

ストレス指標を用いた水辺環境 評価手法の開発

DEVELOPMENT OF EVALUATION TECHNIQUE OF WATER ENVIRONMENT USING STRESS INDEX

菅 和利¹・長島拓也²・清水佳之³

Kazutoshi KAN, Takuya NAGASHIMA and Yoshiyuki SHIMIZU

¹正会員 工博 芝浦工業大学教授 工学部土木工学科 (〒135-8548 東京都江東区豊洲 3 丁目 7-5)

²正会員 工修 東京都新宿区役所 (〒160-8484 東京都新宿歌舞伎町 1 丁目 4-1)

³正会員 工学士 (株) CPC (〒169-0075 東京都新宿区高田馬場 3 丁目 23-1)

The Tama river park has various natural environments, and there are a lot of visitors. Visitors enjoy the spectacle, the murmuring sound, and hydrophile, etc., and are strolling with calm feelings. These feelings are defined as the healing effect. This biological reaction can be considered to be a state that the stress is eased. Therefore, the healing effect of the river front can do the quantitative evaluation by the stress index of the biological reaction.

In this study, the quantitative evaluation in the healing effect was done by using the amylase revitalization value of the saliva inside as a stress index. Four items were taken up as a river environments, and the degree of the contribution of four factors to the healing effect was structured by field investigation. By using these results, the evaluation technique of water environment can be developed using stress index.

Key Words : stress index, healing effect on the river front, quantitative evaluation

1. はじめに

河川空間は親水性、環境保全空間としてゆとりある社会の創造へ寄与し、精神的、肉体的な安らぎ空間として評価する視点からの研究もなされている。また、肉体的なりハビリ効果¹⁾に着目した河川空間での色々な活動も実践されている。このように色々な方たちが、色々な目的で河川空間を活用し、河川景観、せせらぎ音、開放感などを享受している。

水辺空間は運動公園でのスポーツ、釣り、バーベキュー、水遊びなどの直接利用価値とせせらぎ音の快適性、開放感、のんびり感、景観などの潜在的価値とを併せ持っている。この潜在的価値の存在は広く認知されているが、その効果を見える化し定評評価を試みた研究は少なく、この潜在的価値を癒し効果と定義する。

癒し効果に着目し、快適性の計測・評価に関する調査を体系的に行ったのは森林での調査²⁾であった。森林浴が注目されて、それが精神的にどのように作用するかの調査

を目的として実施された。しかし、測定項目が多岐にわたり、精神的な快適性の測定そのものが不快なストレスになるのではと思われる項目であった。測定結果は定性的な効果を示したが、脳波のパターンなどを定量化するまでには至らなかった。また、水辺環境要因を取り上げた評価の試みは心理検査手法を用いたものが殆どで客観的な指標での定量評価の試みは新しい手法である。

この研究では水辺環境が与える精神的な「のんびり感、ゆったり感」を癒し効果と定義し、水辺は日常生活の中で負荷されているストレスを開放する役割を有していると捉えることとする^{3), 4)}。すなわち、水辺空間が与える精神的な「のんびり感」をリハビリ効果も発揮する癒し効果と定義すると、この「のんびり感」は生体反応としてはストレスが緩和された状態と見なすことができる。従って、癒し効果は生体反応のストレス指標で評価でき、ストレスを測定する指標として自律神経系に反応する唾液中のアミラーゼ活性を用いて測定する手法が考えられる。このアミラーゼ活性値の低下率を定量化することにより、癒

し効果の定量評が可能となる⁵⁾。

しかし、今までの調査では水辺の癒し効果の存在を確かめることに注力しており、どのような水辺環境がどの程度の癒し効果を有しているのかについては検討していない。他の研究についても同様であった。本研究では水辺の環境要因毎の癒し効果への寄与の程度を明らかにすることを目的としており、どのような水辺環境要因の組み合わせで、どれだけの癒し効果を発揮するかを定量評価手法を確立することを目的とした。

従って、河川空間の環境要因が有している癒し効果を媒介に、ストレス指標によって水辺環境を定量的に評価することが可能となる。

2. 癒し効果と気分尺度について

癒し効果を分かりやすい概念で理解するために、心理テストでの気分尺との関連を検討した。

「緊張」「抑うつ」「怒り」「活気」「疲労」「混乱」の6つの尺度から気分や感情の状態をより簡便に測定することができる日本語版POMS短縮版(Profile of Mood States - Brief Form)を用い、癒し効果と気分尺度の関連を検討した。気分尺度は不安、怒り、落ち込み、疲労、混乱などのネガティブ気分と、活気のようなポジティブ気分を表すことができ、ストレスの度合いを表現していると考えることができる。快適なせせらぎ音を10分間被験者に聴いてもらい、POMS短縮版を用いて前後での気分尺度を測定した。

図1は20人の平均の各気分尺度の標準化得点(T得点)の変化を示したものである。

ネガティブ気分である「緊張-不安(T-A)」、「抑うつ-落ち込み(D)」、「怒り-敵意(A-H)」、「疲労(F)」、「混乱(C)」の5つのT得点は、 $p > 0.001$ と有意な低下を示した。これは、ネガティブ気分の減少を示している。5つのネガティブ気分において、せせらぎ音を聴く前のT得点が高い対象者ほど前後のT得点の変化が大きく、気分の改善が顕著であった。図1から分かるように、心地よいせせらぎ音を聴くと気分尺度の不安、怒り、落

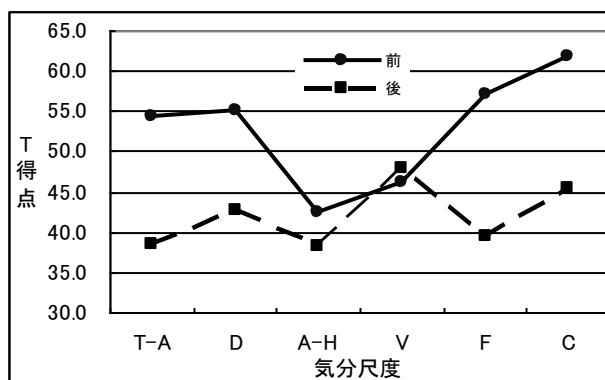


図1 せせらぎ音による気分尺度の変化

ち込み、疲労、混乱などのネガティブ気分は改善されるが、ポジティブ気分である「活気(V)」は変化がないことを示している。むしろ多少気分を高揚させる作用を有している。すなわち、のんびり感を与える癒し効果は、不安、怒り、落ち込み、疲労、混乱などのネガティブ気分の改善効果として表現できる。

3. ストレス応答機序と応答時間

(1) ストレス指標としてのアミラーゼ活性値

水辺での散策時間はそれほど長くなく、癒し効果に対応する生体反応は自律神経系への反応である。外部刺激が生体に加えられると、交感神経系が興奮し直接神経作用として交感神経終末部からカテコールアミンのノルアドレナリン(NE)を分泌し、アミラーゼを合成する。さらに、副腎髄質からカテコールアミンのアドレナリンが分泌され、血中のノルアドレナリン濃度が増加し、アミラーゼを合成する。その結果唾液中のアミラーゼ濃度が増加する。ストレスに対する生体反応はノルアドレナリンの血中濃度の変化として測定することができるが、血液採取それ自身がストレスとなり、心地よい気分の測定にはそぐわない。他方、生体反応の結果として唾液に分泌されるカテコールアミン、アミラーゼの測定はストレスにならず、測定法としては適している。さらに、唾液中のカテコールアミン等の濃度は極めて低く分析計測が容易でないのに対し、唾液中のアミラーゼは非常に濃度が高く計測が容易であるとともに、アミラーゼはアドレナリン分泌と相関が高いことが知られており、ストレス指標に適している⁶⁾。従って、本調査では唾液アミラーゼ活性をストレスマーカーとした定量化手法を採用する。ストレスが長期に持続した場合には内分泌系への変化として血中コルチゾール濃度が増加し、唾液中のコルチゾール濃度の変化として現れる。ストレスが持続することによる健康への影響に注目したストレス指標としてコルチゾールに注目した研究が多くなされており、この指標で河川空間の癒し効果を測定しようとする試みもなされている。しかし、河川空間での滞在時間と癒し効果を感じる時間を考慮すると、コルチゾールよりもアミラーゼ活性を指標にする方が適切と考えられる。すなわち、生化学的手法である唾液アミラーゼの測定は非侵襲であるため、余計な負担が掛からずより正確なストレス状態を反映することができる。唾液アミラーゼ活性は、低濃度のノルアドレナリンを唾液腺により高濃度で検出することができ、計測が容易である利点を有している。

なお、本研究では、アミラーゼ活性値の分析にSalimetrics社製の α アミラーゼアッセイキットを用いた。採取した唾液をドライアイスで瞬時に冷凍し、実験室に持ち帰り、凍結した検体を常温で自然解凍し、遠心分離機(3000rpm, 15分間)にかけた後、試薬 α -Amylase

Diluent を用いて段階希釈(200 倍)し、各検体 $8\mu\text{l}$ を作成する。 37°C でプレインキュベートした試薬 α -Amylase Substrate を検体もしくは試薬盲検が入ったウェルに $320\mu\text{l}$ ずつ入れ、プレートを迅速に吸光プレートリーダー(Thermomax)に入れ、 37°C (至適温度)で測定をした。得られた結果からアミラーゼ活性値を算定した。

(2) 水辺の癒し効果が生体反応に現れる時間遅れ

水辺に接して感じる感覚が生体反応として唾液アミラーゼ活性に作用するまでの時間遅れを明確にしておくことが、現地調査計画では重要である。室内実験によってこの反応遅れ時間を調査した。被験者 10 名を教室内で静穏に保ち、心地よいせせらぎ音と快適な水辺の画像を組み合わせた映像を鑑賞し、アミラーゼ活性値の時間変化を測定した。唾液の採取は、映像鑑賞開始時を 0 分とし、5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 分後に行い、アミラーゼ活性値の測定を行った。

被験者 10 名の平均の時間変化を図 2 に示した。縦軸にアミラーゼ活性値を、横軸に経過時間を示した。アミラーゼ活性値は自律神経が沈静化し、ゆったりした精神状態になると低下する。この図から分かるように、外的刺激に対する生体反応が唾液アミラーゼ活性値の変化として出現するまでには 10 分～15 分の遅れを要することを示している。また、快適な環境要因に対してリラックスするが、同じ条件が長時間継続すると逆にストレスが増加することも示している。

従って、現地調査では生体反応が 15 分遅れて出現すること、長く同じ環境にいとストレスになることを考慮して 1 箇所 30 分程度の滞在時間での調査とした。

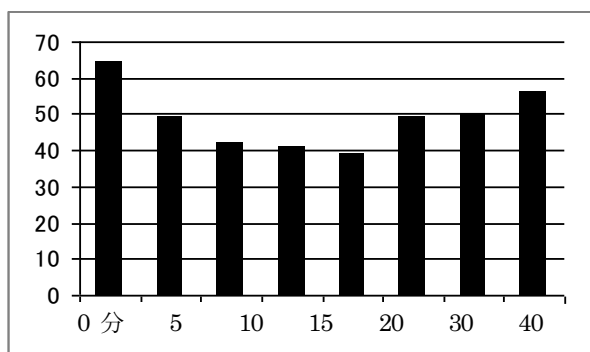


図2 生体反応への時間遅れ

4. 環境要因の違いによる癒し効果の調査

河川の癒し効果を構成している要因として、せせらぎ音、開放感、景観、親水性の4要因を取り上げる。

都市周辺で自然河川の様相が多く残っている多摩川河川敷公園は、せせらぎ音、開放感、景観、親水性などの要因によって特色づけて分類することができる。これらの河川敷公園に被験者 8 名～10 名を同伴し、唾液アミラ

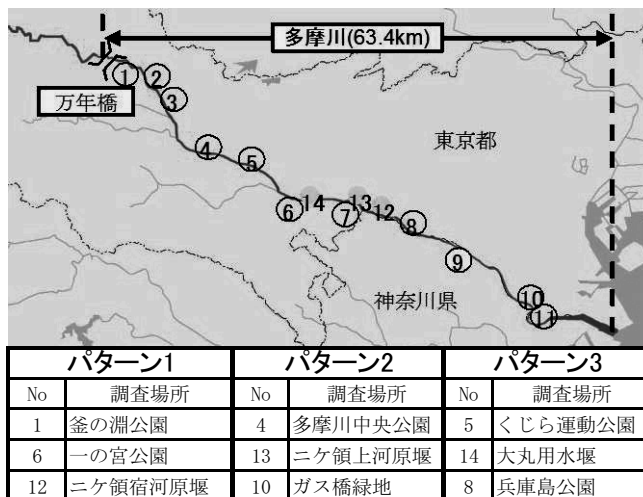


図3 多摩川調査地点と調査地点の組み合わせ

ーゼ活性の測定による癒し効果の程度を測定した。これらの調査結果を分析し、河川環境要因の違いが癒し効果にどのように反映しているのかの分析を行なった。また、潜在意識に癒し効果の存在を意識付けしてしまうと、正確な生体反応を測定できないので、1 被験者の調査参加は 1 日 3 地点を上限とし、調査日毎に新たな被験者グループの協力を得た。

併せて、河川環境要因それぞれの癒し効果への寄与度を定量評価するために、室内での擬似環境実験を行った。せせらぎ音、開放感、景観、親水性などに特色づけた河川敷公園の要因を画像で組み合わせることにより、教室内で環境要因の組み合わせを意図的に変化させた実験を行い、要因毎の癒し効果の程度を定量的に評価することを行なった。

(1) 現地調査

多摩川には多くの河川敷公園があり、それぞれが環境要因として特色を有している。図 3 に示す河川敷公園の中から、上記環境要因の特色を有している河川敷公園を選定して現地調査を行った。また、調査区間には流れ・景観の多様性を有する多くの堰が設置されており、河川敷公園と合わせて 3 調査ルートを選定した。

条件を同じにするために、各班 10 名前後の被験者をマイクロバスで移動しながら調査を行った。対象場所に到着するまでのバスでの移動時間を調整し、以前の生体反応のリセットするようにした。また、生体反応の遅れ時間 15 分、1 箇所での滞在時間 30 分をも考慮し、水辺公園 2 箇所、堰周辺 1 箇所の 3 箇所を一日の調査とした。調査のルートは 3 パターンとした。

(2) 室内実験

外的条件を緩和して環境要因だけの影響を測定する為に室内実験を行った。教室内で静穏を保った後に模擬環境の映像を鑑賞し、アミラーゼ活性の変化を測定した。



図4 調査対象河川敷公園

(1)釜の淵公園 (2)兵庫島公園 (3)一ノ宮公園 (4)ガス橋緑地 (5)多摩川中央公園 (6)くじら運動公園

現地調査で調査対象地点での映像をビデオ撮影し、その画像とせせらぎ音、画像と他の音との組み合わせなどで擬似環境を作成して実験を行った。癒し効果への環境要因の寄与を構造化するのに適した実験である。

22名の被験者をA、B二班に分け、A班は被験者10名で比較的閉塞感があり不快な擬似環境として日本橋の映像+都市の音を鑑賞し、B班は被験者12名で癒し効果が強いと思われる釜の淵公園の映像+せせらぎ音を鑑賞して実験を行った。さらに、流れの多様性のある堰を対象に、別の被験者6で羽村用水堰、昭和用水堰、日野用水堰の映像及び音を用いた室内実験も実施した。

5. 結果及び考察

現地調査対象公園の一つである一の宮公園での被験者のアミラーゼ活性値時間変化を示したのが図5である。横軸が被験者を示し、各被験者データの左から公園到着時、散策15分後、散策30分後、退去後でのアミラーゼ活性値である。調査対象地到着後の変化を見るために、到着時でのアミラーゼ活性値で正規化した変化率を示したのが図6である。

図5、6から分かるように、被験者全員がゆったり感を生体反応として表現し、アミラーゼ活性値が低下するのではなく、被験者によって感じ方が異なっていることを示している。アミラーゼ活性値の全被験者平均で癒し効果を評価するのではなく、癒し効果が見られた被験者のみを取り出して評価することにより、河川環境要因の癒

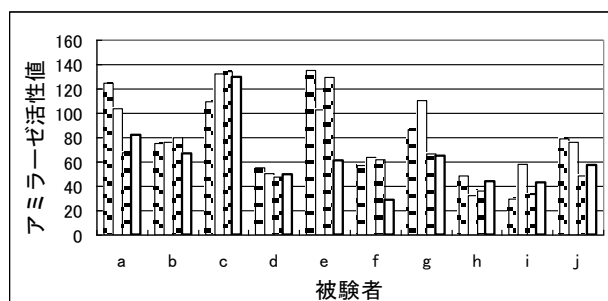


図5 一の宮公園でのアミラーゼ活性値

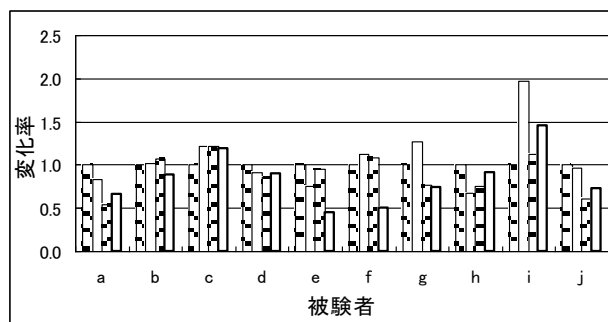


図6 一の宮公園でのアミラーゼ活性値変化率

し効果への寄与率を明らかにすることができる。同じ環境で被験者によってアミラーゼ活性が低下しない理由として、生体反応の個人差によるばらつき、気分尺度と生体反応のアンバランスの被験者の存在などがある。これらは個々人の生体的なばらつきであり、河川環境への感じ方の違いを反映したものではないと考えられる。

本研究では、被験者の半数が癒し効果を表した場合に、癒し効果が存在していると判断し、アミラーゼ活性値が低下した被験者平均の低下率で評価することとした。この低下の度合いに環境要因のそれぞれがどの程度寄与しているかを評価するのが癒し効果の構造化である。

各被験者の公園到着時でのアミラーゼ活性値を基準にして、変化率で評価した。

(1) パターン1での調査結果 (被験者10名)

釜の淵公園は景観、親水性、せせらぎ音全てに優れており0～15分間で6人の被験者のアミラーゼ活性値が減少し、6人平均で0.696であった。0～30分間で7人の被験者のアミラーゼ活性値が低下し、7人の平均で0.696であった。また、離れてからも3人が到着時に比べて減少し、その平均の値は0.898であった。

一の宮公園は多摩川中流部に位置することで水質は低い、河川水面が身近に感じられ、せせらぎ音も場所によって聞こえる場所である。河川敷は開放感があるが、駅からも近い為ビルなどの建造物が見える景観である。しかし、せせらぎ音、開放感、優れた景観は有しているが、親水性が低いため、0～15分間で5人の被験者のアミラーゼ活性値が減少し、5人平均で0.828であった。

二ヶ領宿河原堰では堰が工事中であったために、近づ

くことが出来ず、堰を越える流れも見ることが出来なかった。しかし、0～15 分の間で 8 人の被験者のアミラーゼ活性値が減少し、8 人平均で 0.769 であった。

(2) パターン 2 での調査結果 (被験者 8 名)

多摩川中央公園は河川へのアクセスが悪くせせらぎ音もしないが、園内は広く開放感がある。緑も豊富で公園内に水路もあり景観は良好だが、河川景観の中に対岸の工場が入るなどのマイナス要因を有している。

多摩川中央公園はせせらぎ音、親水性がなく、景観も多少劣っていた為に、0～15 分の間で 8 人中 6 人の被験者のアミラーゼ活性値が減少し、6 人平均で 0.832 であった。

二ヶ領上河原堰はせせらぎ音、親水性は中程度の質であるが、景観、開放感は劣っており、アミラーゼ活性値の低下率はそれほど大きくなかった。二ヶ領上河原堰では 0～15 分の間で 4 人の被験者のアミラーゼ活性値が減少し、4 人平均で 0.833 であった。

ガス橋緑地は河川へのアクセスは良いが、下流ということもあり水質が悪く、親水性は低い。敷地面積が広大で開放感はあるが、景観はただ広いだけで何も無い環境であった。ガス橋緑地では 0～15 分の間で 6 人の被験者のアミラーゼ活性値が減少し、6 人平均で 0.800 であった。

(3) パターン 3 での調査結果 (被験者 8 名)

くじら運動公園はグラウンドも広く開放感があり、上流の河原の様子と下流の河川敷の広さの両方を兼ね備えている。園内ではせせらぎ音は聞こえないが河原の方に近づけば良好なせせらぎ音が聞こえる場所である。親水性では課題があるが、せせらぎ音、景観、開放感に優れており、8 人中 6 人のアミラーゼ活性が低下し、6 人平均で 0.650 であった。

大丸用水堰は開放感があり、堰部特有の激しい水音が聴け、川幅が広い事もあり景観がよく映え、河原から河川へのアクセスも可能である。親水性、景観、開放感に優れており、せせらぎ音はそれほど快適ではなかったが、8 人中 7 人アミラーゼ活性値が低下し、0～15 分の間で 7 人平均 0.735 であった。

兵庫島公園は景観を阻害するものとして鉄道橋が公園を横断しているが空間が開けており、グラウンド、せせらぎ水路などがあり、周辺の都市とのアクセス性が高く、都市を感じながらの水辺での特色を現している。兵庫島公園では 0～15 分の間で被験者全員 8 人のアミラーゼ活性値が減少し、8 人平均で 0.752 であった。

(4) 河川環境の室内実験結果

日本橋、釜の淵公園での映像を用いた室内実験を行った。日本橋川の映像では 15 分後に 10 人中 6 人のアミラーゼ活性値が低下し、6 人平均の値が 0.631 で、釜の淵公園の映像では 15 分後に 12 人中 10 人のアミラーゼ活性値

が低下し、10 人平均で 0.514 であった。

現地実験と室内実験の結果を比較すると、室内で静穏を保つと現地に比べて 1 割程度アミラーゼ活性値が低下することが分かった。この結果を考慮することで、室内実験と現地調査とを同じ基準で評価を行うことができる。

また、堰の映像実験では、被験者でアミラーゼ活性値が増加する結果であった。堰のせせらぎ音のべき乗は -2 乗前後の値で、オリンピック選手が試合の直前に聞いていたポップスのスペクトル解析と同じべき乗であり、気分を奮い立たせる作用を持っている。したがって、堰のせせらぎ音はアミラーゼ活性値を増加させる作用を持っていると考えることができる。

6. 癒し効果の構造化と総合的な評価

水辺環境要因の内訳と癒し効果との関連を評価するために、水辺環境要因を設定し、該当項目数から 3 段階で評価を行なった。

癒し効果の要因として取り上げた環境要因の内訳を表 1 に示した。調査対象地点で景観、開放感、親水性それぞれの要因の内訳で該当する項目が 4 個以上ある場合には「環境要因として優れている」と評価し、2 個～3 個の場合には「少し劣っている」、1 個～0 個の場合には「環境要因として不十分」と評価する。

また、せせらぎ音については、スペクトル解析でのべき乗が (-1) に近い場合には「快適な癒しのせせらぎ音」、(-2) に近い場合には「快適であるが活力のせせらぎ音」、(0) の場合には、せせらぎ音が聴き取れない場合に含めて評価した。

(1) 癒し効果の数値化

環境要因としてせせらぎ音、景観、開放感、親水性をとりあげ、それぞれがどの程度癒し効果に寄与するかについて調査を行った。河川敷公園、堰周辺ともに、癒し

表 1 環境要因の内訳

せせらぎ音	景 観	開放感	親水性
1) スペクトル解析でべき乗が (-1) に近い (-2) に近い	河道が直線的でなく、水際が美しい	高水敷幅が広くゆったり感がある	水に触れ、水遊びができる (水質)
	河川と周辺市街地との一体感 (調和) がある	近くに高速道路、鉄道橋など大型河川横断構造物が無い	流れの様子を見ることが出来る、
2) せせらぎ音が聴こえない	周辺市街地と河川景観とのバランスが良い	対岸までの距離があり、圧迫感が無い	浅瀬など河床が見え、安心感がある
	緑 (紅葉) の豊かさや流れとのバランスがよい	遠くに山並み (市街地) が見える	水辺での散策が手軽である (遊歩道)
	河床の礫が見え、流れが多様である	市街地ビルが河川に迫っていない	水辺へのアクセスが容易である

表2 環境要因ランク付けへの採点の試行

調査場所	1/f ゆらぎ	景観	開放感	親水性	被験者	減少者数	減少者平均の変化率
釜の淵公園	◎	◎	△	◎	10	6人	0.696 (実測値)
評価数値	-0.1	-0.1	-0.05	-0.1			$1-(0.1+0.1+0.05+0.1)=0.65$

効果を有しており、それらの大きさはストレスを2割～4割低減させる効果であった。

これらの結果から、環境要因のランクに重み付き点数を付加して総合評価の試算を行った。

① せせらぎ音のゆらぎについてはべき乗が-1～-1.5はストレスを1割程度減じることができ、べき乗が-2.0前後の場合には逆に活力を0.5割程度増加させる。

② 良好な景観◎はストレスを1割程度減じ、不十分△な場合には、0.05割程度減じる。

③ 広々とした開放感◎はストレスを1割程度減じ、不十分△な場合には、0.05割程度減じる。

④ 優れた親水性◎はストレスを1割程度減じ、不十分△な場合には、0.05割程度減じる。

⑤ 室内で静穏に保つとストレスを1割程度減じる。

上記の数値化で水辺環境のストレス緩和率を算定した一例が表2である。現地調査、室内実験の結果での実測値と評価値との相関を示したのが図7である。図中●は河川敷公園での結果を、△は堰での結果を示した。

環境要因をランク付けし、そのランクに応じて癒し効果への寄与率の程度を点数化すると、現地での癒し効果の程度を良く再現しており、癒し効果の構造化が出来ていることを示している。癒し効果を評価する際に、癒し効果を生体反応として出現した被験者に限定しての評価手法の妥当性も示している。なお、ストレス3割減は水上バスで30分程度楽しんだ場合に相当していた。

7. 結論

水辺の有する潜在的な価値を癒し効果と定義し、その効果を作り出している水辺環境要因の寄与の構造を明らかにすることが出来た。唾液アミラーゼ活性値をスト

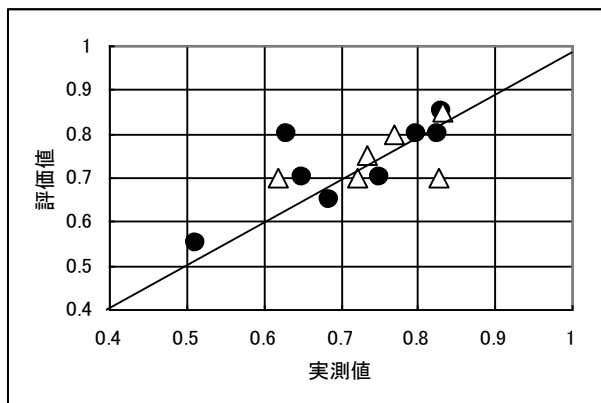


図7 実測値と評価値との相関

ス指標とし、ストレス緩和効果で癒し効果を定量的に評価すると共に、各環境要因のストレス緩和効果への寄与の割合も定量化することが出来た。

(1) 癒し効果を客観的な気分尺度で表現することで、ストレス緩和効果と癒し効果を分かりやすい概念で説明することが出来た。

(2) 癒し効果に寄与する環境要因としてせせらぎ音、景観、開放感、親水性の4項目を取り上げ、癒し効果を構成する要因の構造化を行うことが出来た。

(3) せせらぎ音はスペクトル解析のべき乗で評価でき、気分をゆったりささせる効果と気分を高揚させる効果とがあり、それぞれ生体反応ではアミラーゼ活性値を増減させることが明らかになった。

(4) 景観、開放感、親水性の内訳を5項目で分類し、該当項目数で環境要因としてのランク分けを行い、ランクに応じてアミラーゼ活性値低下効果割合を割り振れること示した。優れた環境要因はストレス気分をそれぞれ1割程度ずつ減少させる効果を有していることを明らかにした。

(5) 水辺の河川環境要因の癒し効果に及ぼす影響の構造化と、定量評価指標を提案できストレス指標を媒介にして水辺環境を定量評価する手法が確立できた。

参考文献

- 菅 和利, 松本佳之: 多摩川河川公園の環境要因と癒し効果の相関性について, 第64回土木学会年次学術講演会, pp.399-400, 2009.
- 朴範鎮, 平野英樹, 香川隆英, 宮崎良文: 森林セラピーの生理的効果—全国24箇所の森林セラピー実験から—, 日衛誌 (Jpn.J.Hyg), 第62巻, 第2号, pp.277-280, 2007.
- 中谷純一郎: 河川のストレス軽減効果について, RIVER FRONT, Vol.35, pp.20-23, 1999.
- 木内豪, 小林裕明: 屋外空間における快適性と脳波の関連について, 土木学会論文集, No. 629, Vol.12, 43-152, 1999.
- 畠堀管子, 菅 和利, 丸井英一: 唾液アミラーゼを用いた河川空間癒し効果の定量評価, 河川技術論文集, 第11巻, pp.577-582, 2005.
- Masaki Yamaguchi, Takahiro Kanemori, Masashi Kanemaru, Yasufumi Mizuno and Hiroshi Yoshida: Test-Strip-Type Salivary Amylase Activity Monitor and Its Evaluation, Sensors and Materials, Vol.15, No.5, pp.283-292, 2003.
- 春田幹子: 唾液アミラーゼの個人差に関する研究第1報, 第2報, 日法医説, 42(3), pp.282-291, 1988.

(2011.5.19 受付)