

本資料は 年 月 日付けで登録区分、
変更する。 2001. 6. 6

[技術情報室]

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)

1992年4月

動力炉・核燃料開発事業団
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大字村松4番地49
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)
2001

複
写

は複
管理
。



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)

里子博幸, 山本 勝
篠原孝治, 照井新之助
瓜生 満

要 旨

本報告書は、経年変化対応策の一環として、建設工務管理室において実施した経年変化評価手法等の調査・検討の結果をまとめたものである。

平成3年度においては、経年変化対応策安全研究総合計画の策定、建物劣化診断優先度判定法の開発、経年変化評価手法の検討を目的とした予備調査の実施等、建物を重点に調査・検討を進めてきた。

予備調査の内容としては、建物の維持管理に必要な基本的条件を明確に記録・保存するための構造等仕様リストの作成及び建物の管理者が特別な装置を使用せずに建物の外観の異常箇所を目視で日常的に点検できる劣化診断チェックリストの作成を行うとともに、建物劣化診断優先度判定法により選考された一部の建物について劣化状況概要調査（内部実施）を実施した。また、既に一般産業界で開発されている劣化診断技術及び評価手法等についても調査を行い、複数の劣化診断技術により選考された再処理工場等の建物について調査を実施した。

調査の結果、一部の建物を除き経年に伴う劣化が進行していることを確認するとともに、各種劣化診断技術の有効性を把握した。

目 次

1. はじめに	1
1.1 経 緯	1
1.2 基本方針	1
2. 経年変化対応策安全研究総合計画の策定	3
2.1 建 物 編	3
2.2 ユーティリティ施設編	3
2.2.1 非常用発電施設の寿命診断	3
2.2.2 屋外受変電設備の寿命診断	3
2.2.3 高圧ケーブルの寿命診断	3
2.2.4 回転機器の寿命診断	4
3. 建物劣化診断優先度判定法の開発	7
4. 建物経年変化評価手法の検討	14
4.1 予備調査	14
4.1.1 構造等仕様リストの作成	14
4.1.2 選考された施設の情報収集	14
4.1.3 劣化診断チェックリストの作成	14
4.2 劣化状況概要調査	16
4.2.1 調査対象建物	16
4.2.2 調査結果	16
4.2.3 考 察	16
4.3 既存の経年変化評価手法の調査	17
4.4 調査方法の検討	17
5. 調査・試験の実施	38
5.1 調査項目及び方法	38
5.1.1 躯体強度の測定	38
5.1.2 コンクリートの中酸化深さの測定	40

5.1.3	コンクリートの透気性試験	40
5.1.4	コンクリート中の塩分量の測定	40
5.1.5	鉄筋の腐食状況調査	41
5.1.6	塗膜の健全性調査	43
5.1.7	マルチスペクトル法による表面劣化状況調査	43
5.2	調査結果	45
5.2.1	各調査項目の結果	45
5.2.2	各調査結果に対する考察	59
6.	今後の検討項目	63
7.	まとめ	66
8.	あとがき	67
(参考文献)	68
付録1	経年変化対応策安全研究総合計画	69
付録2	データベース用施設選考基準リスト	77
付録3	劣化状況概要調査	96
付録4	文献等による調査項目の選定	105
付録5	原子力施設で実施された劣化診断の実績調査	123

表 一 覧

表3.1	施設選考基準リスト(例)	8
表4.1	構造等仕様リスト(例)	18
表4.2	劣化診断チェックリスト(1)	19
表4.3	劣化診断チェックリスト(2)	20
表4.4	点検の方法	21
表4.5	劣化症状の定義	21
表4.6	劣化症状調査票	22
表4.7	劣化診断調査結果集計表	23
表4.8	症状別劣化度の区分	24
表4.9	劣化項目と調査項目(1次調査/2次調査)の関係:コンクリート強度劣化	25
表4.10	劣化項目と調査項目(1次調査/2次調査)の関係:コンクリート中性化	26
表4.11	劣化項目と調査項目(1次調査/2次調査)の関係:鉄筋腐食	27
表4.12	劣化項目と調査項目(1次調査/2次調査)の関係:ひび割れ	28
表4.13	劣化項目と調査項目(1次調査/2次調査)の関係:漏水	29
表4.14	劣化項目と調査項目(1次調査/2次調査)の関係:表面劣化	30
表4.15	劣化項目と調査項目(1次調査/2次調査)の関係:塗装劣化	31
表4.16	劣化項目と調査項目(1次調査/2次調査)の関係:大たわみ	32
表4.17	劣化項目と調査項目(1次調査/2次調査)の関係:シーリング材の劣化	33
表4.18	劣化項目と調査項目(1次調査/2次調査)の関係:凍害	34
表4.19	劣化項目と調査項目(1次調査/2次調査)の関係:塩害	35
表5.1	調査対象施設の概要	38
表5.2	腐食状況の段階表示	41
表5.3	鉄筋の自然電位と腐食の確率	42

表5.4	鉄筋の腐食評価基準（メーカー評価基準）	4 2
表5.5	調査対象施設と調査項目の関係	4 4
表5.6	コア圧縮強度試験結果	4 5
表5.7	各調査対象施設の圧縮強度の推定式（シュミットハンマー法）	4 6
表5.8	シュミットハンマー法による強度推定結果	4 6
表5.9	既往の推定式（シュミットハンマー法）による圧縮強度の推定結果	5 0
表5.10	各推定式（シュミットハンマー法）の適合性	5 1
表5.11	超音波法による強度推定結果	5 2
表5.12	シュミットハンマー法及び超音波併用法の推定式の適合性	5 3
表5.13	中性化深さ測定結果	5 4
表5.14	透気性測定結果	5 5
表5.15	コンクリート中の塩分量試験結果	5 6
表5.16	鉄筋の腐食度及び被り厚（実測／推定）結果	5 7
表5.17	塗膜の健全性調査結果	5 8
表5.18	マルチスペクトル法による調査結果	5 8
表5.19	調査対象施設の各調査結果	6 0

図 一 覧

図3.1	建物劣化診断優先度判定フロー	9
図4.1	非破壊的手法によるコンクリート構築物の診断例	36
図4.2	コンクリート構築物から採取したコアによる耐久性診断の手法及び主な分析機器	37
図5.1	推定強度の分布（再処理施設 ウラン貯蔵所）	47
図5.2	推定強度の分布（プルトニウム燃料工場 第3開発室）	48
図5.3	推定強度の分布（プルトニウム燃料工場 第1開発室）	49
図5.4	コア圧縮強度と推定強度の関係（シュミットハンマー法）	51
図5.5	コア圧縮強度と推定強度の関係（超音波法）	53
図6.1	建物の経年変化及び寿命評価体系の概念	64
図6.2	建物の維持管理点検フロー	65

付 図 一 覧

付図4.1	コンクリートの強度劣化の原因分析図	110
付図4.2	コンクリートの中性化の特性要因図	111
付図4.3	鉄筋の発錆の特性要因図	112
付図4.4	コンクリートのひび割れの特性要因図	113
付図4.5	表面劣化の原因分析図	114
付図4.6	大たわみの原因分析図	115
付図4.7	シーリング材の故障の特性要因図	116
付図4.8	凍害の発生と防止に関する事項	117
付図4.9	塩害への影響度関連特性要因図	118
付図4.10	主要な劣化要因と劣化現象の関係	119
付図4.11	標準的劣化プロセス	120
付図4.12	コンクリート中に塩素イオンを含む場合の鉄筋コンクリートの劣化プロセス	121

1. はじめに

1.1 経緯

国内外において、原子力発電所の老朽化診断システムの開発、原子炉の余寿命診断技術開発・研究等、原子力施設の経年変化に対する取り組みが活発化してきており、事業団においても平成2年度の安全総点検において建家を中心とした「施設・設備の経年変化対応策」への取り組みが重点項目として掲げられている。また平成3年度からは、施設・設備の安全性、信頼性の向上及び既存施設の有効利用の観点から、経年変化に対する取り組みの一層の充実を図るため、品質保証委員会の下に「経年変化対応策検討分科会」が設置され、経年変化対応策について全社的観点から検討を進めることとなった。

その活動方針として以下の項目があげられている。

- ① 検討期間は3年を目処とする
- ② 事故・故障発生時に影響の大きい原子力施設を重点に検討を進め、原子力施設以外も含める。
- ③ 各事業所共通的な施設・設備について優先的に検討することとし、各施設独自のものについては個別に検討する。
- ④ 経年変化対応の充実化を重点に進めるが、設備等の長寿命化の観点から、圧力容器、しゃへい体等の重要機器等の余寿命診断についても基本事項を整理する。

建設工務管理室においても、同方針に沿って建物、ユーティリティ施設を対象として経年変化対応策安全研究を進めることとした。

1.2 基本方針

経年変化対応策安全研究を進めるに当たって、施設・設備としての経年変化対応を含めた経済性、安全性、信頼性などの効率化を検討すべきである。その意味で、施設・設備の経年変化対応に係る諸費用（設計費、建設費、管理費、修繕費、解体費など）のトータルコストを求めてコストプランニングを算出し、経済性の追求を進めなければならない。しかし、経済性をトータル的に評価するには、建設費等の初期費用のみでなく、維持保全費や運用管理に対する仮定、陳腐化率などを考慮しなければならず、実際のところそこまでの検討がなされていないのが現状である。

今後、施設・設備のライフサイクルコストを検討する上で、インシヤルコスト（設計・建設費など）とランニングコスト（保全費、管理費など）に区分けし、まずはランニングコス

トの節減を念頭においた経年変化に対する体系的な調査、評価手法等に開発、評価基準を講ずることにより、効果的な運用によって修繕費の減少、耐用寿命の延伸による保全費の低減が図れ、施設・設備に要求される長期にわたる信頼性、安全性が確保され、維持管理面における経済性に相当の効果が期待できる。

建設工務管理室において進める経年変化対応策安全研究は、建物とユーティリティ施設を対象とし、建物については、重点施設建物に対する試験調査を実施し、平成4年度で経年変化評価手法、評価基準を完成させ、平成5年度からは、平成4年度までに確認した手法・基準を用いて順次、調査試験を実施し各種データの蓄積を図っていく。また、急所をとらえた経済的かつ信頼性の高い診断システムを構築するため、シミュレーション及びエキスパートシステムの導入等検討を進める。ユーティリティ施設については、非常用発電設備、屋外受変電設備、高圧ケーブル及び回転機器を対象に寿命診断等を実施し、平成4年度までに評価を行い、以降データ等の蓄積を図っていく。

2. 経年変化対応策安全研究総合計画の策定

総合計画を策定するに当たっては、経年による劣化が問題となっている案件や、診断技術の動向・調査などを整理し、平成5年度までのスケジュールをたてた。(付録1参照)以下、概略を示す。

2.1 建物編

平成3年度では、対象施設選考基準により施設を選考する。経年変化評価手法の検討として予備調査(構造仕様リストの作成、劣化状況調査、既存の経年変化評価手法の調査など)を行い、調査項目の選定、調査方法の検討後、評価計画書を作成し、事業所各施設建物の1次調査及び2次調査を行う。さらに経年変化評価基準の検討を始める。

平成4年度では、3年度に引き続いて、評価基準の検討を進め、データベースの検討及び経年変化評価手法のシミュレーションの検討を始める。必要に応じて、予備調査、調査項目の選定、調査方法の検討後、3次以降の調査を行い、必要なデータをとる。また、各施設に対する評価及び補強・補修計画を立案実施し、総合評価を行い、経年変化対応策の体系を整える。

平成5年度では、4年度に引き続いて経年変化評価手法のシミュレーションの検討を進め、評価基準のデータベース化を始める。

2.2 ユーティリティ施設編

2.2.1 非常用発電設備の寿命診断

平成3年度では、既存の診断技術を収集するための予備調査を行い、調査項目・方法を検討し、調査・試験を実施するための許認可事項の検討を始める。

平成4年度では、許認可事項の検討後、評価計画を作成し、調査・試験を行い診断結果をまとめる。

2.2.2 屋外受変電設備の寿命診断

平成3年度では、対象施設の選考を行い、経年変化評価手法の検討(予備調査、調査項目の検討、調査方法の検討、調査の実施)を行う。

平成4年度では引続き、経年変化評価手法の検討を進め、評価計画書を作成し各設備の寿命診断を行い、診断結果をまとめる。

2.2.3 高圧ケーブルの寿命診断

昨年度に引続き、劣化部の調査を行い、年度ごとに診断結果をまとめる。

2.2.4 回転機器の寿命診断

平成3年度では、対象設備の選定、装置納入後、入力データを打ち込み、設備診断を始める。

平成4年度では、データ採取のための設備診断を引続き行い、診断結果をまとめる。

経年変化対応総合計画スケジュール (1/2)

H3. 9. 17 Rev.1

項目	平成3年度												平成4年度												平成5年度												平成6年度						
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7			
建物																																											
1. 対象施設選考基準の選考	[Bar]												[Bar]																														
2. 経年変化評価手法の検討																																											
(1) 予備調査	[Bar]												[Bar]																														
(2) 調査項目の選定	[Bar]												[Bar]																														
(3) 調査方法の検討	[Bar]												[Bar]																														
(4) 調査・試験の実施	[Bar]												[Bar]																														
(5) シミュレーションの検討	[Bar]												[Bar]												[Bar]												[Bar]						
3. 評価計画書の作成	[Bar]																																										
4. 経年変化評価基準の検討																																											
(1) 評価基準書の作成	[Bar]												[Bar]												[Bar]												[Bar]						
(2) データベースの検討	[Bar]												[Bar]												[Bar]												[Bar]						
(3) データベース化	[Bar]												[Bar]												[Bar]												[Bar]						
5. 各施設に対する評価及び補修計画策定																																											
(1) 評価	[Bar]												[Bar]												[Bar]												[Bar]						
(2) 補強・補修計画	[Bar]												[Bar]												[Bar]												[Bar]						
6. 総合評価	[Bar]												[Bar]												[Bar]												[Bar]						
7. 報告書	[Bar]												[Bar]												[Bar]												[Bar]						

注) 白ヌキは進捗状況によって追加検討・追加作業もあり得ることを示す。

3. 建物劣化診断優先度判定法の開発

建物は、経年に伴い劣化が始まり、それをそのままの状態に放置した場合、さらに劣化が進行しコンクリートの劣化や塗膜の剥落などによって、建物の耐震性、防水性などの機能を低下させ、人や設備などに予期せぬ損傷を与える恐れがある。そのため、定期的な点検等を行い、劣化現象を早期に発見し、建物としての機能を維持させるための計画的な対策を講ずる必要がある。

現状では、このような経年変化に対する体系的な調査、評価手法、評価基準がないため、至急対応し改善する必要がある。

東海事業所内施設建物は200棟近くあり、核燃料施設（再処理、加工、使用、RI）、管理施設及び一般構築物とさまざまな用途に供している。

建物の補修は、劣化がかなり進行した時点で行われるのが一般的であるが、初期劣化時に適切な補修を行うことにより、相当な経費節減が期待でき効率的な予算運営ができるだけでなく建物の耐久性向上につながり、ひいては施設全体の安全性、信頼性の向上にもつながる。そこで、施設の特異性（耐震重要度分類、放射性物質のレベル、等）を考慮した重点対象施設を選定する、建物劣化診断優先度法を開発した。

同判定法により、効率的な劣化診断を行うことができ、劣化診断に係る諸費用の削減が期待できる。さらに統一された基準に基づく評価がなされるため、重要施設全体のQAの向上が期待でき、ひいてはPA上も有効である。

また、老朽化した施設建物を放置しておくと、職場環境上の安全に影響を与えるが同判定法の開発によって早期劣化の発見も期待できる。

同判定法は、採点法（加算法）としており、優先度を点数によって判断できるため、専門的知識や経験がなくても、若干の訓練により適切な劣化診断時期を把握することができる。

さらに、全施設の状態把握のリストアップ等を可能とするデータベースを構築するために、施設選考基準リストとして保管管理する。（付録2参照）施設選考基準リストの例を表3.1に示す。

表 3.1 施設選考基準リスト (例)

(1/18)

項目 施設名	施設区分	竣工後経過 期間 (竣工年)	今後の運用 予定期間	種 類 (使用用途)	放射性物質の 取 扱 い	耐震重要度 分 類	財 産 上 の 重要度	総 合 評 価
分離精製工場	再処理施設	16年 (1975. 1)	10年以上	再処理設備 本体	管理区域	A 類	重 要	AA
採 点	20	16	10	10	10	10	20	96点
分析所	再処理施設	17年 (1974. 1)	10年以上	その他 附属施設	管理区域	B 類	重 要	AA
採 点	20	16	10	8	10	8	20	92点
廃棄物処理場	再処理施設	16年 (1975. 1)	10年以上	放射性廃棄物 の廃棄施設	管理区域	B 類	重 要	AA
採 点	20	16	10	10	10	8	20	94点
除染場	再処理施設	18年 (1973. 4)	10年以上	放射性廃棄物 の廃棄施設	管理区域	C 類	重 要	AA
採 点	20	16	10	10	10	6	20	92点
ウラン貯蔵所	再処理施設	17年 (1974. 12)	10年以上	製品貯蔵施設	管理区域	C 類	重 要	AA
採 点	20	16	10	10	10	6	20	92点
第二ウラン貯蔵所	再処理施設	12年 (1979. 3)	10年以上	製品貯蔵施設	管理区域	C 類	重 要	AA
採 点	20	14	10	10	10	6	20	90点
高放射性固体廃棄物貯蔵庫	再処理施設	14年(1972. 8) 上家1977. 4)	10年以上	放射性廃棄物 の廃棄施設	管理区域	A 類	重 要	AA
採 点	20	14	10	10	10	10	20	94点
第二高放射性固体廃棄物貯蔵場	再処理施設	1年 (1989. 12)	10年以上	放射性廃棄物 の廃棄施設	管理区域	A 類	重 要	A
採 点	20	0	10	10	10	10	20	80点

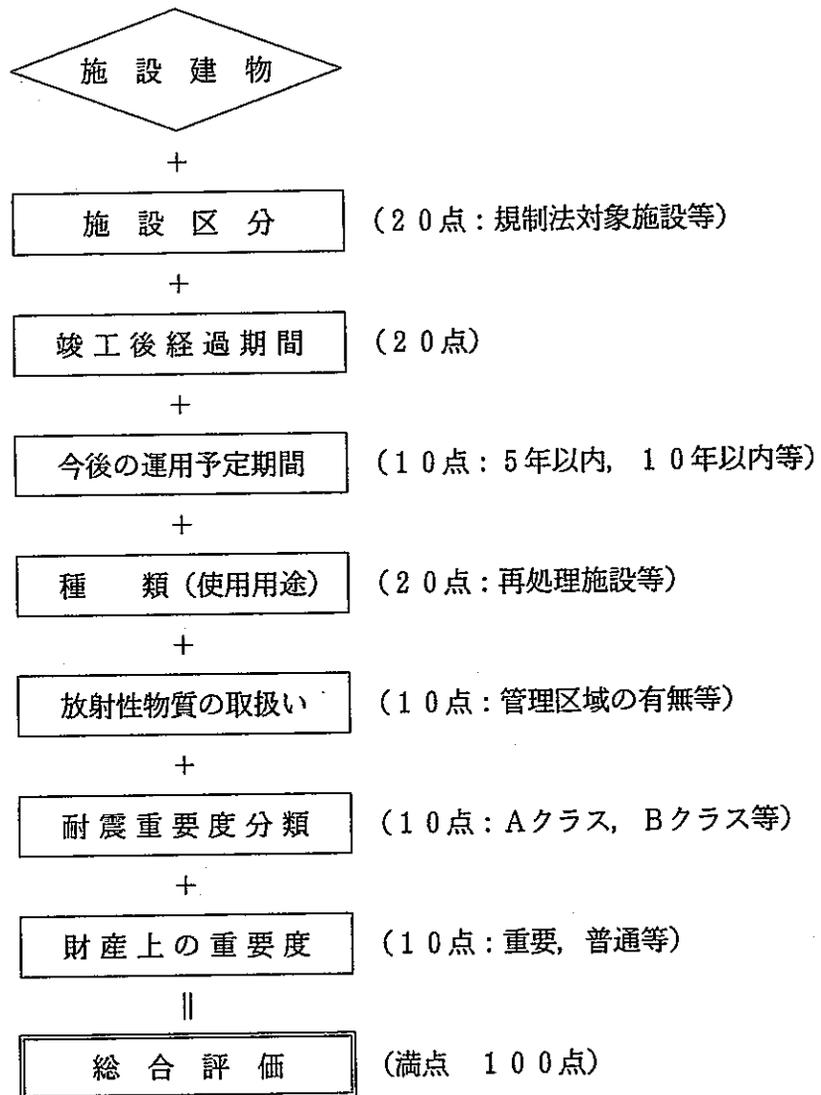


図3.1 建物劣化診断優先度判定フロー

建物劣化診断優先度判定法の採点方法は、以下に示す項目ごとの採点基準により対象とする施設をリストアップし、さらに総合評価等を行い、重点対象施設を選定する。

【施設区分】	満点 20点
(1) 原子炉等規制法の対象施設または申請している施設	
① 再処理施設	20点
② 使用施設	15点
(2) ユーティリティ施設（浄水、蒸気、電気等）	
① 浄水関連	10点
② 蒸気関連	10点
③ 電気関連	10点
(3) 試験施設	5点
(4) その他（居室、倉庫等）	5点
【竣工後経過期間】（1991.6現在）～越え～以内	満点 20点
(1) 0年～ 5年	0点
(2) 5年～ 7年	5点
(3) 7年～ 9年	10点
(4) 9年～12年	12点
(5) 12年～15年	14点
(6) 15年～20年	16点
(7) 20年以上	20点

【今後の運用予定期間】	満点 10点
(1) 5年以内に更新または処分する施設	0点
(2) 10年以内に更新または処分する施設	5点
(3) 10年以上運用する施設	10点
【種類（使用用途）】	満点 10点
(1) 再処理関連施設	
① 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設	10点
② 再処理設備本体 （せん断処理, 溶解, 分離, 精製, 脱硝, 酸及び溶媒回収）	10点
③ 製品貯蔵施設	10点
④ 放射性廃棄物の廃棄施設	10点
⑤ その他再処理設備の附属施設	
I 動力装置及び非常用動力装置を収納している施設	10点
II 技術開発施設	10点
III その他附属施設	8点
IV 給水施設及び蒸気供給施設	6点
⑥ その他の建物	5点
(2) 使用施設関連施設	
① ウラン濃縮技術開発関連	
I ウラン濃縮施設	10点
II ウラン廃棄物廃棄施設	10点
② プルトニウム燃料開発製造関連	
I プルトニウム施設	10点
II プルトニウム燃料工場	10点
III プルトニウム廃棄物処理開発施設	10点
③ 研究・試験施設	
I B棟・高レベル放射性物質研究施設	10点

(3) その他

① ユーティリティ供給施設

I 浄水関連施設	5 点
II 蒸気関連施設	5 点
III 電気関連施設	5 点

② その他

I 試験施設	3 点
II 計器校正室, 機械室	3 点
III 一般事務所, 管理棟 (居室)	3 点
IV 焼却炉	3 点
V 倉庫 (保管庫), 作業場	2 点

【放射性物質の取扱い】

満点 10 点

- (1) 管理区域のある建物 (HOT区域含む)
- (2) 管理区域のない建物

10 点

0 点

【耐震重要度分類】

満点 10 点

- (1) Aクラス (類)
- (2) Bsクラス
- (3) Bクラス (類)
- (4) Csクラス
- (5) Cクラス (類)
- (6) その他

10 点

9 点

8 点

7 点

6 点

6 点

【財産上の重要度】

満点 20 点

- (1) 重要
- (2) 普通
- (3) その他

20 点

10 点

5 点

【総合評価】

満点100点

- ・ 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, Bs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

- ・ CC 20～39点 : 次回選考対象建物

- ・ C 19点以下 : 対象外建物

4. 建物経年変化評価手法の検討

4.1 予備調査

建物は、さまざまな立場で、さまざまな人々が係わり、その建物の用途は多岐にわたっている。経年変化劣化診断技術も一般産業界において既に開発されたものや検討中のもの等、数多く実施されてきている。それらの中から流用できる技術や考え方などを調査したのち、経年変化評価手法の検討を始めることとした。

4.1.1 構造等仕様リストの作成

構造等仕様リストは、建物ごとに設計条件（建築面積、構造（S C、R C等）、外壁の仕上、屋上防水等）、建設時の記録（コンクリート強度、打設時期）等、建物の維持管理に必要な基本的条件を明確に記録・保存するために用い、劣化診断における劣化の原因系とその進行速度を推測するための参考資料とする。構造等仕様リストの例を表4.1に示す。

4.1.2 選考された施設の情報収集

建物劣化診断優先度判定法により、対象とした調査対象施設建物の設計、施工内容や維持管理状況を把握するため、設計図書（地盤調査報告書、設計図面、構造計算書、仕様書等）、施工図書（竣工図、施工図、施工計画書、試験成績書等）、許認可図書（設置許可申請書、設工認等）及び改造・補修等の記録を調査・収集した。

4.1.3 劣化診断チェックリストの作成

建物の管理者が特別な装置（劣化診断装置など）を使用せずに、建物の外観の異常箇所を目視で早期に発見し、障害や事故を未然に防ぎ、日常の安全を守るために実施する点検方法として、目視・体感及び建具の開閉状況等の状態を観察する簡便で日常的に行える劣化診断チェックリスト（表4.2及び表4.3）を作成した。

また、点検の方法、劣化症状の定義を行った。

点検方法における点検項目、方法及び部位を表4.4に示す。

点検は屋内と屋外に分け、屋内については柱・はり・壁・床を、屋外は外周壁・パラペット・ひさし等について行い、適当な範囲に区切って点検単位を定め、点検単位ごとに効率的に実施する。

建物外観の初期劣化時に発生する一般的な症状を項目として取り上げ、各々定義付け

を行った。

劣化症状の定義を表4.5に示す。

点検結果の評価は点検単位ごとに行い、建物各部の劣化状況が把握できるように行う。

各項目の評価基準は、建物の耐久性、安全性の確保という観点からおよその目安を示すものとなり、高次劣化診断の要否も判断できる。さらに評価基準より、詳細な調査を行うことが必要となった場合に対し、クラックスケール、スケール、テストハンマー等の簡単な用具を使った目視による詳細な劣化症状調査を行う。

劣化症状調査は、目視・体感等による簡便な劣化診断（劣化診断チェックリスト）により劣化症状が発見され、各種別ごとに劣化症状を調査する必要があると判断した場合に行うものであり、あくまでも建物の概況、総括的内容の診断である。

劣化診断チェックリストの点検方法と同様、外観用劣化症状調査表に調査対象となる範囲を部材、部位別に記入する。

劣化症状調査表を表4.6に、劣化症状調査集計表を表4.7に示す。

各種劣化症状別の発生頻度を区分する単位尺度を設け、健全であるか、要調査であるかの劣化度区分を行う。劣化度区分は、劣化症状の量の多少に基づいて行うもので、劣化の質をあまり考慮せず、劣化症状の発生頻度を単位面積、単位箇所当たりに表わしたものである。これはあくまでも要調査、高次診断をするか、しないかの判断ができればよいと考えたためである。さらに劣化度区分では、劣化度Ⅰ（健全）、劣化度Ⅱ（放置可）、劣化度Ⅲ（要調査）の3つに分け、建物の概況を把握することもできる。

各種劣化症状別の劣化度の区分を表4.8に示す。

4.2 劣化状況概要調査

東海事業所内施設建物の劣化状況を把握するために、建物屋外の劣化状況概要調査を行った。また、調査には劣化診断チェックリストを使用し、目視による観察、写真撮影も行った。
(実施日1991. 9. 10, 付録3参照)

4.2.1 調査対象建物

- ・再処理施設 分離精製工場
- ・再処理施設 ウラン貯蔵所
- ・実規模開発試験室
- ・プルトニウム燃料工場 プルトニウム燃料第一開発室
- ・プルトニウム燃料工場 付属機械室

4.2.2 調査結果

- ・再処理施設 分離精製工場

南面側の汚れが目立ち、ひび割れは、全ての方位で認められ、特に西南側に鉄筋に沿ったひび割れが認められる。

- ・再処理施設 ウラン貯蔵所

西面、北面側に汚れが認められ、ひび割れ(0.35~0.5mm程度)も東面、南面、西面側にそれぞれ発見された。また、浮きも全ての方位で認められ、特に東面側における浮きが激しく鉄筋が腐食し、露出している。剥落も部分的に見られる。

- ・実規模開発試験室

隔壁、東面、北面側にひび割れが認められ、西面側には浮きが認められる。

- ・プルトニウム燃料工場 プルトニウム燃料第一開発室

西面、北側に汚れが認められる。東面、南面、西面側にひび割れが認められる。

- ・プルトニウム燃料工場 付属機械室

ひび割れが東面、西面、北面側に認められ、その他、劣化症状は特に認められなかった。

4.2.3 考察

再処理施設分離精製工場、プルトニウム燃料工場プルトニウム燃料第一開発室及び付属機械室には外壁に塗装が施されており、塗装(仕上材)の上からの目視であるため、劣化症状を過少し、質に関して、詳細な判断はできなかった。

今後、調査・試験を実施し、劣化状況を把握した後、目視調査との相関関係等、調べる必要がある。

4.3 既存の経年変化評価手法の調査

一般産業界、特に建物に関する経年変化、経年劣化の研究は、10年程前から本格的に始められ、既に開発された評価手法、評価基準等により、修繕等が行われ、建物耐久性の向上が進められている。それらの劣化診断技術、評価手法等の実績を調査するため、参考となる文献の調査（付録4参照）、大手建設会社技術研究所への技術動向調査及び原子力施設で実施された劣化診断の実績調査（付録5参照）を行った。

そのなかで構造耐力・保存力・外的（外力）条件・内的条件の4つの劣化要因の関連性と重みづけを行った結果、事業所諸施設が海岸近く立地されているため、海塩粒子などによる立地条件が建物に悪影響を与えていることを考慮に入れ、塩害を中心とした調査項目（コンクリート塩分含有測定、塗装劣化度、鉄筋腐食度）及びコンクリート躯体強度測定、コンクリート中性化測定を調査項目として選定した。

4.4 調査方法の検討

調査項目の選定（付録4参照）において取り上げた、各々の劣化項目に対する調査方法（劣化診断方法）を調べ、1次調査及び2次調査に行うべき試験を整理してみた。（表4.9～表4.19に示す。）

また、非破壊検査手法によるコンクリート構造物の診断例（図4.1）、破壊検査手法によるコンクリート構造物から採取したコアによる耐久性診断の手法及び主な分析機器（図4.2）について整理してみた。

表 4.1 構造等仕様リスト (例)

(1/18)

施設名	項目 構造	階	建築面積 (㎡)	延床面積 (㎡)	最高軒高 (m)	地下外壁 (防水)	地上外壁 (防水)	屋根防水	備考
分離精製工場	R C 造 (一部 S 造)	地下 3 階 地上 6 階	4,798. ⁰	21,792. ⁸²	22. ⁴⁴	con 打放し	アクリルゴム系 吹付	Asp 防水 (シッター-con 押) 一部 Asp 露出防水	
分析所	R C 造	地下 1 階 地上 3 階	1,997. ⁸⁹	6,454. ⁸⁴	15. ³⁰	con 打放し	con 打放し	Asp 防水 (シッター-con 押)	
廃棄物処理場	R C 造	地下 2 階 地上 3 階	1,707. ⁸⁸	5,708. ⁸³	13. ⁶	con 打放し	con 打放し	Asp 防水 (シッター-con 押)	
除染場	R C 造	地上 2 階	772. ²⁴	1,221. ⁹⁰	9. ³⁵	——	con 打放し	Asp 防水 (シッター-con 押)	
ウラン貯蔵所	R C 造 (一部鉄骨造)	地上 1 階	561. ⁷	561. ⁷	5. ⁰⁵	——	con 打放し	Asp 露出防水	
第二ウラン貯蔵所	R C 造	地上 2 階	2,200. ²⁴⁷	2,633. ⁶⁷¹	10. ⁴	——	con 打放し	Asp 防水 (シッター-con 押) 一部 Asp 露出防水	
高放射性固体廃棄物貯蔵所	R C 造 (一部 S 造)	地上 2 階	507. ¹²	781. ¹²	17. ⁸	(一部地下) con 打放し	アクリルリシ ン吹付	Asp 露出防水	
第二高放射性固体廃棄物貯蔵場	R C 造, SRC 造 (一部 S 造)	地下 2 階 地上 3 階	2,501. ⁰⁸	7,605. ⁰⁵	22. ¹	ゴムアスファルト系 吹付	アクリルゴム吹付	Asp 防水 (シッター-con 押) 一部 Asp 露出防水	

表 4.2 劣化診断チェックリスト(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 (m/㎡)	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 (個/㎡)	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。									

表 4.3 劣化診断チェックリスト(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

表4.4 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

表4.5 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。または仕上材が躯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、躯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。

表4.6 劣化症状調査票

部 材		柱	は り	壁		パラベット		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												
各種劣化症状	ひびわれ	鉄筋に沿う	軸方向筋									㎡	
			補助筋									㎡	
		開口周辺										箇所	
		網目状	㎡	㎡	㎡	㎡		㎡		㎡		㎡	
		その他										㎡	
	浮き	㎡	㎡	㎡	㎡	㎡	㎡	㎡	㎡	㎡	㎡	㎡	
	剝落	仕上材のみ		㎡	㎡	㎡	㎡	㎡	㎡	㎡	㎡	㎡	㎡
		コンクリート	鉄筋の露出なし										㎡
			鉄筋の露出あり										㎡
	表面の状態	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(他に記述して下さい)												㎡	
												㎡	
												㎡	

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。)

表4.7 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。

表 4.8 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	鉄筋に 沿う	軸方向筋	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
		補助筋		0～2本	3～4本	5本以上
	開口周辺の		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		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
	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
浮 き			発生面積率	1%未満	1%以上 3%未満	3%以上
剥 落	仕上材のみ		発生面積率	0 %	0%以上 1%未満	1%以上
	コンクリート	鉄筋露出なし	100㎡当りの箇所数	0 箇所	1箇所未満	1箇所以上
		鉄筋露出あり	100㎡当りの箇所数	0 箇所	1箇所未満	1箇所以上
表 面 の 状 態	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		100㎡当りの箇所数	0 箇所	4箇所未満	4箇所以上
	ポップアウト		10㎡当りの箇所数	0 箇所	1箇所未満	1箇所以上
	表面脆 弱 化		発生面積率	1%未満	1%以上 3%未満	3%以上
	その他の汚 れ		発生面積率	1%未満	1%以上 5%未満	5%以上
漏 水 痕 跡			建築物全体での有無	0 箇所	0 箇所	1箇所以上
異 常 体 感			建築物全体での有無	0 箇所	0 箇所	1箇所以上

1. 構造耐力

表4.9 劣化項目と調査項目（1次調査／2次調査）の関係：コンクリート強度劣化

調査項目 劣化項目	1次調査（必要な付属調査／調査項目／原因推定のための調査）	2次調査（調査項目／原因推定のための調査）
コンクリート強度劣化	<p>非破壊試験を主として行う 目視観察において劣化症状が観察された部分および比較のために建築物の健全と思われる部分を数箇所選定する。</p> <p>（調査項目）</p> <p>① <u>表面強度</u>をシュミットハンマー試験（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」）により測定する。調査箇所は劣化が予想される箇所および比較として、その他の部材の数箇所とする。</p> <p>② <u>超音波伝搬速度</u>を超音波速度試験（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」）により測定する。調査箇所は劣化が予想される箇所および比較として、その他の部材の数箇所とする。 ただし、測定箇所の関係から、開口部周辺とする。</p> <p>③ 調査箇所にホールインアンカーを打ち込み、<u>引抜強度</u>を測定し、<u>圧縮強度</u>を推定する。調査箇所は劣化が予想される箇所および比較として、その他の部材の数箇所とする。</p> <p>上記3調査方法のうち、いずれか1つを実施する。</p>	<p>コンクリートコアを採取して行う調査を主とし、強度劣化による障害が生じている場合、および他の劣化調査項目においてコンクリートの強度または調合推定データが必要な場合に行う。</p> <p>（調査項目）</p> <p>① <u>表面硬度と超音波伝搬速度の併用</u></p> <p>② <u>コンクリートコア</u>を採取し、<u>圧縮強度</u>を測定する。</p> <p>上記2調査方法のうちいずれか1つを実施する。</p> <p>（原因推定のための調査）</p> <p>① <u>コンクリートの配合</u>をセメント協会「硬化コンクリートの配合推定のための化学分析方法」により測定する。</p>

2. 保存度

表 4.10 劣化項目と調査項目（1次調査／2次調査）の関係：コンクリート中性化

調査項目 劣化項目	1次調査（必要な付属調査／調査項目／原因推定のための調査）	2次調査（調査項目／原因推定のための調査）
コンクリート中性化	<p>・コンクリートを部分的にはつり、<u>中性化深さの測定</u>を行い、<u>測定箇所の環境</u>、<u>コンクリートの状況</u>、<u>仕上材の種類と厚さ</u>を記録する。</p> <p>（原因推定のための調査）</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 炭酸ガス濃度計による大気中の<u>炭酸ガス濃度測定</u> ② 化学分析，X線解析などによる<u>化学的侵食物質の有無確認</u> ③ 重量測定（気乾，絶乾）による<u>コンクリートの含水量測定</u> ④ ポロシメータによる<u>コンクリートのポロシチーの確認</u> ⑤ セメント協会「硬化コンクリートの配合推定のための化学分析方法」による<u>コンクリートの調合調査</u> ⑥ 目視による<u>コンクリート施工状況の確認</u> 	<p>・1次調査において，建物全体の劣化状況が顕著な場合，または，劣化状況をより詳細に調査し，劣化の進行予測を行う必要がある場合に行う。</p> <p>（調査項目）</p> <p>・1次調査より適宜選んで実施する。 <u>コンクリート中性化深さの測定</u>，<u>測定箇所の環境</u>，<u>コンクリートの状況</u>，<u>仕上材の種類と厚さ</u>は必ず記録する。</p>

2. 保存度

表 4.11 劣化項目と調査項目（1次調査／2次調査）の関係：鉄筋腐食

調査項目 劣化項目	1次調査（必要な付属調査／調査項目／原因推定のための調査）	2次調査（調査項目／原因推定のための調査）
鉄筋腐食	<p>・コンクリートをはつり、内部鉄筋の腐食状況を目視により確認する。</p> <p>（必要な付属調査）</p> <p>① <u>コンクリートの中性化深さの測定</u></p> <p>② <u>目視による表面状況、欠陥の有無等の確認</u></p> <p>③ <u>ノギス、スケール、目視による鉄筋のかぶり厚さ、種類、径、方向の確認</u></p> <p>④ <u>ノギス、スケール、目視による仕上材の種類、厚さ、劣化状況の確認</u></p> <p>（原因推定のための調査）</p> <p>① <u>硝酸溶解法（全塩分量）によるコンクリート中の塩分含有量測定</u></p> <p>② <u>化学分析、X線分析などによる化学的侵食物の有無確認</u></p> <p>③ <u>凍害の有無</u></p> <p>④ <u>コンクリートの調合</u></p>	<p>・1次調査において、建物全体の劣化状況が顕著な場合に行う。</p> <p>（調査項目）</p> <p>・1次調査と同様に行い、<u>コンクリート中の塩分含有量の測定</u>は必ず実施する。</p>

2. 保存度

表 4.12 劣化項目と調査項目（1次調査／2次調査）の関係：ひび割れ

劣化項目 \ 調査項目	1次調査（必要な付属調査／調査項目／原因推定のための調査）	2次調査（調査項目／原因推定のための調査）
ひび割れ	<p>ひび割れが躯体コンクリートの劣化に有害な影響を与えると考えられる場合に行う。</p> <p>（調査項目） 日本コンクリート工学協会「コンクリートのひび割れ調査・補修指針」によるひび割れパターン（規則性，形態，発生部位，分布），幅（最大幅），長さ（可視範囲の記録）の調査を行う。</p> <p>（原因推定のための調査）</p> <ol style="list-style-type: none"> ① セメントの種類，物理試験結果，化学試験結果を試験成績表，施工記録により調査する。 ② 骨材の産地，岩質，物理試験結果，化学試験結果を試験成績表，施工記録により調査する。 ③ コンクリートの調合，乾燥条件，部材断面寸法を試験成績表，施工図書，施工記録により調査する。 ④ 施工状況（コンクリート運搬時間，気象記録，養生の方法）を施工記録により調査する。 ⑤ 環境条件（気象，室温，用途）を調査する。 ⑥ 荷重（荷重条件，地震記録，基礎図）を設計図書，地震記録により調査する。 ⑦ 発生時期を既往のデータ・問診により調査する ⑧ コンクリート強度をシュミットハンマー等による試験，または設計図書，試験成績表により調査する。 ⑨ かぶり厚さを鉄筋探査機による試験または，設計図書により調査する。 	<p>1次調査においてさらに詳細な調査が必要とする場合，ひび割れが顕著に発生している場合，またはその原因の推定，補修方法の選定をより精密に行う必要がある場合に行う。</p> <p>（調査項目）</p> <ol style="list-style-type: none"> ① ひび割れの成長経過（最大ひび割れ幅およびひび割れ先端の進行状況の観察）を調査する。期間は6ヵ月～1年程度。 ② コンクリートの中性化を調査する。 ③ 鉄筋腐食の有無を調査する。 ④ ひび割れ貫通（ひび割れ深さ）の有無を超音波法またはコンクリートコアによる断面観察により調査する。 <p>（原因推定のための調査）</p> <ol style="list-style-type: none"> ① コンクリート強度をコンクリートコア等による圧縮強度試験を行い調査する。 ② コンクリートの材料・調合をコンクリートコアを用いて分析・推定する。 ③ 構造耐力（ひび割れの進行性と構造耐力低下の調査）を載荷試験および振動試験，併せて試験時にひび割れの進行性の観察により調査する。 ④ 不同沈下を水平面（廊下・床など）のレベル調査，周囲の状況調査により確認する。

2. 保存度

表4.13 劣化項目と調査項目（1次調査／2次調査）の関係：漏水

調査項目 劣化項目	1次調査（必要な付属調査／調査項目／原因推定のための調査）	2次調査（調査項目／原因推定のための調査）
漏 水	<p>・調査箇所は目視調査において漏水あるいは漏水の痕跡が認められた箇所すべてとする。</p> <p>（調査項目）</p> <p>① <u>漏水箇所の規模</u>（漏水箇所の面的な範囲，その範囲のおよその直径）を目視により観察し，スケッチする。</p> <p>② <u>漏水箇所の湿潤状態</u>（乾湿の判定）を目視により観察する。</p> <p>（原水推定のための調査）</p> <p>① <u>躯体コンクリートの状況</u>（漏水箇所の状況，ジャンカ，ひび割れなどの有無）を目視により観察する。</p> <p>② <u>水源</u>となりうる箇所（雨水，設備機器の配置，配管位置など）を目視により探索する。</p>	<p>・1次調査においてさらに調査が必要とされた外面部材で大規模な外足場を必要とする箇所，屋根スラスブで防水層を除去する必要がある箇所などとする。</p> <p>（調査項目）</p> <p>① <u>外装仕上材の状態</u>（材質，浮き，剝離，剝落，厚さなど）を目視観察，たたき，設計図書などにより調査する。</p> <p>② <u>躯体コンクリートの状態</u>（ひび割れ，ジャンカ，コールドジョイントなど）を目視観察，部分的なはつりにより調査する。</p> <p>③ <u>コンクリートの不良部分の検出</u>を目視観察，部分的なはつりにより調査する。</p> <p>④ <u>漏水経路の推定および確認</u>（水源と漏水箇所との関連づけ）を着色水，ガス検知法などにより調査する。</p> <p>（原因推定のための調査）</p> <p>① <u>コンクリートの強度試験</u>をコンクリートコア等による圧縮強度試験を行い調査する。</p> <p>② <u>コンクリートの中酸化</u></p> <p>③ <u>鉄筋の腐食</u></p>

2. 保存度

表 4.14 劣化項目と調査項目（1次調査／2次調査）の関係：表面劣化

調査項目 劣化項目	1次調査（必要な付属調査／調査項目／原因推定のための調査）	2次調査（調査項目／原因推定のための調査）
表面劣化	<p>・非破壊的調査を主とする。</p> <p>目視調査を参考にして、表面劣化を受けている部分においてその劣化症状（ひび割れ，剝離，脆弱化，など）・劣化程度でとくに代表的な箇所をそれぞれ1～3箇所調査する。</p> <p>（調査項目）</p> <p>目視にて躯体コンクリートの表層部分について調査する。</p> <p>① エフロッセンス（発生部分，発生面積，劣化の程度）</p> <p>② 汚 れ （発生部分，発生面積，劣化の程度）</p> <p>③ 浮き，剝離，剝落（発生部分，発生面積と深さ，落下の危険性）</p> <p>④ すりへり（発生部分，発生面積と深さ，落下の危険性）</p> <p>⑤ ポップアウト（発生部分，発生面積と深さ，落下の危険性）</p> <p>⑥ 脆弱化（発生部分，発生面積と深さ，落下の危険性）</p> <p>（原因推定のための調査）</p> <p>① 水や侵食性物質との接触状況</p> <p>② 鉄筋，埋込金物の状況</p> <p>③ 躯体コンクリートの挙動（ひび割れなど）</p> <p>④ 外力（気温，湿度，海塩粒子など）</p> <p>⑤ コンクリートの品質と施工欠陥（かぶり厚さを含む）</p>	<p>・破壊的調査を主とする。</p> <p>1次調査より，より正確に劣化度を調査する必要がある箇所，または原因が不明な箇所について数箇所調査する。</p> <p>（調査項目）</p> <p>① 表面の脆弱度（表面付着力）を表面付着引張試験機により測定する。</p> <p>② 強度劣化をコンクリートコア採取による圧縮強度にて測定する</p> <p>③ コンクリートの中酸化深さ測定</p> <p>④ 劣化深さをはつりにより測定する。</p> <p>（原因推定のための調査）</p> <p>① コンクリートの強度</p> <p>② コンクリートの調合分析</p> <p>③ コンクリート材料（特に骨材）の化学的性質</p> <p>④ 地下水，土壌，大気中の侵食性物質の分析</p>

2. 保存度

表 4.15 劣化項目と調査項目（1次調査／2次調査）の関係：塗装劣化

劣化項目	調査項目	1次調査（必要な付属調査／調査項目／原因推定のための調査）	2次調査（調査項目／原因推定のための調査）
<p>塗装劣化</p>	<p>・非破壊的調査を主とする。 目視調査を参考にして、塗装劣化を受けている部分においてその劣化症状・劣化程度でとくに代表的な箇所をそれぞれ1～3箇所調査する。</p> <p>（必要な付属調査）</p> <p>① 仕上材塗装の有無，有の場合のつや有りかつや消しの確認。</p> <p>② 弾性（伸長性）塗材か，非弾性塗材かを，指触により確認する。</p> <p>③ 無機系塗材か，有機系塗材かを，燃焼法などにより確認する。</p> <p>④ 一液塗料か二液塗料（焼付け）かを，溶解法などにより確認する。</p> <p>（調査項目）</p> <p>・目視にて以下の劣化症状・劣化程度（発生部分，発生面積と深さなど）を調査する。</p> <p>① 割れ（クラック）</p> <p>② ふくれ</p> <p>③ はがれ，浮き</p> <p>④ チョーキング（塗膜表面の粉状化）</p> <p>⑤ 変退色</p> <p>⑥ 汚れ</p> <p>・表面の脆弱度を表面付着力引張り試験機により測定する。</p> <p>⑦ 付着力</p> <p>（原因推定のための調査）</p> <p>① 水や侵食性物質との接触状況</p> <p>② 鉄筋，埋込金物の状況</p> <p>③ 躯体コンクリートの挙動（ひび割れなど）</p> <p>④ 外力（気温，湿度，海塩粒子など）</p>	<p>・破壊的調査を主とする。 1次調査より，より正確に劣化度を調査する必要がある箇所，または原因が不明な箇所について数箇所調査する。</p> <p>（調査項目）</p> <p>I 外観変化を確認するため以下の調査をする。</p> <p>① 光沢残存率を60度鏡面光沢度法（JIS K 5400）により測定する。</p> <p>② 顕微鏡による表面観察（光学または走査型顕微鏡）</p> <p>II 物性変化を確認するため以下の調査をする。</p> <p>① 伸び（％）</p> <p>② 引張付着力強さ（kg/cm²） 注）①と②の試験方法は，複層仕上塗材（JIS A 6910）に準拠して行う。</p> <p>③ ゼロスパン引張 追従性を確認するため，伸長幅1mmで保持暴露後，目視，光学顕微鏡で観察する。</p> <p>III 化学構造変化を確認するため以下の調査をする。</p> <p>① 塗膜の化学構造分析 赤外線吸収スペクトルを得て，厚さ方向の組成を観察する。（ATR法，PAS法）</p> <p>② 塗膜表層の元素分析 電子分光分析で塗膜表層部の元素を分析する。</p> <p>上記，調査法のうち，適宜選んで実施する。また，必要に応じて塗料及び塗膜の性状，性能，成分試験（塗料一般試験方法 JIS K 5400，塗料成分試験方法 JIS K 5407）を行う。</p>	

2. 保存度

表 4.16 劣化項目と調査項目（1次調査／2次調査）の関係：大たわみ

劣化項目 \ 調査項目	1次調査（必要な付属調査／調査項目／原因推定のための調査）	2次調査（調査項目／原因推定のための調査）
大たわみ	<p>・ 目視調査において劣化症状が観察された部分とする。</p> <p>（調査項目）</p> <p>① 水系，水平材，測量機等を利用し，端部に対する中央部付近の<u>最大たわみ量</u>を測定する。同時に<u>スパン長さ</u>をスケールにより測定する。</p> <p>② クラックスケール等により<u>ひび割れ長さ</u>，幅，および分布状況を測定し記録する。また，問診などによりひび割れ発生時期を調査する。</p> <p>（原因推定のための調査）</p> <p>① <u>荷重状況</u>を問診等により，現在および過去における過荷重の有無を調査する。</p>	<p>・ 部材の強度・剛性の評価を行う必要がある場合とする。</p> <p>（調査項目）</p> <p>① 水平部材に曲げ衝撃を与え，自由振動波形を振動計により計測し，<u>固有振動数</u>を求め，健全時の固有振動数との比を計算する。</p> <p>② JASS5に準じ，水平部材に荷重をかけ，載荷試験時の<u>残留たわみ率</u>を測定する。</p> <p>（原因推定のための調査）</p> <p>① 劣化が確認された箇所について，コンクリートコアによる<u>圧縮強度測定</u>と同時に<u>静弾性係数</u>の測定を行う。</p> <p>② 部材の<u>断面寸法</u>の測定，鉄筋探査機または一部はつりによる<u>鉄筋量（配筋量）</u>および<u>かぶり厚さ</u>測定を行う。</p>

2. 保存度

表 4.17 劣化項目と調査項目（1次調査／2次調査）の関係：シーリング材の劣化

劣化項目 \ 調査項目	1次調査（必要な付属調査／調査項目／原因推定のための調査）	2次調査（調査項目／原因推定のための調査）
シーリング材の劣化	<p>建物の概要、履歴、外装の状態、既存シーリング材の詳細等を主眼に、目視による調査を行う。</p> <p>（調査項目）</p> <p>I 防水機能関連</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 漏水調査（痕跡も含む） ② 下地からの剝離調査 ③ 破断調査（口開き） ④ 下地の破損調査（ひび割れ、欠落） ⑤ 変形調査（だれ、くびれ） ⑥ 軟性調査 <p>II 意匠関連</p> <ul style="list-style-type: none"> ① しわ、変退色、ひび割れ、チョーキング、仕上げ材の浮き、変色など 	<p>1次調査より、より正確な劣化度を調査する必要がある箇所、または原因が不明な箇所について数箇所調査する。</p> <p>（調査項目）</p> <ul style="list-style-type: none"> ① シーリング材の状態観察 ② 指触観察 ③ サンプルング ④ 燃焼試験 ⑤ 物性試験（引張り試験、伸び）

3. 外的（外力）条件

表 4.18 劣化項目と調査項目（1次調査／2次調査）の関係：凍害

劣化項目 \ 調査項目	1次調査（必要な付属調査／調査項目／原因推定のための調査）	2次調査（調査項目／原因推定のための調査）
凍 害	<p>目視観察及び非破壊試験を主に行う。</p> <p>（調査項目）</p> <ul style="list-style-type: none"> ① ひび割れ （ひび割れパターン、ひび割れの幅・長さ、個数など凍害特有のひび割れパターンを調査する。） ② スケーリング （スケーリングの面積と深さ） ③ 浮き、剝離、剝落 ④ コンクリート強度測定 （シュミットハンマー法、打音） ⑤ 凍害部分の深さ （はつりによる劣化深さ） ⑥ 鉄筋の腐食（露出鉄筋の場合のみ） （腐食面積） <p>（原因推定のための調査）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・建物の履歴 ・コンクリートの品質に関する諸データ （水セメント比、空気量） ・仕上げ材の種類など 	<p>調査箇所は、1次調査において選定した調査箇所の中から、より正確に劣化度を調査する必要がある箇所、または1次調査で原因が不明な箇所を数箇所選定する。</p> <p>（調査項目）</p> <ul style="list-style-type: none"> ① ひび割れ ② 表面の脆弱度 ③ コンクリート強度劣化 ④ コンクリートの中酸化深さ ⑤ 鉄筋の腐食 <p>（原因推定のための調査）</p> <ul style="list-style-type: none"> ① コンクリートの水セメント比と空気量の測定 ② 骨材の品質（吸水率、石質など）

3. 外的（外力）条件

表 4.19 劣化項目と調査項目（1次調査／2次調査）の関係：塩害

劣化項目	調査項目	1次調査（必要な付属調査／調査項目／原因推定のための調査）	2次調査（調査項目／原因推定のための調査）
塩 害	<p>コンクリートの品質を主な検討項目とする。</p> <p>（必要な付属調査）</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 配合条件 ② 標準配合 ③ 試験練り結果 ④ コンクリート管理試験記録など <p>（調査項目）</p> <ul style="list-style-type: none"> ① コンクリートの圧縮強度の測定 ② コンクリートの配合推定 ③ コンクリートの塩化物分析 <ul style="list-style-type: none"> ・全塩分（全塩化物イオン）：硬化コンクリート中に含まれる塩分を分析する方法 <ul style="list-style-type: none"> I 硝酸銀滴定法 II 電位差滴定法 III クロム酸銀-吸光光度法 <p>上記分析方法のうち、いずれか1つを実施する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・可溶性（可溶性塩化物イオン）：硬化コンクリート中に含まれる50℃の温水に可溶性塩分 <ul style="list-style-type: none"> I 電位差滴定法 II クロム酸銀-吸光光度法 <p>上記分析方法のうち、いずれか1つを実施する。</p>	<p>1次調査より正確な調査をする必要がある箇所について数箇所調査する。</p> <p>（調査項目）</p> <p>コンクリートの品質調査</p> <ul style="list-style-type: none"> ① コンクリートの中酸化測定 ② コンクリートの含有量（吸水率）調査 <p>鉄筋腐食度の調査</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 電気化学的手法による鋼材の腐食状況を調査するか ② 鋼材をはつり出して鋼材の断面減少量等の確認を行う。 <p>・調査の基本項目</p> <ul style="list-style-type: none"> i) 腐食の形態 (均一腐食, 局部腐食: 孔食, 剝離状, 応力) ii) 腐食生成物 (X線解析) iii) 腐食面積率 iv) 腐食グレード v) 腐食による鋼材断面の現象 (腐食深さ) vi) 重量変化度 vii) 腐食度 viii) 侵食度 ix) 引張り強さ x) 電気化学的手法 	

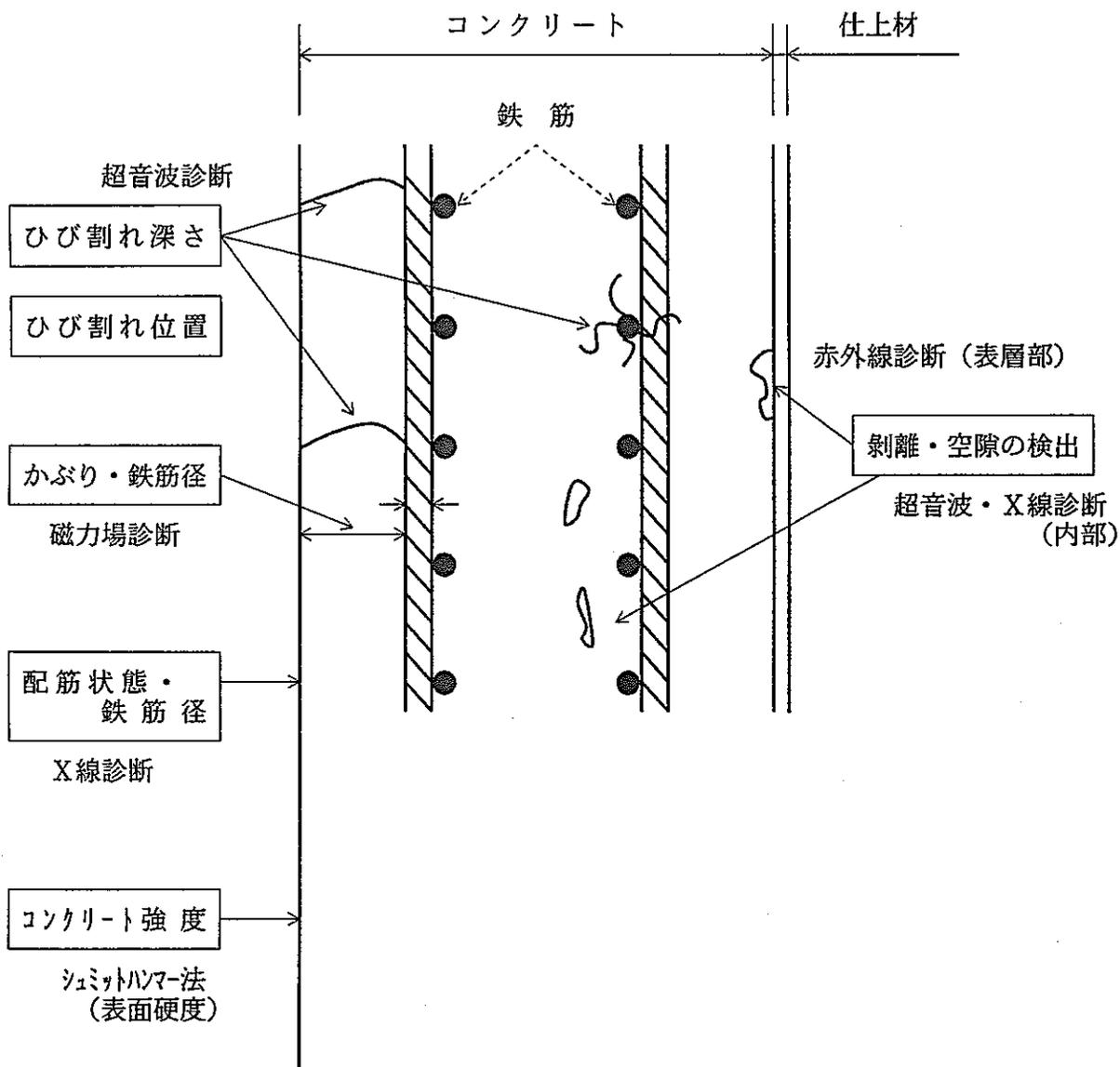


図4.1 非破壊的手法によるコンクリート構築物の診断例

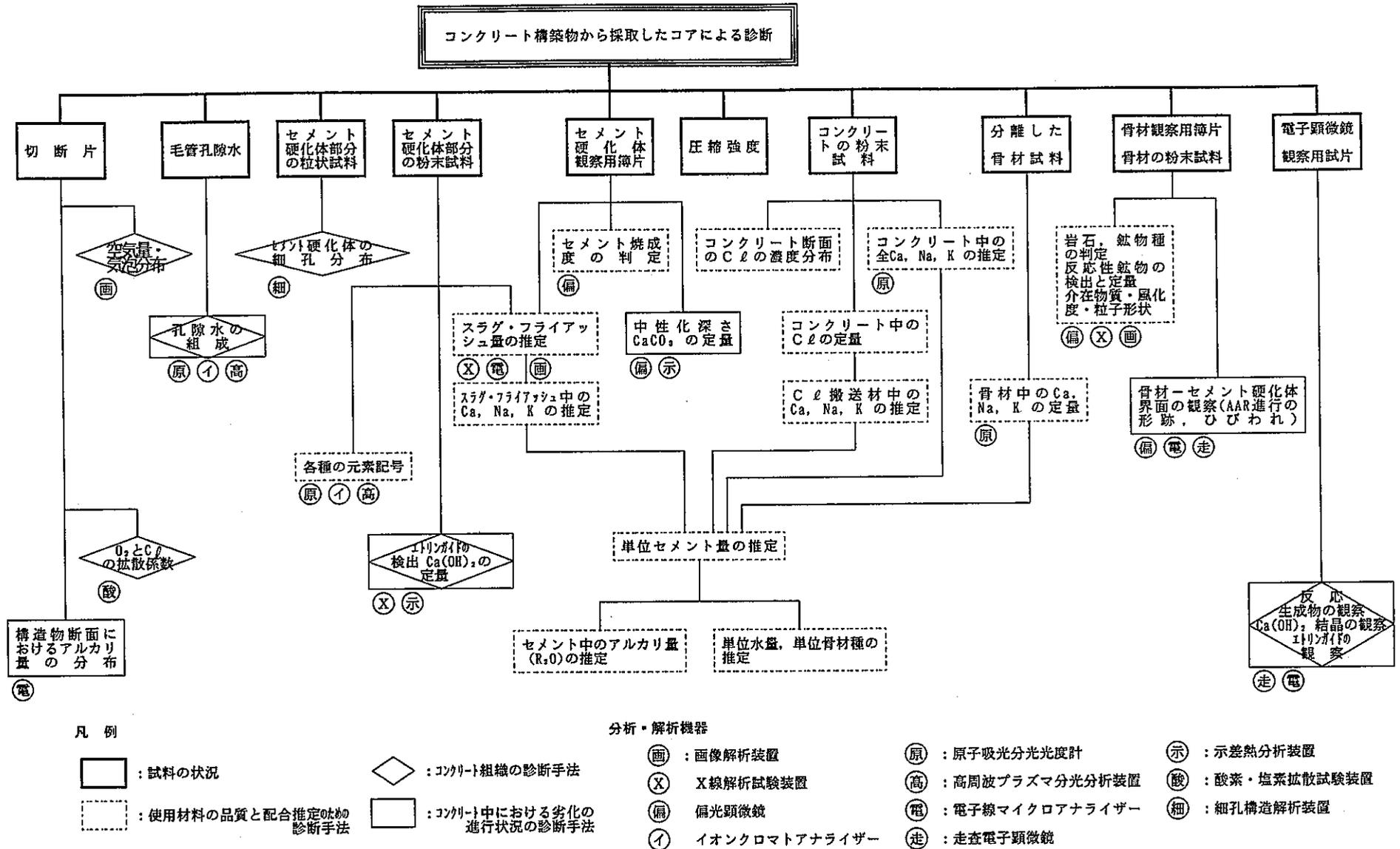


図4.2 コンクリート構築物から採取したコアによる耐久性診断の手法及び主な分析機器

5. 調査・試験の実施

経年変化評価手法の検討において行った予備調査、調査項目の選定、調査方法の検討をふまえ、既存の建物について劣化診断調査を実施した。

なお、調査・試験を実施するにあたっては、既存建物の劣化状況調査と各調査・試験方法の信頼性、有効性を把握することを目的とし、また、調査対象箇所は、建物の外壁廻りについて実施することとした。

表 5.1 調査対象施設の概要

調査対象施設	竣工月日 (改修年月)	外壁仕上げ	構造	海岸からの距離
再処理施設 ウラン貯蔵所	1974.12	打放し	RC1F	約350m
再処理施設 分離精製工場	1975.1 (1980.12 ~ 1986.3)	アロンウォール及びアクリトーンB工法で改修	RC6F	約300m
実規模開発試験室	1986.5	アスロック 腰壁：打放し	S6F	約100m
プルトニウム燃料工場 第3開発室	1984.9	打放し	SRC4F	約350m
プルトニウム燃料工場 第1開発室	1965.2 (東南面： 1983.8, 西北面：不明)	東南面： アロンウォールで改修 西北面：不明	RC4F	約500m
プルトニウム燃料工場 付属機械室	1965 (1988.11)	アロンウォールで改修	RC1F	約550m

5.1 調査項目及び方法

5.1.1 躯体強度の測定

(1) コア抜取による圧縮強度測定

コンクリート外壁面よりφ100mm×200mmのコアを採取し、圧縮強度試験機によりその圧縮強度を測定した。

(2) シュミットハンマー法による強度推定

日本建築学会の「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」にお

けるシュミットハンマー法に準じ軀体コンクリートの反発度を測定した。シュミットハンマーの打撃方法及び強度推定方法を以下に示す。

a. シュミットハンマー法の打撃点の選定及び測定データ

各測定箇所のシュミットハンマーによる打撃点の数は25点とし、上下限值より5点を削除し、20点を測定データに採用した。打撃点相互の間隔は3cm程度とし、約15cm×15cmの正方形面内とした。なお、建物表面に仕上げがある場合は、その部分を切取りコンクリート表面部にて測定を行った。

b. 強度推定

強度推定は以下の方法によった。

(a) 建物のコア圧縮強度測定とシュミットハンマーの併用による方法

強度の推定式は東京都建築材料検査所の判定式 ($F_c = 10R - 110$) を参考にした強度推定式中に、各建物毎にコア圧縮強度 F_c 、反発度 R の実測値を代入し、定数項 C の値を決定した。

$$F_c = 10R - C \quad (\text{強度推定式})$$

F_c : 推定圧縮強度 (kgf/cm²)

R : シュミットハンマーの反発度

C : 定数

(b) 既往のシュミットハンマー推定式による方法

下式に示す既往のシュミットハンマーの推定式より得られた強度結果とコア圧縮強度結果を比較し、推定式の適合性について検討を行った。

① 東京都建築材料検査所の式 ($F_c = 10R - 110$)

② 日本建築学会の式 ($F_c = 7.3R + 100$)

③ 日本材料学会の式 ($F_c = 13R - 184$)

(3) 超音波法によるコンクリート音速測定

超音波の透過法により、コンクリートの音速を測定し、2)のシュミットハンマー法との併用により、コンクリート強度を推定した。

強度推定式は、谷川らの式 ($F_c = 10.2(kR) + 223V_p - 960$) ただし、 k : 材令による補正係数) を参考にした下記の中の式中に、コア圧縮強度 F_c 、反発度 R 、音速 V_p の実測値を代入し、定数項 C' を決定した。

$$F_c = 10.2 \times (0.9R) + 223V_p - C' \quad (\text{強度推定式})$$

V_p : 音速 (km/S) C' : 定数

また比較検討のため、日本建築学会の式 ($F_c = 8.2R + 269V_p - 1094$) の適合性についても検討を行った。

5.1.2 コンクリートの中性化深さの測定

(1) はつりの場合

調査箇所のコンクリートを鉄筋露出するまではつり (100×100mm程度)、フェノールフタレイン1%アルコール溶液を噴霧後、ディプスケールを用いて中性化深さを測定した。なお、中性化深さは1つの箇所において10点測定し、その平均値をmm単位表示した。

(2) コア採取の場合

採取したコア表面に、調査箇所・抜取方向を記録後、コア全体のフェノールフタレイン1%溶液を噴霧し、ノギスを用いて中性化深さを測定した。さらに、コア圧縮強度測定後、コアを縦方向に割裂し中性化深さを再測定した。

(3) 小径ドリル法の場合

フェノールフタレイン1%アルコール溶液を浸した吸水紙をドリルの真下に敷き、ドリルにより削り落ちたコンクリートの粉が常に吸水紙の新しい部分に落ちるように吸水紙を徐々に移動させ、その落ちた粉が赤色を呈した時点での深さをディプスケールにて測定し、中性化深さを求めた。削孔数は調査箇所あたり5点とした。

5.1.3 コンクリートの透気性試験

簡易透気性試験法によりコンクリートの浸気性を測定した。

簡易透気速度は次式によった。

$$K = 30 \text{ mmHg} / T$$

K : コンクリートの簡易透気速度 (mmHg / sec)

T : 真空計の真空度が30mmHg低下する時間 (sec)

5.1.4 コンクリート中の塩分量の測定

調査箇所のコンクリートを10φ小径ドリルではつり、コンクリート工学協会の「硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法」により可溶性塩分量及び全塩分量を測定した。

試料は、表層部5mm程度取り除いた後、深さ方向に2cm毎に6cmまで採取した。なお骨材の影響によるバラツキを考慮し、1調査箇所あたり10点削孔しこれを1試料とした。

5.1.5 鉄筋の腐食状況調査

(1) はつりによる腐食の状況調査

調査箇所のコンクリートを鉄筋が露出するまで部分的にはつり、コンクリートのかぶり厚さ及び鉄筋径を測定した後、目視観察により腐食の状況を調査した。腐食の判定*)は表5.2により行った。調査箇所は、はつりによる中性化測定箇所と兼用した。

表 5.2 腐食状況の段階表示

段階の表示	腐食の目視による観察状況
0	施工時の状況を保ち、以降の腐食が認められない。
I	部分的に腐食が認められている。軽微な腐食。
II	表面の大部分が腐食している。 部分的に断面が欠損している。
III	鉄筋の全周にわたり断面の欠損がある。
IV	鉄筋の断面が当初の2/3~1/2位欠損している。

*) 榎野：海洋コンクリート構造物の防食指針（案）P.103，
日本コンクリート工学協会，1983

(2) 自然電位法及びコンクリート抵抗率法による腐食調査

自然電位法及びコンクリート抵抗率法を用い、鉄筋の腐食状況を推定した。同時に配筋探査機による被り厚測定も行った。

a. 自然電位測定

はつりにより露出した鉄筋を結束に用いて、コンクリートの表面に照合電極を当て高入力抵抗電圧計より鉛照合電極と鉄筋との間の電位差を測定した。測定電位は飽和硫酸銅電極による電位（CSE）に換算した。また測定範囲は幅1m×高さ2m程度とした。

b. コンクリート抵抗率測定

コンクリート表面に電極を等間隔にあて、電極間に電流を流し、電極間電位差を測定し、次式より抵抗率を算出した。

$$\rho = 2 \pi a (\Delta V / I)$$

ρ : 抵抗率 ($\Omega \cdot \text{cm}$)

a : 電極の間隔 (cm)

ΔV : 電極間電位差 (V)

I : 電流 (A)

なお、調査箇所あたり8点測定した。

c. 腐食の評価

腐食評価は表5.3のASTM 876-80の判定法を基に、コンクリート抵抗率測定値を組合せた表5.4に示す腐食評価基準（メーカ評価基準）にて行った。

表5.3 鉄筋の自然電位と腐食の確率

電位E (mV vs CSE)	腐食の確率
$E > -200$	90%以上の確率で腐食なし
$-200 \leq E \leq -350$	不確定
$E < -350$	90%以上の確率で腐食あり

表5.4 鉄筋の腐食評価基準（メーカ評価基準）

電位E (mV vs CSE)	抵抗率 (Ωcm)	腐食状況の段階表示
$E > -200$	≤ 20000	腐食段階0
	≥ 20000	腐食段階0～Iの範囲
$-200 \leq E \leq -350$	≤ 20000	腐食段階I～IIの範囲
	≥ 20000	腐食段階I～IIIの範囲
$E < -350$	-	腐食段階II～IVの範囲

注) 腐食状況の段階表示は、表-5.2による。

5.1.6 塗膜の健全性調査

(1) 劣化の種類・程度と発生箇所の調査

目視調査により、塗膜を施した建物の外壁各面について劣化の種類と程度並びに発生部分を調査した。

(2) 塗膜の付着性調査（塗膜破壊試験）

塗膜を施した建物外壁面について、クロスカットテープテストによる塗膜の付着性調査をした。

(3) 塗膜の物性試験（塗膜採取）

仕上げ塗膜から100×100mm程度の塗膜を剝し取り、凹凸を研磨して均一に成形した後、JIS K 6301加硫ゴム物理試験方法に準拠して引張試験を行い、初期の物性と比較した。なお、試験片の形状・寸法はダンベル状3号形とした。

5.1.7 マルチスペクトル法による表面劣化状況調査

最近、試験的に実施されている非破壊試験で、表層部等の状況を把握するために用いる手法であり（実績として人工衛星等による地球探査がある）、精度上の問題が解決されれば、広い面積を一度に判断できるなど簡便性に優れており、今後、十分期待される診断方法である。測定原理は、物質（コンクリートに含まれる水分、化学成分等）固有の分光放射特性を利用して、物質から発せられる電磁波の波長成分を6種類の波長帯（可視光線波長帯域～赤外線波長帯域）に分けて撮影された画像から、反射率の差異を濃度差（濃淡差）として単一の画像または画像合成処理を行って、対象物表面の劣化状況を判定するものである。

6種類のフィルターの透過波長帯幅を以下に示す。

(1) 450～520nm

(2) 480～600nm

(3) 550～650nm

(4) 600～710nm

(5) 680～770nm

(6) 800～890nm

表 5.5 調査対象施設と調査項目の関係

調査対象施設	調 査 項 目											
	軀 体 強 度			中 性 化			透 気 性	塩 分	鉄 筋 腐 食		塗 膜	マ ル チ
	コア 圧縮 強度	シュミ ット ハマ-	超音 波	はつ り	コア	ドリ ル			はつ り	電位		
再処理施設 ウラン貯蔵所	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	○
再処理施設 分離精製工場	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○
実規模開発 試 験 室	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-
プルトニウム 燃 料 工 場 第 3 開 発 室	○	○	-	○	○	○	○	○	○	○	-	○
プルトニウム 燃 料 工 場 第 1 開 発 室	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	○	-
プルトニウム 燃 料 工 場 付 属 機 械 室	-	○	-	○	-	○	○	-	○	-	○	-

5.2 調査結果

5.2.1 各調査項目の結果

(1) 躯体強度

a. コア抜取による圧縮強度

コア抜取による圧縮強度試験の結果を表5.6に示す。なお、調査箇所につき、3つの供試体を採取し、その平均値を圧縮強度試験値とした。

表5.6 コア圧縮強度試験結果

調査対象施設	圧縮強度 (kgf/cm ²)		設計基準 強度 (kgf/cm ²)
再処理施設 ウラン貯蔵所	438	449	210
	462		
	447		
プルトニウム 燃料工場 第1開発室	366	373	225
	381		
	371		
プルトニウム 燃料工場 附属機械室	362	381	210
	408		
	372		

b. シュミットハンマー法による強度推定

(a) シュミットハンマー法による強度推定式の算定

強度の推定式は、東京都建築材料検査所の判定式 ($F_c = 10R - 110$) を参考とし、調査対象施設で得られたコア圧縮強度 (F_c)、コア採取近くで得られた反発度の実測値 (R) を代入して定数項を決定し、調査対象施設ごとに推定式を算定した。

なお、プルトニウム燃料工場附属機械室についてはコア抜取圧縮強度試験を行っていないため、同時期に施工されたプルトニウム燃料工場第1開発室における算定式を用いることとした。

表 5.7 各調査対象施設の圧縮強度の推定式 (シュミットハンマー法)

調査対象施設	推定式
再処理施設ウラン貯蔵所	$F_c = 10R - 26$
プルトニウム燃料工場第3開発室	$F_c = 10R - 124$
プルトニウム燃料工場第1開発室	$F_c = 10R - 147$
プルトニウム燃料工場附属機械室	$F_c = 10R - 147$

(b) シュミットハンマー法による強度推定

本試験の推定式より得られた圧縮強度の推定結果を表 5.8 に示す。また、推定圧縮強度の分布を図 5.1 ~ 5.3 に示す。

表 5.8 シュミットハンマー法による強度推定結果

調査対象施設	反発度 (R) の範囲	推定強度 (kg f / cm ²)	設計基準強度 (kg f / cm ²)
再処理施設 ウラン貯蔵所	min 38.9	363	210
	max 52.4	498	
プルトニウム燃料工場 第3開発室	min 42.7	303	225
	max 52.0	396	
プルトニウム燃料工場 第1開発室	min 49.4	347	210
	max 55.2	405	
プルトニウム燃料工場 附属機械室	min 47.2	325	210
	max 48.6	339	

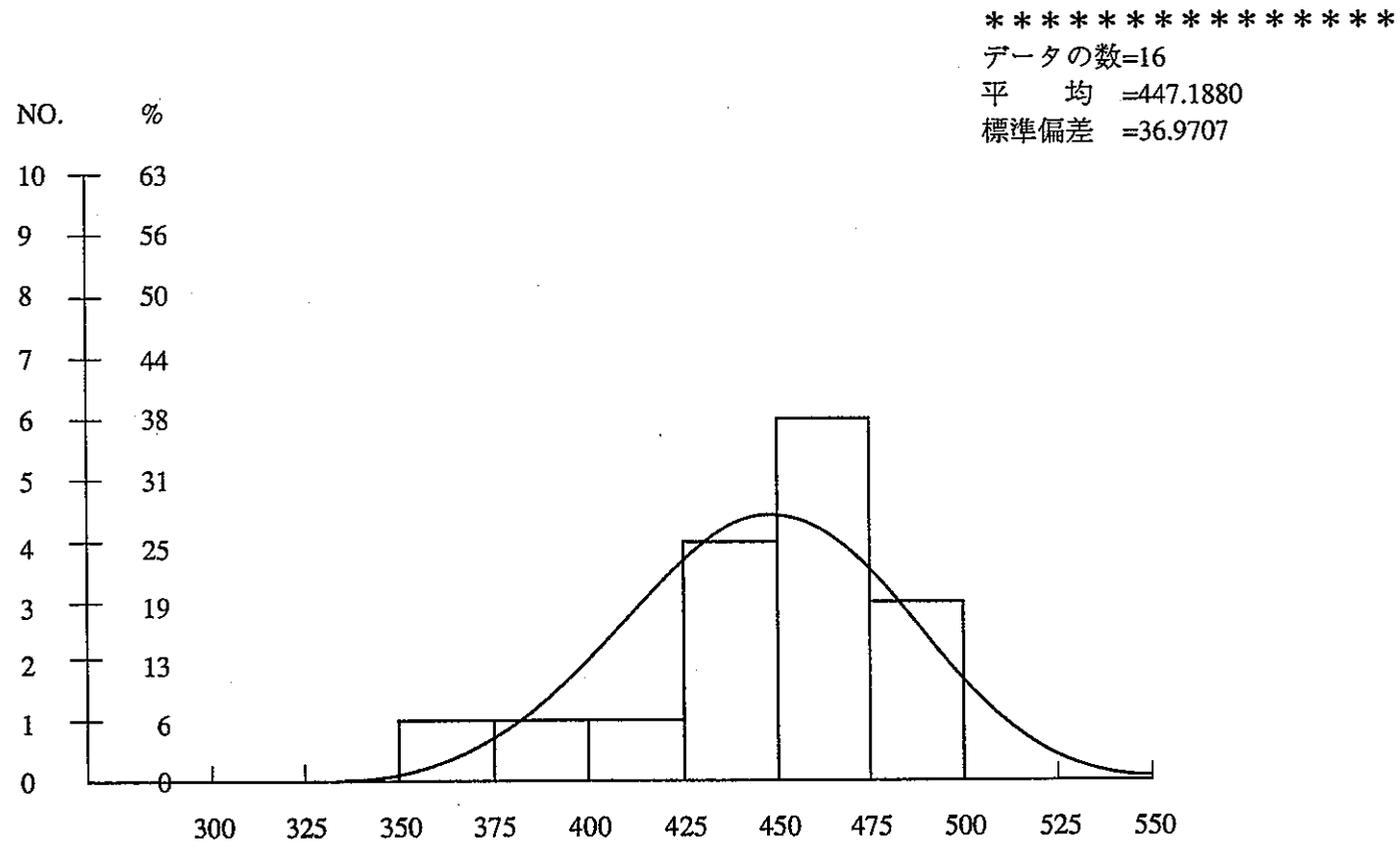


図 5.1 推定強度の分布 (再処理施設 ウラン貯蔵所)

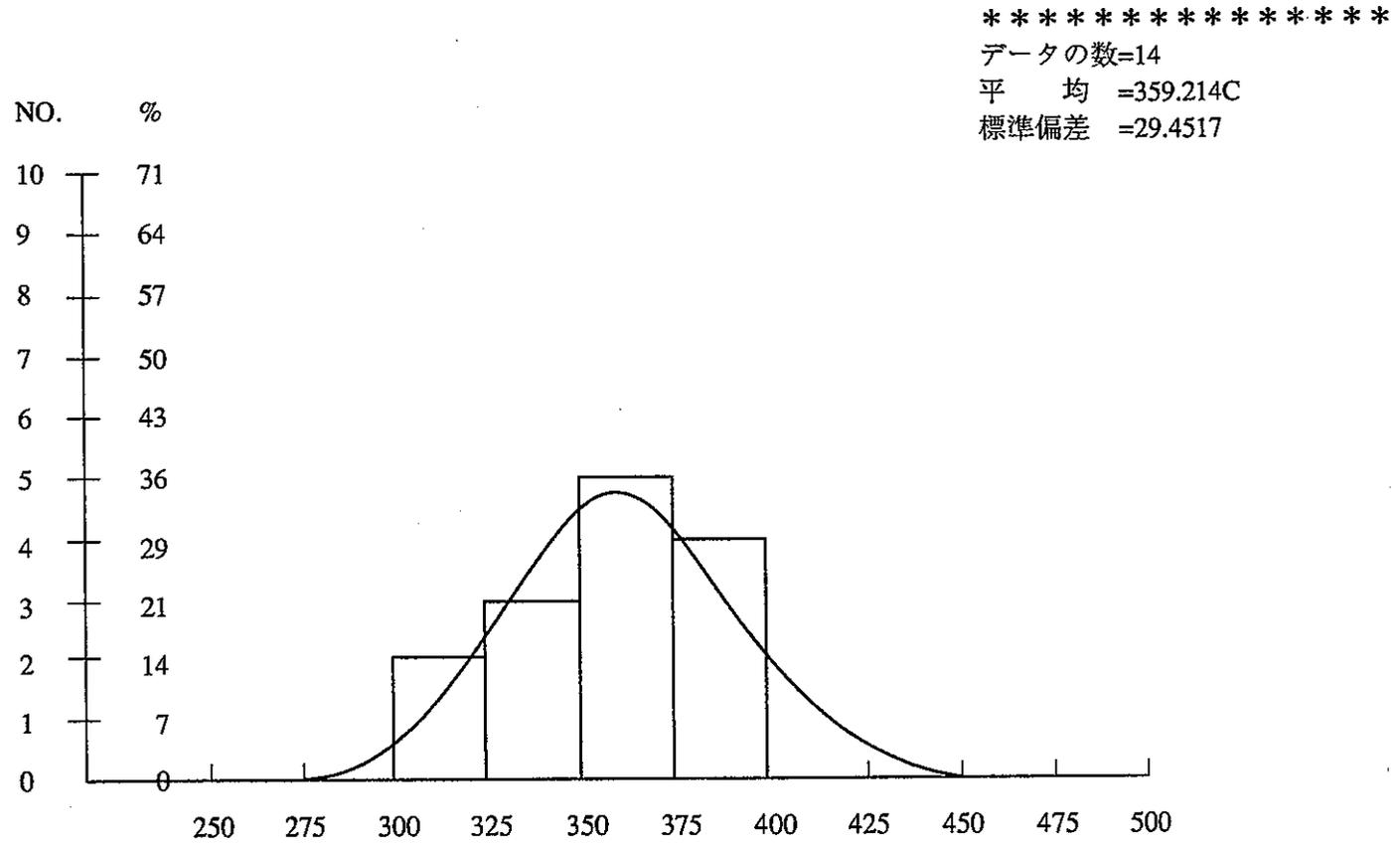


図5.2 推定強度の分布 (プルトニウム燃料工場 第3開発室)

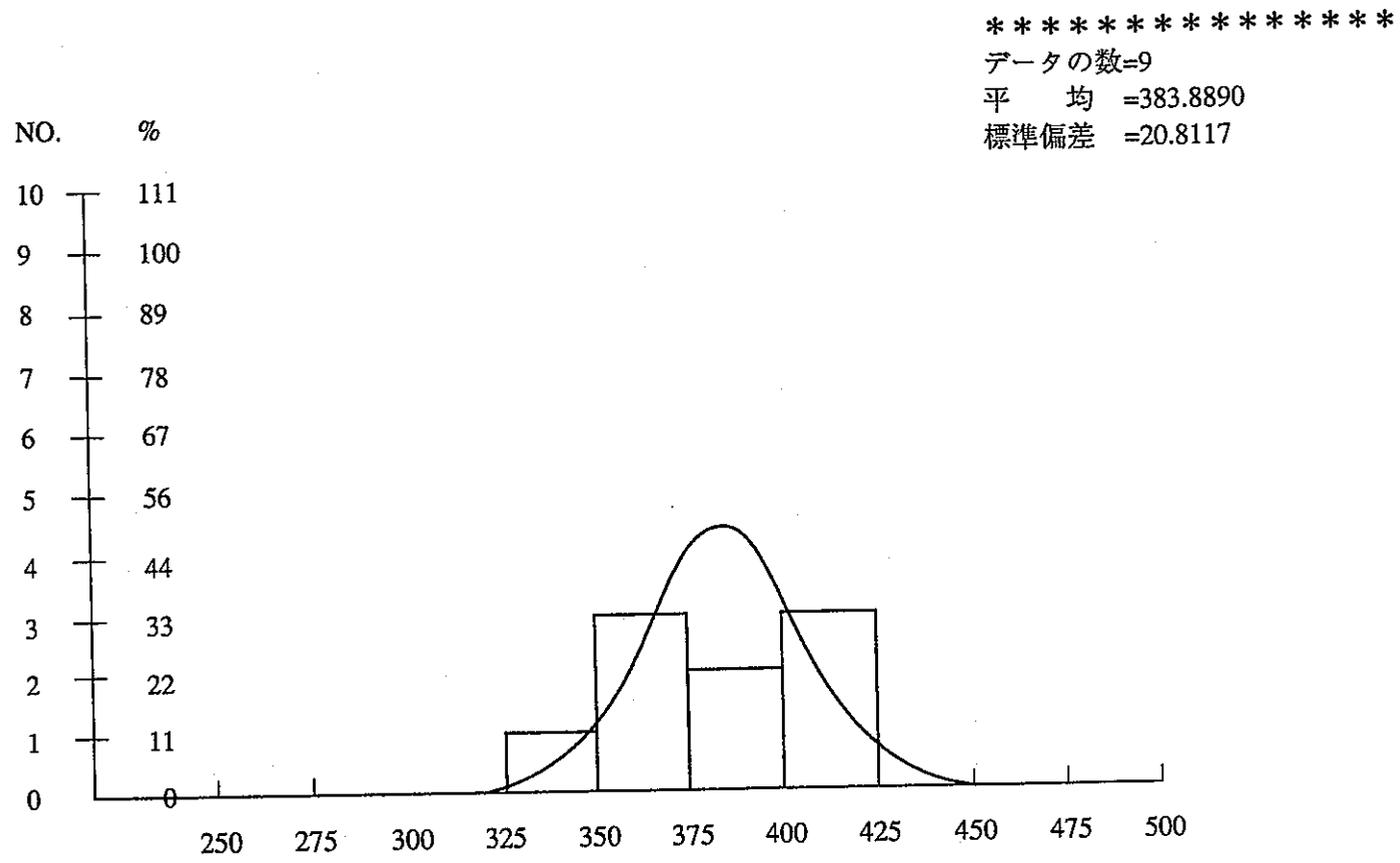


図5.3 推定強度の分布 (プルトニウム燃料工場 第1開発室)

(c) 既往の推定式による比較

以下に示す既往のシュミットハンマー法の推定式により得られた強度の推定結果を表5.9に示す。

- ① 東京都建築材料検査所の式 ($F_c = 1.0R - 1.10$)
- ② 日本建築学会の式 ($F_c = 7.3R + 1.10$)
- ③ 日本材料学会の式 ($F_c = 1.3R - 1.84$)

表5.9 既往の推定式(シュミットハンマー法)による圧縮強度の推定結果

調査対象施設	本試験の推定式 (Kgf/cm ²)	都材検の式 (Kgf/cm ²)	日本建築学会の式 (Kgf/cm ²)	日本材料学会の式 (Kgf/cm ²)	コア圧縮強度 (Kgf/cm ²)
再処理施設 ウラン貯蔵所	443	359	442	426	438
	451	367	448	436	462
	452	368	449	437	447
プルトニウム燃料工場 第3開発室	369	383	460	457	366
	378	392	466	469	381
	372	386	462	461	371
プルトニウム燃料工場 第1開発室	393	430	494	518	362
	347	384	461	458	
	399	436	499	526	408
	371	408	478	489	
	403	440	502	531	372
	371	408	478	489	

(d) 推定式の適合性の検討

さらに各推定式の適合性を検討するため横軸をコア圧縮強度、縦軸を推定強度として、表5.9に示す各データをプロットしたものを図5.4に示す。

また、ばらつきの程度を数値化するため、各推定式による強度とコア圧縮強度との差の2乗平均を求めてみた。その結果を表5.10に示す。

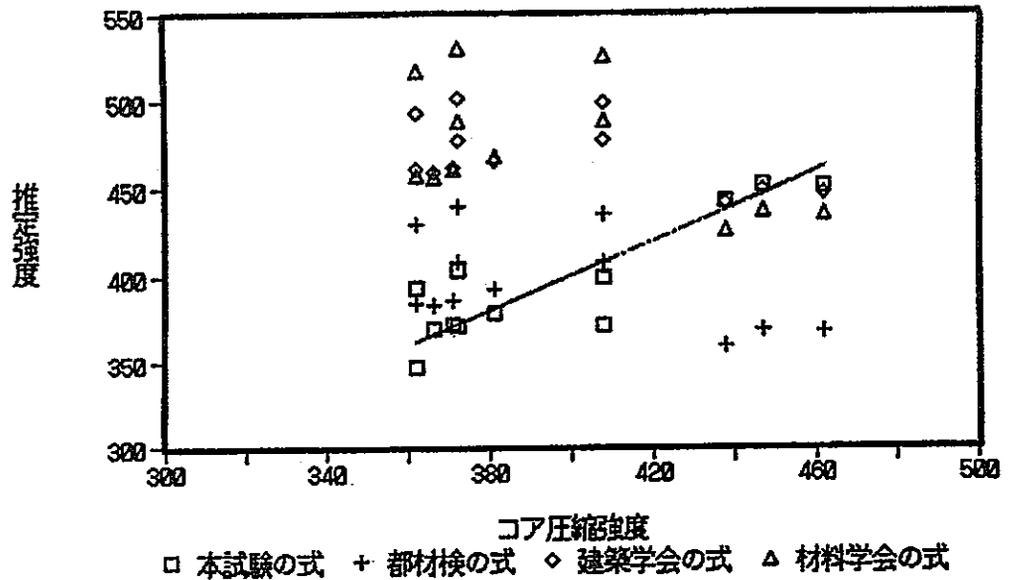


図5.4 コア圧縮強度と推定強度の関係（シュミットハンマー法）

表5.10 各推定式（シュミットハンマー法）の適合性

推定式	本試験の式	都材検の式	日本建築学会の式	日本材料学会の式
差の2乗の平均	17.8	53.2	88.1	99.2

c. 超音波法によるコンクリートの音速測定結果

(a) シュミットハンマー・超音波併用法によるコンクリート強度推定式の算定

強度の推定式は、谷川らの式を参考とした式 ($F_c = 10.2 \times (0.9R) + 223V_p - C'$) に、調査対象施設で得られたコア圧縮強度 (F_c)、反発度 (R)、音速 (V_p) の実測値を代入して定数項を決定し、以下の式を算定した。

$$F_c = 10.2 \times (0.9R) + 223V_p - 928$$

(b) シュミットハンマー・超音波併用法による強度の推定結果

本試験の推定式により得られた圧縮強度の推定結果、また、既往の推定式による比較をするため日本建築学会の推定式 ($F_c = 8.2R + 269V_p - 1094$) によって求めた強度の推定結果をあわせて表5.11に示す。

表5.11 超音波法による強度推定結果

調査対象施設	音速 (kg/S)	反発度R	コア圧縮強 度 (Kgf/cm ²)	推定強度 (Kgf/cm ²)	推定強度 (建築学会式) (Kgf/cm ²)
再処理施設 ウラン貯蔵 所	4.03	46.9	438	461	447
	4.27	47.7	462	462	446
	4.02	47.8	447	407	379
プルトニウム燃料工場 第1開発室	3.62	54.0	362	375	323
		49.4		333	285
	3.69	54.6	408	396	346
		51.8		370	323
	3.82	55.0	372	429	385
		51.8		399	358

(c) 推定式の適合性の検討

さらに本試験の結果を用いて算定した算定推定式及び日本建築学会の推定式の適合性を検討するため、横軸をコア圧縮強度、縦軸を推定強度として、表5.11に示したデータをプロットしたものを図5.5に示す。

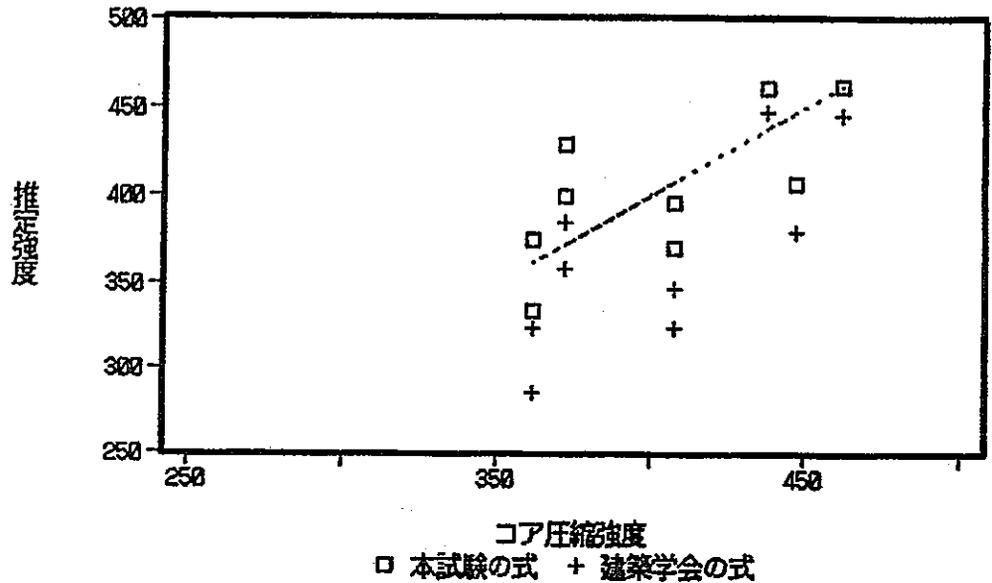


図5.5 コア圧縮強度と推定強度の関係（超音波法）

d. シュミットハンマー法と超音波併用法との適合性の検討

シュミットハンマー法と超音波併用法との推定式の適合性を検討するために、各推定式による強度とコア圧縮強度との差の2乗の平均を求めた。その結果を表5.12に示す。

表5.12 シュミットハンマー法及び超音波併用法の推定式の適合性

推定式の種類	シュミットハンマー法		超音波併用法	
	本試験の式	都材検の式	本試験の式	日本建築学会の式
差の2乗の平均	17.8	53.2	88.1	99.2

(2) コンクリートの中性化深さ

各々の調査方法で測定した中性化深さの結果を表5.13に示す。

表5.13 中性化深さ測定結果

調査対象施設	調査記号 (方位)	中性化深さ測定方法 (mm)							
		コア採取表面		コア割裂面		はつり		小ドリル	
		実測値	平均	実測値	平均	実測値	平均	実測値	平均
再処理施設 ウラン貯蔵所	東面	—	—	—	—	—	—	4.6~7.2	5.8
	南面	0~2	0.4	0~13.8	4.7	0~2.5	1.2	1.4~13.8	5.1
		0~2	0.2	2.7~8.3	5.4			7.2~12.5	9.1
		0~2.5	0.4	3.0~5.7	4.8				
	西面	—	—	—	—	—	—	2.8~13.6	7.5
	北面	—	—	—	—	—	—	1.0~3.2	2.3
プルニウム 燃料工場第3 開発室	東面	1.7~5.2	3.4	4.9~11.5	7.9	0.9~5.7	3.2	1.2~5.8	2.9
		1.1~1.9	1.2	0~14.1	5.9				
		2.2~3.1	2.6	2.3~11.9	7.0				
	南面	—	—	—	—	—	—	1.2~5.7	3.2
	西面	—	—	—	—	—	—	3.0~9.3	7.1
	北面	—	—	—	—	—	—	1.8~2.6	2.3
プルニウム 燃料工場第1 開発室	東面	—	—	—	—	—	—	3.2~4.6	4.0
	南面	—	—	—	—	—	—	3.4~5.6	4.5
	西面	0	0	2.8~4.9	4.0	—	—	1.8~2.2	1.9
		0	0	1.8~5.5	3.9				
		0	0	0~3.2	1.4				
		0~3.6	2.4	5.1~14.5	8.9				
		0~4.9	1.3	0~12.0	6.0				
	0~10.0	3.7	4.0~15.1	8.8					
北面	—	—	—	—	0~1.7	0.6	0.9~1.5	1.1	
プルニウム 燃料工場 附属 機械室	南面	—	—	—	—	—	—	4.8~9.4	7.4
		—	—	—	—	—	—	8.2~28.9	18.6
	西面	—	—	—	—	—	—	3.5~5.8	4.2
北面	—	—	—	—	0~5.3	1.6	1.7~3.0	2.2	

(3) 透気性

透気性の測定結果を表5.14に示す。

表5.14 透気性測定結果

調査対象施設	調査記号(方位)	透気性速度 (mmHg/s)
再処理施設ウラン貯蔵所	東 面	1. 9 3
	南 面	1. 7 6
	西 面	1. 5 0
プルトニウム燃料工場第3開発室	東 面	0. 8 7
	西 面	0. 9 6
	北 面	0. 6 9
プルトニウム燃料工場第1開発室	南 面	5. 3 1
	北 面	2. 0 7
プルトニウム燃料工場付属機械室	南 面	2. 8 1
	北 面	3. 5 7

(4) コンクリート中の塩分量

各調査対象施設のコンクリート中の塩分量試験の結果を表5.15に示す。

表5.15 コンクリート中の塩分量試験結果

調査対象施設	調査記号 (方位)	試料位置 (cm)	全 塩 分		可溶性塩分量	
			NaCl(%)	Cl ⁻ (%)	NaCl(%)	Cl ⁻ (%)
再処理施設 ウラン貯蔵所	東 面	0～2	0.0073	0.0044	0.0058	0.0035
		2～4	0.0037	0.0022	0.0031	0.0019
		4～6	0.0008	0.0005	0.0004	0.0002
	西 面	0～2	0.0146	0.0090	0.0102	0.0062
		2～4	0.0050	0.0030	0.0040	0.0024
		4～6	0.0030	0.0018	0.0025	0.0015
実規模開発 試験室	東 面	0～2	0.0783	0.0475	0.0654	0.0397
		2～4	0.0027	0.0016	0.0023	0.0014
		4～6	0.0008	0.0005	0.0060	0.0036
	西 面	0～2	0.0326	0.0198	0.0249	0.0151
		2～4	0.0050	0.0030	0.0030	0.0018
		4～6	0.0008	0.0005	0.0004	0.0002
プルトニウム 燃料工場 第3開発室	東 面	0～2	0.0020	0.0012	0.0015	0.0009
		2～4	0.0017	0.0010	0.0014	0.0008
		4～6	0.0020	0.0012	0.0015	0.0009
プルトニウム 燃料工場 第1開発室	南 面	0～2	0.0186	0.0113	0.0149	0.0090
		2～4	0.0148	0.0090	0.0074	0.0045
		4～6	0.0148	0.0090	0.0074	0.0045

(5) 鉄筋腐食

各々の調査方法で調査したの腐食度及び被り厚の結果を表5.16に示す。

表 5.16 鉄筋の腐食度及び被り厚（実測／推定）結果

調査対象施設	はつりによる調査		自然電位法及びコンクリート抵抗率法による推定調査		配筋検査器による被り厚の推定調査	
	腐食度のグレード	実測被り厚 (mm)	自然電位 (mV) 抵抗率 ($\Omega \cdot m$)	腐食評価基準 (案)	被り厚の推定範囲 (mm)	平均値 (mm)
再処理施設 ウラン貯蔵所	—	—	—	—	縦筋38~43 横筋45~62	40 51
	縦筋：I 横筋：I	64.5 79.0	> -200mV 56900 ~ 192000 $\Omega \cdot m$	0 ~ I	縦筋55~70 横筋70~82	63 73
	—	—	—	—	縦筋 52 横筋60~68	52 64
フルニウム燃料工場 第3開発室	縦筋：0 横筋：0	66.1 83.3	> -200mV 72800 ~ 200000以上 $\Omega \cdot m$	0 ~ I	縦筋32~103 横筋64~109	63 81
	—	—	—	—	縦筋 45 横筋66~75	45 68
	—	—	—	—	縦筋 30 横筋 52	30 52
	—	—	—	—	縦筋 66 横筋 77	66 77
フルニウム燃料工場 第1開発室	縦筋：I 横筋：I	31.2 41.1	—	—	—	—
	—	—	—	—	縦筋38~40 横筋32~55	40 42
フルニウム燃料工場 付属機械室	縦筋：0 横筋：0	69.8 78.5	—	—	—	—

(6) 塗膜の健全性

各調査方法で実施した結果を表5.17に示す。

表5.17 塗膜の健全性調査結果

調査対象施設	目視調査	塗膜付着性	物性試験
再処理施設 分離精製工場	全体的に白亜化を 起こしており、上 塗材の割れ、鉄部 の錆汁が付着する ことによる汚れ 等	塗膜の種類によっ ては剥離する箇所 があり、浮きも見 られる。	採取時に塗膜に傷を付け た。また、付着物の除去や 表面の平坦化ができないな どの理由により、応力集中 が発生し、真の伸び値より も低い値となった。
プルトニウム 燃料工場 第1開発室	”	問題なし	”
プルトニウム 燃料工場 附属機械室	全体的に白亜化は 生じていない。 汚れも僅かである。	”	”

(7) マルチスペクトル法

各調査対象施設での調査結果を表5.18に示す。

表5.18 マルチスペクトル法による調査結果

調査対象施設	状 況 (表 面)
再処理施設 ウラン貯蔵所	西面：撮影面において、化学的にはほぼ均一な状態であり一部水分 が多いと推定される箇所がある。 東面：撮影面において、化学的にはほぼ均一な状態であると思われ る。
再処理施設 分離精製工場	西面：塗膜面において、化学的変化が起きていることが推定され る。
プルトニウム 燃料工場 第3開発室	西面：コンクリート面において、化学的変化が起きていることが推 定される。 東面：撮影面において、化学的にはほぼ均一な状態であると思われ る。
注) 画像合成を行っても、化学的変化を特定することが困難であったため、単一の マルチスペクトル画像より解析を行った。	

5.2.2 各調査結果に対する考察

(1) 調査対象施設の状態について

調査対象施設の各調査結果のまとめたものを表5.19に示す。

a. 再処理施設ウラン貯蔵所

コンクリートの品質は良好であり、中性化はあまり進行していなかった。またコンクリート中に塩分は浸透しているが、鉄筋腐食の発生に至るまでの塩分量ではなかった。しかし、柱のフープ筋を中心に鉄筋の錆が目視確認されることから、錆の進行によるコンクリートの剝離を防止するため早急に塗膜系の改修が必要である。

b. 再処理施設分離精製工場

塗膜全般にわたって劣化が進行している。部分的な劣化箇所は補修した上、近い将来全面に上塗材の再塗装が必要である。

c. 実規模開発試験室

腰壁のコンクリート表層部において、鉄筋腐食発生塩分量をこえる塩分が浸透しているが、鉄筋位置付近では塩分量が激減している。しかし将来的には、絶えず飛来塩分をうける環境下にあるため、将来塗膜系の改修が必要である。また、鉄骨・金物などの鋼材は、塩分によりかなりの腐食が認められ早急に再塗装が必要である。

d. プルトニウム燃料工場第3開発室

コンクリートの品質は良好であり、中性化はあまり進行しておらず、またコンクリート中に塩分はほとんど浸透していなかった。しかし、一部露出している箇所もあり部分的に補修する必要がある。

e. プルトニウム燃料工場第1開発室

途中塗膜による改修を行ったため、中性化はあまり進行していなかった。またコンクリート中に若干塩分が含まれており、軽微な腐食が認められたが、塗膜により進行は減速しているものと考えられる。

塗膜は全般にわたって劣化が進行している。部分的な劣化箇所は補修した上、なるべく早い時期に全面に上塗材の再塗装が必要である。

f. プルトニウム燃料工場付属機械室

途中塗膜による改修を行ったため、現在中性化は進行していない。また、かぶり厚さが大きいためはつりによる腐食も認められなかった。

塗膜の劣化はほとんどしていなく、当分の間改修の必要は認められない。

表 5.19 調査対象施設の各調査結果

調査対象施設 調査項目	再処理施設 ウラン貯蔵所	再処理施設 分離精製工場	実規模開発試験室	プルトニウム燃料工場 第3開発室	プルトニウム燃料工場 第1開発室	プルトニウム燃料工場 付属機械室
目視調査 (予備調査等)	<ul style="list-style-type: none"> ひびわれ補修跡多数 部分的に鉄筋露出し腐食 	<ul style="list-style-type: none"> 上塗材全般に白亜化 鉄部発錆による汚れ 塗膜損傷 	<ul style="list-style-type: none"> 腰壁 0.1～0.3mmのひびわれ散見 塩害により鉄骨・筋物の腐食かなり発生 	<ul style="list-style-type: none"> 壁の一部が鉄筋露出し腐食 コールドジョイント及び乾燥収縮のひびわれ 	<ul style="list-style-type: none"> 上塗材全般に白亜化 鉄部発錆による汚れ 塗膜損傷 	<ul style="list-style-type: none"> 一部にわずかな汚れ
躯体強度	<ul style="list-style-type: none"> コア平均圧縮強度 : 449kgf/cm² シュミットハンマー推定強度最小値 : 363kgf/cm² 設計基準強度満足 	—————	—————	<ul style="list-style-type: none"> コア平均圧縮強度 : 373kgf/cm² シュミットハンマー推定強度最小値 : 303kgf/cm² 設計基準強度満足 	<ul style="list-style-type: none"> コア平均圧縮強度 : 381kgf/cm² シュミットハンマー推定強度最小値 : 365kgf/cm² 設計基準強度満足 	—————
中性化深さ	<ul style="list-style-type: none"> 平均中性化深さ最大値 9.1mm (南面) コンクリート品質良好 	—————	—————	<ul style="list-style-type: none"> 平均中性化深さ最大値 7.1mm (西面) コンクリート品質良好 	<ul style="list-style-type: none"> 平均中性化深さ最大値 7.9mm (西面) 	<ul style="list-style-type: none"> 平均中性化深さ最大値 18.6mm (南面)
透気性	<ul style="list-style-type: none"> 透気性小さい 	—————	—————	<ul style="list-style-type: none"> 透気性小さい 	透気性小さい	—————
塩分量	<ul style="list-style-type: none"> 飛来塩分がコンクリートに浸透 鉄筋腐食発生塩分量 (0.03%NaCl) 以下 	—————	<ul style="list-style-type: none"> 飛来塩分がコンクリートに浸透 表層部塩分量大、鉄筋位置付近では塩分量激減 山側は海側の約 1/2量 	<ul style="list-style-type: none"> 鉄筋腐食発生塩分量以下 	<ul style="list-style-type: none"> 飛来塩分がコンクリートに浸透 鉄筋腐食発生塩分量以下 	—————
鉄筋の腐食	<ul style="list-style-type: none"> はつりによる腐食度 I (軽微な腐食) 自然電位では90%以上の確率で腐食なし 	—————	—————	<ul style="list-style-type: none"> はつりによる腐食度 0 (腐食なし) 自然電位では90%以上の確率で腐食なし 	<ul style="list-style-type: none"> はつりによる腐食度 I (軽微な腐食) 調査建物の中かぶり厚さ最も小さい 	<ul style="list-style-type: none"> はつりによる腐食度 0 (腐食なし)
塗膜	—————	<ul style="list-style-type: none"> 一部塗膜の付着性・引張伸びが不良 	—————	—————	<ul style="list-style-type: none"> 一部塗膜不良 	<ul style="list-style-type: none"> 特に劣化は認められない

(2) 建物調査技術について

本調査結果の範囲では、調査技術について下記のことが結論づけられる。

a. 軀体強度の推定

コア抜き取り・シュミットハンマー併用法、シュミットハンマー法及びシュミットハンマー・超音波併用法の3種類について推定式の適合性を検討した。

その結果、各建物の諸条件によって、反発度の大きさが若干異なるので各建物についてコア圧縮強度試験を行い、その結果を既往の式では最も適合性の良い都材検の式に代入して定数項を決定し、推定式を算定する手段によるものが最も推定精度が高く効果的であると言える。

また何らかの事情によりコア抜き取りが行えない場合にはシュミットハンマー法の東京都材料検査所の式により推定強度を求める方法が良いと思われる。

b. コンクリート中性化深さ測定

コア抜き取りによる方法、はつりによる方法及び小径ドリルによる方法の3種類について測定を行った。

その結果、小径ドリルによる方法は、コア抜き取り並びにはつりの従来方法と同等の精度にて測定可能であった。従って、この方法は小さな孔面積の多数の箇所が測定可能であるため簡易法として非常に有効である。

c. コンクリートの透気性測定

コンクリートの透気速度を測定した結果、中性化深さと密接な関係にあることが判明し、コンクリートの品質を評価する1手法に成り得ることがわかった。

d. ドリルによる塩分量測定

コンクリート表面から深さ方向へ2 cm毎にコンクリート粉末試料をドリルにより採取し、その試料を定量分析した。その結果、コンクリート内部に行く程塩分量は低減しており、飛来塩分による浸透傾向が把握できた。

なお、コア抜き後の試料による塩分量との比較については、今回の調査では行われなかったが、既往の文献によると、両者の測定値はほぼ同等であることが判明しており、ドリルによる塩分試料採取法は簡易な試料採取法と言える。

e. 鉄筋の腐食状況調査

(a) はつりによる方法では、かぶりコンクリートを鉄筋露出するまではつり、目視により腐食状況を判定した。今回の調査では、概要把握のため部分的にはつりを

行ったが、鉄筋のかぶり厚さが異なると腐食状況は異なったものになるためさらに詳細調査が必要である。

- (b) 自然電位法では、ある程度の面積にわたって腐食検査を行ったが、はつりによる腐食調査よりも測定面積が拡大されることにより、建物の腐食状況がより広範囲に把握できる。

6. 今後の検討項目

(1) 経年変化評価手法の検討

平成3年度で実施した調査・試験を踏まえて、さらに複数の建物で経年変化対応として有望な調査・試験を実施し、手法の汎用性、信頼性、有効性を確認するとともに、既存の建物の劣化調査を行う。さらに、建物の経年変化及び寿命評価体系を確立するためにシュミレーション（経年変化モデル）の検討を行う。その概念を図6.1に示す。

(2) 経年変化評価基準の検討

特定した調査・試験手法に評価基準ランクをつけ、各々の基準に対する経年変化度合の評価方法及び補強・補修等の方法を検討する。建物の維持管理点検フローを図6.2に示す。

さらに、劣化変動調査を行うため、評価に必要な保存データの種類を選定し、データベース化の検討を行う。

(3) 特定施設に対する評価及び補強・補修計画の策定

点検等が必要な施設（特定施設）を特定するための判断基準及びその頻度と点検内容を検討し、その妥当性等を確認する。

国内外の原子力施設及び一般産業の経験・情報を活用し、中長期的な観点で特定施設の補強・補修計画を策定する。

(4) 総合評価

事業団内の他施設への展開が可能かを中長期的観点で検討・評価する。

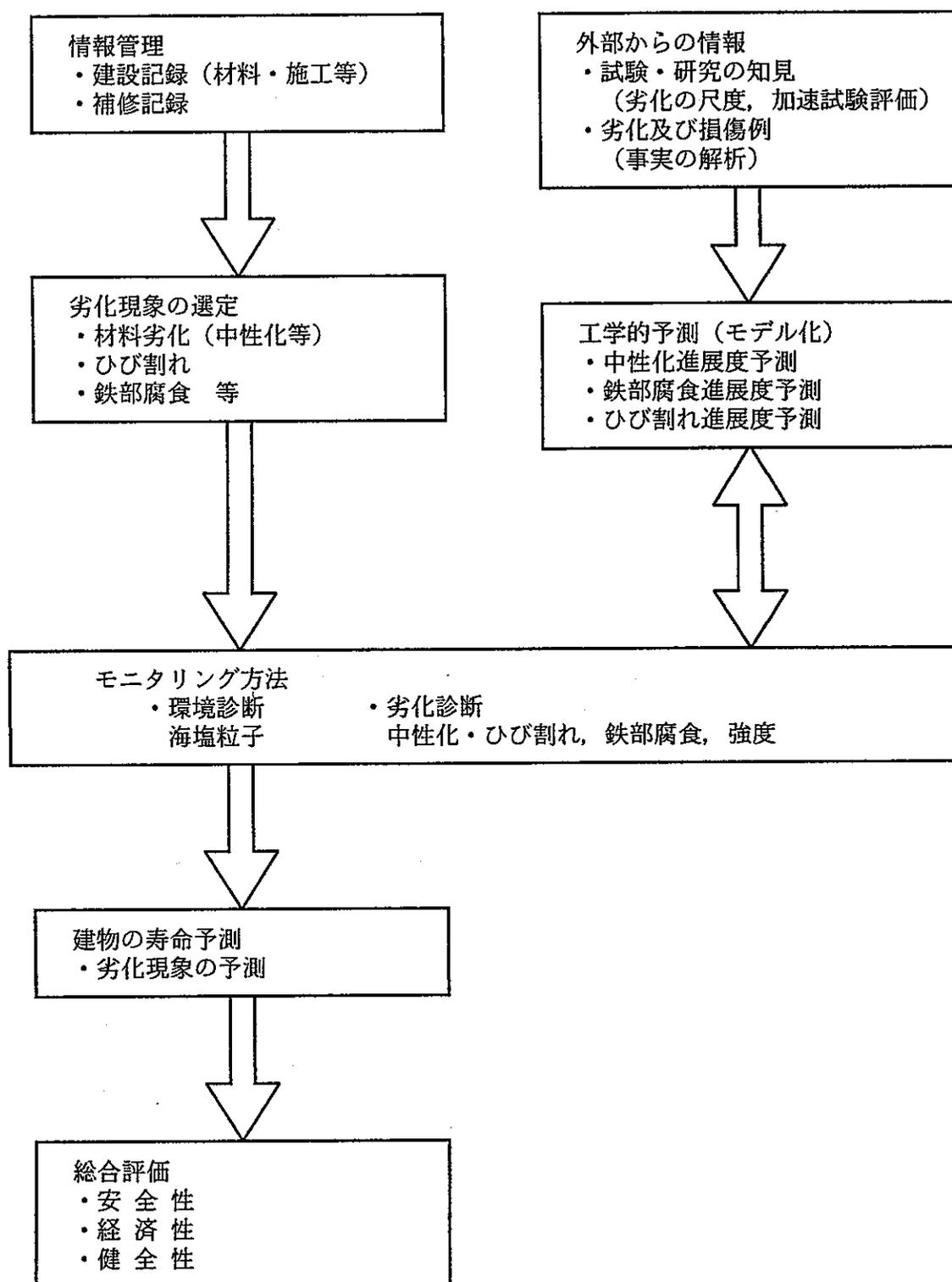


図 6.1 建物の経年変化及び寿命評価体系の概念

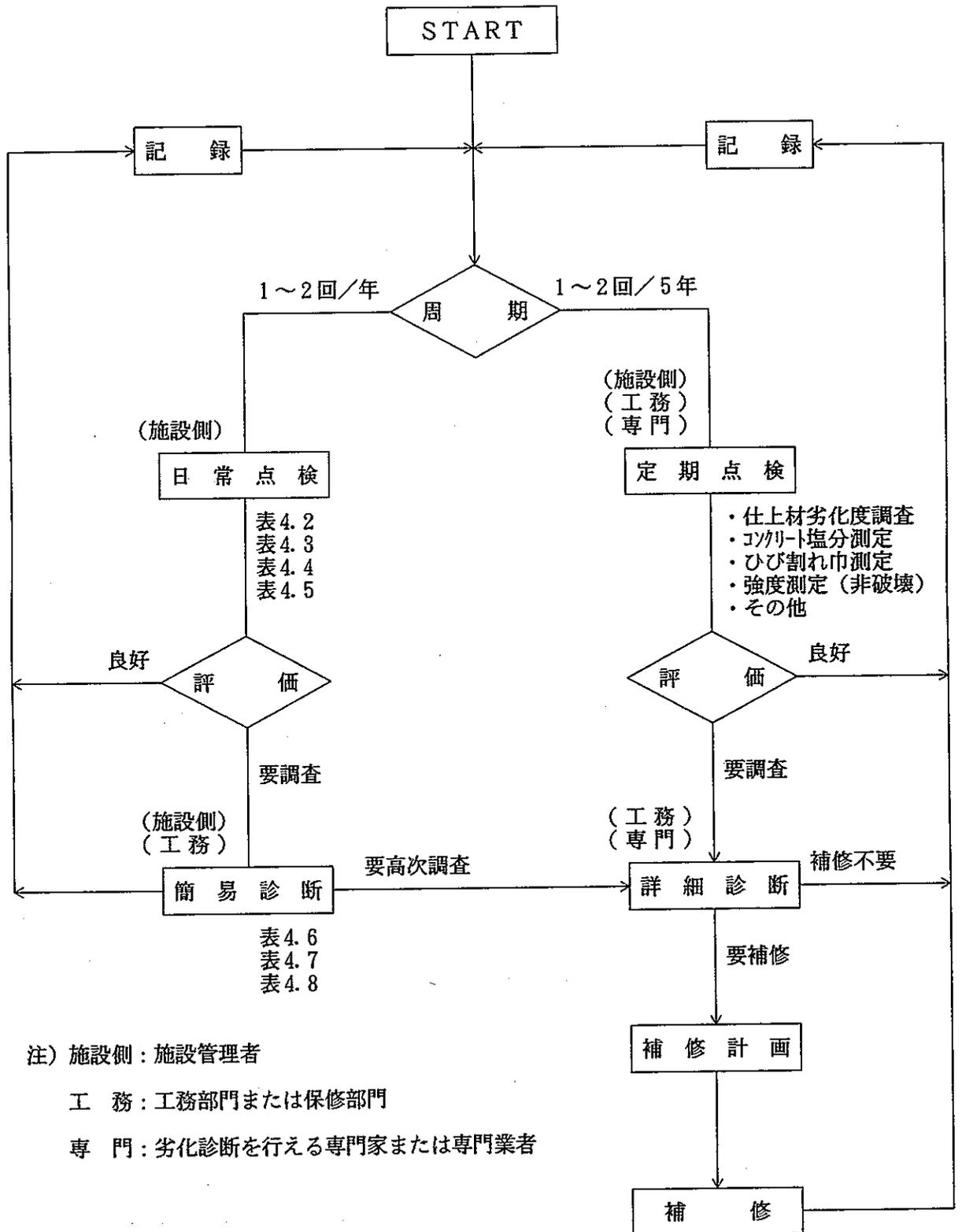


図6.2 建物の維持管理点検フロー

7. まとめ

今年度は主に、建物に対する経年変化評価手法の検討を実施した。その中で劣化診断技術の比較検討を行い、一部既存建物の劣化状況も把握した。

以下に調査した建物の経年変化状況及び調査方法の有効性等について述べる。

(1) 建物の状況

a. 再処理施設ウラン貯蔵所

コンクリートの品質は良好であるが、鉄筋の錆が発見されるため鉄筋の補修を含めた塗膜の改修を早急を実施すべきである。

b. 再処理施設分離精製工場

塗膜が全般にわたって劣化進行しており、全面に渡って上塗材の再塗装を実施すべきである。

c. 実規模開発試験室

海塩粒子による塩害が認められ、特に鉄部に対する塗膜系の改修等、早急を実施すべきである。

d. プルトニウム燃料工場第3開発室

コンクリートの品質は良好であるが、一部鉄筋が露出している所があり、部分的に補修する必要がある。

e. プルトニウム燃料工場第1開発室

コンクリートの品質は良好であるが、塗膜が全般にわたって劣化進行しており、全面にわたって上塗材の再塗装をする必要がある。

f. プルトニウム燃料工場附属機械室

コンクリートの品質は良好であり、塗膜の劣化もほとんど進行していない。

(2) 調査方法の有効性

a. コンクリート躯体強度の推定は、コア採取・シュミットハンマー併用法が推定精度も高く効果的である。またコア採取ができない場合は、シュミットハンマー法の東京都材料検査所の式による推定強度を求める方法が良いと思われる。

b. コンクリート中性化深さ測定及び塩分量測定は、小径ドリル法が小さな孔面積で多数の箇所が測定でき、簡易法として非常に有効である。

c. 鉄筋の腐食状況調査では、自然電位法による方法が、はつりによる調査よりも測定範囲が広範囲に把握できる。

8. あとがき

製作ミスが経年変化を加速させた美浜原発細管破断事故に対する原子力安全委員会の報告では、施設の老朽化対策、高経年に対応した維持基準の見直し等を課題として取上げており、その社会的要求度は高くなってきている。原子力施設の安全性を確保していくためには経年変化に対する研究と、研究に基づく諸対策と経験等によって得られる知見とを安全確保対策に十分反映する必要がある。

事業団としては、品質保証の観点から経年変化対応策検討分科会を設けて全社的な展開を図っているが、本研究の成果の一部が分科会でも評価されている。本研究を進めるにあたり、今年度は建物を重点に研究を進め、建物劣化診断優先度判定法の開発、建物経年変化評価手法の検討として劣化診断チェックリスト（日常点検）及び劣化症状調査票（簡易診断）の作成、既存建物の劣化診断調査等を行った。

来年度からは、経済性、有効性、汎用性等の観点から、補修計画の策定及び評価等を行い、施設建物に対する経年変化評価手法、評価基準を完成させ、各種データの蓄積を図っていく予定である。また、ユーティリティ施設（建築電気設備、建築機械設備）についても詳細な調査・検討を開始し、今後とも運用していく必要のある設備の経年変化評価手法を研究・開発し、同評価手法に基づく適切な補強・補修により設備の安全性、信頼性の向上及び既存施設の有効利用を図る予定である。

また、当然のことながら、既存建物の異常箇所の連絡、補修等の記録の有無等は、評価手法及び評価基準の精度に著しく影響を及ぼすため、施設管理側と工務・保修部門との情報交換等は必要不可欠であり、今後とも協力関係を構築していく必要がある。

末筆ではあるが、本研究の実施に当たり、再処理工場工務部技術課、再処理工場処理部化学処理第二課、プルトニウム燃料工場設備課等関係各課各位から多大な協力・援助をいただいた。ここに記して感謝の意を表する。

以 上

(参 考 文 献)

- ・建設大臣官房庁営繕部：官庁建物修繕措置判定手法・同解説
- ・文部省管理局教育施設部：既存鉄筋コンクリート造学校建物の耐力度測定法
- ・文部省管理局教育施設部：既存鉄骨造学校建物の耐力度測定法
- ・日本建築学会：建築物の耐久計画に関する考え方
- ・建設大臣官房技術調査室：鉄筋コンクリート造建物の耐久性向上技術
- ・建設大臣官房技術調査室：保全・耐久性向上技術の経済性評価手法
- ・コンクリート構造者の耐久性シリーズ編集委員会：塩害（Ⅰ），（Ⅱ）
- ・コンクリートひび割れ対策研究会：コンクリートのひび割れ資料集
- ・福島敏夫：鉄筋コンクリート造建築物の寿命
- ・小林一輔：コンクリート構造物の早期劣化と耐久性診断
- ・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
- ・アワーブレン環境設計(株)：既存建物の調査診断
- ・小倉弘一郎：既存RC建物の耐震補強と診断
- ・建設省建築研究所：建築技術 1989. 7月号特集 修繕・改修のための劣化診断早わかり
- ・建設省建築研究所：建築技術 1991. 4月号増刊号 建物の劣化診断と補修，改修工法
- ・建築保全センター：建築保全 1991. 7月号 特集 修繕・改修の計画から保全まで
- ・日本規格協会：JIS Z 8115 信頼性用語

経年変化対応策安全研究総合計画

経年変化対応策安全研究総合計画

目 的

運転開始後20年程度の期間が経過した施設に対する、経年変化評価手法を研究・開発し、同評価手法に基づく適切な補強、補修により施設の安全運転を図る。

第1編 建 物

1. 概 要

建物の経年変化評価手法の調査、検討、開発を行い、また、評価基準を作成する。

これらの評価手法、基準に基づき、特定施設を対象として評価を行い、全事業所施設のデータベース化への準備資料とする。

2. 総合計画

2.1 対象施設選考基準の検討

東海事業所の諸施設の経年変化対応策研究を実施するに当たって、以下の観点から対象施設の重要度を評価する。なお、項目は必要に応じて付加するものとする。

- ① 施設区分（原子炉等規制法の対象施設、または申請している施設）
- ② 竣工後経過期間
- ③ 今後の運用予定期間
- ④ 種類（使用用途）
- ⑤ 放射性物質の取扱い
- ⑥ 耐震重要度分類
- ⑦ 財産上の重要度
- ⑧ その他

上記項目の評点を和として、施設重要度を評価する。さらにリストアップされた重要度の高い施設の中から、経年変化対応策研究調査対象施設を選考する。

2.2 経年変化評価手法の検討

2.2.1 予備調査

(1) 構造等の仕様リスト作成

施設ごとに構造等の概要（建築面積，構造(SC, RC等)，外壁の仕上，屋上防水等）をまとめ，調査部位の検討を行う。

(2) 選考された施設の情報収集

施設の設計，施工内容や維持管理状況を把握するため，設計図書（地盤調査報告書，設計図面，構造計算書，仕様書等），施工図書（竣工図，施工図，施工計画書，試験成績書等），許認可図書（設置許可申請書，設工認等）及び改造・補修等の記録を調査・収集する。

(3) 劣化状況概要調査

劣化診断チェックリスト（目視確認程度）を作成し，施設の劣化状況概要調査を行い，東海事業所内施設の劣化状況を把握し，追加対象施設の検討等を行う。また，主要な劣化現象を記録するとともに写真撮影も行う。

(4) 既存の経年変化評価手法の調査

既に一般構造物で採用されている劣化診断技術（目視・計測調査，解析方法，評価方法）を調査する。また，実績調査として大手建設会社の技術研究所等への技術動向調査も行う。

2.2.2 調査項目の選定

構造耐力・保存度・外的条件・内的条件の4つの項目を大項目として，それらの取り上げるべき小項目を選定し，各項目・項目相互の重みづけ等を考察する。また，既存の診断方法と比較検討を行い，原子力施設の診断方法としての適切な調査項目の選定を行う。

2.2.3 調査方法の検討

調査項目の選定において、検討した既存の診断方法から信頼性の高いデータとなりうる調査方法、簡便で評価基準に組み込み易い調査方法、シミュレーションの開発・評価基準のデータベースの指標となる調査方法を念頭に調査方法の検討を行う。

2.2.4 調査・試験の実施

劣化部位の特定、劣化状況・範囲の把握、抜き取りによる確率診断等、効率的な調査・試験を行う。

経年変化評価基準の検討、特定施設に対する評価計画策定時において、調査・試験を追加実施する場合、一次調査及び試験でのデータをもとにした変動調査等を行う。

2.2.5 シミュレーションの検討

構造耐力、保存度、外的条件、内的条件のそれぞれの項目に対して、シミュレーションに関する検討を行う。

- BX. 構造耐力 …… 低下度予測
- 保存度 …… コンクリート中性化進展度予測
- 外的条件 …… 地震被害度/液状化予測

2.3 評価計画書の作成

予備調査、調査項目の選定、調査方法の検討、調査・試験の実施、シミュレーションの検討を踏まえ、経年変化評価基準の作成ベースとなる評価計画書の作成を行う。

2.4 経年変化評価基準の検討

2.4.1 評価基準書の作成

(1) 評価項目

共通的な施設について項目、点検方法、点検頻度等を検討し、施設を管理する運転原課においても、専門的な劣化診断知識を必要としない簡便な経年変化チェックリスト（仮称）を作成する。

(2) 評価基準

経年変化チェックリストに評価基準ランクをつけ、経年変化度合の評価方法及び補強・補修等の方法を検討する。

2.4.2 データベース化の検討

劣化変動調査を行うため、経年変化チェックリストのデータベース化を図る。さらに、シミュレーションによる予測と調査結果との比較検討を行う。

2.5 特定施設に対する評価及び補修計画策定

2.5.1 評価

評価基準書を特定の重要施設に対応させた場合の評価基準書各項目（各区分）の妥当性等を確認する。

2.5.2 補強・補修計画

評価結果並びに国内外の原子力施設及び一般産業の経験・情報を活用し、中長期的な観点で重要施設の補強・補修計画を作成する。また、経年変化チェックリストとの整合性も図る。

2.6 総合評価

事業団内の他施設への展開が可能かを中長期的な観点で検討・評価する。

2.7 スケジュール

平成3年度に重点施設建物に対する試験調査を実施し、平成4年度で経年変化調査手法、評価基準を完成させる。平成5年度からは、平成4年度までに確認した手法・基準を用いて順次、調査・試験を実施していくが、適宜実績に応じて計画の見直しを行い、各種データの蓄積を図っていく。

また、シミュレーションに関する検討も平成4年度から行う予定である。

第2編 ユーティリティ施設

1. 概 要

ユーティリティ施設の経年変化評価手法の調査・検討を行い、非常用発電設備、屋外受変電設備、高圧ケーブル及び回転機器について評価基準を作成するとともに寿命診断技術の整備等を行う。

(1) 非常用発電設備

再処理施設第1受変電設備に設置されている非常用発電設備は、設置から既に17年以上経過している。この間、法令点検、定期点検、日常点検等において、部品の交換、整備を行っているが、商用電源停電時における確実な電力の供給が必要とされていることから、発電設備の信頼性の維持が極めて重要である。また、予防保全の観点から、各々の設備機器の耐用年数のある程度、定量化すべきでもある。そこで、非常用発電設備の寿命診断を行うとともに、寿命予測に基づく経年変化対応策の検討を行う。

(2) 屋外受変電設備

屋外受変電設備（以下、屋外キュービクルという）は、屋外に設置されることから、夏場の直射日光、梅雨期の湿度、台風の風雨、海塩粒子などの気象条件が鉄製の収納箱や内部機器の性能に大きな影響をあたえている。

東海事業所の各所に設置されている屋外キュービクルは、既に海岸近くに設置されているため、収納箱の腐食（錆等）が短期間に発生する状況にある。そこで、屋外キュービクルの収納箱について、寿命診断を行い、経年変化対応策の検討を行う。

(3) 高圧ケーブル

東海事業所ではケーブルの予知保全の観点から、既に活線下における高圧ケーブル絶縁監視装置を設置し、ケーブルの劣化診断を開始している。

現状では、絶縁監視装置において、劣化の指標となる防食層の絶縁抵抗不良箇所が数箇所発生している。防食層の絶縁抵抗は絶縁層絶縁劣化の前駆症状の存在を示すものであり、外傷等に基づくものなのか、他の原因によるものかを調査する必要がある。

そこで、実際に絶縁抵抗不良を起こしている箇所の特定を行い、補修を行う。

また、ケーブルの健全性の確認及び劣化ケーブルの寿命診断を行うとともに、寿命予測に基づく経年変化対応策を検討、実施する。

(4) 回転機器

東海事業所内において、ユーティリティ施設の設備機器のうち、回転機器の占める割合は高く、常時運転を要求されているユーティリティ施設においては、回転機器の停止が施設全体に大きな影響を与える場合が多い。

長期間運転されている回転機器ではベアリングの摩耗、その他可動部分の損傷が避けられないため、この種の不具合が進展すると、機器の振動を増大させ、故障、停止に至る。

そこで、回転機器の振動診断装置によって、異常振動計測、周波数分析等を行い、回転機器の寿命診断技術を確立し、適切な補修または、交換を可能なものとする。

2. スケジュール

(1) 非常用発電設備

大手電機会社の調査手法、文献調査等を行い、予備調査、調査項目、方法を検討する。寿命診断に当たっては、必要な手続き等の許認可事項、また、既設再処理工場の運転に、支障をきたさないよう、実施時期を考慮する。

当面の作業は平成4年度末までとし、報告書を作成する。

(2) 屋外受変電設備

屋外キュービクルの経年変化評価手法の検討に当たっては、収納箱の構造等（材料、塗装等）を予備調査し、調査項目・方法の検討、評価手法の検討調査を行う。また、腐食度進行予測等のシミュレーションの検討も行う。

寿命診断を実施する際、腐食部位の状況、範囲の把握等、効率的な調査を行う。

当面の作業は平成4年度末までとし、報告書を作成する。

(3) 高圧ケーブル

ケーブル絶縁自動測定装置の計測の結果、現在、絶縁抵抗測定値が不具合傾向にあるケーブルについて、その不具合位置の同定及び改修を実施する。また、ケーブルの健全性の確認（絶縁抵抗値管理）及び劣化ケーブルの寿命診断に基づく予防保全（ケーブル補修作業等）について引続き実施していく。

各年度末ごとに報告書を作成する。

(4) 回転機器

対象とする回転機器を選考し、診断装置入手後、各種メーカーのベアリングデータを入力する。

振動診断を約1年間実施し、平成4年度末に報告書を作成する。

データベース用施設選考基準リスト

(1/18)

施設選考基準リスト

項目 施設名	施設区分	竣工後経過 期間 (竣工年)	今後の運用 予定期間	種 類 (使用用途)	放射性物質の 取 扱 い	耐震重要度 分 類	財 産 上 の 重要度	総 合 評 価
分離精製工場	再処理施設	16年 (1975. 1)	10年以上	再処理設備 本体	管理区域	A 類	重 要	AA
採 点	20	16	10	10	10	10	20	96 点
分析所	再処理施設	17年 (1974. 1)	10年以上	その他 附属施設	管理区域	B 類	重 要	AA
採 点	20	16	10	8	10	8	20	92 点
廃棄物処理場	再処理施設	16年 (1975. 1)	10年以上	放射性廃棄物 の廃棄施設	管理区域	B 類	重 要	AA
採 点	20	16	10	10	10	8	20	94 点
除染場	再処理施設	18年 (1973. 4)	10年以上	放射性廃棄物 の廃棄施設	管理区域	C 類	重 要	AA
採 点	20	16	10	10	10	6	20	92 点
ウラン貯蔵所	再処理施設	17年 (1974. 12)	10年以上	製品貯蔵施設	管理区域	C 類	重 要	AA
採 点	20	16	10	10	10	6	20	92 点
第二ウラン貯蔵所	再処理施設	12年 (1979. 3)	10年以上	製品貯蔵施設	管理区域	C 類	重 要	AA
採 点	20	14	10	10	10	6	20	90 点
高放射性固体廃棄物貯蔵庫	再処理施設	14年(1972. 8) 上家1977. 4)	10年以上	放射性廃棄物 の廃棄施設	管理区域	A 類	重 要	AA
採 点	20	14	10	10	10	10	20	94 点
第二高放射性固体廃棄物貯蔵場	再処理施設	1年 (1989. 12)	10年以上	放射性廃棄物 の廃棄施設	管理区域	A 類	重 要	A
採 点	20	0	10	10	10	10	20	80 点

施設選考基準リスト

(2/18)

項目 施設名	施設区分	竣工後経過 期間 (竣工年)	今後の運用 予定期間	種 類 (使用用途)	放射性物質の 取 扱 い	耐震重要度 分 類	財 産 上 の 重要度	総 合 評 価
スラッジ貯蔵場	再処理施設	16年 (1974.10)	10年以上	放射性廃棄物 の廃棄施設	管理区域	B 類	重 要	AA
採 点	20	16	10	10	10	8	20	94点
第二スラッジ 貯蔵場	再処理施設	9年 (1981.8)	10年以上	放射性廃棄物 の廃棄施設	管理区域	B 類	重 要	AA
採 点	20	12	10	10	10	8	20	90点
第二低放射性廃液 蒸発処理施設	再処理施設	15年 (1975.7)	10年以上	放射性廃棄物 の廃棄施設	管理区域	B 類	重 要	AA
採 点	20	16	10	10	10	8	20	94点
第三低放射性廃液 蒸発処理施設	再処理施設	12年 (1979.1)	10年以上	放射性廃棄物 の廃棄施設	管理区域	B 類	重 要	AA
採 点	20	14	10	10	10	8	20	92点
放出廃液油分除去 施設	再処理施設	11年 (1979.10)	10年以上	放射性廃棄物 の廃棄施設	管理区域	B 類	重 要	AA
採 点	20	12	10	10	10	8	20	90点
廃溶媒貯蔵場	再処理施設	10年 (1981.4)	10年以上	放射性廃棄物 の廃棄施設	管理区域	B 類	重 要	AA
採 点	20	12	10	10	10	8	20	90点
アスファルト固化 処理施設	再処理施設	9年 (1982.3)	10年以上	技術開発施設	管理区域	B 類	重 要	AA
採 点	20	12	10	10	10	8	20	90点
アスファルト固化 体貯蔵施設	再処理施設	9年 (1982.4)	10年以上	技術開発施設	管理区域	B 類	重 要	AA
採 点	20	12	10	10	10	8	20	90点

(3/18)

施設選考基準リスト

項目 施設名	施設区分	竣工後経過 期間 (竣工年)	今後の運用 予定期間	種 類 (使用用途)	放射性物質の 取 扱 い	耐震重要度 分 類	財 産 上 の 重要度	総 合 評 価
第二アスファルト 固化体貯蔵施設	再処理施設	3年 (1987.12)	10年以上	技術開発施設	管理区域	B 類	重 要	BB
採 点	20	0	10	10	10	8	20	78点
プルトニウム転換 技術開発施設	再処理施設	8年 (1983.2)	10年以上	技術開発施設	管理区域	A 類	重 要	AA
採 点	20	10	10	10	10	10	20	90点
ウラン脱硝施設	再処理施設	6年 (1984.12)	10年以上	再処理設備 本体(脱硝施設)	管理区域	B 類	重 要	A
採 点	20	5	10	10	10	8	20	83点
第一低放射性固体 廃棄物貯蔵場	再処理施設	6年 (1985.6)	10年以上	放射性廃棄物 の廃棄施設	管理区域	C 類	重 要	A
採 点	20	5	10	10	10	6	20	81点
第二低放射性固体 廃棄物貯蔵場	再処理施設	12年 (1979.5)	10年以上	放射性廃棄物 の廃棄施設	管理区域	C 類	重 要	AA
採 点	20	14	10	10	10	6	20	92点
廃溶媒処理技術 開発施設	再処理施設	7年 (1984.1)	10年以上	技術開発施設	管理区域	B 類	重 要	A
採 点	20	10	10	10	10	8	20	88点
クリプトン回収 技術開発施設	再処理施設	9年 (1982.6)	10年以上	技術開発施設	管理区域	A 類	重 要	AA
採 点	20	10	10	10	10	10	20	90点
高放射性廃液 貯蔵場	再処理施設	4年 (1986.12)	10年以上	放射性廃棄物 の廃棄施設	管理区域	A 類	重 要	A
採 点	20	0	10	10	10	10	20	80点

(4/18)

施設選考基準リスト

項目 施設名	施設区分	竣工後経過 期間 (竣工年)	今後の運用 予定期間	種 類 (使用用途)	放射性物質の 取 扱 い	耐震重要度 分 類	財産上の 重要度	総 合 評 価
中間開閉所	再処理施設	12年 (1978.11)	10年以上	非常用 動力装置	非管理区域	B 類	重 要	A
採 点	20	14	10	10	0	8	20	82点
第二中間開閉所	再処理施設	7年 (1984.6)	10年以上	非常用 動力装置	非管理区域	B 類	重 要	BB
採 点	20	5	10	10	0	8	20	73点
油脂庫	再処理施設	16年 (1974.10)	10年以上	その他建物	非管理区域	C 類	普 通	BB
採 点	20	16	10	5	0	6	10	67点
車 庫	再処理施設	9年 (1982.3)	10年以上	その他建物	非管理区域	C 類	普 通	BB
採 点	20	12	10	5	0	6	10	63点
炭酸ガスポンベ 貯蔵庫	再処理施設	11年 (1979.10)	10年以上	その他建物	非管理区域	C 類	普 通	BB
採 点	20	12	10	5	0	6	10	63点
排水モニタ室	再処理施設	14年 (1976.9)	10年以上	その他建物	非管理区域	C 類	普 通	BB
採 点	20	14	10	5	0	6	10	65点
補修工場	再処理施設	11年 (1979.7)	10年以上	その他建物	非管理区域	C 類	普 通	BB
採 点	20	12	10	5	0	6	10	63点
危険物保管庫	再処理施設	17年 (1974.2)	10年以上	その他建物	非管理区域	C 類	普 通	BB
採 点	20	16	10	5	0	6	10	67点

(5/18)

施設選考基準リスト

項目 施設名	施設区分	竣工後経過 期間 (竣工年)	今後の運用 予定期間	種 類 (使用用途)	放射性物質の 取 扱 い	耐震重要度 分 類	財 産 上 の 重 要 度	総 合 評 価
資材庫 (浄水貯槽)	再処理施設	6年 (1985. 5)	10年以上	その他建物	非管理区域	C 類	重 要	BB
	採 点	20	5	10	5	0	6	20
ガラス固化技術 開発棟	再処理施設	0年 (1991. 2)	10年以上	技術開発施設	管理区域	A 類	重 要	A
	採 点	20	0	10	10	10	10	20
ガラス固化技術 管理棟	再処理施設	0年 (1991. 2)	10年以上	非常用 動力装置	非管理区域	B 類	重 要	BB
	採 点	20	0	10	10	0	8	20
焼却施設	再処理施設	0年 (1991. 3)	10年以上	放射性廃棄物 の廃棄施設	管理区域	B 類	重 要	BB
	採 点	20	0	10	10	10	8	20
第三ウラン貯蔵所	再処理施設	0年 (1991. 5)	10年以上	製品貯蔵施設	管理区域	C 類	重 要	BB
	採 点	20	0	10	10	10	6	20
主排気筒	再処理施設	18年 (1973. 6)	10年以上	放射性廃棄物 の廃棄施設	管理区域	A 類	重 要	A
	採 点	20	0	10	10	10	10	20
ガラス固化技術開 発施設付属排気筒	再処理施設	9年 (1981. 11)	10年以上	技術開発施設	管理区域	A 類	重 要	A
	採 点	20	0	10	10	10	10	20
ガラス固化技術開 発施設付属排気筒	再処理施設	0年 (1991. 2)	10年以上	技術開発施設	管理区域	A 類	重 要	A
	採 点	20	0	10	10	10	10	20

施設選考基準リスト

項目 施設名	施設区分	竣工後経過 期間 (竣工年)	今後の運用 予定期間	種 類 (使用用途)	放射性物質の 取 扱 い	耐震重要度 分 類	財 産 上 の 重要度	総 合 評 価
管理事務所	その他	11年 (1979.12)	10年以上	その他建物	非管理区域	その他	普通	B
採点	5	12	10	5	0	5	10	47点
技術管理棟	その他	5年 (1986.2)	10年以上	その他建物	非管理区域	その他	普通	B
採点	5	5	10	5	0	5	10	40点
プルトニウム転換 技術開発管理棟	その他	6年 (1985.4)	10年以上	その他建物	非管理区域	その他	普通	B
採点	5	5	10	5	0	5	10	40点
採点								
採点								
採点								
採点								

施設選考基準リスト

(7/18)

項目 施設名	施設区分	竣工後経過 期間 (竣工年)	今後の運用 予定期間	種 類 (使用用途)	放射性物質の 取 扱 い	耐震重要度 分 類	財 産 上 の 重要度	総 合 評 価
A 棟	使用施設	30年 (1960.12)	10年以上	その他 試験施設	HOT区域	その他	普通	BB
採点	15	20	10	3	10	6	10	74点
B 棟	使用施設	29年 (1962.3)	10年以上	研究・ 施設試験	管理区域	その他	重要	AA
採点	15	20	10	10	10	6	20	91点
応用試験棟	使用施設	11年 (1980.5)	10年以上	その他 試験施設	HOT区域	その他	普通	BB
採点	15	10	10	3	10	6	10	64点
第2応用試験棟	試験施設	8年 (1983.2)	10年以上	その他 試験施設	非管理区域	その他	普通	B
採点	5	10	10	3	0	6	10	44点
工学試験棟	試験施設	12年(1977.7 増築 1979.5)	10年以上	その他 試験施設	非管理区域	その他	普通	B
採点	5	14	10	3	0	6	10	48点
高レベル放射性物質 研究施設 (CPF)	使用施設	10年 (1980.7)	10年以上	研究・ 施設試験	管理区域	Bクラス	重要	A
採点	15	12	10	10	10	8	20	85点
J 棟	使用施設	18年 (1973.11)	10年以上	ウラン 濃縮施設	管理区域	その他	重要	A
採点	15	16	10	10	10	6	20	87点
M 棟	使用施設	14年 (1977.12)	10年以上	ウラン 濃縮施設	管理区域	その他	重要	A
採点	15	14	10	10	10	6	20	85点

(8/18)

施設選考基準リスト

項目 施設名	施設区分	竣工後経過 期間 (竣工年)	今後の運用 予定期間	種類 (使用用途)	放射性物質の 取扱い	耐震重要度 分類	財産上の 重要度	総合評価
第2ウラン貯蔵庫	使用施設	14年 (1976. 7)	10年以上	ウラン 濃縮施設	管理区域	その他	重要	A
採点	15	14	10	10	10	6	20	85点
ウラン廃棄物処理 施設 廃水処理室	使用施設	14年 (1976.11)	10年以上	ウラン 濃縮施設	管理区域	その他	重要	A
採点	15	14	10	10	10	6	20	85点
ウラン排気物処理 施設 廃油保管庫	使用施設	調査中	10年以上	ウラン 濃縮施設	管理区域	その他	重要	
採点	15		10	10	10	6	20	(71)点
L棟	使用施設	16年 (1975. 4)	10年以上	その他 試験施設	HOT区域	その他	普通	BB
採点	15	16	10	3	10	6	10	70点
G棟	使用施設	19年 (1972. 3)	10年以上	その他 試験施設	HOT区域	その他	普通	BB
採点	15	16	10	3	10	6	10	70点
H棟	試験施設	調査中	10年以上	その他 試験施設	非管理区域	その他	普通	
採点	5		10	3	0	6	10	(34)点
ウラン濃縮部品 試験室	試験施設	6年 (1985. 3)	10年以上	その他 試験施設	非管理区域	その他	普通	CC
採点	5	5	10	3	0	6	10	39点
計測器校正室	使用施設	調査中	10年以上	計器校正室	HOT区域	その他	普通	
採点	15		10	3	10	6	10	(54)点

(9/18)

施設選考基準リスト

項目 施設名	施設区分	竣工後経過 期間 (竣工年)	今後の運用 予定期間	種 類 (使用用途)	放射性物質の 取 扱 い	耐震重要度 分 類	財 産 上 の 重要度	総 合 評 価
計測器管理棟	その他	24年 (1967. 4)	10年以上	管理棟 (居室)	非管理区域	その他	普通	B
採点	5	20	10	3	0	6	10	54点
ウラン廃棄物処理 施設 焼却施設	使用施設	12年 (1978. 12)	10年以上	ウラン廃棄物 廃棄施設	管理区域	その他	重要	A
採点	15	12	10	10	10	6	20	83点
ウラン廃棄物処理施設 ウラン系廃棄物貯蔵 施設	使用施設	8年 (1983. 2)	10年以上	ウラン廃棄物 廃棄施設	管理区域	その他	重要	A
採点	15	10	10	10	10	6	20	81点
ウラン廃棄物処理施設 中央廃水処理場	使用施設	調査中	10年以上	ウラン廃棄物 廃棄施設	管理区域	その他	重要	
採点	15		10	10	10	6	20	(71)点
洗濯場(安全管理 別棟(F棟))	使用施設	調査中	10年以上	ウラン廃棄物 廃棄施設	管理区域	その他	重要	
採点	15		10	10	10	6	20	(71)点
第1廃棄物倉庫	使用施設	調査中	10年以上	ウラン廃棄物 廃棄施設	管理区域	その他	重要	
採点	15		10	10	10	6	20	(71)点
第2廃棄物倉庫	使用施設	調査中	10年以上	ウラン廃棄物 廃棄施設	管理区域	その他	重要	
採点	15		10	10	10	6	20	(71)点
第3廃棄物倉庫	使用施設	調査中	10年以上	ウラン廃棄物 廃棄施設	管理区域	その他	重要	
採点	15		10	10	10	6	20	(71)点

施設選考基準リスト

(10/18)

項目 施設名	施設区分	竣工後経過 期間 (竣工年)	今後の運用 予定期間	種類 (使用用途)	放射性物質の 取扱い	耐震重要度 分類	財産上の 重要度	総合評価
第4廃棄物倉庫	使用施設	調査中	10年以上	ウラン廃棄物 廃棄施設	管理区域	その他	重要	
採点	15		10	10	10	6	20	(71)点
第5廃棄物倉庫	使用施設	調査中	10年以上	ウラン廃棄物 廃棄施設	管理区域	その他	重要	
採点	15		10	10	10	6	20	(71)点
第6廃棄物倉庫	使用施設	調査中	10年以上	ウラン廃棄物 廃棄施設	管理区域	その他	重要	
採点	15		10	10	10	6	20	(71)点
廃棄物屋外貯蔵 ピット	使用施設	21年 (1970. 5)	10年以上	ウラン廃棄物 廃棄施設	管理区域	その他	重要	AA
採点	15	20	10	10	10	6	20	91点
モックアップ試験 棟	試験施設	10年 (1981. 2)	10年以上	その他 試験施設	非管理区域	その他	普通	B
採点	5	12	10	3	0	6	10	46点
実規模開発試験室	試験施設	5年 (1986. 5)	10年以上	その他 試験施設	非管理区域	その他	普通	CC
採点	5	5	10	3	0	6	10	39点
ウラン濃縮付属 機械室	その他	17年 (1974. 4)	10年以上	機械室	非管理区域	その他	普通	B
採点	5	16	10	3	0	6	10	50点
発電気室(ウラン濃縮 付属機械室)	その他	調査中	10年以上	機械室	非管理区域	その他	普通	
採点	5		10	3	0	6	10	(34)点

施設選考基準リスト

(11/18)

項目 施設名	施設区分	竣工後経過 期間 (竣工年)	今後の運用 予定期間	種類 (使用用途)	放射性物質の 取扱い	耐震重要度 分類	財産上の 重要度	総合評価
プルトニウム燃料 第一開発室	使用施設	26年 (1965. 2)	10年以上	プルトニウム 施設	管理区域	その他	重要	AA
採点	15	20	10	10	10	6	20	91点
ウラン貯蔵庫	使用施設	19年 (1971. 8)	10年以上	プルトニウム 施設	管理区域	Csクラス	重要	A
採点	15	16	10	10	10	7	20	88点
プルトニウム燃料 第二開発室	使用施設	20年 (1971. 5)	10年以上	プルトニウム 燃料工場	管理区域	その他	重要	AA
採点	15	20	10	10	10	6	20	91点
プルトニウム燃料 第三開発室	使用施設	6年 (1984. 9)	10年以上	プルトニウム 燃料工場	管理区域	BSクラス	重要	BB
採点	15	5	10	10	10	9	20	79点
洗濯排水ピット	使用施設	調査中	10年以上	プルトニウム 燃料工場	管理区域	その他	重要	
採点	15		10	10	10	6	20	(71)点
プルトニウム廃棄 物処理開発施設	使用施設	5年 (1986. 4)	10年以上	プルトニウム廃棄物 処理開発施設	管理区域	Csクラス	重要	BB
採点	15	5	10	10	10	7	20	77点
プルトニウム廃棄 物貯蔵施設	使用施設	10年 (1980. 7)	10年以上	プルトニウム廃棄物 処理開発施設	管理区域	その他	重要	A
採点	15	12	10	10	10	6	20	83点
屋外固体廃棄物 貯蔵庫(第1)	使用施設	調査中	10年以上	プルトニウム廃棄物 処理開発施設	管理区域	その他	重要	
採点	15		10	10	10	6	20	(71)点

施設選考基準リスト

項目 施設名	施設区分	竣工後経過 期間 (竣工年)	今後の運用 予定期間	種 類 (使用用途)	放射性物質の 取 扱 い	耐震重要度 分 類	財 産 上 の 重要度	総 合 評 価
屋外固体廃棄物 貯蔵庫 (第2)	使用施設	調 査 中	10年以上	加圧廃棄物 処理開発施設	管理区域	そ の 他	重 要	
採 点	15		10	10	10	6	20	(71)点
屋外固体廃棄物 貯蔵庫 (第3)	使用施設	調 査 中	10年以上	加圧廃棄物 処理開発施設	管理区域	そ の 他	重 要	
採 点	15		10	10	10	6	20	(71)点
屋外固体廃棄物 貯蔵庫 (第4)	使用施設	調 査 中	10年以上	加圧廃棄物 処理開発施設	管理区域	そ の 他	重 要	
採 点	15		10	10	10	6	20	(71)点
屋外固体廃棄物 貯蔵庫 (第5)	使用施設	調 査 中	10年以上	加圧廃棄物 処理開発施設	管理区域	そ の 他	重 要	
採 点	15		10	10	10	6	20	(71)点
屋外固体廃棄物 貯蔵庫 (第6)	使用施設	調 査 中	10年以上	加圧廃棄物 処理開発施設	管理区域	そ の 他	重 要	
採 点	15		10	10	10	6	20	(71)点
屋外固体廃棄物 貯蔵庫 (第7)	使用施設	調 査 中	10年以上	加圧廃棄物 処理開発施設	管理区域	そ の 他	重 要	
採 点	15		10	10	10	6	20	(71)点
屋外固体廃棄物 貯蔵庫 (第8)	使用施設	調 査 中	10年以上	加圧廃棄物 処理開発施設	管理区域	そ の 他	重 要	
採 点	15		10	10	10	6	20	(71)点
屋外固体廃棄物 貯蔵庫 (第9)	使用施設	調 査 中	10年以上	加圧廃棄物 処理開発施設	管理区域	そ の 他	重 要	
採 点	15		10	10	10	6	20	(71)点

施設選考基準リスト

(13/18)

項目 施設名	施設区分	竣工後経過 期間 (竣工年)	今後の運用 予定期間	種 類 (使用用途)	放射性物質の 取 扱 い	耐震重要度 分 類	財 産 上 の 重要度	総 合 評 価
屋外固体廃棄物 貯蔵庫 (第10)	使用施設	調 査 中	10年以上	加圧容器廃棄物 処理開発施設	管理区域	そ の 他	重 要	
採 点	15		10	10	10	6	20	(71)点
屋外固体廃棄物 貯蔵庫 (第11)	使用施設	調 査 中	10年以上	加圧容器廃棄物 処理開発施設	管理区域	そ の 他	重 要	
採 点	15		10	10	10	6	20	(71)点
屋外固体廃棄物 貯蔵庫 (第12)	使用施設	調 査 中	10年以上	加圧容器廃棄物 処理開発施設	管理区域	そ の 他	重 要	
採 点	15		10	10	10	6	20	(71)点
屋外固体廃棄物 貯蔵庫 (第13)	使用施設	調 査 中	10年以上	加圧容器廃棄物 処理開発施設	管理区域	そ の 他	重 要	
採 点	15		10	10	10	6	20	(71)点
屋外固体廃棄物 貯蔵庫 (第14)	使用施設	調 査 中	10年以上	加圧容器廃棄物 処理開発施設	管理区域	そ の 他	重 要	
採 点	15		10	10	10	6	20	(71)点
屋外固体廃棄物 貯蔵庫 (第15)	使用施設	調 査 中	10年以上	加圧容器廃棄物 処理開発施設	管理区域	そ の 他	重 要	
採 点	15		10	10	10	6	20	(71)点
屋外固体廃棄物 貯蔵庫 (第16)	使用施設	調 査 中	10年以上	加圧容器廃棄物 処理開発施設	管理区域	そ の 他	重 要	
採 点	15		10	10	10	6	20	(71)点
屋外固体廃棄物 貯蔵庫 (第17)	使用施設	調 査 中	10年以上	加圧容器廃棄物 処理開発施設	管理区域	そ の 他	重 要	
採 点	15		10	10	10	6	20	(71)点

(14/18)

施設選考基準リスト

項目 施設名	施設区分	竣工後経過 期間 (竣工年)	今後の運用 予定期間	種 類 (使用用途)	放射性物質の 取 扱 い	耐震重要度 分 類	財 産 上 の 重要度	総 合 評 価
プルトニウム燃料 付属機械室	その他	調査中	10年以上	機械室	非管理区域	その他	普通	
採点	5		10	3	0	6	10	(34)点
ユーティリティ棟	使用施設	7年 (1983.12)	10年以上	ユーティリテ ィ供給施設	非管理区域	Csクラス	普通	B
採点	15	10	10	5	0	7	10	57点
プル燃付属 電算機室	その他	17年 (1974.2)	10年以上	管理棟	非管理区域	その他	普通	B
採点	5	16	10	3	0	6	10	50点
付属控室	その他	19年 (1972.3)	10年以上	管理棟	非管理区域	その他	普通	B
採点	5	16	10	3	0	6	10	50点
プルトニウム燃料 輸送容器保管庫	その他	調査中	10年以上	倉庫	非管理区域	その他	普通	
採点	5		10	2	0	6	10	(33)点
燃料製造機器 試験室	使用施設	18年 (1972.7)	10年以上	その他 試験施設	HOT区域	その他	普通	BB
採点	15	16	10	3	10	6	10	70点
一般廃棄物貯蔵庫 (第1機材保管庫)	その他	調査中	10年以上	倉庫	非管理区域	その他	普通	
採点	5		10	2	0	6	10	(33)点
一般倉庫(カトリウム 燃料開発室付付属 倉庫)	その他	調査中	10年以上	倉庫	非管理区域	その他	普通	
採点	5		10	2	0	6	10	(33)点

施設選考基準リスト

(15/18)

項目 施設名	施設区分	竣工後経過 期間 (竣工年)	今後の運用 予定期間	種 類 (使用用途)	放射性物質の 取 扱 い	耐震重要度 分 類	財 産 上 の 重要度	総 合 評 価
焼却設備室	その他	調査中	10年以上	機械室	非管理区域	その他	普通	
採点	5		10	3	0	6	10	(34)点
保安用品保管庫	その他	調査中	10年以上	倉庫	非管理区域	その他	普通	
採点	5		10	2	0	6	10	(33)点
プルトニウム燃料 付属ポンプ室	その他	調査中	10年以上	機械室	非管理区域	その他	普通	
採点	5		10	3	0	6	10	(34)点
採点								
採点								
採点								
採点								

施設選考基準リスト

(16/18)

項目 施設名	施設区分	竣工後経過 期間 (竣工年)	今後の運用 予定期間	種 類 (使用用途)	放射性物質の 取 扱 い	耐震重要度 分 類	財 産 上 の 重要度	総 合 評 価
建設工務管理棟	その他	19年 (1972. 3)	10年以上	管理棟	非管理区域	その他	普通	B
採点	5	16	10	3	0	6	10	50点
工作工場	その他	32年 (1958.12)	10年以上	作業場	非管理区域	その他	普通	B
採点	5	20	10	2	0	6	10	53点
工務倉庫	その他	8年 (1982.12)	10年以上	倉庫	非管理区域	その他	普通	B
採点	5	10	10	2	0	6	10	43点
非常用予備発電棟	使用施設	5年 (1986. 3)	10年以上	ユーティリティ 供給施設	非管理区域	C sクラス	重要	BB
採点	15	5	10	5	0	7	20	62点
浄水施設	ユーティリティ 施設	32年 (1958.11)	10年以上	ユーティリティ 供給施設	非管理区域	その他	重要	BB
採点	10	20	10	5	0	6	20	71点
中央運転管理室	ユーティリティ 施設	30年 (1961. 2)	10年以上	ユーティリティ 供給施設	非管理区域	その他	重要	BB
採点	10	20	10	5	0	6	20	71点
技術管理第3棟 (特高及び浄水操 作室)	ユーティリティ 施設	14年 (1976.10)	10年以上	ユーティリティ 供給施設	非管理区域	その他	重要	BB
採点	10	14	10	5	0	6	20	65点
煙突	その他	3年 更新(1988. 6)	10年以上	機械室	非管理区域	その他	重要	B
採点	5	0	10	3	0	6	20	44点

施設選考基準リスト

(17/18)

項目 施設名	施設区分	竣工後経過 期間 (竣工年)	今後の運用 予定期間	種 類 (使用用途)	放射性物質の 取 扱 い	耐震重要度 分 類	財 産 上 の 重要度	総 合 評 価
技術管理第1棟	その他	32年 (1958.11)	10年以上	管理棟	非管理区域	その他	普通	B
採点	5	20	10	3	0	6	10	54点
技術管理第2棟	その他	24年 (1967.3)	10年以上	管理棟	非管理区域	その他	普通	B
採点	5	20	10	3	0	6	10	54点
図書研修合同棟	その他	6年 (1984.11)	10年以上	管理棟	非管理区域	その他	普通	CC
採点	5	5	10	3	0	6	10	39点
安全管理棟	使用施設	18年 (1973.4)	10年以上	管理棟	HOT区域	その他	普通	BB
採点	15	16	10	3	10	6	10	70点
安全管理棟	使用施設	13年 (1977.9)	10年以上	管理棟	HOT区域	その他	普通	BB
採点	15	14	10	3	10	6	10	68点
海洋倉庫	その他	調査中	10年以上	倉庫	非管理区域	その他	普通	
採点	5		10	2	0	6	10	(33)点
環境前処理棟	その他	12年 改造(1978.8)	10年以上	管理棟	非管理区域	その他	普通	B
採点	5	14	10	3	0	6	10	48点
計測機器校正室	その他	5年 (1985.9)	10年以上	計器校正室	非管理区域	その他	普通	CC
採点	5	5	10	3	0	6	10	39点

表 1. 施設選考基準リスト

項目 施設名	施設区分	竣工後経過 期間 (竣工年)	今後の運用 予定期間	種 類 (使用用途)	放射性物質の 取 扱 い	耐震重要度 分 類	財 産 上 の 重要度	総 合 評 価
事務管理棟	その他	調査中	10年以上	管理棟	非管理区域	その他	普通	
採点	5		10	3	0	6	10	(34)点
放射線保健室	その他	13年 (1977. 7)	10年以上	管理棟	非管理区域	その他	普通	B
採点	5	14	10	3	0	6	10	48点
医務棟	その他	調査中	10年以上	管理棟	非管理区域	その他	普通	
採点	5		10	3	0	6	10	(34)点
一般雑芥焼却棟	その他	3年 更新(1988. 6)	10年以上	焼却炉	非管理区域	その他	普通	CC
採点	5	0	10	3	0	6	10	34点
採点								
採点								
採点								
採点								

劣化状況概要調査

(劣化診断チェックリスト使用)

- ・ 再処理施設 分離精製工場
- ・ 再処理施設 ウラン貯蔵所
- ・ 実規模開発試験室
- ・ プルトニウム燃料工場 プルトニウム燃料第一開発室
- ・ プルトニウム燃料工場 付属機械室
- ・ 建物外壁部劣化写真

劣化診断チェックリスト (その1)

再) 分離精製工場

点検期日: 1991. 9. 10

点検者名: 山本 勝

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, エフロッセンスが目立つ。							○		
ひびわれ (m/㎡)	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 (個/㎡)	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1)

再) ウラン貯蔵所

点検期日: 1991. 9. 10

点検者名: 山本 勝

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, エフロッセンスが目立つ。									
ひびわれ (m/㎡)	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。							↑ 0.35~0.5mm		
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 (個/㎡)	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1）

実規模開発試験室

点検期日：1991. 9. 10

点検者名：山本 勝

評価基準			点検部位								
			屋内				屋外				
項目	評価	概要	柱	地	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、エフロッセンスが目立つ。									
ひびわれ (m/㎡)	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 (個/㎡)	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1）

P u) 第 1 開 発 室

点検期日：1991. 9. 10

点検者名：山本 勝

評 価 基 準			点 検 部 位								
			屋 内				屋 外				
項 目	評価	概 要	柱	ゆ	壁	床	東	西	南	北	その他
汚 れ (m^2/m^2)	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, エフロッセンスが目立つ。									
ひびわれ (m/m^2)	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。									
剝 落 (個/ m^2)	I	剝落が認められない。					○	○		○	
	II	剝落が部分的に認められる。									
	III	剝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1）

P u) 付 属 機 械 室

点検期日：1991. 9. 10

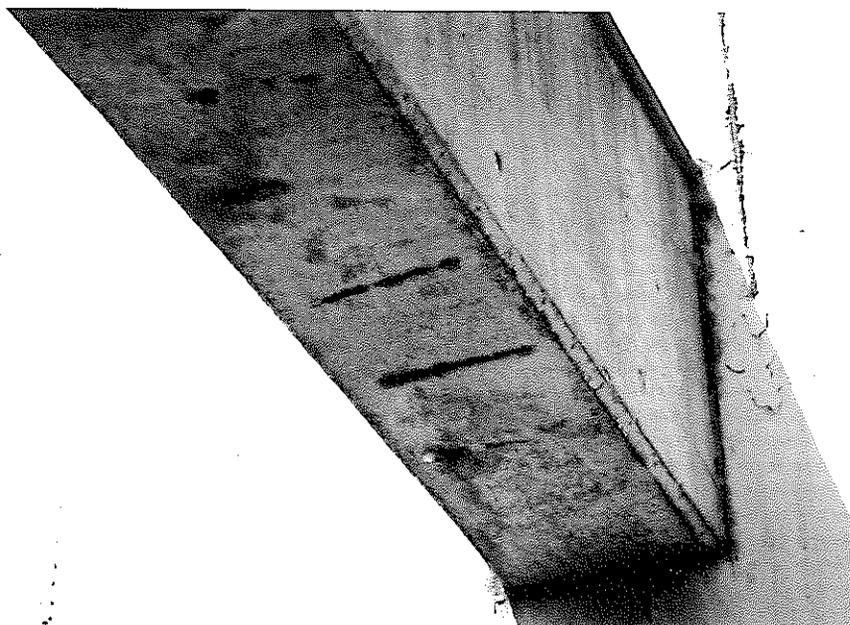
点検者名：山本 勝

評 価 基 準			点 検 部 位								
			屋 内				屋 外				
項 目	評価	概 要	柱	肋	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、エフロッセンスが目立つ。									
ひびわれ (m/㎡)	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。									
剝 落 (個/㎡)	I	剝落は認められない。					○	○	○	○	
	II	剝落が部分的に認められる。									
	III	剝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。									

建物外壁部劣化写真



再処理施設ウラン貯蔵所 東面側



再処理施設ウラン貯蔵所 南面側

建物外壁部劣化写真

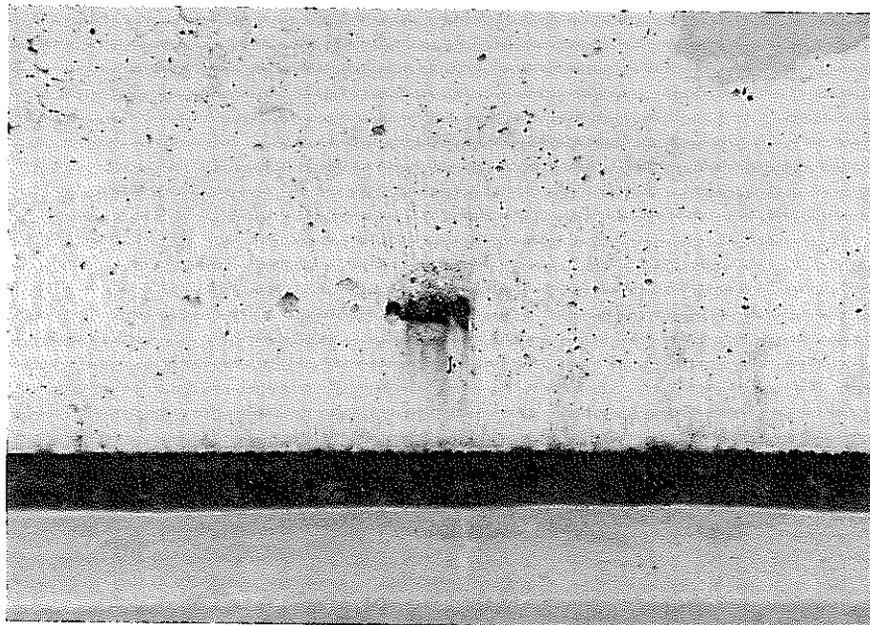


再処理施設分離精製工場 西面側



実規模開発試験室 北面側

建物外壁部劣化写真



プルトニウム燃料工場第3開発室 北面側



プルトニウム燃料工場第1開発室 北面側

文献等による調査項目の選定

1. 調査項目の選定

建物の耐久性（耐力度）を検討するための基礎的条件，構造耐力・保存度・外的（外力）条件及び内的条件を選び，それらの取り上げるべき，中項目，小項目を選定し，各項目及び項目相互の重みづけ等を考察し，既存の診断方法や原子力施設における実績等と比較検討を行い，事業所内各施設建物の診断方法としての適切な調査項目の選定を行った。

(1) 構造耐力

構造耐力は，建物が設計段階において，構造耐力上どの程度の性能を持っていたのか整理するため，項目を取り上げた。

i) 保有耐力

- (a) 水平耐力
- (b) 剛性率
- (c) 偏心率
- (d) コンクリート圧縮強度

ii) 層間変形角

iii) 基礎構造

iv) 構造使用材料

i) ～iv) の項目は全て耐震基準の指標となり得るものである。剛性率，偏心率は建築基準法施行令（新耐震設計法）により求められ，層間変形角は剛性の高い建物として設計されているのであまり問題にはならない。水平耐力や基礎構造も，設計当初には十分な安全性（建物に作用する荷重・外力・地盤の沈下や変形などを考慮した）を確保した設計をしている。その中でコンクリート圧縮強度は，経年による強度劣化を伴うものであり，調査項目の選定において，ウエイトはかなり重い。また構造使用材料には，粗骨材（砂利），細骨材（砂）の種類差によって，せん断強度，じん性の低下が生じ塩分を含んだ骨材を使用することによるコンクリートの耐久性への悪影響を考慮しなければならない。

(2) 保存度

建物は保存状態により，建物耐久性を良くも悪くもする。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現象や劣化症状である。

i) 経過年数

ii) コンクリート中性化深さ（鉄筋かぶり厚さ）

- iii) 鉄筋腐食度
- iv) ひび割れ
- v) 漏水（防水）
- vi) 表面劣化
- vii) 塗装劣化
- viii) 地盤変動（沈下）量，（不同沈下，圧密沈下，収縮沈下）
- ix) 大たわみ
- x) シーリング材の劣化

一般的に建物の劣化は経年により比例とすると考えて、これらの中で経過年数が経年変化対応の評価する要因として、また調査を行ううえで、重要なウエイトがあると云える。

今回対象としている建物はそのほとんどが鉄筋コンクリート造りであり、通常、鉄筋はコンクリートの中に溶け込んだ水酸化カルシウムの強いアルカリ性で腐食から保護されているが、大気中の二酸化炭素等の侵食性ガスによりコンクリート表面から拡散し、コンクリートの内部から逆拡散する水酸化カルシウムと炭酸化反応を起こし、コンクリートの中性化が表層部から徐々に進行する。コンクリートの中性化が鉄筋部まで達するとコンクリートによる防食機能が低下し、鉄筋の腐食が進行する。それに伴い構造耐力（コンクリート耐力、鉄筋耐力）の低下を招き、ひいては建物の安全性、信頼性に支障をきたす。コンクリート中性化の経時進行予測、鉄筋腐食の経時進行予測をすることは建物の耐久性能を示す指標となることを考えれば、重要なウエイトがあると云える。

また、コンクリートの中性化を防ぐ措置として、コンクリート表面への塗装がある。塗装による中性化抑制効果に期待するところは大きく塗装劣化がコンクリート中性化の経時進行予測に影響をあたえることを考えればこれも重要な劣化指標と云える。

表面劣化についても塗装劣化と同様な考え方ができる。

ひび割れはコンクリート打設時に起因する種々なひび割れと外力等による構造ひび割れとがあり、ひび割れが増大するとその部分から空気や水分が侵入して、コンクリートの中性化や鉄筋の発錆の原因となる。また、鉄筋コンクリート造は健全なものでも年数が経過すれば、ひび割れが避けられないことを考慮しなければならない。

地盤変動（沈下）量のうち、不同沈下は、基礎地盤の異常によって起こる。不同沈下によって上部構造に生じる応力は極めて大きい、その応力は内部応力であって、構造体の終局の強度には余り影響を及ぼさないと考えられる。しかし、過大な変動（沈下）量が生じると使用上の障害を起こすことを考慮しなければならない。

大たわみについては、現在、事業所内建物においてクレーム等の報告はされていない。たわみが現れるとき、ほとんどの場合ひび割れを伴うので、ひび割れとの相関関係を考慮する必要がある。また、大たわみは、設計時の配慮不足（鉄筋量不足や部材形状の不足）、施工欠陥、過荷重等による原因によって生じるが、現在の品質管理でそのようなことは考えにくい。

漏水は居住性を害し、美観を損なう等の問題を起す。漏水原因は外装材、屋根防水等の劣化によることが多いが、補修後の効果は十分期待でき、建物耐久性にあたる影響度はそう高くない。しかし、漏水原因が複雑な場合（漏水経路がわからない、コンクリート強度が低下した状態、鉄筋が腐食した状態等）は、その劣化要因の関連性を十分に考慮する必要がある。

シーリング材の劣化は劣化故障が直接、漏水につながることが多く、外的劣化要因（熱、紫外線、疲労等）に影響されるシーリング材の劣化度を、最近は定量的に評価することも可能となり、品質管理上の問題がなければ、耐用年数を把握することにより対応できる。

(3) 外的（外力）条件

建物の立地条件により、将来の構造耐力及び保存度に影響を及ぼすと考えられる項目を取り上げた。

- i) 地震地域別係数
- ii) 地盤種別
- iii) 積雪・寒冷地域（凍害）
- iv) 海岸からの距離（塩害）
- v) 風
- vi) 温度履歴（温度作用）
- vii) CO₂濃度（侵食性ガス等）

地震地域別係数は、各地域ごとの地震の起こりやすさの比を数字で表したもので設計時の入力地震動の大きさの程度を補正するための係数である。（建設省告示第1793号第1による地域区分）

地震種別は、地盤の硬さ（硬質、普通、軟弱）を数字で表したもので、設計時の入力地震動及び地盤被害の可能性の大きさの程度を補正するための係数である。（建設省告示第1793号第2による地域区分）

積雪・寒冷地域は、積雪や寒冷の影響による建物の劣化の程度（凍害）を表すものであ

る。(義務教育諸学校施設費国庫負担法施行令第7条第5項)

海岸からの距離は海岸からの距離に近いほど塩害の影響を受けやすく、その影響度は、海岸からの距離に比例する。

風は、塩害等の影響度を増幅させる要因となる。

温度履歴は、火災等による温度作用(高温による劣化、凍害)の影響を表すものである。

CO₂等の侵食系ガスは、その濃度により建物の劣化(コンクリート中性化等)への影響度を左右する。

(4) 内的条件

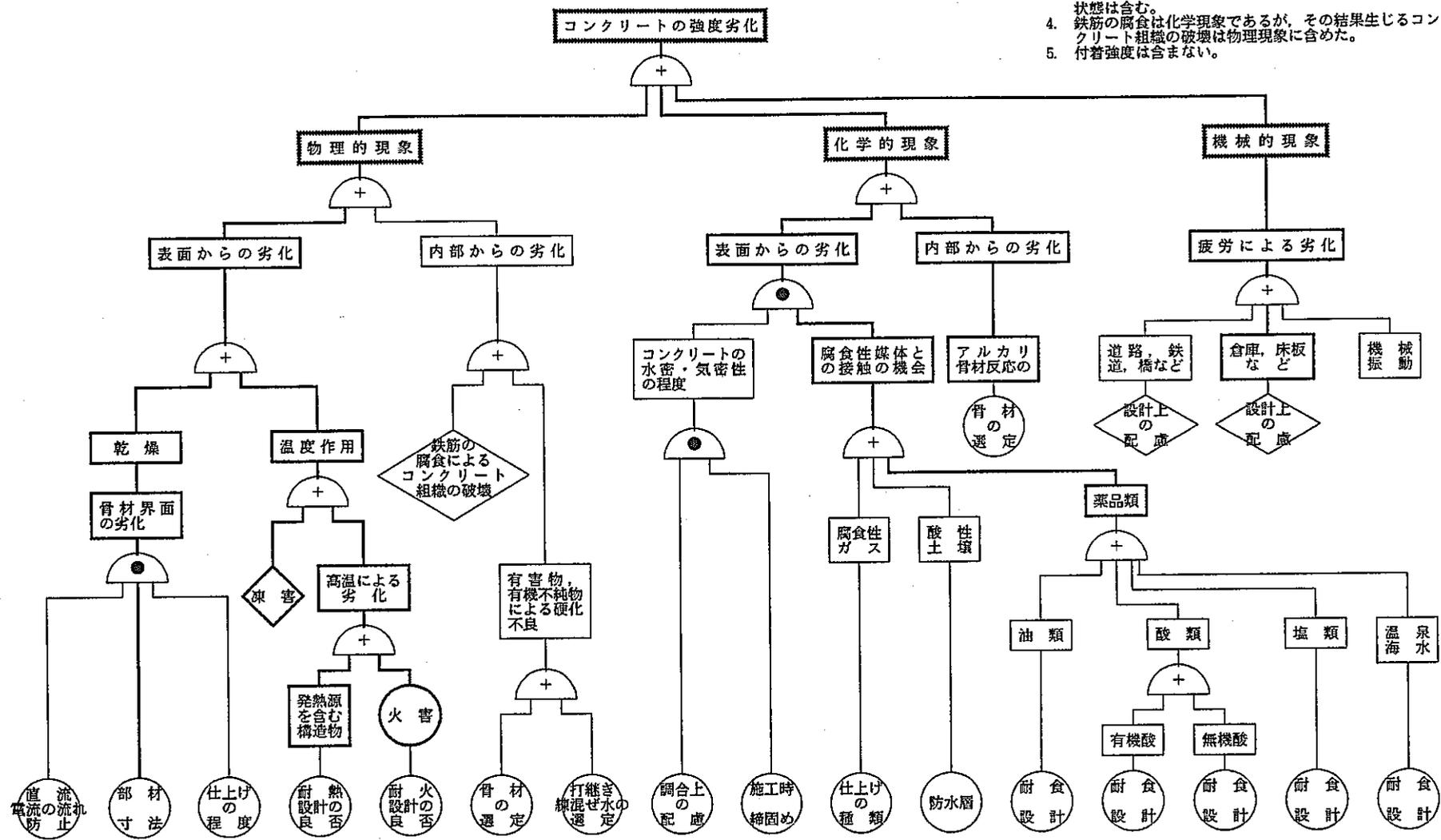
建物の使用環境により、将来の構造耐力及び保存度に影響を及ぼすと考える項目を取り上げた。

- i) 照射条件
- ii) 雰囲気(酸性、アルカリ性)
- iii) 温度
- iv) 湿度
- v) CO₂濃度(侵食性ガス)

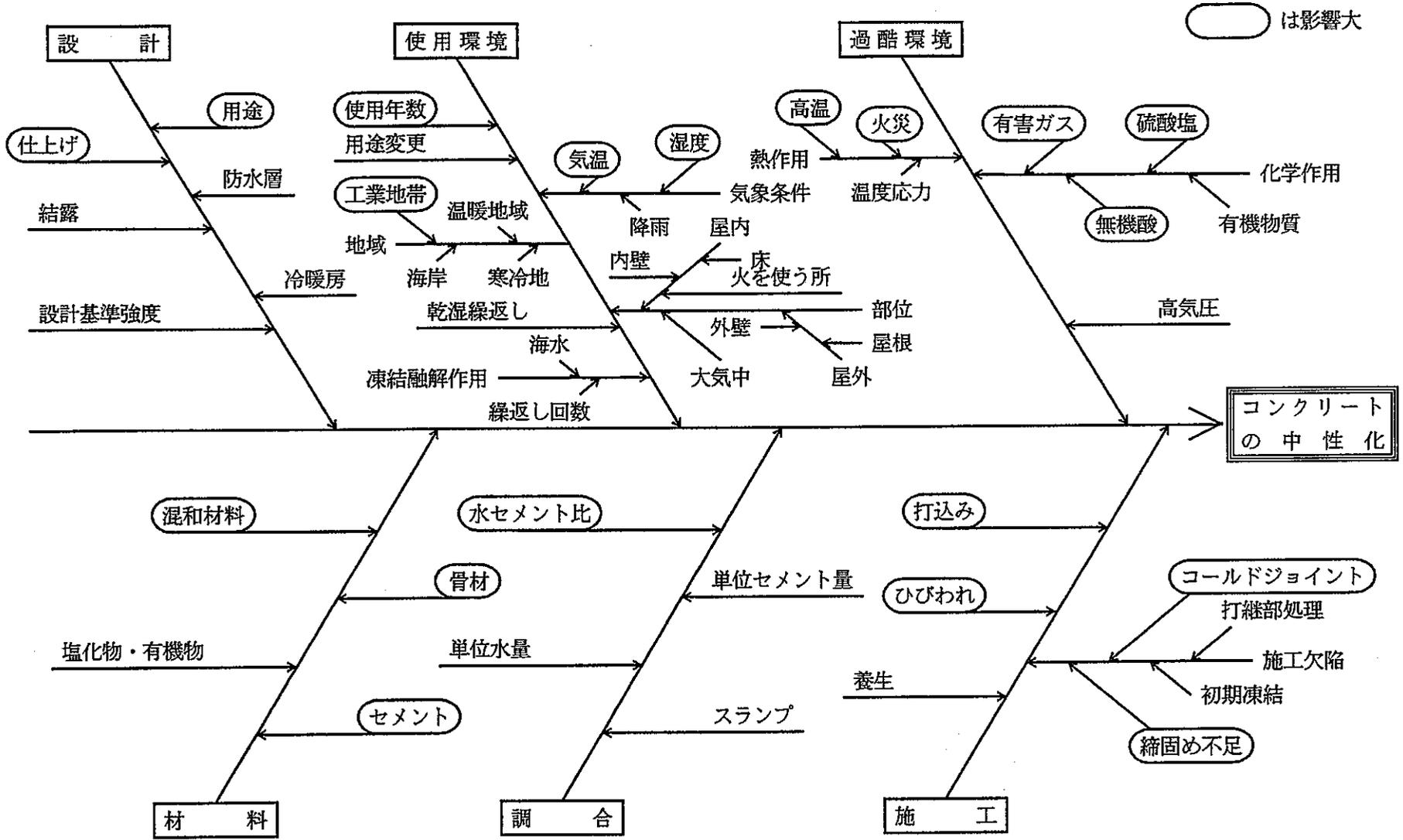
さらに、建物の耐久性を低下させるそれぞれの劣化現象について、関連する劣化要因等を把握するための原因分析図及び特性要因図等を整理してみた。(付図4.1～付図4.9に示す。)

また、主な劣化要因と劣化現象の関係をまとめたものを付図4.10に、建物の一般的な経年変化の流れを付図4.11に、コンクリート中に塩素イオンを含む場合の鉄筋コンクリートの劣化プロセスを付図4.12に示す。

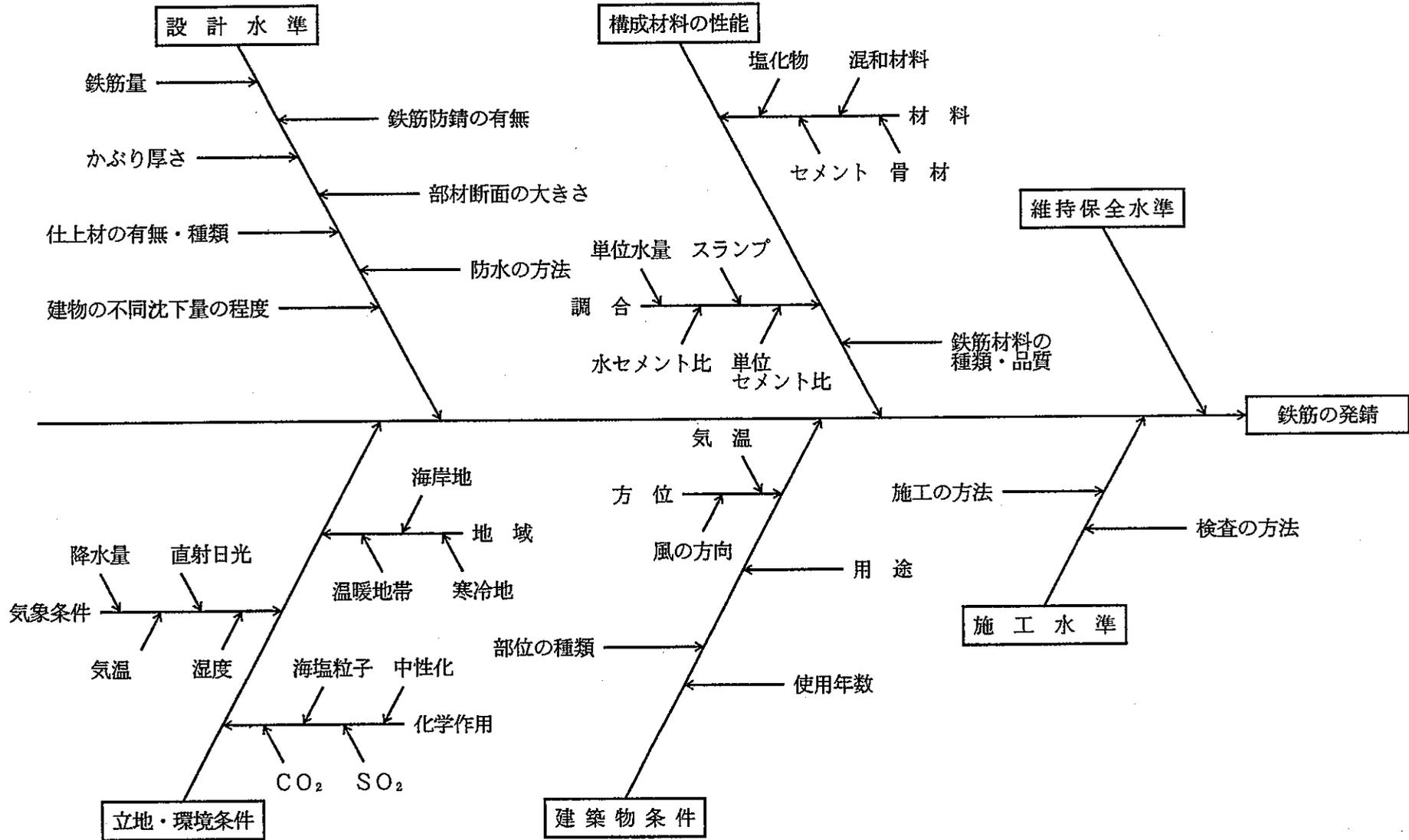
- (備考) 1. 太線は関連が大きいことを示す。
 2. 充分硬化する前の強度発現不良は含まず。
 3. 表面からの劣化のうちcavitation, abrasionは含まず, corrosion, frostdamageのうち剝離, 剝落する以前の状態は含む。
 4. 鉄筋の腐食は化学現象であるが, その結果生じるコンクリート組織の破壊は物理現象に含めた。
 5. 付着強度は含まない。



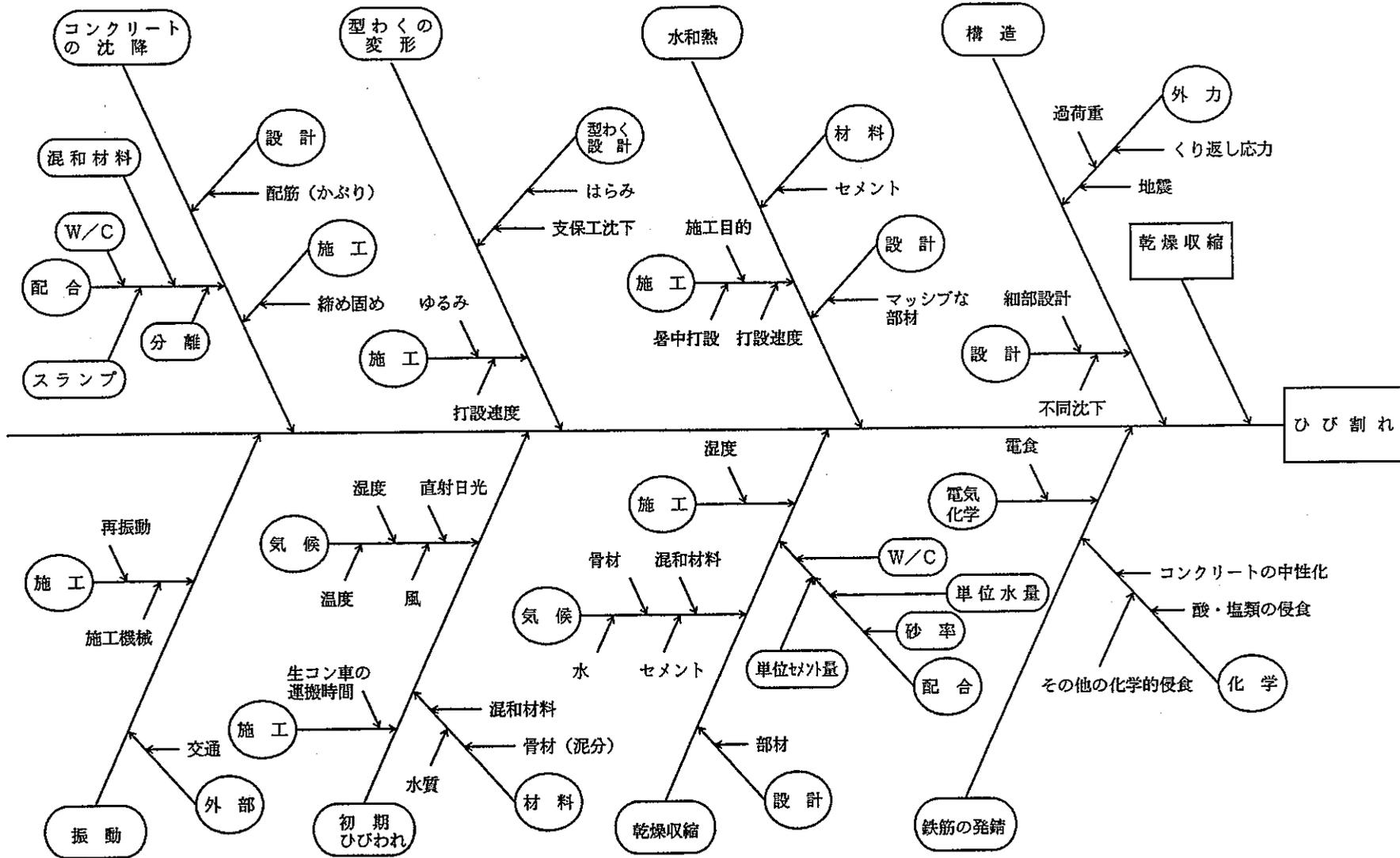
付図 4.1 コンクリートの強度劣化の原因分析図



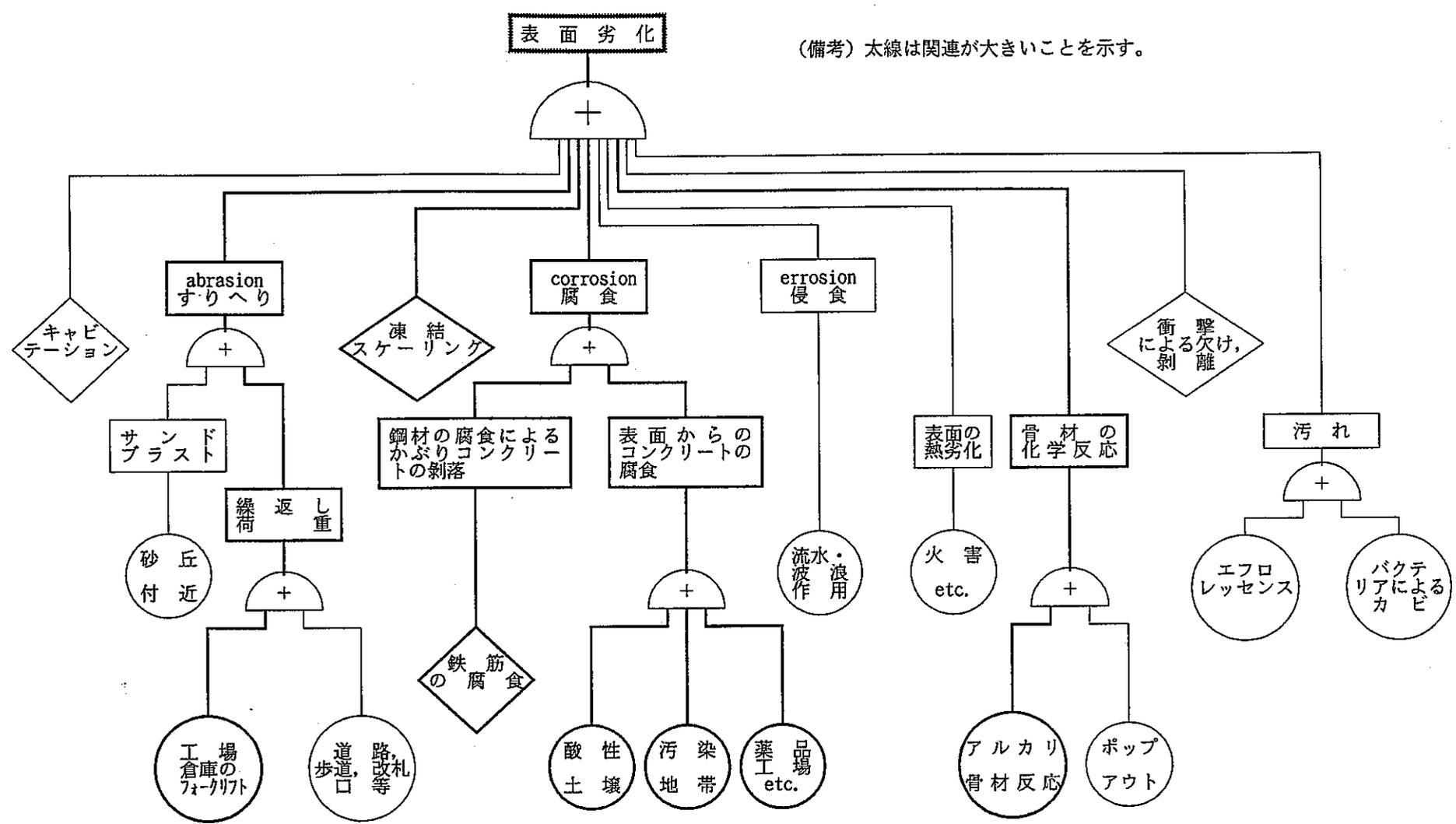
付図4.2 コンクリートの中性化の特性要因図



付図 4.3 鉄筋の発錆の特性要因図

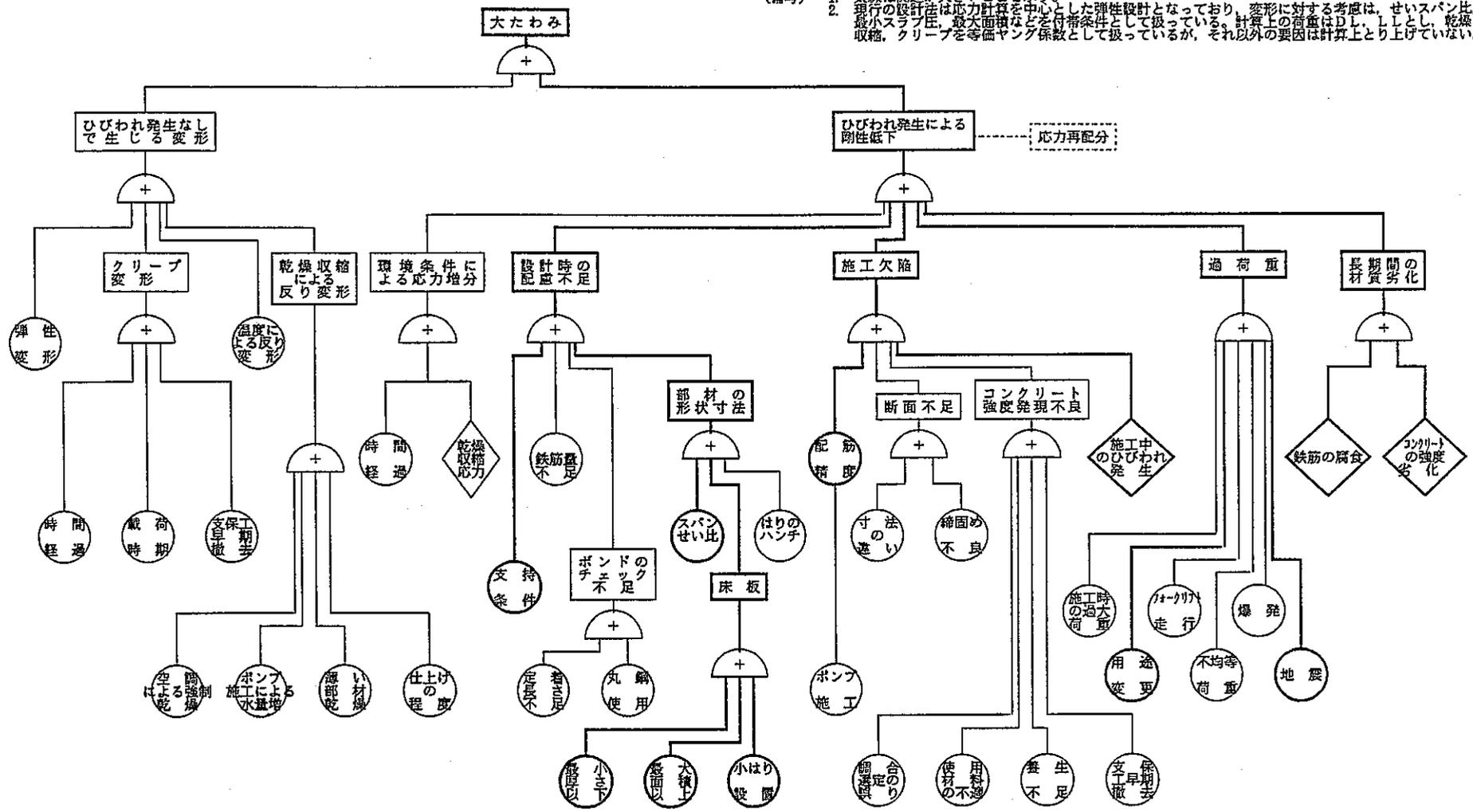


付図4.4 コンクリートのひび割れ特性要因図

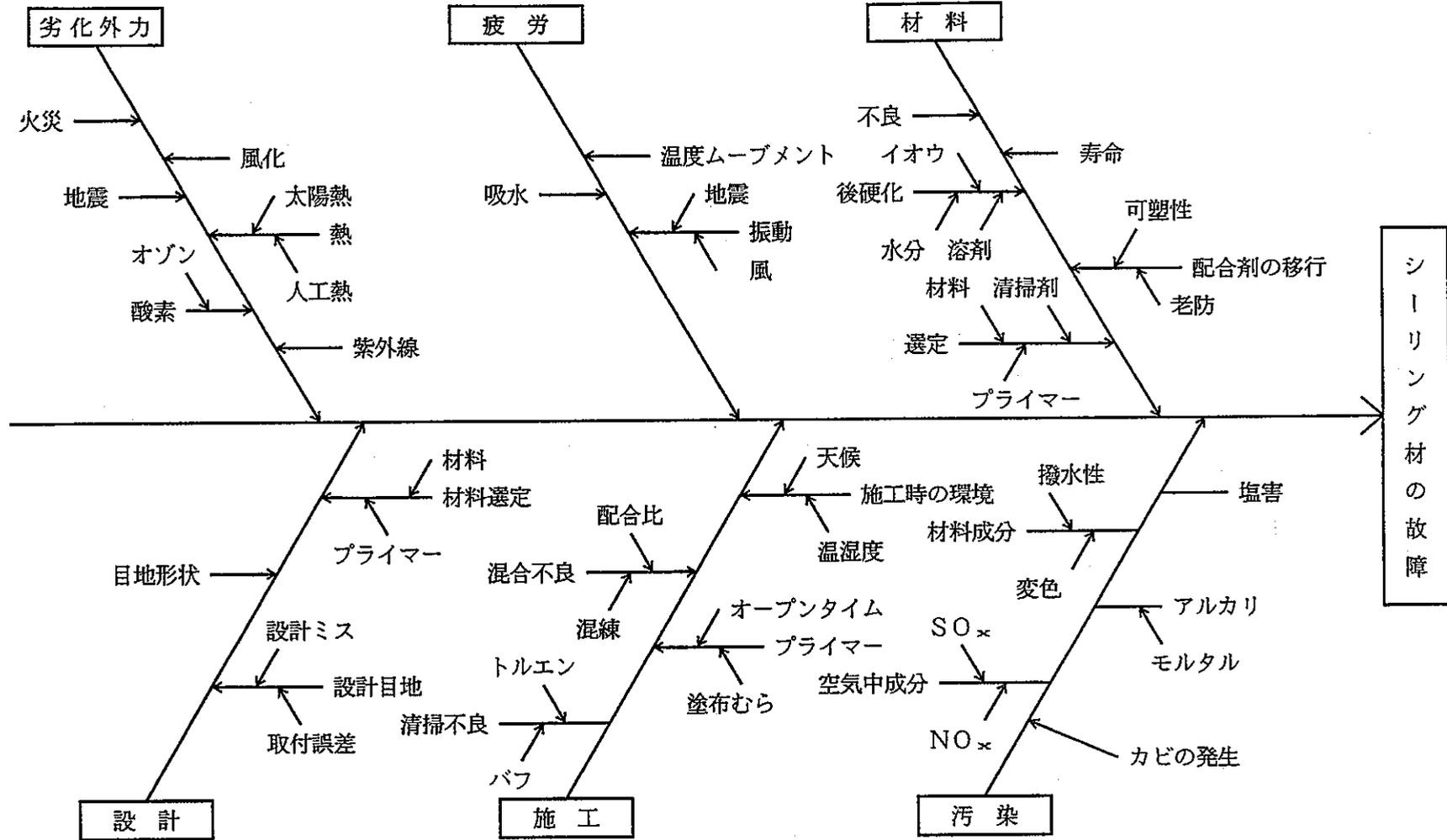


付図4.5 表面劣化の原因分析図

(備考) 1. 本図は関連が大きいことを示す。
 2. 現行の設計法は応力計算を中心とした弾性設計となっており、変形に対する考慮は、せいすパン比、最小スラブ厚、最大面積などを付帯条件として扱っている。計算上の荷重はDL、LLとし、乾燥収縮、クリープを等価ヤング係数として扱っているが、それ以外の要因は計算上とり上げていない。

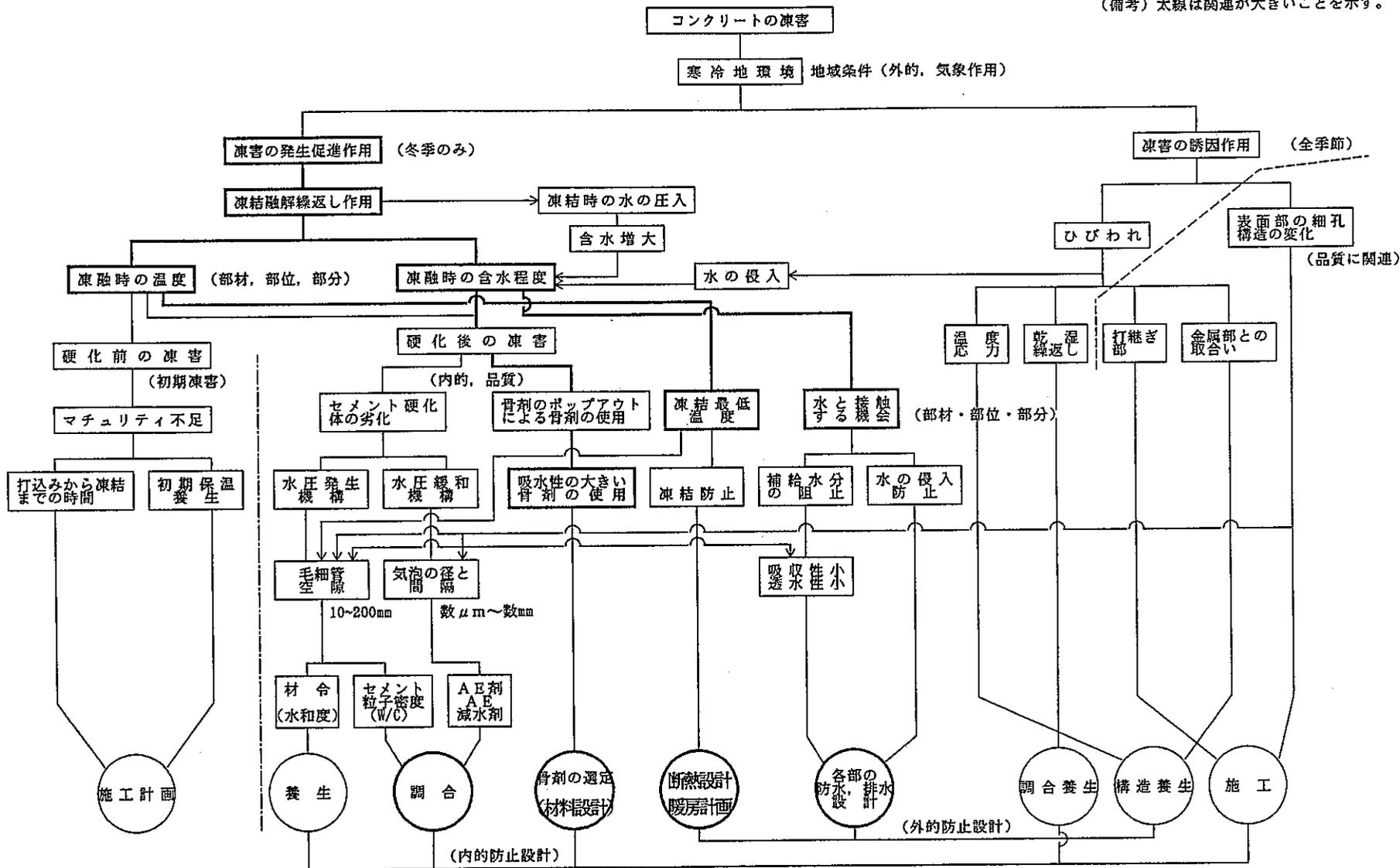


付図 4. 6 大たわみの原因分析図

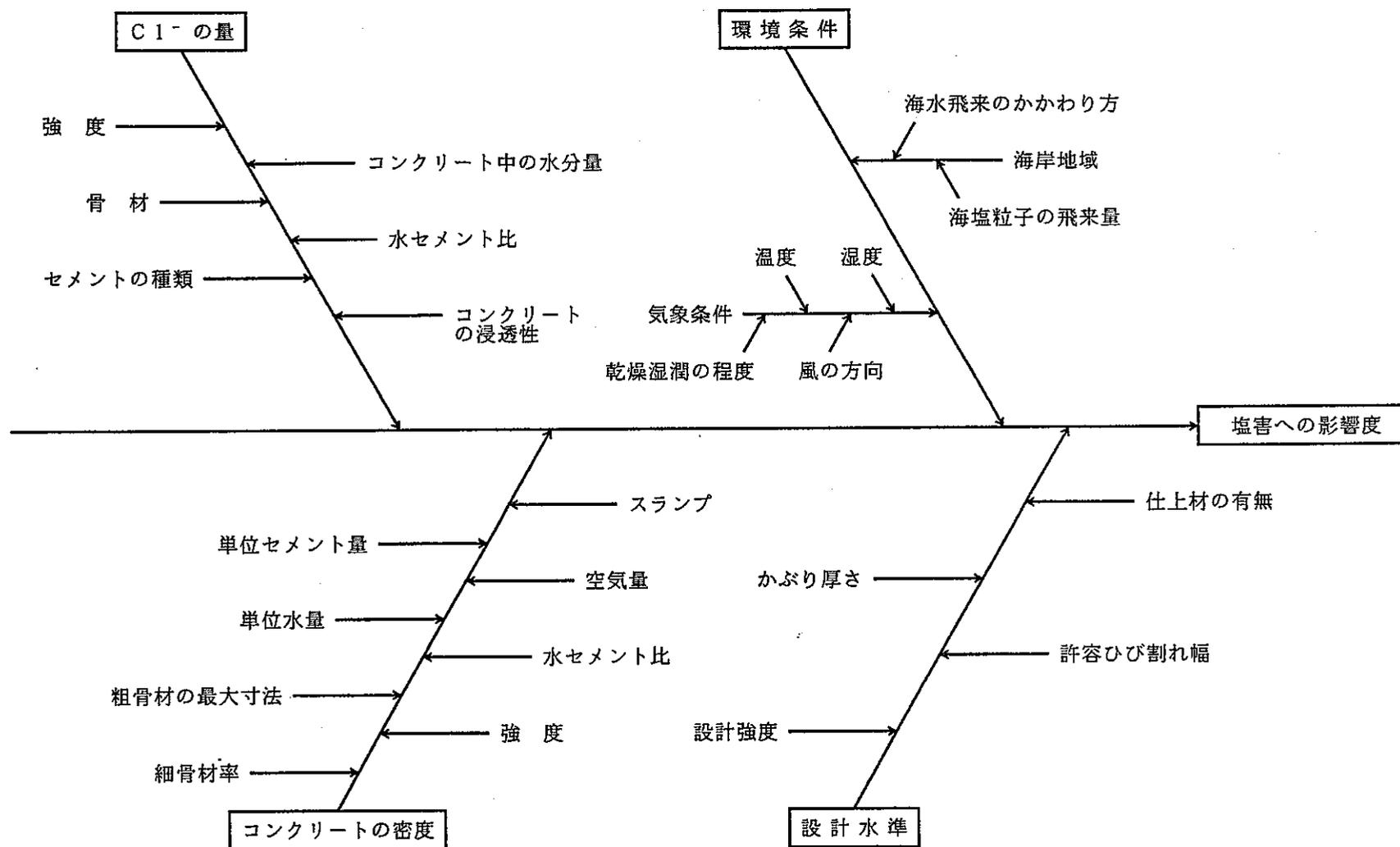


付図4.7 シーリング材の故障の特性要因図

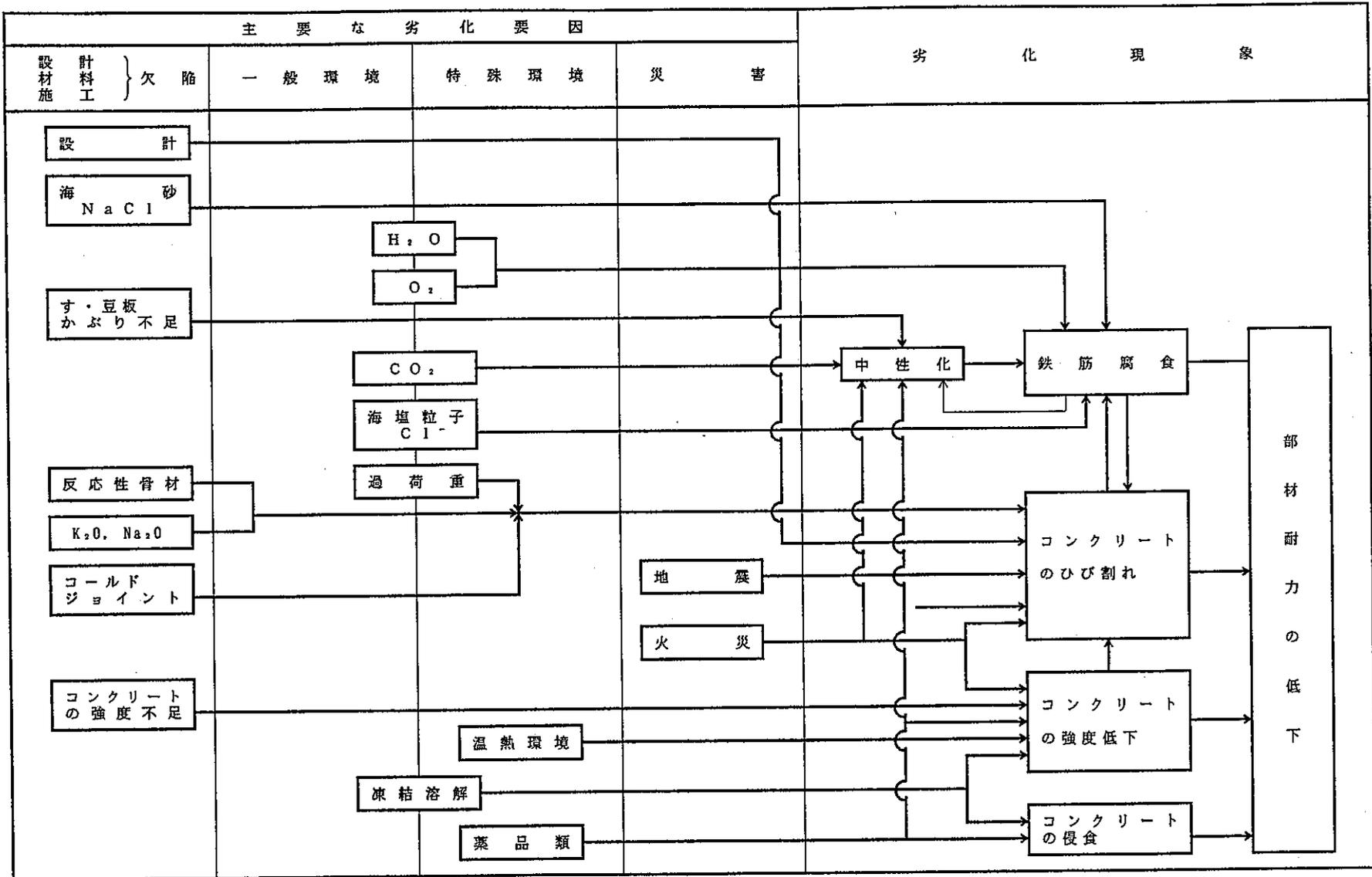
(備考) 太線は関連が大きいことを示す。



付図 4. 8 凍害の発生と防止に関する事項

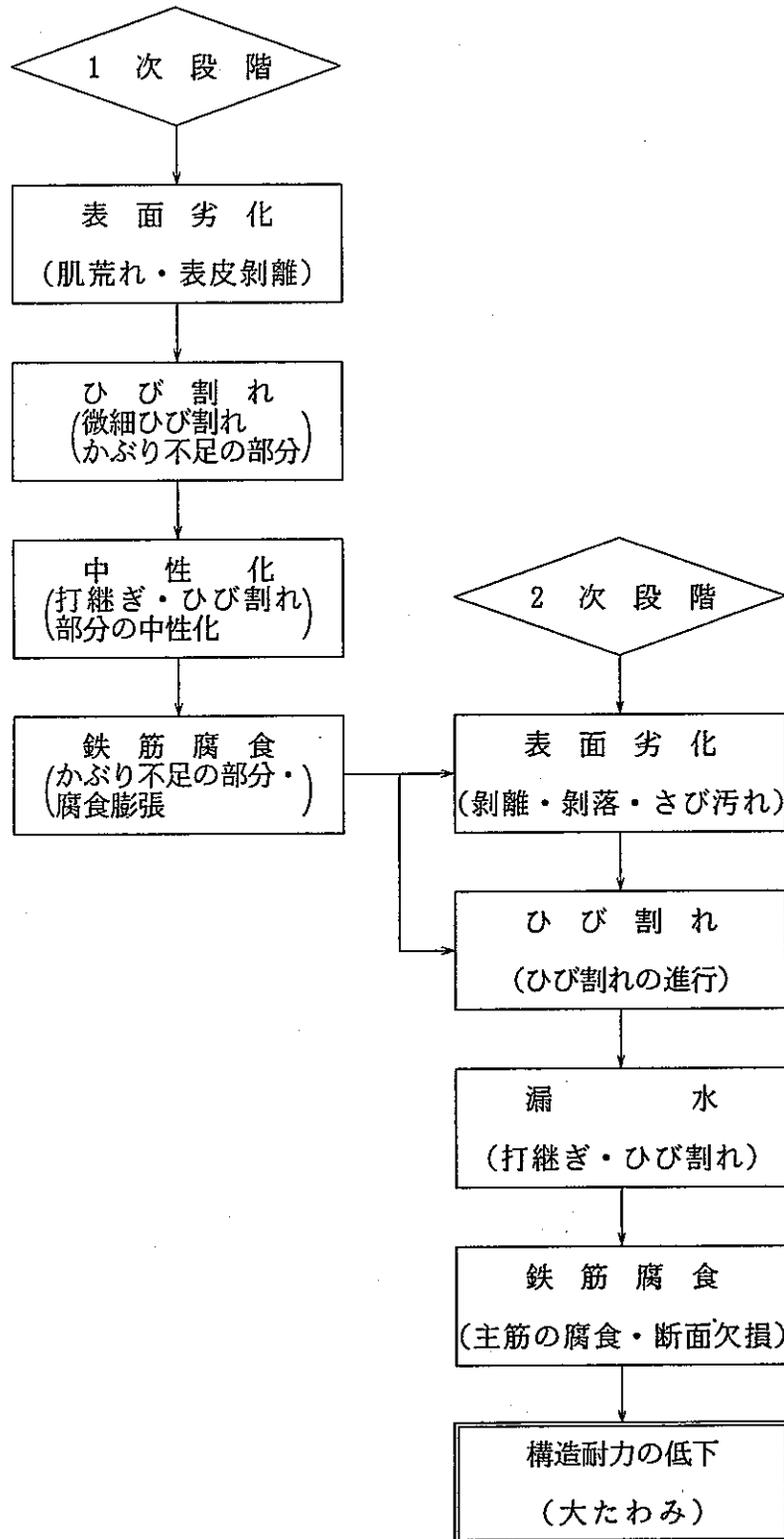


付図4.9 塩害への影響度関連特性要因図

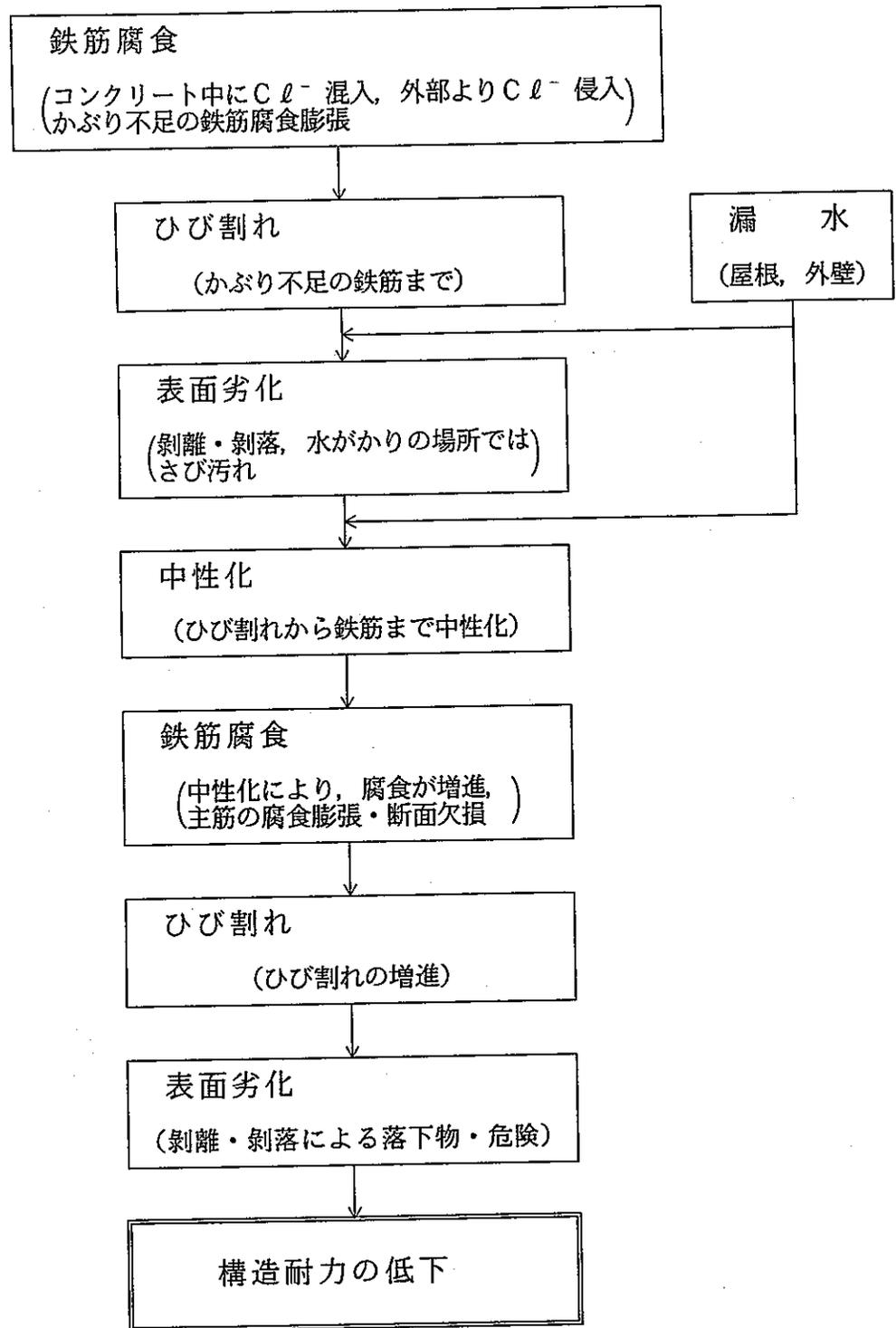


付図 4.10 主要な劣化要因と劣化現象の関係

以上をまとめると一般的な経年変化の流れは、次のようになる。



付図4.11 標準的劣化プロセス



付図4.12 コンクリート中に塩素イオンを含む場合の鉄筋コンクリートの劣化プロセス

既存の経年変化評価手法調査 参考文献リスト

- ・建設大臣官房庁営繕部：官庁建物修繕措置判定手法・同解説
- ・文部省管理局教育施設部：既存鉄筋コンクリート造学校建物の耐力度測定法
- ・文部省管理局教育施設部：既存鉄骨造学校建物の耐力度測定法
- ・日本建築学会：建築物の耐久計画に関する考え方
- ・建設大臣官房技術調査室：鉄筋コンクリート造建物の耐久性向上技術
- ・建設大臣官房技術調査室：保全・耐久性向上技術の経済性評価手法
- ・コンクリート構造者の耐久性シリーズ編集委員会：塩害（Ⅰ），（Ⅱ）
- ・コンクリートひび割れ対策研究会：コンクリートのひび割れ資料集
- ・福島敏夫：鉄筋コンクリート造建築物の寿命
- ・小林一輔：コンクリート構造物の早期劣化と耐久性診断
- ・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
- ・アワーブレン環境設計(株)：既存建物の調査診断
- ・小倉弘一郎：既存RC建物の耐震補強と診断
- ・建設省建築研究所：建築技術 1989. 7月号特集 修繕・改修のための劣化診断早わかり
- ・建設省建築研究所：建築技術 1991. 4月号増刊号 建物の劣化診断と補修, 改修工法
- ・建築保全センター：建築保全 1991. 7月号 特集 修繕・改修の計画から保全まで
- ・日本規格協会：JIS Z 8115 信頼性用語

原子力施設で実施された
劣化診断の実績調査

1. 原子力施設で実施された劣化診断の実績調査

(1) 東京電力 福島第1原子力発電所1号機及び6号機の原子炉建家とタービン建家の場合

	調 査 項 目	試 験 方 法
一 般 部 位	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート強度調査 ・コンクリートひび割れ状況調査 ・鉄筋腐食調査 ・コンクリート中性化調査 	<ul style="list-style-type: none"> (シュミットハンマー法) (コア抜きによる方法) (目視調査) (音速法) (目視方法) (電極電位法) フェノールフタレイン法
特 殊 部 位	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートの乾燥度調査 ・室内環境調査 (温度・湿度・CO₂濃度) ・コンクリートの放射化調査 ・塩害調査 	<ul style="list-style-type: none"> (高周波水分計による測定) (重量法) (湿温度計) (CO₂ガス検知管) GM管 コア抜きによる化学分析法

調査項目は一般部位と特殊部位に分けられ、一般部位では一般の建築物で通常評価する項目を取り上げ、特殊部位では原子力発電所の特殊性と海岸地域に立地されているため鉄筋の腐食と塩害、コンクリートの放射化等を項目としている。

(2) もんじゅ発電所の場合

経年変化調査用の試験体を製作し、耐久性モニタリング調査を継続している。

調査項目

塗膜の経年劣化の調査

(光沢度, 物性値, 顕微鏡写真など)

コンクリート中性化調査

(フェノールフタレイン法, 写真など)

塩害調査

(深さ分布, 顕微鏡写真など)

鉄筋腐食調査

(電位測定による方法, 写真など)