

## [研究報告]

## ごみ焼却工場の大規模改修

## (リフォーム) について

## — 既存建築物の改造を伴う大規模改修の検討 —

## Renovation of municipal solid waste incineration plant

佐藤 幸世\*、田中 一幸\*、藤吉 秀昭\*

Kousei SATOH, Kazuyuki TANAKA and Hideaki FUJIYOSHI

## 1. はじめに

日本においてごみ焼却施設の建設が本格的に推進され始めたのは昭和40年代からである。その当時建設された施設は稼働後20年以上を経過し、老朽化のため各地で更新されている。しかし、用地の確保、住民同意取得の困難性などからごみ焼却施設の新規建設に対しては各自治体とも大変苦勞しているのが現状である。特に大都市においてはその傾向が強い。

ところで、ごみ焼却施設の主な設備の寿命については、建築構造物が45年程度であるのに対して、焼却炉（築炉部分）は7年、電気設備（照明設備を含む）及びボイラ・発電設備は15年、金属造の煙突は10年、その他の機械設備は10年ないし15年の耐用年数をもつとみられている。このように建築構造物と機械設備の間に耐用年数に大きな開きがあるため、機械設備が老朽化した時点で施設全体を更新するのは建築物の耐用度の面からみれば不経済である。

この様な不経済を解消し、かつ、建替用地の取得が困難であるという状況を考慮し、機械設備を中心とした大規模な改修により施設の寿命を建築物の寿命まで延命する方法が考えられる。一般に大規模施設においてはその施設の寿命は20年程度

であるということは定説となりつつある。これは、主にプラントの寿命というより旧式化によるものである。従ってプラント全体の入れ替えによってその寿命を30年またはそれ以上とすることができればその効果は大きい。

本稿では清掃工場の大規模改修（リフォーム）について、その特徴、採用するための条件、計画を進める上で検討すべき事項等の検討を行ったのでその知見を報告する。

## 2. 大規模改修の特徴

## 1) 整備方式としての大規模改修

機械設備の耐用年数を迎えつつあるごみ焼却施設については、その施設を存続させるか否か、存続させるのであればどのような形で整備していかうかが大きな課題である。既存の敷地に存続させる場合の清掃工場の整備方式としては表2.1に示す3方式がある。

表2.1 整備方式

整備方式	整備内容(定義)
更新	既存施設全体を解体し、解体した用地に新規工場を建設する。
基幹的施設整備	既存施設の機能を計画当初の仕様まで回復させさせる。必要に応じ当該施設の一部を改造または更新することもありうる。しかし、建築構造物には原則として手を加えない。
大規模改修 (リフォーム)	既存工場の建物を壊し、機械設備、電気計装設備、建築設備等を全面的に更新する。必要に応じて建築構造物の補強、改造も行う。

\* 助 日本環境衛生センター 東日本支局環境工学部 2 課

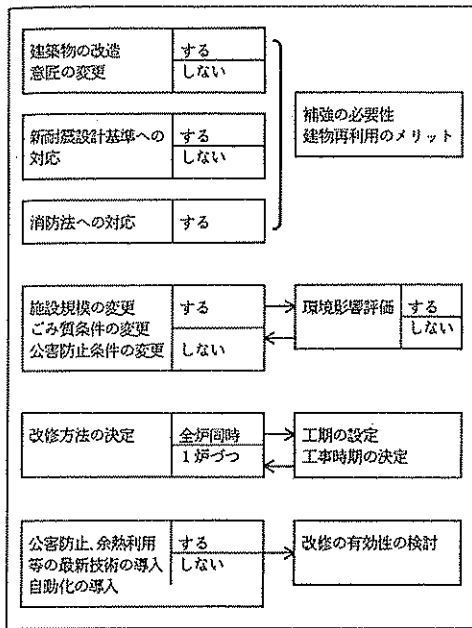
Department of Environmental Engineering,  
East Branch, Japan Environmental Sanitation  
Center

- 2) 大規模改修の特徴  
大規模改修（リフォーム）事業は既存建物を利
- 用することが最大の特徴である。大規模改修（リフォーム）の特徴は表2.2のとおりである。

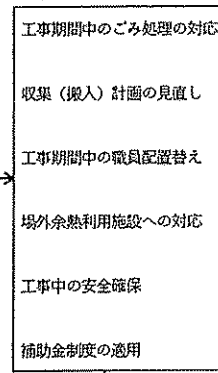
表2.2 大規模改修（リフォーム）の特徴

項 目	特 徴
目 的	<ul style="list-style-type: none"> <li>・施設寿命の延命化をはかる。</li> <li>・ごみ質の変化に対応する。</li> <li>・最新技術の導入をはかる。（場合により制約を受ける）</li> <li>・既存建物の有効利用をはかる。</li> <li>・極力処理能力の向上を図る。</li> </ul>
採用基準 1. 既存建築物 2. 機械設備 3. 工事期間中のごみ処理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・既存建築構造物の耐用度が十分であること。</li> <li>・建築物について空間的・荷重的に余裕があること。</li> <li>・各種ニーズの面から既存施設の旧式化が認められること。</li> <li>・機械設備が老朽化していること。</li> <li>・工事期間中のごみ処理が可能なこと。</li> </ul>
計画上の特徴と留意点 1. 環境影響調査 2. 工事計画時期 3. 工期 4. 他施設の余力 5. 計画上の自由度 6. 消防法の対応 7. 建築基準法上の対応 8. その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・条例アセスメントの対象から除外される。しかし、適切な環境アセスメント調査は原則として必要である。</li> <li>・早い時期からの計画が必要である。</li> <li>・実施設計に近い検討が必要である。</li> <li>・工法によっては比較的短い工期（全停期間）で実施可能である。</li> <li>・スクラップアンドビルドも可能だが、この場合はやや工期が延びる。</li> <li>・他の既存施設の能力に余裕がある必要がある。（他に施設がない場合は委託処理、仮設炉の建設等が必要）</li> <li>・計画上の自由は利く（新設ほどではない）が制約も大きい。</li> <li>・消防法の制約を受ける。</li> <li>・場合によっては建築基準法上（新耐震）の制約を受ける。</li> <li>・既存施設の施工図が整っていないと設計がしにくい。</li> </ul>
問題点 1. ごみ処理 2. 環境保全 3. 運転管理 4. 経済性 5. その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・工事のごみ処理計画が必要。</li> <li>・他焼却施設がある場合はその事前整備が必要。（対象施設のみ場合は仮設炉の建設etcが必要）</li> <li>・スクラップアンドビルドの場合は、ごみ収集車と工事用車両等により交通量が増加する。</li> <li>・最新公害防止技術の導入に制約がある。</li> <li>・場合により作業動線が犠牲になる。</li> <li>・工事のごみ運搬距離が増加する。（全炉停止工事の場合）</li> <li>・工法、工事空間の制約が大きい。</li> <li>・建築物の意匠計画に制約がある。</li> </ul>

1. 基本的な方針の検討



2. 工事に伴う問題点の解決



3. 工事実施計画の作成

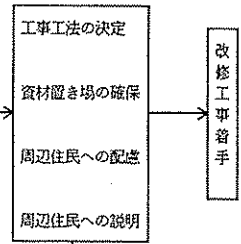


図 2.1 改修方針にかかる検討要素

目 的	診 断 項 目
・構造体強度調査	既存コンクリート圧縮強度試験 既存コンクリート非破壊試験
・構造体老朽度調査	コンクリート中性化試験 鋼材発錆調査
・構造体現状調査	構造体寸法確認 構造体水平垂直測定 構造体損傷調査
・耐震診断	IS値の算出
・補強方針の検討	IS値の設定

② IS 値：構造耐震指標値（耐震性能を表わす指標）

図 2.2 耐震補強の計画を立てる際の  
事前調査項目

れてきたが、既存建築構造物の改造は行わないことを前提としていたものが多い。これは、建築基準法が昭和56年に改正され耐震基準値が厳しくなり、大規模改造工事はこの新耐震基準が適用されるからである。そのため、焼却炉・ボイラ等を既設と同形式または同じ大きさのものとしか入れ替えてできないこと及び最新技術の適用に大きな制約を受ける等の問題があった。

既存建築物の改造を行い、新耐震基準への対応を行う（新耐震基準に近づける等）大規模改修は最近、東京都の練馬工場で実施された程度であり実施例はほとんどない。

大規模改修を計画するに当たっては、まず第一に既設建築構造物の耐用度が十分であることが重要な判断基準となる。既設建築構造物の耐用度を把握し、耐震補強の計画を立てる際の事前調査項目は図 2.2 のとおりである。

3) 大規模改修の改修方針

改修方針に係る検討要素をまとめると図 2.1 のとおりである。これらの要素を検討した上で、改修計画を具体化していくことが重要である。

過去の大規模改修工事の実績を調べると、機械設備を大幅に入れ換える工事はいろいろおこなわ

3. 大規模改修計画に係る検討項目

大規模改修計画に係る全体配置計画、設備装置計画等の具体的な検討項目をまとめると表 3.1 に示すとおりである。大規模改修計画においては計

画の初期の段階から極めて具体的な設計が必要となり、その結果を通して実行可能なプランを詰めていかなければならない。

表 3.1 基本設計・見積設計図書階段の検討内容

◎：特に重要

(No. 1)

項 目	検 討 内 容
1) 敷地内全体配置に関する事 ◎全体配置、動線計画図  ◎工場内配置計画	<ul style="list-style-type: none"> <li>・増築棟として計画する必要がある機器類の範囲</li> <li>・既設工場棟、増築棟、煙突などの配置計画及び動線計画（日影、高さ制限等の規制に対応できること）</li> <li>・敷地内の新規造成計画のレベル及び開発行為にともなう制限（例えば遊水地確保等）の有無</li> <li>・車庫、駐車場、洗車場等の設置スペースの確保</li> <li>・中央制御室を中心とする作業動線</li> <li>・見学者動線</li> <li>・運転管理、維持管理のしやすい配置計画</li> <li>・その他新設工事と同様の検討が必要</li> </ul>
2) 設備仕様 ①受入・供給設備  ◎燃焼設備  ◎燃焼ガス冷却設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎収集車両、車種に対するプラットフォームの広さ、動線計画</li> <li>・収集車両、車種に対するごみ投入扉の門数、寸法</li> <li>◎既設ごみピット大きさに対するごみクレーン操作方式（自動、半自動、手動）及びその内容</li> <li>・既設ごみピット大きさに対するごみクレーン運転方法</li> <li>・ごみクレーンの自動化仕様、稼働率、供給能力の制約等</li> <li>◎ごみクレーンの荷重及びランウェイガータの強度、補強の程度</li> <li>・ごみピットの有効貯留方法（ストックバンク化、隣接して新たにごみピット棟を建設する等）</li> <li>・プラットフォームの脱臭設備導入の検討及び設置スペースの検討</li> <li>・可燃性粗大ごみ破砕機導入の検討及び設置スペースの検討</li> <li>・焼却炉（ボイラまたは水噴射ガス冷却室を含む。以下同じ）の寸法、配置、ゲイキング対策</li> <li>◎焼却炉のローディング（動荷重）及び荷重支持計画            …… ローディングについては図3.1 表3.3 のようなローディング資料をプラントメーカーに提出させて、改修の具体的な実現可能性を確認、検討する。</li> <li>◎焼却炉を設置することにより既設建物の柱、梁、床、壁等の撤去、改修の有無とその実現可能性</li> <li>・目標熱効減量値と可能な焼却炉、ストーカ形式（あるいは流動床炉形式）の選定</li> <li>・助燃関係ユーティリティー（既設炉の助燃油、ガス元配管との取り合い確認）</li> <li>◎ガス冷却室（塔上式または別置式）あるいはボイラの寸法、配置、ローディング（動荷重）、荷重支持計画</li> <li>◎ボイラ方式のストロー装置の収納性</li> <li>◎ガス冷却室またはボイラを設置することにより生じる既設建物の柱、梁、床、壁等の撤去・改修の有無と実行可能性</li> <li>◎ボイラ方式の場合            蒸気コンデンサ（特に発電を行う場合のタービン排気コンデンサ）の設置スペース、動荷重、騒音防止対策、配管計画</li> </ul>

表 3.1 基本設計・見積設計図書階段の検討内容

◎：特に重要

(No. 2)

項 目	検 討 内 容
④排ガス処理設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ボイラ補機室の設置スペース、タンク類、脱気器の設置スペース</li> <li>・排ガス処理目標に対する排ガス処理装置（集じん装置、脱塩、脱硝装置）の選択</li> <li>◎各装置の大きさ、寸法、配置、ローディング（動荷重）、荷重支持方法</li> </ul>
⑤灰出し設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>・焼却灰、飛灰の搬出システム、移送方法、ルートの検討</li> <li>・各装置の大きさ、寸法、配置、ローディング（動荷重）、荷重支持方法</li> <li>◎飛灰処理装置の設置スペース、移送方法、処理物の貯留・搬出方法の検討</li> <li>・灰クレーンの操作方式（自動、半自動、手動）、仕様、稼働率</li> <li>◎灰クレーンの動荷重及びラッシュウェイガタの強度、補強レベル</li> <li>・灰ピットの貯留方法の検討（飛灰処理物を含める）</li> </ul>
⑥給水・排水処理設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>・施設規模に見合う給水設備容量及び設置スペース</li> <li>・処理目標に見合う排水処理方式の検討</li> <li>・排水処理水のクローズド化の検討</li> </ul>
⑦電気・計装設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>・自動化レベル及び実現可能性の検討</li> <li>◎施設規模に見合う電気室（特高受電室を含む）の必要設置スペース、盤配置計画……既設電気室への収納性</li> <li>・施設規模、自動化レベルに見合う中央制御室、電算機室の必要スペース、盤配置計画……既設中制室への収納性</li> </ul>

表3.1のうち計画案を制約する大きな要素は次のとおりである。

① 改修後の施設処理能力に大きく影響する要素

設計ごみ質、主要装置の荷重、新設機器の基礎計画、既存建築物の形状変更可能性、ごみピットの容量、ごみクレーンの供給能力、各種槽容量

② 改修後の施設性能に関連する要素

排ガス処理性能、余熱利用設備、集じん灰処理設備、運転の自動化の程度と範囲

①におけるボイラ付き焼却炉の入れ替えに関連する部分について検討した内容を以下に示す。

1) 主要装置の荷重比較

既存建築物の改造を検討する上で第1に、既設の建築構造物（杭、基礎、柱、梁）の強度が、新設しようとする主要機器の稼働時の荷重に耐え得

ることを確認することが必要である。すなわち、新設する焼却炉、ボイラ、排ガス処理装置等の主要装置のローディング（稼働時の荷重）が既設機器の荷重と比較して過大にならないことが重要である。既設と新設のローディングを比較した例を表3.2に示す。また、ローディングの検討に当たっては、直接荷重のかかる主要機器の荷重点（柱脚）のローディングが重要であるため、図3.1に示すような柱脚配置図に対して、表3.3のように詳細に検討する必要がある。

なお、既設機器の荷重は構造計算書から把握することができる。但し、機器荷重や構造図の保管が悪いために正確な検討が出来ない場合もあるので、図面類の保管には十分留意する必要がある。特に、これまで部分的な改修を重ねてきた施設については、改修後の図面類が紛失しているケースが多い。

表 3.2 主要機器ローディングデータ  
既設の機器荷重と新規計画装置の荷重比較 (1 基当たり)

単位: t

メカ		既設のローディング	A社	B社	C社
1 炉当たりの規模 (t/日・炉)		150t/日×3炉	150t/日×3炉	150t/日×3炉	150t/日×3炉
ごみ ピ ット 棟	ごみクレーン	48.3		48.3	
	ごみクレーン車輪圧	15	15	17	18
	灰クレーン車輪圧	10	10	9	6.5
	破碎機	44	40	42	53
棟	投入ホッパ	11.5	11.5		
焼 却 炉 棟	焼却炉・ボイラ	892	692	660	1136
	押込送風機	4	2.4		
	2次送風機		1.5		
	灰出しコンベヤ			} 20	} 20
	灰押出装置	なし			
	復水タンク		30×2	15×2	50
	純水タンク		40		
棟	脱気器		24×2	25×2	50×1
排 ガ ス 処 理 ヤ ー ド	調温塔または反応塔	半乾式反応塔 30	40	47	96
	バグフィルタ	電気集じん器 224	95	67.2	76
	脱硝反応塔	なし	95	62	62
	ガス再加熱器	なし(旧洗煙室 21)	37	35	35
	誘引送風機	12	12	8	8
	高圧蒸気コンデンサ	21	計画なし	計画なし	計画なし

表 3.3 焼却炉・ボイラローディングデータ (例)

柱脚	荷重 Ton	長期						短期								
		Z			Z+Y			Z-Y			Z+X			Z-X		
		X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1	A F	2.4	25.7	170.6	1.8	-62.3	37.2	3.0	113.8	304.0	-0.2	34.8	164.4	-5.0	17.0	178.4
	B E	17.4	24.4	187.0	12.7	-75.2	45.7	22.1	124.0	328.3	-42.8	-8.2	-77.5	78.3	68.7	469.5
	C D	-16.6	23.8	183.6	-12.6	-76.1	42.6	-20.6	123.7	324.6	-76.6	54.3	444.0	44.1	-17.5	-93.5
2	A F	10.6	-1.8	157.3	10.4	-6.2	1.3	10.8	2.6	313.3	-8.6	2.6	124.9	30.3	-6.2	192.4
	B E	1.8	-1.8	188.0	-18.9	-7.1	-11.4	22.6	3.7	387.4	-57.8	-5.3	44.1	74.1	1.9	391.5
	C D	-3.1	-1.8	184.1	17.3	-7.2	-14.3	-23.4	3.7	382.5	-60.5	1.4	323.9	67.5	-4.9	-11.3
3	A F	12.1	-5.2	181.3	16.1	-21.6	250.3	8.1	11.3	112.3	-3.7	10.5	171.7	27.7	-21.0	190.2
	B E	11.6	-4.9	211.6	21.9	-22.4	311.9	1.3	12.6	111.3	-61.4	-18.7	62.4	100.7	8.7	412.6
	C D	-15.5	-4.9	210.9	-25.0	-22.6	311.1	-6.1	12.8	110.7	-90.0	7.3	361.3	74.5	-17.2	60.7
4	A F	-0.5	-19.0	150.4	-0.5	-100.9	322.9	-0.5	63.0	-22.1	-0.6	-19.2	142.1	-1.0	-17.9	158.6
	B E	32.5	-17.6	180.2	37.8	-109.3	372.6	27.1	74.2	-12.2	-24.1	-13.5	-18.8	112.0	-21.2	452.4
	C D	-32.3	-17.1	177.4	-37.6	-109.1	369.9	-27.0	74.9	-15.1	-89.8	-22.6	377.4	46.8	-11.6	-95.1
5	A F	0.5	-9.0	41.1	0.5	-36.0	55.8	0.5	32.0	26.4	-0.2	-9.2	39.2	0.2	-9.0	42.7
	B E	7.6	-8.5	55.2	9.6	-34.0	70.5	5.6	31.2	39.9	-4.9	-8.6	10.0	21.1	-8.5	106.8
	C D	-6.4	-8.5	51.7	-8.0	-34.0	66.2	-4.7	31.0	37.2	-18.2	-8.6	97.3	6.8	-8.5	12.0

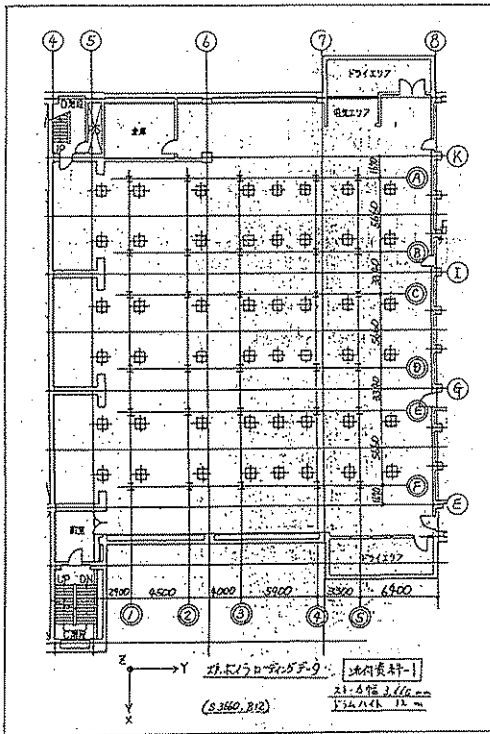


図 3.1 焼却炉・ボイラ柱脚配置図  
(ローディング検計用)

2) 既存建築物の形状変更の可能性の検討

最新式でかつ既存施設と同規模以上の新設装置を設置しようとする場合、ごみが高質化していることから、炉体や通風、排ガス処理系の設備が大きくなる傾向にある。そこで、既存建築物の床、柱、梁等の形状を変更しなければ収納できない場合がある。

これらの既存建築物の形状変更が可能であるか、あるいはどのような補強をすると形状変更が可能になるか検討することが重要である。

既存建築物の形状変更の例（焼却炉・ボイラを設置するため既存建物の2階床、梁、柱を撤去する検討例）を図3.2に示す。このような場合の補強法として耐震壁を増設する、柱にそで壁を付加する、ブレースを設ける等の方法がとられる。耐震壁を増設する例は図3.3に示すとおりである。

3) 新設機器の基礎計画（既設建築物への荷重伝達計画）

新設機器類の基礎計画の検討に当たっては、その機器荷重を既設建築物の柱、梁等に適切に荷重伝達することが重要である。新設機器の荷重は極

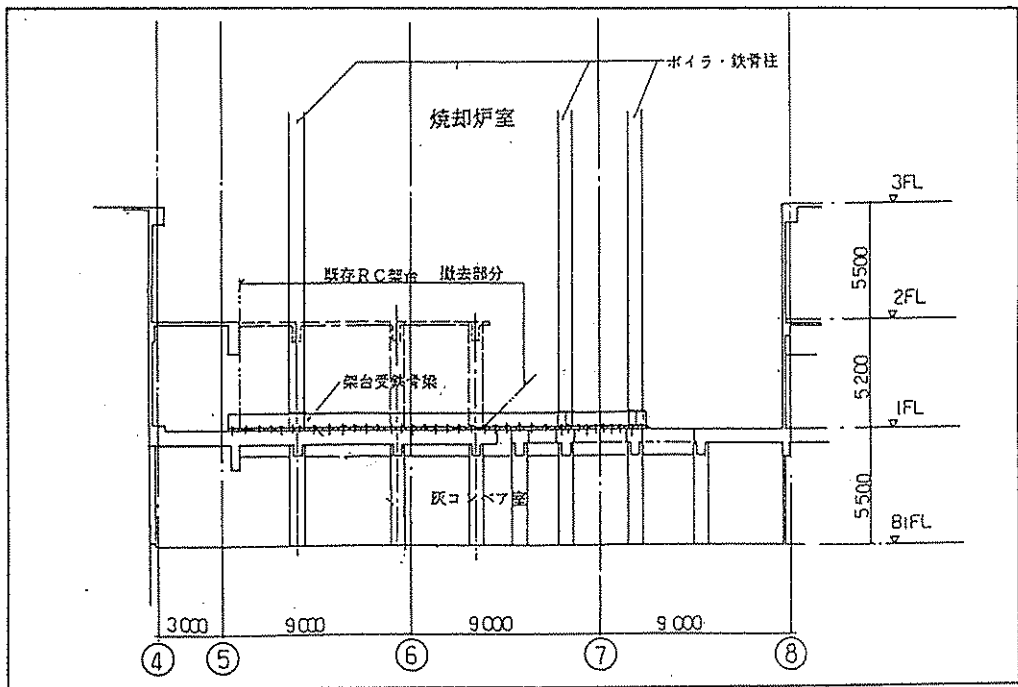


図 3.2 既存建物の形状変更の例  
(既存焼却炉室の2階の床・梁・柱を撤去する計画)

力既存建物の柱、梁上に直接伝達させる必要がある。図3.4は焼却炉等の主要機器の荷重を既存の

柱または床に設置する場合の荷重伝達計画であり、図3.5は焼却炉柱脚の支持計画例である。

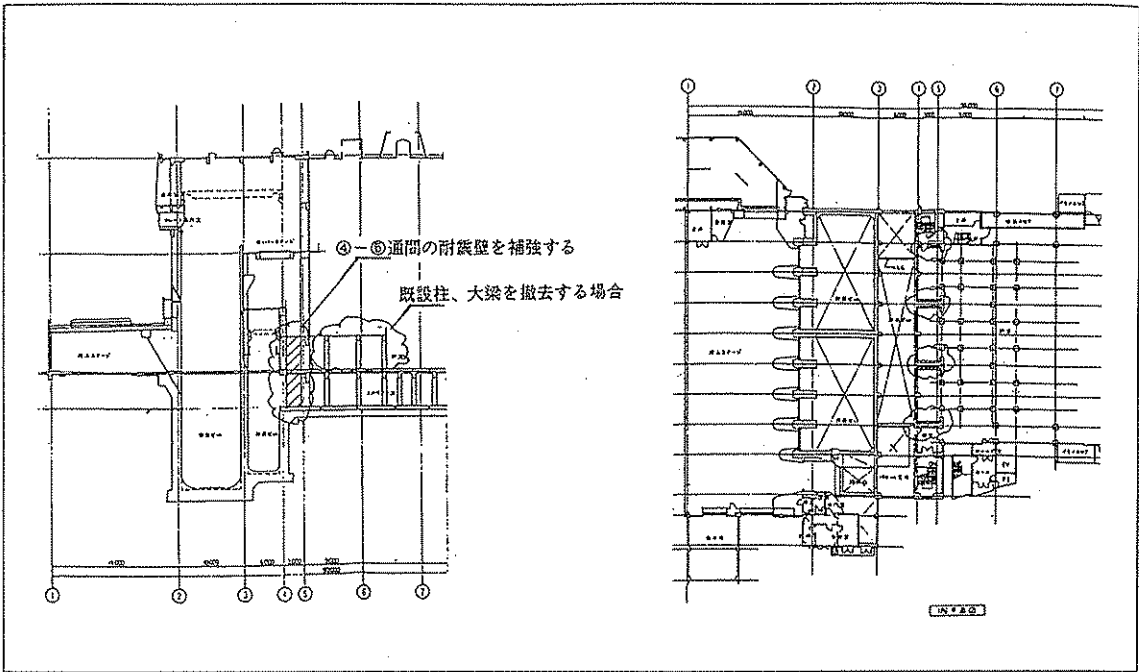


図3.3 耐震壁増設による補強方法

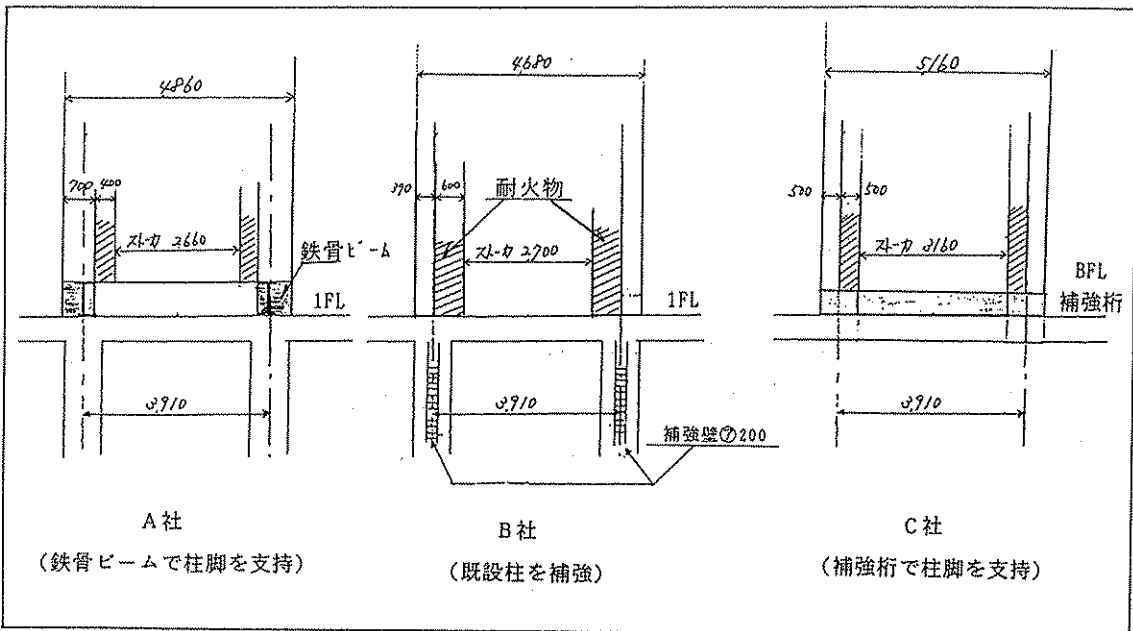


図3.4(a) 焼却炉の荷重伝達方法(例)



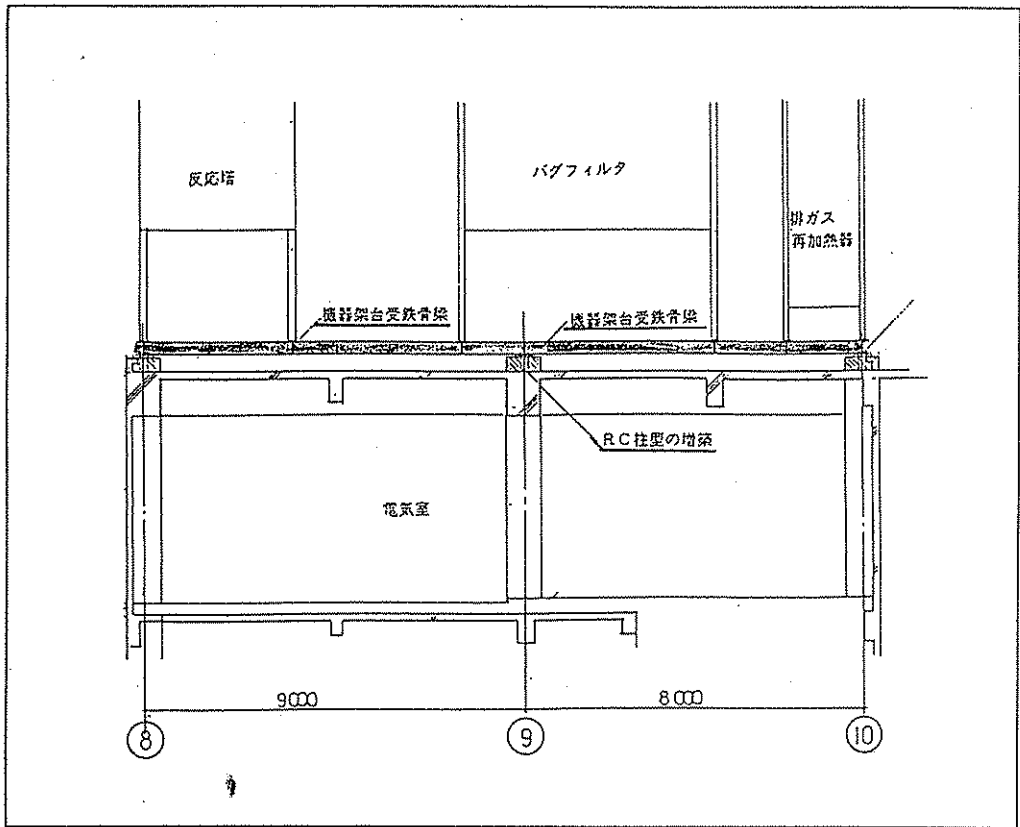


図 3. 4 (b) 排ガス処理ヤードの主要機器の荷重伝達計画

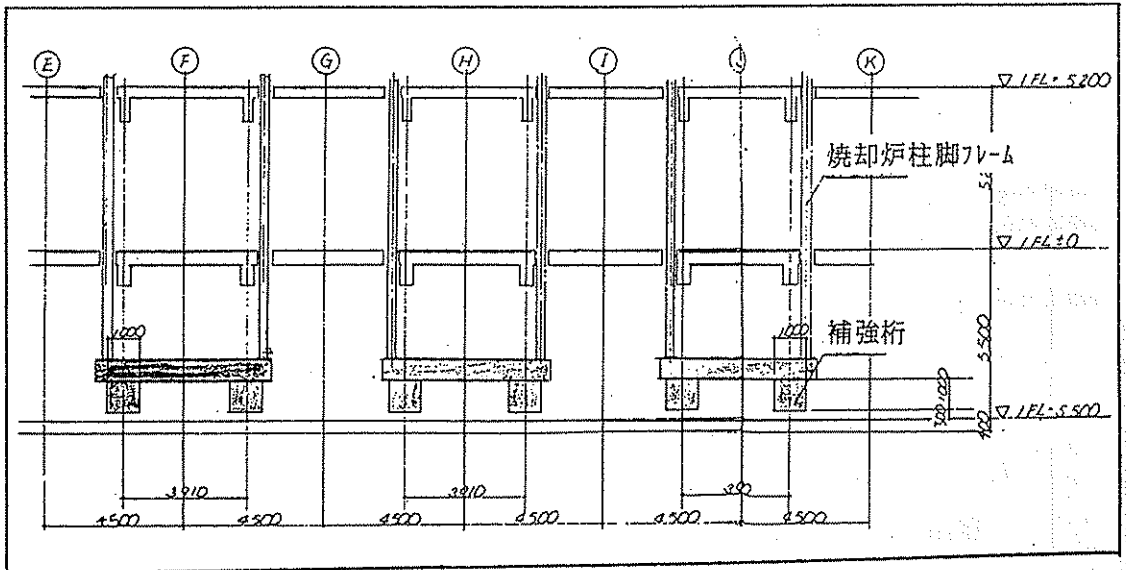


図 3. 5 補強桁による新設炉柱脚フレームの支持計画例

## 4) 既存建築物改造方針

以上の項目を検討した上で、施設規模・ごみ質の変更・最新技術の導入を含んだ大規模改修を、実現する上で必要となる既存建物改造方針をまとめると、表3.4のとおりとなる。また、この方針のもとに図3.6のような最新技術を有する焼却施設の改修計画が可能となる。

工場棟内に極力大きい規模のプラントを入れた

くなるのが一般的であるが、そのためには、附属設備のうち切り離せる設備を工場棟内から外部に出して別棟で配置する案が考えられる。例えば余熱利用施設で大型のタービンを特別高圧受変電施設と一緒に別棟で計画したり、コンデンサーを別棟で計画したりする事が考えられる。この際は施設敷地内のスペースを有効に活用し全体の動線等を十分考慮して計画を立案する必要がある。

表3.4 既存建築物補強改造方針

## 改修に関する基本方針

1. 焼却炉受部分の既設柱、大梁（2階）は残すことを基本とする。
2. 荷重の増加または耐力の低下を伴う改修を行う場合は改修後の耐震性能は改修前の耐震性能を確保する。
3. 既設荷重より新設機器荷重をできるだけ軽くするように計画する。
4. 既設荷重を上回る場合は鉄骨補強梁などによって、荷重を分散し、直接既設柱、大梁に荷重を伝達させる。ただし、重量機器（焼却炉、送風機、復水タンク、純水タンク、反応塔、バグフィルタなど）については直接既設柱、大梁に荷重を伝達させるように計画する。
5. 排ガス処理棟部分で壁を撤去する場合は撤去した壁と同等な耐力を持つ耐震壁をバランスよく新設する。また、既設荷重を上回る場合は増荷重に見合う耐震壁を設ける。
6. 既設構造体には新設機器の垂直荷重のみ負担させる。  
常時に水平力が生じる新設機器を支持するに当っては既設構造体に水平荷重を負担させない。
7. 新設機器は自立耐震構造とし、地震時の水平力は建物フレームには負担させないように計画する。
8. 柱、大梁の補強を要する場合はできるだけ鉄骨、鉄板を使用した補強法を採用する。

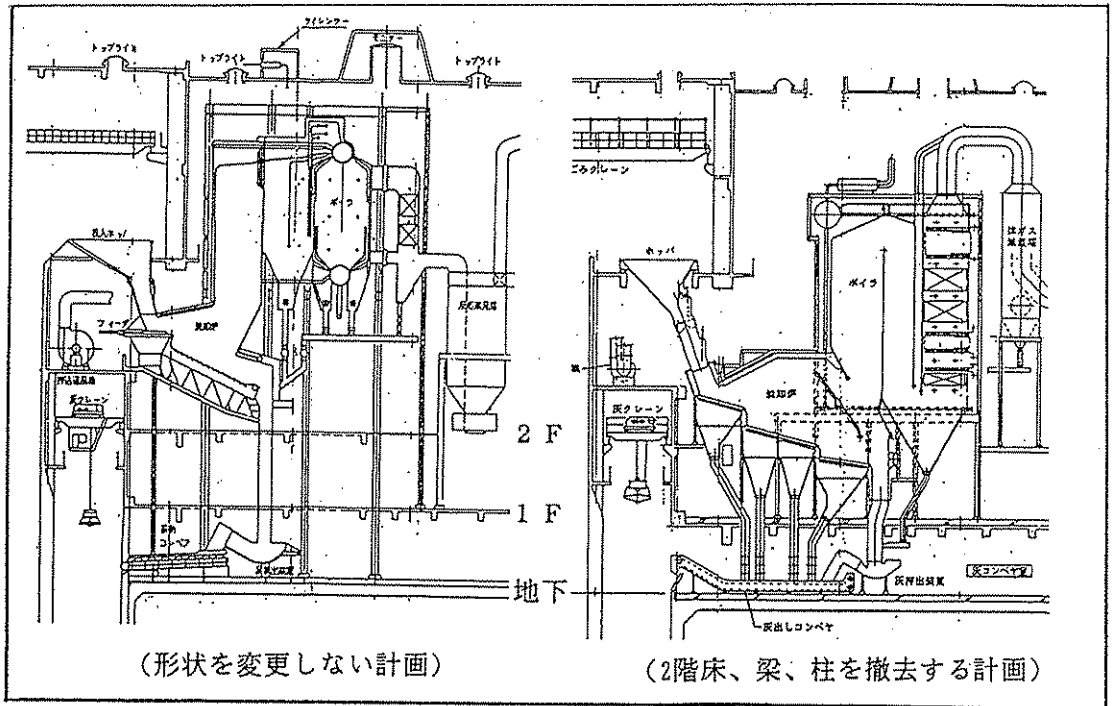


図 3.6 焼却炉・ボイラを既設焼却炉室へ設置する計画例

#### 4. おわりに

大規模改修は多くの自治体において、新規用地の取得が困難な状況からみて、今後ますます数多くの自治体で採用されていくことが予想される。しかしながら、大都市を除いては大規模改修計画において十分な事前調査、計画検討期間を取らずにプラントメーカーまかせで実施されてしまう傾向にある。

また、一方では十分なリフォームによる施設寿命の延命化の検討もなく、安易に更新を決定する傾向がみられる。ごみ処理システムの中で極めて

重要な役割を担う焼却処理施設の整備計画は、今後改造改良計画を中心に据えて検討される必要がある。

#### 参考資料

廃棄物処理施設改良技術調査報告書

(昭和60年3月) 厚生省水道環境部  
既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準改修設計指針付解説(昭和60年)

(財)日本建築防災協会