

# 神戸工業によるトヨタ初代クラウン用 トランジスタカーラジオの開発記録

—日本の車載半導体の源流をたどって—

外 山 明

〔目次〕

序章 はじめに

第1章 神戸工業における黎明期のトランジスタ開発の状況

1.1 前身の川西機械製作所について

1.2 川西機械製作所時代からの黎明期のトランジスタ開発状況

第2章 初代クラウンの開発と神戸工業製カーラジオが選定されるまでの経緯

2.1 国内初の純国産量産型乗用車としての初代クラウンの開発

2.2 初代トヨタ主査中村健也による神戸工業製カーラジオの選定

第3章 初代クラウン用トランジスタカーラジオの開発過程

3.1 オール真空管型カーラジオの開発

3.2 ハイブリッド型カーラジオの開発

3.2.1 真空管型カーラジオの問題点とトランジスタ化の必要性

3.2.2 パワートランジスタの開発とハイブリッド化および量産化対応

(1) パワートランジスタの開発とハイブリッド化対応

(2) トランジスタ工場における量産技術の習得

3.3 オールトランジスタ型カーラジオの開発

3.3.1 オールトランジスタ前期型

3.3.2 オールトランジスタ後期型

第4章 考察

終章 おわりに

引用・参考文献／インタビュー・リスト

Appendix: トヨタ初代クラウン用神戸工業製カーラジオの世代別回路図

序章 はじめに

半導体産業発展の礎となったトランジスタは、1947年の12月に米国のベル研究所で発明された。この発明は特許取得の手続き等のため暫く秘匿にされ、正式に公表されるのは1948年6月となる<sup>1)</sup>。

この時代の日本の半導体産業史の中で、東京通信工業（現ソニー、以下ソニーと称す

---

1) 外山（2021）94頁。

る）と共に頻繁に登場する企業に神戸工業がある。同社は米国におけるトランジスタ発明の情報をいち早く入手して開発を進めた日本企業であり、またノーベル賞を受賞した江崎玲於奈、赤崎勇、それ以外にも有住徹弥、佐々木正、大脇健一、中村正など数多くの傑出した人材を一企業内から生み出して産業界・学会に貢献している。こうしたことから同社は神戸工業大学（院）と揶揄されるほど特異性を持つ企業であった。しかし、この神戸工業に関する先行研究は極めて限られている。それは同社が1968年に富士通と合併して表舞台から去ったことが影響している<sup>2)</sup>。

例えば、創業期のソニーが、米国のリージェンシー社に次いで世界で二番目に（日本で最初に）家電用トランジスタラジオを1955年に発売した。しかし、当時はトランジスタ工場の生産時の歩留まりが極度に悪く、商品化をして発売をしても大量生産が難しい時代が何年も続くことになった。この歩留まりの問題は世界的なもので、そうした中でソニーは特に生産が困難であった高周波トランジスタの量産技術を世界に先駆けて確立して成功を収め、飛躍のきっかけを得た話は、様々な文献や映像記録等で語り継がれている。

一方、神戸工業については、米国でトランジスタが発明された後に研究開発に着手したのは同業他社よりも早く、同社がトランジスタラジオの開発や試作品の展示発表会などにおいてもソニーに先行しており、さらには車載用途のトランジスタおよびそれを用いたトランジスタカーラジオの開発を日本で最初に<sup>3)</sup>成功しているが、こうしたことについてあまり知られていない。

この車載用途で使われるトランジスタおよびそれを用いたカーラジオは、家電用のものと比べ、高温、高湿、高振動など厳しい環境に耐えなくてはならず、さらにこれら環境下で高音質、高音量を維持するなど過酷な条件が求められる。そうした中で神戸工業はこの問題に果敢に挑戦してトランジスタカーラジオを開発している。

つまり、当時のソニーをはじめとする同業他社が、通常の家電用ラジオのトランジスタの開発と工場における歩留まりの悪さや採算性の確保に苦戦していた1950年代に、神戸工業はさらに厳格なスペックを求められる車載用トランジスタと、それを用いたカーラジオの開発に挑んで日本で最初に成功しているのである。

この点について今日的な視点を踏まえると、神戸工業は、近年注目されている車載半導体メーカーの元祖であり、その応用製品である自社製トランジスタを用いたカーラジオを国内で初めて開発、商品化して発売することに成功した日本企業であると言える。

しかし、前述した通りこの神戸工業について、その中でも特に同社の半導体事業に関する先行研究は非常に限られている。例えば村松（2014）は神戸工業の起源となる明治時代の日本毛織まで遡り、大正時代に設立された前身の川西機械製作所の時代を経て、昭和に

2) 村松（2014）51-52頁および59頁を踏まえ記述。なお、「神戸工業大学」の逸話については、その引用元となる福田（2008）272頁には「神戸工業大学院」と記されている。

3) 日本で最初のトランジスタカーラジオであることについては富士通テン（1993a）3頁より。なお、当時のカーラジオは一般的にオートラジオと呼ばれていたが、本稿では今日的な言葉としてカーラジオに統一し、車載専用ラジオについて議論をする。

なり戦後混乱期の中で同社が誕生し、その後富士通と合併して消滅するまでの状況を記している。しかし、その主な論考は同社の発展過程において、高度な技術力を構築した背景や理由等を分析したものであり、半導体事業の詳細には言及していない。また宇田(1999)は神戸工業が富士通に合併される前の1958～1967年において、不況部門であった同社の機械部門が、富士通のコンピュータ・ビジネス、特に周辺機器開発に尽力して大きな転身を遂げたことについて、企業間の関係と組織能力形成の観点から論じている。しかし、ここでも神戸工業の半導体事業の状況に関してはあまり言及されていない。

これら以外には、筆者の知る限り、神戸工業を主題にした先行研究は見当たらず、同社の半導体事業についてサーベイしてみても、社史や技報、その他の各種文献の中に断片的な記述があるものの、日本の半導体産業史に資する形で記された学術的な先行研究が乏しい。それゆえ、当時の神戸工業の半導体事業の動向については全体像が未だ不明瞭な状態にあると考えられる。

そうした中で、本稿では神戸工業が開発したトヨタ<sup>4)</sup>初代クラウン用カーラジオに着目した。詳細は後述するが、神戸工業は発明されて間もないトランジスタの情報を早期に入手して研究開発をする過程で、それをカーラジオに適用することに注力した。このカーラジオには当初は真空管が使われていたが、それが徐々にトランジスタに置き換わっており、その変遷過程を詳細に調査して分析することは、神戸工業の半導体事業の動向を知る上で有効であると思われる。

その際、この初代クラウンのカーラジオ開発の状況について、各種関連文献をサーベイすると同時に、これらカーラジオを入手して、内部の回路を分析することを試みた。当時はこれら現品内部の天板に修理用のために回路図が貼り付けられており、この回路図をみれば基幹部品(真空管やトランジスタなどのキーデバイス)を確認できる。筆者は研究を進める中で、幸運も重なり、初代クラウンのカーラジオの各進化段階の現品を一通り入手して、実際に現品内部と回路図を確認することができるようになった。よって、これらを踏まえて当時の車載用トランジスタの開発状況を詳細に分析して明らかにすることで、今日重要視されている車載半導体の起源について記録を残すことができると思われる。

さらに神戸工業は1968年に富士通と合併し、その後、このカーラジオを中心とした事業が分離して富士通テン、そしてデンソーテンへと発展し引き継がれて今日に至っている。よって本研究はこうした企業の源流の記録の一つとして捉えることもできよう。

以下、第1章で神戸工業における黎明期のトランジスタ開発の概況、そして次の第2章でトヨタ初代クラウンのカーラジオを開発した背景について述べ、さらに第3章で実際に収集した各カーラジオの現品内部にある回路状況を分析して、神戸工業の半導体事業の動向について詳細を記し、第四章にてこれらの考察をして、終章にて締め括りたい<sup>5)</sup>。

4) 当時はトヨタ自動車工業、トヨタ自動車販売、トヨペットなど歴史的経緯により複数の呼称が存在しているが、本稿ではトヨタに統一する。

5) 本稿を記述するにあたり、参考文献にある和暦は西暦に直して統一した。また敬称は、人名引用時にはつけないが、筆者が直接インタビュー等をした方々には記している。

## 第1章 神戸工業における黎明期のトランジスタ開発の状況

### 1.1 前身の川西機械製作所について

神戸工業の前身は川西清兵衛が創業した川西機械製作所である<sup>6)</sup>。この川西清兵衛の事業は1896年に日本毛織を設立したことに始まる。その後、日本毛織は羊毛工業のトップ企業となったが、第一次世界大戦時に同社で使用していた機器の輸入が途絶えた経験から、1920年に繊維機械と航空機の国産を目指して、川西機械製作所が創られた。そして清兵衛は同製作所を次男の龍三に委ね<sup>7)</sup>、龍三はこれを1932年に株式会社化して社長に就任する。

川西機械製作所の社長となった川西龍三は、航空機の製造を手がけた飛行機部が分離独立したことによる空白を埋めるため、1933年に弱電工業へ進出を図った<sup>8)</sup>。こうした中で同社は通信機や真空管の国産化を目指すようになる。その後、真空管用金属材料モリブデン・タンゲステンの冶金に成功すると共に真空管特殊硬質硝子の製法をマスターし、小型真空管から大型多極管へと段階的に製造技術を固めながら、一貫作業による製品の均質性を確保する準備を行った。そして1935年には、受信管、送信管、X線管などの試作を始めた<sup>9)</sup>。結果として同社は早くから電子管、通信機等の弱電部門への進出を果たし、同じ年の1935年より製造を開始した真空管の技術は、わが国では最高水準をゆく優れたもの<sup>10)</sup>と高い評価を得ていた。

しかし軍需事業の比重が大きかったことが災いとなり、終戦後に軍需補償の打ち切りによる莫大な特別損失をこうむったことにより経営危機に陥った。このため1949年8月5日企業再建整備法に基づく法定整備計画により川西機械製作所の第二会社として神戸工業を設立<sup>11)</sup>して、同社が川西機械製作所の技術を引き継ぐことになった。

### 1.2 川西機械製作所時代からの黎明期のトランジスタ開発状況

神戸工業は戦前の川西機械製作所時代に真空管の技術を蓄積し、受信管で日本放送協会ラジオ機器認定を受け、戦後の1947年にスーパー<sup>12)</sup>受信用6WC5を開発、翌年3月に量産を始めると、一躍市場を席捲し、業界標準となるほど高い評価を受けた<sup>13)</sup>。

ちょうどこの頃の出来事として、冒頭に記した通り1947年の12月にトランジスタが米国のベル研究所で発明され、1948年6月に正式に公表される。同年夏、GHQのCCS (Civil

6) 富士通 (1976) 1-2 頁。

7) 村松 (2014) 53頁。川西清兵衛は、次男の龍三に川西機械製作所のほか、川西航空機、川西倉庫を委ね、また長男の清司には日本毛織を委ねている。

8) 富士通テン (1993a) 1 頁。川西機械製作所の飛行機部は1928年に独立して川西航空機になった。これは今日の新明和工業にあたる。

9) 富士通テン (1993a) 1 頁。

10) 日本社史全集刊行会編 (1977) 143頁。

11) 富士通 (1976) 1 頁、23-24頁。

12) スーパーヘテロダイン方式の略称。

13) 富士通テン (1993a) 1 頁。

Communication Section：民間通信局）の人からシリコンでトランジスタができるという話を聞いた真空管技術部長の有住徹弥（後の名古屋大工学部教授）は、「面白い。まあやってみよう」と理屈もわからぬまま、会社には内証で、すぐに研究を始めた<sup>14)</sup>。

こうした研究に速やかに取り組めた背景として、国内において戦前の電子管時代からの材料も含めた様々な技術の蓄積が、電子産業発展の土台として存在していたことが考えられる<sup>15)</sup>。神戸工業は川西機械製作所時代から真空管の開発を通して材料の研究に力を注いでいたことが、戦後になりトランジスタにいち早く着目して事業参入する上で礎となっている<sup>16)</sup>。また同社は川西機械製作所時代からの機械製作の技術を有していたことも重要である。なぜならば、こうしたトランジスタ発明間もない時代において様々な実験や試作、量産をする上で、製造装置も自前でそろえなければならなかった<sup>17)</sup>からである。

その後、神戸工業に移行した1949年に半導体金属の結晶構造、シリコンの精製、同結晶成長など、基礎研究を開始し、整流理論およびシリコン整流器の実験を行った。1950年には、わが国で初めてシリコンダイオードの試作に着手し、1951年製品化に成功した<sup>18)</sup>。

このように、神戸工業におけるトランジスタ技術の立上りは早かった。これには有住徹弥を中心とする電子管材料の研究者グループが大きな役割を果たした。特に真空管の酸化物陰極が高温で示す物質的な特性や、その電子放射の現象に関する知見と理解は、そのまま半導体物性の研究に役立つものであった。酸化物陰極の研究をしていた成田信一郎、トリエーテッドタングステン陰極の研究をしていた江崎玲於奈、電子管の電極材料を研究していた前川俊一、藤森明らが強力に半導体の研究とその商品化を推進した<sup>19)</sup>。

この一方で、神戸工業は川西製作所時代の1948年以来、米国 RCA (Radio Corporation of America) 社と特許ならびに技術援助に関する契約の交渉を進めていた<sup>20)</sup>。そして、1949年に神戸工業初代社長になった高尾繁造は、テレビ用ブラウン管、真空管などの製造において、RCA 社からの技術導入に踏み切る。そして1951年、調印のため渡米<sup>21)</sup>して同社と日本で最初の技術提携を行い、MT 管（ミニチュア管）を中心に量産技術を確立できるようにしようとした。この技術は後に述べる初代クラウンの真空管型オートラジオを製作する基盤として不可欠であり、大いに貢献することになる<sup>22)</sup>。

そうした中で、1951年8月、有住徹弥は真空管の調査のため渡米している。前述の MT 管の勉強が目的だったが、トランジスタのことも知りたいので、4か月の渡米中、2週間

14) 毎日新聞（1973年6月30日7面）。ほかにも中川（1981）75頁にトランジスタ研究開始時の記述がある。なお、このころはまだ神戸工業ではなく川西機械製作所時代である。

15) 今井（2001）18-96頁（主に19頁）を踏まえて記述。

16) 富士通テン（1993a）2頁。

17) 相良（1997）331頁。

18) 富士通テン（1993a）2頁。

19) 日本電子機械工業会 電子管史研究会（1988）526頁。

20) 神戸工業（1951）1頁。

21) 福田（2008）265頁。

22) 富士通テン（1993a）1-2頁。

を割いて、RCA社とベルの研究所へ行き、トランジスタを作っている現場を見せてもらった。そしてこの時に米国からゲルマニウムの単結晶を持ち帰った<sup>23)</sup>。

帰国した有住は、お土産のゲルマニウム単結晶を使って、点接触型トランジスタの試作にとりかかる<sup>24)</sup>。その際、社内でトリウムタングステン陰極の研究をしていた江崎玲於奈に研究に着手させ<sup>25)</sup>、ゲルマニウムの熱処理実験を始めた。また藤森明と前川俊一は、それをお手本に単結晶の成長を開始する<sup>26)</sup>。そして米国から持ち帰った結晶を使い点接触型トランジスタの試作に成功<sup>27)</sup>、さらに高純度単結晶の試作に成功<sup>28)</sup>した。これにより自社の結晶を用いて点接触型トランジスタを作れるようになった。

ところで、このころの逸話として、当時の神戸工業ではトランジスタの開発は非公式であり、小型真空管の開発が同社の大方針で、有住自身がその技術責任者であったが、(同氏曰く)「資金、人の面から、とても公式に頼んだってOKにならないのはわかってたから、真空管の費用を流用した」。そして、実際にトランジスタができ、ラジオなどを試作するようになると、1952年の夏あたりに、とうとうまわりにバレてしまい、試作したイヤホンだけで聞くラジオを持って当時の社長であった高尾繁造のところに説明に行くと、「オー!?いつの間にやったんだ」と言われ、これにより永年ひそかに進めてきたトランジスタの開発が社内で初めて公式に認知された<sup>29)</sup>。こうした状況の中、当初のRCA社との技術援助契約範囲は受信管に限定していたが、その後トランジスタを含めた総括的なものへ契約を結び直している<sup>30)</sup>。

この米国RCA社との技術提携については、神戸工業においてトランジスタの商品化が早かった理由として考えることができる。なぜならば、1948年に技術提携の検討を始めた当初の真空管以外に、後にRCA社はトランジスタにおいても米国において最も優れた技術を持つことになったからである。つまり、トランジスタの出現と共に、真空管からトランジスタ分野へとRCA社との提携の範囲が拡張された<sup>31)</sup>ことは、当時の神戸工業が早期に世界最先端のトランジスタ技術を得ることに繋がっていったのである。

---

23) 当時の神戸工業の米国RCA社への出張に関しては、文献により記述内容に差がある。ここでは有住氏が存命中に、同氏にインタビューした毎日新聞(1973年6月30日7面)の記事を参考にした。

24) 福田(2008)265頁より。ここには具体的な年月は記載されていないが、中川(1981)76頁には1952年1月からと書かれてある。一方、毎日新聞(1973年6月30日7面)には、持ち帰ったゲルマニウムを種にして1951年暮れにはゲルマニウムの単結晶をつくったとの記述もあり、時期と内容の整合が難しかった。

25) 富士通テン(1993a)2頁。なお、トリウムタングステン陰極については、日本電子機械工業会電子管史研究会(1988)526頁にはトリエーテッドタングステン陰極とある。

26) 福田(2008)265頁。

27) 福田(2010)133頁および江崎(1978)481頁より。なお、中川(1981)76-77頁には1952年3月との記述あり。

28) 富士通テン(1993a)2頁。

29) 毎日新聞(1973年6月30日7面)が有住氏へインタビューをした記事より。

30) 神戸工業(1952a)1頁、神戸工業(1952b)3頁、野上秋太郎(1986)263頁。

31) 日本電子機械工業会電子管史研究会(1988)526頁。

その後、神戸工業は点接触型トランジスタを1953年にわが国ではじめて市販し、同じ年に通産省補助金をうけ、接合型（アロイ）ゲルマニウムトランジスタも同時に試作を進め、翌1954年に量産化に入っている<sup>32)</sup>。

この時期における同社の開発状況を追記すると、1954年1月中旬、東京の上野でトランジスタ、ダイオードなどの展示会を行っており、その際、日本の民間企業としては初めてトランジスタラジオの試作品を、関係官庁や業界の人々に公開した<sup>33)</sup>。ちなみに、この展示会は東京・上野の精養軒で開かれたレセプションで、ソニーが実施した同様の催しよりも6カ月ほど早い<sup>34)</sup>時期に行われている。

この試作品のラジオは高周波用に点接触型、低周波用に接合型の自社製トランジスタが使われており<sup>35)</sup>、その開発段階において、「点接触型だけじゃいかん。やはり接合型がいる、というので、28年〔1953年：引用者注〕4月から同年いっぱいかけて接合型をやった」<sup>36)</sup>と同社OBの前川俊一が後に述懐しており、前述の点接触型に加え、このタイミングで接合型トランジスタの試作を急いだと考えられる。そして、実際にできあがったのは同年暮れ（1954年正月の直前）であった。さらに回路設計を担当した小谷清一は正月休暇を返上して、これらのトランジスタを用いてラジオの製作に当たり、ようやく展示会に間に合った。このラジオのスイッチを入れたのが江崎玲於奈で、製品説明は同社の半導体開発を決めた有住徹弥が行った。そのラジオの音はかすかなものであったが、その技術は来るべき時代の黎明を告げる音として、心打つものがあったという<sup>37)</sup>。さらに、翌月の2月には他社に先駆けてトランジスタ、ダイオードの市販をしている<sup>38)</sup>。なお、江崎はこうした経験を積んで、後に神戸工業からソニーに移籍してトンネルダイオードを発明し、ノーベル賞を受賞している。

ところで、トランジスタが発明されて間もない1950年代末頃までは、トランジスタラジオを開発しても、その中にあるトランジスタ自体を大量生産することに技術的問題が残っており、工場の歩留まりが極度に悪く、良品が生産できない現象が各社で生じていた。よって神戸工業においても、将来ラジオにトランジスタが使われるに違いないと分かっているにもかかわらず、当時の良品率はあまりにも低く、トランジスタの製造実績が1日1個ということもあり<sup>39)</sup>、思い切った量産計画が立てられない状態が続いていた。とりわけラジオ用の高周波トランジスタの量産化が難しく、この問題はトランジスタの開発、生産をしている世界中の半導体メーカーを何年も悩ませることになった<sup>40)</sup>。

32) 神戸工業（1968）8頁。

33) 富士通テン（1993a）2頁。

34) 江崎（2007）61頁。

35) 毎日新聞（1973年6月30日7面）、中川（1981）77頁、江崎（2007）61頁。

36) 毎日新聞（1973年6月30日7面）より。富士通テン（1993a）2頁にも関連記述あり。

37) 富士通テン（1993a）2頁。

38) 神戸工業（1956）6頁。なお、これに先立って、同社が点接触型トランジスタを1953年にわが国ではじめて市販していたことが神戸工業（1968）8頁に書かれている。

39) 福田（2008）267頁。

よって、神戸工業はトランジスタ開発の情報をいち早く入手し、事業化に向けて邁進していたが、こうした量産化の壁が生じたことにより先行優位性は徐々に弱まることになる。一方、ちょうどこの時期の神戸工業に、日本発の純国産量産型乗用車となるトヨタ初代クラウンに搭載されるカーラジオへの参入の話が舞い込んできていた。

このカーラジオの開発当初は、トランジスタの量産技術が確立されていなかったため、まずは強みとしていた真空管を用いたカーラジオの開発からスタートして、その後トランジスタの量産技術を徐々に確立しながら、オールトランジスタ化に対応していくことになるが、これらには通常の家電用とは異なり、車載用として過酷な環境に耐えられるようにすることも別途必要となった。

こうした神戸工業におけるカーラジオの開発において、その内部の基幹部品をどのように真空管からトランジスタに対応させていったか、その変遷過程を詳細に追うことで、同社の半導体事業の動向が明らかになり、またさらに、ここで開発されたカーラジオ用トランジスタは、今日注目されている車載半導体の源流として捉えることもできるはずである。しかし、こうした議論を進める上では、その前提として、まずは神戸工業がトヨタの初代クラウン用カーラジオの唯一のサプライヤーとして選定されるまでの経緯を明らかにしておく必要がある。よって、この経緯に関して次の章で述べていきたい。

## 第2章 初代クラウンの開発と神戸工業製カーラジオが選定されるまでの経緯

神戸工業は半導体産業黎明期にトランジスタの開発を進める一方で、同じ時期に国内初の純国産量産型乗用車であるトヨタの初代クラウン用カーラジオの唯一のサプライヤーとして選定された。その経緯について、本章では同車の開発が決定された頃のトヨタの状況まで遡って明らかにしたい。

### 2.1 国内初の純国産量産型乗用車としての初代クラウンの開発

第二次世界大戦前の日本の自動車産業においては、乗用車を大量に生産する技術が未だ十分に確立しておらず、トヨタにおいても小型乗用車が少量生産されていた<sup>41)</sup>状況だった。同社は1938年に拳母工場を立ち上げて量産体制の構築を試みようとしていた<sup>42)</sup>が、戦局が悪化して、軍用トラックの生産を確保するため乗用車生産を事実上禁止した。

さらに終戦直後は敗戦により占領軍による生産規制がかかり、1945年9月にはトラックの生産再開が許可されるが、一方で乗用車の生産は依然として禁止された状態が続き、1949年10月になりようやくこの禁止令が解除された<sup>43)</sup>。

---

40) この問題を世界でいち早く解決したのがソニーであるが、1955年に日本初のトランジスタラジオを発売した同社ですら、工場における低歩留まりの問題を解決するのに1957年頃まで時間を要することになる。この点については後述する。

41) 和田(1999) 386頁。

42) トヨタ自動車ホームページ (1)。

43) 和田(1999) 386頁。

その当時、終戦直後の厳しい経済情勢において、ドッジ・ライン（財政・金融引締め策）により日本経済は不況に陥り、この時期にトヨタは資金繰りに苦しみ、倒産の危機に直面した。その際、人員整理と賃金カットが強硬されようとし、これに反対する労働者のストライキも行われた。最終的には、組合が1,500名の人員整理と賃金の1割カットが実施され、会社は社長以下、経営陣が退任することで、この争議はいったん終結した<sup>44)</sup>。

このストライキが終わり、「何かをやらねばならぬ」という気分が会社中にみなぎっていた<sup>45)</sup>が、乗用車の生産再開が許可されていても、技術開発はゼロからのスタートであった。また不況のため設備資金調達も困難な状況であった<sup>46)</sup>。

そうした中で、間もなく朝鮮戦争が勃発すると米軍は日本製トラックの大量調達を始めた。これによりトヨタをはじめ不況に苦しんでいた国内自動車会社も特需景気の恩恵に浴し、技術開発、設備の新設・更新を進める企業力を逐次蓄えることができた。しかし、本格的な乗用車開発には時間が必要であった<sup>47)</sup>。

同じころ、経済復興の進展に伴って、タクシー用乗用車の需要が増大し、外国製乗用車の輸入自由化に対する要望が強まった。国内自動車メーカーの乗用車の生産制限は1949年10月に解除されたばかりであったが、こうした動きに対応して、本格的な乗用車の開発を急ぐ必要があった<sup>48)</sup>。

しかし、その一方で、日銀総裁一万田尚登は「日本で自動車工業を育成しようと努力することは意味をなさぬ」と自動車工業不要論を唱えていた。これは、世界経済が米国を中心に協力体制を整えようとしている中、日本から輸出を伸ばすと言っても、国際分業の建て前に副うべきであり、海外から安価で品質のよい車を輸入できる中で、あえて国内で乗用車開発をしようとする動きを牽制したものであった<sup>49)</sup>。

こうした議論を経て、トヨタ以外の国内自動車メーカー各社は自主開発よりも外国技術の輸入を優先し、外国メーカーと技術提携して乗用車技術を取得する道を選んだが、トヨタは1952年1月に自主開発を決め、自力で開発を進めた<sup>50)</sup>。この背景として、トヨタには豊田佐吉の時代からの「自分で苦労してやらなければ技術は身につかない」という伝統的な考え方<sup>51)</sup>があり、これを踏まえた豊田佐吉、そして喜一郎以来の自助努力による研究と創造の信念から、乗用車を自主開発するのは当然のことであった。これはまた同年3月に急逝した喜一郎の生前の指示に基づくものでもあった<sup>52)</sup>。こうして初代クラウン（当初の

44) 和田（1999）386頁およびトヨタ自動車ホームページ（2）より。

45) 同書72頁。

46) 同書386頁。

47) 同書70頁。

48) トヨタ自動車ホームページ（3）。

49) 日本経済新聞（1950年4月13日縮小版）1面、和田（1999）51頁および386頁を踏まえ記述。

50) 和田（1999）70頁。なお、原文では1953年1月となっているが誤りで、同469頁の年表およびトヨタ自動車ホームページ（3）を踏まえると1952年1月が正しい。

51) 下川・藤本編（2001）190頁にある、豊田英二（当時トヨタ最高顧問）の言葉より。

52) トヨタ自動車ホームページ（3）を踏まえて記述。

呼称はR S型<sup>53)</sup>の開発のプロジェクトが組まれることになる。

この初代クラウンを開発するにあたっては、当時の日本ではまだ珍しかったカーラジオの開発も検討することになり、サプライヤーの選定が必要となった。そうした中で、数あるラジオメーカーの中で神戸工業が唯一のサプライヤーとして選定されるに至った経緯について次に述べたい。

## 2.2 初代トヨタ主査中村健也による神戸工業製カーラジオの選定

トヨタは海外メーカーの力を借りず、純国産の量産型乗用車を自主開発することを1952年1月に決定し、自力で開発を進めたが、その際、中村健也がこのプロジェクトの開発責任者になった<sup>54)</sup>。

その後、このプロジェクト体制を強化する上で、開発・生産現場の責任とその遂行のために必要とする全権限を与える主査制度を新たに採用した。この主査という役割は社長から白紙委任状をもらったような強い権限があり、1953年5月にその初代主査としてプロジェクトの開発責任者だった中村健也を任命した<sup>55)</sup>。そこで中村は以下に記したような設計基本方針<sup>56)</sup>を宣言してプロジェクトを推進した。

- ① アメリカンスタイルとし、明るく軽快な感じを出す。
- ② ボデーサイズは、小型車規格一杯とし、貧弱に見えないこと。
- ③ 乗心地がよく、運転性能の優れた車とする。
- ④ タクシー用として格安な車とする。
- ⑤ 丈夫で、悪路に十分耐える車とする。
- ⑥ 最高速度を時速100キロメートルとする。

さらに、当時、中村の部下として主査付きになった長谷川龍雄が、中村に以下の技術に対する強いこだわりがあったことを指摘している<sup>57)</sup>。

- (a) 独立懸架装置に強い執念を
- (b) シャシー・フレームをスポット溶接に
- (c) ドアを観音開き
- (d) 計器盤を一体ダイキャストに
- (e) 自動車用トランジスタラジオの開発

---

53) 桂木(1991) 21頁。

54) 和田(1999) 265頁。

55) 同書71-72頁および260頁, 265頁。

56) 同書74-75頁および339頁。

57) 同書339頁。

このプロジェクトにおいて中村は、上記(e)にあるように自動車用トランジスタラジオを搭載することに強くこだわっていた。しかし、第1章で述べた通り、このプロジェクトが始まった1950年代前半頃は、まだトランジスタを量産してラジオに適用することが難しい時代であり、そうした中でトランジスタラジオへのこだわりがあったことが興味深い。

この理由の一つとして、中村の趣味にオーディオがあったことが挙げられ、幾つもの逸話が残っている。例えば、同氏はオーディオに関しては人並みのものでは満足せず、通常の会社員の年収の3倍もある、ほかにないような高価なハイ・ファイの音響機器を備え、多くの名盤を自宅に保有して聴いていた。その凝りようについては、レコードを聴くために、自宅の床に穴をあけて地面からコンクリートの台を作ってレコードプレーヤーを置き、音による床振動を防ぎ、より正確な音が聞けるようにするほどの徹底した音響マニアであった<sup>58)</sup>。

また、中村は技術分野における先見の明にも長けており、後年、同氏の判断によりセンチリー（車種名）にテーブプレーヤーを初めて搭載したが、当時のオーディオはカートリッジタイプが主流で、市場の9割以上を占める勢いであった。それにもかかわらず、出たばかりのマイナーなカセットタイプに決めたのだが、それから数年も経たず、市場からカートリッジタイプは消え去り、カセットタイプの時代に移行している<sup>59)</sup>。

こうした中村の音に対するこだわりと将来の技術に対する洞察力や先見性は、初代クラウンにトランジスタカーラジオを搭載しようとしていたことにも繋がっていたと考えられる。そして、このカーラジオのサプライヤーを選定するにあたって中村は、最初から自分たちの力で全てをやり遂げられる会社を探した。

そうした中で1953年8月に神戸工業に対して、新企画の国産乗用車に装備するラジオの必要性和その使用について<sup>マ</sup>説明をした上で、コンクールを開催して技術力中心でメーカーを選定する旨の話をした<sup>60)</sup>。そこで神戸工業は早速このコンクール参加を決定し、社を挙げ、懸命の努力によって4か月後の同年12月末に試作を完了し、受信部、電源部、スピーカー部、ロッドアンテナから構成されるラジオ3台を納入した<sup>61)</sup>。なお、前述した通り、この頃はトランジスタは発明されてはいたが量産をしてラジオへ適用することが不可能だった時代である。よって、このカーラジオの基幹部品にはトランジスタは全く使われておらず、その代わりに新たに開発した当時最先端のMT管（ミニチュア管）と呼ばれる小型の真空管が搭載されていた。

この際、ラジオの感度を上げるとノイズを拾うというのがオーディオエンジニアの一般的意見だったが、そうでないことを神戸工業の技術者たちが見つけた<sup>62)</sup>ことも重要であった。例えば、神戸工業は技術的な視点から取付、雑音、防振、防塵などの車との適合性を

58) 和田（1999）234頁および388頁。

59) 同書132頁。

60) 同書93頁。

61) 同書93頁および349頁。

62) 同書92頁。

検討する中で、カーラジオに対する最大の問題点はエンジンのイグニッションノイズとラジオ電源部で使用するバイブレータの雑音であった。そこで、このイグニッションノイズについては、エンジンのボデーアースポイントを探究して、ノイズサプレッサを挿入して対処した。またスピーカー部とラジオ本体部の2ユニット制を、電源部を切り離して3ユニット制に変更し、バイブレータのある電源部をエンジンルームに装着して蓋をシールドとして使用して雑音を防ぎ、さらに適切なアースポイントをとるなどして苦労を重ねて問題点を解消した<sup>63)</sup>。

このように、生じてくるさまざまな課題に対して当時の神戸工業の開発者は「とにかく良い音のカーラジオを作れ」のかけ声の下、努力を重ねて課題を一つ一つ克服しカーラジオの一号機を完成させた<sup>64)</sup>。

これを見た中村は、神戸工業に「ノイズをよく止めてくれた」と大変喜んだ<sup>65)</sup>。そして製品の出来具合からいっても、性能的に神戸工業のものが一番優れていた。またトヨタにとって神戸工業は、競合他社と比べて、提案したことにすぐに対応し、全力で当たる熱意や行動力があり好感が持てた。よって、最終的に中村は、当時トヨタの専務だった豊田英二と話し合って、技術力と常に前向きに問題に対処する姿勢を評価して、1954年4月に初代クラウンのカーラジオのサプライヤーを神戸工業に決めた<sup>66)</sup>。そして、同車が1955年1月に発売されると、この神戸工業製のオール真空管型カーラジオが、初代クラウンに独占的に供給されるようになった。

ところで、前述した通り、中村は初代クラウン開発時のこだわりとして自動車用トランジスタラジオに強い執念を持っていた。そこで次の章では、この初代クラウンのカーラジオが、当初の真空管型から徐々に段階を踏んでトランジスタ型へと移行していった状況について、神戸工業側の開発過程を詳細に追いながら分析していきたい。

### 第3章 初代クラウン用トランジスタカーラジオの開発過程

神戸工業は初代クラウン向けカーラジオの唯一のサプライヤーとして選定されたが、当初のカーラジオはオール真空管型であった。その後トランジスタと真空管を織り交ぜたハイブリッド型、さらにオールトランジスタ型へと進化していくが、筆者はこれら各カーラジオの現品を入手しており、内部の回路等を直接確認しながら、神戸工業のこれら初期のカーラジオおよび適用される車載用トランジスタの開発状況について順に述べたい。

63) 和田（1999）93頁および349頁，デンソーテン（2023）21頁。

64) 富士通テン（2007）7頁より。なお，富士通テン（1993c）12-13頁およびデンソーテン（2023）20-21頁には，神戸工業が開発したこのカーラジオは日本最初のものである旨が書かれているが，クラリオン（2005）54頁では，帝国電波（後のクラリオン）がこれ以前の1951年に日本初のカーラジオの開発，発売をしていることになっている。

65) 和田（1999）349頁。

66) 同書92-93頁。

### 3.1 オール真空管型カーラジオの開発

1948年に米国においてトランジスタ発明の公表がなされた際、神戸工業はその情報を国内企業の中では比較的早期に入手して研究に着手していたが、前述した通り、同社が初代クラウン向けカーラジオの開発を始めた1953年当時は、国内、海外を問わずトランジスタを量産化することは技術的にまだ難しい時代だった。よって、最初に開発した初代クラウン向けカーラジオの基幹部品はトランジスタではなく真空管を用いることになった。

また、この当時の神戸工業は前身の川西機械製作所の時代に真空管において高度な技術を有し、戦後間もない1947年にホームラジオ（家電用ラジオ）の量産を開始しており、その性能については高い評価を受けていた<sup>67)</sup>。しかし、通常の家電用ラジオとは異なり、真空管を用いたラジオを車載化する上では、以下のような課題への対応が必要であった。

#### 【真空管型ラジオ車載化の課題項目】<sup>68)</sup>

- ①環境条件：車室内温度、湿度への対策。
- ②受信環境：走行中に受信するため、電波の電界強度や到来方向の大きな変化、近接した放送局による妨害への対策。
- ③操作の安全性：運転中の選局をやりやすくするためプッシュボタン機構（プッシュボタン同調式）の採用。
- ④真空管の保護：車の振動をやわらげる耐震性の向上。
- ⑤電源電圧：バッテリー（直流 12V）から真空管を動作させるために必要な高電圧を作る電源（バイブレータ）回路の採用。

先ず①～④については、車載用ラジオは、車の振動や社内の温度、湿度などにおいて、劣悪な環境下にあっても正常に動作をすることが求められ、さらに操作性や安全性などにも十分配慮する必要がある。さらには車載用途として高音量化への対応も必要であった。よって従来製造してきた家電用ラジオとは異なる格段に厳しい使用条件が求められた。

さらに⑤については、真空管を車載用のバッテリーで動作させるために様々な工夫がなされていた。例えば、当時日本で主流だったのはST管というナスの形をした大型の真空管だったが、アメリカではすでにより小型のMT管（ミニチュア管）というドングリの形をした真空管が主流になりはじめていた<sup>69)</sup>。そうした中で神戸工業は1951（昭和26）年に米国 RCA 社と日本で最初の技術提携を行い、このミニチュア管を中心に量産技術確立<sup>70)</sup>し、これを初代クラウンのオール真空管型カーラジオに適用することで本体を小型化することができた。その際、バッテリーと真空管の対応電圧に違いがあり、このラジオに搭載された真空管を車載バッテリーで動作させようとすると直流の高電圧が必要となった。

67) デンソーテン（2023）20頁。

68) 富士通テン（2007）7 頁。なお、本稿で説明する上で順番を変えている。

69) 佐々木（2000）66頁。

70) 富士通テン（1993a）1 頁。

そこで、新たにバイブレータを用いてバッテリー電圧を断続し、トランスで昇圧して整流する方法を採用した。さらにこのバイブレータは騒音を発するため車室内には置かず、エンジンルームの中に組み込むように工夫している<sup>71)</sup>。

なお、初代クラウンが1955年の1月に発売された際、この真空管型カーラジオはオプション品として設定され、さらに同年12月に追加された同車のデラックスバージョンには標準装備されるようになる<sup>72)</sup>。これ以降、初代クラウンはマイナーチェンジを繰り返す中で、車種の実選肢としてスタンダードとデラックスの2種類のバージョンが存在し、前者ではカーラジオはオプション品として設定され、後者では標準装備されるようになった。こうして神戸工業のカーラジオがトヨタの初代クラウンの純正カーラジオとして搭載された。この現品の外観の写真と内部のキーデバイスは以下の通りである。

図表1 神戸工業製 初代クラウン用 オール真空管型カーラジオ本体



出所：筆者所蔵品を撮影 (内部の回路図は Appendix：図表 1A 参照)

#### 《現品内部の回路図に基づくこのカーラジオのキーデバイス》

- ・12BA6：高周波増幅用真空管（MT 管）
- ・12BE6：周波数変換用真空管（MT 管）
- ・12BA6：中間周波増幅用真空管（MT 管）
- ・12AV6：低周波増幅用真空管（MT 管）
- ・12AQ5：電力増幅用真空管（MT 管）
- ・12SD：バイブレータ

71) 神戸工業 OB の天谷祐治氏への聞き取り調査による（インタビュー・リスト①）。なお、この高電圧について和田（1999）349頁によれば、通常の車載バッテリーが12Vのところ、当時の真空管を動作させるには180Vに昇圧することが必要となった。

72) トヨタ初代クラウンのカatalogより。なお、佐々木（2000）69頁-70頁および佐々木（2005）75頁には、この1955年に発売された初代クラウンのカーラジオがトランジスタ式であり、ソニーのトランジスタラジオよりも早期に発売されたように書かれているが、本稿を踏まえると当時は真空管式であり、誤った表現と考えられる。

## 3.2 ハイブリッド型カーラジオの開発

### 3.2.1 真空管型カーラジオの問題点とトランジスタ化の必要性

トヨタが1955年に発売した初代クラウンに装備された神戸工業のカーラジオの内部は基幹部品としてすべて真空管が用いられていたが、この真空管は使用を続けていると高温になり、寿命が短く、さらに付属のバイブレータは故障が多発し、これもまた寿命が短いと言う欠点があった。

そこで、もしカーラジオ内部の基幹部品を真空管からトランジスタに変えていくことができれば、車載バッテリーのみで対応できることからバイブレータも不要となり、前述の様々な問題を解決できた。しかし、当時はトランジスタが発明されてから間もなく、補聴器ならまだしも、ラジオのような高度な製品に適用することは難しいと言われていた<sup>73)</sup>時代である。よって一足飛びでそうしたことを実現することは不可能であった。

ちなみに、初代クラウンに真空管型カーラジオが搭載されたのと同じ1955年に、ソニーが日本初（世界では2番目）の家電用トランジスタラジオを商品化して発売したが、当時はこのソニーをはじめ、どこの半導体メーカーも工場におけるトランジスタの歩留まりが極度に低くなる技術的な壁に困窮していた。特にラジオ用高周波トランジスタの生産は困難を極め、例えば世界で最初に家電用トランジスタラジオを商品化して発売した米国のリージェンシー社においては、同社にトランジスタを供給するテキサス・インスツルメンツ社が同種の問題を抱え、なんとか歩留まりを改善しようと努力したが、結局かなわず、採算がとれなくなり、1955年のうちに生産を中止して撤退<sup>74)</sup>するような状態であった。そうした困難な状況は神戸工業においても同様で、初代クラウンのカーラジオの中に搭載されている真空管を、トランジスタに置き換えていくことが難しい状態が続いていた。

このような状況下で、同社がとった対応策は以下の2つである。まず1つ目が真空管型からトランジスタ型へカーラジオを移行する前のステップとして、パワートランジスタの開発と、このトランジスタと真空管を混載したハイブリッド型カーラジオ化への対応である。つまり、すべての真空管を一気にトランジスタ化させるのではなく、高周波トランジスタなど当時はまだ生産が技術的に困難なところは真空管のままにした上で、まずはパワートランジスタを開発して、部分的に真空管から置き換えるハイブリッド化対応を目指したのである。そして2つ目が、トランジスタを量産するための最先端の生産技術の習得である。神戸工業はRCA社と技術援助契約を結んでいた<sup>75)</sup>が、従来のトランジスタを少量生産する状態から脱するために、対応策としてRCA社から最先端の量産技術を取り入れようとした。この2つの対応策について、以下において詳細に述べたい。

73) 井深（2012）77頁を踏まえて記述。

74) 川名（2015）18頁。

75) 野上（1986）263頁によれば、神戸工業は1951年に受信管、1952年に送信管とブラウン管、1953年に半導体に関する技術援助契約をRCA社と結んでいる。

### 3.2.2 パワートランジスタの開発とハイブリッド化および量産化対応

#### (1) パワートランジスタの開発とハイブリッド化対応

まず1つ目の新たなパワートランジスタの開発とハイブリッド型カーラジオへの対応について以下に述べたい。

前述した通り、初代クラウン向けカーラジオは、当初、基幹部品には真空管が用いられていた。しかし、当時の真空管を動作させるには、通常の車載バッテリーが12Vのところを、180Vに昇圧<sup>76)</sup>することが必要となった。これらを車載バッテリーで動作させようとすると直流の高電圧が必要となる。このためバイブレータでバッテリー電圧を断続し、トランスで昇圧して整流する方法がとられていた。一方、このバイブレータは寿命が数百時間と非常に短命であり、かつ発生する雑音が大きく、受信信号に混入して、ラジオの音声に不快なノイズが発生する問題が生じていた。また、この方式では車載バッテリーの消耗が非常に激しいという欠点もあった<sup>77)</sup>。

そうした中、初代クラウンが1955年末に発売されて、約1年を経過したころ、同車の好調な販売に伴って、搭載されるカーラジオの生産台数も増加していたが、その頃になると神戸工業は携帯用ラジオ向けとして開発した低電圧真空管（12V作動）の生産を開始していた。この真空管を用いれば、バッテリーからの低電圧でそのまま動作するため、バイブレータが不要となり様々な問題が解決すると考えられた。しかし、こうした低電圧真空管だけでは、車載用途に必要な所定の低周波出力を出すことは困難なために、米国等でみられるパワートランジスタを開発して、低電圧真空管とのハイブリッド方式のカーラジオの量産を目指すことを検討するようになった<sup>78)</sup>。

このパワートランジスタは、大電流や高電圧、高出力を扱うことができる半導体デバイスで、耐久性と信頼性が求められる環境での使用に適している。これが当時米国においては自動車用ラジオの出力用として研究され売り出されており、車載用の12Vまたは24Vの電池の電圧をそのままパワートランジスタのコレクタにかけて、十分な出力を得ることができるので、出力段だけにトランジスタを用いたカーラジオがいろいろ販売されていた<sup>79)</sup>。こうしたことを踏まえて、神戸工業もハイブリッド型カーラジオの量産化を目指して、自社で新たにパワートランジスタを開発して生産することを考えたのである。

そこで、この案について神戸工業側からトヨタの主査である中村健也に提言すると、中村は直ちにその推進を指示<sup>マ</sup>し、自ら神戸工業の半導体部に訪れて、速やかに量産するように指示督励した<sup>80)</sup>。そして、この課題に対し神戸工業は1957年に10Wアロイパワートランジスタを開発することに成功し<sup>81)</sup>、オーディオ部分（出力部）であるスピーカー内

76) 和田（1999）349頁。

77) 富士通テン（1993b）9頁。さらに同稿の筆者である神戸工業OBの天谷祐治氏への聞き取り調査を踏まえ記述（インタビュー・リスト①）。

78) 和田（1999）350頁を踏まえて記述。

79) トランジスタ普及会（1958）14頁より。

80) 和田（1999）350頁。

に導入する。さらに、チューナー部分において前述の低電圧で動作する真空管を適用した。これによってハイブリッド型カーラジオが完成し、真空管型ラジオの宿命であった寿命やノイズ発生の問題を解決したのである。

なお、ここで注意しなくてはならない点として、もともとこのベースとなる真空管は前述の MT 管と呼ばれる小型の真空管で、技術提携をしている RCA 社が量産技術<sup>82)</sup>を確立し、その後同社の技術援助を得て、神戸工業が初代クラウン向けオール真空管型カーラジオ用に開発、生産をしていたが、今回新たに機能が追加された低電圧で動作する真空管およびパワートランジスタについても RCA 社の協力を得ながら開発をして、ハイブリッド型カーラジオに組み込むことができるようになった。このように神戸工業は当時最先端の真空管やトランジスタを開発していたが、そのためには RCA 社との技術協力関係が不可欠であった<sup>83)</sup>。

## (2) トランジスタ工場における量産技術の習得

上記と合わせて 2 つ目に力を入れていたのがトランジスタの量産技術の習得である。従来のトランジスタの少量生産状態から脱するべく、1956年に当時の技術部次長であった藤森明を米国の RCA 社に派遣することで量産技術を習得しようとした。しかし、RCA 社とは技術提携していたとは言え、量産化のための製造ノウハウについては取り扱いが厳しく、同社からは半導体に関する技術資料が提供されるだけで、目の前に見る製造装置の図面が貰えず、写真も撮れなかった。そのため同氏は、見聞きしたことについてスケッチとレポートを記し、週末も費やしてそれを米国から日本へ郵送した。それを受け、神戸工業の機械部では米国から送られてきたスケッチをもとに正規の図面を作成し、次々と製造装置、治工具を作っていた。また資料に書かれていることが何故そうなるかは、技術者が解説、議論しながら理解していく努力がなされた<sup>84)</sup>。こうして米国からの技術導入は徐々に効果を出し始める。

ちなみに、ソニーも当時同じような経験をしており、同社の岩間和夫が1954年の年明けごろから技術提携契約先の WE (Western Electric) 社の工場を訪問したが、企業機密を守るために制約を課され、その場で装置の図面をノートにとることはできなかった。よって、見たこと聞いたことを一所懸命思い出しながら宿泊先のホテルで書いて、その情報(いわゆる「岩間レポート」)を米国から日本に送って技術を導入していた<sup>85)</sup>。

話を戻すと、結果として神戸工業は RCA 社よりトランジスタの最新の量産技術を習得して、大量生産に向けた体制を整えた。こうして1958年8月には、日本初のハイブリッド方式によるカーラジオが、初代クラウンに装着されることになる<sup>86)</sup>。この現品の外観の写

81) 富士通テン (1993a) 3 頁。

82) 同書 1 頁。

83) 以上のハイブリッド型カーラジオの技術的な背景および内部の回路状況等について、神戸工業 OB の天谷祐治氏にご教示いただいた (インタビュー・リスト①)。

84) 富士通テン (1993a) 3 頁。

85) ソニー (1996) 76-77頁を踏まえて記述。

真と内部のキーデバイスは以下の通りである。

図表2 神戸工業製 初代クラウン用 ハイブリッド型カーラジオ本体



出所：筆者所蔵品を撮影（内部の回路図は Appendix：図表 2A 参照）

《現品内部の回路図に基づくこのカーラジオのキーデバイス》

- ・12BL6：低電圧で動作する高周波増幅用真空管（MT 管）
- ・12AD6：低電圧で動作する周波数変換用真空管（MT 管）
- ・12AF6：低電圧で動作する中間周波増幅用真空管（MT 管，2 つ使用）
- ・12AE6：低電圧で動作する低周波増幅用真空管（MT 管）
- ・2S34：低周波励振用トランジスタ
- ・2S41：電力増幅用パワートランジスタ

なお、これ以前のオール真空管型ラジオが発売されたのが1955年1月であったことを踏まえると、その後、約3年7カ月の年月を要したことになる。そして、ここに搭載されたトランジスタは、今日の日本の車載半導体の源流にあたり、特に新たに開発されたパワートランジスタが重要である。

### 3.3 オールトランジスタ型カーラジオの開発

トランジスタと真空管のハイブリッド型カーラジオを開発、量産化した神戸工業の次の目標は、この内部の真空管を全てトランジスタ化させることであった。これを実現したオールトランジスタ型カーラジオは前期型と後期型に分かれる。順を追って説明したい。

#### 3.3.1 オールトランジスタ前期型

1948年に米国でトランジスタの発明が公表されてから、神戸工業は早期に研究、開発に着手し、1954年には東京の上野にある精養軒で、トランジスタとトランジスタラジオの展示会（レセプション）を行ったことは第1章で述べたが、ラジオが量産できるほどトランジスタを安定的に生産できるようになるまでには、各社により状況は若干異なるものの、

86) 和田（1999）94頁および350頁。なお、このハイブリッド型カーラジオは、トヨタ初代クラウンのカタログ上では1958年10月にマイナーチェンジをした際に登場する。本件の確認にあたってトヨタ博物館の協力を得た（インタビュー・リスト②）。

1950年代終盤頃まで時間を要することになる。このように開発後の製品を大量生産できるようになるまでの技術的障壁が、当時は世界中の半導体メーカーに存在していた。そして、その中でも特に高周波トランジスタの生産がボトルネックとなっていた。

例えば、ソニーはトランジスタの研究、開発を開始したのは後発だったものの、トランジスタラジオの発売は神戸工業より早かった。しかし、トランジスタ工場での歩留まりが向上せず、トランジスタラジオの量産化が困難だった状況下で、1955年7月に、見切り発車のような形で、日本で最初に家電用トランジスタラジオを発売して、その後、思うようにトランジスタの良品が生産できず、長い期間苦しめられることになった。

この時期のソニーは、成長型と呼ばれるトランジスタの製造手法に専念した点が特徴的であったが、当時の社長だった井深大は「成長型トランジスタはさっぱり成長せず金をくうばかりでなかなか使えるものが出てこない。私はこのころにトランジスタに手を出したのはたいへんな失敗だったかと幾度も反省させられた。それでもやっとどうにか使えるものがたまに出るようになった。それを待ち構えていてラジオにつけて、働いた、働かないで大騒ぎであった」<sup>87)</sup>と述べている。

そうした中、ソニーは試行錯誤を重ねた結果、成長型の製造においてエミッタにリンをドーピング（注入）する製造手法を独自に発見して、2T7型とよばれる高周波トランジスタの試作を1957年4月に開始し、紆余曲折を経て同年12月に量産技術を確立した<sup>88)</sup>。こうして世界に先駆けて高品質のトランジスタラジオの本格的量産が可能となり、これがソニーが大きく飛躍する上での原動力となった。

一方、ソニーを除き、神戸工業をはじめとする半導体メーカーの多くは、1956年に技術提携先のRCA社が合金型ドリフトトランジスタを初めて商品化したことに望みを託した。このドリフトトランジスタは、これまで生産が難しかった高周波用トランジスタとして機能し、国内各社がRCA社より技術指導を受けて導入を進め、1957年頃にその生産が始まった。しかし、これも実際には量産化が難しく、1958年になっても工場での極度な低歩留まりに苦勞しており、例えば東芝のトランジスタ工場の歩留まりは1958年春でもゼロ%に近く、日立も同じように悲惨な状態であった<sup>89)</sup>。

結局、トランジスタラジオの鍵となる高周波トランジスタにおいて、ソニーが早期に独自開発した2T7型トランジスタを量産化して先行する一方で、RCA社が開発したドリフトトランジスタを技術導入しようとした神戸工業をはじめ、東芝、日立、日本電気、富士通など国内各社は、どこも同じように工場の歩留まりが極度に低く採算がとれない状態が長年続いて苦しんでいた。

その後、さまざまな対策を打つうちに、このドリフトトランジスタも歩留まりが向上して各社が安定した生産をできるようになる。具体的な改善策としては、例えば電試<sup>90)</sup>の技

87) 井深（2012）80頁。

88) 川名（2015）20-22頁を踏まえて記述。

89) 同書23-24頁を踏まえて記述。

90) 中野（1993）37頁によれば、トランジスタの公的な研究所であった電気試験所のこと。

術指導（中野1993，91頁），RCA 社からのさらに詳細な技術ノウハウの入手（相田 1991a, 276-284頁），工場で半導体製造の障害となる塵や埃等のゴミへの対策（相田 1991a, 298-299頁）などが挙げられる。

こうした対策により，国内のトランジスタの量産化は凄まじい勢いで進んだ<sup>91)</sup>。1959年には，日本のトランジスタ製造会社は全部で11社。この年の生産高は8650万個。トランジスタ生産量ではアメリカを抜いて生産高世界一になった。翌1960年，生産高は1億4000万個，続く1961年には，トランジスタの生産高が金額でも量でも真空管を抜いた（相田 1991b, 42頁）。こうした急激な変化を受け，ソニーの井深（2012，82-83頁）は当時のことを「国内メーカーもだまっていたわけではなく，約1年半～2年ほどのギャップで追いついてきた。かくて日本は最大のトランジスタ生産国になった」と述べている。

前述した通り，神戸工業は早期に RCA 社から技術援助を受けながらトランジスタを開発していたが，こうしてボトルネックとなっていた高周波用のドリフトトランジスタも1959年ごろより大量生産することができるようになった。これを受け初代クラウン向けのカーラジオについても，従来の真空管部分を全てトランジスタに置き換え，オールトランジスタ型のカーラジオを量産することが，1959年になって可能となったのである<sup>92)</sup>。

結果として，初代クラウン向けのカーラジオについては，1955年に発売されたオール真空管型カーラジオが1958年に真空管とトランジスタのハイブリッド型ラジオに切り替わるまでに4年近くかかったが，オールトランジスタ型カーラジオは，そのすぐ翌年の1959年に開発された<sup>93)</sup>。この現品の外観の写真と内部のキーデバイスは以下の通りである。

図表3 神戸工業製 初代クラウン用 オールトランジスタ型カーラジオ（前期型）本体



出所：筆者所蔵品を撮影（内部の回路図は Appendix：図表 3A 参照）

91) 浅川（1993）61頁。

92) 内部の回路状況等も合わせ，神戸工業 OB の天谷祐治氏にご教示いただいた（インタビュー・リスト①）。

93) 富士通（1976）104頁には神戸工業が1959年に日本初のオールトランジスタ型カーラジオの開発をした旨の記述があり，さらに同年7月発行のトヨタ初代クラウンのカatalog（デラックスバージョン）では，当初付属のカーラジオはハイブリッド型であったが，同じ表紙，発行年月のままで，

《現品内部の回路図に基づくこのカーラジオのキーデバイス<sup>94)</sup>》

- ・2SA111：高周波増幅用ドリフトトランジスタ
- ・2SA30：周波数変換用トランジスタ
- ・2SA31：中間周波増幅用トランジスタ（2石使用）
- ・2SB32：低周波増幅用トランジスタ
- ・2SB34：低周波励振用トランジスタ
- ・2SB41：電力増幅用パワートランジスタ

### 3.3.2 オールトランジスタ後期型

その後、トヨタの初代クラウンは1960年10月に大幅なマイナーチェンジを行っている。特に車内において運転席前面にあるメーター類やオーディオ類などのあるインパネ部に大きなデザインの変化があり、それに伴い神戸工業のオールトランジスタ型ラジオのデザインも前期型と後期型で大きく変化している。

1960年代になるとトランジスタの生産もかつてほど難しいことではなくなり、高周波トランジスタ、パワートランジスタなども、さらに高性能なものが量産できるようになってきた。この1960年10月にマイナーチェンジした後のオールトランジスタ型カーラジオ（後期型）の外観の写真と内部のキーデバイスは以下の通りである。

図表4 神戸工業製 初代クラウン用 オールトランジスタ型カーラジオ（後期型）本体<sup>95)</sup>



出所：筆者所蔵品を撮影（内部の回路図は Appendix：図表 4A/4B 参照）

途中からオールトランジスタ型に変更されている。よって1959年7月以降のどこかのタイミングでオールトランジスタ型に切り替わったと考えられる。なお、本件の確認にあたってはトヨタ博物館の協力を得た（インタビュー・リスト②）。

94) この時期よりトランジスタの名称のつけ方が変わっており、例えばAやBなどの新たな規格名が従来の名称の中に加わるようになった。

95) この写真のカーラジオには後述するサーチ機能がない。トヨタ初代クラウンのカatalogを見ると、サーチ機能付きの場合、放送局の数値を示すパネルの両端（白い両つまみの上）のスペースにサーチ用のボタンが据え付けられている。

《現品内部の回路図に基づくこのカーラジオのキーデバイス<sup>96)</sup>》

- ・2SA115：高周波増幅用ドリフトトランジスタ
- ・2SA30：周波数変換用トランジスタ
- ・2SA31：中間周波増幅用トランジスタ（2石使用）
- ・2SB120：低周波増幅用トランジスタ
- ・2SB120：電力励振用トランジスタ
- ・2SB180：電力増幅用トランジスタ（2石使用）

さらに、トヨタはこの時期の初代クラウンのマイナーチェンジに合わせて、従来の1500ccのエンジン搭載車に加えて、1900ccのエンジンを搭載する新たなバージョンを追加しており、その車には前述のオールトランジスタ型カーラジオにサーチ機能を付加するなどして高級化させている。

なお、神戸工業（1961，49頁）によれば、このカーラジオは前述の押ボタン同調方式に、モータ駆動による自動同調装置を付加したもので、前面パネルにあるサーチボタンまたは後部座席側にあるリモートコントロール用の操作ボタンを押すだけで、順次正確に自動同調し、放送をワンタッチで聴取できるようにした。元来の押ボタン式同調方式は、あらかじめ地元の各放送局に合わせて手動により同調設定するもので、モータリゼーションが進み、遠距離ドライブが盛んになった時代に、他都市に行くと各局の周波数構成が未知であるため、一々手動で同調をとるほかに至極不便であった。そうした中で、本方式はボタンを押すだけで直ちに移動地点のローカル放送を探し得るという至って便利重宝なものであった。

なお、神戸工業（1961，50頁）にはサーチ機能付きのカーラジオの回路図が載っており、上記の図表4のカーラジオをベースにサーチ機能部分の回路が付加されている。

《サーチ機能付きカーラジオのキーデバイス<sup>97)</sup>》

- ・2SA115：高周波増幅用ドリフトトランジスタ
- ・2SA30：周波数変換用トランジスタ
- ・2SA31：中間周波増幅用トランジスタ（2石使用）
- ・2SB120：低周波増幅用トランジスタ
- ・2SB120：電力励振用トランジスタ
- ・2SB180：電力増幅用トランジスタ（2石使用）
- ・2SA31：トリガー増幅用トランジスタ（2石使用）
- ・2SA31：トリガー検波用トランジスタ
- ・2SB180：リレー制御用トランジスタ

96) 用語等は同類のサーチ機能付きトランジスタカーラジオの回路図等が載っている神戸工業（1961）49-51頁を踏まえて記載。

97) 用語等は神戸工業（1961）49-51頁を踏まえて記載。

## 第4章 考察

関西を拠点にした財閥系の川西機械製作所を前身とし、そして戦後、その主要な事業を引き継ぐ形で設立された神戸工業は、1947年に米国で発明されたトランジスタの情報を日本企業の中でいち早く入手して研究に着手しており、黎明期の半導体産業の歴史においてソニーと並んでその社名を目にすることが多い。しかし、神戸工業の半導体事業に関する先行研究は、同社が1968年に富士通との合併によって消滅したことにより非常に限られており、その実態は不明瞭な状態であった。

例えば、日系半導体メーカーが最盛期となった1980年代末頃より、それまでの半導体産業発展の経緯を振り返る書籍の出版等が増えてきた。そうした中で、1991年にNHKが放送した『電子立国日本の自叙伝』というテレビ番組では、トランジスタが発明された頃からの日本の半導体産業の動向を詳細に調査し、さらに同名で書籍<sup>98)</sup>およびビデオ等も販売され、貴重な記録を後世に残している。しかし、当時のNHKは神戸工業については深く掘り下げることができなかった。

その理由として、同社は1968年に富士通に吸収合併されて消滅しており、それまでの中心人物が離散、もしくは早期に他界してしまい、過去の歴史を語り継ぐ機会を十分に得ることができなかったことが考えられる。当時、NHKはトランジスタ事業のキーパーソンであった有住徹弥がすでに他界していたために、神戸工業については十分な取材を進めることができなかったとして、「重要な記録をする前に惜しい人を失っていた」<sup>99)</sup>と述べており、必要な情報を収集して公開することができなかったようである。

これと同様に、従来の半導体産業史に関する先行研究においては、神戸工業、その中でも特に同社のトランジスタ事業については、半導体産業史に資する形で十分な記録が残されていない。そうした中で、本稿においては、漫然と社史のような形で記述をすると論考としてまとまりがなくなるため、以下の2点に論点を絞り込んだ。

まず1つ目として、トランジスタが発明されて半導体産業が立ち上がっていく時期に、神戸工業は国内で先行して研究開発を開始していたが、こうした内容に関する記述は、断片的なものではあるが所々に存在する。よって、これらを時系列に整理した上で精査して繋げていき、ストーリー立てて記録として残すようにした。但し、同社が存在していた時期から、かなり時間が経過して書かれている文献が多いことから、そうした中には過去の不確かな情報に基づいた誤りや誤解を生じる記述等も多々見受けられ、相当な確認作業が必要となり、文章を連結するのが難しい部分もあり腐心した。

そして2つ目として、神戸工業が半導体産業黎明期のトランジスタの最新技術を、家電用ラジオのみならず、トヨタの初代クラウンに搭載するカーラジオに注ぎ込んだ点に着目した。その経緯について詳細に調べ、さらに対象となる初代クラウンの神戸工業製カーラ

98) 例えば、相田 (1991a)、同 (1991b) など。

99) 相田 (1991a) 99頁。

ジオが、真空管型からハイブリッド型を経て、トランジスタ型へと進化するまでの変遷過程を、現品内部のキーデバイスの開発状況も明らかにして記録した。

その中でも特に1958年に発売されたハイブリッド型カーラジオの中にあるパワートランジスタなどは、国内においては、今日注目されている車載半導体の源流として捉えることができる。またこのカーラジオに搭載されたキーデバイスの状況をこの分野に精通した人を見ると、例えば低電圧で動作する真空管などが日本で開発されていたことを知って、当時の神戸工業の技術力の高さに驚くはずである。これらの点を明らかにした先行研究は筆者の知る限り見当たらない。よって、こうした新たな視点も織り込みながら神戸工業の半導体事業の状況について記録を残すようにした。

このような作業を積み重ねるうちに次のようなことが明らかになってきた。神戸工業はトランジスタ発明の情報をいち早く入手してから事業化するまでの対応が早かった。当時、海のものと山のものともわからないようなトランジスタの研究を、企業内で正式に許可されるまでには国内半導体メーカー各社で相当時間がかかった。その点では神戸工業も同じだが、同社は真空管技術の導入において、後に最先端の半導体技術を有することになるRCA社と早期に技術提携関係を持っており、さらに真空管事業の技術責任者であった有住徹弥がリーダーシップを発揮して、こっそりと同事業の予算を流用し、比較的大きな資金をもとにトランジスタを自主開発していったところに神戸工業が先行した理由が考えられる。また本稿冒頭に記した通り、神戸工業大学（院）と揶揄されるほど進取の気性に富んだ社風と研究開発メンバーが揃っていたことも重要であろう。

しかし、トランジスタの研究開発でリードしても、応用製品である家電用トランジスタラジオの量産化においては後発のソニーに追い抜かれてしまった。これは研究開発の段階では優れていても、その後の製品化、さらに市場への対応<sup>100)</sup>に苦しみられていたことが考えられる。神戸工業は1950年代前半までに、発明間もないトランジスタの研究開発を他社に先行して進めていたが、前述した通り1950年代の半ば頃から、工場で量産をしようとする際に、歩留まりが著しく低くなる技術的問題が国内各社同様に何年も続いた時代があった。この時期に神戸工業の先行優位性が弱まったと考えられる。

一方、そうした中で神戸工業はトヨタ初代クラウン向けのカーラジオのサプライヤーに選定されて、単独で製品の供給責任を負うことになる。もともと車社会が先行していた米国では戦前より真空管型カーラジオが普及しており、例えばGalvin Manufacturing Corporation（後に製品名をもとにモトローラに社名変更）等のカーラジオは有名である。戦後日本においては米国を追うようにモータリゼーションの時代が到来するが、乗用車の生産技術が未熟であった中、国内初の純国産量産型乗用車である初代クラウンの開発と生産立ち上げは、まさに日本の自動車産業発展の嚆矢となった。そして、そこに搭載されるカーラジオのメーカーとして国内の神戸工業が単独で選定されたのである。

100) イノベーション論のリニアモデルにおける3つの関門である「魔の川」、「死の谷」、「ダーウィンの海」の議論に相当する。

この選定にあたっては、トランジスタは未だ発明されて間もなく、世界的にも実用化がされていない中で、真空管を用いてノイズや寿命、車載バッテリーの電圧への対応、小型化、高音量化等の問題に取り組んだ神戸工業製の真空管型ラジオが評価されている。

特にこの選定において中心的な役割を担ったトヨタの初代主査である中村健也は、無類の音楽マニアとしても有名で、また技術分野における先見の明にも長けており、トランジスタラジオを取り入れることを初代クラウンの開発時にこだわっていた。そうしたことから将来トランジスタ化させることも視野に入れ、第2章に記した、中村の言う「最初から自分たちの力で全てをやり遂げられる会社を探した」結果、この真空管型カーラジオの出来具合のみならず、トランジスタ開発で先行していた神戸工業を選定したとも考えられる。

この期待に応え、神戸工業はトランジスタ大量生産化前の技術的混乱期を経て、車載半導体の源流となるパワートランジスタと低電圧真空管を混載したハイブリッド型カーラジオ、そしてオールトランジスタ型カーラジオを開発して量産化した（図表5参照）。

図表5 初代クラウン用神戸工業製カーラジオの発売時期〔下欄注記<sup>101)</sup>〕

|    |                      | 1955年 | 1956年                       | 1957年 | 1958年 | 1959年  | 1960年 |
|----|----------------------|-------|-----------------------------|-------|-------|--------|-------|
| 家電 | 《参考：ソニー製》            |       |                             |       |       |        |       |
|    | 日本初トランジスタラジオ         | 7月    | トランジスタ<br>大量生産化前の<br>技術的混乱期 |       |       |        |       |
| 車載 | 《神戸工業製 トヨタ初代クラウン用》   |       |                             |       |       |        |       |
|    | オール真空管型カーラジオ         | 1月    |                             |       |       |        |       |
|    | ハイブリッド型カーラジオ         |       |                             |       | 8月    |        |       |
|    | オールトランジスタ型カーラジオ（前期型） |       |                             |       |       | （7月以降） |       |
|    | オールトランジスタ型カーラジオ（後期型） |       |                             |       |       |        | 10月   |

出所：筆者作成

その後、1960年代になるとトランジスタはゲルマニウムからシリコンへと材質が変わり、神戸工業もメサ型、プレーナー型などの新しいトランジスタ<sup>102)</sup>を開発していくが、優れた半導体技術を持ち、地道に研究開発を進めながらも、同社の半導体事業は他社と比較して特筆すべき目立った動きが次第に見られなくなってくる。

以上の事業活動の中で、神戸工業は1950年代の後半になり資金繰りが悪化し、富士通が資本参加をして1958年に同社の常務取締役であった相田長平を社長に迎え、その後1964年には同じく富士通の専務取締役であった尾見半左右が神戸工業の社長を引き継いでいる。

こうして富士通の支配色が強まっていく中で、集積回路（IC、LSI）、電算機への準備と取り組むべきテーマは時代とともに増えていき、先端技術と設備投資に向けた資金への対応がますます必要となる。そうした事情もあり、神戸工業は1968年8月に富士通に吸収合併されることとなった<sup>103)</sup>。ちょうど米国ではその前月の7月にインテルが創業<sup>104)</sup>してお

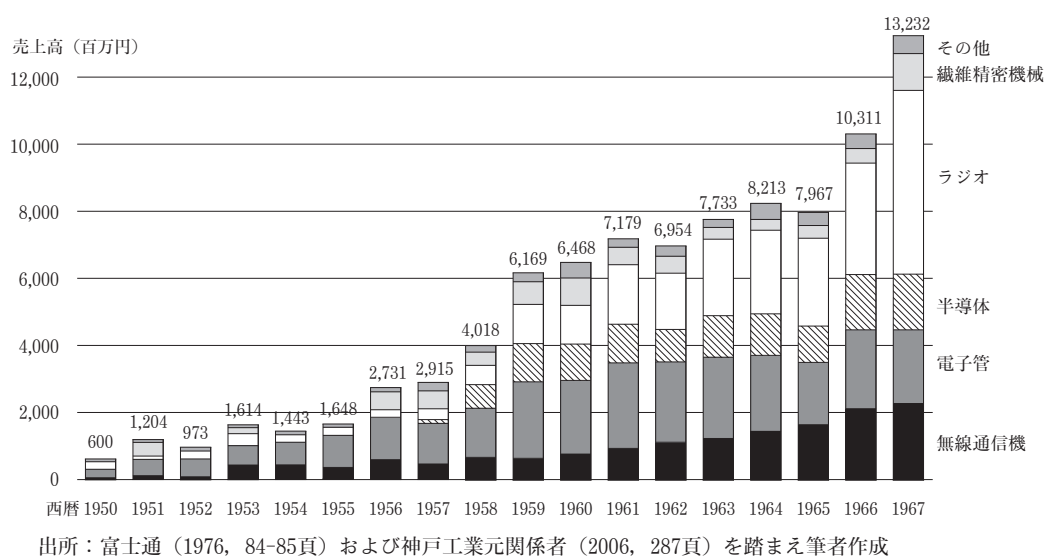
101) 1959年に開発されたオールトランジスタ型カーラジオ（前期型）の正式な発売月は不明だが、同車のカatalogに記された内容等を踏まえると同年7月以降となる。

102) 神戸工業（1968）8-9頁。

り、トランジスタが集積回路へと進化しようとする流れの中で、「トランジスタの神戸工業」の消滅および「集積回路のインテル」の創業の時期がほぼ重なったことは偶然かもしれないが、その頃が半導体産業黎明期の変節点であったことが伺える。

そうした中で神戸工業は1950年代よりトヨタ初代クラウン向けのカーラジオの開発に注力して事業を拡大してきていた。図表6は神戸工業の事業別の売上高推移グラフであるが、富士通に吸収合併される直前の1967年度には車載用を中心としたラジオ事業の比率がかなり高くなっていたことがわかる。

図表6 神戸工業売上高推移（1950～1967年度）



その後、半導体事業等は富士通に引き継がれたが、このラジオ事業は1972年に富士通本体から富士通テンとして分離して、その本社は神戸市の創業の地に戻ってくる。そしてこの富士通テンは、2017年にデンソーテンとなり、その源流を引き継いで今日に至っている。

この社名の中にある「テン」は、最高至上を意味する「天」のことで、中国古典の「中庸」に「誠は天の道なり。これを誠にするは人の道なり。」という一節があり、「誠」を企業経営の基本理念として、常に「誠」を大切にしており<sup>105)</sup>、前身の「神戸工業」「川西機械製作所」以来「天」「テン」「TEN」が商標として使われていた<sup>106)</sup>。神戸工業のこうした精神は、社名を通じて脈々と引き継がれてきていると考えられる。

103) 神戸工業と富士通との関係についてはデンソーテン（2023）17-19頁を踏まえて記述。

104) ゴードン・ムーア [述]；玉置直司 取材・構成（1995）76頁。

105) デンソーテン（2023）3頁を踏まえて記述。

106) 神戸工業になる前に発刊された技報である川西機械製作所（1947）10頁には、戦後になって商標として制定された旨が記載されている。

## 終章 おわりに

神戸工業の半導体事業に関する先行研究は極めて少ない状態にある。消滅して半世紀以上が経った同社の記録を掘り起こすのは、数少なくなった関係者が存命している今が最後のチャンスと思い立って研究を進めていった。

結果として本稿は、同社における黎明期のトランジスタ開発と、国内初の純国産量産型乗用車であるトヨタ初代クラウンに搭載されたカーラジオの開発に着目し、これらの関係を念入りに調査することで、神戸工業の半導体事業の状況を明らかにした。さらに、このカーラジオの実物を入手して、内部のキーデバイスの変遷過程を詳細に分析することで、日本の車載半導体の源流となるトランジスタの実態を明らかにした。また以上により富士通テン、デンソーテンの源流としての神戸工業の事業動向を捉えた。

日本の車載半導体の源流としては、神戸工業の半導体技術の優位性をもとに初代クラウン用に開発した車載用パワートランジスタが重要であり、それと低電圧真空管を用いたハイブリッド型カーラジオ、またその次に開発したオールトランジスタ型カーラジオといった車載製品において、日本では神戸工業が最も先行していたと考えられる。

以上の内容が明らかになった一方、神戸工業がトランジスタの開発に着手した頃の状況など、文献毎に記載内容が異なって不明瞭な部分もあり、さらなる検証を要するところは注記欄に記した。今後の課題としたい。

### 〔謝辞〕

本研究を始めて5年以上が経った。神戸工業OB（元富士通テン取締役）の天谷祐治様には、長い期間にわたり、ご自宅でのインタビュー、電話、メールにて繰り返しご指導を賜り、さらには本稿のAppendixにあるカーラジオの回路図作成等をしていただいて大変お世話になった。しかし、誠に残念ながら、本稿が完成する前に他界された。生前のご厚情に深謝し、心よりご冥福をお祈り申し上げます。またトヨタ博物館副館長の増茂浩之様、デンソーテンDNA館の川井雅人様ほか様々な方々のお力添えを、そして回路図等の掲載にあたっては公益社団法人著作権情報センターのご指導を賜った。おかげさまで研究を進め、本稿を執筆することができたことに厚く御礼申し上げます。

## 引用・参考文献

### 1) 文献

- 相田洋（1991a）『NHK 電子立国日本の自叙伝』日本放送出版協会，上巻。
- 相田洋（1991b）『NHK 電子立国日本の自叙伝』日本放送出版協会，中巻。
- 浅川俊文（1993）「トランジスタからLSI」西沢潤一・大内淳義編『日本の半導体開発：劇的发展を支えたパイオニア25人の証言』工業調査会，51-70頁。
- 井深大（2012）『井深大 自由闊達にして愉快なる（私の履歴書）』日本経済新聞出版社。
- 今井哲二（2001）「第7章 電子管研究から半導体研究への流れ」武田郁夫・今井哲二・高橋得雄 編著『日本のエレクトロニクスの源流—電気試験所神代分室の記録（下）』工業調査会。
- 宇田理（1999）「富士通(株)の組織能力形成に関する一考察—コンピュータ周辺機器に関する

- 神戸工業(株)との関係特殊的能力の開発：1958年～1967年』『早稲田商学』早稲田商学同攻会，第383号，501-531頁。
- 江崎玲於奈（1978）「真空管から半導体への“トンネル”の思い出」日本物理学会編『日本の物理学史』東海大学出版会，478-496頁。
- 江崎玲於奈（2007）『限界への挑戦—私の履歴書』日本経済新聞出版社。
- 桂木洋二（1991）『初代クラウン開発物語』グランプリ出版。
- 川名喜之（2015）『ソニー初期の半導体開発記録～企業戦略と発展の原動力』非売品。
- ゴードン・ムーア [述]；玉置直司 取材・構成（1995）『インテルとともに：ゴードン・ムーア私の半導体人生』日本経済新聞社。
- 相良岩男（1997）「20世紀のエレクトロニクスの歩み(14)製造装置の開発なくしてICの発展はなかった」『日経エレクトロニクス』日経BP，No.700，10月6日号。
- 佐々木正（2000）『人がやらない，人がやれない』経済界。
- 佐々木正（2005）『わが「郊之祭」感謝・報恩の記』財界通信社。
- 下川浩一・藤本隆宏編（2001）『トヨタシステムの原点：キーパーソンが語る起源と進化』文真堂。
- 外山明（2021）「半導体産業黎明期の技術導入バイブル『トランジスタ・テクノロジー』の研究：ソニー（東京通信工業）が入手した巻数に関する通説の誤謬と訂正」『大阪経大論集』大阪経大学会，72(3)，93-117頁。
- 中川靖造（1981）『日本の半導体開発：超LSIへの道を拓いた男たち：ドキュメント』ダイヤモンド社。
- 中野朝安（1993）『トランジスタ開発物語』東京電機大学出版局。
- 野上秋太郎（1986）「神戸工業における尾見半左右さんの思い出」富士通アプリコ編『尾見半左右さんの思い出』富士通，262-270頁。
- 福田益美（2008）『電磁波を拓いた人たち』アドスリー，61～272頁。
- 福田益美（2010）「世界に先駆けた日本人たちの知られざる素顔と功績 高周波デバイスの日本史（後編）トランジスタの誕生から HEMT の応用まで」『RF ワールド』CQ 出版，No.9，132-143頁。
- 村松洋（2014）「戦前・戦時期の技術志向弱電企業の技術力構築：川西機械/神戸工業の事例」『技術と文明』日本産業技術史学会会誌，19(1)，51-67。
- 和田明弘編（1999）『主査中村健也』トヨタ自動車技術管理部。

## 2) 資料（社史，技報，新聞等）

- 川西機械製作所（1947）『川西キカイ—電波と精密工作の技術季報』創刊号。
- クラリオン（2005）『クラリオンレポート』。
- 神戸工業（1951）「巻頭言/高尾繁造」『神戸工業技報』第11号，1頁。
- 神戸工業（1952a）「Radio Corporation of America との契約範囲拡張に関して/高尾繁造」『神戸工業技報』第14号，1頁。
- 神戸工業（1952b）「技術援助契約拡張成立に就いて/佐々木竹四郎」『神戸工業技報』第14号，2-3頁。
- 神戸工業（1956）「トランジスター/江崎玲於奈」『神戸工業技報』第15号，6-12頁。
- 神戸工業（1961）「サーチチューナー付オートラジオ RS-31 型/野口保朗」『神戸工業技報』第

22号, 49-53頁.

神戸工業 (1968)「当社における技術開発の回顧/大脇健一」『神戸工業技報』第37号, 5-14頁.

神戸工業元関係者 (2006)『神戸工業(株)通信機開発史: 神戸工業(株)から富士通(株)へ』神戸工業(株)通信機開発史出版の会.

ソニー (1996)『源流: ソニー創立50周年記念誌』ソニー.

デンソーテン (2023)『デンソーテン50年史』デンソーテン.

トヨタ初代クラウンカタログ (各年度版).

トランジスタ普及会 (1958)「パワートランジスタの現状」『トランジスタ』第4号, 1月号, 14頁.

日本経済新聞 (1950年4月13日縮小版)「現状はデフレ傾向 合理化資金は賄う 一万田総裁車中談」.

日本社史全集刊行会編 (1977)『富士通社史』常盤書院.

日本電子機械工業会 電子管史研究会編 (1988)「神戸工業における電子管技術者の半導体事業への寄与/三杉隆彦」『電子管の歴史 資料編』非売品 (本編: オーム社), 526頁.

富士通 (1976)『神戸工業社史』富士通.

富士通テン (1993a)「第1章 技術の礎石と飛躍/植田厚三」『技術のあゆみ20年史 (富士通テン技報特別号)』Vol. 11, No. 1, 1-8頁.

富士通テン (1993b)「第2章 カーオーディオの開拓/天谷祐治」『技術のあゆみ20年史 (富士通テン技報特別号)』Vol. 11, No. 1, 9-38頁.

富士通テン (1993c)『富士通テン社史: 1972-1992』富士通テン.

富士通テン (2007)「第1章 当社の音づくりの歴史と音楽の楽しみ方」『音と音響技術のあゆみ (富士通テン技報50号発刊記念) 別冊1』7-20頁.

毎日新聞 (1973年6月30日7面)「トランジスタ25年 (13) 会社にはないしよで」.

### 3) ホームページ

トヨタ自動車ホームページ(1)「自動車部組立工場の建設一段階的な生産能力の拡大」『トヨタ自動車75年史』

[https://www.toyota.co.jp/jpn/company/history/75years/text/taking\\_on\\_the\\_automotive\\_business/chapter2/section4/item1.html](https://www.toyota.co.jp/jpn/company/history/75years/text/taking_on_the_automotive_business/chapter2/section4/item1.html) (2024年6月4日閲覧)

トヨタ自動車ホームページ(2)「トヨタ自動車労働組合について」『トヨタ自動車75年史』

[https://www.toyota.co.jp/jpn/company/history/75years/data/company\\_information/personnel/labor-management\\_relations/outline.html](https://www.toyota.co.jp/jpn/company/history/75years/data/company_information/personnel/labor-management_relations/outline.html) (2024年6月4日閲覧)

トヨタ自動車ホームページ(3)「国産技術による独自の開発」『トヨタ自動車75年史』

[https://www.toyota.co.jp/jpn/company/history/75years/text/taking\\_on\\_the\\_automotive\\_business/chapter2/section8/item3.html](https://www.toyota.co.jp/jpn/company/history/75years/text/taking_on_the_automotive_business/chapter2/section8/item3.html) (2024年6月4日閲覧)

### インタビュー・リスト

①神戸工業 OB 天谷祐治様 (元富士通テン取締役), 2019年8月22日, 2021年12月6日, 2022年11月20日, 兵庫県明石市のご自宅にて (さらにメール, 電話にて繰り返し聞き取り調査に対応していただいた).

②トヨタ博物館副館長 増茂浩之様, 2021年6月21日, 愛知県長久手市のトヨタ博物館にて.

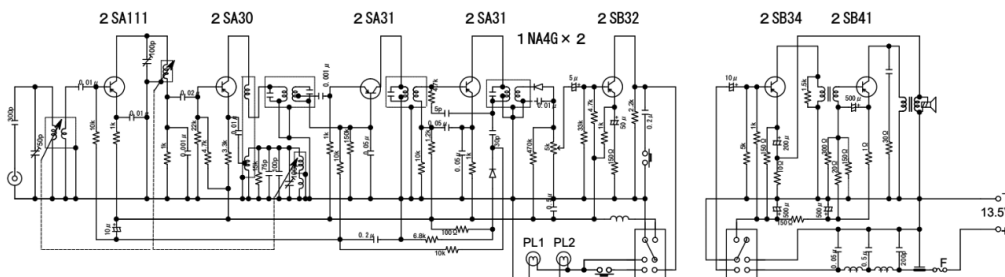
## 図表 1A オール真空管型カーラジオ回路図

[illegible]

出所：現品内部の天板にある回路図をもとに神戸工業 OB の天谷祐治氏が本稿用に作成

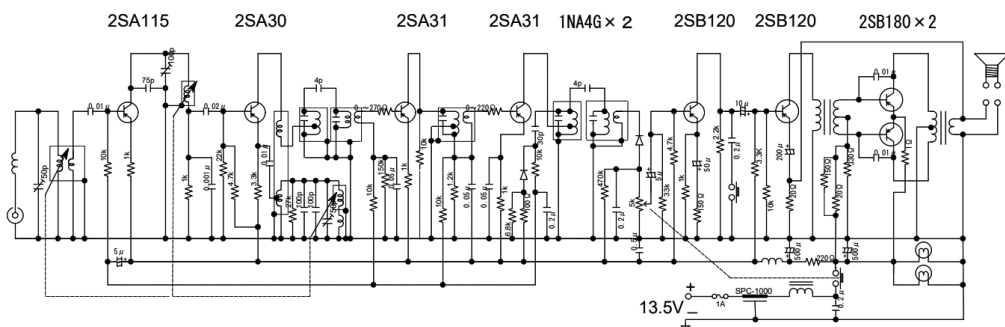
※) 神戸工業 OB の天谷祐治氏のホームページより (2019年 8 月22日閲覧)  
<https://www.eonet.ne.jp/~amayakata/yakata/genkan/crown-circuit.htm>

図表 3A オールトランジスタ型カーラジオ（前期型）の回路図



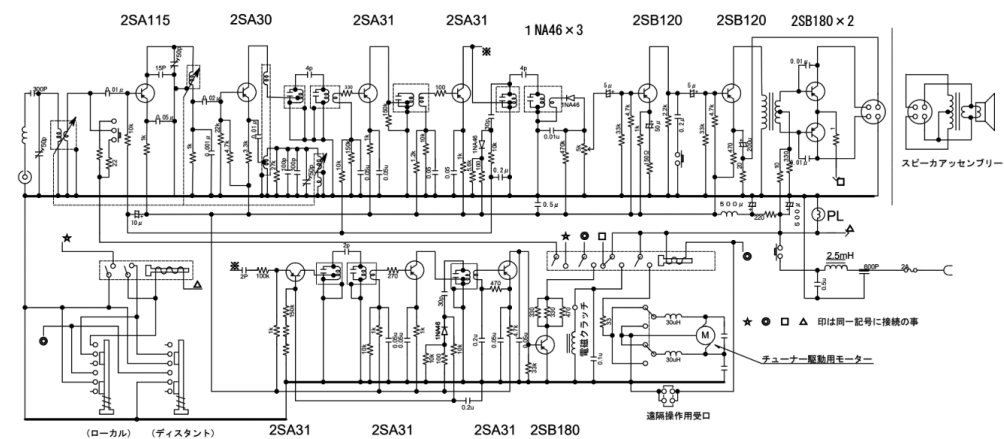
出所：現品内部の天板にある回路図をもとに神戸工業 OB の天谷祐治氏が本稿用に作成

図表 4A オールトランジスタ型カーラジオ（後期型）の回路図



出所：現品内部の天板にある回路図をもとに神戸工業 OB の天谷祐治氏が本稿用に作成

図表 4B オールトランジスタ型カーラジオ（後期型 サーチ機能付き）の回路図



出所：神戸工業（1961，50頁）をもとに神戸工業 OB の天谷祐治氏が本稿用に作成