

急性運動回復期における水分補給の効果 ——スポーツ飲料・牛乳・水の比較——

Effects of fluid replacement after acute exercise — Comparison between sports-drink, milk and water —

大 沢 功* 押 田 芳 治* 早 水 サヨ子**
長 沢 純 一*** 佐 藤 祐 造*

Isao OHSAWA *, Yoshiharu OSHIDA *, Sayoko HAYAMIZU **
Junichi NAGASAWA ***, Yuzo SATO *

To evaluate the effects of fluid replacement on glucose, lipid, electrolytes and amino acid metabolisms after acute exercise, we studied six male students after 30-min cycle ergometer exercise (70% $\dot{V}O_2$ max), using sports-drink (group S), milk (group M) and water (group W).

In group S, blood glucose and plasma insulin concentrations 30 min after fluid intake were significantly ($p < 0.05$) higher than those in group M and group W. Lactic acid levels in group S decreased more slowly than the other two groups. Free fatty acid concentrations in group W increased after replacement compared to the other two groups. There were no differences in hematocrit, total protein, electrolytes (Na, Cl, K, Ca) and amino acid (Ala, Val, Leu, Ile) levels of the three groups.

These results suggest that (1) in order to rehydrate effectively after acute exercise, fluids should contain low concentrations of glucose and be drunk in small amounts at frequent intervals; (2) not only sports-drink but also milk could be useful as fluid replacement because milk has relatively small influences on changes of blood glucose, plasma insulin and free fatty acid concentrations.

【 結 言 】

水は生体内の循環系・代謝系・体温調節系において重要な働きをしている¹⁾²⁾³⁾。したがって運動に伴う脱水状態は、運動遂行能力を著しく低下させるばかりでなく、熱性痙攣や熱中症を引き起こすことがあり、最悪の場合は死を招くこととなる⁴⁾。そのため近年運動時には、水分摂取が奨励されている。さらに長時間にわたる運動や、炎天下での運動といったように脱水をきたし易い条件下では、単に水だけを摂取するのではなく、電解

質や糖質を含む飲料を摂取した方が望ましいとされている⁵⁾⁶⁾。一方健常人においては、普段からバランスの良い食事に心掛けていれば、運動時には水だけを補給するだけで充分であり、特別に電解質や糖質を補給する必要はないとも報告されている⁷⁾⁸⁾。

運動前・運動中のみでなく運動後の回復期における水分補給も強い運動の場合、水・電解質バランスの回復に、運動終了後数時間以上が必要と報告されており⁹⁾、重要と思われる。そこで本研究では、急性運動負荷とその直後における水分補給

*名古屋大学総合保健体育科学センター

**愛知県立大学

***早稲田大学人間科学部

* Research Center of Health, Physical Fitness and Sports, Nagoya University

** Aichi Prefectural University

*** School of Human Science, Waseda University

の糖・脂質・電解質・アミノ酸等の代謝に与える影響について検討した。経口水分としては、市販されているいわゆるスポーツ飲料、体力健康増進のために一般に広く飲まれている牛乳、そして単に水としての影響をみるためにイオン交換水を使用した。

【対象および方法】

1. 対象

対象は年齢22~25才の某大学大学院男子学生6名である。身長は172.3±2.4cm (平均±標準誤差)、体重は68.2±1.6kgであった。

2. 方法 (表1)

実験前日21:00より絶食・絶飲とし、当日右あるいは左肘静脈に採血用の留置針を挿入後、自転車エルゴメーター運動 (70%VO₂max) を30分間実施した。運動直後およびその30分後にスポーツ飲

料・牛乳・イオン交換水をそれぞれ250mlずつ摂取させた。運動開始前・運動終了時 (0分) および運動終了後15・30・60・120分に採血し、血糖・インスリン・乳酸・遊離脂肪酸・ヘマトクリット・ナトリウム・カリウム・塩素・カルシウムを測定した。またアミノ酸として、アラニン・バリン・ロイシン・イソロイシンを、運動前・運動終了時・終了後60・90分に測定した。各々の結果についてスポーツ飲料摂取群 (S群)・牛乳摂取群 (M群)・イオン交換水摂取群 (W群) の3群間で比較検討した。なお有意差検定には one-way ANOVA を使用した。

【結 果】

① 血糖・インスリン (図1)

1回目の摂取後S群の血糖は上昇し、30分後には103±3mg/dlとM群 (83±3mg/dl)・W群 (78±2mg/dl) に比し有意 (p < 0.05) に高値を

Table. 1 Sampling time and measurements

		BS	Ins	LA	FFA	Ht	TP	Elect	AA
start of exercise (before)	←	○	○	○	○	○	○	○	○
end of exercise (0 min) intake (250 ml)	←	○	○	○	○	○	○	○	○
15 min	←	○	○	○	○	○	○	○	
30 min	←	○	○	○	○	○	○	○	
intake (250 ml) 60 min	←	○	○	○	○	○	○	○	○
120 min	←	○	○	○	○	○	○	○	○

BS: blood glucose

Ins: plasma insulin

LA: lactic acid

FFA: free fatty acid

Ht: hematocrit

TP: total protein

Elect : electrolytes (sodium, potassium, chloride, calcium)

AA: amino acid (alanine, valine, leucine, isoleucine)

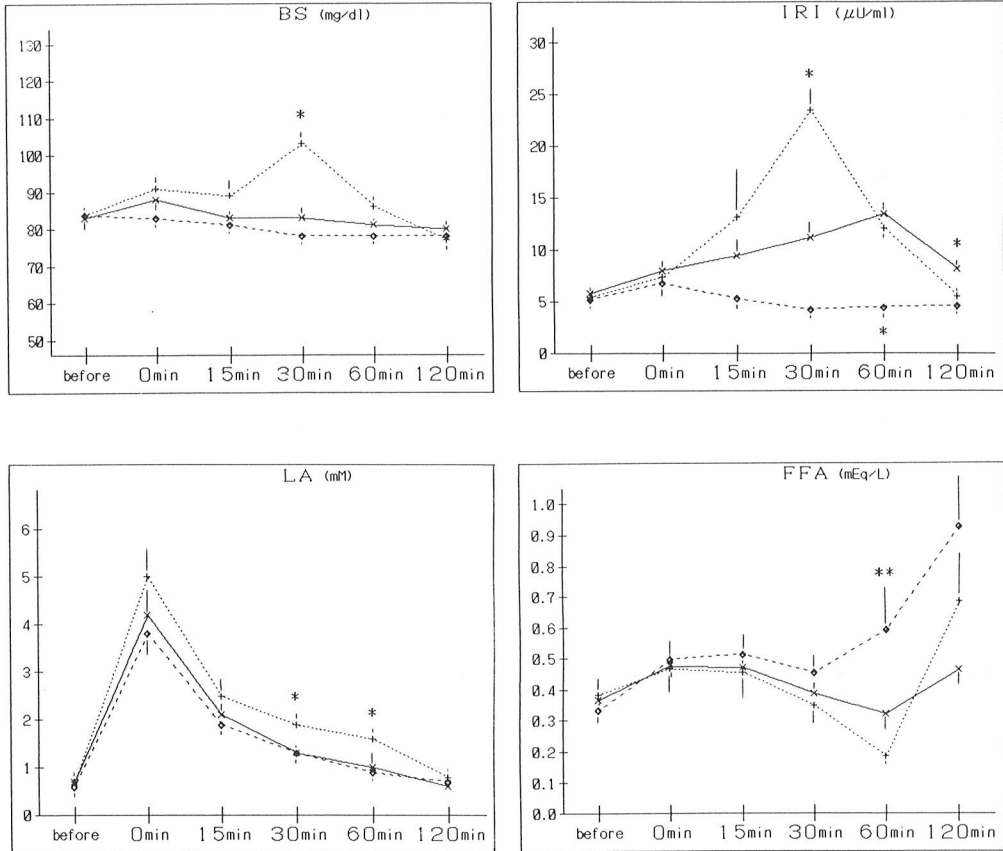


Fig. 1 Changes of blood glucose, plasma insulin, lactic acid concentrations in group S (+), group M (X) and group W (◇). Results are means ± SE.
 * p < 0.05 vs the other two groups.
 ** p < 0.05 vs group S.

示した。同様にインスリンも30分後にS群(23.5 ± 3.9 μU/ml)は、M群(11.3 ± 3.3 μU/ml)・W群(4.2 ± 0.6 μU/ml)に比し有意(p < 0.05)に高値を示した。しかしながらS群の血糖・インスリンともに、2回目の摂取後の上昇はみられなかった。

M群・W群の血糖は摂取後ともに変動を認めなかったが、M群においてインスリンは摂取後ゆるやかに上昇し、120分後では他の2群に比し有意(p < 0.05)に高値を示した。またW群のインスリンは摂取後低下し、60分後では他の2群に比

し有意(p < 0.05)に低値であった。

② 乳酸 (図1)

急性運動負荷後上昇し、運動終了後徐々に低下した。しかしながらS群では低下の遅延傾向を認め、摂取後30分および60分において他の2群に比し有意(p < 0.05)に高値を示した。

③ 遊離脂肪酸 (図1)

摂取直後は3群間で有意差を認めなかったが、30分以降W群において上昇を示し、60分後では

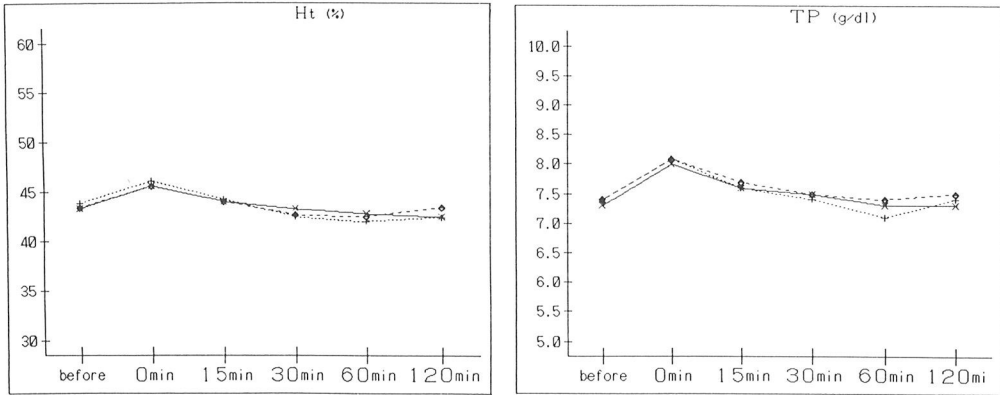


Fig. 2 Changes of hematocrit (Ht), total protein (TP) concentrations in group S (+), group M (x) and group W (◇).

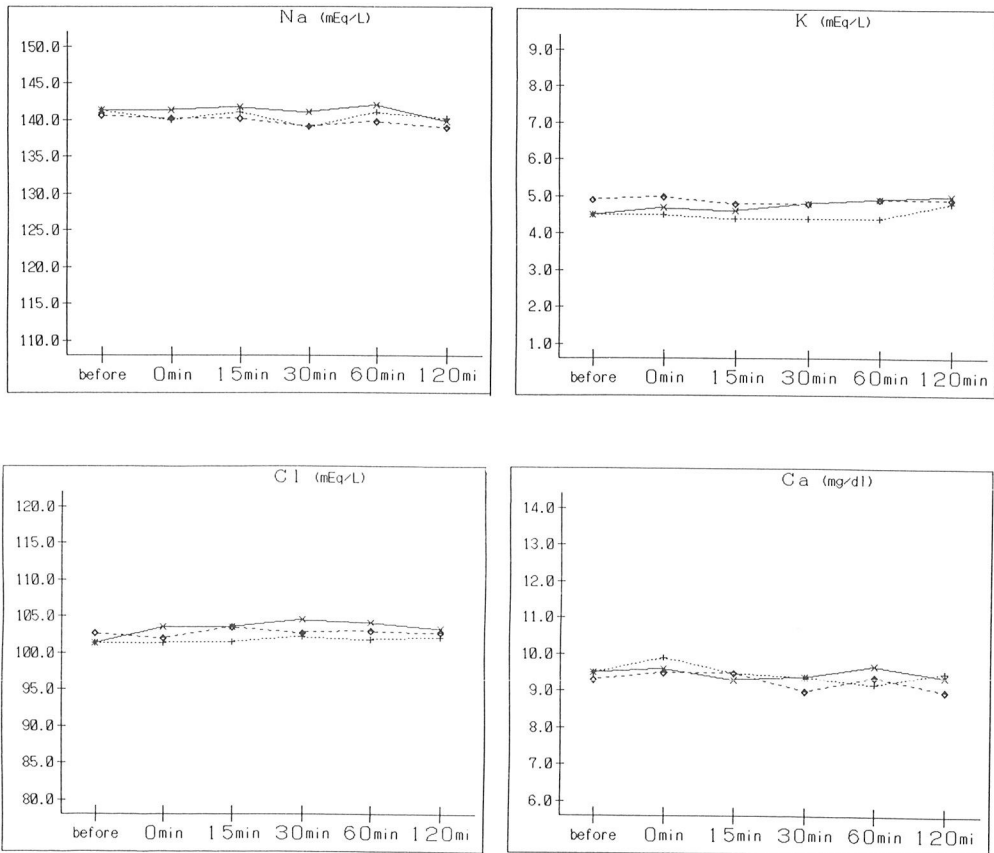


Fig. 3 Changes of serum sodium (Na), potassium (K), chloride (Cl) and calcium (Ca) levels in group S (+), group M (x) and group W (◇).

0.592 ± 0.135mEq/LとS群(0.184 ± 0.021mEq/L)に比し有意 (p < 0.05) に高値を示した。またS群では60分で低下しその後上昇したが、M群では全経過中変動が少なかった。

④ ヘマトクリット・総蛋白 (図2)

3群ともに運動後軽度の上昇を示したが、摂取後の変動はなかった。3群間での有意差も認めなかった。

⑤ 電解質 (図3)

運動および摂取による変動はなく、3群間での有意差も認めなかった。

⑥ アミノ酸 (図4)

アラニンとは3群ともに運動により上昇し、その後低下した。摂取による有意差はみられなかった。バリン・ロイシン・イソロイシンは、運動による変化はなく、摂取後にM群で上昇傾向を認めたものの3群間での有意差は認めなかった。

【考 案】

近年運動遂行能力を維持あるいは向上させるために、運動中だけでなく運動前後にも水分摂取が奨励されている。また運動時に摂取するのを目的として、種々のスポーツ飲料が市販されている。

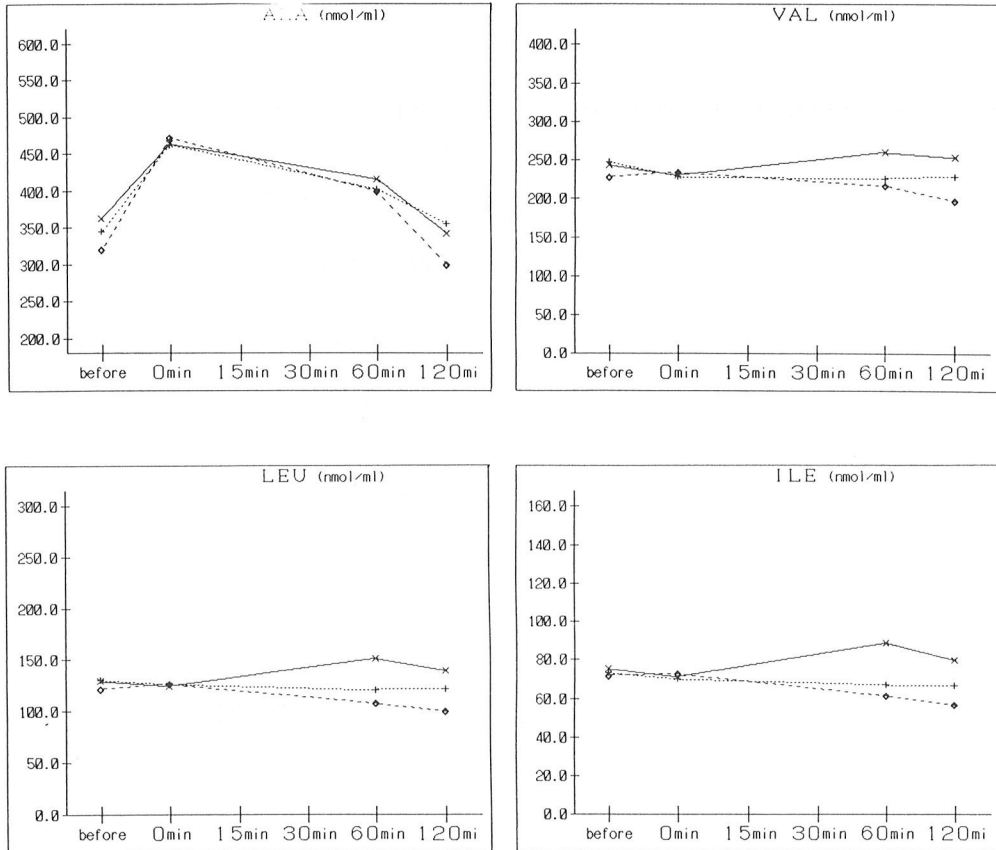


Fig. 4 Changes of alanine (ALA), valine (VAL), leucine (LEU) and isoleucine (ILE) levels in group S (+), group M (x) and group W (◇).

本研究では、主に急性運動回復期における経口水分補給の、糖・脂質・電解質・アミノ酸等の代謝に与える影響について、市販スポーツ飲料・牛乳・イオン交換水を使用し検討した。

今回の運動負荷は $70\% \dot{V}O_2\max$ にほぼ相当する強度でありいわゆる「ややきつい」と感じる運動である¹⁰⁾。実際今回の運動時にはかなりの発汗がみられ、運動後にヘマトクリット・総蛋白の軽度の上昇を引き起こし、ある程度の水分・電解質の喪失があったと思われる。しかしながら発汗として喪失するのは水が主体であり、汗の電解質（主に Na と Cl）濃度は低く低張性であるため、短時間の運動で電解質異常をきたす可能性はきわめて低いと言われている¹¹⁾。また実際に汗によって喪失する程度の電解質量は、運動能力を損なうほどではないとも報告されている⁴⁾¹²⁾。事実今回の運動程度では血中の電解質濃度に変化はなかった。また血糖値も運動により変化しなかった。伊藤らはブドウ糖経口摂取後の運動では $60\% \dot{V}O_2\max$ の運動強度が最も血糖値を低下させると報告している¹⁰⁾。一方 Wahren らは、健常人では軽度から中等度の運動を実施しても、筋におけるグルコース利用と肝からの糖放出のバランスが保たれており血糖値はほとんど変化しないと報告している¹³⁾¹⁴⁾。今回の運動強度は $70\% \dot{V}O_2\max$ とやや強い運動であった。乳酸値の上昇を認めたことから糖質利用の亢進が推測されたものの、空腹時血糖を低下させることはなかった。つまり今回の結果は、「ややきつい」と感じる運動を行っても、一般の人ができ得る程度の強度・時間の運動では、電解質・血糖に異常をきたすことは少ないことを示唆していると思われる。

さらに電解質については、運動後の水分摂取による影響も摂取物による差も認めなかった。運動時の水分補給として、水や清涼飲料水のみを多量に飲んで電解質を補給しないしていると、低 Na 血症をきたし痙攣が誘発されるという報告があり¹⁰⁾、逆に高張性の飲料ではかえって脱水を促進するとも言われている⁴⁾。しかしながら長時間にわたる運動や、炎天下・高気温といった特別な環境下でない限り、健常人では日頃の食生活に注意してい

れば特に運動時に電解質を補給する必要はないと考えられており⁷⁾、もし補給するとしても低張性の飲料が望ましいと思われる。

さて今回水分補給として使用したスポーツ飲料の成分は、糖質・Na・K・Cl・ビタミンC等であり、牛乳の成分はタンパク質・脂質・糖質・Ca等である¹⁵⁾。スポーツ飲料は摂取後血糖・インスリンが他に比較し有意に上昇した。これはスポーツ飲料では糖質の量が100g中6gと牛乳の100g中4.5gに比べ多いためと、スポーツ飲料自体が腸管から吸収されやすいように調整されているためと考えられる。したがって運動直後にスポーツ飲料を多量に摂取すると、急激に血糖が上昇する可能性があり、特に糖尿病患者のように高血糖をきたしやすい場合は注意が必要と思われる。またM群では摂取後インスリンがゆるやかに上昇していたことから推測されるように、脂質・蛋白質を多く含むために消化吸収が遅く、この点もスポーツ飲料と牛乳の差に関与していたと思われる。乳酸もS群で、運動後の低下を遅延させる傾向を認めた。これは運動直後（0分）において有意差はないものの他に比べ高値を示していたことと、摂取後血糖・インスリンが急激に上昇し、乳酸値の低下を抑制したためであろうと考えられる。

遊離脂肪酸は、運動終了後30分以降W群において急激な上昇を示し、急性運動回復期に遊離脂肪酸が動員されたと推測された。W群では摂取後インスリンは上昇せずむしろ低下傾向であったために、他の群に比して特に遊離脂肪酸濃度が上昇したと思われる。遊離脂肪酸の上昇は不整脈を誘発する要因のひとつとも言われているため、運動直後の水分補給としては単に水だけでなく少量の糖質を摂取した方が望ましいと考えられる。

【要約および結論】

急性運動回復期における水分補給として、スポーツ飲料・牛乳・イオン交換水について検討した。

- ① スポーツ飲料摂取群は、摂取後血糖・インスリンが他の2群に比べ有意に上昇した。
- ② スポーツ飲料摂取群は、運動後の乳酸低下の

遅延傾向を認めた。

③ イオン交換水摂取群は、有意に遊離脂肪酸の上昇をきたした。

④ ヘマトクリット・総蛋白・電解質・アミノ酸は、摂取物による影響を認めなかった。

以上の結果より、急性運動回復期における水分補給としては、単に水だけでなく少量の糖質をも摂取した方が望ましいと思われた。スポーツ飲料は、電解質に対する効果としてはその必要性にやや疑問があるものの、運動後の水分補給として有用と考えられた。ただし1度に多量を摂取するのは、高血糖をきたす可能性があり望ましくないと思われる。また牛乳は諸検査値に与える影響が比較的少なく、運動後の水分補給として利用し得ると思われた。

【文 献】

- 1) Nadel, E. R., E. Cafarelli, M. F. Roberts and C. B. Wenger : Circulatory regulation during exercise in different ambient temperatures. *J. Appl. Physiol.* 46 : 430-437, 1979.
- 2) Nadel, E. R., S. M. Fortney and C. B. Wenger : Effect of hydration state on circulatory and thermal regulations. *J. Appl. Physiol.* 49 (4) : 715-721, 1980.
- 3) Fortney, S. M., E. R. Nadel, C. B. Wenger and J. R. Bove : Effect of blood volume on sweating rate and body fluids in exercising humans. *J. Appl. Physiol.* 51 (6) : 1594-1600, 1981.
- 4) Hultman, E., J. A. Thomson and R. C. Harris : Work and Exercise. In *Modern Nutrition in Health and Disease*. (H. E. Shils and V. R. Young Eds.) : Lea & Febiger, Philadelphia, 1988.
- 5) 佐藤祐造 : スポーツと食事療法, 糖尿病の療養指導 1984, 日本糖尿病学会編. 診断と治療社, 1984.
- 6) 高野成子, 戎 利光 : スポーツドリンク, 体力トレーニング (宮村実晴, 矢部京之介編), 真興医書出版部, 東京, 1986.
- 7) Nathan, J. S. : Nutrition. In *Sports Medicine*. (R. H. Strauss Ed.) : W. B. Saunders, Philadelphia, 1984.
- 8) 佐藤祐造, 大沢 功 : 運動と食事内容の注意, 臨床スポーツ医学 6 : 1225-1228, 1989.
- 9) Costill, D. L., and K. E. Sparks : Rapid fluid replacement following thermal dehydration. *J. Appl. Physiol.* 34 : 299-303, 1973.
- 10) 伊藤 朗編著 : 図説・運動生化学入門, 医歯薬出版, 東京, 1987.
- 11) Costill, D. L., J. M. Miller : Nutrition for endurance sport. Carbohydrate and fluid balance. *Int. J. Sports Med.* 1 : 2-14, 1980.
- 12) Costill, D. L., R. Cote and W. Fink : Muscle water and electrolytes following varied levels of dehydration in man. *J. Appl. Physiol.* 40 (1) : 6-11, 1976.
- 13) Wahren, J., P. Felig, G. Ahlborg and Jorfeldt : Glucose metabolism during leg exercise in man. *J. Clin. Invest.* 53 : 1080-1090, 1974.
- 14) Felig, P. and J. Wahren : Fuel homeostasis in exercise. *N. Eng. J. Med.* 293 : 1078-1084, 1975.
- 15) 香川芳子監修 : 市販食品成分表1989-1990年版, 女子栄養大学出版部, 東京, 1989.

(1990年12月1日受付)

