

# 横手盆地の地下水のマンガンについて

芳賀 義昭\* 小林 淑子\* 伊藤 勇三\*  
大谷 裕行\* 加藤 明彦\* 猿田 忠則\*

## I はじめに

昭和47年から昭和50年までの県内飲料水の水質検査結果を見ると、横手盆地の一部地域で井戸水のマンガン(Mn)濃度が比較的高いものが見出されるので、その要因を探ろうとして本調査に着手した。

## II 横手盆地の概況

横手盆地は秋田県南東部に位置し、東を奥羽山脈に、西を出羽丘陵にはさまれた東西約12km、南北約50kmの盆地である。

盆地の東を画する奥羽山脈は標高1,000 mを越える山が連なり、西を画する出羽丘陵は標高平均400 m程度である。盆地内の平野部は南東が高く盆地北西部の神宮寺狭窄部に向って徐々に低くなり、盆地南端湯沢市付近で標高約80 m、盆地中央付近で約40 m、神宮寺狭窄部付近で約20 mである。

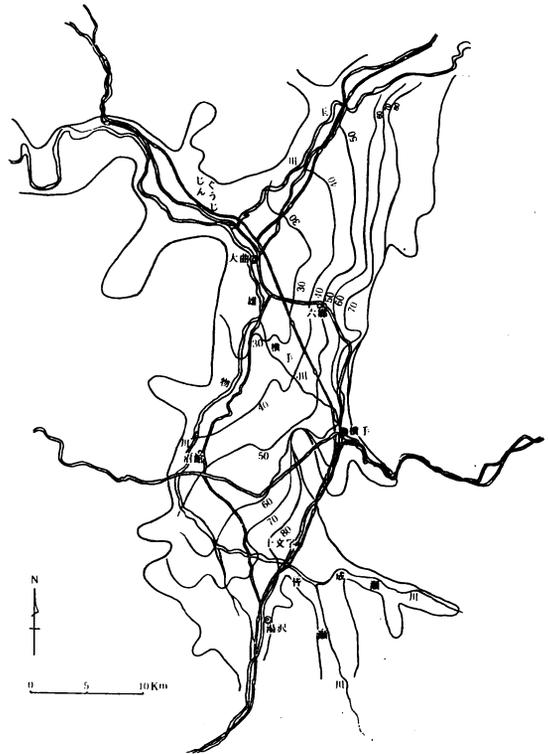
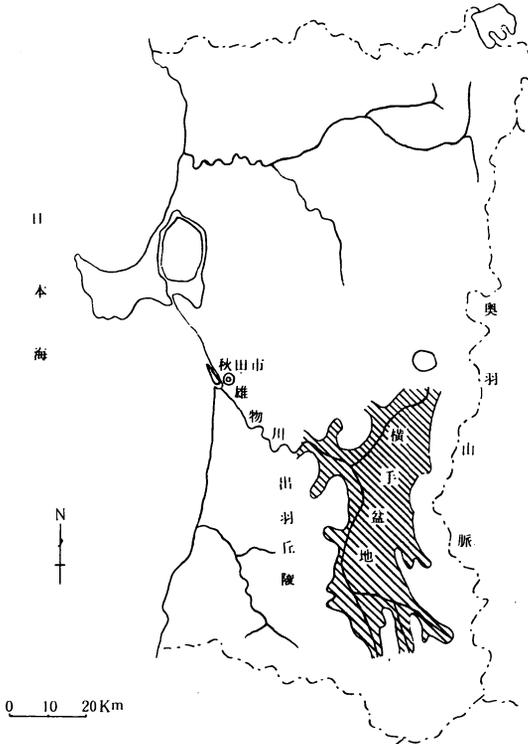


図-2 等高線 数字=標高m

この盆地を流れる河川の主流をなす雄物川は、盆地南の雄勝山地にその源を発し、北方に流れ、皆瀬川、その他の河川を合流し、出羽丘陵東側添いに北上、盆地北西部で玉川を併せ、神宮寺狭窄部を経て秋田平野へ出、日本海に注ぐ。

図-1 横手盆地位置図

\* 秋田県衛生科学研究所

主として盆地東側，南側周辺には扇状地の発達が見られ，西側及び南側周辺には段丘が見られる。

### III 横手盆地の地下水の水質

#### A. Mn の濃度分布

昭和47～52年度間に測定した井戸水のMnを，濃度別に見ると，盆地中央にMn高濃度のものが多く，盆地周辺の扇状地や段丘の発達した地域ではMn濃度は低い。

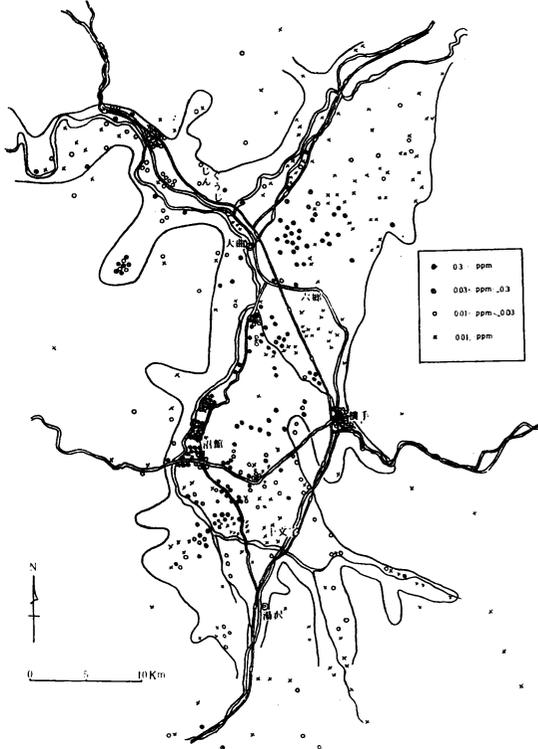


図-3 Mn 濃度分布図

#### B. 水質試験結果

昭和51，52両年度にわたり，Mn濃度が高い地域として雄物川町を，低い地域として十文字町を選び，計44地点の井戸水を採取し，水質を測定した。採水地点は図4に示すが，井戸の深さは最も深いもので15m，大部分が10mに満たないいわゆる浅井戸である。

Mn濃度を0.3ppm以上と未満で区切ると，Mn以外の多くの測定項目に濃度差が見られる。

一般溶存主成分をキーダイアグラム(図5)で示すと，

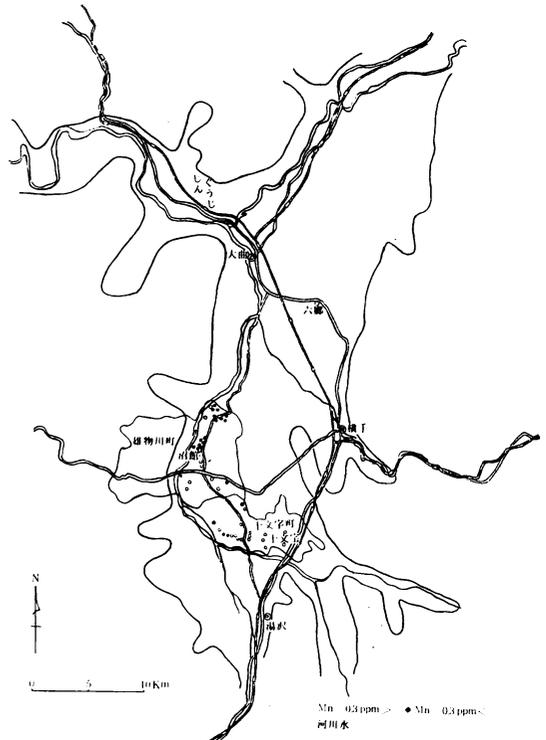


図-4 S51, 52採水地点

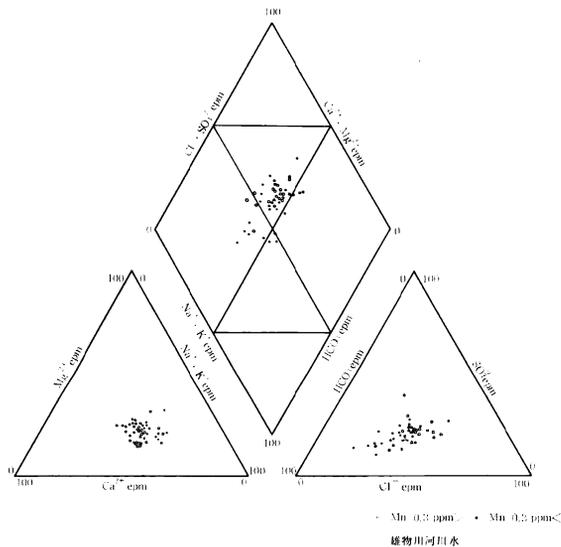
表-1 雄物川町，十文字町井戸水の水質測定結果ならびにMn 0.3 ppm <グループとMn 0.3 ppm >グループの比較

	全例 n = 44	Mn 0.3 ppm < n = 20	Mn 0.3 ppm > n = 24
Mn ppm	0.84 ± 1.10	1.82 ± 0.94	0.02 ± 0.04**
PH	6.04 ± 0.28	6.06 ± 0.21	6.02 ± 0.32
NH <sub>4</sub> - N ppm	0.25 ± 0.34	0.49 ± 0.39	0.06 ± 0.06**
NO <sub>2</sub> - N ppm	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.00 ± 0.00**
NO <sub>3</sub> - N ppm	2.79 ± 1.81	2.49 ± 1.61	3.03 ± 1.96
Cl <sup>-</sup> ppm	24.66 ± 5.83	27.69 ± 4.03	22.13 ± 5.97**
C-K Mn O <sub>4</sub> ppm	2.68 ± 1.75	3.64 ± 1.48	1.87 ± 1.55**
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ppm	18.81 ± 5.37	22.01 ± 5.45	16.14 ± 3.60**

PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ppm	0.03 ± 0.07	0.04 ± 0.09	0.02 ± 0.06
SiO <sub>2</sub> ppm	22.90 ± 5.84	25.30 ± 4.55	21.04 ± 6.17*
総アルカリ度 ppm	31.90 ± 13.43	39.80 ± 12.80	25.32 ± 10.13**
総酸度 ppm	32.89 ± 13.55	37.97 ± 10.83	28.66 ± 14.34*
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ppm	55.51 ± 32.53	74.94 ± 38.24	39.31 ± 12.96**
比導電率 μS/cm	205.32 ± 47.56	242.75 ± 28.77	174.13 ± 36.22**
Na ppm	14.22 ± 2.55	16.00 ± 1.55	12.74 ± 2.26**
K ppm	3.99 ± 3.07	6.21 ± 2.96	2.15 ± 1.61**
Ca ppm	11.66 ± 3.08	13.16 ± 2.70	10.41 ± 2.86**
Mg ppm	4.49 ± 1.69	5.68 ± 1.24	3.51 ± 1.35**
Fe ppm	0.14 ± 0.16	0.21 ± 0.21	0.07 ± 0.05**
Zn ppm	0.03 ± 0.02	0.04 ± 0.03	0.02 ± 0.02**
T. Re. ppm	142.82 ± 34.05	168.20 ± 22.09	121.67 ± 27.15**
深 さ m	6.82 ± 2.09	6.16 ± 1.39	7.36 ± 2.43*
	全 例 n = 19	Mn 0.3ppm < n = 9	Mn 0.3 ppm > n = 10
△ 一般細菌数 ケ / ml	13.16 ± 54.94	0.89 ± 1.36	24.20 ± 75.83
△ Eh mV	484.16 ± 50.02	438.44 ± 26.47	525.30 ± 20.28**

$\bar{x} \pm \sigma$  △一般細菌数とEhはS53年度の成績 \*\* p < 0.01 \* P < 0.05

炭酸カルシウム型が少例見られるが、殆んどが特徴のない型に属する。Mn濃度を0.3ppmで区切っても、両者間に特別な差は見られない。雄物川町雄物川橋下から採水した河川水も同じく特徴のない型に入る。



図一 雄物川町，十字町井戸水の一般主要成分

次にこれら溶存主成分の濃度をヘキサダイアグラム（図6-1，2）で比較した。Mn濃度を0.3 ppm < と 0.3 ppm > のグループに分けて比較したが、0.3 ppm < グループが各成分共平均して0.3 ppm > グループより高濃度

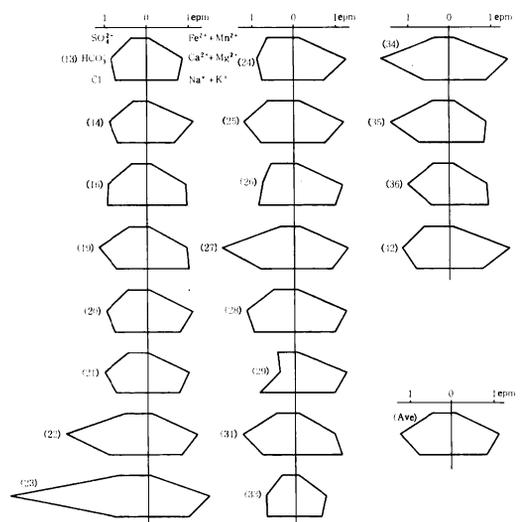


図6-1 雄物川町，十字町井戸水の水質組成Mn 0.3 ppm < グループ

表-2 S51, S52雄物川町, 十字町井戸水の測定項目間の相関

	PH	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	Cl <sup>-</sup>	C-KMnO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SiO <sub>2</sub>	総アルカリ度	総酸度	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	比導電率	Na	K	Ca	Mg	Fe	Zn	T. R.	Depth
Mn	0.16	** 0.81	** 0.47	-0.29	** 0.47	** 0.58	** 0.49	0.23	* 0.35	** 0.59	0.24	** 0.55	** 0.68	** 0.60	** 0.49	** 0.41	** 0.65	** 0.42	0.23	** 0.65	* -0.33
PH		0.06	-0.15	-0.16	-0.22	-0.17	-0.30	** 0.55	** 0.56	** 0.56	-0.67	0.14	0.11	-0.01	-0.04	0.13	0.11	0.16	0.06	0.15	** 0.53
NH <sub>4</sub> -N			** 0.50	-0.25	* 0.33	** 0.67	** 0.57	0.26	0.20	** 0.54	* 0.37	** 0.61	** 0.60	** 0.53	* 0.34	* 0.39	** 0.67	** 0.53	0.29	** 0.56	* -0.35
NO <sub>2</sub> -N				-0.13	0.21	** 0.43	** 0.47	-0.05	0.03	0.27	** 0.54	** 0.44	** 0.40	** 0.43	* 0.36	0.26	** 0.41	** 0.21	0.20	** 0.36	* -0.14
NO <sub>3</sub> -N					0.07	-0.28	0.07	-0.20	0.06	-0.27	-0.26	0.02	0.08	-0.02	0.09	0.10	-0.08	-0.25	-0.13	0.17	-0.07
Cl <sup>-</sup>						** 0.50	** 0.43	-0.05	0.23	0.30	* 0.39	* 0.37	** 0.76	** 0.75	** 0.53	** 0.54	** 0.69	* 0.14	0.09	** 0.70	-0.29
C-KMnO <sub>4</sub>							** 0.51	0.13	-0.17	* 0.37	** 0.64	** 0.43	** 0.53	** 0.61	** 0.46	0.30	** 0.67	* 0.39	* 0.37	** 0.41	** -0.40
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>								-0.24	0.00	0.02	** 0.42	** 0.44	** 0.58	** 0.47	** 0.46	** 0.41	** 0.55	** 0.19	0.28	** 0.58	* -0.31
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>									** 0.40	** 0.54	-0.14	0.26	0.15	0.11	0.04	0.13	0.20	0.24	0.22	0.13	0.29
SiO <sub>2</sub>										** 0.63	** -0.41	* 0.39	** 0.48	0.24	0.10	** 0.53	** 0.40	* 0.33	-0.02	** 0.55	0.22
総アルカリ度											0.02	** 0.49	** 0.63	** 0.55	0.28	** 0.58	** 0.65	** 0.54	0.21	** 0.56	0.11
総酸度												0.22	0.25	* 0.36	0.26	0.17	* 0.37	* 0.17	0.25	0.13	* -0.39
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>													** 0.63	** 0.45	* 0.38	** 0.57	** 0.70	* 0.28	0.12	** 0.63	-0.14
比導電率														** 0.87	** 0.66	** 0.77	** 0.90	* 0.35	0.26	** 0.95	-0.20
Na															** 0.74	** 0.49	** 0.77	** 0.40	* 0.31	** 0.76	-0.21
K																0.19	** 0.46	* 0.29	** 0.36	** 0.58	-0.30
Ca																	** 0.73	* 0.23	** 0.02	** 0.78	-0.02
Mg																		* 0.31	* 0.37	** 0.86	-0.18
Fe																			0.10	0.27	-0.04
Zn																				0.30	-0.20
T. R.																					-0.20

\*\* P < 0.01 \* P < 0.05

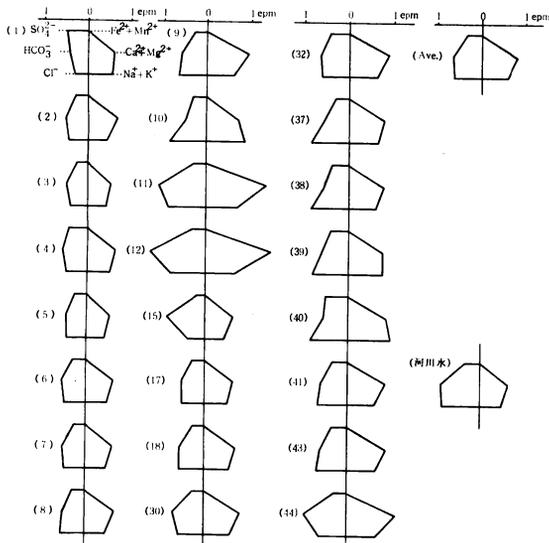


図 6-2 雄物川町，十文字町井戸水の水質組成  
Mn 0.3 ppm > グループ

である。河川水の各主要成分は 0.3 ppm > グループの平均に比して陰イオン濃度が高く、陽イオン濃度が低い。

C. Mn 濃度と他項目濃度との比較

Mn 濃度は他の大多数の測定項目の濃度との間に相関

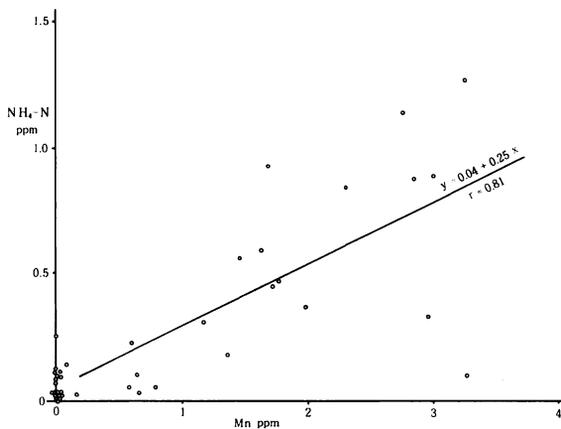


図-7 Mn と NH<sub>4</sub>-N の相関

表-3 S53 雄物川町，十文字町井戸水の測定項目間の相関

	Mn	PH	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	Cl <sup>-</sup>	C - KMnO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SiO <sub>2</sub>
Eh	-0.86**	-0.49*	-0.67**	-0.66**	0.06	-0.75**	-0.29	-0.61**	-0.40	-0.52*
一般細菌	-0.19	-0.25	-0.14	-0.11	-0.12	-0.27	0.04	-0.23	-0.13	-0.07

総アルカリ度	総酸度	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	比導電率	Na	K	Ca	Mg	Fe	Depth	Eh
-0.38	0.55*	-0.54*	-0.67**	-0.59**	-0.58**	-0.48*	-0.61**	-0.43	0.25	
-0.21	0.33	-0.17	-0.30	-0.24	-0.20	-0.25	-0.25	-0.06	-0.16	0.24

\*\* p < 0.01 \* P < 0.05

が見られる。Mn と NH<sub>4</sub>-N の相関 (r = 0.81) や Mn 0.3 ppm < グループでは Fe<sup>2+</sup> の濃度が高い等のことから、還元性であることが類推された。そこで昭和53年度はこれらの井戸水のうち、Mn 濃度の高いものと低いものを比較するために、各10ヶ所位代表的な井戸水を選んで採取し、酸化還元電位 (Eh) を併せて水質を測定した。Mn と Eh には相関が見られる。

IV 検 討

横手盆地の平野部は深さ240m以上に及ぶ堆積層から成る1)。平野部耕地は粘土層が多く、排水が悪いため還元土壌層が多く、一部に泥炭層も見られる2)。

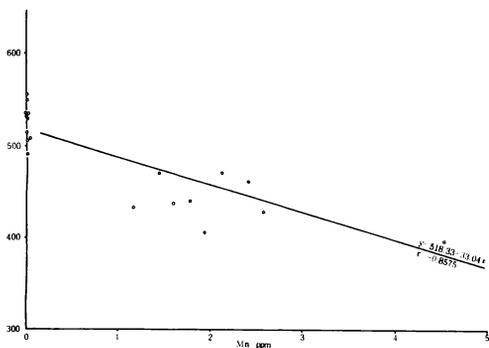


図-8 Mn と Eh の相関

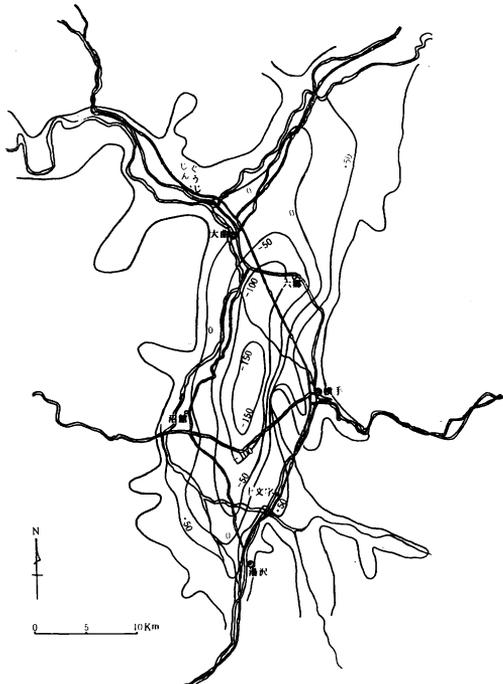


図-9 基底等深線 数字 = m  
小西, 秋田県横手盆地の水理地質学的研究より引用



図-10 泥炭層, 還元性, 酸化性土壌分布概略図  
秋田県農業試験場, 水田及び畑地土壌生産性分級図を参考にした

神宮寺狭窄部によってせき止められたような形で盆地の堆積層には地下水がたたえられ、一つの地下水盆を形成していると考えることが出来る。小西<sup>3)</sup>によれば、本盆地には停滞性地下水域と流動性地下水域があり、ほぼその境界を示すことが出来るといわれる。引用して概略を図11に示す。しかし停滞性地下水層全域が地表まで停

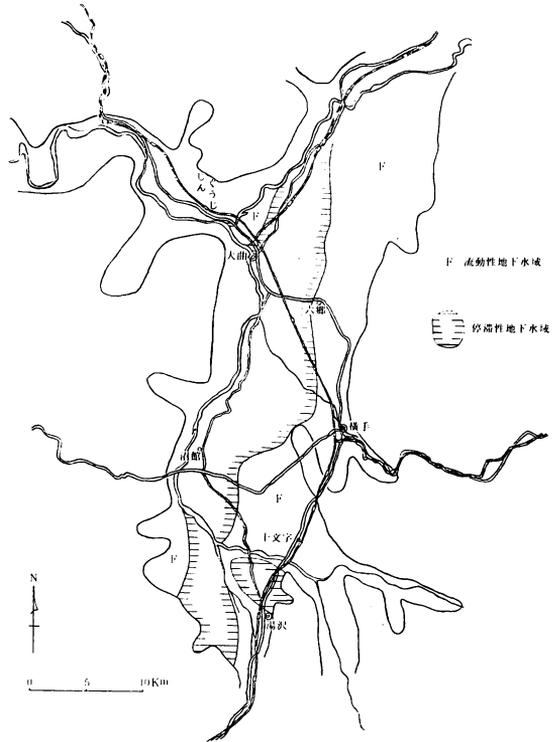


図-11 流動性地下水域と停滞性地下水域  
小西, 秋田県横手盆地の水理地質学的研究より引用

滞性地下水をたたえているのではなく、その上層部には流動性地下水層があると考えられる。これを模式図に示すと図12のようである。一般に土壌のMn, Feは還元雰囲気中で溶出するが、停滞性地下水層は還元性で、Mn, Feの溶出があり、Mn, Fe濃度が高いと思われる。流動性地下水はMn, Fe濃度は低く、流動性地下水と停滞性地下水の境界ではこれら地下水の混り合いも当然起り得ると思われる。又流動性地下水と停滞性地下水の境界面は、平坦なものではなく、相当複雑なものであろうことは、堆積層の組成が一定でないことを考えれば、容易に想像される。地下水は通常流動するにつれて、一般溶存成分が増加するものであるが、本盆地でも、盆地周辺の流動性地下水が流下して、停滞性地下水域に到り、一般溶存成分の増加とともに、還元によるMn溶出、或いは既存の停滞性地下水の混り合いがあるものと想像される。

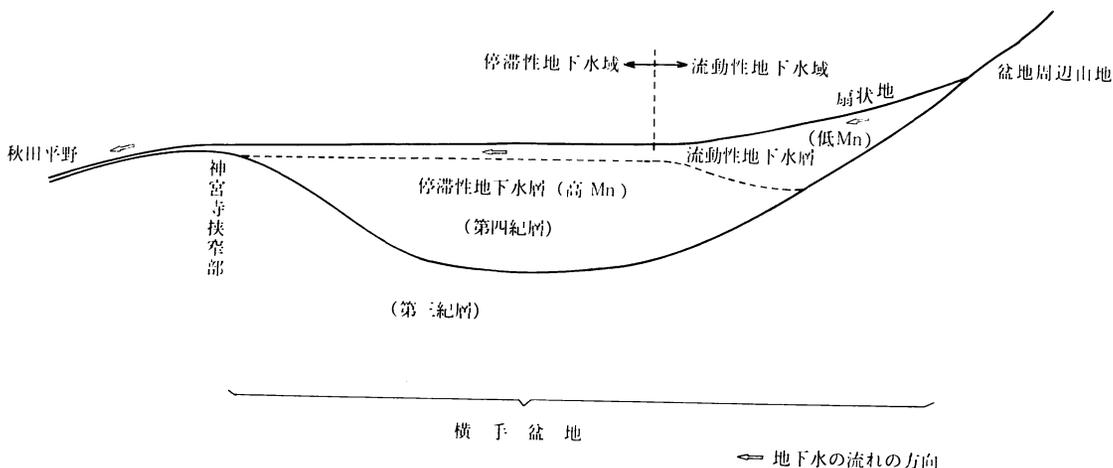


図-12 横手盆地地下水層模式図

雄物川町などは昔から水質が悪く、井戸水のMn濃度が高かったといわれる土地で、その要因が最近の状況変化に伴うものとは考えられない。この地域の井戸もほとんどが浅井戸で、これは深い程Mn、Feが多く、水質が悪くなるという理由によるものである。深い程停滞性地下水の混入量が多くなる故であろうと考えられる。

水質測定の結果、Mnと $\text{NH}_4\text{-N}$ 、Fe、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{C-KMnO}_4$ 、Ehとの間に相関が見られるが、これはMn溶出が還元によるものであることを示唆しているように思われる。EhとFeの間には相関が見られなかった。

荒川<sup>4)</sup>によれば井戸水中のMnが泥炭に起因するといわれるが、泥炭層の存在は地下水の還元性を助長し、Mn溶出の方向へ動くものかも知れない。

## V まとめ

横手盆地の一部井戸水に比較的高濃度のMnを含む領域があり、これは盆地中央部の停滞性地下水域にはほぼ合致している。

停滞性地下水域の井戸水で、Mnを多く含むのは、その要因として本盆地の特殊な地形、地質、水理によるMn

の還元溶出、又は停滞性地下水の混入が疑がわれる。

今後土壌・泥炭等とMn溶出の関係を明らかにして行きたいと考えている。

## 謝辞

本調査に当り御協力を戴いた県環境衛生課、横手保健所、雄物川町、十文字町各当局に感謝致します。又県鉱務課、県農業試験場、県営雄物川筋農業水利事務所、仙北土地改良事務所、雄勝平野土地改良事務所、雄勝農林事務所各位の御指導と御協力を戴きました。併せて感謝申し上げます。

## 文献

- 1) 小西泰次郎：秋田県横手盆地の水理地質学的研究，地質調査所報告，216，30（1966）
- 2) 水田よび畑地土壌生産性分級図，秋田県農業試験場（1969・1974）
- 3) 小西泰次郎：秋田県横手盆地の水理地質学的研究，地質調査所報告，216，24-30（1966）
- 4) 荒川雅男：青森県一農村井戸水のビタミン $\text{B}_2$ 代謝に及ぼす影響，ビタミン19，11（1960）