

核燃料施設建物経年変化対応策に関する報告書

(調 査 報 告)

2002年6月

核燃料サイクル開発機構

東海事業所

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松 4 番地 4 9
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:

Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1184,
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)
2002

核燃料施設建物経年変化対応策に関する報告書 (調査報告)

瓜生 満^{*1}, 久江 正^{*2}, 里子 博幸^{*2}, 山崎 敏彦^{*2}, 大瀧 美幸^{*3}

要 旨

本書は、東海事業所核燃料施設建物経年変化対応策として平成 3 年度より実施してきた施設建物(コンクリート構造物)経年変化調査結果の概要、各種調査手法の測定精度と実用性評価、東海事業所核燃料施設建物耐久性評価手法とモニタリング手法の提案、目視点検や経年変化調査結果を踏まえた施設建物中長期保全計画策定への展開方法、構築中のデータベースについて報告する。

経年変化の評価では施設建物地上外周部のコンクリート部材、外装材、鉄部材等を対象に現地調査を行った。その結果、一部の外部階段等の鉄部材に発錆が認められたが、躯体の部材劣化は殆んどなく、設計時の施設性能を十分有しており、定期的な保全行為等の実施により、十分な耐久性が確保できると判断できる。また、複数の破壊手法及び非破壊手法の関係から、シュミットハンマ法を用いた施設固有の躯体強度推定式の提案や、小径ドリルを用いて簡便にコンクリートの中酸化判定を行う手法の妥当性評価等を、これまでに得られた全データより比較評価を行い、耐久性評価のための手法(モニタリング手法)として十分活用できる。

尚、同評価手法は施設建物経年トレンド調査(2次調査)において活用し、トレンド傾向評価から、核燃料施設建物の経年変化による強度低下、コンクリート部材の変化は進んでいないことを確認した。

-
- *1 建設工務管理部
 - *2 建設工務管理部 管理グループ
 - *3 原子力システム株式会社

Survey of Secular Change for the Buildings of Nuclear Fuel Facility in JNC Tokai Works

(Survey Document)

Mitsuru Uryu^{*1}, Tadashi Kyue^{*2}, Hiroyuki Satoko^{*2},
Toshihiko Yamazaki^{*2}, Miyuki Otaki^{*3}

Abstract

Some nuclear facilities of JNC such as Tokai Reprocessing Plant or Tokai Plutonium Fuel plant have been operating over 20 years since their completion. These facilities' buildings are constructed near the seaside, so we are that, we are surveying the secular change, estimating the tendency and counterplan to operate the facilities stably. In this paper, we report the abstract of the result of the survey, and the maintenance stage of the diagnostic techniques etc.

* 1 Construction & Maintenance Division
* 2 Construction & Maintenance Division Cordination Group
* 3 Nuclear Energy System Inc.

目 次

1. はじめに	1
2. 目的	3
3. 既存の経年変化調査手法のサーベイ	8
4. 立地環境調査	10
5. 東海事業所建物健全性評価	12
5.1 現地調査の実施	12
5.2 躯体強度の低下	17
5.3 材料劣化	18
5.3.1 コンクリート部位	18
5.3.2 鉄部材	23
5.3.3 外装材（シーリング材含む）	24
5.4 総合評価	27
5.5 特定の高経年施設	37
5.6 調査データの活用	40
5.7 考察	41
6. 調査技術及び調査手法並びに評価手法の評価	42
6.1 コンクリート強度の測定手法	43
6.2 コンクリート中性化深さの測定手法	59
6.2.1 はつり法とコア採取法	59
6.2.2 はつり法と小径ドリル法	64
6.3 コンクリート塩分含有量測定のための現地試料採取法	68
6.4 コンクリートかぶり厚さの測定手法	70
6.5 各種調査手法の評価のまとめ	72
7. 経年変化評価手法の開発	75
7.1 余寿命評価手法	75
7.1.1 中性化の進行による鉄筋腐食確率の予測	75
7.1.2 塩化物イオンの浸入による鉄筋の腐食開始時期の予測	78
7.2 耐久性評価手法	81

7.3 モニタリング手法	83
7.3.1 鉄筋の腐食度モニタリング	83
7.3.2 外装材モニタリング	86
7.4 現地調査（トレンド調査）の実施	89
7.4.1 コンクリート推定強度	89
7.4.2 コンクリート中性化深さ	91
7.4.3 コンクリート塩分含有量	93
8. 中長期保全計画策定方法	94
8.1 日常的点検	96
8.2 定期点検	97
8.3 中長期保全計画への展開	98
9. データベース構築状況	107
9.1 画像データベース	108
9.2 Web 対応型施設建物経年変化情報データベース	110
10. まとめ	116
11. 今後の課題	117
12. 反省	119
13. おわりに	121
14. 参考文献	122
15. 添付資料	124
添付資料 1 施設建物経年変化調査手法の概要	124
資料 1 - 1 主なコンクリート圧縮強度測定方法の概要	
資料 1 - 2 主なコンクリート中性化深さ測定方法の概要	
資料 1 - 3 コンクリート塩分含有量測定方法の概要	
資料 1 - 4 主なコンクリートかぶり厚さの測定方法の概要	
添付資料 2 施設建物躯体強度測定反発度ヒストグラム	131
資料 2 - 1 再処理施設 躯体強度測定反発度ヒストグラム	
資料 2 - 2 プルトニウム燃料施設 躯体強度測定反発度ヒストグラム	
資料 2 - 3 濃縮・ユーティリティ・その他の施設 躯体強度測定反発度ヒストグラム	
添付資料 3 東海事業所各施設のシュミットハンマー法による反発度とコア強度の関係	165

資料 3 - 1	再処理施設 シュミットハンマー法による反発度とコア強度の関係 (施設固有の強度推定式の提案)	
資料 3 - 2	プルトニウム燃料施設 シュミットハンマー法による反発度とコア強度の 関係(施設固有の強度推定式の提案)	
資料 3 - 3	濃縮・ユーティリティ・その他の施設 シュミットハンマー法による 反発度とコア強度の関係(施設固有の強度推定式の提案)	
添付資料 4	耐久性能レーダーチャート	191
資料 4 - 1	再処理施設 耐久性能レーダーチャート	
資料 4 - 2	プルトニウム燃料施設 耐久性能レーダーチャート	
資料 4 - 3	濃縮・ユーティリティ・その他の施設 耐久性能レーダーチャート	
添付資料 5	東海事業所施設 トレンド調査対象施設の推定強度分布図	212
添付資料 6	東海事業所施設 トレンド調査対象施設の中性化進展曲線	223
添付資料 7	日常的点検手法(劣化診断チェックリスト)	230
添付資料 8	定期点検手法(劣化症状調査表:簡易診断)	234
添付資料 9	施設建物の日常的点検手法(改訂版)	238
添付資料 10	施設建物漏水状況シート	252
添付資料 11	経年変化情報データベース対応フロー	258
添付資料 12	施設建物経年変化調査試験状況写真集 (蔵衛門Pro Ver.8.0)の画面構成例	260
添付資料 13	Web対応型施設建物経年変化情報データベース	265

目 次

図 2 - 1	東海事業所核燃料施設建物経年変化対応策のねらいと目的	3
図 2 - 2	東海事業所核燃料施設建物の高経年対策に求められる主な背景	4
図 2 - 3	東海事業所核燃料施設建物経年変化対応策活動年表	6
図 3 - 1	核燃料施設建物経年変化調査項目選定のための耐久性能低下基礎的要因図	8
図 3 - 2	塩害への影響度関連特性要因図 (PNC TN 8410 92 - 074 より引用)	9
図 4	東海事業所：海岸からの距離と海塩粒子量の関係 (測定期間 1992.6 ~ 1993.5) (JNC TN8420 95 - 004 より引用)	11
図 5.1 - 1	施設建物経年変化調査優先度判定フロー及び総合評価表	13
図 5.1 - 2	東海事業所において実施した経年調査対象施設建物と海塩粒子測定位置図 (2002.6 現在)(JNC TN8420 2000 - 001 より引用修正)	14
図 5.1 - 3	鉄筋の腐食 (コンクリートの抵抗性の損失) から構造体強度の低下までの模式図 (2002.3 現在)(JNC TN8420 2000 - 001 より引用修正)	16
図 5.2	東海事業所：竣工経過年数と施設平均コア強度の関係 (調査施設：47 施設) (JNC TN8420 2000 - 001 より引用修正)	17
図 5.3.1 - 1	東海事業所：竣工経過年別の腐食グレード分布図 (調査施設：51 施設)	18
図 5.3.1 - 2	東海事業所：経過年数と各打放し施設の平均中性化深さの関係 (調査施設：22 施設)(JNC TN8420 2000 - 001 より引用修正)	19
図 5.3.1 - 3	東海事業所：経過年数と各外装施設の平均中性化深さの関係 (調査施設：31 施設) (JNC TN8420 2000 - 001 より引用修正)	20
図 5.3.1 - 4	東海事業所：コンクリート塩分含有量の方位別傾向 コンクリート試料採取位置 4 ~ 6cm の深さ (調査施設：59 施設)(JNC TN8420 2000 - 001 より引用)	21
図 5.3.1 - 5	東海事業所：竣工経過年別コンクリート塩分含有量の分布図 (全塩化物：4 ~ 6cm : 四方位：方位平均値 / プロット)(JNC TN8420 2000 - 001 より引用)	22
図 5.3.3 - 1	東海事業所：外装材付着強度分布図 (28 施設)	26
図 5.3.3 - 2	東海事業所：外装材ひび割れ追従性分布図 (22 施設)	26
図 5.5 - 1	高経年の原発と核燃料施設との中性化進展曲線の比較 (JNC TN8420 2000 - 001 より引用)	37
図 5.5 - 2	主要な再処理施設建物と高経年の原発の耐久性能評価の比較 (JNC TN8420 2000 - 001 より引用)	38
図 5.5 - 3	主要なプル燃施設建物と高経年の原発の耐久性能評価の比較 (JNC TN8420 2000 - 001 より引用)	39

図 6.1 - 1	日本建築学会が提案する強度推定式の説明図 (日本建築学会：コンクリート強度推定のためのマニュアルより引用) ……	44
図 6.1 - 2	セメント種別の材令と圧縮強度との関係 (セメント協会資料より引用) ……	45
図 6.1 - 3	コンクリートの養生温度と圧縮強度との関係 (Bureau of Reclamation:Concrete Manual 8th ed.,1977 より引用) ……	45
図 6.1 - 4	分離精製工場のコンクリートコア強度分布 (方位別) ……	46
図 6.1 - 5	高放射性廃液貯蔵場のコンクリートコア強度分布 (方位別) ……	47
図 6.1 - 6	シュミットハンマー法測定位置における反発度とコア強度の関係 (再処理施設) ……	48
図 6.1 - 7	シュミットハンマー法測定位置における反発度とコア強度の関係 (プルトリウム燃料施設) ……	49
図 6.1 - 8	シュミットハンマー法測定位置における反発度とコア強度の関係 (濃縮・ユーティリティ・その他の施設) ……	49
図 6.1 - 9	コア強度と旧都材検の式より求めた推定圧縮強度の関係 (再処理施設) ……	51
図 6.1 - 10	コア強度と適合性の良い推定式より求めた推定圧縮強度の関係 (再処理施設) ……	51
図 6.1 - 11	コア強度と各次調査提案式より求めた推定圧縮強度の関係 (再処理施設) ……	52
図 6.1 - 12	コア強度と補正式より求めた推定圧縮強度の関係 (再処理施設) ……	52
図 6.1 - 13	コア強度と旧都材検の式より求めた推定圧縮強度の関係 (プル燃施設) ……	53
図 6.1 - 14	コア強度と補正式より求めた推定圧縮強度の関係 (プル燃施設) ……	53
図 6.1 - 15	コア強度と旧都材検の式より求めた推定圧縮強度の関係 (濃縮・ユーティリティ・その他の施設) ……	54
図 6.1 - 16	コア強度と補正式より求めた推定圧縮強度の関係 (濃縮・ユーティリティ・その他の施設) ……	54
図 6.1 - 17	施設固有の強度推定式決定までのフロー ……	55
図 6.1 - 18	反発度とコア強度の関係 (プルトリウム燃料工場第二開発室) ……	57
図 6.1 - 19	コア強度と推定圧縮強度の関係 (プルトリウム燃料工場第二開発室) ……	57
図 6.1 - 20	反発度とコア強度の関係 (分離精製工場) ……	58
図 6.1 - 21	反発度とコア強度の関係 (中間開閉所) ……	58
図 6.2.1 - 1	コア割裂面測定法とはつり法による中性化深さの違い (再処理施設) ……	60
図 6.2.1 - 2	コア割裂面測定法とはつり法による中性化深さの違い (再処理施設) ……	60
図 6.2.1 - 3	コア表面測定法とはつり法による中性化深さの違い (再処理施設) ……	62
図 6.2.1 - 4	コア表面測定法とはつり法による中性化深さの違い (再処理施設) ……	62

図 6.2.1 - 5	コア表面測定法とコア割裂面測定法による中性化深さの違い（再処理施設）・・・	63
図 6.2.1 - 6	コア表面測定法とコア割裂面測定法による中性化深さの違い（再処理施設）・・・	63
図 6.2.2 - 1	小径ドリル(17点平均)法とはつり法による中性化深さの違い（再処理施設）・・・	65
図 6.2.2 - 2	小径ドリル(17点平均)法とはつり法による中性化深さの違い（再処理施設）・・・	65
図 6.2.2 - 3	小径ドリル(5点平均)法とはつり法による中性化深さの違い（再処理施設）・・・	66
図 6.2.2 - 4	小径ドリル(5点平均)法とはつり法による中性化深さの違い（再処理施設）・・・	66
図 6.2.2 - 5	小径ドリル法 17点平均と 5点平均による中性化深さの違い（再処理施設）・・・	67
図 6.2.2 - 6	小径ドリル法 17点平均と 5点平均による中性化深さの違い（再処理施設）・・・	67
図 6.3 - 1	コア採取法による塩化物量測定試料の採取方法	68
図 6.3 - 2	小径コア法と小径ドリル法による全塩化物量の違い（再処理施設）	69
図 6.3 - 3	小径コア法と小径ドリル法による全塩化物量の違い（再処理施設）	69
図 6.4 - 1	実測かぶり厚さと推定かぶり厚さの比較（再処理施設）	70
図 6.4 - 2	実測かぶり厚さと推定かぶり厚さの比較（再処理施設）	71
図 6.4 - 3	実測かぶり厚さと推定かぶり厚さの比較（再処理施設）	71
図 6.5	中性化深さ測定手法の実用性評価レーダーチャート	73
図 7.1.1 - 1	かぶり厚さ及び中性化深さ正規分布（プルトニウム燃料第三開発室）	76
図 7.1.1 - 2	かぶり厚さ及び中性化深さ正規分布（高レベル放射性物質研究施設）	77
図 7.1.1 - 3	かぶり厚さ及び中性化深さ正規分布（ユーティリティ棟）	77
図 7.1.2	全塩化物浸透傾向（ユーティリティ棟）	80
図 7.2	施設建物耐久性能図	82
図 7.3.1 - 1	自然電位測定法の概要図	84
図 7.3.1 - 2	電位測定口	84
図 7.3.1 - 3	電位測定用電極ホルダ	84
図 7.3.1 - 4	躯体（外壁）に設置した電位測定口及び導通端子の状況図	85
図 7.3.1 - 5	電位の経時変化（東、南、西、北面平均値）	85
図 7.3.2	外装材モニタリング試験体設置断面図 （ばくろ試験状況：分離精製工場の場合）	87
図 7.4.1	東海事業所：コンクリート推定強度の経年変化	90
図 7.4.2 - 1	中性化深さのばらつき分布と経年変化の模式図	91
図 7.4.2 - 2	東海事業所：コンクリート中性化深さの経年変化（打放し施設と外装施設）	92

図 7.4.2 - 3	第二ウラン貯蔵所の中性化深さ分布図	92
図 7.4.3	東海事業所：コンクリート塩分含有量 (表層より 4～6cm の深さ) の経年変化	93
図 8 - 1	施設運用計画体系図	95
図 8 - 2	施設安定運転のための保全活動概略フロー図(再処理センターの場合)	95
図 8.3 - 1	保全シートを活用した場合の施設建物(地上外壁・屋上)中長期保全計画への 展開フロー	98
図 8.3 - 2	修繕等の個別計画策定のための優先度パターンの考え方	100
図 8.3 - 3	旧海岸からの距離(再処理施設)	101
図 8.3 - 4	中性化深さ(再処理施設：調査ごとの平均)	101
図 8.3 - 5	塩分含有量(再処理施設：調査ごとの平均)	101
図 8.3 - 6	外装材付着強度(再処理施設)	101
図 8.3 - 7	外壁塗材の改修サイクル文献調査表(発表年 1986～1995)	102
図 8.3 - 8	外壁塗材の改修サイクル文献調査表(発表年 1976～1985)	103
図 8.3 - 9	外壁塗材の改修サイクル文献調査記号表の凡例	104
図 9.1 - 1	画像データベース化までの作業イメージ図	109
図 9.2 - 1	Web 対応型システム基本体系	110
図 9.2 - 2	Web 型データベースと画像データベース及び経年データの関係	113
図 9.2 - 3	施設建物経年変化情報データベースのリンク階層構造図	114
図 9.2 - 4	経年変化データベースの画面例：再処理サイト TOP	115
図 11	施設建物ライフサイクルのシナリオ範囲	118

表 目 次

表 4 - 1	東海事業所施設への飛来傾向	10
表 4 - 2	打放し施設のコンクリート表層部塩化物量の比較	11
表 5.1 - 1	施設建物経年変化調査実施一覧表	15
表 5.1 - 2	経年変化調査対象部位と調査項目	16
表 5.4 - 1	再処理施設耐久性能評価一覧表	29
表 5.4 - 2	プルトニウム燃料施設耐久性能評価一覧表	33
表 5.4 - 3	濃縮・ユーティリティ・その他の施設耐久性能評価一覧表	35
表 5.5 - 1	レーダーチャート表現のための性能グレード分類	38
表 5.5 - 2	主要な核燃料施設（再処理施設及びプルトニウム燃料施設）の 高経年評価のまとめ	39
表 5.7	経年変化対応策に関する評価結果から得られた新たな課題	41
表 6	施設建物の耐久性評価項目	42
表 6.1	材令係数の例	43
表 6.5	コンクリート構造物の耐久性評価（モニタリング調査）手法に対する実用性の評価	74
表 7.1.1	主要な施設建物躯体外壁コンクリートの中酸化進行による寿命予測結果	76
表 7.1.2	塩化物イオン浸透による鉄筋腐食開始時期予測	80
表 7.2	耐久性能評価性能グレード分け：5項目評価	81
表 7.4.1	主要な核燃料施設建物反発度測定トレンド結果	90
表 8.2	点検レベルの概略	97
表 8.3 - 1	既存施設建物の長期的・効率的運用を望む場合の主なパターン	99
表 8.3 - 2	建物各部位の保全の目安	106
表 9.2	Web 対応型施設建物経年変化 DB で取扱ったデータの種類	111

写 真 目 次

写真 1 - 1	1960 年代半ば頃の東海事業所全景写真	2
写真 1 - 2	2000 年 5 月頃の東海事業所全景写真	2
写真 5.3.2	外部階段の発錆状況写真 (1992 年 12 月)	23
写真 5.3.3	化粧目地部シーリング材の経年変化状況写真 (網目状のひび割れと白亜化)	24
写真 7.3.2 - 1	外装材モニタリング試験体設置状況写真 (分離精製工場)	87
写真 7.3.2 - 2	外装材モニタリング試験体設置状況写真 (第二ウラン貯蔵所)	88
写真 7.3.2 - 3	外装材モニタリング試験体設置状況写真 (プルトニウム廃棄物処理開発施設)	88

1. はじめに

昭和 32 年 6 月原子燃料公社東海製錬所設置以来、東海事業所構内に建設された主要な核燃料施設建物（プルトニウム燃料第一開発室、分離精製工場等）は竣工から 20 年を過ぎ、順次高経年化対応が図られている。これらの核燃料施設建物（コンクリート構造物）は、長期に渡る供用期間中において健全性と耐久性が要求され、この健全性と耐久性を確認するため平成 3 年度より躯体の現地調査を実施した。その結果、主要な核燃料施設建物は標準的な経年劣化曲線に比べ進行速度が遅く、国内の高経年原子力発電所とほぼ同程度の耐久性があることなどを、東海事業所施設建物の経年化傾向に関する報告書（JNC TN8420 2000 - 001）にしてまとめた。

本書では、10 年間にわたる施設建物経年変化対応策の活動状況を概括できるように、当該対応策の活動概要とその背景を第 2 章に、既存の経年変化調査手法及び調査技術のサーベイ方法と結果を第 3 章に、立地環境調査結果を第 4 章に、東海事業所施設建物健全性の評価を第 5 章で記述する。

また、現地調査ではコンクリート構造物の性能を正確に把握するために、実構造物の躯体外壁部をはつる若しくはコア採取する各種試験と非破壊試験を用いたが、今後、長期に渡って施設建物の耐久性評価（モニタリング）を行うたびにコア抜き等によって実構造物を傷めること、測定精度や解析にかかるコストなどの経済性が問題となるため、複数ある非破壊試験の中から実用性や簡便性な手法をベースに破壊試験と比較評価し、それぞれの特徴と改良点並びにケースに応じて用いる複数の耐久性評価手法について検討した結果を第 6 章に、鉄筋の腐食確率、開始時期の予測と各種モニタリング手法、トレンド調査の結果を第 7 章で記述する。

更に、核燃料施設を安定に運転し有効利用するためには、中長期的な保全計画の策定が必要であり、平成 3 年度より調査してきた結果と手法検討に基づく中長期保全計画策定への展開方法を第 8 章に、経年変化調査で得られたデータを有効に活用（提供）するために構築したデータベースを第 9 章で報告する。

写真 1 - 1 は、動燃（現核燃料サイクル開発機構）発足時頃の東海事業所全景写真である。写真より、現在の再処理サイトは松林でプルトニウム燃料第一開発室に向う幹線道路が 1 本あるのみである。また、原子燃料公社時代の建物も幾つか点在している。

沿岸域の常陸那珂港北埠頭の埋立ては終了し、2000 年 4 月外貿コンテナターミナルが供用開始となり、工業団地には石炭火力発電所東京電力(株)が建設中である。

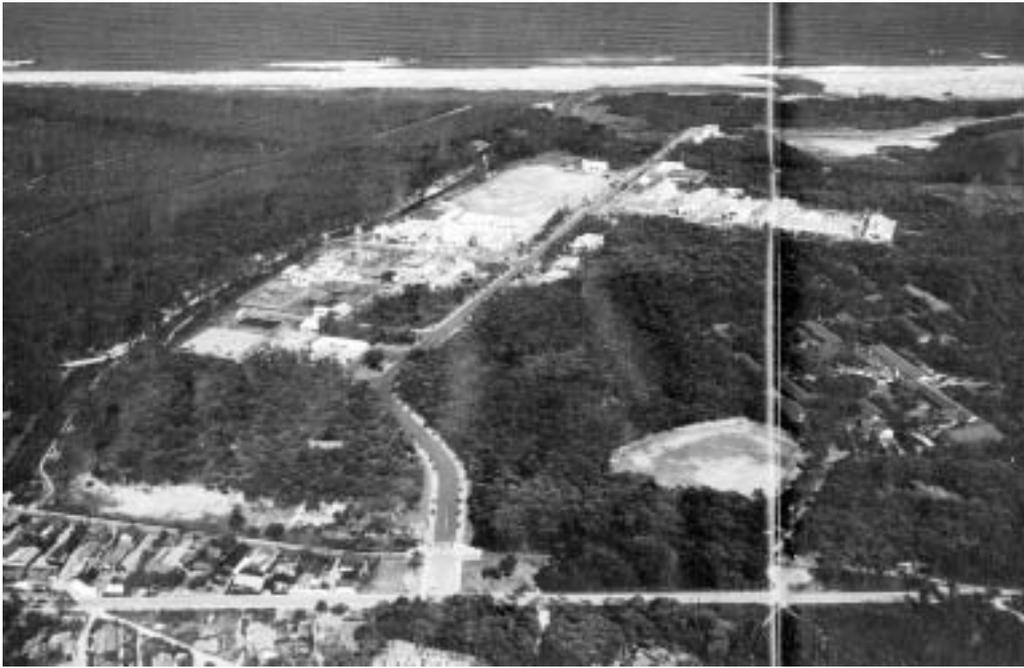


写真 1 - 1 1960 年代半ば頃の東海事業所全景写真



写真 1 - 2 2000 年 5 月頃の東海事業所全景写真

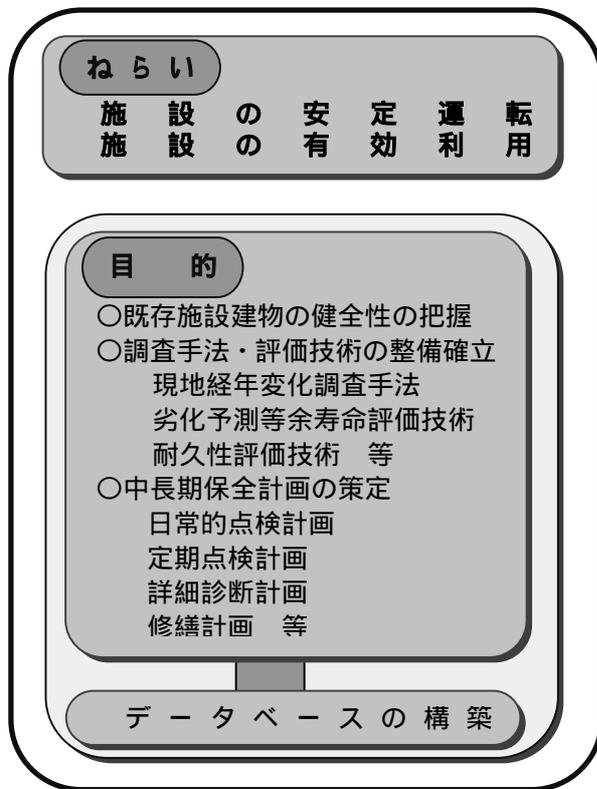
2. 目的

核燃料施設建物の経年変化対応策のねらいは、核燃料施設の安定運転と有効利用である。また、目的の主なものとしては、既存施設建物の健全性の把握、調査手法評価技術の整備確立、中長期保全計画の策定などである(図 2 - 1 東海事業所核燃料施設建物経年変化対応策のねらいと目的参照)。

原子力施設の経年劣化に伴なう故障停止が顕在化してきたのは 80 年代半ば頃であり、主に設備故障が殆んどで、原子炉施設においては、操業に係わる重大な故障原因につながる恐れがあるとして早急な対応を求められるものもあった。このため、事後保全から状態保全へ、更に重要機器類については予防保全への展開が図られ、要求される高経年化対応は、施設設備の寿命を定義し、固有の寿命がどの程度あって残存する耐用年がどのくらいあると判断(推定)し、この結果に基づき施設の運用を効率的に行うとするニーズが多くあった。

一方、国内法規では財務省(通達)減価償却資産の耐用年数等に関する省令において、建物の構造又は用途別に耐用年数が定められ、平成 10 年 3 月の改正では、最長年で 50 年として取扱うこととなっている。しかし、これはあくまで税法上の取扱い区分であって、日本建築学会や土木学会で提案している使用に耐えうる耐用年数とはかなり差がある。

既存施設建物の健全性の把握では、核燃料施設建物躯体外壁部の経年劣化度から施設建物の



の健全性評価を行い、また、種々な測定手法と結果から最適な調査手法を整備確立するとともに、予防保全の観点に立った中長期保全計画策定までのアプローチを本経年変化対応策のワークスコープとした。尚、データの蓄積に伴うデータベース構築は機構外部に対する情報発信ツールとして、機構内部に対してはナレッジマネジメントのツールとして活用できることを最終的な目的としている。

経年変化対応策の背景には様々な時代の要求が付加され、現在のところ最も求められるものは、核燃料施設に対する信頼性と安全性の保証である(図 2 - 2 東海事業所核燃料施設建物の高経年対策に求められる主な背景参照)。

図 2 - 1 東海事業所核燃料施設建物経年変化対応策のねらいと目的

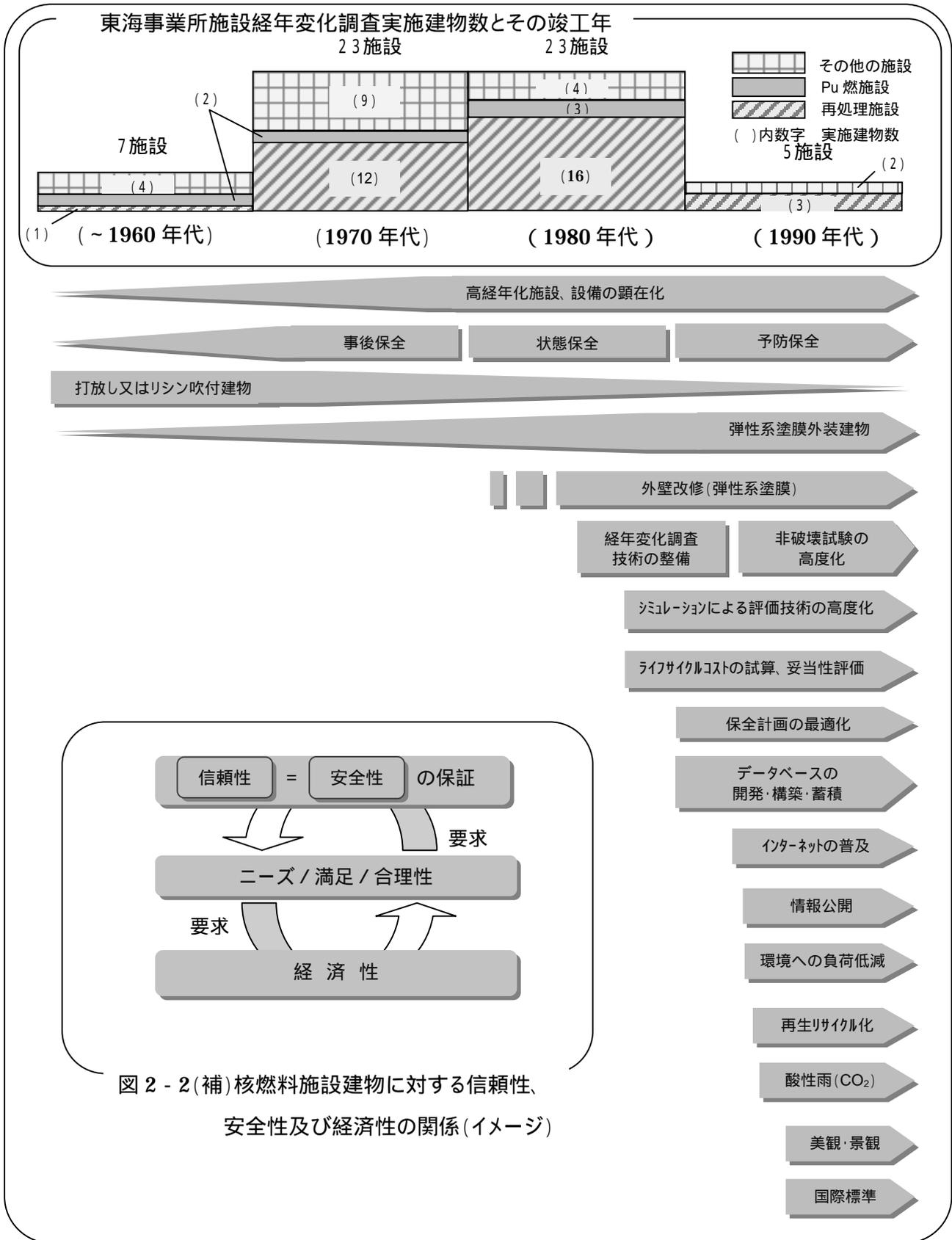


図 2 - 2 東海事業所核燃料施設建物の高経年対策に求められる主な背景

更に、この要求されるニーズや満足を果たすために、十分な合理性がとわれ経済性への追求（コストパフォーマンス）が求められる時代である。

これらの目的や背景に対応するため毎年度実施した各種の調査や評価を、東海事業所核燃料施設建物経年変化対応策活動年表に示す。活動年表は、本報告書で述べる各章項目がどの時期にどれくらいの期間要したかが概略でわかるようにしてある。

経年変化対応策では、核燃料施設の経年化調査を行うにあたり、まずは原子炉施設や一般産業界での実績調査、信頼性評価、調査費用の検討、調査技術の動向調査等のサーベイから各種現地調査の実施と評価、調査技術の妥当性と信頼性評価、部材の余寿命評価を行い、次に特定施設の経年化傾向を把握するためのトレンド調査の実施、モニタリング手法のサーベイと開発、特定施設の高経年化評価を実施した。

また、中長期保全計画への展開を図るため、まずは日常的に簡便に行う点検と定期的に行う点検、更には詳細に行う調査手法の分類と整備、日常的点検手法を用いた点検の実施と妥当性評価、日常的点検結果に基づいた保全計画への反映方法、体系的な計画的予防保全策の考え方と各種の調査結果に基づく中長期保全計画への展開方法等について検討を行っている。

尚、具体的な検討結果と評価は本報告書の各章で、データベースの構築状況は本報告書の 9 章でスケジュールを含めて述べる。

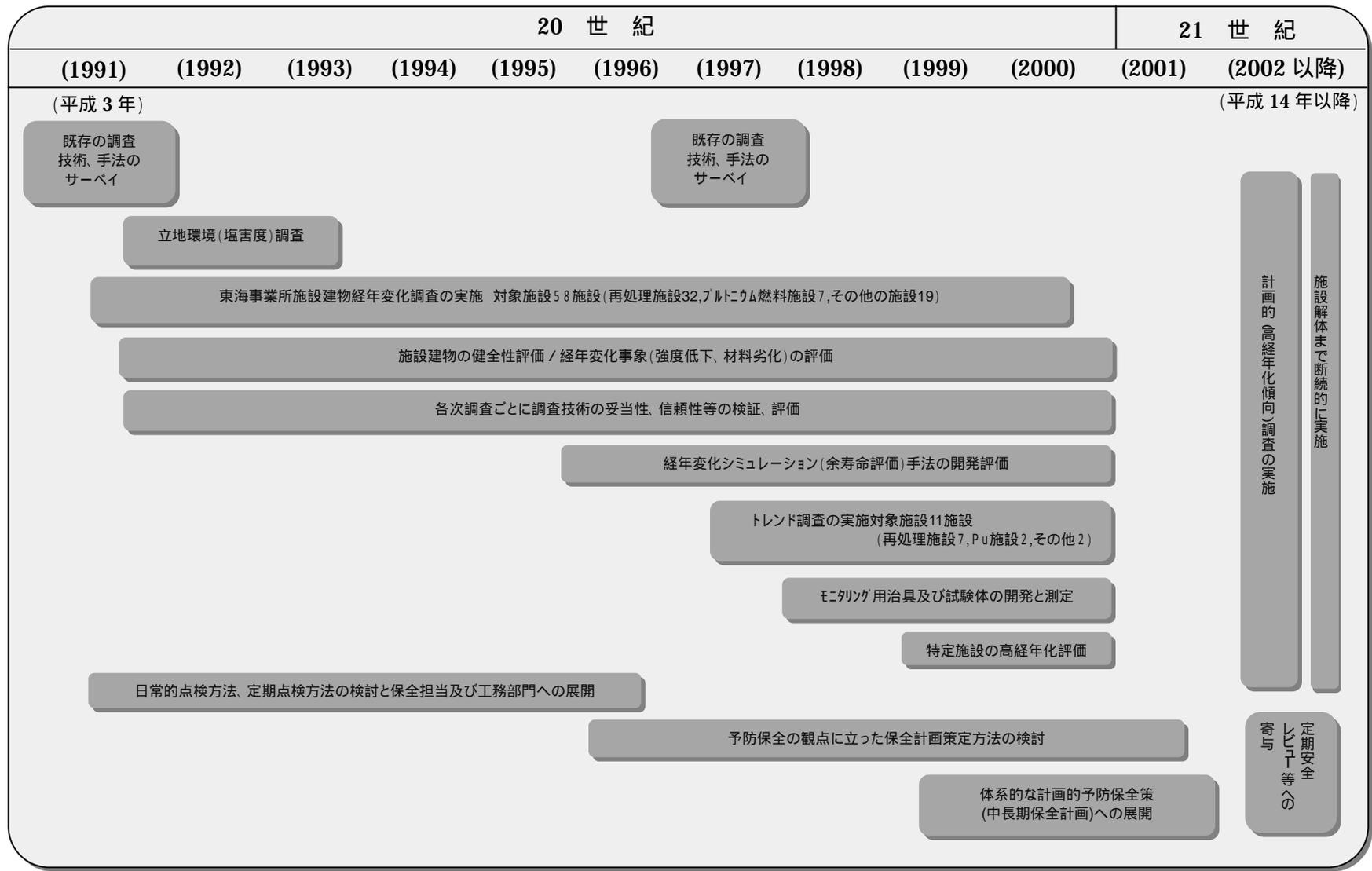


図 2 - 3 東海事業所核燃料施設建物経年変化対応策活動年表

本報告書本文で用いる用語の意味を以下に示す。

- 核燃料施設建物 : 核燃料物質を取扱う施設建物の他、広義的に使用施設、R I 施設及びそれら施設に付随するユーティリティ施設等
- 再処理施設
(再処理サイト) : 再処理施設保全フェンス内にある施設建物
- プルトニウム燃料施設
(プル燃サイト) : プルトニウム燃料施設保全フェンス内にある施設建物
- その他の施設 : 上記サイト外にある施設建物をさし、ウラン濃縮関連施設、使用施設、R I 施設、試験施設及び一般管理施設等がある。
- 施設建物 : 建築基準法で定めた建築物で主要構造部がコンクリート構造であるもの
- 耐久性能 : 施設建物またはその部分の性能をある水準以上の状態で継続して維持する能力
- 耐久性 : 施設建物またはその部分の劣化に対する抵抗性
- コンクリート推定強度 : 躯体コンクリート表面の反発硬度から強度推定式を用いて求めたコンクリート強度
- コンクリート中性化深さ : 躯体コンクリート(アルカリ性)表面から炭酸化した深さ
- コンクリート塩分含有量 : 躯体コンクリート中の全塩化物量
- コンクリートかぶり厚さ : 躯体コンクリート表面から鉄筋位置までの深さ

尚、添付資料 資料 - 9 に保全関連用語の説明を添付してあるので参照されたい。

3. 既存の経年変化調査手法のサーベイ

施設建物の耐久性（経年変化度）の基礎的条件を整理し、調査項目を選定するため、耐久性に影響を及ぼす構造耐力・保存度・外的（外力）要因及び内的要因から因果関係のある項目を抽出し（図 3 - 1 核燃料施設建物経年変化調査項目選定のための耐久性低下基礎的要因図参照）、それらの中から取り上げるべき項目の選定、項目相互の重みづけ等を考察し、また既存の診断方法

構造耐力 ・ 保有耐力 コンクリート圧縮強度 静弾性係数 ・ 構造使用材料 コンクリート部材 （粗骨材、細骨材） 等	保存度 ・ 経過年数 ・ コンクリート部材の変化 中性化、ひび割れ、 鉄筋腐食度 ・ 地盤変動（沈下）量 不同沈下、圧密沈下 等
外的（外力）要因 ・ 地盤種別 ・ 海岸からの距離 ・ 風（風力、風向） ・ 二酸化炭素濃度 （酸性雨） 等	内的（使用環境）要因 ・ 雰囲気（酸性、アルカリ性） ・ 温度 ・ 湿度 ・ 二酸化炭素濃度 ・ 放射線 等

図 3 - 1 核燃料施設建物経年変化調査項目選定のための耐久性低下基礎的要因図

や原子力施設における実績等を参考に核燃料施設建物経年変化調査として妥当と思われる調査項目の選定を行った（表 5.1 - 2 経年変化調査対象部位と調査項目参照）。

構造耐力では、建物が構造耐力上どの程度の性能を持っているか把握するための項目を取り上げ、その中で経年による強度劣化を伴うことがあるコンクリート圧縮強度を調査の対象項目とした。

保存度において取り上げた項目は、経年によって起こる主なコンクリート部材及び外装材の変化現象や劣化症状でコンクリート中性化深さ、鉄筋かぶり厚さ、鉄筋腐食度、ひび割れ、表面劣化、塗装劣化を調査の対象項目として選定した。

外的（外力）要因では、建物の立地条件により保存度に影響を及ぼすと考えられる項目として、海岸からの距離（塩害）を取り上げた。また、風についても、塩害等の影響度を増幅させる要因であることから、立地環境条件も対象項目として選定した。

この他、建物の耐久性を低下させるそれぞれの劣化現象に関連する劣化要因等を把握するため、原因分析及び特性要因等の整理検討、それらの劣化度、変化度を調査するための手法（PNC TN8410 92 - 074 東海事業所施設の経年変化対応策研究：平成 3 年度報告書 表 4.10 劣化項目と調査項目の関係、付図 原因分析図及び特性要因図参照）を整備し、現地での経年変化調査を開始した。

添付資料：資料 1 に施設建物経年変化調査手法の概要を載せてあるので参照されたい。

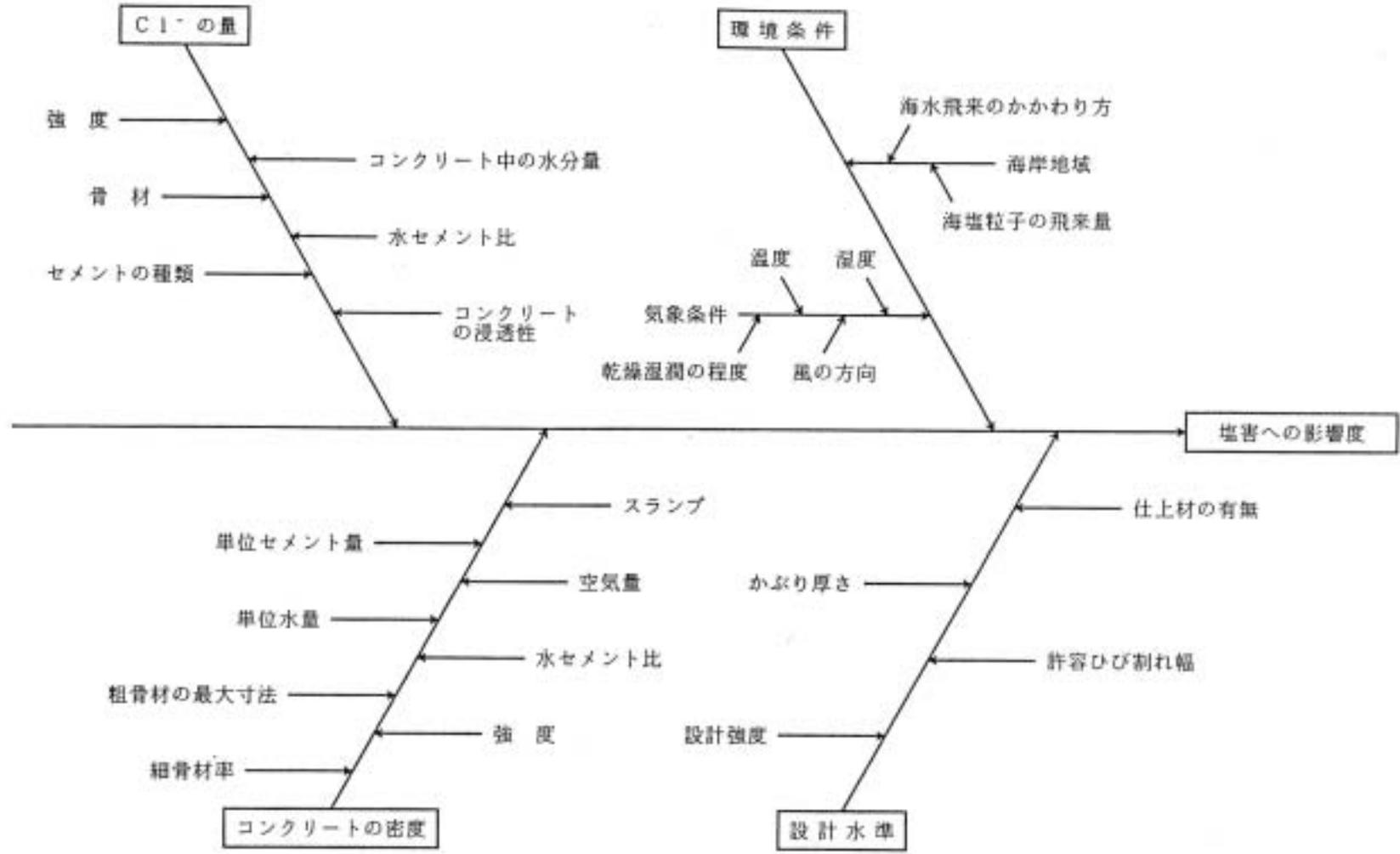


図 3 - 2 塩害への影響度関連特性要因図 (PNC TN8410 92-074 より引用)

4. 立地環境調査

施設建物の劣化（塩害）に影響を及ぼす要因と考えられる、海から飛来する海塩粒子量を把握するため、1992年6月から1年間に渡り東海事業所施設各所にて海塩粒子量測定を実施した。

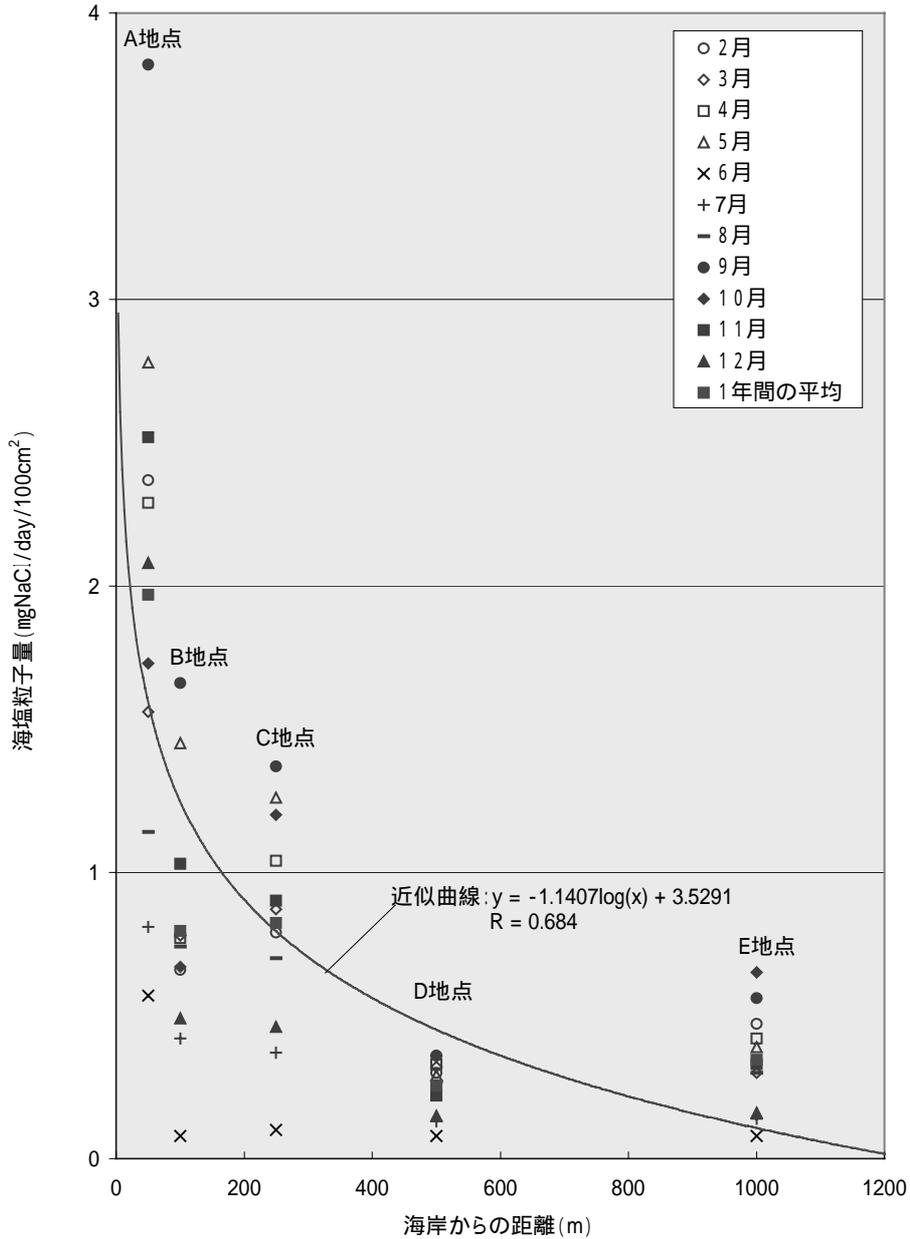
海塩粒子量の測定方法は、JIS Z 2381「屋外暴露試験方法通則」に示されたガーゼ法に準拠して実施した。これらの測定方法及び海塩粒子量に関する海岸からの距離、海拔（建物の標高）等の評価結果についてはJNC TN8420 2001 - 001「東海事業所施設建物の経年化傾向に関する報告書」を参照されたい。尚、本書では、立地環境（塩害環境）に対する総括を行うため、「東海事業所施設建物の経年変化傾向に関する報告書」から以下の表に示す海塩粒子の飛来傾向をまとめる。

項目	評価
海岸からの距離 （図4参照）	海岸線より250m以内までは多くの海塩粒子が飛来する。また、1km離れた地点であっても250m離れた地点の1/2程度の飛来がある。
気象条件	北東の季節風の影響を多く受け、梅雨の時期には飛来する量が激減する。
躯体表層部の 塩化物量 （表4-2参照）	打放し期間が長くなれば塩化物量も増えるが、建設時から外装仕上げが施された躯体では塩化物量は殆んど変化しない。
標高 （表4-2参照）	標高30mに建設されたプルトニウム燃料施設の方が、再処理施設より海塩粒子の飛来が顕著である。

表4-1 東海事業所施設への飛来傾向

これらの結果から、塩害に対する保全計画を策定する際、プルトニウム燃料関連施設群は丘陵地に建設され海塩粒子が多く飛来しているため、再処理施設に比べ早めの計画策定が望ましいと考えられる。また、水洗い等のクリーニングを行う場合の実施時期としては、雨水によるクリーニング効果が期待できると考えられる梅雨時期より降雨量が少なくなる冬頃が理想的である。

現在、事業所施設の東側海岸地が埋立てられ石炭火発が建設中であるが、北東岸の海岸線は海塩粒子測定時と地形があまり変わらないため、飛来傾向に大きな変化は今後もあまりないと考えられる。



1999年3月

図4 東海事業所：海岸からの距離と海塩粒子量の関係
 (測定期間 1992.6 ~ 1993.5)
 (JNC TN8420 95 - 004 より引用)

施設名	標高	竣工後経過年	旧海岸からの距離	コンクリート表層部の全塩化物量
再処理施設 ウラン貯蔵所	5m	23年 及び 24年	約300m	0.0044 ~ 0.029% (平均0.012%)
ユーティリティ施設 工業用水高架タンク	30m	21年	約350m	0.025 ~ 0.077% (平均0.050%)

表4-2 打放し施設のコンクリート表層部塩化物量の比較

5. 東海事業所建物健全性評価

東海事業所施設建物の健全性評価については JNC レポート (PNC TN8410 92 - 074 , PNC TN 8420 94 - 026 , JNC TN8420 99 - 007 , JNC TN8420 2000 - 001) で主な報告を行っているため、本書はそれらの報告書の補足資料とすることを第 1 義的に行うこととし、施設建物の健全性評価 (部位、部材の変化状況、施設の経年変化傾向) の総括を本章で行う。

5.1 現地調査の実施

東海事業所に建設された施設建物の用途も核燃料施設、R I 施設、一般施設、倉庫、事務所など種々であり、それぞれの用途や時代背景から鉄筋・鉄骨コンクリート造 (S R C 造)、鉄骨造 (S 造)、木造 (W 造) 等それぞれ応じた構造種別が選択される。そのため、これらの施設建物にかかわる法制上の区分や竣工後経過年数、立地環境などの違いをリスト化し施設に対する重要度評価を行い、実施する施設建物の現地調査実施の優先度を判定後、毎年度実施する施設を選定し (図 5.1 - 1 施設建物経年変化調査優先度判定フロー及び総合評価表参照) 平成 3 年度から平成 12 年度の 10 年間で経年変化調査を実施した施設は 56 施設延べ 69 施設、内訳は再処理施設 40 施設、プルトニウム燃料施設 10 施設、ウラン濃縮・ユーテリウム・その他の施設 19 施設である (表 5.1 - 1 施設建物経年変化調査実施一覧表、図 5.1 - 2 東海事業所内において実施した経年調査対象施設建物と海塩粒子測定位置図参照)。

また、現地調査前には、施設の運営管理部門や保全部門に対しクレームや苦情、施設の耐久性などの要求事項をヒアリングし、調査測定位置の範囲をあらかじめ伝え、目視調査、詳細な試験調査等と順次行った。

経年変化対応策予算のうち、現地調査で投じた予算額は約 90,000 千円であり、1 施設あたりの調査費用は単純計算で 1,500 千円前後である。但し、施設規模や高所作業が伴う排気筒などの場合は当然割高となり、1 調査時の調査対象施設が増えれば割安となる。

尚、評価の対象とした部位は原則として屋外からアクセスできる躯体部として屋上 (屋根) 及び外壁を対象に行い、地下外壁部は費用の面などから対象外とした。

部位ごとの調査項目は表 5.2 に示すとおりである。



総合評価		
評価ランク	評価点	優先度評価
AA	90点以上	経年変化の対象建物とする。
A	80~89点	経年変化の対象建物とするが、経過期間が5年以内の建物は除く。
BB	60~79点	経過期間が15年以上で耐震重要度分類がA, B _s またはBクラスの建物を対象建物とする。
B	40~59点	次回選考対象建物とする。
CC	20~39点	次々回選考対象建物とする。
C	19点以下	対象外建物とする。

図 5.1 - 1 施設建物経年変化調査優先度判定フロー及び総合評価表



図 5.1 - 2 東海事業所内において実施した経年調査対象施設建物と海塩粒子測定位置図
(2002.6 現在)
(JNC TN8420 2000 - 001 より引用修正)

表 5.1 - 1 施設建物経年変化調査実施一覧表

調査名称	1	2	3	4	5	6	7
1次調査(1991.11) 対象施設 6棟	ウラン貯蔵所	分離精製工場	実規模開発試験棟	プルトニウム燃料 第三開発室	プルトニウム燃料 第一開発室	プルトニウム燃料 付属機械室	
2次調査(1992.5) 対象施設 6棟	ウラン貯蔵所	第二ウラン貯蔵所	分離精製工場	高レベル放射性 物質研究施設	A 棟	プルトニウム燃料 第二開発室	
3次調査(1992.12) 対象施設 7棟	高放射性固体 廃棄物貯蔵庫	クリプトン回収 技術開発施設	第一付属排気筒	アスファルト 固化処理施設	アスファルト 固化体貯蔵施設	浄水施設機械室	浄水施設 地下水槽
4次調査(1993.8) 対象施設 6棟	第二低放射性 廃液蒸発処理施設	除染場	分析所	J 棟	G 棟	B 棟	
5次調査(1994.2) 対象施設 7棟	第三低放射性 廃液蒸発処理施設	廃棄物処理場	第二スラッジ貯蔵場	プルトニウム 転換技術開発施設	廃溶媒貯蔵場	第二低放射性固体 廃棄物貯蔵場	工業用水高架タンク
6次調査(1995.1) 対象施設 5棟	中間開閉所	放出廃液油分 除去施設	M 棟	L 棟	プルトニウム廃棄物 処理技術開発施設		
躯体外壁調査(1995.5) 対象施設 2棟	分離精製工場	高放射性 廃液貯蔵場					
7次調査(1995.10) 対象施設 7棟	スラッジ貯蔵場	第一低放射性 固体廃棄物貯蔵場	ウラン廃棄物 焼却施設	ユーティリティ棟	プルトニウム廃棄物 貯蔵施設	高レベル放射性 物質研究施設	プルトニウム燃料 第三開発室
8次調査(1996.10) 対象施設 7棟	第二ウラン貯蔵所	ウラン脱硝施設	第二中間開閉所	廃溶媒処理 技術開発施設	第二アスファルト 固化体貯蔵施設	第二高放射性固体 廃棄物貯蔵施設	プルトニウム燃料 第一開発室
9次調査(1997.9) 対象施設 7棟	資材庫 (再処理浄水施設)	焼却施設	ガラス固化 技術開発施設	第三ウラン貯蔵所	H 棟	非常用予備 発電機棟	分離精製工場
主排気筒(1998.1)	主排気筒						
経年変化調査(1999.2) 対象施設 3棟	高放射性 廃液貯蔵場	中央運転管理室	ウラン廃棄物 貯蔵施設				
トレンド調査(1999.8) 対象施設 4棟	廃棄物処理場	除染場	第二低放射性 廃液蒸発処理施設	工業用水高架タンク			
トレンド調査(2000.12) 対象施設 3棟	プルトニウム 転換技術開発施設	第二低放射性 固体廃棄物貯蔵場	リサイクル機器 試験施設				

注1:1993.6～1994.5 飛来海塩粒子量測定

表 5.1 - 2 経年変化調査対象部位と調査項目

部 位	調査項目
屋上（屋根）	目視調査（マッピング）
地上外壁部	目視調査（マッピング） 躯体強度測定 鉄筋腐食度調査 コンクリート中性化測定 コンクリート塩分含有量測定 鉄筋かぶり厚さ測定 その他（必要に応じて） 〔コンクリートコア化学分析〕 〔赤外線等の画像診断〕 〔外壁材の健全性調査等〕
地下外壁部	-

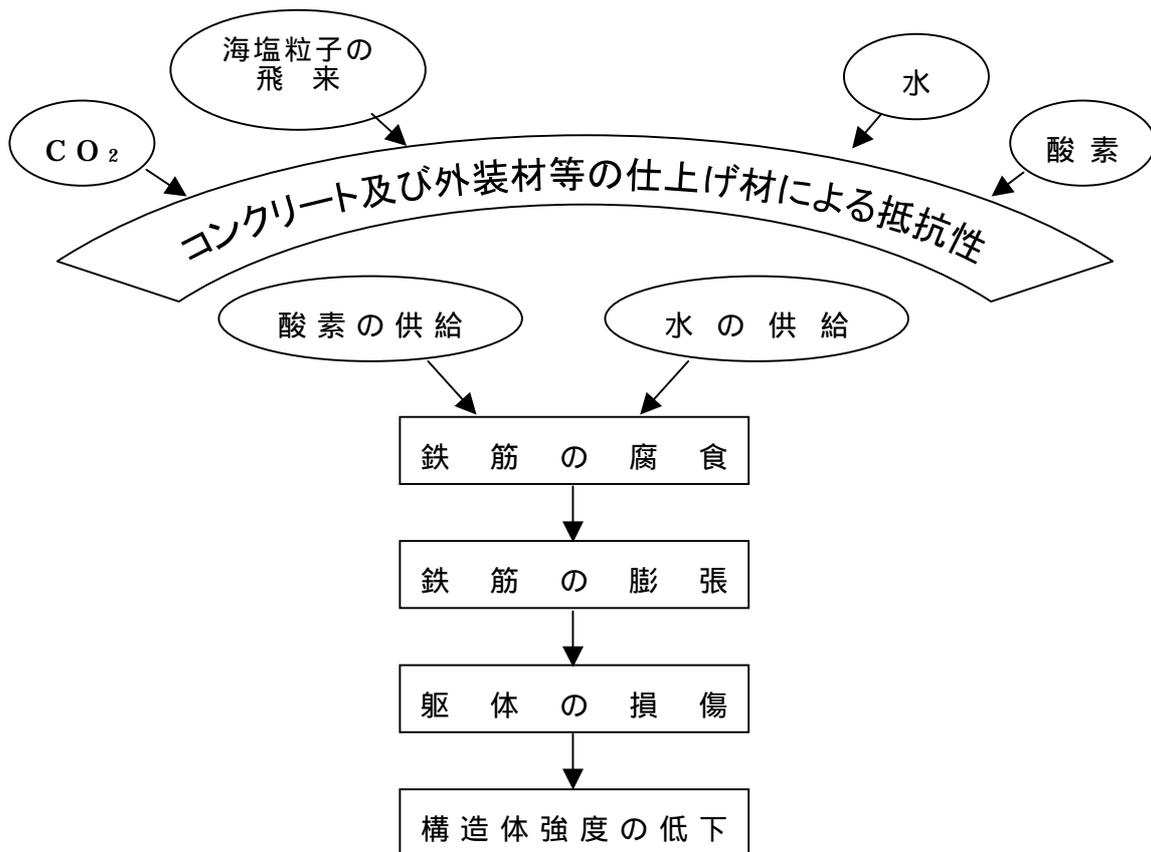


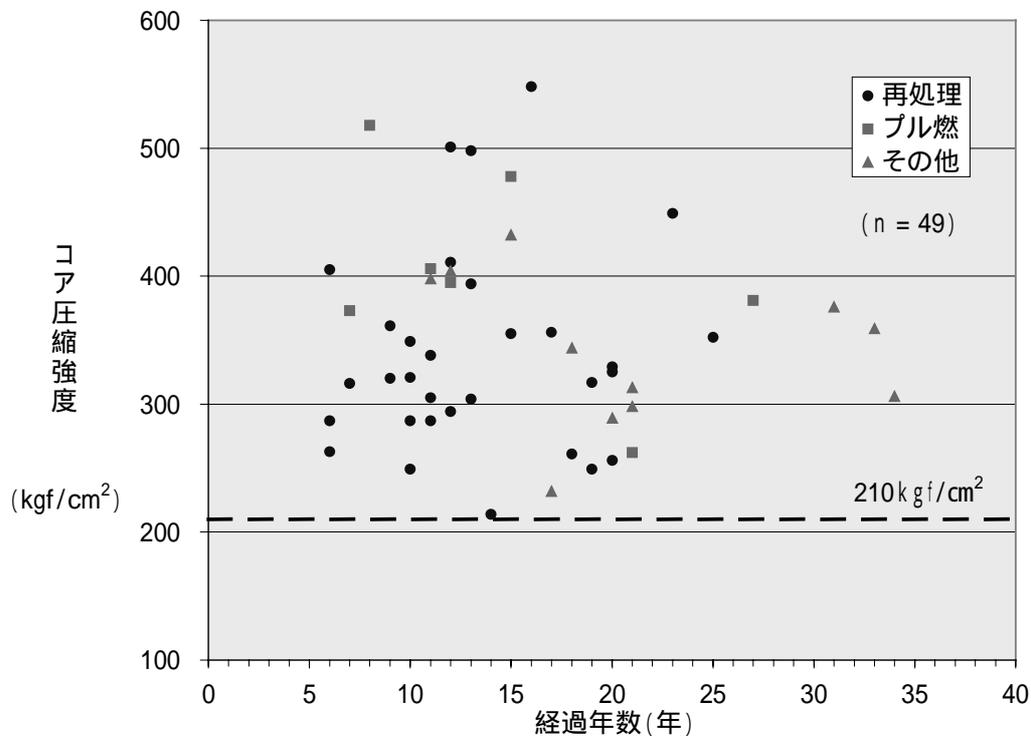
図 5.1 - 3 鉄筋の腐食（コンクリートの抵抗性の損失）から
構造体強度の低下までの模式図（2002.3 現在）
（JNC TN8420 2000 - 001 より引用修正）

5.2 躯体強度の低下

経年による躯体強度の低下(コンクリートの強度劣化)には様々な要因が複雑に関連する。そのため、物理的变化、化学的变化、疲労変化等による躯体強度の低下の原因分析や(PNC TN8410 92 - 074 : 付図 4.1 参照)補修・補強履歴などのヒアリング調査と記録確認を行ったうえで、躯体の強度測定を実施した。現地調査における調査位置は地上外壁部外面側から測定し、測定法による誤差を配慮するためコア採取の場合は1調査箇所あたり3本、反発度測定法の場合は1調査あたり25~35打点として、既存の躯体強度(コンクリートの圧縮強度)を測定した。

図 5.2 は施設におけるコア採取の平均値をプロットした図である。グラフ中の破線は通常用いられる設計時における基準強度($F_c210\text{kgf/cm}^2$)のラインであり、既存施設は設計時のコンクリート圧縮強度を十分に有していると判断できる。尚、躯体強度の低下については材料の物理的な変化も少なく躯体強度に直接的な影響を及ぼす程度ではないため、躯体強度の低下は殆んどないと考えられる。また、再処理施設の使用前検査記録(4週圧強度)と比較しても変化は殆んどなく、むしろ多少増加する傾向にある。但し、生コンサンプル記録と現地調査位置の対比は多少誤差が大きくなるため、あくまで参考比較でしかない。

添付資料：資料 2 に施設建物躯体強度のための反発度測定結果に基づいてヒストグラムを載せてあるので参照されたい。



2002年6月

図 5.2 東海事業所：竣工経過年数と施設平均コア強度の関係 (調査施設：47 施設)
(JNC TN8420 2000 - 001 より引用修正)

5.3 材料劣化

5.3.1 コンクリート部位

鉄筋腐食

鉄筋が腐食に至るまでの過程には、様々な条件が整ってから発錆が始まる。躯体外壁コンクリートの強度低下までの一般的な過程は、図 5.1 - 3 鉄筋腐食から構造体強度の低下までの模式図 に示したとおりで、鉄筋が発錆するまでには、外装材劣化による酸素と水の供給と、コンクリートの密実性の低下がなければ通常腐食は生じない。

現地調査では、はつりによる目視確認と腐食度判定を広範囲（1.5m × 1.5m）に推定する非破壊手法を用いて行った。図 5.3.1 - 1 は、はつりにより目視判定した東海事業所 51 施設の全調査位置でのデータである。図より全体の 5%弱がグレード であり、はつり出した鉄筋表面に点錆が広がっている状態であると判定したものであるが、経過年が長くなるにつれグレードが上がる傾向ではなくグレード 0（腐食なし）と（点錆がある）が全体に分布しており、建設期間中に多少の発錆があり、そのままの状態 で保存されているものと考えられる。尚、非破壊による電位や抵抗率測定でも腐食確率は低く、90%の割合で腐食なしと判定される測定データである。

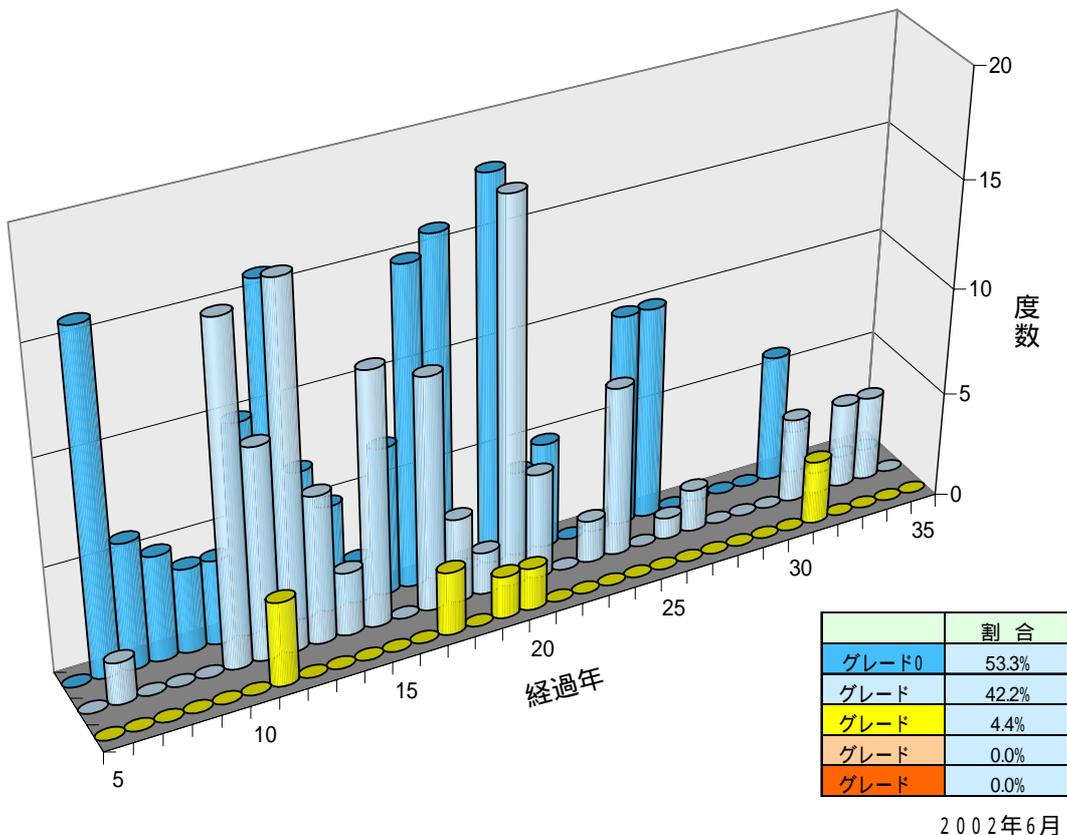


図 5.3.1 - 1 東海事業所：竣工経過年別の腐食グレード分布図（調査施設：51 施設）

コンクリート中性化

コンクリートの中性化メカニズムは、硬化セメントペースト中の結晶または空隙中の飽和水溶液の状態が存在する水酸化カルシウム（強アルカリ性：pH12.6）が大気中の炭酸ガス（CO₂）により炭酸化反応が生じる現象である。この炭酸化反応が経年により（大気中の炭酸ガスが）コンクリート内部へと拡散し、中性化がコンクリート表面から内部へと進んでいく。中性化速度に影響を及ぼす主な要因には、セメントの種類、養生条件、水セメント比、仕上材の種類、温度、湿度があり、これらの要因が複雑に作用し、中性化が進んでいく。

中性化現象が着目されるのは、中性化の進展によりコンクリート中の鉄筋が発錆する環境に変化していくことによるからである（図 5.1 - 3 鉄筋の腐食（コンクリートの抵抗性の損失）から構造体強度の低下までの模式図参照）。

中性化深さに関する特性要因図は PNC TN8410 92 - 074 を参照されたい。

図 5.3.1 - 2 及び図 5.3.1 - 3 は水セメント比が 55% の場合を想定して提案された中性化進展曲線をコンクリート打放しの状態と外装材が施されている場合をそれぞれ併記し、経年変化調査で得られた各施設の平均中性化深さをプロットした図である。

図 5.3.1 - 2 には、コンクリート打放し期間が 10 年以上ある施設についてもプロットしてある。これは経過年を 10 年以上過ぎてから外壁改修を行い、2～3 年で経年調

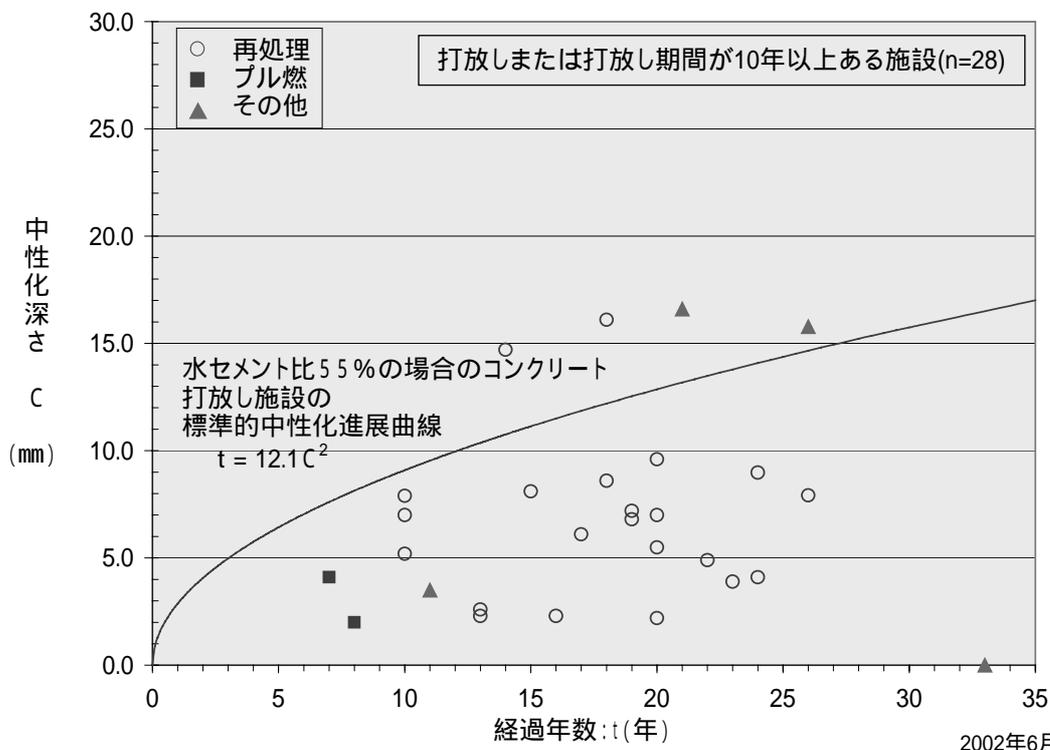


図 5.3.1 - 2 東海事業所：経過年数と各打放し施設の平均中性化深さの関係（調査施設：22 施設）(JNC TN8420 2000 - 001 より引用修正)

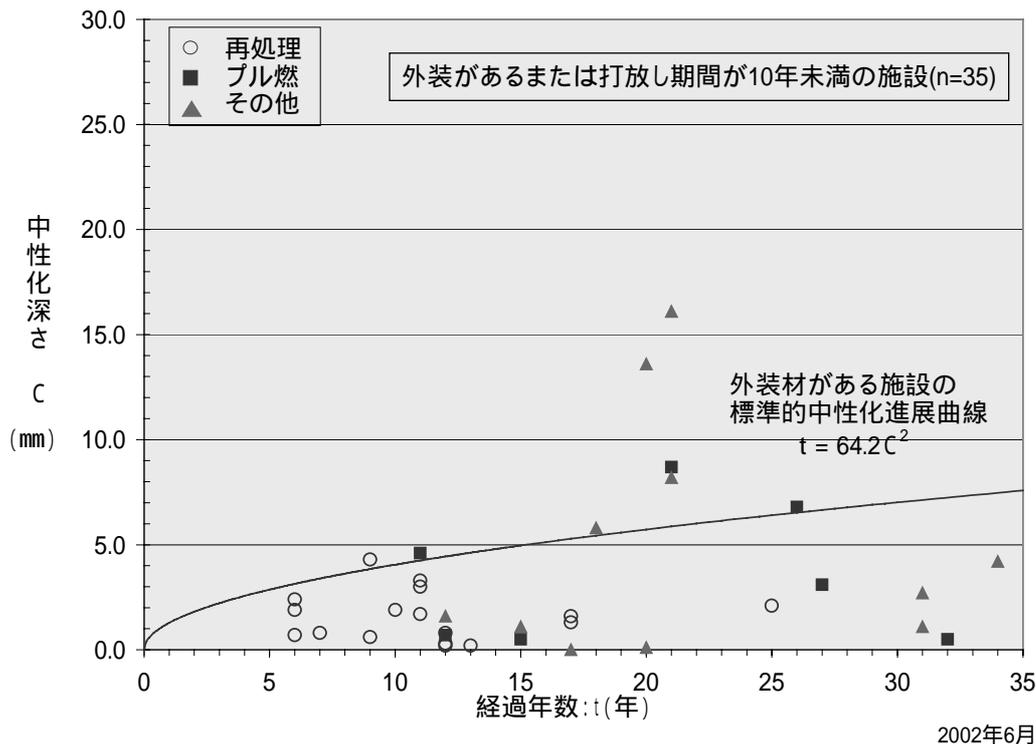


図 5.3.1 - 3 東海事業所：経過年数と各外装施設の平均中性化深さの関係
 (調査施設：31 施設)(JNC TN8420 2000 - 001 より引用修正)

査を実施していることを考慮するためである。同様にコンクリート打放し期間が 10 年未満の施設は外装材が建設当初から施されていた分類で評価する。

中性化の全体傾向としてコンクリート打放し、外装材のある施設とも殆んどの場合標準的な中性化進展曲線を下回っている。若干、中性化進展曲線を上回っているが施設が測定位置のかたより、例えばひび割れ部の近傍やジャンカ部などのデータが多く含まれて、平均値が多少大きくなっている。中性化は、通常正規分布状に進行することが一般的なのでヒストグラム分布からその範囲を把握することが重要である。尚、平均中性化が標準曲線より多少上回った施設について、トレンド調査を実施した施設もあるが、結果は概ね標準的な中性化進展曲線前後の平均値データであった。詳細は、7.4トレンド調査の実施で述べてあるが、総括的に判断すると中性化の進行は遅く、ほぼ 1cm 未満であると判断され、また、外装材の寄与が大きく、施設によっては 10 数年経過しても中性化が 0cm の場合もある。

コンクリート塩分含有量

東海事業所に建設された核燃料施設建物は、海岸近傍にあり、躯体などの塩害が進行し始めている可能性がある。また、鉄筋コンクリート構造の核燃料施設建物の耐久性について、考慮すべき経年変化事象にはコンクリート強度の低下があり、その要因として、飛来塩分の浸透から鉄筋発錆による膨張、コンクリート破壊に至る強度低下が考えられることから、本試験調査では施設建物の躯体（外面）コンクリートをその評価対象として、試験調査を実施した。

試験調査方法は、中性化深さ測定と同様に鉄筋探査機を用いて、配筋状態を確認したのち、外面表層部から2cmピッチでコンクリート試料を採取し、コンクリート中の塩分量を測定した。

核燃料施設建物の鉄筋位置近傍での塩化物量は、かぶりコンクリートにひび割れが発生する有意な量には達しておらず、はつりによるかぶり厚さは6cm前後であることなどから、現状の躯体コンクリートは、今のところ塩分浸透により、コンクリート耐久性に影響を及ぼす要因となっていないと考えられる。

また、外装材が施された施設建物では飛来塩分の浸透を抑制（遮蔽）していることがわかる（図 5.3.1 - 5 東海事業所：竣工経過年別コンクリート塩分含有量の分布図参照）

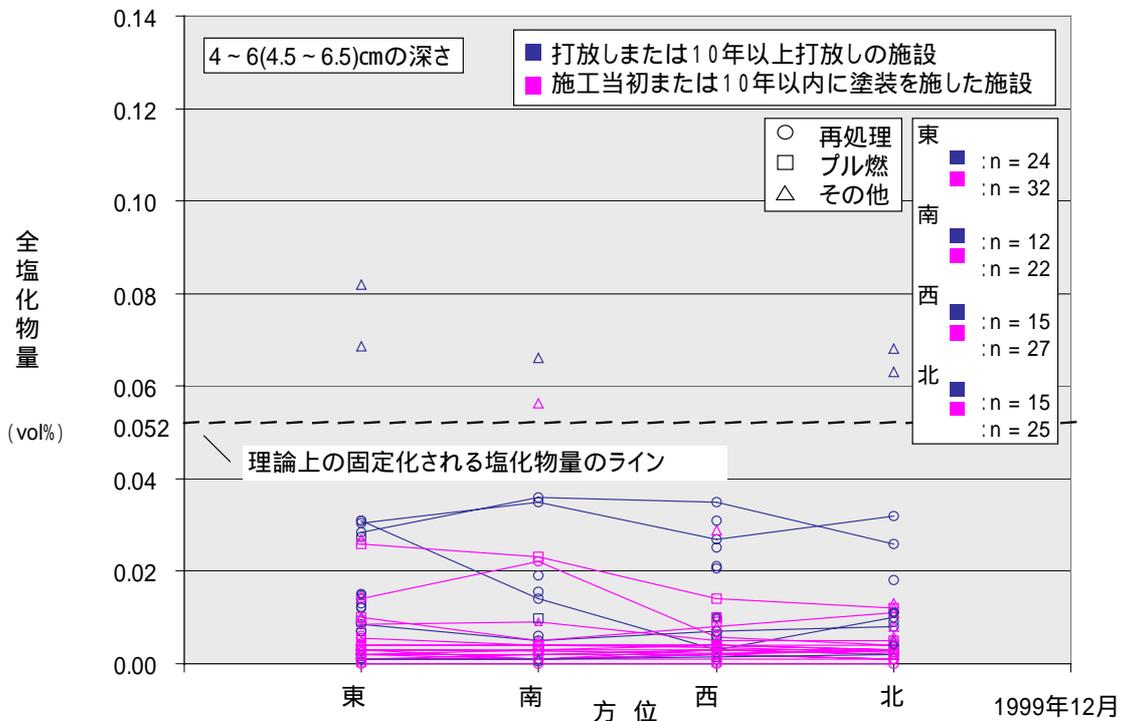


図 5.3.1 - 4 東海事業所：コンクリート塩分含有量の方角別傾向
 コンクリート試料採取位置 4～6cm の深さ（調査施設 59 施設）
 （JNC TN8420 2000 - 001 より引用）

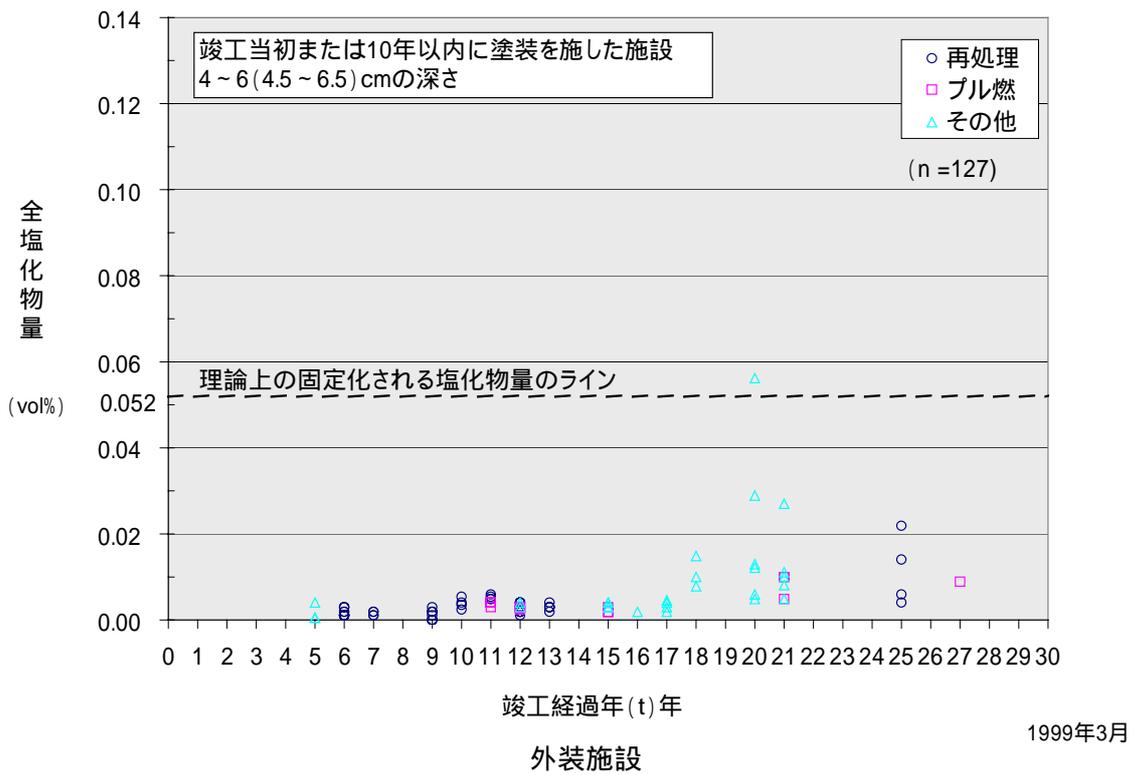
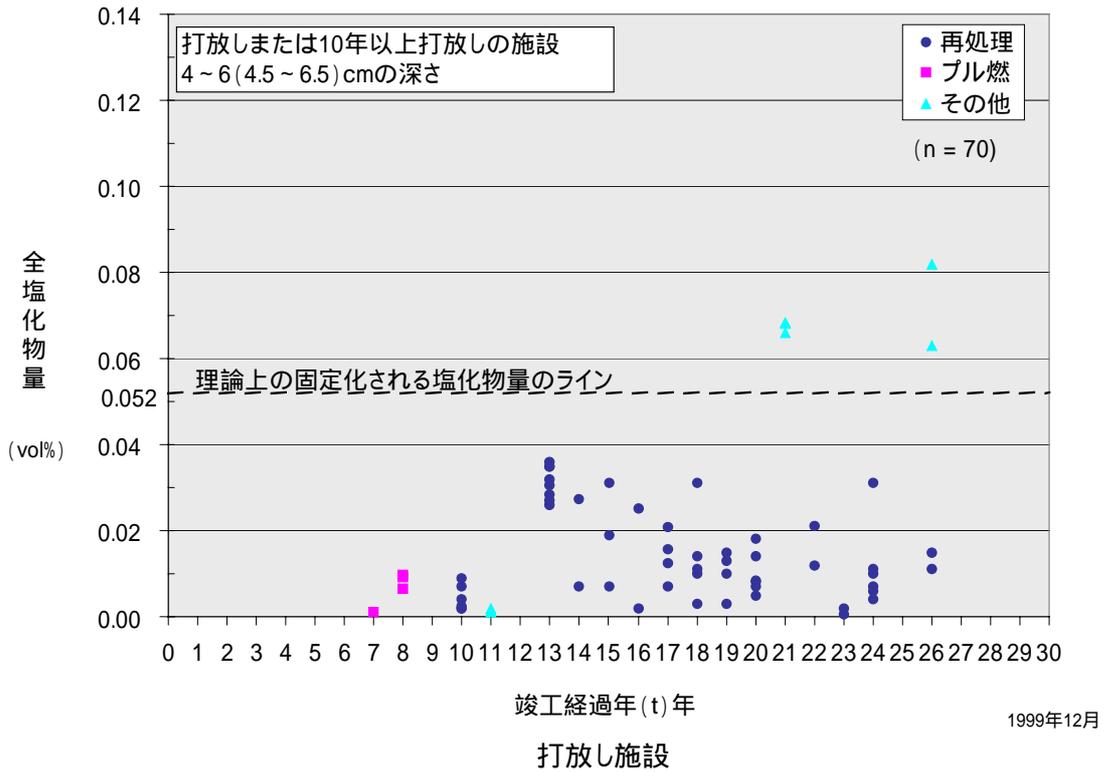


図 5.3.1 - 5 東海事業所：竣工経過年別コンクリート塩分含有量の分布図
 (全塩化物：4~6cm：四方位：方位平均値/プロット)
 (JNC TN8420 2000 - 001 より引用)

5.3.2 鉄部材

本経年変化調査で対象とした鉄部材は外部階段等の鉄部で設備配管や設備パッケージは除いている。但し、埋込金物部は剥落等につながる恐れがあるため、目視点検ではその劣化状態をマッピング図として全施設記録に残している。

写真 5.3.2 は外部階段の発錆状況写真で、当該施設の補修記録によれば竣工後部分補修を 1 回実施している。写真より埋込金物からの錆汁が流れていることが見てとれる。また、ステップや手すりについても表面塗装が剥れている部分が散見される。東海事業所施設全般の傾向として、竣工後およそ 3 年を経過すると部分的な発錆が認められるようになってくる。但し、埋込金物や鉄材の接合部、アンカー部がはずれるような発錆状況ではなく、表面の錆が雨水によって外壁面を流れ出し、外装色が YR～Y 種のクリーム系色であることから、錆汁が際立って目立っていることが多い。美観上、これを放置すると組織イメージを悪くし、安全に対する信頼性にも影響を及ぼすことが考えられる。

2002 年 6 月現在までに鉄部材の剥落の報告は一件もなく、定期的な外壁改修時に目視及び打診確認した後、修繕がなされていることにより、写真のような発錆状況は認められなくなってきたが、海塩粒子の飛来がある以上、適切な保全管理が望まれる。



写真 5.3.2 外部階段の発錆状況写真（1992 年 12 月）

5.3.3 外装材（シーリング材含む）

外装材料は多品質多様であるが、図 2 - 2 高経年対策に求められる背景(移り変わり) に示したとおり、外装材はリシン材等の硬質系材料から複層膜仕上げ材の弾性系に使用材料も変化してきた。弾性系への移り変わりは、コンクリート挙動によって発生するひび割れなどに追従させ、塗膜自体にひび割れが発生しないことをねらって用いられている。

現地調査では、目視や指触により外装材劣化の状況を記録し壁面全体の評価から、必要に応じてコンクリートとの付着性やサンプル片を採取し、ひび割れ追従性などの物性試験を、また、外壁には開口部として設けた扉や窓、目地部などのシーリング材も経年変化の対象として評価を行っている。

写真 5.3.3 は目地部に打設されたシーリング材の経年変化状況写真である。写真よりシーリング材には網目状のひび割れが入り、シーリング材の表面が分離し、指で触ると白粉が指に付くような状態であることを示している。目地の主な目的は躯体挙動に対応するため設けてあるが、写真 5.3.3 は明らかに交換時期に達している。但し、目地自体が異常な変形を発生しているため、この様な場合は外壁改修時に同時に交換されるのが常であり、写真 5.3.3 の施設も現在は既に改修を終えている。



写真 5.3.3 化粧目地部シーリング材の経年変化状況写真
(網目状のひび割れと白亜化)

外装材の経年変化状況については、外装材の付着強度とひび割れ追従性の測定結果を用いて述べる。尚、いずれも試験調査により得られた東海事業所施設の全データをプロットしてある（図 5.3.3 - 1 東海事業所：外装材付着強度の分布図及び図 5.3.3 - 2 東海事業所：外装材ひび割れ追従性の分布図参照）。

付着強度測定は、1施設あたり2～8箇所測定しているが、測定結果の殆んどが5 kgf/cm²を超えている。通常の施工管理では5～7 kgf/cm²を管理値としていることから、現在も十分な付着強度を有していると判断できる。経過年数による違いは、初期値の測定を行っているため推定しかできないが、使用したと考えられる材料の性能値と文献とを比較してもさほど変化はないと判断される。尚、その他の施設で3 kgf/cm²を下回った施設も現在は改修工事が終了している。

ひび割れ追従性について、現地で採取した塗膜を用いて試験を行っているが、躯体との付着強度が十分にあるため完全な状態で塗膜を採取することが出来なかった。そのため、試験値は真値の8割程度の強度であると推定したうえで評価した。

試験結果から1mm以上の追従性は殆んどがクリアーし、施設建物が期待するひび割れ追従性能は通常1mm程度であることから、現在もその性能は十分にあると判断できる。

材料メーカーごとの違いではAW材が他社に比べて多少優れているように思われる。また、材料は特定できないが15年程度の経過から少し性能が下がっている傾向がある。

尚、外装材に求められる機能には、コンクリートの表面劣化に対する保護機能の他、美観への配慮など施設建物へのイメージ向上を図る目的で使用されることがある。また、国内の原子炉建家においては、景観に対する配慮から海との調和をはかるため、外壁にモニュメントを描いた例がある。東海事業所施設の外装には今までこのような例は無いが、心理的に考えて見ればいつでも同じ状態であって欲しいと願えば、必然的にメンテナンスも決められた間隔で行うなどの2次効果もあるかもしれない。また、排気筒などの場合、航空標識として赤白に塗り分けしてあることも念のため付け加える。

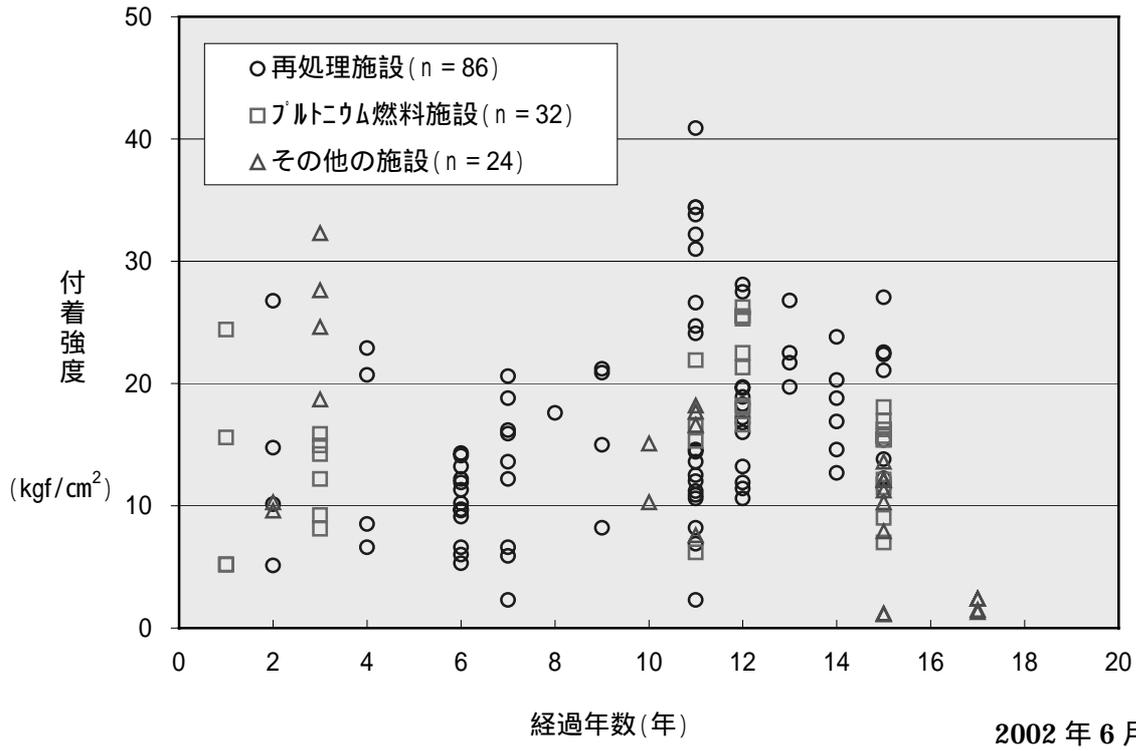


図 5.3.3 - 1 東海事業所：外装材付着強度の分布図（28 施設）

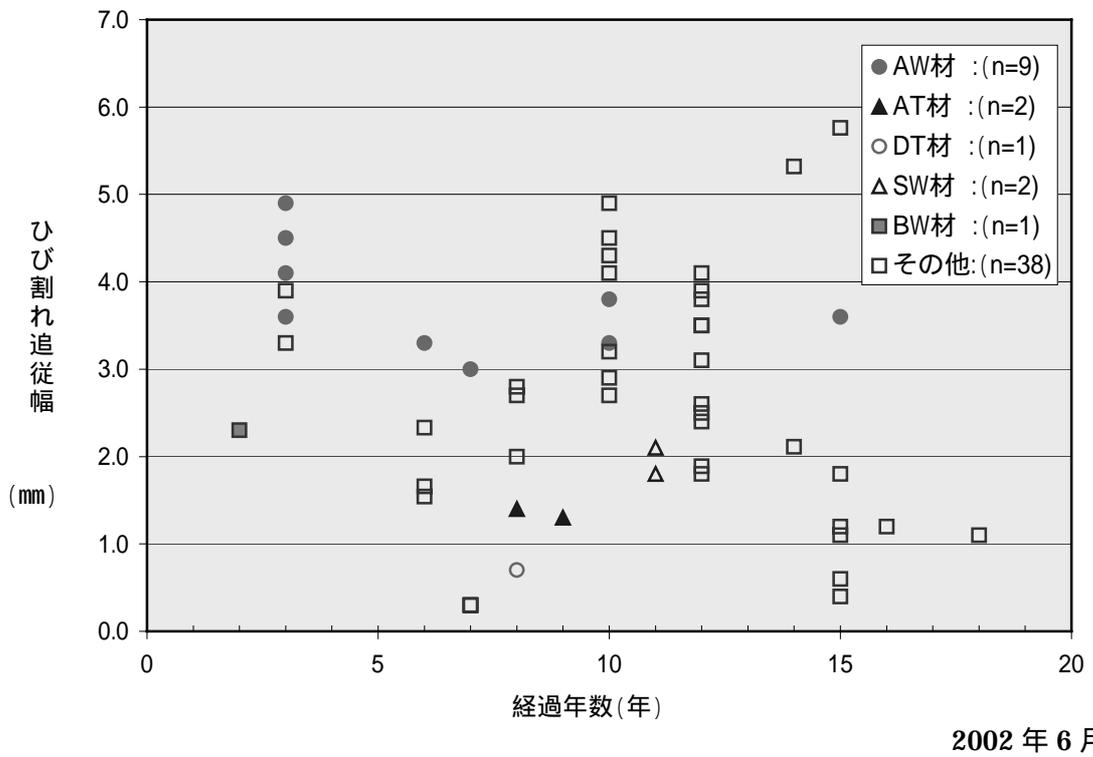


図 5.3.3 - 2 東海事業所：外装材ひび割れ追従性の分布図（22 施設）

5.4 総合評価

東海事業所施設の経年変化傾向については、JNC TN8420 2000 - 001 の中で年代ごとの評価を行っているため、本書では、経年変化調査の対象となった全 56 施設を単純比較評価できるように作成した耐久性能評価一覧表を用いて、核燃料施設の総合評価を行う。

尚、耐久性能評価一覧表の見方は以下のとおりである。

- ・ 竣工経過年は、固定資産台帳への登録年月より 2002 年 6 月より起算して表わしている。
- ・ 海岸からの距離は平成 3 年度に実施した測量図をベースに算出しているが、汀線幅が 50～60m、その中間の海岸線もあいまいな部分があるため、表中では 100m 単位で表現してある。
- ・ コンクリート強度は、データ数の多いシュミットハンマー法を用いて得られた推定強度値を総合評価のパラメータとして用いた。推定強度値は、コア強度値を参考に補正したものである。
- ・ コンクリートの中性化深さは、施設建物ごとの経過年差による違いを考慮するため、一般的に用いられる中性化深さ速度式 $C = \sqrt{t}$ から単純に施設建物ごとの平均中性化深さを代入して速度係数を求めた値を用いた。
- ・ 外壁材の有無については、コンクリート打放し期間が 10 年以上ある場合と、リシン系材料が 10 年間を超える場合等は外壁材がないものとして評価した。
- ・ 本評価表は、コンクリート構造物を対象に評価することを目的としているため、構造種別が鉄筋コンクリート、鉄骨鉄筋コンクリート造が耐久性能評価の対象となる。施設建物が鉄骨造である場合は、構造上の耐久評価としてのコンクリート部材はないが、目視調査による鉄部発錆状況や外壁材(外装)の劣化状況は同一に評価することができるので、前項までの結果を参照していただきたい。尚、鉄骨造におけるコンクリート耐久性のデータは腰壁部であり、参考値として載せてある。

再処理施設

東海事業所再処理施設において、経年変化調査を実施してきた施設数は 32 施設である。1960 年代にウラン貯蔵所（第一）が竣工し、70 年代に入って再処理工場の建設がピークをむかえ、70 年代に建設着手や竣工した施設建物は 14～16 施設、80 年代の前半までには 24～26 施設の再処理施設が竣工し、運転若しくは試験開発を行っている。また、80 年代に入り、核燃料施設における外装材料の考え方が整理され、この頃より外装工事が完工までに実施されるようになった。この結果が、躯体コンクリート中の中性化深さと塩分量に差としてはっきり表われている。

更に、コンクリート打放し期間が 10 年以上ある施設であっても、殆んどが標準的な経年変化曲線を下回っており、むしろ一般の海岸域にある施設より変化量は少ないと考えられる。

塩害の程度も、北東側が太平洋に面しているため、1 km 内陸側の施設建物に比べ多少外部鉄部材の発錆が速いように思われるが、再処理施設サイト内でコンクリートの中性化深さや飛来塩分の浸透量、鉄部の発錆に極端な方位差があるわけではない。

設計施工記録や検査記録、これまでの修繕記録、経年変化調査結果から判断すれば、原子炉等規制法に基づき、十分施工管理された再処理施設の外壁躯体部は健全で、コンクリート強度や中性化深さなどの結果から密実性のある躯体コンクリートであると判断される。コンクリート打放し施設において、表層部分のごく一部に脆弱な部分が認められたが、修繕時において現在も十分な補修がなされ維持されていることから、今後も耐久性能に大きな変化はないと予想される。

表 5.4 - 1 再処理施設耐久性能評価一覧表

(1/3)

施設名	竣工年代	竣工経過年 (2002年3月 起算)	調査時の 経過年	旧海岸 からの 距離 (m)	シュミット法により求めた コンクリート強度 (kgf/cm ²)		鉄筋腐食度(グレード)		コンクリートの 中性化速度係数		かぶり位置またはかぶり 位置近傍のコンクリート中 の全塩化物量 (vol%)		はつりによるかぶり厚さ (cm)		外壁材の有無 (打放し期間が 10年未満のもの 含む)
					範囲	平均	範囲	最大値	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均	
ウラン貯蔵所	1960 年代	34	24	400	436 ~462 ^{※1}	449 ^{※1}	I ^{※1}	I ^{※1}	0.046 ~0.156 ^{※1}	0.081 ^{※1}	0.006 ~0.007	0.0065	6.45	6.45	×
高放射性固体 廃棄物貯蔵庫	1970 年 代	30	20	200	317 ~342	328.67	I ~ II	II	0.078 ~0.322	0.155	0.018	0.018	3.6~6.2	4.9	×
除染場		29	26	300	364 ~415	387.8	0	0	0.130 ~0.180	0.155	0.011 ~0.015	0.013	8.0~8.7	8.35	×
主排気筒		29	25	600	309 ~404	352	0	0	0~0.140	0.042	0.008 ~0.026	0.0158	2.7~5.7	4.175	○
分析所		28	19	400	235 ~272	249.33	I ~ II	II	0.078 ~0.564	0.156	0.01 ~0.015	0.0125	3.4~6.5	4.95	×
第二低放射性 廃液蒸発 処理施設		27	24	300	286 ~374	338.25	I	I	0.125 ~0.242	0.183	0.016 ~0.048	0.032	3.5~4.4	3.95	×
分離精製工場		27	22	300	324 ~404	374.54	0	0	0.102 ~0.104	0.103	0.012 ~0.021	0.017	5.7~7.4	6.55	×
廃棄物処理場		27	24	300	341 ~416	383.91	I	I	0.046 ~0.121	0.084	0.004 ~0.010	0.007	4.5~7.1	5.8	×
スラッジ貯蔵場		27	20	400	305 ~416	373	0~I	I	0.012 ~0.079	0.049	0.005 ~0.009	0.0071	8~10.3	8.95	×
第二ウラン貯蔵所		24	18	300	335 ~421	377.3	0~I	I	0.176 ~0.228	0.203	0.003 ~0.031	0.0145	5.3~9.6	6.8	×
中間貯蔵所		24	17	500	281 ~431	356	0	0	0.081 ~0.212	0.147	0.0044 ~0.0223	0.0157	3.0~3.5	3.34	×
放出廃液分 離施設		23	16	200	548	548	0	0	0.05 ~0.075	0.058	0.0019 ~0.0251	0.0135	3.5~7.2	6.1	×
第三低放射性 廃液処理施設		23	15	300	347 ~369	354.67	I	I	0.177 ~0.222	0.208	0.007 ~0.031	0.019	6.8	6.8	×

※1 経過年23年データ

※2 鉄骨造

続く

続き (2/3)

施設名	竣工年代	竣工 経過年 (2002年3月 起算)	調査時の 経過年	旧倉庫 からの 距離 (m)	シメントハンマ法により求めた コンクリート強度(kgf/cm ²)		鉄筋腐食度(グレード)		コンクリートの 中性化速度係数		かぶり位置またはかぶり 位置近傍のコンクリート中 の全塩化物量(vol%)		はつりによるかぶり厚さ (cm)		外壁材の有無 (打放し期間が 10年未満のもの 含む)
					範囲	平均	範囲	最大値	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均	
奥海煤貯蔵場	1980 年 代	21	13	400	358 ～430	394.33	I	I	0.055 ～0.119	0.071	0.027 ～0.035	0.031	6.1～8.8	7.45	×
第二スラッジ 貯蔵所		21	13	400	490 ～512	498.33	0～I	I	0.024 ～0.144	0.064	0.026 ～0.036	0.0314	4.1～4.4	4.25	×
アスファルト固化体 貯蔵施設		20	10	200	243 ～258	249.33	I	I	0.079 ～0.294	0.25	0.003 ～0.007	0.00475	4.7～6.1	5.4	×
アスファルト固化 処理施設		20	10	300	307 ～336	321	I	I	0.167 ～0.354	0.22	0.002 ～0.004	0.003	5～5.5	5.25	×
クリプトン回収 技術開発施設		20	10	500	284 ～293	287.33	0	0	0.035 ～0.252	0.164	0.002 ～0.009	0.0055	3.6～7.1	5.35	×
第二低放射性 固体廃棄物 貯蔵場		19	17	200	341.0 ～402.0	375.5	I～II	II	0.039 ～0.049	0.048	0.005 ～0.006 ^{※3}	0.0055 ^{※3}	5.6～10.9	8.25	○
プルトニウム転換 技術開発施設		19	17	300	290 ～323	308.5	0	0	0.022 ～0.042	0.032	0.006 ^{※4}	0.006 ^{※4}	11.8～12.7	12.25	○
廃液処理技術 開発施設		19	13	400	290 ～329	304.33	0	0	0.004 ～0.01	0.006	0.002 ～0.004	0.003	5.2～7.5	6.35	○
第一付属排気筒		18	8	200	234 ～340	286.67	I	I	0.116 ～0.118	0.116	0.005	0.005	7～7.2	7.1	○
ウラン脱硝施設		18	12	300	405 ～416	411	0	0	0.007 ～0.044	0.022	0.003	0.003	4.4～5.1	4.75	○
第二中間閉鎖所		18	12	500	271 ～339	294	0	0	0.005 ～0.01	0.005	0.004 ～0.005	0.0045	3.6～4.7	4.15	○
資材庫		17	12	200	454 ～537	501.33	0	0	0～0.023	0.01	0.001 ～0.002	0.00175	6.8	6.8	○
第一低放射性 固体廃棄物 貯蔵場	17	10	200	329 ～368	348.67	I	I	0.032 ～0.074	0.059	0.003 ～0.006	0.0039	2.5～8.5	6.7	○	

※3 経過年11年データ

※4 経過年11年データ

続く

続き (3/3)

施設名	竣工年代	竣工 経過年 (2002年3月 起算)	調査時の 経過年	旧海岸 からの 距離 (m)	シュミットハンマ法により求めた コンクリート強度(kgf/cm ²)		鉄筋腐食度(グレート)		コンクリートの 中性化速度係数		かぶり位置またはかぶり 位置近傍のコンクリート中 の全塩化物量(vol%)		はつりによるかぶり厚さ (cm)		外壁材の有無 (打放し期間が 10年未満のもの を含む)
					範囲	平均	範囲	最大値	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均	
高放射性廃液 貯蔵場	1980 年代	16	13	400	285 ~450 ^{※5}	360.75 ^{※5}	—	—	0.033 ~0.267 ^{※5}	0.142 ^{※5}	0.003	0.003	10.5	10.5	○
第二アスファルト 固化体貯蔵施設		15	9	200	287 ~361	320.33	0	0	0.006 ~0.041	0.022	0.001 ~0.003	0.002	7.5~12.8	10.15	○
第二高放射性 固体廃棄物 貯蔵施設		13	7	200	311 ~327	316.33	0	0	0.005 ~0.055	0.028	0.001 ~0.002	0.0015	4.8~8.8	6.8	○
焼却施設	1990 年代	11	6	300	369 ~448	405	0	0	0~0.047	0.028	0.001 ~0.003	0.00225	6~7.4	6.7	○
第三ウラン貯蔵所		11	6	300	254 ~268	263	0~I	I	0.070 ~0.136	0.097	0.001	0.001	4.8~5.6	5.2	○
ガラス固化技術 開発施設		11	6	500	269 ~305	287.67	0	0	0~0.237	0.076	0.001 ~0.003	0.00175	10.5~12.1	11.3	○

※5 経過年9年データ

プルトニウム燃料施設

東海事業所プルトニウム燃料施設において、経年変化調査を実施した施設数は7施設である。主な核燃料関連施設として60年代にプルトニウム燃料第一開発室と関連するユーティリティ施設が、70年代にプルトニウム燃料第二開発室が竣工し、その間、廃棄物倉庫が順次建設されている。80年代にはプルトニウム廃棄物貯蔵施設及びプルトニウム廃棄物技術開発施設、プルトニウム燃料第三開発室、ユーティリティ関連施設が竣工、90年代にはウラン貯蔵庫、2000年には第二プルトニウム廃棄物貯蔵施設が竣工し、現在に至っている。

プルトニウム燃料施設の特徴は、竣工時に外装が施された施設が少なく10年を超えた時点で大規模な外壁改修を行っている。部分的な更新や補修などは実施されていたが、計画的というよりは事後的なものが多いようである。

耐久性能評価では、建設年が古く、旧建築基準法で施工された施設でも耐久性能には十分な裕度がある。特徴的なこととしては、打放し期間が比較的長い施設建物が多いが、中性化速度係数は小さく、鉄筋位置近傍のコンクリート中の全塩化物量も少ない。また、コア強度やシュミットハンマ法により求めた推定強度も大きいことから、プルトニウム燃料施設全般を通してコンクリートの密実性は高いと判断される。

表 5.4 - 2 プルトニウム燃料施設耐久性能評価一覧表

施設名	竣工年代	竣工経過年 (2002年 3月計算)	調査時の 経過年	旧海岸 からの 距離	シュートパ法により求めた コンクリート強度 (kgf/cm ²)		鉄筋腐食度 (グレード)		コンクリートの 中性化速度係数		かぶり位置またはかぶり位 置近傍のコンクリート中の 全塩化物量 (vol%)		はつりによるかぶり厚さ (cm)		外壁材の有無 (打放し期間が 10年未満のもの 含む)
					範囲	平均	範囲	最大値	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均	
プルトニウム燃料 第一開発室	1960 年代	38	32	500	424~437	430.33	0~I	I	0.005 ~0.011	0.008	0.016 ~0.026	0.0215	3.1	3.1	×
プルトニウム 燃料工場 付區域検査室		37	26	500	362~376	369	0	0	0.037 ~0.255	0.133	—	—	6.98	6.98	×
プルトニウム燃料 第二開発室	1970 年代	31	21	500	235~288	262.33	0	0	0.060 ~0.230	0.180	0.005 ~0.01	0.0083	8.5~9.9	9.1	×
プルトニウム 廃棄物貯蔵施設	1980 年代	22	15	600	431~515	477.67	0~I	I	0.0 ~0.034	0.013	0.002 ~0.005	0.003	4.0~7.0	5.35	×
ユーティリティ棟		19	12	500	373~432	395	I	I	0.008 ~0.029	0.019	0.002 ~0.003	0.00275	3.9~8.3	5.8	×
プルトニウム燃料 第三開発室		18	11	300	390~433	405.67	0 ^{RS}	0 ^{RS}	0.033 ~0.314	0.14	0.003 ~0.004	0.00375	6.61 ^{RS}	6.61 ^{RS}	×
プルトニウム 廃棄物処理 技術開発施設		15	8	600	518	518	0	0	0.009 ~0.118	0.071	0.0064 ~0.0098	0.0085	6.7~10.0	7.55	○

※5 経過年7年データ

ウラン濃縮施設

東海事業所ウラン濃縮関連施設において、経年変化調査を実施した施設数は7施設である。既存のウラン濃縮施設は70年代に竣工し、その後数回の増改築を経て現在に至っている。特徴としては、軒高は10m前後の施設が多く殆んどが鉄骨造である。

立地環境調査及び経年変化調査結果から海塩粒子の飛来が再処理施設より多少多いため、鉄部の発錆が早いようである。外壁改修等の修繕も段階的に計画がなされ実施されているため、耐久性能が確保されていない施設は今のところない。

その他の使用施設及びRI施設

東海事業所プルトニウム燃料施設及びウラン濃縮施設以外の使用施設及びRI施設で、経年変化調査を実施した施設数は3施設である。

60年代にA棟、B棟が、80年代に高レベル放射性物質研究施設が竣工し、現在に至っている。特徴として、A棟、B棟とも竣工時から硬質系リシン系の外装が施されていたため、中性化の進行や海塩粒子の浸透がごくわずかである。同様に高レベル放射性物質研究施設も竣工時から外装が施されているため、耐久性能は現在も十分有している。

ユーティリティ施設

東海事業所ユーティリティ施設の現地調査時には、竣工年代が古く施設建物の経年変化より施設設備の陳腐化が目立ち、建物より設備の対応を求められるケースが多くあった。具体例として90年代には蒸気供給設備(ボイラー)更新を行うため、新中央運転管理室が竣工し、現在も24時間体制で蒸気を安定に供給している。

耐久性能評価から、直ちに対応をとるべき結果は無いが、全般的に外壁改修がまだ実施されていない施設があるため、部分補修をくり返すよりコストの面から大規模な改修を行うほうが望ましいと考えられる。

表 5.4 - 3 濃縮・ユーティリティ・その他の施設耐久性能評価一覧表

(1 / 2)

施設名	竣工年代	竣工経過年 (2002年 3月計算)	調査時の 経過年	旧海岸 からの 距離 (m)	ショットパルマ法により求めた コンクリート強度 (kgf/cm ²)		鉄筋腐食度(グレード)		コンクリートの 中性化速度係数		かぶり位置またはかぶり位 置近傍のコンクリート中の 全塩化物量 (wt%)		はつりによるかぶり厚さ (cm)		外壁材の有無 (打放し期間が 10年未満のもの 含む)
					範囲	平均	範囲	最大値	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均	
浄水施設 (機械室)	1950 年代	44	34	1000	293 ~320	305.67	I	I	0.043 ~0.143	0.072	0.002	0.002	5.7~8.1	6.9	○
浄水施設 (地下水槽)		43	33	1000	350 ~377	359	I	I	0	0	0.005	0.005	3.0~5.1	4.05	×
A 棟	1960 年代	41	31	800	321 ~464	402.67	0~I	I	0.019 ~0.11	0.048	0.002 ~0.01	0.006	4.6~8.0	6.15	○
B 棟		40	31	900	332 ~406	376.33	I~II	II	0~0.023	0.02	0.003	0.003	4.6~6.7	5.65	○
G 棟	1970 年代	30	21	500	310 ~317	313.33	0	0	0.035 ~0.436	0.178	0.027	0.027	6.0~6.3	6.15	○
工業用水 高架タンク		29	26	300	281 ~327	299.8	0~I	I	0.213 ~0.405	0.309	0.063 ~0.082	0.0725	5.0~7.2	6.1	×
J 棟		29	20	500	272 ~322	289	0~I	I	0~0.009	0.001	0.005 ~0.013	0.009	7.5~7.6	7.55	○
L 棟		27	20	500	300.0 ~463.2	388.3	0	0	0.089 ~0.559	0.304	0.0059 ~0.0794	0.03095	3.0~3.8	4.74	○
H 棟		26	21 (推定)	500	276 ~345	299	—	—	0.262 ~0.441	0.351	0.01 ~0.021	0.014	3.62~5.25	4.435	○
M 棟		25	18	300	344	344	0	0	0.094 ~0.200	0.138	0.008 ~0.015	0.011	5.9~7.6	6.875	○
ウラン廃棄物 焼却施設		24	17	700	180 ~263	231.67	I	I	0~0.002	0.001	0.002 ~0.005	0.00375	7.5~8.5	8.05	○
高レベル放射性 物質研究施設		22	15	800	422 ~442	432	I	I	0.023 ~0.081	0.029	0.004 ~0.005	0.00525	2.8	2.8	○

続く

続き(2/2.)

施設名	竣工年代	竣工経過年 (2002年3月起算)	調査時の経過年	旧海岸からの距離 (m)	シュミットハンマ法により求めた コンクリート強度(kgf/cm ²)		鉄筋腐食度(クレート)		コンクリートの 中性化速度係数		かぶり位置またはかぶり位置 近傍のコンクリート中の 全塩化物量(vol%)		はつりによるかぶり厚さ (cm)		外壁材の有無 (打放し期間が 10年未満のもの 含む)
					範囲	平均	範囲	最大値	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均	
ウラン蒸留廃物 貯蔵施設	1980 年代	19	16	700	—	—	—	—	—	—	0.002	0.002	4.9	4.9	○
実規模試験棟		16	5	100	—	—	—	—	—	—	0.0016 ~0.003	0.0023	—	—	○
非常用予備 発電棟		16	11	1100	386 ~404	397.67	0	0	0.029 ~0.155	0.106	0.001 ~0.002	0.0014	5.6~8.3	6.55	×
中央運転管理室	1990 年代	8	5	100	—	—	—	—	—	—	0.004	0.004	4.9	4.9	○
計測機器 試験施設		3	1	400	276 ~312	293	—	—	—	—	—	—	—	—	○

5.5 特定の高経年施設

東海事業所核燃料施設のうち、特に重要度の高い分離精製工場、主排気筒、プルトニウム転換技術開発施設、プルトニウム燃料第1、第2、第3開発室の経年化傾向と国内の高経年原子力発電所の比較評価を行っている（JNC TN8420 2000 - 001 参照）。その結果、主要な核燃料施設（再処理施設及びプルトニウム燃料施設）の既存の躯体強度（コンクリート強度）と、コンクリート強度の低下に影響をもたらす可能性がある中性化と飛来塩分の浸透傾向は、高経年原子力発電所とほぼ同程度であり、現状の保全を継続することにより長期的な耐久性の確保が可能と判断されることを確認している。

図 5.5 - 1 は特定施設の中性化進展曲線を表わした図である。破線はかぶり厚さ（鉄筋位置）を示すが、かぶり厚さの正規分布上のばらつきを考慮しても、中性化が鉄筋に到達するには100年以上の年数が必要であることがわかる。

図 5.5 - 2 及び 5.5 - 3 は高経年原発との比較をグラフ化した図である。グラフ化のために設けた性能グレード分類は、経年変化量が両者とも少ないため、グレードを標準的なグレードとしている（表 5.5 - 1 レーダーチャート表現のための性能グレード分類参照）。

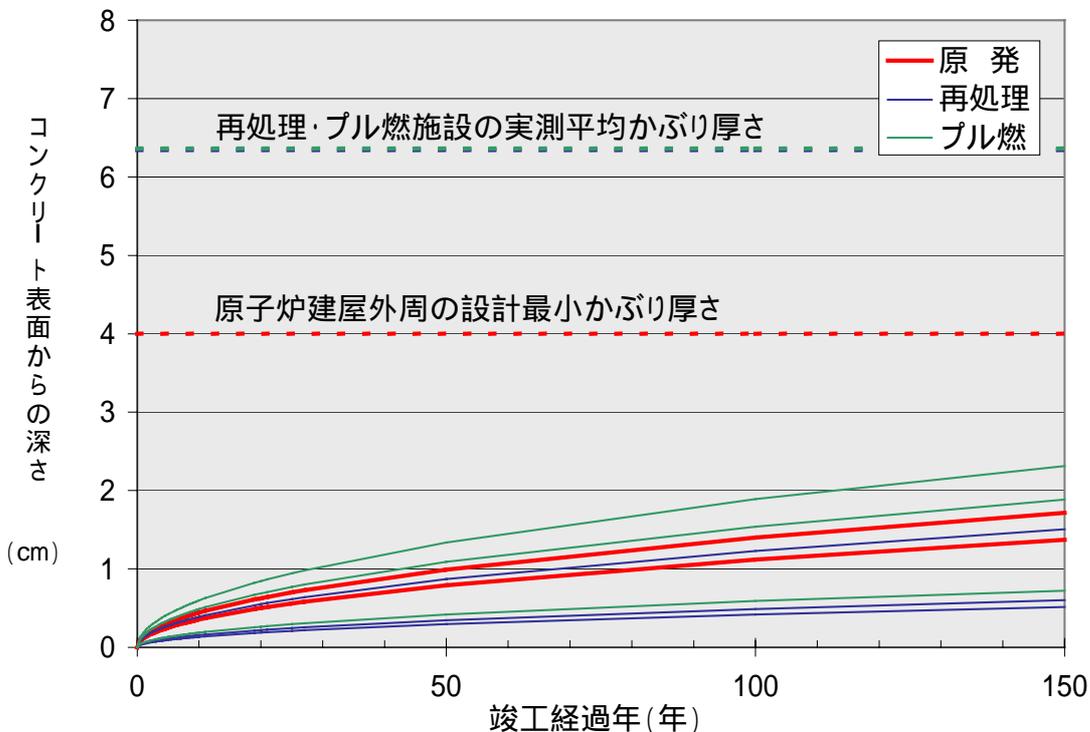
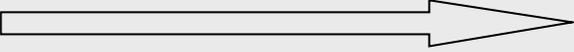


図 5.5 - 1 高経年の原発と核燃料施設との中性化進展曲線の比較
（JNC TN8420 2000 - 001 より引用）

表 5.5 - 1 レーダーチャート表現のための性能グレード分類

性能グレード						
コンクリート強度 (kgf/cm ²)	400以上	300以上 ~ 400未満	210以上 ~ 300未満	180以上 ~ 210未満	150以上 ~ 180未満	150未満
中性化 速度係数	0.1以下	0.1以上 ~ 0.2未満	0.2以上 ~ 0.4未満	0.4以上 ~ 0.6未満	0.6以上 ~ 0.8未満	0.8以上
鉄筋位置の 全塩化物量 (vol%)	0.01以下	0.01以上 ~ 0.026未満	0.026以上 ~ 0.04未満	0.04以上 ~ 0.052未満	0.052以上 0.07未満	0.07以上
耐久性能 (目安)	長期的に 十分ある	十分ある	ある	標準的な 性能	やや劣る	劣る
劣化速度 (目安)	遅い					速い

(JNC TN8420 2000 - 001 より引用)

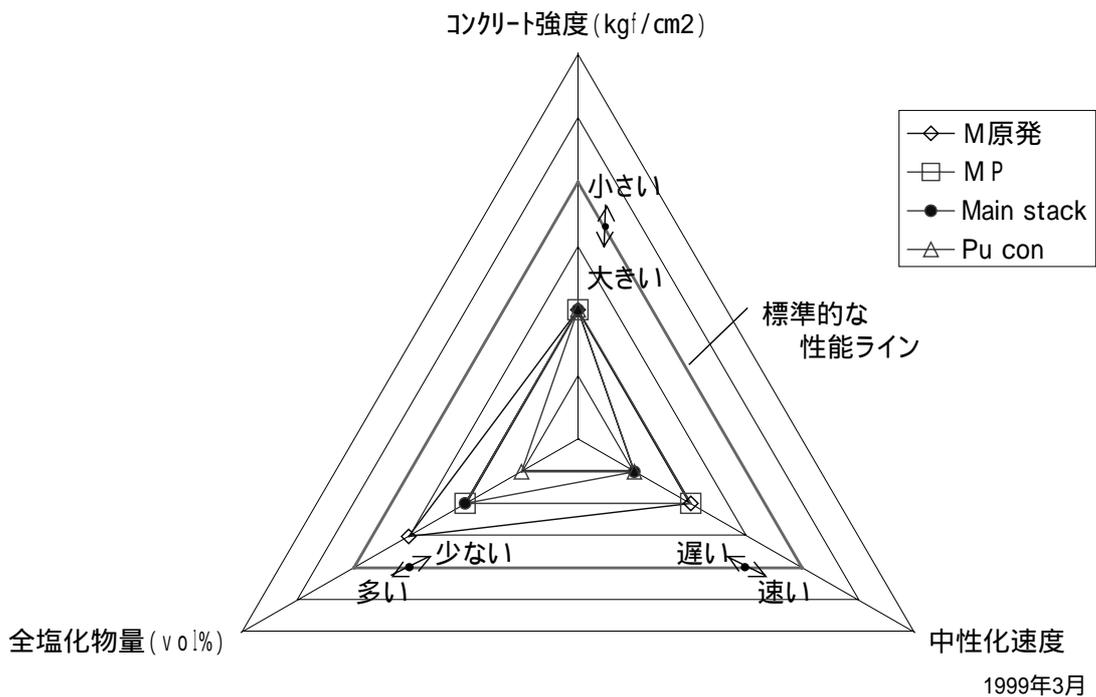
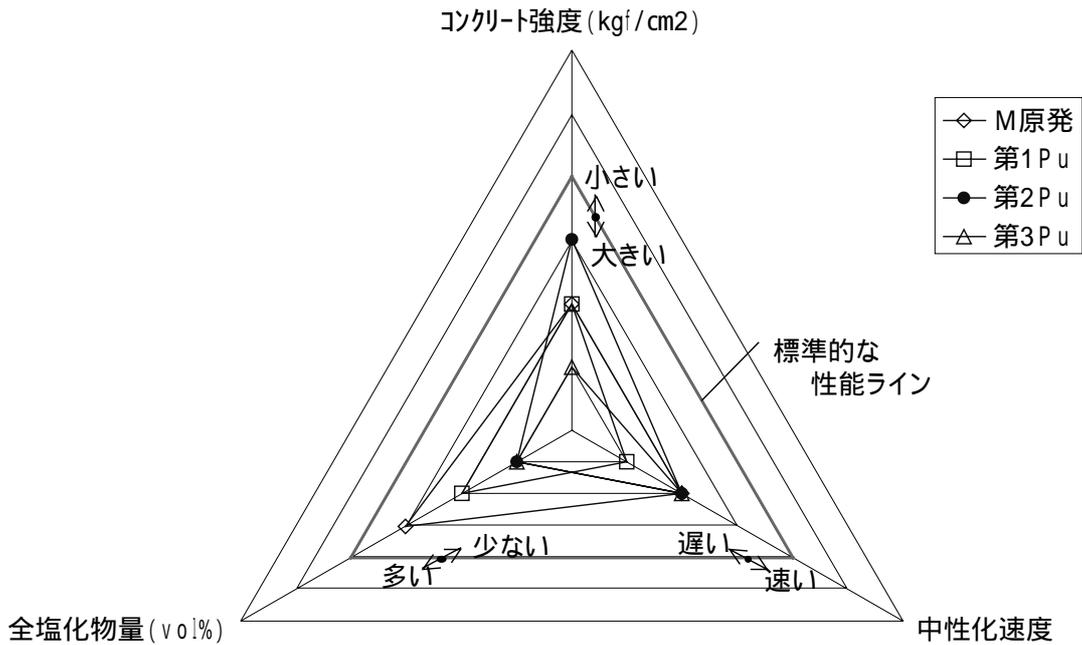


図 5.5 - 2 主要な再処理施設建物と高経年の原発の耐久性能評価の比較
(JNC TN8420 2000 - 001 より引用)



1999年3月

図 5.5 - 3 主要なプル燃施設建物と高経年の原発の耐久性能評価の比較
(JNC TN8420 2000 - 001 より引用)

表 5.5 - 2 主要な核燃料施設（再処理施設及びプルトニウム燃料施設）の高経年評価のまとめ

経年変化事象	コンクリートの強度低下	
	中性化の進行	塩分の浸透
耐久性評価	<p>評価式による計算では、鉄筋位置まで中性化が進行するまでの期間は 100 年以上である。</p> <p>主要な核燃料施設の外周コンクリート（外部）から採取した各部位の中性化は殆んど進行しておらず、長期耐久性の評価上の問題とはならない。</p>	<p>主要な核燃料施設の外周コンクリート（外部）に対して測定した鉄筋位置での塩素イオン濃度は、鉄筋の発錆、膨張によりかぶりコンクリートにひび割れを発生させる濃度を十分に下廻っていること等から、長期耐久性の評価上の問題とはならない。</p>
総合評価	<p>評価結果から判断して、現状のコンクリート強度は十分に設計基準強度を上廻っており、今後強度低下が急激に発生する可能性は極めて小さい。また、定期的に強度に支障をきたす可能性のあるような有害な欠陥がないことを確認し、必要に応じて塗装の塗替え等の補修を実施していることから、現状の保全方法は適切であると考えられる。</p> <p>今後、耐久性評価の妥当性を直接的に確認するため、目視点検に加えて、定期的な非破壊試験等の実施により強度の経年変化傾向を確認することが必要になる。</p>	

(JNC TN8420 2000 - 001 より引用抜粋)

5.6 調査データの活用

経年変化調査の結果は、施設管理側及び保全担当課へ業務連絡様式を用いてデータを提供するとともに、保全担当者への説明などを実施しているが、核燃料施設の安全性や信頼性を向上させるために行っている業務については以下のものがある。

東海再処理施設耐震性再確認のためのデータ提供

兵庫県南部地震（平成7年1月17日 M7.2）を踏まえ、原子力施設に対する耐震安全性検討を行なうため、経年変化調査で得られた構造体強度（コンクリート躯体強度）を用いた再処理施設の耐震安全性確認を実施している。

この安全性確認は、「再処理指針」が策定された昭和61年以前に建設された再処理施設を対象に自主保安として実施したものであり、東海再処理施設は昭和61年策定の再処理指針と同様な考え方に基づき、安全裕度をもった耐震性が確保された耐震設計と安全審査がなされているが、大地震により発生する可能性がある環境への放射線影響の観点から分離精製工場及び高放射性廃液貯蔵場を対象に行った耐震性の再確認である。

尚、検討結果は、再処理指針に照らしても耐震性を有することを再確認している。（原子力安全委員会月報 1995 Vol 18 No.9 及び PNC TN8410 95 - 395 参照）

アスファルト固化処理施設の被災後の健全性評価のためのデータ提供

アスファルト火災爆発事故において、被災したアスファルト固化処理施設建屋の健全性評価と被災後の復旧工事のための現地調査を実施するため、被災前のアスファルト固化処理施設経年変化調査結果と評価結果を提供した。

尚、現在のアスファルト固化処理施設は復旧工事を終了し、閉じ込め機能が保持され施設管理されている。

その他

上記のデータ提供の他、東海再処理施設の定期安全レビュー、高経年化に関する技術評価を行うため、経年変化上考慮すべき事項について再処理施設の構成要素の健全性を評価し、施設設備の高経年化対策として充実すべき課題を抽出して、長期保全計画をすることを最終的な目的としている。

このため、10年間に渡って調査した再処理施設のデータを施設建物の経年変化情報として提供した。

また、その他のデータ活用として変電所施設の長期運用化のための補強検討や杭基礎施設の耐震診断等を実施している。

5.7 考察

平成3年度より順次実施してきた経年変化調査や健全性評価などから、安全性や信頼性の向上、調査コストの低減化を目的とした経年変化対応策を進めるため、新たな課題としてのテーマを選定し検討評価、開発等を実施してきた。

表 5.7 に評価結果から得られた主な課題を示す。

表 5.7 経年変化対応策に関する評価結果から得られた新たな課題

調査により得られたデータを用いて調査手法の妥当性を評価した結果、各種評価手法には誤差が大きくなる非破壊手法があるため、その補正方法を検討する必要がある。

調査結果から測定項目によってはバラツキ幅が大きい施設建物がある。

調査結果及び評価結果について建築用語等の専門性が強いいため、保全担当者でも理解できるグラフ化、図化などを検討する。

長期間に渡って施設建物をモニタリングする手法の検討と開発

保全行為に必要な日常行う建物点検手法について、点検担当者が特別な測定器具を使わずに実施できる手法

経年変化調査結果のネットワーク化（情報提供と公開化）

これらの課題を整理すると、測定値と測定手法に対する誤差の補正と各種信頼性の向上、日常的点検を含めたモニタリング手法の確立、施設安全性に対するコミュニケーションツールの充実となる。この課題解決のために行った検討と評価結果及び開発状況について、調査技術及び調査手法並びに評価手法の評価（第6章）、モニタリング手法の開発とトレンド調査の実施（第7章）、中長期保全計画の策定方法（第8章）、データベースの構築（第9章）でそれぞれ述べる。

6. 調査技術及び調査手法並びに評価手法の評価

経年変化調査結果の評価では、複数の手法（巻末の資料 - 1 に示した複数の調査手法）により得られた同一項目の平均値や安全側の提案式を用いて評価しているが、測定値の幅のばらつきや測定位置でのばらつき、測定手法が持つ誤差が施設建物によって差が出てしまう。そのため、施設建物耐久性を評価する上で最も考慮すべき耐久性評価項目を選定し、それぞれに用いた複数の測定手法並びに配慮すべき点を本章で述べる。まず、コンクリート構造物を試験調査の目的別に区別すると、コンクリート強度に関するものその他の材質等に関するものとして分類することができる。この考え方は、コンクリート構造物の試験調査として構造強度が最も重要な項目であり、その他の試験はコンクリート構造物の構造体強度が十分であると前提したうえで、構造物の耐久性に関係する必要な項目として実施されるためである。

また、施設建物の耐久性評価を行うにあたっては、構造体強度（コンクリート強度）だけでは十分な評価ができないため、本耐久性評価手法の検討では、コンクリートの材料変化の要素からコンクリート強度に影響を及ぼす要因となる、中性化深さ及び含有塩分量もその評価の対象項目とした。更に、中性化の進行及び飛来塩分の浸透による内部鉄筋の腐食から、コンクリートにひび割れを発生させることがあり、この関係を左右する要因にコンクリートのかぶり厚さがあるため、かぶり厚さも耐久性評価の対象項目とした。

表 6 施設建物の耐久性評価項目

部 位	項 目
コンクリート部	強度（圧縮強度） 中性化深さ 塩分含有量 かぶり厚さ

6.1 コンクリート強度の測定手法

コンクリート強度測定は、既存施設建物の運用が長くなるにつれ、耐震診断や耐久性・耐用性の評価等の要求が増してくるため、耐久性評価の中心的な位置付けとなる。

資料 1 - 1 にコンクリート圧縮強度推定のための主な非破壊的手法とコア抜き圧縮強度試験方法の概要を添付してあるので参照されたい。

一般的な構造体コンクリートは、施工時の打設条件やその後の養生条件等によって同一のコンクリートであっても、その強度は部位・部材ごとに差が生じることから、試験位置の選定に際しては、品質変動の特徴を理解し調査測定を計画することが重要である。また、経年化したコンクリートは立地環境や仕上げ条件により異なるが、中性化や乾燥等が進行することによって、その材質は堅くもろくなる傾向があるという報告がなされている。しかし、現在のところ圧縮強度に対してはそれらの影響や関係が明らかにはされていない。

耐久性評価のためのモニタリングとして、その都度コアを採取し、供試体から圧縮強度を求める方法で既存建物のコンクリート強度を正確に把握することはできるが、現実的な問題点として、採取できるコア数の制限や調査位置が限定されるなど、コア採取が容易にできない場合が多い。

日本建築学会では、非破壊的な手法で世界的に広く普及しているシュミットハンマー - 反発度法を用いて信頼性のある測定ができるか検討しており、日本建築学会が提案する式の根拠となったグラフが図 6.1 - 1 である。シュミットハンマー法はコンクリート表面の硬さを測定するもので、本来圧縮強度との直接的な関係はないが、数多くの検討結果から得られた両者間の関係を利用し推定強度を算出している。文献等によれば、コンクリート強度に影響を及ぼす要因とシュミットハンマー法に影響する要因とは一致せず、測定上の誤差として説明されている。また、日本建築学会の式や日本材料学会が提案する反発度から求める強度推定式は 1 ヶ月～1 年前後の材令のコンクリートを対象とした実験から得られた式のものであり、20 年以上の経年をへた長長期材令のコンクリートに適用するために材令補正を行う必要が生じてくる場合もある。ちなみに、シュミットハンマーの取扱説明書では、表 6.1 に示すように材令 3000 日（約 8 年）までの材令補正係数が示されており、各種の規格によっては材令係数の考え方も様々である。

表 6.1 材令係数の例
(シュミットハンマー取説より引用)

材令	28 日	100 日	300 日	500 日	1000 日	3000 日
材令係数	1.0	0.78	0.70	0.67	0.65	0.63

図 6.1 - 1 は、日本建築学会が提案しているシュミットハンマー法より求める、強度推定式を示すために用いた普通コンクリートのシュミットハンマーによる反発度 R と圧縮強度 F_c との関係を示したものである。図中には、日本材料学会および東京都建築材料検査所による強度推定式、ならびに回帰分析によって得られた回帰式日本建築学会の式 $F_c = 7.3R + 100$ が併記してある。

図 6.1 - 1 から、実験値にかなりのばらつき（相関係数 = 0.71）がみられ、圧縮強度の実測値は、日本材料学会式や旧東京都建築材料検査所式による推定値よりも大きくなり、これらの式は安全側の値を与えていることがわかる。

また、圧縮強度は水セメント比が小さいコンクリートほど大きい。これは、水セメント比が大きいコンクリートほど一般に単位骨材量が多く、保水性が低いためである。これらのデータよりシュミットハンマー法によってコンクリートの圧縮強度を推定する場合には、水セメント比や単位骨材量などの調合要因が、推定強度に大きな影響を及ぼすことに留意する必要があることを示している。

尚、材令が6ヵ月を超えると圧縮強度が材令とともに徐々に減少する傾向を示すのに対して、反発度は材令の経過とともに増大する傾向があることから、反発度については経年補正を行う必要があることもグラフでは示している。

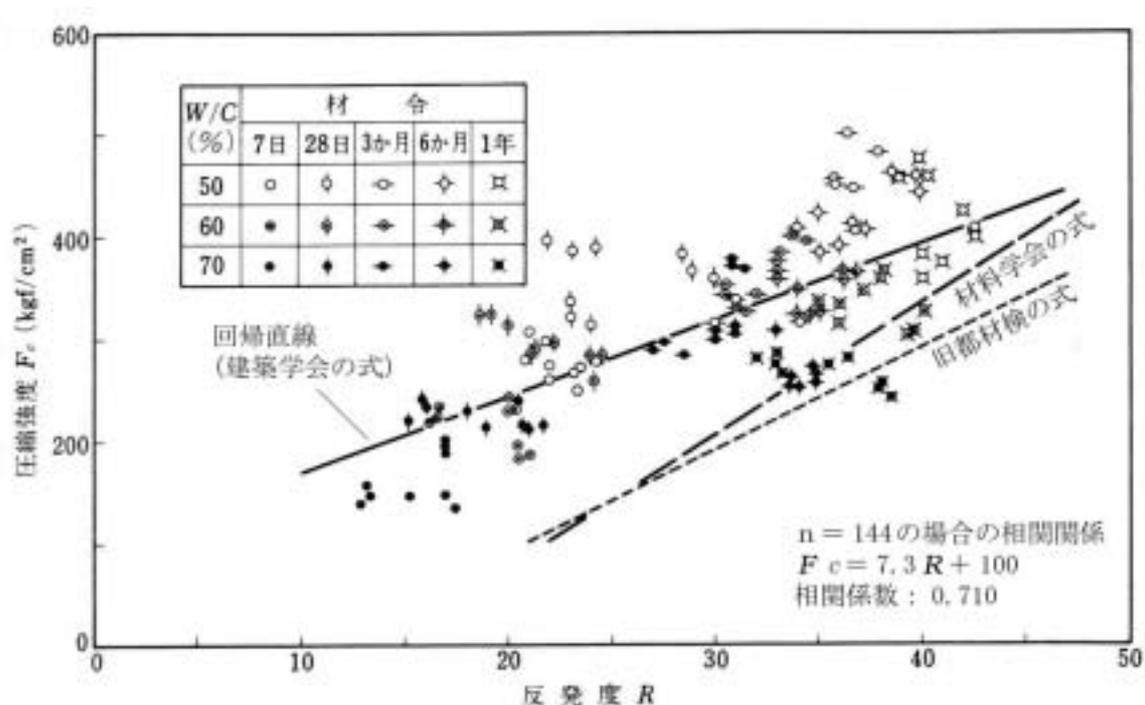


図 6.1 - 1 日本建築学会が提案する強度推定式の説明図

(日本建築学会：コンクリート強度推定のためのマニュアルより引用)

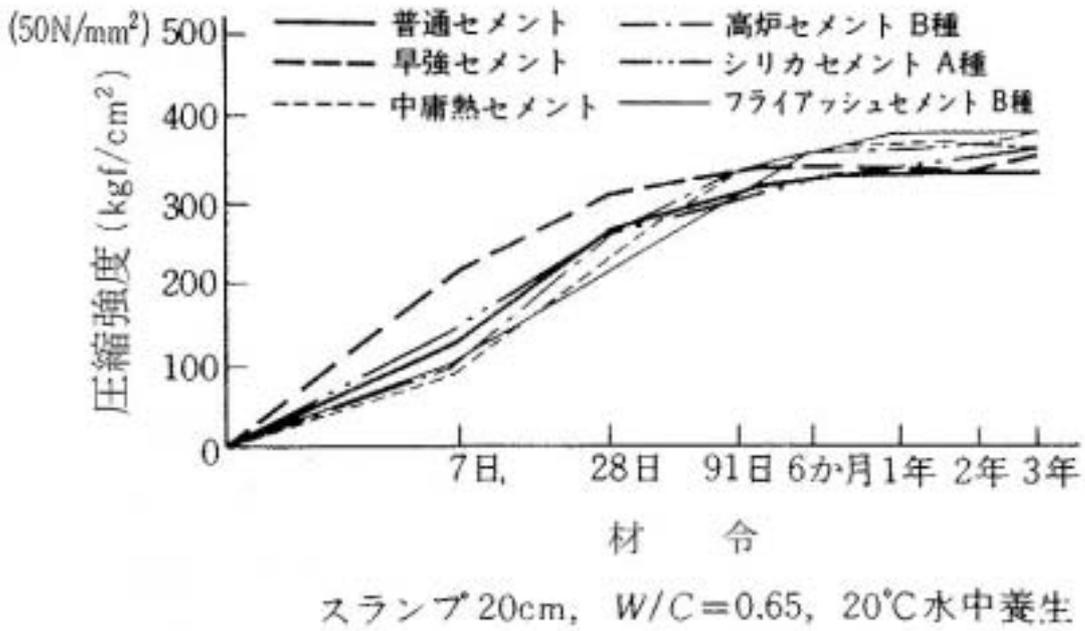


図 6.1 - 2 セメント種別の材令と圧縮強度との関係

(セメント協会資料より引用)

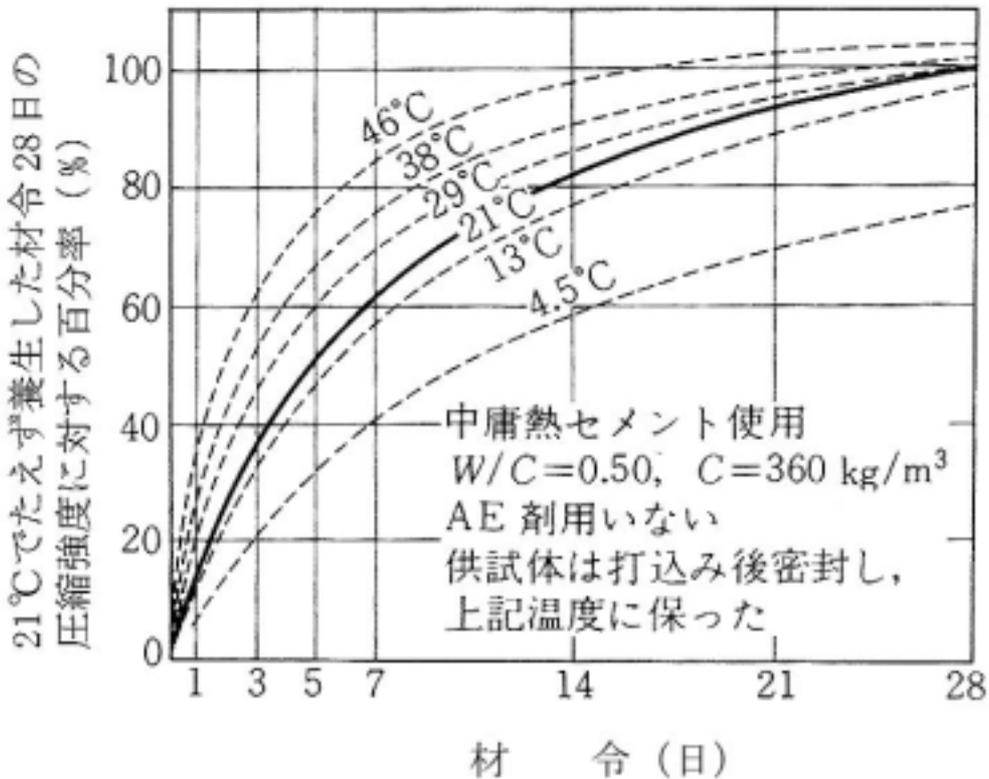


図 6.1 - 3 コンクリートの養生温度と圧縮強度との関係

(Bureau of Reclamation: Concrete Manual 8th ed., 1977 より引用)

図 6.1 - 2 は、セメント種別の強度発現を示したグラフである。

強度の発現は、28 日ぐらいまで強度増進が続き、28 日～91 日ぐらいでほぼ安定にあり、後の強度増進傾向は変化が少ないものと考えられる。セメント種別では、材令 3 年で約 50 kgf/cm² の差がある。

図 6.1 - 3 は、コンクリートの養生温度と圧縮強度との関係を示した実験（文献）データである。グラフは材令期間が 28 日までではあるが、養生温度が高いほど圧縮強度は大きくなることを示している。

このように、コンクリート圧縮強度値には多くのばらつき要因があり、調合（配合）条件や環境条件などの違いから、そのばらつき方にも大きな差が生じる。

図 6.1 - 4 , 図 6.1 - 5 は、既存の再処理施設のコンクリート強度を方位別にプロットした図である。これらのデータのコンクリート要求性能は同一であるが、方位及びデータ採取位置によりかなりばらついていることがわかる。

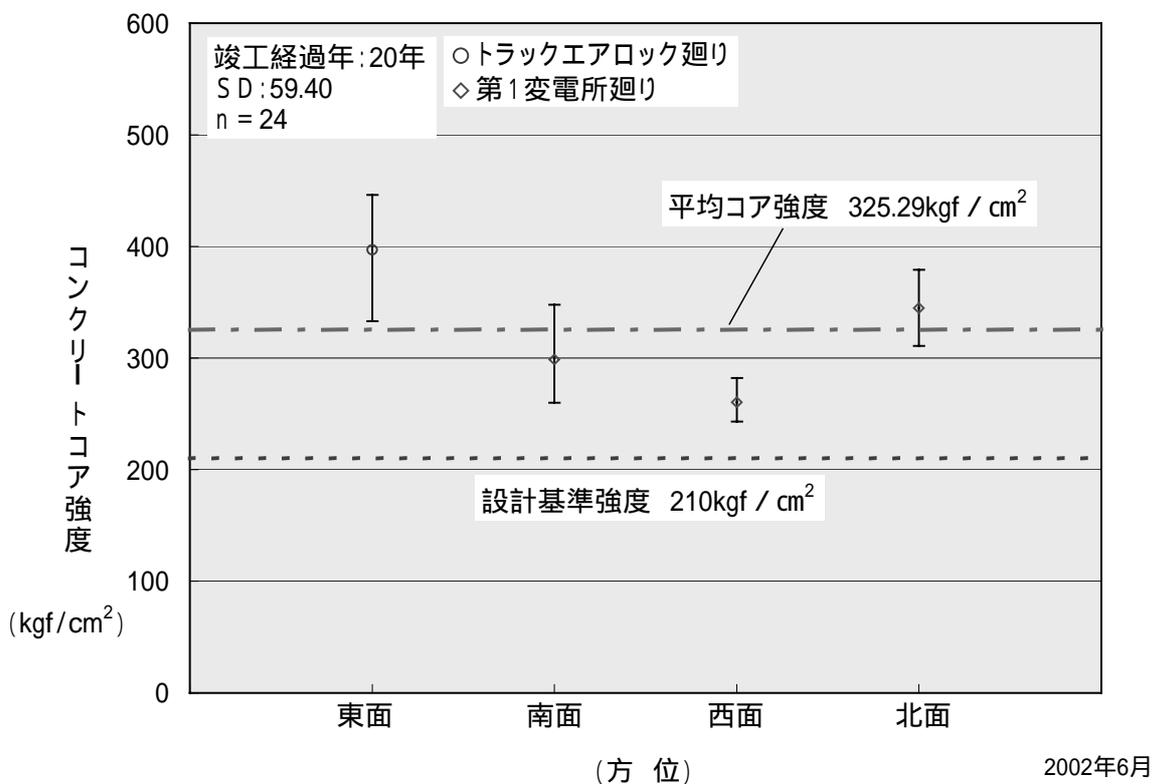


図 6.1 - 4 分離精製工場のコンクリートコア強度分布(方位別)

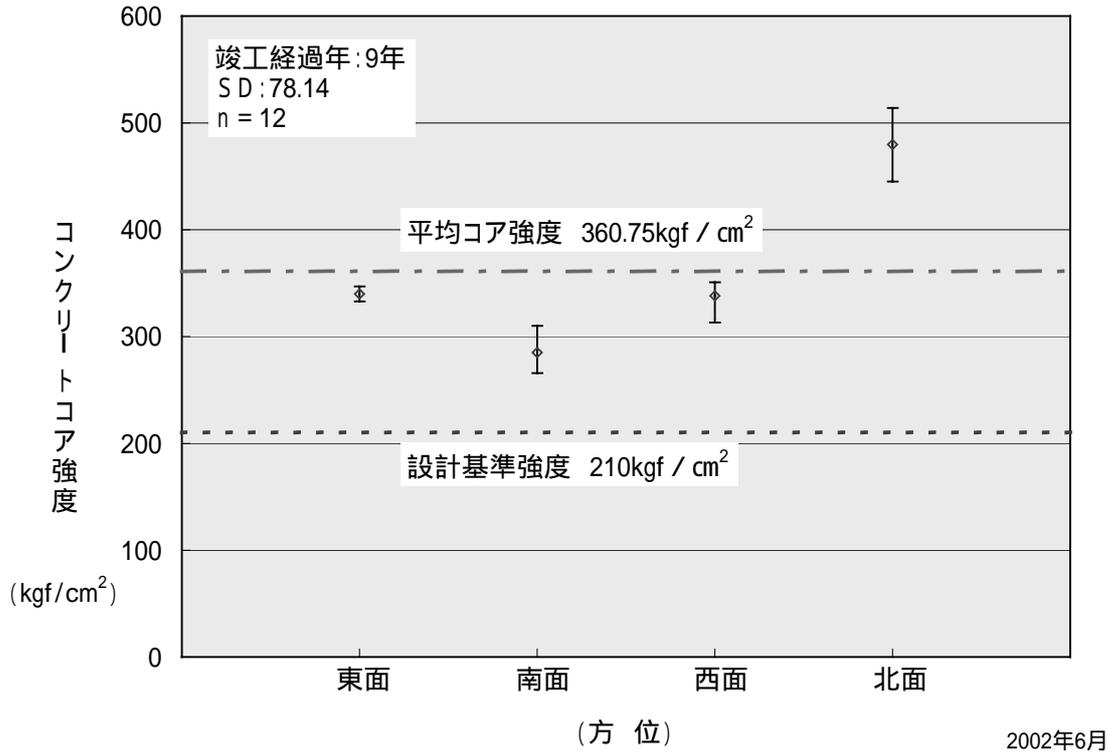


図 6.1 - 5 高放射性廃液貯蔵場のコンクリートコア強度分布 (方位別)

既存の竣工経過年が 20 年を超えた高経年の建物 (長期材令のコンクリート構造物) に対する非破壊試験による強度推定は、コンクリートの使用材料・調合 (配合) 方法、養生方法などについての情報が少なく、また文献等には長期材令時の強度推定のための実験式や実験図表がほとんどない。このため、強度推定のための実験式や実験図表の基本的なパターンは、若材令時のデータと同じであると仮定し、調査部位から適宜採取したコンクリートコアの圧縮強度測定値を参考にして、実験式や実験図表を修正して利用する方法を検討するものである。尚、現地の調査結果から有害なひび割れはなく中性化の進行も遅いことから、今のところ材令補正を含む経年劣化に対する推定強度の低減補正は行っていない。

図 6.1 - 6 は、経年変化対応策現地調査において実施した竣工経過年が (材令) 6 年 ~ 25 年の再処理施設 31 施設、図 6.1 - 7 は、竣工経過年が (材令) 8 年 ~ 17 年のプルトニウム燃料施設 6 施設、図 6.1 - 8 は、竣工経過年が (材令) 11 年 ~ 31 年のその他の施設 11 施設を対象に、コア採取した位置における構造体コンクリートの反発度とコア供試体強度との相関関係を表わしたグラフである。図中には旧東京都建築材料検査所 (旧都材検) の式、日本材料学会の式、日本建築学会の式が併記してある。

プロットした図より、旧東京都建築材料検査所の式が日本建築学会の式及び日本材料学会の式に比べ、相関性のあることがわかる。また、日本建築学会が提案する強度推定式を説明した図のデータのばらつきと材令期間が長く、また求められた要求性能（設計基準強度等）の違う既存のコンクリートを集計した再処理施設データと単純な比較は好ましくはないが、両者のデータのばらつきはほぼ同程度であり、シュミットハンマー法のみで強度測定を行う場合は、現在のところ現地調査の反発度が全て 35 以上であることから、安全側の値を与える旧東京都建築材料検査所の式を強度推定式として提案式を用いることが望ましいものと考えられる。

尚、注意すべき点として、測定上の誤差としてコア強度の ±50% 以上異なる場合があることに配慮しておく必要がある。

このため、現地で反発度測定を行う際は、測定器の検定はもちろんのこと、躯体コンクリート表面（打撃面）状態を平滑に仕上げることや打撃角度等に配慮するなどして、測定誤差要因を少なくすることが重要である。

資料 2 に現地調査から得られた各施設建物の反発度ヒストグラムを示す。

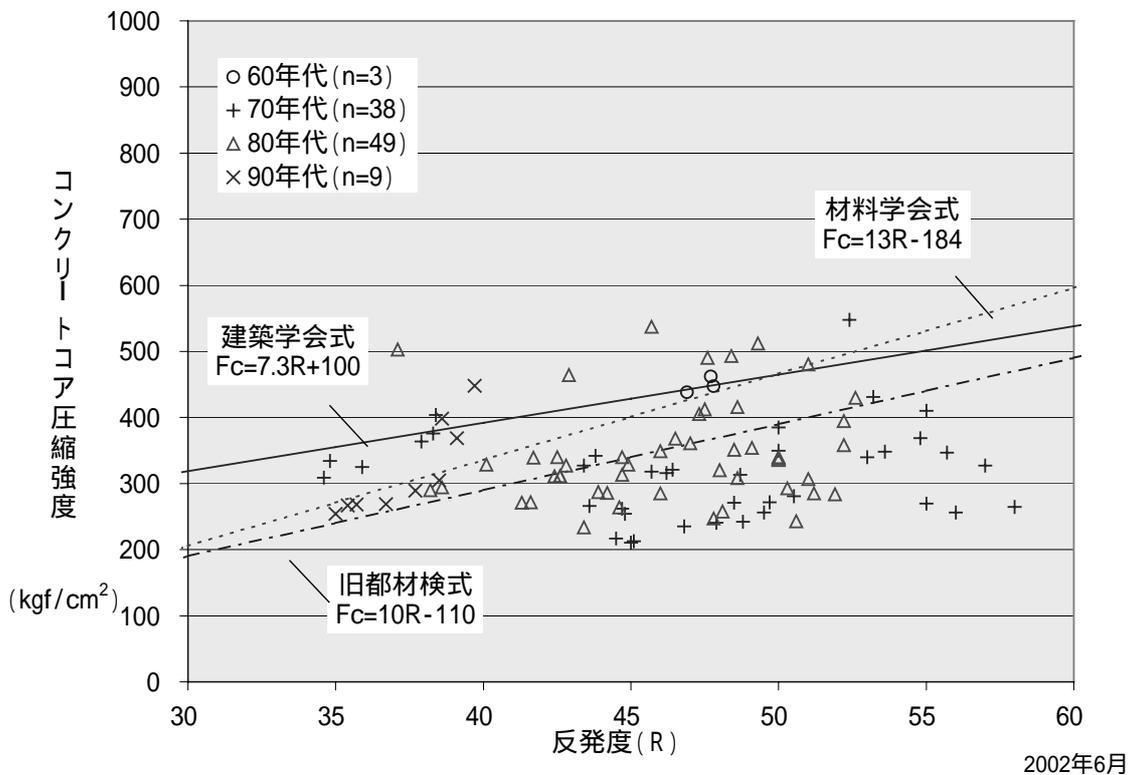


図 6.1 - 6 シュミットハンマー法測定位置における反発度とコア強度の関係 (再処理施設)

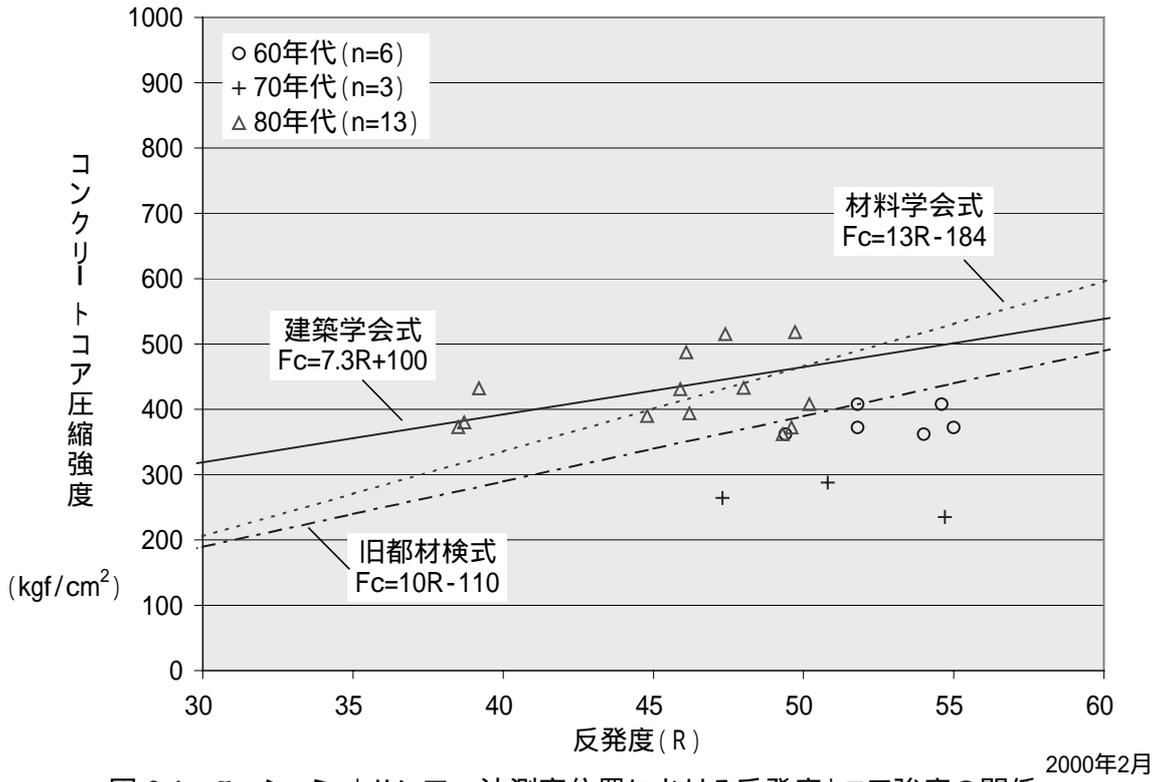


図 6.1 - 7 シュミットハンマー法測定位置における反発度とコア強度の関係
(プルトニウム燃料施設)

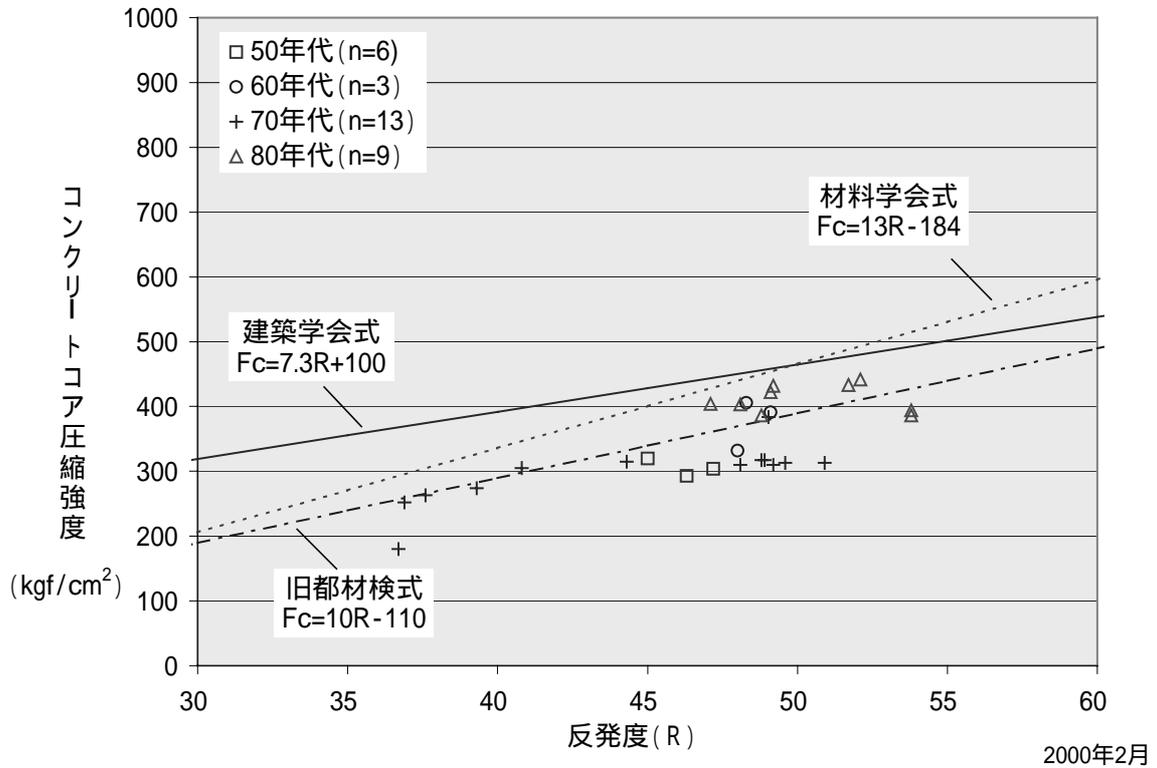


図 6.1 - 8 シュミットハンマー法測定位置における反発度とコア強度の関係
(濃縮・1-ティリティ・その他の施設)

図 6.1 - 9 は、旧東京都建築材料検査所の式より求めた再処理施設推定強度とコア強度の関係を示している。図中には、等値線と等値線より $\pm 50\text{kgf/cm}^2$ の補助線を併記し、その範囲(領域)を超える両者の差が等値線より $\pm 50\text{kgf/cm}^2$ 以上の部分を A 又は B で囲ってある。これらのばらつきを配慮するために既存の強度推定式から適合性の良い推定式を選定する。選定方法は施設ごとにコア採取した位置の反発度に先の 3 つの提案式を用いて求めた推定強度と、コア強度の差の 2 乗検定を行い強度推定式を決定する。その最も適合性の良い推定式でプロットしたものが図 6.1 - 10 である。旧東京都建築材料検査所の式のプロットと比べて領域 B の部分は狭くなるが、領域 A の部分は、比較検討した中で最も安全側の推定式(旧東京都建築材料検査所の式)であるため、等値線には近づかない。そこで、領域 A で用いた適合性の良い強度推定式(旧東京都建築材料検査所の式 $F_c = 10R - 110$)の定数項を補正し、領域 A 以外のプロットデータに対しても同様に強度推定式の補正を行ってプロットした図が図 6.1 - 12 である。図 6.1 - 11 は各次調査の対象とした数施設の全データを集計し、反発度とコア強度の関係から各次調査で用いる強度推定式の適合性を評価した式を用いてプロットしたデータである。

補正方法は、適合性の良い強度推定式中にコア圧縮強度 F_c と反発度 R の実測値を代入し定数項(切片)を決定するものであり、補正された各施設の強度推定式は、要求されたコンクリート性能が同一と思われる部位(躯体外壁部)に対しては十分に対応できる(図 6.1 - 17 施設固有の強度推定式決定までのフロー参照)。図 6.1 - 12 及び図 6.1 - 14 並び図 6.1 - 16 より見かけ上コア強度と推定強度の適合性は良くなるが、あくまでもコア採取した位置のコア強度と反発度から求めたプロットデータであり、それらの補正した式がコンクリート構造物 1 施設の各種部位をカバーしているわけではない。また、現在のところ 1 施設から調査のために採取したコア数は、特別な場合を除き 3 ~ 6 本であり、コア強度と反発度の統計的な関係式(施設固有の強度推定式)を得るには 1 施設あたり 15 ~ 20 本は必要である。このため、強度推定式の精度を向上させるべく今後配管工事等に発生するコアを有効に活用するなどの工夫も必要と考える。

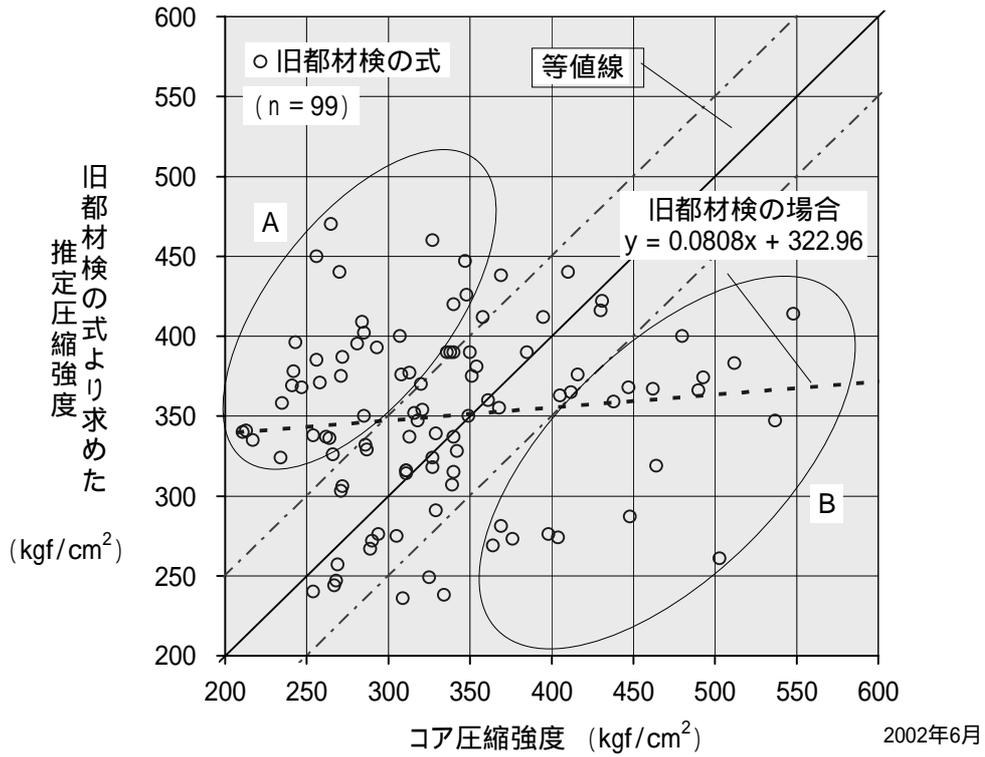


図 6.1 - 9 コア強度と旧都材検の式より求めた推定圧縮強度の関係(再処理施設)

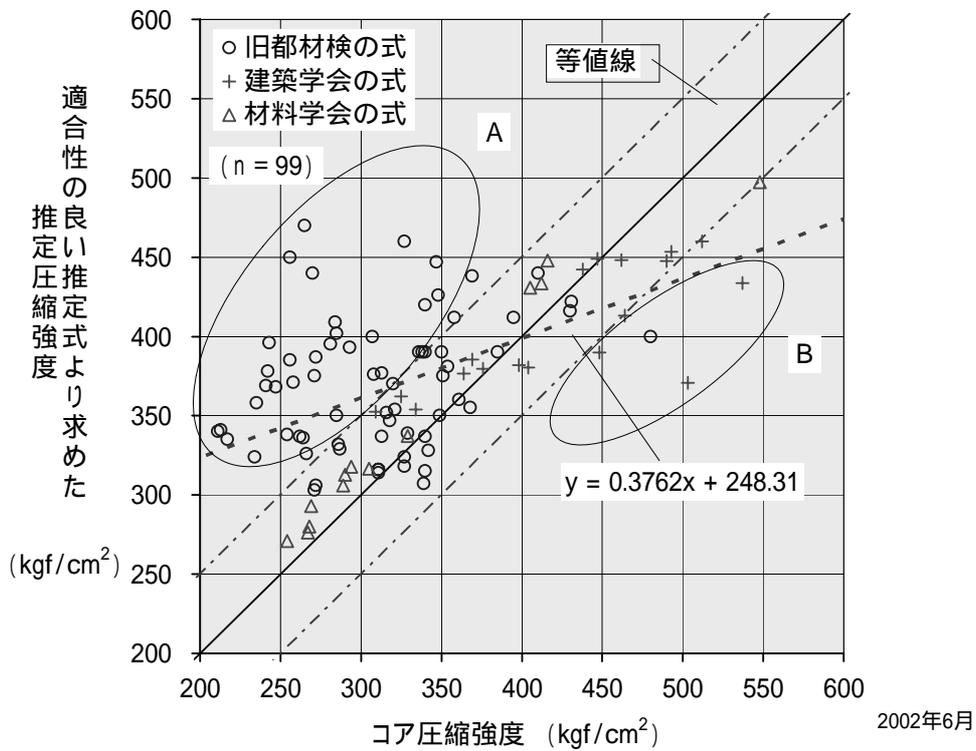


図 6.1 - 10 コア強度と適合性の良い推定式より求めた推定圧縮強度の関係(再処理施設)

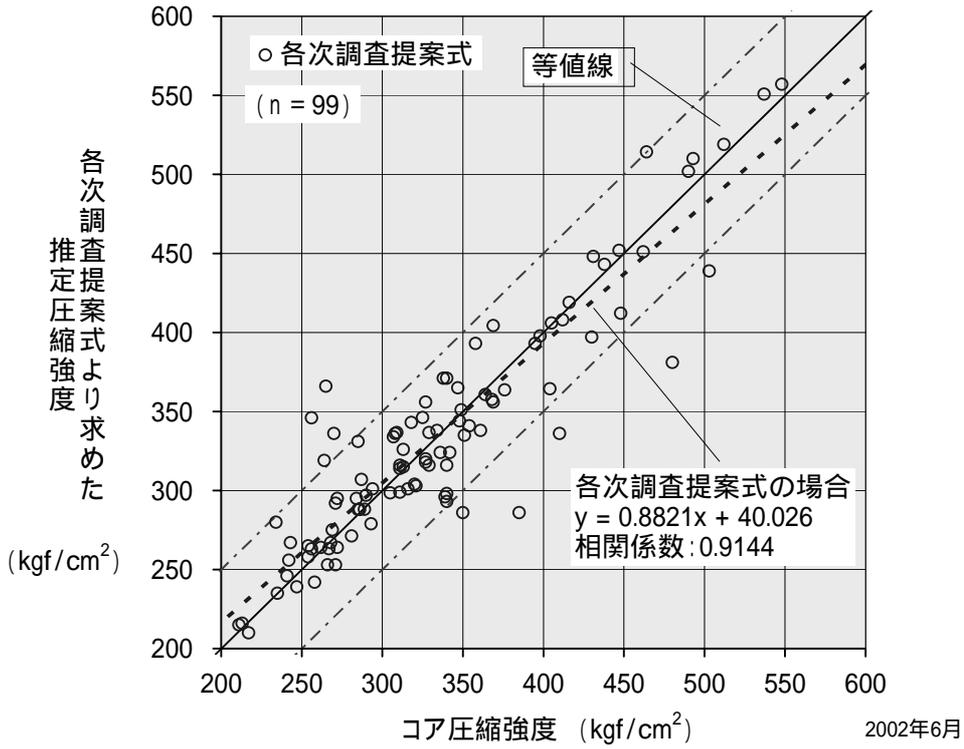


図 6.1 - 11 コア強度と各次調査提案式より求めた推定圧縮強度の関係(再処理施設)

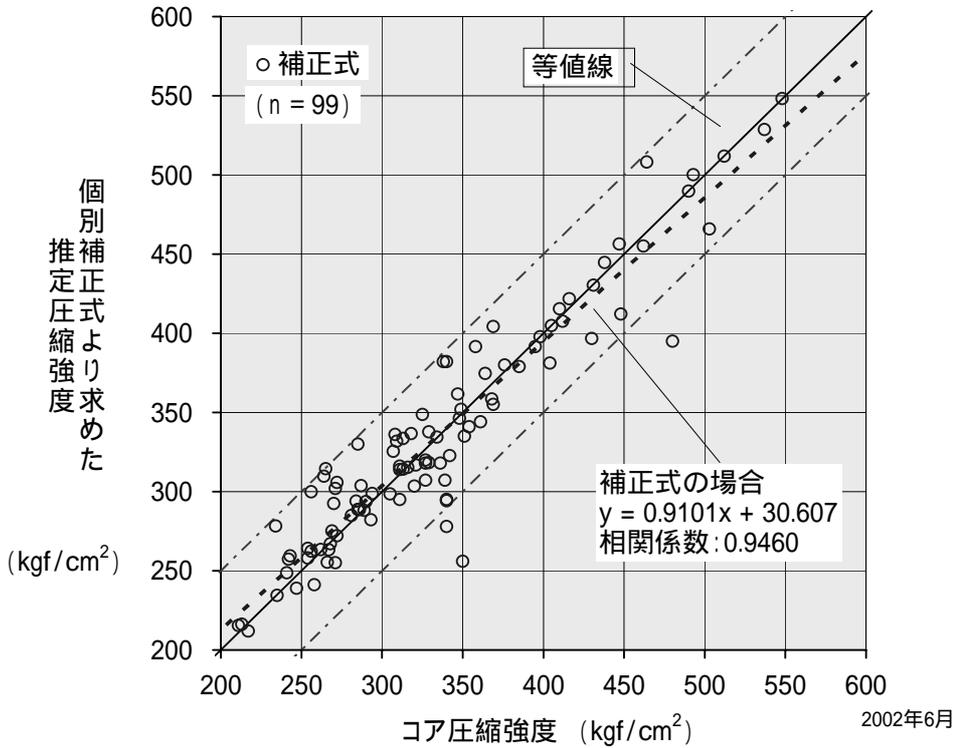


図 6.1 - 12 コア強度と補正式より求めた推定圧縮強度の関係(再処理施設)

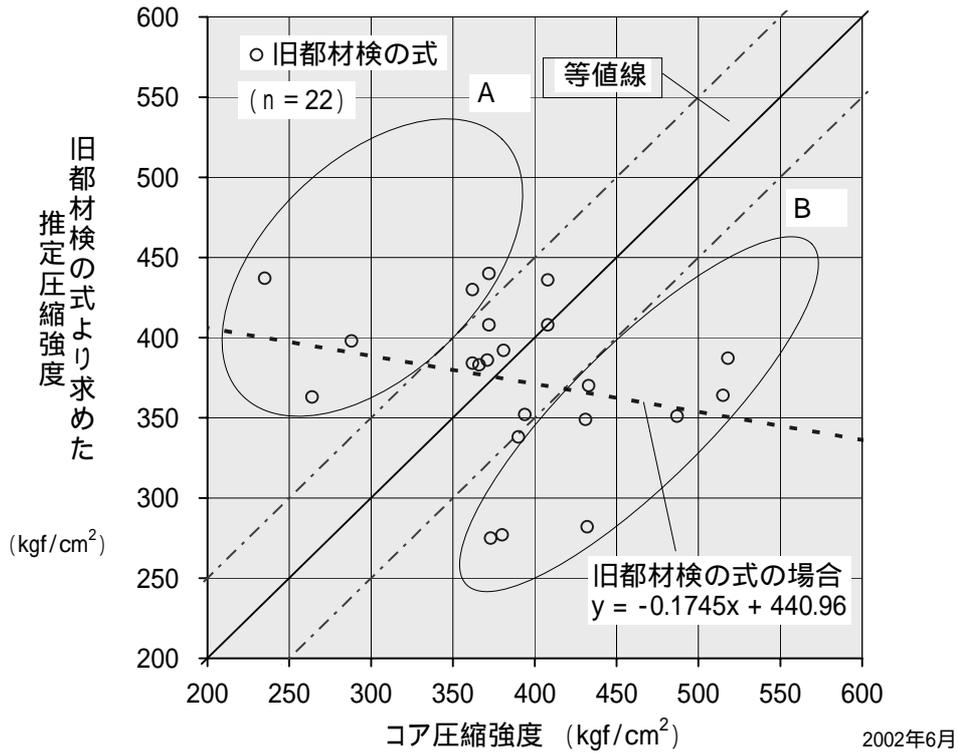


図 6.1 - 13 コア強度と旧都材検の式より求めた推定圧縮強度の関係 (プル燃施設)

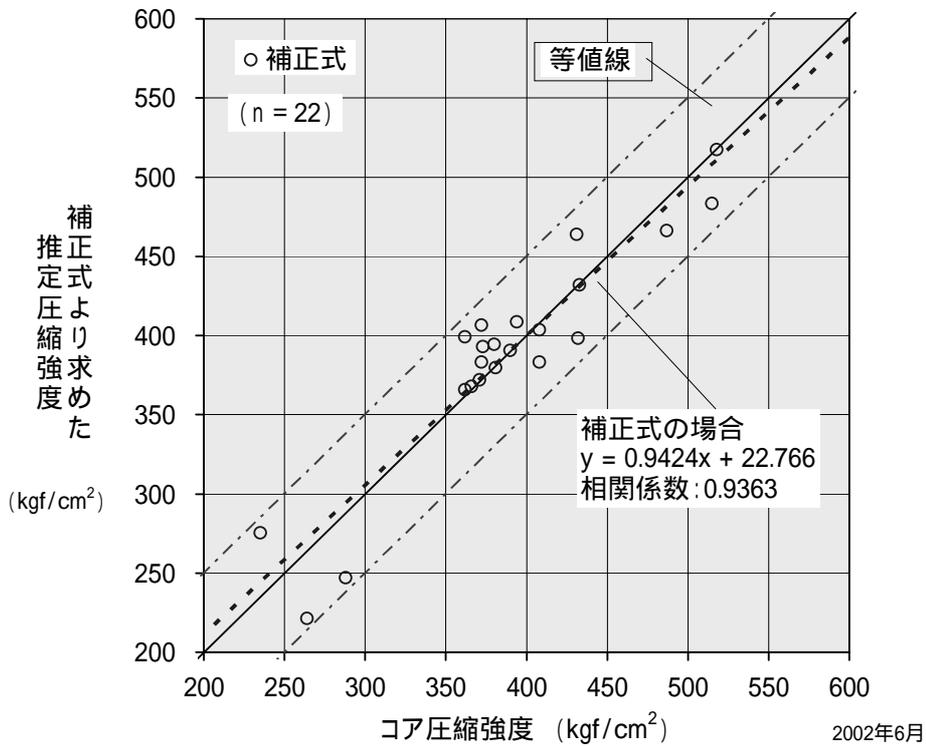


図 6.1 - 14 コア強度と補正式より求めた推定圧縮強度の関係 (プル燃施設)

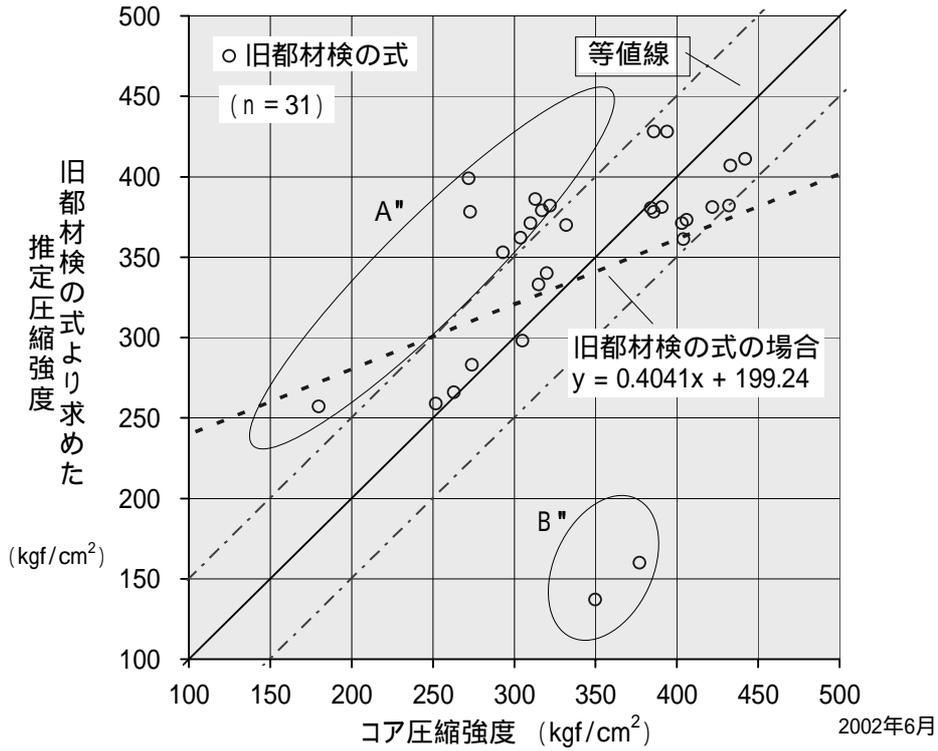


図 6.1 - 15 コア強度と旧都材検の式より求めた推定圧縮強度の関係
(濃縮・ユーティリティ・その他の施設)

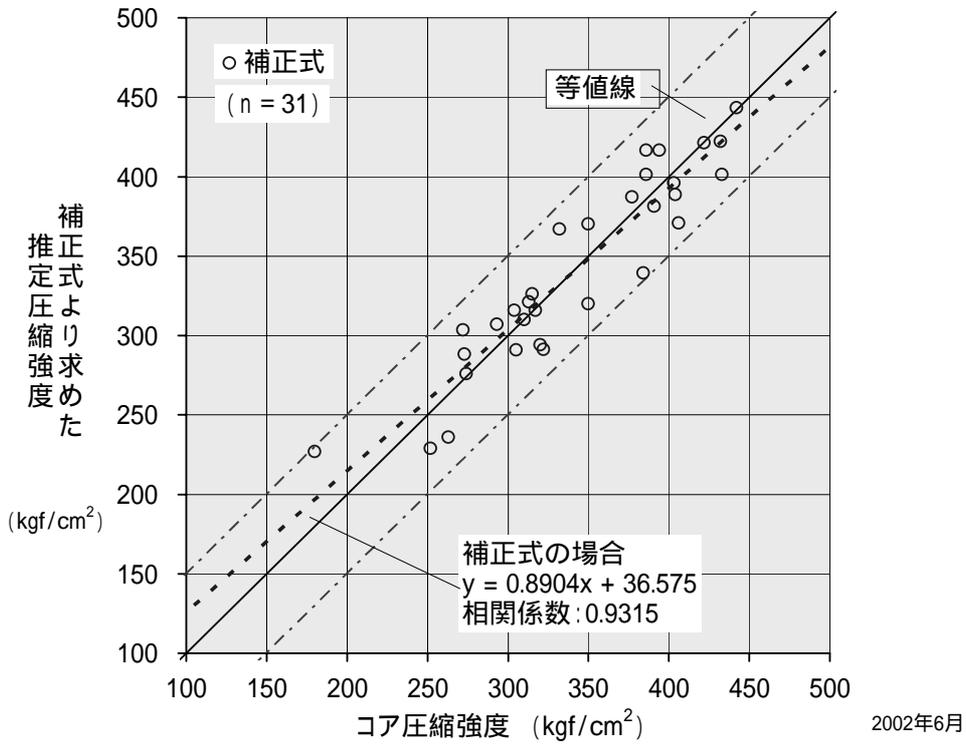


図 6.1 - 16 コア強度と補正式より求めた推定圧縮強度の関係
(濃縮・ユーティリティ・その他の施設)

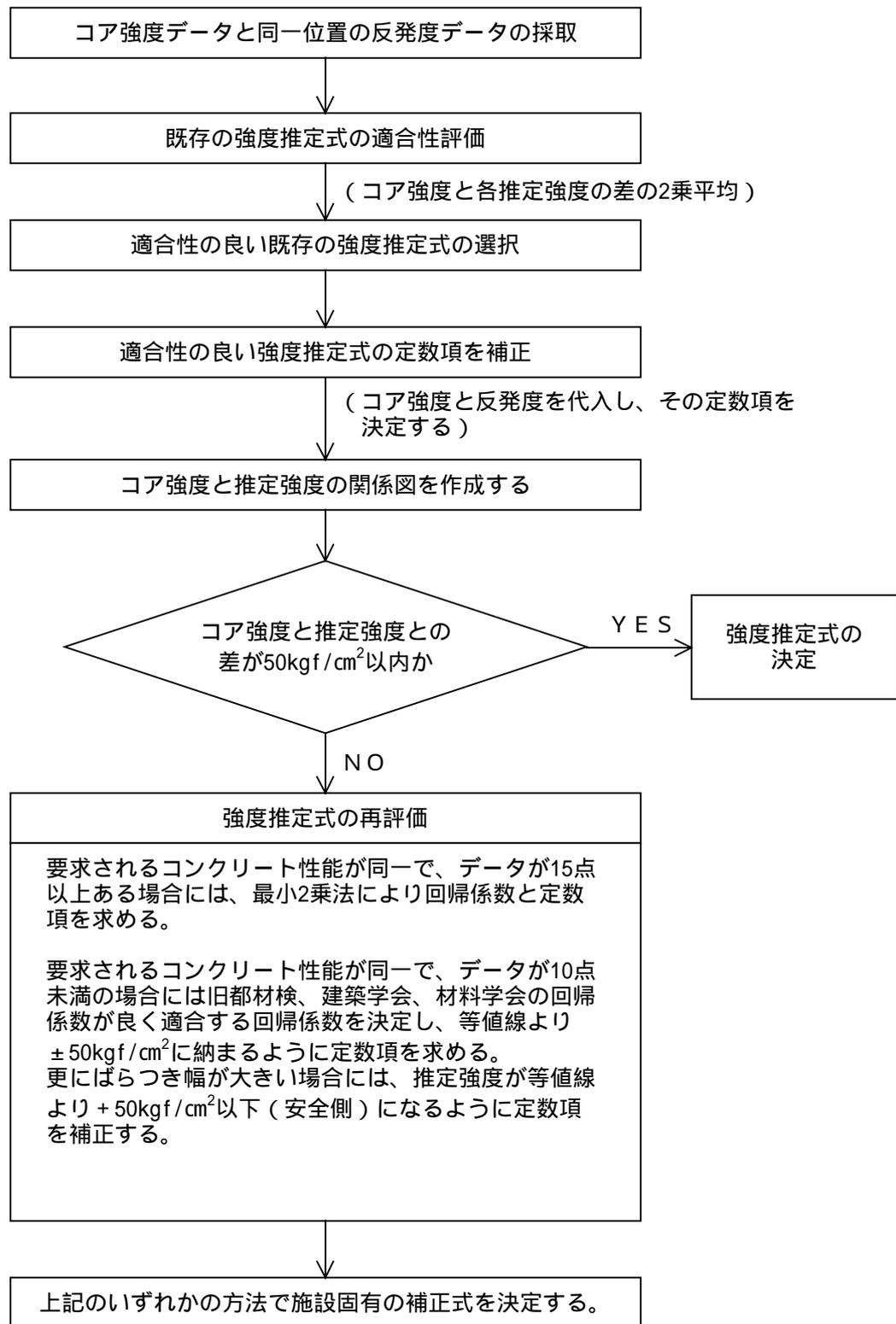


図 6.1 - 17 施設固有の強度推定式決定までのフロー

図 6.1 - 18 及び図 6.1 - 19 は、プルトニウム燃料施設：プルトニウム燃料工場第二開発室の強度推定式の測定誤差に配慮した方法を説明するグラフである。図 6.1 - 18 には現地調査で得られた反発度とコア強度の差の 2 乗平均により適合性が良いと判断された旧東京都建築材料検査所に定数項の補正を行って求めた提案式 $F_c = 10R - 247$ と測定誤差に配慮した補正式 $F_c = 7.3R - 125$ が示してある。測定データが 3 点であることから、推定式の精度について評価しにくい面もあるが、コア強度との差の 2 乗平均による検定では、旧東京都建築材料検査所の式が適合性の良い式になる。しかし、等値線より $\pm 50\text{kgf/cm}^2$ の誤差範囲を与えた場合は不安全側のデータが存在するため、等値線より $\pm 50\text{kgf/cm}^2$ の範囲内に納まる回帰係数と定数項を求めた補正式が強度推定式 $F_c = 7.3R - 125$ である。

また、図 6.1 - 20 及び図 6.1 - 21 は、1 施設でコンクリートの要求性能の違いから強度推定式を部位ごとに求め、それぞれのデータをプロットした図である。

資料 3 に現地調査から得られた各施設建物のコア強度と反発度の関係図を示し、その関係から求めた補正式（施設固有の強度推定式）を図中に併記してあるので参照されたい。

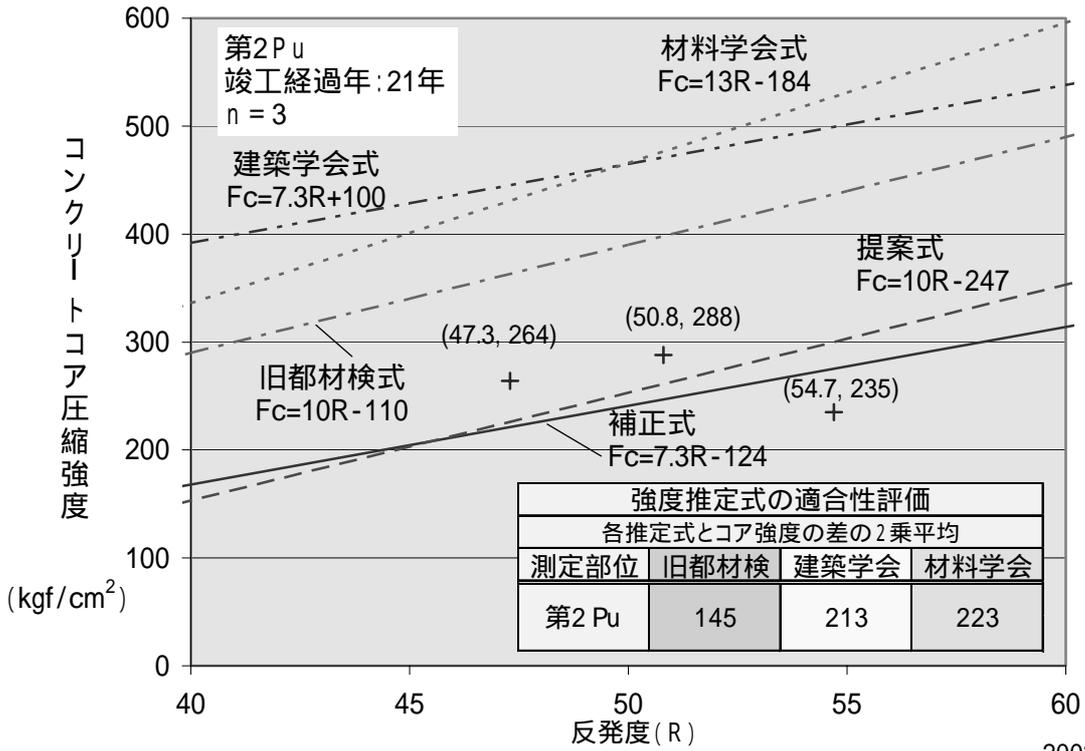


図 6.1 - 18 反発度とコア強度の関係(フルニコム燃料工場第二開発室)

2002年6月

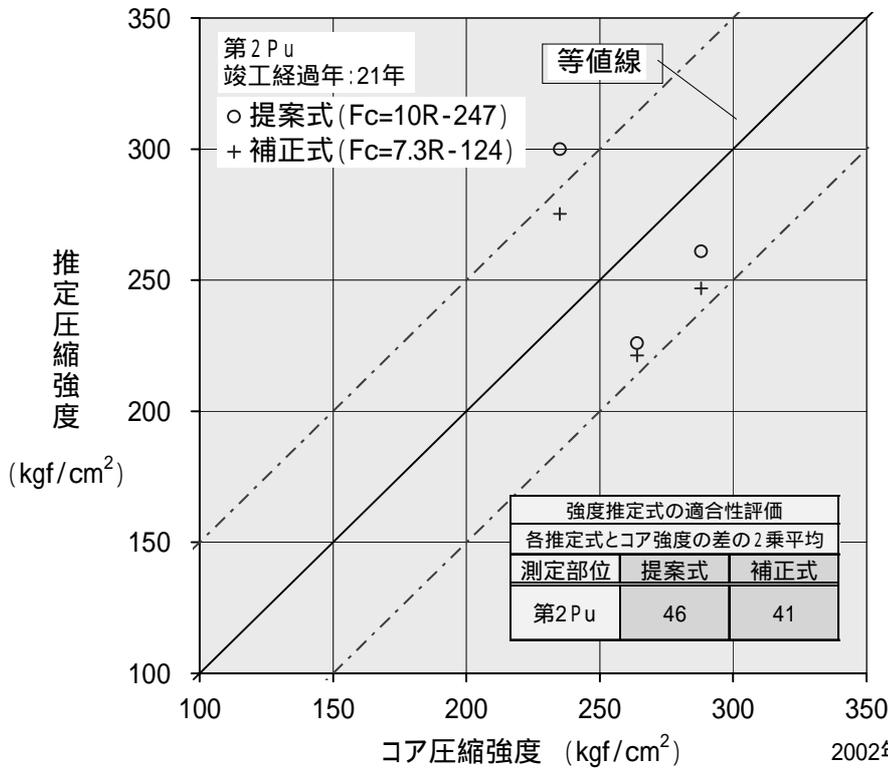


図 6.1 - 19 コア強度と推定圧縮強度の関係(フルニコム燃料工場第二開発室)

2002年6月

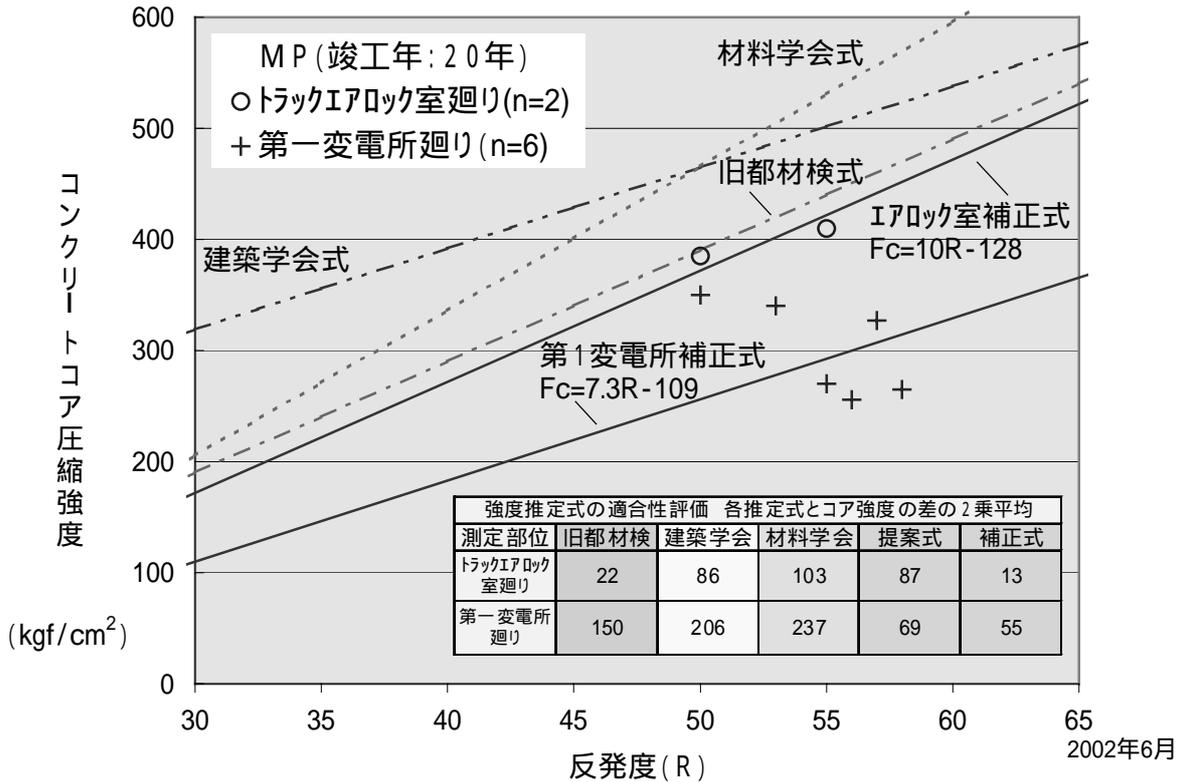


図 6.1 - 20 反発度とコア強度の関係 (分離精製工場)

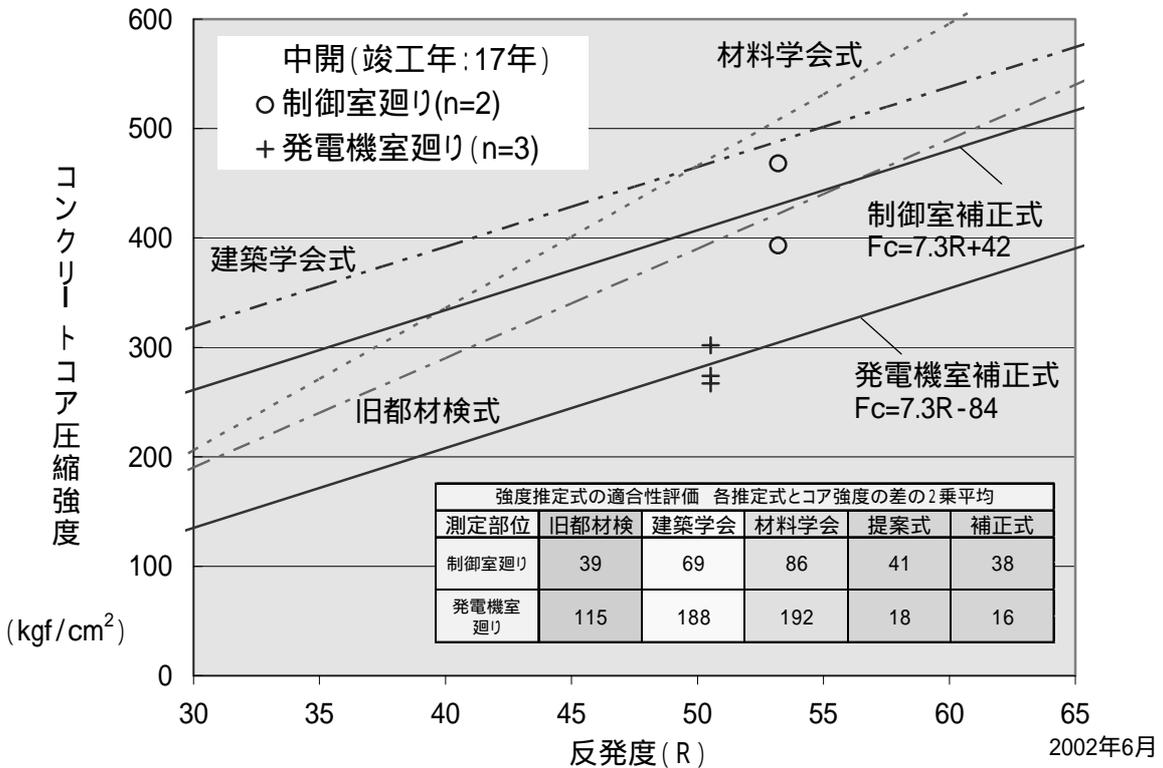


図 6.1 - 21 反発度とコア強度の関係 (中間開閉所)

6.2 コンクリート中性化深さの測定手法

コンクリート中性化深さの判定には、コンクリートをはつるかコアを採取して測定する方法のいずれかで実施する。中性化の進展状況を把握するたびに、既存の躯体をはつるなりコアを採取することが必要不可欠であり、これらの破壊範囲（削孔面積）を極力小さくすることが望ましい。

経年変化現地調査では、はつり部に対してPH指示薬溶液（フェノールフタレイン1%溶液）を用いた簡易測定手法（以下「フェノールフタレイン法」という）の他、コアを採取し熱分析、X線回析分析、EPMA等を用いた方法も実施している。現地にてその場で判定できるフェノールフタレイン法には、はつりによる方法、コア採取による方法及び小径ドリル（はつり粉判定）による方法があり、これらのうち破壊採取部を小さくすることが可能な小径ドリルによる方法が耐久性評価手法（モニタリング）として活用できるか、従来法であるはつりによる方法及びコア採取による方法と比較を行い、小径ドリル法の有効性と信頼性を評価するとともに、小径ドリル法を用いた場合の1調査箇所あたりの測点数について検討した。尚、資料1-2に主なコンクリート中性化深さ測定方法の概要を添付してあるので参照されたい。

6.2.1 はつり法とコア採取法

小径ドリル法の有効性と信頼性を評価する前に、比較の対象とする手法を選定するため、それぞれの測定上の特徴及び精度と配慮すべき点について評価した。

(1) はつり法とコア割裂直後

現地調査のはつりによる方法と圧縮強度試験終了後のコアを割裂して中性化深さを測定した方法とを比較すると、図6.2.1-1に示すように15mm以上の中性化深さのデータが不足しているが両者はほぼ相関関係（相関係数0.8531）にある。

また、中性化深さが0mm（中性化なし）の場合でも0~4mmの範囲で中性化深さの判定がなされている。これらの差はばらつきとして考慮すべきか外装材の影響かは断定できないが、0点を示したデータが全て外装材が施してある施設であることから後者の影響が関係しているものと思われる。

尚、はつり位置での測点数は10点、コア割裂面での測点数も10点でそれぞれ平均値を代表値として評価している

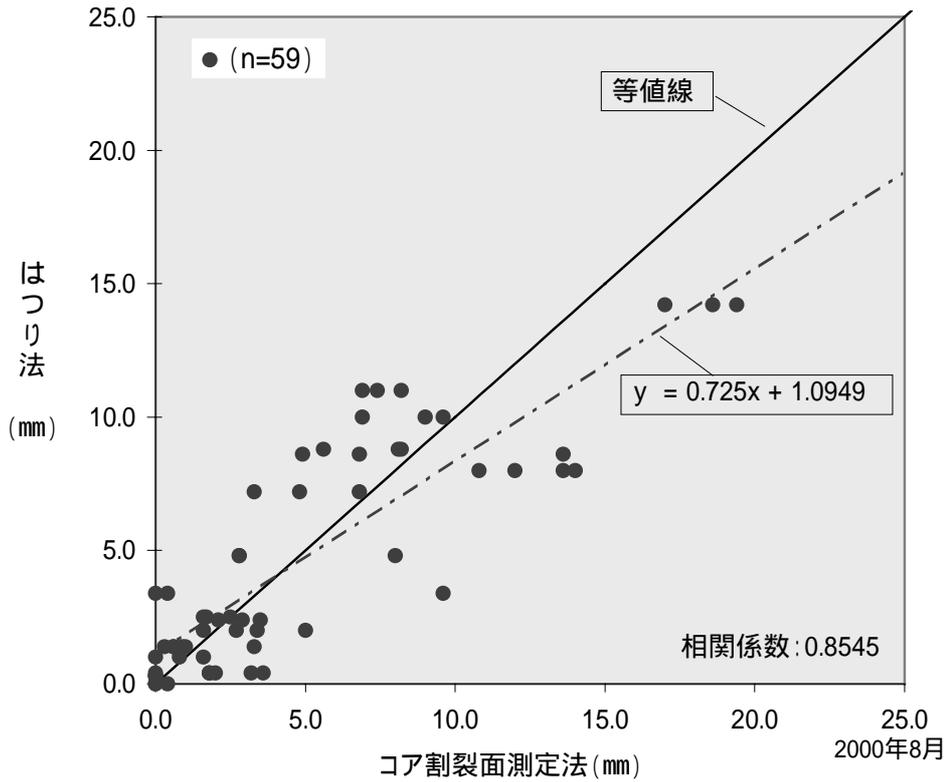


図 6.2.1 - 1 コア割裂面測定法とはつり法による中性化深さの違い(再処理施設)

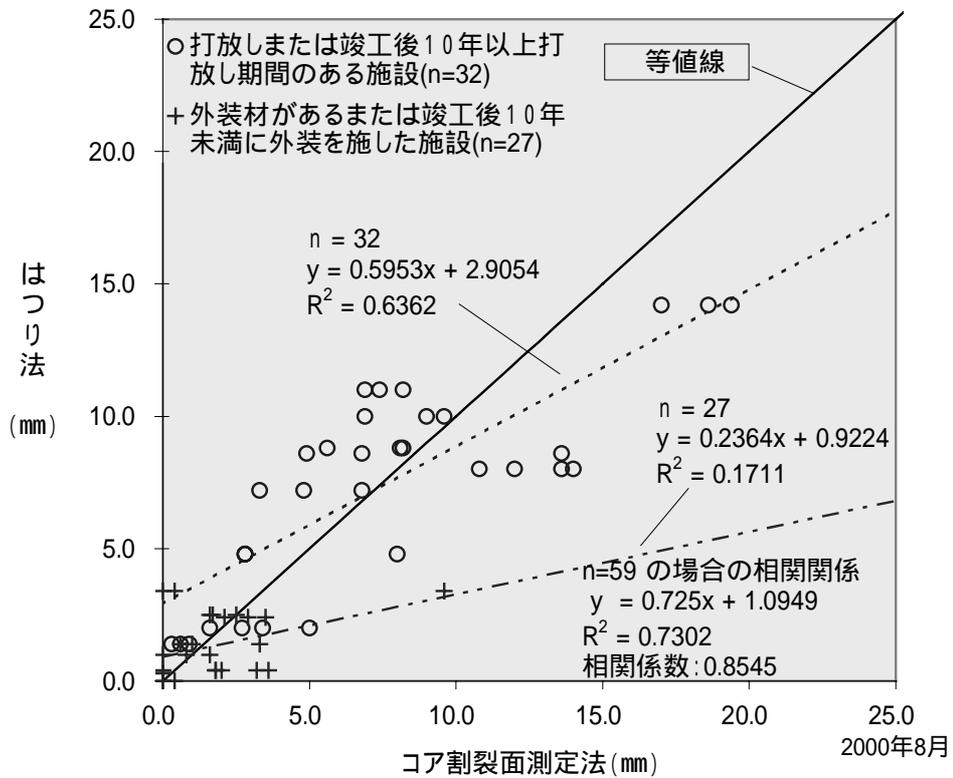


図 6.2.1 - 2 コア割裂面測定法とはつり法による中性化深さの違い(再処理施設)

(2) はつり法とコア採取表面法

現地調査のはつりによる方法と圧縮強度試験用等のコアを採取後直ちに中性化深さを測定した方法とを比較すると、図 6.2.1 - 3 に示すように両者には相関性がある。

コア表面測定において、中性化深さが 0 mm (中性化なし) の場合でも 0 ~ 3 mm の範囲ではつり法による中性化深さの判定がなされている。これは、コア抜きした際に使用された水をよくウェスで拭きとってから、フェノールフタレイン 1 % 溶液を噴霧後測定を行うが今回十分に拭きとりができなかったか、または、拭きとり後放置しすぎてコンクリートが乾燥状態になる場合等、赤変発色反応が遅れ中性化なしと判定したためと考えられる。

図 6.2.1 - 4 より外装材が施してある施設の場合は、はつり法が打放し施設の場合はコア表面法が等値線を上回る傾向がある。外装材が施してある施設は、中性化深さが 10 mm 以下のデータしかないため、この傾向が当てはまるかは 30 mm 程度のデータが揃わないと断定はできない。打放し施設の場合では 2 ~ 10 mm の範囲でばらつきがあり、コア表面法はコア割裂法に比べ多少精度が落ちる。

尚、コア表面での測点数は 5 点若しくは 10 点でそれぞれ平均値を代表値として評価している。

(3) コア採取表面法とコア割裂法

現地調査のコア採取直後によるコア表面を測定する方法と圧縮強度試験終了後のコアを割裂して中性化深さを測定した方法とを比較すると、図 6.2.1 - 5 に示すように両者はほぼ相関している。

図 6.2.1 - 6 中性化深さが 0 mm (中性化なし) の場合、0 ~ 7 mm の範囲で中性化深さの判定がなされている。これらの差は 0 点を示したデータが外装材が施してある施設であることから、外装材の影響が関係しているものと思われる。更にコア表面法が 2 mm 以下と測定された場合、コア割裂法がコア表面法より値が 2 ~ 3 倍大きくなる傾向が顕著になる。このことから、コア表面法の場合中性化があまり進んでいない施設、言い換えれば竣工経過年が浅くかつ外装材が施してある施設の場合には、コア表面法はあまり適さない方法であると判断できる。

従って、コアを採取して中性化深さを判定する場合は、ばらつきに配慮した安全側の数値となるコアの割裂測定とすることが望ましく、割裂面の読み取り誤差及び粗骨材の影響等によるばらつきを考慮すると直径 50 mm 以上とすることが必要である。

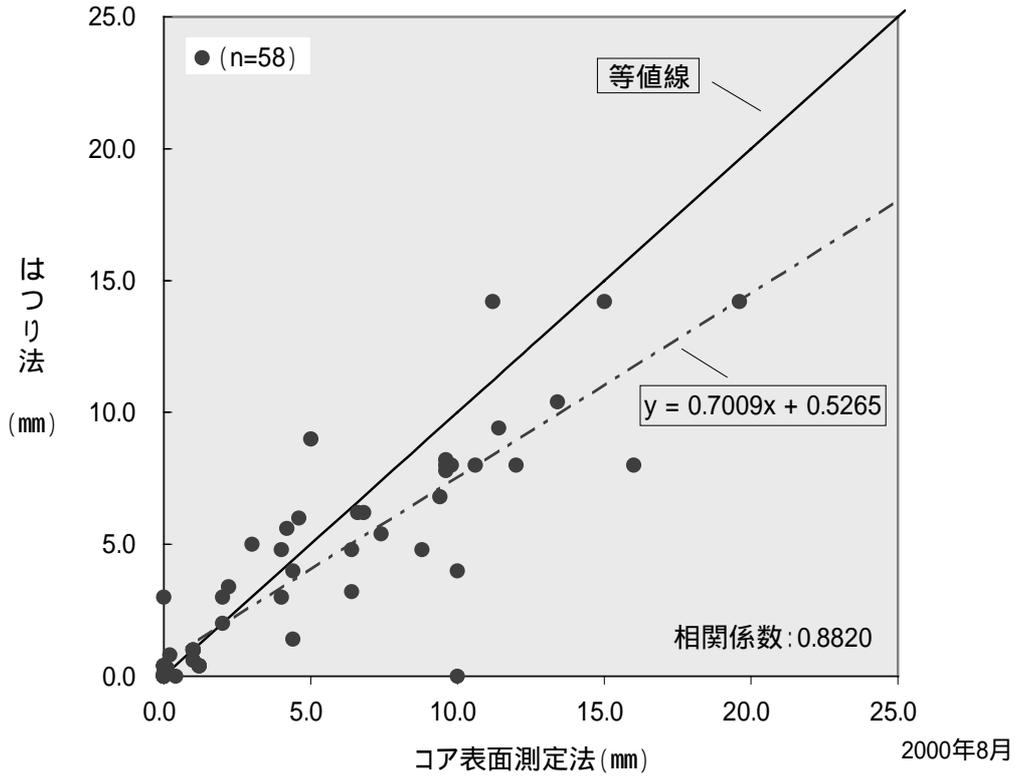


図 6.2.1 - 3 コア表面測定法とはつり法による中性化深さの違い(再処理施設)

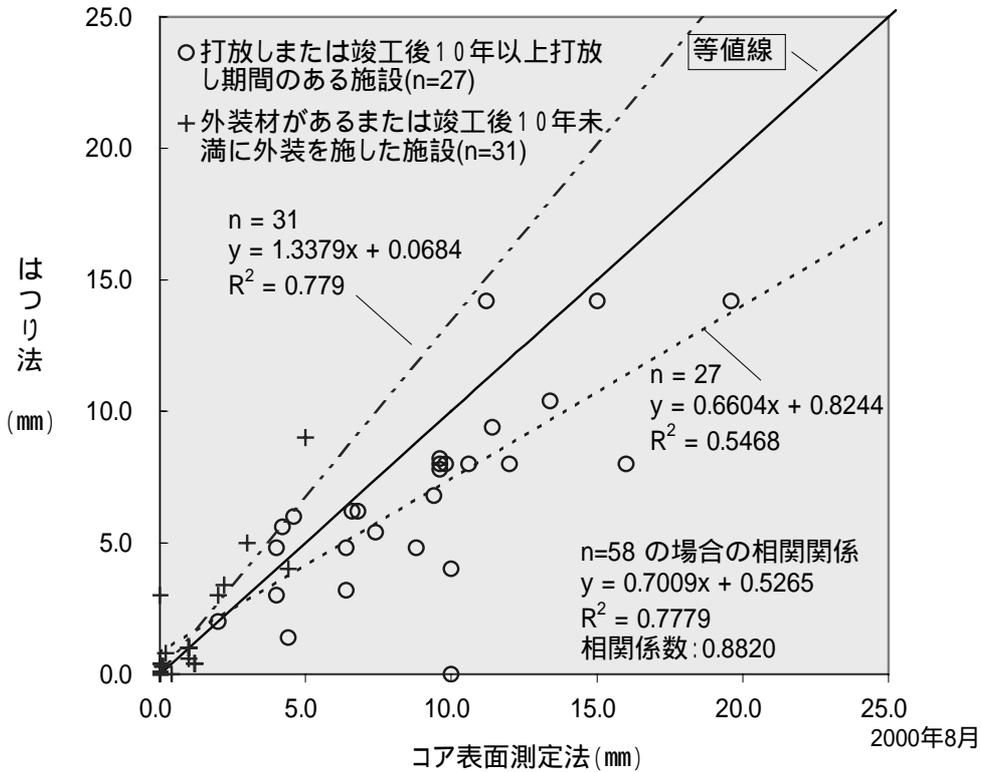


図 6.2.1 - 4 コア表面測定法とはつり法による中性化深さの違い(再処理施設)

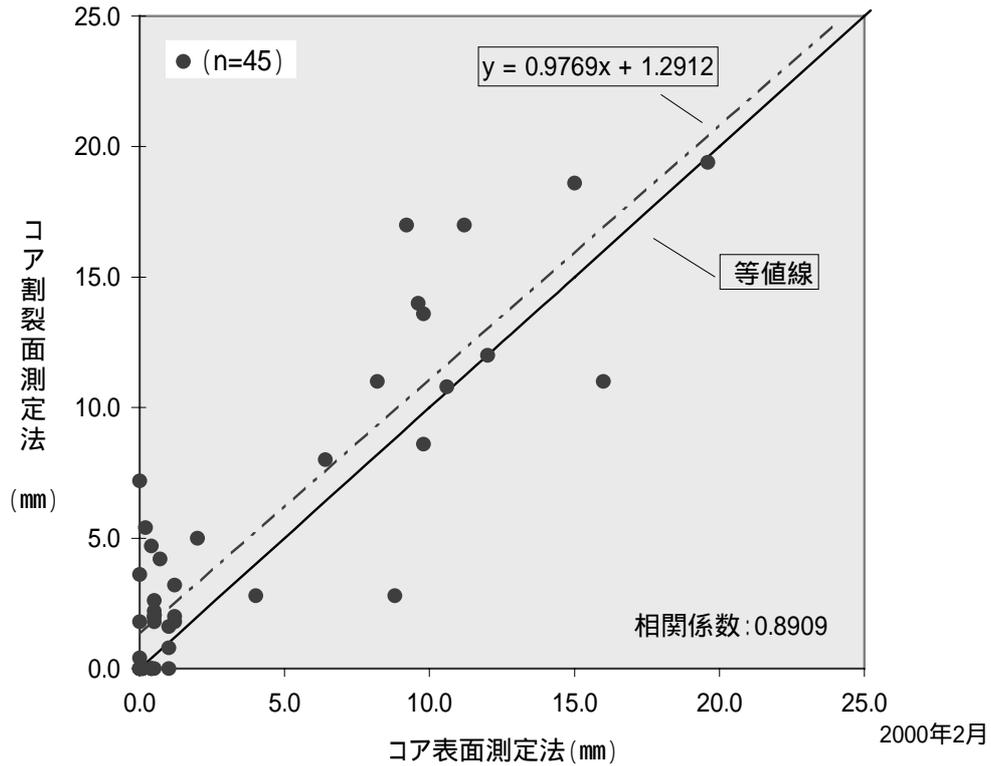


図 6.2.1 - 5 コア表面測定法とコア割裂面測定法による中性化深さの違い(再処理施設)

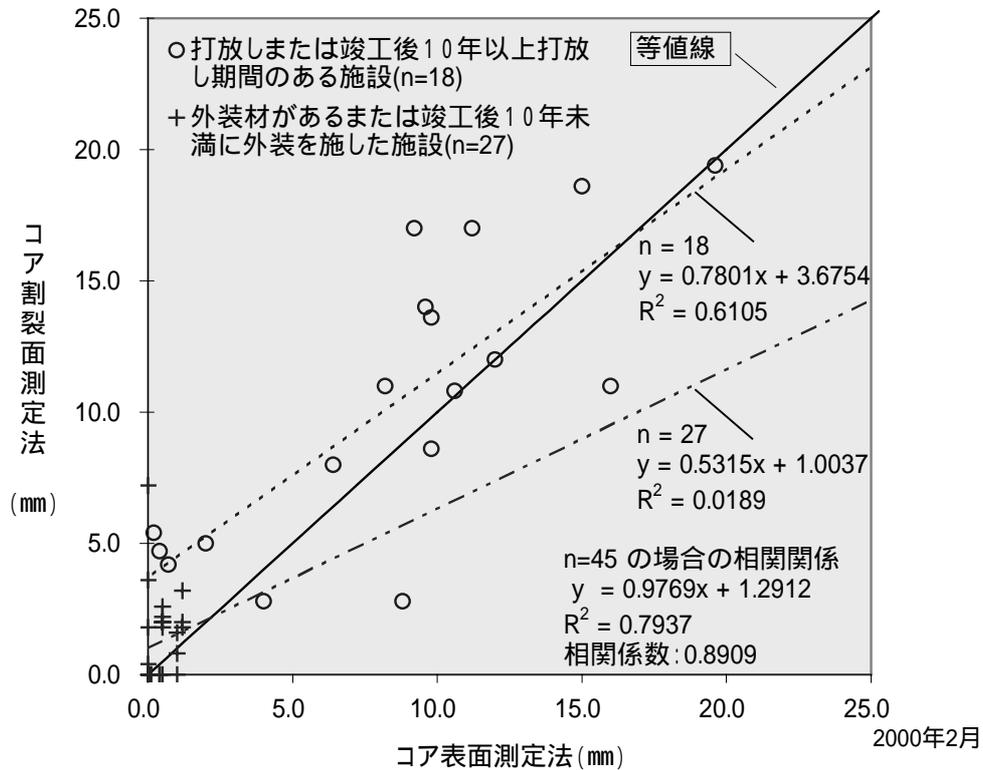


図 6.2.1 - 6 コア表面測定法とコア割裂面測定法による中性化深さの違い(再処理施設)

6.2.2 はつり法と小径ドリル法

現地調査のはつりによる方法と、小径ドリル法により中性化深さを測定した方法とを比較すると、図 6.2.2 - 1 及び図 6.2.2 - 3 に示すように、両者はほぼ同程度の相関性がある。図 6.2.2 - 4 より 5 測点法において、中性化深さが中性化なしと判定した場合でも、はつりによる方法では 0 ~ 8 mm の範囲で、中性化深さの判定がなされている。これらのデータは外装材が施してある施設であることから、外装材の有無が関係していると思われる。外装材が施してある施設の特徴は、一般に中性化の進行が遅く、また削孔面に外装材がある状態では、コンクリートの表面状態も観察せずに測定するなどの条件が重なったためと考えられる。

小径ドリル法の注意すべきこととして、中性化深さが深くなるにつれてコンクリートの粉が内部から表面に出てくるまでに時間がかかるため、若干中性化深さが大きく見積りがちになると考えられるが、現地データには中性化深さが 15 mm 以上のデータは殆んどなく、また、現状の評価では中性化深さを判断するうえで測定値自体のばらつきと比較してもこの差はわずかであり、安全側の誤差でもある。

小径ドリル法の 1 調査箇所あたりの測点数は、5 測点及び 17 測点のそれぞれの平均値を代表値として評価しているが、図 6.2.2 - 5 及び図 6.2.2 - 6 両者には差が殆んどないため、1 調査箇所あたり 5 測点としてもその調査箇所の代表値とみなすことができる。尚、小径ドリル法の測定時に、骨材にあたったものは測定値から除く必要があるのは当然であり、外装材を施してある施設の調査面では外装材をケレンしてから小径ドリルで削孔することにより、測定精度が向上する。

以上のことにより、小径ドリル法はコア採取法及びはつり法による従来方法と同等の精度にて測定可能であり、小さな削孔面積で簡易に中性化深さを測定できる実用的な方法であると判断できる。

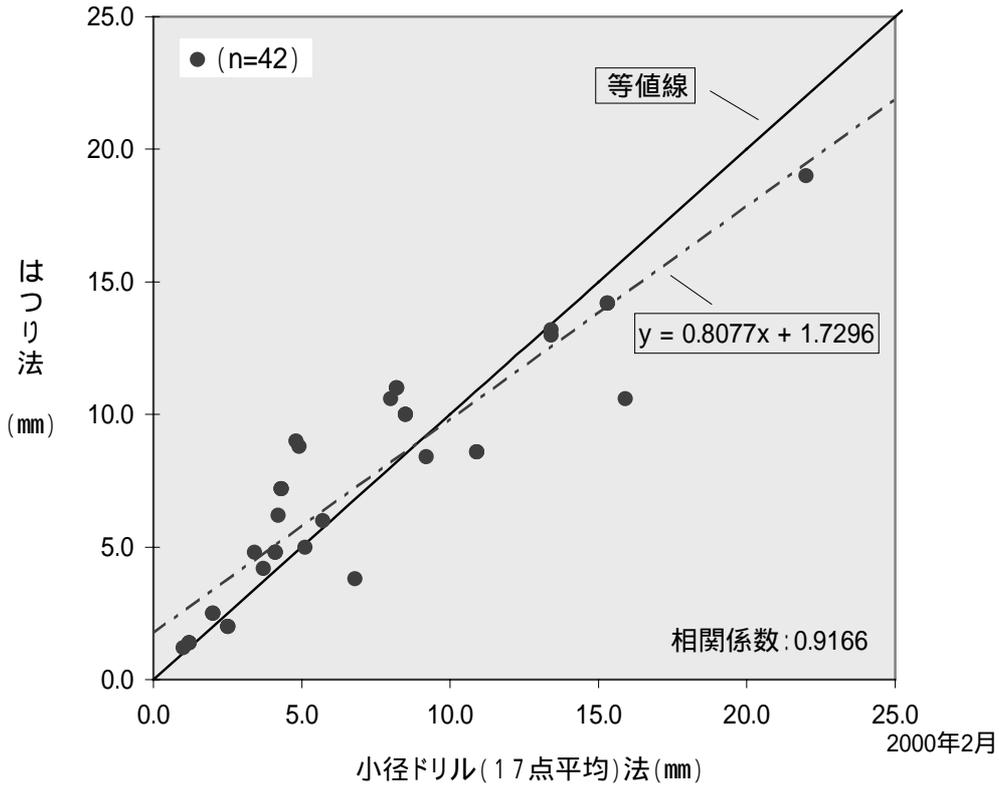


図 6.2.2 - 1 小径ドリル(17点平均)法とはつり法による中性化深さの違い(再処理施設)

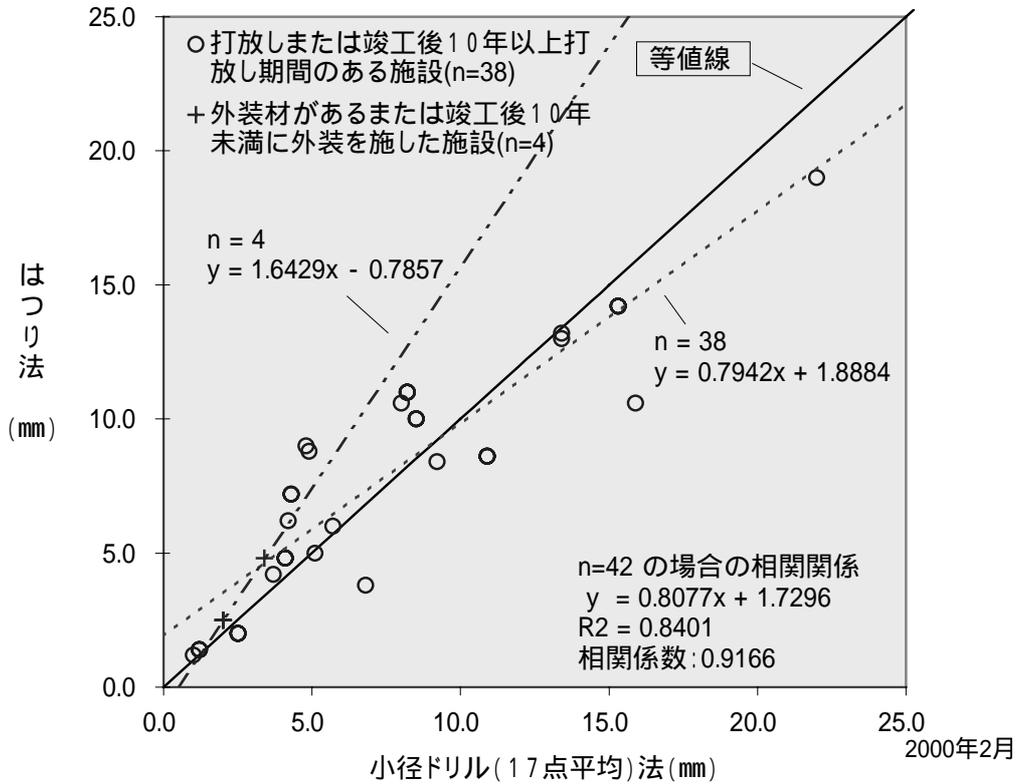


図 6.2.2 - 2 小径ドリル(17点平均)法とはつり法による中性化深さの違い(再処理施設)

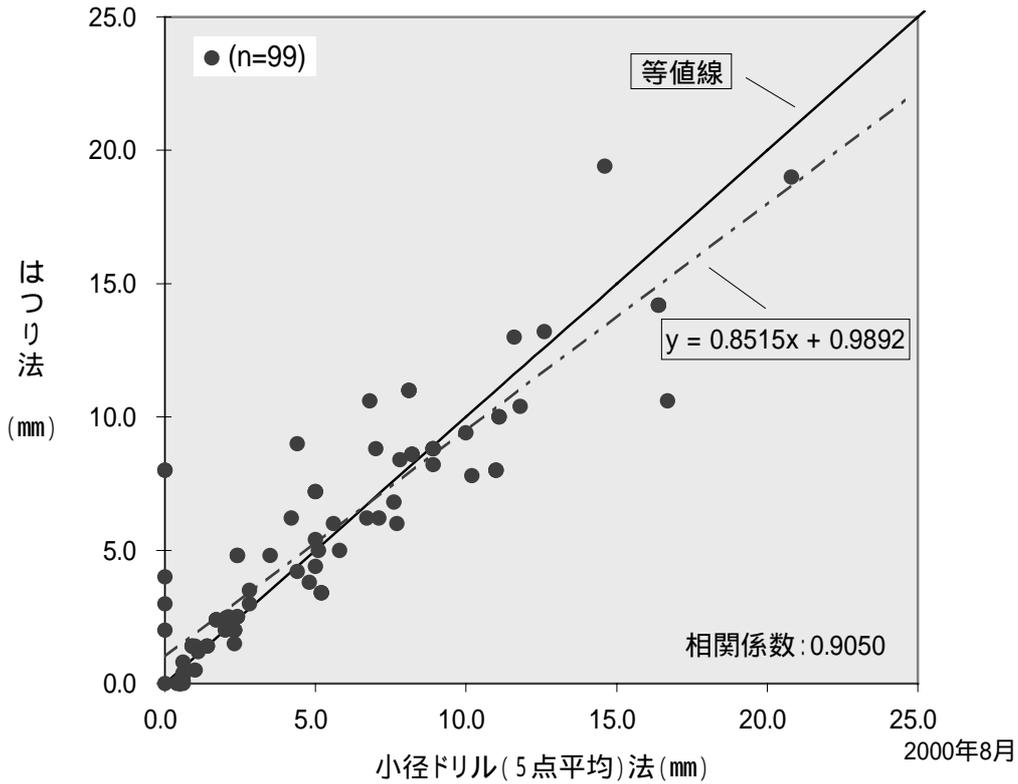


図 6.2.2 - 3 小径ドリル(5点平均)法とはつり法による中性化深さの違い(再処理施設)

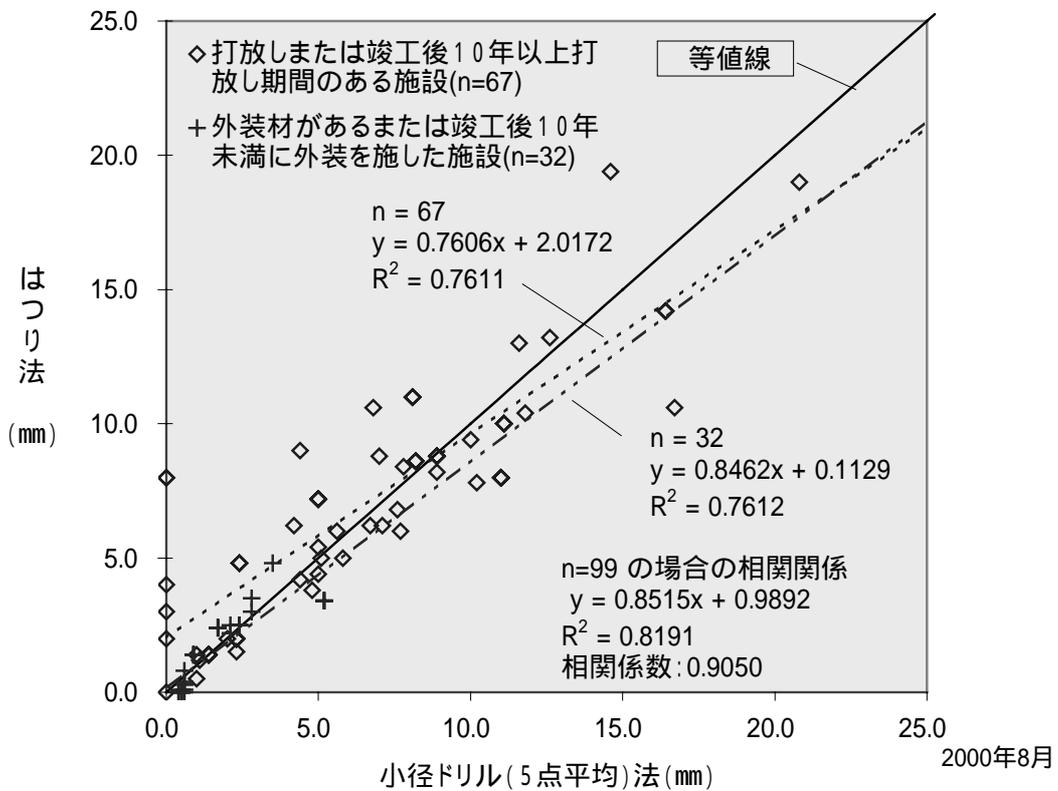


図 6.2.2 - 4 小径ドリル(5点平均)法とはつり法による中性化深さの違い(再処理施設)

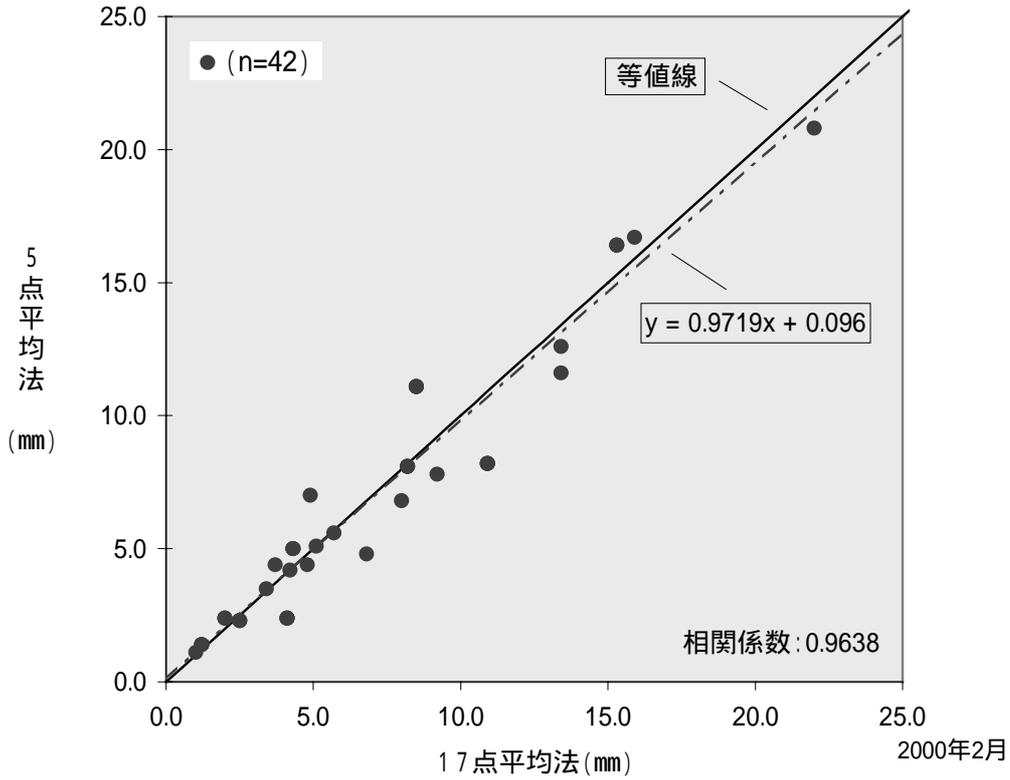


図 6.2.2 - 5 小径ドリル法17点平均と5点平均による中性化深さの違い (再処理施設)

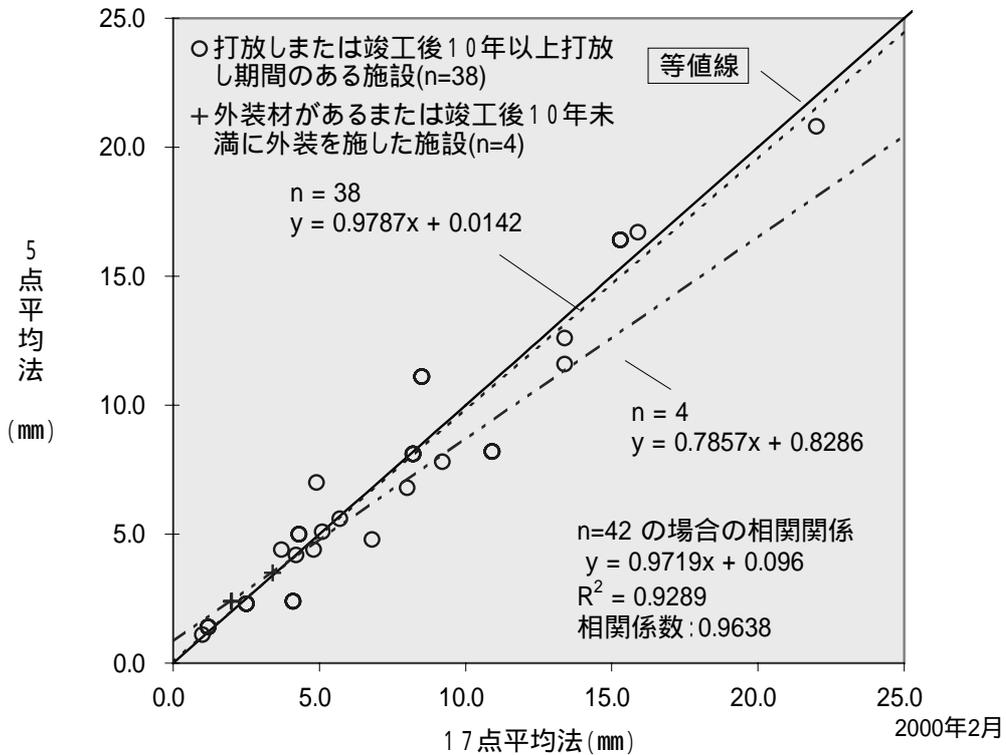


図 6.2.2 - 6 小径ドリル法17点平均と5点平均による中性化深さの違い (再処理施設)

6.3 コンクリート塩分含有量測定のための現地試料採取法

コンクリート中の塩分含有量を測定するための試料採取法には、小径ドリルによるはつり粉採取とコア採取がある。両者の採取方法の違いによる塩分量を検討したグラフを図 6.3 - 2 及び 図 6.3 - 3 に示すが、両者には相関性があり、塩分量の差も 0.001 ~ 0.005vol% である (図 6.3 - 1 コア採取法による塩化物量測定試料の採取方法及び資料 1 - 3 コンクリート塩分含有量測定手法の概要参照)。

測定上の注意点として小径ドリルによる試料は、採取する際に風の影響を受けてセメント粒子などの微粒分が飛散し易く、採取位置によっては骨材の影響を受けやすいために塩分量が実際の場合より小さく測定される可能性がある。また、内径 20 mm 程度の小径コアでは、ハンドドリルの先端に長さ 60 mm のコアビットを取付け、試料を採取する方法であるが、ハンドドリルのためにドリルを固定する反力がとれず、アタッチメントに時間がかかる。特に高強度コンクリートの場合には不利であり、乾式でコアを採取するためにコアビット先端の損耗も早い。

以上のことから、塩分の試料採取方法は、小径ドリルの方が小径コアよりも作業性が良く、現地調査としては実用的であるが、塩分量をより正確に把握する場合は、小径コアの方がよいと判断できる。

上記の点を考慮した方法として、例えば、予め塩分試料用コアを採取しその近傍で簡易に試料を採取できる利点を生かした小径ドリルにより、試料を採取して両者の塩分量の差を勘案し小径ドリルによる塩分量を補正する方法が考えられる。

尚、小径コアの内径は、粗骨材の影響を受けないために 50 ~ 70 mm とするのが望ましい。

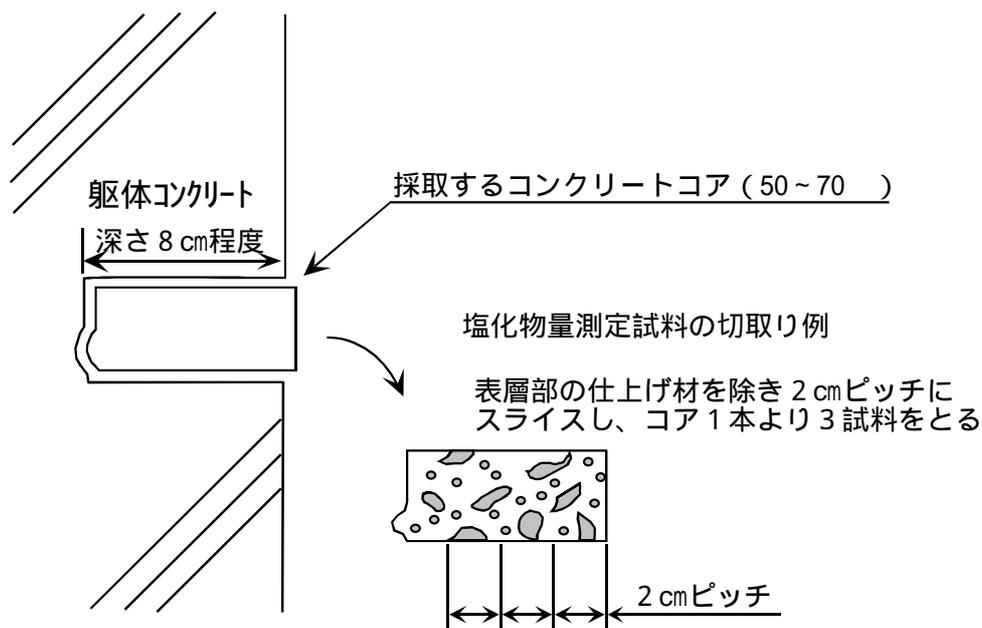


図 6.3 - 1 コア採取法による塩化物量測定試料の採取方法

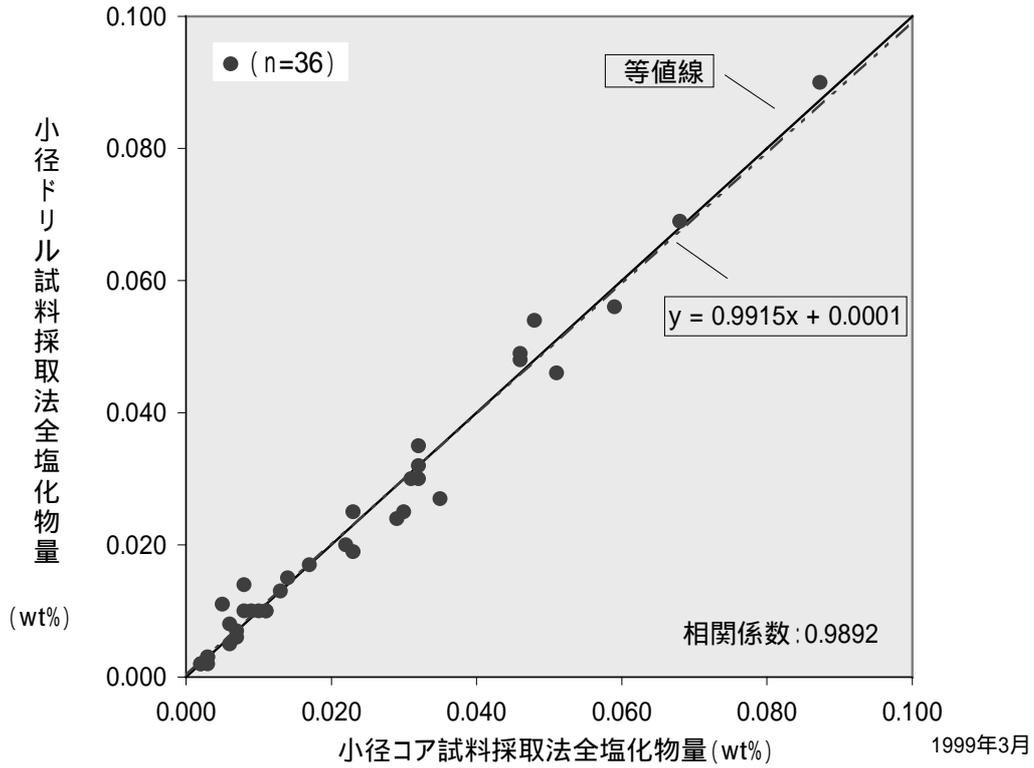


図 6.3 - 2 小径コア法と小径ドリル法による全塩化物量の違い(再処理施設)

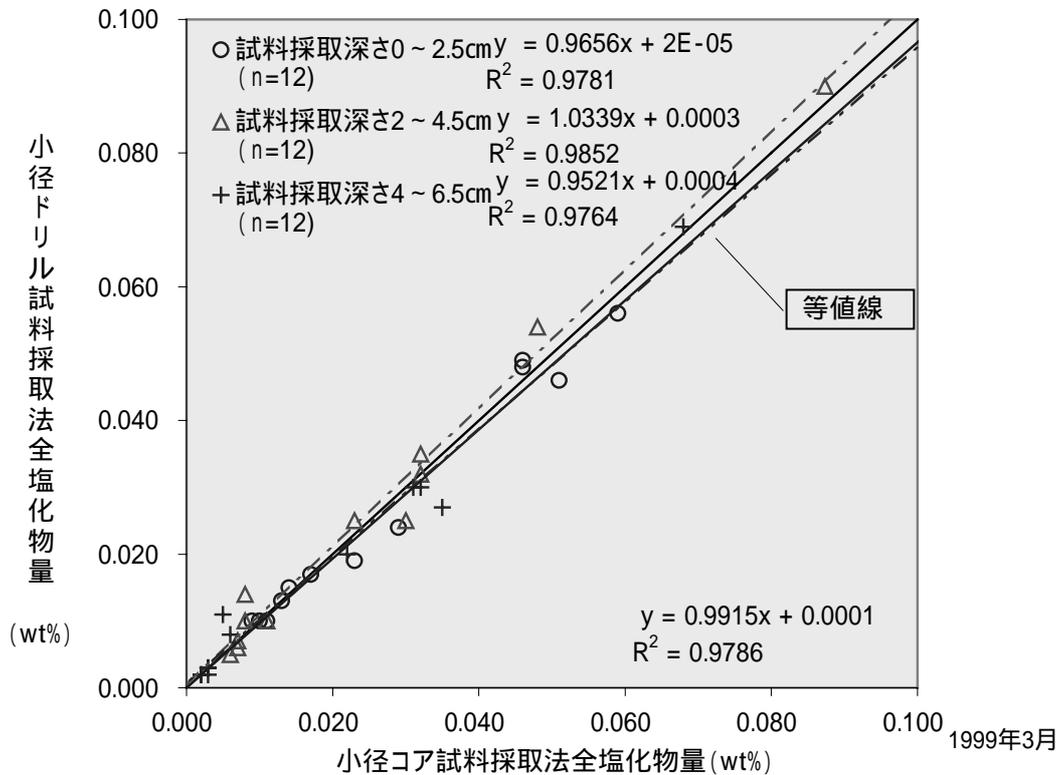


図 6.3 - 3 小径コア法と小径ドリル法による全塩化物量の違い(再処理施設)

6.4 コンクリートかぶり厚さの測定手法

耐久性を評価するうえで、中性化深さと鉄筋位置、及び塩分含有量と鉄筋位置の関係から、鉄筋の腐食確率等を算定するためにコンクリートかぶり厚さを測定する必要がある。コンクリートかぶり厚さも一定のばらつきを持っているため、はつりによる測定だけでは必ずしも施設全体を評価したとは言いきれない面がある。

そこで、そのばらつき程度を把握するため、非破壊的手法を用いたかぶり厚さ測定から複数の手法の精度や簡便性などを評価した。また、資料 1 - 4 に主なかぶり厚さ測定手法の概要を添付したので参照されたい。

図 6.4 - 1 は電磁波法によるかぶり厚さ推定と実測かぶり厚さの関係を、図 6.4 - 2 及び図 6.4 - 3 は過流探傷法によるかぶり厚さ推定と実測かぶり厚さの関係を示す。図より電磁波法の方が過流探傷法より実測かぶり厚さと相関性の良いことがわかる。但し、図 6.4 - 2 よりプロフォメーターは比較的実測かぶり厚さと相関性がある。

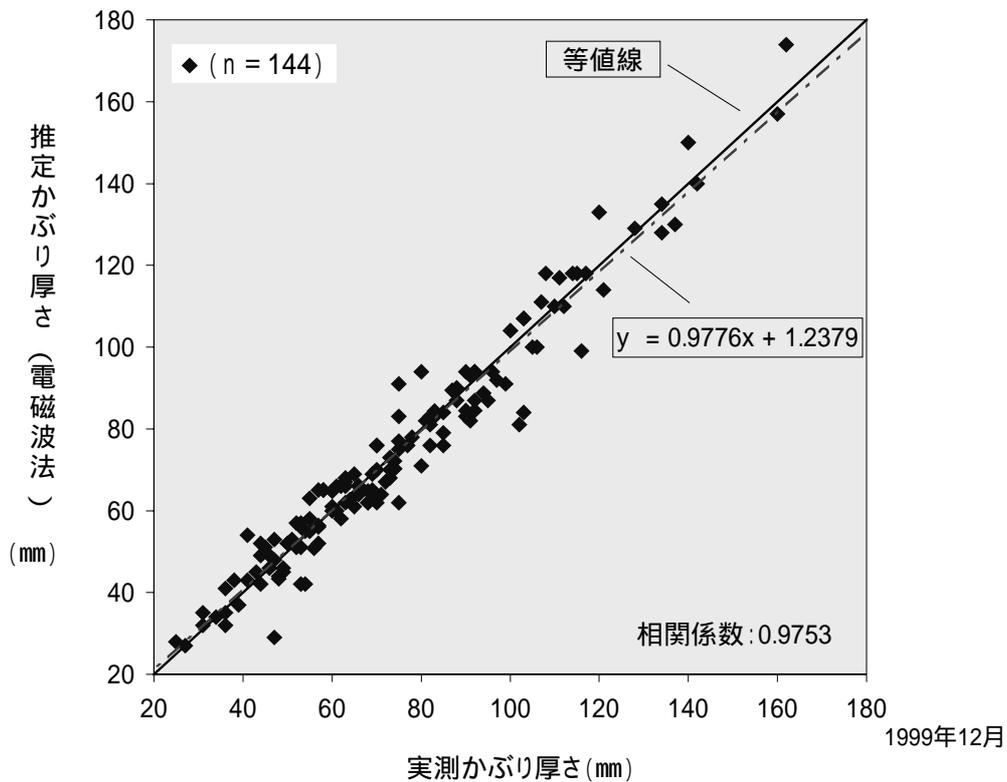


図 6.4 - 1 実測かぶり厚さと推定かぶり厚さの比較 (再処理施設)

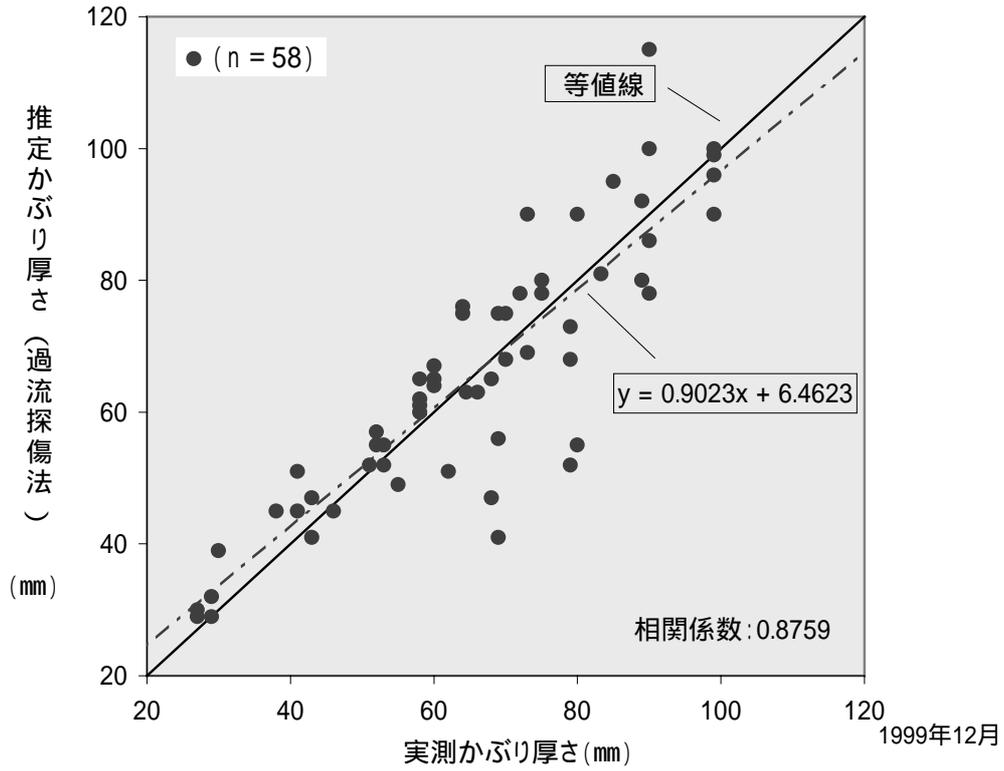


図 6.4 - 2 実測かぶり厚さと推定かぶり厚さの比較 (再処理施設)

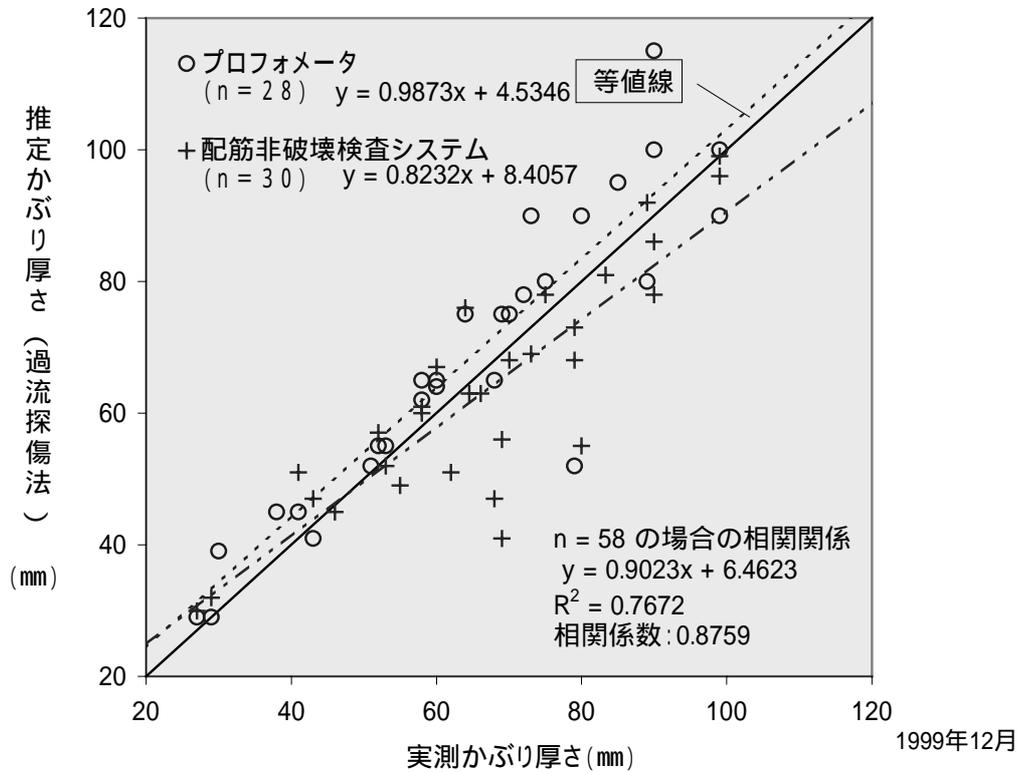


図 6.4 - 3 実測かぶり厚さと推定かぶり厚さの比較 (再処理施設)

6.5 各種調査手法の評価のまとめ

表 6.5 にコンクリート構造物の耐久性評価（モニタリング調査）手法に対する実用性の評価を示す。評価のランク付けは、経年変化対応策現地調査の結果と最近の文献等を参考に評価したものである。

(1) コンクリート強度の測定手法

要求されるコンクリート性能が同一と思われる部位に対して、コア採取シュミットハンマ併用法は有効な手法である。また、コア強度と反発度から求める強度推定補正式により誤差は小さくなり測定精度が向上する。

(2) コンクリート中性化深さの測定手法

現地にて簡易に測定できるフェノールフタレイン法を用いる場合は、小径ドリルによる削孔粉を用いた手法により簡便に測定することができる。

測点数(削孔点数)は5点とし、骨材に当たった場合は再測定することが必要である。

また、外装材が施してある施設建物では、外装仕上げを除去しコンクリート表面の状態を確認してから測定することが望ましい。

図 6.5 に現地で行なう各種中性化深さ測定手法の実用性を評価したレーダーチャートを示す。図より小径ドリル法の優位性が一目でわかる。

(3) コンクリート塩分含有量測定のための現地試料採取法

小径ドリルを用い削孔粉を採取する方法は、コア採取に比べドリル径が小さく、削孔面積は小さくなり、既存の躯体部の保護の面ではコア採取法より優れている。

耐久性等の調査を実施する際は、コア採取法は高次調査などの正確性を要求された調査時に用い、小径ドリル法は簡易的な調査に実施する手法として適していると判断できる。

(4) コンクリートかぶり厚さの測定手法

RCレーダ(電磁波法)は、過流探傷法に比べ精度が極めて良く誤差も小さい。過流探傷法のうちプロフォメーターは、比較的誤差も小さく鉄筋との接続も不必要なため可搬性にも優れる。

耐久性等の調査を実施する場合は、モニタリングなど正確な位置を測定することが求められる時はRCレーダを用い、ランダム的に行う場合にはプロフォメーターを用いるなどの方法が考えられる。

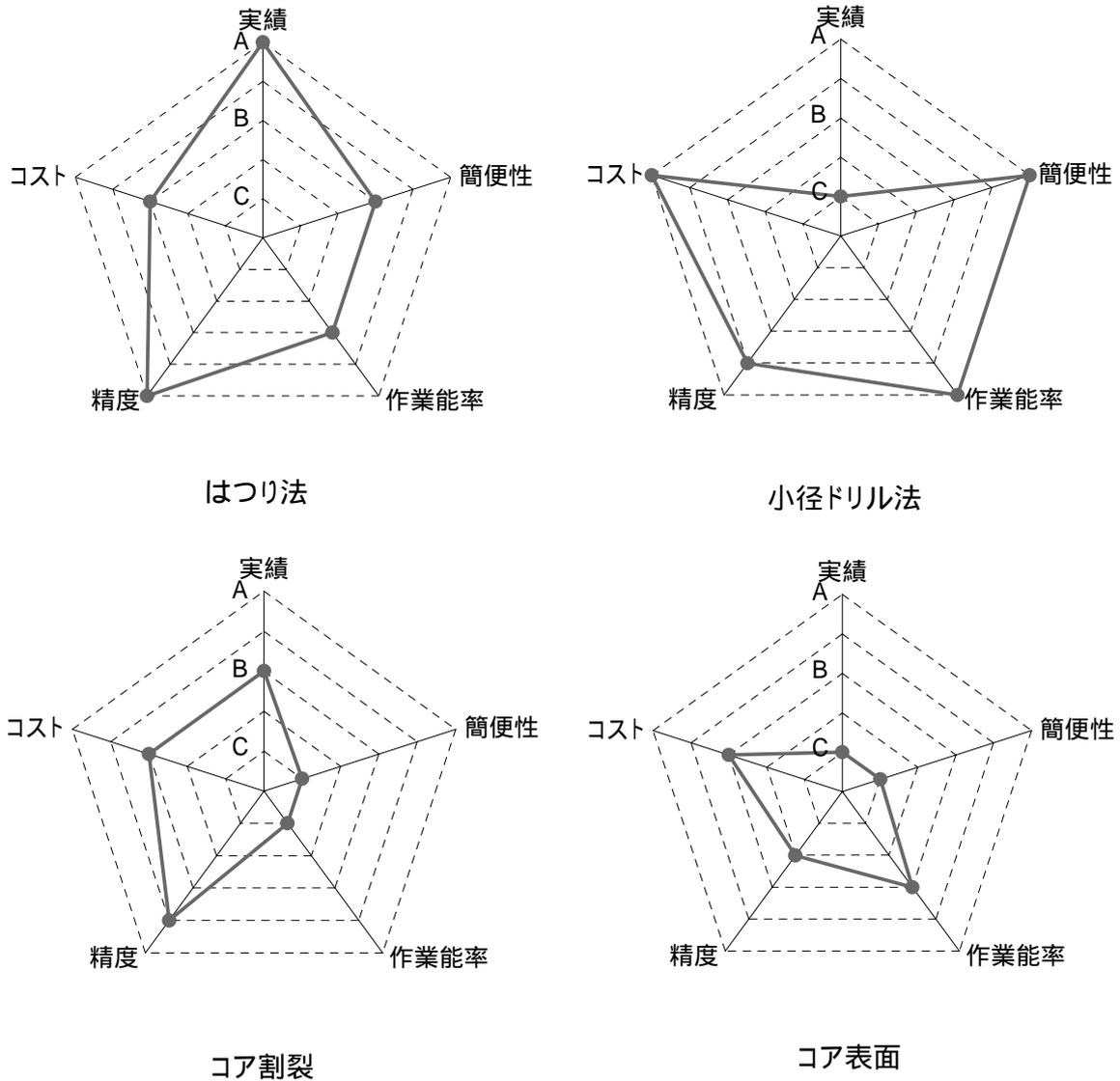


図 6.5 中性化深さ測定手法の実用性評価レーダーチャート

図 6.5 は表 6.5 の評価ランクをレーダーチャートグラフ化したものである。小径ドリル法では、ドリル削孔者と削孔粉採取者の 2 名必要であるが、その作業性が簡便であることから、A ランクの作業能率とした。

はつり法は、中性化深さ測定その他にかぶり厚さ測定や腐食度判定も行うため、総合的な手法である。躯体の耐久性評価となればはつり法は有利な手法と言えるが、単に中性化深さを測定するようなモニタリングの場合は、小径ドリルの場合極めて優利な手法であると判断できる。

表 6.5 コンクリート構造物の耐久性評価(モニタリング調査)手法に対する実用性の評価

目的	試験手法	実績	簡便性	作業能率	精度	コスト	現状評価	
強度測定	コア強度	A	BC	BC	A	B	AB	
	シュミットハンマー法	A	A	A	BC	A	B	
	コア採取 シュミットハンマー併用法	AB	AB	AB	AB	AB	AB	
中性化深さ測定	はつり法	A	B	B	A	B	A	
	小径ドリル法 (削孔粉法)	C	A	A	AB	A	AB	
	中性化用コア法 (割裂面)	A	C	C	AB	B	B	
	兼用	圧縮強度測定用 コア併用法 (割裂面)	B	C	C	AB	B	B
		塩分量測定用 コア併用法(表面)	C	C	B	BC	B	BC
塩分含有量測定のための 試料採取	塩分量測定用コア法	A	B	B	A	B	A	
	小径ドリル法 (削孔粉法)	C	A	A	A	B	B	
かぶり厚さ測定	電磁波法	RCレーダ (商品名)	A	B	AB	A	B	AB
		過流 探傷法	プロフォメーター (商品名)	A	A	A	AB	A
	配筋探査システム (商品名)	B	A	A	B	AB	B	

耐久性評価手法として有効な手法を太字で表わす

(評価表)

ランク	項目	実績	簡便性	作業能率	精度	コスト	現状評価
A		有	良	良	良	安	有効
B		一部有	普通	普通	普通	普通	一部制限がある
C		無	悪	悪	悪	高	制限がある

7. 経年変化評価手法の開発

7.1 余寿命評価手法

7.1.1 中性化の進行による鉄筋腐食確率の予測

中性化深さと鉄筋のかぶり厚さのばらつきの測定結果と各測定結果のばらつき幅に基づいて、信頼性工学手法を用いた中性化進行と中性化による鉄筋腐食の予測評価を行った。

通常、鉄筋コンクリート構造物は、使用材料、施工程度、環境条件および使用条件などにより、その建物固有の中性化速度式を持っている。

コンクリートの中性化深さ C_t は時間 t の関数であり、一般的には以下の式で表される。

$$C_t = A\sqrt{t} \quad (A : \text{中性化速度係数})$$

従って、ある経過時間 t_1 における中性化深さ C_{t_1} の測定値から、定数である中性化速度係数 A を求めることができ、以後の中性化進行予測が可能となる。また、鉄筋のかぶり厚さから鉄筋位置まで中性化が到達する時間が計算でき、今後何年すると鉄筋が腐食し始めるかが推定できる。

また、経時的な中性化の進行のばらつきおよび鉄筋のかぶり厚さのばらつきがほぼ正規分布することを基に、中性化深さの平均値と変動係数、及び鉄筋のかぶり厚さの平均値と標準偏差を用いて、鉄筋が腐食する確率を求め、これを耐久性の指標として、鉄筋の腐食確率と劣化症状の程度からその建物の重要度に応じた鉄筋の腐食確率 P (%) に到るまでの寿命予測を行った。鉄筋の腐食確率 (%) は 3 % (少数の微少なひび割れ)、7 % (各所にひび割れ、少数の剥離・剥落)、15 % (各所に剥離・剥落や鉄筋露出) の 3 通りについて行った。尚、() 内の劣化症状は目安である。

本章では、主要な施設建物の中性化進行による鉄筋腐食の予測結果を表 7.1.1 に示す。この予測には図 7.1.1 - 1 ~ 7.1.1 - 3 に示した小ドリルの中性化深さ測定結果と RC レーダーによるかぶり厚さの推定結果を使用した。

計算は、竣工後経過年数を 300 年まで行い、300 年を超えない場合はその計算値から建物の経過年数を差し引いた値を示し、300 年を超える場合は 300 年から建物の経過年数を差し引いた値を示した。

中性化により鉄筋が腐食するのは、調査した建物のいずれの場合も腐食確率 3 % としても 300 年を上回る年月が経過した後であると推定され、これらの建物の鉄筋が中性化によって腐食する可能性は将来殆んどないと考えられる。ただし、これは中性化

の進行を抑制している塗膜が将来にわたって健全であるという前提で成り立つのであり、そのためには、今後も塗膜のメンテナンスが不可欠であることを付け加える。

表 7.1.1 主要な施設建物躯体外壁コンクリートの中性化進行による寿命予測結果

建物名	プルトニウム燃料第三開発室 (第3Pu) FBR 棟			高レベル放射性物質研究施設 (CPF) 研究棟			ユーティリティ棟 (UF)		
建物経過年数	11年			15年			12年		
調査位置	東側外壁			北側外壁			北側外壁		
仕上げ	アロンオール			アロンオール			アクリル樹脂エマルジョン系複模様吹付		
平均かぶり厚さ [] (cm)	10.2 [2.35]			3.9 [0.87]			5.8 [1.59]		
平均中性化深さ [] (cm)	0.60 [0.232]			0.08 [0.016]			0.11 [0.056]		
中性化速度	C = 0.1809 t			C = 0.0207 t			C = 0.0318 t		
鉄筋の腐食確率設定値 (P%)	3	7	15	3	7	15	3	7	15
P%に到達するまでの年数	289年以上	289年以上	289年以上	285年以上	285年以上	285年以上	288年以上	288年以上	288年以上

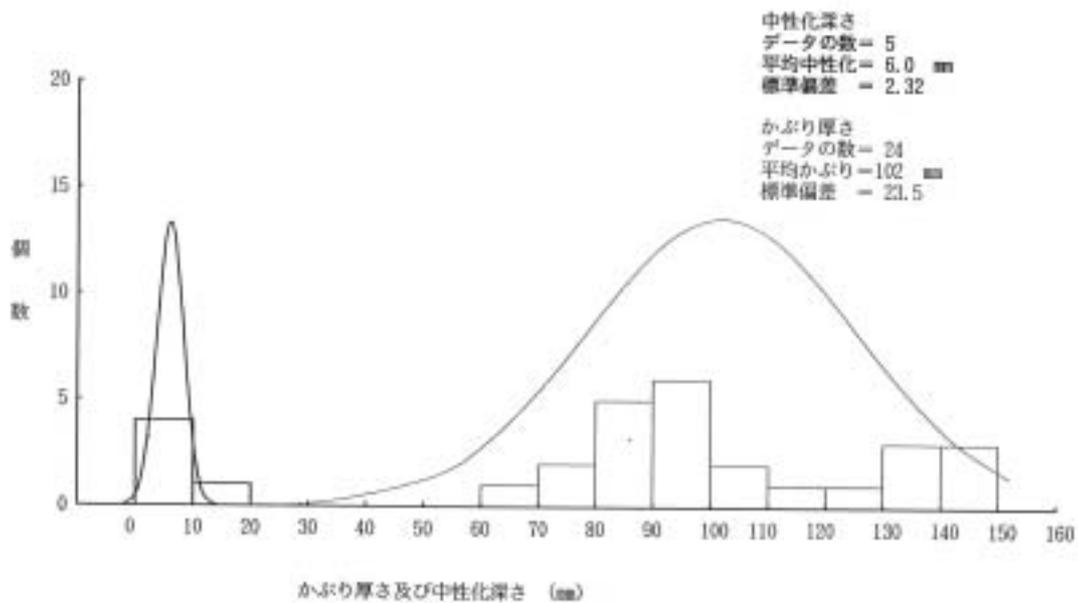


図 7.1.1 - 1 かぶり厚さ及び中性化深さ正規分布 (プルトニウム燃料第三開発室)

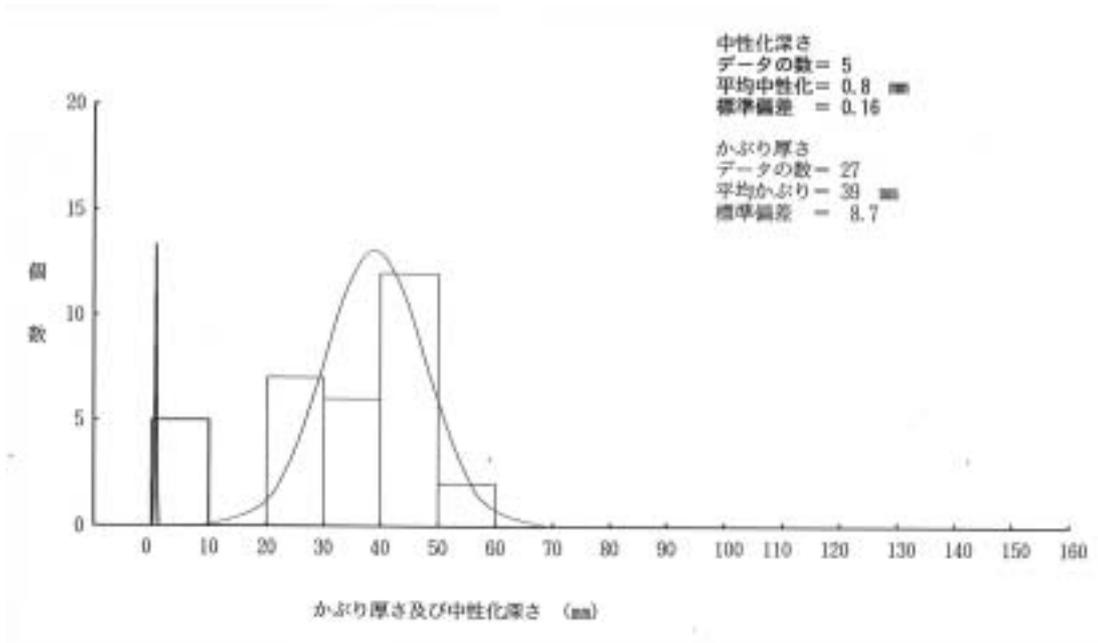


図 7.1.1 - 2 かぶり厚さ及び中性化深さ正規分布（高レベル放射性物質研究施設）

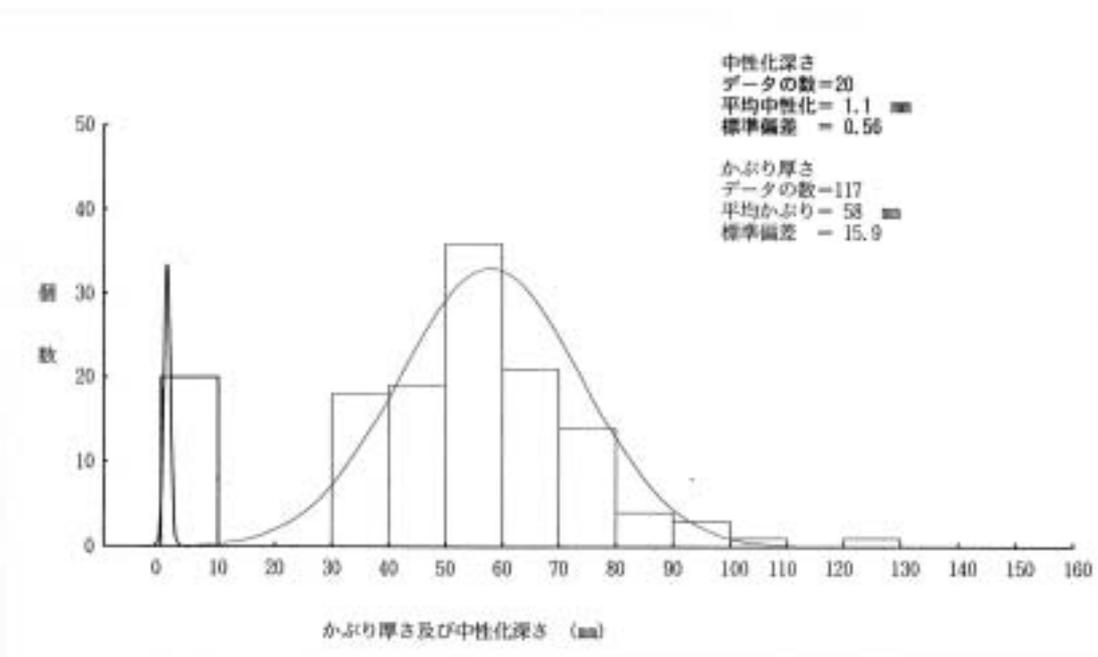


図 7.1.1 - 3 かぶり厚さ及び中性化深さ正規分布（ユーティリティ棟）

7.1.2 塩化物イオンの浸入による鉄筋の腐食開始時期の予測

コンクリート中で鉄筋位置の塩化物イオンの量が増大し、ある値を超えると鉄筋が腐食し始める。ただし、塩化物イオンによる腐食の場合、腐食が始まった後、コンクリートのひび割れや剥離に到るまでには相当の時間が必要である。言い換えれば、中性化の場合に比べて鉄筋の腐食速度は相当に遅い。評価法としては、塩化物イオンの進入量の調査結果に基づいて、鉄筋位置の塩化物イオンが限界値となり腐食が始まるまでの時間を推定する。

塩化物イオンにより鉄筋が腐食し始める限界値は、厳密には複雑な問題であるが、建築学会 J A S S 5 や土木学会コンクリート標準示方書に示されている許容値は通常 $0.3\text{kg}/\text{m}^3$ 、特定の条件下で $0.6\text{kg}/\text{m}^3$ である。しかし、これは鉄筋を負傷させないための許容値であり、これらの値では通常鉄筋は腐食しない。

コンクリート中の塩化物イオンは、セメント水和物に固定されることが知られており、固定されていない自由な塩化物イオンのみが鉄筋の腐食に寄与する。セメント水和物に固定される塩化物イオンの量はセメント重量の 0.4% 程度であり、単位セメント量を $300\text{kg}/\text{m}^3$ とすると $1.20\text{kg}/\text{m}^3$ となる。したがって塩化物イオンの量が、この値を上回ると腐食の可能性が高くなり、この値を限界値とする考え方も有力である。

上記の考え方に基づき、限界値を $1.20\text{kg}/\text{m}^3$ とした場合、コンクリート重量の 0.052% となる。これらの限界値を基に、以下の考え方で鉄筋の腐食が始まるまでの時間を推定する。

塩化物イオンが外部からコンクリート中へ進入する場合、雨水による表面からの塩化物イオンの流出などの影響を考慮しない時には、ほぼ拡散則が成り立つ。拡散則が成り立つ時には塩化物イオンの限界値となる位置 (C_t) では、中性化深さと同様に下式のようになる。

$$C_t = A\sqrt{t} \quad (A : \text{限界塩化物イオン量位置進入速度係数})$$

以下、コンクリートの中性化の場合と同様にして、限界塩化物イオン量位置侵入速度係数 A を求め、信頼性工学の考え方から、鉄筋位置まで限界塩化物量が到達する期間を計算し、鉄筋が腐食し始める確率を求めて、その建物の重要度に応じた鉄筋の腐食確率 $P(\%)$ に到るまでの時間の推定を行った。この推定は、海岸の壁(東側)についてのみ行った。

評価方法については、ユーティリティ施設で得られたデータを基に例示する。推定に使用したコンクリート内への限界塩化物イオン量侵入深さは、小ドリルにより測定

したコンクリート深さ 6.5cm までの3つの全塩化物イオン量を、0.5 cm～2.5 cm を 1.5 cm、2.5 cm～4.5 cm を 3.5 cm、4.5 cm から 6.5 cm を 5.5 cm として、図 7.1.2 のようにプロットし、これと全塩化物イオン量 0.026%および 0.052%の腐食限界値と交わったコンクリート表面からの距離とした。ただし、全塩化物イオン量 0.026%および 0.052%の腐食限界値と交差していない場合は、単回帰分析により外挿してコンクリート内への限界塩化物量侵入深さを求めた。

限界塩化物イオン量侵入深さの予測結果を表 7.1.2 に示す。塩化物イオン量の限界値を 0.052%とした場合、算定不能である。これは今の所かぶり厚さの範囲で 0.052%となる所が存在しないためである。言い換えれば、限界値を 0.052%とすれば、将来にわたって鉄筋位置で塩化物イオン量が限界値となる可能性は極めて低いと推定される。比較のため、塩化物イオン量の限界値を 0.026%とした場合の結果は、腐食確率 3%に達するのに要する時間は 41 年となる。腐食確率 15%では、94 年となる。尚、限界値 0.026%は、あまり現実的な値とは考えにくく、限界値としては、0.052%のほうが妥当であり、調査した建物の鉄筋が塩化物イオンによって腐食する可能性は将来にわたって低いものと推定される。

上記のように、コンクリート中への塩化物イオンの侵入が少ないのは、塗膜によって塩化物イオンの侵入が抑制されているためであり、将来にわたって、塩化物イオンによって鉄筋が腐食する可能性が低いとする推定も塗膜が健全であるという前提で成り立つ。したがって、これら建物の耐久性を保持するためには、塗膜の維持管理が重要な予防保全対策となる。

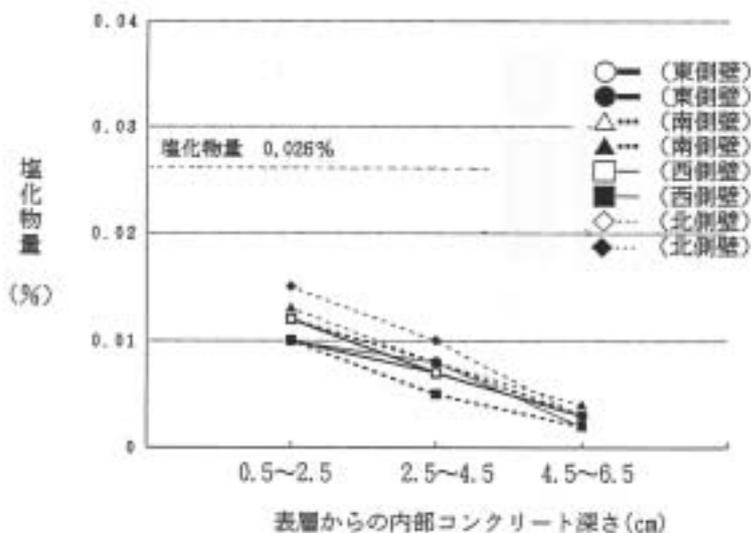


図 7.1.2 全塩化物浸透傾向 (ユーティリティ棟)

表 7.1.2 塩化物イオン浸透による鉄筋腐食開始時期予測

建物名	プルトニウム燃料施設 ユーティリティ棟			
建物経過年数	11年			
調査位置	外壁			
仕上げ	アクリル樹脂 エマルジョン系			
平均かぶり厚さ [] (cm)	10.2			
腐食限界値 [全Cl ⁻ 量] (%)	0.052	0.026		
腐食限界値の 平均深さ [] (cm)	算定不能	2.13		
腐食限界位置の 侵入速度	算定不能	0.642		
鉄筋の 腐食開始確率 設定値 (P%)	算定不能	3	7	15
P%に 到達するまでの 年数	算定不能	41年	62年	94年

: 侵入塩化物イオン量が、腐食限界値に到達しないために算定不能。

: 腐食限界値の平均深さの変動係数 (V) は中性化とほぼ同様と仮定し、0.4とした。

7.2 耐久性評価手法

施設の健全性や耐久性能を評価する手法には、様々な提案がなされており、その殆んどが数値化された基準で専門的な知識を必要とすることから、施設の保全担当者が、経年調査等の結果を保全計画（活動）に反映させにくく、施設の性能余力がどの程度なのか正しく理解されない場合が多い。

また、施設保全管理者及び担当者でも、理解できる手法を構築するとともに、情報公開を念頭にした施設の耐久性や安全性をわかり易く説明する手法も必要であった。

施設建物耐久性能評価するにあたり、性能グレード分類の検討として施設耐久性能をわかりやすくするための主要な性能評価項目を選定し、それぞれの性能項目に対して数値化区分したグレード分類を設け、目安的な耐久性能評価ができるよう標準的な性能グレードを設定した。（表 7.2 耐久性能評価性能グレード分け：5 項目評価参照）

次に、ビジュアル化に対する配慮として、施設の性能をわかりやすく表現するために、レーダーチャートグラフを用い、また、経年情報として公開されることを念頭においた十分な視覚的効果が得られるシンプルなグラフ構成とするため、明視性を向上させるためグラデーション技法を用いた色塗り等を行った（図 7.2 施設建物耐久性能図（Web 型経年変化情報データベース）参照）。

本評価手法を用いたことにより、施設全体の耐久性能が図形の大きさより一目で把握できるとともに、どのくらいの性能レベルかが 1 枚のグラフで理解できる、また、データベースのデータ素材としてコンパクトに取扱えるため、経年情報としてインターネットなど多様に用いることができる。

添付資料：資料 4 に 5 項目評価により基づいた耐久性能レーダーチャート 48 施設を載せてあるので参照されたい。

表 7.2 耐久性能評価性能グレード分け：5 項目評価

性能グレード						
コンクリート強度 (kgf/cm ²)	400以上	300以上 ~400未満	210以上 ~300未満	180以上 ~210未満	150以上 ~180未満	150未満
中性化 速度係数	0.1以下	0.1以上 ~0.2未満	0.2以上 ~0.4未満	0.4以上 ~0.6未満	0.6以上 ~0.8未満	0.8以上
鉄筋位置の 全塩化物量 (vol%)	0.01以下	0.01以上 ~0.026未満	0.026以上 ~0.04未満	0.04以上 ~0.052未満	0.052以上 0.07未満	0.07以上
かぶり厚さ	6以上	5以上 ~6未満	4以上 ~5未満	3以上 ~4未満	2.5以上 ~3未満	2.5未満
鉄筋腐食	腐食グレード 0		腐食グレード	腐食グレード	腐食グレード	腐食グレード 以上
耐久性能 (目安)	長期的に 十分ある	十分ある	ある	標準的な 性能	やや劣る	劣る
劣化速度 (目安)	遅い					速い

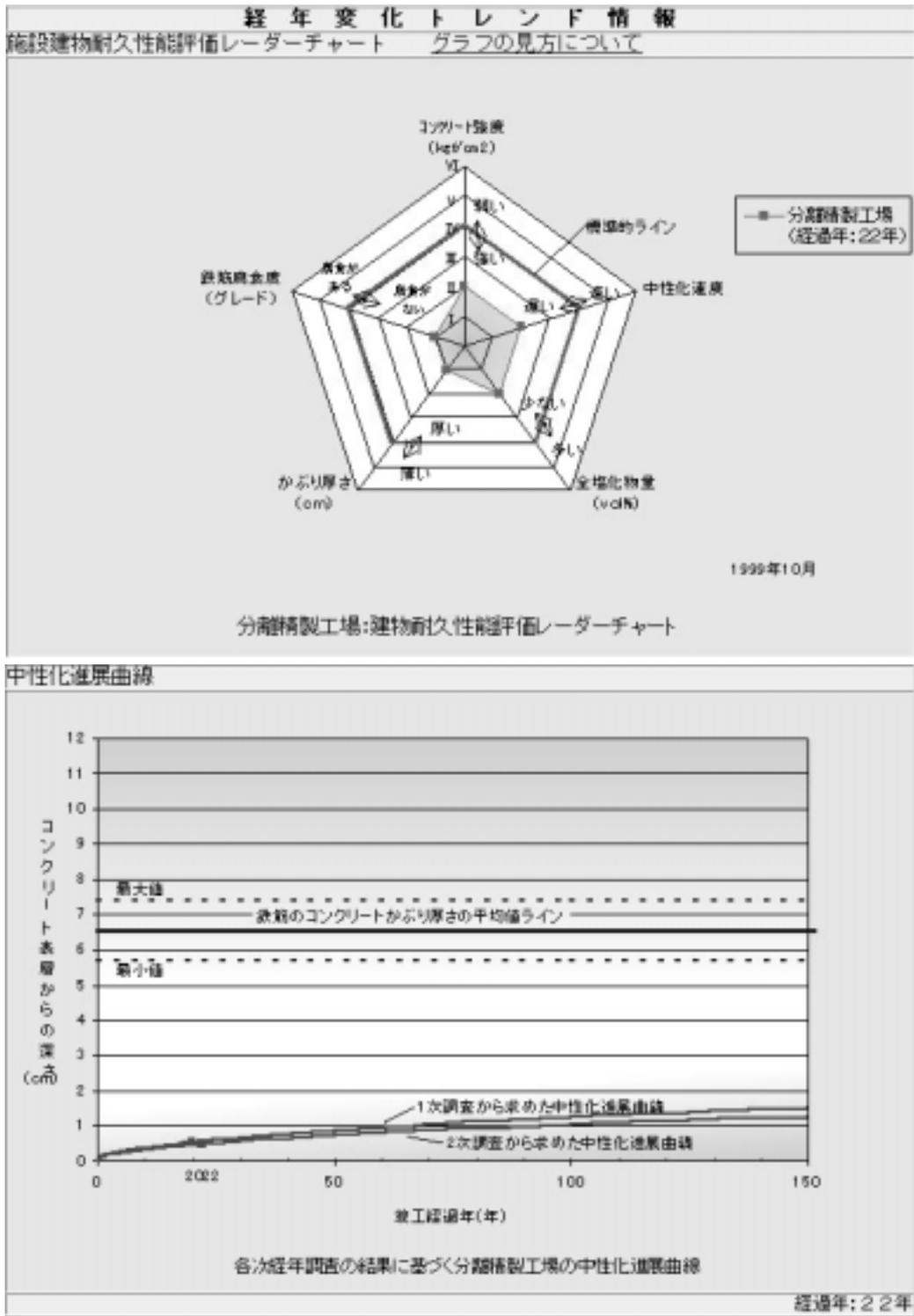


図 7.2 施設建物耐久性能図 (Web 型経年変化情報データベースより)

7.3 モニタリング手法

施設建物の維持管理技術として、構造物を破壊することなく測定できる非破壊試験方法の適用を検討するため、現地試験で様々な試験を行ってきた。その結果、躯体強度測定についてはコア採取、シュミットハンマー併用法を、中性化深さ測定及び塩分含有量測定では小径ドリル法が有効であることを6章で述べた。

ライフサイクルコストの低減化の観点から、今後、予防的な点検対応も求められるようになるため、コンクリート部材のうち、鉄筋と外装材のモニタリング手法について本章で述べる。

7.3.1 鉄筋の腐食度モニタリング

定期的にかぶりコンクリートのハツリを行って、内部鉄筋の腐食状況を調べる方法では、部分的であっても、躯体を破壊するため建物の耐久性上好ましくない。そこで、鉄筋が維持している自然電位の変化を随時測定が可能となるように、コンクリート表面の原位置で継続的に測定を行なうプラグとキャップを設けた(図 7.3.1 - 2 電位測定口参照)。電位測定時には、躯体表面にとりつけたプラグをはずし電極ホルダーの先端部分を電位測定口のフェルトチップを介して、コンクリート面にあて一方を導通端子に接続させて測定を行うものである(図 7.3.1 - 1 自然電位測定法の概要図参照)。

現地測定では、入力抵抗の異なる2種類の電位計を用いて比較試験を行い両者に測定値の差は認められなかったため、可搬型デジタルマノメーターを用いて継続的な測定及び評価を行っている。

本モニタリング法により、以下のメリットがある。

- ・ 躯体コンクリートを破壊することなく、鉄筋の腐食状況を数値により、簡便に把握することができる。
- ・ プラグを定点として、追跡(変動)調査が容易に行うことができる。
- ・ ハツリ法に比べて計測範囲(対象範囲)が広くなり、鉄筋腐食の経年変化もグラフ化によりわかり易くなる。
- ・ 鉄筋防錆処置等の補修時期の設定が適切にできる。
- ・ 調査費用も低減できる。

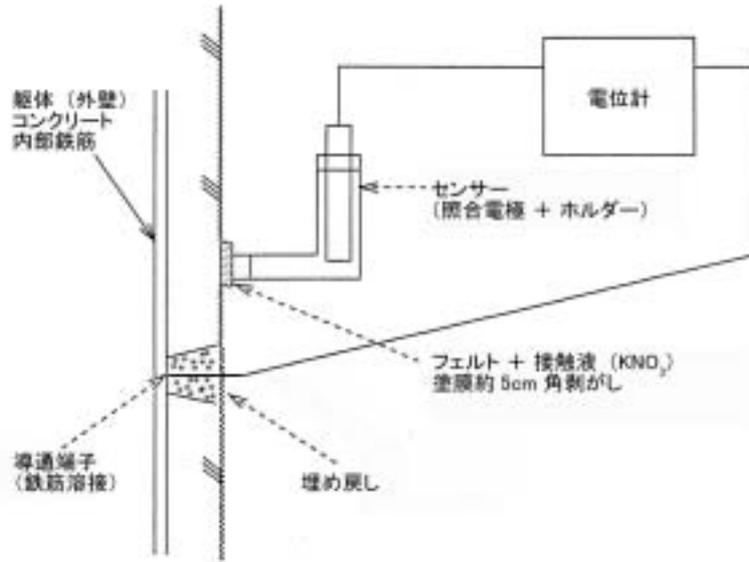


図 7.3.1 - 1 自然電位測定法の概要図

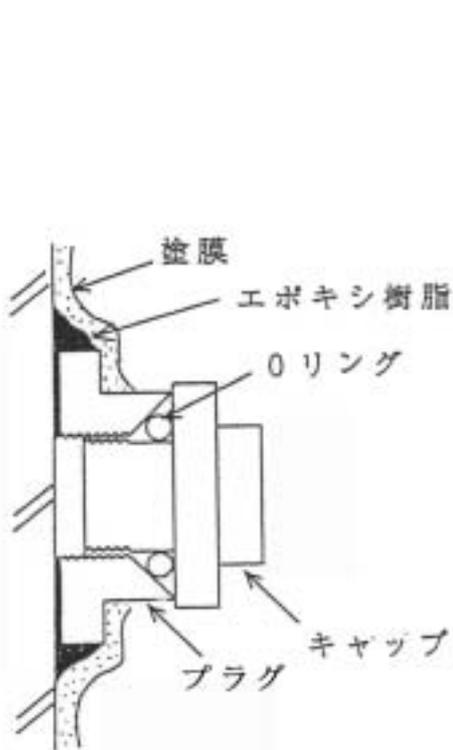


図 7.3.1 - 2 電位測定口

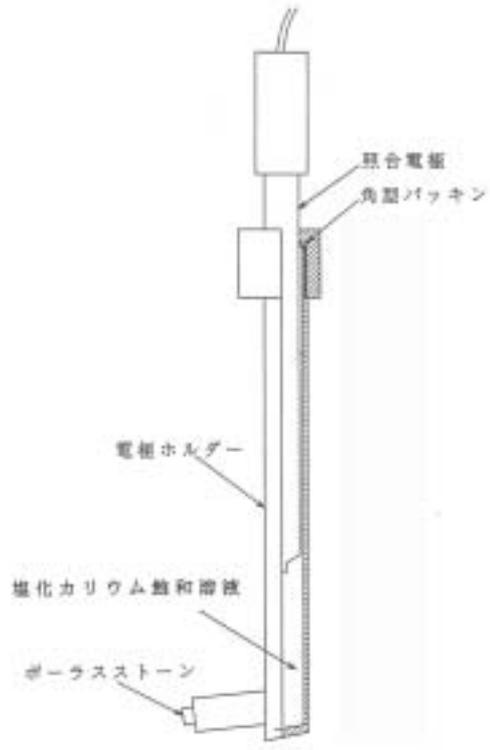


図 7.3.1 - 3 電位測定用電極ホルダ

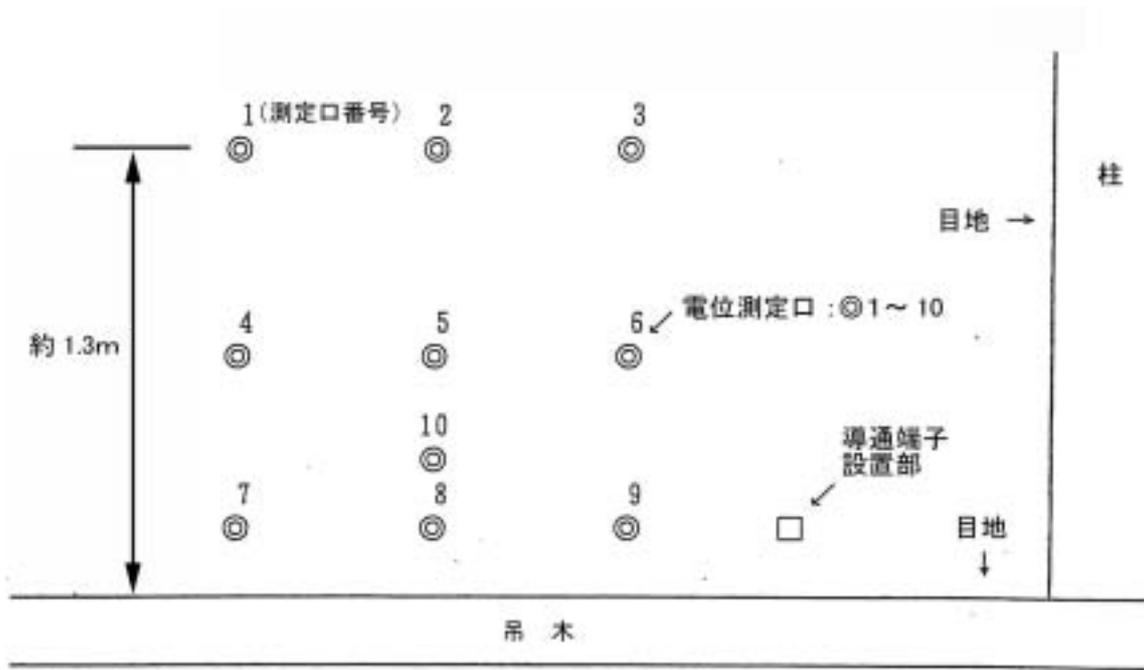


図 7.3.1 - 4 躯体（外壁）に設置した電位測定口及び導通端子の状況図

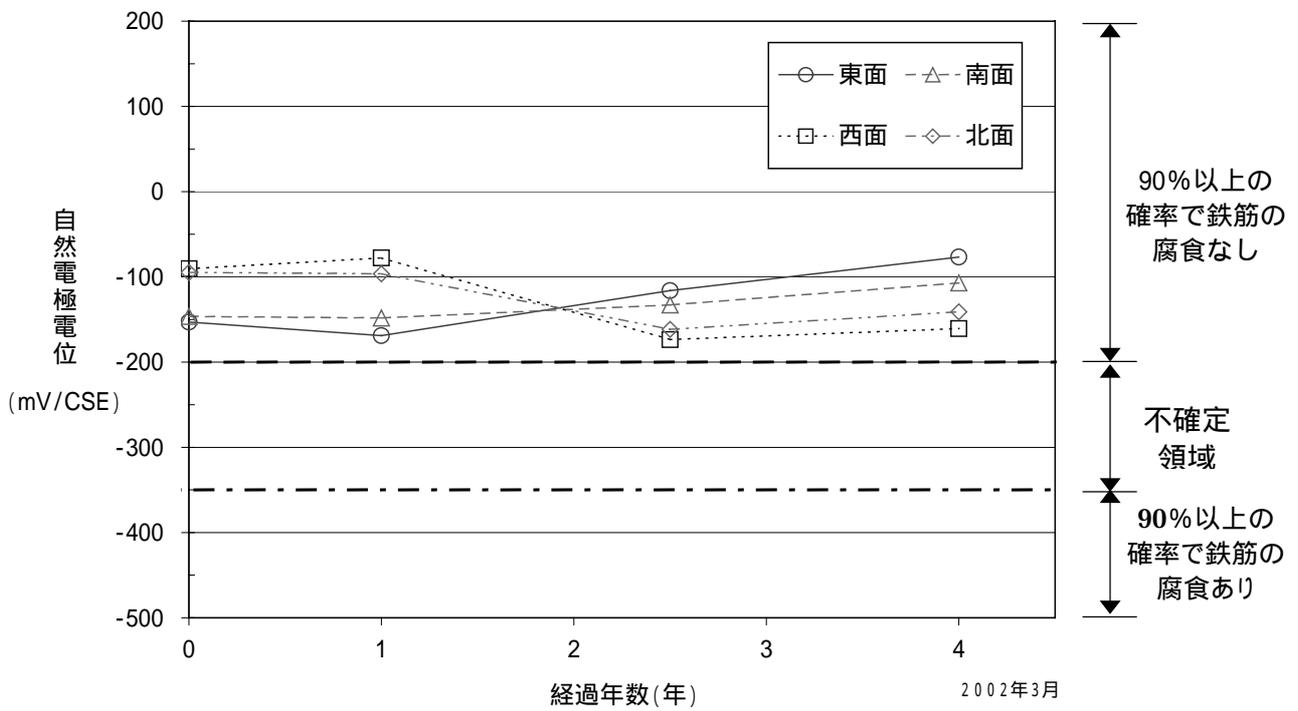


図 7.3.1 - 5 電位の経時変化（東、南、西、北面平均値）

7.3.2 外装材モニタリング

建物の維持保全上、施設解体までには外壁改修を数回実施することになるが、その保全計画の策定に際しては施設管理者等が具体的に設定する必要がある。

外装材の寿命は環境条件や外装材の質の程度、立地条件によって寿命に差が出るため、この劣化外力をできるだけ正確に算定できれば、外装材の実耐用年数を決定することができる。

そこで、核燃料施設建物の外壁改修時に、外装材の経年劣化を把握するために行う調査や試験を簡便に行うためのモニタリング試験体を製作し数箇所既存の外壁面に設置した。試験体の製作にあたり、配慮した主な点を下記に示す。

分離精製工場（ベルウォール）の場合：東側 1 箇所

- ・形状の検討

改修施工法と同じ要領で試験体を製作することはもちろんのこと、製作直後の乾燥収縮による減厚を考慮し、設置する既存の外壁面において試験体の凹凸が目立たぬよう改修後の厚さと同一になるように製作した。

- ・試験体着脱方法の検討

設置した試験体を経年後、各種物性試験のため取り外す際に、試験体の減肉または破断が生じないように離型処理を行ったアクリル板上に外装材をふき、硬化後、試験体を 1 枚ごと外壁にプラグ止めした。

- ・設置位置の検討

既存の外壁に試験体を設置するため、防水性能等を損なうことのないよう十分なシーリング処理を行い、また、雨が地面より跳ね返らぬ位置、立地環境のきびしくなる東面（海塩粒子の飛来）に設置した。

また、改修施工表面のパターンが凸凹状である事から、任意の時期に色差及び光沢度を測定できるよう平滑面（表面劣化簡易測定面）を設けた。

第二ウラン貯蔵所（アクリトーン）の場合：東西南北各 1 箇所

試験体を外壁改修面にプラグを用いて取付けてある。

プルトニウム廃棄物処理開発施設（アロンウォール）の場合：西面 1 箇所

トップコート吹きのための主材上にステンレス板を取り付け、改修工事で実施している主材玉吹きを仕様どおりに吹付け、外壁全面のトップコート仕上げ時にモニタリング試験体も同時に吹いている。

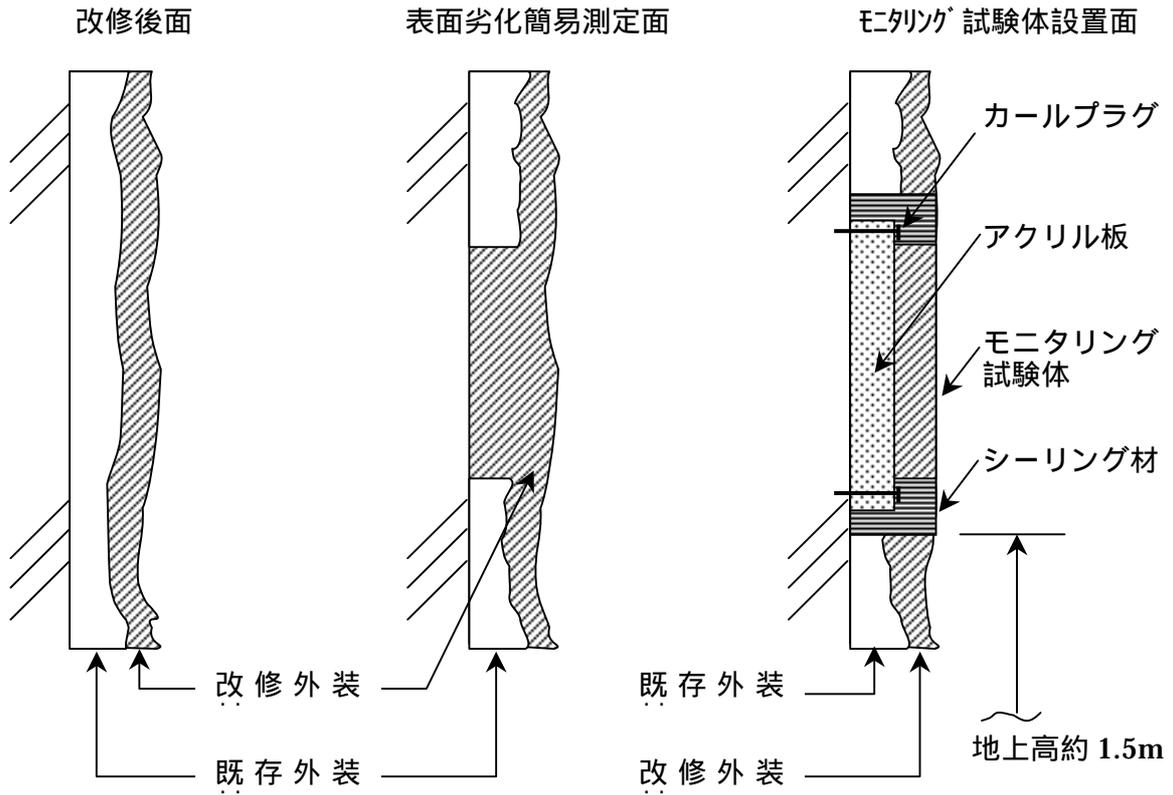


図 7.3.2 外装材モニタリング試験体設置断面図
(ばくろ試験状況：分離精製工場の場合)



写真 7.3.2 - 1 外装材モニタリング試験体設置状況写真
(分離精製工場)



写真 7.3.2 - 2 外装材モニタリング試験体設置状況写真
(第二ウラン貯蔵所)

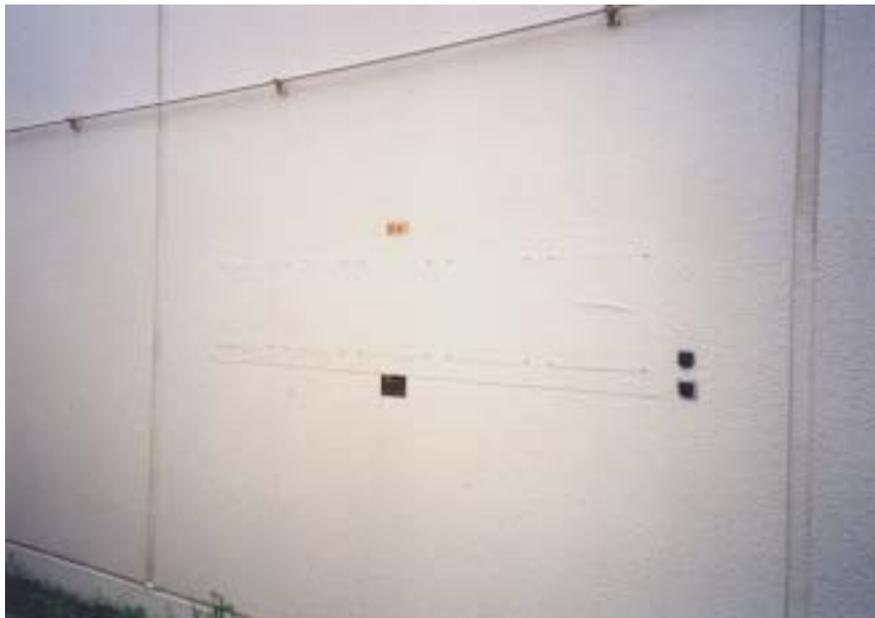


写真 7.3.2 - 3 外装材モニタリング試験体設置状況写真
(プルトニウム廃棄物処理開発施設)

外装材モニタリング試験を行うことにより、改修期の外装材を破壊採取することなく、外装材の経年変化測定を実施することができるとともに、試験体による試験結果の各種データから、実際の改修部材の耐用寿命と改修時期の設定、寿命予測や劣化傾向の把握等ができる。尚、新築時においても、本モニタリング方法は対応可能である。

7.4 現地調査（トレンド調査）の実施

施設建物の経年変化傾向を把握するため、主要な核燃料施設建物を対象に1次調査から4～6年後に2次調査を実施するとともに、各種調査手法の妥当性評価も合わせて行った。

7.4.1 コンクリート推定強度

主要な核燃料施設建物の2次調査（以下「トレンド調査」という）では、コア採取シュミットハンマ併用法を用いて施設固有の強度推定式をそれぞれ求め、施設建物の推定強度を算出しているが、コア採取を行わなかった施設建物は1次調査で求めた推定式より強度を算出している。

図7.4.1は1次調査と2次調査で得られたデータを基に求めた推定強度をプロットした図である。

図7.4.1より、比較的变化のある施設建物を評価すると、2次調査のコア強度が大きくなったため推定強度が上方側にスライドした施設建物（プルトニウム燃料第三開発室、高レベル放射性物質研究施設）と、1次調査と2次調査の測定位置が違い、1次調査で求めた強度推定式を用いたため、推定強度が下方側にスライドしている施設建物（分離精製工場）を除けば、反発度の1次データと2次データは全施設ともほぼ同等で、測定数等のばらつきを考慮すると5年程度の経過では強度の低下はないものと考えられる（表7.4.1 主要な核燃料施設建物反発度測定トレンド結果）。また、プルトニウム燃料第三開発室、高レベル放射性物質研究施設は、コア強度の平均値が50kgf/cm²程度増えた分だけ推定強度も増加している。この増加について、10年経過のコンクリート構造物で強度の発現がこの時期あるとは考えにくいので、コア採取位置におけるばらつき幅であると判断される。

尚、推定強度の評価時において、コア強度のばらつきや反発度測定位置のばらつきが推定強度に反映されることに注意しておく必要がある。

以上のことから、1次調査から2次調査までの3年～6年の経年では、強度のデータ低下が殆んど無く、また躯体強度測定のトレンド周期は10年程度が適当と考えられる。

添付資料：資料5にトレンド調査対象施設の推定強度分布図を載せてあるので参照されたい。

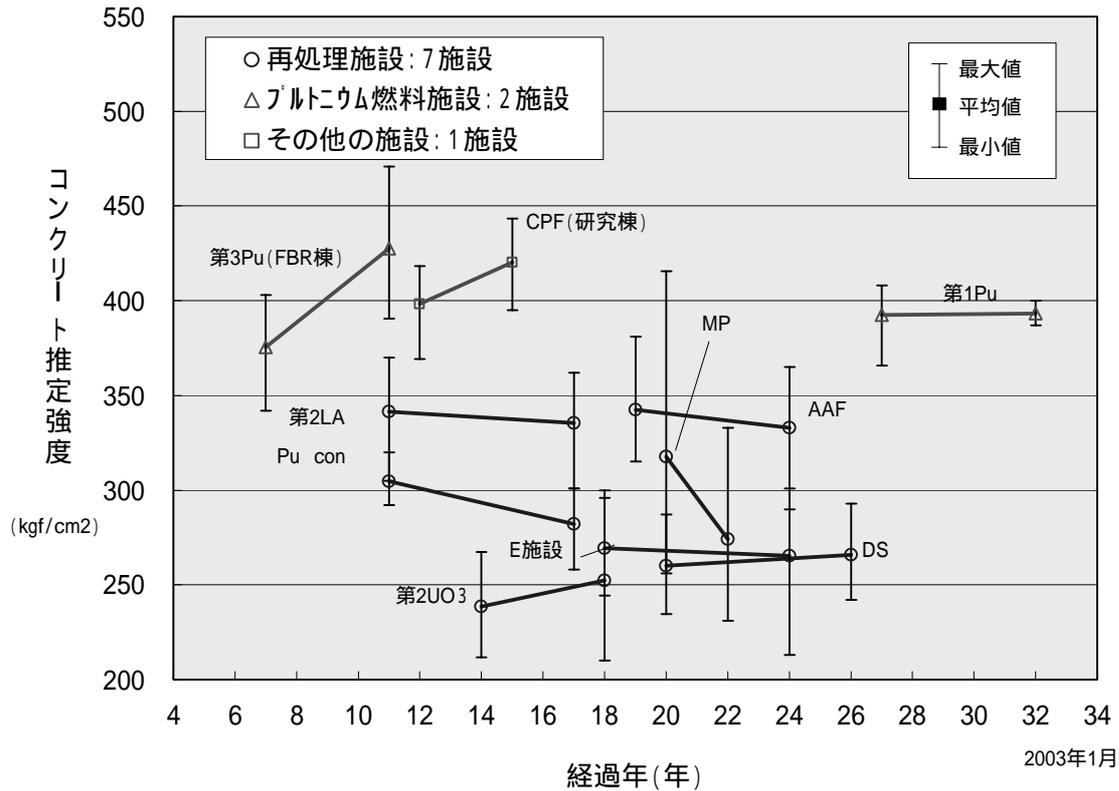


図 7.4.1 東海事業所：コンクリート推定強度の経年変化

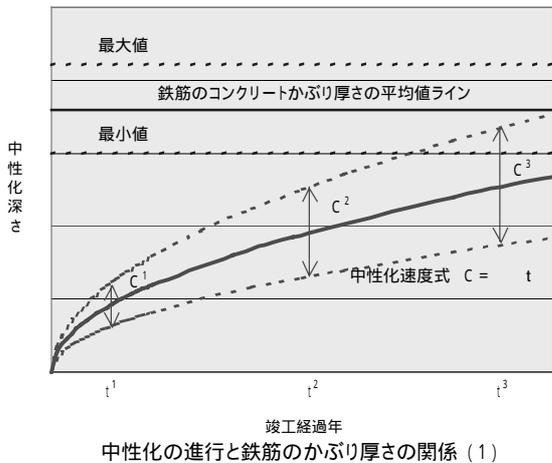
表 7.4.1 主要な核燃料施設建物反発度測定トレンド結果

施設名	トレンド期間	1次調査		2次調査	
		反発度範囲	推定強度範囲	反発度範囲	推定強度範囲
MP	2年	50.0 ~ 58.0	256.0 ~ 415.5	43.4 ~ 51.4	231.0 ~ 333.0
AAF	5年	46.2 ~ 55.2	315.3 ~ 381.0	45.1 ~ 52.6	290.0 ~ 365.0
DS	6年	45.7 ~ 52.9	234.6 ~ 287.2	47.4 ~ 52.5	242.0 ~ 293.0
E	6年	42.1 ~ 49.7	244.3 ~ 299.8	39.6 ~ 48.4	213.0 ~ 301.0
第2UO ₃	4年	44.5 ~ 52.1	211.9 ~ 267.3	44.5 ~ 53.1	210.0 ~ 296.0
第2LA	6年	45.5 ~ 52.0	305.0 ~ 370.0	45.1 ~ 51.2	301.0 ~ 362.0
Pu con	6年	42.2 ~ 46.0	292.1 ~ 319.8	40.0 ~ 43.3	258.0 ~ 300.9
第1Pu	5年	49.4 ~ 55.2	365.6 ~ 408.0	53.4 ~ 54.7	387.0 ~ 400.0
第3Pu (FBR棟)	4年	47.3 ~ 52.0	341.9 ~ 403.0	44.8 ~ 51.0	390.4 ~ 471.0
CPF (研究棟)	3年	47.3 ~ 54.0	369.3 ~ 418.2	45.5 ~ 52.1	395.2 ~ 443.3

7.4.2 コンクリート中性化深さ

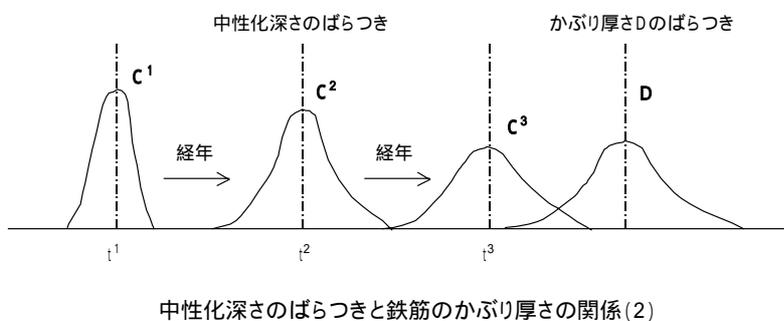
トレンド調査は小径ドリルによる削孔粉を用いた手法をベースに実施した。図 7.4.2 - 2 は施設建物の中性化深さの平均値を打放し施設と外装施設に分けてプロットした図である。

一般的には経年に伴ない中性化は進行し、中性化深さのばらつきは経年に伴ないばらつき幅が大きくなる傾向がある（図 7.4.2 - 1 中性化深さのばらつき分布と経年変化の模式図参照）。中性化深さの全体的なトレンド傾向は右肩下がり(下方側)に変化し、中性化が特に後退した第二ウラン貯蔵所と第二低放射性廃液蒸発処理施設について、1次調査データの表面状態の粗れた脆弱部分や乾燥収縮したひび割れ部での測定結果が多く反映され、2次調査データにはひび割れ部での測定結果が無いためと考えられる。両施設とも1次調査で外壁改修工事がなされた後、調査記録を用いてトレンド調査を同一箇所で行っているが、図 7.4.2 - 1 のようなばらつき幅と見なせばほぼ標準的な曲線上にあるとも判断できる（図 7.4.2 - 3 第二ウラン貯蔵所の中性化深さ分布図参照）。尚、理論上中性化が後退することは考えにくく、指示薬の誤差や外装材の影響もあるかもしれないが、今のところ明確には断定できない。このため、施設の中性化



状況を説明するには測定面の表面状態とばらつき幅がどの程度あるかに加えて、データ数が何点あったかが評価すべき点となり、測定者の違いにより誤差が出てしまう結果もあることに注意を要する。

以上の結果から、打放し施設は打放し施設の標準的中性化進展曲線上に、外装材がある施設は外装材がある施設の標準的中性化進展曲線上にあるため、トレンド調査を



実施した施設はほぼ一般的な中性化進展度と同等であると判断できる。

添付資料：資料 6 にトレンド調査対象施設の中性化進展曲線を載せてあるので参照されたい。

図 7.4.2 - 1 中性化深さのばらつき分布と経年変化の模式図

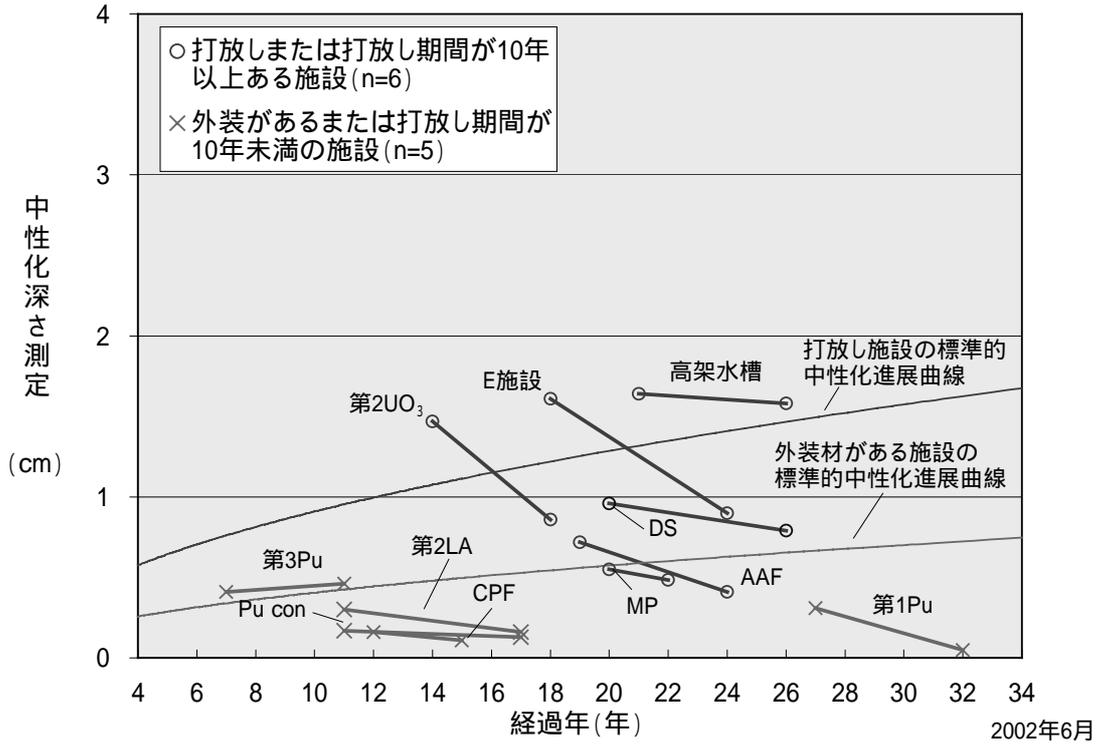


図 7.4.2 - 2 東海事業所：コンクリート中性化深さの経年変化
 (打放し施設と外装施設)

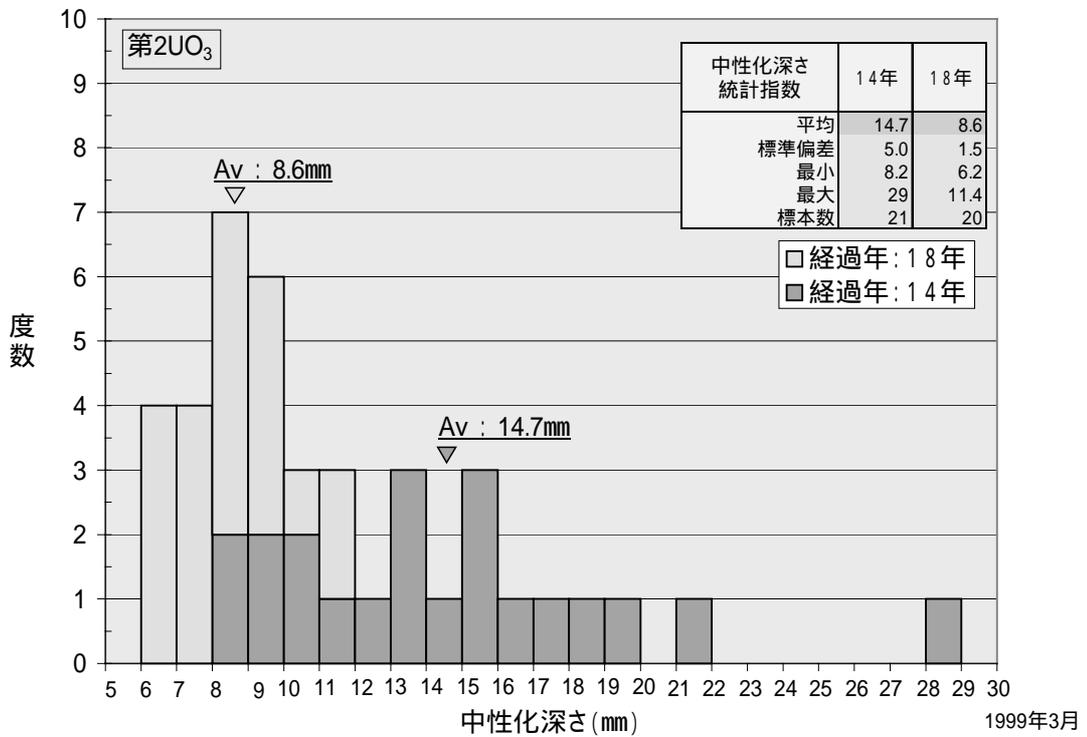


図 7.4.2 - 3 第二ウラン貯蔵所の中性化深さ分布図
 (JNC TN8420 99 - 007 より引用)

7.4.3 コンクリート塩分含有量

図 7.4.3 はコア採取法及び小径ドリル削孔粉採取法を用いて測定したコンクリート中の全塩化物量をプロットした図である。調査した施設建物によっては、飛来塩分が多く付着する東面のみデータの場と、東面・西面の2面のデータの場合及び4面データの場合があり、施設建物あたり1~5箇所の平均値を求めてデータをプロットしているため、ばらつき幅のあるデータと1点データとが混在しているが、ばらつき幅が0.01~0.02vol%あり最大値のトレンド比較に大きな変化は無いことから、経年変化傾向としては急激な塩分含有量の増加はなく、ほぼ横ばい傾向と判断できる。

但し、高架水槽の鉄筋腐食グレードは今のところグレード0~であり、目安値の塩化物量ラインを超えているため、コンクリート打放し部に対する保全行為を行う時期にあると判断できる。

理論上の固定化される塩化物量のラインとは、材料管理上の塩化物量から求める鉄筋腐食に關与しない塩化物イオン（固定されて挙動しない塩化物イオン）のコンクリート全重量に対する割合で、通常この塩化物イオン量では鉄筋は腐食しないとされる。

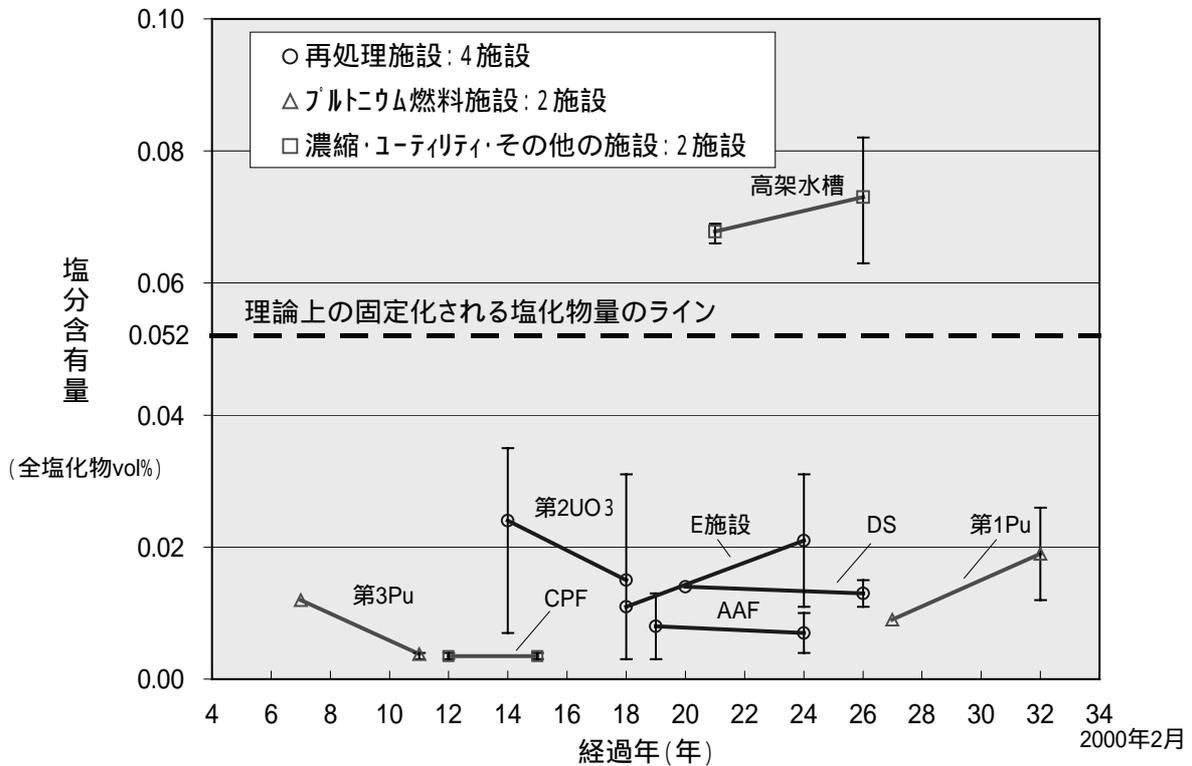


図 7.4.3 東海事業所：コンクリート塩分含有量（表層より4~6cmの深さ）の経年変化

8. 中長期保全計画策定方法

経年変化調査の結果、核燃料施設建物の地上外周部の健全性と耐久性は設計時に期待した性能を十分満足するものである。予防保全の観点から優先的に行う保全行為を決定するための手法として提案する、日常的な点検や定期点検等の状態監視に基づく中長期保全計画への展開方法について本章で述べる。勿論、耐久性能が十分確保され材料寿命が長いと判断されれば、保全行為に対する簡略化を図ることができる。

施設建物の保全目標は、災害の予防と安全性の確保、施設の性能保持(躯体保護機能の保持)、保全費の節減、快適かつ衛生的な環境の保持、美観の保持などであり、これらの目標に関する、建物の性能水準を計画どおり常時保つように保全を行わなければならない。具体的には、保全費を節減(ライフサイクルコストの低減) するため目標維持保全費の上限値設定を行い、計画的運用を行うこと等がある。

一般的に、保全費用が潤沢であることはまれで、限られた費用をいかに効率的に執行するか、優先順位をどうするかを考えなければならない。その場限りの、場当たりの費用の支出は費用の不足を招くことが多い。例えば、同様の症状が複数回発生した場合は、その都度の部分補修を行うよりも、全面的な補修を行ったほうが経済的で、建物トータルとしても望ましい結果となる。また、外壁に補修を行う場合のように、同様な仮設足場を必要とする補修を同時に実施したほうが全体としては経済的になる。このような判断を行うためには、定期的な保守・点検の記録や補修の記録などの情報の収集(保全状況の常時正確な把握) を行う必要がある。

経年変化対応策でまとめた保全対応は、日常的または定期的な点検などから合理的な修繕行為等が行える全体計画の策定までをまとめたものであるが、そのために必要な点検も、日常の安全性や居住性に関する点検、耐久性(構造上) に関する点検などに分けられ、補修の範囲も軽微な補修から大規模補修に至る場合もあり、これら様々な観点から、施設建物の保全計画を作成することとしている。

図 8 - 1 は、施設を運用するうえでの主な計画を体系的にまとめた図である。また、図 8 - 2 は施設建物の運用計画 / 利用計画の策定から始まる施設安定運転のための保全活動概略フローを示したものである。

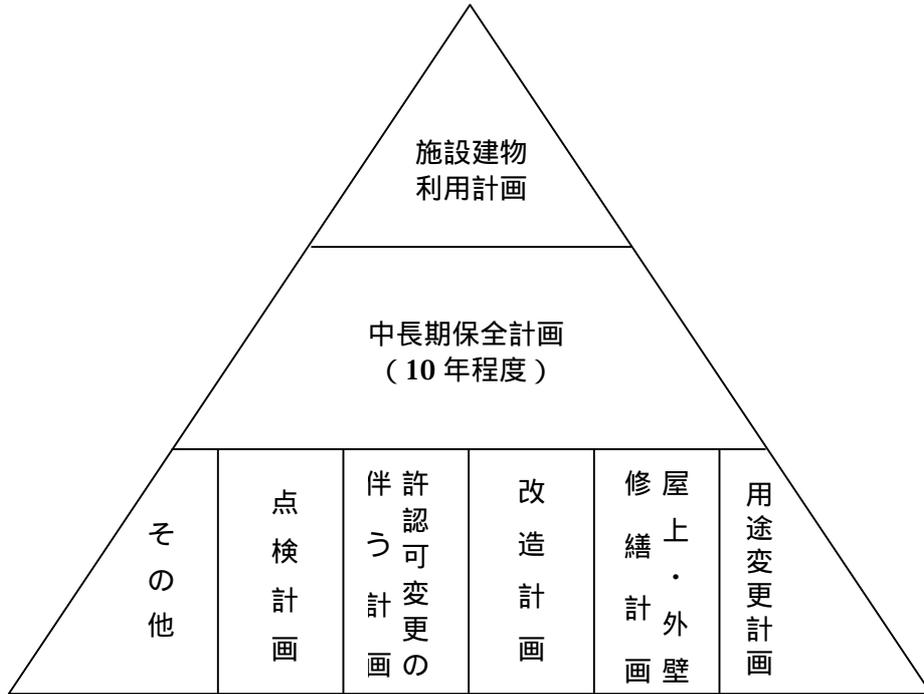


図 8 - 1 施設運用計画体系図

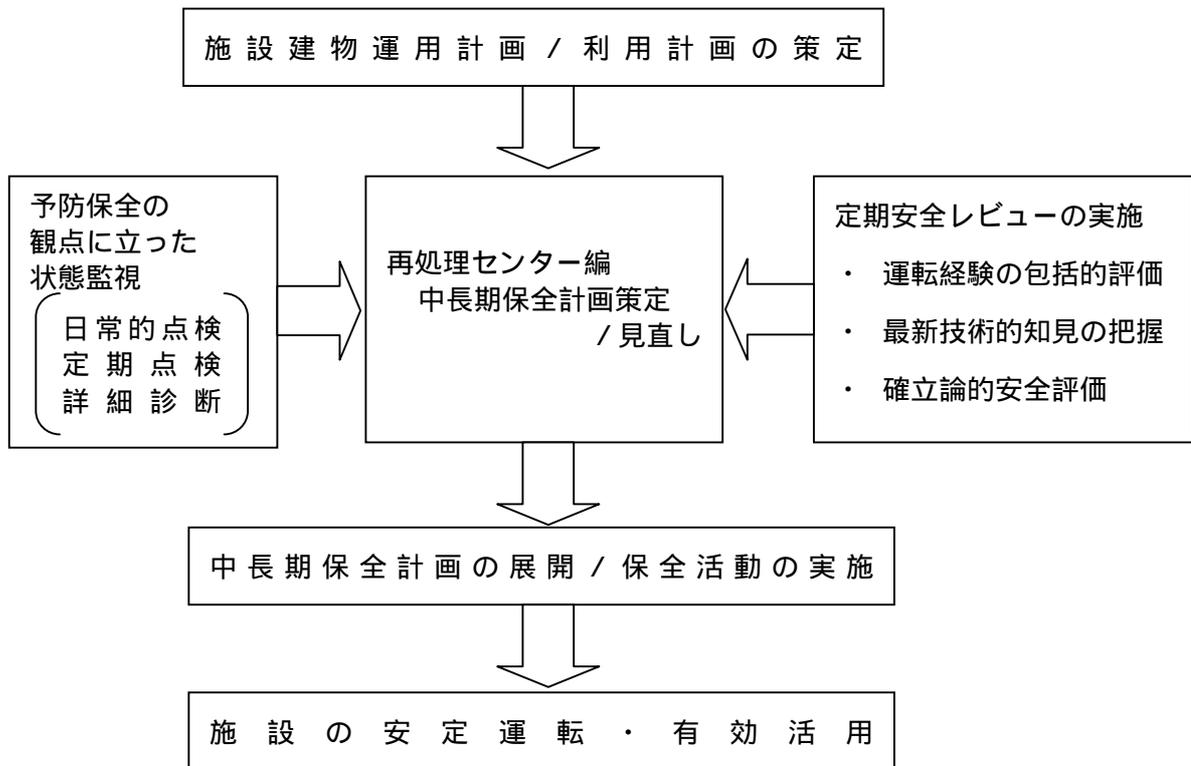


図 8 - 2 施設安定運転のための保全活動概略フロー図（再処理センターの場合）

施設建物維持管理における点検時の原則は、以下の2原則にまとめられる。

点検は、日常的点検及び定期点検は必ず行い、詳細調査は必要に応じて行う。

建物に発見された異状によって、生命や財産の危険または建物の機能の著しい障害が予想される場合には、直ちに応急の措置を講ずる。

ちなみに、日常的点検は、清掃、保安などに伴って行えばよく、定期点検は法令によるものとよらないものがある。また、臨時点検としては地震、強風、大雨などの後に行う必要がある。

点検実施にあたっての留意事項について、点検は、経常的補修（日常的な補修）以外の大規模な補修の要否が判断できる資料が得られればよいので、必要な範囲で調査を行う。尚、補修を行うことが決まれば、その設計や施工に必要な調査は追加して行うこととする。

8.1 日常的点検

日常的点検は、機能保全（日常における安全性の確保）の観点からできるだけ広い範囲を対象に、目視により日常的に確認できる各種の劣化（汚れ、ひび割れ、浮き、剥落、漏水、たわみ等）状況の概況を把握し、経常的補修の要否を判断するための資料を作成することを目的とする。

日常的点検の実施者は建物の管理者・利用者・その補助者、またはそれらの依頼を受けた者が日常的に適宜行う。

日常的点検の項目・方法として、できるだけ多くの劣化症状がとらえるように、また目視観察、打音あるいは指触などの簡易な実測のほか、必要に応じては現況と設計図書などとの照合・確認等の情報収集を行い、各種の劣化概況を把握することが大切である。

日常的点検結果の判定と措置については、点検の結果高次診断が必要となった場合、定期点検や簡易診断を行うものとし、必要な対応措置（保守に該当するような経常的補修の要否とその範囲を超える補修を行うための劣化診断の必要性を判断）が可能な軽微な損傷や不具合は適宜部分的に補修等を行う。

また、予想することができないような、大規模な劣化現象があつて、管理者、利用者などでは判断できない場合には、専門技術者の診断等を受けることも必要である。

日常的点検は、専門な知識・技術が十分でなくても実施できるので、調査時間や経費の節減を計る上でも、建物の事情に詳しい管理者・利用者またはその補助者が行うことが望ましい。

巻末の添付資料には、日常的点検で用いる劣化診断チェックリスト（資料7参照）と簡易診断で用いる劣化症状調査票（資料8参照）を添付してある。これは、工務担当者を対象にした日常的点検手法であるが、施設管理者や保全担当者でも用意に行える点検手法とするた

め、新たに保全計画策定まで行うことができる保全シートを考案したので、具体的な利用方法は巻末の添付資料（資料9）を参照願いたい。

8.2 定期点検

定期点検の目的は、建物の耐久性の観点から高次診断や経常的補修の要否を判断するため、日常的点検より詳細な資料を作成することを目的とする。また、特定の管理建物にあっては、比較的大規模改修の時期や修繕規模などを予見する場合の劣化現象変動調査が必要となる。

定期点検の実施者は、建物の管理者・使用者・その補助者、またはそれらの依頼を受けた者が行い、劣化現象変動調査は劣化診断の行える専門技術者が行うことが望ましい。

定期点検の項目・方法としては、日常的点検の結果に基づき選定された劣化現象と診断項目とを対象に、劣化、損傷などの調査のための測定・試験は、比較的簡易な器具を使用し、主に非破壊試験により行う。また、劣化現象変動調査も、非破壊試験を主とした方法とする。点検項目はコンクリート強度（シュミットハンマ法）、中性化深さ及び塩分量測定（いずれも小径ドリル法）、仕上材劣化度調査が望ましい。

定期点検結果の判定と措置として、高次診断が必要となった場合、各種劣化現象の診断、詳細調査を行い、必要な対応措置が可能な軽微な損傷や不具合は適宜補修等を行わなければならない。

巻末に、定期点検で行う簡易診断手法（資料 - 8）について述べてあるので参照願いたい。

表 8.2 点検レベルの概略

点検レベル	目的・内容		行為者	方法		調査結果の表示	運用
日常的点検	概況診断 保全状況調査	総括的な内容の診断	建物管理者	目視、 体感問診	足場準備 せず 仕上は はつらず	記述及び 計数	各劣化症状 共通の診断
定期点検	劣化診断	中程度の診断	建物 管理者 専門 技術者	非破壊 試験が 中心	脚立程度の 足場 仕上材の はつり	記述及び 係数 計量	各劣化症状 個別の診断
詳細調査	劣化診断	詳細な 診断	専門 技術者	破壊試験 を含む	大掛かりな 足場 躯体からの 試料の 採取	計量	各劣化症状 個別の診断

8.3 中長期保全計画への展開

建物を所管している各課室においては、建物の特異性、特殊性、を配慮し建築の専門知識がなくとも、一般の保全担当者が利便性よく保全対策を行える程度の手法や、初歩的な施設建物点検手法の考案が必要であった。また、経年変化調査結果から保全計画策定を実行するための優先度を明確にするとともに、部位部材の劣化傾向に対応した修繕周期が必要であった（中長期保全計画への反映）。

考案した手法は、建物の劣化症状として認められるかどうかの判定を行う劣化診断チェックリストと、各種の劣化症状の長さや範囲を計測する簡易診断の段階的な2つの調査手法に加えて、点検者が肉眼で確認できる目安距離や割合を判定することにより、部分補修を含む保全措置が判定できる評価シートである（資料9 施設建物の日常的点検手法 - 改訂版参照）。

また、屋上部（陸屋根及び勾配屋根）についても、同等の手法を用いている（資料 - 9 参照）。本評価シートの特徴は以下のとおりである。

建物の点検結果を数字記号、接近距離記号、保全記号で表すことにより、記入が簡略になり一目で外壁面（各面）の状況がわかる。

保全欄（処置等）を設けたことにより、建物の保全対策（方法）の選択ができ、補修範囲も部分か大規模かの判断がし易い。

ひび割れの種類や部材の変形症状を細分化しているため、肉視できる距離感から建物の構造的ひび割れや損傷の程度が把握できるため、耐震診断の一次診断にも用いることができる。

尚、漏れに対応する点検手法については、漏水原因と箇所を特定するために専用のシートも考案したので資料10を参照されたい。

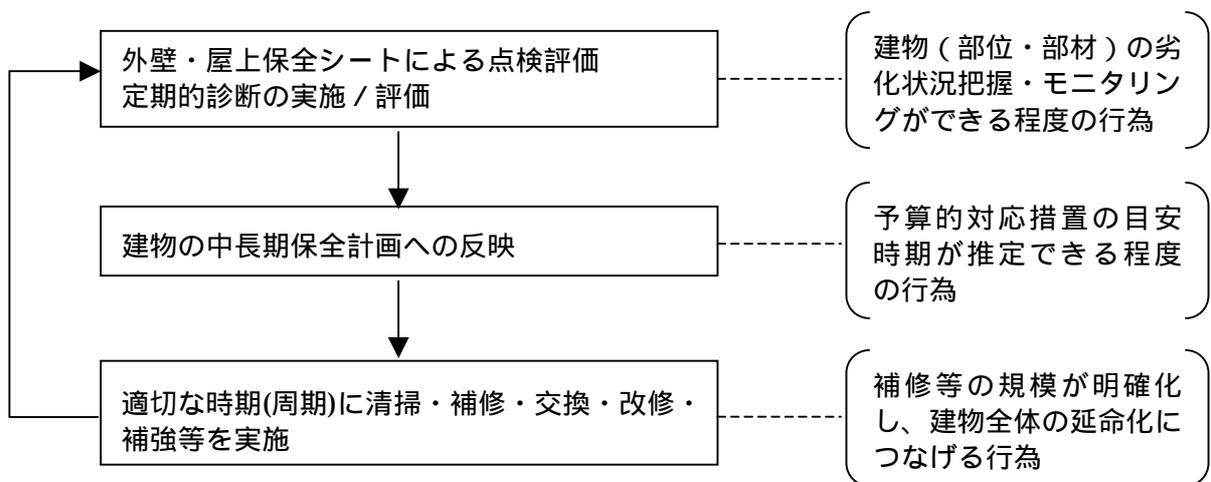


図 8.3 - 1 保全シートを活用した場合の施設建物（地上外壁・屋上）
中長期保全計画への展開フロー

表 8.3 - 1 既存施設建物の長期的・効率的運用を望む場合の主なパターン

タイプ	タイプ (長期保全計画に基づいた施設の計画的運用)	タイプ (建物管理システムの構築)	タイプ (建物劣化診断と診断結果に基づいた長期保全計画・運用の実施)	タイプ (計画的施設運用の実現と建物管理システムの構築)	タイプ (長期保全計画と時代の変化に対応可能なシステム構築)
現状	・竣工後の経過年が浅く、修繕費用等の計上が増えてきている。	・管理対象建物の運用維持の記録が欠落しているため、施設運営に不備が生じている。	・竣工後数十年経過した建物は”建替える”という方針が改められ、できる限り”継続利用”したい。	・保有施設群へ毎年数億円以上の維持管理費を要していることに対し、その実状と正当性を示さなければならない。	・竣工後、数十年経過した施設の更新等の保全費用増大 ・新しい施設に比べ、機能の陳腐化が心配
問題点	・場当たりの施設運用の改善	・記録(データ)に基づかない修繕・更新の実施	・場当たりの施設運用や保全対応 ・建物の物理的性能(耐久性)を無視した施設運用	・場当たりの施設運用 ・修繕等更新費用の現状把握と改善 ・効率的で計画的な施設運用	・保全業務に重複がある。
改善目標	・施設運用の計画的推進 ・長期保全計画の策定	・修繕等の実績に基づいた施設運用 ・図面・台帳・各種帳票類の管理システムの構築	・建物の物理的性能に基づいた(継続利用か建替えかの)判断基準策定 ・長期保全計画に基づいた施設運用	・修繕等更新費用の現状把握と改善 ・効率的で計画的な施設運用	・維持管理費の増大を抑止するため、長期保全計画に基づいた計画的運営の実現 ・新時代のプラントワークに即応した機能装備 ・新しい空間提供による付加価値向上
改善行動	・長期保全計画立案 ・長期保全計画作成	・建物管理システム構築	・建物の劣化診断の実施 ・長期保全計画書作成	・長期保全計画立案 ・修繕等の変更履歴管理方法の策定	・長期保全計画書作成 ・新しい施設として備えるべき機能の選択

次に、既存経年施設の長期運用に対する主なニーズには、以下のようなものがあり

- 長期保全計画に基づいた施設運用
- 既存建物の劣化状況の把握（寿命予測）
- 劣化状況に基づいた長期保全計画立案
- 日常的な保全と大規模修繕のバランスがとれた保全の実現
- データとシステムの一元的管理（データベースの構築）

この主なニーズをパターン化した具体例を表 8.3 - 1 既存施設建物の長期的・効率的運用を望む場合の主なパターンに示す。

表 8.3 - 1 では5つのパターンを表わしているが、実際には用途変更への対応や増築に特化した場合もあり、パターン例示としては現状認識や、問題点の把握等少し足りない面もある。

このため、あくまで長期的効率的運用を望む場合の主なパターンを示し、コンセプトのグループ化からコピーライト化をねらい、上記の5項目を抽出した。この主なニーズから、劣化状況に基づいた長期保全計画の立案までのアプローチを本項で述べる。

図 8.3 - 2 は施設建物の竣工経過年と経年変化度、劣化度の指数を軸に修繕行為の優先度をマップ化して、優先順位を明確にするための考え方を示したものである。年数軸（横軸）は固定で経年変化度の軸（縦軸）に自由度を持たせて、予算の執行状況に合わせた対応や試算価値の評価につなげることも視野に入れる場合もありえる。

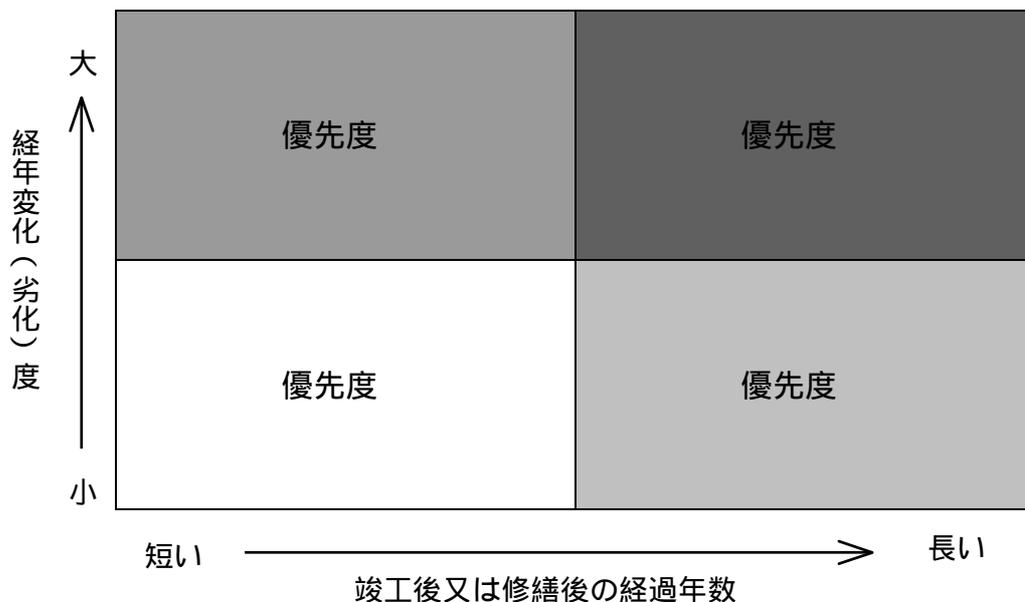


図 8.3 - 2 修繕等の個別計画策定のための優先度パターンの考え方

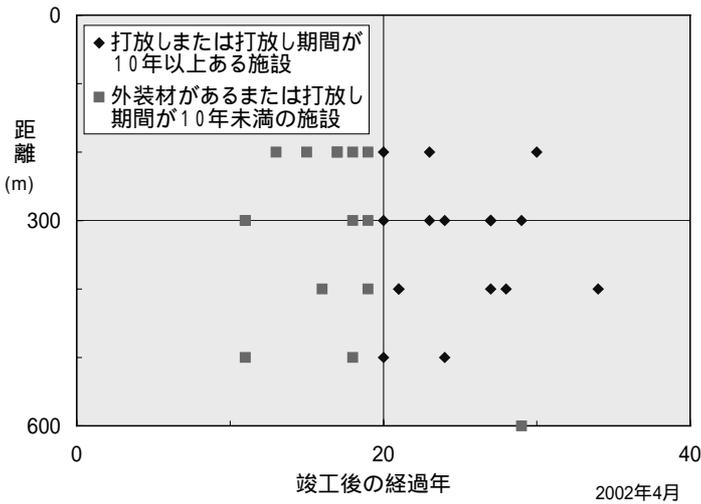


図 8.3 - 3 旧海岸からの距離（再処理施設）

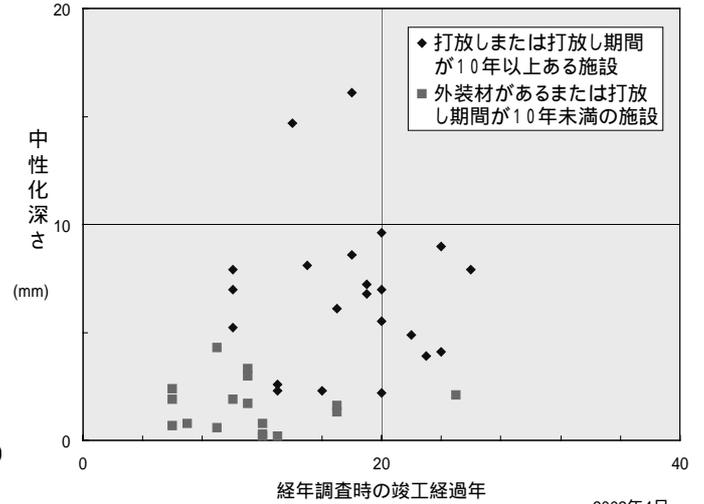


図 8.3 - 4 中性化深さ（再処理施設：調査ごとの平均）

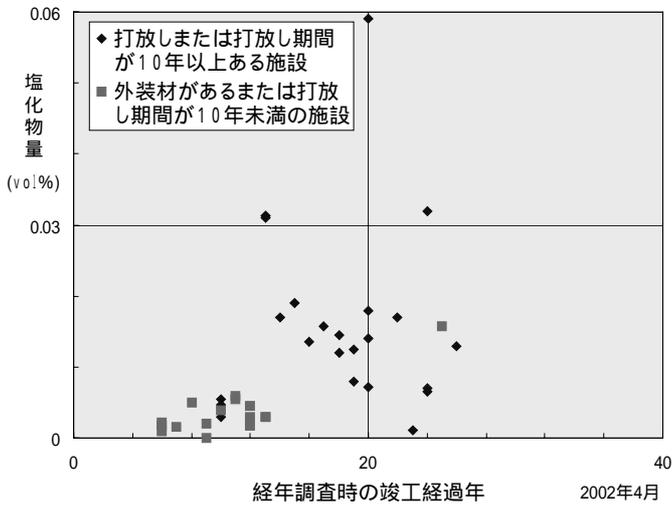


図 8.3 - 5 塩分含有量（再処理施設：調査ごとの平均）

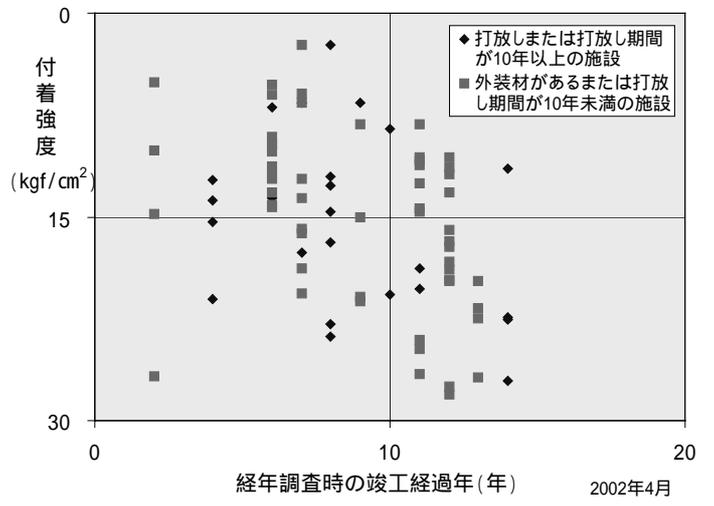


図 8.3 - 6 外装材付着強度（再処理施設）

図 8.3 - 3～6 は、竣工後経過年または経年調査時の竣工経過年の軸と、再処理施設の調査データを軸に優先度のポジショニングを表わしたグラフである。中心軸は、施設の重要度や緊急性に応じた優先度としてフレキシブルにすることも可能であるが、経年変化状況に応じた優先度を定めることを目的に本グラフの軸を選定している。中性化深さと塩化物量の軸における優先度 または の領域にある施設は殆どないため、緊急性のある施設は特定の施設に絞ることができる。また、外装材の付着強度の軸では、ある程度のポジション化ができています。中心軸の付着強度 15kgf / cm² は少し安全側の数字で竣工管理基準値の 5～7kgf / cm² とすれば優先度の高い施設はもう少し特定できる。このようなポジションマップ化によって、中長期保全計画の策定のための施設順位を設定することができる。

勿論、評価軸や中心軸も要求されるケースに応じて変更すべきものであるが、本書第 5 章

で述べたとおり、東海事業所核燃料施設の地上外壁部における耐久性能は十分確保されているため、簡略に行うことが可能である。但し、外装材については耐用年数がコンクリート部材に比べ短いため、中長期保全計画のサイクルの中では必須の保全行為となる。

外壁塗材の補修・交換に関しては、産官学等の各分野で検討されているが、塗材の種類や使用条件が多岐にわたり、耐用年数あるいは補修・交換の要否判断の観点から判断者の立場によって異なるため、現状でどのような考え方がされているかを把握することを目的に外壁塗材の補修・交換に関する文献調査を行った。文献調査の結果を図 8.3 - 7 及び図 8.3 - 8 に示す。

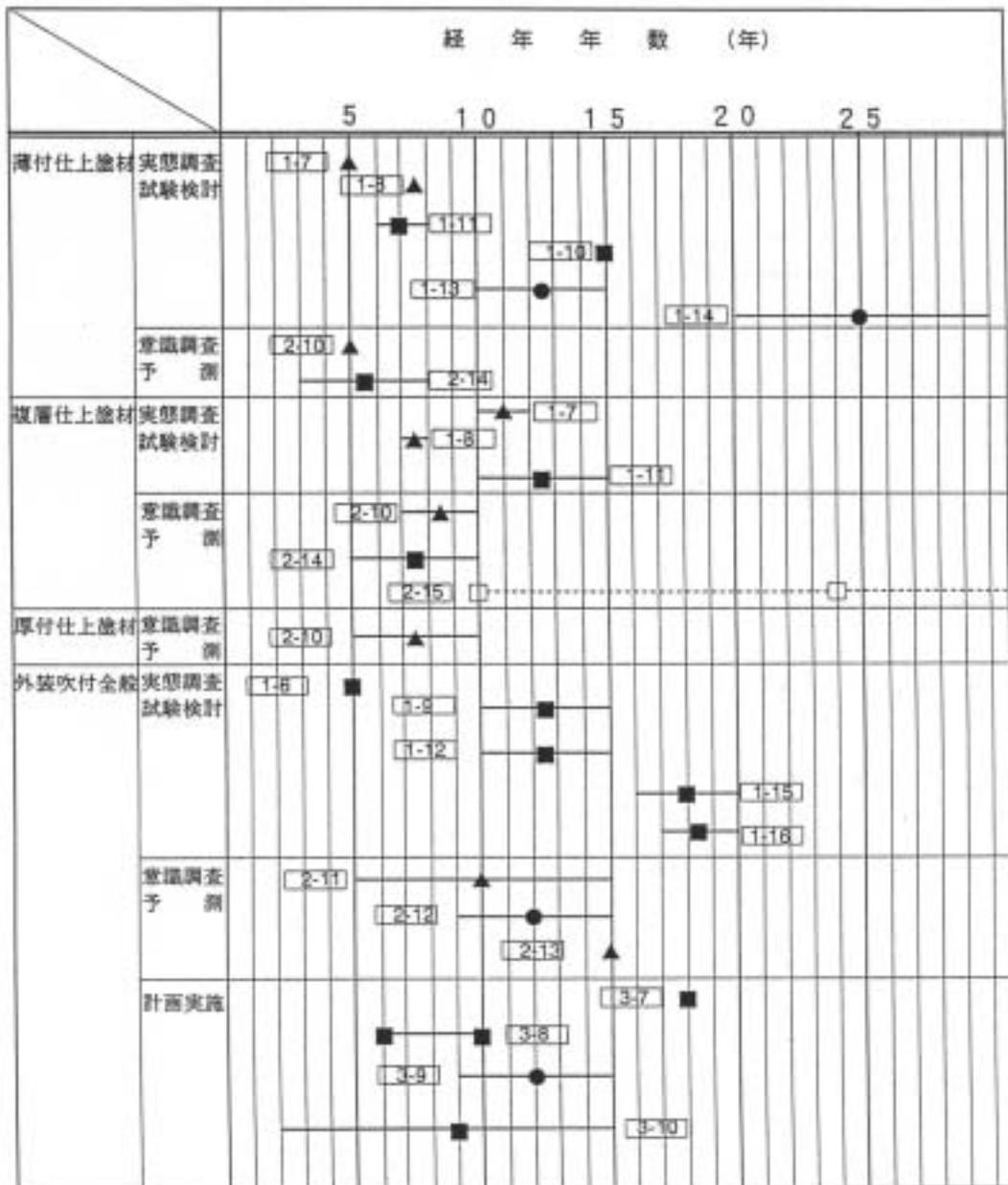


図 8.3 - 7 外壁塗材の改修サイクル文献調査表（発表年 1986～1995）

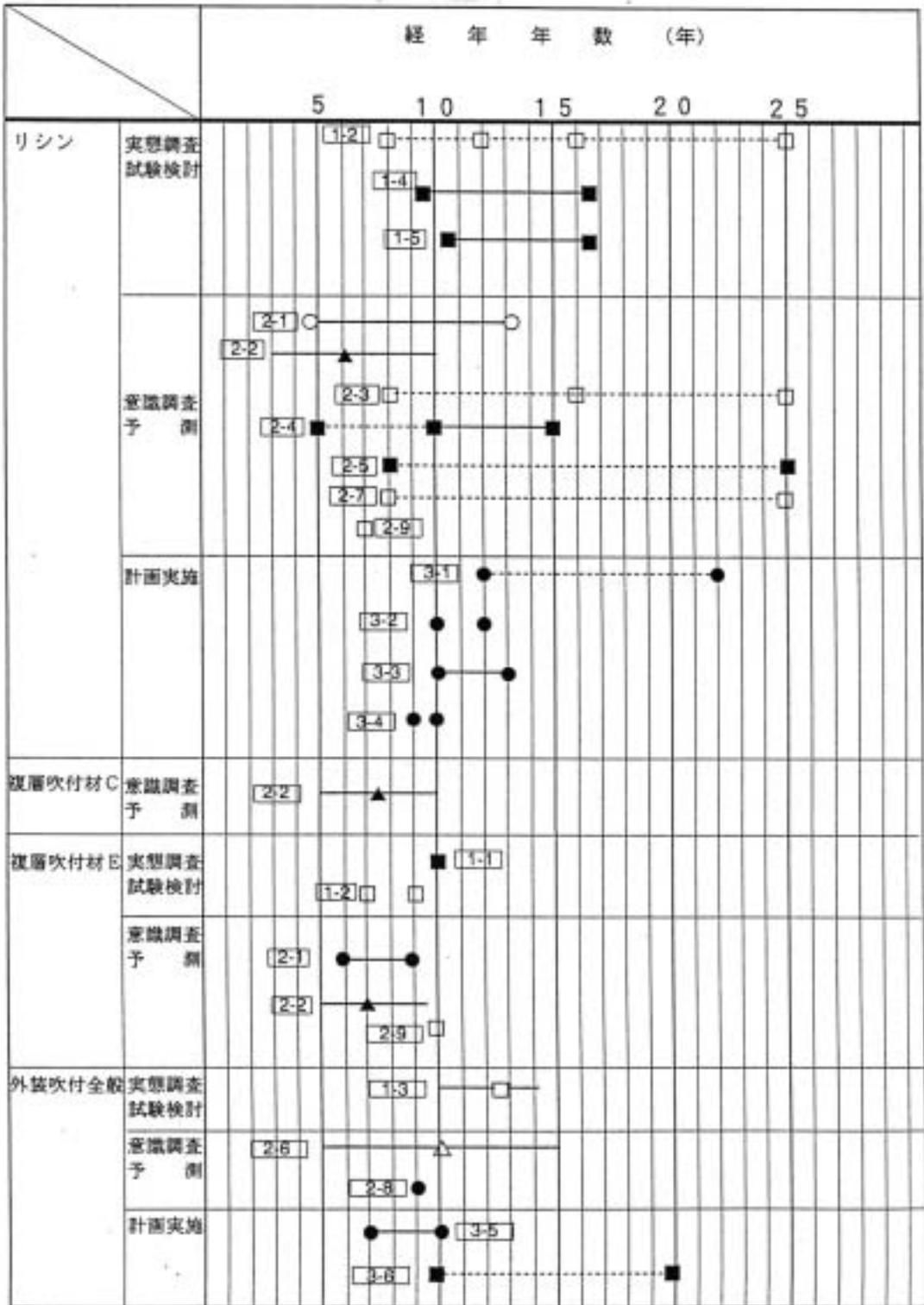


図 8.3 - 8 外壁塗材の改修サイクル文献調査表 (発表年 1976 ~ 1985)

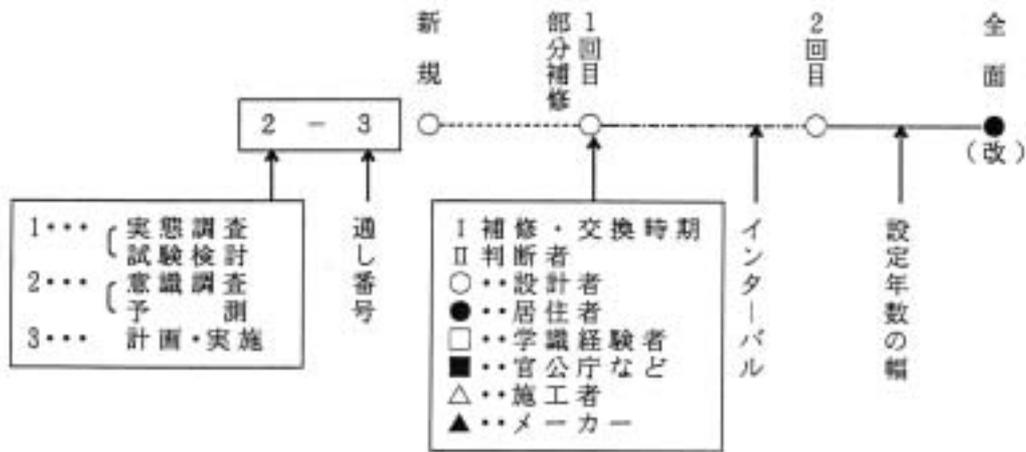


図 8.3 - 9 外壁塗材の改修サイクル文献調査記号表の凡例

図 8.3 - 7 及び 8.3 - 8 より材料によって塗膜の寿命が違ってくるので、各材料で年数に差が出ている。リシン、薄付仕上材料ではメーカーと使用者の立場の違いから年数に差があり、使用者は経済的な理由などから長めのスパン（10～25年）での改修を行っているが、メーカーにおいては5年～10年を考えているようである。また、複層仕上材では、メーカーは5～10年、使用者は10～15年としている。

判断者の考え方の差は、メーカーでは材料に変化等が起きる時期を目安としているが、使用者は美観的な判断となるので、これらの差が生じると考えられる。

最近の統一的な標準的な耐用年数、国土交通省が提案した建築物の耐久性向上技術開発における外装仕上塗材の標準耐用年数を基準に、改修行為が行われているようである。

薄付仕上塗材 7年

複層仕上塗材 10年

上記の耐用年数を参考に中長期保全計画策定における外壁改修計画を作成することができる。具体例としては、ある施設の外壁改修を実施したその年数を起算年として、その10年後に次の改修を行う計画を策定するケースがある。このケースの場合で、10年経過後、資金計画が立てられないため余寿命を推定してどれだけ改修行為を延長できるかなどの要求が発生する。そこで対応すべき行為として、外装材の劣化度調査により経年状況を把握し、外装材等の性能評価を行ってから改修行為をいつ行うか計画変更する。尚、保全シート等を十分に活用して常に情報があれば劣化度調査も簡略化できるはずである。

核燃料施設建物の安全性、信頼性の向上の観点から、定期的な診断を行う場合は、施設の変化状況に合わせて行うこととし、“第7章4項のトレンド調査の実施”を参考にして実施することが望ましい。トレンド調査の実施位置としての定点は、核燃料施設建物コンクリート

部材の経年変化の程度が少ないため 1 施設 1 箇所としており、モニタリング位置はデータベースに登録してあるので合わせて参考にされたい。

表 8.3 - 2 は、建物各部位における保全行為の目安を 5 年周期で表わした表である。

この表を参考に、日常的保全、中長期保全、長期的保全の各段階で実施すべき保全行為を中長期保全計画策定へ反映することが必要である。

中長期保全計画を策定するにあたって、必要な項目は以下のとおりである。

目的と方針

目的と特に明記すべき目標、基本方針（事後、予知、予防保全）

維持保全行為の設定（日常、定期、不定期）

維持保全行為主体者の設定

仕上技術からみた行為者の区分、技術者、維持管理専門業者（期待しうる保全行為の技術レベル）

点検、検査箇所、部位の設定

点検・検査方法の明示

目視、見本帳、打診、点検、検査器具、機械、日常点検、定期、不定期

点検、検査周期の設定

通常点検、被災後の点検（地震、台風等）結果の記録、標準点検周期

点検、検査結果の判断方法の明示

劣化現象別判断方法、補修要否判断方法、専門診断者へ依頼の要否

補修仕様

材料、部材別の仕様、専門業者への依頼

表 8.3 - 2 建物各部位の保全の目安

各部位		日常的保全	中期的保全（5年前後）	長期的保全（10年以降）
外装材		<ul style="list-style-type: none"> 外装材には、美装性と下地材の保護性能（雨水等を遮断し、下地材である鉄筋コンクリート等を保護する）を要求しており、有害な塵埃や付着物は取り除く。 特雨がかりでない箇所は長期にわたる付着物が体積している場合があるので注意を要する。 塗装に剥離が見られたら、早めにタッチアップを行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 北面などの日当たりの悪い雨がかり部では、こけ等が生えることもあるので洗浄を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> トップコートまたは主材を塗り替える。 下地コンクリートやモルタルのひび割れ等の補修は塗り替えに先立って行う。
屋上（ベランダ・庇も含む）	押え工法（保護層のある防水）	<ul style="list-style-type: none"> 保護層の目地には、雑草が生えやすいので、除草を的行的に行う。 側溝やドレーン回りのゴミは排水不良の原因になり、防水層に悪影響を与えるため掃除は入念に行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 温度変化による伸縮挙動、疲労、収縮による歪みが生じるため、目地の不良箇所（膨張・変形）を部分的に補修する。 表面欠損箇所（タイル、モルタル等）部分的に補修する。 	<ul style="list-style-type: none"> 目地を全面的に補修する。 保護層の風化が顕著な場合は、表面仕上を全面的に補修する。 漏水が生じている場合には、状況に応じて防水層の補修を部分的または、全面的に行う。
	露出防水	<ul style="list-style-type: none"> 露出防水層は、破断等の故障が生じた場合、故障等の箇所が発生しやすく、また補修も容易であるが、靴等によって、表面を傷つけることがあるため、不要な備品やごみは取り除く。 側溝やドレーン回りのごみも排水不良の原因になり、防水層に悪影響を与えるため、掃除は入念に行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 直射日光などに暴露しているので、化学的に劣化が早く、必要に応じてトップコートを塗り替える。 磨耗、損傷が生じやすいため、必要に応じて防水層・ジョイント部等を部分的に補修する。 	<ul style="list-style-type: none"> 部分的に防水層を張り替える。 ショート防水層ジョイントを全面的に補修する。 漏水が生じている場合には、状況に応じて防水層の補修を部分的または、全面的に行う。
その他、共通部分		<ul style="list-style-type: none"> 防水層端部からの雨水の浸入防止、防水層端部を支持・保護する観点から1～2回/年程度の点検を行う。 シーリング部については、シーリングの劣化から雨水が浸入して、笠木自体が損傷するので留意して点検し、損傷が見られたら、その都度部分補修を行う。 金属部分は、鳥の糞や埃などの付着により、錆・腐食の恐れがあるので定期的に清掃を行う。 		

9. データベース構築状況

データベース化検討は、平成 3 年度より開始し、現在は施設建物の経年変化状況の説明やシミュレーション結果をわかり易く図化したものを提供することを目的にデータベースを構築中である。

一般論として情報化システムに関する周辺環境の変化は目ざましく、数年間かけて構築したシステムであっても、新技術に対応できず利用制限やネットワークに対応できない等の問題が常に発生し、陳腐化が極めて速い。試作として、カード型データベースやCADをベースとしたシステム化を行ったが、上記の問題を常にかかえることになった。そこで、パソコンやネットワークの普及に加えてデータ容量の増大に伴うデータ処理の高速化の流れと、WWW（以下 Web という）の検索性、閲覧度をヒントに、東海事業所施設の経年変化情報の提供をネット化する検討を平成 7 年度よりスタートさせ、平成 10 年度よりデータの入力作業を開始した（資料 10 経年変化情報データベース対応フロー参照）。

現在、データベースとして提供するシステムには、経年変化各次調査ごとにまとめた写真集をデジタル化した画像データベース（デジタルアルバム集）と、施設の概要、プロフィール、経年調査結果の概要、中長期保全計画策定に必要なシート及び記入例などを示した経年変化情報データベースがある。

尚、これらのデータベースにより以下のような活用ができる。

- ・ 技術資料を調べなくても、施設建物ごとの経年変化調査時の躯体の状況、調査の状況を画像ベースでわかりやすくネット上でスピーディーに検索することができる。
- ・ 2次調査等の追跡調査を実施する際の参考に、また、中長期保全計画策定時の基礎データとして用いることができる。
- ・ 日常的点検手法等のテキストと記録フォーマット及び記入例等を Web 化してあるので、保全活動全般の知識、運用ツールとして活用できる。

本章では、この構築中のデータベースについて述べるが、両システムともデータ格納後インターネットに公開予定である。

9.1 画像データベース

経年変化現地調査は毎年度 1～2 回実施し、1 回の現地調査では 3 施設～7 施設を対象に行っている。

この現地調査に対応した状況写真には、ひび割れ写真、塗膜の観察写真、中性化状況写真、鉄筋表面観察写真等があり、この全写真をデジタル化し画像データベースとしてシステム化を図っている。

図 9.1 - 1 に画像データベースまでのイメージ図を示す。画像データベースは、単に写真をデジタル化するだけでなく、調査で得られた調査結果や位置を付加情報として併記して情報量を厚くしている。

また、銀塩写真の状態では明瞭ではなかったが、経年変化の状況写真もデジタル画像補正を行うことにより、被写体部分の識別がはっきり行えるようにしている。

尚、画質調整内容は、下記項目を組合せて実施している。

- ・【明るさ、コントラスト調整】 : 画像全体の明るさを調整
- ・【レベル補正】 : ピクセル値で表現された画像の色情報（分布ヒストグラム）を参考に明るさ、色合いを調整
- ・【シャープ機能】 : 画像の輪郭を強調して画像の鮮明度向上
- ・【カラーバランス調整】 : スキャン時の色かぶりの削除、元写真に近い色を出すための調整
- ・【色相、彩度調整】 : 色の鮮やかさを調整

添付資料：資料 12 に施設建物経年変化調査試験状況写真集（蔵衛門 Pro Ver.8.0）の画面構成例を載せてあるので参照されたい。

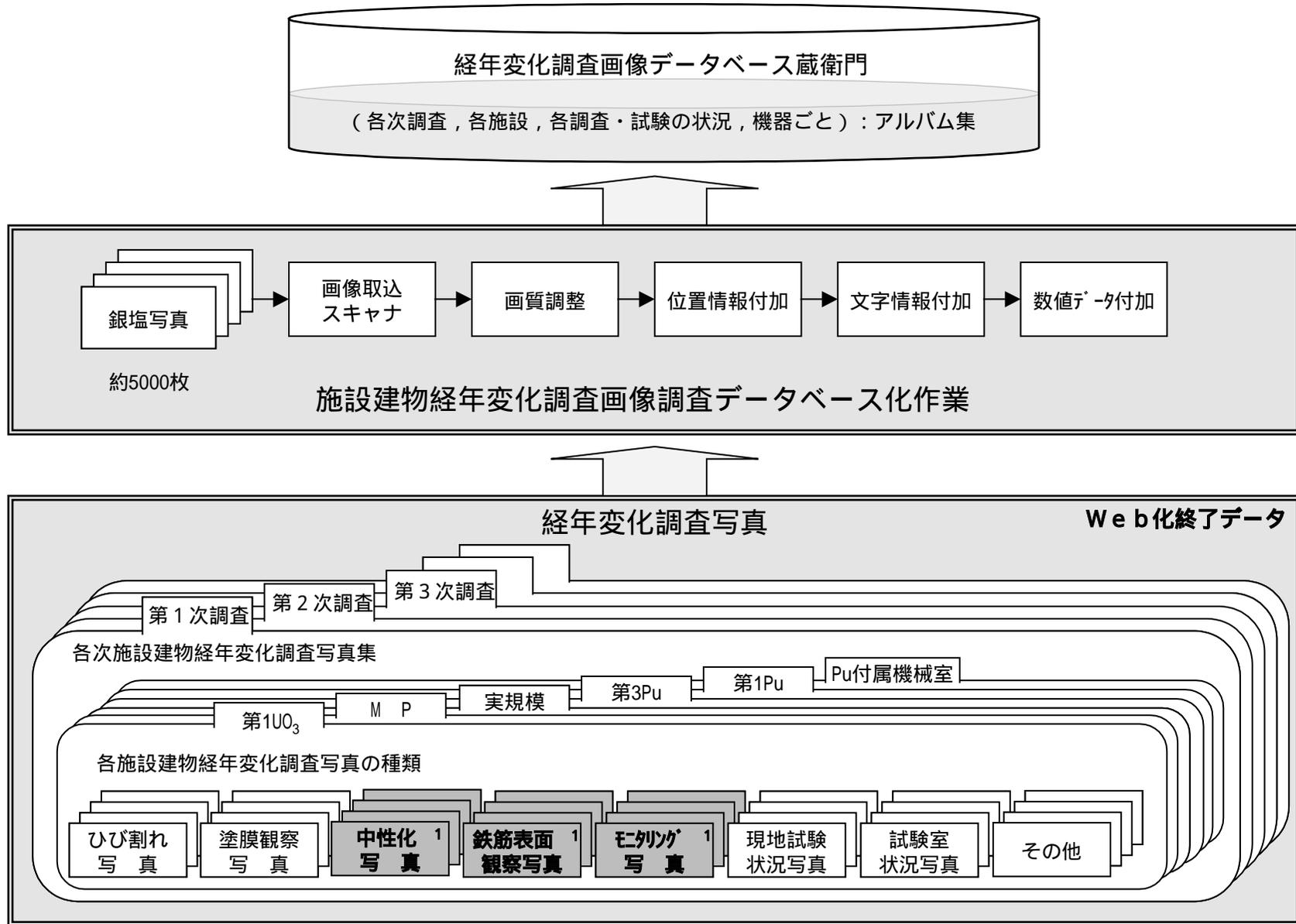


図 9.1 - 1 画像データベース化までの作業イメージ図

9.2 Web 対応型施設建物経年変化情報データベース

本データベースは、各経年変化調査のデータ、経年変化グラフ等を最高のクオリティで提供するため、事業所施設施設所管課や保全担当部門、建設・営繕技術者などのそれぞれのニーズに合わせて、必要な情報にスピーディーにアクセスし、情報を有効に活用するシステム（情報の伝達、共有）構築と知識の活用をコンセプトとしている。

システム作りを進めるにあたって、まずは効率的に情報にアクセスできるナビゲーターを設定し、次にそれぞれの業務に関係する必要な情報をそれぞれの人が効率的に入手できるように、一般的な施設の情報となる施設建物プロフィールなどのナレッジと、特定の関係者にとって有効なナレッジに分けた情報体系図の検討を踏まえ、各施設の経年情報を整理分類したうえで、Web 型のデータベース構築作業を開始した。

2002 年 3 月までに格納したデータには、各センターごとの実施状況マップ、各施設建物プロフィール、経年変化調査の各種結果及び評価、モニタリング位置図、中性化評価、鉄筋腐食評価、施設耐久性評価、情報の見方 / グラフの見方、耐久性用語の解説、耐久性性能評価方法等のページがある（図 9.2 - 1 Web 対応型システム基本体系参照）。

添付資料：資料 13 に Web 対応型施設建物経年変化情報データベースの全階層画面例を載せてあるので参照されたい。

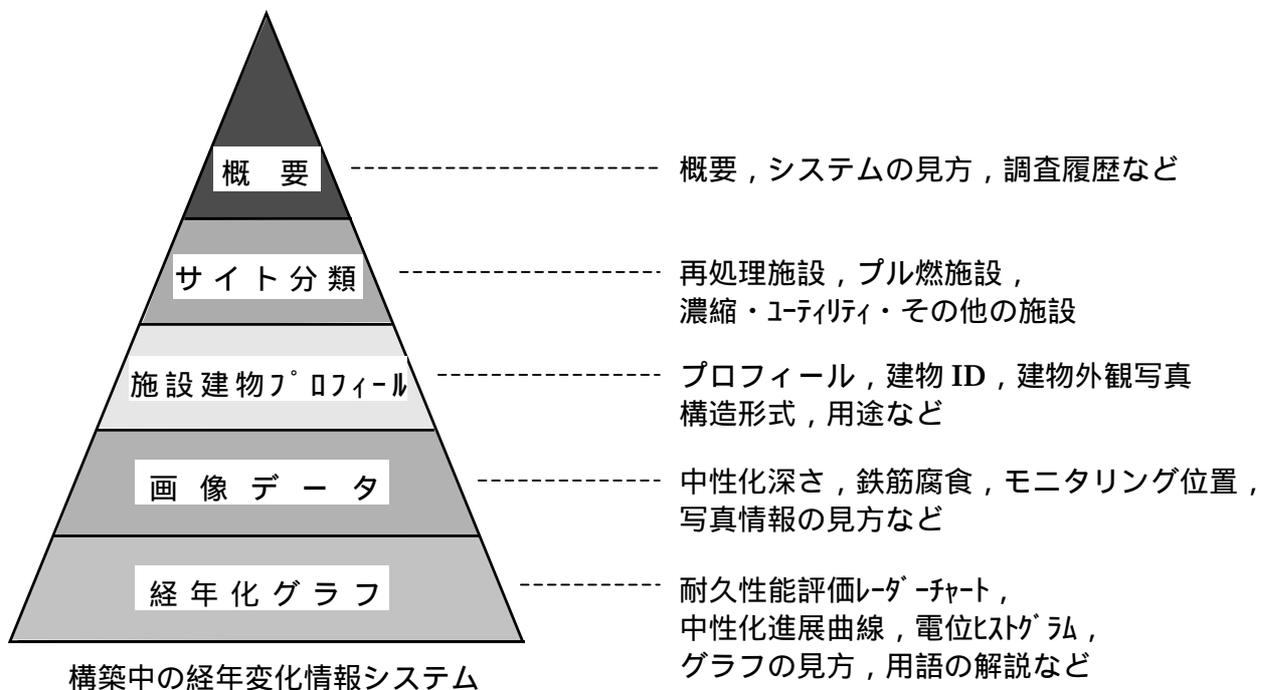


図 9.2 - 1 Web 対応型システム基本体系

表 9.2 Web 対応型施設建物経年変化 DB で取扱ったデータの種類

(2002年6月)

分類	各データ	データの種類 ¹ (形態)	頁数	登録件数
Web 型 データの 見方	経年変化情報の概要説明	G + J	1	1
	経年変化調査履歴一覧表	E + G	1	1
	システム体系図	W + G + J	1	1
	東海事業所航空全景写真	J	1	1
	東海事業所施設配置図	G	9	9
	各センター施設建物経年変化調査実施状況マップ	G + J	9	3
	各センター施設建物経年変化調査建物全景写真インデックス	J	5	7
	各センター施設建物経年変化調査実施施設一覧表	G	3	3
各施設の 経年情報	プロフィール	E + J	57	57
	施設各方位別外観写真及び矢視図	G + J	48	186
	施設各方位別外観写真拡大版	J	186	186
	耐久性評価写真インデックス	J	63	63
	中性化状況写真拡大版 + 数値データ	J + 数値データ	112	112
	鉄筋腐食状況写真拡大版 + 数値データ	J + 数値データ	107	107
	耐久性評価マトリクス ² 位置状況写真拡大版	J	93	93
	耐久性評価レーダーチャート	E + G	57	57
	中性化進展曲線グラフ	E + G	54	54
腐食電位ヒストグラム ²	E + G	7	7	
経年情報の 見方	トレンド写真の見方	W	1	1
	耐久性用語の解説	W	1	1
	施設建物耐久性評価レーダーチャートの見方	E + W + G	1	1
	性能評価グレード評価手法について	E + G	1	1

1 E : Excel , W : Word , J : JPEG データ , G : GIF データ

2 主要施設 7 施設の表示 残り 48.施設 (約 100 頁)

また、データの種別は表 9.2 Web 対応型施設建物経年変化 DB で取扱うデータの種類のとおりで、画像写真（中性化写真、鉄筋腐食写真、モニタリング位置全体写真及び躯体各面の全体写真）は基幹データベースである経年変化調査画像データベースより取り込んでいる。2種類の構築中のデータベースの関係を図 9.2 - 2 に示すが、施設建物経年変化評価で作成した資料類の中から、Web 型情報として開示を求められる資料を Web 化（HTML 化）して、本経年変化情報データベースの各ページ構成画の要素として用いている。

ページの構成の基本配色は、再処理施設が緑色、プルトニウム燃料施設が赤色、その他の施設を黄色に設定し、中性化深さ等のばらつきを表現するためのグラデーション表現も用いている。

その他、テキスト部分の最適化や用語解説等のウィザード機能の充実を行っている。

図 9.2 - 3 に本データベースのリンク階層構造図を示す。本リンク階層図の目的は掲載するコンテンツの洗い出しと構造化、ファイル構造の決定等を行うことを意図している。具体的には顧客のニーズに応じた Web とするために発生する、サイト全体のコンテンツ構造の見直し、リンク先の間違い防止、メンテナンスへの配慮、ユーザが目的のコンテンツにアクセスしやすいナビゲーションの構築がし易くなる、データの重複確認ができる等の対応を行うためのものである。

図 9.2 - 4 に現在構築中のデータベース画面例を紹介する。

図 9.2 - 4 は平成 13 年度までに実施した再処理施設サイトにおける経年変化調査実施施設建物リストのナビゲーション部分と、施設外観写真及びサイト内の配置状況を示すページである。このページから各施設建物の各情報に進むことができる。

調査結果のページでは数値的な表現を極力避け、調査時の施設建物の性能を視覚化することに配慮した入力作業を進めている。

今後は、基幹データベースを完遂するために、各次調査で得られた現地調査状況写真（ひび割れ状況、外装材の状態等の目視観察記録写真や赤外線写真）と必要な文字データ及び数値データを順次格納し、生データを管理するとともに、Web 対応型データベースの充実を図るため、上位階層から下位階層までの階層構造を図式化し、Web 対応型データベースの完成度を設定する

現在までに試作構築したシステムには、レーダーチャート、トレンドグラフ及びヒストグラムがあり、ヒストグラムについては引続き電位データの入力、グラフ化、グラデーション作業を経てネット化対応させる他、地図情報の精度向上、誰もが瞬時に必要なものを見られる検索性の向上等を検討する。

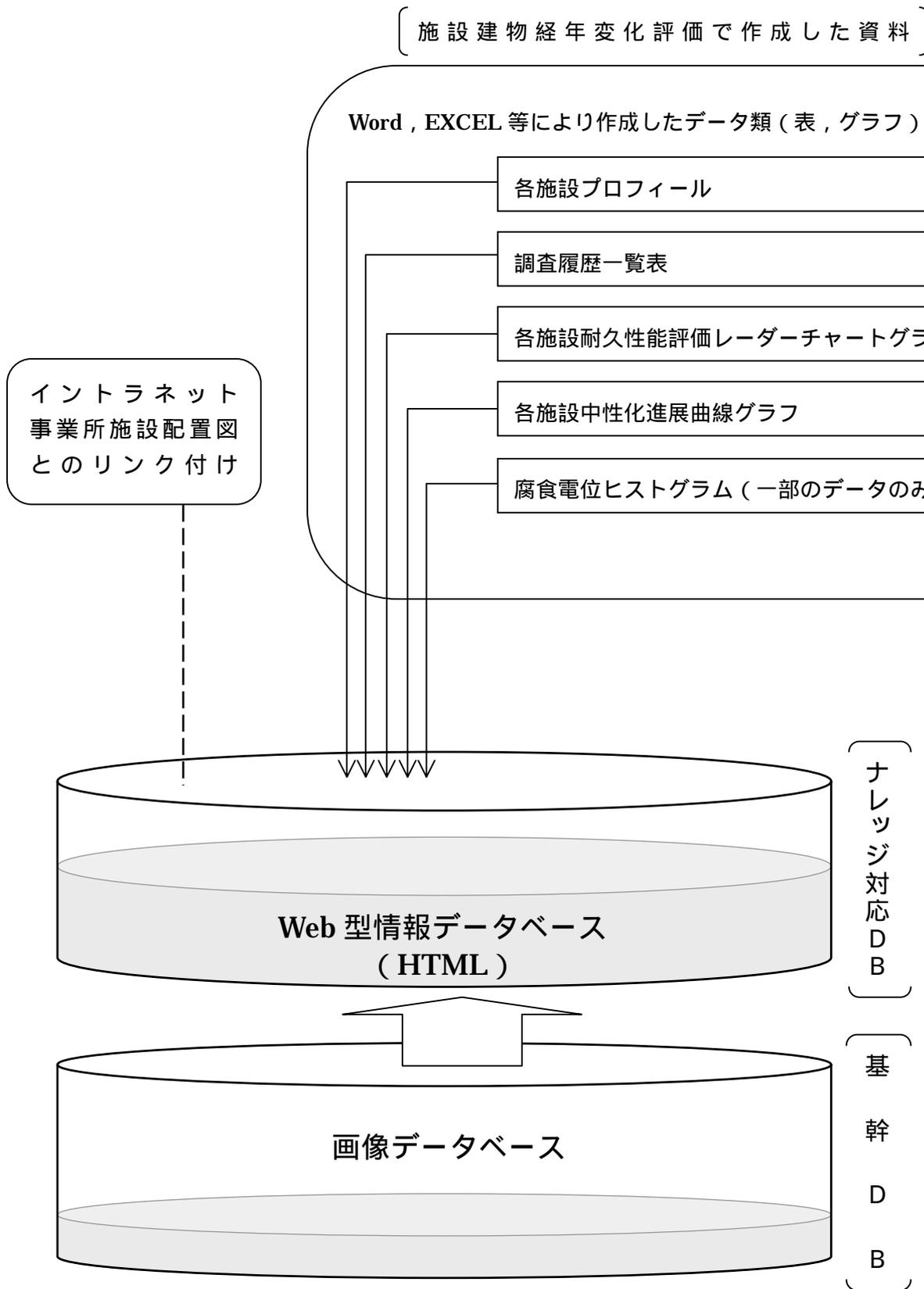


図 9.2 - 2 Web 型データベースと画像データベース及び経年データの関係



図 9.2 - 4 経年変化データベースの画面例：再処理サイト TOP

10. まとめ

核燃料施設建物の高経年化への対応を行うために、平成3年度から実施してきた各種の現地調査と結果、非破壊試験を中心とした各種の耐久性評価手法の測定精度の評価、並びに使用時の注意点を把握するとともに、同手法を用いたトレンド調査(2次調査)に活用し、主要な核燃料施設建物等の経年傾向を把握した。

その結果、東海事業所核燃料施設地上躯体外壁部の経年変化が殆んど進行していないこと、評価手法では、シュミットハンマ法による強度推定式の決定から推定強度値の算出方法、小径ドリルを用いた中性化深さ測定時の注意点から、中性化深さの代表値決定までの流れをまとめるとともに、5年程度のトレンド周期ではあまり経年変化していないこと、経年変化調査結果に基づく中長期保全計画策定までに至る施設建物に対する点検手法と保全計画優先度施設判定方法及び保全行為設定までの考え方、現在までに構築したデータベースの概況などを本報告書で述べた。

今後、中長期保全計画策定などのために行う建物調査では、非破壊試験を中心に行うことになるが、非破壊試験の充実には信頼性や精度をいかに向上させていくかがあり、例えば躯体強度推定(強度推定式)の精度を上げるために、補正のための反発度(表面硬度)とペアのコア圧縮強度試験値がいくつ必要か等の問題に起結するが、現状では既存施設からコア採取を容易に行うことはできないため、対象とするコンクリート(材料)がどんな品質で管理施工されていたか良く調べてから、耐久性評価(試験)を行うことが最善な方策であると考えます。

巻末の資料には、施設建物の日常的点検手法(外壁、屋上、漏水)と各種耐久性評価のための概要手法及び試験状況写真を添付した。これらの資料が施設建物の耐久性評価または保全調査等にご活用頂ければ幸甚である。

11. 今後の課題

建築分野(コンクリート構造物)においても維持管理から補修、補強、リハビリテーション、廃棄解体再利用に対する規格基準について、官・民をそれぞれ基準規格化され、原子力施設、核燃料施設における規格基準もおそらくこの流れの中に組み込まれていくと予想されるが、コンクリート構造物評価のうえでライフサイクルコストの算出において、建設計画から再利用に至るライフサイクル全般に対するシナリオを設定して初めてコスト計算が可能となる。このため、コンクリート構造物のシナリオデザインに関するルールの確立が必要になるが、まずは維持管理に関する補修、補強や廃棄、再利用に関する知識をデータベースのかたちで財産化しておくことが取組むべきものとしてあげられる。

本経年変化対応策で取組んできたデータベースは、中長期保全計画策定において期待される、若しくは求められるニーズを整理し、“建物が古くどうすれば調べられるか” “どんな修繕が必要になるか” “どんな保全をすればよいのか”などの情報を求める相手(顧客)を想定し、わかりやすく提供できることを狙って構築作業を行っている。

また、昨年建設工務管理部では建設営繕業務を対象に ISO9001 2000 年規格対応の認証を取得し、顧客を意識した顧客志向型のマネジメントシステムが確立しつつある中、適切なアカウントビリティが行えるようデータベースの構築作業を進めていかなければならない。

今後継続的に実施していく経年変化評価において配慮する点としては、評価対象となる部位の初期値が無い場合、信頼できる手法を用いて初期値を推定することが重要である。現地試験において計測誤差を少なくするため、測定面の状態(仕上げ)に配慮し最低 1 調査箇所あたり 10 点以上の測定を行うことが理想的である。現実的な高経年対応としては、モニタリング面を一施設 1 ~ 2 箇所設定し、10 年ピッチで 1 ~ 2 回程度の現地調査で十分対応できると考える。“現在、構築中のデータベースには施設建物で代表されるモニタリング位置と各種調査で得られたデータが載せてあり、継続的な調査を実施しデータを繋げれば中長期保全計画策定への展開もスムーズに行うことが出来る。

コンクリートをモニタリングするということは、継続的な監視行為になるが見方を変えれば継続的なコンクリート製品の品質チェックであり、これらのデータが施設有効活用の基礎資料として、将来の解体または解体後の品質の良いコンクリート及びセメントの再生化に役立つ。

画像(素材)データの充実を図るためには、ISO4012 コンクリート圧縮強度試験の破壊形態の分類ができるコア試験後の供試体(圧縮強度試験時の破壊形態評価ができる)写真も、今後データとして追加する必要がある。

尚、ISO 的な要求として、施設建物に対する満足度や時代に即応した要求事項が今後どう変わっていくのか十分見極めた上で、経年変化対応を進めていく必要がある。

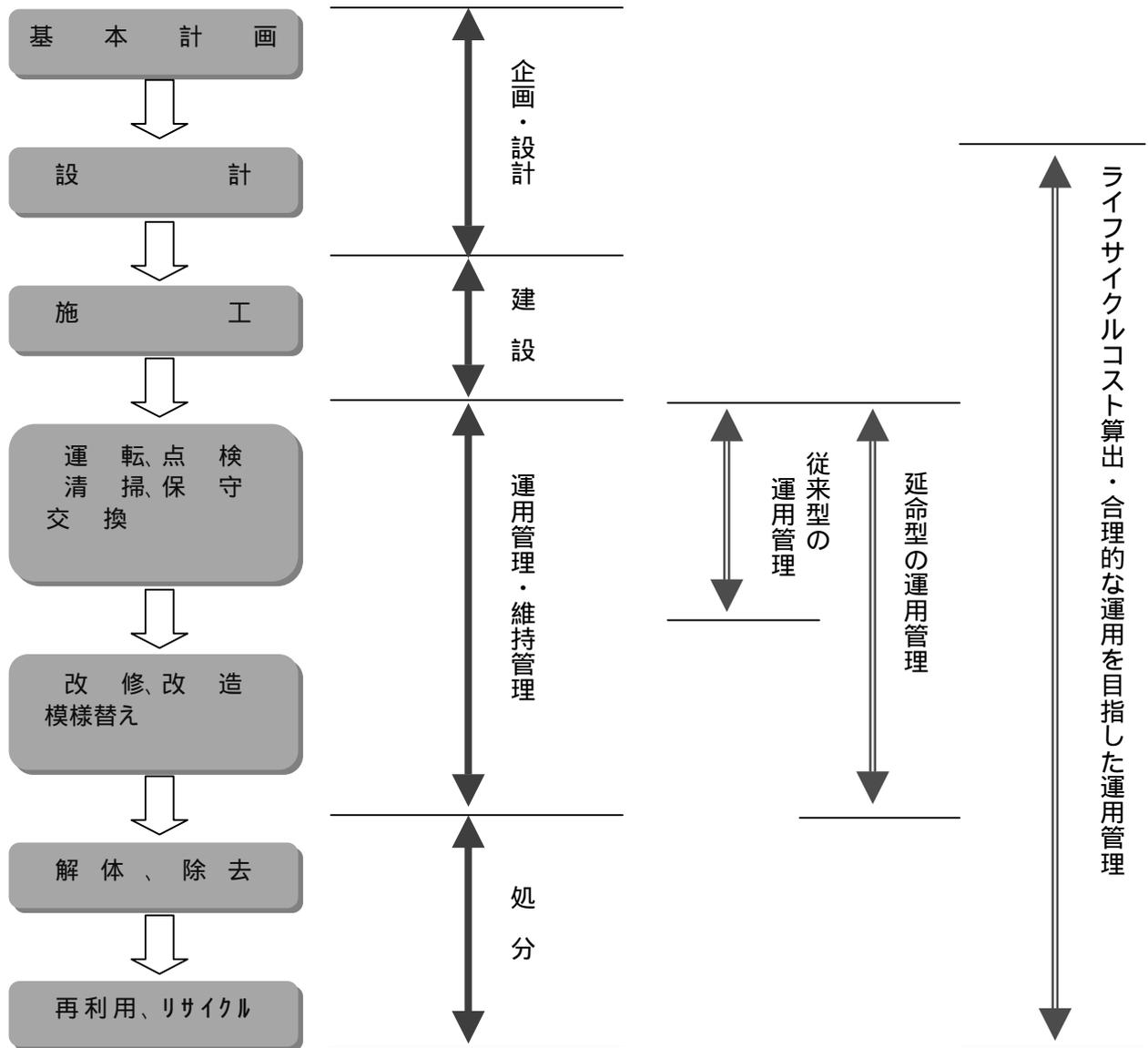


図 11 施設建物ライフサイクルのシナリオ範囲

12. 反省

10年間を振り返って「この経年変化対応策で提供できた製品はいったいなんだったろうか。」と顧客志向的考え方で整理してみた。

保全担当の方々には説明会を開き、建物保全に関する点検手法や毎年実施してきた経年調査のデータ（例えば目視調査結果をまとめたマッピング図やその状況写真、強度データなどの主要な測定結果等）を提供（通知）してきたが、当初情報を求める相手、いわゆる想定した顧客は機構内部であって、それも保全や維持管理に直接的関与がある人達しか想定していなかった。故に、この10年の間に外乱として阪神大震災に伴うTRPの耐震性再評価とASP火災爆発事故に伴う被災建物健全性評価が積極的に行った唯一の外部者への提供であったように思う。

データベース構築作業を始めた頃は、建設業でISO認証取得の国内第1号が発表された頃であり、12年度からスタートした建設工務管理部のISO9001認証取得活動から、改めて地域住民、規制当局、構造（設計者）等の外部者や内部の予算管理者に対して情報提供をわかりやすく提供できるかをテーマに、Web型のデータベース構築作業に取り組んできた。

経年変化対応業務の経緯は、平成2年本社品質保証委員会において本格的に取組みがスタートし、全事業所に展開が図られ翌平成3年に東海事業所における核燃料施設建物に対する経年変化対応業務が始まり、その取組み成果である日常的な施設建物点検手法が事業所レベル及び東海事業所施設管理部門へ展開がなされた。更に、建設工務管理部が毎年度実施してきた東海事業所核燃料施設建物経年変化調査のデータ蓄積とデータベース化、経年化傾向を把握するための2次調査等により、主要な核燃料施設の経年化傾向評価と施設建物耐久性評価手法を確立した。

一方、国内の電力会社が所有管理する商業用原子力発電所についても、1993年頃資源エネルギー庁より高経年化対応に関する進め方が発表され、各電力会社において各種試験調査結果の検討を踏まえて、経済産業省（当時の通産省）より高経年化に対する基本的な考え方がまとめられ、代表的な機器等の技術的評価や具体的な対策（技術的評価に基づいて適切な保全計画の策定）を踏まえ、30年原子炉の現状について報告がなされた。これからの商業用原子力発電所の運転期間は、60年を目途に運転開始後30年以降の保全対応が強化され、定期安全レビューが求められることとなり、また、国と事業者を含めた統合的な（原子炉）施設設備の管理方針も決定した。

今後、核燃料施設高経年化対応を実施する上で、施設建物管理者が十分な認識として持つべきこととして“高経年化対応は原子力主要各国共通の課題である”ことを踏まえ、技術開発や

基準・規格等の分野に限らず内外の情報収集、分析には関係者（機関レベル、人的レベル）のより円滑な連携を図るとともに、地元自治体や地元地域の声、原子力施設の設計者、運転サイドなどの幅広い意見に留意し、日頃から平易な情報の適切な提供に努める必要がある。そのため、中立性、公共性、透明性が十分確保された利用価値の高い情報を発信しなければならないと考える。

13. おわりに

これまでに示した活動により、核燃料施設建物保全活動までの経年変化対応の仕組みはほぼ確立でき、核燃料施設建物の経年変化調査結果から、現状の保全を継続していけば、長期間の使用を仮定しても、設計時に期待した性能（健全性）は十分確保されている見通しを得た。

今後、施設を管理運用していくために、日常的点検等を確実に実施し中長期保全計画を策定するとともに、具体的な保全活動を展開させなければならない。また、運転経験と新たな知見を踏まえた定期的な健全性等の再評価を行うことも重要になるはずである。

14. 参考文献

本報告書作成のために参考にした主な文献を下記に示す。

- 大臣官房技術調査室（財国土開発技術研究センター：外装仕上げの耐久性向上技術，技報堂出版，（1987）
- 大臣官房技術調査室（財国土開発技術研究センター：鉄骨建築物の耐久性向上技術，技報堂出版，（1987）
- 大臣官房技術調査室（財国土開発技術研究センター：鉄筋コンクリート造建築物の耐久性向上技術，技報堂出版，（1987）
- 大臣官房技術調査室（財国土開発技術研究センター：耐久性向上技術の経済性評価手法，技報堂出版，（1987）
- 財建築保全センター：官庁建物修繕措置判定手法・同解説，（1985）
- 財建築保全センター：建築物修繕措置判定手法，（1993）
- 財建築保全センター：管理者のための建築物保全の手引き 改訂版，日の出印刷，（1996）
- 財日本建築防災協会：震災建築物等の被災度判定基準および復旧技術指針（鉄筋コンクリート造編及び鉄骨造編），三栄印刷，（1991）
- 社日本コンクリート工学協会：海洋コンクリート構造物の防食指針：海洋防食指針（案），（1983）
- 社日本コンクリート工学協会：特集コンクリート構造物のリハビリテーション，（1998）
- 社日本コンクリート工学協会：コンクリート構造物のリハビリテーションに関するシンポジウム論文集，（1998）
- 日本港湾協会：港湾施設の技術上の基準・同解説，（1979）
- 日本道路協会：道路橋の塩害対策指針（案），（1984）
- 建築・設備維持保全推進協会：建築設備維持保全計画の作り方，（1990）
- 建築・設備維持保全推進協会：建築設備維持管理のしおり，（1996）
- 社日本建築学会：建築物の耐久計画に関する考え方，丸善，（1988）
- 社日本建築学会：鉄筋コンクリート造のひび割れ対策（設計・施工）指針，（1990）
- 社日本建築学会：建築物の調査、劣化診断・修繕の考え方（案），（1993）
- 社日本建築学会：外壁改修工事の基本的な考え方（湿式編），（1994）
- 社日本建築学会：鉄筋コンクリート造建築物の耐久性調査・診断および補修指針（案），（1997）
- 土木学会：海洋コンクリート構造物設計施工指針（案），（1977）
- 土木学会：コンクリート標準示方書（維持管理編），（2001）
- 日本建築仕上学会：外装仕上げの損傷事例原因と対策，（1996）
- アワーブレン環境設計(株)：既存建物の調査診断（診断事例写真集）

岸谷考一, 他: 塩害 (I), (II), (1991)

福島敏夫: 鉄筋コンクリート造建築物の寿命, (1990)

小林一輔: コンクリート構造物の早期劣化と耐久性診断, (1991)

広沢雅也, 他: 復旧事例にみる耐震診断・補強設計の実務, (1991)

里子博幸, 他: 東海事業所施設の経年変化対応策研究 (平成 3 年度報告書), PNC TN8410 92-074, (1992)

中山一彦, 他: マルチスペクトル法を用いた建物の劣化診断報告書, PNC TN8420 94-026, (1994)

瓜生 満, 他: 経年変化対応策検討分科会報告書, PNC ZN8420 95-004, (1995)

里子博幸, 他: 経年変化対応策平成 10 年度報告 (調査報告), JNC TN8420 99-007, (1999)

里子博幸, 他: 東海事業所施設建物の経年化傾向に関する報告書 (調査報告), JNC TN8420 2000-001, (2000)

里子博幸, 他: “動燃・東海の核燃料施設建物の経年変化調査とその傾向”, 日本機械学会 第 5 回動力・エネルギー技術シンポジウム' 96 講演論文集, No96-3, p. 347~ p. 350, 96 年 11 月

里子博幸, 他: “サイクル機構・東海の核燃料施設建物の経年変化調査とその傾向 (1) -概要-”, 日本原子力学会 2000 年(第 38 回)春の年会要旨集 第 II 分冊, p. 639, 2000 年 3 月

里子博幸, 他: “サイクル機構・東海の核燃料施設建物の経年変化調査とその傾向 (2) -コンクリートの強度-”, 日本原子力学会 2000 年(第 38 回)春の年会要旨集 第 II 分冊, p. 640, 2000 年 3 月

里子博幸, 他: “サイクル機構・東海の核燃料施設建物の経年変化調査とその傾向 (3) -コンクリートの中性化-”, 日本原子力学会 2000 年(第 38 回)春の年会要旨集 第 II 分冊, p. 641, 2000 年 3 月

15. 添付資料

添付資料 1 施設建物経年変化調査手法の概要

資料 1 - 1 主なコンクリート圧縮強度測定方法の概要

資料 1 - 2 主なコンクリート中性化深さ測定方法の概要

資料 1 - 3 コンクリート塩分含有量測定方法の概要

資料 1 - 4 主なコンクリートかぶり厚さの測定方法の概要

資料 1 - 1 コンクリート圧縮強度推定のための主な非破壊的手法とコア抜き圧縮強度試験方法の概要

打撃法（反発硬度法：シュミットハンマ法）	超音波伝搬速度法（音速法）	コア抜き圧縮強度試験方法				
<p>1. 試験方法 コンクリート表面を打撃し、その反発強度からコンクリートの圧縮強度を推定する。</p> <p>2. 注意点 (1) 測定位置におけるコンクリートの表面は平滑かつ汚れのない部位とする。（弾性塗膜による仕上材がある場合は、これを除去すること） (2) 各測定位置（箇所）でその打撃点の数は 20 点以上とし打撃点相互の間隔は 3 cm とする。 (3) 打撃方向は、測定面に対し直角かつ水平方向に行うことを原則とする。 (4) 被測定部のコンクリートの厚みは 10 cm 以上であること。 (5) 隅角部から 10 cm 以上離れた位置であること。</p> <p>3. 圧縮強度の推定 (1) シュミットハンマ法による単一の試験にて行う場合は、$F_c = 10R - 110$（R：反発度）等の式を用いる。 (2) また、構造物の一部から採取したコンクリートコア強度と反発度の実測値を用いて、その関係式を求め強度の推定を行う場合もある。</p> <p>参考文献 日本建築学会 コンクリート強度推定のための非破壊試験方法マニュアル</p>	<p>1. 試験方法 コンクリートの一端に接触させた測定端子から発振した超音波パルスが、対向するコンクリート他端に接触させた測定端子に到達するまでの時間と、両端子間の距離を測定して音速を求め、その音速値により圧縮強度を推定する。</p> <p>2. 注意点 (1) 測定位置におけるコンクリートの表面は平滑かつ汚れのない部位とする。（弾性塗膜による仕上材がある場合は、これを除去すること） (2) 測定距離は原則として 10 cm であること。 (3) 測定にあっては、鉄筋の影響を受けない位置であること。 (4) 試験片による較正を行う必要がある。 (5) コンクリート表面の仕上材は除去すること。 (6) 内部欠陥の有無の確認が必要である。</p> <p>3. 圧縮強度の推定 (1) 反発度法による反発度と音速法による縦波伝搬速度の測定値を併用し、$F_c = 10R + 223V_p - 960$（R：反発度、V_p：音速（km/s））等の式を用いる。 (2) また、構造物の一部から採取したコンクリートコア強度と反発度の実測値及び縦波伝搬速度の測定値を用いて、その関係式を求め強度の推定を行う場合もある。</p>	<p>1. 試験方法 コンクリートコアの抜き取り作業ではコアドリルを用いて採取するが、鉄筋や埋設管等に損傷をあたえない様に、あらかじめ施工図による確認を行う他、鉄筋探査器などを用いてコア採取位置を決める。</p> <p>2. 注意点 コア径は粗骨材の最大寸法の 3 倍以上が原則であるが、鉄筋や埋設配管との交渉を避ける場合でも 2 倍以上としなければならない。 また、コア供試体の高さは原則として径の 2 倍とする。但し、供試体の高さがその直径の 2 倍より小さい場合は、試験で得られた圧縮強度に補正係数をかけて換算する。</p> <p style="text-align: center;">換算表 JIS A 1107</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%; text-align: center;">高さ</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">と直径との比</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">補正係数</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">備考</td> </tr> </table> <p>参考文献 JIS A 1107 コンクリートからのコア及びはりの切取り方法及び強度試験方法 JIS A 1108 コンクリートの圧縮強度試験方法</p>	高さ	と直径との比	補正係数	備考
高さ	と直径との比	補正係数	備考			



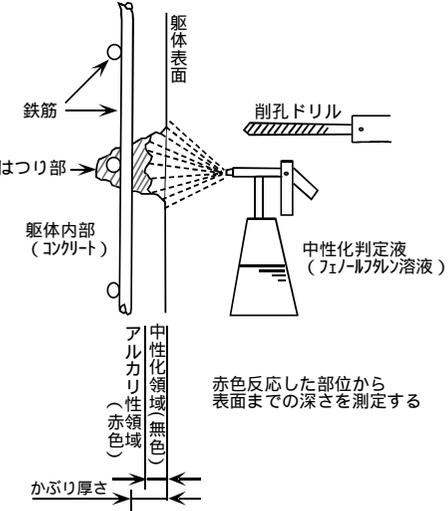
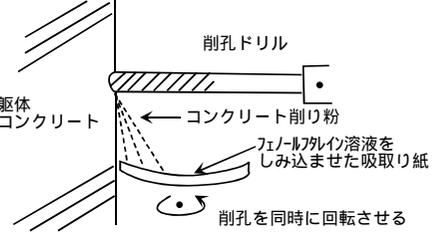
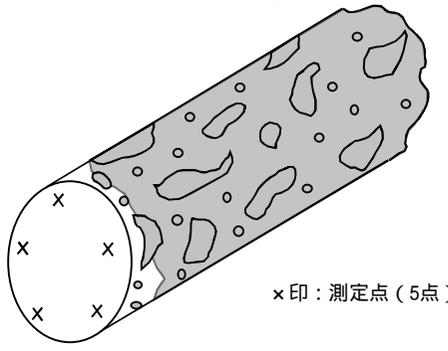
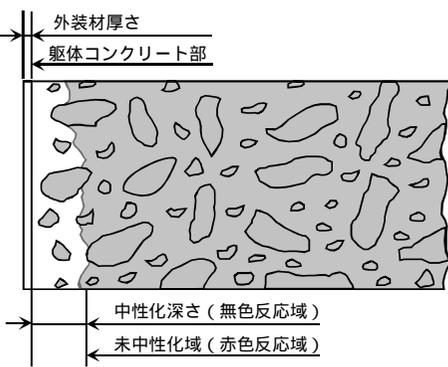
シュミットハンマ法による構造体強度測定状況

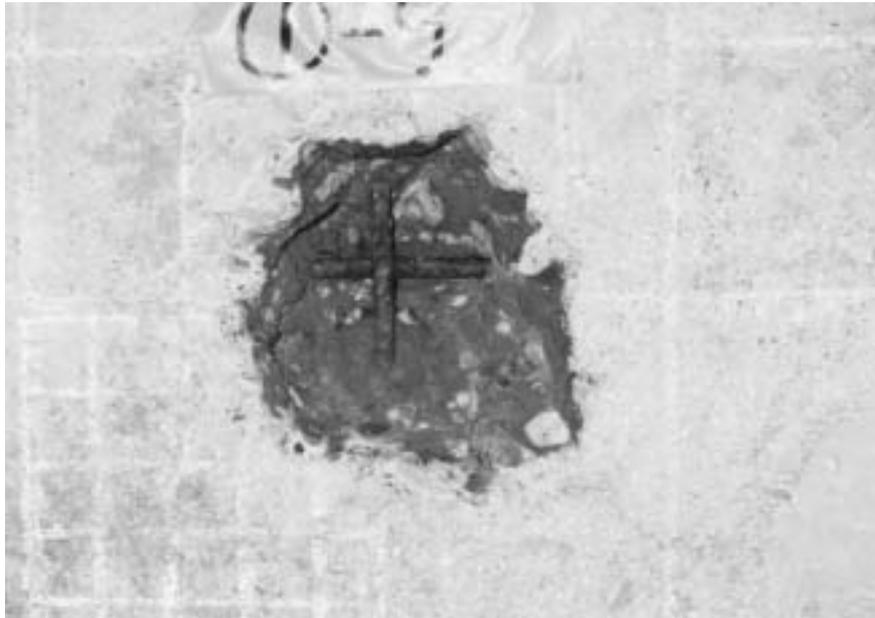


コンクリートコアを用いた強度測定状況

試 験 状 況 写 真

資料 1 - 2 コンクリート構造物の中性化深さ測定のための主な測定方法の概要

はつり法	小径ドリル法（削り粉法）	中性化用コア法（表面及び割裂面）	圧縮強度測定用コア併用法及び塩分量測定用コア併用法（表面及び割裂面、塩分コアは表面のみ）
<p>1. 測定方法</p> <p>鉄筋探査機等により調査位置の配筋状態、かぶり厚さをチェックし、鉄筋の縦筋と横筋とが交差している部位をねらい、ドリル等を用いて鉄筋をはつり出す。</p> <p>鉄筋の腐食状態等を確認したのち、中性化判定液（フェノール・フタレイン溶液）をコンクリートはつり部に吹きかけ、赤色（未中性化）に変色した部分の表面から深さをスケール等により5点以上測定し、それらの平均を求め調査位置での中性化深さとする。</p>  <p>はつり法による中性化深さ測定概略図</p>	<p>1. 測定方法</p> <p>はつり法と同様に配筋状態かぶり厚さをチェックし、鉄筋に干渉しないようコンクリート表面を垂直にドリルを用いて削孔する。この時に他の作業員がフェノール・フタレイン溶液をしみ込ませた吸取り紙（る紙）を削り粉が落下する位置にセットし、削孔開始と同時に、常に新しいところに落ちないように吸取り紙を動かす。</p> <p>落下したコンクリート削り粉が、吸取り紙に触れて赤色に変色した時に直ちに削孔をやめ、その時の深さをノギスのデプスパーと本尺の先端を用いて孔の深さを測定する。</p> <p>骨材の影響等のばらつきを考慮して、調査箇所につき5点以上測定し平均を求め調査位置での中性化深さとする。</p>  <p>小径ドリル法による中性化深さ測定概略図</p> <p>参考文献 建設省総合開発プロジェクト「コンクリートの耐久性向上技術の開発」報告書（第一編），など</p>	<p>1. 測定方法</p> <p>はつり法と同様に配筋状態、かぶり厚さをチェックし、鉄筋等に干渉しないようコンクリート部からコアを採取する。尚、コアドリルの削孔深さはかぶり厚さと同程度とする。</p> <p>コアを採取後、直ちにコア表面にフェノール・フタレイン溶液を吹きかけ、赤色に変色した部分の表面からの深さをスケール等により5点以上測定し、それらの平均を求め調査位置での中性化深さとする。また、コアを試験室において割裂し、割裂面にフェノール・フタレイン溶液を吹きかけ中性化深さ（5点以上）を測定する方法もある。</p>  <p>コア表面中性化測定位置説明図</p> <p>参考文献 ASTM C42 コンクリートからのコア及び梁の切取り方法及び引張試験方法，など</p>	<p>1. 測定方法及び注意点</p> <p>中性化用コア法と同じであるが、割裂面測定は圧縮強度試験終了後に行うため、圧縮強度試験時におけるキャッピング（コア両端部の処置）に伴うカッティング加工への配慮が必要となる。</p> <p>また、塩分量測定用のコア径は、一般にコア径が小さくなるため計測する5点の箇所はコア表面中性化判定を代表する深さとする必要がある。</p>  <p>コア割裂法による中性化深さの判定例</p> <p>参考文献 JIS A 1107 コンクリートからのコア及び梁の切取り方法及び圧縮強度試験方法，JCI 基準（案）硬化コンクリート中に含まれる塩分分析用コア試料の取り方について，など</p>



中性化深さの測定手法



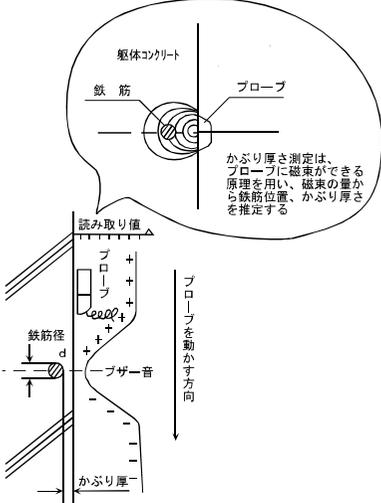
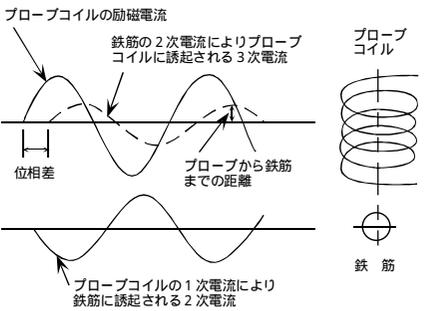
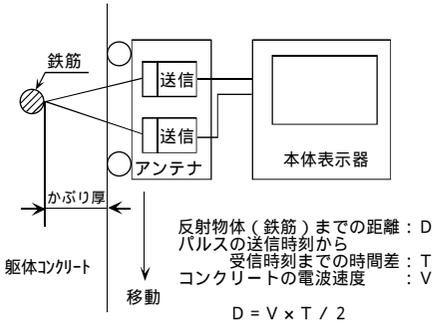
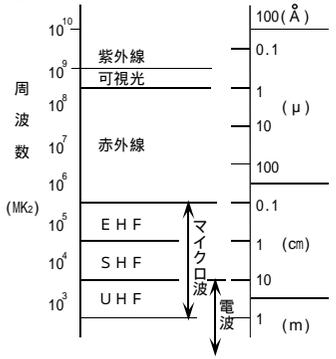
小径ドリル法による測定状況写真

試 験 状 況 写 真

資料 1-3 コンクリート構造物中の塩分含有量測定のための主な試料採取方法の概要

塩分量測定用コア採取法 (50 ~ 70)	小径ドリルによるはつり粉採取法 (20)	備 考
<p>1. 採取方法</p> <p>鉄筋との干渉を避けるため、あらかじめ設計図、鉄筋探査機などを用いてかぶり厚さや鉄筋間隔をチェックする。</p> <p>採取位置の確定後、簡易小径コアを用いて 50 程度のコアを採取する。</p> <p>コアの長さは、塩分の浸透深さ、練り混ぜ時の塩分量を求められるような長さを選択することが望ましい。(採取コアの切取方法の例を表層部の仕上材を除き 2cm ピッチにスライスして、コア 1 本につき 3 試料をとる)</p> <p>塩分量測定のための目的</p> <p>コンクリート中に存在する塩化物の形態は、通常、塩化物イオン (Cl⁻) とフリーデル氏塩と考えられる。これらのうち、鉄筋腐食に有害なものは塩化物イオンとされ、フリーデル氏塩は化合物中に固定された塩素であるため、直接的な鉄筋腐食に影響しないとされている。しかし、フリーデル氏塩は必ずしも安定した化合物ではなく、外部から侵入する炭酸ガスによって分解され、その結果、固定されていた塩素化合物がイオン解離し、可溶性の塩化カルシウムが生成され、鉄筋腐食に有害な塩化物イオンとなるため、コンクリート中の塩化物量を調査する場合には、フリーデル氏塩を含めた全塩化物の分析を行うことが望ましいとされる。</p> <p>準用規定</p> <p>JIS A 1107 (コンクリートからのコア及びはりの切取り方法及び圧縮強度試験方法)</p> <p>JCI 基準(案) (硬化コンクリート中に含まれる塩分分析用コア試料の取り方について)</p> <p>ASTM C42 (コンクリートからのコア及び梁の切取り方法及び引張試験方法)</p>	<p>1. 採取方法</p> <p>コア採取法と同様にかぶり厚さや鉄筋間隔をチェックし、採取位置の確定後、20 程度の小径ドリルではつり粉 (削り粉) を採取する。</p> <p>尚、表層から定ピッチで採取する場合は、削孔ごとののはつり粉が混ざらない様、十分に穴を掃除してから次の削孔にとりかかる必要がある。</p> <p>また、これらの試料は骨材の影響によるバラツキを考慮して、調査箇所あたり近接する 5 点以上を削孔して 1 試料とする必要もある。</p> <div data-bbox="801 670 1411 1109" style="text-align: center;"> <p>削孔ドリル</p> <p>削孔ドリル</p> <p>深さ 2 cm</p> <p>深さ 4 cm</p> <p>深さ 2 cm ピッチで 5 点以上削孔し深さごとに削り粉を集めそれらを 1 試料とする</p> <p>躯体コンクリート</p> <p>・躯体表面から深さ 2 cm までの試料採取方法</p> <p>・深さ 2 cm から 4 cm までの試料採取方法</p> <p>小径ドリルによるはつり粉採取法</p> </div> <p>最近では、試料吸引穴が空けられている特殊ビット、試料捕集器、穿孔深さ調整用ストッパー、吸引掃除機が組み合わされたドリルが市販されている。</p> <p>参考文献</p> <p>硬化コンクリート中の塩分量の簡易測定法について、日本建築学会 1985.10 東海 友澤史紀 他</p>	<p>通常、塩化物の分析で対象とされる塩化物には、硝酸に溶解する酸溶性塩化物 (全塩化物: NaCl) と、温水 (JCI 法では 50) に溶ける塩化物 (可溶性塩化物または水溶性塩化物: sol, NaCl) とがある。</p> <p>尚、イオン電極法、硝酸銀滴定法、吸光光度法のいずれかの方法で塩化物イオン濃度を定量分析する場合には、必ず空試験を行い、ブランク値を得て定量値を補正する必要がある。</p> <p>塩化物量の計算は、以下の式による。</p> $C = a \times \frac{V}{V_s} \times \frac{100}{\sigma} \times 0.001$ $C_v = C \times M \times 0.01$ <p>C_v : コンクリートの単位容積あたりの Cl⁻含有量 (kg/m³)</p> <p>C : 分析試料中の Cl⁻含有量 (wt%)</p> <p>a : 分取液中の Cl⁻定量分析値 (mg)</p> <p>V : 抽出液量 (ml)</p> <p>V_s : 分取液量 (ml)</p> <p>σ : 試料量り取り量 (g)</p> <p>M : コンクリートの単位容積質量 (kg/m³)</p> <p>引用文献</p> <p>日本コンクリート工学協会 JCI 基準案「硬化コンクリートに含まれる塩分の分析方法(案)」及び「硬化コンクリート中に含まれる全塩分の簡易分析方法(案)」</p>

資料 1 - 4 コンクリートかぶり厚さ，鉄筋の配筋状態，内部欠陥等の有無の推定を行うための主な非破壊的手法

磁気法		電磁波法		赤外線法			
電磁誘導式		過流探査式		レーダー波法		赤外線サーモグラフィー	
<p>1. 原理</p> <p>探索子（プローブ）と金属反応度を示すデジタルカウンタまたはメーターからなり，記録計によってはY軸にプローブ反応指示値をX軸には走査距離を波形で表示するものもある。</p>  <p>電磁誘導式による鉄筋探査方法（例：プロフォメータ）</p>		<p>1. 原理</p> <p>過流探傷装置により，プローブコイルに励磁電流（1次電流）が流れると鉄筋に2次電流が発生し，プローブコイルに起電力（3次電流）を与え，1次と3次電流の位相差（位相角）が鉄筋径を表し，3次電流の振幅がかぶり厚さを表すものである。</p>  <p>過流探傷法を用いた配筋探査の測定原理（例：配筋非破壊検査システム）</p>		<p>1. 原理</p> <p>コンクリート内部に向けて電磁波をパルスで放射し，コンクリート内部にコンクリートと誘導率の異なるものがあるとその境界で電磁波が反射し，反射パルス信号を受信する。この時の電波速度からかぶり厚さ等を求めるものである。</p>  <p>レーダー波法による鉄筋探査方法</p>		<p>1. 原理</p> <p>コンクリート表面から放射される熱赤外線エネルギーを検出し，その表面温度を平面的に映像化することによって，コンクリート内部の状態や性質を調査するものである。表面温度分布より，健全部と劣化部の温度差から劣化部を抽出させる。</p>  <p>電磁波における赤外線（赤外線波長域）の位置</p>	
<p>2. 商品名</p> <ul style="list-style-type: none"> ・マイロガ-メータ : (株)マルイ ・Rメーター : // ・プロフォメーター : 富士物産(株) など 		<p>2. 商品名</p> <ul style="list-style-type: none"> ・配筋非破壊検査システム : 鹿島建設(株) など 		<p>2. 商品名</p> <ul style="list-style-type: none"> ・RCレーダー : 日本無線(株) など 		<p>2. 商品名</p> <ul style="list-style-type: none"> ・赤外線熱画像装置「TVSシリーズ」 : 日本アビオクス(株) ・サービュア JTGシリーズ : 日本電子(株) ・SPATEシリーズ : OMETRON 社 ・外壁剥離診断用赤外線カメラ「サーモレサ TH3105」 : NEC 三栄(株) など 	
<p>3. 用途</p> <p>配筋状態，かぶり厚さ，鉄筋径の測定</p>		<p>3. 用途</p> <p>配筋状態，かぶり厚さ，鉄筋径の測定</p>		<p>3. 用途</p> <p>配筋状態，かぶり厚さ，鉄筋径の測定</p>		<p>3. 用途</p> <p>表面剥離等の内部欠陥の探査</p>	

付 - 7 (130)

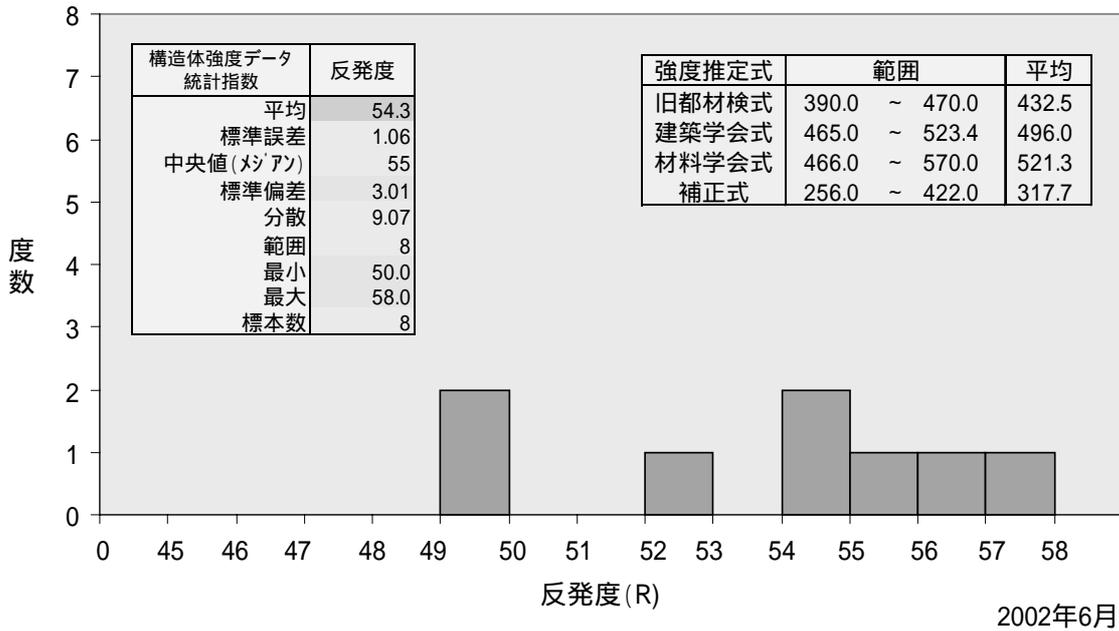
添付資料 2 施設建物躯体強度測定反発度ヒストグラム

資料 2 - 1 再処理施設 躯体強度測定反発度ヒストグラム

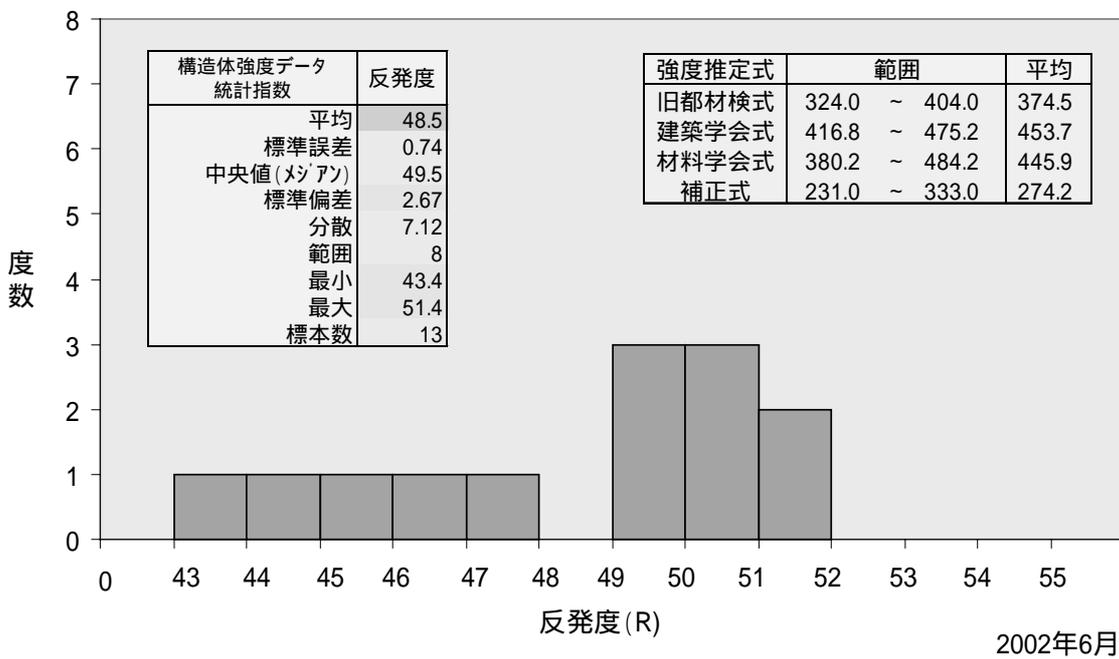
資料 2 - 2 プルトニウム燃料施設 躯体強度測定反発度ヒストグラム

資料 2 - 3 濃縮・ユーティリティ・その他の施設 躯体強度測定反発度
ヒストグラム

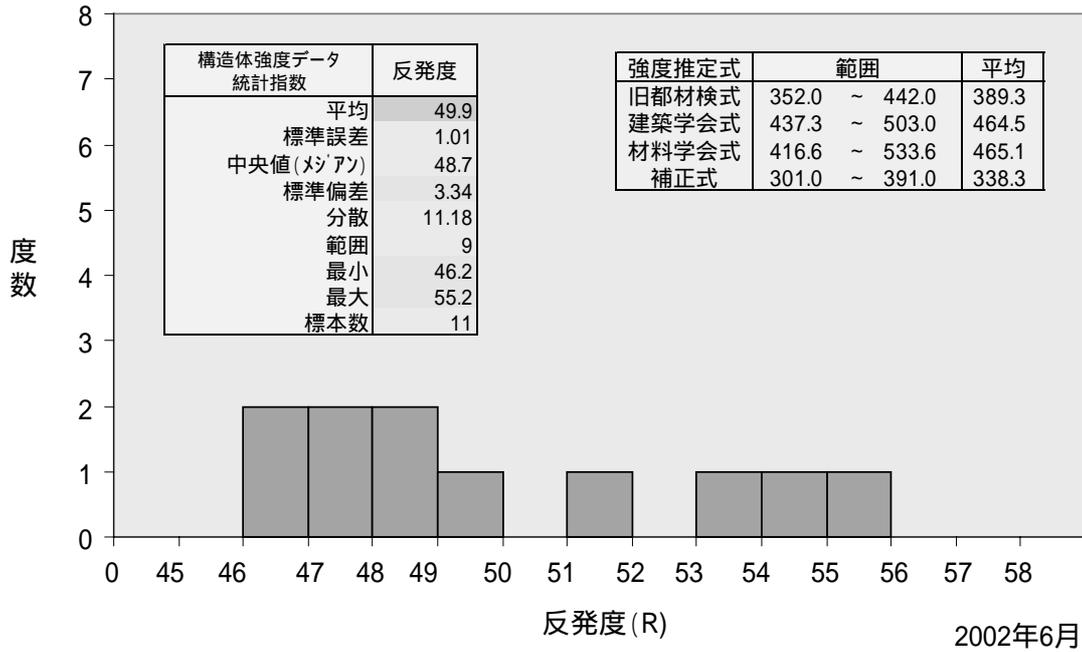
資料 2 - 1 再処理施設 躯体強度測定反発度ヒストグラム



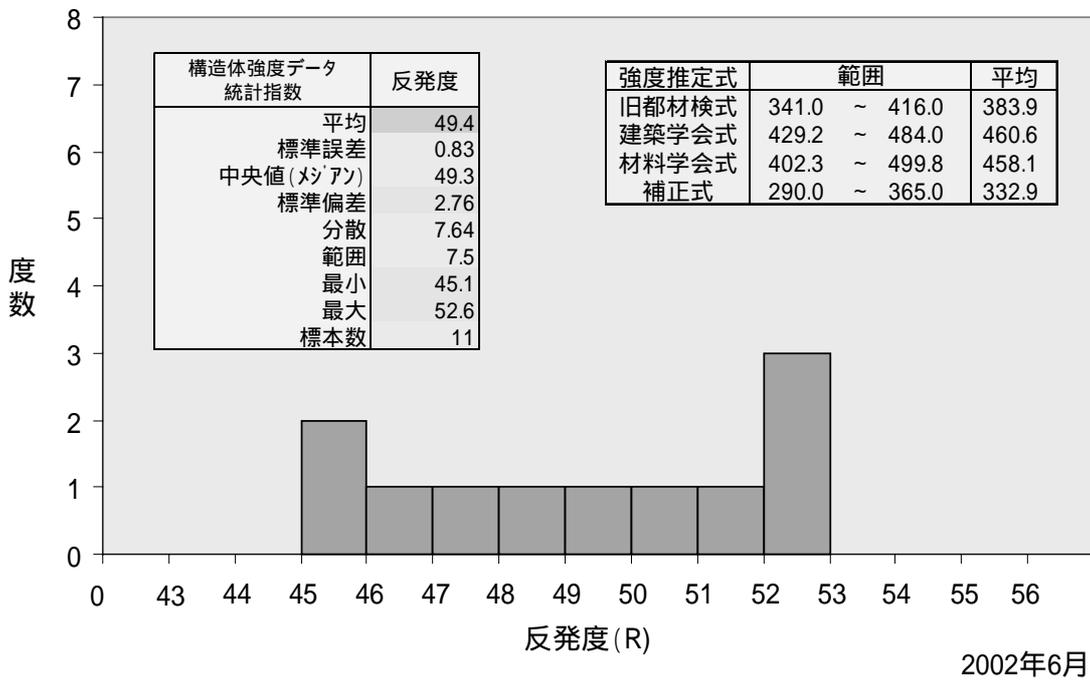
分離精製工場: 反発度ヒストグラム (経過年: 20年)



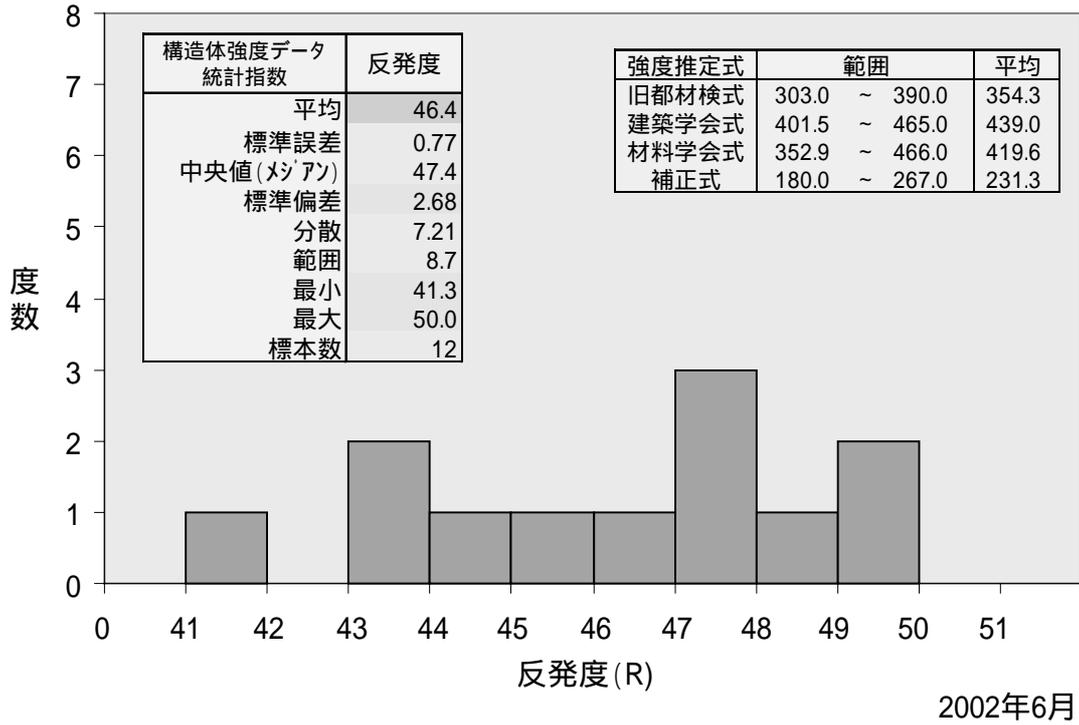
分離精製工場: 反発度ヒストグラム (経過年: 22年)



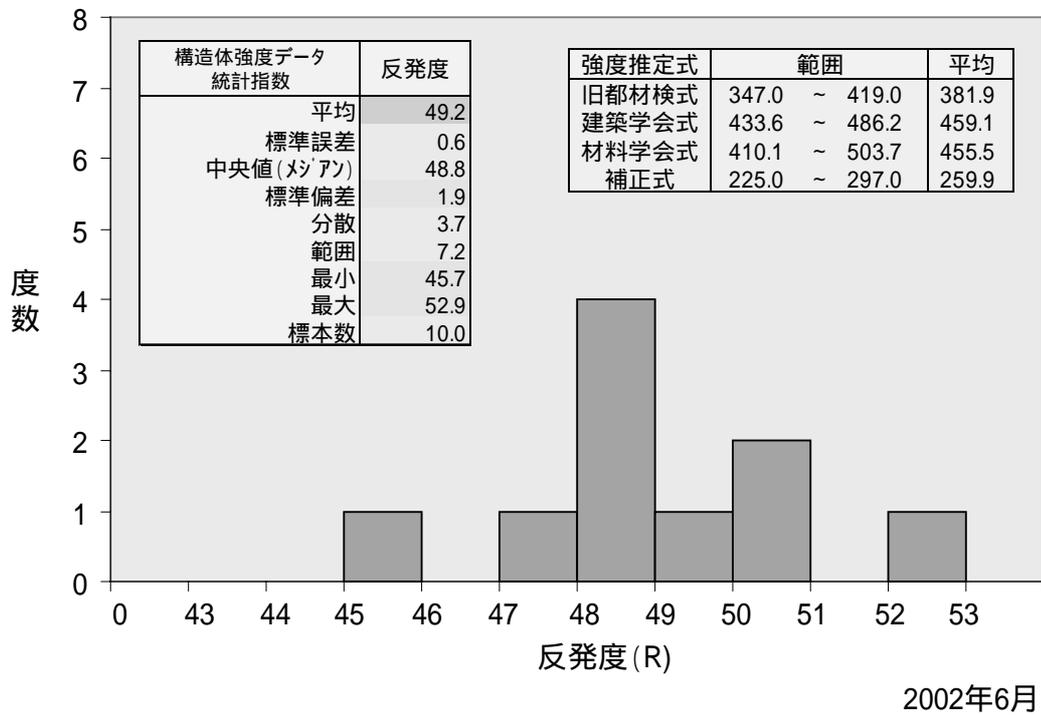
廃棄物処理場: 反発度ヒストグラム (経過年: 19年)



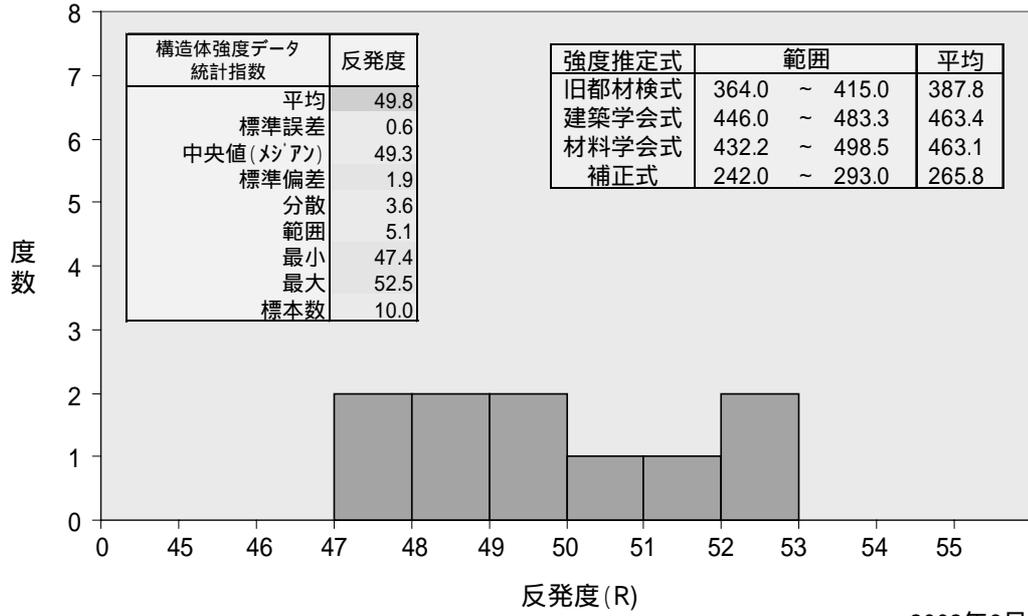
廃棄物処理場: 反発度ヒストグラム (経過年: 24年)



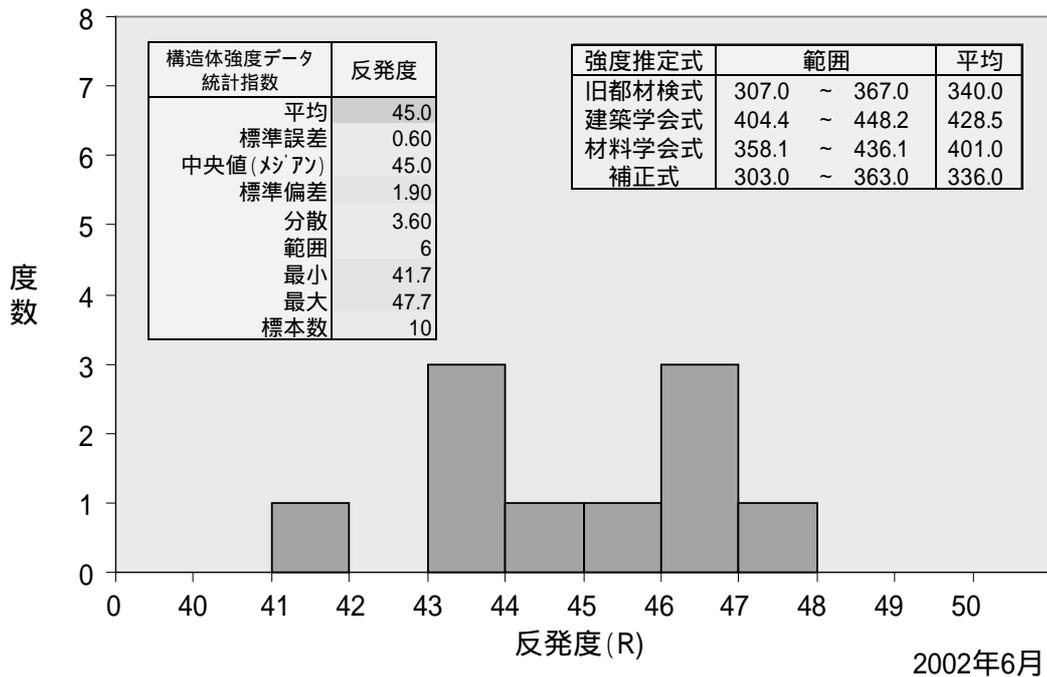
分析所: 反発度ヒストグラム (経過年: 19年)



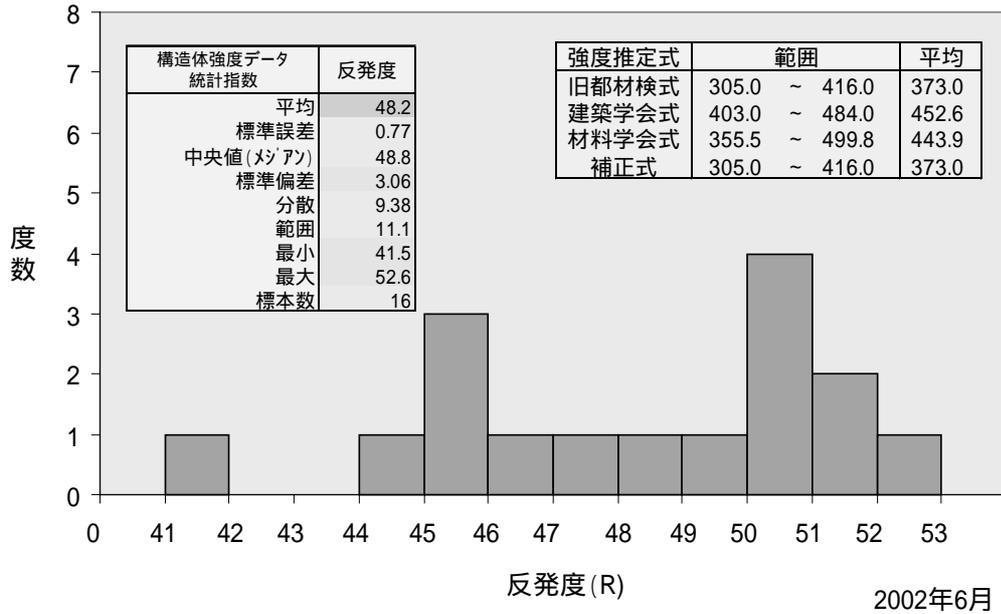
除染場: 反発度ヒストグラム (経過年: 20年)



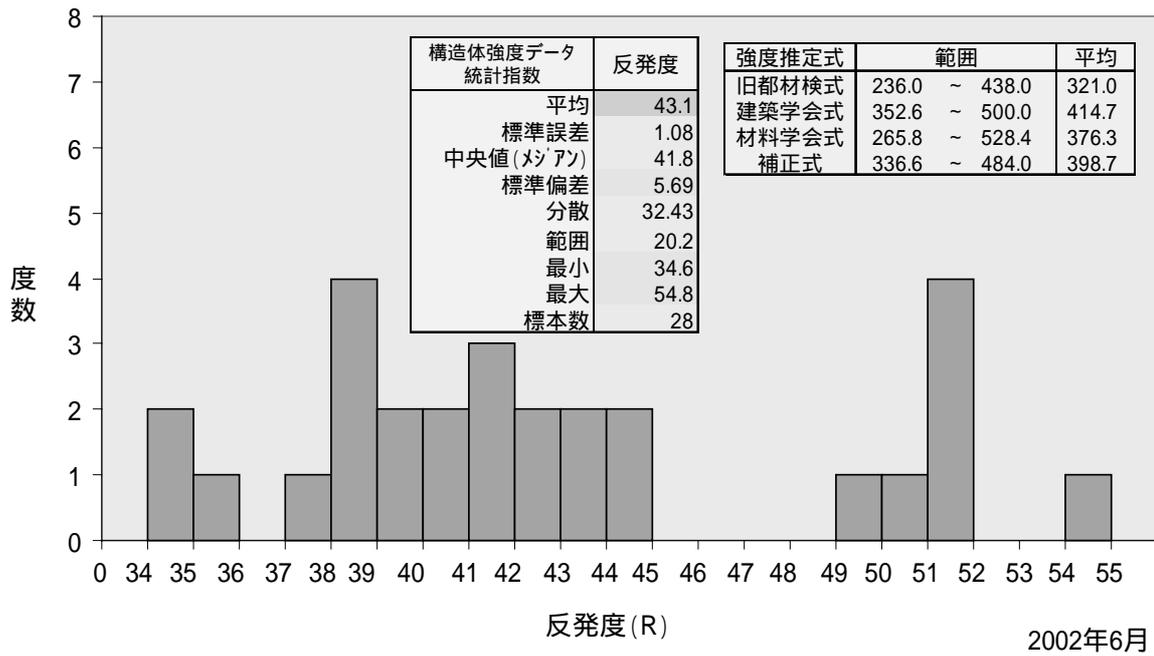
除染場:反発度ヒストグラム(経過年:26年)



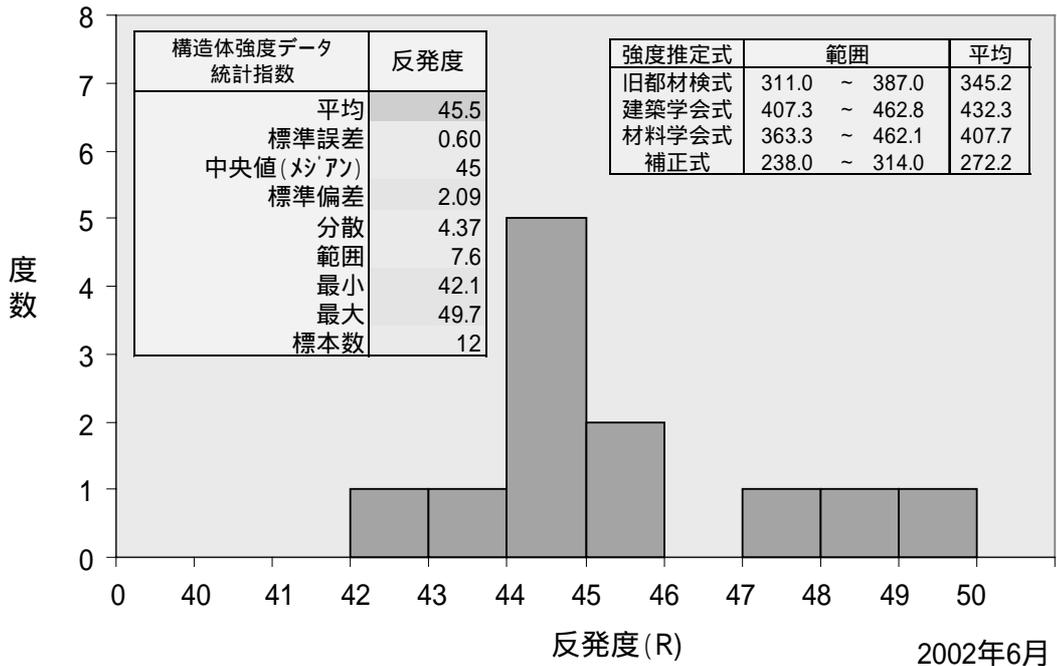
高放射性固体廃棄物貯蔵庫:反発度ヒストグラム
(経過年:20年)



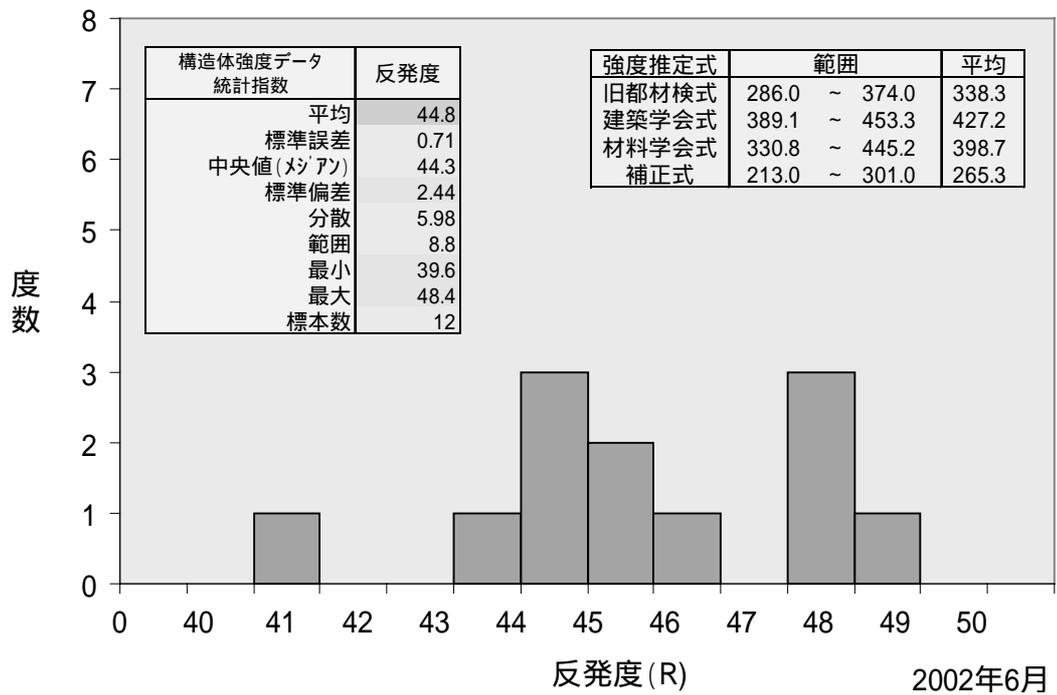
スラッジ貯蔵場: 反発度ヒストグラム (経過年: 20年)



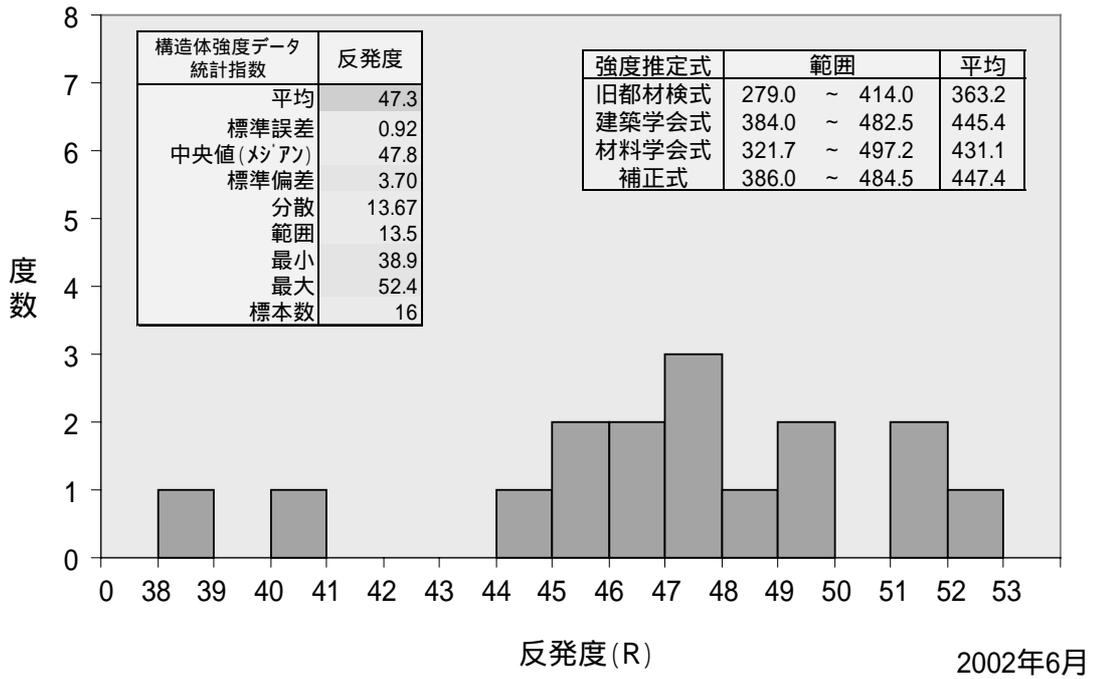
主排気筒: 反発度ヒストグラム (経過年: 25年)



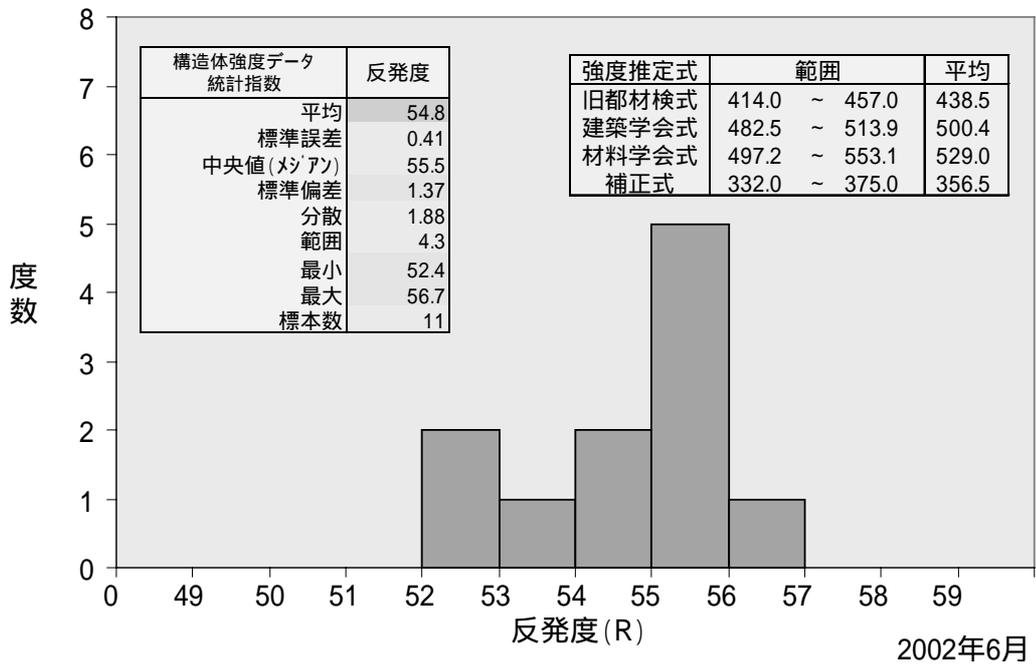
第二低放射性廃液蒸発処理施設: 反発度ヒストグラム
(経過年: 18年)



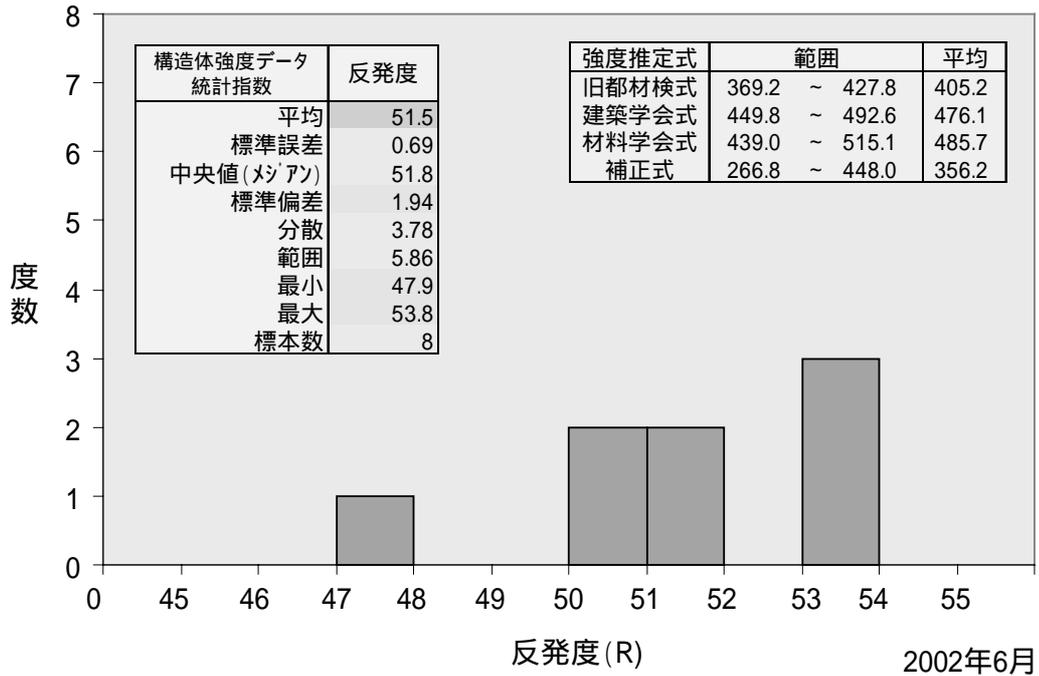
第二低放射性廃液蒸発処理施設: 反発度ヒストグラム
(経過年: 24年)



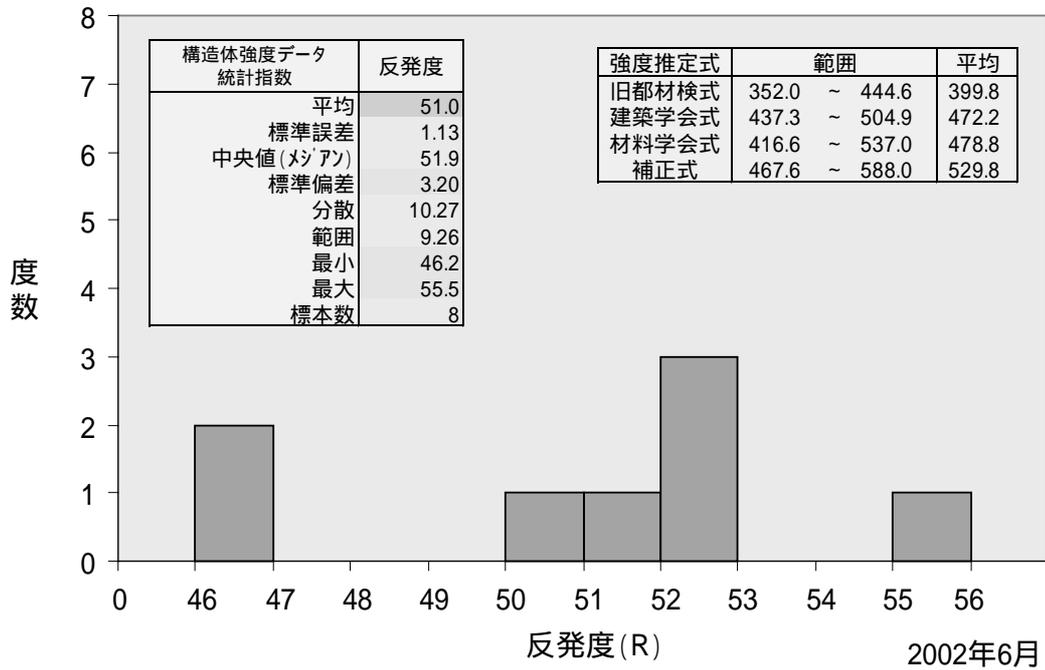
第一ウラン貯蔵所: 反発度ヒストグラム (経過年: 23年)



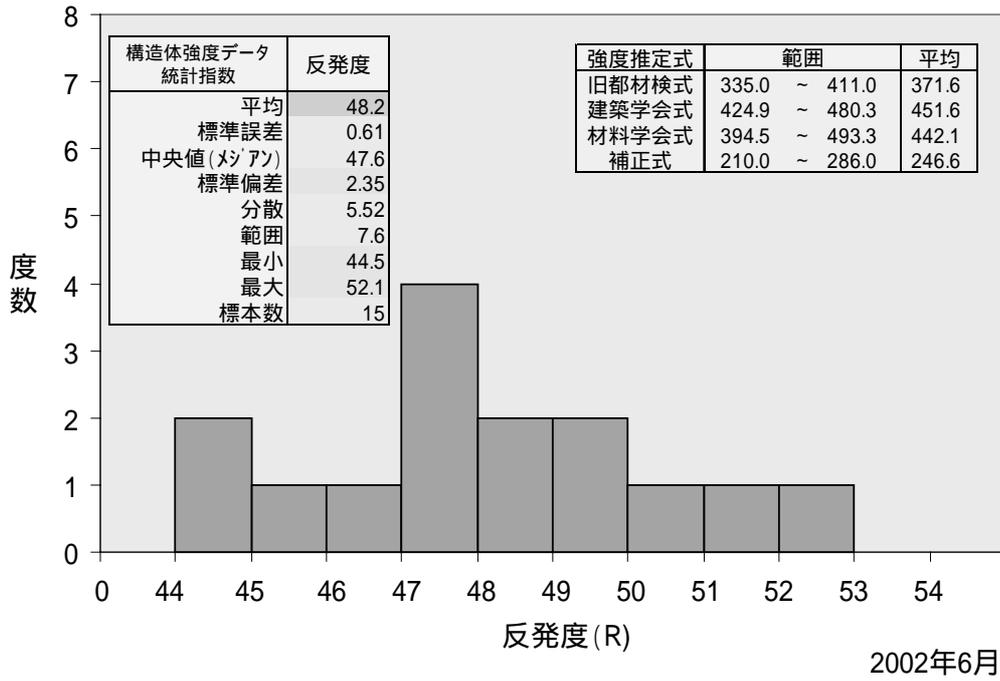
第三低放射性廃液処理施設: 反発度ヒストグラム
(経過年: 15年)



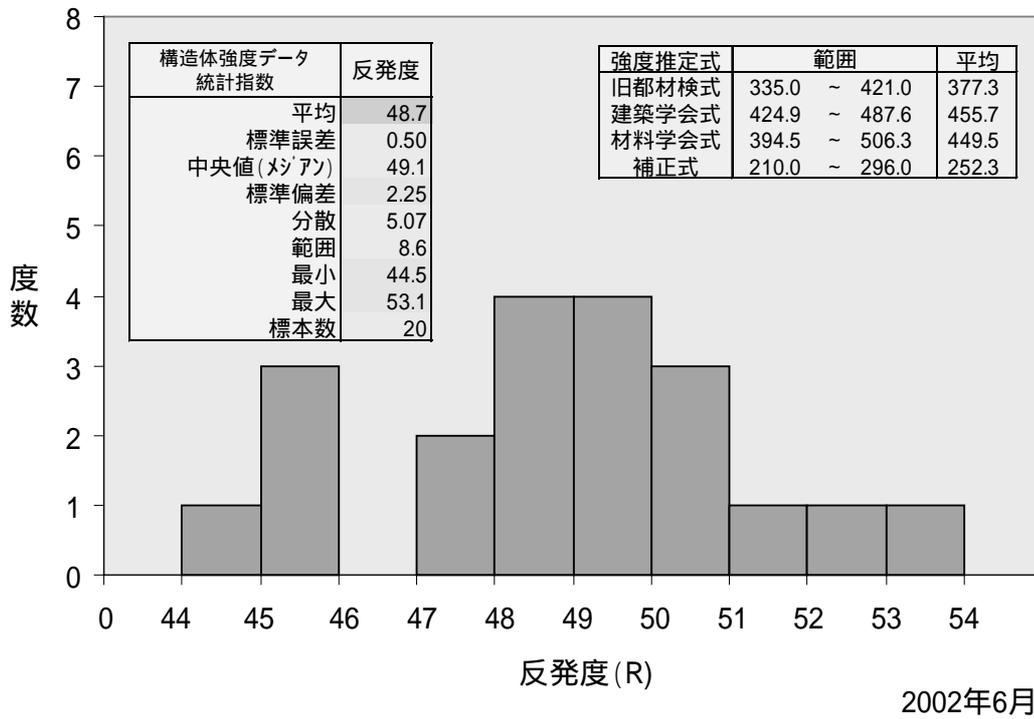
中間開閉所:反発度ヒストグラム(経過年:17年)



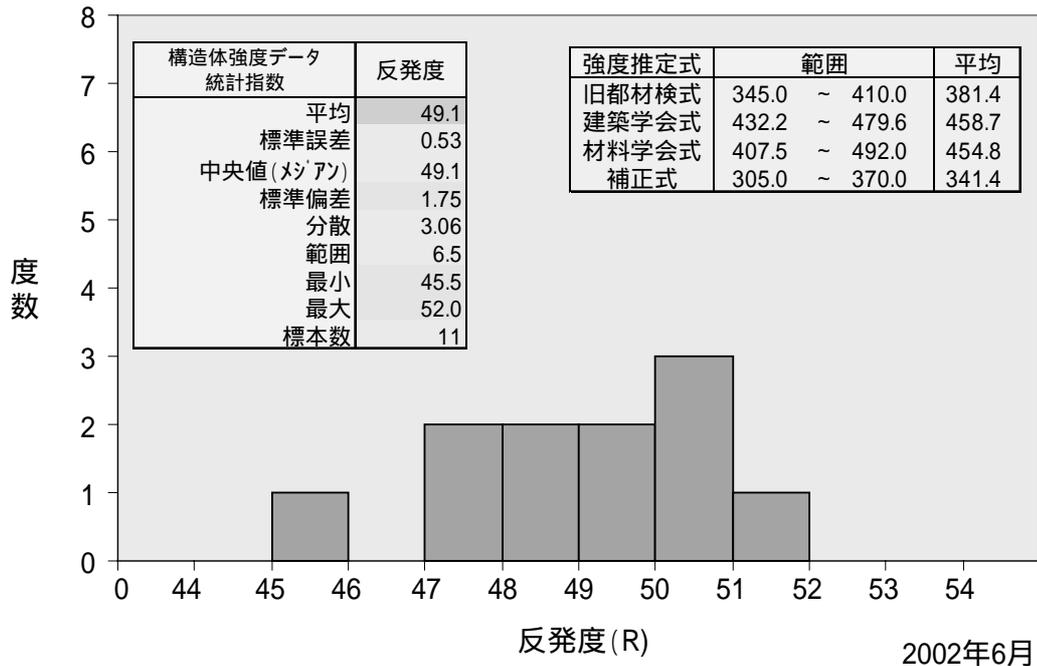
放出廃液油分除去施設:反発度ヒストグラム(経過年:16年)



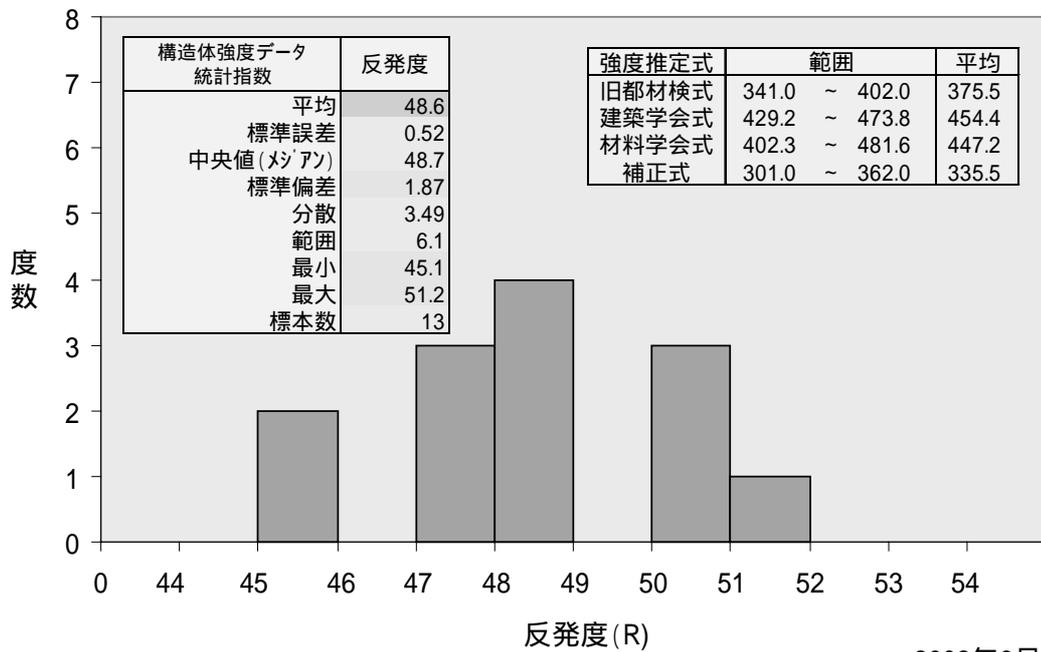
第二ウラン貯蔵所: 反発度ヒストグラム (経過年: 14年)



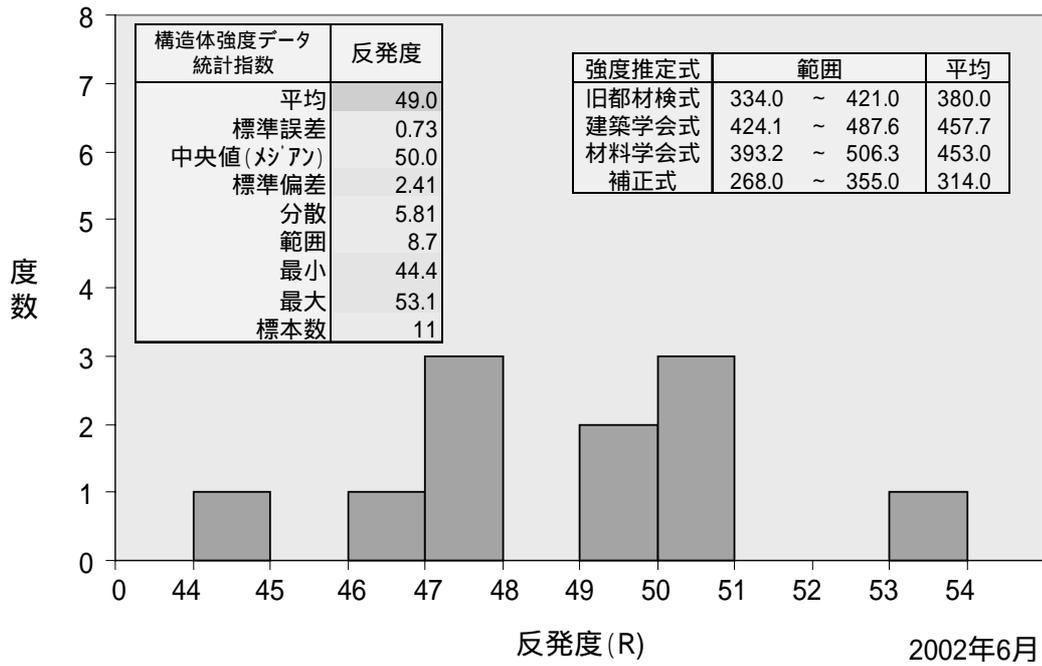
第二ウラン貯蔵所: 反発度ヒストグラム (経過年: 18年)



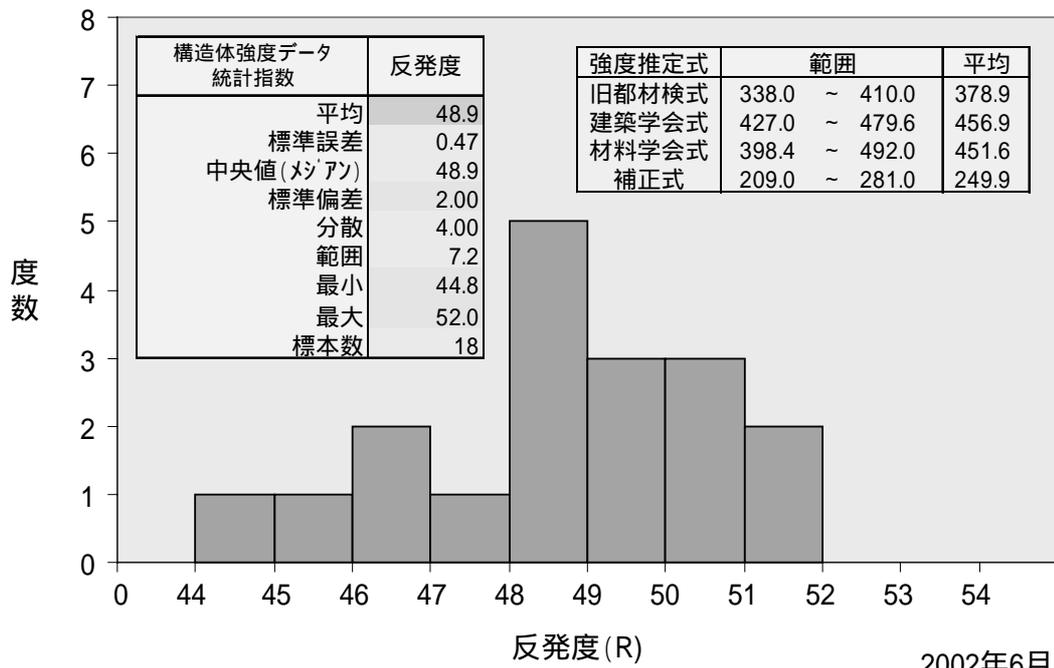
2002年6月
第二低放射性固体廃棄物貯蔵場: 反発度ヒストグラム
(経過年: 11年)



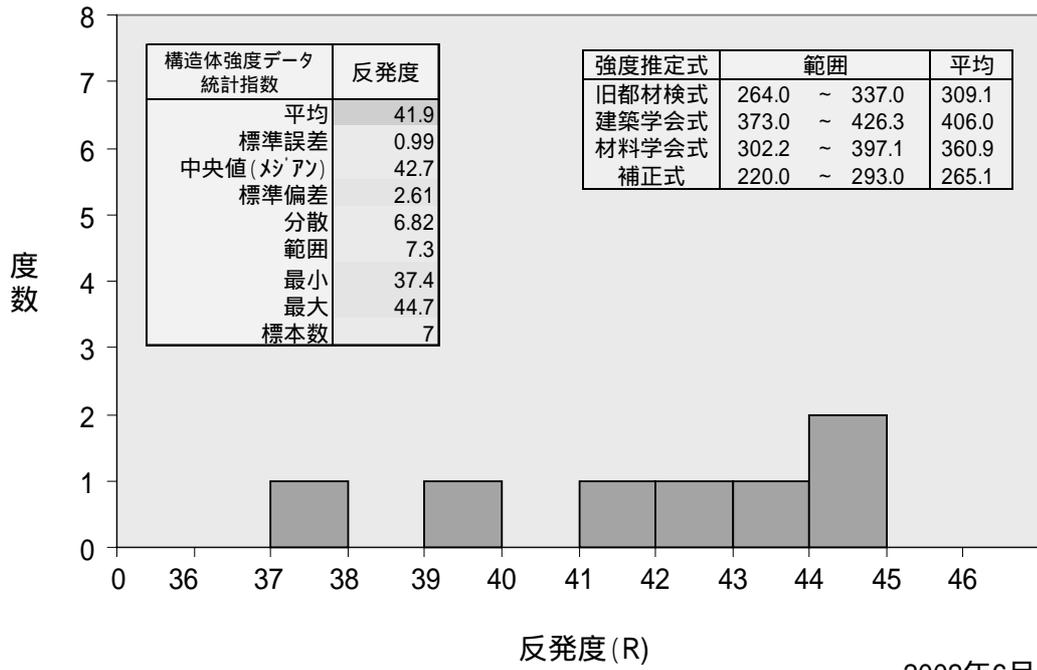
2002年6月
第二低放射性固体廃棄物貯蔵場: 反発度ヒストグラム
(経過年: 17年)



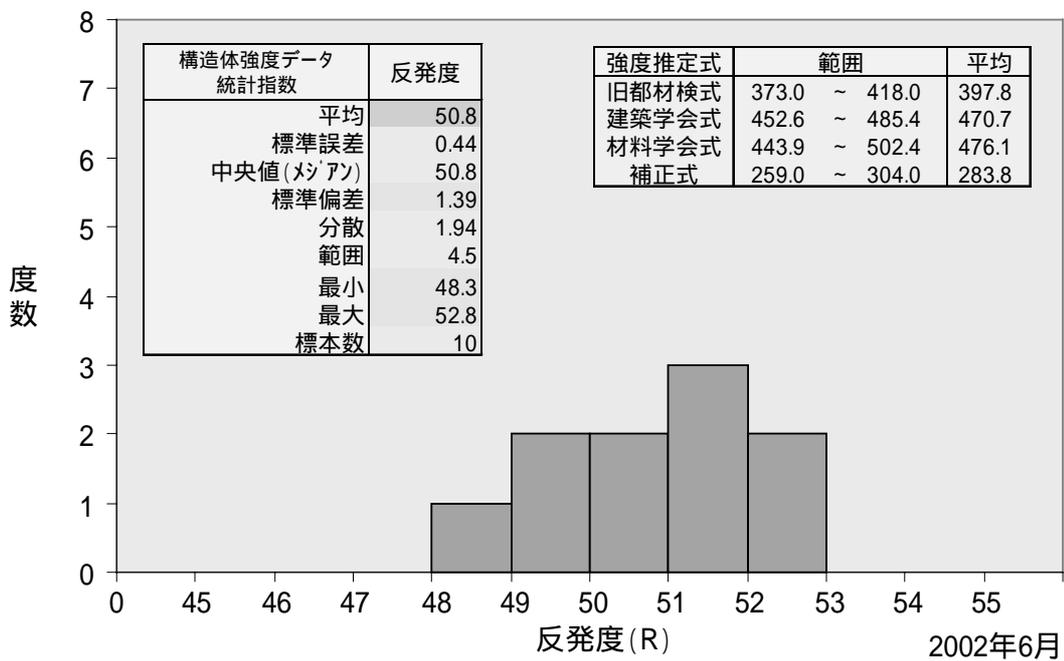
2002年6月
アスファルト固化処理施設: 反発度ヒストグラム (経過年: 10年)



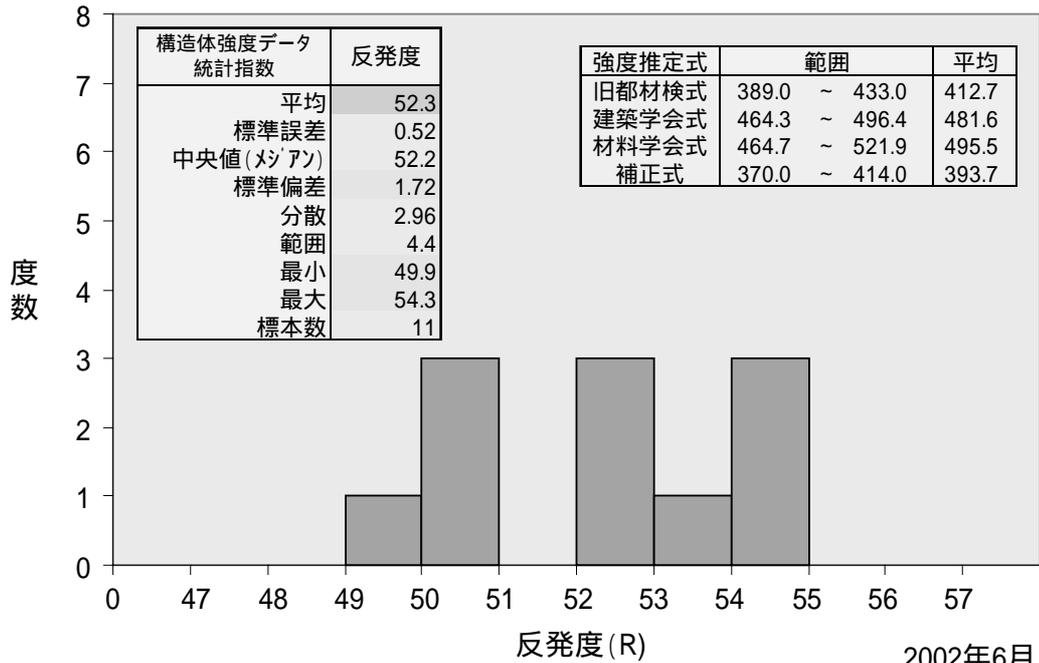
2002年6月
アスファルト固化体貯蔵施設: 反発度ヒストグラム
(経過年: 10年)



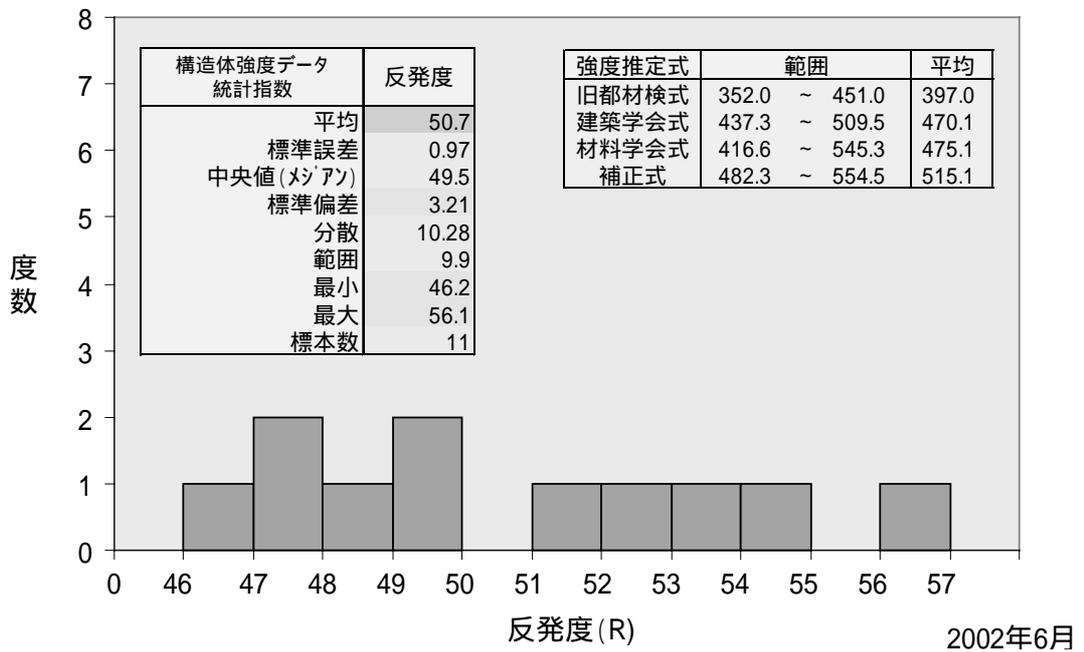
第一付属排気筒: 反発度ヒストグラム (経過年: 8年)



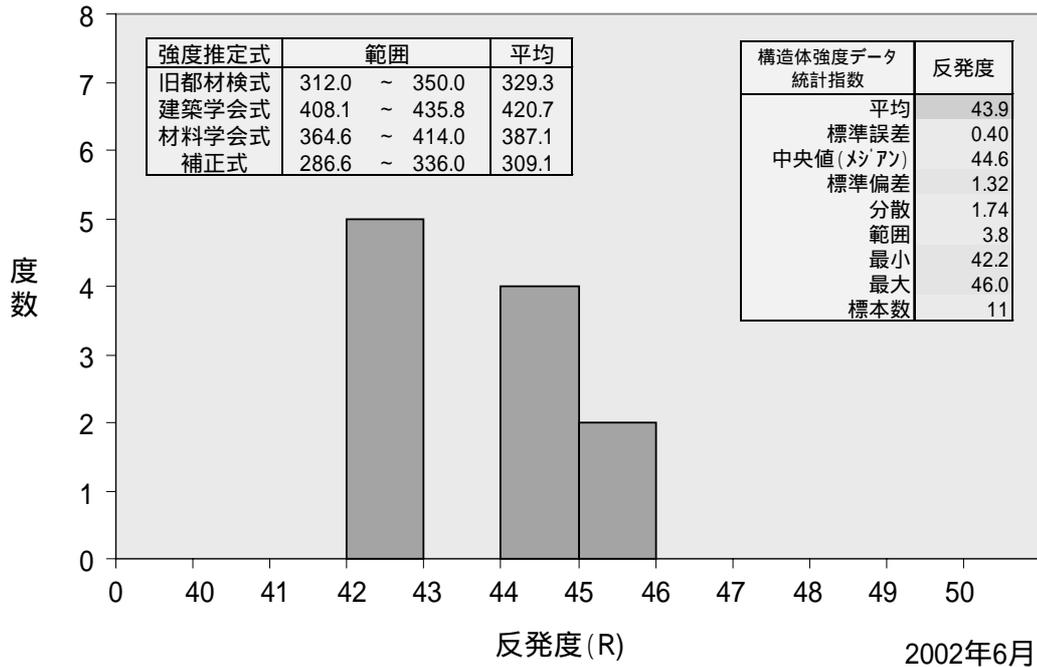
クリプトン回収技術開発施設: 反発度ヒストグラム
(経過年: 10年)



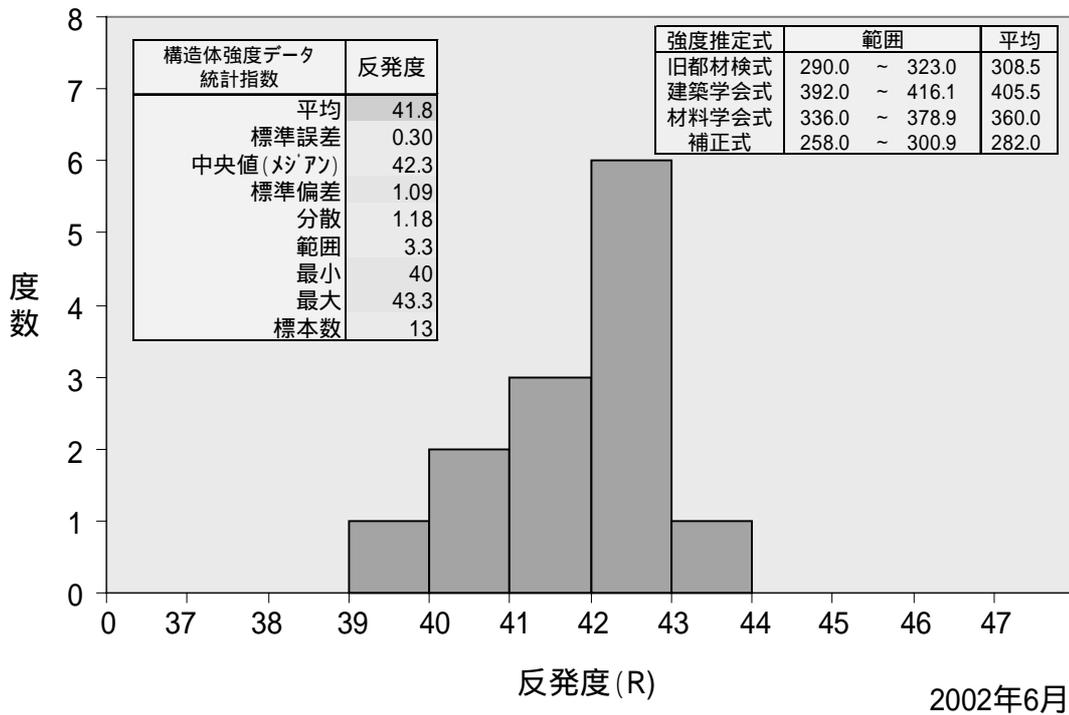
廃溶媒貯蔵場: 反発度ヒストグラム (経過年: 13年)



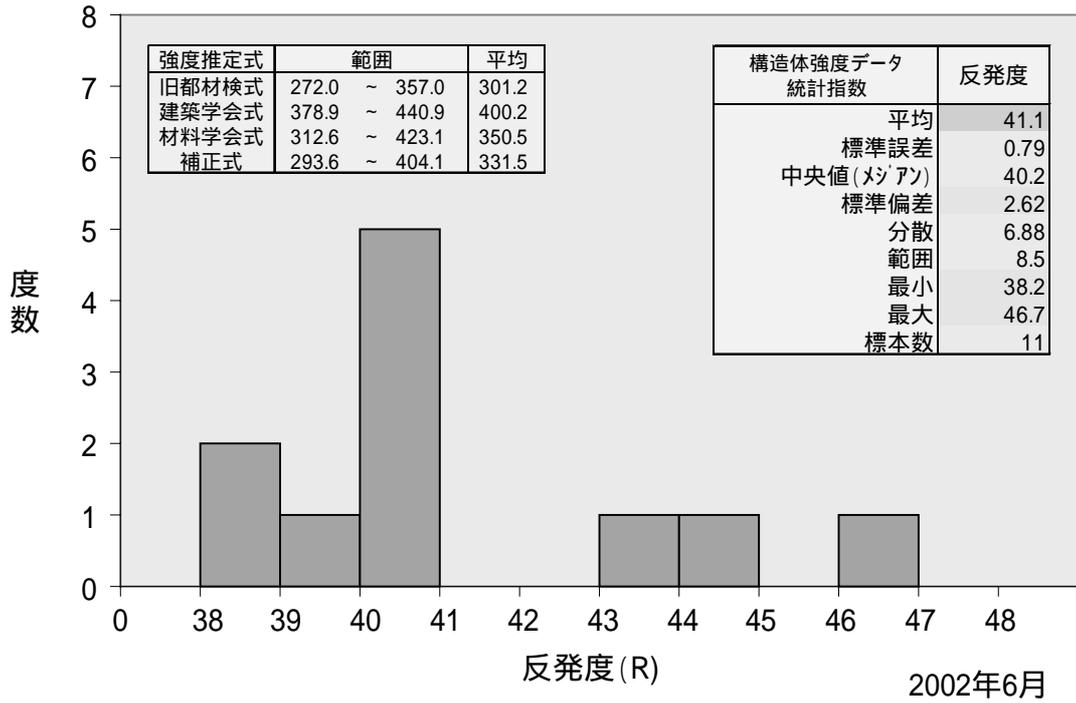
第二スラッジ貯蔵所: 反発度ヒストグラム (経過年: 13年)



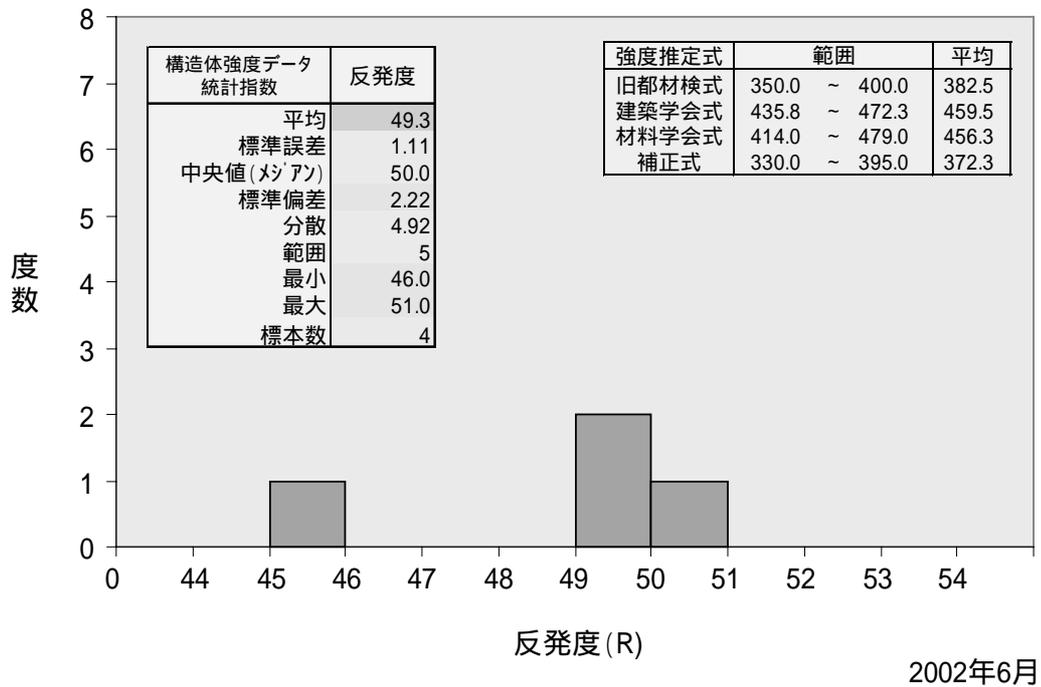
2002年6月
プルトニウム転換技術開発施設:反発度ヒストグラム
(経過年:11年)



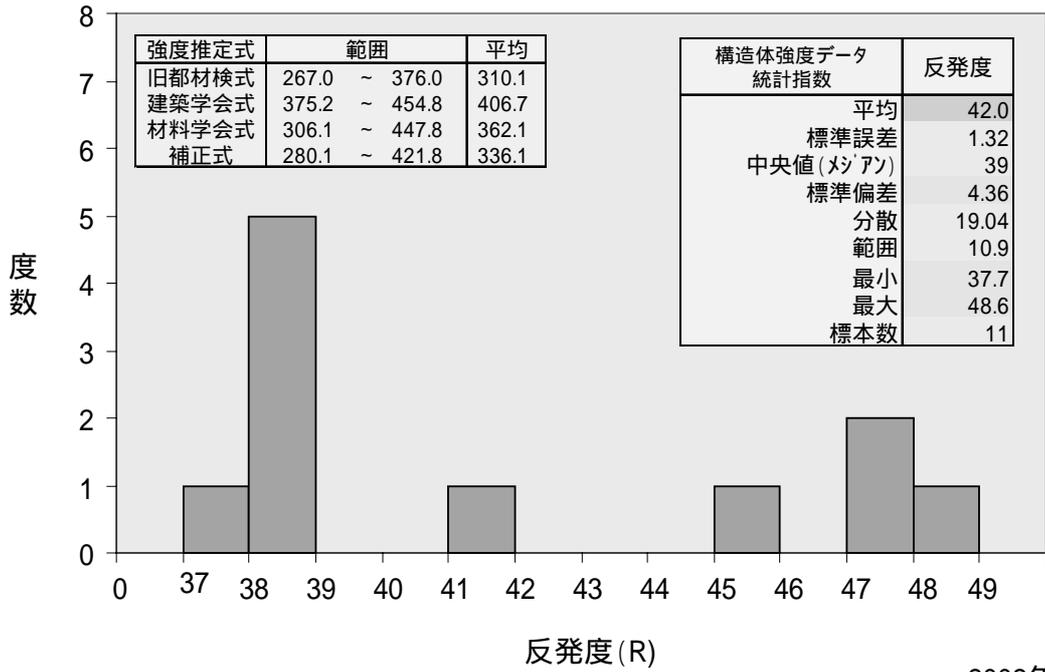
2002年6月
プルトニウム転換技術開発施設:反発度ヒストグラム
(経過年:17年)



2002年6月
 廃溶媒処理技術開発施設: 反発度ヒストグラム
 (経過年: 13年)

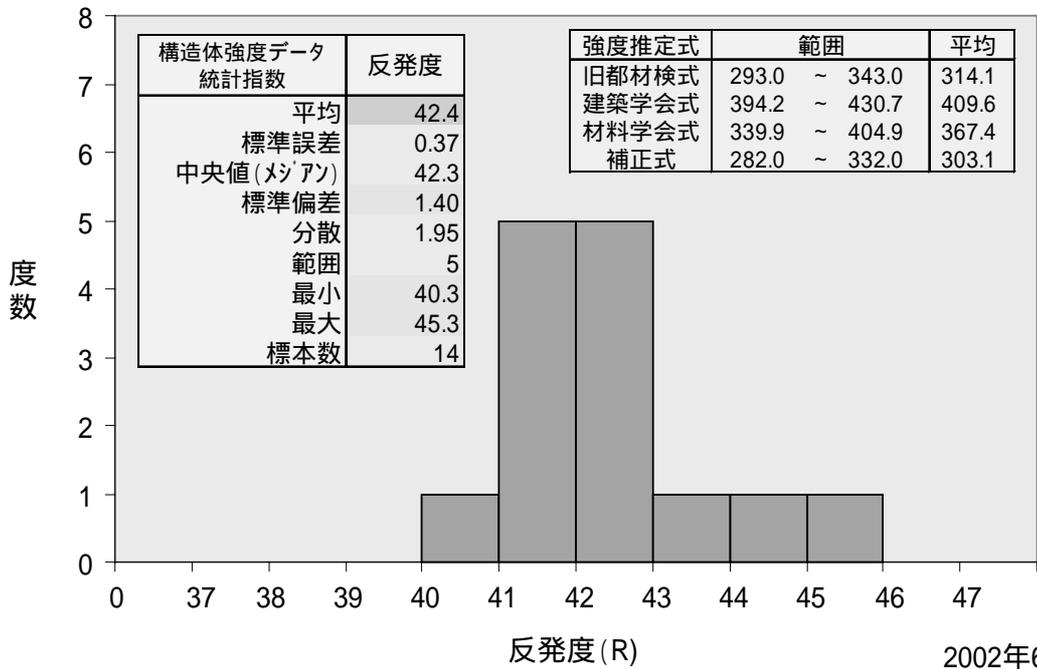


2002年6月
 高放射性廃液貯蔵場: 反発度ヒストグラム (経過年: 9年)



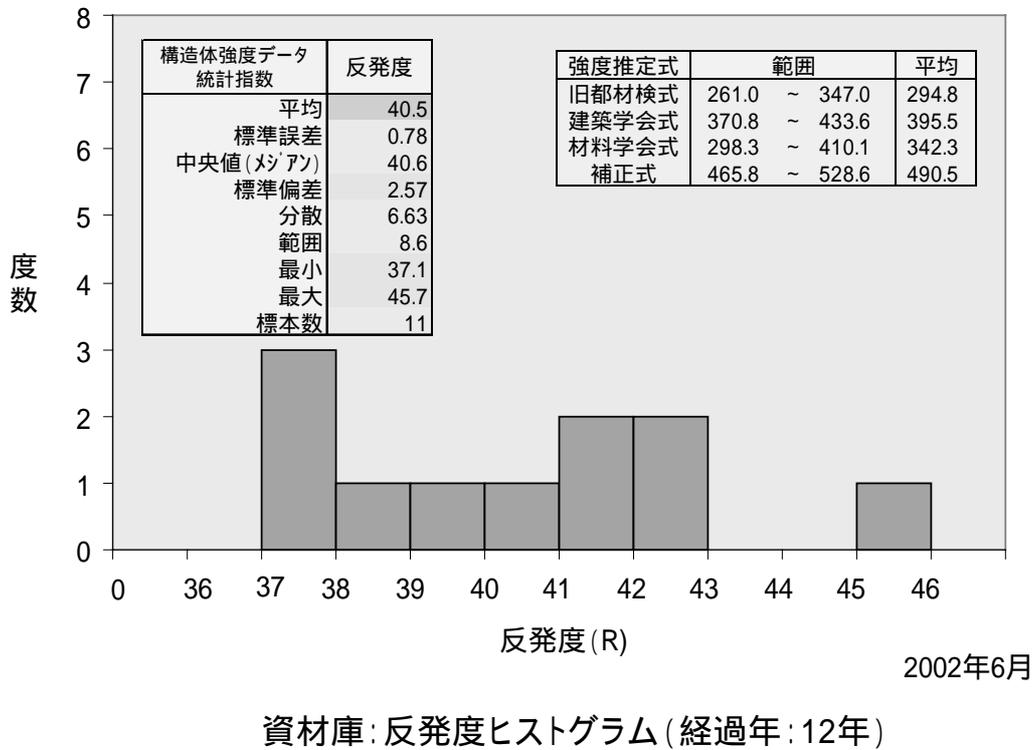
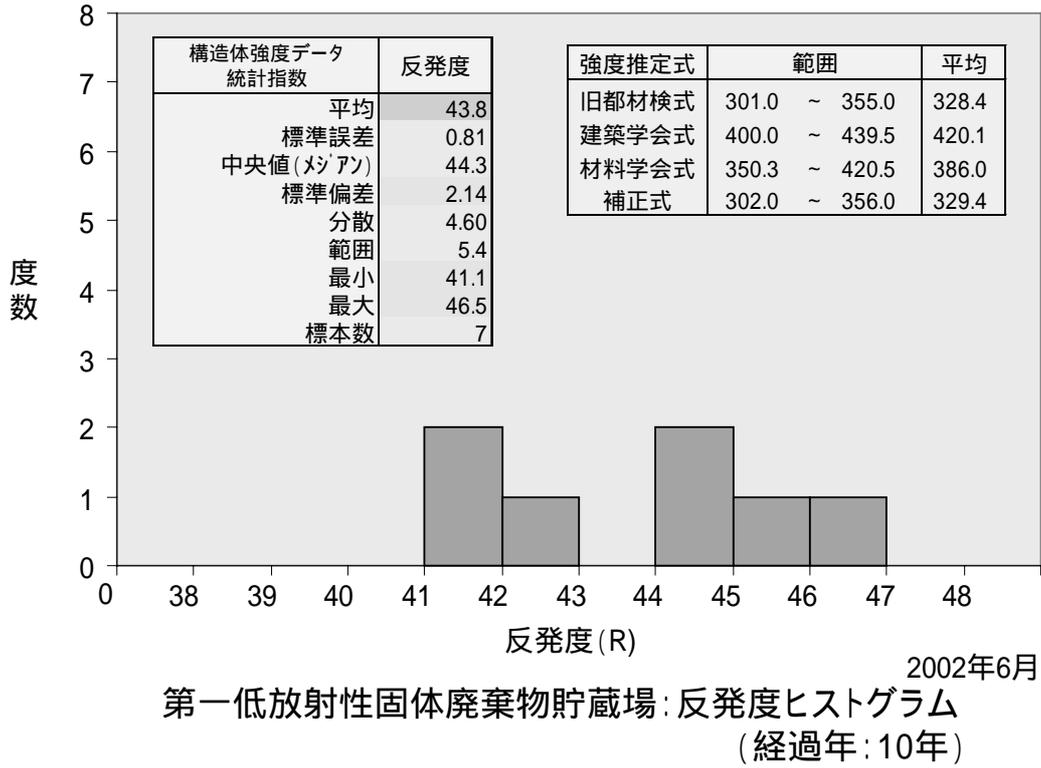
2002年6月

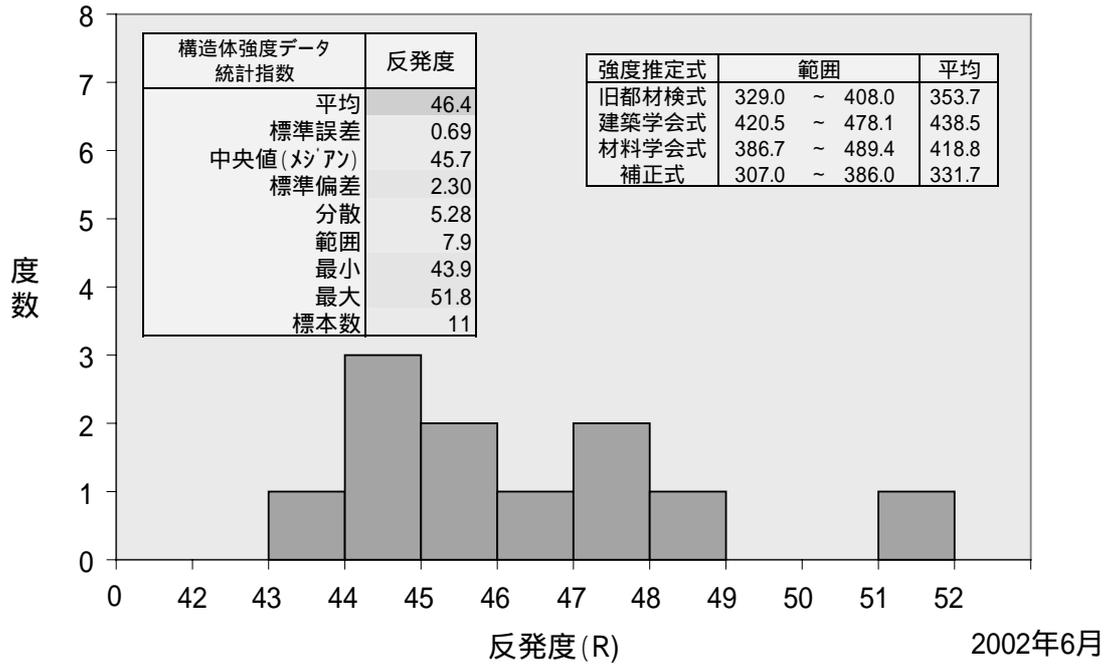
ウラン脱硝施設: 反発度ヒストグラム (経過年: 12年)



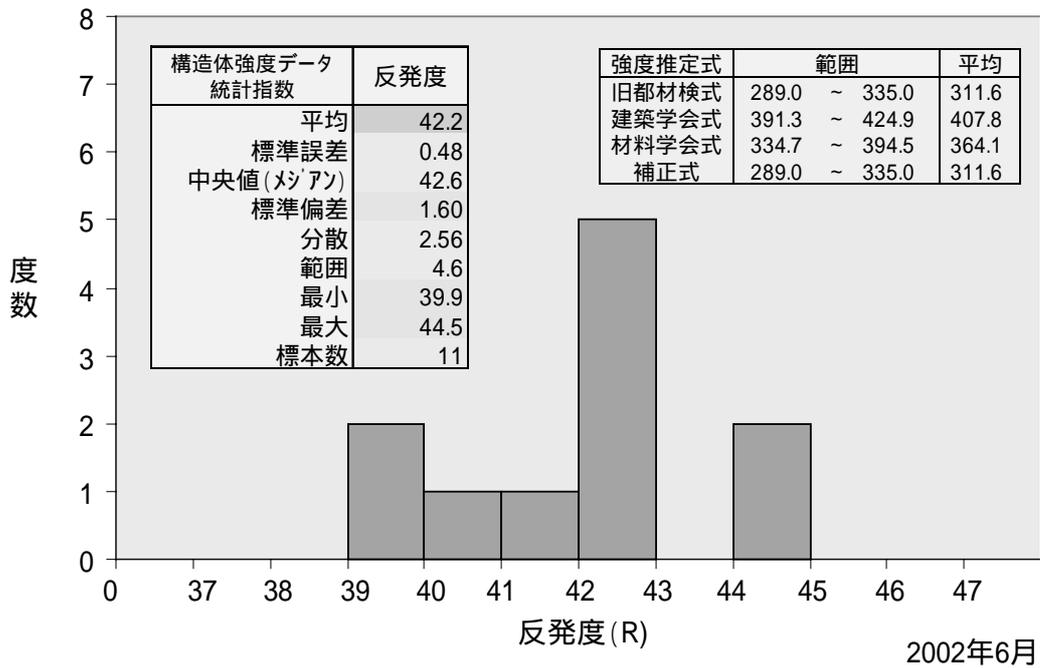
2002年6月

第二中間開閉所: 反発度ヒストグラム (経過年: 12年)

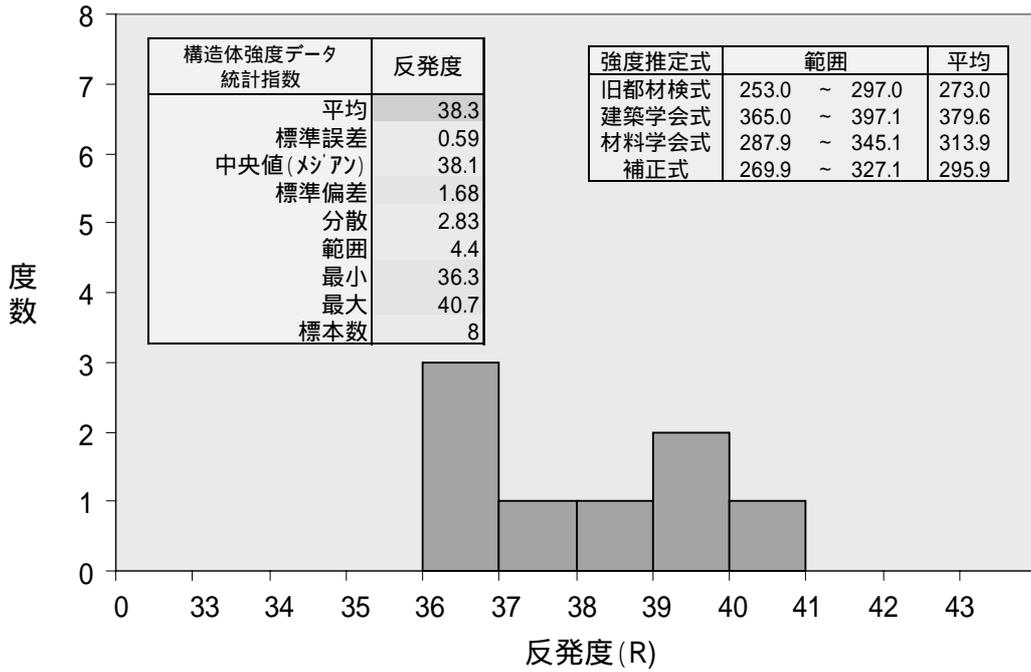




第二アスファルト固化体貯蔵施設: 反発度ヒストグラム
(経過年: 9年)

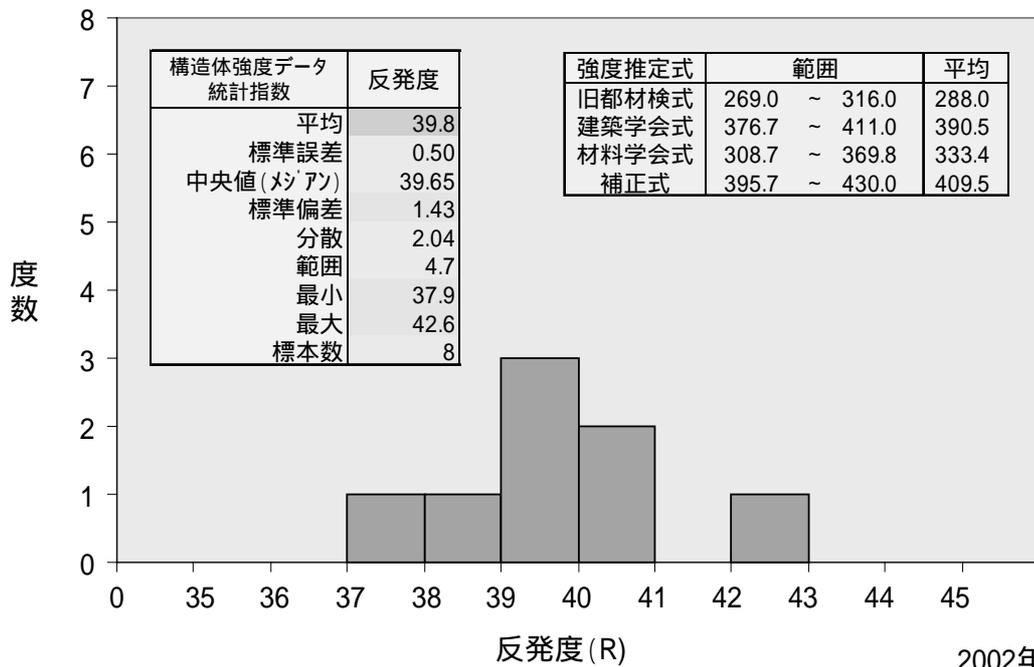


第二高放射性固体廃棄物貯蔵施設: 反発度ヒストグラム
(経過年: 7年)



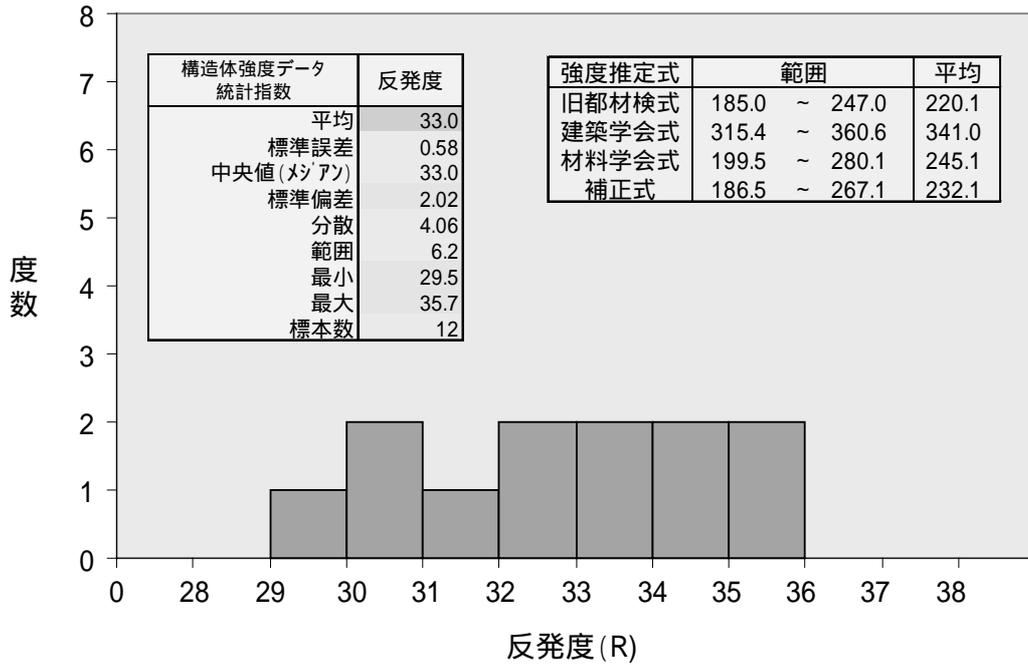
2002年6月

ガラス固化技術開発施設: 反発度ヒストグラム (経過年: 6年)



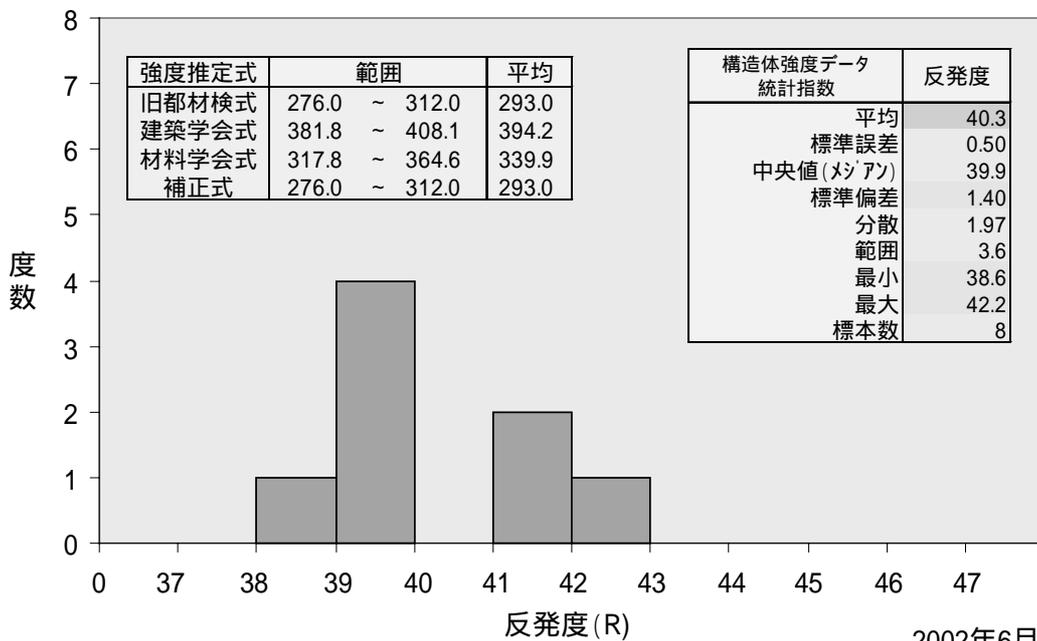
2002年6月

焼却施設: 反発度ヒストグラム (経過年: 6年)



2002年6月

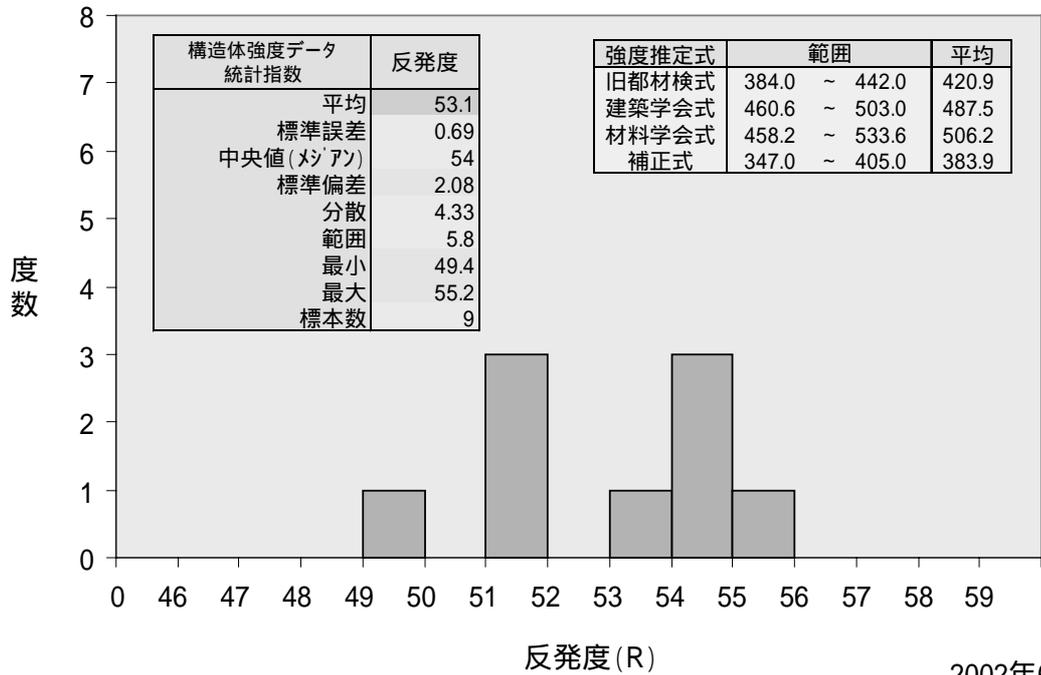
第三ウラン貯蔵所:反発度ヒストグラム(経過年:6年)



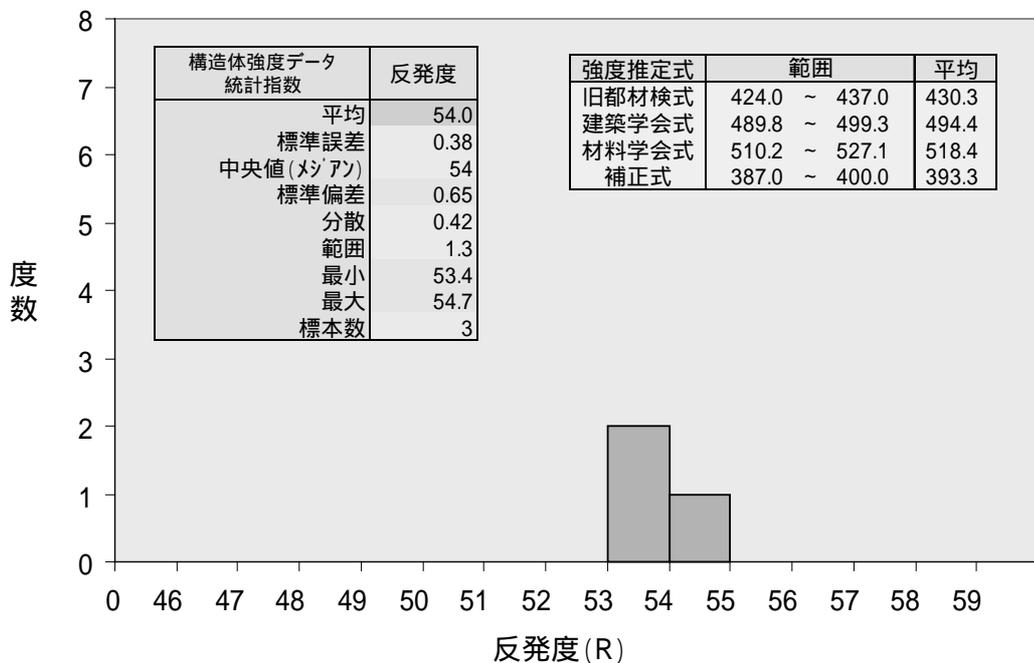
2002年6月

リサイクル機器試験施設:反発度ヒストグラム(経過年:1年)

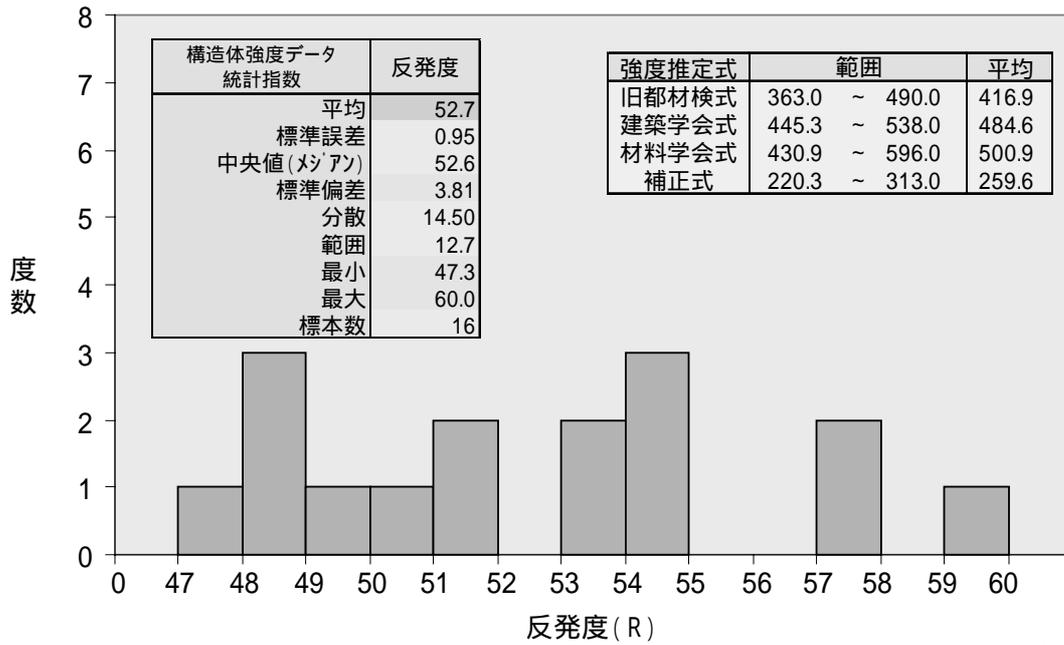
資料 2 - 2 プルトニウム燃料施設 躯体強度測定反発度ヒストグラム



2002年6月
 プルトニウム燃料工場第一開発室:反発度ヒストグラム
 (経過年:27年)

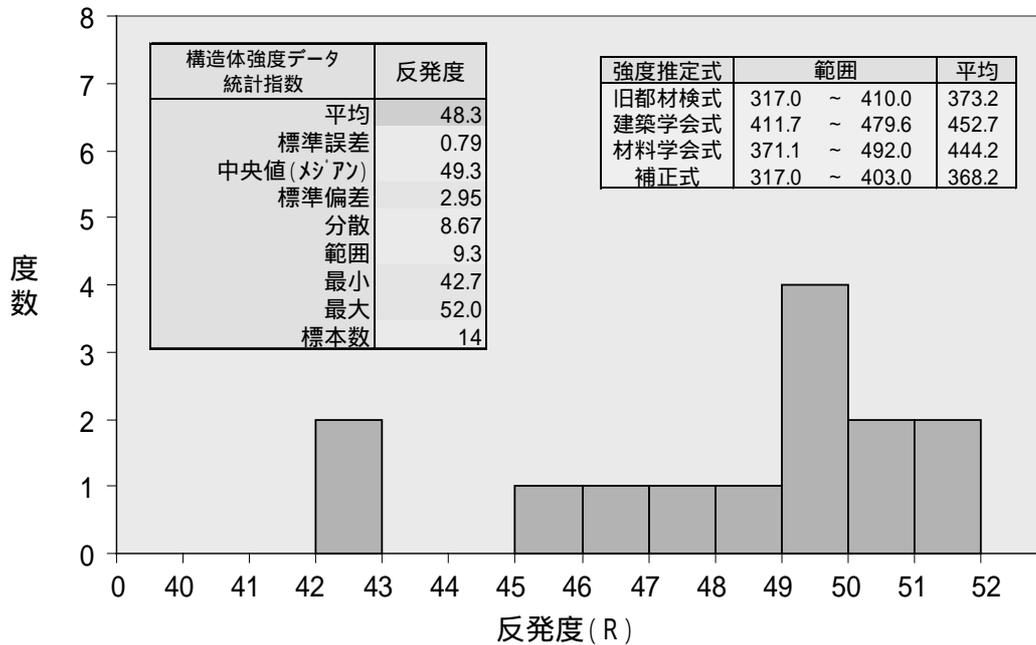


2002年6月
 プルトニウム燃料工場第一開発室:反発度ヒストグラム
 (経過年:32年)



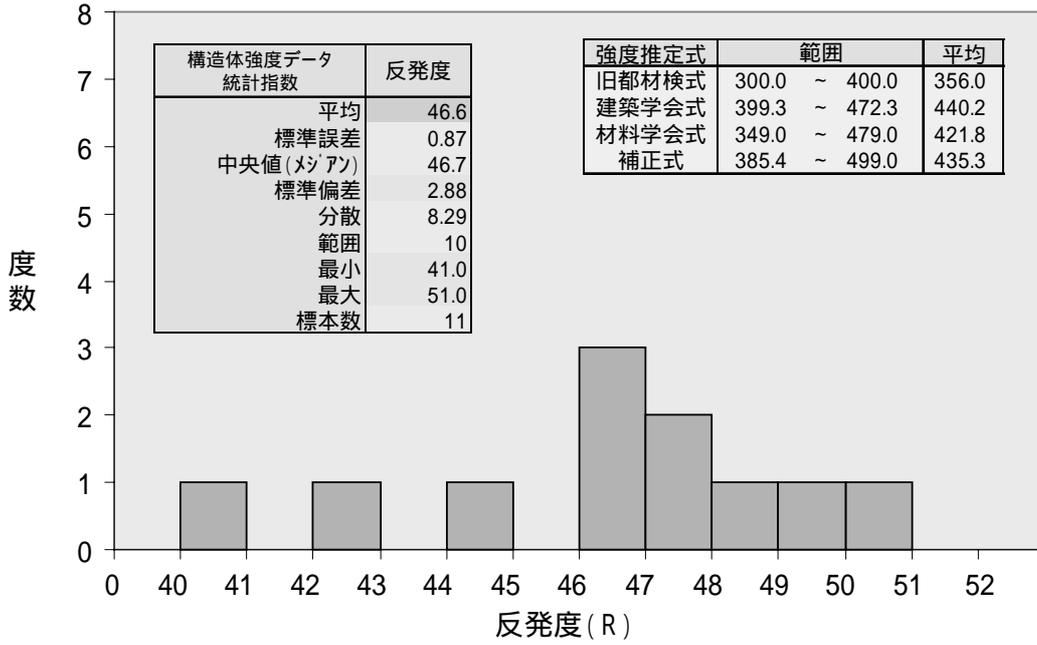
2002年6月

プルトニウム燃料工場第二開発室: 反発度ヒストグラム
(経過年: 21年)

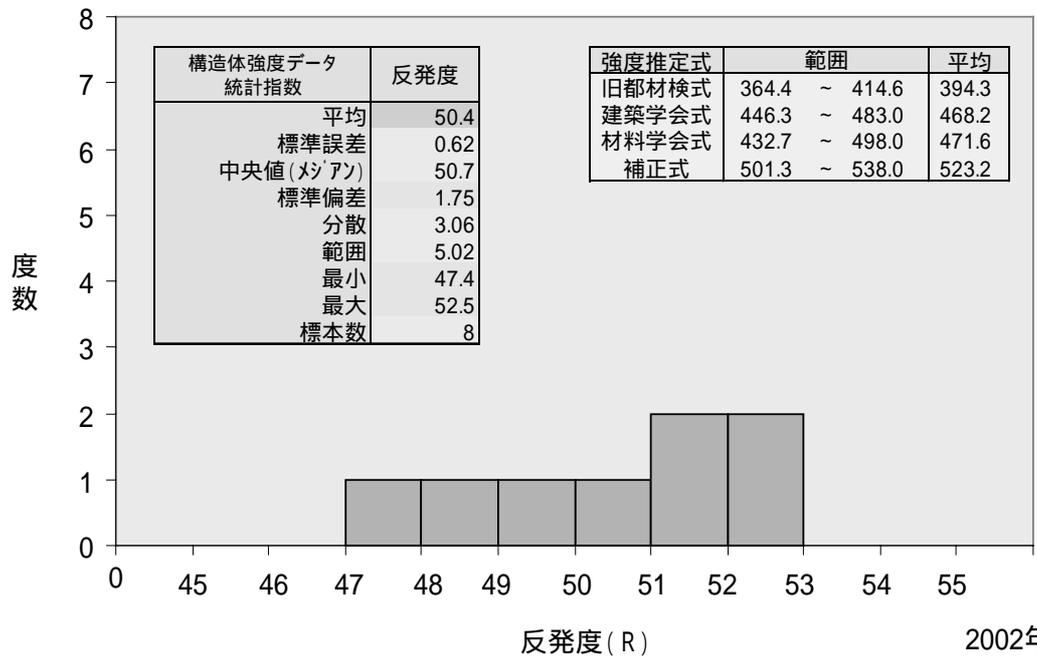


2002年6月

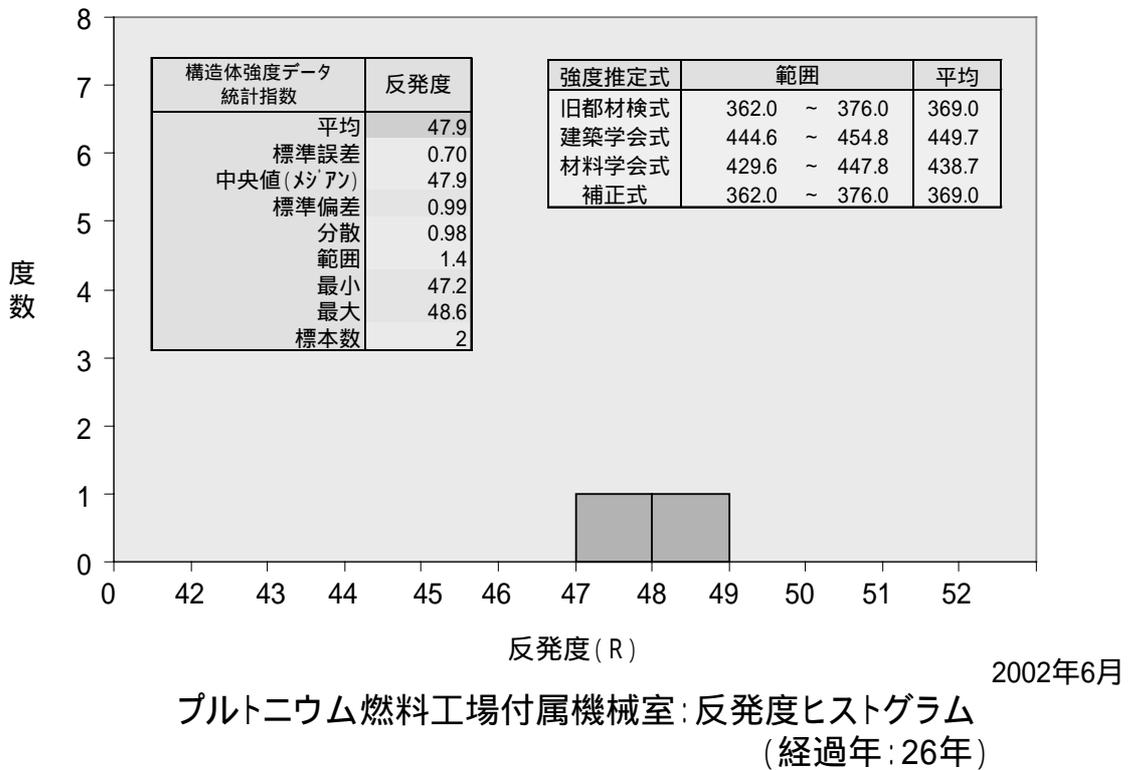
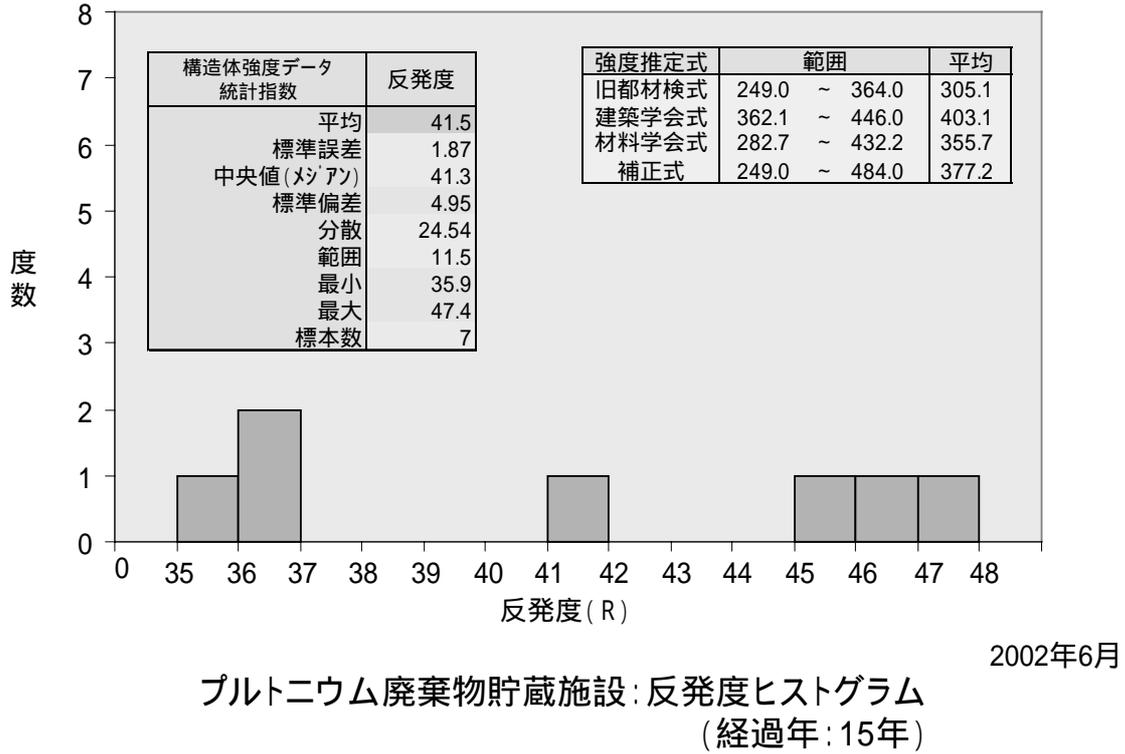
プルトニウム燃料工場第三開発室: 反発度ヒストグラム
(経過年: 7年)

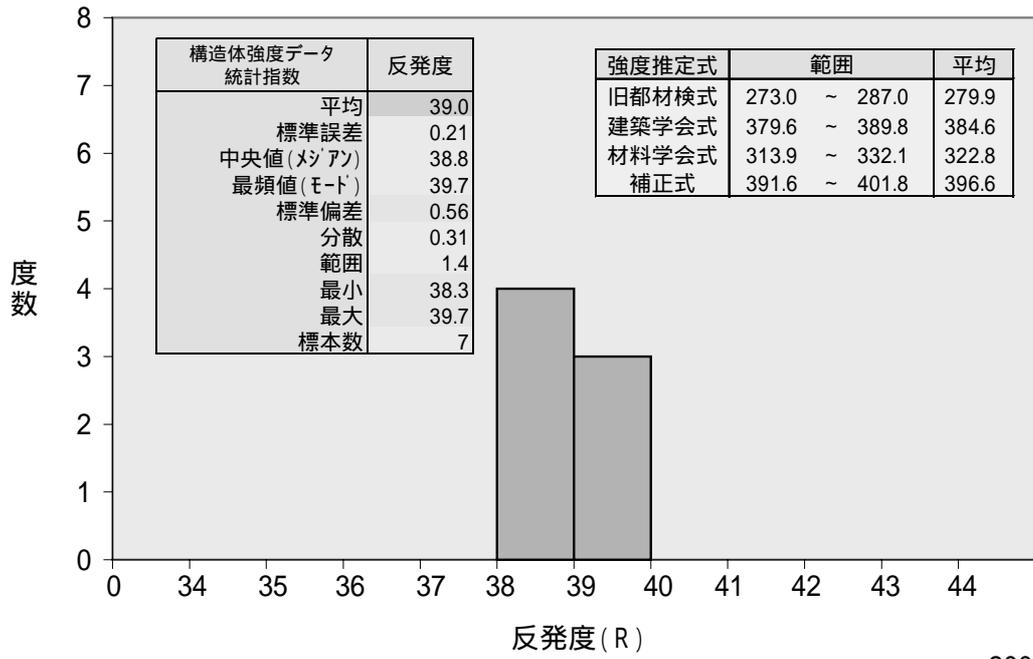


2002年6月
 プルトニウム燃料工場第三開発室: 反発度ヒストグラム
 (経過年: 11年)



2002年6月
 プルトニウム廃棄物処理技術開発施設: 反発度ヒストグラム
 (経過年: 8年)

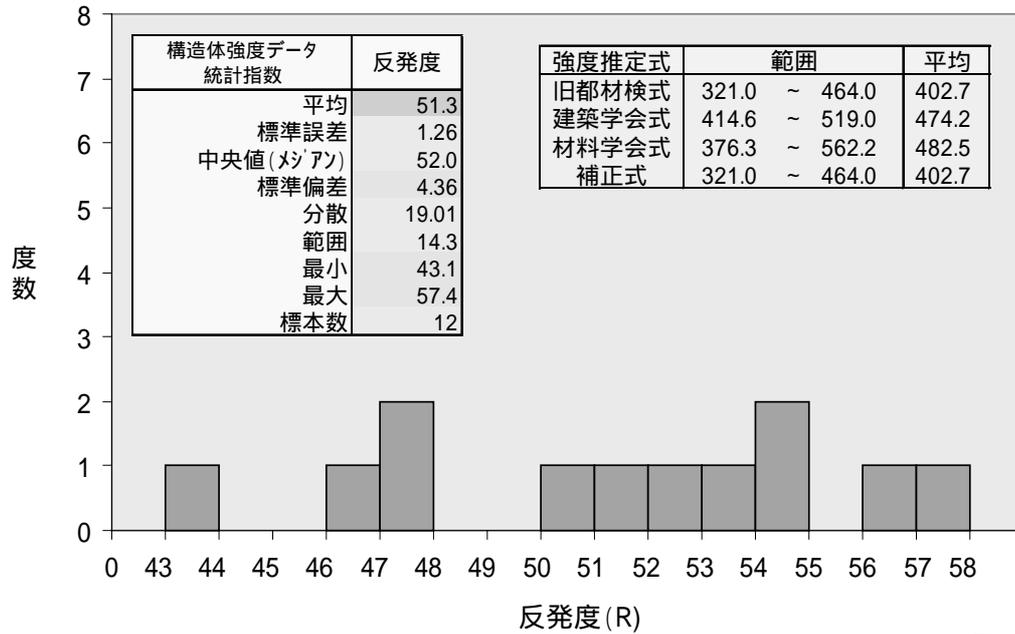




2002年6月

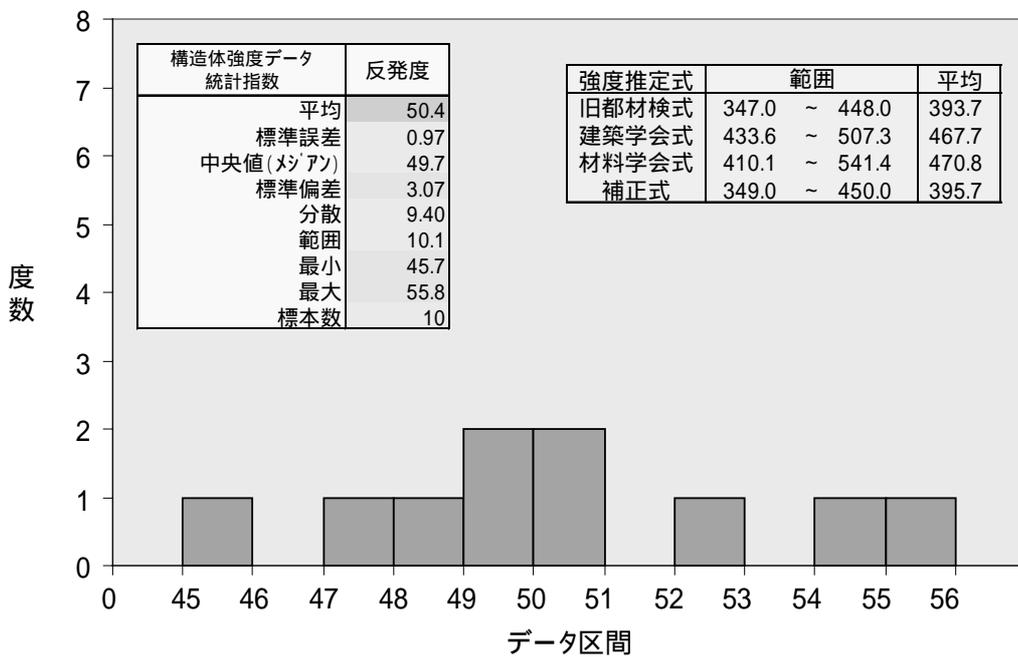
ユーティリティ棟:反発度ヒストグラム(経過年:12年)

資料 2 - 3 濃縮・ユーティリティ・その他の施設 躯体強度測定反発度ヒストグラム



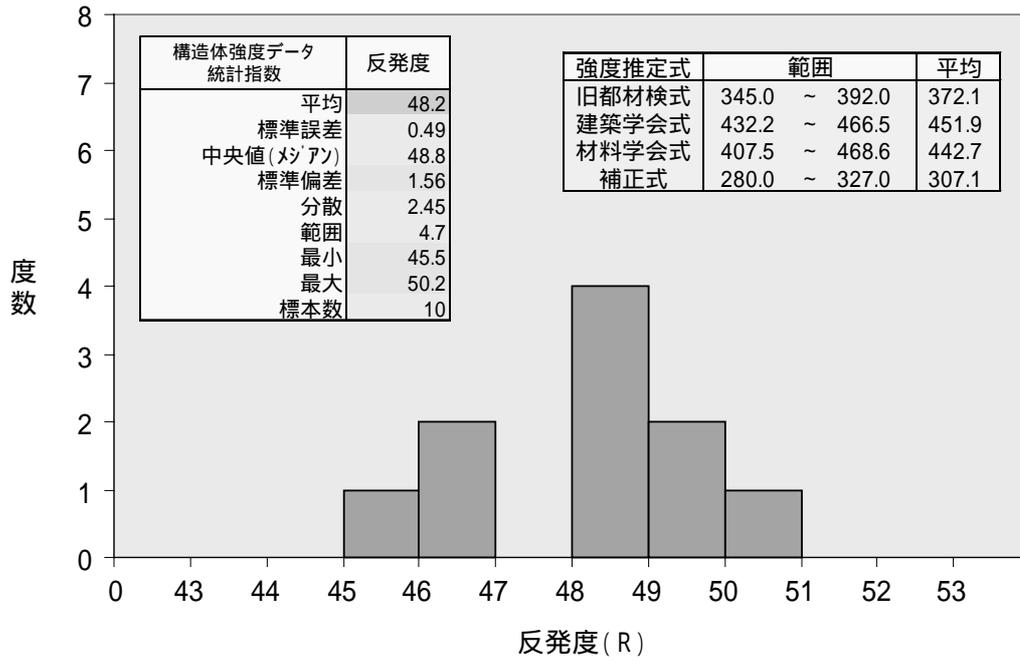
2002年6月

A 棟:反発度ヒストグラム(経過年:31年)



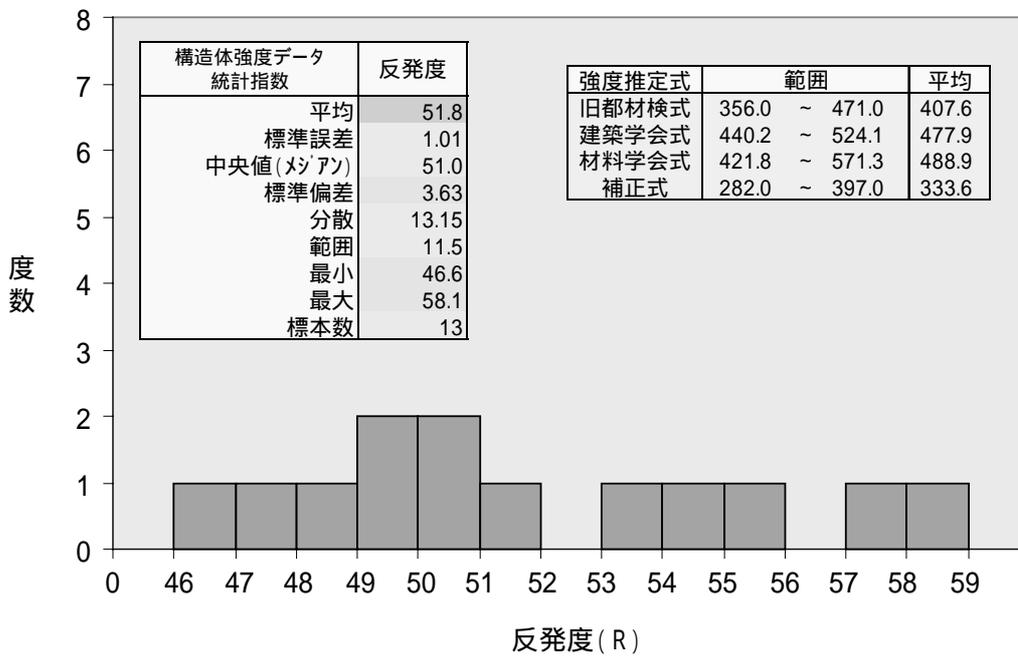
2002年6月

B 棟:反発度ヒストグラム(経過年:31年)



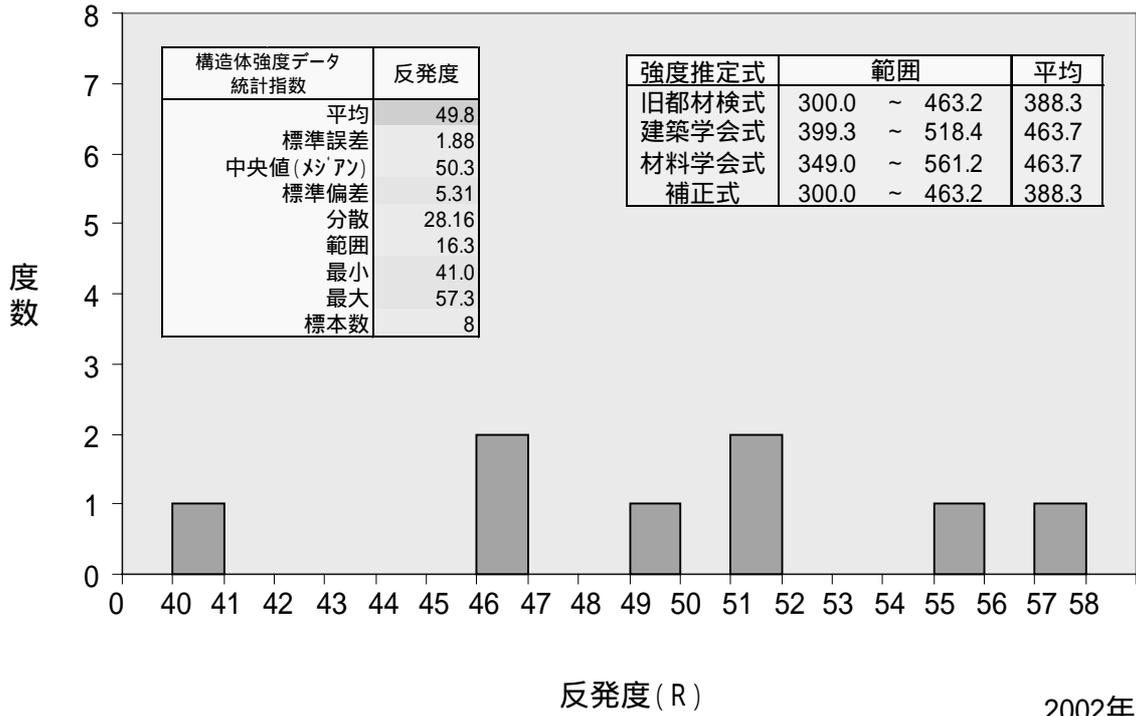
2002年6月

G 棟:反発度ヒストグラム(経過年:21年)



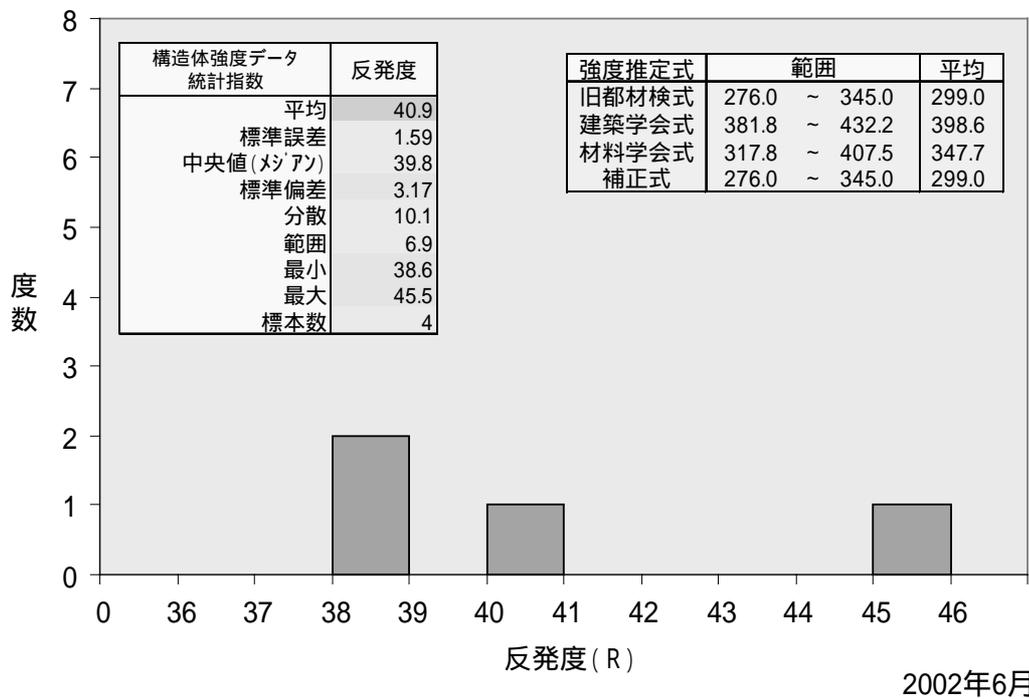
2002年6月

J 棟:反発度ヒストグラム(経過年:20年)



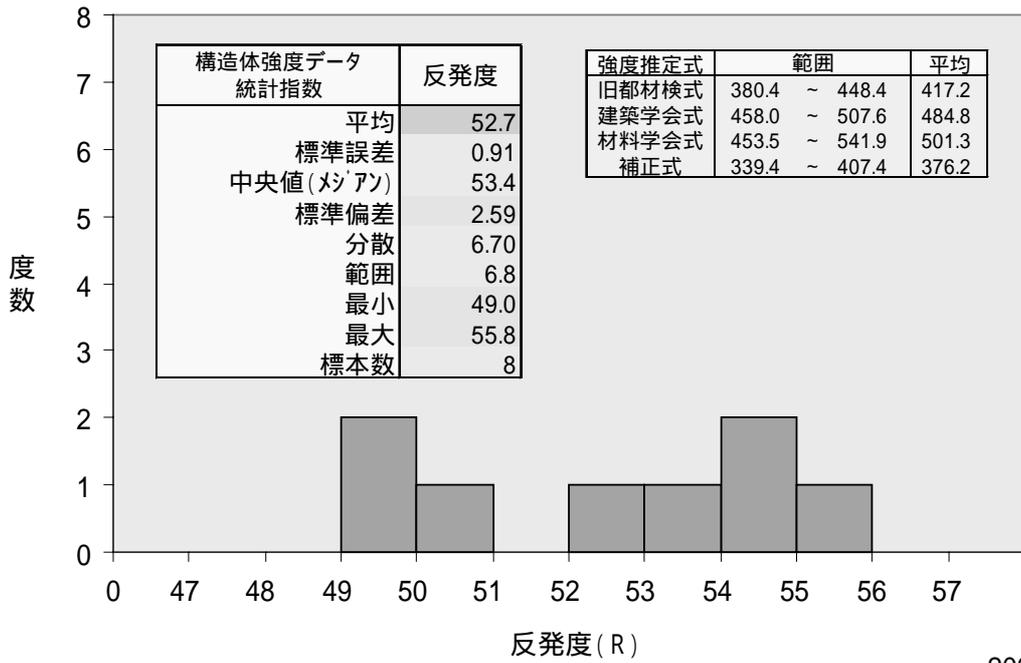
2002年6月

L 棟:反発度ヒストグラム(経過年:20年)



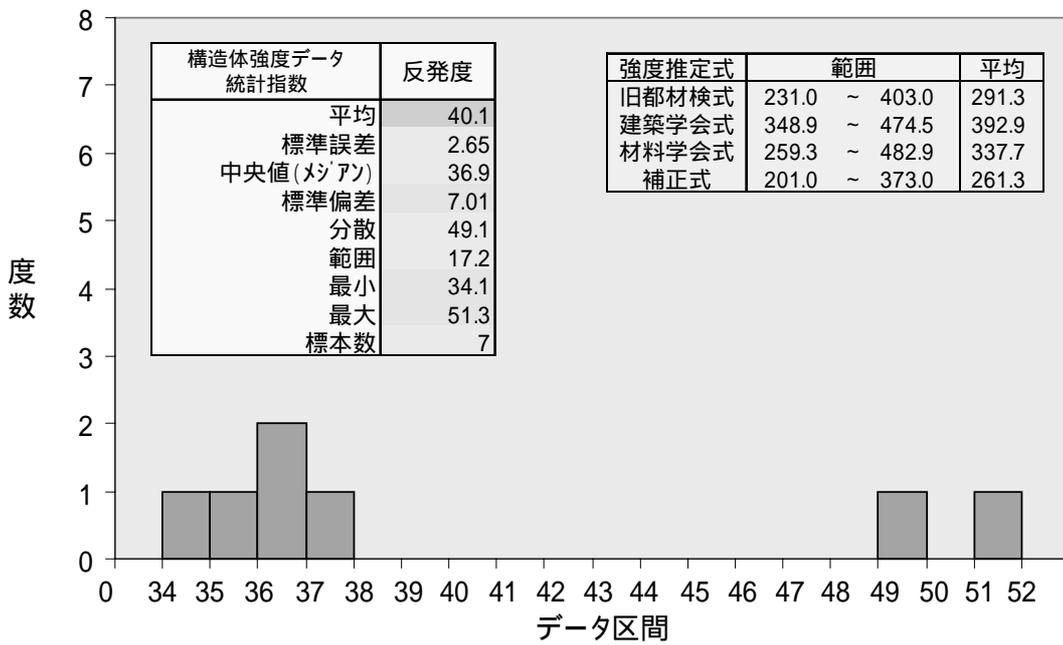
2002年6月

H 棟:反発度ヒストグラム(経過年:21年)



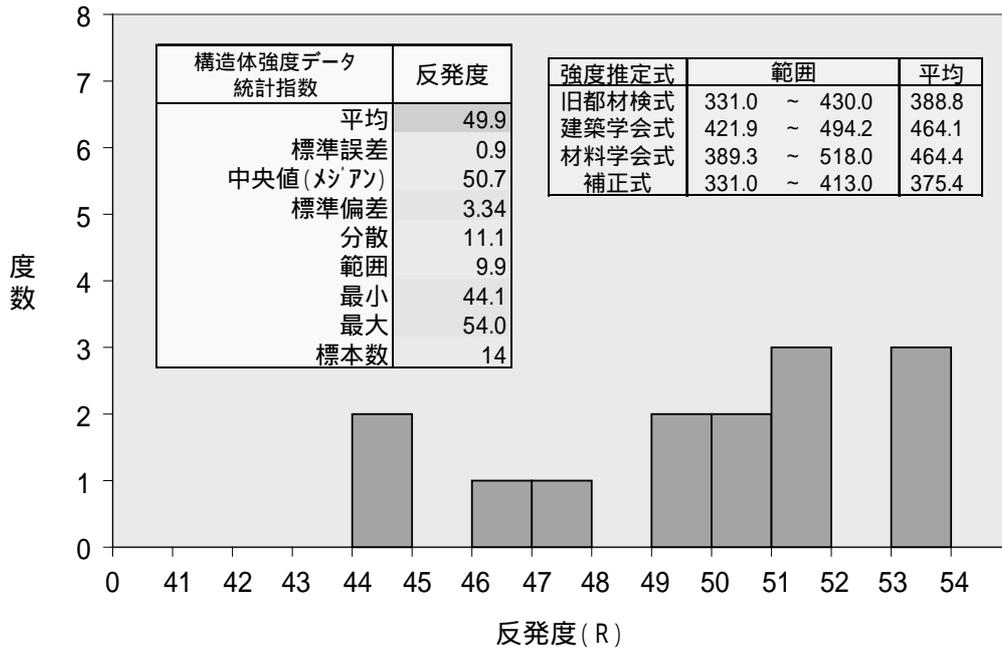
2002年6月

M 棟:反発度ヒストグラム(経過年:18年)



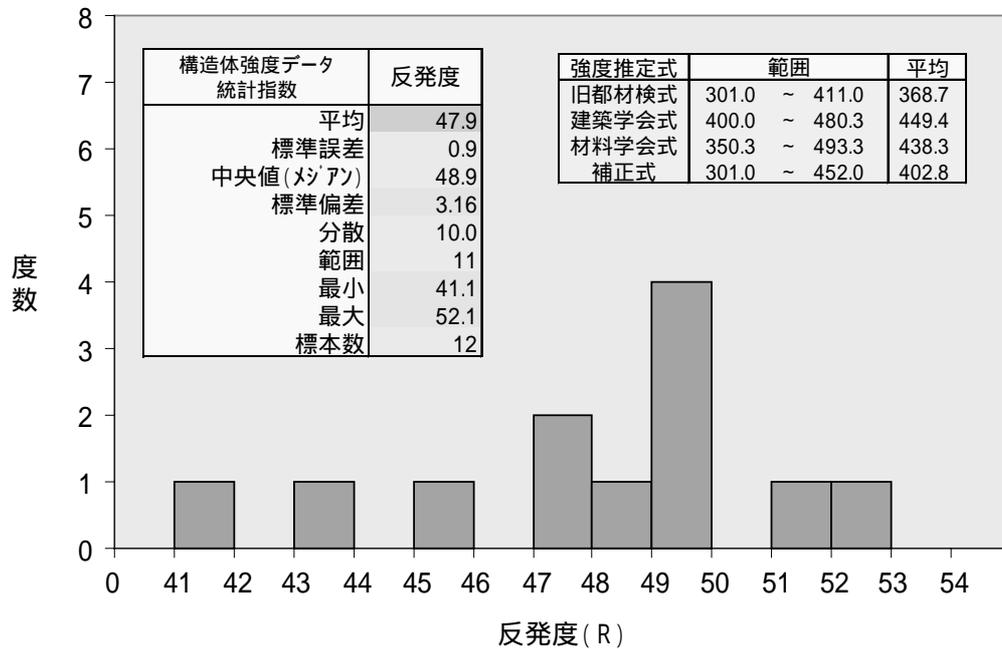
2002年6月

ウラン廃棄物焼却施設:反発度ヒストグラム(経過年:17年)



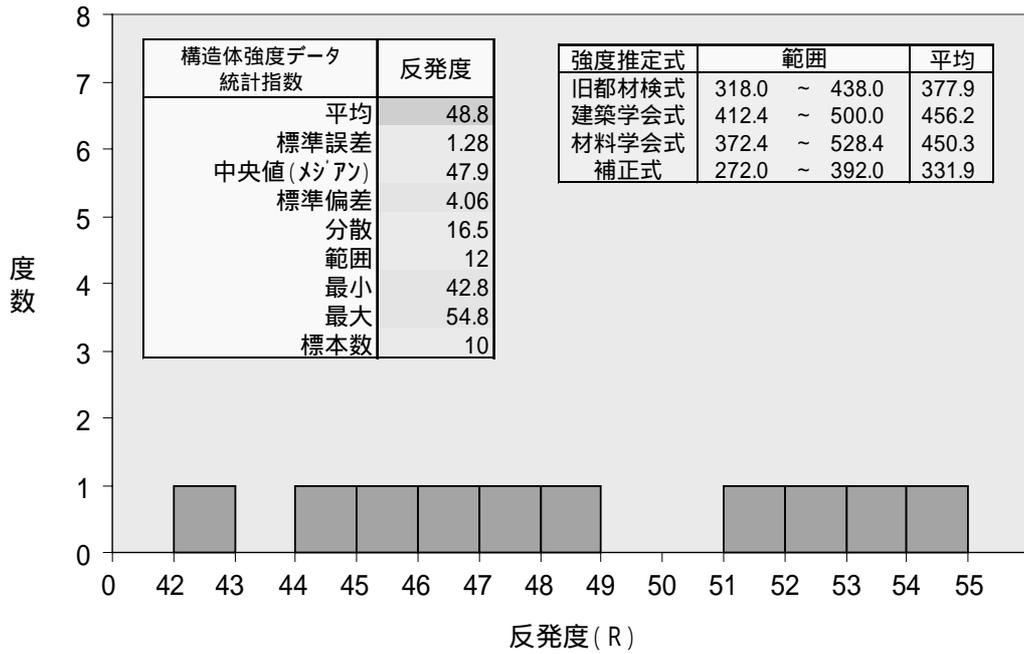
2002年6月

高放射性物質研究施設: 反発度ヒストグラム (経過年: 12年)



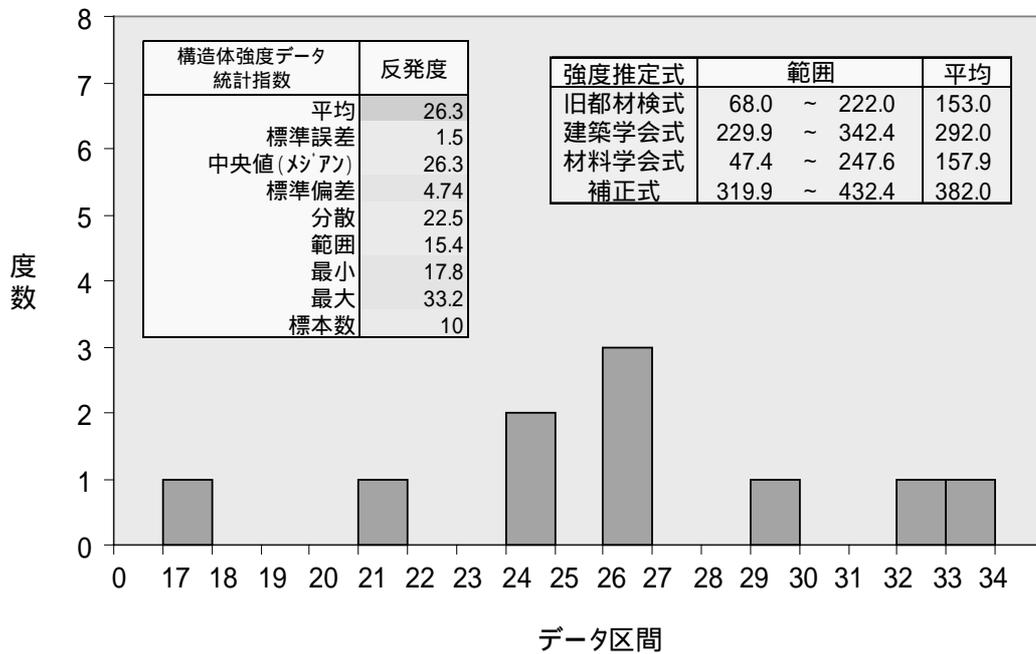
2002年6月

高放射性物質研究施設: 反発度ヒストグラム (経過年: 15年)



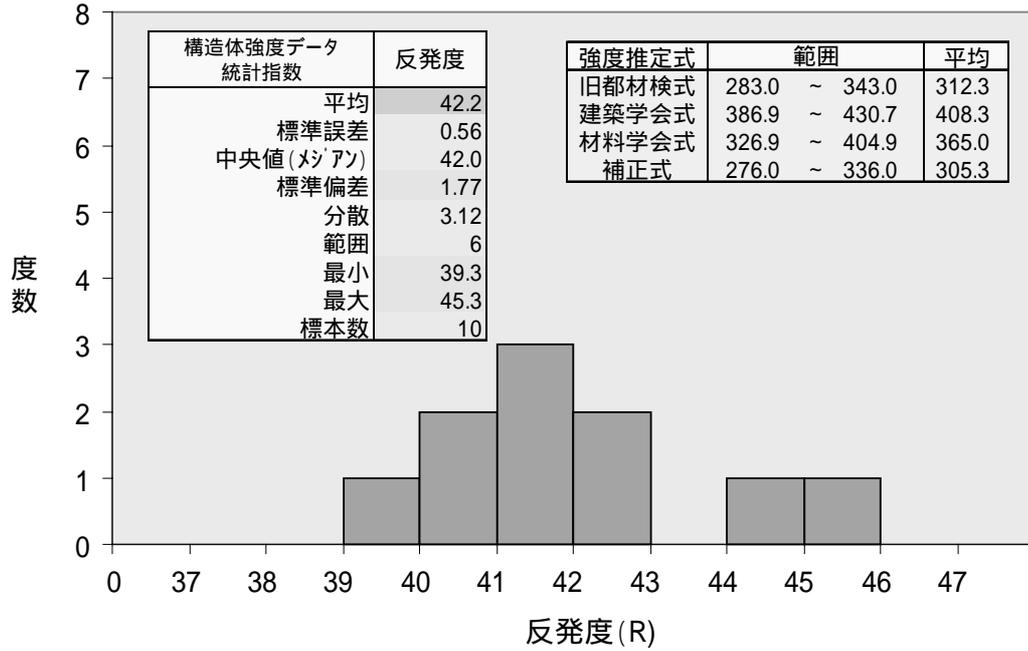
2002年6月

浄水施設(機械室) : 反発度ヒストグラム(経過年: 34年)



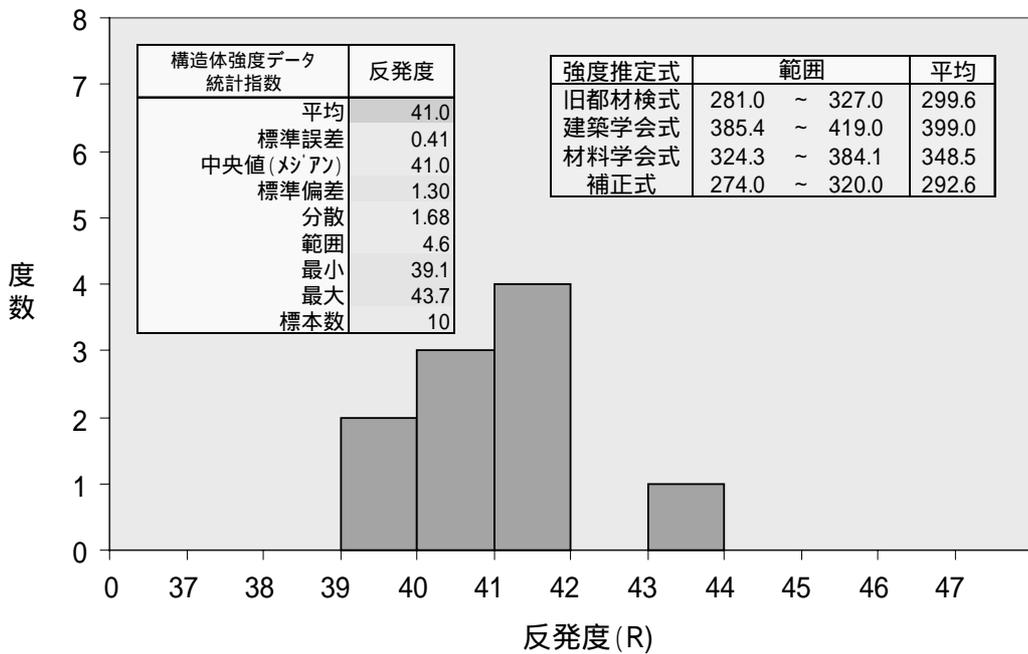
2002年6月

浄水施設(地下水槽) : 反発度ヒストグラム(経過年: 33年)



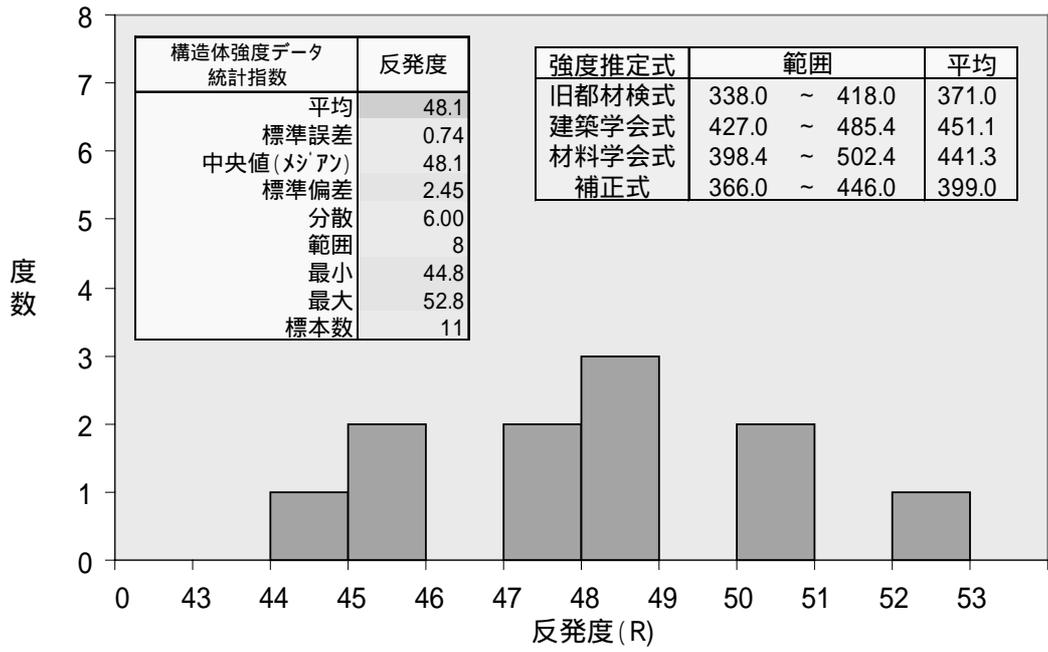
2002年6月

工業用水高架タンク: 反発度ヒストグラム (経過年: 21年)



2002年6月

工業用水高架タンク: 反発度ヒストグラム (経過年: 26年)



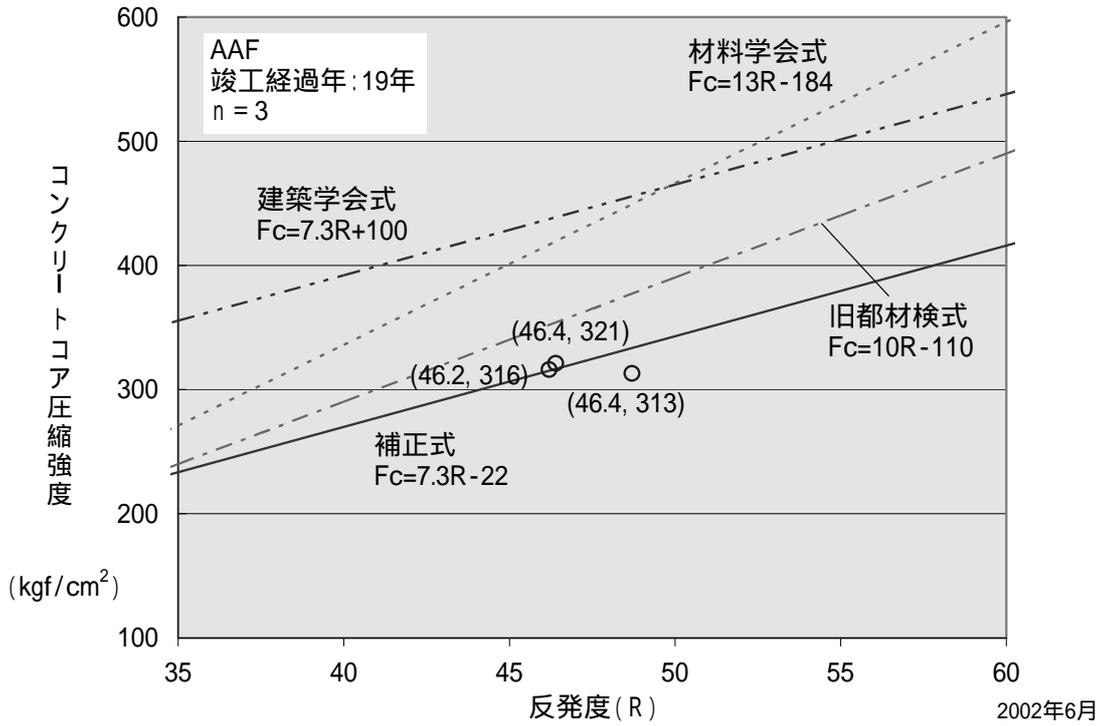
2002年6月

非常予備発電棟：反発度ヒストグラム(経過年：11年)

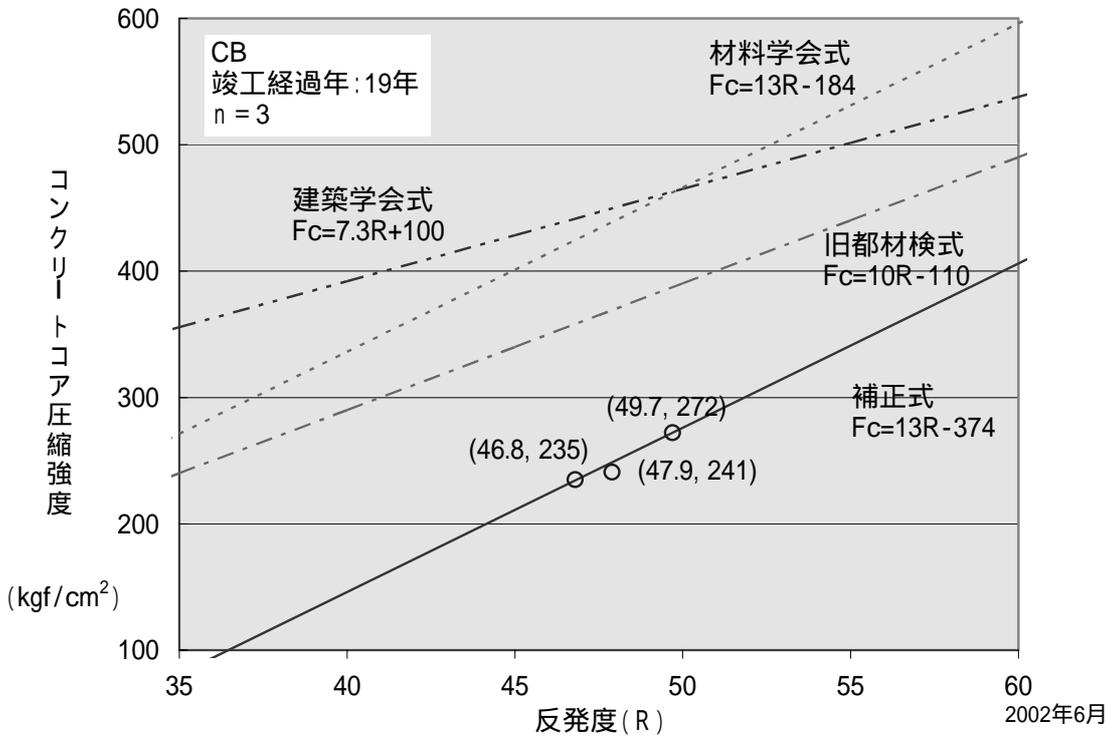
添付資料3 東海事業所各施設のシュミットハンマー法による 反発度とコア強度の関係

- 資料 3 - 1 再処理施設 シュミットハンマー法による反発度とコア強度
の関係（施設固有の強度推定式の提案）
- 資料 3 - 2 プルトニウム燃料施設 シュミットハンマー法による反発度
とコア強度の関係（施設固有の強度推定式の提案）
- 資料 3 - 3 濃縮・ユーティリティ・その他の施設 シュミットハンマー
法による反発度とコア強度の関係（施設固有の強度推定式の
提案）

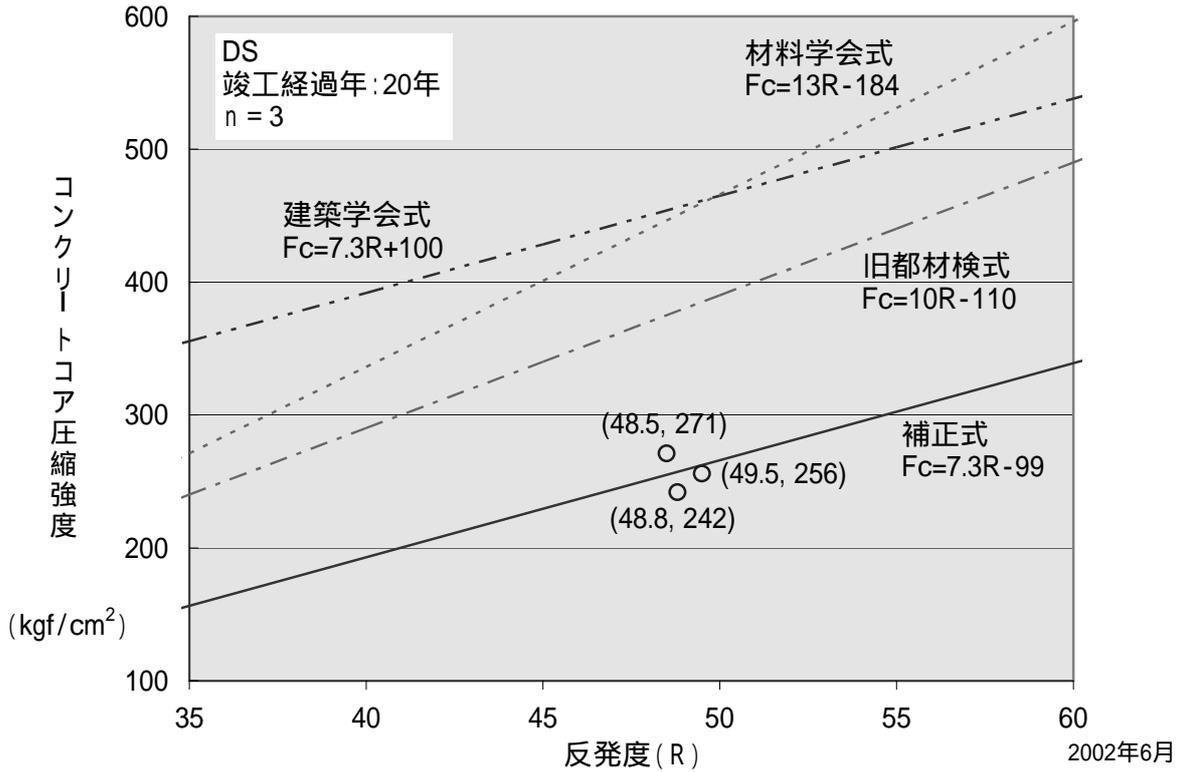
資料 3 - 1 再処理施設 シュミットハンマー法による反発度とコア強度の関係（施設固有の強度推定式の提案）



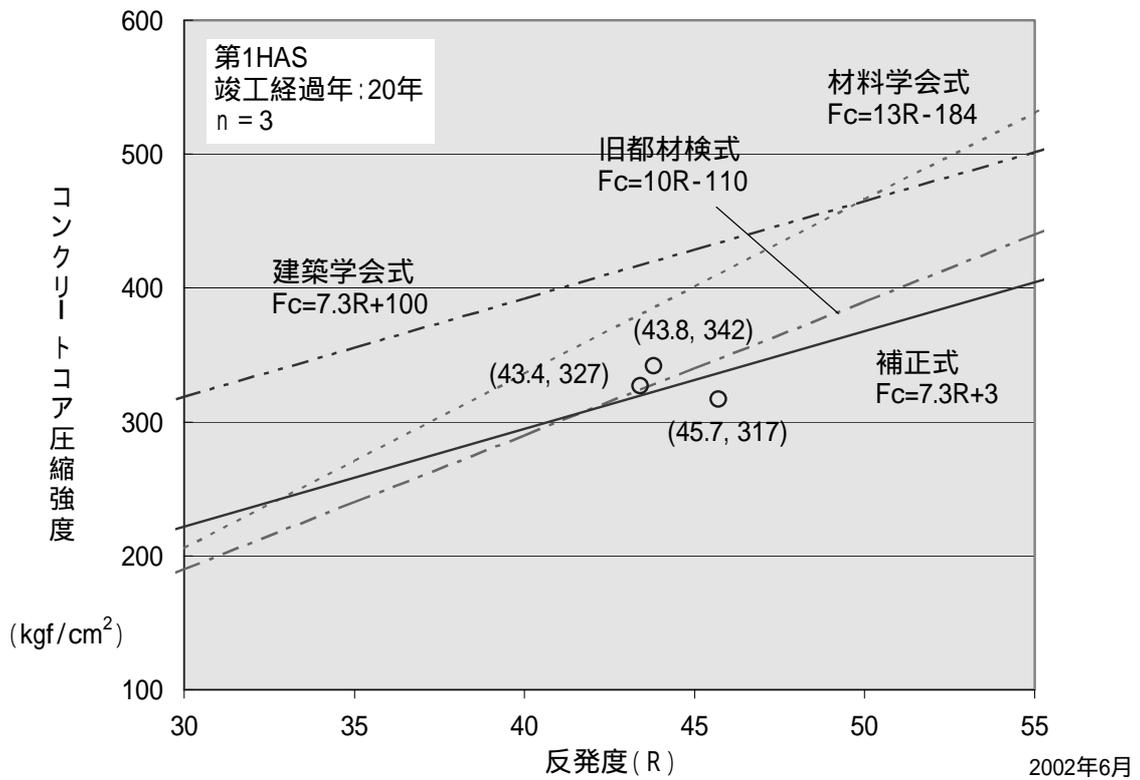
反発度とコア強度の関係（廃棄物処理場）



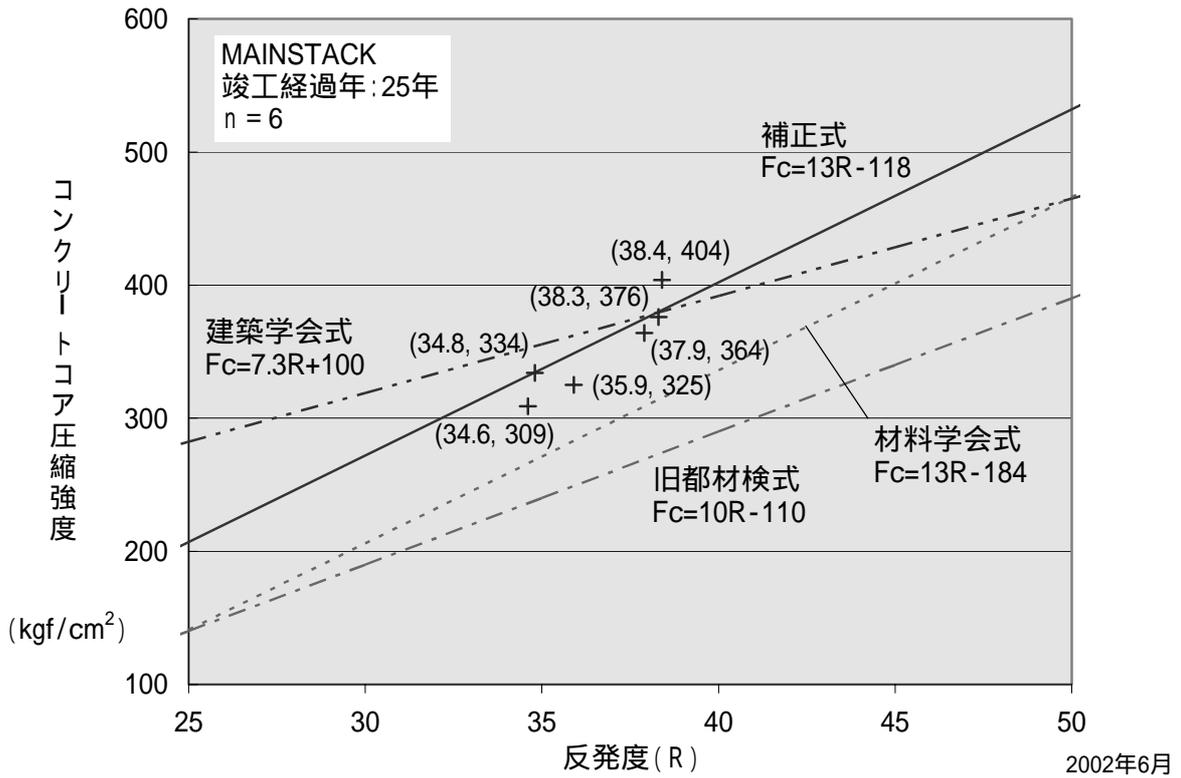
反発度とコア強度の関係（分析所）



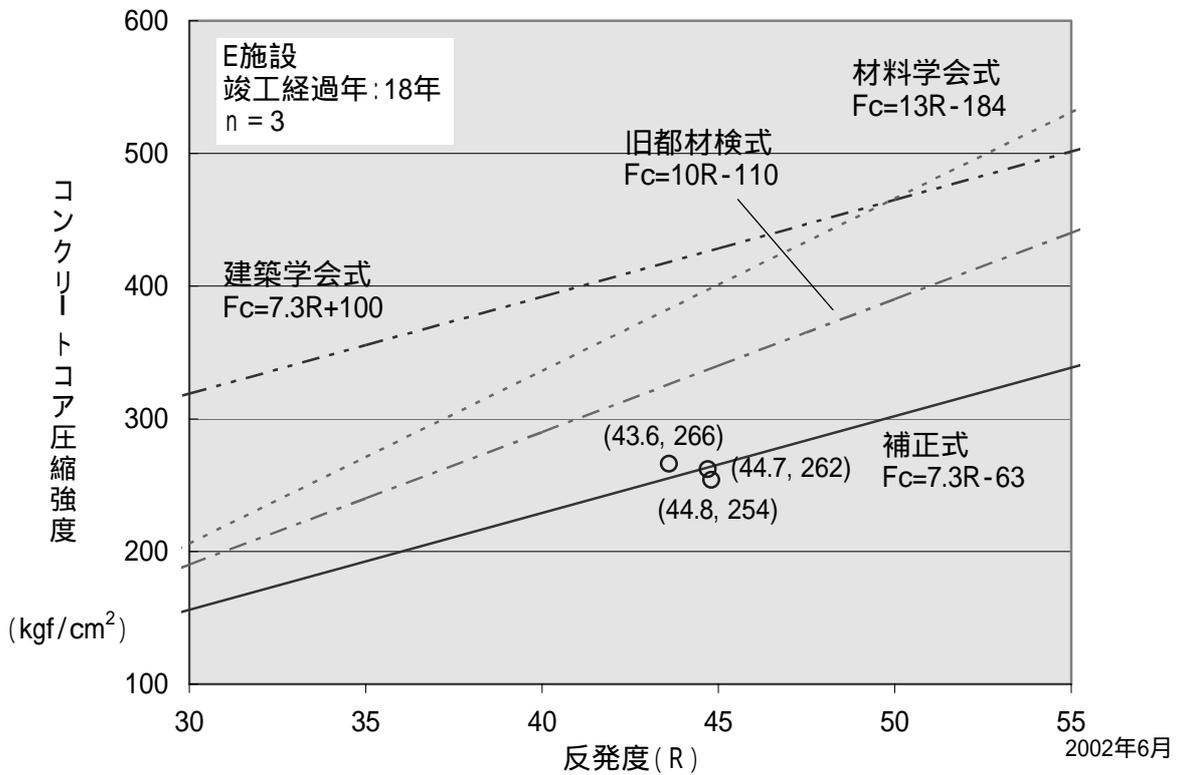
反発度とコア強度の関係 (除染場)



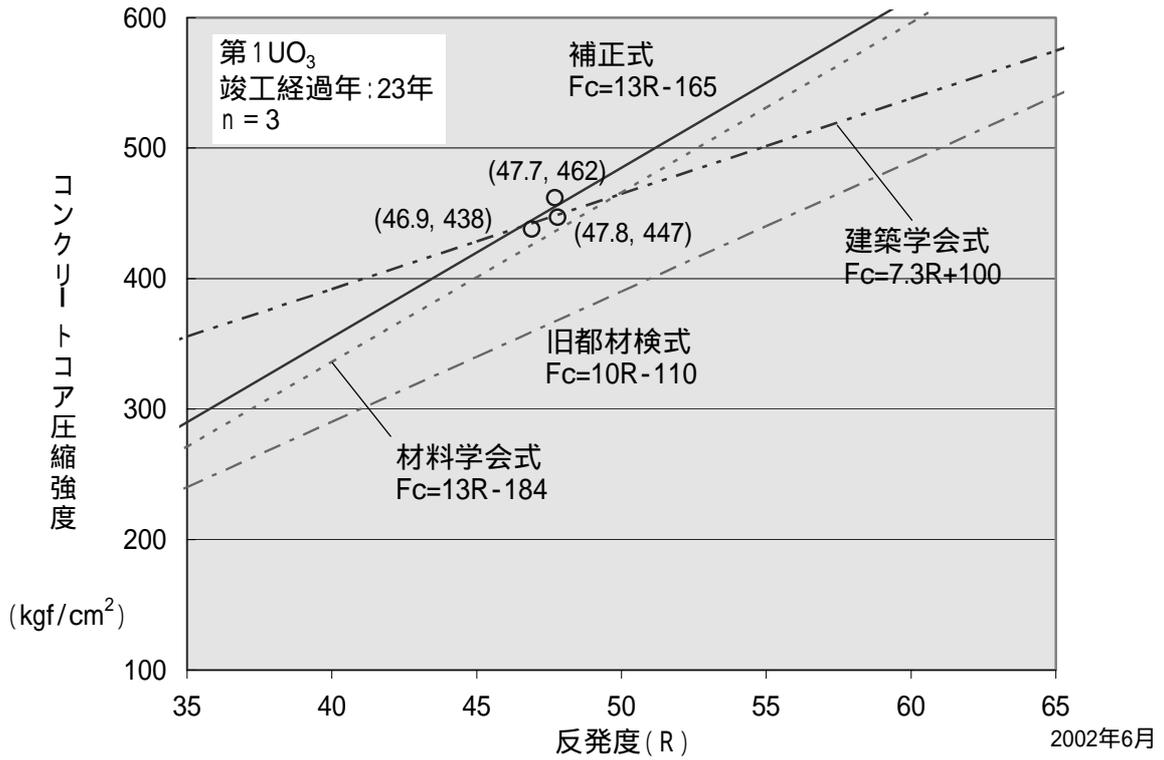
反発度とコア強度の関係 (高放射性固体廃棄物貯蔵庫)



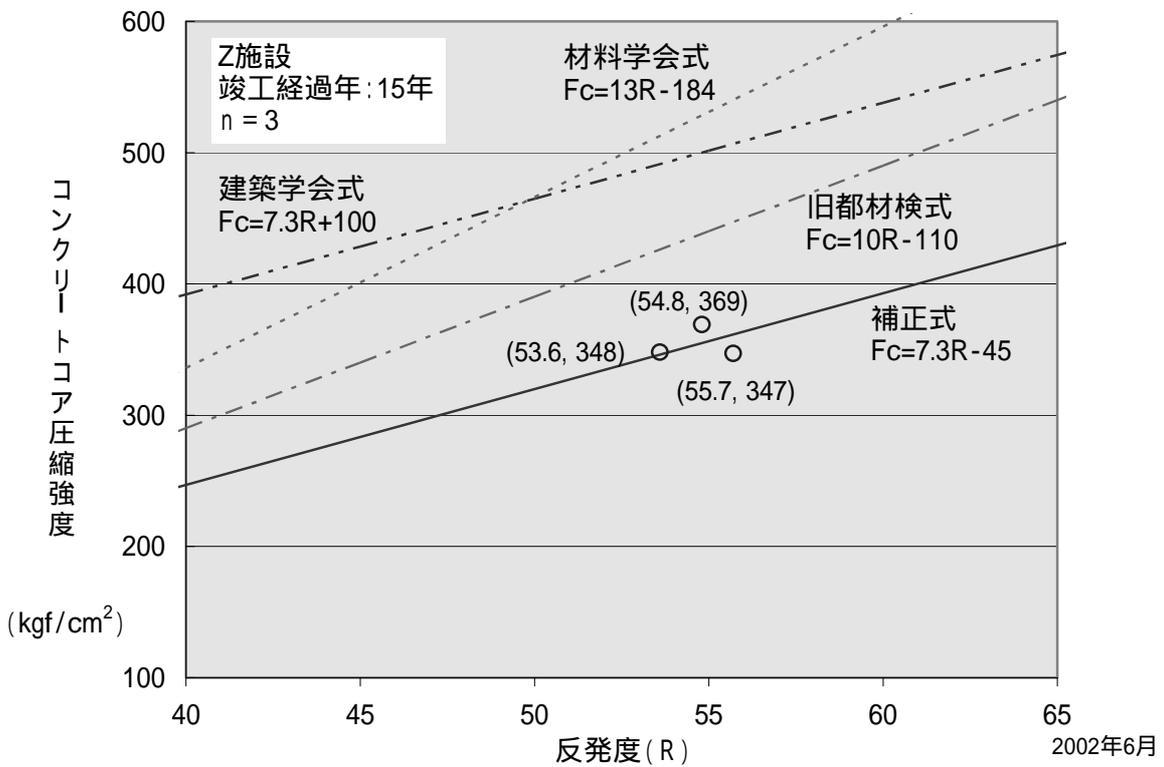
反発度とコア強度の関係 (主排気筒)



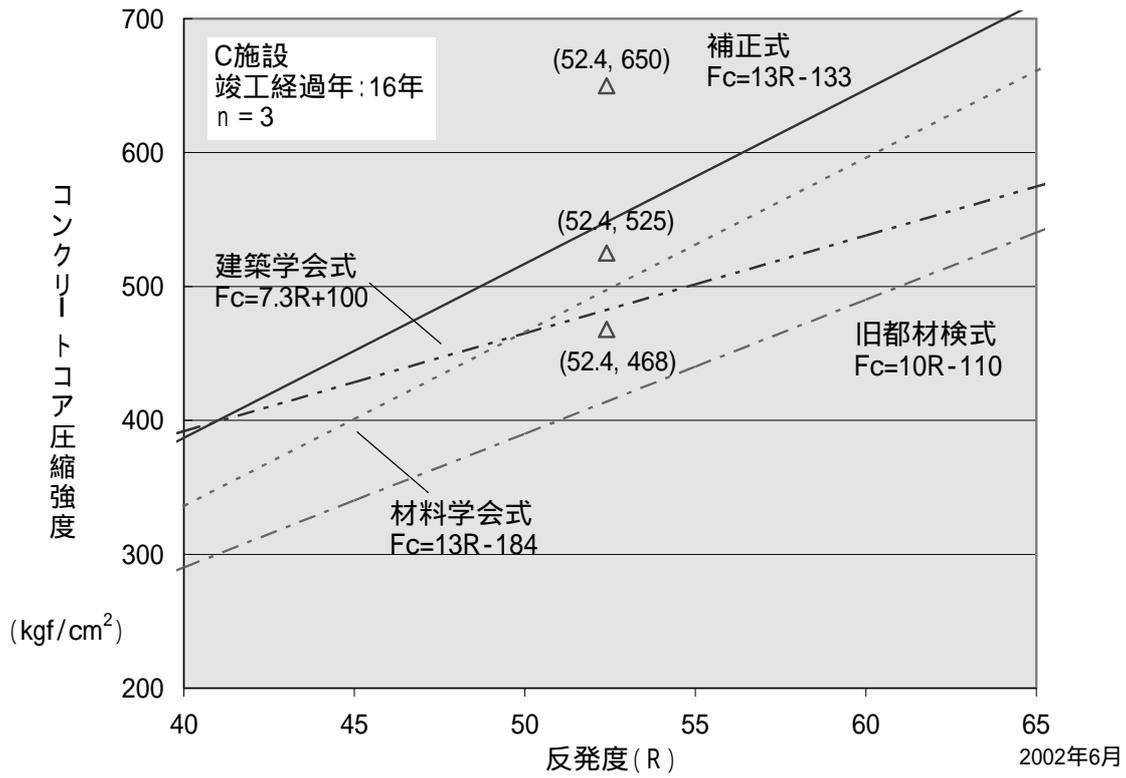
反発度とコア強度の関係 (第二低放射性廃液蒸発処理施設)



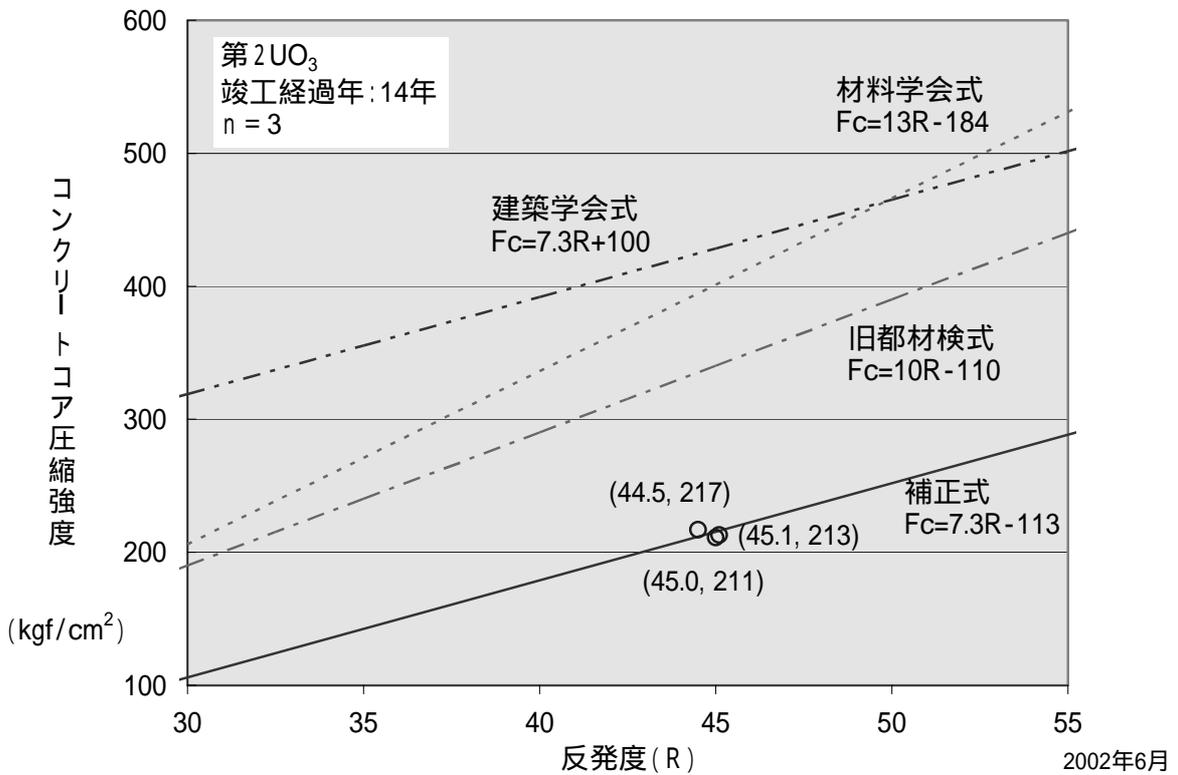
反発度とコア強度の関係 (ウラン貯蔵所)



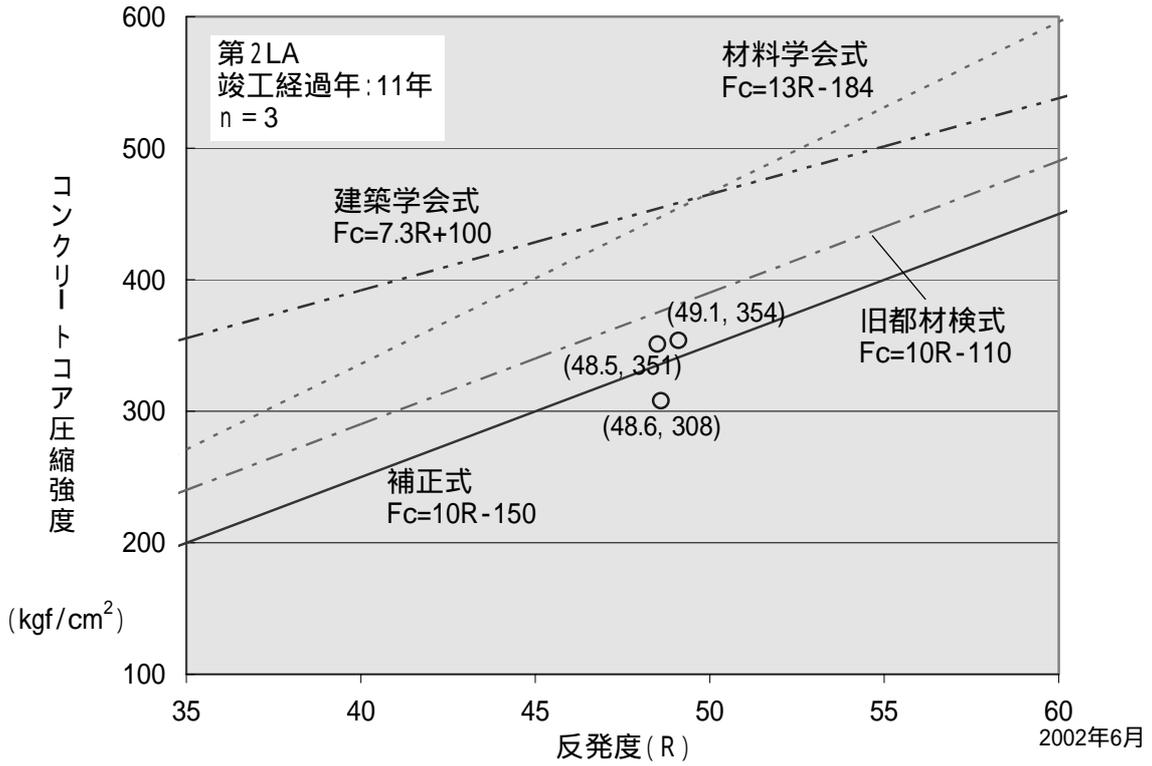
反発度とコア強度の関係 (第三低放射性廃液処理施設)



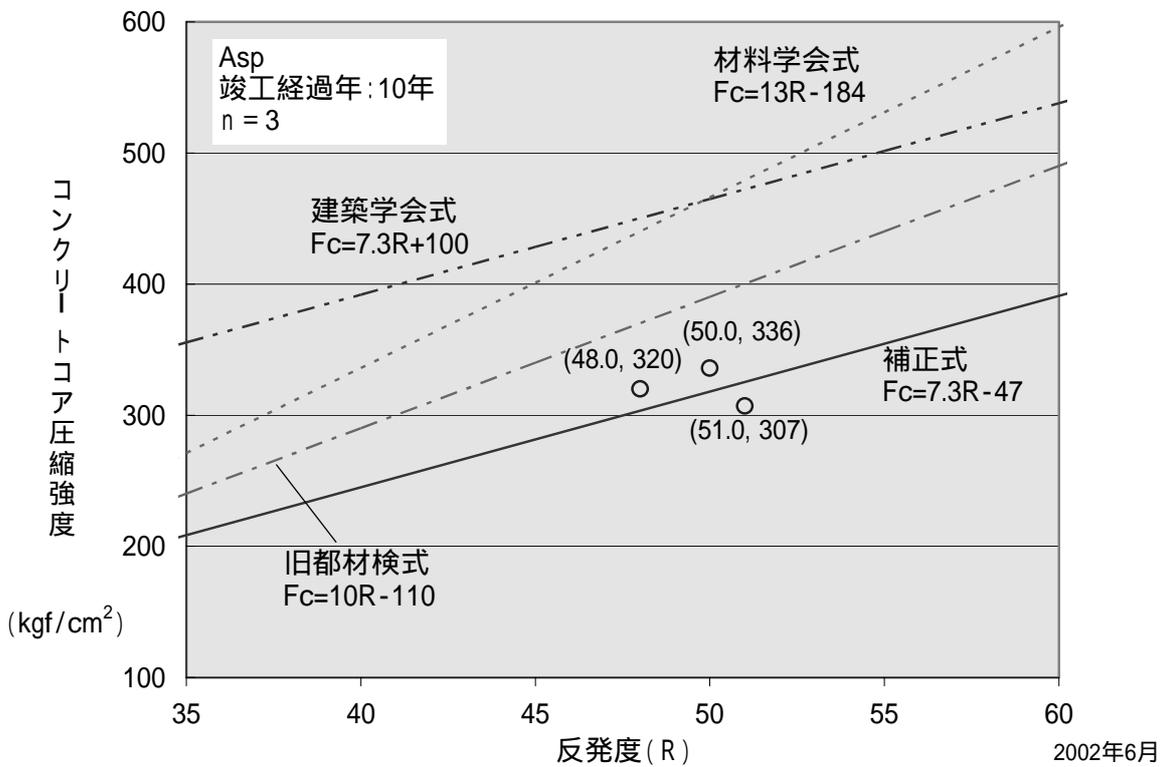
反発度とコア強度の関係 (放出廃液油分除去施設)



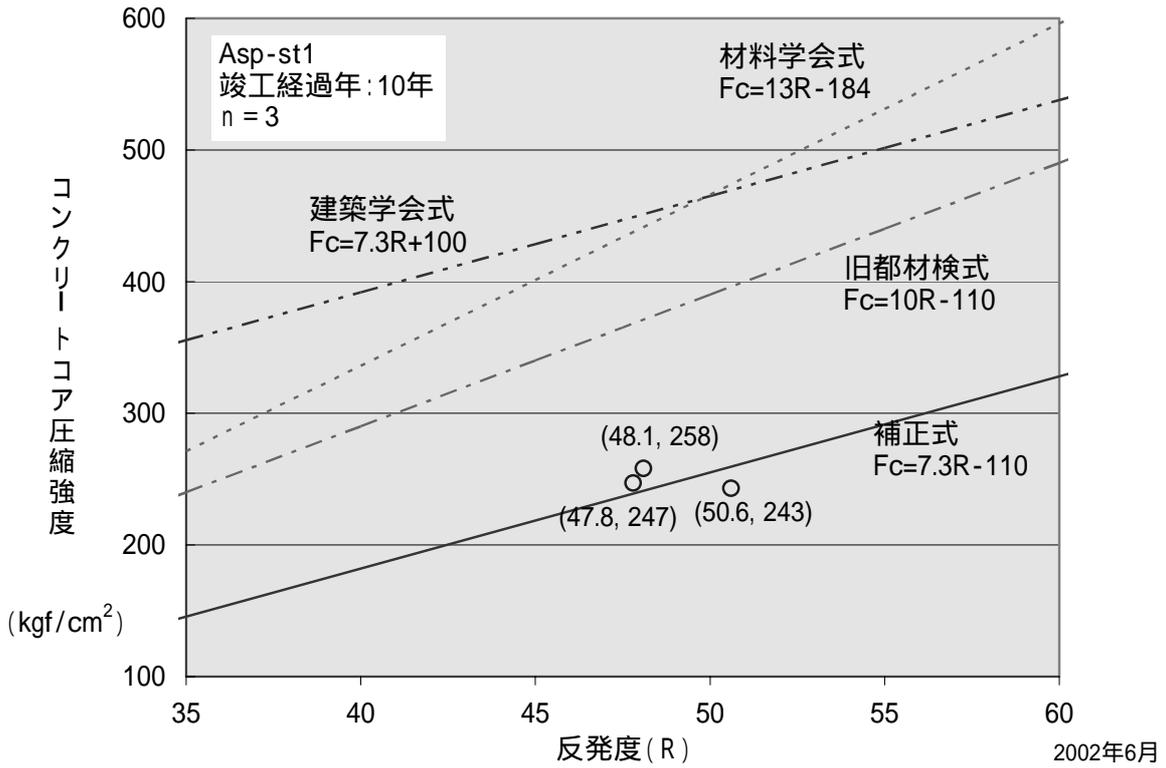
反発度とコア強度の関係 (第二ウラン貯蔵所)



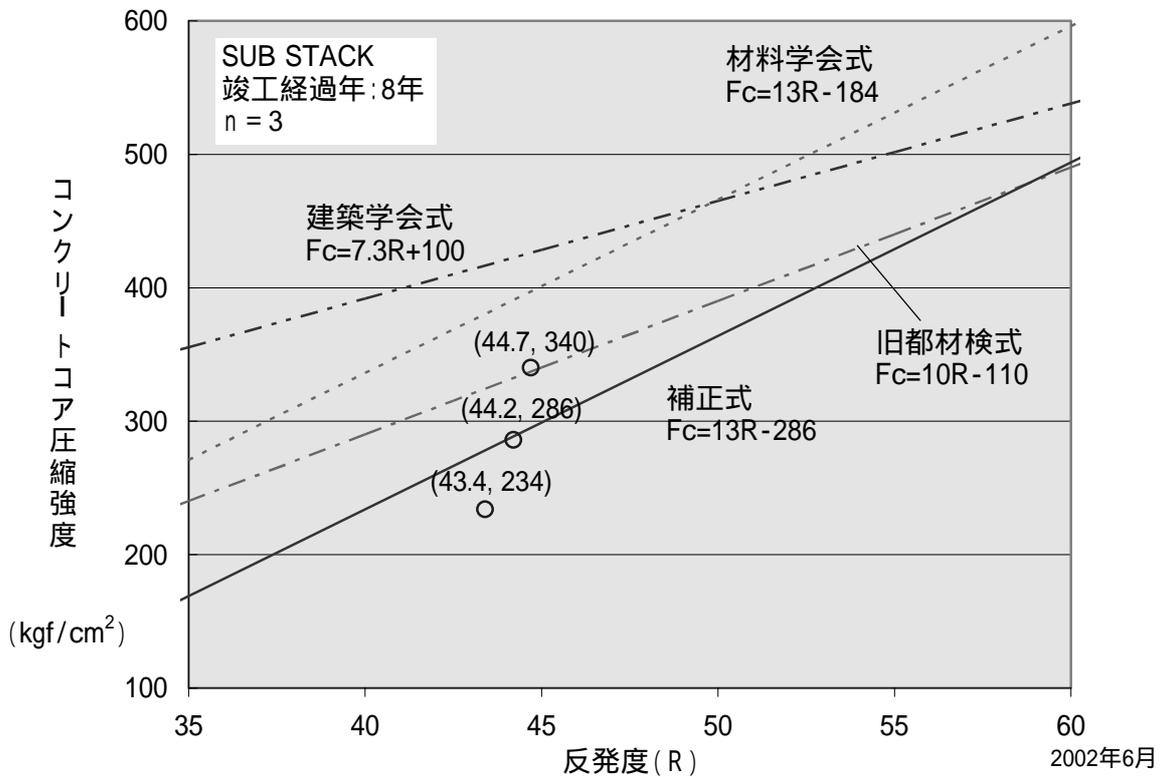
反発度とコア強度の関係 (第二低放射性固体廃棄物貯蔵場)



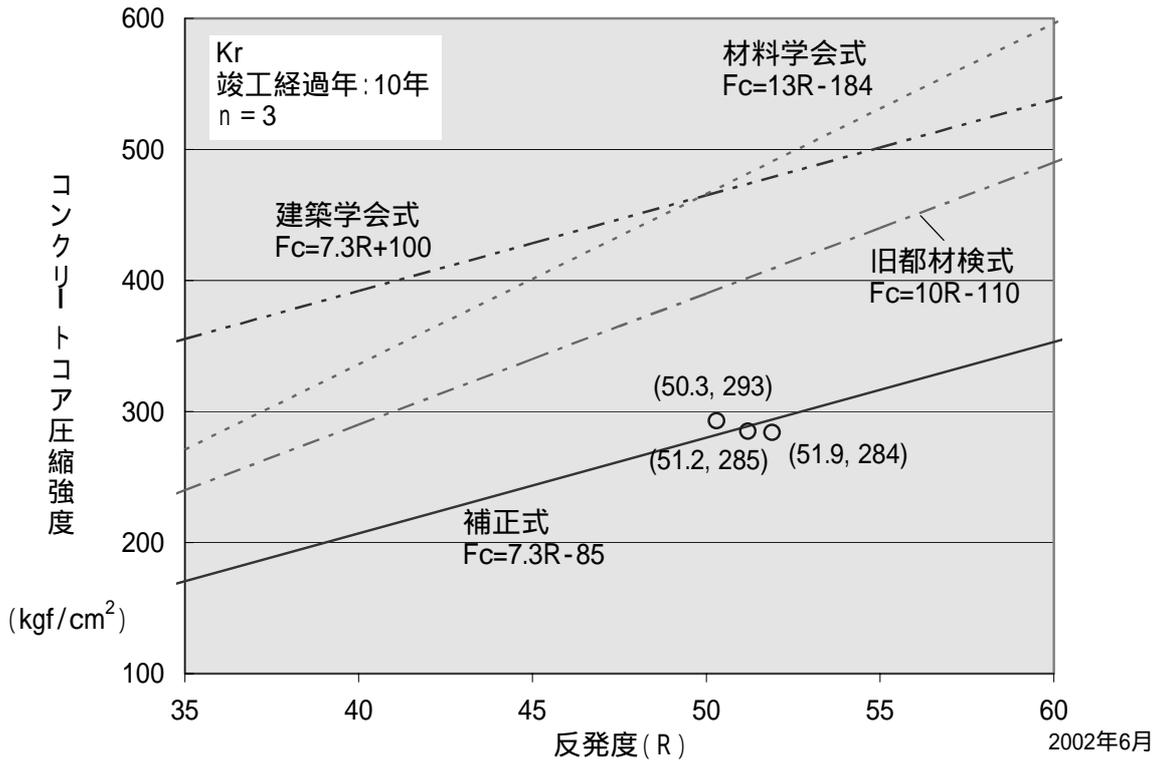
反発度とコア強度の関係 (アスファルト固化処理施設)



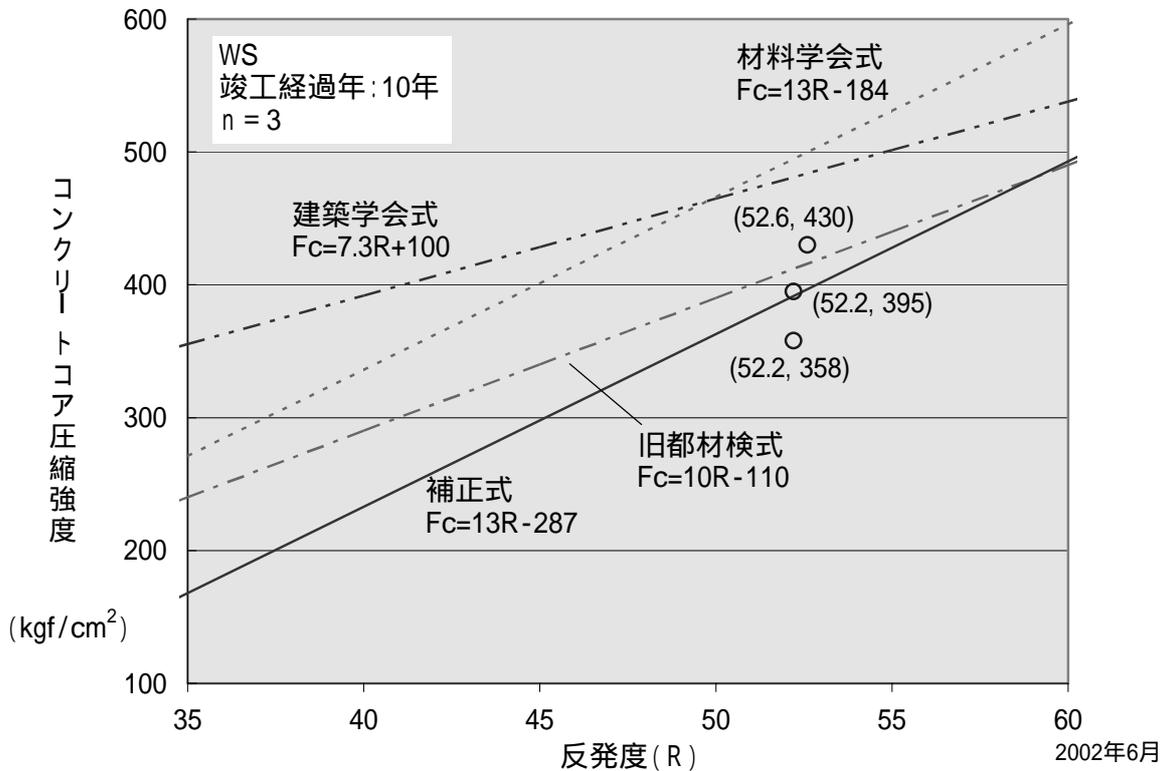
反発度とコア強度の関係 (アスファルト固化体貯蔵施設)



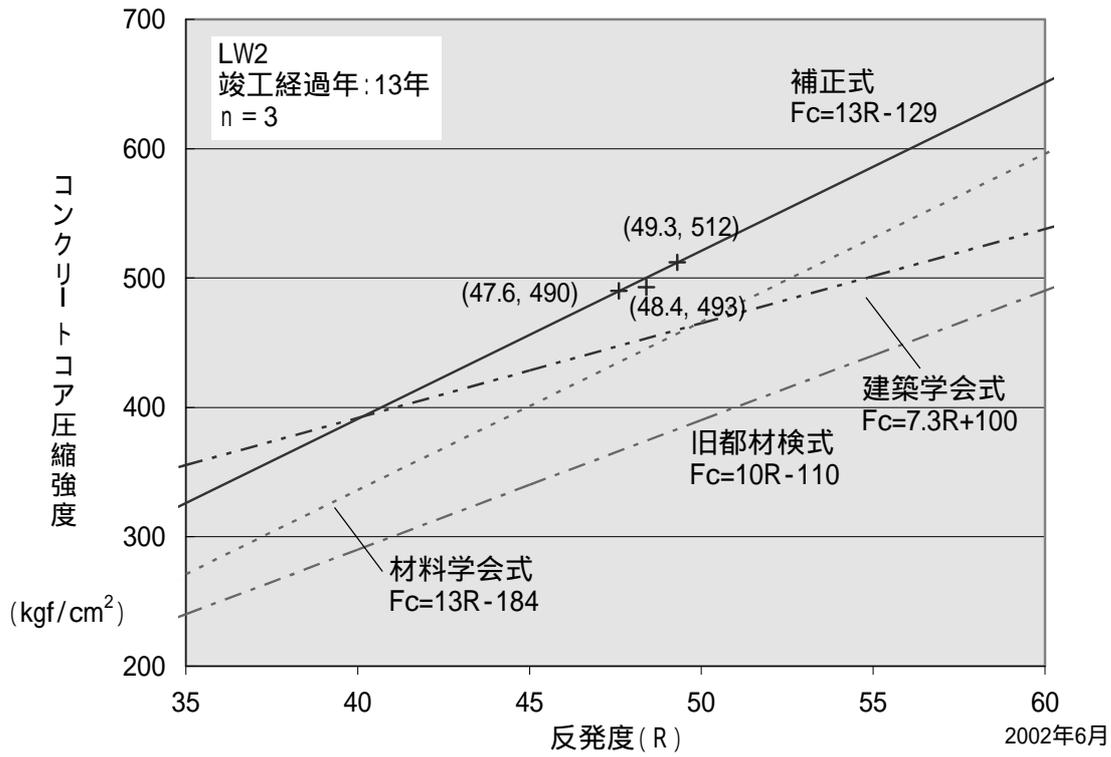
反発度とコア強度の関係 (第一付属排気筒)



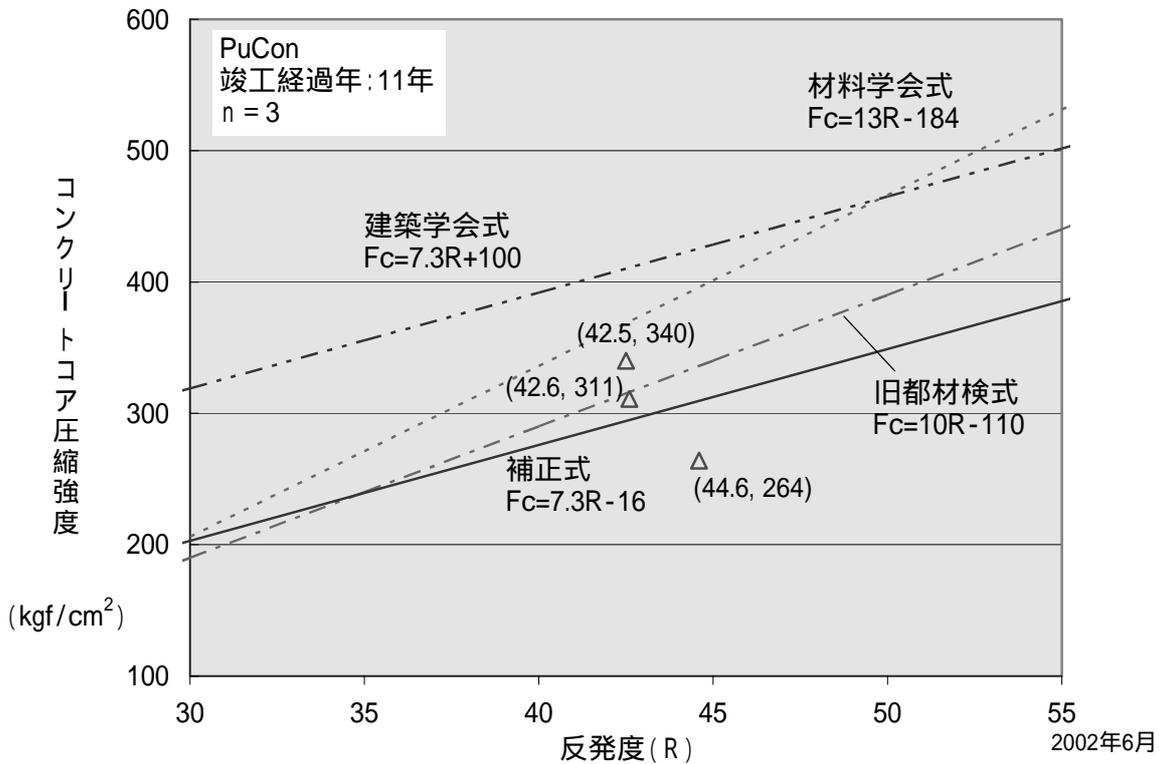
反発度とコア強度の関係 (クリプトン回収技術開発施設)



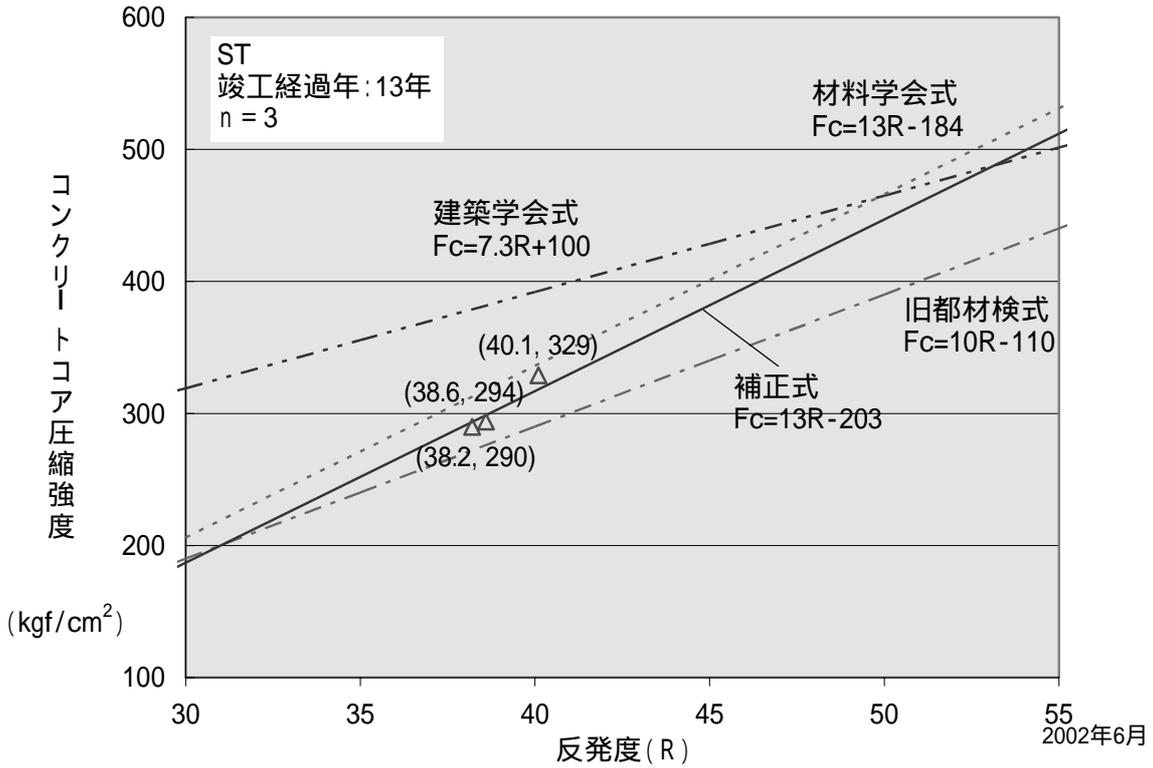
反発度とコア強度の関係 (廃溶媒貯蔵場)



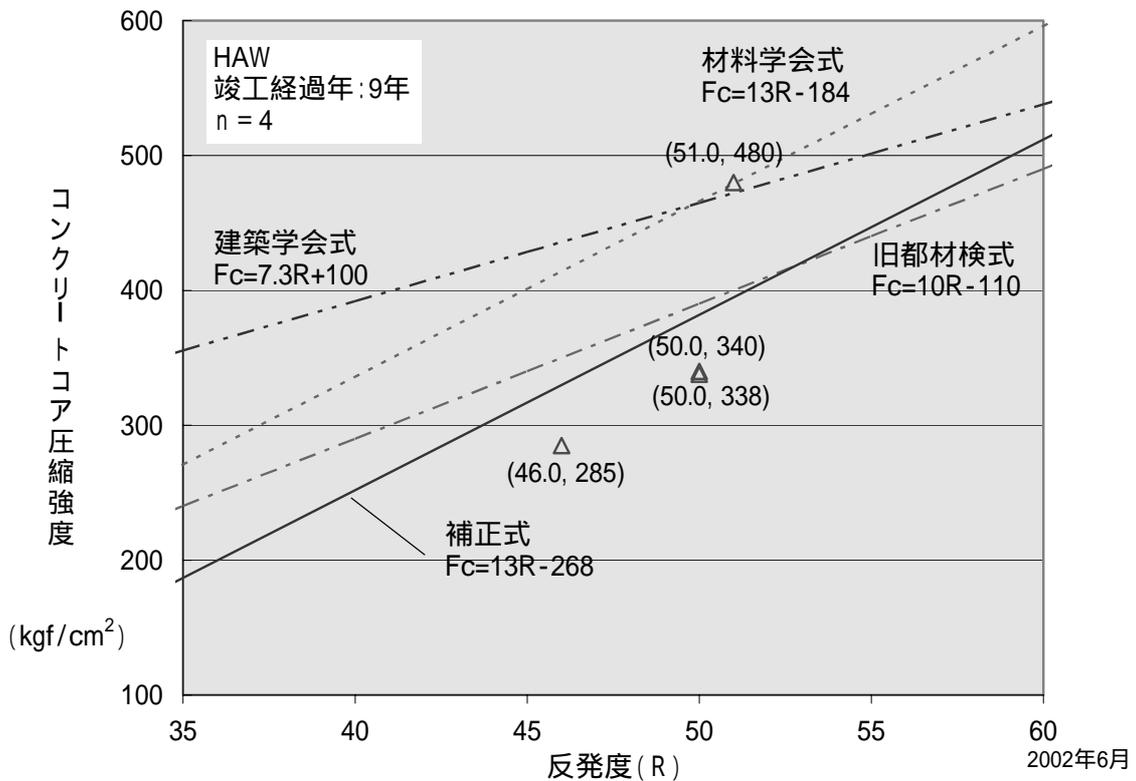
反発度とコア強度の関係 (第二スラッジ貯蔵所)



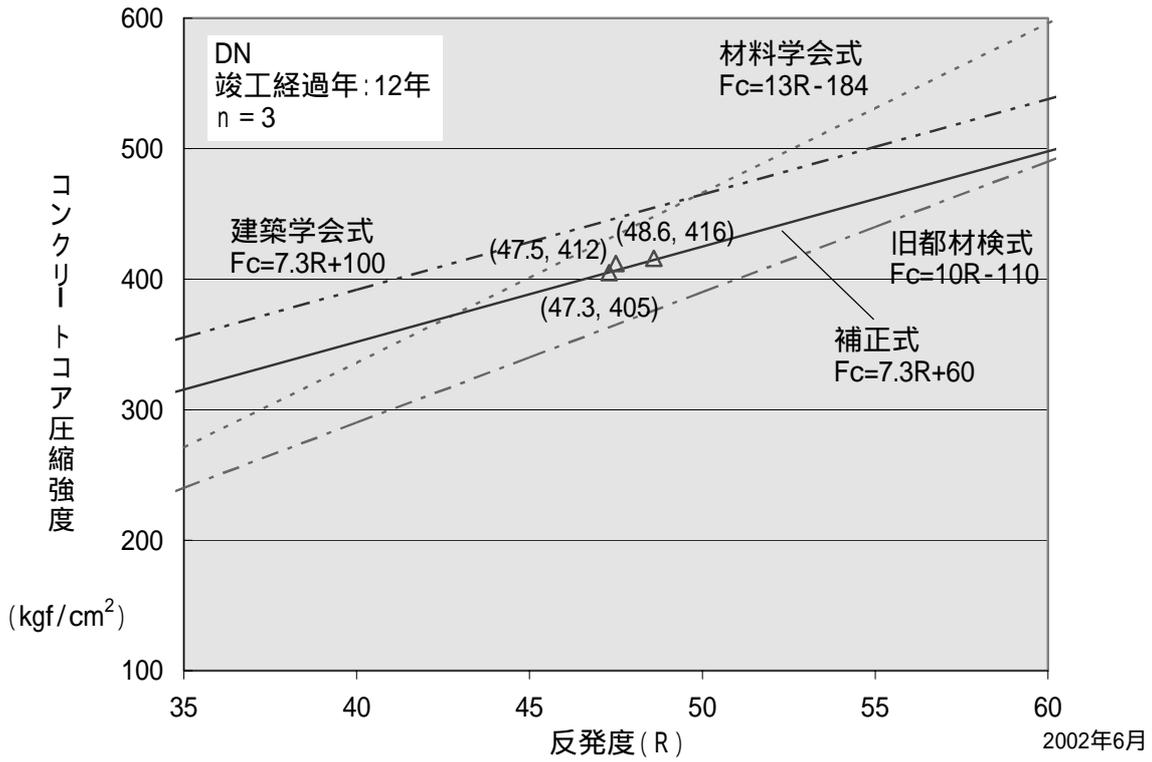
反発度とコア強度の関係 (プルトニウム転換技術開発施設)



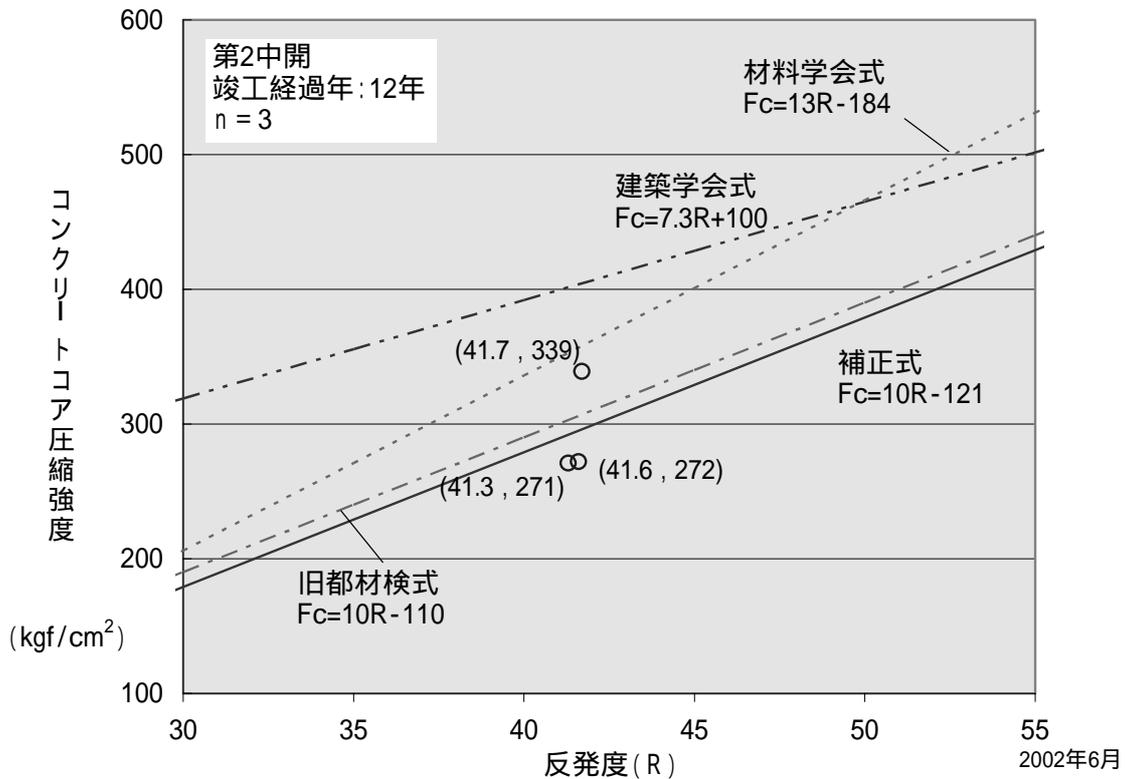
反発度とコア強度の関係 (廃溶媒処理技術開発施設)



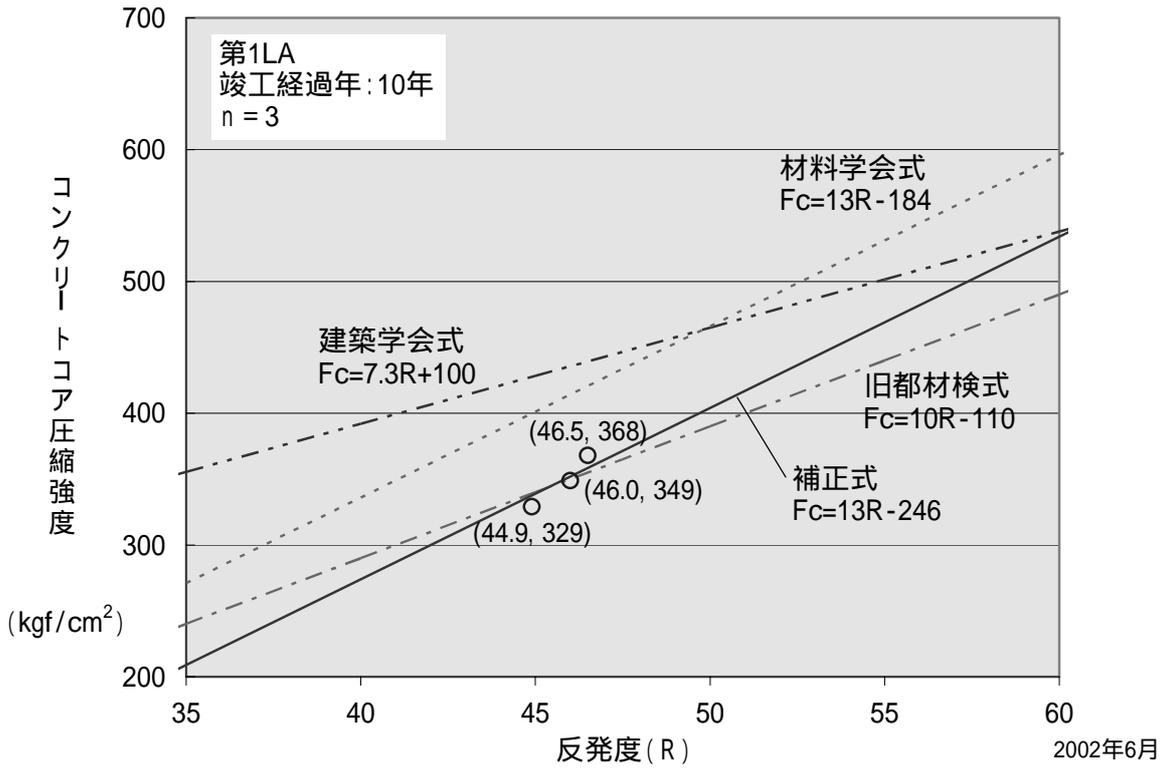
反発度とコア強度の関係 (高放射性廃液貯蔵場)



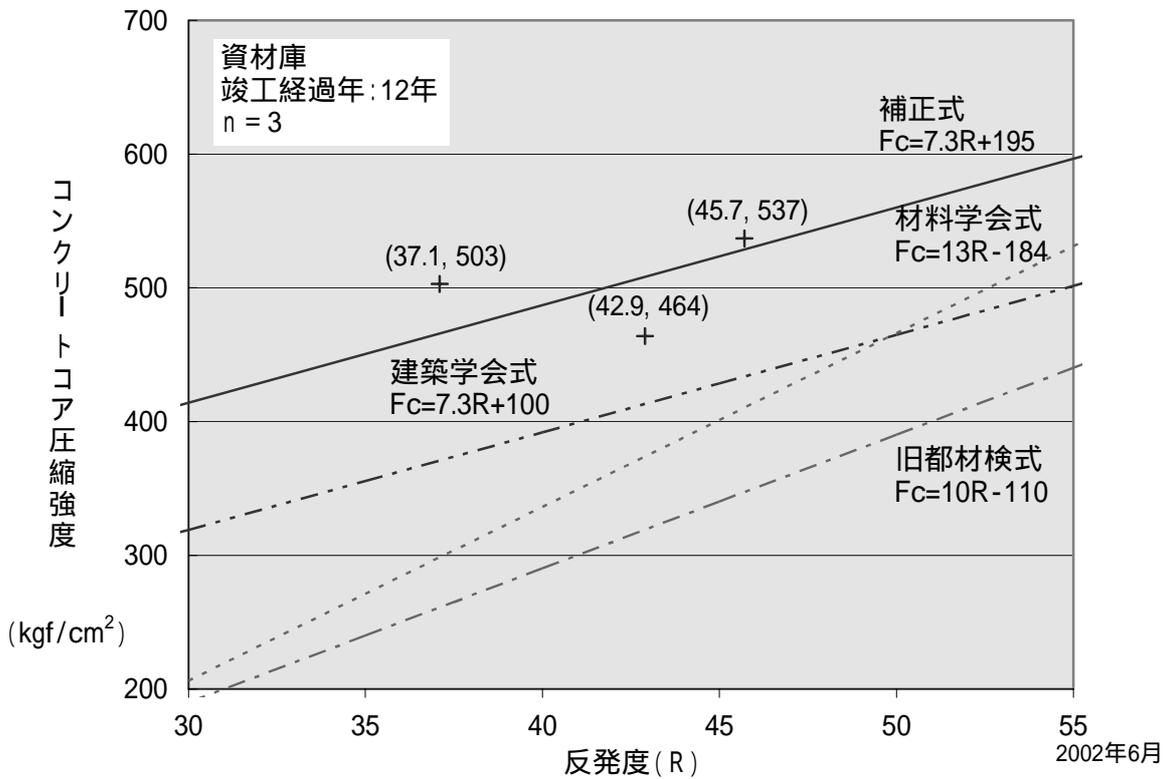
反発度とコア強度の関係 (ウラン脱硝施設)



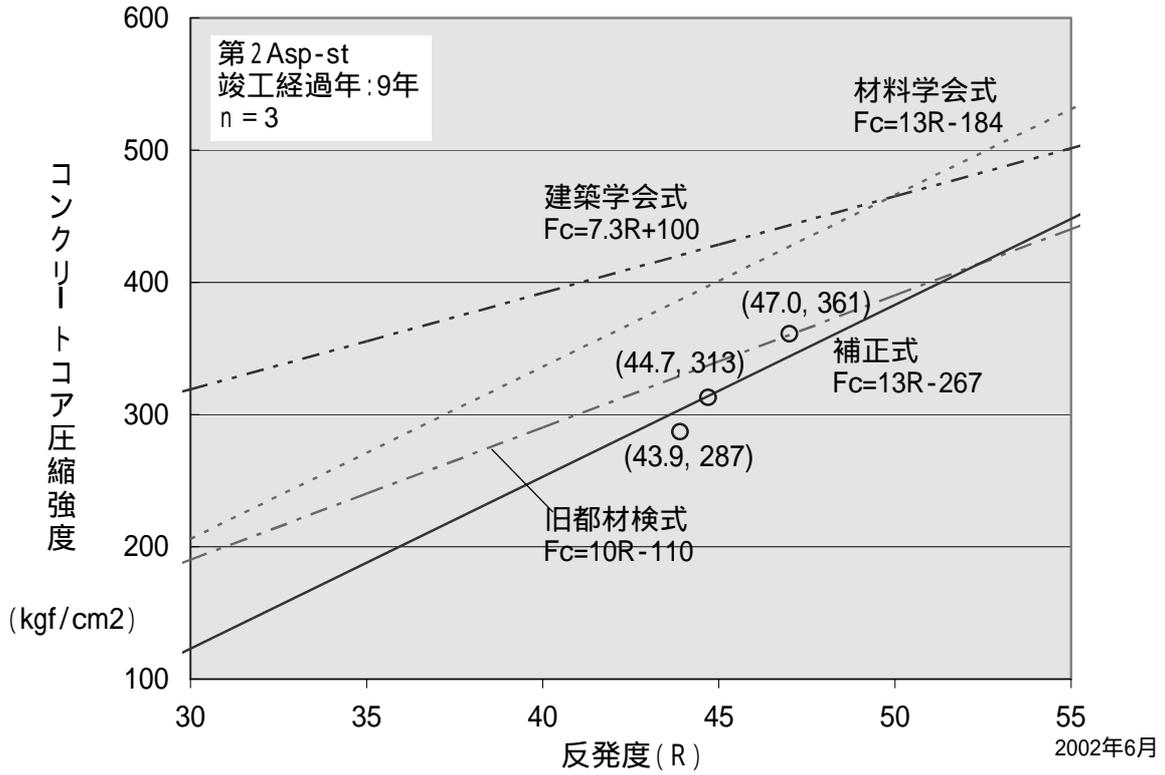
反発度とコア強度の関係 (第二中間開閉所)



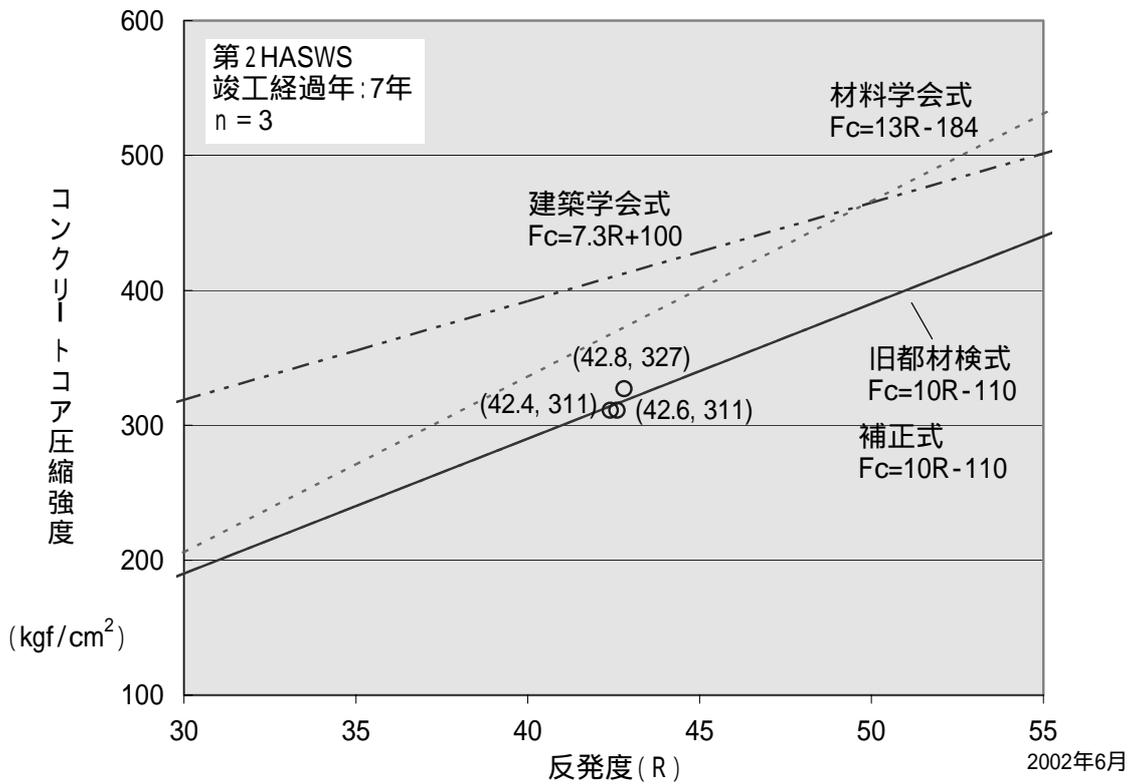
反発度とコア強度の関係 (第一低放射性固体廃棄物貯蔵場)



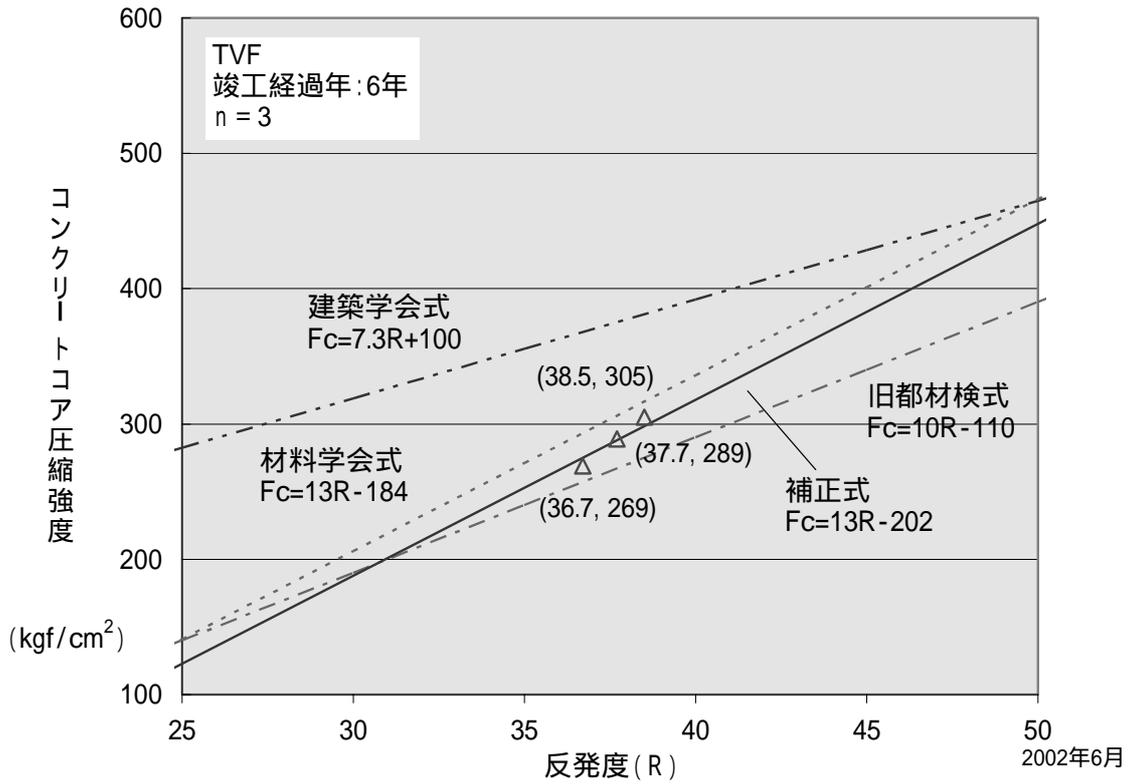
反発度とコア強度の関係 (資材庫)



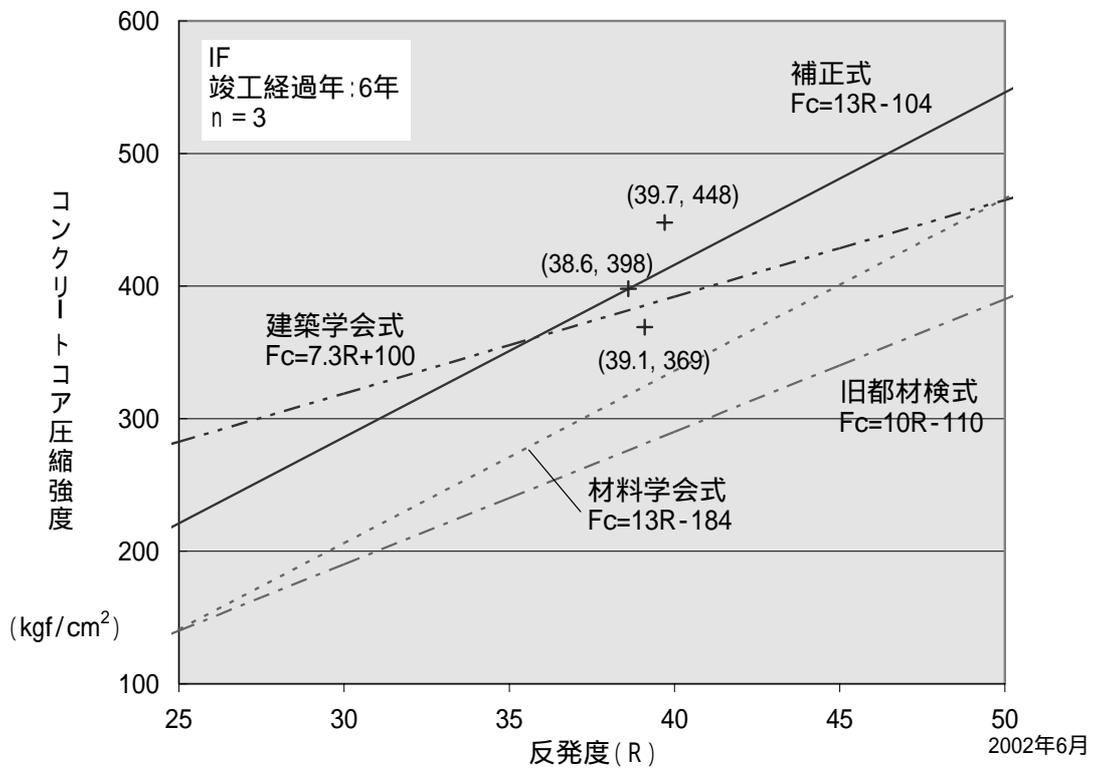
反発度とコア強度の関係 (第二アスファルト固化体貯蔵施設)



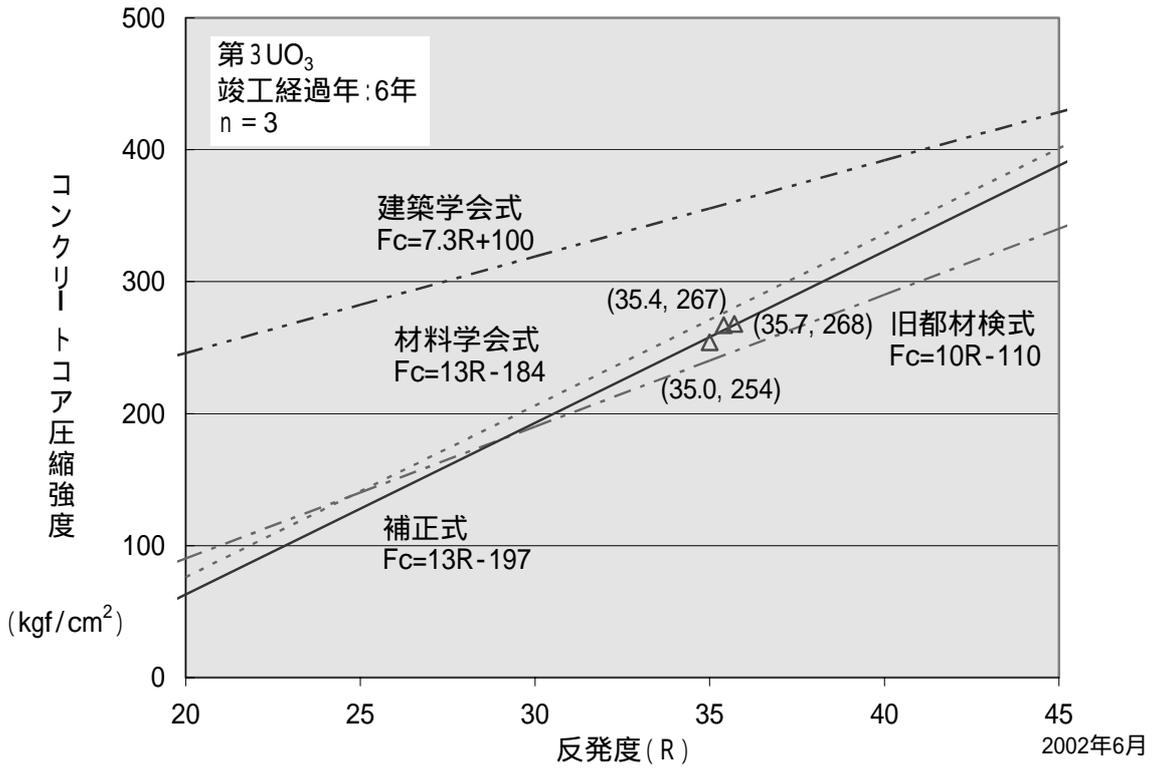
反発度とコア強度の関係 (第二高放射性固体廃棄物貯蔵施設)



反発度とコア強度の関係 (ガラス固化技術開発施設)

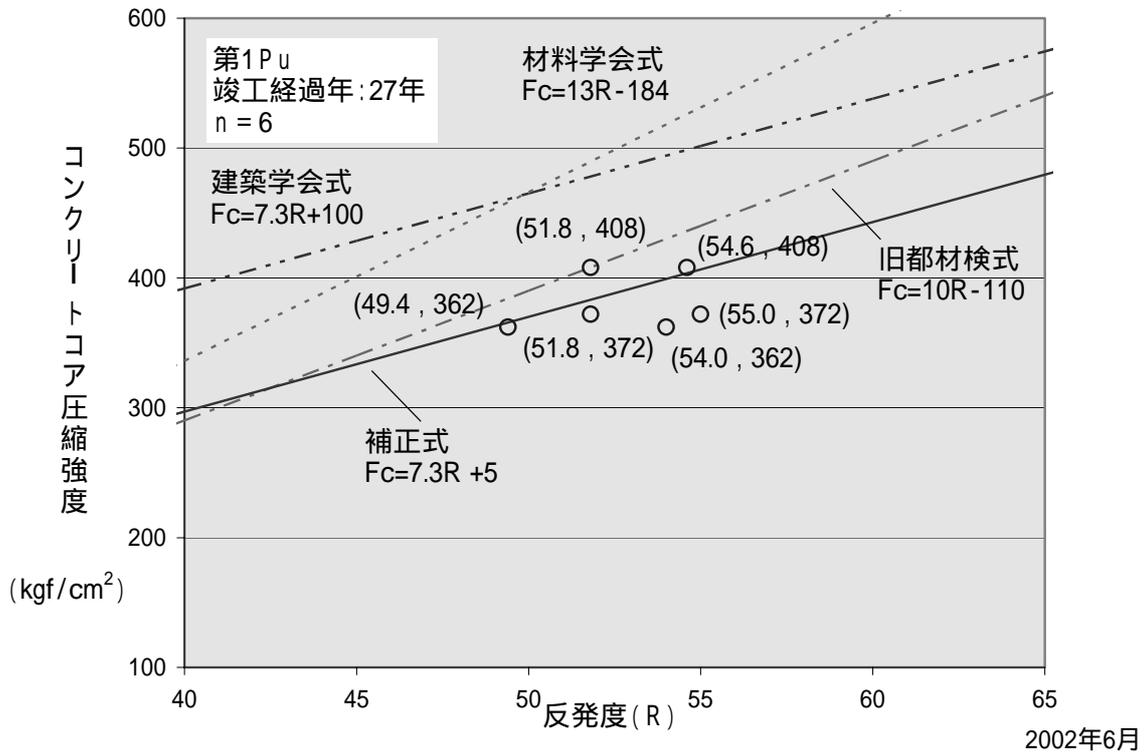


反発度とコア強度の関係 (焼却施設)

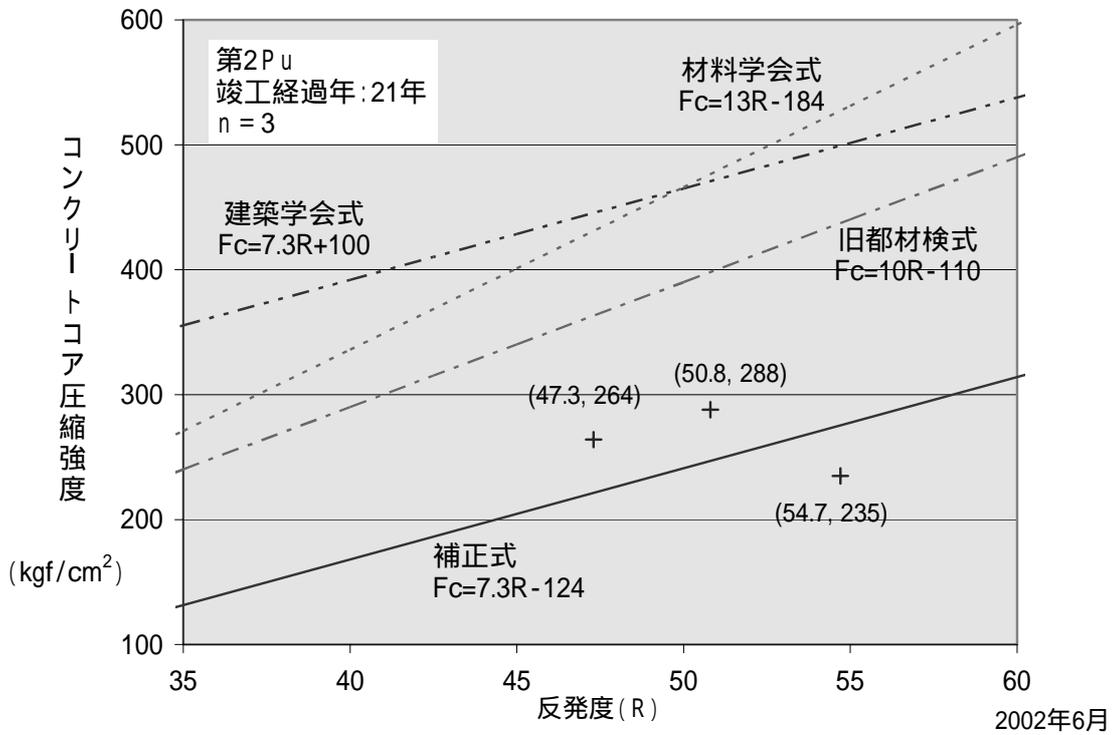


反発度とコア強度の関係 (第三ウラン貯蔵所)

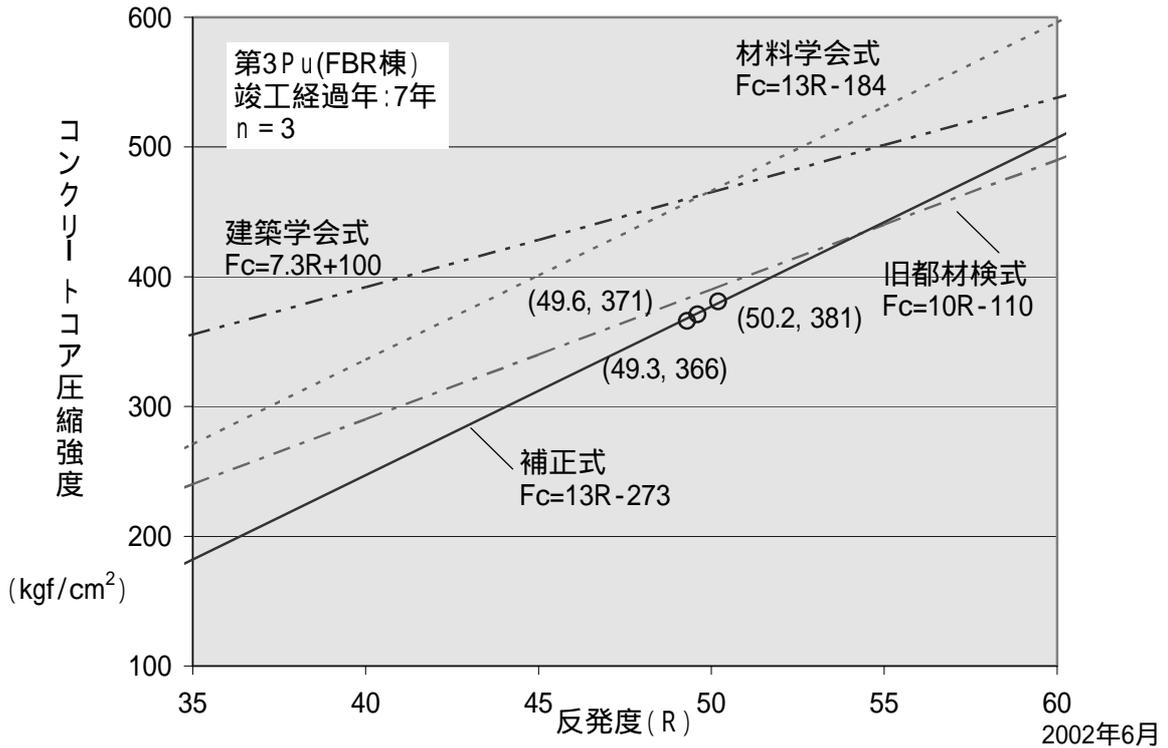
資料 3 - 2 プルトニウム燃料施設 シュミットハンマー法による反発度とコア強度の関係
 (施設固有の強度推定式の提案)



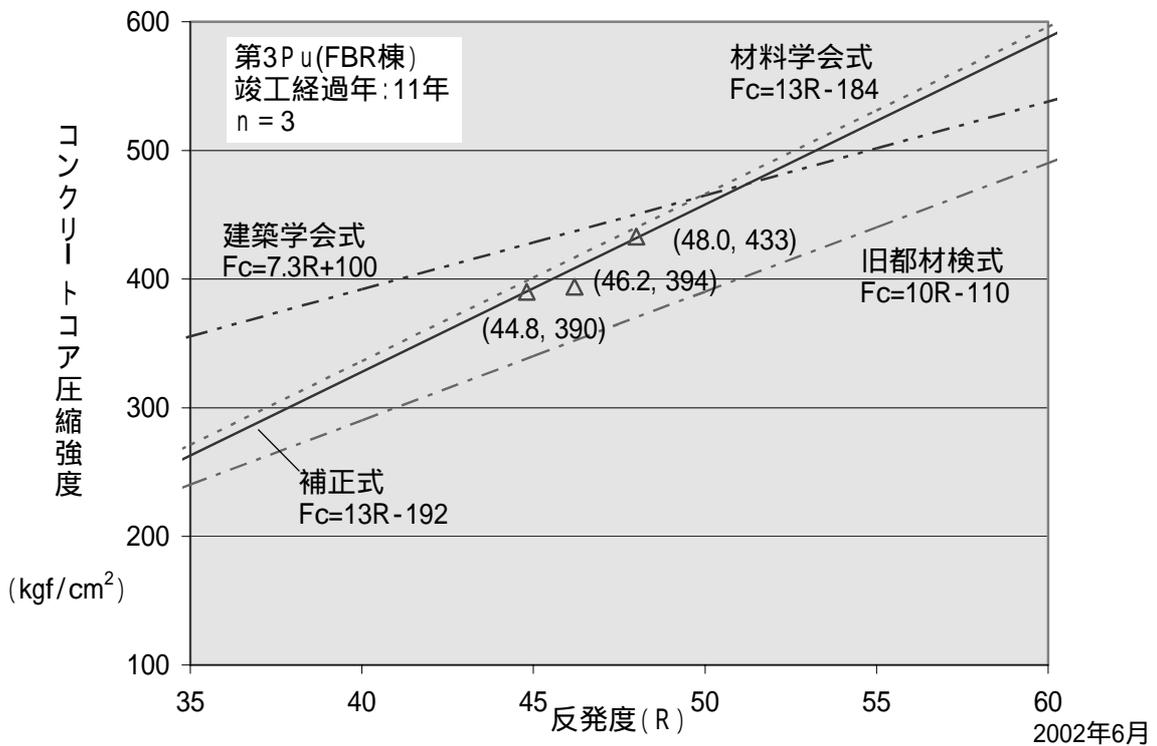
反発度とコア強度の関係 (プルトニウム燃料第一開発室)



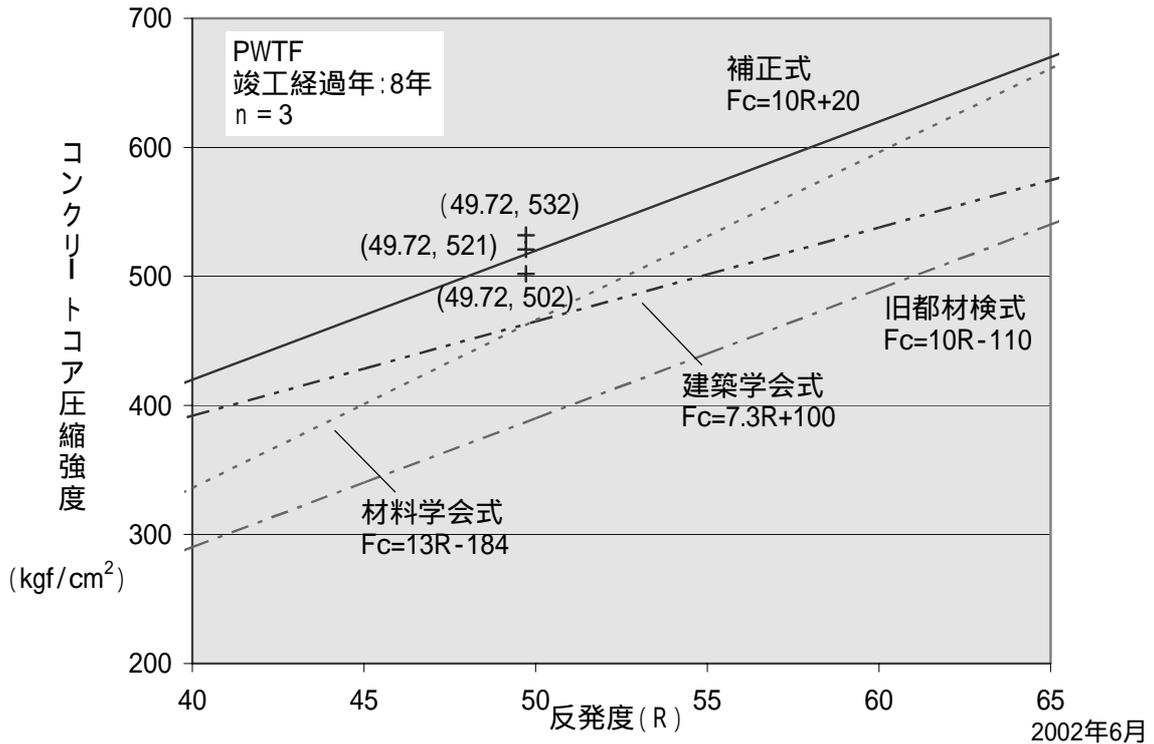
反発度とコア強度の関係 (プルトニウム燃料第二開発室)



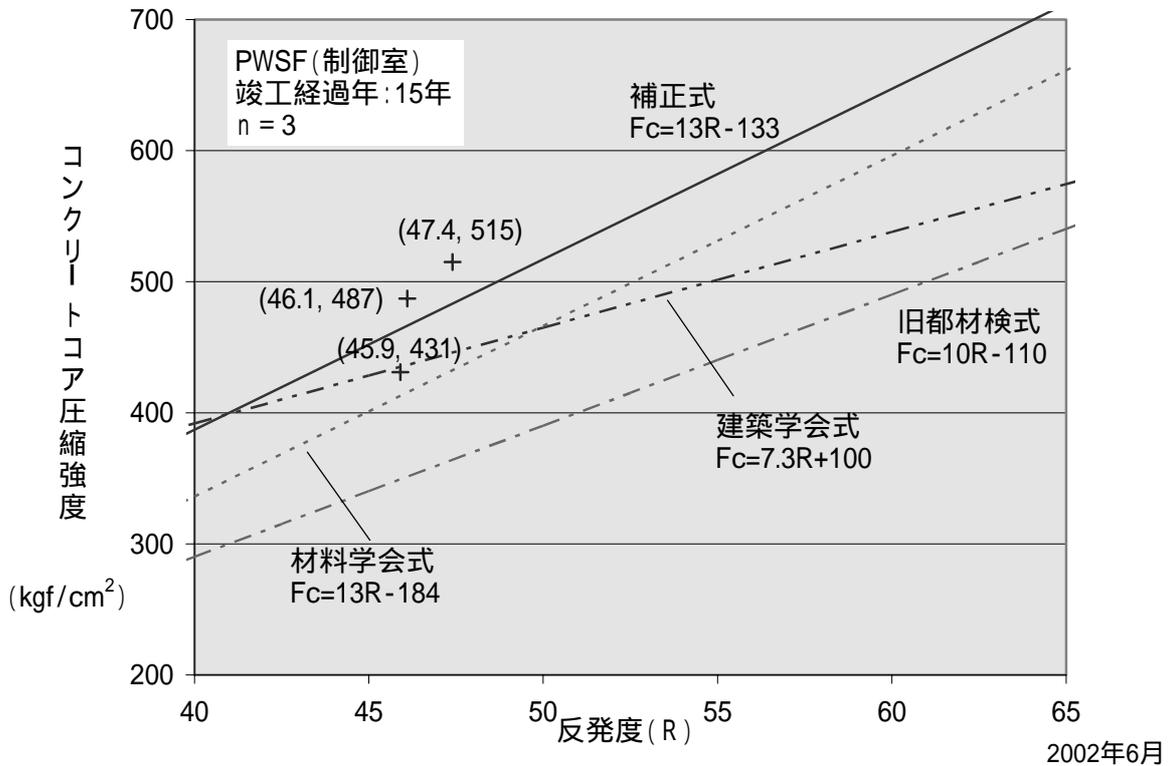
反発度とコア強度の関係 (プルトニウム燃料第三開発室)



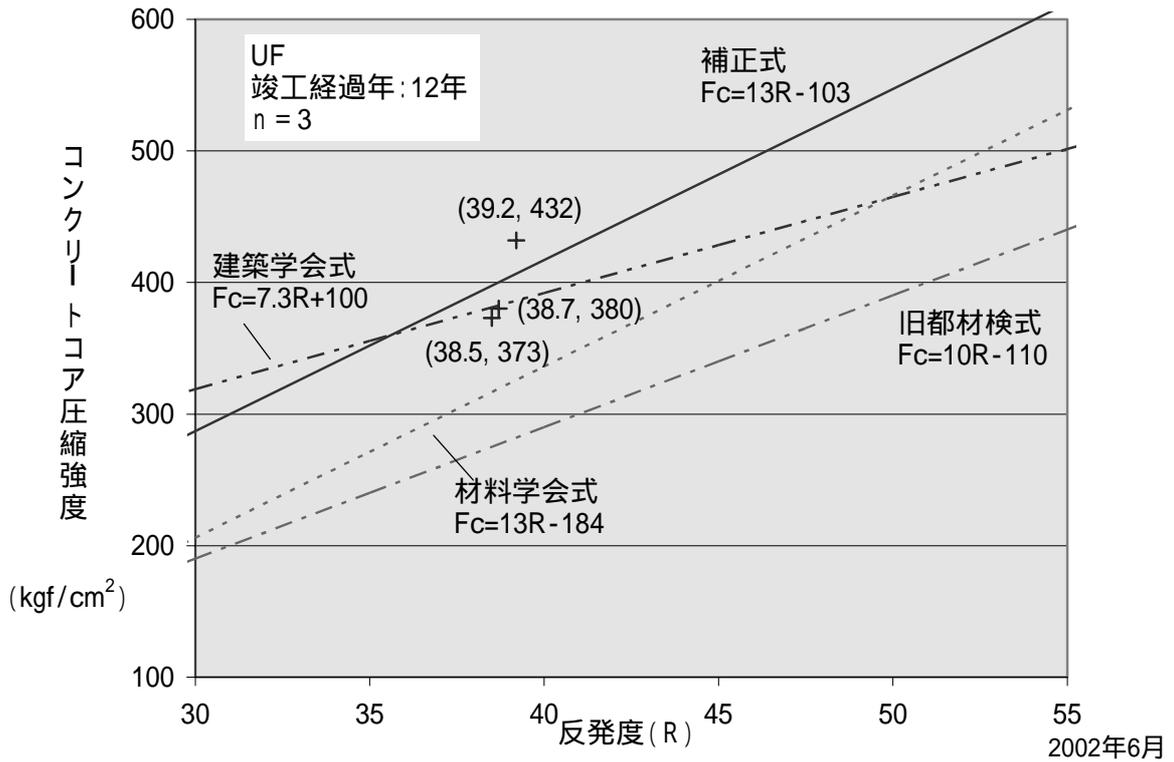
反発度とコア強度の関係 (プルトニウム燃料第三開発室)



反発度とコア強度の関係 (プルトニウム廃棄物処理技術開発施設)

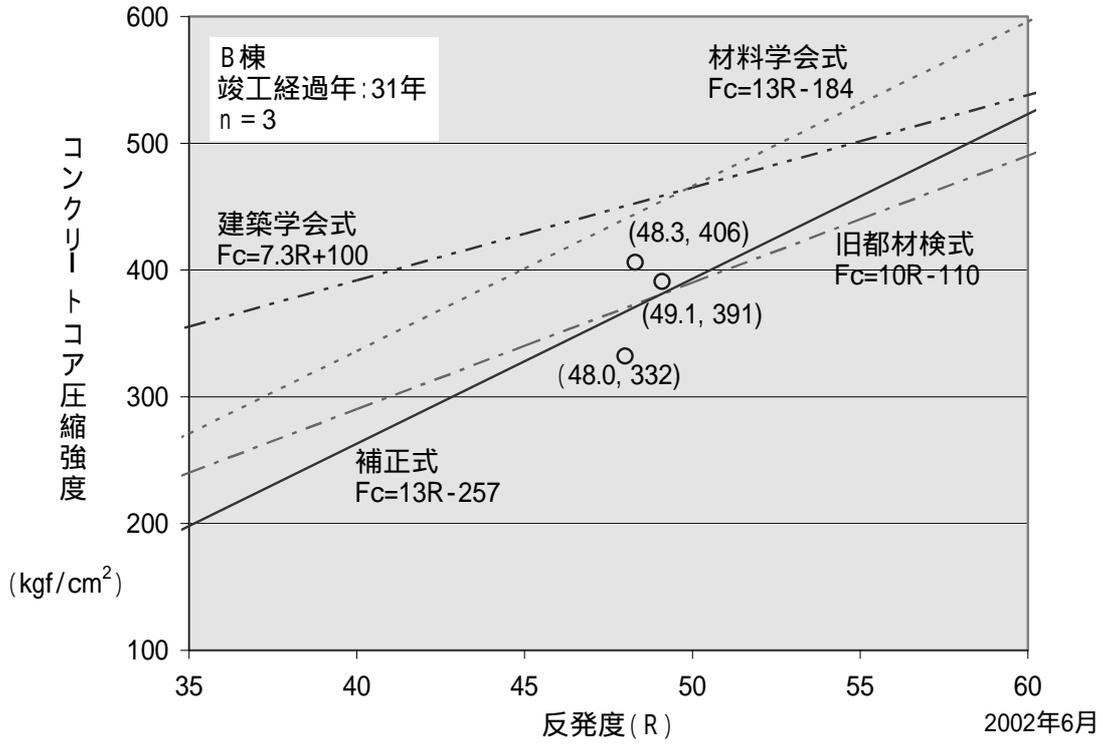


反発度とコア強度の関係 (プルトニウム廃棄物貯蔵施設)

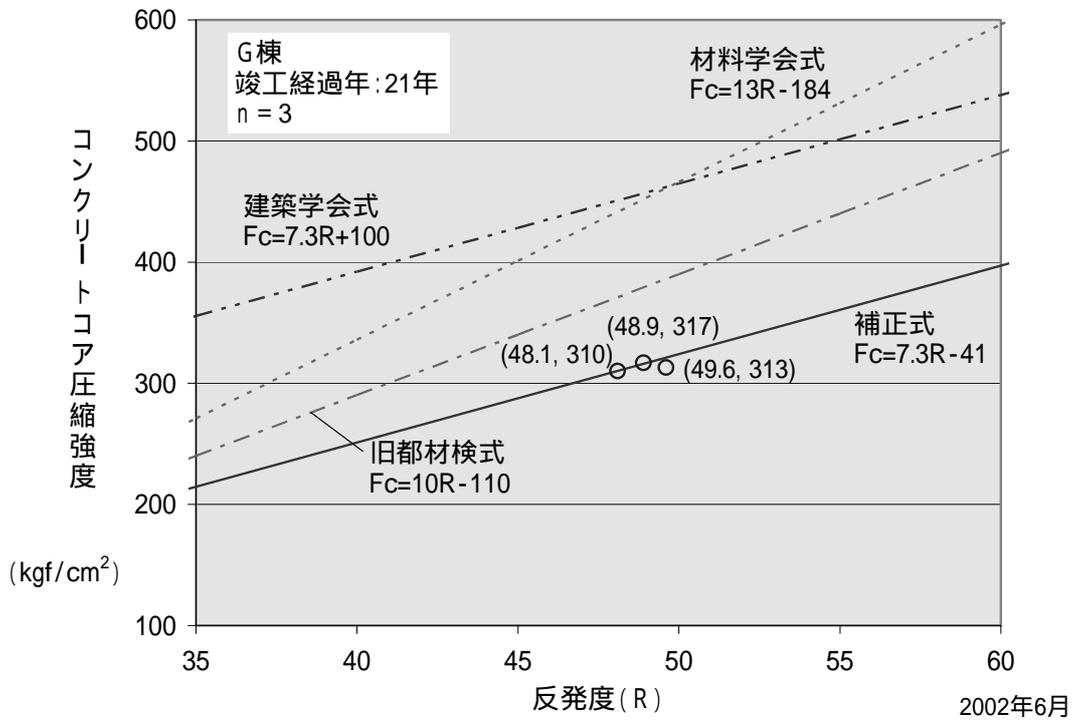


反発度とコア強度の関係 (ユーティリティ棟)

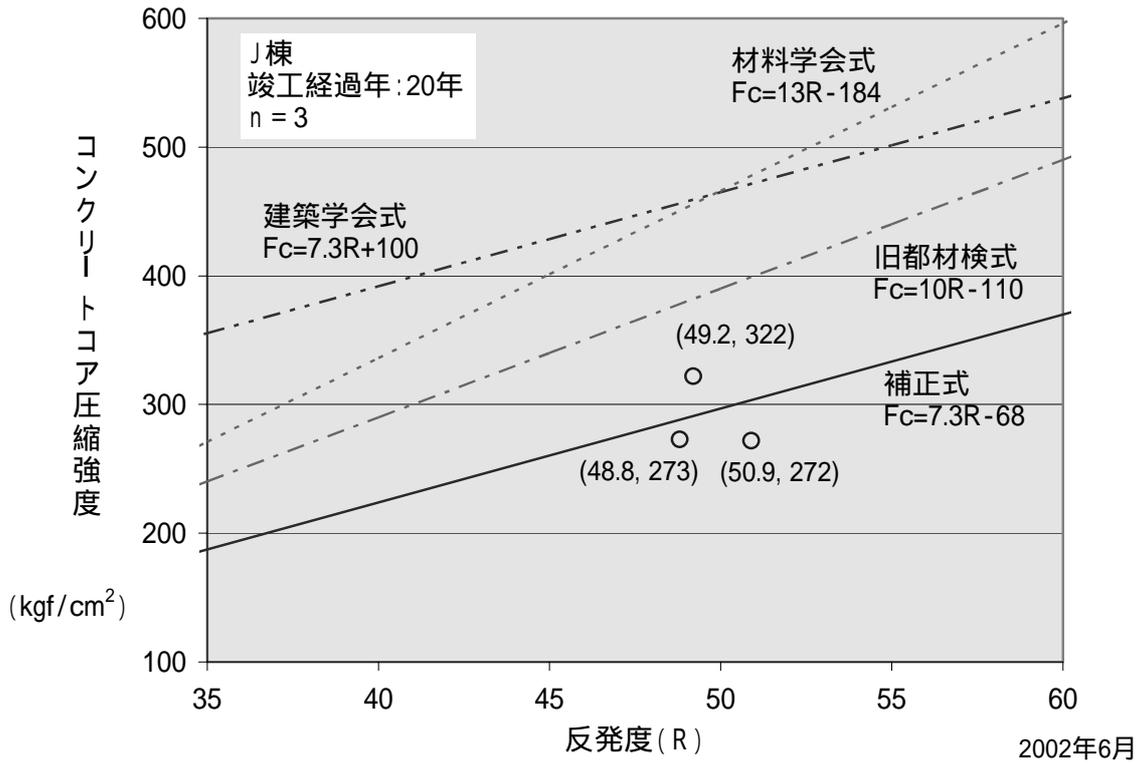
資料 3 - 3 濃縮・ユーティリティ・その他の施設 シュミットハンマー法による反発度とコア強度の関係（施設固有の強度推定式の提案）



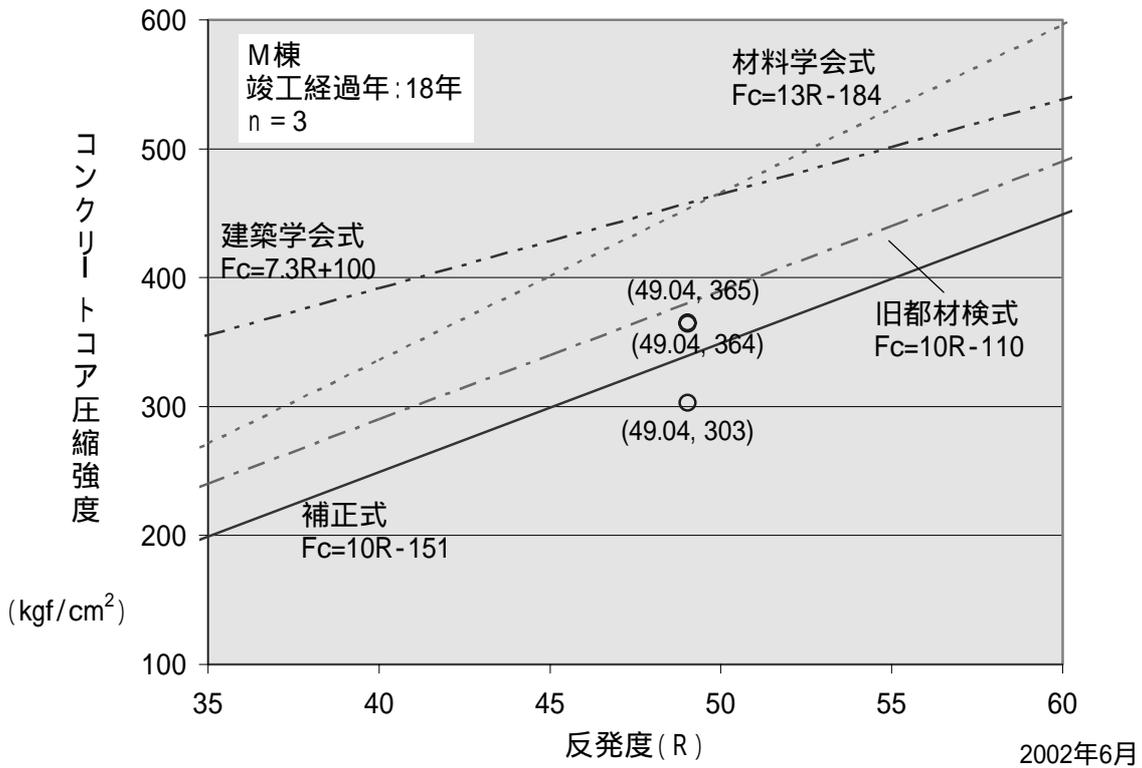
反発度とコア強度の関係 (B 棟)



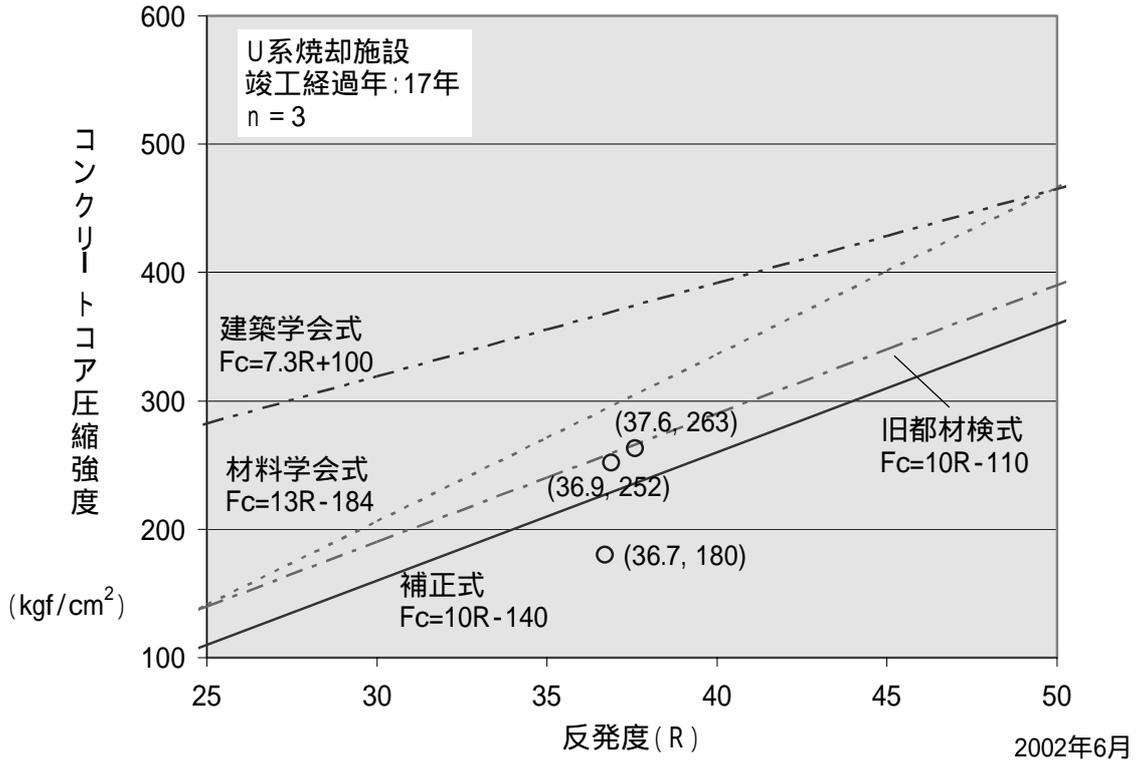
反発度とコア強度の関係 (G 棟)



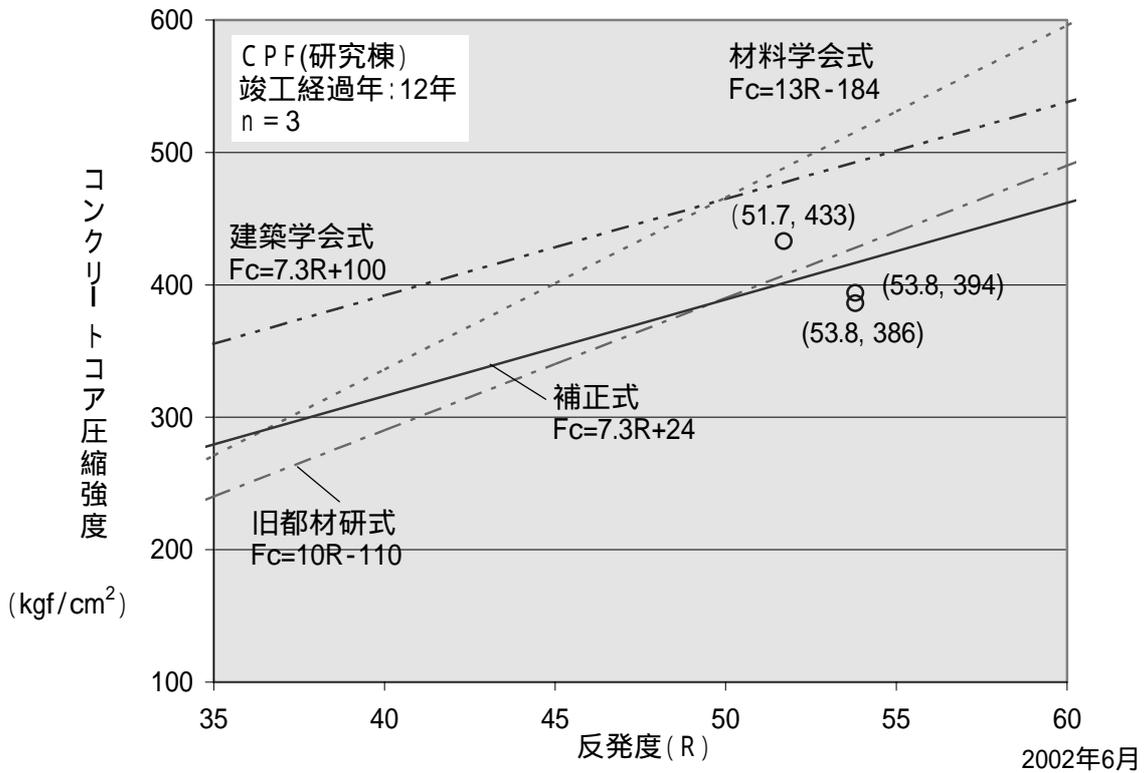
反発度とコア強度の関係 (J 棟)



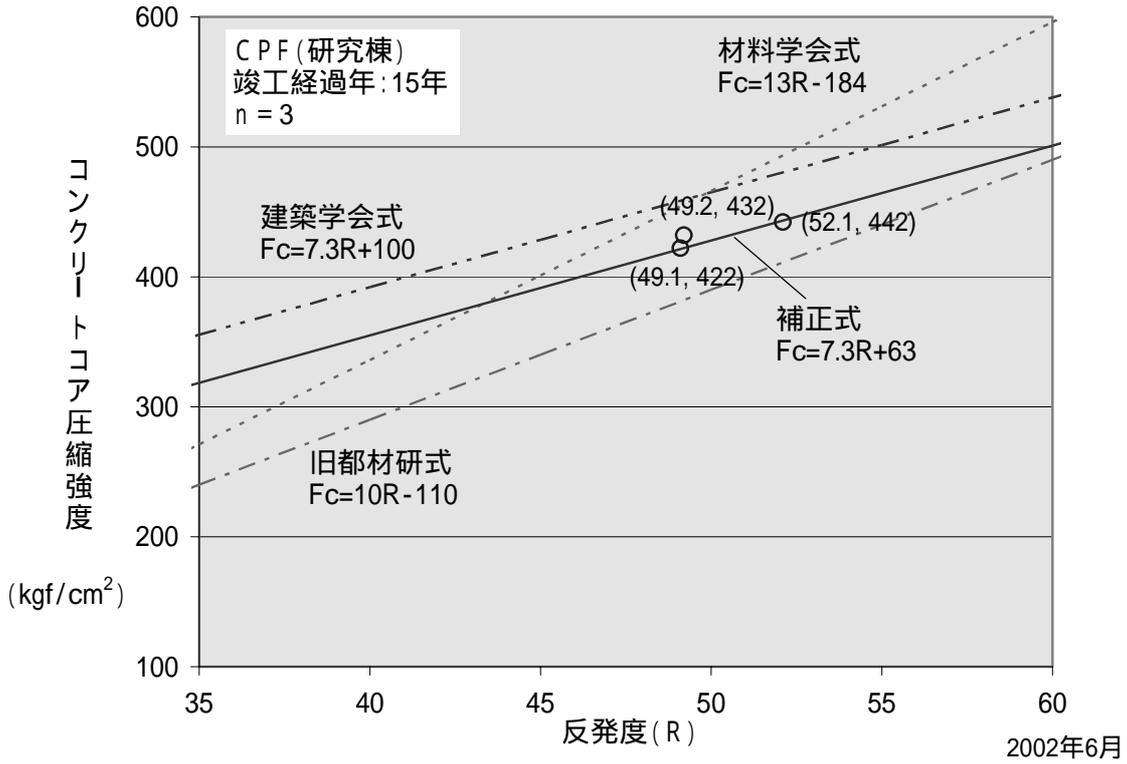
反発度とコア強度の関係 (M 棟)



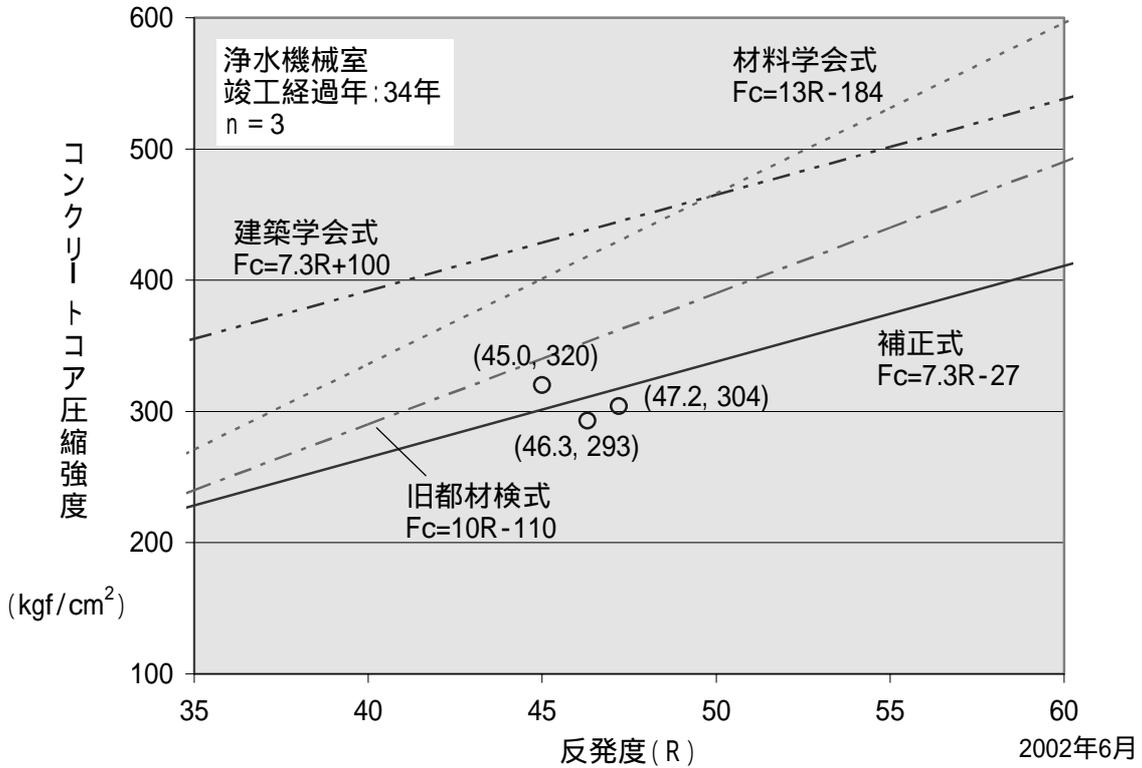
反発度とコア強度の関係 (ウラン廃棄物焼却施設)



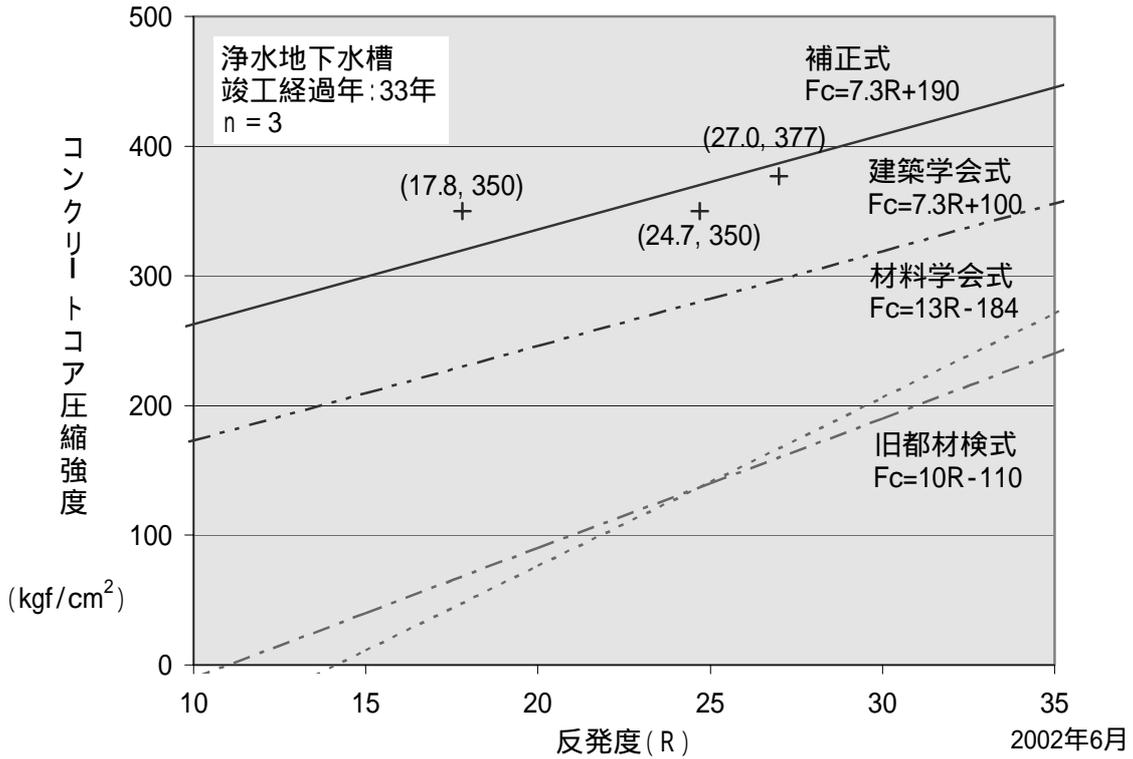
反発度とコア強度の関係 (高レベル放射性物質研究施設)



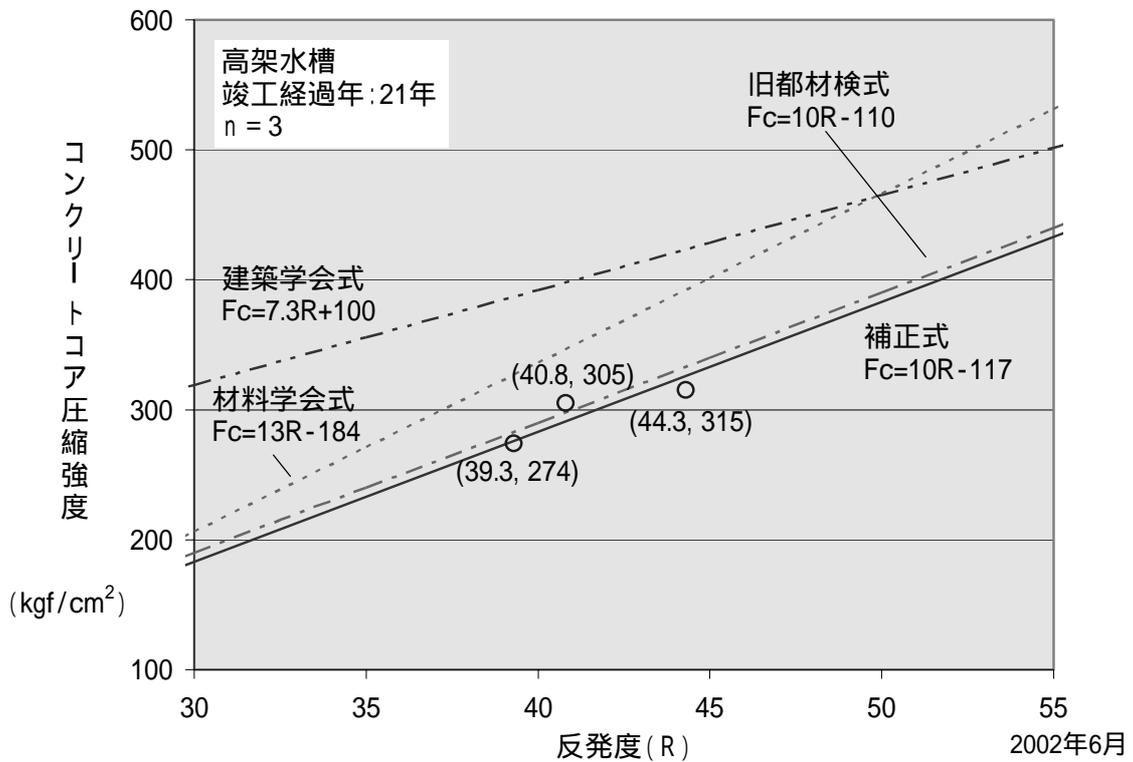
反発度とコア強度の関係 (高レベル放射性物質研究施設)



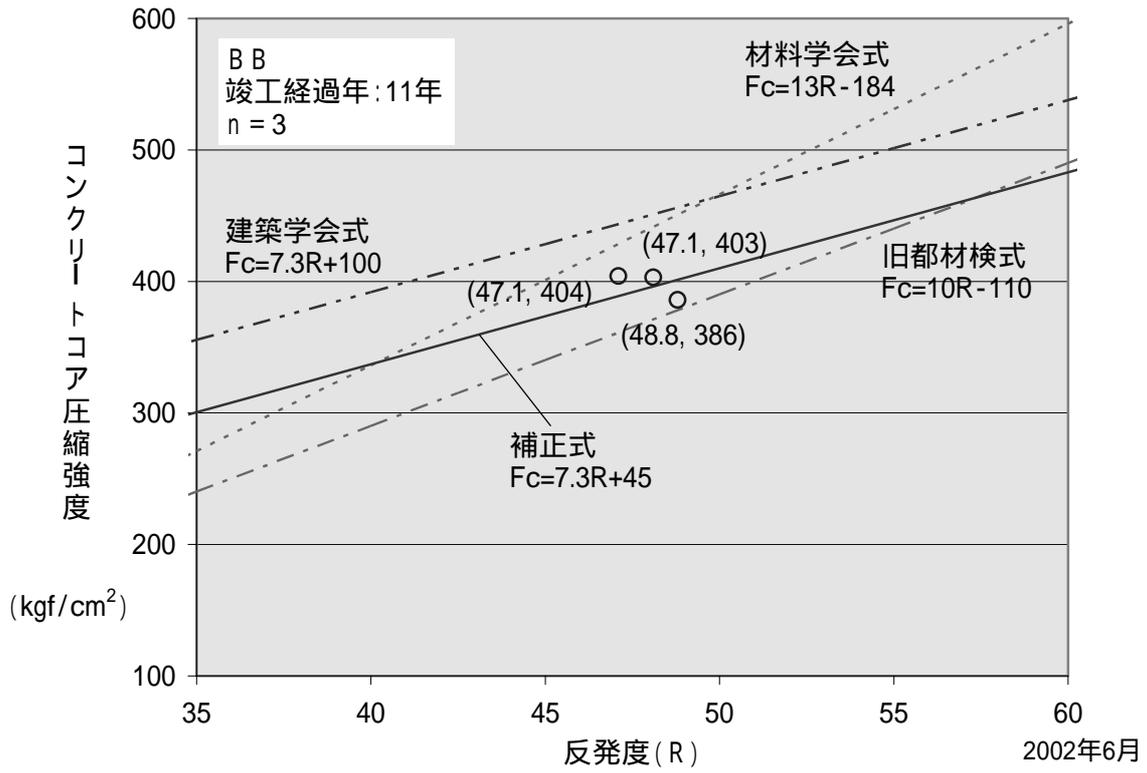
反発度とコア強度の関係 (浄水施設機械室)



反発度とコア強度の関係 (浄水施設地下水槽)



反発度とコア強度の関係 (工業用水高架タンク)



反発度とコア強度の関係 (非常用予備発電棟)

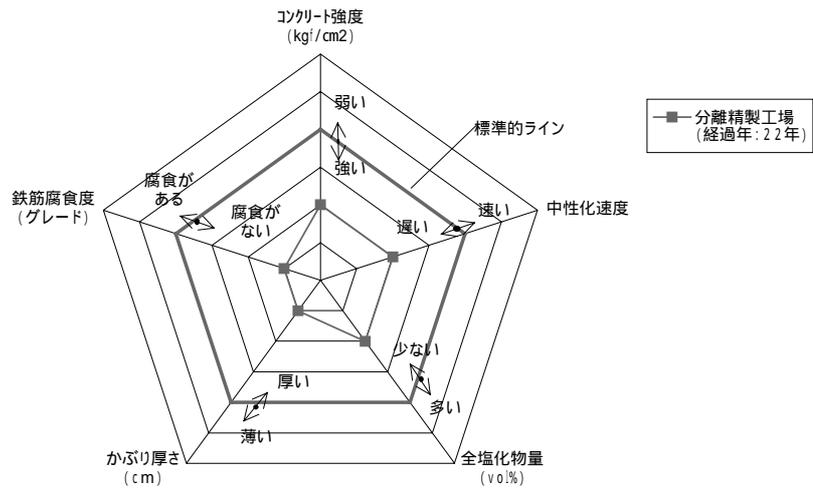
添付資料4 耐久性能レーダーチャート

資料4-1 再処理施設 耐久性能レーダーチャート

資料4-2 プルトニウム燃料施設 耐久性能レーダーチャート

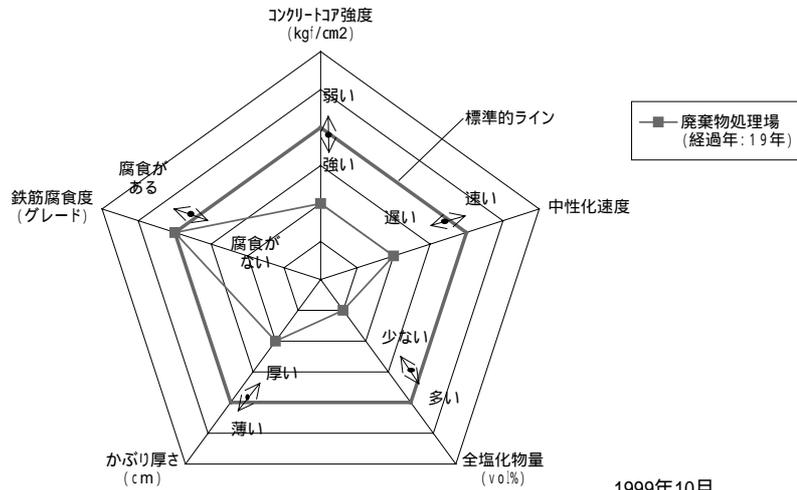
資料4-3 濃縮・ユーティリティ・その他の施設 耐久性能レーダーチャート

資料 4 - 1 再処理施設 耐久性能レーダーチャート



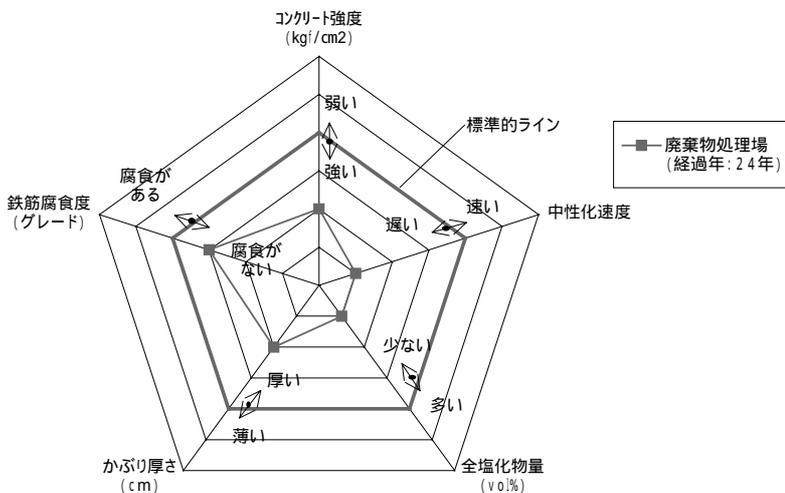
1999年10月

分離精製工場: 建物耐久性能評価レーダーチャート



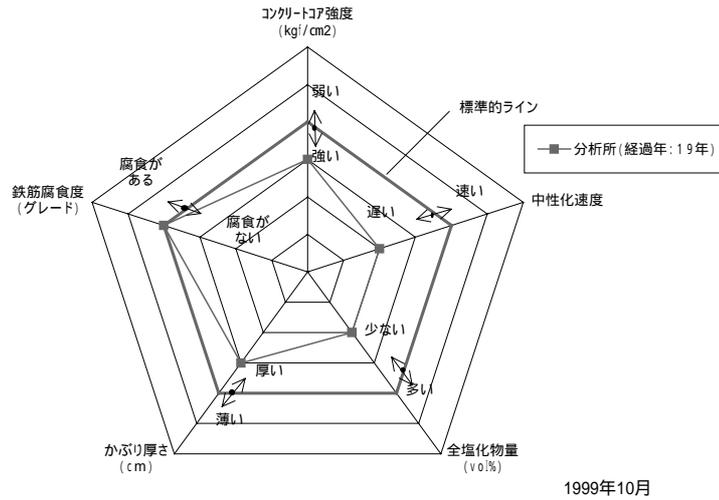
1999年10月

廃棄物処理場: 建物耐久性能評価レーダーチャート

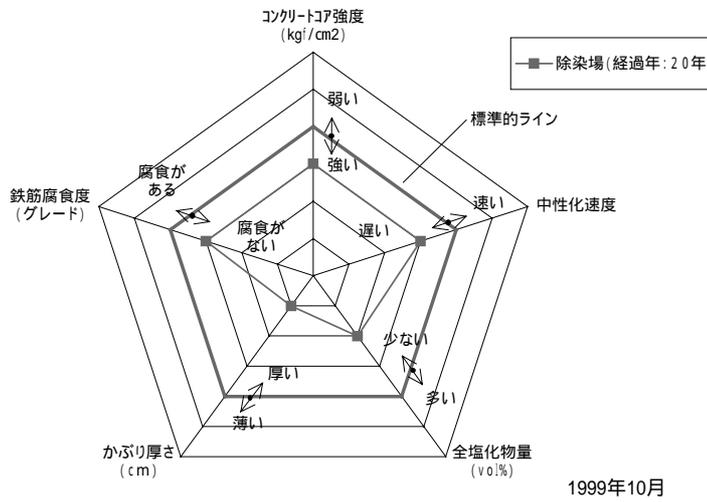


1999年10月

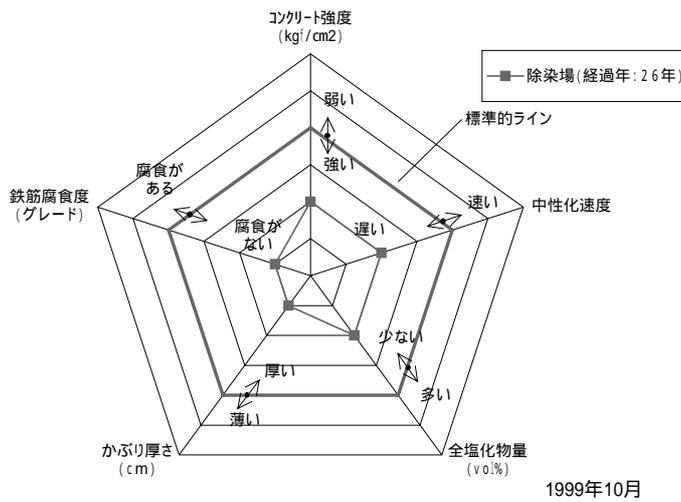
廃棄物処理場: 建物耐久性能評価レーダーチャート



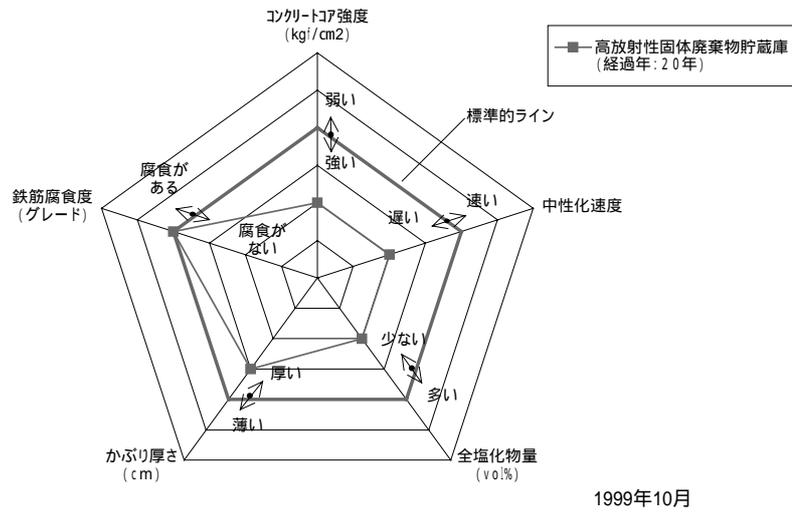
分析所: 建物耐久性性能評価レーダーチャート



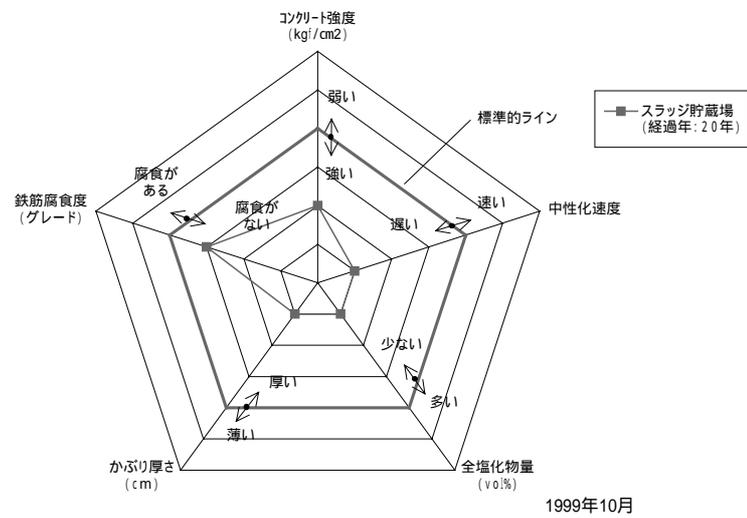
除染場: 建物耐久性性能評価レーダーチャート



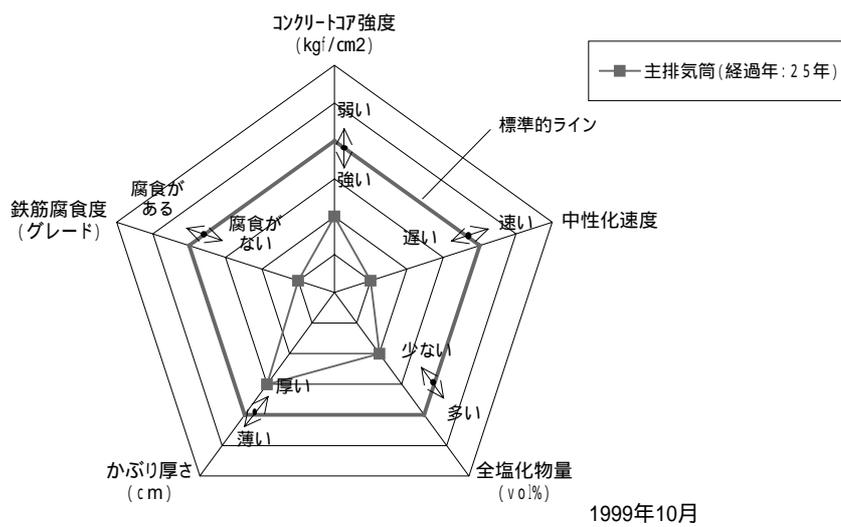
除染場: 建物耐久性性能評価レーダーチャート



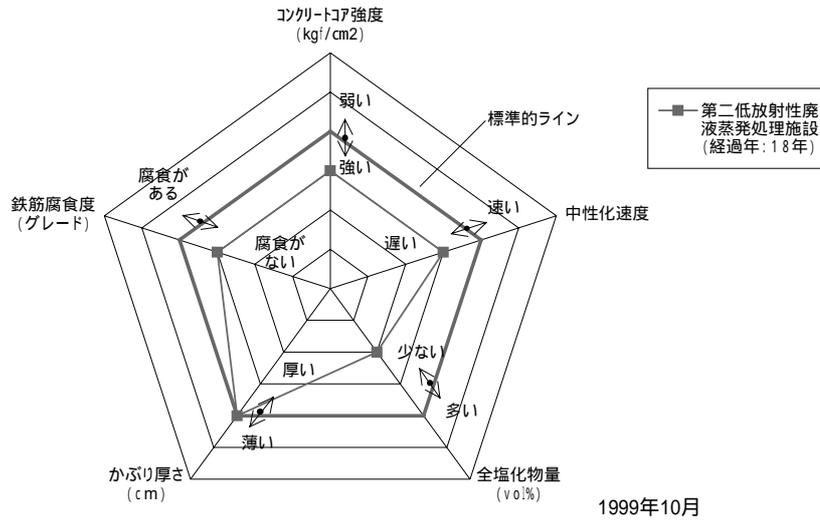
高放射性固体廃棄物貯蔵庫: 建物耐久性能評価レーダーチャート



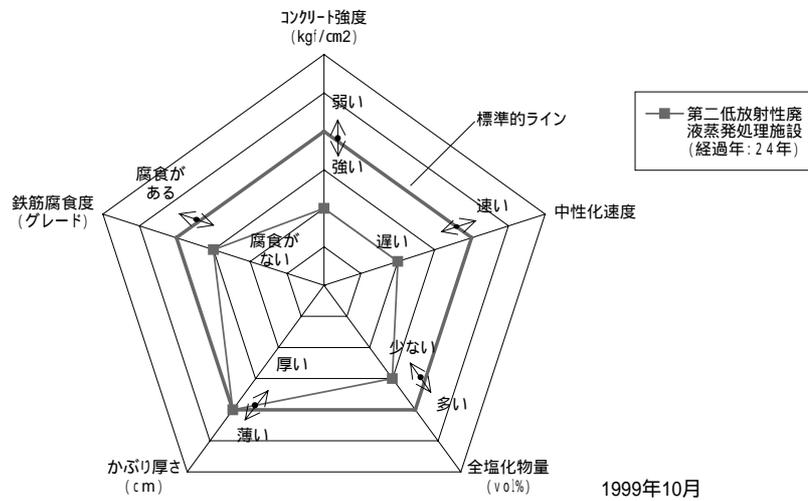
スラッジ貯蔵場: 建物耐久性能評価レーダーチャート



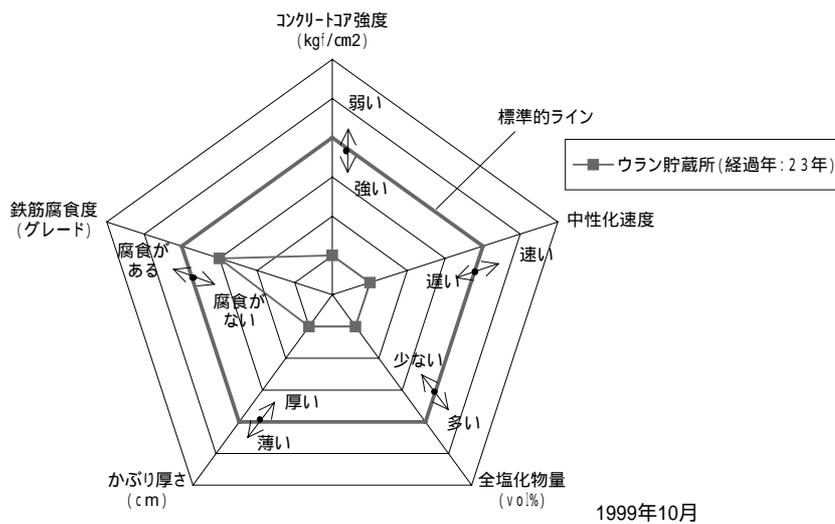
主排気筒: 施設耐久性能評価レーダーチャート



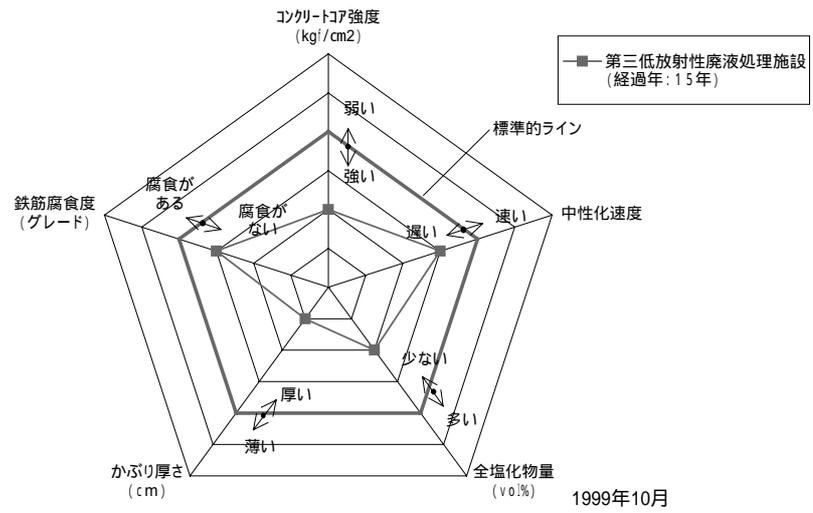
第二低放射性廃液蒸発処理施設: 建物耐久性能評価
レーダーチャート



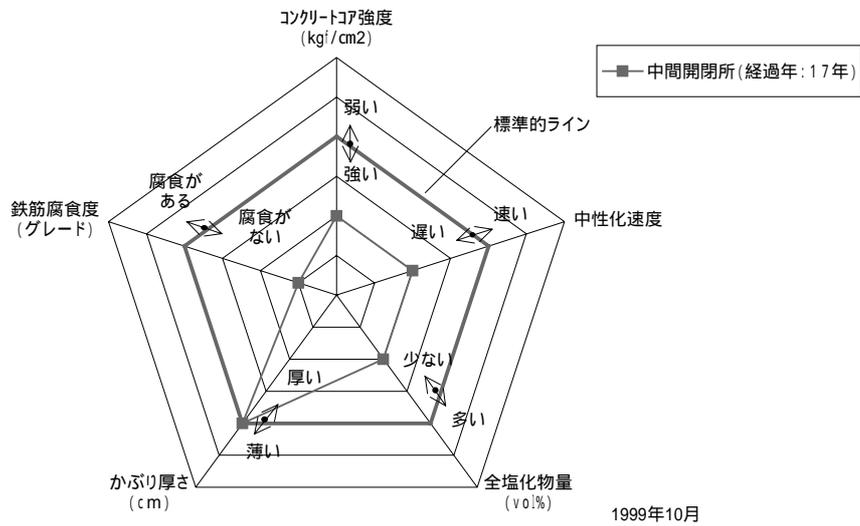
第二低放射性廃液蒸発処理施設: 建物耐久性能評価
レーダーチャート



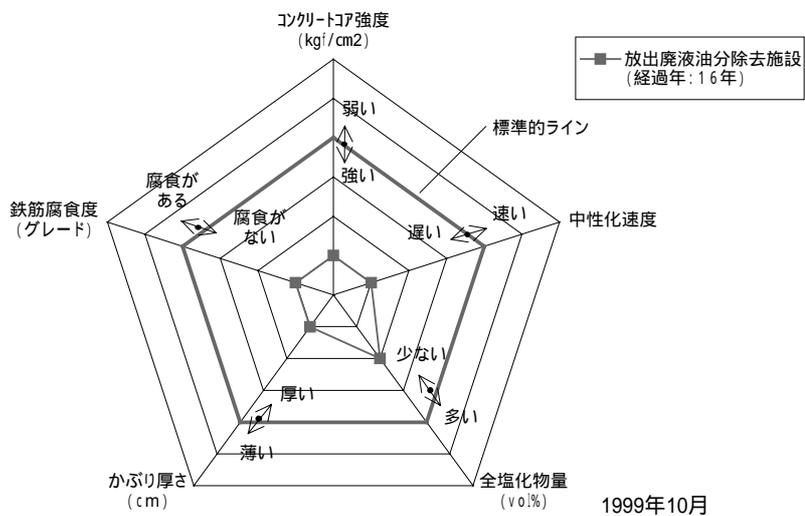
ウラン貯蔵所: 建物耐久性能評価レーダーチャート



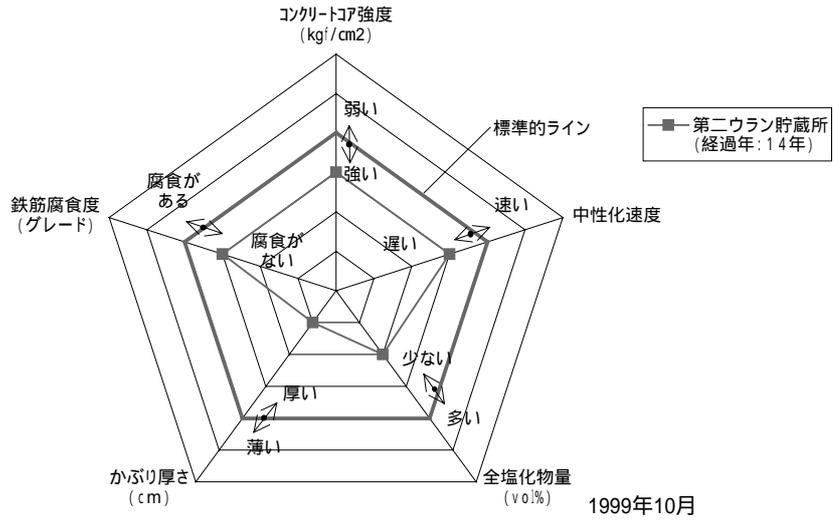
第三低放射性廃液処理施設: 建物耐久性能評価レーダーチャート



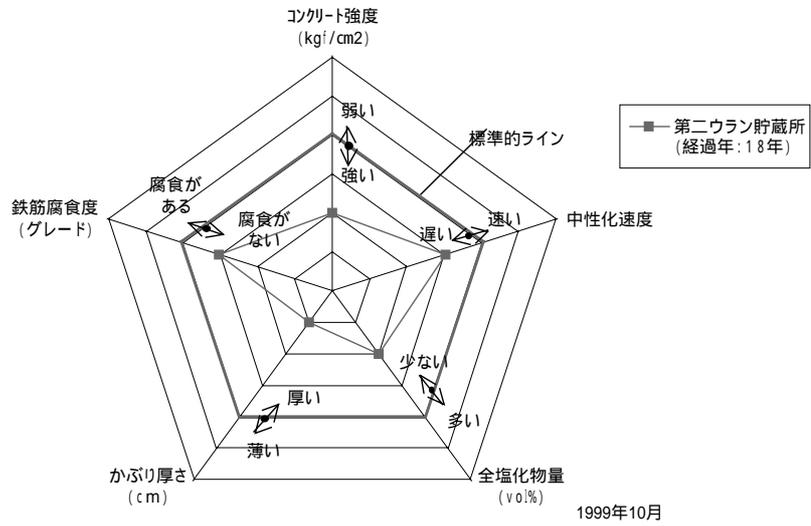
中間開閉所: 建物耐久性能評価レーダーチャート



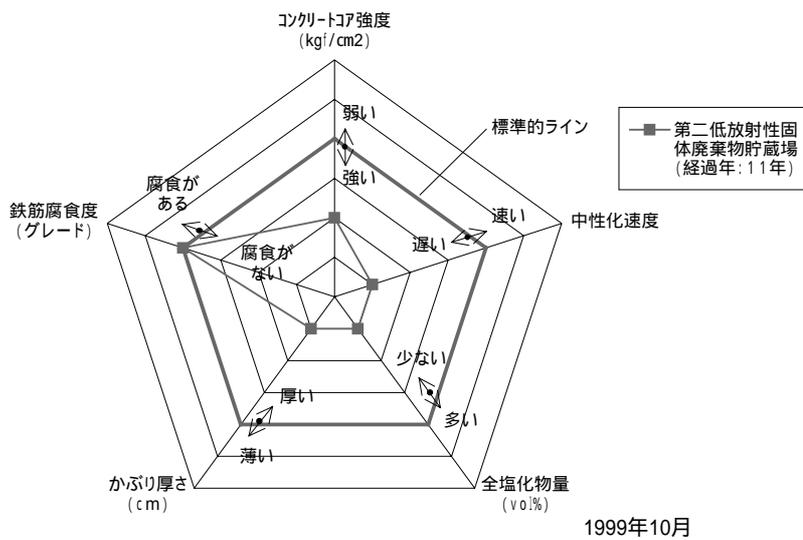
放出廃液油分除去施設: 建物耐久性能評価レーダーチャート



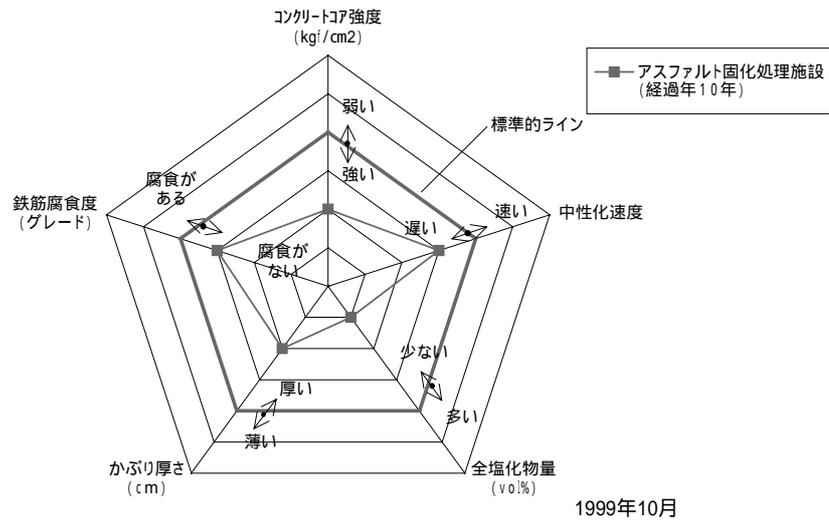
第二ウラン貯蔵所: 建物耐久性性能評価レーダーチャート



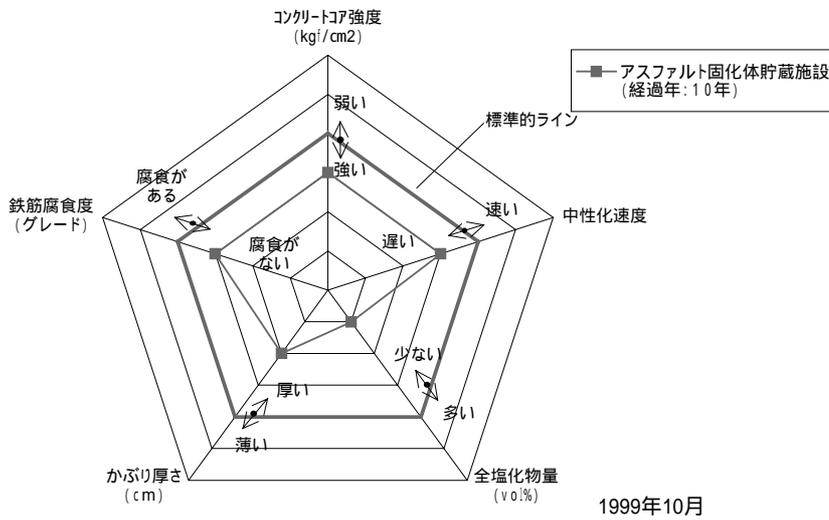
第二ウラン貯蔵所: 建物耐久性性能評価レーダーチャート



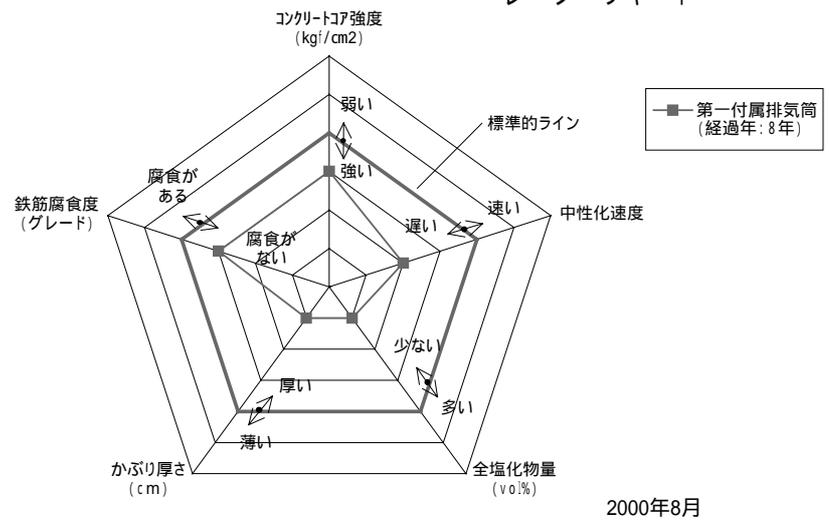
第二低放射性固体廃棄物貯蔵場: 建物耐久性性能評価レーダーチャート



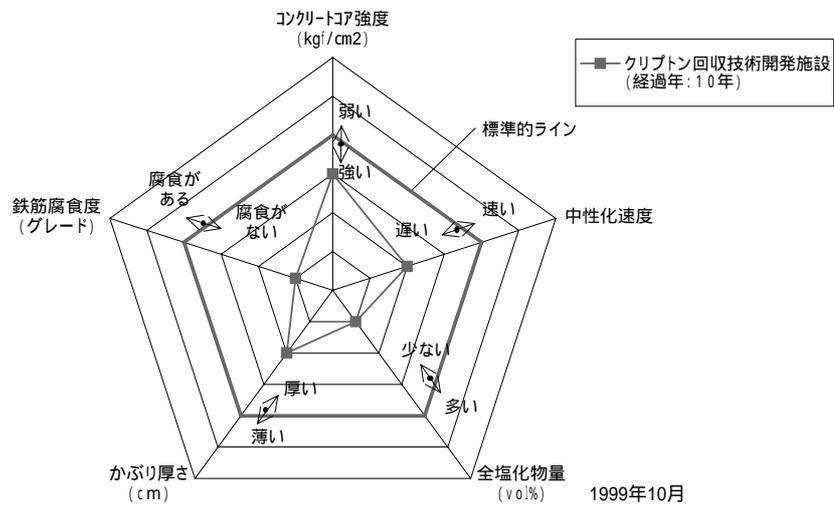
アスファルト固化処理施設: 建物耐久性能評価レーダーチャート



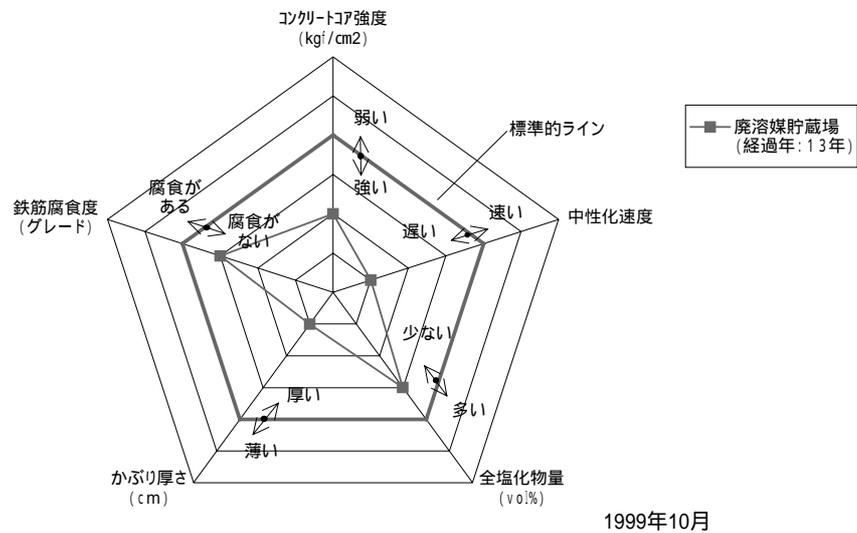
アスファルト固化体貯蔵施設: 建物耐久性能評価
レーダーチャート



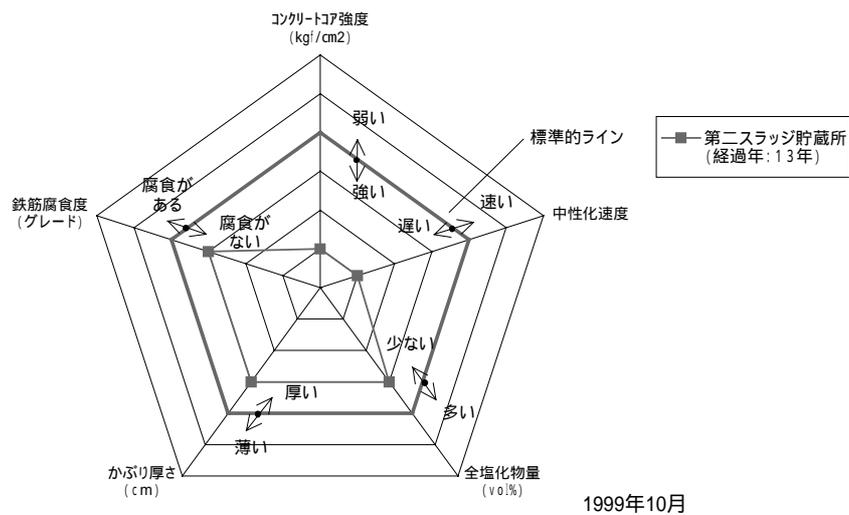
第一付属排気筒: 施設耐久性能評価レーダーチャート



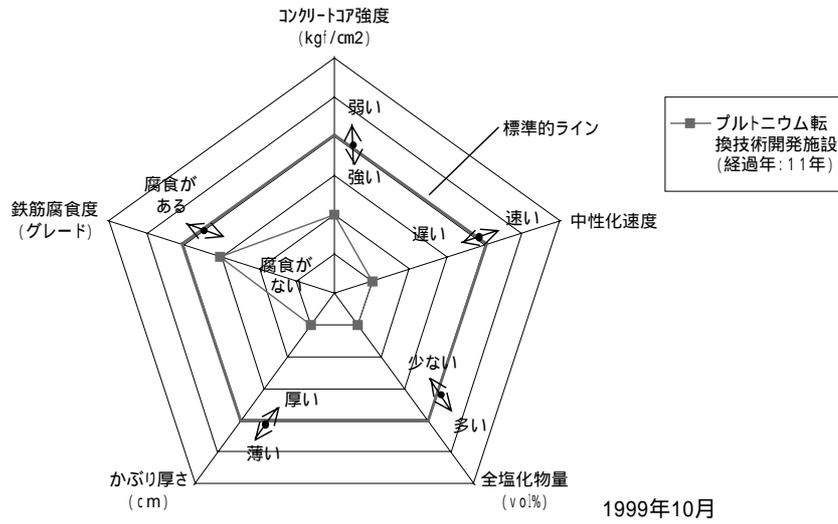
クリプトン回収技術開発施設: 建物耐久性能評価レーダーチャート



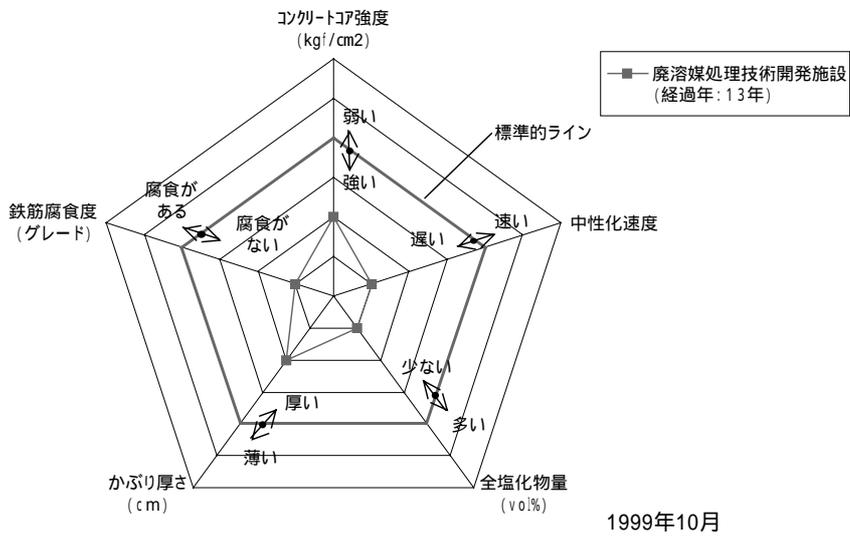
廃溶媒貯蔵場: 建物耐久性能評価レーダーチャート



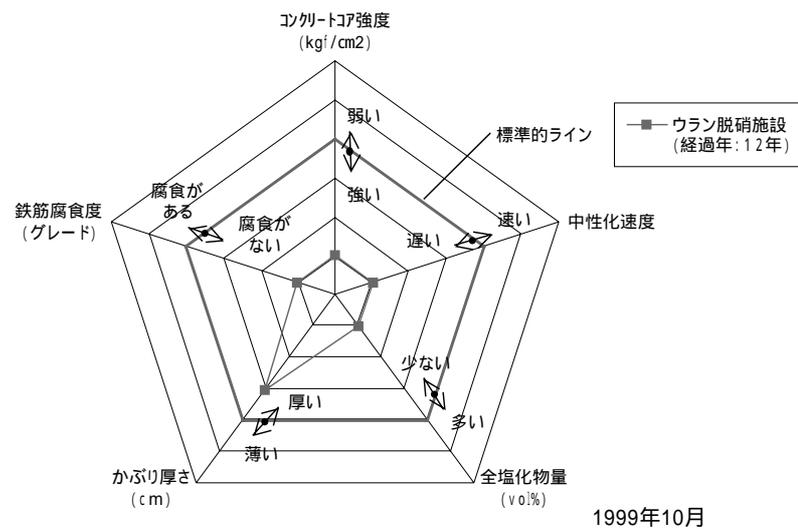
第二スラッジ貯蔵所: 建物耐久性能評価レーダーチャート



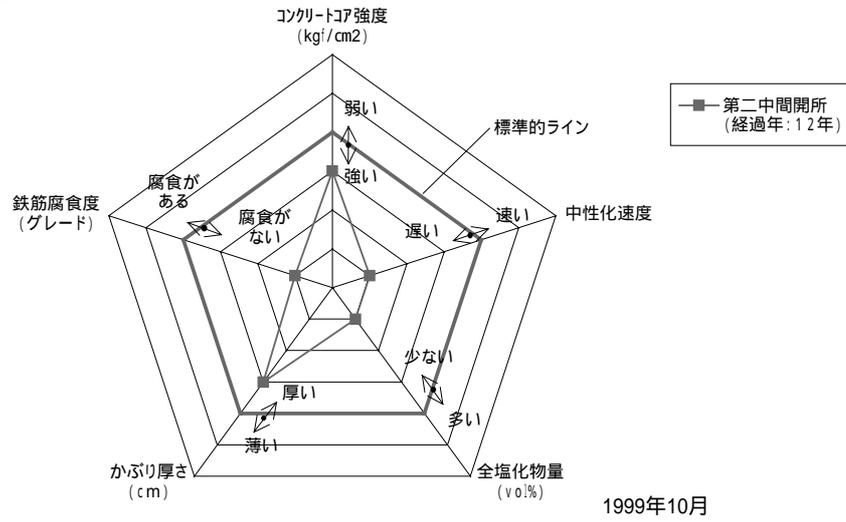
プルトニウム転換技術開発施設: 建物耐久性能評価
レーダーチャート



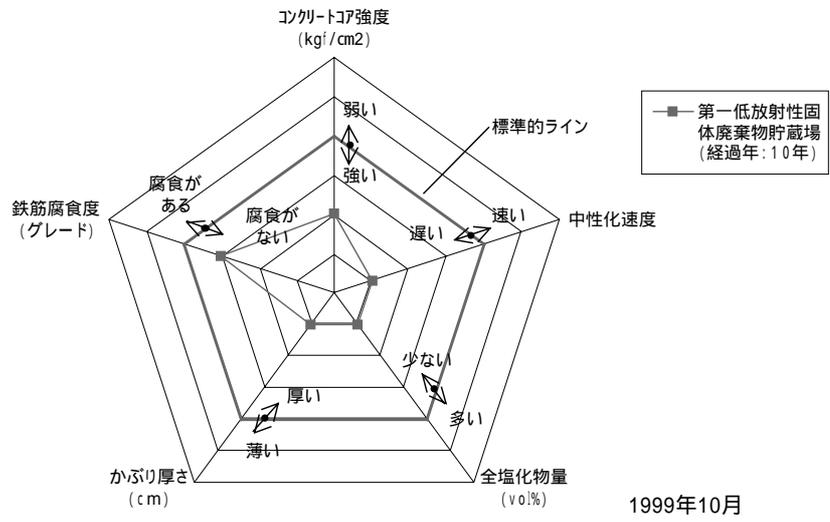
廃溶媒処理技術開発施設: 建物耐久性能評価レーダーチャート



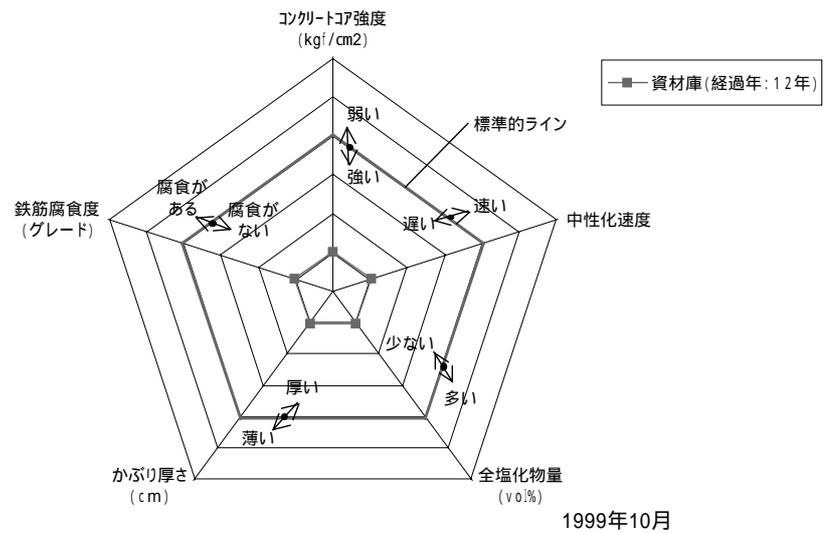
ウラン脱硝施設: 建物耐久性能評価レーダーチャート



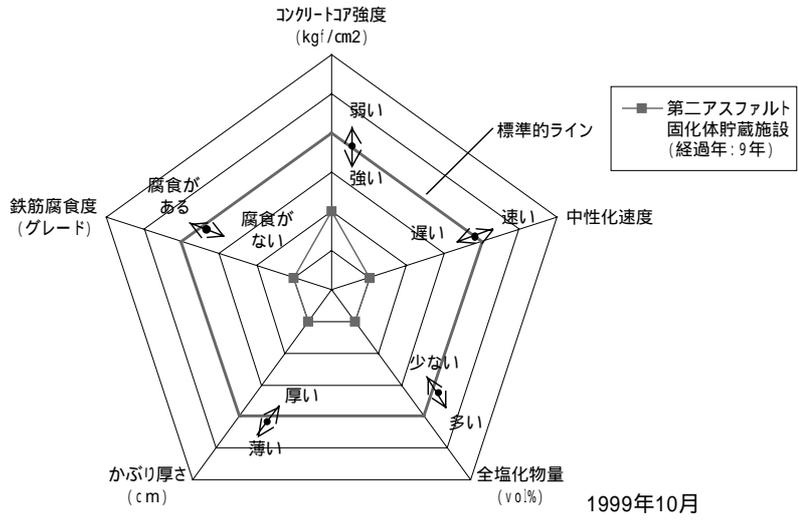
第二中間閉所: 建物耐久性能評価レーダーチャート



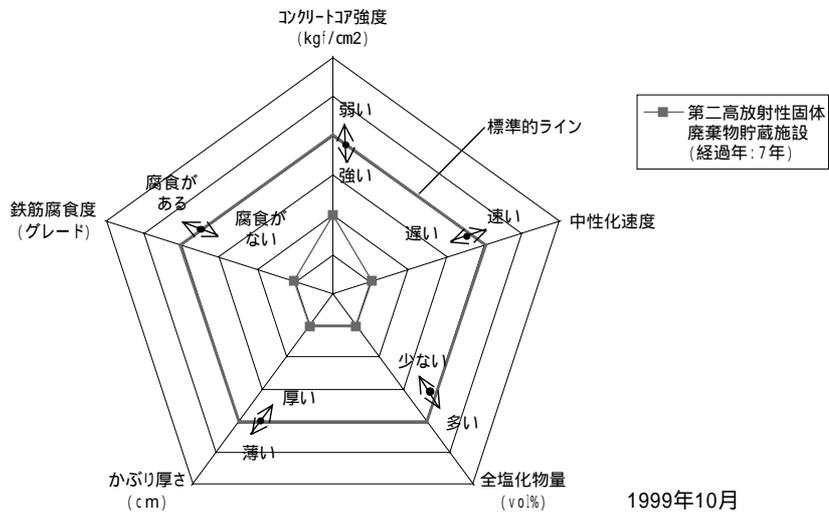
第一低放射性固体廃棄物貯蔵場: 建物耐久性能評価レーダーチャート



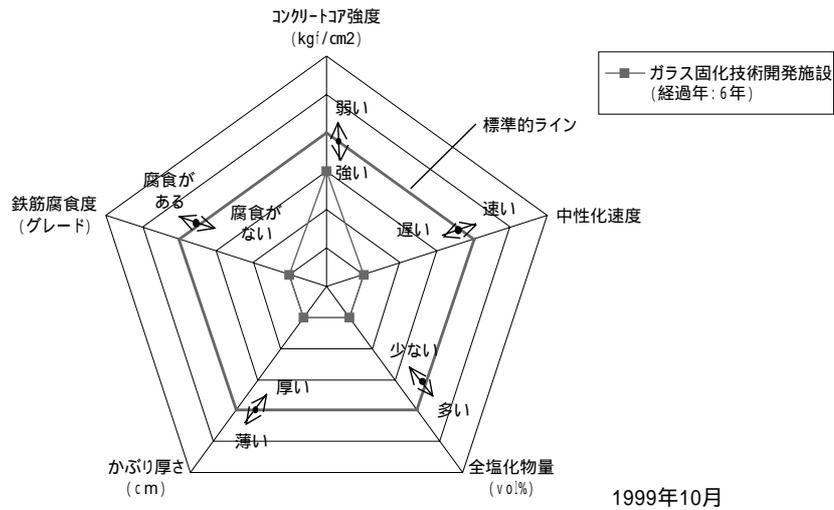
資材庫: 建物耐久性能評価レーダーチャート



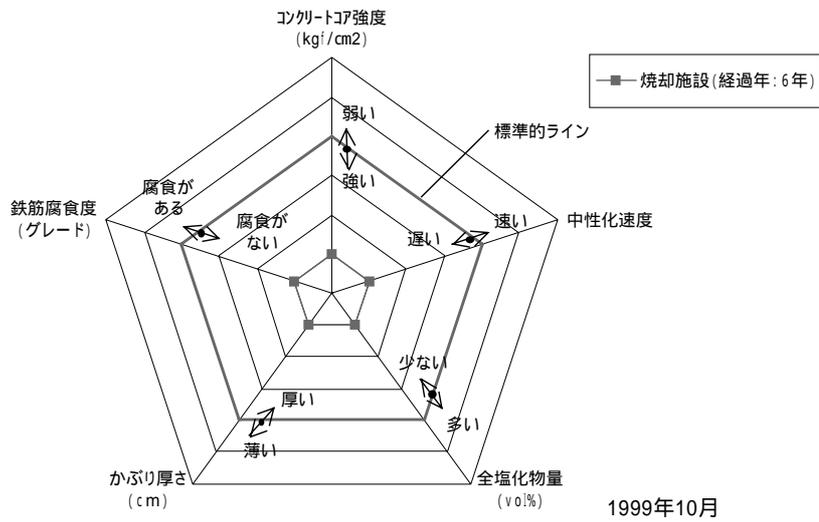
第二アスファルト固化体貯蔵施設: 建物耐久性能評価
レーダーチャート



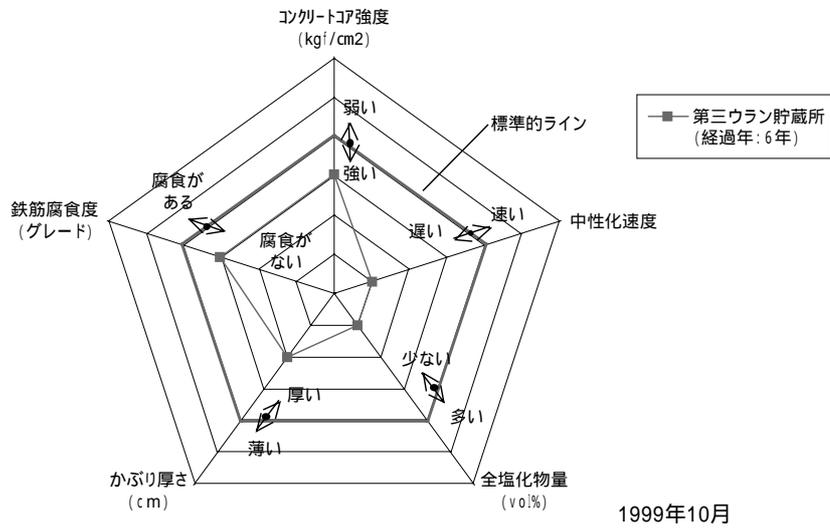
第二高放射性固体廃棄物貯蔵施設: 建物耐久性能評価
レーダーチャート



ガラス固化技術開発施設: 建物耐久性能評価レーダーチャート

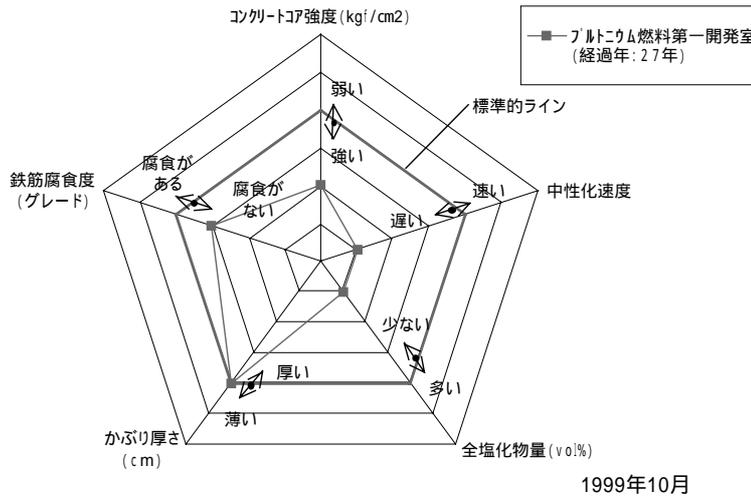


焼却施設: 建物耐久性能評価レーダーチャート

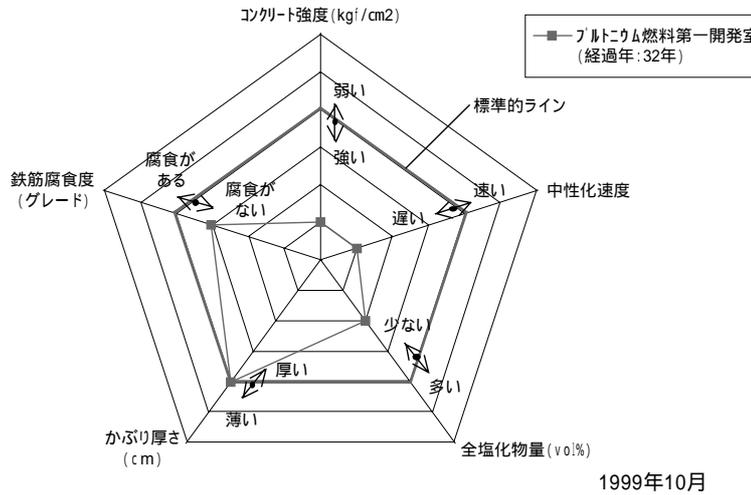


第三ウラン貯蔵所: 建物耐久性能評価レーダーチャート

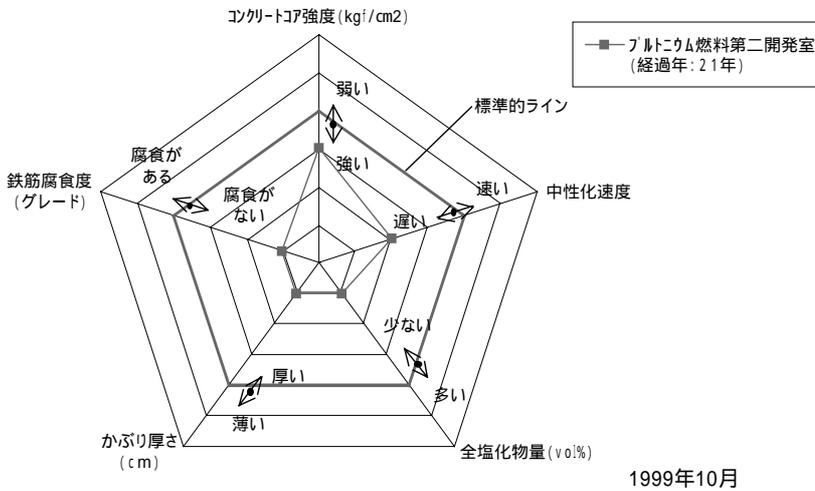
資料 4 - 2 プルトニウム燃料施設 耐久性能レーダーチャート



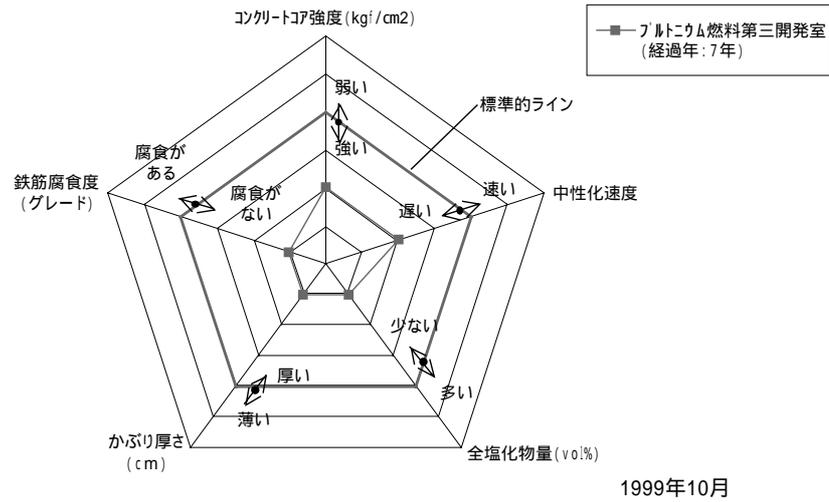
プルトニウム燃料第一開発室: 建物耐久性能評価
レーダーチャート



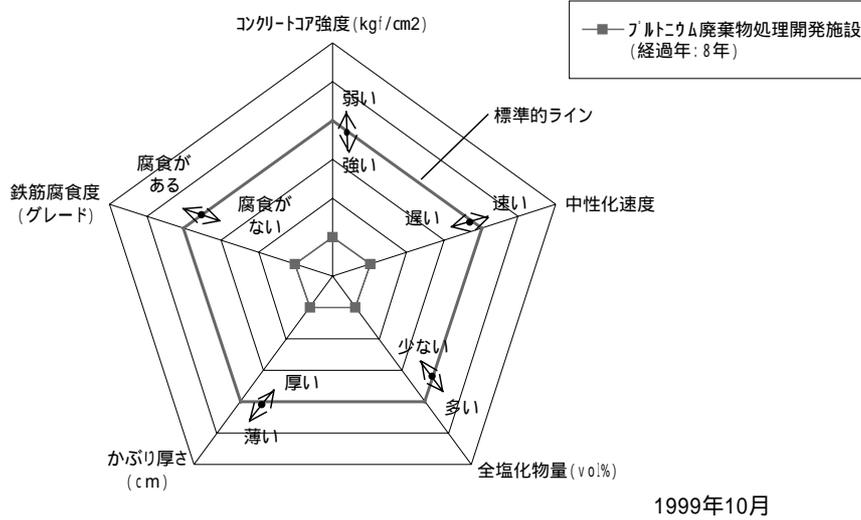
プルトニウム燃料第一開発室: 建物耐久性能評価
レーダーチャート



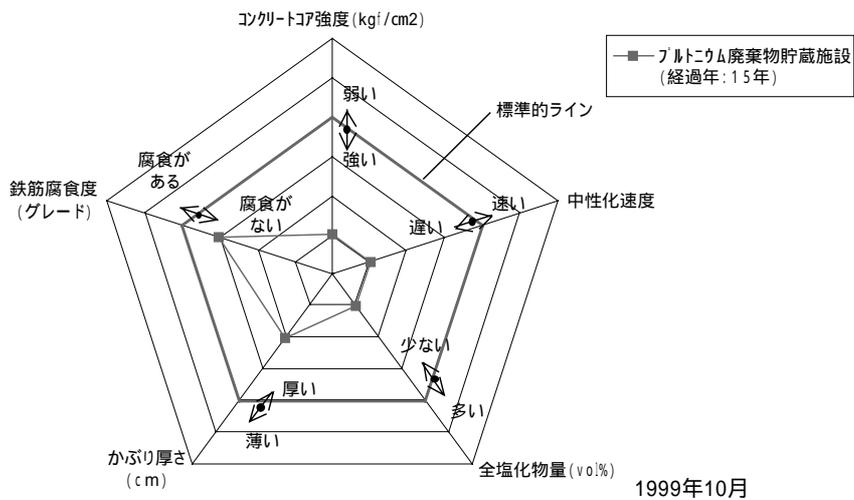
プルトニウム燃料第二開発室: 建物耐久性能評価
レーダーチャート



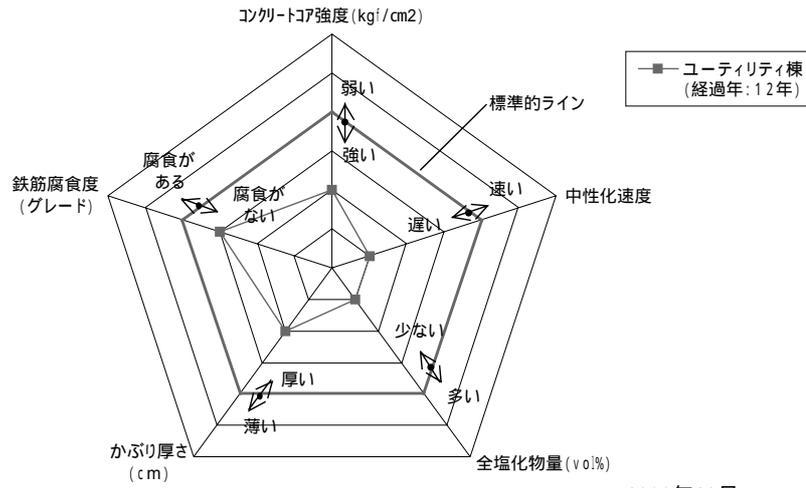
プルトニウム燃料第三開発室：建物耐久性能評価
レーダーチャート



プルトニウム廃棄物処理開発施設：建物耐久性能評価
レーダーチャート

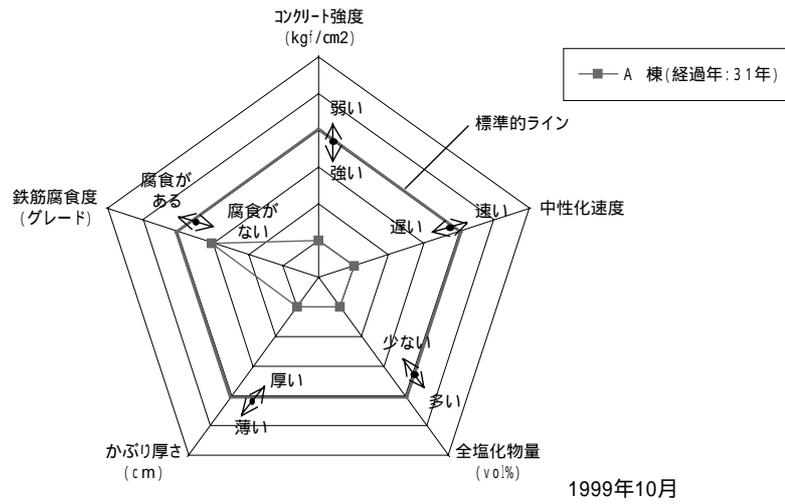


プルトニウム廃棄物貯蔵施設：施設耐久性能評価
レーダーチャート

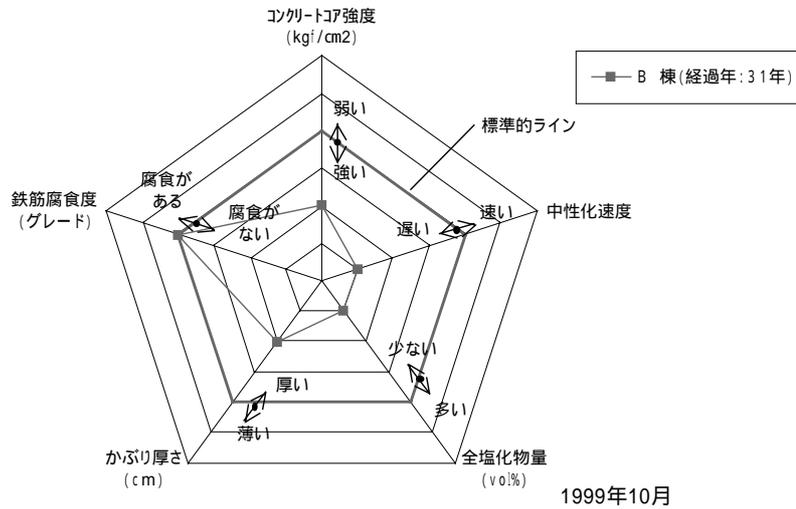


ユーティリティ棟: 建物耐久性能評価レーダーチャート

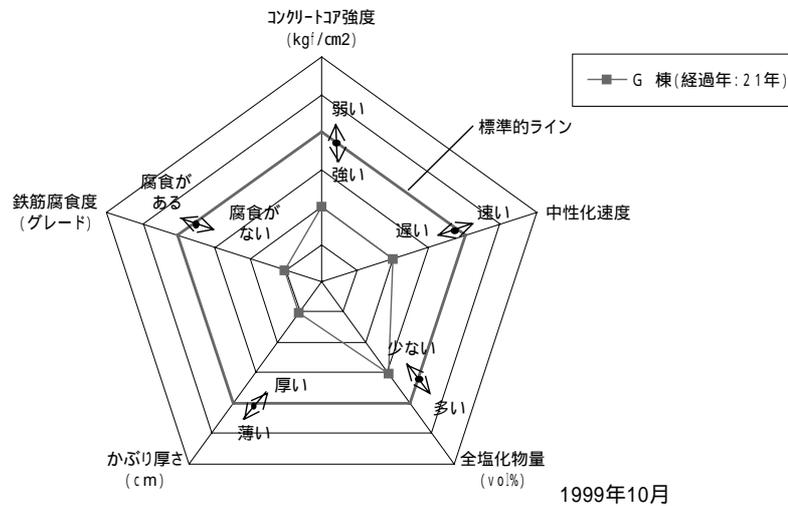
資料 4 - 3 濃縮・ユーティリティ・その他の施設 耐久性能レーダーチャート



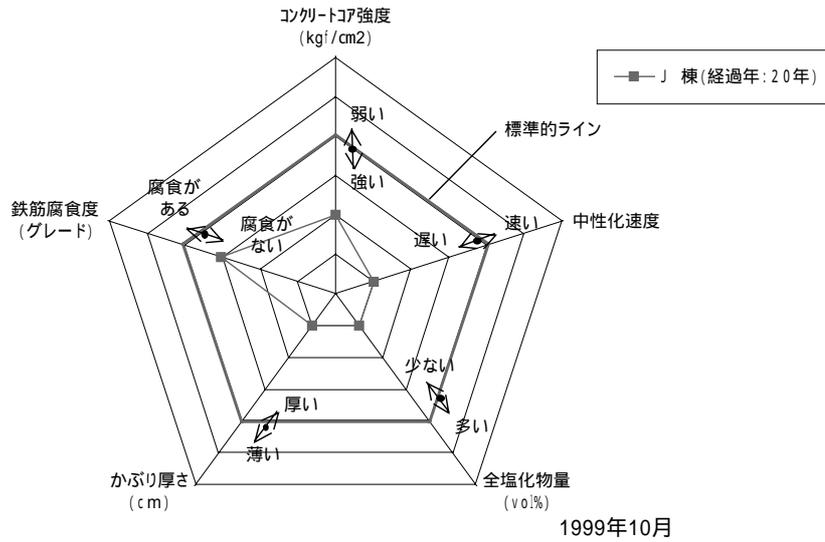
A 棟: 建物耐久性能評価レーダーチャート



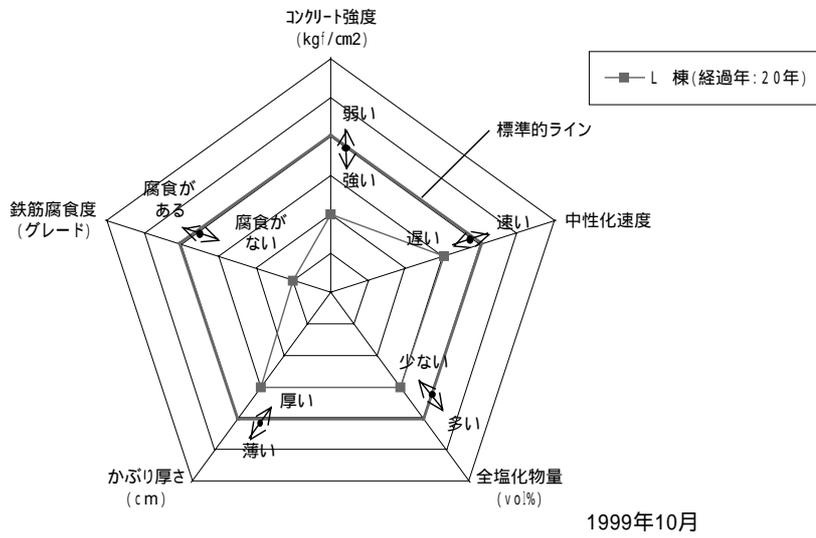
B 棟: 建物耐久性能評価レーダーチャート



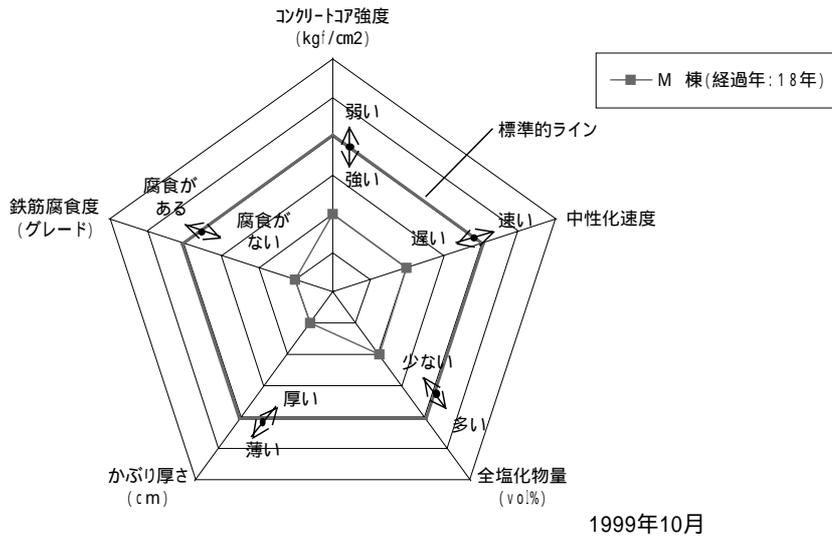
G 棟: 建物耐久性能評価レーダーチャート



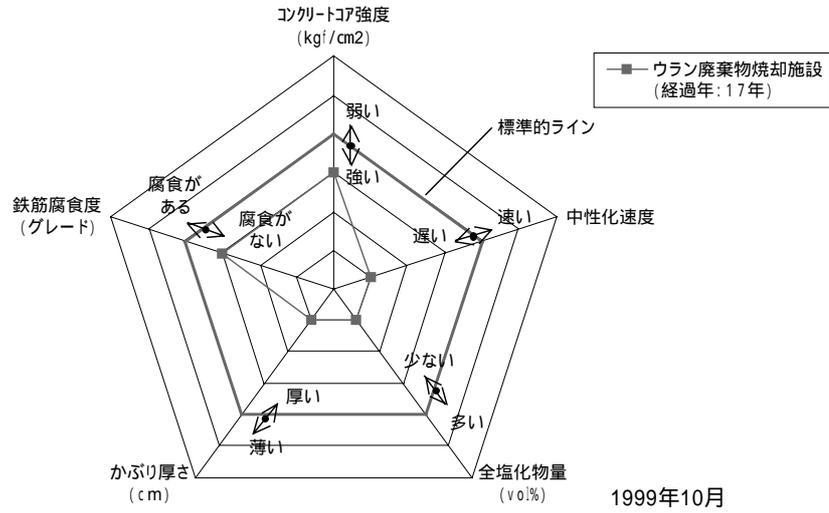
J 棟: 建物耐久性能評価レーダーチャート



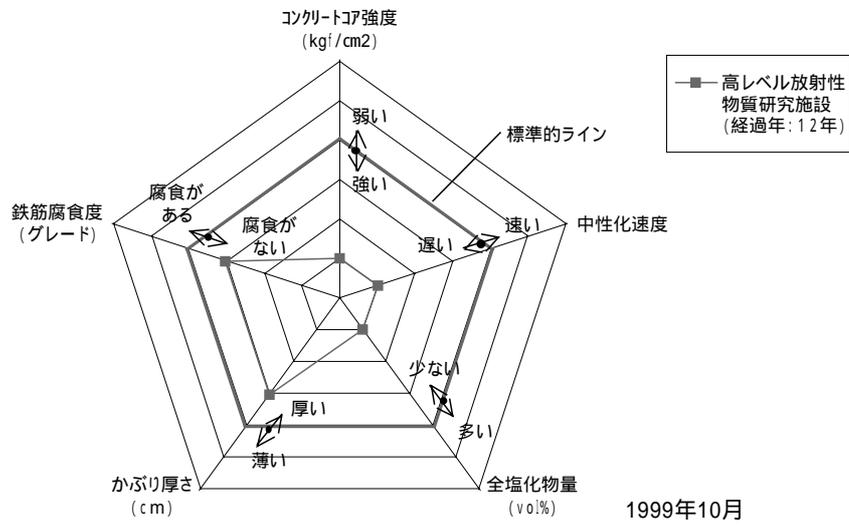
L 棟: 建物耐久性能評価レーダーチャート



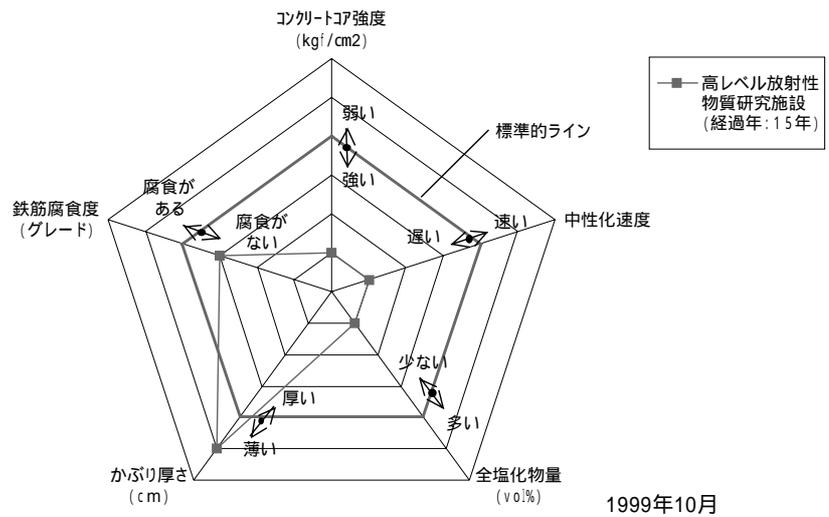
M 棟: 建物耐久性能評価レーダーチャート



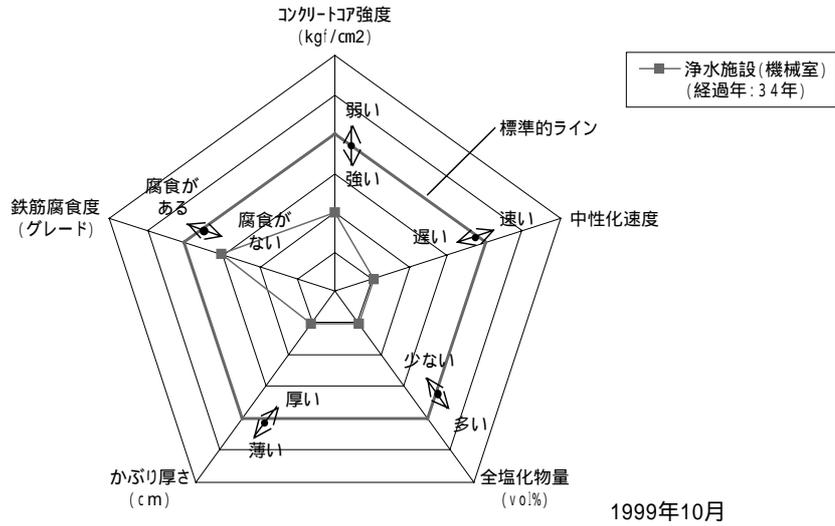
ウラン廃棄物焼却施設: 建物耐久性能評価レーダーチャート



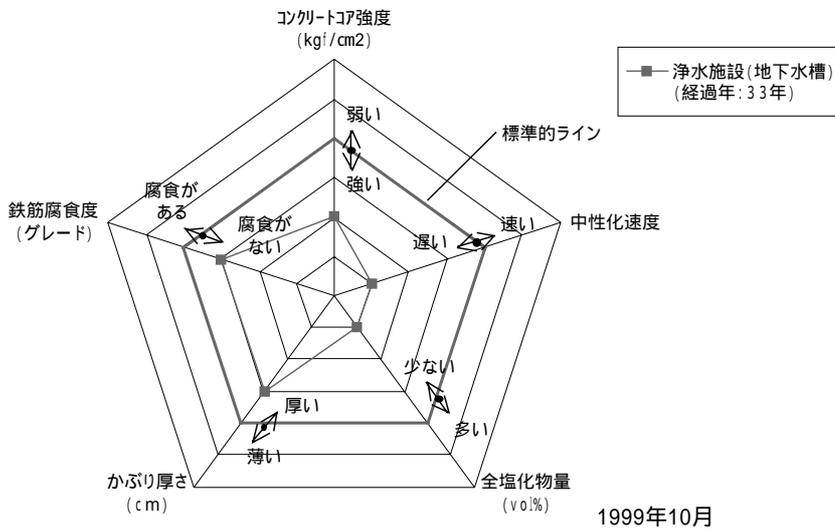
高レベル放射性物質研究施設: 建物耐久性能評価
レーダーチャート



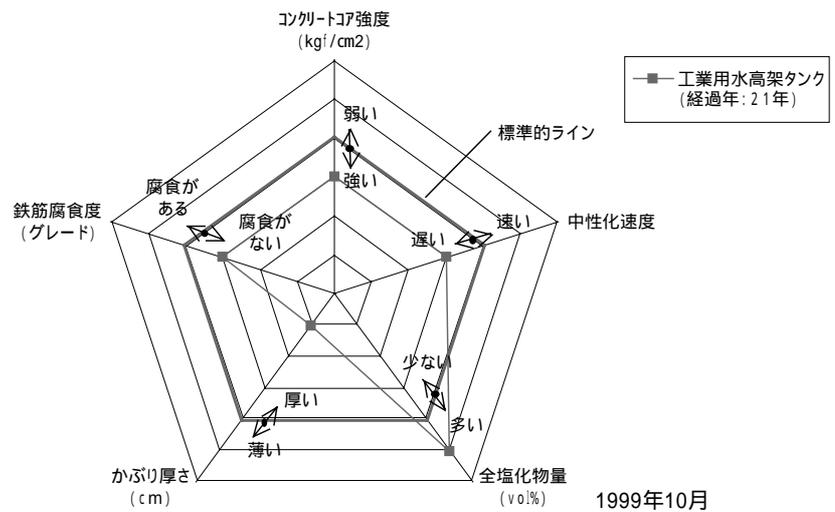
高レベル放射性物質研究施設: 建物耐久性能評価
レーダーチャート



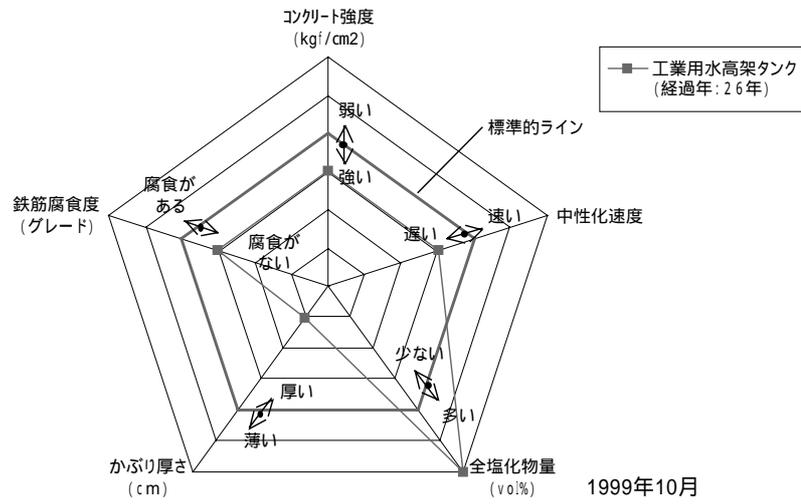
浄水施設(機械室): 建物耐久性能評価レーダーチャート



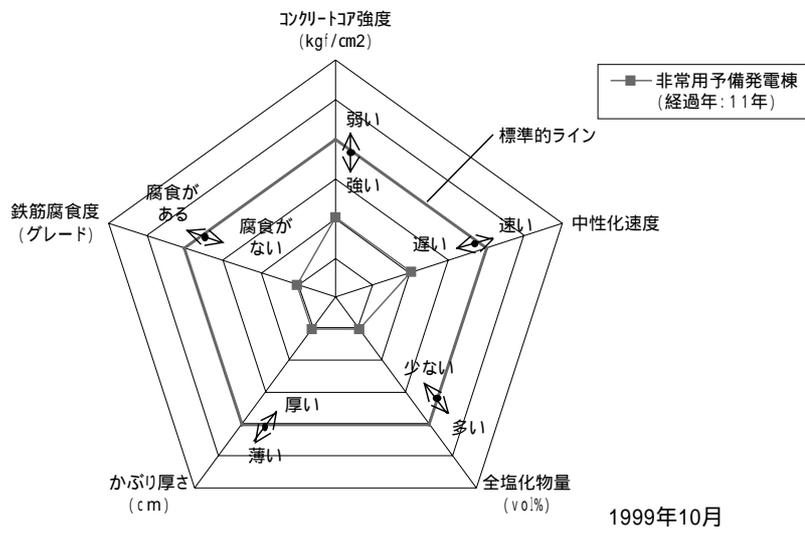
浄水施設(地下水槽): 施設耐久性能評価レーダーチャート



工業用水高架タンク: 施設耐久性能評価レーダーチャート

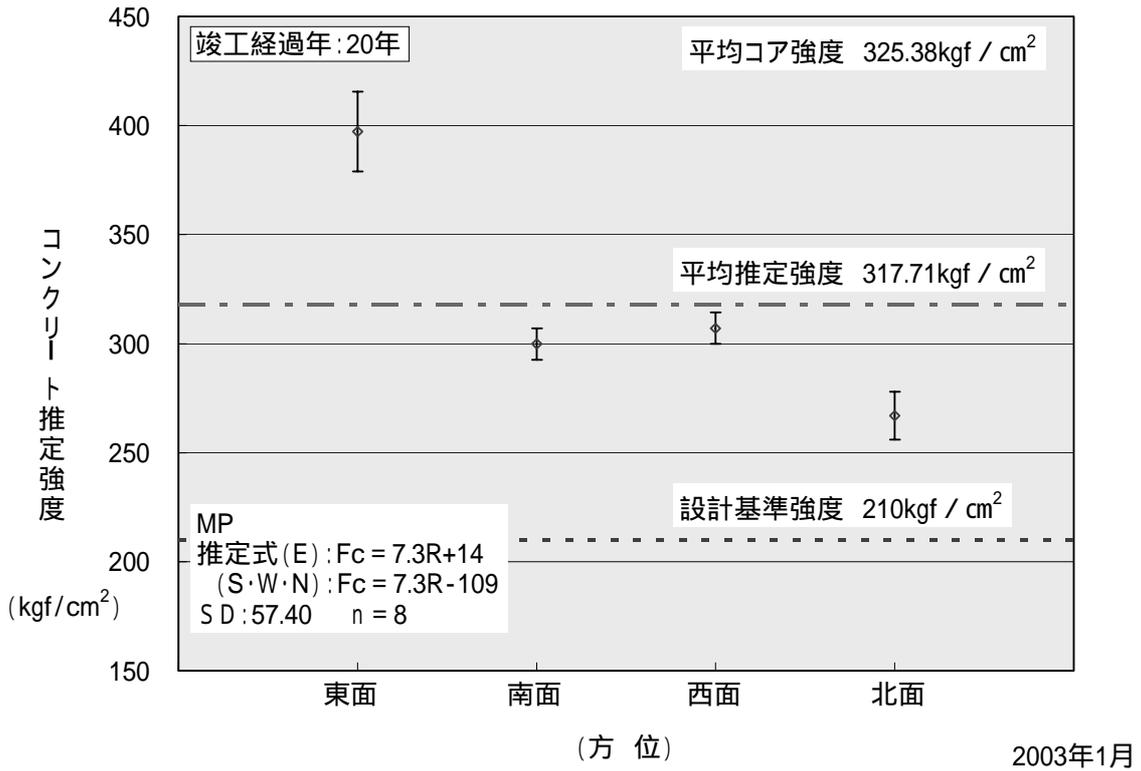


工業用水高架タンク: 施設耐久性能評価レーダーチャート

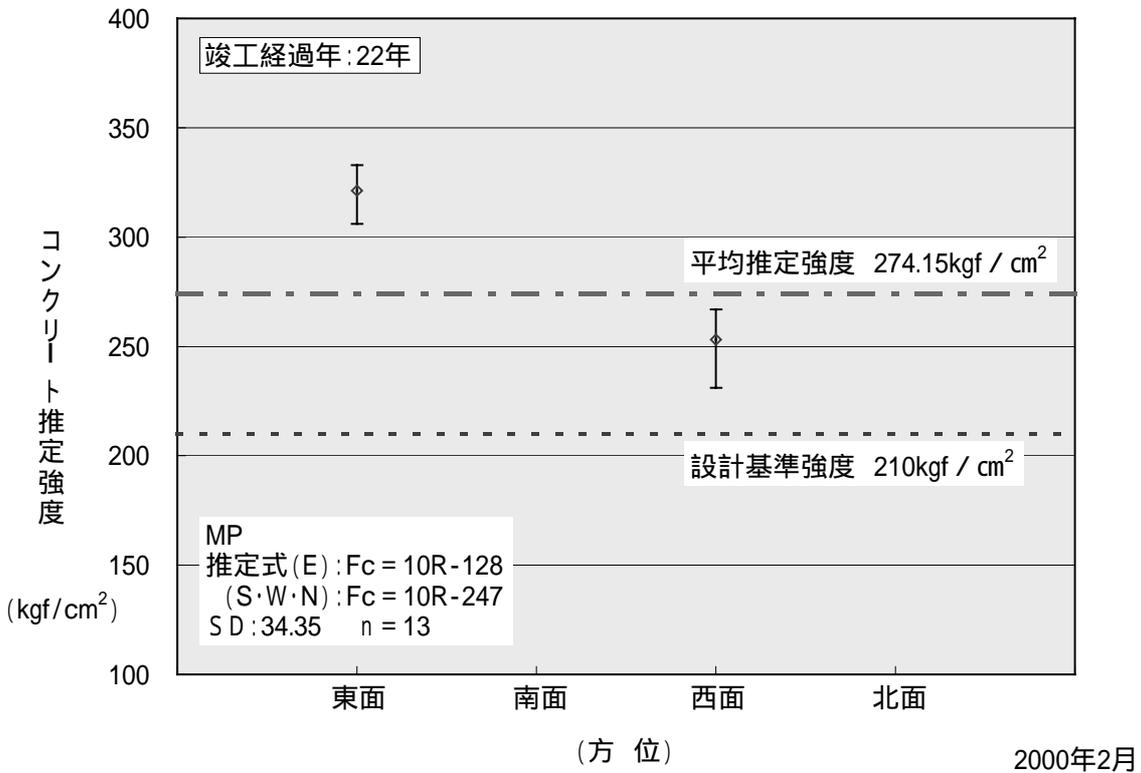


非常用予備発電棟: 建物耐久性能評価レーダーチャート

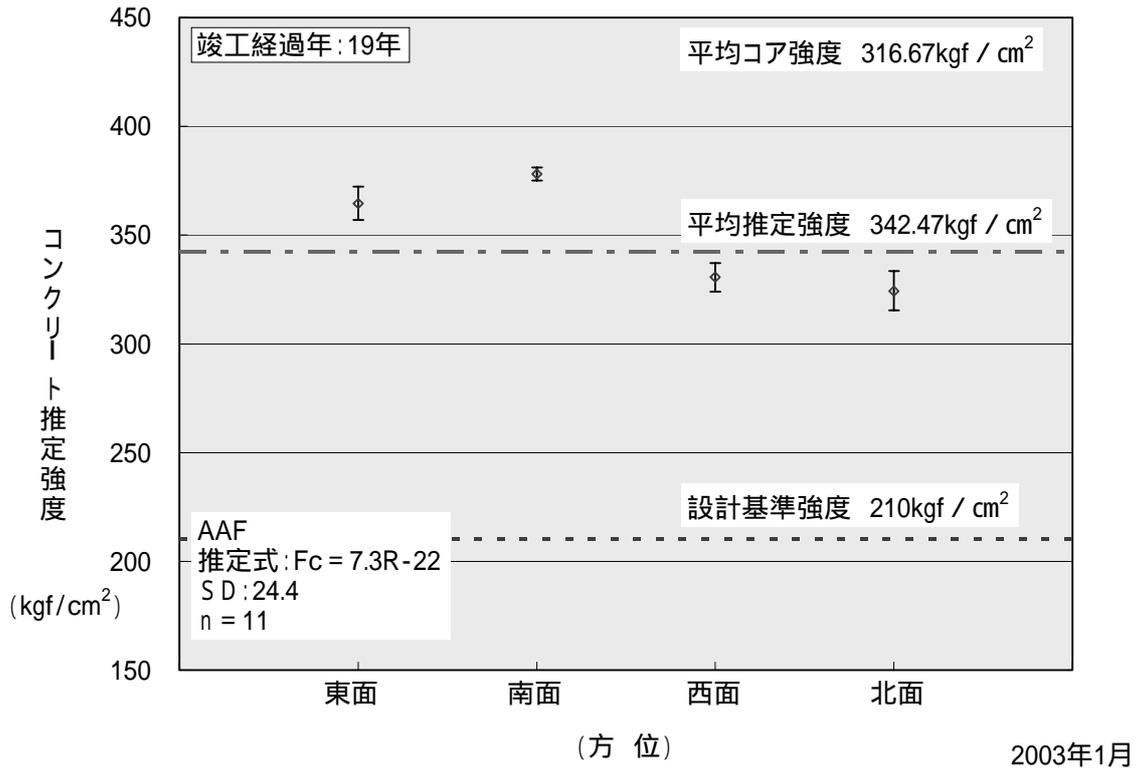
添付資料5 東海事業所施設トレンド調査対象施設の
推定強度分布図



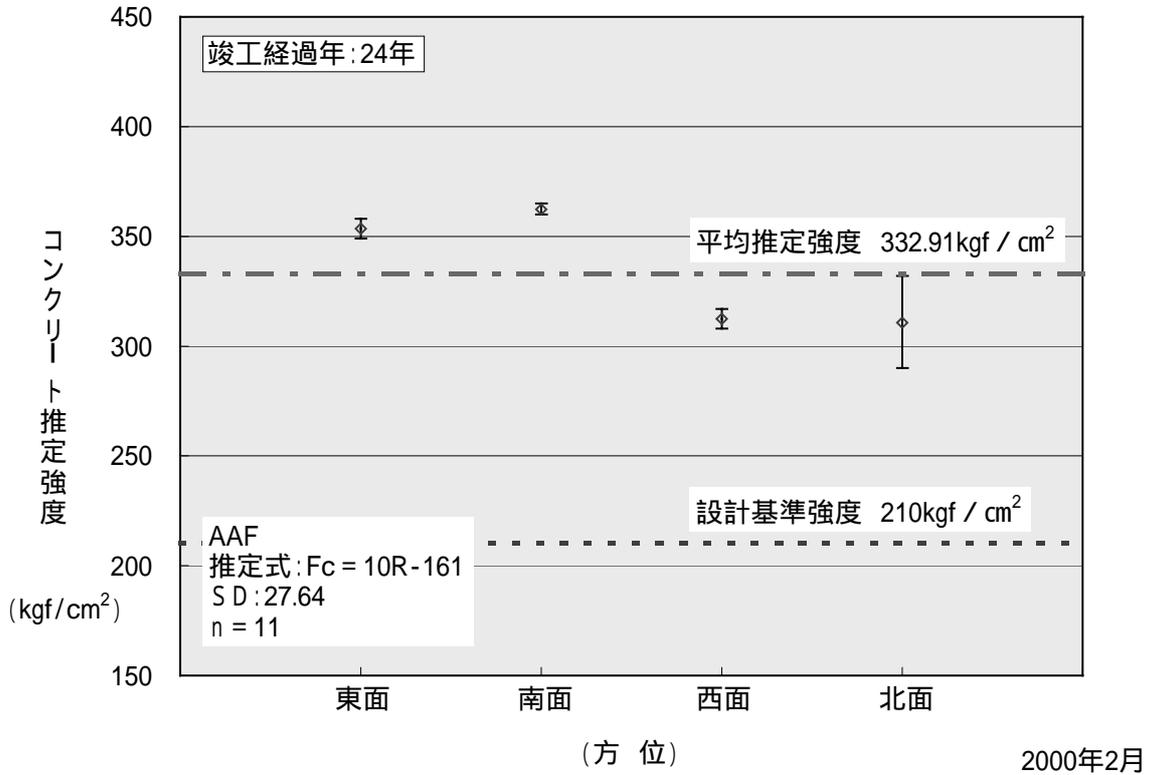
分離精製工場のコンクリート推定強度分布図 (方位別)



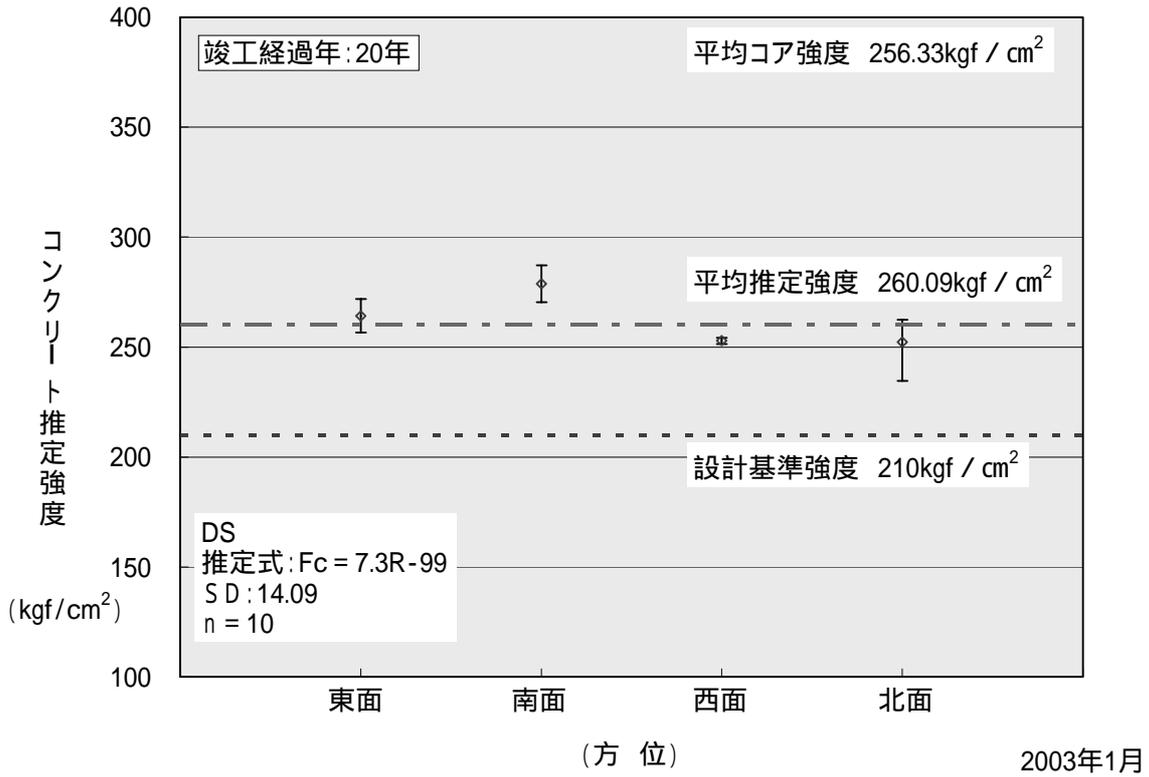
分離精製工場のコンクリート推定強度分布図 (方位別)



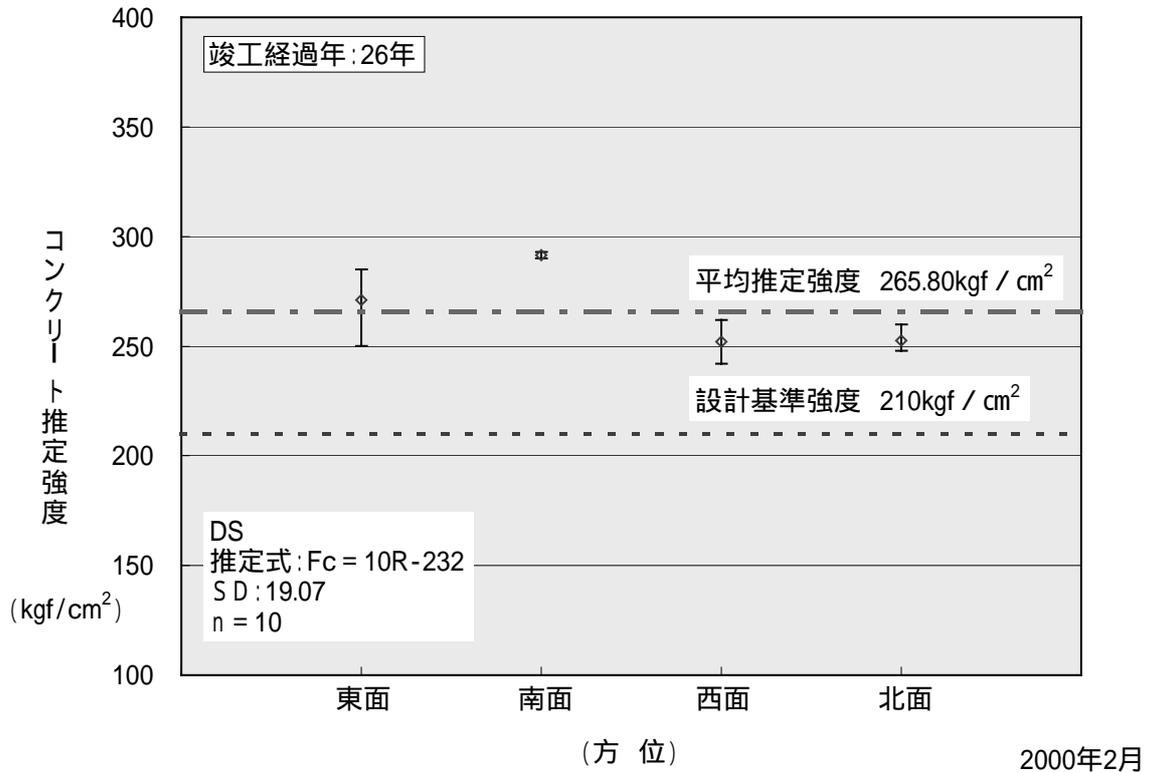
廃棄物処理場のコンクリート推定強度分布図 (方位別)



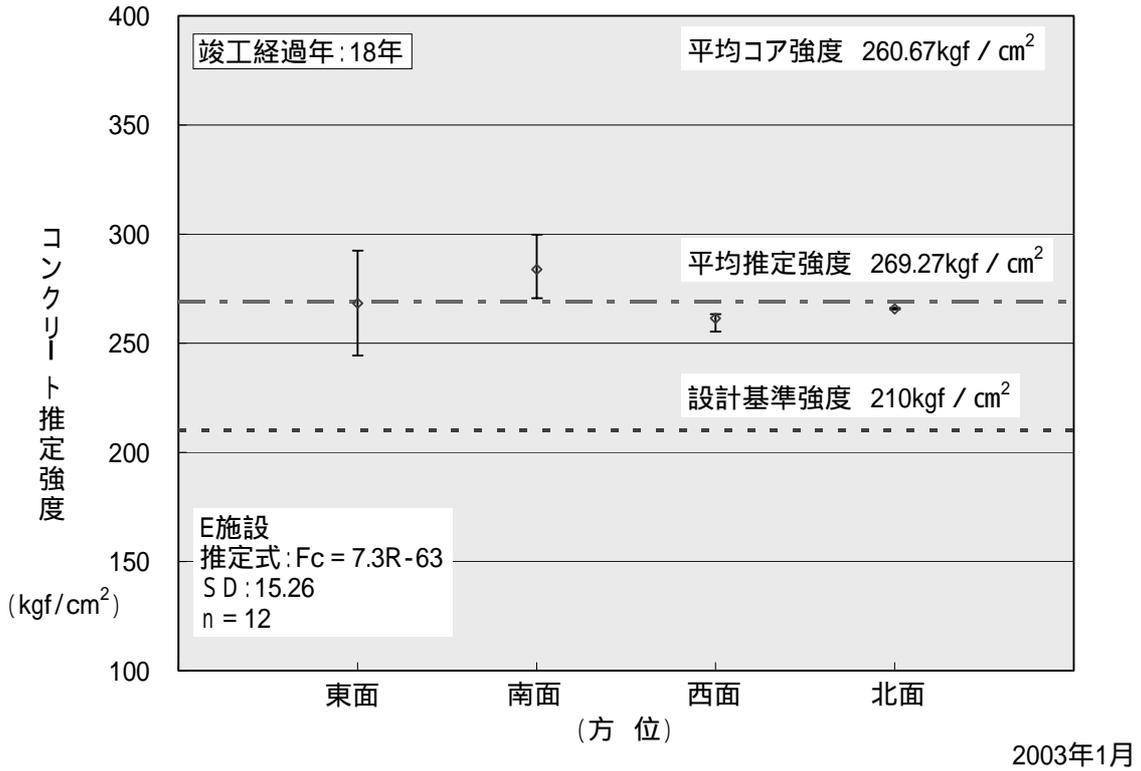
廃棄物処理場のコンクリート推定強度分布図 (方位別)



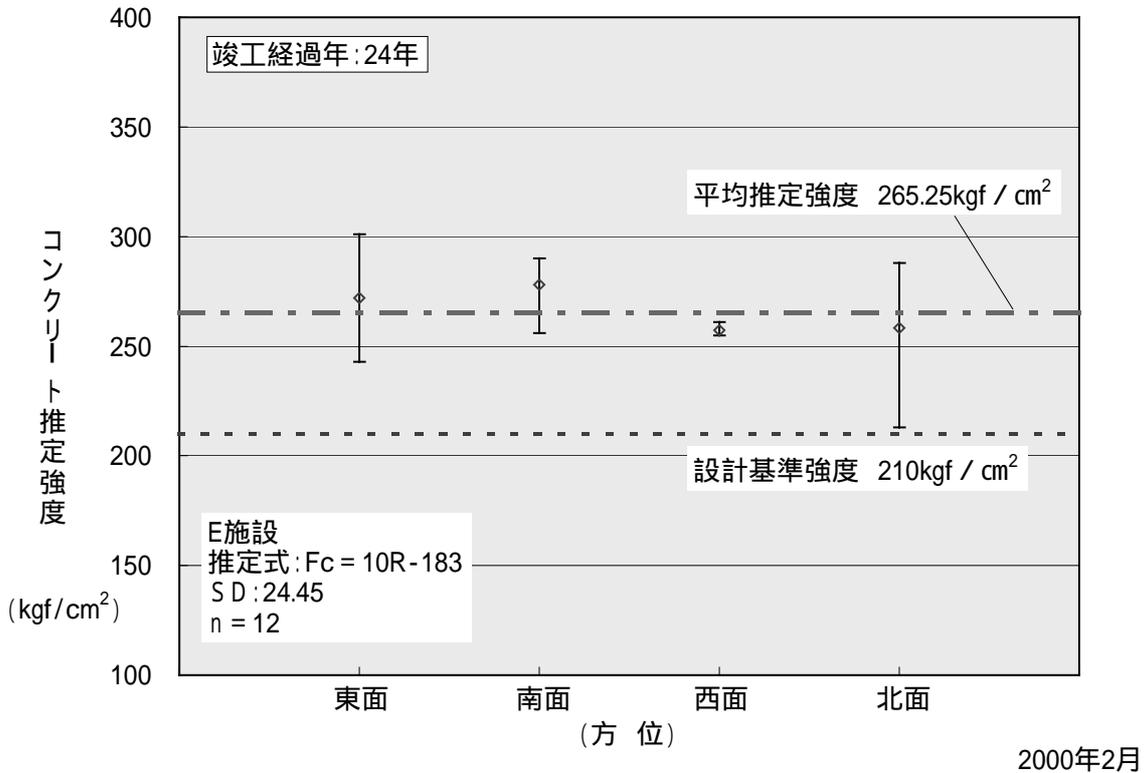
除染場のコンクリート推定強度分布図 (方位別)



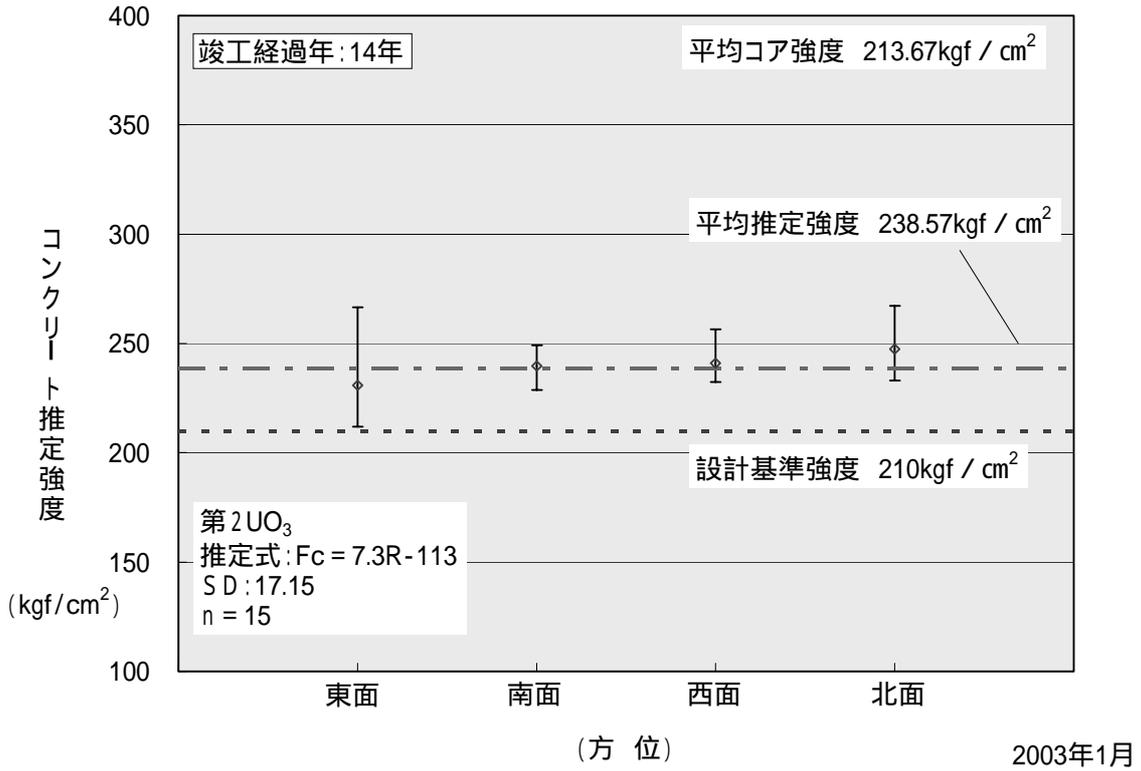
除染場のコンクリート推定強度分布図 (方位別)



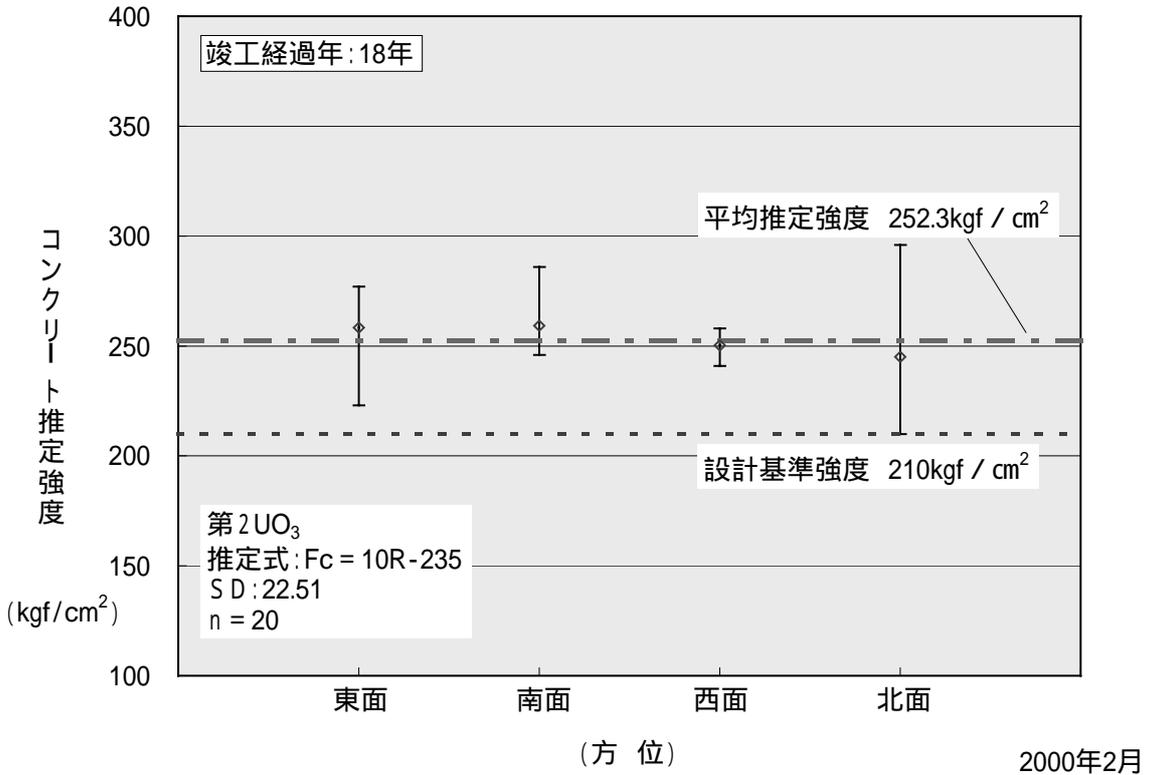
第二低放射性廃液蒸発処理施設のコンクリート推定強度分布図 (方位別)



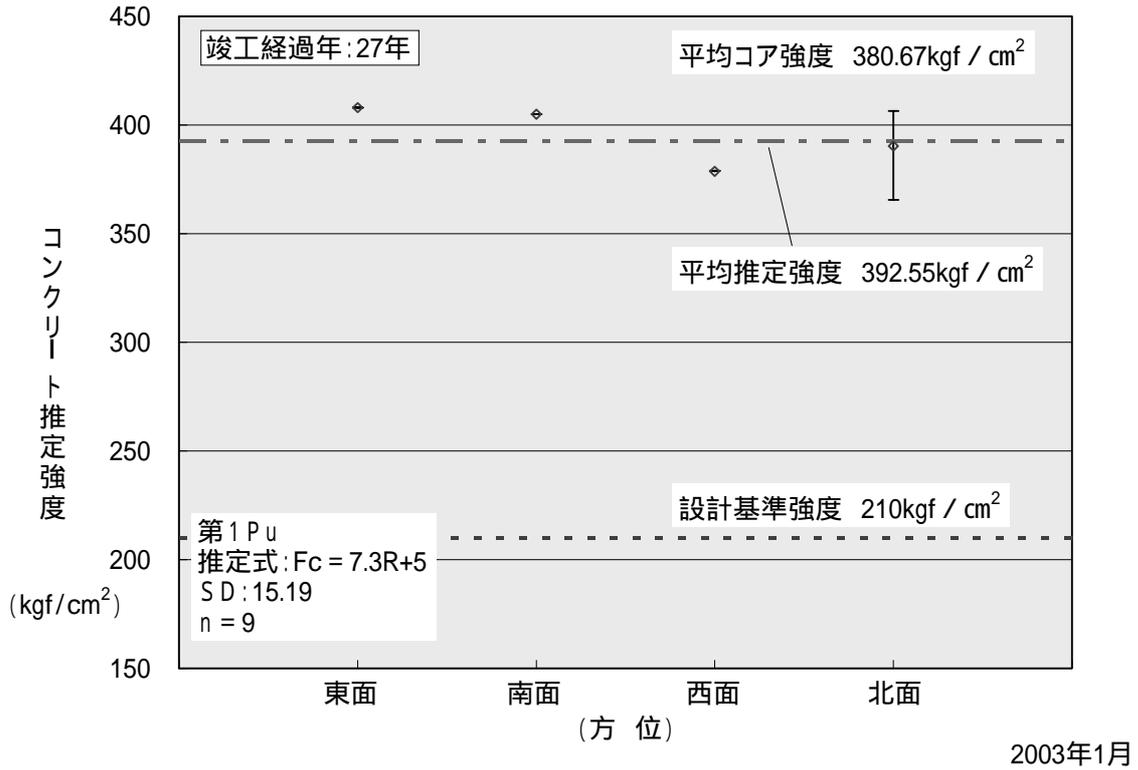
第二低放射性廃液蒸発処理施設のコンクリート推定強度分布図 (方位別)



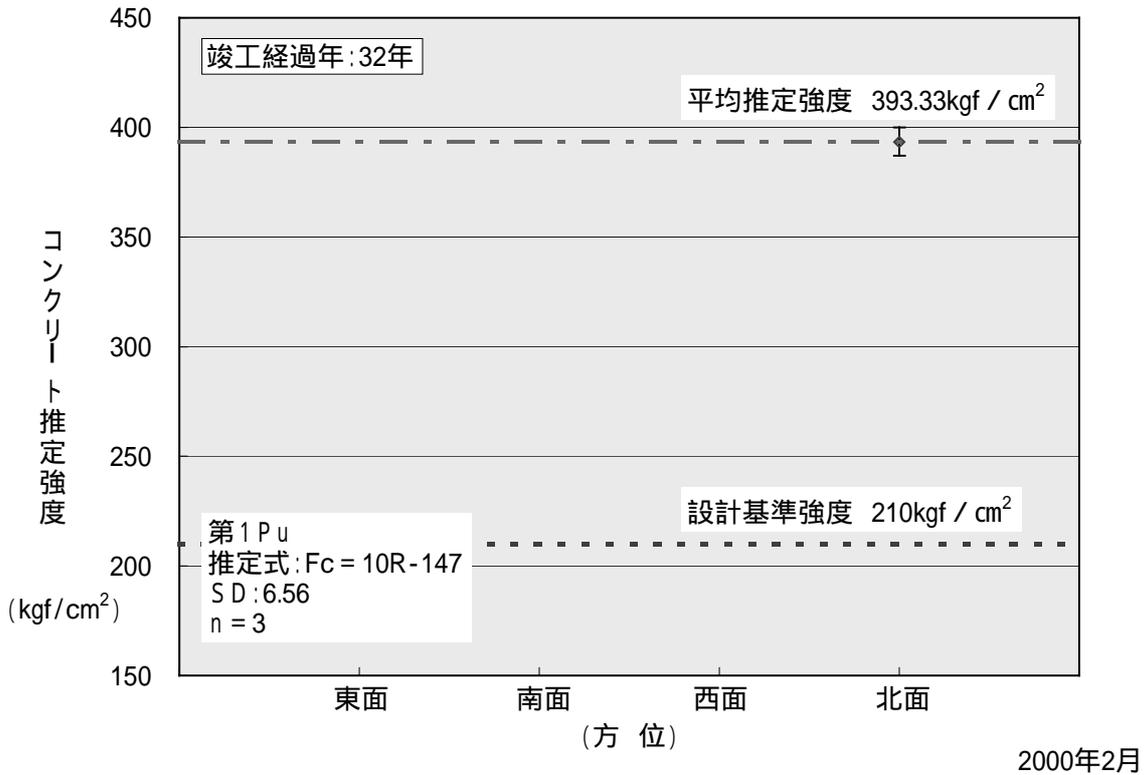
第二ウラン貯蔵所のコンクリート推定強度分布図 (方位別)



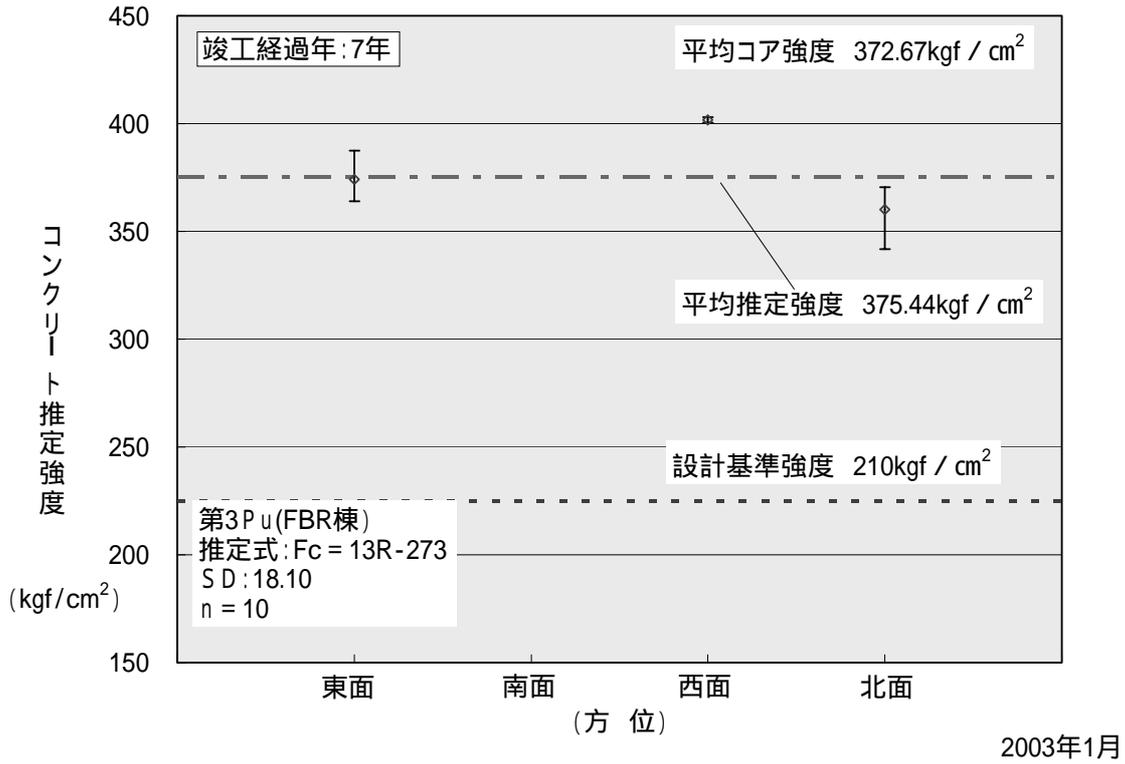
第二ウラン貯蔵所のコンクリート推定強度分布図 (方位別)



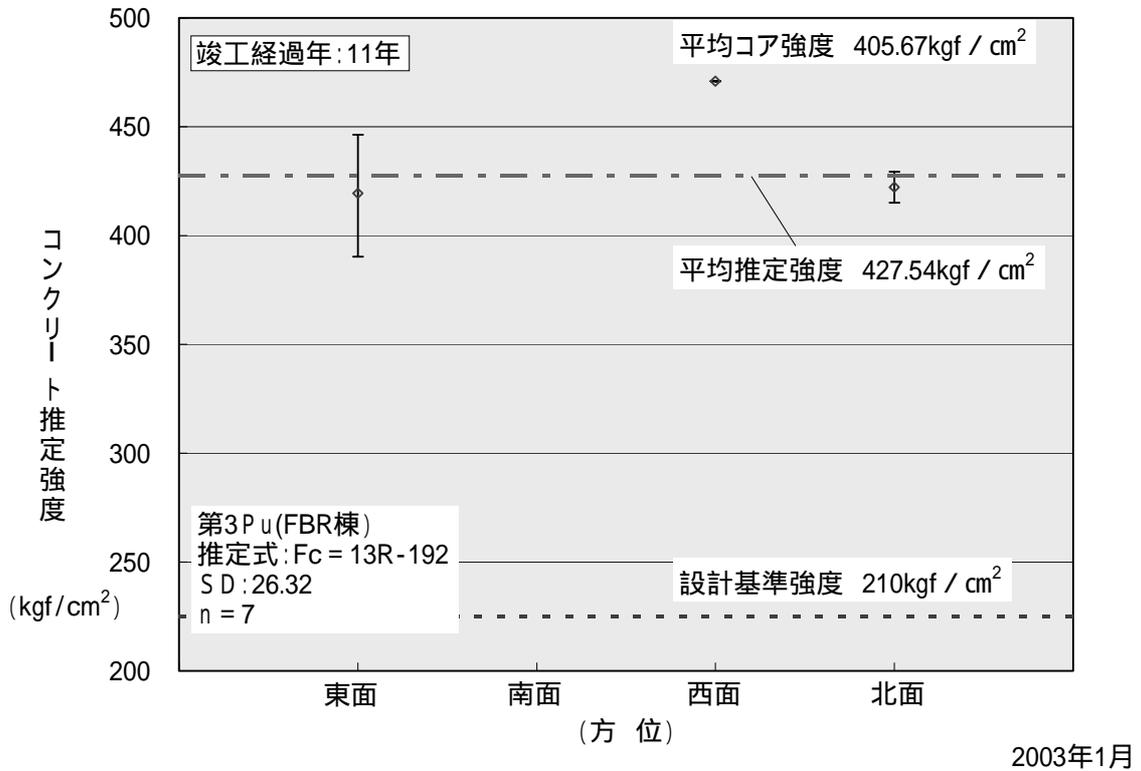
プルトニウム燃料第一開発室のコンクリート推定強度分布図 (方位別)



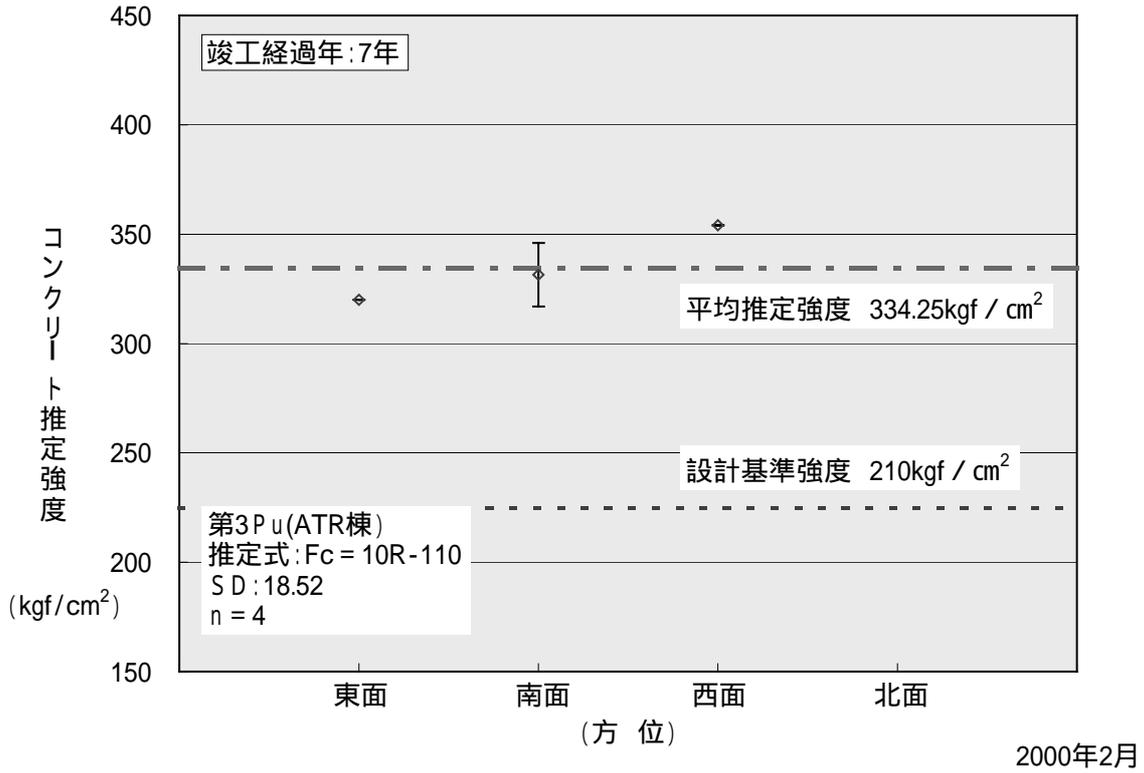
プルトニウム燃料第一開発室のコンクリート推定強度分布図 (方位別)



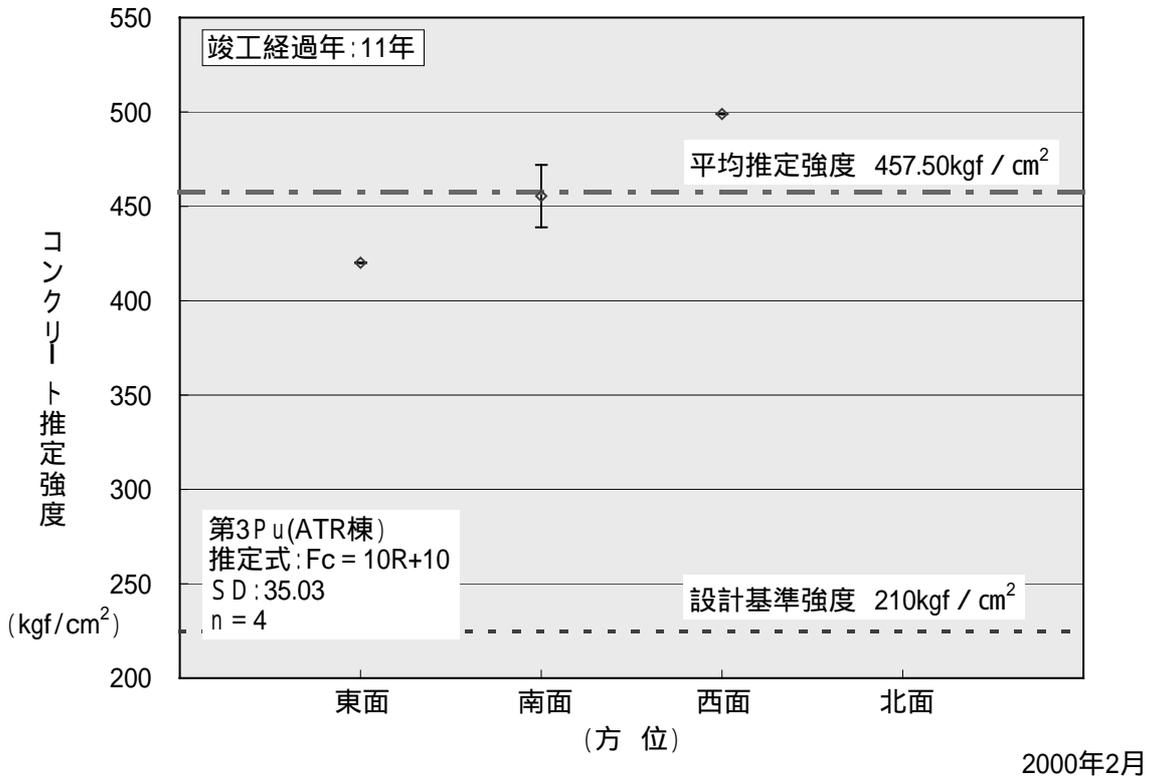
プルトニウム燃料第三開発室 (FBR 棟) の
コンクリート推定強度分布図 (方位別)



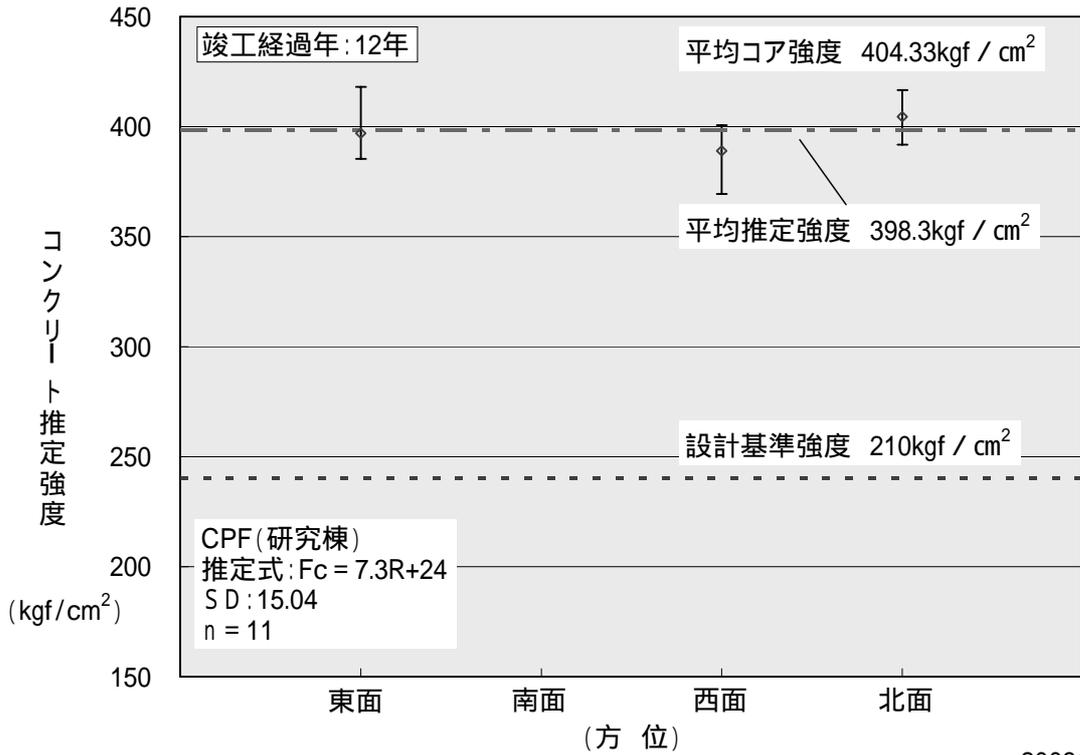
プルトニウム燃料第三開発室 (FBR 棟) の
コンクリート推定強度分布図 (方位別)



プルトニウム燃料第三開発室 (ATR 棟) の
コンクリート推定強度分布図 (方位別)

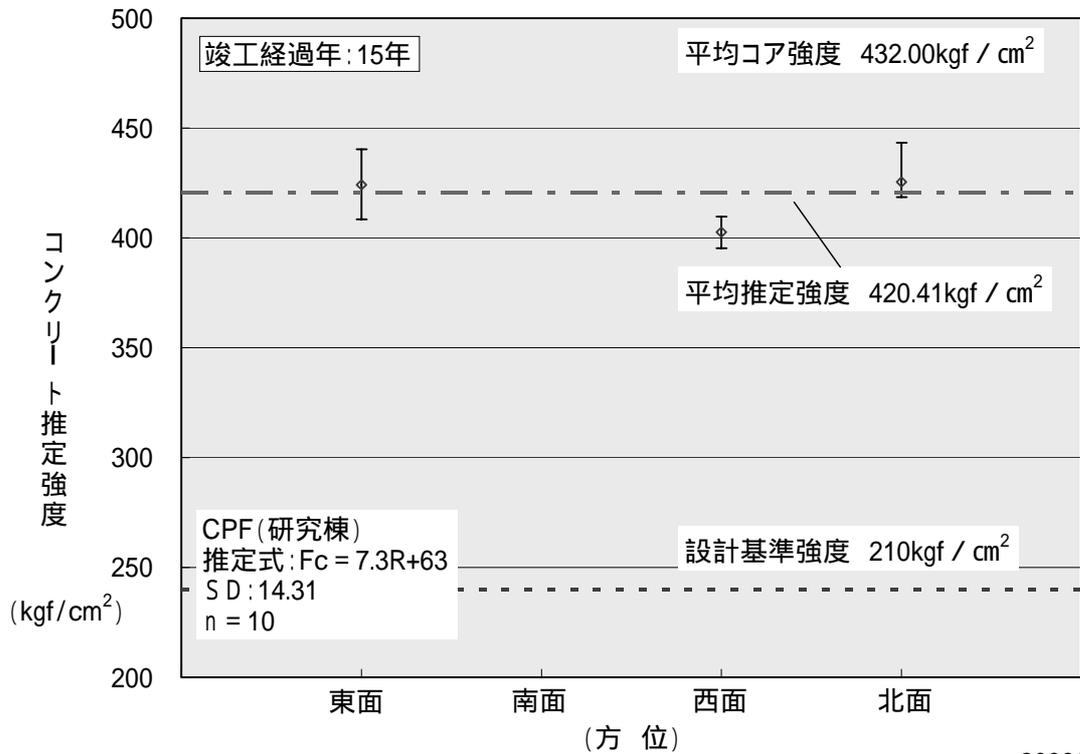


プルトニウム燃料第三開発室 (ATR 棟) の
コンクリート推定強度分布図 (方位別)



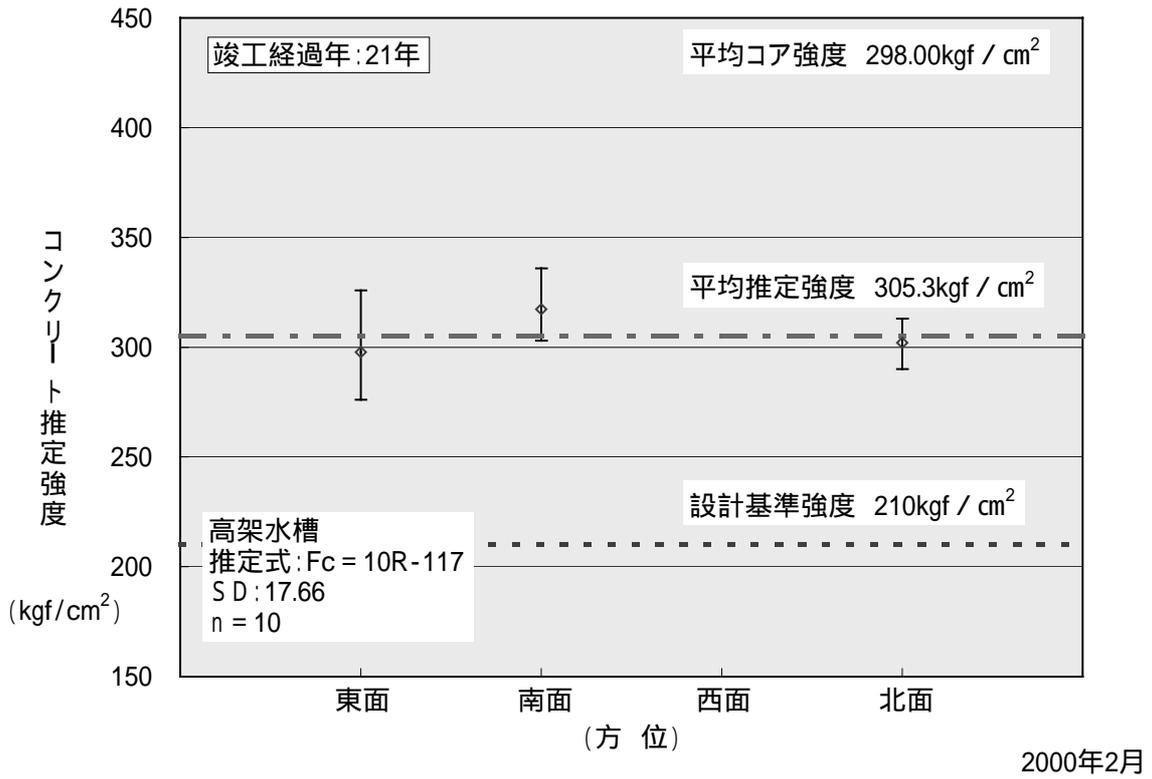
2003年1月

高レベル放射性物質研究施設（研究棟）の
コンクリート推定強度分布図（方位別）

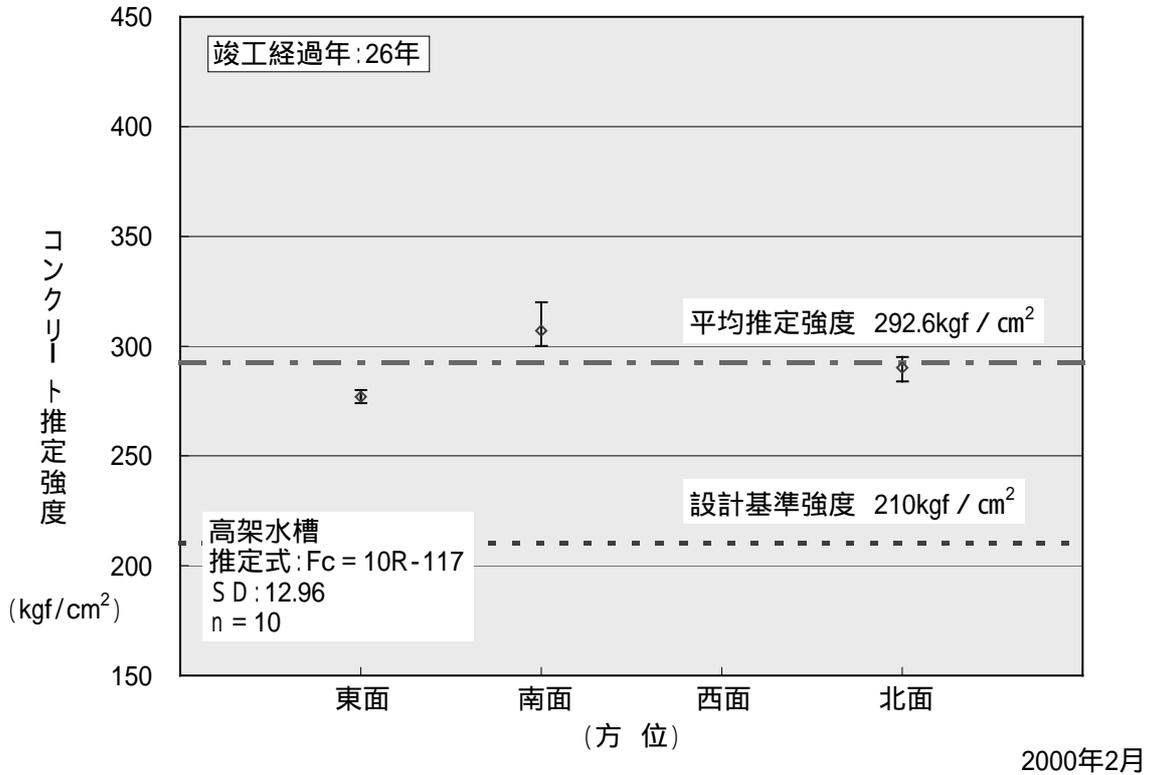


2003年1月

高レベル放射性物質研究施設（研究棟）の
コンクリート推定強度分布図（方位別）

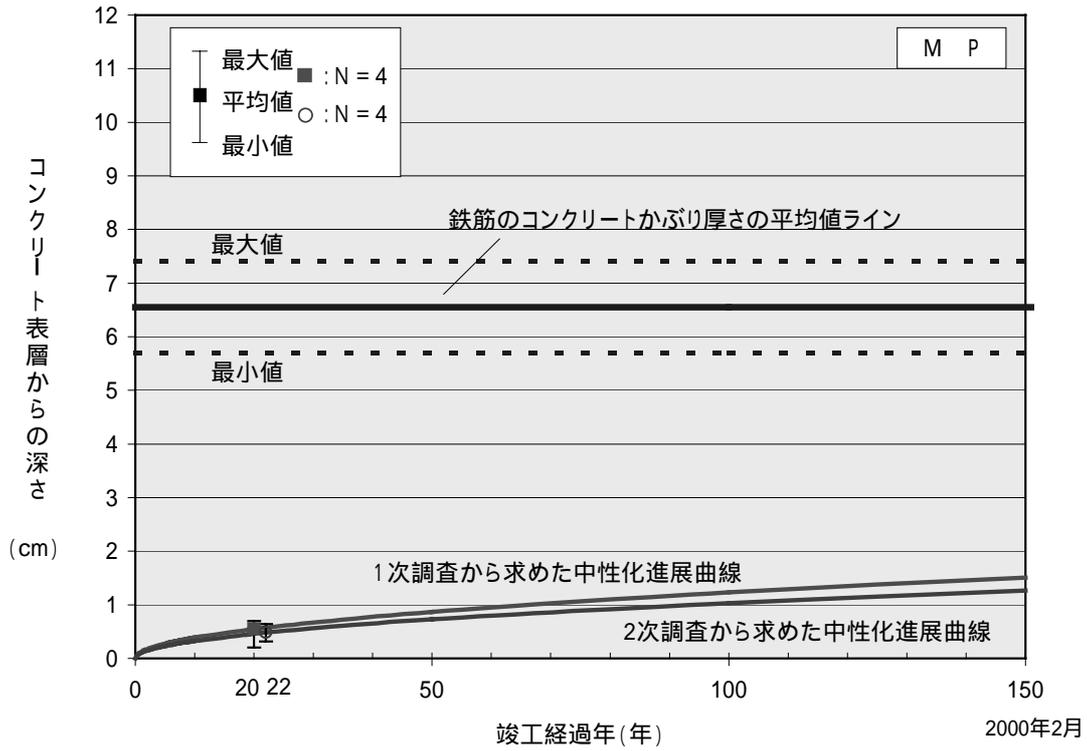


工業用水高架タンクのコンクリート推定強度分布図 (方位別)

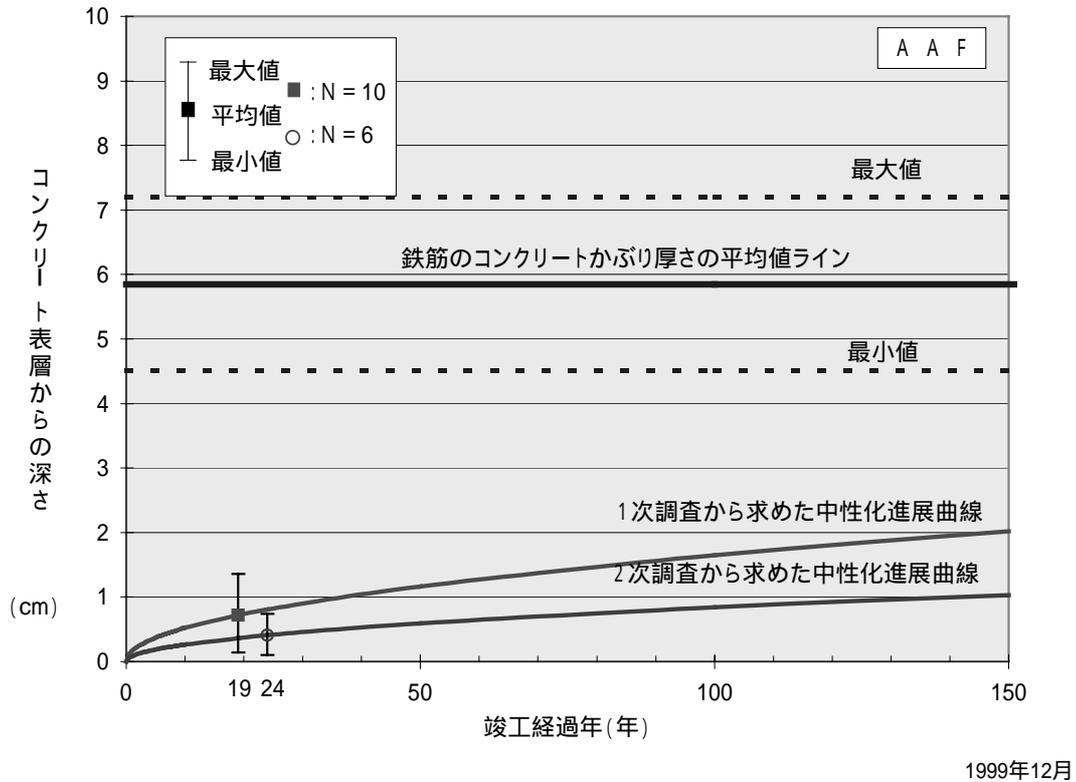


工業用水高架タンクのコンクリート推定強度分布図 (方位別)

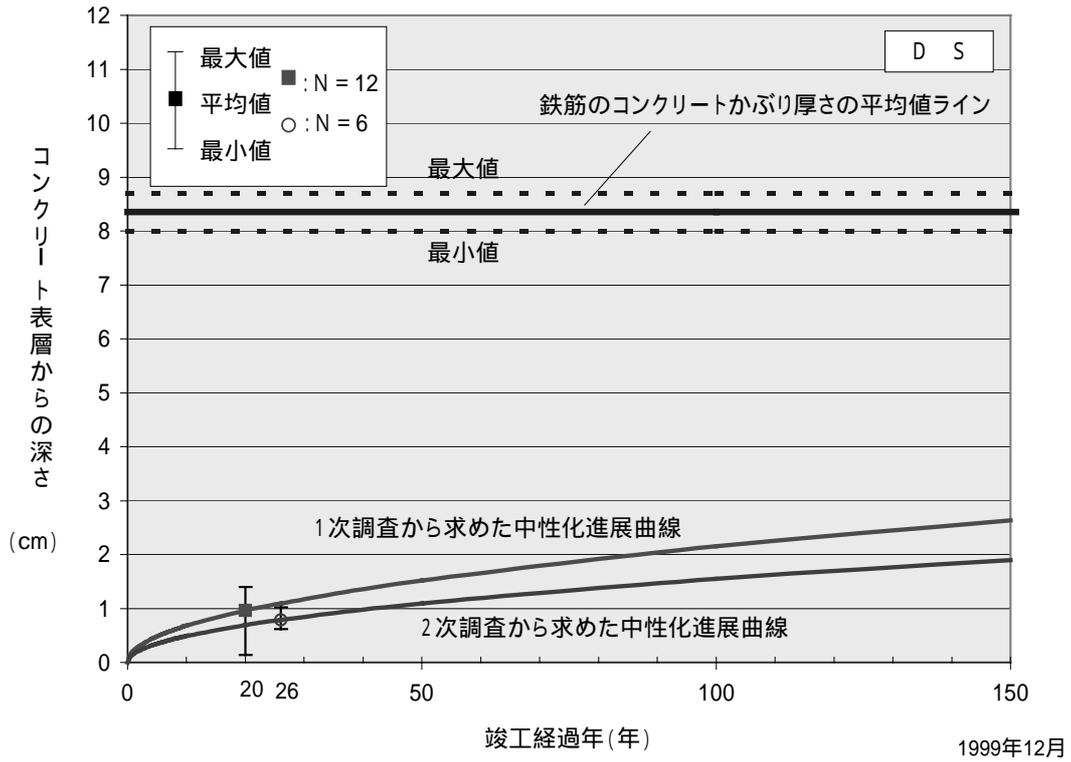
添付資料6 東海事業所施設トレンド調査対象施設の
中性化進展曲線



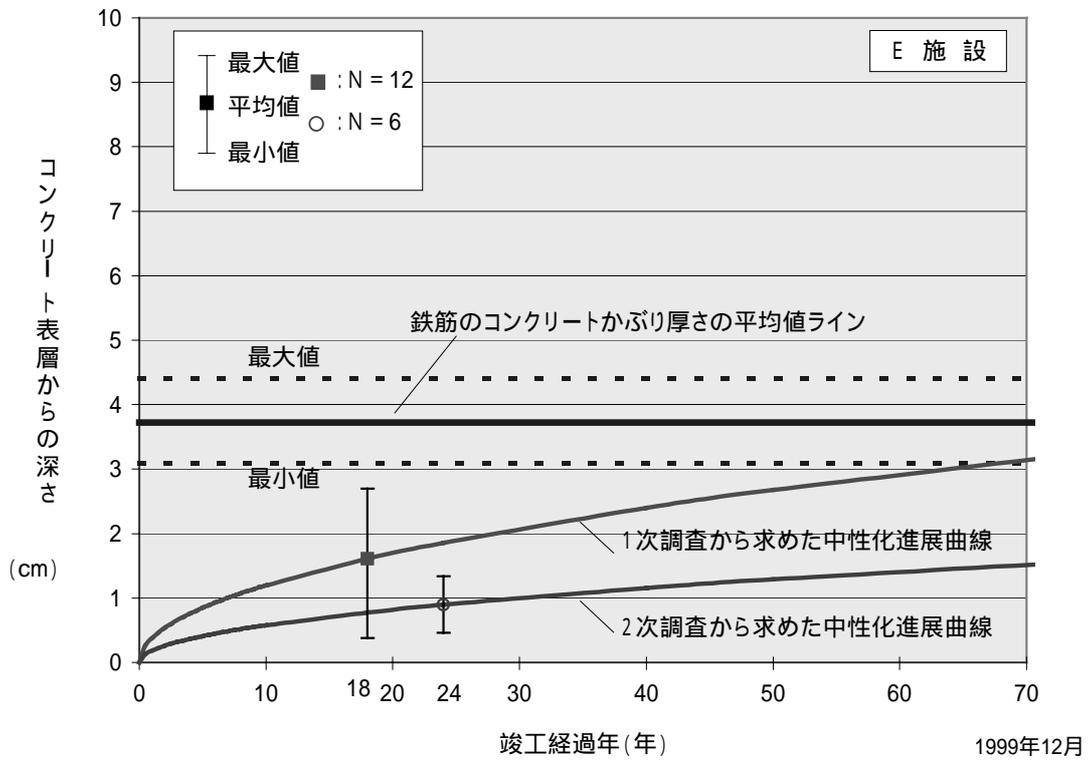
経年調査の結果に基づく分離精製工場の中性化進展曲線



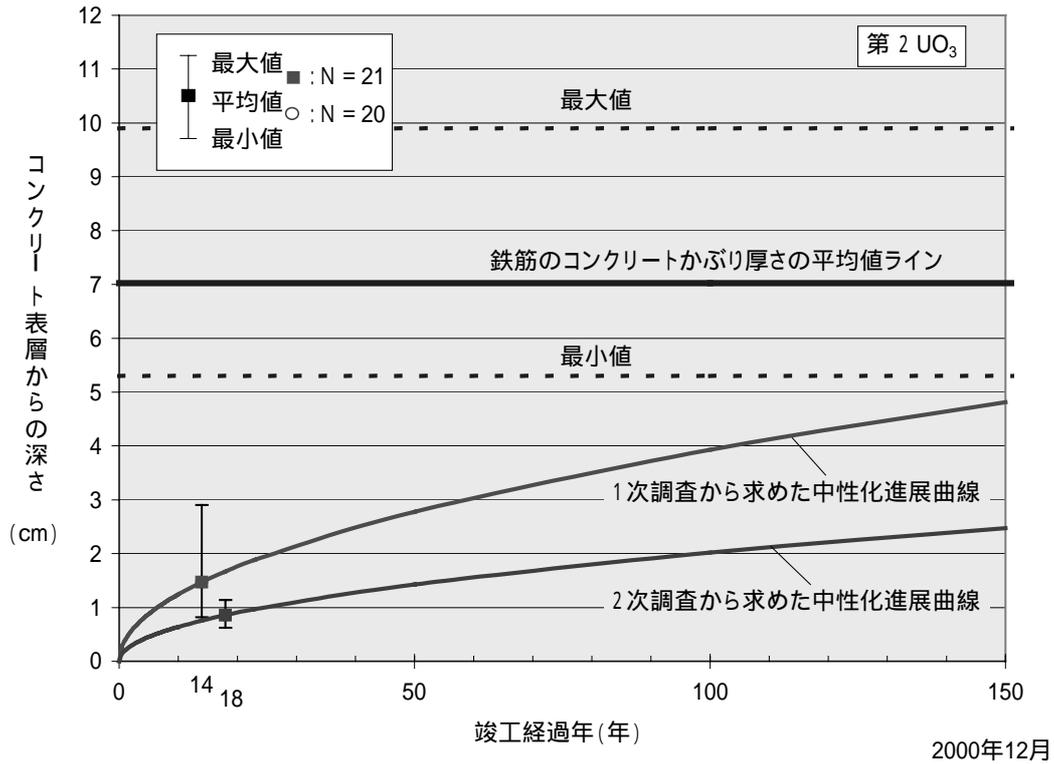
経年調査の結果に基づく廃棄物処理場の中性化進展曲線



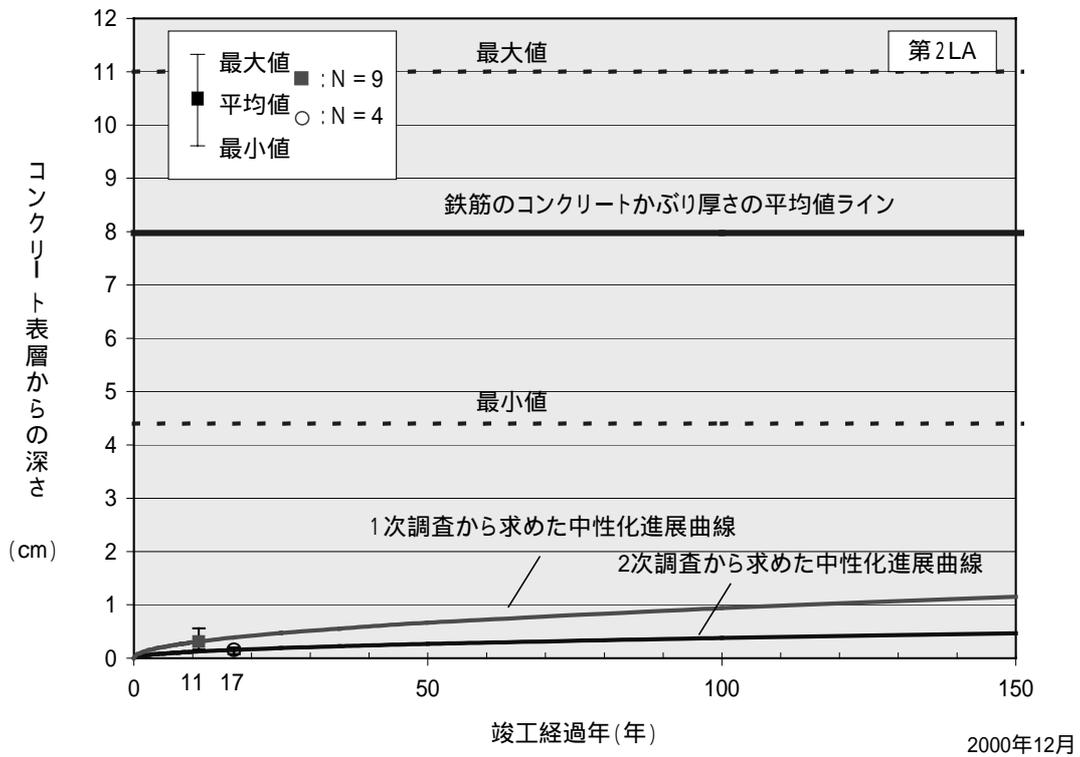
経年調査の結果に基づく除染場の中性化進展曲線



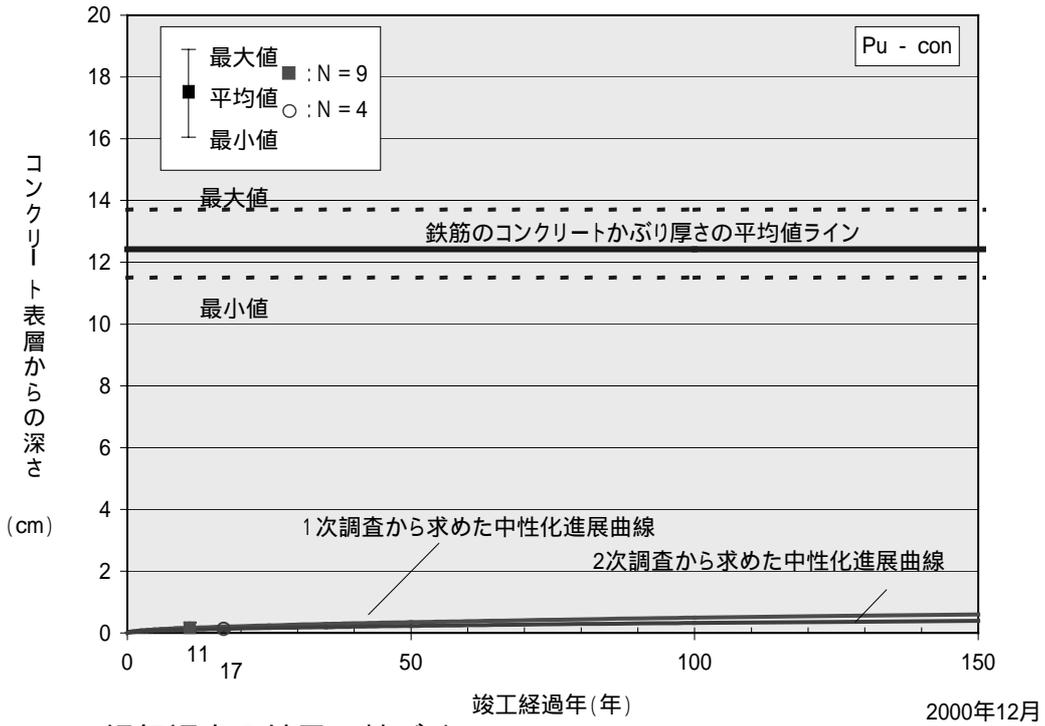
経年調査の結果に基づく
第二低放射性廃液蒸発処理施設の中性化進展曲線



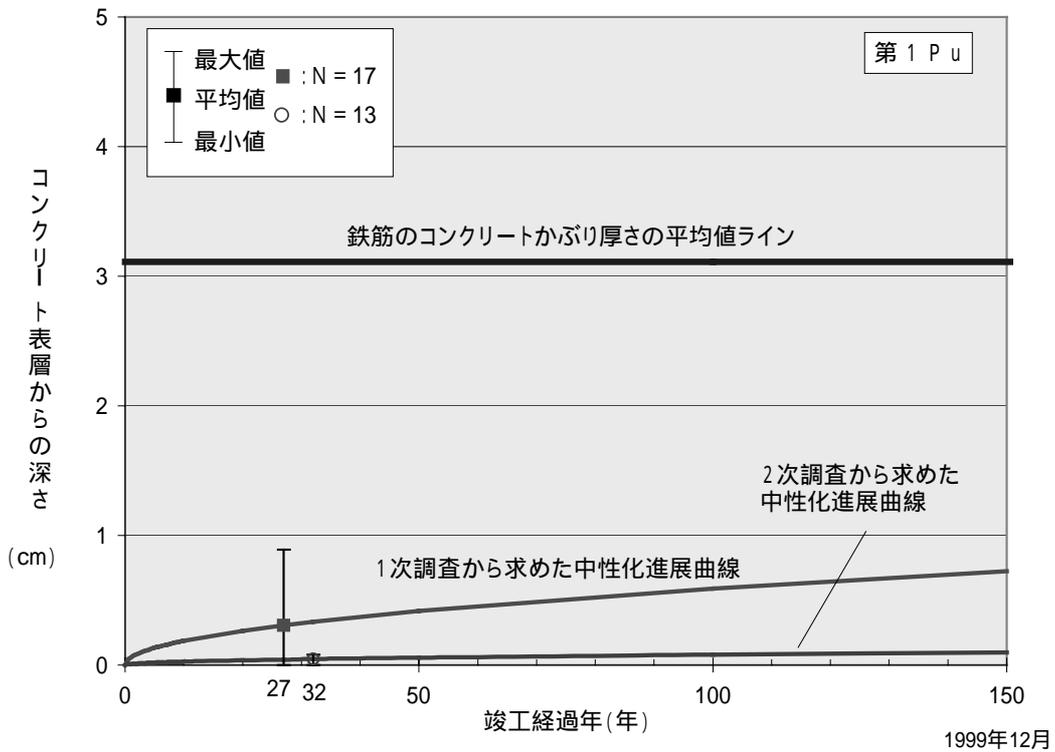
経年調査の結果に基づく第二ウラン貯蔵所の中性化進展曲線



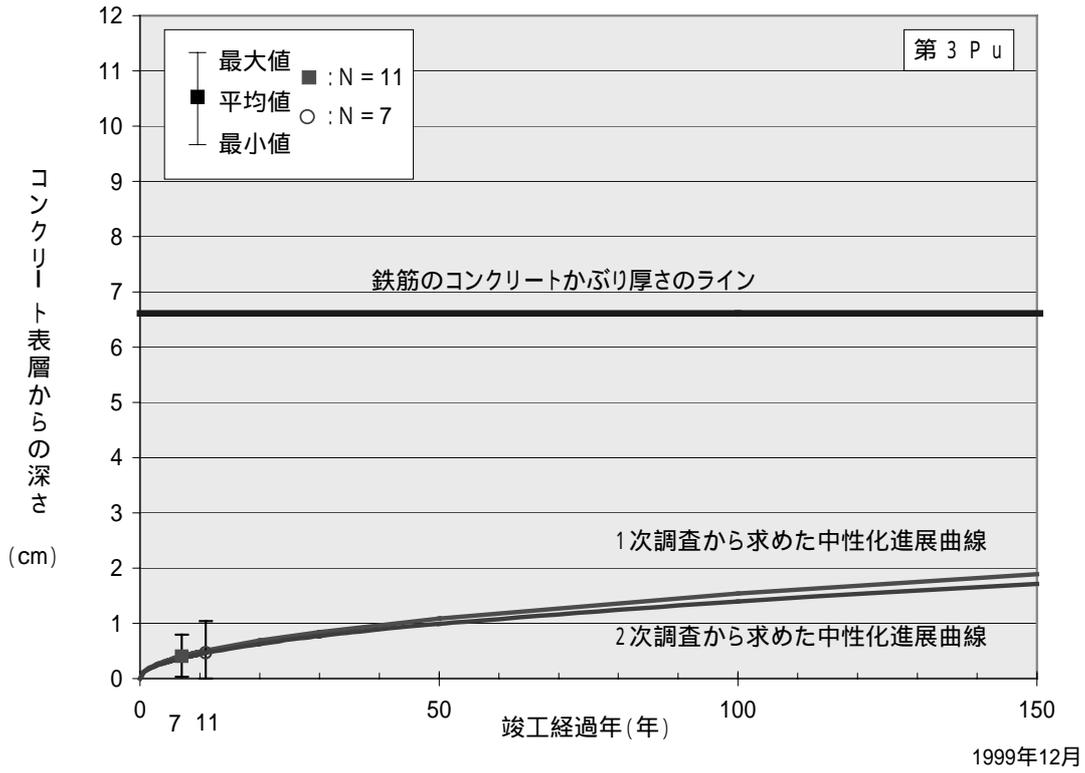
経年調査の結果に基づく
第二低放射性固体廃棄物貯蔵場の中性化進展曲線



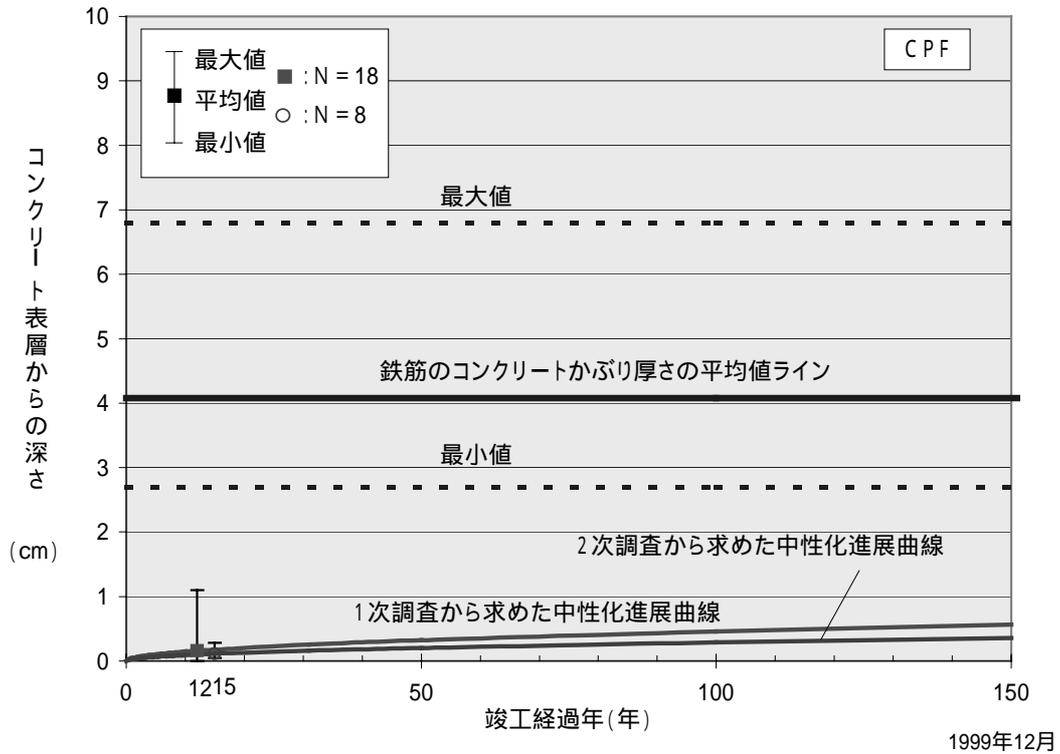
経年調査の結果に基づく
プルトニウム転換技術開発施設の中性化進展曲線



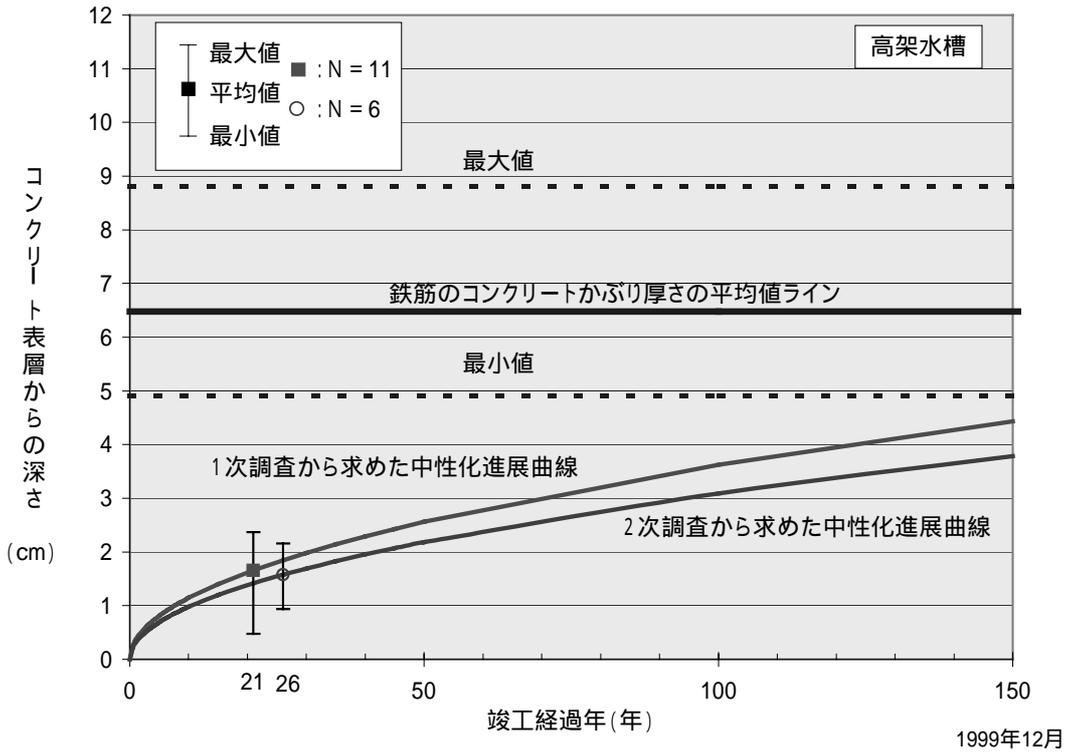
経年調査の結果に基づくプルトニウム燃料第一開発室の中性化進展曲線



経年調査の結果に基づくプルトニウム燃料第三開発室の中性化進展曲線



経年調査の結果に基づく高レベル放射性物質研究施設の中性化進展曲線



経年調査の結果に基づく工業用水高架タンクの中性化進展曲線

添付資料7 日常的点検手法（劣化診断チェックリスト）

劣化診断チェックリスト（その1）

点検期日： _____

点検者名： _____

評 価 基 準			点 検 部 位								
			屋 内				屋 外				
項 目	評価	概 要	柱	助	壁	床	東	西	南	北	その他
汚 れ	I	汚れがほとんど認められない。									
	II	汚れが認められる。									
	III	さび汚れ、エフロレッセンスが目立つ。									
ひびわれ	I	ひびわれが認められない。									
	II	ひびわれが認められる。									
	III	ひびわれが目立ち、かつ鉄筋に沿ったひびわれがある。									
浮 き	I	浮きが認められない。									
	II	浮きが認められる。									
	III	浮きが目立ち、かつ鉄筋に腐食が認められる。									
剥 落	I	剥落が認められない。									
	II	剥落が部分的に認められる。									
	III	剥落が広範囲に及んでいる。または、大規模である。									
漏 水	I	な し									
	III	漏水または漏水の痕跡あり。									
変 形 (たわみ)	I	な し									
	II	床・はりにたわみが生じ、ひびわれが認められる。									
	III	床・はり等に大たわみが生じ、建具の開閉に支障がある。									

劣化診断チェックリスト（その2）

点検年月日： _____

点検者氏名： _____

詳細記録シート (No. /)

部 位	劣 化 状 況

現況写真シート (No. /)

部 位	現 況 写 真

点検の方法

点 検 項 目	点 検 方 法	主 要 な 点 検 部 位
汚 れ	目視によりさび汚れ・エフロレッセンスの有無・範囲を観察する。	屋外に面する柱・はり・壁等
ひ び わ れ	目視により、ひびわれの方向、形状等のパターンを観察し、延べひびわれ長さを把握する。また、さび汚れの有無も観察する。	同 上
浮 き	目視により、コンクリートの浮きの有無を観察する。またその部分の鉄筋腐食の有無を観察する。	同 上
剝 落	目視により、コンクリートが欠落している部分の有無を観察する。	同 上
漏 水	目視により、漏水または漏水の痕跡の有無を確認する。	屋内の壁、天井スラブ等
た わ み	目視・体感および建具の開閉等により、床・はり等のたわみの有無を観察する。	天井スラブ、はり、ひさし、バルコニー等

劣化症状の定義

劣 化 症 状	定 義
さ び 汚 れ	腐食した鋼材の一部が流出して、仕上材またはコンクリートの表面に赤茶色の汚れが付着している状態。
エフロレッセンス	硬化したコンクリートの表面に出た白色の物質。
浮 き	コンクリートが浮いている状態。または仕上材が軀体から剝落した状態。
剝 落 (コンクリート)	浮いていたコンクリートが、軀体から剝がれ落ちた状態。鉄筋の露出を伴うものと、伴わないものがある。
剝 落(仕上材)	仕上材が剝がれ落ちた状態。
漏 水 痕 跡	過去に漏水現象が生じた形跡、エフロレッセンスを伴うことが多い。

添付資料 8 定期点検手法（劣化症状調査表：簡易診断）

劣化症状調査表

部 材		柱	はり	壁		パラペット		ひさし		バルコニー		調査範囲小計
				一般	開口周辺	天端	その他	先端	下面	先端	下面	
一般事項	調査対象範囲	延べ本	延べ本	延べ	箇所	延べ	延べ	延べ	延べ	延べ	延べ	
	外装仕上材											
	補修歴の有無											
	鉄筋に軸方向筋											
	沿う補助筋											
	開口周辺											
	網目状											
	その他の											
	浮き											
	仕上材のみ											
	鉄筋の露出なし											
	コンクリート											
	鉄筋の露出あり											
	さび汚れ											
	エフロレッセンス											
	ポップアウト											
	表面の脆弱化											
	その他の汚れ											
	漏水痕跡											
	異常体感											
	その他の症状 (鉄筋露出は下部)											

調査面の方位 (○印)	東・西・南・北面
全体の印象(文章で記述して下さい。)	

劣化診断調査結果集計表

				外部 () 面		
				調査範囲	発生数 (または面積)	発生頻度
各種劣化症状	ひびわれ	鉄筋に沿う	軸方向筋	延べ ㎡	延べ 本	本/100㎡
			補助筋	延べ ㎡	延べ 本	本/100㎡
		開口周辺の		開口部 箇所	延べ 本	本/10箇所
		網目状の		延べ ㎡	延べ ㎡	%
		その他の		延べ ㎡	延べ 本	本/100㎡
	浮き		延べ ㎡	延べ ㎡	%	
	剥落	仕上材のみ		延べ ㎡	延べ ㎡	%
		コンクリート	鉄筋の露出なし	延べ ㎡	延べ 箇所	箇所/100㎡
			鉄筋の露出あり	延べ ㎡	延べ 箇所	箇所/100㎡
	表面の状態	さび汚れ		延べ ㎡	延べ 箇所	箇所/100㎡
		エフロレッセンス		延べ ㎡	延べ 箇所	箇所/100㎡
		ポップアウト		延べ ㎡	延べ 箇所	箇所/10㎡
		表面の脆弱化		延べ ㎡	延べ ㎡	%
		その他の汚れ		延べ ㎡	延べ ㎡	%
	漏水痕跡		有 ・ 無			
異常体感		有 ・ 無				

調査結果は、方位ごとに集計し、方位ごとに高次診断の要否判定を行う。

症状別劣化度の区分

症状	区分のための単位尺度		劣化度		
			I (健全)	II (放置可)	III (要調査)
ひびわれ	軸方向筋 鉄筋に沿う補助筋	長さ1mに換算したときの100㎡当りの本数	0本	1～2本	3本以上
		開口部10箇所当りの本数	0～2本	3～4本	5本以上
	網目状の その他の	開口周辺の	0～2本	3～4本	5本以上
		見つけ面積当りの発生面積率	5%未満	5%以上 10%未満	10%以上
浮き	その他の	長さ1mに換算したときの100㎡当りの本数	0～4本	5～9本	10本以上
		発生面積率	1%未満	1%以上 3%未満	3%以上
	仕上材のみ	発生面積率	0%	0%以上 1%未満	1%以上
		剥落	100㎡当りの箇所数	0箇所	1箇所未満
表面の状態	フグリ	鉄筋露出なし	0箇所	1箇所未満	1箇所以上
		鉄筋露出あり	0箇所	1箇所未満	1箇所以上
	さび汚れ	100㎡当りの箇所数	0箇所	2箇所未満	2箇所以上
		エフロレッセンス	0箇所	4箇所未満	4箇所以上
剥離	ポップアウト	0箇所	1箇所未満	1箇所以上	
	表面脆弱化	1%未満	1%以上 3%未満	3%以上	
漏水痕跡	その他の汚れ	発生面積率	1%未満	1%以上 5%未満	5%以上
		発生面積率	1%未満	0箇所	1箇所以上
異常体感	建築物全体での有無	建築物全体での有無	0箇所	0箇所	1箇所以上
		建築物全体での有無	0箇所	0箇所	1箇所以上

添付資料 9 施設建物の日常的点検手法（改訂版）

建物（外壁）保全シートの使い方

本保全シートは測定器具（巻尺、クラックスケール等）を用いた劣化部位の計測は行わず、点検者が目視にて、外壁表面まで近づいたり、離れたりにして評価対象とする部位のおよその範囲や程度を把握できるようにまとめたシートである。また、劣化診断チェックリストは、汚れ・ひび割れ・浮き・はく落が目立ち、かつ鉄筋の腐食が認められるか、漏水や大たわみがあった場合に、簡易診断法は、単位面積あたりの劣化度（本数や面積）により詳細診断（高次診断）を行うかどうか判断するために用いる。本保全シートでは、構造的な判断を要する場合を除き、建物を所管する管理者がシート活用時に、評価した劣化部に対する保全対策（処置）まで判断することを原則とする。

点検方法における注意点として、ひび割れ（有害なひび割れ、軽微なひび割れ等）の区別がある。ひび割れ判定の主目的は、部材（躯体コンクリート）の劣化及び内部鉄筋等の健全性を把握することにあることから、一般的に構造上問題となるひび割れは、肉眼ではっきりと見えるはり、柱、耐力壁のせん断または斜めのひび割れ、鉄筋さびによるコンクリートの膨張ひび割れ、外壁に数えきれない程のひび割れが入っている場合等である。

漏水を伴うひび割れ、鉄筋さび汁の溶け出しの伴うひび割れは漏水及び鉄筋さびの評価で取扱うこととする。

ひび割れの複雑な動きをどう評価するかは、保全シートではやや困難な面があるため、立面図を用いて、ひび割れの幅、長さ、パターンなどをマッピングし、その大きさや程度（範囲の変動状況）を把握する方が、より正確な判断ができ望ましいものとなる。

変形の評価については、建物の構造上の問題となる変形（不同沈下や建物の傾斜、はり・柱の変形）、開口部や付属金属部材等の腐食・台風等の影響による変形に分けて、それぞれの耐用寿命の違い等の観点から区別をした。また、評価対象部材についても独自の耐用寿命の違いがあるので、鉄筋・鉄骨材、シーリング材、外装材をそれぞれ評価することとした。尚、評価項目を部材ごと（コンクリート部材、付属金属部材、扉、窓、パネル等）の11項としたのは、建物を総合的にとらえ、部分補修を数回くり返すより、全面でまとめて補修・改修の方が経済的にも安く済む場合があるためである。

劣化症状に対する処置（保全方法）は、建物を所管する管理者が予算等の状況に応じて判断することを原則にしているが、建物の劣化症状によっては、漏水等の波及防止の観点から、速やかに対応（補修・交換）すべきものもある。また、劣化症状の程度から必要に応じて詳細診断を行えば、より正確に保全対策をとることができるが、その場合、経費や時間がかかるため、

建物の構造上問題となる劣化症状（構造的、ひび割れや変形、鉄筋、鉄骨材の錆等）が認められる場合は、詳細診断を行い、専門家の判断ののち保全対策を講じる必要がある。尚、補修・改修のための事前調査として、保全シート等を活用され、補修・改修設計時の参考とされればより確実な改修等が実施できる。

外壁保全シート

建物名:		所 管:		点検年月日:		点検者氏名:	
評価項目		東・西・南・北面			記入方法		
		判定	劣化状況	処置			
汚 れ	汚れ、カビ、さび汚れ、エフロッセンス(白色析出物)が認められるか。	/			<p>まず、劣化症状が認められるか、認められないかを評価項目ごとに判定する。該当するものがない場合は-とする。次に劣化症状が認められる場合は、そのおよその範囲、程度を範囲記号として、点検部位、上段の欄に記入する。</p> <p>な: なし 1: 1割未満 2: 1割～2割未満 3: 3割以上</p> <p>更に、その個々の大きさを距離の程度を表す距離記号として点検部位下段の欄に記入する。</p> <p>接: 肉眼で接近しないとわからない。 近: 1～2m程度に近づかないとわからない。 遠: 5～6m離れても、肉眼ではっきりわかる。</p> <p>又、外装材のチョーキングについては、指触によりその付着の有無を判定する。</p> <p>無: 粉体がつかない 有: 粉体がつく</p> <p>漏水についてはさび汁を伴うか、伴わないかを距離記号のかわりに記入する。</p> <p>錆: さび汁を伴っている漏水</p> <p>劣化症状が認められ、その各種劣化症状に対して、単一的又は複数的にどのように処置するかを処置欄に記入する。</p> <p>Ⓔ: 経過観察 Ⓕ: 清掃 Ⓖ: 応急処置 Ⓖ: 部分補修 Ⓖ: 全面補修 Ⓖ: 改良・改修 Ⓕ: 交換 Ⓖ: 補強 Ⓖ: 詳細調査</p>		
割 れ	ひび割れ(パネル材の割れも含む)が認められるか。	/					
浮 き	浮き、ふくれ、はく落(パネル材にあつては、欠けも含む)が認められるか。	/					
キ チ ン グ	外装材のチョーキング(粉化)が認められるか。	/					
腐 食 ・ 錆	鉄骨材・鉄筋の錆が認められるか。	/			<p>尚、処置の方法は建物の用途の違いからPA上の重要施設と一般事務管理施設、倉庫等とは、その対応する要求度も違うため、建物を所管する各課室の判断により、実状にあった処置の方法とする。</p>		
	付属金属部材等の腐食(錆・塗装劣化含む)が認められるか。	/					
の ン シ 劣 グ ！ 化 材 リ	取締・誘発目地、窓、扉の開口部、パネル材等の取合部等のシーリング材の劣化(割れ、破断、変形、硬化)が認められるか。	/			<p>【用語の解説】 付属金属部材等: 屋外階段、タラップ、樋、手摺、パラペット・笠木の外壁部、側溝蓋、外部配管類、サポート類</p> <p>構造的ひび割れ: 肉眼ではっきり見えるはり、柱、耐力壁のせん断又は、斜めのひび割れ、鉄筋さびによるコンクリートの樹根ひび割れ、外壁に数えきれない程あるひび割れ</p>		
漏 水	漏水または漏水跡が認められるか。	/					
変 形	はり、柱等の変形、たわみ、構造的(せん断や鉄筋膨張等による)ひび割れが認められるか。	/			<p>【用語の解説】 付属金属部材等: 屋外階段、タラップ、樋、手摺、パラペット・笠木の外壁部、側溝蓋、外部配管類、サポート類</p> <p>構造的ひび割れ: 肉眼ではっきり見えるはり、柱、耐力壁のせん断又は、斜めのひび割れ、鉄筋さびによるコンクリートの樹根ひび割れ、外壁に数えきれない程あるひび割れ</p>		
	付属金属部材等の変形、ガタツキが認められるか。	/					
	開口部、建具(シャッター含む)の変形、ガタツキ等が認められるか。	/					

建物（屋上）保全シートの考え方

建物の屋上は陸屋根と勾配屋根に分けて外壁の保全シートと同様に点検対象部位ごとに評価判定する。劣化状況は外壁部より定量的な評価がしにくいため、その劣化、割合、程度を記述する。また、屋上を全体的に捉える必要があるため、屋上保全シートを記入する際には、屋根伏図（屋根平面図）等を用いて、各部位、各部材の劣化状況をマッピング及び写真記録する。劣化症状に対する処置は各部位・部材ごとに処置（保全対策）を行いますが、漏水が認められる場合には、大規模補修（全面補修又は改修）となることがあるため、処置は漏水の詳細調査を行ったのちに行うこととする。

庇、ベランダについては、構造的な面から類似しており、また、建具等も付設部材として本保全シートで評価・判定することとした。

屋上（陸屋根）保全シート

建物名:		所 署:		点検年月日:		点検者氏名:	
点検対象・部位		評価項目	判定	劣化状況(割合、程度)	処置	記入方法	
陸 屋 根	昇 え 工 法	屋上床面	割れ・浮き・剥れなどが認められるか。			<p>屋根は陸屋根と勾配屋根に分けられるが、本シートでは陸屋根を対象とする。</p> <p>まず、各点検対象部位に劣化症状が認められるか、認められないかを評価項目ごとに判定する。床面については、防水層を露出させた場合と保護層を設けて防水層を保護（化学的・物理的劣化の防止、走行可能とする等）する場合とがある。本シートでは、保護層のあるなしを判断してから、床面等の評価項目を判定する。又、パラペット部についても判定の前に金属製、石・タイル系、コンクリート系、塗膜系かを判別してから行う。</p> <p>○：該当するものがない場合 ○：認められる場合 ×：認められない場合</p> <p>次に劣化症状が認められる場合は、そのおおよその範囲、程度を記述する。</p> <p>また、漏水している場合、雨水の浸入場所を特定するために入念な詳細調査が必要であり、特に保護層がある場合にはその特定が難しいため、必要に応じて保護層等の剥がしを行う場合がある。</p> <p>◎：経過観察 ◎：清掃 ◎：応急処置 ◎：部分補修 ◎：全面補修 ◎：改良・改修 ◎：交換 ◎：補強 ◎：詳細調査</p> <p>尚、処置の方法は、建物の用途の違いから、PA上の重要施設と一般事務管理施設、倉庫等とは、その対応する要求度も違うため、建物を所管する各課室の判断により、実状にあった処置の方法とする。</p>	
		伸縮目地	目地材の硬化・盛り上り・消失・水たまり・雑草の発生が認められるか。				
	露 出 工 法	屋上床面 立上り部	保護塗装の劣化・ふくれ・剥れ・ずれが認められるか。				
			防水層のふくれ・ジョイント部のめくれ、剥れ、水はけの異常が認められるか。				
		ルーフトレン・排水溝等	ドレン廻りや排水溝にゴミ・砂等の詰まりや金物の腐食が認められるか。				
	樋・廻り樋		ゴミ詰まりや雨漏れが認められるか。				
			発錆・腐食が認められるか。				
			塗装の剥れ・変形・液損が認められるか。				
	鉄 部 材 〔 手 摺 ・ 欄 ・ タ ラ プ ・ 丸 籠 等 〕		塗装の剥れが認められるか。				
			発錆(特に足元磨り)している部分が認められるか。				
			部材に変形が認められるか。				
	パ ラ ペ ッ ト 笠 水 〔 金 属 製 〕 〔 石 ・ タ イ ル 等 〕 〔 コ ン ク リ ー ト 系 〕 〔 塗 膜 系 〕		表面及び目地部の汚れ・汚物の付着(石・タイル材にあつては石のぬれ色、コンクリート系にあつてはエフロレンスの発生)が認められるか。				
		変形・破損(傷、凹み、ゆらみ、ガタツキ、石・タイル材、コンクリート系にあつては、欠け、ひび割れ、浮き、剥落)が認められるか。					
		錆・腐食・変退色などの表面劣化が認められるか。					
		シーリング材に硬化・破断などの劣化が認められるか。					

屋上（勾配屋根）保全シート

建物名:		所 管:		点検年月日:		点検者氏名:		
点検対象部位	評価項目	判定	劣化状況(割合、程度)	処 置	記 入 方 法			
勾 配 屋 根	種				屋根は陸屋根と勾配屋根に分けられるが、本シートでは勾配屋根を対象とする。 勾配屋根(金属板葺き、石綿スレート葺き、アスファルトシングル葺き等)については、特に足場材を設けず、点検視野に入る範囲で各部位・部材に劣化症状が認められるか、認められないかを判定する。 底(コンクリート系、金属系等)、ベランダ(コンクリート系、金属系等)、建具(扉、窓等)、その他部位等も各項目に該当する部位・部材を同様に評価・判定する。 ー：該当するものがない場合 ○：認められる場合 ×：認められない場合 次に劣化症状が認められる場合は、劣化状況の部位、割合、程度を記述する。 更に、劣化症状に対する処置を処置欄に記入する。 ①：経過観察 ②：清掃 ③：応急処置 ④：部分補修 ⑤：全置補修 ⑥：改良・改修 ⑦：交換 ⑧：補強 ⑨：詳細調査			
	葺き材	ゴミの詰まりや雨漏れが認められるか。 塗装の剥れ・変形・破損が認められるか。 瓦・スレート材にズレ・亀裂・破損・割れが認められるか。 金属材に変形・破損・めくれ・塗装の剥れ・発錆が認められるか。 下地材・止め釘に腐食・発錆・外れが認められるか。						
	シーリング材	硬化・劣化・破断が認められるか。						
	庇	モルタルの亀裂・エフロレッセンス(白色析出物)が認められるか。 下面に漏水の跡が認められるか。 葺き材にズレ・めくれ・亀裂・塗装劣化・発錆が認められるか。						
ベ ラ ン ダ	床面に剥れ・浮き・割れ・エフロレッセンス(白色析出物)が認められるか。							
	手摺りに発錆・変形・破損・脚部の亀裂・エフロレッセンスが認められるか。 天井面に漏水の跡が認められるか。							
建 具 (扉・窓等)	建具に発錆・シーリング材の劣化が認められるか。							
	建具の閉閉はスムーズか。							
	建具の施錠機能に問題はないか。							
そ の 他	設備機器廻り、土台脚部に損傷が認められるか。							
	配管取出し口の貫通部に汚れ、シール材の劣化が認められるか。							
	エキスパンションジョイント部に変形・損傷が認められるか。							

保全シートを用いる場合の劣化・環境・保全関連用語

(建築物の耐用計画に関する考え方より引用し一部補充している。)

劣化	: 物理的、化学的、生物的要因により、ものの性能が低下すること。 ただし、地震や火災などの災害によるものを除きます。
老化	: ものが時間の経過に伴って徐々に劣化すること。
陳腐化	: 社会的・技術的情勢の変化により、ものの機能・性能などの相対的価値が低下すること。
脆化	: 材料がもろくなること。
損傷	: 建物の材料や部材などが破損したり、傷ついたりすること。
損耗	: 建物の材料や部材などが損傷したり、磨耗したりすること。
磨耗	: 建物の材料や部材などがすり減ること。
老朽化	: 長期間のうちに、各種の人為的、自然的原因によって建物またはその部位の性能や機能が低下すること。
朽廃	: 建物が劣化によって物理的または経済的耐用年数に達した状態になること。
初期性能	: 劣化が受ける以前の、ものの性能の水準。
劣化要因	: ものの劣化に影響を及ぼす主な諸因子。
劣化因子	: ものの劣化の原因となる因子。
劣化外力	: 外部から作用する劣化要因、またはその強さのこと。
塩害	: 海塩粒子または海水によって劣化が送信されることにより生ずる被害。
海塩粒子量	: 空気中に含まれる海水に由来する塩分量。
エフロレッセンス (白色析出物)	: コンクリート、コンクリートブロック、れんが、タイル、石材、塗り壁などの壁面に析出した白色の塩類およびその現象のこと。セメント中の石灰分の一部(硫酸塩、炭酸塩)が遊離石灰として水に溶けて表面に表われ水が蒸発して析出した塩(主成分:炭酸カルシウム)で、エフロレッセンスの流出は美観上好ましくなくコンクリートの劣化を促進させる。
さび汚れ	: 腐食した鋼材の一部が流出して、仕上材またはコンクリートの表面に赤茶色の汚れが付着している状態。
浮き	: コンクリートが浮いている状態。または仕上材が躯体から剥落した状態。

- コンクリートの剥落 : 浮いていたコンクリートが、躯体から剥がれ落ちた状態。鉄筋の露出を伴うものと、伴わないものがある。
- 仕上材の剥落 : 仕上材が剥がれ落ちた状態。
- 漏水痕跡 : 過去に漏水現象が生じた形跡、エフロレッセンスを伴うことが多い。
- ポップアウト : コンクリート内部の部分的な膨張圧によって、コンクリート表面の小部分が円錐形のくぼみ上に破壊された状態。
- コンクリートのひび割れ : 打ち込んだ時点では一体であったコンクリート部材に、その後コンクリートの許容応力度以上の応力(主として引張強度以上の応力)が作用して生じるコンクリートの巨視的、部分的な破壊現象。
ひび割れはコンクリート部材にとっては、宿命的な劣化現象であり、二次的に発生する現象劣化(例えば漏水、鉄筋腐食など)を含めすべての劣化現象と原因あるいは結果として複雑に関連することが多い。耐久性に大きな影響を与える基本的な劣化現象であるひび割れは、発生原因別(材料的性質、施工欠陥、外的要因、荷重等)に区分できる。このうち、鉄筋の発錆、外力(地震等)によるひび割れ等は進行性のひび割れ(挙動するひび割れ)に分類され、また、コンクリートの材料的な性質が原因となるひび割れに比較して、集中的である ひび割れ幅が比較的大きい 規則的あるいは典型的である などの特徴がある。鉄筋の発錆が顕著な場合や外力によるひび割れが明らかな場合には単にひび割れ部改修のみではなく根本的な改修が必要となる。
- たわみ : 鉄筋の腐食、ひび割れ、強度劣化のほか、設計、施工欠陥、外力作用、熱作用などによって大きく変形する現象。
- 塗膜の汚れ : じんあい、鉄錆、手あか、油脂等の付着、菌類、蘚苔類の繁殖がみられる状態。
- 塗膜の変色 : 塗膜表面の色の色相・彩度または明度が変化する現象のこと。
- 塗膜の退色 : 塗膜表面の色や、再度が小さくなり、あるいはさらに明度がおおきくなる現象のこと。
- 塗膜の変退色 : 「変色」と「退色」の混在。
- チョーキング : 塗膜の劣化の一種で塗膜表面が粉末状になる現象。初期のチョーキングで

は撥水硬化が劣え、更には磨耗が進み、ひび割れの広がり、目地シーリング材の劣化が始まり、雨水の浸透が生じやすくなる。

- ピンホール : 塗膜の貫通している微細な孔。
- 塗膜の磨耗 : 塗膜表面の劣化、表面への外力等により塗膜厚が減少する現象。
- 塗膜のわれ : 塗膜に裂け目ができる現象で、上塗材のわれ、主材のわれにわけられる。
 - ヘアラック 塗膜表面のごく細かいわれ（上塗材のわれ）
 - 浅割れ 塗膜表面の浅いわれ（上塗材のわれ）
 - 深われ 下塗塗膜または被塗物が見える程度の深いわれ（主材のわれ）
- 塗膜のふくれ : 塗膜が気体、液体または腐食生成物などを含んで盛り上がる現象で、上塗材のふくれ、主材のふくれに分けられる。
- 石のぬれ色 : 目地の劣化、浮き現象などの発生により、石の裏に侵入した雨水などが石の表面に現れて色ムラが生じること。
- 塗膜のはがれ : 塗膜が付着力を失って被塗物から離れる現象のこと。
- 応急処置 : 安全対策上、応急的に行われる処置のことで、点検の結果、例えば、パラペットの笠木モルタルが浮いていることを発見した場合、落下して人災が発生しないように、直ちに浮いている部分を剥ぎとることなどを指す。
- 補修 : 劣化した部材の性能、機能を実用上支障のない状態まで回復させること。
- 日常的補修 : 日常的点検で発見された軽微な劣化や不具合に対する補修のこと。
- 経済的補修 : 緊急に措置をしなければ建物の機能に著しい支障をきたす恐れがある劣化・異常を対象とする補修。建物の管理者の判断で機動的にある一定の工事費用で対応できるものを指す。
- 改修 : 劣化した建物等の性能・機能を初期の水準以上に改善すること。
- 補強 : 建物における構造部材の変形と耐力を改良し、実用上支障のない状態にすること。
- 交換 : 劣化した部材・部位の全部または部材を取り換えること。

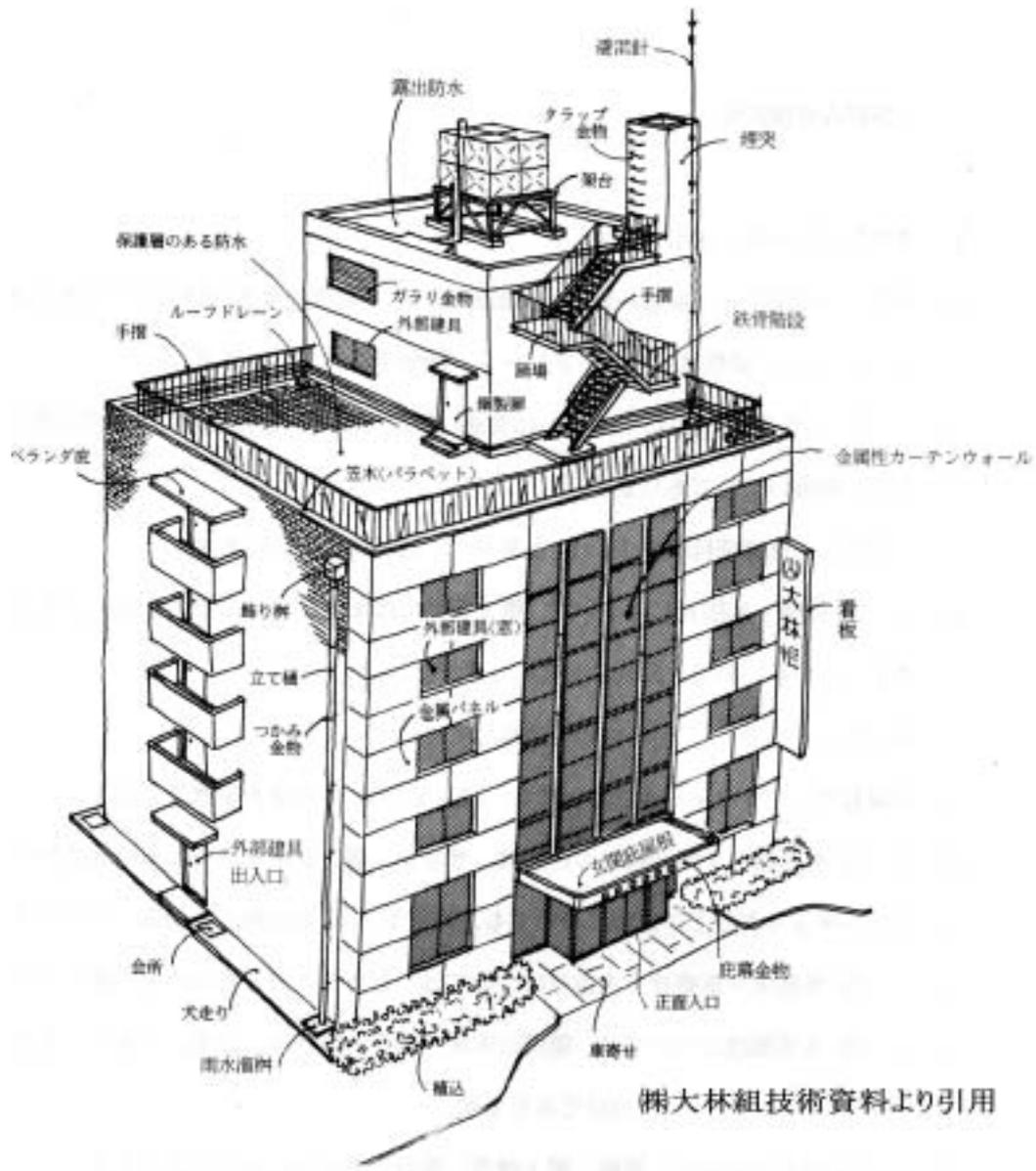


図 - 1 建物各部位の名称 (例)

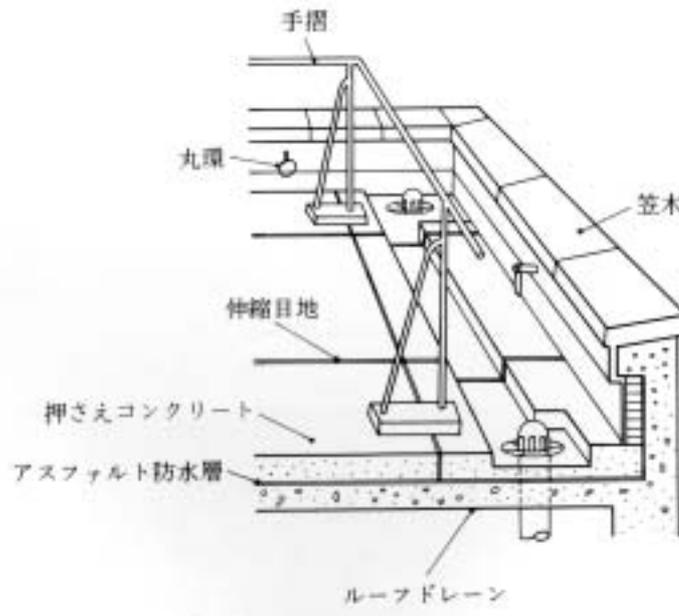
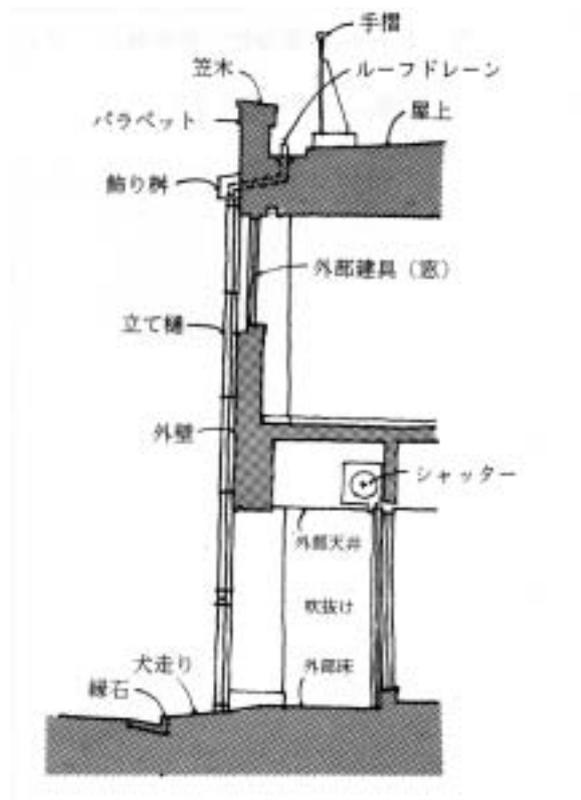


図 - 2 屋上の構成 (例)
(アスファルト防水押え仕様)



(株)大林組技術資料より引用

図 - 3 外壁廻りの構成 (例)

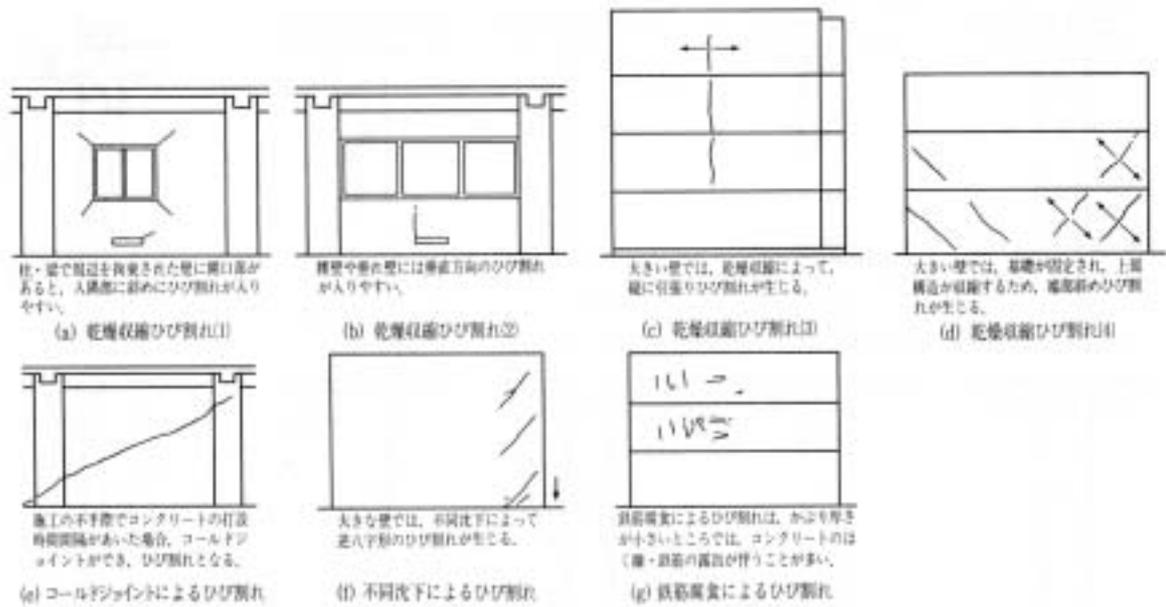


図 - 4 壁・開口部に生じるひびわれの形態と推定される原因

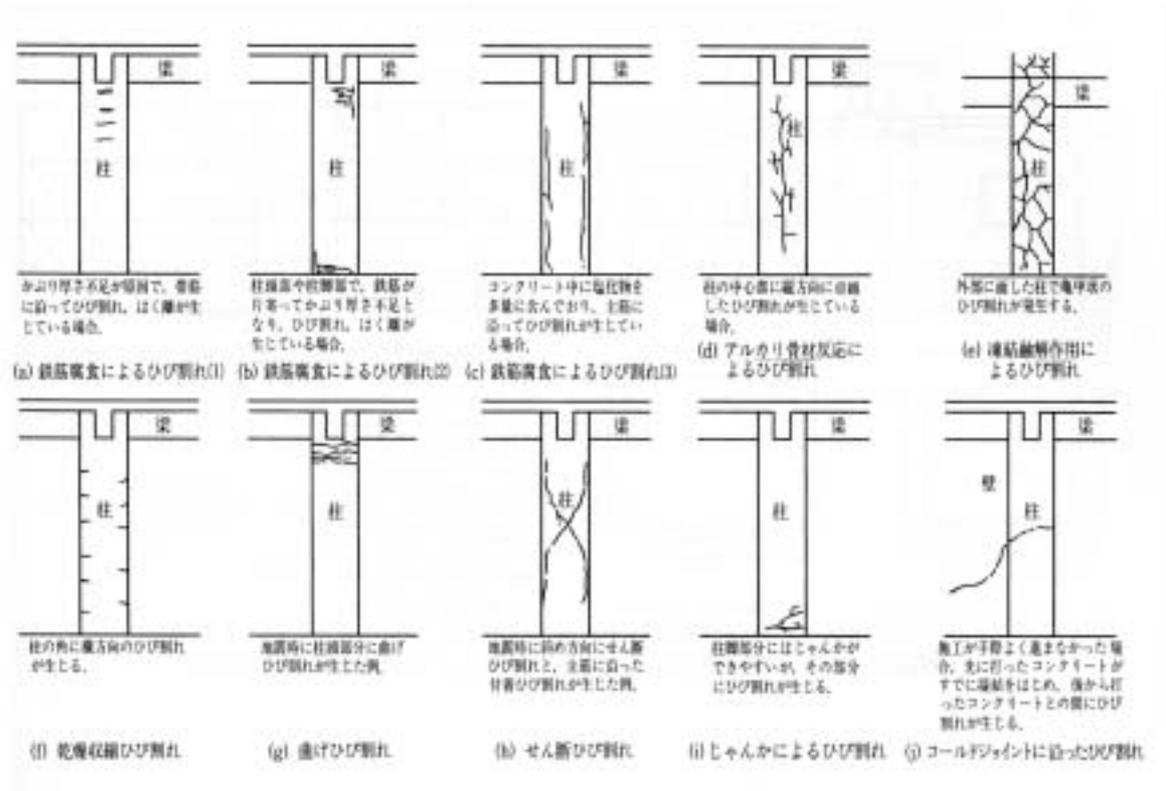


図 - 5 柱に生じるひびわれの形態と推定される原因

日本建築学会 鉄筋コンクリート造建築物の耐久性調査・診断

および補修指針(案)・同解説より引用

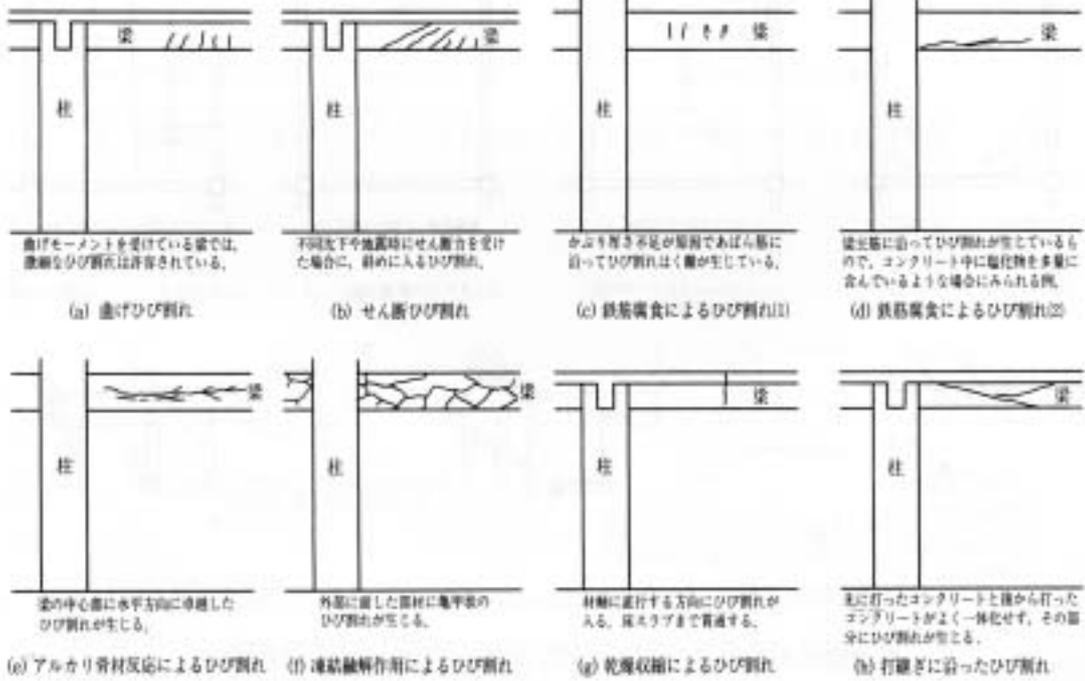


図 - 6 梁に生じるひびわれの形態と推定される原因

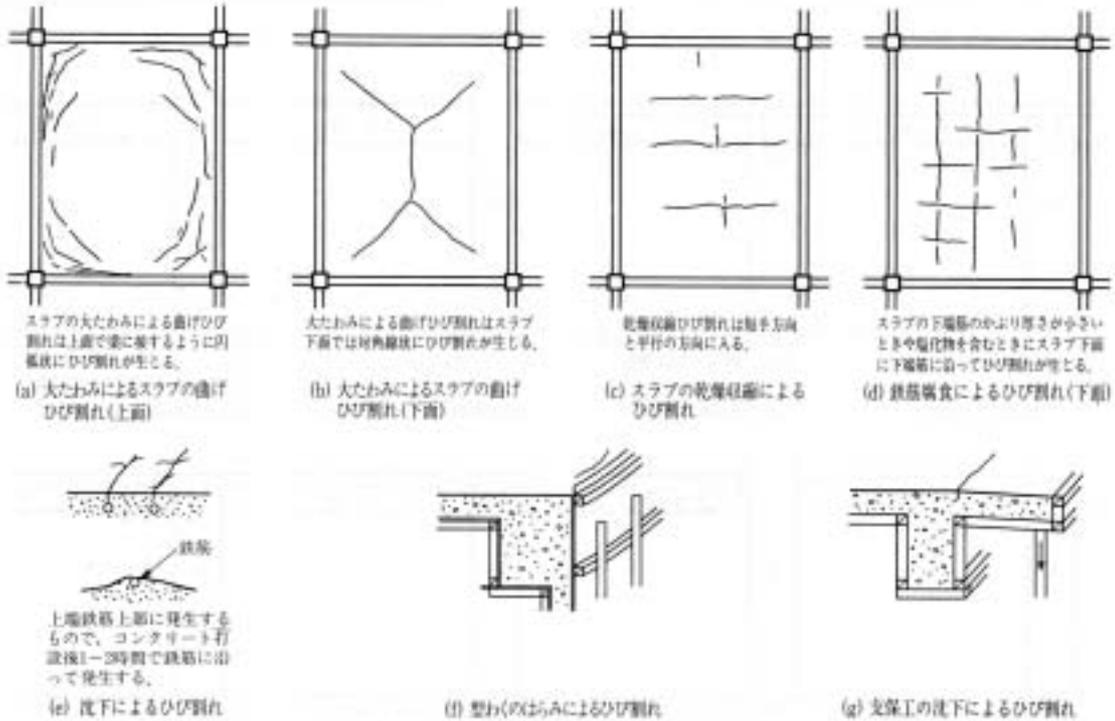


図 - 7 スラブに生じるひびわれの形態と推定される原因

日本建築学会 鉄筋コンクリート造建築物の耐久性調査・診断

および補修指針(案)・同解説より引用

添付資料 10 施設建物漏水状況シート

建物漏水状況シートの使い方

建物の漏水をそのまま放置すると居住性の悪化を招くばかりでなく、構造躯体の耐久性にも影響を与えることになる。また、現場で漏水を発見した際には、速やかに原因を調査し、的確な対策をとることが不可欠であるが、外部からの漏水経路には屋上の笠木、ルーフトレーン、樋、手摺、丸環、設備に関連するものや外壁の地下部など発生する箇所や部位はさまざまで、調査上の条件も重なって解明は容易ではない。施工担当者が直接現場を見ることができない場合も多く、発見者の記憶も薄れ知りたい情報が得られなくなってしまうことがある。そのため、「建物：漏水状況シート」は、建物内（室内側）において漏水が発生している場合に、概略の漏水状況を把握（漏水経路を推定するため）するために用い、漏水診断を実施する前の事前調査的位置付けである。

更に、外壁保全シート、屋上保全シート等を同時に活用することによって、漏水箇所や経路をより正確に推定する（漏水原因の推定が狭められる）ことができるとともに、情報を正確に伝達し追跡調査・改修工事等へのフィードバックを図ることができる。

「建物：漏水状況シート」では、最上階の天井、外壁側の内装の漏水箇所等を目視によって観察し、以下の順に問診形式でシートに記入する。

一般事項

- ・ 建物名
- ・ 漏水発見日（発生日）
- ・ 記入年月日
- ・ 記入者氏名
- ・ 漏水が発生している室、階及び所管する課室名
- ・ 漏水している室の管理区域の有無

漏水箇所

漏水箇所を記入するとともに、図示的情報として漏水状況のマッピングや写真記録を行う。

漏水発生箇所数

降雨後、漏水が発生するまでの時間差

降雨に関係なく漏水がある場合などでは、配管設備等の不具合や結露によることもあるので、本項は十分観察し記入する。

漏水量の程度

漏水が生じる条件

気象的条件（風雨）や外部環境の変化（増築等）による条件を記入する。

漏水による被害状況

詳細診断歴の有無

補修歴、改修歴の有無

漏水は人為的・変発的なものを除き、経年（物理的劣化）を第1の判定基準とすることが多く、補修後の経年から部分補修するか、全面とするかの判断を行うとき、一つの重要な目安となる。

高次診断の有無

外壁保全シート・屋上保全シートを用いても漏水の経路が特定できない場合に、高次診断（漏水経路の診断等）の実施の有無を判断する。

補修・改修の緊急性及び実施予定等

漏水している室の用途などの特殊性や所管側の応急的措置や補修・改修の実施希望、要望事項を記入する。

漏水状況図

一般的に屋上の防水層を平面の故障で捉えがちであるが、建物全体の形状や断面を念頭において、外装仕上げや躯体、防水層、防水端末の納まりなど建物全体の各所を断面で捉えて漏水原因の推定の幅を狭めることが重要である。まずは、漏水が発生している部屋の状況を立綿・断面的にスケッチし、その広がりや仕上材等の状況を記述する。更に、屋上保全シート、外壁保全シートから各シートに記入した推定漏水原因劣化症状等を追記する。

漏水状況写真

漏水状況写真では、漏水している色（無色、さび汁を伴うもの、その他）に着目して写真記録する。又、漏水が発生している周囲の状況（配管、電気設備、ケーブル、建具等）も合わせて必要数（4～5枚）撮影する。

注：漏水原因、漏水径路を見つけ出すために、建物全面を調査することは、物理的に不可能なので、外壁、屋上の各シートを活用して凸凹部、異種材料取り合い部故障の発生しやすい部位を主にかなり離れた部分まで調査することが大切である。

建物：漏水状況シート（その1）

建物名：	漏水発見日(発生日)：
記入年月日：	記入者氏名：
漏水室名： (階)	所管： 管理区域・非管理区域
漏水箇所(室内側からの調査)：	
<ul style="list-style-type: none"> ・天井から ・壁面上部から ・窓開口部廻りから ・配管等の貫通部から 	<ul style="list-style-type: none"> ・天井と壁の境目あたりから ・壁面下部から ・窓開口部の下際に集中 ・その他 ()
漏水発生箇所数： _____カ所	
降雨後、漏水開始までの時間差：	
<ul style="list-style-type: none"> ・降雨直後から ・降雨後 _____日ぐらいたってから ・雨がふらなくても漏水している 	<ul style="list-style-type: none"> ・降雨後 _____時間ぐらいたってから
漏水量の程度：	
<ul style="list-style-type: none"> ・多い ・少ない 	<ul style="list-style-type: none"> ・しみる程度
漏水が生じる条件：	
<ul style="list-style-type: none"> ・降雨量 () ・風速 () ・風向 () ・その他 () 	
漏水による被害状況：	
()	
診断歴：	
<ul style="list-style-type: none"> ・ある(年 月) ・なし ・不明 	
補修歴・改修歴：	
<ul style="list-style-type: none"> ・ある(年 月) ・なし ・不明 	
高次診断の要否	
要 (診断予定月日)	
否	
補修・改修の緊急性及び実施予定等	
()	

建物：漏水状況シート（その2）

詳細記録シート(No. _____ / _____)

部 位 (室 名)	漏 水 状 況 図 (屋上・漏水発生階の断面・平面スケッチを書き、漏水箇所を赤で記入する。)

詳細記録シート(No. _____ / _____)

状 況 (記 述)	状 況 写 真

漏水故障の発生しやすい部位等

屋上笠木廻り（ひび割れ等から防水層背面や外装仕上げモルタル背面へ雨水が浸入する。）

防水層の端末（防水立ち上がり端末等の防水シートに縮みが生じて、シートが破断し雨水が浸透する。）

電気、給排水などの設備配管の貫通部（屋上廻りの避雷針や電気配線の引込み口廻りから雨水が浸入し、避雷針配管ジョイントや照明器具取付ボックス、電気配線ボックスから漏水する。）

手摺など支柱の根元

入隅などの防水層破断部

水勾配不備の場合の水下部や屋上の排水口廻り（排水口がごみや泥等でつまり、水が溜まって冠水事故となります。又、階段踊り場の水勾配が悪く、水が溜まる箇所は水抜き穴の新設が必要となる。）

屋上の出入口廻りのシール部

外壁間口部廻りのシール部（シーリング材が硬化劣化、破断し、近接のひび割れ等から漏水する。）

外壁のコンクリートの打継ぎ廻り

外壁面のひび割れ

シーリング材の破断部（特に太陽光の当たる部位、降雨時に雨水が伝わる部位、熱伸縮する金物廻り等）

建物周囲の風圧を受ける部位（水抜き孔から逆流。風圧によりガラリや換気口から逆流。）

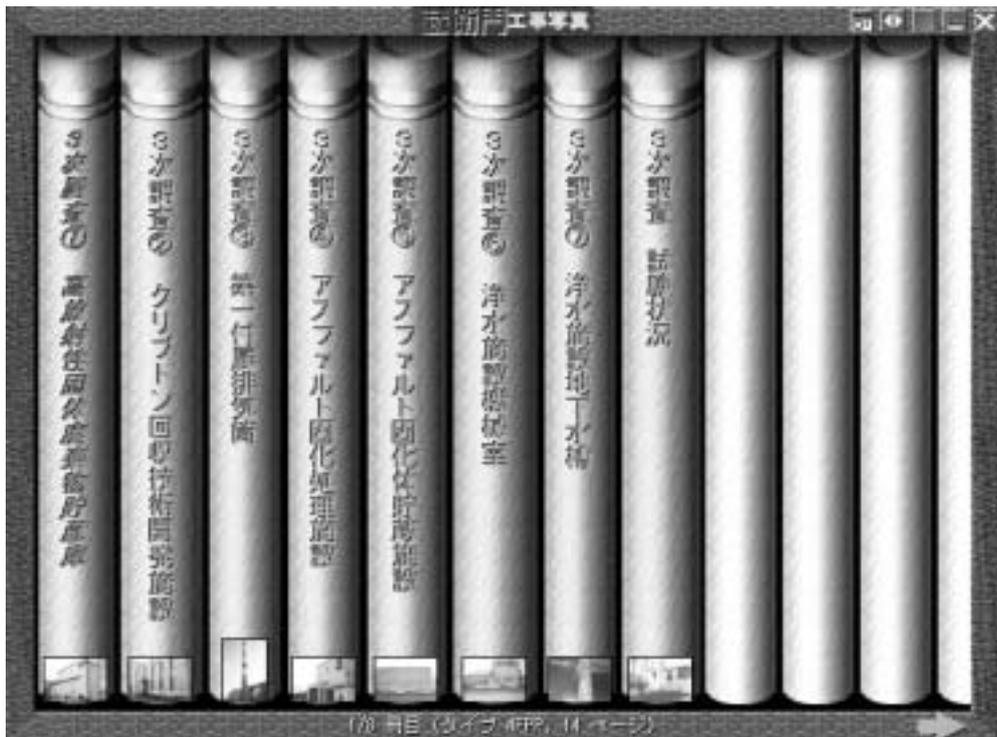
天井の漏水（漏水により水漏れしている場合はスラブのひび割れ、鉄筋露出故障部に汚水汚れやエフロレッセンスが生じている。又、ひび割れやエフロレッセンスが確認できない場合は結露が原因である場合がある。）

添付資料 11 経年変化情報データベース対応フロー

経年変化情報データベース対応フロー（実績）

作業項目		H10年度		H11年度		H12年度		H13年度		備考		
【経年変化調査写真データベース(アルバム)】		10	1	4	7	10	1	4	7	10	1	◆ 外注 ≡ 作業(Web化データ準備 課題検討など)
1	画像の取込み											【画像DB入力状況】 (1次)294枚 (2次)412枚 (3次)403枚 (4次)282枚 (5次)498枚 (6次)127枚 (7次)106枚 (8次)272枚 (9次)850枚 (計) 3244枚 (残り) 約3000枚
2	画像の補正、修正											
3	システムへの(蔵衛門)取込・文字情報入力											
【Web対応型経年変化情報データベース】												
1	再処理センター編の構築に関する作業											【Web化グラフ】約50枚 【施設建物外観写真】約75枚
2	データ追加作業 (プル燃センター、その他の施設の データ追加)											【追加・変更グラフ】約25枚 【調査・試験状況写真】約300枚
3	データベースの改良作業1 (保全対応までの改良)											

添付資料 12 施設建物経年変化調査試験状況写真集
(蔵衛門 Pro Ver . 8.0) の画面構成例



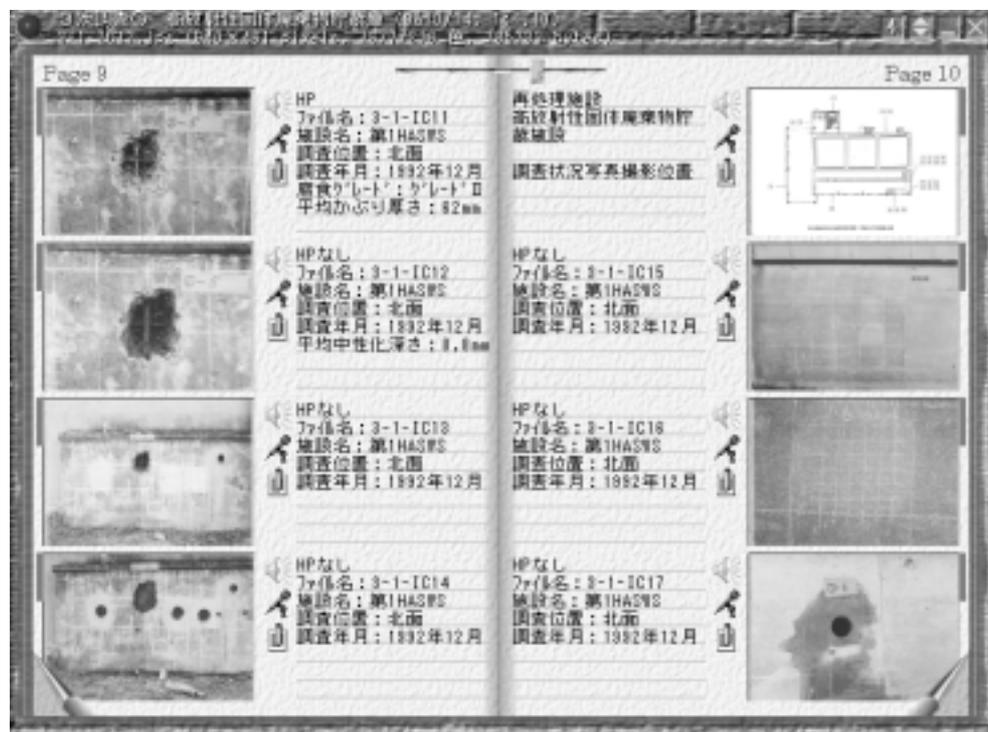
基幹画像データベース例：各次調査目次



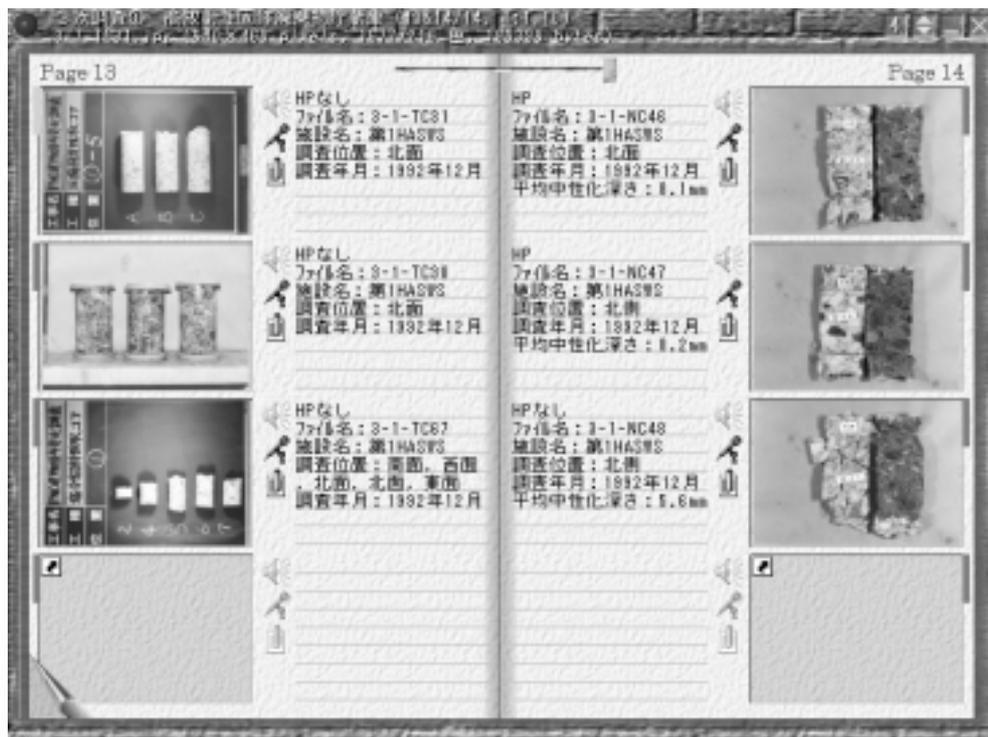
基幹画像データベース例：各次調査アルバム（表紙）



基幹画像データベース例：各次調査アルバム（目視調査記録写真）



基幹画像データベース例：各次調査アルバム（現地調査状況写真）



基幹画像データベース例：各次調査アルバム（各種試験状況写真）



基幹画像データベース例：各次調査アルバム（試験状況写真）

施設建物経年変化調査画像データベースの注釈説明

HP : Web型データベースへの取り込み状況

HP : 取込済み, HPなし : 未取込

ファイル名 :

3 - 1 - BC 01 .jpg

写真番号 (報告書写真集による)

分類

- ・ BC ... 建物状況 (グリッド写真含む)
- ・ BW ... 建物外壁
- ・ BR ... 建物屋上
- ・ IC ... 調査状況
- ・ NC ... 中性化状況
- ・ NS ... コアによる中性化
- ・ TC ... 試験状況
- ・ IP ... 塗膜状況
- ・ IC ... コンクリート調査状況
- ・ RP ... 塗膜補修
- ・ RC ... コンクリート補修

建物番号 (経年変化調査一覧表による)

3次調査の場合 : 1 ... 高放射性固体廃棄物貯蔵庫

2 ... クリプトン回収技術開発施設

3 ... 第一付属排気筒

4 ... アスファルト固化処理施設

5 ... アスファルト固化体貯蔵施設

6 ... 浄水施設機械室

7 ... 浄水施設地下水槽

各次調査

施設名 : 施設略称を示す

調査位置 : 撮影方位、採取位置または GL 高さを示す

調査年月 : 現地調査実施年月を示す

平均中性化深さ : 平均中性化深さを示す (中性化写真のみ)

平均かぶり厚さ, 腐食グレード : 平均かぶり厚さ及び腐食グレードを示す (鉄筋腐食写真のみ)

試験状況 : 試験状況名を示す (試験状況写真のみ)

調査機材名 : 調査機材名を示す (調査機材写真のみ)

オリジナル解像度 : オリジナル写真データの画像解像度を示す

添付資料 13 Web 対応型施設建物経年変化情報データベース



施設建物経年変化情報データベース：トップページ



施設建物経年変化情報の概要



施設経年変化調査実施状況



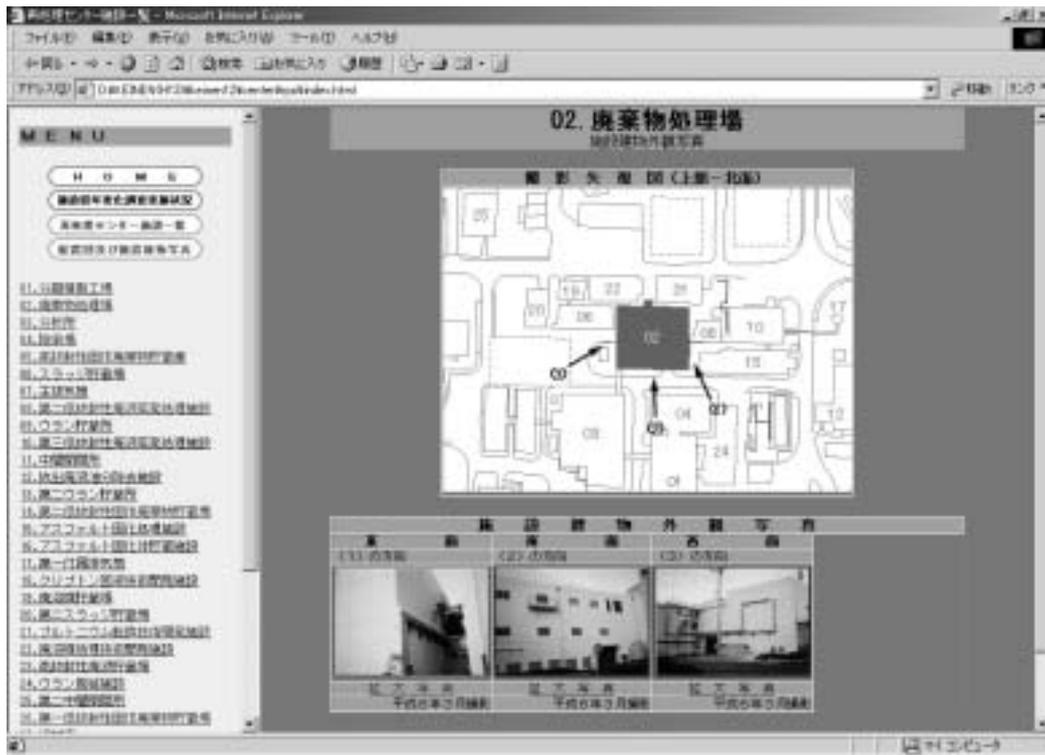
再処理センター施設配置図及び施設建物写真（1）



再処理センター施設配置図及び施設建物写真（2）



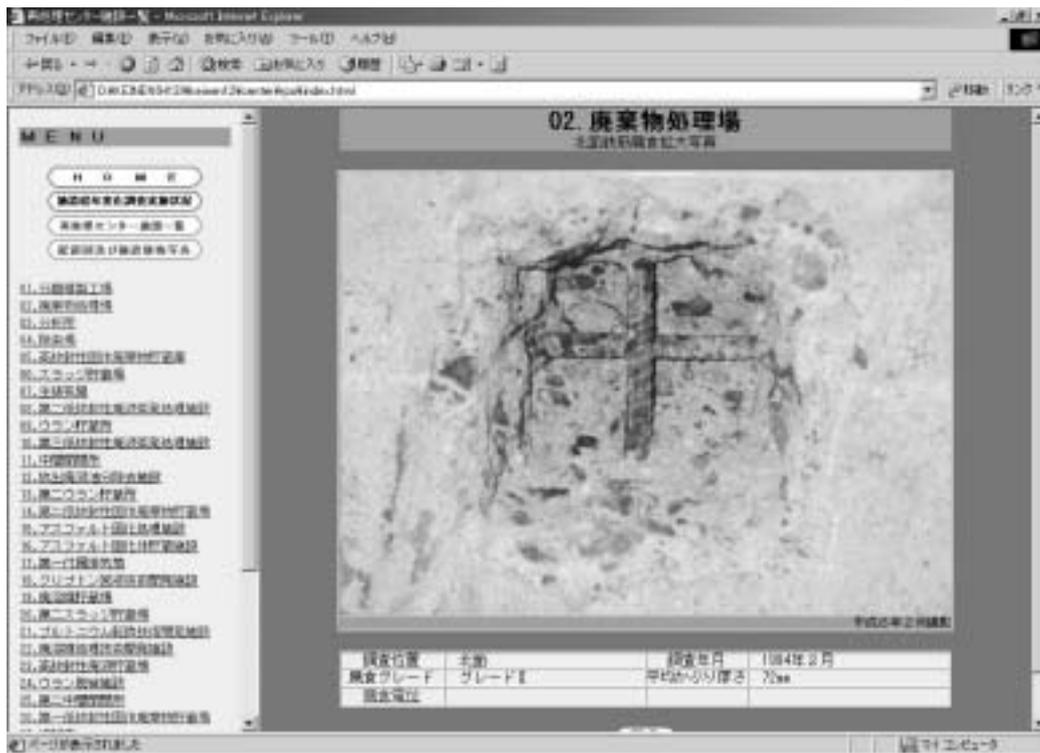
施設建物プロフィール（廃棄物処理場）



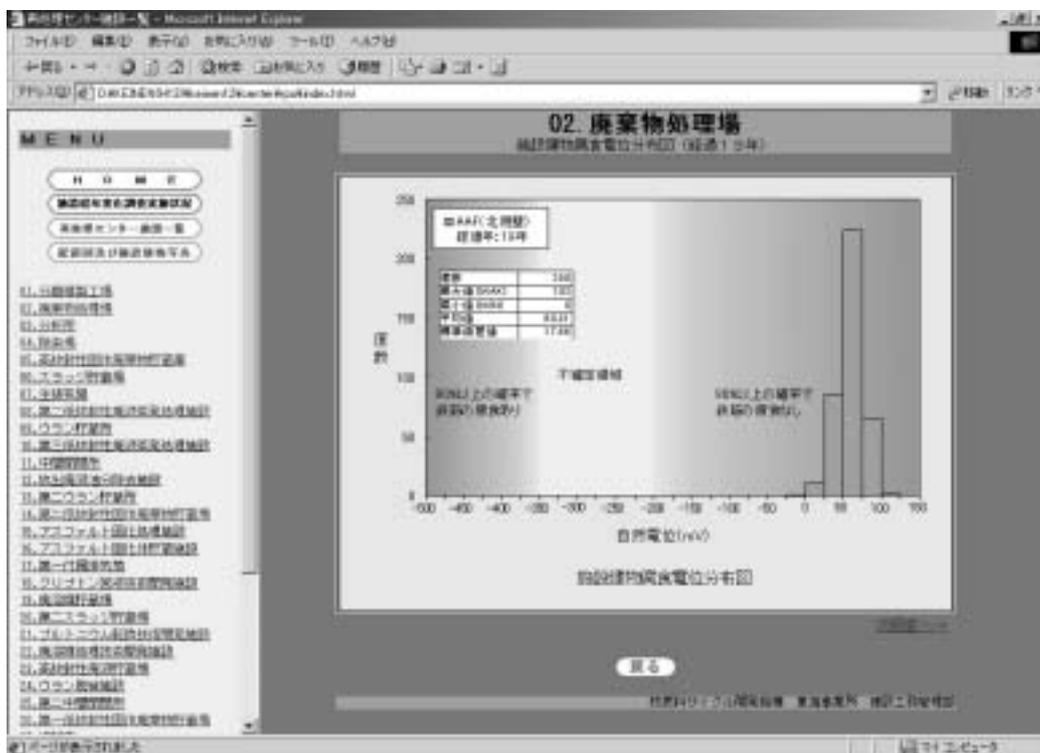
施設建物外観写真



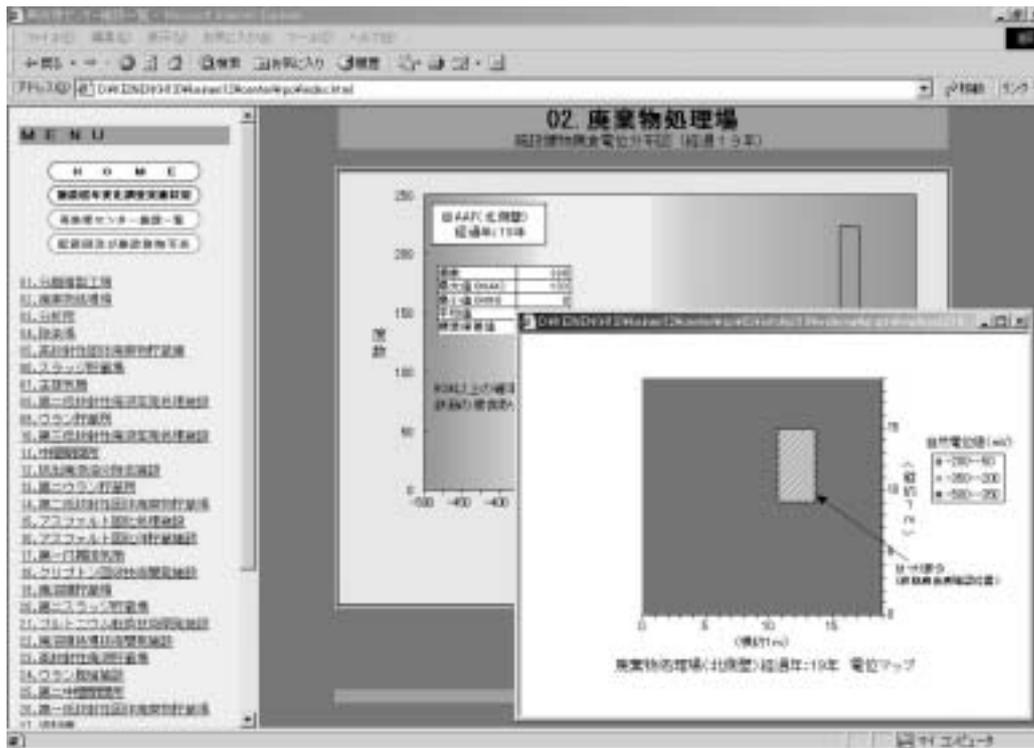
外観写真拡大画面



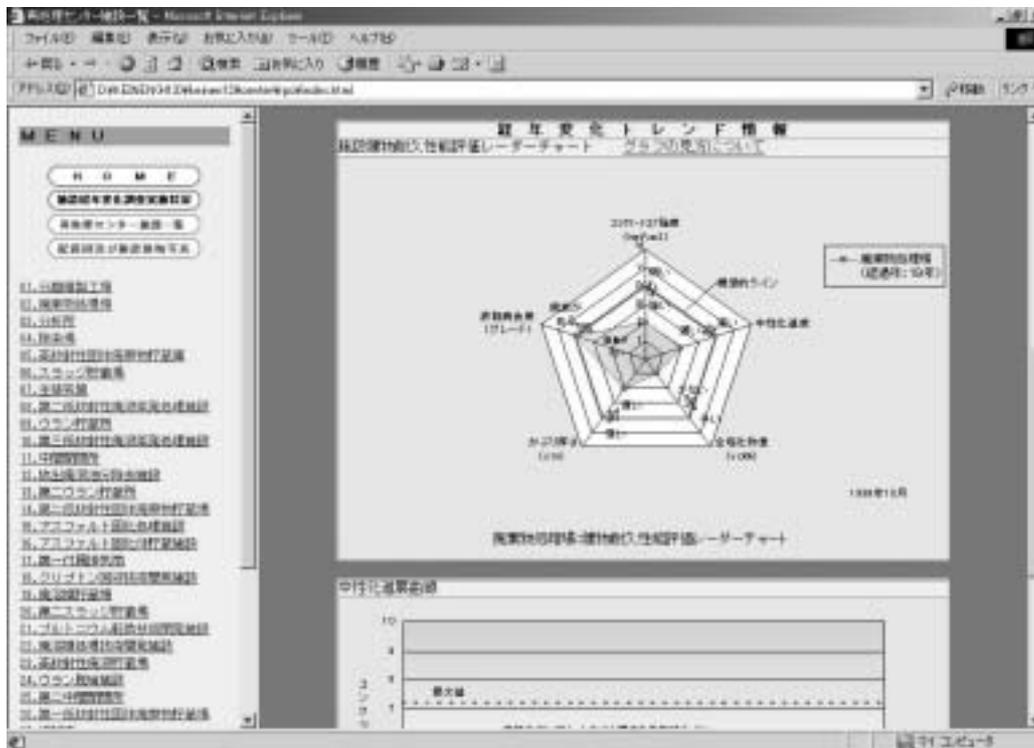
トレンド写真拡大画面



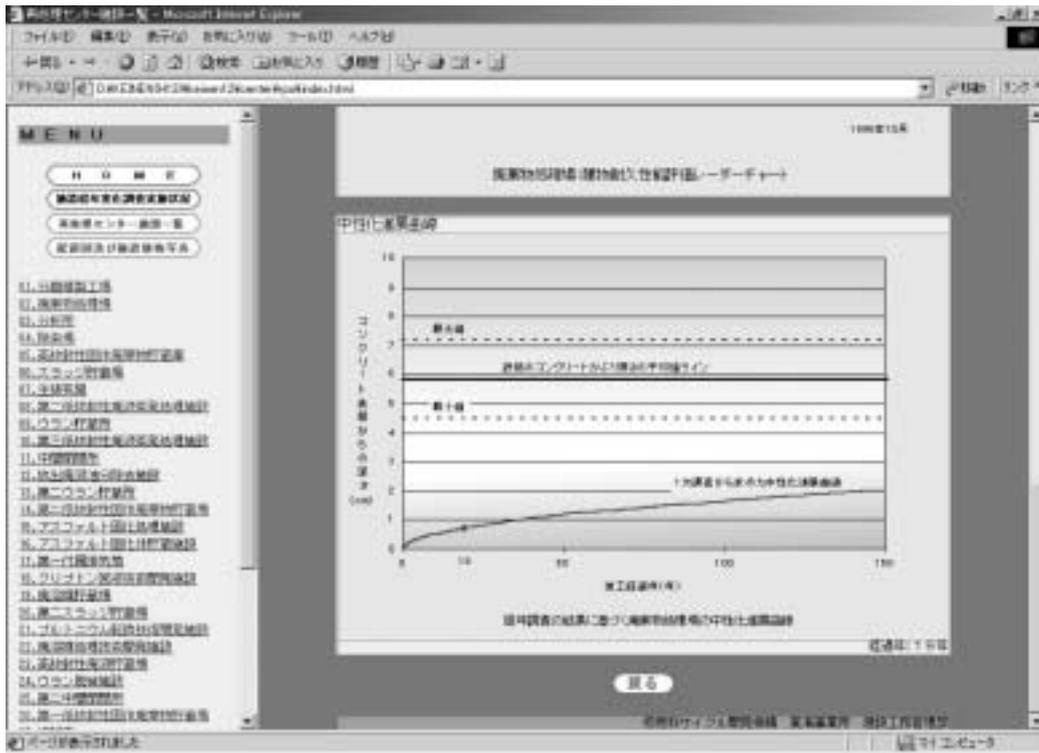
施設建物腐食電位ヒストグラム



電位マップの表示



経年変化トレンド情報（2）耐久性性能レーダーチャート



中性化進展曲線



東海事業所施設配置図拡大画面



配置図拡大画面



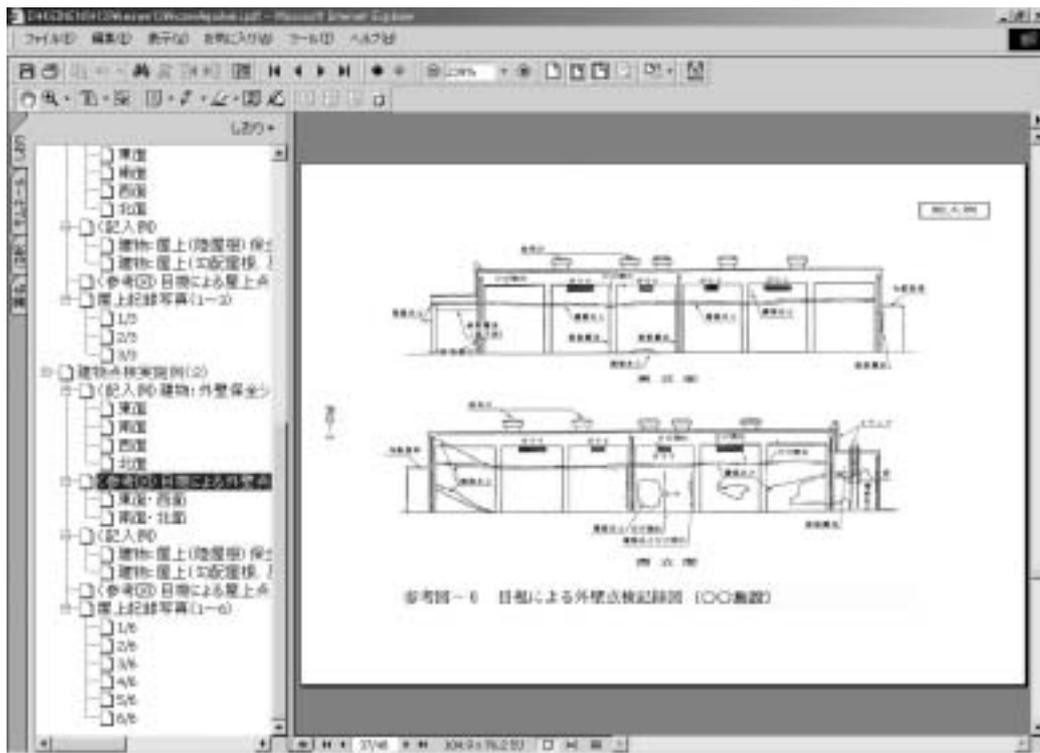
中長期保全計画策定のための日常的点検手法



(1) 建物(外壁)保全シートの作成



建物各部位の名称(例)



目視による外壁点検記録図



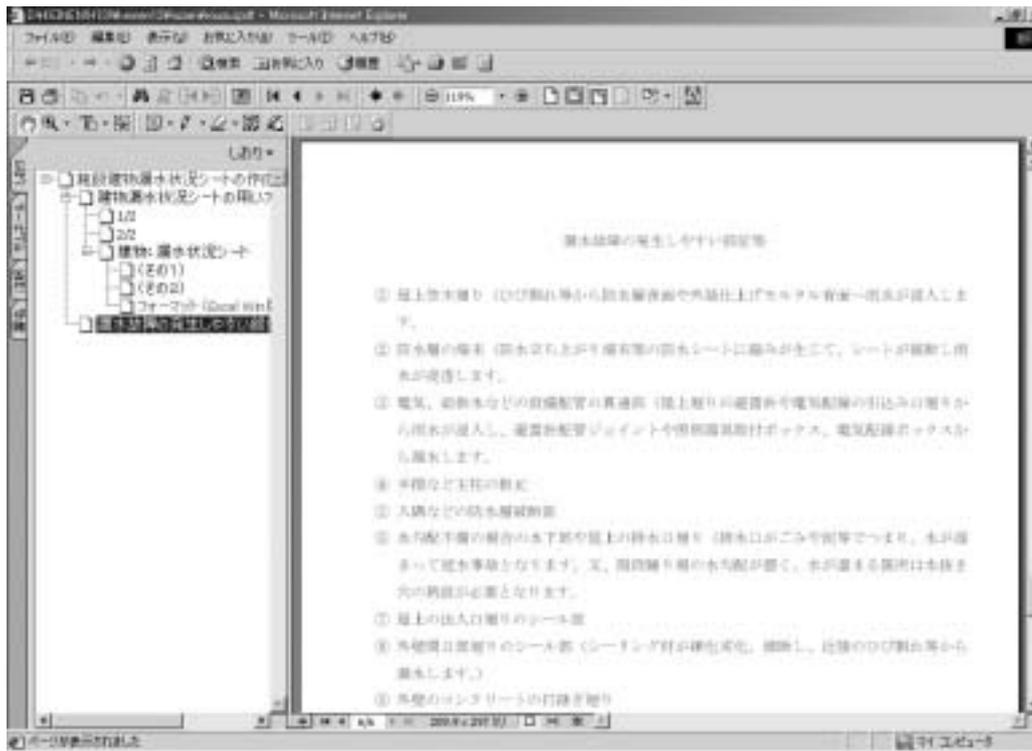
屋上記録写真



(2) 施設建物漏水状況シートを作成



建物：漏水状況シート



漏水故障の発生しやすい部位等