$H_B^{0.2}$ はパイプ継手の $H_B^{0.2}$ よりかなり大きくなることが予想される。Slot test のルート部近傍は Fig. 13 より、ルートフェイス f は大きく、ルート傾斜角 $\theta_r \approx 26^\circ$ 、ボンドライン形状 $p=0.4$ 、 $\theta_B=37^\circ$ であり、 $H_B^{0.2}$ は斜め Y 形溶接割れ試験の $H_B^{0.2}$ より大きくなることが予想できる。

Fig. 14 に上記3つの継手の $H_B^{0.2}$ の FDM 計算結果を示す。3様の継手の $H_B^{0.2}$ は上記で予想した関係になっている。Fig. 14 よりルート割れ発生部の局部応力、組織が3つの継手で同じならば、ルート割れ発生部の水素濃度 $H_B^{0.2}$ の大小より、ルート割れを生じやすい順番は Slot test, 斜め Y 形溶接割れ試験, パイプ継手となる。また、溶接継手のルート割れ発生部の水素濃度は第4節に示した継手形状の因子の影響を受けていると考えられる。

6. 結 論

本研究で得られた結論を次に示す。

1) 局部の水素濃度を有限差分法により取り扱う場合の境界条件の設定と要素分割における適正な方法を示した。

2) ルート割れ発生部を表面から 0.2 mm 離れたボンドライン上と仮定し、継手形状因子がルート割れ発生部の水素濃度 $H_B^{0.2}$ におよぼす影響を調べた結果、次の結果が得られた。

(a) のど厚 h_w は 5 mm 以上では $H_B^{0.2}$ に影響を与えない。手溶接のど厚が約 5 mm であることを考慮すると低温割れの因子として、水素濃度に関連する時間因子

$\Sigma DAt/h_w^2$ は不適確で、熱因子 ΣDAt が適切である。

(b) ルート間隔 g は $H_B^{0.2}$ にあまり影響を与えない。

(c) ルートフェイス $f \geq 2$ mm では $H_B^{0.2}$ に影響しないが、 $0 < f < 1$ では $H_B^{0.2}$ に影響を与える。すなわち、ルートフェイスの有無は $H_B^{0.2}$ に影響を与える。

(d) ルート傾き角 θ_r は $H_B^{0.2}$ に大きな影響を与える。

(e) ボンド形状は $H_B^{0.2}$ に大きな影響を与える。

3) 応力項、ひずみ項が水素濃度に寄与する場合でも、継手因子が $H_B^{0.2}$ におよぼす影響を無視できない。

4) 斜め Y 形溶接割れ試験, Slot test, パイプの 1 パス継手の $H_B^{0.2}$ を FDM 解析した結果、継手形状因子により $H_B^{0.2}$ の傾向が説明できることを示した。

謝辞 本研究の重要性を指摘して下さいました鈴木春義博士に感謝致します。

参 考 文 献

- 1) 寺崎, 秋山: 低温割れ発生部の応力拡大係数・応力集中度, 溶接学会誌, 51巻11号, pp. 909—915
- 2) 鈴木: 鋼材の溶接割れ, 溶接学会技術資料 No. 1, pp. 61—82
- 3) 藤井, 中島: 1パス溶接部における水素拡散挙動とルート割れ防止条件について, 溶接冶金委員会 WM-668-77
- 4) 佐藤, 寺崎, 山下: 単層溶接部の局部集積水素濃度におよぼす溶接諸条件の影響, 溶接学会誌, 48巻7号 pp. 504—509
- 5) H. S. Carslaw, J. C. Jaeger: Condition of Heat in Solids, OXFORD CLAREN DON PRESS, pp. 297—319
- 6) 百合岡, 中村: 活量を変換とする物質拡散式の検討, 溶接学会誌, 43巻9号, pp. 726—730
- 7) M. Creager, P. C. Paris: ELASTIC FIELD EQUATIONS FOR BLUNT CRACKS WITH REFERENCE TO STRESS CORROSION CRACKING, Int. J. Fract. Mech. 3 (1968), pp. 247—252

石油貯槽の底隅角部に生じるミクロ割れの防止に関する研究*

菊田米男**, 荒木孝雄**, 米田理史**, 榎本正敏***

Study on Prevention of Microcracking on the Fillet Weld between the Lowest Course Shell Plate and the Annular Plate in Oil Storage Tank*

by Yoneo Kikuta**, Takao Araki**, Masafumi Yoneda** and Masatoshi Enomoto***

Various forms of microcrackings are found in mild steel weld metal under same limited circumstances. A kind of microcrackings occurs on the surface after grinder dressing in the fillet weld of the lowest course shell plate and the annular plate in Oil Storage Tank. Compressive stress by grit blasting is effective for prevention of these crackings. Many efforts are made on the determination of optimum blasting conditions. They are as follows.

Exhaust pressure: 0.49 MPa

Working speed : 1.5 m/min

Grit : MGH30

Grinder dressing and grit blasting under optimum conditions are conducted on the surface of weld metal after welding. Microcrack susceptibility by MT of the latter is less than that of the former. Blasting is effective for prevention of microcrackings.

Key Words: Mild steel, Weld metal, Microcracking, Grit blasting, Compressive stress

*原稿受付 昭和60年5月18日 昭和60年度春季全国大会で発表

**正 員 大阪大学 Member, Osaka University

***正 員 新潟工事(株) Membes, Nagata Construction, Co.

1. 緒 言

石油貯槽の底隅角部には、溶接金属に微細な横割れ（マイクロ割れ）が生じる場合がある。筆者らは既に、溶接金属表面をグラインダー処理することにより、表面近傍の硬さが上昇するとともに¹⁾、最終層の割れ個数が増加することを示した²⁾。これは、グラインダー処理を行なうと、表面に引張応力が残留し、硬さ上昇とともに、マイクロ割れ感受性が増すためと考えられる。逆に考えれば、表面に圧縮応力を付与することによって、マイクロ割れ感受性を低減しうることが期待される。圧縮応力を付与する方法として、ピーニング法を用い、種々の研究が行なわれている³⁻⁷⁾。本報では、溶接金属表面に圧縮応力を付与する方法として、グリットブラスト処理を用いることにした。本実験では手動式ノズル内に、空気圧を用いてグリットを送り込み、レズルを被工作物に接触させてブラスト処理を行なう方法を用いた。手動式ノズルはグリットを打出すと同時に、打ち出されたグリットもノズル内から回収される構造となっている。本実験に用いたブラスト処理法は、ピーニング法にくらべると騒音は非常に小さく、また、サンドブラスト処理にくらべると粉塵の発生がきわめて少ないという特徴を有し、作業能率の優れた方法である。

2. 実験方法

実験には Table 1 に示す化学組成、および機械的性質を有する SS 41 鋼板 (32 mm)、および D 4301 (4 mm ϕ) 溶接棒を用いた。溶接は Fig. 1 に示す試験片に、入熱 20 kJ/cm で、2 層 2 パスで行なった。各パス溶接ごとに水冷を行ない、溶接部を急冷した。溶接完了後、As welded 状態、グラインダー処理状態、およびグリットブラスト処理状態の各々について、Table 2 に示す条件を用いて、溶接金属表面の残留応力を、X 線により測定した。

この時前処理として、測定面をエメリーペーパーでみがき、20 μ m 程度の電解研磨を行なった。グラインダー処理に用いた砥石は A 24 P であり、研削方向は溶接線に平行方向とした。グリットブラスト処理は豊和工業製のマルテングリット MGH 30, MGH 50, および MGH 70 を用いた。これらグリットの粒径を標準ふるい呼び寸法で示すと、各々 420 μ m, 710 μ m, および 1000 μ m であった。ブラスト処理時の加工圧力、および加工速度を変化させることにより、溶接金属表面に生じる形状の変化、表面残留応力の変化、ならびに表面直下部の硬さの変化を測定し、最適ブラスト処理条件を決定した。なお、溶接金属表面に生じる形状の変化は、光学顕微鏡を用いて、倍率 400 倍で溶接金属部の横断面観察を行ない、グリットの衝突によって生じたくぼみの深さと幅を測定して、比較した。最適ブラスト処理条件を用いて、Fig. 2 に示す水素チャージ三点曲げ試験を行なった。マイクロ割れにおよぼすブラスト処理の効果は、MT による検査結果を、グラインダー処理を施した試験片と比較することにより示した。なお MT は交流極間法にて行ない、LY 2300、粒度 5.5 μ m の蛍光磁粉を用いた。通電時間は 30 秒とし、JISG 0565 の A 2-15/100 の標準試験片を用いて感度設定を行なった。

Table 1 Chemical compositions and tensile properties of materials used

	Chemical compositions (wt%)					Tensile properties		
	C x100	Si x100	Mn x100	P x1000	S x1000	Y.P. (MPa)	T.S. (MPa)	EL. (%)
SS41 ($\geq 2mm^t$)	10	25	50	15	20	294	451	30
D4301	9	8	54	14	10	402	441	31

Fig. 1 Shape of specimen for three point bending test

Table 2 Measuring condition of X-ray stress analysis

Target	Cr
Voltage	30 KV _p
Current	10 mA
Filter	V foil
Slit	0.35°

Fig. 2 Schematic illustration of three point bending test with cathodic hydrogen charge

3. 実験結果および考察

3.1 溶接金属表面の残留応力測定結果および考察

Fig. 1 に示す試験片について、As welded 状態、グラインダー処理状態、およびグリットブラスト処理状態 (粒径 420 μ m 使用、加工圧力 0.49 MPa、加工速度 1.5

m/min.)の各々について、溶接金属表面の残留応力は次のごとくであった。すなわち、溶接線に平行方向では各々、+155 MPa、+712 MPa、および-136 MPaであった。また、溶接線に直角方向では各々、-182 MPa、+190 MPa、および-159 MPaであった。すなわち溶接金属表面にグラインダー処理を施すと、表面には非常に大きな引張応力が、溶接線に平行方向に生じたが、グリットブラスト処理を行なうと、圧縮応力が得られた。この原因としては次のように考えられる。すなわち、グラインダー仕上げのような研削加工においては、研削表面で瞬間的に数百度の温度上昇を生じることがあり、高沢は炭素工具鋼の研削表面層の温度を測定して、800℃以上の値を得ている⁸⁾。石油貯槽の底隅角部溶接金属をグラインダー仕上げする際にも、砥石先端部と接触している溶接金属部は赤熱化しており、 A_{c1} 点をこえていると思われる。従って溶接金属表面近傍に熱膨張が生じるが、その変位は加熱されない下層部の材料によって拘束され、表面で圧縮応力が、下層で引張応力が生じる。このような熱応力が材料の降伏点以上に達すると、表層の材料は塑性変形して、冷却後には表層部に引張応力が残留する。さらに、グラインダー仕上げ自身による塑性変形も重なり、X線で測定した場合に、高い引張応力が得られたものと思われる。なお、X線で測定される応力は、材料の表層部のみであり、従ってマクロ的に求めた材料強度(例えば引張試験によって求まる降伏強さや引張強さ)とは直接比較し得ないものと思われる。一方、ブラスト処理を行なった場合には、溶接金属表面にグリットが衝突することにより、表面層は塑性変形を生じて、くぼみを生じるとともに、表面に平行方向に変形しようとするのを、下層の弾性域が拘束するため、圧縮残留応力が生じたと思われる。

3.2 溶接金属表面形状におよぼすブラスト処理条件の影響

Fig. 3は、溶接金属の表面形状におよぼす、グリットの粒径の影響を検討した結果を示した。表面形状の変化を示すパラメータとして、グリットの衝突によって溶接金属表面に生じるくぼみの平均深さ $\bar{D}$ mm、および深さと幅の比の平均値 $\bar{D}/\bar{W}$ を用いた。ブラスト処理条件は、加工圧力 0.49 MPa、加工速度 1.5 m/min. であった。Fig. 3より、グリットの粒径を増すに従って、 $\bar{D}$ は増加し、一方 $\bar{D}/\bar{W}$ は減少した。すなわち、グリットの粒径を増すに従って、深くて幅の広いくぼみが形成された。Fig. 4は粒径 420 μm を用い、加工速度 1.5 m/min. とした時の、加工圧力の影響を検討した結果を示した。加工圧力が 0.49 MPa までは、 $\bar{D}$ はほぼ一定であるが、0.59 MPa になるとやや増加した。一方、 $\bar{D}/\bar{W}$ は、加工圧力を増加しても、ほぼ一定であった。すなわち、加工圧力が 0.49 MPa までは、くぼみの形状はほぼ一定であったが、加工圧力が 0.59 MPa になると、くぼみの深さがやや深くなった。Fig. 5は、粒径 420 μm を用い、加工圧加 0.49 MPa とした時の、加工速度の影響を検討した結果を示した。加工速度を増すに従って $\bar{D}$ および、 $\bar{D}/\bar{W}$ は低下した。すなわち、加工速度を増すに従ってくぼみの幅は狭く、かつ浅くなった。以上の結果は、次のように考えられる。今、ブラストを行なうノズル内において、グリットが空気流から力 F を受けて、垂直下方に運動する時、次式が成立する。

Fig. 3 Effect of grit diameter on the contour of blasted surface

Fig. 4 Effect of exhaust pressure on the contour of blasted surface

$$F = \rho_A (\nu_A - \nu_G)^2 C_D S / 2 \quad \dots\dots(1)$$

$$m\alpha = F + mg \quad \dots\dots(2)$$

ただし ρ_A : 空気密度 [$\text{kg}\cdot\text{s}^2/\text{m}^4$]

ν_A : 空気流の速度 [m/s]

ν_G : グリットの速度 [m/s]

C_D : 抵抗係数

$R_e \propto \rho_A (\nu_A - \nu_G) / \eta_A$

η_A : 空気の粘性係数 [$\text{kg}\cdot\text{s}/\text{m}^2$]

S : 流れに垂直方向のグリットの断面積 [m^2]

Fig. 5 Effect of working speed on the contour of blasted surface

従って、個々のグリットについて考えると、粒径を増すにつれて、空気流から受ける力は増加し、溶接金属表面に到達した時の運動エネルギーは大きくなり、従って大きな塑性変形が与えられたと思われる。また、加工速度を一定にして、加工圧力を変えると、空気流の速度 v_a が大きくなるが、粒径 $420 \mu\text{m}$ では、断面積 S が小さく、さらに質量 m も小さいために、MGH 70 を用いた時ほどの塑性変形量は得られなかったために、Fig. 4 に示すごとく、くぼみの深さや幅の変化が少なかったものと思われる。また、加工速度が低下するに従い、単位時間に、溶接金属の単位面積当たりに到達するグリットの数は増加する。従って、同一箇所に衝突するグリットの数は増加し、そのため、くぼみの幅、および深さが増したと思われる。

3.3 表面残留応力におよぼすブラスト処理条件の影響

Fig. 6 は、加工圧力を 0.49 MPa とした時の、表面残留応力におよぼすグリット粒径の影響を検討した結果を示した。X線応力測定位置は、Fig. 1 の試験片を、長さ 170 mm 、幅 40 mm (溶接部を含む)、および厚さ 32 mm として、ブラスト処理を施した溶接金属の中央とした。Fig. 6 より、粒径を増すに従って、圧縮残留応力の絶対値は減少した。従って、加工圧力、および加工速度の検討には、粒径 $420 \mu\text{m}$ を用いることにした。Fig. 7 は、加工圧力および加工速度が表面残留応力におよぼす影響を検討した結果を示した。加工圧力を変えても、表面残留応力の値には、あまり大きな変化はみられなかった。また、加工速度を増すに従って、いずれの加工圧力においても、表面圧縮残留応力の絶対値は増加した。もっとも大きな圧縮残留応力は、加工圧力が 0.49 MPa 、加工速度 1.5 m/min の時に得られた。その値は -292 MPa であった。グリットの粒径を増すにつれて、個々のグリットについては、溶接金属表面に与える塑性変形量は大きくなり、従って、圧縮残留応力の絶対値も、粒

Fig. 6 Effect of grit diameter on the residual stress of blasted surface

Fig. 7 Effect of exhaust pressure on the residual stress of blasted surface

径の小さなものにとくらべると、大きくなると思われる。一方、溶接金属表面の単位面積あたりへ衝突するグリットの数は、粒径が増すに従って減少する。このことは、加工圧力 0.49 MPa 、加工速度 1.0 m/min の時、観察断面における、溶接金属表面のくぼみの数を比較してみると明らかであった。すなわち、粒径 $420 \mu\text{m}$ の場合はくぼみの数は58個であったが、粒径 $1000 \mu\text{m}$ の場合はくぼみの数は41個であった。この時、溶接ビードの幅(余盛の弧長)はほぼ同じであった。従って、X線応力測定面(本実験では、溶接金属表面上で $4 \text{ mm} \times 4 \text{ mm}$ の部分)において、粒径の小さい場合は、ほぼ均一にブラ

Fig. 8 Effect of working speed on blasted surface

ストの効果が与えられるが、一方、粒径が大きくなると、ブラストの効果が粗となるため、結果として、Fig. 6 に示すごとく、粒径を増すに従って圧縮応力の絶対値が低下したと思われる。また、加工圧力を変化させても、圧縮応力の絶対値があまり変化しなかった理由は、Fig. 4 の考察で述べた理由により、溶接金属表面におよぼすブラスト処理の効果が、あまり変わらなかったためと思われる。加工速度を増すに従って、圧縮応力の絶対値が増加した理由は、次のように考えられる。すなわち、加工速度を下げるに従って、Fig. 5 に示したごとく、深くて幅の広いくぼみが形成されるようになる。そして、溶接金属表面は、Fig. 8 に示すごとく、加工速度が速い時にくらべて凹凸が大となる。従って、粒径を大きくした時と同様の効果を生じ、圧縮応力が低下したと思われる。

3.4 表面応力の硬さにおよぼすブラスト処理条件の影響

Fig. 9 は、加工圧力を 0.49 MPa とした時の、表面近傍の硬さにおよぼすブラスト処理条件の影響を示した。硬さの測定位置は、溶接金属の表面直下部 0.1 mm の所を、表面に平行に測定した。Fig. 9 の縦軸は、平均硬さを示す。Fig. 9 より、いずれの加工速度においても、グリットの粒径を増すに従って、平均硬さは上昇した。これは、グリットの粒径を増すにつれて、溶接金属表面に与えられる塑性ひずみ量が大きくなるためである。また、溶接入熱 20 kJ/cm の時の、グラインダー仕上げを行なった溶接金属表面近傍の平均硬さは、ビッカース硬さで約200であり¹⁾、As welded 状態でのそれは約180であった¹⁾。従って、Fig. 9 より、本実験に用いたブラ

Fig. 9 Effect of grit diameter on the Vicker's hardness

スト処理条件の範囲内においては、いずれの条件においても、グラインダー仕上げを行なった時ほどの硬さ上昇は生じないことが、明らかとなった。ところで、太田ら⁶⁾はすみ肉溶接断手の止端の疲れ硬さの向上法の1つとしてピーニング法を用いた検討例を示している。彼らは過度のピーニングは硬さを増すとともに圧痕の増界部になめらかでない部分が生じ、この部分に微細なきずが有って、これが軟鋼の疲労強度に悪影響を及ぼしたものと考えている。本実験においても、グリットの粒径を大きくすること、あるいは、加工速度を下げることは、Fig. 8 や Fig. 9 に見られるごとく、表面形状になめらかでない部分を生じたり、硬さ上昇を生じ、過度のブラスト処理と考えられる。従って、最適ブラスト処理条件として、グリットの粒径は 420 μm とし、加工圧力は 0.49 MPa、加工速度は 1.5 m/min を選定した。

3.5 ミクロ割れ感受性に及ぼすブラスト処理の影響

ミクロ割れ感受性を評価する方法として、MT による割れ検査結果を用いた。Fig. 10は、溶接入熱 20 kJ/cm にて、Fig. 1 の試験片を溶接した後、溶接金属表面をグラインダー仕上げした試験片、および前項で選定した最適条件を用いて、ブラスト処理した試験片について、Fig. 2 に示す水素チャージ三点曲げ試験（電流密度 10 mA/cm²）を行なった結果を示した。表面をグラインダー仕上げした試験片は、8 時間後から、MT によって割れが検出され始めるが、ブラスト処理を行なった試験片は、実験条件の範囲内においては、割れはまったく検出されなかった。As welded 状態の試験片について、同一条件で水素チャージ三点曲げ試験を行なったところ、たわみ量 4 mm では12時間後に、また、たわみ量 3 mm においては、16時間後に、各々、MT にてミクロ割れが検出された。Fig. 9 に示したごとく、最適ブラスト処理条件を用いた時の、溶接金属表面のビッカース硬さは、平均約180であり、As welded 状態における表面近傍の平

Fig. 10 Comparison of microcrack observation by MT between grinding finish and blasting finish

均ビッカース硬さと同一である。しかるに、MTによる割れ検査結果は、ブラスト処理の方が良好であった。この理由は、表面残留応力によるためであり、3.1項の残留応力測定結果と、MTによる割れ検査結果はよい対応を示している。すなわち、溶接金属表面に圧縮残留応力を与えることにより、MTによって検出されるマイクロ割れ感受性は低減される。

4. 結 言

軟鋼隅肉溶接金属の表面に生じるマイクロ割れを防止するために、溶接金属表面に圧縮残留応力を与える方法を検討した。また、その方法を用いて、水素チャージ三点曲げ試験を行ない、MTによってマイクロ割れ感受性を評価した。得られた結論は以下に示すごとくであった。

1) 溶接金属表面をグラインダー仕上げした試験片、グリットブラスト処理した試験片、および As welded 状態の試験片各々について、X線応力測定法により、表面残留応力を測定した。その結果溶接線に平行方向の応力

は、各々、 $+712 \text{ MPa}$ 、 -136 MPa 、および $+155 \text{ MPa}$ 、であった。

2) 溶接金属の表面形状におよぼすブラスト処理条件の影響は、以下に示すごとくであった。

(i) グリット径を増すに従って、表面に生じるくぼみの幅、および深さは増加した。

(ii) 粒径 $420 \mu\text{m}$ を用いた場合、加工圧力を変えてもくぼみの形状に大きな変化は認められなかった。

(iii) 加工速度を増すに従って、くぼみの幅、および深さは小さくなり、なめらかな面に近づく傾向を示した。

3) 溶接金属表面の圧縮残留応力におよぼすブラスト処理条件の影響は、以下に示すごとくであった。

(i) グリットの径を増すに従って、残留応力の絶対値は低下した。

(ii) 粒径 $420 \mu\text{m}$ を用いた場合、残留応力におよぼす加工圧力の影響は、小さかった。

(iii) 加工速度を増すに従って、残留応力の絶対値は大きくなった。

(iv) 最大圧縮残留応力は、粒径 $420 \mu\text{m}$ を用い、加工圧力 0.49 MPa 、加工速度 1.5 m/min の時得られた。

4) 溶接金属表面近傍のビッカース硬さにおよぼす、ブラスト処理条件の影響は次のごとくであった。すなわち、グリットの粒径を増すにつれて、硬さは増加した。

5) MT によるマイクロ割れ感受性は、溶接金属表面に生じる残留応力とよい対応を示した。すなわち、引張応力の最も高いグラインダー仕上げが、マイクロ割れ感受性が最も高く、次いで As welded 状態となり、表面が圧縮応力となるブラスト処理では、実験範囲内において、マイクロ割れは検出されなかった。従って、マイクロ割れ防止法として、グリットブラスト処理は有効と思われる。

参 考 文 献

- 1) 菊田，荒木，米田，榎本，“石油貯槽の底隅角部の軟鋼隅肉溶接金属部に生じるマイクロ割れの再現に関する研究” 本会論文集 Vol. 3, No. 3, p. 83
- 2) 菊田，荒木，米田，榎本，“石油貯槽の底隅角部に生じるマイクロ割れにおよぼす各種パラメータの影響” 本会論文集 Vol. 3, No. 3, p. 89
- 3) 渡辺，足立，橋本，“ピーニング法による応力緩和に関する実験（第1報）—小型試験片による実験—” 本誌第22巻（1953）第4号 p. 109—p. 115
- 4) 渡辺，出口，“Peening 携作の切欠き脆性に及ぼす影響” 本誌第23巻（1954）第7, 8号 p. 145—p. 150
- 5) 太田，工藤，“すみ肉溶接継手の止端の研削およびワイヤピーニングによる疲れ強さの向上（第1報）” 本誌第49巻（1980）第2号 p. 110—p. 116
- 6) 太田，工藤，“すみ肉溶接継手の止端の研削およびワイヤピーニングによる疲れ強さの向上（第2報）” 本誌第50巻（1981）第3号 p. 270—p. 277
- 7) W.S. Pellini and E.W. Eschbach, “Effects of Peening Last Pass of Welds”, Welding Research Supplement February 1954 p. 71-s—p. 78-s
- 8) 河村，矢野，樋口，杉田，“加工学基礎2 切削加工と砥粒加工” 共立出版 昭和59年 p. 57