

江戸時代における奥出雲たたら製鉄の経営の展開

片山 裕之*・北村 寿宏*²・高橋 一郎*³

Development of Management of Tatara Iron Making at Oku-Izumo in Edo Era

Hiroyuki KATAYAMA, Toshihiro KITAMURA and Ichiro TAKAHASHI

Synopsis : Iron making by Tatara at Oku-Izumo developed from reopening in 1638 after prohibition of operation to becoming the center of iron production in Japan in the end of Edo era. The history of its management was studied from the stand point of countermeasure to environmental and economic problems, and quality of the product, in order to get the hints for the future iron and steel making.

(1) Managers of tatara at Oku-Izumo held concurrently the manager of agriculture, forest and stock farming. As the results of the all-round management, social system of circulation was established, under cooperation with the administration.

(2) The change of Tatara operation from 4 to 3 d in the first half of 19th century was trial and error for economical production system, and fixing of 3 d operation was interpreted as the flexible production system.

(3) Superiority of Kera produced by Tatara process as the material for production of sword by forging was originated in un-uniformity. This suggests that conception surpassing the optimum of partial process is valid for cost down of quality assurance and the creation added value of the product in modern iron and steel making.

Key words: Tatara, iron making, environment, forging, flexible manufacturing system, un-uniformity

1. 緒言

奥出雲のたたら製鉄は、江戸時代に、砂鉄採取の禁止のため操業停止の時期から始まり、明治12年の統計では日本の製鉄量の50%強を占めるまで変化した。そして、大正12年まで存続した。

この江戸時代における奥出雲たたら製鉄の歴史を、成熟期にある日本の鉄鋼業の今後を考える上でのヒントを得るという視点から見直してみたい。着眼点は、環境問題への対応、需要変動への対応、そして製品の品質確保と付加価値のつけ方の3点である。

2. 江戸時代の奥出雲たたら製鉄の概観

次の4つの時期に分けて、奥出雲のたたら製鉄の主な動きと松江藩のかかわりについてまとめて述べる¹⁻³⁾。

- ・ 1601～1637年；たたら製鉄の操業停止期
- ・ 1638～1690年；産業としてのたたら製鉄の胎動期
- ・ 1690～1750年；操業技術の進歩と、松江藩の鉄行政確立に至る時期
- ・ 1750年以降；産業としての本格操業および合理化の時期

2・1 たたら製鉄の操業停止期（1601～1637年）

それまでは、砂鉄の採取は、山砂を掘って谷川に流し、水の流れを利用して、分離・採取するという方法であった（鉄穴（かな）流し）。山砂の中に含まれる砂鉄の量は10wt%弱であり、採取率は約15%と低かった。すなわち、1kgの砂鉄を採取するのに約70kgの山砂を川に流していたことになる。この方法で得られた砂鉄を利用して、農民が副業として小規模なたたら製鉄を行っていたが、無統制で行われるこの砂鉄採取によって、斐伊川水系の川底が高くなり洪水が起きやすかった。藩主が堀尾氏と京極氏の時代は農業生産を守るために砂鉄採取が禁止され、原料が入手できないので、たたら製鉄の操業も行うことができなかった。

2・2 産業としてのたたら製鉄の胎動期（1638～1690年）

京極氏の末年（1637年）に砂鉄採取は解禁されたが、この時期には、奥出雲のたたら製鉄はまだ専業化せず農閑余業の段階であり、生産量も日本の他の地方と比べてとくに目立った状態ではなかった。冬の間に山を崩して谷川に流し、田植が終わると夏の間にそれを採取し、その砂鉄を使って秋に数回から10数回、たたら場で製鉄の操業するというような形態であった。このような製鉄をするものは多郡内では地主層の中に20数人いた。

松平氏の松江藩は鉄の生産に眼をつけて、1648年に鉄

平成16年4月26日受付 平成16年6月9日受理 (Received on Apr. 26, 2004, Accepted on June 9, 2004)

* 島根大学総理工学部 (Faculty of Science and Engineering, Shimane University, 1060 Nishikawazu-cho Matsue 690-8540)

* 2 島根大学産学連携センター (Corporate Research Center, Shimane University)

* 3 総原記念館 (Itohara Museum)

製品買い上げによる専売制をしいた（御買鉄制度）。1672年には鉄専売で藩収入の約54%に相当する利益を得たという記録がある。

2・3 操業技術の進歩と松江藩の鉄行政確立に至るまでの時期（1690～1750年）

この時期に、たたら製鉄の設備、操業は大きく進歩した。それまでのたたら炉の中に風を吹き込む装置は「吹差ふいご（人間の手の力を利用する）」であったが、1691年に新式の天秤ふいご1対が導入されたという記録がある。天秤ふいごは、人間が装置の上に乗って踏み板を動かす方式で、吹き込み速度は増え、たたら炉の生産が増えることになる。また、たたら炉を覆う建物（高殿）が設けられて屋内作業ができるようになり、これまでのように秋だけでなく冬も操業が行えるようになった。その結果、たたら場の操業回数も増えて、1707年には毎年操業するようになり、それに伴って操業も安定し、製品の販売も順調に進み始めた。

砂鉄採取法は、洗樋を作って人工的に砂鉄を比重選鉱して採取する方式に徐々に移行してゆく（その普及は1750年以降であるが）。これによって、川に流れる土砂量は減少するとともに、砂鉄の採取比率も約2倍に向上し、山砂中の砂鉄分の30%くらいが採取できるようになる。

販売される製品は、それまではたたら炉で生産された銑鉄であったが、大鍛冶技術をもつものと連携し、後には傘下に組み入れて、銑鉄を割鉄（低炭素）に加工して出荷する一貫体制が取られるようになる。このたたら場と大鍛冶場の総合経営者が出雲では「鉄師」と呼ばれている。この一貫製造体制によって利益も増加して近世企業たたら場の経営が確立する。

この時期、技術の進歩を設備に結びつけようとする設備投資が増えることから、鉄師の数が絞られる要因と、一貫製造体制によって利益が増えたことから参入するものが増えることが絡み合って、1659年；13家、1709年；6家、1711年；9家、1719年；12家というような増減を繰り返している。

この過程で各鉄師が一貫製造体制確立によって経営体として実力をつけ、大阪の間屋と直接交渉して、できるだけ割鉄を有利な価格で売りたいということを要求し始め、販売権をめぐる藩と綱引きをした。そして、藩の専売制（御買鉄制度）は中止されたり、再開されたりを数回繰り返すが、1722年に最終的に廃止された。

1726年に松江藩は、「鉄方御方式」を定めた。これは、鉄師のうち財政基盤が堅く、製鉄実績がある9人に限ってたたら製鉄を許可し、先納銀制を強化した。この方式は明治初年まで存続した。

先納銀制とは次のようなものである。藩収入の90%は秋に収納される年貢米である。藩は年度始めには現金収入がないので、それまでのつなぎ資金として、秋に米で支払うと約束して鉄師から4月から9月に、たたら場1ヶ所に

つき銀15貫匁、鍛冶屋1ヶ所に銀5貫目を先納させる。そして10月になると、その時点での米の平均値段に月1歩8朱の利息を加えた金額を米で清算するものである。藩にとっては、現銀がない時に低利で銀を調達でき、秋にその返済も米で行うので有利である。藩から鉄師に課せられる負担は先納銀制のほかに運上銀制がある。運上銀制は、今日で言えば営業税に類するもので、営業月数にそれぞれ一定額を乗じたものを各鉄師がそれぞれ納めたものである。鉄師にとってこの負担は先納銀制より小さかった。

その代わり藩は9鉄師の関連する村々の、「鉄山（炭を作る樹木の伐採用）」、「腰山（雑木林）」、「鉄穴山（砂鉄採取用）」をたたら付きのものとして保護し、管理も任せて便宜を与えた。この結果、鉄師が支配した山の平均4割が鉄師所有のもので、残り約6割は藩有山林ということになった。鉄師はこの広大な山林を利用して、樹木の成長にあわせて計画的に伐採し、山を荒廃させることなく必要な炭製造用の樹木を得ることができた。

また、9鉄師は、それぞれの居住地を中心とする小領主的存在になり、抱える小作人の賃仕事の場も与えることになって、農鉦工一体の奥出雲農村が育っていった。これは、砂鉄・木炭の生産と運搬、鉄製品の搬送に従事する多数の農民と、たたら場・大鍛冶場および炭焼き等で働く専業者で構成されていた。明治初年の統計から推定すると、製鉄従事者は約2万人で、農家1戸あたり2人強になる。なお、村における社会的地位は、たたら場の操業を預かる村下よりも、鋤塊から鋤（はがね）と歩鋤の分離・選別を行う職人や大鍛冶場の職人の方が高かったという。

2・4 産業としての本格操業期および合理化の時期（1750年以降）

それまでは、たたら場の原料である砂鉄と木炭は、あちこちから人の背でたたら場に運ばれてきた。ことに木炭は嵩張るので木炭を運ぶ回数は砂鉄のその数倍にのぼる。そこで「粉鉄4里に炭3里」という言葉が生まれた。木炭が運べるのは3里が限界で、それを超えると炭焼き場を追ってたたら場が移動しなければならないという意味である。したがって、25～30年生の木がある山を求めて炭焼き場が移動すると、たたら場も3年から10年ごとに移動せざるを得なかった。

鉄師が藩の軍馬の飼育を引き受けたことから、この状況が変化した。1767年に、藩は仙台・薩摩等より種馬を輸入して良馬の繁殖を図ることにした。松江藩の馬制が整いはじめると、その重点が奥出雲、とくに仁多郡に置かれる。飼育に適した地であったことと、水田地主、とくに鉄師が牧畜振興と、それを利用した輸送力増強に熱心だったためである。馬の頭数の増加により、砂鉄と木炭の搬送が容易になったので、1780年代には、鉄師はたたら場を経営に最も適した地に固定することになった（永代たたら）。これによって、たたら炉の地下構造を念入りに行えるように

なり、操業が改善されることにつながった。なお、馬の厩肥は土地の肥沃化に用いられた。

宝暦年間（1751～1763年）に洪水被害により農民から鉄穴流し反対運動が超こり、一時、鉄穴流しが禁止された。しかし翌年、鉄師からの納入金で藩による河川浚渫を条件に解禁されたが、洪水が収まらなかったため、稼動鉄穴数の制限が行われる。これとともに、前述の洗い樋型の砂鉄採取法が普及する。

このようにたたら設備、操業技術が進んで鉄生産量が増えて当時の緩慢な鉄需要の伸びを上回ったこと、および1780年に幕府が鉄の自由販売を禁止する政策をとったことの影響で、1795年頃から鉄価格の暴落が起こった。ついに1797年には鉄師らが、松江藩に援助を願い出る。これに対して松江藩は藩吏を大阪に派遣して鉄師代表とともに鉄問屋と交渉して大阪の資本家より資金を借り入れることなどを行った。その後、鉄師らは1800年頃から50数年かけて、たたら操業の合理化、改善を行い（四日押から三日押への変化など）、確立された方式は明治初期まで続けられた。

たたら製鉄による鉄生産は、明治中期以降、洋式製鉄法の導入によって競争力を失うが、奥出雲のたたら製鉄は、さらに鋤の比率を増やすことによって大正12年まで生き延びた。さらに、製鉄をやめた後も、昭和40年代にエネルギーの主体が石油に代わるまで炭焼きが産業として行われ続けた。

3. 環境問題への対応という視点から

たたら製鉄は、一般的に環境破壊の例として取り上げられることが多い。しかし、奥出雲のたたら製鉄においては、次のように、今日、目標とする循環型社会の見本になるようなシステムが出来上がっていたことが注目される⁴⁾。

- ・砂鉄採取時の廃砂は、川に流さないように、洗樋で分離し、谷間の埋立てなどに用い、農地拡大に利用した。
- ・木炭用の樹木の伐採を、生育に合わせて場所を移動して行ない、山林を荒廃させなかった
- ・藩の軍馬の飼育事業と、その軍馬をたたら製鉄の原料、製品の輸送に利用することがうまく組み合わせられて行われた。また、馬の糞も、埋立て地の肥沃化のために有効利用された。

江戸時代のたたら製鉄の経営者は、安芸、備後、備中、伯耆、石見では多くの場合、商業資本であった。また、江戸後期の東北では藩の直営であった。それに対して、出雲の鉄師はもともと大木田地主であったことが特徴である³⁾。この鉄師がさらに山林管理者、牧畜業者も兼ねて、農業、鋳工業、山林業、牧畜業の全体的視点から経営を行った結果として、上記のような見事な循環型システムが実現され

たことになる。また、紆余曲折を経たあと確立した、松江藩との連携関係もそれを支えた⁵⁾。

明治以降、各産業の規模が大きくなり、分業化が進んで、各々の部分最適化が追求された結果が、今日の環境問題の原因になった。現在取られている環境対策は、今の状態をなんとかしなければならないという意味では必要性は認められるにしても、長期的視点から見ればリーズナブルかどうか疑問であることも見受けられる。奥出雲のたたら製鉄をヒントに、量的な影響力が大きく、また関連する分野も広い鉄鋼業が、現在よりもさらに広い視点で全体のことを考え、行政と連携して社会を牽引してゆくことが期待される。

4. 需要変動への対応という視点から

19世紀の前半に、奥出雲たたら製鉄の操業法は、Table 1に示すように四日押しから三日押しに推移し、1856年以降、完全に三日押しになった⁶⁾。その背景には、生産能力が需要を越えて鉄価格が暴落し、それまでの操業方式では経営が成り立たなくなったことがあるのはまちがいないが、四日押しから三日押しにすることによって、具体的にどのような利点があり、なぜ、それが定着することになったかについては定説がなかった。

これについての著者らの結論は、「さまざまな試行錯誤が行なわれ、結果的に需要変動に対応するフレキシブル製造法として三日押しが定着することになった」ということであるが、その推論過程⁷⁾の概要は以下のとおりである。

(1) 奥出雲のたたら製鉄で原料として用いられる真砂砂鉄は、赤目砂鉄に比べて、塊を生成しやすい。1750年以前は、大きな塊が生成すると割る手段がなかったので、たたら操業においては、それが生成しないようにすることが重要であった。そのためには、砂鉄／木炭の比、および送風速度を抑える操業条件が取られていた。

(2) 1800年頃から、増鋤（砂鉄／木炭の比を上げる）増風（送風速度を上げる）などが試みられた（すでに、1750年台に鋤塊を割ることが可能になっていた）。それによる経済効果の第一は、操業回数が増えて生産量が増えることである。しかし、絲原家の記録によれば、1828

Table 1. Variation from 4 d operation to 3 d (Itoharu)

Year	4 days operation	3 days operation	Ratio of 3 days operation
1781	112	0	0%
1801	12	0	0
1826	24	10	29
1828	27	7	21
1829	30	9	23
1830	51	27	35
1831	41	38	48
1856	0	71	100

Table 2. Variation of ratio of selling price of Hagane to that of Wari-terasu (Itohara)

Year	Ratio of selling price of Hagane to that of Wari-terasu
1826	0.59
1830	0.56
1835	0.58
1840	0.64
1845	0.66
1850	0.48
1856	0.46
1860	0.49

年までは三日押しへの移行に伴って操業回数はかならずしも増加しておらず（需要に制約されたと思われる）、その効果は発揮できなかったようである。

（3）考えられる経済効果の第二は、利益の大きい製品の比率を高められることである。販売される製品は、四日押の場合は割鉄が約95 wt%、釧（はがね）が約5 wt%であるのに対し、三日押の場合には、割鉄が約75 wt%、釧が約25 wt%になる。

割鉄に対して釧の価格比が高ければ、釧の比率を高くできる三日押しの方が有利である。実際、（釧の価格）／（割鉄価格）の比はTable 2に示すように1845年頃までは、約0.6であったが、その後、約0.5以下に低下した²⁾。釧の供給量が増えたために相対価格が低下したと考えられる。したがって、この効果も1856年以後、三日押しが定着した理由にはならない。

（4）三日押しの効果としては、このほかに、

- ・銚（ずく）よりも歩釧（ぶけら）の方が、大鍛冶場での割鉄製造作業に有利であった
- ・過酷なたたら場の作業を時間短縮によって改善したなども考えられるが、それが主目的であったとは思えない。

（5）そこで考えられられたのは、「販売される製品の量、種類の柔軟性を高められたこと」である。すなわち、需要が多くて鉄生産量を増やそうとすれば、四日押しより三日押しの方が操業回数をふやすことで対応しやすい。また、釧での販売が有利な時には、生産比率が増えた釧を選別してそのまま販売することができるし、一方、割鉄での販売の方が有利な時には、歩釧を割鉄製造の原料にできるからである。このように、三日押しの方が、鉄種類（割鉄、釧）の需要、価格変動に対応しやすい。この効果が経験的に認識されて、三日押しが定着したものと思われる。

今日、産業界全体への時代の要請は、小ロット対応、需要変動対応であるが、装置産業である製鉄業の場合には本質的に考えにくいところがある。しかし、当時の鉄師も、最初からそのような効果を狙ったのではなく、試行錯誤を経て到達したのではないかということをヒントに、今後、需要変動への対応という視点からもプロセスを考えてゆくべきであると思われる。

5. 製品の品質確保、付加価値向上という観点から

たたら製鉄で作られた和鋼（鋳、釧と実質的には同じ意味）は、現代鋼も及ばないような優れた品質を持っている^{8~14)}と言われている。具体的には、鍛造で刃物を作る時に、折り返し鍛錬性に優れているということ、そして、できたものの工芸的価値が高いということである。

その理由として、これまでたたら製鉄で木炭を用いるので得られた鋳の硫黄分が低いことなどがあげられていたが、実際に鋳の性状調査¹⁵⁾や、折り返し鍛錬の実験¹⁶⁾を行うことで、次のようなことが明らかになってきた。

（1）鋳の断面を研磨してミクロ的成分分布を調べてみると、明らかに溶融過程を経たと思われる部分（デンドライト状）と、溶融過程を経ていないと思われる部分が混在している。すなわち、鋳は成分的に不均一であり、また、溶融過程を経ていない部分などには介在物も多い。

（2）鋳を用いて折り返し鍛錬を行うと、「ボロつかないで」折り返し鍛錬を続けることができる。鍛錬進行に応じて成分均質化と、介在物の小型化、清浄化が進み、鍛えこまれて、優れた刀が作られる。

（3）比較のために現代鋼から作った素材で同様のことを行くと、硫黄含有量は低くても、折り返し鍛錬による密着性が劣る。また、介在物は最初は少なくとも鍛錬の進行とともに増えてゆき（再酸化によると思われる）、出来上がったものは、工芸的価値は別にしても、鋳の場合に比べて劣ったものになる。

鋳が折り返し鍛錬でこのような特質を発揮するのは、鋳の中の炭素濃度が不均一なため、高温で部分的に溶融状態にあることが関係しているのではないかと推定されている¹⁵⁾。すなわち、部分溶融が密着性、鉄の再酸化防止に役立っているということである。

これと対照的なのは、現在の鉄鋼製造法で品質が優れた製品を安定して製造するために取られている、溶解して均一、高純度化、清浄化し、以後の汚染を防止するという方法である。これは、部分の最適化を追求して、それを足し合わせるという考え方である。これは安定した方法であることは間違いないが、品質を確保しつつ全体としてのコストダウンを図ろうとした場合、すでに限度に近づいていると思われる。

この壁を打ち破るヒントが、上記の鋳とそれを用いた折り返し鍛錬法の組み合わせに見られるように思われる。すなわち、最終的に安定した品質あるいは付加価値の大きい製品を得るために、プロセス全体を対象に考えて、もっとも無駄の少ないルートを取ってゆくという考え方である。途中の余裕分を削っているのが不安定さは増すが、これを補うものとして、最近の情報技術の進歩がある。

類似の考え方のものとして、最近、物流管理で取られて

いるSCM（サプライ・チェーン・マネジメント）という方法がある。これは、従来は中間の在庫を確保することで安定させていたものを、全体の情報を一元管理することで、中間在庫の減少によるコストダウンと、欠品防止の両立を可能にするというものである。

鉄鋼製品の品質確保という点から、さらには均一性を超えて付加価値をつけるという点から、製造システム全体を考え、場合によっては不均一も積極的に利用するという方向もあるのではないと思われる。

6. おわりに

なぜ、江戸時代に奥出雲が製鉄の中心になったかについては、これまで

- ・江戸時代の前から出雲が製鉄の中心だったからとか、
- ・たたら製鉄の原料である砂鉄と、木炭を作るために森林に恵まれていたからと言われてきた¹⁷⁾など。

前者については、江戸の中期になるまでとくに奥出雲の製鉄量が他の地方に比べて目立って多いものではなかったこと、また、後者についても、必要条件であることは間違いないが、同じような条件は安芸、備後、備中、伯耆、石見でも満足しており、奥出雲にたたら製鉄が集中してゆくことを説明できない。逆に奥出雲は冬季が長く、屋外作業がしにくいのが不利とも言える。気候的にも不利な奥出雲で、価格変動が激しい製鉄の経営が、種々の困難を克服しつつ、江戸時代に長期間にわたって進展を続け、日本の統計数字が正確になったな最初である1879年（明治12年）には全国の鉄生産量の約50%を占めるに至った理由はなんだろうか。

製鉄の経営者は、安芸、備後、備中、伯耆、石見では多くの場合、商業資本であった。また、江戸後期の東北では藩の直営であった。それに対して、出雲ではすべてが大水田地主であったことが特徴的である。この大水田地主である鉄師が、18世紀初頭の確執期を除いて、松江藩と協力関係にあったことを背景に、独自の農鉱工一体型の経営体制を築いて行った。すなわち、「水田地主、製鉄、山林管理、牧畜を兼ねた鉄師という総合経営者が、全体の最適化を長期的視点に立って考えた」ということがポイントであったと思われる。

これまでたたら製鉄の経営については否定的側面から捉えたもの⁹⁾が多かったが、鉄師の経営および、そのパートナーであった松江藩の鉄行政の成果を過小評価することなく、未来を開くためのヒントにすべきであると思われる。

今後の製鉄業を考える上で、ヒントになりそうなこととしては以下のようなことが挙げられる。

(1) 奥出雲たたら製鉄も数百年のスパンで見ると時代の要求に応じて経営面、技術面で大きな変化を重ねてきた。時間軸を広げて考えると、製造プロセスは固定的に捉えるべきでない。その時代の要求条件の変化にどのように対応したかを考えるべきである。

(2) 環境対応については、鉄作りだけではなく総合的視点から捉えることが有効である。奥出雲たたら製鉄では農林鉱工牧一体という形で行われて結果的に環境対応に成功した。現代製鉄法もこの約10年で大きく考え方がかわり、エネルギーの供給、プラスチックなどの難処理ごみの取り込みなどによって都市型製鉄所の実を上げるようになっていく。今後、さらに広い視野で全体のことを考え、行政と連携して全体最適化の方向に社会を牽引してゆくことが期待される。

(3) たたら製鉄における四日押しから三日押しへの変化の理由も一見わかりにくいだが、それについて試行錯誤の結果、需要変動に対応できるフレキシブル製造方式として定着したと考えられる。

(4) 折り返し鍛錬で刃物を作る場合に鋳が現代鋼より優れている理由を、不均一性の有効利用という観点で捉えた。鉄鋼製品の品質確保におけるコストダウンと付加価値向上のためには、部分的プロセスの最適化を超えて製造システム全体を対象とし、場合によっては途中の不均一性も積極的に利用すべきという考え方を示した。

文 献

- 1) 内藤正中、島田成矩：松平不昧（増補版）、（1998）、松江今井書店。
- 2) 高橋一郎：奥出雲横田とたたら（奥出雲文化3）、（1990）
- 3) 高橋一郎：金属の文化史（産業考古学シリーズ1）、（1991）、アグネ、59
- 4) 北村寿宏、片山裕之、高橋一郎：環境調和型製鉄法へのアプローチ 奥出雲の企業たたらに歴史に学ぶ鉄鋼業の環境対応技術の歴史、島根大学総合理工学部紀要A 31, 291（1997）
- 5) 片山裕之：松平不昧と茶の湯、不昧公生誕250周年記念出版実行委員会編、（2002）、210
- 6) 高橋一郎：出雲の近世企業たたらに歴史、ふえらむ1（1996）、46
- 7) 雀部 実、館 充、寺島慶一編：近世たたら製鉄の歴史、丸善プラネット、東京、（2003）169
- 8) 小塚寿吉：第3回技術講座、日本鉄鋼協会、東京、（1964）
- 9) 小塚寿吉：鉄と鋼 52（1966）、37
- 10) 雀部高雄：鉄と鋼 52（1966）、53
- 11) 清永欣吾：まてりあ 33（1994）、1453
- 12) 窪田蔵郎：図説日本の文化をさぐる1日本の鉄、小峰書店、（2004）
- 13) 鈴木卓夫：作刀の伝統技法、理工学社、（1995）
- 14) 尾上卓生：私信、（1996）
- 15) 北村寿宏、片山裕之、北野保行、滝山直之、白井康幸：日本鉄鋼協会・金属学会中四国支部講演大会（1997）
- 16) T Kishida, Y Satou, H Miyake, Y Murakawa and T Suzuki: Proceedings of BUMA4,（1998）、41
- 17) 司馬遼太郎：街道をゆく7、朝日文芸文庫、（1979）