

開発屋人生のスタートを決めた1枚の溶接金属顕微鏡組織

1. 開発や人生のスタートを決めた1枚の溶接金属顕微鏡組織
- 2 「夜中にパイプが泣く」そして「飛行機に12m長さの太径ラインパイプを積み込み緊急輸送」
3. 忘れられぬ日本製鋼所・住重そして住金溶接仲間と一緒に極厚圧力容器鋼板の溶接技術開発
4. もう一つのプロジェクトX 高溶接性鋼板の開発研究  
溶接部の金属組織学視点からの厚板溶接部脆性と割れ防止の研究

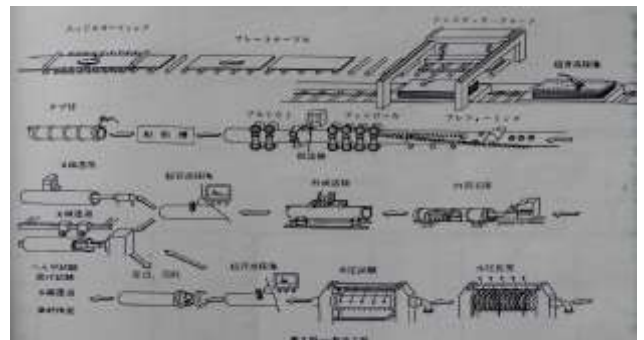
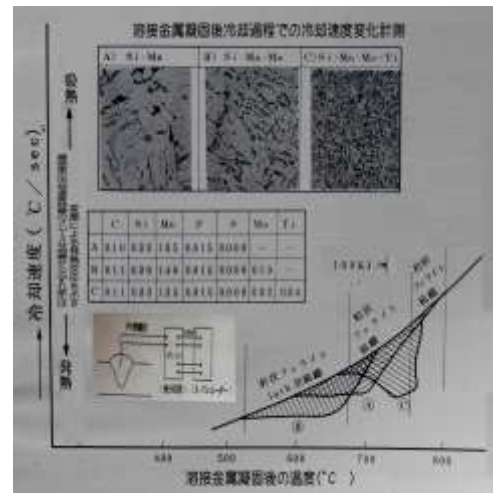
鉄への思い 『閃光』と『肌光』

溶鋼の「まばゆい輝き」と「くろかね」の落ち着いた「肌光」

わたしの心情は「前向いて ただひたむきに」  
 そのengineは「Openness」&「Frankness」  
 技術への姿勢は「不思議やなあ 面白いなあ」  
 「観たり 聞いたり 試したり」



ラインパイプ サブマージ溶接金属 微細粒均一組織と低温でのシャルピー衝撃試験片破壊伝播経路写真  
 溶接直後（録込み直後）で オーステナイト粒界も見えない均一な微細粒フェライト組織  
 これほど均一な微細フェライト組織が 溶接直後で作れるなど予想されなかった時代である



住金和歌山5P 大径管製造ライン

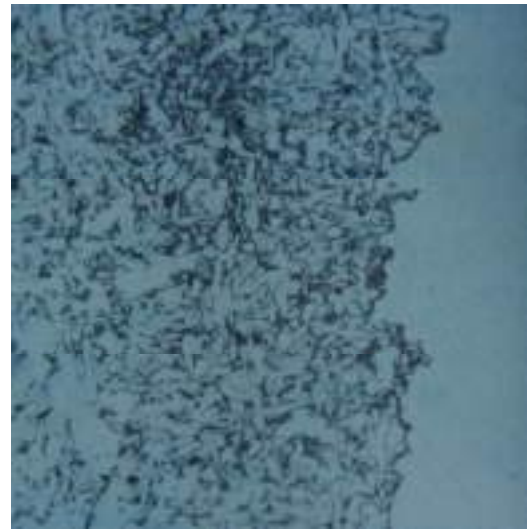
2013年3月1日 作成  
 2021年5月24日 Photo  
 By Mutsu Nakanishi

## 私のプロジェクトX【1】

### 開発屋人生のスタートを決めた一枚の溶接金属の光学顕微鏡組織

忘れかけていたのを思い出しました

2013. 3. 1. 中西睦夫



ラインパイプ サブマージ溶接金属 微細粒均一組織と低温でのシャルピー衝撃試験片破壊伝播経路写真  
溶接まま〔鑄込みまま〕で オーステナイト粒界も見えない均一な微細粒フェライト組織  
これほど均一な微粒フェライト組織が 溶接ままで作れるなど予想されなかった時代である

入社して、溶接の研究開発の世界に飛び込んだ頃、右も左もわからぬ中で、大学で勉強した鉄鋼の顕微鏡組織観察を私の唯一の強みとして、それを頼りにしながら溶接技術の勉強を始めた。

当時 大量の石油・天然ガス輸送パイプライン用の高級鋼管が要求され、強度 (X70 grade) と共に今までに要求されたことのない高い衝撃靱性が溶接部にも要求された。

特に溶接凝固のまま、加工・熱処理ができない溶接金属では、その要求を満たす溶接材料がなく、パイプライン用高級鋼管のトップメーカーとして苦境に立っていた。

「溶接金属全体が、微細なフェライトの均一組織になるよう溶接材料成分を調整すれば そんなもの出来るはずや」と一言言ったために白羽の矢が立って、工場と連携しながら、不眠不休での開発が始まった。当時、工場1シフトすべてに試作のパイプを流させてもらったこともありました。

試行錯誤の中で、目をつけたのが、凝固割れの問題から溶接では絶対だめと言われていたBとTiをごく微量つかうことで、凝固組織を微細化すること。

実用化の最終現場テストをやり終えて、

実用結果を和歌山の工場へ聞きに行った折に、現場で握手攻めに会ったうれしい経験がある。

忘れることのできない研究開発の技術屋人生のスタートである。

その後、現在に至るまで、高級lineパイプのメイン溶接材料にもなった。現在はX120gradeという超強度のラインパイプも使われるようになり、この組織では強度的にぎりぎり、ハードルはもっと高いが、modifyが続けられていると聞く。

いずれにせよ、私の材料開発屋のスタートになった顕微鏡組織写真である。

当時溶接は何やっても新発見・新発明の恵まれた面白い時代で、ぺいぺいが進める開発試作品を何回もワンシフト全部に流してもらうなど、今では考えられぬ時代であった。また、物質特許が取れぬ時代で、この成分系は当時社外へ出せぬ<sup>㊞</sup>となって、溶接の指導を受けた大学の先生からは「成分を明らかにせず溶接金属組織論文書くのはおまえだけや」とよくからかわれたのも遠い昔の楽しい思い出。

大学で勉強した熱処理 それを確認するため、顕微鏡写真用試験片磨きとその観察を地道にやった成果だったとふと思うことがある。はみ出しの材料屋人生の始まり 自慢の光学顕微鏡写真である。

なお、この成分系はその後オープンになって、ラインパイプのみならず、幾多の溶接材料に応用展開され、東京の高層ビル鉄骨や最近のスカイツリーの溶接材料にも適用されたと聞いて、ひとり喜んでいる。

参考: 「溶接金属部の靱性改善の研究」1973. 10.



## 「夜中にパイプが泣く」 そして「飛行機に12mのラインパイプを積み込み、緊急輸送」

前記したラインパイプの高靱性ラインパイプ用溶接材料の開発には次のような後日談がある。梅雨時のある日 陸揚げされたラインパイプが客先の検査で不合格になったという知らせと共に、「埠頭で出荷を待つラインパイプが夜な夜な 耳を済ませると「ピン ピン」と音を立てて泣く」という話が飛び込んできた。私の開発した溶接材料が重大事故を起こした。製品検査も完全に終わっているし、不思議でしたが、埠頭でパイプが泣くと聞いて「これは水素による遅れ割れ 梅雨時の湿気・溶接材料が湿気を含んでいるに違いない」と。生産は全面ストップの大クレームが発生した。



梅雨時の湿気対策など完全な防止対策を早急に作り上げ、生産ができる対応をせねばならない。同時に、出荷した製品の代替製品を緊急出荷も要。船では時間がかかりすぎて間に合わず、対作品を飛行機で送る緊急事態になりました。

長さ12mの長尺で重量のある厚肉太径鋼管でチャータした飛行機には2・3本しかつめぬ。それでも早く代替品を送らねばならず、必死の思いで、飛行機に代替対策品を載せる毎日。その一方で、一日も早く、溶接金属に入ってゆく水素を低減する溶接材料と安定した溶接施工法を確立せねばならない。毎日、工場と研究所を往復しての徹夜仕事。すっぱいみかんをかじりながら対策法をつかんでゆく仕事がつづいた。疲労困憊してゆく上司や仲間の顔を見るのがつらい毎日でした。

やっと安定した低水素の溶接材料・施工法が確立でき、工場へ溶接材料を運び鑄込んだ時にはみんな疲れきった顔が並ぶ中、本当にほっとしました。今考えてもすごい損害だったろうと……。そんな中、文句ひとつ結わらず、解決に奔走してくれた仲間や上司には今も頭が下がる思いで一杯の出来事でした。

一筋縄ではゆかぬ溶接、開発の厳しさを身を持って体験した出来事で、ものづくりが何かを教えてもらえた出来事だったと溶接を離れてからも、また今も時として頭に浮かんできます。

また、その後 研究開発の技術屋の道を歩む中で、幾度となく 同じような経験・失敗を経験しましたが、いつもこの時の経験が問題を乗り越えてゆく力となりました。また、この経験・技術開発が、当時の最先端技術 高度成長を支える大型構造物の溶接技術である溶接用高強度厚板の開発や超極厚 Cr-Mo 鋼板の高靱溶接技術開発など、溶接部の靱性改善や極低溶接材料や溶接割れ防止技術開発のベースとなりました。

昔を思い出しながら 2013. 5. 20.

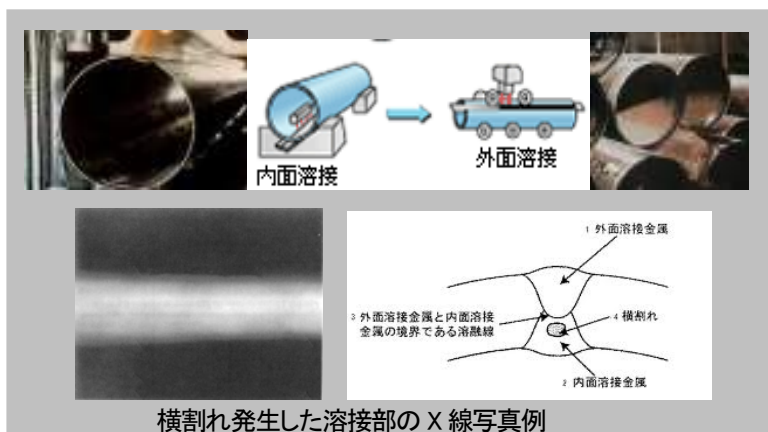
Mutsu Nakanishi

【 HP private file 】 <http://www.infokkna.com/ironroad/startmutsu.htm>

◎ 私の研究暦と溶接開発に携わった1968-1987時代の発表論文 (google Scholarによる 重複あり)  
<http://www.infokkna.com/ironroad/prezen/mutsureportlist1999.pdf>

◎ 山口県美祢での6年 INTEL MPU PGA 開発ビジネス 1999.1  
<http://www.infokkna.com/ironroad/prezen/1999mine.pdf>

ファイルにはパスワードを設定しています。このリンクからは直接開けません。 必要な場合には ご連絡ください



横割れ発生した溶接部のX線写真真例

### 横割れ

溶接で溶接金属中に入った水素量が多い時、溶接後、溶接ビード中央部の脆化域に水素が拡散集積し、溶接で生じた拘束応力とあいまって、溶接ビードの主軸方向と直角方向に微小な割れを幾つも並んで発生することがある。(溶接終了後に発生する低温割れ・遅れ割れの一種で横割れと呼ばれる。) 割れが微小なため、X線検査や超音波検査では非常に見分けがつきにくく判定には熟練が要る。

私のプロジェクトX (3)

2013. 5. 20. 補追 忘れられぬ日本製鋼・住重の仲間 極厚圧力容器鋼板の溶接技術

1970-1980年代は「重厚長大」としてはやされた高度成長の時代。

造船・橋梁・エネルギープラント・石油精製プラント等々 大型鋼構造物が次々と建設された時代。溶接ができる高強度の厚鋼板が開発され、その溶接技術の展開が先端技術としてもっとも溶接技術がクローズアップされた時代 研究開発の一つ一つが新開発・新発見の時代。

それについてゆく苦労は大変でしたが、若き時代一番楽しい研究開発の時代でもありました。

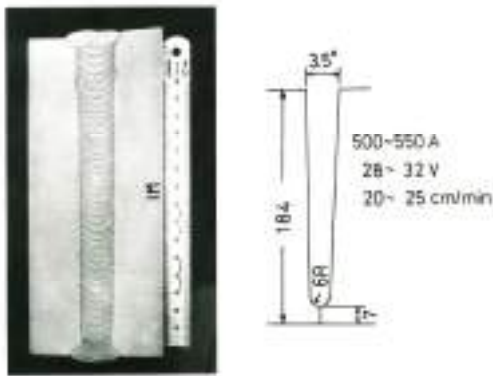
そんなスタートが前記した溶接部の高品質を保証できる溶接技術・溶接材料の開発でした。

ラインパイプの溶接に引き続いて取り組んだのが、100mm厚を超える厚鋼板が使われるエネルギー関係の高強度高靱性鋼板の溶接技術でした。

中でも日本製鋼所室蘭と共同開発研究した極厚 21/4Cr-1Mo 鋼耐熱リアクターの溶接技術開発と住友重機東予との 31/2Ni 鋼低温リアクターの共金溶接技術開発は数年にわたる会社上げてのプロジェクト。

極厚21-4Cr-1Mo鋼耐熱リアクター溶接金属部の横割れ防止と耐焼き戻し脆性靱立SAW材料の開発と実用化  
日本製鋼所室蘭との共同開発実用化により 当時世界最大の250mm厚鋼材の3000トンリアクターに  
実用化。 耐熱鋼の溶接の先端を走る

31/2Ni鋼 極厚低温用リアクターの大入熱溶接法の開発とその実用化 (低温用鋼の大入熱共金溶接法を実用化)  
極低温系溶接材料の開発と積層コントロール法による実用化 住重東予との共同開発実用化



Narrow gap submerged arc welding of 21/4Cr-1Mo thick plate



住重東予と共同開発した 31/2Ni 鋼極厚低温用リアクターの大入熱共金溶接

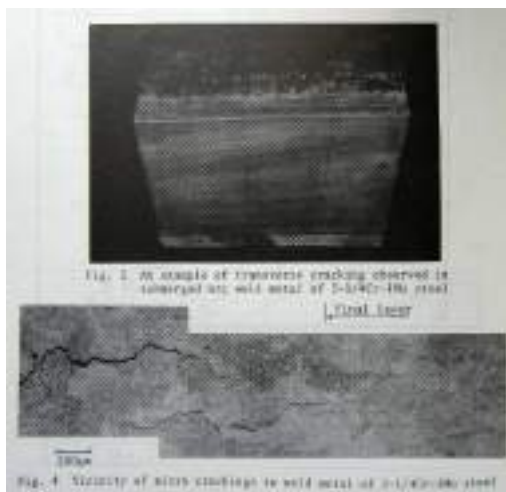


Fig. 1 An example of transverse cracking observed in submerged arc weld metal of 21/4Cr-1Mo steel

Fig. 4 Brittleness of weld metal in 21/4Cr-1Mo steel

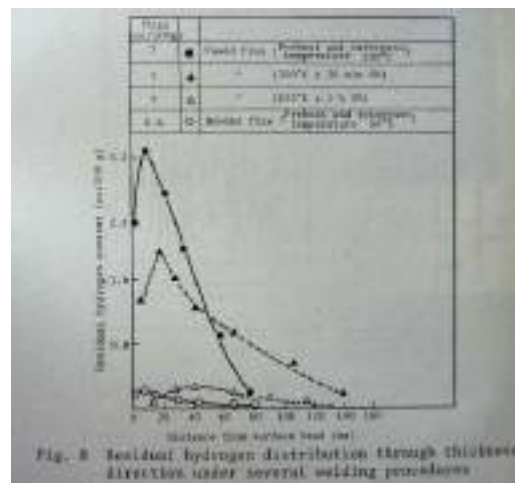


Fig. 5 Residual hydrogen distribution through thickness direction under several welding procedures

日本製鋼所室蘭と共同開発した 21/4Cr-1Mo 耐熱鋼 ハイドロクラッカーの横割れ・焼き戻し脆性防止技術

苦労の連続でしたが、品物が完成し、船に乗って製品が出てゆくときの喜びはひとしお。

客先での苦労した現場での日々や 苦労を共にした仲間の顔が今も鮮明に脳裏に残っています。

長いことお会いしていませんが、日本製鋼所室蘭・住重東予の仲間はどうしているのか・・・と懐かしく思い出されます。

私のプロジェクトX (4) もう一つのプロジェクトX 溶接部の金属組織学視点からの研究  
厚板鋼板の溶接性の研究と高溶接性鋼板の開発

溶接部の金属組織学的検討による厚板溶接部靱性と溶接割れ防止の研究

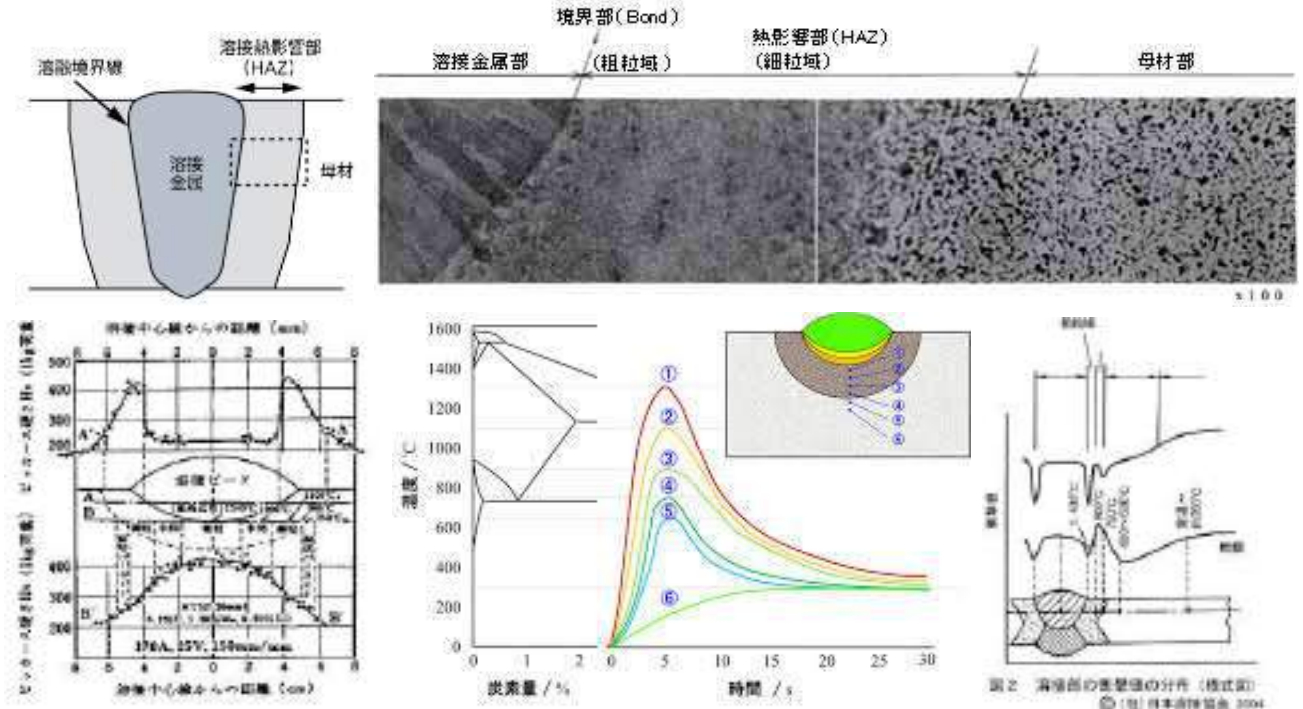
溶接金属の微細組織改善による溶接金属部の高靱化

私のプロジェクトX(1)~(3)

厚板鋼板の溶接熱影響部の研究と高溶接性高張力鋼板化研究

私のプロジェクトX(4)

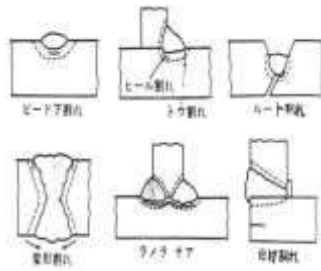
【溶接ボンド部の組織変化】 溶接の急熱・急冷による組織変化が母材特性を大きく変化する



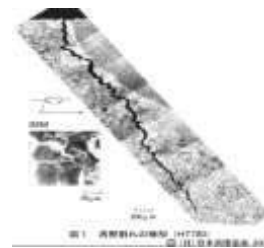
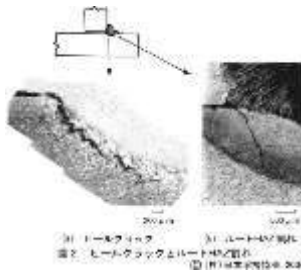
【溶接部の割れの一例】

凝固収縮による応力発生と溶接により発生した拡散性水素が溶接集中部に集積して割れを発生。

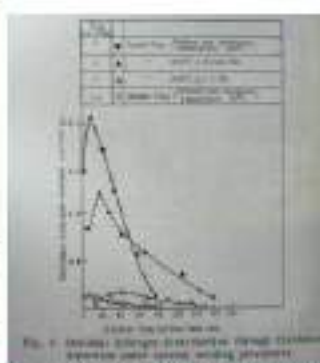
溶接による組織変化がその感受性に大きく影響。また、水素とは別の割れ(凝固割れやSR割れ(クリープ割れ等)もある。



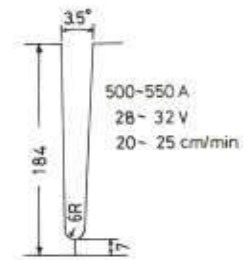
溶接部低温割れ



溶接部SR割れ



極厚鋼溶接金属の横割れ



極厚鋼の狭開先溶接

溶接熱影響部の組織変化と割れ・脆化の関係を冶金・金属組織学の視点から明確にし、鋼板の組織要因(感受性)を数値化評価して、溶接割れ防止・溶接劣化の軽減を図れる高溶接性厚鋼板の開発をすすめるとともに、従来経験的に決められた厚鋼板溶接施工条件を数値化評価できる道を切り開く大きな厚鋼板溶接熱影響部研究の大テーマである

日本製鋼所と夫岡院発した21/40-1% 耐熱鋼 ハイドロクラッカーの溶割れ・脆化防止技術 Narrow gap submerged arc welding of 2 1/4Cr-1Mo thick plate

## 主要研究課題とその成果

1. 高張力鋼板の溶接割れ感受性評価指数 PCMの意味付けと割れ防止施工条件の確立  
溶接割れ感受性評価指数 PCMの意味付け再評価と溶接部低温割れ 統一評価式への拡大展開  
A. 溶接応力集中部への水素拡散による割れ発生限界応力評価式での統一評価とPCMの再評価  
B. 溶接部の割れと靱性へ溶接冷却過程で形成される高炭素マルテンサイト量ならびに組織状態と溶接割れ・溶接部靱性の重要性確認と硬さ・PCMを使っでの感受性統一式へのアプローチ  
C. 溶接部靱性に影響する代表要因として 溶接部急速冷却の金属組織要因・組織変化の核に影響する要因としての 酸素介在物・酸素ならびにフェライトフォーマーSiの重要性の発見

これらの技術展開報告は 元阪大総長岡田実先生を委員長 溶接関係分野の先生方を委員とする住友溶接委員会に報告指導をしていただくとともに、住金技術誌・溶接学会誌・溶接協会・高圧力技術協会・鉄鋼協会等の技術誌に投稿掲載。また国際溶接会議(IW)年次大会と各種共同委員会にも提出評価されている

## 2. 金属組織学研究成果に基づく高溶接性厚鋼板・溶接材料の開発と実用構造物製作への適用

- ◎ 寒冷地向け高靱性L/Pの製造と世界のパイプラインへの展開
- ◎ 高強度の高溶接性鋼板の展開  
造船・タンク・圧力容器・ペンストック・陸機・大型高層建築物等々
- ◎ 日本製鋼室蘭/住金 三菱重工三研究所/住金 住重東予・追浜/住金 溶接技術共同研究会他

## 3. 極厚鋼板の応力除去焼鈍割れ(SR割れ)感受性防止評価

## 4. 極厚鋼板の溶接部 横割れ防止の研究

## 5. 高強度厚板の低Si化による溶接部脆化・割れ感受性の軽減化

## 6. 住金溶接棒(株)技術部との共同研究開発とその実用化

各種高靱性溶接材料・極低水素材料・狭間先サブマージ溶接法・cored wireによる交流溶接法

これらの具体的開発研究は 研究所・溶接研究室の上司・先輩諸氏・研究担当仲間ならびに本社幹部・本社技術・営業各部ならびに各製造所工場全社挙げての協力 ならびに 常に住金溶接工業の技術陣とも一体開発体制で実施することができました。

高度成長期に何もわからず、飛び込んだ溶接研究の職場 溶接をほとんど取り扱った私にとって、新しいことばかり。 仲間に助けをもらいつつ「何事もやってみよう。断らず引き受けよう」

毎日忙しく厳しい職場でしたが、開発課題が次々持ち込まれ、いずれもが新しい時代を切り開く「発見と発明」と燃えた毎日。今 思い起こせば 随分無茶もやった時代ですが、多くの仲間・先輩たちに助けをもらったの本当に充実した日々を過ごせた住金 中研での溶接研究開発人生の始まりでした。

また、これらの研究成果を住友金属誌・日本溶接学会誌・世界溶接学会年次大会 IW-IX委員会にも発表  
これらの研究の中から、大阪大学に論文提出した「サブマージ溶接金属の靱性改善の研究」により  
1976年 大阪大学 工学博士号を授与していただきました。

これも研究を支えてくれた多くの先輩諸氏 仲間のおかげ。

約20年の溶接研究開発から、1987年新素材・電子部品等鉄鋼新分野の事業化ビジネス開発に身を置くことになりましたが、開発取組の基礎・姿勢はこの時代に。

思いはいつも Openness & Frankness ただひたすら前向いて  
見たり聞いたりためしたり

また、なにか破壊事故があるといまだに「溶接部が原因 溶接施工が悪い」と溶接が悪者にされるのを聞くと心が痛む。 そんなことはない 溶接された不連続部が最初に問題になるのは当然にしろ、

どんだけの緻密な施工が行われたか、事態を知らぬ人たちの発言には

いまま「自分でやってみなはれ 次々と周辺事情がわかるでしょう スピード・マニュアル的近視眼に頼っては  
何もでは何も解決しないと。

すでに私のプロジェクト X(1)~(3)に溶接金属の高靱化取組について紹介しましたが、もう一つ取り組んだベース研究テーマ「溶接部の脆化と割れ防止の冶金的探究と高溶接性高張力鋼板の研究」です。

高度成長期 重厚長大の時代。高度成長をささえるインフラ整備・大型建造物の建設にはラインパイプばかりでなく、溶接工法がメインとなり、使用用途・分野が異なっても、溶接のしやすい強度の高い鋼板の開発が必須であった鉄鋼各社。そんな時代に鉄鋼材料研究室から独立して拡充が迫られている溶接研究の一員に加えてもらえた。

「溶接冶金」や日本独特の「高溶接性・weldable」という言葉が広く使われはじめた時代です。

「高溶接性・weldable」とは「溶接しやすい」とでも訳すべき言葉で、日本には「高溶接性鋼板」と呼ばれる鋼板分野があり、高度成長期にはこの高溶接性鋼板の開発に鉄鋼各社がしのぎを削った。

従来の流れていけば健全な溶接接手作り上げるのは職人の仕事であり、その作業は職人たちにゆだねられる。

材料を提供する側ではブラックボックス。「母材の特性損なわず、ちゃんと健全に溶接しろよ」と。

そんな時代に荒海に行く溶接構造の大型船が沈没する事故が相次ぎ、溶接部性能についても材料側で性能コントロールできる鋼板・特に溶接割れ・溶接部の切欠き靱性に対処できる高溶接性鋼板の開発が要求されるようになり、鋼板開発製造の段階から溶接接手性能・溶接施工条件を勘案した高溶接性鋼板の規格標準化とその開発が急務となった。例えば一般的には鋼材の炭素量を上げれば強度は増大できるが、ラフな溶接条件を設定すれば溶接部の脆化や溶接部の割れの危険がらえ、厳しい溶接施工管理が要求されることとなる。

また、高強度鋼になるほど溶接ボンド部の硬さが上がり、溶接割れやボンド脆化の問題が増す。

高度成長期 数々のビッグプロジェクトが並ぶ中 鉄鋼の増産拡大とともに高溶接性厚鋼板の開発とそのための材料研究が必須となった時代であり、開発された高溶接鋼板が大量に供給されるようになって、日本の高度成長を支えたともいえる時代である。

溶接によって 1500 度を超える急速加熱・溶融・急冷を受ける鋼板溶接部は

もとの鋼板母材の性質を大きく変化させるばかりでなく、凝固収縮等による大きな応力や変形が溶接継ぎ手部に生じ、時には建造物の破壊につながる割れや欠陥を溶接接手に発生させる。

これらの特性変化は高温加熱・凝固・急冷の熱履歴による金属組織変化による。

また、溶融した部分と溶融しなかった部分の境界周辺は溶接ボンド部と呼ばれ、熱変化が最も大きい部分で、形状・性質の不連続部で、大きな応力集中を発生して割れ発生の起点となりやすい。

急速な経済発展の中で、建造物の大型化は必須となり、構造的にも経済性からも溶接工法が必須となり、従来の経験や広い施工条件管理のままでは、溶接部の脆化や割れ等の溶接継手性能・品質を安定してまもれなくなつた。

溶接継手部で起こっている実際におひっている現象を冶金的にとらえ、安全・健全な溶接部を形成する施工技術を標準化するとともに、材料側でも継ぎ手の材料におこっている現象をしっかりと解析し、健全な溶接部形成&溶接施工がしやすい鋼材開発が重要になった。特に鋼材重量の軽減から強度の高い鋼が要求されるにつれ、溶接部の冶金変化が大きくなり、これらに対応できる溶接のしやすい高強度の高溶接性鋼板開発が重要となった。

大学時代 鉄鋼材料の金属組織学と熱処理による金属組織変化を勉強してきた私にとっては、高温急速急冷変化のプロセスの違いはありますが、同じ視点・手法での解析展開ができる。

恩師の田村今男先生から学んだ「鉄鋼は柔剛にして、時に応じて その態をかえる」の溶接接手部の変態組織解析実践がテーマ。

すでに住金研究室の上司 伊藤さん別所さんの各種成分の鋼板を集めての膨大な高速割れ試験から導き、世界的に脚光を浴びていた「溶接割れ感受性指数  $P_{cm}$  の物理的意味付け展開」と微量元素添加による溶接熱影響部ボンド脆化の解明とでの検討がテーマに。溶接ボンド部の金属組織変化と脆化や割れ感受性の解明を鋼板の化学組成との関係で整理することがテーマに。

溶接はちょっと大学時代触っただけ。金属組織など見たことなし。

作業場で仲間がやっている溶接を見よう見まねでやって、それを切断・研磨して組織を眺める。一方上司がスタートにと組んでくれた V,Nb,Ti 添加鋼材の TP を熱サイクル通電装置にかけて、再現熱影響部をつくって シャルピー切欠靱性と V,Nb,Ti 添加の影響を調べ、これもまた切断研磨して金属組織を調べる。材料は作業場のそこら中にある。溶接ビードの切れ端ももらって それも顕微鏡観察資料に。

初めて見る溶接熱影響部の組織変化は実に新鮮で面白く、溶接部の熱変化と組織・成分の関係を調べ、再現熱サイクルTPの一部は電子顕微鏡レプリカ観察にも。。。。数々の課題に興味津々で取り組みました。  
溶接なんて…と言われたこともありましたが、毎日が忙しい日々。新しい挑戦をしているとの感じがひしひし。充実した日々でした。  
溶接学会の年次大会にも毎年発表させてもらって、新しい発見・発明 やることみんな日本初やと。

### 溶接現場の毎日の中で

#### 仲間や先輩たちに教えてもらいながら生まれたアイデア 不思議

##### ○ **なんで バタリング溶接したらボンド脆化防げるのやろか。。。。**

溶接作業場で池田先輩が広幅の厚鋼板を立てて、エレクトロガス溶接で開先をバタリング溶接して、さらに再度エレクトロガス接機で追いかけて溶接を完成させる。大入熱溶接接手溶接ボンド脆化が防げる新溶接法。

なんで バタリングしたらボンド脆化防げるのやろか。。。。

酸化物分散が焼き入れ感受性を鈍くして、ボンドの粗大化・粗大フェライト抑制・マルテンサイト形成変化??

溶接金属の再熱ボンド部の不思議のイメージがいつも頭に。。。。

- ##### ○ **極厚 Cr-Mo 鋼板 SR 割れ感受性メカニズム** Cr 含有量の増加で SR 割れ感受性反転の挙動変化をみつけて析出硬化型元素と Cr 炭化物の役割からオーステナイト粒の粒内強化による粒内と粒界部の強度差/バランスの変化が旧オーステナイト粒界の滑り助長のメカニズム Cr 炭化物は粒内変形を通じ応力緩和か… SR 割れについて粒内析出強化によるオーステナイト粒界滑り助長を提案して随分たたかれましたが… Cr 含有量の増加による SR 割れ感受性反転の挙動変化をみつけて、 極厚の耐熱 Cr-MO 鋼の溶接を考えるきっかけに

##### ○ **フラックス入りワイヤのアークスタートの容易さから交流電源による磁気吹き防止溶接のアイデア**

- ##### ○ **厚板開先の裏からの水冷 SAW 溶接**で溶接冷却曲線が変化して、大きな初析フェライト析出が抑えられ溶接金属の切欠靱性が大きく増大するのを知り、溶接金属の均一微細化による高靱化のアイデア展開へ随分多くの成分添加試して…Ti-B 添加溶接材料のアイデアへ

微細酸化物分散による微細フェライト均一組織形成アイデア 酸化物分

##### ○ **低炭素-低 Si** フェライト形成抑制によるベイナイト化推進で

31/2Ni & 9Ni 共金溶接材料の開発 21/4Cr-Mo 鋼き戻し脆化・耐横割れ性 SAW

##### ○ **人工金雲母**への添加雲母切り替えによる極低水素系溶接棒乗りアイデア等々

現場で仲間といつしょに溶接現場に立っていたから 知ることができたアイデアばかりでした

### 住金中研 溶接研究室時代の主要研究取組とその成果

1. Ti-B系微細流フェライト高靱性SAW 溶接材料の開発とラインパイプのシーム溶接への適用  
(酸化物分散核による超微細粒フェライト均一組織化の鋼強靱化研究の先駆け・現在も/Pのメイン溶接材料)
2. 溶接ボンド部の割れならびにボンド脆化の冶金学的研究と改善の研究
  - 溶接ボンド部のSR割れ発生メカニズムの研究と割れ感受性指数の提案  
SR過程で起こる粒界脆化ばかりでなく、粒内強化により生じる変形の粒界集中の影響度がSR割れの発生に大きいことを解明。成分の影響をSR割れ感受性指数としてまとめ 現在も溶接便覧に採用されている。
3. 31/2Ni鋼 極厚低温用リアクターの大入熱溶接法の開発とその実用化 (低温用鋼の大入熱共金溶接法を実用化)  
極低炭素溶接材料の開発と積層コントロール法による実用化 住重東予との共同開発実用化
4. 極厚21-4Cr-1Mo鋼耐熱リアクター溶接金属部の横割れ防止と耐焼き戻し脆性両立SAW材料の開発と実用化  
日本製鋼所との共同開発実用化により 当時世界最大の250mm厚鋼材の3000トンリアクターに実用化。 耐熱鋼の溶接の先端を走る
5. フラックス入りワイヤによる交流ガスシールドアーク溶接法の開発実用化
6. 大入熱溶接用及びクラックフリー高強度鋼板ほか 高溶接性高強度鋼板 & 耐熱 Cr-Mo 鋼板の開発



## 【 中 西 睦 夫 略 歴 】

1968. S43. 3. 京都大学大学院 工学研究科 修士過程 金属加工専攻 卒業
1968. S43. 4. 住友金属工業(株) 中央技術研究所 入社
1976. S51. 12. 大阪大学 工学博士号 取得「サブマージアーク溶接金属の靱性改善の研究」
1980. S55. 4. 同研究所 溶接研究室 主任研究員
1981. S56. 4. 同研究所 溶接研究室 主任
1987. S62. 7. 同研究所 新素材研究部 次長
1988. S63. 7. 未来技術研究所設立 未来技術研究所 新素材研究部 次長
1989. H1. 7. 同研究所 新素材研究部 部長
1993. H5. 1. (株)住友金属セラミックス 出向入社 商品開発センタ長  
同 6月 取締役 兼 商品開発センタ長
1996. H8. 6. (株)住友金属エレクトロデバイス(旧住友金属セラミックス) 常務取締役
1998. H10. 7. 専務取締役
1998. H10. 12. 同 退任
1999. H11. 1. 住友金属工業(株)大阪本社 技術本部
1999. H11. 6. 同 退社
1999. H11. 6. 住金溶接工業(株) 常務取締役 就任 柏駐在
2002. H14. 5. 住溶コーポレーション(株) 社長兼務
2002. H14. 6. 住金溶接工業(株)と日鐵住金溶接工業(株) 事業統合に伴い 常務退任
2002. H14. 7. 日鐵住金溶接工業(株) 発足 [住金溶接工業(株) と日鐵住金溶接工業(株) 事業投合]  
住溶コーポレーション(株) 社長 兼 日鐵住金溶接工業(株) 顧問 就任
2003. H15. 6. 住溶コーポレーション(株) 社長 退任 日鐵住金溶接工業(株) 非常勤顧問 就任
2003. H15. 7. 国立民族博物館 江口研究室  
特別展「西アフリカ おはなし村」 参画
2004. H16. 6. 日鐵住金溶接工業(株) 非常勤顧問 退任
2004. H16. 12. 地球おはなし村 立上げ参画
2006. H18. 4. - H20. 6. 日本聖公会神戸教区広報部 ホームページ更新マスタ

現在に至る

- 1999年 1995年頃 立ち上げたHPを改組し、Mutsu Nakanishi HP「Iron Road 和鉄の道」をスタート  
「Iron Road たたら製鉄遺跡探訪」・「風来坊・Country Walk」・「四季折々」 を掲載中

☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆

### 【 博士号 】

1976年 12月 大阪大学工学博士取得 「溶接金属部の靱性改善に関する研究」

### 【 山口県 美祢での中西の歩み 】

1993. H5. 1. (株)住友金属セラミックス 出向入社 商品開発センタ長  
2. 商品開発センタ長 兼 PGA開発チー長  
6. 取締役兼商品開発センタ長就任
1995. H7. 4. (株)住友金属セラミックスを(株)住友金属エレクトロデバイスに名称更
1996. H8. 6. (株)住友金属エレクトロデバイス 常務取締役就任
1997. H9. 4. 常務取締役 兼 ORGANIC事業推進本部長  
兼 商品開発センタ長
1998. H10. 7. 専務取締役就任  
12. (株)住友金属エレクトロデバイス 専務取締役辞任

### 【 山口県 科学技術 関係関係 】

1994. 4. 山口県 中核技術形成会議 委員  
山口県 マイクロエレクトロニクス研究会幹事
1996. 7. 山口県 産業科学技術振興賞 選考委員
1998. 2. 山口県 センター オブ エクセレンス 構想研究会委員
1998. 9. 1 山口県先端産業育成ネットワークリーダ育成支援委員会委員
1998. 12. (株)住友金属エレクトロデバイス 退社 山口県を離れるため すべての役職辞任

- 【 現所属 】 日本溶接学会・日本金属学会 会員  
住友金属総合研究所 以友会 会員  
三内丸山遺跡縄文発信の会 会員 「関西に縄文の火を」川西縄文の会 会員  
日本聖公会神戸教区神戸聖ヨハネ教会信徒

【 主要研究・技術開発歴 】

1968-1987	溶接冶金 鉄鋼材料	1. 溶接性良好な鋼材の開発 (l/p 厚板 合金鋼) 2. 高靱溶接材料の開発 3. 溶接技術・溶接材料開発 : ボンド脆化 溶接割れ SR割れ 溶接金属靱性 耐熱鋼の溶接
1987-1992	粉末冶金 セラミックス	1. アトマイズ金属粉の製造と利用技術 粉末製管 2. Ti合金・メカニカルアロイニング 3. 機能セラミックスの開発と電子部品への展開
1990-1998	電子部品 セラミックス プラスチック	1. MPU セラミックスパッケージPGAと微細配線ハイブリッド化技術開発とその製造 2. MPU セラミックスLIDの開発とその製造 3. プラスチック BGA の開発とその製造 4. プラスチック ハイブリッド c4 BGA の開発と超微細配線ハイブリッド化技術
1999-2003	溶接材料	技術開発と製造・品質管理 : workability の良い溶接材料の開発と品質安定化

【 主要研究開発業績 】

1. Ti-B系微細流フェライト高靱性SAW 溶接材料の開発とラインパイプのシーム溶接への適用  
(酸化物分散核による超微細粒フェライト均一組織化の鋼強硬化研究の先駆け・現在もL/Pのメイン溶接材料)
2. 溶接ボンド部の割れならびにボンド脆化の冶金学的研究と改善の研究
  - 溶接ボンド部のSR割れ発生メカニズムの研究と割れ感受性指数の提案  
SR過程で起こる粒界脆化ばかりでなく、粒内強化により生じる変形の粒界集中の影響度がSR割れの発生に大きいことを解明。成分の影響をSR割れ感受性指数としてまとめ 現在も溶接便覧に採用されている。
3. 31/2Ni鋼 極厚低温用リアクターの大入熱溶接法の開発とその実用化 (低温用鋼の大入熱共金溶接法を実用化)  
極低酸素溶接材料の開発と積層コントロール法による実用化 住重東予との共同開発実用化
4. 極圧21・4Cr-1Mo鋼耐熱リアクター溶接金属部の横割れ防止と耐焼き戻し脆性両立SAW材料の開発と実用化  
日本製鋼所との共同開発実用化により 当時世界最大の250mm厚鋼材の3000トンリアクターに実用化。耐熱鋼の溶接の先端を走る
5. フラックス入りワイヤによる交流ガスシールドアーク溶接法の開発実用化

これらの研究開発は 高度成長の時代の先端溶接技術として急増するL/P・造船・橋梁・石油精製装置用圧力容器などの建設に使われた高級鋼材の先端溶接技術として重厚長大鋼構造物の建設に実用され、現在もその流れは 続いている。

( これらの業績は 溶接関係の大学教授で組織された住友金属溶接研究会で発表報告するとともに IWI国際会議 溶接学会誌・住友金属誌に多数の論文として発表報告し、掲載されている。 )

6. 1987年 住金での新素材開発リーダーとして、鉄鋼材料・溶接の分野から 新素材・セラミックス・粉末冶金の研究開発に移る。
  - コンピュータ時代のさきがけとなったCPU用セラミック パッケージ技術の開発・事業化に参画し、インテルとの数々の共同開発を通じ、コンピューター時代の幕開けに加わった。
  - また、その後のMPUパッケージのセラミックスからプラスチック化移行技術開発と事業化にもたずさわり、コンピューター時代の国際ビジネスと技術開発のスピードを体験した。  
残念ながら 住金グループはインテルのスピードについてゆけず撤退したが、コンピューター時代の幕開けへの貢献は 大きかったと今も思っている。  
また、数多くの世界の若い先端技術者との共同ワーク・共同討論に参加できたことは 今も自分の研究開発人生の中で 一番の苦しい時代であるとともに面白かった充実した時代である。



特に1996年 インテルからもらったアワード

「 For Your Commitment in Establishment an APCB Line To Support Intel's Technology Needs 」  
は今も誇りにしている。 【参考】 美祿 エレクトロデバイスでの6年

【外部表彰】

1978年 3月	発明協会	近畿地方発明奨励賞	「極低水素耐割れ性ボンドフラックスの開発」
9月	溶接協会	技術賞	「低温用3.5%NIサブマージ溶接技術の開発」
1980年 4月	溶接学会	溶接論文賞	「11/4 Cr-Mo鋼のクリーブ割れ感受性の改善C」
5月	溶接協会	技術賞	「極厚Cr-Mo鋼用耐焼戻し脆化高韌溶接技術の開発」
1982年 4月	溶接学会	田中亀人賞	「交流アーク溶接法SMAC法の開発」
1992年10月	鉄鋼協会	論文賞	「Ti-AL 肉盛溶接部の高韌化の研究」

【住友金属社長賞】

1973年 10月	社長賞	功績賞	寒冷地L/P用高韌性製管溶接材料
1980年 3月	社長賞	改善実施賞	極厚Cr-Mo鋼のサブマージアーク溶接材料
1980年 9月	社長賞	改善実施賞	極厚31/2%Ni鋼板と溶接技術改善
1982年 3月	社長賞	改善実施賞	高炉炉体設計技術の改善
1983年 3月	社長賞	改善実施賞	AL-B 辰極厚高張力鋼の開発 100HT
1983年 3月	社長賞	開発功績賞	加工機用AL-B処理厚鋼板の開発
1984年 9月	社長賞	特別功労賞	SMAC法（住友式MIアーク溶接法の開発
1984年 6月	社長賞	開発功績賞	極低酸素フラックスの開発

【学術論文・学会発表】

google Scholar 世界中の学術論文検索による 12009.1.1. 「中西睦夫」検索で 学会論文・学会発表など149件リストアップ



## 『閃光』と『肌光』 - 鉄への思い -

心情は『前向いて ただひたむきに』その engine は『 Openness & Frankness 』  
技術屋としての姿勢は『 不思議やなあ 面白いなあ 』 『 観たり、聞いたり、試したり 』

『現在の鉄』が『産業の米』ならば『古代和鉄』の系譜は『日本の源流』。  
日本各地には『たたら』と呼ばれる古代から連綿と続く『日本の和鉄』の膨大な痕跡がある。  
今表舞台では見えないが、これら和鉄の流れが「日本を作り、日本の文化・産業を担ってきた」に違いない。  
日本全国の奥深い山々や川筋には、日本に鉄を伝え、鉄精錬をはじめた渡来人に始まる「産鉄の民」の系譜があり、また、日本各地の山深い谷筋には 山を開き作られた鉄の精錬場の遺跡が残っている。  
この精錬場には各地から砂鉄や薪・墨などの原料が集められ、また生産された鉄が日本各地に運ばれていった。海岸沿いまた山を越え、そして幾筋もの川筋をさかのぼり、  
発達した「通商の道 Iron Road」が製鉄の山々から各地に張り巡らされた。  
古くは大陸から日本への鉄伝来の道・日本各地への鉄伝播の道。そして これらは時代を超えて日本各地の文化・産業を担った「和鉄の道」。そこでは多くの人達が交流を繰り返しそして日本が出来てきた。  
1988 年昭和 63 年の夏スタート以来 十数年 日本各地を歩いた「Iron Road・和鉄の道」Country Walk を整理して一冊にまとめました。この country walk は材料研究者としての自分史のような気もしています。そこから 何が出てくるのか・・・

昭和 43 年に鉄鋼会社に入り、鉄鋼材料の研究者としてスタートし、約 40 年 鉄鋼・非鉄金属材料 そしてセラミックス・機能樹脂と仕事の変遷とともに本当に幅広い材料に取組み、材料科学 接合・ハイブリッド化 そしてその機能開発の研究者として、材料開発・実用化開発に関わることが出来ました。

恩師 田村今男先生からは

「鉄鋼は剛柔にして、しかもその態を変える。古くから多くの人々の知恵が使われている。

材料の成分・製造履歴が材料の性質にきわめて重要であり、『先人の知恵を見よ』 」と教えられた。

また、専門の溶接・接合冶金の分野の諸先生・先輩諸氏からは

「溶接のルーツは「奈良の大仏」の鑄掛け。「奈良の大仏」から「宇宙開発」まで脈々と続く溶接の歴史を見よ」と良く聞かされてきました。

「オリジンの大切さと「ルーツ」へさかのぼる解析。そして本質を見る眼」がいつも頭の中を駆け巡った若い日々でありました。

昭和 63 年 7 月 鹿島・波崎の研究所に単身赴任したのを機会に何か関東ではじめたいと思っていた矢先に、波崎の研究所が建っている「若松」の地名が常陸風土記に出てくる古代砂鉄出土の地である事を知り、また、何気なく訪れた波崎日川の砂丘・九十九里の浜で大量の砂鉄を見て、何か因縁めいた感じを受けて始めたのがこの『たたら探訪』のスタート。

自分の趣味として『たたら 和鉄』にこだわって日本各地行く先々で country walk 。

銚子から岬町大東崎まで砂鉄の砂浜「九十九里浜」を歩いたのをスタートに日本古刀の里 千種・備前。奥出雲の「たたら」そして奥三陸の海岸へ。

学問的に緻密な裏づけを求めるわけではなく、ただその地に行ってただたらずんで、地形を眺めながらこの地の人の足跡をまた時代を思いめぐらすだけの探訪。

でも、色々な場所で多くの人に会い、この 10 数年非常に楽しい胸わくわくの life work となりました。

鹿島・波崎から次の赴任地 山口県美祢では秋吉台の麓 中国山地の奥深い山の中。

海岸には弥生時代に大陸からやってきた数百体の渡来人が、望郷の念を抱いて西の海を眺めながら眠る「土井が浜弥生遺跡」があり、鳥取・岡山から島根奥出雲にかけての奥深い山々には数多くの「たたら」の跡。せっせと通いました。

この間 美祢ではコンピュータ革命の一端を担った世界最先端の技術開発にも携わり、先端ビジネスの厳しさと面白さ そして 若い人たちとの交流の中から生まれるクリエイション。

都会では味わえぬ多くの事と素晴らしい仲間を得ました。

結婚した娘が住んだ鳥取県米子。大山の麓伯耆の国・出雲の国は古代鉄が日本誕生のドラマを演出した土地。そして、親父が生まれ育った丹後の羽衣伝説は「鉄伝播」の証。

丹後の家の直ぐ北の丘から突如古代この地方の鉄を支配した豪族の墓が出てきたのにもビックリ。東北にも隋分通いました。

青森三内丸山遺跡・縄文のストーンサークルなど青森へせっせと通う中 鉄のない縄文の時代のすばらしさと多くの仲間にも出会えました。先人の墓を中心に丸い輪になって暮らす縄文人。

「現代人として 何か忘れ去ったものを取り戻したい。・・・」いつも そんな感じがしています。古代文明論に詳しい森本哲郎氏は「三内丸山縄文遺跡」が「世界三大文明にも匹敵する木の文明」であると指摘された。巨大柱に支えられた檜や大型住居などが整然とならぶ巨大都市。森の中に作られた多彩な植物栽培と日本全国から集まってきた漆・土器・石器の数々。

この「巨大木の加工技術」はさらに時代を経て 船による日本各地との交流をさらに盛んにし、空高くそびえる出雲大社の空中神殿 そして東大寺大仏殿へ。 さらに日本各地に残る「御柱」へと連綿と日本文化・文明をつないで行く。

石器から鉄器へと変化はしたが、「加工工具の技術」や「加工技術」の果たした役割の大きさは世界文明としての位置付けを指摘されるとあらためてその技術の偉大さにただビックリ。

「和鉄」が日本産業の米としての物質的役割ばかりでなく、当初意識していなかったのですが、その時代時代の社会形成に大きな影響を与え、日本各地の伝説・神話を産み、「日本誕生」のドラマを演出し、「日本人の心情・文化」の形成にきわめて大きな影響を与えてきた事を知るに至って その広がりによりますますながらビックリしています。

「Iron Road・和鉄の道」この言葉を口にした時の広がり・人との繋がりはやっぱり「鉄の持つすごさ エネルギー」を物語っている。

今 鉄鋼は産業の米としての役割がゆらぎ、表舞台から退場を余儀なくされていると言われる。でも、先人の知恵が凝縮された鉄の世界。

『溶鋼のまばゆい輝き「閃光」』と「くろがね」の落ち着いた「肌光」』

必ずや時代を動かす力として今後も多くの広がりをもたらして行くだろう。

この十数年 日本各地を歩いた「Iron Road・和鉄の道」Country Walk。大半は家内と二人の「二人三脚」。まだまだ 行きたい場所考えたいことも多い。

津軽・兵庫千種・丹後そして山陰奥出雲はまだまだ通いたい。

そして 東北・三陸 秋田・白神 近江・越 そして 朝鮮・中国へ

いかねばならぬ field は無尽蔵。今後を楽しみにしています。

そこから また 何が出てくるのか・・・・・・・・

2001. 8. 15. 神戸にて 2003. 5. 15. 追記

材料技術屋 40年 いろんなことが在りましたが おもしろい材料技術屋人生でした 今後も姿勢は同じ 『さあ 第一歩 先に向かって』です。

2003.6月 鉄にたずさわれたことを誇りに思いつつ

M. Nakanishi Internet Home Page 『IRON ROAD 和鉄の道』

<http://www.asahi-net.or.jp/~zp4m-nkns/index.htm>

---

2001年 約40年の会社n活を辞して

吹田の国立M族博物館江口一久教授の主宰する特別展「燦アフリカお話村」開催を尙伝いながら、気ままな風来坊の生活へ。

多くの新しい仲間の中に飛び込んで多くの仲間を得て、会社時代には経験しなかったリフレッシュな体験に眼を白黒。ライフワーク日本各地を巡る和鉄の道・Iron Road の探求にも 手ごたえを感じつつ、鉄への思いをメモった一文です。