

# Readout

HORIBA Technical Reports

特集 元素をはかる

July 1992 ■ No.5

---

酸性雨分取器「レインゴーランド」誕生記  
出会い—試行錯誤—失敗—笑い、そして願い

Steps in the Development of Acid Rain  
Sampling Unit “Raingoround”

First meeting -trial & error- failure-laughter ;finally a desire

永井 博  
Hiroshi NAGAI

(Pages 85-89)

---

株式会社 堀場製作所



## Steps in the Development of Acid Rain Sampling Unit “Raingoround” First meeting - trial & error - failure - laughter ; finally a desire

永井 博  
Hiroshi Nagai

### 地球環境保護は足元から

地球環境問題の特徴は、被害者と加害者を明確に区別することができない点にある。誰もが被害者であり、また誰もが加害者である。だからこそ、地球環境問題の解決のためには、われわれ一人一人が環境保護に関心を抱き、科学的な知識を持つことが大切になっている。

今回開発した酸性雨分取器「レインゴーランド」は、無動力・小型・軽量で、しかも酸性雨メカニズムの解明にとって最も重要だと言われている降り始めの雨(初期降雨)を簡易かつ高精度にサンプリングすることができる装置である。

一般的に初期降雨のpHは低く、最近ではpH4以下になる場合も少なくない。pHの値が3と4では、植物への影響や土壌からのアルミニウムイオン( $Al^{3+}$ )の溶出の度合いが大きく異なるという報告もなされているほどで、初期降雨がどの程度のpH値なのかを知ることは大きな意味がある。また、雨水を降りはじめから1mmごとに採取して、それぞれのpH値を測定すると、その結果から酸性雨そのものの生成状況を推測することもできる。

例えば、分取した雨のpH値が降り始めから降り終わりまであまり変化しなければ、大気汚染物質が雲内で捕捉されており(レインアウト)、一方、降り始めが低く、その後徐々に高くなれば、雨水が地上まで落下する間に大気汚染物質を捕捉したものの(ウォッシュアウト)と推測することができるのである。

レインゴーランドは手軽に購入できるように価格設定されている。酸性雨に関心の高い市民グループ

はもとより、小・中・高校での環境教育や地方公共団体における環境問題の啓蒙用ツールとして、広く活用されるものと期待している。(図1)

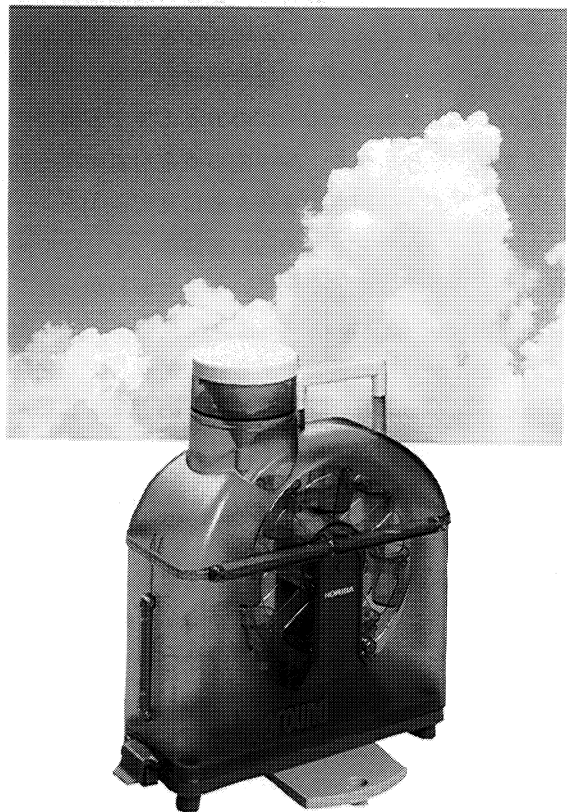


図1 レインゴーランド  
Acid rain sampling unit “Raingoround”

## ひとつの出会いが開発のスタートだった

レインゴーランドの開発は、自動車排ガス分析計やX線マイクロアナライザのような、一部の専門家を対象とする製品群の開発とは違う、これまでのホリバには見られないプロセスで行われた。

開発の伏線となったのは、5年前の1987年に開発・発売されたカードタイプのコンパクト pH メータ「カーディ」である。カーディは当社が独自に開発した平面センサを用いた画期的な pH メータである。0.05ml という極微量サンプルの測定に加え、固体や粉体の測定も可能であり、しかも、19,800円という、それまでの pH メータの価格というものの常識を根底からくつがえしたものであり、これらの特徴をいかに発揮できるような全く新しい用途の掘り起こしが求められた。

酸性雨測定への応用は、そのような新規用途開拓のひとつであった。とくに、2年半くらい前からは、中学校や高等学校での教材や、民間の環境保護団体での精密 pH 測定器として使用されるケースが急増してきた。それにつれて、酸性雨測定を行っている学校の先生方や市民グループの方々と接する機会にも恵まれるようになり、酸性雨の測定現場が抱えているさまざまな問題点や課題を直に見聞きするようになった。なかでも、自動的に初期降雨を分けて採取できる装置が強く望まれていることがわかった。初期降雨(雨の降り始め)の pH の変化を連続的に測定することが非常に重要であるにも関わらず、初期降雨を正確かつ手軽に採取することのできる装置がないというのが、その理由であった。

京都市青少年科学センターの川浪重治先生と出会ったのは、そんなときであった。

アイデア家の先生は画期的な初期降雨の分取装置を思いつき、実際に35mm 写真フィルムの収納用プラスチックケースなどの身近な部品を使って試作されているところであった。(図2)

無動力で動作し、小型かつ軽量でどこへでも持ち運びできる手軽さと、低価格で製品化できそうだという点で、市民レベルの酸性雨測定に最適のサンプリング装置と判断。当社の技術とドッキングして広く世間に提供していくことを提案した。

レインゴーランドの開発はこのようにしてはじまった。

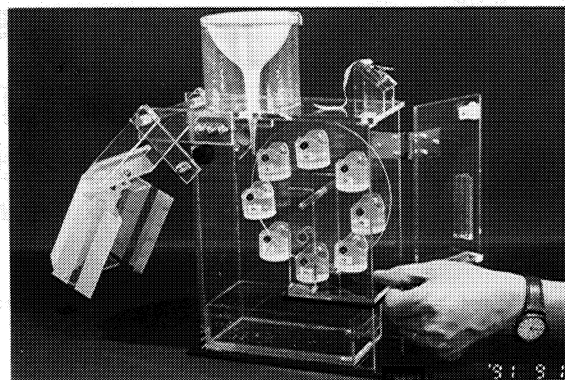


図2 レインゴーランドの原型器  
Prototype of Rainground

## 定量性の向上と安定をめざして悪戦苦闘

レインゴーランドは、図3に示すような原理で動作する。

- (1) 1番カップに雨が溜っていくと、6番カップ付近にある重りとのバランスがくずれ、回転板が反時計方向に雨の量に応じて微妙なバランスを保ちながら徐々に回転する。
- (2) 1番カップに約5cc (1mm降雨)溜るとロートのノズルから落下する雨滴がちょうど2番カップに溜るように回転板が回って、(1)と同様の動作を繰り返す。
- (3) 8番のカップまで回転すると、6番カップ付近の重りが支柱にあたってストップし、以降の雨は別置きの水受けカップ(100cc)にオーバーフローする。これによって、最大20mm降雨まで採取することができる。

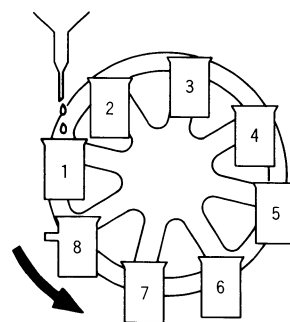


図3 レインゴーランドの動作原理  
Principles of operation

簡単な原理であるが、開発は予想以上に難しいものであった。

このサンプリング装置の最大の特長は、電気や電池など一切のエネルギー源を用いなくて初期降雨を正確に分取することができる点にある。

もちろん、当社が得意とする各種のセンサーやエレクトロニクスを用いれば容易に実現できることではあるが、これらを一切使わないとなると、これが意外に難しい。試作器の動作を眺めていると、直感的には分かったように思える。実際、試作器のデータでは、1~7番までカップの定量性が得られていた。しかし、採取カップと重りの位置が時々刻々変化するため、厳密に定量性があるかどうかということになると、なかなか明確な証明が難しいというのが現実だった。量産設計のためにもその裏付けが必要とされた。

そこで、コンピュータを用いて試作器の徹底した構造解析や計量精度に関するシュミレーションを繰り返すこととなった。

その方法は、ロートより滴下した雨水が、ある採取カップに溜り、その重量によって徐々に下方に回転して、やがて次の採取カップに切り替わる時に、各部の回転モーメントの総和がゼロとなるように採取量を求めるものである。重りの重量と位置、採取カップの重量と口径、その懸垂位置、回転板の軸受けの摩擦抵抗、ノズルと回転板中心との水平距離(L)をパラメータとして用いた。

シュミレーションの結果、これらの中で、ノズルと回転板中心との水平距離が定量性に対してとくに重要であることが分かった。図4は、他のパラメータを固定した場合に、定量性がLによってどのように変化するかについて計算した結果である。Lによって定量性がきわめて敏感に影響を受けること、L=79mmのときに各採取カップの採取量(5cc)が一

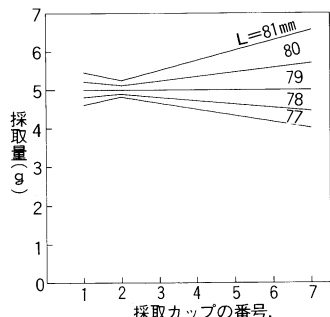


図4 ノズルと回転中心の間の距離が計量精度に及ぼす影響のシュミレーション結果  
Computer simulation results of accuracy of measurement vs distance of nozzle to axle

定となること分かる。試作段階であれこれ試行錯誤的にやってみた結果でも、コンピュータシュミレーション同様、L=79mmのときに定量性が最良になることが確認された。

また、雨の降り方に関わらず1mm降雨(5cc)ごとに各カップに正確に採取するためには、ロート先端の形状が非常に重要であることも明らかになった。

そこで、試作と評価を何度も何度も繰り返して、現状のロート形状を決定し、最終仕様に至った。(図5)

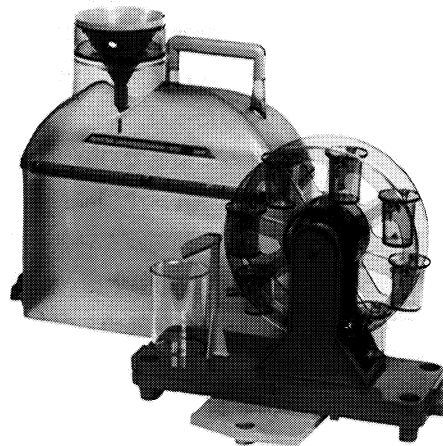


図5 カバーを外したレインゴーランド  
Rainground without cover

## はやる気持ちが失敗を呼ぶ

大気汚染や酸性雨による被害が深刻化している中国への技術支援の一環として、当社も昨年(1991年)、日本学術振興会と中国科学院によって行われた「陸域生態系に及ぼす大気汚染の影響に関する日中共同研究」に参加し、大気中のNOx、SO<sub>2</sub>の分析機器と酸性雨測定用pH計、およびそれらの運搬用車両を寄贈したが、その折、小生も調査団の一員として同行した。

ちょうど、製品試作器ができあがる時期でもあったため、中国で是非レインゴーランドを用いて測定したいと思っていた。しかし、一日の差で製品試作器は間に合わずアウト。仕方がないので、製品化前の手作り試作器を持って出かけることとなった。

11月の渇水期であるにも関わらず、3日目の夜半から雨が降り始めた。今年1月に来たときには全然降らなかったのが、好機到来とばかりに、急いでホテルの屋上にくだんの試作器を置く。翌朝おそるおそる覗いてみると、感激。採取カップの1番目から3番目まで具合よく雨が溜っている。早速、「ツイン」(カーディのモデルチェンジしたpH計)を取り出して採取した雨のpHを測定してみた。

ところが、どうしたことか、pH 7.3、導電率が  $137 \mu\text{S}/\text{cm}$  で酸性雨でないではないか。重慶は中国でも酸性雨重点対策地域に指定されているところで、雨の pH がこんな値を示すはずはない。事実、同行した先生方が同じ雨を別の方法で採取し測定した結果は pH 4.2であった。原因は容器から何かが溶出していたのであった。持参した試作器は注型で製作したもので、採取カップに使用した樹脂材料からの溶出が影響していたのだった。

直ちに日本に連絡をとって製品での確認を依頼したことはいうまでもない。翌日、中国に持参できなかった製品化試作器の方には問題がないという報告を受けて一応安堵した次第だが、中国の酸性雨の pH を実際に測ってみたいという気持ちがはやりすぎて、ついつい手作り試作品であることを失念するという失敗だった。(図6)



図6 重慶のホテルの屋上で採雨中のレインゴーランド  
Raingoround collecting rain on the roof of the Chongqing Hotel in China

## 愛称「レインゴーランド」決まる

主に大学や企業の研究所向けに分析機器を製造販売する当社の生産や営業部門にとって、レインゴーランドを開発していくにあたっては、かなりの意識改革を必要としていた。そこで、この酸性雨分取器の愛称を社内公募して、協力ムードを盛り上げることにした。

アメノス(アメダスとウラノスの合成)、サイユーキ(採U器=採雨器)、雨取物語(竹取物語をもじって)、ARCADIA (Acid Rain Catchment Device for Analyze) などなど、傑作が数多く寄せられた。若手の選考委員会の絞り込みを経て、役員会で最終的にレインゴーランドと命名された。ちなみに、レインゴーランドは、雨(レイン)と回転木馬(メリーゴーランド)の合成語である。

この愛称の公募以来、社内各部門からより緊密な協力が得られるようになったし、これまでにない発想が受け入れられるようになった。レインゴーランドをプラモデル方式で提供しようということになったのもそんな雰囲気の現れであった。

## きめ細かな地域モニタリング網の構築へ

現在、わが国でも、徐々にではあるが、酸性雨測定の大域的なモニタリング体制が確立されつつあり、発生メカニズムの解明や大気汚染物質の長距離輸送の調査、植生への影響調査などが鋭意進められているところである。

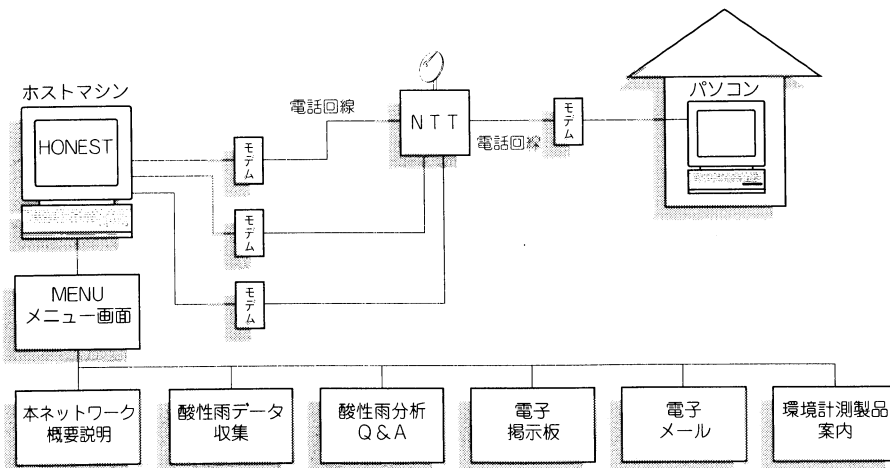


図7 酸性雨データ収集ネットワーク：HONEST  
Computer network for acid rain data : HONEST

しかし、酸性雨は、地球規模の現象であると同時に、わずか数 Km しか離れていない地域の pH 値が大幅に異なることから分かるように、地形や気象条件、地域の汚染発生源の密集度合など、地域的な側面も合わせもつものである。今後抜本的な酸性雨対策を講じていくためには、レインゴーランドやツインのようなコンパクトな機器を使って、正確で信頼性の高い測定データを積み上げていくことが不可欠である。

加えて、幅広い地域の人々が測定した結果を共有し意見を交換していくことも重要である。当社では、レインゴーランドの開発・発売を契機にして、パソコン通信を使った酸性雨のデータ収集ネットワーク「HONEST: Horiba New Ecology Station」(図7)を構築し、酸性雨全国地域モニタリング網づくりを支援している。

レインゴーランドやツイン、そして収集データネットワークがひとつのきっかけとなって、市民レベルでの環境問題への意識向上の一助にでもなれば幸いである。

### Steps in the Development of Raingoround

First meeting - trial & error - failure - laughter ; finally a desire

A major contradiction that arises from deterioration of the global environment is that the victims the perpetrators of environmental destruction we cannot always be clearly distinguished. All of us are victims, and at the same time we are all also

perpetrators. This contradiction makes it imperative that each one of us be personally concerned about the problem and have the scientific knowledge to be able to make informed decisions about the protection of the environment.

Horiba's recently introduced acid rain sampling unit "Raingoround" allows fast, simple, and accurate sampling of the first shower -- the first fall of rain -- which is said to be extremely important in the understanding of acid-rain mechanisms. Further advantages of the Raingoround are that it is small and lightweight and requires no power to operate it.

The Raingoround is priced low enough to make it easily available, even to groups with low budgets. It is expected that the Raingoround analyzer will prove especially popular among community-minded groups concerned about the problem of acid rain. In particular, the Raingoround is perfectly suited as an educational tool for environmental education classes at the elementary and high-school level; it also can be used effectively by regional organizations as a means to increase public awareness of environmental problems.



永井 博

Hiroshi Nagai

営業本部営業推進部 課長

1948年 1月5日生

立命館大学

理工学部化学科卒業

#### <窒素循環>

シラーは四行詩でこう語っていた。

Vier Elementen,	四つの元素が,	Bilden das Leben	生命を与え
Inning Gesellt,	いっしょになって	Bauen die Welt	世界をつくる。

彼がいう四つの元素とは、ほかでもない炭素、水素、酸素、そして窒素のことだ。古来、'アゾト'とも呼ばれ、生物を窒息させて死においやる物質として嫌われていた窒素は、同時に、生命の根源であるタンパク質の4大構成要素の一つでもある。1989年には、イギリスの物理学者クルックスが窒素塩の欠乏による人類破滅を予言したほどだ。

空気の8割が窒素とはいえ、動物や植物の役に立たせるためには、硝酸塩やアンモニウム塩にしてやる、いわゆる固定化が必要となる。従来、雷や土壌中の微生物などがこの主役であったが、ポッシュがアンモニアの工業的大量合成法に成功していらい、人類も窒素循環に加わるようになり、事情は一変した。今日、農産物の生産が飛躍的に拡大しもはやクルックスの予言は昔物語になろうかに見える。しかし、酸性雨や人口爆発など、窒素とその仲間達は地球環境問題として人類に新たな問題を投げかけ始めている。

(S. I. 記)





