特集第４部◎刀剣誕生草創期の製造法を巡る考察

菅原総合武道研究所「日本刀研究講座」〔シリーズ特別編〕

鋳造刀剣と脱炭技術の可能性

特集最後を飾るのは、11月号から始まったシリーズ『日本刀研究講座』の特別編として、筆者菅原鉄孝氏が提起する鋳造刀の可能性と、美しい文様で知られるダマスカス刀と日本刀との関係性を考察する。

資料協力・文◎菅原鉄孝　構成◎本誌編集部

菅原 鉄孝　Sugawara Tetsutaka

菅原総合武道研究所代表、日本・中国武術健身協会副会長。1960年、合気道開祖・植芝盛平翁に入門し、翌年内弟子となる（合気道七段）。1975年、天真正伝香取神道流に入門、1986年に教師を授かる。1992年、宮城安一師から沖縄剛柔流空手道の教師を授かる。1989年から邢雁灵老師の中国武術指導を受ける。中国など、海外に赴き合気道と香取神道流を指導。現在、東京都町田市の道場で後進の指導をしている。

1、渡来した作刀技術

日本の刀剣の歴史の中で一番興味が持たれるのは、日本刀がどのような過程を経て〝日本刀〟という独自の刀剣文化に辿り着いたのか？ということでしょう。それには、古墳時代（3～7世紀頃）の刀剣を考察する必要があります。それらには、北方民族の蒙古タタールの影響を受けた蕨手刀が第一にあげられ、次いで蛇行剣（槍）、中国系の素環刀、直刀大刀、円頭大刀などが、朝鮮半島の政治情勢によって高句麗、新羅、百済、唐、伽耶から倭国（日本）にドット流れ込んできたことが窺えます。

この時代の刀剣は、２通りに大別して見ると分かりやすいでしょう。

南方・直刀系（中国、百済、東南アジア・インド系）

北方・弯刀系（アーリヤ人・バルカリアン・ペルシャ、チュルキー・蒙古タタール、朝鮮、伽耶系）

の二つです。この分け方は鉄の作り方にも合致しています。

北方系の鉄（鋼）は海綿鉄法で作られた〝海綿鉄〟（たたらで作られる玉鋼、銑）で柔らかく、南方系の鉄は中国の漢代に発展した炒鋼法（鉱石を完全に溶かしてから取り出して、炒鋼脱炭する方法）で作られた〝鋳鉄〟（固すぎて鍛錬できない超高炭素鋼）ということになります。この二つの製鉄法と刀剣の作り方は、全く違った始点に立っているのです。

刀剣の作り方でいえば、海綿鉄は鍛造が主で、鋳鉄は鋳型に流し込む鋳造法となります。すなわち鋳鉄は固すぎて鍛錬できないので、溶けている間に鋳型に流し込むわけです。しかし、それだけで終わらずに鋳型で形成した刀剣を脱炭（柔らかくする）し、そこか

上写真は鍛造品とみられる儀礼刀（上：新羅 BC57 ～ AD985）、素環刀（中：伽耶 AD42 ～ 562AD）、そして鋳造とみられる蛇行剣（下：三国時代 BC100 ～ AD500）。中写真の下は鍛造品と思われる朝鮮刀と、その刀身（下写真）。

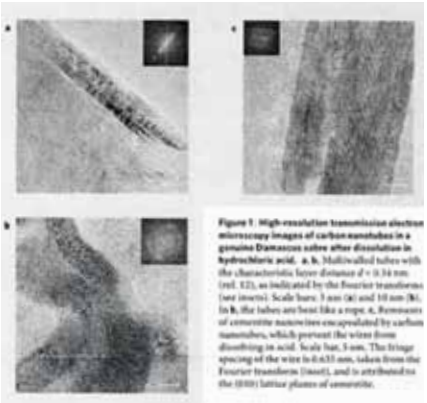
左は東南アジアのクリス（蛇行剣）。明らかに鋳型で鋳造されている。

ら鍛造する技術が考え出されました。

簡単な脱炭方法は100度程度に赤めて水に入れる〝水鈍し※1〟と言われる方法です。これには、さらに高度な技術として、坩堝に鉄を入れて窯の中で高温で焼き鈍して鋼にする技術があります（焼き鈍し。筆者はこれを実験で確認。後述）。

科学誌「ネイチャアー」によると、17世紀にイランで作られたサブレ（太刀）は、インドの「ウーツ」と言われる特別高炭素鋼を使用していたとされ、AsadUllahによってイランで作られたダマスカス・サブレはバナジウムと他の金属が含まれており、繰り返し熱処理されていたとのことです。このサブレの炭素形がカーボン・ナノチューブになっていることがアメリカの研究チームによって確認されたといいます。

ナノ・テクは現代でも無限の可能性があるものとして研究されている分野ですが、鉄の変態点（温度）を利用した焼き鈍し方法はその一種なのです。



「NATURE」掲載された、17世紀のサブレの材質がカーボンナノチューブと化していたことを示す記事。

ところが、残念ながら古代の製作方法の詳細は分かっていません。現在、謎とされる「古刀の製作方法」は、この延長線上にあると筆者は考えますが、日本刀鍛冶は〝鋳鉄法は古法に無い〟としてまったく試みることはありません。実際、鋳造だけでは板目、柾目、杢目などの地肌が見えず、美術刀剣として登録できません。このため、多くの刀鍛冶にとって〝鉄質を変える必要はない〟ものとして、この分野では大きく遅れていることが懸念されます。筆者は、「日本刀は古墳時代に始まった蕨手刀からその鉄質は殆ど発展していない」と考えています。

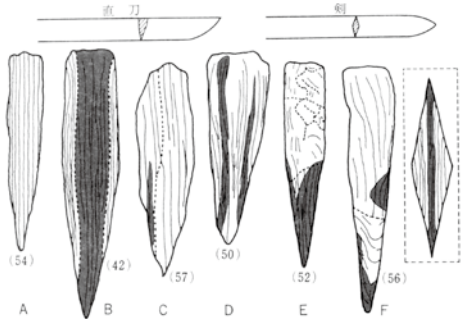
90度曲げても折れなかった炭素鋼ダマスカス刀（上写真の下）。左はその刀身の拡大。

2、世界最古の鉄は？

ところで、4100年前の古代の作刀技術とは、どのようなものなのでしょうか。

青銅と鉄の鋳造がほぼ同時期なので、鉄を両側から青銅で挟むなど、いろいろな鍛造技術が考えられました。鍛着はできないが錆止めとして青銅をかぶせたのです。この〝錆止め〟という概念は、日本刀の世界では全く知られていない分野ですが、コーカサスのダマスカス刀鍛冶は、300年前まで錆止めを行っていたと筆者に説明しました。この錆止めが、鋳造刀をさらに加工させるための鉄質の変化（軟化）を促す元ではないか？と筆者は推測しています。

それというのも、筆者がコーカサスのナルチックで出会ったダマスカス刀は、剣尖部分が錆びて欠落していましたが、所有者が膝に当てて90度に曲げても折れず、手を離すと完全に元に戻ったのです。どのようにして作られたのか推定できませんが、スプリング鋼になっていたのは確かでしょう。日本刀は「折れず曲がらず、よく切れる」と信じられていますが、横から手で抑えると簡単に曲がってしまいますし、自力で元に戻るものは殆どありません。現代の日本刀とこの強靭な炭素鋼ダマスカス刀とを比較した時、「従来信じられてきた鍛造法だけで満足していていいのか？」という疑問が生ずるのです。



古墳時代の鍛造組織（石井昌国・佐々木稔著『古代刀と鉄の科学』雄山閣考古学選所書39　187頁より引用）。網部は炭素量0.5パーセント以上の硬い鉄で、現代刀とはほぼ逆に、柔らかい鉄を外側から合わせている。

3、鍛造の発展状況

ちなみに、日本刀の折り返し鍛錬はダマスカス刀製作技術の応用なのだと考えられますが、そのような認識は日本では全くありません。日本刀の科学的研究の第一人者である俵国一氏は、古墳出土の10振りの直刀を金属学的に調査し、その製作法を、丸鍛え、合わせ鍛え（縦に鍛接）、合わせ鍛え（横に鍛接）の三種に分類しました。図（上図）を見ますと、言葉は違いますが、丸鍛え、三枚鉄鍛え（縦に鍛接）、上下二枚鉄鍛え（横に鍛接）から、いろいろな鍛造技術が発展していったと考えられます。しかし、蕨手刀は古墳出土刀よりも、もっと鍛造が進んでいた可能性があります。なぜなら日本刀完成までには、ダマスカスの折り返し技術が入ってきたものと筆者は考えるからです。ただ、この年代は現在確認することができません。

日本刀を歴史的に見ると、近世以降

※1「鈍し」：金属やガラスなどを適当な温度に熱してから、ゆっくりと冷却する操作。内部ひずみを除去し、金属の軟化を促す。

となって姿形や鍛造法はそれぞれ発展しましたが、先述した刃の薄い炭素鋼由来と考えられるダマスカス刀のような〝鉄質を変える〟という点での発達はなかったものと思われます。

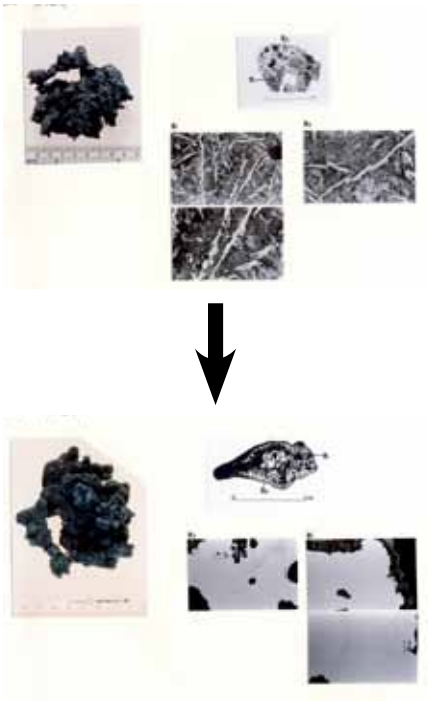
つまり炭素形を変える「焼き鈍し」は行われず、炭素量1・5％あたりから作刀を始め、折り返し10回程度で鍛錬を終え、刃縁（はぶち）で炭素量0・7％位にする鍛錬方法が定着してしまったのです。以後、それ以上の発展は見られません。

戦後日本刀の作刀はGHQによって禁じられ、やがて美術刀剣として復活しましたが、古代製錬や作刀技術はとうに失われ、大量生産的な新刀期時代の鉄づくりと作刀技術だけが残りました。ですから、もっと改良する部分があるのは当然なのです。

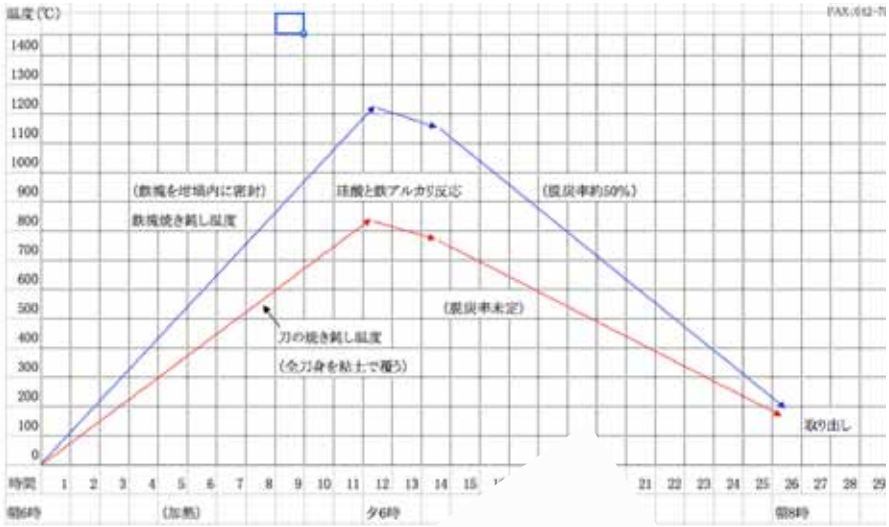
例えば、ダマスカス刀の折り返し技術によると、杢目（もくめ）は渦巻文様にすることができます（詳しくは後述）。しかし、現代の刀工たちは、刀身へ〝穴を開ける〟ことで杢目を出しているのです。今一度、蕨手刀や舞草（もぐさ）刀などの杢目を観察し、いつから折り返し鍛錬が始まったか？ということを研究する必要があります。

4、鋳造後、脱炭する方法

さて、鋳造刀の可能性を考察すると、鋳造後、脱炭する方法が模索されます。さきにも触れたように、これには二通りが考えられます。



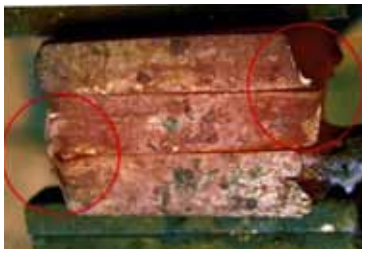
鉄塊＆刀の焼き鈍しにおける温度と時間経過



上の青線が鉄塊を坩堝へ入れて密封し、ガス窯に装填した実験（2005年5月、岩手県久慈市の小久慈焼窯元、下岳毅〔岳芳〕様にて実施）。下の赤線は刀身を粘土で包み、他の陶器と共に焼き窯へ入れた実験。鉄塊の実験では焼き鈍し前と焼き鈍し後では炭素量に約50パーセントの減少が見られた。左は岩手県立博物館の協力で確認された炭素量の脱炭データ。

“ダマスカス刀”折り返し鍛造の実践

刀身に複雑な文様を浮かび上がらせる、ダマスカス刀の鍛造技術を実際に体験してみた。



上は刃寄りに二つの杢目を出した合わせ鍛錬（○部分が斜めに折られている）。下は棟にまで杢目があるダマスカス刀。

左の上写真は赤めたダマスカス刀。杢目を上に向けた棟と、杢目を鎬に出して芯鉄を両側から挟む。刃部は柾目。中央は2本の丸棒をロープ状にねじって芯鉄とした三段鍛えとなる（下写真）。

ハムザット・バチエフ刀匠（左）の指導を受ける筆者。

⑴水鈍し技術

この方法は最も簡単な方法ですが、中国の百練刀に通ずる方法と考えられます。鋳鉄を鋳型に入れて形を作ったら、その刀を１００度に赤めてから水に入れて急冷する方法です。こうすると少しづつ脱炭されて鋼になります。

その鋼を叩いて鍛錬することが可能になるのです。この場合、板目は出ませんが、完全な鋼になれば、低炭素鋼と重ねて折り返すとダマスカス文様が地肌として現れるはずです。

韓国ではこの方法で既にダマスカス仕様の日本刀が作られています。ただ、文様はダマスカス風なのですが、重すぎて持ち歩くことができないものでした。

⑵焼き鈍しの方法と実験

そこで筆者は他の方法を模索するべく、製陶窯を利用する実験を2通り行いました。一つは脱炭の焼き鈍し実験です。

坩堝の中に各種の鋳鉄を入れ、製陶する窯の中に入れてもらったのです。その結果、鋳鉄内部まで脱炭が進み、岩手県立博物館のご協力によって調べたところ50％脱炭されることが確認されたのです。この脱炭実験によって、石上神宮の七支刀の作り方がわかったのです。

石上神宮の七支刀は、表面が鍛えられているので鍛造品と見られていますが、内部は鋳造部分が残っているそうです。この七支刀は韓国で7世紀に作られましたが、既に脱炭方法が確立していたことがわかります。

もう一つ行ったのは、刀身を粘土で覆ったものを窯の中で陶器と一緒に焼くという実験です。折れないダマスカス刀がスプリング鋼になっているのはケイ素が関係していると考えたからです。こうした焼き鈍しによって刀身表面にケイ素が移転し、それが空気を遮断するので同時に錆止めともなると期待したからです。

こちらは実験後、風雨に晒す暴露試験などはしていませんが、その効果はあったのではないかと思っています。炭素形はまだ確認していませんが、何回も行うことで黒鉛球状化することが考えられます。これらの製陶温度は34頁の表で確認してください。

5、ダマスカス刀の鍛造

筆者はダマスカス刀の鍛造法を知るために、その作り方をダマスカス刀鍛冶師ハムザット・バチエフ氏に入門し、教えていただきました。

この時はソ連時代の高炭素鋼、低炭素鋼を利用しましたが、更に三種の鉄（ニッケル、クロム、モリブデン）を挟んだ11枚の鉄片を作ったのです。ニッケル、クロム、モリブデンの代用品はヤスリです。

まず、できた鉄の表面をヤスリで磨いて金肌（酸化物）を落とし、平たくして空気が入らないように注意しながら塊状にします。これを針金で縛り、溶接で仮留めしました。それからが秘伝でした。私だけを残し、全員を外に出して個人教授してくれたのです。

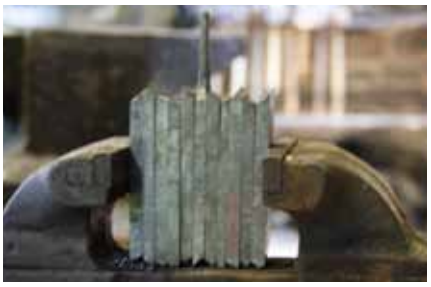
秘伝とは「火作り」でした。ビデオをとるよりも、自分の目で火の色を確認するように言われました。火床の中の温度は１５００度です。11枚の鉄塊の中心まで鉄が溶ける寸前まであげますが、完全に溶けると失敗です。箒につけた水を振りかけながらコークスを最大限に燃やし、一気に温度をあげます。鉄をひっくり返し、ひっくり返し、何回も繰り返しながら、それぞれの鉄片の表面が溶ける寸前まで加熱しました。それから一気に11枚の鉄を鍛着したのです。

折り返し回数は5～6回で良いとのことでした。あまり多いと文様が目立たなくなるからです。日本ではこのように目立つ地肌は下品と言うに違いありませんが、ダマスカス刀の折り返し回数は自由なのです。

ハムザットは出来たダマスカス鉄を二つに切断しました。それから別の二本の金棒を赤めてねじり、芯鉄としました。それを両側からダマスカス鉄の棟と刃部で挟みこんで鍛着したのです。

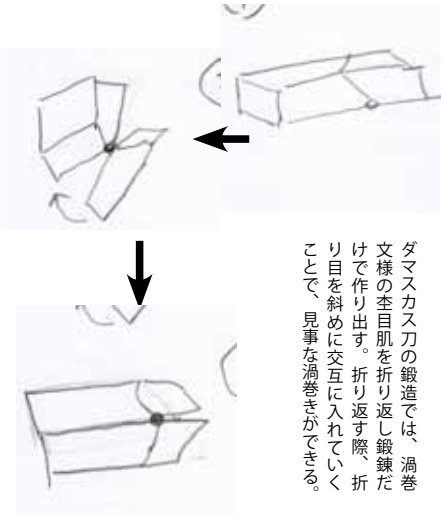
ここでハムザットが筆者に「何か要求はないか？」というので、とっさに「杢目をいくつか出してください」と通訳のイルヤ・ソロニツィンを通して頼んみました。彼は頷き、要求どおり刃寄りに2つ、棟に3つ杢目を出しました。彼の杢目は前述したように穴あけではなく、折り返すときにタガネを斜めに入れて折り返したのです。つまり、ダマスカス刀の杢目は折り返しによって出来たものだったのです。

ところで、蕨手刀は折り返し鍛錬なのでしょうか？　出土古墳刀は殆どが錆びているので、杢目を確認することは困難ですが、窓空けすると可能になることがあります。今後の資料を待た



塊状にした三種の鉄（ニッケル、クロム、モリブデン鋼）＋高炭素鋼、低炭素鋼を 11 枚重ね。一気に鍛着させる。一枚、一枚平たくして空気が入らないように密着する事を確認してから、間に白い川砂（ホウ砂?）を塗り、塊状にした。

ダマスカス刀〝杢目肌の渦巻文様〟



ダマスカス刀の鍛造では、渦巻文様の杢目肌を折り返し鍛錬だけで作り出す。折り返す際、折り目を斜めに交互に入れていくことで、見事な渦巻きができる。

中尊寺の藤原清衡棺中刀（右）。左はその系統と考えられる月山刀の綾杉肌（杢目）。

ねばなりません。

藤原清衡棺中刀には杢目が現れていないようですが、関係が深かった舞草、宝珠、月山などにははっきりと杢目が確認できます。したがって（杢目は）古墳時代後期に開始されるのではないか、と推定されるのです。

月山鍛治は「綾杉肌」と言われる杢目を出すので有名です。山形県の出羽三山神社のホームページには「伝承によれば、出羽国月山の霊場に住んだ鬼王丸（鬼神太夫とも呼ばれる）を元祖とする」と記載されています。

月山信仰の始まりは「推古天皇元年（593）、遠く奈良の都からはるばる日本海の荒波を乗り越えて一人の皇子がおいでになられた。第三十二代崇峻天皇の皇子・蜂子皇子その人である」とあり、やはり古墳時代が開祖と言えるようなのですが……。

ところで「月山」の意味ですが、正しくは「ガサン」ではないかと思われます。ガサンはバルカリアンの信仰する神様の一つで、それは星座に由来しています。コーカサスで確認した「ガサン」と言う人はレストランのオーナーでしたが、このように現在は人の姓となっています。なので、モスクワ滞在中に、ロシア語表記でネットで検索すると、大勢の「ガサン」が登場しました。

6、古刀の再現と現代の挑戦

このように、日本刀の刃文と同じく、美しい文様を備えたダマスカス刀も鍛造で作られるわけですが、先述した韓国の例のように、鋼を重ねるその刃は厚く、重量も重くならざるを得ません。しかし、すると筆者が実見した薄て細身の強靱なダマスカス刀はいかなる工法によって作り出されたのでしょう。そこに鋳造刀、あるいはそのために工夫された脱炭技術が活かされているのではないでしょうか？

私ごとですが、筆者が求める刀剣は、細身の軽い腰反り弯刀で、剣尖近くでつむくような刀姿の、しなやかで折れないダマスカス日本刀です。実際に斬ることを念頭とした刀作りでも、現代の刀工は細身にすることにあまり挑戦しないようです。刀身が軽いと試し斬りに不向きなので、どうしても鋒を重くし、身幅を広く、重ねを厚くする方向になってしまいます。

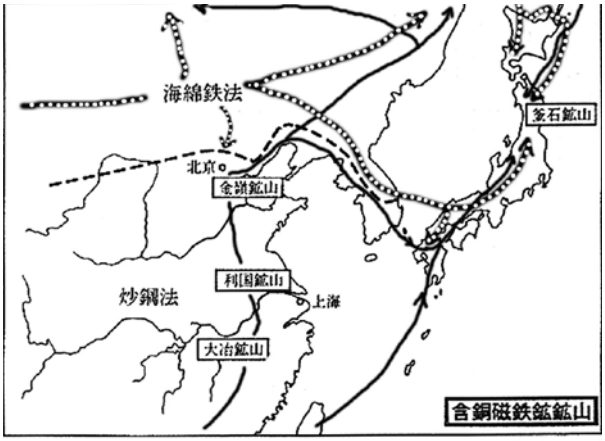
そしてもう一つ指摘したいのは、刃文部分の焼きについて、十分に入っているものの、刀身を土で覆った〝土取り焼き入れ〟では、刀身に焼きが入っていないと考えられることです。なぜズブ焼きで直刃、重花丁子、二重刃紋などを出す研究をしないのでしょうか。

筆者の実験では直刃や重花丁子、二重刃紋も出すことができました。この実験はワシントンDCで2017年11月に行いましたが、実物は研磨中なのでグラインダーをかけた荒砥の写真をここに掲載します。ただ、このナイフでは地鉄の働きを出すことはできませんでした。

「古刀」という意味は形ではありません。地鉄に現れる炭素や焼き入れによって出てくる様々な働き、映りなどのことなのです。これを現代刀匠は出すことができないのです。もう一度古墳時代からの発展状況を見直すことが必要なのではないでしょうか。ちなみに、刃をつけなければ誰でも作刀は出来るのです。

日本の作刀技術を一口で総括すると、鍛造技術だけが発達し、鋳造技術（脱炭法を含む）が全く進化しなかったと言えるでしょう。■

筆者が行ったズブ焼きによる刃文実験のナイフ。左写真はズブ焼きで直刃の刃文の焼入れをしたのち、ただちに上下を返し、棟から刀身にも焼き入れした実験小刀。下写真の上は重花丁子、下は二重刃紋がしっかりと出ている。



炒鋼法と海面鉄（たたら）法のアジアにおける分布および含銅磁鉄鉱鉱山の地脈（新日鉄・基礎研究所、岡田秀弥氏による報告を参考に）。北方から海面鉄法が伝わり、南方からは磁鉄鉱を辿るように炒鋼法が伝わってきたものと考えられる。

◎菅原総合武道研究所（菅原鉄孝）　http://www.sugawarabudo.com/