

【脳の血流測定と痛みの軽減効果】

2018. 5. 21

(株) メタル・テクノ開発部顧問 博士 (工学) Ph.D. 國府 俊則

【F-MRI による脳の血流測定】

バイオシグナリングセラミックス (以下、BSC と省略) を身につけて行なった脳機能イメージング装置による頭頂部の血流の測定において、脳内血流の若干の活性化が捉えられたので、脳内血流の変化を詳細に検討するためにファンクション MRI (F-MRI) による測定を都城市の「藤元メディカルシステム 藤元総合病院 脳外科」の専門家に依頼し、数人の被験者について実施した。

F-MRI の測定は被験者の胸の上に BSC の丸玉を置いた場合と、同じく胸の上にダミーとしてのガラス玉を置いた場合とで測定した。BSC 丸玉とダミーのガラス玉は、それぞれ同じ色と形の不透明の布袋に入れ、どちらが BSC かが見掛けでは分からない状態で測定した。

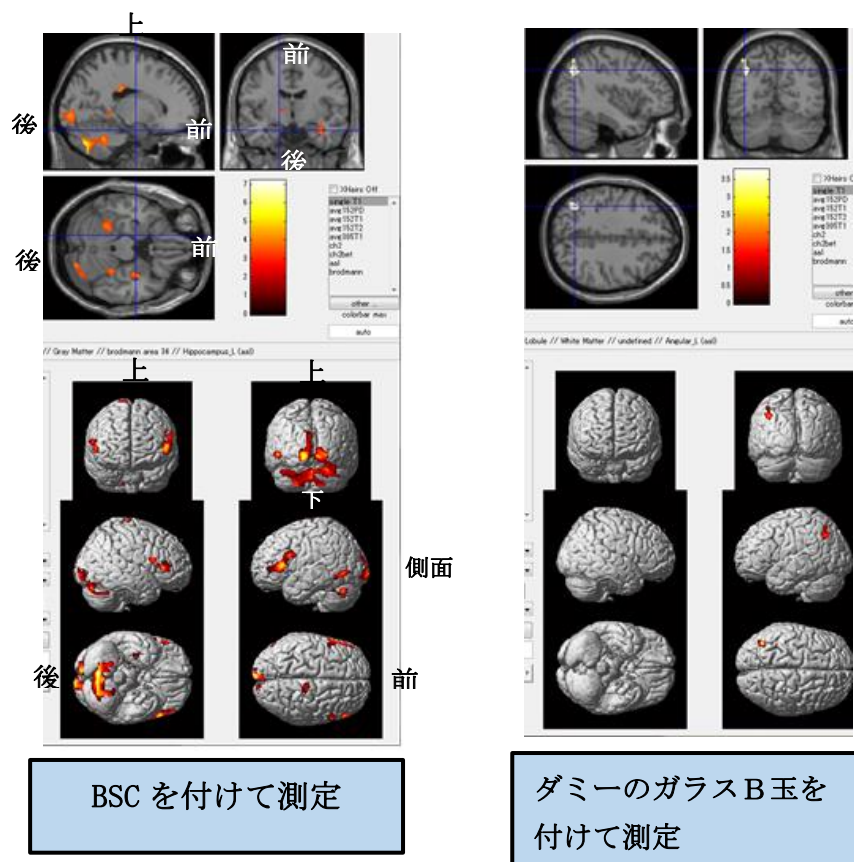


図1 F-MRI による測定

F-MRIの測定は、被験者をMRI装置に導入し、一定時間経過後に脳内血流の測定を開始したが、測定開始直後の時間（10～20分経過）にはBSCとダミーの両方の場合について前頭葉側に血流の活性化部位があることが確認された。しかし、20分以上経過後には前頭葉側の活性化部位は減少し、図1に示したように、BSCを保持した場合とダミーのガラス玉を保持した場合とで明らかに違いが認められるようなF-MRI画像が得られた。F-MRIでは血流が増加する部分が黄色から赤色に着色されて示され、BSCを胸に保持した場合には脳深部の後頭部側における血流の増加が顕著であった。その活性化部位付近には運動機能や平行機能に関係する小脳、神経系や体調をコントロールしている視床下部が存在する。

現時点までに数人の被験者について測定を行っているが、全被験者についてBSC保持とダミー保持との間とで脳内血流の活性化部位が異なることが認められた。しかし、血流の変化の強弱、および、その変化が現れる部位については個人差があった。

今後、被験者がBSCとの日常的な接触を充分に行い、身体が材料に慣れ親しんだ後に測定すること、MRI装置への導入後における測定開始時間などを20分以降に規定するなど、測定条件を明確にして取り組むことが必要と考えられる。

【BSCは着磁性を失った鉄酸化物を含む】

BSCは酸化鉄を Fe_2O_3 に換算して8～10 mol%程度（重量%では10～12%程度）含有する。このような鉄分含有の物質は砂鉄や磁鉄鉱のように、通常、磁石に引き寄せられる着磁性（常磁性）の性質を持っている。

BSCの製造工程には2回の還元雰囲気での焼成工程があり、1回目の焼成後の中間焼成物は磁石に引き寄せられる。しかし、2回目の焼成工程において超高温（1000℃近く）の過熱水蒸気焼成を受けた後には、強力なネオジウム磁石にも引き寄せられない。すなわち、着磁性をほぼ失う。このことが、磁場強度が3テスラに達するMRI装置の磁場中に入っていける特性となる。（なお、最新のBSCで、マグネシウムが10mol%以上の化学組成物では着磁性が認められる。）

高濃度の酸化鉄を含みながら磁場に引き寄せられない理由は、酸化鉄を形成している鉄の酸化数にある。酸化鉄が活性炭などの炭素により還元されると、鉄：Feと酸素：Oとの結合価数が簡単な整数比の化学量論組成から、化学的に不安定な非化学量論組成の酸化物を経由しながら最終的には金属鉄（Fe）へと変化する。

化学量論組成の鉄酸化物： Fe_2O_3 や FeO などの酸化物組成で、FeとOの割合が2:3や1:1の決まった整数比の状態、通常知られている安定な化合物である。

非化学量論組成の鉄酸化物： Fe_4O_5 や $\text{Fe}_1\text{O}_{0.5}$ のような組成で、FeとOの結合割合が2:2.5や1:0.5などの小数点を含む中間的な遷移状態となった不安定な化合物である。

BSC 原料中の鉄酸化物はクラスター：塊 として存在しており、それらの鉄酸化物の還元は、クラスター内において進行すると考えるのが妥当である。クラスター内の個々の鉄酸化物は主として Fe^{3+} の +3 価の鉄として含有されており、個々の酸化鉄は +3 価の状態から 0 価の Fe (金属鉄) まで小数点の価数を含む中間値の酸化物組成 (非化学量論組成) を経由しながら進行すると考えられる。

この還元における鉄酸化物の磁的性質を見てみると、+3 価の Fe を含む酸化鉄: Fe_2O_3 や磁鉄鉱: Fe_3O_4 ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ とされている) は常磁性体であり磁石に引き寄せられる。一方、これらが還元されてできる +2 価の Fe^{2+} の酸化鉄 FeO は反強磁性体で着磁性を持たない。そして、その FeO が更に還元されてできる金属鉄 (Fe) は御存じのように着磁性がある。酸化鉄の還元過程と還元に伴う磁性の変化を図 2 に示した。

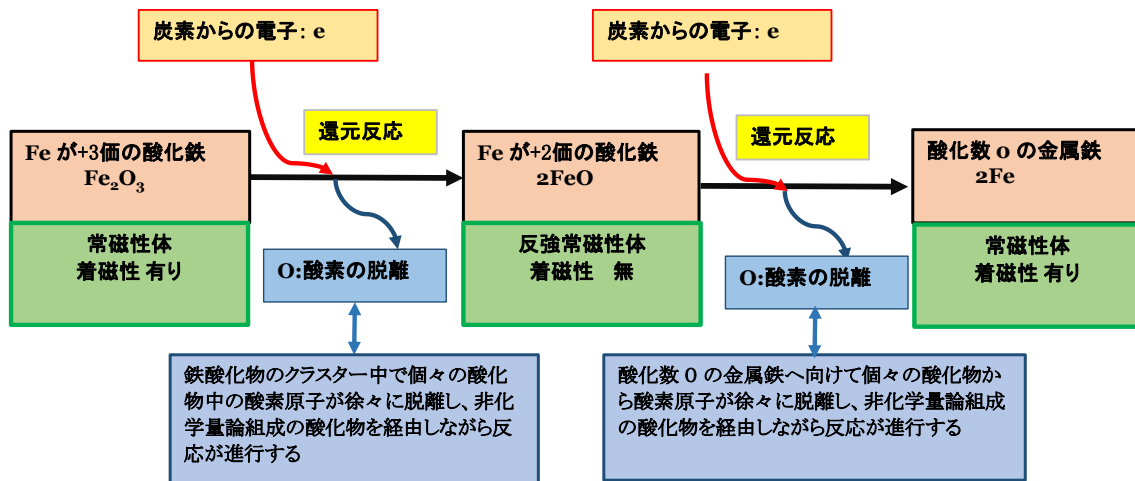


図 2 酸化鉄の還元過程と還元に伴う磁性の変化

【BSC には数ナノメートルの超微細細孔が存在し、細孔内部でも酸化還元が起こる】

このように酸化鉄の還元過程ではその磁的性質が大きく変化しながら推移することになる。BSC の塊の中に部分的にでも着磁性の酸化鉄が存在すると強力磁石には引き寄せられると推定されるので、BSC の塊の中の酸化鉄はその大部分が着磁性を示さない FeO へ向けて非化学量論組成の状態を推移しながら還元されていると推定される。

ところで、BSC に含有されている酸化鉄が過熱水蒸気焼成において BSC 塊の内部の隅々にまで一様に反応して還元される為には、BSC 塊の内部全体に形成されている超微細な貫通細孔の存在が重要である。すなわち、過熱水蒸気が超微細細孔を通して BSC 全体に拡散し、含有されている炭素分 (原料に活性炭が練りこまれている) が、触媒としての酸化鉄の存在のもとに過熱水蒸気と反応し、水素と一酸化炭素あるいは二酸化炭素とな

って脱離するために貫通細孔が必要なのである。この炭素の脱離反応に伴って酸化鉄の還元反応も進行すると考えられる。

BSC の内部の酸化鉄の全体的な還元のために特に有効と考える超微細細孔の存在について、ポロシメーターによる水銀圧入法で測定した測定例を図3に示した。 図3の測定例から分かるように、BSC は直径 10 ナノメートル以下の超微細細孔を発達させていることが分かる。また、BSC には直径 1 ミクロン程度の細孔も存在する。このことから、ミクロンサイズの細孔が更に樹枝状に分岐し、その樹枝の先端部分に数ナノメートルの超微細細孔が発達しているものとイメージされる。BSC はガスの透過性を持つので BSC 中の細孔は貫通細孔であることも確認される。また、BSC を 20% 程度のアルコール水溶液に浸漬した場合に発生する微細な空気の泡により BSC に微細な細孔が存在することを感覚的に知ることもできる。

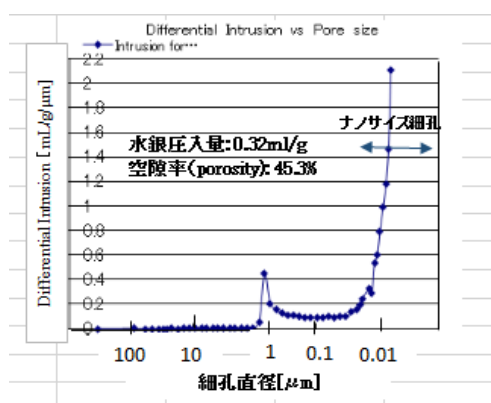


図3 BSCの細孔分布測定例
10 nm 以下の超微細細孔が発達

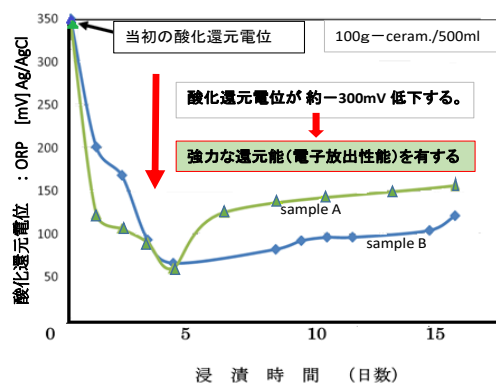


図4 BSCが水分子を還元する能力
△値で-150mVの電位低下が起る

図4にはBSCによる水分子の還元能力について示した。弊社内の井戸から汲み上げた水を蒸留した蒸留水は酸化還元電位 (ORP) が +300mV 程度の電位を示す。この蒸留水 500 ml に BSC の 100 g を投入して酸化還元電位の変化を測定すると、当初の+300mV 付近から次第に電位が低下し、+100~150mV 付近まで低下する。この測定結果から、BSC が水を還元する能力を持つことが分かる。酸化還元電位の低下は蒸留水中の水分子が BSC から電子を受け取り、水分子がクラスター陰イオンを形成することで還元されることによる。

参考のために記述しておくが、水分子が電子を受け取るためには水分子がクラスター (部分的集団) を形成し、クラスター陰イオンを形成することが必要である。水分子のクラスターが大きくなることで、クラスター内に取り込む電子の数が増加し、酸化還元電位が大きく低下する原因になると考えられる。水分子のクラスター形成が進むと、水の表面張力が小さくなるので、研磨された平面上に水滴を落としたときの水滴球が楕円

状となり、平面と水球の接触角を測定することで、クラスターが形成を評価することができる。BSC を投入した水の水球は楕円状となり、平面接触角が鈍角となることを確認している。

【BSC による痛みの軽減効果】

当初、体幹強度を向上させるスポーツ商品を企画し、BSC を粉砕してチューブに充填した試供品のネックレスを作成して希望者に提供し、使用後のアンケートを集めた。試供品のアンケートにはボールを打つときに体幹が安定し、打球の方向性が良くなるとともに、プレイ後の疲れが少なくなり、ゴルフプレイ後の使用感としては優れているという回答が寄せられた。加えて、肩こりなどの痛みが改善されたという使用後の感想も幾つか寄せられた。そこで、特に、肩こり等の痛みで苦しむ人達についても試供品を提供し、肩こり等の痛みの緩和効果についてのアンケートを集めた。その結果、肩こりの緩和効果については、痛み止めの医薬品が不要になり、湿布も不要になったという回答などが数多く寄せられた。

そのような状況のもと、平成 29 年に熊本保健科学大学リハビリテーション学科の山元教授に肩こり等の痛みの軽減効果を VAS 試験で調査して戴いた。VAS 試験では、肩こりの痛み等を訴えている被験者について、まず、BSC ネットレスを装着する前の痛みの感覚を 0~100mm の範囲で任意の値をアンケートに記入してもらう。そして、ネットレスを装着してから 2 週間後の痛みの感覚について、その数値を同じく 0~100mm の範囲の値としてアンケートに記入してもらう。このようにして被験者が記入したアンケートの数値が統計的に処理された。この VAS 試験の結果を図 5 に示した。

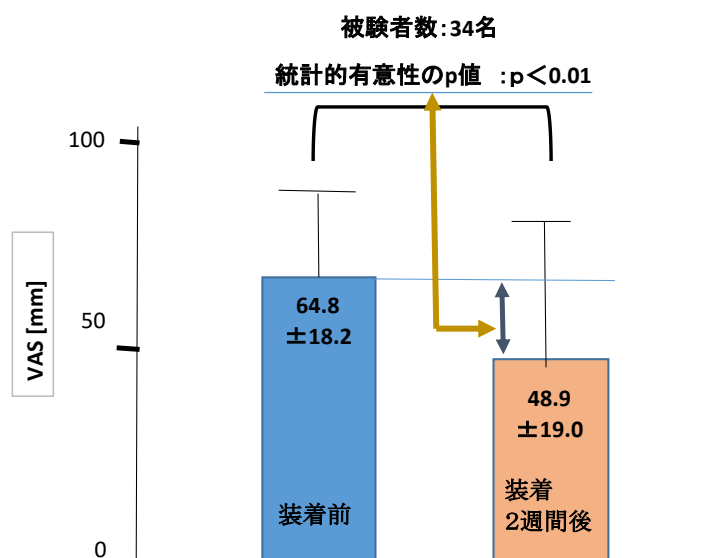


図5 VAS試験による痛みの軽減効果

このVAS試験の被験者数は34名で、統計による有意水準のp値は： $p < 0.01$ となり、痛み軽減効果が無いと否定される確率（=p値）が1%以下となっている。すなわち、痛みの緩和効果について科学的に有意性があるというデータが得られている。ただし、現時点では被験者数が少ないので、もっと確実なデータとするためには被験者数を多くして今回と同じVAS試験を行うことが必要である。

ところで、身体の痛みには自律神経の交感神経の働きが関係しているとされている。図5で示された痛み緩和の結果やBSCを充填したネックレスやサポーター等を使用することで身体各所の痛みが緩和されたというアンケート回答が数多くあることを考慮すると、自律神経の中樞（視床下部）が痛みの生じている部位での自律神経の機能を調節し、痛みを軽減させる可能性があることが推察される。

このように、BSCには身体の痛みを緩和する効果が確認されるが、水晶やその他のパワーストーンを装着することで身体の痛みが軽減されたという事例はあまり聞かない。従って、BSC中に生成している結晶物の体幹強化機能が特に強力で、痛みの緩和にまで影響を及ぼす可能性があるのか、あるいは、BSCの電子放出性能（BSCが水に電子を渡して水の酸化還元電位を低下させる性能：図4で確認される）や遠赤外線放射性能（BSCは遠赤外線放射体に対し、その80%程度の高い遠赤外線放射能を示す：特許第5925025明細書に記載）などの結晶構造+ α の機能が作用して、中樞を介した自律神経による身体の痛みの緩和が生じる可能性などが考えられる。

しかし、生体との詳細な関わり合いについては今後の研究解明を待つしかない。

【他の無機物（磁石等）を利用した健康器具材料との比較】

上述したように、BSCは着磁性を持たないので、市販の磁性体を用いる健康器具とは人体へ作用するメカニズムが全く異なる。すなわち、BSCの人体への作用は、市販のエレキバンなどで説明されているような接触部位での血流の活性化によるものではない。

すなわち、BSCを身に着けることで、脳（中樞）が特殊機能材料：BSCと接触したことを検知し、脳中樞を介した体内のシステムティックな応答を経由して体幹強度の変化、痛みの軽減効果等の生体応答が起こるものと考えられる。

また、市場には放射性鉱石を使用した放射線ホルミシスを利用する健康器具も存在する。ラジウム鉱石や温泉のラドンからのベータ線放射能（高エネルギーの電子線）が痛みの軽減効果を有することは周知である。しかし、装身具などとして日常的に放射線の影響を受けることには被爆の観点からも抵抗を感じる。もちろん、BSCの原料には放射性の鉱石は一切使用されていない。

BSCから放出される電子は放射能としての β 線ではない。岩石からのマイナスイオン（電

子線)や放射能を測定するマイナスイオン測定装置ではBSCからのマイナスイオンは計測できないことを日本マイナスイオン協会で測定し確認している。

マイナスイオンの放出は計測できないが、BSCから水の分子へと電子が受け渡されることは水の酸化還元電位の低下から把握できるので確実に起こる事象である。

【総括】

ここまでの記述のまとめとして、BSCを装着したことで身体側に起る応答について図6、図7に示す。

BSCの体幹強化機能には運動神経が関係すると思われ、実際に装着すると足腰が軽く感じられ、歩行や運動が容易になるので、運動して足腰を強くすることで転倒による傷害の防止に効果的と考えられる。また、足腰が強化されれば高齢化社会におけるロコモ対策としても有効に使えと考えられる。また、BSCを装着すると、強い力を発揮できるように身体能力が変化することになるので、スポーツ選手の運動能力の向上、重いものを運ぶ仕事、力の必要な介護の仕事などにも有用と思われる。

一方、BSCの肩の慢性痛の緩和や長期運転による腰痛の緩和などの体の痛みへの影響は、自律神経系の機能に起因する可能性が考えられる。脳の深部の後頭部側には視床下部(神経活動の中枢)と小脳(運動機能の中枢)がある。BSCの活性化された脳血流が確認された部分はそれらの中枢に非常に近い部位である(図1)。

また、老化により、自律神経系の障害によって体調が悪くなる場合があるので、BSCは自律神経系に良い影響を与え障害を防ぐ可能性もある。したがって、BSC製品を使用することは病気になるのを防ぐための未病対策となり、超高齢化社会における医療費を削減する医療費削減効果にもなる。

なお、最近気が付いたことに、痛みの患部になるだけ近いところにBSC製品を着けた方がより効果が現れることが多いようである。弊社では、身体のいろんな部位に取り付け可能なBSC製品を準備しているので、カタログ等で御確認戴きたい。

機能的セラミックス <Bio-Signaling-Ceramics> の 身体接触と脳(中枢神経)の応答

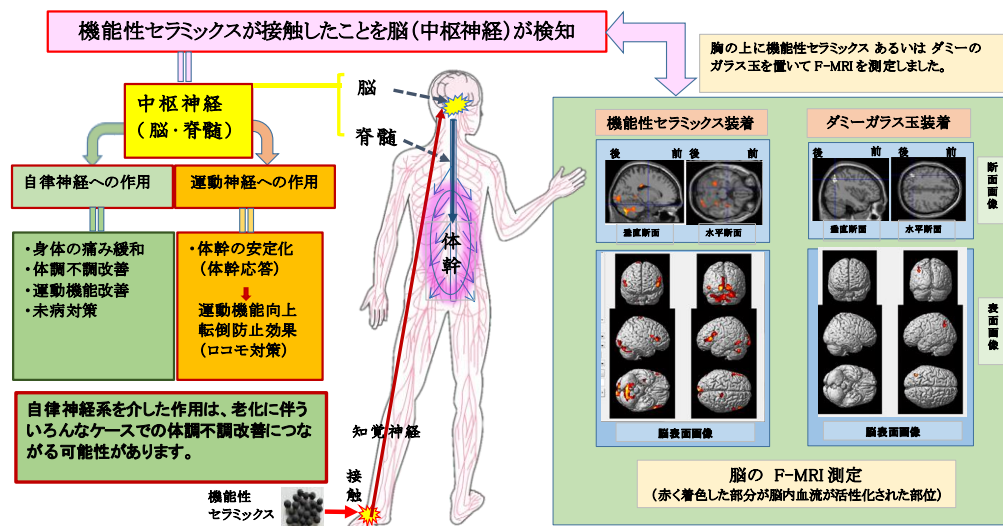


図6 BSCを身に付けた場合の人体の応答

【開発者より】

弊社開発部門では BSC の試供品を使用して戴いて実際にいろんな症状が改善されたケースを見たり、聞いたりしています。また、原因不明の体調不良で病院へ通いつつも改善せず苦しんでいた方からも“訳は分からないが”良くなったという報告を 2~3 件聞いています。その効果の理由については開発者にも不明で“訳は分かりません”と答えるしかないことばかりです。医療機関へ行っても改善しない症状がある場合には、BSC 製品はそんなに高価な品物ではありませんので、試しに使ってみては如何でしょうか。医療機関等への治療費の何回分かの出費で良い結果が得られるかも知れません。

BSC による生体への効果については全ての使用者に 100%現れるものではないことは我々開発担当者も理解しています。しかし、使用者の例えば 80%にでも効果が現ればそれで喜ぶ人も多いこととなります。苦痛の顔が笑顔に変わるたくさんの方々があればとても喜ばしいことだと考えています。

この材料の開発研究は現時点では異端の研究とみられているようで、研究開発にかかわる公的な補助金は一切拒絶されてきました。しかし、BSC 試供品の使用者の笑顔をみることを励みにしてなんとかここまで開発を続けてきました。現実の事象として確認できた無機物と人体との相互作用を今後発展させてほしいと思います。世界中の人々の幸福のためにこの分野の将来的な発展を期待しています。

なお、申し添えますが、BSC の医療効果を宣伝することは現時点ではできません。不明

なことがある場合には弊社開発部へお問い合わせ下さい。

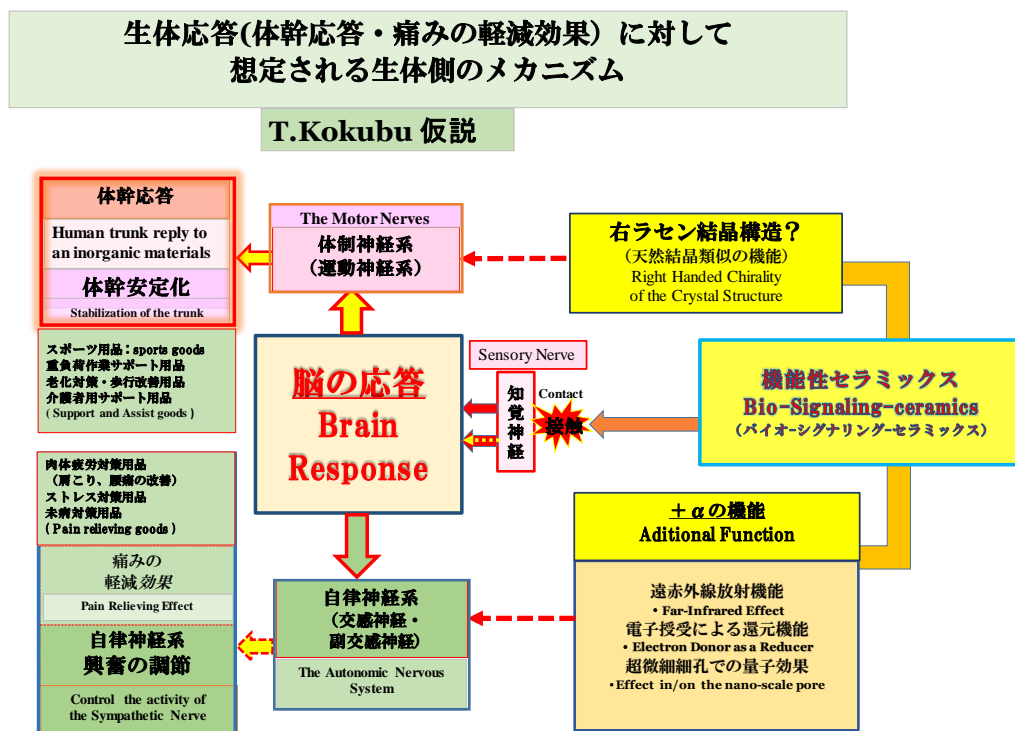


図7 BSCの装着により身体に起こる応答、可能性のある利用分野