HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Die Vulkantätigkeit und der Plutonismus im Fernen Osten : Teil 1. Vulkäntatigkeit im Fernen Osten, unter besonderer Berücksichtigung der chronologischen Beziehungen
Author(s)	Minato, Masao
Citation	Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University. Series 4, Geology and mineralogy, 11(3), 481-506
Issue Date	1962-03
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/35931
Type	bulletin (article)
File Information	11(3)_481-506.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

DIE VULKANTÄTIGKEIT UND DER PLUTONISMUS IM FERNEN OSTEN

Teil 1. Vulkantätigkeit im Fernen Osten, unter besonderer Berücksichtigung der chronologischen Beziehungen

Von

Masao MINATO

Hokkaido Univ., Sapporo, Japan

(Mitteilung aus dem geolog- und mineralogischen Institut, Naturwissenschaftliche Fakultät, Hokkaido Universität, Nr. 863)

Inhalt

Seite

Einleitung 482
1. Paläozoikum 483
Mittelsilur 483
Obersilur 484
Unterdevon 484
Mitteldevon 485
Oberdevon 485
Unterstes Karbon 487
Unterkarbon 488
Oberstes Unterkarbon einschliesslich Namur 491
Oberkarbon 493
Unterperm 495
Mittelperm 496
Oberperm 497
2. Mesozoikum und Alttertiär 497
Trias bis Mitteljura 497
Oberjura 499
Kreide 499
Alttertiär 500
3. Jungtertiär bis Gegenwart 500
Miozän 501
Pliozän 501
Frühpleistozän 502
Spätpleistzän 502
Holozän 504
4. Zeitliche und räumliche Verteilung der Vulkantätigkeit 504
5. Literaturverzeichnis 505

Einleitung

Während seines Aufenthaltes in Europa von Dezember 1958 bis April 1960, hat der Verfasser Vorlesungen über Tektonik und Magmatismus des Fernen Ostens im geologischen Institut der Univ. Stockholm und dem mineralogischen Institut der Univ. Uppsala gehalten.

Diese Vorlesung wurde gehalten, um den Studenten eine allgemeine Erkenntniss der Geologie der Japanischen Inseln, sowie ihres benachbarten Festlandes einschliesslich der Kurilen-, Ryukyu- und Izu-Mariana Inselketten zu geben.

Im vorliegender Aufsatz werden im ersten Teil, insbesondere die Hauptpunkte der geochronologischen Verbreitung des Vulkanismus im Fernen Osten kurz zusammengefasst.

Im zweiten Teil dieser Arbeit wird der Plutonismus beschrieben, und im dritten Teil wird die Beziehung zwischen der Geotektonik und dem Magmatismus zusammengefasst; z. B. wird die Verschiedenheit im Magmatismus zwischen dem Festland und den Inselketten entlang des Pazifischen Ozeans sowie die Veränderung des Magmatismus während jeder Geosynklinalgeschichte von der Entwicklung bis zum Verschwinden, sowie die räumliche Wanderung der magmatischen Gürtel durch die geologischen Zeitalter im Fernen Osten kurz zusammengefasst.

Der gleiche Vortrag wurde auch im geol.-paläont. Institut der Univ. Münster, im geol. Inst. der Univ. Bonn, im geol. Inst. der Univ. Köln, im geol.-paläont. Inst. der Univ. Frankfurt am Main und im geol.-paläont. Inst. der Univ. Tübingen gehalten.

Der Verfasser muss hier bezeugen, dass er bei seinen Vorlesungen durch freundliche Kritik und Fragen von vielen Professoren viel lernen konnte.

Bevor der Verfasser in die Beschreibung eingeht, möchte er vor allem Herrn Prof. I. HESSLAND, Stockholm, für seine ihm jeder Zeit erwiesene freundliche Hilfe während seines Aufenthaltes in Stockholm und seine freundliche Kritik danken. Herzlichen Danke gebührt auch Herrn Prof. S. GAVELIN: Stockholm; Herrn Prof. E. NORIN und Herrn Prof. P. THORSLUND im Uppsala; der Herren Professoren F. LOTZE und A. VON SCHOUPPÉ in Münster; den Herren Professoren R. BRINKMANN, J. FRECHEN, H. ERBEN, H. GERTH, P. WOLDESTEDT, C. TROLL, W. BIERTHER und R. HOEPPONER in Bonn; den Herren Professoren M. SCHWARZENBACH und H. MURAWSKI in Köln; den Herren Professoren K. KREZCI-GRAF, R. KRAÜSEL, in Frankfurt am Main; den Herren Professoren O. SCHINDEWOLF, W. SCHÖNENBERG und H. HÖLLDER in Tübingen, für erwiesene freundliche Anregung und Kritik. Besonders ist der Verfasser Herrn Prof. J. FRECHEN sehr dankbar, dass er freundlicherweise das Manuskript für die Vorlesung geschrieben hat. Weiter wäre Herrn Prof. H. STILLE, Hannover, für seine Kritik und seine Anregungen hinsichtlich der vorliegenden Arbeit zu danken, da er dem Verfasser persönlich unterrichtet hat, als er küzlich in Hannover war. Der Verf. ist auch den Herren Professoren A. BENTZ, W.

SCHOTT, Herrn Dr. E. MALZAHN Herrn Dr. H. SCHNEIDER und Herrn Dr. A. SCHREIBER für seine freundliche Hilfe während seines Aufenthaltes in Hannover sehr dankbar.

Ferner ist der verfasser auch Herrn Prof. F. KAHLER, Klagenfurt, Herrn Prof. K. FELSER, Leoben und Herrn Prof. H. FLÜGEL, Graz für ihre freundliche Diskussion und Kritik über die vergleichende Tektonik der jüng-palaeozoischen Gebirgesbildung sehr dankbar. Ferner muss der Verfasser hier erwähnen, dass diese Arbeit nicht nur auf des Verfassers Untersuchungen basiert, sondern auch auf mehreren Ergebnissen des Forschungen des In-und Ausslandes begründet ist. Der Verf. hat lange über das Palaeozoikum Japans und des nordöstl. China gearbeitet, und ist öfters in vulkanischen Gebieten, wie auf der Honshu- und Hokkaido-Insel, auf den Kurilen, auf den Ryukyu-Inseln und in Indonesien gewesen.

Der Verfasser dankt hier mehreren Fachleuten aus diesen Arbeitsgebiet, besonders dankt der Verfasser Herrn Prof. J. SUZUKI für freundliche Unterrichtung hinsichtlich der Vulkangeologie auf der Ryukyu und Kurilen Inseln; der Herren Professorer T. ISHIKAWA, M. HUNAHASHI und S. HASHIMOTO für die Honshu- und Hokkaido-Insel, Herrn Prof. S. NISHIDA für die allgemeine Geologie der Mandschurei. Die neuen Veröffentlichungen, wie Nalvikins Geologie der USSR, und Liu Hung Yüns Palaeogeographie von China sind für die Zusammenfassung der Vulkantätigkeit auf dem Festland des Fernen Ostens sehr nützlich, dafür muss der Verfasser herzlich danken.

1. Paläozoikum

Mittelsilur:

Die ältesten bis jetzt bekannt gewordenen Sedimente der japanischen Inseln mit Einschluss der Izu-Mariana-, Ryukyu- und Kurilen-Inselbögen gehören, soweit man das aus dem Auftreten von Fossilien beurteilen kann, ist das Mittelsilur. Dieses tritt in charakteristischer Ausbildung in den Kitakami-Bergen im nordöstlichen Honshu auf, wo es unter der Bezeichnung "Kawauchi-Serie" zusammengefasst wird. Die ungefähr 320 m mächtige Serie besteht überwiegend aus Kalkstein, mit dem schwarze Schiefer wechsellagern. Graptolithen wurden in diesen Schichten noch nicht gefunden. Dagegen treten Stromatoporen und Tabulata und Rugosa zusammen mit Bryozoen und Kalkalgen im Kalkstein häufig auf, während Trilobiten sich vereinzelt im den schwarzen Schiefer finden. Unter diesen treten am häufigsten auf: *Halysites kitakamiensis* SUGIYAMA, *H. japonicum* SUGIYAMA, *Heliolites decipens* (M'COY), *H. bohemicus* WENTZEL, *H. barrandei* (HOERNES), *Tryplasma onukii* SUGIYAMA, *T. japonicum* SUGIYAMA, *Clathrodictyon onukii* SUGIYAMA, *C. tenuilaminatum* SUGIYAMA, C. *giganteum* SUGIYAMA, *Actinostroma yabei* SUGIYAMA, *Monotrypella*, *Solenopora* und *Encrinus* (*Coronocephalus*).

Nach Ansicht des Verfassers ist das Auftreten der Korallen *Nipponophyllum*, *Cystiphyllum*, *Tryplasma*, *Helminthidium*, *Spongophyllum* und

Rhizophyllum hervorzuheben. Unter diesen steht *Nipponophyllum* in enger Beziehung zu *Baeophyllum*, das von Hill aus dem Silur von Ostaustralien beschrieben wurde.

Vulkanische Gesteine und Tuffe sind in dem obengenannten Standardvorkommen der Kawauchi-Serie sehr selten. Im basalen Teil der Schichtfolge sind in die Kalksteine- stellenweise dünne Lagen von brekziierten basischen Tuffen eingeschaltet, deren Mächtigkeit zusammen etwa 10 m beträgt.

Inzwischen wurden Sedimente, die der Kawauchi-Serie stratigraphisch entsprechen, an vielen Stellen der japanichen Inseln festgestellt. Sie treten auf der Insel Shikoku und dem zentralen Teil von Kyushu, ausser dem Kitakami-Gebirge auf.

Die von anderen Autoren als mittelsilurisch beschriebenen mächtigen Ablagerungen saurer Tuffe in Japan, vor allem in der Insel Shikoku lassen sich z.Z. noch nicht sicher vergleichen. Der Verfasser hält es für sehr wahrscheinlich, dass sie auf Grund der stratigraphschen Zusammenhänge im Kitakami-Gebirge, dem best untersuchten paläozoischen Gebiet Japans, zum grössten Teil nicht dem Silur angehören, sondern in das Unterdevon zu stellen sind.

Obersilur:

Im Kitakami-Gebirge wird die Kawauchi-Serie konkordant von der Takainari-Serie überlagert, die mit weniger als 60 m eine verhältnismässig geringe Mächtigkeit aufweist. Sie besteht aus roten und grünen Kieselschiefer (Radiolariten), die mit Ausnahme der Radiolarien keine Fossilien enthalten. Auf Grund der stratigraphishen Position können sie aber mit grosser Wahrscheinlichkeit dem Obersilur zugeordnet werden. Sie sind sowohl im Kitakami-Gebirge, wie auch an allen anderen Stellen Japans, an denen sie auftreten, frei von vulkanischen Einschaltungen.

Unterdevon:

Auf die Takainari-Serie folgt im Kitakami-Gebirge die Ohno-Serie, deren stratigraphischer Zusammenhang mit der erstern noch nicht sicher bekannt ist. Doch scheint keine grössere Diskordanz zwichen ihnen aufzutreten. Die Gesamtmächtigkeit der Ohno-Serie wird auf mindestens 340 m geschätzt. Hiervon bestehen nicht weniger als 73% aus Vulkaniten, unter denen Sille und Ströme von Dazit, Andesit, Latit, Keratophyr, Quarzkeratophyr und die zugehörigen Tuffe vorherrschen. Der übrige Anteil dieser Serie besteht aus Kieselschiefer, Schiefer und wenig Kalkstein. Aus dem in den Basisbereich dieser Serie eingeschalteten Kalkstein sind die folgenden.

Fossilien bekannt geworden: *Thamnopora cristata* (BLUMENBACH), *Favosites* cf. *styriaca* PENECK, *Actinostroma* cf. *salavicum* YAVORSKY, ? *Hexagonaria*, *Spongophyllum* etc. Es sei hervorgehoben, dass die meisten vulkanischen Produkte der Ohno-Serie sauren und schwach alkalischen Chemismus besitzen. Der Ohno-Formation entsprechende Ablagerungen mit Fossilien sind in Japan ausserhalb des Kitakami-Gebirges noch nicht festgestellt worden. Es ist aber

möglich, dass die Serie auf den japanischen Inseln, vor allem auf Shikoku, weit verbreitet ist. Nach J. SUZUKI (s. M. MINATO, 1957) enthält der in Shikoku in grösserer Ausdehnung entwickelte völlig fossilfreie Oboke-Komplex verschiedene Arten metamorpher Gesteine, von denen einige auf Grund ihrer Ausbildung den vulkanischen Bildungen der Ohno-Serie ähnlich gewesen sein mögen.

Mitteldevno:

Die Ohno-Serie des Kitakami-Gebirges wird von der Nakazato-Serie überdeckt. Die stratigraphischen Beziehungen zwischen ihner sind noch nicht genau bekannt. Im basalen Teil der Nakazato-Serie treten sehr grobkörnige Brekzientuffe und Blocktuffe bis zu einer Gesamtmächtigkeit von 110 m auf. Ihr Chemismus ist ausschliesslich basaltisch.

Die Mächtigkeit der Nakazato-Serie beträgt mehr als 730 m. In ihrem oberen Teil finden sich einige fossilreiche Schichten, deren Fossilinhalt darauf hinweist, dass sie wahrscheinlich mitteldevonisch ist. M. OKUBO (1956) beschreibt die folgenden Brachiopoden: *Stropheodonta cymbiformis* SWALLOW, *S. boonensis* SWALLOW, *Meristella* sp., *Camarotoechia tethys* (BILLINGS), *Atrypa pauciplicata* OKUBO, *Ambocoelia umbonata* (CONRAD), *Cyrtia heteroclyta* (DEFREANCE), *Spirifer* cf. *speciosa* (SCHLOTHEIM), *Elytha fimbriatus* (CONRAD), ausserdem die Trilobiten *Phacops nonakai* OKUBO und *Bronteus* (*Thysanopeltis*) *paucispinosa* OKUBO.

Oberhalb der basalen pyroklastischen Ablagerungen besteht die Nakazato-Serie grösstenteils aus schwarzen Schiefer, in die dazitische und keratophyrisch Ströme und Tuffe, besonders in der unteren Hälfte eingeschaltet sind. Im oberen Teil der Schichtfolge treten wieder basische Tuffe in geringer Mächtigkeit auf. Die Gesamtmächtigkeit der vulkanischen Ablagerungen kann auf ungefähr 200 m geschätzt werden, das sind fast 27% des Schichtenkomplexes.

Das besondere Merkmal der vulkanischen Bildungen dieser Serie besteht darin, dass sie zu unterst basisch, in den mittleren Teilen sauer und schwach alkalisch und oben wieder basisch sind.

In Japan konnte ausserhalb des Kitakami-Gebirges noch eine Formation festgestellt werden, die sich durch Fossilführung mit der Nakazato-Serie parallelisieren lässt. Das ist die Kamitakara Formation im Hida Gebirge in Norden von Zentral-Honshu, die das sog. Hida-gneis umschliesst. Die Kamitakara Formation schliesst auch dünne Tuffe von Keratophyr ein. Der obere Teil des Oboke-Komplexes, der in Shikoku eine weite Verbreitung besitzt, ist auch sehr wahrscheinlich mit ihr gleichaltrig.

Overdevon:

Fossilführendes Oberdevon ist im Kitakami-Gebirge und im unmittelbar südlich davon gelegenen Abukuma-Gebirge festgestellt worden. Es handelt sich um die Tobigamori-Serie, die über 200 m mächtig ist und überwiegend aus Schiefer, Sandsteinen und Konglomeraten besteht. Aus den fossilführenden

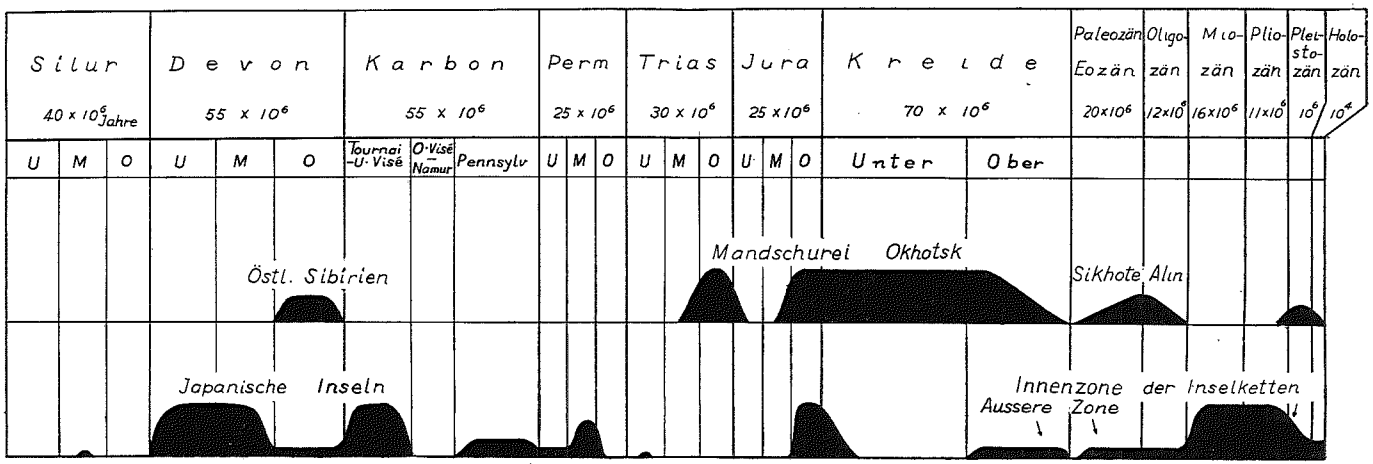


Abb. 1. Schematische Darstellung der vulkanische Tätigkeit im Fernen Osten.

Oben: Festlandszone, unten: Inselzone. Die schwarzen Angaben stellen die Verschiedenheit der vulkanischen Tätigkeit in den verschiedenen Erdzeitaltern dar.

Schichten im mittleren und oberen Teil der Serie wurden die folgenden Fossilien beschrieben (HAYASAKA u. MINATO, 1954): *Cyrtospirifer* cf. *breviposticus* STAINBROOK, *C.* cf. *kindlei* STAINBROOK, *Sinospirifer sinensis* var. *australis* MAXWELL, *Camarotoechia pleurodon* (PHILLIPS) und *Chonetes hardrensis* PHILLIPS.

Ausserdem beschrieb Tachibana Pflanzenreste, die in der Regel zusammen mit den oben genannten Brachiopoden auftreten.

An vulkanischen Einschaltungen finden sich in der Tobigamori-Serie nur geringmächtige basaltische Tuffe im unteren und oberen Teil des Schichtkomplexes.

Über die stratigraphischen Zusammenhänge zwischen der Nakazato- und Tobigamori-Serie lässt sich zur Zeit kaum etwas aussagen, da an keiner Stelle in Japan die Basis der Tobigamori-Serie mit Sicherheit aufgeschlossen ist. Auf Grund der unterschiedlichen Strukturausbildung und Verbreitung der beiden Formationen kann jedoch angenommen werden, dass sie diskordant gelagert sind.

Schichtkomplexe von der lithologischen Ausbildung der Tobigamori-Serie treten im Hida-Gebirge in Zentral-Honshu und auf Shikoku auf. Da sie aber fossil-leer sind, können sie nicht mit Sicherheit mit der Tobigamori-Serie in Verbindung gebracht werden.

Unterstes Karbon:

Das japanische Karbon kann nach der Gesteinsausbildung in zwei grössere Komplexe aufgeteilt werden. Der untere besteht haupsächlich aus vulkanischen Tuffen, Strömen, Sillen und Gängen, zwischen denen Schiefer, feinkörnige Sandsteine und in geringem Umfang Konglomerate und Kieselschiefer auftreten. Kalkstein ist sehr selten.

Im Gegensatz dazu besteht der obere Komplex vorwiegend aus Kalkstein mit verhältnismässig geringmächtigen Einschaltungen von vulkanischen Produkten.

Die Grenze zwischen den beiden Komplexen bildet die Onimaru-Serie, die in das obere Visé gestellt werden kann. An der Basis der Onimaru-Serie wurde in weiten Teilen Japans eine Diskordanz festgestellt, die sich mit Sicherheit bis nach Zentral- und Südchina sowie Alaska weiterverfolgen lässt (Minato, 1955).

Karbonische Sedimente finden sich in charakteristischer Ausbildung auch im Kitakami-Gebirge, wo sie von unten nach oben in die Hikoroichi-, Arisu-, Ohdaira-, Onimaru- und Nagaiwa-Serie untergeteilt werden. Von diesen kann die Hikoroichi-Serie vorläufig mit der britischen *Cleistopora*-Zone parallelisiert werden. In der Hikoroichi-Serie werden zwei Stufen unterschieden, die untere Ikawa- und die obere Ohmata-Stufe.

Die Basis der Ikawa-Stufe besteht aus ungefähr 10 m mächtigen Konglomeraten. Darüber folgen, jeweils in Wechsellagerung, ungefähr 150 m schwarze Schiefer und Andesittuffe, 150 m schwarze Schiefer und Basalttuffe und 100 m schwarze Schiefer mit Basalt- und Andesittuffen. Die Gesamt-

mächtigkeit der Ikawa-Stufe beträgt ungefähr 480 m, wovon 47% auf die vulkanischen Einschaltungen entfallen.

Die Ikawa-Stufe enthält reichlich Fossilien, besonders in den drei mit A_0, A_1 und A_2 bezeichneten Schichten. Die stratigraphisch wichtigsten der A_0-Schicht sind: *Actinocrinus higuchisawensis* MINATO, *A. ohmoriensis* MINATO, *Leptaena analoga* (PHILLIPS), *Leptaena convexa* WELLER, *Schellwienella izirii* MINATO, *Productella* cf. *caperata* (SOWERBY), *Actinoconchus planosulcata* (PHILLIPS), *Cliothyridina roysii* (L'EVILLÉ), *Kitakamithyris tyoanjienisis* MINATO, *K. hikoroichiensis* MINATO, *K. semicircularis* MINATO, *Brachythyris kitakamiensis* MINATO, *Spiriferina paratransversa* MINATO, *Spirifer ohmoriensis* MINATO, *Spirifer kozuboensis* MINATO, *Conularia tyoanjiensis* SUGIYAMA, *Phillipsia ohmoriensis* OKUBO.

Die Ohmata-Stufe, deren Basis aus ungefähr 30 m Andesittuff besteht, lagert konkordant auf der Ikawa-Stufe. Der Tuff wechsellagert nach oben mit schwarzen an Menge zunehmenden Schiefen. Die Gesamtmächtigkeit der Stufe beträgt ungefähr 300 m. Daran sind die vulkanischen Ablagerungen einschliesslich einiger Ströme und Sille mit 55% beteiligt.

Vor allem die obersten sog. B_0-Schichten führen Fossilien, von denen *Leptaena analoga* (PHILLIPS), *Spirifer ultratransversa* MINATO und *Spirifer ohmoriensis* MINATO gefunden wurden. Ferner treten mit ihnen zusammen jüngere Arten wie *Derbyia depressa* DEMANET var. *transversa* MINATO und *Syringothyris* sp. auf.

Die Hikoroichi-Serie wurde von vielen japanischen Geologen lange Zeit in das Oberdevon anstatt in das unterste Karbon gestellt, weil einige darin vorkommende Spiriferen anscheinend dem Oberdevon näherstehen. Dies aber dürfte unrichtig sein, da das Auftreten von *Actinocrinus*, *Leptaena analoga* und *Spirifer kozuboensis* es nicht erlaubt, die Hikoroichi-Serie mit dem Oberdevon in Verbindung zu bringen. Der letztgenannte *Spirifer* steht sowohl dem *Spirifer tornacensis* in Europa als auch dem *Spirifer marionensis* von Nordamerika nahe. Auch die Anwesenheit von *Kitakamithyris* in der Hikoroichi-Serie ist von Bedeutung. Derselbe Brachiopodentyp ist vor kurzem durch F. D. HOLLAND aus dem basalen Mississippian des Penn-York Embayment in U.S.A. bekannt geworden. Ferner sei hervorgehoben, dass OKUBO (1951) das Auftreten einer Diskordanz zwischen der Basis der Hikoroichi-Serie und der liegenden Formation nachgewiesen hat. In ihrem Hauptgebiet lagert die Hikoroichi-Serie unmittelbar über der mitteldevonischen Nakazato-Serie, während die oberdevonische Tobigamori-Serie vollständig fehlt.

Für die gesamte Hikoroichi-Zeit ist das starke Vorherrschen andesitischer Vulkanite charakteristisch. Daneben treten jedoch nicht selten auch basischere Gesteine auf.

Unterkarbon:

Auf die Hikoroichi-Serie folgt konkordant die Arisu-Serie. Sie kann in

die untere Hinozuchi- und die obere Jumonji-Stufe untergeteilt werden.

Die Hinozuchi-Stufe ist ungefähr 350 m mächtig. Der unterste Teil besteht aus maximal 130 m Andesittuff. Über den Tuffen folgen fossilführende schwarze schiefer, die als Schichten B_1 und C_0 bezeichnet werden. Die wichtigsten Fossilien sind: in B_1: *Actinoconchus lamellosa* (L'EVILLÉ) und *Actinocrinus higuchisawensis* MINATO; in C_0: *Fusella nipponotrigonalis* MINATO, *Spiriferina octoplicata* SOWERBY und *Phillipsia ohmoriensis* OKUBO.

Die über der Hinozuchi-Stufe konkordant lagernde Jumonji-Stufe ist insgesamt 365 m mächtig. Sie besteht unten aus etwa 120 m Basalttuff, oben vorwiegend aus schwarzen Schiefer mit geringer Einschaltung von Basalttuff. Die mit D_0 und D_1 bezeichneten Schichten im unteren Teil der oberen Zone dieser Stufe enthalten Fossilien, unter denen die folgenden stratigraphisch am wichtigsten sind: in D_0: *Nymphaeoblastus anossofi* YAKOVLEV, *Actinoconchus lamellosa* (L'EVILLÉ), *Schizophoria resupinata* (MARTIN), *Fusella nipponotrigonalis* MINATO, *Syringothyris transversa* MINATO, *S. jumonjiensis* MINATO, *S. kitakamiensis* MINATO, *Plicatosyrinx singulare* MINATO, *P.* ? *kumanoi* MINATO, *Spirifer kozuboensis* MINATO, *Kitakamithyris semicircularis* MINATO, *Platycrinus asiatica* MINATO und *Brachythyris* aff. *pinguis* (SOWERBY); in D_1: *Schizophoria resupinata* (MARTIN) und *Derbyia depressa* DEMANET var. *transversa* MINATO.

Obwohl es schwierig ist, die Arisu-Serie mit dem europäischen Fossilschema zu verbinden, kann die Jumonji-Stufe, wie später gezeigt wird, sicher mit der *Syringothyris*-Zone im Avonian zwischen Tournai und Visé verknüpft werden. Dem entsprechend könnte der grösste Teil der Arisu-Serie mit dem Tournai gleichgestellt werden.

Die Gesamtmächtigkeit der Arisu-Serie beträgt im Hauptgebiet ungefähr 715 m. Davon bestehen etwa 230 m oder fast 38% aus vulkanischen Gesteinen.

Die rund 1100 m mächtige, konkordant über der Arisu-Serie lagernde Ohdaira-Serie kann in die untere Maide-Stufe und die obere Kozubo-Stufe untergeteilt werden.

Die Maide-Stufe ist 500 m mächtig. Der untere Teil besteht hauptsächlich aus schwarzen Schiefer mit gelegentlichen Einschaltungen von geringmächtigen basischen Tuffen. Der obere Teil ist ausschliesslich aus basaltischen Strömen, Agglomeraten und Tuffen zusammengesetzt, die zusammen eine maximale Mächtigkeit von 230 m erreichen, das sind 46% des Gesamtkomplexes.

Fossilien finden sich nur im unteren Teil der Stufe, besonders in den mit E_0 und E_1 bezeichneten Schichten. E_0 enthält Fossilien, die zum grössten Teil auch in der Schicht D_0 der Jumonji-Stufe auftreten. Aus der Schicht E_0 sind *Brachythyrina nagaoi* MINATO, *Amplexus nipponensis* OISHI et MINATO und aus der Schicht E_1 *Brachythyris* cf. *pinguis* (SOWERBY) zu erwähnen.

Die 620 m mächtige Kozubo-Stufe besteht im unteren Teil vorwiegend aus Basalttuff, der mit geringmächtigen schwarzen Schiefer wechsellagert. Im mittleren und oberen Teil treten feinkörniger Sandstein, schwarzer Schiefer und

geringmächtige unreine Kalksteine auf. Die wichtigsten Fossilschichten finden sich im untersten und oberen Teil dieser Stufe, die als F_0- und F_1-Schichten bezeichnet worden sind. Aus F_0 wurde *Sugiyamaella carbonarium* YABE et MINATO beschrieben.

Die Gesamtmächtigkeit der vulkanischen Gesteine beträgt 75 m oder 13% der Kozubo-Stufe.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass Vulkanite vor allem in der Hikoroichi-, Arisu- und Ohdaira-Serie auftreten. Es handelt sich zum grössten Teil um Basalte und Basalttuffe. Nicht selten treten aber auch, vor allem in der Ikawa-Stufe und den unteren Partien der Ohmata- und Hinozuchi-Stufe, Andesite als Ströme, Sills, Gänge und Tuffe auf.

Es ist notwending, kurz auf die Zusammenhänge zwischen den drei Serien einzugehen, um die zeitliche Folge der vulkanischen Tätigkeit in Japan im frühen Karbon abzugrenzen.

Wie vom Verfasser schon bei einer anderen Gelegenheit ausgeführt wurde, gibt es langlebige Fossilien, die von A_0 bis E_0, von A_0 bis D_0, von A_0 bis C_0, von A_0 bis B_0, von B_0 bis D_1, B_0 bis E_0, C_0 bis E_0, D_0 bis E_1 auftreten, während Spezies von kurzer Labensdauer in den begrenzten Horizonten A_0, B_0, B_1, D_0, E_0 und F_0 angetroffen werden.

Die schrittweisen Veränderungen in den Faunengemeinschaften lassen sich von der Hikoroichi-Zeit bis in die Frühphase der Ohdaira-Zeit verfolgen.

Leptaena analoga ist besonders hervorzuheben, da es nur in den Horizonten A_0 bis B_0 der Hikoroichi-Serie auftritt. Dieselbe Spezies besitzt in England eine geologische Verbreitung von der *Cleistopora*- bis zur *Syringothyris*-Zone (K_m–C_1), in Belgien von der *Cleistopora*- bis zur *Dibunophyllum*-Zone (K_1–D), und in den U.S.A. durch das gesamte Kinderhookian.

Cliothyridina roysii findet sich im Kitakami-Gebirge von der Ikawa-Stufe (A_0) bis zur Maide-Stufe (E_0). In England tritt diese Spezies besonders häufig von der *Cleistopora*-bis zur *Zaphrentis*-Zone (K–Z) auf, obwohl die Gesamtverbreitung über diese Zone hinausgeht und in Europa von K_m bis C_2 reicht.

Actinoconchus lamellosa findet sich im Kitakami-Gebirge von B_1 bis D_0. In England ist diese Spezies ein Leitfossil für K_2. Auch *Spiriferina octoplicata* SOWERBY besitzt eine lange Lebensdauer und wurde sowohl in Europa wie auch in Japan vom Oberdevon bis zum Unterkarbon angetroffen. Im Kitakami-Gebirge wurde das Fossil von der Tobigamori-bis zur Hikoroichi-Serie und von der Jumonji- bis zur Maide-Stufe festgestellt.

Spirifer kozuboensis, der dem *Spirifer tornacensis* und *S. marionensis* sehr ähnlich ist, ist im Kitakami-Gebirge von A_0 bis D_0 verbreitet. *Kitakamithyris*, der von A_0 bis D_0 auftritt, findet sich auch im untersten Mississippian in U.S.A., wie es schon erwähnt wurde. Ferner wird *Actinocrinus* als charakteristisches Leitfossil des Unter-Avonian, Dinantian und Mississippian angesehen. Diese Gattung treten ebenfalls in der Hikoroichi-Serie und im untersten Teil der Arisu-Serie auf. Daher ist der Verfasser jetzt der Ansicht, dass die japanische Hikoroichi-Serie dem Unter-Dinantian, -Avonian und -Mississippian gleichzustellen ist. Es ist sicher, dass die Hikoroichi-Serie den Formationen K_m bis K_2 der *Cleistopora*-Zone in England entspricht.

Es scheint, dass für die Jumonji-Stufe ihr Übergangscharakter zwischen den Faunengemeinschaften der liegenden und hangenden Formationen besonders kennzeichnend ist. So werden z.B. darin ältere Elemente wie *Spirifer kozuboensis*, *Spiriferina octoplicata*, *Cliothyridina*

roysii, Kitakamithyris semicularis und *Platycrinus asiatica* und jüngere Formen wie *Syringothysis transversa, S. jumonjiensis, S. kitakamiensis, Brachythyris* aff. *pinguis, Fusella nipponotrigonalis* angetroffen. Unter diesen sind *Syringothyris jumonjiensis* und *S. cuspidata* var. *exolata* NORTH sehr ähnlich, während *Fusella nipponotrigonalis* und *Spirifer triangularis* MARTIN unter den spindelförmigen Spiriferen vollkommen gleich sind. All diese auswärtigen Spezies gelten jetzt als gute Leitfossilien der *Syringothyris*-Zone im Avonian. Ausserdem ist *Brachythyris pinguis* (SOWERBY) aus derselben Zone in England bekannt. Der Verfasser möchte besonders darauf aufmerksam machen, dass *Syringothyris* in der Jumonji-Stufe nicht nur in einer grossen Zahl von Spezies, sondern auch in einer ungewöhnlich grossen Menge der Einzelindividuen auftritt. Auf Grund dieser Tatsach kann die Jumonji-Stufe nach Ansicht des Autors mit Sicherheit der *Syringothyris*-Zone des Avonian in England gleichgestellt werden. Die Hinozuchi-Stufe, die untere Hälfte der Arisu-Serie, würde dann der *Zaphrentis*-Zone in England entsprechen.

Bis jetzt wurden in der Ohdaira-Serie mit Ausnahme von *Sugiyamella carbonarium* YABE et MINATO keine guten Leitfossilien gefunden. Stratigraphisch ist die Ohdaira-Serie jedoch das Liegende der Onimaru-Serie, deren Ober-Visé-Alter durch die *Kueichouphyllum-Dibunophyllum*-Fauua feststeht und das Hangende der Jumonji-Stufe, die der *Syringothyris*-Zone entspricht. Deshalb ist die Ohdaira-Serie, vor allem die obere Hälfte (Kozubo-Stufe) sehr wahrscheinlich ungefähr gleichalterig mit dem unteren Visé. Auf diese Weise kann man die vulkanische Tätigkeit in Japan während des frühen Karbon zeitlich festlegen.

Ausserhalb des Kitakami-Gebietes wurde fossilführendes unterstes und unteres Karbon, das mit der Hikoroichi-, Arisu- und Ohdaira-Serie in Verbindung gebracht werden könnte, noch nicht gefunden. Aber die Existenz solcher Formationen ist nicht ausgeschlossen, weil in SW. Japan schwach- bis hochmetamorphe Komplexe weit verbreitet sind, deren ursprünglicher Gesteinsbestand demjenigen der oben beschriebenen karbonischen Sedimente sehr ähnlich war.

Oberstes Unterkarbon einschliesslich Namur:

Wie schon erwähnt, besteht in der Gesteinsausbildung ein deutlicher Kontrast zwischen der Onimaru-Serie und ihren Liegendformationen. Jene besteht überwiegend aus Kalkstein und Kalkstein mit schwarzen Schiefer in Wechsellagerung, während diese arm an Kalkstein sind. Die Onimaru-Serie überlagert, vor allem im Kitakami- und Abukuma-Gebirge, diskordant das stark verfaltete und gestörte Liegende.

Die maximal 300 m mächtige Onimaru-Serie wird jetzt in die untere Hotokezaka-Stufe und die obere Hiishi-Stufe geteilt. Nur in der oberen Hiishi-Stufe treten Korallen wie *Hexaphyllia, Heterophyllia, Palaeosmilia, Amygdalophyllum, Pseudodorlodotia, Stylidophyllum* und Foraminiferen wie *Millerella, Saccaminospis, Eostaffella parva* (MÖLLER), *Parastaffella struvi* (MÖLLER) auf.

In der Onimaru-Fauna finden sich zahlreiche europäische Elemente der *Dibunophyllum*-Zone wie *Hexaphyllia, Heterophyllia, Dibunophyllum, Rhodophyllum, Siphonodendron, Lithostrotion, Diphyphyllum, Aulophyllum* (= ? *Setamainella*), *Palaeosmilia* und *Dorlodotia* neben australischen wie *Amygdalophyllum*. Auch muss hervorgehoben werden, dass zahlreiche südchinesische Elemente der *Yuanophyllum*-Zone wie *Yuanophyllum, Kueichouphyllum, Kueichouwpora, Dibunophyllum asiatica, D. kankouense, Diphyphyllum platiforme* usw. vorkommen.

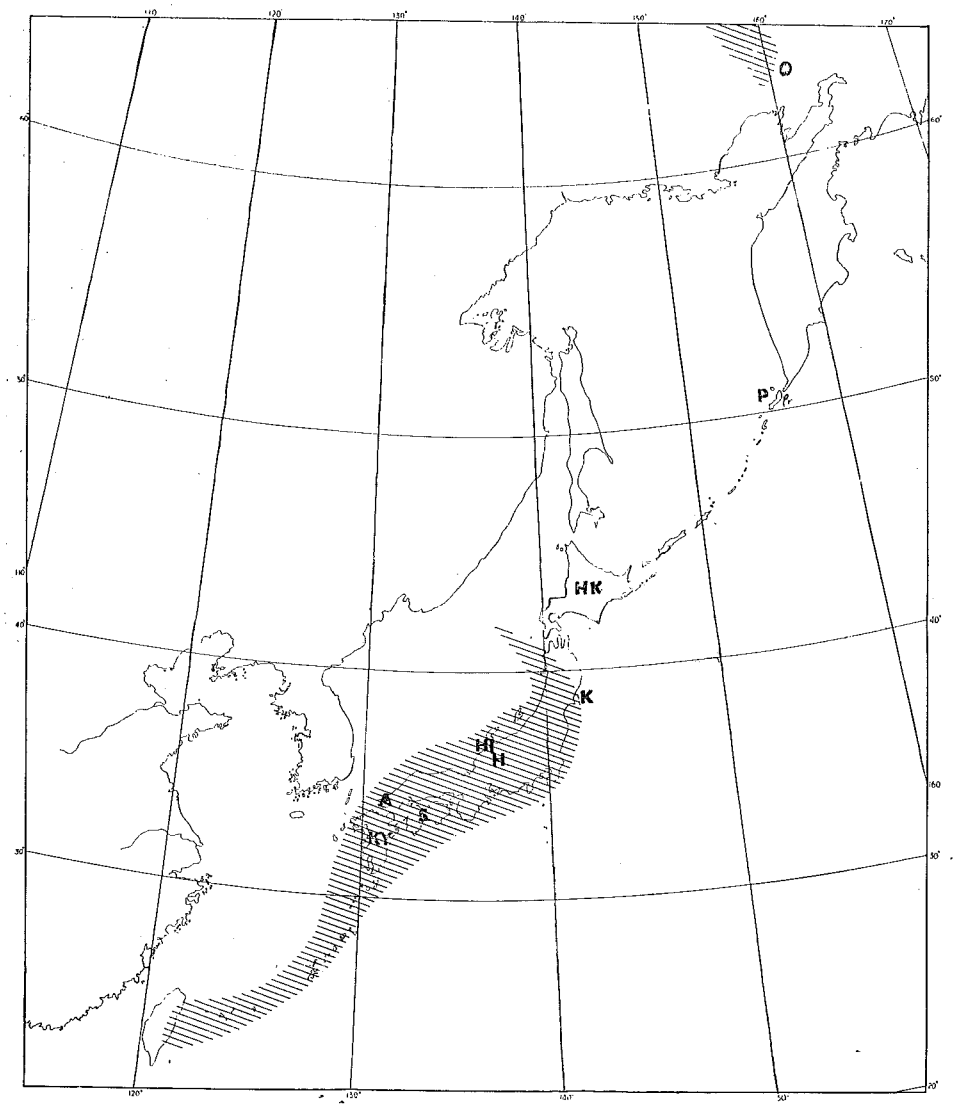


Abb. 2. Die Verbreitung der vulkanischen Gesteinen im Palaeozoikum. O: Omolon, HK: Insel Hokkaido, K: Kitakami Gebirge, H: Insel Honshu, HI: Hida Gebirge, A: Akiyoshi-Nagato Gebiet, S: Insel Sikoku, KY: Insel Kyushu, P: Insel Paramushiri. Gestricheltes Gebiet: Vulkan-Gebiet im Palaeozoikum.

Dadurch wird der enge paläogeographische Zusammenhang zwischen dem südchinesischen und japanischen Meer jener Zeit deutlich. Möglicherweise war die Onimaru-Fauna damals bis zum Antitaurus verbreitet, weil von dort durch FLÜGEL und KIRATILLOGLUE (1956) *Kueichouphyllum yabei* MINATO und *Kueichowpora setamaiensis* MINATO bekannt geworden sind.

Obwohl die fossilführende Onimaru-Serie im Kitakami- und Abukuma-Gebirge in NO-Honshu, im Hida-Gebirge in Honshu und im zentralen Teil von Kyushu weit verbreitet ist, sind zugehörige Vulkanite noch nicht bekannt geworden. Man kann daraus schliessen, dass in der Onimaru Zeit die Vulkantätigkeit sehr schwach war oder vollständig ruhte.

Es ist nicht sicher, ob Namur-Sedimente in Japan vorhanden sind. Wie der Verfasser zusammen mit M. KATO (1957) berichtete, entspricht das geringmächtige Kalksteinvorkommen, das entlang des Flusses Ichinotani im Hida-Gebirge ausstreicht, möglicherweise dem Unter-Namur. Aus ihm ist eine Korallenfauna unter der Bezeichnung *Neokoninckophyllum*-Fauna beschrieben worden. Es bedarf aber noch genauerer Untersuchungen, um diesen Kalkstein stratigraphisch genau einzuordnen.

Zu erwähen ist noch ein Kalkstein mit *Gigantella edelburgensis*, *Amygdalophyllum giganteum* (YABE et HAYASAKA) und *Clisaxophyllum awa* MINATO, der in Omi im Nordwesten des Hida-Gebirges auftritt. Dieser Horizont scheint nach Ansicht des Autors dem Ober-Namur und dem untersten Pennsylvanian zu entsprechen.

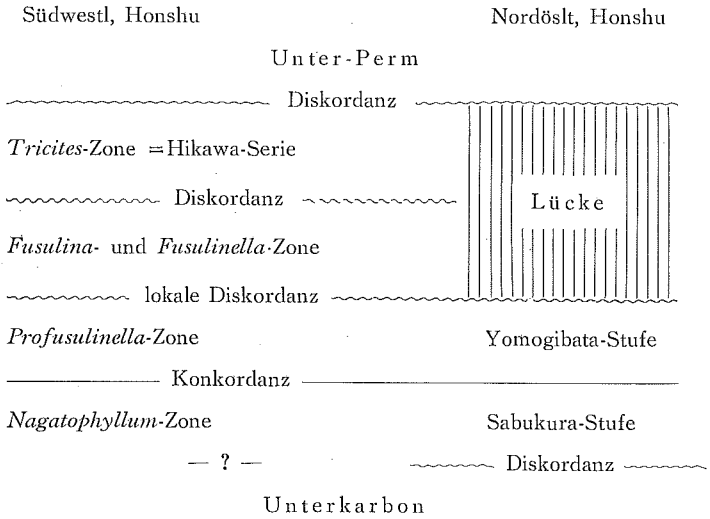
Auf dem benachbarten Festland tritt eine Formation, die mit Sicherheit dem Namur gleichgesetzt werden kann, nur bei Tonronjazu in der Nähe von Mincheng, Süd-Mandschurei (Nordost-China), auf. YABE und MINATO (1944) beschrieben von dort *Aulina manchuriensis*. Der Komplex besteht überwiegend aus schwarzem Kohlenkalkstein.

Soweit man das heute beurteilen kann, scheint sowohl in Japan als auch auf dem benachbarten Festland die Formation, die möglicherweise auf Grund ihrer stratigraphischen Stellung in das Namur gehört, vollkommen frei von vulkanischen Bildungen zu sein. Wahrscheinlich ruhte in diesen Gebieten die vulkanische Tätigkeit während der Zeit vom Ober-Visé bis zum Namur.

Oberkarbon (= **Pennsylvanian**):

Fossilführendes, hauptsächlich aus Kalkstein bestehendes Oberkarbon ist in Japan mit Ausnahme von Hokkaido der nördlichsten Hauptinsel des Landes, stark entwickelt. Es lässt sich jedoch in den Einzelheiten sehr schwer mit dem westeuropäischen Schema korrelieren, weil die Faziesausbildung sehr verschieden ist und noch keine Fossilien gefunden wurden, die in beiden zusammen vorkommen. Da im untersten Teil des japanischen Oberkarbon jedoch Partien mit reicher Korallenfauna auftreten und die Hangendschichten zahlreiche Fusulinen enthalten, ist es möglich, das japanische Oberkarbon mit dem Fusulinenführenden Pennsylvanian der U.S.A. und den entsprechenden Formationen des U.S.S.R. bis zu einem gewissen Masse zu verbinden.

Zur Zeit wird das japanische Pennsylvanian hauptsächlich auf der Grundlage von Fusulinen und Korallen in vier Hauptteile gegliedert, die in der folgenden Tabelle zusammengestellt sind:



Im Kitakami-Gebirge überlagert die Nagaiwa-Serie diskordant die Onimaru-Serie, die keine dem Namur äquivalente Formationen enthält. Sie wird in die untere Sabukura-Stufe und die obere Yomogibata-Stufe unterteilt. Die Yomogibata-Stufe ist durch das Auftreten von *Profusulinella* ausgezeichnet, die in der unteren Sabukura-Stufe zu fehlen scheint. Die Sabukura-Stufe ist ungefähr 200 m mächtig und besteht hauptsächlich aus Kalkstein. An ihrer Basis treten geringmächtige Konglomerate auf. Sie enthält folgende Fossilien: *Dibunophyllum bipartitum konincki* (EDWARDS et HAIME), *Chaetetes nagaiwaensis* MINATO, *Thysanophyllum aseptatum* DOBROLYUBOVA, *Sciophyllum japonicum* MINATO et SAITO, *Lithostrotionella kitakamiensis* MINATO etc.

Die ebenfalls aus Kalkstein bestehende Yomogibata-Stufe ist bis 500 m mächtig. Die vorherrschenden Fossilien sind: *Profusulinella*, *Eoschubertella*, *Ozawainella*, *Pseudostaffella*, neben Korallen, die auch aus der Sabukura-Stufe erwähnt werden.

An jüngeren Elementen treten in der Nagaiwa-Serie ausserdem *Diphyphyllum equiseptatum* YABE et HAYASAKA und *D. delicatum* MINATO et KATO.

Die Korallenfauna der Nagaiwa-Serie gleicht derjenigen der Penchi-Serie in der Mandschurei, dem Oberkarbon des Ural-Moskau-Beckens und den entsprechenden Formationen in Alaska.

Die in diesem Zusammenhang zu erwähnende, in SW. Japan verbreitete *Nagatophyllum*-Zone ist hauptsächlich durch Kalkstein vertreten. Im Hauptvorkommen in Nagato, südwestl. Honshu ist sie weniger als 40 m mächtig. Sie entspricht stratigraphisch wahrscheinlich der Sabukura-Stufe, der unteren Hälfte der Nagaiwa-Serie in NO. Honshu, jedoch ist die Korallenassoziation

vollkommen verschieden von der jenigen der Nagaiwa-Serie. Sie besitzt eine gute Übereinstimmung mit der Weningian-Serie in Südchina. Folgende Korallen mögen genannt werden: *Meniscophyllum longiseptata* MINATO, *Akiyosiphyllum stylophorum* YABE et SUGIYAMA, *Lonsdaleoides enormis* (OZAWA), *L. toriyamai* MINATO, *Clisaxophyllum awa* MINATO, *Nagatophyllum satoi* OZAWA, *A.* ? *gracile* (HAYASAKA), *Polycoelia japonica* OZAWA etc. (MINATO und KATO, 1957).

Es wurde schon erwähnt, dass das japanische Pennsylvanian in der Hauptsache aus Kalkstein besteht, aber in jeder der oben genannten Abteilungen treten auch Tuffe, Sille und Ströme häufig auf. Meist ist ihre Mächtigkeit aber geringer als im Unterkarbon. So beträgt der vulkanische Anteil an der Gesamtmächtigkeit der Nagaiwa-Serie 60 m oder 8.5%, im Kalkstein des Omi- und Hida-Gebirges, 30 m oder 3.5%, im Gebiet von Akiyoshi und Taisyaku im Südwesten von Honshu 5% (HASEGAWA, 1953) und im Kalkstein von der *Fusulinella*-bis zur *Triticites*-Zone in Zentral-Kyushu 40 m oder 12%. Daraus geht hervor, dass in Japan vulkanische Gesteine im oberen Teil des Karbons in weit geringerer Menge auftreten als im Uterkarbon. Ihr Chemismus ist überwiegend basaltisch. Nur vereinzelt findet sich an der Grenze zwischen der Sabukura- und Yomogibata-Stufe der Nagaiwa-Serie Andesittuff von weniger als 8 m Mächtigkeit.

Unterperm :

Das Perm ist nicht nur auf den japanischen Hauptinseln, sondern auch auf den Ryukyu- und Kurilen Inseln verbreitet. So wurde z. B. auf Okinawa von HANZAWA (1933) *Neoschwagerina*-Kalkstein gefunden: der in mächtige schwarze Schiefer eingeschaltet ist. Auch im Zentrum der nördlichen Kurilen-Insel Paramushiri stellte der Verfasser eine mächtige Formation von schwarzen Schiefer fest, die, obwohl Fossilien nicht gefunden wurden, nach der lithologischen Ausbildung mit dem ober japanischen Perm gleichgestellt werden kann.

Das japanische Perm wird auf Grund der Gesteinsausbildung und des Fossilinhaltes in das untere Yukisawa- und das obere Toyoma-Subsystem geteilt.

Das Yukisawa-Subsystem besteht überwiegend aus Kalkstein, Kalkstein und Schiefer in Wechsellagerung, Sandstein, Konglomeraten und Kieselschiefer. Das Toyoma-Subsystem ist vorwiegend aus schwarzen Schiefer und Konglomeraten mit Granitgeröllen zusammengesetzt.

Das Yukisawa-Subsystem wird in die untere Sakamotosawa-Serie und die obere Kanokura-Serie geteilt.

Die Sakamotosawa-Serie ist durch eine reiche *Pseudoschwagerina*- und *Parafusulina*-Fauna charakterisiert, die im Kitakami-Gebirge typisch entwickelt ist. Im gesamten Kitakami-Gebirge befindet sich zwischen der Sakamotosawa-Serie und dem Liegenden eine Diskordanz. Häufig fehlen die Formationen von der Onimaru- bis zur Nagaiwa-Serie. An anderen Stellen treten die Ohdaira- und Arisu-Serie nicht auf. Hier lagern die basalen Konglomerate der Sakamotosawa-Serie direkt über der stark gefalteten Hikoroichi-Serie. Diese Dis-

kordanz ist, soweit genaue stratigraphische Untersuchungen vorliegen, durch weite Teile Japans zu verfolgen, desgleichen in grossen Gebieten von Nord- und Südchina. Die Sakamotosawa-Serie erreicht eine maximale Mächtigkeit von ungefähr 1200 m. Sie lässt sich lithologisch in drei Stufen gliedern.

Der untere Teil besteht an der Basis aus Konglomeraten, Schiefer, Kalkschiefer, erdigen Graphitschichten mit pflanzenführenden Schiefer, Sandstein, geringmächtigem Kalkstein und lokalen Basalt- und Rhyolithtuffen. Es handelt sich ohne Zweifel um eine Litoralfazies. Sie ist sehr fossilreich. Gelegentlich werden Pflanzenreste zusammen mit Foraminiferen wie *Pseudoschwagerina* und Brachiopoden angetroffen, von denen einige kürzlich von NAKAMURA (1959) beschrieben wurden.

Ein Basalttuff-Horizont tritt etwas über den basalen Konglomeraten, ein Rhyolithtuff-Horizont noch etwas weiter nach oben auf. Beide sind weniger als 8 m mächtig. Der stellenweise sehr mächtige Sandstein im unteren Teil der Sakamotosawa-Serie ist vielfach grün und überwiegend aus kleinen Andesitfragmenten zusammengesetzt. Auch im Basalkonglomerat dieser Serie treten gerundete Andesitgerölle mit einem Durchmesser bis zu 7 cm zahlreich auf.

Der mittlere Teil der Sakamotosawa-Serie besteht aus mächtigem Kalkstein mit vielen fossilreichen Horizonten. Die vorherrschenden Formen sind *Pseudoschwagerina*, *Nipponitella*, *Schwagerina*, *Pseudofusulina* und *Paraschwagerina*. Die Spezies *Parafusulina* cf. *gigantea* (DEPRAT), *Michelinia* (*Michelinopora*) *multiseptata* YABE et HAYASAKA, *Yatsengia kabayamensis* MINATO etc. finden sich anscheinend nur in den höheren Teilen des Kalksteins.

In diesem mittleren Teil der Sakamotosawa-Serie treten keine vulkanischen Gesteine auf.

Der obere Teil der Serie ist hauptsächlich aus Sandstein zusammengesetzt. Lokal treten auch Schiefer auf. Im basalen Teil dieser Abteilung treten einige sehr geringmächtige Ströme und Tufflagen von Rhyolith auf.

Die Sakamotosawa-Serie ist, wenigstens im Hauptverbreitungsgebiet, sehr arm an vulkanischen Gesteinen. Basische Tuffe finden sich im unteren Teil und rhyolithische Tuffe und Ströme treten gelegentlich im unteren und oberen Teil der Serie auf.

Formationen, die stratigraphisch der Sakamotosawa-Serie entsprechen, besitzen in Japan eine weite Verbreitung. In diesen treten vor allem in den axialen oder zentralen Gebieten der japanischen Inseln verhältnismässig mächtige Basalttuffe auf, besonders im oberen Teil. Rhyolithtuffe, die in ihrer stratigraphischen Position wahrscheinlich dem oberen Teil der Sakamotosawa-Serie entsprechen, wurden in grösserer Ausdehnung in Shikoku und dem Hida-Gebirge in Zentral-Honshu festgestellt.

Mittelperm:

Die Kanokura-Serie umfasst im Hauptprofil im Kitakami-Gebirge drei Faunenzonen, von unten nach oben die *Parafusulina*-, *Neoschwagerina*- und

Yabeina-Zone. Diese Serie ist bis 1200 m mächtig, sie enthält aber keine vulkanischen Einschaltungen. Der untere Teil besteht aus Sandstein mit geringmächtigem Basalkonglomerat, der mittlere Teil überwiegend aus Kalkstein und der obere aus Schiefer und Granitkonglomeraten. Auf Grund der geringen Strukturunterschiede, die zwischen der Kanokura- und Sakamotosawa-Serie feststellbar sind, wird angenommen, dass zwischen ihnen eine Diskordanz besteht, obgleich die Feldbeobachtungen keine sicheren Hinweise für ihre Existenz ergeben.

Die Kanokura-Serie wird in Richtung auf die axialen Gebiete der japanischen Inseln durch eine vulkanische Fazies vertreten, besonders in der *Neoschwagerina*-Zone. Hierin stimmt sie mit dem Verhalten der vorhergehended Serie überein. Die ausschliesslich basaltischen Vulkanite erreichen bisweilen eine Mächtigkeit von mehr als 50 m.

Oberperm :

Zur Zeit gibt es in Japan keine sicheren Anhaltspunkte für eine Vulkantätigkeit während der *Yabeina*-Zeit, obwohl Hinweise darauf sich in der Literatur nicht selten finden. Ebenso ist das Toyoma-Subsystem trotz seiner weiten Verbreitung und seiner Mächtigkeit von über 2000 m schwarzer Schiefer und Granitkonglomerate überall in Japan frei von vulkanischen Produkten. Der Vulkanismus scheint also während des Oberperm in Japan vollständig geruht zu haben oder nur sehr schwach gewesen zu sein.

2. Mesozoikum und Alttertiär

Trias bis Mitteljura :

Aus den bisherigen Ausführungen ging hervor, dass der Vulkanismus während des Paläozoikums in Japan zeitweise sehr häuftig war, aber auch längere Ruhezeiten auftraten, vor allem in der Zeit vom Ober-Visé, möglicherweise erst von der zweiten Hälfte bis zum Namur, desgleichen im späteren Perm. Die permische Ruhepause scheint sich bis zum Ende des mittleren Jura fortgesetzt zu haben, da in Japan noch keine vnlkanischen Bildungen in den Formationen der Trias, des unteren und mittleren Jura bekannt geworden sind. Eine einzige Ausnahme erwähnte kürzlich ONUKI (1958), der im südlichsten Kitakami-Gebirge basische Tuffe im unteren Horizont der unteren Inai-Serie (Skythisch) beobachtete. Nach ONUKI wechselt der Tuff aber stark in seiner Mächtigkeit und ist nur über kleine Gebiete verbreitet. Nach den mikroskopischen Untersuchungen, die der Verfasser an Proben durchführte, die Onuki zur Verfügung stellte, scheint der sog. Tuff ein Mischgestein von Sand und Asche zu sein, die wahrscheinlich durch Fluss-oder Meereswirkung vermengt wurden. Es ist sehr wahrscheinlich, dass der Ursprungsort dieses Tuffes nicht in dem damaligen Sedimentationsbecken, sondern ausserhalb der japanischen Inseln zu suchen ist, von wo der Tuff zu der genannten Stelle transportiert wurde. So kann man annehmen,

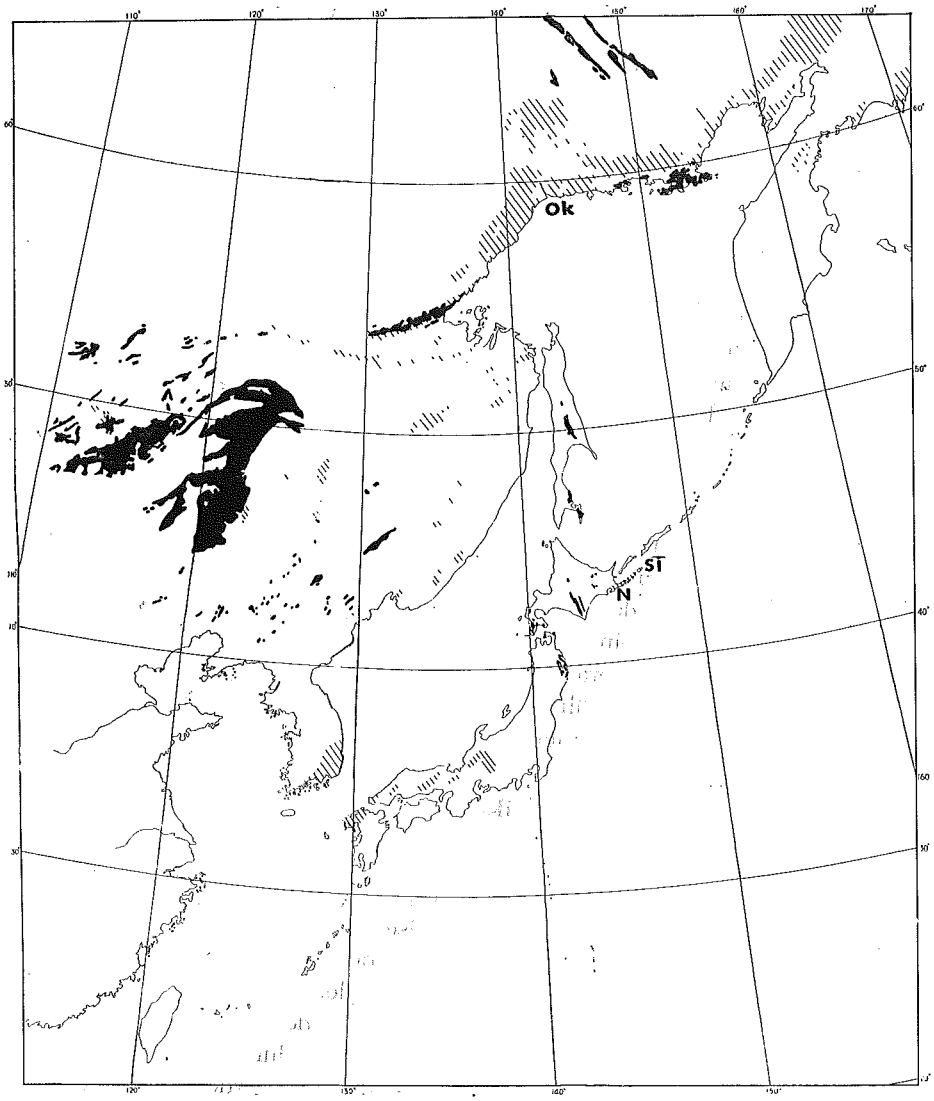


Abb. 3. Die Verbreitung der vulkanischen Gesteinen im Mesozoikum.

Schwarz: Jura (zum Teil ober Trias), gestreichelt: Kreide, OK: Okhotsk, N: Halbinsel Nemuro, Si: Insel Shikotan.

dass in Japan vom späten Perm bis zum Ende des mittleren Jura keine Vulkane tätig waren.

Oberjura :

Die vulkanische Ruhepause scheint in den meisten Gebieten Japans sogar bis zum oberen Jura angedauert zu haben. Dagegen waren die Verhältnisse in Nordjapan einschliesslich Sachalin vollkommen verschieden. Vor allem das zentrale Gebiet von Hokkaido und das axiale Gebiet von Sachalin entwickelten sich im Oberjura unvermittelt zu einer Geosynklinale, in der starke Faltung einsetzte. Diese Bewegungen waren allgemein mit Vulkantätigkei verbunden (HUNAHASHI, 1957; HASHIMOTO, 1950; MINATO, YAGI und HUNAHASHI, 1956).

Die Juraformationen dieser Gebiete bestehen zum grössten Teil aus mächtigen Pillow-Laven und Basalt-Sillen, Agglomeraten und Tuffen. Gelegentlich ist Kalkstein mit Oberjura-Fossilien linsenartig eingeschaltet. Vor allem im oberen Horizont treten ausserdem lokal etwas saurere Tuffe auf.

Zur Zeit ist die südliche Begrenzung dieser Geosynklinale noch nicht bekannt. Es kann aber darauf hingewiesen werden, dass im nördlichsten Honshu, vor allem im pazifischen Küstengebiet, Basaltströme und -tuffe auftreten, die mit grosser Wahrscheinlichkeit ein oberjurassisches Alter besitzen.

Weiter südwärts ist die oberjurassische Torinosu-Serie oder ein äquivalenter Schichtenkomplex auf den japanischen Inseln weithin zu verfolgen, besonders in den Gebieten entlang des Pazifik. Diese Formationen bestehen aus fossilführendem Kalkstein und bituminösen Schiefer mit stellenweise auftretenden geringmächtigen Basalttuffen. Das Auftreten solcher Tuffe in der Torinosu-Serie wurde von H. HUZIMOTO (1939) in Zentral-Honshu (Kwanto-Gebirge) und Shikoku beobachtet.

Im allgemeinen gilt, dass die oberjurassischen vulkanischen Gesteine entlang des japanischen Inselbogens von Süden nach Norden an Mächtigkeit zunehmen. Sehr wahrscheinlich lagen die Vulkanzentren jener Zeit in Zentral-Hokkaido und Sachalin. Ein Teil der vulkanischen Produkte wurde durch Winde oder Meeresströmung möglicherweise bis nach SW. Japan verfrachtet.

Kreide :

Die während des Oberjura im Zentralgebiet von Hokkaido und Sachalin entstandene Geosynklinale vertiefte sich während der Kreide fortdauernd unter Ablagerung von mächtigen Sandstein- und Schieferkomplexen. Die Kreidesedimente sind hier bedeutend mächtiger als nach Osten und Westen.

In diese Sedimente ist eine Anzahl verhältnismässig geringmächtiger vulkanischer Ablagerungen eingeschaltet, besonders im oberen Teil vom Senon bis Maastricht. Im westlichen Teil von Hokkaido (Rumoe-Ishikari-Kohlenbezirk) sind die Tuffe meist rhyolithisch, im östlichen basaltisch. Es ist besonders hervorzuheben, dass die basaltischen Vulkanbildungen vom Osten Hokkaidos bzw. vom Kushiro-Kohlenbezirk über die Halbinsel Nemuro gegen die Shikotan-Inseln in der Aussenzone des Kurilenbogens zunehmend mächtiger werden, wo

basaltische Sille, Ströme, Pillow-Laven, Agglomerate und Tuffe von bedeutender Mächtigkeit oberkretazischen Schiefer zwischengelagert sind.

Alttertiär :

Der alttertiäre Vulkanismus Japans repräsentiert die Schlussphase des Magmatismus, der im Oberjura, besonders in Nordjapan, einsetzte. Dasselbe gilt für die Vulkantätigkeit in SW. Japan, wo der Vulkanismus während des Mesozoikums in zahlreichen kontinentalen Becken aktiv war.

Die alttertiären Sedimente treten in den Inselbögen, vor allem in N. Honshu, auf den Kurilen-, Izu-Mariana- und dem Ryukyu-Bogen, in den Gebieten entlang der pazifischen Küste auf. Eine Ausnahme bilden die alttertiären Ablagerungen im Rumoe-Ishikari-Kohlenbezirk in W. Hokkaido und die Sedimente in SW. Honshu und NW. Kyushu, obwohl die letzteren unmittelbar nördlich an die Aussenzone des Honshu-Bogens anschliessen.

Das Alttertiär folgt diskordant auf Oberkreide oder noch ältere Formationen, vor allem in W. Hokkaido (Rumoe-Ishikari-Kohlegebiet), O. Hokkaido (Kushiro-Kohlengebiet), NW. Kyushu und SW. Honshu.

Im allgemeinen ist die tertiäre Vulkantätigkeit, soweit man das aus der Menge und der Ausbildung der geförderten Produkte schliessen kann, verhältnismässig schwach. Allerdings lagen die vulkanischen Hauptzentren in jener Zeit auf den Bonin-Inseln und dem Fujigawa gebiet entlang des Izu-Mariana-Bogens, ferner in SO. Hokkaido mit Einschluss des Kushiro-Kohlengebietes, auf der Nemuro Halbinsel und den Shikotan-Inseln in der Aussenzone des Kurilen-Bogens. In diesen beiden Gebieten sind basaltische und andesitische Laven, Agglomerate und Tuffe in grosser Mächtigkeit in alttertiär Kalksteine und Schiefer eingeschaltet. Ausserhalb der oben aufgeführten Gebiete treten dagegen nur geringmächtige, meist rhyolithische Tuffe im Eozän und Oligozän von Hokkaido und im Oligozän von Kyushu und NO. Honshu auf. Im obersten Oligozän von Hokkaido finden sich ausserdem vereinzelte basische Tuffe. In den letztgenannten Vorkommen fehlen Ströme, Sille, Agglomerate und Gänge. Sehr wahrscheinlich fanden die Ausbrüche ausserhalb der alttertiären Becken statt, von wo die Asche entweder durch den Wind oder durch Flüsse in die Becken transportiert wurden. Ihre Ursprungsorte lagen mit grosser Wahrscheinlichkeit in den Kontinentalbecken, die seit der Kreide noch vorhanden gewesen sein mögen. So kann man annehmen, dass in jener Zeit noch die Hauptförderzentren in den Kontinentalbecken gelegen haben, die kleinere Vulkane aber nur in den Aussenzonen des Kurilen- und Izu-Mariana-Bogens tätig waren.

3. Jungtertiär bis Gegenwart

Seit dem frühen Miozän verlagert sich die Vulkantätigkeit mehr und mehr auf die Innenseite der Inselbögen. Es erscheint in diesem Zusammenhang notwendig, die vormiozäne Paläogeographie dieser Gebiet kurz zu berühren.

Wie schon ausgeführt wurde, lag die axiale Zone Japans seit dem Perm

manchmal unter dem Meeresspiegel. Während der Trias und des Jura verlagerten sich die Küstenlinien in zeitlichen Abständen nach innen und aussen. Gelegentlich wurde das Land auch an der Innenseite aus dem Gebiet des heutigen Japanischen Meeres überflutet. Seit der unteren Kreide verschwand jedoch dieses Meer vollständig. Dieser paläogeographische Zustand währte bis an das Ende des Alttertiär, als ein grosser Kontinent entstand, der mit dem heutigen Korea, der Mandschurei und Nordchina direkt verbunden war. Seit dem frühen Miozän hob sich der grösste Teil der Aussenzonen der Inselbögen, wo vorher während der Oberkreide und dem Alttertiär Sedimentation stattgefunden hatte, während die Innenzonen, die sich vorher, zuletzt während der Kreide und dem Alttertiär gehoben hatten und stark erodiert worden waren, unter starker Faltung und heftiger Vulkantätigkeit zu sinken begannen. Dies ergibt sich aus der Tatsache, dass die jungtertiären Formationen in den Innenzonen der Inselbögen aus mächtigen vulkanischen Ablagerungen bestehen, die unmittelbar auf Paläozoikum, Mesozoikum und plutonischen Komplexen aufliegen.

Es sei noch erwähnt, dass die pleistozänen und holozänen Vulkane, von denen einige noch heute tätig sind, nur in der Innenzone eines jeden Inselbogens auftrenten während seit dem Miozän in den Aussenzonen keinerlei Spuren von Vulkanismus angetroffen werden.

Miozän :

Die vorhin erwähnten Differentialbewegungen zwischen den beiden Zonen der Inselbögen führten zur Bildung zahlreicher Störungen parallel zur Grenze der Zonen. Wahrscheinlich waren diese Störungen die Bahnen für die Intrusion und Extrusion der verschiedenartigen vulkanischen Produkte, die den initialen Magmatismus in der neu entstandenen Geosynklinale der inneren Zone der Inselbögen repräsentieren.

Zwischen dem unteren und mittleren Miozän erfolgte eine weiträumige schwache Hebung, die zu einer ausgedehnten Diskordanz führte, die von SW. Honshu bis SW. Hokkaido verfolgt werden kann. Nach einer kurzen Erosionsperiode erfolgte eine Transgression in der inneren Zone der Inselbögen. Gleichzeitig damit scheinen sich die vulkanischen Förderungen geändert zu haben, die nun überwiegend rhyolithisch und dazitisch sind (Sille, Strome, Agglomerate, Tuffe), während basaltische und andesitische Gesteine nur selten angetroffen werden. Im Ober-Miozän sind dagegen Basalte wieder sehr verbreitet und zwar in Form von Sillen und Strömen, die in feinkörnige Sedimente eingeschaltet sind. Im späteren Mittel-Miozän erfolgten lokal auch Intrusionen von sauren plutonischen Gesteinen. Obwohl die meisten dieser Vorkommen sehr klein sind, werden sie in jedem Inselbogen angetroffen.

Pliozän :

Der pliozäne Vulkanismus ist im Gegensatz zum miozänen auf einzelne Stellen beschränkt. Auch im Miozän wird es nicht im gesamten Gebiet der inneren Bogenzonen zu vulkanischen Ablagerungen gekommen sein, aber die

Förderzentren waren entlang der Störungen, die parallel zu der Grenze zwischen den inneren und äusseren Zonen verliefen, zahlreicher und die Verbreitung der Vulkanite grösser. Die pliozänen Vulkane sind ebenfalls auf das gesamte Gebiet der Innenzonen verteilt, jedoch in grösseren Abständen. Ihre Forderleistung war geringer, so dass die vulkanischen Gesteine in enger begrenzten Distrikten auftreten. Im ganzen gesehen war demnach die vulkanische Tätigkeit im Pliozän weniger intensiv als im Miozän.

Weiter scheint sich im Pliozän die Anordnung der aktiven Zentren gegenüber dem Miozän geändert zu haben. Wie schon ausgeführt wurde, waren die Vulkanne im Miozän ungefähr parallel zur Längserstreckung der Inselbögen angeordnet.

Im Pliozän sind die vulkanischen Ablagerungen in Richtungen verbreitet, die senkrecht zur Längsrichtung der Inselbögen verlaufen. Danach werden auch die Vulkane auf Linien senkrecht zur Längserstreckung der Bögen gelegen haben.

Im Pliozän sind Andesite das vorherrschende Förderprodukt in Form von Sillen, Strömen, Agglomeraten und Tuffen. Rhyolithische und basaltische Gesteine sind äusserst selten. Propylite fehlen vollständig. Hingegen finden sich vereinzelt epithermale Erzbildungen.

Frühpleistozän :

Der pleistozäne Vulkanismus ist gegenüber dem pliozänen noch weiter abgeschwächt. Die vulkanischen Bildungen sind meist nur in kleineren Gebieten um die einzelnen Förderzentren verbreitet, ausgenomen die Ignimbrite, wie später noch gezeigt wird. Im Zusammenhang mit der anders gearteten Tätigkeit änderte sich auch die regionale Anordnung der Vulkane wieder. Sie liegen nicht mehr, wie bisher auf Linien parallel oder senkrecht zur Haupterstreckung der Inselbögen, sondern diagonal zu diesen Richtungen, genauer auf diagonal gestaffelten Linien.

Der Chemismus der Förderprodukte ist allgemein andesitisch. Ein grosser Teil der Schwefellagerstätten tritt in Verbindung mit den pleistozänen Vulkanen auf. Man nimmt an, dass sie durch Imprägnation von älteren Laven, Agglomeraten und Tuffen des frühen Pleistozän entstanden sind. Wahrscheinlich strömten Gase oder Lösungen mit hohen Gehalten an SO_2 oder H_2S lange Zeit aus den Spaltensystemen und führten unter Zersetzung der vorhandenen vulkanischen Gesteine zur Bildung der Schwefelablagerungen. In diesen Schwefelvorkommen treten in weiter Verbreitung Pyritlagerstätten auf.

Spätpleistozän :

Im allgemeinen besteht kein grösser Unterschied zwischen dem Vulkanismus des älteren und jüngeren Pleistozän. Von Bedeutung ist jedoch, dass vor allem im späteren Pleistozän in grossem Umfang Ausbrüche von Ignimbriten erfolgten und in diesem Zusammenhang grosse Einbruchskalderen entstanden. Diese für den Vulkanismus des Spätpleistozän charakteristischen Tuffe sind so weit verbreitet, dass sie an einigen Stellen auch in grösserer Ausdehnung in der

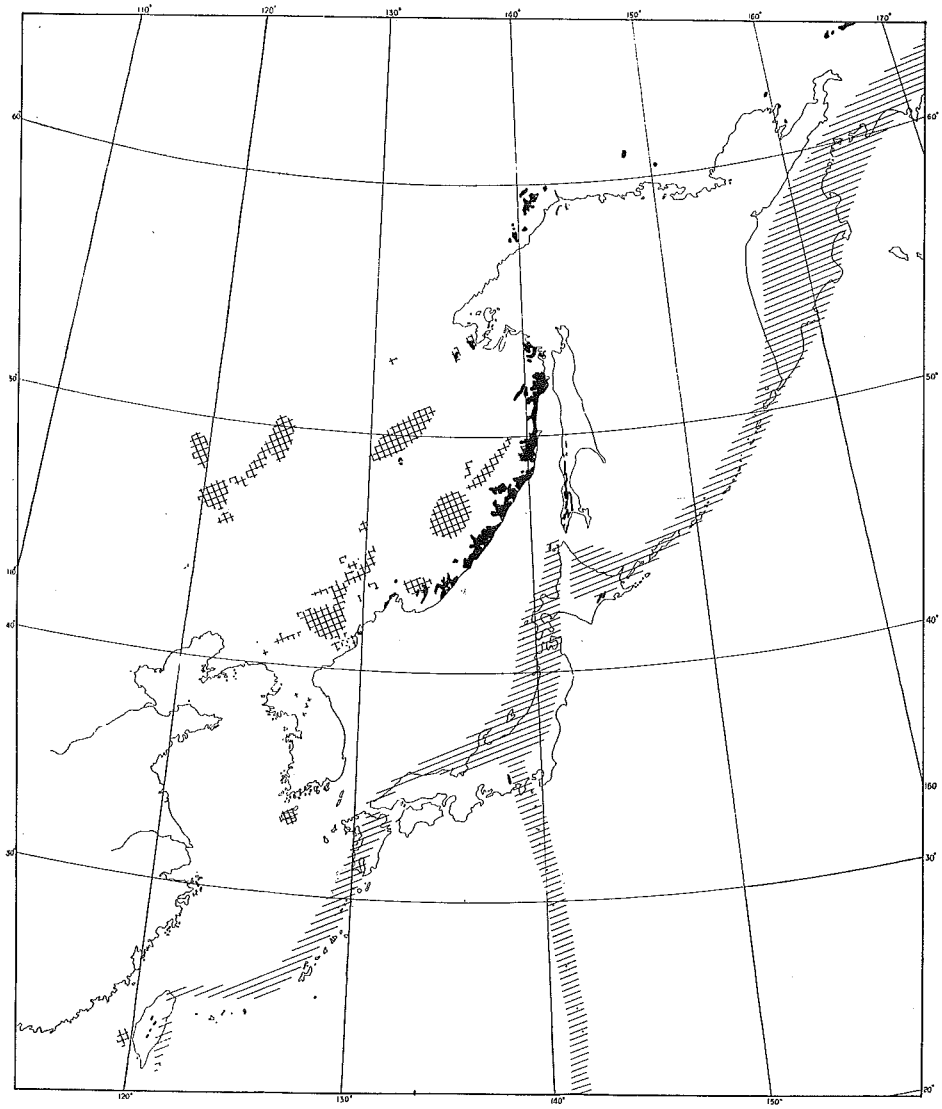


Abb. 4. Die Verbreitung der Vulkanischen Gesteinen im Cenozoikum.
Schwarz: Alt Tertiär, gestrichelt: Jung Tertiär sowie Pleistozän und Holozän, kreuz gestrichelt: meistens besteht aus Basalt (Pleistozän-Holozän).

Aussenzone der Inselbögen auftreten, vor allem im Ryukyu-Bogen. Die Eruptionszentren liegen aber mit Sicherheit ausschleisslich in der inneren Zone. Die Mehrzahl der Ignimbrite besitzt dazitischen oder rhyolithischen, einige auch andesitischen Chemismus.

Holozän :

Die vulkanologische Bedeutung des Holozän besteht darin, dass während dieser Zeit alle noch aktiven Vulkane des Kurilen-, Honshu-, Ryukyu- und Izu-Mariana-Bogens entstanden. Viele der früh holozänen Vulkane sind schon erloschen oder waren zumindest seit der historischen Zeit Japans, das ist seit etwa 1600 Jahren, nicht mehr besonders tätig.

Gegenüber dem pleistozänen Vulkanismus scheint der holozäne schwächer zu sein. Trotz der z. T. bedeutenden Grösse der Vulkanbauten ist die Gesamtmenge der Förderprodukte nicht sehr gross, wenn sie auch als Asche z. T. eine weite Verbreitung haben.

Im grossen gesehen weisen die holozänen Vulkane, sowohl die erloschenen wie die noch tätigen, dieselbe Verbreitung auf wie die pleistozänen. Die Ausbruchspunkte befinden sich aber jetzt entlang den Kalderawällen, im Zentrum der Kalderen oder in der näheren Umgebung der erloschenen pleistozänen Vulkane.

4. Zeitliche und räumliche Verteilung der Vulkantätigkeit

Man kennt die bedeutende Verschiedenheit zwischen dem Festland und den japanischen Inseln, hinsichtlich der palaeozoischen Vulkantätigkeit.

Bis jetzt sind palaeozoische vulkanischen Gesteinen auf dem Festland, einschliesslich Nord China, Mandschurei und Korea noch nicht bekannt mit Ausnahme der devonischen vulkanischen Produkte im Gebiet von Omolon, östl. Sibirien.

Im Gegenteil war die Vulkantätigkeit von Silur bis Perm auf den japanischen Inseln, einschliesslich der Ryukyu Inseln sowie Taiwan sehr lebhaft. Insbesondere ist sie im Unter- und Mittle-Devon, Unterst-Karbon und Mittel-Perm sehr stark. Wie schon erwähnnt, sind dünne basaltische Tuffe im Mittle Silur; mächtiger Sill und Ströme von Keratophyre, Dazit usw im Unter-Devon; dicke mächtige Tuffe von Basalt und dazitische und keratophyrische Ströme und Tuffe im Mittel-Devon; verhaltnismässig geringmächtige basaltische Tuffe im Ober-Devon; sehr mächtige Andesit-Tuffe und Basalt-Tuffe im Unter-Karbon; verhältnismässig geringmächtige Basalt-Tuffe und sehr wenige Andesit-tuffe im Mittel- und Ober-Karbon; basaltische und rhyolitische Vulkanprodukte im Unter- und Mittel-Perm auf den japanischen Inseln vorhanden. Übersieht man das Mesozoikum im auf den japanischen Inseln, so findet man die vulkanischen Produkte dieser Gruppe viel weniger als im Palaeozoikum. Besonders ist das Trias und Unter-sowie Mittel-Jura beinahe vollkommen frei von pyroklastischen

Gesteinen auf den ganzen Japanischen Inseln.

Hingegen sieht man auf dem Festland überall die weit verbreiteten vulkanischen Produkte, welche zum Teil dem Ober-Trias, der Kreide und meistens dem Jura angehörig sind.

Im südwestlichen Japan sind auch vulkanische Gesteine hie und da aus der Kreide, zeit verbreitet, die meistens aber kontinentale limnische Fazies zeigen. Die vulkanischen Produkte sind daher tatsächlich von festländischer Konsistenz, und nie ursprünglich submarinisch.

Eine Ausnahme hinsichtlich der vulkanischen Gesteine in der Meeresablagerungen des Mesozoikum auf den japanischen Inseln ist das Ober-Jura. In Nord-Japan, einschliesslich des nördl. Honshu und Hokkaido sowie auch Sachalin, findet man verhältnismässig mächtige Ströme Tuffe, Agglomerate, Sill sehr weit verbreitet. Meistens sind sie basaltisch, und sie sind alle ohne Ansnahme submarinisch.

Ferner sieht man in denselben Gebieten geringmächtige Tuffe in der Marine-Kreide, besonders in ihren oberen Ablagerungen.

Während des Alt-Tertiärs war die vulkanische Tätigkeit auf den japanischen Inseln, sehr schwach obwohl sie nicht vollkommen fehlt. Dagegen findet man verhältnismässig grössere Mengen von pyroklastischen und vulkanischen Gesteinen an dem küstennahen Gebiet von Sikhote Alin.

Im Jung-Tertiär hat eine vulkanische Tätigkeit nur in Gebieten der Innernzone der Inselketten entlang des Pazifischen Ozeans stattgefunden. So sieht man die vulkanischen Gesteine z. B. in der Innenzone der Kurilen einschliesslich der Halbinsel Kamtschatka, in der Innernzone der Insel Honshu, der Innenzone der Izu-Mariana Inseln und der Innernzone der Ryukyu-Inseln.

Vom Miozän bis zum Pliozän findet man im allgemeinen den Zyklus von basaltischen etwas rhyolitischen und wieder basaltischen Gesteinen. Diese Innernzone jeder Inselkette war damals (von Miozän-Pliozän) wenigstens zum Teil der geosynklinale Zustand. Das damalige Festland des Fernen Ostens war beinahe vollkommen frei von vulkanischer Tätigkeit. Während des Pleistozäns und Holozäns, dunert die vulkanische Tätigkeit in den Innenzonen der Inselketten fort. Man erkennt, dass der Erguss von verhältnismässig grösser Mengen Basalt hie und da im Pleistozän und Holozän auf dem Festland stattgefunden hat.

5. Literaturverzeichnis

(† = mit ausführlichem Literaturverzeichnis)

† HUNAHASHI, M. (1957): Alpine Orogenic Movement in Hokkaido, Japan. Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Ser. IV, Geol. and Min., Vol. IX, No. 4: 415–469.

ISHIKAWA, T. and MINATO, M. (1953): Age of the welded tuffs in northern Japan. IV congrès de l'Association Internationale l'Etude du Auatenarie, p. 1.

† ISHIKAWA, T. et al. (1957): Welded tuffs and deposits of pumice flow and Nuée ardente in Japan. Congreso Geologico Internacional 20 Sesion, Mexico, Sección 1, p. 137–150.

†LIU-HUNG-YÜN (1959): Palaeogeographie von China. Akad. Verlag. Peking (auf Chinesisch).

MINATO, M. (1950): Zur Orogenese und zum Vulkanismus im jüngeren Palaeozoikum des Kitakami-Gebirges, N. Honshu, Japan. Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ., Ser. IV, Vol. 7, No. 3.

MINATO, M. (1955): Die zeitliche Verteilung der Vulkane im Quartär Hokkaidos. Bull. Earthquake Research Inst. Vol. 33, Part 3.

MINATO, M. (1957): On the age of metamorphic complexes in the Japanese islands. Proc. Japan Acad., Vol. 33, No. 10.

†MINATO, M. (1960): Über das Devon des Fernen Osten. 2. Arbeitztagung über die Silur/Devon-Grenze und die Stratigraphie des Unteren und Mittleren Devon, Bonn.

MINATO, M., YAGI, K. and HUNAHASHI, M. (1956): Geotectonic synthesis of the Green tuff regions in Japan. Bull. Earthquake Research Inst., Vol. 34, Pt. 3.

†MINATO, M. et al. (1959): On the volcanic rocks in the Japanese Palaeozoic, I: II: III. Jour. Geol. Soc. Japan, Vol. 65, Nos. 761, 762, 763 (auf japanisch mit Englische Zusammenfassung).

†NALIVKIN, D. V. (1957): Geologie der USSR (auf russisch).

†SUZUKI, J. (1933): Volcanic activity in Japan in the Mesozoic Era. Fifth Pacific Sci. Congr. Canada, A 7, p. 2381.

SUZUKI, J. and MINATO, M. (1956): Gotlandian and Devonian volcanic activities in the Kitakami mountains. Proc. Japan Acad., Vol. 34, No. 5.