執念の発想法

金属Caの溶湯への添加

——続・きみは音谷先生を知ってるかい——

出川　通　t-degawa@themis.ocn.ne.jp

一昨年（1999）に87歳で亡くなられた音谷（おとたに）登平先生について，当時，ご冥福を祈るだけでは「もったいない」気持ちに従い，追悼記事を書いた．それは「音谷先生の実践：いまの大学改革案は40年前に実践されていた」なる記事で本誌2000年2月号に載せていただいた．いくつかの反響をいただき，また記事にはならなかった宿題が残っていた．その1つが「音谷流の発想・開発法」であり，それは当時の金属関連学会・業界の常識では考えられない執念の発想と実践の物語であり，この切り口をぜひ紹介したい，という思いがこの原稿となった．

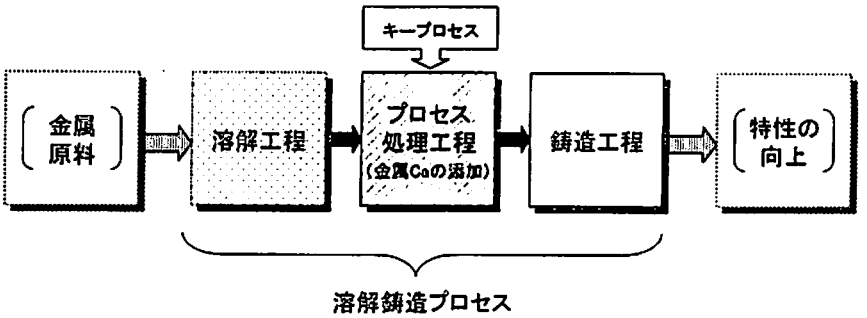


図1　溶解鋳造工学のプロセスフロー

1. はじめに：鋳物から広大な材料分野へ

音谷先生の発想のルーツ：鋳物の材料改良プロセス

昭和12年（1937）東北帝国大学金属工学科卒業の音谷先生の原点は「鋳物」である．もっともこの時代から第二次世界大戦にかけて世の中は富国強兵．先生はひたすら鋳物工場で品質向上の技術開発に専念していた．終戦後は球状黒鉛鋳鉄の技術開発に集中的に取り組み，球状添加合金やマグネシウム添加方法などの改良発明により，日本で最初の「内燃機関用球状黒鉛鋳鉄部品」を大量に製造することに成功している．この時の開発手法のキーワードを並べると，対象材料は「鋳鉄」，手段（どのようにして達成）は「片状黒鉛の球状化」，方法（プロセス）は「Mg, Ca系接種剤の溶湯への添加」，効果は「強靭性の大幅な改善」となる．この「プロセス開発」の手法は先生の大学教授時代の研究開発においてもルーツともいうべき共通の基本的考え方であった（次ページの昭和33年2月付け 新聞記事参照）．

金属カルシウムの爆発的反応をいかに抑えるか

音谷研究室の講座名「溶解鋳造」の中身は，金属原料の溶解，溶湯への処理（プロセス），固める（鋳造）という3つのカテゴリーになり，この基本フローを図1に示した．特にこのなかの溶湯処理のプロセスを「キープロセス」として集中的に押さえることで材料や鋳造のバリエーションでも応用できた（挑戦して成功した）ことがその拡がりをつくっている．ここで，先生が生涯をかけて絞り込んだキーワードが「金属Ca」と「鉄溶湯中へいかに突っ込むか（添加）」となる．じつはこの原型は20世紀初頭に欧州でアイデアとしては考案されていた（図2）が，その爆発的反応性のゆえに鋳物以外には現実的なもの

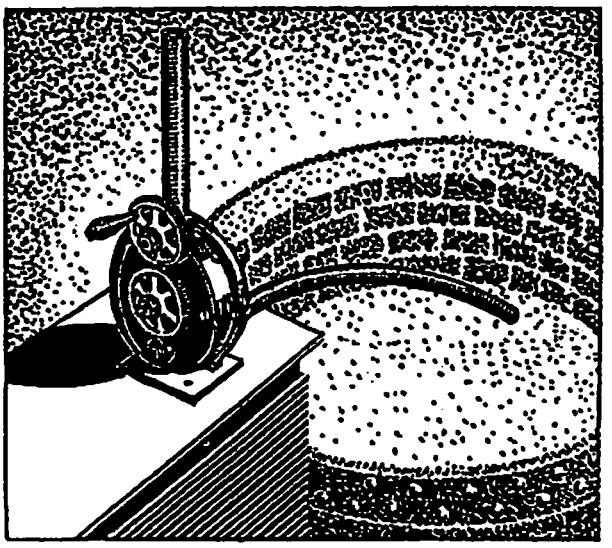


図2　手動式Caペレット打ち込み装置（1932年）

日刊工業新聞　昭和33年2月24日（月曜日）

記事掲載　工業技術

画期的な球状黒鉛鋼製法

東北特殊鋼でいよいよ工業化の運び

コストも割に安い

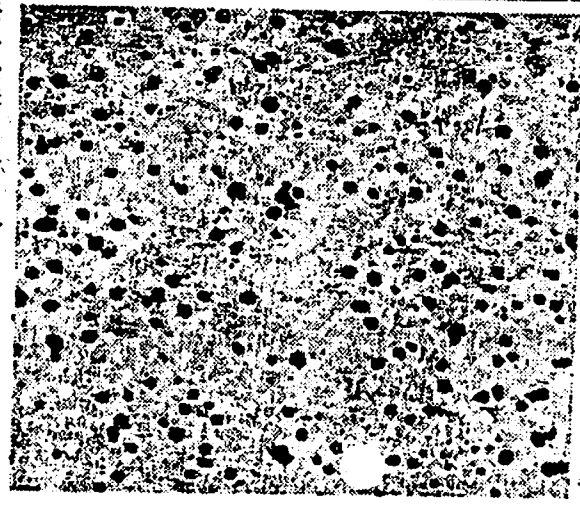
鉄カルシウム合金添加

（仙台発）特殊合金（鉄カルシウム合金）を鋼（はがね）の溶湯に添加処理して黒鉛化し耐摩耗性、耐熱性、被切削性、減衰能、切欠き効果などに優れ、しかも可鍛、鋳造性を持つ球状黒鉛鋼および細粒清浄鋼の研究を進めていた東北大学金属材料研究所音谷研究室はこのほどこれに成功したが、これはカルシウム脱酸、脱硫力に着目し一昨年から研究に努力していたもので、鉄カルシウム合金の添加により鋼が完全な球状黒鉛鋼となり、しかも添加の方法も極めて容易で比較的コストも安く画期的な製法といわれ、かねてから注目していた東北特殊鋼（仙台市長町）および日本高級金属（本社東京）などがこの研究を導入し、東北特殊鋼ではいよいよ球状黒鉛鋼として工業化する運びとなり期待されている。

従来の黒鉛鋼（グラファイトスチール）は米国およびソ連において過共析成分（カーボン〇・八五％以上の鋼）の遊離セメンタイトを鍛造と熱処理によって黒鉛に変えたものでカーボン、シリコン量は黒鉛化の点より多いことが必要なため、カーボンは一・五％前後、しかも黒鉛化焼鈍前に鍛造や圧延処理により黒鉛化を助成しなければならない関係からシリコンは一％－一・五％の範囲に限定されているなど成分の面からも押えられ鍛造、圧延および黒鉛化焼鈍工程を必要とした。

こんど音谷研究室が成功した球状黒鉛鋼の製法は共析鋼でも過共析鋼（カーボン〇・八五％以上）でもその溶鋼に鉄カルシウム合金を添加するだけで鍛造や熱処理の必要もなく鋼塊および鋳放し状態で所要量の球状黒鉛が得られ、可鍛性の鋼はもちろん複雑な形の鋳物にも利用できるので工業的利用価値は極めて大きいといわれる。要するに鋳物の特徴である黒鉛を含んでおり、しかも鋼の特性をかねそなえた新しい材料で耐摩耗性はちゅう鉄より優れ且つ耐熱性は普通の炭素鋼に比較し、はるかに優れているといわれている。

これの機械的性質は鋳造状態における抗張力＝六〇－九〇㌔㌘パースケア㎠、伸＝一－四％、衝撃＝〇・七－一・五㌔㌘㎠（カーボン一・五％、シリコン一・二％）熱処理した場合鍛造材は、抗張力＝九〇㌔㌘パースケア㎠、伸＝三〇％、絞＝四〇％。またこの製法のカギともいうべき添加剤である「鉄カルシウム合金」は普通は合金しない鉄とカルシウムとをシリコン、マンガン、ニッケルアルミなどの第三元素を媒体として合金させたものでこの合金の普通添加量は〇・五％－一％でありカーボン量の異る四種類の溶鋼に得ている。



①従来の黒鉛鋼と異り鋳造状態で直接得られ、シリコン量は最低約〇・三％以上、カーボン量は共析点以上であればよく、析出する黒鉛量は共析以上のカーボン量と鉄カルシウム合金の添加量の増加と共に多くなり、共析点に近くなるほど出にくくなる。蓋地（きじ）は極細なパ

【写真は新しい製法による球状黒鉛鋼の顕微鏡写真。一三〇倍に拡大のはしたものでカーボン量一・六％、シリコン量一・六％】

黒鉛の粒子は小さくなり分布密度は増加する。また鋼のカーボン量が減少すると球状黒鉛の粒子は小さくなる④カーボン量が一・六％の高炭素鋼においてこの合金を約一・五％以上添加する。

新聞記事：日刊工業新聞，昭和33年2月24日「画期的な球状黒鉛鋼製法」

元素名	融点 (℃)	沸点 (℃)	蒸気圧 (at 1600℃)	原子半径 (Å)
ベリリウム	1277	2770	1.26×10^{-1}	1.12
マグネシウム	650	1107	23	1.60
カルシウム	838	1440	1.6	1.97
ストロンチウム	768	1380	3.3	2.15
バリウム	714	1640	0.7	2.22
(参考) 鉄	1536	3000	4.14×10^{-2}	1.26

図3　アルカリ土類金属の蒸気圧と原子半径

とはなっていなかった.

このように本来ならば単に「鋳物」だけを対象としたプロセス技術であった「Mg, Ca系接種剤の添加」を, だれも実行しようと思わなかった鋳物以外の材料 (鋼をはじめ各種の溶融金属・合金) へ「純Caの状態」でうまく添加する方法を「発明」することで, 予想しなかった効果を次々に「発見」し続けたのである. すなわち, いままでいう発想法の水平, 垂直展開をおこない, 結果的にプロセスを応用して広大な材料分野への船出に成功したといえる.

ここでは, このようにして成功した「金属Caを溶湯 (鉄) へどのように突っ込んだ (添加) かの物語」をベースにして, 現代に通じる音谷先生の執念の発想法を紹介していきたい.

2. 金属カウシウムと鉄の微妙な関係：沸点 (蒸気圧) と溶鉄への溶解度; CaとMgの物性比較

MgやCaが含まれる「アルカリ土類元素」の特性, 反応性については図3にその一覧を示した. 基本的にマグネシウムやカルシウムは蒸気圧も高く, そのままでは鉄系の溶湯に突っ込むのは極めて危険で使いにくい元素である. このような元素を溶湯に突っ込むには通常, 以下の2通りが考えられる.

① 合金化による蒸気圧の低下：活量 (活性度) の低下による反応の抑制

② 溶解度のある合金溶湯への添加：溶鉄との反応性の抑制

鋳物の接種剤としてはMgが多く使われてきたが, これはマグネシウムが上記①②ともにはるかにすぐれているからである. 特にCaは鉄にほとんど溶けないのである. じつはこれは実用上大問題で, 当時は鋳物以外への接種剤の添加は考えなかったので, だれも金属Ca 添加を真面目に実行しなかった.

なぜ金属Caか？ やはり金属Caか

接種剤としての特性の1つはその反応性 (酸素, 窒素, 硫黄などとの) である. 図4には酸化物の自由エネルギー線図を示したが, 金属Caはすべての元素のなかで, もっとも酸素などとの反応性が高い元素であるといえる. 純粋なCaの脱酸力が非常に高いことは接種剤としてだけでなく, 溶湯に対する不純物元素除去 (スキャベンジャー) として使えることを示しているだけでなく, この間接的な作用により, 鉄中の黒鉛や介在物などの形状変化 (球状化, 分散化など) や粒界などの性状変化が起こってくることなどの発明につながる.

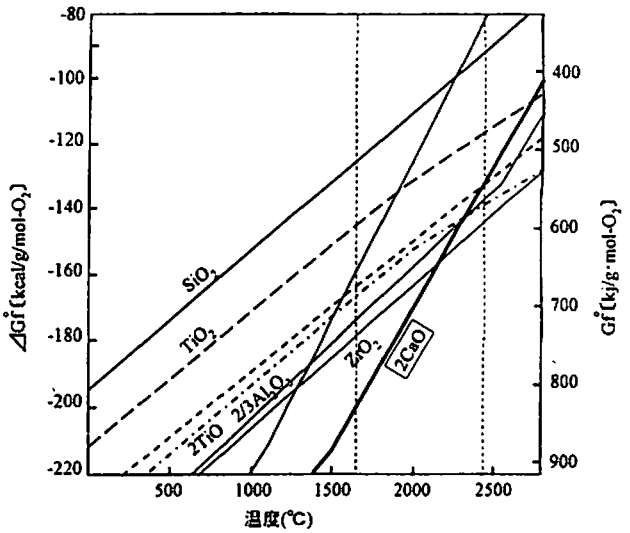


図4　各種酸化物の生成自由エネルギー線図 (Ca−Oエリオットから)

すなわち, 鋳鉄だけでなく, 各種の鉄系材料などへのCaの作用は, 先生によるカルシウム添加プロセスへの思い入れによりひろがってきた. すなわち金属Caは「じゃじゃ馬」であるが,「才能のある馬」であり, いかに使いこなすかが課題になった. もう少し科学的に表現すると, 金属Caの合金化による溶解度と蒸気圧のコントロール (接触時間の増大) が最大のポイントである.

3. 新Ca添加合金の開発と実用化：オトアロイからワイヤーへの進化

合金化の時代；CaからCa−Si, Ca—Fe2元系, Ca−Si−Fe3元系

「オトアロイ」について少し解説しよう. 反応性の高い (蒸気圧が低く蒸発しやすい), 危険なアルカリ土類金属の溶解金属 (鋳鉄で1300℃, 鋼で1500℃) への添加は危険をともない, なおかつ爆発的に反応し, 湯が飛び散る. このため, せっかく苦労して (危険な思いをして) 添加しても実際の効果はない. このことからCaを合金化すればよいのであるが, もともと相互溶解度のほとんどない鉄との合金化はだれも考えなかった. それをSiを介してつくってしまったのが「オトタニ (音谷) アロイ」

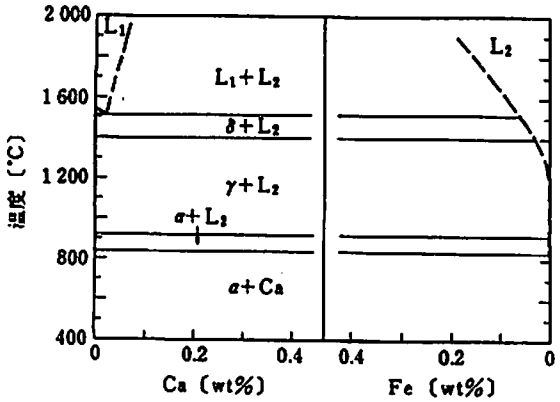
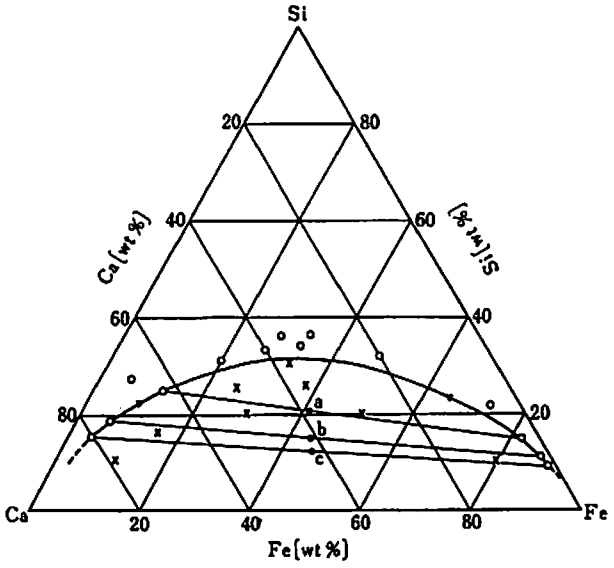


図5 (a) Fe−Ca 2元系の仮想状態図



○ 単相合金
×, ● 2相分離合金

図5 (b) Fe−Ca−Si 3元系における2相分離領域

である．鉄とカルシウムではほとんど溶解度がないのに，Siをからませた3元合金でなんと合金になったのである．図5はCaの2元，3元状態図の成果の一例を示すが，確かに鉄中にはCaは全くといっていいほど溶け込まないが，Siをかませることで，ちゃんと鉄との合金になる．

これはまさに「冶金的発想の勝利」とでもいえる出来事で，当時としては画期的なことであった．少しでも現場の危険性を低減させたいという自分の経験に基づく現場的発想であった．しかしこの合金の成功により，鋳鉄だけでなく，Caの鋼への適用も可能となり，本来持っているCaの活性とともに特殊な効果（界面活性効果，反応性などにより）が発現した．すなわち，なんと，黒鉛鋼の片状黒鉛も丸く（球状化）なったり，鋼の脱酸効果が著しく，おまけに残った非金属介在物が丸くなって疲労寿命がのびたりしてしまった．これが清浄鋼の出現である．

これらの合金のベースさえ得られれば，音谷流芋づる

	組　成	合金化のポイント
1元系	Ca	* 単独では溶鉄中への溶解度≒0と蒸気圧との関係で添加効果は疑問視
2元系	Ca−Si	* 合金化によりCaの蒸気圧を押さえ，溶鉄中への溶解度向上
	Ca−Al	
3元系	Ca−Si−Fe	* FeとCaの組合せがポイント．→Oto-alloy系の開発（従来はFeをCa−Siに加えるのは誰もやらなかった）
	Ca−Al−Fe	
4元系	Ca, Si, Al, Fe	* 3元系の発展形SiとAlを同時に使用
5元系	Ca, Si, Al, Mn, Fe	*さらなる複合効果を狙う．Mnの添加効果
	Ca, Si, Mg, Al, Fe	* Mgの添加効果
	Ca, Si, Ba, Al, Fe	* Baの添加効果

図6 Caの合金化による特性変化の例

式で合金組成の展開アイデアは広がりMn，Al，Baなどいろいろ入れた，各種の新オトアロイの花が咲くことになった．組成上の進化をまとめたものが図6であり，それぞれの用途に応じて各種オトアロイは世界的に使われきている．

合金の改善から添加法の改善へ：合金から，もなか，クラッドからワイヤーへ

このあと，オトアロイ合金はもっと効率よく，また鋼などの融点の高い溶湯に添加するために，合金の添加から，根本的に添加方式を再検討することになる．すなわち当初は鉄板でくるむ最中（もなか）のような添加方から棒状のクラッド材となった．このクラッド材は鉄パイプのなかに金属Caをいれて，圧延鍛造することで，直径1 cm程度の棒にしたものである．中央部には金属Caが詰まっている．

これはバッチ式の溶湯への添加では効果を発揮したが，量産工場には向かない．工業化とはどういうことかというと，使いやすく，保管しやすく，安く，つくりやすいこと．ここで電線加工の製造知識が付加されて連続添加可能な鉄被覆線（ワイヤー）になり，そのコア部にCaが細く長く入ることになった．これが鉄被Caクラッドワイヤーの出現である．さらに溶湯への脱酸効果と被覆性の両者を加えてアルミ被覆カルシウムクラッドワイヤーというものも派生した．

以上の音谷先生の発想による添加形態の変化をまとめたものが図7であるが，添加方法に関する改良経緯が明確になってくる．

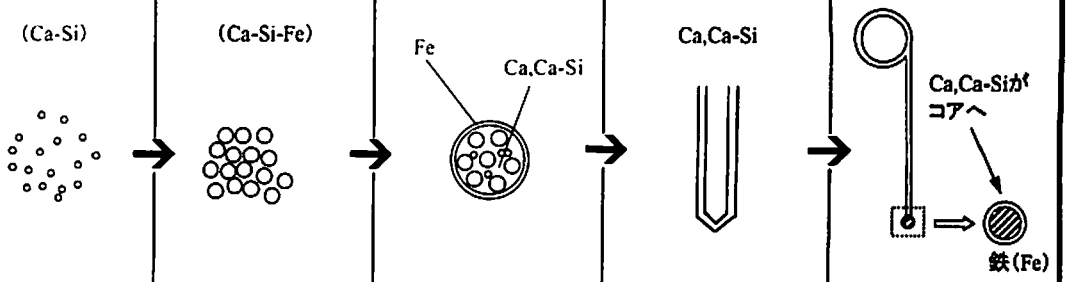
添加剤形態	粉末	合金粒	シェル （もなか状）	棒状 （フラッド）	ワイヤー （鉄被Ca）
イメージ					
添加法	・表面添加 ・置き注ぎ	・合金弾 ・表面添加 ・置き注ぎ	・表面添加 ・溶湯中へ挿入	・溶湯中へ挿入	・ワイヤフィーダー機で溶湯中へ挿入
音谷先生の発明		＊オトアロイ （1965年）		＊クラッド添加法 （1972年）	＊ワイヤフィーダ法 （1974年）

図7　Caの添加形態の変遷と音谷先生の発明について

4．Ca添加対象合金の変遷；

・鋳物から鋼へ，ステンレスへ，ニッケル合金へ，
　さらに新素材へ

さて音谷研究室では，金属Ca添加方法の改良と平行して，金属Caの添加による各種の現象に注目して研究開発の広がりが活発におこなわれていた．図8にその材料面での展開を示してあるが，その流れとしては，単なる鋳物への接種の枠を超えて，「金属溶解における精錬プロセス機能の発現」という対象に拡大してきたこと

	鋳鉄	黒鉛鋼	快削鋼	清浄鋼	高クロム鋼	ステンレス鋼	スーパーアロイ
主成分	Fe-G	Fe-(G)	Fe-S	Fe-(C)	Fe-Cr	Fe-Cr-Ni	Ni-Cr
Ca添加による効果	片状黒鉛の球状化 ↓ 強靭性	過共析黒鉛の球状化、微細化 ↓ 熱疲労性	CaS介在物の球状、分散化 ↓ 開削性	・酸化物系介在物の球状化 ・結晶粒微細化 ↓ 耐疲労性 均一性 （等方性）	・低硫化及び粒界（クリーン化）強化 ↓ 高靭性 冷間圧延性	・酸化物、硫化物系介在物の低下及び球状化 ↓ 高耐金性 高靭性	・低硫黄化 ↓ 熱延性の向上 耐疲労性
年代	1940～	1958～	1960～	1960～	1968～	1970～	1973～
備考	自動車用エンジン	熱間圧延ロール	快削性鋼	清浄鋼	高延伸クローム鋼	高耐食ステンレス	高延伸性スーパーアロイ

図8　Ca添加対象金属材料の変遷と特性比較

が示されている．

すなわち対象材料としては，鋳物からはじまり，球状黒鉛鋳鉄，黒鉛鋼，鋼，鉄，清浄鋼とその特性の改良効果が発明・発見されるわけである．このあと対象合金は鋼からステンレス鋼，ニッケル合金へ広がっていった．ちょうど時代背景は高級ステンレス鋼や，介在物の少ない鋼（クリーンスチール）が求められる時期になっており，特に高クロム鋼などへの適用は注目を浴びていた時であった．特に当時は高価な電子ビーム溶解法を用いた，超耐食ステンレスなどが米国で発明され，それに対抗する国産技術としてのCa添加法に対する先生の意気込みは，国内各社を巻き込んだすさまじいものであったと記憶している．

1	添加組成	Ca Mg(Si) → Ca Si → Ca Si Fe → (Ca Fe): Ca Si Me Fe Ca Si Mn Fe （オトアロイ）	合金化と複合化への展開
2	添加方法	粉末→チャンク→シェル→クラッド→ワイヤー（フェロカルワイヤ）:	添加法の改善と実用化
3	添加対象材料	鋳物→鉄鋼→ステンレス鋼→高Cr鋼（延伸性クローム鋼）→Ni合金（耐熱合金）	高級金属・合金材料への展開

図9　金属Caの添加プロセスと3つのファクター「組成」「方法」「材料」

じつはこのクリーンスチールは別名Ca鋼とも呼ばれるが，この技術はその後，単なる金属Caの添加からさらに進展して，CaO（カルシア）耐火物による，究極のクリーン合金精錬法への挑戦とすすみ，合金種としては高クロム合金からスーパーアロイ，さらに磁性材料，超伝導材料，金属間化合物から新素材までと広がるのであるが，それはここでは述べない．

いずれにせよ，先生の執念の「金属Caの添加」技術という新しい発想の技術展開が現在でも継続波及しているわけである．

5．音谷先生のユニークな発想法

発想の垂直展開と水平展開：金属Caの化学，物理と対象材料の変化

いわゆる「鋳物屋」の先生が鋳物にあきたらず，果敢にも鋳物屋の枠をはみ出して，各種の金属・合金の製造法としても共通のプロセス開発となった経緯を示した．このプロセスのキーファクターの工夫としてまとめると図9に示したように「Ca添加材の組成変化」，「添加方法の工夫」，「添加対象材料の変化」となる．

その技術的流れについてもう一度まとめてみよう．相手が鋳鉄（融点1350℃）から鉄鋼（融点1540℃）になれば，融点が200℃近くあがり，マグネシウムやカルシウムなどのアルカリ土類金属の添加は格段にむずかしく，危険になってくる．そこで，まず考案された溶湯への突っ込み方（添加法）は金属Caをベースに改良につぐ改良を重ね，当時誰も予想さえしなかった「鉄とカルシウムの合金」を作り上げてしまったのである．これがいわゆる「オトアロイ」である．この発明からさらに添加方法の工夫をおこない，棒状のクラッドをへてワイヤー状に複合化させたものが「フェロカルワイヤー」である．これを，金属Caの添加に対する垂直展開とすると，水平展開としては対象材料の拡大であろう．

鋳物屋の先生の活躍する対象材料フィールドがいつのまにか鋳物から黒鉛鋼，清浄鋼へ，さらに一挙にステンレス鋼，高クロム合金，高純度各種合金と広大な材料分野へ広がるきっかけとなったのが理解していただけると思う．

発想のらせん階段とエフェクト実験

上記の垂直展開と水平展開を生む先生の発想法を別の切り口でまとめてみよう．じつは先生のこれらの展開はだれもやったことのない「野蛮で危険な実験」と見なされていたので，関連基礎データはほとんどなかったといってよい．ところが当時，このような発想法は大学のなかでは「エフェクト実験」として軽蔑された方法であった．多くの先生はできるだけ理論的に導かれる「プレディクト（予言）実験」が全盛である時期であったのであり，筆者も「リクツよりもデータ」の研究室の在り方に当初抵抗があったことも事実である．しかしエフェクト実験でも方向が明確であるならば「何が出るか興奮の連続」である．こうなると醍醐味を求めて徹底的なエフェクト実験を実施することになった．

音谷先生の発想はとにかく，粘り強い，しつこく，徹底的に考え抜く人で，発想法のフォローアップをすると，

1）実験を徹底的に実施する：データのポイントの判断は直感的
2）改良のためのブレークスルーは徹底的に考え抜く：朝から晩まで，トイレの中まで
3）気分転換は徹底的に，優先的に誰の目も気にせずに実行：釣りと酒

となるが，もう少し恰好よく書くと，

① タブーのないフレキシブルな発想と実験

② 1つの異常現象を，徹底的に追求し熟考

③ 発想の方向が正しいと信じて一直線の執念

このように書いてくると，すいすいと発想が拡がったように誤解される方もあるかと思うので，年譜として別表（次ページ）に「音谷先生の金属Ca添加関連での研究開発時期」を示した．先生の発想の執念と，時代の要求が見えてくるところである．もちろんこれらは，ずば抜けたセンスに裏づけられているわけであるが，一杯飲むと，いつも小生には「僕は頭がわるいから，とにかく一生懸命考え抜くのだよ」とニヤッと笑いながらこぼしていらっしゃった先生の声が聞こえてくる・・・・

先生80歳のときの卒業生の先生を囲む会より

先生の戒名は「秋音院釋登学鋳道居士」．さる9月1日先生の3回忌（偲ぶ会）が新宿で親戚，友人，卒業生が集い盛大に賑やかにおこなわれた．合掌．

（付録2題）

ここでは，金属カルシウム自体とその反応性の強さについて，できるだけ判りやすく解説する．じつは添加方法をどんどん改良していくと，困った問題が出てきた．これは判ってみると当たり前であるが，なかなか気がつかなかった問題であった．判ってしまえば金属カルシウムの反応性のよさによるもので，いいかげんな添加をしているときは出てこなかった問題であった．

1．金属カルシウム（Ca）を見て触ったことがありますか？

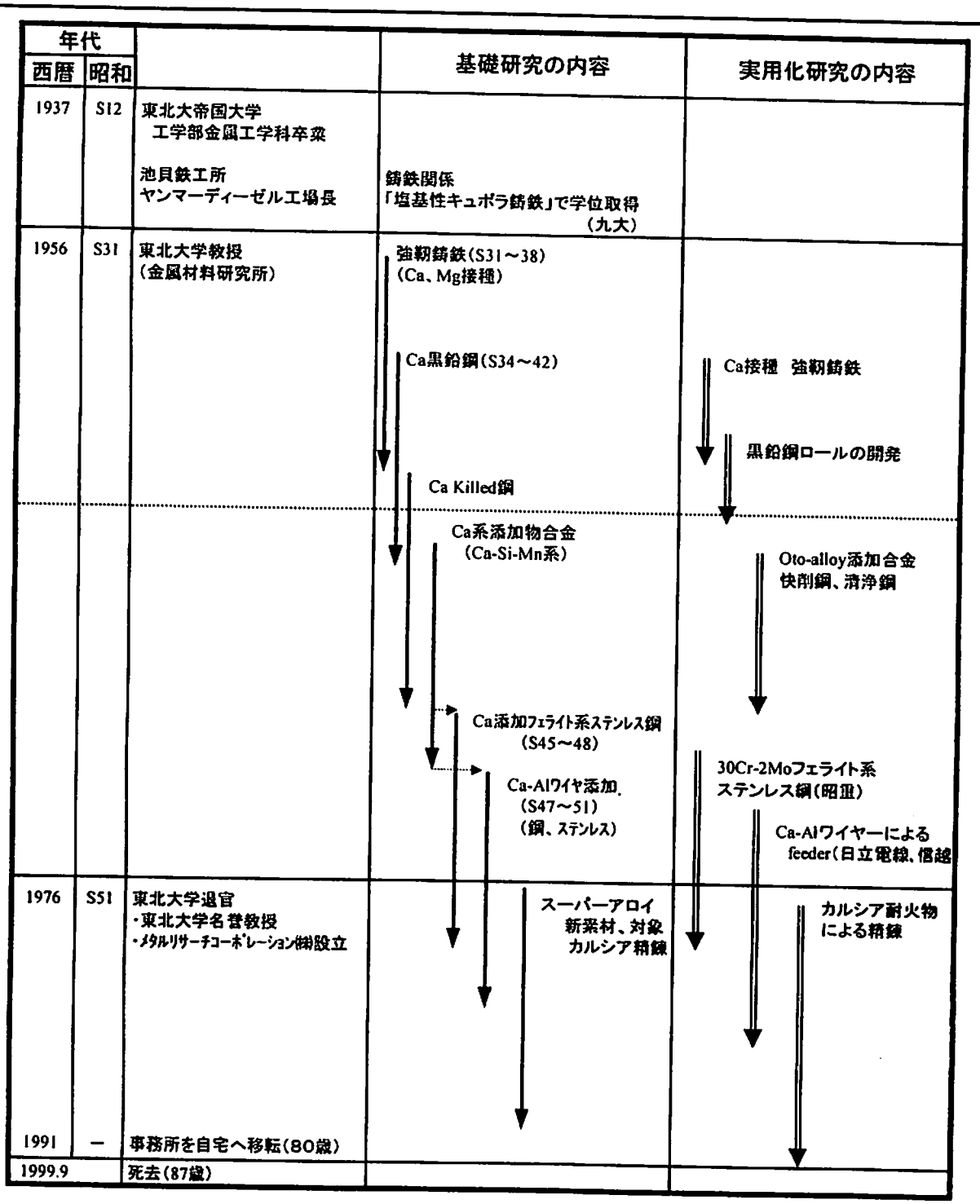
音谷先生の発想法として切っても切れないツールが金属カルシウム（Ca）である．ここでこのCaについてレビューしてみよう．皆さんは「カルシウム」ときくと，人間に必要な元素としての穏やかな印象があるのではないかと思われる一方で「金属カルシウム」ときくと恐ろしげな印象の雰囲気もあるのではないかと思う．御存知のようにカルシウムは生体に必須な金属としても知られており，骨の成分はカルシウムでできており，カルシウムが足りないと骨が弱くなるというので，世の中では「カルシウム錠剤」なるものも売っている具合である．

さて「金属カルシウム」とはなんだろうか？ 純粋な金属光沢を持つ「金属」である．柔らかい延伸性のあるもので，手でさわってもまったく問題ない．一部に誤解されているようであるが金属ナトリウムのようなやけどするようなものではない（カルシウムはアルカリ土類金属であり，アルカリ金属ではない，ここは大違いである）．湯に突っ込まない限り，激しく反応はしないものである．

一方，化学的には，酸素，水，炭素，硫黄，リン酸などとの強い反応性がある．これが鉄やほかの金属材料への不純物除去という添加効果を発揮するのであるが，一方では各種の元素や分子と反応して各種のカルシウム化合物をつくることになる．しかしながら，溶けた鉄の中に金属Caをはじめとしたアルカリ金属を突っ込んで反応させるのは簡単なことではなかった．それがこの物語のポイントである．

2）カルシウムの溶鉄への添加の難しさ：実験室では強すぎるそのパワー

筆者の大学院の修士論文テーマは金属Caによる「溶鉄での脱酸力を正確に測定する」というテーマであった．それまでは金属Caを鉄箔などに包んで，溶鉄に放り込むものだから，実験が終わったあとの鉄の量は，はじめの半分以下（残りは爆発的に飛び散る！）という今から考えると恐ろしい実験をしていたのであるが，得られるデータも不安定で「とてもこれでは論文にならない」と悩んでいたわけであるが，クラッドCaができて，さあこれで実験ができる（修士論文が完成できる）と大喜びした覚えがある．まさにクラッド様々，ワイヤー様々である．



別表　音谷先生年譜と発明（Ca 添加関連）

まずは，Ca クラッドである．この鉄パイプに包んだ金属 Ca 棒を使って添加実験すると，確かに手応えがちがう．「ずぶずぶ」と溶融した純鉄中にCaが入っていく．数秒～10 秒おきにサンプリングをしてデータを期待する至福の時間．これまでできなかった安定性あるデータを期待して，どんどん実験をおこなった．ところがどっこい，いくつかのデータは極めて良いデータ（良すぎる?）が，いくつかのものは極めて悪いデータが出ている．Ca は結構入っている．当時最大溶解度といわれた 0.032％近くまでどれも入っている．しかしながら，脱酸力はバラツク．

あまり慌てて実験を再開したため，るつぼはアルミナとマグネシアが混在．データをよくみると，どうもアルミナの場合は良いデータが出るが，マグネシアるつぼの場合はデータが悪い．これはどうしたことだ，というわけでふと気がついたのが，添加した Ca による坩堝耐火材の侵食反応である．（この相関に気がつくまで，当時の形浦安治助手とウンウンうなって 1カ月はかかったが）

古い試料を引っ張り出して，再分析を依頼する．すなわちアルミナるつぼ使用ではアルミ，マグネシアるつぼ使用ではマグネシウムである．もちろんマグネシウムの鉄中の溶解度は低いがそれなりに．なんとびっくりしたのはアルミは%オーダー，マグネシウムもかなりのデータが得られている．なんと金属Caがちゃんと入りすぎて，溶鉄だけでなくるつぼ材をみごとに食ってしまっていたのである．そのためアルミナるつぼではCaの脱酸力に加えてアルミの脱酸力が加わりものすごい脱酸力を示していたのである．

さて困ったのは，るつぼ材質である．エリンガム図表ではCaOより安定なものはない．酸化物ではないもので探すと，米国でのカルシウムの鉄中での溶解度測定に使用されたのがTiNである．このるつぼ（？）は高価なこともさることながら，納期が半年後．これでは間に合わない．そこで窮余の一策がCaO（カルシア）るつぼであった．

当時ある耐火材メーカーがカタログの一部に載せていたのを頼りに頼んでみると，なんとカタログだけで，作ったことはない（ドイツからの注文生産・輸入）とのこと．さあこれは困った．このとき，救世主として現われたのが，当時の研究室の佐藤敬助手，手づくりで石灰るつぼ作成の経験ありとのことで，さっそく教えてもらう．しかしながら，石灰といっても消石灰？ 生石灰？ 不純物は？ いずれにしても鋳鉄用ということで，純鉄には未知数のものであったので，最初に純鉄を溶解するときはおっかなびっくり．みごとにるつぼ材として使えて期待にこたえてくれた．カルシアは融点が2572℃，沸点2850℃[4]と高く熱力学的に安定で，蒸気圧，解離酸素圧も低く，特に真空中においてきわめて安定である．このため，鉄鋼をはじめとした金属・合金の溶湯精錬反応において，耐火物として使用できる可能性が大きいことは古くから知られていたが，当時だれも実用るつぼとしては着目していなかった．

タイしたもんだタイへんだ

酌婦さん ②

小林　文武

渡すとき，重さの異常に気がついた．これ，免税店で買ったのと中身が違うんじゃないの．重い．安いお茶のパックで湿っけているのがこんなだったな．しかし人間は重さに関してはにぶい．おかしいと思いながらその子とわかれてから，だんだんと，ことのやばさが気になり始めた．あれはおかしい．おれは運び屋をやらされたのだろうか．

だいたい，おかしいことばかりだ．もてないおじさんが，もてたことからしてへんだ．機内の座席まで隣りだった．こういうのは，搭乗寸前になって希望したひとだけ窓際とか喫煙席を決めてくれるのではないのか？ ところが彼女の切符をちらりと見たとき，あれ，席も隣りだよ，と私はひとりその偶然を喜んだのだったが．

スラタニで航空券がすんなり買えたことだっておかしい．3月のこの時期は混んでいて高いのしかないはずなのに，安く，こちらの希望どおりの日のが買えた．席もそのとき決まっていた．おれはスラタニにいるときから監視されていたのだろうか．

おかしいぞ，が決定的になったのは，帰路成田にその子がまたいたこと．こんどはなんだ？ と私はすこし警戒する気持ちで，やあ，と堅い声を出したのだけれど，あたし，フミさんを見送りに来たの．どうしておれの帰りの日時を知っている？ ゲートに入るまぎわになって意を決したように，あのー，これ，バンコクで待っているあたしの知り合いに渡してくれないかしら，と小さな紙箱を出す．やっぱり．

中はなに？ チョコレート．日本のは喜ばれるのよ，あっちでは，すぐ融けちゃうの．だからすぐ渡してね．かのじょ，氷ボックス持って待ってるから．へー，それはまた周到なことで．機内で食べちゃおうかな．

で，バンコク空港でその知り合いに渡したか．じつは渡さなかった．送迎口で待っていたのかもしれないが，私は，入国スタンプを押してもらってから，次の場所，自分の荷が出てくるはずのベルトコンベアの前に行き，そこで30分近く待っていた．他の人たちはどんどん立ち去っていくのに，おれのだけはちっとも出てこない．係りに言ったら，あんた，場所を間違えているよ，もうそれは受け取り手がいないのであちらに移した，こっちへ来て，と建物を出て外の倉庫みたいなところへ連れていかれ，そこで自分のバッグを受け取ったのだった．だから私は正規のところから空港の外へ出ていないのである．

小さい紙箱はここにある．クリスマスプレゼントのようなファンシーな図柄でラッピングされている．22×9×7センチ．中に何があるか．まだ開けてない．もしこれがやばい品だったら，スラタニで監視している連中がすぐにとりに来るだろう．そのときかれらが私をどう扱うか，わからん．

開けちゃおうかな．でも開けないのは，かれら（複数かな）が来たときに，扱いがなるたけジェントリーになりますように，と思っているから．かんけいないか．

あ，ここで気がついた．スラタニに戻ってすぐに引越しをしたのを酌婦さんは知らない．でも，そこはプロならばすぐに探し出すだろうね．