



「鉄と鋼」第100巻記念連動記事 エポックを作った人物紹介-9

山内二郎先生—カンの操業から科学的計測操業へ— Professor Ziro Yamauti — Toward the Operation with Instrumentation from the one with Intuition —

本多 敏
Satoshi Honda

慶應義塾大学
理工学部物理情報工学科
教授

1 はじめに

第2次大戦後、壊滅の状態の日本を復興し、牽引役の鉄鋼業をはじめとした産業を躍進させるのに不可欠の役割を果たした人物の一人が本稿で紹介する山内二郎である。

明治31年(1898)大阪府にて出生、大正11年(1922)東京帝国大学工学部電気工学科を卒業、通信省電気試験所研究員となる。昭和17年(1942)東京帝国大学教授(航空研究所所員兼任)、昭和22年(1947)同大学工学部計測工学科教授、昭和33年(1958)同大学定年退官、同年慶應義塾大学工学部計測工学科教授、翌年、同大学に管理工学科を創設。昭和45年(1970)青山学院大学理工学部教授、昭和46年(1971)同大学退任。昭和59年(1984)86歳で永眠。この間、国際度量衡委員会日本代表委員、日本学術振興会製鋼第19委員会第2分科会委員・委員長、同産業計測第36特別委員会委員長、日本学術会議超音波探傷法協議会主査、計測懇談会会長、日本鉄鋼協会理事、情報処理学会会長などを歴任した¹⁾。

その活躍は照明学、統計学、計測学、情報学、管理工学等の極めて幅の広い分野にわたっているが、そこには、「勘定」という太い横糸が通っていた¹⁾。運営委員長を務めたプログラミング・シンポジウム(1960-1979)出席者の間で語られた、山内委員長が深夜にわたり計算をして朝寝坊をするなどの逸話¹⁾や、亡くなる直前に新しい計算近似式を見出すなど、得意の数理・数値解析の技芸を基礎として上記の広い分野で学界・産業界に大きな貢献をした。

山内の弟子の一人である豊田弘道(東大名誉教授・故人)は鉄と鋼(1984)の「日本鉄鋼業における計測の系譜」²⁾の中で、系譜の源流として「偉大なる先達 俵国一」を挙げ、そこからの系譜として、山内に多くの紙面を割いている。この系譜は現在の計測・制御・システム工学部会へと続くわけであるが、この部会の関係者にとっては、山内も同様に「偉大な

る先達」という賞賛に値する。

同じく山内の弟子である磯部孝(東大名誉教授・故人)は刊行委員長としてとりまとめた、山内二郎追悼集¹⁾の中で、産業計測36特別委員会設置趣意書中の山内の言葉として以下の文章を引用している。

『これからの我が国産業においては極端に限られた資源、資材と設備とを以って優秀な質のものを出来るだけ多量に生産することを目標としなければならない。このためには極めて高い科学的管理法を採用する必要に迫られることは必至である。科学的管理にもいろいろの分野があるが、就中重要な分野として計測法及び計測器がある。

わが国の現状を見るに、生産操作及び検査は甚だそれに遠く、その結果資材設備及びエネルギーの夥しい浪費をきたしていることはうたた寒心に耐えない。科学的管理の基礎となり、生産操作の頭脳となる計測はその関係する所が多方面に亘っているから、速やかに関係研究者相寄り、生産現場と協力して総合研究を推進することを緊要とする』

以下では、本稿のタイトルとしたこの言葉を軸に、山内の戦前戦後にわたる活動のうちで鉄鋼分野と計測分野に焦点をあてて紹介する。

2 測光学と計測標準

現在、広く用いられているSI単位系の7つの基本単位の中に、光度(カンデラ、cd)がある。1954年の第10回国際度量衡総会でSI単位が採択され、cdは「周波数 540×10^{12} ヘルツの単色放射を放出し、所定方向の放射強度が $1/683$ ワット毎ステラジアンである光源のその方向における光度」と定義されている。それに先立って、「1937年に第一回測光諮問委員会および国際度量衡委員会において、(1)白金凝固点における黒体を標準器とし、その輝度を新しく平方糎あたり60

単位とすること、(2) これと色の異なる光源の光度は国際度量衡委員会で採択された規準視感度曲線を考慮に入れた方法で決定することなどが決定され、1940年1月1日から実施することに取り決められた」³⁾。実際には戦争のため1948年1月1日から実施となった。ここにいたる測光単位の設定の歴史については、山内自身が照明学会誌³⁾に記している。これまでのペンタン灯に基づいて設定されていた測光標準の再現性が十分でないことから上記黒体標準器の実現が図られた。米国 the National Bureau of Standards (現 the National Institute of Standards and Technology) が昭和6年に世界に先駆けて実現に成功し、電気試験所は昭和9年にトリアるつぼ2個、耐火物熔融トリア、粉末トリアの寄贈を受けたが、山内は、国家標準は国の科学水準を示すことにほかならないと考え、自ら黒体標準器の実現を目指し、トリアるつぼの作成、白金の精製、白金温度の安定化、観測光学系の設計などに成功し、昭和14年に6個の真空タングステン標準電球を1.019Cdに相当する国際燭単位で校正して英国 the National Physical Laboratoryに送り、国際比較に参加した。黒体炉標準確立時の山内らの苦勞については、追悼集に以下の引用がある。

『トリアの熔融を行うには中空炭素棒のアーキにより、中空の管から酸素を通してトリアの還元を防いだ。熔融したトリアは淡紅色の透明体で、鉄鉢を用いてこれを粉末として炭素粉を取除き、次に製粉の際の鉄を酸で処理し、150目程度以上に粉末を揃える。これを塩化ナトリウム溶液によって湿気を与え優良黒鉛の型を用いてるつぼおよび黒体管を形成する。これを優良黒鉛の中において1000～1200℃に焼き、次に熔融マグネシヤで包んで黒鉛炉中で誘導炉を用いて1900℃に仕上焼きを行った。黒鉛にはきわめて優良のものを選ぶ必要があった』

最重要であった白金の精製は電気試験所第5部(材料)の宮城精吉氏が半年かけて200g程度の白金を精製した¹⁾。追悼集ではこの白金を誘導加熱により凝固点に長時間保つことについて、山内の報告文から以下のように引用している。

『この温度がおおよそ数分続くように供給電力を調整するにはかなり細くする必要があるので、冬と夏では消費電力が著しく異なり…季節言いかえると室温と水温によって適当な消費電力がかなり狭い範囲に限られるのである。この点については調節の方法を研究する必要があるが、この度の実験においてはその点までには及ばなかった』

「自動制御方式および自動追尾装置」が電気試験所から刊行されたのが1941年であることを見ても、山内にこの時点での精密な温度制御までを求めるのは難しい。この時期の山内は黒体温度標準を実現するだけでなく、測光学者として理論的バックアップをも行っていたからである。すでに照明の場の理論をV.A.Fockと併行して独立にうちたてた山内は、一次

標準器として使用する黒体とその開口ゆえに有するPlanckの放射則からのずれを精密に評価した。H.Buckleyが半無限長ならびに底のない円筒型空洞放射体の黒さを推定する解析を行っていたが、山内はこれを拡張し、一次標準器の仕様書どおりの底のある空洞放射体の黒さを解析し昭和8年の国際度量衡委員会で発表し大きな反響を得た¹⁾。照明の場の理論と、Buckley-山内の相互反射理論によって、世界の山内と名声を博すこととなった。理論の詳細は、照明学会誌(13巻7号、18巻7、7、9号、25巻1、2、3号)で発表されている。

3 鉄鋼とのかかわり

3.1 終戦まで

鉄鋼分野での山内の活動については、山内自身の解説⁴⁾と豊田による解説²⁾に詳しい。

豊田は、「日本鉄鋼業における計測の系譜」と題して、鉄鋼における温度計測を中心に、歴史を追って、戦前の俵にはじまる日本学術振興会第19小委員会(昭和9年12月)、同第2分科会(昭和11年3月)、計測自動制御学会温度計測部会(昭和37年10月)、日本鉄鋼協会熱計器専門委員会(昭和24年7月)、熱経済技術部会計測分科会(昭和30年6月)、とその系譜を概観している。一方山内は冒頭に「戦後10年間の鉄鋼業における計測技術向上には2つの流れがある。終戦直後の燃料不足、石炭不足による熱経済上の要求に基づいており、他の一つは戦前戦後を通じて学術振興会第19委員会、第54委員会で行われた品質改良、歩留向上の手段としての計測技術の改良である⁴⁾」と記し、熱経済上の取り組みを第一に解説している。初代会長となった計測学会会誌「計測」第1巻の巻頭言に「産業の復興に計測⁵⁾」を寄稿したように、日本の復興のために計測を普及展開しなければならないという強い使命感をもって活動を続けた山内の意思が感じられる構成となっている。

本稿では豊田の、歴史に従った記述を採用し鉄鋼における山内の業績について述べることにする。

昭和9年ごろから軍需工業を中心に日本の生産工業界は非常な活気を呈し、鉄鋼業がその中心であった。ドイツを中心とする普通鋼の技術が日本製鉄に、イギリスの酸性平炉を中心とする高級鋼と特殊鋼の技術が海軍の呉工廠に導入されていた。特殊鋼を能率よく製造するために、一つの全国的な研究組織を持つということによって俄国一を中心にして日本学術振興会の中に第19小(特殊鋼材)委員会が立ち上がった。多数の金属学者、物理学者が加わった。良質な特殊鋼を得るためには精錬炉内における化学反応を徹底的に解析して精錬法の改良を計ることが先決問題であるという研究方針に達し、成分分析と反応とが最重要の問題とされ、成分分析の第1分科

会が作られた。化学反応を知るためには反応温度を正確に測る必要があるが、1500℃以上の精錬炉内の温度の正確な測定法は確立していなかった。光高温計の補正・校正のために標準電球を使った技術が必要となるが、その分野の第一人者であった山内が、新たに設けられた第2分科会に招聘された。ここから山内の鉄鋼業における活動が始動した。「昭和11年3月の第1回会合から始まり、終戦までに光高温計校正用標準電球の製作と普及、「光高温計による熔鋼温度測定法」制定、熔鋼輻射率の決定、W-Mo, Fe-W 等の熱電対による熔鋼温度測定方法の研究と製鋼炉内温度分布の測定、製鋼用コバルト硝子の研究と調査等戦前、戦時の製鋼作業の改善に極めて大きな貢献をした⁴⁾」と山内は記している。

3.2 戦後

戦後は、兵器のための特殊鋼中心の体制から民需のための普通鋼生産へと大きくシフトすることとなった。普通鋼の製造は特殊鋼と異なり製造過程における困難は比較的少なく、技術的研究はいかにコストの低い製品を大量に生産するかという方向となり、第19委員会も再出発することとなった。戦時中の研究が戦後も引き継がれた例としては光電管高温計があげられるが、研究内容は大幅に見直された。

終戦直後は原料・燃料の不足が深刻で、燃料として石炭を大量に使用し高熱作業を行う鉄鋼業では熱管理運動がおこり操業の合理化が台頭した。昭和23年鉄鋼局主催による鉄鋼増産協議会が発足し、官庁・業界・計器メーカー等のメンバーからなる計器整備委員会ができて計測操業推進が始まり、平炉および加熱炉の計測化が急速に実施されるようになった。昭和24年には熱管理の専門アメリカ人技師の調査・指導が行われ、鉄鋼局・鉄鋼連盟・鉄鋼協会合同の熱経済技術部会が同年発足した。山内はその中に設けられた熱計器、熱精算、加熱炉の三専門委員会のうちの一つ、熱計器専門委員会委員長に就任した。

「当時の平炉における計測設備は誠に貧弱なものであって燃料使用量の測定を行なっているのは一部大工場のみであって、勿論燃焼用空気量を測定して燃焼状態の調節を行うこと等は実行されず感覚操業が主であった。技術指導にきた米人技師が『日本の平炉は計測器がなく、平炉の中には冷空氣が侵入してくる状態で操業しており冷氣を加熱しているような状況である』と指摘したように炉内負圧操業が常識のようであったが、この指摘により正圧操業が平炉の原単位切り下げのためには必須であることがわかり切換えが進められた。炉内への冷空氣侵入を防止するため適正炉内圧にするため、炉天井中央部より炉内圧を取り出し沈鐘式または隔膜式微圧計で計測し、煙道ダンパで調整を行うので、これが戦後の平炉における計測化実施の最初のものであった」と山内は記して

いる⁴⁾。

炉内圧を正圧に保つと、炉の天井温度は負圧操業時と比べてより高温となり、天井煉瓦への熱負荷が増し焼損するおそれがあるため天井温度を光高温計で計測し、燃料および燃焼用空気量調節のより天井煉瓦限界温度保持する必要がある。このように、一つの計測を実施するとそれに関連する他の計測化に波及し、炉操業の合理化が進展する。

こうして生産工程中の部分、局所での状態を示す諸量が計測されはじめると、これら諸条件の変化を連続的に的確に把握して作業の調整を的確に行うためには、正しい計測理論に基いて配置、整備された計測器類が常に正しい指示値を保つように運転されなければならない。そこで、計器専門委員会では生産設備に取付けられた各種計測器の保守、修理および検定法の指導書を作成するために、昭和24年に保守修理小委員会が設立され審議が行われた。山内は、高炉を初めとし、その付帯設備、平炉、加熱炉にいたるすべての装置について、それぞれの目的に応じ、どこでどの量をどんな計器を使って測定すべきか、そして自動制御するなら、どこで、どう制御すべきかを詳しく検討し、審議して表の形にまとめたものを作成しこれを標準計器と名づけた^{1,6)}。

熱計器委員会ではさらに進んで計測器の保守、修理、検定、組織運営の方法などを細かく討議し、資料としてとりまとめた。「作成された各種計器別の指導書は作業現場技術者の実際の応用を目的としたものであるので鉄鋼界は勿論のこと他の産業界においても実質的な好指針となるので各所より資料配布の要望が続出する状態であった⁴⁾」ことから「熱経済技術要覧計測編」として昭和28年に刊行された¹⁾。

昭和30年6月組織変更により、熱計器専門委員会は新しい鉄鋼技術共同研究会の中の熱経済技術部会計測分科会に引き継がれ主査は弟子の磯部孝に引き継がれ、昭和36年には独立し計測部会となった。目的、討議内容の種類進め方にいたるまで山内の運営を踏襲しており、すべての製鉄所からそれぞれ計測関係の代表委員が一同に会し、種々の問題や新しい計測・制御法について率直に打ち明け他社の意見をきくというオープンな委員会であることと、計器メーカーからの委員も含まれることで匿名での故障情報の共有など、計器の製作者と使用者が一体となって協力し改善につとめる委員会でもあるという山内の指導の賜物であった。磯部は「こうしてこの国の鉄鋼業は戦後荒廃した設備と枯渇した資源としか持たない状態から出発して、計測に基づく操業法を頼みに、その形態を巧みに変えつつ、装置の大型化、高速化、連続化に対応してゆき、現場にコンピュータを導入して以来、理想に近い形の科学的管理が行えるようになり、生産の技術レベルが世界に秀でるまでに至ったについては、それこそ絶えず科学的管理の実施を説かれ奨められた先覚者としての山内先生の先

見の明を偲ばせるものがあり、まことに感嘆の念を措くことができない¹⁾」と山内を称えている。

4 おわりに

山内二郎の活躍の場は、巻頭に記したように、上記にとどまらず、統計学、管理工学、情報工学にも多くの世界的な業績をあげている。友人の一人星合正治は追悼集で「山内二郎という名がでると途端に数字がでる、計算器がでる、数表が浮かぶ、今なら早速コンピュータが躍りだす、二郎さんその人がコンピュータの権化ではなかったかと思われる男でした」と述懐している。また、情報処理分野での思い出として高橋秀俊（東大名誉教授・故人）は「先生は若い人が何かよいことをすると、自分のことのように喜ばれる。自分の教え子であるとないに拘らず、すべての後進に注がれる愛情、それが先生の情報処理教育に対する熱意の根源ではなかろうか」と追悼している。

偉大な先達としての名前のみを存じ上げている、学問的には曾孫弟子にあたる筆者が僭越にも本稿をまとめるにあたっては、ほとんどを巻末の参考文献に頼った。もちろん本文中に存在するであろう誤りはすべて筆者の浅学と誤解によるものである。昨今もてはやされる、「グローバル人材」なるものを明治に生まれ、大正・昭和と駆け抜けた山内がまさに体现していること、現在の計測・制御・システム部会のどの分野をたどってもおそらく山内に行き着くであろうことを思うと、その偉業と隠れた努力に感動するばかりである。いつの時代にも技術をベースにして解かねばならない複雑な課題が山積するなかで、われわれはそれに真摯に立ち向かうという思いをあらたにすることができたことに深く感謝する。

山内二郎 略歴（追悼集より抜粋）

明治31年（1898） 大阪府にて出生
大正 8年（1919） 第一高等学校卒業
大正11年（1922） 東京帝国大学工学部電気工学科卒業
通信省電気試験所研究員
昭和 4－6年（1929） 東京帝国大学講師兼務
昭和 7年（1932） 電気工芸委員会電球標準調査委員会委員
昭和 8年（1922） 国際度量衡総会日本代表
国際照明委員会
昭和14年（1939） 東京帝国大学航空研究所嘱託
叙勲五等授瑞宝章
15年（1940） 日本学術振興会委員
17年（1942） 叙勲四等授瑞宝章
東京帝国大学教授兼務航空研究所所員
20年（1945） 統計数理研究所参与
21年（1946） 叙勲三等授瑞宝章



東京帝国大学第一工学部講師兼務

22年（1947） 東京帝国大学第一工学部計測工学科にて
教育・研究

日本学術振興会学術部第三十六特別委員会委員

23年（1949） 文部省学術用語調査会員（－47年）
通産省日本工業標準調査会委員（－38年）
統計数理研究所評議員（－41年）

25年（1950） 計測工学懇談会会長（－32年）
文部省学術奨励審議会委員
電気規格調査会硝子標準特別委員会主査

26年（1951） 日本学術会議国際度量衡研究連絡委員
日本学術会議超音波探傷法協議会主査
電気規格調査会電気計器常置委員会委員長（－30年）

27年（1952） 日本学術会議計数装置特別委員会委員
（－32年）
計量行政審議会委員（通産省）
国際度量衡委員会委員（－42年）
統計審議会委員（－47年）

28年（1953） 東京大学教授（工学部）
29年（1954） 国際電気標準会議日本代表
国際度量衡総会日本政府代表
30年（1955） 日本鉄鋼協合理事（－35年）
日本規格協会品質管理方式研究会議長
（－48年）

日本工業標準調査委員会委員
計量行政審議会委員（－32年）
31年（1956） 産業合理化審議会委員

日本学術会議統計学研究連絡委員会委員
国際度量衡委員会法定度量衡国際機構総会日本委員
機械工業審議会専門委員
統計数理研究所評議会評議員（－33年）
原子力委員会専門委員（－32年）

33年(1958) 東京大学定年退官
慶應義塾大学工学部教授(－44年)
照度調査委員会委員長(－40年)
国際度量衡委員会日本代表

34年(1959) 慶應義塾大学工学部管理工学科主任教授
文部省科学研究費補助金総合研究”数理
科学の総合研究”第四班班長

35年(1960) 情報処理学会プログラミングシンポジウ
ム委員会委員長(－51年)

36年(1961) 日本規格協会品質管理便覧編集委員会委
員長

37年(1962) 国際度量衡委員会日本代表

38年(1963) 日本規格協会統計数値表編集委員会委員長

39年(1964) 京都大学数理解析研究所専門委員(－42年)
統計審議会会長(－47年)
学術振興会計算機学術利用委員会委員長

40年(1965) 情報処理学会会長(－42年)
国際度量衡研究連盟委員会日本代表

41年(1966) 日本規格協会理事(－49年)
日本学術会議電気研究連絡委員会委員
国際度量衡委員会日本代表

43年(1967) 叙勲二等授旭日重光章

44年(1969) 慶應義塾大学退任 青山学院大学理工学
部教授

45年(1970) 情報処理研修センター理事長(－51年)

46年(1971) 青山学院大学退任

47年(1972) 国際応用システム研究所日本委員会副委
員長
文部省統計数理研究所評議員会評議員
(－49年)

49年(1974) 医療情報システム開発センター理事

50年(1975) 叙勲一等授瑞宝章

51年(1976) 日本情報処理開発協会副会長・情報処理
研修センター所長(－53年)

59年(1984) 没(享年86歳)

参考文献

- 1) 山内二郎先生 人と業績, 追悼集刊行委員会, (1985)
- 2) 豊田弘道: 鉄と鋼, 70 (1984) 9, 987.
- 3) 山内二郎: 照明学会雑誌, 40 (1956) 11, 456.
- 4) 山内二郎: 鉄と鋼, 41 (1955) 7, 787.
- 5) 山内二郎: 計測, 1 (1951) 1, 2.
- 6) 山内二郎: 計測, 1 (1951) 1, 7.
- 7) 中本守, 山内二郎, 高橋正一: 計測, 1 (1951) 3, 110.
- 8) 岩村忠昭: 国立科学博物館技術の系統化調査報告, 13
(2009) 5, 265.
- 9) 岩村忠昭: 計測自動制御学会プロセス塾講義資料, (2011)

(2014年7月31日受付)