設の概要	1
2. コンクリート健全性調査方法	2
2.1 コンクリートコア試料の採取	2
2.2 中性化試験	2
3. コンクリート健全性調査結果及び考察	3
3.1 コンクリート中性化深さの測定結果	3
3.2 測定結果からの進展予測	3
4. まとめ	4
参考文献	4

Contents

1. Introduction	1
1.1 Background	1
1.2 Outline of the Waste Treatment Facility No.1 and No.2	1
2. Test	2
2.1 Sampling	2
2.2 Measuring Carbonation Depth	2
3. Result	3
3.1 Measurement Results of Carbonation Depth	3
3.2 Future Prediction Based on Experimental Results	3
4. Conclusion	4
References	4

図表リスト

Table 1	コンクリートコア試料の中性化深さ測定結果（第 1 廃棄物処理棟）	-----5
Table 2	コンクリートコア試料の中性化深さ測定結果（第 2 廃棄物処理棟）	-----6
Fig. 1	コンクリートコア試料採取箇所（第 1 廃棄物処理棟）	-----7
Fig. 2	コンクリートコア試料採取箇所（第 2 廃棄物処理棟）	-----8
Fig. 3	コンクリートコア試料採取箇所の状況（第 1 廃棄物処理棟）	-----9
Fig. 4	コンクリートコア試料採取箇所の状況（第 2 廃棄物処理棟）	-----10
Fig. 5	採取したコンクリートコア試料（第 1 廃棄物処理棟）	-----11
Fig. 6	採取したコンクリートコア試料（第 2 廃棄物処理棟）	-----12
Fig. 7	フェノールフタレイン噴射後の試料（第 1 廃棄物処理棟）	-----13
Fig. 8	フェノールフタレイン噴射後の試料（第 2 廃棄物処理棟）	-----14
Fig. 9	コンクリート中性化深さの進展予測図	-----15

1. はじめに

1.1 背景

放射性廃棄物処理場は、原子力科学研究所に設置されている原子炉施設の共通施設であり、「試験研究の用に供する原子炉等の設置、運転等に関する規則」（以下「試験炉規則」という。）の適用を受ける施設である。試験炉規則では、2004 年 2 月の改正において、10 年を超えない期間ごとに保安活動に関する評価及び高経年化に関する評価（以下「施設定期評価」という。）を実施することが義務づけられたことから、放射性廃棄物処理場では 2004 年度に第 1 回、2014 年度に第 2 回の施設定期評価を実施した。第 2 回の施設定期評価を受けて策定した 10 年間（2015 年度から 2024 年度）の保全計画において、2014 年度時点で建設から 30 年以上経過している建家について、2024 年度末までに建家コンクリートの健全性調査を行うことを定めており、今回その計画に従って健全性確認調査を実施した。本報告では、第 1 廃棄物処理棟及び第 2 廃棄物処理棟における健全性調査のうち、コンクリート中性化試験について述べる。

1.2 施設の概要

(1) 第 1 廃棄物処理棟

第 1 廃棄物処理棟は、可燃性の固体廃棄物を焼却処理することを目的として 1979 年に建設された施設であり、地下 1 階、地上 2 階の鉄筋コンクリート造である。内部には、可燃性固体廃棄物を処理するための焼却処理設備が設置されている。

建家（コンクリート躯体）の維持管理としては、定期的に巡視、点検を実施し、外観目視により機能上有害な割れ欠け、変形等がないことを確認している。

(2) 第 2 廃棄物処理棟

第 2 廃棄物処理棟は、主として燃料試験施設等の照射後試験施設から発生する比較的放射能レベルの高い液体廃棄物及び固体廃棄物の集中的な減容処理を行うことを目的として、1980 年に建設された施設である。構造は、地下 1 階、地上 2 階の鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造）であり、内部には、固体廃棄物を圧縮、封入するための固体廃棄物処理設備・Ⅱ、液体廃棄物を濃縮・固化するための蒸発処理装置・Ⅱ、アスファルト固化装置、これら処理装置を格納するためのセル等が設置されている。なお、液体廃棄物の処理設備は、2023 年 5 月に使用を停止した。

建家（コンクリート躯体）の維持管理としては、定期的に巡視、点検を実施し、外観目視により機能上有害な割れ欠け、変形等がないことを確認している。

2. コンクリート健全性調査方法

コンクリートは大気中の二酸化炭素と反応し、中性化することが知られている。高経年化により中性化が表面から内部に向かって進行すると、コンクリート内の鉄筋の不動態被膜が破壊され、鉄筋が腐食する。これによって、コンクリートの剥離や鉄筋露出が引き起こされ、さらに中性化が進行した場合、建物の耐震性等に影響を及ぼすおそれがある。このため、本調査ではコンクリートの中性化深さを測定し、コンクリートの健全性を確認することとした。

コンクリートコア試料の採取と中性化試験の方法を以下に述べる。なお、コンクリートコア試料採取及び中性化試験は、2024年2月13日から同年2月20日の期間で実施した。

2.1 コンクリートコア試料の採取

中性化試験に使用するコンクリートコア試料については、東西南北方向に面する壁面の各1箇所、計4箇所から試料を採取した。採取にあたっては、管理区域の境界に位置しない壁を優先することとしたが、やむをえず管理区域境界の壁から採取する際には、非密封の放射性物質を取り扱わない区画（エレベーターホール）から採取することとした。第1廃棄物処理棟及び第2廃棄物処理棟におけるコンクリートコア試料採取箇所を Fig. 1、Fig. 2 に、また、試料採取箇所の状況を Fig. 3、Fig. 4 にそれぞれ示す。

採取に先立ち、金属探知機を用いて鉄筋の位置を調査し、鉄筋のない箇所を選定した。選定した採取位置から約 330 mm 上方又は下方にコアドリル固定用アンカーを打ち込み、コアドリル（湿式コアビットφ108 mm）を用いて、直径約 100 mm、深さ約 110 mm の試料を採取した。第1廃棄物処理棟及び第2廃棄物処理棟において採取したコンクリートコア試料を Fig. 5、Fig. 6 にそれぞれ示す。

なお、コア抜き箇所はモルタルにて補修した後、建家壁面と同系色のエンボス塗装を行った。

2.2 中性化試験

中性化試験は、「JIS A1152:2018 コンクリートの中性化深さの測定方法」に従って実施した。採取したコンクリートコア試料は塗装面を剥離し、円柱状の試料の底面が半分となるよう縦方向におよそ2分割した後、その断面にフェノールフタレイン溶液を噴射した。呈色が安定するまで静置した後、中性化深さ（壁の外表面から呈色が始まるまでの深さ）をノギスにて測定した。測定点は、各コンクリートコア試料の断面につき12点とした。

3. コンクリート健全性調査結果及び考察

3.1 コンクリート中性化深さの測定結果

中性化試験によって得られたコンクリートコアの中性化深さについて、第 1 廃棄物処理棟の測定結果を Table 1 に、第 2 廃棄物処理棟の測定結果を Table 2 に示す。また、フェノールフタレイン試薬を噴射したコンクリートコア試料の写真を Fig. 7、Fig.8 にそれぞれ示す。

第 1 廃棄物処理棟は、中性化深さの平均値が 0.8～2.0 mm であり、採取箇所による顕著な差はみられなかった。一方、第 2 廃棄物処理棟では、中性化深さの平均値が 1.3～12.8 mm であり、最小値（北側）に対し、最大値（西側）は約 10 倍の値となった。これは過去に西側を限定とした塗装補修歴が確認されたことから、補修前の塗装の劣化による影響を受けたことによるものと推測される。

また、中性化深さを建設当時の鉄筋かぶり厚さの設計値と比較したところ、第 1 廃棄物処理棟ではかぶり厚さ 40 mm に対し中性化深さは最大で 3.2 mm、また第 2 廃棄物処理棟ではかぶり厚さ 50 mm に対し 13.8 mm であった。これらから中性化残り厚さ（鉄筋のかぶり厚さと中性化深さの差）を求めると、第 1 廃棄物処理棟では 36.8 mm、第 2 廃棄物処理棟では 36.2 mm となり、鉄筋の腐食開始の判断基準である中性化残り厚さ 10 mm に対して²⁾、十分な裕度があることが分かった。

3.2 測定結果からの進展予測

以下の計算式²⁾を用いて、測定結果から中性化の進展予測を行った。ここで、A は測定結果から求めた中性化速度係数、C は中性化深さ、t は時間を表す。

$$C = A\sqrt{t} \quad \cdots \cdots (1)$$

中性化速度係数は、コンクリートの中性化深さ（mm）を、コンクリートの養生終了時からの期間（年）の平方根で除して求めた値として、第 1 廃棄物処理棟については 0.48、第 2 廃棄物処理棟については 2.1 を用いた。これらの値は、評価が保守的となるよう以下の条件で算出した。

- ・中性化深さは、それぞれの施設における測定値の最大値として、第 1 廃棄物処理棟については 3.2 mm、第 2 廃棄物処理棟については 13.8 mm を用いる。
- ・養生終了からの期間は第 1 廃棄物処理棟については 44 年、第 2 廃棄物処理棟については 43 年とする。

今後の第 1 廃棄物処理棟及び第 2 廃棄物処理棟の中性化の経時変化の予測図を Fig.9 に示す。中性化試験を実施した 2024 年を経過年数 0 とした。これによると次の施設定期評価が予定されている 2034 年度においても、鉄骨の腐食が開始する深さ（第 1 廃棄物処理棟は 30 mm、第 2 廃棄物処理棟は 40 mm）に到達しないと推測される。なお、(1)式において中性化残り厚さが 10

mm となる時期は、第 1 廃棄物処理棟、第 2 廃棄物処理棟ともに 100 年以上経過後である。

4. まとめ

建設から 40 年以上が経過している第 1 廃棄物処理棟及び第 2 廃棄物処理棟について、外壁のコンクリート中性化試験を行った結果、表面の中性化は進んでいるものの、両施設とも鉄筋の腐食を防止するのに十分な中性化残り厚さを有していることが確認できた。また、今回得られた中性化深さから推算式により、現在の環境条件等を維持するとして鉄筋の腐食開始時期を推定した結果、100 年以上経過後であり、今後の使用において中性化が問題となる可能性が低いことを確認した。今回得られた結果は、今後の保守管理において活用していくこととする。

参考文献

- 1) 土木学会コンクリート委員会コンクリート標準示方書改訂小委員会（編），“コンクリート標準示方書 維持管理編”，2022, 393p.
- 2) 浜田稔, “コンクリートの中性化と鉄筋の腐食”，セメント・コンクリート, 272, 10, 1969, pp.2-18.

Table 1 コンクリートコアの中性化深さ測定結果（第1廃棄物処理棟）

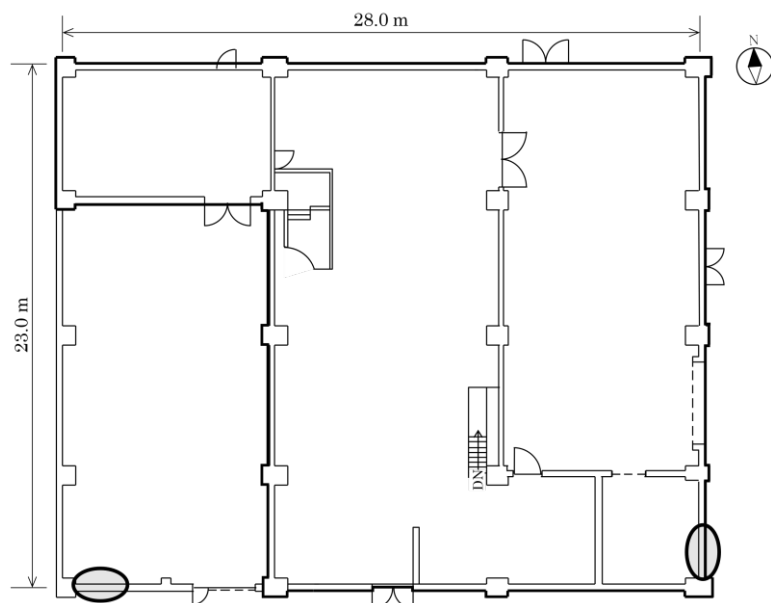
（単位：mm）

測定点	試料採取箇所			
	東側	西側	南側	北側
①	2.8	1.2	1.4	0.4
②	2.4	1.3	1.7	0.3
③	2.8	0.8	2.6	1.1
④	1.6	0.6	3.2	0.6
⑤	1.3	0.4	1.5	0.4
⑥	0.8	0.9	0.8	0.7
⑦	1.8	1.2	0.9	0.3
⑧	1.9	0.9	1.9	1.4
⑨	2.0	1.1	2.9	0.8
⑩	2.2	0.4	1.9	1.5
⑪	2.9	0.7	1.4	0.6
⑫	1.6	1.2	0.9	1.1
最大値	2.9	1.3	3.2	1.5
平均値	2.0	0.9	1.8	0.8

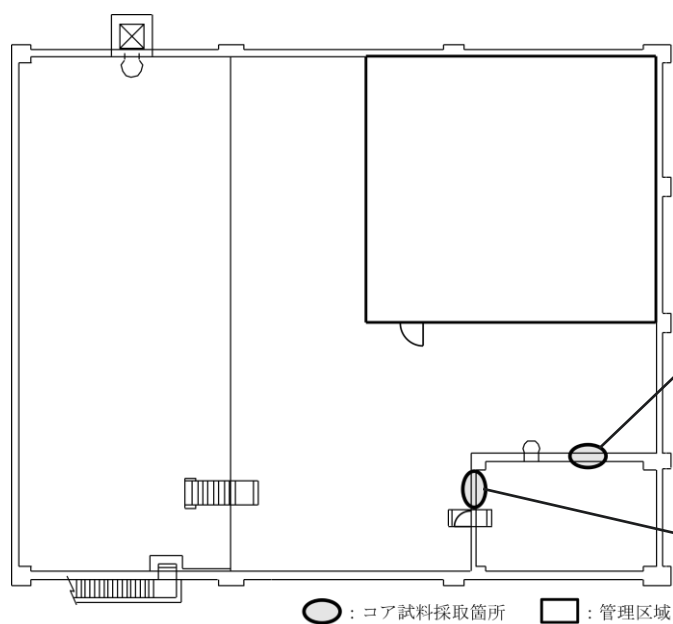
Table 2 コンクリートコアの中性化深さ測定結果（第2廃棄物処理棟）

（単位：mm）

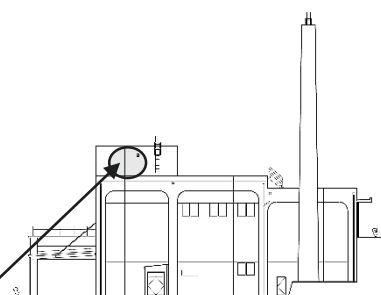
測定点	試料採取箇所			
	東側	西側	南側	北側
①	4.8	12.3	5.8	1.6
②	5.2	13.1	6.0	1.5
③	3.5	13.8	6.5	1.7
④	3.1	13.5	4.5	0.8
⑤	4.6	12.5	6.0	0.9
⑥	5.6	13.5	6.0	0.8
⑦	4.5	13.6	4.5	0.9
⑧	4.0	11.8	4.6	2.2
⑨	3.9	12.2	4.4	1.9
⑩	4.0	12.9	5.0	0.7
⑪	4.4	12.1	7.0	0.5
⑫	4.5	12.0	7.2	1.9
最大値	5.6	13.8	7.2	2.2
平均値	4.3	12.8	5.6	1.3



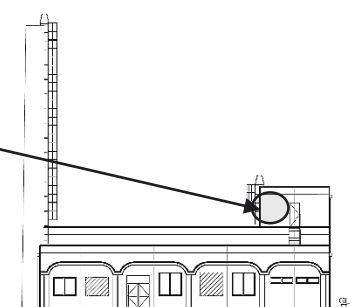
第1 廃棄物処理棟 1階平面図



第1 廃棄物処理棟 屋上平面図

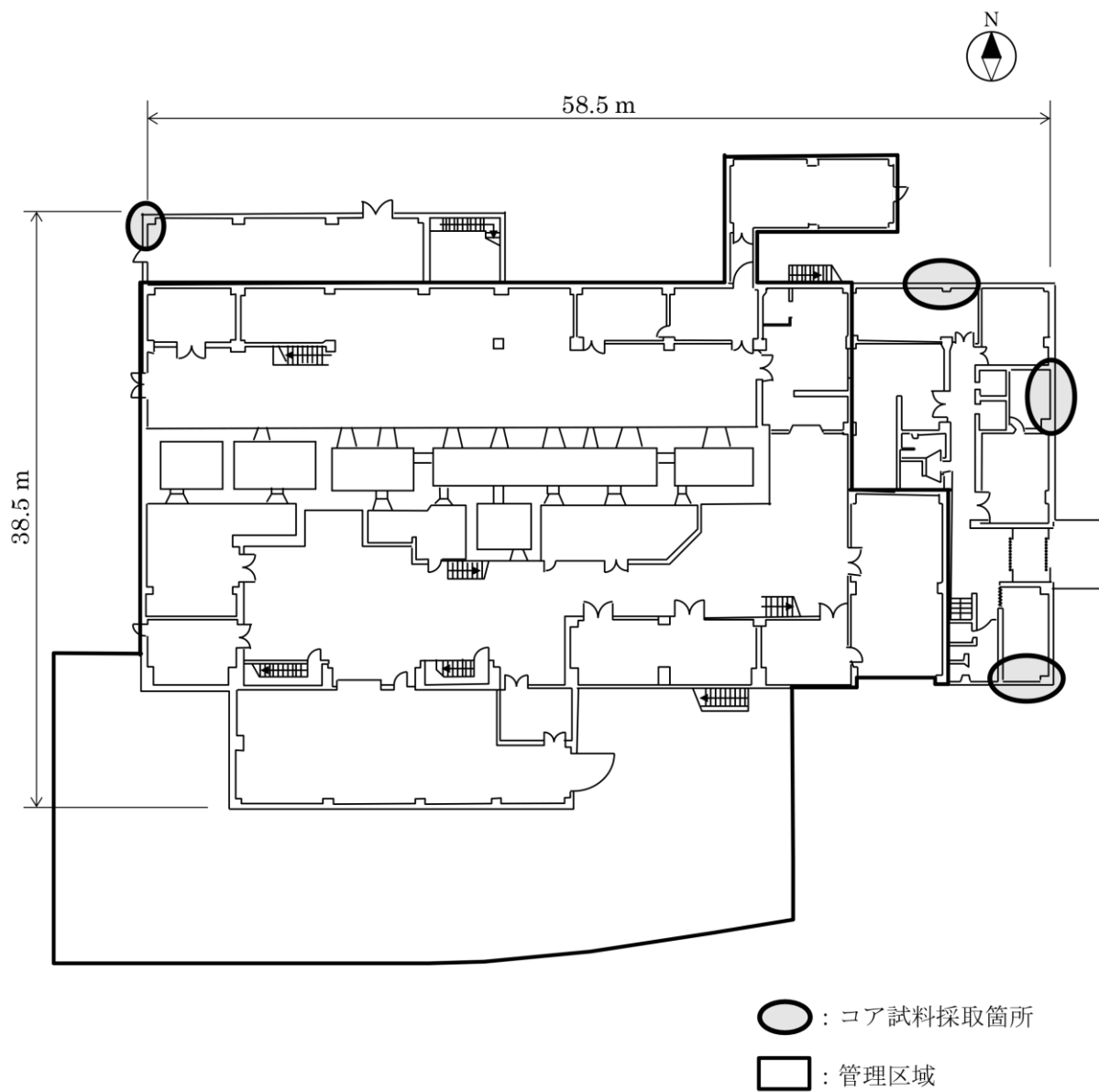


第1 廃棄物処理棟 北立面図



第1 廃棄物処理棟 西立面図

Fig. 1 コンクリートコア試料採取箇所（第1 廃棄物処理棟）



第2廃棄物処理棟1階平面図

Fig. 2 コンクリートコア試料採取箇所（第2廃棄物処理棟）



東側



西側



南側

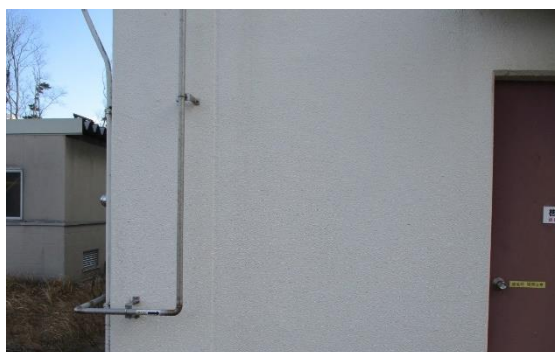


北側

Fig. 3 コンクリートコア試料採取箇所の状況（第1廃棄物処理棟）



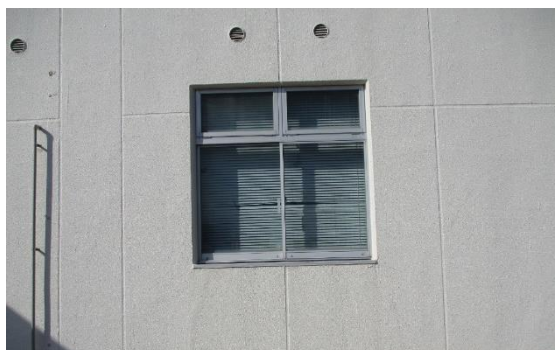
東側



西側



南側



北側

Fig. 4 コンクリートコア試料採取箇所の状況（第2廃棄物処理棟）



東側



西側



南側



北側

Fig. 5 採取したコンクリートコア試料（第1廃棄物処理棟）



東側



西側

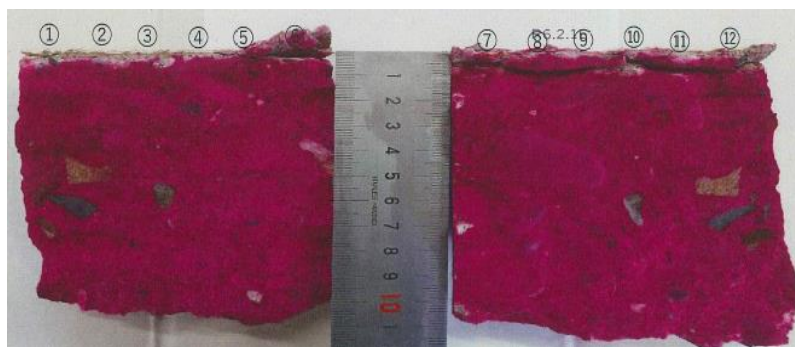


南側

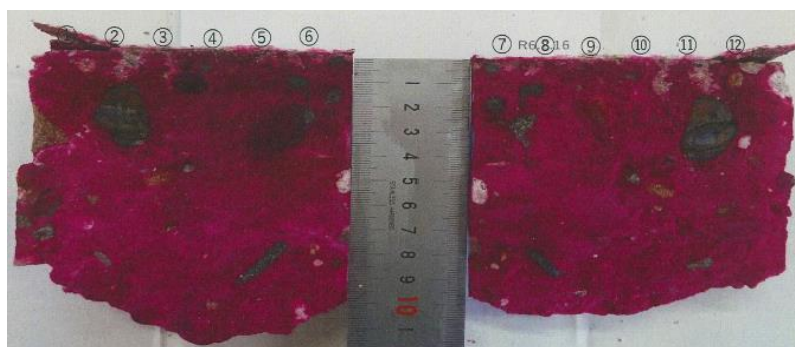


北側

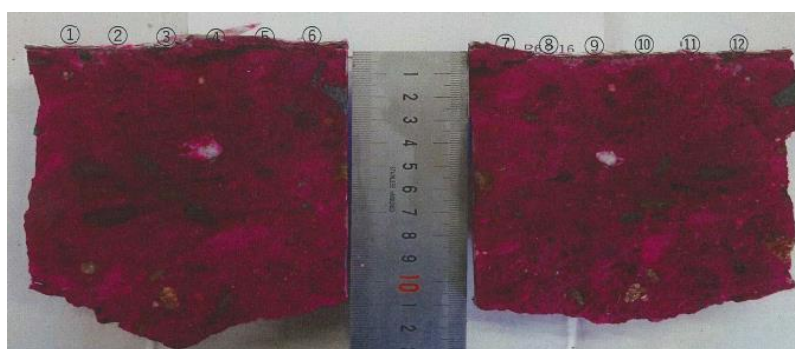
Fig. 6 採取したコンクリートコア試料（第2廃棄物処理棟）



東側



西側



南側



北側

Fig. 7 フェノールフタレイン噴霧後の試料（第1廃棄物処理棟）



東側



西側



南側



北側

Fig. 8 フェノールフタレイン噴霧後の試料（第2廃棄物処理棟）

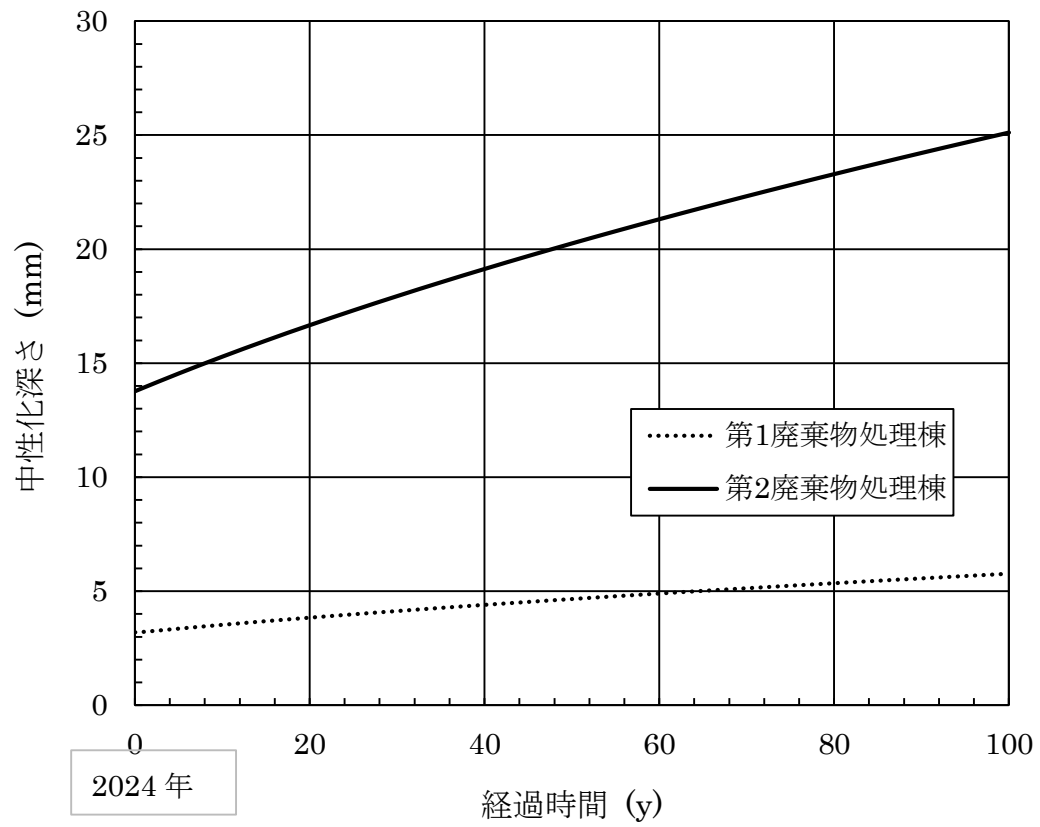


Fig. 9 コンクリート中性化深さの進展予測図

This is a blank page.

