

発電所の景観設計

Design Methods of Electric Power Plants

山本公夫*、若谷佳史*
Kimio. Yamamoto, Yosifumi. Wakatani

Recently people become to attach importance to the amenity in their living environment. In these background, it is necessary to advance the assessment method, which can forecast and evaluate various landscape effects of power plants.

In order to evaluate the design of form, color and texture of power plant facilities, we extracted four criteria, the sence of "beauty", "elegance", "compactness" and "stability", through the psychometric experiment.

(Keywords: Electric Power Plant, Design Method, Psychometric Experiment)

1. はじめに

最近の電力需要の伸びに対して電力の安定供給を確保することが電気事業にとっての急務の課題となり、原子力をはじめとして石炭やLNG火力発電所の計画・建設が進められている。これらの発電所は、発電容量の増大や用地確保の難しさなどの理由から、施設自体が大規模化していくとともに、その立地場所は都市部を離れていくといった傾向が見られる。このため、全国各地の沿岸域の自然風景地からも、発電所の大規模な構造物が見えるケースが増えており、構造物と周辺景観との調和に対して十分に配慮することが求められている。

一方、人々の生活環境に対するニーズは「安全で健康な環境」から「快適な環境」へと変化してきており、人々はゆとりと豊かさに満ちた生活を求めている。このため、地域住民は地元に立地する発電所に対しても、従来の「目立たなくする」や「周辺景観と調和させる」などといった景観対策から、地域イメージの向上に寄与し得る地域のシンボルとして活用したいという要望が高まってきている。

当所ではこれまでに火力・原子力発電所の建設が周辺景観に与える影響を事前に予測・評価し、適切な景観対策を施すための景観アセスメント手法の開発を行ってきた。本論ではこのような新しい流れにたいおうするため、電力施設の周辺景観へのマイナス影響を軽減することを主眼とした景観対策手法を見直し、一步進めてより望ましい地域景観を創造するうえで効果のある発電所の景観設計手法を開発した。具体的には、まず今後火力発電所建設の中心となる石炭火力を対象として、その主要施設（ボイラー建屋、タービン建屋、煙突、貯炭場等）に対する景観設計案について検討した。その検討結果を用いて計量心理学的実験を行い、景観イメージ軸の抽出と景観設計案との定量的な関係を明らかにした。さらに、それらの関係にもとづいて発電所の景観設計方法を提案するとともに、実際の石炭火力発電所を対象にケース・スタディを行い、景観設計の有効性を実証した。

2. 景観イメージの分析

2.1 発電所の景観対策

景観アセスメント手法における景観対策は、図 2.1に示すように3つの計画段階のなかで5つの対策として分類することができる。

①立地計画段階でとり込むものとしては、立地地点の選定や立地形態（埋め立て立地、陸上立地）の決定にかかわってくる対策であり、ここではこれをⅠ「建設位置に係わる対策」とした。②構内配置計画段階では、構内のレイアウトや個別施設の向きなどに係わってくる対策があり、Ⅱ「施設配置に係わる対策」とした。③施設計画段階では、個別施設の形態、デザイン、色彩などに係わる対策があり、Ⅲ「外郭形態に係わる対策」とⅣ「色彩、ディテールに係わる対策」の2つに分けた。また、②および③の段階で重複する対策として、構内緑化やアプローチ整備などのⅤ「周辺整備に係わる対策」に分類した。

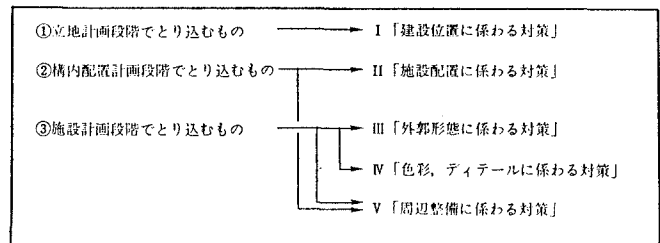


図 2.1 計画段階による景観対策の分類

* 正会員 （財）電力中央研究所 経済研究所 社会環境研究室 （〒100 千代田区大手町1-6-1）

景観対策はⅠ～Ⅴに分類されることになるが、このうちのⅠ「建設位置に係わる対策」は周辺景観との調和を目的とした対策であり、Ⅱ「施設配置に係わる対策」は統一感・整然さを向上させることを目的とした対策である。この2つの対策は、発電所がもともと有している施設規模の大きさや周辺機器の多さなどに起因する目立ち具合や雑然さを軽減するための対策であり、周辺環境に与えるマイナス影響を0に近づける性格の対策である。

これに対して、Ⅲ「外郭形態に係わる対策」とⅣ「色彩、ディテールに係わる対策」、Ⅴ「周辺整備に係わる対策」については、周辺環境に与える影響を軽減する対策効果もあるが、プラスの効果を発揮する可能性も有している。たとえば、発電所の煙突は200mを超える高構造物であり、目立つことに対する対策効果には限界があると考えられる。その場合、逆に形態や色彩を特徴づけることによって、地域のシンボルとして活用している事例（例：南港火力発電所）も多く見られる。

よって、ここでは景観設計が影響軽減よりもプラスの効果を発揮することを目指しているという理由から、上記の景観対策の分類のなかからⅢ、Ⅳ、Ⅴの3つの分類項目に着目して景観設計案の考案を進めることとした。

2.2 景観設計案の作成

景観設計案を視覚的に表現する手段として、ここでは操作性の良さという点から、コンピュータ処理によるパース画を採用した。この方法は再現性や臨場感という点からすると、モニタージュ写真、模型などに劣ると言われているが、本論では施設そのものに対する対策・デザインがもたらす景観イメージを抽出することが目的であることから、パース画で充分対応できるものと判断した。

景観設計の対象とした発電所は、表 2.1に示す諸元を基本スペックとする石炭火力発電所とした。また、パース画作成においては、タービン建屋を海側400mからほぼ正面に望む、ごく一般的な視覚関係を基本とした。また、陰影を強調しデザインの意図を明確にするために彩色を行ったが、色による独自のイメージが混入するのを避けるため、彩度ゼロのグレー系を用いた（ただし、色彩対策関係のパース画は除く）。また、背景については、色彩選択や彩色方法がかなり難しく、不容易な彩色はかえって不自然さを増すと判断して、彩色は行わず線画表現のままとした。これにより、景観設計を検討する前の基本的な発電所景観として作成したパース画が図 2.2である。

表 2.1 対象発電所の基本スペック

ボイラー	(30m×40m×60m)×3基 防音壁つき
タービン建屋	(35m×180m×30m)
開閉所	(110m×70m×20m)
煙突	自立式(200m)
貯炭場	野積式(130m×130m)敷地
諸施設	サービス館、純水タンク(2基)、主変圧器、送電鉄塔(視野内に2基)、その他

つぎに、図 2.2に示した基本的発電所に対して、先のⅢ「外部形態に係わる対策」、Ⅳ「色彩・ディテールに係わる対策」、Ⅴ「周辺整備に係わる対策」の3つの観点にもとづいて、景観設計案を考案した結果が表 2.2である。選定にあたっては、景観アセスメント

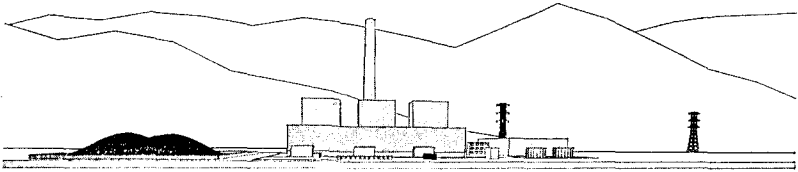


図 2.2 現況の発電所景観（パース画）

手法の開発で得た知見にもとづいて、実際に効果が確認されている設計や景観イメージを顕著に表現できる設計等を考慮して行った。また、個々の景観設計案を複合して施した場合の効果および斜め方向から眺めた場合の影響を明らかにするために、表 2.3に示した8つの設計案を加えた。

以上が景観イメージを明らかにするために選定した41種の景観設計案であるが、これにもとづいて作成した評価対象例が図 2.3に示すパース画である。

2.3 評価実験の実施

前節で作成した景観設計案（パース画）を用いて、それらの景観イメージを抽出し、地域景観と調和した発電所の景観設計に関する基礎的知見を得ることを目的として、次のような方法によって評価実験を行った。

まず、評価対象は2.2で作成した41種のパース画を材料として用いた。呈示方法は、これらのパース画をスライド化したものを、現実の景観と同じ条件になるような位置関係で被験者に呈示する方法を基本とした。ただし、広い被験者層について実験を行うため、大掛かりな機材を必要とせず簡便に実験を行うことのできる、パース原画を直接呈示する方法も、一部の被験者に対して採用した。

呈示順序は、イメージの混乱を避けるため、色彩デザインおよび斜め構図の設計案については別組として最後尾に呈示したが、その他のものはすべてランダムに呈示した。また、呈示初期におけるイメージのバラツキを考

慮して、最初に呈示する4枚はダミーサンプルとした。

つぎに、評価対象に対する設問については、事前に予備的心理実験を行い、いくつかの方法に関して検討した結果、形容詞対による評定尺度法よりも多数のイメージ言語から該当する言語を自由に選択する方法が有効であることが明らかとなった。そこで、発電所あるいは土木構造物、建築などの景観イメージを表現するのに適当と思われる形容詞を、既往の文献などを参考にして表 2.4に示す24個のイメージ言語を設定した。今回の実験では、41種の評価対象（スライドまたはパース原画）を見て感じたイメージを表現する言語を表 2.4から自由にいくつでも選択する方法を採用した。

なお、今回の実験に参加した被験者は20代を中心とする男女41名で、彼らの属性は表 2.5のとおりであった。これによると、年齢層が20代に集中しているほか、風景への感心がかなり高い被験者層となっている点が指摘できる。また、発電所を見た経験では、約半数以上が、数多く見たあるいはいくつか見たことがあると回答していた。

2.4 景観イメージの抽出

まず、各景観対策に対するイメージ言語の選択頻度を集計した結果、24の言語のうちでも選択され易かったものと、そうでないものがあることがわかった。例えば、6.「すっきりした」、16.「硬い」などはかなり多く選択されており、パース面のもつ基本的な特性（線画、グレー着色など）が反映されたものと思われる。

各評価対象に対する24個のイメージ言語の選択頻度についてみると、これらの言語は互いに何らかの関連性をもっ

表 2.2 景観設計案の一覧

対策の分類	対 策 項 目	景観対策 No.	対 策 内 容
Ⅲ 外 形 態 容 に 係 る 対 策		1	タービン建屋をタテ方向に分節化する
		2	タービン建屋をヨコ方向に分節化する
		3	タービン建屋、ボイラー建屋、開閉所をヨコ方向に分節化する
	開口部の凹凸により陰影を与える	4	タービン建屋上部の窓を強調する
	面とりや曲線の使用により固いイメージを和らげる	5	主要建屋の四隅を面とりする
		6	タービン建屋下部を絞った形状とする
	付属施設を一まとめにし収納建屋に収める	7	タービン建屋足もとの諸施設を建屋に収納する
	貯炭場を収納建屋に収める	8	円形サイロに収める
		9	カマボコ型ドームに収める
	煙突え型式を変える	10	支持式煙突を採用する
		11	自立集合式煙突を採用する
Ⅳ デ イ テ ー ル に 係 る 対 策	壁面のパターンにより、スケール感を落とす等	12	タテ方向にセル状のテクスチャーを与える（セル内の明度を高くする）
		13	タテ方向にセル状のテクスチャーを与える（セル内の明度を低くする）
		14	タテ方向にやや幅広いセル状テクスチャーを与える（セル内の明度を高くする）
		15	ヨコ方向にセル状テクスチャーを与える（セル内の明度を高くする）
		16	ヨコ方向にセル状テクスチャーを与える（セル内の明度を低くする）
		17	タービン建屋にタテ方向のラインを入れる
		18	タービン建屋、ボイラー建屋の上部にヨコ方向のラインを入れる
		19	タービン建屋に格子状のテクスチャーを与える
		20	ボイラー建屋に格子状のテクスチャーを与える
		21	主要建屋にタテ・ヨコのミックスされたラインを入れる
		22	タービン建屋、ボイラー建屋にふちどりをし、めりはりを与える
Ⅳ 色 彩 に 係 る 対 策	好ましい色彩、デザインとする	23	ボイラー建屋とタービン建屋上部にサンド（8.0YR5.5/6.0）
		24	ボイラー建屋とタービン建屋上部にグリーン（6.5GY6.0/5.0）
		25	ボイラー建屋とタービン建屋上部にベージュ（2.5Y8.0/4.0）
		26	ボイラー建屋とタービン建屋上部にブルー（6.5PB4.5/8.0）
		27	ボイラー建屋とタービン建屋全体にベージュ（2.5Y8.0/4.0）
		28	ベージュ（2.5Y8.1/4.0）を基調色とし、ボイラー建屋全体にチョコレート（10YR3.5/3.0）
		29	ベージュ（2.5Y8.0/4.0）を基調色とし、タービン建屋全体にチョコレート（10YR3.5/3.0）
		30	ベージュ（2.5Y8.0/4.0）を基調色とし、タービン建屋上部にチョコレート（10YR3.5/3.0）
		31	ベージュ（2.5Y8.0/4.0）を基調色とし、タービン建屋下部にチョコレート（10YR3.5/3.0）
Ⅴ 周 辺 環 境 に 係 る 対 策	施設周囲の修景緑化を行う	32	エコロジー方式の緑化を行う
	周対辺係策を備る	33	高木の独立樹を構内各所に配置する

表 2.3 複合および斜め方向の設計案

対策の分類	景観対策 No.	対 策 内 容
複合対策	34	ヨコ方向の分節化（No. 3）とカマボコ型ドーム（No. 9）との複合対策
	35	支持式煙突（No. 10）とヨコ方向のライン（No. 18）との複合対策
	36	主要施設の面とり（No. 5）と円形サイロ（No. 8）との複合対策
	37	足もと施設の建屋収納（No. 7）とタテ方向のライン（No. 17）との複合対策
斜め方向	38	足もと施設の建屋収納（No. 7）の斜め方向
	39	主要施設の面とり（No. 5）の斜め方向
	40	カマボコ型ドーム（No. 9）の斜め方向
	41	高木の独立樹の配置（No. 33）の斜め方向

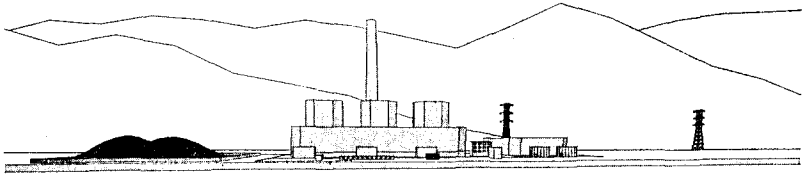


図 2.3 景観設計案の例

表 2.4 評価に用いたイメージ言語

1. 力強い	13. 暖かい
2. のんびりした	14. 涼しげな
3. 引きしまった	15. やわらかな
4. 格調高い	16. 硬い
5. 安定感のある	17. きゃしゃな
6. すっきりした	18. どっしりとした
7. のびやかな	19. 統一的な
8. 明るい	20. 美しい
9. 暗い	21. ダイナミックな
10. 落ちついた	22. コンパクトな
11. にぎやかな	23. 冷たい
12. 洒落た	24. 壮快な

表 2.5 被験者の属性

属性		人数
性別	1. 男	31人(76%)
	2. 女	10 (24)
年齢	1. 10代	5 (12)
	2. 20~24歳	27 (66)
	3. 25~29歳	6 (15)
	4. 30代	3 (7)
	5. 40歳以上	— (0)
発電所経路を被験	1. 数多く見たことがある	5 (12)
	2. いくつか見たことがある	20 (49)
	3. 全く見たことがない	16 (39)
風景への関心度	1. 深く関心をもっている	25 (61)
	2. やや関心をもっている	14 (34)
	3. どちらとも言えない	— (0)
	4. あまり関心がない	2 (5)
	5. 全く関心がない	— (0)

て選択されていることが読みとれる。そこで、各イメージ言語間の関係を明らかにし、発電所の景観イメージ軸を抽出するために主成分分析を行った。なお、分析にあたっては単純集計表から求めた相関行列を用いて行った。主成分分析の結果は、第4主成分までの累積寄与率が72.2%となっており、第5主成分以降は極端に寄与率が下がっていた。したがって、24個の変量(言語)はこれら4つの主成分によって説明可能であると判断した。

主成分分析によって得たこれらの4つの主成分は、それぞれ発電所の景観イメージを代表する軸と考えられる。そこで、各主成分のもつ意味について、24個の選択言語に対する因子負荷量を用いて解釈を行った。解釈にあたっては、各主成分に対して影響の大きい、すなわち因子負荷量の絶対値が大きい因子(選択言語)を抽出し主成分の意味を判断した。その結果、以下に示すように4つの主成分はそれぞれ「明美感」、「格調感」、「爽快感」、「重厚感」というイメージ軸として解釈することができた。

(i) 第Ⅰ軸：「明美感」

第1主成分は、表 2.6に示すように明るい、美しい、のびやかな、硬い、冷たいなどの因子(選択言語)によって構成されており、評価的な意味が強い軸と考えられる。そこで、第1主成分は明るく美しいイメージを表現する軸として「明美感」と名づけた。

(ii) 第Ⅱ軸：「格調感」

第2主成分は、表 2.7に示すように引きしまった、格調高い、暖かい、やわらかいなどの因子によって構成されており、モダンで格調高いイメージと穏和でのんびりしたイメージを表現する軸と考えられる。したがって、第2主成分は「格調感」というイメージ軸とした。

(iii) 第Ⅲ軸：「爽快感」

第3主成分は、表 2.8に示すようにすっきりした、涼しげな、にぎやかななどの因子によって構成されており、この主成分は静かですっきりしたイメージを表現する「爽快感」という軸と考えられる。

(iv) 第Ⅳ軸：「重厚感」

第4主成分は、表 2.9に示すようにどっしりとした、安定感のある、力強いなどの因子によって構成されており、「重厚感」を表現するイメージ軸と考えられる。

以上によって、今回検討した外郭形態や色彩・ディテールに対する景観対策からうける景観イメージを表現する軸として、「明美感」、「格調感」、「爽快感」、「重厚感」の4つを抽出した。また、これら4つのイメージ軸の逆方向を意味する軸として「冷涼感」、「穏和感」、「躍動感」、「軽快感」を設定することもでき、それらをまとめた表が表 2.10である。これは、発電所の景観イメージが、プラス・マイナスの一方方向の効果ではなく、両方向のイメージ効果を発揮するからである。たとえば、周辺景観との調和を考えた場合、地域イメージとの調和が必要となり、逆方向のイメージ創りもまた地域景観の創造に寄与すると考えられる。

表 2.6 第一主成分のイメージ言語

プラス因子	マイナス因子
8. 明るい (0.907)	16. 硬い (-0.825)
16. 美しい (0.776)	23. 冷たい (-0.715)
7. のびやか (0.764)	9. 暗い (-0.662)
24. 壮快な (0.610)	17. きゃしゃな (-0.501)

表 2.7 第二主成分のイメージ言語

プラス因子	マイナス因子
3. 引きしまった (0.682)	13. 暖かい (-0.621)
4. 格調高い (0.615)	15. やわらかい (-0.530)
12. 洒落た (0.591)	10. 落ちついた (-0.527)

表 2.8 第三主成分のイメージ言語

プラス因子	マイナス因子
6. すっきりした (0.814)	11. にぎやかな (-0.696)
14. 涼しげな (0.651)	21. ダイナミックな (-0.680)
22. コンパクトな (0.534)	

表 2.9 第四主成分のイメージ言語

プラス因子	マイナス因子
18. どっしりした (0.775)	11. にぎやかな (-0.467)
5. 安定感のある (0.702)	17. きゃしゃな (-0.248)
1. 力強い (0.648)	
19. 統一的な (0.505)	

表 2.10 景観イメージ軸

イメージ軸	意味	
	イメージ	逆方向のイメージ
明美感	明るく美しい	(冷涼感) 冷たい, 硬い
格調感	格調高く引きしまった	(穏和感) のんびりして落ちついた
爽快感	すっきりとして涼しげ	(躍動感) にぎやか, ダイナミック
重厚感	どっしりとして力強い	(軽快感) きゃしゃな, 軽快な

3. 発電所の景観設計

3.1 景観イメージと景観設計

発電所の4つの景観イメージ軸を抽出したが、ここではそれらのイメージ軸と個々の景観設計案との関係を明らかにすることによって、新たなイメージ創出のための景観設計の具体的方法を導いた。

まず、景観イメージ軸と景観設計案との関係を、各主成分（イメージ軸）に対する主成分得点を用いて検討した結果、つぎのような特徴が明らかとなった。

・「明美感」を高める景観設計として、敷地境界の緑化や構内に高木の独立樹を植えること、タテまたはヨコ方向にセル状のテクスチャーを与えセル内の明度を低くすることなどが挙げられる。

・「格調感」については、タテまたはヨコ方向のセル状テクスチャーや分節化などがイメージを高める方向に働き、逆にベージュ系の彩色やチョコレート色との組合せは「格調感」には乏しいが穏和なイメージを与えていた。

・「爽快感」を高める景観設計としては、足もと施設の建屋収納、グリーン系の塗色や自立集合式の煙突などが挙げられる。

・「重厚感」については、面とりや円形サイロ、ヨコ方向のセル状テクスチャー、カマボコ型ドームとヨコ方向の分節化の組合せやベージュとチョコレート色との組合せによる塗色などが効果的であった。

さらに、これらの考察結果を集約すると景観設計とイメージ効果との関係は図 3.1に示すようにまとめられる。

対 策		明美感	格調感	爽快感	重厚感
外郭形態に 係わるもの	分節化				
	タテ方向（タービン建屋）				
	ヨコ方向（タービン建屋）				
	ヨコ方向（タービン、ボイラー、開閉所）				
	タービン建屋上部の窓の強調				
	面とり				
	タービン建屋下部のしほり				
	足もと諸施設の建屋収納				
	円形サイロ				
	カマボコ型ドーム				
色彩・ディテールに 係わるもの	自立集合式煙突				
	セル状テクスチャー				
	タテ				
	セル内高明度				
	＼ 高明度（幅広タイプ）				
	＼ 低明度				
	ヨコ				
	セル内高明度				
	＼ 低明度				
	タービン建屋のタテ方向ラインテクスチャー				
色	＼ ヨコ方向ラインテクスチャー				
	＼ 格子状テクスチャー				
	ボイラー建屋の格子状テクスチャー				
	サンド（8.0Y R 5.5/6.0）				
	グリーン（6.5G Y 6.0/5.0）				
	ベージュ（2.5Y 8.0/4.0）				
	ブルー（6.5P B 4.5/8.0）				
	ベージュ（2.5Y 8.0/4.0）タービン、ボイラー、				
	ツートン				
	ボイラー全体にチョコレート（10Y R 3.5/3.0）				
緑化	タービン				
	タービン上半分				
	タービン下半分				
	タービン下半分				
緑化	エコロジー緑化				
	独立樹の配置				

＝軸内プラス方向のイメージとの関連が強い。

＝軸内マイナス方向のイメージとの関連が強い。

図 3.1 景観設計とイメージ効果との関係

3.2 ケーススタディ

既設の石炭火力発電所を対象として、上記のデザイン指針にもとづいて景観設計を行った結果、「明美」で「格調」のある発電所などといったイメージ効果の高い20数種の設計案（モンタージュ写真）を作成した。ここでは、そのなかの代表的な設計例を用いて景観設計の有効性を検討した。

写真 3.1は、景観設計を行う前の既存の発電所景観である。この発電所に対して、「明美」で「格調」のある周辺地域の景観イメージを考慮して景観設計を試みた。まず、設計のためのデザイン指針にもとづいて、①発電所建屋の色彩をブラウンベージュ系とする、②壁面の横方向に幅広ストライプを入れる、③貯炭場を屋内式にする、④発電所前面を盛土するとともに緑化を施す、といった具体的方法を用いて景観設計を行った。その結果、写真 3.2に示すような設計後の発電所景観を提案した。この発電所の景観イメージは、

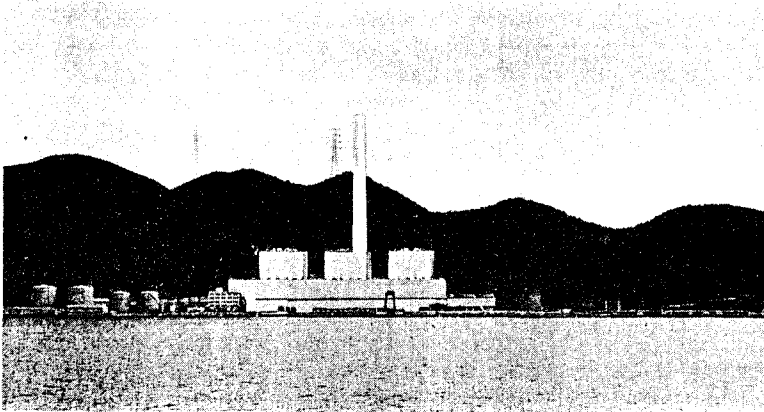


写真 3.1 現況の発電所景観

先のデザイン指針によると、「明美」で「格調」があり、周辺景観との調和が図られたものとなっている。

つぎに、景観設計によるイメージ効果を定量的に明らかにするために、主成分分析の結果を用いて図に表現したものが図 3.2である。各軸に対する数値は主成分得点を示しており、景観設計によって「明美感」、「格調感」が特に向上していることが読みとれる。他の景観設計案についても同様のイメージ効果が実証されており、本研究による景観設計の有効性は確認された。

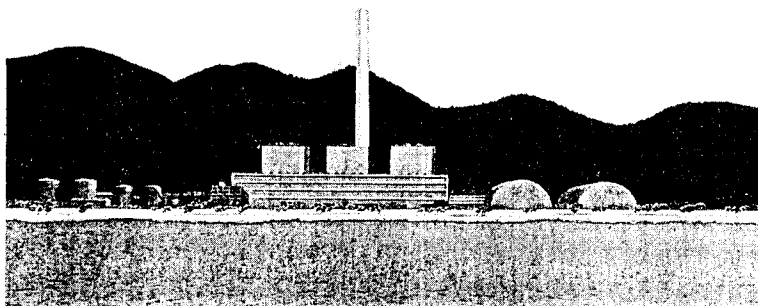


写真 3.2 発電所の景観設計例

4. 結論と今後の課題

本論では、発電所が立地する地域を対象として、より望ましい地域景観を創造するために効果のある電力施設の景観設計手法を開発するために必要な基礎的知見について検討した。まず、第一段階として石炭火力発電所を対象に、主要施設（ボイラー建屋、タービン建屋、煙突、貯炭場）のデザインによる景観イメージに関する分析を行った。主な分析の結果は、つぎのとおりである。

- ① 発電所施設の外部形態デザインや色彩に関する評価では、「明美感」、「格調感」、「爽快感」、「重厚感」の4つのイメージ軸が重要であることが明らかとなった。
- ② 評価実験で用いた41種の景観対策と、上記4つの評価軸との関連性を分析した結果、景観設計とイメージ効果の対応関係が得られた。
- ③ 実際の発電所を対象に上の対応関係をもとにして、「明美」で「格調」のある発電所等約20数種の対策効果の高い発電所をデザインするとともに、その効果を定量的に明らかにした。

以上が本論の結論であるが、今後電力施設に対する景観設計手法を確立していくためには、さらに次のような課題が残されている。

- ① 今後は立地計画段階や施設配置計画段階における景観設計を検討すること
- ② より詳細な対策や各対策の複合効果についても検討すること
- ③ 対策効果の分析を精度よく行うため、模型やVTRによるモニタージュ写真を用いて、臨場感を高めた実験を行うこと
- ④ 対象施設を火力・原子力発電所以外の施設に拡げること、等である。

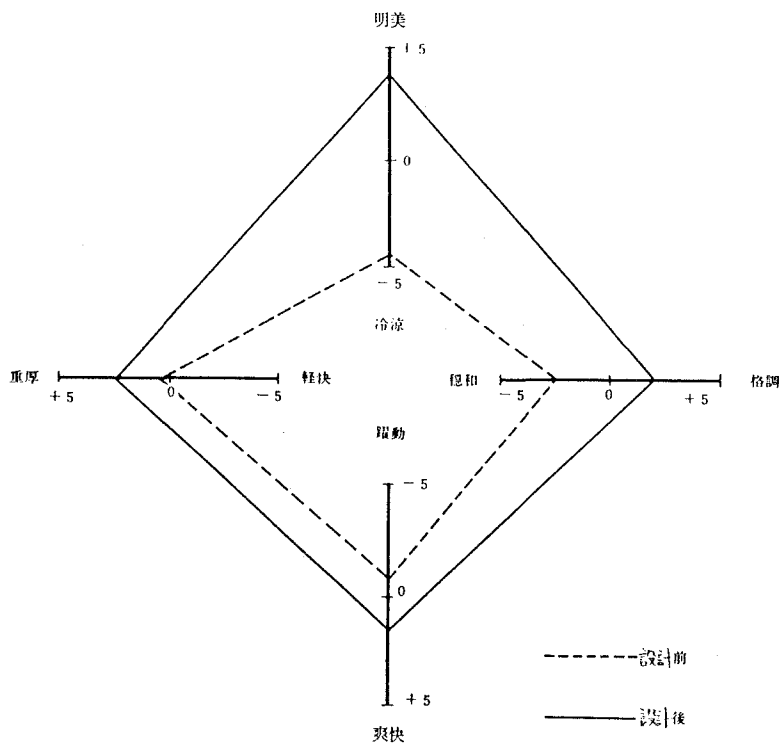


図 3.2 景観設計前後の評価の違い