

## 低山地開発によって造成した和牛牧場の 水のミネラル含有量について

岸田芳朗・岡邊多恵子・井上 良  
(農地生産力開発学講座)

Received July 1, 1991

### Mineral Concentration in Water on the Livestock Farm on Hilly Land

Yoshiro KISHIDA, Taeko OKABE and Ryo INOUE  
(*Department of Agricultural Technology of Integrated Land Use*)

Tsudaka Livestock Farm founded in 1978 had been obtained the drinking water for the cattle from a well on the farm. Then the farm water supply system, in which water was pumped up from the well to reservoirs, stored in the reservoirs and supplied to the stalls (Fig. 1) was built. Low fertility of breeding cows was one of the problems on the farm during the farm-water was used. After the city water system began supplying water in 1987, fertility has been clearly improving. To find the cause, minerals in well-water, farm-water and city-water were determined by atomic absorption spectrometry.

The average iron concentration of the well-water and farm-water was 25.5 and 1.32 ppm. respectively, which was about 500 and 20 times of city water. Also the average manganese concentration of well-water and farm-water was 4.31 and 3.32 ppm., respectively, which was about 2,000 times of city water.

The iron concentration of the farm-water was much less than that of well-water which was the source of the water supply. Calcium, magnesium, copper and zinc concentrations of the farm-water were higher than the well-water. Those results show that iron of the well-water was precipitated in the reservoir, and the farm-water had dissolved such minerals as calcium, magnesium, copper and zinc from the old sediment accumulated since the farm was built.

The iron concentration of the well-water decreased steadily from 45.6 to 9.7 ppm. during sampling term. It is suggested that recipitous decrease of iron in the well-water was caused by the construction of new Okayama Airport near the farm.

### 緒 言

本学津高牧場は、低山地の利用と肉資源の確保をめざして造成された、和牛の一貫生産牧場である。昭和50年度にアカマツ優占の雑木林であった丘陵地31.3haを用地取得し、草地12.3haを造成、牛舎等の施設を建設して、昭和53年に開設された。その後、隣接地に岡山空港が新設されるのに伴い、昭和59年に一部の用地交換と、草地の整備を行って現在に至っている。この土地は、岡山市の上水道敷設地域から離れていたために、場内の谷あいには造成した砂防ダム付近に井戸を掘削し、これをポンプアップ、濾過装置を通して牛の飲料水等に利用してきた。しかし、この水は度々の水質検査において、色度、濁度、鉄の各項目で合格せず、場

員、実習生の飲料水にはポリタンクで水道水を輸送する生活を続けてきた。牛の飲料用には他に水源がないので、この水を利用してきたが、開設当初から著しい繁殖障害が発生し、原因を究明できないまま、約10年を経過した<sup>1,2)</sup>。

隣接する岡山空港の開設に伴って、市の上水道が牧場の近くを通ることとなり、牧場まで約1 kmの水道管を敷設して、昭和62年12月からは場員の生活用水とともに、牛の飲料水も水道水に切り替えられた。それから2～3か月で、牛の受胎率が向上し始めたことから、長年にわたる牛の繁殖障害の原因が、飲料水の水質異常にあった疑いが急速に強まった。そこで、場内の井戸水、これをポンプアップして現在も飲料用以外に利用している雑用水について、ミネラル成分の分析を実施したところ、著しい成分の異常が明らかとなった。まだ、水質異常の全容は解明されていないが、一部に繁殖障害との因果関係を示唆するような知見も得られたのでここに報告する。

なお、この研究は昭和63年から3年間の特定研究「低山地の農林複合利用システムに関する総合的研究」の一部として実施したものである。ここに付記して深甚の謝意を表す。

### 材 料 と 方 法

分析材料は本学津高牧場の井戸水および雑用水である。この雑用水は場内の谷間にある井戸から汲み上げ、Fig. 1に示すように、沈砂槽に一旦貯えたのち、揚水ポンプで高層の貯水槽に送水し、各施設の蛇口に配管されているものである。試料のうち、井戸水は井戸から直接採取し、雑用水は牛舎の蛇口から採水した。採水は平成1年5月から11月までに、1か月にほぼ1回の割で定期的に行ったが、降雨の前後の変化を調べる意味で、このほかに不定期の採水を行って、採取回数は全部で11回となった。試料は20 l容のポリタンクに採取し、pHを測定後、濃塩酸75～80mlを加えて、分析にかかるまで保存した。

Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Znの測定は原子吸光光度法により、雑水のFe、井戸水および雑水のMnは原水のまま、井戸水のFeと両試料のCa, Mgは5分の1に希釈したものを、

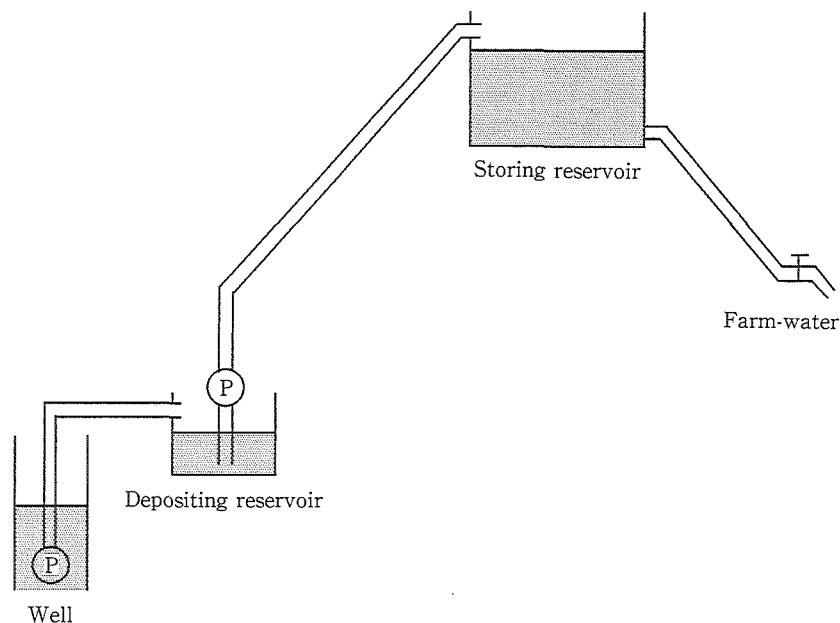


Fig. 1 Farm water supply system in Tsudaka Livestock Farm.

両試料の Cu, Zn は50倍に濃縮したものについて測定した。濃縮は加熱蒸散法によった。Ca, Mg の測定には1,000ppmの割合でランタン液を添加した。なお, Mo も測定しようとしたが, 50倍濃縮でも検出できなかったため, 測定項目から除外した。

対照のために, 2回にわたって牧場内の市水蛇口から上水道水を採取し, 上記の試料と同様の方法で分析を行った。この場合, Ca と Mg は5分の1希釈液を用いたが, 他のミネラルはすべて50倍濃縮液によって測定した。

### 結 果 と 考 察

津高牧場における井戸水および雑水, それに対照としてとった水道水の採取月日と pH, 各ミネラル含有量を一括表示すると Table 1 のようになる。

まず, 井戸水, 雑水, 水道水を平均値で比較してみると, pH は水道水が7.0であるのに, 雑水は6.63とやや低く, 井戸水は5.95とさらに低い。ミネラル含有量は, Cu, Zn では水道水と大差がないが, 他の項目では水道水の数倍あるいはそれ以上で, 井戸水, 雑用水の含有量が高い。とくに異常なのは Fe で, 井戸水は水道水の約500倍, 雑用水でも20倍を越え, Mn

**Table 1** Contents of mineral elements in well-water, farm-water and city-water sampled in Tsudaka livestock farm

Source	Sampling date	pH	Content (ppm)					
			Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
Well water	May 15	6.0	33.9	13.9	45.3	5.38	0.006	0.025
	May 18	6.0	33.5	13.2	45.6	5.19	0.010	0.028
	June 19	5.9	35.9	12.5	33.2	4.93	0.007	0.039
	July 17	5.8	30.7	11.7	30.0	4.56	0.007	0.026
	July 21	6.0	29.5	13.1	32.0	4.66	0.007	0.021
	Sep. 8	6.0	25.2	10.4	20.4	3.54	0.007	0.025
	Sep. 18	5.8	30.4	11.5	17.9	3.92	0.012	0.025
	Oct. 16	6.0	33.1	12.4	20.4	4.01	0.006	0.028
	Oct. 25	6.0	36.2	12.5	11.2	3.89	0.008	0.024
	Nov. 9	6.0	37.2	11.4	15.1	3.35	0.008	0.034
	Nov. 20	6.0	38.6	12.6	9.7	4.03	0.008	0.025
	Average	5.95	33.1	12.3	25.5	4.31	0.008	0.027
Farm water	May 15	6.5	68.5	15.3	0.92	0.11	0.023	0.042
	May 18	6.5	64.5	14.5	0.75	0.08	0.020	0.030
	June 19	6.4	61.9	14.8	1.16	2.14	0.033	0.059
	July 17	6.4	67.4	15.3	1.52	5.76	0.024	0.053
	July 21	6.4	63.8	14.6	1.71	5.23	0.026	0.051
	Sep. 8	6.8	65.2	14.1	1.75	4.69	0.022	0.034
	Sep. 18	6.6	68.5	14.6	1.56	6.88	0.035	0.048
	Oct. 16	6.7	63.6	13.7	1.78	5.90	0.029	0.047
	Oct. 25	6.9	63.1	13.5	1.95	3.19	0.021	0.041
	Nov. 9	6.8	61.4	13.1	0.78	2.17	0.018	0.038
	Nov. 20	6.9	63.2	12.9	0.63	0.42	0.018	0.025
	Average	6.63	64.6	14.2	1.32	3.32	0.024	0.043
City water	July 17	7.0	8.8	1.97	0.045	0.002	0.014	0.020
	Oct. 16	7.0	6.9	1.51	0.071	0.001	0.016	0.018
	Average	7.00	7.9	1.74	0.058	0.002	0.015	0.019

も水道水の100倍以上の含有量を示している。すなわち、全体にミネラル含有量が高く、とくに Fe と Mn 含有量が異常に高いことが特徴といえる。濾過装置を通して溶存する Fe や Mn は除去ができないから、この水が飲料水としての水質検査に合格しなかったのは当然であろう。

Fig. 1 に示したように、雑用水は井戸から汲み上げて沈砂槽に貯留した水を、揚水ポンプで高層の貯水槽に送水し、そこから各水栓に配管されているので、その元は井戸水である。しかし、雑用水の各ミネラル含有量を井戸水のそれと比較すると、Fe が著しく少ないのに対し、Mn を除く他のミネラルは明かに多いことがわかる。Mn は時期によっては雑用水の方が少ないときも、多いときもある。

このことは、井戸水が汲み上げられ、送水、貯水される間になんらかの化学変化を受け、Fe を失って他のミネラルを獲得してきたことを示している。この水を牛の飲料水に利用してきた頃は、貯水槽に貯えた水が濾過装置を通してから配水されたが、この実験を行った時には、すでに濾過過程が省略されており、化学変化を受ける可能性は沈砂槽と貯水槽の2か所で貯留される時期以外には考えられない。おそらく、送水による水流で曝気されて酸化物となった Fe が沈殿し、代わりに過去の沈殿物のなかから他のミネラルが溶出してきたのではないかと考えられる。試みに、沈砂槽、貯水槽のなかを調べたところ、大量の沈殿物があり、その塩酸可溶物は大部分が Fe であったが、Mn、Ca もかなり含まれていた。したがって、沈砂槽、貯水槽でかくはん、静置を繰り返す間に大量の Fe が沈殿し、古くからある沈殿物から Fe 以外のミネラルを溶出してきたため、井戸水と雑用水のミネラル含有量に違いが表れたものと推測できる。

次に、採取日によるミネラル含有量の変化をみると、井戸水では Fe が期間の経過とともに著しく減少していることがわかる。Fe ほどではないが、Mn でもやや減少の傾向が認められる。すなわち、5月には45ppmもあった Fe が10月には10ppm前後に減少し、Mn でも5ppmから4ppmへの減少がみられる。このことは、井戸に集まる水の給源になんらかの変化が起こり、大量の Fe を供給してきた水脈の一部が閉鎖されてきたことを想像させるものである。地形から考えて、牧場に至る水脈は北側の隣接地を経由するが、この土地は岡山空港建設のために、全く地形を変えた所である。すなわち、昭和58年頃から62年にかけて、山を削り谷を埋め立てて、牧場より約40m高い台地が作られ、そこが空港になったわけであるから、水脈も大きく変化したものと考えられる。したがって、この水脈の変化によって井戸に集まる水中の Fe、Mn 含有量が減少したことが想像できる。もし、上記の変化が水脈の変化したことによるものならば、その変化はその後にもさらに継続している可能性が高い。この問題については、同様の調査を再開したので、その中で明らかにされるものと思われる。

雑用水においては、Mn 含有量に最初の5月頃と最後の11月頃が低く、途中の7～9月頃が高いという季節変化のようなものが認められる。量的な差は Mn ほど大きくないが、Fe にも同様な傾向がある。5月から11月までという限られた期間の成績だけから季節変化と認めることはできないが、変化の状況から考えて、季節とくに温度変化との関連が推測されるところである。すなわち、貯水槽などでの水温によって、溶存できるミネラル含有量の限界が変化するはずであり、温度が高ければ含有量は高く、温度が下がれば含有量も低下するはずで、その効果が Mn に強く表れたと想像できるわけである。

津高牧場では人工授精による和牛の受胎率がきわめて低かったことは、井上ら<sup>1,2)</sup>が報告しているが、受胎率に季節変化があり、冬飼い期には比較的良好で、夏飼い期がとくに不良であった。季節による給与飼料の違いから、当牧場産粗飼料の欠陥によるのではないかと疑われたわけである。今回の結果からみると、夏飼い期は当時飲料水として用いてきた雑用水の

Mn や Fe 含有率の高い季節でもある。また、年次間の受胎率等の比較から、年間降水量の多い年に受胎率が比較的高く、その翌年の初産牛産子の生時体重が大きかったことがわかっており、この傾向も繁殖障害と水との関連を推測させるものである。したがって、Mn や Fe 含有量のとくに高い飲料水を与えてきたことが、当牧場における繁殖障害の要因であった可能性が考えられるところである。

しかし、飲料水の Mn, Fe 含有量が高いとはいっても、この程度の量で有害かどうかは疑問である。従来から知られる Mn や Fe の過剰限界は乾物中1,000ppm程度とされる報告<sup>3)</sup>が多く、成牛の1日当り摂取量に換算すると6~7gに相当する。雑用水の最大 Mn 含有量は今回の分析値で7ppm弱であったから、成牛が1日に70kgの飲水量としても摂取量は0.5gに過ぎず、Fe も Mn も単独で過剰の障害を起こす可能性はないといえよう。ただ、ミネラル栄養の場合は相互のバランスが問題で、例えば Ca と P とか Cu と Mo のように、一方が過剰のときに他方が単独の量としては充分でも不足になる場合があり<sup>4)</sup>、また、許容限界以内の量でも長期にわたって摂取すると有害になる可能性もある。したがって、分析値は許容限界以内ではあるが、繁殖障害の原因が水にあることを全く否定することはできないであろう。

また、今回の採水日のうちで近接して2回採取しているのは、降雨の前後での変化を調べようとしたものであった。表には降雨の前後を明示しなかったが、井戸水中の含有量が Ca と Mg では降雨後にわずかに減少傾向、Fe は逆に増加傾向を示した。ただ、表からわかるとおり、近接して採取した試料のミネラル含有量に大差がなく、これを降雨の影響とみなすことは困難である。

## 摘 要

低山地開発で造成した和牛牧場における繁殖障害との関連を想定して、牛の飲料水として利用してきた雑用水と、その水源である井戸水のミネラル含有量を原子吸光光度法で測定し、対照としてとった市の上水道水と比較した。

その結果、井戸水、雑用水ともに Ca, Mg, Fe, Mn 含有量が市水よりも高く、とくに Fe は井戸水で市水の約500倍、雑用水で20倍以上、Mn は井戸水、雑用水とも市水の100倍以上の含有量を示した。また、雑用水はその水源である井戸水に比べて Fe 含有量が著しく減少し、Ca, Mg, Cu, Zn 含有量が増加していた。これは井戸水が沈砂槽、貯水槽に送水、貯留される間に Fe が沈殿し、過去の沈殿物から他のミネラルを溶出したものと考察された。

井戸水の Fe は調査期間中にかなり減少し、Mn も漸減傾向を示したが、これは隣接の空港造成のために水脈に変化があったのではないかと考察された。雑用水の Mn と Fe は調査期間の最初と最後に低く、途中が高い傾向を示し、温度との関係が考察された。和牛の受胎率が夏期にとくに低く、冬期は比較的良好であったこととの関連が考えられたが、Mn や Fe の摂取許容限界は非常に高いので、単独で過剰の障害を起こすことはないと考えられた。

## 文 献

- 1) 井上 良・奥島史朗・岸田芳朗：津高牧場に発生した繁殖障害について。岡大農場報告, 6, 41-48 (1983)
- 2) 井上 良・奥島史朗・岸田芳朗・小寺将之・斉藤克巳・山奥 隆：津高牧場の繁殖障害とリン酸塩投与試験の概要。岡大農場報告, 9, 29-36 (1986)
- 3) 農林水産技術会議事務局：日本飼養標準, 肉用牛 (1987年版), 38-45, 中央畜産会, 東京 (1987)
- 4) Underwood, E. J.: The Mineral Nutrition of Livestock, 1-13, Commonw. Agr. Bureaux, FAO (1966)