

## 土壌のCo供給と牧草のCo吸収特性

篠原 功\*・中川浩一\*・原田 勇\*

### Properties of Cobalt Supply from Soils and of Cobalt Uptake by Forage Crops

Isao SHINOHARA, Kouichi NAKAGAWA  
and Isamu HARADA  
(May, 1985)

反芻家畜のCo欠乏症はB<sub>12</sub>欠乏に由来する貧血症であると考えられている<sup>3,9,10</sup>。このビタミンB<sub>12</sub>の欠乏症は多くの場合、食欲不振や増体量の低下として潜在的な段階に留まる。これはCoが反芻家畜の第一胃内の微生物によるビタミンB<sub>12</sub>合成に不可欠な要素として作用し、その補給は第一胃内の微生物の共生活動に依存しているからである<sup>11</sup>。しかしながら、このCoの供給が土壌や飼料からなされないならば、Co欠乏によるビタミンB<sub>12</sub>の合成が不可能となり、その欠乏が問題となってくる。そこで、この土壌あるいは飼料中のCo濃度を指標として、また、土壌および牧草中のCo分布を明らかにする必要がある。CoはCuおよびFeなどの元素と異なり肝臓にも体内の他の部分にも蓄積されず、したがって、蓄積成分への依存度は著しく低いため、常に飼料として摂取が必要であると考えられている<sup>2,10,11</sup>。一般に、反芻家畜のCo欠乏症発症限界値は飼料乾物当り0.07 ppmとされている。最近、石井ら<sup>4</sup>)は、Co濃度が0.040~0.065 ppmの乾草を長期間給与し、人工的にCo欠乏症を発症させることに成功している。このように、飼料中のCo濃度の多少はただちに家畜のCo栄養に影響する特性がある。すなわち、反芻家畜の粗飼料依存度が高まるにつれ、牧草のCo濃度が直接的に家畜のCo栄養に影響をおよぼすと考えられる。

そこで、本研究では土壌のCo供給と牧草のCo吸収特性を解明するため、野幌重粘性洪積土壌にアルファルファ (*Medicago sativa* L.) とオーチャードグラス (*Dactylis glomerata* L.) を栽培し、Coの天然供給条件および塩化コバルト (CoCl<sub>2</sub>) 施与条件下での牧草の

\* 酪農学科，土壌肥科学研究室

Laboratory of Soil Science and Plant Nutrition, The College of Dairying, Ebetsu, Hokkaido 069, Japan

Co 吸収特性と牧草に有効な土壌 Co 測定法を検討した。また、これを「草地土壌の長期栄養管理に関する研究」のため道央の 4 種類の成因別土壌に造成したアルファルファとオーチャードグラス単播草地について、土壌と牧草の両面から Co 供給の実態を把握しようとした。その概要を以下に記述する。

### 実験材料ならびに方法

#### 1) 供試土壌の特性および牧草栽培法

供試土壌は野幌重粘性洪積土壌（以下洪積土壌と呼ぶ）で、その理化学性は、 $H_2O$ -pH 6.23, N-KCl pH 5.21, 全窒素は 410 mg N/100 g 乾土, 有効態 (Bray の 1 法) 磷酸 28.1 mg  $P_2O_5$ /100 g 乾土, 交換性加里 7.4 mg  $K_2O$ /100 g 乾土, 交換性石灰 141 mg CaO/100 g 乾土, 交換性苦土 6.3 mg MgO/100 g 乾土であった。また、土壌の Co 含量は乾土中 Co として、2.5% 酢酸抽出で 0.45 ppm, N 酢酸アンモニウム・pH 4.5 液抽出で 0.62 ppm, 0.1 N 塩酸抽出で 1.04 ppm であり、沸化水素酸分解による全 Co 濃度は 26.0 ppm である。この圃場に 1 枠を  $1 m^2$  として、Co は  $CoCl_2$  を用い Co として 0, 0.1, 0.2, 0.4 および  $0.8 g/m^2$  の 5 段階を設け、多量要素は尿素 2.5 g, 燐安 32.3 g, 硫加 30.0 g, 炭カル 179 g, 炭マグ 42 g および FTE  $2.0 g/m^2$  をそれぞれ施与した。そして、1982 年 5 月 5 日アルファルファとオーチャードグラスをそれぞれ単播として計 10 枠を設け 8 月 11 日に 1 番草, 10 月 9 日に 2 番草を収穫した。土壌は牧草収穫ごとに採取した。植物体は  $70^\circ C$  で 48 時間通風乾燥後粉末試料として、また、土壌は風乾後細土として、それぞれ化学分析に供した。

また、道央に分布する成因別土壌の Co 供給力とそこに栽培された牧草の Co 吸収力の検討のための分析試料には「草地土壌の長期栄養管理に関する研究」のための試料を供試した。すなわち、道央の野幌重粘性洪積土壌（以下洪積土壌と呼ぶ）、石狩川河成沖積土壌（以下沖積土壌と呼ぶ）、美唄高位泥炭土壌（以下泥炭土壌と呼ぶ）および植苗粗粒性火山土壌（以下火山土壌と呼ぶ）に造成したアルファルファ単播草地とオーチャードグラス単播草地の造成 4・5 年目の土壌および牧草である。

#### 2) 分析法

土壌 Co の定量；全 Co は、細土を硫酸一過塩素酸混液で分解し、さらに、沸化水素酸で分解後、その分解液にクベロンを加え Co のキレート化合物をつくらせ、それを MIBK 層に吸収濃縮したもの<sup>8)</sup>を、また、可溶性 Co については、0.1 N 塩酸、2.5% 酢酸、N 酢酸アンモニウム (pH 4.5) で、それぞれ振とう抽出したものを、原子吸光法により定量した<sup>1,12)</sup>。

牧草中 Co の定量；粉末試料を硝酸で予備分解後、硝酸、硫酸、過塩素酸で加熱分解し、

その後塩酸で溶解し、その珪酸分離液にクペロンを加え以下土壌の全 Co と同様に原子吸光法により定量した<sup>7)</sup>。

なお、土壌および牧草の多量要素の分析は常法によった。

### 結果および考察

#### 1) 牧草の Co 吸収と土壌 Co の化学的測定法の検討

土壌中 Co の化学的抽出法と牧草中 Co 濃度との関係は Fig. 1 に示したごとくである。

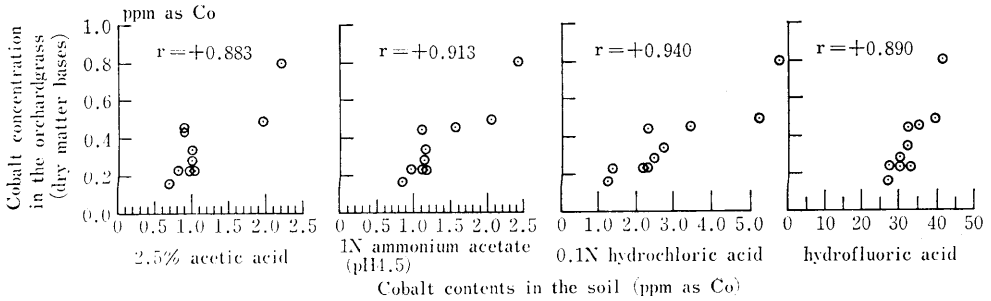


Fig. 1. Relationship between cobalt concentration in orchardgrass and contents of cobalt extracted by 2.5% acetic acid, 1N ammonium acetate, 0.1N hydrochloric acid and hydrofluoric acid from the soils.

2.5% 酢酸抽出による土壌の Co 含量は 0.60~3.60 ppm Co/乾土、N 酢酸アンモニウム抽出によるそれは 0.80~3.65 ppm Co/乾土、0.1N 塩酸抽出によるそれは 1.20~9.50 ppm Co/乾土および沸化水素酸分解抽出によるそれは 26~42 ppm Co/乾土であった。これらの抽出 Co 含量と牧草乾物中 Co 濃度との間には Fig. 2 に示したごとくそれぞれ  $r=0.883$ ,  $r=0.913$ ,  $r=0.940$  および  $r=0.890$  の高い相関係数が得られた。

そこで、本報では土壌の全 Co 測定法として沸化水素酸分解法を用いた。また、牧草に吸収される土壌 Co 測定法としては 0.1N 塩酸抽出法を用いることにする。

#### 2) 成因別土壌の Co 含量

成因別土壌の全 Co 含量と植物に吸収可能な Co 含量 (0.1N 塩酸抽出) は Fig. 2 に示すごとくであった。道央に分布する成因別土壌の全 Co 濃度は、高い順に、火山土壌は 45~65 ppm で、平均 55.3 ppm、沖積土壌は 32~44 ppm で、平均 37.1 ppm、洪積土壌は 26~44 ppm、平均 33.6 ppm および泥炭土壌は 6~12 ppm で、平均 8.8 ppm であった。また、植物に吸収可能な Co 含量は、高い順に、沖積土壌 1.38~2.65 ppm で、平均 2.05 ppm、洪積土壌は 0.89~2.25 ppm、平均 1.41 ppm、泥炭土壌は 0.50~1.90 ppm で、平均 1.38 ppm および火山土壌は 0.43~1.75 ppm で、平均 1.14 ppm であった。

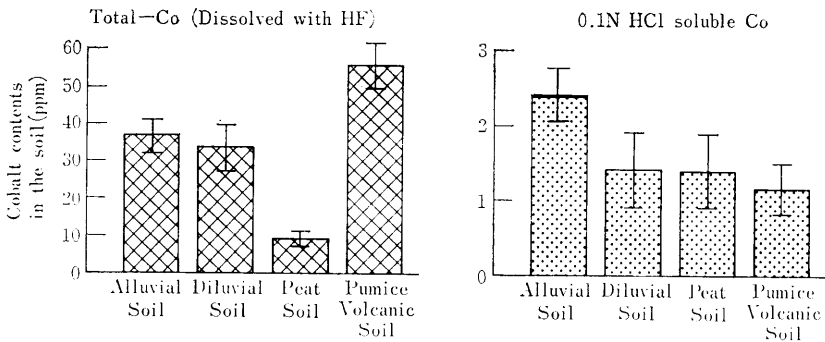


Fig. 2. Cobalt concentration in the 4 different soils.

以上のことから、土壌の Co 含量は成因別土壌間でかなり相違しており、また、土壌の全 Co 含量と牧草に吸収された Co 濃度の分布傾向はかならずしも一致せず、また粗粒性火山土壌でも低いことが明らかになった。このことは先に道東の火山性土壌において調査研究した小林<sup>5)</sup>の指摘と一致していた。土壌の Co 含量の多少は土壌の母材に由来するものであるが、三木<sup>6)</sup>は東北海道に分布する火山性土壌を対象に Co を分析しその全含量は 2.9~46.6 ppm の範囲にあったとしている。本実験の材料には非火山性土壌を含んでいるが、全 Co 含量は三木の結果とほぼ同様の範囲にあったと言える。

### 3) 成因別土壌の 0.1 N 塩酸抽出 Co 含量と牧草乾物中 Co 濃度の関係

上記 4 種の成因別土壌に生育した牧草 (1 番草) の乾物中 Co 濃度はアルファルファで 0.16~0.57 ppm Co, オーチャードグラスで 0.11~0.32 ppm Co を示した。先の土壌中 0.1 N 塩酸抽出 Co 含量とアルファルファの Co 濃度との間には  $r=0.422$ , また、オーチャードグラスの Co 濃度との間には  $r=0.901$  の相関係数が得られた (Fig. 3)。このように、オーチャードグラスでは相関が高いが、アルファルファで低いのは前者が多数の毛細根を表層

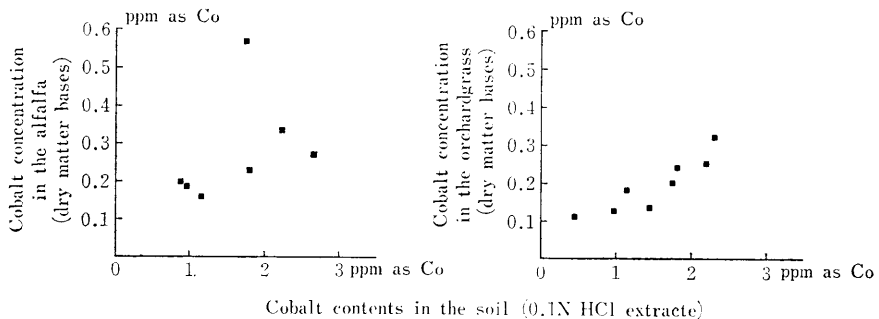


Fig. 3. Relationship between cobalt concentration in the plant and contents of cobalt extracted by 0.1 N hydrochloric acid from the soil.

に分布させるのに、後者のアルファルファは毛細根が少なく、少数の直根という根の形態による根圏分布の相違と関連しているのではないかと考えられる。

4) 施与 Co に対する土壌および牧草の反応

a) 牧草の乾物量

牧草の乾物量は Fig. 4 に示したごとくアルファルファでは 260~414 g/m<sup>2</sup> となり施与 Co の増加にもなってやや低下するが全般的にはほとんど変化しなかった。しかし、オーチャードグラスのそれは 86~280 g/m<sup>2</sup> で、施与 Co の増加にもなってかなり低下した。これは Co 過剰によるものと考えられた。

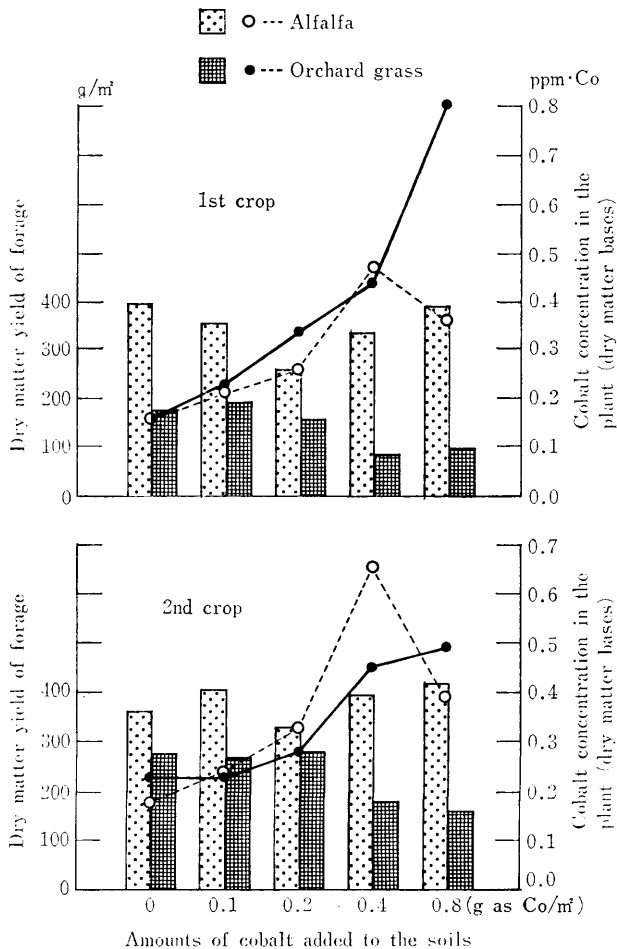


Fig. 4. Relationship between the amount of cobalt added to the soils and concentration of cobalt in the plants.

b) 牧草の Co 濃度

牧草乾物中の Co 濃度は、アルファルファで 0.16~0.66 ppm, オーチャードグラスのそれは 0.16~0.80 ppm であった。そしていずれの牧草も施与 Co の増加にともなって乾物中 Co 濃度はおおむね増大した。そして、この傾向はいずれの牧草も、1・2 番草間での特異的差異は認めがたかった。また、牧草吸収 Co 量も Fig. 5 に示したごとく施与量の増加で増大した。

c) 土壌の Co 含量

Co 施与土壌の Co 含量は全 Co で、アルファルファ 2 番草刈取跡地土壌は 27~40 ppm Co/乾土, オーチャードグラスのそれは 27~39 ppm Co/乾土であり, またこれら土壌の植物に吸収可能な Co 含量はアルファルファで 1.25~6.50 ppm, オーチャードグラスで 1.35

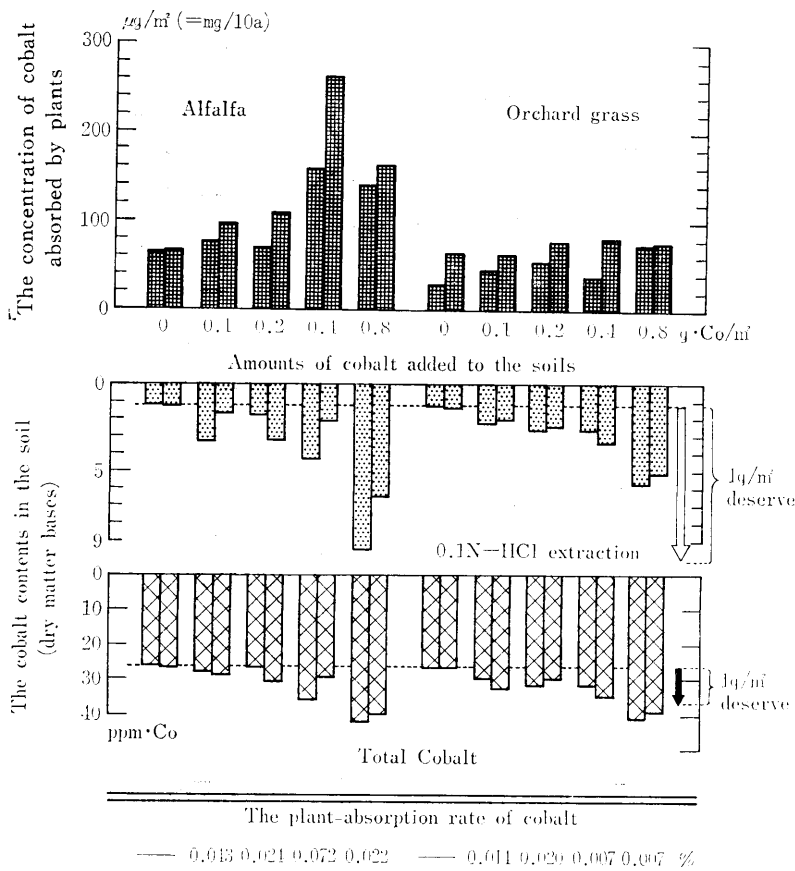


Fig. 5. Relationship between 0.1 N HCl extractable cobalt and total cobalt contents in the soil and the cobalt absorbed by plants.

~5.20 ppm であった。いずれも施与 Co の増加にともなって増大しており、その増大部分についてのみ吸収可能な Co 含量と全 Co 含量は同程度であった。このことから施与 Co は 4 カ月程度の期間では土壌中でほとんど移動せず表層土壌に吸収可能な形態のまま保持されることが明らかとなった。したがって、かりに Co 不足地帯で牧草に Co を施与する場合、先のオーチャードグラス乾物量の低下がみられたことなどからみて、施与 Co 量は 1 kg Co/ha で十分であり、それよりもかえって過剰施肥にならぬような配慮が必要であると考えられる。

なお、本実験に供試したすべての牧草の Co 濃度は、反芻家畜に Co 欠乏症が発生するとされている乾物中の Co 濃度 0.07 ppm Co を上回っていた。

また、土壌および牧草の Co とビタミン B<sub>12</sub> の関連については今後の検討課題とする。

## 摘 要

コバルト (Co) はビタミン B<sub>12</sub> の構成元素であり、反芻家畜の栄養障害の中にはビタミン B<sub>12</sub> 欠乏に由来する貧血症が見い出されている。また、食欲不振や増体量の低下をともなう潜在的な段階に留まるものも報告されている。しかしながら、この判定は困難であり、土壌あるいは飼料の Co 濃度を測定することにより、その判定が可能であるとも考えられている。

そこで、本研究では牧草に吸収可能な土壌 Co 測定法の確立とそれに基づく成因別土壌の Co 含量および施与 Co に対する牧草の Co 吸収特性について検討した。なお Co の定量は原子吸光法によった。

結果は以下のようであった。

1) 土壌中の 0.1 N HCl 可溶 Co 含量とオーチャードグラス乾物中 Co 濃度の間には  $r=0.940$  の関係が認められた。

2) 成因別土壌の乾土中全 Co 含量は粗粒火山土壌で 45~65, 沖積土壌で 32~44, 洪積土壌で 26~44 および高位泥炭土壌で 6~12 ppm Co であった。また 0.1 N HCl 可溶 Co 含量は沖積土壌で 1.38~2.65, 洪積土壌で 0.89~2.25, 高位泥炭土壌で 0.50~1.90 および粗粒火山土壌で 0.43~1.75 ppm Co であった。

3) これに対し牧草乾物中 Co 濃度はアルファルファで 0.16~0.57, オーチャードグラスで 0.11~0.32 ppm Co を示し、土壌中の 0.1 N HCl 可溶 Co 含量とアルファルファの Co 濃度の間には  $r=0.422$ , また、オーチャードグラスの Co 濃度との間には  $r=0.901$  の相関係数が得られ、この両牧草間の差異は根圏布の相違と関連していると考えられた。

4) 洪積土壌に  $\text{CoCl}_2$  を用い Co を  $0\sim 0.8 \text{ g/m}^2$  施与したときの牧草の反応は施与量の

増加にもなつてフルファルファ乾物中 Co 濃度は 0.16~0.66, オーチャードグラスのそれは 0.16~0.80 ppm Co まで上昇し, Co 吸収量も増大した。

5) 本実験に供試したすべての牧草の Co 濃度は反芻家畜に Co 欠乏症が発生するとされている乾物中の Co 濃度 0.07 ppm Co を上回っていた。

なお, 土壌および牧草の Co とビタミン B<sub>12</sub> の関連については今後の検討課題とする。

## 文 献

- 1) 土壌養分測定法委員会編 (1970); 肥沃度測定のための土壌養分分析法, p. 399-403, 養賢堂.
- 2) Flodh, H. (1970); Distribution and kinetics of CoCl<sub>2</sub> and labelled B<sub>12</sub> using autoradiography and impulse counting. /Mills, C. F.; Trace Element Metabolism in Animals. p. 67-69. E & S Livingstone.
- 3) 原田 勇 (1979); 牧草の栄養と施肥, p. 46, 養賢堂.
- 4) 石井 幹・久保田義正・安部直重・高崎宏寿・大宮正博・丸山恭仁子・金子香代子 (1981); 低コバルト牧草の長期給与が反芻家畜の栄養に及ぼす影響 (5), Vol. 35, No. 8, p. 991-996, 畜産の研究.
- 5) 小林義之 (1981); 土壌コバルトの分布とその特徴. 土肥誌, 52, 6, p. 392-400.
- 6) 三木直人・近堂祐弘・田村昇市 (1975); 東北海道に分布する火山性土壌の微量要素. 帯畜大研報, 9, 547.
- 7) 作物分析法委員会編農林省農林水産技術会議事務局監修 (1983); 栄養診断のための栽培植物分析測定法, p. 60-63, 養賢堂.
- 8) 庄子貞雄・三枝正彦・海老原学 (1980); 火山灰のコバルト含量について. 土肥誌, 514, p. 33.
- 9) シュコーリニク, Ja, M. 著, 原田竹治訳, 藤原彰夫監修 (1982); 植物の生命と微量元素, p. 298-319, 農文協.
- 10) Smith, R. M. and Gawthorne, J. M. (1974); The biochemical basis of deficiencies of zinc, manganese, copper and cobalt in animals. /Nicholas, D. J. D. and Adrian R. Egan; Trace elements in soil-plant-animal system. p. 243-258. Academic press Inc.
- 11) Underwood E. J. 著, 日本化学会訳編 (1975); 微量元素“栄養と毒性” p. 137-167, 丸善.
- 12) 渡辺 裕・寺沢四郎著 (1977); 生態学研究法講座, 29. 環境測定法 III 一農地土壌一, p. 164-166 および p. 178-180, 共立出版.

## Summary

Cobalt is not an essential nutrient for plant growth, but it is essential for animal health. Cobalt also is one of composite element of vitamin B<sub>12</sub>. While deficiency of cobalt as a trace element is reported in many parts of the world, however, the cause of this disease can only be found by the approach from animal diagnosis. Therefore we investigated the cobalt supply from four typical different soils in the Hokkaido, and the uptake of cobalt by forage crops. The cobalt was analyzed by atomic absorption spectrophotometer.

The results of this investigation was as follows ;

1) The correlation coefficient between the content of cobalt extracted from the diluvial soils by 0.1 N hydrochloric acid and the concentration of dry matter of orchardgrass was  $r=0.940$ .



2) The total cobalt content of four different soils were from 45 to 65 ppm for pumice volcanic soil, from 32 to 49 ppm for alluvial soli, from 26 to 44 ppm for diluvial soil, and from 6 to 12 ppm as Co for peat soil. The content range of cobalt extracted from these soils by 0.1 N hydrochloric acid were from 1.38 to 2.65 ppm for alluvial soil, from 0.89 to 2.25 ppm diluvial soil, from 0.50 to 1.90 ppm for peat soil, and from 0.43 to 1.75 ppm as Co for pumice volcanic soil.

3) The ranges of cobalt concentration in forage crops grown on these four soils were from 0.16 to 0.57 for alfalfa, and 0.11 to 0.32 ppm for orchardgrass. The relationship between the content of cobalt extracted from soil by 0.1 N hydrochloric acid and the cobalt concentration in the alfalfa was  $r=0.42$ , and in orchardgrass was  $r=0.90$ .

4) When cobalt was added to the soils (from 0 to 0.8 g Co/m<sup>2</sup> with CoCl<sub>2</sub> in diluvial soil), these cobalt concentrations in alfalfa were increased from 0.16 to 0.66 ppm, and in the orchardgrass from 0.16 to 0.80 ppm, but the yield of the plants were gradual decreased.

Therefore, it was suggested that cobalt supply from soil to forage crop was different from the four soils in the Hokkaido, and cobalt added to the soil improved the cobalt concentration in forage crops.