

採石場修景事業

「ふるさとの山づくり」における景観検討

塚 田 哲 生^{※)} 外 園 貴 彦^{※※)}
木 村 慎 治^{※※※)}

1. はじめに

弊社、塚田陶管株式会社柳沢工場は茨城県の県南地方にあたる土浦市とつくば市にまたがる地域に位置し、1959年に開設されてから50年に亘り砕石業を営んできた。本砕石場は法規制に則り、また、周辺環境に配慮した残壁処理や緑化を原石採掘と並行して行ってきた。長きに亘った同地域における砕石事業もようやく最終段階となり、周辺地域に調和した終結を迎えられると考えていた矢先、地域住民から「このまま終わっては、『猪も登れない』ような山のままであり、次代の負の遺産となってしまう。」との意見が出された。また、「昔の山に戻らないまでも、安全かつ生活の一部として親しめる山にして欲しい。」との要望も寄せられ、思いは県知事にまで達し、行政が調整に乗り出すこととなった。その結果始まったのが、地域住民、行政、学識経験者および砕石事業者を交えた民官学産連携による「ふるさとの山づくり」修景事業である。

同事業は勉強会に始まり、事業内容策定のための検討委員会を重ね、策定後には懇談会にて事業の進捗管理を行っている。そして、懇談会による取組みの一つとして、岩手大学大塚研究室の協力を得て、開発計画における景観変化の予測と評価を行った。

本稿では、この「ふるさとの山づくり」事業における砕石場の景観修復に対する工学的見地からの検討内容について報告する。

2. 新事業計画

「ふるさとの山づくり」事業内容策定に先立ち開催した勉強会では、地域住民の要望集約と法規制クリアに向

けて活動した。まとめられた素案は、安全と防災の面から、現在の平均傾斜角である42.5度から26～28度に緩め、また環境面から現在の切羽ベンチ高さ10mを5mに切り直し、早期に修復緑化を行って、里山に復元しようというものである。

この素案を基に、検討委員会で詳細な事業内容を練り、審議に諮った後で事業実施の段となった。なお、審議会の評価書には、平均傾斜角、ベンチ高さ、ベンチ幅はいずれも採石法の基準より遥かに緩やかであり、国内における砕石事業のモデルとして取組むもので、特に、修復緑化にあたっては、地元小学生の環境教育の場としての活用が謳われている。

表1は策定された事業計画の概要であり、図1は事業の最終段階である最終緑化計画図、図2は最終残壁の断面形状である採掘規格図、図3はベンチの詳細な計画を表す小段詳細図、図4は最終残壁に施す修復緑化計画を表す緑化規格図、図5は最終残壁の頂上部に計画されている広場および展望台の詳細を示した展望広場・展望台詳細図である。

3. 景観調査・解析方法

今回行った調査・検討は、大きく次の3つである。

- (1) GISと高解像度衛星データを用いた砕石場の可視領域予測
- (2) 採掘計画に基づく景観変化の予測と評価
- (3) VRSによる動画シミュレーション画像を用いた景観評価

景観評価の対象となる本砕石場は南方に地形の起伏が無く、遠方から視認可能となっている。採取区域は東西方向に約1,600m、南北方向に約950mの大きさで、ほぼ

※) 正会員 塚田陶管(株) 工場長

※※) 正会員 キャピラー・ジャパン(株) 市場開発部 砕石土木マーケット営業支援課 課長 工博

※※※) 正会員 キャピラー・ジャパン(株) 砕石土木マーケット営業支援課 主任

表1 策定事業計画の概要

項目	本規格	既往規格	比較
事業期間	平成 42 年	平成 22 年	20 年延長
事業面積	全体:110.9ha	全体:95.1ha	全体:15.8ha 増
	公園内:74.9ha	公園内:59.1ha	公園内:15.8ha 増
採掘方法	スライスタウン工法	多段式ベンチ工法	早期から緑化可能
最終地盤高	DL40m	DL40m	同様
ベンチ高さ	5m	10m	5m 低下
掘削角度	75 度	75 度	同様
ベンチ幅	通常:8.66m	通常:5.0m	通常:3.66m 増
	幅広:13.66m	—	幅広:8.66m 増
平均傾斜角	26～28 度	42.5 度	14.5～16.5 度緩和
客土厚	3,000mm	500mm	2,500mm 増
緑化資金	事業収益 採石災害防止準備金 跡地整備保証積立金	事業収益 採石災害防止準備金 跡地整備保証積立金	積算費用を毎年積立て
緑化方法	最上段ベンチから順次	最終ベンチ形成後に一括	早期の最終緑化が可能
植栽可能種	大きな年生の在来種植栽可	マツ・ヤシャブシ・ハギ等に限定	自然公園に相応しい植栽可能
事業実現性	需要状況を精査 実現性を担保	通常終掘 実現性大	可能性同程度
植生回復度	ベンチ高さは直ぐにクリア	樹高 5～8m が限度 ベンチ高さ超過は見込めず	自然の山腹に近い形状 植生の早期回復が可能
環境教育	植樹や自然回復状況観察可 環境教育に生かす予定	自然回復・利用は見込めず 環境教育への活用は不可能	環境教育の場として利用可能

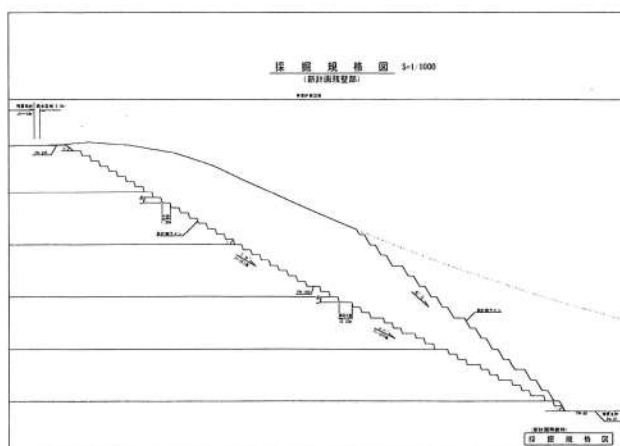


図2 採掘規格図

矩形状を呈している。遠方から視認可能な残壁面は南西－北東方向に幅約800mで形成されており、最上部標高は約240mとなっている。視点となる平地は20m、地山山頂は296mの標高である。

図6は対象となる碎石場と、評価のために選定した3つの視点位置である。視点位置は代表的な眺望地点とし、東側に土浦市役所新治庁舎前、南側に高岡地区にある建設中の道路上、西側に国道125号線小田東部地区にある飲食店駐車場の3点を選んだ。それぞれの対象との視距離は約2,800m、3,200m、

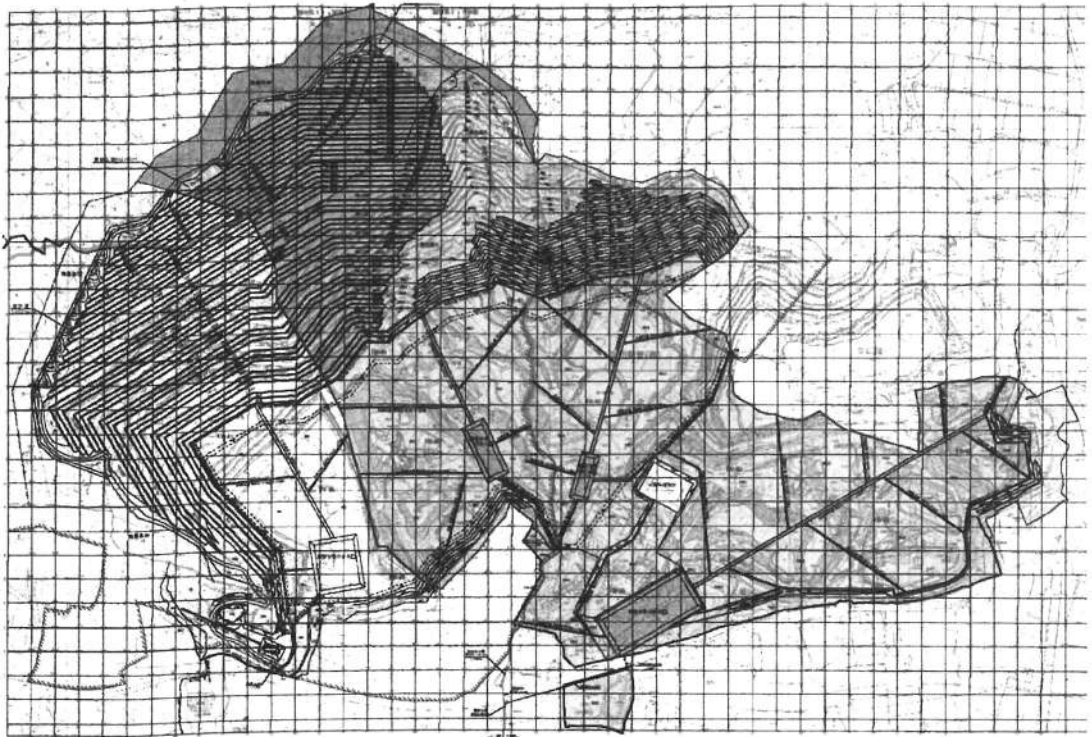


圖 1 最終綠化計畫圖

小段詳細圖 S=1/200

(新計畫規畫部)

(小段部區區、小段及D法面部客主)

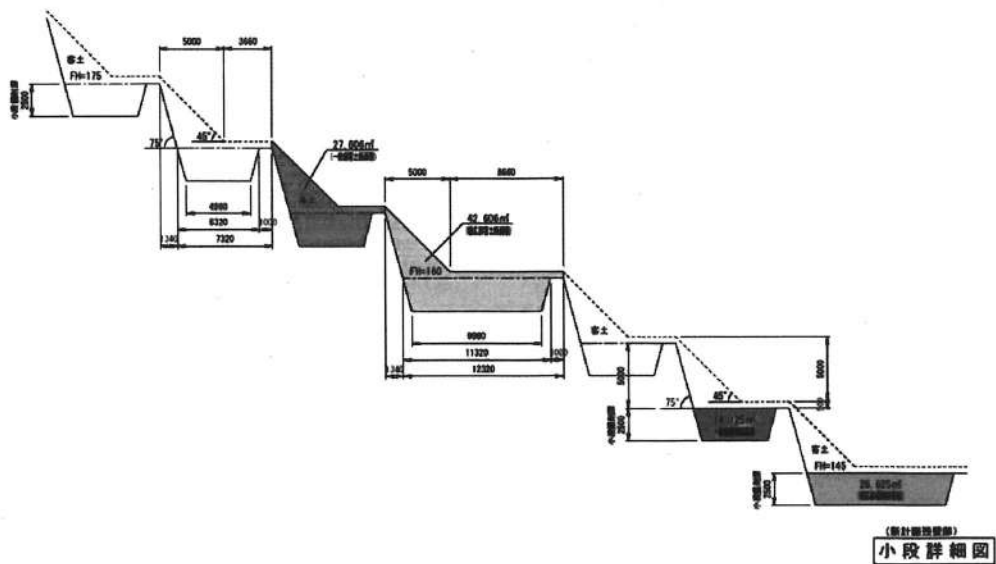


圖 3 小段詳細圖

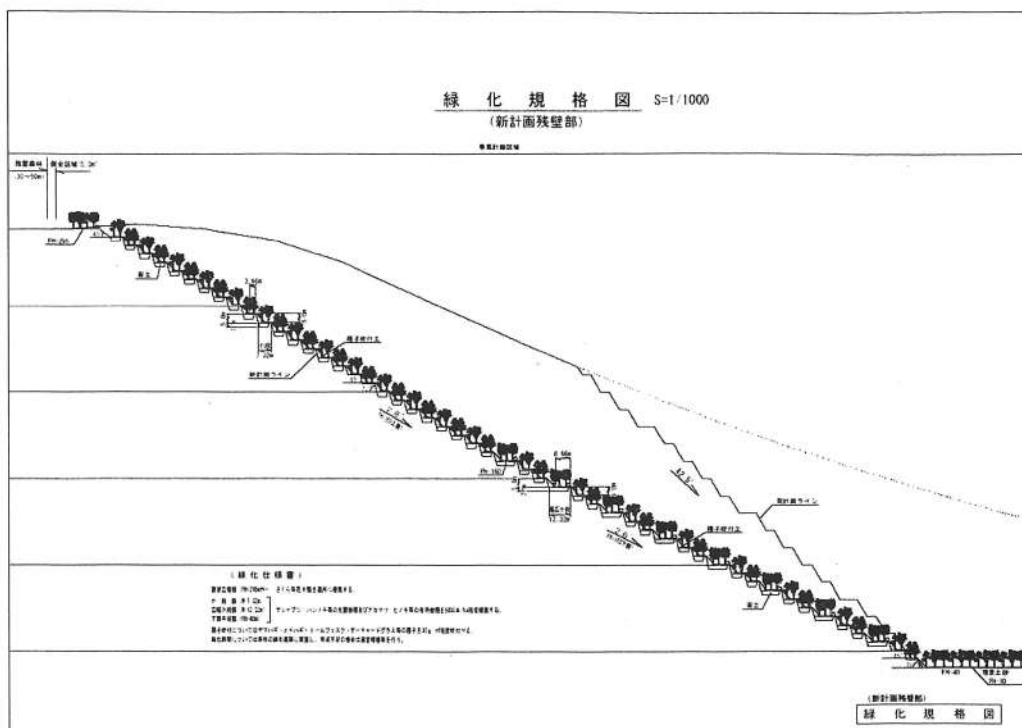


図4 緑化規格図

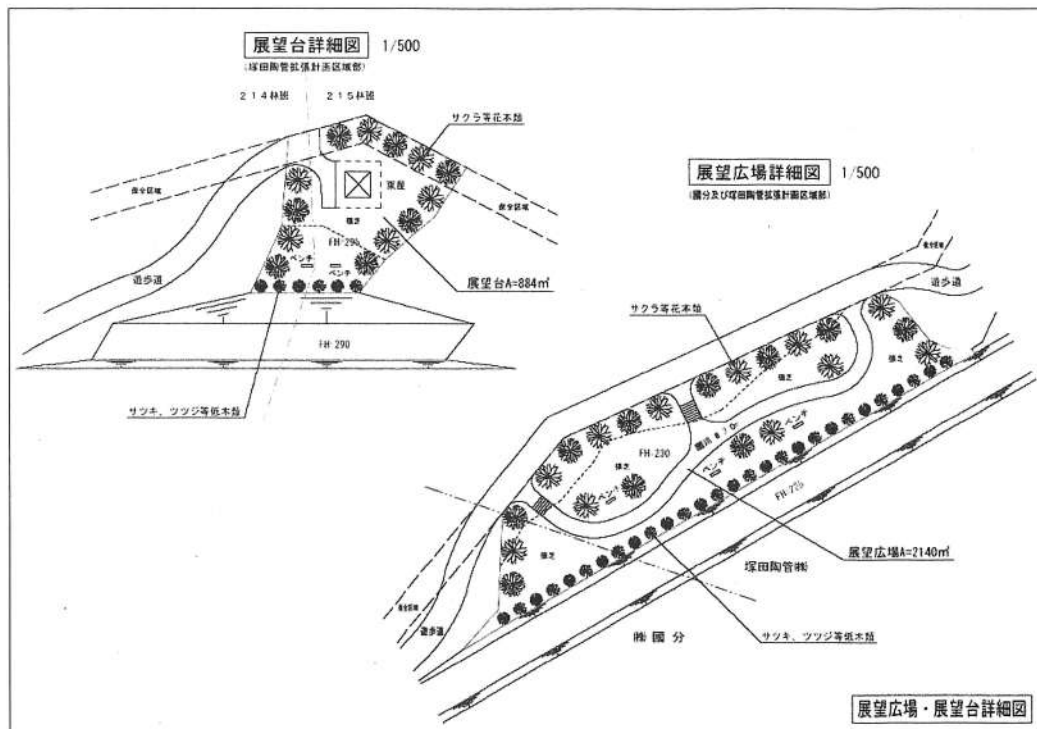


図5 展望広場・展望台詳細図



図6 対象碎石場と選定視点位置



(a) 土浦市役所新治庁舎前から(東側)



(b) 高岡地区から(南側)



(c) 小田東部地区から(西側)

図7 選定視点位置から眺めた現況の碎石場

2,000mとなっている。図7は選定視点位置から眺めた碎石場の現況写真である。

3.1 碎石場の可視領域予測

碎石場の景観評価における基本は、周辺地域からの可視・不可視による判別である。そもそも対象となる事物が、景観遮蔽物などにより見えない場合は、問題視されにくいからだが、今回はこの予測精度向上を狙い、GISと高解像度衛星データを利用して予測を行った。図8は景観遮蔽物を考慮した可視・不可視判別方法である。

従来、このような評価を行う際は、国土地理院の数値地図と、環境省の植生分布図を利用してきたが、それぞれのデータの精度および植生データの更新状況から現実に合わせていることが困難であった。衛星データはこの問題を解消する特徴を備えており、今回の予測には特に以下の利点からASTER衛星画像データを用いた。

- ・地形起伏、樹木や民家など景観遮蔽物の標高も測定
- ・15m×15mの分解能
- ・高頻度（数ヶ月に1回）でのデータ取得
- ・他の衛星画像よりも安価

しかし、ASTERデータの標高は、森林地帯や市街地などでは樹木・構造物等の上の高さとなっているため、数値地図の標高データをASTERデータに置き換えるだけでは、視点位置高さも構造物の上となるなどの問題が

生じる。この問題を解決するため、「市街地」のデータも含む植生分布図を用いて、植生（樹木）と市街地の範囲を不可視に設定し、予測を行った。図9は今回行った可視領域の予測フローである。

3.2 景観変化予測と評価

表1に示した新事業計画に基づき、6年後、13年後、24年後、34年後の景観変化の予測を行った。予測図の作成は、3次元CADであるベントレー社製Micro Stationを用いて、選定3視点位置からの予測景観図を作成し、これを参考に画像処理ソフトであるアドビ社製Photo Shopを用いて、それぞれのフォトモンタージュを作成した。図10は南側視点位置において作成した景観予想図である。

続いて、作成したフォトモンタージュを変化刺激として景観評価実験を行った。用意した12枚の変化刺激を、順にプロジェクタでスクリーンに投影し、一度に4～6名の被験者を対象として、SD（Semantic Differential）法にて評価を行った。評価のための形容詞対は「気になる⇔気にならない」などの15対で、尺度は「どちらともいえない」を中心に7段階とした。被験者は岩手大学の学生38名である。

また、今回は春夏秋冬の季節感を考慮した景観予測図も作成し、同様の手法にて分析を試みた。予測図作成に

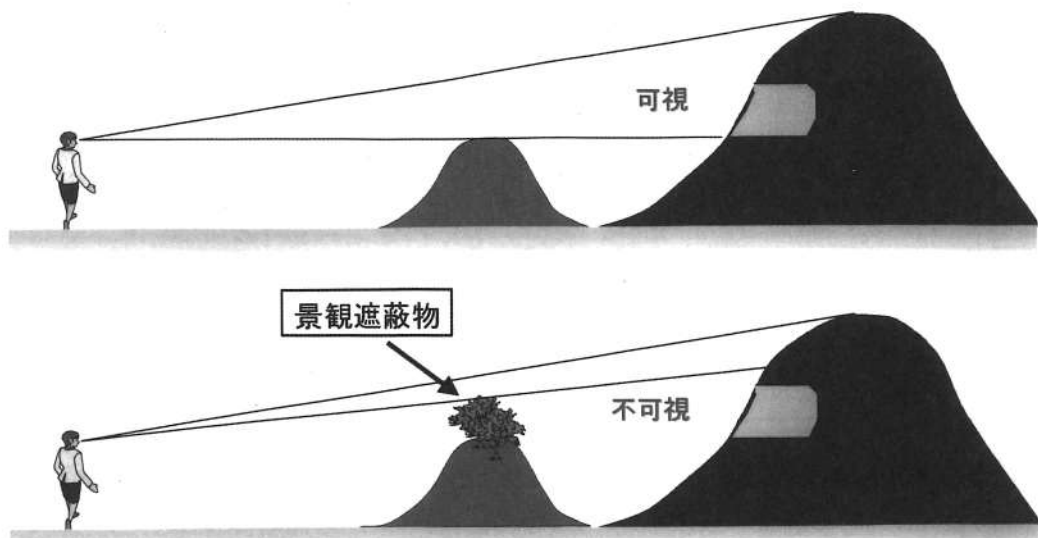


図8 景観遮蔽物を考慮した可視・不可視判別方法

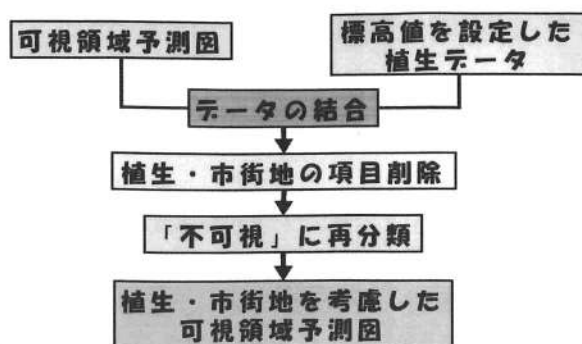
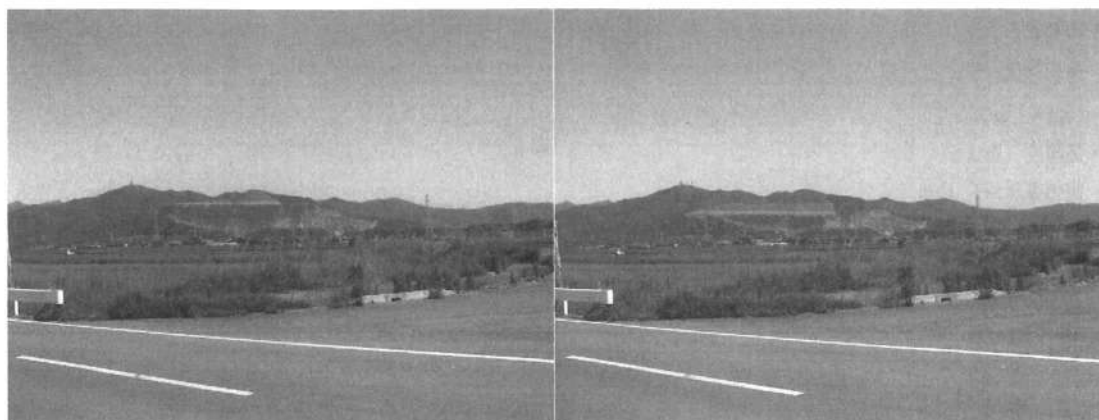
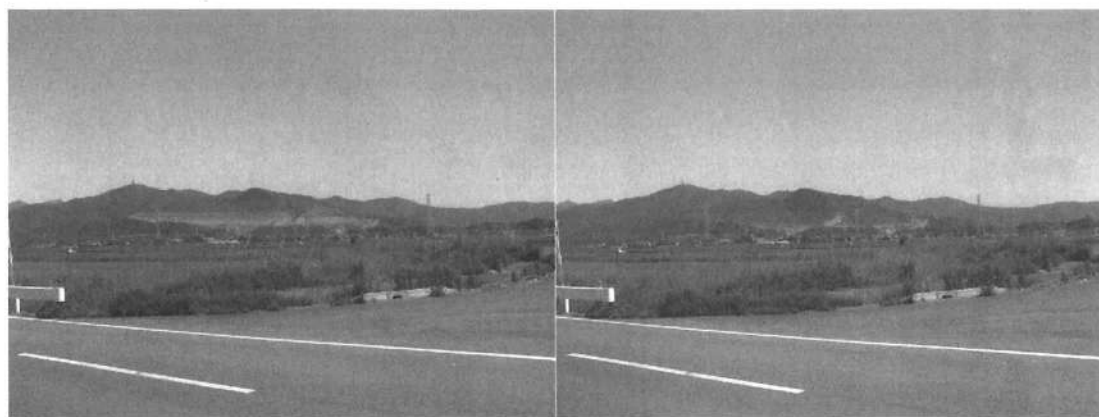


図9 植生・市街地を考慮した可視領域の予測フロー



(a) 6年後

(b) 13年後



(c) 24年後

(d) 34年後

図10 南側視点位置の景観予測図

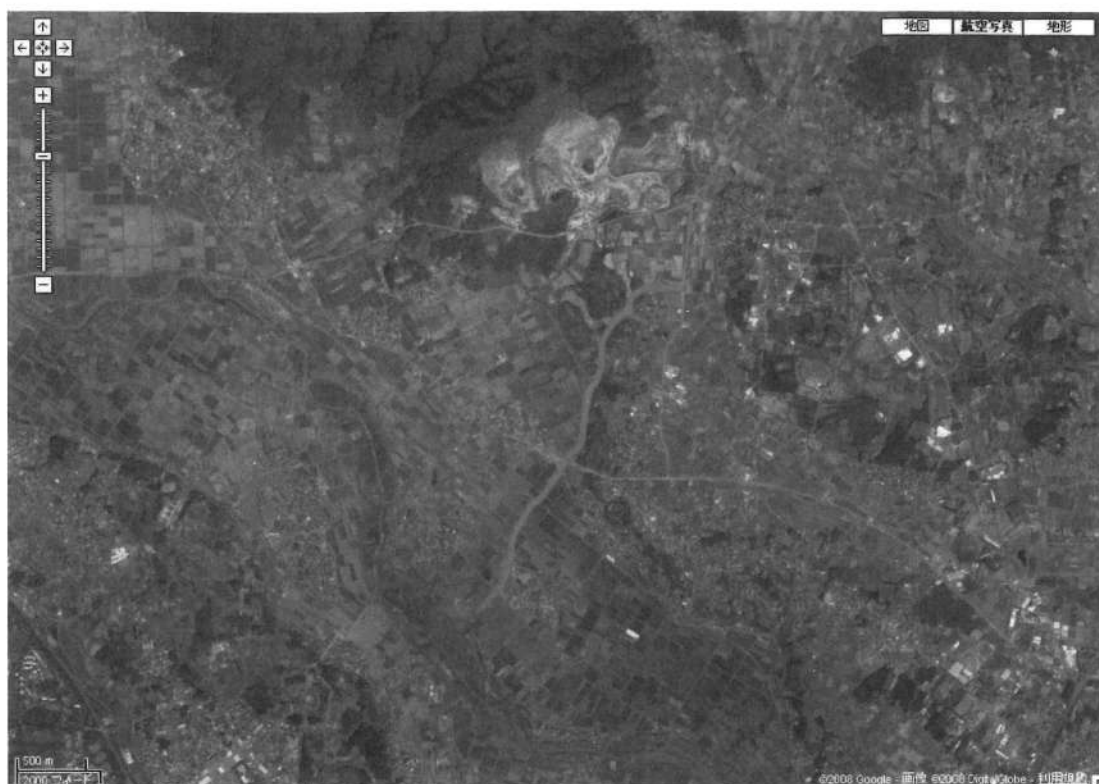


図12 動画シミュレーション画像作成の走行コース

あたっては植生分布を考慮し、現実に近い色合いとなるよう配慮した。また3次元CADで作成したCG画像であるため、道路や家屋なども配置し、現実と違和感の無いように努めた。図11は作成した34年後の四季の景観予測図である。

環境アセスメントでは四季を通した調査が求められるが、四季の調査は現況の写真撮影だけでも最低1年はかかり、長期間に亘る調査が必要となる。そこで、シミュレーション画像を用いた景観評価の可能性確認も含めて、この検討を行うこととした。

3.3 動画シミュレーションによる景観評価

VRS (Virtual Reality System) を用いたシミュレーション画像作成には、次のような利点がある。

- ・動画作成が容易
- ・樹木や家屋などの地物配置が自由自在
- ・計画地形の設定が容易
- ・天候や日時の設定が可能

これらの利点を活かすべく、大塚研究室ではVRSを用

いて作成した画像の露天採掘場に対する景観評価への適用の可能性を検証済みであり、また一方で、動画による景観評価の有効性も確認している。そこで、今回はVRSを用いて動画シミュレーション画像を作成し、景観上問題視され易い場所の特定を行った。使用したVRSはフォーラムエイト社製のUC-win/Roadである。

検討対象は、現在建設中のつくば市街地方面から、当該碎石場に向かって延びる道路とした。同道路は、車で走行した場合、視界正面方向に採掘跡地が在り、問題視され易いとして、以前より懸念されている場所である。作成した動画シミュレーション画像は6年後と34年後の2つであり、時速50km/hrで約2.5kmの走行を想定した。図12に走行コースを示す。

評価実験は個々の被験者がPCを用いてシミュレーション画像を再生させ、気になるポイントがあった際には再生を一時中断させる。そして、気になったポイントの概略図を描き、再生開始からの経過時間と、気になった主な理由を記入の上、「どちらでもない⇔気になる」の

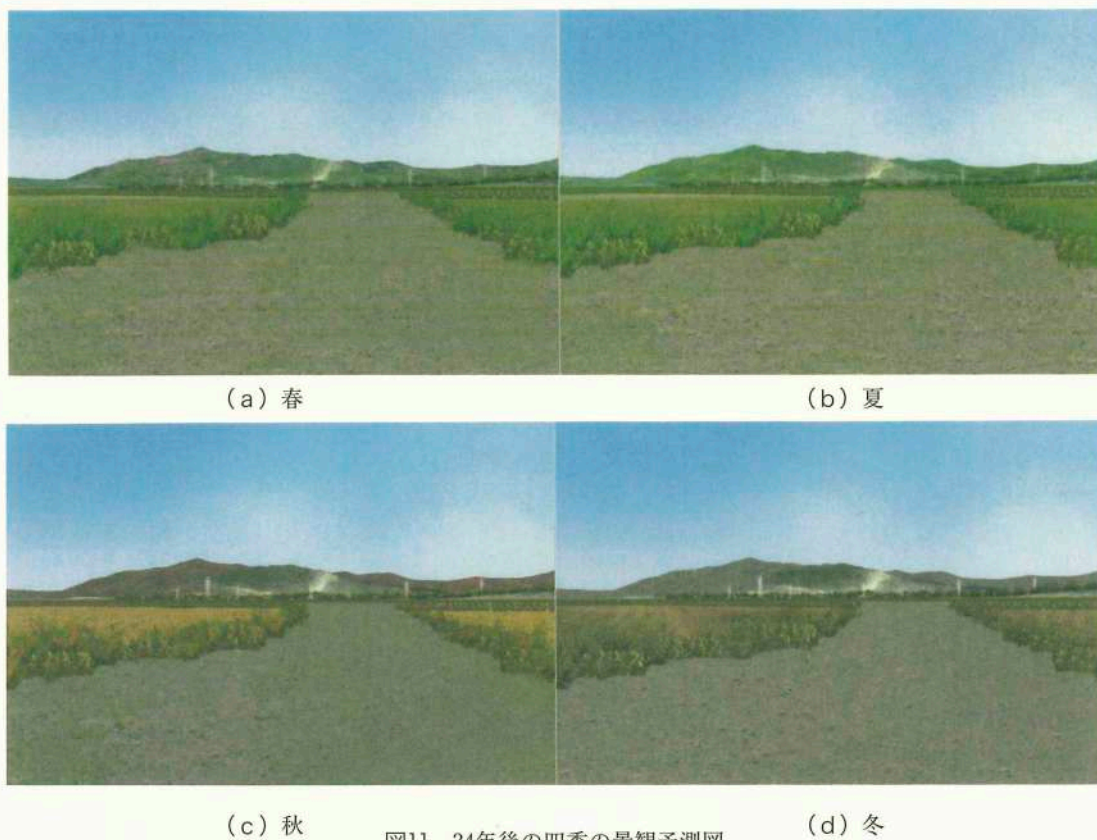


図11 34年後の四季の景観予測図



図13 34年後の可視領域図

4段階の尺度で評定を行う。その後、再生を再開させ、気になるポイントを探すという繰り返しである。被験者は岩手大学工学部の学生を中心とした40名である。

4. 検討結果

4.1 砕石場の可視領域予測

図13は作成した34年後の可視領域図である。前述の通り、本砕石場の残壁は南西-北東方向に伸びており、また南側に地形の起伏がないため、南側半分の広い地域から視認可能であることがわかる。よって、景観評価改善のためには、周囲と違和感の無い丁寧な修復緑化を進めると同時に、南側半分の地域にある景観上問題視され易い場所を特定し、個別に景観対策を施すことが有効であると考えられる。

4.2 景観変化予測と評価

図14は選定3視点における景観変化に対する評価結果のプロフィール曲線であり、表2は新治庁舎前における評価の母平均の差の検定結果である。

これらの結果から次のことが言える。

・プロフィール曲線より、評価尺度値が「0：どちらともいえない」を超える景観の印象が改善されるとするならば、24年が経過するあたりから徐々に改善されると

推測できる。

・母平均の差の検定より、34年後には明らかに現況との有意差が生じている。「樹木」や「跡地」を表す形容詞対では、24年後でも現況との有意差が認められる。このことより、操業中の早い段階から緑化による修復効果が現われると予想される。

次に、四季を通じた景観評価実験の結果を示す。図15は現況における評価結果のプロフィール曲線であり、図16は秋における従来型と自然回帰型の緑化の違いによる評価結果のプロフィール曲線である。

これらの結果から次のことが分かる。

・露天採掘場の景観は、春夏と秋冬の評価に差がみられ、春夏に比べ秋冬が厳しい評価となった。季節によって評価差が生じることから、四季を通じた景観アセスメントは必要であると考えられる。

・修復緑化は従来型より自然回帰型のほうが効果的である。

以上、本検討により、新事業計画が景観改善に有効であることが明らかとなり、また、四季を通じた景観評価が必要であることが分かったため、事業の進捗管理にあたっての参考としていきたい。

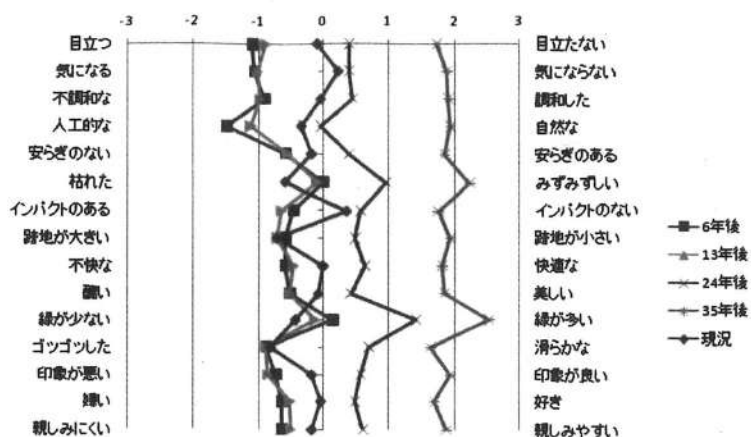
4.3 動画シミュレーションによる景観評価

表2 評価結果の母平均の差の検定

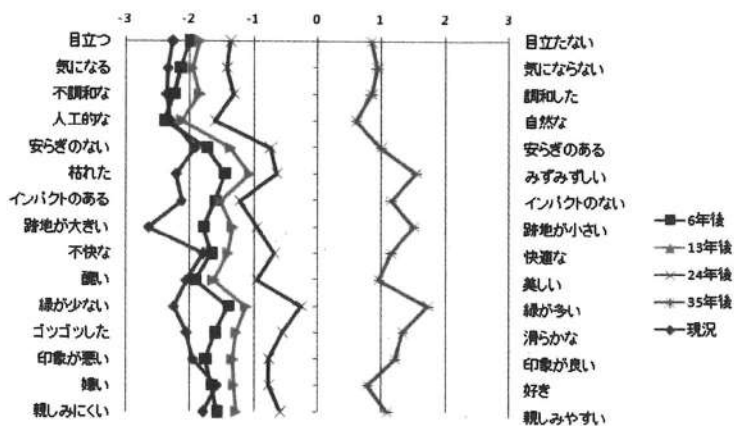
形容詞対	母平均の差									
	現況				6年後		13年後		24年後	
	6年後	13年後	24年後	34年後	13年後	24年後	34年後	24年後	34年後	34年後
目立つ⇔目立たない				**			**		**	**
気になる⇔気にならない				**			**		**	**
不調和な⇔調和した				**			**		**	**
人工的な⇔自然な				**			**		**	**
安らぎのない⇔安らぎのある				**			**		**	**
枯れた⇔みずみずしい			**	**			**		**	**
インパクトのある⇔インパクトのない			**	**			**		**	**
跡地が大きい⇔跡地が小さい			**	**			**		**	**
不快な⇔快適な				**			**		**	**
醜い⇔美しい				**			**		**	**
緑が少ない⇔緑が多い			**	**		**	**		**	**
ゴツゴツした⇔滑らかな				**		*	**		**	*
印象が悪い⇔印象が良い			*	**		**	**		**	**
嫌い⇔好き				**			**		**	**
親しみにくい⇔親しみやすい				**		*	**		**	**

* : 有意水準5%で有意差あり

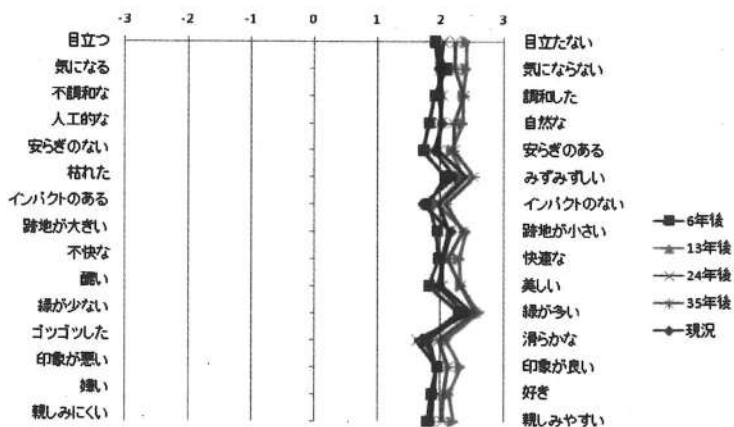
** : 有意水準1%で有意差あり



(a) 土浦市役所新治庁舎前（東側）



(b) 高岡地区（南側）



(c) 小田東部地区（西側）

図14 景観変化に対する評価結果プロフィール曲線

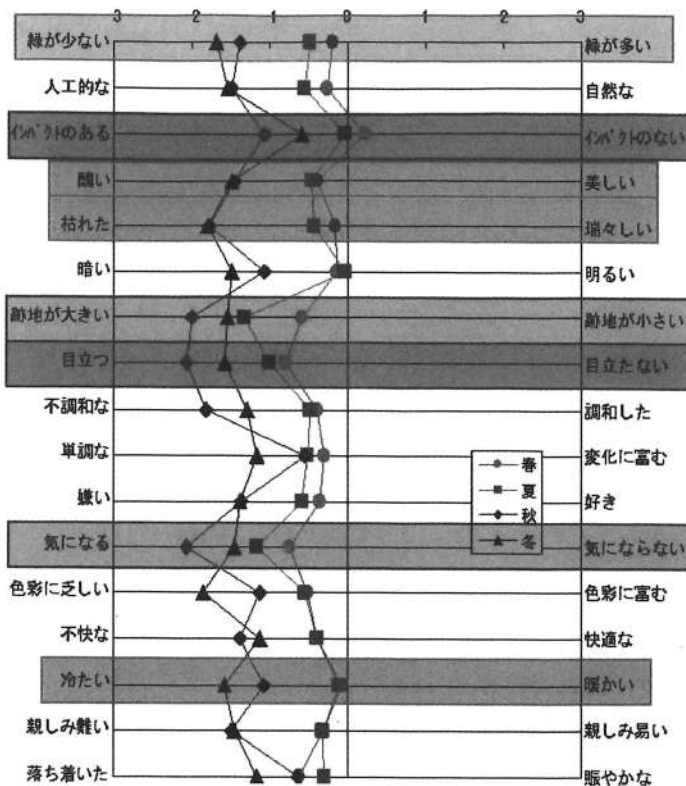


図15 現況における四季を通した評価結果プロフィール曲線

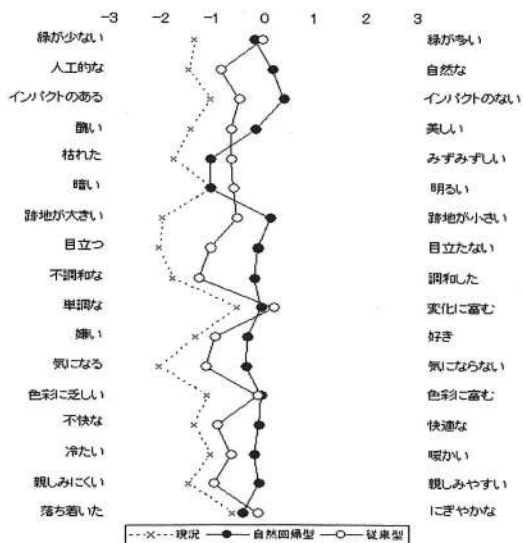


図16 秋における従来型と自然回帰型の緑化による評価結果プロフィール曲線

図17は碎石場が気になるとして抽出されたポイントの位置を表しており、図18はポイントごとの度数分布、図19はポイントごとの評価尺度の平均値、図20はポイント位置からみた画像である。

6年後、34年後ともに被験者の8割以上の人気がなるポイントを上げ、そのうち6割以上の人がいずれも碎石場が気になるとして指摘している。さらに、見え方が変わらない事を条件に碎石場が気になるポイントを集約すると4点となった。気になる理由としては、「裸地化された採掘跡

地は周囲の山との間に違和感があり、目立つ。」とした意見が圧倒的に多い。6年後と34年後を比較すると、34年後の方が度数・評価尺度の平均値ともに小さく、修復緑化の効果がみられることが分かる。

これらをまとめると、次の通りである。

- ・自動車での走行時に、碎石場は景観的に気になるとして抽出され、ポイントを特定することができた。
- ・残壁部が長大である場合には、修復緑化を行っても気になるポイントとして抽出される。
- ・修復緑化を行った34年後のほうが、碎石場が気になる度数、評価尺度の平均値ともに小さくなることから、修復緑化による景観修復効果が認められる。

以上、動画シミュレーションを変化刺激として用いることによって、被験者自



図17 砕石場が気になるポイントの位置

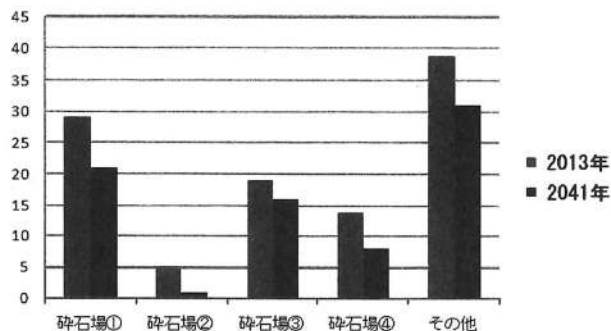


図18 気になるポイントごとの度数分布

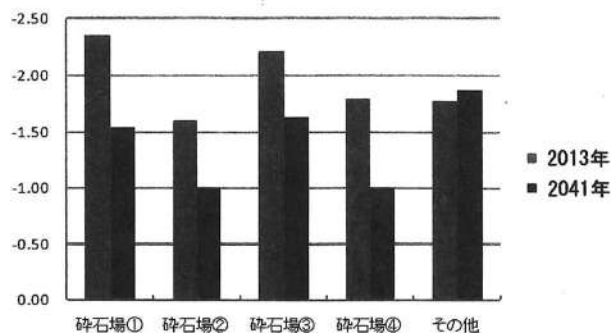


図19 気になるポイントごとの評価尺度平均値

身が景観的に気になるポイントを見つけ出すことができ、優先的に景観対策を行うべき視点場を明らかにすることができた。よって、より効果的な修復緑化計画を立案するにあたっての貴重な情報となり、遮蔽植栽など個別の対策に活かしていきたい。

5. おわりに

開発行為における周辺地域への配慮は、振動、騒音、粉塵といった生活環境が直接的に脅かされる影響を排除するというものであった。しかし、経済社会の発展、成熟に伴う価値観の多様化により、視覚を通して人々の意識に影響を及ぼす景観問題は徐々に注目を集めるようになり、今後ますます重きをおかれることが予想される。

露天採掘は森林伐採、表土除去、岩盤露出、地形改変等の自然改変行為を必然的に伴うため、自然保護・環境保全に対する社会的関



(a) 6年後の碎石場①



(b) 34年後の碎石場①



(c) 6年後の碎石場②



(d) 34年後の碎石場②



(e) 6年後の碎石場③



(f) 34年後の碎石場③



(g) 6年後の碎石場④



(h) 34年後の碎石場④

図20 碎石場が気になるポイントの画像

心の高まりと、環境関連法規制の強化から、採掘区域の拡大・新規開発が年々困難になっている。今回のように、地域住民からの要望に応えるかたちで、事業計画変更を求められるケースも今後は増えるかもしれない。このような社会的要請に応えながら、事業を継続していくためには、専門家の方々の助力・助言が不可欠であろう。

本稿の主題である工学的見地からの景観評価は、地域住民や行政への説明資料としてだけではなく、本事業を今後推進していくにあたっての貴重な参考資料になるものと確信している。

この場を借りて、ご支援を頂いた岩手大学の太塚教授をはじめ、研究室の方々に深く感謝を申し上げる。

Landscape Engineering Investigation in Landscape Restoration Project
"Reclamation of Mountain in Home Town"

Tetsuo TSUKADA, Takahiko HOKAZONO, Shinji KIMURA