

ラドンワークショップ



この10月27～28日にInternational Workshop on Indoor Radon Exposure and Its Health Consequencesが放医研にて開催された。会議は、新築間もない重粒子治療推進棟の大会議室で行われた。本ワークショップは、放医研の研究者と海外の研究者の個人的な繋がりができていたところに、たまたま時期的に同じ頃（10月23～25日）、九州の東和大学でラドン関係の国際シンポジウム The 7th Tohwa University Inter-national Symposium “Radon and Thoron in the Human Environment” が開催されることになっていたこともあって、今回のワークショップが計画された。内容は、ラドンによる被曝が生体に与える影響に関することが主題であった。一方、東和大学のシンポジウムは測定技術や様々な環境での測定・動態であったから、ラドンという立場から見れば、相互に補完し合う関係になっていて、両方に参加された方はラドンのほぼ全体像が見られたのではないかと思う。また、来年度からラドン関係の特別研究も計画されているところから、まさに時宜を得たワークショップであったと云えよう。

さて、本ワークショップの参加者は、全体で110名であった。内訳は、海外11ヶ国から26名（招待者：13名、その他：13名）にのぼり、国際色にあふれた。国内（所外）からは38名（招待者：24名、その他：14名）であり、また放医研からの参加者は46名（この内、事務局を勤められた方が16名）であった。

前後するが、本ワークショップは、科学技術庁と日本国際科学技術交流センターの支援、日本保健物理学会ならびに日本放射線影響学会の後援の下に、所内外から12名が実行委員会委員（委員長：稲葉研究総務官）として、所内から4名が事務局として体勢を作った。しかし、会場の設営や当日の運営など実務の面で、企画室、人間環境研究部、第4研究グループ、内部被ばく・防護研究部からの多数の方々が携わり、講演を聞くどころではなかった方も多く、致し方なかったとはいえ、申し訳ないことであった。

また、重粒子治療推進棟大会議室の使用に当っては、管理部、重粒子治療センターはじめご支援頂いた多くの方々に、特に、開会に間に合わせるためにご無理をお願いした方々に、参加・運営に携わった者として、この場を借りてお礼申し上げます。

（内部被ばく・防護研究部 下 道国）

● 研究最前線

生体放射計測による生体機能の研究

◆ 未踏領域への挑戦 ◆

近代科学は主として、意識から独立した物質を研究対象としてきた。本研究では、21世紀の科学技術の新パラダイムを切り開き、科学技術革新を起こす芽として、あえて意識や精神を含んだ系を対象としている。

たとえば、気功・瞑想・意識集中等の様々な精神状態で、近代科学で説明がつかない特殊な生体機能や潜在能力が発揮されるという報告がある。

本研究では、様々な精神状態における脳波等の生理的計測と身体より放射される種々の広義の放射線を同時計測することにより、これら未知の現象にアプローチする（図1）。

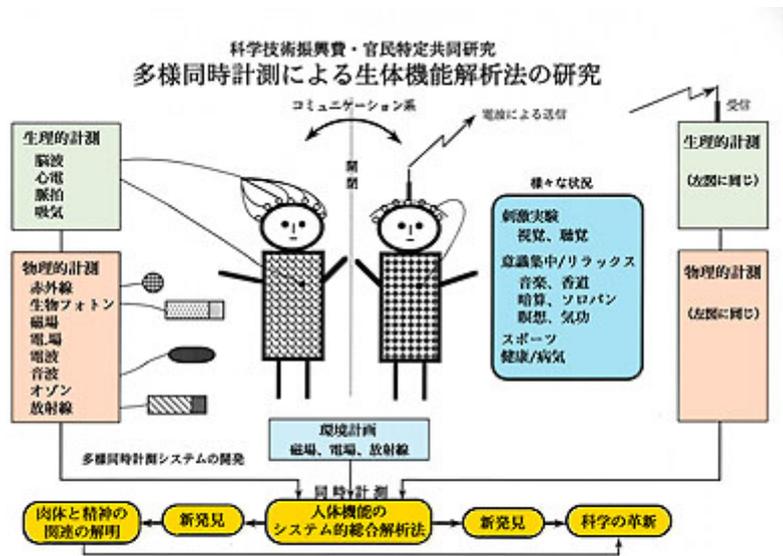


図1 本研究の理念図

◆ 研究例 ◆

気功の熟練者の中には、離れたところにいる相手に、特殊な信号を送ることができるという者がいる。実際に未知の信号伝達が起こっているかどうかを調べるため、送信者と受信者を別室に隔離遮蔽し、ランダムに決定した時刻に信号を送らせ、受信者の反応時刻と比較した。実験の結果、送信時刻と反応時刻は、偶然では1%以下の確率でしか起こらない程よく一致し、通常の視覚・聴覚によらない信号伝達を確認された（図2）。

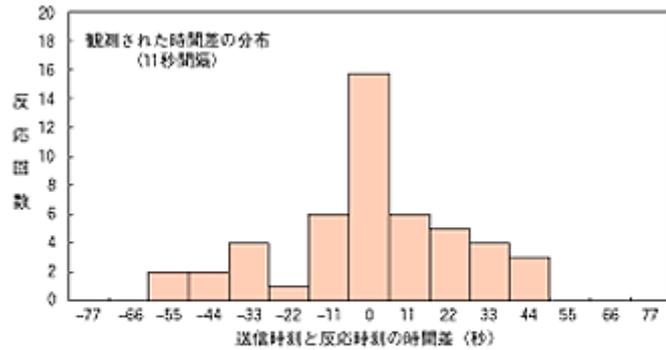


図2 送信時刻と反応時刻の時間差の分布
 送信者はビルの4階の室内、受信者は1階の室内。
 時間差0秒のピークが信号伝達の存在を示す。

類似の遮蔽実験系で、受信者の脳波変化を調べた結果、視覚刺激が送られた場合は視覚野と呼ばれる脳領域で、手のひらへの感覚刺激が送られた場合は体性感覚野（図3）で、 α 波の変化が見られた。これらの反応は、刺激開始から数10秒程度遅れるという特徴がある。受信者が刺激の存在を認知するのに時間がかかることから、伝達されている刺激（信号）は、通常感覚刺激に比べ、はるかに微弱と推測される。

◆信号の正体は？◆

では、これらの微弱な信号の正体は何なのだろうか？残念ながら、まだその正体はつかめていない。しかし、生体から発する微弱な物理信号には、静電気・磁気・赤外線・音波・生物フォトンなど様々なものがある。

これらを同時測定することによって、伝達メカニズム解明の糸口がつかめると考え、所内外の研究者の協力を得て研究を進めている。

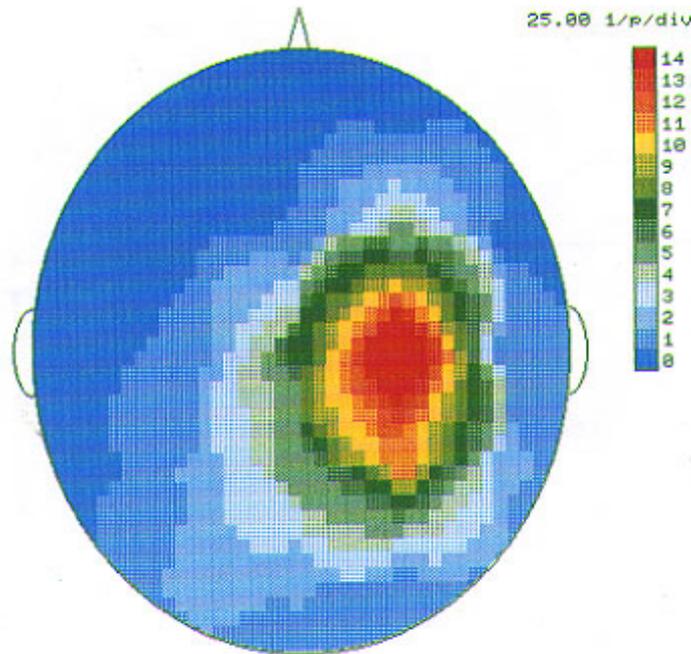


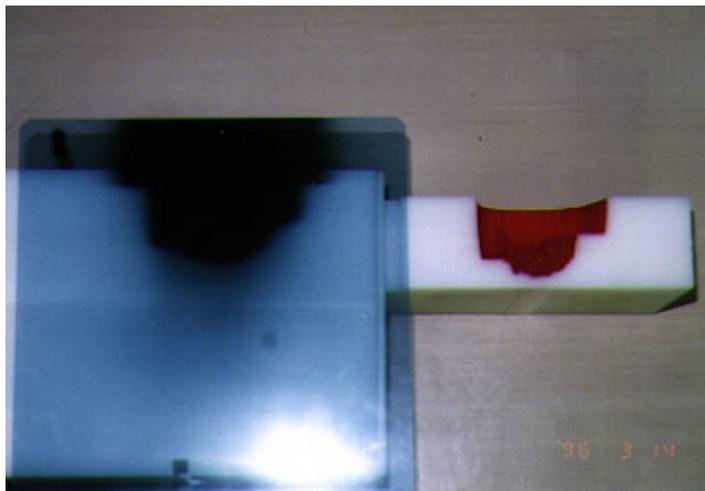
図3 刺激時と非刺激時の受信者脳波（ α 波）の変化度
 頭を真上から見た分布。上が前頭部。
 赤い部分は刺激時の α 波の変化が大きかった箇所。

(放射線科学研究部第3研究室 山本幹男、
平澤雅彦、小久保秀之、境田英昭、他)

● 研究最前線

HIMAC news 重粒子線治療における 補償フィルター／患者コリメータ自動作成

重粒子線がん治療は従来のフォトンビーム治療に比較して高い生物学的効果、低い酸素効果ならびに良好な線量分布を示す。このため従来の手法に比較して高い治療効果が期待されているが、その半面良好な線量分布を示すゆえに重粒子線がん治療では腫瘍の形状に適合するようにビームを成形する際の精度が極めて重要になる。



HIMACではビームを成形する装置としてワブラー電磁石、散乱体、ならびにリングコリメータにより平坦な照射野を作り、リッジフィルターとレンジシフターによりブラッグピーク幅とレンジの調整を行い、4枚羽根コリメータ、多葉コリメータにより2次元照射野を成形する。最も下流には補償フィルターが設置され、深さ方向のビームの補償を行う。さらに精密な照射野の成形が必要な場合（たとえば中枢神経や肺の治療）には患者コリメータが補償フィルターの下流に設置される。ほとんどのビーム成形機器はコンピュータ制御によりフレキシブルに運用されるが補償フィルターならびに患者コリメータは個々の患者に適合するものを製作しなければならない。これまでも補償フィルターについてはルサイト板を型紙にあわせて切り抜いたものを積層するあるいはワックスをもちいた例がある。患者コリメータについては低融点金属の鑄造等が報告されている。一般に腫瘍の形状は複雑であることと、コスト、加工形状精度、納期ならびに人為的なエラーを防止するために、HIMACではコンピュータによる設計ならびに数値制御（NC:Numerical Control）工作機械を用いた補償フィルター／患者コリメータ作成を自動化している。

HIMACでは水平／垂直2門同時照射を行うことが想定されるので、水平／垂直ポートの混同を防ぐ構造とする必要がある。ここでは補償フィルター／患者コリメータの底部ならびに背面に水平／垂直それぞれに異なる寸法のノッチを加工し、機械的に誤りが起こらない構造とした。補償フィルター／患者コリメータはそれぞれに対応するホルダーに装着して利用される。ホルダーには補償フィルター／患者コリメータの装着／未装着を検出するリミットスイッチが

備えられており、未装着の場合には治療制御計算機のモニターに補償フィルター／患者コリメータ未装着警告が示される。また、補償フィルター／患者コリメータにはコリジョンストップスイッチが備えられており、ホルダーと患者あるいは他の治療機器と接触を検出し、治療制御計算機モニター上に警告を与える。

補償フィルターならびに患者コリメータの加工形状は一般に複雑であり、通常用いられる測定手法では加工形状の測定は困難である。また、加工データは3mmピッチのポイントデータで与えられており、測定作業は極めて困難であるので三次元測定機を用いて測定を行う。三次元測定機はX、Y、Zの各軸をコンピュータ制御によるDCサーボモータで駆動し、その移動量をリニアエンコーダーにより読み取り、三次元の寸法、座標、形状を測定するものである。なお、各軸での測定精度は $(3.5+4.5L/100)$ μm である。また、三次元測定機では測定データから三次元形状を再構築することができるので、加工データと測定データの比較・検討をオンラインで行うシステムを構築することも可能である。

臨床においてクリティカルパスとなるのは補償フィルター／患者コリメータの作成である。HIMACでは補償フィルター／患者コリメータの作成をコンピュータ支援ならびにNC工作機械により行い、汎用機を用いた従来の機械加工に比較して大幅な省力化と品質の安定がもたらされた。

(システム開発室 宮原 信幸)



重粒子線がん治療 臨床試行の状況について

放射線医学総合研究所では、平成6年6月から「重粒子線がん治療臨床試行」を開始し、平成9年8月までに301症例の患者が登録された。このうち、治療後6ヶ月以上経過した230症例（233腫瘍）につき、その正常細胞への副作用と腫瘍に対する効果がまとめられ、9月16日に開催されたネットワーク会議評価部会（部会長：磯野可一 千葉大学医学部教授）及び10月13日開催されたネットワーク会議（委員長：阿部 薫 国立がんセンター総長）で検討された。

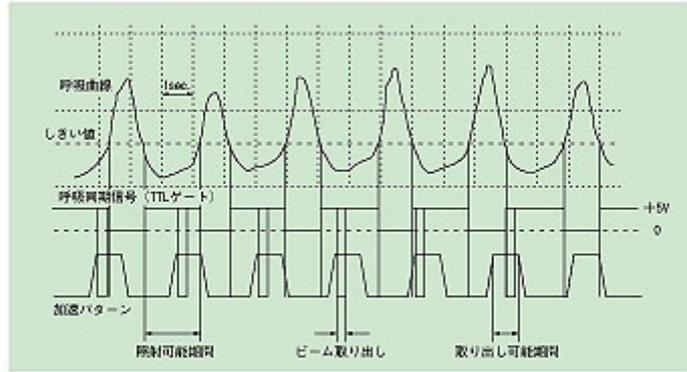
正常細胞への副作用については、長期的にみて問題となるような副作用は見られなかったが、短期的には皮膚（9例）や肺（2例）に比較的強い反応が見られた。いずれも照射後しばらくして副作用は消失した。前立腺がん患者で直腸出血が8例見られたが、保存的治療で軽快している。現在は直腸前壁への線量を抑えることにより、同様の副作用は発生していない。

全症例の局所制御率（腫瘍の再増殖は見られない割合）は6ヶ月86.8%、12ヶ月69.6%、24ヶ月52.9%となっている。頭頸部の局所制御率は85%と良好で、特に既存療法で効果が小さいとされていた腫瘍（腺がん、腺様嚢胞腫、悪性黒色腫、骨軟部肉腫等）にも有用と考えられる。肝、前立腺では、それぞれ93.8%、100%と高い局所制御率が得られた。

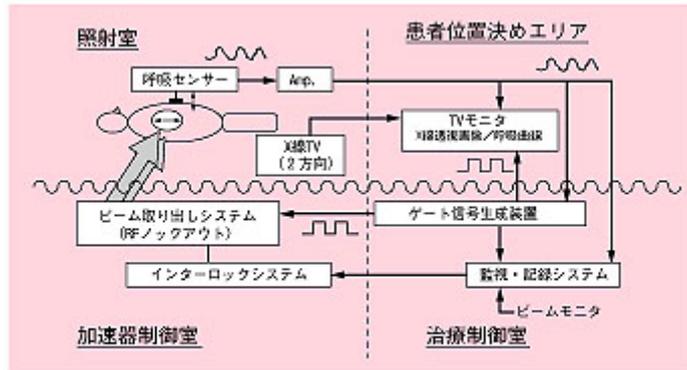
今回は、前回発表時（今年3月）に比べ、評価対象症例が150例から230例に増加したこと、新しいプロトコールとして頭蓋底、頭頸部・及び肝・が開始されたことが特徴的である。頭頸部・は初のフェイズ・スタディ（第・相：抗腫瘍効果を目的とした）プロトコールであること及び呼吸同期照射法の使用が特徴となっている。

呼吸同期照射法の開発

重粒子線治療の主要な対象の一つと考えられている肺がん・肝がんなど胸部や上腹部にある腫瘍を治療する際の問題点は、病巣部位が呼吸に伴って大きく動くことである。従来は動きを考慮して照射範囲を広げることで対応していたが、この手法では正常組織にも重粒子線が照射され、重粒子線の線量分布の切れの良さが活かされないという欠点があった。



HIMACによる呼吸同期法の考え方



HIMACの呼吸同期システム

呼吸同期法とは、呼吸周期中のある位相にのみタイミングを合わせて照射を行う技術である。呼吸同期照射を行うと、病巣はいつも同じ位置にあるとき照射を行えるので照射範囲をそれに合わせて絞ることができる。照射をする呼吸の位相としては、動きの緩やかな呼気（息を吐いたとき）が選択される。

呼吸同期照射の原理は、発光ダイオードを患者さんに付け、その動きをPSD（半導体位置検出素子）により検出すると、呼吸に伴って変化する曲線（呼吸曲線）が得られる。この呼吸曲線にしきい値を設け、曲線がその値以下のとき（呼気側のとき）、呼吸同期信号を発生させる。この同期信号が正のとき照射が可能となる。

海外のほとんどの粒子線治療施設で照射対象部位が動きが少ない眼球、頭頸部、前立腺などに限られるのに対して、HIMACでは呼吸同期法の開発によって粒子線治療の特徴を活かしながら、治療対象を肺がんや肝がんを広げることが可能となった。

（重粒子治療センター治療診断部 辻井 博彦）



動物実験から低線量の放射線影響・ 発がんを考える

— 第5研究グループの研究活動

近年、チェルノブイリ原発事故などを契機に、低レベル放射線の生体への影響に関し社会の関心が高まっています。放射線の生体への影響の中でも最も重要であると考えられているのが被ばくしてから数年～数十年経ってから発生する「がん」です。社会の関心が高いにもかかわらず、低レベル放射線による発がんに関する疫学データには限界があり、実態については未だ解明されていません。そこで、動物を使った実験からの解析の必要性が認識され、平成8年5月の放医研の組織改正にともない新しいグループ研究組織として、第5研究グループが3サブグループ体制で発足しました。



放射線高感受性を示すscidマウス

第1サブグループでは、多数のマウスを使い、被ばくする放射線の線量の増加に伴い生涯に発生する障害がどのように変化するのか、被ばく時の年齢によって障害の発生の様相はどう変化するのか、低線量の放射線を反復し被ばくすると、同じ線量を一度に被ばくした場合に比べ障害の発生はどう変わるのか、等の実験を進め、これらの実験から得られたデータの解析から、放射線の被ばくの状態と障害の発生の際にどのような法則性があるのかを明らかにし、リスク解析モデルを確立しようと取り組んでいます。またさらに、動物実験により、どの程度の低線量の放射線を被ばくすると、どの程度の影響が発現するのかを解析しています。

同じ線量の放射線を被ばくしてもがんが発生する危険度は個人によって異なります。純系マウスの系統差はヒトの個体差に相当すると考えられますが、マウスの系統によって発生するがんの種類や種々の発がん因子に対する発がん感受性が異なり、放射線高感受性を示すマウス〔スキッド (scid) マウス〕では低線量の放射線でがんが発生することが明らかになってきました。

第2サブグループでは、いろいろの系統のマウスを使い、発がんの特性を個体レベルから分子レベルまで一貫して解析しながら、放射線発がんの感受性を決め

ている新しい遺伝子の探索を進めています。

前述のscidマウスではT細胞受容体遺伝子の再構成や放射線によってできたDNA損傷の修復能に欠陥があることが知られています。第2サブグループの研究で、scidマウスでは一回の1～3 Gyの放射線被ばくで、胸腺のリンパ腫が非常に高率に発生することが判りました。

第3サブグループでは、放射線発がんのモデル系としてscidマウスに発生した胸腺リンパ腫を用いて発がん機構を調べようとしています。そのために、胸腺リンパ腫の細胞株を樹立して解析材料の確保を行いながら、リンパ腫発生に関与している染色体の変異や既知のがん関連遺伝子の動きを解析することから研究を始めています。

このように、第5研究グループでは、実験動物を使い、今までのデータでは不足している情報をできるだけ多く蓄積し、低線量域における放射線障害、特に発がんの基礎的理解を進めることを目標に研究を進めています。



緑茶・紅茶・烏龍茶の化学と機能

中林敏郎・伊奈和夫・坂田完三 著

B5版 9章 179頁 弘学出版発行 定価11,214円



お茶は、わが国ではもちろん世界各国で広く飲まれており、コーヒーと世界を二分する浸出液飲料である。古くは薬用保健用として、近世には嗜好品として用いられてきた。また、近年、分析手法の飛躍的な進歩と相まって、その生理機能に関する研究が盛んに行われるようになった。

本書は、われわれにとって親しみ深いお茶について、その起源から説き起こし、日本茶、中国茶、紅茶などの種類と製法の解説を行い、化学成分について詳しく述べている。茶葉に含まれるタンニンやアミノ酸などの成分が、製法によってどのように変化するかについては興味深い。例えば、紅茶は生葉中の酵素の作用を利用する発酵によって作られ、色や香りと風味に大きな変化が起こっている。成分的にはカテキンが生葉の80%も減少するうえ、カテキン組成も変化するのが特徴である。

茶の効用については、最近注目されている抗酸化性、抗腫瘍性をはじめ、コレステロール濃度抑制作用、血圧降下作用、血糖降下作用、抗菌活性、虫歯予防に関して多くのデータをもとに、メカニズムについても解説している。

引用文献は400を超え、新しい成分分析法の紹介も行っており、お茶について

研究を始めようという向きには最適な参考書といえる。

(人間環境研究部 湯川 雅枝)



血圧について

健康 アドバイス

今回は「血圧」について考えてみましょう。

意外と知っているつもりでも知らないことが多いと思います。血圧、血圧と言うけれど、どうしてそんなに問題になるのでしょうか。



☆「血圧」てなんでしょう？

「血圧」とは文字通り血管の受ける圧力です。心臓より常に血液が血管を通じて全身に送られ、血管は常に血液で満たされて圧力を受けます。血管は心臓から血液が送り出される時、最も強い圧力を受け（収縮期圧・一般では「上」と呼ばれています）、次の心拍までの間はあまり圧力を受けません。（拡張期圧・一般では「下」と呼ばれています）。正常値は135/85mmHg以下で140/90mmHg以上は高血圧といわれています。（1993年WHO定義）

☆「血圧」を高いままにしておくとうなるか？

血管に強い圧力がかかり続けると血管の壁が耐えられなくなって、ぼろぼろになってきます。全身の血管がそうになると脳卒中や心筋梗塞になります。傷んだ大動脈の血管内にこぶができ、そのこぶが破裂すると死に至ります。血圧は低ければ血管壁の傷みもなく、合併症も起きません。

☆「血圧」が測る度に違うのはどうして？

誰でも自分で「心臓よ動け！」とは思わなくとも心臓は動いていますよね。それは自律神経の働きによるものです。自律神経がコントロールしている血圧は自分で気付かないうちに常に変動しています。自分の感情や周りの状況に影響されて

いるのです。だから測る度に違うのです。

☆正しい「血圧」の測り方は？

忙しいときではなくゆったりとした気持ちで測るのが理想ですが、基本としては

- ・ 暖かい部屋で
- ・ 毎日同じ時刻に
- ・ 椅子に座り背筋を伸ばした正しい姿勢で（畳や床に座る場合も背筋を伸ばして）
- ・ 腕帯をぴったり巻いて
- ・ 腕帯を心臓の高さにして
- ・ 最低2回は続けて測りましょう。1回目と2回目が5 mmHg以上違うときは、さらに繰り返し測ると良いでしょう。低い値の方が本当のあなたの血圧です。

（健康管理室 海老原 幸子）

◆お知らせ◆

———新食堂及び喫茶室の紹介———



今回、新装なった重粒子治療推進棟 1階の正面に向かって右側に新食堂が、左側の廊下脇南側に喫茶室が誕生いたしました。

両部屋とも、床がフローリング仕上げとなっておりますので、木の暖かみを肌で感じていただけるよう、テーブル、椅子の類を木の素材で取り揃えました。床材は、日本の最も代表的な落葉性の高木であるサクラ材が使用されておりますので、部屋全体が思いのほか明るく落ち着きを感じさせられます。新食堂には、80、喫茶室には40の椅子が準備されておりますので、新食堂での通常の食事はもとより、テーブルを組み合わせますとかなりの人数のパーティー等も可能です。新食堂の営業時間は、通常11:30~14:00、17:00~19:00、喫茶室は、8:00~20:00までとなっております。特に喫茶室におきましては、落ち着いた雰囲気作りに心掛けておりますので憩のひとときをすごしていただければと願っております。