

報 告

マルテンサイト変態国際会議

田 村 今 男*

1976 年5月に神戸で、日本金属学会主催国際シンポジウム (JIMIS-1) がマルテンサイト変態を主題として行われた (New Aspects of Martensitic Transformation). このときに各国の主要なマルテンサイト学者が集まってマルテンサイト国際委員会を組織し、JIMIS-1 をもって第1回マルテンサイト国際会議とし、今後2~3年ごとに世界のどこかで国際会議をもつことにし、第2回を1978年にボストン(アメリカ)で開催することを約した。ところが、ソ連では1977年にキエフでマルテンサイト変態国際会議を開催することになったので、キエフの国際会議を第2回とし、ボストンを第3回として1979年に開催することに変更した。

その第3回マルテンサイト変態国際会議 (ICOMAT-79) が1979年6月24日から29日までの6日間、アメリカ東部ボストン郊外のケンブリッジにあるマサチューセッツ工科大学 (MIT) で開催された。筆者はマルテンサイト国際委員の一人であり、日本鉄鋼協会などからの推薦を得て、日本学術会議より ICOMAT-79 に派遣されたので、ここでこの会議の概要について報告する。

ボストンとケンブリッジの境をなすチャールス川に沿って MIT の建物が並び、ヨットが点在する広い川の向こうにジョン・ハンコック・センタービルやプルデンシャルビルなどボストンの高層ビルが並んでいる。このケンブリッジは治安がよく風紀もよい学園都市である。Prof. OWEN がボストン地域での最大の産業は何かと尋ねられて答えられなかった。彼は笑いながら、それは教育であるといった。MIT, ハーバード大学など有名、無名の大小の大学が多数この付近に集中して存在している。MIT キャンパスのマサチューセッツ通りの西側にある Kresge Little Theatre が ICOMAT-79 の会場にあてられた。一室だけで会議が行われた。この会場にはマイク、スライドプロジェクタ、オーバーヘッドプロジェクタなどすべてが完備されていた。

ICOMAT-79 の開催母体はマルテンサイト国際委員会で、そのメンバーは表1のようである。実際の世話は MIT の方々によつて行われた。参加者は総計146名で、20国から参加した。その内訳は表2のようである。日本からの参加者は21名(在米中の数名を含む)のほり、外国人としては最も大きな役割を果たした。

発表された論文総数は103(プログラムには121掲載されていたが、主としてソ連からの発表の取消があつた。) Keynote lecture 6 で、それ以外に最初に M. COHEN による特別講演があつた。各セッション名と発表論文数は表3に示されている。発表形式は10分発表5分討論、言葉は全部英語で通訳はない。

日本の参加者の発表は Keynote lecture 2, 発表論文23で、この面でも日本の活躍と寄与がいかに大きいかがわかる(表2参照)。

表1 マルテンサイト国際委員

名	国
G. S. ANSELL	ア メ リ カ
J. S. BOWLES	オーストラリア
J. W. CHRISTIAN	イ ギ リ ス
M. COHEN	ア メ リ カ
L. DELAHEY	ベ ル ギ ー
藤 田 英 一	日 本
E. HORNBOKEN	西 ド イ ツ
P. M. KELLY	オーストラリア
L. G. KHANDROS	ソ 連
G. V. KURDJUMOV	ソ 連
西 山 善 次	日 本
J. NUTTING	イ ギ リ ス
W. S. OWEN	ア メ リ カ
V. D. SADOVSKY	ソ 連
清 水 謙 一	日 本
田 村 今 男	日 本
H. WARLIMONT	西 ド イ ツ
C. M. WAYMAN	ア メ リ カ

* 京都大学工学部教授 工博

表 2 参加者数, 発表論文数など

国 名	参加者数*	発表論文数	Keynote lecture 数
アルゼンチン	3	4	—
オーストラリア	1	0	—
ベルギー	4	5	1
ボリビア	1	0	—
ブラジル	3	4	—
カナダ	1	1	—
イギリス	13	11	1
フィンランド	1	1	—
フランス	6	9	—
インド	1	1	—
イスラエル	2	3	—
日本	21	23	2
メキシコ	1	1	—
オランダ	2	1	—
ポルトガル	1	1	—
スイス	5	4	—
台湾	1	0	—
トルコ	1	1	—
アメリカ	75	31	2
ソ連	3	2	—
計	146	103	6

* この数字は最終的参加者名簿から数えたものである。

会議は 6 月 24 日夕刻より開始され, 主催者側を代表して W. S. OWEN が開会の辞を述べ, そのあと M. COHEN の "On the Classification of Displacive Transformations (What is Martensite?)" と題する特別講演があつた。合金によつて ω -変態, ベイナイト変態, マルテンサイト変態など互いに似て非なる種々な変態があり, これらを原子の移動の仕方から分類し, 系統付けた。このあと簡単なパーティがあつた。

25 日は変態前駆現象と格子軟化のセッションから始まつた。最初, L. DELAÉY の Keynote lecture があつた。従来, 変態前におこる不可解な現象をすべて前駆現象と考えていたが, しだいに整理されて, 変態前にたまたま ω -変態, スピノーダル分解又は規則化をおこすものがあるが, これは前駆現象ではない。また, マルテン

表 3 セッション名と発表論文数

セッション	Keynote lecture	発表論文数
変態前駆現象と格子軟化	L. DELAÉY	16
核生成		5
結晶学, 形態及び組織	G. THOMAS	21
熱力学と速度論	J. W. CHRISTIAN	13
力学的挙動		9
形状記憶効果と関連現象	T. SABURI	12
応力及びひずみ誘発変態	K. OTSUKA	11
焼もどし及び時効効果	P. G. WINGHELL	8
その他のせん断型変態		8
計	6	103

サイト変態に併発する相分離もある。また, 本当に前駆現象と考えられる現象が熱弾性マルテンサイトに多く発見されるが, 変態の非常な初期かも知れない。ここで Ms 点とは何かという問題が提起される。しかし, 電顕像, 電子回折, 電気抵抗, メスバウアー, 超音波 (弾性異方性) などによつて研究された多くの論文が発表された。いまだこの謎を解くに至らないけれども, 多くのデータが積み上げられつつある。

核生成のセッションでは, Bogers-Burgers の第 1 せん断によるマルテンサイトの核生成説と応力誘発説とが, 多くの発表論文の中で無意識のうちにからみ合った印象をうけた。

26 日は 1 日中結晶学, 形態および組織のセッションであつた。先ず G. THOMAS の Keynote lecture では, 鋼のラスマルテンサイトについて, ラスとラスの間に残留オーステナイトが無いときは隣接するラスは双晶関係にあるが, 残留オーステナイトが存在するときはラスの結晶方位は次第に回転してゆき, n 番目にもとの方位となる。 n は C 量が多くなるほど小となる。また, 残留オーステナイトは C 濃度が高く, 焼もどしによつて分解するときは多くの炭化物を形成する。などのことを述べた。そのほか, $\gamma \rightarrow \alpha$ 途中の 6 層構造, $\gamma \rightleftharpoons \epsilon$ 可逆変態, パースト変態のコンピュータシミュレーション, 急冷凝固マルテンサイトの性質, バタフライマルテンサイト, ラスマルテンサイト組織構成, ステンレス鋼の $\delta \rightarrow \gamma$ 変態などの発表があつた。

27 日午前は熱力学と速度論のセッションであつた。J. W. CHRISTIAN が Keynote lecture を行い, 鉄鋼における変態の駆動力, 変態潜熱などについて述べた。たとえば, オーステナイトからラスマルテンサイトへの変態潜熱はレンズマルテンサイトへのそれより小さい。そ

れゆえ、それだけラスマルテンサイトは大きな蓄積エネルギーをもっている。転位密度が高いわけである。このほか、等温マルテンサイト変態に対するC量の影響、Fe-Pt合金の残留オーステナイト状態の温度変化、高磁場中での等温変態の加速効果などの発表があつた。

27日午後は力学的挙動についてのセッションで、Cu-Zn-Alのゴムのような伸縮挙動、Fe-Pt熱弾性合金におけるマルテンサイト周囲の応力場に対する母相の規則化の寄与、高炭素鋼の破壊に対するラス間残留オーステナイトの寄与と粒界破壊に対するPの寄与、Fe-Ni-C合金の結晶粒度とMs点、レンズマルテンサイトの時効による割れ、NiTiの変態時の内耗などについての発表があつた。

28日午前は形状記憶効果と関連現象のセッションで、T. SABURIのKeynote lectureからはじまつた。SABURIは映画によつてマルテンサイトのバリエーションが応力がかかることによつて変わつてゆく様相を示し、形状記憶効果は応力によるマルテンサイトバリエーションの変換に原因することを示した。可逆的形狀記憶の原因、Nb-U系熱弾性合金、形状記憶合金のマルテンサイト-オーステナイト界面の研究、などの基礎的な研究から、海底におけるパイプの接合、応力下での可逆形状記憶効果、および種々な実用的な応用について発表があつた。

28日午後は応力及びひずみ誘発マルテンサイト変態のセッションで、K. OTUKAのKeynote lectureから始まつた。OTUKAは主として熱弾性合金の相変態に対する温度と応力の関係について論じ、応力-温度-相図を提案した。ここで、応力は熱力学的に状態関数と考え得るかどうかについて異論が出た。これはその夜8時から改めて討論することになった。Cu-Al-Ni合金の結晶構造の決定、引張と圧縮で生成する結晶構造が相違する現象、Fe-Ni-C応力誘発変態におけるBogers-Burgersの第1せん断の寄与、などの論文が発表された。

28日午後8時から非公式な討論会が開催され、CHRISTIANのKeynote lectureに対する質問などが行われた。また、上記の熱力学的状態関数についても討論された。物質の状態関数は温度と圧力であるが、応力は圧力の特殊な形態と考えて、圧力に対応させた1つの量として使つてもよいのではないかという便宜論が大勢を占めた。しかし、圧力はテンソルであるのに対し応力はベクトル

であり、また、材料に対する作用は圧力と応力で完全に違う。それゆえ、応力-温度-相図と明瞭に書いて区別しておく必要がある。この程度のところで議論は打ち切られた。

29日は最初、焼もどしおよび時効効果のセッションで、P. G. WINCHELLのKeynote lectureから始まつた。オーステナイトを時効させることにより、金属間化合物を析出したり規則化をおこしたりしたときのマルテンサイト変態について述べた。このセッションで面白かつた発表は、鋼のラスマルテンサイトにおいてラスとラスの間に残留オーステナイトがあるときに外力を加えてそのオーステナイトを変態させると、応力によつて生成したマルテンサイトは前に生成していたラスとバリエーションが違ふから、そのために破壊の最小単位が小さくなり靱性が向上するというものである。

最後のセッションはその他のせん断型変態であつた。ここではTi-V合金や、Nb₃Sn、Laves相、TiN、などの変態が報告された。

午後3時頃W. S. OWENの閉会の挨拶があつて、この会議を閉じた。

以上6日間の会議の間に24日夕刻のパーティ、27日夜ボストン水族館におけるバンケット、28日の非公式イブニングセッションがあり、29日閉会后MITの材料科学科及び材料研究所の見学会と、その夕刻Prof. COHENとProf. OWENの招待によるお別れのパーティがあつた。論文の発表、討論、パーティなどを通じて世界のマルテンサイト関係者が仲よくなり、問題点を集約して新しい問題点を打出すことに成功した。

6月25日夕刻マルテンサイト国際委員会を開催し、次回予定を打ち合わせた。その結果、次回第4回マルテンサイト国際会議は1982年8月ベルギーで開催することになり、Prof. L. DELAHEYを中心にして準備が進められることになった。

ICOMAT-79に参加して感じた事は、ヨーロッパ諸国からの発表論文には内容の乏しいものが多く、ヨーロッパの沈滞を感じた。それにとつて代つて日本の役割がきわめて大きいことを痛切に感じた。

ICOMAT-82にも日本から多数参加し、大いに気をはきたいものと思う。