

Vol. 11
No. 43

1972
October

伝 熱 研 究

News of HTSJ

第 43 号

日 本 伝 熱 研 究 会
Heat Transfer Society of Japan

日本伝熱研究会 第11期役員

会 長：小笠原光信（阪 大）
副会長：頼 実正弘（広 大）
幹 事：谷 口 博（北 大）—兼北海道連絡
成 合 英樹（船 研）—兼関東連絡
松 本 隆一（神 大）—兼関西連絡
長 谷 川 修（九 大）—兼九州連絡
関 信 弘（北 大）
武 山 斌 郎（東北大）
大 谷 茂 盛（東北大）
青 木 成 文（東工大）
土 方 邦 夫（東工大）
黒 崎 妥 夫（東工大）
棚 沢 一 郎（東大生研）
山 崎 彌 三 郎（原 研）
鳥 居 薫（横浜国大）
長 島 昭（慶 大）
堀 雅 夫（動 燃）
監 査：植 田 辰 洋（東 大）
平 田 賢（東 大）
江 草 韻 男（東北大）—兼東北連絡
高 浜 平 七 郎（名 大）—兼東海連絡
広 安 博 之（広 大）—兼中四国連絡
塩 冶 震 太 郎（石 播）
岡 田 克 人（森永乳業）
香 川 達 雄（東 芝）
小 関 守 史（三井造船）
小 林 清 志（静岡大）
赤 川 浩 爾（神 大）
岡 崎 守 男（京 大）
国 友 孟（京 大）
河 村 祐 治（広 大）
千 葉 德 男（広 大）
浦 川 和 馬（徳島大）
伊 藤 猛 宏（九 大）
福 井 資 夫（東 芝）

事務局（〒 113）東京都文京区本郷7丁目3-1

東京大学工学部 船用機械工学科 平田研究室内

電話 03 (812) 2111 内線 7646 振替 東京 14749

第11期「伝熱研究」編集委員長：千葉徳男（広大）

目 次

第6回夏期伝熱セミナー特集

夏期伝熱セミナー次第	1
生物体における熱および流れの問題	棚沢 一郎 2
体温衛生学上の若干の問題について	戸田 嘉秋 7
超音波によるガス温度測定法	山家 謙二 10
新しい赤外線技術	藤井 澄蔵 16
Liquefied Natural Gas(LNG)について	赤川 徳行 21
夏期伝熱セミナーの感想	石谷 清幹 33
夏期伝熱セミナーに参加して	成瀬 哲生 35
夏期伝熱セミナーに参加して	横山 孝男 37
夏期伝熱セミナー雑感	山田 悦郎 38
夏期伝熱セミナーに参加して	皆川 幸夫 40
第6回夏期伝熱セミナーを終わって	松本 隆一 42

地方グループ活動コーナー

関西研究グループ	44
九州研究グループ	47

ニュース	51
編集委員会より	59
「伝熱研究会」投稿規定	59

第6回 夏期伝熱セミナー特集

第6回夏期伝熱セミナーは神戸市六甲保養所において、下記のように7月24日より26日まで開催されました。

夏期伝熱セミナー次第

昭和47年7月24日～26日

於：六甲保養所 行雲荘

7月24日(月)

研究テーマの開拓と研究の方法論 13:30～17:00

司会者 赤川 浩 爾(神戸大工)

話題提供者 石谷 清 幹(阪大工)

大和 一 夫(大和熱工学研究所)

市川 亀久弥(同志社大)

7月25日(火)

a) 生体工学における伝熱, 流動問題 9:00～12:00

司会者 松本 隆 一(神戸大工)

話題提供者 棚沢 一 郎(東大生研)

戸田 嘉 秋(神戸大医)

b) 特殊温度測定法 13:00～17:00

司会者 国友 孟(京大工)

話題提供者 山家 譲 二(機技研)

豊田 実(神戸大工)

藤井 澄 蔵(富士通)

o) 環境と価値観の変遷 18:00～20:00

司会者 小笠原 光 信(阪大工)
講演者 新津 靖(阪大名誉教授)

7月26日(水)

a) LNGにおける低温技術の諸問題 9:00~12:00

司会者 勝田 勝太郎(関西大工)
話題提供者 赤川 徳 行(住友精密)
岡本 富 保(日立造船)

b) 大阪酸素㈱尼崎工場見学 13:00~16:00

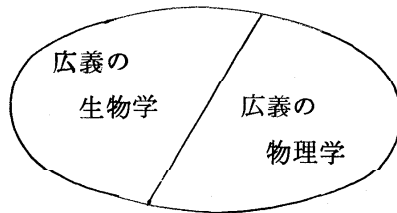
生物体における熱および流れの問題

東京大学生産技術研究所
棚 沢 一 郎

1. 生物工学・バイオメカニクス

自然科学を「広義の生物学(Biological science)」と「広義の物理学(Physical science)」とに二分することができる。(下図)

過去において工学は、広義の物理学の一部を占める学問分野と見なされ、したがって生物的なものが工学研究の対象になることはなかった。しかし、工学の発展につれて、それは対象に即した学問であるよりも、



自然科学

一つの「手法」の学問へと変貌をとげてきた。そして上に示したような

物理学のテリトリーからはみ出す可能性をももち始めた。

筆者は、「生物工学 (Bioengineering) 」を、工学的手法の生命現象への応用であると考えている。

一方、バイオメカニクス (Biomechanics) は、その名が示すとおり、生物に対して力学的手法を適用する学問分野である。力学は本来、物理学の重要な支柱の一つであったが、工学の分野でも、筆者が専攻する機械工学 (Mechanical Engineering) は力学の諸応用 (たとえば、流体力学・材料力学・機械力学など) を基柱としている。したがって、バイオメカニクスは機械工学のほとんどすべての分野と何らかのつながりをもっており、そこでこれを「生物機械工学」と呼ぶ人もいるほどである。

2. 生物体における流れ・伝熱・物質移動の問題

移動する量		運 動 量	熱	物 質
学問分野名		流 体 力 学	伝 熱 学	物質移動論
生 物 体 の	内 部	<ul style="list-style-type: none"> ○血液の循環 ○人工心肺 ○呼吸器 ○発声 ○樹液の流れ ○血液・体液中の気泡 	<ul style="list-style-type: none"> ○恒温動物の耐熱・耐冷機能 (体温調節) ○冷熱感覚 	<ul style="list-style-type: none"> ○血液流と組織とのガス交換・代謝 ○赤血球におけるガス交換 ○血栓形成 ○植物の結実
	外 部	<ul style="list-style-type: none"> ○植物の種子・花粉などの移動 ○動物の移動 (昆虫・鳥類の飛行, 魚類の遊泳, 獣類の歩行・疾走など) 	<ul style="list-style-type: none"> ○動物における放熱機構 ○居住温度環境 (快適感) ○火傷 	<ul style="list-style-type: none"> ○光合成におけるCO₂移動 ○人工腎臓 ○人工肺

上の表は、数多くある生物工学の研究テーマを分類する一方法として、流れ・伝熱・物質移動の各現象を生物体の内部と外部とに分けてみたものである。もちろん便宜的分類であって、たとえば物性値測定のようにこ

この表に組み入れられないような問題もいくつかある。

3. 血液循環にともなう問題

(1) 脈動流の問題

心臓の鼓動によって生ずる血液流の周期的圧力・流量変化と、血管の弾塑性変形が組み合わされて複雑な問題となる。

(2) 微細循環

血液中に体積率 50% 近い割合で含まれる有形成分（主として赤血球）が、毛細血管内の流れの取扱いを困難にする。

(3) 人工心肺

(4) 気泡の問題

バッグ型人工肺設計，手術時の気泡閉塞対策，ケーソン病など。

(5) ガス交換速度の問題

(6) 血栓形成

(7) 流体力学的物性値の測定

4. 生体における熱的物性値の測定

4.1 測定のための注意事項

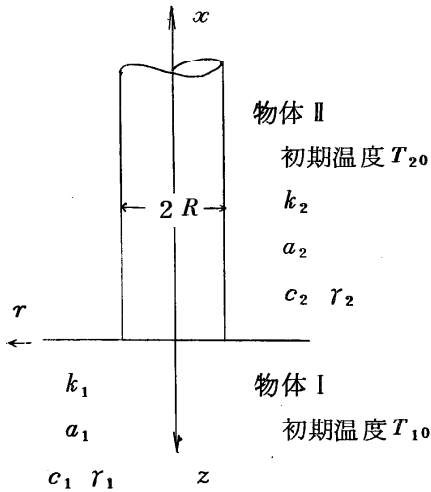
- (a) 生きたままの組織について測定できること。
- (b) できる限り微小な組織について測定できること。
- (c) 組織の破壊・損傷をさけること。
- (d) できるだけ短時間で測定を終えること。

4.2 熱伝導率・温度伝導率の測定法

- (a) 組織を切りとって通常の方法で測る。
- (b) 組織内にヒータや感温体（サーミスタ，熱電対など）を挿入して測る。
- (c) 熱的物性値が既知の物質を生体組織表面に接触させ，その物質内の温度変化を測ることにより，生体組織の未知の熱的物性値を求める〔接触法〕。

4.3 改良接触法による測定

(記号)



a : 温度伝導率, k : 熱伝導

c : 比熱 率

γ : 比重量 T : 温度

$$\alpha = a_1 / a_2, \quad \beta = k_1 / k_2$$

$$T^* = (T - T_{20}) / (T_{10} - T_{20})$$

$$x^* = x / R$$

$$t^* = a_2 t / R^2$$

$$T_2^* = \frac{1}{1 + (\sqrt{d}/\beta)} \sum_{n=0}^{\infty} \left\{ \frac{1}{1 + (\sqrt{d}/\beta)} \right\}^n \operatorname{erfc} \left(\frac{n}{2\sqrt{d}t^*} + \frac{x^*}{2\sqrt{t^*}} \right)$$

4.4 測定結果

血液流の影響

条 件	b kcal/m ² h ^{1/2} °C	k kcal/mh °C	温 度 °C
平 常	18.5	0.41	28.0
血行を妨害する	14.3	0.31	26.6
平 常	16.0	0.42	35.5
血行を促進する	20.0	0.51	34.3

身体各部の測定値

測定箇所	b kcal/m ² h ^{1/2} °C	k kcal/mh °C
額	21.3	0.47
頬	18.3	0.42
耳	22.2	0.46
耳(霜焼け)	23.8	0.57
鼻	17.0	0.42
顎	17.2	0.43
腕	19.5	0.46
手(甲)	19.3	0.51
手(掌)	18.1	0.44
手(瘡蓋)	11.6	0.32
指	18.4	0.51
足(表)	17.3	0.39
足(裏)	14.5	0.35

各種食品についての測定値

被測定物	b kcal/m ² h ^{1/2} °C	k kcal/mh °C
卵 白	16.2	0.44
卵 黄	8.4	0.25
豚肉(生)	14.5	0.33
豚肉(焼)	8.8	0.28
豚(脂身)	8.3	0.27
豚(脂身・焼)	7.6	0.23
豚(レバ)	14.4	0.36
豚(レバ・焼)	12.8	0.34
ブリ(切身)	13.9	0.46
餅	5.9	0.24
牛 乳	16.8	0.55

体温衛生学上の若干の問題

神戸大学医学部衛生学教室

戸田 嘉秋

私は物理学者でも工学者でもありませんがかねてから「医学とは時間的空間的に human activity の場の拡大をはかることを考究する学である」と定義し、従来若干体温衛生学的研究を行なってきたので共同研究者の分を含めて斯題についてお話致します。

1. 寒暑感覚とその数量化ならびにその応用

ヒトは暑い時発汗したり寒い時ふるえたりするが、かかる寒暑に対する反射や反応の直接の刺激となるものは日常生活においては寒暑感覚であり、脳内体温でないことはレプラ患者で神経が麻痺すると知らぬ間にやけどしたりすること等からも容易に理解出来る。この様に日常の健康保持増進に重要な意味をもつ寒暑感覚の数量化をもくろんだ。

仮説として感覚点数を 0 = 極寒 (ふるえ), 1 = 寒冷, 2 = 冷涼, 3 = 快, 4 = 温暖, 5 = 暑熱, 6 = 極熱 (発汗) とした。この1点と6点とは客観的に生理反応を伴なう。1 ~ 5点は夫々独立で、各点を持つ室温や全身並びに各部皮温は何れも正規分布をすとした。之等の分布は山脈のように互に裾野で重なり合うが、山と山との境は両山頂 (平均値) 間の距離を標準偏差の比で按分して求めた。

かくして求められた分布の理論値と実測値との間に軀幹部皮温を除き、室温についても全身並びに各部平均皮温についても極めて高い一致性が見られた。この事は寒暑感覚点数は軀幹部の例外を除き室温や皮温との関連において1 ~ 5の点数範囲について加算性を有する数値と見做し得ることを示す極めて有力な証拠である。

この様にして皮温や室温の4種類の快感帯を求めた。即ち快感域は1と3との境から3と5との境の範囲〔(1 : 3) ~ (3 : 5) と示す〕。

広義快感域は(1:2)~(4:5), 狭義快感域は(2:3)~(3:4)とした快感範囲は(2の山)~(4の山)とした。快感域は快を感じべき正常値の推定, 広義快感域は快の最小値最大値の推定, 狭義快感域は皮温や室温から快感の推定に夫々有用であり, 快感範囲は快感域に似た意味を持ち算出が容易との利点をもつ。

この実験は成年男子数名を被験者とし, 四季にわたり自然服装, 椅坐安静で行なわれたものであるが, 各種快感帯は男女別, 衣服別, 姿勢別或は労作別に異なることも証明された。例えば男子洋服の場合全身快感室温域の下限は安静時胡坐位では椅坐位の場合よりも 2.5°C 高くなる。

II. 衣食住や労作の保温効果を同一unitで表現すること

Burton, A. C. 等は空気や衣服の断熱力の単位として Clo 値を創案した。即ち二面間の温度勾配が 0.18°C で 1 m^2 当り1時間 1 Kg Cal の熱量が流れる断熱力を 1 Clo とした。私は体温衛生学の立場から Clo -unitを拡大解釈して, これを食物, 住居採暖法或は労作等の持つ保温効果の単位とすることを試みた。約20年前からのことであるが最初は強い反論もあったが現今では受け入れられている。これは(ヒトの全身平均皮温と環境温熱条件との差)に対する(輻射, 伝導, 対流放熱量)の比が同一ならば衣であれ, 食であれ住であれ或は労作であれ, 同一の保温効果を持つと見做そうという試みである。若干の例を示そう。

例1 終戦直後の食糧事情の悪い時配給量は1人1日 1200 Kg Cal , 蛋白 70 g であった。この様な食物のみで生活すると冬には夏よりも早く栄養失調症に陥り1ヶ月で寒冷曝露実験で標準食の場合の環境温よりも 5°C 高い温度で標準食時と同様の熱出納並びに寒冷反応を示した。例えば早朝空腹時裸体で2時間寒冷に曝露すると栄養失調時室温 20°C で標準食時 15°C の場合と略等しい反応を示す。これは栄養失調時には標準食時にくらべて約 5°C 高温の環境で暮すか, 或は約 $0.4\sim 0.5\text{ Clo}$ 保温的な衣服を着用すべきことを示唆している。

例2 現在は胡燧は殆んど姿を消したが戦後一時は大流行した。元来胡燧は日本独特の経済的な暖身法である。室温 10°C 椅坐位で洋服総断

熱力(衣服断熱力(+)*still air*断熱力)は2.0 Clo に対して同一室温同一姿勢で堀胡燧に入っていると(300 W電熱)4.3 Cloと保温効果は著しく増加する。室温を18.0℃に暖房したときには3.4 Cloである。

例3 1965年の秋から1ヶ年私はアラスカで暮した。冬の住居はトレラーハウスなる裏長屋のエフィシエンシー(寢室なしの一室台所バス付)だった。真冬太陽熱の影響なく、また積雪と床下加温がなされていた。ある日外気温は-47℃であったが室温は24℃であった。これは約8 Cloの総断熱力をもつ衣服に相当する。住居構造は壁体断熱材にはグラスウールが使用されていた。この四壁の隔壁熱伝導率は窓や扉をも含めて平均0.63 K_g cal / m² / hrと計算された。なお室の換気回数は毎時1.0回であり、換気による損失熱量は全体の38%に過ぎず62%は隔壁からの伝導による喪熱と計算された。極寒地では換気は極度に制限されているが、一定量以上の換気は保健上絶対必要であり、寒地建築には隔壁の断熱力が如何に重要であることを改めて痛感した。

Ⅲ. 等身大銅製模型人体の創作とその応用

日本の第1次南極観測隊出発に先立ってその防寒外衣の保温力測定を契機として模型人体を創作して爾後衣服(衣類や寝具)の保温力測定を続行しているがこれは人体がいかにかにその生理的条件をととのえようとしても成績は可成りのバラツキを示すに反して一定値を示ししかもこの値は人体実験の場合の平均値かつ被験者を要しない利点がある。

現在この模型を用いて日本人の四季にわたる標準的な衣服の保温力推定値算出法に関する実験が行なわれつつある。

超音波によるガス温度測定法

機械技術研究所 山家 護 二

1. ガス温度と音速の関係

熱力学的関係から音速 a は

$$a = \sqrt{\left(\frac{\partial p}{\partial \rho}\right)_s} \quad (1)$$

で示される。 s ; エントロピー

1.1 理想気体の場合

理想気体の状態式を用いて断熱変化の条件を使えば(1)式は

$$a = \sqrt{\frac{\gamma R}{m} T}$$

γ ; 比熱比
 R ; 一般ガス常数
 m ; 分子量

1.2 低圧混合気体 (理想気体) の場合

$$a = \sqrt{\frac{\gamma_m R}{m_m} T}$$

suffix m ; mixture
 // i ; component

$$\gamma_m = c_{pm}/c_{vm} = \frac{\sum_i c_i c_{pi}}{\sum_i c_i c_{pi} - R}$$

$$m_m = \sum_i c_i m_i$$

通常の燃料, 空気の混合の場合, 約 1.5% の誤差で空気で近似できる。

次頁図 1 参照。

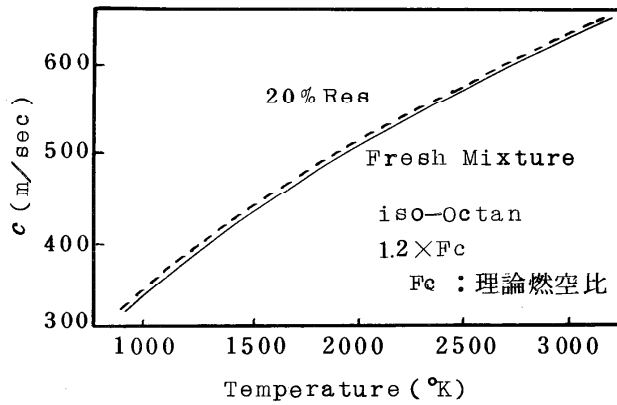


図1 混合ガスの音速と温度の関係

1.3 高圧混合気体のとき

圧力の影響は図2⁽¹⁾に示す。一般に圧力の影響が無視できるのが特徴。

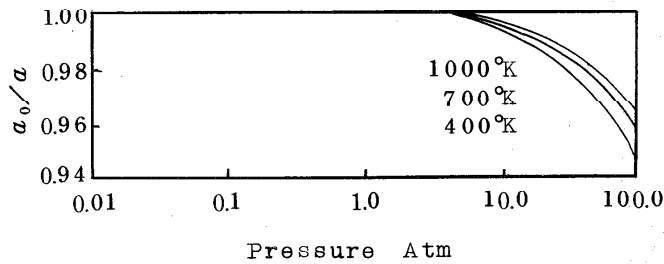


図2 圧力の影響

1.4 燃焼ガスの場合

燃焼ガスのエンタルピー-エントロピ線図の等エントロピ線上で差分的に(1)式を計算する。

計算結果の一例を図3⁽¹⁾に示す。

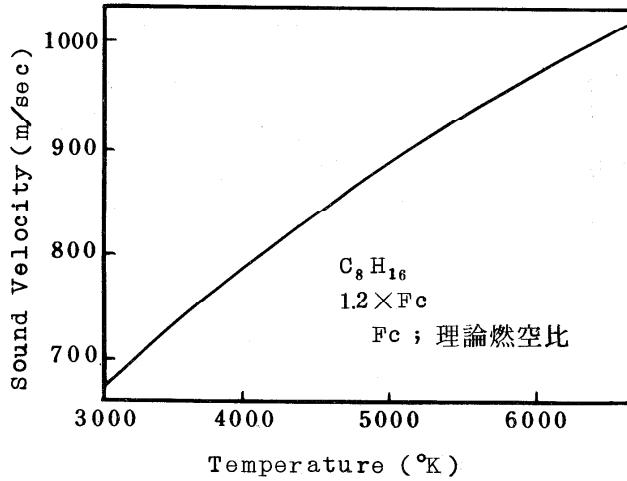


図3 燃焼ガスの音速と温度の関係

2. 音速法 (Velocity of Sound Method)

一定距離を音波が通過する時間から音速を測り温度を知る方法。

2.1 常温付近の気体の温度測定の場合

シングア라운드法の例(図4)。

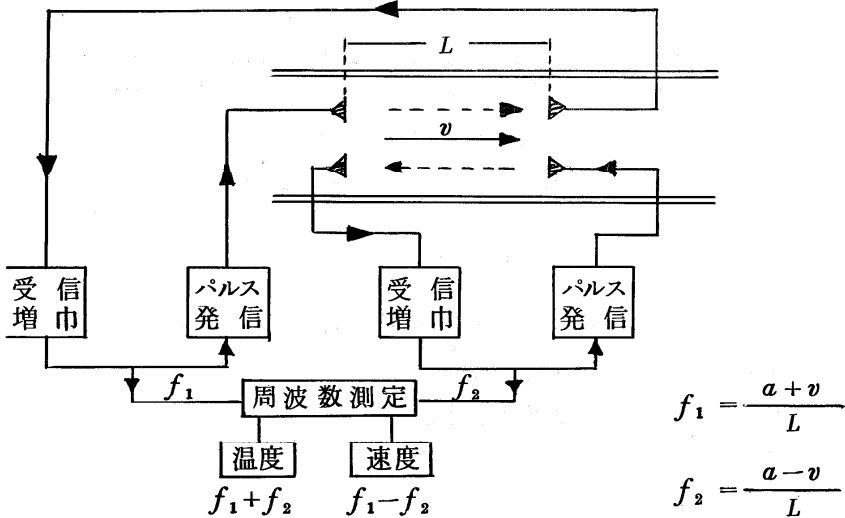


図4 シングア라운드法

2.2 燃焼ガス温度の測定例⁽²⁾ (CFRエンジン)

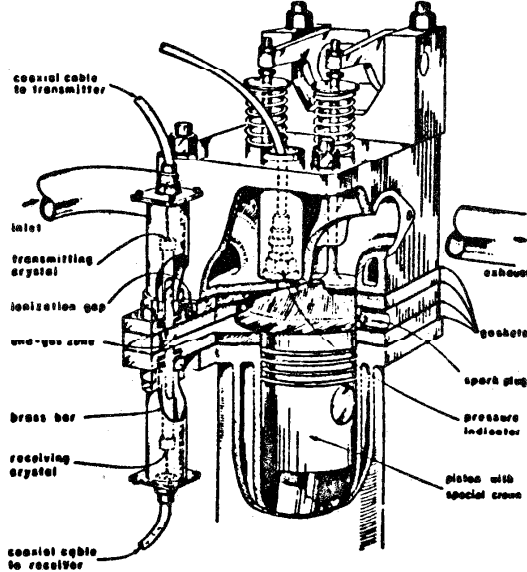


図5 CFRエンジンの実験例⁽²⁾

3. 周波数法 (Frequency Method)

急激な温度変化をする気体中を通過する超音波の周波数変化を検出しそれから温度を求める方法⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁶⁾

一般に気体の音速 a は
その物理常数がきまれば
絶対温度によってき
まるから

$$T = f_n(a)$$

となり、 a が求まれば T が
わかる f_n ; 関数

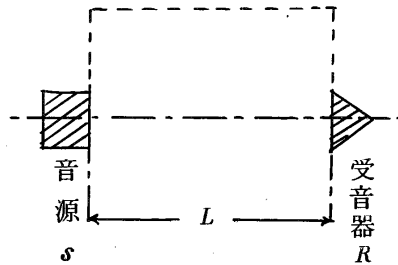


図6

図6で音源 S 付近で周波数 f , 波長 λ , 音速 a の関係は

$$f_0 \lambda_s = a_s$$

受信器 R にこの音波が到着したとき

$$f_R \lambda_R = a_R$$

ここで $\lambda_s = \lambda_R$

$$\therefore \frac{f_R}{f_0} = \frac{a_R}{a_s}$$

この式から $f_R - f_0 = \Delta f$ とすると

$$\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{L}{a^2} \frac{da}{dt}$$

但し $\frac{L}{a_0} /$ 現象の時間 $\ll 1$ のとき上式は成立する。

上の微分方程式を積分すれば

$$\frac{T}{T_0} = \left\{ 1 - \frac{\sqrt{\frac{\gamma R}{m} T_0}}{L} \int_0^t \frac{\Delta f}{f_0} dt \right\}^{-2}$$

ここで $T = f_n(a) = \frac{m}{\gamma R} a^2$, T_0 ; 初期温度

この式から $\int \frac{\Delta f}{f_0} dt$ がわかれば T がわかることになる。

$\frac{L}{a_0} /$ 現象の時間 $\gtrsim 1$ のとき

非線形で微分方程式の形に reduce できない。

このときは $L = \int_{t_s}^{t_R} a dt$

と前の式

$$\frac{f_R}{f_0} = \frac{a_R}{a_s}$$

の2つから図式に a が求まり T が求まる。

4. 流体の加速度の測定

図7で音源，受音器間に流速変化 dv/dt が存在するとき，温度と流速の変化が周波数法によって求まる。理論解析のみでまだ実験は行なわれていない。

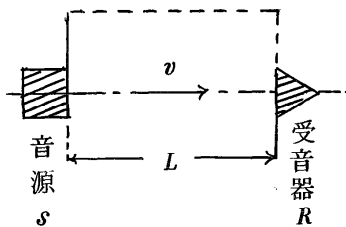


図 7

Ref. (1) J.C.Livengood ほか, Trans. SAE 66(1958) 683.

(2) 同上, J. of Acoustical Soc. of America. 26
(1954) No. 5, 824.

(3) 山家ほか, 日本機械学会論文集 32-238(昭41-6)913.

(4) " 33-245(昭42-1)71.

(5) " 36-286(昭45-6)1000.

(以上)

新しい赤外線技術

富士通株式会社

藤井 澄 蔵

1. 概要

赤外線は可視光線と同様、電磁波であるが、波長的にそれよりも長く、我々の眼には感じない輻射エネルギーである。赤外線的应用は分光計にその例があるごとく、吸収を扱う分野が従来、代表的であったが、近年、半導体を利用した光量子型赤外線検知器が登場し、常温の物体が放射する長波長でかつ微弱な輻射でも、容易に短時間で検知できるようになり、赤外線映像装置等が生れ、輻射を扱う技術も急速に発達してきた。

赤外線映像装置は、物体が自然に放射している赤外線輻射を光学的走査を通してパッシブに検知し、走査と同期してブラウン管やフィルム上に眼に見える映像に変換して表示あるいは記録する装置である。

従来、映像と言えば、写真やテレビがそうであるように、我々の眼の感覚を尺度とした可視光領域のものが主体であった。赤外線映像装置は、この領域を赤外線に拡張したものではあるが、それは単に暗夜でも物が見えるようになったと言うだけでなく、この映像を通じて対象の微細な温度分布や表面状態が分るようになり、可視光の映像では得られない対象内部の情報を得る新しい手掛りを与えるものと言えよう。したがって、最近の赤外線映像装置の応用は、医用、工業用、産業用、気象や地質、海洋等の観測、公害探査等、広範囲にわたるようになり、装置も対象により顕微鏡から航空用あるいはスペース用まで種々のものが実用化されるようになった。

このように、輻射を扱う新しい赤外線技術が台頭してきたが、ここでは、特に、赤外線映像装置を中心にその概要を述べることにする。

2. 赤外線映像装置の原理

常温物体が放射する赤外線輻射（パワー）は、Wienの法則から分るように約10ミクロンの波長をピークとした赤外線領域にある。このような長波長の赤外線に感ずるフィルムやビデオンは、現在の技術ではまだ実現に程遠い状況にある。したがって、画像を作るには、図1にあるように、長波長赤外線にも高感度な検知素子を一般に1個用い、その

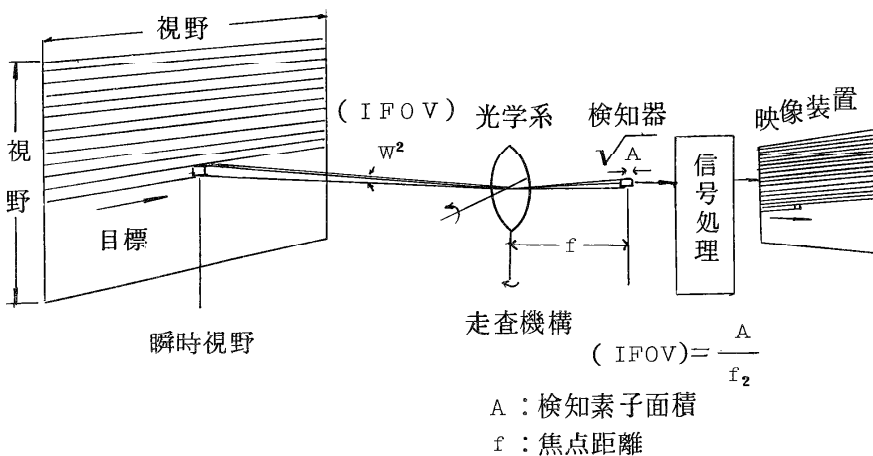
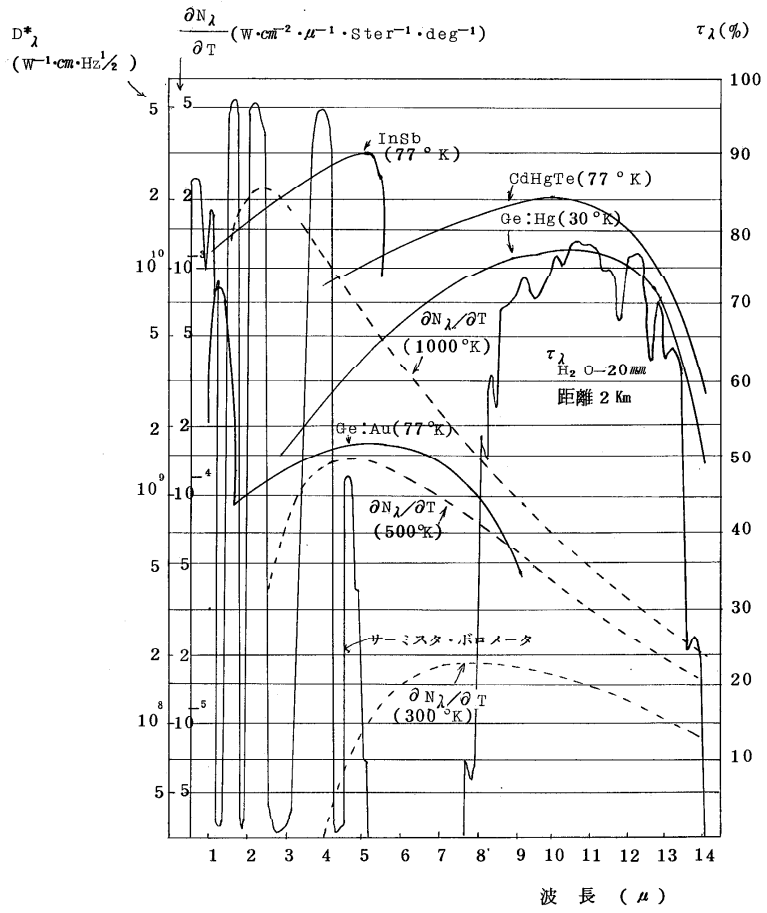


図1. 走査原理図

検知面積と光学系の焦点距離の2乗との比からできる瞬時視野（IFOV）で対象を光学的に走査して観察する。走査して得られた検知出力は、走査と同期してブラウン管等を用いテレビのように映像として表示する。このような方法をとることにより、対象表面に温度分布があれば、IFOVに対応した微小面からの輻射はStefan-Boltzmannの法則によりその面の絶対温度の4乗に比例して異なるので、走査によって検知器出力が得られ、ブラウン管上に高温部は白く低温部は黒い白黒濃淡のパターンに表示することができる。以上の方法は映像を作る原理であるが、このほか、単に対象の温度パターンのみでなく、ラジオメータと組み合わせたような温度自体も測れる装置にしたり、表示も観測対象や目的に



$(\frac{\partial N_\lambda}{\partial T}$ は温度 1°C だけ変化した時の輻射の変化量を表わし、ラジアント・コントラストと呼ばれている。

図2 D^*_λ , $\frac{\partial N_\lambda}{\partial T}$, τ_λ の波長特性

応じてステップ状、波形積重ね状あるいはカラー表示等、見易いように色々な表現をとらせることができる。

3. 赤外線検知器

赤外線輻射を扱う技術にとって、検知器はその性能を左右する重要なもので、特に、映像装置において顕著である。一般に、使用上、検知器を評価する場合、感度、波長特性、時定数の3点で比較検討する必要がある。特に、映像装置にあつては、時定数が短くないと、一枚の画像を作るのに時間がかかり過ぎ、当今の高速化時代に適合しない。その意味で、半導体を利用した光量子検知器の誕生は画期的なものであつた。この検知器は、従来の熱検知器（例：サーミスタ・ボロメータ）のように、輻射入力を一たん熱エネルギーに変換することなく、いきなりフォトンのエネルギーとして使用する。したがつて、検知するプロセスが極めて短くてすみ、熱検知器と比較して3～4けた小さいマイクロ秒のオーダーの時定数になり、感度も約2けたよくなる。問題は波長特性であつて、熱検知器が平坦であるのに比べ、素子の組成によって波長的レスポンスを持つ。したがつて、光量子検知器を使用する場合、目標対象の温度、装置までの伝播媒体等の波長特性をよく吟味して、それらがよくマッチし総合的に高感度になるよう、素子の選択をする必要がある。図2は300°Kから1,000°Kまでの目標物の輻射特性と可降水量20mmの大気（温度25°C，相対湿度80%，距離1Kmの大気に相当）の透過特性をあげ、それらと検知器の波長特性との関係を示している。この条件では、Ge:HgやCdHgTe等の光量子検知器が適していることが分るであろう。

4. 赤外線映像装置の特徴と応用

現在の赤外線映像装置の特徴を列挙すると次のようになるであろう。

- (1) 常温物体の輻射も検知する。
- (2) 遠隔的に観測できる。
- (3) パッシブに観測する。(相手に何のエネルギーも投射しないので、相手の状態を乱さない。)
- (4) 短時間に対象の表面温度分布を画像として全体的に把握できる。
- (5) 対象の微小面積の温度分布や表面状態が観察できる。
- (6) 対象の表面温度分布をパターン化することで、単に表面現象のみでなく、内部の異常や部分的な化学的、物理的な変質を探る手段を与える。
- (7) 対象までの伝播媒質の影響を受ける。
- (8) 対象の温度自体を知りたい場合、その放射率が問題となることがある。

以上の特徴をうまく生かし、色々な応用が考えられる。応用範囲を工業用にじぼって考えてみると、大きく次のようなものがあげられるであろう。

- (1) 非破壊検査
- (2) 製品の熱分布測定
- (3) 製造工程の熱管理
- (4) 製品の働作状態における異状個所の早期発見
- (5) 製品表面状態の検出

5. 結 論

赤外線輻射を利用した新しい技術を赤外線映像装置を中心にして述べた。この装置は、検知器、光学、電子の各技術を総合したこれからの新しい装置と言えよう。したがって、応用面もこれから開拓されるものが多く、それぞれご専門各位のご指導を賜わるよう念願する次第である。

Liquefied Natural Gas (LNG) について

住友精密工業株式会社
赤川 徳行

1. LNG産業の動向

1.1 緒言

近年LNGをEnergy源として利用する動きが活発になり、米国・英国・南ヨーロッパ(フランス・スペイン・イタリー)・日本で多量に利用される様になってきた。

これは天然ガスの産出国から天然ガスの不足している地域に対し、液化天然ガスの形で輸送する技術が開発されたことによるものである。

このLNGの形での輸送が実用化されたのは、1964年アルジェリアから海をへだてた英国へむけて行なわれたのが最初である。この成功に続いて同じアルジェリアからフランス、アラスカから日本、リビアからイタリーとスペイン、というように次々とLNGの大量の輸送が実現され、現在更にフランス、日本、アメリカに新しい計画のあることが発表されている。

共産国の状況については明らかではないが、ソ連が天然ガスの大きな産出国であり、東西の緊張が緩和してきている現状から考えて、ソ連から米国・日本へのLNGの輸送も夢ではない状況に変わりつつある。

1.2 天然ガスの産出地

ソ連はいづれにしても単一国としては最大のLNG産出国である。現状では共産圏で 400×10^{12} cuft以上の埋蔵が明らかとなっており、北米と中東がこれについて 350×10^{12} cuftの埋蔵と考えられる。

1969年のdataで世界各地の天然ガス埋蔵予想量は表1に示す通りである。

表1 世界の天然ガス埋蔵予想量

	(単位 10 ¹² cuft)	1969年
北部・中部アメリカ	356.0	
南アメリカ	51.7	
西ヨーロッパ	145.6	
北アフリカ	160.0	
西アフリカ	12.1	
中 東	342.7	
極 東	43.8	
オセアニア	23.4	
共 産 圏	406.0	
合 計	1,541.3	

1.3 世界のLNG貿易

天然ガスの産出国と各国の需要の間には大きな unbalance があり、これを補うために天然ガスを液化して運搬を容易にし、船で運ぶことは世界の Energy 消費の balance を改善するうえに不可欠の要素になってきた。

米国は国内に天然ガス源を有しているが、その莫大な需要をまかなうにはとても自国の産出量だけでは満足できず、相当量を海外からの輸入に頼らざるを得ない。西ヨーロッパでも天然ガス源は乏しく、比較的近い北アフリカに大きな天然ガス源を有しているのでここからの輸入は効果的である。

日本では国内の天然ガスは殆んど期待できない。近くに大きな天然ガス産出地がないのでかなりの遠隔地からの輸入になり、経済的には不利な面が多いが、急激な工業の発展のため公害問題で苦しんでいる特殊性がある。

以上の如く、今後LNG貿易により天然ガスの消費が促進される方向にあることはまちがいなさそうである。

天然ガス産出地で現地の消費が殆んどない地域はLNG供給地と考え

られるが、この地域及び供給可能量の関係は表2に示す通りである。

表2 LNG供給地の埋蔵状況

	国名	供給可能量 10 ¹² cuft
ア フ リ カ	アルジェリア	130
	リビヤ	24
	ナイジェリア	15
中 東 及 び 極 東	サウジアラビア	56.4
	アブ・ダビと中央部	21.0
	クウェート	39.0
	カタール	7.5
	イラン	197.0
	イラク	19.0
	パキスタン	25.0
インドネシアとブルネイ	6.7	
西 半 球	カナダ	54.2
	チリー	3.0
	コロンビア	4.5
	トリニダード	2.5
	ベネズエラ	27.8
	メキシコ	12.0
オセア ニア	オーストラリア	16.0

この表からも分るように北アフリカ・中東には大量のLNGを継続的に供給できる十分な埋蔵量がある。そしてこれらのmarketとしては米国・東ヨーロッパ・日本、又アルゼンチン・ブラジルがある。

LNGを運搬する場合の経済性を比較する上に重要な要素となるのは供給地と消費地の距離である。表3には現在既に行なわれているもの及び計画されているもののdataを示す。

表3 LNG供給ルートの輸送距離

供給地	消費地	距離 miles	輸送時間 days
アラスカ(米国)	日本	3,280	18.6
	米国西海岸	2,160	13.1
アルジェリア(アルズー)	フランス(ル・アーブル)	1,410	9.4
	英国(キャンベイ)	1,540	10.0
アルジェリア(スキクダ)	フランス(フォス)	400	4.5
	米国(東海岸)	3,470	19.5
ブルネイ	日本	2,400	14.2
インドネシア	日本	3,250	18.5
リビヤ	イタリー(ラ・スペチア)	990	7.7
	スペイン(バルセロナ)	1,060	7.7
	米国(東海岸)	4,540	24.7
ナイジェリア	アルゼンチン	4,390	24.0
	米国(東海岸)	5,080	27.0
ペルシャ湾	日本	6,770	35.7
トリニダード	米国(東海岸)	1,930	12.0
ヴェネズエラ	アルゼンチン	4,860	26.3
	米国(東海岸)	2,000	12.3

1.4 日本に於けるLNG利用の現在と将来

日本で最初に実行に移されたアラスカ-東京計画はアルジェリア-英国、フランスに続く画期的なもので、現在東京ガスの根岸工場は東京都内に天然ガスを供給する一方、隣接する東京電力南横浜発電所に天然ガスを送り、火力発電用燃料として利用させている。

(1) 都市ガス

日本の都市ガスは極度に集中化した都市の燃料源として急増する需要に対処してきたが、従来の原・重油、ナフサでガスを製造するには、大

気汚染防止の対策、用地の確保等困難な問題が多かった。

L N G 利用による高カロリーガスの高圧輸送により需要中心地より多少はなれた L N G 蒸発基地から幹線配管を経由して一般需要家に供給する計画は現在の日本の大都市、東京・大阪ではその公共事業としての義務を果す上に最も望ましい方式であることが明らかになった。

東京ガス・大阪ガス共、都市ガスの L N G への全面転換を決定し、今後の計画をすすめている。

(2) 電 力

電力需要も人口の都市集中化に加え、生活パターンの近代化により都市ガス以上に急激な増大をしている。この需要に応ずるために、石炭・石油とひきつがれてきた火力発電は次の時代の原子力に本格的移行を前に都市公害の問題でつまづき苦難の道を歩んでいる。

東京電力はこの点を察知し、アラスカー東京計画で L N G を専用燃料とする発電所を建設した。当初は L N G の価格からして、経済性の点で問題視されたが、その後公害の問題は電力会社に対しても一層厳しくなり、単に経済性のみで云々される問題ではなくなった。東京電力は更に袖ヶ浦に L N G 専用の発電所を建設中であり、更に同種のを計画中である。

関西電力でも、現在 L N G を利用することが検討されている。

2. L N G 利用のための装置

L N G の利用方式を大別すれば Peak shaving 方式と Base load 方式になる。

(1) Peak shaving 方式

天然ガスの発生供給地に於て、その system の需要が peak になった時にその不足分を L N G で補うものであり、計画にあたっては通常 1 年間に数日の単位でしか起らないものと予測している。

(2) Base load 方式

通常天然ガスの供給を総て海外の L N G にたより遠隔よりの輸送に

よって稼働させるものである。この場合1年間の大部分の週1週間7日、1日を24時間の稼働として計画されるものである。

両者共立地条件により多少の差はあるが、Peak shavingの場合は、小型の液化装置、貯蔵タンク、小型の蒸発装置を具えたsystemになるのが普通である。

Base load方式の場合LNG供給基地と受入基地に分れ、この間をLNGタンカーで往復する。供給基地には大容量の液化装置、貯蔵タンク、流体の輸送装置等が必要になる。

従ってLNGの関連装置としては、液化装置、貯蔵タンク、LNGタンカー、蒸発装置が主体をなしているが、以上の装置以外にもLNGの積出し、受入れ、パイプライン、ポンプ、天然ガス前処理装置、安全保守装置等多岐にわたっている。

いづれもLNGが低温液化ガス(約 -162°C)であるため、これらの装置には低温工学の技術が広く応用されている。

LNGのHydro-carbonとしての熱力学的物性の基本問題から低温用機器の低温材料としての強度、安全性の問題、熱応力に対する配管系の設計等、歴史的にも比較的新しい技術を含んだ総合的な分野である。

CH_4 (メタン)を主体とした天然ガスはHydro-carbonの中でも液化の困難なガスの部類にはいるので、液化の方法、蒸発の方法については多くの熱工学上の興味ある問題を含んでいる。

今回は特に蒸発の問題を中心に、以下説明することにしたい。

3. LNGの蒸発及び蒸発装置

3.1 天然ガス

天然ガスはその発生の起源については石油と同様にさだかではないが、Hydro-carbonのうちの低沸分即ち常温でガス状を示すものの集まりであり、液状で産出する石油の同族であることは明らかである。従って産出する場所によってその成分は一定しておらず、その例を示せば表4の通りとなる。

表4 天然ガスの成分例

	N ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ 以上
アラスカ	0.5	99.3	0.2			
ブルネイ	—	90.7	4.8	2.5	1.4	0.1
アルジェリア(1)	5.5	79.5	7.5	2.5	5.0	—
アルジェリア(2)	0.3	86.1	9.7	2.7	1.0	—
リビア	1.0	70.0	16.0	8.0	4.0	1.0
新潟	—	96.8	2.4	0.4	0.3	0.1

この例でも分る様に、アラスカ産のものは大部分がCH₄でその物性もほぼCH₄と同様と考えてよい。

ブルネイ産ではC₂以上のものが多少含まれるので熱力学的特性も変化があり、CH₄では臨界圧力約45 atmであるものが80 atmをこえる様になることが知られている。

従って、液化・蒸発に関する熱移動の問題を考える場合にも、どのような成分の天然ガスを取扱うかをよく注意して、それぞれの物性に応じた熱計算を行なう必要がある。

3.2 LNGの蒸発

通常取扱われるLNGは約-162℃の液体である。この蒸発については蒸発器を流れる圧力 level によってその Pattern が異なるが、通常の都市ガス用として使用する場合はすでにのべた様に需要区域のターミナル迄は高圧で輸送することが配管サイズを小さく、設備費を削減するのに有効であるから、臨界圧力に近い状態又は多少これを超える状態で蒸発を行なう(40~70 atm)。

これに対し発電用の様に隣接した場所で直ちに使用される場合特に高圧にする必要がないので、10 atm 前後で行なうのが普通である。

これらの低温液化ガスの蒸発については既に窒素・酸素・等で多く経

験されており、本質的な相違はないが重質分の割合が多いほど発泡点と露点の温度に差ができるので蒸発区間が長くなり、伝熱上の問題も複雑となる。又主成分の CH_4 は窒素、酸素より分子量が少ないので比重も少さく、低圧に於ける蒸発の不安定さが助長される傾向にある。

蒸発について、低温液化ガスの熱媒として通常は常温又は常温以上の流体が使用されるので、LNGの蒸発温度と蒸発器の壁温の温度差が 100°C を超えることもしばしばあり、film boiling の状態をさけることはむずかしい。

これに関連して、 $40\sim 70\text{ atm}$ の圧力条件の場合と、 10 atm 前後の圧力条件でその蒸発の難易に大きな差のあることは明らかである。

即ち、モリエル線図から明らかな様に、低圧になるほど蒸発温度が低いので熱交換器の壁温との差は一層大きくなり、完全に film boiling の領域となる。又、完全に常温のガスにする過程で蒸温 zone の割合が大きくなり、熱交換器の大部分の zone が蒸発領域となる。

更に発泡ガスの比重と未蒸発液の比重の差が大きいため、流れの均一性が失われやすい。これらが組み合わさって熱交換器の性能低下、蒸発の不安定化が起るので不完全な蒸発をまねき、蒸発装置としての根本的な欠陥となる要素を含んでいる。

低圧の蒸発に際しては、このあたりの問題を充分 check して装置の設計に万全を期する必要がある。

臨界圧力付近の高圧での蒸発では蒸発 zone も短く、実際の装置での伝熱上の困難さは殆んどない。但し理論計算については超臨界 zone では伝熱上も充分解明されていないので、どのように取扱うかについて問題がある。

いづれにしても実際の装置を設計する上に定性的な理論づけは可能であっても、これらを定量的に計算だけで割り切ることは極めて困難で、多くの試算を重ねた上で基礎的な実験によって最終的な裏付けを行なうのが妥当な方法であろう。

蒸発の問題を解く上の desk work では各流路の zone でいかなる pattern の 2 phase flow で推移していくのかを詳細に検討すると共

に通常の文献の 2 phase flow の pattern の多くは isothermal な条件でとらえたものであることを忘れぬ様にする必要がある。実際問題では、これに 100℃前後の温度差をもった壁温の通路を流体が熱交換しながら流れることを頭に入れておく必要がある。

これは pressure drop の算出にあたっても同様であるが、この方は元々 2 phase flow の計算自体、精度にかなり問題があるので isothermal かどうかの条件まではとても考慮するに至らぬと思われる。

次に LNG の様な低温液化ガスの熱媒についての問題を少し取上げることにする。

最も安価で得やすく、熱性能上も良好な熱媒は水である。但し低温液化ガスの蒸発温度が低いいため最大の問題は氷結であり、これは外気を使う場合には空気中の水分の氷結、蒸気を使う場合には drain の氷結等、常につきまとうやっかいな問題である。

通常、standard の operating condition でこの氷結を考慮して、design をしておくことは比較的容易であるが、standard 以外の条件又は emergency に於ける対策をいかに完璧にして装置の信頼性を高めるかが重要である。

水系統又はこれを含む熱媒にあっては、氷結又は霜つきが伝熱系に於て平衡状態になったところで充分の安全性を有していること、この平衡状態が破れて氷結が助長される様な条件になっても、直ちにこれを検知し平衡状態にもどせるだけの安全装置を具えることが必要である。

いずれにしても氷結を少なくすることが熱性能上、安全上も望ましいことであり、熱媒の境膜伝熱係数を上昇させることにより伝熱壁の温度を熱媒側に近づけ、氷結を減少させる対策がとられるのが普通である。

水以外の熱媒として中間的に C_3H_8 (プロパン), C_4H_{10} (ブタン) iC_4H_{10} (イソブタン), C_5H_{12} (ペンタン), iC_5H_{12} (イソペン

タン)を使用するものがあるが、これは最悪条件でLNG熱交換器の氷結を防止できる効果を考慮している。

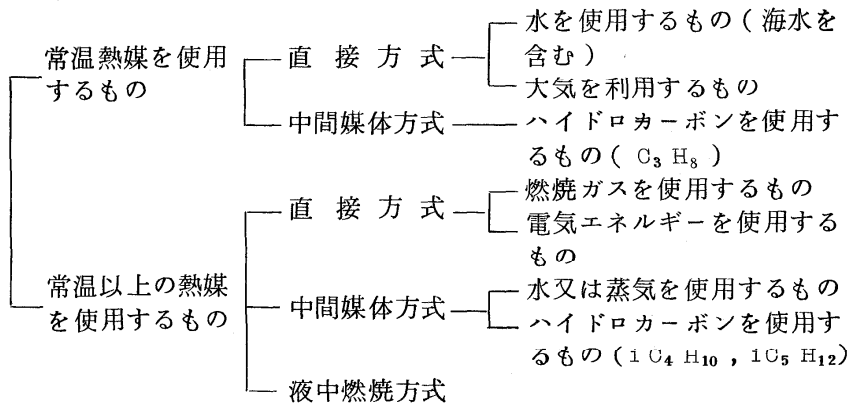
3.3 LNGの蒸発装置

- (1) 蒸発装置は前章でのべたPeak shaving方式に使用するものと、Base load方式に使用するもので本質的に異っている。即ちPeak shaving方式ではせいぜい年間120時間の稼動を推定しているから稼動の際running costは設備費用に比べて殆んど問題にならない。しかしBase load方式では年間8,400時間程度の稼動を考慮する必要があるからrunning costの重要性が特に大きく、設備費用はこの次である。

このような使用条件の差異により経済比較のbaseも異なるので、これらの点を充分検討し、各々のシステムに最も適した蒸発装置を選定する必要がある。

- (2) 蒸発器を大別すれば熱媒の温度levelによって常温の熱媒を利用するものと、常温以上の熱媒を利用するものに分れる。これらの分類については表5に示す通りである。

表5 蒸発器の分類



常温熱媒を使用する蒸発器は主に Base load 方式の用途に使用される。現在利用されている大型のものは海水利用のものが大部分で、大気を利用した例はみられない。しかし小さな satellite 用としては魅力的である。常温以上の熱媒を使用するものは Peak shaving 又は Emergency を目的とするものが大部分で、熱源は軽油・電力・及びガスである。これを更に分類すれば、これら熱源から直接 LNG に熱を与える方式と燃料の熱を一旦中間媒体に与えて、中間媒体から熱を LNG に伝える方式になる。

この中間媒体の方式の変形が液中燃焼方式で直接・間接の両方の方式を組合せた働きを有している。

3.4 LNGの寒冷利用

以上のべた LNG の利用で最も不合理な点は、LNG の有する寒冷エネルギーが利用されず、蒸発器によって寒冷がそのまま与えられていることである。

これら寒冷の有効利用は LNG の単価引下げの面から考えても重要であり、各方面から着目され、実用化の要望も強くすでにいくつかの試みもなされている。

但し Base load 方式ではその保有寒冷が莫大であること、又年間を通じて Energy 需要に応じた Load Pattern となることから、何に利用するにしてもその対象との間に容量の balance がとれにくい点がむづかしく、又できるだけ各温度 level に応じた有効な利用を行なうことが望ましいので、その用途の選択には困難な問題が多い。

参 考 文 献

1. Growing bigger every day World Trade in LNG,
A. R. KHAN
2. LNG Continues Big Growth More Project More
Dollars, DEAN HALE
3. A New Look at LNG Vaporization Methods,
STANLEY E. DALE
4. 天然ガス産業の現状と将来, 岡本 巖
5. LNG冷熱利用の方法の問題点, 井上 篤

夏期伝熱セミナーの感想

石谷清幹

伝熱シンポジウムに毎年論文が多数あつまるのは結構だが、1.論文数が多すぎることに伴う諸問題、2.論文の対象領域はかなりひろいけれどもまだカバーしきれていない重要分野もあって偏りがありすぎる問題、の2点が解決されていない。夏季伝熱セミナーの意義はこの二点の補強だけではないけれども、この二点の補強という性格が今夏のセミナーの特色であったように思われる。涼しい六甲山上でいわゆる百万ドルの夜景もエンジョイできたし、赤川実行委員長はじめ各実行委員の方々のゆきとどいた配慮のもとで、全国の同学の方々と歓談できたのは大変しあわせであった。

私の出席したパネル討議「研究の方法論」でおもに論じられた事項の再論は遠慮するが、今夏のセミナーでも研究者相互の連絡不足がところどころで露呈したことは私の記憶に残っている。学界と業界の間の壁、工学系と理学系の間壁はもちろんのことだが、業界内、あるいはひとつの企業の中でも、連絡不十分は歴然としている。じつはこれは個々の研究者や設計者に心構えをお説教して解決できるような問題ではないが、相互の連絡強化こそは伝熱研究会の主目的であるから、できるだけマン・ツー・マンの接触の機会をふやし、研究発表の場としてのみ伝熱研究会を考えないよう、他領域や新領域の感触がつかめるような場でもあるように運用されることをのぞみたい。

今夏の話題の中から例をひろくと、世界最大の造船国日本ではあるが、日本はLNG船の技術開発では全くたちおくれているのである。LNGでは産地における液化、中間の輸送、消費地での気化のすべての段階で伝熱が重要な問題であるが、伝熱研究会としても低温領域の取り組み不足の実情を認識する必要がある。造船業が世界一になったについて業

界の共同研究があづかって力があつたことはよく知られているが、そしてその共同研究を支持し推進するにあたって学界も熱心に参画した経験が日本にあるのであるが、造船関連でさえも推進主機になるともう協同研究は甚だ不十分なのが現状である。伝熱関係の連絡不十分が担当技術者の心がけだけの問題ではないこと、あたかも公害問題が公害発生源企業の担当技師の考えかただけの問題ではないのと全く同様であるが、しかも同時に、この問題の打開で大きな効果のあがることもわが国造船業の経験でよく判っている。

伝熱研究の1巻1号(1962-3)の5ページに日本伝熱研究会会則がのっているが、その第2条件に連絡強化が本会の目的と明記されている。創立いらいの古い問題を今夏のセミナーにおいても感じたので一言した次第である。

夏期伝熱セミナーに参加して

近畿大学理工学部

成瀬哲生

私がこのセミナーに出席したのは、第4回館山寺に次いで2回目です。建築環境工学を専攻している私にとりまして、夏期セミナーは、改めて伝熱学を勉強し、現象の把握の仕方を学ぶ主旨で参加しております。今回は特にプログラムを見て、テーマが直接の関係を有するものが多い故もあって、期待をもって参加しました。私共の関係者は、江口（建研）、中村（京大）の3名でしたが、2日目のみ京大建築の若手グループが5名参加しました。

シンポジウムが、比較的クールな、厳格な研究態度で、発表が行われるのに対して、セミナーでは、よりホットな、自由な雰囲気での討論が行われているように思えます。勿論シンポジウムは、それなりの意義がありますが、セミナーの特質は、若い世代に、研究の意欲を盛り立てることや親密さを感じさせることで、多くの収穫があるのではないかと思います。

1日目の「研究テーマの開拓と研究の方法論」では、特に石谷・市川両先生の洒落な話題のやりとりに魅惑され、多くの感銘を受けました。日常の研究生生活において、実績主義に追い廻わされている現在、価値観の問題は、私共の心底を、徐々にゆさぶっていくように思えます。これに関して、2日目の新津先生の御講演は、生涯の研究生生活からの体験を通じて、研究のフィロソフィを具体的な例でお話しになり、新しい学問の領域を示唆されて、貴重なひと時でした。昼間の「生体工学における伝熱、流動問題」では、棚沢先生がバイオメカニズムの紹介および戸田先生が体温衛生学の立場からの伝熱環境について話題を提供され、生体を中心とする研究の困難さを示された。特に戸田先生が、物理量と感覚

量との対応にまつわる研究の経過を、飄々とした風情でお話しになり、私共関係者には多くの得るところがありました。

伝熱研究会は、機械工学、化学工学を主とするメンバーが多く、テーマもそれに関する題目が、今迄は大部をしめてきたように思えます。しかし、境界領域が多種に渡り、研究分野も拡大されていく方向にある現在では、同じ伝熱現象を扱うにも、研究テーマの目的によっては、それぞれ特有の取扱い方や範囲があると考えます。従って、今回のセミナーで、取り上げられた主題は、これからの会の方向を示すものとして、私は賛成です。

最後になりましたが、夏の最暑期に、六甲山頂にて、涼しく、楽しくしかも大へん有意義にセミナーに参加させて頂きましたことに対し、幹事の諸先生に感謝します。神大松本先生から、建築関係者の意見を、ということでしたが、主として私のみの感想を書かせて頂きました。

夏期伝熱セミナーに参加して

山形大学大学院学生

横山孝男

誰かが起こそうとしているのではなく、鶯の鳴き声。あの足音は、昨晚遅くまで話してたのにもう散歩している格腹の良い人達。

さっき着いた時は心細かったけど、伝熱シンポで見掛けた人に気付く度、安心して来る。あの時の怖い顔も今は普通の人。酒が運ばれてからは我が父上のごとく、だらしが無い。偉い先輩に囲まれて緊張するけど、昔は俺と同じ青二才、この場に乗遅れないようビールを飲み干す。六甲を吹き上げる涼風に身を飛ばし、百万ドルの夜景。

セミナーを受けて、話題が主に未来に向う先端技術に限らず、現代技術の在り方を問われたのは当を得たものと思われまふ。部外者からは多く一方的無知の批判を抱かれ、技術屋は匙を投げ、おかげで困った人も多いでしょう。悪を作り出すのは工学。だが改善するものは工学以外に無い。科学技術を抜きにしての生活は今日全く無く、思考に至るまでその影響を及ぼしている。セミナー第一日目、石谷先生は二本足で歩めと言われた。工学に就いては、一方は正確な自然法則の把握、もう一方は工学の哲と言えないでしょうか。

私達は先輩の築き上げた工学の山塊を籠で眺め、驚異を感じる。だがそれを登攀し、築き上げ従来少なかった草木を植え、自然と工学の調和を計らねばなりません。

六甲の山々を始め、全国から集まられた諸兄、用意して来られた講師の方、セミナーを準備された関西支部の方、それに日本伝熱研究会のみなさん、仲間を知り又共に問題を見つめ或いは新奇を発見させて頂き有難う御在いました。どうぞ来年も宜しく。

夏期伝熱セミナー雑感

秋 田 大 学

山 田 悦 郎

早いもので、セミナー以来、約1ヶ月をすごしてしまいました。松本先生のせっかくの御指名でございますので感想など書いて見ることにいたします。

私がセミナーに参加したのは、今回で三回目ですが、私自身の参加目的は、

- 伝熱研究の雰囲気の良い所にいるため、出来るだけ、同じ研究分野の人々と話し合いたいと望んでおり、同宿方式のセミナーは、それが可能である。
- 新しい研究テーマ、展望などに関し、ある程度まとまった内容の話しが聞かれ、質疑も出来る。

などというメリットがあるからで、今回も、主催者側の御努力で、その利益は大きかったと思います。

そして、特に今回は、比較のおとずれる機会の少い関西で開催され、名前、顔など学会では一寸しかお目にかかれない関西地区の諸先生から、親しくお話しをうかがえること、場所が一度は行って見たい所であったことなどが大きな魅力でした。

それぞれの講演は、講師の諸先生の準備の良さと、豊富な学識とで、いずれも内容充分なものでありましたが、特に印象に残ったものを、二三上げさせていただきますと、

まず、初日石谷先生の話題については、学会誌などで、カリキュラム、機械工学などについて独自の考えをもっておられる先生ですから、特に期待を持っておりました。現在、研究テーマと講義などに追われ、鹿を追う者山を見ずの状況になりやすい立場の者にとっては、このような基

本的な考え方のお話は、大変参考になりました。又、現代の転換期についても我々のこれからの仕事を改めて考えさせられました。

二日目は、晩の新津先生のお話しが圧巻でした。これまでの長い経験と見聞から、わかりやすい図式をもとに、独特の考え方かも知れませんが、大変面白く、又説得力もありました。このような名誉教授の先生の講演は、これまでなかったように思いますが、自由なテーマで話してもらう機会が、これからもあって欲しいと考えます。

次に、会社の新製品開発、生産に伴う研究などの色々なお話がありましたが、周囲に伝熱に関する問題を持っている所の少い私にとって、いずれも興味のある話題でした。特に、岡本氏のLNG船の諸問題は、問題分析の手ぎわの良さと相まって、なるほど、このような点もまだ不明なのかと、面白くうかがいました。

又、会場の環境がすばらしく、なにより涼しいことが一番でした。ただ、少々残念だったことは、豊富な内容を定まった時間内に話し終えることはむずかしいと考えますが、討論時間がいずれの場合も少なかったことです。この点をどのように両立させるか難しいところですが、これからの工夫をお願いしたいと思います。

最後に、このような有意義な会を開いて下さった、赤川先生、松本先生始め主催者の方々に深く感謝申し上げます。

夏期伝熱セミナーに参加して

東京ラヂエター製造㈱

皆川幸夫

夏季伝熱セミナーに参加したのもこれで四回目なので、セミナーの雰囲気（特に夜のシンポジウム）に慣れ、夏季セミが来なければ夏来たらずの感すらする。諸先生方の顔も覚え、特に今回の様な涼しい六甲山頂でのセミナーは、ビアホールにでも行くような気軽さで参加出来、非常に幸であった。それだけに、今迄の中で一番印象が強い。

初日の「研究テーマの開拓と研究の方法論」では、非常に興味ある話題が討論された（何となく創造性理論の煙にまかれ、そのうち、逆立ちまでさせられたのにはショックであった）が、「学」か「工学」かが又、話題となった時、第3回の「伝熱未来学」の討論内容を思い出し、伝熱はそこまで進んでいるのかと痛感させられる一方、第4回の「80%と20%」の対決を考え合せ、大和先生の提言ではないが、温度の測定法1つにも色々トラブルのある産業界の実際面との格差をつくづく感じる。それは別にしてもこの様な論争は、企業の中では殆んど拝聴出来ないし、又1～2回のセミナーだけでは、語り尽くせる問題ではないと思えるので、今後どう方向付けて（付けられて）行くのか、「環境と価値観の変遷」の中の夏季伝熱セミナーで、継続討議して行かれると面白いと思う。（但し、この種の話題だけでは、我々産業界で働く労働者としては参加しづらくなるので、上司を説得しやすい、適切なテーマを必ず盛込んでおいてほしい）

又、企業内にいると、どうしてもその場その場の時流に流されやすく広く、長い視野に立つ事を怠りやすいので、二日目の生体工学や体温衛生学の様な、普段接し得ない話題を提供して頂けると、伝熱屋として、生きがいを感じられるのである。

最後になりましたが、百万ドルの夜景まで堪能させて頂き、神戸大学の先生方に深く感謝すると同時に、来年の夏季セミナーも、一層楽しく、有意義なものであるように期待しております。

(コロラド溪谷を逆立ちさせた時の市川先生の、いたく満足気な表情を体験したくて、あの写真を思い出しながら鉛筆で描いていたら、若い連中が「どこのインターチェンジ？」見事、計画は失敗しました。残念です。)

第6回夏期伝熱セミナーを終つて

神戸大学
松本隆一

第6回の夏期セミナーは、7月24日(月)より3日間、神戸の六甲山頂で全国から約60名の方々の参加を得て開催されました。セミナーの企画にあたって、何か特徴を出そうと、神戸大学内の実行委員および関西研究グループの先生方といろいろ相談した結果、今回は新しい分野の伝熱を採り上げることとし、将来の伝熱研究の方向を探る一助ともなればと考えたわけです。

セミナーの内容は別に述べられている通りですので、ここではセミナー裏話とでも云うような話をしてみます。まず最初のごたごたは会場予約からでした。赤川先生は随分早く会場予約の手を打たれたのですが、最初に連絡した会場予約係の人が3月末に退職してしまい、後任者への連絡不十分のため、当初予定していた日が他のグループに予約されてしまったので、急拠日程をずらすなどのハプニングに冷や汗を流したのです。また見学先についても暑い頃だから涼しい方がよかろうと云うことで、ビール会社や灘の酒蔵見学案も飛び出す始末。しかし、やはりセミナーの話題と関係のある所と云う大変真面目な結論で、液体窒素などを作る工場の見学にきました。

第1日の夜の懇親会のあと、出席者とともに会場屋上から山頂の涼風に吹かれながら、100万ドルの夜景と云われる神戸の街を見下したとき、実行委員としては、やっと肩の荷が降りた感じで、下界にきらめく街の灯が200万ドルにも300万ドルにも感じながらも、なお、目の前を時々横切る霧のように、あと2日の行事が気にかかったことでした。

ともあれ、何とか3日間のセミナーを終え、有意義な講義・討論を行なうことができた嬉しさとともに、実行委員の方々およびいろいろ御援

助頂いた関西研究グループの先生方ならびに遠路出席下さった方々にお礼を申し上げる次第です。

地方グループ活動コーナー

関西研究グループ

昭和47年7月14日

大阪大学工学部

- (1) ジェットコンデンサにおける
蒸気（空気）-水二相流のふるまい
（阪大・工） 小笠原光信 大場 謙吉*
- (2) 衝突円形水噴流による冷却
（单相流伝熱から限界熱負荷まで）
（阪大工） 石谷 清幹 水野 稔*

- (1) ジェットコンデンサにおける
水蒸気（空気）-水二相流のふるまい

阪大工 小笠原光信 *大場 謙吉

高速の気液二相流中では、流路に沿って流れの構造に突然の変化が生ずることが知られている。我々はジェットコンデンサ内の水蒸気（空気）-水二相流について、主に実験的にこの現象を調べた。

装置は内径12φのガラス製混合管と多孔型水ノズルよりなり、水ノズルの周囲から水蒸気（空気）を導入する。流れは垂直下向きで、一次元流が実現されるよう工夫した。流れ方向の静圧および全圧分布はピトー管型プローブにより、ボイド率分布は r -線減衰法により、温度分布は熱電対プローブにより各々測定した。高速カメラおよび火花放電光源に

よる瞬間写真を用いた観察も併用した。

今までに得られた結果は

1) 噴霧流から気泡流への移行が突然起こるような遷移点(自由水面)が存在する。

2) 次の二通りの流動様式。即ち水ジェットが混合管を突抜ける場合(パターンⅠ)と混合管下端が大気に開放されていると否とにかかわらず。混合管途中に自由水面が生じ上流で噴霧流、下流で気泡流となる場合(パターンⅡ)が実現する。同一の実験条件下でパターンⅠおよびⅡは共に安定でありどちらのパターンが実現するかは過去の履歴によって定まるといふヒステリシス現象が生ずる。

3) 自由水面近傍から急激な静圧上昇と全圧およびボイド率の減少が始まり、蒸気の場合は凝縮完了と共に静圧、全圧は背圧に、ボイド率は零に漸近する。空気の場合は遷移領域が蒸気の場合よりも厚い。この自由水面後の静圧上昇は摩擦損失を考慮した水面前後の運動量保存の式より、空気の場合

$$\frac{P_m - P_a}{P_w - P_a} = 2 \frac{A_n}{A_{mt}} \left(1 - \frac{A_n}{A_{mt}} \right) - 2 \left(\frac{A_n}{A_{mt}} \right)^2 \frac{Q_a P_a}{Q_w P_m} - f$$

$$f = 2 \frac{A_n}{A_{mt}} \left(\frac{u_{w0} - u_w}{u_{w0}} \right) + \left(\frac{A_n}{A_{mt}} \right)^2 \lambda_m \frac{Z_L - Z_w \cdot s}{D_{mt}} \left(1 + \frac{Q_a P_a}{Q_w P_m} \right)$$

のように導くことができ、蒸気の場合と同様に実験結果とかなり良く一致する。ここで P : 圧力, A : 断面積, Q : 体積流量, u : 速度, Z : 水ノズルからの距離である。(他の記号の意味は文献(1)を参照のこと)

しかし急激な静圧上昇の機構や流れの閉塞現象については二相流中の音速を考慮した解析が必要と考えられ、また気相による液相の加速の問題等が今後に残されている。

文献

- (1) 小笠原, 大場: 第9回日本伝熱シンポジウム講演論文集
(1972) p. 289

- (2) 衝突円形水噴流による冷却(単相流伝熱から限界熱負荷まで)

阪大工 石谷 清幹 * 水野 稔

水噴流を平板に衝突させる冷却方法は, 高い伝熱係数を持つ冷却方法であり, 高熱負荷の除去に適している。しかしその良好な熱伝達にも当然沸騰伝熱としての限界点がある。しかしこの点に関する実験はあまり例がないようであるため, この冷却法の限界熱負荷を求める実験を行なった。実験は衝突中心からバーンアウト発生点までの半径0~80mm, 噴流径5.7~17mm, 流量50~300cc/s, 噴射水温25~55℃にわたって行なった。実験方法は厚さ0.1mmのステンレス平板を交流直接通電で加熱したものを伝熱面とし, 伝熱面の熱膨張と流動に注意を払った装置で実験を行なった。その結果限界熱負荷は衝突中心から半径方向に一樣に減少した。沸騰を生じない低温壁の伝熱では半径方向への熱伝達率の変化は, 乱流遷移によりピークをもつが, 限界熱負荷ではそれが観察されなかった。そして実験結果を, 衝突域と液膜域に分けて実験式の形にまとめた。

衝突域では限界熱負荷は (u/d) すなわち半径方向への主流速度勾配の関数でまとめ次式で整理できた。

$$q_{B_0} = 1.22 \times 10^4 (u_i/d_i)^{0.34} \Delta t_{sub}^{1.15}$$

u_i : 衝突時流速 [m/s], d_i : 衝突時噴流径 [mm], Δt_{sub} : 噴射水のサブクール度 [°C], q_{B_0} : [kcal/m²h]

液膜域ではバーンアウトの生ずる地点の流体の平均エンタルピを考える整理方法を用い、平均エンタルピを計算する流量として、単相層流による境界層流量の近似計算値を用いれば、液膜の厚さすなわちノズル径の影響および噴射水温の影響がほぼ消せることがわかり、次式で示すことができた。

$$q_{Bo} = \left(\frac{277}{u_i^{0.3} r^{0.2}} - t_0 \right) \frac{c G_{bl}}{\pi r^2 \gamma} \quad G_{bl} \doteq \text{境界層流量 [kg/h]}$$

c : 水の比熱 [$kcal/kg^\circ C$], r : バーンアウト発生点の半径 [mm]

t_0 : 噴射水の温度, γ : [kg/m^3], u_i : [m/s]

$$\text{ここで } G_{bl} = 3.35 \pi r^2 u_i^{\frac{3}{2}} \nu^{\frac{1}{2}}$$

しかし、式の形からわかるように、両実験式とも低サブクール域に大きく外挿することは大きな誤差を生ずる可能性がある。

その他沸騰を生じない低温壁面での伝熱、液膜の流動、核沸騰域の伝熱を述べた。

九州研究グループ

昭和47年9月1日

九州大学工学部

- (1) 一様熱流束垂直壁における超臨界圧
流体の自然対流熱伝達
(九大・工) 伊藤 猛宏 西川 兼康
(福岡大・工) 山下 宏幸*
- (2) 水平円柱から飽和液体への強制対流

膜沸騰熱伝達

(九大・工) 西川 兼康 伊藤 猛宏 茂地 徹*

(3) 向流気液二相流における液膜の安定について

(熊本大・工) 楠田 久男 井村 英昭*

(1) 一様熱流束垂直壁における超臨界圧流体の自然対流熱伝達の解析

伊藤猛宏(九大工) *山下宏幸(福岡大工),
西川兼康(九大工)

一様熱流束垂直壁における超臨界圧流体の層流自然対流熱伝達に関し、すべての物性値の温度依存性を考慮した場合相似解が存在しない。したがって本報においては、プロフィール法により同問題の解析を行なった。

計算は80 ataの二酸化炭素に対して、バルク流体温度 t_{∞} は擬臨界温度を中心に11種類、熱流束は6種類に変化させて行なった。

物性値一定の場合のSparrowらの解と本計算との比較を行ない、両者の差はバルク流体温度と熱流束に依存している。つまりバルク流体温度が擬臨界温度に近いほど特にバルク流体温度が擬臨界温度より低いとき、定物性との差が大きく、熱流束が大きいほどその差が大きくなる。しかも差は常に変物性の方が高い熱伝達係数を与える方向に現われる。

(2) 水平円柱から飽和液体への強制対流
膜沸騰熱伝達(第1報)

九大工・機 西川兼康 伊藤猛宏
九大院 *茂地 徹

一様な速度で上向き（重力の向きと反対）に流れている飽和温度の液体中に置かれた一様な表面温度を有する水平円柱まわりの膜沸騰熱伝達に対して、伝熱面近傍の蒸気膜と気液界面近傍の液体層をそれぞれ境界層とみなして、(1)境界層内の流れは定常層流で境界層外の流れはポテンシャル流である。(2)蒸気の密度を液体のそれに比して無視し、物性値は一定とする。(3)蒸気膜に関する慣性項および対流項を省略する。(4)気液界面は滑かである。(5)熱放射は考えない。などの仮定を用いて基礎式を導き適当な境界条件および気液界面での接続の条件のもとにこの式を積分境界層の方法で数値解析し、沸騰特性に及ぼす主流速度の影響を調べた。系統的な数値解析は大気圧水に対応するパラメータに対して行ないまた Bromley らの実験結果と比較するために大気圧のエタノールにつき数例の解を得た。

おもな結論は、(1)主流速度が零に近づく体積力支配の領域では、無次元数 $(Nu_D / \sqrt{Re_L})(\mu_V / \mu_L) \times (Fr \cdot Sp / R^* K)^{1/4}$ は 0.58 の一定値に漸近する。(2)一方、強制対流支配の領域では、上記の無次元数は $Fr^{1/4}$ に比例し、ヌセルト数はレイノルズ数の $1/2$ 乗に比例する。(3) Bromley らのエタノールに対する実験値との比較ではかなり良好な一致がみられた、などである。しかし、現在の段階では、著者らの理論と比較できる実験データの数が僅少であるため定量的な比較を十分に行なうことはできなかった。

記号： Nu_D : ヌセルト数， Re_L : 液体のレイノルズ数， Fr : フルード数， Sp : 無次元過熱度， R : (密度×粘性係数)の比の $1/2$ 乗， K : 密度比， μ_V, μ_L はそれぞれ蒸気と液体の粘性係数

(3) 向流気液二相流における液膜の安定について。

熊本大工 楠田 久男 °井村 英昭

垂直円管内の壁面に沿って液膜が降下し、それと逆向きに気体の流れがある向流気液環状2相流は濡壁塔内に生ずる現象であり、その流れが安定に保たれる限界速度はフラッディング速度という呼称で研究結果が報告されている。その後応急時における原子炉燃料棒の冷却の目的もあってさらに研究が行なわれている。また筆者らは沸騰熱サイフォンにおける限界熱流束を求める実験において、ドライアウトが発生する直前の流動状態は向流気液環状2相流であることを示した。本報告では液膜上に発生する波の不安定から限界速度の整理式を導き、沸騰熱サイフォンにおける限界熱流束の整理を試みるとともに、濡壁塔内のフラッディング速度に関する従来の実験結果と比較検討した。詳細は日本機械学会中国四国支部（九州支部共催）倉敷地方講演会（昭47.10.12-13開催）において発表する予定である。

ニ ユ ー ス

(1) 第5回国際伝熱会議 (Fifth International Heat Transfer Conference) 論文募集

開催日：昭和49年9月3日(火)～9月7日(土)

会 場：経団連会館(東京都大手町)

論文分野(数字は内容区分に応ずる Session 番号でその詳細は会議サーキュラを別途参照)

- (1), (2) Radiation; (3)–(5) Conduction; (6)–(15) Forced Convection; (16)–(20) Natural Convection; (21) Heat Transfer in Rheological Systems; (22)–(29) Boiling; (30)–(32) Condensation; (33)–(35) Combined Heat and Mass Transfer; (36) Biological and Environmental Heat Transfer; (37)–(38) Heat Exchanger; (39) Measuring Techniques and Analogue Techniques.

論文募集要領

- (1) 提出先：日本および東アジア地区からの論文はすべて下記の国際会議論文委員会、日本および東アジア地区担当委員に提出しここで必要な一切の処置がとられる。

〒152 東京都目黒区大岡山 2-12-1

東京工業大学 機械物理工学科

森 康 夫 教授

- (2) アブストラクト提出：希望する session 番号(詳細は会議サーキュラ参照)を記入し、タイプ1頁の英文アブストラクト3部を上記宛に提出すること。
なおこの際、日本人は審査の都合上、日本伝

熱シンポジウム前刷 2 頁ぶん程度の和文概要
3 部を必ず添付すること。

提出期限：昭和 4 8 年 3 月 1 日

- (3) 本論文提出：昭和 4 8 年 5 月未までに、アブストラクトの審査が終
り、本論文の提出を求められた場合、英文約 6 0 0 0
語（図、表を含む）の本論文を所定の様式に従い、所
定の用紙（本論文の提出を求められたもの）に送付され
る）にタイプ印書し、指定された必要部数を上記宛に
提出する。

提出期限：昭和 4 8 年 9 月 1 日

- (4) 最終採否決定：各段の審査を経て、昭和 4 8 年 1 2 月 1 日までに行
われる。

なお、会議についての一般的問題については、下記宛お問合せ下さい。

東京都文京区本郷 7 - 3 - 1

東京大学工学部 船用機械工学科 甲藤 好郎教授
(TEL 03-812-2111, 内線 内線 7190)

(2) 第 1 0 回日本伝熱シンポジウムについて

次の第 1 0 回伝熱シンポジウムは東北研究グループが開催を引き受け
て下さり、下記の予定で準備を進めておられますので会員各位には御繰
合せ御参加の準備をお願い申し上げます。

○日時：昭和 4 8 年 5 月 3 0 日（水） 3 1 日（木） 6 月 1 日（金）

○場所：仙台（詳細未定）

○準備委員長：前田四郎教授（東北大学工学部・化学工学）

(3) 燃焼・伝熱関連問題講演会開催のお知らせ

日本学術会議熱工学研究連絡委員会が主催し、日本伝熱研究会と日本
燃焼研究会が共催して、例年行われている上記講演会は、本年度、下記

のように開かれます。本年は日本機械学会主催の熱工学講演会の翌日ですので、皆様ふるって御参会下さい。

○日時：昭和47年11月22日（水）

午後1時～5時

○場所：日本学術会議第5部会議室

（東京都港区六本木7-22 TEL 403-6291）

○講演

1) “火災時における構造部材の熱応力”

千葉大学工学部建築学科

教授 斉藤 光氏

2) “火炉における輻射伝熱”

北海道大学工学部機械工学科

助教授 谷口 博氏

(4) 下記のような会議の案内が参りましたのでお知らせ申し上げます。

International Meeting
on
REACTOR HEAT TRANSFER
held by
the ANS Local Section in Central Europe and
the Kerntechnische Gesellschaft im Deutschen
Atomforum e. V.
under the sponsorship
of the Gesellschaft für Kernforschung mbH.
Karlsruhe, October 9-11, 1973

INFORMATION SHEET

1. General Information

The Local Section in Central Europe of the American Nuclear Society and the Kerntechnische Gesellschaft im Deutschen Atomforum e. V. (German Nuclear Society) will hold an international meeting on "Reactor Heat Transfer" in the Nuclear Research Center at Karlsruhe, October 9-11, 1973. The Gesellschaft für Kernforschung mbH. (Nuclear Research Center, Karlsruhe) will act as sponsor. No registration fees are requested from participants.

People who would like to attend the meeting should send the attached participation form to

Dr. Mario Dalle Donne
Chairman Program Committee
Kernforschungszentrum Karlsruhe, INR
Postfach 3640
75 Karlsruhe-F. R. Germany

before September 10, 1973.

The number of participants will be limited to about 300. The duration of the conference is three days.

2. List of Topics

A. ONE PHASE FLOW

- Turbulent flow, diffusivity, and forced mixing
- Turbulence promoters, rough surfaces
- Channel flow and heat transfer
- Heat transfer and flow at high temperatures and heat fluxes

B. CHANGE OF PHASE AND TWO PHASE FLOW

- Bubble dynamics
- Redistribution
- Burn-out
- Nonsteady boiling, condensation

C. HEAT TRANSFER PROBLEMS RELATED TO THE SAFETY OF THE REACTOR

- Emergency cooling problems
- Coolant channel blockages
- Heat transfer and flow by distorted fuel elements
- Cooling after melt-down

D. SPECIAL PROBLEMS

- Dissociating fluids
- Low temperatures, cryogenic fluids

3. Papers and Abstracts

The submission of a paper implies that the author intends to participate in the meeting if the paper is accepted. All the papers must present original work. They should not have been published elsewhere.

Six copies of the abstract of each paper, together with a Form for Submission of a Paper(see attached Form) should be sent to

Dr. Mario Dalle Donne
Chairman Program Committee
Kernforschungszentrum Karlsruhe, INR
Postfach 3640
75 Karlsruhe - F. R. Germany

in time to reach him by June 10, 1973.

The abstracts should not exceed 1000 words but should have at least 500 words. Each figure and table is counted as 150 words and each line of an equation as 10 words.

The number of papers will be limited to about 40 and the Program Committee reserves the right of

selection among the abstracts received. The authors will be informed about the selection before July 10, 1973.

4. Working Languages

The working languages of the meeting will be English, French, German, and, if necessary, Russian. All communications, abstracts and papers must be in one of these languages. Simultaneous translation will be provided during the meeting between all the working languages.

5. Distribution of Documents

A preliminary program of the symposium will be sent to the participants two months prior to the meeting. Each participant will receive the abstracts of the accepted contributions and the final program at the registration.

6. Proceedings

The proceedings of the meeting will include all the papers presented orally. They will be printed in full in the language of submission, together with a record of the discussions and they will be obtainable after the meeting by payment of a fee.

7. Editorial Requirements for Abstracts

In order to save costs for the reprint of the abstracts we would appreciate the efforts of the authors to follow the instructions given below.

(a) Layout and format:

Text, tables and figures(diagrams)should be set on good quality white paper, one side of the sheet only.

An area of 16 cm in width and 24 cm in depth should contain all text, tables and figures including headings and captions.

(b) Photographs:

High-gloss or good-quality prints are required.

編集委員会より

本号は去る7月神戸で開催された第6回夏期伝熱セミナーの特集号としました。御執筆いただきました司会者、話題提供者をはじめ、開催について色々御準備いただきました、準備委員会委員の諸氏に厚く御礼申しあげます。

「伝熱研究」投稿規定

1. 本誌は伝熱に関する論文の予報、討論、国の内外の研究・技術の紹介、研究者の紹介、情報、資料、ニュースなどを扱います。
2. 本誌には、日本伝熱研究会の会員の誰もが自由に投稿できます。
3. 投稿原稿の採用、不採用は、編集委員会によって決定されます。
4. 採用の原稿は、場合によって加筆もしくは短縮を依頼することがあります。
5. 投稿原稿は、採用、不採用いずれの場合でも執筆者に返送されます。
6. 採用された原稿についての原稿料は当分の間ありません。
7. 原稿用紙はA・4原稿用紙を使用して下さい。
8. 本誌の仕上りは、当分の間騰写によって行ないますから、図面は現寸大のものを書いて下さい。
9. 原稿の送り先は下記宛にお願いします。

(〒730)広島市千田町 3-8-2

広島大学工学部 機械工学科

千葉 徳 男 気付

「伝熱研究編集委員会」

伝 熱 研 究

Vol. 11, No. 43

1972年10月10日発行

発行所 日本伝熱研究会

東京都文京区本郷7丁目3-1

東京大学工学部舶用機械工学科内

電話 (812) 2111, 内線7646

振替 東京 14749

(非売品) (謄写をもって印刷にかえます)