

特別寄稿：シリーズ 先端科学技術爽やか対談 (8)

医学・健康・福祉—工学連携への道 —骨の加工技術—

島根大学医学部整形外科学教授

内尾 祐司

島根県産業技術センター所長、大阪大学名誉教授

吉野 勝美

(平成27年1月9日)

(吉野) 内尾先生ご多忙中のところ、今日は無理を云ってすみません。実は我々島根県産業技術センターでは県内企業の活性化を通じ、県民の生活、豊かさの向上に資するため、様々な研究、技術開発、技術支援を行っていますが、昨今の世の中の大きな要望から我々の持っている力を何らかの形で生かして、いわゆる医工連携、すなわち医療、医学、健康、福祉などに工学技術を生かして貢献する必要があると云うことで、この間から勉強会を始めています。医療・健康・福祉－工連携可能性懇話会と云う名称で、対象はセンター内のメンバーです。昨年5月14日に開いた第一回目は、医工連携で何ができるかと云う芽は、意外に身近なところにあり、我々のセンターのメンバー各自は自分の持っている技術、経験、知見を活かして色々なことができる、大学などでしばしば行われるスケールの大きな医工連携もあるが、スケールは小さくとも重要な課題がいっぱいある、と云う話を私自身の経験や日頃思っていることを例として話しました。

しかし、医学、医療、看護、福祉などに直接関与し、臨床の現場やそれに携わる方が抱えられている様々な課題を熟知された、経験豊かな専門家から直接お話を伺うことが非常に重要であると考えられます。そこで、私の方から多少ともご縁がある方にお願いし、来て頂いてご講演をお願いすることとしたわけです。第二回は大阪大学名誉教授の和田健先生にお願いいたしました。和田先生は歯学部でしたが、単に歯というよりも口・喉・頸に関わる広範な機能障害がご専門でして、幅広く色々なお話を伺いました。和田先生にお願いした理由の一つは私と松江高等学校が同期であります。しかも学部は違いますが同じ大阪大学の吹田キャンパスで学んだ時期もあるなど極めて親しい間柄であったからでございます。

内尾先生に今回お願いいたしましたのは、私が島根にご協力のため帰るようになった最初の時期に何度かお会いし、色々お世話になったことがあったと云うことの他、もう一つ理由がありました。私、元々比較的丈夫な方であったのですが、最近とみに肩や、腰、背中などあちこちの骨や筋肉が痛むようになり、年齢とともに整形が極めて重要であることに気が付いてきたからでもあります。当然のこ

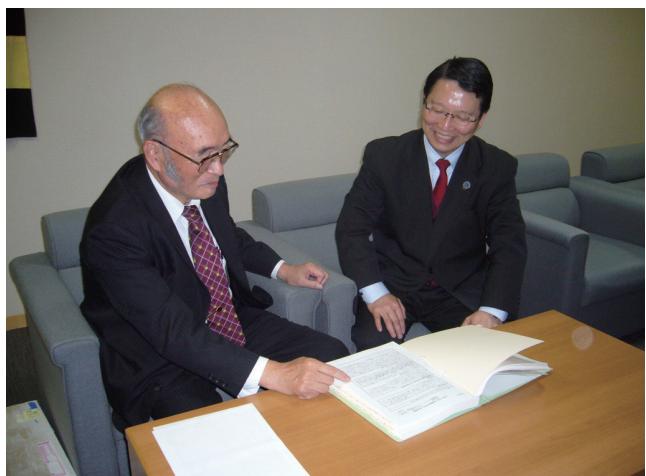
とですが、いざ自分にとってどこかが不自由になり始めると、そこが極めて重要であることに気が付きますね。人間が元気に、特に歳をとってもスムーズに動き回れ、健全な日常生活を過ごせるということが最も大事で、またそう云う風に歳を重ねるには日頃の心がけも大切であると云うことを身に染みて感じておりますが、そう云うことについても今回少し伺いたいと思っております。

(内尾) 今日はお声をかけて頂いてこちらこそ大変光栄に思っております。特に先生にはいろいろお世話になっておりますので、何とか少しでもお役にたてるような話ができればと思いまして、私がこれまで学び、また教育し、医療に従事している中で経験したことなどの中から当センターの皆さん方に少しでもお役にたつようなお話を出来たらと思っております。

ところで先生との出会いは大分前のことでしたね。先生が医学部の小生の所に尋ねてこられたのが最初だったように思います。

(吉野) はい、その通りでございます。実は私が大阪大学を定年になって、島根大学寄付講座の教授と島根県産業技術センターの顧問を掛け持ちしていた頃にお伺いしましたのが、最初です。

そもそもは産学官連携がスムーズに進んで島根県の産業



写真：内尾祐司教授（右）と吉野勝美所長（左）

— 島根県産業技術センター所長室にて —

に大きな発展があるように、ということで島根県からの寄付で寄付講座ができ就任したわけですが、素晴らしいお仕事をなされている島根大学の先生方に積極的に島根の産業に関わることをして頂けないか働きかけて欲しい、と云うことが県からも云われていた時なんです。正直言いますと、総合理工学部には多少知っていた先生がおられたんですが、最初、島根大学医学部に小生自身直接のコネクションを持っていないように思っていたんです。

丁度、私が少し以前から認知症がこれから大問題になる筈であるので、認知症になりかけの人に前向きの気持ちになつて頂いて認知症の進行が少しでも遅くなることを期待できる高齢者用のゲーム“遊び上手良寛さん”と云うのを友人と開発、ビジネス展開をしつつある頃でもありましたので、島根大学で脳関係のお仕事をなされている先生がどなたか居られたら、そう云う方に少し県から助成したらどうかと思い、その方面の先生を探しご紹介して貰おうと思っておりました。そのために、接点として島根県の商工労働部におられた福間直さんに、どなたか知つておられる医学部の先生が居られないかと尋ねたところ、“内尾先生が横田高校の同級だから紹介しましょう、内尾先生はいい先生だからいろいろ結んでくれると思います”，と云うことと、福間さんと一緒に先生の研究室をお尋ねしたのが最初でした。その時、山口修平先生をご紹介してもらったと云うわけです。

実はその頃、私は長崎にあります長崎総合科学大学の電気電子工学科の中に医療電子コースを作ると云う目的で協力していたんです。その時一緒に仕事をして親しくなつていた長崎大学の元医学部長、副学長でもあった谷山紘太郎先生と云う方から、“私の神戸大学医学部の後輩で同じ研究室にいた木下芳一さんが今先生と同じ島根大学の教授ですので、紹介しましょう”と云う話を頂きましたが、それは先生にお会いした直後でした。

そもそも私電気・電子系ですから、多少どころか大きく専門を異にしますので、殆ど医学のことは分かりませんでした。一方、神経系や体内の様々な機能が電気信号と関わり、また情報処理も密接に関係していると云うことで、同じ電気電子系の友人で、その方面に専門が次第に移って行った者が結構います。もっともお医者さんになったものは少ないですが。

(内尾) そうですね、医学、医療と電気電子を含め工科系とは専門が異にしていますが、実は密接に繋がることがあってお互いに協力すると非常に有効となることが多いですね。大分以前ですが、今日少しお話する骨スクリューの研究を始めた頃、多少ここのセンターの職員さんにお世話になりました。

(吉野) 内尾先生はご専門が整形外科学とお聞きしておりますが、整形外科学とはどんな分野を対象として医学、医療に関わっておられるんでしょうか。骨、関節や筋肉、筋・

腱などに関係しているだろうと云う程度のことしか分かりませんが、それに整形外科と云つてもいろいろな専門分野がありますでしょうね。

(内尾) 整形外科学は端的に言えば、運動器を扱う学問です。運動器には、神経や骨・関節、靭帯、筋などが含まれますが、整形外科学はこれら運動器の外傷や疾患に対して、その病態解明や治療を研究する実学です。具体的には骨・関節の構造と機能、様々な要因で発生する関節障害とそのメカニズム、さらにその治療、手術、リハビリなどが学問領域です。私は整形外科学の基礎及び臨床研究をしたり、医学生や大学院生・研修医を教育したりするだけでなく、臨床医として島根大学医学部附属病院で診療も行っています。私が専門としますのは膝関節外科であります、これまで膝関節の外傷や疾患を患つ多くの患者さんの治療、手術に携わってきました。

(吉野) 先生、そもそも人間にはどのくらいの数の種類の骨があるのでしょうか。それに関節と呼ばれるものはどのくらいありますでしょうか。素人からすると骨と云うのは体を支える、形作るのに不可欠であり、関節は剛直な骨を必要な範囲で屈曲、力を発生させるための可動な結合部分、ジョイントのように思うのですが、そんな風に思つていいでしょうか。最近、骨は実はカルシウムの貯蔵庫でもあって、人間の人体機能を維持するのに極めて重要なカルシウムを必要に応じて補給する役も担つていると聞きますが、骨の主な成分は何なのかと云うのも後から教えて頂きたいと思います。

それから骨と筋肉は運動と云うことからすると密接に関わっているのでしょうね。

(内尾) その通りです。まず骨ですが、体を構成する骨の数は206プラス α 本といわれます。この α というのは、子どものころには軟骨がまだ骨になつてないためにいくつかの骨に分かれているためです。骨はコラーゲンにカルシウムとリン酸からなるハイドロキシアパタイトで造られています。骨はパイプのような構造になつていて外側の壁のところを皮質、内部を髄質といいます。この軽くて丈夫な構造が体を支える役目を持ちます。髄質にはいわゆる骨髄が詰まっています。ここは血液を作る場です。酸素を運ぶ赤血球、ばい菌と戦う白血球、止血する血小板などが作られます。すなわち、骨は造血機能も持つていると云うことです。そして、骨は吉野先生が仰つたようにカルシウムの貯蔵庫であります。体には約1kgのカルシウムがありますが、その99%が骨にあります。また、骨と骨を連結する部位は関節と呼ばれ、可動部位として様々な運動を助けます。関節の運動には屈伸だけでなく、回旋や内・外転など、人間が起立、歩行、走る、物を掴む、投げる、など生活する上での運動ができるような構造を作つています。関節にはさまざまな形があり、ボールとソケットの形をした肩関節や股関節では全方向に動きます。ちょうどつがいの形をし

た肘関節では屈伸ができます。爪切りのような膝関節では屈伸や軽度のひねり（回旋）動作が可能ですし、足関節は馬の鞍の様な形をした鞍関節で、足の屈伸に働きます。また、骨と骨を連結するのは靱帯や関節包とよばれる軟部組織で関節の安定性に寄与しています。さらに、筋は骨から起つて関節を介して腱になり別の骨に連結しています。そして筋が収縮することで骨が関節を介して動き、曲がったり、伸びたりするわけです。腱は骨と筋肉の繋ぎの役目をするものです。

人間の背骨は数センチの直径で数センチの長さの円筒ブロック状の小さな骨（椎体）が積み重なった形で出来上がっています。頸椎は7個、胸椎は12個、腰椎が5個、そして仙骨、これらが積み重なって脊椎を作ります。各椎体間には軟骨でできた椎間板があってクッションの役割をします。そして、これらがうまく積み重なってバラバラにならないのは靱帯が強固に骨と骨とを連結して、これを筋が支えているからです。

今日少しお話しすると思いますが、高齢になって筋肉が弱ってくると骨の周りにいろいろ障害が起こつて来やすくなっています。ロコモティブシンドロームと云う言葉を聞かれたことがあるのではないでしょうか。

（吉野）内尾先生、このごろ私、大分高齢になったせいでしょうが、肩や、腰、背中などいろいろ痛いところが出てきて、腰は曲がるし、歩き方も少しおかしくなり始めていますが、これもロコモティブシンドロームと考えていいですか。

（内尾）ロコモティブシンドロームとは、運動器の動きが悪くなつて、痛みや歩行障害がでて、生活機能が低下し、介護が必要な状態になつてしまつ、あるいはそのようになる危険性の高い状態を指す言葉です。簡単に言いますと、足腰が弱くなつて、痛みや変形のために歩けなくなつて、そのままでは介護が必要となつてしまつ状態をロコモティブシンドロームと云うのです。その予防のためには普段から筋肉を適度に鍛えておく必要があります。骨と骨との間には軟骨や潤滑油に当たるような関節液と呼ばれる液体状のものもありますから、それが無くなつないように当然栄養の摂取と云うことも大事ですが、やはり運動が大切です。先生は今おいくつですか。

（吉野）73歳です。

（内尾）とても澁刺となつておられ、とてもそのようにお見受けできません。一般的に、適度な運動は筋力やバランス性の向上をもたらします。体が安定するとともに、心肺機能が高まり、運動器だけではなく、内臓にも良いことが医学的に証明されています。また、骨も運動しないと、骨粗鬆症と云つて骨からカルシウムが抜けて脆くなつてしまつます。運動によって骨に適度な刺激が掛かる必要があります。吉野先生はロコモティブシンドロームが始まつておかしくないご年齢ですが、日頃の体の鍛え方でまだまだ大丈夫な人も多いと思います。

（吉野）そうですね、友人の中で随分差がありますね。若さにあふれて、活発に運動している人と、多少ヨタヨタし始めた人、もう寝たきりの人と極端に差がありますね。私のようにホテル住まいですと、どうしても飛行機の操縦席、コックピットにいるようで、テレビも、電話も、スイッチ類も、本も手が届く範囲、荷物もトイレも、お風呂も、数メートル以内の所にありますから、よほど自分から気を付けないとどうしても運動不足になつてしまつます。これでいろいろ障害が出るのをコックピット症候群なんて冗談を云つていますが、私もこれから気を付けるつもりです。実行できるかどうかわかりませんが、ラジオ体操から始めてできるだけ歩くなど運動をしたいと思います。

先生は整形の中でも特に膝の治療、手術では非常に有名な先生であると聞いたことがあります、そのあたりが特にご専門の中心でしょうか。

（内尾）はい、膝関節を専門としております。人体に265個あるという関節の一つが膝関節ですが、膝関節は重い体重を支え、かつ人間が移動するのにスムーズな動きをするのに不可欠な関節です。そのためその機能が失われたり、壊れたりすると大変な障害になり、日常生活が困難になつてきます。

関節は骨と軟骨、靱帯からなつています。運動は関節と筋肉、神経の連携で行われます。軟骨は骨の表面にあって、関節の円滑な動きと、衝撃の吸収の役を果たします。さらに、関節表面には軟骨がありますが、軟骨があるからこそ、円滑な運動と衝撃吸収ができます。私たちが歩くときには体重60kgの人で、90～120kg（1.5～2倍）、ジャンプでは180～240kg（3～4倍）の体重が膝にかかりますが、軟骨のお陰で私たちは痛みを感じずにこれらの運動ができるのです。

（吉野）よく分かりました、さっきも話に出ましたように骨はカルシウムが主成分と聞いていますが、軟骨の主成分は何でしょうか。骨も単なるカルシウムの塊ではなくて、蛋白質や繊維質のものなど色々なものからなつてゐると思いますが、本当でしょうか。

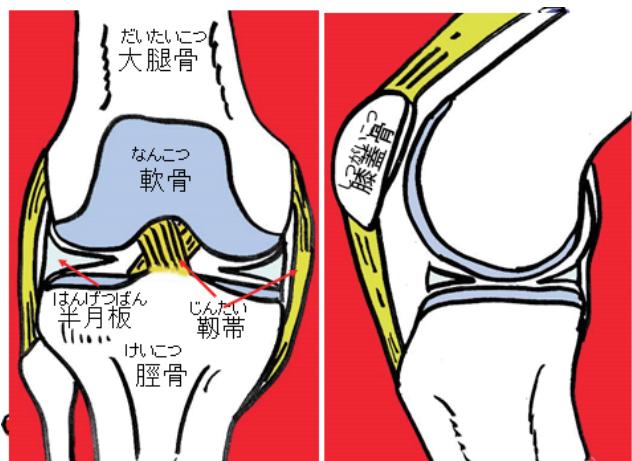
それから、骨の主成分としてカルシウムが大量にあります、これは人体にとって極めて重要なカルシウム保管庫としての役割を果たしているとよく聞きます。そもそもカルシウムは人体で神経の電気信号の伝達など多くのところで不可欠の材料として機能していますよね。逆に見ると、もし人間が食べ物などから十分にカルシウムの吸収が行わないと、生命維持のために骨の中のカルシウムが取り出されて大事な機能発現のために使われ、骨がカルシウム不足になつてきますね。それが骨粗鬆症にも繋がるんでしうね。特に高齢になると人間食物からの吸収力が落ちるため、どうしてもカルシウム不足となり、骨粗鬆症、骨が弱くなつて骨折に繋がると聞くことが多いですね。こう云うのは常識として正しいのでしょうか。

(内尾) はい、その通りです。軟骨の主成分は水が70%で残りがコラーゲンと、ヒアルロン酸などのプロテオグリカンと呼ばれる糖タンパクです。コラーゲンの構組みの中にプロテオグリカンが含まれていますが、プロテオグリカンには硫酸基がついているためにマイナスにチャージされています。これによって水が引き込まれ軟骨基質は膨張します。その膨張を構組みであるコラーゲンが押さえることで弾性が生まれます。軟骨に荷重が生じると軟骨から水が押し出されて衝撃吸収に働きます。荷重が解かれると軟骨外に押し出された水が軟骨内に引き戻されます。また、軟骨表面にはヒアルロン酸やルブリシンと云う糖タンパクがあつて関節の潤滑油としての役割を果たしています。これらによって、衝撃吸収と低摩擦、耐久性を備えた関節機能を維持しています。

一方、骨に含まれるカルシウムは骨を作る造骨細胞によって血中から骨に添加され、破骨細胞によって骨から血中に放出されます。そのバランスによって血中のカルシウム濃度が保たれています。カルシウムは、神経が伝わる際のシグナル伝達や筋収縮に関与します。骨粗鬆症は造骨細胞よりは破骨細胞の働きが高まり、骨からカルシウムが抜けてしまう状態です。おっしゃるように、高齢になると腸管からのカルシウムの吸収量が減りますので、血中のカルシウム濃度を維持するためには骨からカルシウムが動員され、その結果、骨が脆くなります。これが骨粗鬆症です。骨の強さはカルシウムだけでは決まりませんが、カルシウムが欠乏すると骨の梁や柱の構造が脆弱となり、尻餅をついたり、手をついて転倒したりしただけで、簡単に骨折が生じることになります。さらに、最近ではカルシウム不足によって、動脈硬化が進行するとか、認知症にも関与しているなどの報告もあります。

(吉野) 内尾先生、膝関節の構造などをもう少し詳しく教えて頂けませんか、それからどのような障害が起こるか等の事例も紹介いただければと思います。

(内尾) はい、膝関節はもも（腿）の骨である大腿骨とすね（脛）の骨である脛骨・腓骨とお皿である膝蓋骨から構成されます。主に体重を支えるのは大腿骨と脛骨です。膝蓋骨はももの筋である大腿四頭筋がついていて、膝蓋腱を介して脛骨に付着します。大腿四頭筋が収縮することで、膝蓋骨と膝蓋腱を介して脛骨が引っ張られ、膝関節の伸展運動が生じます。この際に膝蓋骨は大腿骨上を動くことになります。膝関節の間には半月板という軟骨のクッションがあります。大腿骨と脛骨は4本の靱帯で連結されています。前後の安定性をもたらすのは前・後十字靱帯で、側方の安定性をもたらすのは内・外側側副靱帯です。このうち前十字靱帯は運動・スポーツで損傷されることが多く、年間10,000人に約4人が受傷すると言われます。膝の安定性が損なわれ、いわゆる“膝くずれ”が生じて、スポーツだけでなく日常生活にも障害を来します。また、半月板損傷



図：膝関節の模式図

もスポーツや運動などの外傷や加齢現象で変性したりして断裂を起こします。

半月板損傷では、膝の屈伸時に疼痛や引っかかり感が出現したり、断裂した半月板が膝関節内で嵌頓して膝の屈伸ができなくなったりします。さらに、関節表面にある軟骨が外傷で損傷したり、加齢現象で摩耗したりすると、運動時に疼痛が出たり、膝関節に水が溜まつたりして、起立、歩行などの日常生活動作に支障を来します。

(吉野) よく分かりました。先生のお話を最初にお伺いしたのは骨折の手術をする際、どこかの自分の骨を一部切り取り出して、手術室でネジの形に削り、骨ネジ、骨スクリューとも云われるようですが、骨折したりした骨を接続すると云うお話でした。これでと体の中に異物を持ち込んだような拒絶反応も起きないし、やがてその骨が自分の骨ですから接続した部分と一体化していくと云うお話で、面白い発想の素晴らしいお仕事だな、と感心したことを覚えています。

(内尾) 有難うございます。骨折は金属のスクリューやプレートで一般的には固定して治療されます。しかし、関節面に及ぶ骨折では、金属スクリューで固定すると、ねじ山が関節面に出てしまいので対向する関節面を壊すことになります。ねじ山をなくした金属スクリューもありますが、手術にはいろいろなサイズも揃えておかねばならないなどの問題があります。また、骨癒合して治った時点で、もう一度体の中から取り出す手術（抜釘術）が必要です。これに対して、ポリ乳酸ラクトンという生体吸収性素材で作ったネジやピンが市販されていますが、生体吸収性素材は生体内で分解・吸収されるため抜釘術は不要と云う利点がある一方、分解される段階で炎症反応、いわゆる拒絶反応が生じてしまいます。そこで私たちは体に親和性が高く（なじみやすく）、拒絶反応が生じない骨で骨スクリューを作製しようと考えました。骨スクリューは骨ですので移植した場所で骨として同化するので抜釘は不要です。むしろ骨スクリューは骨形成蛋白を含有していますので骨折部の骨がつきやすくなります。無論、自分の骨ですので拒絶反

応はありません。

ただし、骨スクリューの作製には金属と異なった難しさがありました。金属ネジは鋳型に金属を流し込んで作りますが、骨からネジを作る際には、骨をこけしのように削りだしてネジ形状を作らねばなりません。問題は、骨は木のように層状構造があって、しかも微小な神経や血管が骨を貫いているために単一な素材ではないことです。そのため切削する際にこれらの固さの異なった部位に刃が入ると、“クラック”が生じて割れてしまいます。そのため、安全で正確に骨が切削できるように、工作機械の刃の切削深度・角度についての条件を明らかにする必要がありました。これは当大学の松江キャンパスの理工学部の先生と共同研究を致しました。これが3年掛かって作製した骨スクリュー加工装置です。動物を使用した実験で証明した上で、大学の医の倫理委員会の承認を得て臨床例に応用しました。まだ短期成績ですが、かなりより臨床成績を得ています。

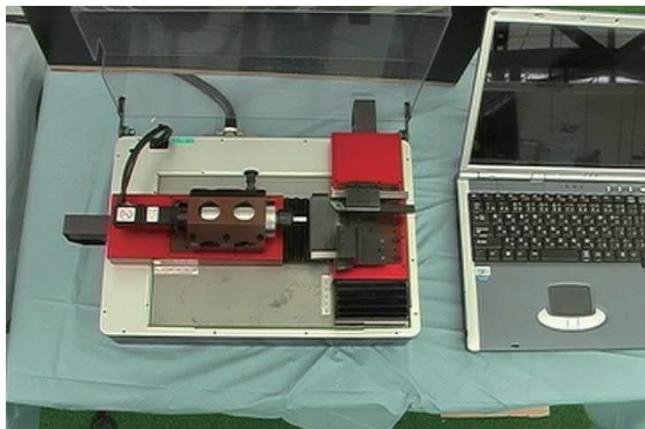
(吉野) その後のこの方面的技術、研究はどのように進展していますか。

(内尾) はい、現在骨スクリューだけでなく、骨を色々な骨折や骨欠損にあう造形をつくるための3次元精密骨加工機を作製するプロジェクトを進めております。これは、術前に撮影したCTやMRIなどの画像データや術中の骨形状をレーザーによってトレースする機器と3次元精密骨加工機を連結し、テーラーメイドの骨形状を造形する機器です。これによって宮大工さんが柱や梁を木組みで合わせて社殿を建築するのと同様に、骨折や骨欠損部を正確に合わせて骨癒合を進め、早期復帰を目指します。

(吉野) この様な開発された技術システムで色々なメリットがありますでしょうね。

(内尾) 色々あります。まず何と云っても患者さんに負担が少なくていいですし、医療従事者にも便利で有利です。また医療経済的にもコストが低減できる方法だと思っています。

(吉野) 素晴らしいですね。先生はこの開発された技術、システムの将来をどう見ておられますか。



図：骨スクリュー加工装置

(内尾) 現在は患者さん自身の骨、すなわち自家骨で行っていますが、将来的には同種の他人の骨、これを他家骨といいますが、これを用いた精密骨加工技術につなげたいと思っています。日本では、同種骨を保存している骨バンクやティッシュ・バンクは少ないですが、海外では骨バンクやティッシュ・バンクによる臓器提供システムは既に確立されており、ビジネスとなっています。そのようなところで3次元精密加工機器を用いてもらえば、より正確な骨折手術のための骨提供が可能になると考えます。また、人工関節の再置換術と云って、人工関節の取り替え手術の際には骨欠損が大きくなります。この際にも精密加工された同種骨を用いた再置換術によって治療成績を向上させることができます。

(吉野) 今日こうして先生とお話ししていくふと思出したことがあります。私がまだ若く、30歳になるかならない頃のことですが、高分子材料の研究をしていたことがあります。その頃、ポリフッ化ビニリデンと云う高分子フィルムを、折れた骨のところに貼っておくと、骨の成長が早いと云うことを云っておられる知り合いの先生がおられました。その頃人間の体では神経系を含めて電気信号が色々な役割を果たしていると云うことを聞いておりましたので、骨の成長に電圧、電流が関係していないかと思いました。と云うのはポリフッ化ビニリデンと云うのは圧電性高分子と云いまして、圧力、変形が加わると電圧が発生することが知られていたからです。怪我して骨折した時など上手に電圧をかけると回復が早くなるかもしれないな、と思って少しそんな方面の研究をやろうかなと思ったこともあります。そんな圧電フィルムを貼らなくても、骨、靭帯、筋肉などにも少しこのような圧電的な効果があって、動くことによってわずかでも電圧が発生するかもしれないから、骨折手術の後もじっと安静にしているだけでなく積極的にリハビリ運動した方が骨の回復は早いかもしれない、なんていい加減なことを周りの人に話していたことがあります。こんな考え方はおかしいでしょうか。

(内尾) いいえ、先生が仰ったように、骨を曲げようすると電気（圧電気、ピエゾ電気）が生じることが知られています。これは圧電効果といって骨だけに限られた現象ではありませんが、この現象を利用して骨折後の固定術後には罹患肢を早期に動かすことで骨癒合を促進させることはすでに臨床応用されています。また、腱断裂の修復後にも早期運動療法を行いますが、癒着防止だけでなく圧電効果による修復促進効果も考えられています。

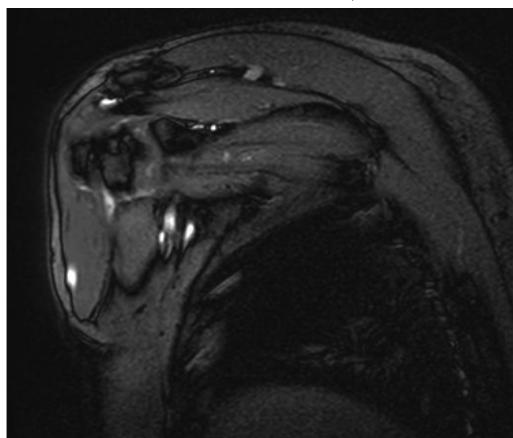
(吉野) さっきもお聞きしましたが、小生の年齢くらいの者にとって大きな課題になるロコモティブシンドロームについてもう少し聞かせて下さい。

(内尾) ロコモティブシンドロームとは、運動器の働きが悪くなってしまって、痛みや歩行障害がでて、生活機能が低下し、介護が必要な状態になってしまい、あるいはそのようにな

る危険性の高い状態を指す言葉です。ロコモティブシンドロームを引き起こす疾患の主なものは、骨がもろくなる骨粗鬆症、関節の軟骨がすり減って壊れて変形してしまう変形性膝関節症、脊椎の神経の管が狭くなつて下肢がしびれしていく脊柱管狭窄症などです。これらは筋力低下ももたらしますので、バランスを崩して転倒しやすくなります。転倒し骨折すると、的確な治療をしないと寝たきりになつてしまします。転倒しなくとも痛みや筋力低下のために、動くことが億劫になります。やがて運動器を使用しない廃用症候群となり、運動器を使わないと運動機能低下が進み寝たきりとなります。したがつてロコモティブシンドロームは予防をしなければなりません。

(吉野) なるほど、そう云うことなんですね。これから少し日常生活についても気を付けたいと思います。ロコモティブシンドロームと関係があるのかないのかわかりませんが、昨年(平成25年)の春頃、突然右肩が痛くなつて、それがだんだん酷くなつて、肩が回りにくいくだけではなく、痛くて、夜なんか2、3時間おきに痛みで目が覚めて一体どうなつたのか、これからどうなるのかと、とても心配になつたことがあります。周りの人に聞きますと、“それは四十肩だと五十肩で一年くらい治らないし、ある日突然治つたりするんです”と云う方が多くて、私なんか七十肩か、と云つたりしたんです。どうも放置しておくのもまずいと思つて、大きな病院の整形外科に行きました。レントゲンを撮つて頂いた時は、特に骨に大きな支障がないこと、このまま痛みが続いたら、あらためてMRI(磁気共鳴イメージング)の測定をしまつと云われました。1、2か月後MRIを撮つてもらった時の画像を貰いましたが、白い所が水がたまつた証拠ですと仰いました。

膝に水がたまるのはよく聞くんですが、肩の関節にも水がたまると云うんで、友達に変だ変だと云われるんで、“多分、関節の端っこか、軟骨の一部が小さく欠けて、それが周囲を傷つけるので、何とかその影響を小さくしようとしてリンパ液かなんかが分泌しているんじゃないかな。よく注射で膝の水を抜く人がいるけど、本当に水を抜いたらいいのかな、痛みは当座減るかもしれないが、必要がついて、リ



図：肩関節周辺のMRI像（被験者は吉野所長）

ンパ液が出ているとすると、それは余りいいことではないかもしれないね”と素人判断で話していますが、全くナンセンスな説明でしょうか。

(内尾) いいえ、とても重要な点を指摘して頂きました。関節には関節液があつて潤滑油としての役割があります。膝関節では通常2～3mlで、関節に水がたまつときは炎症や外傷で関節液をつくる滑膜細胞が刺激されて関節液が増えます。多量にたまると関節の動きが悪くなつたり、動かそうとすると筋抑制が働いたりします。これは先生が仰つたように関節を動かなくすることで安静にしなさいと云う危険信号、いわば生体防御反応かもしれません。しかし、水が溜まりすぎて関節が動かなくなつてしまふと関節が硬くなつたり(関節拘縮)、関節周辺の筋力の低下が進んだりして、病態が不可逆的となつてしまふ。このようにして溜まつた水は、関節液の成分は正常とは異なつて潤滑剤としての役割が落ちておらず、軟骨を分解する酵素が含まれているので抜いた方がよいです。ただし、抜いた後に薬剤としてのヒアルロン酸を注射します。

(吉野) 大変よく分かりました。お聞きしたことを頭に入れて対処したいと思います。内尾先生のお仕事を伺つてみると、非常に高度に熟練した伝統技術となんか関係があるような気がするんですが。

(内尾) そうです。私たちが開発したのは、宮大工の概念をハイテクで具現化した骨折手術支援システムと云うものです。まさに伝統と研ぎ澄まされた技術の融合によって素晴らしい神社を建設する宮大工のような技を医療、手術に最適な形で生かしたいと思っています。

(吉野) 何か先生のお話を聞きしていると、先生の育つた環境、経験が濃縮され生かされているような気がするんですが、先生は奥出雲の横田高校ご出身とお聞きしましたが、どういう環境で育つたのですか。

(内尾) 私は奥出雲町の角と云う所で生まれました。私はこの生まれ育つた地域に限りない誇りと感謝の気持ちをもつておらず、私の家で父はソロバンの製造に関わっていました。奥出雲がソロバンの生産の中心であったのはご存知ですか。

(吉野) よく承知しております。いわゆる雲州ソロバンの産地で奥出雲の横田が中心だったと聞いております。実は、私は体を動かすことは不器用なんですが、指先は非常に器用だったんです。ですから、小学校の時、学校でソロバンを習つた時、先生から“日本商工会議所のソロバンの検定試験があつて同じクラスの何人かの女の子が受験に行くから吉野も受けに行け”と云われて、ソロバン塾で習つたことも、クラブでやつたこともなかつたんですけど、急に受けに行って、一回目で四級と五級に合格して、半年後その次の試験で、三級、小学校六年か中学校一年の時二級を受かつたんです。まともに習つていませんから酷いもので、暗算なんかまったく我流の筆算でやつたんですがね。その頃ソ

ロパンと云うのがすごく繊細によくできていることを知っていました、どこで誰が作っているんだろうと思っていたんです。後でそれが横田で作られており、雲州ソロバンとして全国的に有名であることを知り吃驚したことがあります。内尾先生のお父さんも関わっておられたんですね。

(内尾) そうです。私の父はソロバンを作る職人でした。母もソロバン工場で働いておりまして、私が生まれた当時は、工場に隣接した長屋で他の工場で働く職人さん達と暮らしていました。学校から帰ると、工場に行ってソロバンの珠を作ったり、桁を入れたりする職人さんの仕事はよく見ていました。しかし、私は恥ずかしながら、ソロバン職人の息子なのに珠算検定は10級しか取っていないんです。貧乏だったので、スキーは職人さんに作ってもらった竹スキーでした。竹スキーで学校のスキー教室に出ていました。ただし、直滑降しか滑れませんけれど、おもちゃもなかつたので、ソロバンを作ったあとの木切れやソロバンを包装する段ボールの端でロケットや船を造っていました。整形外科医になりましたのも、この子供の頃の周りにおられた職人さんの高度な職人技・技術に接していたことが大きな影響を与えたように思います。

(吉野) そうですか、やっぱり、その頃、日本は、特に地方はあまり豊かでなかったですが、子供にとってはとても素晴らしい環境で、地域と密着した生活で、楽しかった思い出がたくさんありますね。私も竹でスキーまがいのものを作った家の前の道路や川の土手の坂で滑っていました。半分しゃがんで滑ることが多かったですが、当時は平野部の玉湯のあたりでも結構雪が降りましたね。先生の小、中学校の頃の横田のあたりの状況はどうだったんですか。

(内尾) そうですね。横田は中国山地の麓の盆地で雪が降ると1mはざらに積もっていました。風呂焚きと雪下ろしは子どもの仕事で、雪が積もると雪の重さで障子が開かなくなってしまいます。気温も零度以下になることも普通で、水道管が破裂したり、廊下に出していた漬け物がカチンカチンになつたりしていました。冷蔵庫内の方が温かいので凍らさないために冷蔵庫に入れるような状態でした。こたつは炭団をいれた掘りごたつで、家族4人こたつを囲んで寝ていました。当時、よく一酸化炭素中毒で死ななかつたと思いますが、サッシもなかつた時代でしたのですきま風が入つていてかえつて助かったのだと思います。朝ふと起きると、すきま風から入つた雪が自分の寝ている布団の頭のところまで来ていたのを覚えています。また、屋根に上がって雪下ろしをすると1階部分は全部埋まって昼間でも灯りをつけないと真っ暗になりましたね。今ではさすがに1mは積もりませんが、40~50cmは積もると聞いています。

このように自然は厳しかつたのですけれども、学校帰りの畔道で虫やカエルを捕まえたり、ラジオ体操の帰りにカブトムシを捕まえたり、はでぎ（稻の束を干す竹で組んだ櫛）に登つたり、そこから積んでいたわらの上に空中前転

したり、いろんな遊びをしていました。その時の自然の中での経験や感覚は、私の中で空間認識や美意識の形成に大きく関与しているのだと思います。

(吉野) 実は世の中不思議なもので、私、週の初め月曜日に大阪から松江に来て、週末、金か土に大阪に帰ると云う日々を送っていますので、夕食はホテルの近くの色々なお店でとることが多いんですが、ホテルの裏にある大阪城と云うお好み焼き屋さんで、面白い方に会いました。元々、高校の先生らしかつた方で、今は島根県の歴史なんかにも詳しいので色々なところで講演なんかをされている女性の先生でして、ある時話していて、吃驚したんです。なんと横田高校でさつきお話をした県庁の福間直さんとか内尾先生を担任として教えたことがあると仰つたんですね。皆さん良くできて頑張つてくれたので自分の誇りです、と仰っていました。もっとおられて中には皇宫警察の幹部になつた人もいると仰っていました。福間さんに聞くと先生が怖かったと云っていましたね。

(内尾) そうです、川島美美子先生ですね。担任をしてもらいましたが厳しい先生でした。やっぱり怖かったです。それにしても世の中狭いものですね。

(吉野) そうですか、やっぱり、怖かったと云うのは非常に熱心に熱意を持って指導されたと云うことでいい先生でしたでしょうね。

(内尾) はい、そうです。私はそれまで田舎の高校でボヤッとしか生きていませんでしたので、勉強についても競争相手もいませんので自分でまあこんなところかと妥協していました。でも、川島先生は妥協を許さなかつたですね。自分が目指す目標・夢に対しては妥協してはいけないと。当時、横田高校で大学進学しようとしたのは250人中10人くらいでした。しかも理系は5人ぐらいで、理系進学希望者だけストーブを囲んで数IIIとか物理IIをやつしていました。

(吉野) ところで、そのお好み焼き屋さん、大阪城と云う名前なんです。大阪となつてゐるんで、最初にお店に行って食べたんです。その時、そこの私より少しだけ先輩の経営されている女性の方に、"大阪城と云うのは大阪にご縁があつたから付いた名前ですか"と聞きましたら、"いいえ違います。おおさかじょうと読まないんです"と仰つたんですね。それでしばらくじつと考え込んでいたんですが、突如ひらめきまして、"分かりました だいはんじょう（大繁盛）でしょう"と云いますと、"素晴らしいですね、これまで当たつた人は殆どいなくて、先生が確か二人目です"と仰いました。私、大阪でいろいろ下町で外食もしましたから、そんなところのセンスがあるんですね。面白いものですね。

先生、その他、横田、奥出雲で面白い話があつたら教えて頂けませんか。私、島根、特に出雲とその歴史については限りない自己流の解釈と自慢をする性質でして、もしか

すると先生と良く似たところがあるか知れませんので、その辺の出雲の国の自慢話はまた別の機会にやりましょう。

(内尾) ご存じの通り、横田は素戔鳴尊が降臨された土地です。八岐大蛇を退治され、稻田姫をお後にされました。八岐大蛇を退治して、しっぽから雨の群雲の剣（草薙の剣）が出ますが、これは砂鉄から作った玉鋼からなる宝剣でもあります。映画「もののけ姫」で、たたら族と云うのが出ますが、これは「かんな流し」で取れる砂鉄から鉄・鋼を作る人たちのことです。映画では、砂鉄を炭でふいごを使って溶かして鋼を作るシーンが出てきますが、たたら製鉄とはこのようにしてつくる製鉄法のことです。この製鉄技術がタタール地方から伝わって来たことから「たたら」製鉄と名が付いたとも言われているようです。ちなみに、その時のふいごは、3交代制で72時間、踏み続けなければなりません。その職を「番子」と云い、そのふいごを「地団駄」（「じ・たたら」から「じだんだ」に変化）と云います。まさに番子は“代わり番子”に地団駄を踏み続けないといけないのです。したがって、「地団駄を踏む」のは島根県で踏まねばならないのです。

それと実は私は若い時大阪の病院に勤務していたことがあって、大阪市内のこと、特に下町のことを多少は存じております。私が行っていた頃は、大阪のキタはおしゃれな町ですが、ミナミは「ベタベタ」の下町で、それこそ「じやりん子チエ」の世界でした。診療していても、患者さんは私のことを「先生」とは言わずに、「にいちゃん」って言います。別に血縁関係はないんですけど、「にいちゃん、腰痛いねん」ってごっつい男性がやってきて、「どう、見せて」って上着を取ってもらうと、消せない龍の絵が彫ってあったりしました。ドキドキしながらも、「この目のところですか」なんて言って、注射をしていました。とても情に厚い人も多くて、付き合いが長くなってくると、年配の女性から「にいちゃん、これ」って診察後に包みをくださるんですよ。何だろうと、空けたら、正体不明の佃煮で辺り一体にすごい香りがするんです。ちなみに帰りの満員電車では、私の周りがいよいよ空いていました。

(吉野) そうですか。いつかそのあたりの話をゆっくりしたいですね。二人とも島根の田舎を出て大阪を経験したわけですから共通点もあるかもしれませんね。

それからもう一つ機会があったらお尋ねしたいことがあります。時々マスコミなどで人間の進化の話があります。魚類、爬虫類、鳥類から進化したとか色々な話を聞いたような気がしますし、生命そのものは海の中で発生して、進化し、その後地上に移って、またあるものは海に返ったり、随分多様な進化の仕方をしていると聞きますが、そう云う進化の話から云うと骨や関節は何から由来していると見るべきなんでしょうか。魚で云えばヒレが変わったものとみていいんでしょうか。指も不思議な気がしますが、教えて頂けませんか。

(内尾) 私もヒトの骨格や関節の発達・進化に興味を持っています。生命の起源は40億年前に遡ると言われます。私たちの体の成分は古代の海の成分と1元素以外、同じと云われます。我々のような両手・両足を持った脊椎動物は生まれてくる際には、まず、軟骨原基と呼ばれる軟骨の塊が造られ、中央から軟骨が徐々に骨に置き換わっていきます。その過程の中で骨の端に残ったのが、関節軟骨です。また、骨の端と骨の幹の間に残ったのが、成長軟骨であり、骨は縦方向に成長していきます。この成長軟骨はやがて骨に代わり、成長が止まります。

進化の過程でも、骨よりも軟骨が先に発達してきます。太古の海には最初は軟骨だけの生物がいました。軟骨魚類も最初海にいたのですが、私たちの祖先のある種の生物はアンモナイトのようなオウムガイ類や軟骨魚類に海を追われ、川に追いやられます。その際に進化させたのが、カルシウムを再利用するための腎臓とそれを貯蔵する骨と云われています。そして、沼地に行った種は干ばつに対して空気から酸素を取り込めるように肺も進化させました。これが硬骨魚類です。そのうち肺をさらに浮き袋に進化させて、再び海にもどったのが条鰭類（じょうき類）と呼ばれる硬骨魚類です。一方、肺のままなのがシーラカンスと肺魚の肉鰭類（にくき類）です。にくき類は、ヒレの中に筋肉と骨があるため、にくき類と呼ばれます。肉鰭類の生きた化石、シーラカンスの泳ぎ方ではヒレをホバリングさせながら、後ろに泳ぐことができます。私たちが、うちわで扇ぐことができますのも、これを進化させてくれたお陰です。今から3億6000万年前、にくき類のある種は太古の海から地上に上がるとき、ヒレを重力に抗して体を支え、手足に進化させました。当初は重力があるために、ワニのように重心が低い動物でしたが、手足が身体を支え、地上より徐々に重心を高くするようになったのです。指は手の延長で作られます。最初は棍棒状であったものが、指と指との間の細胞が死んで分かれ、指が形成されます。ヒトはどうして5本か分かりませんが、5本の種が生き残ったからでしょう。

(吉野) 大変よく分かりました。島根では昔からワニをよく食べましたよね。ワニと云ってもフカ、サメのことですが、子供にとって骨が中途半端でかみ切れるほど柔らかくて、不思議な食べ物と思っていましたけど、生物進化の過程で現れた重要な生物種の名残りなんですね。

(内尾) そうですね。サメは軟骨魚類なので、骨としての化石は残らないのです。歯は化石として残っていますが、それは骨ではなくて皮膚から分化したエナメル質ですから残っているのです。

(吉野) それから、骨、関節と云うことでは、私の様に歳がいって弱くなると云うのもありますが、若くてもスポーツ障害などもたくさんありますね。スポーツによって痛む関節や骨の部所は違うと思うんですが、整形外科学ではこ

れも重要な分野ではないでしょうか。

(内尾) 仰るとおりです。高齢者で生じる疾患は主に加齢変化を基盤にした障害が多いです。ロコモティブシンドロームでの腰や膝の障害や骨粗鬆症などがこれです。一方、若い方で、とくにスポーツで生じる疾患・外傷は、疲労骨折や靭帯や半月板損傷など、部位や病態に違いがあります。そのため、治療法やリハビリテーションのアプローチも異なります。分野としてはスポーツ整形外科学や老年医学などの専門分野があります。

(吉野) 今、プロレスラー、総合格闘技で活躍している崔領二、崔領兄弟を子供の頃からよく知っていますが、二人とも試合の後、必ず整体かマッサージに行っています。これらのスポーツは体にもの凄くダメージを与えるのではないかと思いますが、骨と筋肉は相互に密接に関係しているので、このような体のケアは筋肉などをほぐしたりすることで結局骨や関節をいい状態にすることになっていると考えていいんでしょうか。

(内尾) そうだと思います。運動器は、筋、靭帯、関節や、脳を含めた神経が相互に作用しあって運動機能を発揮します。そのうちの一つが障害を生じれば、全体が機能しなくなり、ひいては人間の日常生活動作に障害が出て、生活の質 (Quality of Life, QOL) の低下を招きます。したがって、各器官をケアすることは全体もケアすることに繋がります。

(吉野) なるほど、よく分かりました。今日は本当に色々なことが学べましたし、面白いお話がでてとても良かったです、有難かったです、これからセンターの中を少しこ覧いただいた後、ご講演を聞かせて頂きますが、お話をとても楽しみになってきました。

我々のセンターのメンバーは皆何か可能であれば医工連携関係の仕事がしたい、色々な形で協力したいと思っていますのですが、何分にも医学、医療には全くの知識もない集団ですので、どうか素人相手と思ってよろしくご指導お願いいたします。これからのご講演のお話がますます楽しみになってきました。今日を機会にこれからできることは何でもご協力したいと思いますので、遠慮なく色々お申し付け頂きたいと思います。よろしくお願ひいたします。

(内尾) 今日はできるだけわかりやすくお話ししようと思

います。本当に今日をご縁にあらためて一緒に何かできればと楽しみにしています。こちらこそよろしくお願ひいたします。

対談者略歴

【内尾祐司】

島根大学医学部整形外科学教授、医学博士。1962年1月10日島根県仁多郡奥出雲町（旧横田町）生まれ。横田高等学校卒業、1986年島根医科大学医学部医学科卒、1990年島根医科大学大学院医学研究科単位修得退学。1998年から1年間、英国Leeds大学に留学。2002年島根医科大学整形外科学教授、2003年大学統合により現職。2009年～2011年および2013年～現在、島根大学医学部副医学部長兼務。日本整形外科学会専門医。専門は膝・スポーツ整形外科。出雲市塩冶町在住。

【吉野勝美】

昭和16年12月10日島根県八束郡玉湯町生まれ。松江高等学校、大阪大学工学部電気工学科、同大学院を経て、昭和44年大阪大学に勤務。昭和63年大阪大学工学部電子工学科教授、その後大阪大学大学院工学研究科教授に配置換え、東北大学大学院工学研究科電子工学専攻教授併任、平成17年大阪大学名誉教授。その間、ベルリン、ハーンマイトナー原子核研究所客員研究員、工学博士、電気学会副会長、日本液晶学会会長などを歴任、多数の国際会議の議長、役員などを努める。

現在、島根県産業技術センター所長を務めるかたわら、島根大学客員教授、長崎総合科学大学客員教授、大阪大学招聘教授、関西電気保安協会理事、電気材料技術懇談会会長、経産省中国地域太陽電池フォーラム座長なども務める。論文1300編、著書50冊、特許150件を超え、大阪科学賞、応用物理学会賞、電気学会功績賞、高分子学会高分子科学功績賞、日本液晶学会功績賞、IEEE（米国電気電子学会）フェロー、電子情報通信学会フェロー、電気学会フェロー、応用物理学会フェローをはじめ多数受賞するものの、生涯研究者をモットーに電気電子に関わらず広い分野の課題、自然に関わる課題に関心を持っている。趣味は里歩き、故郷宍道湖でのたまの釣り。