

고중력 · 저중력장의 불가사의한 세계 The Mysterious Universe in High and Low Gravity Fields

권순익*
Soon-Ik Kwon

〈Abstract〉

We have accumulated the knowledge of the phenomena of external nature under the gravity fields of the earth, but have not the data of the natural phenomena under the high or low gravity fields. It is necessary to research the phenomena of the combustion, heat transfer and the behavior of the living animals under the high or low gravity fields. This paper introduces the mysterious universe in high and low gravity fields from the experimental study by Arai et al.

Key Words : *High and Low Gravity Fields, Combustion, Natural Phenomena*

1. 머리말

인간을 포함한 지구상에서의 생물은 중력가속도 $g=9.8\text{m/s}^2$ 의 상태에서 진화해 왔다. 과학기술의 진보에 따라 인류는 우주공간으로 활동범위를 넓혀 무중력이나 달 표면처럼 지구보다 중력이 작은 세계를 체험하기에 이르렀다. 스페이스 셔틀의 실험에서 보여주는 바와 같이 미소 중력 환경을 이용한 과학기술의 새로운 연구분야가 생겨 많은 성과를 올리고 있다⁽¹⁾⁽²⁾. 우리들은 지구상의 중력장과 미소 중력장이라고 하는 2개의 중력 환경에서의 현상에 대해 지식을 축척 시켜 왔으나, 그 이외의 중력장에

서의 현상에 대한 지식은 거의 가지고 있지 않다. 열이나 유체에 관련된 많은 분야에서 지식의 집약이 실험형태로서 이루어져 왔으나, 이러한 중력 변화에 관한 지식들은 지구상에서만 실험하여 얻은 데이터를 집약한 결과이다. 이 분야의 기술을 중력장의 강도가 다른 달이나 화성의 개발에 응용하기 위해서는 중력의 크기를 변화시킨 실험이 필수불가결이라 생각된다. 몇몇 연구자들에 의해 중력가속도를 지구의 0.01배에서 20배정도 까지 변화시켜서 연소현상과 열전달 현상 및 생물의 거동을 조사하여 왔으며^{(3)~(6)}, 앞으로 이 방면에서의 연구가 성행할 것이라 생각된다. 여기서는 Arai등이 연구하

* 정회원 두원공과대학 기계과 부교수 · 工博
日本廣島大學 卒業
456-890 경기도 안성시 죽산면 장원리 678
E-mail : sikwon@doowon.ac.kr

* Associate Prof. of Mechanics Engineering.
Doowon Technical College
678 Changwon-Ri, Chuksan-Myon, Ansong-Si,
Gyeonggi-Do 456-890, Korea

여 얻은 실험결과를 일본기계학회지에 기고한 내용⁽⁷⁾을 중심으로 저중력장 및 고중력장에서의 불가사의한 세계를 소개한다.

2. 저중력장 및 고중력장 형성 장치

미소중력 환경에서의 현상을 관찰하기 위해서는 자유 낙하하는 용기 내에서 실험을 하면 좋으며, 이것을 낙하실험이라는 것이다. 그러나 달 표면의 중력가속도와 같은 저중력 환경을 만들기 위해서는 추가적인 연구가 필요하다. Arai등이 실험을 위해 제작한 장치는 Fig.1 처럼 낙하하는 용기와 낙시용 추의 질량을 변화시키면 낙하 용기 내에서 $G=0.01$ 에서 1.0 범위의 유사중력장이 얻어진다. 여기서 G 는, 지구의 중력가속도를 g , 유사 중력장의 가속도를 g_a 라 할 때 다음 식으로 정의되는 양이다.

$$G = \frac{g_a}{g} \quad (1)$$

이 실험장치의 경우, 용기의 유효낙하 거리는 약 9m로, $G=0.5$ 의 조건이면 약 2초의 저중력이 얻어진다.

고중력을 만들기 위해서는 원심력을 이용한다. Fig.2는 원심식 가속장치라고 불리는 것으로 회전식의 암(arm, 회전반경 약 1.2m)의 선단에 실험장치의 탑재가 가능한 곤돌라가 붙어 있다. 이 곤돌라는 회전수의 증가와 함께 원심력에 의해 반경방향으로 휘둘러져 그 아래 면이 항상 원심력과 중력의 합력의 방향이 된다. 이 장치를 이용하면 $G=1\sim 20$ 의 범위에서 유사적인 고중력장을 형성할 수가 있다.

3. 고중력·저중력장에서의 화염

촛불화염, 노즐에서 가스연료를 분출한 경우에 보여지는 확산화염 및 연료 액적 주위에 형성되는 화염을 중력 G 의 크기를 변화시켜 관찰한 결과를 Fig.3에 나타낸다. 단, 액적의 연소실험에서는 액적을 고중력에서도 유지시키기 위해 유리섬유(glass wool)로 구를 만들어 구 내부에 연료를 주입시켜 화염을 형성시켰다. 그럼에서 화염에 따라 중력의 효과가 다름을 알 수 있다. 촛불의 경우에는 예상과는 반대로 $G=1$

부근에서 화염이 가장 길게 존재함을 알았다. 또 촛불 화염은 장시간 미소 중력 하에 있으면 소멸(消炎)한다고 알려져 있으나, 고중력장에서도 화염 자신의 자연대류로 하늘거리는 것이 관찰되어 촛불 화염이 안정하게 형성되는 중력은 어느 범위에 한정되어 있음을 알 수 있다.

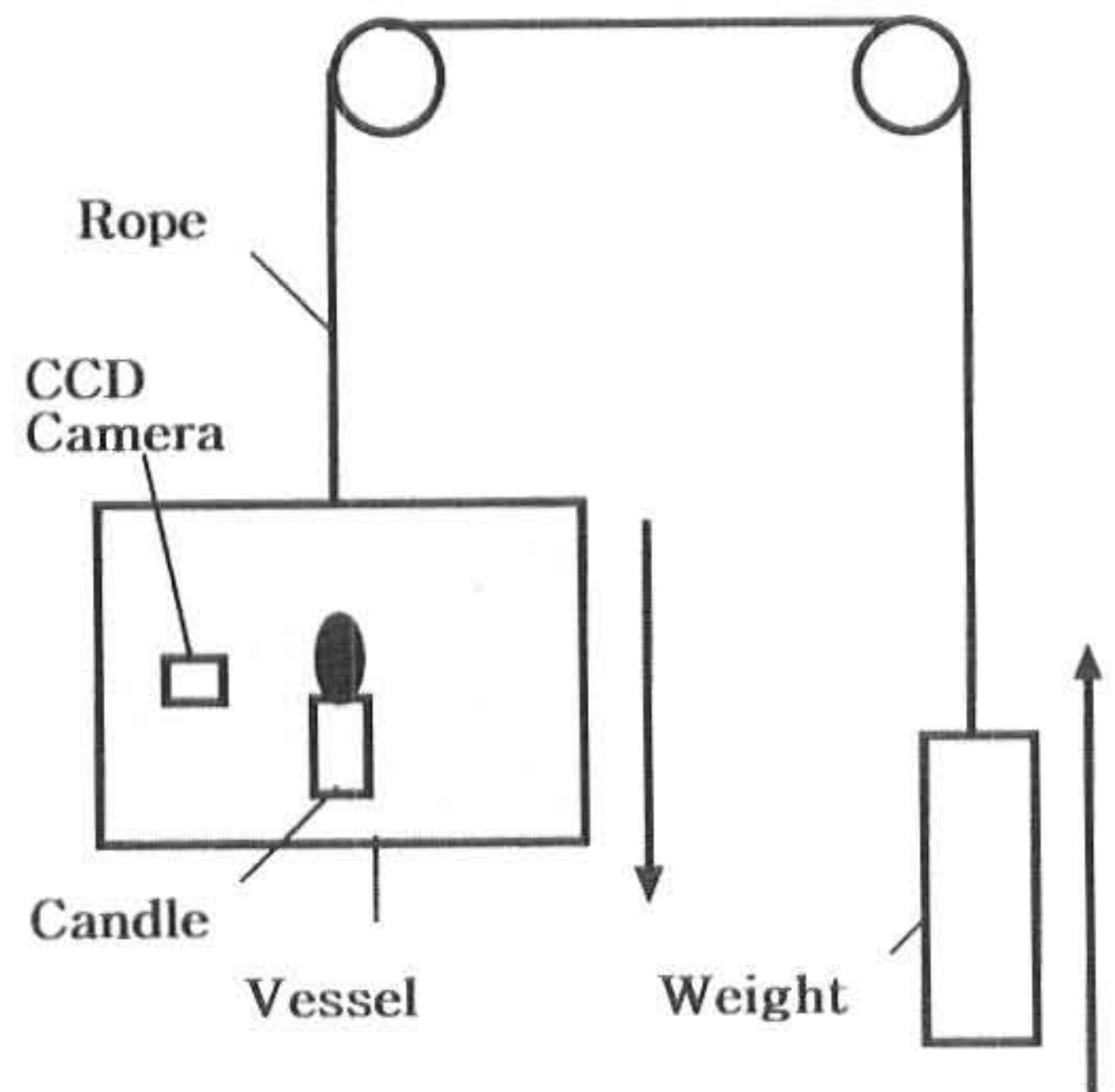


Fig.1 Experiment Apparatus for Dropping

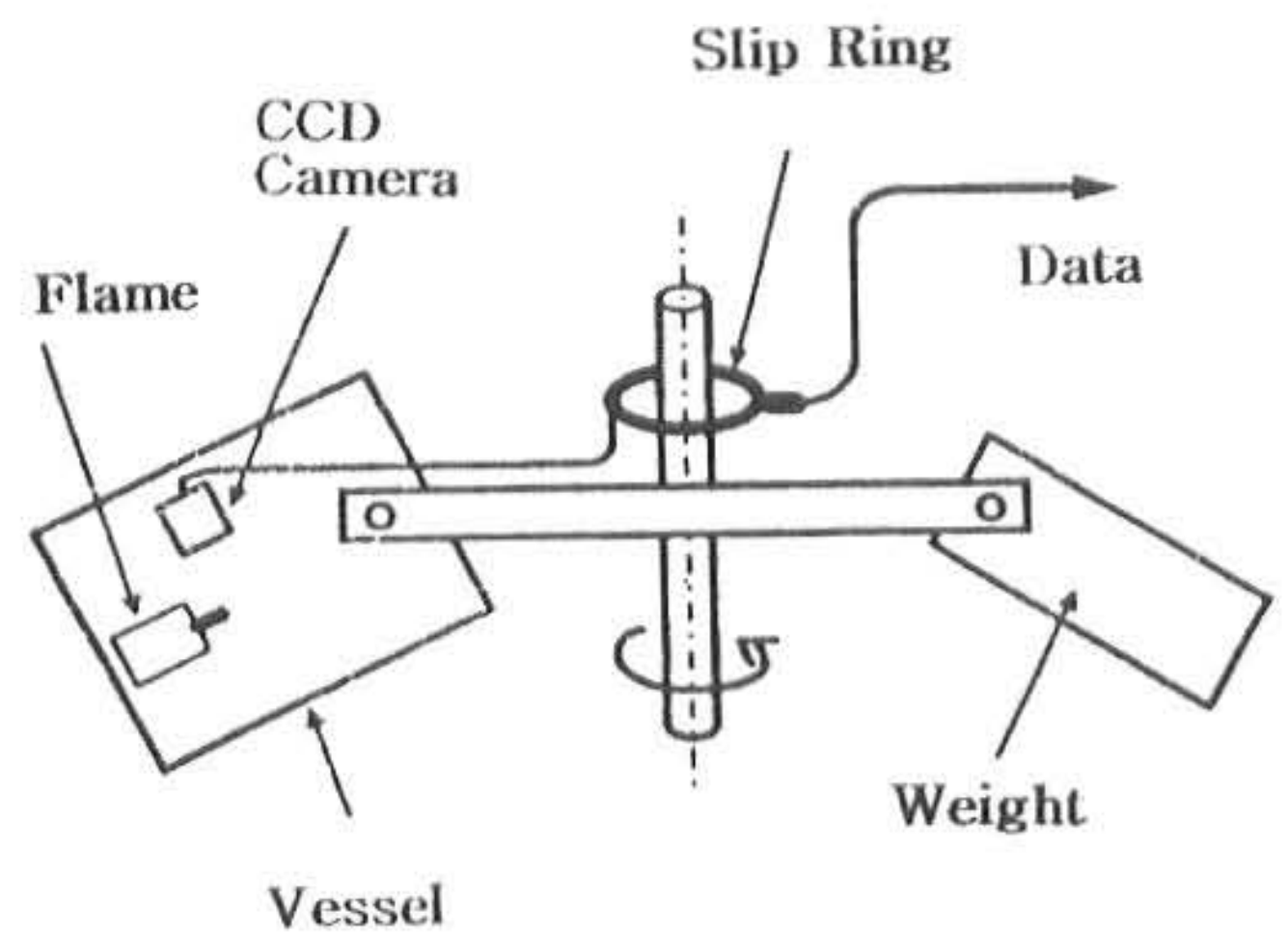


Fig.2 Experiment Apparatus for Centrifugal Acceleration

가스 분류 확산 화염에서는 G 가 크게 되면 화염 길이는 단순하게 감소한다. 그 이유는 화염에 의한 자연대류가 G 의 증가와 함께 강하게 되고, 화염 아래 부분에 유입되는 공기량이 증가하여 연소속도가 증가하기 때문이라 생각되어진다. 또 프로파놀 액적의 화염은 G 의 증가에 따라 크게 되고 화염의 색도 변해간다.





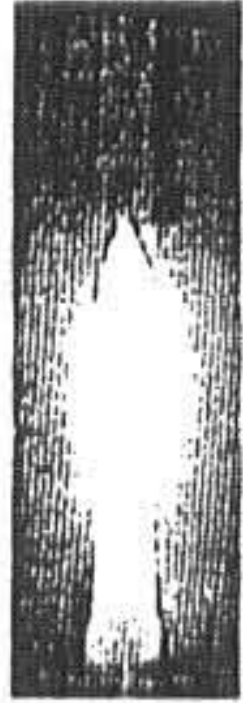

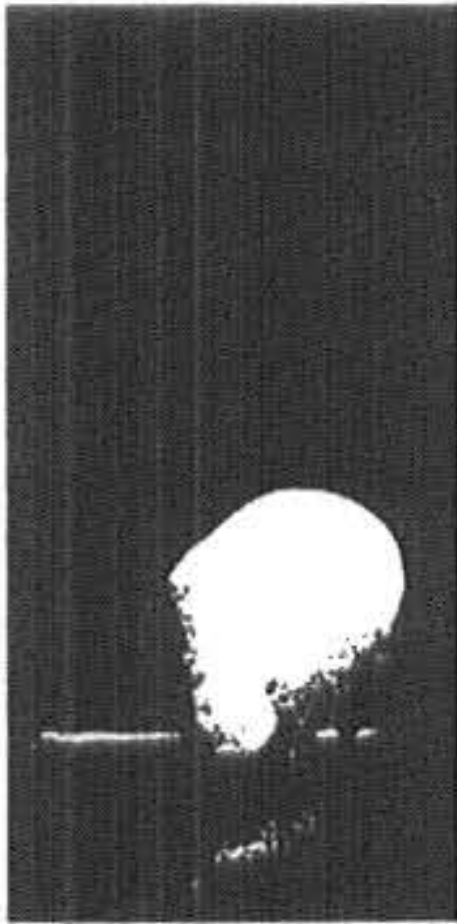


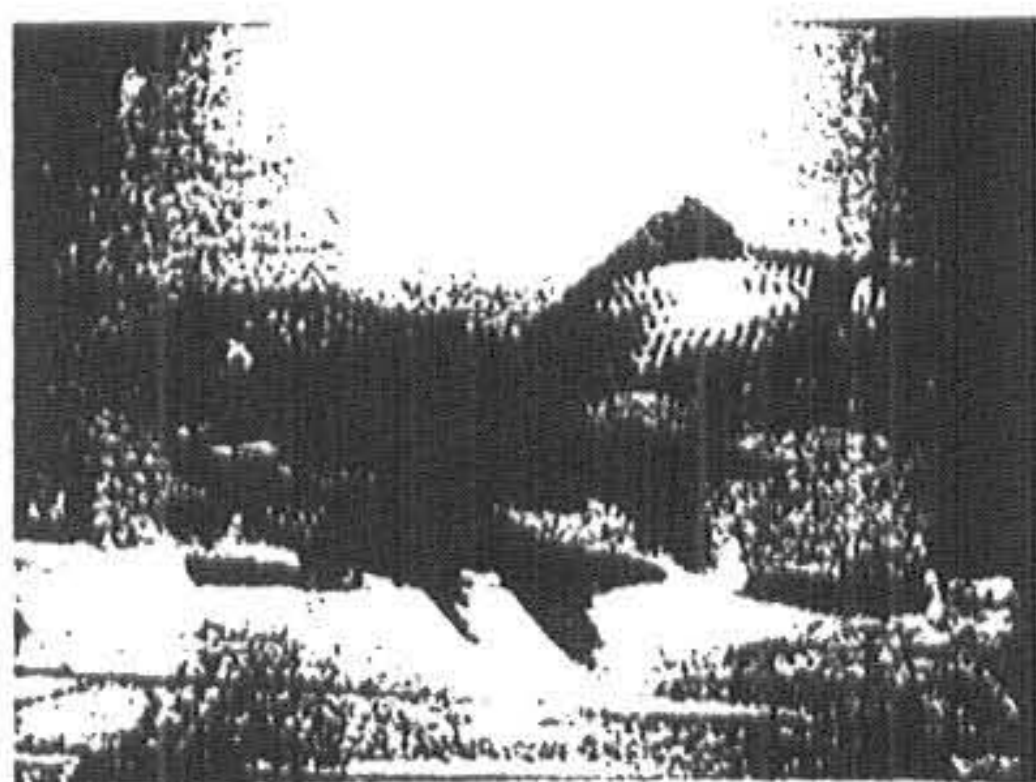
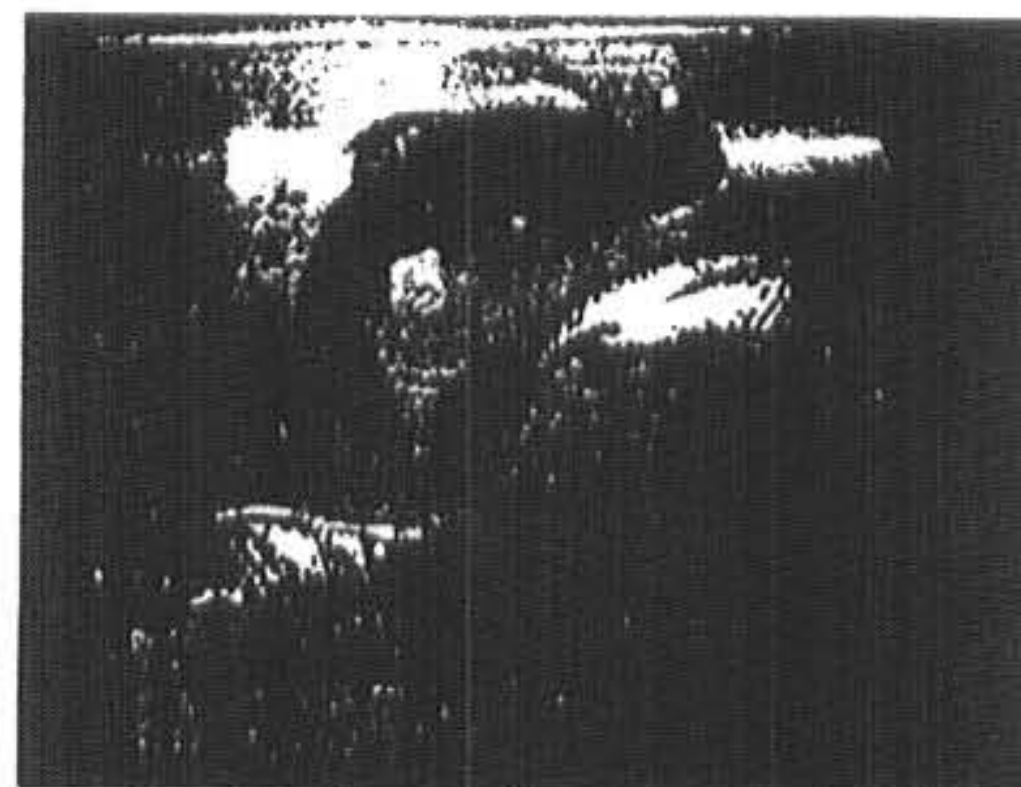
	$G < 1$	$G \approx 1$	$G > 1$
꽃불화염	 (G=0.03)	 (G=1.0)	 (G=6.0)
가스분류 확산화염	 (G=0.01)	 (G=1.0)	 (G=4.7)
액적화염	 (G=0.01)	 (G=1.0)	 (G=12.0)

Fig.3 Effects of Gravity



(a) G=1.0



(b) G=10.0

Fig.4 Swimming Shape of Gold Fish under the High Gravity

이것은 G의 증가에 따라 화염면이 액적에 가까워지고 연료 증발속도가 증가하기 때문이라 생각된다. 이처럼 연소 현상에 대한 중력의 효과는 화염 형태에 따라 다르며, 개개의 문제에 대해 중력의 크기를 파라미터로 정한 연구가 중요하다고 생각된다.

4. 고중력·저중력장에서의 금붕어의 운동

여러 중력 환경에 있어서 생체 거동의 해명은 대단히 흥미 깊은 문제이다. 스페이스 셔틀을 이용한 미소 중력 하에서의 생체 실험이 많이 시도되어 왔으나, 장기간 미소 중력 환경을 유지시키는 것은 상당히 어려운 것이므로 원심식 가속장치를 이용하여 G=2의 고중력 상태에서 장기간 생체 실험을 한 후, 그 결과를 G=1의 경우와 비교하여 보는 연구가 계속 되었다⁽⁸⁾. Fig.4는 G=10의 고중력 상태에서의 금붕어의 모양이다. 금붕어가 왼쪽을 향해 헤엄치는 것처럼 보인다. 이것은 금붕어의 부레가 있는 몸 중앙은 위쪽으로 부력이 작용하며, 머리와 꼬리에는 아래쪽으로 힘이 작용하기 때문에 금붕어의 몸이 휘어져 옆을 향하고 있는 것으로 생각된다.

5. 맺음말

저중력이나 고중력 환경에 있어서 관찰된 불가사의한 현상의 흥미를 이해하는 것은 지구 중력의 의미를 재평가하는 것이며, 더욱이 그것을 이용한 새로운 기술 분야가 전개될 가능성이 상당히 클 것으로 기대한다.

참고문헌

1) 新岡 嵩·丸田 薫, 微小重力下の燃焼現象, 日本マイクログラビティ 應用學會, 12-2 (1995), 80-87
 2) Ito, K., Overview of Research Activities on Micro-gravity Combustion, *Proc. of The First Asia-Pacific Conference on Combustion*(ASPACC 97), Osaka, (1997), pp.357-360

3) 新井雅隆·天谷賢兒, 過重力場でのろうそく火焰の舉動, 日本マイクログラビティ 應用學會, 10-4 (1993), 259-266.
 4) 新井雅隆·天谷賢兒, 過重力場での過熱壁面上の液滴 蒸發舉動 (第1報, 過重力による蒸發壽命時間の變化), 日本機械學會論文集, 60- 572, B, (1994), 1343-1348
 5) Amagai, K and Arai, M., Diffusion Jet Flames in Low and High Gravity Fields, *J. Jpn. Soc. Microgravity Appl.*, 14-1 (1997), 3-9
 6) 鈴木 睦, 任意の低重力場の實現できる速度制御型落下塔の開発と可變重力下での氣泡の 舉動觀察, 日本マイクログラビティ 應用學會, 10-3 (1993), 179-186.
 7) 新井雅隆, 高重力·低重力場の不思議世界, 日本機械學會誌, 100-946 (1997), 49-51.
 8) 伊東明俊·天谷賢兒·新井雅隆, 生物對流に及ぼす重力場の影響, 日本機械學會講演論文集, No.95-10 (II), (1995), 271-272.

(2000년 9월 20일 접수, 2000년 11월21일 채택)